รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ “การใช้ป่าชายเลนปลูกในการบำบัดน้ำเสียชุมชน”

โดย

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. กนกพร บุญส่ง และคณะ

สิงหาคม 2549

สัญญาเลขที่ RDG464005

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ การใช้ป่าชายเลนปลูกในการบำบัดน้ำเสียชุมชน

คณะผู้วิจัย

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. กนกพร บุญส่ง

รองศาสตราจารย์ ดร. สมเกียรติ ปิยะธีรธิติวรกุล

อาจารย์ ปริศนา เจียรกูล

สนับสนุนโดย สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)

ฝ่ายสวัสดิภาพสาธารณะ

รหัสโครงการ : RDG464005

ชื่อโครงการ : การใช้ป่าชายเลนปลูกในการบำบัดน้ำเสียชุมชน

ชื่อนักวิจัย : กนกพร บุญส่ง[1], สมเกียรติ ปิยะธีรธิติวรกุล[1] และ ปริศนา เจียรกูล[2]

[1]คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, [2]คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สถาบันราชภัฏสวนดุสิต

Email address : Kanokporn.B@chula.ac.th

ระยะเวลาโครงการ : พฤศจิกายน 2545 – เมษายน 2548

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้แบ่งเป็น 2 โครงการย่อย โดยดำเนินการในโครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ย อันเนื่องมาจากพระราชดำริ จังหวัดเพชรบุรี

โครงการที่ 1 การหาวิธีการที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำเสียชุมชนด้วยระบบพื้นที่ชุ่มน้ำป่าชายเลน ได้จัดสร้างชุดทดลองเป็นบ่อซีเมนต์ขนาด 1 x 2 x 0.6 เมตร จำนวน 50 ชุด บรรจุดินเลนสูงจากพื้นบ่อ 0.4 เมตร แบ่งชุดทดลองออกเป็น 2 กลุ่ม สำหรับระบบการปล่อยน้ำแบบกะ (batch flow system) และแบบเติมต่อเนื่อง (continuous-added flow system) วางแผนการทดลองแบบ randomized completely block design (RCBD) involved factorial คือ ใช้กล้าไม้ 4 ชนิด และชุดควบคุม (ไม่ปลูกพืช) และน้ำเสีย 4 ชนิด และชุดควบคุม โดยกล้าไม้ที่ใช้ คือ โกงกางใบใหญ่ (*Rhizophora mucronata*) แสมทะเล (*Avicennia marina*) พังกาหัวสุมดอกแดง (*Bruguiera gymnorrhiza*) และโปรงแดง (*Ceriops tagal*) แบ่งการทดลองเป็น 2 ระยะ คือ ระยะที่ 1 เพื่อศึกษาผลของความเข้มข้นของน้ำเสียต่อประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสีย การเจริญเติบโตของกล้าไม้ และการสะสมธาตุอาหารในดินและกล้าไม้ ใช้น้ำเสีย NW (normal wastewater), 2NW, 5NW และ 10NW (น้ำเสียชุมชนปกติ และน้ำเสียชุมชนที่ปรับความเข้มข้นเป็น 2, 5 และ 10 เท่าของน้ำเสียชุมชนปกติ) และชุดควบคุมใช้น้ำทะเล โดยน้ำเสีย NW มีค่าเฉลี่ย TN (total nitrogen) และ TP (total phosphorus) ประมาณ 20 และ 4 mg/l ตามลำดับ ใช้ระยะเวลากักเก็บ 7, 5 และ 3 วัน ตามลำดับ การทดลองระยะที่ 2 เพื่อศึกษาผลของความเค็มต่อประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสีย ใช้น้ำเสีย NW ที่ปรับให้มีความเค็ม 6 psu, 12 psu, 18 psu และ 24 psu และชุดควบคุมใช้น้ำเสีย NW ใช้ระยะเวลากักเก็บ 7 วัน ผลการทดลองพบว่า ระบบการปล่อยน้ำทั้ง 2 แบบมีประสิทธิภาพการบำบัดสูงสุดเมื่อใช้ระยะเวลากักเก็บ 7 วัน ประสิทธิภาพการบำบัด BOD และ TN มีแนวโน้มลดลงเมื่อน้ำเสียมีความเค็มสูงขึ้น แต่ประสิทธิภาพการบำบัด TP มีแนวโน้มตรงกันข้าม ประสิทธิภาพการบำบัดของชุดทดลองที่ปลูกกล้าไม้ต่างชนิดไม่แตกต่างกันอย่างชัดเจน แต่มีแนวโน้มว่าชุดทดลองที่ปลูกกล้าไม้มีประสิทธิภาพการบำบัด TN และ TP สูงกว่าชุดควบคุมที่ไม่ปลูกกล้าไม้ และในช่วงการทดลองระยะที่ 2 พบว่าโดยทั่วไปชุดทดลองที่ปลูกแสมทะเลมีประสิทธิภาพการบำบัด TN และ TP สูงกว่าชุดทดลองที่ปลูกกล้าไม้ชนิดอื่น สำหรับกล้าไม้ พบว่า ความเข้มข้นของ TN และ TP ที่สูงถึง 200 และ 40 mg/l ตามลำดับ และความเค็มระหว่าง 0-24 psu ไม่มีผลในทางลบต่อการเจริญเติบโต กล้าไม้มีอัตราการเจริญเติบโตสูงสุดเมื่อได้รับน้ำเสีย 5NW และ 12 psu เมื่อสิ้นสุดการทดลอง กล้าไม้ทุกชนิดมีปริมาณ TN และ TP ในใบสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดินมีการสะสมอินทรียวัตถุและธาตุอาหาร (TN, NH_4^+, TP และ ortho-PO_4) สูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยชุดทดลองที่ได้รับน้ำเสียความเข้มข้นสูงมีการสะสมสูงกว่าชุดทดลองที่ได้รับน้ำเสียความเข้มข้นต่ำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และชุดทดลองที่ได้รับน้ำเสียความเค็มสูงมีการสะสม TP และ ortho-PO_4 สูงกว่าชุดทดลองที่ได้รับน้ำเสียความเค็มต่ำ

โครงการที่ 2 การศึกษาการเปลี่ยนแปลงสมบัติของดิน องค์ประกอบธาตุอาหารในพืช และสัตว์หน้าดินในระบบพื้นที่ชุ่มน้ำป่าชายเลนที่ใช้บำบัดน้ำเสีย กำหนดพื้นที่ศึกษา 3 บริเวณ คือ (1) ระบบพื้นที่ชุ่มน้ำป่าชายเลนปลูกใหม่ ซึ่งปลูกพันธุ์ไม้ตั้งแต่ปี 2542 (2) ระบบพื้นที่ชุ่มน้ำป่าชายเลนธรรมชาติ และ (3) แปลงควบคุมป่า

ธรรมชาติ เก็บตัวอย่างทุก 4 เดือน ระหว่างธันวาคม 2545 ถึง ธันวาคม 2547 ซึ่งช่วงดังกล่าวทางโครงการฯ ไม่ได้ใช้ระบบในการบำบัดน้ำเสีย แต่ได้เริ่มใช้อีกครั้งตั้งแต่เดือนมกราคม 2548 จึงได้เก็บตัวอย่างเพิ่มในเดือนมิถุนายน 2548 ผลการศึกษาพบว่า ปริมาณอินทรียวัตถุในดินของทั้งระบบป่าชายเลนธรรมชาติและระบบป่าปลูกใหม่มีค่าสูงขึ้นกว่าในช่วงปี 2542-2543 (กนกพร บุญส่ง และคณะ, 2543) ส่วน TN และ TP ในดินและในใบแสมทะเลของทั้งระบบป่าชายเลนธรรมชาติและระบบป่าปลูกใหม่มีค่าสูงขึ้นตามช่วงเวลา ขณะที่แปลงควบคุมมีปริมาณค่อนข้างคงที่ นอกจากนี้พบว่าแสมทะเลเป็นพืชที่มีการสะสม TP ในใบสูงที่สุด และสะสม TN สูงเป็นอันดับ 2 สัตว์หน้าดินมีจำนวนชนิดเพิ่มขึ้นกว่าในช่วงปี 2542-2543 (ปริศนา เจียรกูล, 2543) พบสัตว์หน้าดินในวงศ์ Solenidae ซึ่งเป็นกลุ่มหอยสองฝา ซึ่งอาจเป็นดัชนีที่บ่งชี้ถึงความอุดมสมบูรณ์ที่สูงขึ้น ปริมาณสัตว์หน้าดินพบสูงสุดในแปลงควบคุมป่าธรรมชาติ รองลงมาคือระบบป่าธรรมชาติ และระบบป่าปลูกใหม่ ตามลำดับ และในช่วงที่มีการปล่อยน้ำเสียพบว่าจำนวนชนิดและปริมาณสัตว์หน้าดินในระบบป่าปลูกใหม่ต่ำกว่าช่วงเวลาอื่น

ผลการศึกษาทั้งหมดชี้ให้เห็นว่าระบบพื้นที่ชุ่มน้ำป่าชายเลนมีประสิทธิภาพสูงในการบำบัดน้ำเสียชุมชนและสามารถรองรับน้ำเสียที่มีความเข้มข้นและความเค็มสูงได้ดี อย่างไรก็ตามต้องมีแผนการจัดการที่เหมาะสมเพื่อป้องกันผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นต่อระบบนิเวศป่าชายเลนซึ่งย่อมส่งผลต่อประสิทธิภาพการบำบัดด้วย

คำสำคัญ : น้ำเสียชุมชน, ป่าชายเลน, ระบบพื้นที่ชุ่มน้ำเทียม, ธาตุอาหาร

Project Code : RDG464005

Project Title : An Application of Mangrove Plantation in Domestic Wastewater Treatment

Researcher : Kanokporn Boonsong[1], Somkiat Piyatiratitivorakul[1] and Prisna Jienkul[2]

[1]Faculty of Science, Chulalongkorn University, [2]Faculty of Science and Technology, Suan Dusit Rajabhat University

Email Address : Kanokporn.B@chula.ac.th

Project Duration : November 2002 - April 2004

ABSTRACT

This research consists of 2 main topics and were conducted at the Royal Laem Phak Bia Environmental Research and Development Project, Phetchaburi Province.

The first topic was to identify appropriate technique for domestic wastewater treatment utilizing mangrove constructed wetlands. The total of 50 concrete tanks of 1 x 2 x 0.6 meter dimension were set up. Mangrove soils were put into tanks to the depth of 40 cm, separated into 2 groups for (1) batch flow system and (2) continuous-added flow system. A completely randomized design (CRD) involved factorials was used, i.e. four mangrove seedlings (i.e., *Rhizophora apiculata, Avicennia marina, Bruguiera gymnorrhiza* and *Cerios tagals)* and control unit (without seedlings) and four levels of domestic wastewater and control unit. The experiment was divided into 2 phases. The first phase was aimed to study the effects of wastewater concentrations on treatment efficiencies, growth of seedlings and nutrient accumulation in seedlings and soil. The wastewater was varied into 4 concentration levels, i.e., NW (normal wastewater), 2NW, 5NW, and 10 NW which contained 2, 5, and 10 times higher TN (total nitrogen) and TP (total phosphorus) than NW. Seawater was used as control unit. The NW contained average TN and TP of 20 and 4 mg/l, respectively. The detention times of 7, 5, and 3 days were varied. The second phase was aimed to study the effect of salinity levels on treatment efficiencies. The salinity of NW (control unit) was adjusted to 6psu, 12psu, 18psu and 24psu. The 7-day detention time was used. The results indicated that the highest treatment efficiencies in both flow systems were found in 7-day detention time. The removal percentage of BOD and TN were lower with higher salinity levels. But the removal percentage of TP showed the opposite trend. Generally, the removal percentages of experimental sets planted with different mangrove seedlings were not significantly different. But the experiment sets planted with seedlings had the tendency to treat TN and TP better than control unit (without seedlings). During the second phase, generally the experiment sets planted with *A. marina* showed higher TN and TP removal efficiencies than other seedlings. According to the growth of seedlings, the concentrations of TN and TP up to approximately 200 and 40 mg/l; and salinity levels between 0-24 psu did not cause any adverse impacts on the growth. There was the trend that all species received 5NW and 12psu had highest growth rate. After the treatment experiment, TN and TP in leave were significantly increased. Soil organic matter and nutrients (TN, NH_4^+, TP and ortho-PO_4) were significantly increased. Soil irrigated with 10NW had the highest organic matter and nutrient accumulation. Whereas soil irrigated with 24psu had the highest TP and ortho-PO_4 accumulation.

The second topic of this research was to monitor the change of soil characteristics, nutrient constituents in plant, and benthos in pilot scale mangrove constructed wetlands. The study sites included (1) the newly planted mangrove system, where seedlings were planted since 1999 (2) the natural mangrove system (3) the control plot of natural forest. Soil, leave and benthos were sampling at 4-month interval during Dec 2002 to Dec 2004. However, during the study period the Royal Laem Phak Bia Project did not discharged wastewater into the system. Wastewater discharged was started again in January 2005. Thus, the further sampling was conducted in June 2005. The results indicated that soil organic matter was increased as compared to the study of Boonsong et al. (2000) during 1999-2000. Nutrients (TN and TP) in soil and leave of *A. marina* in both newly planted system and natural forest system were also found. It was found that *A. marina* leave had highest TP and second highest TN comparing to other plant species. According to benthos study, the species composition increased as compared to the study of Prisna Jienkul (2000) during 1999-2000. The mollusk in family Solenidae as indicator species for soil fertility was found. The abundance of benthos in the control plot of natural forest was higher than natural forest system and newly planted systems, respectively. During wastewater discharged period, the species composition and abundance of benthos in newly planted system was lower.

The overall results indicated that mangrove constructed wetland system could be utilized as effective domestic wastewater treatment. The system showed high capacity to assimilate high nutrient concentration and salinity levels of wastewater. However, appropriate management plan is required in order to protect mangrove ecosystem from adverse impact, which finally may effect the treatment efficiencies of mangrove constructed wetland system itself.

Index Keywords : domestic wastewater, mangroves, constructed wetland system, nutrients

บทสรุปสำหรับผู้บริหาร

งานวิจัยนี้แบ่งเป็น 2 โครงการ คือ โครงการที่ 1 การหาวิธีการที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำเสียชุมชนด้วยระบบพื้นที่ชุ่มน้ำป่าชายเลน และโครงการที่ 2 การศึกษาการเปลี่ยนแปลงสมบัติของดิน องค์ประกอบธาตุอาหารในพืช และสัตว์หน้าดิน ในระบบพื้นที่ชุ่มน้ำป่าชายเลนที่ใช้บำบัดน้ำเสีย โดยทั้ง 2 โครงการดำเนินการภายในโครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ย อันเนื่องมาจากพระราชดำริ จังหวัดเพชรบุรี

โครงการที่ 1 การหาวิธีการที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำเสียชุมชนด้วยระบบพื้นที่ชุ่มน้ำป่าชายเลน ดำเนินการทดลองโดยจัดสร้างชุดทดลองเป็นบ่อซีเมนต์ขนาดกว้าง x ยาว x สูง 1 x 2 x 0.6 เมตร จำนวน 50 ชุด ภายใต้โรงเรือนที่มีหลังคาพลาสติกคลุมเพื่อไม่ให้มีอิทธิพลของฝน บรรจุดินเลนลงในชุดทดลองสูงจากพื้นบ่อ 40 เซนติเมตร แบ่งชุดทดลองออกเป็น 2 กลุ่ม สำหรับระบบการปล่อยน้ำ 2 แบบ คือ ชุดทดลอง 25 ชุด ใช้ระบบการปล่อยน้ำแบบกะ (batch flow system) และชุดทดลองอีก 25 ชุด ใช้ระบบการปล่อยน้ำแบบเติมต่อเนื่อง (continuous-added flow system) วางแผนการทดลองแบบ randomized completely block design (RCBD) involved factorial คือ ใช้กล้าไม้ 4 ชนิด และชุดควบคุม และน้ำเสีย 4 ชนิด และชุดควบคุม ดังนั้น ในชุดทดลองแต่ละกลุ่มปลูกกล้าไม้ป่าชายเลน 4 ชนิด ชนิดละ 5 ชุดทดลอง ได้แก่ โกงกางใบใหญ่ (*Rhizophora mucronata*) แสมทะเล (*Avicennia marina*) พังกาหัวสุมดอกแดง (*Bruguiera gymnorrhiza*) และโปรงแดง (*Ceriops tagal*) โดยใช้ระยะปลูก 15 x 15 เซนติเมตร รวม 72 ต้น/ชุดทดลอง ส่วนชุดทดลองที่ไม่ปลูกพืชอีก 5 ชุดใช้เป็นชุดควบคุม แบ่งการทดลองเป็น 2 ระยะ คือ

การทดลองระยะที่ 1 เป็นการทดลองเพื่อศึกษาผลของความเข้มข้นของน้ำเสียต่อประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสีย การเจริญเติบโตของพันธุ์ไม้ และการสะสมธาตุอาหารในดินและพืช ใช้น้ำเสีย 4 ระดับความเข้มข้น คือ น้ำเสียชุมชนปกติ (NW: Normal Wastewater) และน้ำเสียชุมชนที่ปรับเพิ่มความเข้มข้นเป็น 2, 5 และ 10 เท่าของน้ำเสีย NW (2NW, 5NW และ 10NW ตามลำดับ) โดยน้ำเสีย NW มีค่าเฉลี่ยไนโตรเจนทั้งหมด (TN: Total Nitrogen) และฟอสฟอรัสทั้งหมด (TP: Total Phoshorus) ประมาณ 20 และ 4 mg/l ตามลำดับ (Boonsong et al., 2003) ปรับเพิ่มความเข้มข้นของ TN และ TP โดยใช้สารยูเรีย (NH_2CONH_2) และโพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต (KH_2PO_4) และสำหรับชุดควบคุมใช้น้ำทะเล ทดลองปล่อยน้ำเสียสู่ชุดทดลองชุดละ 200 ลิตร ใช้ระยะเวลากักเก็บน้ำเสีย (detention time) 7 วัน 5 วัน และ 3 วัน ตามลำดับ ซึ่งในระบบเติมต่อเนื่องใช้อัตราการปล่อยน้ำ 19.84, 27.77 และ 46.30 มิลลิลิตร/นาที ตามลำดับ แต่ละระยะเวลากักเก็บทำการทดลอง 3 ซ้ำ รวม 9 ครั้ง เมื่อจบการทดลองแต่ละครั้ง ทั้ง 9 ครั้ง จะพักระบบโดยระบายน้ำออกให้ชุดทดลองแห้ง 4 วัน แล้วสูบน้ำทะเลและกักเก็บไว้ในชุดทดลอง 3 วัน จากนั้นระบายน้ำทะเลออกแล้วจึงเริ่มทำการทดลองครั้งถัดไป เมื่อสิ้นสุดการทดลองระยะที่ 1 เลือกใช้ระยะเวลากักเก็บที่ให้ประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียสูงสุด เพื่อใช้ในการทดลองระยะที่ 2

การทดลองระยะที่ 2 เป็นการทดลองเพื่อศึกษาผลของความเค็มต่อประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสีย การเจริญเติบโตของพันธุ์ไม้ และการสะสมธาตุอาหารในดินและพืช ใช้ระยะเวลากักเก็บ 7 วัน ทำการทดลองภายในชุดทดลองเดิม ภายหลังการล้างระบบด้วยการกักเก็บน้ำทะเลในชุดทดลองแล้วระบายออกเป็นเวลาประมาณ 4 เดือน การทดลองใช้น้ำเสียชุมชนปกติ (NW) และน้ำเสียชุมชนที่ปรับความเค็มโดยใช้โซเดียมคลอไรด์ (NaCl) ให้มีความเค็ม 6 psu, 12 psu, 18 psu และ 24 psu ทำการทดลองซ้ำ 9 ครั้ง และมีการพักระบบโดยใช้วิธีการเช่นเดิม

ในการทดลองที่ 1 และ 2 ดำเนินการศึกษาในลักษณะเดียวกัน กล่าวคือ แบ่งการศึกษาเป็น 3 ด้าน ดังนี้

ด้านคุณภาพน้ำ เก็บตัวอย่างน้ำที่เข้าสู่ชุดทดลองและน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วทุกครั้ง จากชุดทดลองทั้ง 50 ชุด โดยมีพารามิเตอร์ที่ทำการศึกษา คือ ความเป็นกรด-ด่าง (pH) อุณหภูมิ การนำไฟฟ้า ความเค็ม ออกซิเจนละลาย (DO: Dissolved Oxygen) บีโอดี (BOD) ไนโตรเจนทั้งหมด (TN: Total Nitrogen) แอมโมเนียม (ammonia) ไนเตรท (nitrate) ฟอสฟอรัสทั้งหมด (TP: Total Phoshorus) และออร์โธฟอสเฟต (ortho-phosphate)

ด้านสมบัติของดิน สุ่มตัวอย่างดิน 2 ระดับความลึก คือ ดินชั้นบน (ลึก 0-10 เซนติเมตร) และดินชั้นล่าง (ลึก 10-20 เซนติเมตร) 4 ครั้ง คือ ก่อนดำเนินการทดลอง และภายหลังการทดลองครั้งที่ 3, 6 และ 9 จากชุดทดลองทั้ง 50 ชุด โดยมีพารามิเตอร์ที่ทำการศึกษาคือ ความเป็นกรด-ด่าง (pH) การนำไฟฟ้า ปริมาณขนาดอนุภาคดิน (% sand, % silt, %clay) เนื้อดิน อินทรียวัตถุ ไนโตรเจนทั้งหมด ไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ ฟอสฟอรัสทั้งหมด และฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืช

ด้านพันธุ์ไม้ แบ่งการศึกษาเป็น 1) การศึกษาการเจริญเติบโตด้านความสูงและเส้นผ่าศูนย์กลาง โดยวัดความสูงและเส้นผ่าศูนย์กลางของกล้าไม้ 10 ครั้ง คือ ก่อนดำเนินการทดลอง และภายหลังการทดลองแต่ละครั้งทั้ง 9 ครั้ง จากชุดทดลองทั้ง 50 ชุด 2) การศึกษาการเจริญเติบโตด้านมวลชีวภาพ โดยการสร้างสมการความสัมพันธ์ในรูป allometric relation ระหว่างมวลชีวภาพ (น้ำหนักอบแห้ง) กับ ความสูงและเส้นผ่าศูนย์กลาง นำสมการที่ได้มาใช้คำนวณมวลชีวภาพของลำต้นและใบของกล้าไม้ และ 3) การศึกษาองค์ประกอบธาตุอาหารในใบ โดยสุ่มตัวอย่างใบอ่อนและใบแก่ 4 ครั้ง ควบคู่กับการศึกษาด้านสมบัติของดิน จากชุดทดลองทั้ง 50 ชุด โดยมีพารามิเตอร์ที่ทำการศึกษาคือ ไนโตรเจนทั้งหมด และฟอสฟอรัสทั้งหมด

ผลการศึกษาในระยะที่ 1 ซึ่งเป็นการศึกษาผลของความเข้มข้นของน้ำเสียต่อระบบพื้นที่ชุ่มน้ำป่าชายเลน มีดังนี้

ด้านคุณภาพน้ำพบว่า น้ำเสีย NW, 2NW, 5NW และ 10NW มีค่าเฉลี่ย BOD, TN และ TP ดังสรุปในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของ BOD, TN และ TP ในน้ำเสียต่างระดับความเข้มข้น

ความเข้มข้น	BOD (mg/l)	TN (mg/l)	TP (mg/l)
NW	21.68-28.06	22.154-22.358	5.873-6.107
2NW	50.22-55.47	46.293-48.212	8.250-8.978
5NW	78.67-94.30	105.062-111.129	19.407-21.159
10NW	90.50-111.24	213.598-216.803	43.515-44.494

หมายเหตุ การปรับค่า TN ในน้ำเสียโดยยูเรียเป็นผลให้ค่า BOD ผันแปรตามไปด้วย

ประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียเมื่อใช้ระยะเวลากักเก็บ 7 วัน มีค่าสูงกว่าเมื่อใช้ระยะเวลากักเก็บ 5 วัน และ 3 วัน ตามลำดับ ทั้งในระบบการปล่อยน้ำแบบกะ และระบบเติมต่อเนื่อง โดยประสิทธิภาพการบำบัด BOD, TN และ TP ของน้ำเสีย (NW, 2NW, 5NW และ 10NW) ในระบบการปล่อยน้ำแบบกะมีค่าระหว่าง 54.26-92.51, 81.77-88.48 และ 76.42-91.73% ตามลำดับ ส่วนระบบการปล่อยน้ำแบบเติมต่อเนื่องมีค่าระหว่าง 75.36-95.31, 71.35-91.86 และ 37.43-86.20% ตามลำดับ โดยประสิทธิภาพการบำบัดในระบบเติมต่อเนื่องจะมีความผันแปรสูงกว่าระบบกะ ทั้งนี้คาดว่าเป็นเพราะอัตราการปล่อยน้ำต่ำ

หากเปรียบเทียบคุณภาพน้ำที่ผ่านการบำบัดกับมาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งพบว่า ทั้ง BOD และ TN ของน้ำที่ผ่านการบำบัดจากชุดทดลองมีค่าไม่เกินมาตรฐานกำหนดคือ 20 และ 35 mg/l (ยกเว้น ในระบบเติมต่อเนื่องไม่สามารถบำบัด TN ในน้ำเสีย 10NW ซึ่งมีค่าเฉลี่ย 213.589-216.803 mg/l ให้มีค่าไม่เกิน 35 mg/l ได้) นอกจากนี้พบว่า น้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วมีปริมาณออกซิเจนละลายสูงขึ้นอย่างชัดเจน ซึ่งเป็นผลจากการสังเคราะห์แสงของสาหร่ายและแพลงก์ตอนพืชในชุดทดลอง รวมทั้งการเติมอากาศโดยทั่วไป

หากเปรียบเทียบประสิทธิภาพการบำบัดในชุดทดลองที่ปลูกกล้าไม้ต่างชนิด พบว่า ไม่แตกต่างกันอย่างชัดเจน แต่มีแนวโน้มว่า ชุดทดลองที่ปลูกกล้าไม้มีเปอร์เซ็นต์การบำบัด BOD และ TN สูงกว่าชุดควบคุมที่ไม่ปลูกพืช

สำหรับการเจริญเติบโตของพันธุ์ไม้พบว่า กล้าไม้สามารถเจริญเติบโตได้ดีแม้จะได้รับน้ำเสียความเข้มข้นสูง ซึ่งแสดงให้เห็นถึงศักยภาพความทนทานของพันธุ์ไม้ป่าชายเลน นอกจากนี้พบว่า พันธุ์ไม้ที่ได้รับน้ำเสียทุกความเข้มข้นมีอัตราการเจริญเติบโตสูงกว่าพันธุ์ไม้ที่ได้รับน้ำทะเลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยพันธุ์ไม้ที่มีอัตราการเจริญเติบโตด้านมวลชีวภาพสูงสุดคือ โกงกางใบใหญ่ และมีแนวโน้มว่าอัตราการเพิ่มพูนมวลชีวภาพของพันธุ์ไม้ทุกชนิดสูงสุดเมื่อได้รับน้ำเสีย 5NW (ซึ่งมีค่าเฉลี่ย TN และ TP อยู่ในช่วง 105.062-111.129 และ 19.407-21.159 mg/l ตามลำดับ) ส่วนพันธุ์ไม้ที่มีอัตราการเจริญเติบโตด้านความสูงสูงที่สุดคือ แสมทะเล นอกจากนี้แสมทะเลมีปริมาณธาตุอาหาร TP และ TN ในใบสูงกว่าพันธุ์ไม้อื่น และภายหลังการทดลองพันธุ์ไม้ทุกชนิดมีการสะสมธาตุอาหารในใบสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ บ่งชี้ว่าพันธุ์ไม้สามารถช่วยบำบัดธาตุอาหารในน้ำเสียโดยการดูดดึงไปสะสมไว้ในมวลชีวภาพ

ดินในชุดทดลองมีการสะสมอินทรียวัตถุและธาตุอาหาร (ไนโตรเจนทั้งหมด แอมโมเนียมไอออน ฟอสฟอรัส และออร์โธฟอสเฟต) สูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีแนวโน้มว่าชุดทดลองที่ได้รับน้ำเสียความเข้มข้นสูงมีการสะสมอินทรียวัตถุและธาตุอาหารสูงกว่าชุดทดลองที่ได้รับน้ำเสียความเข้มข้นต่ำและน้ำทะเลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ บ่งชี้ให้เห็นว่าในระยะยาวพื้นที่ชุ่มน้ำป่าชายเลนที่รองรับน้ำเสีย อาจไม่สามารถใช้บำบัดฟอสฟอรัสได้อย่างมีประสิทธิภาพ เนื่องจากฟอสฟอรัสจะตกตะกอน และถูกดูดซับโดยตะกอนดินและยากที่จะถูกชะออกไปโดยน้ำทะเล

ผลการศึกษาในระยะที่ 2 ซึ่งเป็นการศึกษาผลของความเค็มต่อระบบพื้นที่ชุ่มน้ำป่าชายเลน มีดังนี้

ประสิทธิภาพการบำบัด BOD, TN และ TP ของน้ำเสีย (NW, 6psu, 12psu และ 24psu) ในระบบการปล่อยน้ำแบบกะมีค่าระหว่าง 57.83-86.89, 77.03-95.86 และ 52.56-81.83% ตามลำดับ ส่วนระบบการปล่อยน้ำแบบเติมต่อเนื่องมีค่าระหว่าง 56.71-80.87, 58.89-89.50 และ 51.97-71.59 % ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นว่าประสิทธิภาพการบำบัดในระบบเติมต่อเนื่องต่ำกว่าระบบกะ

และหากเปรียบเทียบประสิทธิภาพการบำบัด TP ของน้ำเสียชุมชนปกติ (NW) ของการทดลองระยะที่ 1 กับ ระยะที่ 2 ซึ่งในระบบกะมีค่าระหว่าง 84.89-91.73 และ 52.56-62.70% ตามลำดับ ระบบต่อเนื่องมีค่าระหว่าง 37.43-61.02 และ 47.18-54.66% ตามลำดับ จะเห็นว่าประสิทธิภาพการบำบัด TP ของการทดลองระยะที่ 2 มีแนวโน้มลดลง ซึ่งคาดว่าเป็นเพราะในช่วงการทดลองระยะที่ 2 ก่อนการทดลองดินมีปริมาณ TP สะสมอยู่สูงกว่าในการทดลองระยะที่ 1

หากเปรียบเทียบประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียต่างระดับความเค็ม พบว่าประสิทธิภาพการบำบัด BOD ลดลง เมื่อน้ำมีความเค็มสูงขึ้น แต่แนวโน้มดังกล่าวไม่ชัดเจนนัก ประสิทธิภาพการบำบัด TN มีแนวโน้มลดลงเมื่อน้ำมีความเค็มสูงขึ้นเช่นเดียวกัน และแนวโน้มดังกล่าวชัดเจนในระบบกะ สำหรับประสิทธิภาพการบำบัด TP มีแนวโน้มตรงข้าม คือ ประสิทธิภาพการบำบัด TP จะสูงขึ้นเมื่อน้ำมีความเค็มสูงขึ้น

หากเปรียบเทียบประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียในชุดทดลองที่ปลูกกล้าไม้ต่างชนิดพบว่า โดยทั่วไปไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่มีข้อสังเกตที่สำคัญ คือ ชุดทดลองที่ปลูกแสมทะเลมีประสิทธิภาพการบำบัดสูงกว่าชุดทดลองที่ปลูกกล้าไม้ชนิดอื่น (ยกเว้น ประสิทธิภาพการบำบัด TP ในระบบเติมต่อเนื่องที่ไม่พบแนวโน้มดังกล่าว) ซึ่งบ่งชี้ให้เห็นว่าแสมทะเลมีศักยภาพสูงในการใช้ในระบบพื้นที่ชุ่มน้ำ เพราะเป็นพืชที่มีอัตราการเจริญเติบโตสูงและมีระบบการหายใจจำนวนมากซึ่งสามารถช่วยให้สารแขวนลอยในน้ำเสียตกตะกอนได้ นอกจากนี้ยังพบว่า ประสิทธิภาพการบำบัด TN และ TP ในชุดทดลองที่ปลูกกล้าไม้สูงกว่าชุดควบคุมที่ไม่ปลูกกล้าไม้

ปริมาณออกซิเจนละลาย (DO) ในน้ำที่ผ่านการบำบัดมีค่าสูงขึ้นมาก อย่างไรก็ตามมีข้อสังเกตที่สำคัญ คือ ชุดควบคุมที่ไม่ปลูกกล้าไม้มีค่า DO สูงกว่าชุดทดลองที่ปลูกกล้าไม้ ทั้งนี้เพราะกล้าไม้ทำให้มีการสะสมอินทรียสารที่ผิวดินสูงและการมีกล้าไม้ปกคลุมแน่นทึบจะขัดขวางการเติมอากาศโดยลมและการสังเคราะห์แสงของสาหร่ายและแพลงก์ตอนพืช และในระบบกะยังพบแนวโน้มว่าชุดควบคุมที่ไม่ปลูกกล้าไม้มีประสิทธิภาพการบำบัด BOD สูงกว่าชุดทดลองที่ปลูกกล้าไม้ ซึ่งเป็นผลเนื่องมาจากการที่ DO ในชุดควบคุมสูงกว่า

สำหรับการเจริญเติบโตของพันธุ์ไม้พบว่า น้ำเสียทุกระดับความเค็ม (6psu, 12psu, 18psu และ 24psu) และน้ำเสียชุมชนปกติ (NW) ซึ่งมีความเค็มใกล้ 0 psu ไม่มีผลในทางลบต่ออัตราการเจริญเติบโตของกล้าไม้ในชุดทดลองทั้งในด้านความสูง เส้นผ่าศูนย์กลางและมวลชีวภาพ ในระบบกะพบว่า กล้าไม้ทุกชนิดที่ได้รับน้ำเสียความเค็ม 12 psu มีอัตราการเจริญเติบโตสูงที่สุด อย่างไรก็ตามในระบบเติมต่อเนื่อง พบว่าอัตราการเจริญเติบโตของกล้าไม้ที่ได้รับน้ำเสียความเค็มต่างกันส่วนใหญ่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ดินในชุดทดลองมีการสะสมอินทรียวัตถุและธาตุอาหารสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สำหรับอินทรียวัตถุและไนโตรเจนไม่สามารถสรุปได้ว่า น้ำเสียความเค็มใดทำให้การสะสมอินทรียวัตถุและไนโตรเจนสูงสุด แต่สำหรับฟอสฟอรัสมีแนวโน้มว่าชุดทดลองที่ได้รับน้ำเสียความเค็มสูงมีการสะสมฟอสฟอรัสสูงกว่าชุดทดลองที่ได้รับน้ำเสียความเค็มต่ำ และมีข้อสังเกตที่สำคัญ คือ ชุดทดลองที่ปลูกกล้าไม้มีการสะสมไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในดินต่ำกว่าชุดควบคุมที่ไม่ปลูกกล้าไม้ ทั้งนี้เพราะพืชดูดดึงธาตุอาหารไปใช้

ดังนั้นจากผลการทดลองในโครงการที่ 1 ทั้งในช่วงระยะที่ 1 และระยะที่ 2 สามารถสรุปได้ดังนี้ คือ

- ควรเลือกใช้ระยะเวลากักเก็บน้ำเสีย 7 วัน เพราะทำให้ประสิทธิภาพการบำบัดทุกพารามิเตอร์สูงกว่าเมื่อใช้ระยะเวลากักเก็บ 5 วัน และ 3 วัน อย่างไรก็ตามไม่ควรกักเก็บน้ำเสียไว้นานเกินกว่า 7 วัน เพราะจากการศึกษาของกนกพร บุญส่ง และคณะ (2543) พบว่า ปริมาณออกซิเจนละลายมีแนวโน้มลดต่ำลง ซึ่งมีผลต่อประสิทธิภาพการบำบัด BOD และ TN
- สามารถเลือกใช้ระบบการปล่อยน้ำแบบกะ ซึ่งสะดวกและประหยัดกว่าการปล่อยน้ำแบบเติมต่อเนื่อง และมีประสิทธิภาพในการบำบัดสูง ซึ่งในการทดลองนี้ใช้น้ำเสีย 200 ลิตร เข้าสู่ชุดทดลองซึ่งมีพื้นที่ 2 ตารางเมตร หรือเทียบเท่ากับ 100 ลิตร/ตารางเมตร ซึ่งทำให้มีระดับน้ำอยู่เหนือผิวดินประมาณ 10-12 เซนติเมตร ขณะที่ในระบบเติมต่อเนื่องอัตราการปล่อยน้ำเสียของระยะเวลากักเก็บ 7 วัน มีค่า 46.3 มิลลิลิตร/นาที ซึ่งต่ำทำให้ในช่วงแรกไม่ปรากฏน้ำเหนือผิวดินเพราะน้ำจะซึมซาบลงสู่ดินชั้นล่าง
- การปลูกพันธุ์ไม้ในระบบพื้นที่ชุ่มน้ำป่าชายเลนซึ่งใช้บำบัดน้ำเสีย ทำให้ประสิทธิภาพการบำบัดธาตุอาหารไนโตรเจนและฟอสฟอรัสสูงขึ้นกว่าระบบที่ไม่ปลูกพืช ซึ่งเห็นได้อย่างชัดเจนทั้งในการทดลองระยะที่ 1 และระยะที่ 2
- พันธุ์ไม้ที่แนะนำให้เลือกใช้ในระบบพื้นที่ชุ่มน้ำป่าชายเลน คือ แสมทะเล และ โกงกางใบใหญ่ เนื่องจากผลการทดลองในระยะที่ 2 บ่งชี้ให้เห็นว่า ประสิทธิภาพการบำบัดในชุดทดลองที่ปลูกแสมทะเลสูงกว่าชุดทดลองที่ปลูกกล้าไม้อื่น นอกจากนี้ผลการทดลองยังชี้ให้เห็นว่า โกงกางใบใหญ่และแสมทะเลสามารถทนทานต่อสภาพการท่วมขังของน้ำอย่างต่อเนื่องถึง 7 วันได้ดีกว่าพังกาหัวสุมดอกแดงและโปรงแดง อีกทั้งยังมีอัตราการเจริญเติบโตและการเพิ่มพูนมวลชีวภาพสูงกว่าอีกด้วย
- การปลูกกล้าไม้ในระบบพื้นที่ชุ่มน้ำป่าชายเลน ควรใช้ระยะการปลูก 1.5 x 1.5 เมตร แต่เมื่อพันธุ์ไม้มีการเจริญเติบโตจนระบบเริ่มแน่นทึบ ควรมีการตัดไม้ออกบ้าง โดยเฉพาะอย่างยิ่งแสมทะเลเนื่องจากแสมทะเลเป็นไม้ที่มีการแตกกิ่งก้านเป็นพุ่ม โดยอาจตัดไม้ให้เหลือระยะการปลูก 1.5 x 3 เมตร หรือ 3 x 3 เมตร ตามความเหมาะสม
- น้ำเสียที่เข้าสู่ระบบพื้นที่ชุ่มน้ำป่าชายเลน ไม่ควรมีค่า BOD, TN และ TP สูงเกินระดับของน้ำเสีย 5NW ซึ่งมีค่าดังกล่าวอยู่ระหว่าง 78.67-94.30, 105.062-111.129 และ 19.407-21.159 mg/l ตามลำดับ เพราะถึงแม้ผลการทดลองจะพบว่า ชุดทดลองสามารถรองรับน้ำเสีย 10NW ซึ่งมีค่าดังกล่าวอยู่ระหว่าง 90.50-111.24, 213.598-216.803 mg/l ตามลำดับ โดยไม่แสดงผลลบต่อพันธุ์ไม้ในระบบ แต่ในระยะยาวอาจมีผลกระทบทางลบ เพราะผลการทดลองชี้ให้เห็นว่าพันธุ์ไม้มีอัตราการเจริญเติบโตและการเพิ่มพูนมวลชีวภาพสูงสุดเมื่อได้รับน้ำเสีย 5NW แสดงว่าถึงแม้น้ำเสีย 10NW จะมีธาตุอาหารสูงกว่า แต่การมีอินทรียสาร (วัดในรูป BOD) สูง กลับทำให้อัตราการเจริญเติบและการเพิ่มพูนมวลชีวภาพต่ำกว่า อีกทั้งผลการศึกษาสมบัติของดินชี้ให้เห็นว่า หากน้ำเสียมีปริมาณอินทรียสารและธาตุอาหารสูงมากขึ้นเท่าใด จะทำให้อัตราการสะสมในดินสูงขึ้นตามไปด้วย อันจะทำให้ capacity ในการช่วยกักเก็บธาตุอาหารต่ำลง ซึ่งจะเห็นได้จากประสิทธิภาพการบำบัดฟอสฟอรัสในน้ำเสียของการทดลองระยะที่ 2 ต่ำกว่าการทดลองระยะที่ 1 นอกจากนี้การสะสมอินทรียวัตถุในดินยังทำให้สมดุลระหว่าง aerobic-anaerobic

เปลี่ยนแปลงไป ซึ่งย่อมส่งผลต่อประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสีย (และผลการศึกษาในโครงการที่ 2 ยังชี้ให้เห็นว่าน้ำเสียมีผลกระทบต่อชนิดและจำนวนของสัตว์หน้าดินในพื้นที่ชุ่มน้ำอีกด้วย)

- น้ำเสียที่เข้าสู่ระบบพื้นที่ชุ่มน้ำป่าชายเลนหากมีการปรับความเค็มให้สูงขึ้นจะทำให้ประสิทธิภาพการบำบัดฟอสฟอรัสสูงขึ้น และยังพบว่าระดับความเค็มของน้ำที่ 12 psu จะทำให้อัตราการเจริญเติบโตของกล้าไม้และการเพิ่มพูนมวลชีวภาพสูงที่สุด ดังนั้นหากเป็นไปได้การผสมน้ำทะเลเข้ากับน้ำเสีย โดยหากน้ำทะเลมีความเค็มประมาณ 30 psu ควรใช้อัตราส่วนของน้ำทะเล : น้ำเสีย 1 : 1 ซึ่งจะทำให้ความเค็มมีค่าประมาณ 15 psu อย่างไรก็ตาม การปรับระดับความเค็มของน้ำเสียนี้ทำให้ประสิทธิภาพการบำบัด BOD และไนโตรเจนมีแนวโน้มลดลง ดังนั้น อาจเลือกการปรับระดับความเค็มโดยการผสมน้ำทะเลเข้ากับน้ำเสียในกรณีที่น้ำเสียที่ต้องการบำบัดมีความเข้มข้นของฟอสฟอรัสสูง หรือต้องการเพิ่มอัตราการเจริญเติบโตและการเพิ่มพูนมวลชีวภาพของพันธุ์ไม้เท่านั้น หากเป็นกรณีอื่นไม่มีความจำเป็นต้องทำ เพียงแต่ควรมีการพักระบบโดยให้ระบบมีช่วงที่ไม่มีน้ำท่วมขัง และมีช่วงที่มีน้ำทะเลท่วมถึงเป็นระยะๆ

ผลการศึกษาโครงการที่ 2 การศึกษาการเปลี่ยนแปลงของดิน องค์ประกอบธาตุอาหารในพืช และสัตว์หน้าดิน ในระบบพื้นที่ชุ่มน้ำป่าชายเลนที่ใช้บำบัดน้ำเสียในแปลง pilot scale (ซึ่งทางโครงการได้เริ่มใช้บำบัดน้ำเสียตั้งแต่กันยายน 2542 แต่การใช้ไม่สม่ำเสมอ มีการหยุดใช้เป็นระยะ) โดยการติดตามการเปลี่ยนแปลงโดยแบ่งพื้นที่เป็น 3 บริเวณ คือ ระบบพื้นที่ชุ่มน้ำป่าปลูกใหม่ ระบบพื้นที่ชุ่มน้ำป่าธรรมชาติ ซึ่งมีขนาด 100 x 150 $ม^2$ เท่ากัน และแปลงควบคุมป่าธรรมชาติ ในระบบป่าปลูกใหม่ มีการปลูกพันธุ์ไม้ 4 ชนิด คือ โกงกาง (*Rhizophora* spp.) แสมทะเล *(Avicennia marina*) ถั่ว (*Bruguiera* spp.) และโปรง (*Ceriops* spp.) เป็นโซนตามแนวขนานกับป่าชายเลนธรรมชาติ กว้างโซนละ 37.5 เมตร ด้วยระยะปลูก 1.5 x 1.5 $ม^2$ การเก็บตัวอย่างดำเนินการทุก 4 เดือน รวม 7 ครั้ง ตั้งแต่ธันวาคม 2545, เมษายน สิงหาคม และธันวาคม 2546; เมษายน สิงหาคม และธันวาคม 2547 แต่การศึกษามีข้อจำกัดที่สำคัญคือ ในช่วงของการเก็บตัวอย่างทั้ง 7 ครั้ง ทางโครงการฯ หยุดใช้ระบบพื้นที่ชุ่มน้ำป่าชายเลนในการบำบัดน้ำเสีย มีเพียงการเปิดประตูระบายน้ำให้น้ำทะเลไหลเข้าสู่ระบบเพื่อให้พันธุ์ไม้สามารถเจริญเติบโตได้ ทำให้ผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นเห็นได้ไม่ชัดเจนนัก การเปลี่ยนแปลงส่วนหนึ่งเป็นผลจากช่วงฤดูกาล อิทธิพลการขึ้นลงของน้ำทะเล และผลของความแน่นทึบของพันธุ์ไม้ในแต่ละบริเวณซึ่งมีการเจริญเติบโตแตกต่างกัน อย่างไรก็ตาม ทางโครงการฯ ได้ใช้ระบบพื้นที่ชุ่มน้ำป่าชายเลนในการบำบัดน้ำเสียอีกครั้งหนึ่งตั้งแต่เดือนมกราคม 2548 และคณะผู้วิจัยจึงได้เก็บตัวอย่างเพิ่มเติมครั้งที่ 8 เดือนมิถุนายน 2548 ผลการศึกษาได้เปรียบเทียบกับรายงานของกนกพร บุญส่งและคณะ (2543) สามารถสรุปได้ดังนี้

ปริมาณอินทรียวัตถุ ไนโตรเจน และฟอสฟอรัสของดินเมื่อเปรียบเทียบกับผลการศึกษาของกนกพร บุญส่งและคณะ (2543) มีแนวโน้มสูงขึ้น ซึ่งคาดว่าเป็นผลจากการที่พันธุ์ไม้มีการเจริญเติบโต มีเศษกิ่งไม้ใบไม้ที่ร่วงหล่นสะสมที่พื้นที่มากขึ้น เป็นการเพิ่มอินทรียวัตถุ ซึ่งเมื่อย่อยสลายจะให้ TN และธาตุอาหารอื่นกับดิน รวมทั้งเป็นผลจากการที่ระบบพื้นที่ชุ่มน้ำป่าชายเลนได้รองรับน้ำเสียชุมชนตั้งแต่กันยายน 2542 เป็นต้นมา

ภายหลังจากที่โครงการได้ปล่อยน้ำเสียชุมชนลงสู่ระบบเป็นระยะเวลาประมาณ 6 เดือน พบว่า ปริมาณอินทรียวัตถุมีแนวโน้มสูงขึ้น ทั้งนี้เพราะในน้ำเสียชุมชนมีสารอินทรีย์ปริมาณสูง ขณะที่ไนโตรเจนและ ฟอสฟอรัสไม่พบแนวโน้มที่ชัดเจน แต่อย่างไรก็ตามเป็นที่น่าเป็นห่วงว่าจะมีการสะสมฟอสฟอรัสในระบบจนทำให้ประสิทธิภาพการบำบัดฟอสฟอรัสลดลง ทั้งนี้เพราะกระบวนการหลักในการบำบัดฟอสฟอรัสของระบบพื้นที่ชุ่มน้ำคือ การตกตะกอน การดูดซับโดยดิน และการแลกเปลี่ยนระหว่างดินกับน้ำ

เนื้อดิน เมื่อเปรียบเทียบกับผลการศึกษาของกนกพร บุญส่งและคณะ (2543) พบว่า มีแนวโน้มการสะสมอนุภาค clay เพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นผลจากการเปลี่ยนแปลงการท่วมถึงของน้ำทะเลตามธรรมชาติ และการเพิ่มขึ้นของอินทรียวัตถุ และสารแขวนลอยขนาดเล็กในน้ำเสีย

การศึกษาองค์ประกอบธาตุอาหารไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในใบพืช ชี้ให้เห็นว่า แสมทะเลในระบบป่าธรรมชาติมีการสะสมไนโตรเจนและฟอสฟอรัสสูงขึ้นตามช่วงเวลา ขณะที่แสมทะเลในแปลงควบคุมป่าธรรมชาติมีแนวโน้มคงที่ ทั้งนี้เพราะแสมทะเลในระบบได้รับน้ำเสียที่มีค่า TN และ TP สูง นอกจากนี้ยังพบว่า แสมทะเลมีการสะสมฟอสฟอรัสสูงกว่าพันธุ์ไม้อื่น และมีการสะสมไนโตรเจนสูงเป็นอันดับ 2 รวมทั้งมีการเจริญเติบโตสูง ดังนั้นจึงมีศักยภาพสูงในระบบพื้นที่ชุ่มน้ำป่าชายเลนเนื่องจากสามารถสะสมธาตุอาหารไว้ในเนื้อเยื่อได้มาก

การศึกษาสัตว์หน้าดิน พบสัตว์หน้าดินในระบบพื้นที่ชุ่มน้ำป่าปลูกใหม่ ระบบพื้นที่ชุ่มน้ำป่าธรรมชาติ และแปลงควบคุมป่าธรรมชาติ ทั้งสิ้น 4 ไฟลัม คือ Annelida, Mollusca, Arthropoda และ Chordata โดยแยกอนุกรมวิธานได้ 7 ชั้น 9 อันดับ และ 23 วงศ์ ชนิดและปริมาณสัตว์หน้าดินผันแปรตามช่วงเวลาและสถานีเก็บตัวอย่าง จำนวนชนิดสัตว์หน้าดินเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับในช่วงปี 2542-2543 ที่ปริศนา เจียรกูล (2543) ได้ศึกษาไว้ โดยพบสัตว์หน้าดินในวงศ์ Solenidae ซึ่งเป็นกลุ่มหอยสองฝาซึ่งอาจเป็นดัชนีที่บ่งชี้ถึงความอุดมสมบูรณ์ที่สูงขึ้น สัตว์หน้าดินชนิดเด่นที่พบมากที่สุด คือ หอยฝาเดียว วงศ์ Assimineidae พบกระจายตั้งแต่แปลงควบคุมป่าธรรมชาติ จนถึงระบบป่าปลูกใหม่บริเวณที่ปลูกถั่ว แต่ไม่พบในบริเวณที่ปลูกโปรง เนื่องจากโปรงมีเปอร์เซ็นต์การรอดตายต่ำ ทำให้พื้นที่ค่อนข้างเปิดโล่งไม่มีร่มเงา บริเวณที่ดังกล่าวจึงพบสัตว์หน้าดินกลุ่มตัวอ่อนแมลงน้ำในวงศ์ Chironomidae รองลงมา คือ Hydrophilidae และ Dolichopodidae ซึ่งทนทานต่อสภาพแวดล้อมที่จำกัดได้ดี ระบบป่าปลูกใหม่ในโซนที่ปลูกโกงกางและแสม พบชนิดของสัตว์หน้าดินสูงกว่าโซนที่ปลูกถั่วและโปรง โดยพบสัตว์หน้าดินในไฟลัม Annelida, Mollusca และ Arthropoda ในโซนที่ปลูกถั่ว พบสัตว์หน้าดินในไฟลัม Mollusca เพียงชนิดเดียว โดยอยู่ในวงศ์ Assimineidae และตัวอ่อนแมลงน้ำในชั้น Insecta ส่วนในโซนที่ปลูกโปรง พบสัตว์หน้าดินเพียงกลุ่มเดียว คือ ตัวอ่อนแมลงน้ำในชั้น Insecta สำหรับปริมาณสัตว์หน้าดินเฉลี่ย พบว่า บริเวณที่มีปริมาณสัตว์หน้าดินสูงสุด คือ แปลงควบคุมป่าธรรมชาติ รองลงมาคือระบบป่าธรรมชาติ และระบบป่าปลูกใหม่ ตามลำดับ (31.73, 19.47 และ 5.55 ตัว/ม^2) และพบว่าในช่วงที่มีการปล่อยน้ำเสียเข้าสู่ระบบ (มิถุนายน 2548) ชนิดและปริมาณสัตว์หน้าดินในระบบป่าปลูกใหม่ต่ำกว่าช่วงเวลาอื่น อย่างไรก็ตามการเก็บตัวอย่างในช่วงที่มีการปล่อยน้ำเสียเข้าสู่ระบบดำเนินการเพียง 1 ครั้ง ดังนั้นจึงควรมีการติดตามศึกษาในระยะยาว

โดยสรุปผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่า ระบบพื้นที่ชุ่มน้ำป่าชายเลนมีประสิทธิภาพสูงในการบำบัดน้ำเสียชุมชน และยังมีศักยภาพในการรองรับน้ำเสียที่มีความเข้มข้นสูง (ในรูป BOD, TN และ TP) และความเค็มสูง (ประมาณ 0-24 psu) อย่างไรก็ตามมีแนวโน้มที่ชี้ให้เห็นว่า มีการสะสมของอินทรียวัตถุ TN และ TP ในดิน ซึ่งในระยะยาวย่อมส่งผลกระทบทางลบต่อประสิทธิภาพการบำบัดของพื้นที่ชุ่มน้ำป่าชายเลน รวมทั้งมีการเปลี่ยนแปลงชนิดและองค์ประกอบของสัตว์หน้าดิน ดังนั้นน้ำเสียที่จะเข้าสู่ระบบพื้นที่ชุ่มน้ำป่าชายเลนไม่ควรมีความเข้มข้นของ TN และ TP สูงเกินระดับ 5NW (TN อยู่ระหว่าง 1.5.062-111.129 mg/l และ TP อยู่ระหว่าง 19.407-21.159 mg/l ซึ่งอยู่ในช่วงพิสัยของน้ำเสียชุมชนโดยทั่วไปซึ่งมีค่า TN อยู่ระหว่าง 20-85 mg/l และ TP อยู่ระหว่าง 4-15 mg/l) และในการจัดการระบบพื้นที่ชุ่มน้ำป่าชายเลนควรให้มีน้ำทะเลท่วมถึงพื้นที่เป็นระยะๆ เพื่อให้พันธุ์ไม้มีการเจริญเติบโตดี และส่งเสริมให้ประสิทธิภาพการบำบัด TP มีค่าสูง

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ เนื่องจากความกรุณาของผู้ที่เกี่ยวข้องทุกฝ่าย คณะผู้วิจัยใคร่ขอขอบพระคุณไว้ณ. ที่นี้

ขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ สุชาตา ชินะจิตร ผู้อำนวยการฝ่ายสวัสดิภาพสาธารณะ สำนักงานกองทุนสนับสนุนงานวิจัย (สกว.) ที่ได้ให้ข้อแนะนำอันเป็นประโยชน์ ตั้งแต่ในขั้นตอนของการจัดทำข้อเสนอโครงการวิจัย “การใช้ป่าชายเลนปลูกในการบำบัดน้ำเสียชุมชน” และได้อนุมัติเงินทุนวิจัยของโครงการ และขอขอบคุณ คุณ สุรีรัตน์ ชะนะมา เจ้าหน้าที่บริหารโครงการ สกว. ฝ่าย 3 ที่ได้ช่วยติดตามและประสานงานให้กับโครงการด้วยดีตลอดมา

ขอบพระคุณ ศาสตราจารย์ ดร. เกษม จันทร์แก้ว ผู้อำนวยการโครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ย อันเนื่องมาจากพระราชดำริ เป็นอย่างสูง ที่ได้กรุณาให้ความอนุเคราะห์ทั้งในด้านการใช้พื้นที่โครงการฯ ในการวิจัย การปรับถมพื้นที่สำหรับก่อสร้างชุดทดลอง รวมถึงที่พักและความสะดวกทุกด้านในการเก็บข้อมูลภาคสนาม

ขอบพระคุณ ศาสตราจารย์ ดร.สนิท อักษรแก้ว ประธานสถาบันสิ่งแวดล้อมไทย และเมธีวิจัยอาวุโส สกว. ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำอันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการวิจัยนี้มาโดยตลอดตั้งแต่ขั้นการจัดทำข้อเสนอโครงการ

ขอบพระคุณ คุณ ประธาน สังวร หัวหน้าหน่วยปฏิบัติการป่าชายเลน พบ. 1 สำนักงานป่าไม้เขตเพชรบุรี และ คุณ สมชาย ดิษฐศร หัวหน้ากลุ่มงานวิชาการป่าไม้ ศูนย์ศึกษาการพัฒนาอ่าวคุ้งกระเบน อันเนื่องมาจากพระราชดำริ จังหวัดจันทบุรี ที่อนุเคราะห์กล้าไม้ที่ใช้ในการวิจัยนี้

ขอบคุณ คุณ นิยม นกน่วม และเจ้าหน้าที่ในโครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ย อันเนื่องมาจากพระราชดำริทุกท่าน ที่ได้อำนวยความสะดวกและให้ความช่วยเหลือในการเก็บข้อมูลภาคสนามอย่างดียิ่งมาโดยตลอด ทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปได้

ขอขอบพระคุณผู้เกี่ยวข้องทุกท่านที่ได้อนุเคราะห์สถานที่และเครื่องมือในการทำวิจัย ได้แก่ ห้องปฏิบัติการสหสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย; หน่วยปฏิบัติการเทคโนโลยีชีวภาพทางทะเล ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล; และห้องปฏิบัติการภาควิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป

ท้ายสุดนี้ ผู้วิจัยใคร่ขอขอบพระคุณสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) เป็นอย่างยิ่งที่ได้ให้ทุนสนับสนุนการวิจัยนี้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	I
ABSTRACT	III
บทสรุปสำหรับผู้บริหาร	V
กิตติกรรมประกาศ	XIII
สารบัญ	XIV
สารบัญรูปภาพ	XIX
สารบัญตาราง	XXII
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย	1-1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ	1-2
1.3 พื้นที่ดำเนินการและขอบเขตการวิจัย	1-2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	1-3
บทที่ 2 การตรวจสอบเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 น้ำเสียชุมชน	2-1
2.2 พื้นที่ชุ่มน้ำ	2-2
2.3 ป่าชายเลน	2-3
2.4 กลไกการบำบัดน้ำเสียของพื้นที่ชุ่มน้ำ	2-7
2.5 พันธุ์ไม้ป่าชายเลนกับการบำบัดน้ำเสีย	2-11
2.6 ผลกระทบจากการใช้พื้นที่ชุ่มน้ำป่าชายเลนบำบัดน้ำเสีย	2-14
บทที่ 3 ขอบเขตและวิธีดำเนินการวิจัย	
โครงการที่ 1 การหาวิธีการที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำเสียชุมชนด้วยระบบพื้นที่ชุ่มน้ำป่าชายเลน	3-1
3.1 โครงการย่อยที่ 1-1 ผลของระยะเวลากักเก็บและความเข้มข้นของน้ำเสียต่อประสิทธิภาพการบำบัดของระบบพื้นที่ชุ่มน้ำป่าชายเลน	3-1
3.1.1 วัตถุประสงค์	3-1
3.1.2 ขอบเขตการศึกษา	3-1
3.1.3 การวางแผนการทดลอง	3-3
3.1.4 การจัดสร้างระบบทดลอง	3-5
3.1.5 วิธีการทดลอง	3-8
3.1.6 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ	3-11

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.2 โครงการย่อยที่ 1-2 ผลของความเค็มของน้ำเสียต่อประสิทธิภาพการบำบัดของระบบพื้นที่ชุ่มน้ำป่าชายเลน 3-12
3.2.1 วัตถุประสงค์ 3-12
3.2.2 ขอบเขตการศึกษา 3-12
3.2.3 การวางแผนการทดลอง 3-12
3.2.4 วิธีการทดลอง 3-14
3.2.5 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ 3-14
3.3 โครงการที่ 2 การศึกษาการเปลี่ยนแปลงสมบัติของดิน องค์ประกอบธาตุอาหารในพืช และสัตว์หน้าดิน ในระบบพื้นที่ชุ่มน้ำป่าชายเลนที่ใช้บำบัดน้ำเสีย 3-15
3.3.1 วัตถุประสงค์ 3-15
3.3.2 พื้นที่ดำเนินการและขอบเขตของการวิจัย 3-15
3.3.3 สถานีเก็บตัวอย่าง 3-17
3.3.4 วิธีการศึกษา 3-19
3.3.5 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ 3-19

บทที่ 4 ผลการศึกษาคุณภาพน้ำและประสิทธิภาพการบำบัด

4.1 คุณภาพน้ำและประสิทธิภาพการบำบัด ในระบบกะ ในโครงการย่อยที่ 1-1 4-2
4.1.1 คุณภาพน้ำเสียและน้ำทะเลที่เข้าสู่ชุดทดลอง ในระบบกะ ในโครงการย่อยที่ 1-1 4-2
4.1.2 ประสิทธิภาพการบำบัด ในระบบกะ ในโครงการย่อยที่ 1-1 4-4
4.2 คุณภาพน้ำและประสิทธิภาพการบำบัด ในระบบเติมต่อเนื่อง ในโครงการย่อยที่ 1-1 4-30
4.2.1 คุณภาพน้ำเสียและน้ำทะเลที่เข้าสู่ชุดทดลอง ในระบบเติมต่อเนื่อง ในโครงการย่อยที่ 1-1 4-30
4.2.2 ประสิทธิภาพการบำบัด ในระบบเติมต่อเนื่อง ในโครงการย่อยที่ 1-1 4-31
4.3 คุณภาพน้ำและประสิทธิภาพการบำบัด ในระบบกะ ในโครงการย่อยที่ 1-2 4-57
4.3.1 คุณภาพน้ำเสียที่เข้าสู่ชุดทดลอง ในระบบกะ ในโครงการย่อยที่ 1-2 4-57
4.3.2 ประสิทธิภาพการบำบัด ในระบบกะ ในโครงการย่อยที่ 1-2 4-58
4.4 คุณภาพน้ำและประสิทธิภาพการบำบัด ในระบบเติมต่อเนื่อง ในโครงการย่อยที่ 1-2 4-72
4.4.1 คุณภาพน้ำเสียที่เข้าสู่ชุดทดลอง ในระบบเติมต่อเนื่อง ในโครงการย่อยที่ 1-2 4-72
4.4.2 ประสิทธิภาพการบำบัด ในระบบเติมต่อเนื่อง ในโครงการย่อยที่ 1-2 4-73
4.5 การบำบัดโลหะหนัก (ทองแดงและตะกั่ว) ในโครงการย่อยที่ 1-2 4-86
4.5.1 การบำบัดโลหะหนัก ในระบบกะ ในโครงการย่อยที่ 1-2 4-86
4.5.2 การบำบัดโลหะหนัก ในระบบเติมต่อเนื่อง ในโครงการย่อยที่ 1-2 4-87

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.6 สรุปประเด็นด้านคุณภาพน้ำและประสิทธิภาพการบำบัด 4-90
4.6.1 สรุปประเด็นด้านคุณภาพน้ำและประสิทธิภาพการบำบัด ในระบบกะ ในโครงการย่อยที่ 1-1 4-90
4.6.2 สรุปประเด็นด้านคุณภาพน้ำและประสิทธิภาพการบำบัด ในระบบเติมต่อเนื่อง ในโครงการย่อยที่ 1-1 4-90
4.6.3 สรุปประเด็นด้านคุณภาพน้ำและประสิทธิภาพการบำบัด ในระบบกะ ในโครงการย่อยที่ 1-2 4-90
4.6.4 สรุปประเด็นด้านคุณภาพน้ำและประสิทธิภาพการบำบัด ในระบบเติมต่อเนื่อง ในโครงการย่อยที่ 1-2 4-90
4.6.5 สรุปประเด็นด้านประสิทธิภาพการบำบัดโลหะหนัก (ทองแดงและตะกั่ว) ในโครงการย่อยที่ 1-2 4-91

บทที่ 5 ผลการศึกษาการเจริญเติบโตและองค์ประกอบธาตุอาหารของกล้าไม้

5.1 การเจริญเติบโตและองค์ประกอบธาตุอาหารของกล้าไม้ ในระบบกะ ในโครงการย่อยที่ 1-1 5-2
5.1.1 การเจริญเติบโตของกล้าไม้ ในระบบกะ ในโครงการย่อยที่ 1-1 5-2
5.1.2 องค์ประกอบธาตุอาหารในใบของกล้าไม้ ในระบบกะ ในโครงการย่อยที่ 1-1 5-18
5.2 การเจริญเติบโตและองค์ประกอบธาตุอาหารของกล้าไม้ ในระบบเติมต่อเนื่อง ในโครงการย่อยที่ 1-1 5-25
5.2.1 การเจริญเติบโตของกล้าไม้ ในระบบเติมต่อเนื่อง ในโครงการย่อยที่ 1-1 5-25
5.2.2 องค์ประกอบธาตุอาหารในใบของกล้าไม้ ในระบบเติมต่อเนื่อง ในโครงการย่อยที่ 1-1 5-40
5.3 การเจริญเติบโตของกล้าไม้ ในระบบกะ ในโครงการย่อยที่ 1-2 5-46
5.4 การเจริญเติบโตของกล้าไม้ ในระบบเติมต่อเนื่อง ในโครงการย่อยที่ 1-2 5-60
5.5 สรุปประเด็นด้านการเจริญเติบโตและองค์ประกอบธาตุอาหารของกล้าไม้ 5-74
5.5.1 สรุปประเด็นด้านการเจริญเติบโตและองค์ประกอบธาตุอาหารของกล้าไม้ ในระบบกะ ในโครงการย่อยที่ 1-1 5-74
5.5.2 สรุปประเด็นด้านการเจริญเติบโตและองค์ประกอบธาตุอาหารของกล้าไม้ ในระบบเติมต่อเนื่อง ในโครงการย่อยที่ 1-1 5-76
5.5.3 สรุปประเด็นด้านการเจริญเติบโตของกล้าไม้ ในระบบกะ ในโครงการย่อยที่ 1-2 5-77
5.5.4 สรุปประเด็นด้านการเจริญเติบโตของกล้าไม้ ในระบบเติมต่อเนื่อง ในโครงการย่อยที่ 1-2 5-78

บทที่ 6 ผลการศึกษาสมบัติของดินและการเปลี่ยนแปลงภายหลังใช้บำบัดน้ำเสีย

6.1 สมบัติของดินและการเปลี่ยนแปลง ในระบบกะ ในโครงการย่อยที่ 1-1 6-2
6.2 สมบัติของดินและการเปลี่ยนแปลง ในระบบเติมต่อเนื่อง ในโครงการย่อยที่ 1-1 6-20
6.3 สมบัติของดินและการเปลี่ยนแปลง ในระบบกะ ในโครงการย่อยที่ 1-2 6-37
6.4 สมบัติของดินและการเปลี่ยนแปลง ในระบบเติมต่อเนื่อง ในโครงการย่อยที่ 1-2 6-43

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

6.5 สรุปประเด็นด้านสมบัติของดินและการเปลี่ยนแปลงภายหลังใช้บำบัดน้ำเสีย 6-49
6.5.1 สรุปประเด็นด้านสมบัติของดินและการเปลี่ยนแปลง ในระบบกะในโครงการย่อยที่ 1-1 6-49
6.5.2 สรุปประเด็นด้านสมบัติของดินและการเปลี่ยนแปลง ในระบบเติมต่อเนื่อง ในโครงการย่อยที่ 1-1 6-49
6.5.3 สรุปประเด็นด้านสมบัติของดินและการเปลี่ยนแปลง ในระบบกะ ในโครงการย่อยที่ 1-2 6-50
6.5.4 สรุปประเด็นด้านสมบัติของดินและการเปลี่ยนแปลง ในระบบเติมต่อเนื่อง ในโครงการย่อยที่ 1-2 6-51

บทที่ 7 ผลการศึกษาสมบัติของดินและองค์ประกอบธาตุอาหารในใบ ในแปลง Pilot Scale

7.1 สมบัติของดินและการเปลี่ยนแปลง ในแปลง Pilot Scale 7-2
7.2 องค์ประกอบธาตุอาหารในใบ ในแปลง Pilot Scale 7-14
7.3 สรุปประเด็นด้านสมบัติของดินและองค์ประกอบธาตุอาหารในใบ ในแปลง Pilot Scale 7-17

บทที่ 8 ผลการศึกษาด้านสัตว์หน้าดินในแปลง Pilot Scale

8.1 ชนิดสัตว์หน้าดินในรอบปี 8-2
8.2 ความหลากหลายสัตว์หน้าดินแต่ละชนิดในแต่ละช่วงเวลาเก็บตัวอย่าง 8-4
8.3 ปริมาณสัตว์หน้าดินในรอบปี 8-7
8.4 ปริมาณสัตว์หน้าดินแต่ละช่วงเวลาเก็บตัวอย่าง 8-8
8.5 ปริมาณสัตว์หน้าดินจำแนกตามชนิดในรอบปี 8-8
8.6 ปริมาณสัตว์หน้าดินจำแนกตามชนิดในแต่ละช่วงเวลาเก็บตัวอย่าง 8-8
8.7 การกระจายของสัตว์หน้าดินแต่ละวงศ์ในแต่ละสถานีเก็บตัวอย่างในรอบปี 8-11
8.8 สรุปประเด็นด้านสัตว์หน้าดิน ในแปลง Pilot Scale 8-20
8.9 สรุปและข้อเสนอแนะ 8-22

บทที่ 9 สรุปและข้อเสนอแนะ

9.1 สรุปผลการศึกษาด้านคุณภาพน้ำและประสิทธิภาพการบำบัด
9.1.1 สรุปผลการศึกษาด้านคุณภาพน้ำและประสิทธิภาพการบำบัด ในโครงการย่อยที่ 1-1 9-1
9.1.2 สรุปผลการศึกษาด้านคุณภาพน้ำและประสิทธิภาพการบำบัด ในโครงการย่อยที่ 1-2 9-5
9.2 ข้อเสนอแนะการจัดการพื้นที่ชุ่มน้ำป่าชายเลน 9-8

รายการอ้างอิง 1 0 - 1

ภาพถ่ายในพื้นที่โครงการ i

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก ผลการศึกษาคุณภาพน้ำและประสิทธิภาพการบำบัด ก
ภาคผนวก ข ผลการศึกษาการเจริญเติบโตและองค์ประกอบธาตุอาหารของกล้าไม้ ข
ภาคผนวก ค ผลการศึกษาสมบัติของดินและการเปลี่ยนแปลงภายหลังใช้บำบัดน้ำเสีย ค
ภาคผนวก ง ผลการศึกษาสมบัติของดินและองค์ประกอบธาตุอาหารในใบ ในแปลง Pilot Scale ง
ภาคผนวก จ ผลการศึกษาด้านสัตว์หน้าดิน ในแปลง Pilot Scale จ

สารบัญรูปภาพ

รูปที่		หน้า
รูปที่ 2-1	กระบวนการบำบัดธาตุอาหารในระบบพื้นที่ชุ่มน้ำ	2-8
รูปที่ 2-2	การกระจายของอนินทรีย์ฟอสฟอรัสที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส	2-11
รูปที่ 3-1	แผนภาพแสดงชุดทดลอง ในโครงการย่อยที่ 1-1	3-5
รูปที่ 3-2	พื้นที่แปลงทดลองบำบัดน้ำเสียและกำจัดขยะโครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ยอันเนื่องมาจากพระราชดำริ และที่ตั้งชุดทดลองพื้นที่ชุ่มน้ำเทียม	3-6
รูปที่ 3-3	แผนภาพแสดงรายละเอียดของชุดทดลอง	3-7
รูปที่ 3-4	แผนภาพแสดงชุดทดลอง ในโครงการย่อยที่ 1-2	3-13
รูปที่ 3-5	ระบบบำบัดน้ำเสียโดยใช้ป่าชายเลนของโครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ยอันเนื่องมาจากพระราชดำริ	3-16
รูปที่ 3-6	สถานีเก็บตัวอย่างดิน พืช และสัตว์หน้าดินในระบบพื้นที่ชุ่มน้ำป่าชายเลน และแปลงควบคุมป่าธรรมชาติ	3-18
รูปที่ 4-1	เปอร์เซ็นต์การบำบัด BOD ของน้ำเสียเมื่อใช้ระยะเวลากักเก็บต่างกัน ในระบบกะ โครงการที่ 1-1	4-8
รูปที่ 4-2	เปอร์เซ็นต์การบำบัด BOD ของน้ำเสียต่างระดับความเข้มข้น ในระบบกะ โครงการที่ 1-1	4-9
รูปที่ 4-3	เปอร์เซ็นต์การบำบัดไนโตรเจนทั้งหมดของน้ำเสียเมื่อใช้ระยะเวลากักเก็บต่างกัน ในระบบกะ โครงการที่ 1-1	4-12
รูปที่ 4-4	เปอร์เซ็นต์การบำบัดไนโตรเจนทั้งหมดของน้ำเสียต่างระดับความเข้มข้น ในระบบกะ โครงการที่ 1-1	4-13
รูปที่ 4-5	เปอร์เซ็นต์การบำบัดแอมโมเนียของน้ำเสียเมื่อใช้ระยะเวลากักเก็บต่างกัน ในระบบกะ โครงการที่ 1-1	4-16
รูปที่ 4-6	เปอร์เซ็นต์การบำบัดแอมโมเนียของน้ำเสียต่างระดับความเข้มข้น ในระบบกะ โครงการที่ 1-1	4-17
รูปที่ 4-7	เปอร์เซ็นต์การบำบัดไนเตรทของน้ำเสียเมื่อใช้ระยะเวลากักเก็บต่างกัน ในระบบกะ โครงการที่ 1-1	4-20
รูปที่ 4-8	เปอร์เซ็นต์การบำบัดไนเตรทของน้ำเสียต่างระดับความเข้มข้น ในระบบกะ โครงการที่ 1-1	4-21
รูปที่ 4-9	เปอร์เซ็นต์การบำบัดฟอสฟอรัสทั้งหมดของน้ำเสียเมื่อใช้ระยะเวลากักเก็บต่างกัน ในระบบกะ โครงการที่ 1-1	4-24
รูปที่ 4-10	เปอร์เซ็นต์การบำบัดฟอสฟอรัสทั้งหมดของน้ำเสียต่างระดับความเข้มข้น ในระบบกะ โครงการที่ 1-1	4-25
รูปที่ 4-11	เปอร์เซ็นต์การบำบัดออร์โธฟอสเฟตของน้ำเสียเมื่อใช้ระยะเวลากักเก็บต่างกัน ในระบบกะ โครงการที่ 1-1	4-28
รูปที่ 4-12	เปอร์เซ็นต์การบำบัดออร์โธฟอสเฟตของน้ำเสียต่างระดับความเข้มข้น ในระบบกะ โครงการที่ 1-1	4-29
รูปที่ 4-13	เปอร์เซ็นต์การบำบัดบีโอดีของน้ำเสียเมื่อใช้ระยะเวลากักเก็บต่างกัน ในระบบต่อเนื่อง โครงการที่ 1-1	4-35
รูปที่ 4-14	เปอร์เซ็นต์การบำบัดบีโอดีของน้ำเสียต่างระดับความเข้มข้น ในระบบต่อเนื่อง โครงการที่ 1-1	4-36
รูปที่ 4-15	เปอร์เซ็นต์การบำบัดไนโตรเจนทั้งหมดของน้ำเสียเมื่อใช้ระยะเวลากักเก็บต่างกัน ในระบบต่อเนื่อง โครงการที่ 1-1	4-39
รูปที่ 4-16	เปอร์เซ็นต์การบำบัดไนโตรเจนทั้งหมดของน้ำเสียต่างระดับความเข้มข้น ในระบบต่อเนื่อง โครงการที่ 1-1	4-40

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

รูปที่		หน้า
รูปที่ 4-17	เปอร์เซ็นต์การบำบัดแอมโมเนียของน้ำเสียเมื่อใช้ระยะเวลากักเก็บต่างกัน ในระบบต่อเนื่อง โครงการที่ 1-1	4-43
รูปที่ 4-18	เปอร์เซ็นต์การบำบัดแอมโมเนียของน้ำเสียต่างระดับความเข้มข้น ในระบบต่อเนื่อง โครงการที่ 1-1	4-44
รูปที่ 4-19	เปอร์เซ็นต์การบำบัดไนเตรทของน้ำเสียเมื่อใช้ระยะเวลากักเก็บต่างกัน ในระบบต่อเนื่อง โครงการที่ 1-1	4-47
รูปที่ 4-20	เปอร์เซ็นต์การบำบัดไนเตรทของน้ำเสียต่างระดับความเข้มข้น ในระบบต่อเนื่อง โครงการที่ 1-1	4-48
รูปที่ 4-21	เปอร์เซ็นต์การบำบัดฟอสฟอรัสทั้งหมดของน้ำเสียเมื่อใช้ระยะเวลากักเก็บต่างกัน ในระบบต่อเนื่อง โครงการที่ 1-1	4-51
รูปที่ 4-22	เปอร์เซ็นต์การบำบัดฟอสฟอรัสทั้งหมดของน้ำเสียต่างระดับความเข้มข้น ในระบบต่อเนื่อง โครงการที่ 1-1	4-52
รูปที่ 4-23	เปอร์เซ็นต์การบำบัดออร์โธฟอสเฟตของน้ำเสียเมื่อใช้ระยะเวลากักเก็บต่างกัน ในระบบต่อเนื่อง โครงการที่ 1-1	4-55
รูปที่ 4-24	เปอร์เซ็นต์การบำบัดออร์โธฟอสเฟตของน้ำเสียต่างระดับความเข้มข้น ในระบบต่อเนื่อง โครงการที่ 1-1	4-56
รูปที่ 4-25	เปอร์เซ็นต์การบำบัดบีโอดีของน้ำเสียต่างระดับความเค็ม ในระบบกะ โครงการที่ 1-2	4-61
รูปที่ 4-26	เปอร์เซ็นต์การบำบัดไนโตรเจนทั้งหมดของน้ำเสียต่างระดับความเค็ม ในระบบกะ โครงการที่ 1-2	4-64
รูปที่ 4-27	เปอร์เซ็นต์การบำบัดแอมโมเนียของน้ำเสียต่างระดับความเค็ม ในระบบกะ โครงการที่ 1-2	4-66
รูปที่ 4-28	เปอร์เซ็นต์การบำบัดฟอสฟอรัสทั้งหมดของน้ำเสียต่างระดับความเค็ม ในระบบกะ โครงการที่ 1-2	4-69
รูปที่ 4-29	เปอร์เซ็นต์การบำบัดออร์โธฟอสเฟตของน้ำเสียต่างระดับความเค็ม ในระบบกะ โครงการที่ 1-2	4-71
รูปที่ 4-30	เปอร์เซ็นต์การบำบัดบีโอดีของน้ำเสียต่างระดับความเค็ม ในระบบต่อเนื่อง โครงการที่ 1-2	4-76
รูปที่ 4-31	เปอร์เซ็นต์การบำบัดไนโตรเจนทั้งหมดของน้ำเสียต่างระดับความเค็ม ในระบบต่อเนื่อง โครงการที่ 1-2	4-78
รูปที่ 4-32	เปอร์เซ็นต์การบำบัดแอมโมเนียของน้ำเสียต่างระดับความเค็ม ในระบบต่อเนื่อง โครงการที่ 1-2	4-80
รูปที่ 4-33	เปอร์เซ็นต์การบำบัดฟอสฟอรัสทั้งหมดของน้ำเสียต่างระดับความเค็ม ในระบบต่อเนื่อง โครงการที่ 1-2	4-83
รูปที่ 4-34	เปอร์เซ็นต์การบำบัดออร์โธฟอสเฟตของน้ำเสียต่างระดับความเค็ม ในระบบต่อเนื่อง โครงการที่ 1-2	4-85
รูปที่ 5-1	การเจริญเติบโตด้านความสูงของกล้าไม้ที่ปลูกในน้ำเสียต่างระดับความเข้มข้น ในระบบกะ โครงการที่ 1-1	5-5
รูปที่ 5-2	การเจริญเติบโตด้านเส้นผ่าศูนย์กลางของกล้าไม้ของที่ปลูกในน้ำเสียต่างระดับความเข้มข้น ในระบบกะ โครงการที่ 1-1	5-9

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

รูปที่		หน้า
รูปที่ 5-3	มวลชีวภาพลำต้นของกล้าไม้ที่ปลูกในน้ำเสียต่างระดับความเข้มข้น ในระบบกะ โครงการที่ 1-1	5-13
รูปที่ 5-4	มวลชีวภาพใบของกล้าไม้ที่ปลูกในน้ำเสียต่างระดับความเข้มข้น ในระบบกะ โครงการที่ 1-1	5-16
รูปที่ 5-5	การเจริญเติบโตด้านความสูงของกล้าไม้ที่ได้รับน้ำเสียต่างระดับความเข้มข้น ในระบบต่อเนื่อง โครงการที่ 1-1	5-27
รูปที่ 5-6	การเจริญเติบโตด้านเส้นผ่าศูนย์กลางของกล้าไม้ที่ได้รับน้ำเสียต่างระดับความเข้มข้น ในระบบต่อเนื่อง โครงการที่ 1-1	5-31
รูปที่ 5-7	มวลชีวภาพลำต้นของกล้าไม้ที่ได้รับน้ำเสียต่างระดับความเข้มข้น ในระบบต่อเนื่อง โครงการที่ 1-1	5-35
รูปที่ 5-8	มวลชีวภาพใบของกล้าไม้ที่ได้รับน้ำเสียต่างระดับความเข้มข้น ในระบบต่อเนื่อง โครงการที่ 1-1	5-38
รูปที่ 5-9	การเจริญเติบโตด้านความสูงของกล้าไม้ที่ได้รับน้ำเสียต่างระดับความเค็ม ในระบบกะ โครงการที่ 1-2	5-48
รูปที่ 5-10	การเจริญเติบโตด้านเส้นผ่าศูนย์กลางของกล้าไม้ที่ได้รับน้ำเสียต่างระดับความเค็ม ในระบบกะ โครงการที่ 1-2	5-51
รูปที่ 5-11	มวลชีวภาพลำต้นของกล้าไม้ที่ได้รับน้ำเสียต่างระดับความเค็ม ในระบบกะ โครงการที่ 1-2	5-55
รูปที่ 5-12	มวลชีวภาพใบของกล้าไม้ที่ได้รับน้ำเสียต่างระดับความเค็ม ในระบบกะ โครงการที่ 1-2	5-58
รูปที่ 5-13	การเจริญเติบโตด้านความสูงของกล้าไม้ที่ได้รับน้ำเสียต่างระดับความเค็ม ในระบบต่อเนื่อง โครงการที่ 1-2	5-62
รูปที่ 5-14	การเจริญเติบโตด้านเส้นผ่าศูนย์กลางของกล้าไม้ที่ได้รับน้ำเสียต่างระดับความเค็ม ในระบบต่อเนื่อง โครงการที่ 1-2	5-65
รูปที่ 5-15	มวลชีวภาพลำต้นของกล้าไม้ที่ได้รับน้ำเสียต่างระดับความเค็ม ในระบบต่อเนื่อง โครงการที่ 1-2	5-69
รูปที่ 5-16	มวลชีวภาพใบของกล้าไม้ที่ได้รับน้ำเสียต่างระดับความเค็ม ในระบบต่อเนื่อง โครงการที่ 1-2	5-72
รูปที่ 8-1	สัดส่วนความชุกชุมของสัตว์หน้าดินในแต่ละบริเวณในระบบบำบัดน้ำเสียและแปลงควบคุม ระหว่างเดือนธันวาคม 2545 - มิถุนายน 2548	8-7
รูปที่ 8-2	สัดส่วนร้อยละของสัตว์หน้าดินจำแนกตาม Phylum ระหว่างเดือนธันวาคม 2545 - มิถุนายน 2548	8-9
รูปที่ 8-3	สัดส่วนร้อยละของสัตว์หน้าดินจำแนกตามรายเดือน	8-10
รูปที่ 8-4	ปริมาณสัตว์หน้าดินในแต่ละบริเวณเก็บตัวอย่าง ระหว่างเดือนธันวาคม 2545 - มิถุนายน 2548	8-16

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
ตารางที่ 2-1	ลักษณะของน้ำเสียชุมชนโดยทั่วไป	2-1
ตารางที่ 3-1	พารามิเตอร์ที่ทำการศึกษา เหตุผล และประโยชน์ของการศึกษา	3-2
ตารางที่ 3-2	ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดและฟอสฟอรัสทั้งหมดในน้ำเสียต่างระดับความเข้มข้น	3-4
ตารางที่ 3-3	สารเคมีและปริมาณที่ใช้เพื่อปรับความเข้มข้นของไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในน้ำเสีย	3-4
ตารางที่ 3-4	พารามิเตอร์และวิธีการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำ	3-9
ตารางที่ 3-5	พารามิเตอร์และวิธีการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน	3-10
ตารางที่ 3-6	พารามิเตอร์และวิธีการวิเคราะห์ตัวอย่างพืช	3-11
ตารางที่ 4-1	คุณภาพน้ำเสียและน้ำทะเลก่อนเข้าชุดทดลองทั้ง 9 ครั้ง ในระบบกะ โครงการที่ 1-1	4-3
ตารางที่ 4-2	ปริมาณออกซิเจนละลายของน้ำก่อนและหลังการบำบัดเมื่อใช้ระยะเวลากักเก็บต่างกัน ในระบบกะ โครงการที่ 1-1	4-5
ตารางที่ 4-3	ปริมาณบีโอดีของน้ำก่อนและหลังการบำบัดเมื่อใช้ระยะเวลากักเก็บต่างกัน ในระบบกะ โครงการที่ 1-1	4-6
ตารางที่ 4-4	เปอร์เซ็นต์การบำบัดบีโอดีเมื่อใช้ระยะเวลากักเก็บต่างกัน ในระบบกะ โครงการที่ 1-1	4-7
ตารางที่ 4-5	ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดของน้ำก่อนและหลังการบำบัดเมื่อใช้ระยะเวลากักเก็บต่างกัน ในระบบกะ โครงการที่ 1-1	4-11
ตารางที่ 4-6	เปอร์เซ็นต์การบำบัดไนโตรเจนทั้งหมดเมื่อใช้ระยะเวลากักเก็บต่างกัน ในระบบกะ โครงการที่ 1-1	4-11
ตารางที่ 4-7	ปริมาณแอมโมเนียของน้ำก่อนและหลังการบำบัดเมื่อใช้ระยะเวลากักเก็บต่างกัน ในระบบกะ โครงการที่ 1-1	4-15
ตารางที่ 4-8	เปอร์เซ็นต์การบำบัดแอมโมเนียเมื่อใช้ระยะเวลากักเก็บต่างกัน ในระบบกะ โครงการที่ 1-1	4-15
ตารางที่ 4-9	ปริมาณไนเตรทของน้ำก่อนและหลังการบำบัดเมื่อใช้ระยะเวลากักเก็บต่างกัน ในระบบกะ โครงการที่ 1-1	4-19
ตารางที่ 4-10	เปอร์เซ็นต์การบำบัดไนเตรทเมื่อใช้ระยะเวลากักเก็บต่างกัน ในระบบกะ โครงการที่ 1-1	4-19
ตารางที่ 4-11	ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดของน้ำก่อนและหลังการบำบัดเมื่อใช้ระยะเวลากักเก็บต่างกัน ในระบบกะ โครงการที่ 1-1	4-23
ตารางที่ 4-12	เปอร์เซ็นต์การบำบัดฟอสฟอรัสทั้งหมดเมื่อใช้ระยะเวลากักเก็บต่างกัน ในระบบกะ โครงการที่ 1-1	4-23
ตารางที่ 4-13	ปริมาณออร์โธฟอสเฟตของน้ำก่อนและหลังการบำบัดเมื่อใช้ระยะเวลากักเก็บต่างกัน ในระบบกะ โครงการที่ 1-1	4-27
ตารางที่ 4-14	เปอร์เซ็นต์การบำบัดออร์โธฟอสเฟตเมื่อใช้ระยะเวลากักเก็บต่างกัน ในระบบกะ โครงการที่ 1-1	4-27
ตารางที่ 4-15	คุณภาพน้ำเสียและน้ำทะเลก่อนเข้าชุดทดลองทั้ง 9 ครั้ง ในระบบต่อเนื่อง โครงการที่ 1-1	4-31

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

ตารางที่ 4-16 ปริมาณออกซิเจนละลายของน้ำก่อนและหลังการบำบัดเมื่อใช้ระยะเวลากักเก็บต่างกัน ในระบบต่อเนื่อง โครงการที่ 1-1 4-32
ตารางที่ 4-17 ปริมาณบีโอดีของน้ำก่อนและหลังการบำบัดเมื่อใช้ระยะเวลากักเก็บต่างกัน ในระบบต่อเนื่อง โครงการที่ 1-1 4-34
ตารางที่ 4-18 เปอร์เซ็นต์การบำบัดบีโอดี เมื่อใช้ระยะเวลากักเก็บต่างกัน ในระบบต่อเนื่อง โครงการที่ 1-1 4-34
ตารางที่ 4-19 ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดของน้ำก่อนและหลังการบำบัดเมื่อใช้ระยะเวลากักเก็บต่างกัน ในระบบต่อเนื่อง โครงการที่ 1-1 4-38
ตารางที่ 4-20 เปอร์เซ็นต์การบำบัดไนโตรเจนทั้งหมดเมื่อใช้ระยะเวลากักเก็บต่างกัน ในระบบต่อเนื่อง โครงการที่ 1-1 4-38
ตารางที่ 4-21 ปริมาณแอมโมเนียของน้ำก่อนและหลังการบำบัดเมื่อใช้ระยะเวลากักเก็บต่างกัน ในระบบต่อเนื่อง โครงการที่ 1-1 4-42
ตารางที่ 4-22 เปอร์เซ็นต์การบำบัดแอมโมเนียเมื่อใช้ระยะเวลากักเก็บต่างกัน ในระบบต่อเนื่อง โครงการที่ 1-1 4-42
ตารางที่ 4-23 ปริมาณไนเตรทของน้ำก่อนและหลังการบำบัดเมื่อใช้ระยะเวลากักเก็บต่างกัน ในระบบต่อเนื่อง โครงการที่ 1-1 4-46
ตารางที่ 4-24 เปอร์เซ็นต์การบำบัดไนเตรทเมื่อใช้ระยะเวลากักเก็บต่างกัน ในระบบต่อเนื่อง โครงการที่ 1-1 4-46
ตารางที่ 4-25 ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดของน้ำก่อนและหลังการบำบัดเมื่อใช้ระยะเวลากักเก็บต่างกัน ในระบบต่อเนื่อง โครงการที่ 1-1 4-50
ตารางที่ 4-26 เปอร์เซ็นต์การบำบัดฟอสฟอรัสทั้งหมดเมื่อใช้ระยะเวลากักเก็บต่างกัน ในระบบต่อเนื่อง โครงการที่ 1-1 4-50
ตารางที่ 4-27 ปริมาณออร์โธฟอสเฟตของน้ำก่อนและหลังการบำบัดเมื่อใช้ระยะเวลากักเก็บต่างกัน ในระบบต่อเนื่อง โครงการที่ 1-1 4-54
ตารางที่ 4-28 เปอร์เซ็นต์การบำบัดออร์โธฟอสเฟตเมื่อใช้ระยะเวลากักเก็บต่างกัน ในระบบต่อเนื่อง โครงการที่ 1-1 4-54
ตารางที่ 4-29 คุณภาพน้ำเสียและน้ำเสียที่ปรับความเค็มก่อนเข้าชุดทดลองทั้ง 9 ครั้ง ในระบบกะ โครงการที่ 1-2 4-57
ตารางที่ 4-30 ความเป็นกรด-ด่าง การนำไฟฟ้า และความเค็มของน้ำก่อนและหลังการบำบัด ในระบบกะ โครงการที่ 1-2 4-58
ตารางที่ 4-31 ปริมาณออกซิเจนละลายของน้ำก่อนและหลังการบำบัด ในระบบกะ โครงการที่ 1-2 4-60
ตารางที่ 4-32 ปริมาณบีโอดีของน้ำก่อนและหลังการบำบัด ในระบบกะ โครงการที่ 1-2 4-60
ตารางที่ 4-33 เปอร์เซ็นต์การบำบัดบีโอดี ในระบบกะ โครงการที่ 1-2 4-60
ตารางที่ 4-34 ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดของน้ำก่อนและหลังการบำบัด ในระบบกะ โครงการที่ 1-2 4-63
ตารางที่ 4-35 เปอร์เซ็นต์การบำบัดไนโตรเจนทั้งหมด ในระบบกะ โครงการที่ 1-2 4-63
ตารางที่ 4-36 ปริมาณแอมโมเนียของน้ำก่อนและหลังการบำบัด ในระบบกะ โครงการที่ 1-2 4-65

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

ตารางที่ 4-37 เปอร์เซ็นต์การบำบัดแอมโมเนีย ในระบบกะ โครงการที่ 1-2 4-65
ตารางที่ 4-38 ปริมาณไนเตรทของน้ำก่อนและหลังการบำบัด ในระบบกะ โครงการที่ 1-2 4-67
ตารางที่ 4-39 เปอร์เซ็นต์การบำบัดไนเตรท ในระบบกะ โครงการที่ 1-2 4-67
ตารางที่ 4-40 ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดของน้ำก่อนและหลังการบำบัด ในระบบกะ โครงการที่ 1-2 4-68
ตารางที่ 4-41 เปอร์เซ็นต์การบำบัดฟอสฟอรัสทั้งหมด ในระบบกะ โครงการที่ 1-2 4-68
ตารางที่ 4-42 ปริมาณออร์โธฟอสเฟตของน้ำก่อนและหลังการบำบัด ในระบบกะ โครงการที่ 1-2 4-70
ตารางที่ 4-43 เปอร์เซ็นต์การบำบัดออร์โธฟอสเฟต ในระบบกะ โครงการที่ 1-2 4-70
ตารางที่ 4-44 คุณภาพน้ำเสียและน้ำเสียที่ปรับความเค็มก่อนเข้าชุดทดลองทั้ง 9 ครั้ง ในระบบต่อเนื่อง โครงการที่ 1-2 4-72
ตารางที่ 4-45 ความเป็นกรด-ด่าง การนำไฟฟ้า และความเค็มของน้ำก่อนและหลังการบำบัด ในระบบต่อเนื่อง โครงการที่ 1-2 4-73
ตารางที่ 4-46 ปริมาณออกซิเจนละลายของน้ำก่อนและหลังการบำบัด ในระบบต่อเนื่อง โครงการที่ 1-2 4-74
ตารางที่ 4-47 ปริมาณบีโอดีของน้ำก่อนและหลังการบำบัด ในระบบต่อเนื่อง โครงการที่ 1-2 4-75
ตารางที่ 4-48 เปอร์เซ็นต์การบำบัดบีโอดี ในระบบต่อเนื่อง โครงการที่ 1-2 4-75
ตารางที่ 4-49 ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดของน้ำก่อนและหลังการบำบัด ในระบบต่อเนื่อง โครงการที่ 1-2 4-77
ตารางที่ 4-50 เปอร์เซ็นต์การบำบัดไนโตรเจนทั้งหมด ในระบบต่อเนื่อง โครงการที่ 1-2 4-77
ตารางที่ 4-51 ปริมาณแอมโมเนียของน้ำก่อนและหลังการบำบัด ในระบบต่อเนื่อง โครงการที่ 1-2 4-79
ตารางที่ 4-52 เปอร์เซ็นต์การบำบัดแอมโมเนีย ในระบบต่อเนื่อง โครงการที่ 1-2 4-79
ตารางที่ 4-53 ปริมาณไนเตรทของน้ำก่อนและหลังการบำบัด ในระบบต่อเนื่อง โครงการที่ 1-2 4-81
ตารางที่ 4-54 เปอร์เซ็นต์การบำบัดไนเตรท ในระบบต่อเนื่อง โครงการที่ 1-2 4-81
ตารางที่ 4-55 ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดของน้ำก่อนและหลังการบำบัด ในระบบต่อเนื่อง โครงการที่ 1-2 4-82
ตารางที่ 4-56 เปอร์เซ็นต์การบำบัดฟอสฟอรัสทั้งหมด ในระบบต่อเนื่อง โครงการที่ 1-2 4-82
ตารางที่ 4-57 ปริมาณออร์โธฟอสเฟตของน้ำก่อนและหลังการบำบัด ในระบบต่อเนื่อง โครงการที่ 1-2 4-84
ตารางที่ 4-58 เปอร์เซ็นต์การบำบัดออร์โธฟอสเฟต ในระบบต่อเนื่อง โครงการที่ 1-2 4-84
ตารางที่ 4-59 ปริมาณทองแดงของน้ำก่อนและหลังการบำบัด ในระบบกะ โครงการที่ 1-2 4-86
ตารางที่ 4-60 เปอร์เซ็นต์การบำบัดทองแดง ในระบบกะ โครงการที่ 1-2 4-86
ตารางที่ 4-61 ปริมาณตะกั่วของน้ำก่อนและหลังการบำบัด ในระบบกะ โครงการที่ 1-2 4-87
ตารางที่ 4-62 เปอร์เซ็นต์การบำบัดตะกั่ว ในระบบกะ โครงการที่ 1-2 4-87
ตารางที่ 4-63 ปริมาณทองแดงของน้ำก่อนและหลังการบำบัด ในระบบต่อเนื่อง โครงการที่ 1-2 4-88
ตารางที่ 4-64 เปอร์เซ็นต์การบำบัดทองแดง ในระบบต่อเนื่อง โครงการที่ 1-2 4-88
ตารางที่ 4-65 ปริมาณตะกั่วของน้ำก่อนและหลังการบำบัด ในระบบต่อเนื่อง โครงการที่ 1-2 4-89
ตารางที่ 4-66 เปอร์เซ็นต์การบำบัดตะกั่ว ในระบบต่อเนื่อง โครงการที่ 1-2 4-89

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

ตารางที่ 5-1 อัตราการเพิ่มพูนความสูงของกล้าไม้ ในระบบกะ โครงการที่ 1-1 5-4
ตารางที่ 5-2 อัตราการเพิ่มพูนเส้นผ่าศูนย์กลางของกล้าไม้ ในระบบกะ โครงการที่ 1-1 5-8
ตารางที่ 5-3 อัตราการเพิ่มพูนมวลชีวภาพลำต้นของกล้าไม้ ในระบบกะ โครงการที่ 1-1 5-12
ตารางที่ 5-4 อัตราการเพิ่มพูนมวลชีวภาพใบของกล้าไม้ ในระบบกะ โครงการที่ 1-1 5-15
ตารางที่ 5-5 ค่าเฉลี่ยการสะสมไนโตรเจนทั้งหมดในใบอ่อนของกล้าไม้ ในระบบกะ โครงการที่ 1-1 5-19
ตารางที่ 5-6 ค่าเฉลี่ยการสะสมไนโตรเจนทั้งหมดในใบแก่ของกล้าไม้ ในระบบกะ โครงการที่ 1-1 5-21
ตารางที่ 5-7 ค่าเฉลี่ยการสะสมฟอสฟอรัสทั้งหมดในใบอ่อนของกล้าไม้ ในระบบกะ โครงการที่ 1-1 5-23
ตารางที่ 5-8 ค่าเฉลี่ยการสะสมฟอสฟอรัสทั้งหมดในใบแก่ของกล้าไม้ ในระบบกะ โครงการที่ 1-1 5-24
ตารางที่ 5-9 อัตราการเพิ่มพูนความสูงของกล้าไม้ ในระบบต่อเนื่อง โครงการที่ 1-1 5-26
ตารางที่ 5-10 อัตราการเพิ่มพูนเส้นผ่าศูนย์กลางของกล้าไม้ ในระบบต่อเนื่อง โครงการที่ 1-1 5-30
ตารางที่ 5-11 อัตราการเพิ่มพูนมวลชีวภาพลำต้นของกล้าไม้ ในระบบต่อเนื่อง โครงการที่ 1-1 5-34
ตารางที่ 5-12 อัตราการเพิ่มพูนมวลชีวภาพใบของกล้าไม้ ในระบบต่อเนื่อง โครงการที่ 1-1 5-37
ตารางที่ 5-13 ค่าเฉลี่ยการสะสมไนโตรเจนทั้งหมดในใบอ่อนของกล้าไม้ ในระบบต่อเนื่อง โครงการที่ 1-1 5-41
ตารางที่ 5-14 ค่าเฉลี่ยการสะสมไนโตรเจนทั้งหมดในใบแก่ของกล้าไม้ ในระบบต่อเนื่อง โครงการที่ 1-1 5-42
ตารางที่ 5-15 ค่าเฉลี่ยการสะสมฟอสฟอรัสทั้งหมดในใบอ่อนของกล้าไม้ ในระบบต่อเนื่อง โครงการที่ 1-1 5-44
ตารางที่ 5-16 ค่าเฉลี่ยการสะสมฟอสฟอรัสทั้งหมดในใบแก่ของกล้าไม้ ในระบบต่อเนื่อง โครงการที่ 1-1 5-45
ตารางที่ 5-17 อัตราการเพิ่มพูนความสูงของกล้าไม้ ในระบบกะ โครงการที่ 1-2 5-47
ตารางที่ 5-18 อัตราการเพิ่มพูนเส้นผ่าศูนย์กลางของกล้าไม้ ในระบบกะ โครงการที่ 1-2 5-50
ตารางที่ 5-19 อัตราการเพิ่มพูนมวลชีวภาพลำต้นของกล้าไม้ ในระบบกะ โครงการที่ 1-2 5-54
ตารางที่ 5-20 อัตราการเพิ่มพูนมวลชีวภาพใบของกล้าไม้ ในระบบกะ โครงการที่ 1-2 5-57
ตารางที่ 5-21 อัตราการเพิ่มพูนความสูงของกล้าไม้ ในระบบต่อเนื่อง โครงการที่ 1-2 5-61
ตารางที่ 5-22 อัตราการเพิ่มพูนเส้นผ่าศูนย์กลางของกล้าไม้ ในระบบต่อเนื่อง โครงการที่ 1-2 5-64
ตารางที่ 5-23 อัตราการเพิ่มพูนมวลชีวภาพลำต้นของกล้าไม้ ในระบบต่อเนื่อง โครงการที่ 1-2 5-68
ตารางที่ 5-24 อัตราการเพิ่มพูนมวลชีวภาพใบของกล้าไม้ ในระบบต่อเนื่อง โครงการที่ 1-2 5-71
ตารางที่ 6-1 ปริมาณอินทรียวัตถุของดินชั้นบน (0-10 ซม.) ในระบบกะ โครงการที่ 1-1 6-5
ตารางที่ 6-2 ปริมาณอินทรียวัตถุของดินชั้นล่าง (10-20 ซม.) ในระบบกะ โครงการที่ 1-1 6-6
ตารางที่ 6-3 ค่าเฉลี่ยการสะสมอินทรียวัตถุของดินชั้นบน (0-10 ซม.) ในระบบกะ โครงการที่ 1-1 6-7
ตารางที่ 6-4 ค่าเฉลี่ยการสะสมอินทรียวัตถุของดินชั้นล่าง (10-20 ซม.) ในระบบกะ โครงการที่ 1-1 6-8
ตารางที่ 6-5 ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดของดินชั้นบน (0-10 ซม.) ในระบบกะ โครงการที่ 1-1 6-9
ตารางที่ 6-6 ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดของดินชั้นล่าง (10-20 ซม.) ในระบบกะ โครงการที่ 1-1 6-10
ตารางที่ 6-7 ค่าเฉลี่ยการสะสมไนโตรเจนทั้งหมดของดินชั้นบน (0-10 ซม.) ในระบบกะ โครงการที่ 1-1 6-11
ตารางที่ 6-8 ค่าเฉลี่ยการสะสมไนโตรเจนทั้งหมดของดินชั้นล่าง (10-20 ซม.) ในระบบกะ โครงการที่ 1-1 6-12

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
ตารางที่ 6-9	ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดของดินชั้นบน (0-10 ซม.) ในระบบกะ โครงการที่ 1-1	6-15
ตารางที่ 6-10	ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดของดินชั้นล่าง (10-20 ซม.) ในระบบกะ โครงการที่ 1-1	6-16
ตารางที่ 6-11	ค่าเฉลี่ยการสะสมฟอสฟอรัสทั้งหมดของดินชั้นบน (0-10 ซม.)ในระบบกะ โครงการที่ 1-1	6-17
ตารางที่ 6-12	ค่าเฉลี่ยการสะสมฟอสฟอรัสทั้งหมดของดินชั้นล่าง (10-20 ซม.) ในระบบกะ โครงการที่ 1-1	6-18
ตารางที่ 6-13	ปริมาณอินทรียวัตถุของดินชั้นบน (0-10 ซม.) ในระบบต่อเนื่อง โครงการที่ 1-1	6-22
ตารางที่ 6-14	ปริมาณอินทรียวัตถุของดินชั้นล่าง (10-20 ซม.) ในระบบต่อเนื่อง โครงการที่ 1-1	6-23
ตารางที่ 6-15	ค่าเฉลี่ยการสะสมอินทรียวัตถุของดินชั้นบน (0-10 ซม.) ในระบบต่อเนื่อง โครงการที่ 1-1	6-24
ตารางที่ 6-16	ค่าเฉลี่ยการสะสมอินทรียวัตถุของดินชั้นล่าง (10-20 ซม.) ในระบบต่อเนื่อง โครงการที่ 1-1	6-25
ตารางที่ 6-17	ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดของดินชั้นบน (0-10 ซม.) ในระบบต่อเนื่อง โครงการที่ 1-1	6-27
ตารางที่ 6-18	ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดของดินชั้นล่าง (10-20 ซม.) ในระบบต่อเนื่อง โครงการที่ 1-1	6-28
ตารางที่ 6-19	ค่าเฉลี่ยการสะสมไนโตรเจนทั้งหมดของดินชั้นบน (0-10 ซม.) ในระบบต่อเนื่อง โครงการที่ 1-1	6-29
ตารางที่ 6-20	ค่าเฉลี่ยการสะสมไนโตรเจนทั้งหมดของดินชั้นล่าง (10-20 ซม.) ในระบบต่อเนื่อง โครงการที่ 1-1	6-30
ตารางที่ 6-21	ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดของดินชั้นบน (0-10 ซม.) ในระบบต่อเนื่อง โครงการที่ 1-1	6-33
ตารางที่ 6-22	ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดของดินชั้นล่าง (10-20 ซม.) ในระบบต่อเนื่อง โครงการที่ 1-1	6-34
ตารางที่ 6-23	ค่าเฉลี่ยการสะสมฟอสฟอรัสทั้งหมดของดินชั้นบน (0-10 ซม.) ในระบบต่อเนื่อง โครงการที่ 1-1	6-35
ตารางที่ 6-24	ค่าเฉลี่ยการสะสมฟอสฟอรัสทั้งหมดของดินชั้นล่าง (10-20 ซม.) ในระบบต่อเนื่อง โครงการที่ 1-1	6-36
ตารางที่ 6-25	ปริมาณอินทรียวัตถุของดินชั้นบน (0-10 ซม.) ในระบบกะ โครงการที่ 1-2	6-39
ตารางที่ 6-26	ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดของดินชั้นบน (0-10 ซม.) ในระบบกะ โครงการที่ 1-2	6-40
ตารางที่ 6-27	ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดของดินชั้นบน (0-10 ซม.) ในระบบกะ โครงการที่ 1-2	6-42
ตารางที่ 6-28	ปริมาณอินทรียวัตถุของดินชั้นบน (0-10 ซม.) ในระบบต่อเนื่อง โครงการที่ 1-2	6-45
ตารางที่ 6-29	ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดของดินชั้นบน (0-10 ซม.) ในระบบต่อเนื่อง โครงการที่ 1-2	6-46
ตารางที่ 6-30	ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดของดินชั้นบน (0-10 ซม.) ในระบบต่อเนื่อง โครงการที่ 1-2	6-48
ตารางที่ 7-1	ปริมาณอินทรียวัตถุ (%) ของดินในระบบป่าปลูกใหม่	7-6
ตารางที่ 7-2	ปริมาณอินทรียวัตถุ (%) ของดินในระบบป่าธรรมชาติและแปลงควบคุมป่าธรรมชาติ	7-6
ตารางที่ 7-3	ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (mg/g dry wt) ของดินในระบบป่าปลูกใหม่	7-8
ตารางที่ 7-4	ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (mg/g dry wt) ของดินในระบบป่าธรรมชาติ และแปลงควบคุมป่าธรรมชาติ	7-8
ตารางที่ 7-5	ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด (mg/g dry wt) ของดินชั้นบนในระบบป่าปลูกใหม่	7-11
ตารางที่ 7-6	ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด (mg/g dry wt) ของดินชั้นบนในระบบป่าธรรมชาติและ แปลงควบคุมป่าธรรมชาติ	7-11
ตารางที่ 7-7	ประเภทเนื้อดินของดินในระบบป่าปลูกใหม่	7-13
ตารางที่ 7-8	ประเภทเนื้อดินของดินในระบบป่าธรรมชาติและแปลงควบคุมป่าธรรมชาติ	7-13

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
ตารางที่ 7-9	ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (mg/g dry wt) ของใบพืชในระบบป่าปลูกใหม่	7-15
ตารางที่ 7-10	ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (mg/g dry wt) ของใบพืชในระบบป่าธรรมชาติและแปลงควบคุมป่าธรรมชาติ	7-15
ตารางที่ 7-11	ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด (mg/g dry wt) ของใบพืชในระบบป่าปลูกใหม่	7-16
ตารางที่ 7-12	ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด (mg/g dry wt) ของใบพืชในระบบป่าธรรมชาติและแปลงควบคุมป่าธรรมชาติ	7-16
ตารางที่ 8-1	ชนิดสัตว์หน้าดินที่พบในแต่ละช่วงเวลาของการสำรวจ ระหว่างเดือนธันวาคม 2545 - มิถุนายน 2548	8-5
ตารางที่ 8-2	ชนิดสัตว์หน้าดินที่พบในแต่ละบริเวณเก็บตัวอย่าง ระหว่างเดือนธันวาคม 2545 - มิถุนายน 2548	8-6
ตารางที่ 8-3	ปริมาณสัตว์หน้าดินเฉลี่ย (ตัว/ม^2) ในระบบบำบัดน้ำเสียและแปลงควบคุม ระหว่างเดือนธันวาคม 2545 - มิถุนายน 2548	8-7
ตารางที่ 8-4	ปริมาณสัตว์หน้าดินเฉลี่ย (ตัว/ม^2) ในแต่ละเดือนที่เก็บข้อมูล ระหว่างเดือนธันวาคม 2545 - มิถุนายน 2548	8-8
ตารางที่ 8-5	ปริมาณสัตว์หน้าดินเฉลี่ย (ตัว/ม^2) จำแนกตาม Phylum ระหว่างเดือนธันวาคม 2545 - มิถุนายน 2548	8-9
ตารางที่ 8-6	ปริมาณสัตว์หน้าดินเฉลี่ย (ตัว/ม^2) จำแนกตามชนิด บริเวณระบบบำบัดน้ำเสียและแปลงควบคุม ระหว่างเดือนธันวาคม 2545 - มิถุนายน 2548	8-12
ตารางที่ 8-7	ปริมาณสัตว์หน้าดินเฉลี่ย (ตัว/ม^2) และค่าร้อยละจำแนกตามชนิด บริเวณระบบบำบัดน้ำเสียและแปลงควบคุมป่าธรรมชาติ ระหว่างเดือนธันวาคม 2545 - มิถุนายน 2548	8-13
ตารางที่ 8-8	ค่าร้อยละของปริมาณสัตว์หน้าดินจำแนกตามชนิดในแต่ละช่วงเวลาที่เก็บตัวอย่าง	8-15
ตารางที่ 9-1	เปอร์เซ็นต์การบำบัดบีโอดี ไนโตรเจนทั้งหมด และฟอสฟอรัสทั้งหมดเมื่อใช้ระยะเวลากักเก็บ 7 วัน ในระบบกะ โครงการที่ 1-1	9-4
ตารางที่ 9-2	เปอร์เซ็นต์การบำบัดบีโอดี ไนโตรเจนทั้งหมด และฟอสฟอรัสทั้งหมดเมื่อใช้ระยะเวลากักเก็บ 7 วัน ในระบบต่อเนื่อง โครงการที่ 1-1	9-4
ตารางที่ 9-3	เปอร์เซ็นต์การบำบัดบีโอดี ไนโตรเจนทั้งหมด และฟอสฟอรัสทั้งหมด ในระบบกะ โครงการที่ 1-2	9-7
ตารางที่ 9-4	เปอร์เซ็นต์การบำบัดบีโอดี ไนโตรเจนทั้งหมด และฟอสฟอรัสทั้งหมด ในระบบต่อเนื่อง โครงการที่ 1-2	9-7

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

น้ำเสียจากชุมชนโดยทั่วไปเกิดจากกิจกรรมการซักล้างและการชำระล้างร่างกาย ดังนั้น สิ่งสกปรกที่ปนเปื้อนจะมีทั้งสารอินทรีย์ สารอนินทรีย์ และธาตุอาหารพืช น้ำเสียเหล่านี้มีปริมาณเพิ่มมากขึ้นตามอัตราการขยายตัวของจำนวนประชากร ซึ่งหากปล่อยทิ้งโดยไม่ผ่านการบำบัดอาจก่อให้เกิดผลกระทบต่อแหล่งรองรับน้ำเสียนั้น และหากนำมาบำบัดโดยใช้ระบบบำบัดที่ใช้กันอยู่โดยทั่วไป เช่น trickling filter หรือ activated sludge นอกจากจะสิ้นเปลืองพลังงานแล้ว ค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างระบบและบำรุงรักษาสูง ดังนั้นในช่วง 20-30 ปีที่ผ่านมาเทคโนโลยีพื้นที่ชุ่มน้ำซึ่งเป็นวิธีการบำบัดโดยใช้ธรรมชาติได้ถูกนำมาใช้อย่างกว้างขวางเนื่องจากมีค่าใช้จ่ายต่ำ แต่ประสิทธิภาพการบำบัดสูง ประเทศไทยมีป่าชายเลน ซึ่งเป็นพื้นที่ชุ่มน้ำน้ำเค็ม-น้ำกร่อยตามธรรมชาติ นับเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการบำบัดน้ำเสียจากชุมชนที่อยู่บริเวณชายฝั่ง ทั้งนี้เพราะพืชป่าชายเลนมีการปรับตัวให้ทนต่อสภาพแวดล้อมที่ผันแปรและรุนแรง มีระบบรากที่โผล่พ้นผิวดิน (ซึ่งช่วยให้เกิดการตกตะกอนได้ดี) มีอายุยืน (perennial plant) มีผลผลิตมวลชีวภาพสูง จึงน่าจะทำให้ป่าชายเลนสามารถลดมลพิษได้ดี นอกจากนี้ป่าชายเลนยังมีประโยชน์ในด้านอื่นๆ อาทิ การอนุรักษ์ชายฝั่ง และเนื้อไม้ซึ่งสามารถนำไปใช้ทำเฟอร์นิเจอร์ และไม้เสาเข็ม เป็นต้น ดังนั้นหากมีการฟื้นฟูหรือการปลูกป่าชายเลนและจัดทำเป็นระบบพื้นที่ชุ่มน้ำเทียมก็จะทำให้ได้ประโยชน์ทั้งเชิงอนุรักษ์และการบำบัดน้ำเสีย อย่างไรก็ตามงานศึกษาวิจัยในการนำป่าชายเลนไปใช้ในการบำบัดน้ำเสียมีอยู่จำกัดมาก ดังนั้น โครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ยอันเนื่องมาจากพระราชดำริ จึงได้จัดทำโครงการนำร่อง (pilot project) ระบบพื้นที่ชุ่มน้ำเทียมโดยใช้พืชป่าชายเลนบำบัดน้ำเสียชุมชน โดยมีเป้าหมายว่าจะสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในพื้นที่ชายฝั่งบริเวณอื่น หรือเพื่อการบำบัดน้ำเสียประเภทอื่นได้อย่างมีประสิทธิภาพ อย่างไรก็ตามถึงแม้ว่าผลการศึกษาเบื้องต้นในพื้นที่โครงการจะชี้ชัดว่าพืชป่าชายเลนมีศักยภาพในการบำบัดน้ำเสียได้ แต่ประสิทธิภาพการบำบัดซึ่งถูกควบคุมโดยปัจจัยหลายด้านมีค่าผันแปรมากและบางครั้งก็ต่ำจนไม่เป็นที่น่าพอใจ ซึ่งสาเหตุสำคัญประการหนึ่งคือปริมาณออกซิเจนละลาย (dissolved oxygen) ภายในระบบที่ต่ำมาก (Boonsong et al., 2003)

ดังนั้นในการวิจัยครั้งนี้จึงได้วางเป้าหมายที่จะพัฒนาระบบเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสีย โดยการศึกษาทั้งระยะเวลากักเก็บ (detention time) รูปแบบการปล่อยน้ำเสีย ผลของความเค็ม สมรรถนะในการรองรับภาระบรรทุก (loading) จากน้ำเสีย เป็นต้น นอกจากนี้ได้ทำการศึกษาผลกระทบต่อคุณภาพดินอันจะมีผลต่อประสิทธิภาพการบำบัดในระยะยาว เนื่องจากผลการศึกษาเบื้องต้นจากการศึกษาในโครงการ พบว่า มีแนวโน้มการสะสมธาตุอาหารฟอสฟอรัสในดินเพิ่มสูงขึ้น ขณะที่ธาตุอาหารไนโตรเจนยังไม่พบแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลง (Boonsong et al., 2002) และได้ทำการศึกษาผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตที่อยู่บริเวณหน้าดินเพื่อใช้เป็นดัชนีสำหรับบ่งชี้ผลกระทบร่วมด้วยอีกทางหนึ่ง ทั้งนี้เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการวางแนวทางป้องกันและลดผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นจากการนำป่าชายเลนมาใช้ในการบำบัดน้ำเสียจากชุมชน

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

1. ศึกษาและเปรียบเทียบประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียจากชุมชนของระบบพื้นที่ชุ่มน้ำป่าชายเลน เมื่อใช้ระยะเวลากักเก็บ รูปแบบการปล่อยน้ำเสีย ความเข้มข้น และความเค็มของน้ำเสียต่างกัน

2. เปรียบเทียบสถานะภาพของธาตุอาหารในพันธุ์ไม้ป่าชายเลนและในดิน ในพื้นที่ที่ใช้ในการบำบัดน้ำเสีย และที่ไม่ได้ใช้บำบัดน้ำเสีย

3. เปรียบเทียบชนิดและการแพร่กระจายของสัตว์หน้าดิน ในพื้นที่ที่ใช้ในการบำบัดน้ำเสีย และที่ไม่ได้ใช้บำบัดน้ำเสีย

1.3 พื้นที่ดำเนินการและขอบเขตการวิจัย

1. พื้นที่ดำเนินการวิจัยอยู่ภายในโครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ยอันเนื่องมาจากพระราชดำริ ตำบลแหลมผักเบี้ย อำเภอบ้านแหลม จังหวัดเพชรบุรี

2. น้ำเสียชุมชนเป็นน้ำเสียจากเขตเทศบาลเมืองเพชรบุรีและเขตใกล้เคียง ซึ่งได้รวบรวมและส่งตามแนวท่อไปยังสถานีสูบน้ำเสียที่คลองยาง ซึ่งมีบ่อตกตะกอนขั้นต้น (sedimentation pond) เพื่อแยกสิ่งสกปรกที่ลอยน้ำและตกตะกอนสารแขวนลอยขนาดใหญ่ออกจากน้ำเสีย จากนั้นสูบเข้าสู่แนวท่อไปยังบริเวณบำบัดน้ำเสียในโครงการฯ ซึ่งอยู่ห่างจากสถานีสูบน้ำประมาณ 18.5 กิโลเมตร

3. การวิจัยนี้แบ่งเป็น 2 โครงการ ดังนี้

<u>โครงการที่ 1</u> การหาวิธีการที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำเสียชุมชนด้วยระบบพื้นที่ชุ่มน้ำป่าชายเลน

<u>โครงการย่อยที่ 1-1</u> ผลของระยะเวลากักเก็บและความเข้มข้นของน้ำเสียต่อประสิทธิภาพการบำบัดของระบบพื้นที่ชุ่มน้ำป่าชายเลน

<u>โครงการย่อยที่ 1-2</u> ผลของความเค็มต่อประสิทธิภาพการบำบัดของระบบพื้นที่ชุ่มน้ำป่าชายเลน

<u>โครงการที่ 2</u> การศึกษาการเปลี่ยนแปลงสมบัติของดิน องค์ประกอบธาตุอาหารในพืช และสัตว์หน้าดิน ในระบบพื้นที่ชุ่มน้ำป่าชายเลนที่ใช้บำบัดน้ำเสีย

4. การวิจัยโครงการที่ 1 การหาวิธีการที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำเสียชุมชนด้วยระบบพื้นที่ชุ่มน้ำป่าชายเลน ได้ทำการจำลอง model จาก pilot-scale ของโครงการฯ มาเป็นชุดทดลองซึ่งสร้างด้วยซิเมนต์ขนาดกว้าง x ยาว 1 x 2 $ม^2$ จำนวน 50 ชุด เพื่อให้สามารถเข้าใจถึงกลไกต่างๆ ที่มีผลต่อประสิทธิภาพของระบบพื้นที่ชุ่มน้ำโดยละเอียด เนื่องจากการทดลองในระดับ pilot-scale มีปัจจัยหลายด้านที่ไม่สามารถควบคุมได้ ทำให้ไม่สามารถสรุปได้ชัดเจนว่าผลที่เกิดขึ้นมาจากอิทธิพลของปัจจัยใด ซึ่งคาดว่าผลการวิจัยที่ได้รับจะสามารถนำไปทดลองซ้ำใน pilot-scale ของโครงการฯ หรือสามารถปรับและประยุกต์ใช้โดยตรงได้อย่างเหมาะสม

5. การวิจัยโครงการที่ 2 การศึกษาการเปลี่ยนแปลงสมบัติของดิน องค์ประกอบธาตุอาหารในพืช และสัตว์หน้าดินในระบบพื้นที่ชุ่มน้ำป่าชายเลนที่ใช้บำบัดน้ำเสีย ได้ทำการศึกษาในระบบพื้นที่ชุ่มน้ำป่าชายเลน pilot-scale ของโครงการฯ 2 ระบบ แต่ละระบบมีขนาดกว้าง x ยาว เท่ากับ 100 x 150 $ม^2$ ได้แก่ ระบบป่าชายเลนธรรมชาติ และระบบป่า

ชายเลนปลูกใหม่ และได้กำหนดแปลงควบคุมป่าธรรมชาติในบริเวณที่ไม่ได้ใช้บำบัดน้ำเสีย โดยให้น้ำทะเลสามารถท่วมถึงตามธรรมชาติ ซึ่งบางส่วนจะเป็นงานวิจัยที่ต่อเนื่องจากโครงการ “การใช้ป่าชายเลนบำบัดน้ำเสียชุมชน: สถานะภาพของธาตุอาหารในระบบ” เสนอต่อ สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย ชุดโครงการทุนวิจัยหลังปริญญาเอก ปี 2543

1.4.1 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ผลจากการศึกษาวิจัยในโครงการนี้จะเป็นข้อมูลพื้นฐานที่สำคัญในการวางแนวทางเพื่อพัฒนาระบบการใช้ป่าชายเลนปลูกในการบำบัดน้ำเสียให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น โดยทำให้ทราบถึงรูปแบบการปล่อยน้ำเสีย ระยะเวลากักเก็บที่เหมาะสม ความเค็มที่เหมาะสม ศักยภาพของระบบในการรองรับน้ำเสียที่มีความเข้มข้นสูง นอกจากนี้ผลการศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียของพันธุ์ไม้ต่างชนิด คือ โกงกาง แสม ถั่ว และโปรง จะทำให้สามารถเลือกพันธุ์ไม้ได้อย่างเหมาะสม ดังนั้น ผลการวิจัยโดยรวมสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในพื้นที่อื่น หรือกับการบัดน้ำเสียประเภทอื่น เช่น น้ำทิ้งจากการเลี้ยงกุ้งบริเวณชายฝั่ง นอกจากนี้ยังอาจเป็นแนวทางการส่งเสริมการปลูกป่าชายเลนเพิ่มในบริเวณป่าธรรมชาติที่เสื่อมโทรม โดยอาจปลูกป่าเป็นแนว buffer เพื่อใช้บำบัดน้ำเสียโดยตรง หรืออาจจัดทำระบบเป็นพื้นที่ชุ่มน้ำเทียมด้วยการออกแบบทางวิศวกรรมที่เหมาะสมเพื่อใช้บำบัดน้ำเสียได้อย่างมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น ซึ่งจะทำให้มีการใช้ประโยชน์จากป่าชายเลนแบบผสมผสาน (multiple use)

สำหรับข้อมูลที่ได้รับจากการศึกษาติดตามการเปลี่ยนแปลงธาตุอาหารในดินและพันธุ์ไม้ รวมทั้งชนิดและการแพร่กระจายของสัตว์หน้าดินจะเป็นข้อบ่งชี้ถึงผลกระทบซึ่งจะต้องวางแนวทางป้องกันแก้ไข และลดผลกระทบอันอาจเกิดขึ้นในระยะยาว

บทที่ 2
การตรวจสอบเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 น้ำเสียชุมชน

น้ำเสียชุมชน (municipal wastewater) หมายถึง น้ำเสียที่เกิดจากการประกอบอาหารและชำระล้างสิ่งสกปรกในครัวเรือนและอาคารประเภทต่างๆ รวมถึงน้ำเสียจากกิจกรรมที่เป็นอาชีพ ซึ่งได้แก่ น้ำเสียจากโรงแรม โรงพยาบาล ร้านอาหาร เป็นต้น (ควบคุมมลพิษ, กรม, 2546)

ลักษณะของน้ำเสียชุมชนโดยทั่วไปจะมีค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ค่อนข้างเป็นกลาง สิ่งสกปรกในน้ำมีทั้งสารอินทรีย์ ธาตุอาหาร และสารอนินทรีย์ ทั้งที่เป็นของแข็งแขวนลอยและสารละลาย (ตารางที่ 2-1) โดยสารอินทรีย์ ได้แก่ คาร์โบไฮเดรต โปรตีน และไขมัน ซึ่งสามารถย่อยสลายได้โดยจุลินทรีย์ที่ใช้ออกซิเจน ทำให้ออกซิเจนละลาย (dissolved oxygen) ในแหล่งน้ำลดลง เกิดสภาพเน่าเหม็น; ธาตุอาหาร ได้แก่ ไนโตรเจน และฟอสฟอรัส ซึ่งได้จากการย่อยสลายสารอินทรีย์; และสารอนินทรีย์ ได้แก่ แร่ธาตุต่างๆ เช่น คลอไรด์ และซัลเฟอร์ นอกจากนี้ยังพบโลหะหนัก และสารพิษ เช่น ปรอท โครเมียม และทองแดง ซึ่งมาจากอุตสาหกรรมในครัวเรือนบางประเภท เช่น ร้านชุบโลหะ อู่ซ่อมรถ และสารเคมีที่ใช้ในการกำจัดศัตรูพืช นอกจากนี้ยังอาจมีจุลินทรีย์ปะปนอยู่ด้วย (ควบคุมมลพิษ, กรม, 2546)

ตารางที่ 2-1 ลักษณะของน้ำเสียชุมชนโดยทั่วไป

พารามิเตอร์	หน่วย	ความเข้มข้น		
		ต่ำ	ปานกลาง	สูง
1. ของแข็งทั้งหมด (total solids)	mg/l	350	720	1200
2. ปริมาณตะกอนหนัก (settleable solids)	mg/l	5	10	20
3. บีโอดี (biochemical oxygen demand; BOD)	mg/l	110	220	400
4. ซีโอดี (chemical oxygen demand; COD)	mg/l	250	500	1000
5. ไนโตรเจนทั้งหมด (total as N)	mg/l	20	40	85
6. ฟอสฟอรัสทั้งหมด (total as P)	mg/l	4	8	15
อินทรีย์ฟอสฟอรัส (organic P)	mg/l	1	3	5
อนินทรีย์ฟอสฟอรัส (inorganic P)	mg/l	3	5	10
7. คลอไรด์ (chloride)	mg/l	30	50	100
8. ซัลเฟต (sulfate)	mg/l	20	30	50
9. สภาพด่าง (alkalinity as $CaCO_3$)	mg/l	50	100	200
10. ไขมัน (grease)	mg/l	50	100	150
11. โคลิฟอร์มทั้งหมด (total coliform)	MPN/100ml	10^6-10^7	10^7-10^8	10^7-10^9

ที่มา: Metcalf and Eddy (1991) อ้างถึงใน ควบคุมมลพิษ, กรม (2546)

เนื่องจากน้ำเสียจากชุมชนนับวันจะมีปริมาณเพิ่มสูงขึ้นตามอัตราการเพิ่มขยายตัวของประชากร หากน้ำเสียเหล่านี้ถูกปล่อยลงสู่แหล่งน้ำโดยตรงโดยไม่ผ่านการบำบัด ปริมาณอันมากมายของน้ำเสียชุมชนอาจก่อให้เกิดปัญหากับแหล่งน้ำ อย่างไรก็ตามหากใช้การบำบัดน้ำเสียด้วยระบบบำบัดทางกายภาพ เคมี หรือชีววิทยา อาทิ ระบบ activated sludge, trickling filter หรือ rotating biological disc จะสิ้นเปลืองพลังงานและค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างระบบและการบำรุงรักษาสูง ดังนั้นการใช้ระบบพื้นที่ชุ่มน้ำเทียม (constructed wetland system) จึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่ประหยัดพลังงาน และมีค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาต่ำกว่า

2.2 พื้นที่ชุ่มน้ำ

2.2.1 ความหมายและความสำคัญ

พื้นที่ชุ่มน้ำ (wetlands) หมายถึง บริเวณพื้นที่ที่ถูกน้ำท่วมขัง หรืออิ่มตัวด้วยน้ำผิวดินหรือน้ำใต้ดิน ที่มีจำนวนครั้งของการท่วมขัง และช่วงเวลาในการท่วมขังนานเพียงพอที่จะทำให้การแพร่กระจายของพืชพรรณปรับตัวให้สามารถเจริญเติบโตเป็นปกติได้ในสภาวะที่ดินอิ่มตัวด้วยน้ำ (Cowardin et al., 1979 อ้างถึงใน Mitsch and Gosselink, 2000) พื้นที่ชุ่มน้ำมักตั้งอยู่ระหว่างแผ่นดินและแหล่งน้ำ โดยมีหน้าที่สำคัญ คือ (1) เป็นแหล่งกักเก็บน้ำและส่งผ่านน้ำจากบนบกลงสู่แหล่งน้ำ (2) พื้นที่ชุ่มน้ำป่าชายเลนช่วยลดการกร่อนของพื้นที่ชายฝั่งทะเลจากกระแสลมและคลื่น (3) เป็นที่อยู่อาศัยและดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตต่างๆ ที่อาศัยอยู่บริเวณพื้นที่ชุ่มน้ำ (4) เป็นแหล่งท่องเที่ยวและนันทนาการ และ (5) ช่วยบำบัดสารพิษต่างๆ เพราะพื้นที่ชุ่มน้ำเป็นที่กักเก็บและเปลี่ยนรูปธาตุอาหาร รวมทั้งบำบัดสารปนเปื้อนต่างๆ (Novotny and Olem, 1994)

2.2.2 ระบบพื้นที่ชุ่มน้ำเทียม

ระบบพื้นที่ชุ่มน้ำเทียม (constructed wetland system) เป็นระบบพื้นที่ชุ่มน้ำที่สร้างขึ้นโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อบำบัดน้ำเสียโดยการเลียนแบบกลไกการบำบัดของเสียตามธรรมชาติ คือ อาศัย ดิน น้ำ พืช และจุลินทรีย์ในการบำบัดน้ำเสีย (Moshiri, 1993)

ระบบพื้นที่ชุ่มน้ำเทียมเริ่มใช้ในการใช้บำบัดน้ำเสียอย่างแพร่หลายตั้งแต่ช่วงทศวรรษ 1970 (IWA, 2000 อ้างถึงใน Lin et al., 2005) โดยใช้ในการบำบัดน้ำเสียจากเหมืองแร่ เกษตรกรรม อุตสาหกรรม และชุมชน (US. EPA., 2000 อ้างถึงใน Lin et al., 2005) เนื่องจากการออกแบบก่อสร้างไม่ซับซ้อน การดูแลระบบไม่ต้องอาศัยเทคโนโลยีสูง ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการต่ำ นอกจากนี้ระบบพื้นที่ชุ่มน้ำยังมีความยืดหยุ่นสูง สามารถทนต่อการเปลี่ยนแปลงของอัตราภาระบรรทุก (loading rate) ต่างๆได้ดี (Clough et al., 1983; IWA, 2000 อ้างถึงใน Lin et al., 2005)

การใช้ระบบพื้นที่ชุ่มน้ำเทียมในการบำบัดน้ำเสียมีข้อดีหลายประการ ได้แก่ (1) ค่าใช้จ่ายในการบำบัดต่ำ (2) สามารถควบคุมดูแลง่าย และ (3) สามารถให้ประโยชน์ทางอ้อม เช่น เป็นการเพิ่มพื้นที่สีเขียว เป็นแหล่งพักผ่อน เป็นแหล่งรวมความหลากหลายทางชีวภาพ และเป็นแหล่งรายได้ให้เกษตรกรหากสามารถเก็บเกี่ยวพืชไปขาย (Hammer and Bastian, 1989)

อย่างไรก็ตามการใช้ระบบพื้นที่ชุ่มน้ำเทียมในการบำบัดน้ำเสียมีข้อจำกัด คือ น้ำเสียที่จะเข้าสู่ระบบต้องผ่านการบำบัดในขั้นต้นมาแล้ว (Kedlec and Knight, 1996)

2.3 ป่าชายเลน

2.3.1 ความหมายและบทบาทของป่าชายเลนในการรักษาสมดุลของระบบนิเวศชายฝั่งทะเล

ระบบนิเวศป่าชายเลนเป็นพื้นที่ชุ่มน้ำตามธรรมชาติที่พบเฉพาะในเขตโซนร้อนเท่านั้น โดยจะพบในบริเวณดินเลนชายทะเล ปากแม่น้ำที่มีน้ำทะเลท่วมถึง หรือน้ำกร่อย ป่าชายเลนเป็นป่าไม่ผลัดใบ (evergreen forest) พันธุ์ไม้ชายเลนเป็นพืชที่มีอายุยืน (perennial plant) และเป็นพืชทนเค็ม (facultative halophyte) ทนแล้ง เพราะไม่สามารถใช้ประโยชน์จากน้ำเค็มได้ มีรากที่งอกขึ้นมาเหนือพื้นดิน ซึ่งทำให้ป่าชายเลนสามารถดักจับตะกอนได้ดี

ป่าชายเลนเป็นเขตเปลี่ยนระบบนิเวศ (ecotone) และแนวกันชน (buffer) ระหว่างระบบนิเวศบนบกและระบบนิเวศทางทะเล ดังนั้น จึงสามารถช่วยป้องกันการพังทลายของดิน โดยการต้านทานแรงคลื่นและลมที่กระทำต่อขอบฝั่ง และยังเป็นแหล่งอนุบาลสัตว์น้ำวัยอ่อน รวมทั้งแหล่งที่อยู่อาศัย สืบพันธุ์ วางไข่ และหลบภัยของสัตว์น้ำเศรษฐกิจหลายชนิด นอกจากนี้ยังเป็นแหล่งธาตุอาหารและอินทรียวัตถุที่สำคัญ อย่างไรก็ตามบทบาทของป่าชายเลนที่สำคัญกว่านั้นคือการรักษาและปรับปรุงคุณภาพน้ำชายฝั่ง โดยทำหน้าที่เสมือนแหล่งรองรับของเสีย (waste sink) หรือ เครื่องกรอง (filter) หรือเครื่องเปลี่ยนรูป (transformer) (Bunt, 1984) เพราะพันธุ์ไม้ป่าชายเลนสามารถนำธาตุอาหารบางส่วนจากน้ำในดินมาใช้ นอกจากนี้จุลินทรีย์ในตะกอนดินสามารถช่วยเปลี่ยนรูปและ/หรือลดความเป็นพิษของมลพิษบางชนิดลงได้ ส่วนมลพิษที่เป็นสารอินทรีย์จะถูกจุลินทรีย์ย่อยสลาย (Snedaker and Getter, 1985; Zamora, 1992) ดังนั้น หากปล่อยน้ำเสียลงไปในป่าชายเลน กิจกรรมบำบัดน้ำเสียโดยธรรมชาติดังกล่าวจะเกิดขึ้น แต่ประสิทธิภาพของกลไกดังกล่าวมีแนวโน้มลดลงเมื่อ input มีปริมาณสูง นอกจากนี้หากสารอินทรีย์ที่เข้าสู่ระบบป่าชายเลนมีปริมาณสูงอาจทำให้สมดุลของ aerobic-anaerobic system ของจุลินทรีย์ในตะกอนดินเสียสมดุลและเปลี่ยนไปเป็น anaerobic system ซึ่งมีประสิทธิภาพต่ำกว่าในกระบวนการหมุนเวียนธาตุอาหาร (nutrient recycling) (Robertson and Phillips, 1995) อย่างไรก็ตามพันธุ์ไม้ในป่าชายเลนได้มีการปรับตัวให้เข้ากับสภาวะแวดล้อมที่มีความรุนแรง เช่น อุณหภูมิสูง ความเค็มที่เปลี่ยนแปลงอยู่ตลอด การเปลี่ยนแปลงระหว่าง aerobic/anaerobic ของดิน และมลพิษ ด้วยคุณลักษณะดังกล่าวทำให้พันธุ์ไม้ชายเลนมีประสิทธิภาพในการดูดดึงธาตุอาหารจากน้ำเสียได้สูงกว่าพืชจำพวกกกและหญ้าที่ใช้อยู่ทั่วไปในระบบพื้นที่ชุ่มน้ำเทียม (Chen and Wong, 1995) นอกจากนี้น้ำเสียจากชุมชนซึ่งมีธาตุอาหารปะปนอยู่มาก อาจมีประโยชน์ โดยทำให้ผลผลิตของระบบนิเวศป่าชายเลนมีค่าสูงขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งในบริเวณที่สถานะภาพธาตุอาหารในดินมีค่าต่ำ (Clough et al., 1983)

2.3.2 พันธุ์ไม้ป่าชายเลน

Santisuk (1983) อ้างถึงใน สนิท อักษรแก้ว (2542) รายงานว่าประเทศไทยมีพันธุ์ไม้ป่าชายเลนทั้งหมด 35 วงศ์ 53 สกุล 74 ชนิด พันธุ์ไม้เด่นและเป็นชนิดที่สำคัญคือ พันธุ์ไม้ในวงศ์ Rhizophoraceae ซึ่งได้แก่ ไม้โกงกาง (*Rhizophora*) ไม้โปรง (*Ceriops*) และไม้ถั่ว (*Bruguiera*) นอกจากนี้ยังมีไม้ในวงศ์ Avicenniaceae ได้แก่ ไม้แสม (*Avicennia*) ไม้ในวงศ์ Sonneratiaceae ได้แก่ ไม้ลำพู ลำแพน (*Sonneratia*) และไม้ในวงศ์ Meliaceae ได้แก่ ไม้ตะบูน ตะบัน (*Xylocarpus*)

พันธุ์ไม้ชายเลนที่สำคัญ ได้แก่ โกงกางใบเล็ก (*Rhizophora apiculata*) โกงกางใบใหญ่ (*R. mucronata*) พังกาหัวสุมดอกแดง (*Bruguiera gymnorrhiza*) ถั่วขาว (*B. cylindrica*) ถั่วดำ (*B. parviflora*) พังกาหัวสุมดอกแดง (*B. sexangula*) โปรงขาว (*Ceriops decandra*) และโปรงแดง (*C. tagal*) พันธุ์ไม้เหล่านี้จะขึ้นอยู่เป็นแนวเขต (zonation) ที่ค่อนข้างแน่นอนตามปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่แตกต่างกัน (Aksornkoae, 1986) ได้แก่ (1) ความถี่และช่วงเวลาของการถูกน้ำท่วม รวมทั้งระดับน้ำที่

ท่วมบริเวณป่าชายเลน (2) ความเค็มหรือปริมาณเกลือในดินและน้ำ (3) การระบายน้ำหรือการขังของน้ำบริเวณผิวดิน และ (4) ลักษณะและองค์ประกอบของดิน (Chapman, 1975 อ้างถึงใน สนิท อักษรแก้ว, 2542)

Watson (1928) อ้างถึงใน สนิท อักษรแก้ว (2542) ได้แบ่งแนวเขตพันธุ์ไม้ป่าชายเลนโดยใช้ความถี่ของน้ำทะเลท่วมถึงเป็นเกณฑ์ สามารถแบ่งได้เป็น 5 เขต คือ เขตที่ 1 บริเวณนอกสุดติดชายฝั่งซึ่งน้ำท่วมถึงทุกครั้ง จะมีเฉพาะโกงกางใบใหญ่ (*Rhizophora mucronata*) เท่านั้นที่สามารถขึ้นอยู่ได้ ถัดเข้ามาเป็นเขตที่ 2 พื้นที่บริเวณนี้น้ำท่วมถึงขณะที่น้ำขึ้นสูงปานกลาง พันธุ์ไม้ที่ขึ้นอยู่ได้แก่ โกงกางใบใหญ่ แสมขาว (*Avicennia alba*) และแสมทะเล (*A. marina*) เขตที่ 3 พื้นที่บริเวณนี้น้ำท่วมขังขณะที่น้ำขึ้นสูงตามปกติ บริเวณนี้พันธุ์ไม้ชายเลนเจริญเติบโตได้ดี โดยเฉพาะโกงกางจะขึ้นหนาแน่น นอกจากนี้ยังมีถั่วดำ (*Bruguiera cylindrica*) และโปรงแดง (*Ceriops tagal*) เขตที่ 4 พื้นที่บริเวณนี้น้ำท่วมถึงเมื่อน้ำขึ้นสูงสุดเท่านั้น พื้นที่จึงแห้งเกินไปสำหรับไม้โกงกาง แต่จะเหมาะกับไม้พังกาหรือไม้ถั่ว (*Bruguiera*) และไม้ตะบูน (*Xylocarpus*) เขตที่ 5 พื้นที่บริเวณนี้อยู่ด้านในสุดของป่าชายเลน น้ำท่วมถึงเมื่อน้ำขึ้นสูงสุดเป็นพิเศษเท่านั้น พันธุ์ไม้ที่ขึ้นอยู่ได้แก่ จาก (*Nypa fruticans*) และหงอนไก่ทะเล (*Heritiera littoralis*)

โกงกางใบใหญ่ *(Rhizophora mucronata)*

โกงกางใบใหญ่เป็นพันธุ์ไม้ที่ขึ้นได้ดีในดินที่มีสภาพเป็นเลนที่ค่อนข้างลึก บริเวณนอกสุดจากชายฝั่ง (Steenis, 1958 อ้างถึงใน สนิท อักษรแก้ว, 2542) เป็นไม้ยืนต้นขนาดกลางถึงขนาดใหญ่ สูง 30-40 เมตร มีรากค้ำจุน (prop root) จำนวนมากแตกออกจากส่วนลำต้น เหนือโคนต้นประมาณ 2-7 เมตร โดยรากจะแตกจากโคนต้นและโค้งจรดดินช่วยให้สามารถต้านลมพายุและคลื่นได้ ทั้งนี้เพราะโกงกางใบใหญ่เป็นพันธุ์ไม้ที่มักพบบริเวณนอกสุด หรือริมฝั่งทะเล และแม่น้ำที่เป็นดินเลน (ธวัชชัย สันติสุข, 2538) แต่จะเจริญเติบโตได้ดีและขึ้นหนาแน่นในบริเวณที่ถูกน้ำท่วมขังขณะที่น้ำขึ้นสูงตามปกติ (Hensse, 1961 อ้างถึงใน สนิท อักษรแก้ว, 2542) โกงกางใบใหญ่เป็นพืชที่ต้องการความเค็มสูง (stenohaline) จึงสามารถขึ้นอยู่ในบริเวณที่มีความเค็มของน้ำในดินสูง และมีการเปลี่ยนแปลงอยู่เสมอได้ โกงกางใบใหญ่มีเมล็ดแบบ viviparous คือ ขณะที่ผลยังติดอยู่บนต้น ส่วน radicle ของเมล็ดจะงอกออกมาทางปลายผล ตามด้วยส่วนของ hypocotyl ซึ่งเจริญยาวออกมาเรื่อยๆ มีลักษณะปลายแหลมยาว เรียกว่า seedling (ชาวบ้านเรียกว่าฝัก) เมื่อ seedling แก่เต็มที่จะหล่นปักเลนหรือลอยไปตามกระแสน้ำ แล้วเจริญเป็นต้นใหม่ต่อไป

แสมทะเล (*Avicennia marina*)

แสมทะเลพบอยู่ทั่วไปในป่าชายเลนบริเวณติดกับชายฝั่งทะเลหรือบริเวณปากแม่น้ำ สามารถขึ้นได้อย่างหนาแน่นในพื้นที่ดินเลนปนทราย (Gledhill, 1963 อ้างถึงใน สนิท อักษรแก้ว, 2542) เป็นไม้ขนาดเล็ก สูงประมาณ 5-8 เมตร มีลักษณะเป็นพุ่ม ส่วนใหญ่จะพบว่ามี 2 ลำต้นหรือมากกว่า แสมทะเลเป็นพืชที่มีรากหายใจ (pneumatophore) ซึ่งเป็นรากที่เจริญมาจาก cable root หรือ horizontal root ซึ่งฝังอยู่ในดินเลน รากหายใจจะตั้งชูขึ้นมาเหนือผิวดินในแนวตั้งฉากรอบๆ ลำต้น โดยแตกห่างออกไปจากโคนของลำต้นในระยะไกล รากหายใจมักมีความสูงประมาณ 10-20 เซนติเมตรหรือไม่เกิน 30 เซนติเมตร ทำให้แสมทะเลทนทานต่อสภาพน้ำท่วมขังได้ดี (เทียมใจ คมกฤส, 2536) และรากหายใจจำนวนมากยังช่วยในการตกตะกอน แสมทะเลเป็นพืชที่มีการปรับตัวให้ทนต่อความเค็มได้ดี โดยสามารถเจริญเติบโตได้ในบริเวณที่มีน้ำในดินเป็นน้ำจืดจนถึงมีความเค็มสูงถึง 30 psu และเจริญเติบโตได้ดีในพื้นที่บริเวณนี้น้ำท่วมขณะที่มีน้ำขึ้นสูงปานกลาง (Champman and Ronalson, 1958 อ้างถึงใน สนิท อักษรแก้ว, 2542) แสมทะเลขยายพันธุ์โดยใช้เมล็ด แต่มักนิยมเพาะชำกล้าไม้ไว้ก่อนที่จะนำไปปลูกในพื้นที่ (สนิท อักษรแก้ว และคณะ, 2539)

แสมทะเลเป็นพืชที่มีความทนทาน มีอัตราการรอดตายและอัตราการเจริญเติบโตสูง Macnae (1968) อ้างถึงในพิชิต แก้ววงศ์ศรี และนพรัตน์ บำรุงรักษ์ (2540) กล่าวว่า แสมทะเลเป็นพืชที่กระจายตัวได้ดีที่สุดในพื้นที่ต่างๆ ถึงแม้ว่าธาตุอาหารไม่สมบูรณ์หรือสภาวะแวดล้อมไม่เหมาะสม จึงจัดเป็นพันธุ์ไม้ชายเลนที่สามารถปรับตัวได้ดีที่สุด สอดคลองกับที่กนกพร บุญส่ง (2528) ซึ่งทำการศึกษาการทดแทนสังคมพืชขั้นปฐมภูมิของป่าชายเลนบริเวณอำเภอเมือง จังหวัดนครศรีธรรมราช พบว่า พันธุ์ไม้เด่นที่มีการกระจายตั้งแต่ชายฝั่งจนลึกเข้าไปในป่าชายเลน คือ แสมทะเล และได้เสนอแนะว่า เนื่องจากแสมทะเลเป็นพันธุ์ไม้ที่สามารถทนต่อสภาวะแวดล้อมที่วิกฤตได้ และมีรากหายใจจำนวนมากซึ่งสามารถช่วยกรองสิ่งสกปรกและช่วยลดสภาวะน้ำเสียที่เกิดขึ้นในบริเวณชายฝั่งได้ ดังนั้น จึงควรใช้ปลูกในพื้นที่ที่ขาดความอุดมสมบูรณ์หรือเกิดมลภาวะ

พังกาหัวสุมดอกแดง (*Bruguiera gymnorrhiza*)

พังกาหัวสุมดอกแดงพบอยู่ทั่วไปในป่าชายเลนของประเทศไทย สามารถเจริญเติบโตได้ดีบนพื้นที่ดินเลนค่อนข้างแข็งในบริเวณที่น้ำท่วมถึงเมื่อน้ำขึ้นสูงสุดเท่านั้น ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นพื้นที่หลังกลุ่มไม้โกงกาง พังกาหัวสุมดอกแดงเป็นไม้ยืนต้นขนาดกลางถึงขนาดใหญ่ สูงประมาณ 25-35 เมตร มีรากค้ำจุน (prop root) แต่น้อยกว่าโกงกาง และแตกออกจากลำต้นในระดับที่ต่ำกว่าโกงกาง ตามโคนยังมีรากที่เป็นพูพอน (buttress root) เตี้ยๆ โดยรอบ และมีรากที่โผล่ขึ้นมาจากผิวดินเป็นรากหายใจลักษณะคล้ายเข่า (knee root) พังกาหัวสุมดอกแดงเป็นพืชที่สามารถเจริญเติบโตในช่วงความเค็มของน้ำในดินประมาณ 10-25 psu (สนิท อักษรแก้ว และคณะ, 2539)

โปรงแดง (*Ceriops tagal*)

โปรงแดงมักพบขึ้นอยู่ในบริเวณป่าชายเลนด้านในที่มีน้ำทะเลท่วมถึงน้อยครั้ง โดยน้ำทะเลท่วมถึงขณะน้ำขึ้นสูงตามปกติหรือขณะน้ำขึ้นสูงสุดเท่านั้น ทำให้บริเวณดังกล่าวดินค่อนข้างแข็ง โปรงแดงอาจขึ้นอยู่ปะปนกับถั่วดำ ฝาด หรือเป็นป่าโปรงแดงล้วน โปรงแดงเป็นไม้ยืนต้นขนาดเล็กถึงขนาดกลาง สูงประมาณ 15-25 เมตร โคนต้นมีพูพอนเล็กน้อย และมีรากที่โผล่ขึ้นมาจากผิวดินเป็นรากหายใจลักษณะคล้ายเข่าเช่นเดียวกับพังกาหัวสุมดอกแดง โปรงแดงสามารถเจริญเติบโตในบริเวณที่มีความเค็มของน้ำในดินสูงกว่า 30 psu (สนิท อักษรแก้ว และคณะ, 2539)

2.3.3 ดินในป่าชายเลน

ดินในป่าชายเลนเป็นดินที่เกิดจากการทับถมของตะกอนที่ไหลมากับน้ำจากแหล่งต่างๆ และการตกตะกอนของสารแขวนลอยในมวลน้ำ ตลอดจนการสลายตัวของอินทรียสารตามช่วงระยะเวลาที่ทับถมต่างๆ กัน (สนิท อักษรแก้ว, 2542) ดินเลนมักมีสภาพเป็นกรด (Mitsch and Gosselink, 2000) มีความเค็มสูง และมีพิสัย (range) กว้าง (Davis, 1940 อ้างถึงใน Mitsch and Gosselink, 2000) ความเค็มของดินจะผันแปรตามฤดูกาลและอิทธิพลของน้ำทะเล โดยในบริเวณใกล้ชายฝั่งจะมีความเค็มสูงกว่าบริเวณที่ไกลออกมา (Mitsch and Gosselink, 2000)

ดินป่าชายเลนมักเกิดสภาพขาดออกซิเจนในช่วงที่มีน้ำท่วมขัง ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในดินจะเป็นรีดักชัน (reduction) หรือออกซิเดชัน (oxidation) นั้นขึ้นอยู่กับการท่วมขังของน้ำหรือการสัมผัสอากาศของหน้าดิน ในช่วงที่หน้าดินสัมผัสกับอากาศจะเป็นการเติมออกซิเจนให้กับดิน และดินยังสามารถรับออกซิเจนจากพืช โดยพืชจะส่งออกซิเจนมาทางช่องอากาศ

ในลำต้นสู่รากโดยการแพร่ ทำให้ดินบริเวณโดยรอบรากพืชมีออกซิเจนเพียงพอสำหรับการออกซิเดชัน (Mitsch and Gosselink, 2000)

ดินในพื้นที่บริเวณตำบลแหลมผักเบี้ย อำเภอบ้านแหลม จังหวัดเพชรบุรี ส่วนใหญ่เป็นดินชุดท่าจีน (Tha Chin series: Tc) จัดอยู่ใน hydromorphic alluvial soils ซึ่งเกิดจากตะกอนที่น้ำทะเลพัดพามาทับถม เป็นดินที่ระบายน้ำไม่ดี ดินมีความสามารถให้น้ำซึมผ่านได้ช้า เนื้อดินเป็นดินเหนียวหรือดินร่วนปนทรายแป้ง แต่บางบริเวณมีลักษณะเป็นดินเลน ในบริเวณที่ราบน้ำทะเลท่วมถึงและบริเวณปากแม่น้ำ ดินชั้นบนมีสีดำปนเทามีจุดประสีน้ำตาลเล็กน้อย ส่วนดินชั้นล่างเป็นดินเลนมีสีเทาแก่หรือสีเทาปนเขียว ปฏิกิริยาดินเป็นกลางถึงเป็นด่างปานกลาง มีค่าความเป็นกรดเป็นด่างประมาณ 7.3-8.0 มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ และจัดเป็นดินเค็มจัด

ดินในป่าชายเลนของพื้นที่อำเภอบ้านแหลม จังหวัดเพชรบุรี ภายใต้สังคมไม้แสมขาว แสมดำ แสมทะเล โกงกางใบใหญ่ โกงกางใบเล็ก และพังกาหัวสุมดอกแดง มีเนื้อดินเป็นดินเหนียวและดินเหนียวปนทรายแป้ง มีปริมาณอินทรียวัตถุค่อนข้างสูงอยู่ในช่วง 2.8-6.6 % และมีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดและฟอสฟอรัสที่สามารถแลกเปลี่ยนได้ค่อนข้างต่ำอยู่ในช่วง 1.30-2.05 และ 0.101-0.153 mg/g dry weight ตามลำดับ (เฉลิมชัย โชติกมาศ, 2539) สำหรับดินในโครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ยอันเนื่องมาจากพระราชดำริ ในระบบป่าชายเลนธรรมชาติ และระบบป่าชายเลนปลูกใหม่ มีปริมาณอินทรียวัตถุอยู่ในช่วง 6.67-6.81 % และ 2.34-2.53 % ตามลำดับ และมีไนโตรเจนทั้งหมด 3.31-3.34 และ 0.61-2.61 mg/ g dry weight ตามลำดับ (Boonsong et al., 2003)

ในช่วงที่ดินอยู่ในสภาพน้ำท่วมขังปริมาณออกซิเจนภายในดินจะลดลงอย่างรวดเร็ว เนื่องจากการซึมผ่านของออกซิเจนจากอากาศลงสู่ดินเป็นไปได้ยาก ทำให้ประชากรของจุลินทรีย์ดินเปลี่ยนแปลงไปคือ จำนวนจุลินทรีย์ที่ใช้ออกซิเจนลดลง ส่วนจุลินทรีย์ที่ไม่ใช้ออกซิเจนเพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นผลให้ประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียเปลี่ยนแปลงไปด้วย และเมื่อดินอยู่ในภาวะไร้ออกซิเจน (anoxic) เป็นเวลานาน จะทำให้เกิดไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) สะสมในดินเพิ่มขึ้น (Mitsch and Gosselink, 2000) ไฮโดรเจนซัลไฟด์มีอิทธิพลต่อการดำรงชีวิตและการกระจายของกล้าไม้ชายเลนคือ หากดินมีปริมาณไฮโดรเจนซัลไฟด์สูงจะทำให้กล้าไม้ตายในที่สุด (Youssef and Seanger, 1998 อ้างถึงใน Kathiresan and Bingham, 2001) แต่ Kryger and Lee (1996) อ้างถึงใน Kathiresan and Bingham (2001) รายงานว่า รากของพันธุ์ไม้สกุลแสมสามารถสะสมไฮโดรเจนซัลไฟด์ได้สูงถึง 30-40 เท่าของปริมาณที่สะสมอยู่ในตะกอนดินโดยรอบ แต่หากรากหายใจถูกปกคลุมด้วยตะกอนดินอาจทำให้พืชตายได้เพราะพืชไม่สามารถลำเลียงออกซิเจนไปสู่ rhizospere ได้ ส่วนพันธุ์ไม้สกุลโกงกางทนต่อความเป็นพิษของไฮโดรเจนซัลไฟด์ได้สูงกว่าสกุลแสม

2.3.4 น้ำในป่าชายเลน

ช่วงเวลาน้ำขึ้นน้ำลงและอิทธิพลจากน้ำจืด มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความเค็มของน้ำในป่าชายเลน (สนิท อักษรแก้ว, 2542) กล่าวคือ ขณะที่น้ำทะเลขึ้นหรือน้ำทะเลหนุน ความเค็มของน้ำบริเวณที่ห่างจากชายฝั่งจะสูงขึ้น และในทางตรงกันข้ามเมื่อน้ำทะเลลดความเค็มก็จะลดลงด้วย นอกจากนี้ช่วงน้ำเกิดและน้ำตายก็จะมีผลต่อความเค็มในพื้นที่ป่าชายเลนด้วย กล่าวคือ ช่วงน้ำเกิดน้ำทะเลจะไหลเข้าสู่พื้นที่ป่าได้เป็นระยะทางไกลกว่าช่วงน้ำตาย นอกจากนี้คลื่นและกระแสน้ำยังเกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงลักษณะโครงสร้างและกิจกรรมในป่าชายเลน เช่น การแพร่กระจายพันธุ์ไม้ กระแสน้ำยังมีบทบาทสำคัญในการทำให้มีการตกตะกอนบริเวณชายฝั่ง ทำให้ป่าชายเลนงอกขยายออกไปในทะเล และทำให้มีการพัดพาธาตุอาหารจากป่าชายเลนออกสู่ชายฝั่งทะเล (สนิท อักษรแก้ว, 2542)

ความเค็มของน้ำ (water salinity) และความเค็มของน้ำในดิน (soil water salinity) เป็นปัจจัยสำคัญในการเจริญเติบโตของพันธุ์ไม้ชายเลนคือ การเจริญเติบโตของพันธุ์ไม้จะขึ้นกับความเค็ม ความเค็มที่สูงขึ้นจะทำให้การลำเลียงน้ำและแร่ธาตุต่างๆ บริเวณรากขนอ่อน (root hair) เป็นไปได้ยากขึ้นทำให้อัตราการสังเคราะห์แสงลดลง (Clough, 1992) โดยทั่วไป ความเค็มของน้ำและน้ำในดินที่พันธุ์ไม้ชายเลนสามารถเจริญเติบโตได้อยู่ในช่วง 10-30 psu (De Haan, 1933 อ้างถึงใน สนิท อักษรแก้ว, 2542) แต่ช่วงที่เหมาะสมที่สุดอยู่ระหว่าง 28-34 psu (Aksornkoae et al., 1989 อ้างถึงใน สนิท อักษรแก้ว, 2542)

ความเค็มเป็นปัจจัยสำคัญต่อการกระจายของพันธุ์ไม้ชายเลน โดยมีอิทธิพลต่อการลดการแก่งแย่งของพันธุ์ไม้ต่างชนิดกัน (Macnae, 1968 อ้างถึงใน สนิท อักษรแก้ว, 2542) อย่างไรก็ตามเกลือไม่ใช่สิ่งจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพันธุ์ไม้ ความเค็มมีผลต่อปริมาณไนโตรเจนในใบ กล่าวคือ พันธุ์ไม้ในป่าชายเลนที่ได้รับน้ำที่มีความเค็มสูงจะมีองค์ประกอบไนโตรเจนในใบต่ำกว่าในพันธุ์ไม้ที่ได้รับน้ำจืด ซึ่งอาจเป็นเพราะความเค็มเป็นปัจจัยที่ทำให้พันธุ์ไม้นำไนโตรเจนไปใช้ได้จำกัด (Tam and Wong, 2001) นอกจากนี้ความเค็มยังมีผลต่อการดำรงชีวิตและกิจกรรมของจุลินทรีย์ดิน ซึ่งมีผลต่อความสามารถในการบำบัดสารมลพิษของป่าชายเลนด้วย

2.4 กลไกการบำบัดน้ำเสียของพื้นที่ชุ่มน้ำ

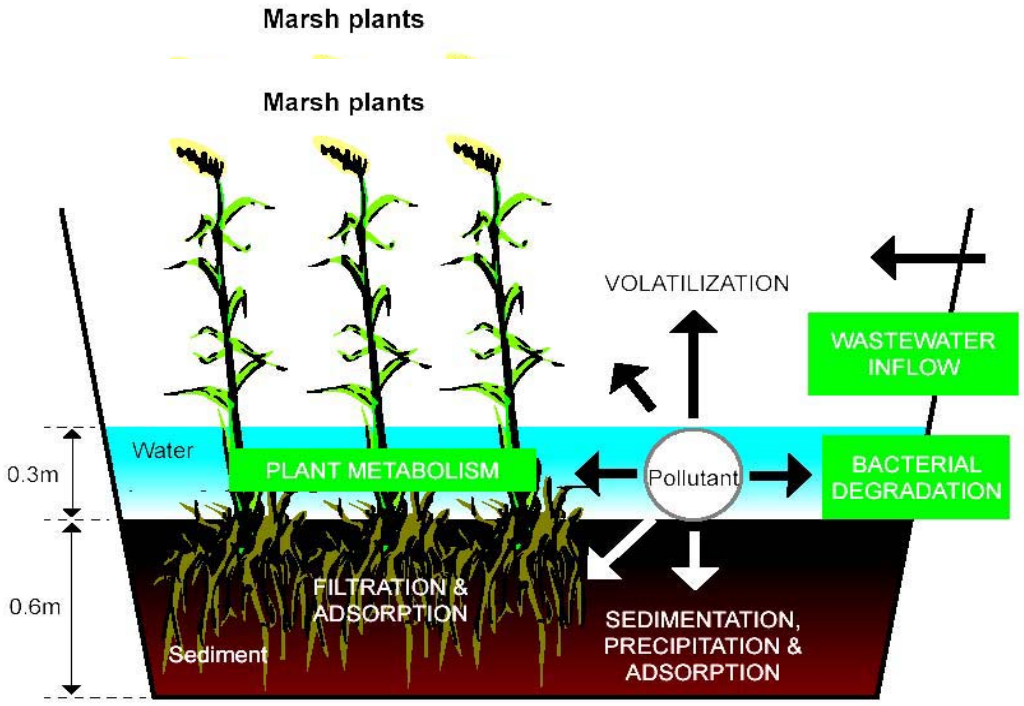
2.4.1 บทบาทของดิน พืช และจุลินทรีย์ในการบำบัดน้ำเสีย

กระบวนการบำบัดธาตุอาหารในระบบพื้นที่ชุ่มน้ำจะอาศัยการทำงานของ ดิน พืช และจุลินทรีย์ร่วมกัน โดยอาศัยกลไกทางกายภาพ เคมี และชีวภาพ ดังนั้นประสิทธิภาพการบำบัดธาตุอาหารจะแตกต่างกันตามชนิดของพืชและผลผลิตขั้นปฐมภูมิ สมบัติของดิน และปฏิสัมพันธ์ระหว่างพืช ดิน และน้ำ (Wong et al., 1995) โดยกลไกการบำบัดธาตุอาหารในระบบพื้นที่ชุ่มน้ำแสดงในรูปที่ 2-1

1) บทบาทของพืช

พืชที่คลุมอยู่บนพื้นที่ชุ่มน้ำจะทำหน้าที่เสมือน biofilm ที่อยู่ระหว่างบรรยากาศและดิน หรือผิวหน้าน้ำ โดยพืชจะลดความเร็วของกระแสน้ำ ทำให้เกิดการตกตะกอนดียิ่งขึ้น และช่วยให้สารแขวนลอยที่ตกตะกอนแล้วไม่ฟุ้งกระจายกลับขึ้นมา (resuspension) และลดอัตราการกร่อนของหน้าดิน รวมทั้งลดความเข้มของแสงที่ส่องลงสู่น้ำ ซึ่งช่วยป้องกันการเจริญเติบโตที่มากเกินไปของสาหร่าย (Brix, 1997)

พืชสามารถบำบัดน้ำเสียโดยการดูดดึง (uptake) ธาตุอาหารจำนวนมากผ่านทางราก นอกจากนี้ลำต้นที่อยู่ในน้ำและสัมผัสกับน้ำก็ดูดดึงธาตุอาหารได้เช่นเดียวกัน (Brix and Schierup, 1989 อ้างถึงใน ศุวศา กานตวนิชกูร, 2544) โดยทั่วไปพืชจะใช้ธาตุอาหารไนโตรเจนในรูปของไนเตรทและแอมโมเนีย และใช้ฟอสฟอรัสในรูปของฟอสเฟต (Yang et al., 2001; Gray et al., 2000) นอกจากรากพืชจะช่วยเพิ่มพื้นที่ยึดเกาะให้จุลินทรีย์ รากพืชในระบบพื้นที่ชุ่มน้ำยังได้พัฒนาช่องว่างภายในสำหรับเคลื่อนย้าย (transfer) ออกซิเจนจากยอดลงสู่ราก เกิดเป็นฟิล์มบางๆ ของออกซิเจนโดยรอบราก เรียกว่า rhizosphere จุลินทรีย์จึงสามารถเปลี่ยนรูปธาตุอาหาร ไอออนโลหะ และสารประกอบอื่นๆ โดยการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน-รีดักชัน (oxidation-reduction) ในระบบรากใต้ดิน (Kadlec and Knight, 1996) ซึ่งนับว่าเป็นส่วนสำคัญในการบำบัดบีโอดี และแอมโมเนียในระบบพื้นที่ชุ่มน้ำ (Reddy and D'Angelo, 1997)



รูปที่ 2-1 กระบวนการบำบัดธาตุอาหารในระบบพื้นที่ชุ่มน้ำ

ที่มา : Wetland International Report (2003)

2) บทบาทของดิน

ดินมีบทบาทเป็นที่อาศัยของจุลินทรีย์ที่ต้องการยึดเกาะ เป็นตัวกลางให้พืชเจริญเติบโต และช่วยบำบัดน้ำเสียโดยกระบวนการทางกายภาพและทางเคมี

US. EPA (2000) กล่าวว่า ดินในพื้นที่ชุ่มน้ำมีลักษณะทางกายภาพและเคมีเปลี่ยนแปลงไปตามระยะเวลาการท่วมขังของน้ำ อัตราการย่อยสลายของดิน และการเกิดออกซิเดชันในดิน ทั้งนี้เพราะการเกิดออกซิเดชันต้องใช้ออกซิเจนในการทำปฏิกิริยา ซึ่งอาจเป็นผลให้ดินขาดออกซิเจนและกลายเป็นดินที่อยู่ในสภาวะไร้อากาศในที่สุด

กระบวนการสำคัญในการบำบัดน้ำเสียของดินในระบบพื้นที่ชุ่มน้ำ คือ กระบวนการแลกเปลี่ยนไอออน (ion exchange) การดูดซับ (adsorption) การก่อตะกอนผลึก (precipitation) การตกตะกอน (sedimentation) การกรอง (filtration) และการเกิดสารเชิงซ้อน (complexation) (Kadlec and Knight, 1996) ดังนั้น สมบัติทางกายภาพและเคมีของดินจึงมีผลต่อประสิทธิภาพการบำบัดธาตุอาหารและสารมลพิษในระบบพื้นที่ชุ่มน้ำ เช่น การดูดซับฟอสฟอรัสในดิน ซึ่งรวมถึงการเกิดพันธะทางเคมีของประจุลบของฟอสเฟตกับประจุบวกของอนุภาคดิน (Stumm and Moogan, 1970 อ้างถึงใน Klomjek and Nitisoravut, 2005) รวมทั้งการที่พื้นที่ชุ่มน้ำมีทั้งช่วงที่มีน้ำขังสลับกับช่วงที่ไม่มีน้ำขัง ทำให้เกิดเป็นช่วงที่มีออกซิเจน (aerobic) และช่วงที่ไร้ออกซิเจน (anaerobic) ทำให้เกิดกระบวนการไนตริฟิเคชัน (nitrification) และดีไนตริฟิเคชัน (denitrification) ซึ่งเป็นการบำบัดไนโตรเจน ประสิทธิภาพในการบำบัดของดินขึ้นอยู่กับสมบัติทางกายภาพ และเคมีของดิน เช่น เนื้อดิน ความพรุน ปริมาณสารอินทรีย์ ความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวก ค่ารีดอกซ์โพเทนเชียล เป็นต้น (Tam and

Wong, 1994) รวมทั้งระยะเวลาที่น้ำสัมผัสกับดิน ประเภทของดินที่เหมาะสมสำหรับการบำบัดธาตุอาหาร คือ ดินร่วนเหนียวปนทราย (sandy clay loam) ดินร่วนเหนียว (clay loam) ดินร่วนเหนียวปนทรายแป้ง (silty clay loam) ดินเหนียวปนทราย (sandy clay) และดินเหนียวปนทรายแป้ง (silty clay) (Cooper, 1990)

องค์ประกอบอื่นๆ ในดิน เช่น ชนิดและปริมาณของจุลินทรีย์ในดิน แร่ธาตุต่างๆ จัดเป็นปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพในการบำบัดของดินเช่นกัน นอกจากนี้ปริมาณธาตุอาหารที่สะสมในดินก่อนนำมาใช้ในการบำบัดน้ำเสียก็มีความสำคัญยิ่ง เพราะหากดินเดิมมีการสะสมธาตุอาหารสูงจนอิ่มตัวแล้วจะทำให้ประสิทธิภาพในการบำบัดต่ำ ทั้งนี้เพราะดินไม่สามารถดูดซับธาตุอาหารที่อยู่ในน้ำเสียได้อีก นอกจากนี้ธาตุอาหารที่สะสมในดินอาจชะละลายออกมากับน้ำที่ผ่านการบำบัด (Kadlec, 1995)

3) บทบาทของจุลินทรีย์

จุลินทรีย์ทั้งที่ยึดเกาะบนตัวกลางและจุลินทรีย์ที่ลอยอิสระจะช่วยบำบัดน้ำเสียโดยทำให้เกิดกระบวนการทั้งในสภาวะที่ใช้ออกซิเจนและไม่ใช้ออกซิเจน โดยกระบวนการดูดซึม (assimilation) การเปลี่ยนรูป (transformation) และการหมุนเวียน (circulation) ของธาตุอาหารและมลพิษในน้ำเสีย (Kadlec and Knight, 1996)

ในสภาวะที่มีออกซิเจน จุลินทรีย์จะมีอัตราการย่อยสลายสารอินทรีย์สูงกว่าสภาวะที่ไม่มีออกซิเจน โดยจุลินทรีย์ที่ทำการย่อยสลายส่วนใหญ่จะเกาะอยู่กับผิวของดิน และส่วนลำต้นและรากของพืช จุลินทรีย์จะได้รับออกซิเจนที่ส่ง (transport) มาทางรากพืชและจากการแพร่ (diffuse) ลงสู่ผิวดิน ดังนั้นความลึกของดิน และความยาวของรากพืชจึงมีส่วนในการกำหนดลักษณะของการย่อยสลายที่จะเกิดขึ้น (ศุวศา กานตวนิชกูร, 2544)

2.4.2 การบำบัดสารอินทรีย์ และธาตุอาหารในระบบพื้นที่ชุ่มน้ำ

การบำบัดธาตุอาหารในพื้นที่ชุ่มน้ำเกิดขึ้นได้ 3 รูปแบบ คือ (1) ธาตุอาหารจะเกิดการเปลี่ยนรูปไปอยู่ในสภาวะก๊าซและระเหยออกไปในบรรยากาศ (2) การระบายน้ำของพื้นที่ชุ่มน้ำ (3) การสะสมไว้ในระบบพื้นที่ชุ่มน้ำโดยการสะสมในดิน การตกตะกอน และการนำไปใช้ในการเจริญเติบโตของพืช (Bolton and Greenway, 1999) โดยกระบวนการบำบัดสารอินทรีย์และธาตุอาหารในพื้นที่ชุ่มน้ำ มีดังนี้

1) สารอินทรีย์

สารอินทรีย์ที่เป็นสารละลายอยู่ในน้ำโดยทั่วไปจะวัดในรูปของบีโอดี (biochemical oxygen demand; BOD) ซึ่งจะอยู่ในน้ำเสียในรูปของแป้ง น้ำตาล หรือ เซลลูโลส โมเลกุลเล็กๆ จากซากพืช โดยส่วนใหญ่การบำบัดสารอินทรีย์ในระบบพื้นที่ชุ่มน้ำจะเกิดใน water column ใกล้กับบริเวณน้ำเข้าโดยส่วนที่เป็นของแข็งจะจมตัวลงในรูปของอนุภาค ส่วนที่ละลายน้ำจะถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ทั้งที่ใช้และไม่ใช้ออกซิเจน (Kadlec, 1995)

ประสิทธิภาพในการบำบัดบีโอดีของระบบพื้นที่ชุ่มน้ำขึ้นกับ ชนิดและปริมาณของจุลินทรีย์ ชนิดของพืช อัตราการย่อยสลายสารอินทรีย์ อุณหภูมิ ปริมาณออกซิเจน ค่าความเป็นกรด-ด่าง ธาตุอาหาร และสมบัติของดิน (Kadlec, 1995)

สำหรับสารอินทรีย์ที่อยู่ในรูปของแข็ง จะวัดในรูปของของแข็งแขวนลอยทั้งหมด (total suspended solid; TSS) โดยระบบพื้นที่ชุ่มน้ำนับเป็นแหล่งกักเก็บตะกอนที่มีประสิทธิภาพ วัฏจักรของแข็งแขวนลอยในพื้นที่ชุ่มน้ำ คือ การตกตะกอนทับถม (deposition) และการฟุ้งกลับ (resuspension) (ซึ่งอาจเกิดจาก bioturbation และการปุดขึ้นของก๊าซออกซิเจนหรือมีเทน) กระบวนการสำคัญในการบำบัดสารแขวนลอยในพื้นที่ชุ่มน้ำ คือ การจมตัวอย่างช้าๆ (settling)

ประสิทธิภาพในการบำบัดสารแขวนลอยขึ้นอยู่กับระยะเวลากักเก็บน้ำ แต่พืชและสัตว์ขนาดเล็กในระบบอาจทำให้ประสิทธิภาพต่ำลงเนื่องจากมวลชีวภาพที่แขวนลอยอยู่ (Kadlec and Knight, 1996)

2) ไนโตรเจน

ไนโตรเจนในน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบพื้นที่ชุ่มน้ำมีทั้งที่เป็นสารอินทรีย์ และสารอนินทรีย์ ซึ่งอาจอยู่ในรูปอนุภาค (particle) หรือรูปที่ละลายน้ำได้ (dissolved form) โดยสัดส่วนขององค์ประกอบจะขึ้นกับแหล่งที่มาของน้ำเสียและการบำบัดเบื้องต้น

ในน้ำเสียชุมชนจะพบไนโตรเจน 4 รูป คือ (1) อินทรีย์ไนโตรเจน ซึ่งจะประกอบด้วยสารต่างๆ เช่น กรดอะมิโน ยูเรีย (2) ไนไตรท์ (NO_2-N) (3) ไนเตรท (NO_3-N) และ (4) แอมโมเนีย (NH_4-N) โดยทั่วไปจะพบไนโตรเจนในรูปแอมโมเนียมากที่สุด (Kadlec and Knight, 1996)

ไนโตรเจนในรูปอนุภาคจะถูกบำบัดโดยการจมตัวลงอย่างช้าๆ และเกิดการทับถม ขณะที่การบำบัดไนโตรเจนในรูปที่ละลายน้ำได้จะเกี่ยวข้องกับกระบวนการธรณีชีวเคมี (biogeochemical) ในดินและน้ำ โดยในขั้นแรกอินทรีย์ไนโตรเจนจะถูกย่อยสลายโดยกระบวนการทางชีวภาพ เรียกว่า กระบวนการแอมโมนิฟิเคชัน (ammonification) เปลี่ยนไปเป็นแอมโมเนีย แอมโมเนียจะถูกบำบัดโดยการระเหย (volatilization) กระบวนการไนตริฟิเคชัน (nitrification) กระบวนการดีไนตรีฟิเคชัน (denitrification) และการนำไปใช้โดยพืชและจุลินทรีย์ (Brix, 1993)

กระบวนการไนตริฟิเคชันเป็นกระบวนการออกซิเดชันทางชีวภาพของแอมโมเนียไปเป็นไนเตรทโดยมีไนไตรท์เป็นสารระหว่างกลางปฏิกิริยา กระบวนการไนตริฟิเคชั่นจะเกิดในชั้นน้ำตรงบริเวณรอยต่อระหว่างดินและน้ำ (soil water interface) และบริเวณ rizosphere รอบๆ รากพืช ซึ่งมีออกซิเจนเป็นฟิล์มบางๆ (Brix, 1997 อ้างถึงใน Gray et al., 2000) โดยอัตราการเกิดไนตริฟิเคชันขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของแอมโมเนีย ปริมาณออกซิเจน ความเป็นกรด-ด่าง และ อุณหภูมิ กระบวนการไนตริฟิเคชันบางครั้งจะช้าลง และล้มเหลวอย่างสิ้นเชิง เนื่องจากอินทรีย์ไนโตรเจนความเข้มข้นสูงจากน้ำเสียถูกย่อยสลายแบบใช้ออกซิเจนได้แอมโมเนียแล้วไม่ถูกออกซิไดซ์ในขั้นถัดไป เนื่องจากปริมาณออกซิเจนที่จำกัด ทำให้แอมโมเนียในพื้นที่ชุ่มน้ำสูงขึ้น (Reed and Brown, 1995 อ้างถึงใน Gray et al., 2000)

ไนไตรท์และไนเตรท จะแพร่จากบริเวณที่มีออกซิเจนสู่บริเวณที่ไม่มีออกซิเจนแล้วถูกรีดิวซ์เป็นไนตรัสออกไซด์ (N_2O) และก๊าซไนโตรเจน (N_2) สูญหายออกจากระบบโดยกระบวนการดีไนตริฟิเคชัน (denitrification) อัตราการเกิดดีไนตริฟิเคชันขึ้นอยู่กับ ปริมาณไนเตรท จุลินทรีย์ และอุณหภูมิ (Gray et al., 2000; Kadlec, 1995)

พืชในระบบพื้นที่ชุ่มน้ำมีบทบาทในการบำบัดไนโตรเจน โดยการดูดดึงไนโตรเจนในรูปของแอมโมเนีย และไนเตรทไปใช้ โดยเปลี่ยนเป็นสารอินทรีย์ในเนื้อเยื่อ รวมทั้งการจัดเตรียมสภาพแวดล้อมบริเวณรากสำหรับการเกิดกระบวนการไนตริฟิเคชันและดีไนตริฟิเคชัน (Gray et al., 2000)

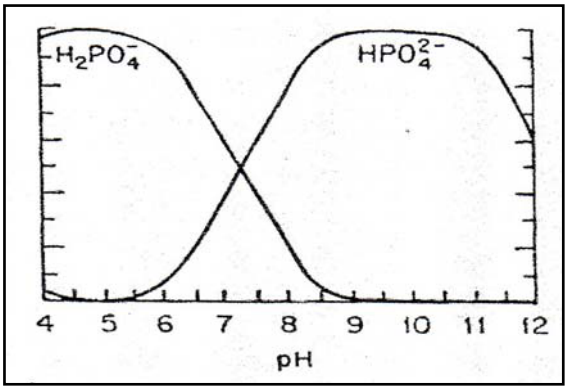
3) ฟอสฟอรัส

โดยทั่วไปฟอสฟอรัสในพื้นที่ชุ่มน้ำมักอยู่ในรูปสารละลาย แร่ฟอสฟอรัส และสารอินทรีย์ฟอสฟอรัสในรูปของแข็ง ในสารละลายการแตกตัวของฟอสฟอรัสจะขึ้นอยู่กับ pH ดังนี้

$$H_3PO_4^- \longleftrightarrow H_2PO_4^- + H^+$$

$$H_2PO_4^- \longleftrightarrow HPO_4^{2-} + H^+$$

$$HPO_4^{2-} \longleftrightarrow PO_4^{2} + H^+ \quad \text{(รูปที่ 2-2)}$$



รูปที่ 2-2 การกระจายของอนินทรีย์ฟอสฟอรัสที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส
ที่มา : Freeze and Cherry (1979) อ้างถึงใน ศุวศา กานตวนิชกูร (2544)

การบำบัดฟอสฟอรัสในพื้นที่ชุ่มน้ำส่วนใหญ่เกิดจากกระบวนการทางกายภาพ/เคมี โดยกระบวนการที่สำคัญ ได้แก่ การตกตะกอน (sedimentation) และการทับถม (deposition) การดูดซับ (adsorption) และการตกตะกอนเคมี (precipitation) และการแลกเปลี่ยนระหว่างดินและน้ำที่สัมผัสกับดิน (Klomjek and Nitisoravut, 2005) นอกจากนี้กระบวนการทางชีวภาพก็มีส่วนช่วยในการบำบัดฟอสฟอรัส ได้แก่ การดูดดึงไปใช้โดยพืชและจุลินทรีย์ และการเปลี่ยนรูปสารอนินทรีย์ให้เป็นสารอินทรีย์โดยการย่อยสลายซากพืช (mineralization of plant litter) (Reddy et al., 1996)

การดูดซับโดยดิน เป็นกระบวนการหลักในการบำบัดฟอสฟอรัสในระบบพื้นที่ชุ่มน้ำ โดยการดูดซับขึ้นกับ

1) ปริมาณธาตุเหล็ก (Fe) อลูมินัม (Al) และแคลเซียม (Ca) กับค่า pH ของดิน กล่าวคือ หากดินมีปริมาณธาตุเหล็กและอลูมินัมสูงและมีค่า pH ต่ำ จะทำให้ฟอสฟอรัสถูกดูดซับด้วยธาตุเหล็กและอลูมินัม ในทางตรงกันข้ามหากดินมีปริมาณธาตุแคลเซียมสูงและมีค่า pH สูง จะทำให้ฟอสฟอรัสถูกดูดซับด้วยแคลเซียม

2) ค่ารีดอกซ์โพเทนเชียล (redox potential) ในสภาวะที่ระบบมีน้ำท่วมขัง จะทำให้ปริมาณออกซิเจนในดินต่ำ ทำให้ค่ารีดอกซ์โพเทนเชียลต่ำ ทำให้ค่า pH ของดินต่ำลง

3) ชนิดของดิน คือ หากระบบพื้นที่ชุ่มน้ำใช้ตัวกลางทีมีส่วนประกอบของดินเหนียวสูง จะทำให้การดูดซับฟอสฟอรัสของดินเกิดได้ดี เนื่องจากดินเหนียวมีค่าความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (CEC) สูง และมีปริมาณแร่ดินเหนียวสูง (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2541)

2.5 พันธุ์ไม้ป่าชายเลนกับการบำบัดน้ำเสีย

พันธุ์ไม้ในป่าชายเลนเป็นพันธุ์ไม้ที่มีความสามารถในการปรับตัวให้เข้ากับสภาวะแวดล้อมที่มีความผันแปรและรุนแรง เช่น อุณหภูมิ ความเค็มที่เปลี่ยนแปลงอยู่ตลอด การเปลี่ยนแปลงของสภาพที่มีและไม่มีออกซิเจนในดิน ทนต่อความเข้มข้นของมลสารในน้ำเสียได้ดี และมีความสามารถในการเก็บกักและเปลี่ยนรูปมลสาร เช่น ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโลหะหนักได้ (Chen and Wong, 1995 อ้างถึงใน Boonsong et al., 2003) ดินในป่าชายเลนยังสามารถกักเก็บอินทรียวัตถุ ไนโตรเจน และฟอสฟอรัส นอกจากนี้การที่ป่าชายเลนมีพื้นที่ขนาดใหญ่ ทำให้ป่าชายเลนมีความสามารถในการรองรับน้ำเสียที่มีปริมาณมากได้ (Tam and Wong, 1999) เช่น น้ำเสียจากชุมชนและน้ำเสียจากนากุ้ง (Boonsong et al., 2003)

ถึงแม้จะเป็นที่ยอมรับกันดีว่าป่าชายเลนธรรมชาติสามารถช่วยบำบัดน้ำเสียและกลั่นกรองสิ่งปฏิกูลมิให้ไหลลงทะเล และได้มีการใช้ป่าชายเลนธรรมชาติในการบำบัดน้ำเสีย ทั้งจากชุมชนและจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง โดยเฉพาะอย่างยิ่งการเลี้ยงกุ้งกุลาดำแบบพัฒนากันอย่างกว้างขวาง โดยการอนุรักษ์ป่าชายเลนดั้งเดิมให้เป็นแนว buffer เพื่อช่วยลดผลกระทบต่อคุณภาพน้ำชายฝั่งที่อาจเกิดขึ้นในบริเวณนั้น แต่การศึกษาวิจัยในเชิงลึกด้านประสิทธิภาพของป่าชายเลนในการบำบัดน้ำเสียของทั้งในประเทศไทยและต่างประเทศยังมีอยู่ค่อนข้างจำกัด ซึ่งงานวิจัยที่เกี่ยวข้องได้รวบรวมไว้ดังนี้

Sansanayuth et al. (1996) ทดลองบำบัดน้ำทิ้งจากนากุ้งโดยสร้างคูดินขนาด 1.2 x 13 ตารางเมตร ลึก 0.2 เมตร ปูพื้นด้วย PVC และใช้หินกรวดเล็กๆ แทนดิน ปลูกปรงทะเล *(Acrostichum aureum)* ซึ่งเป็นพืชป่าชายเลนจำพวกเฟริ์น ใช้วิธีการปล่อยน้ำแบบต่อเนื่อง ระยะเวลากักเก็บน้ำเสีย 1-3 วัน พบว่า ประสิทธิภาพการบำบัดของแข็งแขวนลอยทั้งหมดเท่ากับ 79.6-88.6% BOD เท่ากับ 91.0-96.6% total organic carbon เท่ากับ 46.4-64.4% ไนโตรเจนทั้งหมด (total nitrogen: TN) เท่ากับ 48.1-61.3% และฟอสฟอรัสทั้งหมด (total phosporus: TP) เท่ากับ 31.3-76.5%

Bolton and Greenway (1997) ศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้พันธุ์ไม้ป่าชายเลนสกุลเสม็ด (*Melaleuca*) ในพื้นที่ชุ่มน้ำเทียม รัฐควีนส์แลนด์ ประเทศออสเตรเลีย โดยทดลองในแปลงขนาด 9 x 70 ตารางเมตร โดยใช้พืชสกุลเสม็ด 3 ชนิด ได้แก่ *M. leucadendra, M. alternifolia* และ *M. quinquenervia* โดยให้น้ำเสียที่มี TN และ TP แตกต่างกัน 2 ระดับความเข้มข้น คือ น้ำเสียความเข้มข้นปกติ มี TN และ TP เฉลี่ยเท่ากับ 8 และ 5 mg/l และน้ำเสียที่มีความเข้มข้นเป็นครึ่งหนึ่งของน้ำเสียชุมชนปกติ โดยมีระยะเวลาการศึกษา 2 ปี พบว่า พืชทั้ง 3 ชนิด ที่ได้รับน้ำเสียความเข้มข้นปกติมีการเจริญเติบโตทางด้านความสูง เส้นผ่าศูนย์กลาง การแตกกิ่ง และการแตกยอด มากกว่าน้ำเสียที่มีความเข้มข้นของธาตุอาหารต่ำกว่า ต่อมา Bolton and Greenway (1999) ได้นำพืชสกุลเสม็ด ซึ่งได้แก่ *M. alternifolia* และ *M. quinquenervia* มาปลูกในพื้นที่ชุ่มน้ำเทียมเพื่อศึกษาการสะสมของธาตุอาหารในระบบพื้นที่ชุ่มน้ำเทียมที่มีขนาด 130 ตารางเมตร และได้รับน้ำเสียที่มีปริมาณ TN และ TP เท่ากับ 7 และ 5 mg/l ตามลำดับ ปริมาตร 0.5 เมกะลิตร/เฮกแตร์/วัน เป็นระยะเวลา 21 เดือน พบว่าธาตุอาหารดังกล่าวถูกกักเก็บและสะสมในระบบพื้นที่ชุ่มน้ำถึง 46 และ 21% ตามลำดับ

ปิยวรรณ สายมโนพันธ์ (2543) ศึกษาประสิทธิภาพของกล้าไม้โกงกางใบใหญ่ (*Rhizophora mucronata*) และแสมทะเล (*Avicennia marina*) ในการบำบัดน้ำเสียชุมชน พบว่า ชุดทดลองที่ปลูกโกงกางใบใหญ่ และชุดทดลองที่ปลูกแสมทะเลสามารถบำบัด BOD ได้ 72 และ 66% ตามลำดับ บำบัด TN ได้ 72 และ 70% ตามลำดับ และบำบัด TP ได้เท่ากันคือ 63% ส่วนชุดควบคุมที่ไม่ปลูกพืชสามารถบำบัด BOD, TN และ TP ได้ 58, 59 และ 59% ตามลำดับ ซึ่งประสิทธิภาพการบำบัดของชุดทดลองที่ปลูกกล้าไม้สูงกว่าชุดควบคุมที่ไม่ปลูกพืชอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

การศึกษาประสิทธิภาพของพื้นที่ชุ่มน้ำป่าชายเลนในการบำบัดน้ำเสียชุมชนในโครงการนำร่อง ในระบบขนาดใหญ่ 100x150 ตารางเมตร ในโครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ยอันเนื่องมาจากพระราชดำริ โดย Boonsong et al. (2003) ศึกษาในระบบพื้นที่ชุ่มน้ำเทียม 2 ระบบ คือ ระบบป่าชายเลนธรรมชาติ ซึ่งมีแสมทะเลเป็นพันธุ์ไม้เด่น และระบบป่าชายเลนปลูกใหม่ ซึ่งปลูกแสมทะเล โกงกางใบเล็ก โปรงแดง (*Ceriops tagal*) และถั่วขาว (*Bruguiera cylindrica*) โดยใช้ระยะเวลากักเก็บ 3 และ 7 วัน พบว่า ระบบป่าชายเลนปลูกใหม่มีประสิทธิภาพการบำบัดธาตุอาหารไนเตรท แอมโมเนีย TN ฟอสเฟต และ TP ได้เท่ากับ 37.6-47.5, 81.1-85.9, 44.8-54.4, 24.7-76.8 และ 22.6-65.3 % ตามลำดับ ส่วนป่าชายเลนธรรมชาติมีประสิทธิภาพการบำบัดพารามิเตอร์ดังกล่าวได้เท่ากับ 44.0-60.9, 51.1-83.5, 43.4-50.4, 28.7-58.9 และ 28.3-48.0 % ตามลำดับ ซึ่ง ประสิทธิภาพของทั้งสองระบบไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในด้านระยะเวลากักเก็บพบว่า เมื่อใช้ระยะเวลากักเก็บ 7 วันจะทำให้ประสิทธิภาพการบำบัดฟอสเฟตและ TP ของทั้งสองระบบสูงกว่าเมื่อใช้ระยะเวลากักเก็บ 3 วันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

นอกจากนี้ยังมีการศึกษาเกี่ยวกับผลของความเข้มข้นของน้ำเสียต่อประสิทธิภาพการบำบัดของพื้นที่ชุ่มน้ำเทียมที่ปลูกพันธุ์ไม้ชายเลน โดย เจนจิรา แก้วรัตน์ (2541) ทดลองบำบัดน้ำทิ้งจากการเลี้ยงกุ้ง โดยปลูกโกงกางใบเล็ก *(Rhizophora apiculata)* ในกะบะทดลอง พบว่า สามารถบำบัด TN และ TP ในน้ำทิ้งได้ประมาณ 80% และเมื่อให้ Hoagland solution ซึ่งมีธาตุอาหารสูงกว่าน้ำทิ้ง พบว่า สามารถบำบัด TN และ TP สูงขึ้นเป็น 90% และ ปวีณา วัฒนสุทธิพงศ์ (2547) ศึกษาผลของน้ำเสียชุมชนสังเคราะห์ต่อระบบพื้นที่ชุ่มน้ำเทียมที่ปลูกโกงกางใบใหญ่ โดยใช้น้ำเสียที่มีความเข้มข้นแตกต่างกัน 3 ระดับ คือ น้ำเสียชุมชนปกติ (NW) (ซึ่งมี TN และ TP เท่ากับ 15 และ 5 mg/l ตามลำดับ) น้ำเสียชุมชนที่มีความเข้มข้นของ TN และ TP เป็น 5 และ 25 เท่าของน้ำเสียชุมชนปกติ (5NW และ 25NW) โดยใช้ระยะกักเก็บ 7 วัน พบว่า ชุดทดลองที่ได้รับน้ำเสีย 5NW สามารถบำบัด BOD และ TN ได้สูงที่สุดคือ 98 และ 89% ตามลำดับ และเมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่าดินและกล้าไม้ในทุกชุดทดลองมี TN และ TP สูงขึ้น เช่นเดียวกันกับที่ Chu et al (1998) ศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดธาตุอาหารของพื้นที่ชุ่มน้ำเทียมที่ปลูกรังกระแท้ (*Kandelia candel*) โดยใช้น้ำเสียสังเคราะห์ที่มีความเข้มข้นแตกต่างกัน 3 ระดับ คือ น้ำเสียชุมชนปกติ (NW) น้ำเสียชุมชนที่มีความเข้มข้นของ TN และ TP เป็น 5 และ 25 เท่าของน้ำเสียชุมชนปกติ (5NW และ 25NW) พบว่า ประสิทธิภาพในการบำบัดอินทรีย์ไนโตรเจน แอมโมเนีย ไนเตรท และออร์โธฟอสเฟตของระบบพื้นที่ชุ่มน้ำเทียมที่ได้รับน้ำเสีย NW และ 5 NW สูงถึง 98% (ยกเว้นอินทรียไนโตรเจน) ในขณะที่ระบบที่ได้รับน้ำเสีย 25 NW มีค่า 75% ชี้ให้เห็นว่าระบบพื้นที่ชุ่มน้ำป่าชายเลนมีความจุในการรองรับธาตุอาหารจากน้ำเสียได้สูง

Tam and Wong (1996) ศึกษาการสะสมธาตุอาหารในดินป่าชายเลน โดยทดลองผ่านน้ำเสียลงในคอลัมน์ดินป่าชายเลนที่มีเนื้อดินต่างกัน 2 ชนิด คือ ดินร่วนปนทราย และดินเหนียว เปรียบเทียบกับชุดควบคุมซึ่งใช้น้ำทะเลพบว่า ดินทั้งสองชนิดมีปริมาณอินทรียวัตถุ TN และTP สูงกว่าชุดควบคุม ชี้ให้เห็นว่าดินป่าชายแลนมีความจุในการกักเก็บธาตุอาหารได้สูง นอกจากนี้ยังพบว่าคอลัมน์ดินที่ใช้ดินเหนียวสะสมอินทรียวัตถุและธาตุอาหารต่างๆ ได้สูงกว่าคอลัมน์ดินที่ใช้ดินร่วนปนทรายอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าความสามารถในการกักเก็บอินทรียวัตถุและธาตุอาหารของดินขึ้นกับชนิดของดิน

Ye et al. (2003) ศึกษาอัตราการเจริญเติบโตด้านมวลชีวภาพของพันธุ์ไม้ชายเลน 2 ชนิด คือ พังกาหัวสุมดอกแดง (*Bruguiera gymnorrhiza*) และรังกระแท้ (*Kandelia candel*) เมื่อใช้ระยะเวลากักเก็บน้ำต่างกัน 3 แบบ คือ (1) กักเก็บน้ำ 12 สัปดาห์ (2) กักเก็บน้ำ 8 สัปดาห์ แล้วปล่อยให้แห้ง 4 สัปดาห์ และ (3) กักเก็บน้ำ 4 สัปดาห์ แล้วปล่อยให้แห้ง 8 สัปดาห์ พบว่าเมื่อใช้ระยะเวลากักเก็บน้ำนานขึ้นจะทำให้การเจริญเติบโตด้านมวลชีวภาพของพังกาหัวสุมดอกแดงลดลง แต่อัตราการเจริญเติบโตของรังกระแท้สูงขึ้น ซึ่งแสดงให้เห็นว่ารังกระแท้สามารถทนทานต่อสภาพน้ำขังได้ดีกว่าพังกาหัวสุมดอกแดง

นอกจากนี้มีการศึกษาผลของความเค็มที่มีต่อประสิทธิภาพการบำบัดธาตุอาหาร ได้แก่ Brown et al. (1999) ปลูกพันธุ์ไม้สกุลชะคราม (*Suaeda* sp.) ซึ่งเป็นไม้เลื้อยขนาดเล็กในทราย เพื่อบำบัดน้ำเสียจากบ่อเลี้ยงปลานิลที่มีการเติมโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) ให้มีระดับความเค็มต่างกัน โดยใช้ระยะเวลากักเก็บ 7 วัน พบว่า ชุดทดลองที่ได้รับน้ำเสียระดับความเค็ม 0.5, 10 และ 35 psu มีประสิทธิภาพการบำบัด TN เท่ากับ 96.18, 98.02 และ 99.09% ตามลำดับ บำบัด TP ได้เท่ากับ 98.76, 98.95 และ 99.71% ตามลำดับ บำบัดฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำได้เท่ากับ 94.00, 95.98 และ 99.03% ตามลำดับ และพบว่าการเจริญเติบโตของชะครามลดลงเมื่อความเค็มของน้ำเสียสูงขึ้น

Tam (1998) ศึกษาผลของความเค็มต่อจำนวนประชากรของแบคทีเรียในดินป่าชายเลน โดยปล่อยน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีความเค็ม 0 และ 15 psu ลงสู่ป่าชายเลน 2 แห่ง พบว่า ดินในป่าชายเลนทั้งสองแห่งสามารถบำบัดไนโตรเจน ฟอสฟอรัส ทองแดง สังกะสี และแคดเมียมในน้ำเสียได้ แต่จำนวนแบคทีเรียทั้งชนิดที่ใช้ออกซิเจน ไม่ใช้ออกซิเจน ไนตริไฟอิงแบคทีเรีย และดีไนตริไฟอิงแบคทีเรียในดินป่าชายเลนที่ได้รับน้ำเสียที่มีความเค็ม 0 psu สูงกว่าในดินป่าชายเลนที่ได้รับน้ำเสียความเค็ม 15 psu

Aziz and Khan (2001) ศึกษาความทนทานของกล้าไม้โปรงแดง (*Ceriops tagal*) ต่อความเค็ม โดยปลูกกล้าไม้โปรงแดงลงในบ่อที่ใช้ทรายเป็นวัสดุปลูก ใช้น้ำทะเล 5 ระดับความเค็ม คือ 0, 8.8, 17.5, 26.3 และ 35.0 psu โดยมีการเติมไนโตรเจนลงในน้ำทะเลเพื่อเลี้ยงกล้าไม้ พบว่า กล้าไม้โปรงแดงที่ได้รับน้ำทะเลระดับความเค็ม 17.5 psu มีการเจริญเติบโตสูงสุด และการเจริญเติบโตจะลดลงเมื่อได้รับน้ำทะเลระดับความเค็ม 26.3 และ 35 psu

Ye at al. (2001) ทดลองใช้ระบบพื้นที่ชุ่มน้ำเทียมที่ปลูกกล้าไม้พังกาหัวสุมดอกแดง (*Bruguiera gymnorrhiza*) และรังกะแท้ (*Kandelia candel*) บำบัดน้ำเสียจากฟาร์มสุกร โดยปรับน้ำเสียให้มีระดับความเค็มต่างกันคือ 0 และ 30 psu ใช้ระยะเวลากักเก็บ 3 วัน พบว่า ชุดทดลองที่ปลูกพังกาหัวสุมดอกแดงที่ได้รับน้ำเสียระดับความเค็ม 30 psu มีประสิทธิภาพในการบำบัด TN และ TP 98.0 และ 97.8% ตามลำดับ ส่วนชุดที่ได้รับน้ำเสียระดับความเค็ม 0 psu บำบัดได้ต่ำกว่า คือ 95.5 และ 91.8% ตามลำดับ ชุดทดลองที่ปลูกรังกะแท้ที่ได้รับน้ำเสียระดับความเค็ม 30 psu มีประสิทธิภาพในการบำบัด TN และ TP ได้ 92.7 และ 88.0% ตามลำดับ ส่วนชุดที่ได้รับน้ำเสียระดับความเค็ม 0 psu สามารถบำบัดได้ต่ำกว่า คือ 84.3 และ 79.2 % ตามลำดับ

2.6 ผลกระทบจากการใช้พื้นที่ชุ่มน้ำป่าชายเลนบำบัดน้ำเสีย

ถึงแม้ระบบนิเวศป่าชายเลนสามารถช่วยรักษาสมดุลของคุณภาพน้ำบริเวณชายฝั่งได้ แต่ป่าชายเลนเองก็อาจได้รับผลกระทบจากการได้รับของเสียปริมาณมาก ซึ่งงานวิจัยที่เกี่ยวข้องได้รวบรวมไว้ เช่น ผลกระทบจากการทำนากุ้ง พิพัฒน์ พัฒนผลไพบูลย์ และคณะ (2538) พบว่า การทำนากุ้งในบริเวณจังหวัดตราด ทำให้ธาตุอาหารในน้ำซึ่งได้แก่ แอมโมเนีย และไนเตรทในบริเวณป่าชายเลนที่อยู่ใกล้พื้นที่ทำนากุ้งมีค่าสูงกว่าป่าชายเลนที่อยู่ไกลออกไป Aksornkoae (1994) พบว่าป่าชายเลนในเขตอำเภอกาญจนดิษฐ์ จังหวัดสุราษฎร์ธานี ซึ่งอยู่ใกล้พื้นที่ทำนากุ้งมีองค์ประกอบของชนิดพันธุ์ไม้น้อยกว่าและมีพันธุ์ไม้เด่นคือ ไม้สกุลแสม (*Avicennia* sp.) ขณะที่ป่าชายเลนที่อ่าวพังงา จังหวัดพังงา ซึ่งไม่ได้รับอิทธิพลจากการทำนากุ้งมีชนิดพันธุ์ไม้มากกว่า และมีพันธุ์ไม้เด่นคือ ไม้สกุลโกงกาง *(Rhizophora* sp.*)*

Chen and Wong (1995) ศึกษาผลกระทบของน้ำเสียชุมชนต่อระบบพื้นที่ชุ่มน้ำป่าชายเลนในประเทศสาธารณรัฐประชาชนจีน โดยเปรียบเทียบสังคมพืช การเจริญเติบโต สถานะภาพของธาตุอาหารในดินและพืช ระหว่างป่าชายเลนซึ่งใช้บำบัดน้ำเสียชุมชนกับป่าชายเลนซึ่งเป็นพื้นที่ควบคุมไม่ได้รับน้ำเสียที่อยู่ในบริเวณใกล้กัน พบว่า โครงสร้างของสังคมพืช การเจริญเติบโต (ด้านความสูงและเส้นผ่าศูนย์กลาง) และมวลชีวภาพของป่าชายเลนทั้งสองบริเวณไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เช่นเดียวกับปริมาณ TN, TP ไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และสารอินทรีย์คาร์บอนในดินและพืชป่าชายเลน แต่ทั้งนี้เขาได้ให้ความเห็นว่าน่าจะเป็นเพราะภาระบรรทุก (loading) ของธาตุอาหารในน้ำเสียชุมชนมีค่าต่ำ มีค่า TN และ TP 24.58 และ 1.23 mg/l ตามลำดับ ปริมาตรรวม 2,600 ลูกบาศก์เมตร และระยะเวลาการศึกษาสั้นเพียง 1 ปี และให้ข้อเสนอแนะว่าป่าชายเลนสามารถใช้เป็นระบบบำบัดน้ำเสียขั้นที่สองสำหรับน้ำเสียจากชุมชนก่อนการปล่อยทิ้งลงสู่ทะเล

ลำใย หงส์สิงห์ และสนิท อักษรแก้ว (2547) ศึกษาการกระจายของสัตว์หน้าดินขนาดใหญ่ในป่าชายเลนหลังการใช้บำบัดน้ำเสีย บริเวณแหลมผักเบี้ย จังหวัดเพชรบุรี พบว่า การใช้ป่าชายเลนบำบัดน้ำเสียชุมชนซึ่งมีค่าเฉลี่ย BOD ออร์โธฟอสเฟต และแอมโมเนีย เท่ากับ 142.2, 4.0 และ 23.0 mg/l มีผลกระทบต่อสัตว์หน้าดินขนาดใหญ่เล็กน้อย โดยภายหลังการใช้บำบัดน้ำเสีย ความหนาแน่นของสัตว์หน้าดินขนาดใหญ่ในไฟลัม Annelida, Mollusca และ Arthropoda บริเวณป่าชายเลนปลูกใหม่ในสภาพน้ำท่วมขังมีค่าเท่ากับ 47.71, 595.05 และ 101.14 ตัว/ม^2 ตามลำดับ ขณะที่สภาพไม่มีน้ำท่วมขังมีความหนาแน่นเท่ากับ 15.27, 791.98 และ 202.28 ตัว/ม^2 ตามลำดับ ซึ่งเปอร์เซ็นต์ของการพบสัตว์หน้าดินขนาดใหญ่ไฟลัม Annelida และ Arthropoda ภายหลังการใช้ป่าชายเลนบำบัดน้ำเสีย มีค่าต่ำกว่าก่อนการใช้บำบัดซึ่งปริศนา เจียรกูล (2543) ได้ศึกษาไว้ ขณะที่พบว่า สัตว์หน้าดินขนาดใหญ่ในไฟลัม Mollusca มีเปอร์เซ็นต์การพบสูงขึ้น ซึ่งคาดว่าเป็นพราะสัตว์หน้าดินในไฟลัม Mollusca มีความทนทานต่อสภาพแวดล้อมที่จำกัดได้ดีกว่าสัตว์หน้าดินขนาดใหญ่ในไฟลัมอื่นๆ (ลำใย หงส์สิงห์ และสนิท อักษรแก้ว, 2547 อ้างถึงใน ปริศนา เจียรกูล, 2543)

บทที่ 3
ขอบเขตและวิธีดำเนินการวิจัย

<u>โครงการที่ 1</u> การหาวิธีการที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำเสียชุมชนด้วยระบบพื้นที่ชุ่มน้ำป่าชายเลน

3.1 <u>โครงการย่อยที่ 1-1</u> ผลของระยะเวลากักเก็บและความเข้มข้นของน้ำเสียต่อประสิทธิภาพการบำบัดของระบบพื้นที่ชุ่มน้ำป่าชายเลน

3.1.1 วัตถุประสงค์

1. เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของระบบพื้นที่ชุ่มน้ำป่าชายเลนปลูกในการบำบัดน้ำเสียชุมชน เมื่อใช้ชนิดพันธุ์ไม้ ความเข้มข้นของน้ำเสีย ระยะเวลากักเก็บน้ำเสีย และวิธีการปล่อยน้ำเสียต่างกัน
2. เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงสมบัติของดิน และธาตุอาหารในดิน เมื่อใช้บำบัดน้ำเสียที่มีความเข้มข้นต่างกันและระยะเวลากักเก็บน้ำเสียต่างกัน
3. เพื่อศึกษาอัตราการเจริญเติบโต และการสะสมธาตุอาหารของกล้าไม้ เมื่อใช้บำบัดน้ำเสียที่มีความเข้มข้นต่างกัน และระยะเวลากักเก็บน้ำเสียต่างกัน

3.1.2 ขอบเขตการศึกษา

ทำการศึกษา 3 ด้าน ดังนี้

1. การศึกษาด้านประสิทธิภาพการบำบัดของระบบพื้นที่ชุ่มน้ำป่าชายเลน ทำการศึกษาอิทธิพลของปัจจัยต่างๆ ที่คาดว่ามีผลต่อประสิทธิภาพการบำบัดของระบบพื้นที่ชุ่มน้ำป่าชายเลน ซึ่งได้แก่ ชนิดพันธุ์ไม้ ความเข้มข้นของน้ำเสีย ระยะเวลากักเก็บน้ำเสีย และวิธีการปล่อยน้ำเสียโดยทำการทดลองในระบบขนาดเล็ก (lysimeter)
2. การศึกษาสมบัติของดินและการเปลี่ยนแปลง เพื่อประเมินถึงผลกระทบอันอาจเกิดขึ้นจากการใช้พื้นที่ชุ่มน้ำป่าชายเลนบำบัดน้ำเสีย และเพื่อติดตามผลของการเปลี่ยนแปลงสมบัติของดินต่อประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียของพื้นที่ชุ่มน้ำ
3. การศึกษาอัตราการเจริญเติบโตและการสะสมธาตุอาหารของพืช เพื่อติดตามการเจริญเติบโตของกล้าไม้ และความสามารถในการสะสมธาตุอาหารของกล้าไม้แต่ละชนิด

โดยมีรายละเอียดพารามิเตอร์ที่ทำการศึกษา เหตุผล และประโยชน์ของการศึกษา ดังแสดงในตารางที่ 3-1

ตารางที่ 3-1 พารามิเตอร์ที่ทำการศึกษา เหตุผล และประโยชน์ของการศึกษา

พารามิเตอร์ที่ทำการศึกษา	เหตุผล	ประโยชน์ของการศึกษา
1.ชนิดพันธุ์ไม้ป่าชายเลน 4 ชนิด - โกงกาง - แสม - ถั่ว - โปรง	พันธุ์ไม้ป่าชายเลนจะขึ้นอยู่เป็นแนวเขตที่ขนานกับชายฝั่ง ตามปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่แตกต่างกัน เช่น การท่วมถึงของน้ำทะเล สภาพดิน ทำให้พันธุ์ไม้แต่ละชนิดมีลักษณะการปรับตัวที่แตกต่างกัน เช่น ความทนทานต่อการท่วมขังของน้ำ ลักษณะราก เหนือดิน ซึ่งจะมีผลต่อความสามารถในการบำบัดน้ำเสีย พันธุ์ไม้ที่เลือกศึกษาทั้ง 4 ชนิด เป็นพันธุ์ไม้สำคัญ (common species) ที่พบในแต่ละแนวเขต จากด้านหน้าสุดของป่าชายเลน (คือ โกงกาง) จนถึงด้านในของป่า (คือ โปรง)	ทำให้สามารถเลือกพันธุ์ไม้ที่เหมาะสม ซึ่งจะต้องทนทานต่อความเน่าเสียของน้ำ การท่วมขังของน้ำเสียในระบบเป็นเวลานาน มีอัตราการเจริญเติบโตและการเพิ่มพูนมวลชีวภาพสูง และมีประสิทธิภาพการบำบัดสูง
2. ความเข้มข้นของน้ำเสีย 4 ความเข้มข้น - น้ำเสียปกติที่เข้าสู่โครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ย - น้ำเสียปรับความเข้มข้นของไนโตรเจนทั้งหมด (TN) และฟอสฟอรัสทั้งหมด (TP) ให้เข้มข้นเป็น 2, 5 และ 10 เท่า ของน้ำเสียปกติ	ระบบพื้นที่ชุ่มน้ำจะมีขีดความสามารถที่จำกัดในการรองรับน้ำเสียที่ loading สูง และประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียที่มีความเข้มข้นของธาตุอาหารที่ต่างกันก็จะแตกต่างกันด้วย แต่จากการศึกษาของ Boonsong et al. (2003) พบว่า น้ำเสียที่เข้าสู่โครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ย มีค่าเฉลี่ย BOD อยู่ระหว่าง 32.13±9.00 mg/l ค่าเฉลี่ย TN และ TP 14.84±5.09 และ 4.874±0.868 mg/l ตามลำดับ ซึ่งต่ำกว่าน้ำเสียชุมชนทั่วไป ซึ่งมีค่า TN และ TP อยู่ระหว่าง 20-85 และ 4-15 mg/l ตามลำดับ ดังนั้นการทดลองนี้จึงปรับความเข้มข้นของน้ำเสียให้สูงขึ้น โดยใช้สมมุติฐานว่าน้ำเสียชุมชนปกติ (Normal wastewater: NW) มีค่าเฉลี่ย TN และ TP เท่ากับ 20 และ 4 mg/l ตามลำดับ	เพื่อให้ทราบว่าระบบพื้นที่ชุ่มน้ำป่าชายเลนมีศักยภาพที่จะรองรับ loading ของน้ำเสียเพียงใด และประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียเสียที่มีความเข้มข้นของธาตุอาหารที่ต่างกัน รวมถึงผลของความเข้มข้นของน้ำเสียต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติของดิน
3.ระยะเวลาการกักเก็บน้ำเสีย 3 ระยะ - 3 วัน - 5 วัน - 7 วัน	การบำบัดสิ่งปนเปื้อนแต่ละชนิดในน้ำเสียจะใช้เวลาในการบำบัดไม่เท่ากัน โดยทั่วไปในระบบพื้นที่ชุ่มน้ำเทียมที่เป็นน้ำจืดจะใช้ระยะกักเก็บเพื่อบำบัดของแข็งแขวนลอยเพียง 2-3 วัน ขณะที่การบำบัดไนโตรเจน และฟอสฟอรัสจะใช้เวลานานขึ้นตามลำดับ แต่จากการศึกษาเบื้องต้นของ Boonsong et al. (2003) ในแปลง pilot scale ของโครงการฯ พบว่า การปล่อยน้ำแบบ batch flow และกักเก็บน้ำไว้ในระบบเป็นเวลานานจะทำให้ค่าออกซิเจนละลาย (DO) ในระบบลดต่ำลงใกล้ 0 mg/l การทดลองนี้จึงเลือกใช้ระยะกักเก็บที่ไม่นานเกินไป คือ ไม่เกิน 7 วัน	เพื่อให้ทราบระยะเวลากักเก็บที่เหมาะสม โดยเฉพาะเมื่อ loading ของน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบมีความแตกต่างกันมาก

ตารางที่ 3-1 พารามิเตอร์ที่จะทำการศึกษา เหตุผล และประโยชน์ของการศึกษา

พารามิเตอร์ที่ทำการศึกษา	เหตุผล	ประโยชน์ของการศึกษา
4. รูปแบบการปล่อยน้ำเสีย 2 วิธี - Batch flow - Continuous-added flow	รูปแบบการปล่อยน้ำเสียเข้าสู่ระบบที่แตกต่างกันจะมีผลต่อปริมาณออกซิเจนละลายในระบบ ซึ่งอาจทำให้สามารถลดระยะเวลากักเก็บลงได้ หรืออาจทำให้การบำบัด BOD และไนโตรเจนมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น	เพื่อให้ทราบถึงผลของรูปแบบการปล่อยน้ำเสียเข้าสู่ระบบ อันจะเป็นแนวทางเลือกในการจัดการระบบต่อไป

3.1.3 การวางแผนการทดลอง

1. การทดลองนี้จะแบ่งออกเป็น 2 การทดลองย่อย ตามวิธีการปล่อยน้ำเสียเข้าสู่ชุดทดลอง คือ

1) Batch system (ระบบกะ)

2) Continuous-added system flow (ระบบเติมต่อเนื่อง)

โดยการทดลองใช้รูปแบบการปล่อยน้ำเสียทั้งสองวิธีจะทำควบคู่กันไป

2. การทดลองนี้ออกแบบการทดลองแบบ randomized completely block design (RCBD) involved factorials โดยมีปัจจัยที่ทำการศึกษา 2 ปัจจัย คือ

1) ชนิดของกล้าไม้

- กล้าไม้ 4 ชนิด คือ
  - i. โกงกางใบใหญ่ (*Rhizophora mucronata*)
  - ii. แสมทะเล (*Avicennia marina*)
  - iii. พังกาหัวสุมดอกแดง (*Bruguiera gymnorrhiza*)
  - iv. โปรงแดง (*Ceriops tagal*)
- ควบคุม (ไม่ปลูกพืช)

2) ระดับความเข้มข้นของน้ำเสีย

- น้ำเสีย 4 ระดับความเข้มข้น คือ
  - i. น้ำเสียชุมชนปกติ (NW : normal wastewater) เป็นน้ำเสียจากเทศบาลเมือง ซึ่ง Boonsong et al. (2003) รายงานว่า มีค่า TN (total nitrogen) และ TP (total phosphorus) ประมาณ 20 และ 4 mg/l ตามลำดับ (ตารางที่ 3-2)
  - ii. น้ำเสียชุมชนที่ปรับความเข้มข้นให้มี TN และ TP เป็น 2 เท่าของน้ำเสียชุมชนปกติ (2 N W)
  - iii. น้ำเสียชุมชนที่ปรับความเข้มข้นให้มี TN และ TP เป็น 5 เท่าของน้ำเสียชุมชนปกติ (5 N W)
  - iv. น้ำเสียชุมชนที่ปรับความเข้มข้นให้มี TN และ TP เป็น 10 เท่าของน้ำเสียชุมชนปกติ (1 0 N W) โดยสารเคมีและปริมาณที่ใช้แสดงในตารางที่ 3-3

- ควบคุม (น้ำทะเล) จากคลองบริเวณด้านข้างพื้นที่สร้างชุดทดลอง ติดกับสถานีประมง จังหวัดเพชรบุรี ห่างจากชายฝั่งประมาณ 1.5 กิโลเมตร

ตารางที่ 3-2 ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดและฟอสฟอรัสทั้งหมดในน้ำเสียต่างระดับความเข้มข้น

ระดับความเข้มข้น	NW	2NW	5NW	10NW
ไนโตรเจนทั้งหมด (mg/l)	20	40	100	200
ฟอสฟอรัสทั้งหมด (mg/l)	4	8	20	40

ตารางที่ 3-3 สารเคมีและปริมาณที่ใช้เพื่อปรับความเข้มข้นของไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในน้ำเสีย

สารเคมีที่ใช้ (mg/1000 l)	2NW	5NW	10NW
ยูเรีย (NH_2CONH_2)	85.80	214.50	429.00
โพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต (KH_2PO_4)	11.57	28.94	57.97

หมายเหตุ NW (normal wastewater) คือ น้ำเสียชุมชนปกติ; 2NW, 5 NW และ 10 NW คือ น้ำเสียที่ปรับความเข้มข้นของ TN และ TP เป็น 2, 5 และ 10 เท่าของน้ำเสียชุมชนปกติ

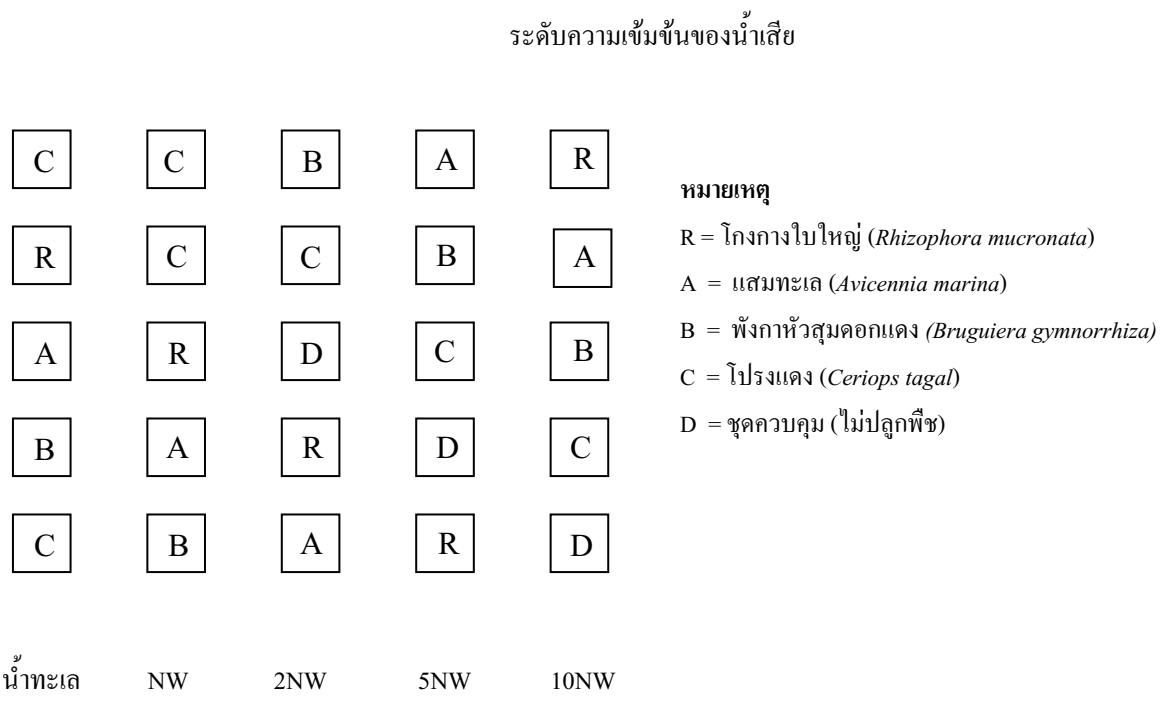
ดังนั้น ทำการจัดสร้างชุดการทดลอง 5 ชุด แต่ละชุดประกอบด้วย 5 บ่อ ดังนี้

ชุดทดลองที่ 1 ปลูกโกงกางใบใหญ่
ชุดทดลองที่ 2 ปลูกแสมทะเล
ชุดทดลองที่ 3 ปลูกพังกาหัวสุมดอกแดง
ชุดทดลองที่ 4 ปลูกโปรงแดง
ชุดทดลองที่ 5 (ชุดควบคุม) ไม่ปลูกกล้าไม้

แต่ละบ่อทดลองใช้บำบัดน้ำเสีย ดังนี้

บ่อที่ 1 ใช้น้ำเสียชุมชนปกติ (NW: normal wastewater)
บ่อที่ 2 ใช้น้ำเสียที่ปรับความเข้มข้นของ TN และ TP เป็น 2 เท่า (2NW)
บ่อที่ 3 ใช้น้ำเสียที่ปรับความเข้มข้นของ TN และ TP เป็น 5 เท่า (5NW)
บ่อที่ 4 ใช้น้ำเสียที่ปรับความเข้มข้นของ TN และ TP เป็น 10 เท่า (10NW)
บ่อที่ 5 (ชุดควบคุม) ใช้น้ำทะเล (SW: seawater)

ดังนั้น จะมีชุดทดลอง 25 ชุด สำหรับการปล่อยน้ำเสียแบบกะ (batch flow) และ 25 ชุดสำหรับการปล่อยน้ำเสียแบบเติมต่อเนื่อง (continuous-added flow) รวมทั้งสิ้น 50 ชุดทดลอง ดังรูปที่ 3-1



รูปที่ 3-1 แผนภาพแสดงชุดทดลอง ในโครงการย่อยที่ 1-1

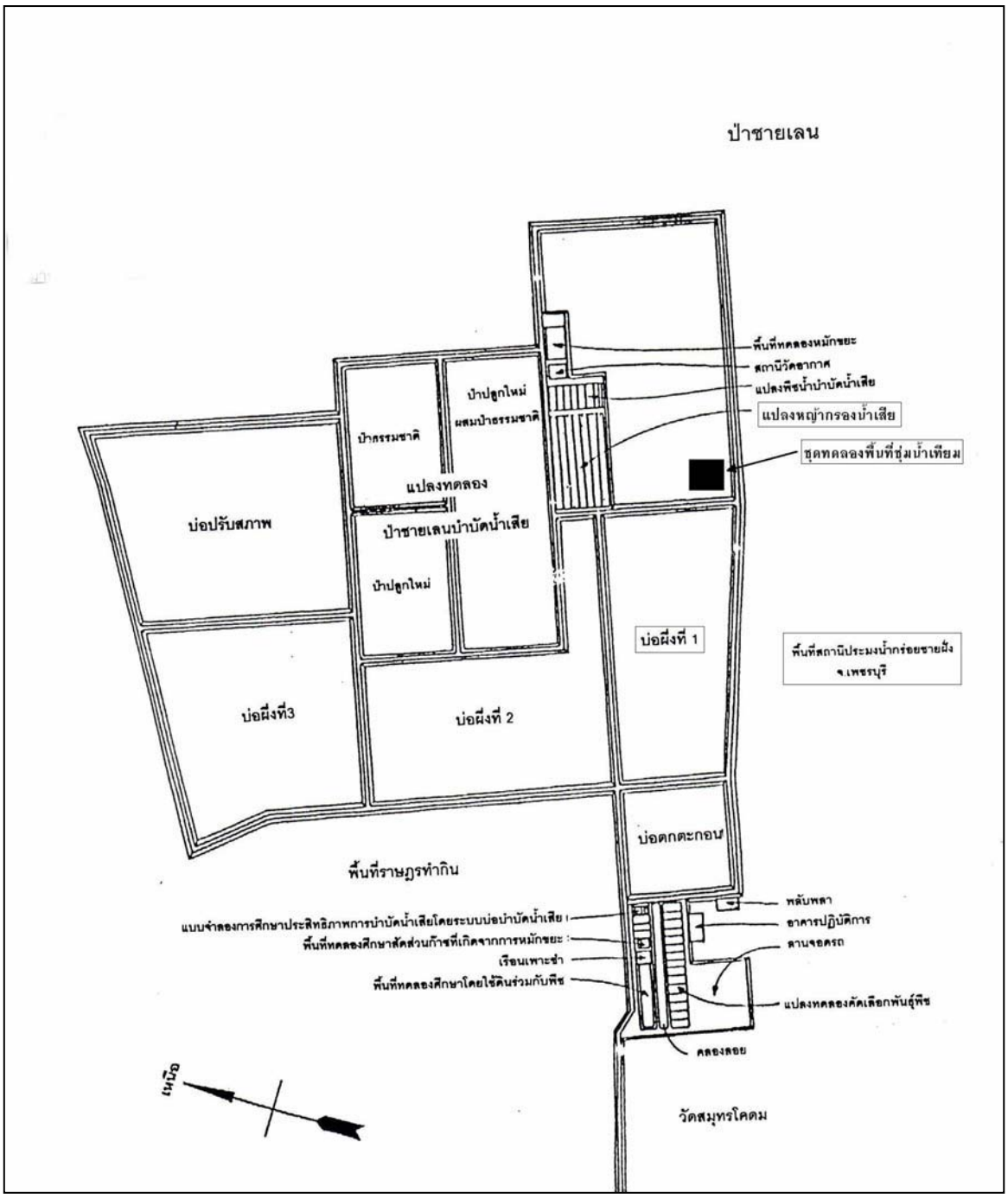
3.1.4 การจัดสร้างระบบทดลอง

1) วางระบบท่อน้ำ โดยใช้ท่อขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 5 เซนติเมตร พร้อมติดตั้งเครื่องสูบน้ำขนาด 2 แรงม้า เพื่อสูบน้ำเสียจากบริเวณแปลงหญ้ากรองน้ำเสีย และบ่อผึ่งที่ 1 ของโครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ยอันเนื่องมาจากพระราชดำริ ไปยังพื้นที่สร้างชุดทดลอง ซึ่งอยู่ห่างกันประมาณ 100 เมตร (รูปที่ 3-2) โดยน้ำเสียจากบริเวณแปลงหญ้ากรองน้ำเสีย เป็นน้ำเสียจากเขตเทศบาลเมืองเพชรบุรีและเขตใกล้เคียง ซึ่งได้รวบรวมและส่งตามแนวท่อไปยังสถานีสูบน้ำเสียที่คลองยาง ซึ่งมีบ่อตกตะกอนขั้นต้น เพื่อแยกสิ่งสกปรกที่ลอยน้ำและตกตะกอนสารแขวนลอยขนาดใหญ่ออกจากน้ำเสีย แล้วจึงสูบเข้าสู่แนวท่อไปยังบริเวณบำบัดน้ำเสียในโครงการแหลมผักเบี้ย ซึ่งอยู่ห่างจากสถานีสูบน้ำประมาณ 18.5 กิโลเมตร (ซึ่งในการทดลองนี้ใช้เป็นน้ำเสีย NW) ส่วนน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดจากบ่อผึ่งที่ 1 ใช้ในการเตรียมน้ำเสีย 2NW, 5NW และ 10 NW โดยสาเหตุที่ใช้น้ำจากบ่อผึ่งเพราะมีสมบัติค่อนข้างคงที่เนื่องจากมีปริมาตรสูง ขณะที่น้ำจากแปลงหญ้ากรองน้ำเสียมีสมบัติค่อนข้างผันแปรและมีปริมาตรต่ำ

2) สร้างชุดทดลองเป็นบ่อซีเมนต์ ขนาด กว้าง x ยาว x สูง เท่ากับ 1 x 2 x 0.6 เมตร จำนวน 50 ชุด ภายใต้โรงเรือนที่มีหลังคาพลาสติกคลุมเพื่อไม่ให้มีอิทธิพลของฝน

3) วางระบบท่อน้ำเข้าทางด้านบนของชุดทดลอง โดยใช้วาล์วที่สามารถปรับอัตราการไหลของน้ำได้ ซึ่งเชื่อมต่อกับเครื่องสูบน้ำขนาด 1 แรงม้า เพื่อใช้สูบน้ำเสียจากถังสำรองน้ำขนาด 1000 ลิตร จำนวน 5 ถัง และด้านล่างของชุดทดลองเจาะท่อน้ำออกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2.5 เซนติเมตร

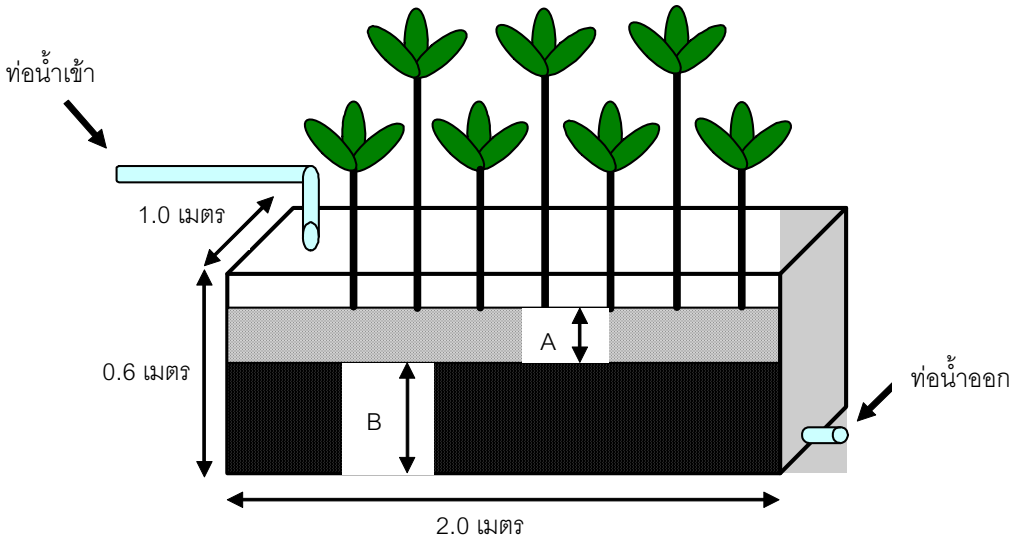
4) ล้างชุดทดลองด้วยน้ำทะเลก่อนการบรรจุดินเป็นเวลาประมาณ 2 เดือน จากนั้นนำดินเลนซึ่งเป็นดินในพื้นที่โครงการฯ ขุดมาจากบริเวณที่มีต้นชะคราม (*Seuda maritima*) ขึ้นอยู่ โดยใช้เฉพาะดินชั้นผิวหน้าลึกไม่เกิน 30 เซนติเมตร บรรจุลงในชุดทดลองให้มีความสูงจากพื้นบ่อ 40 เซนติเมตร ปรับหน้าดินให้เรียบ



รูปที่ 3-2 พื้นที่แปลงทดลองบำบัดน้ำเสียและกำจัดขยะโครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ย อันเนื่องมาจากพระราชดำริ และที่ตั้งชุดทดลองพื้นที่ชุ่มน้ำเทียม

ที่มา: มูลนิธิชัยพัฒนา (2543)

5) ปลูกกล้าไม้ลงในชุดทดลองโดยใช้ระยะปลูก 15x15 เซนติเมตร (ความหนาแน่นของกล้าไม้ 44 ต้น/ตารางเมตร) ใช้กล้าไม้ 72 ต้น/บ่อ (กล้าไม้โกงกางใบใหญ่ที่ใช้ในการทดลองนี้อายุประมาณ 6 เดือน ส่วนกล้าไม้พังกาหัวสุมดอกแดง แสมทะเล และโปรงแดง อายุประมาณ 4 เดือน) เลี้ยงกล้าไม้โดยใช้น้ำทะเลประมาณ 3 เดือน ก่อนเริ่มทำการทดลอง เพื่อให้กล้าไม้สามารถปรับตัวได้กับสภาพแวดล้อมใหม่ (รูปที่ 3-3)



หมายเหตุ: A คือ ระดับน้ำเสียสูงจากผิวดิน 0.12 เมตร

B คือ ระดับดินสูงจากพื้นระบบ 0.40 เมตร

รูปที่ 3-3 แผนภาพแสดงรายละเอียดของชุดทดลอง

3.1.5 วิธีการทดลอง

3.1.5.1 วิธีการทดลองบำบัดน้ำเสีย

แบ่งการทดลองออกเป็น 3 การทดลอง โดยมีระยะเวลากักเก็บแตกต่างกัน ดังนี้

การทดลองที่ 1 ระยะเวลากักเก็บ 7 วัน

1) สูบน้ำเสียและน้ำทะเลจากถังสำรองน้ำทั้ง 5 ถัง แต่ละถังจะเข้าสู่ชุดทดลอง 5 ชุด ชุดทดลองละ 200 ลิตร โดยแบ่งวิธีการปล่อยน้ำเสียเข้าสู่ชุดทดลอง ดังนี้
    1.1) ระบบ Batch system จะสูบน้ำเข้าสู่ชุดทดลองในคราวเดียว ระดับน้ำอยู่เหนือผิวดินประมาณ 12 เซนติเมตร เก็บตัวอย่างน้ำเสียแต่ละความเข้มข้นจากท่อน้ำเข้าบริเวณด้านบนของชุดทดลอง เมื่อระดับน้ำในถังสำรองน้ำอยู่ที่ระดับเต็มถัง กึ่งกลางถัง และก้นถัง เพื่อเป็นตัวแทนคุณภาพน้ำที่เข้าสู่ชุดทดลอง
    1.2) ระบบ Continuous-added system จะสูบน้ำเข้าอย่างต่อเนื่องอย่างช้าๆ ใช้อัตราการปล่อยน้ำ 19.84 มิลลิลิตร/นาที เก็บตัวอย่างน้ำเสียแต่ละความเข้มข้นจากถังสำรองน้ำที่ระดับ 15 เซนติเมตร จากผิวหน้าน้ำ และเมื่อปล่อยน้ำเข้าจนระดับน้ำในถังสำรองอยู่ที่ระดับกึ่งกลางถัง เพื่อเป็นตัวแทนคุณภาพน้ำที่เข้าสู่ชุดทดลอง
2) กักเก็บน้ำเสียไว้ในชุดทดลองเป็นระยะ 7 วัน เก็บตัวอย่างน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วจากท่อน้ำออกซึ่งอยู่ทางด้านล่างของชุดทดลอง เพื่อนำไปวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ
3) พักระบบโดยปล่อยน้ำออกให้ชุดทดลองแห้ง 4 วัน แล้วสูบน้ำทะเลเข้าสู่ชุดทดลองและกักเก็บให้ท่วมขังในชุดทดลอง 3 วัน จากนั้นปล่อยน้ำทะเลออกจากชุดทดลองก่อนเริ่มทำการทดลองครั้งถัดไป
4) ทำการทดลองซ้ำตามขั้นตอนดังกล่าว รวม 3 ครั้ง ใช้ระยะเวลาในการทดลองที่ 1 ทั้งสิ้น 42 วัน

การทดลองที่ 2 ระยะเวลากักเก็บ 5 วัน

ทำการทดลองเช่นเดียวกับการทดลองที่ 1 แต่ใช้ระยะเวลากักเก็บ 5 วัน โดยระบบ Continuous-added system ใช้อัตราการปล่อยน้ำ 27.77 มิลลิลิตร/นาที ทำการทดลอง 3 ครั้ง ใช้ระยะเวลา 36 วัน

การทดลองที่ 3 ระยะเวลากักเก็บ 3 วัน

ทำการทดลองเช่นเดียวกับการทดลองที่ 1 แต่ใช้ระยะเวลากักเก็บ 3 วัน โดยระบบ Continuous-added system ใช้อัตราการปล่อยน้ำ 46.30 มิลลิลิตร/นาที ทำการทดลอง 3 ครั้ง ใช้ระยะเวลา 30 วัน

รวมระยะเวลาที่ทำการทดลองที่ 1 ถึง 3 ทั้งสิ้น 108 วัน

3.1.5.2 การศึกษาคุณภาพน้ำ

ทำการวิเคราะห์ความเป็นกรด-ด่าง อุณหภูมิ การนำไฟฟ้า ความเค็ม และปริมาณออกซิเจนละลาย ในภาคสนามทันที และตัวอย่างน้ำอีกส่วนหนึ่งจะบรรจุในขวดพลาสติก (polyethylene) ขนาด 500 ml แช่เย็นในลังโฟมที่บรรจุน้ำแข็ง แล้วนำกลับมาวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการทันที หากมีความจำเป็นที่ทำให้การวิเคราะห์ล่าช้าจะเก็บรักษาน้ำตัวอย่างโดยแช่แข็งที่อุณหภูมิ 4 $^{\circ}$C พารามิเตอร์และวิธีการตรวจวิเคราะห์ตัวอย่างแสดงไว้ในตารางที่ 3-4

ตารางที่ 3-4 พารามิเตอร์และวิธีการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำ

พารามิเตอร์	วิธีวิเคราะห์
1. ความเป็นกรด-ด่าง (pH)	pH Meter
2. อุณหภูมิ (Temperature)	ตรวจวัดในสนาม โดย YSI Instrument Model 30
3. การนำไฟฟ้า (Conductivity)	ตรวจวัดในสนาม โดย YSI Instrument Model 30
4. ความเค็ม (Salinity)	ตรวจวัดในสนาม โดย YSI Instrument Model 30
5. ออกซิเจนละลาย (Dissolved Oxygen : DO)	Modified Wrinkler Method (AWWA, 1998)
6. บีโอดี (BOD)	5-day BOD test (AWWA, 1998)
7. ไนโตรเจนทั้งหมด (total nitrogen)	Semi- micro- Kjeldahl Method (AWWA, 1998)
8. แอมโมเนีย (ammonia-nitrogen)	Phenolhypochlorite Method (Parson et al., 1998)
9. ไนเตรท (nitrate-nitrogen)	Reduction by Cadmium-Copper Column (Parson et al., 1998)
10. ฟอสฟอรัสทั้งหมด (total phosphorus)	Persulphate digestion and follow by Ascorbic acid Method (Strickland and Parson, 1972)
11. ออร์โธฟอสเฟต (ortho-phosphate)	Molydenum Blue Method, Merphy and Riley (Strickland and Parson, 1972)

3.1.5.3 การศึกษาด้านดิน

ตัวอย่างดินจะทำการสุ่มตัวอย่าง 4 ครั้ง คือ ก่อนดำเนินการทดลอง และภายหลังการทดลองที่ 1, 2 และ 3 โดยการสุ่มแบบ composite จาก 3 ตำแหน่ง โดยใช้ท่อ PVC ซึ่งยาว 20 เซนติเมตร แบ่งตัวอย่างดินเป็น 2 ชั้น คือ ดินชั้นบน (ลึก 0-10 เซนติเมตร) และดินชั้นล่าง (ลึก 10-20 เซนติเมตร) นำมาวิเคราะห์ไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ต่อพืชทันที ตัวอย่างดินอีกส่วนหนึ่งนำมาผึ่งให้แห้งในที่ร่ม บดและร่อนผ่านตระแกรงขนาด 2 มิลลิเมตร เพื่อวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่าง การนำไฟฟ้า และขนาดอนุภาคดิน อีกส่วนหนึ่งร่อนผ่านตะแกรงขนาด 0.5 มิลลิเมตร เพื่อใช้วิเคราะห์ปริมาณอินทรียวัตถุ และธาตุอาหารในดิน โดยมีพารามิเตอร์และวิธีวิเคราะห์ดังแสดงในตารางที่ 3-5

ตารางที่ 3-5 พารามิเตอร์และวิธีการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน

พารามิเตอร์	วิธีวิเคราะห์
1. ความเป็นกรด-ด่าง (pH)	1 : 5 soil : water extract, pH meter
2. การนำไฟฟ้า (conductivity)	1 : 5 soil : water extract, glass electrode
3. ปริมาณขนาดอนุภาคดิน (% sand, %silt, %clay)	Hydrometer Method (Smith and Atkinson, 1975)
4. เนื้อดิน (texture)	เปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ของขนาดอนุภาคดินกับตารางชั้นเนื้อดิน
5. อินทรียวัตถุ (organic matter)	Walkley and Black Rapid Tritation (Tan, 1996)
6. ไนโตรเจนทั้งหมด (total nitrogen)	Kjeldahl Method (Tan, 1996)
7. ไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (available nitrogen)	extracted with KCl at 1: 4 ratio, follow by steam distillation (Black, 1965)
8. ฟอสฟอรัสทั้งหมด (total phosphorus)	Perchloric Acid Method (Jackson, 1975)
9. ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (available phosphorus)	Bray II (Jackson, 1960)

3.1.5.4 การศึกษาด้านพืช

การเจริญเติบโตด้านความสูงและเส้นผ่าศูนย์กลาง

บันทึกความสูง และเส้นผ่าศูนย์กลางของกล้าไม้ 10 ครั้ง คือ ก่อนดำเนินการทดลองและภายหลังการทดลองบำบัดน้ำเสียทั้ง 9 ครั้ง โดยสุ่มวัดกล้าไม้ 1 ต้น เว้น 2 ต้น รวม 24 ต้น จากทุกชุดทดลอง โดยวัดเส้นผ่าศูนย์กลางของลำต้นด้วยเวอร์เนียแคลิปเปอร์ และวัดความสูงของลำต้นจากระดับผิวดินถึงปลายยอด ด้วยไม้เมตร คำนวณหาอัตราการเพิ่มพูนความสูงและเส้นผ่าศูนย์กลางของกล้าไม้

การเจริญเติบโตด้านมวลชีวภาพ

ศึกษามวลชีวภาพของลำต้น และใบของกล้าไม้ โดยสร้างสมการความสัมพันธ์ในรูป allometric relation ดังนี้

$$W = a(D^2H)^b$$

เมื่อ W คือ น้ำหนักอบแห้ง (มวลชีวภาพ) (กรัม)
D คือ เส้นผ่าศูนย์กลางของลำต้น (เซนติเมตร)
H คือ ความสูงของลำต้น (เซนติเมตร)
a คือ ค่าคงที่ (จุดตัดของกราฟ)
b คือ ค่าคงที่ (ความชันของกราฟ)

นำสมการที่ได้มาใช้ประมาณมวลชีวภาพของลำต้น และใบของกล้าไม้จากค่าความสูง และเส้นผ่าศูนย์กลาง คำนวณหาอัตราการเพิ่มพูนมวลชีวภาพ

การศึกษาองค์ประกอบธาตุอาหารในใบ

ตัวอย่างใบ ทำการสุ่ม 4 ครั้ง คือ ก่อนดำเนินการทดลอง และหลังจบการทดลองที่ 1, 2 และ 3 สุ่มตัวอย่างใบอ่อนจากใบคู่ที่ถัดจากปลายยอดลงมาและอยู่ในกิ่งที่ออกจากลำต้นโดยตรง และสุ่มตัวอย่างใบแก่จากใบที่อยู่บริเวณต่ำกว่าลงมา จากนั้นนำตัวอย่างมาผึ่งให้แห้งในที่ร่ม บดและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 0.5 มิลลิเมตร ก่อนนำไปวิเคราะห์ที่ห้องปฏิบัติการ โดยมีพารามิเตอร์และวิธีวิเคราะห์ดังแสดงในตารางที่ 3-6

ตารางที่ 3-6 พารามิเตอร์และวิธีการวิเคราะห์ตัวอย่างพืช

พารามิเตอร์	วิธีวิเคราะห์
1. ไนโตรเจนทั้งหมด (total nitrogen) 2. ฟอสฟอรัสทั้งหมด (total phosphorus)	Kjeldahl Method (Jackson, 1967) Ammonium Metavanadate (Reuter และ Robinson, 1986 อ้างถึงใน ประโสด ธรรมเขต, 2540)

3.1.6 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

1. เปรียบเทียบความแตกต่างของคุณภาพน้ำเสียที่เข้าสู่ชุดทดลองแต่ละครั้ง และแต่ละระยะเวลากักเก็บทางสถิติ โดยการหาค่าเฉลี่ย และวิเคราะห์ความแปรปรวนโดยวิธี one-way ANOVA ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ถ้าหากมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จะทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's new multiple range test

2. เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างคุณภาพน้ำที่ออกจากชุดทดลองรวมทั้งเปอร์เซ็นต์การบำบัดของชุดทดลองตามปัจจัยต่างๆ ของการทดลอง วิเคราะห์ทางสถิติโดยหาเฉลี่ยและวิเคราะห์ความแปรปรวนตามแผนการทดลองแบบ randomized completely block design (RCBD) involved factorial โดยวิธี two-way ANOVA ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 หากมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จะทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's new multiple range test

3. เปรียบเทียบความแตกต่างของลักษณะทางกายภาพและการสะสมธาตุอาหารในดินตามปัจจัยต่างๆในการทดลองแต่ละระยะเวลากักเก็บโดยการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยและความแปรปรวนตามแผนการทดลองแบบ randomized completely block design (RCBD) involved factorial โดยวิธี two-way ANOVA ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 หากมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จะทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's new multiple range test

4. เปรียบเทียบการเจริญเติบโตทางด้านเส้นผ่าศูนย์กลาง ความสูงของกล้าไม้ทุกชุดทดลอง และการเพิ่มพูนมวลชีวภาพตามปัจจัยต่างๆของการทดลองในการทดลองแต่ละระยะเวลากักเก็บ โดยหาค่าเฉลี่ยและวิเคราะห์ความแปรปรวนตามแผนการทดลองแบบ randomized completely block design (RCBD) involved factorial โดยวิธี two-way ANOVA ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ถ้าหากมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จะทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's new multiple range test

5. เปรียบเทียบความแตกต่างของธาตุอาหารในกล้าไม้ทุกชุดทดลองตามปัจจัยต่างๆในการทดลองแต่ละระยะเวลากักเก็บ โดยหาค่าเฉลี่ยและวิเคราะห์ความแปรปรวนตามแผนการทดลอง แบบ randomized completely block design (RCBD) involved factorial โดยวิธี two-way ANOVA ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ถ้าหากมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จะทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's new multiple range test

3.2 <u>โครงการย่อยที่ 1-2</u> ผลของความเค็มของน้ำเสียต่อประสิทธิภาพการบำบัดของระบบพื้นที่ชุ่มน้ำป่าชายเลน

3.2.1 วัตถุประสงค์

1. เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการบำบัดของระบบพื้นที่ชุ่มน้ำป่าชายเลนปลูกในการบำบัดธาตุอาหารในน้ำเสียที่มีความเค็มต่างกัน
2. เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงสมบัติของดิน และธาตุอาหารในดิน เมื่อใช้บำบัดน้ำเสียที่มีระดับความเค็มต่างกัน
3. เพื่อศึกษาอัตราการเจริญเติบโตของกล้าไม้ เมื่อได้รับน้ำเสียที่มีระดับความเค็มต่างกัน

3.2.2 ขอบเขตการศึกษา

ทำการศึกษา 3 ด้าน ดังนี้

1. การศึกษาด้านประสิทธิภาพการบำบัดของระบบพื้นที่ชุ่มน้ำป่าชายเลน โดยใช้น้ำเสียที่ปรับให้มีความเค็มต่างกันและวิธีการปล่อยน้ำเสียต่างกัน โดยทำการทดลองในระบบขนาดเล็ก (lysimeter)

2. การศึกษาสมบัติของดินและการเปลี่ยนแปลง เพื่อประเมินถึงผลกระทบอันอาจเกิดขึ้นจากการใช้พื้นที่ชุ่มน้ำป่าชายเลนบำบัดน้ำเสีย และเพื่อติดตามผลของการเปลี่ยนแปลงสมบัติของดินต่อประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียของระบบ

3. การศึกษาอัตราการเจริญเติบโตและการสะสมธาตุอาหารของพืช เพื่อติดตามการเจริญเติบโตของกล้าไม้ และความสามารถในการสะสมธาตุอาหารของกล้าไม้แต่ละชนิด

3.2.3 การวางแผนการทดลอง

1. การทดลองนี้จะแบ่งออกเป็น 2 การทดลองย่อย ตามวิธีการปล่อยน้ำเสียเข้าสู่ชุดทดลอง คือ

   1) Batch system (ระบบกะ)
   2) Continuous-added system flow (ระบบเติมต่อเนื่อง)

โดยการทดลองใช้รูปแบบการปล่อยน้ำเสียทั้งสองวิธีจะทำควบคู่กันไป

2. การทดลองนี้ออกแบบการทดลองแบบ randomized completely block design (RCBD) involved factorials โดยมีปัจจัยที่ทำการศึกษา 2 ปัจจัย คือ

   1) ชนิดของกล้าไม้

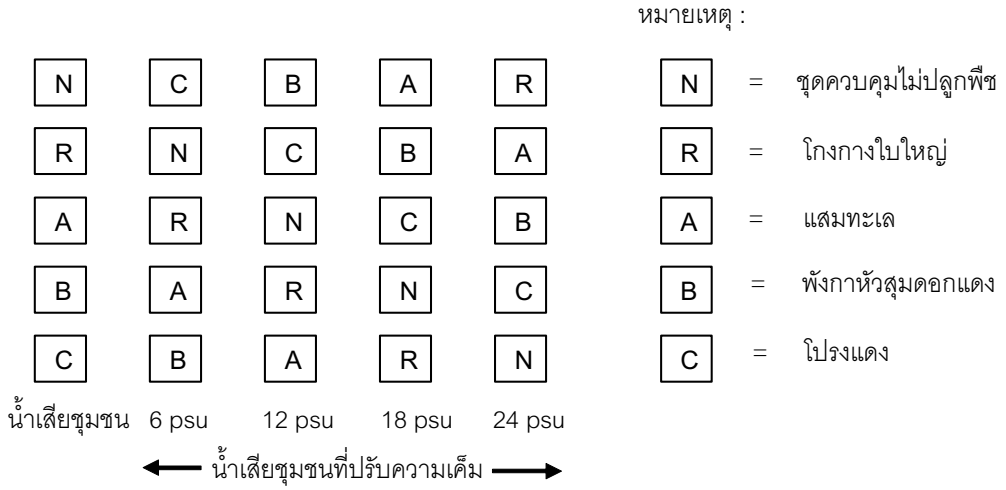
   - กล้าไม้ 4 ชนิด คือ
     i. โกงกางใบใหญ่ (*Rhizophora mucronata*)
     ii. แสมทะเล (*Avicennia marina*)
     iii. พังกาหัวสุมดอกแดง (*Bruguiera gymnorrhiza*)
     iv. โปรงแดง (*Ceriops tagal*)
   - ควบคุม (ไม่ปลูกพืช)

2) ระดับความเค็มของน้ำเสีย

- น้ำเสีย 5 ระดับความเค็ม คือ

i. น้ำเสียชุมชนปกติ (NW : normal wastewater) เป็นน้ำเสียจากเทศบาลเมือง
ii. น้ำเสียชุมชนที่ปรับให้มีความเค็ม 6 p s u
iii. น้ำเสียชุมชนที่ปรับให้มีความเค็ม 12 p s u
iv. น้ำเสียชุมชนที่ปรับให้มีความเค็ม 18 p s u
v. น้ำเสียชุมชนที่ปรับให้มีความเค็ม 24 p s u

โดยจะทำการทดลองในชุดทดลองที่ผ่านการใช้ทดลองในการทดลองย่อยที่ 1-1 ภายหลังการล้างด้วยน้ำทะเลประมาณ 3 เดือนก่อนนำมาใช้ในการทดลองนี้ โดยจะมีชุดทดลอง 25 ชุด สำหรับการปล่อยน้ำเสียแบบกะ (batch flow) และ 25 ชุดสำหรับการปล่อยน้ำเสียแบบเติมต่อเนื่อง (continuous-added flow) รวมทั้งสิ้น 50 ชุดทดลอง ดังรูปที่ 3-4



รูปที่ 3-4 แผนภาพแสดงชุดทดลอง ในโครงการย่อยที่ 1-2

3.2.4 วิธีการทดลอง

3.2.4.1 วิธีการทดลองบำบัดน้ำเสีย

ทำการทดลองโดยใช้ระยะเวลากักเก็บ 7 วัน โดยมีขั้นตอนการทดลองและการพักระบบเช่นเดียวกับการทดลองย่อยที่ 1-1 ทดลองซ้ำ 9 ครั้ง รวมระยะเวลาที่ทำการทดลองทั้งสิ้น 126 วัน

3.2.4.2 การศึกษาคุณภาพน้ำ

มีวิธีการเก็บตัวอย่าง และมีพารามิเตอร์และวิธีวิเคราะห์เช่นเดียวกับโครงการย่อยที่ 1-1 โดยน้ำเสียที่ใช้ในการทดลองเป็นน้ำเสียจากแปลงหญ้ากรองน้ำเสีย นอกจากนี้ได้ทำการทดลองบำบัดทองแดงและตะกั่ว แต่เนื่องจากโดยทั่วไปปริมาณโลหะหนักในน้ำเสียชุมชนมีค่าต่ำ ดังนั้นจึงได้ปรับเพิ่มความเข้มข้นของทองแดงและตะกั่วให้เป็น 2 mg/l เพื่อให้เห็นประสิทธิภาพการบำบัดที่ชัดเจนขึ้น

3.2.4.3 การศึกษาด้านดิน

ตัวอย่างดินจะทำการสุ่มตัวอย่าง 4 ครั้ง คือ ก่อนดำเนินการทดลอง และภายหลังการทดลองครั้งที่ 3, 6 และ 9 โดยมีพารามิเตอร์และวิธีวิเคราะห์เช่นเดียวกับโครงการย่อยที่ 1-1

3.2.4.4 การศึกษาด้านพืช

การเจริญเติบโตด้านความสูงและเส้นผ่าศูนย์กลาง

บันทึกความสูง และเส้นผ่าศูนย์กลางของกล้าไม้ 10 ครั้ง คือ ก่อนดำเนินการทดลอง และภายหลังการทดลองบำบัดน้ำเสียทั้ง 9 ครั้ง เช่นเดียวกับโครงการย่อยที่ 1-1

การเจริญเติบโตด้านมวลชีวภาพ

ศึกษามวลชีวภาพของลำต้น และใบของกล้าไม้ โดยสร้างสมการความสัมพันธ์ในรูป allometric relation แล้วนำสมการที่ได้มาใช้ประมาณอัตราการเพิ่มพูนมวลชีวภาพเช่นเดียวกับโครงการย่อยที่ 1-1

3.2.5 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ใช้วิธีการเช่นเดียวกับโครงการย่อยที่ 1-1

3.3 <u>โครงการที่ 2</u> การศึกษาการเปลี่ยนแปลงสมบัติของดิน องค์ประกอบธาตุอาหารในพืช และสัตว์หน้าดิน ในระบบพื้นที่ชุ่มน้ำป่าชายเลนที่ใช้บำบัดน้ำเสีย

3.3.1 วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาปริมาณธาตุอาหารในดินและพืช ในพื้นที่ป่าชายเลนที่ใช้บำบัดน้ำเสีย
2. เพื่อศึกษาชนิดและการแพร่กระจายของสัตว์หน้าดิน ในพื้นที่ป่าชายเลนที่ใช้บำบัดน้ำเสีย

3.3.2 พื้นที่ดำเนินการและขอบเขตของการวิจัย

1. พื้นที่ดำเนินการวิจัยอยู่ภายใต้การดำเนินการของโครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ยอันเนื่องมาจากพระราชดำริ ในแปลงป่าชายเลนบำบัดน้ำเสีย ซึ่งได้มีการก่อสร้างระบบบำบัดน้ำเสียโดยใช้ป่าชายเลน 3 ระบบ (รูปที่ 3-5) คือ

ระบบที่ 1 ใช้ป่าชายเลนธรรมชาติ ขนาดกว้าง x ยาว = 100 x 150 $ม^2$
ระบบที่ 2 ใช้ป่าชายเลนปลูกใหม่ ขนาดกว้าง x ยาว = 100 x 150 $ม^2$
ระบบที่ 3 ใช้ป่าชายเลนปลูกใหม่ ร่วมกับป่าชายเลนธรรมชาติ ขนาดกว้าง x ยาว = 100 x 300 $ม^2$

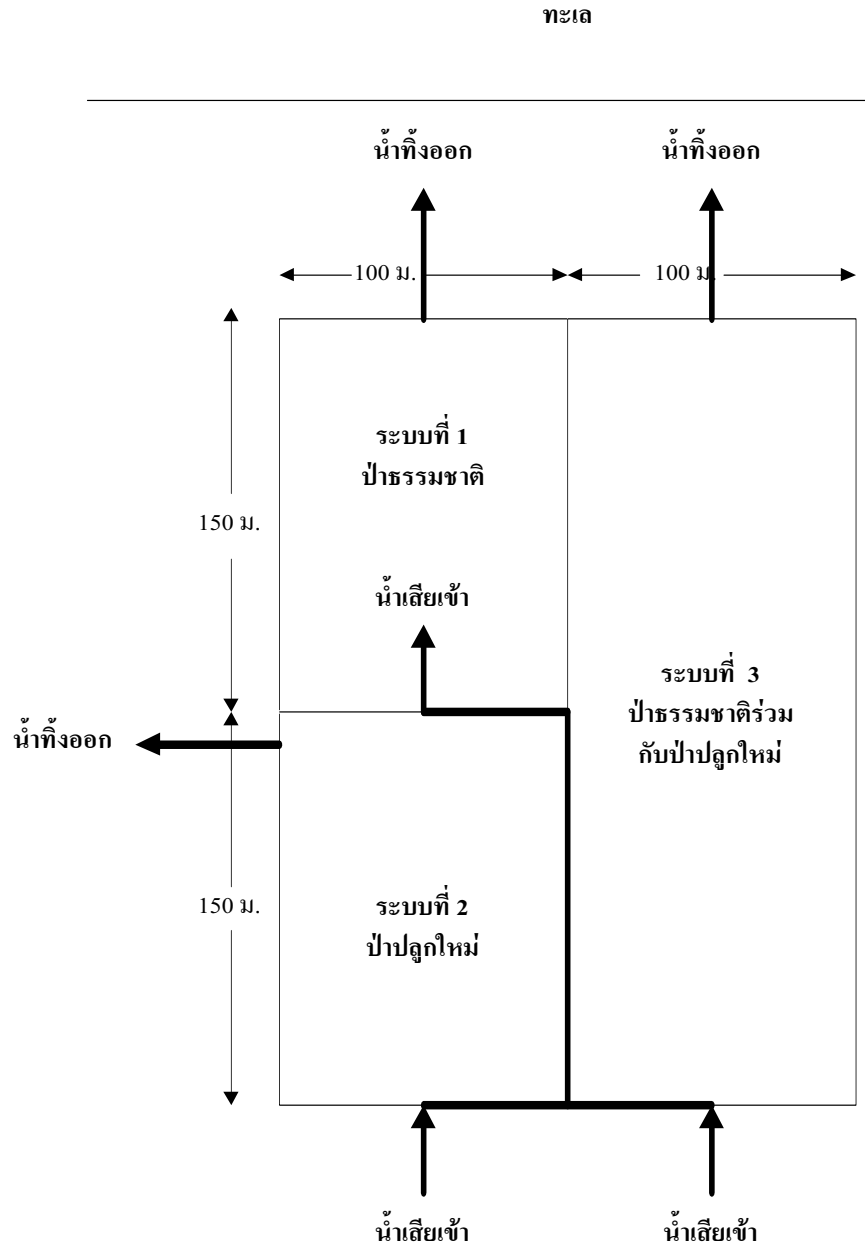
แต่ระบบย่อยจะมีท่อนำน้ำเสียเข้า และประตูระบายน้ำเพื่อนำน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วออก รวมทั้งกั้นไม่ให้น้ำทะเลไหลเข้าในระบบได้

ภายในระบบป่าชายเลนปลูกใหม่ได้มีการปรับแต่งพื้นที่ให้มีความลาดเอียงใกล้เคียงกับสภาพธรรมชาติ แล้วแบ่งพื้นที่ออกเป็น 4 โซนเท่าๆ กัน ตามแนวยาว แต่ละโซนจะมีความยาวประมาณ 37.5 เมตร แล้วจึงทำการปลูกกล้าไม้ชายเลนตั้งแต่ปี 2542 จำนวน 4 ชนิด มีระยะปลูก 1.5 x 1.5 $ม^2$

โซนที่ 1 (ติดกับป่าชายเลนธรรมชาติ)	ปลูกพันธุ์ไม้สกุลโกงกาง (*Rhizophora* spp.)
โซนที่ 2 (ถัดออกมา)	ปลูกพันธุ์ไม้แสมทะเล (*Avicennia marina)*
โซนที่ 3 (ถัดออกมา)	ปลูกพันธุ์ไม้สกุลถั่ว (*Bruguiera* spp.)
โซนที่ 4 (ห่างจากป่าชายเลนธรรมชาติมากที่สุด)	ปลูกพันธุ์ไม้สกุลโปรง (*Ceriops* spp.)

2. ในการวิจัยนี้ ทำการสุ่มตัวอย่างในพื้นที่ 3 บริเวณ คือ ในระบบพื้นที่ชุ่มน้ำป่าชายเลน 2 ระบบ คือ ระบบป่าชายเลนธรรมชาติ (ระบบที่ 1) และ ระบบป่าชายเลนปลูกใหม่ (ระบบที่ 2) นอกจากนี้ได้กำหนดสถานีเก็บตัวอย่างในแปลงควบคุม (เฉพาะป่าชายเลนธรรมชาติ) ในบริเวณที่ไม่ได้ใช้ในการบำบัดน้ำเสียอีก 1 บริเวณ

3. น้ำเสียที่เข้าสู่ระบบพื้นที่ชุ่มน้ำป่าชายเลน เป็นน้ำเสียจากเขตเทศบาลเมืองเพชรบุรีและเขตใกล้เคียง ซึ่งส่งตามแนวท่อมายังบริเวณโครงการฯ ด้วยระยะทางประมาณ 18.5 กิโลเมตร มีสมบัติเช่นเดียวกับน้ำเสียจากแปลงหญ้ากรองน้ำเสียซึ่งใช้ในโครงการที่ 1



รูปที่ 3-5 ระบบบำบัดน้ำเสียโดยใช้ป่าชายเลนของโครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ยอันเนื่องมาจากพระราชดำริ

3.3.3 สถานีเก็บตัวอย่าง

กำหนดพื้นที่แปลงควบคุมป่าชายเลนธรรมชาติในบริเวณที่ไม่ได้ใช้ในการบำบัดน้ำเสีย แต่เนื่องจากข้อจำกัดของพื้นที่ภายในโครงการฯ ทำให้ไม่สามารถกำหนดพื้นที่แปลงควบคุมให้อยู่ในแนวที่ขนานกันกับพื้นที่ระบบบำบัดน้ำเสียป่าชายเลนธรรมชาติได้ แต่กลับอยู่ในแนวที่เหลื่อมออกไปใกล้ชายฝั่งมากกว่า นอกจากนี้การที่แปลงควบคุมไม่มีประตูน้ำ แต่ให้น้ำทะเลสามารถขึ้นลงได้ตามธรรมชาติ ทำให้พื้นที่แปลงควบคุมได้รับอิทธิพลจากการขึ้นลงของน้ำทะเลที่แตกต่างกันไปจากพื้นที่ระบบบำบัดน้ำเสีย

ในการเก็บตัวอย่างดิน พืช และสัตว์หน้าดิน ได้กำหนดสถานีเก็บตัวอย่างจาก 3 บริเวณ รวม 24 สถานี ดังนี้ (รูปที่ 3-6)

1) ระบบป่าชายเลนปลูกใหม่ มี 12 สถานี ประกอบด้วย

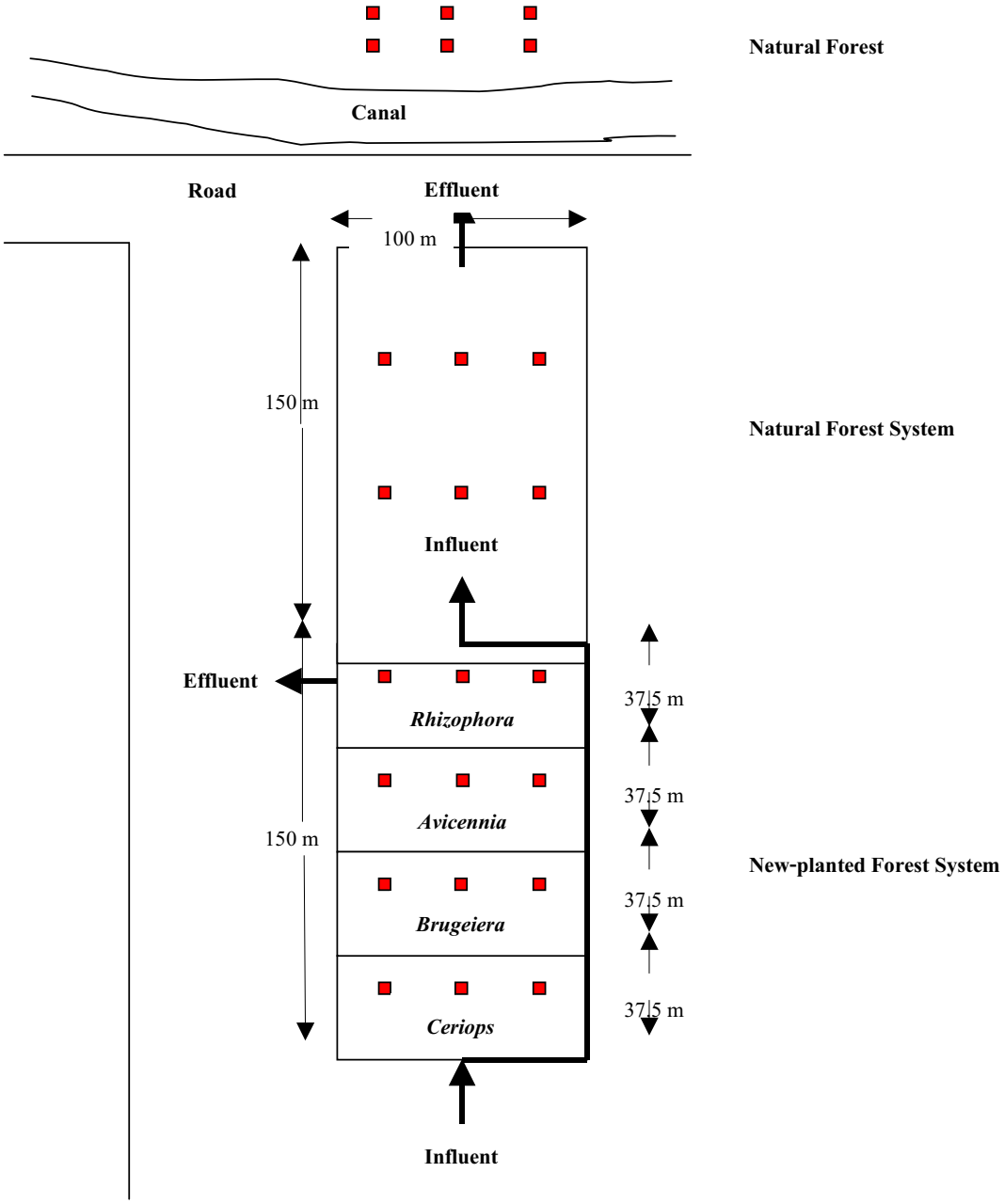
- สถานีที่ 1-3 อยู่ในโซนที่ปลูกไม้โปรง ห่างจากปลายท่อนำน้ำเสียเข้าประมาณ 19 เมตร
- สถานีที่ 4-6 อยู่ในโซนที่ปลูกไม้ถั่ว ห่างจากปลายท่อนำน้ำเสียเข้าประมาณ 56 เมตร
- สถานีที่ 7-9 อยู่ในโซนที่ปลูกไม้แสม ห่างจากปลายท่อนำน้ำเสียเข้าประมาณ 94 เมตร
- สถานีที่ 10-12 อยู่ในโซนที่ปลูกไม้โกงกาง ห่างจากปลายท่อนำน้ำเสียเข้าประมาณ 131 เมตร

2) ระบบป่าชายเลนธรรมชาติ มี 6 สถานี ประกอบด้วย

- สถานีที่ 13-15 อยู่ในป่าธรรมชาติ ห่างจากปลายท่อนำน้ำเสียเข้าประมาณ 50 เมตร
- สถานีที่ 16-18 อยู่ในป่าธรรมชาติ ห่างจากปลายท่อนำน้ำเสียเข้าประมาณ 100 เมตร

3) แปลงควบคุมป่าธรรมชาติ มี 6 สถานี กำหนดโดยใช้แนวคลองเป็นจุดอ้างอิง ประกอบด้วย

- สถานีที่ 19-21 อยู่ในป่าธรรมชาติ ห่างจากคลอง 10 เมตร
- สถานีที่ 22-24 อยู่ในป่าธรรมชาติ ห่างจากคลอง 20 เมตร



รูปที่ 3-6 สถานีเก็บตัวอย่างดิน พืช และสัตว์หน้าดินในระบบพื้นที่ชุ่มน้ำป่าชายเลน และแปลงควบคุมป่าธรรมชาติ

3.3.4 วิธีการศึกษา

3.3.4.1 การศึกษาสมบัติของดิน

เก็บตัวอย่างดินชั้นบน (0-30 เซนติเมตร) และดินชั้นล่าง (30-60 เซนติเมตร) ภายในระบบบำบัดน้ำเสียป่าชายเลนปลูกใหม่ ระบบบำบัดน้ำเสียป่าชายเลนธรรมชาติ และแปลงควบคุมป่าธรรมชาติ ทุก 4 เดือน รวม 7 ครั้ง (ธันวาคม 2545; เมษายน สิงหาคม และธันวาคม 2546; เมษายน สิงหาคม และธันวาคม 2547) ซึ่งอย่างไรก็ตามในช่วงเวลาดังกล่าวทางโครงการฯ ไม่ได้ใช้ระบบพื้นที่ชุ่มน้ำป่าชายเลนในการบำบัดน้ำเสียเลย มีเพียงการเปิดประตูน้ำในช่วงน้ำขึ้นเพื่อให้น้ำท่วมขังระบบเป็นครั้งคราว แต่ต่อมาในเดือนมกราคม 2548 ทางโครงการได้เริ่มปล่อยน้ำเสียลงสู่ระบบพื้นที่ชุ่มน้ำ ดังนั้นจึงได้ทำการเก็บตัวอย่างดินเฉพาะดินชั้นบน (0-30 เซนติเมตร) เพิ่มอีก 1 ครั้ง ในเดือนมิถุนายน 2548 ภายหลังจากที่ระบบบำบัดน้ำเสียป่าชายเลนได้รับน้ำเสียเป็นเวลาประมาณ 6 เดือน รวมการเก็บตัวอย่างดินทั้งสิ้น 8 ครั้ง

ตัวอย่างดินจะถูกผึ่งให้แห้งในที่ร่ม บด และร่อนผ่านตะแกรงขนาดขนาด 2 มิลลิเมตร เพื่อวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่าง การนำไฟฟ้า และขนาดอนุภาคดิน อีกส่วนหนึ่งร่อนผ่านตะแกรงขนาด 0.5 มิลลิเมตร เพื่อใช้วิเคราะห์ปริมาณอินทรียวัตถุ และธาตุอาหารในดิน โดยมีพารามิเตอร์และวิธีวิเคราะห์ดังแสดงในตารางที่ 3-5 ของโครงการที่ 1 ยกเว้นไม่ทำการวิเคราะห์ไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (available nitrogen) และฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (available phosphorus)

3.3.4.2 การศึกษาองค์ประกอบธาตุอาหารในใบ

ตัวอย่างใบ ทำการสุ่ม 7 ครั้ง ในช่วงเวลาเดียวกับการศึกษาด้านคุณภาพดิน (ครั้งที่ 8 เดือนมิถุนายน 2548 ภายหลังที่ระบบได้รับน้ำเสียประมาณ 6 เดือน ไม่ได้ทำการเก็บตัวอย่าง) โดยสุ่มตัวอย่างทั้งใบอ่อนและใบแก่ จากนั้นนำตัวอย่างใบมาผึ่งให้แห้งในที่ร่ม บดและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 0.5 มิลลิเมตร ก่อนนำไปวิเคราะห์ที่ห้องปฏิบัติการ โดยมีพารามิเตอร์และวิธีวิเคราะห์ดังแสดงในตารางที่ 3-6 ของโครงการที่ 1

3.3.4.3 การศึกษาสัตว์หน้าดิน

การสุ่มตัวอย่างเพื่อศึกษาชนิดและการแพร่กระจายของสัตว์ในดิน ทำการสุ่ม 8 ครั้ง ในบริเวณและช่วงเวลาเดียวกับการศึกษาด้านคุณภาพดิน โดยการวางแปลง quadrat ขนาด 0.5 x 0.5 เมตร เก็บตัวอย่างสถานีละ 3 ซ้ำ ตักดินบริเวณผิวหน้า นำมาร่อนผ่านตะแกรงขนาด 0.5 มิลลิเมตร และเก็บรักษาตัวอย่างสัตว์หน้าดินด้วยสารละลายฟอร์มาลินเข้มข้น 10% นำตัวอย่างสัตว์หน้าดินไปจัดจำแนกในห้องปฏิบัติการโดยใช้ตำราของ เฉลิมวิไล ชื่นศรี (2517) บรรจง เทียมส่งรัศมี (2515) สุรินทร์ มัจฉาชีพ (2540) Brandt (1974), Healy &Yaldwyn (1970), Swennen et al. (2001), Mccafferty and Provonsha (1981), Williams and Felmate (1992) และ Usinger (1968)

3.3.5 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

1. คำนวณค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวอย่างที่วิเคราะห์ซ้ำ

2. เปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติของสมบัติดินและองค์ประกอบธาตุอาหารในใบ ระหว่างพื้นที่ที่ใช้เพื่อการบำบัดน้ำเสียและที่ไม่ได้ใช้บำบัดน้ำเสีย ระหว่างโซนของพันธุ์ไม้ต่างชนิด และระหว่างช่วงเวลาการเก็บตัวอย่าง โดยการหาค่าเฉลี่ย และวิเคราะห์ความแปรปรวนโดยวิธี one-way ANOVA ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ถ้าหากมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จะทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan’s new multiple range test

บทที่ 4
ผลการศึกษาคุณภาพน้ำและประสิทธิภาพการบำบัด

เนื้อหาในบทที่ 4 จะประกอบด้วยผลการศึกษาคุณภาพน้ำและประสิทธิภาพการบำบัดในโครงการที่ 1 การหาวิธีการที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำเสียชุมชนด้วยระบบพื้นที่ชุ่มน้ำป่าชายเลน ของโครงการย่อยทั้งสองโครงการ คือ โครงการที่ 1-1 ผลของระยะเวลากักเก็บและความเข้มข้นของน้ำเสียต่อประสิทธิภาพการบำบัดของระบบพื้นที่ชุ่มน้ำป่าชายเลน และโครงการย่อยที่ 1-2 ผลของความเค็มของน้ำเสียต่อประสิทธิภาพการบำบัดของระบบพื้นที่ชุ่มน้ำป่าชายเลน โดยได้แบ่งเนื้อหาการนำเสนอดังนี้

4.1 คุณภาพน้ำและประสิทธิภาพการบำบัด ในระบบกะ ในโครงการย่อยที่ 1-1
4.2 คุณภาพน้ำและประสิทธิภาพการบำบัด ในระบบเติมต่อเนื่อง ในโครงการย่อยที่ 1-1
4.3 คุณภาพน้ำและประสิทธิภาพการบำบัด ในระบบกะ ในโครงการย่อยที่ 1-2
4.4 คุณภาพน้ำและประสิทธิภาพการบำบัด ในระบบเติมต่อเนื่อง ในโครงการย่อยที่ 1-2
4.5 การบำบัดโลหะหนัก (ทองแดงและตะกั่ว) ในโครงการย่อยที่ 1-2
4.6 สรุปประเด็นด้านคุณภาพน้ำและประสิทธิภาพการบำบัด

4.1 คุณภาพน้ำและประสิทธิภาพการบำบัด ในระบบกะ ในโครงการการย่อยที่ 1-1

ในการทดลองบำบัดน้ำเสียโดยการปล่อยน้ำเสียแบบกะได้ทดลองบำบัดโดยใช้ระยะเวลากักเก็บ 7, 5 และ 3 วัน ตามลำดับ โดยทดลองระยะกักเก็บละ 3 ซ้ำ ผลการทดลองสามารถสรุปได้ดังนี้

4.1.1 คุณภาพน้ำเสียและน้ำทะเลที่เข้าสู่ชุดทดลอง ในระบบกะ ในโครงการการย่อยที่ 1-1

คุณภาพน้ำเสียและน้ำทะเลที่เข้าสู่ชุดทดลอง (ตารางที่ 4-1 และ ตารางที่ ก 1 ถึง ก 3 ภาคผนวก ก) สามารถสรุปได้ดังนี้

น้ำเสียชุมชนปกติ (NW: normal wastewater) มีค่าเฉลี่ย pH (ความเป็นกรด-ด่าง) 7.42 ความเค็ม 0.49 psu, DO (dissolved oxygen) 0.0 mg/l ทุกการทดลอง, BOD (biochemical oxygen demand) 21.68 mg/l, TN (total nitrogen) 22.358 mg/l ซึ่งส่วนใหญ่เป็นแอมโมเนีย (NH_3-N) 13.682 mg/l และมีไนเตรท (NO_3-N) 0.186 mg/l, TP (total phosphorus) 6.107 mg/l ซึ่งส่วนใหญ่เป็นออร์โธฟอสเฟต (ortho-PO_4) 5.773 mg/l ซึ่งจะเห็นว่าน้ำเสีย NW มีค่าความสกปรกต่ำ โดยเฉพาะอย่างยิ่งค่า BOD อาจเป็นเพราะได้ผ่านการตกตะกอนขั้นต้นในบ่อรวมน้ำเสียที่บ้านคลองยางก่อนที่จะสูบโดยท่อ PVC ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 12 นิ้ว มายังพื้นที่โครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ย อันเนื่องมาจากพระราชดำริ ด้วยระยะทางถึง 18.5 กิโลเมตร จึงคาดว่า กระบวนการต่างๆ เช่น การย่อยสลายสารอินทรีย์ ไนตริฟิเคชัน (nitrification) และการระเหยของแอมโมเนีย (ammonia volatilization) ได้เกิดขึ้นบางส่วน ทำให้น้ำเสียมีคุณภาพดีขึ้น ซึ่งโดยทั่วไปน้ำเสียชุมชนจะมีค่า BOD อยู่ในช่วงประมาณ 110-440 mg/l (เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์, 2535) TN อยู่ในช่วง 20-70 mg/l และ TP อยู่ในช่วง 6-10 mg/l (Gray et al., 2000)

น้ำเสียชุมชนที่ปรับความเข้มข้นของ TN และ TP เป็น 2, 5 และ 10 เท่าของน้ำเสียชุมชนปกติ (2NW, 5NW และ 10NW) ใช้น้ำเสียที่ผ่านการบำบัดในบ่อผึ่งที่ 1 ของโครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ย อันเนื่องมาจากพระราชดำริ (ซึ่งทำให้น้ำมีค่า DO > 0 mg/l สูงกว่าน้ำเสีย NW ซึ่งเป็นน้ำเสียที่ส่งตรงมาจากบ่อรวมน้ำเสียที่คลองยาง ไม่ได้ผ่านการบำบัดในโครงการฯ) มาปรับความเข้มข้นของ TN โดยใช้ยูเรีย (NH_2CONH_2) และปรับความเข้มข้นของ TP โดยใช้โปแตสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต (KH_2PO_4) ซึ่งจากการศึกษาของ Boonsong et al. (2003) พบว่า น้ำเสียที่เข้าสู่โครงการฯ มีค่าเฉลี่ย TN ประมาณ 20 mg/l และ TP 4 mg/l ดังนั้น จึงใช้ค่าดังกล่าวเป็นค่าประมาณของน้ำเสีย NW แล้วปรับความเข้มข้นของน้ำเสีย 2NW, 5NW และ 10NW ให้มีค่า TN เท่ากับ 40, 100 และ 200 mg/l ตามลำดับ และค่า TP เท่ากับ 8, 20 และ 40 mg/l ตามลำดับ ซึ่งน้ำเสียที่เตรียมได้มีค่าเฉลี่ย TN 46.293, 105.062 และ 213.598 mg/l ตามลำดับ และ ค่าเฉลี่ย TP 8.250, 19.407 และ 43.515 mg/l ตามลำดับ ซึ่งใกล้เคียงกับค่าที่กำหนด ค่าแอมโมเนียของน้ำเสียที่ปรับความเข้มข้นมีแนวโน้มสูงขึ้นตามระดับความเข้มข้นมีค่า 9.783, 20.083 และ 38.716 mg/l ตามลำดับ ทั้งนี้เพราะในการปรับความเข้มข้นของ TN ในน้ำเสียใช้ยูเรีย ซึ่งเมื่อละลายน้ำจะเปลี่ยนรูปเป็นแอมโมเนีย (NH_3-N) และแอมโมเนียมไอออน (NH_4^+-N) โดยมีหมู่ไฮดรอกซิล (OH^-) เป็นผลพลอยได้ของปฏิกิริยา (ซึ่งทำให้ค่า pH ของน้ำเสีย 2NW, 5NW และ 10NW มีแนวโน้มสูงขึ้นกว่าน้ำเสีย NW) อย่างไรก็ตามมีข้อสังเกตว่าน้ำเสีย 2NW มีค่าแอมโมเนียต่ำกว่าน้ำเสีย NW ทั้งนี้เพราะน้ำเสีย 2NW เป็นน้ำเสียที่ปรับค่า TN โดยใช้ยูเรียซึ่งหากมีออกซิเจนอย่างเพียงพอ ในขั้นแรกจะเกิดกระบวนการแอมโมนิฟิเคชัน (ammonification) เปลี่ยนรูปยูเรียเป็นแอมโมเนีย ในขั้นถัดไปแอมโมเนียที่เกิดขึ้นจะถูกเปลี่ยนรูปเป็นไนไตรท์ (NO_2-N) และไนเตรท (NO_3-N) โดยกระบวนการไนตริฟิเคชัน ซึ่งในน้ำเสีย 2NW มีการเติมยูเรียปริมาณต่ำ และน้ำที่ใช้เตรียมมีค่าเฉลี่ย DO สูง 4.74 mg/l (ซึ่งคาดว่าเป็นผลเนื่องจากการคนให้สารเคมีละลาย) ดังนั้น จึงคาดว่ากระบวนการแอมโมนิฟิเคชันและไนตริฟิเคชันในน้ำเสียสามารถเกิดขึ้นได้ดี ทำให้แอมโมเนียในน้ำเสีย 2NW มีค่าต่ำ ขณะที่น้ำเสีย NW ซึ่งมีเฉลี่ย DO

0 mg/l เป็นผลให้กระบวนการไนตริฟิเคชันถูกจำกัด จึงทำให้พบว่ามีปริมาณแอมโมเนียสูงกว่า (ตารางที่ ก 7 ภาคผนวก ก) ไนเตรทในน้ำเสียทุกระดับความเข้มข้นมีค่าใกล้เคียงกันอยู่ในช่วง 0.804-0.864 mg/l ค่าออร์โธฟอสเฟตในน้ำเสียมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระดับความเข้มข้นของน้ำเสีย มีค่า 5.773, 7.523 และ 17.526 mg/l ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากการละลายของ KH_2PO_4 ซึ่งใช้ในการปรับความเข้มข้นของ TP ในน้ำเสียจะให้ฟอสเฟต (PO_4) และไฮโดรเนียมไอออน (H_3O^+) (ซึ่งทำให้ค่า pH ของน้ำเสียลดลง ดังนั้น น้ำเสีย 10NW ซึ่งต้องใช้ KH_2PO_4 ปริมาณมากจึงมีค่า pH ต่ำกว่าน้ำเสีย 2NW และ 5NW ตามลำดับ) สำหรับค่า BOD ของน้ำเสีย 2NW, 5NW และ 10NW มีค่า 55.47, 94.30 และ 111.24 mg/l ตามลำดับ อันเป็นผลพลอยได้จากการใช้ยูเรียปรับความเข้มข้นของ TN ทำให้ BOD มีแนวโน้มสูงขึ้นตามระดับความเข้มข้นของน้ำเสียด้วย

น้ำทะเลซึ่งใช้ในชุดทดลองควบคุม สูบขึ้นมาจากคลองซึ่งไหลผ่านด้านข้างพื้นที่ทดลองเป็นแนวกั้นระหว่างโครงการฯ และสถานีประมงน้ำกร่อย คลองนี้จะเชื่อมต่อกับชายฝั่งซึ่งอยู่ห่างออกไปประมาณ 1.5 กิโลเมตร พบว่า มีค่าเฉลี่ยของ pH 8.01, ความเค็ม 30.09 psu, DO 3.73 mg/l, BOD 11.76 mg/l, TN 4.594 mg/l, แอมโมเนีย 0.288 mg/l, TP 0.740 mg/l และออร์โธฟอสเฟต 0.550 mg/l ซึ่งจะเห็นว่า น้ำทะเลที่สูบขึ้นมามีคุณภาพไม่ดีนัก ค่า BOD, TN และ TP ค่อนข้างสูง และไนโตรเจนส่วนใหญ่อยู่ในรูปของไนโตรเจนอินทรีย์

ตารางที่ 4-1 คุณภาพน้ำเสียและน้ำทะเลก่อนเข้าชุดทดลองทั้ง 9 ครั้ง ในระบบกะ โครงการที่ 1-1

พารามิเตอร์	NW	2NW	5NW	10NW	SW
ความเป็นกรด-ด่าง (pH)	7.42±0.15^{d}	8.19±0.17^{a}	8.10±0.39^{ab}	7.83±0.22^{b}	8.01±0.226^{c}
อุณหภูมิ (^{o}C)	30.51±0.87^{a}	29.58±0.73^{b}	29.65±0.71^{b}	29.55±0.77^{b}	29.57±1.26^{b}
การนำไฟฟ้า (mS)	0.77±0.57^{b}	0.72±0.52^{b}	0.73±0.53^{b}	0.52±0.04^{b}	52.08±1.60^{a}
ความเค็ม (psu)	0.49±0.08^{b}	0.50±0.00^{b}	0.51±0.04^{b}	0.52±0.04^{b}	30.09±6.12^{a}
ออกซิเจนละลาย (DO) (mg/l)	0.00±0.00^{c}	4.74±1.20^{a}	4.55±1.32^{a}	4.40±1.01^{ab}	3.73±2.04^{b}
บีโอดี (BOD) (mg/l)	21.68±10.48^{d}	55.47±12.88^{c}	94.30±25.59^{b}	111.24±28.08^{a}	11.76±9.14^{d}
ไนโตรเจนทั้งหมด (TN) (mg/l)	22.358±5.526^{d}	46.293±8.301^{c}	105.062±8.284^{b}	213.598±21.472	4.594±2.532^{e}
แอมโมเนีย (NH_3-N) (mg/l)	13.682±3.610^{c}	9.783±4.194^{c}	20.083±9.565^{b}	38.716±15.354^{a}	0.288±0.141^{d}
ไนเตรท (NO_3-N) (mg/l)	0.186±0.033^{b}	0.856±0.145^{a}	0.804±0.144^{a}	0.864±0.149^{a}	0.120±0.053^{c}
ฟอสฟอรัสทั้งหมด (TP) (mg/l)	6.107±1.599^{d}	8.250±1.702^{c}	19.407±2.364^{b}	43.515±6.643^{a}	0.740±0.330^{e}
ออร์โธฟอสเฟต (ortho-PO_4) (mg/l)	5.773±1.621^{d}	7.523±1.623^{c}	17.526±2.285^{b}	39.953±6.379^{a}	0.550±0.204^{e}

หมายเหตุ ตัวอักษรมุมขวามือ (แนวนอน) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างความเข้มข้นของน้ำเสีย อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %
NW (normal wastewater) คือ น้ำเสียชุมชนปกติ; 2NW, 5 NW และ 10 NW คือ น้ำเสียที่มีความเข้มข้นของ TN และ TP เป็น 2, 5 และ 10 เท่า ของน้ำเสียชุมชนปกติ ตามลำดับ; SW (seawater) คือ น้ำทะเล

4.1.2 ประสิทธิภาพการบำบัด ในระบบกะ ในโครงการการย่อยที่ 1-1

ความเป็นกรด-ด่าง (pH)

ความเป็นกรด-ด่าง (pH) พบว่า น้ำเสียที่เข้าสู่ชุดทดลองมีค่า pH 7.39-8.30 เมื่อน้ำผ่านการบำบัดแล้วจะมีค่า pH สูงขึ้นอยู่ในช่วง 7.52-9.28 (ตารางที่ ก 4 ภาคผนวก ก) ทั้งนี้เพราะการนำน้ำเสียซึ่งมีธาตุอาหารสูงเข้าสู่ชุดทดลองทำให้สาหร่ายและแพลงก์ตอนพืชเจริญเติบโตดี ซึ่งการสังเคราะห์แสงและการหายใจจะทำให้สมดุลคาร์บอเนตในน้ำเปลี่ยนแปลงไป นอกจากนี้การนำน้ำเสียเข้าสู่ชุดทดลองยังเป็นการเพิ่มสารอินทรีย์ซึ่งวัดในรูปของ BOD ซึ่งการย่อยสลายโดยจุลินทรีย์จะทำให้เกิดคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) (ศุวศา กานตวนิชกูร, 2544) ซึ่งจะรวมตัวกับน้ำได้เป็นกรดคาร์บอนิก (H_2CO_3) ซึ่งสามารถแตกตัวได้ไบคาร์บอเนตไอออน (HCO_3^-) และคาร์บอเนตไอออน (CO_3^{2-}) ทำให้ pH ของน้ำสูงขึ้น ซึ่งค่า pH ของน้ำในธรรมชาติเป็นผลจากองค์ประกอบของไอออน 3 ชนิด คือ ไฮดรอกไซด์ (OH^-) ไบคาร์บอเนตไอออน (HCO_3^-) และคาร์บอเนตไอออน (CO_3^{2-}) (เปี่ยมศักดิ์ เมนะเศวต, 2543)

การนำไฟฟ้าและความเค็ม (Conductivity and Salinity)

การนำไฟฟ้าและความเค็มของน้ำเสียที่เข้าสู่ชุดทดลองมีค่า 1.01-1.22 mS/cm และ 0.47-0.57 psu ตามลำดับ น้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วจะมีค่าดังกล่าวสูงขึ้นเป็น 8.63-34.25 mS/cm และ 3.63-15.23 psu ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากการระเหยของน้ำและการละลายของเกลือในดิน ทำให้น้ำที่ผ่านการบำบัดมีค่าความเค็มสูงขึ้น และพบว่า เมื่อระยะกักเก็บน้ำนานขึ้น การระเหยของน้ำเพิ่มขึ้น จะทำให้น้ำที่ผ่านการบำบัดมีค่าความเค็มสูงขึ้น โดยเมื่อใช้ระยะกักเก็บ 7, 5 และ 3 วัน น้ำที่ผ่านการบำบัดมีความเค็มอยู่ในช่วง 9.57-19.47, 4.83-14.93 และ 3.63-9.93 psu ตามลำดับ ส่วนการนำไฟฟ้ามีค่าอยู่ในช่วง 17.96-30.58, 9.23-20.32 และ 7.15-18.36 mS/cm ตามลำดับ โดยมีแนวโน้มเช่นเดียวกับความเค็ม เพราะการนำไฟฟ้าขึ้นกับความเข้มข้นของสารละลายเกลือ นอกจากนี้ยังขึ้นกับ pH และอุณหภูมิของน้ำซึ่งจะควบคุมการละลายของเกลือ (ตารางที่ ก 5 ถึง ก 6 ภาคผนวก ก)

ปริมาณออกซิเจนละลาย (Dissolved Oxygen : DO)

น้ำเสียที่เข้าสู่ชุดทดลองมีค่า DO 0.00-5.39 mg/l โดยน้ำเสีย NW มีค่า DO 0.00$\pm$0.00 mg/l ขณะที่น้ำเสีย 2NW, 5NW และ 10NW มีค่า DO อยู่ในช่วง 3.31-5.39 mg/l ซึ่งเป็นผลจากการคนให้สารเคมีที่ใช้ปรับความเข้มข้นของ TN และ TP ละลาย น้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วมีค่า DO สูงขึ้นเป็น 4.17-11.00 mg/l (ตารางที่ 4-2) ทั้งนี้เนื่องจากการเติมอากาศโดยลมที่สัมผัสผิวหน้าน้ำ การสังเคราะห์แสงของสาหร่ายและแพลงก์ตอนพืชปริมาณมาก รวมทั้งการแลกเปลี่ยนอากาศบริเวณรากพืชในชุดทดลอง ซึ่งในบางครั้งทำให้ DO ที่วิเคราะห์ได้มีค่าสูงระดับ super saturated

สำหรับประเด็นอื่นๆ สามารถสรุปแนวโน้มได้ดังนี้

- โดยทั่วไปชุดทดลองที่ปลูกกล้าไม้มีค่า DO สูงกว่าชุดควบคุมที่ไม่ปลูกพืช ซึ่งชี้ให้เห็นว่า พืชช่วยเพิ่ม DO ในระบบได้ แต่ไม่พบความแตกต่างระหว่างชนิดพืชอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% มีข้อสังเกตว่าชุดทดลองที่ปลูกกล้าไม้แสมทะเลมีค่า DO ค่อนข้างต่ำกว่าชุดทดลองที่ปลูกกล้าไม้อื่น ทั้งนี้เพราะแสมทะเลมีการเจริญเติบโตแตกกิ่งก้านเป็นพุ่ม ขณะที่โกงกางใบใหญ่ พังกาหัวสุม และโปรงแดง ไม่มีการแตกกิ่งก้าน ดังนั้นเมื่อทำการทดลองไประยะหนึ่งแสมทะเลมีการเจริญเติบโตดี ทำให้ระบบค่อนข้างแน่นทึบ การเติมอากาศโดยลมและการสังเคราะห์แสงของสาหร่ายและแพลงก์ตอนพืชจึงเป็นไปได้น้อย ค่า DO ในระบบจึงต่ำ

- ชุดทดลองที่ได้รับน้ำเสีย NW มีค่า DO ของน้ำที่ผ่านการบำบัดสูงกว่าชุดทดลองที่ได้รับน้ำเสีย 2NW, 5NW และ 10NW ถึงแม้ว่าน้ำเสีย NW เข้าสู่ชุดทดลองมีค่า DO เป็น 0.00±0.00 mg/l ทุกการทดลอง ขณะที่น้ำเข้าสู่ชุดทดลอง 2NW, 5NW และ 10NW มีค่า DO สูงกว่า อยู่ระหว่าง 3.31-5.39 mg/l ทั้งนี้เพราะน้ำเสียที่ปรับเพิ่มความเข้มข้นมีสารอินทรีย์สูง (เนื่องจากการใช้สารยูเรียเพื่อปรับเพิ่มค่า TN ซึ่งสอดคล้องกับค่า BOD ที่สูงขึ้นด้วย) ทำให้จุลินทรีย์ต้องใช้ออกซิเจนปริมาณมากเพื่อการย่อยสลายสารอินทรีย์ ดังนั้น DO ในน้ำที่ผ่านการบำบัดจึงไม่สูงขึ้นมาก นอกจากนี้พบว่า ชุดทดลองที่ได้รับน้ำทะเล (ควบคุม) มีค่า DO ของน้ำที่ผ่านการบำบัดสูงกว่าชุดทดลองที่ได้รับน้ำเสียทุกระดับความเข้มข้น เนื่องจากน้ำทะเลมีความสกปรกในรูปสารอินทรีย์ต่ำ ทำให้ความต้องการใช้ออกซิเจนของจุลินทรีย์เพื่อย่อยสลายสารอินทรีย์ต่ำ ทำให้มี DO ในน้ำที่ผ่านการบำบัดสูงกว่า

ตารางที่ 4-2 ปริมาณออกซิเจนละลายของน้ำก่อนและหลังการบำบัดเมื่อใช้ระยะเวลากักเก็บต่างกัน ในระบบกะ โครงการที่ 1-1

กักเก็บ (วัน)	ชุดทดลอง	น้ำเข้า (mg/l)	น้ำออก (mg/l)				
			โกงกางใบใหญ่	แสมทะเล	พังกาหัวสุม	โปรงแดง	ไม่ปลูกพืช
7	**NW**	^{b}0.00±0.00	9.05±1.89^{ab}	^{a}6.78±0.51^{b}	8.27±0.19^{b}	8.35±0.74^{b}	^{a}10.97±1.69^{a}
	2NW	^{a}3.99±2.03	7.77±0.81	^{b}4.23±0.67	6.23±1.24	9.32±4.46	^{b}5.67±1.15
	5NW	^{a}3.31±1.71	6.72±1.09	^{b}4.17±1.12	7.40±4.06	8.20±1.91	^{b}4.47±0.45
	10NW	^{a}3.31±0.81	8.23±2.02	^{b}4.52±1.07	6.57±3.02	8.18±3.18	^{b}4.50±0.92
	SW	^{a}3.86±3.24	8.28±2.14	^{a}8.07±1.36	9.25±1.49	13.87±2.68	^{ab}7.72±3.51
5	**NW**	^{c}0.00±0.00	^{a}10.30±1.25	^{a}11.00±2.99	9.43±3.36	^{b}7.30±1.87	6.87±1.75
	2NW	^{a}5.33±1.82	^{bc}7.87±1.08	^{b}5.17±1.27	6.17±0.72	^{b}5.48±1.93	5.05±1.08
	5NW	^{a}5.05±1.78	^{c}5.93±0.68	^{b}5.87±1.42	7.03±2.93	^{b}6.40±1.31	5.77±0.60
	10NW	^{a}4.77±1.19	^{bc}7.77±1.36	^{b}5.77±0.81	6.03±0.76	^{b}7.03±1.33	5.65±0.76
	SW	^{b}3.18±1.57	^{ab}8.47±1.36	^{a}10.70±1.91	11.20±3.95	^{a}13.50±5.01	7.80±2.51
3	**NW**	^{c}0.00±0.00	9.47±1.57	^{ab}8.57±2.15	^{ab}9.07±2.40	^{ab}8.63±1.25	^{ab}6.80±0.82
	2NW	^{a}5.32±0.69	8.23±2.49	^{cb}6.53±0.81	^{ab}8.23±6.72	^{ab}7.77±2.95	^{bc}5.83±0.76
	5NW	^{a}5.39±0.21	7.33±1.40	^{bc}6.77±0.90	^{ab}6.83±1.17	^{ab}7.67±2.04	^{abc}6.33±1.05
	10NW	^{a}5.08±0.28	6.60±0.20^{b}	^{c}5.83±0.21^{c}	^{ab}7.23±0.29^{a}	^{ab}6.20±0.26^{bc}	^{c}5.27±0.40^{d}
	SW	^{b}4.19±0.93	9.27±0.81^{ab}	^{a}10.57±0.93^{a}	^{a}11.17±1.15^{a}	^{a}9.43±1.31^{a}	^{a}7.63±0.64^{b}

หมายเหตุ ตัวอักษรมุมซ้ายมือ (แนวตั้ง) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างความเข้มข้นของน้ำเสีย อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
ตัวอักษรมุมขวามือ (แนวนอน) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างชนิดพืช อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

บีโอดี (Biochemical Oxygen Demand :BOD)

BOD เป็นดัชนีบ่งชี้ความสกปรกในรูปสารอินทรีย์ โดยวัดจากระดับความต้องการออกซิเจนเพื่อใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ของจุลินทรีย์ (ธงชัย พรรณสวัสดิ์, 2544)

น้ำเสีย NW, 2NW, 5NW และ 10NW ที่เข้าสู่ชุดทดลองมีค่า BOD ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ มีค่าอยู่ในช่วง 19.37-24.05, 50.63-63.72, 80.13-104.97 และ 104.97-123.30 mg/l ตามลำดับ น้ำเสียดังกล่าวเมื่อผ่านการบำบัดแล้วมีค่า BOD ลดลงเป็น 1.10-4.80, 6.05-26.50, 7.70-80.00 และ 9.00-67.00 mg/l ตามลำดับ (ตารางที่ 4-3) ซึ่งค่า BOD ของน้ำที่ผ่านการบำบัดที่ผันแปรมากนี้ขึ้นกับระยะเวลากักเก็บน้ำเสีย กล่าวคือ เมื่อใช้ระยะกักเก็บนานขึ้นจะทำให้ค่า BOD ของน้ำที่ผ่านการบำบัดลดต่ำลง พบว่า เมื่อใช้ระยะเวลากักเก็บนาน 7 วัน และ 5 วัน จะทำให้น้ำที่ผ่านการบำบัดมีค่าไม่เกินมาตรฐานซึ่งใช้ควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากอาคารและโรงงานอุตสาหกรรมโดยทั่วไป ซึ่งกำหนดให้มีค่าไม่เกิน 20 mg/l ถึงแม้ว่าค่าเฉลี่ยบีโอดีของน้ำเสีย 10NW ที่เข้าสู่ระบบจะสูงถึง 111.24±28.08 mg/l ก็ตาม (ตารางที่ 4-1) แต่เมื่อใช้ระยะเวลากักเก็บ 3 วัน พบว่า สามารถใช้บำบัดน้ำเสีย NW ได้ (น้ำที่ผ่านการบำบัดมีค่า BOD ไม่เกิน 20 mg/l) แต่ไม่สามารถบำบัดน้ำเสีย 2NW, 5NW และ 10NW ให้มีค่าไม่เกิน 20 mg/l ดังนั้น ในการบำบัด BOD อาจใช้ระยะกักเก็บ 5 วัน ก็เพียงพอที่จะทำให้น้ำทิ้งมีคุณภาพได้ตามมาตรฐาน

(หมายเหตุ ตามประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม เรื่องกำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากอาคารบางประเภทและบางขนาด อาคารประเภท ก. จะเป็นกลุ่มของอาคารชุด โรงแรม โรงพยาบาล โรงเรียน อาคารที่ทำการของทางราชการ รัฐวิสาหกิจ ศูนย์การค้า ห้างสรรพสินค้า ตลาด และภัตตาคาร ซึ่งมีขนาดและพื้นที่ใช้สอยมากที่สุด ซึ่งจะถูกกำหนดเกณฑ์มาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งไว้อย่างเข้มงวดกว่า อาคารประเภท ข-จ ซึ่งมีขนาดพื้นที่ใช้สอยน้อยกว่า และเกณฑ์ควบคุมไม่เข้มงวดเท่า)

ตารางที่ 4-3 ปริมาณบีโอดีของน้ำก่อนและหลังการบำบัดเมื่อใช้ระยะเวลากักเก็บต่างกัน ในระบบกะ โครงการที่ 1-1

กักเก็บ (วัน)	ชุดทดลอง	น้ำเข้า (mg/l)	น้ำออก (mg/l)				
			โกงกางใบใหญ่	แสมทะเล	พังกาหัวสุม	โปรงแดง	ไม่ปลูกพืช
7	NW	^{c}24.05±15.67	3.55±1.44	4.20±2.34	5.30±2.83	1.10±0.17	5.76±3.38
	2NW	^{b}63.72±12.51	10.30±3.45	7.40±4.94	6.05±1.31	8.70±1.62	11.15±3.53
	5NW	^{a}104.97±39.22	9.43±5.73	12.30±10.50	8.30±4.51	8.10±5.01	15.60±9.24
	10NW	^{a}123.30±45.47	9.00±2.16	17.10±9.73	14.40±8.72	14.20±7.60	16.50±7.57
	SW	^{c}20.73±8.67	12.80±6.67	10.85±8.38	8.30±6.53	8.25±5.84	13.55±7.18
5	NW	^{d}19.37±7.31	^{b}2.00±0.46	^{ab}2.15±1.39	^{c}2.30±1.51	^{c}1.10±0.17	^{b}3.55±1.09
	2NW	^{c}50.63±15.49	^{a}13.15±9.57	^{ab}10.40±7.11	^{b}7.50±1.20	^{a}11.45±4.03	^{a}13.90±8.51
	5NW	^{b}80.13±13.34	^{ab}7.80±5.50	^{ab}8.40±7.80	^{b}7.70±3.24	^{ab}8.70±4.17	^{a}15.40±3.30
	10NW	^{a}104.97±9.05	^{ab}10.00±0.35^{c}	^{a}11.60±1.93^{bc}	^{a}16.10±2.00^{ab}	^{ab}9.50±5.34^{c}	^{a}20.20±1.25^{a}
	SW	^{d}10.66±5.89	^{b}1.75±0.74^{b}	^{b}1.80±1.03^{b}	^{c}2.30±1.35^{b}	^{bc}3.30±1.37^{ab}	^{b}5.22±0.92^{a}
3	NW	^{d}21.63±6.77	^{c}4.20±2.62	^{d}2.10±1.08	^{c}4.80±3.17	^{c}4.00±3.08	^{bc}7.20±2.62
	2NW	^{c}52.05±5.18	^{bc}24.80±1.73	^{c}15.00±3.65	^{b}24.20±2.50	^{bc}17.60±10.76	^{b}26.50±0.63
	5NW	^{b}97.80±6.68	^{a}75.50±30.35	^{b}40.00±4.82	^{a}64.00±13.94	^{ab}44.50±3.46	^{a}80.00±25.13
	10NW	^{a}105.47±12.94	^{b}45.00±0.29	^{a}62.00±3.77	^{a}67.00±9.12	^{a}60.00±23.43	^{a}75.00±7.94
	SW	^{e}3.91±0.67	^{c}2.80±0.17^{ab}	^{d}2.10±2.79^{ab}	^{c}1.40±1.39^{ab}	^{c}1.30±0.46^{b}	^{c}3.45±0.15^{a}

หมายเหตุ ตัวอักษรมุมซ้ายมือ (แนวตั้ง) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างความเข้มข้นของน้ำเสีย อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
ตัวอักษรมุมขวามือ (แนวนอน) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างชนิดพืช อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

กระบวนการบำบัด BOD ของพื้นที่ชุ่มน้ำ คือ การตกตะกอนของอนุภาค และการย่อยสลายสารอินทรีย์ของจุลินทรีย์ทั้งที่ใช้และไม่ใช้ออกซิเจน (Kadlec, 1995)

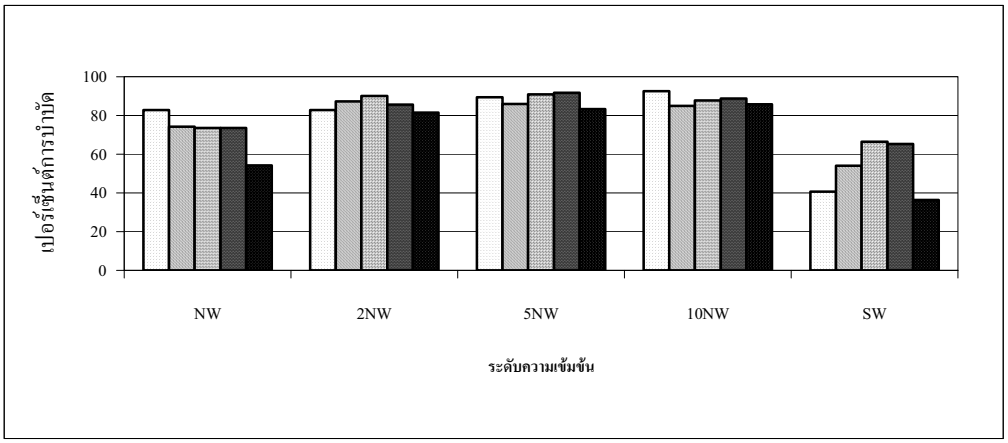
โดยทั่วไปเปอร์เซ็นต์การบำบัด BOD ในน้ำเสียทุกความเข้มข้น เมื่อใช้ระยะกักเก็บ 7 วัน มีค่าสูงกว่าเมื่อใช้ระยะกักเก็บ 5 วัน และ 3 วัน ตามลำดับ (ตารางที่ 4-4 และ รูปที่ 4-1)

นอกจากนี้พบว่า เปอร์เซ็นต์การบำบัด BOD ในชุดทดลองที่ปลูกกล้าไม้สูงกว่าชุดควบคุมที่ไม่ปลูกพืช ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Klomjek and Nitisorant (2005) ที่พบว่า ระบบพื้นที่ชุ่มน้ำที่ปลูกพืชจะมีประสิทธิภาพในการบำบัด BOD สูงกว่า และยังสอดคล้องกับผลการศึกษานี้ที่พบว่าชุดทดลองที่ปลูกกล้าไม้มี DO สูงกว่าชุดควบคุม ทั้งนี้เพราะพืชจะเพิ่มปริมาณ DO ซึ่งสนับสนุนการย่อยสลายสารอินทรีย์ของจุลินทรีย์ที่ใช้ออกซิเจน และในสภาพที่มีออกซิเจนจะมีอัตราการย่อยสลายสารอินทรีย์สูงกว่าการย่อยสลายในสภาพที่ไม่ใช้ออกซิเจน (ศุวศา กานตวนิชกูร, 2544) แต่อย่างไรก็ตามโดยทั่วไปไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของเปอร์เซ็นต์การบำบัด BOD ในน้ำเสียระหว่างชุดทดลองที่ปลูกกล้าไม้และชุดควบคุมที่ไม่ปลูกพืช (รูปที่ 4-2)

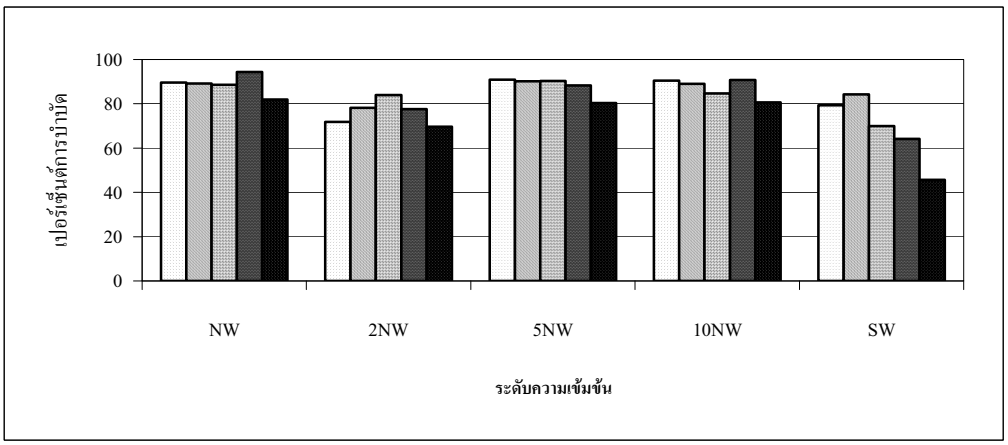
ตารางที่ 4-4 เปอร์เซ็นต์การบำบัดบีโอดีเมื่อใช้ระยะเวลากักเก็บต่างกัน ในระบบกะ โครงการที่ 1-1

กักเก็บ (วัน)	ชุดทดลอง	เปอร์เซ็นต์การบำบัด (%)				
		โกงกางใบใหญ่	แสมทะเล	พังกาหัวสุม	โปรงแดง	ไม่ปลูกพืช
7	NW	^{a}82.79±7.16	74.21±24.06	73.62±19.04	73.54±13.12	54.26±43.50
	2NW	^{a}82.81±9.03	87.30±10.78	90.01±4.08	85.68±5.44	81.55±9.02
	5NW	^{a}89.46±0.42	85.89±14.01	90.85±6.85	91.70±6.56	83.30±13.36
	10NW	^{a}92.51±1.65	85.02±10.65	87.78±8.89	88.75±4.68	85.71±8.46
	SW	^{b}40.68±8.67	54.02±27.76	66.52±22.74	65.23±17.61	36.36±13.50
5	NW	89.61±2.68	89.21±6.49	88.55±6.48	^{a}94.32±0.76	^{a}81.91±3.53
	2NW	71.85±20.39	78.13±15.14	83.99±5.91	^{ab}77.55±3.92	^{a}69.64±19.48
	5NW	90.95±5.58	90.20±7.76	90.38±3.55	^{a}88.35±6.92	^{a}80.40±5.08
	10NW	90.47±0.38^{a}	88.99±1.27^{ab}	84.70±1.08^{bc}	^{a}90.80±5.52^{a}	^{a}80.70±1.90^{c}
	SW	79.38±16.11	84.25±4.18	69.87±31.37	^{b}64.10±19.82	^{b}45.73±19.55
3	NW	^{a}78.63±15.04	^{a}90.04±4.58	75.68±17.36	79.83±15.47	^{a}64.16±18.25
	2NW	^{abc}51.95±7.08	^{ab}70.57±10.19	52.93±9.50	63.43±18.39	^{ab}31.21±8.60
	5NW	^{c}23.39±29.20	^{bc}59.17±3.72	34.80±12.62	54.54±2.25	^{c}18.67±23.64
	10NW	^{ab}56.73±3.99	^{c}41.04±5.89	40.38±6.94	43.66±20.35	^{bc}28.99±4.69
	SW	^{bc}28.09±7.55^{b}	^{c}46.03±21.34^{ab}	65.33±32.58^{a}	67.02±9.94^{a}	^{c}11.62±3.14^{b}

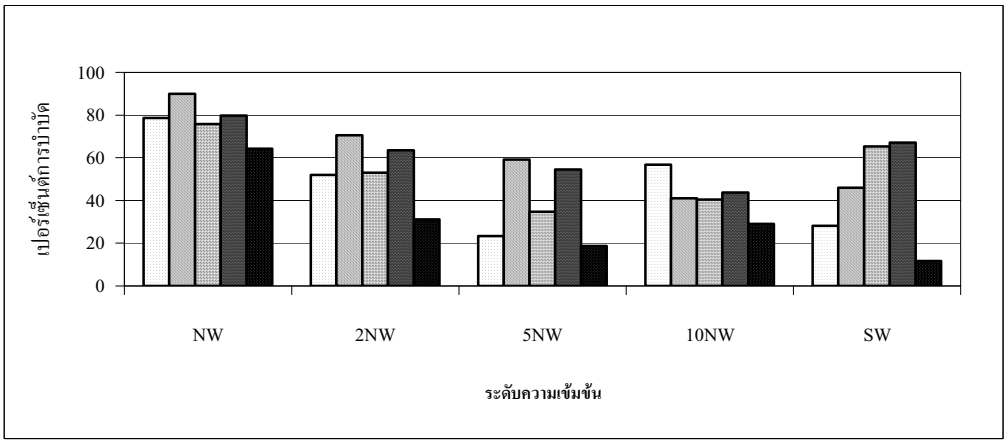
หมายเหตุ ตัวอักษรมุมซ้ายมือ (แนวตั้ง) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างความเข้มข้นของน้ำเสีย อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
ตัวอักษรมุมขวามือ (แนวนอน) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างชนิดพืช อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%



(ก) ระยะเวลากักเก็บ 7 วัน

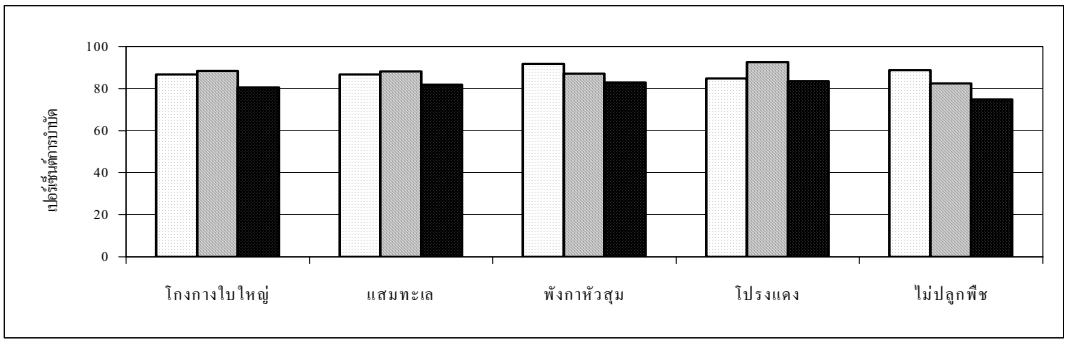


(ข) ระยะเวลากักเก็บ 5 วัน

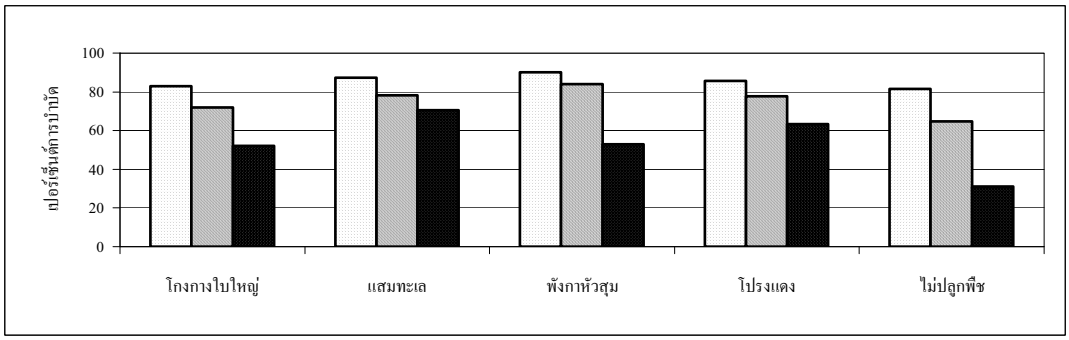


(ค) ระยะเวลากักเก็บ 3 วัน

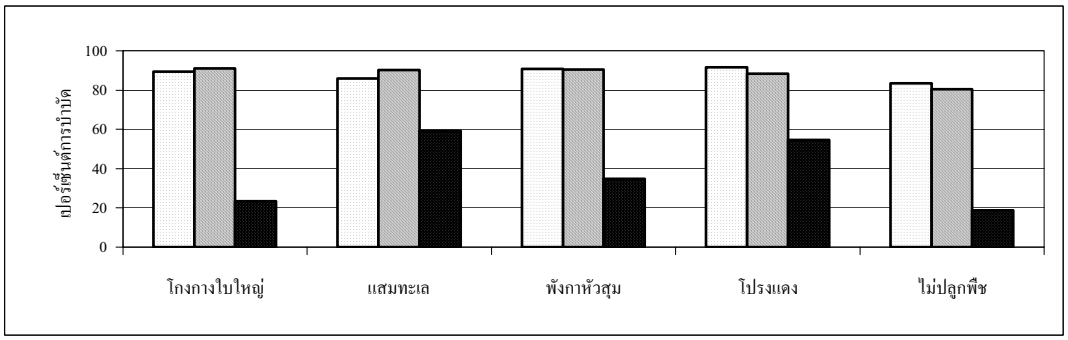
รูปที่ 4-1 เปอร์เซ็นต์การบำบัด BOD ของน้ำเสียเมื่อใช้ระยะเวลากักเก็บต่างกัน ในระบบกะ โครงการที่ 1-1



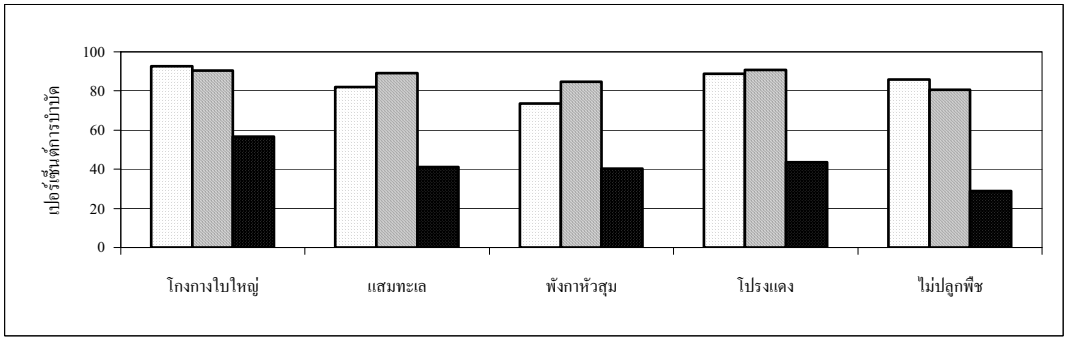
(ก) น้ำเสีย NW



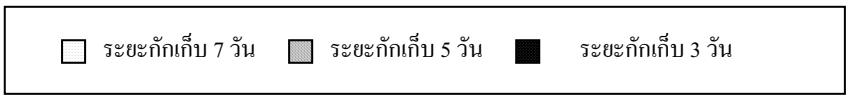
(ข) น้ำเสีย 2NW



(ค) น้ำเสีย 5NW



(ง) น้ำเสีย 10NW



รูปที่ 4-2 เปอร์เซ็นต์การบำบัด BOD ของน้ำเสียต่างระดับความเข้มข้น ในระบบกะ โครงการที่ 1-1

ไนโตรเจนทั้งหมด (Total Nitrogen : TN)

น้ำเสียชุมชน โดยทั่วไปจะมี TN 4 รูป คือ (1) อินทรีย์ไนโตรเจนซึ่งจะประกอบด้วยสารประกอบต่างๆ เช่น กรดอะมิโน และยูเรีย (2) ไนไตรท์ (NO_2-N) (3) ไนเตรท (NO_3-N) และ (4) แอมโมเนีย (NH_4-N) โดยทั่วไปจะพบไนโตรเจนในรูปของแอมโมเนียมากที่สุด

การบำบัดไนโตรเจนในพื้นที่ชุ่มน้ำเป็นกระบวนการทาง biogeochemical ในดินและน้ำ โดยขั้นแรกอินทรีย์ไนโตรเจนจะถูกย่อยสลายโดยกระบวนการทางชีวภาพ คือ กระบวนการแอมโมนิฟิเคชัน (ammonification) เปลี่ยนไปเป็นแอมโมเนีย ซึ่งในสภาวะที่มีน้ำท่วมขังจะมีชั้นออกซิเจนอยู่เหนือระดับดิน แอมโมเนียในชั้นที่ขาดออกซิเจนจะแพร่เข้าสู่ชั้นที่มีออกซิเจน แล้วถูกบำบัดโดยกระบวนไนตริฟิเคชั่น (nitrification) เปลี่ยนรูปไปเป็นไนเตรท โดย nitrifying bacteria จากนั้นไนเตรทจะแพร่จากบริเวณที่มีออกซิเจนไปสู่บริเวณที่ไม่มีออกซิเจน แล้วถูกรีดิวซ์กลายเป็นไนตรัสออกไซด์ (N_2O) และ ก๊าซไนโตรเจน (N_2) สูญเสียออกนอกระบบโดยกระบวนการดีไนตริฟิเคชัน (denitrification) (Gray et al., 2000) นอกจากนี้ไนโตรเจนยังถูกบำบัดโดยการระเหยของแอมโมเนีย (ammonia volatilizabion) และการนำไปใช้โดยพืชและจุลินทรีย์ในรูปของแอมโมเนียและไนเตรท (Brix, 1993) รวมทั้งการดูดซับแอมโมเนียไว้โดยอนุภาคดินเหนียว นอกจากนี้ไนเตรทบางส่วนอาจสูญหายจากระบบโดยการชะละลาย (leaching) ไปกับน้ำออก

น้ำเสีย NW, 2NW, 5NW และ 10NW ที่เข้าสู่ชุดทดลองมีค่า TN แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยมีค่าอยู่ในช่วง 18.418-26.196, 42.902-48.222, 101.640-107.520 และ 209.378-218.898 mg/l ตามลำดับ และน้ำที่ผ่านการบำบัดจากชุดทดลองที่ได้รับน้ำเสียความเข้มข้นสูงจะมีค่าสูงกว่าน้ำที่ผ่านการบำบัดจากชุดทดลองที่ได้รับน้ำสียความเข้มข้นต่ำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 4-5)

เมื่อใช้ระยะเวลากักเก็บน้ำเสียนานขึ้นจะทำให้ค่า TN ของน้ำที่ผ่านการบำบัดลดต่ำลง พบว่า ระยะกักเก็บ 7 วัน สามารถบำบัดน้ำเสียทุกความเข้มข้น (แม้น้ำเสีย 10NW จะมีค่าเฉลี่ย TN สูงถึง 213.598$\pm$21.472 mg/l ก็ตาม (ตารางที่ 4-1) ให้มีค่าไม่เกินมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากอาคารประเภท ก ซึ่งกำหนดให้ TN มีค่าไม่เกิน 35 mg/l ได้ ยกเว้นในระบบที่ไม่ปลูกพืช เมื่อใช้ระยะกักเก็บ 5 วัน สามารถบำบัดน้ำเสีย NW, 2NW และ 5NW ให้มีค่าไม่เกิน 35 mg/l แต่เมื่อใช้ระยะกักเก็บลดลงเป็น 3 วัน สามารถบำบัดได้เฉพาะน้ำเสีย NW และ 2NW ให้มีค่าไม่เกินมาตรฐานได้ (ตารางที่ 4-5)

เมื่อเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การบำบัด TN เมื่อใช้ระยะเวลากักเก็บต่างกัน พบว่า เปอร์เซ็นต์การบำบัดเมื่อใช้ระยะเวลากักเก็บ 7 วัน จะสูงกว่า 5 วัน และ 3 วัน ตามลำดับ (ตารางที่ 4-6 และ รูปที่ 4-3) ดังนั้น หากน้ำเสียมีความเข้มข้นของ TN สูง ควรใช้ระยะเวลากักเก็บที่นานขึ้น ซึ่งผลการทดลองนี้สอดคล้องกับที่ Sansanayuth et al. (1996) ได้ทดลองบำบัดน้ำทิ้งจากนากุ้งในศูนย์ศึกษาการพัฒนาอ่าวคุ้งกระเบนอันเนื่องมาจากพระราชดำริ จังหวัดจันทบุรี โดยสร้างพื้นที่ชุ่มน้ำเทียมที่ปลูกปรงทะเล (*Acrostichum aureum*) ใช้การปล่อยน้ำแบบต่อเนื่อง ระยะเวลากักเก็บ 1, 2 และ 3 วัน พบว่า เปอร์เซ็นต์การบำบัด TN เมื่อใช้ระยะเวลากักเก็บ 3 วัน สูงกว่าระยะเวลากักเก็บ 2 วัน และ 1 วัน ตามลำดับ โดยมีค่า 61.3, 57.3 และ 53.8% ตามลำดับ และสอดคล้องกับที่ ศุวศา กานตวนิชกูร (2544) กล่าวไว้ว่า สารอนินทรีย์ไนโตรเจนจะลดลงตามระยะเวลาสัมผัส โดยระบบที่มีระยะเวลากักเก็บนานจะเสมือนกับระบบที่มีระยะห่างจากจุดปล่อยน้ำเข้า (inlet) มาก จึงทำให้ประสิทธิภาพการบำบัดสูงขึ้น

เปอร์เซ็นต์การบำบัดของชุดทดลองที่ได้รับน้ำเสีย NW, 2NW และ 5NW จะมีค่าสูงกว่าชุดทดลองที่ได้รับน้ำเสีย 10NW โดยมีแนวโน้มว่าเปอร์เซ็นต์การบำบัดลดลงเมื่อน้ำเสียมีความเข้มข้นของ TN สูงขึ้น (ซึ่งแนวโน้มดังกล่าวจะชัดเจนมากขึ้นเมื่อระยะเวลากักเก็บสั้นลง ซึ่งแสดงว่า การเพิ่มระยะเวลากักเก็บจะทำให้ระบบมีศักยภาพที่จะบำบัดน้ำเสียที่มีความเข้มข้นของ TN สูงได้ดีขึ้น) และชุดทดลองที่ปลูกพืชจะมีเปอร์เซ็นต์การบำบัดสูงกว่าชุดทดลองที่ไม่ปลูกพืชอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (รูปที่ 4-4) โดยพืชมีบทบาทในการบำบัด TN โดยการดูดดึงแอมโมเนียและไนเตรทไปใช้เพื่อสร้างสารอินทรีย์ในเนื้อเยื่อ รวมทั้งจัดเตรียมสภาพแวดล้อมบริเวณรากให้เหมาะสมต่อการเกิดกระบวนการไนตริฟิเคชัน

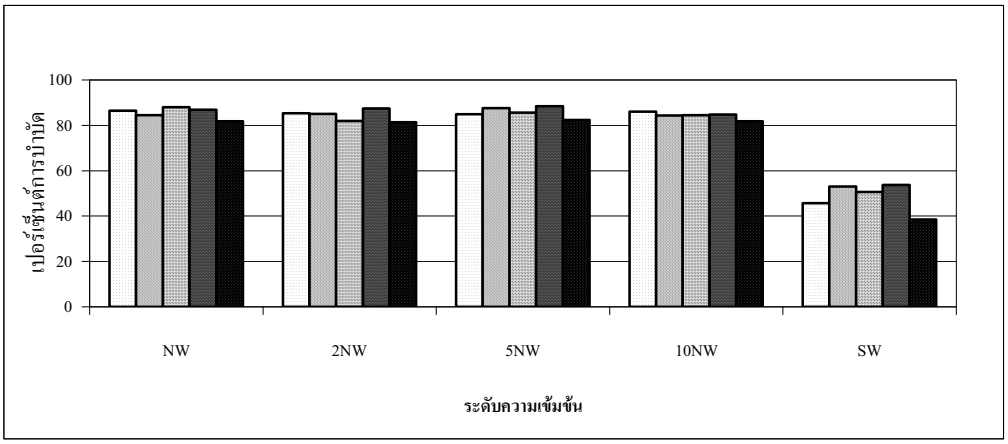
ตารางที่ 4-5 ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดของน้ำก่อนและหลังการบำบัดเมื่อใช้ระยะเวลากักเก็บต่างกัน ในระบบกะ โครงการที่ 1-1

กักเก็บ (วัน)	ชุดทดลอง	น้ำเข้า (mg/l)	น้ำออก (mg/l)				
			โกงกางใบใหญ่	แสมทะเล	พังกาหัวสุม	โปรงแดง	ไม่ปลูกพืช
7	NW	^{d}26.196±2.005	^{d}3.391±0.585^{bc}	^{cd}3.951±0.430^{b}	^{c}3.111±0.430^{c}	^{d}3.391±0.617^{bc}	^{d}4.667±0.686^{a}
	2NW	^{c}47.756±8.534	^{c}7.404±1.284^{ab}	^{c}7.124±1.435^{ab}	^{bc}8.556±1.030^{a}	^{c}5.973±1.268^{b}	^{c}8.804±2.449^{a}
	5NW	^{b}101.640±4.221	^{b}15.307±3.345^{ab}	^{b}12.631±2.651^{bc}	^{b}14.498±3.327^{bc}	^{b}11.636±1.681^{c}	^{b}17.796±3.438^{a}
	10NW	^{a}212.520±13.804	^{a}29.618±4.623	^{a}33.258±10.020	^{a}33.103±15.606	^{a}32.138±2.640	^{a}38.547±5.966
	SW	^{e}5.880±3.704	^{d}2.146±0.313^{b}	^{d}1.991±0.295^{b}	^{c}2.178±0.460^{b}	^{d}2.116±0.687^{b}	^{d}2.738±0.623^{a}
5	NW	^{d}18.418±4.195	^{d}2.644±1.344^{b}	^{d}2.330±1.244^{b}	^{d}2.582±1.194^{b}	^{c}5.476±3.016^{a}	^{d}3.236±1.344^{b}
	2NW	^{c}48.222±8.438	^{c}6.938±0.697^{b}	^{c}5.351±0.355^{b}	^{c}5.942±1.135^{b}	^{c}5.476±3.016^{b}	^{c}9.147±2.481^{a}
	5NW	^{b}107.520±8.428	^{b}14.840±2.266^{b}	^{b}14.996±2.832^{b}	^{b}16.924±3.728^{ab}	^{b}19.538±7.695^{ab}	^{b}20.502±5.202^{a}
	10NW	^{a}218.898±15.302	^{a}33.787±4.733^{c}	^{a}44.582±3.513^{b}	^{a}55.098±4.687^{a}	^{a}48.080±13.345^{ab}	^{a}54.880±8.109^{a}
	SW	^{e}4.667±1.726	^{d}1.898±0.390^{b}	^{d}1.618±0.123^{b}	^{d}1.244±0.373^{c}	^{c}1.244±0.373^{c}	^{d}2.271±0.382^{a}
3	NW	^{d}22.462±5.929	^{d}4.387±0.420^{b}	^{d}4.542±1.913^{b}	^{d}3.764±2.275^{b}	^{d}4.107±2.686^{b}	^{d}6.813±1.435^{a}
	2NW	^{c}42.902±7.772	^{c}28.876±2.671^{a}	^{c}12.258±0.638^{b}	^{c}13.067±5.036^{b}	^{c}14.280±1.196^{b}	^{c}23.738±5.028^{a}
	5NW	^{b}106.027±10.639	^{b}48.720±0.370^{a}	^{b}36.389±8.355^{c}	^{b}39.604±3.369^{bc}	^{b}42.218±4.362^{b}	^{b}51.956±1.515^{a}
	10NW	^{a}209.378±31.949	^{a}85.742±14.5496^{c}	^{a}83.627±10.729^{d}	^{a}107.489±13.841^{a}	^{a}97.191±1.396^{bc}	^{a}115.453±18.845
	SW	^{e}3.236±0.445	^{d}2.147±0.343^{c}	^{d}2.396±0.203^{abc}	^{d}2.178±0.789^{bc}	^{d}2.551±0.219^{ab}	^{d}2.738±0.623^{a}

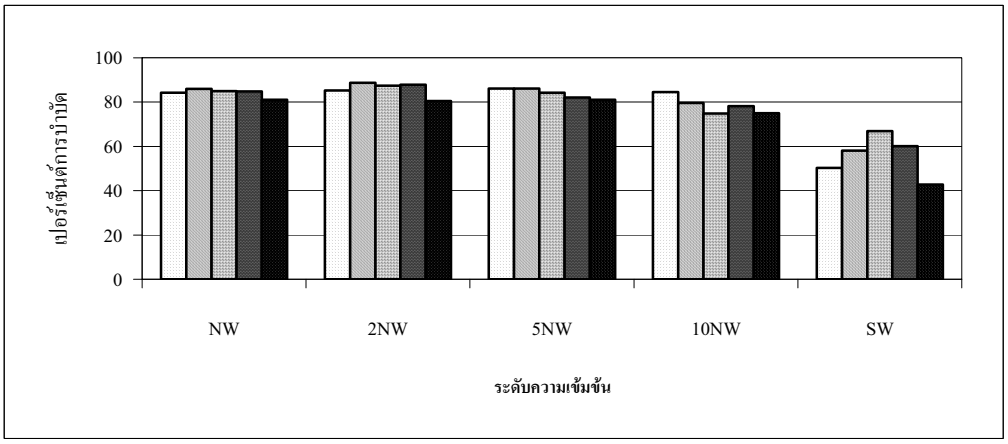
ตารางที่ 4-6 เปอร์เซ็นต์การบำบัดไนโตรเจนทั้งหมดเมื่อใช้ระยะเวลากักเก็บต่างกัน ในระบบกะ โครงการที่ 1-1

กักเก็บ (วัน)	ชุดทดลอง	เปอร์เซ็นต์การบำบัด (%)				
		โกงกางใบใหญ่	แสมทะเล	พังกาหัวสุม	โปรงแดง	ไม่ปลูกพืช
7	NW	^{a}86.53±1.52^{ab}	^{a}84.55±2.49^{b}	^{a}87.95±1.40^{a}	^{a}86.88±2.14^{a}	^{a}81.77±3.42^{c}
	2NW	^{a}85.27±2.55^{bc}	^{a}85.04±2.46^{ab}	^{a}81.96±1.95^{bc}	^{a}87.47±2.21^{a}	^{a}81.42±5.16^{c}
	5NW	^{a}84.87±3.26^{bc}	^{a}87.56±2.36^{ab}	^{a}85.55±3.95^{ab}	^{a}88.48±1.78^{a}	^{a}82.34±3.71^{c}
	10NW	^{a}86.08±1.84	^{a}84.33±4.69	^{a}84.47±7.12	^{a}84.82±1.57^{a}	^{a}81.85±2.62
	SW	^{b}45.69±28.03	^{b}52.99±20.73	^{b}50.68±19.46	^{b}53.75±17.95	^{b}38.51±23.77
5	NW	^{a}84.19±10.19	^{ab}86.00±9.45	^{a}84.99±8.09	^{ab}84.80±9.31	^{a}81.01±9.88
	2NW	^{a}85.27±2.55^{ab}	^{a}88.68±1.35^{a}	^{a}87.39±2.82^{a}	^{a}87.80±7.70^{a}	^{a}80.43±6.70^{b}
	5NW	^{a}86.14±1.69^{a}	^{ab}86.07±1.73^{a}	^{a}84.32±2.37^{ab}	^{ab}82.07±6.37^{b}	^{a}81.07±3.63^{b}
	10NW	^{a}84.53±1.92^{a}	^{b}79.58±1.10^{b}	^{b}74.90±1.03^{c}	^{b}78.11±5.44^{b}	^{a}74.96±0.62^{c}
	SW	^{b}50.33±17.64^{bc}	^{c}58.16±11.33^{ab}	^{c}66.86±16.14^{a}	^{c}60.08±11.73^{ab}	^{b}42.77±11.95^{c}
3	NW	^{a}80.20±3.32^{a}	^{a}78.93±9.84^{ab}	^{a}82.10±11.74^{a}	^{a}80.38±13.58^{a}	^{a}68.74±9.30^{b}
	2NW	^{c}51.39±4.33^{b}	^{b}71.26±2.88^{a}	^{b}68.77±13.78^{a}	^{b}66.70±1.46^{a}	^{b}44.88±9.49^{b}
	5NW	^{bc}53.95±2.21^{c}	^{bc}65.75±7.61^{a}	^{b}62.53±3.94^{ab}	^{bc}60.12±4.33^{b}	^{b}50.95±1.10^{c}
	10NW	^{b}58.86±8.15^{ab}	^{c}60.16±4.05^{a}	^{c}48.72±5.76^{cd}	^{c}53.55±1.56^{bc}	^{b}44.96±7.99^{d}
	SW	^{d}38.14±8.64^{a}	^{d}25.66±6.80^{ab}	^{d}33.70±19.50^{a}	^{d}20.52±10.14^{b}	^{c}16.01±13.45^{b}

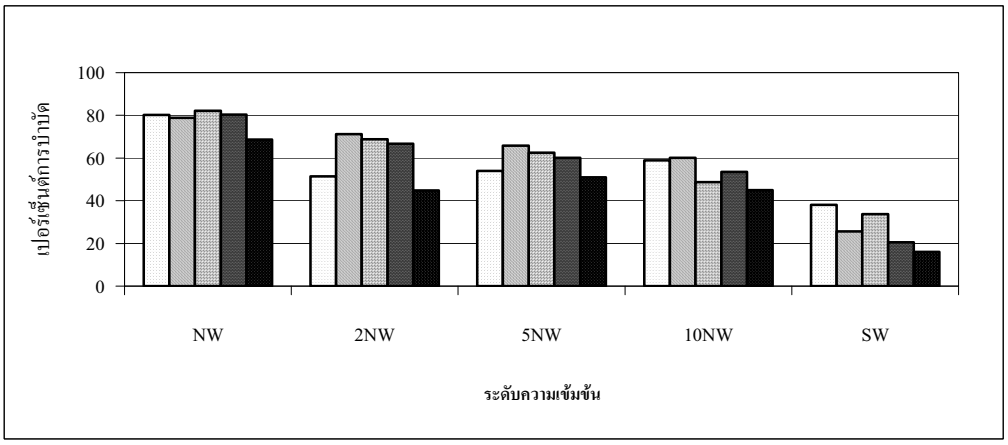
หมายเหตุ ตัวอักษรมุมซ้ายมือ (แนวตั้ง) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างความเข้มข้นของน้ำเสีย อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
ตัวอักษรมุมขวามือ (แนวนอน) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างชนิดพืช อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%



(ก) ระยะเวลากักเก็บ 7 วัน

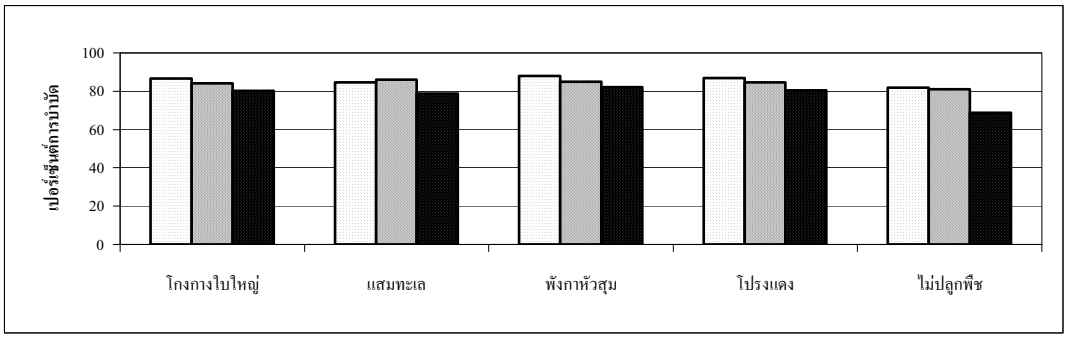


(ข) ระยะเวลากักเก็บ 5 วัน

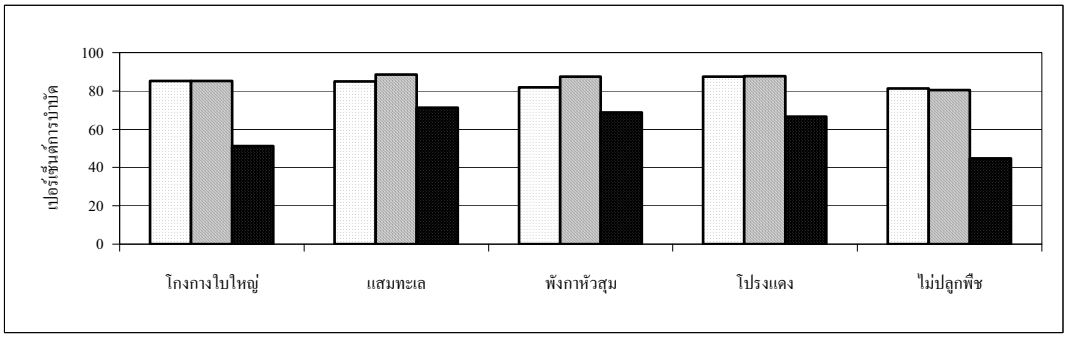


(ค) ระยะเวลากักเก็บ 3 วัน

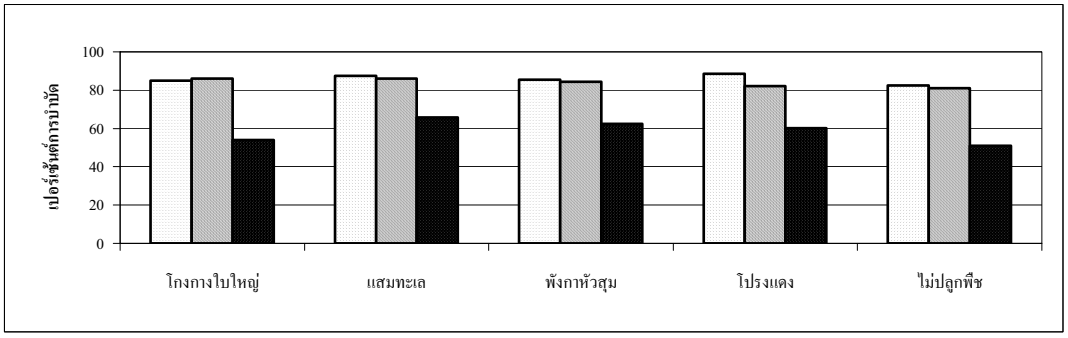
รูปที่ 4-3 เปอร์เซ็นต์การบำบัดไนโตรเจนทั้งหมดของน้ำเสียเมื่อใช้ระยะเวลากักเก็บต่างกัน ในระบบกะ โครงการที่ 1-1



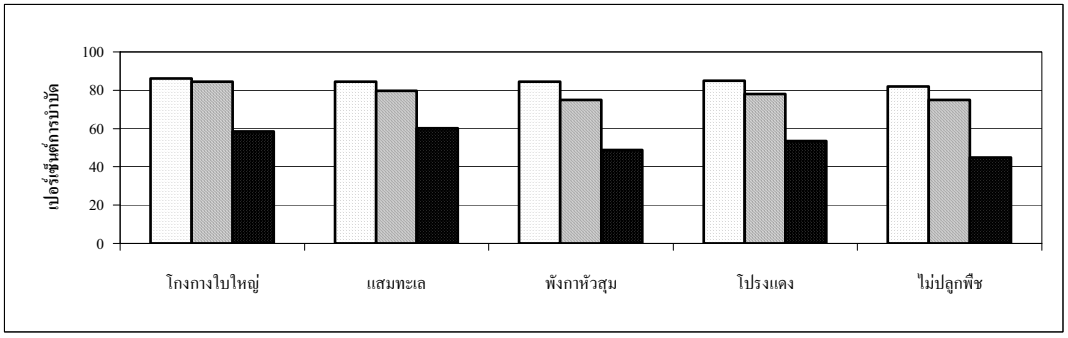
(ก) น้ำเสีย NW



(ข) น้ำเสีย 2NW



(ค) น้ำเสีย 5NW



(ง) น้ำเสีย 10 NW

รูปที่ 4-4 เปอร์เซ็นต์การบำบัดไนโตรเจนทั้งหมดของน้ำเสียต่างระดับความเข้มข้น ในระบบกะ โครงการที่ 1-1

แอมโมเนีย-ไนโตรเจน (Ammonia Nitrogen : NH_3-N)

กระบวนการบำบัดแอมโมเนียในพื้นที่ชุ่มน้ำ คือ กระบวนการไนตริฟิเคชัน (nitrification) ซึ่งเกิดขึ้นในบริเวณที่มีออกซิเจนซึ่งได้แก่ รอยต่อระหว่างน้ำกับดิน (soil and water interface) และบริเวณ rhizosphere ซึ่งเป็นชั้นบางๆ รอบรากพืช โดยแอมโมเนียจะเปลี่ยนรูปเป็นไนไตรท์และไนเตรท อัตราการเกิดกระบวนการไนตริฟิเคชันจะขึ้นกับอุณหภูมิ ปริมาณออกซิเจน และความเข้มข้นของแอมโมเนีย หากความเข้มข้นของแอมโมเนียในน้ำเสียมีค่าสูงจะทำให้กระบวนการไนตริฟิเคชันช้าลงหรือล้มเหลว เนื่องจากออกซิเจนอาจถูกใช้จนหมดไปกระทั่งไม่สามารถเกิดกระบวนการไนตริฟิเคชันต่อไปได้อีก (Reed and Brown, 1995 อ้างถึงใน Gray et al., 1995) จากนั้นไนเตรทและไนไตรท์ในจะเกิดดีไนตริฟิเคชัน (denitrification) ในบริเวณที่ไม่มีออกซิเจนอย่างรวดเร็วและปลดปล่อยก๊าซไนโตรเจนสู่บรรยากาศ นอกจากนี้แอมโมเนียในพื้นที่ชุ่มน้ำยังถูกบำบัดได้โดยการนำไปใช้โดยพืชและจุลินทรีย์ และการระเหยของแอมโมเนีย (ammonia volatilization) ซึ่งจะมีบทบาทมากเมื่อน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบมีความเข้มข้นของแอมโมเนียสูง และมี pH สูงกว่า 8.0 กระบวนการนี้จะถูกควบคุมโดยปัจจัยต่างๆ ได้แก่ อุณหภูมิ ความหนาแน่นของพืช การหมุนเวียนของอากาศเหนือผิวน้ำ การผสมของน้ำใน water column ความเข้มข้นของแอมโมเนียมไอออน (NH_4^+) กิจกรรมของแอลจี และ การผันแปรของ pH (Reddy and D'Angelo, 1997)

น้ำเสีย NW, 2NW, 5NW และ 10NW ที่เข้าสู่ชุดทดลอง มีค่าแอมโมเนียอยู่ในช่วง 9.793-16.364, 8.866-10.419, 15.179-25.528 และ 30.846-49.174 mg/l ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นว่ามีค่าผันแปรค่อนข้างสูง และพบว่าน้ำเสีย 2NW มีค่าแอมโมเนียต่ำที่สุด และต่ำกว่าน้ำเสีย NW ด้วย (ตารางที่ 4-7) ดังที่ได้อภิปรายไว้แล้วในหัวข้อ 4.1.1 ส่วนน้ำที่ผ่านการบำบัดจากชุดทดลอง NW, 2NW, 5NW และ 10NW มีค่าเฉลี่ยแอมโมเนียอยู่ในช่วง 0.452-1.788, 1.559-6.756, 2.383-11.656 และ 10.871-27.497 mg/l ตามลำดับ ซึ่งมีค่าต่ำกว่าน้ำที่เข้าสู่ชุดทดลองอย่างชัดเจน

เปอร์เซ็นต์การบำบัดแอมโมเนียจะมีค่าสูงขึ้นเมื่อใช้ระยะเวลากักเก็บนานขึ้น เนื่องจากเป็นการเพิ่มระยะเวลาการดูดซับโดยอนุภาคดินเหนียว การดูดดึงไปใช้โดยพืช และการระเหยได้ นอกจากนี้ยังพบว่า เปอร์เซ็นต์การบำบัดแอมโมเนียของน้ำเสีย NW สูงกว่าน้ำเสีย 2NW, 5NW และ 10NW ตามลำดับ โดยมีแนวโน้มเช่นเดียวกับการบำบัด TN ซึ่งเปอร์เซ็นต์การบำบัดลดลงเมื่อน้ำเสียมีความเข้มข้นสูงขึ้น (ตารางที่ 4-8 และรูปที่ 4-5 ถึง 4-6) ซึ่งสอดคล้องกับที่ van Oostrom and Cooper, 1990 ตามที่อ้างถึงใน van Oostrom and Russell (1994) กล่าวไว้ว่า อัตราการเกิดกระบวนการไนตริฟิเคชันในพื้นที่ชุ่มน้ำที่ใช้บำบัดน้ำเสียจะต่ำ โดยเฉพาะเมื่อ loading ของแอมโมเนียมีค่าสูง และชุดทดลองที่ปลูกพืชจะมีเปอร์เซ็นต์การบำบัดสูงกว่าชุดทดลองที่ไม่ปลูกพืชอย่างชัดเจน ทั้งนี้เพราะพืชสามารถดูดดึงแอมโมเนียไปใช้ อย่างไรก็ตามไม่พบแนวโน้มที่ชัดเจนว่าพืชใดมีเปอร์เซ็นต์การบำบัดแอมโมเนียได้สูง

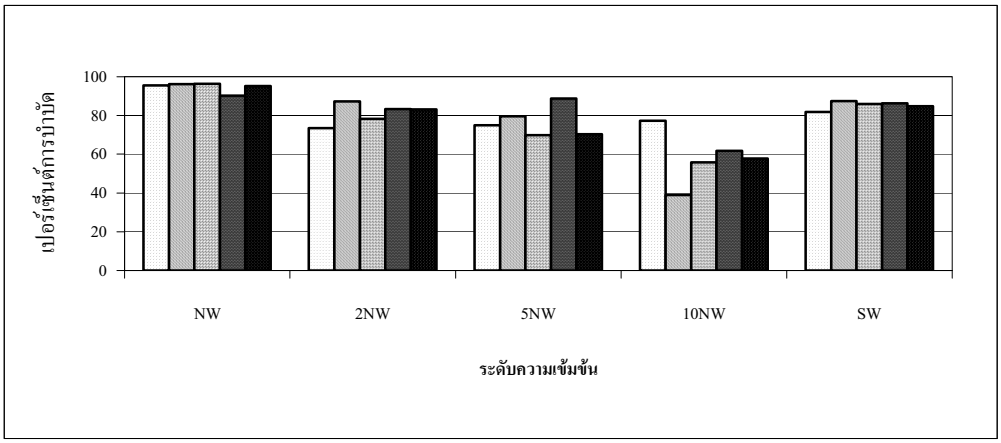
ตารางที่ 4-7 ปริมาณแอมโมเนียของน้ำก่อนและหลังการบำบัดเมื่อใช้ระยะเวลากักเก็บต่างกัน ในระบบกะ โครงการที่ 1-1

กักเก็บ (วัน)	ชุดทดลอง	น้ำเข้า (mg/l)	น้ำออก (mg/l)				
			โกงกางใบใหญ่	แสมทะเล	พังกาหัวสุม	โปรงแดง	ไม่ปลูกพืช
7	NW	^{c}16.364±1.876	^{c}0.576±0.543	^{b}0.664±0.561	^{c}0.574±0.352	^{b}0.703±0.682	^{c}0.741±0.483
	2NW	^{c}9.569±4.344	^{bc}3.322±3.867	^{b}1.559±1.693	^{bc}2.506±2.274	^{b}1.713±0.949	^{bc}1.680±1.276
	5NW	^{b}25.528±13.225	^{ab}7.391±5.4570	^{b}5.541±2.973	^{b}8.080±5.142	^{b}2.757±2.288	^{b}8.252±6.186
	10NW	^{a}49.174±15.897	^{a}10.871±7.345	^{a}25.681±18.105	^{a}21.062±13.880	^{a}19.163±13.798	^{a}19.813±15.845
	SW	^{d}0.290±0.198	^{c}0.066±0.022	^{b}0.042±0.009	^{c}0.047±0.021	^{b}0.049±0.009	^{c}0.061±0.046
5	NW	^{c}9.793±2.102	^{cd}0.600±0.290^{b}	^{d}0.628±0.197^{ab}	^{c}0.452±0.148^{b}	^{d}0.534±0.132^{b}	^{c}0.833±0.288^{a}
	2NW	^{c}8.866±3.465	^{c}2.341±0.582	^{c}3.167±0.683	^{b}2.956±0.922	^{c}2.597±0.178	^{c}2.123±1.886
	5NW	^{b}19.544±3.104	^{b}10.754±3.456^{a}	^{b}9.509±3.532^{a}	^{b}2.383±1.134^{b}	^{b}10.372±3.528^{a}	^{b}10.819±5.083^{a}
	10NW	^{a}36.129±15.126	^{a}13.486±3.368	^{a}14.048±2.075	^{a}12.816±0.944	^{a}13.891±3.19	^{a}15.540±3.193
	SW	^{d}0.236±0.104	^{d}0.048±0.17^{ab}	^{d}0.035±0.019^{b}	^{c}0.036±0.014^{b}	^{d}0.064±0.009^{a}	^{c}0.060±0.023^{a}
3	NW	^{b}14.250±3.177	^{c}0.736±0.365^{bc}	^{d}0.969±0.473^{bc}	^{c}0.613±0.333^{c}	^{cd}1.788±0.652^{a}	^{cd}1.362±0.939^{ab}
	2NW	^{b}10.419±4.768	^{b}5.736±3.119^{a}	^{c}4.673±0.253^{ab}	^{bc}2.640±1.123^{b}	^{bc}5.108±2.549^{ab}	^{bc}6.756±4.515^{a}
	5NW	^{b}15.179±7.215	^{b}8.664±6.848	^{b}6.367±2.170	^{b}6.963±3.671	^{b}6.598±2.226	^{b}11.656±6.950
	10NW	^{a}30.846±9.194	^{a}22.199±8.869	^{a}17.067±5.262	^{a}21.806±10.610	^{a}21.960±9.953	^{a}27.497±10.640
	SW	^{c}0.333±0.097	^{c}0.039±0.023^{b}	^{d}0.039±0.024^{b}	^{c}0.045±0.025^{b}	^{d}0.088±0.044^{a}	^{d}0.093±0.071^{a}

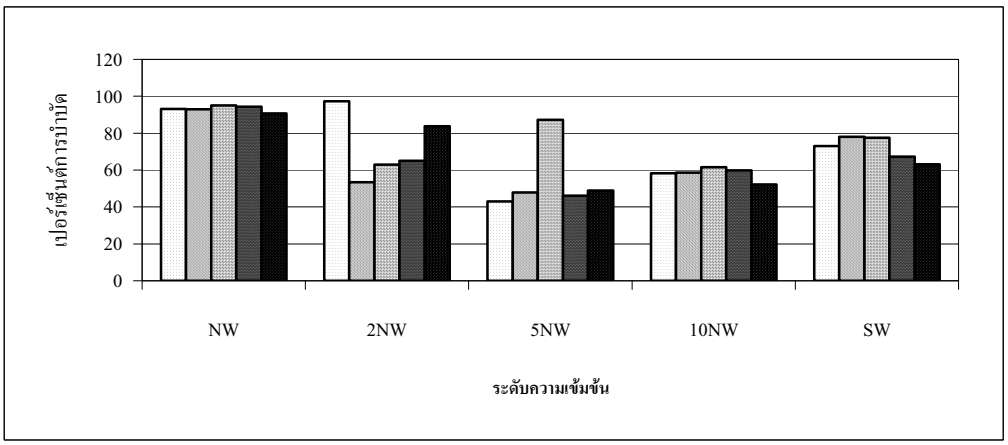
ตารางที่ 4-8 เปอร์เซ็นต์การบำบัดแอมโมเนียเมื่อใช้ระยะเวลากักเก็บต่างกัน ในระบบกะ โครงการที่ 1-1

กักเก็บ (วัน)	ชุดทดลอง	เปอร์เซ็นต์การบำบัด (%)				
		โกงกางใบใหญ่	แสมทะเล	พังกาหัวสุม	โปรงแดง	ไม่ปลูกพืช
7	NW	^{a}95.62±2.56	^{a}96.21±3.46	^{a}96.30±2.00	^{a}90.30±0.78	^{a}95.16±2.74
	2NW	^{b}73.51±26.86	^{ab}87.29±11.74	^{bc}78.21±16.86	^{a}83.37±10.94	^{ab}83.16±15.00
	5NW	^{b}74.99±11.77^{ab}	^{b}79.54±4.36^{ab}	^{cd}69.79±16.70^{b}	^{a}88.85±8.12^{a}	^{bc}70.33±22.02^{b}
	10NW	^{b}77.20±13.94^{a}	^{c}38.98±15.98^{b}	^{d}55.70±21.91^{ab}	^{b}61.78±23.63^{ab}	^{c}57.77±36.06^{ab}
	SW	^{ab}81.89±6.86	^{ab}87.38±5.44	^{ab}85.94±7.72	^{a}86.29±4.08	^{ab}84.83±8.04
5	NW	^{a}93.04±4.92	^{a}93.00±3.86	^{a}95.08±2.11	^{a}94.31±2.88	^{a}90.64±5.09
	2NW	^{b}67.25±22.49	^{c}53.39±35.59	^{c}62.96±17.22	^{b}65.06±20.17	^{ab}83.68±12.12
	5NW	^{c}42.99±21.94^{b}	^{c}47.80±27.99^{b}	^{ab}87.23±6.65^{a}	^{c}46.16±17.47^{b}	^{c}48.96±22.10^{b}
	10NW	^{bc}58.18±21.95	^{bc}58.67±13.23	^{c}61.60±13.50	^{cb}59.87±11.37	^{c}52.20±3.05
	SW	^{b}72.92±18.78	^{ab}78.04±21.55	^{b}77.43±20.25	^{b}67.36±25.24	^{bc}63.16±31.51
3	NW	^{a}95.30±1.82^{ab}	^{a}93.74±2.99^{ab}	^{a}95.99±1.86^{a}	^{a}87.74±5.65^{c}	^{a}91.51±5.05^{b}
	2NW	^{c}46.38±6.44^{b}	^{b}43.67±29.10^{b}	^{b}71.73±10.47^{a}	^{bc}43.41±25.75^{b}	^{b}44.48±29.92^{b}
	5NW	^{b}57.30±26.40^{a}	^{b}47.27±20.06^{ab}	^{c}55.61±3.73^{a}	^{b}52.75±11.13^{a}	^{bc}29.98±23.72^{b}
	10NW	^{c}29.61±13.96^{b}	^{b}44.47±5.25^{a}	^{d}35.19±17.44^{ab}	^{c}32.78±15.30^{ab}	^{c}13.84±11.65^{c}
	SW	^{a}88.98±4.52^{a}	^{a}88.43±5.17^{a}	^{a}87.72±5.42^{a}	^{a}74.18±8.55^{b}	^{a}74.84±16.12^{b}

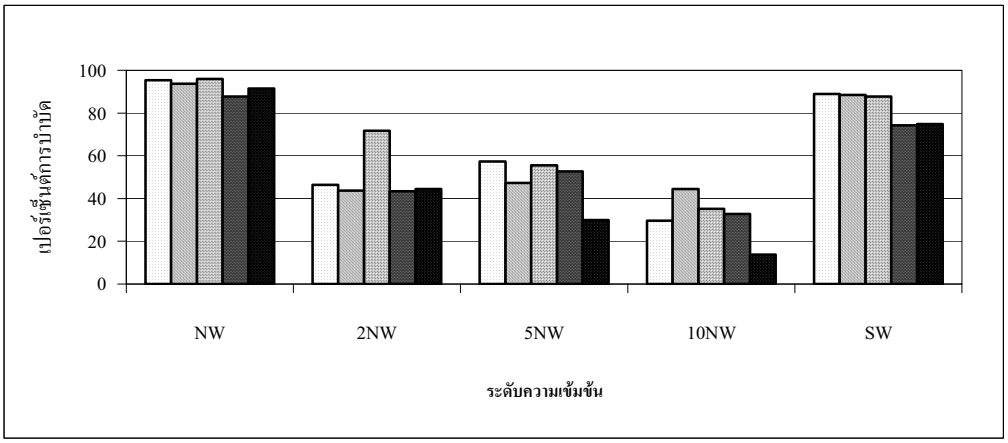
หมายเหตุ ตัวอักษรมุมซ้ายมือ (แนวตั้ง) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างความเข้มข้นของน้ำเสีย อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
ตัวอักษรมุมขวามือ (แนวนอน) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างชนิดพืช อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%



(ก) ระยะเวลากักเก็บ 7 วัน

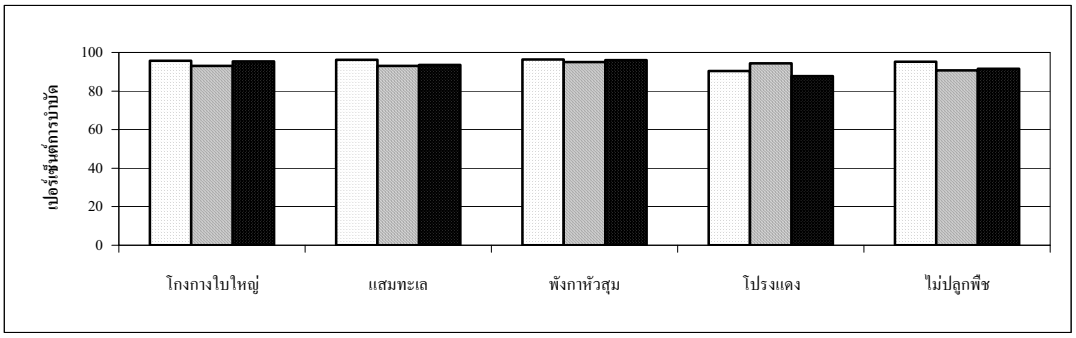


(ข) ระยะเวลากักเก็บ 5 วัน

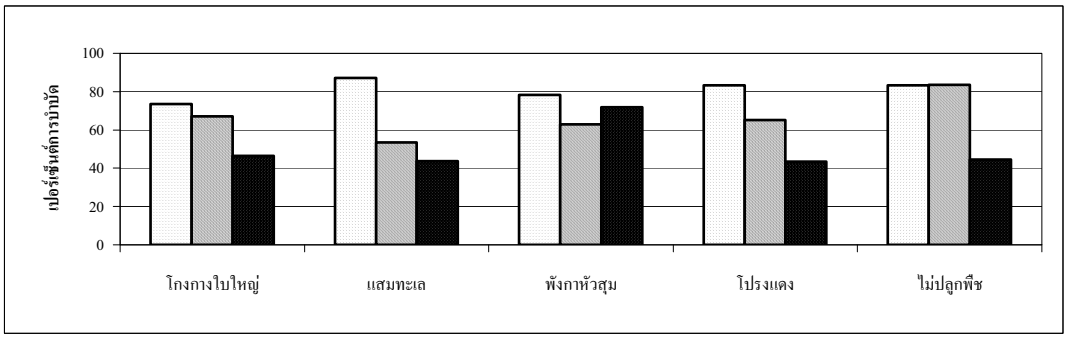


(ค) ระยะเวลากักเก็บ 3 วัน

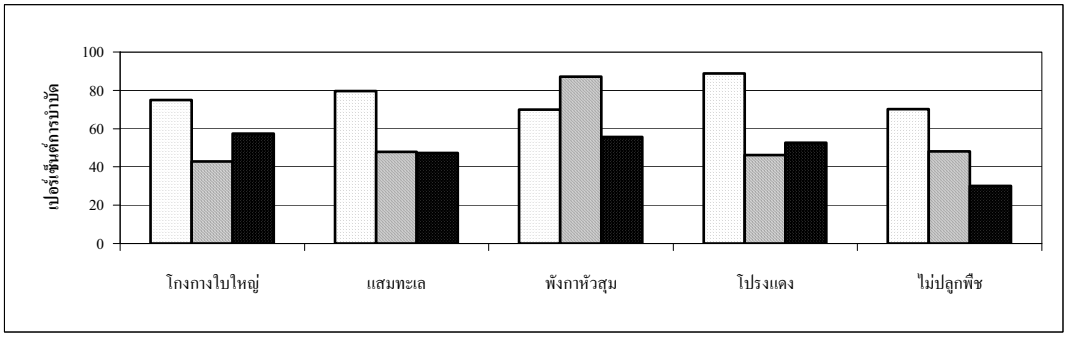
รูปที่ 4-5 เปอร์เซ็นต์การบำบัดแอมโมเนียของน้ำเสียเมื่อใช้ระยะเวลากักเก็บต่างกัน ในระบบกะ โครงการที่ 1-1



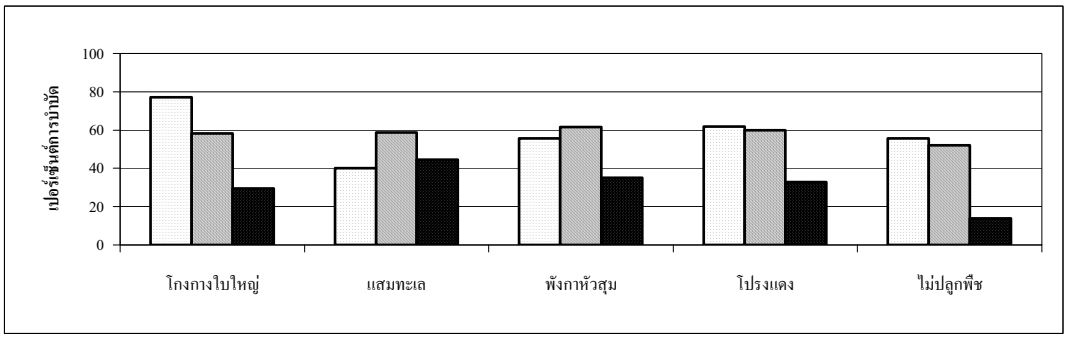
(ก) น้ำเสีย NW



(ข) น้ำเสีย 2 NW



(ค) น้ำเสีย 5 NW



(ง) น้ำเสีย 10 NW

รูปที่ 4-6 เปอร์เซ็นต์การบำบัดแอมโมเนียของน้ำเสียต่างระดับความเข้มข้น ในระบบกะ โครงการที่ 1-1

ไนเตรท-ไนโตรเจน (Nitrate Nitrogen : NO_3-N)

น้ำเสีย NW, 2NW, 5NW และ 10NW ที่เข้าสู่ชุดทดลอง มีค่าไนเตรทอยู่ในช่วง 0.153-0.212, 0.704-0.905, 0.668-0.882 และ 0.782-0.946 mg/l ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นว่าไนเตรทในน้ำเสียปรับความเข้มข้น 2NW, 5NW และ 10NW มีค่าใกล้เคียงกัน ซึ่งค่าจะอยู่ในช่วงที่สูงกว่าน้ำเสีย NW เนื่องจากน้ำเสียปรับความเข้มข้นมีปริมาณ DO สูงกว่า ทำให้กระบวนการ ไนตริฟิเคชันซึ่งเปลี่ยนรูปแอมโมเนียให้เป็นไนเตรทไม่ถูกจำกัด (ตารางที่ 4-9)

โดยทั่วไป เปอร์เซ็นต์การบำบัดไนเตรทในน้ำเสีย เมื่อใช้ระยะกักเก็บ 5 วัน สูงที่สุด รองลงมาคือ 7 วัน และ 3 วัน ตามลำดับ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะในช่วงแรกได้ทำการทดลองบำบัดน้ำเสียโดยใช้ระยะกักเก็บ 7 วัน เป็นช่วงที่พืชมีขนาดเล็กทำให้ปริมาณการดูดดึงไนเตรทไปใช้ในการเจริญเติบโตมีค่าต่ำกว่าเมื่อใช้ระยะกักเก็บ 5 วัน ซึ่งเป็นช่วงที่พืชมีการเจริญเติบโตที่ดีขึ้น (ตารางที่ 4-10 และ รูปที่ 4-7 ถึง 4-8) นอกจากนี้ในการทดลองใช้ระยะเวลากักเก็บ 7 วัน ครั้งที่ 1 ยังพบว่าน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วมีค่าไนเตรทสูงกว่าน้ำที่เข้าสู่ชุดทดลองเนื่องจากดินเลนที่ใช้ในการทดลองยังมีออกซิเจนอยู่ ทำให้จุลินทรีย์สามารถทำงานได้ในสภาวะที่มีออกซิเจนจึงไม่มีการใช้ไนเตรท ในทางตรงกันข้ามยังสามารถเกิดกระบวนการไนตริฟิเคชันเปลี่ยนแอมโมเนีย และไนไตรท์ให้เป็นไนเตรท

โดยทั่วไป เปอร์เซ็นต์การบำบัดไนเตรทในน้ำเสียทุกความเข้มข้นในชุดทดลองที่ปลูกพืช (13.33-79.06%) สูงกว่าชุดควบคุมที่ไม่ปลูกพืช (28.18-52.93%) และมีแนวโน้มว่า ชุดทดลองที่ปลูกแสมทะเลมีเปอร์เซ็นต์การบำบัด (13.33-72.81%) ต่ำกว่าชุดทดลองที่ปลูกพืชชนิดอื่น (17.03-79.06%)

ชุดทดลองที่ได้รับน้ำเสีย NW และ 2NW มีเปอร์เซ็นต์การบำบัดไนเตรทระหว่าง 30.53-79.06% สูงกว่าชุดทดลองที่ได้รับน้ำเสีย 5NW และ 10NW ซึ่งมีค่า 13.33-63.42% อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

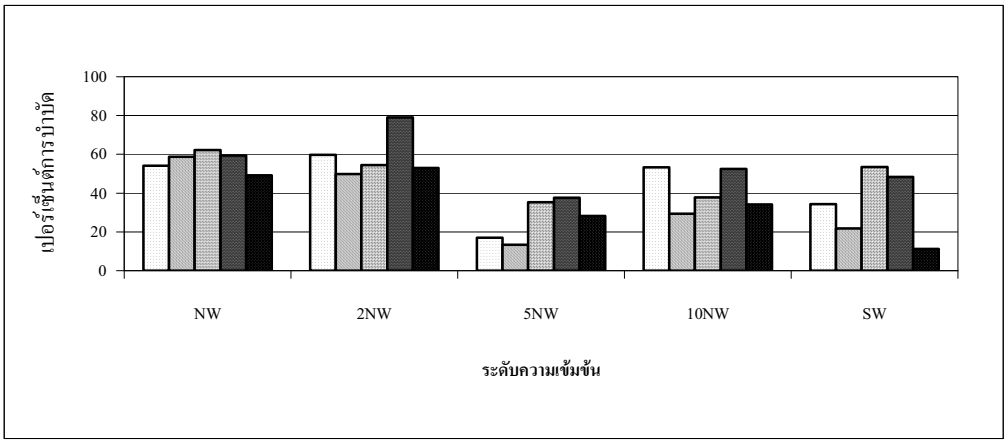
ตารางที่ 4-9 ปริมาณไนเตรทของน้ำก่อนและหลังการบำบัดเมื่อใช้ระยะเวลากักเก็บต่างกัน ในระบบกะ โครงการที่ 1-1

กักเก็บ (วัน)	ชุดทดลอง	น้ำเข้า (mg/l)	น้ำออก (mg/l)				
			โกงกางใบใหญ่	แสมทะเล	พังกาหัวสุม	โปรงแดง	ไม่ปลูกพืช
7	NW	^{c}0.153±0.02	^{c}0.108±0.066^{b}	^{c}0.098±0.064^{b}	^{c}0.047±0.041^{b}	^{b}0.223±0.234^{a}	^{c}0.079±0.050^{b}
	2NW	^{ab}0.704±0.07	^{b}0.261±0.240^{ab}	^{b}0.431±0.177^{a}	^{b}0.318±0.053^{a}	^{b}0.140±0.088^{b}	^{b}0.313±0.217^{ab}
	5NW	^{b}0.668±0.06	^{c}0.548±0.041^{a}	^{a}0.571±0.012^{a}	^{ab}0.420±0.138^{b}	^{a}0.416±0.135^{b}	^{a}0.462±0.186^{ab}
	10NW	^{a}0.782±0.16	^{b}0.396±0.107^{b}	^{a}0.539±0.014^{a}	^{a}0.493±0.122^{a}	^{a}0.369±0.037^{b}	^{a}0.502±0.071^{a}
	SW	^{d}0.049±0.02	^{c}0.035±0.014	^{c}0.067±0.051	^{c}0.137±0.189	^{b}0.107±0.126	^{c}0.051±0.023
5	NW	^{b}0.212±0.027	^{c}0.052±0.010^{c}	^{c}0.055±0.025^{c}	^{c}0.100±0.051^{b}	^{c}0.096±0.068^{b}	^{c}0.143±0.030^{a}
	2NW	^{a}0.950±0.148	^{b}0.342±0.156^{ab}	^{a}0.510±0.144^{a}	^{b}0.254±0.216^{b}	^{b}0.274±0.237^{b}	^{b}0.580±0.164^{a}
	5NW	^{a}0.882±0.166	^{a}0.515±0.009^{c}	^{a}0.575±0.011^{b}	^{a}0.569±0.005^{b}	^{a}0.556±0.011^{b}	^{ab}0.597±0.014^{a}
	10NW	^{a}0.946±0.165	^{a}0.576±0.006^{c}	^{a}0.598±0.006^{b}	^{a}0.549±0.008^{d}	^{a}0.538±0.004^{e}	^{a}0.610±0.004^{a}
	SW	^{b}0.159±0.012	^{c}0.040±0.002^{d}	^{c}0.114±0.008^{c}	^{c}0.124±0.008^{b}	^{c}0.117±0.005^{bc}	^{c}0.137±0.011^{a}
3	NW	^{b}0.193±0.156	^{c}0.075±0.006^{c}	^{c}0.118±0.003^{b}	^{c}0.068±0.003^{d}	^{d}0.122±0.005^{b}	^{d}0.133±0.003^{a}
	2NW	^{a}0.906±0.073	^{a}0.573±0.006^{b}	^{b}0.574±0.005^{b}	^{c}0.539±0.005^{c}	^{a}0.573±0.006^{b}	^{c}0.580±0.007^{a}
	5NW	^{a}0.868±0.043	^{b}0.515±0.009^{c}	^{b}0.575±0.011^{b}	^{a}0.569±0.005^{b}	^{b}0.565±0.011^{b}	^{b}0.597±0.014^{a}
	10NW	^{a}0.870±0.059	^{a}0.576±0.006^{c}	^{a}0.598±0.006^{b}	^{b}0.549±0.008^{d}	^{c}0.538±0.004^{e}	^{a}0.610±0.004^{a}
	SW	^{b}0.153±0.006	^{d}0.040±0.002^{d}	^{c}0.114±0.008^{c}	^{d}0.124±0.008^{b}	^{d}0.117±0.005^{bc}	^{d}0.137±0.011^{a}

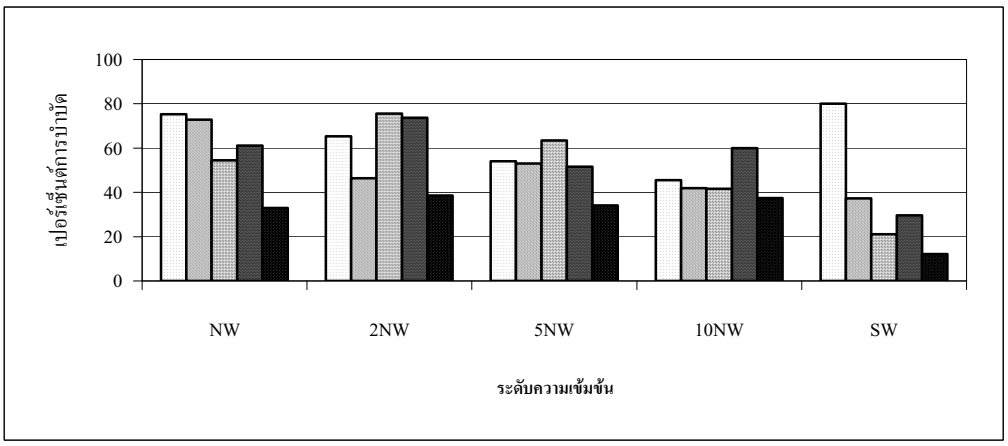
ตารางที่ 4-10 เปอร์เซ็นต์การบำบัดไนเตรทเมื่อใช้ระยะเวลากักเก็บต่างกัน ในระบบกะ โครงการที่ 1-1

กักเก็บ (วัน)	ชุดทดลอง	เปอร์เซ็นต์การบำบัด (%)				
		โกงกางใบใหญ่	แสมทะเล	พังกาหัวสุม	โปรงแดง	ไม่ปลูกพืช
7	NW	^{a}54.18±33.86	^{a}58.79±35.02	^{a}62.23±21.93	^{b}58.46±35.89	^{a}49.23±33.57
	2NW	^{a}59.78±40.46	^{a}49.80±18.11	^{ab}54.38±12.00	^{a}79.06±15.57	^{a}52.93±36.43
	5NW	^{b}17.03±4.49^{ab}	^{b}13.33±4.67^{b}	^{b}35.26±23.04^{a}	^{b}37.70±18.31^{a}	^{ab}28.18±31.73^{a}
	10NW	^{a}53.31±6.91^{a}	^{b}29.30±12.48^{b}	^{b}37.84±6.74^{b}	^{b}52.44±3.04^{a}	^{ab}34.14±14.23^{b}
	SW	^{ab}34.26±12.54^{bc}	^{b}21.84±6.56^{cd}	^{ab}53.48±14.65^{a}	^{b}48.41±14.81^{ab}	^{b}11.17±6.62^{d}
5	NW	^{a}75.32±4.49^{a}	^{a}72.81±14.57^{a}	^{bc}54.52±20.67^{b}	^{ab}61.19±24.47^{ab}	^{a}32.97±10.85^{c}
	2NW	^{b}65.32±11.60^{ab}	^{bc}46.41±14.30^{b}	^{a}75.52±17.74^{a}	^{a}73.65±19.56^{a}	^{a}38.52±18.62^{b}
	5NW	^{bc}54.05±3.03^{b}	^{b}53.05±6.77^{b}	^{ab}63.42±16.60^{a}	^{b}51.62±6.29^{b}	^{a}34.04±9.28^{c}
	10NW	^{c}45.46±1.82^{b}	^{bc}41.91±2.02^{bc}	^{c}41.62±6.34^{bc}	^{ab}60.03±7.74^{a}	^{a}37.49±5.38^{c}
	SW	^{a}80.09±2.40^{a}	^{c}37.23±18.16^{b}	^{d}21.08±15.74^{cd}	^{c}29.62±4.65^{bc}	^{b}12.20±6.23^{d}
3	NW	^{a}60.77±3.76^{b}	^{a}38.49±4.28^{c}	^{a}64.41±2.99^{a}	^{a}36.15±5.79^{cd}	^{b}30.53±4.50^{d}
	2NW	^{bc}36.48±4.42	^{ab}36.37±4.64	^{b}40.25±4.46	^{a}36.45±4.75	^{a}35.67±4.64
	5NW	^{b}40.62±2.23^{a}	^{bc}33.71±3.02^{bc}	^{c}34.29±3.08^{b}	^{a}34.84±2.39^{b}	^{b}31.06±4.02^{c}
	10NW	^{c}33.55±3.85^{bc}	^{c}31.06±3.97^{c}	^{c}36.69±3.65^{ab}	^{a}37.88±3.79^{a}	^{b}29.62±4.54^{c}
	SW	^{a}73.66±1.73^{a}	^{d}25.07±3.74^{b}	^{d}18.84±3.11^{c}	^{b}23.30±2.90^{b}	^{c}10.25±4.05^{d}

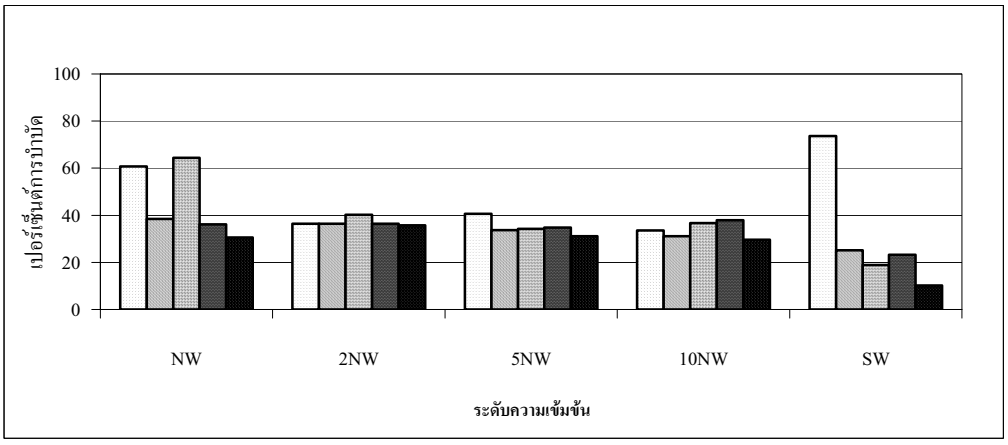
หมายเหตุ ตัวอักษรมุมซ้ายมือ (แนวตั้ง) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างความเข้มข้นของน้ำเสีย อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
ตัวอักษรมุมขวามือ (แนวนอน) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างชนิดพืช อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%



(ก) ระยะเวลากักเก็บ 7 วัน

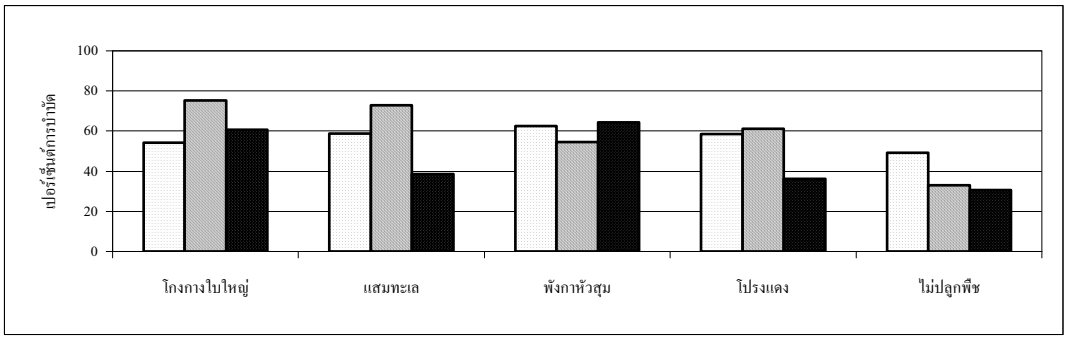


(ข) ระยะเวลากักเก็บ 5 วัน

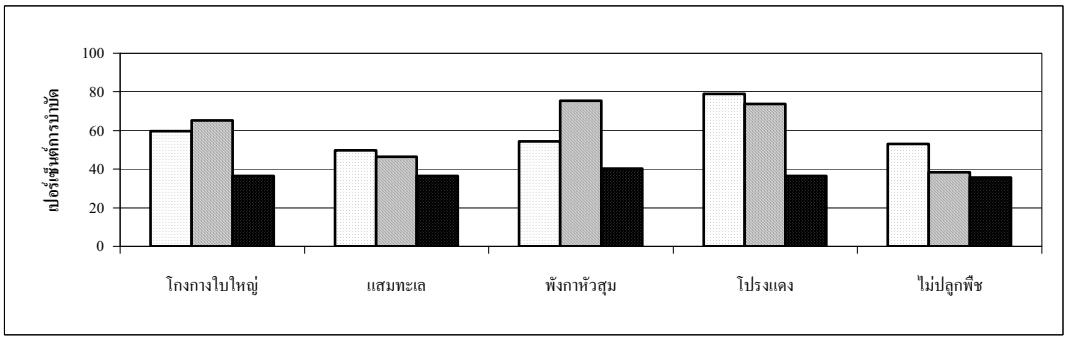


(ค) ระยะเวลากักเก็บ 3 วัน

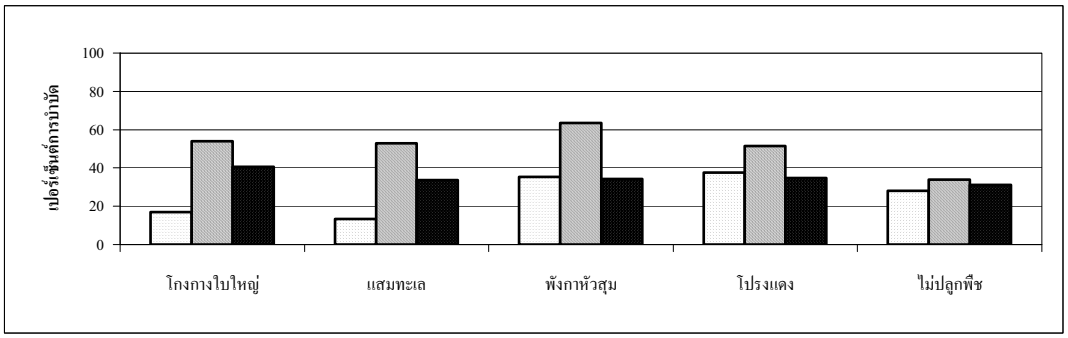
รูปที่ 4-7 เปอร์เซ็นต์การบำบัดไนเตรทของน้ำเสียเมื่อใช้ระยะเวลากักเก็บต่างกัน ในระบบกะ โครงการที่ 1-1



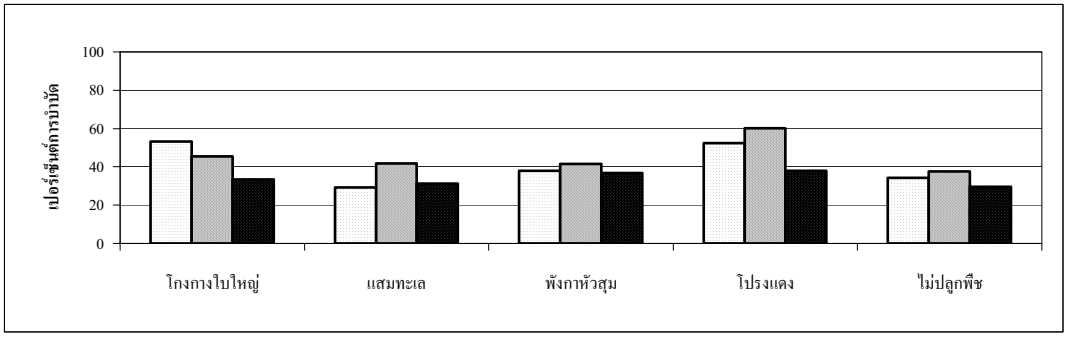
(ก) น้ำเสีย NW



(ข) น้ำเสีย 2 NW



(ค) น้ำเสีย 5 NW



(ง) น้ำเสีย 10 NW

รูปที่ 4-8 เปอร์เซ็นต์การบำบัดไนเตรทของน้ำเสียต่างระดับความเข้มข้น ในระบบกะ โครงการที่ 1-1

ฟอสฟอรัสทั้งหมด (Total Phosphorus : TP)

น้ำเสีย NW, 2NW, 5NW และ 10NW ที่เข้าสู่ชุดทดลอง มีค่า TP อยู่ในช่วง 5.722-6.125, 6.749-9.013, 18.173-20.655 และ 38.207-46.888 mg/l ตามลำดับ น้ำเสียดังกล่าวเมื่อผ่านการบำบัดแล้วมีค่าลดลงเป็น 0.406-1.330, 0.676-1.699, 2.384-3.744 และ 7.244-10.221 mg/l ตามลำดับ (ตารางที่ 4-11)

เปอร์เซ็นต์การบำบัด TP ในน้ำเสีย มีค่าระหว่าง 76.42-92.57% และพบว่าเมื่อใช้ระยะกักเก็บ 7 วัน มีเปอร์เซ็นต์การบำบัดสูงกว่าเมื่อใช้ระยะกักเก็บ 5 วัน และ 3 วัน ตามลำดับ ทั้งนี้เพราะการเพิ่มระยะเวลาการกักเก็บทำให้ระยะเวลาสัมผัสระหว่างดินกับน้ำเพิ่มขึ้น ซึ่งผลการทดลองสอดคล้องกับที่ Sansanayuth et al. (1996) ได้ทดลองบำบัดน้ำทิ้งจากนากุ้งโดยใช้พื้นที่ชุ่มน้ำเทียมที่ปลูกปรงทะเล ใช้การปล่อยน้ำแบบต่อเนื่อง พบว่าประสิทธิภาพในการบำบัด TP เมื่อใช้ระยะเวลากักเก็บ 1, 2 และ 3 วัน เท่ากับ 43.8, 76.5 และ 66.7 % ตามลำดับ เช่นเดียวกับผลการศึกษาของ กฤติกา ทองสมบัติ (2546) ซึ่งทำการศึกษาการบำบัดน้ำเสียชุมชนขั้นที่สามโดยพื้นที่ชุ่มน้ำโกงกางใบใหญ่ ใช้การปล่อยน้ำแบบกะ พบว่า เมื่อใช้ระยะเวลากักเก็บ 10 วัน มีประสิทธิภาพในการบำบัด TP สูงกว่าที่ระยะเวลากักเก็บ 7 และ 5 วัน ตามลำดับ

เปอร์เซ็นต์การบำบัดในชุดทดลองที่ปลูกพืชสูงกว่าชุดควบคุมที่ไม่ปลูกพืชอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเนื่องจากพืชสามารถดูดดึงฟอสฟอรัสในรูปออร์โธฟอสเฟตไปใช้ในการเจริญเติบโต อย่างไรก็ตามถึงแม้เปอร์เซ็นต์การบำบัดจะแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติแต่ค่าจะไม่แตกต่างกันมากนักทั้งนี้เพราะปัจจัยสำคัญในการบำบัดฟอสฟอรัสในพื้นที่ชุ่มน้ำ คือ ดินซึ่งในการทดลองนี้เป็นดินเลน ซึ่งมีอนุภาคดินเหนียวสูง และคาดว่ามีเหล็กและอลูมินัมสูงจึงสามารถดูดซับ (adsorption) และตกตะกอนเคมี (precipitation) กับฟอสฟอรัสได้สูง (Yang et al., 2001) ทำให้ประสิทธิภาพการบำบัดฟอสฟอรัสของชุดทดลองมีค่าสูง

เปอร์เซ็นต์การบำบัดของชุดทดลองที่ได้รับน้ำเสีย NW สูงกว่า น้ำเสีย 2NW, 5NW และ 10NW ตามลำดับ ซึ่งแนวโน้มจะชัดเจนเมื่อใช้ระยะกักเก็บ 7 และ 5 วัน (ตารางที่ 4-12 และ รูปที่ 4-9 ถึง 4-10)

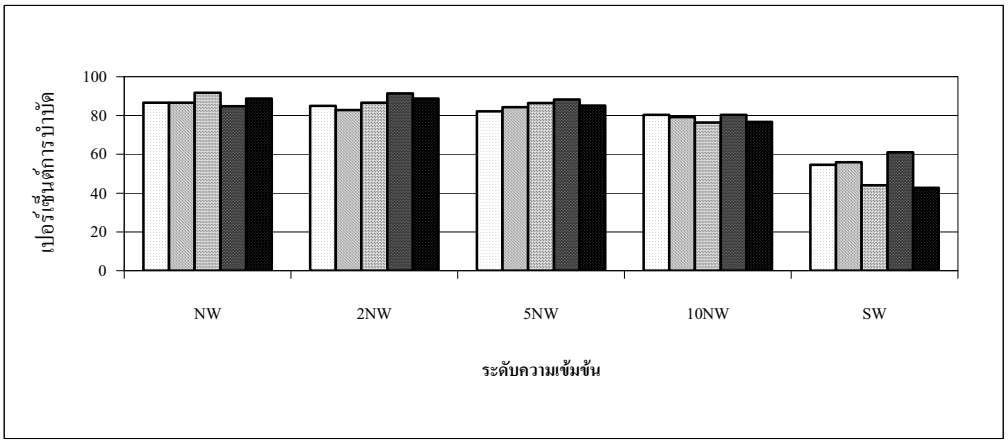
ตารางที่ 4-11 ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดของน้ำก่อนและหลังการบำบัดเมื่อใช้ระยะเวลากักเก็บต่างกัน ในระบบกะ โครงการที่ 1-1

กักเก็บ (วัน)	ชุดทดลอง	น้ำเข้า (mg/l)	น้ำออก (mg/l)				
			โกงกางใบใหญ่	แสมทะเล	พังกาหัวสุม	โปรงแดง	ไม่ปลูกพืช
7	NW	^{d}5.887±1.659	^{cd}0.744±0.122^{bc}	^{c}0.986±0.273^{a}	^{c}0.577±0.122^{c}	^{c}0.811±0.311^{ab}	^{c}0.648±0.188^{c}
	2NW	^{c}8.187±1.502	^{c}1.158±0.262^{ab}	^{c}1.393±0.181^{a}	^{c}1.066±0.023^{bc}	^{c}0.688±0.191^{d}	^{c}0.929±0.561^{cd}
	5NW	^{b}20.655±1.721	^{b}3.673±0.503	^{b}3.250±0.645	^{b}2.812±1.089	^{b}2.431±0.764	^{b}3.099±1.513
	10NW	^{a}42.530±2.641	^{a}8.232±1.285	^{a}8.846±1.985	^{a}9.938±1.270	^{a}8.264±1.031	^{a}9.737±3.183
	SW	^{e}1.031±0.279	^{d}0.529±0.364	^{c}0.499±0.446	^{c}0.612±0.319	^{c}0.440±0.387	^{c}0.629±0.384
5	NW	^{c}5.772±0.857	^{d}0.662±0.023^{b}	^{c}0.682±0.151^{b}	^{c}0.789±0.343^{b}	^{a}0.406±0.207^{c}	^{c}0.982±0.289^{a}
	2NW	^{c}6.749±1.335	^{c}0.900±0.081^{b}	^{c}1.211±0.187^{a}	^{c}0.760±0.110^{c}	^{c}0.676±0.099^{c}	^{c}1.216±0.141^{a}
	5NW	^{b}18.173±2.734	^{b}3.053±0.405^{ab}	^{b}2.901±0.406^{b}	^{b}2.384±0.529^{c}	^{b}2.492±0.224^{c}	^{b}3.349±0.408^{a}
	10NW	^{a}46.888±10.649	^{a}7.571±0.287^{b}	^{c}8.323±2.829^{ab}	^{a}8.170±0.841^{ab}	^{a}7.244±0.477^{b}	^{a}9.628±1.476^{a}
	SW	^{d}0.797±0.197	^{e}0.104±0.024^{bc}	^{c}0.064±0.023^{c}	^{d}0.158±0.018^{b}	^{e}0.054±0.026^{c}	^{d}0.230±0.128^{a}
3	NW	^{d}6.125±1.895	^{c}1.083±0.163^{b}	^{d}0.960±0.240^{b}	^{d}0.937±0.130^{b}	^{c}0.929±0.178^{b}	^{d}1.330±0.339^{a}
	2NW	^{c}9.013±0.478	^{c}1.057±0.057^{c}	^{c}1.484±0.140^{b}	^{c}0.956±0.121^{d}	^{c}0.893±0.081^{d}	^{c}1.699±0.158^{a}
	5NW	^{b}17.922±1.225	^{b}3.444±0.144^{a}	^{b}3.497±0.172^{a}	^{b}3.185±0.121^{a}	^{b}3.423±1.188^{a}	^{b}3.744±0.130^{a}
	10NW	^{a}38.207±1.657	^{a}8.358±1.215^{cd}	^{a}8.997±0.900^{bc}	^{a}9.640±0.758^{ab}	^{a}8.175±0.471^{d}	^{a}10.221±0.263^{a}
	SW	^{e}0.375±0.071	^{d}0.140±0.047^{b}	^{e}0.059±0.008^{d}	^{d}0.149±0.028^{b}	^{d}0.093±0.018^{c}	^{e}0.240±0.036^{a}

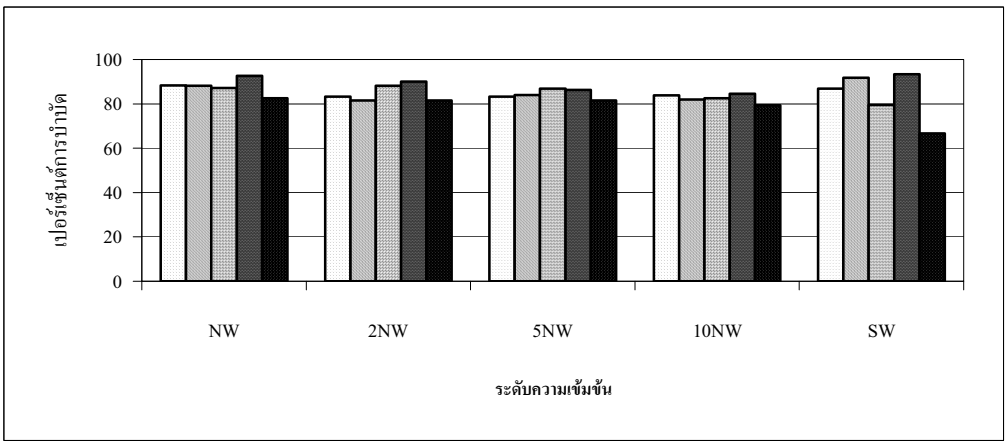
ตารางที่ 4-12 เปอร์เซ็นต์การบำบัดฟอสฟอรัสทั้งหมดเมื่อใช้ระยะเวลากักเก็บต่างกัน ในระบบกะ โครงการที่ 1-1

กักเก็บ (วัน)	ชุดทดลอง	น้ำออก (mg/l)				
		โกงกางใบใหญ่	แสมทะเล	พังกาหัวสุม	โปรงแดง	ไม่ปลูกพืช
7	NW	^{a}86.67±3.29^{ab}	^{a}86.64±5.29^{b}	^{a}91.73±3.22^{a}	^{a}84.89±6.79^{ab}	^{ab}88.86±1.88^{a}
	2NW	^{a}85.00±6.20^{c}	^{a}82.76±2.11^{c}	^{a}86.67±2.24^{bc}	^{a}91.34±2.72^{a}	^{a}88.80±5.75^{ab}
	5NW	^{a}82.19±2.30	^{a}84.25±2.83	^{a}86.41±4.78	^{a}88.25±3.32	^{ab}85.17±6.55
	10NW	^{a}80.43±4.02	^{a}79.14±4.99	^{b}76.42±4.19	^{a}80.32±3.47	^{b}76.66±8.54
	SW	^{b}54.54±26.24	^{b}55.98±33.14	^{c}44.01±18.92	^{b}61.02±28.82	^{c}42.71±25.06
5	NW	^{a}88.38±1.33^{ab}	^{a}88.19±2.20^{ab}	^{ab}87.13±6.80^{b}	^{a}92.57±4.18^{a}	^{a}82.48±6.46^{c}
	2NW	^{b}83.33±2.64^{a}	^{b}81.58±4.47^{b}	^{a}88.21±3.66^{a}	^{b}89.98±0.49^{a}	^{a}81.50±3.79^{b}
	5NW	^{c}83.21±2.04^{bc}	^{b}83.98±2.62^{b}	^{ab}86.92±2.72^{a}	^{c}86.28±1.24^{a}	^{a}81.58±2.10^{c}
	10NW	^{c}83.82±1.13	^{b}81.98±6.77	^{bc}82.50±2.34	^{c}84.49±1.60	^{a}79.30±4.11
	SW	^{ab}86.87±1.34^{ab}	^{a}91.82±1.98^{a}	^{c}79.49±0.03^{b}	^{a}93.30±2.29^{a}	^{b}66.67±25.98^{c}
3	NW	^{ab}80.59±8.30^{a}	^{a}81.83±11.40^{a}	^{ab}82.99±7.60^{a}	^{b}83.56±5.98^{a}	^{a}74.99±15.81^{a}
	2NW	^{a}88.60±1.33^{b}	^{a}83.88±2.30^{c}	^{a}89.87±1.43^{ab}	^{a}90.40±1.64^{a}	^{a}81.60±2.10^{d}
	5NW	^{ab}80.91±2.80^{ab}	^{a}82.71±1.55^{a}	^{ab}82.07±3.32^{ab}	^{b}82.73±3.61^{a}	^{a}79.28±2.59^{b}
	10NW	^{b}78.43±2.26^{a}	^{ab}76.68±3.59^{ab}	^{b}75.22±1.77^{b}	^{bc}78.76±1.55^{a}	^{a}77.07±3.95^{ab}
	SW	^{c}51.12±19.33^{c}	^{b}69.19±21.20^{ab}	^{c}56.96±16.82^{bc}	^{c}74.09±9.78^{a}	^{b}34.45±16.12^{d}

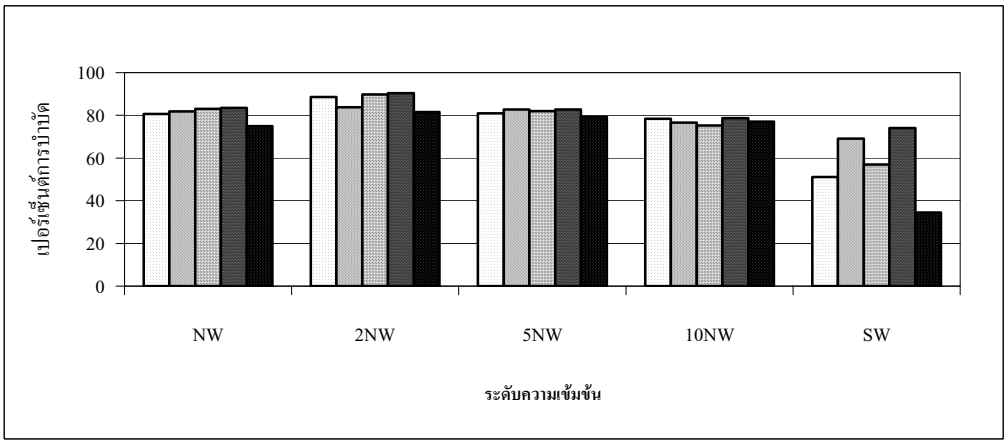
หมายเหตุ ตัวอักษรมุมซ้ายมือ (แนวตั้ง) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างความเข้มข้นของน้ำเสีย อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
ตัวอักษรมุมขวามือ (แนวนอน) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างชนิดพืช อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%



(ก) ระยะเวลากักเก็บ 7 วัน

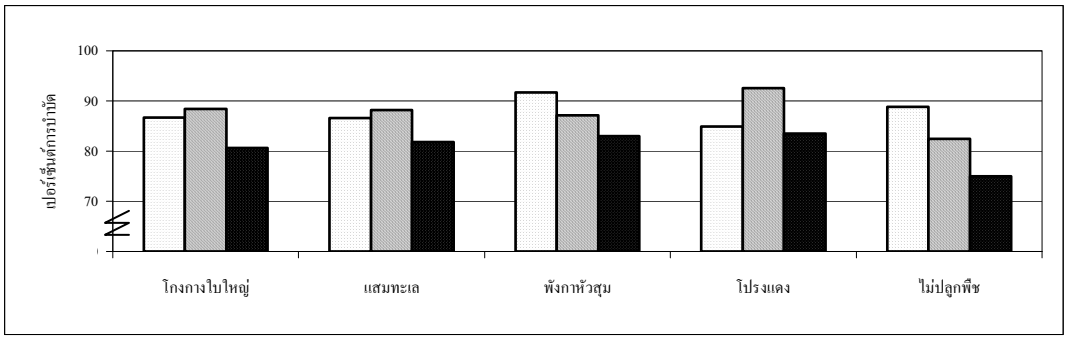


(ข) ระยะเวลากักเก็บ 5 วัน

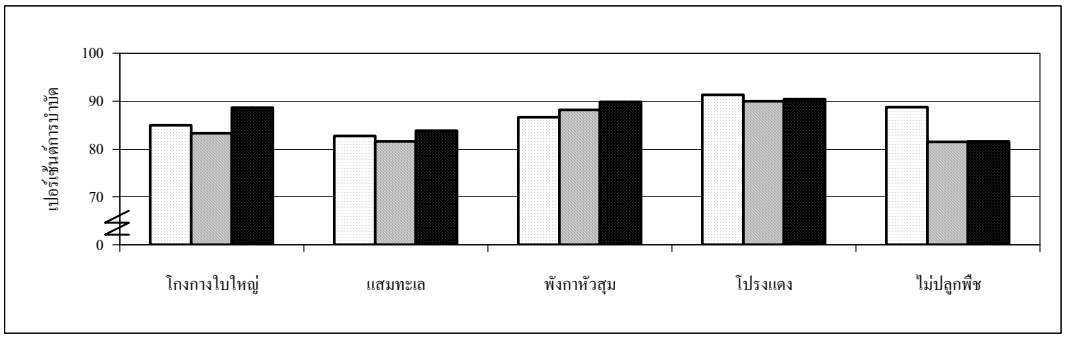


(ค) ระยะเวลากักเก็บ 3 วัน

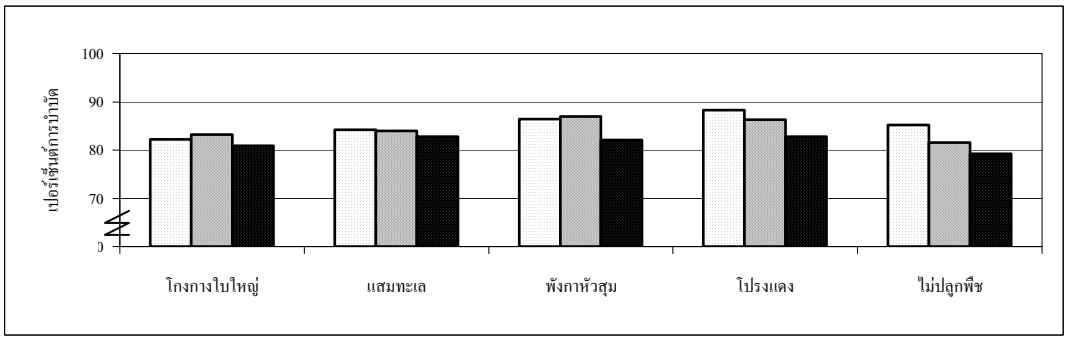
รูปที่ 4-9 เปอร์เซ็นต์การบำบัดฟอสฟอรัสทั้งหมดของน้ำเสียเมื่อใช้ระยะเวลากักเก็บต่างกัน ในระบบกะ โครงการที่ 1-1



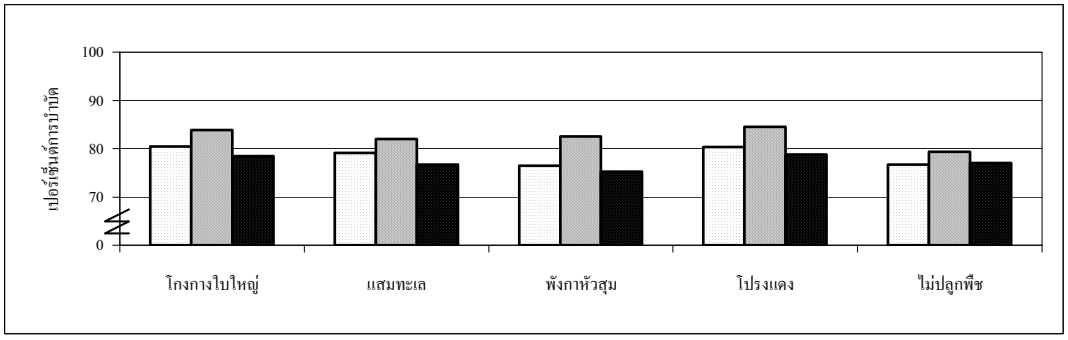
(ก) น้ำเสีย NW



(ข) น้ำเสีย 2 NW



(ค) น้ำเสีย 5 NW



(ง) น้ำเสีย 10 NW

รูปที่ 4-10 เปอร์เซ็นต์การบำบัดฟอสฟอรัสทั้งหมดของน้ำเสียต่างระดับความเข้มข้น ในระบบกะ โครงการที่ 1-1

ออร์โธฟอสเฟต (Ortho-phosphate)

น้ำเสีย NW, 2NW, 5NW และ 10NW ที่เข้าสู่ชุดทดลอง มีค่าออร์โธฟอสเฟตอยู่ในช่วง 4.928-6.125, 6.156-9.013, 16.761-17.922 และ 38.207-39.645 mg/l ตามลำดับ น้ำเสียดังกล่าวเมื่อผ่านการบำบัดแล้วมีค่าลดลงเป็น 0.370-1.330, 0.600-1.699, 1.888-3.744 และ 5.651-10.221 mg/l ตามลำดับ (ตารางที่ 4-13)

เปอร์เซ็นต์การบำบัดออร์โธฟอสเฟตในน้ำเสียมีค่าระหว่าง 73.24-92.53% เมื่อใช้ระยะกักเก็บ 7 วัน มีเปอร์เซ็นต์การบำบัดสูงกว่าเมื่อใช้ระยะกักเก็บ 5 วัน และ 3 วัน ตามลำดับ โดยเปอร์เซ็นต์การบำบัดอยู่ในช่วง 81.25-90.33, 78.95-92.53 และ 73.24-90.04% ตามลำดับ ซึ่งแนวโน้มดังกล่าวมีลักษณะเดียวกับการบำบัด TP

เปอร์เซ็นต์การบำบัดออร์โธฟอสเฟตในชุดทดลองที่ปลูกกล้าไม้สูงกว่าชุดควบคุมที่ไม่ปลูกพืชอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เนื่องจากพืชดูดดึงฟอสฟอรัสในรูปออร์โธฟอสเฟตไปใช้ ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาด้านองค์ประกอบธาตุอาหารในพืช ซึ่งพบว่าปริมาณฟอสฟอรัสในใบเพิ่มขึ้นภายหลังการทดลองบำบัดน้ำเสีย (อย่างไรก็ตาม ดินเป็นปัจจัยสำคัญในการบำบัดฟอสเฟตโดยการดูดซับและตกตะกอนเคมี) โดยที่ระยะกักเก็บ 7 วัน ชุดทดลองที่ปลูกพืชมีเปอร์เซ็นต์การบำบัด 81.95-90.33% ส่วนชุดควบคุมที่ไม่ปลูกพืชมีเปอร์เซ็นต์การบำบัด 81.25-89.11% ที่ระยะกักเก็บ 5 วัน มีค่า 80.44-92.53% และ 78.95-81.75% ตามลำดับ ที่ระยะกักเก็บ 3 วัน มีค่า 74.79-90.04% และ 73.24-81.13% ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาเปอร์เซ็นต์การบำบัดของน้ำเสียต่างระดับความเข้มข้น พบว่า เมื่อใช้ระยะกักเก็บ 7 วัน เปอร์เซ็นต์การบำบัดน้ำเสียทุกความเข้มข้นไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่เมื่อใช้ระยะกักเก็บ 5 และ 3 วัน มีแนวโน้มว่า เปอร์เซ็นต์การบำบัดน้ำเสีย NW และ 2NW สูงกว่าน้ำเสีย 5NW และ 10NW (ตารางที่ 4-14 และ รูปที่ 4-11 ถึง 4-12)

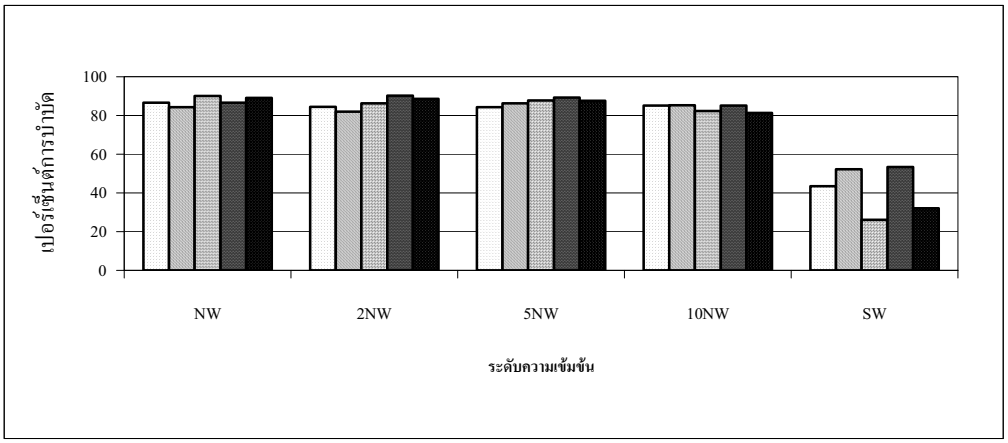
ตารางที่ 4-13 ปริมาณออร์โธฟอสเฟตของน้ำก่อนและหลังการบำบัดเมื่อใช้ระยะเวลากักเก็บต่างกัน ในระบบกะ โครงการที่ 1-1

กักเก็บ (วัน)	ชุดทดลอง	น้ำเข้า (mg/l)	น้ำออก (mg/l)				
			โกงกางใบใหญ่	แสมทะเล	พังกาหัวสุม	โปรงแดง	ไม่ปลูกพืช
7	NW	^{c}4.928±1.406	^{c}0.596±0.081^{b}	^{bc}0.743±0.086^{a}	^{b}0.444±0.038^{c}	^{b}0.598±0.123^{b}	^{b}0.532±0.219^{bc}
	2NW	^{c}6.189±1.312	^{c}0.924±0.346^{ab}	^{bc}1.114±0.270^{a}	^{b}0.822±0.120^{abc}	^{b}0.600±0.233^{c}	^{b}0.750±0.498^{bc}
	5NW	^{b}17.156±3.716	^{b}2.722±1.378	^{b}2.397±1.239	^{b}2.169±1.406	^{b}1.888±1.141	^{b}2.233±1.614
	10NW	^{a}39.645±9.120	^{a}5.663±3.553	^{a}5.813±3.764	^{a}6.721±4.063	^{a}5.651±3.422	^{a}7.119±4.708
	SW	^{d}0.639±0.196	^{c}0.378±0.204	^{c}0.332±0.237	^{b}0.481±0.150	^{b}0.320±0.211	^{b}0.452±0.211
5	NW	^{cd}5.241±0.730	^{d}0.622±0.016^{b}	^{c}0.641±0.151^{b}	^{c}0.696±0.350^{b}	^{d}0.370±0.207^{c}	^{c}0.932±0.301^{a}
	2NW	^{c}6.156±1.178	^{c}0.841±0.048^{b}	^{c}1.171±0.165^{a}	^{c}0.711±0.080^{c}	^{c}0.641±0.095^{c}	^{c}1.158±0.125^{a}
	5NW	^{b}16.761±2.652	^{b}2.769±0.168^{b}	^{b}2.731±0.267^{b}	^{b}2.288±0.444^{c}	^{b}2.344±0.174^{c}	^{b}3.216±0.286^{a}
	10NW	^{a}43.121±10.360	^{a}7.125±0.467^{b}	^{a}7.794±2.501^{ab}	^{a}7.642±0.497^{b}	^{a}6.875±0.226^{b}	^{a}8.974±1.171^{a}
	SW	^{d}0.746±0.160	^{e}0.100±0.021^{bc}	^{c}0.062±0.020^{c}	^{d}0.143±0.017^{b}	^{c}0.052±0.023^{c}	^{d}0.217±0.110^{a}
3	NW	^{d}6.125±1.895	^{c}1.083±0.163^{b}	^{d}0.960±0.240^{b}	^{d}0.937±0.130^{b}	^{c}0.929±0.178^{b}	^{d}1.330±0.339^{a}
	2NW	^{c}9.013±0.478	^{c}1.057±0.057^{c}	^{c}1.484±0.140^{b}	^{c}0.956±0.121^{d}	^{c}0.893±0.081^{d}	^{c}1.699±0.158^{a}
	5NW	^{b}17.922±1.225	^{b}3.444±0.144	^{b}3.497±0.172	^{b}3.185±0.121	^{b}3.423±1.188	^{b}3.744±0.130
	10NW	^{a}38.207±1.657	^{a}8.358±1.215^{cd}	^{a}8.997±0.900^{bc}	^{a}9.640±0.758^{ab}	^{a}8.175±0.471^{d}	^{a}10.221±0.263^{a}
	SW	^{c}0.375±0.071	^{d}0.140±0.047^{b}	^{c}0.059±0.008^{d}	^{d}0.149±0.028^{b}	^{d}0.093±0.018^{c}	^{c}0.240±0.036^{a}

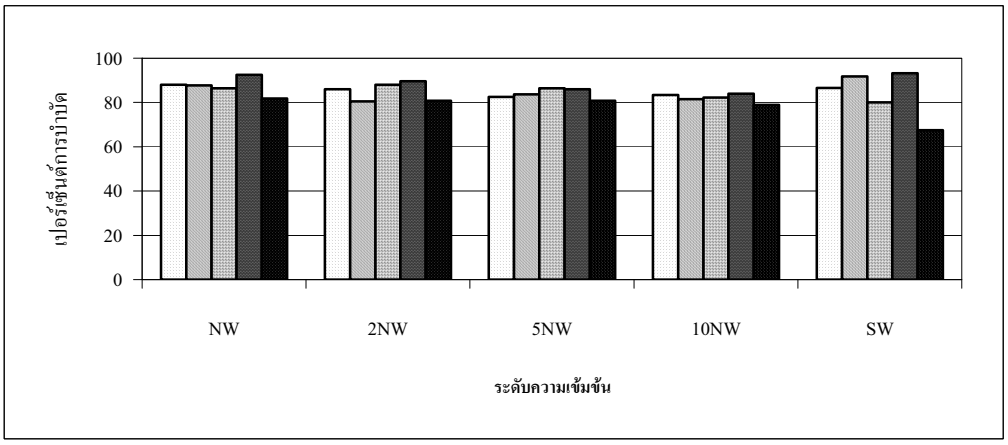
ตารางที่ 4-14 เปอร์เซ็นต์การบำบัดออร์โธฟอสเฟตเมื่อใช้ระยะเวลากักเก็บต่างกัน ในระบบกะ โครงการที่ 1-1

กักเก็บ (วัน)	ชุดทดลอง	น้ำออก (mg/l)				
		โกงกางใบใหญ่	แสมทะเล	พังกาหัวสุม	โปรงแดง	ไม่ปลูกพืช
7	NW	^{a}86.60±3.83^{ab}	^{a}84.23±2.86^{b}	^{a}90.14±3.36^{a}	^{a}86.60±5.32^{ab}	^{a}89.11±3.32^{a}
	2NW	^{a}84.47±6.52^{cd}	^{a}81.95±1.57^{d}	^{a}86.26±2.03^{bc}	^{a}90.33±2.88^{a}	^{a}88.60±5.47^{ab}
	5NW	^{a}84.38±7.42	^{a}86.24±6.69	^{a}87.80±7.06	^{a}89.31±5.84	^{a}87.56±8.04
	10NW	^{a}85.08±9.72	^{a}85.22±9.47	^{a}82.34±10.98	^{a}85.15±9.28	^{a}81.25±15.59
	SW	^{b}43.48±25.45	^{b}52.19±27.34	^{b}26.05±14.82	^{b}53.44±23.22	^{b}32.02±24.12
5	NW	^{a}88.00±1.35^{ab}	^{b}87.72±2.64^{ab}	^{ab}86.48±7.49^{bc}	^{a}92.53±4.48^{a}	^{a}81.75±7.07^{c}
	2NW	^{b}86.02±2.26^{b}	^{c}80.44±4.81^{c}	^{a}87.99±3.34^{ab}	^{b}89.56±0.61^{a}	^{a}80.78±3.42^{c}
	5NW	^{c}82.57±1.97^{bc}	^{c}83.68±2.09^{b}	^{ab}86.35±2.69^{a}	^{c}86.00±1.19^{a}	^{a}80.78±1.93^{c}
	10NW	^{c}83.43±1.41	^{c}81.53±6.95	^{bc}82.18±1.96	^{c}83.99±1.28	^{a}78.95±4.17
	SW	^{ab}86.55±0.95^{ab}	^{a}91.79±1.95^{a}	^{c}80.07±4.72^{b}	^{a}93.18±2.44^{a}	^{b}67.55±22.76^{c}
3	NW	^{a}80.11±8.37	81.53±11.18	^{ab}82.74±7.37	^{b}83.36±5.85	^{a}74.15±15.54
	2NW	^{a}88.23±1.24^{b}	83.45±2.18^{c}	^{a}89.31±1.83^{ab}	^{a}90.04±1.36^{a}	^{a}81.13±2.00^{d}
	5NW	^{a}80.66±2.15	80.43±1.28	^{ab}82.12±1.91	^{b}80.72±7.30	^{a}78.99±2.08
	10NW	^{a}78.21±2.28^{a}	76.36±3.08^{b}	^{b}74.79±1.28^{bc}	^{bc}78.59±1.15^{c}	^{a}73.24±0.50^{c}
	SW	^{b}59.13±22.15^{bc}	83.60±5.11^{a}	^{c}57.61±16.72^{c}	^{c}73.42±10.59^{ab}	^{b}33.45±17.22^{d}

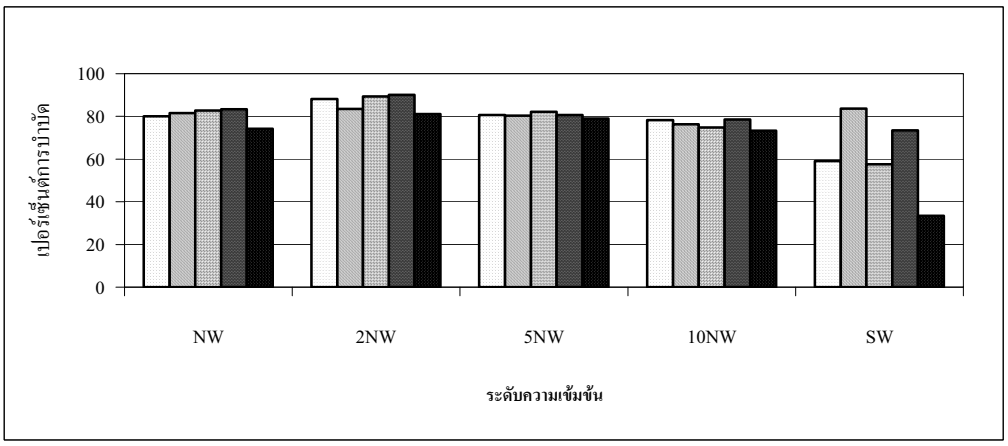
หมายเหตุ ตัวอักษรมุมซ้ายมือ (แนวตั้ง) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างความเข้มข้นของน้ำเสีย อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
ตัวอักษรมุมขวามือ (แนวนอน) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างชนิดพืช อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%



(ก)ระยะเวลากักเก็บ 7 วัน

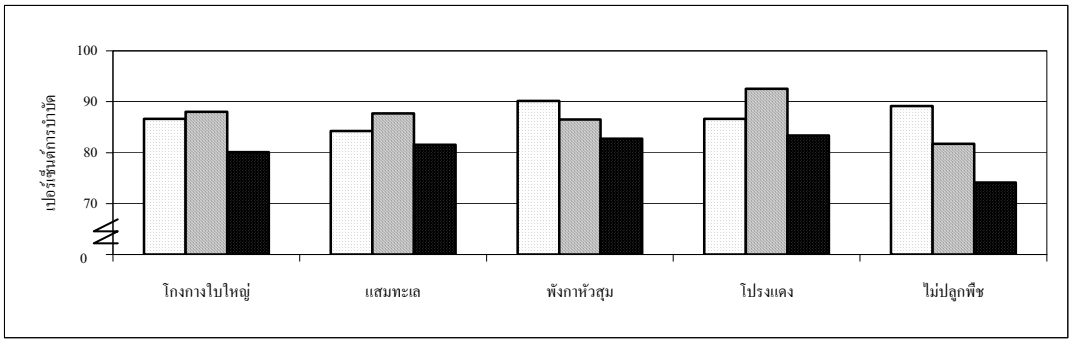


(ข) ระยะเวลากักเก็บ 5 วัน

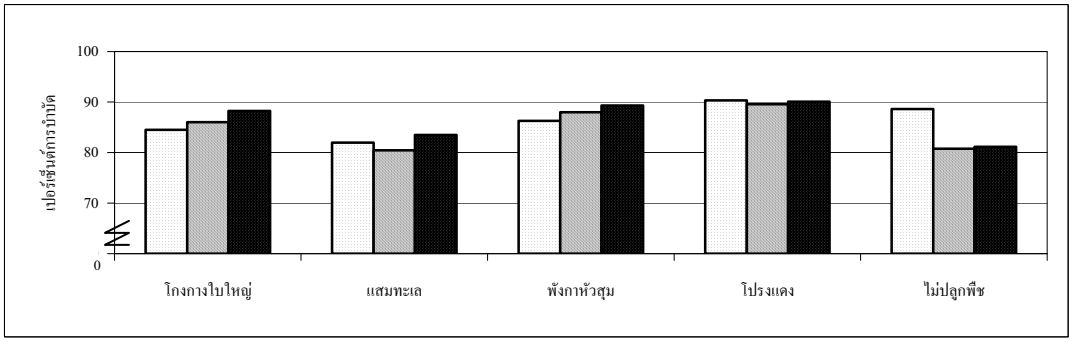


(ค) ระยะเวลากักเก็บ 3 วัน

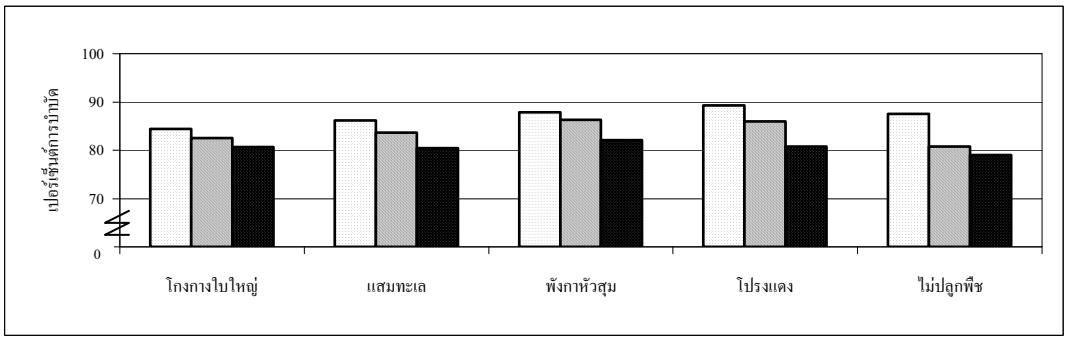
รูปที่ 4-11 เปอร์เซ็นต์การบำบัดออร์โธฟอสเฟตของน้ำเสียเมื่อใช้ระยะเวลากักเก็บต่างกัน ในระบบกะ โครงการที่ 1-1



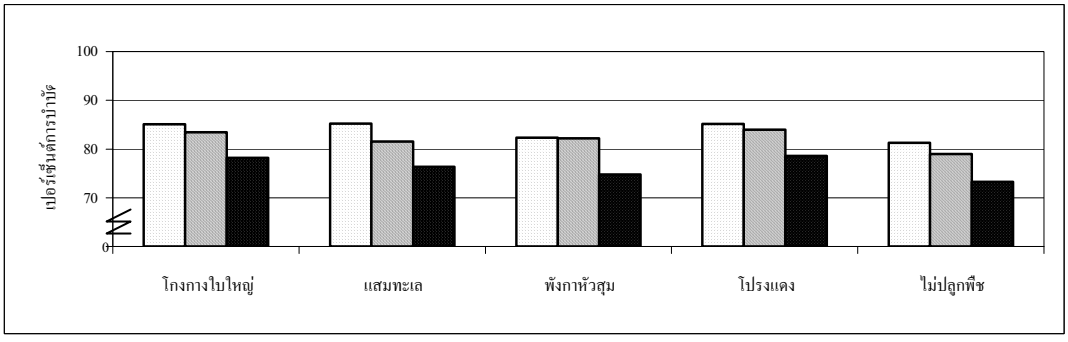
(ก) น้ำเสีย NW



(ข) น้ำเสีย 2 NW



(ค) น้ำเสีย 5 NW



(ค) น้ำเสีย 10 NW

รูปที่ 4-12 เปอร์เซ็นต์การบำบัดออร์โธฟอสเฟตของน้ำเสียต่างระดับความเข้มข้น ในระบบกะ โครงการที่ 1-1

4.2 คุณภาพน้ำและประสิทธิภาพการบำบัด ในระบบเติมต่อเนื่อง ในโครงการย่อยที่ 1-1

ในการทดลองบำบัดน้ำเสียโดยการปล่อยน้ำเสียแบบเติมต่อเนื่องได้ทดลองบำบัดโดยใช้ระยะเวลากักเก็บ 7, 5 และ 3 วัน ตามลำดับ โดยทดลองระยะกักเก็บละ 3 ซ้ำ ควบคู่ไปกับการทดลองบำบัดน้ำเสียโดยการปล่อยน้ำเสียแบบกะ อย่างไรก็ตามเนื่องจากข้อจำกัดของขนาดและจำนวนของถังสำรองน้ำ (โครงการนี้ใช้ถังสำรองน้ำขนาดบรรจุ 1,000 ลิตร จำนวน 5 ถัง สำหรับน้ำ 5 ประเภท คือ น้ำเสีย NW, 2NW, 5NW, 10 NW และน้ำทะเล ซึ่งแต่ละถังจะจ่ายน้ำให้ชุดทดลอง 5 ชุด ชุดละ 200 ลิตร) ดังนั้นจึงได้ทำการสูบน้ำ ปรับเพิ่มความเข้มข้นของน้ำเสีย และปล่อยน้ำเสียเข้าสู่ชุดทดลองในระบบกะก่อน จากนั้นจึงทำการสูบน้ำ ปรับเพิ่มความเข้มข้นของน้ำเสียใหม่ แล้วจึงปล่อยน้ำเสียเข้าสู่ชุดทดลองในระบบเติมต่อเนื่อง ทำให้คุณภาพน้ำที่เข้าสู่ชุดทดลองมีความแตกต่างกันเล็กน้อย ผลการทดลองสามารถสรุปได้ดังนี้

4.2.1 คุณภาพน้ำเสียและน้ำทะเลที่เข้าสู่ชุดทดลอง ในระบบเติมต่อเนื่อง ในโครงการย่อยที่ 1-1

คุณภาพน้ำเสียและน้ำทะเลที่เข้าสู่ชุดทดลอง (ตารางที่ 4-15 และตารางที่ ก 7 ถึง ก 9 ภาคผนวก ก) พบว่า มีลักษณะใกล้เคียงกับน้ำที่เข้าสู่ชุดทดลองในระบบกะ เนื่องจากใช้น้ำจากแหล่งเดียวกันและเตรียมในเวลาใกล้เคียงกัน สามารถสรุปได้ดังนี้

น้ำเสียชุมชนปกติ (NW) มีค่าเฉลี่ย pH 7.48, ความเค็ม 0.56 psu, DO 0 mg/l ตลอดการทดลอง, BOD 28.06 mg/l, TN 22.154 mg/l ซึ่งส่วนใหญ่เป็นแอมโมเนีย 17.334 mg/l และมีไนเตรท 0.153 mg/l, TP 5.837 mg/l ซึ่งส่วนใหญ่เป็นออร์โธฟอสเฟต 3.618 mg/l ซึ่งจะเห็นว่าน้ำเสีย NW มีค่าความสกปรกต่ำ

น้ำเสียชุมชนที่ปรับความเข้มข้นของ TN และ TP เป็น 2 , 5 เท่า และ 10 เท่าของน้ำเสียชุมชนปกติ (2NW, 5NW และ 10NW) ซึ่งกำหนดให้มีค่า TN เท่ากับ 40, 100 และ 200 mg/l ตามลำดับ และค่า TP เท่ากับ 8, 20 และ 40 mg/l ตามลำดับ น้ำเสียที่เตรียมได้มีค่าเฉลี่ย TN 48.212, 111.129 และ 216.803 mg/l ตามลำดับ และ ค่าเฉลี่ย TP 8.978, 21.159 และ 44.494 mg/l ตามลำดับ ซึ่งใกล้เคียงกับค่าที่กำหนด ค่าแอมโมเนียในน้ำเสีย 2NW, 5NW และ 10NW มีแนวโน้มสูงขึ้นตามระดับความเข้มข้นของน้ำเสีย มีค่า 6.585, 15.903 และ 30.411 mg/l ตามลำดับ ทั้งนี้เป็นผลจากกระบวนการแอมโมนิฟิเคชัน ของยูเรียที่ใช้ปรับความเข้มข้นของ TN ค่าออร์โธฟอสเฟตในน้ำเสียมีแนวโน้มสูงขึ้นตามระดับความเข้มข้นของน้ำเสีย มีค่า 6.421, 18.746 และ 39.518 mg/l ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากสาร KH_2PO_4 ที่ใช้เพื่อปรับความเข้มข้นของ TP ละลายน้ำและแตกตัวให้ PO_4^{3-} สำหรับค่า BOD ของน้ำเสีย 2NW, 5NW และ 10NW มีค่า 50.22, 78.67 และ 90.50 mg/l ตามลำดับ

น้ำทะเลซึ่งใช้ในชุดควบคุมมีค่าเฉลี่ยของ pH 7.92 ความเค็ม 31.00 psu, DO 2.64 mg/l, BOD 10.19 mg/l, TN 3.713 mg/l แอมโมเนีย 0.408 mg/l, TP 0.982 mg/l และออร์โธฟอสเฟต 0.500 mg/l ซึ่งจะเห็นว่า DO ค่อนข้างต่ำและ BOD ค่อนข้างสูง

ตารางที่ 4-15 คุณภาพน้ำเสียและน้ำทะเลก่อนเข้าชุดทดลองทั้ง 9 ครั้ง ในระบบต่อเนื่อง โครงการที่ 1-1

พารามิเตอร์	NW	2NW	5NW	10NW	SW
ความเป็นกรดด่าง (pH)	7.48±0.31	8.18±0.31	8.09±0.29	7.98±0.35	7.92±0.24
อุณหภูมิ (^{o}C)	31.04±1.36	30.19±0.81	30.32±0.62	30.19±0.75	30.14±1.61
การนำไฟฟ้า (mS/cm)	^{b}1.23±0.12	^{b}1.18±0.09	^{b}1.18±0.09	^{b}1.20±0.07	^{a}52.61±4.24
ความเค็ม (psu)	^{b}0.56±0.07	^{b}0.52±0.04	^{b}0.52±0.04	^{b}0.52±0.04	^{a}31.00±2.09
ออกซิเจนละลาย (DO) (mg/l)	^{b}0.00±0.00	^{a}7.00±1.57	^{a}7.34±1.34	^{a}7.27±2.50	^{b}2.64±1.56
บีโอดี (BOD) (mg/l)	^{c}28.06±10.21	^{b}50.22±11.18	^{a}78.67±11.12	^{a}90.50±16.35	^{c}10.19±5.08
ไนโตรเจนทั้งหมด (TN) (mg/l)	^{b}22.154±5.414	^{a}48.212±2.811	^{a}111.129±6.350	^{a}216.803±14.908	^{c}3.713±1.049
แอมโมเนีย (NH_3-N) (mg/l)	^{b}17.334±2.405	^{c}6.585±0.728	^{b}15.903±1.977	^{a}30.411±2.643	^{d}0.408±0.188
ไนเตรท (NO_3-N) (mg/l)	^{b}0.153±0.045	^{a}0.872±0.210	^{a}0.936±0.245	^{a}1.004±0.302	^{c}0.083±0.035
ฟอสฟอรัสทั้งหมด (TP) (mg/l)	^{d}5.837±0.817	^{c}8.978±0.774	^{b}21.159±1.096	^{a}44.494±3.288	^{e}0.982±0.127
ออร์โธฟอสเฟต (ortho-PO_4) (mg/l)	^{d}3.618±0.555	^{c}6.421±0.890	^{b}18.746±1.255	^{a}39.518±4.289	^{e}0.500±0.081

หมายเหตุ ตัวอักษรมุมขวามือ (แนวนอน) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างความเข้มข้นของน้ำเสีย อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % NW (normal wastewater) คือ น้ำเสียชุมชนปกติ; 2NW, 5 NW และ 10 NW คือ น้ำเสียที่มีความเข้มข้นของ TN และ TP เป็น 2, 5 และ 10 เท่าของน้ำเสียชุมชนปกติ ตามลำดับ; SW (seawater) คือ น้ำทะเล

4.2.2 ประสิทธิภาพการบำบัด ในระบบเติมต่อเนื่อง ในโครงการย่อยที่ 1-1

ในการทดลองบำบัดน้ำเสียได้ทดลองบำบัดโดยใช้ระยะเวลากักเก็บ 7, 5 และ 3 วัน ตามลำดับ โดยทดลองระยะกักเก็บละ 3 ซ้ำ ผลการทดลองสามารถสรุปได้ดังนี้

ความเป็นกรด-ด่าง (pH)

ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของน้ำเสียที่เข้าสู่ชุดทดลองอยู่ในช่วง 7.30-8.37 เมื่อผ่านการบำบัดแล้วจะมีค่า pH สูงขึ้น โดยมีค่าอยู่ในช่วง 7.75-8.82 (ตารางที่ ก 10 ภาคผนวก ก) ซึ่งแนวโน้มดังกล่าวมีลักษณะเช่นเดียวกับในระบบกะ

การนำไฟฟ้าและความเค็ม (Conductivity and Salinity)

การนำไฟฟ้าและความเค็มของน้ำเสียที่เข้าสู่ชุดทดลองมีค่า 1.12-1.23 mS/cm และ 0.50-0.60 psu ตามลำดับ น้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วจะมีค่าดังกล่าวสูงขึ้นเป็น 8.46-43.16 mS/cm และ 4.43-24.63 psu ตามลำดับ และพบว่าเมื่อใช้ระยะกักเก็บ 7 วัน จะทำให้น้ำที่ผ่านการบำบัดมีค่าความเค็มและการนำไฟฟ้าสูงที่สุด เช่นเดียวกับในระบบกะ โดยน้ำที่ผ่านการบำบัดเมื่อใช้ระยะกักเก็บ 7, 5 และ 3 วัน มีความเค็มอยู่ในช่วง 15.03-24.63, 4.60-16.03 และ 4.43-15.37 psu ตามลำดับ และการนำไฟฟ้าอยู่ในช่วง 1.21-1.24, 1.12-1.23, 1.14-1.20 และ 1.17-1.22 mS/cm ตามลำดับ (ตารางที่ ก 11 ถึง ก 12 ภาคผนวก ก) ทั้งนี้เนื่องจากเมื่อระยะกักเก็บน้ำนานขึ้นจะทำให้มีการระเหยของน้ำเพิ่มขึ้น

ปริมาณออกซิเจนละลาย (Dissolved Oxygen : DO)

น้ำเสียที่เข้าสู่ชุดทดลองมีค่า DO 0.00-9.48 mg/l ขณะที่น้ำเสียที่เข้าสู่ชุดทดลองในระบบกะมีค่าต่ำกว่า อยู่ระหว่าง 0.00-5.39 mg/l ทั้งนี้เพราะการปล่อยน้ำแบบเติมต่อเนื่องซึ่งค่อยๆ เติมน้ำเข้าสู่ชุดทดลองเป็นวิธีการเพิ่มออกซิเจนให้กับระบบ น้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วมีค่า DO สูงขึ้นเป็น 1.42-13.10 mg/l (ตารางที่ 4-16) ขณะที่ระบบกะมี DO ของน้ำที่ผ่านการบำบัดอยู่ระหว่าง 4.17-11.00 mg/l ซึ่งจะเห็นว่า DO ในระบบเติมต่อเนื่องบางครั้งต่ำกว่าระบบกะ เพราะระยะกักเก็บที่ใช้ในการศึกษานี้ค่อนข้างนานคือระหว่าง 7, 5 และ 3 วัน ดังนั้นอัตราการปล่อยน้ำเข้าจึงช้า อยู่ระหว่าง 19.84-46.30 มิลลิลิตร/นาที ทำให้ในช่วงแรกๆ น้ำจะซึมซาบ (infiltration) ลงสู่ดินชั้นล่างจนกระทั่งเมื่อน้ำมีปริมาณมากขึ้นและดินในบริเวณใกล้จุดปล่อยน้ำเริ่มอิ่มตัวจึงปรากฏระดับน้ำเหนือผิวดินซึ่งใช้เวลาประมาณ 12 ชั่วโมง ขณะที่ระบบกะซึ่งปล่อยน้ำปริมาณมากลงไปในชุดทดลองในคราวเดียวทำให้มีระดับน้ำอยู่เหนือผิวดิน ทำให้มวลน้ำดังกล่าวมีช่วงเวลาที่จะสัมผัสอากาศ และมีการสังเคราะห์แสงของสาหร่ายและแพลงก์ตอนพืชจำนวนมาก

ตารางที่ 4-16 ปริมาณออกซิเจนละลายของน้ำก่อนและหลังการบำบัดเมื่อใช้ระยะเวลากักเก็บต่างกัน ในระบบต่อเนื่อง โครงการที่ 1-1

กักเก็บ (วัน)	ชุดทดลอง	น้ำเข้า (mg/l)	น้ำออก (mg/l)				
			โกงกางใบใหญ่	แสมทะเล	พังกาหัวสุม	โปรงแดง	ไม่ปลูกพืช
7	NW	^{c}0.00±0.00	12.33±4.16^{a}	8.02±2.14^{ab}	11.85±2.33^{a}	4.83±1.86^{b}	10.60±0.65^{a}
	2NW	^{ab}5.18±0.68	11.73±0.99	8.65±1.89	7.72±3.33	9.90±2.85	8.52±2.63
	5NW	^{a}6.12±1.27	9.57±3.85	4.52±0.20	7.58±3.07	7.77±2.42	6.83±1.47
	10NW	^{ab}4.78±0.19	6.33±2.02^{b}	4.47±0.95^{b}	7.22±3.93^{b}	8.82±3.15^{ab}	12.08±1.26^{a}
	SW	^{b}3.90±2.08	8.03±2.36	6.82±3.93	9.97±0.83	9.78±2.05	7.05±3.40
5	NW	^{b}0.00±0.00	9.58±1.53	6.18±0.45	7.67±2.88	8.68±0.99	7.90±0.10
	2NW	^{a}7.97±0.97	8.33±1.87	5.90±0.60	6.77±0.93	7.78±2.24	9.85±1.56
	5NW	^{a}8.00±1.15	7.82±0.77^{a}	3.32±0.58^{b}	4.80±3.16^{ab}	5.42±1.49^{ab}	8.35±1.91^{a}
	10NW	^{a}9.48±2.80	5.85±2.03	3.33±2.22	5.12±2.53	6.30±2.75	6.52±3.49
	SW	^{b}1.40±0.69	7.13±2.84	6.77±4.68	5.82±1.02	6.68±0.19	6.53±1.14
3	NW	^{b}0.00±0.00	^{b}8.07±0.76^{a}	^{a}5.63±0.48^{b}	^{b}9.05±0.87^{a}	^{bc}7.62±0.80^{a}	^{b}8.67±1.63^{a}
	2NW	^{a}7.85±1.03	^{a}13.10±2.66^{a}	^{a}5.73±0.65^{b}	^{b}7.92±1.48^{b}	^{b}8.50±0.90^{b}	^{a}12.45±2.51^{a}
	5NW	^{a}7.90±0.92	^{b}6.97±1.59^{a}	^{c}1.42±0.16^{c}	^{c}4.55±1.10^{b}	^{d}5.58±0.78^{ab}	^{b}7.03±0.44^{a}
	10NW	^{a}7.53±0.59	^{b}5.82±0.35^{b}	^{b}2.52±0.73^{c}	^{c}4.85±0.54^{b}	^{cd}6.32±1.30^{ab}	^{b}7.53±0.78^{a}
	SW	^{b}2.62±0.53	^{a}11.75±1.06^{a}	^{a}6.53±0.42^{b}	^{a}11.68±0.81^{a}	^{a}12.23±0.24^{a}	^{b}7.37±0.23^{b}

หมายเหตุ ตัวอักษรมุมซ้ายมือ (แนวตั้ง) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างความเข้มข้นของน้ำเสีย อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
ตัวอักษรมุมขวามือ (แนวนอน) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างชนิดพืช อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

สำหรับประเด็นอื่นๆ สามารถสรุปแนวโน้มได้ดังนี้

- DO ในระบบเติมต่อเนื่องค่าจะมีความผันแปรสูงกว่าระบบกะ และไม่พบแนวโน้มที่ชัดเจนว่าชุดทดลองที่ปลูกกล้าไม้มีค่า DO สูงกว่าชุดควบคุมที่ไม่ปลูกพืช ซึ่งแตกต่างจากระบบกะ ซึ่งชุดทดลองที่ปลูกกล้าไม้จะมีค่า DO สูงกว่าชุดควบคุมที่ไม่ปลูกพืชอย่างชัดเจน แต่พบว่า DO ของชุดทดลองที่ปลูกแสมทะเลมีค่าค่อนข้างต่ำกว่าชุดทดลองที่ปลูกโกงกางใบใหญ่ พังกาหัวสุมดอกแดง โปรงแดง และชุดควบคุมที่ไม่ปลูกพืชเช่นเดียวกับในระบบกะ ทั้งนี้เพราะสภาพของระบบที่แน่นทึบจากการแตกกิ่งเป็นพุ่มทำให้การเติมอากาศโดยลม และการสังเคราะห์แสงของสาหร่ายและแพลงก์ตอนพืชเกิดขึ้นได้จำกัดกว่า

- ชุดทดลองที่ได้รับน้ำเสียความเข้มข้นต่ำ (NW และ 2NW) มีค่า DO ของน้ำที่ผ่านการบำบัดสูงกว่าชุดทดลองที่ได้รับน้ำเสียความเข้มข้นสูง (5NW และ 10NW) ซึ่งเป็นแนวโน้มลักษณะเดียวกับในระบบกะ

- มีแนวโน้มว่าเมื่อใช้ระยะกักเก็บนาน 7 วัน จะทำให้ DO ของน้ำที่ผ่านการบำบัดสูงกว่าเมื่อใช้ระยะกักเก็บ 5 วัน และ 3 วัน ตามลำดับ โดยค่า DO อยู่ในช่วง 4.47-12.33, 3.32-9.85 และ 1.42-13.10 mg/l ตามลำดับ อย่างไรก็ตามแนวโน้มดังกล่าวค่อนข้างผันแปรและไม่ชัดเจน

บีโอดี (Biochemical Oxygen Demand : BOD)

น้ำเสีย NW, 2NW, 5NW และ 10NW ที่เข้าสู่ชุดทดลองมีค่า BOD อยู่ในช่วง 25.67-32.50, 41.75-56.42, 71.00-90.50 และ 80.50-109.00 mg/l ตามลำดับ น้ำเสียทุกความเข้มข้นดังกล่าวเมื่อผ่านการบำบัดแล้วมีค่า BOD อยู่ในช่วง 3.00-12.33 mg/l ซึ่งไม่เกินมาตรฐานกำหนด (20 mg/l) เมื่อใช้ระยะกักเก็บเพียง 3 วัน แต่มีข้อสังเกตคือ เมื่อใช้ระยะเวลากักเก็บ 3 วัน จะทำให้ค่า BOD ของน้ำที่ผ่านการบำบัดสูงกว่าเมื่อใช้ระยะเวลากักเก็บ 5 วัน และ 7 วัน ตามลำดับ ซึ่งผลการศึกษานี้แตกต่างจากระบบกะ ซึ่งต้องใช้ระยะเวลากักเก็บนาน 5 และ 7 วัน จึงจะทำให้ค่า BOD ของน้ำที่ผ่านการบำบัดอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน (ตารางที่ 4-17)

โดยทั่วไป เปอร์เซ็นต์การบำบัด BOD มีแนวโน้มสูงขึ้นเมื่อระยะเวลากักเก็บนานขึ้น เช่นเดียวกันกับระบบกะ โดยเปอร์เซ็นต์การบำบัดเมื่อใช้ระยะกักเก็บ 7, 5 และ 3 วัน มีค่า 75.36-95.31, 81.15-94.78 และ 73.48-91.84% ตามลำดับ

โดยทั่วไป เปอร์เซ็นต์การบำบัด BOD ในชุดทดลองที่ปลูกกล้าไม้และชุดควบคุมที่ไม่ปลูกพืช ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งแตกต่างจากระบบกะ ซึ่งชุดทดลองที่ปลูกกล้าไม้มีเปอร์เซ็นต์การบำบัดสูงกว่าชุดควบคุมที่ไม่ปลูกพืชอย่างชัดเจน

โดยทั่วไป เปอร์เซ็นต์การบำบัด BOD ในชุดทดลองที่ได้รับน้ำเสียความเข้มข้นสูง (5NW และ 10NW) สูงกว่าชุดทดลองที่ได้รับน้ำเสียความเข้มข้นต่ำ (NW และ 2NW) ซึ่งชี้ให้เห็นว่าระบบการปล่อยน้ำแบบเติมต่อเนื่องมีศักยภาพสูงในการรองรับน้ำเสียที่มี BOD สูงและยังใช้ระยะกักเก็บสั้นกว่าระบบกะด้วย (ตารางที่ 4-18 และรูปที่ 4-13 ถึง 4-14)

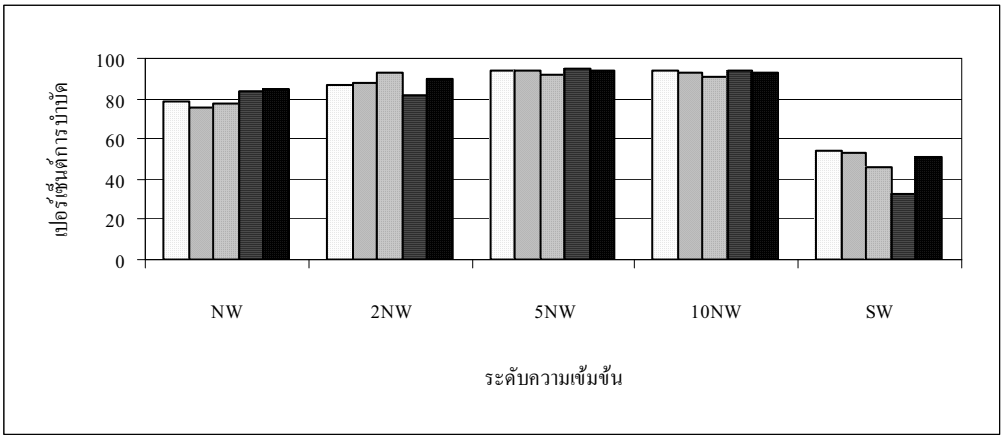
ตารางที่ 4-17 ปริมาณบีโอดีของน้ำก่อนและหลังการบำบัดเมื่อใช้ระยะเวลากักเก็บต่างกัน ในระบบต่อเนื่อง โครงการที่ 1-1

กักเก็บ (วัน)	ชุดทดลอง	น้ำเข้า (mg/l)	น้ำออก (mg/l)				
			โกงกางใบใหญ่	แสมทะเล	พังกาหัวสุม	โปรงแดง	ไม่ปลูกพืช
7	NW	^{c}25.67±12.71	4.44±2.27	4.95±2.25	4.55±1.11	^{b}3.15±1.58	3.55±1.74
	2NW	^{b}56.42±9.23	7.80±4.62	7.35±3.17	4.20±1.13	^{a}10.10±3.52	5.70±4.28
	5NW	^{a}90.50±5.27	5.10±0.90	5.30±2.69	7.40±2.96	^{b}4.20±2.86	5.90±0.96
	10NW	^{a}109.00±15.59	6.60±3.17	7.30±2.13	9.80±2.41	^{ab}6.90±1.97	7.20±5.05
	SW	^{c}16.53±4.10	7.55±4.03	7.65±6.14	8.90±5.85	^{a}10.45±4.26	9.15±7.16
5	NW	^{c}26.00±6.76	4.35±2.22	4.65±3.90	4.20±1.97	3.10±1.22	3.50±0.92
	2NW	^{b}52.50±6.54	5.42±2.20	5.40±1.37	4.80±0.65	5.58±1.37	4.38±0.34
	5NW	^{a}71.00±8.66	4.70±2.59	6.20±2.71	8.70±6.32	3.80±1.95	4.10±2.55
	10NW	^{a}80.50±10.85	7.10±1.42	5.30±0.46	6.50±2.00	7.00±4.20	7.60±3.99
	SW	^{d}7.35±1.13	2.45±0.83	3.10±0.71	3.80±0.17	3.75±0.98	2.35±0.31
3	NW	^{b}32.50±13.94	^{c}5.80±0.17^{ab}	^{d}4.60±0.17^{bc}	^{c}5.40±0.90^{ab}	^{b}3.00±1.31^{c}	^{b}6.60±1.31^{a}
	2NW	^{b}41.75±15.45	^{b}7.10±0.17^{b}	^{c}5.90±0.17^{c}	^{a}9.90±0.30^{a}	^{a}10.30±0.46^{a}	^{b}6.80±0.17^{b}
	5NW	^{a}74.50±10.24	^{a}8.33±0.29^{c}	^{a}12.33±0.76^{a}	^{b}7.00±0.50^{d}	^{a}10.33±0.58^{b}	^{a}8.50±0.50^{c}
	10NW	^{a}82.00±4.82	^{ab}6.67±0.29^{c}	^{b}6.83±0.29^{c}	^{a}9.50±0.50^{a}	^{a}9.67±0.58^{a}	^{ab}7.83±0.29^{b}
	SW	^{c}6.70±0.23	^{d}4.19±1.03	^{e}3.44±0.39	^{d}3.81±0.29	^{b}4.13±0.32	^{c}4.06±0.76

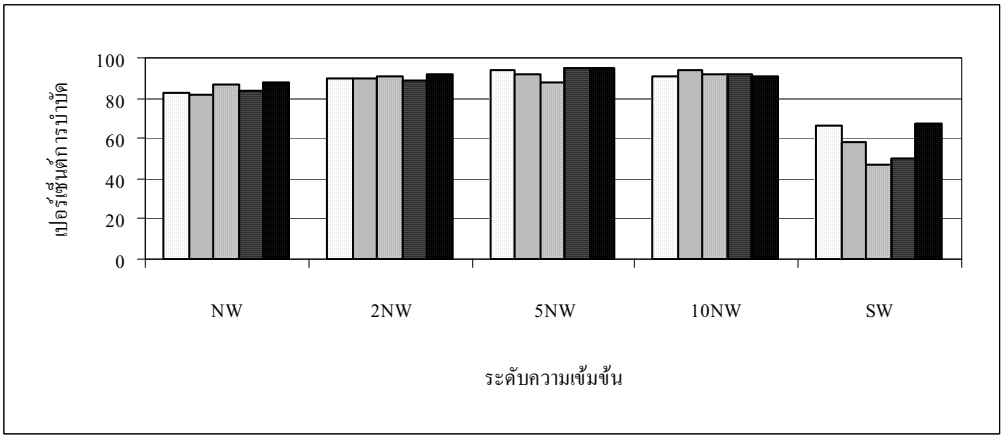
ตารางที่ 4-18 เปอร์เซ็นต์การบำบัดบีโอดี เมื่อใช้ระยะเวลากักเก็บต่างกัน ในระบบต่อเนื่อง โครงการที่ 1-1

กักเก็บ (วัน)	ชุดทดลอง	เปอร์เซ็นต์การบำบัด (%)				
		โกงกางใบใหญ่	แสมทะเล	พังกาหัวสุม	โปรงแดง	ไม่ปลูกพืช
7	NW	^{a}79.04±17.92	75.36±21.67	^{a}77.63±14.46	^{a}84.04±14.85	^{a}85.03±7.23
	2NW	^{a}86.78±5.59	87.33±3.31	^{a}92.61±1.23	^{a}81.68±7.57	^{a}89.83±8.28
	5NW	^{a}94.31±1.33	94.14±2.95	^{a}91.81±3.26	^{a}95.31±3.17	^{a}93.43±1.40
	10NW	^{a}93.70±3.53	93.19±2.42	^{a}90.73±3.2	^{a}93.44±2.52	^{a}93.03±5.33
	SW	^{b}54.44±18.19	53.51±31.31	^{b}46.33±27.97	^{b}44.83±20.72	^{b}50.74±25.67
5	NW	^{a}83.08±3.98	^{a}81.15±9.50	^{a}86.56±5.12	^{b}83.92±7.61	^{a}87.29±1.07
	2NW	^{a}89.36±5.24	^{a}89.41±3.71	^{a}90.67±2.26	^{ab}89.06±3.72	^{a}91.52±1.60
	5NW	^{a}93.58±2.81	^{a}91.45±2.87	^{a}88.19±7.74	^{a}94.78±2.23	^{a}94.41±3.01
	10NW	^{a}91.22±0.70	^{a}93.38±0.54	^{a}91.91±2.51	^{a}91.64±3.90	^{a}90.84±3.65
	SW	^{b}66.56±9.91^{a}	^{b}58.04±4.24^{ab}	^{b}47.24±10.30^{b}	^{c}49.51±5.82^{b}	^{b}67.10±9.55^{a}
3	NW	^{a}79.98±7.69	^{a}84.26±5.71	^{ab}80.56±10.32	^{a}88.59±8.91	^{a}76.31±13.42
	2NW	^{a}81.45±6.30	^{a}84.57±5.30	^{b}74.10±9.01	^{b}73.48±7.55	^{a}82.34±5.71
	5NW	^{a}88.70±1.25^{ab}	^{a}83.13±3.43^{c}	^{a} 90.54±0.74^{a}	^{a}85.87±2.90^{bc}	^{a}88.50±1.04^{ab}
	10NW	^{a}91.84±0.50^{a}	^{a}91.62±0.75^{ab}	^{a} 88.38±0.28^{c}	^{a}88.14±1.32^{c}	^{a}90.42±0.26^{b}
	SW	^{b}37.16±17.26	^{b}48.61±6.85	^{c}43.09±3.71	^{c}38.33±6.52	^{b}39.25±11.90

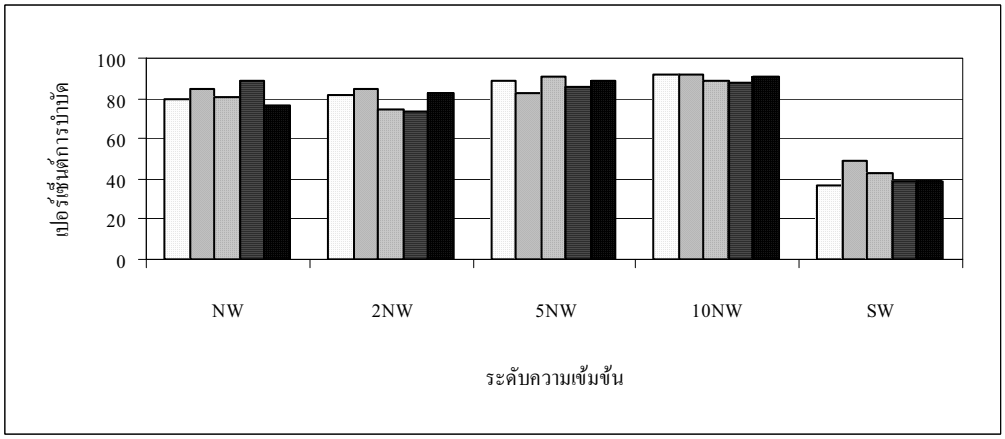
หมายเหตุ ตัวอักษรมุมซ้ายมือ (แนวตั้ง) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างความเข้มข้นของน้ำเสีย อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
ตัวอักษรมุมขวามือ (แนวนอน) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างชนิดพืช อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%



(ก) ระยะเวลากักเก็บ 7 วัน

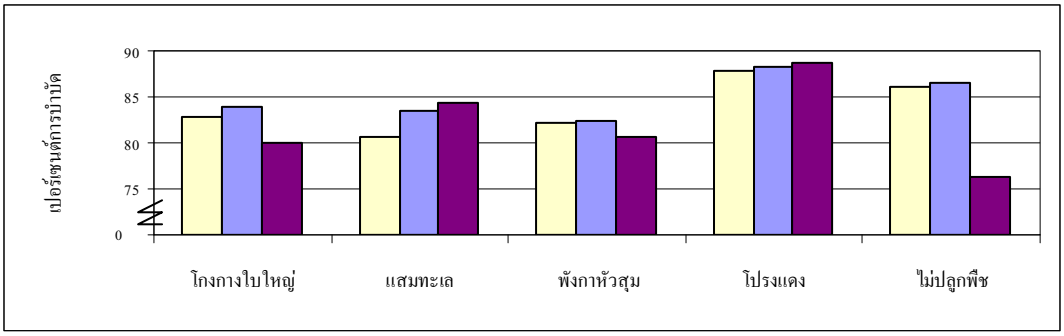


(ข) ระยะเวลากักเก็บ 5 วัน

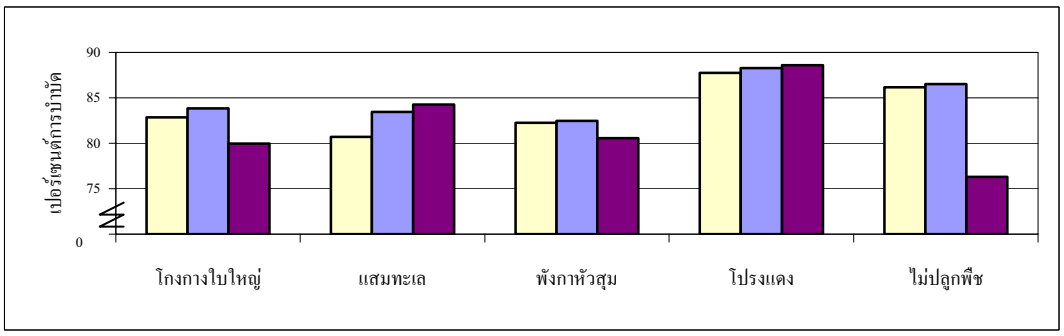


(ค) ระยะเวลากักเก็บ 3 วัน

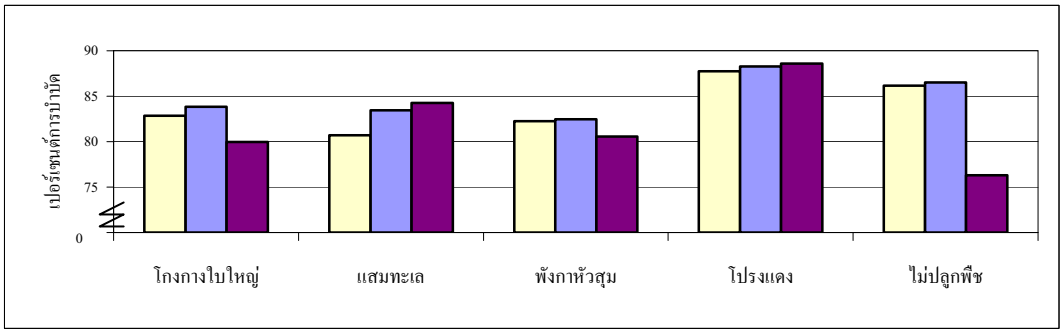
รูปที่ 4-13 เปอร์เซ็นต์การบำบัดบีโอดีของน้ำเสียเมื่อใช้ระยะเวลากักเก็บต่างกัน ในระบบต่อเนื่อง โครงการที่ 1-1



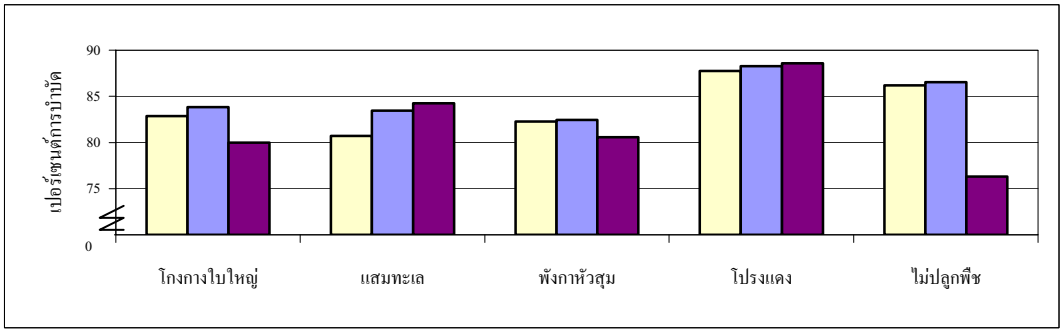
(ก) น้ำเสีย NW



(ข) น้ำเสีย 2 NW



(ค) น้ำเสีย 5 NW



(ง) น้ำเสีย 10 NW

รูปที่ 4-14 เปอร์เซ็นต์การบำบัดบีโอดีของน้ำเสียต่างระดับความเข้มข้น ในระบบต่อเนื่อง โครงการที่ 1-1

ไนโตรเจนทั้งหมด (Total Nitrogen : TN)

น้ำเสีย NW, 2NW, 5NW และ 10NW ที่เข้าสู่ชุดทดลองมีค่า TN อยู่ในช่วง 18.116-26.778, 46.542-49.684, 107.022-117.258 และ 210.996-224.342 mg/l ตามลำดับ เมื่อกักเก็บน้ำเสียไว้ในชุดทดลองนานขึ้นจะทำให้ค่า TN ของน้ำที่ผ่านการบำบัดลดต่ำลง กล่าวคือ เมื่อใช้ระยะกักเก็บ 7 และ 5 วัน ชุดทดลองทุกชุด (ทั้งที่ปลูกกล้าไม้และชุดควบคุมที่ไม่ปลูกพืช) สามารถบำบัดน้ำเสีย NW, 2NW และ 5NW ให้มีค่าไม่เกินมาตรฐานกำหนด (35 mg/l) แต่ไม่สามารถบำบัดน้ำเสีย 10NW ให้มีค่าไม่เกิน 35 mg/l ได้ และเมื่อใช้ระยะกักเก็บ 3 วัน สามารถบำบัดได้เฉพาะน้ำเสีย NW และ 2NW ให้มีค่าไม่เกิน 35 mg/l ซึ่งแตกต่างจากระบบกะ ซึ่งสามารถบำบัดน้ำเสีย 10NW ได้หากใช้ระยะเวลากักเก็บ 7 วัน (ตารางที่ 4-19) ดังนั้นหากน้ำเสียมีค่า TN สูงมาก เช่นน้ำเสีย 10NW ซึ่งมีค่าเฉลี่ย TN 216.803$\pm$14.908 mg/l จะไม่สามารถบำบัดโดยใช้ระบบเติมต่อเนื่องหากใช้ระยะเวลากักเก็บเพียง 7 วัน แต่อาจต้องใช้ระยะเวลากักเก็บที่นานขึ้น

เปอร์เซ็นต์การบำบัด TN มีแนวโน้มสูงขึ้นเมื่อระยะเวลากักเก็บนานขึ้น เช่นเดียวกันกับระบบกะ โดยเปอร์เซ็นต์การบำบัดเมื่อใช้ระยะกักเก็บ 7, 5 และ 3 วัน มีค่า 71.35-91.86, 61.66-85.57 และ 49.18-76.33% ตามลำดับ

โดยทั่วไป พบแนวโน้มว่า เปอร์เซ็นต์การบำบัด TN เมื่อใช้ระยะกักเก็บ 7 วัน และ 5 วัน มีค่าสูงสุดในชุดทดลองที่ได้รับน้ำเสีย 5NW เพราะถึงแม้ชุดทดลองที่ได้รับน้ำเสีย 5NW จะมีปริมาณ TN และ BOD สูงกว่าชุดทดลอง NW แต่ก็มีค่า DO สูงกว่า ทำให้กระบวนการเปลี่ยนรูปไนโตรเจนเกิดขึ้นได้ดีกว่า (กระบวนการแอมโมนิฟิเคชัน และไนตริฟิเคชัน) แต่ในชุดทดลอง 10NW นั้น มีปริมาณ TN และ BOD สูงมาก ทำให้ DO ซึ่งถึงแม้ในช่วงเริ่มต้นจะมีค่าสูง ถูกใช้หมดไปอย่างรวดเร็ว จนเป็นปัจจัยจำกัดของกระบวนการเปลี่ยนรูปของไนโตรเจน ทำให้เปอร์เซ็นต์การบำบัดในชุดทดลอง 10NW มีค่าต่ำที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับชุดทดลองที่ได้รับน้ำเสียความเข้มข้นอื่น แต่เมื่อใช้ระยะเวลากักเก็บ 3 วัน พบว่า เปอร์เซ็นต์การบำบัดมีค่าสูงสุดในชุดทดลองที่ได้รับน้ำเสีย NW และมีแนวโน้มที่ไม่ชัดเจน (ตารางที่ 4-20 และรูปที่ 4-15 ถึง 4-16) ขณะที่ระบบกะ พบว่า เปอร์เซ็นต์การบำบัด TN ของทุกระยะกักเก็บ มีค่าสูงสุดในชุดทดลองที่ได้รับน้ำเสีย NW รองลงมาคือ 2NW และ 5NW ตามลำดับ และต่ำที่สุดในชุดทดลองที่ได้รับน้ำเสีย 10NW

เปอร์เซ็นต์การบำบัด TN ของชุดทดลองที่ปลูกกล้าไม้และชุดควบคุมที่ไม่ปลูกพืช ไม่เห็นแนวโน้มความแตกต่างที่ชัดเจน ซึ่งแตกต่างจากระบบกะ ซึ่งพบว่าชุดทดลองที่ปลูกกล้าไม้มีเปอร์เซ็นต์การบำบัด TN สูงกว่าชุดควบคุมที่ไม่ปลูกพืช

หากเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การบำบัด TN ระหว่างระบบกะ และระบบเติมต่อเนื่อง พบว่า เมื่อใช้ระยะกักเก็บ 7 วัน เปอร์เซ็นต์การบำบัดของระบบทั้งสองมีค่าไม่แตกต่างกันมากนัก แต่เมื่อใช้ระยะกักเก็บ 5 วัน และ 3 วัน ระบบกะมีเปอร์เซ็นต์การบำบัด TN สูงกว่าระบบเติมต่อเนื่อง

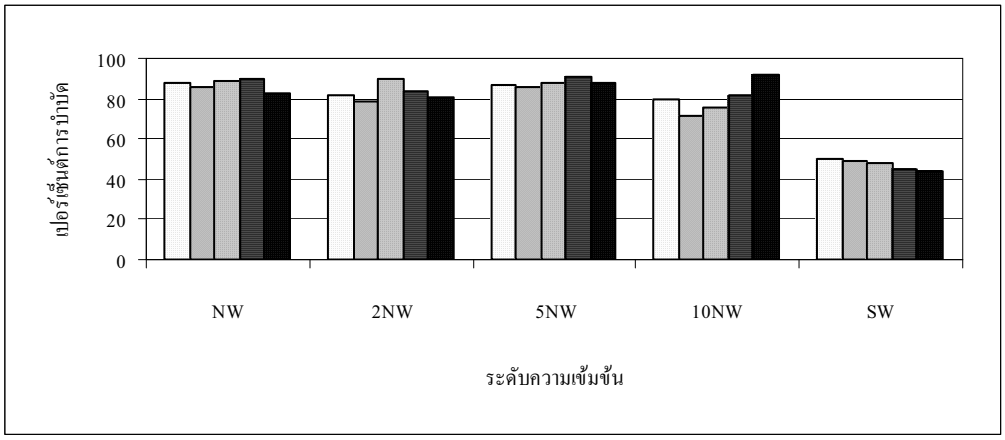
ตารางที่ 4-19 ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดของน้ำก่อนและหลังการบำบัดเมื่อใช้ระยะเวลากักเก็บต่างกัน ในระบบต่อเนื่อง โครงการที่ 1-1

กักเก็บ (วัน)	ชุดทดลอง	น้ำเข้า (mg/l)	น้ำออก (mg/l)				
			โกงกางใบใหญ่	แสมทะเล	พังกาหัวสุม	โปรงแดง	ไม่ปลูกพืช
7	NW	^{d}26.787±0.907	^{c}3.298±0.860	^{b}3.702±1.742	^{b}2.955±2.417	^{b}2.644±0.658	^{d}4.636±1.804
	2NW	^{c}49.684±0.95	^{bc}9.209±4.312	^{b}10.329±6.25	^{b}4.853±1.553	^{b}8.244±3.263	^{c}9.831±4.034
	5NW	^{b}117.258±4.87	^{b}15.711±7.01	^{b}16.489±7.31	^{b}14.467±12.9	^{b}11.138±1.88	^{b}14.373±6.18
	10NW	^{a}224.342±9.21	^{a}45.733±14.0	^{a}64.151±31.1	^{a}55.004±33.1	^{a}40.818±31.8	^{a}18.324±4.53
	SW	^{c}4.853±1.057	^{c}2.427±0.524	^{b}2.427±0.370	^{b}2.396±0.579	^{b}2.738±1.135	^{d}3.018±0.623
5	NW	^{d}18.116±7.123	^{d}4.262±1.903	^{d}4.636±1.314	^{d}4.418±2.600	^{d}2.613±0.657	^{c}2.924±1.863
	2NW	^{c}48.440±4.28	^{c}13.471±6.04	^{c}15.369±5.48	^{c}16.116±5.31	^{c}10.982±7.14	^{b}14.902±6.34
	5NW	^{b}107.022±4.74	^{b}19.164±3.95	^{b}28.933±10.6	^{b}30.769±10.1	^{b}27.067±11.8	^{b}15.524±5.85
	10NW	^{a}210.996±22.9	^{a}52.516±10.4	^{a}77.653±7.99	^{a}78.929±10.6	^{a}70.124±13.0	^{a}45.267±10.4
	SW	^{c}2.893±0.343	^{d}1.773±0.396	^{d}1.929±0.382	^{d}1.836±0.148	^{d}1.867±0.140	^{c}1.680±0.337
3	NW	^{d}21.560±0.907	^{d}7.591±0.494^{b}	^{d}9.458±0.438^{a}	^{d}7.436±0.544^{c}	^{d}5.133±1.057^{d}	^{d}8.338±1.127^{b}
	2NW	^{c}46.542±0.98	^{b}26.569±1.26	^{c}23.302±0.75	^{c}24.049±0.84	^{c}22.524±0.39	^{c}21.156±1.06
	5NW	^{b}109.107±4.34	^{c}25.262±1.08	^{b}49.529±0.73	^{b}50.618±0.68	^{b}55.347±0.70	^{b}26.071±0.40
	10NW	^{a}215.320±2.96	^{a}84.373±2.38	^{a}96.196±1.20	^{a}95.698±0.60	^{a}98.467±0.77	^{a}76.502±0.90
	SW	^{c}3.391±0.295	^{c}2.240±0.198	^{c}2.427±0.140	^{c}2.396±0.148	^{c}2.489±0.219	^{c}2.333±0.247

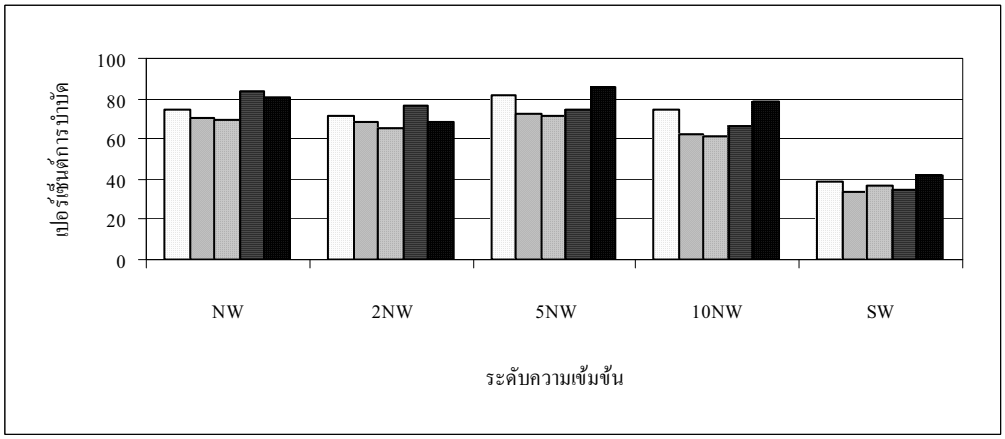
ตารางที่ 4-20 เปอร์เซ็นต์การบำบัดไนโตรเจนทั้งหมดเมื่อใช้ระยะเวลากักเก็บต่างกัน ในระบบต่อเนื่อง โครงการที่ 1-1

กักเก็บ (วัน)	ชุดทดลอง	เปอร์เซ็นต์การบำบัด (%)				
		โกงกางใบใหญ่	แสมทะเล	พังกาหัวสุม	โปรงแดง	ไม่ปลูกพืช
7	NW	^{a}87.60±3.62	^{a}86.04±6.74	^{a}88.72±9.53	^{a}90.13±2.40	^{bc}82.71±6.54
	2NW	^{bc}81.36±8.89	^{ab}79.07±12.82	^{a}90.18±3.26	^{a}83.34±6.75	^{c}80.12±8.34
	5NW	^{ab}86.80±7.25	^{a}86.01±10.93	^{a}87.74±11.42	^{a}90.54±9.45	^{ab}87.92±4.93
	10NW	^{c}79.56±6.51^{b}	^{b}71.35±14.16^{b}	^{b}75.67±14.22^{b}	^{a}81.51±15.01^{a}	^{a}91.86±1.86^{a}
	SW	^{d}49.90±4.58	^{c}48.95±8.64	^{c}47.89±18.18	^{b}45.26±12.69	^{d}43.59±6.60
5	NW	^{a}74.72±13.78	^{a}70.45±16.91	^{a}69.60±25.49	^{a}83.46±8.90	^{a}80.18±17.77
	2NW	^{a}71.42±14.30	^{a}67.95±12.63	^{a}65.70±13.22	^{ab}76.50±16.31	^{b}68.13±15.11
	5NW	^{a}81.96±4.09^{ab}	^{a}72.94±8.63^{c}	^{a}71.32±8.22^{c}	^{ab}74.82±9.81^{bc}	^{a}85.57±4.80^{a}
	10NW	^{a}74.31±8.31^{a}	^{a}62.43±8.17^{b}	^{a}61.66±9.76^{b}	^{b}65.84±10.16^{b}	^{ab}78.11±6.34^{a}
	SW	^{b}39.28±9.51	^{b}33.86±8.24	^{b}36.36±5.24	^{c}35.08±7.33	^{c}42.34±10.10
3	NW	^{b}64.80±1.47^{b}	^{a}56.13±1.01^{d}	^{a}65.54±1.58^{b}	^{a}76.33±4.07^{a}	^{c}61.45±3.80^{c}
	2NW	^{d}42.93±2.15^{e}	^{b}49.94±0.97^{c}	^{c}48.33±1.34^{d}	^{bc}51.59±1.20^{b}	^{d}54.55±1.95^{a}
	5NW	^{a}76.78±5.52^{a}	^{a}54.55±1.61^{b}	^{b}53.52±2.50^{b}	^{c}49.18±3.08^{c}	^{a}76.07±4.09^{a}
	10NW	^{c}60.82±0.79^{b}	^{a}55.32±0.54^{c}	^{b}55.55±0.37^{c}	^{b}54.27±0.43^{d}	^{b}64.47±0.25^{a}
	SW	^{c}33.66±7.80	^{c}28.34±3.99	^{d}29.19±5.21	^{d}26.63±4.25	^{c}31.23±3.61

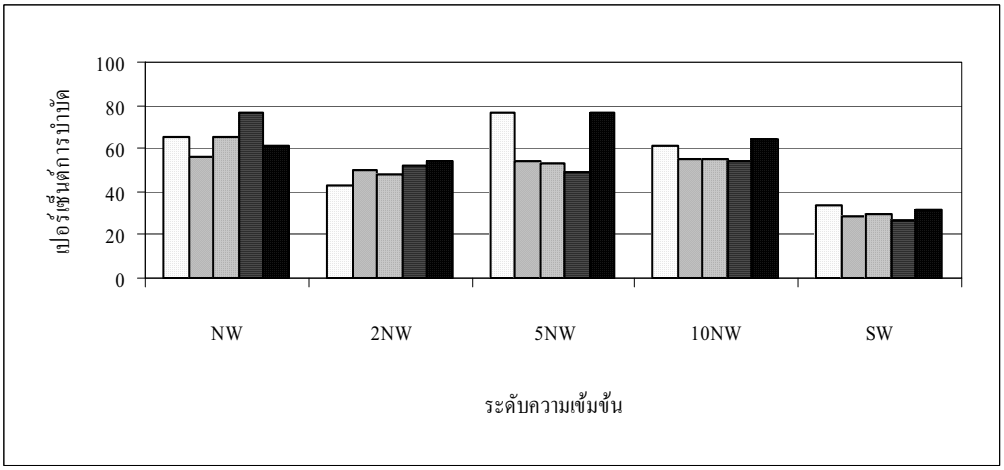
หมายเหตุ ตัวอักษรมุมซ้ายมือ (แนวตั้ง) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างความเข้มข้นของน้ำเสีย อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
ตัวอักษรมุมขวามือ (แนวนอน) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างชนิดพืช อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%



(ก) ระยะเวลากักเก็บ 7 วัน

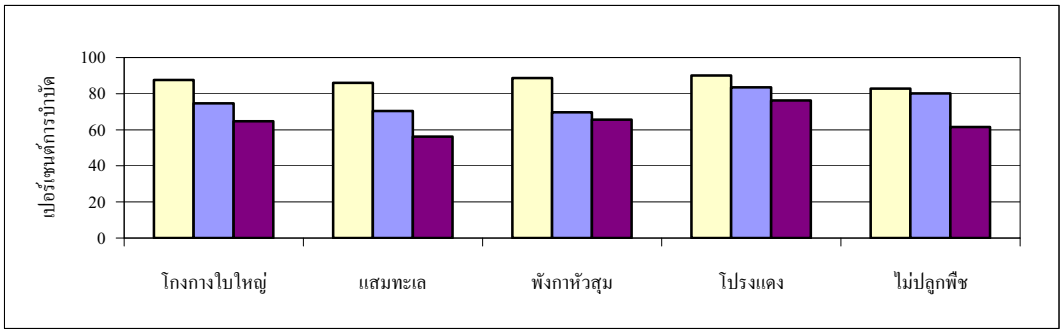


(ข) ระยะเวลากักเก็บ 5 วัน

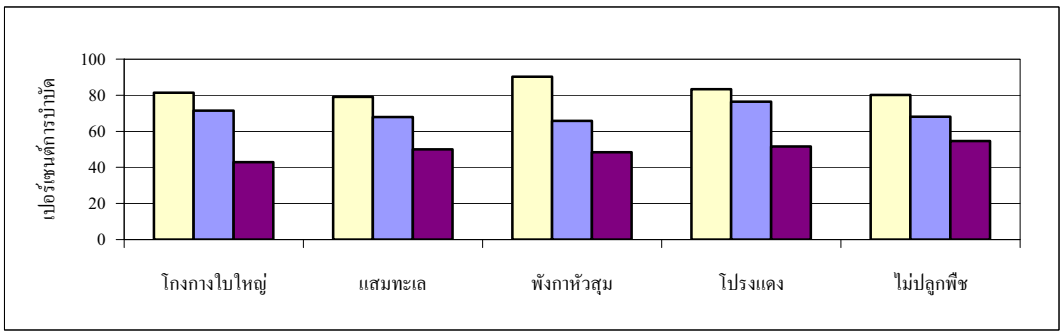


(ค) ระยะเวลากักเก็บ 3 วัน

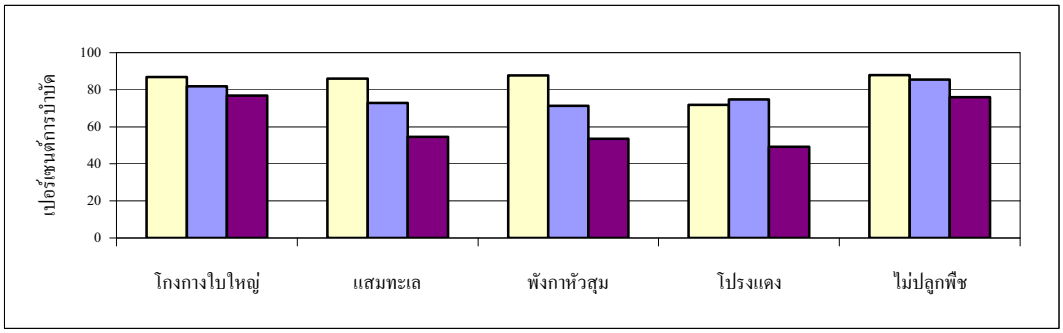
รูปที่ 4-15 เปอร์เซ็นต์การบำบัดไนโตรเจนทั้งหมดของน้ำเสียเมื่อใช้ระยะเวลากักเก็บต่างกัน ในระบบต่อเนื่อง โครงการที่ 1-1



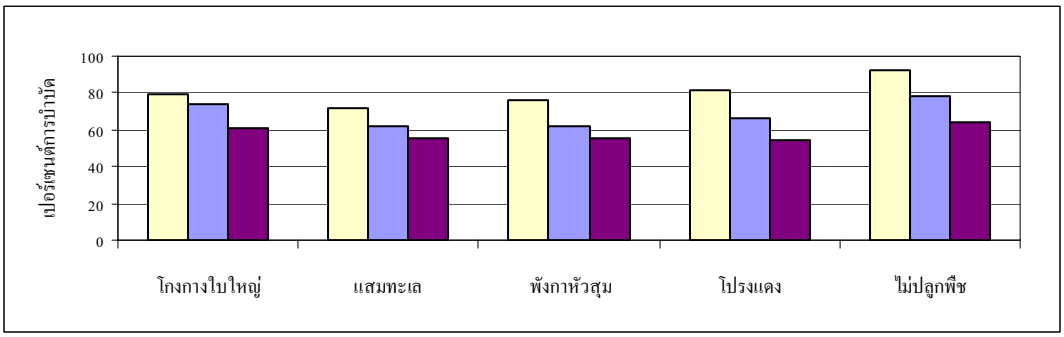
(ก) น้ำเสีย NW



(ข) น้ำเสีย 2NW



(ค) น้ำเสีย 5NW



(ง) น้ำเสีย 10 NW

รูปที่ 4-16 เปอร์เซ็นต์การบำบัดไนโตรเจนทั้งหมดของน้ำเสียต่างระดับความเข้มข้น ในระบบต่อเนื่อง โครงการที่ 1-1

แอมโมเนีย-ไนโตรเจน (Ammonia Nitrogen : NH_3-N)

น้ำเสีย NW, 2NW, 5NW และ 10NW ที่เข้าสู่ชุดทดลอง มีค่าแอมโมเนียอยู่ในช่วง 15.270-19.324, 5.819-7.040, 14.362-18.461 และ 28.912-31.738 mg/l ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นว่าน้ำเสีย 2NW มีค่าแอมโมเนียต่ำที่สุด เช่นเดียวกับในระบบกะ (ตารางที่ 4-21) อย่างไรก็ตามในระบบเติมต่อเนื่องพบว่าน้ำเสีย 5NW ก็ยังมีค่าแอมโมเนียต่ำกว่าน้ำเสีย NW ด้วย

น้ำที่ผ่านการบำบัดจากระบบเติมต่อเนื่องมีความเข้มข้นของแอมโมเนียต่ำกว่าระบบกะอย่างมาก โดยจะเห็นได้ชัดเจนที่สุดในชุดทดลองที่ได้รับน้ำเสีย 10NW ซึ่งมีค่าแอมโมเนียของน้ำออกอยู่ในช่วง 1.780-3.280 mg/l ขณะที่ระบบกะมีค่าแอมโมเนียของน้ำออกอยู่ในช่วง 10.871-25.681 mg/l ทำให้ประสิทธิภาพการบำบัดแอมโมเนียของระบบเติมต่อเนื่องสูงกว่าระบบกะมาก

เปอร์เซ็นต์การบำบัดแอมโมเนียจะมีค่าสูงขึ้นเมื่อใช้ระยะเวลากักเก็บนานขึ้น เช่นเดียวกันกับระบบกะ โดยเปอร์เซ็นต์การบำบัดในชุดทดลองที่ปลูกกล้าไม้ เมื่อใช้ระยะกักเก็บ 7, 5 และ 3 วัน มีค่า 71.97-99.39, 56.44-98.25 และ 19.94-99.22% ตามลำดับ (ตารางที่ 4-22 และรูปที่ 4-17 ถึง 4-18)

เปอร์เซ็นต์การบำบัดแอมโมเนีย (ในชุดทดลองที่ปลูกกล้าไม้) สูงที่สุดในชุดทดลองที่ได้รับน้ำเสีย NW (97.12-99.45%) รองลงมาคือ 5NW (91.05-97.63%) และ 10NW (88.45-93.81%) ตามลำดับ และต่ำที่สุดในชุดทดลองที่ได้รับน้ำเสีย 2NW (19.94-87.02%) ซึ่งเป็นเพราะน้ำเสีย NW (17.334 mg/l) มีค่าเฉลี่ยแอมโมเนียสูงกว่าน้ำเสีย 5NW (15.903 mg/l) และ 2NW (6.585 mg/l) ขณะที่น้ำเสีย 10NW มีค่าแอมโมเนียสูงที่สุด (30.411 mg/l) ซึ่งหากสรุปแนวโน้มการบำบัดแอมโมเนียในระบบกะเปรียบเทียบกับระบบเติมต่อเนื่องจะพบแนวโน้มที่คล้ายคลึงกันคือ หากน้ำเสียที่เข้าสู่ชุดทดลองมีความเข้มข้นของแอมโมเนียสูงมากหรือต่ำมากจะทำให้เปอร์เซ็นต์การบำบัดแอมโมเนียลดลง

ระบบเติมต่อเนื่อง

ประสิทธิภาพการบำบัด (%)	NW	>	5NW	>	10NW	> 2NW
ความเข้มข้นในน้ำเข้า (mg/l)	17.334		15.903		30.411	6.585

ระบบกะ

ประสิทธิภาพการบำบัด (%)	NW	>	2NW	>	5NW	> 10NW
ความเข้มข้นในน้ำเข้า (mg/l)	13.682		9.783		20.083	38.716

นอกจากนี้ไม่พบแนวโน้มว่าเปอร์เซ็นต์การบำบัดแอมโมเนียในชุดทดลองที่ปลูกกล้าไม้สูงกว่าชุดควบคุมที่ไม่ปลูกพืช ซึ่งแตกต่างไปจากระบบกะซึ่งพบว่าชุดทดลองที่ปลูกกล้าไม้มีเปอร์เซ็นต์การบำบัดแอมโมเนียสูงกว่าชุดควบคุมที่ไม่ปลูกพืชอย่างชัดเจน

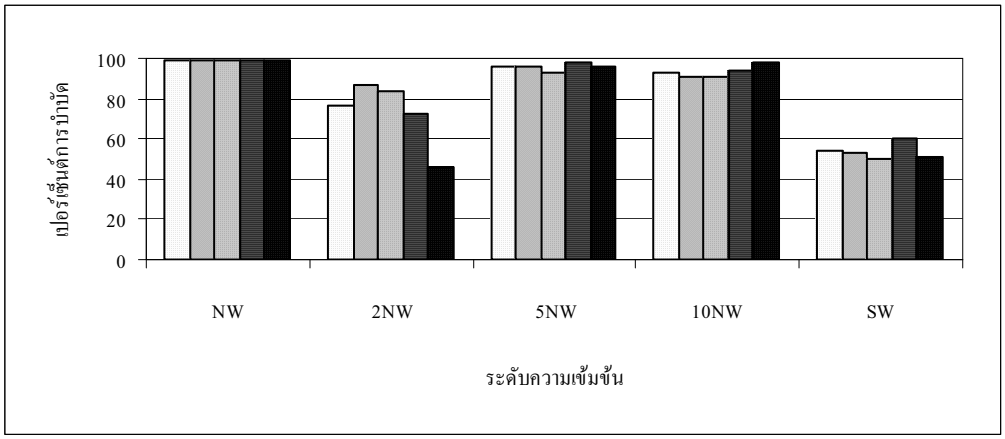
ตารางที่ 4-21 ปริมาณแอมโมเนียของน้ำก่อนและหลังการบำบัดเมื่อใช้ระยะเวลากักเก็บต่างกัน ในระบบต่อเนื่อง โครงการที่ 1-1

กักเก็บ (วัน)	ชุดทดลอง	น้ำเข้า (mg/l)	น้ำออก (mg/l)				
			โกงกางใบใหญ่	แสมทะเล	พังกาหัวสุม	โปรงแดง	ไม่ปลูกพืช
7	NW	^{b}19.324±2.992	^{d}0.121±0.039	^{c}0.145±0.052	^{d}0.115±0.053	^{c}0.113±0.043	^{c}0.104±0.013
	2NW	^{d}7.040±0.631	^{b}1.586±0.548^{b}	^{b}0.904±0.076^{c}	^{c}1.108±0.177^{c}	^{a}1.938±0.539^{b}	^{a}3.871±0.897^{a}
	5NW	^{c}18.461±0.426	^{c}0.776±0.569^{b}	^{b}0.759±0.473^{b}	^{b}1.352±0.088^{a}	^{b}0.438±0.152^{b}	^{b}0.693±0.403^{b}
	10NW	^{a}31.738±0.839	^{a}2.150±0.679^{b}	^{a}2.904±0.666^{a}	^{a}3.066±0.245^{a}	^{a}2.020±0.615^{b}	^{b}0.780±0.358^{c}
	SW	^{c}0.165±0.032	^{d}0.070±0.028	^{c}0.076±0.002	^{d}0.082±0.021	^{c}0.064±0.005	^{c}0.078±0.015
5	NW	^{b}15.270±1.337	^{c}0.331±0.033^{b}	^{d}0.442±0.086^{a}	^{d}0.289±0.019^{bc}	^{d}0.265±0.077^{c}	^{d}0.139±0.026^{d}
	2NW	^{d}6.895±0.251	^{a}2.918±1.707	^{a}3.006±0.443	^{a}2.834±0.627	^{a}2.918±0.666	^{a}3.197±0.558
	5NW	^{c}14.362±0.807	^{c}0.627±0.133^{b}	^{c}0.760±0.198^{b}	^{c}1.158±0.139^{a}	^{c}0.811±0.214^{b}	^{bc}0.627±0.438^{b}
	10NW	^{a}30.583±1.232	^{b}2.076±0.666^{ab}	^{b}2.522±0.434^{a}	^{b}2.137±0.524^{ab}	^{b}1.982±0.266^{b}	^{b}0.888±0.579^{c}
	SW	^{c}0.527±0.030	^{c}0.310±0.016^{a}	^{d}0.229±0.064^{b}	^{d}0.310±0.012^{a}	^{d}0.343±0.072^{a}	^{cd}0.330±0.049^{a}
3	NW	^{b}17.406±0.964	^{d}0.212±0.078^{b}	^{d}0.350±0.052^{a}	^{c}0.333±0.019^{a}	^{d}0.134±0.014^{c}	^{d}0.177±0.044^{bc}
	2NW	^{d}5.819±0.520	^{a}2.176±0.575^{b}	^{a}4.401±0.120^{a}	^{a}2.590±0.892^{b}	^{a}4.654±0.352^{a}	^{a}4.153±0.326^{a}
	5NW	^{c}14.888±0.757	^{c}0.941±0.182^{c}	^{c}1.170±0.229^{b}	^{b}1.326±0.115^{a}	^{c}0.918±0.071^{c}	^{c}0.525±0.042^{d}
	10NW	^{a}28.912±3.990	^{b}1.752±0.182^{d}	^{b}3.280±0.229^{a}	^{a}2.867±0.115^{b}	^{b}3.082±0.071^{ab}	^{b}2.027±0.042^{c}
	SW	^{c}0.531±0.116	^{d}0.161±0.046^{bc}	^{e}0.143±0.051^{c}	^{c}0.196±0.055^{b}	^{d}0.251±0.031^{a}	^{d}0.200±0.037^{b}

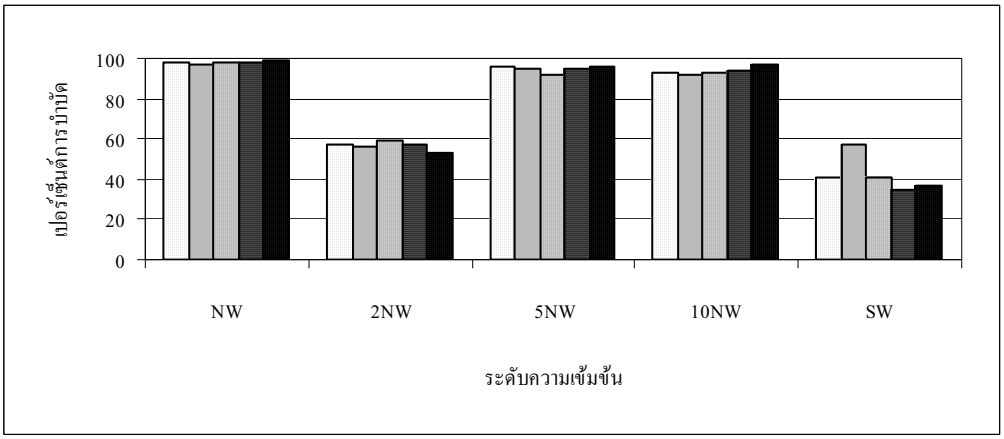
ตารางที่ 4-22 เปอร์เซ็นต์การบำบัดแอมโมเนียเมื่อใช้ระยะเวลากักเก็บต่างกัน ในระบบต่อเนื่อง โครงการที่ 1-1

กักเก็บ (วัน)	ชุดทดลอง	เปอร์เซ็นต์การบำบัด (%)				
		โกงกางใบใหญ่	แสมทะเล	พังกาหัวสุม	โปรงแดง	ไม่ปลูกพืช
7	NW	^{a}99.35±0.25	^{a}99.23±0.30	^{a}99.37±0.30	^{a}99.39±0.27	^{a}99.45±0.14
	2NW	^{b}76.98±8.61^{b}	^{b}87.02±2.22^{a}	^{c}84.02±3.68^{a}	^{b}71.97±8.28^{b}	^{b}45.44±7.88^{c}
	5NW	^{a}95.78±2.73^{a}	^{a}95.92±2.12^{a}	^{b}92.68±0.31^{b}	^{a}97.63±0.73^{a}	^{a}96.26±1.86^{a}
	10NW	^{a}93.19±1.96^{b}	^{b}90.81±2.00^{c}	^{b}90.32±0.84^{c}	^{a}93.63±1.71^{b}	^{a}97.52±1.02^{a}
	SW	^{c}53.99±27.42	^{c}52.80±16.78	^{d}50.44±16.34	^{c}60.13±15.59	^{b}50.57±21.40
5	NW	^{a}97.82±0.23^{c}	^{a}97.12±0.35^{d}	^{a}98.10±0.14^{bc}	^{a}98.25±0.48^{b}	^{a}99.09±0.11^{a}
	2NW	^{b}57.18±26.03	^{b}56.44±5.96	^{c}58.75±9.87	^{b}57.49±10.60	^{b}53.44±9.23
	5NW	^{a}95.65±0.91^{a}	^{a}94.67±1.78^{a}	^{b}91.95±1.17^{b}	^{a}94.40±1.27^{a}	^{a}95.73±2.96^{a}
	10NW	^{a}93.25±1.98b^{bc}	^{a}91.79±1.13^{c}	^{b}93.02±1.60^{bc}	^{a}93.49±1.10^{b}	^{a}97.131.80^{a}
	SW	^{c}40.98±4.63^{b}	^{b}56.71±11.50^{a}	^{d}41.03±3.94^{b}	^{c}34.72±13.90^{b}	^{c}36.87±11.83^{b}
3	NW	^{a}98.75±0.52^{b}	^{a}97.96±0.41^{c}	^{a}98.08±0.09^{c}	^{a}99.22±0.08^{a}	^{a}98.96±0.31^{ab}
	2NW	^{c}61.68±13.20^{a}	^{d}23.77±8.15^{b}	^{b}55.30±15.57^{a}	^{d}19.94±2.81^{b}	^{d}27.86±10.66^{b}
	5NW	^{a}93.61±1.55^{b}	^{b}92.18±1.22^{c}	^{a}91.05±1.14^{d}	^{ab}93.83±0.39^{b}	^{ab}96.46±0.35^{a}
	10NW	^{a}93.81±1.02^{a}	^{b}88.45±1.60^{c}	^{a}90.05±0.24^{b}	^{b}89.21±1.06^{bc}	^{b}92.70±2.39^{a}
	SW	^{b}69.80±6.30^{ab}	^{c}73.56±4.25^{a}	^{b}62.80±9.67^{b}	^{c}50.11±14.76^{c}	^{c}61.44±7.67^{b}

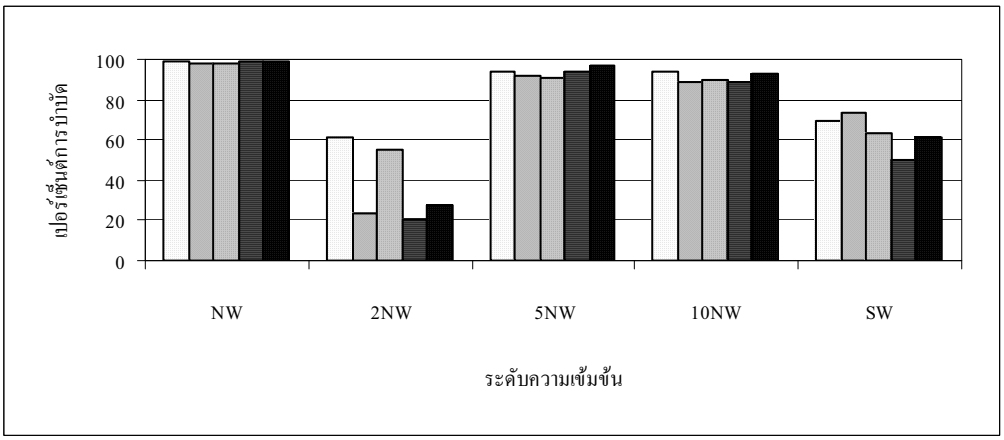
หมายเหตุ ตัวอักษรมุมซ้ายมือ (แนวตั้ง) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างความเข้มข้นของน้ำเสีย อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
ตัวอักษรมุมขวามือ (แนวนอน) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างชนิดพืช อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%



(ก) ระยะเวลากักเก็บ 7 วัน

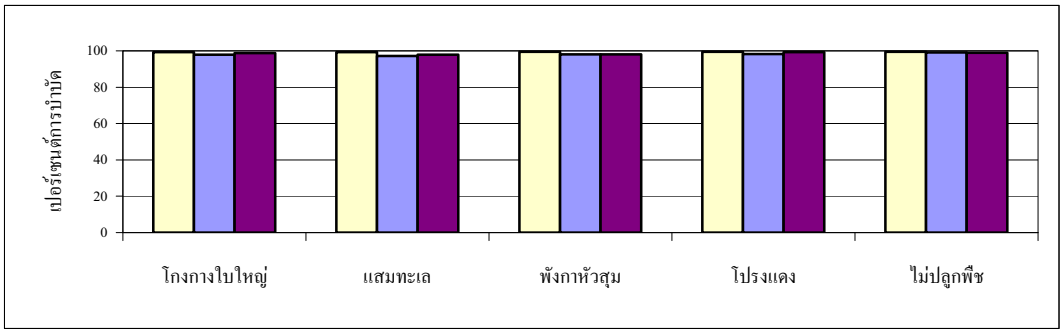


(ข) ระยะเวลากักเก็บ 5 วัน

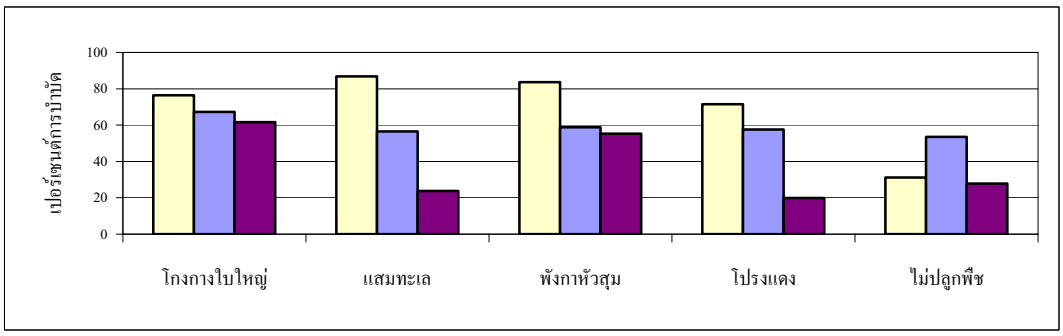


(ค) ระยะเวลากักเก็บ 3 วัน

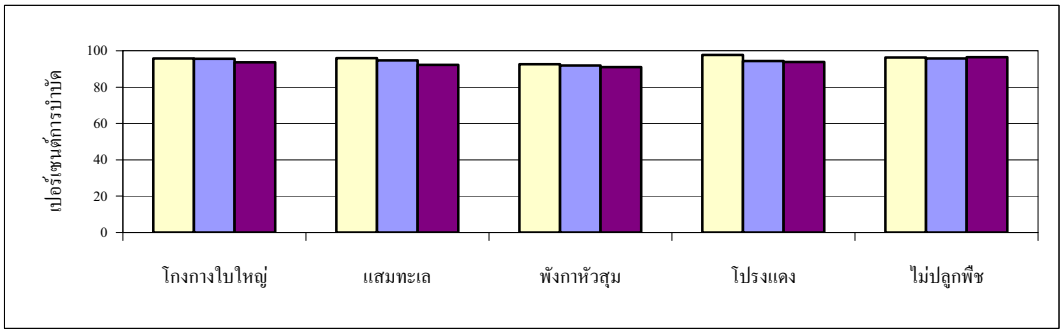
รูปที่ 4-17 เปอร์เซ็นต์การบำบัดแอมโมเนียของน้ำเสียเมื่อใช้ระยะเวลากักเก็บต่างกัน ในระบบต่อเนื่อง โครงการที่ 1-1



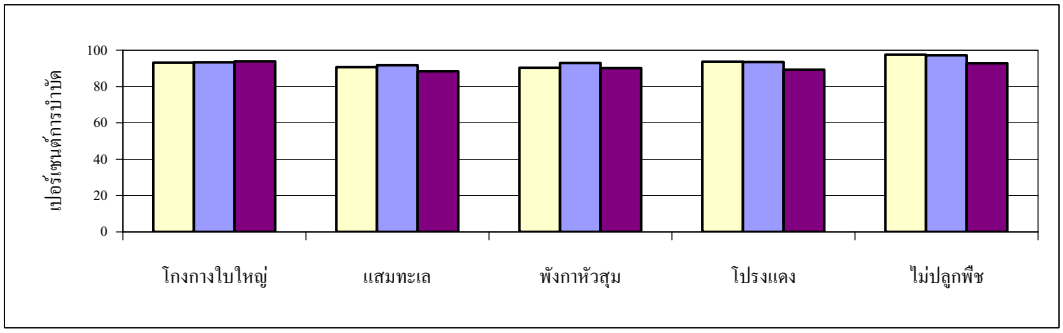
(ก) น้ำเสีย NW



(ข) น้ำเสีย 2NW



(ค) น้ำเสีย 5NW



(ง) น้ำเสีย 10 NW

รูปที่ 4-18 เปอร์เซ็นต์การบำบัดแอมโมเนียของน้ำเสียต่างระดับความเข้มข้น ในระบบต่อเนื่อง โครงการที่ 1-1

ไนเตรท-ไนโตรเจน (Nitrate Nitrogen : NO_3-N)

น้ำเสีย NW, 2NW, 5NW และ 10NW ที่เข้าสู่ชุดทดลอง มีค่าไนเตรทอยู่ในช่วง 0.125-0.180, 0.596-1.063, 0.598-1.123 และ 0.585-1.217 mg/l ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นว่ามีค่าผันแปรค่อนข้างสูง และน้ำเสีย NW มีค่าไนเตรทต่ำกว่าน้ำเสียที่ปรับความเข้มข้น (2NW, 5NW และ 10NW) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ขณะที่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างน้ำเสีย 2NW, 5NW และ 10NW (ตารางที่ 4-23)

โดยทั่วไป เปอร์เซ็นต์การบำบัดไนเตรท เมื่อใช้ระยะกักเก็บ 7 วัน สูงกว่าเมื่อใช้ระยะกักเก็บ 5 วัน และ 3 วัน ตามลำดับ โดยเปอร์เซ็นต์การบำบัดของชุดทดลองที่ปลูกกล้าไม้มีค่า 34.69-89.43, 33.00-66.74 และ 29.55-58.30% ตามลำดับ ซึ่งเป็นแนวโน้มที่แตกต่างจากระบบกะ ซึ่งพบว่าเปอร์เซ็นต์การบำบัดไนเตรทเมื่อใช้ระยะกักเก็บ 5 วัน สูงกว่าเมื่อใช้ระยะกักเก็บ 7 วัน และ 3 วัน ตามลำดับ

โดยทั่วไป เปอร์เซ็นต์การบำบัดไนเตรทในน้ำเสียทุกความเข้มข้นในชุดทดลองที่ปลูกกล้าไม้ (29.55-89.43%) สูงกว่าชุดควบคุมที่ไม่ปลูกพืช (28.26-75.83%) และมีแนวโน้มว่าชุดทดลองที่ปลูกแสมทะเลมีเปอร์เซ็นต์การบำบัด (31.78-80.27%) ต่ำกว่าชุดทดลองที่ปลูกกล้าไม้ชนิดอื่น (29.55-84.57%) ซึ่งเป็นแนวโน้มเช่นเดียวกับระบบกะ

โดยทั่วไป พบว่า เมื่อใช้ระยะกักเก็บ 7 และ 5 วัน เปอร์เซ็นต์การบำบัดไนเตรทของชุดทดลองที่ได้รับน้ำเสีย NW ส่วนใหญ่สูงกว่าชุดทดลองที่ได้รับน้ำเสีย 2NW, 5NW และ 10NW อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่เมื่อใช้ระยะกักเก็บ 3 วัน เปอร์เซ็นต์การบำบัดมีค่าผันแปรมาก และไม่เห็นแนวโน้มที่ชัดเจน (ตารางที่ 4-24 และ รูปที่ 4-19 ถึง 4-20) ทั้งนี้เพราะถึงแม้น้ำเสีย NW มีความเข้มข้นของไนเตรทและบีโอดีต่ำ แต่มี DO ต่ำ ทำให้ไนโตรเจนอินทรีย์และแอมโมเนียถูกออกซิไดส์เปลี่ยนรูปเป็นไนเตรทได้จำกัด ดังนั้นเมื่อไนเตรทที่มีอยู่ในน้ำเข้าถูกบำบัดโดยการดูดดึงไปใช้โดยพืชและโดยกระบวนการดีไนตริฟิเคชันจึงทำให้เปอร์เซ็นต์การบำบัดไนเตรทมีค่าสูงกว่าในน้ำเสียปรับความเข้มข้นซึ่งมี DO สูง และเกิดกระบวนการออกซิไดส์เปลี่ยนไนโตรเจนอินทรีย์และแอมโมเนียให้เป็นไนเตรทได้ดีกว่า เปอร์เซ็นต์การบำบัดจึงต่ำ ขณะที่ระบบกะ พบว่า ทุกระยะกักเก็บ ชุดทดลองที่ได้รับน้ำเสีย NW และ 2NW มีเปอร์เซ็นต์การบำบัดไนเตรทสูงกว่าชุดทดลองที่ได้รับน้ำเสียความเข้มข้นสูง (5NW และ 10NW) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

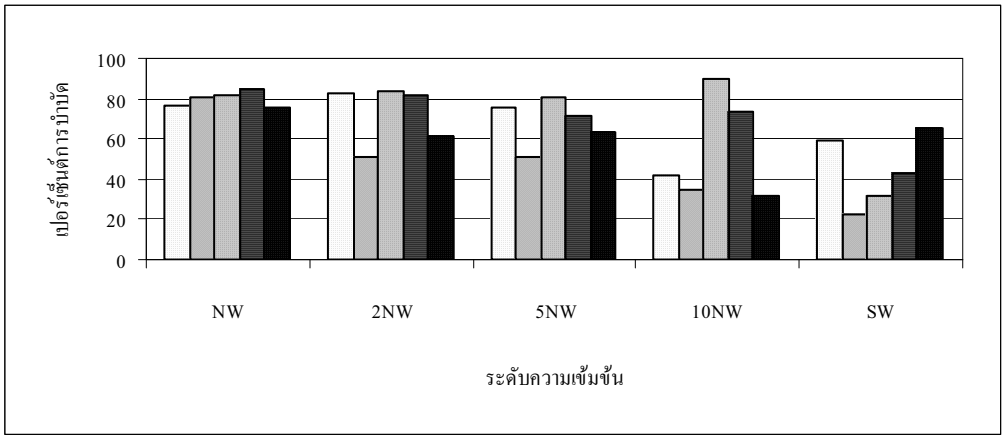
ตารางที่ 4-23 ปริมาณไนเตรทของน้ำก่อนและหลังการบำบัดเมื่อใช้ระยะเวลากักเก็บต่างกัน ในระบบต่อเนื่อง โครงการที่ 1-1

กักเก็บ (วัน)	ชุดทดลอง	น้ำเข้า (mg/l)	น้ำออก (mg/l)				
			โกงกางใบใหญ่	แสมทะเล	พังกาหัวสุม	โปรงแดง	ไม่ปลูกพืช
7	NW	^{b}0.125±0.027	^{d}0.031±0.019	^{c}0.026±0.011	^{c}0.024±0.012	^{c}0.020±0.009	^{c}0.032±0.014
	2NW	^{a}0.596±0.013	^{c}0.106±0.026^{c}	^{b}0.294±0.066^{a}	^{a}0.100±0.061^{c}	^{b}0.109±0.057^{c}	^{b}0.234±0.011^{b}
	5NW	^{a}0.598±0.018	^{b}0.144±0.020^{c}	^{b}0.292±0.073^{a}	^{a}0.117±0.037^{d}	^{a}0.170±0.046^{c}	^{b}0.223±0.006^{b}
	10NW	^{a}0.585±0.007	^{a}0.340±0.020^{b}	^{a}0.382±0.073^{a}	^{b}0.062±0.037^{d}	^{a}0.159±0.046^{c}	^{a}0.398±0.006^{a}
	SW	^{c}0.034±0.004	^{d}0.014±0.004^{c}	^{c}0.028±0.002^{a}	^{c}0.024±0.004^{a}	^{c}0.020±0.008^{b}	^{d}0.012±0.002^{c}
5	NW	^{b}0.180±0.065	^{d}0.073±0.034	^{d}0.069±0.024	^{d}0.073±0.044	^{d}0.087±0.036	^{c}0.041±0.016
	2NW	^{a}1.063±0.085	^{b}0.528±0.013^{d}	^{b}0.612±0.005^{a}	^{a}0.547±0.008^{c}	^{a}0.568±0.010^{b}	^{b}0.601±0.019^{a}
	5NW	^{a}1.123±0.035	^{c}0.474±0.021^{d}	^{c}0.530±0.017^{b}	^{c}0.394±0.028^{e}	^{b}0.499±0.011^{c}	^{b}0.591±0.007^{a}
	10NW	^{a}1.210±0.010	^{a}0.703±0.021^{c}	^{a}0.811±0.017^{b}	^{b}0.451±0.028^{d}	^{c}0.402±0.011^{e}	^{a}0.868±0.007^{a}
	SW	^{c}0.101±0.027	^{d}0.047±0.008^{d}	^{d}0.095±0.010^{a}	^{d}0.083±0.009^{b}	^{d}0.068±0.010^{c}	^{c}0.045±0.007^{d}
3	NW	^{b}0.155±0.006	^{c}0.086±0.007^{b}	^{c}0.080±0.006^{c}	^{c}0.087±0.008^{b}	^{d}0.094±0.006^{a}	^{d}0.074±0.004^{d}
	2NW	^{a}0.957±0.027	^{b}0.661±0.051^{a}	^{a}0.654±0.059^{a}	^{b}0.636±0.040^{a}	^{c}0.597±0.043^{b}	^{b}0.590±0.040^{b}
	5NW	^{a}1.086±0.012	^{a}0.766±0.063^{a}	^{b}0.492±0.027^{d}	^{b}0.635±0.008^{c}	^{a}0.685±0.054^{b}	^{a}0.620±0.029^{c}
	10NW	^{a}1.217±0.010	^{a}0.755±0.024^{a}	^{b}0.507±0.022^{e}	^{a}0.702±0.025^{b}	^{b}0.642±0.065^{c}	^{c}0.546±0.031^{d}
	SW	^{c}0.107±0.004	^{c}0.054±0.004^{d}	^{c}0.090±0.010^{a}	^{c}0.074±0.004^{b}	^{d}0.062±0.005^{c}	^{c}0.047±0.006^{c}

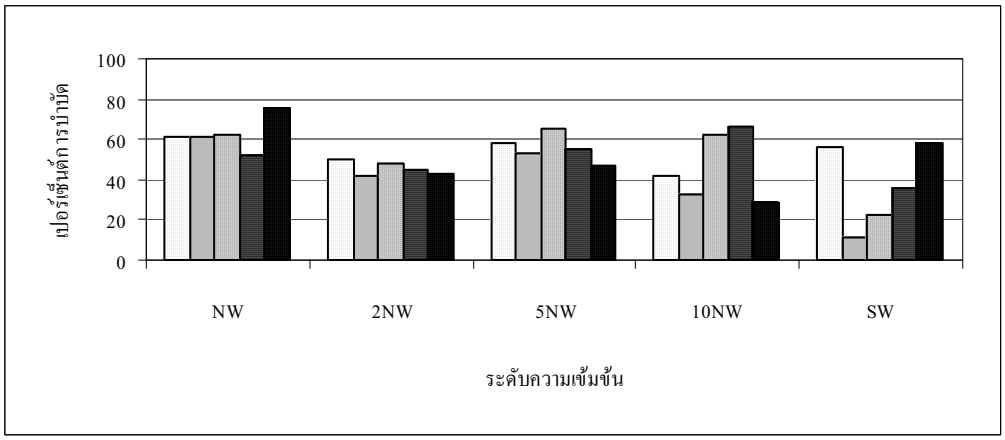
ตารางที่ 4-24 เปอร์เซ็นต์การบำบัดไนเตรทเมื่อใช้ระยะเวลากักเก็บต่างกัน ในระบบต่อเนื่อง โครงการที่ 1-1

กักเก็บ (วัน)	ชุดทดลอง	เปอร์เซ็นต์การบำบัด (%)				
		โกงกางใบใหญ่	แสมทะเล	พังกาหัวสุม	โปรงแดง	ไม่ปลูกพืช
7	NW	^{a}76.97±9.16^{bc}	^{a}80.27±3.96^{abc}	^{ab}82.09±4.78^{ab}	^{a}84.57±3.88^{a}	^{a}75.83±5.21^{c}
	2NW	^{a}82.23±4.47^{a}	^{b}50.86±10.06^{c}	^{ab}83.35±9.69^{a}	^{ab}81.86±9.07^{a}	^{b}60.79±2.35^{b}
	5NW	^{a}75.91±9.19^{ab}	^{b}51.44±11.53^{d}	^{b}80.31±7.47^{a}	^{b}71.68±6.77^{b}	^{b}62.77±9.14^{c}
	10NW	^{c}41.79±7.42^{c}	^{c}34.69±3.88^{d}	^{a}89.43±2.62^{a}	^{ab}72.96±7.70^{b}	^{c}31.98±6.52^{d}
	SW	^{b}59.01±10.72^{a}	^{d}22.18±6.02^{c}	^{c}31.52±12.16^{b}	^{c}42.63±21.81^{b}	^{d}64.83±6.57^{a}
5	NW	^{a}60.78±5.90^{b}	^{a}61.35±3.19^{b}	^{a}62.47±12.04^{b}	^{b}52.55±7.09^{c}	^{a}75.57±8.15^{a}
	2NW	^{b}50.05±4.81^{a}	^{c}42.14±4.64^{c}	^{b}48.25±4.25^{ab}	^{c}45.18±4.72^{bc}	^{c}43.13±5.64^{c}
	5NW	^{a}57.80±7.48^{b}	^{b}52.78±7.03^{d}	^{a}64.92±1.67^{a}	^{b}55.57±3.26^{c}	^{c}47.28±6.36^{e}
	10NW	^{c}41.89±5.76^{c}	^{d}33.00±4.73^{d}	^{a}62.72±0.93^{b}	^{a}66.74±2.54^{a}	^{d}28.26±2.78^{e}
	SW	^{a}56.45±3.34^{a}	^{e}11.56±2.11^{d}	^{c}22.28±2.44^{c}	^{d}36.22±3.19^{b}	^{b}58.49±3.17^{a}
3	NW	^{b}44.40±3.65^{c}	^{b}48.02±2.91^{b}	^{a}43.73±3.93^{c}	^{b}39.53±2.74^{d}	^{a}52.34±2.17^{a}
	2NW	^{d}30.87±4.75^{b}	^{c}31.78±4.42^{b}	^{b}33.53±2.59^{b}	^{b}40.87±3.99^{a}	^{c}38.22±5.82^{a}
	5NW	^{d}29.55±5.15^{d}	^{a}54.67±2.77^{a}	^{a}41.50±1.02^{b}	^{b}36.95±6.13^{c}	^{b}42.90±5.71^{b}
	10NW	^{c}37.96±2.36^{e}	^{a}58.30±1.82^{a}	^{a}42.35±1.75^{d}	^{a}47.29±5.05^{c}	^{a}55.19±2.26^{b}
	SW	^{a}49.61±2.74^{b}	^{d}15.96±7.92^{e}	^{c}30.94±1.88^{d}	^{b}41.53±6.34^{c}	^{a}55.96±6.12^{a}

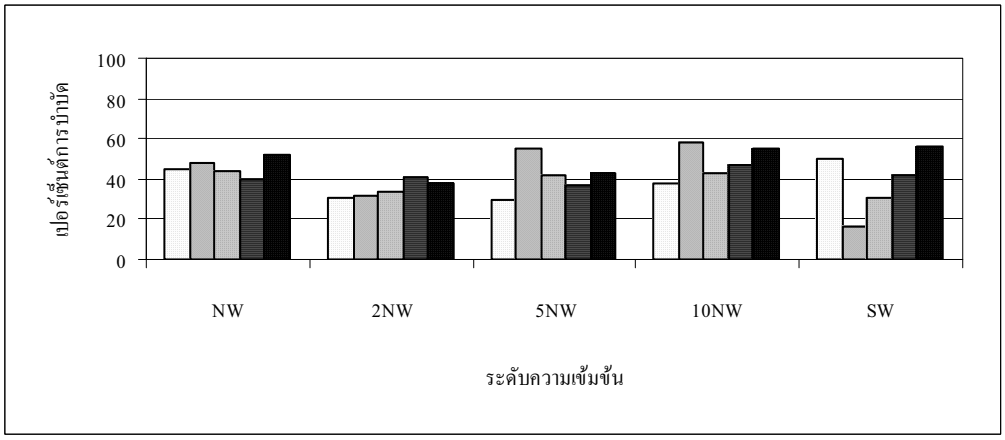
หมายเหตุ ตัวอักษรมุมซ้ายมือ (แนวตั้ง) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างความเข้มข้นของน้ำเสีย อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
ตัวอักษรมุมขวามือ (แนวนอน) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างชนิดพืช อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%



(ก) ระยะเวลากักเก็บ 7 วัน

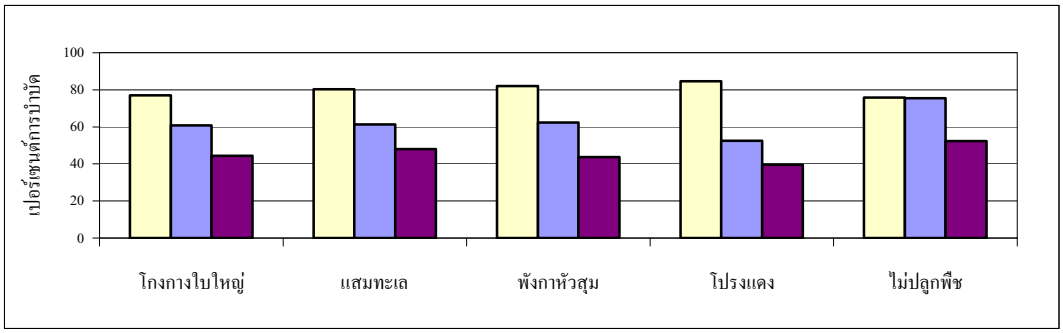


(ข) ระยะเวลากักเก็บ 5 วัน

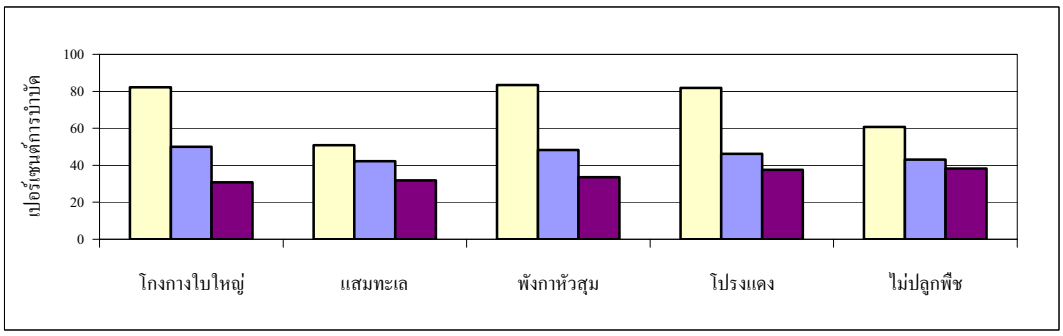


(ค) ระยะเวลากักเก็บ 3 วัน

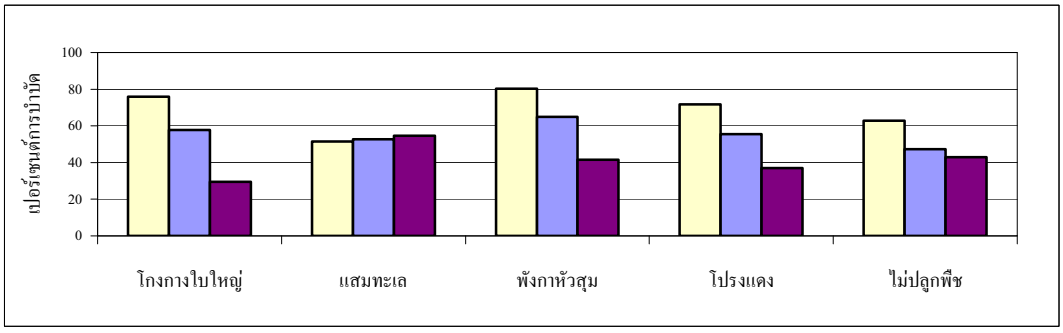
รูปที่ 4-19 เปอร์เซ็นต์การบำบัดไนเตรทของน้ำเสียเมื่อใช้ระยะเวลากักเก็บต่างกัน ในระบบต่อเนื่อง โครงการที่ 1-1



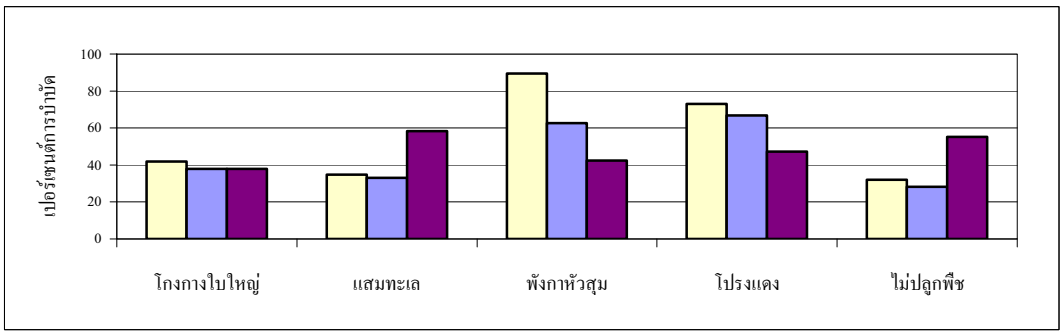
(ก) น้ำเสีย NW



(ข) น้ำเสีย 2NW



(ค) น้ำเสีย 5NW



(ง) น้ำเสีย 10 NW

รูปที่ 4-20 เปอร์เซ็นต์การบำบัดไนเตรทของน้ำเสียต่างระดับความเข้มข้น ในระบบต่อเนื่อง โครงการที่ 1-1

ฟอสฟอรัสทั้งหมด (Total Phosphorus : TP)

น้ำเสีย NW, 2NW, 5NW และ 10NW ที่เข้าสู่ชุดทดลอง มีค่า TP อยู่ในช่วง 5.585-6.039, 8.618-9.468, 20.319-21.839 และ 40.472-46.514 mg/l ตามลำดับ น้ำเสียดังกล่าวเมื่อผ่านการบำบัดแล้วมีค่า TP ลดลงเป็น 1.869-3.573, 1.904-4.313, 3.188-4.852 และ 5.037-8.006 mg/l ตามลำดับ (ตารางที่ 4-25)

เปอร์เซ็นต์การบำบัด TP ในชุดทดลองที่ได้รับน้ำเสียความเข้มข้นสูงจะสูงกว่าชุดทดลองที่ได้รับน้ำเสียความเข้มข้นต่ำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเปอร์เซ็นต์การบำบัด TP ในชุดทดลองที่ได้รับน้ำเสีย 10NW สูงกว่าชุดทดลอง 5NW, 2NW และ NW ตามลำดับ มีค่าระหว่าง 82.75-91.18, 77.72-86.12, 51.32-79.01 และ 36.77-68.22% ตามลำดับ (โดยแนวโน้มดังกล่าวจะชัดเจนเมื่อใช้ระยะกักเก็บ 7 วัน และ 5 วัน) ซึ่งแตกต่างจากระบบกะ ซึ่งพบว่าเปอร์เซ็นต์การบำบัดในชุดทดลองที่ได้รับน้ำเสีย NW สูงกว่า ชุดทดลอง 2NW, 5NW และ 10NW ตามลำดับ (ตารางที่ 4-26 และ รูปที่ 4-21 ถึง 4-22) แสดงให้เห็นว่าระบบเติมต่อเนื่องมีศักยภาพสูงในการบำบัดน้ำเสียที่มีความเข้มข้นของ TP สูง ซึ่งคาดว่าวิธีการปล่อยน้ำแบบเติมต่อเนื่องทำให้น้ำซึมซาบลงสู่ชั้นใต้ดินได้ดีทำให้การบำบัด TP ซึ่งส่วนใหญ่เป็นกระบวนการทางกายภาพ-เคมี ได้แก่ การดูดซับกับอนุภาคดินเหนียว (adsorption with clay particle) การตกตะกอนเคมี (precipitation) กับเหล็กและอะลูมินัมเกิดขึ้นได้ดี

โดยทั่วไปพบว่า เปอร์เซ็นต์การบำบัด TP เมื่อใช้ระยะเวลากักเก็บ 7 และ 5 วัน สูงกว่าเมื่อใช้ระยะกักเก็บ 3 วัน ซึ่งเป็นแนวโน้มเช่นเดียวกันกับระบบกะ

โดยทั่วไป เปอร์เซ็นต์การบำบัด TP ในชุดทดลองที่ปลูกกล้าไม้ไม่แตกต่างกับชุดควบคุมที่ไม่ปลูกพืชอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งแตกต่างจากระบบกะ ซึ่งพบว่า เปอร์เซ็นต์การบำบัดในชุดทดลองที่ปลูกกล้าไม้สูงกว่าชุดควบคุมที่ไม่ปลูกพืชอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

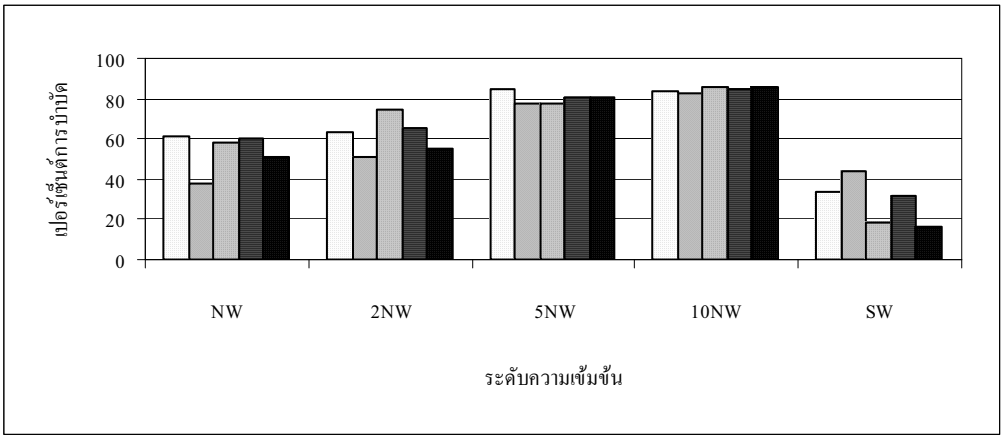
ตารางที่ 4-25 ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดของน้ำก่อนและหลังการบำบัดเมื่อใช้ระยะเวลากักเก็บต่างกัน ในระบบต่อเนื่อง โครงการที่ 1-1

กักเก็บ (วัน)	ชุดทดลอง	น้ำเข้า (mg/l)	น้ำออก (mg/l)				
			โกงกางใบใหญ่	แสมทะเล	พังกาหัวสุม	โปรงแดง	ไม่ปลูกพืช
7	NW	^{d}6.039±1.397	^{c}2.332±0.365^{b}	^{b}3.721±0.408^{a}	^{c}2.590±1.009^{b}	^{cd}2.315±1.28^{b}	^{bc}2.884±0.192
	2NW	^{c}8.847±0.200	^{bc}3.233±1.335	^{b}4.313±1.802	^{c}2.308±0.788	^{bc}3.054±1.760	^{b}3.959±1.438
	5NW	^{b}21.839±0.517	^{b}3.435±1.287	^{b}4.852±1.064	^{b}4.854±2.029	^{b}4.262±1.108	^{b}4.198±1.187
	10NW	^{a}46.496±0.655	^{a}7.526±1.450	^{a}8.006±2.831	^{a}6.414±1.360	^{a}6.963±3.139	^{a}6.468±4.020
	SW	^{e}1.195±0.083	^{d}0.795±0.182^{b}	^{c}0.663±0.130^{c}	^{d}0.980±0.137^{a}	^{d}0.817±0.127^{b}	^{c}1.002±0.181^{a}
5	NW	^{d}5.585±0.211	^{b}2.899±0.202^{b}	^{b}3.529±0.045^{c}	^{b}2.947±0.214^{b}	^{c}2.160±0.469^{c}	^{c}1.997±0.287^{c}
	2NW	^{c}9.468±1.204	^{c}1.904±1.253	^{c}3.095±0.438	^{c}2.228±0.862	^{c}2.454±0.774	^{c}2.370±0.865
	5NW	^{b}21.318±1.442	^{b}3.188±0.054	^{bc}3.288±0.447	^{b}3.384±0.396	^{b}3.411±0.769	^{b}2.935±0.480
	10NW	^{a}46.514±2.060	^{a}5.382±0.316^{a}	^{a}5.032±0.199^{a}	^{a}5.214±0.570^{a}	^{a}5.244±0.514^{a}	^{a}4.119±0.743^{b}
	SW	^{c}0.978±0.040	^{d}0.527±0.092^{d}	^{d}0.624±0.093^{b}	^{d}0.729±0.051^{a}	^{d}0.683±0.071^{a}	^{d}0.596±0.051^{c}
3	NW	^{d}5.887±0.226	^{d}3.301±0.138^{b}	^{d}3.573±0.100^{a}	^{d}3.126±0.072^{c}	^{d}1.869±0.061^{e}	^{d}2.532±0.067^{d}
	2NW	^{c}8.618±0.148	^{c}3.660±0.134^{c}	^{c}4.148±0.188^{a}	^{c}3.866±0.176^{b}	^{c}3.601±0.174^{d}	^{b}3.760±0.102^{b}
	5NW	^{b}20.319±0.469	^{b}4.382±0.224^{a}	^{b}4.438±0.109^{a}	^{b}4.081±0.144^{b}	^{b}4.381±0.068^{a}	^{c}3.653±0.095^{c}
	10NW	^{a}40.472±1.782	^{a}6.174±0.129^{a}	^{a}5.559±0.098^{c}	^{a}6.036±0.051^{b}	^{a}6.185±0.095^{a}	^{a}5.307±0.081^{d}
	SW	^{c}0.859±0.046	^{c}0.681±0.039^{b}	^{c}0.695±0.028^{b}	^{c}0.695±0.037^{b}	^{c}0.712±0.045^{b}	^{c}0.799±0.027^{a}

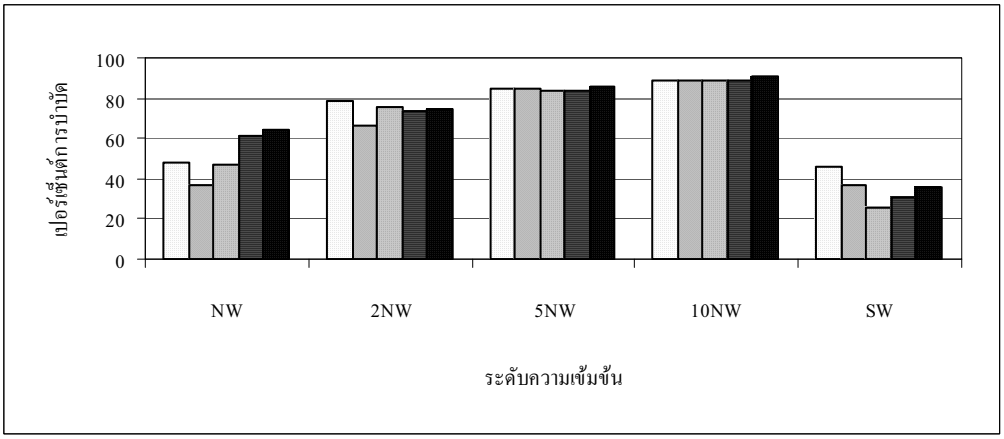
ตารางที่ 4-26 เปอร์เซ็นต์การบำบัดฟอสฟอรัสทั้งหมดเมื่อใช้ระยะเวลากักเก็บต่างกัน ในระบบต่อเนื่อง โครงการที่ 1-1

กักเก็บ (วัน)	ชุดทดลอง	เปอร์เซ็นต์การบำบัด (%)				
		โกงกางใบใหญ่	แสมทะเล	พังกาหัวสุม	โปรงแดง	ไม่ปลูกพืช
7	NW	^{b}61.02±7.38^{a}	^{c}37.43±11.63^{b}	^{c}57.68±14.11^{a}	^{b}60.49±23.74^{a}	^{b}51.50±7.73^{a}
	2NW	^{b}63.49±15.15^{a}	^{b}51.32±20.35^{b}	^{b}74.01±8.54^{a}	^{b}65.63±19.68^{a}	^{b}55.30±16.26^{b}
	5NW	^{a}84.25±5.86	^{a}77.75±4.92	^{ab}77.72±9.51	^{a}80.40±5.34	^{a}80.74±5.98
	10NW	^{a}83.80±3.22	^{a}82.75±6.19	^{a}86.20±2.93	^{a}85.00±6.79	^{a}86.01±8.84
	SW	^{c}34.03±12.00^{a}	^{bc}43.93±13.69	^{d}18.25±8.04^{c}	^{c}31.63±9.36^{b}	^{c}16.62±10.32^{c}
5	NW	^{c}48.15±2.29^{b}	^{c}36.77±2.02^{c}	^{c}47.12±5.00^{b}	^{c}61.11±9.30^{a}	^{c}64.34±4.24^{a}
	2NW	^{b}79.01±14.92	^{b}66.71±7.05	^{b}75.84±10.77	^{b}73.40±10.06	^{b}74.40±10.79
	5NW	^{ab}85.00±1.56	^{a}84.49±3.07	^{a}84.02±3.18	^{a}83.86±4.61	^{a}86.12±3.50
	10NW	^{a}88.43±0.54^{b}	^{a}89.18±0.24^{b}	^{a}88.81±0.80^{b}	^{a}88.74±0.78^{b}	^{a}91.18±1.27^{a}
	SW	^{c}46.21±8.18^{a}	^{c}36.30±8.31^{b}	^{d}25.47±3.20^{c}	^{d}30.30±5.28^{bc}	^{d}36.05±8.02^{b}
3	NW	^{d}43.92±1.72^{d}	^{d}39.27±1.81^{e}	^{d}46.84±2.07^{c}	^{c}68.22±1.27^{a}	^{c}56.91±2.49^{b}
	2NW	^{c}57.52±1.81^{a}	^{c}51.88±1.81^{c}	^{c}55.13±2.26^{b}	^{d}58.23±1.77^{a}	^{c}56.36±1.63^{ab}
	5NW	^{b}78.41±2.69^{c}	^{b}78.16±2.81^{c}	^{b}79.92±1.92^{b}	^{b}78.43±2.32^{c}	^{b}82.02±1.97^{a}
	10NW	^{a}84.71±0.97^{b}	^{a}86.25±0.42^{a}	^{a}85.06±0.61^{b}	^{a}84.70±0.54^{b}	^{a}86.87±0.60^{a}
	SW	^{c}20.75±2.94^{a}	^{e}19.02±4.75^{a}	^{c}19.02±3.35^{a}	^{e}17.12±4.48^{a}	^{d}9.85±4.27^{b}

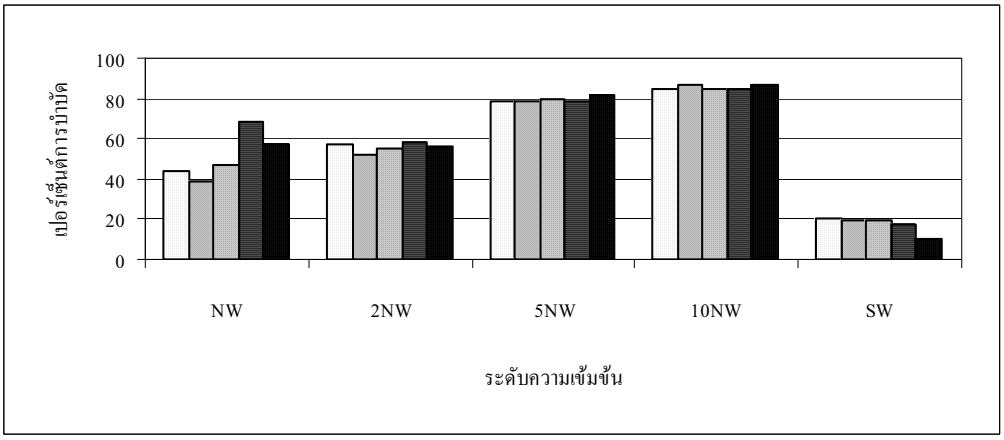
หมายเหตุ ตัวอักษรมุมซ้ายมือ (แนวตั้ง) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างความเข้มข้นของน้ำเสีย อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
ตัวอักษรมุมขวามือ (แนวนอน) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างชนิดพืช อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%



(ก) ระยะเวลากักเก็บ 7 วัน

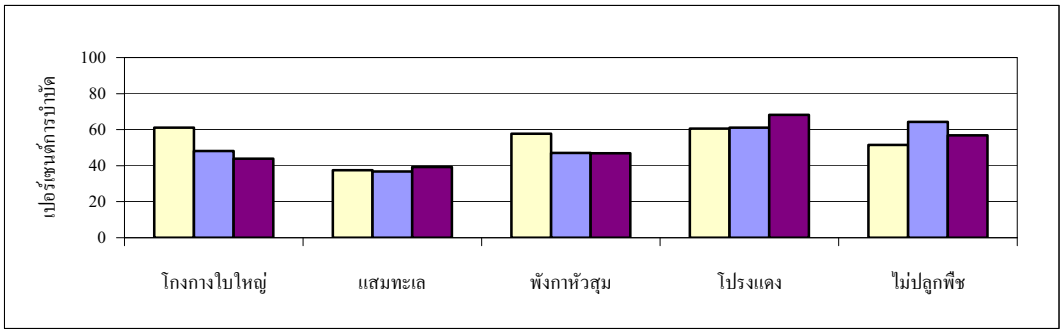


(ข) ระยะเวลากักเก็บ 5 วัน

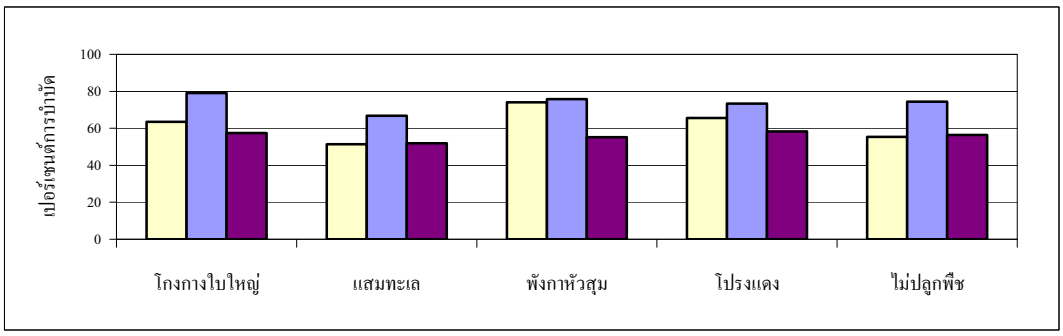


(ค) ระยะเวลากักเก็บ 3 วัน

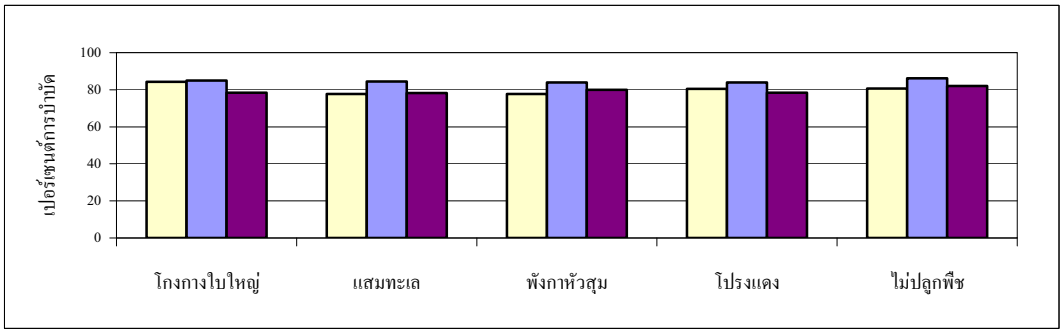
รูปที่ 4-21 เปอร์เซ็นต์การบำบัดฟอสฟอรัสทั้งหมดของน้ำเสียเมื่อใช้ระยะเวลากักเก็บต่างกัน ในระบบต่อเนื่อง โครงการที่ 1-1



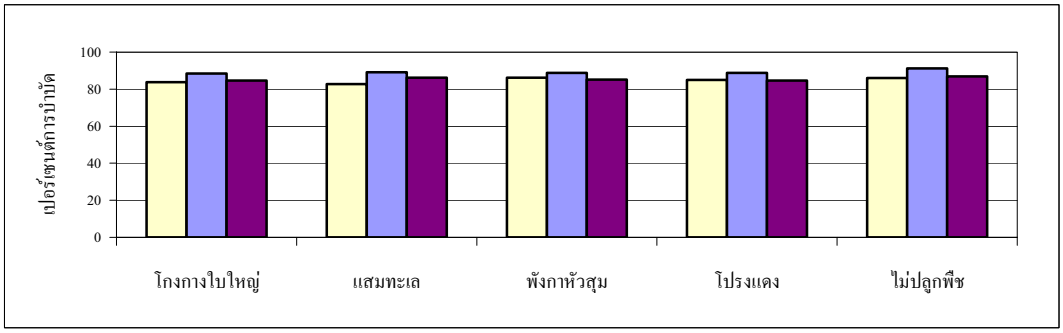
(ก) น้ำเสีย NW



(ข) น้ำเสีย 2NW



(ค) น้ำเสีย 5NW



(ง) น้ำเสีย 10 NW

รูปที่ 4-22 เปอร์เซ็นต์การบำบัดฟอสฟอรัสทั้งหมดของน้ำเสียต่างระดับความเข้มข้น ในระบบต่อเนื่อง โครงการที่ 1-1

ออร์โธฟอสเฟต (Ortho-phosphate)

น้ำเสีย NW, 2NW, 5NW และ 10NW ที่เข้าสู่ชุดทดลอง มีค่าออร์โธฟอสเฟต อยู่ในช่วง 3.077-4.288, 5.416-7.407, 17.843-19.865 และ 34.776-43.158 mg/l ตามลำดับ น้ำเสียดังกล่าวเมื่อผ่านการบำบัดแล้วมีค่าออร์โธฟอสเฟตลดลงเป็น 0.914-3.050, 1.313-4.174, 2.181-4.737 และ 4.103-6.665 mg/l ตามลำดับ (ตารางที่ 4-27)

เปอร์เซ็นต์การบำบัดออร์โธฟอสเฟตในชุดทดลองที่ได้รับน้ำเสียความเข้มข้นสูงจะสูงกว่าชุดทดลองที่ได้รับน้ำเสียความเข้มข้นต่ำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเปอร์เซ็นต์การบำบัดออร์โธฟอสเฟตในชุดทดลองที่ได้รับน้ำเสีย 10NW สูงกว่าชุดทดลอง 5NW, 2NW, NW ตามลำดับ มีค่าระหว่าง 80.84-89.74, 73.48-88.29, 35.14-81.28, และ 12.52-78.66% ตามลำดับ (โดยแนวโน้มจะแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อใช้ระยะกักเก็บ 5 วัน และ 3 วัน แต่เมื่อใช้ระยะเวลากักเก็บ 7 วัน แนวโน้มดังกล่าวมีความผันแปรและไม่ชัดเจนเท่า) ซึ่งแตกต่างจากระบบกะ ซึ่งพบว่าเปอร์เซ็นต์การบำบัดในชุดทดลองที่ได้รับน้ำเสีย NW สูงกว่า ชุดทดลอง 2NW, 5NW และ 10NW ตามลำดับ

เปอร์เซ็นต์การบำบัดออร์โธฟอสเฟต เมื่อใช้ระยะเวลากักเก็บ 7 วัน สูงกว่าเมื่อใช้ระยะกักเก็บ 5 วัน และ 3 วัน ตามลำดับ มีค่าระหว่าง 44.91-89.74, 17.48-89.07 และ 12.52-82.66 mg/l ตามลำดับ (ตารางที่ 4-28 และ รูปที่ 4-23 ถึง 4-24) ซึ่งเป็นแนวโน้มเช่นเดียวกับระบบกะ

โดยสรุปเปอร์เซ็นต์การบำบัดออร์โธฟอสเฟตมีแนวโน้มในลักษณะเดียวกันกับเปอร์เซ็นต์การบำบัด TP

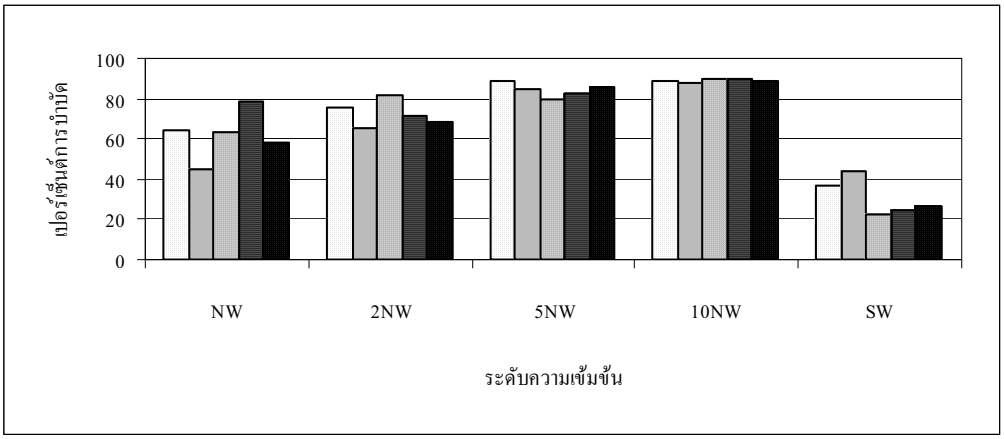
ตารางที่ 4-27 ปริมาณออร์โธฟอสเฟตของน้ำก่อนและหลังการบำบัดเมื่อใช้ระยะเวลากักเก็บต่างกัน ในระบบต่อเนื่อง โครงการที่ 1-1

กักเก็บ (วัน)	ชุดทดลอง	น้ำเข้า (mg/l)	น้ำออก (mg/l)				
			โกงกางใบใหญ่	แสมทะเล	พังกาหัวสุม	โปรงแดง	ไม่ปลูกพืช
7	NW	^{d}4.288±0.071	^{b}1.538±0.401^{b}	^{b}2.361±0.449^{a}	^{b}1.557±0.634^{b}	^{c}0.914±0.406^{c}	^{b}1.800±0.228^{b}
	2NW	^{c}7.407±0.367	^{b}1.787±0.800^{a}	^{b}2.551±1.086^{a}	^{b}1.390±0.537^{b}	^{b}2.108±0.712^{a}	^{b}2.338±0.963^{a}
	5NW	^{b}18.531±0.68	^{b}2.181±1.007	^{b}2.825±0.730	^{a}3.796±2.359	^{a}3.263±1.715	^{b}2.580±0.851
	10NW	^{a}40.621±1.58	^{a}4.587±0.922	^{a}5.008±1.910	^{a}4.173±1.364	^{a}4.103±1.928	^{a}4.682±2.636
	SW	^{e}0.537±0.054	^{c}0.344±0.062^{b}	^{c}0.301±0.072^{c}	^{b}0.419±0.061^{a}	^{c}0.403±0.022^{a}	^{c}0.423±0.096^{a}
5	NW	^{d}3.077±0.130	^{c}2.421±0.039^{a}	^{c}2.458±0.062^{a}	^{c}2.542±0.192^{a}	^{c}1.899±0.364^{b}	^{c}1.687±0.220^{c}
	2NW	^{c}5.416±0.205	^{d}1.313±0.682^{c}	^{bc}2.805±0.514	^{d}1.790±0.603^{b}	^{c}2.040±0.391^{b}	^{c}1.747±0.378^{b}
	5NW	^{b}19.865±1.444	^{b}2.920±0.074	^{b}3.067±0.510	^{b}3.135±0.491	^{b}3.129±0.752	^{b}2.651±0.454
	10NW	^{a}43.158±3.332	^{a}5.048±0.231^{a}	^{a}4.718±0.365^{a}	^{a}4.859±0.646^{a}	^{a}4.945±0.578^{a}	^{a}3.841±0.824^{b}
	SW	^{e}0.556±0.054	^{c}0.252±0.060^{d}	^{d}0.285±0.080^{c}	^{c}0.359±0.069^{b}	^{d}0.434±0.079^{a}	^{d}0.344±0.063^{b}
3	NW	^{d}3.488±0.356	^{d}2.841±0.246^{a}	^{d}3.050±0.300^{a}	^{d}2.917±0.041^{a}	^{d}1.657±0.159^{c}	^{c}2.498±0.292^{b}
	2NW	^{c}6.441±0.408	^{c}3.703±0.269^{b}	^{c}4.174±0.223^{a}	^{c}3.345±0.083^{d}	^{c}3.560±0.128^{b}	^{b}3.491±0.091^{c}
	5NW	^{b}17.843±0.432	^{b}4.281±0.412^{b}	^{b}4.737±0.362^{a}	^{b}4.652±0.521^{a}	^{b}4.481±0.163^{a}	^{b}3.592±0.144^{c}
	10NW	^{a}34.776±2.146	^{a}6.022±0.265^{b}	^{a}6.040±0.480^{b}	^{a}6.377±0.503^{a}	^{a}6.665±0.535^{a}	^{a}5.655±0.397^{c}
	SW	^{e}0.405±0.014	^{c}0.340±0.019^{a}	^{c}0.342±0.011^{a}	^{c}0.325±0.012^{b}	^{c}0.346±0.013^{a}	^{d}0.347±0.012^{a}

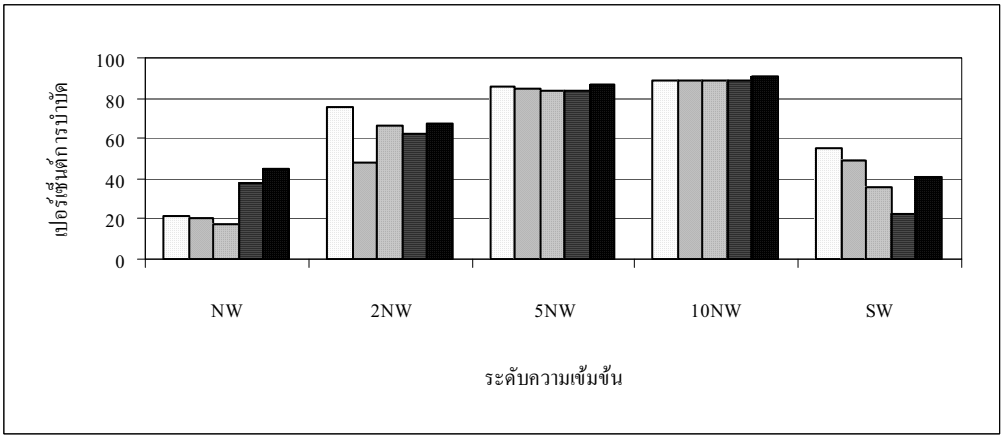
ตารางที่ 4-28 เปอร์เซ็นต์การบำบัดออร์โธฟอสเฟตเมื่อใช้ระยะเวลากักเก็บต่างกัน ในระบบต่อเนื่อง โครงการที่ 1-1

กักเก็บ (วัน)	ชุดทดลอง	เปอร์เซ็นต์การบำบัด (%)				
		โกงกางใบใหญ่	แสมทะเล	พังกาหัวสุม	โปรงแดง	ไม่ปลูกพืช
7	NW	^{c}64.10±9.49^{b}	^{c}44.91±10.71^{c}	^{c}63.68±14.79^{b}	^{bc}78.66±9.58^{a}	^{c}58.00±5.49^{b}
	2NW	^{b}75.51±11.90	^{b}65.18±15.72	^{ab}81.28±6.85	^{c}71.47±9.64	^{b}68.14±13.83
	5NW	^{a}88.29±5.38	^{a}84.80±3.81	^{b}79.52±13.27	^{ab}82.31±9.35	^{a}86.11±4.88
	10NW	^{a}88.63±2.60	^{a}87.52±5.01	^{a}89.61±3.65	^{a}89.74±4.99	^{a}88.30±6.74
	SW	^{d}36.31±6.26^{a}	^{c}43.88±13.17^{a}	^{d}22.33±5.99^{b}	^{d}24.65±4.93^{b}	^{d}26.24±11.19^{b}
5	NW	^{d}21.22±2.83^{c}	^{c}20.03±2.69^{c}	^{d}17.48±3.04^{c}	^{c}38.23±11.84^{b}	^{c}45.13±7.12^{a}
	2NW	^{b}75.56±13.08^{a}	^{b}48.04±10.47^{c}	^{b}66.75±11.77^{a}	^{b}62.20±7.89^{b}	^{b}67.57±7.72^{ab}
	5NW	^{a}85.26±1.43	^{a}84.44±3.60	^{a}84.08±3.67	^{a}84.09±4.75	^{a}86.53±3.49
	10NW	^{a}88.28±0.62^{b}	^{a}89.07±0.27^{b}	^{a}88.78±0.77^{b}	^{a}88.57±0.68^{b}	^{a}91.17±1.33^{a}
	SW	^{c}54.87±8.67^{a}	^{b}49.06±11.64^{a}	^{c}35.73±10.08^{c}	^{d}22.16±10.12^{d}	^{c}40.34±6.48^{bc}
3	NW	^{d}18.39±3.60^{c}	^{e}12.52±1.95^{d}	^{d}15.62±8.33^{cd}	^{c}52.45±0.97^{a}	^{d}28.48±1.28^{b}
	2NW	^{c}42.52±1.34^{c}	^{c}35.14±1.80^{d}	^{c}47.96±2.07^{a}	^{d}44.64±1.58^{b}	^{c}45.69±2.10^{b}
	5NW	^{b}76.04±2.76^{b}	^{b}73.48±3.16^{c}	^{b}73.97±3.23^{c}	^{b}74.89±1.85^{bc}	^{b}79.87±1.22^{a}
	10NW	^{a}82.66±0.86^{b}	^{a}82.63±1.00^{b}	^{a}81.66±1.11^{c}	^{a}80.84±1.11^{c}	^{a}83.73±0.86^{a}
	SW	^{d}16.18±3.64^{b}	^{d}15.63±2.59^{b}	^{d}19.65±3.42^{a}	^{c}14.50±2.31^{b}	^{c}14.26±2.70^{b}

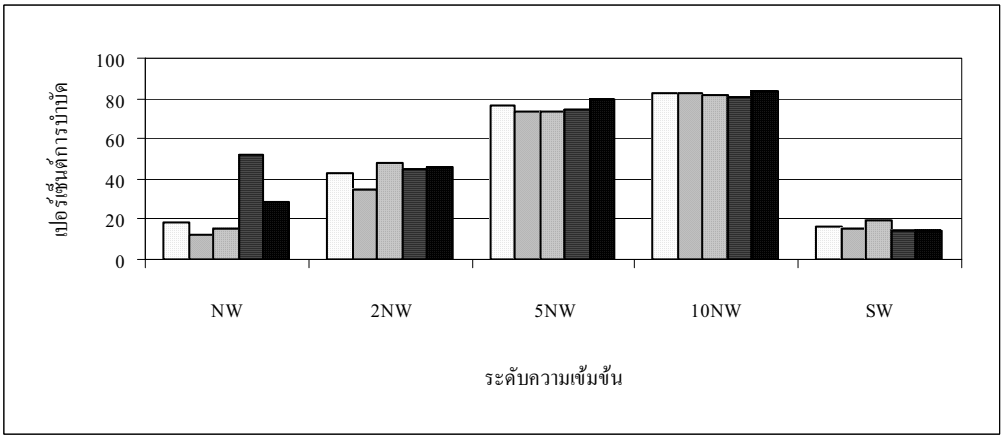
หมายเหตุ ตัวอักษรมุมซ้ายมือ (แนวตั้ง) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างความเข้มข้นของน้ำเสีย อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
ตัวอักษรมุมขวามือ (แนวนอน) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างชนิดพืช อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%



(ก) ระยะเวลากักเก็บ 7 วัน

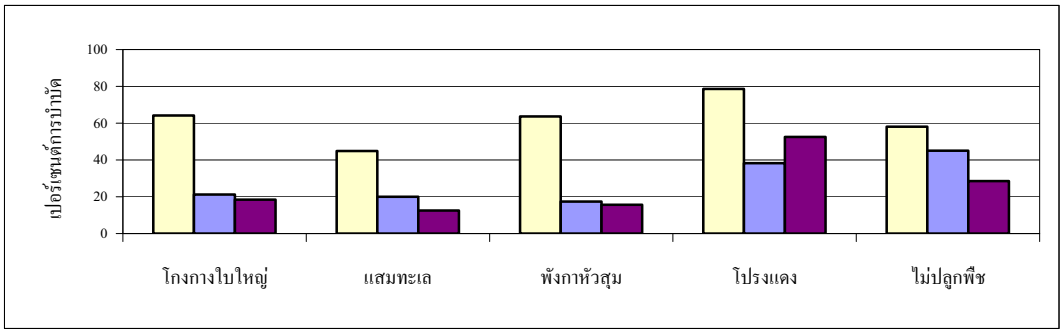


(ข) ระยะเวลากักเก็บ 5 วัน

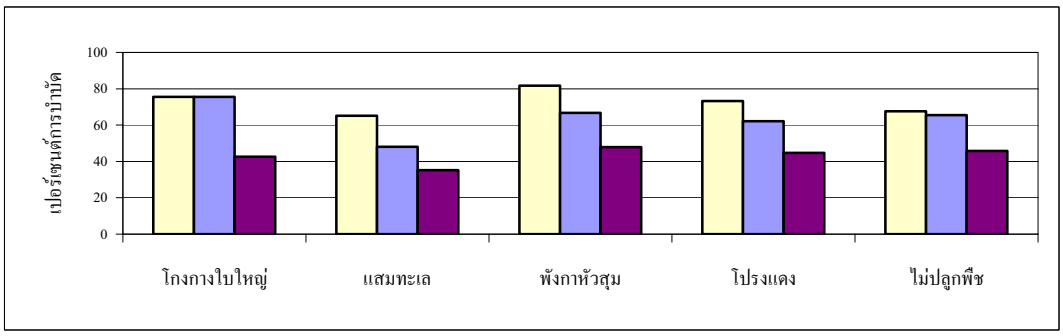


(ค) ระยะเวลากักเก็บ 3 วัน

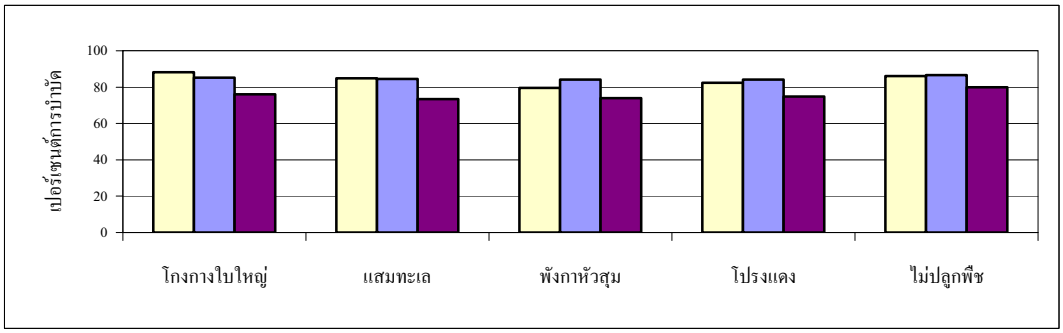
รูปที่ 4-23 เปอร์เซ็นต์การบำบัดออร์โธฟอสเฟตของน้ำเสียเมื่อใช้ระยะเวลากักเก็บต่างกัน ในระบบต่อเนื่อง โครงการที่ 1-1



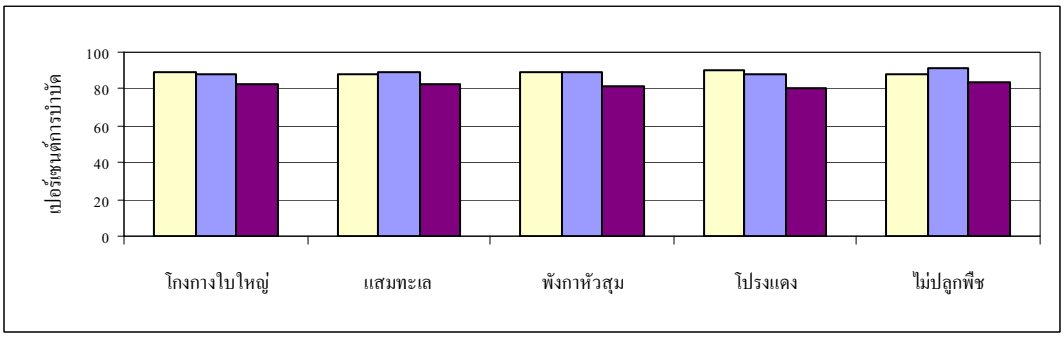
(ก) น้ำเสีย NW



(ข) น้ำเสีย 2NW



(ค) น้ำเสีย 5NW



(ง) น้ำเสีย 10 NW

รูปที่ 4-24 เปอร์เซ็นต์การบำบัดออร์โธฟอสเฟตของน้ำเสียต่างระดับความเข้มข้น ในระบบต่อเนื่อง โครงการที่ 1-1

4.3 คุณภาพน้ำและประสิทธิภาพการบำบัด ในระบบกะ ในโครงการย่อยที่ 1-2

ในการทดลองบำบัดน้ำเสียโดยการปล่อยน้ำเสียแบบกะได้ทดลองบำบัดโดยใช้ระยะเวลากักเก็บ 7 วัน รวม 9 ซ้ำ ผลการทดลองสามารถสรุปได้ดังนี้

4.3.1 คุณภาพน้ำเสียที่เข้าสู่ชุดทดลอง ในระบบกะ ในโครงการการย่อยที่ 1-2

คุณภาพน้ำเสียที่เข้าสู่ชุดทดลอง (ตารางที่ 4-29) สามารถสรุปได้ดังนี้

น้ำเสียชุมชนปกติ (NW: normal wastewater) มีค่าเฉลี่ย pH (ความเป็นกรด-ด่าง) 7.22 ความเค็ม 0.60 psu, DO (dissolved oxygen) 0.0 mg/l ทุกการทดลอง, BOD (biochemical oxygen demand) 28.32 mg/l, TN (total nitrogen) 25.817 mg/l มีแอมโมเนีย (NH_3-N) 10.910 mg/l และไนเตรท (NO_3-N) 0.033 mg/l, TP (total phosphorus) 7.153 mg/l ซึ่งส่วนใหญ่เป็นออร์โธฟอสเฟต (ortho-PO_4) 5.002 mg/l ซึ่งจะเห็นว่ามีสมบัติใกล้เคียงกับน้ำเสียที่ใช้ในการทดลองย่อยที่ 1-1

น้ำเสียชุมชนที่ปรับความเค็มเป็น 6, 12, 18 และ 24 psu ใช้น้ำเสีย NW มาปรับความเค็มโดยใช้โซเดียมคลอไรด์ (NaCl) ซึ่งน้ำเสียที่เตรียมได้จะมีค่าเฉลี่ยความเค็ม 6.02, 12.12, 17.94 และ 23.92 psu ตามลำดับ ซึ่งใกล้เคียงกับค่าที่กำหนด ค่าเฉลี่ยการนำไฟฟ้า 12.44, 23.57, 33.87 และ 44.51 mS/cm ตามลำดับ และค่าเฉลี่ย pH อยู่ในช่วง 7.16-7.25 ค่าเฉลี่ย BOD, TN และ TP ใกล้เคียงกันทุกระดับความเค็ม อยู่ในช่วง 25.69-28.48, 23.027-26.406 และ 7.549-7.622 mg/l ตามลำดับ ส่วน DO 0.00 mg/l ทุกระดับความเค็ม โดยสรุปจะเห็นว่าการปรับความเค็มของน้ำเสียโดยใช้เกลือ NaCl ไม่ได้ทำให้พารามิเตอร์ต่างๆ ของคุณภาพน้ำเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม ยกเว้นค่าความเค็มเองและค่าการนำไฟฟ้าซึ่งสัมพันธ์กับค่าความเค็ม และค่า pH ซึ่งเปลี่ยนแปลงไปจากน้ำเสียชุมชนปกติเล็กน้อย ส่วนพารามิเตอร์อื่นไม่เปลี่ยนแปลงจากเดิม น้ำเสีย NW, 6psu, 12psu, 18psu และ 24psu ที่เข้าสู่ชุดทดลองจึงมีเฉพาะค่าความเค็มและการนำไฟฟ้าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนพารามิเตอร์อื่นไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางที่ 4-29 คุณภาพน้ำเสียและน้ำเสียที่ปรับความเค็มก่อนเข้าชุดทดลองทั้ง 9 ครั้ง ในระบบกะ โครงการที่ 1-2

พารามิเตอร์	NW	6psu	12psu	18psu	24psu
ความเป็นกรด-ด่าง (pH)	7.22±0.09	7.24±0.10	7.25±0.08	7.18±0.09	7.16±0.10
อุณหภูมิ (°C)	27.72±2.94	27.70±3.02	27.78±3.10	27.84±3.16	28.21±3.17
การนำไฟฟ้า (mS/cm)	^{c}1.31±0.11	^{d}12.44±0.72	^{c}23.57±1.24	^{b}33.87±0.88	^{a}44.51±2.29
ความเค็ม (psu)	^{c}0.60±0.00	^{d}6.02±0.23	^{c}12.12±0.33	^{b}17.94±0.21	^{a}23.92±0.72
ออกซิเจนละลาย (DO) (mg/l)	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00
บีโอดี (BOD) (mg/l)	28.32±8.27	28.48±7.21	26.89±7.15	26.04±5.97	25.69±5.78
ไนโตรเจนทั้งหมด (TN) (mg/l)	25.817±3.026	23.027±3.326	26.196±4.408	26.406±5.239	24.400±2.187
แอมโมเนีย (NH_3-N) (mg/l)	10.910±1.352	10.249±1.938	11.194±1.862	11.598±2.370	10.265±0.476
ไนเตรท (NO_3-N) (mg/l)	0.033±0.020	0.029±0.017	0.035±0.014	0.036±0.020	0.031±0.013
ฟอสฟอรัสทั้งหมด (TP) (mg/l)	7.153±1.478	7.622±0.855	7.770±1.317	7.617±0.582	7.549±0.622
ออร์โธฟอสเฟต (Ortho-PO_4) (mg/l)	5.002±1.050	5.304±0.567	5.430±0.945	5.314±0.312	5.275±0.559

หมายเหตุ NW (normal wastewater) คือ น้ำเสียชุมชนปกติ; 6psu, 12psu, 18psu และ 24psu คือ น้ำเสียชุมชนที่ปรับให้มีความเค็ม 6, 12, 18 และ 24 psu ตามลำดับ ตัวอักษรมุมซ้ายมือ (แนวนอน) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างความเค็มของน้ำเสีย อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

4.3.2 ประสิทธิภาพการบำบัด ในระบบกะ ในโครงการย่อยที่ 1-2

ความเป็นกรด-ด่าง (pH)

น้ำเสียที่เข้าสู่ชุดทดลองมีค่าเฉลี่ยความเป็นกรด-ด่าง (pH) อยู่ในช่วง 7.02-7.41 เมื่อน้ำผ่านการบำบัดแล้วจะมีค่า pH สูงขึ้น โดยชุดทดลองที่ได้รับน้ำเสีย NW, 6psu, 12psu, 18psu และ 24psu มีค่า pH ของน้ำที่ผ่านการบำบัดอยู่ในช่วง 7.74-9.00, 7.50-8.46, 7.67-8.38, 7.71-8.16 และ 7.82-8.82 ตามลำดับ (ตารางที่ 4-30) ทั้งนี้เพราะการนำน้ำเสียซึ่งมีธาตุอาหารสูงเข้าสู่ชุดทดลองทำให้สาหร่ายและแพลงก์ตอนพืชเจริญเติบโตดี ซึ่งการสังเคราะห์แสงและการหายใจจะทำให้มีไบคาร์บอเนตไอออน (HCO_3^-) และคาร์บอเนตไอออน (CO_3^{2-}) เพิ่มขึ้น ทำให้ pH ของน้ำสูงขึ้น

มีข้อสังเกตว่าน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดจากชุดควบคุมที่ไม่ปลูกพืชจะมีค่า pH สูงกว่าชุดทดลองที่ปลูกกล้าไม้ชนิดอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในทุกระดับความเค็มของน้ำเสีย ทั้งนี้เพราะชุดควบคุมที่ไม่ปลูกพืชมีแสงส่องลงไปยังคอลัมน์น้ำได้ดีกว่า ทำให้อัตราการสังเคราะห์แสงของสาหร่ายและแพลงก์ตอนพืชสูง เป็นผลให้สมดุลคาร์บอเนตเปลี่ยนแปลงไปอย่างมาก ทำให้ค่า pH ของน้ำสูงขึ้นมาก

ตารางที่ 4-30 ความเป็นกรด-ด่าง การนำไฟฟ้า และความเค็มของน้ำก่อนและหลังการบำบัด ในระบบกะ โครงการที่ 1-2

พารามิเตอร์	ชุดทดลอง	น้ำเข้า	น้ำออก				
			โกงกางใบใหญ่	แสมทะเล	พังกาหัวสุม	โปรงแดง	ไม่ปลูกพืช
pH	**NW**	7.22±0.09	^{a}8.01±0.24^{b}	^{a}7.82±0.29^{bc}	^{b}7.74±0.15^{c}	^{b}7.95±0.23^{bc}	^{a}9.00±0.27^{a}
	6psu	7.24±0.10	^{b}7.65±0.14^{bc}	^{b}7.50±0.09^{c}	^{b}7.69±0.13^{b}	^{bc}7.82±0.16^{b}	^{c}8.46±0.31^{a}
	12psu	7.25±0.08	^{a}7.99±0.43^{bc}	^{ab}7.67±0.15^{c}	^{a}8.17±0.56^{ab}	^{bc}7.82±0.18^{bc}	^{c}8.38±0.40^{a}
	18psu	7.18±0.09	^{a}7.93±0.23^{b}	^{a}7.86±0.17^{bc}	^{b}7.74±0.14^{bc}	^{c}7.71±0.31^{c}	^{bc}8.16±0.10^{a}
	24psu	7.16±0.10	^{ab}7.87±0.19^{c}	^{a}7.82±0.23^{c}	^{a}8.28±0.23^{b}	^{a}8.32±0.18^{b}	^{ab}8.82±0.32^{a}
Conductivity	**NW**	^{e}1.31±0.11	^{d}17.58±3.03	^{e}16.72±5.54	^{d}15.77±5.08	^{e}14.99±2.74	^{d}18.14±7.19
(mS/cm)	**6psu**	^{d}12.44±0.72	^{d}22.56±6.08	^{d}24.01±5.58	^{c}26.77±3.65	^{d}23.66±5.28	^{c}24.41±5.78
	12psu	^{c}23.57±1.24	^{c}27.77±7.21	^{c}29.54±4.57	^{c}27.69±4.40	^{c}28.69±4.46	^{c}29.00±3.29
	18psu	^{b}33.87±0.88	^{b}38.95±6.22	^{b}36.79±3.86	^{b}37.71±3.72	^{b}35.36±4.14	^{b}40.53±3.67
	24psu	^{a}44.51±2.29	^{a}45.13±3.07	^{a}44.92±4.88	^{a}45.52±3.77	^{a}44.00±4.28	^{a}47.21±1.63
Salinity	**NW**	^{e}0.60±0.00	^{e}8.77±1.50	^{e}9.67±3.23	^{d}9.07±2.86	^{e}8.54±1.56	^{e}10.46±2.90
(psu)	**6psu**	^{d}6.02±0.23	^{d}13.96±3.36	^{d}14.19±3.24	^{c}15.04±2.02	^{d}14.03±2.81	^{d}15.49±2.27
	12psu	^{c}12.12±0.33	^{c}17.19±3.69	^{c}17.32±1.53	^{c}16.90±2.22	^{c}17.46±2.41	^{c}18.21±2.15
	18psu	^{b}17.94±0.21	^{b}23.69±3.05	^{b}22.73±2.07	^{b}23.23±2.15	^{b}21.67±2.47	^{b}24.73±1.53
	24psu	^{a}23.92±0.72	^{a}28.69±1.69	^{a}29.16±2.40	^{a}29.18±1.65	^{a}28.36±0.75	^{a}29.31±0.94

หมายเหตุ ตัวอักษรมุมซ้ายมือ (แนวตั้ง) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างความเค็มของน้ำเสีย อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
ตัวอักษรมุมขวามือ (แนวนอน) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างชนิดพืช อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

การนำไฟฟ้าและความเค็ม (Conductivity and Salinity)

ความเค็มของน้ำเสีย NW, 6psu, 12psu, 18psu และ 24 psu ที่เข้าสู่ชุดทดลองมีค่าเฉลี่ย 0.60, 6.02, 12.12, 17.94 และ 23.92 psu ตามลำดับ น้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วจะมีความเค็มสูงขึ้นเป็น 8.54-10.46, 13.96-15.49, 16.90-18.21, 21.67-24.73 และ 28.36-29.31 psu ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากการระเหยของน้ำ นอกจากนี้อาจมีการละลายของเกลือในดินในชุดทดลองที่ได้รับน้ำเสียที่มีระดับความเค็มต่ำ ทำให้น้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วมีค่าความเค็มสูงขึ้น

การนำไฟฟ้าของน้ำเสีย NW, 6psu, 12psu, 18psu และ 24psu ที่เข้าสู่ชุดทดลองมีค่าเฉลี่ย 1.31, 12.44, 23.57, 33.87 และ 44.51 mS/cm ตามลำดับ น้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วมีค่าการนำไฟฟ้าสูงขึ้นเป็น 14.99-18.14, 22.56-26.77, 27.69-29.54, 35.36-40.53 และ 44.00-47.21 mS/cm ตามลำดับ โดยมีแนวโน้มเช่นเดียวกับความเค็ม เพราะค่าการนำไฟฟ้าเป็นปฏิภาคโดยตรงกับสารละลายเกลือ (ตารางที่ 4-30)

มีข้อสังเกตว่า ชุดควบคุมที่ไม่ปลูกพืชมีค่าความเค็มและการนำไฟฟ้าของน้ำที่ผ่านการบำบัดสูงกว่าชุดทดลองที่ปลูกกล้าไม้ในทุกระดับความเค็มของน้ำเสีย แสดงให้เห็นว่าการปลูกพืชในระบบช่วยลดอัตราการระเหยของน้ำ ซึ่งถึงแม้พืชจะสามารถทำให้น้ำสูญเสียไปจากระบบโดยการคายน้ำ แต่คาดว่าอัตราการคายน้ำต่ำกว่าอัตราการระเหย จึงทำให้ชุดควบคุมที่ไม่ปลูกพืชมีความเค็มของน้ำที่ผ่านการบำบัดสูงกว่า นอกจากนี้พบว่าน้ำเสียต่างระดับความเค็มมีค่าความเค็มและการนำไฟฟ้าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ทั้งน้ำที่เข้าสู่ชุดทดลองและน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้ว

ปริมาณออกซิเจนละลาย (Dissolved Oxygen : DO)

ปริมาณออกซิเจนละลาย (DO) ของน้ำเสีย NW, 6psu, 12psu, 18psu และ 24 psu ที่เข้าสู่ชุดทดลองมีค่า 0.00 mg/l น้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วมีค่า DO สูงขึ้น เป็น 4.50-13.29, 3.50-9.72, 4.96-13.72, 4.80-13.87 และ 5.68-14.78 mg/l ตามลำดับ (ตารางที่ 4-31) ซึ่งจะเห็นว่ามีค่าสูงมาก ทั้งนี้เนื่องจากการเติมอากาศโดยลมที่สัมผัสผิวหน้าน้ำ การสังเคราะห์แสงของสาหร่ายและแพลงก์ตอนพืชปริมาณมาก รวมทั้งการแลกเปลี่ยนอากาศบริเวณรากพืชในชุดทดลอง ชี้ให้เห็นว่าความเค็มของน้ำที่สูงถึง 24 psu ไม่ได้ทำให้เกิดผลทางลบต่อการเจริญเติบโตของสาหร่าย แพลงก์ตอนพืช และกล้าไม้ในชุดทดลอง

เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่า DO ในน้ำที่ผ่านการบำบัดระหว่างชนิดพืช พบว่า ชุดควบคุมที่ไม่ปลูกพืชจะมีค่า DO (9.72-14.78 mg/l) สูงกว่าชุดทดลองที่ปลูกกล้าไม้ (3.50-8.93 mg/l) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เนื่องจากการมีพืชปกคลุมทำให้การเติมอากาศโดยลมและการสังเคราะห์แสงของสาหร่ายและแพลงก์ตอนพืชเป็นไปอย่างจำกัด ค่า DO จึงต่ำกว่า รวมทั้งชุดทดลองที่ปลูกกล้าไม้มีการสะสมอินทรียสารที่ผิวดินสูง ทำให้จุลินทรีย์ต้องใช้ออกซิเจนปริมาณมากในการย่อยสลาย จึงมี DO ในน้ำที่ผ่านการบำบัดต่ำ

มีข้อสังเกตว่า ชุดทดลองที่ได้รับน้ำเสีย 24 psu ส่วนใหญ่มีค่า DO ของน้ำที่ผ่านการบำบัดสูงกว่าชุดทดลองที่ได้รับน้ำเสียความเค็มอื่น ทั้งนี้เพราะชุดทดลองที่ใช้ในการทดลองนี้ได้ผ่านการทดลองในโครงการย่อยที่ 1-1 มาก่อน โดยชุดทดลองที่ได้รับน้ำเสีย 24 psu เคยใช้เป็นชุดควบคุม (ได้รับน้ำทะเล ซึ่งมีธาตุอาหารและ BOD ต่ำกว่าน้ำเสีย) ทำให้กล้าไม้มีอัตราการเจริญเติบโตต่ำ สภาพไม่แน่นทึบ ดังนั้นแสงจึงส่องลงไปได้มาก การสังเคราะห์แสงของสาหร่ายและแพลงก์ตอนพืชจึงเกิดขึ้นได้ดี ทำให้ DO สูง นอกจากนี้ชุดทดลองดังกล่าวยังมีการสะสมอินทรียวัตถุในดินจากการทดลองในโครงการย่อยที่ 1-1 ต่ำ ดังนั้นออกซิเจนจึงถูกนำไปใช้ในการการย่อยสลายอินทรียวัตถุน้อย ทำให้ DO ในน้ำที่ผ่านการบำบัดมีค่าสูง

ตารางที่ 4-31 ปริมาณออกซิเจนละลายของน้ำก่อนและหลังการบำบัด ในระบบกะ โครงการที่ 1-2

ชุดทดลอง	น้ำเข้า	น้ำออก (mg/l)				
	(mg/l)	โกงกางใบใหญ่	แสมทะเล	พังกาหัวสุม	โปรงแดง	ไม่ปลูกพืช
NW	0.00±0.00	6.47±2.10^{b}	^{ab}4.50±2.22^{b}	^{b}5.39±1.29^{b}	^{b}6.44±1.17^{b}	^{ab}13.29±2.68^{a}
6psu	0.00±0.00	4.98±9.89^{bc}	^{b}3.50±1.99^{c}	^{b}5.26±1.49^{bc}	^{bc}5.87±1.95^{b}	^{b}9.72±2.56^{a}
12psu	0.00±0.00	6.48±1.99^{b}	^{ab}4.96±2.52^{b}	^{b}5.36±1.32^{b}	^{bc}5.54±1.17^{b}	^{a}13.72±5.20^{a}
18psu	0.00±0.00	5.94±1.14^{b}	^{a}6.43±1.86^{b}	^{b}4.91±1.15^{b}	^{c}4.80±0.93^{b}	^{a}13.87±2.88^{a}
24psu	0.00±0.00	5.68±0.60^{c}	^{a}6.08±0.98^{c}	^{a}7.76±2.30^{bc}	^{a}8.93±1.47^{b}	^{a}14.78±4.66^{a}

หมายเหตุ ตัวอักษรมุมซ้ายมือ (แนวตั้ง) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างความเค็มของน้ำเสีย อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น95%
ตัวอักษรมุมขวามือ (แนวนอน) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างชนิดพืช อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

บีโอดี (Biochemical Oxygen Demand : BOD)

น้ำเสีย NW, 6psu, 12psu, 18psu และ 24 psu ที่เข้าสู่ชุดทดลองมีค่าเฉลี่ย BOD 28.32, 28.48, 26.89, 26.04 และ 25.69 mg/l ตามลำดับ ซึ่งใกล้เคียงกัน น้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วมีค่า BOD ลดลงเป็น 3.43-9.91, 4.78-8.67, 5.37-10.68, 4.67-7.59 และ 3.15-7.46 mg/l ตามลำดับ (ตารางที่ 4-32) ซึ่งจะเห็นว่าค่า BOD ของน้ำที่ผ่านการบำบัดจากทุกชุดทดลองมีค่าไม่เกินมาตรฐานซึ่งใช้ควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากอาคารประเภท ก. ซึ่งกำหนดให้มีค่าไม่เกิน 20 mg/l

ตารางที่ 4-32 ปริมาณบีโอดีของน้ำก่อนและหลังการบำบัด ในระบบกะ โครงการที่ 1-2

ชุดทดลอง	น้ำเข้า	น้ำออก (mg/l)				
	(mg/l)	โกงกางใบใหญ่	แสมทะเล	พังกาหัวสุม	โปรงแดง	ไม่ปลูกพืช
NW	28.32±8.27	^{a}9.91±2.86^{a}	^{a}6.09±1.91^{bc}	^{b}4.18±1.99^{cd}	^{b}7.76±3.47^{ab}	^{b}3.43±1.62^{d}
6psu	28.48±7.21	^{ab}6.95±3.97^{ab}	^{a}6.61±1.96^{ab}	^{a}8.67±1.73^{a}	^{b}5.92±2.72^{b}	^{b}4.78±1.44^{b}
12psu	26.89±7.15	^{ab}7.23±2.55^{b}	^{a}5.68±2.19^{b}	^{b}5.21±1.78^{b}	^{a}10.68±4.35^{a}	^{ab}5.37±1.72^{b}
18psu	26.04±5.97	^{ab}7.59±3.28^{a}	^{a}6.26±1.46^{ab}	^{b}4.69±1.93^{b}	^{b}4.67±2.04^{b}	^{a}7.25±3.19^{a}
24psu	25.69±5.78	^{b}4.67±2.28^{b}	^{b}3.47±1.90^{b}	^{a}7.46±3.57^{a}	^{b}5.32±1.76^{ab}	^{b}3.15±2.11^{b}

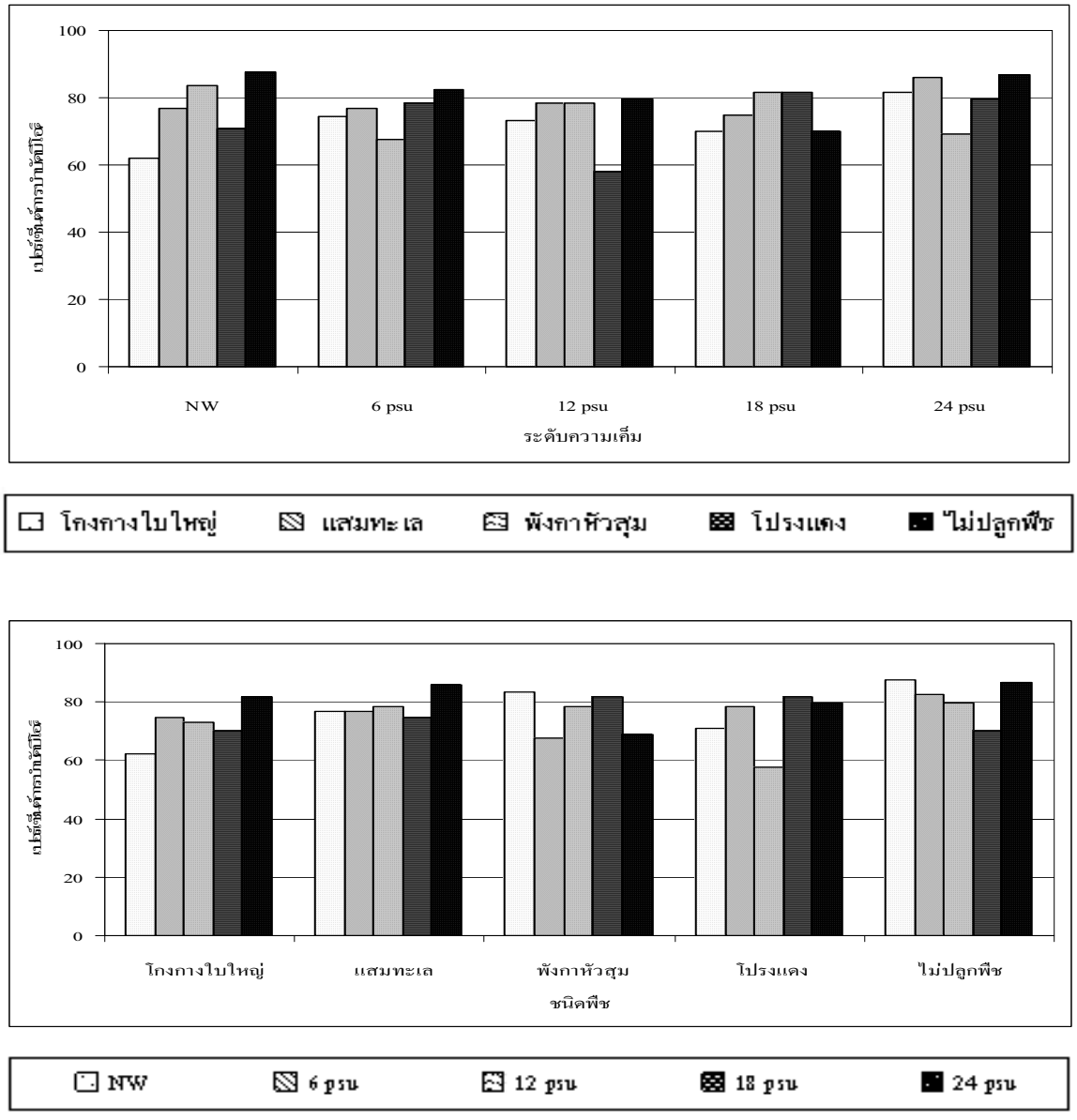
ตารางที่ 4-33 เปอร์เซ็นต์การบำบัดบีโอดี ในระบบกะ โครงการที่ 1-2

ชุดทดลอง	เปอร์เซ็นต์การบำบัด (%)				
	โกงกางใบใหญ่	แสมทะเล	พังกาหัวสุม	โปรงแดง	ไม่ปลูกพืช
NW	^{b}62.14±16.45^{c}	76.77±10.04^{ab}	^{a}83.57±10.40^{a}	^{a}70.83±16.12^{bc}	^{a}87.48±6.81^{a}
6psu	^{ab}74.57±15.50	76.66±5.51	^{b}67.74±9.91	^{a}78.31±11.84	^{a}82.53±6.37
12psu	^{ab}73.12±6.79^{a}	78.58±8.52^{a}	^{ab}78.43±11.46^{a}	^{b}57.83±20.75^{b}	^{a}79.49±6.88^{a}
18psu	^{ab}70.03±14.44	74.74±8.33	^{a}81.75±6.02	^{a}81.69±8.45	^{b}69.98±15.70
24psu	^{a}81.55±9.29^{a}	86.07±8.18^{a}	^{b}69.08±18.66^{b}	^{a}79.48±4.43^{a}	^{a}86.89±6.64^{a}

หมายเหตุ ตัวอักษรมุมซ้ายมือ (แนวตั้ง) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างความเค็มของน้ำเสีย อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
ตัวอักษรมุมขวามือ (แนวนอน) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างชนิดพืช อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

โดยทั่วไปพบว่า เปอร์เซ็นต์การบำบัด BOD ในชุดควบคุมที่ไม่ปลูกพืช (69.98-87.48%) สูงกว่าชุดทดลองที่ปลูกกล้าไม้ทุกระดับความเค็ม (57.83-86.07%) (ยกเว้นความเค็ม 18psu ซึ่งพบว่าชุดทดลองที่ปลูกโปรงแดงมีเปอร์เซ็นต์การบำบัดสูงที่สุด) เนื่องจากในชุดควบคุมมีค่า DO สูงกว่า ทำให้จุลินทรีย์สามารถนำออกซิเจนไปใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทำให้เปอร์เซ็นต์การบำบัด BOD มีค่าสูง ซึ่งสอดคล้องกับค่า DO ที่พบว่า ในชุดควบคุมมีค่าสูงกว่าในชุดทดลองที่ปลูกกล้าไม้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อย่างไรก็ตามโดยทั่วไปไม่พบแนวโน้มที่ชัดเจนว่ากล้าไม้ชนิดใดมีเปอร์เซ็นต์การบำบัด BOD สูง

เปอร์เซ็นต์การบำบัด BOD ของน้ำเสียต่างระดับความเค็มมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่มีค่าผันแปร ไม่สามารถสรุปได้ว่าน้ำเสียความเค็มใดมีเปอร์เซ็นต์การบำบัด BOD สูง (ตารางที่ 4-33 และ รูปที่ 4-25)



รูปที่ 4-25 เปอร์เซ็นต์การบำบัดบีโอดีของน้ำเสียต่างระดับความเค็ม ในระบบกะ โครงการที่ 1-2

ไนโตรเจนทั้งหมด (Total Nitrogen : TN)

น้ำเสีย NW, 6psu, 12psu, 18psu และ 24 psu ที่เข้าสู่ชุดทดลองมีค่าเฉลี่ย TN ใกล้เคียงกันมีค่า 25.817, 23.207, 26.196, 26.406 และ 24.400 mg/l ตามลำดับ น้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วมีค่า TN ลดลงเป็น 1.056-1.539, 1.411-2.244, 1.711-2.367, 2.172-3.206 และ 3.439-5.550 mg/l ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นว่าน้ำเสียที่เข้าสู่ชุดทดลองมีค่า TN ต่ำกว่าที่มาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากอาคารประเภท ก ซึ่งกำหนดให้มีค่าไม่เกิน 35 mg/l อยู่แล้ว และเมื่อผ่านการบำบัดจากชุดทดลองจะทำให้ค่า TN ลดลงมาก และมีแนวโน้มว่าน้ำที่ผ่านการบำบัดจากชุดทดลองที่ได้รับน้ำเสียความเค็มสูงจะมีปริมาณ TN สูงกว่าน้ำที่ผ่านการบำบัดจากชุดทดลองที่ได้รับน้ำเสียความเค็มต่ำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 4-34)

เปอร์เซ็นต์การบำบัด TN ของชุดทดลองที่ได้รับน้ำเสีย NW, 6psu, 12psu, 18psu และ 24 psu มีค่า 93.97-95.86, 90.13-93.80, 91.06-93.34, 87.96-91.56 และ 77.03-85.80% ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นว่าเปอร์เซ็นต์การบำบัด TN จะลดลงเมื่อน้ำเสียมีความเค็มสูงขึ้น โดยชุดทดลองที่ได้รับน้ำเสีย NW มีแนวโน้มเปอร์เซ็นต์การบำบัด TN สูงกว่าชุดทดลองที่ได้รับน้ำเสีย 6psu, 12psu, 18psu และ 24 psu ตามลำดับ เนื่องจากเมื่อน้ำมีความเค็มสูงขึ้นจะทำให้ชนิดและจำนวนของจุลินทรีย์ในชุดทดลองลดลง สอดคล้องกับที่ Tam (1998) ได้ศึกษาชนิดและประชากรของแบคทีเรียในดินป่าชายเลนทั้งชนิดใช้และไม่ใช้ออกซิเจน ไนตริฟายอิงแบคทีเรีย และดีไนตริฟายอิงแบคทีเรียในพื้นที่ที่ได้รับน้ำเสียสังเคราะห์ระดับความเค็ม 0 ppt สูงกว่าพื้นที่ที่ได้รับน้ำเสียระดับความเค็ม 15 ppt อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังนั้นจึงเป็นผลให้กระบวนการต่างๆ ได้แก่ กระบวนการแอมโมนิฟิเคชัน ไนตริฟิเคชัน และดีไนตริฟิเคชันลดลง ทำให้แอมโมเนียมและไนเตรทซึ่งเป็นผลผลิตจากกระบวนการมีปริมาณต่ำ ดังนั้นการบำบัดโดยการดูดดึงไปใช้โดยพืชจึงลดต่ำลง เป็นผลให้เปอร์เซ็นต์การบำบัด TN ลดลง นอกจากนี้ ความเค็มที่สูงขึ้นทำให้ระบบลำเลียงน้ำและแร่ธาตุบริเวณรากขนอ่อน (root hair) เป็นไปได้ยากขึ้น ทำให้พืชมีโอกาสดูดซึมไนโตรเจนไปใช้เพื่อการสังเคราะห์แสงและการเจริญเติบโตได้น้อยลง (Clough, 1992) (ตารางที่ 4-35 และ รูปที่ 4-26)

ตารางที่ 4-34 ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดของน้ำก่อนและหลังการบำบัด ในระบบกะ โครงการที่ 1-2

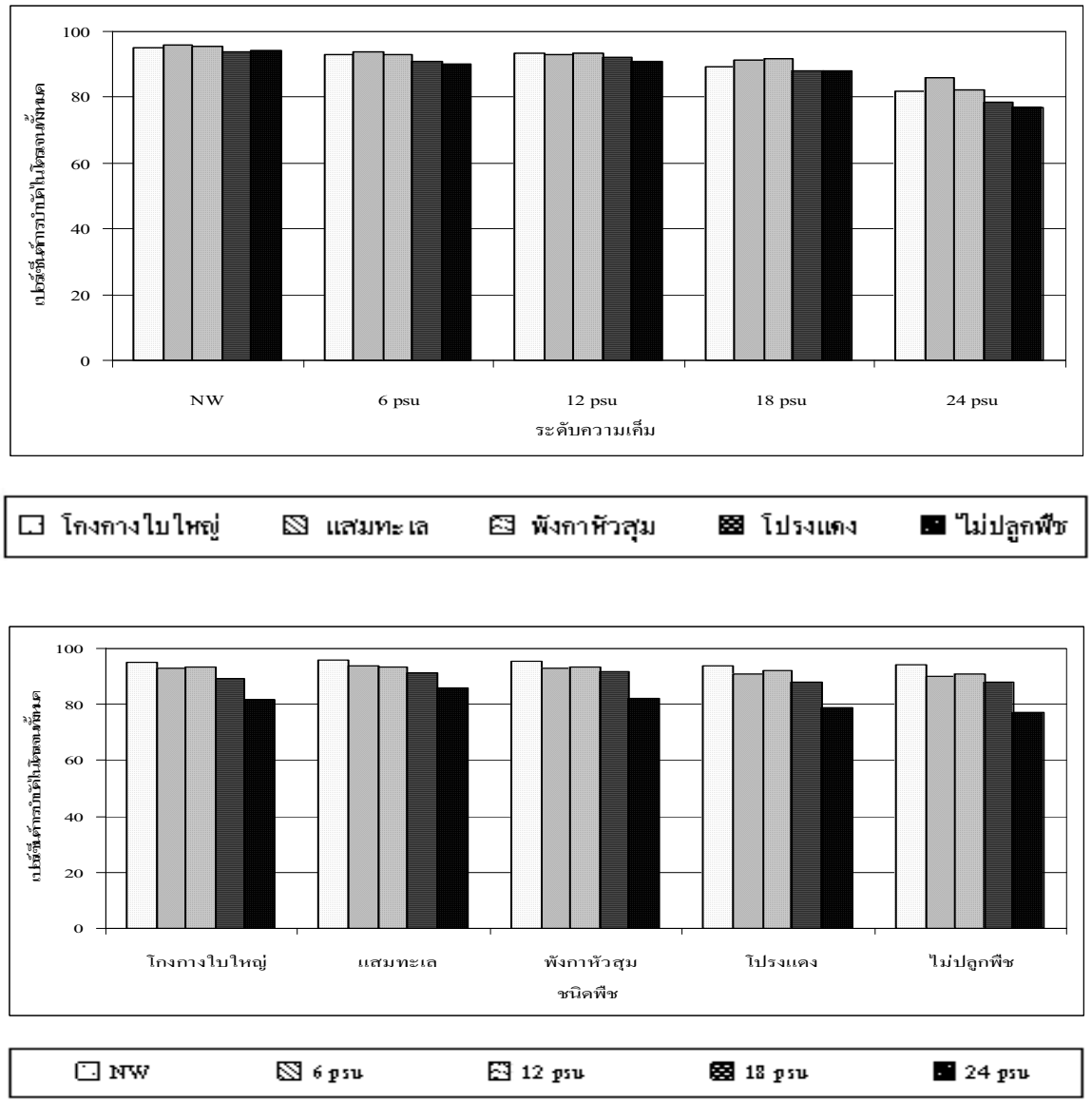
ชุดทดลอง	น้ำเข้า (mg/l)	น้ำออก (mg/l)				
		โกงกางใบใหญ่	แสมทะเล	พังกาหัวสุม	โปรงแดง	ไม่ปลูกพืช
NW	25.817±3.026	^{c}1.267±0.256^{bc}	^{d}1.056±0.174^{c}	^{d}1.161±0.234^{c}	^{c}1.539±0.122^{a}	^{c}1.478±0.439^{ab}
6psu	23.207±3.326	^{c}1.633±0.324^{b}	^{cd}1.411±0.167^{b}	^{c}1.589±0.278^{b}	^{c}2.050±0.482^{a}	^{c}2.244±0.699^{a}
12psu	26.196±4.408	^{c}1.756±0.356^{b}	^{c}1.711±0.260^{b}	^{c}1.722±0.340^{b}	^{c}2.072±0.533^{ab}	^{bc}2.367±0.726^{a}
18psu	26.406±5.239	^{b}2.728±0.251^{ab}	^{b}2.172±0.347^{b}	^{b}2.222±0.485^{b}	^{b}3.122±0.710^{a}	^{b}3.206±0.966^{a}
24psu	24.400±2.187	^{a}4.417±0.926^{bc}	^{a}3.439±0.899^{c}	^{a}4.272±0.701^{bc}	^{a}5.178±0.817^{ab}	^{a}5.550±1.528^{a}

ตารางที่ 4-35 เปอร์เซ็นต์การบำบัดไนโตรเจนทั้งหมด ในระบบกะ โครงการที่ 1-2

ชุดทดลอง	เปอร์เซ็นต์การบำบัด (%)				
	โกงกางใบใหญ่	แสมทะเล	พังกาหัวสุม	โปรงแดง	ไม่ปลูกพืช
NW	^{a}95.06±1.04^{ab}	^{a}95.86±0.87^{a}	^{a}95.50±0.81^{a}	^{a}93.97±0.83^{c}	^{a}94.28±1.61^{bc}
6psu	^{a}92.78±2.06^{ab}	^{ab}93.80±1.18^{a}	^{b}92.99±1.76^{ab}	^{b}91.01±2.52^{bc}	^{b}90.13±3.53^{c}
12psu	^{a}93.28±1.19	^{b}93.17±2.25	^{b}93.34±1.30	^{ab}92.08±2.00	^{ab}91.06±2.73
18psu	^{b}89.36±1.99^{ab}	^{b}91.36±2.71^{a}	^{b}91.56±1.39^{a}	^{c}87.98±2.98^{b}	^{b}87.96±3.35^{b}
24psu	^{c}81.66±4.72^{abc}	^{c}85.80±3.96^{a}	^{c}82.30±3.69^{ab}	^{d}78.70±3.36^{bc}	^{c}77.03±7.17^{c}

หมายเหตุ ตัวอักษรมุมซ้ายมือ (แนวตั้ง) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างความเค็มของน้ำเสีย อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
ตัวอักษรมุมขวามือ (แนวนอน) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างชนิดพืช อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

เมื่อเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การบำบัด TN ระหว่างชนิดกล้าไม้ พบว่า เปอร์เซ็นต์การบำบัดของชุดทดลองที่ปลูกกล้าไม้ (78.70-95.86%) สูงกว่าชุดควบคุมที่ไม่ปลูกพืช (77.03-94.28%) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนี้ยังพบแนวโน้มว่าเปอร์เซ็นต์การบำบัด TN ในชุดทดลองที่ปลูกแสมทะเล (85.80-95.86%) สูงกว่าชุดทดลองที่ปลูกกล้าไม้ชนิดอื่น (78.70-95.50%) ซึ่งอาจเป็นเพราะแสมทะเลมีอัตราการเจริญเติบโตสูง รวมทั้งมีระบบรากหายใจจำนวนมาก จึงทำให้แสมทะเลสามารถดูดดึงไนโตรเจนปริมาณมากไปใช้



รูปที่ 4-26 เปอร์เซ็นต์การบำบัดไนโตรเจนทั้งหมดของน้ำเสียต่างระดับความเค็ม ในระบบกะ โครงการที่ 1-2

แอมโมเนีย (Ammonia Nitrogen : NH_3-N)

น้ำเสีย NW, 6psu, 12psu, 18psu และ 24 psu ที่เข้าสู่ชุดทดลองมีค่าเฉลี่ยแอมโมเนียใกล้เคียงกันมีค่า 10.910, 10.249, 11.194, 11.598 และ 10.265 mg/l ตามลำดับ น้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วมีค่าแอมโมเนียลดลงเป็น 0.696-0.897, 0.865-1.166, 0.771-0.939, 0.662-1.036 และ 0.757-1.337 mg/l ตามลำดับ (ตารางที่ 4-36)

เปอร์เซ็นต์การบำบัดแอมโมเนียของน้ำเสีย NW, 6psu, 12psu, 18psu และ 24psu อยู่ในช่วง 91.71-93.65, 88.37-91.29, 91.61-92.86, 90.83-93.86 และ 87.03-92.70% ตามลำดับ โดยทั่วไปไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของเปอร์เซ็นต์การบำบัดแอมโมเนียในน้ำเสียต่างระดับความเค็ม ยกเว้นในชุดควบคุมที่ไม่ปลูกพืช ซึ่งมีเปอร์เซ็นต์การบำบัดสูงสุดในชุดทดลองที่ได้รับน้ำเสีย NW (93.25%) และต่ำสุดในชุดทดลองที่ได้รับน้ำเสีย 24 psu (87.03%) (ตารางที่ 4-37 และ รูปที่ 4-27)

เปอร์เซ็นต์การบำบัดแอมโมเนียในชุดทดลองที่ปลูกกล้าไม้ต่างชนิด และชุดควบคุมไม่ปลูกพืช ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ยกเว้นในชุดทดลองที่ได้รับน้ำเสีย 24psu ซึ่งพบว่าเปอร์เซ็นต์การบำบัดในชุดทดลองที่ปลูกกล้าไม้สูงกว่าชุดควบคุมที่ไม่ปลูกพืชอย่างมีนัยสำคัญ

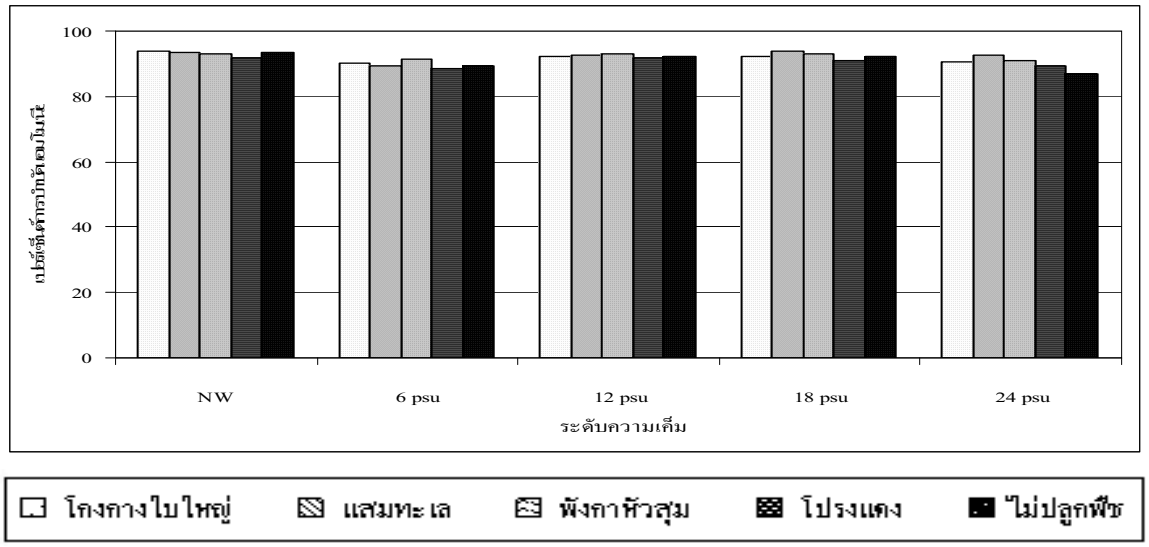
ตารางที่ 4-36 ปริมาณแอมโมเนียของน้ำก่อนและหลังการบำบัด ในระบบกะ โครงการที่ 1-2

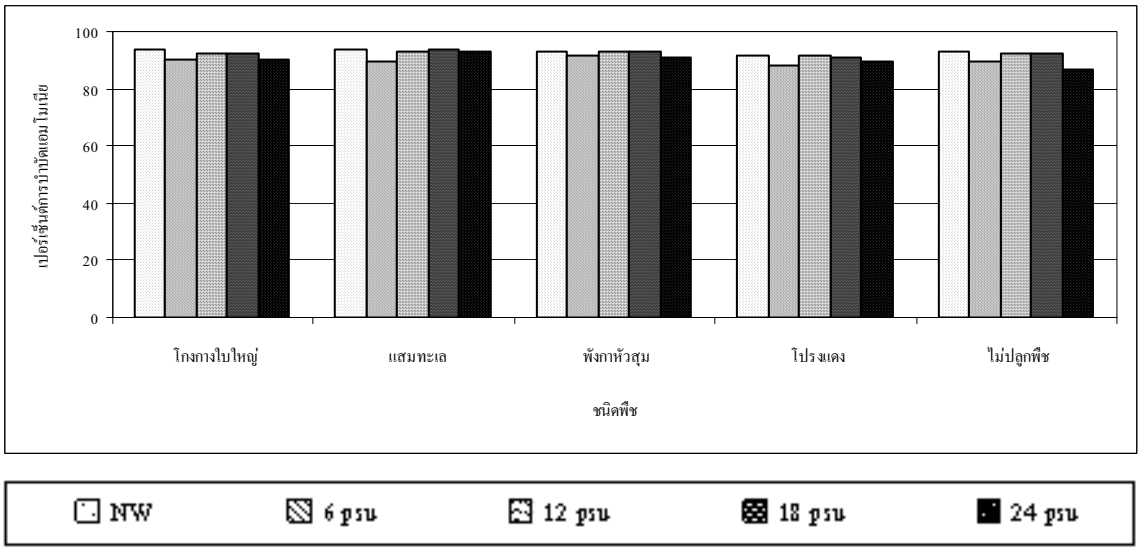
ชุดทดลอง	น้ำเข้า (mg/l)	น้ำออก (mg/l)				
		โกงกางใบใหญ่	แสมทะเล	พังกาหัวสุม	โปรงแดง	ไม่ปลูกพืช
NW	10.910±1.352	0.710±0.321	0.696±0.145	0.743±0.131	0.897±0.373	^{b}0.761±0.388
6psu	10.249±1.938	0.974±0.275	1.035±0.634	0.865±0.134	1.166±0.297	^{ab}1.041±0.376
12psu	11.194±1.862	0.851±0.212	0.771±0.094	0.785±0.104	0.939±0.235	^{b}0.884±0.446
18psu	11.598±2.370	0.867±0.345	0.662±0.268	0.794±0.152	1.036±0.179	^{b}0.905±0.463
24psu	10.265±0.476	0.987±0.404^{ab}	0.757±0.330^{b}	0.945±0.390^{b}	1.102±0.441^{ab}	^{a}1.337±0.239^{a}

ตารางที่ 4-37 เปอร์เซ็นต์การบำบัดแอมโมเนีย ในระบบกะ โครงการที่ 1-2

ชุดทดลอง	เปอร์เซ็นต์การบำบัด (%)				
	โกงกางใบใหญ่	แสมทะเล	พังกาหัวสุม	โปรงแดง	ไม่ปลูกพืช
NW	93.65±2.80	93.49±1.88	93.16±1.21	91.71±4.07	^{a}93.25±3.32
6psu	90.27±3.25	89.32±7.75	91.29±2.26	88.37±3.53	^{bc}89.54±4.27
12psu	92.39±1.54	92.74±2.67	92.86±1.07	91.61±1.67	^{ab}92.19±3.57
18psu	92.15±3.82	93.86±3.62	93.05±1.15	90.83±1.90	^{ab}92.21±3.74
24psu	90.46±3.83^{ab}	92.70±3.11^{a}	90.86±3.71^{a}	89.34±4.20^{ab}	^{c}87.03±2.02^{b}

หมายเหตุ ตัวอักษรมุมซ้ายมือ (แนวตั้ง) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างความเค็มของน้ำเสีย อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
ตัวอักษรมุมขวามือ (แนวนอน) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างชนิดพืช อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%





รูปที่ 4-27 เปอร์เซ็นต์การบำบัดแอมโมเนียของน้ำเสียต่างระดับความเค็ม ในระบบกะ โครงการที่ 1-2

ไนเตรท-ไนโตรเจน (Nitrate Nitrogen : NO_3^-)

น้ำเสีย NW, 6psu, 12psu, 18psu และ 24 psu ที่เข้าสู่ชุดทดลองมีค่าเฉลี่ยไนเตรท 0.033, 0.029, 0.035, 0.036 และ 0.031 mg/l ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นว่ามีค่าใกล้เคียงกัน และมีค่าต่ำเนื่องจาก DO ในน้ำเสียเป็น 0.00 mg/l น้ำในชุดทดลองเกือบทุกชุดเมื่อผ่านการบำบัดแล้วมีค่าไนเตรทสูงขึ้นและมีค่าผันแปรสูง อยู่ในช่วง 0.046-0.258, 0.086-0.204, 0.028-0.161, 0.035-0.383 และ 0.020-0.104 mg/l ตามลำดับ (ตารางที่ 4-38) ทั้งนี้เพราะค่า DO ของน้ำที่ผ่านการบำบัดสูงกว่าค่า DO ของน้ำเสียที่เข้าสู่ชุดทดลองมาก ทำให้กระบวนการแอมโมนิฟิเคชันและไนตริฟิเคชันเกิดขึ้นได้ดี เป็นผลทำให้ได้ไนเตรทเป็นผลผลิตจากกระบวนการดังกล่าวปริมาณมาก ซึ่งถึงแม้พืชจะมีบทบาทสำคัญในการบำบัดไนเตรทโดยการดูดดึงไปใช้ แต่คาดว่าอัตราการดูดดึงไปใช้ของพืชต่ำ จึงทำให้ปริมาณไนเตรทสูงขึ้น

โดยทั่วไป เปอร์เซ็นต์การบำบัดไนเตรทในน้ำเสียเกือบทุกชุดทดลองมีค่าเป็นลบ เนื่องจากปริมาณไนเตรทของน้ำที่ผ่านการบำบัดมีค่าสูงขึ้นดังกล่าวแล้ว มีแนวโน้มว่าเปอร์เซ็นต์การบำบัดของชุดทดลองที่ปลูกกล้าไม้สูงกว่าชุดควบคุมที่ไม่ปลูกพืช นอกจากนี้ยังพบแนวโน้มว่าเปอร์เซ็นต์การบำบัด TN ของชุดทดลองที่ปลูกแสมทะเลสูงกว่าชุดทดลองที่ปลูกกล้าไม้ชนิดอื่น ซึ่งเป็นแนวโน้มลักษณะเดียวกันกับการบำบัด TN (ตารางที่ 4-39)

ตารางที่ 4-38 ปริมาณไนเตรทของน้ำก่อนและหลังการบำบัด ในระบบกะ โครงการที่ 1-2

ชุดทดลอง	น้ำเข้า	น้ำออก (mg/l)				
	(mg/l)	โกงกางใบใหญ่	แสมทะเล	พังกาหัวสุม	โปรงแดง	ไม่ปลูกพืช
NW	0.033±0.020	0.069±0.043^{b}	0.046±0.054^{b}	^{ab}0.062±0.070^{b}	^{ab}0.158±0.116^{ab}	^{ab}0.258±0.205^{a}
6psu	0.029±0.017	0.177±0.192	0.086±0.142	^{a}0.145±0.074	^{ab}0.171±0.135	^{b}0.204±0.128
12psu	0.035±0.014	0.151±0.076^{a}	0.028±0.017^{b}	^{a}0.129±0.174^{a}	^{ab}0.147±0.098^{a}	^{b}0.161±0.065^{a}
18psu	0.036±0.020	0.181±0.166^{bc}	0.035±0.043^{c}	^{ab}0.051±0.063^{c}	^{a}0.254±0.170^{ab}	^{a}0.383±0.251^{a}
24psu	0.031±0.013	0.043±0.023^{b}	0.025±0.026^{b}	^{b}0.020±0.009^{b}	^{b}0.051±0.015^{b}	^{b}0.104±0.073^{a}

ตารางที่ 4-39 เปอร์เซ็นต์การบำบัดไนเตรท ในระบบกะ โครงการที่ 1-2

ชุดทดลอง	เปอร์เซ็นต์การบำบัด (%)				
	โกงกางใบใหญ่	แสมทะเล	พังกาหัวสุม	โปรงแดง	ไม่ปลูกพืช
NW	-405.93±798.73	-94.98±175.48	^{a}-197.33±334.36	-379.86±242.84	-1786.28±3197.38
6psu	-1038.33±2211.83	-172.10±260.94	^{b}-622.83±745.98	-1079.57±2148.23	-12.75.40±1519.89
12psu	-450.64±388.49^{b}	13.47±45.48^{a}	^{ab}-281.70±435.45^{ab}	-370.33±271.38^{b}	-432.00±330.66^{b}
18psu	-542.94±721.65^{ab}	-13.98±128.09^{a}	^{a}-55.47±182.25^{a}	-655.37±408.09^{bc}	-1193.23±1018.64^{c}
24psu	-69.71±113.38	17.99±58.36	^{a}18.61±51.70	-103.09±113.80	-423.02±758.35

หมายเหตุ ตัวอักษรมุมซ้ายมือ (แนวตั้ง) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างความเค็มของน้ำเสีย อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
ตัวอักษรมุมขวามือ (แนวนอน) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างชนิดพืช อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ฟอสฟอรัสทั้งหมด (Total Phosphorus : TP)

น้ำเสีย NW, 6psu, 12psu, 18psu และ 24 psu ที่เข้าสู่ชุดทดลองมีค่าเฉลี่ย TP ใกล้เคียงกัน คือ 7.153, 7.622, 7.770, 7.617 และ 7.549 mg/l ตามลำดับ น้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วมีค่า TP ลดลงเป็น 2.600-3.313, 2.686-3.065, 2.476-3.384, 1.966-3.179 และ 1.365-2.671 mg/l ตามลำดับ (ตารางที่ 4-40) โดยทั่วไปพบว่าชุดทดลองที่ปลูกแสมทะเลมีค่า TP ในน้ำที่ผ่านการบำบัดต่ำกว่าชุดทดลองอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ยกเว้นความเค็ม 6psu) และชุดทดลองที่ปลูกโปรงแดงมีค่า TP ในน้ำที่ผ่านการบำบัดสูงกว่าชุดทดลองอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ยกเว้นความเค็ม 24psu)

เปอร์เซ็นต์การบำบัด TP มีค่าผันแปรสูง มีค่าอยู่ในช่วง 52.56-81.83% เมื่อเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การบำบัด TP ระหว่างระดับความเค็มของน้ำเสียพบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ยกเว้นชุดควบคุมที่ไม่ปลูกพืช) โดยมี

แนวโน้มว่าเปอร์เซ็นต์การบำบัด TP มีค่าสูงขึ้นเมื่อน้ำเสียมีความเค็มสูงขึ้น โดยชุดทดลองที่ได้รับน้ำเสีย NW, 6psu, 12psu, 18psu และ 24 psu มีเปอร์เซ็นต์การบำบัด 52.56-62.70, 59.59-64.58, 55.13-67.73, 58.04-73.88 และ 64.09-81.83% ตามลำดับ ทั้งนี้เพราะการเพิ่มความเค็มของน้ำเสียโดยใช้โซเดียมคลอไรด์ (NaCl) จะทำให้ดินมีความเป็นเกลือของโลหะเพิ่มขึ้น เนื่องจากดินป่าชายเลนมีองค์ประกอบของเหล็ก (Fe) และ อะลูมินัม (Al) สูง ทำให้ฟอสฟอรัสสามารถตกตะกอนและถูกดูดซับโดยดินได้สูง (ตารางที่ 4-41 และ รูปที่ 4-28) ซึ่งสอดคล้องกับที่ Ye et al. (2001) ทดลองใช้พื้นที่ชุ่มน้ำเทียมที่ปลูกกล้าไม้พังกาหัวสุมดอกแดง (*Bruguiera gymnorrhiza*) กับ รังกะแท้ (*Kandelia candel*) บำบัดน้ำเสียจากฟาร์มสุกร โดยปรับน้ำเสียให้มีความเค็ม 0 และ 30 psu พบว่า ชุดทดลองที่ปลูกพังกาหัวสุมดอกแดงสามารถบำบัด TP ได้ 91.8 และ 97.8 % และชุดทดลองที่ปลูกรังกะแท้สามารถบำบัดได้ 79.2 และ 88.0 % ตามลำดับ

เมื่อเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การบำบัด TP ระหว่างชนิดพืชพบว่า โดยทั่วไปไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่มีแนวโน้มว่าชุดทดลองที่ปลูกแสมทะเลมีเปอร์เซ็นต์การบำบัดสูงที่สุดในทุกระดับความเค็ม (ยกเว้นความเค็ม 6psu) ซึ่งอาจเป็นเพราะแสมทะเลมีอัตราการเจริญเติบโตสูงจึงสามารถดูดดึงฟอสฟอรัสปริมาณมากไปใช้ ในลักษณะเดียวกับที่พบว่าแสมทะเลสามารถดูดดึงไนโตรเจนไปใช้ได้สูงที่สุดเมื่อเทียบกับกล้าไม้ชนิดอื่น

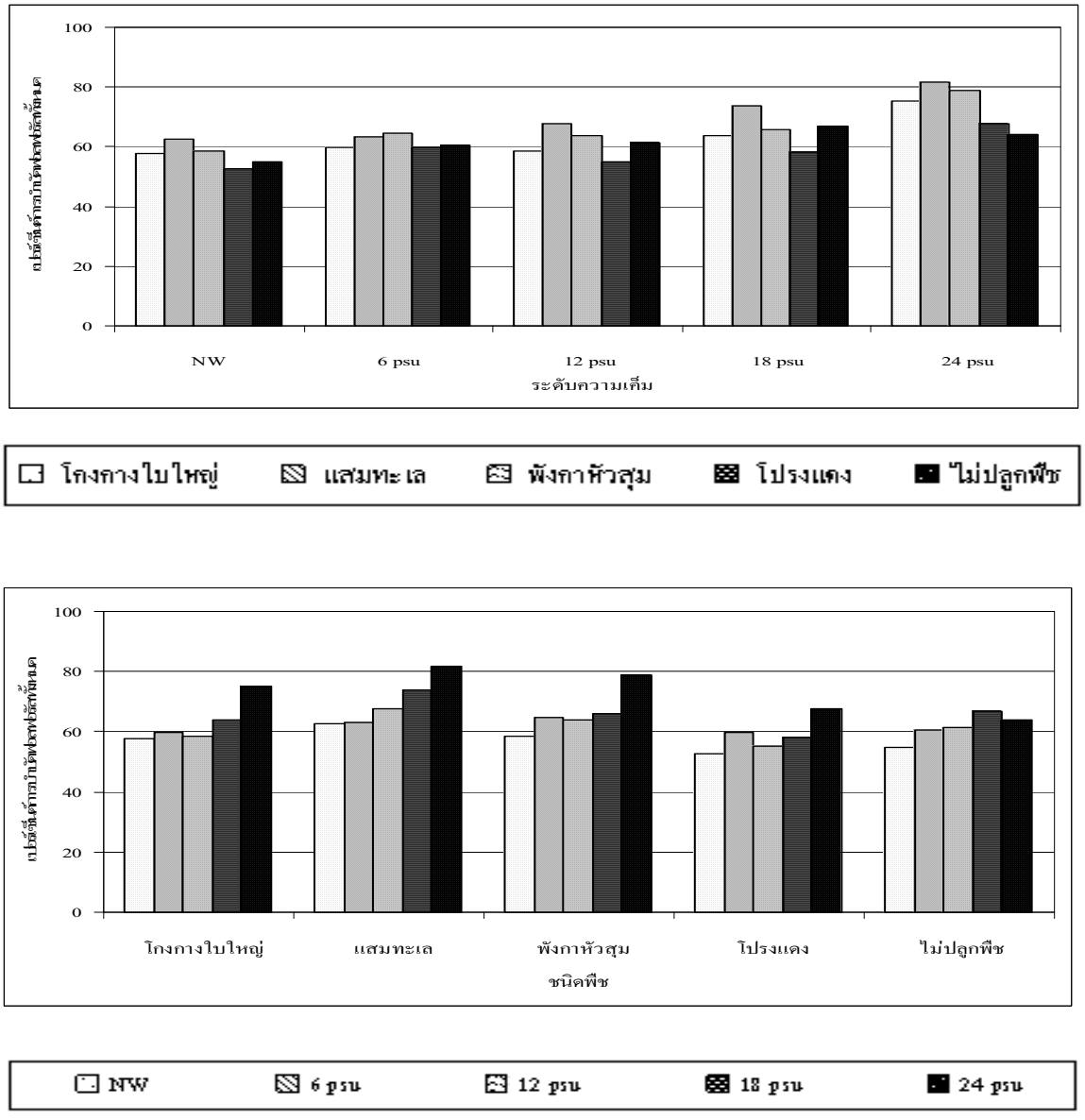
ตารางที่ 4-40 ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดของน้ำก่อนและหลังการบำบัด ในระบบกะ โครงการที่ 1-2

ชุดทดลอง	น้ำเข้า (mg/l)	น้ำออก (mg/l)				
		โกงกางใบใหญ่	แสมทะเล	พังกาหัวสุม	โปรงแดง	ไม่ปลูกพืช
NW	7.153±1.478	^{ab}2.949±0.276^{ab}	^{a}2.600±0.563^{b}	^{a}2.861±0.334^{ab}	^{a}3.313±0.365^{a}	3.036±0.679^{ab}
6psu	7.622±0.855	^{ab}3.042±0.404	^{a}2.793±0.447	^{a}2.686±0.315	^{a}3.065±0.590	2.989±0.607
12psu	7.770±1.317	^{a}3.130±0.418^{a}	^{a}2.476±0.532^{b}	^{a}2.761±0.405^{ab}	^{a}3.384±0.521^{a}	2.863±0.995^{ab}
18psu	7.617±0.582	^{b}2.749±0.346^{ab}	^{b}1.966±0.535^{c}	^{a}2.600±0.274^{b}	^{a}3.179±0.397^{a}	2.539±0.890^{b}
24psu	7.549±0.622	^{c}1.868±0.367^{bc}	^{c}1.365±0.183^{c}	^{b}1.583±0.186^{c}	^{b}2.412±0.727^{ab}	2.671±1.005^{a}

ตารางที่ 4-41 เปอร์เซ็นต์การบำบัดฟอสฟอรัสทั้งหมด ในระบบกะ โครงการที่ 1-2

ชุดทดลอง	เปอร์เซ็นต์การบำบัด (%)				
	โกงกางใบใหญ่	แสมทะเล	พังกาหัวสุม	โปรงแดง	ไม่ปลูกพืช
NW	^{b}57.62±7.06	^{c}62.70±9.57	^{c}58.69±8.91	^{b}52.56±7.29	54.80±16.31
6psu	^{b}59.75±6.33	^{c}63.16±5.68	^{b}64.58±3.82	^{ab}59.59±7.77	60.44±8.90
12psu	^{b}58.62±8.52	^{bc}67.73±7.17	^{b}63.90±5.56	^{b}55.13±10.72	61.27±16.15
18psu	^{b}63.77±5.16^{bc}	^{b}73.88±8.16^{a}	^{b}65.82±3.22^{b}	^{b}58.04±6.59^{c}	66.88±10.66^{b}
24psu	^{a}75.24±4.21^{ab}	^{a}81.83±2.61^{a}	^{a}78.87±3.11^{a}	^{a}67.53±10.90^{bc}	64.09±14.50^{c}

หมายเหตุ ตัวอักษรมุมซ้ายมือ (แนวตั้ง) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างความเค็มของน้ำเสีย อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
ตัวอักษรมุมขวามือ (แนวนอน) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างชนิดพืช อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%



รูปที่ 4-28 เปอร์เซ็นต์การบำบัดฟอสฟอรัสทั้งหมดของน้ำเสียต่างระดับความเค็ม ในระบบกะ โครงการที่ 1-2

ออร์โธฟอสเฟต (Ortho-phosphate)

น้ำเสีย NW, 6psu, 12psu, 18psu และ 24 psu ที่เข้าสู่ชุดทดลองมีค่าเฉลี่ยออร์โธฟอสเฟต 5.002, 5.304, 5.430, 5.314 และ 5.275 mg/l ตามลำดับ น้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วมีค่าออร์โธฟอสเฟตลดลงเป็น 1.774-2.307, 1.932-2.142, 1.766-2.313, 1.372-2.183 และ 0.948-1.847 mg/l ตามลำดับ (ตารางที่ 4-42)

เปอร์เซ็นต์การบำบัดออร์โธฟอสเฟตในน้ำเสีย NW, 6psu, 12psu, 18psu และ 24 psu มีค่าระหว่าง 52.68-63.82, 59.46-63.35, 56.15-67.05, 50.70-73.95 และ 64.16-81.88% ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นว่าเมื่อความเค็มของน้ำเสียเพิ่มขึ้น จะทำให้เปอร์เซ็นต์การบำบัดออร์โธฟอสเฟตมีค่าสูงขึ้น โดยเปอร์เซ็นต์การบำบัดออร์โธฟอสเฟตในชุดทดลองที่ได้รับน้ำเสีย 24 psu สูงกว่าชุดทดลองที่ได้รับน้ำเสียระดับความเค็มอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกับการบำบัด TP อย่างไรก็ตามแนวโน้มดังกล่าวผันแปรไม่ชัดเจนเท่าเปอร์เซ็นต์การบำบัด TP (ตารางที่ 4-43 และ รูปที่ 4-29)

เมื่อเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การบำบัดออร์โธฟอสเฟตระหว่างชนิดพืชพบว่า โดยทั่วไปไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่มีแนวโน้มว่าชุดทดลองที่ปลูกแสมทะเลมีเปอร์เซ็นต์การบำบัดสูงที่สุดในทุกระดับความเค็ม (ยกเว้นความเค็ม 6psu) ซึ่งเป็นแนวโน้มลักษณะเดียวกันกับการบำบัด TP

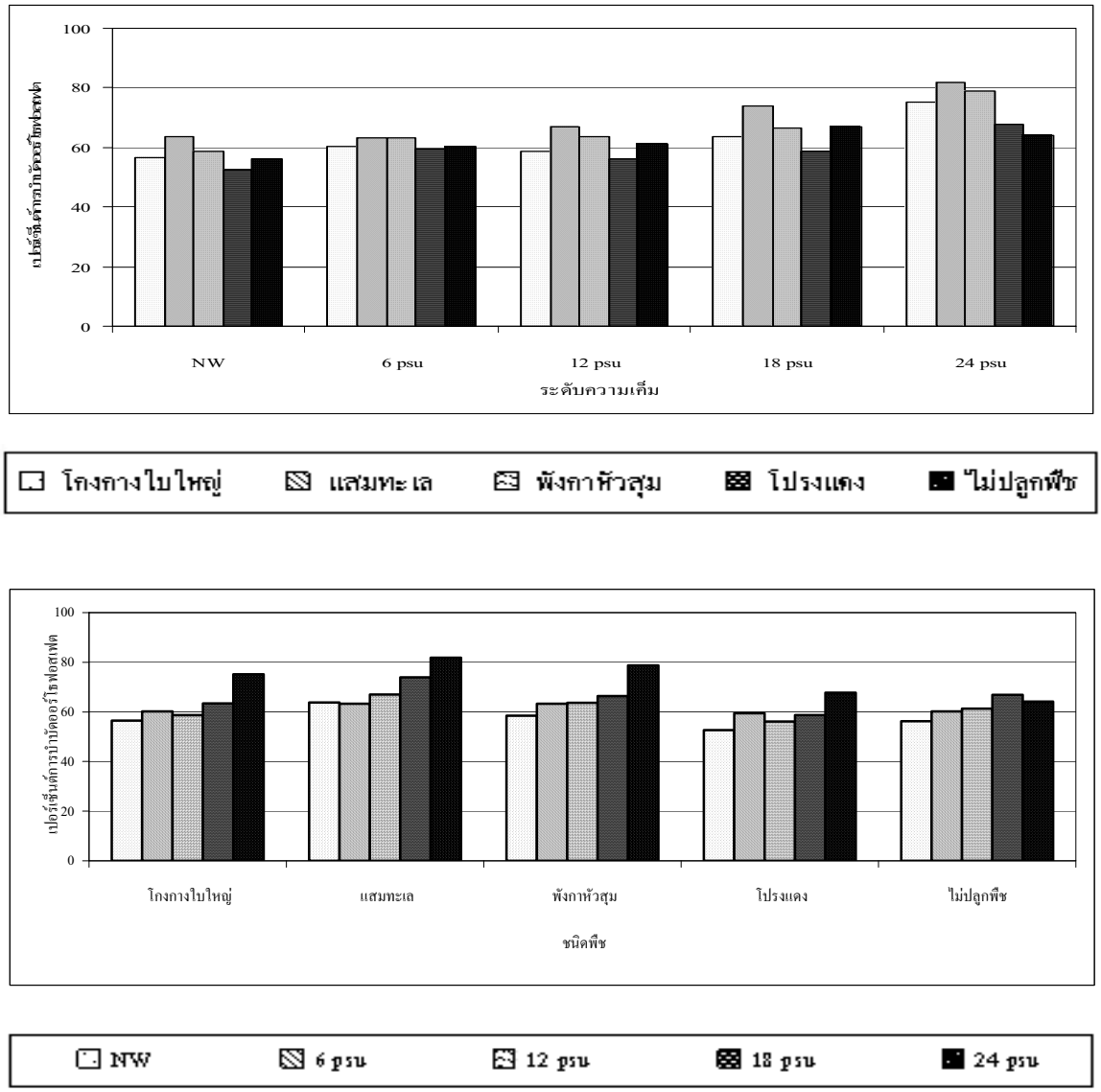
ตารางที่ 4-42 ปริมาณออร์โธฟอสเฟตของน้ำก่อนและหลังการบำบัด ในระบบกะ โครงการที่ 1-2

ชุดทดลอง	น้ำเข้า	น้ำออก (mg/l)				
	(mg/l)	โกงกางใบใหญ่	แสมทะเล	พังกาหัวสุม	โปรงแดง	ไม่ปลูกพืช
NW	5.002±1.050	^{a}2.115±0.251^{ab}	^{a}1.774±0.423^{b}	^{a}2.016±0.272^{ab}	^{a}2.307±0.275^{a}	2.058±0.437^{ab}
6psu	5.304±0.567	^{a}2.096±0.272	^{a}1.944±0.371	^{a}1.932±0.274	^{a}2.142±0.405	2.092±0.364
12psu	5.430±0.945	^{a}2.177±0.270	^{a}1.766±0.332	^{a}1.939±0.283	^{a}2.313±0.327	2.004±0.677
18psu	5.314±0.312	^{a}1.929±0.204^{ab}	^{b}1.372±0.338^{c}	^{a}1.784±0.100^{b}	^{a}2.183±0.220^{a}	1.776±0.624^{b}
24psu	5.275±0.559	^{b}1.303±0.192^{bc}	^{c}0.948±0.121^{c}	^{b}1.109±0.115^{c}	^{b}1.661±0.494^{ab}	1.847±0.678^{a}

ตารางที่ 4-43 เปอร์เซ็นต์การบำบัดออร์โธฟอสเฟต ในระบบกะ โครงการที่ 1-2

ชุดทดลอง	เปอร์เซ็นต์การบำบัด (%)				
	โกงกางใบใหญ่	แสมทะเล	พังกาหัวสุม	โปรงแดง	ไม่ปลูกพืช
NW	^{c}56.48±8.21	^{c}63.82±8.70	^{c}58.49±8.50	^{b}52.68±8.01	56.23±15.43
6psu	^{bc}60.23±5.51	^{c}63.33±5.61	^{bc}63.35±5.24	^{ab}59.46±7.59	60.16±8.25
12psu	^{bc}58.78±8.71	^{c}67.05±6.59	^{bc}63.66±6.37	^{b}56.15±9.86	61.30±15.51
18psu	^{b}63.47±5.60^{bc}	^{b}73.95±7.38^{a}	^{b}66.32±2.73^{b}	^{b}50.70±5.86^{c}	66.87±10.52^{b}
24psu	^{a}75.10±3.92^{ab}	^{a}81.88±2.76^{a}	^{a}78.74±3.20^{a}	^{a}67.72±11.14^{bc}	64.16±14.76^{c}

หมายเหตุ ตัวอักษรมุมซ้ายมือ (แนวตั้ง) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างความเค็มของน้ำเสีย อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
ตัวอักษรมุมขวามือ (แนวนอน) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างชนิดพืช อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%



รูปที่ 4-29 เปอร์เซ็นต์การบำบัดออร์โธฟอสเฟตของน้ำเสียต่างระดับความเค็ม ในระบบกะ โครงการที่ 1-2

4.4 คุณภาพน้ำและประสิทธิภาพการบำบัด ในระบบเติมต่อเนื่อง ในโครงการย่อยที่ 1-2

ในการทดลองบำบัดน้ำเสียโดยการปล่อยน้ำเสียแบบเติมต่อเนื่องได้ทดลองบำบัดโดยใช้ระยะเวลากักเก็บ 7 วัน รวม 9 ซ้ำ ผลการทดลองสามารถสรุปได้ดังนี้

4.4.1 คุณภาพน้ำเสียที่เข้าสู่ชุดทดลอง ในระบบเติมต่อเนื่อง ในโครงการย่อยที่ 1-2

คุณภาพน้ำเสียที่เข้าสู่ชุดทดลอง (ตารางที่ 4-44) สามารถสรุปได้ดังนี้

น้ำเสียชุมชนปกติ (NW: normal wastewater) มีค่าเฉลี่ย pH 7.28 ความเค็ม 0.6 psu, DO 0.00 mg/l ทุกการทดลอง BOD 29.67 mg/l, TN 24.294 mg/l มีแอมโมเนีย 12.785 mg/l และไนเตรท 0.054 mg/l, TP 7.452 mg/l ซึ่งส่วนใหญ่เป็นออร์โธฟอสเฟต 5.278 mg/l ซึ่งจะเห็นว่ามีสมบัติใกล้เคียงกับน้ำเสียที่ใช้ในระบบกะ

น้ำเสียชุมชนที่ปรับความเค็มเป็น 6, 12, 18 และ 24 psu มีค่าเฉลี่ยความเค็มเท่ากับ 6.87, 12.37, 18.49 และ 25.10 psu ตามลำดับ ซึ่งใกล้เคียงกับค่าที่กำหนด ค่าเฉลี่ยการนำไฟฟ้าเท่ากับ 12.98, 21.86, 31.09 และ 38.46 mS/cm ตามลำดับ ค่าเฉลี่ย pH อยู่ในช่วง 7.19-7.30 ค่าเฉลี่ย BOD, TN และ TP อยู่ในช่วง 20.18-25.20, 24.528-28.250 และ 6.788-7.850 mg/l ตามลำดับ ส่วน DO 0.00 mg/l ทุกระดับความเค็ม ซึ่งจะเห็นว่าน้ำเสีย NW, 6psu, 12psu, 18psu และ 24psu ที่เข้าสู่ชุดทดลองมีค่าความเค็มและการนำไฟฟ้าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางที่ 4-44 คุณภาพน้ำเสียและน้ำเสียที่ปรับความเค็มก่อนเข้าชุดทดลองทั้ง 9 ครั้ง ในระบบต่อเนื่อง โครงการที่ 1-2

พารามิเตอร์	NW	6 psu	12 psu	18 psu	24 psu
ความเป็นกรด-ด่าง (pH)	7.28±0.13	7.20±0.09	7.30±0.20	7.19±0.12	7.19±0.07
อุณหภูมิ (^{o}C)	28.02±1.50	28.36±1.79	28.20±1.74	28.15±1.87	28.10±1.93
การนำไฟฟ้า (mS/cm)	^{c}1.23±1.38	^{d}12.98±0.71	^{c}21.86±0.91	^{b}31.09±0.75	^{a}38.46±1.53
ความเค็ม (psu)	^{c}0.60±0.00	^{d}6.87±0.28	^{c}12.37±0.24	^{b}18.49±0.45	^{a}25.10±0.34
ออกซิเจนละลาย (DO) (mg/l)	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00
บีโอดี (BOD) (mg/l)	^{a}29.67±7.81	^{ab}25.20±6.33	^{ab}24.87±5.39	^{b}22.40±5.49	^{b}20.18±5.53
ไนโตรเจนทั้งหมด (TN) (mg/l)	^{d}24.294±1.167	^{cd}24.528±1.690	^{b}26.517±0.541	^{bc}25.650±1.488	^{a}28.250±0.959
แอมโมเนีย (NH_4-N) (mg/l)	12.785±2.720	12.689±2.231	12.512±1.904	12.471±2.396	2.648±1.661
ไนเตรท (NO_3-N) (mg/l)	0.054±0.108	0.039±0.086	0.048±0.095	0.027±0.032	0.072±0.139
ฟอสฟอรัสทั้งหมด (TP) (mg/l)	^{ab}7.452±1.047	^{ab}7.120±0.549	^{b}6.788±0.959	^{b}6.822±0.519	^{a}7.850±0.438
ออร์โธฟอสเฟต (Ortho-PO_4) (mg/l)	5.278±0.704	5.141±0.142	5.091±0.179	4.897±0.376	5.558±0.207

หมายเหตุ NW (normal wastewater) คือ น้ำเสียชุมชนปกติ; 6psu, 12psu, 18psu และ 24psu คือ น้ำเสียชุมชนที่ปรับให้มีความเค็ม 6, 12, 18 และ 24 psu ตามลำดับ ตัวอักษรมุมซ้ายมือ (แนวนอน) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างความเค็มของน้ำเสีย อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

4.4.2 ประสิทธิภาพการบำบัด ในระบบเติมต่อเนื่อง ในโครงการย่อยที่ 1-2

ความเป็นกรด-ด่าง (pH)

ความเป็นกรด-ด่าง (pH) พบว่า น้ำเสียที่เข้าสู่ชุดทดลองมีค่า pH 7.19-7.30 เมื่อน้ำผ่านการบำบัดแล้วจะมีค่า pH สูงขึ้น อยู่ในช่วง 7.58-8.55 (ตารางที่ 4-45) และน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดจากชุดควบคุมที่ไม่ปลูกพืชจะมีค่า pH สูงกว่าชุดทดลองที่ปลูกกล้าไม้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในทุกระดับความเค็มของน้ำเสียเช่นเดียวกับในระบบกะ

การนำไฟฟ้าและความเค็ม (Conductivity and Salinity)

ความเค็มของน้ำเสีย NW, 6psu, 12psu, 18psu และ 24psu ที่เข้าสู่ชุดทดลองมีค่าเฉลี่ย 0.60, 6.87, 12.37, 18.49 และ 25.10 psu ตามลำดับ น้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วจะมีค่าความเค็มสูงขึ้นอยู่ในช่วง 5.39-10.02, 12.82-16.63, 14.19-16.62, 17.97-23.86 และ 25.01-29.91 psu ตามลำดับ ซึ่งน้ำที่เข้าสู่ชุดทดลองแต่ละระดับความเค็ม รวมทั้งน้ำดังกล่าวที่ผ่านการบำบัดแล้วมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

การนำไฟฟ้าของน้ำเสีย NW, 6psu, 12psu, 18psu และ 24psu ที่เข้าสู่ชุดทดลองมีค่าเฉลี่ย 1.23, 12.98, 21.86, 31.09 และ 38.46 mS/cm ตามลำดับ และน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วมีค่าการนำไฟฟ้าสูงขึ้นอยู่ในช่วง 10.86-17.46, 22.51-28.70, 23.99-27.67, 30.15-39.24 และ 33.98-47.30 mS/cm ตามลำดับ โดยมีแนวโน้มเช่นเดียวกับความเค็ม

ตารางที่ 4-45 ความเป็นกรด-ด่าง การนำไฟฟ้า และความเค็มของน้ำก่อนและหลังการบำบัด ในระบบต่อเนื่องโครงการที่ 1-2

พารามิเตอร์	ชุดทดลอง	น้ำเข้า	น้ำออก				
			โกงกางใบใหญ่	แสมทะเล	พังกาหัวสุม	โปรงแดง	ไม่ปลูกพืช
pH	**NW**	7.28±0.13	^{b}7.82±0.20^{b}	7.72±0.17^{b}	^{ab}7.88±0.20^{b}	^{a}8.04±0.32^{b}	8.75±0.69^{a}
	6psu	7.20±0.09	^{a}8.08±0.34^{ab}	7.71±0.14^{b}	^{ab}7.95±0.71^{ab}	^{ab}7.84±0.13^{b}	8.28±0.40^{a}
	12psu	7.30±0.20	^{a}8.15±0.29^{b}	7.99±0.26^{bc}	^{b}7.75±0.26^{c}	^{b}7.80±0.29^{c}	8.55±0.250^{a}
	18psu	7.19±0.12	^{b}7.75±.015^{bc}	7.82±.019^{b}	^{b}7.58±0.18^{c}	^{b}7.72±0.17^{bc}	8.55±0.29^{a}
	24psu	7.19±0.07	^{a}8.08±0.17^{ab}	7.85±0.30^{b}	^{a}8.28±0.46^{a}	^{a}8.07±0.21^{ab}	8.24±0.19^{a}
Conductivity (mS/cm)	**NW**	^{e}1.23±1.38	^{d}17.20±3.35^{ab}	^{d}17.46±2.27^{a}	^{c}15.55±4.75^{ab}	^{d}10.86±4.49^{c}	^{c}13.76±2.24^{bc}
	6psu	^{d}12.98±0.71	^{cd}22.56±3.05^{b}	^{c}24.20±6.84^{ab}	^{b}28.70±6.18^{a}	^{c}22.51±3.90^{b}	^{b}26.38±3.04^{ab}
	12psu	^{c}21.86±0.91	^{bc}27.67±4.00	^{c}25.69±4.46	^{b}24.10±5.07	^{c}26.76±6.43	^{b}23.99±4.42
	18psu	^{b}31.09±0.75	^{b}30.15±11.52	^{b}31.42±6.79	^{a}37.82±4.46	^{b}33.91±7.61	^{a}39.24±6.67
	24psu	^{a}38.46±1.53	^{a}41.01±2.44^{b}	^{a}47.30±7.05^{a}	^{a}39.78±6.17^{b}	^{a}40.53±2.02^{b}	^{a}33.98±8.98^{c}
Salinity (psu)	**NW**	^{e}0.60±0.00	^{d}10.02±1.99^{a}	^{d}10.02±1.45^{a}	^{c}9.02±2.92^{a}	^{d}5.39±2.03^{b}	^{c}8.16±1.34^{a}
	6psu	^{d}6.87±0.28	^{c}13.61±1.65	^{c}14.58±4.70	^{b}16.63±4.85	^{c}12.82±2.67	^{b}15.78±2.24
	12psu	^{c}12.37±0.24	^{bc}16.62±2.39	^{bc}15.90±2.79	^{b}14.44±3.19	^{c}16.12±3.89	^{b}14.19±2.96
	18psu	^{b}18.49±0.45	^{b}17.97±7.02	^{b}19.23±4.54	^{a}23.04±3.01	^{b}20.80±5.39	^{a}23.86±4.60
	24psu	^{a}25.10±0.34	^{a}25.21±2.13	^{a}29.91±4.10	^{a}25.01±4.95	^{a}27.39±5.26	^{a}25.22±4.23

หมายเหตุ ตัวอักษรมุมซ้ายมือ (แนวตั้ง) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างความเค็มของน้ำเสีย อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
ตัวอักษรมุมขวามือ (แนวนอน) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างชนิดพืช อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

แนวโน้มของความเค็มและการนำไฟฟ้าดังกล่าวมีลักษณะเดียวกับในระบบกะ แต่ค่าการนำไฟฟ้าและความเค็มของน้ำที่ผ่านการบำบัดจากระบบเติมต่อเนื่องต่ำกว่าระบบกะเล็กน้อย

ปริมาณออกซิเจนละลาย (Dissolved Oxygen : DO)

DO ของน้ำเสีย NW, 6psu, 12psu, 18psu และ 24psu ที่เข้าสู่ชุดทดลองทุกชุดมีค่า 0.00 mg/l น้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วมีค่า DO สูงขึ้นเป็น 4.49-14.06, 2.88-9.84, 3.86-9.80, 2.09-9.09 และ 4.83-7.11 mg/l ตามลำดับ (ตารางที่ 4-46) ซึ่งจะเห็นว่ามีค่าสูงขึ้นมาก เช่นเดียวกับในระบบกะ แต่มีค่าค่อนข้างผันแปร

ค่า DO ของน้ำที่ผ่านการบำบัดของชุดควบคุมที่ไม่ปลูกพืช (7.11-14.06 mg/l) สูงกว่าชุดทดลองที่ปลูกกล้าไม้ (2.09-6.28 mg/l) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเช่นเดียวกับในระบบกะ เนื่องจากชุดทดลองที่ปลูกกล้าไม้มีการสะสมของเศษกิ่งไม้ใบไม้ที่ร่วงหล่น ซึ่งการย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ทำให้ออกซิเจนถูกใช้ไป ประกอบกับชุดควบคุมไม่มีพืชปกคลุมทำให้น้ำมีโอกาสสัมผัสกับอากาศได้มากกว่าจึงมีการเติมอากาศ และการสังเคราะห์แสงของสาหร่ายและแพลงก์ตอนพืชสูงกว่า และโดยทั่วไปพบว่าค่า DO ในน้ำที่ผ่านการบำบัดของระบบการปล่อยน้ำแบบเติมต่อเนื่องต่ำกว่าระบบกะ ซึ่งคาดว่าเป็นเพราะอัตราการปล่อยน้ำเสียเข้าสู่ชุดทดลองต่ำ

ตารางที่ 4-46 ปริมาณออกซิเจนละลายของน้ำก่อนและหลังการบำบัด ในระบบต่อเนื่อง โครงการที่ 1-2

ชุดทดลอง	น้ำเข้า (mg/l)	น้ำออก (mg/l)				
		โกงกางใบใหญ่	แสมทะเล	พังกาหัวสุม	โปรงแดง	ไม่ปลูกพืช
NW	0.00±0.00	5.60 ± 2.56^{b}	4.49 ± 1.71^{b}	$^{ab}4.94\pm1.26^{b}$	6.28 ± 1.17^{b}	$^{a}14.06\pm2.82^{a}$
6psu	0.00±0.00	4.41 ± 2.06^{bc}	5.46 ± 1.90^{b}	$^{cd}2.88\pm1.33^{c}$	4.83 ± 1.46^{b}	$^{b}9.84\pm1.86^{a}$
12psu	0.00±0.00	6.19 ± 2.22^{b}	5.43 ± 1.58^{bc}	$^{bc}3.86\pm1.45^{c}$	4.90 ± 1.29^{bc}	$^{b}9.80\pm2.03^{a}$
18psu	0.00±0.00	3.87 ± 2.60^{bc}	5.09 ± 1.19^{b}	$^{d}2.09\pm1.20^{c}$	5.14 ± 1.46^{b}	$^{bc}9.09\pm2.46^{a}$
24psu	0.00±0.00	4.99 ± 1.02^{b}	4.83 ± 2.75^{b}	$^{a}5.66\pm1.11^{ab}$	5.24 ± 1.81^{b}	$^{c}7.11\pm0.97^{a}$

หมายเหตุ ตัวอักษรมุมซ้ายมือ (แนวตั้ง) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างความเค็มของน้ำเสีย อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
ตัวอักษรมุมขวามือ (แนวนอน) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างชนิดพืช อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

บีโอดี (Biological Oxygen Demand : BOD)

น้ำเสีย NW, 6psu, 12psu, 18 psu และ 24psu ที่เข้าสู่ชุดทดลองมีค่าเฉลี่ย BOD 29.67, 25.20, 24.87, 22.40 และ 20.18 mg/l ตามลำดับ น้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วพบว่ามีค่า BOD ลดลงเป็น 5.53-8.03, 6.23-9.20, 6.17-8.37, 7.03-9.90 และ 5.97-7.87 mg/l ตามลำดับ (ตารางที่ 4-47) ซึ่งค่า BOD ในน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วของทุกชุดทดลองมีค่าไม่เกินมาตรฐานอาคารประเภท ก. ซึ่งกำหนดให้มีค่าไม่เกิน 20 mg/l เช่นเดียวกับในระบบกะ อย่างไรก็ตามพบว่าค่า BOD ในน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วของระบบเติมต่อเนื่องสูงกว่าระบบกะ ทั้งนี้เพราะชุดทดลองของระบบเติมต่อเนื่องมี DO ต่ำกว่าทำให้การย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเกิดขึ้นได้ไม่ดีเท่าระบบกะ ทำให้ค่า BOD สูงกว่า

เปอร์เซ็นต์การบำบัด BOD ของน้ำเสีย NW, 6psu, 12psu, 18psu และ 24psu อยู่ในช่วง 71.30-80.87, 60.16-73.48, 63.77-71.42, 56.71-65.47 และ 59.09-67.65% ตามลำดับ โดยทั่วไปเปอร์เซ็นต์การบำบัด BOD ของน้ำเสียต่างระดับความเค็มไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่พบแนวโน้มว่า ชุดทดลองที่ได้รับน้ำเสียความเค็มต่ำ (NW และ 6psu) มีเปอร์เซ็นต์การบำบัดสูงกว่าชุดทดลองที่ได้รับน้ำเสียความเค็มสูง (18psu และ 24psu) ซึ่งแนวโน้มนี้ไม่พบในระบบกะ อย่างไรก็ตามแนวโน้มนี้ไม่ชัดเจนนัก และค่าไม่แตกต่างกันมากนัก (ตารางที่ 4-48 และ รูปที่ 4-30) นอกจากนี้พบว่าเปอร์เซ็นต์การบำบัด BOD ในระบบเติมต่อเนื่องต่ำกว่าระบบกะ

เปอร์เซ็นต์การบำบัด BOD ของชุดทดลองที่ปลูกกล้าไม้ต่างชนิด และชุดควบคุมที่ไม่ปลูกพืชไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งต่างจากระบบกะซึ่งพบว่าเปอร์เซ็นต์การบำบัด BOD ในชุดทดลองที่ปลูกกล้าไม้ต่ำกว่าชุดควบคุมที่ไม่ปลูกพืชอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งเป็นผลจากการที่ DO ในชุดทดลองที่ปลูกกล้าไม้ต่ำกว่าชุดควบคุมที่ไม่ปลูกพืช

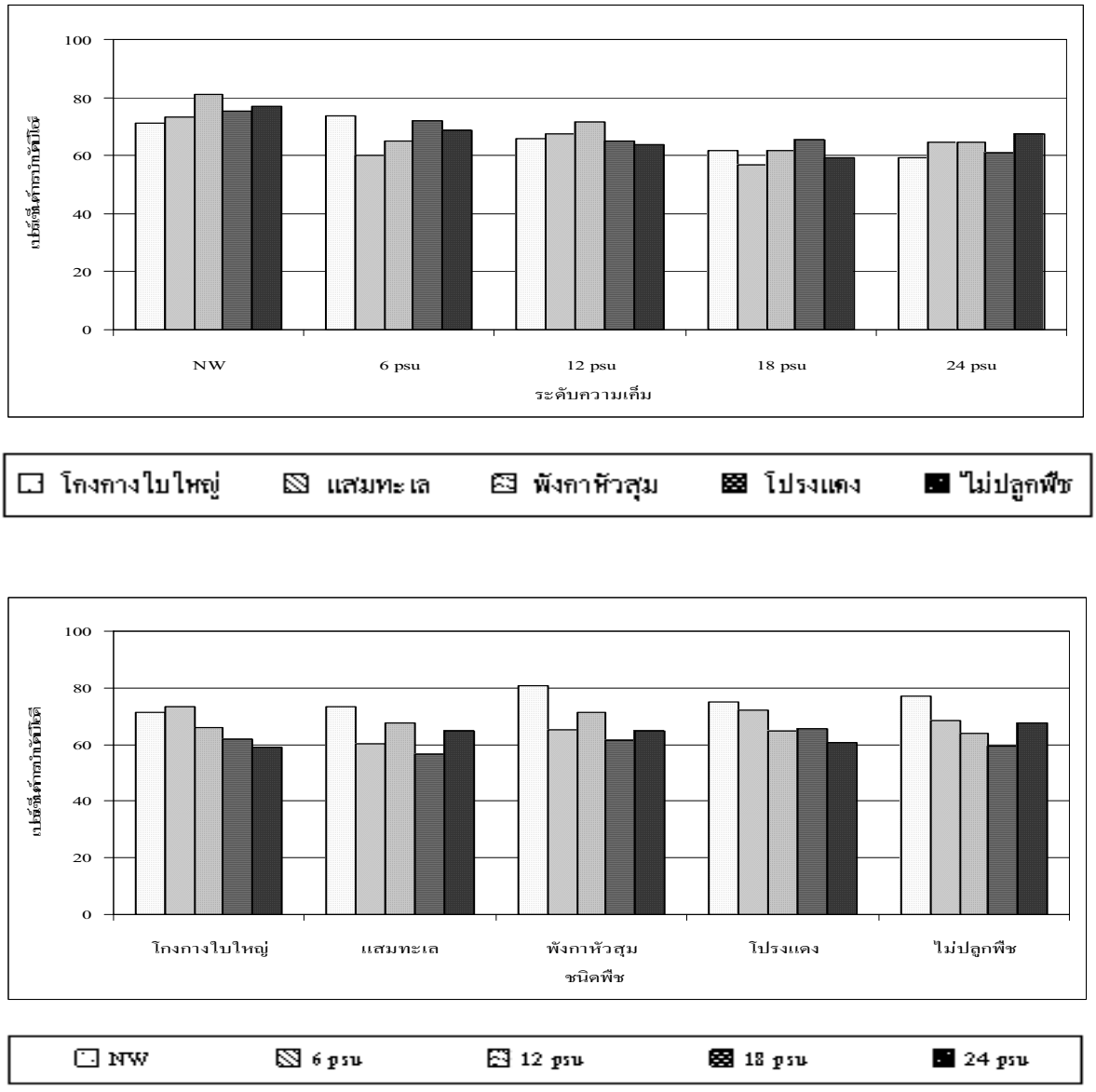
ตารางที่ 4-47 ปริมาณบีโอดีของน้ำก่อนและหลังการบำบัด ในระบบต่อเนื่อง โครงการที่ 1-2

ชุดทดลอง	น้ำเข้า (mg/l)	น้ำออก (mg/l)				
		โกงกางใบใหญ่	แสมทะเล	พังกาหัวสุม	โปรงแดง	ไม่ปลูกพืช
NW	^{a}29.67±7.81	8.03±5.62	7.93±4.59	5.53±3.41	6.97±4.60	^{a}6.80±2.80^{a}
6psu	^{ab}25.20±6.33	6.23±2.85	9.20±4.17	8.67±5.69	6.77±4.11	^{a}7.23±4.09^{a}
12psu	^{ab}24.87±5.39	7.63±4.70	7.77±5.06	6.17±4.47	7.97±2.65	^{a}8.37±3.14^{a}
18psu	^{b}22.40±5.49	8.17±3.67	9.90±3.57	8.07±2.97	7.03±2.54	^{a}8.47±3.71^{a}
24psu	^{b}20.18±5.53	7.87±5.94	6.97±3.12	6.93±3.80	7.70±3.59	^{a}5.97±2.55^{a}

ตารางที่ 4-48 เปอร์เซ็นต์การบำบัดบีโอดี ในระบบต่อเนื่อง โครงการที่ 1-2

ชุดทดลอง	เปอร์เซ็นต์การบำบัด (%)				
	โกงกางใบใหญ่	แสมทะเล	พังกาหัวสุม	โปรงแดง	ไม่ปลูกพืช
NW	71.30±24.35	73.29±15.12	80.87±12.61	75.20±19.51	76.85±10.05
6psu	73.48±13.24	60.16±23.49	64.98±23.14	72.00±17.29	68.62±21.61
12psu	65.99±27.35	67.57±19.76	71.42±25.23	64.88±20.26	63.77±18.64
18psu	61.84±17.05	56.71±20.29	61.63±18.11	65.47±18.47	59.25±21.67
24psu	59.09±30.26	64.60±13.95	64.67±16.94	60.85±16.08	67.65±18.81

หมายเหตุ ตัวอักษรมุมซ้ายมือ (แนวตั้ง) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างความเค็มของน้ำเสีย อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
ตัวอักษรมุมขวามือ (แนวนอน) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างชนิดพืช อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%



รูปที่ 4-30 เปอร์เซ็นต์การบำบัดบีโอดีของน้ำเสียต่างระดับความเค็ม ในระบบต่อเนื่อง โครงการที่ 1-2

ไนโตรเจนทั้งหมด (T o t a l N i t r o g e n : T N)

น้ำเสีย NW, 6psu, 12psu, 18psu และ 24psu ที่เข้าสู่ชุดทดลองมีค่าเฉลี่ย TN 24.294, 24.528, 26.517, 25.650 และ 28.250 mg/l ตามลำดับ น้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วมีค่า TN ลดลงเป็น 4.533-9.972, 3.861-7.483, 3.083-9.417, 2.683-8.487 และ 3.900-9.511 mg/l ตามลำดับ (ตารางที่ 4-49) ซึ่งจะเห็นว่า TN ในน้ำที่ผ่านการบำบัดของระบบเติมต่อเนื่องสูงกว่าระบบกะอย่างชัดเจน

เปอร์เซ็นต์การบำบัด TN ของน้ำเสีย NW, 6psu, 12psu, 18psu และ 24psu มีค่าอยู่ในช่วง 58.89-81.38, 69.38-84.23, 64.46-88.35, 66.90-89.50 และ 66.30-86.19% ตามลำดับ เมื่อทดสอบความแตกต่างของเปอร์เซ็นต์การบำบัด TN ของน้ำเสียต่างระดับความเค็ม พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ไม่พบแนวโน้มว่าเปอร์เซ็นต์การบำบัด TN ของน้ำเสียความเค็มใดมีค่าสูงสุด ซึ่งแตกต่างจากระบบกะซึ่งพบว่า เปอร์เซ็นต์การบำบัด TN มีแนวโน้มลดลงเมื่อน้ำเสียมีความเค็มสูงขึ้น นอกจากนี้พบว่าเปอร์เซ็นต์การบำบัด TN ในระบบเติมต่อเนื่องต่ำกว่าระบบกะ

เปอร์เซ็นต์การบำบัด TN ในชุดทดลองที่ปลูกกล้าไม้ต่างชนิดและชุดควบคุมที่ไม่ปลูกพืช แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทุกระดับความเค็ม และมีแนวโน้มว่าเปอร์เซ็นต์การบำบัดในชุดทดลองที่ปลูกแสมทะเล (81.38-89.50%) สูงกว่าชุดทดลองที่ปลูกกล้าไม้ชนิดอื่น (59.72-81.33%) และชุดควบคุมที่ไม่ปลูกพืช (58.89-85.17%) (ตารางที่ 4-50 และรูปที่ 4-31) ซึ่งเป็นแนวโน้มที่คล้ายคลึงกับในระบบกะ แต่ระบบกะเห็นแนวโน้มที่ชัดเจนกว่า

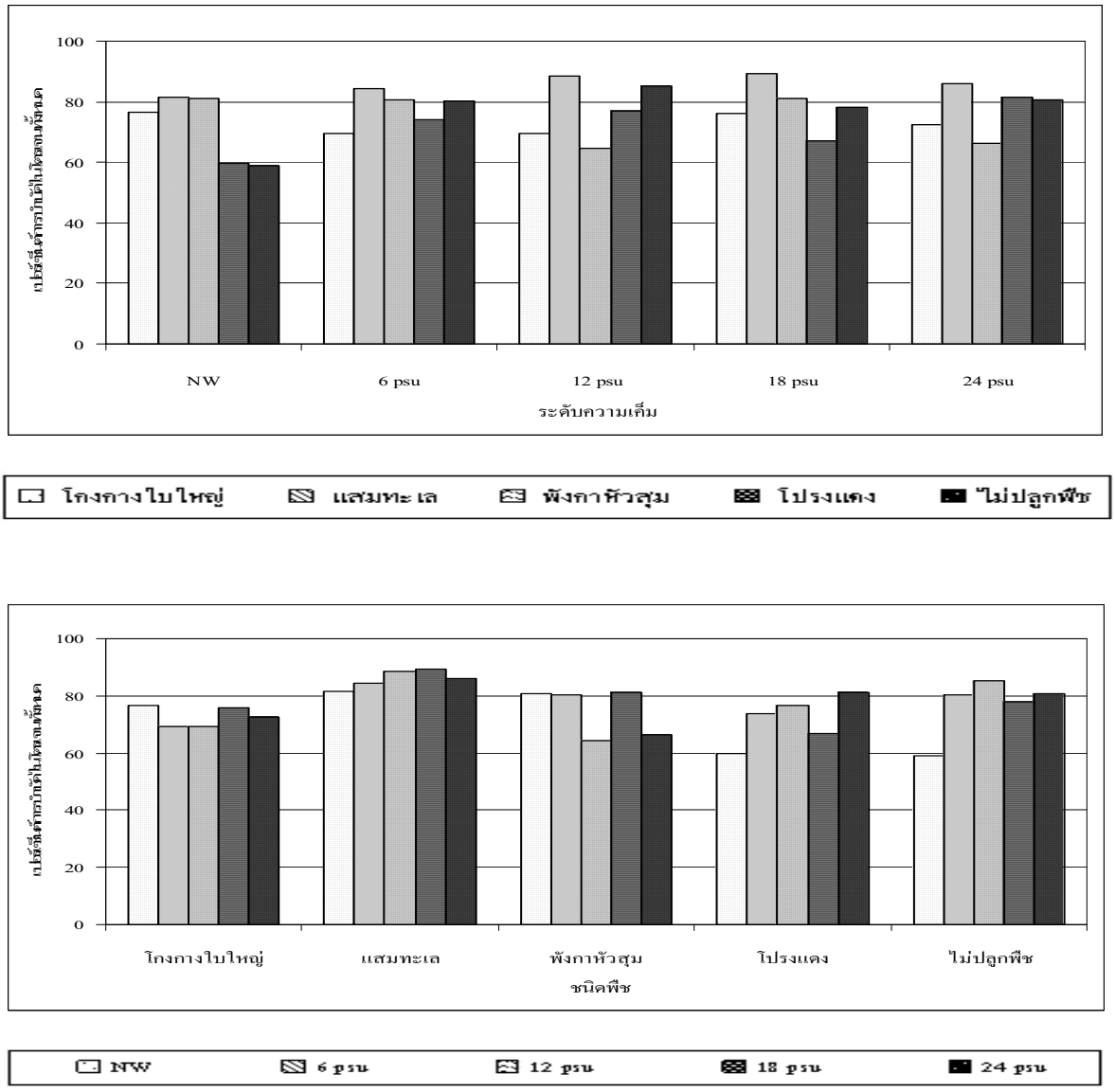
ตารางที่ 4-49 ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดของน้ำก่อนและหลังการบำบัด ในระบบต่อเนื่อง โครงการที่ 1-2

ชุดทดลอง	น้ำเข้า (mg/l)	น้ำออก (mg/l)				
		โกงกางใบใหญ่	แสมทะเล	พังกาหัวสุม	โปรงแดง	ไม่ปลูกพืช
NW	^{d}24.294±1.167	5.722±1.774^{b}	^{a}4.533±1.464^{b}	^{b}4.628±1.586^{b}	^{a}9.772±1.650^{a}	^{a}9.972±1.487^{a}
6psu	^{cd}24.528±1.690	7.483±2.546^{a}	^{ab}3.861±1.120^{c}	^{b}4.744±1.372^{bc}	^{b}6.400±1.685^{ab}	^{b}4.806±1.908^{bc}
12psu	^{b}26.517±0.541	8.111±2.952^{a}	^{bc}3.083±0.932^{c}	^{a}9.417±2.054^{a}	^{b}6.139±2.299^{b}	^{b}3.939±1.423^{c}
18psu	^{bc}25.650±1.488	6.217±2.835^{b}	^{c}2.683±0.575^{c}	^{b}4.878±2.269^{b}	^{a}8.478±1.702^{a}	^{b}5.639±2.368^{b}
24psu	^{a}28.250±0.959	7.839±2.452^{a}	^{ab}3.900±0.882^{b}	^{a}9.511±1.478^{a}	^{b}5.261±2.016^{b}	^{b}5.483±2.430^{b}

ตารางที่ 4-50 เปอร์เซ็นต์การบำบัดไนโตรเจนทั้งหมด ในระบบต่อเนื่อง โครงการที่ 1-2

ชุดทดลอง	เปอร์เซ็นต์การบำบัด (%)				
	โกงกางใบใหญ่	แสมทะเล	พังกาหัวสุม	โปรงแดง	ไม่ปลูกพืช
NW	76.48±7.01^{a}	^{c}81.38±5.87^{a}	^{a}80.94±6.48^{a}	^{d}59.72±6.85^{b}	^{b}58.89±6.02^{b}
6psu	69.38±10.79^{c}	^{bc}84.23±4.73^{a}	^{a}80.53±6.08^{ab}	^{b}73.97±6.44^{bc}	^{a}80.25±8.27^{ab}
12psu	69.46±10.93^{c}	^{ab}88.35±3.57^{a}	^{b}64.46±7.84^{c}	^{ab}76.82±8.70^{b}	^{a}85.17±5.27^{a}
18psu	75.94±10.66^{b}	^{a}89.50±2.40^{a}	^{a}80.96±8.85^{b}	^{c}66.90±6.68^{c}	^{a}78.00±9.31^{b}
24psu	72.39±8.09^{b}	^{ab}86.19±3.13^{a}	^{b}66.30±5.28^{b}	^{a}81.33±7.27^{a}	^{a}80.69±8.19^{a}

หมายเหตุ ตัวอักษรมุมซ้ายมือ (แนวตั้ง) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างความเค็มของน้ำเสีย อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
ตัวอักษรมุมขวามือ (แนวนอน) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างชนิดพืช อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%



รูปที่ 4-31 เปอร์เซ็นต์การบำบัดไนโตรเจนทั้งหมดของน้ำเสียต่างระดับความเค็ม ในระบบต่อเนื่อง โครงการที่ 1-2

แอมโมเนีย (Ammonia Nitrogen : NH_3N)

น้ำเสีย NW, 6psu, 12psu, 18psu และ 24psu ที่เข้าสู่ชุดทดลองมีค่าเฉลี่ยแอมโมเนีย 12.785, 12.689, 12.512, 12.471 และ 12.648 mg/l ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นว่ามีค่าใกล้เคียงกัน น้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วพบว่า มีค่าแอมโมเนียลดลงเป็น 0.742-3.399, 0.888-2.689, 1.023-3.869, 1.155-3.835 และ 1.606-3.429 mg/l ตามลำดับ (ตารางที่ 4-51) และพบว่าแอมโมเนียในน้ำที่ผ่านการบำบัดของระบบเติมต่อเนื่องสูงกว่าระบบกะอย่างชัดเจน

เปอร์เซ็นต์การบำบัดแอมโมเนียของน้ำเสีย NW, 6psu, 12psu, 18psu และ 24psu อยู่ในช่วง 71.71-94.01, 77.42-92.75, 68.55-92.06, 68.96-89.71 และ 72.77-87.24% ตามลำดับ โดยเปอร์เซ็นต์การบำบัดแอมโมเนียในน้ำเสียต่างระดับความเค็มจะแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่มีแนวโน้มไม่ชัดเจน อย่างไรก็ตามมีแนวโน้มว่าชุดทดลองที่ได้รับน้ำเสียความเค็มสูง (18psu และ 24psu) มีเปอร์เซ็นต์การบำบัดแอมโมเนียต่ำ และชุดทดลองที่ได้รับน้ำเสีย NW มีเปอร์เซ็นต์การบำบัดแอมโมเนียสูง แต่แนวโน้มดังกล่าวผันแปรไม่ชัดเจน

เปอร์เซ็นต์การบำบัดแอมโมเนียในชุดทดลองที่ปลูกกล้าไม้ต่างชนิดและชุดควบคุมที่ไม่ปลูกพืชแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทุกระดับความเค็ม และมีแนวโน้มว่าเปอร์เซ็นต์การบำบัดในชุดทดลองที่ปลูกแสมทะเล (87.24-94.01%) สูงกว่าชุดทดลองที่ปลูกกล้าไม้ชนิดอื่น (68.96-87.84%) และชุดควบคุมที่ไม่ปลูกพืช (74.93-87.82%) (ตารางที่ 4-52 และรูปที่ 4-32) ซึ่งแนวโน้มนี้จะเห็นได้ชัดเจนกว่าในระบบกะ

ตารางที่ 4-51 ปริมาณแอมโมเนียของน้ำก่อนและหลังการบำบัด ในระบบต่อเนื่อง โครงการที่ 1-2

ชุดทดลอง	น้ำเข้า (mg/l)	น้ำออก (mg/l)				
		โกงกางใบใหญ่	แสมทะเล	พังกาหัวสุม	โปรงแดง	ไม่ปลูกพืช
NW	12.785±2.720	^{c}1.597±1.401^{c}	^{b}0.742±0.167^{d}	^{b}2.417±0.488^{b}	^{ab}3.399±1.038^{a}	^{a}3.013±0.429^{ab}
6psu	12.689±2.231	^{ab}2.552±0.53^{a}	^{b}0.888±0.147^{b}	^{b}2.547±0.910^{a}	^{bc}2.656±0.874^{a}	^{a}2.689±0.471^{a}
12psu	12.512±1.904	^{a}3.215±1.096^{a}	^{b}1.023±0.453^{c}	^{a}3.869±0.673^{a}	^{c}2.106±0.426^{b}	^{a}1.342±1.236^{bc}
18psu	12.471±2.396	^{bc}1.855±0.292^{c}	^{ab}1.155±0.744^{d}	^{ab}3.046±0.799^{b}	^{a}3.835±1.101^{a}	^{a}2.960±0.216^{b}
24psu	12.648±1.661	^{a}3.429±0.958	^{a}1.606±0.640	^{b}2.393±1.411	^{c}1.975±0.599	^{a}2.939±3.170^{a}

ตารางที่ 4-52 เปอร์เซ็นต์การบำบัดแอมโมเนีย ในระบบต่อเนื่อง โครงการที่ 1-2

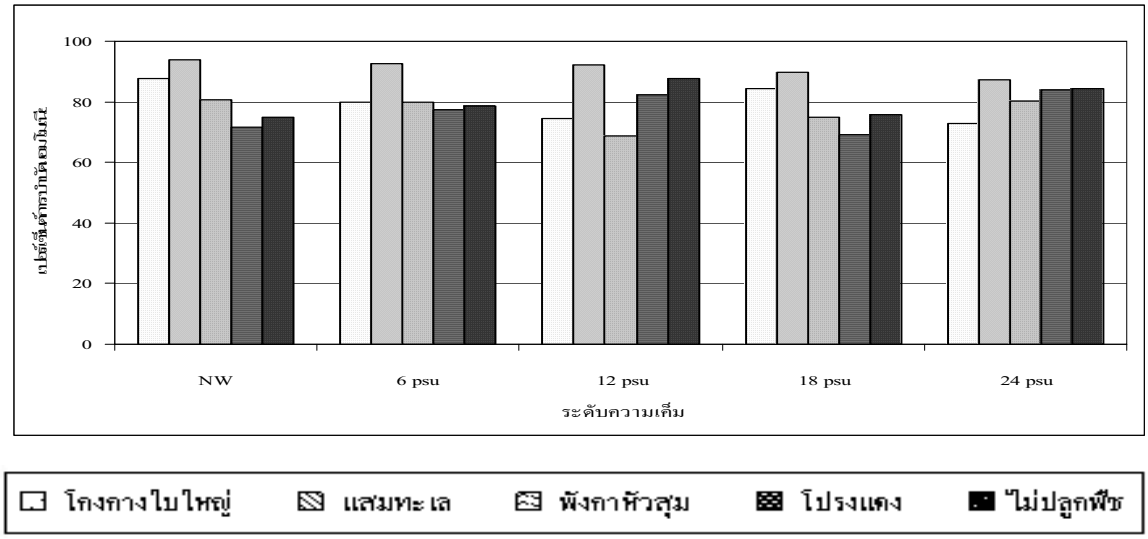
ชุดทดลอง	เปอร์เซ็นต์การบำบัด (%)				
	โกงกางใบใหญ่	แสมทะเล	พังกาหัวสุม	โปรงแดง	ไม่ปลูกพืช
NW	^{a}87.84±8.86^{ab}	^{a}94.01±1.81^{a}	^{a}80.49±5.32^{bc}	^{b}71.71±12.97^{d}	^{c}74.93±8.99^{cd}
6psu	^{bc}79.83±3.05^{b}	^{a}92.75±2.07^{a}	^{a}79.82±6.61^{b}	^{ab}77.42±11.19^{b}	^{bc}78.44±4.21^{b}
12psu	^{cd}74.60±6.56^{cd}	^{a}92.06±2.68^{a}	^{b}68.55±6.51^{d}	^{a}82.31±6.93^{bc}	^{a}87.82±13.78^{ab}
18psu	^{ab}84.42±5.00^{a}	^{ab}89.71±7.65^{a}	^{ab}74.97±8.41^{b}	^{b}68.96±8.92^{b}	^{c}75.55±4.46^{b}
24psu	^{c}72.77±7.63^{b}	^{b}87.24±5.25^{a}	^{a}80.24±12.50^{a}	^{a}84.07±5.34^{a}	^{ab}77.36±21.91^{a}

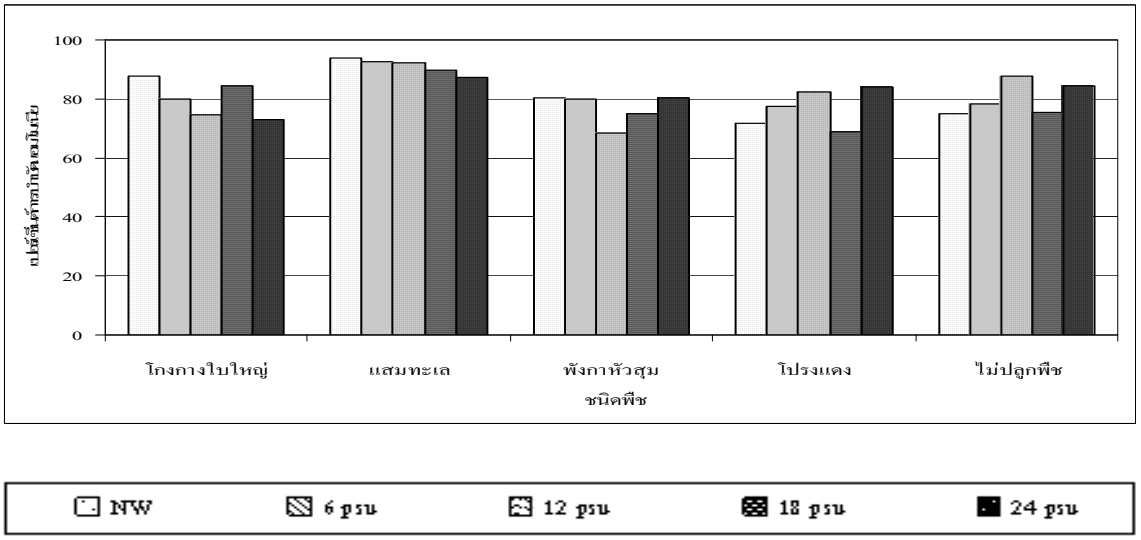
หมายเหตุ ตัวอักษรมุมซ้ายมือ (แนวตั้ง) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างความเค็มของน้ำเสีย อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
ตัวอักษรมุมขวามือ (แนวนอน) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างชนิดพืช อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ไนเตรท-ไนโตรเจน (Nitrate Nitrogen : NO_3-N)

น้ำเสีย NW, 6psu, 12psu, 18psu และ 24psu ที่เข้าสู่ชุดทดลองมีค่าเฉลี่ยไนเตรท 0.054, 0.039, 0.048, 0.027 และ 0.072 mg/l ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นว่ามีค่าต่ำเนื่องจากน้ำเสียทุกระดับความเค็มมีค่า DO 0.00 mg/l ทำให้ไนโตรเจนไม่สามารถเปลี่ยนรูปเป็นไนเตรทได้ น้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วมีค่าไนเตรทสูงขึ้นเป็น 0.073-0.116, 0.042-0.090, 0.055-0.085, 0.040-0.070 และ 0.039-0.057 mg/l ตามลำดับ (ตารางที่ 4-53) เนื่องจากเมื่อน้ำเสียเข้าสู่ชุดทดลองจะมีค่า DO สูงขึ้น ทำให้ไนโตรเจนสามารถเปลี่ยนรูปไปเป็นไนเตรทโดยกระบวนการไนตริฟิเคชันได้

ดังนั้น เปอร์เซ็นต์การบำบัดไนเตรททุกชุดทดลองจึงมีค่าติดลบ (ตารางที่ 4-54) ซึ่งแนวโน้มดังกล่าวมีลักษณะเช่นเดียวกันกับระบบกะ





รูปที่ 4-32 เปอร์เซ็นต์การบำบัดแอมโมเนียของน้ำเสียต่างระดับความเค็ม ในระบบต่อเนื่อง โครงการที่ 1-2

เมื่อเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การบำบัดไนเตรทระหว่างระดับความเค็มของน้ำเสีย พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่พบแนวโน้มว่าเปอร์เซ็นต์การบำบัดของชุดทดลองที่ได้รับน้ำเสีย 24psu มีค่าสูงสุด (ค่าติดลบต่ำสุด) ซึ่งแสดงว่ามีการเพิ่มขึ้นของไนเตรทในชุดทดลองต่ำที่สุด ชี้ให้เห็นว่าเมื่อน้ำเสียมีความเค็มสูงจะมีผลในทางยับยั้งการทำงานของจุลินทรีย์ในกระบวนการแอมโมนิฟิเคชัน และไนตริฟิเคชัน

เมื่อเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การบำบัดไนเตรทระหว่างชนิดกล้าไม้ พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และไม่พบแนวโน้มว่ากล้าไม้ใดมีเปอร์เซ็นต์การบำบัดไนเตรทสูง

ตารางที่ 4-53 ปริมาณไนเตรทของน้ำก่อนและหลังการบำบัด ในระบบต่อเนื่อง โครงการที่ 1-2

ชุดทดลอง	น้ำเข้า (mg/l)	น้ำออก (mg/l)				
		โกงกางใบใหญ่	แสมทะเล	พังกาหัวสุม	โปรงแดง	ไม่ปลูกพืช
NW	0.054±0.108	0.109±0.110	[a]0.092±0.043	[a]0.116±0.048	[a]0.114±0.045	[a]0.073±0.025[a]
6psu	0.039±0.086	0.051±0.019	[b]0.049±0.019	[bc]0.072±0.033	[ab]0.090±0.042	[a]0.042±0.011[a]
12psu	0.048±0.095	0.055±0.020	[b]0.063±0.021	[b]0.085±0.030	[b]0.079±0.035	[a]0.057±0.030[a]
18psu	0.027±0.032	0.067±0.049	[b]0.040±0.016	[c]0.049±0.011	[bc]0.070±0.019	[a]0.040±0.022[a]
24psu	0.072±0.139	0.057±0.036	[b]0.039±0.022	[bc]0.055±0.026	[c]0.040±0.020	[a]0.055±0.034[a]

ตารางที่ 4-54 เปอร์เซ็นต์การบำบัดไนเตรท ในระบบต่อเนื่อง โครงการที่ 1-2

ชุดทดลอง	เปอร์เซ็นต์การบำบัด (%)				
	โกงกางใบใหญ่	แสมทะเล	พังกาหัวสุม	โปรงแดง	ไม่ปลูกพืช
NW	-534.13±572.69	-494.52±343.30	-658.95±514.20	-783.51±688.51	-544.42±504.37
6psu	-731.87±799.86	-588.03±540.17	-949.85±1036.96	-1205.25±1148.72	-508.81±503.76
12psu	-361.10±283.65	-581.09±758.07	-1076.63±1832.22	-1050.23±1524.46	-460.87±495.80
18psu	-765.39±1656.70	-264.76±342.61	-289.97±258.45	-530.11±536.47	-265.67±434.79
24psu	-121.89±139.57	-98.47±189.83	-299.13±551.58	-76.85±134.02	-289.06±708.38

หมายเหตุ ตัวอักษรมุมซ้ายมือ (แนวตั้ง) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างความเค็มของน้ำเสีย อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
ตัวอักษรมุมขวามือ (แนวนอน) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างชนิดพืช อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ฟอสฟอรัสทั้งหมด (Total Phosphorus : TP)

น้ำเสีย NW, 6psu, 12psu, 18psu และ 24psu ที่เข้าสู่ชุดทดลองมีค่าเฉลี่ย TP 7.452, 7.120, 6.788, 6.822 และ 7.850 mg/l ตามลำดับ น้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วมีค่า TP ลดลงอยู่ในช่วง 3.315-3.875, 2.585-3.273, 2.829-3.449, 2.564-3.275 และ 2.226-3.299 mg/l ตามลำดับ (ตารางที่ 4-55) และพบว่า TP ในน้ำออกของระบบต่อเนื่องมีค่าใกล้เคียงกับระบบกะ

เปอร์เซ็นต์การบำบัด TP ของน้ำเสีย NW, 6psu, 12psu, 18psu และ 24psu อยู่ในช่วง 47.18-54.66, 53.79-63.51, 48.30-57.58, 51.97-62.39 และ 57.76-71.59% ตามลำดับ เปอร์เซ็นต์การบำบัด TP ในน้ำเสียต่างระดับความเค็มแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีแนวโน้มว่าเปอร์เซ็นต์การบำบัด TP ในชุดทดลองที่ได้รับน้ำเสียความเค็มสูง (24psu) มีค่าสูงสุด สูงกว่าชุดทดลองที่ได้รับน้ำเสีย 18psu, 12psu, 6psu และ NW ซึ่งแนวโน้มดังกล่าวมีลักษณะเช่นเดียวกับระบบกะ นอกจากนี้พบว่าเปอร์เซ็นต์การบำบัด TP ในระบบต่อเติมเนื่องต่ำกว่าระบบกะ

เปอร์เซ็นต์การบำบัด TP ในชุดทดลองที่ปลูกกล้าไม้ต่างกันและชุดควบคุมที่ไม่ปลูกพืชมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในทุกระดับความเค็ม แต่มีค่าผันแปรและไม่ชัดเจน ไม่พบแนวโน้มว่าเปอร์เซ็นต์การบำบัด TP ในชุดทดลองที่ปลูกกล้าไม้ใดมีค่าสูงสุด (ตารางที่ 4-56 และ รูปที่ 4-33) ขณะที่ระบบกะพบแนวโน้มว่าเปอร์เซ็นต์การบำบัด TP ของชุดทดลองที่ปลูกแสมทะเลมีค่าสูงสุด

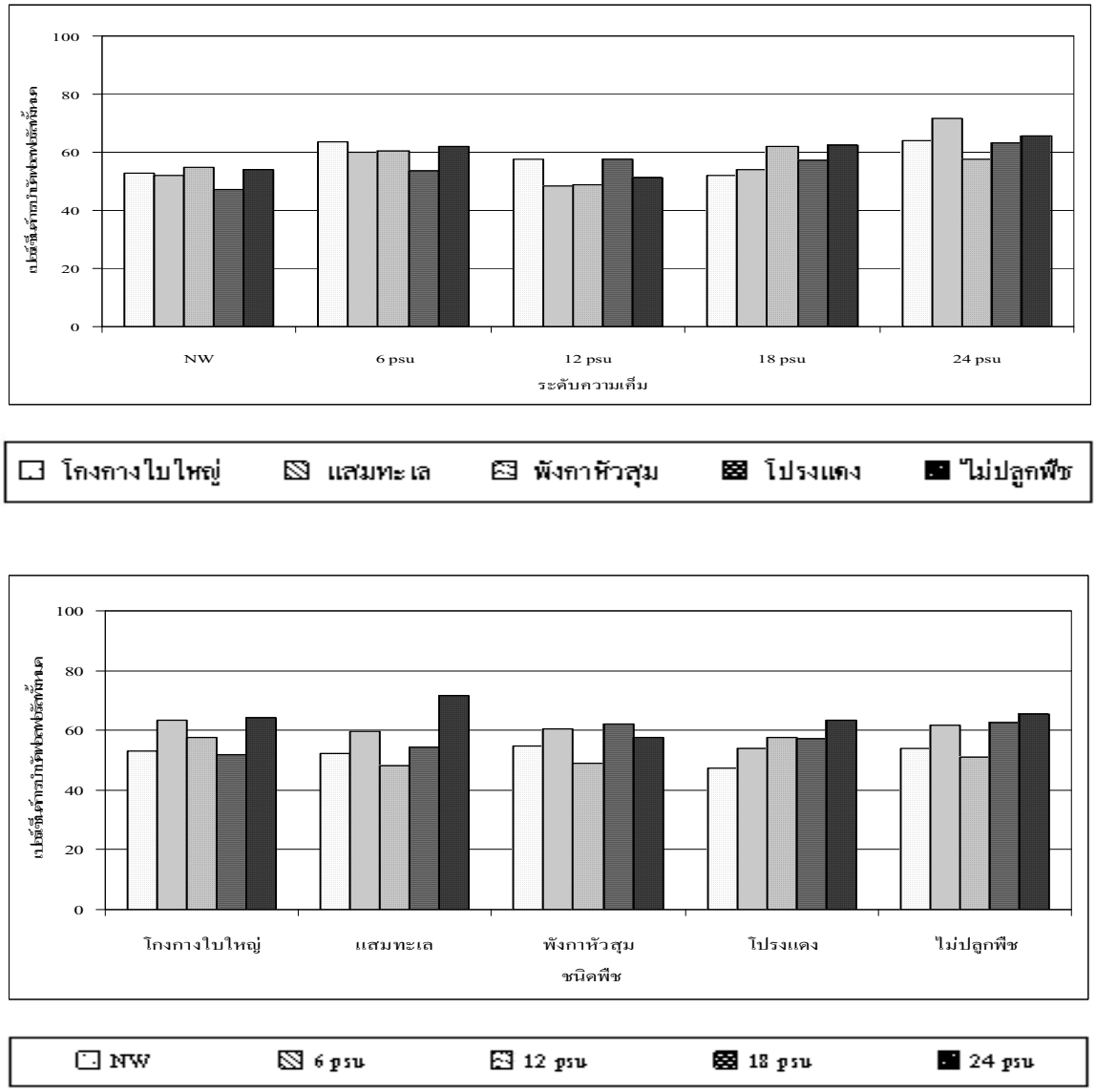
ตารางที่ 4-55 ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดของน้ำก่อนและหลังการบำบัด ในระบบต่อเนื่อง โครงการที่ 1-2

ชุดทดลอง	น้ำเข้า (mg/l)	น้ำออก (mg/l)				
		โกงกางใบใหญ่	แสมทะเล	พังกาหัวสุม	โปรงแดง	ไม่ปลูกพืช
NW	^{ab}7.452±1.047	^{a}3.451±0.223^{b}	^{a}3.525±0.291^{b}	^{a}3.315±0.344^{b}	^{a}3.875±0.225^{a}	^{a}3.376±0.385^{b}
6psu	^{ab}7.120±0.549	^{b}2.585±0.181^{c}	^{c}2.844±0.388^{b}	^{b}2.800±0.240^{bc}	^{b}3.273±0.221^{a}	^{b}2.700±0.295^{bc}
12psu	^{b}6.788±0.959	^{b}2.849±0.226^{b}	^{ab}3.449±0.275^{a}	^{a}3.411±0.347^{a}	^{b}2.829±0.381^{b}	^{a}3.300±0.645^{a}
18psu	^{b}6.822±0.519	^{a}3.275±0.389^{a}	^{bc}3.116±0.551^{a}	^{b}2.574±0.293^{b}	^{b}2.887±0.760^{ab}	^{b}2.564±0.475^{b}
24psu	^{a}7.850±0.438	^{b}2.807±0.316^{b}	^{d}2.226±0.328^{c}	^{a}3.299±0.555^{a}	^{b}2.869±0.363^{b}	^{b}2.690±0.466^{b}

ตารางที่ 4-56 เปอร์เซ็นต์การบำบัดฟอสฟอรัสทั้งหมด ในระบบต่อเนื่อง โครงการที่ 1-2

ชุดทดลอง	เปอร์เซ็นต์การบำบัด (%)				
	โกงกางใบใหญ่	แสมทะเล	พังกาหัวสุม	โปรงแดง	ไม่ปลูกพืช
NW	^{bc}52.95±6.75	^{c}52.10±6.21	^{c}54.66±8.34	^{c}47.18±7.43	^{b}53.85±8.68
6psu	^{a}63.51±3.76^{a}	^{b}59.83±6.25^{a}	^{ab}60.57±3.35^{a}	^{bc}53.79±4.69^{b}	^{a}61.87±5.22^{a}
12psu	^{b}57.41±5.77^{a}	^{c}48.30±8.08^{b}	^{c}49.00±7.81^{b}	^{ab}57.58±8.27^{a}	^{b}51.02±9.38^{ab}
18psu	^{c}51.97±4.81^{b}	^{bc}54.17±8.25^{b}	^{a}62.07±5.25^{a}	^{ab}57.30±11.86^{ab}	^{a}62.39±6.55^{a}
24psu	^{a}64.15±4.48^{b}	^{a}71.59±4.33^{a}	^{ab}57.76±8.08^{c}	^{a}63.30±5.46^{bc}	^{a}65.52±7.17^{b}

หมายเหตุ ตัวอักษรมุมซ้ายมือ (แนวตั้ง) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างความเค็มของน้ำเสีย อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
ตัวอักษรมุมขวามือ (แนวนอน) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างชนิดพืช อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%



รูปที่ 4-33 เปอร์เซ็นต์การบำบัดฟอสฟอรัสทั้งหมดของน้ำเสียต่างระดับความเค็ม ในระบบต่อเนื่อง โครงการที่ 1-2

ออร์โธฟอสเฟต (Ortho-phosphate)

น้ำเสีย NW, 6psu, 12psu, 18psu และ 24psu ที่เข้าสู่ชุดทดลองมีค่าเฉลี่ยออร์โธฟอสเฟต 5.278, 5.141, 5.091, 4.897 และ 5.558 mg/l ตามลำดับ น้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วมีค่าออร์โธฟอสเฟตลดลงอยู่ในช่วง 2.327-2.811, 1.929-2.367, 2.078-2.518, 1.801-2.331 และ 1.654-2.400 mg/l ตามลำดับ (ตารางที่ 4-57)

เปอร์เซ็นต์การบำบัดออร์โธฟอสเฟตในน้ำเสีย NW, 6psu, 12psu, 18psu และ 24psu มีค่าอยู่ในช่วง 46.11-55.19, 53.67-62.19, 49.68-58.55, 52.36-63.21 และ 56.76-70.27% ตามลำดับ เปอร์เซ็นต์การบำบัดออร์โธฟอสเฟตในน้ำเสียต่างระดับความเค็มมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งโดยทั่วไปพบว่าเปอร์เซ็นต์การบำบัดออร์โธฟอสเฟตในชุดทดลองที่ได้รับน้ำเสีย 24 psu มีค่าสูงสุด และชุดทดลองที่ได้รับน้ำเสีย NW มีค่าต่ำสุด ซึ่งเป็นแนวโน้มในลักษณะเดียวกับระบบกะ

เปอร์เซ็นต์การบำบัดออร์โธฟอสเฟตในชุดทดลองที่ปลูกกล้าไม้ต่างชนิดและชุดควบคุมที่ไม่ปลูกพืชมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในทุกระดับความเค็ม ยกเว้นน้ำเสีย NW แต่มีค่าผันแปรและไม่ชัดเจน ไม่พบแนวโน้มว่าเปอร์เซ็นต์การบำบัด TP ในชุดทดลองที่ปลูกกล้าไม้ใดมีค่าสูงสุด (ตารางที่ 4-58 และ รูปที่ 4-34) โดยแนวโน้มของเปอร์เซ็นต์การบำบัดออร์โธฟอสเฟตมีลักษณะเดียวกับการบำบัด TP ขณะที่ระบบกะพบว่าเปอร์เซ็นต์การบำบัดในชุดทดลองที่ปลูกแสมทะเลมีค่าสูงสุด

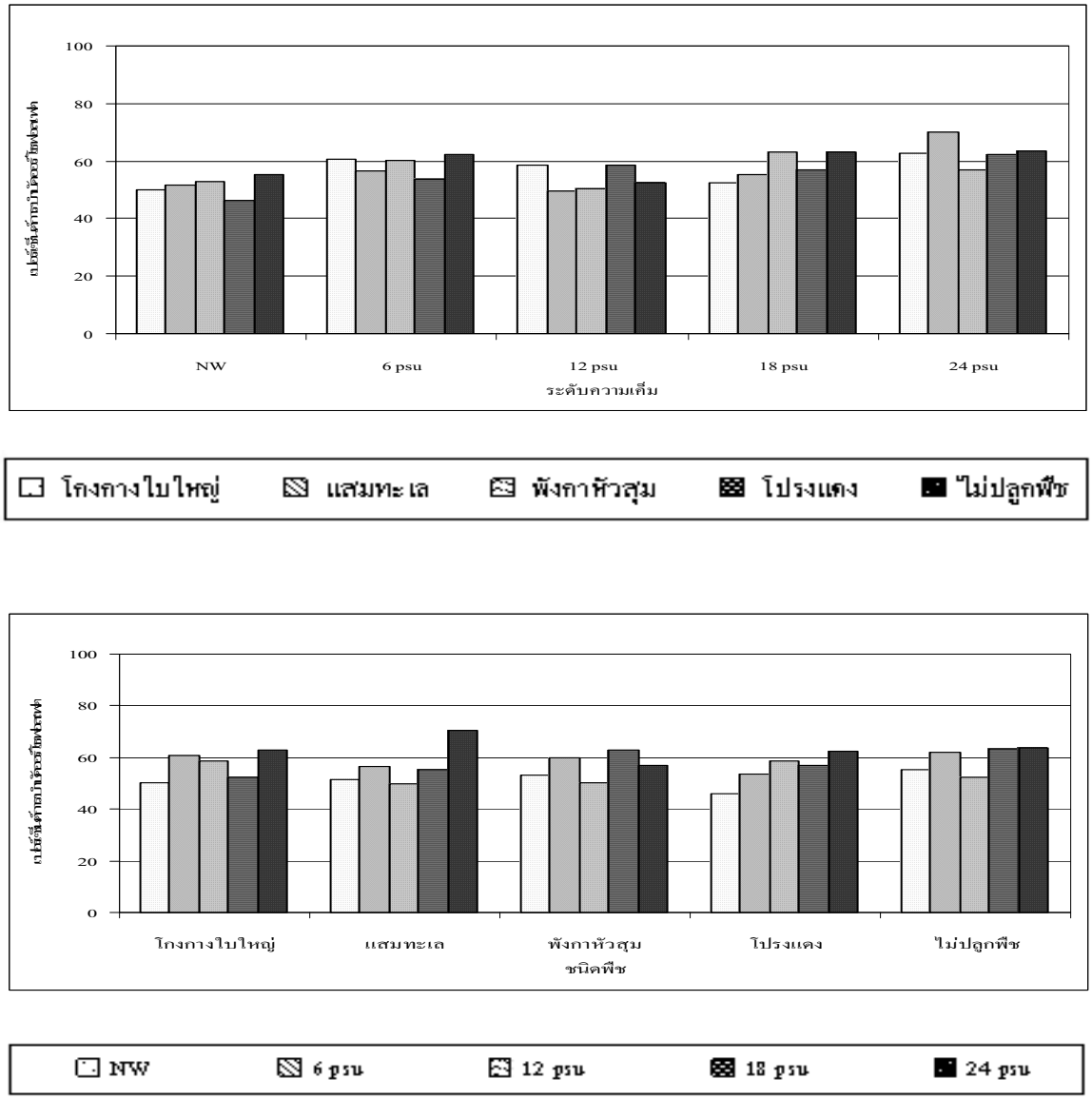
ตารางที่ 4-57 ปริมาณออร์โธฟอสเฟตของน้ำก่อนและหลังการบำบัด ในระบบต่อเนื่อง โครงการที่ 1-2

ชุดทดลอง	น้ำเข้า	น้ำออก (mg/l)				
	(mg/l)	โกงกางใบใหญ่	แสมทะเล	พังกาหัวสุม	โปรงแดง	ไม่ปลูกพืช
NW	5.278±0.704	^{a}2.591±0.209^{b}	^{a}2.526±0.188^{ab}	^{a}2.444±0.240^{ab}	^{a}2.811±0.169^{a}	^{ab}2.327±0.309^{c}
6psu	5.141±0.142	^{c}2.013±0.144^{bc}	^{b}2.217±0.312^{ab}	^{b}2.043±0.175^{bc}	^{b}2.367±0.188^{a}	^{c}1.929±0.227^{c}
12psu	5.091±0.179	^{c}2.080±0.165^{b}	^{a}2.518±0.201^{a}	^{a}2.490±0.253^{a}	^{b}2.078±0.278^{b}	^{a}2.409±0.470^{a}
18psu	4.897±0.376	^{b}2.331±0.297^{a}	^{b}2.181±0.385^{ab}	^{b}1.801±0.205^{b}	^{b}2.079±0.547^{ab}	^{c}1.801±0.335^{b}
24psu	5.558±0.207	^{c}2.073±0.231^{b}	^{c}1.654±0.239^{c}	^{a}2.400±0.398^{a}	^{b}2.095±0.265^{b}	^{bc}2.017±0.350^{b}

ตารางที่ 4-58 เปอร์เซ็นต์การบำบัดออร์โธฟอสเฟต ในระบบต่อเนื่อง โครงการที่ 1-2

ชุดทดลอง	เปอร์เซ็นต์การบำบัด (%)				
	โกงกางใบใหญ่	แสมทะเล	พังกาหัวสุม	โปรงแดง	ไม่ปลูกพืช
NW	^{b}50.12±7.94	^{bc}51.63±5.59	^{bc}53.04±7.09	^{c}46.11±6.37	^{bc}55.19±8.50
6psu	^{a}60.65±3.88^{ab}	^{b}56.73±6.06^{bc}	^{a}60.12±3.52^{ab}	^{b}53.67±5.38^{c}	^{ab}62.19±5.98^{a}
12psu	^{a}58.55±5.61^{a}	^{c}49.68±7.87^{b}	^{c}50.36±7.60^{b}	^{ab}58.46±8.08^{a}	^{c}52.33±9.13^{ab}
18psu	^{b}52.36±5.50^{b}	^{bc}55.31±7.96^{ab}	^{a}63.01±5.05^{a}	^{ab}57.15±11.97^{ab}	^{a}63.21±6.41^{a}
24psu	^{a}62.70±4.02^{b}	^{a}70.27±4.00^{a}	^{ab}56.76±7.40^{c}	^{a}62.27±4.99^{b}	^{a}63.60±6.79^{b}

หมายเหตุ ตัวอักษรมุมซ้ายมือ (แนวตั้ง) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างความเค็มของน้ำเสีย อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
ตัวอักษรมุมขวามือ (แนวนอน) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างชนิดพืช อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%



รูปที่ 4-34 เปอร์เซ็นต์การบำบัดออร์โธฟอสเฟตของน้ำเสียต่างระดับความเค็ม ในระบบต่อเนื่อง โครงการที่ 1-2

4.5 การบำบัดโลหะหนัก (ทองแดงและตะกั่ว) ในโครงการย่อยที่ 1-2

4.5.1 การบำบัดโลหะหนักในระบบกะ ในโครงการย่อยที่ 1-2

ทองแดง (Cu)

น้ำเสีย NW, 6psu, 12psu, 18psu และ 24 psu ที่เข้าสู่ชุดทดลองมีปริมาณทองแดงเฉลี่ย 0.264, 0.281, 0.474, 0.732 และ 0.403 mg/l ตามลำดับ น้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วมีปริมาณทองแดงลดลงโดยมีค่าอยู่ในช่วง < 0.100-0.242, <0.100-0.144, 0.128-0.228, <0.100-0.217 และ 0.104-0.347 mg/l ตามลำดับ (ตารางที่ 4-59) (ค่า detection limit ของทองแดงเท่ากับ 0.100 mg/l)

เปอร์เซ็นต์การบำบัดทองแดง มีค่าผันแปรสูง อยู่ระหว่าง 8.33- > 86.34% และเมื่อเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การบำบัดทองแดงระหว่างระดับความเค็มของน้ำเสียพบว่า ชุดทดลองที่ได้รับน้ำเสีย 18psu มีเปอร์เซ็นต์การบำบัดสูงสุด (ตารางที่ 4-60)

ตารางที่ 4-59 ปริมาณทองแดงของน้ำก่อนและหลังการบำบัด ในระบบกะ โครงการที่ 1-2

ชุดทดลอง	น้ำเข้า (mg/l)	น้ำออก (mg/l)				
		โกงกางใบใหญ่	แสมทะเล	พังกาหัวสุม	โปรงแดง	ไม่ปลูกพืช
NW	0.264±0.232	0.242	0.128	< 0.100	< 0.100	0.168
6psu	0.281±0.033	< 0.100	0.114	0.144	0.141	< 0.100
12psu	0.474±0.148	0.128	0.148	0.143	0.228	0.189
18psu	0.732±0.233	0.155	< 0.100	0.211	0.111	0.217
24psu	0.403±0.035	0.334	0.321	0.104	0.347	0.176

หมายเหตุ Detection limit ของทองแดงเท่ากับ 0.1 mg/l

ตารางที่ 4-60 เปอร์เซ็นต์การบำบัดทองแดง ในระบบกะ โครงการที่ 1-2

ชุดทดลอง	เปอร์เซ็นต์การบำบัด (%)				
	โกงกางใบใหญ่	แสมทะเล	พังกาหัวสุม	โปรงแดง	ไม่ปลูกพืช
NW	8.33	51.52	> 62.12	> 62.12	36.36
6psu	> 64.41	59.43	48.75	49.82	> 64.41
12psu	73.00	68.78	69.83	51.90	60.13
18psu	78.83	> 86.34	71.17	84.84	70.36
24psu	17.12	20.35	74.19	13.90	56.33

ตะกั่ว (Pb)

น้ำเสีย NW, 6psu, 12psu, 18psu และ 24 psu ที่เข้าสู่ชุดทดลองมีปริมาณตะกั่วใกล้เคียงกัน อยู่ในช่วง 0.500-0.569 mg/l น้ำที่ผ่านการบำบัดจากทุกชุดทดลองมีปริมาณตะกั่วลดลงต่ำกว่าค่า detection limit (0.500 mg/l) (ตารางที่ 4-61)

เปอร์เซ็นต์การบำบัดตะกั่ว มีค่าระหว่าง > 0.00- > 12.05% และเมื่อเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การบำบัดตะกั่วระหว่างระดับความเค็มของน้ำเสียพบว่า ชุดทดลองที่ได้รับน้ำเสีย 12psu มีเปอร์เซ็นต์การบำบัดสูงสุด (ตารางที่ 4-62)

เปอร์เซ็นต์การบำบัดตะกั่วของชุดทดลองที่ปลูกกล้าไม้ต่างชนิด และชุดควบคุมที่ไม่ปลูกพืชมีค่าไม่แตกต่างกัน

ตารางที่ 4-61 ปริมาณตะกั่วของน้ำก่อนและหลังการบำบัด ในระบบกะ โครงการที่ 1-2

ชุดทดลอง	น้ำเข้า	น้ำออก (mg/l)				
	(mg/l)	โกงกางใบใหญ่	แสมทะเล	พังกาหัวสุม	โปรงแดง	ไม่ปลูกพืช
NW	0.500±0.000	< 0.500	< 0.500	< 0.500	< 0.500	< 0.500
6psu	0.500±0.000	< 0.500	< 0.500	< 0.500	< 0.500	< 0.500
12psu	0.569±0.097	< 0.500	< 0.500	< 0.500	< 0.500	< 0.500
18psu	0.511±0.016	< 0.500	< 0.500	< 0.500	< 0.500	< 0.500
24psu	0.500±0.000	< 0.500	< 0.500	< 0.500	< 0.500	< 0.500

หมายเหตุ Detection limit ของตะกั่วเท่ากับ 0.5 mg/l

ตารางที่ 4-62 เปอร์เซ็นต์การบำบัดตะกั่ว ในระบบกะ โครงการที่ 1-2

ชุดทดลอง	เปอร์เซ็นต์การบำบัด (%)				
	โกงกางใบใหญ่	แสมทะเล	พังกาหัวสุม	โปรงแดง	ไม่ปลูกพืช
NW	> 0.000	> 0.000	> 0.000	> 0.000	> 0.000
6psu	> 0.000	> 0.000	> 0.000	> 0.000	> 0.000
12psu	> 12.05	> 12.05	> 12.05	> 12.05	> 12.05
18psu	> 2.15	> 2.15	> 2.15	> 2.15	> 2.15
24psu	> 0.000	> 0.000	> 0.000	> 0.000	> 0.000

4.5.2 การบำบัดโลหะหนัก ในระบบเติมต่อเนื่อง ในโครงการย่อยที่ 1-2

ทองแดง (Cu)

น้ำเสีย NW, 6psu, 12psu, 18psu และ 24 psu ที่เข้าสู่ชุดทดลองมีปริมาณทองแดงเฉลี่ย 0.156, 1.500, 2.466, 1.102 และ 1.548 mg/l ตามลำดับ น้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วมีปริมาณทองแดงลดลง มีค่าอยู่ในช่วง < 0.100, < 0.100-0.206, 0.122-0.183, < 0.100-0.400 และ < 0.100-0.189 mg/l ตามลำดับ (ตารางที่ 4-63) (ค่า detection limit ของทองแดงเท่ากับ 0.100 mg/l)

เปอร์เซ็นต์การบำบัดทองแดงของน้ำเสีย NW, 6psu, 12psu, 18psu และ 24psu อยู่ในช่วง > 35.90, 86.27- >93.33, 92.58-95.05, 63.70- > 90.33 และ 87.79- > 93.54% ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การบำบัดทองแดงระหว่างระดับความเค็มของน้ำเสีย พบว่าชุดทดลองที่ได้รับน้ำเสียที่ปรับระดับความเค็ม (6psu, 12psu, 18psu และ 24psu) มีเปอร์เซ็นต์การบำบัดสูงกว่าชุดทดลองที่ได้รับน้ำเสียความเค็มปกติ (NW) (ตารางที่ 4-64)

เมื่อเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การบำบัดทองแดงของชุดทดลองที่ปลูกกล้าไม้ต่างชนิด พบว่า ชุดทดลองที่ปลูกกล้าไม้มีเปอร์เซ็นต์การบำบัดสูงกว่าชุดดควบคุมที่ไม่ปลูกพืช

ตารางที่ 4-63 ปริมาณทองแดงของน้ำก่อนและหลังการบำบัด ในระบบต่อเนื่อง โครงการที่ 1-2

ชุดทดลอง	น้ำเข้า	น้ำออก (mg/l)				
	(mg/l)	โกงกางใบใหญ่	แสมทะเล	พังกาหัวสุม	โปรงแดง	ไม่ปลูกพืช
NW	0.156±0.105	< 0.100	< 0.100	< 0.100	< 0.100	< 0.100
6psu	1.500±1.400	< 0.100	< 0.100	0.206	< 0.100	0.129
12psu	2.466±3.193	0.122	0.127	0.127	0.166	0.183
18psu	1.102±1.133	0.127	< 0.100	0.125	< 0.100	0.400
24psu	1.548±1.809	0.165	0.161	0.189	< 0.100	0.149

หมายเหตุ Detection limit ของทองแดงเท่ากับ 0.100 mg/l

ตารางที่ 4-64 เปอร์เซ็นต์การบำบัดทองแดง ในระบบต่อเนื่อง โครงการที่ 1-2

ชุดทดลอง	เปอร์เซ็นต์การบำบัด (%)				
	โกงกางใบใหญ่	แสมทะเล	พังกาหัวสุม	โปรงแดง	ไม่ปลูกพืช
NW	> 35.90	> 35.90	> 35.90	> 35.90	> 35.90
6psu	> 93.33	> 93.33	86.27	> 93.33	91.40
12psu	95.05	94.85	94.85	93.27	92.58
18psu	88.48	> 90.33	88.66	> 90.93	63.70
24psu	89.34	89.60	87.79	> 93.54	90.37

ตะกั่ว (Pb)

น้ำเสีย NW, 6psu, 12psu, 18 psu และ 24psu ที่เข้าสู่ชุดทดลองมีปริมาณตะกั่วเฉลี่ย 0.500, 1.045, 1.129, 0.796 และ 1.264 mg/l ตามลำดับ น้ำที่ผ่านการบำบัดจากทุกชุดทดลองมีปริมาณตะกั่วลดลงต่ำกว่าค่า detection limit (0.500 mg/l) (ตารางที่ 4-65) เช่นเดียวกับในระบบกะ

เปอร์เซ็นต์การบำบัดตะกั่วของน้ำเสีย NW, 6psu, 12psu, 18psu และ 24psu อยู่ในช่วง > 0.00, > 52.15 , > 55.71, > 37.19 และ > 60.43% ตามลำดับ โดยชุดทดลองที่ได้รับน้ำเสียที่ปรับระดับความเค็ม (6psu, 12psu, 18psu และ 24psu) มีเปอร์เซ็นต์การบำบัดสูงกว่าชุดทดลองที่ได้รับน้ำเสียความเค็มปกติ (NW) (ตารางที่ 4-66) ซึ่งแนวโน้มนี้ไม่พบในระบบกะ

เปอร์เซ็นต์การบำบัดตะกั่วของชุดทดลองที่ปลูกกล้าไม้ต่างชนิด และชุดควบคุมที่ไม่ปลูกพืชมีค่าไม่แตกต่างกัน เช่นเดียวกับระบบกะ

ตารางที่ 4-65 ปริมาณตะกั่วของน้ำก่อนและหลังการบำบัด ในระบบต่อเนื่อง โครงการที่ 1-2

ชุดทดลอง	น้ำเข้า	น้ำออก (mg/l)				
	(mg/l)	โกงกางใบใหญ่	แสมทะเล	พังกาหัวสุม	โปรงแดง	ไม่ปลูกพืช
NW	0.500±0.000	< 0.500	< 0.500	< 0.500	< 0.500	< 0.500
6psu	1.045±0.771	< 0.500	< 0.500	< 0.500	< 0.500	< 0.500
12psu	1.129±0.890	< 0.500	< 0.500	< 0.500	< 0.500	< 0.500
18psu	0.796±0.419	< 0.500	< 0.500	< 0.500	< 0.500	< 0.500
24psu	1.264±1.080	< 0.500	< 0.500	< 0.500	< 0.500	< 0.500

หมายเหตุ Detection limit ของตะกั่วเท่ากับ 0.5 ppm

ตารางที่ 4-66 เปอร์เซ็นต์การบำบัดตะกั่ว ในระบบต่อเนื่อง โครงการที่ 1-2

ชุดทดลอง	เปอร์เซ็นต์การบำบัด (%)				
	โกงกางใบใหญ่	แสมทะเล	พังกาหัวสุม	โปรงแดง	ไม่ปลูกพืช
NW	> 0.00	> 0.00	> 0.00	> 0.00	> 0.00
6psu	> 52.15	> 52.15	> 52.15	> 52.15	> 52.15
12psu	> 55.71	> 55.71	> 55.71	> 55.71	> 55.71
18psu	> 37.19	> 37.19	> 37.19	> 37.19	> 37.19
24psu	> 60.43	> 60.43	> 60.43	> 60.43	> 60.43

4.6 สรุปประเด็นด้านคุณภาพน้ำและประสิทธิภาพการบำบัด

4.6.1 สรุปประเด็นด้านคุณภาพน้ำและประสิทธิภาพการบำบัด ในระบบกะ ในโครงการย่อยที่ 1-1

การบำบัดน้ำเสียโดยระบบการปล่อยน้ำแบบกะ พบว่า เปอร์เซ็นต์การบำบัด BOD, TN และ TP มีค่าสูงสุดเมื่อใช้ระยะเวลากักเก็บนาน 7 วัน และ เปอร์เซ็นต์การบำบัดของชุดทดลองที่ได้รับน้ำเสียความเข้มข้นต่ำ สูงกว่าชุดทดลองที่ได้รับน้ำเสียความเข้มข้นสูง และโดยทั่วไปไม่พบความแตกต่างที่ชัดเจนของเปอร์เซ็นต์การบำบัดของพืชต่างชนิด อย่างไรก็ตาม พบว่าน้ำที่ผ่านการบำบัดโดยชุดทดลองที่ปลูกกล้าไม้มีเปอร์เซ็นต์การบำบัดสูงกว่าชุดควบคุมที่ไม่ปลูกพืช นอกจากนั้น พบว่าชุดทดลองสามารถใช้บำบัด BOD ในน้ำเสีย 10 NW ซึ่งมีค่าเฉลี่ยประมาณ 100 mg/l ให้มีค่าไม่เกินมาตรฐาน 20 mg/l โดยใช้ระยะกักเก็บ 5 วัน (ยกเว้นชุดควบคุมที่ไม่ปลูกพืช) และสามารถบำบัด TN ในน้ำเสีย 10 NW ซึ่งมีค่าเฉลี่ยประมาณ 200 mg/l ให้มีค่าไม่เกินมาตรฐาน 35 mg/l เมื่อใช้ระยะเวลากักเก็บนาน 7 วัน (ยกเว้นชุดควบคุมที่ไม่ปลูกพืช)

4.6.2 สรุปประเด็นด้านคุณภาพน้ำและประสิทธิภาพการบำบัด ในระบบเติมต่อเนื่อง ในโครงการย่อยที่ 1-1

การบำบัดน้ำเสียโดยระบบการปล่อยน้ำแบบเติมต่อเนื่อง พบว่า เปอร์เซ็นต์การบำบัด BOD, TN และ TP มีค่าสูงสุดเมื่อใช้ระยะเวลากักเก็บ 7 วัน และเปอร์เซ็นต์การบำบัด BOD และ TP ของชุดทดลองที่ได้รับน้ำเสียความเข้มข้นสูง (5NW และ 10NW) สูงกว่าชุดทดลองที่ได้รับน้ำเสียความเข้มข้นต่ำ (2NW และ NW) แต่สำหรับเปอร์เซ็นต์การบำบัด TN ของชุดทดลองที่ได้รับน้ำเสีย 5NW จะมีค่าสูงสุด ขณะที่ชุดทดลองที่ได้รับน้ำเสีย 10NW มีค่าต่ำสุด ซึ่งเปอร์เซ็นต์การบำบัด TN ของน้ำเสียต่างระดับความเข้มข้นจะมีแนวโน้มผันแปรและไม่ชัดเจน และโดยทั่วไป ไม่พบความแตกต่างที่ชัดเจนของเปอร์เซ็นต์การบำบัดของกล้าไม้แต่ละชนิด นอกจากนั้นพบว่า ชุดทดลองสามารถใช้บำบัดน้ำเสีย 10NW ซึ่งมีค่าเฉลี่ย BOD ประมาณ 100 mg/l ให้มีค่าไม่เกินมาตรฐาน 20 mg/l โดยใช้ระยะกักเก็บเพียง 3 วัน แต่ไม่สามารบำบัด TN ของน้ำเสีย 10NW ซึ่งมีค่าประมาณ 200 mg/l ให้มีค่าไม่เกินมาตรฐาน 35 mg/l ถึงแม้จะใช้ระยะกักเก็บนาน 7 วัน ก็ตาม

4.6.3 สรุปประเด็นด้านคุณภาพน้ำและประสิทธิภาพการบำบัด ในระบบกะ ในโครงการย่อยที่ 1-2

การบำบัดน้ำเสียที่มีระดับความเค็มต่างกัน โดยระบบการปล่อยน้ำแบบกะ พบว่า เปอร์เซ็นต์การบำบัด TN มีแนวโน้มลดลงเมื่อน้ำเสียมีความเค็มสูงขึ้น ส่วนเปอร์เซ็นต์การบำบัด TP มีแนวโน้มตรงข้าม คือ มีแนวโน้มสูงขึ้นเมื่อน้ำเสียมีความเค็มสูงขึ้น และโดยทั่วไปไม่พบความแตกต่างของเปอร์เซ็นต์การบำบัดระหว่างกล้าไม้ทั้ง 4 ชนิด แต่พบแนวโน้มว่าชุดทดลองที่ปลูกแสมทะเลมีเปอร์เซ็นต์การบำบัดทั้ง TN และ TP สูงกว่าชุดทดลองที่ปลูกกล้าไม้ชนิดอื่น สำหรับเปอร์เซ็นต์การบำบัด BOD ของน้ำเสียต่างระดับความเค็มมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ไม่พบแนวโน้มว่าน้ำเสียระดับความเค็มใดมีเปอร์เซ็นต์การบำบัด BOD สูง และพบว่า เปอร์เซ็นต์การบำบัด BOD ในชุดควบคุมที่ไม่ปลูกพืชสูงกว่าชุดทดลองที่ปลูกกล้าไม้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เนื่องจากในชุดควบคุมมี DO ของน้ำที่ผ่านการบำบัดสูงกว่า เนื่องจากสภาพของชุดทดลองที่ปลูกกล้าไม้แน่นทึบทำให้การเติมอากาศโดยลมและแสงที่ส่องถึงผิวน้ำเป็นไปอย่างจำกัด ดังนั้น จะเห็นว่าการกำหนดระยะปลูกหรือความหนาแน่นของพืช นับเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อประสิทธิภาพการบำบัดของระบบ

4.6.4 สรุปประเด็นด้านคุณภาพน้ำและประสิทธิภาพการบำบัด ในระบบเติมต่อเนื่อง ในโครงการย่อยที่ 1-2

การบำบัดน้ำเสียที่มีระดับความเค็มต่างกัน โดยระบบการปล่อยน้ำแบบเติมต่อเนื่อง พบว่า เปอร์เซ็นต์การบำบัด BOD มีแนวโน้มต่ำลงเมื่อน้ำเสียมีความเค็มสูงขึ้น (แต่แนวโน้มไม่ชัดเจน) ส่วนเปอร์เซ็นต์การบำบัด TN ไม่สามารถสรุปได้ว่า น้ำเสียความเค็มใดมีเปอร์เซ็นต์การบำบัดสูงสุด แต่พบว่าชุดทดลองที่ปลูกกล้าไม้แสมทะเลมีเปอร์เซ็นต์การบำบัดสูงสุด ซึ่งแนวโน้มนี้มีลักษณะเดียวกับระบบกะ สำหรับเปอร์เซ็นต์การบำบัด NH_3-N มีแนวโน้มว่า มีค่าต่ำลงเมื่อน้ำเสียมีความ

เข้มข้นสูงขึ้น ส่วนเปอร์เซ็นต์การบำบัด TP มีแนวโน้มสูงขึ้นเมื่อน้ำเสียมีความเค็มสูงขึ้นโดยลำดับ ซึ่งแนวโน้มดังกล่าวมีลักษณะเดียวกันกับระบบกะ และข้อสังเกตที่สำคัญคือ เปอร์เซ็นต์การบำบัด BOD, TN แอมโมเนีย และ TP ของระบบเติมต่อเนื่องมีค่าต่ำกว่าระบบกะ ซึ่งสาเหตุประการหนึ่งคืออัตราการปล่อยน้ำเสียเข้าสู่ระบบเติมต่อเนื่องมีค่าต่ำ

4.6.5 สรุปประเด็นด้านประสิทธิภาพการบำบัดโลหะหนัก (ทองแดงและตะกั่ว) ในโครงการย่อยที่ 1-2

การบำบัดโลหะหนัก (ทองแดงและตะกั่ว) ในระบบการปล่อยน้ำแบบกะและแบบเติมต่อเนื่อง พบว่า เปอร์เซ็นต์การบำบัดโลหะหนักในน้ำเสียที่ปรับระดับความเค็ม (6psu, 12psu, 18psu และ 24psu) มีค่าสูงกว่าน้ำเสียความเค็มปกติ (NW) (อย่างไรก็ตามไม่พบแนวโน้มดังกล่าวในระบบกะ) นอกจากนี้พบว่า เปอร์เซ็นต์การบำบัดทองแดงสูงกว่าเปอร์เซ็นต์การบำบัดตะกั่วทั้งในระบบการปล่อยน้ำแบบกะและแบบเติมต่อเนื่อง

บทที่ 5
ผลการศึกษาการเจริญเติบโตและองค์ประกอบธาตุอาหารของกล้าไม้

เนื้อหาในบทที่ 5 จะประกอบด้วยผลการศึกษาการเจริญเติบโตและองค์ประกอบธาตุอาหารของกล้าไม้ ในโครงการที่ 1 การหาวิธีการที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำเสียชุมชนด้วยระบบพื้นที่ชุ่มน้ำป่าชายเลน ของโครงการย่อยทั้งสองโครงการ คือ โครงการย่อยที่ 1-1 ผลของระยะเวลากักเก็บและความเข้มข้นของน้ำเสียต่อประสิทธิภาพการบำบัดของระบบพื้นที่ชุ่มน้ำป่าชายเลน และโครงการย่อยที่ 1-2 ผลของความเค็มของน้ำเสียต่อประสิทธิภาพการบำบัดของระบบพื้นที่ชุ่มน้ำป่า ชายเลน โดยได้แบ่งเนื้อหาการนำเสนอดังนี้

5.1 การเจริญเติบโตและองค์ประกอบธาตุอาหารของกล้าไม้ ในระบบกะ ในโครงการย่อยที่ 1-1

5.2 การเจริญเติบโตและองค์ประกอบธาตุอาหารของกล้าไม้ ในระบบเติมต่อเนื่อง ในโครงการย่อยที่ 1-1

5.3 การเจริญเติบโตและองค์ประกอบธาตุอาหารของกล้าไม้ ในระบบกะ ในโครงการย่อยที่ 1-2

5.4 การเจริญเติบโตและองค์ประกอบธาตุอาหารของกล้าไม้ ในระบบเติมต่อเนื่อง ในโครงการย่อยที่ 1-2

5.5 สรุปประเด็นด้านการเจริญเติบโตและองค์ประกอบธาตุอาหารของกล้าไม้

5.1 การเจริญเติบโตและองค์ประกอบธาตุอาหารของกล้าไม้ ในระบบกะ ในโครงการย่อยที่ 1-1

5.1.1 การเจริญเติบโตของกล้าไม้ ในระบบกะ ในโครงการย่อยที่ 1-1

ได้ทำการวัดความสูงและเส้นผ่าศูนย์กลางของกล้าไม้ทั้ง 4 ชนิด คือ โกงกางใบใหญ่ แสมทะเล พังกาหัวสุมดอกแดง และโปรงแดง 10 ครั้ง คือ ก่อนการทดลอง และภายหลังการทดลองบำบัดน้ำเสียโดยใช้ระยะกักเก็บ 7, 5 และ 3 วัน (ซึ่งทำการทดลองระยะกักเก็บละ 3 ซ้ำ)

การศึกษามวลชีวภาพใช้การสุ่มตัวแทนของกล้าไม้ทั้ง 4 ชนิด ชนิดละ 40 ต้น เพื่อหาสมการความสัมพันธ์ของมวลชีวภาพกับความสูงและเส้นผ่าศูนย์กลาง จากนั้นสามารถนำค่าความสูงและเส้นผ่าศูนย์กลางของแต่ละครั้งที่ทำการวัดไปแทนค่าในสมการเพื่อคำนวณมวลชีวภาพ และนำไปคำนวณหาอัตราการเพิ่มพูนมวลชีวภาพ

ผลการศึกษาสามารถสรุปได้ดังนี้

การเจริญเติบโตด้านความสูง

ก่อนการทดลองบำบัดน้ำเสีย ในชุดทดลองที่ใช้บำบัดน้ำเสีย กล้าไม้โกงกางใบใหญ่มีความสูงเฉลี่ยสูงสุดอยู่ระหว่าง 62.90-69.30 เซนติเมตร อันดับที่ 2 คือ แสมทะเล 59.30-66.73 เซนติเมตร อันดับที่ 3 คือ พังกาหัวสุมดอกแดง 43.58-47.81 เซนติเมตร โปรงแดง มีความสูงเฉลี่ยต่ำสุด 37.75-42.28 เซนติเมตร เมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่า แสมทะเลมีความสูงเฉลี่ยสูงสุดอยู่ระหว่าง 73.14-91.03 เซนติเมตร อันดับที่ 2 คือ โกงกางใบใหญ่ 70.77-79.97 เซนติเมตร อันดับที่ 3 คือ พังกาหัวสุม 53.88-62.67 เซนติเมตร และโปรงแดง มีความสูงเฉลี่ยต่ำสุด 46.66-53.25 เซนติเมตร (ตารางที่ ข 1 ภาคผนวก ข)

เมื่อคำนวณอัตราการเพิ่มพูนความสูงต่อเดือนของกล้าไม้ทั้ง 4 ชนิด แล้วนำมาวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของอัตราการเพิ่มพูนความสูง ระหว่างชนิดกล้าไม้ และระหว่างกล้าไม้ชนิดเดียวกันที่ได้รับน้ำเสีย ความเข้มข้นต่างกัน และระยะกักเก็บต่างกัน โดยวิธี three-way ANOVA ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 สามารถสรุปได้ดังนี้

อัตราการเพิ่มพูนความสูงของกล้าไม้ทั้ง 4 ชนิด มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยภายหลังการทดลองทุกระยะกักเก็บ พบว่า แสมทะเลมีอัตราการเพิ่มพูนความสูงสูงที่สุด ขณะที่กล้าไม้โกงกางใบใหญ่ พังกาหัวสุม และโปรงแดง มีอัตราการเพิ่มพูนความสูงต่ำกว่าและมีค่าใกล้เคียงกัน (ตารางที่ 5-1)

อัตราการเพิ่มพูนความสูงของกล้าไม้ เมื่อใช้ระยะกักเก็บน้ำเสียต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ พบว่า เมื่อใช้ระยะกักเก็บ 3 วัน กล้าไม้ทุกชนิดมีอัตราการเพิ่มพูนความสูงสูงที่สุด เรียงตามลำดับดังนี้คือ แสมทะเล 6.22-14.39 เซนติเมตร/เดือน พังกาหัวสุม 4.14-7.36 เซนติเมตร/เดือน โกงกางใบใหญ่ 2.21-4.14 เซนติเมตร/เดือน และโปรงแดง 2.16-3.71 เซนติเมตร/เดือน และเมื่อใช้ระยะกักเก็บ 7 วัน และ 5 วัน พบว่า โดยทั่วไปไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่มีแนวโน้มว่า เมื่อใช้ระยะกักเก็บ 5 วัน พังกาหัวสุมและโปรงแดงมีอัตราการเพิ่มพูนความสูงสูงกว่าเมื่อใช้ระยะกักเก็บ 7 วัน แต่โกงกางใบใหญ่และแสมทะเลกลับมีแนวโน้มตรงข้าม

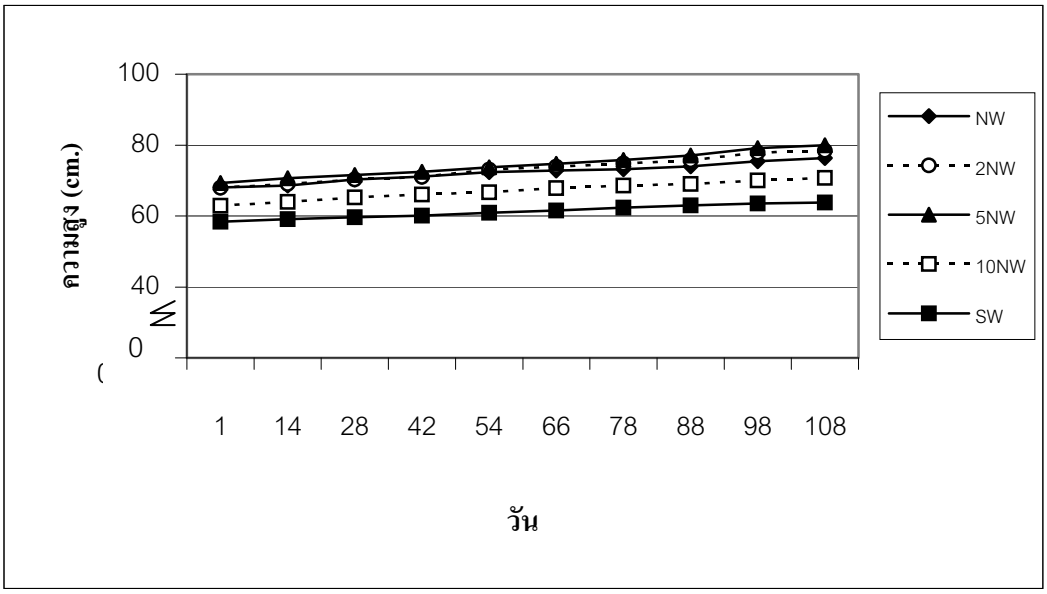
สาเหตุที่กล้าไม้ทุกชนิดอัตราการเพิ่มพูนความสูง สูงที่สุดเมื่อใช้ระยะกักเก็บ 3 วัน เนื่องจากเมื่อระยะกักเก็บสั้นลงดินจะมีการระบายอากาศดีขึ้น มีการแลกเปลี่ยนอากาศบริเวณรากพืช อีกทั้งการทดลองกักเก็บน้ำเสียด้วยระยะกักเก็บ 3 วัน เป็นการทดลองที่ทำภายหลังระยะกักเก็บ 7 วัน และ 5 วัน ตามลำดับ กล้าไม้เริ่มมีอายุมากขึ้นทำให้เจริญเติบโตเป็นไปอย่างรวดเร็ว กอปรกับพื้นที่ในชุดทดลองจำกัด ทำให้กล้าไม้ต้องแก่งแย่งรับแสงแดดทำให้อัตราการเพิ่มพูนความสูงเป็นไปอย่างรวดเร็วยิ่งขึ้น ซึ่งจากการสังเกตพบว่ากล้าไม้ที่อยู่ด้านในของชุดทดลองจะสูงกว่ากล้าไม้ที่อยู่บริเวณขอบ

อัตราเพิ่มพูนความสูงของกล้าไม้ เมื่อได้รับน้ำเสียความเข้มข้นต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ พบว่า โดยทั่วไปกล้าไม้ทั้ง 4 ชนิด มีอัตราการเพิ่มพูนความสูงสูงที่สุดเมื่อได้รับน้ำเสียความเข้มข้น 5NW รองลงมาคือ 10NW, 2NW และ NW ตามลำดับ (รูปที่ 5-1) และชุดทดลองควบคุมที่ได้รับน้ำทะเลมีอัตราการเพิ่มพูนความสูงต่ำที่สุด ซึ่งผลการทดลองนี้สอดคล้องกับ Bolton and Greenway (1997) ซึ่งทำการศึกษาในพืชสกุลเสม็ด (*Melalueca*) โดยใช้น้ำเสีย 4 ประเภท คือ น้ำเสียชุมชน (ผ่านการบำบัดขั้นที่ 2 แล้ว) น้ำเสียสังเคราะห์ที่มี TN และ TP เป็น 0.5 เท่าของน้ำเสียชุมชน และน้ำเสียสังเคราะห์ที่มี TN เป็น 2 เท่าของน้ำเสียชุมชน และน้ำเสียสังเคราะห์ที่มี TP เป็น 2 เท่าของน้ำเสียชุมชน พบว่า เสม็ดในชุดทดลองได้รับน้ำเสียที่มี TN เป็น 2 เท่า มีการเจริญเติบโตสูงที่สุด ส่วนชุดทดลองที่ได้รับน้ำเสียที่มี TN และ TP เป็น 0.5 เท่า มีการเจริญเติบโตต่ำที่สุด อย่างไรก็ตาม ในการทดลองนี้พบว่า กล้าไม้ที่ได้รับน้ำเสีย 5NW มีอัตราการเพิ่มความสูงสูงกว่ากล้าไม้ที่ได้รับน้ำเสีย 10NW อาจเป็นเพราะน้ำเสีย 10NW มีปริมาณสารอินทรีย์สูง ปริมาณ DO ต่ำ ทำให้ดินมีสภาพรีดิวซ์ รากพืชอาจทำงานผิดปกติ การดูดดึงและลำเลียงธาตุอาหารไปใช้เพื่อการเจริญเติบโตถูกยับยั้ง (Pezeshki, 2001)

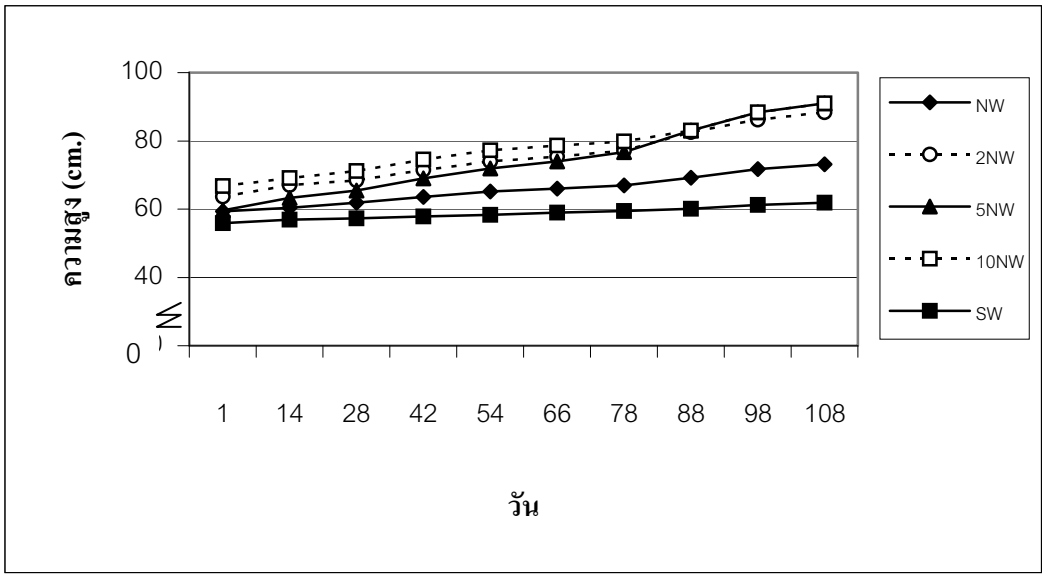
ตารางที่ 5-1 อัตราการเพิ่มพูนความสูงของกล้าไม้ ในระบบกะ โครงการที่ 1-1

ชนิดพืช	ชุดทดลอง	เส้นผ่าศูนย์กลางก่อนการทดลอง (cm)	อัตราการเพิ่มพูนเส้นผ่าศูนย์กลางต่อเดือน (cm.)		
			ภายหลังระยะกักเก็บ 7 วัน	ภายหลังระยะกักเก็บ 5 วัน	ภายหลังระยะกักเก็บ 3 วัน
โกงกางใบใหญ่	NW	68.03±10.84	ข^{a}2.22±0.82^{b}	ข^{b}1.42±0.87^{c}	ข^{ค}ก^{b}3.17±1.38^{a}
	2NW	67.98±8.43	ข^{a}2.17±1.46^{b}	ข^{ค}ก^{a}2.38±1.02^{b}	ค^{ab}3.59±1.48^{a}
	5NW	69.30±8.32	ข^{a}2.23±0.83^{b}	ข^{ab}1.90±0.84^{b}	ข^{a}4.14±1.65^{a}
	10NW	62.90±7.64	ข^{a}2.24±0.75	ข^{b}1.54±1.44	ค^{c}2.21±1.47
	SW	58.38±7.50	^{b}1.21±0.70	ก^{b}1.23±0.62	ข^{ค}ก^{c}1.47±1.10
แสมทะเล	NW	59.30±9.38	ก^{b}3.06±1.38^{b}	ข^{b}2.02±1.97^{b}	ก^{c}6.22±2.30^{a}
	2NW	63.62±11.31	ก^{a}5.55±1.84^{b}	ก^{a}3.33±2.39^{b}	ก^{b}11.30±6.45^{a}
	5NW	59.64±10.36	ก^{ab}6.67±2.43^{b}	ก^{a}3.76±2.55^{b}	ก^{ab}14.39±5.67^{a}
	10NW	66.73±10.49	ก^{a}6.17±3.52^{b}	ก^{a}3.42±1.82^{c}	ก^{ab}9.95±4.49^{a}
	SW	55.91±6.09	^{c}1.41±0.82^{b}	ก^{ข}ก^{c}0.83±1.07^{b}	ก^{c}2.38±1.67^{a}
พังกาหัวสุม	NW	44.42±5.62	ข^{a}1.89±0.66^{b}	ข^{b}1.67±0.80^{b}	ข^{c}4.14±2.50^{a}
	2NW	47.81±6.92	ก^{a}1.82±0.84^{c}	ก^{ข}ก^{a}3.14±1.69^{b}	ข^{a}7.36±2.63^{a}
	5NW	43.58±3.11	ข^{a}1.93±0.85^{b}	ข^{a}2.59±1.12^{b}	ข^{bc}5.42±2.38^{a}
	10NW	47.20±6.02	ข^{a}1.90±1.04^{b}	ข^{a}2.79±1.23^{b}	ข^{b}5.70±2.72^{a}
	SW	44.04±6.27	^{b}1.07±0.45^{a}	ค^{c}0.57±0.39^{b}	ค^{d}0.92±0.58^{a}
โปรงแดง	NW	39.55±5.44	ข^{a}2.06±0.84^{b}	ก^{a}2.97±1.28^{a}	ค^{b}2.16±1.20^{b}
	2NW	37.75±4.81	ก^{ab}1.72±0.77^{b}	ค^{b}2.13±0.58^{b}	ค^{a}3.22±1.49^{a}
	5NW	42.28±5.15	ข^{a}2.04±0.98^{b}	ข^{ab}2.56±0.92^{b}	ค^{a}3.71±1.45^{a}
	10NW	40.74±3.94	ข^{bc}1.56±0.62^{b}	ก^{ab}2.60±0.96^{a}	ข^{a}2.19±0.87^{a}
	SW	35.80±3.76	^{c}1.18±0.46	ก^{c}1.27±0.73	ข^{b}1.69±1.14

หมายเหตุ ตัวอักษรภาษาอังกฤษมุมซ้ายมือ (แนวตั้ง) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างความเข้มข้นของน้ำเสียอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
ตัวอักษรภาษาอังกฤษมุมขวามือ (แนวนอน) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างช่วงเวลาเก็บตัวอย่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
ตัวอักษรภาษาไทยมุมซ้ายมือ (แนวตั้ง) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างชนิดพืชอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

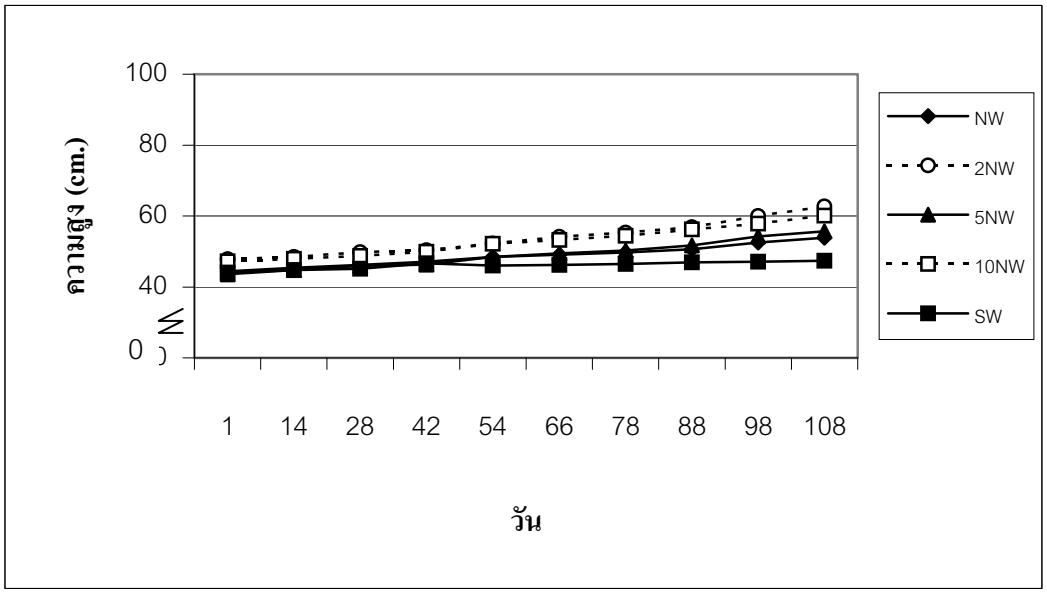


(ก) โกงกางใบใหญ่

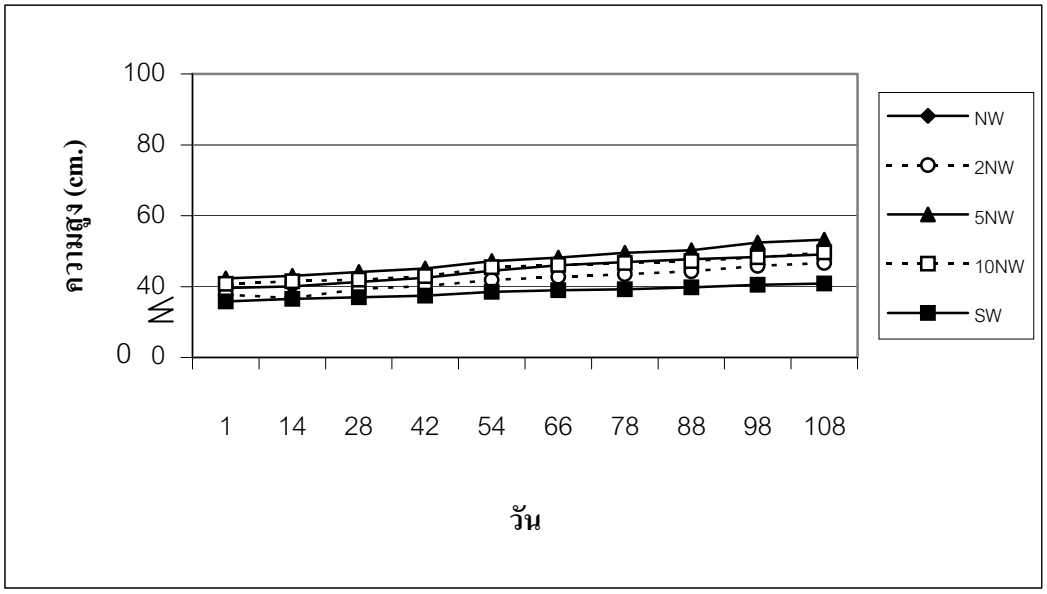


(ข) แสมทะเล

รูปที่ 5-1 การเจริญเติบโตด้านความสูงของกล้าไม้ที่ปลูกในน้ำเสียต่างระดับความเข้มข้น ในระบบกะ โครงการที่ 1-1



(ค) พังกาหัวสุม



(ง) โปรงแดง

รูปที่ 5-1 (ต่อ) การเจริญเติบโตด้านความสูงของกล้าไม้ที่ปลูกในน้ำเสียต่างระดับความเข้มข้น ในระบบกะ โครงการที่ 1-1

การเจริญเติบโตด้านเส้นผ่าศูนย์กลาง

ก่อนการทดลองบำบัดน้ำเสีย ในชุดทดลองที่ใช้บำบัดน้ำเสีย กล้าไม้โกงกางใบใหญ่ แสมทะเล พังกาหัวสุ ม และโปรงแดง มีเส้นผ่าศูนย์กลางอยู่ระหว่าง 0.68-1.58, 0.51-0.60, 0.47-0.53 และ 0.48-0.54 เซนติเมตร ตามลำดับ เมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่า มีเส้นผ่าศูนย์กลางเพิ่มขึ้นเป็น 1.89-1.95, 0.79-0.89, 0.83-0.94 และ 0.72-0.87 เซนติเมตร ตามลำดับ (ตารางที่ ข 2 ภาคผนวก ข)

อัตราการเพิ่มพูนเส้นผ่าศูนย์กลางของกล้าไม้ทั้ง 4 ชนิด มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ พบว่า เมื่อใช้ระยะกักเก็บ 7 วัน โกงกางใบใหญ่มีอัตราการเพิ่มพูนเส้นผ่าศูนย์กลางสูงที่สุด และเมื่อใช้ระยะกักเก็บ 5 และ 3 วัน พังกาหัวสุมมีอัตราการเพิ่มพูนเส้นผ่าศูนย์กลางสูงที่สุด (ตารางที่ 5-2) ทั้งนี้เพราะโกงกางใบใหญ่เป็นพืชที่ชอบดินเลนและสามารถทนต่อสภาพน้ำท่วมขังได้ดี ขณะที่พังกาหัวสุมเป็นพืชที่ชอบดินที่มีสภาพการระบายน้ำดี (สนิท อักษรแก้ว, 2542) และสอดคล้องกับ Ye et al. (2003) ซึ่งทดลองใส่น้ำเสียลงสู่ชุดทดลองซึ่งปลูกพังกาหัวสุมดอกแดง โดยใช้ระยะกักเก็บน้ำเสียต่างกัน 3 แบบ คือ แบบที่ 1 กักเก็บน้ำเสีย 12 สัปดาห์ แบบที่ 2 กักเก็บน้ำเสีย 8 สัปดาห์ แล้วปล่อยให้แห้ง 4 สัปดาห์ และแบบที่ 3 กักเก็บน้ำเสีย 4 สัปดาห์ แล้วปล่อยให้แห้ง 8 สัปดาห์ พบว่า เมื่อกักเก็บน้ำเสียนาน 12 สัปดาห์ จะทำให้อัตราการเจริญเติบโตของพังกาหัวสุมลดลง

สำหรับกล้าไม้โปรงแดง พบว่า อัตราการเพิ่มพูนเส้นผ่าศูนย์กลางสูงที่สุดเมื่อใช้ระยะกักเก็บ 3 วัน รองลงมาคือ 5 วัน และต่ำสุดเมื่อใช้ระยะกักเก็บ 7 วัน ทั้งนี้เพราะพืชสกุลโปรงชอบดินที่มีสภาพการระบายน้ำดี และเป็นพันธุ์ไม้ที่ขึ้นในแนวเขตด้านหลังของป่าชายเลน (สนิท อักษรแก้ว, 2542)

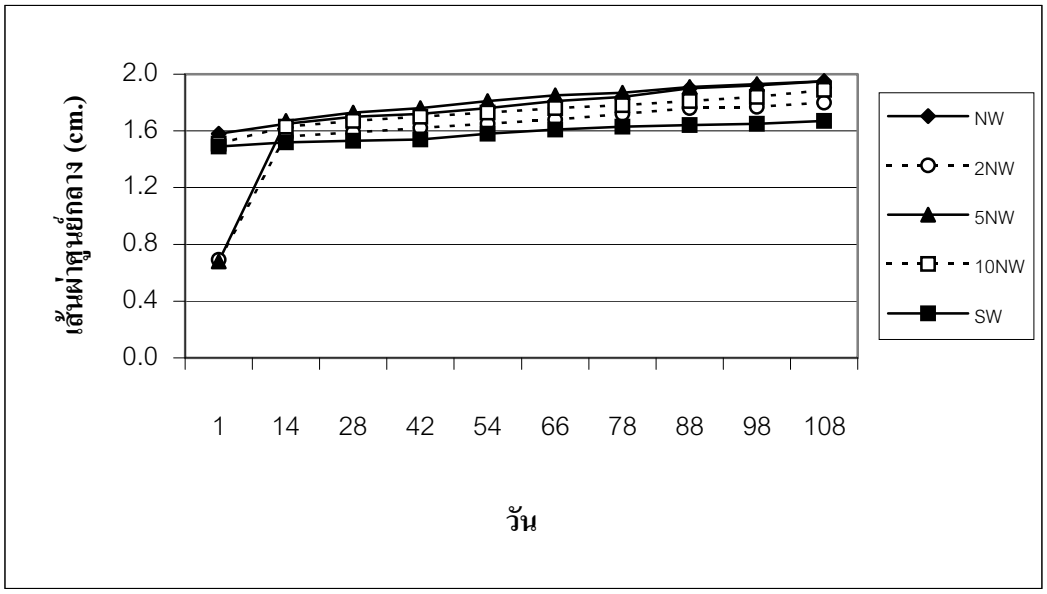
สำหรับกล้าไม้แสมทะเล พบว่า อัตราการเพิ่มพูนเส้นผ่าศูนย์กลางสูงที่สุดเมื่อใช้ระยะกักเก็บ 5 วัน เพราะถึงแม้พืชสกุลแสมมักขึ้นอยู่ในแนวเขตด้านหน้าของป่าชายเลนถัดจากสกุลโกงกาง แต่ชอบดินที่มีสภาพการระบายน้ำดี (สนิท อักษรแก้ว, 2542)

อัตราการเพิ่มพูนเส้นผ่าศูนย์กลางของกล้าไม้ เมื่อได้รับน้ำเสียความเข้มข้นต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ค่าค่อนข้างผันแปร มีแนวโน้มว่ากล้าไม้มีอัตราการเพิ่มพูนเส้นผ่าศูนย์กลางสูงที่สุดเมื่อได้รับน้ำเสียความเข้มข้น 5NW แต่ที่เห็นได้ชัดเจนคือ กล้าไม้ทุกชนิดที่ได้รับน้ำเสียมีอัตราการเพิ่มพูนเส้นผ่าศูนย์กลางสูงกว่ากล้าไม้ที่ได้รับน้ำทะเล (รูปที่ 5-2)

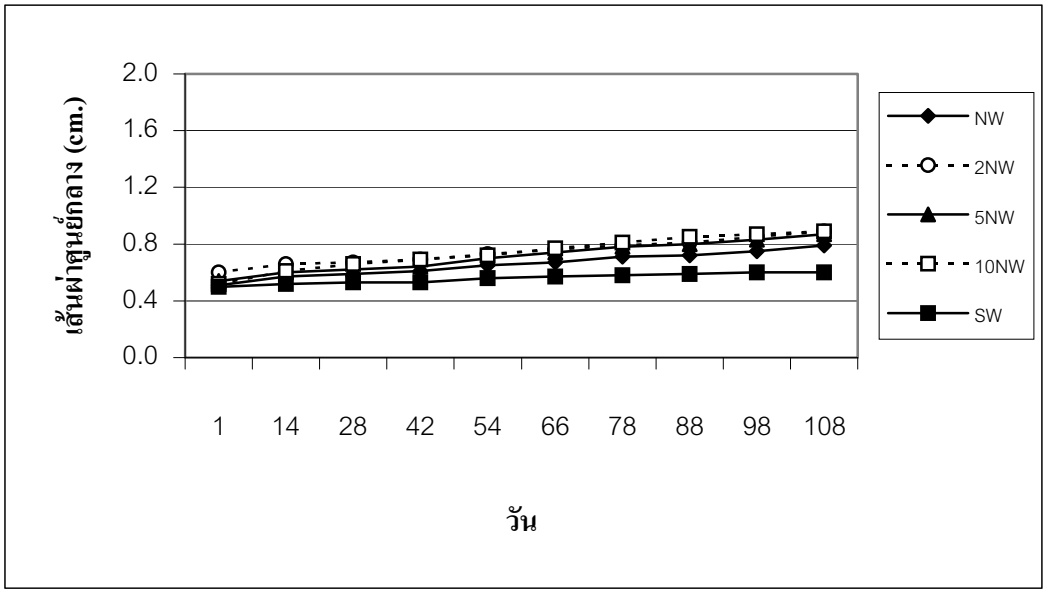
ตารางที่ 5-2 อัตราการเพิ่มพูนเส้นผ่าศูนย์กลางของกล้าไม้ ในระบบกะ โครงการที่ 1-1

ชนิดพืช	ชุดทดลอง	เส้นผ่าศูนย์กลางก่อนการทดลอง (cm)	อัตราการเพิ่มพูนเส้นผ่าศูนย์กลางต่อเดือน (cm.)		
			ภายหลังระยะกักเก็บ 7 วัน	ภายหลังระยะกักเก็บ 5 วัน	ภายหลังระยะกักเก็บ 3 วัน
โกงกางใบใหญ่	NW	1.58±0.19	ก^{a}0.10±0.05	0.10±0.05	ข^{a}0.11±0.07
	2NW	0.69±0.11	ก^{a}0.09±0.03	ข0.08±0.04	ข^{ab}0.08±0.05
	5NW	0.68±0.13	ก^{a}0.12±0.05	ก^{a}ข0.09±0.06	^{ab}0.08±0.06
	10NW	1.51±0.23	^{a}0.09±0.05	ข0.07±0.03	^{a}0.10±0.10
	SW	1.49±0.24	^{b}0.03±0.02	ก0.08±0.05	^{b}0.05±0.03
แสมทะเล	NW	0.51±0.11	ข^{b}0.07±0.03	^{b}0.09±0.07	ข^{a}0.08±0.06
	2NW	0.60±0.10	ข^{b}0.07±0.02	ข^{b}0.08±0.05	ข^{a}0.10±0.08
	5NW	0.54±0.11	ข^{b}0.07±0.04	ข^{a}0.12±0.07	^{a}0.09±0.07
	10NW	0.52±0.09	^{a}0.09±0.05	ก^{a}ข^{b}0.11±0.04	^{a}0.08±0.04
	SW	0.50±0.07	^{c}0.02±0.01	ก^{b}ข^{c}0.04±0.03	^{b}0.02±0.02
พังกาหัวสุม	NW	0.51±0.12	ข^{c}0.06±0.02	^{a}0.13±0.05	ก^{a}0.16±0.07
	2NW	0.52±0.08	ข^{bc}0.06±0.03	ก^{a}0.15±0.06	ก^{a}0.16±0.08
	5NW	0.47±0.08	ข^{a}0.09±0.04	ก^{a}0.13±0.05	^{b}0.08±0.05
	10NW	0.53±0.10	^{ab}0.08±0.05	ก^{a}0.13±0.05	^{b}0.10±0.05
	SW	0.52±0.13	^{d}0.03±0.02	ข^{b}0.05±0.04	^{c}0.03±0.04
โปรงแดง	NW	0.56±0.08	ข^{b}0.06±0.03	^{c}0.05±0.03	ข^{a}0.09±0.05
	2NW	0.48±0.10	ข^{b}0.06±0.03	ข^{bc}0.07±0.04	ข^{a}0.08±0.06
	5NW	0.55±0.08	ข^{a}0.08±0.04	ค^{a}0.11±0.06	^{a}0.08±0.05
	10NW	0.54±0.09	^{a}0.08±0.03	ข^{ab}ค^{ab}0.09±0.04	^{a}0.07±0.04
	SW	0.47±0.08	^{c}0.02±0.01	ก^{bc}0.07±0.05	^{ab}0.03±0.03

หมายเหตุ ตัวอักษรภาษาอังกฤษมุมซ้ายมือ (แนวตั้ง) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างความเข้มข้นของน้ำเสียอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
ตัวอักษรภาษาอังกฤษมุมขวามือ (แนวนอน) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างช่วงเวลาเก็บตัวอย่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
ตัวอักษรภาษาไทยมุมซ้ายมือ (แนวตั้ง) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างชนิดพืชอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

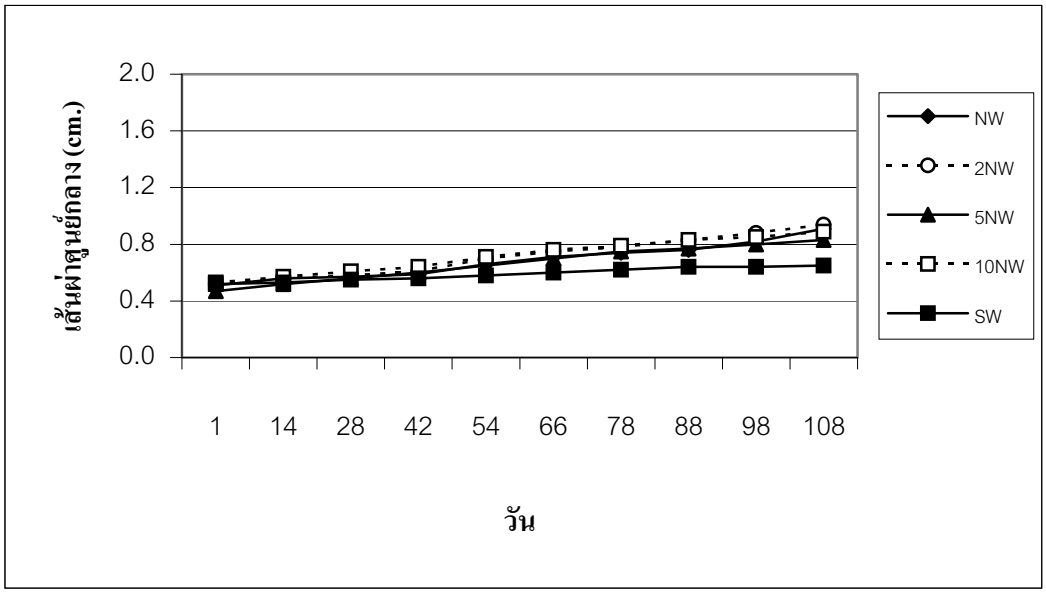


(ก) โกงกางใบใหญ่

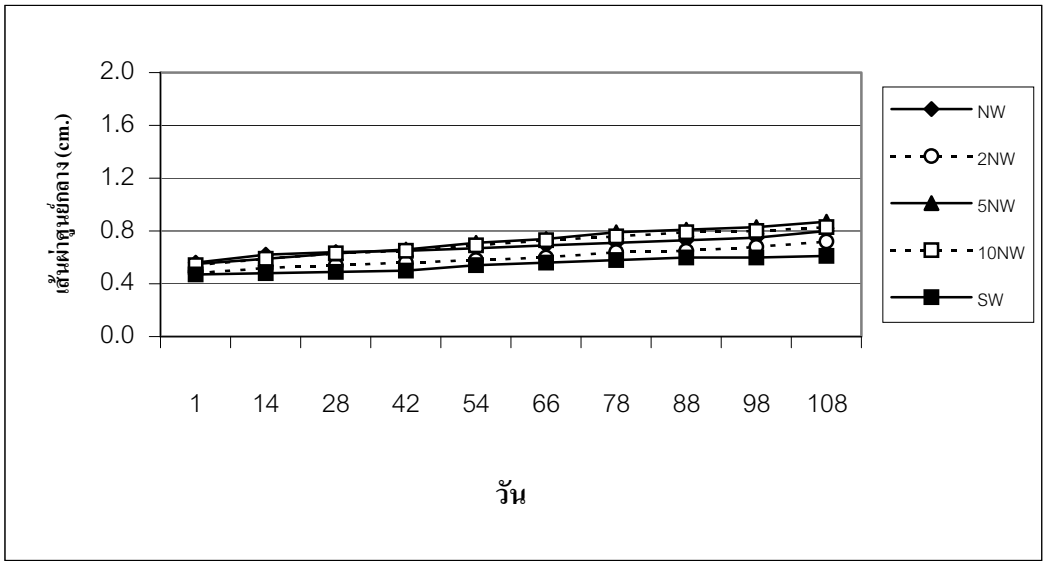


(ข) แสมทะเล

รูปที่ 5-2 การเจริญเติบโตด้านเส้นผ่าศูนย์กลางของกล้าไม้ที่ปลูกในน้ำเสียต่างระดับความเข้มข้น ในระบบกะ โครงการที่



(ค) พังกาหัวสุม



(ง) โปรงแดง

รูปที่ 5-2 (ต่อ) การเจริญเติบโตด้านเส้นผ่าศูนย์กลางของกล้าไม้ที่ปลูกในน้ำเสียต่างระดับความเข้มข้น ในระบบกะ

การเจริญเติบโตด้านมวลชีวภาพ

ได้ทำการสร้างสมการความสัมพันธ์ของมวลชีวภาพของลำต้นและใบของกล้าไม้ทั้ง 4 ชนิด เพื่อประเมินการเจริญเติบโตด้านมวลชีวภาพ สมการมวลชีวภาพและค่า R^2 แสดงในรูปที่ ข 1 ถึง ข 4 ภาคผนวก ข

ก่อนการทดลองบำบัดน้ำเสีย ในชุดทดลองที่ใช้บำบัดน้ำเสีย กล้าไม้โกงกางใบใหญ่ แสมทะเล พังกาหัวสุม และโปรงแดง มีมวลชีวภาพลำต้น 59.84-76.34, 9.42-12.54, 9.18-12.00 และ 6.13-7.83 กรัม/ม^2 ตามลำดับ เมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่า มีมวลชีวภาพลำต้น เพิ่มขึ้นเป็น 100.90-119.15, 20.72-28.26, 29.69-41.60 และ 12.47-17.78 กรัม/ม^2 ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นว่ากล้าไม้โกงกางใบใหญ่มีมวลชีวภาพลำต้นสูงกว่ากล้าไม้อื่นอย่างชัดเจน ถัดมาคือ พังกาหัวสุม แสมทะเล และโปรงแดง ตามลำดับ (ตารางที่ ข 3 ภาคผนวก ข)

ก่อนการทดลองบำบัดน้ำเสีย ในชุดทดลองที่ใช้บำบัดน้ำเสีย กล้าไม้โกงกางใบใหญ่ แสมทะเล พังกาหัวสุ ม และโปรงแดง มีมวลชีวภาพใบ 8.25-10.75, 5.50-7.29, 0.50-0.70 และ 3.23-6.25 กรัม/ม^2 ตามลำดับ เมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่า มีมวลชีวภาพใบ เพิ่มขึ้นเป็น 14.55-17.46, 11.3-16.19, 2.14-3.27 และ 18.73-33.44 กรัม/ม^2 ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นว่าโปรงแดงมีมวลชีวภาพใบสูงที่สุด ถัดมาคือ โกงกางใบใหญ่ แสมทะเล และพังกาหัวสุม ตามลำดับ (ตารางที่ ข 4)

อัตราการเพิ่มพูนมวลชีวภาพลำต้นของกล้าไม้ทั้ง 4 ชนิด มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยโกงกางใบใหญ่จะมีอัตราการเพิ่มพูนมวลชีวภาพลำต้นสูงสุด อันดับที่ 2 คือ พังกาหัวสุม อันดับที่ 3 คือ แสมทะเล ขณะที่โปรงแดงมีอัตราการเพิ่มพูนมวลชีวภาพต่ำสุด (ตารางที่ 5-3)

อัตราการเพิ่มพูนมวลชีวภาพลำต้นของกล้าไม้ เมื่อใช้ระยะกักเก็บน้ำเสียต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเมื่อใช้ระยะกักเก็บ 3 วัน กล้าไม้แสมทะเล พังกาหัวสุม และโปรงแดง มีอัตราการเพิ่มพูนสูงกว่าเมื่อใช้ระยะกักเก็บ 5 และ 7 วัน ทั้งนี้เพราะกล้าไม้ดังกล่าวชอบดินที่เป็นดินเลนค่อนข้างแข็งหรือดินเลนปนทรายที่มีการระบายน้ำดี (Chapman and Ronaldson, 1958 อ้างถึงใน สนิท อักษรแก้ว, 2542)

อัตราการเพิ่มพูนมวลชีวภาพลำต้นของกล้าไม้ ที่ได้รับน้ำเสียความเข้มข้นต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ มีแนวโน้มว่ากล้าไม้ที่ได้รับน้ำเสีย 5NW มีอัตราการเพิ่มพูนมวลชีวภาพสูงที่สุด แต่แนวโน้มดังกล่าวค่อนข้างไม่ชัดเจนและผันแปรมาก อย่างไรก็ตามกล้าไม้ทั้ง 4 ชนิด ที่ได้รับน้ำเสียมีอัตราการเพิ่มพูนมวลชีวภาพลำต้นสูงกว่ากล้าไม้ที่ได้รับน้ำทะเลอย่างชัดเจน (ตารางที่ 5-3 และรูปที่ 5-3)

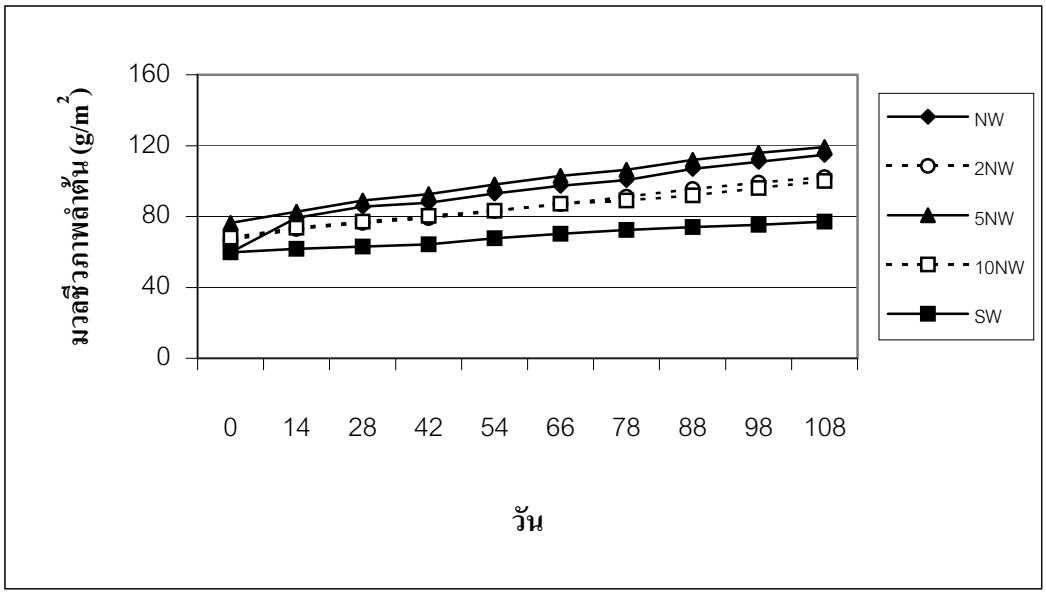
อัตราการเพิ่มพูนชีวภาพใบของกล้าไม้ทั้ง 4 ชนิด มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยโปรงแดงจะมีอัตราการเพิ่มพูนมวลชีวภาพใบสูงสุด อันดับที่ 2 คือ แสมทะเล อันดับที่ 3 คือ โกงกางใบใหญ่ และพังกาหัวสุมมีอัตราการเพิ่มพูนมวลชีวภาพใบต่ำสุด (ตารางที่ 5-4)

อัตราการเพิ่มพูนมวลชีวภาพใบของกล้าไม้ที่ได้รับน้ำเสียความเข้มข้นต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีแนวโน้มเช่นเดียวกับอัตราการเพิ่มพูนมวลชีวภาพลำต้น คือ กล้าไม้ที่ได้รับน้ำเสีย 5NW มีอัตราการเพิ่มพูนมวลชีวภาพใบสูงที่สุด แต่แนวโน้มดังกล่าวผันแปรมาก และกล้าไม้ทั้ง 4 ชนิด ที่ได้รับน้ำเสียมีอัตราการเพิ่มพูนมวลชีวภาพใบสูงกว่ากล้าไม้ที่ได้รับน้ำทะเลอย่างชัดเจน (ตารางที่ 5-4 และรูปที่ 5-4)

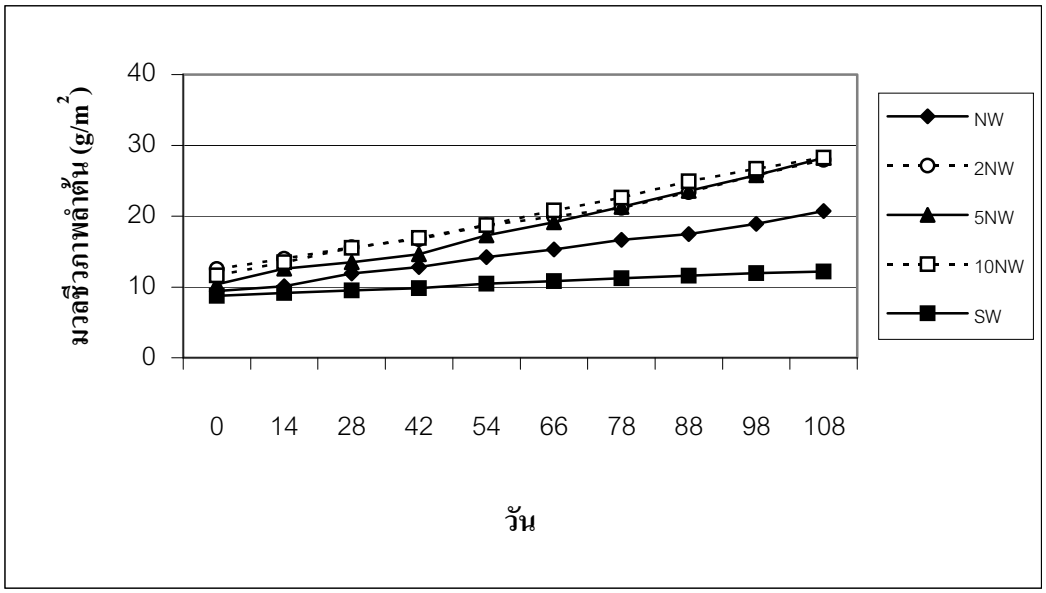
ตารางที่ 5-3 อัตราการเพิ่มพูนมวลชีวภาพลำต้นของกล้าไม้ ในระบบกะ โครงการที่ 1-1

ชนิดพืช	ชุดทดลอง	มวลชีวภาพ ก่อนการทดลอง (g/m^2)	อัตราการเพิ่มพูนมวลชีวภาพต่อเดือน (g/m^2)		
			ภายหลัง ระยะกักเก็บ 7 วัน	ภายหลัง ระยะกักเก็บ 5 วัน	ภายหลัง ระยะกักเก็บ 3 วัน
โกงกางใบใหญ่	NW	59.84±20.80	กa23.61±16.34a	กab10.57±5.59b	กa14.41±9.11b
	2NW	66.59±18.52	กb8.91±3.06	กab10.16±4.12	ขa10.86±5.72
	5NW	76.34±21.51	กขb11.68±4.61	กa11.25±6.24	กa12.95±7.05
	10NW	68.04±18.15	กb8.80±3.76	กbc7.78±3.63	กa11.20±8.55
	SW	59.84±20.80	กc3.12±0.21	กc6.81±4.05	กb4.76±2.79
แสมทะเล	NW	9.42±3.60	ขb2.44±0.97b	คc3.20±2.55ab	ขb4.04±2.10a
	2NW	12.54±3.85	ขb2.99±0.98b	ขbc3.72±1.72b	คa6.74±3.86a
	5NW	10.39±3.68	ขคb3.04±1.29b	ขคa5.54±3.12a	ขa6.92±3.92a
	10NW	11.67±3.07	ขa3.77±1.73b	ขab4.72±1.59ab	ขab5.64±2.43a
	SW	8.76±2.13	คc0.77±0.42	ขd1.17±0.85	ขc0.94±0.76
พังกาหัวสุม	NW	11.06±5.33	ขc2.57±1.04c	ขb6.16±2.82b	กab11.65±5.80a
	2NW	11.87±3.84	ขbc2.87±1.67c	กa9.12±4.79b	กa14.76±8.27a
	5NW	9.18±2.86	ขab3.71±1.79b	ขb6.99±3.13a	ขc6.92±3.31a
	10NW	12.00±4.49	ขa4.01±2.76b	กab8.15±4.04a	กbc 9.51±5.61a
	SW	11.42±6.23	ขd1.42±0.98	ขc2.03±1.37	ขd1.32±1.82
โปรงแดง	NW	7.83±1.95	ขa1.59±0.60b	คbc1.88±1.01b	คa2.79±1.40a
	2NW	6.13±1.76	คb1.22±0.55b	ขbc1.89±1.00a	งa2.35±1.39a
	5NW	8.02±2.07	คa1.97±0.99b	คa3.33±1.75a	คa3.00±1.42a
	10NW	7.65±2.14	คa1.86±0.61b	คb2.59±0.98a	คa2.49±1.33a
	SW	5.63±1.60	คc0.51±0.22b	ขc1.50±0.93a	ขb0.90±0.86a

หมายเหตุ ตัวอักษรภาษาอังกฤษมุมซ้ายมือ (แนวตั้ง) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างความเข้มข้นของน้ำเสียอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
ตัวอักษรภาษาอังกฤษมุมขวามือ (แนวนอน) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างช่วงเวลาเก็บตัวอย่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
ตัวอักษรภาษาไทยมุมซ้ายมือ (แนวตั้ง) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างชนิดพืชอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

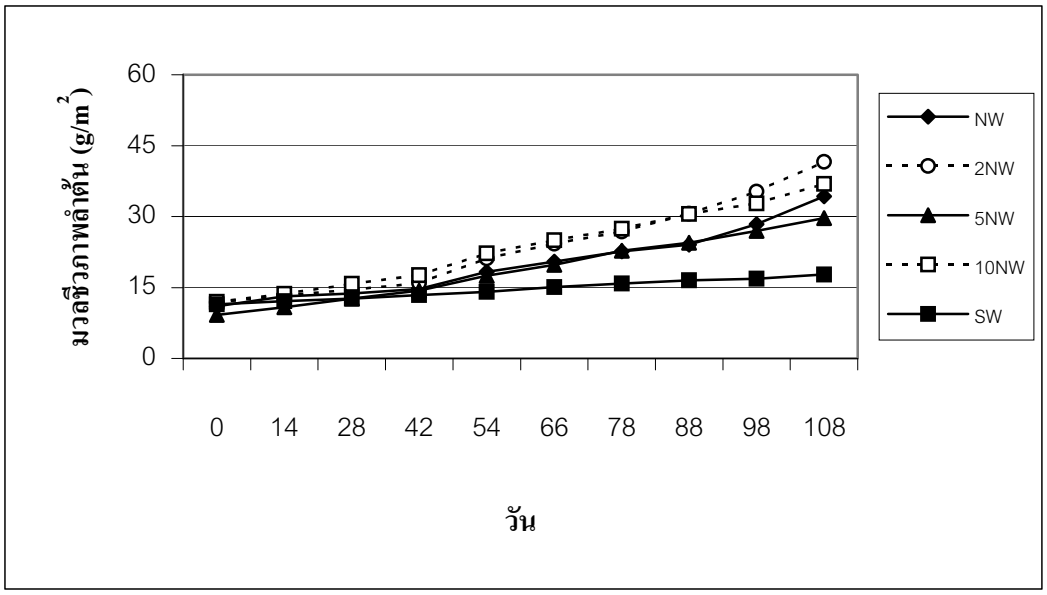


(ก) โกงกางใบใหญ่

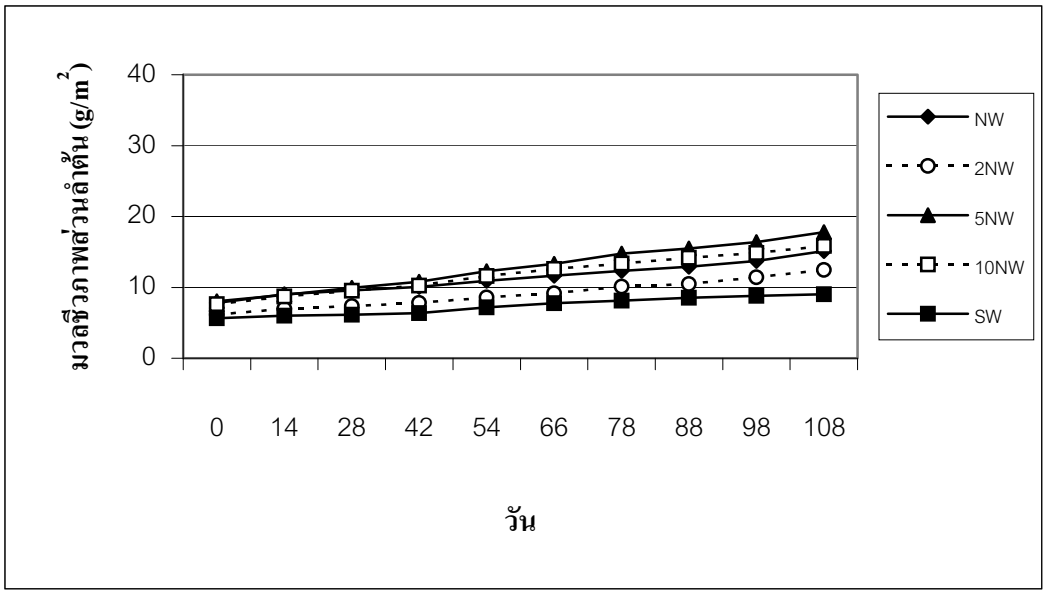


(ข) แสมทะเล

รูปที่ 5-3 มวลชีวภาพลำต้นของกล้าไม้ที่ปลูกในน้ำเสียต่างระดับความเข้มข้น ในระบบกะ โครงการที่ 1-1



(ค) พังกาหัวสุม



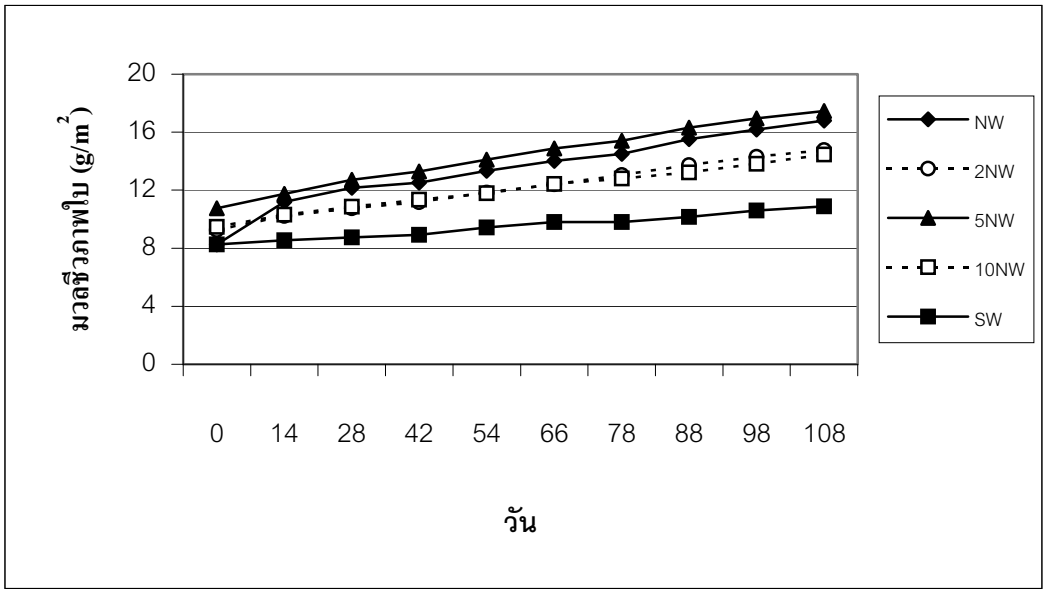
(ง) โปรงแดง

รูปที่ 5-3 (ต่อ) มวลชีวภาพลำต้นของกล้าไม้ที่ปลูกในน้ำเสียต่างระดับความเข้มข้น ในระบบกะ โครงการที่ 1-1

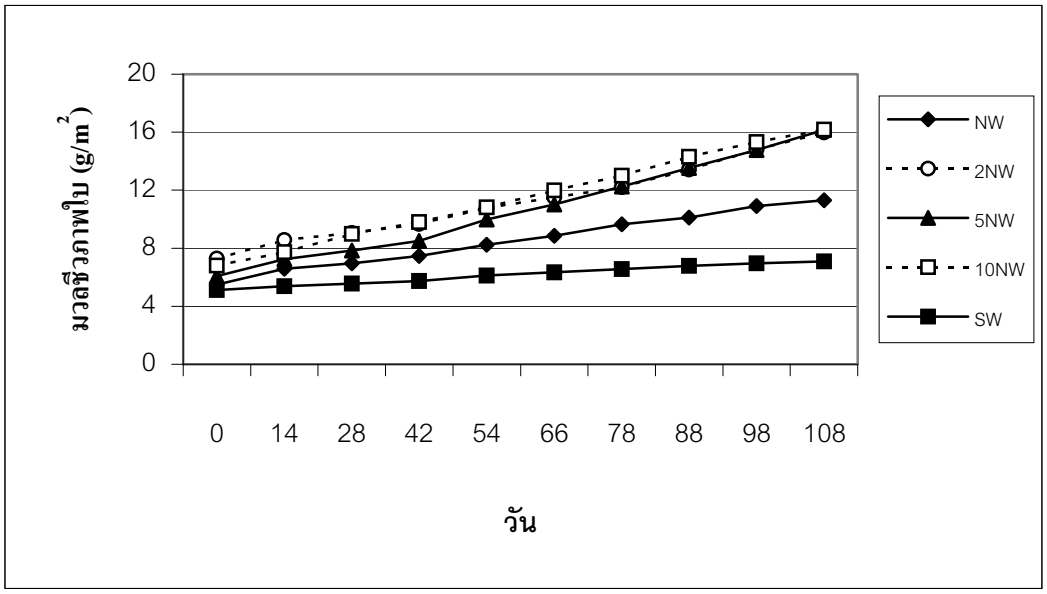
ตารางที่ 5-4 อัตราการเพิ่มพูนมวลชีวภาพใบของกล้าไม้ ในระบบกะ โครงการที่ 1-1

ชนิดพืช	ชุดทดลอง	มวลชีวภาพ ก่อนการทดลอง (g/m^2)	อัตราการเพิ่มพูนมวลชีวภาพต่อเดือน (g/m^2)		
			ภายหลัง ระยะกักเก็บ 7 วัน	ภายหลัง ระยะกักเก็บ 5 วัน	ภายหลัง ระยะกักเก็บ 3 วัน
โกงกางใบใหญ่	NW	8.25±3.12	กa3.61±2.48a	ขab1.65±0.90b	ขa1.28±0.78b
	2NW	9.25±2.83	ขb1.36±0.49a	ขคab1.57±0.66a	ขa1.03±0.46b
	5NW	10.75±3.31	ขb1.81±0.74a	ขa1.77±1.01a	ขa1.15±0.70b
	10NW	9.47±2.78	คb1.34±0.59	คbc1.20±0.57	ขa1.31±1.31
	SW	8.25±3.12	กc0.47±0.27b	ขc1.03±0.64a	ขb0.48±0.43b
แสมทะเล	NW	5.50±2.06	ขb1.40±0.55	ขc1.82±1.44	ขa1.84±1.07
	2NW	7.29±2.20	กขb1.70±0.55a	ขbc2.11±0.98ab	ขa2.56±1.84a
	5NW	6.06±2.11	ขb1.74±0.73b	ขa3.14±1.76a	ขa2.61±1.48a
	10NW	6.79±1.76	ขa2.15±0.98ab	ขab2.67±0.889a	ขa1.87±1.10b
	SW	5.13±1.22	กc0.44±0.24b	ขคd0.67±0.48a	ขคb0.32±0.32b
พังกาหัวสุม	NW	0.64±0.38	คb0.19±0.09c	ขb0.53±0.24b	ขa0.91±0.57a
	2NW	0.69±0.27	คb0.21±0.09c	คa0.75±0.44b	ขa1.04±0.67a
	5NW	0.50±0.19	คab0.26±0.14b	ขb0.56±0.28a	ขb0.45±0.28a
	10NW	0.70±0.32	คงa0.31±0.23b	คab0.68±0.39a	ขb0.59±0.40a
	SW	0.67±0.46	ขc0.10±0.08a	คc0.15±0.10a	คc0.04±0.04b
โปรงแดง	NW	5.80±3.07	ขa3.60±2.27b	กbc6.35±5.57b	กa10.70±8.73a
	2NW	3.23±2.12	กb1.82±1.10c	กcd4.38±2.92b	กb6.67±5.39a
	5NW	6.25±3.99	กa4.75±3.71b	กa12.71±9.15a	กa13.41±10.76a
	10NW	5.66±4.10	กa4.03±2.36b	กb8.52±4.47a	กab8.17±7.34a
	SW	2.61±1.75	กb0.56±0.29b	กd2.40±1.89b	กc1.13±1.11a

หมายเหตุ ตัวอักษรภาษาอังกฤษมุมซ้ายมือ (แนวตั้ง) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างความเข้มข้นของน้ำเสียอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
ตัวอักษรภาษาอังกฤษมุมขวามือ (แนวนอน) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างช่วงเวลาเก็บตัวอย่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
ตัวอักษรภาษาไทยมุมซ้ายมือ (แนวตั้ง) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างชนิดพืชอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

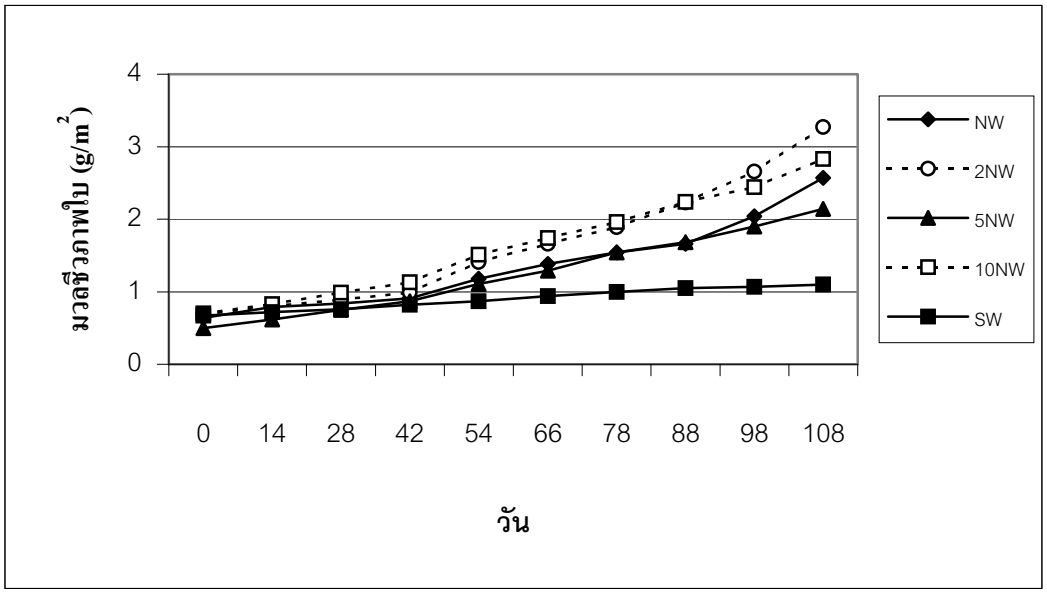


(ก) โกงกางใบใหญ่

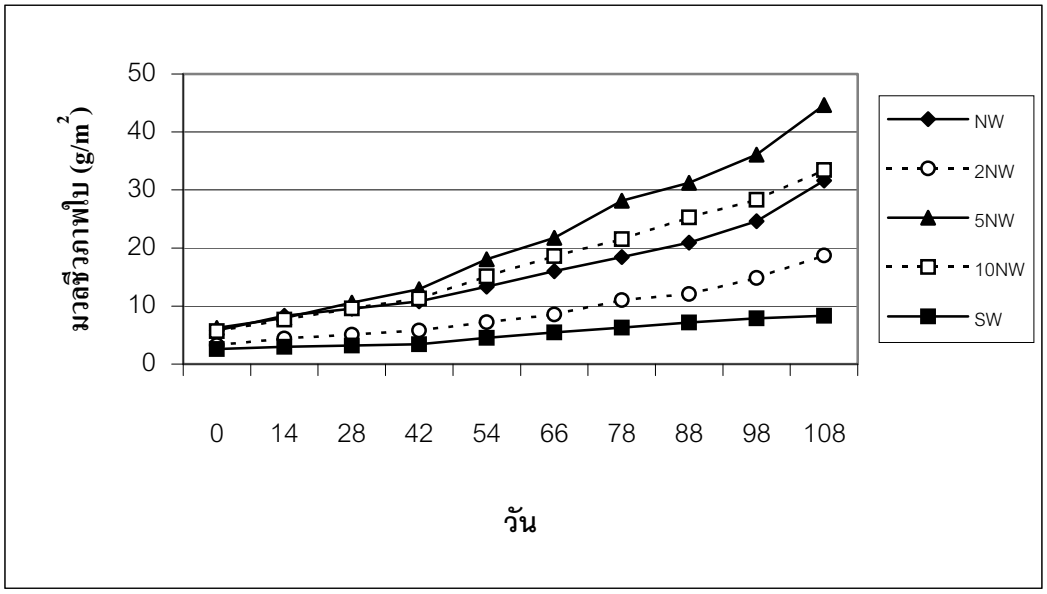


(ข) แสมทะเล

รูปที่ 5-4 มวลชีวภาพใบของกล้าไม้ที่ปลูกในน้ำเสียต่างระดับความเข้มข้น ในระบบกะ โครงการที่ 1-1



(ค) พังกาหัวสุม



(ง) โปรงแดง

รูปที่ 5-4 (ต่อ) มวลชีวภาพใบของกล้าไม้ที่ปลูกในน้ำเสียต่างระดับความเข้มข้น ในระบบกะ โครงการที่ 1-1

5.1.2 องค์ประกอบธาตุอาหารในใบของกล้าไม้ ในระบบกะ ในโครงการย่อยที่ 1-1

การศึกษาองค์ประกอบธาตุอาหารไนโตรเจน และฟอสฟอรัสในใบของกล้าไม้ทั้ง 4 ชนิด ทำการศึกษา 4 ครั้ง คือ ก่อนการทดลอง และภายหลังการทดลองบำบัดน้ำเสียโดยใช้ระยะกักเก็บ 7, 5 และ 3 วัน

ผลการศึกษาสามารถสรุปได้ดังนี้

ปริมาณและการสะสมไนโตรเจนทั้งหมดในใบ

ก่อนการทดลองบำบัดน้ำเสีย ในชุดทดลองที่ใช้บำบัดน้ำเสีย ปริมาณ TN ในใบอ่อนของกล้าไม้โกงกางใบใหญ่ แสมทะเล พังกาหัวสุ ม และโปรงแดง มีค่า 11.360, 33.856, 14.288 และ 9.250 mg/g dry wt. ตามลำดับ เมื่อสิ้นสุดการทดลองปริมาณ TN เพิ่มขึ้นเป็น 15.962-21.815, 22.822-46.927, 17.162-27.562 และ 14.673-19.048 mg/g dry wt. ตามลำดับ (ตารางที่ ข 5 ภาคผนวก ข)

อัตราการสะสม TN ในใบอ่อนของกล้าไม้ทั้ง 4 ชนิด มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อใช้ระยะกักเก็บ 7 วัน โดยมีแนวโน้มว่า กล้าไม้โกงกางใบใหญ่และโปรงแดงมีการสะสม TN สูงกว่ากล้าไม้แสมทะเลและพังกาหัวสุม แต่แนวโน้มดังกล่าวค่อนข้างไม่ชัดเจนและผันแปร แต่เมื่อใช้ระยะกักเก็บ 5 และ 3 วัน ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างกล้าไม้ อย่างไรก็ตามกล้าไม้ทั้ง 4 ชนิดที่ได้รับน้ำเสียมีอัตราการสะสม TN สูงกว่ากล้าไม้ที่ได้รับน้ำทะเลอย่างชัดเจน (ตารางที่ 5-5)

อัตราการสะสม TN ของกล้าไม้ เมื่อใช้ระยะกักเก็บน้ำเสียต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยทั่วไปพบว่า มีอัตราการสะสม TN สูงที่สุด เมื่อใช้ระยะกักเก็บ 7 วัน รองลงมา คือ เมื่อใช้ระยะกักเก็บ 5 วัน และ 3 วัน ตามลำดับ ทั้งนี้เพราะระยะเวลาที่รากพืชสามารถดูดดึงธาตุอาหารในสารละลายดินไปใช้นานขึ้น

อัตราการสะสม TN ของกล้าไม้ เมื่อได้รับน้ำเสียความเข้มข้นต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ พบว่า โดยทั่วไปอัตราการสะสม TN จะสูงขึ้นเมื่อระดับความเข้มข้นของน้ำเสียสูงขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองของ ปวีณา วัฒนสุทธิพงศ์ (2547) ซึ่งพบว่า กล้าไม้โกงกางใบใหญ่ที่ได้รับน้ำเสีย NW, 5 NW, 25 NW ซึ่งก่อนการทดลองมีค่าเฉลี่ย TN อยู่ในช่วง 10.043-10.668 mg/ g ภายหลังการทดลองมีค่าสูงขึ้นเป็น 13.222, 18.562 และ 21.945 mg/g ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นว่าการสะสม TN ในใบมีค่าแปรผันตามความเข้มข้นของน้ำเสียที่ได้รับ ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Cronk and Fennessy (2001) ที่กล่าวว่าพืชสามารถสะสมธาตุอาหารได้สูงกว่าระดับความต้องการที่จะนำไปใช้ในการเจริญเติบโต จึงอาจพบว่าพืชมีการสะสมธาตุอาหารสูงกว่าระดับปกติได้ นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับการศึกษาของ Boto and Wellington (1983) ที่รายงานว่า ภายหลังจากที่ป่าชายเลนได้รับน้ำเสีย 1 ปี พบว่า ใบของพืชสกุลโกงกางมี TN สะสมสูงขึ้น โดยก่อนการทดลองมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 12.00 mg/g ภายหลังการทดลองมีค่าเท่ากับ 14.30 mg/g นอกจากนี้ Clough et al. (1983) รายงานการศึกษาไว้ในลักษณะเดียวกันว่า พืชในป่าชายเลนที่ได้รับน้ำเสียเป็นเวลานานจะมี TN สะสมในใบสูงกว่าพืชในป่าชายเลนบริเวณใกล้เคียงที่ไม่ได้รับน้ำเสีย คือ มี TN เฉลี่ยเท่ากับ 20.40 และ 11.50 mg/g ตามลำดับ นอกจากนี้ Roger et al. (1991) อ้างถึงใน Wong et al. (1995) กล่าวว่าพืชในพื้นที่ชุ่มน้ำเทียมสามารถบำบัด TN จากน้ำเสียได้ถึง 85 % โดยการดูดดึงไปใช้สร้างมวลชีวภาพ

โดยสรุป กล้าไม้ทั้ง 4 ชนิด มีส่วนช่วยในการบำบัด TN จากน้ำเสียโดยการดูดดึงธาตุอาหารไปใช้และสะสมในมวลชีวภาพ ซึ่งปริมาณ TN ที่สะสมจะมีค่าผันแปรตามระดับความเข้มข้นของน้ำเสียที่ได้รับ

ตารางที่ 5-5 ค่าเฉลี่ยการสะสมไนโตรเจนทั้งหมดในใบอ่อนของกล้าไม้ ในระบบกะ โครงการที่ 1-1

ชนิดพืช	ชุดทดลอง	ไนโตรเจนทั้งหมด ก่อนการทดลอง (mg/g dry weight)	การสะสมไนโตรเจนทั้งหมด (mg/g dry weight)		
			ภายหลัง ระยะกักเก็บ 7 วัน	ภายหลัง ระยะกักเก็บ 5 วัน	ภายหลัง ระยะกักเก็บ 3 วัน
โกงกางใบใหญ่	**NW**	11.36±0.232	ข^{b}4.905±0.276^{a}	0.917±0.385^{b}	0.535±0.164^{b}
	2NW		ก^{c}3.738±0.605^{a}	0.504±0.244^{b}	0.360±0.123^{b}
	5NW		ก^{a}9.743±0.833^{a}	0.419±0.243^{b}	0.294±0.209^{b}
	10NW		ข^{b}5.872±0.453^{a}	1.177±0.289^{b}	0.712±0.357^{b}
	SW		ก^{c}3.376±0.658^{a}	0.654±0.290^{b}	0.354±0.070^{b}
แสมทะเล	**NW**	33.856±0.772	ง^{d}-12.810±0.214^{c}	1.121±0.253^{a}	0.655±0.229^{b}
	2NW		ค^{c}-4.871±1.116^{b}	0.909±0.364^{a}	0.635±0.291^{a}
	5NW		ค^{b}2.085±0.647^{a}	1.178±0.551^{ab}	0.337±0.225^{b}
	10NW		ก^{a}10.509±1.969^{a}	1.673±1.118^{b}	0.888±0.511^{b}
	SW		ค^{c}-5.113±0.811^{b}	0.711±0.359^{a}	0.366±0.240^{a}
พังกาหัวสุม	**NW**	14.288±0.757	ค^{b}3.700±0.642^{a}	^{b}0.434±0.406^{b}	0.551±0.721^{b}
	2NW		ข^{c}0.789±1.073	^{a}1.348±0.012	0.738±0.761
	5NW		ค^{b}3.171±0.568^{a}	^{b}0.413±0.312^{b}	0.330±0.307^{b}
	10NW		ก^{a}11.681±1.606^{a}	^{ab}1.063±0.847^{b}	0.531±0.382^{b}
	SW		ข^{d}-2.431±1.154^{b}	^{b}0.481±0.229^{a}	0.321±0.171^{a}
โปรงแดง	**NW**	9.250±0.678	ก^{a}8.954±0.759^{a}	^{c}0.588±0.205^{b}	0.254±0.053^{b}
	2NW		ก^{b}4.144±0.840^{a}	^{bc}0.727±0.419^{b}	0.552±0.333^{b}
	5NW		ข^{b}5.746±0.861^{a}	^{ab}1.331±0.499^{b}	0.681±0.247^{b}
	10NW		ข^{b}6.203±0.946^{a}	^{a}1.467±0.314^{b}	0.632±0.149^{b}
	SW		ก^{c}3.361±0.944^{a}	^{bc}0.637±0.325^{b}	0.364±0.072^{b}

หมายเหตุ ตัวอักษรภาษาอังกฤษมุมซ้ายมือ (แนวตั้ง) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างความเข้มข้นของน้ำเสียอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
ตัวอักษรภาษาอังกฤษมุมขวามือ (แนวนอน) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างช่วงเวลาเก็บตัวอย่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
ตัวอักษรภาษาไทยมุมซ้ายมือ (แนวตั้ง) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างชนิดพืชอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ก่อนการทดลองบำบัดน้ำเสีย ในชุดทดลองที่ใช้บำบัดน้ำเสีย ปริมาณ TN ในใบแก่ของกล้าไม้โกงกางใบใหญ่ แสมทะเล พังกาหัวสุม และโปรงแดง มีค่า 10.500, 23.580, 10.610 และ 6.397 mg/g dry wt. ตามลำดับ เมื่อสิ้นสุดการทดลอง ปริมาณ TN เพิ่มขึ้นเป็น 11.760-20.417, 14.466-26.900, 11.647-15.690 และ 9.428-15.645 mg/g dry wt. ตามลำดับ (ตารางที่ ข 6 ภาคผนวก ข)

อัตราการสะสม TN ในใบแก่ของกล้าไม้ทั้ง 4 ชนิด มีลักษณะเช่นเดียวกับใบอ่อน คือ มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อใช้ระยะกักเก็บ 7 วัน โดยมีแนวโน้มว่า กล้าไม้โกงกางใบใหญ่และโปรงแดงมีการสะสม TN สูงกว่ากล้าไม้แสมทะเลและพังกาหัวสุม แต่แนวโน้มดังกล่าวค่อนข้างไม่ชัดเจนและผันแปร แต่เมื่อใช้ระยะกักเก็บ 5 และ 3 วัน ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างกล้าไม้ อย่างไรก็ตาม กล้าไม้ทั้ง 4 ชนิดที่ได้รับน้ำเสียมีอัตราการสะสม TN สูงกว่ากล้าไม้ที่ได้รับน้ำทะเลอย่างชัดเจน (ตารางที่ 5-6)

อัตราการสะสม TN ในใบแก่ของกล้าไม้ มีลักษณะเช่นเดียวกับใบอ่อน คือ เมื่อใช้ระยะกักเก็บน้ำเสียต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยทั่วไปพบว่า มีอัตราการสะสม TN สูงที่สุด เมื่อใช้ระยะกักเก็บ 7 วัน รองลงมา คือ เมื่อใช้ระยะกักเก็บ 5 วัน และ 3 วัน ตามลำดับ

อัตราการสะสม TN ใบแก่ของกล้าไม้ มีลักษณะเช่นเดียวกับใบอ่อน คือ โดยทั่วไปอัตราการสะสม TN จะสูงขึ้นเมื่อระดับความเข้มข้นของน้ำเสียสูงขึ้น

เมื่อพิจารณาปริมาณและการสะสม TN ในใบแก่โดยรวมจะเห็นว่า การเปลี่ยนแปลงมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกับในใบอ่อน แต่มีปริมาณต่ำกว่า แสดงว่ากล้าไม้จะสามารถดูดดึงไนโตรเจนในน้ำเสียไปสะสมในใบอ่อนได้สูงกว่าในใบแก่

ตารางที่ 5-6 ค่าเฉลี่ยการสะสมไนโตรเจนทั้งหมดในใบแก่ของกล้าไม้ ในระบบกะ โครงการที่ 1-1

ชนิดพืช	ชุดทดลอง	ไนโตรเจนทั้งหมดก่อนการทดลอง (mg/g dry weight)	การสะสมไนโตรเจนทั้งหมด (mg/g dry weight)		
			ภายหลังระยะกักเก็บ 7 วัน	ภายหลังระยะกักเก็บ 5 วัน	ภายหลังระยะกักเก็บ 3 วัน
โกงกางใบใหญ่	**NW**	10.500±0.085	^{ขb}2.528±0.137^{a}	^{ab}0.608±0.414^{b}	^{c}0.020±0.227^{c}
	2NW		^{ขb}2.281±0.999^{a}	^{a}0.884±0.352^{b}	^{ab}0.577±0.317^{b}
	5NW		^{กa}8.271±0.537^{a}	^{a}0.918±0.327^{b}	^{a}0.729±0.068^{b}
	10NW		^{กa}7.173±0.499^{a}	^{a}0.876±0.421^{b}	^{bc}0.308±0.185^{b}
	SW		^{กขc}1.047±0.767	^{ab}0.120±0.043	^{c}0.093±0.045
แสมทะเล	**NW**	23.580±0.406	^{งc}-7.683±0.116^{b}	^{b}0.265±0.238^{a}	0.388±0.147^{a}
	2NW		^{คc}-7.797±0.462^{b}	^{b}0.468±0.228^{a}	0.372±0.099^{a}
	5NW		^{คa}2.750±0.679^{a}	^{b}0.326±0.086^{b}	0.245±0.179^{b}
	10NW		^{คb}-1.704±0.718^{b}	^{a}1.257±0.682^{a}	0.657±0.534^{a}
	SW		^{คd}-9.528±0.597^{b}	^{b}0.289±0.071^{a}	0.125±0.107^{a}
พังกาหัวสุม	**NW**	10.610±0.092	^{คb}0.025±0.528	0.805±0.058	0.577±0.174
	2NW		^{กa}4.564±1.025^{a}	0.236±0.134^{b}	0.113±0.098^{b}
	5NW		^{ขa}4.116±0.442^{a}	0.584±0.468^{b}	0.380±0.291^{b}
	10NW		^{ขa}3.953±0.582^{a}	0.672±0.649^{b}	0.453±0.276^{b}
	SW		^{ขb}0.715±0.634	0.173±0.158	0.149±0.135
โปรงแดง	**NW**	6.397±0.330	^{งa}7.798±0.579^{a}	0.848±0.349^{b}	0.602±0.354^{b}
	2NW		^{กขc}3.079±0.713^{a}	0.420±0.378^{b}	0.448±0.319^{b}
	5NW		^{ขb}4.572±0.706^{a}	1.071±0.393^{b}	0.568±0.264^{b}
	10NW		^{กa}7.420±0.784^{a}	0.435±0.310^{b}	0.285±0.249^{b}
	SW		^{กc}2.138±0.643^{a}	0.585±0.602^{b}	0.308±0.175^{b}

หมายเหตุ ตัวอักษรภาษาอังกฤษมุมซ้ายมือ (แนวตั้ง) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างความเข้มข้นของน้ำเสียอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
ตัวอักษรภาษาอังกฤษมุมขวามือ (แนวนอน) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างช่วงเวลาเก็บตัวอย่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
ตัวอักษรภาษาไทยมุมซ้ายมือ (แนวตั้ง) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างชนิดพืชอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ปริมาณและการสะสมฟอสฟอรัสทั้งหมดในใบ

ก่อนการทดลองบำบัดน้ำเสีย ในชุดทดลองที่ใช้บำบัดน้ำเสีย ปริมาณ TP ในใบอ่อนของกล้าไม้โกงกางใบใหญ่ แสมทะเล พังกาหัวสุ ม และโปรงแดง มีค่า 0.322, 0.784, 0.280 และ 0.216 mg/g dry wt. ตามลำดับ เมื่อสิ้นสุดการทดลอง ปริมาณ TP เพิ่มขึ้นเป็น 0.216-0.410, 0.826-1.222, 0.332-0.372 และ 0.229-0.295 mg/g dry wt. ตามลำดับ (ตารางที่ ข 7 ภาคผนวก ข)

อัตราการสะสม TP ในใบอ่อนของกล้าไม้ทั้ง 4 ชนิด มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่มีค่าผันแปรและไม่ชัดเจน ไม่สามารถสรุปได้ว่า กล้าไม้ใดมีการสะสม TP สูงที่สุด (ตารางที่ 5-7) ทั้งนี้เพราะพืชต้องการฟอสฟอรัสสูงเฉพาะในช่วงเจริญพันธุ์ (Wong et al., 1995)

อัตราการสะสม TP ในใบอ่อนของกล้าไม้ เมื่อใช้ระยะกักเก็บน้ำเสียต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยทั่วไปมีแนวโน้มว่า เมื่อระยะกักเก็บนานขึ้นการสะสม TP จะสูงขึ้น

อัตราการสะสม TP ของกล้าไม้ เมื่อได้รับน้ำเสียความเข้มข้นต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ มีแนวโน้มว่า เมื่อใช้ระยะกักเก็บ 7 วัน กล้าไม้ที่ได้รับน้ำเสีย 10NW จะมีอัตราการสะสม TP สูงกว่ากล้าไม้ที่ได้รับน้ำเสีย 5NW, 2NW และ NW แต่ค่าดังกล่าวค่อนข้างผันแปร เมื่อใช้ระยะกักเก็บ 5 วัน และ 3 วัน นอกจากอัตราการสะสม TP จะต่ำกว่าเมื่อใช้ระยะกักเก็บ 7 วันแล้ว ยังพบว่า การสะสม TP ไม่ผันแปรตามระดับความเข้มข้นของน้ำเสีย ทั้งนี้น่าจะเป็นเพราะกล้าไม้ดูดดึง TP ไปใช้ได้น้อยเนื่องจากระยะกักเก็บสั้น และ pH ของดินที่สูงกว่า 7.2 ทำให้ออร์โธฟอสเฟตอยู่ในรูป PO_4^{3-} เป็นส่วนใหญ่ พืชจึงดูดดึงไปใช้ได้จำกัด (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2545)

ก่อนการทดลองบำบัดน้ำเสีย ในชุดทดลองที่ใช้บำบัดน้ำเสีย ปริมาณ TP ในใบแก่ของกล้าไม้โกงกางใบใหญ่ แสมทะเล พังกาหัวสุม และโปรงแดง มีค่า 0.188, 0.390, 0.158 และ 0.129 mg/g dry wt. ตามลำดับ เมื่อสิ้นสุดการทดลอง ปริมาณ TP เพิ่มขึ้นเป็น 0.180-0.222, 0.256-0.500, 0.145-0.335 และ 0.119-0.165 mg/g dry wt. ตามลำดับ (ตารางที่ ข 8 ภาคผนวก ข)

อัตราการสะสม TP ในใบแก่ของกล้าไม้ทั้ง 4 ชนิด มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่มีค่าผันแปรและไม่ชัดเจน ไม่สามารถสรุปได้ว่า กล้าไม้ใดมีการสะสม TP สูงที่สุด (ตารางที่ 5-8)

อัตราการสะสม TP ในใบแก่ของกล้าไม้ เมื่อใช้ระยะกักเก็บน้ำเสียต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยทั่วไปมีแนวโน้มว่า เมื่อระยะกักเก็บนานขึ้นการสะสม TP จะสูงขึ้น

อัตราการสะสม TP ของกล้าไม้ เมื่อได้รับน้ำเสียความเข้มข้นต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ มีแนวโน้มว่า เมื่อใช้ระยะกักเก็บ 7 วัน และ 5 วัน กล้าไม้ที่ได้รับน้ำเสีย 10NW มีอัตราการสะสม TP สูงกว่ากล้าไม้ที่ได้รับน้ำเสีย 5NW, 2NW และ NW แต่แนวโน้มดังกล่าวค่อนข้างไม่ชัดเจนและผันแปร นอกจากนี้เมื่อใช้ระยะกักเก็บ 3 วัน จะมีอัตราการสะสม TP ต่ำกว่าเมื่อใช้ระยะกักเก็บ 7 วัน อีกทั้งการสะสม TP ไม่ผันแปรตามระดับความเข้มข้นของน้ำเสีย

ตารางที่ 5-7 ค่าเฉลี่ยการสะสมฟอสฟอรัสทั้งหมดในใบอ่อนของกล้าไม้ ในระบบกะ โครงการที่ 1-1

ชนิดพืช	ชุดทดลอง	ฟอสฟอรัสทั้งหมด ก่อนการทดลอง (mg/g dry weight)	การสะสมฟอสฟอรัสทั้งหมด (mg/g dry weight)		
			ภายหลัง ระยะกักเก็บ 7 วัน	ภายหลัง ระยะกักเก็บ 5 วัน	ภายหลัง ระยะกักเก็บ 3 วัน
โกงกางใบใหญ่	NW	0.322±0.004	^{คd}-0.126±0.014^{b}	^{ขb}0.010±0.001^{a}	^{กขa}0.008±0.005^{a}
	2NW		^{ขb}0.083±0.008^{a}	^{กa}0.022±0.006^{b}	^{งbc}-0.081±0.006^{c}
	5NW		^{ขc}0.062±0.002^{a}	^{ขb}0.011±0.003^{b}	^{กa}0.014±0.006^{b}
	10NW		^{กa}0.119±0.007^{a}	^{คb}0.012±0.003^{b}	^{คc}-0.089±0.010^{c}
	SW		^{กc}0.063±0.100^{a}	^{คb}0.007±0.002^{b}	^{ขb}-0.075±0.008^{c}
แสมทะเล	NW	0.784±0.123	^{งc}-0.178±0.011^{c}	^{กb}0.209±0.005^{a}	^{กa}0.011±0.006^{b}
	2NW		^{ขb}0.076±0.009^{a}	^{กขc}0.014±0.009^{b}	^{ขc}-0.020±0.006^{c}
	5NW		^{ขb}0.075±0.013^{b}	^{ก}a0.353±0.004^{a}	^{ขb}0.000±0.004^{c}
	10NW		^{กa}0.134±0.013^{a}	^{กc}0.070±0.010^{b}	^{งa}-0.150±0.004^{c}
	SW		^{คd}-0.253±0.009^{c}	^{ขd}0.032±0.006^{a}	^{กab}0.004±0.001^{b}
พังกาหัวสุม	NW	0.280±0.006	^{กc}0.051±0.003^{a}	^{คc}0.003±0.005^{b}	^{ขa}-0.003±0.009^{b}
	2NW		^{กa}0.132±0.011^{a}	^{ขc}0.006±0.006^{b}	^{คb}-0.044±0.009^{c}
	5NW		^{กb}0.113±0.007^{a}	^{ขc}0.011±0.004^{b}	^{คc}-0.070±0.009^{c}
	10NW		^{ขd}0.038±0.006^{a}	^{ขb}0.045±0.005^{a}	^{กa}0.007±0.005^{b}
	SW		^{ขe}0.001±0.003^{b}	^{กa}0.117±0.007^{a}	^{กa}0.000±0.011^{b}
โปรงแดง	NW	0.216±0.120	^{ขbc}0.027±0.017	^{ขb}0.014±0.004	^{กa}0.016±0.006
	2NW		^{คd}-0.027±0.018^{b}	^{กa}0.024±0.005^{a}	^{กa}0.016±0.007^{a}
	5NW		^{ขa}0.070±0.014^{a}	^{ขc}0.004±0.003^{b}	^{กขb}0.004±0.006^{b}
	10NW		^{ขab}0.043±0.018^{a}	^{คbc}0.011±0.005^{b}	^{ขc}-0.033±0.006^{c}
	SW		^{ขcd}-0.001±0.013	^{คbc}0.006±0.005	^{กb}0.003±0.004

หมายเหตุ ตัวอักษรภาษาอังกฤษมุมซ้ายมือ (แนวตั้ง) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างความเข้มข้นของน้ำเสียอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
ตัวอักษรภาษาอังกฤษมุมขวามือ (แนวนอน) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างช่วงเวลาเก็บตัวอย่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
ตัวอักษรภาษาไทยมุมซ้ายมือ (แนวตั้ง) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างชนิดพืชอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 5-8 ค่าเฉลี่ยการสะสมฟอสฟอรัสทั้งหมดในใบแก่ของกล้าไม้ ในระบบกะ โครงการที่ 1-1

ชนิดพืช	ชุดทดลอง	ฟอสฟอรัสทั้งหมดก่อนการทดลอง (mg/g dry weight)	การสะสมฟอสฟอรัสทั้งหมด (mg/g dry weight)		
			ภายหลังระยะกักเก็บ 7 วัน	ภายหลังระยะกักเก็บ 5 วัน	ภายหลังระยะกักเก็บ 3 วัน
โกงกางใบใหญ่	NW	0.188±0.006	^{ศd}-0.012±0.004^{b}	^{b}0.002±0.003^{a}	^{กa}0.003±0.002^{a}
	2NW		^{ฃc}0.027±0.010^{a}	^{a}0.008±0.004^{b}	^{ศb}-0.032±0.003^{c}
	5NW		^{กa}0.094±0.009^{a}	^{ฃb}0.003±0.006^{b}	^{ศd}-0.089±0.005^{b}
	10NW		^{ฃb}0.079±0.004^{a}	^{ฃb}0.009±0.006^{b}	^{ศc}-0.059±0.005^{c}
	SW		^{ฃd}-0.005±0.009^{b}	^{กa}0.033±0.006^{a}	^{กa}0.006±0.003^{c}
แสมทะเล	NW	0.390±0.003	$^{ง d}$-0.122±0.004^{b}	^{b}0.007±0.007^{a}	^{กbc}0.003±0.009^{a}
	2NW		^{ศb}-0.002±0.006	^{b}0.003±0.003	^{ฃbc}-0.002±0.004
	5NW		^{กa}0.087±0.003^{a}	^{ฃb}0.013±0.009^{b}	^{กab}0.010±0.006^{a}
	10NW		$^{ง c}$-0.059±0.006^{b}	^{กa}0.032±0.008^{a}	^{กa}0.019±0.011^{b}
	SW		^{ศd}-0.131±0.007^{c}	^{ฃb}0.006±0.004^{a}	^{ฃc}-0.008±0.004^{b}
พังกาหัวสุม	NW	0.158±0.005	^{กb}0.083±0.007^{a}	^{b}0.004±0.004^{b}	^{ศc}-0.032±0.007^{c}
	2NW		^{กb}0.078±0.004^{a}	^{a}0.029±0.021^{b}	$^{ง d}$-0.121±0.005^{c}
	5NW		^{ศd}-0.020±0.006^{c}	^{กa}0.034±0.007^{a}	^{กa}0.017±0.008^{c}
	10NW		^{กa}0.147±0.002^{a}	^{กa}0.026±0.008^{b}	^{ฃb}0.003±0.008^{c}
	SW		^{กc}0.035±0.008^{a}	^{กb}0.003±0.003^{b}	^{ศc}-0.036±0.004^{c}
โปรงแดง	NW	0.129±0.009	^{ฃa}0.038±0.007^{a}	^{ab}0.005±0.006^{b}	^{ฃc}-0.013±0.006^{c}
	2NW		^{ศb}-0.008±0.007^{b}	^{a}0.012±0.006^{a}	^{กa}0.009±0.003^{a}
	5NW		^{ฃb}0.005±0.006^{ab}	^{ฃa}0.014±0.0006^{a}	^{ฃb}-0.003±0.007^{b}
	10NW		^{ศb}-0.006±0.008	^{ฃb}-0.001±0.007	^{ฃb}-0.003±0.004
	SW		^{กa}0.040±0.004	^{ศc}-0.014±0.007	^{กa}0.009±0.002

หมายเหตุ ตัวอักษรภาษาอังกฤษมุมซ้ายมือ (แนวตั้ง) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างความเข้มข้นของน้ำเสียอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
ตัวอักษรภาษาอังกฤษมุมขวามือ (แนวนอน) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างช่วงเวลาเก็บตัวอย่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
ตัวอักษรภาษาไทยมุมซ้ายมือ (แนวตั้ง) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างชนิดพืชอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

5.2 การเจริญเติบโตและองค์ประกอบธาตุอาหารของกล้าไม้ ในระบบเติมต่อเนื่อง ในโครงการย่อยที่ 1-1

5.2.1 การเจริญเติบโตของกล้าไม้ในระบบเติมต่อเนื่อง ในโครงการย่อยที่ 1-1

การเจริญเติบโตด้านความสูง

ก่อนการทดลองบำบัดน้ำเสีย ในชุดทดลองที่ใช้บำบัดน้ำเสีย กล้าไม้โกงกางใบใหญ่มีความสูงเฉลี่ยสูงสุดอยู่ระหว่าง 59.55-66.34 เซนติเมตร อันดับที่ 2 คือ แสมทะเล 55.01-64.90 เซนติเมตร อันดับที่ 3 คือ พังกาหัวสุมดอกแดง 41.85-45.49 เซนติเมตร และโปรงแดงมีความสูงเฉลี่ยต่ำสุด 38.50-42.01 เซนติเมตร ตามลำดับ เมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่า แสมทะเลมีความสูงเฉลี่ยสูงสุดอยู่ระหว่าง 80.75-95.81 เซนติเมตร อันดับที่ 2 คือ โกงกางใบใหญ่ 67.19-72.64 เซนติเมตร อันดับที่ 3 คือ พังกาหัวสุม 53.06-63.59 เซนติเมตร และโปรงแดง มีความสูงเฉลี่ยต่ำสุด 47.55-53.39 เซนติเมตร (ตารางที่ ข 9 ภาคผนวก ข)

อัตราการเพิ่มพูนความสูงของกล้าไม้ทั้ง 4 ชนิด มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยภายหลังการทดลองทุกระยะกักเก็บ พบว่า แสมทะเลมีอัตราการเพิ่มพูนความสูงสูงที่สุด ขณะที่กล้าไม้โกงกางใบใหญ่ พังกาหัวสุม และโปรงแดง มีอัตราการเพิ่มพูนความสูงต่ำกว่าและมีค่าใกล้เคียงกัน (ตารางที่ 5-9)

อัตราการเพิ่มพูนความสูงของกล้าไม้ เมื่อใช้ระยะเวลากักเก็บน้ำเสียต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ พบว่า เมื่อใช้ระยะกักเก็บ 3 วัน กล้าไม้ทุกชนิดมีอัตราการเพิ่มพูนความสูงสูงที่สุด เรียงตามลำดับดังนี้คือ แสมทะเล 10.36-22.95 เซนติเมตร/เดือน พังกาหัวสุม 7.48-13.80 เซนติเมตร/เดือน โปรงแดง 4.84-5.48 เซนติเมตร/เดือน และโกงกางใบใหญ่ 2.66-3.70 เซนติเมตร/เดือน และเมื่อใช้ระยะกักเก็บ 7 วัน และ 5 วัน พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเฉพาะในชุดการทดลองที่ปลูกกล้าไม้โปรงแดง โดยเมื่อใช้ระยะกักเก็บ 5 วัน จะมีอัตราการเพิ่มพูนความสูงกว่าใช้ระยะกักเก็บ 7 วัน ส่วนกล้าไม้โกงกางใบใหญ่ พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ระหว่างระยะกักเก็บ แต่อัตราการเพิ่มพูนความสูงมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเช่นเดียวกับกล้าไม้ชนิดอื่น

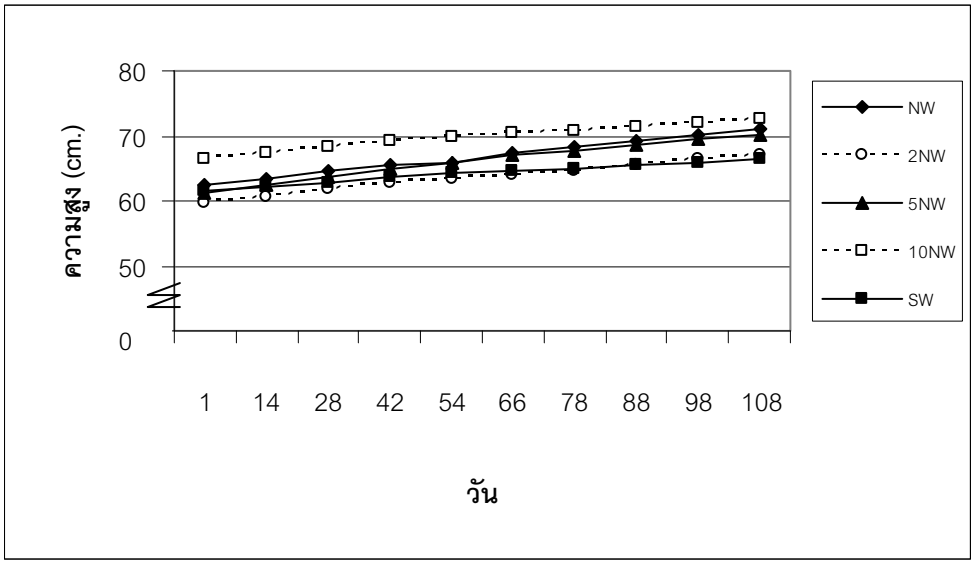
สาเหตุที่กล้าไม้ส่วนใหญ่มีอัตราการเพิ่มพูนความสูง สูงที่สุดเมื่อใช้ระยะกักเก็บ 3 วัน เนื่องจาก สภาพที่มีน้ำท่วมขังไม่นานมากนัก สภาพรีดิวซ์ที่เกิดขึ้นจะไม่สูงมากนักหรือค่ารีดอกซ์โพเทนเชียลไม่ลดต่ำมาก ทำให้กล้าไม้มีออกซิเจนเพียงพอสำหรับการดำเนินปฏิกิริยาต่างๆ ให้เป็นไปโดยปกติ เช่น ปฏิกิริยาการสังเคราะห์แสง ซึ่งถ้าพืชอยู่ในสภาพที่มีน้ำท่วมขังนาน ปฏิกิริยาการสังเคราะห์แสงจะลดลงจากปกติ เนื่องจากการที่ใบพืชมีน้ำไม่เพียงพอ เพราะรากไม่สามารถทำหน้าในการดูดซึมน้ำได้เป็นปกติ ซึ่งเป็นผลจากการขาดออกซิเจนในดิน ทำให้มีผลกระทบต่อการเจริญเติบโต หรือการสร้างมวลชีวภาพของพืช (Pezeshki, 2001)

อัตราการเพิ่มพูนความสูงของกล้าไม้ เมื่อได้รับน้ำเสียความเข้มข้นต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ไม่สามารถบ่งชี้ได้ว่าน้ำเสียความเข้มข้นใด มีผลอัตราการเพิ่มพูนความสูงมากที่สุด โดยอัตราการเพิ่มพูนความสูงจะมีค่าใกล้เคียงกัน (รูปที่ 5-5)

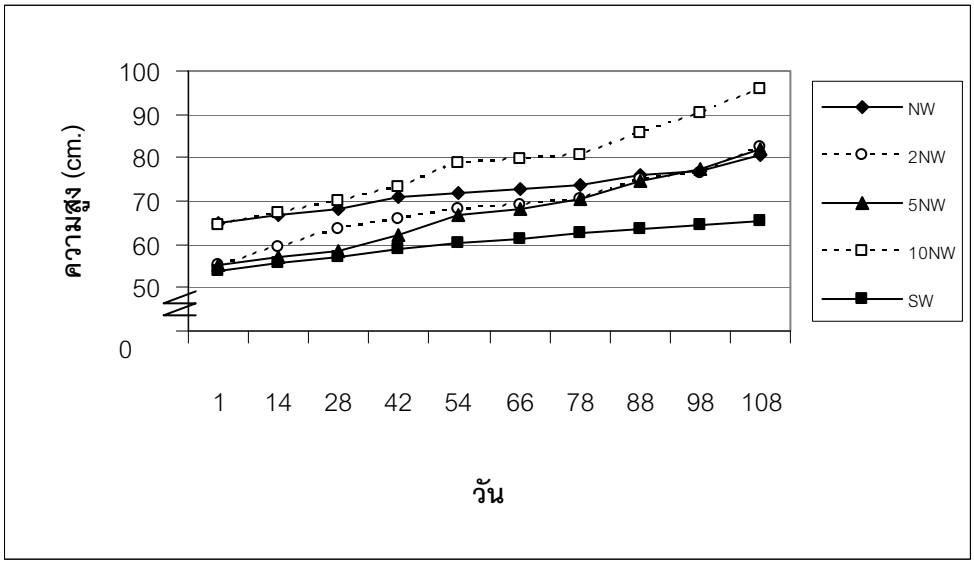
ตารางที่ 5-9 อัตราการเพิ่มพูนความสูงของกล้าไม้ ในระบบต่อเนื่อง โครงการที่ 1-1

ชนิดพืช	ชุดทดลอง	ความสูงก่อนการทดลอง (cm)	อัตราการเพิ่มพูนความสูงต่อเดือน (cm)		
			ภายหลังระยะกักเก็บ 7 วัน	ภายหลังระยะกักเก็บ 5 วัน	ภายหลังระยะกักเก็บ 3 วัน
โกงกางใบใหญ่	NW	62.43±6.13	ข3.39±1.93	ขab3.34±1.29	คa3.70±2.06
	2NW	59.55±8.63	ขค3.29±1.76	ขbc2.67±1.27	คa3.65±1.69
	5NW	61.32±6.92	ข3.76±2.35	คa3.59±1.73	คa3.69±1.99
	10NW	66.34±9.60	ข3.02±2.35	คcd2.14±1.09	คab2.66±1.51
	SW	61.57±8.40	กข2.17±1.42	ขคd1.63±1.15	ขb1.94±1.48
แสมทะเล	NW	64.90±10.09	กc6.25±3.42b	ขb3.89±1.99b	กc10.36±7.04a
	2NW	55.01±11.49	กa11.79±6.69b	กb5.71±4.65c	กb18.13±8.95a
	5NW	55.16±11.33	กbc7.37±6.10b	กa10.26±5.46b	กb17.66±10.96a
	10NW	64.25±11.43	กab9.59±3.98b	กa9.14±7.64b	กa22.95±9.57a
	SW	53.83±11.59	กd3.68±2.55	กb4.16±2.46	กd4.44±3.62
พังกาหัวสุม	NW	41.85±6.40	ขb3.42±1.62b	ขbc3.79±1.81b	ขb7.48±3.78a
	2NW	45.49±7.17	ขa4.83±3.34b	กa5.49±2.57b	ขa13.80±6.76a
	5NW	44.25±6.97	ขb3.32±2.77b	คc3.16±2.14b	ขb9.08±5.80a
	10NW	42.18±7.22	ขbc2.82±1.90b	ขab4.73±1.87b	ขb7.84±5.92a
	SW	42.98±5.44	ขc1.81±1.13a	คd1.19±0.75b	ขc2.00±1.11a
โปรงแดง	NW	42.01±3.91	ขa3.08±2.43b	กa6.27±1.98a	ขคa5.23±2.51a
	2NW	39.48±4.79	คa2.23±1.56b	กขb4.22±1.24a	คa4.84±1.69a
	5NW	39.18±3.85	ขa2.63±1.58b	ขa5.72±2.71a	คa5.10±1.77a
	10NW	38.50±4.31	ขa2.10±1.21b	ขคb4.29±1.59a	ขคa5.48±3.54a
	SW	39.60±3.98	กb0.63±0.52b	ขc2.17±1.34a	ขb2.38±1.71a

หมายเหตุ ตัวอักษรภาษาอังกฤษมุมซ้ายมือ (แนวตั้ง) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างความเข้มข้นของน้ำเสียอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
ตัวอักษรภาษาอังกฤษมุมขวามือ (แนวนอน) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างช่วงเวลาเก็บตัวอย่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
ตัวอักษรภาษาไทยมุมซ้ายมือ (แนวตั้ง) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างชนิดพืชอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

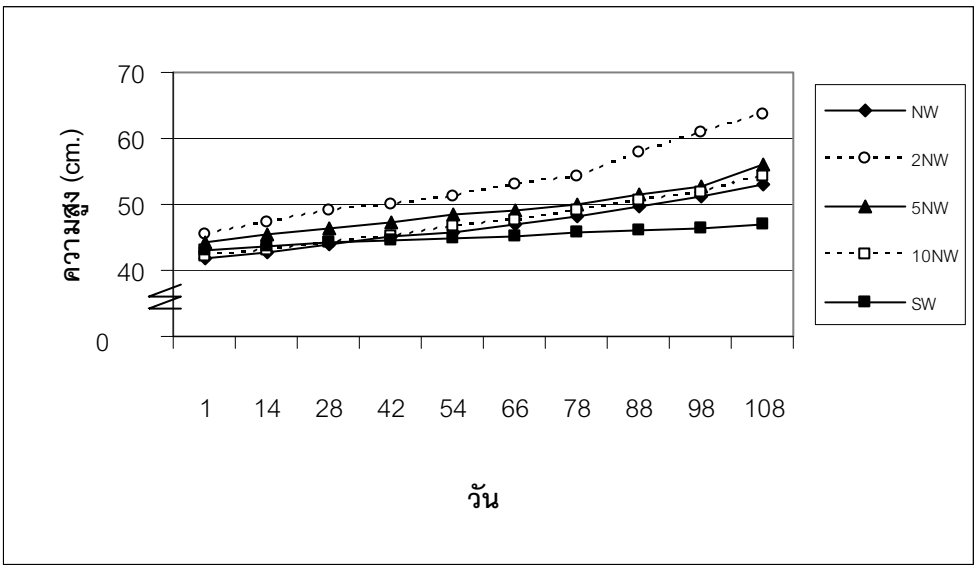


(ก) โกงกางใบใหญ่

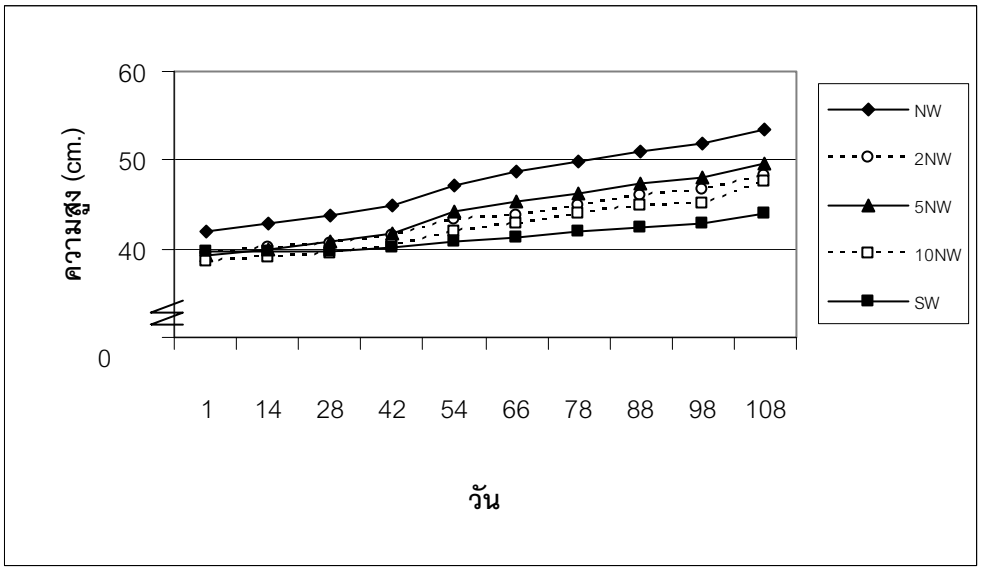


(ข) แสมทะเล

รูปที่ 5-5 การเจริญเติบโตด้านความสูงของกล้าไม้ที่ได้รับน้ำเสียต่างระดับความเข้มข้น ในระบบต่อเนื่อง โครงการที่ 1-1



(ค) พังกาหัวสุม



(ง) โปรงแดง

รูปที่ 5-5 (ต่อ) การเจริญเติบโตด้านความสูงของกล้าไม้ที่ได้รับน้ำเสียต่างระดับความเข้มข้น ในระบบต่อเนื่อง โครงการที่

การเจริญเติบโตด้านเส้นผ่าศูนย์กลาง

ก่อนการทดลองบำบัดน้ำเสีย ในชุดทดลองที่ใช้บำบัดน้ำเสีย กล้าไม้โกงกางใบใหญ่ แสมทะเล พังกาหัวสุม และโปรงแดง มีเส้นผ่าศูนย์กลางอยู่ระหว่าง 1.56-1.63, 0.55-0.65, 0.55-0.62 และ 0.55-0.61 เซนติเมตร ตามลำดับ เมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่า มีเส้นผ่าศูนย์กลางเพิ่มขึ้นเป็น 1.80-1.93, 0.77-0.94, 0.82-0.95 และ 0.73-0.82 เซนติเมตร ตามลำดับ (ตารางที่ ข 10 ภาคผนวก ข)

อัตราการเพิ่มพูนเส้นผ่าศูนย์กลางของกล้าไม้ทั้ง 4 ชนิด มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ พบว่าเมื่อใช้ระยะกักเก็บ 7 วัน โกงกางใบใหญ่มีอัตราการเพิ่มพูนเส้นผ่าศูนย์กลางสูงที่สุด และเมื่อใช้ระยะกักเก็บ 5 และ 3 วัน พังกาหัวสุมมีอัตราการเพิ่มพูนเส้นผ่าศูนย์กลางสูงที่สุด (ตารางที่ 5-10) ทั้งนี้เพราะโกงกาง เป็นพืชที่ขึ้นอยู่บริเวณด้านนอกของป่าชายเลน เจริญเติบโตได้ดีแม้มีการท่วมขังของน้ำทะเล ส่วนพังกาหัวสุมเป็นพืชที่สามารถเจริญเติบโตได้ดีในบริเวณที่น้ำท่วมถึงขณะน้ำขึ้นสูงตามปกติ (สนิท อักษรแก้ว, 2542) ดังนั้นจึงมีอัตราการเพิ่มพูนเส้นผ่าศูนย์กลางสูง ในช่วงที่ระยะกักเก็บน้ำไม่นาน

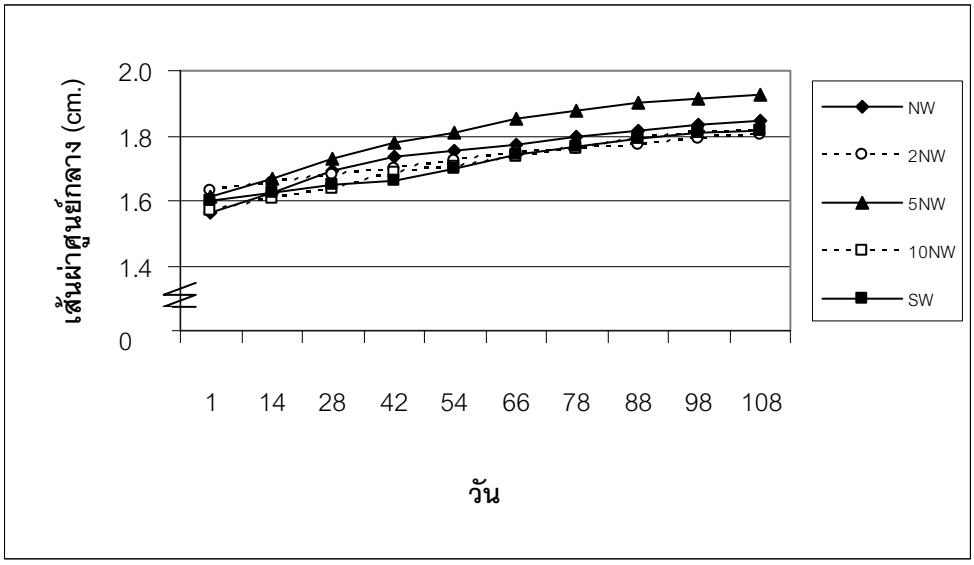
สำหรับกล้าไม้โปรงแดง และแสมทะเล พบว่า อัตราการเพิ่มพูนเส้นผ่าศูนย์กลางสูงที่สุดเมื่อใช้ระยะกักเก็บ 3 วัน รองลงมาคือ 5 วัน และต่ำสุดเมื่อใช้ระยะกักเก็บ 7 วัน ทั้งนี้เพราะโปรงแดง และแสมทะเลเป็นพืชที่ขึ้นอยู่บริเวณด้านในของชายฝั่ง ถัดจากไม้โกงกาง (สนิท อักษรแก้ว, 2542) ดังนั้นจึงเจริญเติบโตได้ดีในสภาวะที่มีระยะกักเก็บน้ำไม่นาน เพราะการที่มีน้ำท่วมขังเป็นเวลานานจะทำให้การเจริญเติบโต หรือการสร้างมวลชีวภาพของพืชลดลงได้ (Pezeshki, 2001)

อัตราการเพิ่มพูนเส้นผ่าศูนย์กลางของกล้าไม้ทั้ง 4 ชนิด เมื่อได้รับน้ำเสียความเข้มข้นต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และค่าค่อนข้างใกล้เคียงกัน มีแนวโน้มว่ากล้าไม้มีอัตราการเพิ่มพูนเส้นผ่าศูนย์กลางสูงที่สุดเมื่อได้รับน้ำเสียความเข้มข้น 5NW และ 10NW แต่ที่เห็นได้ชัดเจนคือ กล้าไม้ทุกชนิดที่ได้รับน้ำเสียมีอัตราการเพิ่มพูนเส้นผ่าศูนย์กลางสูงกว่ากล้าไม้ที่ได้รับน้ำทะเล (รูปที่ 5-6)

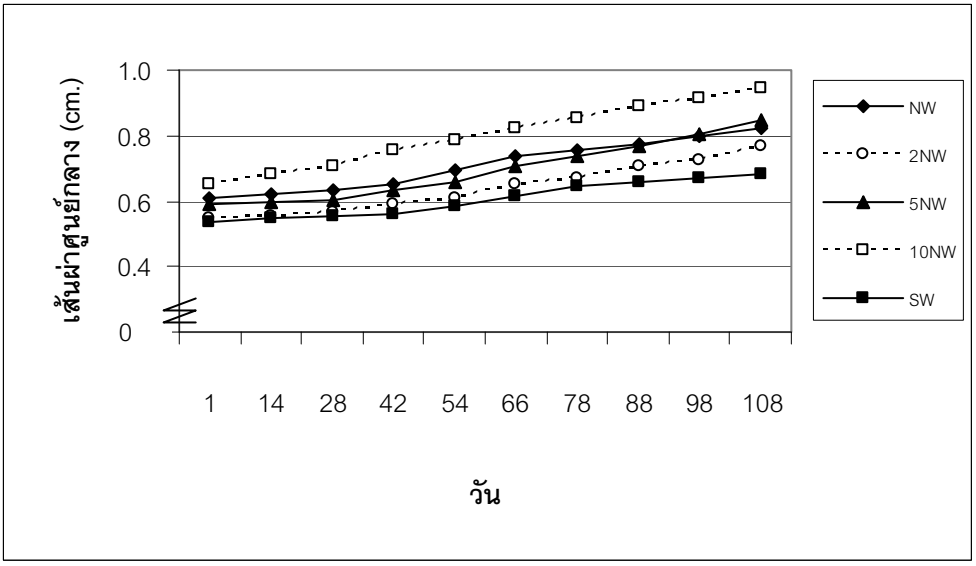
ตารางที่ 5-10 อัตราการเพิ่มพูนเส้นผ่าศูนย์กลางของกล้าไม้ ในระบบต่อเนื่อง โครงการที่ 1-1

ชนิดพืช	ชุดทดลอง	เส้นผ่าศูนย์กลางก่อนการทดลอง (cm)	อัตราการเพิ่มพูนเส้นผ่าศูนย์กลางต่อเดือน (cm)		
			ภายหลังระยะกักเก็บ 7 วัน	ภายหลังระยะกักเก็บ 5 วัน	ภายหลังระยะกักเก็บ 3 วัน
โกงกางใบใหญ่	NW	1.56±0.21	กa0.18±0.11a	ฝb0.08±0.05b	ก0.07±0.04b
	2NW	1.63±0.24	ขc0.06±0.04b	ฝb0.08±0.04a	ฝ0.05±0.03b
	5NW	1.61±0.17	กa0.18±0.10a	a0.13±0.07b	ฝ0.07±0.05c
	10NW	1.57±0.20	กb0.12±0.08	ab0.10±0.06	ก0.08±0.06
	SW	1.60±0.21	กc0.06±0.04b	กa0.13±0.06a	0.07±0.05b
แสมทะเล	NW	0.61±0.08	ขb0.05±0.03c	ก0.13±0.05a	ขคb0.10±0.04b
	2NW	0.55±0.08	ขb0.04±0.03c	ฝ0.10±0.05b	กa0.14±0.05a
	5NW	0.59±0.09	ขb0.05±0.02b	0.13±0.07a	กa0.16±0.09a
	10NW	0.65±0.10	กa0.11±0.04	0.12±0.05	กขa0.14±0.05
	SW	0.54±0.06	ขc0.03±0.02c	ก0.11±0.06a	c0.05±0.03b
พังกาหัวสุม	NW	0.55±0.08	ขb0.06±0.03c	กb0.14±0.05b	กa0.22±0.06a
	2NW	0.62±0.10	กa0.09±0.04b	กa0.17±0.08a	กb0.17±0.10a
	5NW	0.56±0.10	ขa0.08±0.03b	c0.10±0.05b	กb0.15±0.06a
	10NW	0.57±0.11	ขab0.07±0.03c	bc0.12±0.06b	กb0.16±0.07a
	SW	0.51±0.07	ขc0.03±0.02b	ขd0.05±0.03a	c0.06±0.03a
โปรงแดง	NW	0.61±0.06	ขa0.06±0.03b	ขab0.10±0.05a	ขa0.12±0.07a
	2NW	0.55±0.06	ขab0.04±0.03b	ขab0.10±0.05a	ขb0.08±0.05a
	5NW	0.56±0.05	ขa0.05±0.03b	a0.10±0.04a	ขab0.10±0.05a
	10NW	0.56±0.06	ขa0.06±0.03b	a0.12±0.05a	ขab0.12±0.05a
	SW	0.56±0.07	ขb0.03±0.03b	ขb0.07±0.06a	c0.04±0.04b

หมายเหตุ ตัวอักษรภาษาอังกฤษมุมซ้ายมือ (แนวตั้ง) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างความเข้มข้นของน้ำเสียอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
ตัวอักษรภาษาอังกฤษมุมขวามือ (แนวนอน) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างช่วงเวลาเก็บตัวอย่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
ตัวอักษรภาษาไทยมุมซ้ายมือ (แนวตั้ง) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างชนิดพืชอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

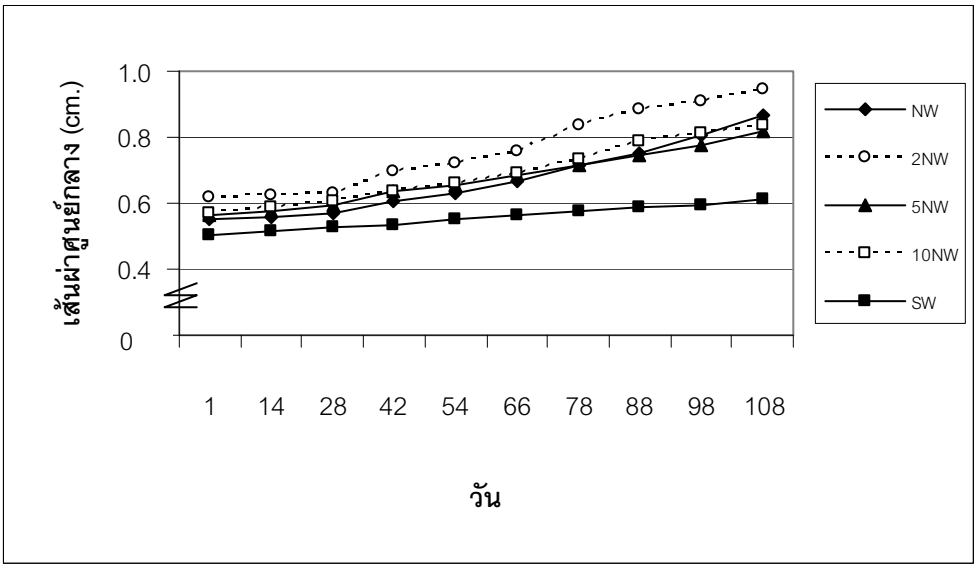


(ก) โกงกางใบใหญ่

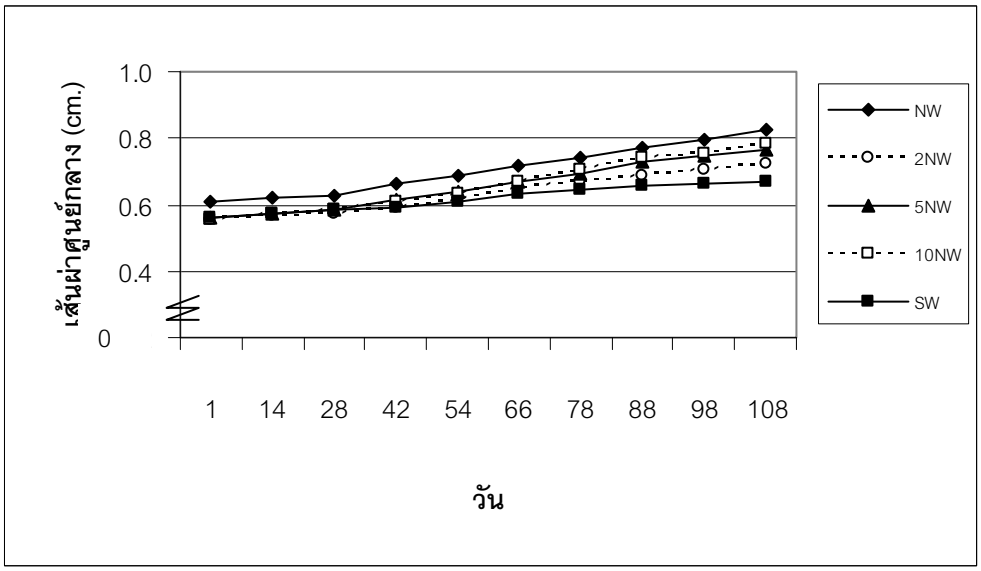


(ข) แสมทะเล

รูปที่ 5-6 การเจริญเติบโตด้านเส้นผ่าศูนย์กลางของกล้าไม้ที่ได้รับน้ำเสียต่างระดับความเข้มข้น ในระบบต่อเนื่อง โครงการที่ 1-1



(ค) พังกาหัวสุม



(ง) โปรงแดง

รูปที่ 5-6 (ต่อ) การเจริญเติบโตด้านเส้นผ่าศูนย์กลางของกล้าไม้ที่ได้รับน้ำเสียต่างระดับความเข้มข้น ในระบบต่อเนื่อง โครงการที่ 1-1

การเจริญเติบโตด้านมวลชีวภาพ

ก่อนการทดลองบำบัดน้ำเสีย ในชุดทดลองที่ใช้บำบัดน้ำเสีย กล้าไม้โกงกางใบใหญ่ แสมทะเล พังกาหัวสุม และโปรงแดง มีมวลชีวภาพลำต้นอยู่ในช่วง 67.20-71.66, 9.84-14.16, 11.55-15.19 และ 7.46-9.09 กรัม/ม^2 ตามลำดับ เมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่า มีมวลชีวภาพลำต้นเพิ่มขึ้นเป็น 91.09-104.29, 21.66-32.32, 29.93-43.85 และ 13.10-17.06 กรัม/ม^2 ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นว่าโกงกางใบใหญ่มีมวลชีวภาพลำต้นสูงกว่ากล้าไม้อื่นอย่างชัดเจน รองลงมาคือ พังกาหัวสุม แสมทะเล และโปรงแดง ตามลำดับ (ตารางที่ ข 11 ภาคผนวก ข)

ก่อนการทดลองบำบัดน้ำเสีย ในชุดทดลองที่ใช้บำบัดน้ำเสีย กล้าไม้โกงกางใบใหญ่ แสมทะเล พังกาหัวสุม และโปรงแดง มีมวลชีวภาพใบอยู่ระหว่าง 9.35-10.04, 5.75-8.21, 3.37-5.76 และ 5.23-8.09 กรัม/ม^2 ตามลำดับ เมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่า มีมวลชีวภาพใบเพิ่มขึ้นเป็น 13.04-15.09, 12.46-18.46, 22.18-47.79 และ 20.47-38.20 กรัม/ม^2 ตามลำดับ (ตารางที่ ข 12 ภาคผนวก ข)

อัตราการเพิ่มพูนมวลชีวภาพลำต้นของกล้าไม้ทั้ง 4 ชนิด มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยโกงกางใบใหญ่มีอัตราการเพิ่มพูนมวลชีวภาพลำต้นสูงสุด อันดับที่ 2 คือ พังกาหัวสุม อันดับที่ 3 คือ แสมทะเล ส่วนโปรงแดงมีอัตราการเพิ่มพูนมวลชีวภาพลำต้นต่ำสุด (ตารางที่ 5-11)

อัตราการเพิ่มพูนมวลชีวภาพลำต้นของกล้าไม้ เมื่อใช้ระยะกักเก็บน้ำเสียต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเมื่อใช้ระยะกักเก็บ 3 วัน กล้าไม้แสมทะเล พังกาหัวสุม และโปรงแดง มีอัตราการเพิ่มพูนสูงกว่าเมื่อใช้ระยะกักเก็บ 5 และ 7 วัน ทั้งนี้เพราะระยะกักเก็บ 3 วัน ทำให้ออกซิเจนในชุดทดลองไม่ลดลงมาก กล้าไม้จึงมีออกซิเจนสำหรับดำเนินปฏิกิริยาต่างๆ อย่างเพียงพอจึงมีการเจริญเติบโตดี แต่ในชุดทดลองที่มีระยะเวลากักเก็บ 5 วัน และ 7 วัน ออกซิเจนในชุดทดลองจะลดต่ำลง ทำให้มีผลกระทบต่อการเจริญเติบโต หรือการสร้างมวลชีวภาพของกล้าไม้ (Pezeshki, 2001)

อัตราการเพิ่มพูนมวลชีวภาพลำต้นของกล้าไม้ ที่ได้รับน้ำเสียความเข้มข้นต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ไม่สามารถสรุปได้ว่าน้ำเสียระดับความเข้มข้นใดทำให้อัตราการเพิ่มพูนมวลชีวภาพลำต้นของกล้าไม้สูงที่สุด อย่างไรก็ตาม กล้าไม้ทั้ง 4 ชนิด ที่ได้รับน้ำเสียมีอัตราการเพิ่มพูนมวลชีวภาพลำต้นสูงกว่ากล้าไม้ที่ได้รับน้ำทะเลอย่างชัดเจน (ตารางที่ 5-11 และรูปที่ 5-7)

อัตราการเพิ่มพูนมวลชีวภาพลำต้นของกล้าไม้ เมื่อใช้ระยะกักเก็บน้ำเสียต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ มีแนวโน้มว่าเมื่อใช้ระยะเวลากักเก็บ 3 วัน กล้าไม้มีอัตราการเพิ่มพูนมวลชีวภาพสูงกว่าเมื่อใช้ระยะกักเก็บ 5 วัน และ 7 วัน ตามลำดับ แต่แนวโน้มดังกล่าวค่อนข้างไม่ชัดเจนและผันแปรมาก

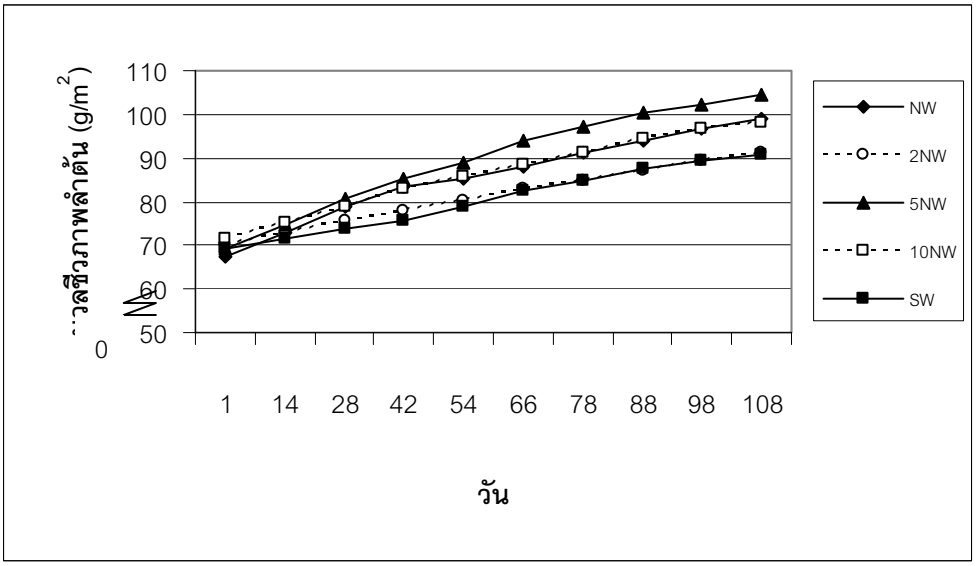
อัตราการเพิ่มพูนชีวภาพใบของกล้าไม้ทั้ง 4 ชนิด มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยโปรงแดงจะมีอัตราการเพิ่มพูนมวลชีวภาพใบสูงสุด อันดับที่ 2 คือ พังกาหัวสุม อันดับที่ 3 คือ แสมทะเล และโกงกางใบใหญ่มีอัตราการเพิ่มพูนมวลชีวภาพต่ำสุด (ตารางที่ 5-12)

อัตราการเพิ่มพูนมวลชีวภาพใบของกล้าไม้ที่รับน้ำเสียความเข้มข้นต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยกล้าไม้โกงกางใบใหญ่ และโปรงแดงมีแนวโน้มการเพิ่มพูนมวลชีวภาพใบสูงเมื่อได้รับน้ำเสีย NW กล้าไม้พังกาหัวสุมมีแนวโน้มการเพิ่มพูนมวลชีวภาพใบสูงเมื่อได้รับน้ำเสีย 2NW ขณะที่กล้าไม้แสมทะเลมีแนวโน้มการเพิ่มพูนมวลชีวภาพใบสูงเมื่อได้รับน้ำเสียที่มีความเข้มข้น10 NW อย่างไรก็ตามกล้าไม้ทั้ง 4 ชนิด ที่ได้รับน้ำเสียมีอัตราการเพิ่มพูนมวลชีวภาพใบสูงกว่ากล้าไม้ที่ได้รับน้ำทะเลอย่างชัดเจน (ตารางที่ 5-12 และรูปที่ 5-8)

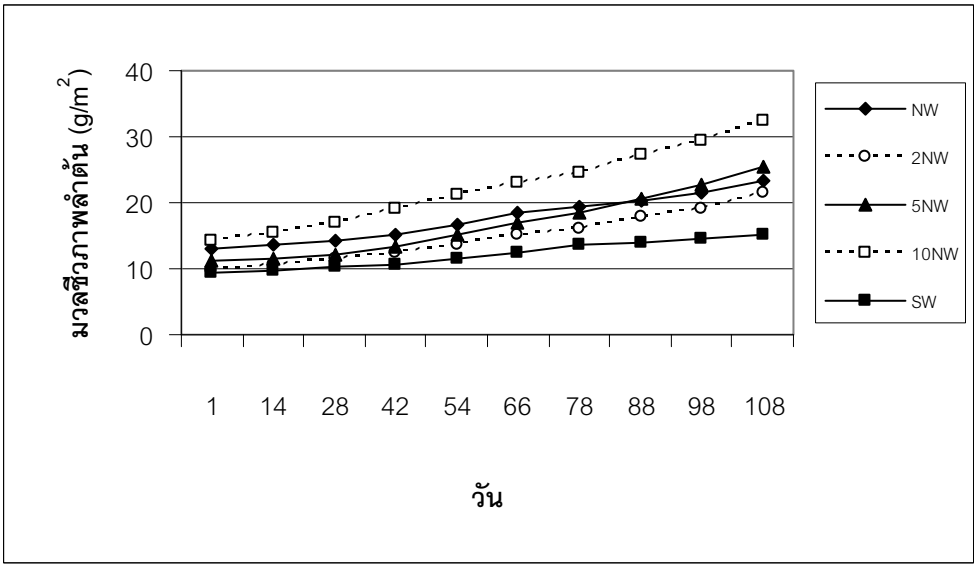
ตารางที่ 5-11 อัตราการเพิ่มพูนมวลชีวภาพลำต้นของกล้าไม้ ในระบบต่อเนื่อง โครงการที่ 1-1

ชนิดพืช	ชุดทดลอง	เส้นผ่าศูนย์กลางก่อนการทดลอง (cm)	อัตราการเพิ่มพูนเส้นผ่าศูนย์กลางต่อเดือน (cm)		
			ภายหลังระยะกักเก็บ 7 วัน	ภายหลังระยะกักเก็บ 5 วัน	ภายหลังระยะกักเก็บ 3 วัน
โกงกางใบใหญ่	NW	67.20±17.27	กa 11.53±6.23 a	กb 6.74±3.81 b	ข 7.73±3.93 b
	2NW	70.28±22.34	กbc 5.53±4.19	ขb 5.76±2.53	ข 6.16±3.59
	5NW	69.42±17.33	กa 11.37±5.43 a	กa 9.71±3.97 ab	ก 7.29±3.12 b
	10NW	71.66±21.63	กb 8.15±5.36	กb 6.98±3.61	ก 6.84±4.42
	SW	69.23±18.85	กc 4.44±2.55 b	กab 7.84±3.27 a	ก 5.76±3.43 b
แสมทะเล	NW	12.99±3.76	ขb 1.59±0.79 b	คab 3.45±1.26 a	คc 4.05±1.81 a
	2NW	9.84±3.02	คb 1.89±0.83 b	คb 2.88±1.43 b	ขb 5.72±2.85 a
	5NW	11.13±4.13	ขb 1.63±0.77 c	ขa 4.29±2.74 b	กab 6.84±4.31 a
	10NW	14.16±3.89	ขa 3.57±1.33 b	ขa 4.49±1.82 b	กa 7.78±2.83 a
	SW	9.39±2.51	ขc 0.91±0.52 c	ขb 2.42±1.04 a	ขd 1.52±0.74 b
พังกาหัวสุม	NW	11.55±3.80	ขb 2.10±1.12 c	ขb 4.95±2.23 b	กb 10.33±3.76 a
	2NW	15.19±5.19	ขa 3.88±2.21 c	กa 8.17±4.89 b	กa 13.43±7.73 a
	5NW	12.67±4.88	ขb 2.73±1.23 b	ขb 4.11±2.51 b	กb 8.51±4.97 a
	10NW	12.59±5.48	ขคb 2.44±1.04 c	ขb 4.84±2.59 b	กb 8.64±5.10 a
	SW	10.19±3.29	ขc 0.95±0.66 b	ขคc 1.56±0.96 a	ขc 1.85±1.01 a
โปรงแดง	NW	9.09±1.59	ขa 1.27±0.67 b	คa 2.50±0.97 a	คa 3.20±1.89 a
	2NW	7.57±1.64	คbc 0.76±0.43 b	คa 1.98±0.88 a	คb 2.08±1.14 a
	5NW	7.66±1.29	ขab 1.04±0.52 b	คa 2.29±0.75 a	ขab 2.51±1.07 a
	10NW	7.46±1.77	คb 0.97±0.38 b	คa 2.40±0.95 a	ขab 12.77±1.21 a
	SW	7.65±1.77	ขc 0.49±0.34 b	คb 1.24±0.95 a	ขc 1.06±1.02 a

หมายเหตุ ตัวอักษรภาษาอังกฤษมุมซ้ายมือ (แนวตั้ง) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างความเข้มข้นของน้ำเสียอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
ตัวอักษรภาษาอังกฤษมุมขวามือ (แนวนอน) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างช่วงเวลาเก็บตัวอย่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
ตัวอักษรภาษาไทยมุมซ้ายมือ (แนวตั้ง) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างชนิดพืชอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

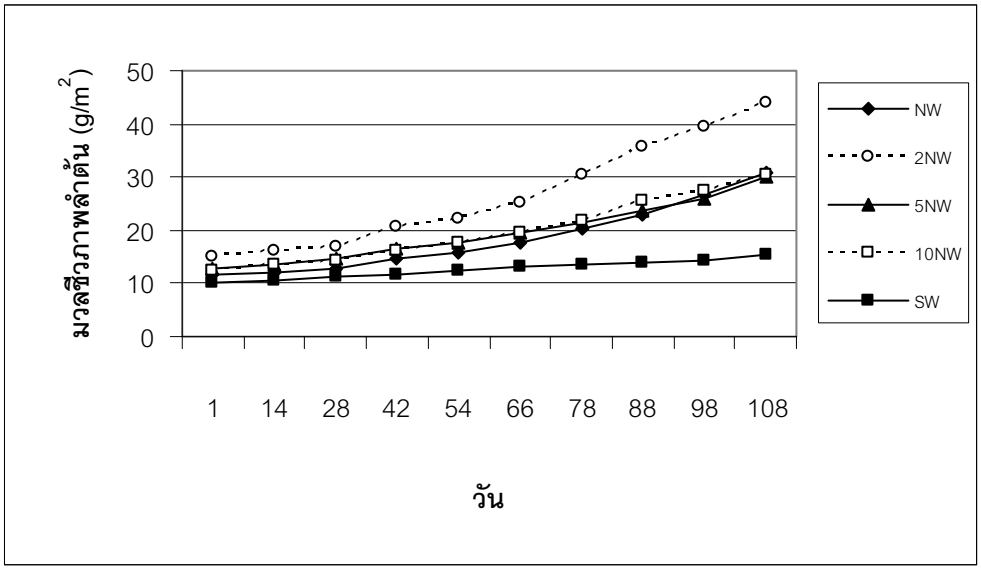


(ก) โกงกางใบใหญ่

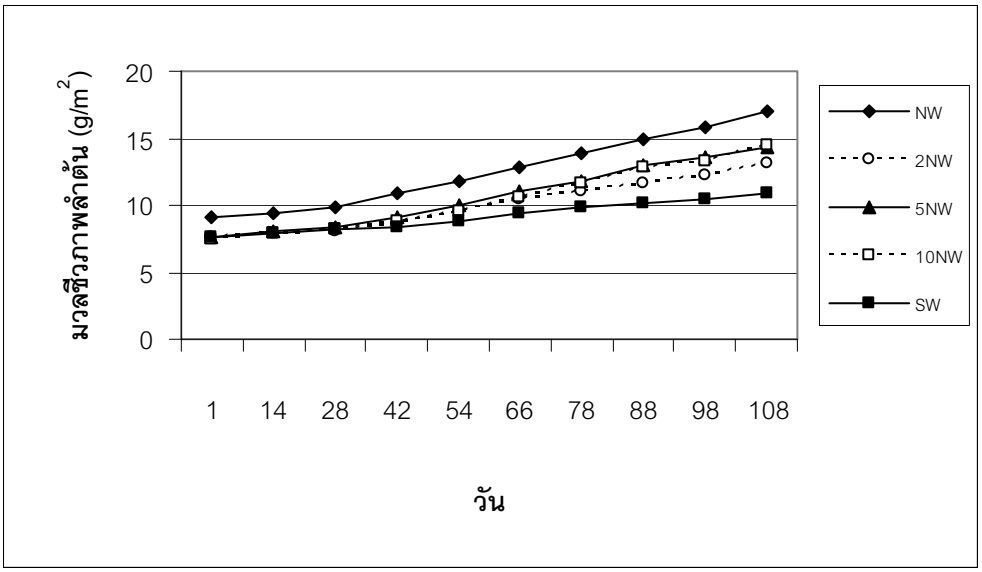


(ข) แสมทะเล

รูปที่ 5-7 มวลชีวภาพลำต้นของกล้าไม้ที่ได้รับน้ำเสียต่างระดับความเข้มข้น ในระบบต่อเนื่อง โครงการที่ 1-1



(ค) พังกาหัวสุม



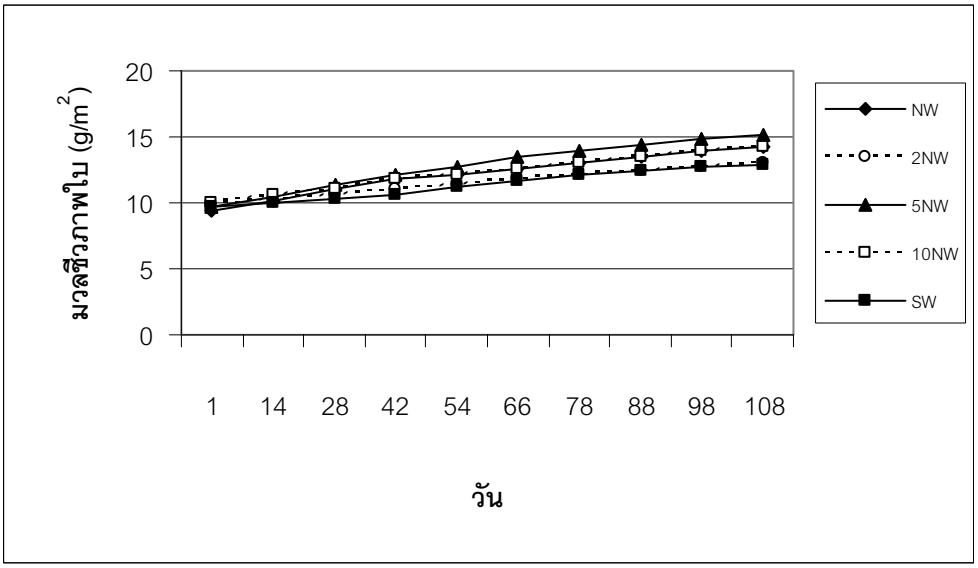
(ง) โปรงแดง

รูปที่ 5-7 (ต่อ) มวลชีวภาพลำต้นของกล้าไม้ที่ได้รับน้ำเสียต่างระดับความเข้มข้น ในระบบต่อเนื่อง โครงการที่ 1-1

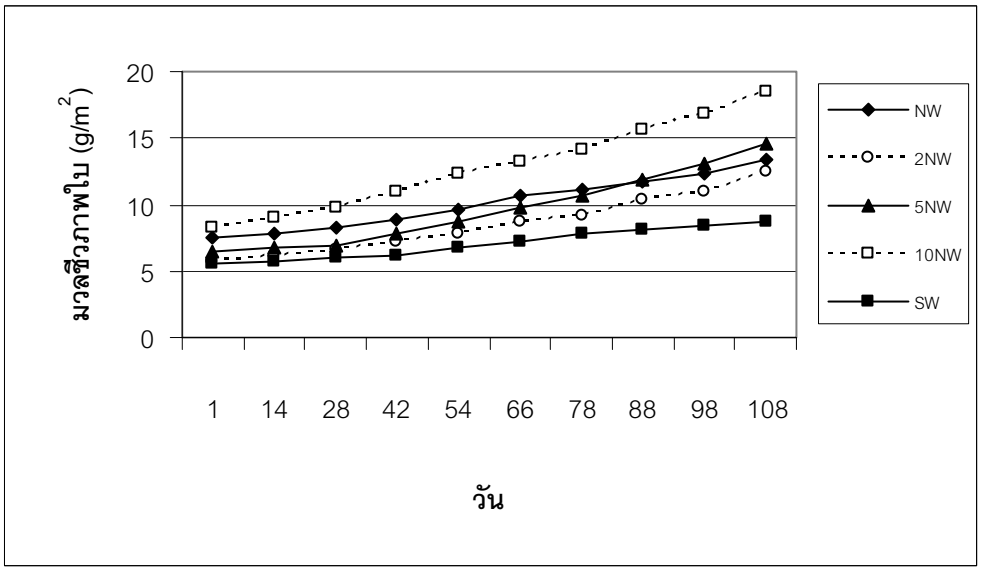
ตารางที่ 5-12 อัตราการเพิ่มพูนมวลชีวภาพใบของกล้าไม้ ในระบบต่อเนื่อง โครงการที่ 1-1

ชนิดพืช	ชุดทดลอง	เส้นผ่าศูนย์กลางก่อนการทดลอง (cm)	อัตราการเพิ่มพูนเส้นผ่าศูนย์กลางต่อเดือน (cm)		
			ภายหลังระยะกักเก็บ 7 วัน	ภายหลังระยะกักเก็บ 5 วัน	ภายหลังระยะกักเก็บ 3 วัน
โกงกางใบใหญ่	NW	9.35±2.61	ข,ก a1.77±0.97 a	ค b1.05±0.61 b	ข 1.21±0.63 b
	2NW	9.83±3.37	ข bc0.84±0.66	ค b0.89±0.40	ข 0.96±0.58
	5NW	9.68±2.64	ก a1.75±0.85 a	ค,ก a1.51±0.62 ab	ข 1.15±0.50 b
	10NW	10.04±3.30	ข b1.25±0.85	ค b1.09±0.58	ข 1.08±0.71
	SW	9.66±2.85	ก,ข c0.68±0.40 b	ข,ก a1.21±0.51 a	ข 0.90±0.54 b
แสมทะเล	NW	7.55±2.14	ค b0.91±0.45 b	ค,ก ab1.96±0.71 a	ข c2.28±1.02 a
	2NW	5.75±1.73	ข b1.08±0.47 b	ค b1.64±0.80 b	ข b3.24±1.60 a
	5NW	6.48±2.36	ข b0.93±0.44 c	ค,ก a2.43±1.54 b	ข,ก ab3.86±2.40 a
	10NW	8.21±2.22	ก a2.03±0.75 b	ค,ก a2.53±1.02 b	ข,ก a4.37±1.58 a
	SW	5.49±1.44	ข c0.52±0.30 c	ข b1.38±0.59 a	ข d0.87±0.42 b
พังกาหัวสุม	NW	3.37±2.09	ข,ค bc1.32±1.04 c	ข b4.14±2.91 b	ก b12.06±7.45 a
	2NW	5.76±3.51	ก a3.49±2.84 b	ก a10.40±9.57 b	ก a24.66±20.90 a
	5NW	4.15±3.05	ก b1.85±1.19 b	ข b3.84±3.11 b	ก b10.82±8.95 a
	10NW	4.24±3.45	ก,ข b1.63±1.05 b	ข b4.44±3.49 b	ก b11.28±9.88 a
	SW	2.64±1.70	ข c0.51±0.42 b	ข c0.94±0.76 a	ข c1.22±0.92 a
โปรงแดง	NW	8.09±3.38	ก a3.17±2.25 c	ก a8.28±4.53 b	ก a15.73±14.36 a
	2NW	5.34±2.76	ข bc1.39±0.96 b	ข b5.01±3.21 a	ข b7.18±6.14 a
	5NW	5.34±2.07	ก b1.97±1.28 c	ก b6.03±2.99 b	ก b9.10±5.77 a
	10NW	5.23±2.97	ก,ข b1.76±1.00 c	ก ab6.30±3.80 b	ก b10.16±6.55 a
	SW	5.56±3.64	ก c0.82±0.59 b	ก c2.70±2.63 a	ก c3.16±4.02 a

หมายเหตุ ตัวอักษรภาษาอังกฤษมุมซ้ายมือ (แนวตั้ง) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างความเข้มข้นของน้ำเสียอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
ตัวอักษรภาษาอังกฤษมุมขวามือ (แนวนอน) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างช่วงเวลาเก็บตัวอย่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
ตัวอักษรภาษาไทยมุมซ้ายมือ (แนวตั้ง) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างชนิดพืชอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

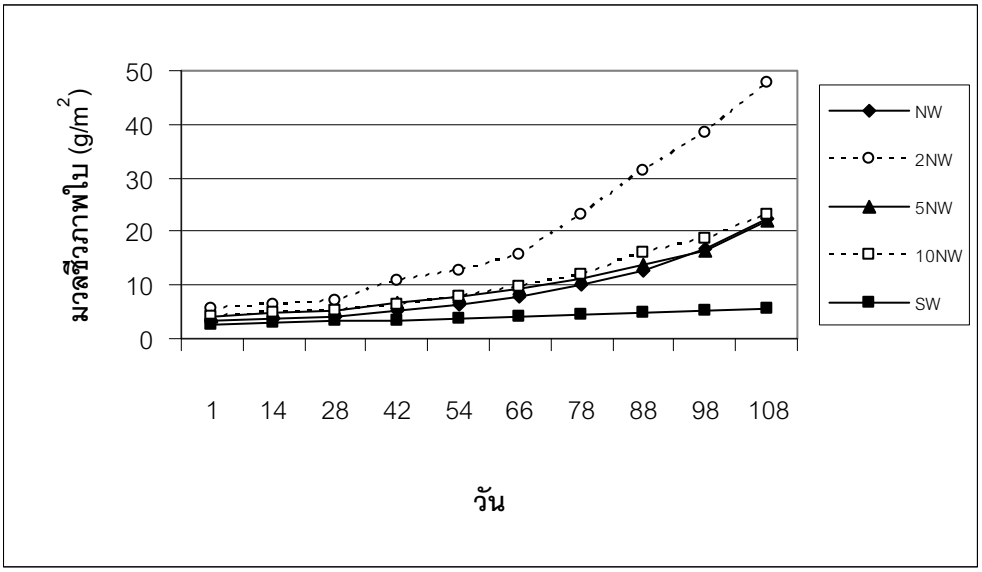


(ก) โกงกางใบใหญ่

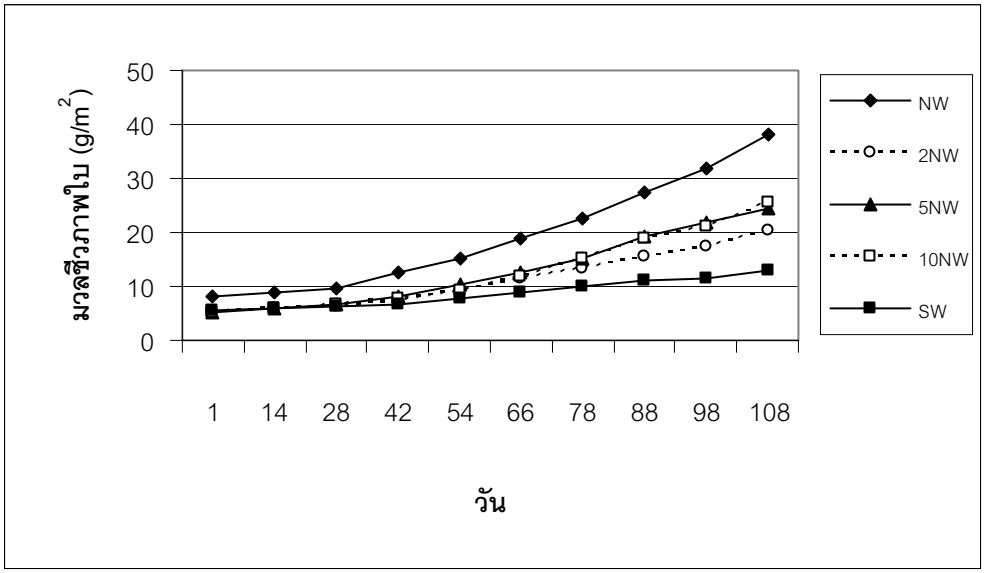


(ข) แสมทะเล

รูปที่ 5-8 มวลชีวภาพใบของกล้าไม้ที่ได้รับน้ำเสียต่างระดับความเข้มข้น ในระบบต่อเนื่อง โครงการที่ 1-1



(ค) พังกาหัวสุม



(ง) โปรงแดง

รูปที่ 5-8 (ต่อ) มวลชีวภาพใบของกล้าไม้ที่ได้รับน้ำเสียต่างระดับความเข้มข้น ในระบบต่อเนื่อง โครงการที่ 1-1

5.2.2 องค์ประกอบธาตอาหารในใบของกล้าไม้ในระบบเติมต่อเนื่อง ในโครงการย่อยที่ 1-1

ปริมาณและการสะสมไนโตรเจนทั้งหมดในใบ

ก่อนการทดลองบำบัดน้ำเสีย ในชุดทดลองที่ใช้บำบัดน้ำเสีย ปริมาณ TN ในใบอ่อนของกล้าไม้โกงกางใบใหญ่ แสมทะเล พังกาหัวสุม และโปรงแดง มีค่า 11.360, 33.856, 14.288 และ 9.250 mg/g dry wt. ตามลำดับ เมื่อสิ้นสุดการทดลองปริมาณ TN เพิ่มขึ้นเป็น 16.024-22.359, 23.892-47.426, 17.028-28.564 และ 14.761-18.972 mg/g dry wt. ตามลำดับ (ตารางที่ ข 13 ภาคผนวก ข)

อัตราการสะสม TN ในใบอ่อนของกล้าไม้ทั้ง 4 ชนิด มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อใช้ระยะกักเก็บ 7 วัน โดยมีแนวโน้มว่ากล้าไม้โกงกางใบใหญ่และโปรงแดงมีการสะสม TN สูงกว่ากล้าไม้แสมทะเลและพังกาหัวสุม แต่แนวโน้มดังกล่าวค่อนข้างไม่ชัดเจนและผันแปร และเมื่อใช้ระยะกักเก็บ 5 วัน และ 3 วัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเช่นกัน แต่อย่างไรก็ตามค่าจะใกล้เคียงกัน แต่ที่เห็นได้ชัดเจนคือ กล้าไม้ทั้ง 4 ชนิดที่ได้รับน้ำเสียมีอัตราการสะสม TN สูงกว่ากล้าไม้ที่ได้รับน้ำทะเลอย่างชัดเจน (ตารางที่ 5-13)

อัตราการสะสม TN ในใบอ่อนของกล้าไม้ เมื่อใช้ระยะกักเก็บน้ำเสียต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยทั่วไปพบว่า มีอัตราการสะสม TN สูงที่สุด เมื่อใช้ระยะกักเก็บ 7 วัน รองลงมา คือ เมื่อใช้ระยะกักเก็บ 5 วัน และ 3 วัน ตามลำดับ ทั้งนี้เพราะเมื่อมีระยะเวลากักเก็บนานขึ้นจะทำให้กล้าไม้สามารถดูดดึงไนโตรเจนไปใช้ในการเจริญเติบโตและสะสมในใบได้ดีขึ้น

อัตราการสะสม TN ในใบอ่อนของกล้าไม้ เมื่อได้รับน้ำเสียความเข้มข้นต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ พบว่าโดยทั่วไปอัตราการสะสม TN จะผันแปรตามระดับความเข้มข้นของน้ำเสีย

ก่อนการทดลองบำบัดน้ำเสีย ในชุดทดลองที่ใช้บำบัดน้ำเสีย ปริมาณ TN ในใบแก่ของกล้าไม้โกงกางใบใหญ่ แสมทะเล พังกาหัวสุม และโปรงแดง มีค่า TN 10.500, 23.580, 10.610 และ 6.397 mg/g dry wt. ตามลำดับ เมื่อสิ้นสุดการทดลองปริมาณ TN เพิ่มขึ้นเป็น 11.584-20.201, 15.752-33.804, 11.703-17.224 และ 9.584-16.114 mg/g dry wt. ตามลำดับ (ตารางที่ ข 14 ภาคผนวก ข)

อัตราการสะสม TN ในใบแก่ของกล้าไม้ทั้ง 4 ชนิด มีลักษณะเดียวกับอัตราการสะสม TN ในใบอ่อน คือ มีแนวโน้มว่า กล้าไม้โกงกางใบใหญ่และโปรงแดงมีการสะสม TN สูงกว่ากล้าไม้แสมทะเลและพังกาหัวสุม แต่แนวโน้มดังกล่าวค่อนข้างไม่ชัดเจนและผันแปร (ตารางที่ 5-14)

อัตราการสะสม TN ของกล้าไม้ เมื่อใช้ระยะกักเก็บน้ำเสียต่างกัน มีลักษณะเดียวกับอัตราการสะสม TN ในใบอ่อน คือ โดยทั่วไปพบว่า อัตราการสะสม TN เมื่อใช้ระยะกักเก็บ 7วัน สูงกว่าเมื่อใช้ระยะกักเก็บ 5 วัน และ 3 วัน ตามลำดับ

อัตราการสะสม TN ของกล้าไม้ เมื่อได้รับน้ำเสียความเข้มข้นต่างกัน มีลักษณะเดียวกับอัตราการสะสม TN ในใบอ่อน คือ โดยทั่วไปอัตราการสะสม TN จะผันแปรตามระดับความเข้มข้นของน้ำเสีย

เมื่อพิจารณาปริมาณและการสะสม TN ในใบแก่โดยรวมจะเห็นว่า การเปลี่ยนแปลงมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกับในใบอ่อน แต่ปริมาณ TN ในใบแก่ต่ำกว่าในใบอ่อน

ตารางที่ 5-13 ค่าเฉลี่ยการสะสมไนโตรเจนทั้งหมดในใบอ่อนของกล้าไม้ ในระบบต่อเนื่อง โครงการที่ 1-1

ชนิดพืช	ชุดทดลอง	ไนโตรเจนทั้งหมดก่อนการทดลอง (mg/g dry wt)	การสะสมไนโตรเจนทั้งหมด (mg/g dry wt)		
			ภายหลังระยะกักเก็บ 7 วัน	ภายหลังระยะกักเก็บ 5 วัน	ภายหลังระยะกักเก็บ 3 วัน
โกงกางใบใหญ่	NW	11.360±0.232	ข^{bc}4.461±0.158^{a}	^{b}0.282±0.059^{b}	กข^{b}0.532±0.153^{b}
	2NW		ก^{cd}3.940±0.475^{a}	ค^{b}0.152±0.043^{b}	^{b}0.572±0.153^{b}
	5NW		ก^{a}10.623±0.734^{a}	ข^{b}0.251±0.463^{b}	ข^{c}0.125±0.335^{b}
	10NW		ค^{b}5.242±0.574^{a}	ข^{a}0.986±0.089^{b}	^{a}1.084±0.299^{b}
	SW		ก^{d}3.160±0.661^{a}	^{ab}0.683±0.519^{b}	^{b}0.653±0.020^{b}
แสมทะเล	NW	33.856±0.772	ค^{d}-11.323±0.097^{b}	^{d}0.484±0.388^{a}	ก$^{}$0.875±0.305^{a}
	2NW		ค^{e}-14.495±0.904^{c}	ก^{a}11.065±0.064^{a}	0.676±0.591^{b}
	5NW		ค^{b}3.049±0.541^{a}	ก^{c}1.099±0.004^{b}	1.138±0.068^{b}
	10NW		ข^{a}10.202±1.208^{a}	กข^{b}2.456±0.446^{b}	0.912±0.464^{b}
	SW		ค^{c}-4.553±0.570^{b}	^{d}0.399±0.082^{a}	0.413±0.337^{a}
พังกาหัวสุม	NW	14.288±0.757	ข^{b}4.137±0.305^{a}	0.511±0.027^{b}	ข^{c}0.301±0.065^{b}
	2NW		ข^{d}0.743±0.775	ข$^{}$1.015±0.382	^{ab}0.982±0.267
	5NW		ค^{c}2.520±0.650^{a}	กข$^{}$0.794±0.163^{b}	กข^{b}0.808±0.098^{b}
	10NW		ก^{a}12.027±1.089^{a}	ข$^{}$1.156±0.654^{b}	^{a}1.093±0.117^{b}
	SW		ข^{e}-2.382±0.549^{b}	0.797±0.211^{a}	^{c}0.366±0.058^{a}
โปรงแดง	NW	9.250±0.678	ก^{a}9.084±0.488^{a}	^{c}0.308±0.268^{b}	ข^{c}0.330±0.119^{b}
	2NW		ก^{c}3.875±0.431^{a}	ขab$^{}$1.095±0.089^{b}	^{bc}0.541±0.155^{c}
	5NW		ข^{b}5.770±0.563^{a}	กab$^{}$1.004±0.320^{b}	กข^{b}0.735±0.269^{b}
	10NW		ค^{b}5.986±0.541^{a}	ข^{a}1.388±0.172^{b}	^{a}1.238±0.210^{b}
	SW		ก^{c}3.205±0.811^{a}	^{bc}0.588±0.644^{b}	^{bc}0.411±0.037^{b}

หมายเหตุ ตัวอักษรภาษาอังกฤษมุมซ้ายมือ (แนวตั้ง) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างความเข้มข้นของน้ำเสียอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
ตัวอักษรภาษาอังกฤษมุมขวามือ (แนวนอน) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างช่วงเวลาเก็บตัวอย่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
ตัวอักษรภาษาไทยมุมซ้ายมือ (แนวตั้ง) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างชนิดพืชอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 5-14 ค่าเฉลี่ยการสะสมไนโตรเจนทั้งหมดในใบแก่ของกล้าไม้ ในระบบต่อเนื่อง โครงการที่ 1-1

ชนิดพืช	ชุดทดลอง	ไนโตรเจนทั้งหมดก่อนการทดลอง (mg/g dry wt)	การสะสมไนโตรเจนทั้งหมด (mg/g dry wt)		
			ภายหลังระยะกักเก็บ 7 วัน	ภายหลังระยะกักเก็บ 5 วัน	ภายหลังระยะกักเก็บ 3 วัน
โกงกางใบใหญ่	**NW**	10.500±0.085	ฃc 2.602±0.134 a	กฃc 0.600±0.042 b	b 0.100±0.000 c
	2NW		คd 0.903±0.608	กab 1.180±0.352	กa 0.594±0.057
	5NW		กa 8.130±0.179 a	b 0.934±0.158 b	a 0.637±0.183 b
	10NW		คb 6.925±0.406 a	กa 1.298±0.052 b	ฃb 0.132±0.059 c
	SW		ฃd 0.507±0.313	c 0.345±0.002	ฃb 0.232±0.000
แสมทะเล	**NW**	23.580±0.406	งc -7.140±0.103 b	ขคb 0.382±0.158 a	b 0.220±0.167 a
	2NW		งd -7.977±0.477 b	กa 1.197±0.135 a	กa 0.614±0.197 a
	5NW		คb 4.424±0.845 a	b 0.722±0.483 b	a 0.526±0.092 b
	10NW		กa 9.428±0.122 a	ฃb 0.608±0.243 b	ฃb 0.188±0.043 c
	SW		คd -8.474±0.212 c	b 0.498±0.062 a	ฃb 0.148±0.029 b
พังกาหัวสุม	**NW**	10.610±0.092	คb 0.830±0.416	ค 0.362±0.022	a 0.409±0.261
	2NW		กa 5.535±0.476 a	ฃ 0.362±0.300 b	คd -0.219±0.008 b
	5NW		ฃa 5.498±0.316 a	0.747±0.013 b	ab 0.369±0.082 c
	10NW		งa 5.164±0.238 a	ฃ 0.579±0.005 b	ฃc 0.072±0.045 c
	SW		ฃb 0.596±0.097	0.366±0.274	ฃbc 0.131±0.114
โปรงแดง	**NW**	6.397±0.330	กb 7.624±0.373 a	กa 0.782±0.175 b	0.704±0.379 b
	2NW		ฃd 3.607±0.118 a	ฃc 0.114±0.100 b	ฃ 0.324±0.102 b
	5NW		คc 4.311±0.341 a	a 0.834±0.073 b	0.681±0.207 b
	10NW		ฃa 8.508±0.053 a	ฃbc 0.371±0.259 c	ก 0.838±0.087 b
	SW		กc 2.069±0.252 a	ab 0.639±0.046 b	ก 0.479±0.063 b

หมายเหตุ ตัวอักษรภาษาอังกฤษมุมซ้ายมือ (แนวตั้ง) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างความเข้มข้นของน้ำเสียอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
ตัวอักษรภาษาอังกฤษมุมขวามือ (แนวนอน) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างช่วงเวลาเก็บตัวอย่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
ตัวอักษรภาษาไทยมุมซ้ายมือ (แนวตั้ง) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างชนิดพืชอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ปริมาณและการสะสมฟอสฟอรัสทั้งหมดในใบ

ก่อนการทดลองบำบัดน้ำเสีย ในชุดทดลองที่ใช้บำบัดน้ำเสีย ปริมาณ TP ในใบอ่อนของกล้าไม้โกงกางใบใหญ่ แสมทะเล พังกาหัวสุม และโปรงแดง มีค่า 0.322, 0.784, 0.280 และ 0.216 mg/g dry wt. ตามลำดับ เมื่อสิ้นสุดการทดลอง ปริมาณ TP เพิ่มขึ้นเป็น 0.223-0.448, 0.798-0.981, 0.366-0.442 และ 0.231-0.283 mg/g dry wt. ตามลำดับ (ตารางที่ ข 15 ภาคผนวก ข)

อัตราการสะสม TP ในใบอ่อนของกล้าไม้ทั้ง 4 ชนิด มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่มีค่าผันแปร ไม่สามารถสรุปได้ว่า กล้าไม้ใดมีการสะสม TP สูงที่สุด (ตารางที่ 5-15)

อัตราการสะสม TP ในใบอ่อนของกล้าไม้ เมื่อใช้ระยะกักเก็บน้ำเสียต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยทั่วไปมีแนวโน้มว่า อัตราการสะสม TN เมื่อใช้ระยะกักเก็บ 7 วัน สูงกว่าเมื่อใช้ระยะกักเก็บ 5 วัน และ 3 วัน ตามลำดับ Boto and Wellington (1983) อ้างถึงใน Wong et al. (1995) รายงานว่าเมื่อป่าชายเลนที่ได้รับน้ำเสียเป็นเวลา 1 ปี ทำให้ TP ในใบของไม้โกงกางสูงกว่าก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

อัตราการสะสม TP ในใบอ่อนของกล้าไม้ เมื่อได้รับน้ำเสียความเข้มข้นต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ มีแนวโน้มว่าเมื่อใช้ระยะกักเก็บ 7 วัน ชุดทดลองที่ได้รับน้ำเสียความเข้มข้นสูงมีอัตราการสะสม TP สูง แต่เมื่อใช้ระยะกักเก็บ 5 วัน และ 3 วัน พบว่า แนวโน้มดังกล่าวผันแปรและไม่ชัดเจน ทั้งนี้คาดว่าปริมาณการดูดดึง TP ไปใช้โดยพืชมีค่าต่ำเนื่องจากค่า pH ในชุดทดลองมีค่าสูงกว่า 7.2 นอกจากนี้กล้าไม้ที่ใช้ในการทดลองยังมีขนาดเล็ก ไม่อยู่ในช่วงขยายพันธุ์

ก่อนการทดลองบำบัดน้ำเสีย ในชุดทดลองที่ใช้บำบัดน้ำเสีย ปริมาณ TP ในใบแก่ของกล้าไม้โกงกางใบใหญ่ แสมทะเล พังกาหัวสุม และโปรงแดง มีค่า 0.188, 0.390, 0.158 และ 0.129 mg/g dry wt. ตามลำดับ เมื่อสิ้นสุดการทดลอง ปริมาณ TP เพิ่มขึ้นเป็น 0.173-0.269, 0.198-0.537, 0.174-0.240 และ 0.133-0.193 mg/g dry wt. ตามลำดับ (ตารางที่ ข 16 ภาคผนวก ข)

อัตราการสะสม TP ในใบแก่ของกล้าไม้ทั้ง 4 ชนิด มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่มีค่าผันแปรและไม่ชัดเจน ไม่สามารถสรุปได้ว่า กล้าไม้ใดมีการสะสม TP สูงที่สุด

อัตราการสะสม TP ในใบแก่ของกล้าไม้ เมื่อใช้ระยะกักเก็บน้ำเสียต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยทั่วไปมีแนวโน้มว่า เมื่อระยะกักเก็บนานขึ้นการสะสม TP จะสูงขึ้น

อัตราการสะสม TP ของกล้าไม้ เมื่อได้รับน้ำเสียความเข้มข้นต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยทั่วไปมีแนวโน้มว่า อัตราการสะสมฟอสฟอรัสไม่ผันแปรตามความเข้มข้นของน้ำเสีย

เมื่อพิจารณาปริมาณและการสะสม TP ในใบแก่โดยรวม พบว่า การเปลี่ยนแปลงมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกับในใบอ่อนทั้งด้านผลของระยะกักเก็บน้ำเสีย และผลของความเข้มข้นของน้ำเสีย แต่มีปริมาณต่ำกว่า (ตารางที่ 5-16) แสดงว่ากล้าไม้สามารถดูดดึงฟอสฟอรัสในน้ำเสียไปสะสมในใบอ่อนได้มากกว่าในใบแก่ ซึ่ง Bolton and Greenway (1997) รายงานว่าพืชในพื้นที่ชุ่มน้ำสามารถสะสมฟอสฟอรัสที่มากเกินพอในใบแก่ และร่วงหล่นทับถมในดินตะกอน แต่พบว่าการทดลองครั้งนี้กล้าไม้อยู่ในช่วงที่กำลังเจริญเติบโต จึงอาจใช้ฟอสฟอรัสในการสร้างมวลชีวภาพทำให้ไม่พบว่ามีการสะสมฟอสฟอรัสที่มากเกินพอในใบแก่

ตารางที่ 5-15 ค่าเฉลี่ยการสะสมฟอสฟอรัสทั้งหมดในใบอ่อนของกล้าไม้ ในระบบต่อเนื่อง โครงการที่ 1-1

ชนิดพืช	ชุดทดลอง	ฟอสฟอรัสทั้งหมด ก่อนการทดลอง (mg/g dry wt)	การสะสมฟอสฟอรัสทั้งหมด (mg/g dry wt)		
			ภายหลัง ระยะกักเก็บ 7 วัน	ภายหลัง ระยะกักเก็บ 5 วัน	ภายหลัง ระยะกักเก็บ 3 วัน
โกงกางใบใหญ่	NW	0.322±0.004	คe -0.138±0.003 b	งd 0.017±0.003 a	กa 0.022±0.001 a
	2NW		คc 0.068±0.003 a	กb 0.035±0.002 b	ขb 0.012±0.001 c
	5NW		ขb 0.088±0.009 a	งc 0.027±0.001 b	ขb 0.011±0.005 c
	10NW		กa 0.106±0.005 a	ขa 0.041±0.001 b	งd -0.059±0.002 c
	SW		กd 0.034±0.004 a	ขd 0.015±0.003 b	ขc -0.032±0.003 c
แสมทะเล	NW	0.784±0.123	คc -0.128±0.008 c	กa 0.130±0.001 a	ขc 0.012±0.000 b
	2NW		ขb 0.090±0.005 a	ขd 0.024±0.005 b	กb 0.018±0.002 b
	5NW		กa 0.109±0.004 a	กb 0.063±0.001 b	กa 0.025±0.000 c
	10NW		ขb 0.084±0.009 a	กc 0.046±0.001 b	คd -0.049±0.006 c
	SW		งd -0.202±0.004 c	กd 0.029±0.004 a	กd -0.017±0.002 b
พังกาหัวสุม	NW	0.280±0.006	กc 0.071±0.005 a	คc 0.023±0.001 b	ขa 0.012±0.001 c
	2NW		กa 0.108±0.007 a	กa 0.037±0.003 b	กa 0.017±0.001 c
	5NW		ขb 0.094±0.002 a	ขab 0.035±0.001 b	คc -0.043±0.004 c
	10NW		ขc 0.075±0.003 a	งc 0.023±0.000 b	กb -0.008±0.002 c
	SW		คd 0.012±0.003 b	กb 0.032±0.002 a	คc -0.044±0.004 c
โปรงแดง	NW	0.216±0.120	ขc 0.005±0.004 b	ขb 0.028±0.002 a	คa 0.007±0.002 b
	2NW		งd -0.022±0.006 c	กa 0.032±0.000 a	คa 0.005±0.003 b
	5NW		คb 0.031±0.005 a	คb 0.029±0.001 a	ขa 0.007±0.002 b
	10NW		คa 0.042±0.003 a	คb 0.028±0.002 b	ขc -0.025±0.005 c
	SW		ขb 0.027±0.002 a	ขc 0.019±0.002 b	กb -0.014±0.000 c

หมายเหตุ ตัวอักษรภาษาอังกฤษมุมซ้ายมือ (แนวตั้ง) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างความเข้มข้นของน้ำเสียอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
ตัวอักษรภาษาอังกฤษมุมขวามือ (แนวนอน) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างช่วงเวลาเก็บตัวอย่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
ตัวอักษรไทยมุมซ้ายมือ (แนวตั้ง) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างชนิดพืชอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 5-16 ค่าเฉลี่ยการสะสมฟอสฟอรัสทั้งหมดในใบแก่ของกล้าไม้ ในระบบต่อเนื่อง โครงการที่ 1-1

ชนิดพืช	ชุดทดลอง	ฟอสฟอรัสทั้งหมด ก่อนการทดลอง (mg/g dry wt)	การสะสมฟอสฟอรัสทั้งหมด (mg/g dry wt)		
			ภายหลัง ระยะกักเก็บ 7 วัน	ภายหลัง ระยะกักเก็บ 5 วัน	ภายหลัง ระยะกักเก็บ 3 วัน
โกงกางใบใหญ่	NW	0.322±0.004	คe -0.138±0.003 b	งd 0.017±0.003 a	กa 0.022±0.001 a
	2NW		คc 0.068±0.003 a	กb 0.035±0.002 b	ขb 0.012±0.001 c
	5NW		ขb 0.088±0.009 a	งc 0.027±0.001 b	ขb 0.011±0.005 c
	10NW		กa 0.106±0.005 a	ขa 0.041±0.001 b	งd -0.059±0.002 c
	SW		กd 0.034±0.004 a	ขd 0.015±0.003 b	ขc -0.032±0.003 c
แสมทะเล	NW	0.784±0.123	คc -0.128±0.008 c	กa 0.130±0.001 a	ขc 0.012±0.000 b
	2NW		ขb 0.090±0.005 a	ขd 0.024±0.005 b	กb 0.018±0.002 b
	5NW		กa 0.109±0.004 a	กb 0.063±0.001 b	กa 0.025±0.000 c
	10NW		ขb 0.084±0.009 a	กc 0.046±0.001 b	คd -0.049±0.006 c
	SW		งd -0.202±0.004 c	กd 0.029±0.004 a	กd -0.017±0.002 b
พังกาหัวสุม	NW	0.280±0.006	กc 0.071±0.005 a	คc 0.023±0.001 b	ขa 0.012±0.001 c
	2NW		กa 0.108±0.007 a	กa 0.037±0.003 b	กa 0.017±0.001 c
	5NW		ขb 0.094±0.002 a	ขab 0.035±0.001 b	คc -0.043±0.004 c
	10NW		ขc 0.075±0.003 a	งc 0.023±0.000 b	กb -0.008±0.002 c
	SW		คd 0.012±0.003 b	กb 0.032±0.002 a	คc -0.044±0.004 c
โปรงแดง	NW	0.216±0.120	ขc 0.005±0.004 b	ขb 0.028±0.002 a	คa 0.007±0.002 b
	2NW		งd -0.022±0.006 c	กa 0.032±0.000 a	คa 0.005±0.003 b
	5NW		คb 0.031±0.005 a	คb 0.029±0.001 a	ขa 0.007±0.002 b
	10NW		คa 0.042±0.003 a	คb 0.028±0.002 b	ขc -0.025±0.005 c
	SW		ขb 0.027±0.002 a	ขc 0.019±0.002 b	กb -0.014±0.000 c

หมายเหตุ ตัวอักษรภาษาอังกฤษมุมซ้ายมือ (แนวตั้ง) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างความเข้มข้นของน้ำเสียอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
ตัวอักษรภาษาอังกฤษมุมขวามือ (แนวนอน) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างช่วงเวลาเก็บตัวอย่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
ตัวอักษรไทยมุมซ้ายมือ (แนวตั้ง) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างชนิดพืชอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

5.3 การเจริญเติบโตของกล้าไม้ ในระบบกะ ในโครงการย่อยที่ 1-2

การเจริญเติบโตด้านความสูง

ก่อนการทดลองบำบัดน้ำเสีย ในชุดทดลองที่ใช้บำบัดน้ำเสีย กล้าไม้แสมทะเลมีค่าความสูงเฉลี่ยสูงสุด อยู่ระหว่าง 67.86-102.34 เซนติเมตร อันดับที่ 2 คือโกงกางใบใหญ่ มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 63.17-82.06 เซนติเมตร อันดับที่ 3 คือ พังกาหัวสุม มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 48.29-78.21 เซนติเมตร และโปรงแดงมีค่าความสูงเฉลี่ยต่ำสุดอยู่ระหว่าง 42.98-55.21 เซนติเมตร เมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่า แสมทะเล โกงกางใบใหญ่ พังกาหัวสุม และโปรงแดง มีค่าความสูงเฉลี่ยเพิ่มขึ้นเป็น 82.11-120.49, 67.70-90.07, 53.13-87.96 และ 47.19-58.49 เซนติเมตร ตามลำดับ (ตารางที่ ข 17 ภาคผนวก ข)

อัตราการเพิ่มพูนความสูงของกล้าไม้ทั้ง 4 ชนิด มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยภายหลังการทดลองพบว่า แสมทะเลมีอัตราการเพิ่มพูนความสูงสูงที่สุด รองลงมา ได้แก่ พังกาหัวสุม โกงกางใบใหญ่ และโปรงแดง ตามลำดับ (ตารางที่ 5-17)

อัตราการเพิ่มพูนความสูงของกล้าไม้ เมื่อได้รับน้ำเสียความเค็มต่างกัน มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีแนวโน้มว่า กล้าไม้ทั้ง 4 ชนิด มีอัตราการเพิ่มพูนความสูงสูงที่สุดเมื่อได้รับน้ำเสีย 12 psu รองลงมาคือ น้ำเสีย 6, NW, 24 และ18 psu ตามลำดับ (รูปที่ 5-9)

การเจริญเติบโตด้านเส้นผ่าศูนย์กลาง

ก่อนการทดลองบำบัดน้ำเสีย ในชุดทดลองที่ใช้บำบัดน้ำเสีย กล้าไม้โกงกางใบใหญ่ แสมทะเล พังกาหัวสุม และโปรงแดง มีค่าเส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 1.81-2.10, 0.75-1.15, 0.87-1.36 และ 0.87-1.09 เซนติเมตร ตามลำดับ เมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่า มีค่าเส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ยเพิ่มขึ้นเป็น 2.06-2.34, 0.92-1.36, 1.06-1.59 และ 1.04-1.22 เซนติเมตร ตามลำดับ (ตารางที่ ข 18 ภาคผนวก ข)

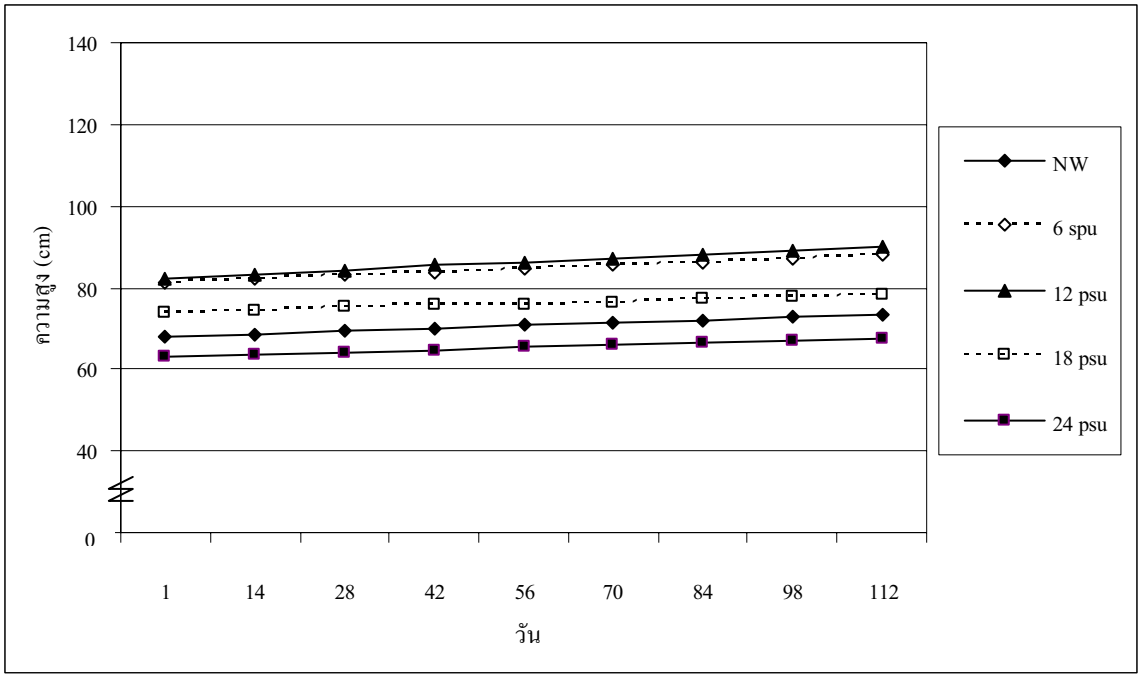
อัตราการเพิ่มพูนเส้นผ่าศูนย์กลางของกล้าไม้ทั้ง 4 ชนิด มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยภายหลังการทดลองมีแนวโน้มว่า โกงกางใบใหญ่และพังกาหัวสุมมีอัตราการเพิ่มพูนเส้นผ่าศูนย์กลางสูงกว่าแสมทะเลและโปรงแดง ตามลำดับ (ตารางที่ 5-18)

อัตราการเพิ่มพูนเส้นผ่าศูนย์กลางของกล้าไม้ เมื่อได้รับน้ำเสียความเค็มต่างกัน มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีแนวโน้มว่า กล้าไม้ทั้ง 4 ชนิด มีอัตราการเพิ่มพูนเส้นผ่าศูนย์กลางสูงที่สุดเมื่อได้รับน้ำเสีย 12 psu รองลงมาคือ น้ำเสีย 18, 24, NW และ 6 psu ตามลำดับ (รูปที่ 5-10)

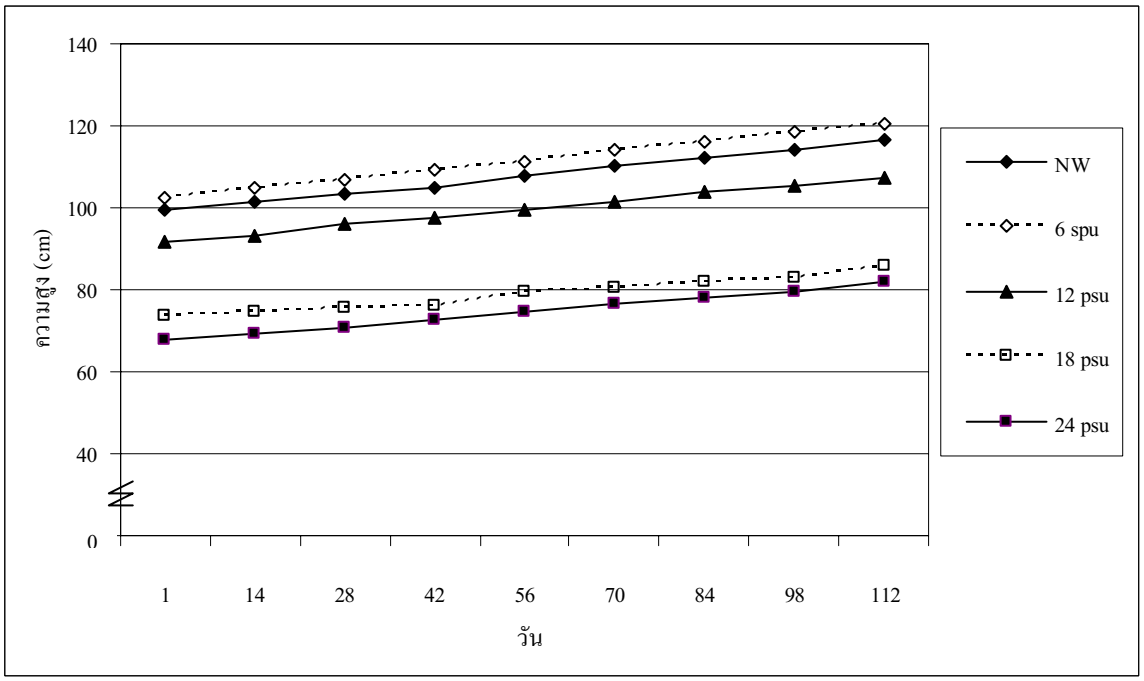
ตารางที่ 5-17 อัตราการเพิ่มพูนความสูงของกล้าไม้ ในระบบกะ โครงการที่ 1-2

ชนิดพืช	ชุดทดลอง	อัตราการเพิ่มพูนความสูงต่อเดือน (cm.)				
		ความสูง ก่อนการทดลอง	เดือนที่ 1	เดือนที่ 2	เดือนที่ 3	เดือนที่ 4
โกงกางใบใหญ่	NW	68.21±8.02	^{c}1.20±0.59^{c}	^{bc}1.50±0.88^{c}	^{c}1.15±0.44^{c}	^{b}1.36±0.65^{c}
	6 psu	81.40±8.44	^{b}1.61±0.66^{b}	^{b}1.63±0.61^{b}	^{ab}1.57±0.83^{b}	^{a}2.02±0.79^{b}
	12 psu	82.06±10.02	^{a}1.97±0.48^{c}	^{a}2.20±0.69^{b}	^{a}1.83±0.42^{c}	^{a}2.01±0.49^{b}
	18 psu	73.98±11.34	$^{ก c}$1.21±0.40^{bc}	$^{ข d}$0.84±0.33^{c}	$^{ก bc}$1.33±0.44^{b}	$^{ข c}$0.88±0.36^{c}
	24 psu	63.17±7.57	^{c}1.03±0.47^{b}	^{c}1.22±0.45^{b}	^{c}1.23±0.51^{bc}	^{bc}1.06±0.52^{b}
แสมทะเล	NW	99.36±18.78	^{a}3.95±1.82^{a}	4.40±1.54^{a}	^{a}4.70±1.51^{a}	4.14±2.05^{a}
	6 psu	102.34±19.78	^{a}4.55±0.79^{a}	4.47±0.96^{a}	^{a}4.87±1.11^{a}	4.25±0.97^{a}
	12 psu	91.76±17.60	$^{ก a}$4.25±1.11^{a}	^{ข}3.53±1.37^{a}	$^{ก a}$4.55±1.23^{a}	^{ข}3.31±1.16^{a}
	18 psu	73.49±11.59	$^{ข b}$2.09±0.75^{a}	^{ก}3.87±1.10^{a}	$^{ข c}$2.32±0.95^{a}	^{ก}4.13±1.03^{a}
	24 psu	67.86±9.79	$^{ข b}$2.74±0.87^{a}	^{ก}4.14±1.46^{a}	$^{ข b}$3.22±1.32^{a}	^{ก}4.16±1.64^{a}
พังกาหัวสุม	NW	67.68±14.01	$^{ข b}$1.95±0.53^{b}	$^{ก a}$2.61±0.61^{b}	$^{ข bc}$1.69±0.52^{b}	$^{ก a}$2.62±0.69^{b}
	6 psu	60.83±9.76	^{b}1.90±0.41^{b}	^{b}1.83±0.54^{b}	^{b}1.99±0.46^{b}	^{bc}1.90±0.49^{b}
	12 psu	78.21±11.97	^{a}2.54±0.72^{b}	^{a}2.36±0.41^{b}	^{a}2.65±0.76^{b}	^{b}2.20±0.62^{b}
	18 psu	57.05±11.00	$^{ข c}$1.51±0.43^{b}	$^{ก b}$1.86±0.43^{b}	$^{ข c}$1.44±0.40^{b}	$^{ก c}$1.84±0.49^{b}
	24 psu	48.29±8.00	$^{ก c}$1.41±0.54^{b}	$^{ข c}$0.92±0.44^{b}	$^{ก c}$1.52±0.45^{b}	$^{ข d}$0.99±0.32^{b}
โปรงแดง	NW	52.39±5.25	$^{ก ab}$0.90±0.41^{c}	$^{ข c}$0.62±0.26^{d}	$^{ก bc}$0.88±0.27^{c}	$^{ข b}$0.58±0.28^{d}
	6 psu	55.21±6.89	$^{ข b}$0.65±0.32^{c}	$^{ก ข abc}$0.81±0.50^{c}	$^{ก ข bc}$0.82±0.29^{c}	$^{ก a}$1.00±0.44^{c}
	12 psu	48.79±6.22	$^{ก a}$0.95±0.30^{d}	$^{ก ab}$0.94±0.31^{c}	$^{ข c}$0.70±0.32^{d}	$^{ก a}$1.00±0.33^{c}
	18 psu	52.46±7.39	$^{ก a}$0.99±0.49^{c}	$^{ข bc}$0.75±0.30^{c}	$^{ก a}$1.09±0.36^{b}	$^{ข b}$0.70±0.33^{c}
	24 psu	42.98±4.56	^{a}1.04±0.61^{b}	^{a}0.99±0.38^{b}	^{ab}0.99±0.35^{c}	^{a}1.20±0.43^{b}

หมายเหตุ ตัวอักษรภาษาอังกฤษมุมซ้ายมือ (แนวตั้ง) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างความเค็มของน้ำเสียอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
ตัวอักษรภาษาอังกฤษมุมขวามือ (แนวตั้ง) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างชนิดพืช อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
ตัวอักษรภาษาไทยมุมซ้ายมือ (แนวนอน) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างช่วงเวลาเก็บตัวอย่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

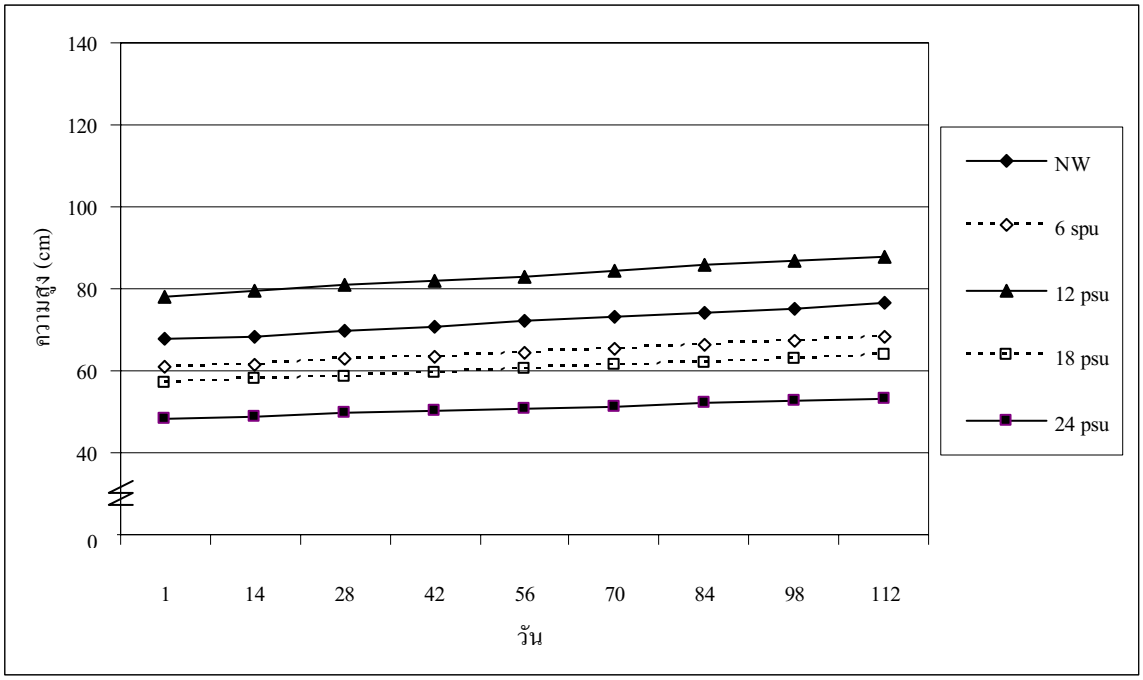


(ก) โกงกางใบใหญ่

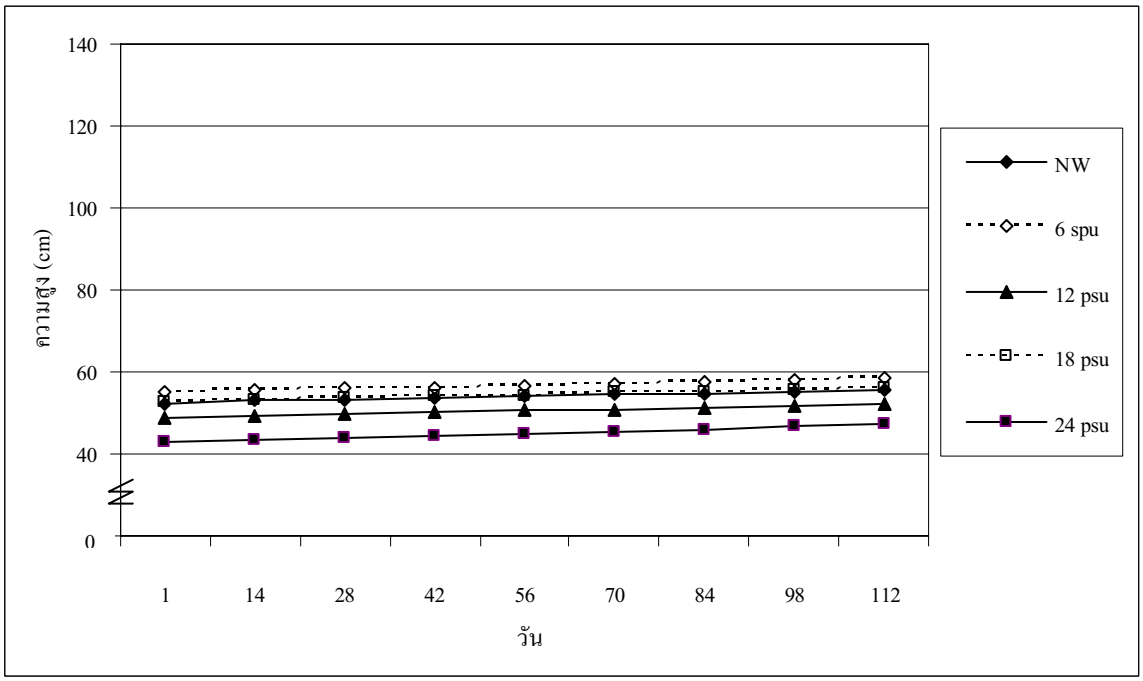


(ข) แสมทะเล

รูปที่ 5-9 การเจริญเติบโตด้านความสูงของกล้าไม้ที่ได้รับน้ำเสียต่างระดับความเค็ม ในระบบกะ โครงการที่ 1-2



(ค) พังกาหัวสุม



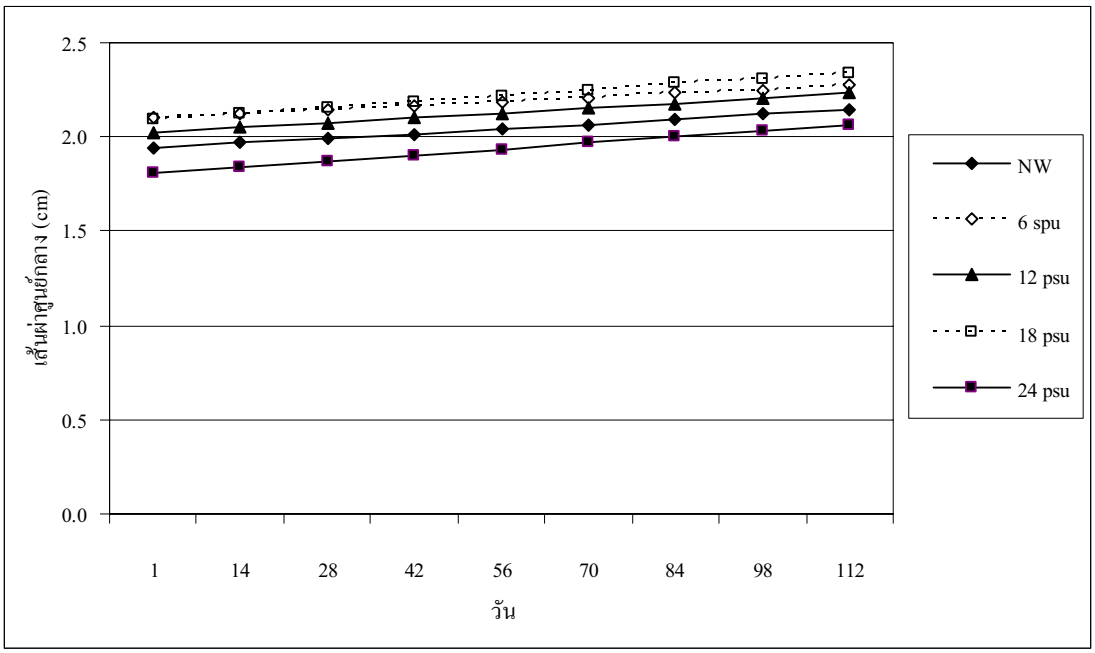
(ง) โปรงแดง

รูปที่ 5-9 (ต่อ) การเจริญเติบโตด้านความสูงของกล้าไม้ที่ได้รับน้ำเสียต่างระดับความเค็ม ในระบบกะ โครงการที่ 1-2

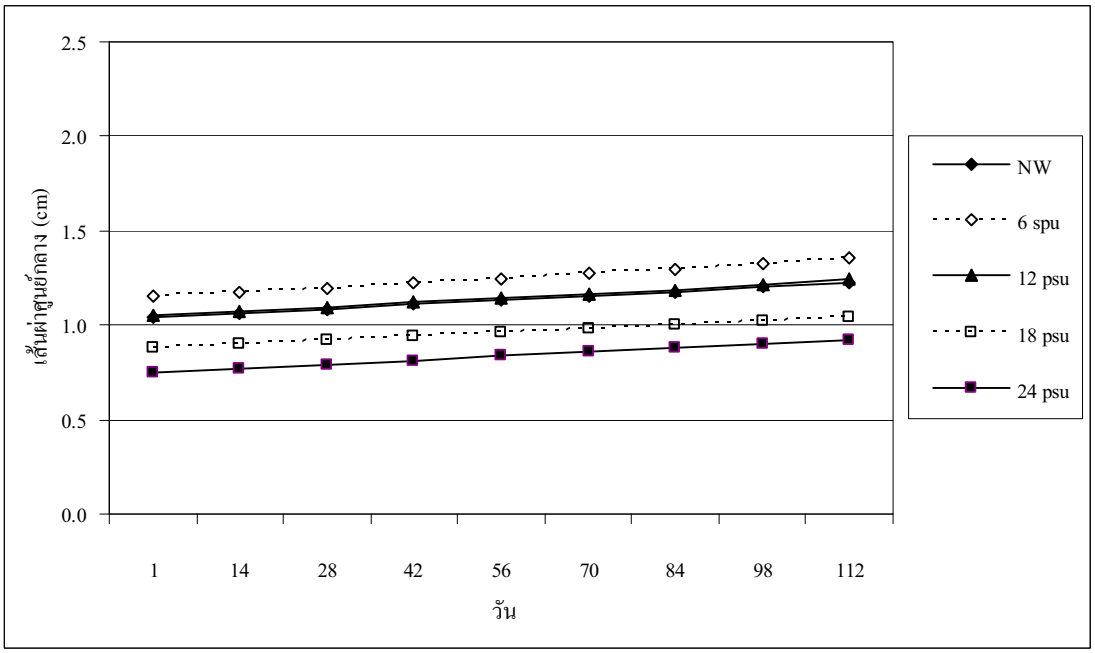
ตารางที่ 5-18 อัตราการเพิ่มพูนเส้นผ่าศูนย์กลางของกล้าไม้ ในระบบกะ โครงการที่ 1-2

ชนิดพืช	ชุดทดลอง	อัตราการเพิ่มพูนเส้นผ่าศูนย์กลางต่อเดือน (cm.)				
		เส้นผ่าศูนย์กลางก่อนการทดลอง	เดือนที่ 1	เดือนที่ 2	เดือนที่ 3	เดือนที่ 4
โกงกางใบใหญ่	NW	1.94±0.26	^{bc}0.05±0.02	^{ab}0.05±0.02^{a}	^{ab}0.05±0.02	0.05±0.02^{a}
	6 psu	2.10±0.29	^{c}0.04±0.02^{b}	^{b}0.04±0.02	^{b}0.04±0.02^{a}	0.04±0.02^{b}
	12 psu	2.02±0.29	^{bc}0.05±0.03	^{ab}0.05±0.02^{ab}	^{ab}0.05±0.02^{ab}	0.06±0.02
	18 psu	2.09±0.32	^{a}0.07±0.02^{a}	^{a}0.06±0.03^{a}	^{a}0.06±0.03^{a}	0.06±0.02^{a}
	24 psu	1.81±0.32	^{ab}0.06±0.02^{a}	^{a}0.06±0.03^{a}	^{a}0.06±0.03^{a}	0.06±0.03^{a}
แสมทะเล	NW	1.04±0.15	0.05±0.02	0.05±0.02^{a}	0.04±0.02	^{ab}0.05±0.01^{a}
	6 psu	1.15±0.28	0.05±0.02^{ab}	0.05±0.02	0.05±0.02^{a}	^{a}0.06±0.02^{a}
	12 psu	1.05±0.17	0.04±0.02	0.05±0.02^{b}	0.04±0.02^{b}	^{a}0.05±0.01
	18 psu	0.88±0.18	0.04±0.02^{b}	0.04±0.02^{b}	0.04±0.02^{bc}	^{c}0.04±0.02^{c}
	24 psu	0.75±0.10	0.04±0.02^{b}	0.05±0.02^{b}	0.04±0.02^{b}	^{bc}0.04±0.02^{b}
พังกาหัวสุม	NW	1.15±0.29	0.05±0.02	^{b}0.04±0.02^{ab}	0.04±0.02	0.04±0.02^{ab}
	6 psu	0.99±0.16	0.05±0.02^{a}	^{b}0.05±0.02	0.05±0.02^{a}	0.05±0.02^{b}
	12 psu	1.36±0.22	0.06±0.02	^{a}0.06±0.02^{a}	0.06±0.02^{a}	0.06±0.02
	18 psu	1.06±0.22	0.05±0.02^{b}	^{b}0.05±0.02^{b}	0.05±0.02^{b}	0.05±0.02^{ab}
	24 psu	0.87±0.18	0.05±0.02^{b}	^{b}0.04±0.02^{b}	0.05±0.02^{ab}	0.05±0.02^{b}
โปรงแดง	NW	1.00±0.16	^{a}0.04±0.02	^{b}0.03±0.02^{b}	0.04±0.01	^{ab}0.04±0.02^{b}
	6 psu	1.09±0.20	^{b}0.03±0.01^{c}	^{ab}0.04±0.02	0.03±0.02^{b}	^{b}0.03±0.01^{c}
	12 psu	0.90±0.13	^{a}0.05±0.02	^{ab}0.04±0.02^{b}	0.04±0.02^{b}	^{a}0.05±0.01
	18 psu	1.07±0.20	^{a}0.04±0.02^{b}	^{ab}0.04±0.02^{b}	0.03±0.02^{c}	^{ab}0.04±0.02^{bc}
	24 psu	0.87±0.24	^{a}0.05±0.02^{b}	^{a}0.05±0.01^{b}	0.04±0.02^{b}	^{ab}0.04±0.02^{b}

หมายเหตุ ตัวอักษรภาษาอังกฤษมุมซ้ายมือ (แนวตั้ง) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างความเค็มของน้ำเสียอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
ตัวอักษรภาษาอังกฤษมุมขวามือ (แนวตั้ง) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างชนิดพืชอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
ตัวอักษรภาษาไทยมุมซ้ายมือ (แนวนอน) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างช่วงเวลาเก็บตัวอย่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

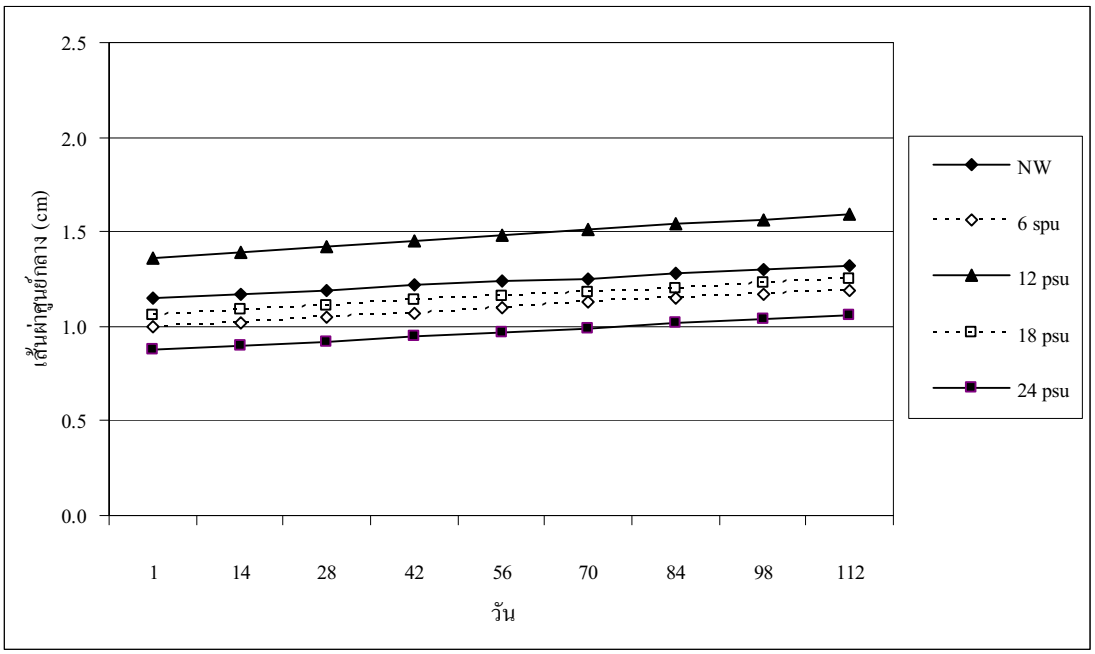


(ก) โกงกางใบใหญ่

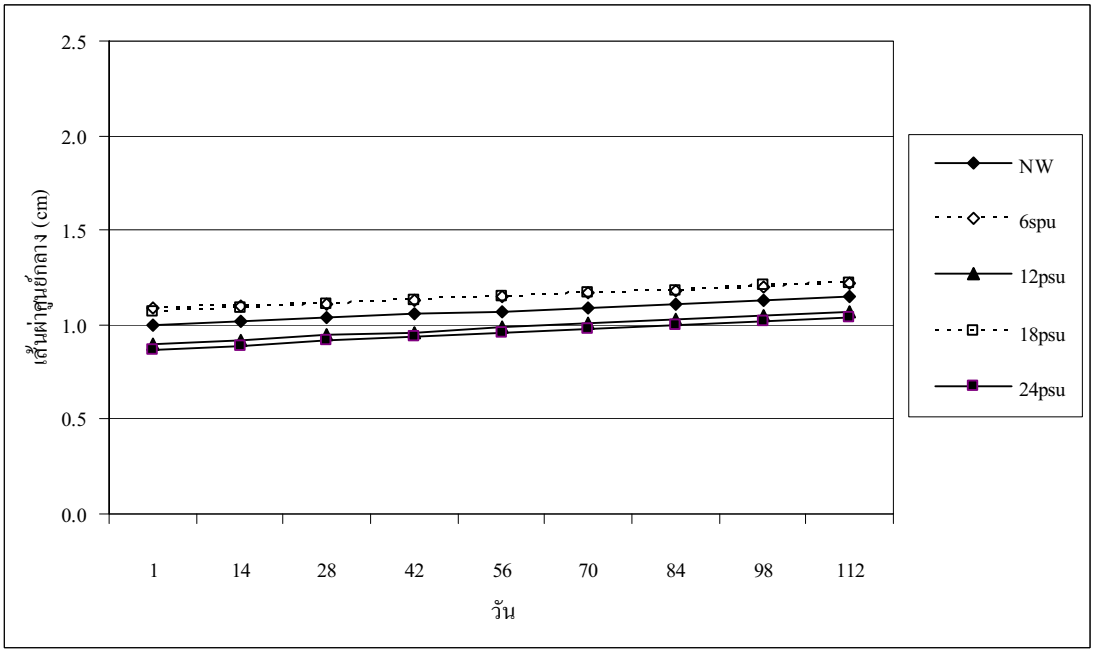


(ข) แสมทะเล

รูปที่ 5-10 การเจริญเติบโตด้านเส้นผ่าศูนย์กลางของกล้าไม้ที่ได้รับน้ำเสียต่างระดับความเค็ม ในระบบกะ โครงการที่ 1-2



(ค) พังกาหัวสุม



(ง) โปรงแดง

รูปที่ 5-10 (ต่อ) การเจริญเติบโตด้านเส้นผ่าศูนย์กลางของกล้าไม้ที่ได้รับน้ำเสียต่างระดับความเค็ม ในระบบกะ โครงการที่ 1-2

การเจริญเติบโตด้านมวลชีวภาพ

ได้ทำการสร้างสมการความสัมพันธ์ของมวลชีวภาพของลำต้นและใบของกล้าไม้ทั้ง 4 ชนิด เพื่อประเมินการเจริญเติบโตด้านมวลชีวภาพ สมการมวลชีวภาพและค่า R^2 แสดงในรูปที่ ข 5 ถึง ข 8 ภาคผนวก ข

ก่อนการทดลองบำบัดน้ำเสีย ในชุดทดลองที่ใช้บำบัดน้ำเสีย กล้าไม้โกงกางใบใหญ่ แสมทะเล พังกาหัวสุม และโปรงแดง มีค่าเฉลี่ยมวลชีวภาพลำต้น 51.32-78.80, 0.06-0.30, 24.44-51.85 และ 0.95-1.59 กรัม/ม^2 ตามลำดับ เมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่า มีค่าเฉลี่ยมวลชีวภาพลำต้นเพิ่มขึ้นเป็น 66.07-95.08, 0.12-0.52, 31.89-66.04 และ 1.32-1.96 กรัม/ม^2 ตามลำดับ ซึ่งเห็นว่ากล้าไม้โกงกางใบใหญ่มีมวลชีวภาพลำต้นสูงที่สุด รองลงมา ได้แก่ พังกาหัวสุม โปรงแดง และแสมทะเล ตามลำดับ (ตารางที่ ข 19 ภาคผนวก ข)

ก่อนการทดลองบำบัดน้ำเสีย ในชุดทดลองที่ใช้บำบัดน้ำเสีย กล้าไม้โกงกางใบใหญ่ แสมทะเล พังกาหัวสุม และโปรงแดง มีค่าเฉลี่ยมวลชีวภาพใบ 5.62-12.17, 0.16-0.54, 9.16-19.26 และ 1.25-1.90 กรัม/ม^2 ตามลำดับ เมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่า มีค่าเฉลี่ยมวลชีวภาพใบเพิ่มขึ้นเป็น 8.87-17.26, 0.28-0.84, 11.92-24.46 และ 1.64-2.26 กรัม/ม^2 ตามลำดับ ซึ่งเห็นว่ากล้าไม้พังกาหัวสุมมีมวลชีวภาพลำต้นสูงที่สุด รองลงมา ได้แก่ โกงกางใบใหญ่ โปรงแดง และแสมทะเล ตามลำดับ (ตารางที่ ข 20 ภาคผนวก ข)

อัตราการเพิ่มพูนมวลชีวภาพลำต้นของกล้าไม้ทั้ง 4 ชนิด มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยโกงกางใบใหญ่จะมีอัตราการเพิ่มพูนมวลชีวภาพลำต้นสูงสุด อันดับ 2 คือ พังกาหัวสุม อันดับ 3 คือ โปรงแดง และแสมทะเลมีอัตราการเพิ่มพูนมวลชีวภาพลำต้นต่ำสุด แต่โปรงแดงและแสมทะเลมีอัตราการเพิ่มพูนมวลชีวภาพลำต้นไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 5-19)

อัตราการเพิ่มพูนมวลชีวภาพลำต้นของกล้าไม้ ที่ได้รับน้ำเสียความเค็มต่างกัน มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีแนวโน้มว่ากล้าไม้ทั้ง 4 ชนิดมีอัตราการเพิ่มพูนมวลชีวภาพลำต้นสูงที่สุดเมื่อได้รับน้ำเสีย 12 psu รองลงมาคือ น้ำเสีย 6psu, 18psu, NW และ 24psu ตามลำดับ (ตารางที่ 5-19 และรูปที่ 5-11)

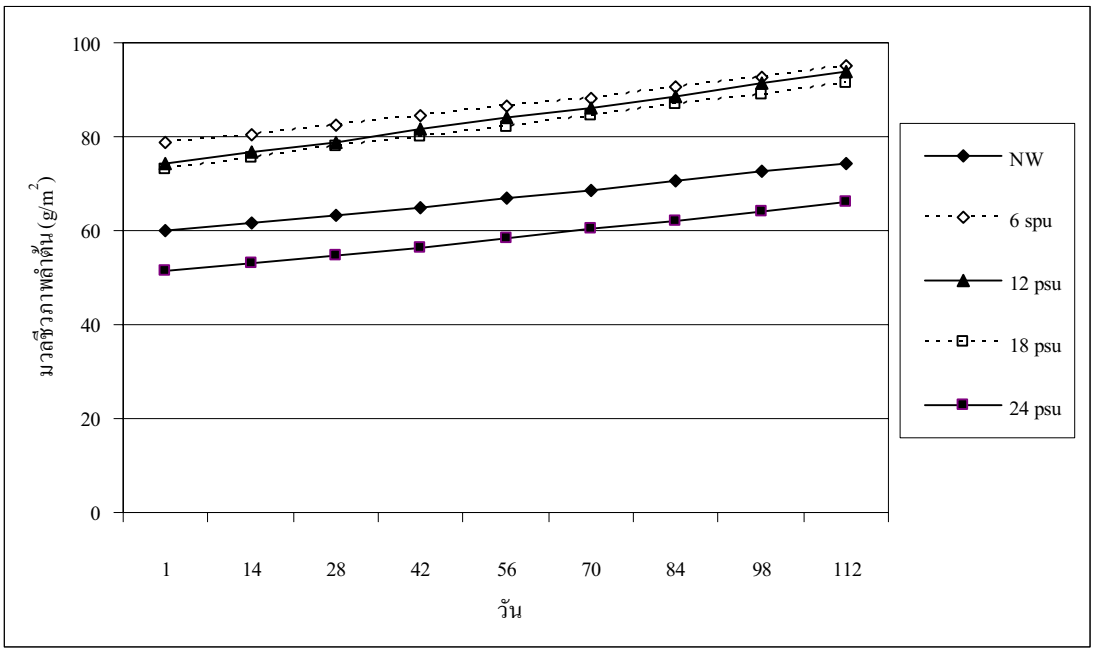
อัตราการเพิ่มพูนมวลชีวภาพใบของกล้าไม้ทั้ง 4 ชนิด มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยโกงกางใบใหญ่มีอัตราการเพิ่มพูนมวลชีวภาพใบสูงสุด อันดับ 2 คือ พังกาหัวสุม อันดับ 3 คือ โปรงแดง และแสมทะเลมีอัตราการเพิ่มพูนมวลชีวภาพใบต่ำสุด แต่โปรงแดงและแสมทะเลมีอัตราการเพิ่มพูนมวลชีวภาพใบไม่แตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 5-16)

อัตราการเพิ่มพูนมวลชีวภาพใบของกล้าไม้ ที่ได้รับน้ำเสียความเค็มต่างกัน มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีแนวโน้มว่า กล้าไม้ทั้ง 4 ชนิด มีอัตราการเพิ่มพูนมวลชีวภาพใบสูงที่สุดเมื่อได้รับน้ำเสีย 12 psu รองลงมาคือ น้ำเสีย 6psu, 18psu, NW และ 24psu ตามลำดับ (ตารางที่ 5-20 และรูปที่ 5-12)

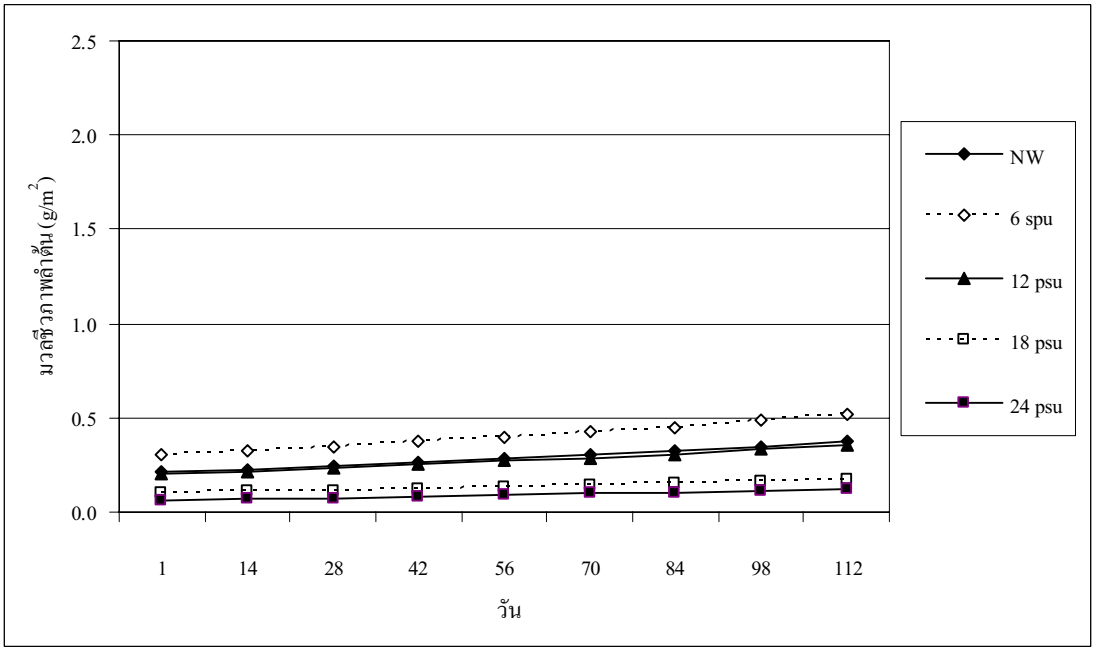
ตารางที่ 5-19 อัตราการเพิ่มพูนมวลชีวภาพลำต้นของกล้าไม้ ในระบบกะ โครงการที่ 1-2

ชนิดพืช	ชุดทดลอง	อัตราการเพิ่มพูนมวลชีวภาพต่อเดือน (g/m^2)				
		มวลชีวภาพ ก่อนการทดลอง	เดือนที่ 1	เดือนที่ 2	เดือนที่ 3	เดือนที่ 4
โกงกางใบใหญ่	NW	60.12±18.55	$^{b}3.26\pm1.00^{a}$	3.74 ± 1.32^{a}	$^{b}3.47\pm1.05^{a}$	$^{b}3.78\pm1.25^{a}$
	6 psu	78.80±22.64	$^{b}3.66\pm1.42^{a}$	3.98 ± 1.74^{a}	$^{ab}4.09\pm1.79^{a}$	$^{ab}4.56\pm1.70^{a}$
	12 psu	74.42±22.35	$^{a}4.53\pm1.79^{a}$	4.94 ± 1.94^{a}	$^{ab}4.50\pm1.68^{a}$	$^{a}5.28\pm2.11^{a}$
	18 psu	73.08±25.13	$^{a}4.70\pm1.87^{a}$	4.28 ± 1.83^{a}	$^{a}5.02\pm2.20^{a}$	$^{b}4.16\pm1.56^{a}$
	24 psu	51.32±18.77	$^{b}3.30\pm1.19^{a}$	3.74 ± 1.79^{a}	$^{b}3.84\pm1.48^{a}$	$^{b}3.86\pm1.39^{a}$
แสมทะเล	NW	0.21±0.09	$^{ขb}0.03\pm0.01^{c}$	$^{กขab}0.04\pm0.02^{c}$	$^{กขb}0.04\pm0.02^{c}$	$^{กb}0.05\pm0.02^{c}$
	6 psu	0.30±0.18	$^{ขa}0.05\pm0.03^{c}$	$^{ขa}0.05\pm0.02^{c}$	$^{กขa}0.05\pm0.02^{c}$	$^{กa}0.07\pm0.03^{c}$
	12 psu	0.20±0.09	$^{b}0.03\pm0.02^{c}$	$^{b}0.04\pm0.02^{c}$	$^{b}0.04\pm0.02^{c}$	$^{b}0.05\pm0.02^{c}$
	18 psu	0.10±0.05	$^{ขc}0.01\pm0.01^{c}$	$^{ขc}0.02\pm0.01^{c}$	$^{ขc}0.02\pm0.01^{c}$	$^{กc}0.02\pm0.01^{c}$
	24 psu	0.06±0.03	$^{คc}0.01\pm0.01^{c}$	$^{กขc}0.02\pm0.01^{c}$	$^{ขคc}0.02\pm0.01^{c}$	$^{กc}0.02\pm0.01^{c}$
พังกาหัวสุม	NW	40.03±13.72	$^{b}2.44\pm0.76^{b}$	$^{b}2.57\pm0.73^{b}$	$^{b}2.36\pm0.88^{b}$	$^{b}2.73\pm0.83^{b}$
	6 psu	31.77±6.88	$^{b}2.54\pm0.82^{b}$	$^{b}2.42\pm0.91^{b}$	$^{b}2.44\pm0.83^{b}$	$^{b}2.40\pm0.73^{b}$
	12 psu	51.85±10.55	$^{a}3.36\pm1.00^{b}$	$^{a}3.68\pm1.07^{b}$	$^{a}3.68\pm1.21^{b}$	$^{a}3.48\pm1.18^{b}$
	18 psu	33.26±9.94	$^{bc}2.21\pm0.63^{b}$	$^{b}2.32\pm0.76^{b}$	$^{b}2.22\pm0.66^{b}$	$^{b}2.60\pm0.71^{b}$
	24 psu	24.44±7.27	$^{c}1.86\pm0.57^{b}$	$^{c}1.67\pm0.53^{b}$	$^{b}2.13.\pm0.59^{b}$	$^{c}1.80\pm0.64^{b}$
โปรงแดง	NW	1.34±0.39	0.10 ± 0.03^{c}	0.08 ± 0.04^{c}	0.11 ± 0.03^{c}	0.10 ± 0.04^{c}
	6 psu	1.59±0.51	0.08 ± 0.03^{c}	0.10 ± 0.04^{c}	0.09 ± 0.04^{c}	0.10 ± 0.04^{c}
	12 psu	1.09±0.29	$^{กข}0.10\pm0.04^{c}$	$^{กข}0.10\pm0.04^{c}$	$^{ข}0.09\pm0.03^{c}$	$^{ก}0.12\pm0.04^{c}$
	18 psu	1.50±0.46	0.11 ± 0.04^{c}	0.10 ± 0.04^{c}	0.10 ± 0.05^{c}	0.11 ± 0.04^{c}
	24 psu	0.95±0.42	0.09 ± 0.04^{c}	0.10 ± 0.04^{c}	0.09 ± 0.03^{c}	0.10 ± 0.03^{c}

หมายเหตุ ตัวอักษรภาษาอังกฤษมุมซ้ายมือ (แนวตั้ง) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างความเค็มของน้ำเสียอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
ตัวอักษรภาษาอังกฤษมุมขวามือ (แนวตั้ง) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างชนิดพืชอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
ตัวอักษรภาษาไทยมุมซ้ายมือ (แนวนอน) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างช่วงเวลาเก็บตัวอย่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

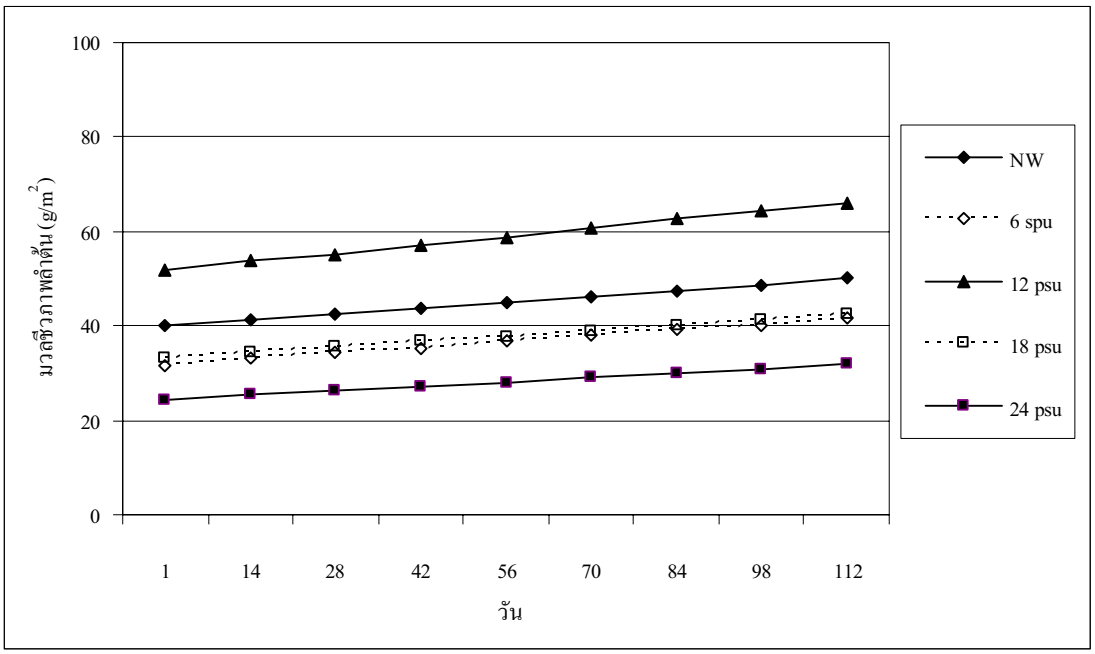


(ก) โกงกางใบใหญ่

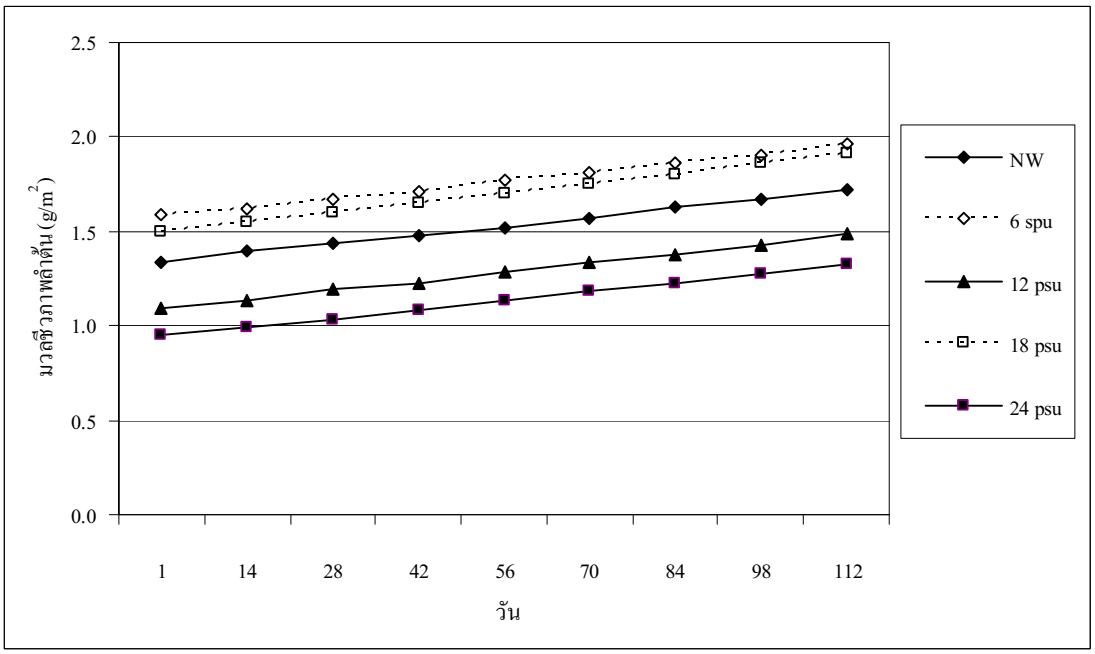


(ข) แสมทะเล

รูปที่ 5-11 มวลชีวภาพลำต้นของกล้าไม้ที่ได้รับน้ำเสียต่างระดับความเค็ม ในระบบกะ โครงการที่ 1-2



(ค) พังกาหัวสุม



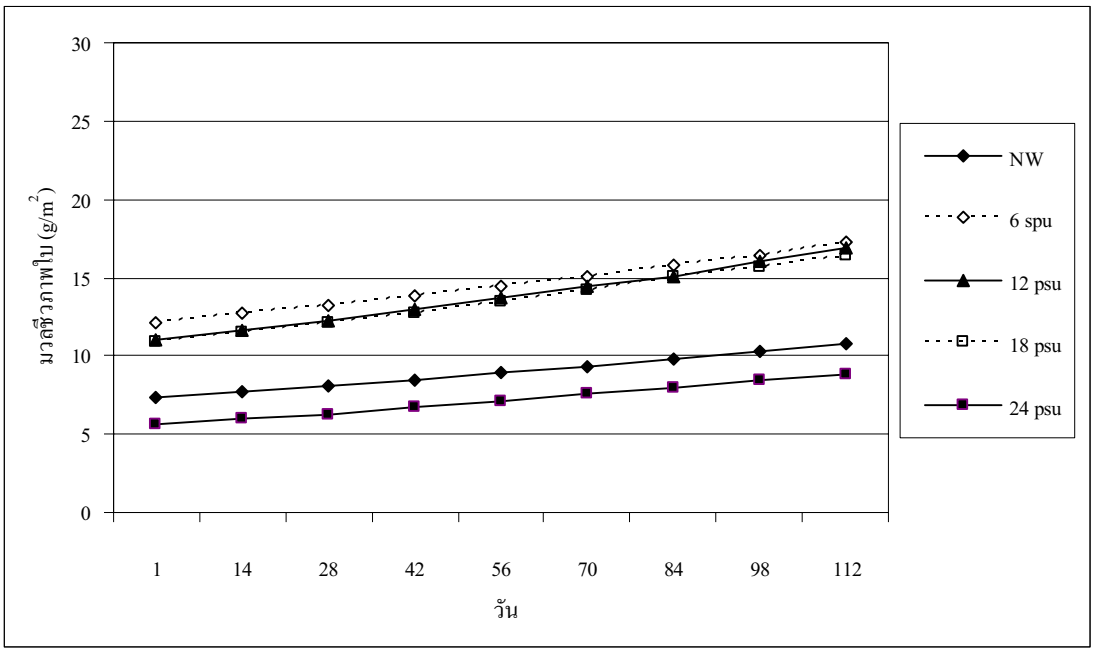
(ง) โปรงแดง

รูปที่ 5-11 (ต่อ) มวลชีวภาพลำต้นของกล้าไม้ที่ได้รับน้ำเสียต่างระดับความเค็ม ในระบบกะ โครงการที่ 1-2

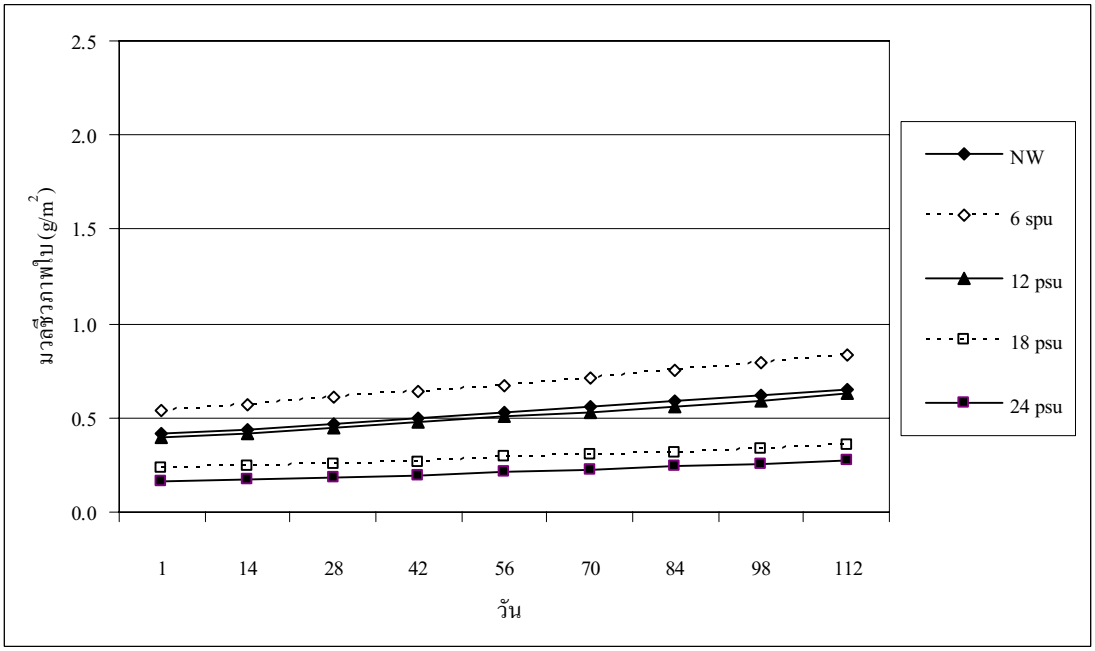
ตารางที่ 5-20 อัตราการเพิ่มพูนมวลชีวภาพใบของกล้าไม้ ในระบบกะ โครงการที่ 1-2

ชนิดพืช	ชุดทดลอง	อัตราการเพิ่มพูนมวลชีวภาพต่อเดือน (g/m^2)				
		มวลชีวภาพ ก่อนการทดลอง	เดือนที่ 1	เดือนที่ 2	เดือนที่ 3	เดือนที่ 4
โกงกางใบใหญ่	NW	7.37±4.87	$^{bc}0.73\pm0.40^{b}$	$^{bc}0.89\pm0.48^{a}$	$^{b}0.84\pm0.33^{a}$	$^{b}0.93\pm0.35^{a}$
	6 psu	12.17±6.54	$^{ab}1.08\pm0.65^{a}$	$^{abc}1.22\pm0.73^{a}$	$^{ab}1.30\pm0.85^{a}$	$^{a}1.49\pm0.81^{a}$
	12 psu	10.99±6.53	$^{a}1.25\pm0.68^{a}$	$^{a}1.47\pm0.89^{a}$	$^{a}1.40\pm0.84^{a}$	$^{a}1.75\pm1.23^{a}$
	18 psu	10.84±6.86	$^{a}1.33\pm0.89^{a}$	$^{ab}1.25\pm0.81^{a}$	$^{a}1.61\pm1.10^{a}$	$^{ab}1.33\pm0.76^{a}$
	24 psu	5.62±3.98	$^{c}0.67\pm0.47^{a}$	$^{c}0.80\pm0.58^{a}$	$^{b}0.88\pm0.56^{a}$	$^{b}0.89\pm0.42^{a}$
แสมทะเล	NW	0.41±0.15	$^{b}0.05\pm0.02^{c}$	$^{a}0.06\pm0.03^{b}$	$^{b}0.06\pm0.02^{b}$	$^{b}0.07\pm0.03^{b}$
	6 psu	0.54±0.26	$^{ขa}0.06\pm0.03^{b}$	$^{ขa}0.07\pm0.03^{c}$	$^{กขa}0.07\pm0.03^{c}$	$^{กa}0.09\pm0.03^{c}$
	12 psu	0.40±0.15	$^{b}0.05\pm0.02^{b}$	$^{a}0.05\pm0.03^{b}$	$^{b}0.06\pm0.02^{b}$	$^{b}0.06\pm0.02^{c}$
	18 psu	0.23±0.10	$^{คc}0.03\pm0.01^{c}$	$^{กขb}0.03\pm0.01^{c}$	$^{ขคc}0.03\pm0.01^{c}$	$^{กc}0.04\pm0.01^{c}$
	24 psu	0.16±0.05	$^{ขc}0.02\pm0.01^{b}$	$^{กb}0.03\pm0.01^{c}$	$^{กc}0.03\pm0.01^{b}$	$^{กc}0.03\pm0.01^{c}$
พังกาหัวสุม	NW	14.91±5.05	$^{b}0.90\pm0.28^{a}$	$^{b}0.95\pm0.27^{a}$	$^{b}0.87\pm0.32^{a}$	$^{b}1.00\pm0.30^{a}$
	6 psu	11.87±2.54	$^{b}0.94\pm0.30^{a}$	$^{b}0.89\pm0.33^{b}$	$^{b}0.90\pm0.31^{b}$	$^{b}0.88\pm0.27^{b}$
	12 psu	19.26±3.87	$^{a}1.23\pm0.36^{a}$	$^{a}1.35\pm0.39^{a}$	$^{a}1.35\pm0.44^{a}$	$^{a}1.27\pm0.43^{b}$
	18 psu	12.42±3.67	$^{bc}0.82\pm0.23^{b}$	$^{b}0.86\pm0.28^{b}$	$^{b}0.82\pm0.24^{b}$	$^{b}0.96\pm0.26^{b}$
	24 psu	9.16±2.69	$^{c}0.69\pm0.21^{a}$	$^{c}0.62\pm0.20^{b}$	$^{b}0.79\pm0.22^{a}$	$^{c}0.67\pm0.24^{b}$
โปรงแดง	NW	1.66±0.39	$^{กa}0.10\pm0.03^{c}$	$^{ข}0.08\pm0.04^{b}$	$^{ก}0.11\pm0.03^{b}$	$^{กข}0.09\pm0.04^{b}$
	6 psu	1.90±0.50	$^{b}0.07\pm0.03^{b}$	0.09 ± 0.04^{c}	0.09 ± 0.04^{c}	0.10 ± 0.03^{c}
	12 psu	1.41±0.31	$^{กขa}0.10\pm0.04^{b}$	$^{กข}0.10\pm0.03^{b}$	$^{ข}0.09\pm0.03^{b}$	$^{ก}0.12\pm0.04^{c}$
	18 psu	1.81±0.46	$^{a}0.10\pm0.04^{c}$	0.09 ± 0.04^{c}	0.10 ± 0.04^{c}	0.11 ± 0.03^{c}
	24 psu	1.25±0.42	$^{a}0.10\pm0.04^{b}$	0.10 ± 0.04^{c}	0.10 ± 0.04^{b}	0.10 ± 0.03^{c}

หมายเหตุ ตัวอักษรภาษาอังกฤษมุมซ้ายมือ (แนวตั้ง) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างความเค็มของน้ำเสียอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
ตัวอักษรภาษาอังกฤษมุมขวามือ (แนวตั้ง) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างชนิดพืชอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
ตัวอักษรภาษาไทยมุมซ้ายมือ (แนวนอน) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างช่วงเวลาเก็บตัวอย่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

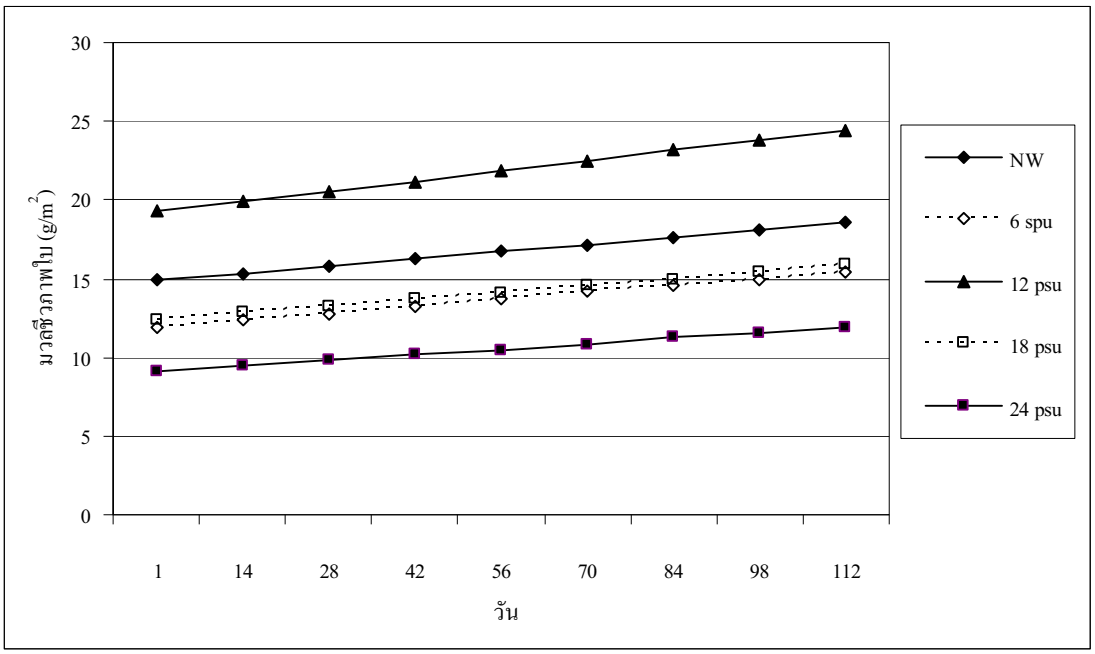


(ก) โกงกางใบใหญ่

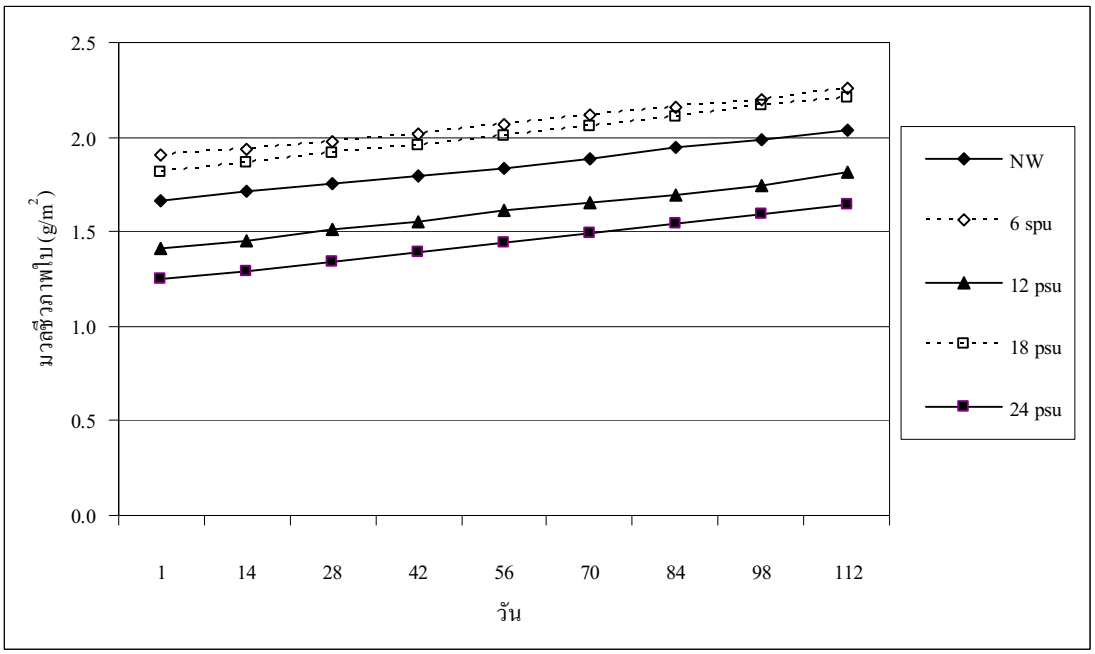


(ข) แสมทะเล

รูปที่ 5-12 มวลชีวภาพใบของกล้าไม้ที่ได้รับน้ำเสียต่างระดับความเค็ม ในระบบกะ โครงการที่ 1-2



(ค) พังกาหัวสุม



(ง) โปรงแดง

รูปที่ 5-12 (ต่อ) มวลชีวภาพใบของกล้าไม้ที่ได้รับน้ำเสียต่างระดับความเค็ม ในระบบกะ โครงการที่ 1-2

5.4 การเจริญเติบโตของกล้าไม้ ในระบบเติมต่อเนื่อง ในโครงการย่อยที่ 1-2

การเจริญเติบโตด้านความสูง

ก่อนการทดลองบำบัดน้ำเสีย ในชุดทดลองที่ใช้บำบัดน้ำเสีย กล้าไม้แสมทะเลมีความสูงเฉลี่ยสูงสุดอยู่ระหว่าง 69.55-105.94 เซนติเมตร อันดับที่ 2 คือ โกงกางใบใหญ่ มีความสูงเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 66.60-75.63 เซนติเมตร อันดับที่ 3 คือ พังกาหัวสุม มีความสูงเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 60.45-75.75 เซนติเมตร โปรงแดงมีความสูงเฉลี่ยต่ำสุดอยู่ระหว่าง 44.43-57.67 เซนติเมตร เมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่า แสมทะเลมีความสูงเฉลี่ยสูงสุดอยู่ระหว่าง 81.77-117.30 เซนติเมตร อันดับที่ 2 คือ โกงกางใบใหญ่ มีความสูงเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 71.90-81.74 เซนติเมตร อันดับที่ 3 คือ พังกาหัวสุม มีความสูงเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 52.53-83.50 เซนติเมตร และโปรงแดงมีความสูงเฉลี่ยต่ำสุดอยู่ระหว่าง 49.76-62.85 เซนติเมตร (ตารางที่ ข 21 ภาคผนวก ข)

อัตราการเพิ่มพูนความสูงของกล้าไม้ทั้ง 4 ชนิด มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยภายหลังการทดลองทุกระดับความเค็มของน้ำเสีย พบว่า แสมทะเลมีอัตราการเพิ่มพูนความสูงสูงที่สุด (2.20-3.43 เซนติเมตร) รองลงมา ได้แก่ กล้าไม้พังกาหัวสุมมีอัตราการเพิ่มพูนความสูง 1.08-2.06 เซนติเมตร โกงกางใบใหญ่ 1.03-1.69 เซนติเมตร และ โปรงแดง 1.07-1.36 เซนติเมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 5-21)

อัตราการเพิ่มพูนความสูงของกล้าไม้ เมื่อได้รับน้ำเสียความเค็มต่างกัน ส่วนใหญ่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (รูปที่ 5-13)

การเจริญเติบโตด้านเส้นผ่าศูนย์กลาง

ก่อนการทดลองบำบัดน้ำเสีย ในชุดทดลองที่ใช้บำบัดน้ำเสีย กล้าไม้โกงกางใบใหญ่ แสมทะเล พังกาหัวสุม และโปรงแดง มีเส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 1.94-2.10, 0.76-1.10, 0.80-1.16 และ 0.86-1.10 เซนติเมตร ตามลำดับ เมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่า มีค่าเส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ยเพิ่มขึ้นเป็น 2.14-2.34, 1.02-1.28, 1.01-1.40 และ 1.09-1.36 เซนติเมตร ตามลำดับ (ตารางที่ ข 22 ภาคผนวก ข)

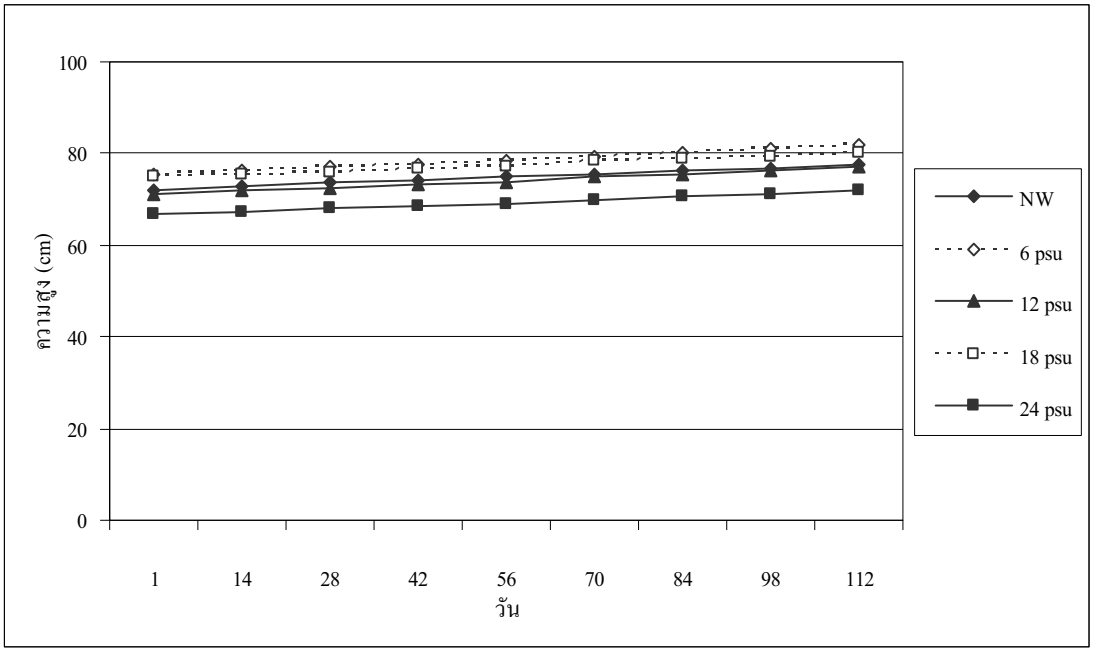
อัตราการเพิ่มพูนเส้นผ่าศูนย์กลางของกล้าไม้ทั้ง 4 ชนิดและอัตราการเพิ่มพูนเส้นผ่าศูนย์กลางของกล้าไม้เมื่อได้รับน้ำเสียความเค็มต่างกัน พบว่า ส่วนใหญ่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 5-22)

อัตราการเพิ่มพูนเส้นผ่าศูนย์กลางของกล้าไม้ในช่วงเวลาที่ต่างกัน พบว่า ส่วนใหญ่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (รูปที่ 5-14)

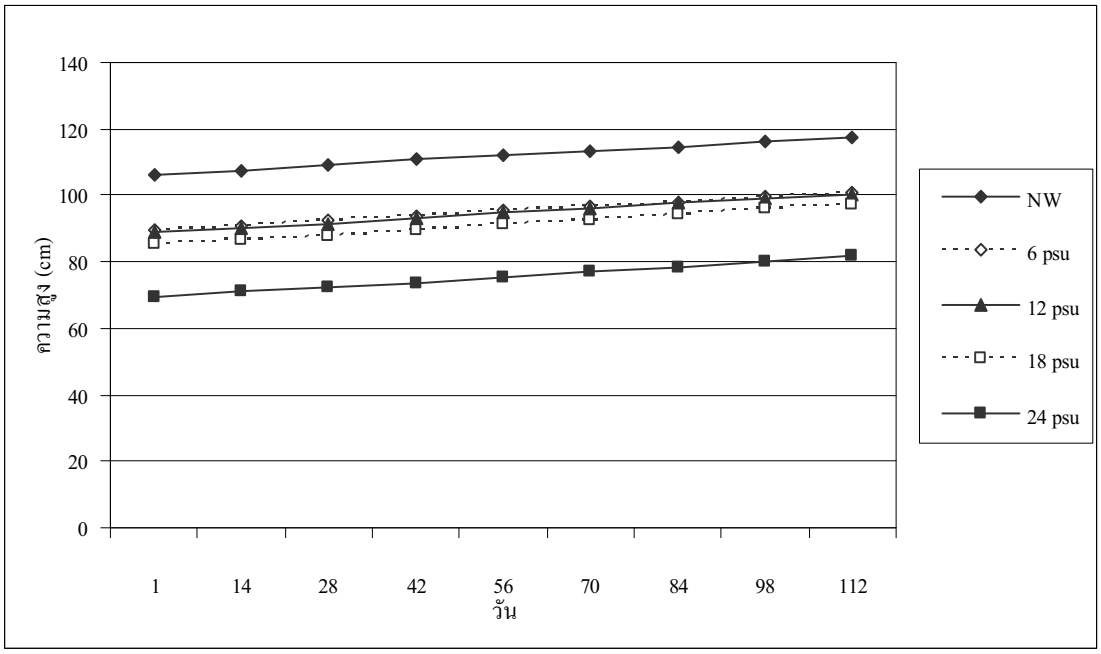
ตารางที่ 5-21 อัตราการเพิ่มพูนความสูงของกล้าไม้ ในระบบต่อเนื่อง โครงการที่ 1-2

ชนิดพืช	ชุดทดลอง	อัตราการเพิ่มพูนความสูงต่อเดือน (cm.)				
		ความสูง ก่อนการทดลอง	เดือนที่ 1	เดือนที่ 2	เดือนที่ 3	เดือนที่ 4
โกงกางใบใหญ่	NW	72.13±11.62	1..69±1.14^{bc}	1.08±0.91^{b}	1.36±0.61^{c}	1.13±0.65^{b}
	6 psu	75.63±8.89	1.46±0.88^{bc}	1.38±0.82^{b}	1.66±0.67^{b}	1.61±0.55^{b}
	12 psu	70.99±9.81	1.58±1.08^{bc}	1.35±1.01^{c}	1.60±0.50^{c}	1.46±0.56^{c}
	18 psu	74.88±9.13	1.20±0.88^{b}	1.15±0.67^{b}	1.59±0.51^{bc}	1.40±0.57^{b}
	24 psu	66.60±9.30	^{ก}1.49±0.75^{b}	^{ข}1.03±0.65^{b}	^{ก}1.45±0.46^{b}	^{กข}1.31±0.46^{b}
แสมทะเล	NW	105.94±14.49	3.18±1.68^{a}	3.13±1.87^{a}	^{b}2.43±1.19^{a}	2.62±1.42^{a}
	6 psu	89.85±23.83	2.50±1.20^{a}	2.97±1.21^{a}	^{ab}2.71±0.94^{a}	2.79±1.01^{a}
	12 psu	89.15±16.33	^{ข}2.34±1.34^{a}	^{ก}3.24±1.05^{a}	$^{กข\ ab}$2.86±0.99^{a}	^{กข}2.90±0.96^{a}
	18 psu	85.45±13.93	^{ข}2.20±1.61^{a}	^{ก}3.43±1.31^{a}	$^{ก\ a}$3.25±1.32^{a}	^{ก}3.22±1.28^{a}
	24 psu	69.55±12.65	2.63±1.41^{a}	3.17±1.31^{a}	^{a}3.22±0.88^{a}	3.20±0.95^{a}
พังกาหัวสุม	NW	61.30±14.72	^{ก}1.94±1.31^{b}	$^{ข\ b}$1.08±0.90^{b}	^{ก}1.86±0.88^{b}	$^{ก\ ab}$1.73±0.81^{b}
	6 psu	61.50±13.36	1.80±1.18^{b}	^{ab}1.45±0.96^{b}	1.57±0.70^{bc}	^{b}1.59±0.69^{b}
	12 psu	75.75±18.08	1.79±0.85^{ab}	^{a}1.85±0.84^{b}	2.06±0.68^{b}	^{a}2.05±0.60^{b}
	18 psu	60.45±10.44	1.60±0.87^{ab}	^{ab}1.42±0.85^{b}	1.86±0.63^{b}	^{ab}1.70±0.67^{b}
	24 psu	46.98±7.12	1.31±0.98^{b}	^{b}1.31±0.77^{b}	1.54±0.54^{b}	^{b}1.40±0.52^{b}
โปรงแดง	NW	46.76±6.05	1.13±0.57^{c}	1.22±0.54^{b}	1.25±0.53^{c}	1.23±0.52^{b}
	6 psu	52.75±4.99	1.16±0.61^{c}	1.34±0.86^{b}	1.21±0.53^{c}	1.28±0.67^{b}
	12 psu	51.97±7.18	1.11±0.56^{c}	1.07±0.56^{c}	1.11±0.56^{d}	1.11±0.56^{c}
	18 psu	57.67±6.46	1.23±0.40^{b}	1.35±0.47^{b}	1.30±0.31^{c}	1.30±0.31^{b}
	24 psu	11.43±4.10	1.28±0.25^{b}	1.36±0.35^{b}	1.34±0.29^{b}	1.35±0.29^{b}

หมายเหตุ ตัวอักษรภาษาอังกฤษมุมซ้ายมือ (แนวตั้ง) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างความเค็มของน้ำเสียอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
ตัวอักษรภาษาอังกฤษมุมขวามือ (แนวตั้ง) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างชนิดพืชอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
ตัวอักษรภาษาไทยมุมซ้ายมือ (แนวนอน) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างช่วงเวลาเก็บตัวอย่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

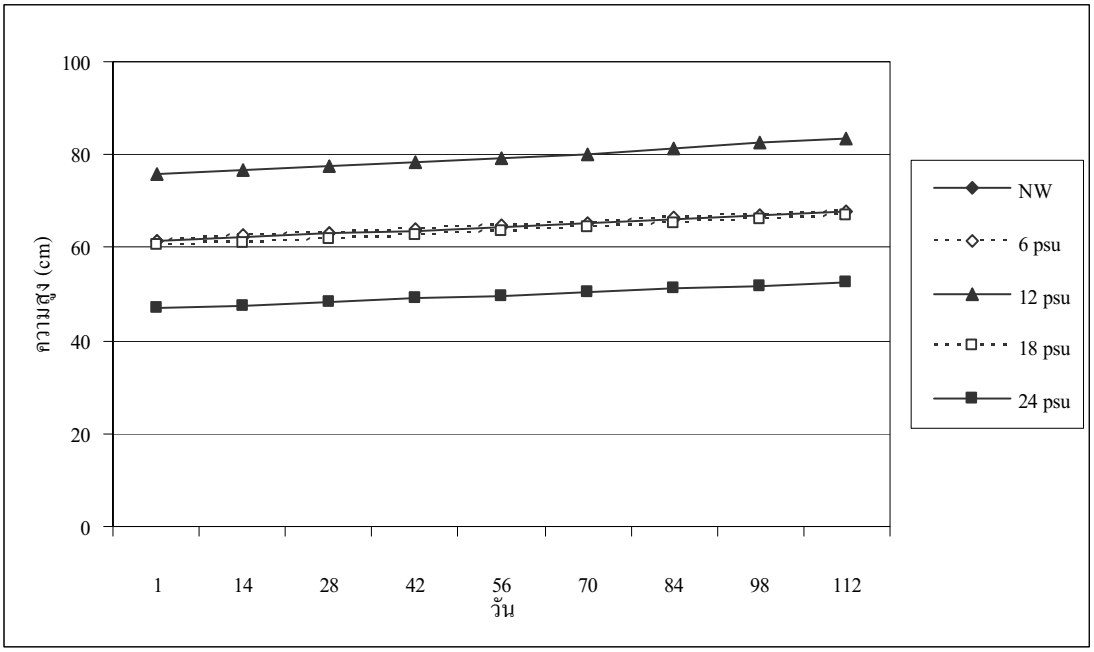


(ก) โกงกางใบใหญ่

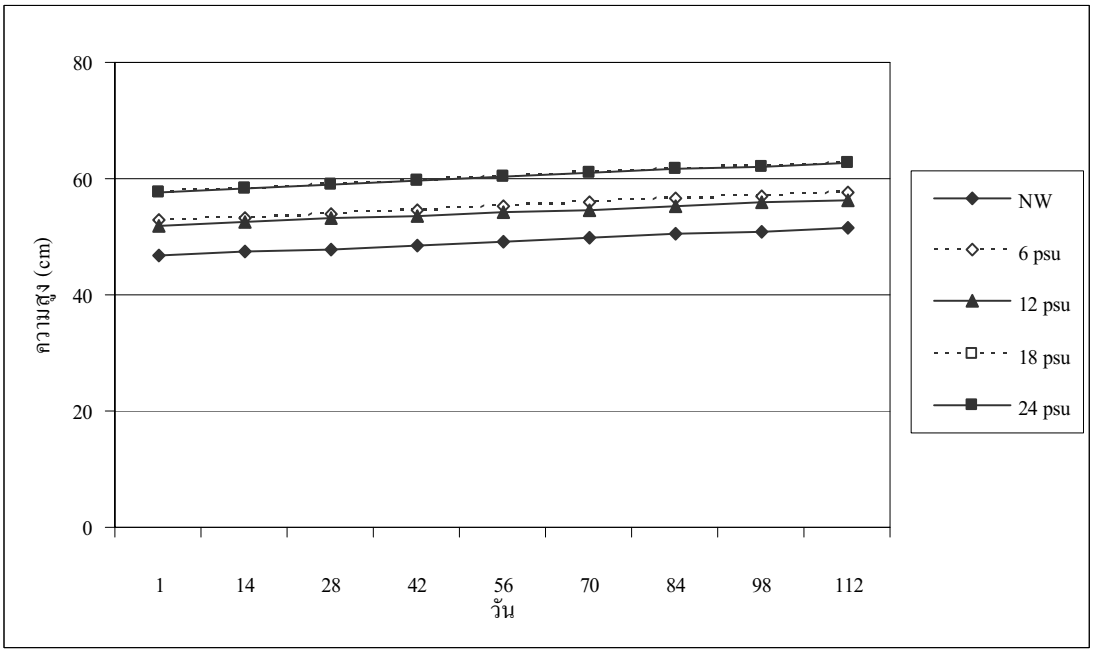


(ข) แสมทะเล

รูปที่ 5-13 การเจริญเติบโตด้านความสูงของกล้าไม้ที่ได้รับน้ำเสียต่างระดับความเค็ม ในระบบต่อเนื่อง โครงการที่ 1-2



(ค) พังกาหัวสุม



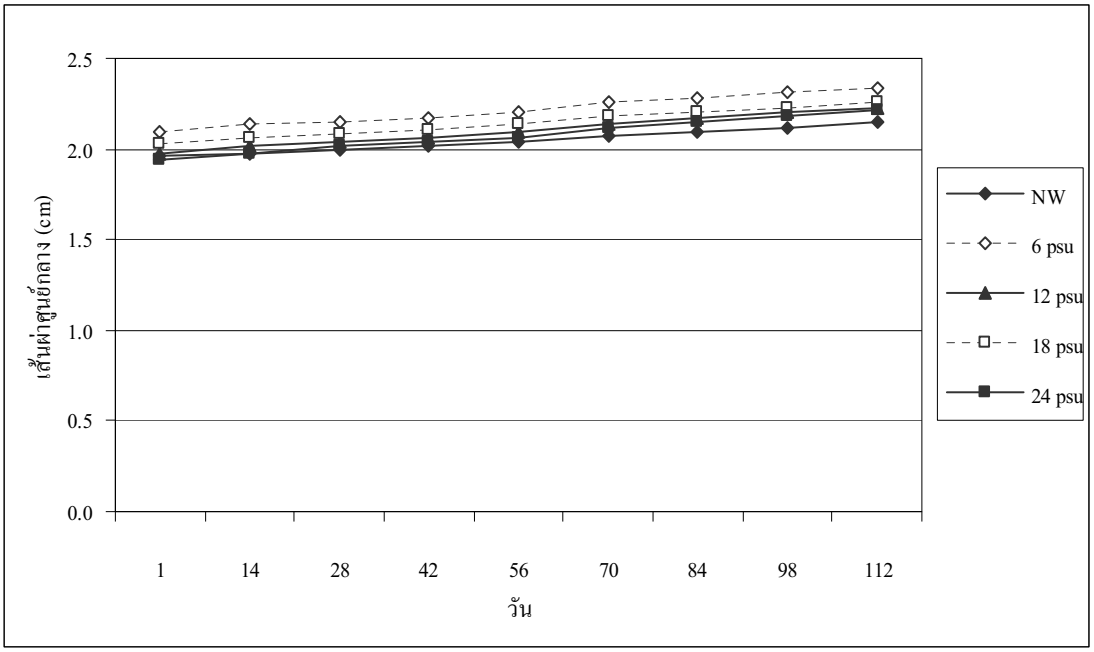
(ง) โปรงแดง

รูปที่ 5-13 (ต่อ) การเจริญเติบโตด้านความสูงของกล้าไม้ที่ได้รับน้ำเสียต่างระดับความเค็ม ในระบบต่อเนื่อง โครงการที่ 1-2

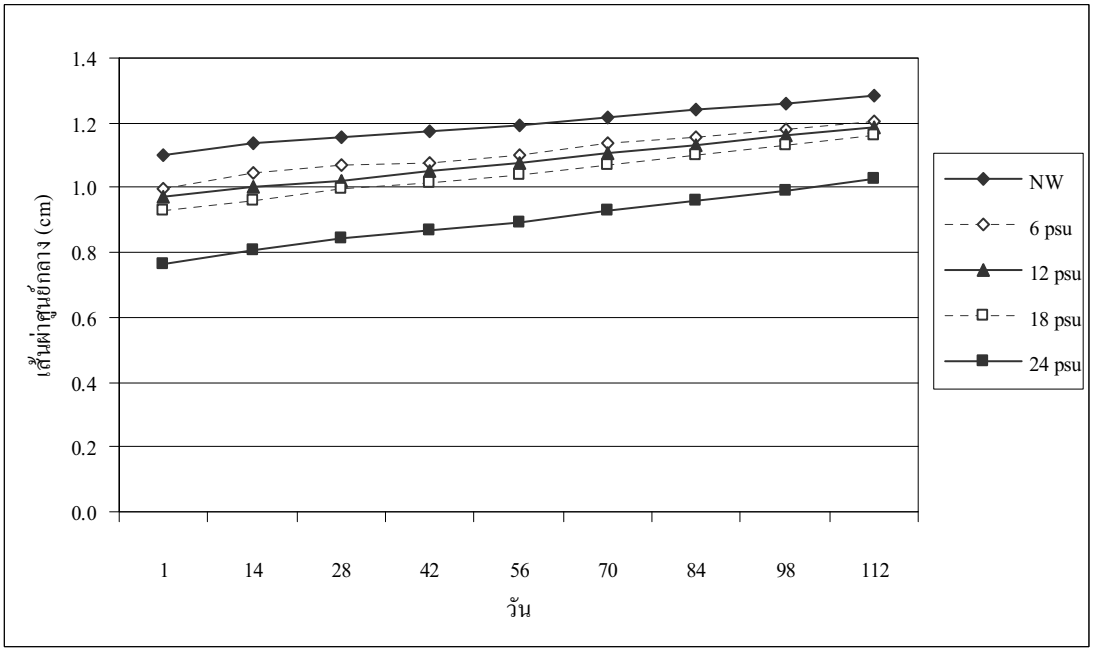
ตารางที่ 5-22 อัตราการเพิ่มพูนเส้นผ่าศูนย์กลางของกล้าไม้ ในระบบต่อเนื่อง โครงการที่ 1-2

ชนิดพืช	ชุดทดลอง	อัตราการเพิ่มพูนเส้นผ่าศูนย์กลางต่อเดือน (cm.)				
		เส้นผ่าศูนย์กลางก่อนการทดลอง	เดือนที่ 1	เดือนที่ 2	เดือนที่ 3	เดือนที่ 4
โกงกางใบใหญ่	NW	1.96±0.29	0.04±0.04	0.04±0.03	0.05±0.05	0.05±0.05
	6 psu	2.10±0.24	0.05±0.04	0.06±0.05[a]	0.07±0.03	0.06±0.03
	12 psu	1.97±0.28	0.07±0.08	0.06±0.04	0.07±0.04	0.06±0.03
	18 psu	2.03±0.31	0.05±0.04	0.05±0.03	0.07±0.02[a]	0.06±0.03
	24 psu	1.94±0.25	[ก]0.08±0.06	[ข]0.04±0.03	[ก]0.09±0.03	[ก]0.07±0.03[a]
แสมทะเล	NW	1.10±0.18	0.06±0.07	0.03±0.02	0.05±0.03	0.04±0.03
	6 psu	1.00±0.22	[ก]0.07±0.05	[ค]0.03±0.03[b]	[กข]0.06±0.02	[ขค]0.05±0.02
	12 psu	0.97±0.16	0.05±0.04	0.06±0.04	0.05±0.02	0.05±0.02
	18 psu	0.93±0.14	0.06±0.04	0.04±0.05	0.06±0.03[ab]	0.06±0.03
	24 psu	0.76±0.11	0.08±0.04	0.05±0.03	0.07±0.04	0.06±0.03[ab]
พังกาหัวสุม	NW	1.13±0.25	[ข]0.03±0.04	[ข ab]0.04±0.02	[ก]0.06±0.03	[กข]0.05±0.02
	6 psu	1.00±0.27	0.09±0.15	[ab]0.04±0.03[b]	0.07±0.06	0.06±0.05
	12 psu	1.16±0.38	0.06±0.04	[a]0.05±0.03	0.07±0.03	0.06±0.03
	18 psu	1.01±0.14	[ก]0.08±0.04	[ค b]0.03±0.02	[กข]0.06±0.02[b]	[ข]0.05±0.02
	24 psu	0.80±0.14	[ก]0.07±0.04	[ค b]0.03±0.02	[กข]0.06±0.02	[ข]0.05±0.02[b]
โปรงแดง	NW	0.90±0.15	0.06±0.06	[b]0.04±0.02	[ab]0.06±0.03	[b]0.05±0.02
	6 psu	1.02±0.024	0.04±0.05	[b]0.04±0.03[b]	[b]0.05±0.03	[b]0.04±0.02
	12 psu	0.93±0.16	[ก]0.09±0.07	[ค ab]0.04±0.03	[กข a]0.07±0.03	[ขค a]0.06±0.03
	18 psu	1.10±0.19	0.07±0.06	[a]0.06±0.03	[a]0.07±0.03[a]	[a]0.06±0.03
	24 psu	0.86±0.14	[ก]0.08±0.05	[ค b]0.03±0.02	[กข a]0.07±0.03	[ข ab]0.06±0.02[b]

หมายเหตุ ตัวอักษรภาษาอังกฤษมุมซ้ายมือ (แนวตั้ง) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างความเค็มของน้ำเสียอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
ตัวอักษรภาษาอังกฤษมุมขวามือ (แนวตั้ง) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างชนิดพืชอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
ตัวอักษรภาษาไทยมุมซ้ายมือ (แนวนอน) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างช่วงเวลาเก็บตัวอย่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

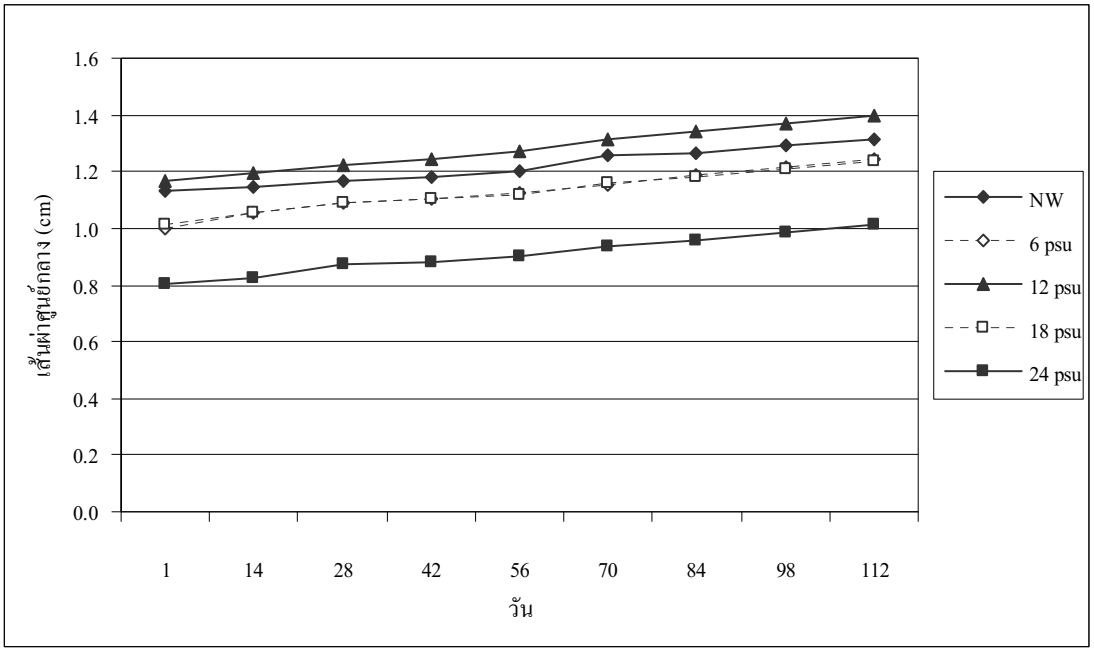


(ก) โกงกางใบใหญ่

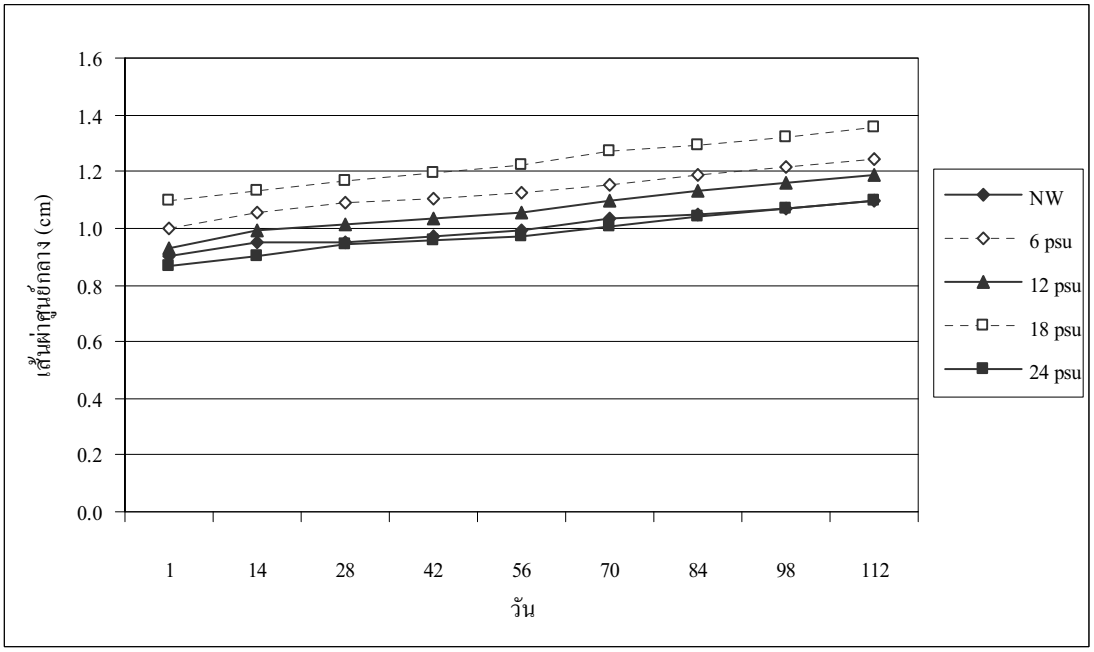


(ข) แสมทะเล

รูปที่ 5-14 การเจริญเติบโตด้านเส้นผ่าศูนย์กลางของกล้าไม้ที่ได้รับน้ำเสียต่างระดับความเค็ม ในระบบต่อเนื่อง โครงการที่ 1-2



(ค) พังกาหัวสุม



(ง) โปรงแดง

รูปที่ 5-14 (ต่อ) การเจริญเติบโตด้านเส้นผ่าศูนย์กลางของกล้าไม้ที่ได้รับน้ำเสียต่างระดับความเค็ม ในระบบต่อเนื่อง โครงการที่ 1-2

การเจริญเติบโตด้านมวลชีวภาพ

ก่อนการทดลองบำบัดน้ำเสีย ในชุดทดลองที่ใช้บำบัดน้ำเสีย กล้าไม้โกงกางใบใหญ่ แสมทะเล พังกาหัวสุม และโปรงแดง มีมวลชีวภาพลำต้นอยู่ในช่วง 63.81-73.81, 0.07-0.26, 21.75-43.87 และ 0.95-1.67 กรัม/ม^2 ตามลำดับ เมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่า มีมวลชีวภาพลำต้น เพิ่มขึ้นเป็น77.17-93.20, 0.16-0.42, 29.88-56.60 และ 1.48-2.44 กรัม/ม^2 ตามลำดับ ซึ่งเห็นว่ากล้าไม้โกงกางใบใหญ่มีมวลชีวภาพลำต้นสูงกว่ากล้าไม้อื่นอย่างชัดเจน ถัดมาคือ พังกาหัวสุม โปรงแดง และแสมทะเล ตามลำดับ (ตารางที่ ข 23 ภาคผนวก ข)

ก่อนการทดลองบำบัดน้ำเสีย ในชุดทดลองที่ใช้บำบัดน้ำเสีย กล้าไม้โกงกางใบใหญ่ แสมทะเล พังกาหัวสุม และโปรงแดง มีมวลชีวภาพใบอยู่ในช่วง 7.02-10.65, 0.17-0.49, 8.17-16.32 และ 2.52-3.96 กรัม/ม^2 ตามลำดับ เมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่า มีมวลชีวภาพใบ เพิ่มขึ้นเป็น 11.58-16.39, 0.34-0.71, 11.88-20.99 และ 3.60-5.37 กรัม/ม^2 ตามลำดับ ซึ่งเห็นว่ากล้าไม้โกงกางใบใหญ่มีมวลชีวภาพใบสูงกว่ากล้าไม้อื่นอย่างชัดเจน ถัดมาคือ พังกาหัวสุม โปรงแดง และแสมทะเล ตามลำดับ (ตารางที่ ข 24 ภาคผนวก ข)

อัตราการเพิ่มพูนมวลชีวภาพลำต้นและใบของกล้าไม้ทั้ง 4 ชนิด มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยโกงกางใบใหญ่จะมีอัตราการเพิ่มพูนมวลชีวภาพลำต้นและใบสูงสุด (2.81-5.69 กรัม/ม^2 และ0.69-1.70 กรัม/ม^2) อันดับ 2 คือ พังกาหัวสุม (1.29-3.89 กรัม/ม^2 และ0.48-1.43 กรัม/ม^2) อันดับ 3 คือ โปรงแดง (0.08-0.21 กรัม/ม^2 และ0.08-0.20 กรัม/ม^2)และแสมทะเล (0.02-0.04 กรัม/ม^2 และ0.03-0.06 กรัม/ม^2) มีอัตราการเพิ่มพูนมวลชีวภาพลำต้นและใบต่ำสุด (ตารางที่ 5-23 และ 5-24)

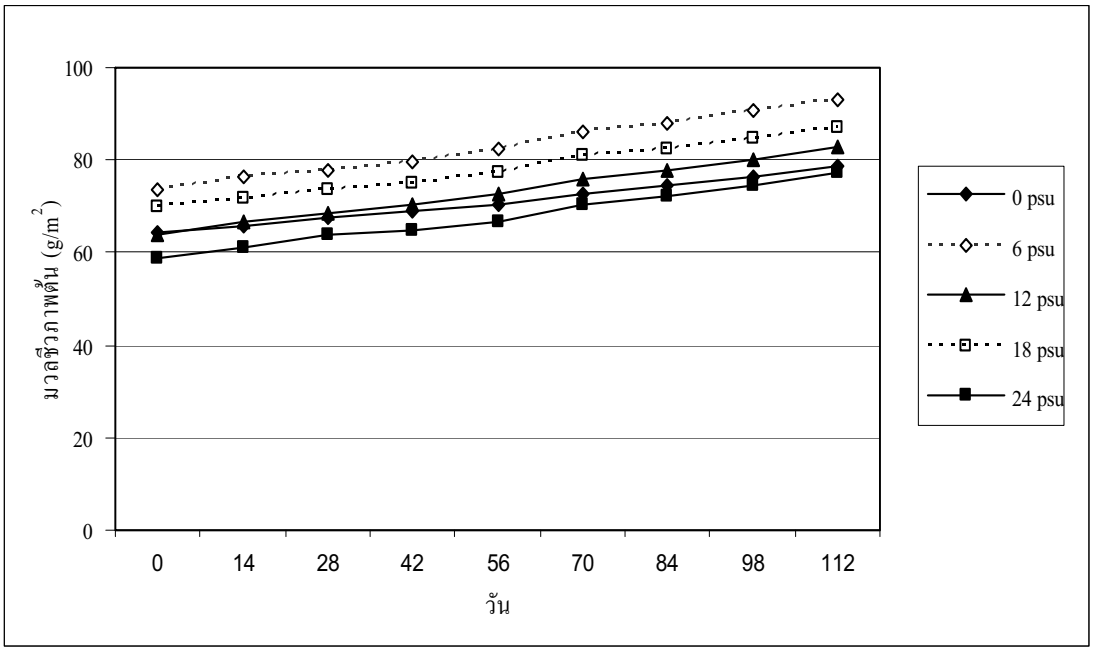
อัตราการเพิ่มพูนมวลชีวภาพลำต้นของกล้าไม้ที่ได้รับน้ำเสียความเค็มต่างกัน ส่วนใหญ่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 5-23 และ รูปที่ 5-15) เช่นเดียวกับอัตราการเพิ่มพูนมวลชีวภาพใบของกล้าไม้ที่ได้รับน้ำเสียความเค็มต่างกัน ส่วนใหญ่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 5-24 และ รูปที่ 5-16)

อัตราการเพิ่มพูนมวลชีวภาพลำต้นของกล้าไม้ในช่วงเวลาที่ต่างกัน ส่วนใหญ่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่มีแนวโน้มไม่ชัดเจน ส่วนอัตราการเพิ่มพูนมวลชีวภาพใบของกล้าไม้ในช่วงเวลาที่ต่างกัน ส่วนใหญ่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

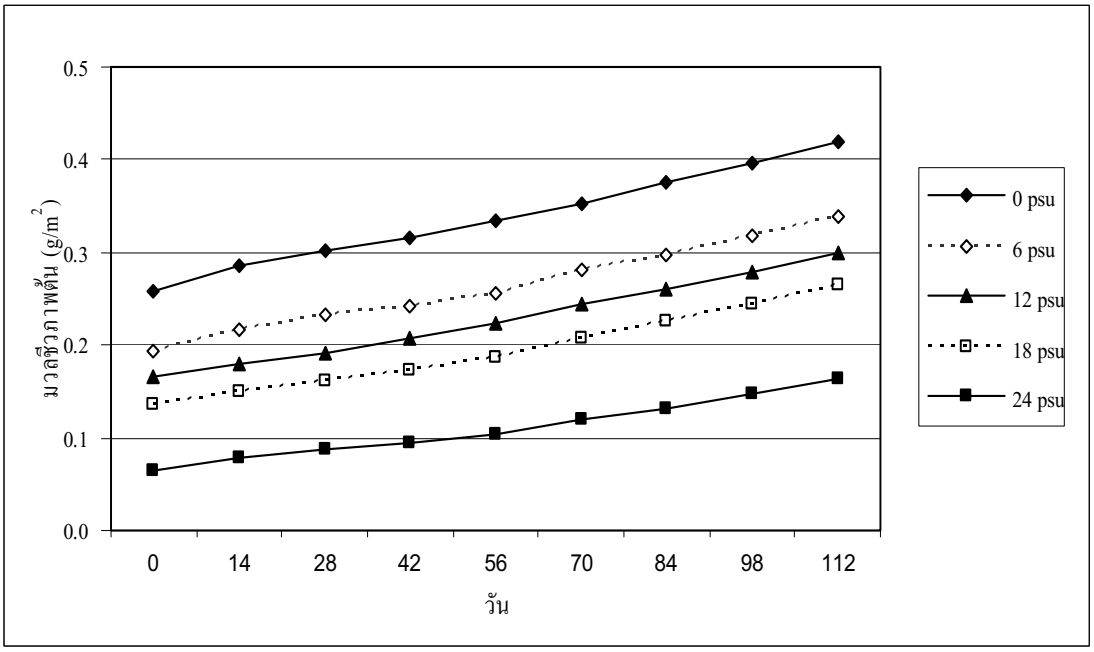
ตารางที่ 5-23 อัตราการเพิ่มพูนมวลชีวภาพลำต้นของกล้าไม้ ในระบบต่อเนื่อง โครงการที่ 1-2

ชนิดพืช	ชุดทดลอง	อัตราการเพิ่มพูนมวลชีวภาพต่อเดือน (cm.)				
		มวลชีวภาพ ก่อนการทดลอง	เดือนที่ 1	เดือนที่ 2	เดือนที่ 3	เดือนที่ 4
โกงกางใบใหญ่	NW	64.17±21.12	3.30±2.89[a]	[b]3.05±2.64[a]	4.08±2.84[a]	3.98±3.19[a]
	6 psu	73.81±19.39	3.87±2.10[a]	[a]4.65±2.96[a]	5.65±2.31[a]	5.21±2.22[a]
	12 psu	63.81±18.91	4.80±4.71[a]	[ab]3.91±2.07[a]	5.29±2.49[a]	[กข]4.95±2.30[a]
	18 psu	69.78±20.91	[ข]3.73±2.14[a]	[ข ab]3.80±1.62[a]	[ก]5.14±1.31[a]	[ก]4.54±1.61[a]
	24 psu	59.01±16.33	[ก]4.81±2.86[a]	[ข b]2.81±1.77[a]	[ก]5.69±2.19[a]	4.85±1.97[a]
แสมทะเล	NW	0.26±0.11	[a]0.04±0.04[c]	0.03±0.02[c]	0.04±0.03[c]	0.04±0.03[c]
	6 psu	0.19±0.16	[ab]0.04±0.03[b]	0.02±0.02[c]	0.04±0.03[c]	0.04±0.03[c]
	12 psu	0.17±0.11	[bc]0.03±0.02[c]	0.03±0.02[c]	0.04±0.02[c]	0.04±0.02[c]
	18 psu	0.14±0.06	[ข bc]0.03±0.02[b]	[ข]0.03±0.03[c]	[กข]0.04±0.02[c]	[ก]0.04±0.03[c]
	24 psu	0.07±0.03	[ข c]0.02±0.01[c]	[ข]0.02±0.01[c]	[กข]0.03±0.02[c]	[ก]0.03±0.02[c]
พังกาหัวสุม	NW	37.23±11.91	[ข]1.98±1.87[b]	[ข b]1.72±1.04[b]	[ก]3.10±1.34[b]	[กข]2.51±1.36[b]
	6 psu	32.83±12.68	3.89±6.63[a]	[b]1.83±1.53[b]	3.18±2.95[b]	2.86±2.82[b]
	12 psu	43.87±19.47	2.88±1.75[b]	[a]2.77±1.39[b]	3.65±1.82[b]	3.43±1.59[b]
	18 psu	32.36±6.54	[ก]3.23±1.54[a]	[ข b]1.53±0.93[b]	[ก]3.03±0.93[b]	[ก]2.64±0.88[b]
	24 psu	21.75±5.63	[ก]2.49±1.13[b]	[ข b]1.29±0.79[b]	[ก]2.27±0.61[b]	[ก]2.08±0.62[b]
โปรงแดง	NW	1.06±0.32	0.12±0.11[c]	[b]0.09±0.05[c]	[c]0.13±0.06[c]	[c]0.12±0.06[c]
	6 psu	1.41±0.55	0.11±0.12[b]	[b]0.11±0.07[c]	[c]0.13±0.07[c]	[bc]0.13±0.07[c]
	12 psu	1.21±0.41	[ก]0.20±.0.15[c]	[ข b]0.11±0.07[c]	[ก ab]0.18±0.09[c]	[กข ab]0.17±0.09[c]
	18 psu	1.67±0.50	0.19±0.16[b]	[a]0.17±0.09[c]	[a]0.21±0.10[c]	[a]0.20±0.09[c]
	24 psu	0.95±0.25	[ก]0.16±0.10[c]	[ข b]0.08±.04[c]	[ก bc]0.15±0.06[c]	[ก bc]0.14±0.05[c]

หมายเหตุ ตัวอักษรภาษาอังกฤษมุมซ้ายมือ (แนวตั้ง) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างความเค็มของน้ำเสียอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
ตัวอักษรภาษาอังกฤษมุมขวามือ (แนวตั้ง) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างชนิดพืชอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
ตัวอักษรภาษาไทยมุมซ้ายมือ (แนวนอน) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างช่วงเวลาเก็บตัวอย่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

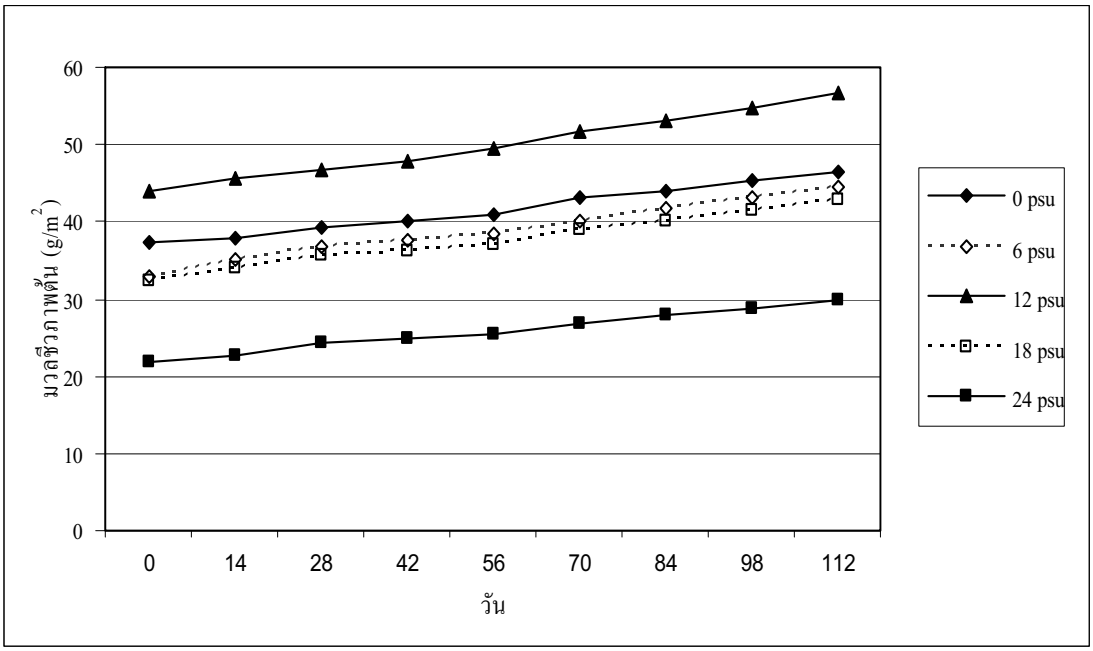


(ก) โกงกางใบใหญ่

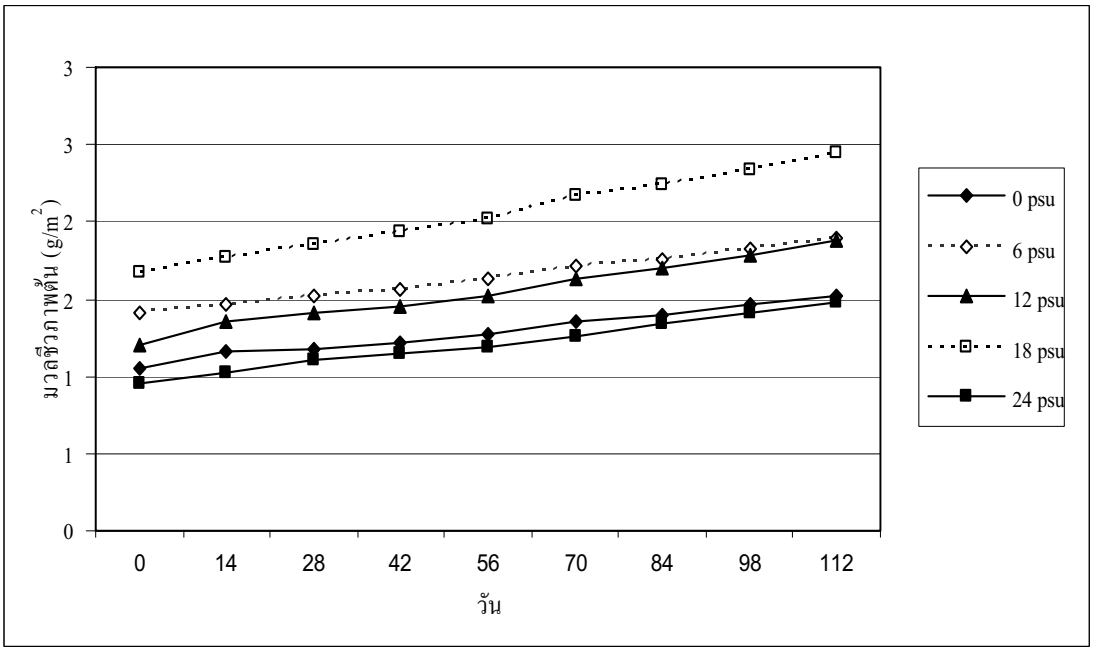


(ข) แสมทะเล

รูปที่ 5-15 มวลชีวภาพลำต้นของกล้าไม้ที่ได้รับน้ำเสียต่างระดับความเค็ม ในระบบต่อเนื่อง โครงการที่ 1-2



(ค) พังกาหัวสุม



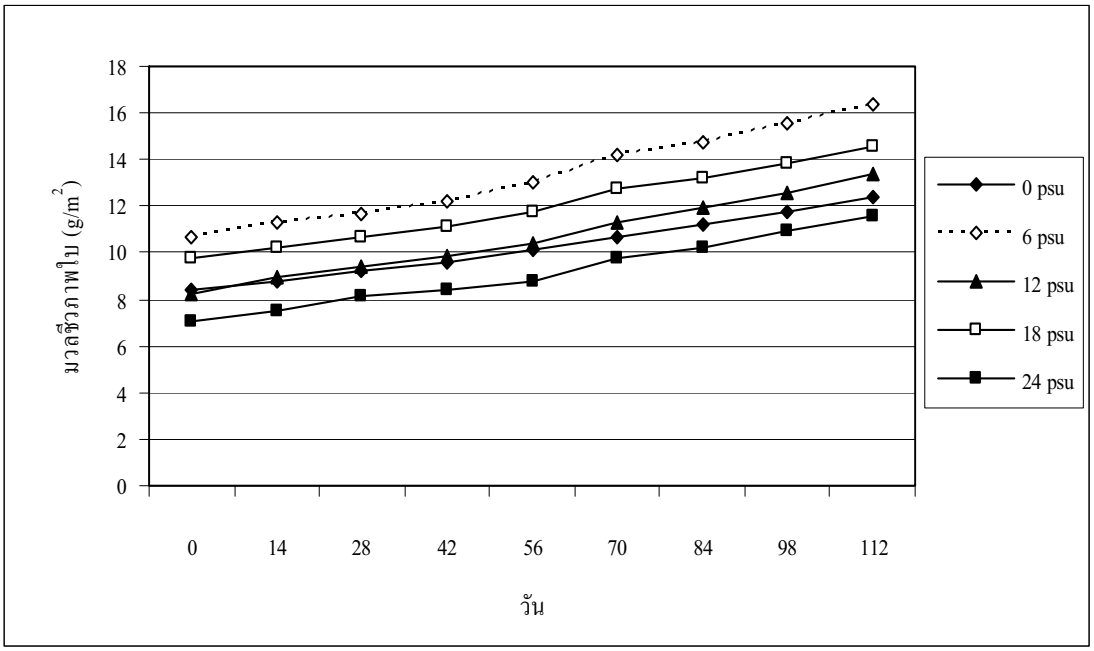
(ง) โปรงแดง

รูปที่ 5-15 (ต่อ) มวลชีวภาพลำต้นของกล้าไม้ที่ได้รับน้ำเสียต่างระดับความเค็ม ในระบบต่อเนื่อง โครงการที่ 1-2

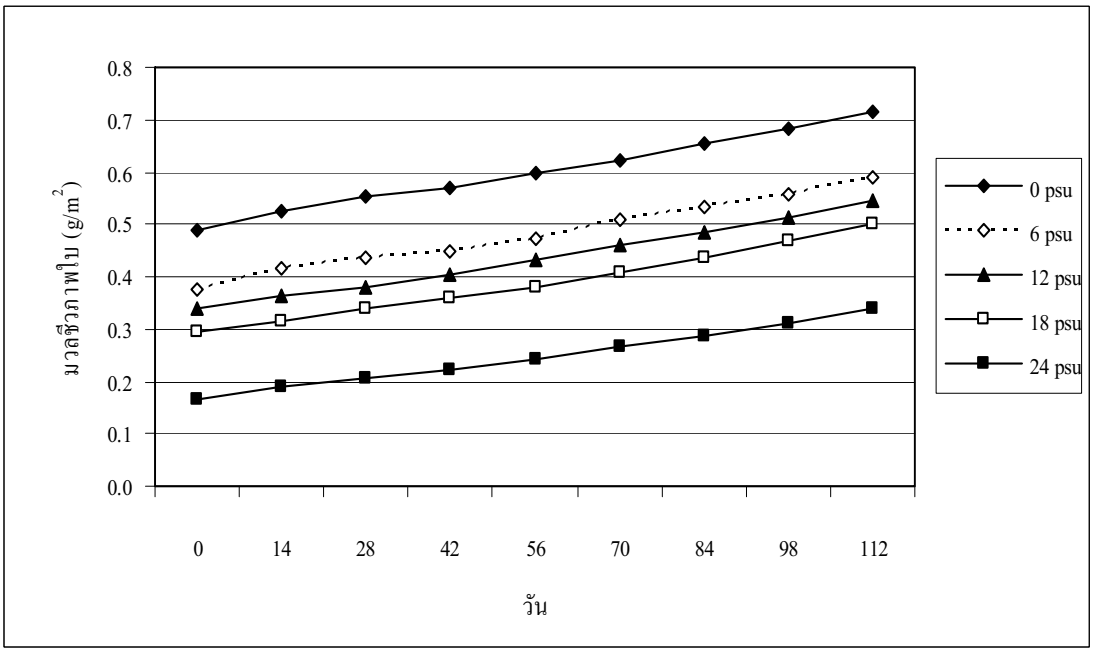
ตารางที่ 5-24 อัตราการเพิ่มพูนมวลชีวภาพใบของกล้าไม้ ในระบบต่อเนื่อง โครงการที่ 1-2

ชนิดพืช	ชุดทดลอง	อัตราการเพิ่มพูนมวลชีวภาพต่อเดือน (cm.)				
		มวลชีวภาพ ก่อนการทดลอง	เดือนที่ 1	เดือนที่ 2	เดือนที่ 3	เดือนที่ 4
โกงกางใบใหญ่	NW	8.42±5.09	0.83±1.02 [a]	[b]0.85±0.94 [a]	1.11±0.97 [a]	1.19±1.25 [a]
	6 psu	10.65±5.25	[ข]1.06±0.69 [a]	[กข a]1.30±0.86 [a]	[ก]1.70±0.89 [a]	[ก]1.68±0.91 [a]
	12 psu	8.21±4.35	1.21±1.40 [a]	[ab]1.01±0.06 [a]	1.47±1.00 [a]	1.47±1.00 [a]
	18 psu	9.73±5.33	[ค]80.95±0.68 [a]	[ขค ab]1.04±0.6 [a] 1	[ก]1.47±0.71 [a]	[กข]1.38±0.76 [a]
	24 psu	7.02±3.54	[กข]1.08±0.75 [a]	[ข b]0.69±0.49 [a]	[ก]1.46±0.81 [a]	[ก]1.34±0.76 [a]
แสมทะเล	NW	0.49±0.17	0.06±0.06[b]	0.04±0.03 [b]	0.06±0.03 [b]	0.06±0.0.3 [b]
	6 psu	0.38±0.24	0.06±0.05 [b]	0.04±0.03 [c]	0.06±0.03 [c]	0.06±0.03 [c]
	12 psu	0.34±0.17	0.04±0.03 [b]	0.05±0.03 [b]	0.05±0.02 [b]	0.06±0.03 [b]
	18 psu	0.29±0.11	0.05±0.03 [b]	0.04±0.04 [c]	0.06±0.03 [c]	0.06±0.04 [c]
	24 psu	0.17±0.06	0.04±0.02 [b]	0.03±0.02 [c]	0.05±0.03 [c]	0.05±0.03 [c]
พังกาหัวสุม	NW	13.88±4.39	[ข]0.73±0.69 [a]	[ข b]0.63±0.38 [a]	[ก]1.14±0.49 [a]	[กข]0.92±0.50 [a]
	6 psu	12.26±4.68	1.43±2.44 [a]	[b]0.67±0.56 [b]	1.17±1.08 [b]	1.05±1.03 [b]
	12 psu	16.32±7.16	1.06±0.64 [a]	[a]1.02±0.51 [a]	1.34±0.66 [a]	1.26±0.58 [a]
	18 psu	12.09±2.41	[ก]1.19±0.57 [a]	[ข b]0.56±0.34 [b]	[ก]1.12±0.34 [b]	[ก]0.97±0.32 [b]
	24 psu	8.17±2.09	[ก]0.92±0.42 [a]	[ข b]0.48±0.29 [b]	[ก]0.84±0.23 [b]	[ก]0.77±0.23 [b]
โปรงแดง	NW	2.73±0.67	0.12±0.11 [b]	b0.09±0.05 [b]	c0.13±0.06 [b]	[c]0.12±0.05 [b]
	6 psu	3.43±1.08	0.11±0.11 [b]	[b]0.11±0.06 [c]	[c]0.13±0.06 [c]	[bc]0.12±0.06 [c]
	12 psu	3.05±0.83	[ก]0.20±0.14 [b]	[ข b]0.11±0.06 [b]	[ก ab]0.18±0.08 [b]	[กข ab]0.16±0.07 [b]
	18 psu	3.96±0.97	0.18±0.15 [b]	[a]0.16±0.08 [c]	[a]0.19±0.08 [c]	[a]0.18±0.07 [c]
	24 psu	2.52±0.55	[ก]0.17±0.10 [b]	[ข b]0.08±0.04 [c]	[ก bc]0.15±0.06 [c]	[ก bc]0.14±0.05 [c]

หมายเหตุ ตัวอักษรภาษาอังกฤษมุมซ้ายมือ (แนวตั้ง) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างความเค็มของน้ำเสียอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
ตัวอักษรภาษาอังกฤษมุมขวามือ (แนวตั้ง) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างชนิดพืชอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
ตัวอักษรภาษาไทยมุมซ้ายมือ (แนวนอน) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างช่วงเวลาเก็บตัวอย่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

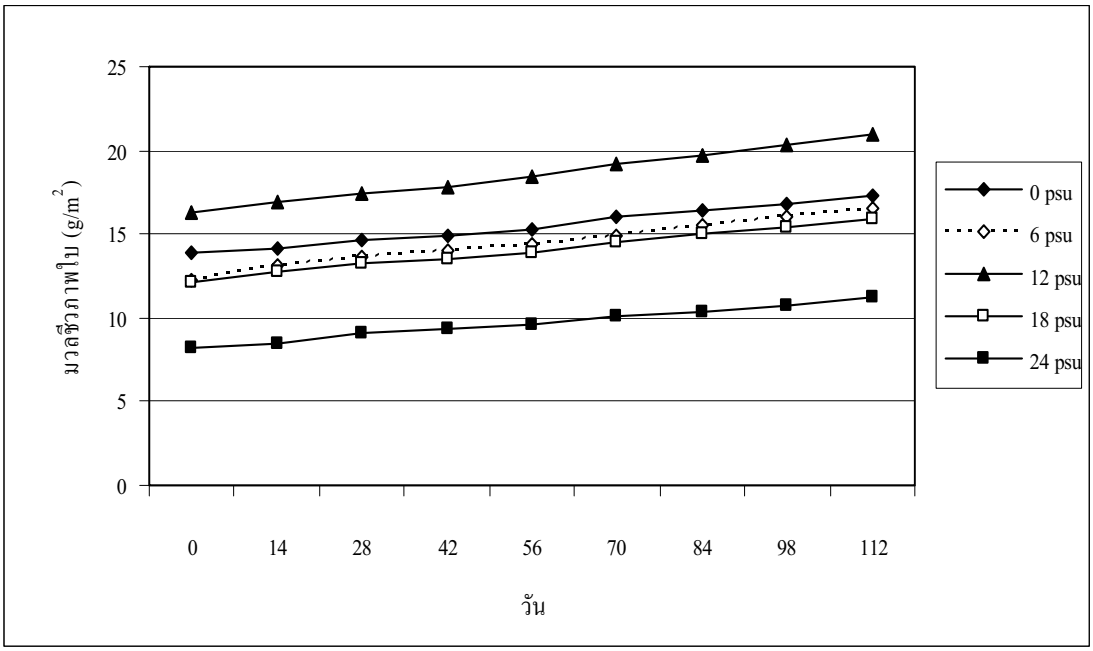


(ก) โกงกางใบใหญ่

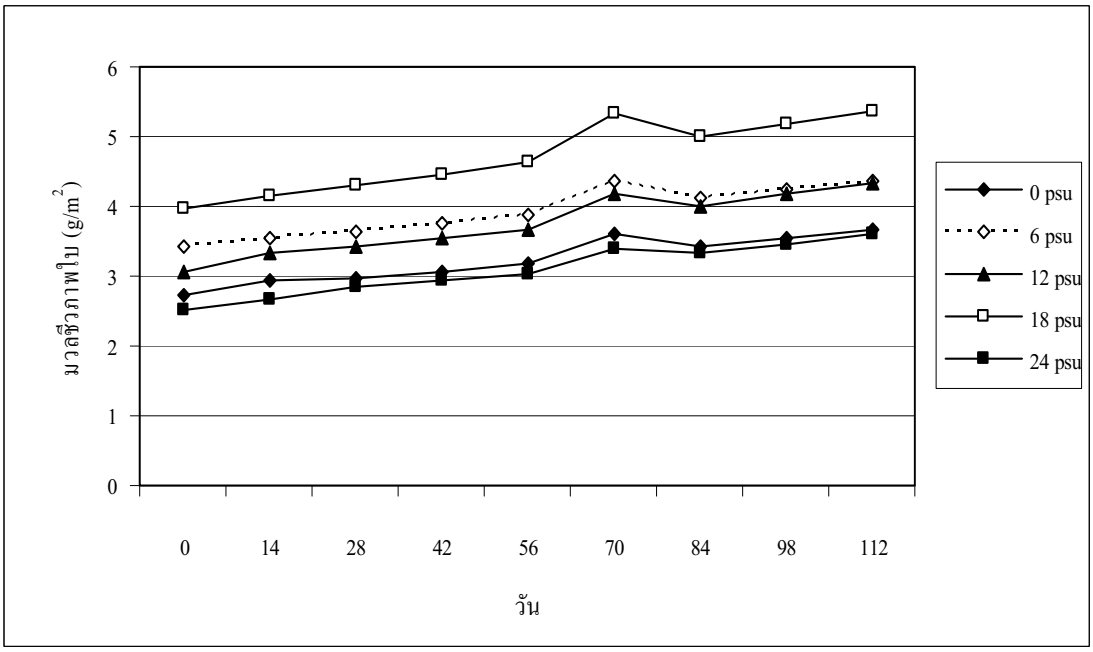


(ข) แสมทะเล

รูปที่ 5-16 มวลชีวภาพใบของกล้าไม้ที่ได้รับน้ำเสียต่างระดับความเค็ม ในระบบต่อเนื่อง โครงการที่ 1-2



(ค) พังกาหัวสุม



(ง) โปรงแดง

รูปที่ 5-16 (ต่อ) มวลชีวภาพใบของกล้าไม้ที่ได้รับน้ำเสียต่างระดับความเค็ม ในระบบต่อเนื่อง โครงการที่ 1-2

5.5 สรุปประเด็นด้านการเจริญเติบโตและองค์ประกอบธาตุอาหารของกล้าไม้

5.5.1 สรุปประเด็นด้านการเจริญเติบโตและองค์ประกอบธาตุอาหารของกล้าไม้ในระบบกะ ในโครงการย่อยที่ 1-1

การเจริญเติบโตด้านความสูง

ก่อนการทดลองบำบัดน้ำเสีย กล้าไม้มีความสูงเฉลี่ยตามลำดับดังนี้ คือ โกงกางใบใหญ่ แสมทะเล พังกาหัวสุมและโปรงแดง (62.90-69.30, 59.30-66.73, 43.58-47.81 และ 37.75-42.28 เซนติเมตร ตามลำดับ) แต่เมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่า แสมทะเลมีความสูงเฉลี่ยสูงสุด รองลงมาได้แก่ โกงกางใบใหญ่ พังกาหัวสุม และโปรงแดง ตามลำดับ โดยแสมทะเลมีอัตราการเพิ่มพูนความสูงสูงที่สุด ขณะที่กล้าไม้โกงกางใบใหญ่ พังกาหัวสุม และโปรงแดง มีอัตราการเพิ่มพูนความสูงต่ำกว่าและมีค่าใกล้เคียงกัน

เมื่อใช้ระยะกักเก็บ 3 วัน กล้าไม้ทุกชนิดมีอัตราการเพิ่มพูนความสูงสูงที่สุด ทั้งนี้เพราะการระบายอากาศและการแลกเปลี่ยนอากาศบริเวณรากพืชเกิดขึ้นได้ดี อีกทั้งการทดลองระยะกักเก็บ 3 วัน เป็นการทดลองภายหลังจากที่ได้ทดลองใช้ระยะกักเก็บ 7 วัน และ 5 วัน ตามลำดับ กล้าไม้จึงมีอายุมากขึ้นทำให้เจริญเติบโตเป็นไปอย่างรวดเร็ว กอปรกับพื้นที่ในชุดทดลองจำกัด ทำให้กล้าไม้ต้องแก่งแย่งรับแสงแดดจึงเป็นผลให้อัตราการเพิ่มพูนความสูงเป็นไปอย่างรวดเร็วยิ่งขึ้น

เมื่อใช้ระยะกักเก็บ 7 วัน และ 5 วัน พบว่า เมื่อใช้ระยะกักเก็บ 5 วัน พังกาหัวสุมและโปรงแดงมีอัตราการเพิ่มพูนความสูงมากกว่าเมื่อใช้ระยะกักเก็บ 7 วัน แต่เมื่อใช้ระยะกักเก็บ 7 วัน โกงกางใบใหญ่และแสมทะเลมีอัตราการเพิ่มพูนความสูงมากกว่าเมื่อใช้ระยะกักเก็บ 5 วัน

อัตราเพิ่มพูนความสูงของกล้าไม้ เมื่อได้รับน้ำเสียความเข้มข้นต่างกัน โดยทั่วไปพบว่า กล้าไม้มีอัตราการเพิ่มพูนความสูงสูงที่สุดเมื่อได้รับน้ำเสียความเข้มข้น 5NW รองลงมาคือ 10NW, 2NW และ NW ตามลำดับ คาดว่าถึงแม้น้ำเสีย 10NW จะมีธาตุอาหารสูง แต่ก็มีปริมาณสารอินทรีย์สูง ปริมาณ DO ต่ำ ทำให้ดินมีสภาพรีดิวซ์ รากพืชทำงานผิดปกติ การดูดดึงและลำเลียงธาตุอาหารไปใช้เพื่อการเจริญเติบโตถูกยับยั้ง (Pezeshki, 2001) นอกจากนี้พบว่า กล้าไม้ที่ได้รับน้ำเสียทุกระดับความเข้มข้นมีอัตราการเพิ่มพูนความสูงสูงกว่ากล้าไม้ที่ได้รับน้ำทะเล

การเจริญเติบโตด้านเส้นผ่าศูนย์กลาง

ก่อนการทดลองบำบัดน้ำเสีย กล้าไม้โกงกางใบใหญ่ มีเส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ยสูงสุด ส่วนแสมทะเล พังกาหัวสุมและโปรงแดงมีเส้นผ่าศูนย์กลางต่ำกว่าและมีค่าใกล้เคียงกัน

เมื่อใช้ระยะกักเก็บ 7 วัน โกงกางใบใหญ่มีอัตราการเพิ่มพูนเส้นผ่าศูนย์กลางสูงที่สุด เมื่อใช้ระยะกักเก็บ 5 และ 3 วัน พังกาหัวสุมมีอัตราการเพิ่มพูนเส้นผ่าศูนย์กลางสูงที่สุด ทั้งนี้เพราะโกงกางใบใหญ่เป็นพืชที่ชอบดินเลนและสามารถทนต่อสภาพน้ำท่วมขังได้ดี ส่วนพังกาหัวสุมเป็นพืชที่ชอบดินที่มีสภาพการระบายน้ำดี (สนิท อักษรแก้ว, 2542) สำหรับกล้าไม้โปรงแดง พบว่า อัตราการเพิ่มพูนเส้นผ่าศูนย์กลางสูงที่สุดเมื่อใช้ระยะกักเก็บ 3 วัน รองลงมาคือ 5 วัน และต่ำสุดเมื่อใช้ระยะกักเก็บ 7 วัน ทั้งนี้เพราะพืชสกุลโปรงชอบดินที่มีสภาพการระบายน้ำดี และเป็นพันธุ์ไม้ที่ขึ้นในแนวเขตด้านหลังของป่าชายเลน (สนิท อักษรแก้ว, 2542)

สำหรับกล้าไม้แสมทะเล พบว่า อัตราการเพิ่มพูนเส้นผ่าศูนย์กลางสูงที่สุดเมื่อใช้ระยะกักเก็บ 5 วัน เพราะถึงแม้พืชสกุลแสมมักขึ้นอยู่ในแนวเขตด้านหน้าของป่าชายเลนถัดจากสกุลโกงกาง แต่ชอบดินที่มีสภาพการระบายน้ำดี (สนิท อักษรแก้ว, 2542)

อัตราการเพิ่มพูนเส้นผ่าศูนย์กลางของกล้าไม้ เมื่อได้รับน้ำเสียความเข้มข้นต่างกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ค่าค่อนข้างผันแปร มีแนวโน้มว่ากล้าไม้มีอัตราการเพิ่มพูนเส้นผ่าศูนย์กลางสูงที่สุดเมื่อได้รับน้ำเสียความเข้มข้น 5NW และกล้าไม้ทุกชนิดที่ได้รับน้ำเสียมีอัตราการเพิ่มพูนเส้นผ่าศูนย์กลางสูงกว่ากล้าไม้ที่ได้รับน้ำทะเลอย่างชัดเจน

การเจริญเติบโตด้านมวลชีวภาพ

ก่อนการทดลองบำบัดน้ำเสีย กล้าไม้มีมวลชีวภาพลำต้นเรียงตามลำดับดังนี้คือ โกงกางใบใหญ่ แสมทะเล พังกาหัวสุม และโปรงแดง (59.84-76.34, 9.42-12.54, 9.18-12.00 และ 6.13-7.83 กรัม/ม^2 ตามลำดับ) เมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่า มีมวลชีวภาพเรียงตามลำดับดังนี้คือ โกงกางใบใหญ่ พังกาหัวสุม แสมทะเล และโปรงแดง ตามลำดับ โดยโกงกางใบใหญ่มีอัตราการเพิ่มพูนมวลชีวภาพสูงสุด รองลงมาคือ พังกาหัวสุม แสมทะเล และโปรงแดง ตามลำดับ

เมื่อใช้ระยะกักเก็บ 3 วัน กล้าไม้แสมทะเล พังกาหัวสุม และโปรงแดง มีอัตราการเพิ่มพูนมวลชีวภาพสูงกว่าเมื่อใช้ระยะกักเก็บ 5 วัน และ 7 วัน

อัตราการเพิ่มพูนมวลชีวภาพลำต้นของกล้าไม้เมื่อได้รับน้ำเสียความเข้มข้นต่างกัน มีแนวโน้มว่ากล้าไม้ที่ได้รับน้ำเสีย 5NW มีอัตราการเพิ่มพูนมวลชีวภาพสูงที่สุด แต่แนวโน้มดังกล่าวไม่ชัดเจนและผันแปรมาก อย่างไรก็ตามกล้าไม้ที่ได้รับน้ำเสียมีอัตราการเพิ่มพูนมวลชีวภาพสูงกว่ากล้าไม้ที่ได้รับน้ำทะเลอย่างชัดเจน

ปริมาณและการสะสมไนโตรเจนทั้งหมดในใบ

ก่อนการทดลองบำบัดน้ำเสีย ปริมาณ TN ในใบอ่อนของกล้าไม้โกงกางใบใหญ่ แสมทะเล พังกาหัวสุม และโปรงแดง มีค่า 11.360, 33.856, 14.288 และ 9.250 mg/g dry wt. ตามลำดับ เมื่อสิ้นสุดการทดลองปริมาณ TN เพิ่มขึ้นเป็น 15.962-21.815, 22.822-46.927, 17.162-27.562 และ 14.673-19.048 mg/g dry wt. ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นว่าแสมทะเลมีปริมาณ TN สูงที่สุด

อัตราการสะสม TN ในใบอ่อนและใบแก่ของกล้าไม้ทั้ง 4 ชนิด มีแนวโน้มไม่ชัดเจน ไม่สามารถสรุปได้ว่ากล้าไม้ชนิดใดมีการสะสม TN สูงที่สุด

อัตราการสะสม TN ในใบอ่อนและใบแก่ของกล้าไม้สูงที่สุดเมื่อใช้ระยะกักเก็บ 7 วัน รองลงมา คือ 5 วัน และ 3 วัน ตามลำดับ

อัตราการสะสม TN ในใบอ่อนและใบแก่ของกล้าไม้จะสูงขึ้นเมื่อระดับความเข้มข้นของน้ำเสียสูงขึ้น และกล้าไม้ที่ได้รับน้ำเสียมีอัตราการสะสม TN สูงกว่ากล้าไม้ที่ได้รับน้ำทะเลอย่างชัดเจน

โดยสรุป การสะสม TN ในกล้าไม้ ชี้ให้เห็นว่ากล้าไม้ มีส่วนช่วยในการบำบัด TN ในน้ำเสียโดยการดูดดึงไปใช้และสะสมในมวลชีวภาพ โดยปริมาณและการสะสม TN ในใบแก่จะต่ำกว่าใบอ่อน

ปริมาณและการสะสมฟอสฟอรัสทั้งหมดในใบ

ก่อนการทดลองบำบัดน้ำเสีย ปริมาณ TP ในใบอ่อนของกล้าไม้โกงกางใบใหญ่ แสมทะเล พังกาหัวสุม และโปรงแดง มีค่า 0.322, 0.784, 0.280 และ 0.216 mg/g dry wt. ตามลำดับ เมื่อสิ้นสุดการทดลอง ปริมาณ TP เพิ่มขึ้นเป็น 0.216-0.410, 0.826-1.222, 0.332-0.372 และ 0.229-0.295 mg/g dry wt. ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นว่าแสมทะเลมีปริมาณ TP สูงที่สุด

อัตราการสะสม TP ในใบอ่อนและใบแก่ของกล้าไม้ทั้ง 4 ชนิด มีแนวโน้มไม่ชัดเจน ไม่สามารถสรุปได้ว่ากล้าไม้ชนิดใดมีการสะสม TP สูงที่สุด ทั้งนี้เพราะพืชต้องการฟอสฟอรัสสูงเฉพาะในช่วงเจริญพันธุ์ (Wong et al., 1995)

อัตราการสะสม TP ในใบอ่อนและใบแก่ของกล้าไม้ โดยทั่วไปมีแนวโน้มว่า เมื่อระยะกักเก็บนานขึ้นการสะสม TP จะสูงขึ้น

อัตราการสะสม TP ในใบอ่อนและใบแก่ของกล้าไม้ เมื่อได้รับน้ำเสียความเข้มข้นต่างกัน มีแนวโน้มว่า เมื่อใช้ระยะกักเก็บ 7 วัน กล้าไม้ที่ได้รับน้ำเสีย 10NW มีอัตราการสะสม TP สูงกว่ากล้าไม้ที่ได้รับน้ำเสีย 5NW, 2NW และ NW แต่แนวโน้มดังกล่าวค่อนข้างไม่ชัดเจนและผันแปร

โดยสรุป การสะสม TP ในกล้าไม้ ชี้ให้เห็นว่ากล้าไม้ มีส่วนช่วยในการบำบัด TP ในน้ำเสียโดยการดูดดึงไปใช้และสะสมในมวลชีวภาพ โดยปริมาณและการสะสม TP ในใบแก่จะต่ำกว่าใบอ่อน

5.5.2 สรุปประเด็นด้านการเจริญเติบโตและองค์ประกอบธาตุอาหารของกล้าไม้ในระบบเติมต่อเนื่อง ในโครงการย่อยที่ 1-1

การเจริญเติบโตด้านความสูง

ก่อนการทดลองบำบัดน้ำเสีย กล้าไม้มีความสูงเฉลี่ยเรียงตามลำดับดังนี้คือ โกงกางใบใหญ่ แสมทะเล พังกาหัวสุม และโปรงแดง แต่เมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่า แสมทะเลมีความสูงเฉลี่ยสูงสุด รองลงมาคือ โกงกางใบใหญ่ พังกาหัวสุม และโปรงแดง ตามลำดับ โดยแสมทะเลมีอัตราการเพิ่มพูนความสูงสูงที่สุด ขณะที่กล้าไม้โกงกางใบใหญ่ พังกาหัวสุม และโปรงแดง มีอัตราการเพิ่มพูนความสูงต่ำกว่าและมีค่าใกล้เคียงกัน

เมื่อใช้ระยะกักเก็บ 3 วัน กล้าไม้ทุกชนิดมีอัตราการเพิ่มพูนความสูงสูงที่สุด เมื่อใช้ระยะกักเก็บ 7 วัน และ 5 วัน พบว่า โดยทั่วไปอัตราการเพิ่มพูนความสูงของกล้าไม้ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

อัตราการเพิ่มพูนความสูงของกล้าไม้ เมื่อได้รับน้ำเสียความเข้มข้นต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ไม่สามารถสรุปได้ว่าน้ำเสียความเข้มข้นใดมีผลต่ออัตราการเพิ่มพูนความสูงมากที่สุด โดยอัตราการเพิ่มพูนความสูงจะมีค่าใกล้เคียงกัน ซึ่งแตกต่างจากระบบกะซึ่งพบว่ากล้าไม้ทั้ง 4 ชนิด มีอัตราการเพิ่มพูนความสูงสูงที่สุดเมื่อได้รับน้ำเสียความเข้มข้น 5NW

การเจริญเติบโตด้านเส้นผ่าศูนย์กลาง

ก่อนการทดลองบำบัดน้ำเสีย กล้าไม้โกงกางใบใหญ่ มีเส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ยสูงสุด ส่วนแสมทะเล พังกาหัวสุม และโปรงแดงมีเส้นผ่าศูนย์กลางต่ำกว่าและมีค่าใกล้เคียงกัน

เมื่อใช้ระยะกักเก็บ 7 วัน โกงกางใบใหญ่มีอัตราการเพิ่มพูนเส้นผ่าศูนย์กลางสูงที่สุด เมื่อใช้ระยะกักเก็บ 5 และ 3 วัน พังกาหัวสุมมีอัตราการเพิ่มพูนเส้นผ่าศูนย์กลางสูงที่สุด เช่นเดียวกับในระบบกะ

สำหรับกล้าไม้โปรงแดงและแสมทะเล พบว่า อัตราการเพิ่มพูนเส้นผ่าศูนย์กลางสูงที่สุดเมื่อใช้ระยะกักเก็บ 3 วัน รองลงมาคือ 5 วัน และต่ำสุดเมื่อใช้ระยะกักเก็บ 7 วัน

อัตราการเพิ่มพูนเส้นผ่าศูนย์กลางของกล้าไม้ เมื่อได้รับน้ำเสียความเข้มข้นต่างกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ค่าค่อนข้างผันแปร มีแนวโน้มว่ากล้าไม้มีอัตราการเพิ่มพูนเส้นผ่าศูนย์กลางสูงที่สุดเมื่อได้รับน้ำเสียความเข้มข้น 5NW และ 10NW และกล้าไม้ที่ได้รับน้ำเสียมีอัตราการเพิ่มพูนเส้นผ่าศูนย์กลางสูงกว่ากล้าไม้ที่ได้รับน้ำทะเลอย่างชัดเจน

การเจริญเติบโตด้านมวลชีวภาพ

ก่อนการทดลองบำบัดน้ำเสีย กล้าไม้มีมวลชีวภาพลำต้นเรียงตามลำดับดังนี้คือ โกงกางใบใหญ่ แสมทะเล พังกาหัวสุม และโปรงแดง เมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่า มีมวลชีวภาพเรียงตามลำดับดังนี้คือ โกงกางใบใหญ่ พังกาหัวสุม แสมทะเล และโปรงแดง ตามลำดับ โดยโกงกางใบใหญ่มีอัตราการเพิ่มพูนมวลชีวภาพลำต้นสูงสุด รองลงมาคือ พังกาหัวสุม แสมทะเล และโปรงแดง ตามลำดับ

เมื่อใช้ระยะกักเก็บ 3 วัน กล้าไม้แสมทะเล พังกาหัวสุม และโปรงแดง มีอัตราการเพิ่มพูนมวลชีวภาพสูงกว่าเมื่อใช้ระยะกักเก็บ 5 และ 7 วัน

อัตราการเพิ่มพูนมวลชีวภาพลำต้นของกล้าไม้ ที่ได้รับน้ำเสียความเข้มข้นต่างกัน ไม่สามารถสรุปได้ว่าน้ำเสียระดับความเข้มข้นใดทำให้อัตราการเพิ่มพูนมวลชีวภาพสูงที่สุด อย่างไรก็ตามกล้าไม้ที่ได้รับน้ำเสียมีอัตราการเพิ่มพูนมวลชีวภาพสูงกว่ากล้าไม้ที่ได้รับน้ำทะเลอย่างชัดเจน

ปริมาณและการสะสมไนโตรเจนทั้งหมดในใบ

แสมทะเลมีปริมาณ TN สูงที่สุด

อัตราการสะสม TN ในใบอ่อนและใบแก่ของกล้าไม้ทั้ง 4 ชนิด มีแนวโน้มไม่ชัดเจน ไม่สามารถสรุปได้ว่ากล้าไม้ชนิดใดมีการสะสม TN สูงที่สุด

อัตราการสะสม TN ในใบอ่อนและใบแก่ของกล้าไม้สูงที่สุดเมื่อใช้ระยะกักเก็บ 7 วัน รองลงมา คือ 5 วัน และ 3 วัน ตามลำดับ

อัตราการสะสม TN ในใบอ่อนและใบแก่ของกล้าไม้จะสูงขึ้นเมื่อระดับความเข้มข้นของน้ำเสียสูงขึ้น และกล้าไม้ที่ได้รับน้ำเสียมีอัตราการสะสม TN สูงกว่ากล้าไม้ที่ได้รับน้ำทะเลอย่างชัดเจน

ปริมาณและการสะสมฟอสฟอรัสทั้งหมดในใบ

แสมทะเลมีปริมาณ TP สูงที่สุด

อัตราการสะสม TP ในใบอ่อนและใบแก่ของกล้าไม้ทั้ง 4 ชนิด มีแนวโน้มไม่ชัดเจน ไม่สามารถสรุปได้ว่ากล้าไม้ชนิดใดมีการสะสม TP สูงที่สุด

อัตราการสะสม TP ในใบอ่อนและใบแก่ของกล้าไม้ โดยทั่วไปมีแนวโน้มว่า มีค่าสูงที่สุดเมื่อใช้ระยะเวลากักเก็บ 7 วัน รองลงมาคือระยะกักเก็บ 5 วัน และ 3 วัน ตามลำดับ

อัตราการสะสม TP ในใบอ่อนของกล้าไม้ เมื่อได้รับน้ำเสียความเข้มข้นต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ มีแนวโน้มว่า เมื่อใช้ระยะกักเก็บ 7 วัน กล้าไม้ที่ได้รับน้ำเสียความเข้มข้นสูงมีอัตราการสะสม TP สูงกว่ากล้าไม้ที่ได้รับความเข้มข้นต่ำ แต่แนวโน้มดังกล่าวค่อนข้างไม่ชัดเจนและผันแปร แต่สำหรับใบแก่อัตราการสะสมฟอสฟอรัสไม่ผันแปรตามความเข้มข้นของน้ำเสีย

5.5.3 สรุปประเด็นด้านการเจริญเติบโตของกล้าไม้ในระบบกะ ในโครงการย่อยที่ 1-2

การเจริญเติบโตด้านความสูง

ก่อนการทดลองบำบัดน้ำเสีย กล้าไม้มีความสูงเฉลี่ยเรียงตามลำดับดังนี้คือ แสมทะเล โกงกางใบใหญ่ พังกาหัวสุม และโปรงแดง (67.86-102.34, 63.17-82.06, 48.29-78.21 และ 42.98-55.21 เซนติเมตร ตามลำดับ) และพบว่า แสมทะเลมีอัตราการเพิ่มพูนความสูงสูงที่สุด รองลงมา ได้แก่ พังกาหัวสุม โกงกางใบใหญ่ และโปรงแดง ตามลำดับ

อัตราการเพิ่มพูนความสูงของกล้าไม้ เมื่อได้รับน้ำเสียความเค็มต่างกัน มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีแนวโน้มว่า กล้าไม้ทั้ง 4 ชนิด มีอัตราการเพิ่มพูนความสูงสูงที่สุดเมื่อได้รับน้ำเสียความเค็ม 12 psu รองลงมาคือ น้ำเสีย 6psu, NW, 24psu และ18psu ตามลำดับ

การเจริญเติบโตด้านเส้นผ่าศูนย์กลาง

ก่อนการทดลองบำบัดน้ำเสีย กล้าไม้โกงกางใบใหญ่ มีเส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ยสูงสุด (1.81-2.10 เซนติเมตร) ส่วนแสมทะเล พังกาหัวสุม และโปรงแดงมีเส้นผ่าศูนย์กลางต่ำกว่าและมีค่าใกล้เคียงกัน (0.75-1.15, 0.87-1.36 และ 0.87-1.09 เซนติเมตร ตามลำดับ)

อัตราการเพิ่มพูนเส้นผ่าศูนย์กลางของกล้าไม้ทั้ง 4 ชนิด มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ มีแนวโน้มว่าโกงกางใบใหญ่และพังกาหัวสุมมีอัตราการเพิ่มพูนเส้นผ่าศูนย์กลางสูงกว่าแสมทะเลและโปรงแดง ตามลำดับ

อัตราการเพิ่มพูนเส้นผ่าศูนย์กลางของกล้าไม้ เมื่อได้รับน้ำเสียความเค็มต่างกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ มีแนวโน้มว่า กล้าไม้ทุกชนิดมีอัตราการเพิ่มพูนเส้นผ่าศูนย์กลางสูงที่สุดเมื่อได้รับน้ำเสีย 12 psu รองลงมาคือ น้ำเสีย 18psu, 24psu, NW และ 6psu ตามลำดับ

การเจริญเติบโตด้านมวลชีวภาพ

อัตราการเพิ่มพูนมวลชีวภาพลำต้นของกล้าไม้ที่ได้รับน้ำเสียความเค็มต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ มีแนวโน้มว่ากล้าไม้ที่ได้รับน้ำเสีย 12 psu มีอัตราการเพิ่มพูนมวลชีวภาพสูงที่สุด รองลงมาคือ น้ำเสีย 6psu, 18psu, NW และ 24psu ตามลำดับ อย่างไรก็ตามกล้าไม้ที่ได้รับน้ำเสียมีอัตราการเพิ่มพูนมวลชีวภาพสูงกว่ากล้าไม้ที่ได้รับน้ำทะเลอย่างชัดเจน

5.5.4 สรุปประเด็นด้านการเจริญเติบโตของกล้าไม้ ในระบบเติมต่อเนื่อง ในโครงการย่อยที่ 1-2

การเจริญเติบโตด้านความสูง

ก่อนการทดลองบำบัดน้ำเสีย กล้าไม้มีความสูงเฉลี่ยเรียงตามลำดับดังนี้คือ แสมทะเล โกงกางใบใหญ่ พังกาหัวสุม และโปรงแดง โดยแสมทะเลมีอัตราการเพิ่มพูนความสูงสูงที่สุด รองลงมา ได้แก่ พังกาหัวสุม โกงกางใบใหญ่ และโปรงแดง ตามลำดับ

อัตราการเพิ่มพูนความสูงของกล้าไม้ เมื่อได้รับน้ำเสียความเค็มต่างกัน ส่วนใหญ่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

การเจริญเติบโตด้านเส้นผ่าศูนย์กลาง

ก่อนการทดลองบำบัดน้ำเสีย กล้าไม้มีเส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ยเรียงตามลำดับดังนี้คือ โกงกางใบใหญ่ แสมทะเล พังกาหัวสุม และโปรงแดง

อัตราการเพิ่มพูนเส้นผ่าศูนย์กลางของกล้าไม้ทั้ง 4 ชนิด และอัตราการเพิ่มพูนเส้นผ่าศูนย์กลางของกล้าไม้เมื่อได้รับน้ำเสียความเค็มต่างกัน พบว่า ส่วนใหญ่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

การเจริญเติบโตด้านมวลชีวภาพ

ก่อนการทดลองบำบัดน้ำเสีย กล้าไม้มีมวลชีวภาพลำต้นเรียงตามลำดับดังนี้คือ โกงกางใบใหญ่ พังกาหัวสุม แสมทะเล และโปรงแดง (63.81-73.81, 21.75-43.87, 0 และ 0 กรัม/ม^2 ตามลำดับ)

อัตราการเพิ่มพูนมวลชีวภาพลำต้นของกล้าไม้ ที่ได้รับน้ำเสียความเค็มต่างกัน ส่วนใหญ่ไม่มีความแตกต่างกัน

บทที่ 6
ผลการศึกษาสมบัติของดินและการเปลี่ยนแปลงภายหลังใช้บำบัดน้ำเสีย

เนื้อหาในบทที่ 6 จะประกอบด้วยผลการศึกษาสมบัติของดินและการเปลี่ยนแปลงภายหลังการใช้บำบัดน้ำเสีย ในโครงการที่ 1 การหาวิธีการที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำเสียชุมชนด้วยระบบพื้นที่ชุ่มน้ำป่าชายเลน ของโครงการย่อยทั้งสองโครงการ คือ โครงการย่อยที่ 1-1 ผลของระยะเวลากักเก็บและความเข้มข้นของน้ำเสียต่อประสิทธิภาพการบำบัดของระบบพื้นที่ชุ่มน้ำป่าชายเลน และโครงการย่อยที่ 1-2 ผลของความเค็มของน้ำเสียต่อประสิทธิภาพการบำบัดของระบบพื้นที่ชุ่มน้ำป่าชายเลน โดยได้แบ่งเนื้อหาการนำเสนอดังนี้

6.1 สมบัติของดินและการเปลี่ยนแปลง ในระบบกะ ในโครงการย่อยที่ 1-1

6.2 สมบัติของดินและการเปลี่ยนแปลง ในระบบเติมต่อเนื่อง ในโครงการย่อยที่ 1-1

6.3 สมบัติของดินและการเปลี่ยนแปลง ในระบบกะ ในโครงการย่อยที่ 1-2

6.4 สมบัติของดินและการเปลี่ยนแปลง ในระบบเติมต่อเนื่อง ในโครงการย่อยที่ 1-2

6.5 สรุปประเด็นด้านสมบัติของดินและการเปลี่ยนแปลงภายหลังใช้บำบัดน้ำเสีย

6.1 สมบัติของดินและการเปลี่ยนแปลง ในระบบกะ ในโครงการย่อยที่ 1-1

ได้ทำการเก็บตัวอย่างดินผิวหน้า 2 ระดับความลึก คือ 0-10 เซนติเมตร จากผิวดิน และ 10-20 เซนติเมตร จากผิวดิน รวม 4 ครั้ง คือ ครั้งที่ 1 ก่อนการทดลองบำบัดน้ำเสีย ครั้งที่ 2 ภายหลังการทดลองบำบัดน้ำเสียโดยใช้ระยะกักเก็บน้ำเสีย 7 วัน ครั้งที่ 3 ภายหลังการทดลองระยะกักเก็บน้ำเสีย 5 วัน และครั้งที่ 4 ภายหลังการทดลองระยะกักเก็บน้ำเสีย 3 วัน

ผลการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและเคมีของดินจะนำมาวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างดินซึ่งได้รับน้ำเสียความเข้มข้นต่างกัน และ ระหว่างก่อนและภายหลังการบำบัดน้ำเสียเมื่อใช้ระยะกักเก็บต่างกัน โดยใช้วิธี two-way ANOVA ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 หากพบว่า มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจะทำการวิเคราะห์ความแตกต่างของการสะสมธาตุอาหารของดินซึ่งได้รับน้ำเสียความเข้มข้นต่างกัน ระยะกักเก็บต่างกัน และปลูกกล้าไม้ต่างกัน โดยใช้วิธี three-way ANOVA ผลการศึกษาสามารถสรุปได้ดังนี้

ความเป็นกรด-ด่าง (pH)

ก่อนการทดลองบำบัดน้ำเสีย pH ของดินชั้นบน (0-10 เซนติเมตร) และดินชั้นล่าง (10-20 เซนติเมตร) ในชุดทดลองที่ใช้บำบัดน้ำเสีย มีสภาพเป็นด่างและมีค่าใกล้เคียงกัน อยู่ในช่วง 8.26-8.77 (ตารางที่ ค 1 ถึง ค 2 ภาคผนวก ค) ทั้งนี้อาจเป็นเพราะก่อนการทดลองบำบัดน้ำเสียได้กักเก็บน้ำทะเลไว้ในชุดทดลองเพื่อเลี้ยงกล้าไม้เป็นเวลาประมาณ 3 เดือน ภายหลังการทดลองกักเก็บน้ำเสียโดยใช้ระยะกักเก็บ 7 วัน ค่า pH ของดินชั้นบนมีแนวโน้มลดลงอยู่ในช่วง 7.26-7.84 เนื่องจากเมื่อใส่น้ำเสียลงสู่ชุดทดลองจะเกิดกระบวนการไนตริฟิเคชันของแอมโมเนียและอินทรีย์ไนโตรเจน และการออกซิเดชันของสารอินทรีย์คาร์บอน ซึ่งทำให้ดินมี pH ลดลง (Subbiah and Ramula, 1979 อ้างถึงใน Ru and Wong, 1995) แต่ภายหลังการทดลองกักเก็บน้ำเสียโดยใช้ระยะกักเก็บ 5 วัน และ 3 วัน ค่า pH ของดินชั้นบนเพิ่มขึ้นเป็น 8.44-8.91 และ 8.12-9.19 ตามลำดับ ทั้งนี้เพราะในการดำเนินการทดลอง ภายหลังการกักเก็บน้ำเสียและระบายออกจากชุดทดลองแล้ว จะปล่อยให้ชุดทดลองแห้งเป็นเวลา 4 วัน จากนั้นจะสูบน้ำทะเลเข้าสู่ชุดทดลองและกักเก็บไว้ 3 วัน ก่อนระบายออก แล้วจึงเก็บตัวอย่างดิน ทำให้ดินในชุดทดลองมีการระบายอากาศดี ออกซิเจนในดินและค่ารีดอกซ์โพเทนเชียล (E_h) ไม่ลดต่ำลงมาก ดังนั้น ซัลเฟตจึงไม่ถูกใช้เป็นตัวรับอิเล็กตรอนแทนออกซิเจน ทำให้ไม่เกิดไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) ซึ่งสังเกตได้จากดินในชุดทดลองไม่มีกลิ่นเหม็น นอกจากนี้อิทธิพลของน้ำทะเลทำให้ดินในชุดทดลองมีสภาพเป็นด่าง ซึ่งจากการศึกษานี้พบว่าดินชั้นบนในชุดทดลองซึ่งได้รับน้ำทะเล (ชุดควบคุม) มีค่า pH ค่อนข้างสูง โดยในช่วงก่อนการทดลอง ภายหลังการทดลองระยะกักเก็บ 7, 5 และ 3 วัน มีค่าอยู่ในช่วง 8.15-8.45, 8.18-8.46, 8.23-8.46 และ 8.58-9.10 ตามลำดับ

การนำไฟฟ้าและความเค็มของดิน (Soil Conductivity and Salinity)

ก่อนการทดลองบำบัดน้ำเสีย การนำไฟฟ้าของดินชั้นบนและดินชั้นล่างในชุดทดลองที่ใช้บำบัดน้ำเสีย มีค่าใกล้เคียงกันอยู่ระหว่าง 5.54-8.23 และ 5.48-8.58 mS/cm ตามลำดับ ภายหลังการทดลองกักเก็บน้ำเสียโดยใช้ระยะกักเก็บ 7, 5 และ 3 วัน ค่าการนำไฟฟ้าของดินมีแนวโน้มลดลงโดยลำดับ โดยดินชั้นบนจะเห็นแนวโน้มที่ชัดเจนกว่า มีค่าระหว่าง 3.36-4.98, 2.90-4.04 และ 1.98-3.71 mS/cm ตามลำดับ ขณะที่ชุดทดลองที่ได้รับน้ำทะเลมีค่าการนำไฟฟ้าเพิ่มขึ้นเล็กน้อยโดยลำดับ โดยก่อนการทดลองและภายหลังการทดลองระยะกักเก็บ 7, 5 และ 3 วัน มีค่า 6.32-7.16, 6.51-6.87, 6.51-7.25 และ 7.15-7.48 mS/cm ตามลำดับ (ตารางที่ ค 3 ถึง ค 4 ภาคผนวก ค) สาเหตุที่ทำให้ดินในชุดทดลองที่ได้รับน้ำเสียมีค่าการนำไฟฟ้าลดลงเนื่องจากน้ำเสียมีความเค็มต่ำ การใส่น้ำเสียสู่ชุดทดลองจึงทำให้เกลือในดินละลายออกมา (ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาด้านคุณภาพน้ำ ที่พบว่า น้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วมีความเค็มสูงกว่าน้ำที่เข้าสู่ชุดทดลอง) ดังนั้น การนำไฟฟ้าซึ่งเป็น

ดัชนีที่บ่งบอกบอกปริมาณเกลือในสารละลาย ซึ่งมีสมบัตินำไฟฟ้าจึงมีค่าต่ำลง ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาความเค็มของดิน ซึ่งพบว่ามีแนวโน้มลดลงโดยลำดับเช่นเดียวกัน)

ก่อนการทดลองบำบัดน้ำเสีย ความเค็มของดินชั้นบนในชุดทดลองที่ใช้บำบัดน้ำเสียมีค่าอยู่ในช่วง 2.87-4.30 psu ภายหลังการทดลองกักเก็บน้ำเสียโดยใช้ระยะกักเก็บ 7, 5 และ 3 วัน ความเค็มของดินมีแนวโน้มลดลงโดยลำดับ มีค่า 1.63-2.53, 1.43-1.90 และ 1.00-1.80 psu ตามลำดับ ขณะที่ดินในชุดทดลองที่ได้รับน้ำทะเลมีค่าความเค็มเพิ่มขึ้นเล็กน้อยโดยลำดับ โดยก่อนการทดลอง และภายหลังการทดลองกักเก็บน้ำเสียโดยใช้ระยะกักเก็บ 7, 5 และ 3 วัน มีค่า 3.27-3.70, 3.40-3.57, 3.43-3.80 และ 3.77-3.97 psu ตามลำดับ (ตารางที่ ค 5 ภาคผนวก ค)

สำหรับ ความเค็มของดินชั้นล่างในชุดทดลองที่ใช้บำบัดน้ำเสีย ก่อนการทดลองมีค่าใกล้เคียงกับดินชั้นบน มีค่าอยู่ในช่วง 2.83-4.13 psu ภายหลังการทดลองกักเก็บน้ำเสียโดยใช้ระยะกักเก็บ 7, 5 และ 3 วัน ถึงแม้ความเค็มจะมีแนวโน้มลดลงโดยลำดับแต่การลดลงจะไม่สูงมากเหมือนดินชั้นบน ค่าที่ตรวจวัดได้อยู่ในช่วง 1.93-3.10, 1.67-2.70 และ 1.73-3.57 psu ตามลำดับ ทั้งนี้น่าจะเป็นเพราะน้ำได้ชะละลายเกลือจากดินชั้นบนสู่ดินชั้นล่าง ก่อนที่จะถูกระบายออกนอกชุดทดลอง ซึ่งทำให้ความเค็มของน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วมีค่าสูงกว่าน้ำที่เข้าสู่ชุดทดลอง (ตารางที่ ค 6 ภาคผนวก ค)

ปริมาณขนาดอนุภาคดินและประเภทเนื้อดิน (Particle Size Distribution and Soil Texture)

ก่อนการทดลองบำบัดน้ำเสีย ดินชั้นบนในชุดทดลองที่ใช้บำบัดน้ำเสียส่วนใหญ่มีเนื้อดินเป็นดินเหนียว (clay) มีบางชุดทดลองเป็นดินเหนียวปนทรายแป้ง (silty clay) มีเปอร์เซ็นต์ sand อยู่ระหว่าง 10-20% เปอร์เซ็นต์ silt อยู่ระหว่าง 36-46% และเปอร์เซ็นต์ clay อยู่ระหว่าง 42-52% ภายหลังสิ้นสุดการทดลองบำบัดน้ำเสียเปอร์เซ็นต์ sand มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เปอร์เซ็นต์ clay มีแนวโน้มลดลง ส่วนเปอร์เซ็นต์ silt มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นแต่ไม่ชัดเจนเหมือนแนวโน้มของ sand และ clay (ตารางที่ ค 7 ภาคผนวก ค)

สำหรับดินชั้นล่างในชุดทดลองที่ใช้บำบัดน้ำเสีย ก่อนการทดลองมีเปอร์เซนต์ sand 12-22% เปอร์เซ็นต์ silt 34-52% และเปอร์เซ็นต์ clay 36-48% ภายหลังการทดลองเปอร์เซ็นต์ clay มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น (ตารางที่ ค 8 ภาคผนวก ค)

สาเหตุที่ทำให้สัดส่วนของขนาดอนุภาคดินเปลี่ยนแปลง ซึ่งเป็นผลให้ประเภทเนื้อดินเปลี่ยนแปลงไปเนื่องจากน้ำเสียที่ใช้ในการทดลองได้ผ่านการบำบัดขั้นต้นในบ่อตกตะกอนและบ่อผึ่งจึงทำให้มีเฉพาะของแข็งแขวนลอยขนาดเล็กปะปนอยู่ในน้ำเสีย เมื่อใส่น้ำเสียสู่ชุดทดลองจึงเสมือนการนำอนุภาคขนาด sand และ silt เข้าสู่ชุดทดลอง ทำให้ดินชั้นบนมีแนวโน้มของเปอร์เซ็นต์ sand และ silt เพิ่มขึ้น ขณะที่น้ำเสียจะชะละลาย (leach) อนุภาค clay ซึ่งมีขนาดเล็กมาก รวมทั้งสารต่างๆ จากดินชั้นบนลงมาตามช่องว่างของเม็ดดินสู่ดินชั้นล่าง ทำให้ดินชั้นล่างมีแนวโน้มของการสะสมอนุภาค clay สูงขึ้น

มีข้อสังเกตว่า ดินที่ใช้ในการทดลองมีเปอร์เซ็นต์ clay สูง ซึ่งทำให้ประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียโดยเฉพาะอย่างยิ่งฟอสฟอรัสสูง เนื่องจากอนุภาค clay มีพื้นที่ผิว (surface area) สูง นอกจากนี้บริเวณผิวของอนุภาค clay ยังมีประจุ

อินทรียวัตถุในดิน (Soil Organic Matter)

ก่อนการทดลองบำบัดน้ำเสีย อินทรียวัตถุในดินชั้นบนในชุดทดลองที่ใช้บำบัดน้ำเสียมีค่าอยู่ระหว่าง 2.184-3.295% ภายหลังการกักเก็บน้ำเสียโดยใช้ระยะกักเก็บ 7, 5 และ 3 วัน อินทรียวัตถุในดินมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นโดยลำดับ มีค่า 2.479-4.073, 2.694-4.624 และ 2.850-5.004% ตามลำดับ ขณะที่ชุดทดลองที่ได้รับน้ำทะเลมีค่า อินทรียวัตถุเพิ่มขึ้นเล็กน้อยโดยลำดับ โดยก่อนการทดลอง และภายหลังการทดลองระยะกักเก็บ 7, 5 และ 3 วัน มีค่า 2.148-3.633, 2.241-2.685, 2.318-

2.653 และ 2.341-2.780% ตามลำดับ (ตารางที่ 6-1 ถึง 6-2) สาเหตุที่ทำให้อินทรียวัตถุในดินเพิ่มขึ้นเนื่องจากสารอินทรีย์ในน้ำเสียที่เข้าสู่ชุดทดลอง (ซึ่งวัดในรูป BOD)

เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยการสะสมอินทรียวัตถุของดิน พบว่า ในดินชั้นบนไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างชนิดพืชและระยะกักเก็บ แต่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างความเข้มข้นของน้ำเสีย โดยชุดทดลองที่ได้รับน้ำเสียน้ำเสียความเข้มข้นสูงมีแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของอินทรียวัตถุสูงกว่าชุดทดลองที่ได้รับน้ำเสียความเข้มข้นต่ำ ขณะที่ดินชั้นล่างไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างชนิดพืช ระยะกักเก็บ และความเข้มข้นของน้ำเสีย (ตารางที่ 6-3 ถึง 6-4)

ไนโตรเจนทั้งหมดในดิน (Soil Total Nitrogen : TN)

ก่อนการทดลองบำบัดน้ำเสีย TN ของดินชั้นบนและดินชั้นล่างในชุดทดลองที่ใช้บำบัดน้ำเสียมีค่าใกล้เคียงกันอยู่ระหว่าง 0.538-0.722 และ 0.527-0.667 mg/g dry wt ตามลำดับ ภายหลังการทดลองกักเก็บน้ำเสียโดยใช้ระยะกักเก็บ 7, 5 และ 3 วัน ค่า TN ของดินมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นโดยลำดับ มีค่า 0.913-1.419, 1.120-1.583 และ 1.209-1.697 mg/g dry wt. ตามลำดับ ขณะที่ชุดทดลองที่ได้รับน้ำทะเลมีค่า TN ก่อนการทดลอง และภายหลังการทดลองโดยใช้ระยะกักเก็บ 7, 5 และ 3 วัน อยู่ในช่วง 0.570-0.674, 0.635-0.681, 0.640-0.694 และ 0.648-0.76 mg/g dry wt ตามลำดับ (ตารางที่ 6-5 ถึง 6-6)

เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยการสะสม TN ของดิน พบว่า ในดินชั้นบนมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างความเข้มข้นของน้ำเสีย โดยชุดทดลองที่ได้รับน้ำเสียความเข้มข้นสูงมีแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของ TN สูงกว่าชุดทดลองที่ได้รับน้ำเสียความเข้มข้นต่ำ และระหว่างชนิดพืช โดยชุดทดลองที่ปลูกกล้าไม้มีการสะสม TN ต่ำกว่าชุดทดลองที่ไม่ปลูกกล้าไม้ เนื่องจากพืชดูดดึงไนโตรเจนไปใช้ในการเจริญเติบโต และระหว่างระยะกักเก็บ โดยภายหลังการทดลองบำบัดน้ำเสียโดยใช้ระยะกักเก็บ 7 วัน มีการสะสม TN สูงกว่าเมื่อใช้ระยะกักเก็บ 5 และ 3 วัน ตามลำดับ

สำหรับดินชั้นล่าง พบว่า มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างความเข้มข้นของน้ำเสีย ชนิดพืช และระยะกักเก็บ โดยเป็นไปในลักษณะเดียวกับดินชั้นบน และมีข้อสังเกตว่า ดินชั้นบนมีการสะสม TN สูงกว่าดินชั้นล่างซึ่งแสดงว่าอนุภาค clay ดูดซับไนโตรเจนไว้ที่ดินชั้นบน บ่งชี้ว่า ดินป่าชายเลนซึ่งใช้ในการทดลองมีความสามารถในการกักเก็บ TN สูง (ตารางที่ 6-7 ถึง 6-8)

ตารางที่ 6-1 ปริมาณอินทรียวัตถุของดินชั้นบน (0-10 ซม.) ในระบบกะ โครงการที่ 1-1

ชนิดพืช	ชุดทดลอง	อินทรียวัตถุ (%)			
		ก่อนการทดลอง	ภายหลัง ระยะกักเก็บ 7 วัน	ภายหลัง ระยะกักเก็บ 5 วัน	ภายหลัง ระยะกักเก็บ 3 วัน
ไม่ปลูกพืช	NW	$^{a}3.090\pm0.145^{c}$	$^{b}3.340\pm0.229^{bc}$	$^{b}3.565\pm0.189^{ab}$	$^{c}3.776\pm0.100^{a}$
	2NW	$^{b}2.525\pm0.224^{d}$	$^{b}3.169\pm0.194^{c}$	$^{b}3.749\pm0.125^{b}$	$^{b}4.251\pm0.221^{a}$
	5NW	$^{b}2.557\pm0.216^{c}$	$^{b}3.087\pm0.280^{b}$	$^{b}3.638\pm0.388^{a}$	$^{c}3.940\pm0.109^{a}$
	10NW	$^{a}3.022\pm0.336^{c}$	$^{a}3.793\pm0.296^{b}$	$^{a}4.377\pm0.143^{a}$	$^{a}4.832\pm0.162^{a}$
	SW	$^{b}2.290\pm0.085^{c}$	$^{c}2.390\pm0.057^{bc}$	$^{c}2.468\pm0.084^{ab}$	$^{d}2.525\pm0.033^{a}$
โกงกางใบใหญ่	NW	$^{b}2.560\pm0.201$	$^{b}2.734\pm0.207$	$^{b}2.853\pm0.034$	$^{d}2.931\pm0.049$
	2NW	$^{b}2.226\pm0.089^{d}$	$^{b}2.613\pm0.076^{c}$	$^{b}3.004\pm0.113^{b}$	$^{c}3.285\pm0.138^{a}$
	5NW	$^{b}2.206\pm0.118^{c}$	$^{b}2.612\pm0.321^{bc}$	$^{b}3.086\pm0.493^{b}$	$^{b}4.315\pm0.179^{a}$
	10NW	$^{a}3.295\pm0.179^{d}$	$^{a}4.073\pm0.256^{c}$	$^{a}4.624\pm0.063^{b}$	$^{a}5.004\pm0.122^{a}$
	SW	$^{b}2.459\pm0.290$	$^{b}2.555\pm0.046$	$^{b}2.653\pm0.086$	$^{c}2.702\pm0.030$
แสมทะเล	NW	2.203 ± 0.134^{c}	$^{d}2.479\pm0.244^{bc}$	$^{d}2.694\pm0.052^{ab}$	$^{d}2.869\pm0.116^{a}$
	2NW	2.779 ± 0.480	$^{bc}2.977\pm0.272$	$^{c}3.158\pm0.107$	$^{c}3.350\pm0.101$
	5NW	2.394 ± 0.393^{d}	$^{ab}3.038\pm0.010^{c}$	$^{b}3.589\pm0.247^{b}$	$^{b}4.045\pm0.050^{a}$
	10NW	2.632 ± 0.158^{d}	$^{a}3.347\pm0.116^{c}$	$^{a}4.076\pm0.259^{b}$	$^{a}4.699\pm0.148^{a}$
	SW	2.633 ± 0.303	$^{cd}2.685\pm0.049$	$^{d}2.435\pm0.052$	$^{d}2.780\pm0.031$
พังกาหัวสุม	NW	$^{b}2.241\pm0.111^{c}$	$^{bc}2.542\pm0.197^{b}$	$^{c}2.716\pm0.064^{ab}$	$^{c}2.850\pm0.087^{a}$
	2NW	$^{a}2.692\pm0.209^{c}$	$^{a}3.116\pm0.127^{b}$	$^{b}3.462\pm0.198^{ab}$	$^{b}3.773\pm0.214^{a}$
	5NW	$^{b}2.184\pm0.178^{c}$	$^{b}2.746\pm0.025^{b}$	$^{b}3.682\pm0.096^{a}$	$^{b}4.058\pm0.364^{a}$
	10NW	$^{a}2.707\pm0.116^{d}$	$^{a}3.388\pm0.067^{c}$	$^{a}3.979\pm0.156^{b}$	$^{a}4.448\pm0.0888^{a}$
	SW	$^{b}2.148\pm0.138$	$^{c}2.255\pm0.043$	$^{d}2.318\pm0.081$	$^{d}2.341\pm0.040$
โปรงแดง	NW	$^{bc}2.365\pm0.363^{d}$	$^{c}2.722\pm0.096^{c}$	$^{d}2.984\pm0.120^{b}$	$^{d}3.186\pm0.110^{a}$
	2NW	$^{ab}2.683\pm0.214^{c}$	$^{b}3.109\pm0.094^{b}$	$^{c}3.385\pm0.232^{ab}$	$^{c}3.607\pm0.055^{a}$
	5NW	$^{bc}2.463\pm0.239^{d}$	$^{b}3.117\pm0.078^{c}$	$^{b}3.719\pm0.118^{b}$	$^{b}4.222\pm0.109^{a}$
	10NW	$^{a}2.897\pm0.152^{d}$	$^{a}3.518\pm0.203^{c}$	$^{a}4.128\pm0.112^{b}$	$^{a}4.686\pm0.157^{a}$
	SW	$^{c}2.169\pm0.174$	$^{d}2.241\pm0.026$	$^{c}2.342\pm0.100$	$^{c}2.422\pm0.086$

หมายเหตุ ตัวอักษรมุมซ้ายมือ (แนวตั้ง) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างความเข้มข้นของน้ำเสียอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
ตัวอักษรมุมขวามือ (แนวนอน) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างช่วงเวลาเก็บตัวอย่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 6-2 ปริมาณอินทรียวัตถุของดินชั้นล่าง (10-20 ซม.) ในระบบกะ โครงการที่ 1-1

ชนิดพืช	ชุดทดลอง	อินทรียวัตถุ (%)			
		ก่อนการทดลอง	ภายหลัง ระยะกักเก็บ 7 วัน	ภายหลัง ระยะกักเก็บ 5 วัน	ภายหลัง ระยะกักเก็บ 3 วัน
ไม่ปลูกพืช	NW	^{b}2.666±0.180	^{a}2.772±0.304	^{b}2.846±0.088	^{b}2.883±0.056
	2NW	^{c}2.344±0.165	^{b}2.454±0.177	^{c}2.546±0.097	^{c}2.614±0.042
	5NW	^{c}2.282±0.149	^{b}2.345±0.060	^{c}2.424±0.096	^{d}2.490±0.040
	10NW	^{a}2.989±0.143	^{a}3.063±0.063	^{a}3.106±0.077	^{a}3.164±0.021
	SW	^{bc}2.447±0.175	^{b}2.467±0.024	^{c}2.483±0.016	^{cd}2.542±0.039
โกงกางใบใหญ่	NW	2.245±0.128	^{b}2.296±0.072	^{b}2.340±0.028	^{c}2.406±0.078
	2NW	2.458±0.125	^{a}2.517±0.110	^{a}2.569±0.066	^{a}2.616±0.063
	5NW	2.091±0.396	^{c}2.137±0.061	^{c}2.202±0.044	^{d}2.273±0.036
	10NW	2.431±0.103	^{a}2.489±0.040	^{a}2.517±0.018	^{a}2.535±0.010
	SW	2.314±0.149	^{b}2.345±0.034	^{b}2.392±0.050	^{b}2.436±0.010
แสมทะเล	NW	2.314±0.160	^{b}2.348±0.044	^{b}2.412±0.070	^{b}2.472±0.079
	2NW	2.593±0.130	^{a}2.616±0.044	^{a}2.652±0.012	^{a}2.684±0.047
	5NW	2.298±0.380	^{b}2.347±0.136	^{b}2.407±0.067	^{b}2.460±0.065
	10NW	2.193±0.099	^{b}2.250±0.122	^{b}2.316±0.071	^{c}2.341±0.039
	SW	2.231±0.155	^{b}2.254±0.034	^{b}2.317±0.144	^{c}2.357±0.038
พังกาหัวสุม	NW	^{c}1.882±0.140	^{c}1.963±0.090	^{d}2.013±0.042	^{d}2.054±0.092
	2NW	^{a}2.785±0.227	^{a}2.792±0.036	^{a}2.805±0.018	^{a}2.823±0.089
	5NW	^{bc}2.110±0.258	^{b}2.166±0.279	^{c}2.203±0.056	^{c}2.243±0.064
	10NW	^{a}2.624±0.162	^{a}2.665±0.038	^{a}2.746±0.041	^{a}2.805±0.007
	SW	^{b}2.258±0.154	^{bc}2.302±0.085	^{b}2.351±0.036	^{b}2.468±0.120
โปรงแดง	NW	2.569±0.641	^{b}2.616±0.028	^{b}2.647±0.026	^{b}2.678±0.059
	2NW	2.551±0.165	^{b}2.593±0.091	^{b}2.685±0.079	^{b}2.707±0.046
	5NW	2.148±0.115	^{c}2.190±0.029	^{c}2.252±0.037	^{c}2.318±0.068
	10NW	2.729±0.189	^{a}2.775±0.068	^{a}2.831±0.082	^{a}2.868±0.026
	SW	2.210±0.165	^{c}2.239±0.114	^{c}2.305±0.035	^{c}3.349±0.052

หมายเหตุ ตัวอักษรมุมซ้ายมือ (แนวตั้ง) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างความเข้มข้นของน้ำเสียอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
ตัวอักษรมุมขวามือ (แนวนอน) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างช่วงเวลาเก็บตัวอย่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 6-3 ค่าเฉลี่ยการสะสมอินทรียวัตถุของดินชั้นบน (0-10 ซม.) ในระบบกะ โครงการที่ 1-1

ชนิดพืช	ชุดทดลอง	ก่อนการทดลอง (%)	การสะสมอินทรียวัตถุ (%)		
			ภายหลังระยะกักเก็บ 7 วัน	ภายหลังระยะกักเก็บ 5 วัน	ภายหลังระยะกักเก็บ 3 วัน
ไม่ปลูกพืช	**NW**	3.090±0.145	^{bc}0.249±0.229	^{ab}0.226±0.190	^{bc}0.211±0.100
	2NW	2.525±0.224	^{ab}0.645±0.194	^{a}0.580±0.125	^{a}0.502±0.221
	5NW	2.557±0.216	^{abc}0.530±0.281	^{a}0.551±0.388	^{abc}0.302±0.109
	10NW	3.022±0.336	^{a}0.771±0.296	^{a}0.583±0.142	^{ab}0.455±0.161
	SW	2.290±0.085	^{c}0.101±0.057	^{b}0.078±0.084	^{c}0.056±0.032
โกงกางใบใหญ่	**NW**	2.560±0.201	^{b}0.174±0.207	0.119±0.034	^{cd}0.078±0.049
	2NW	2.226±0.089	^{ab}0.387±0.076	0.391±0.113	^{bc}0.281±0.138
	5NW	2.206±0.118	^{ab}0.406±0.321	0.474±0.494	^{a}0.726±0.179
	10NW	3.295±0.179	^{a}0.779±0.255	0.551±0.063	^{b}0.379±0.121
	SW	2.459±0.290	^{b}0.096±0.046	0.098±0.086	^{d}0.049±0.030
แสมทะเล	**NW**	2.203±0.134	^{b}0.275±0.244	^{b}0.216±0.051	^{b}0.174±0.116
	2NW	2.779±0.480	^{b}0.198±0.272	^{b}0.181±0.107	^{b}0.191±0.101
	5NW	2.394±0.393	^{a}0.645±0.010	^{a}0.551±0.247	^{a}0.456±0.050
	10NW	2.632±0.158	^{a}0.715±0.116	^{a}0.729±0.258	^{a}0.622±0.148
	SW	2.633±0.303	^{b}0.252±0.049	^{b}0.049±0.052	^{b}0.046±0.030
พังกาหัวสุม	**NW**	2.241±0.111	^{bc}0.301±0.197	^{cd}0.174±0.064	0.133±0.088
	2NW	2.692±0.209	^{ab}0.424±0.127	^{c}0.346±0.198	0.312±0.214
	5NW	2.184±0.178	^{ab}0.561±0.025	^{a}0.937±0.096	0.375±0.364
	10NW	2.707±0.116	^{a}0.681±0.267	^{b}0.591±0.156	0.469±0.088
	SW	2.148±0.138	^{c}0.107±0.043	^{d}0.063±0.081	0.023±0.040
โปรงแดง	**NW**	2.365±0.363	^{c}0.357±0.096	^{b}0.262±0.120	^{b}0.202±0.110
	2NW	2.683±0.214	^{bc}0.426±0.093	^{b}0.275±0.233	^{b}0.223±0.056
	5NW	2.463±0.239	^{a}0.654±0.078	^{a}0.602±0.118	^{a}0.503±0.109
	10NW	2.897±0.152	^{ab}0.621±0.203	^{a}0.609±0.112	^{a}0.559±0.158
	SW	2.169±0.174	^{d}0.072±0.026	^{b}0.101±0.010	^{b}0.080±0.086

หมายเหตุ ตัวอักษรภาษาอังกฤษมุมซ้ายมือ (แนวตั้ง) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างความเข้มข้นของน้ำเสียอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
ตัวอักษรภาษาอังกฤษมุมขวามือ (แนวนอน) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างช่วงเวลาเก็บตัวอย่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
ตัวอักษรภาษาไทยมุมซ้ายมือ (แนวตั้ง) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างชนิดพืช อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 6-4 ค่าเฉลี่ยการสะสมอินทรียวัตถุของดินชั้นล่าง (10-20 ซม.) ในระบบกะ โครงการที่ 1-1

ชนิดพืช	ชุดทดลอง	ก่อนการทดลอง (%)	การสะสมอินทรียวัตถุ (%)		
			ภายหลังระยะกักเก็บ 7 วัน	ภายหลังระยะกักเก็บ 5 วัน	ภายหลังระยะกักเก็บ 3 วัน
ไม่ปลูกพืช	**NW**	2.666±0.180	0.105±0.305	0.074±0.088	0.037±0.056
	2NW	2.344±0.165	0.110±0.177	0.092±0.097	0.068±0.042
	5NW	2.282±0.149	0.063±0.060	0.079±0.097	0.067±0.041
	10NW	2.989±0.143	0.074±0.063	0.043±0.077	0.058±0.021
	SW	2.447±0.175	0.020±0.024	0.016±0.016	0.059±0.039
โกงกางใบใหญ่	**NW**	2.245±0.128	0.051±0.072	0.044±0.028	0.067±0.078
	2NW	2.458±0.125	0.059±0.110	0.052±0.065	0.048±0.063
	5NW	2.091±0.396	0.046±0.061	0.065±0.044	0.071±0.036
	10NW	2.431±0.103	0.059±0.040	0.028±0.018	0.018±0.010
	SW	2.314±0.149	0.030±0.034	0.047±0.051	0.044±0.010
แสมทะเล	**NW**	2.314±0.160	0.034±0.044	0.065±0.070	0.059±0.079
	2NW	2.593±0.130	0.022±0.43	0.037±0.012	0.031±0.047
	5NW	2.298±0.380	0.049±0.136	0.060±0.067	0.053±0.065
	10NW	2.193±0.099	0.056±0.122	0.067±0.071	0.025±0.039
	SW	2.231±0.155	0.022±0.033	0.063±0.144	0.040±0.038
พังกาหัวสุม	**NW**	1.882±0.140	0.081±0.090	0.050±0.042	0.040±0.092
	2NW	2.785±0.227	0.007±0.036	0.013±0.018	0.018±0.088
	5NW	2.110±0.258	0.056±0.279	0.037±0.056	0.040±0.064
	10NW	2.624±0.162	0.041±0.038	0.081±0.041	0.059±0.007
	SW	2.258±0.154	0.044±0.085	0.048±0.036	0.117±0.120
โปรงแดง	**NW**	2.569±0.641	0.048±0.029	0.030±0.026	0.031±0.060
	2NW	2.551±0.165	0.042±0.091	0.092±0.079	0.021±0.046
	5NW	2.148±0.115	0.042±0.028	0.062±0.037	0.066±0.068
	10NW	2.729±0.189	0.047±0.068	0.055±0.082	0.037±0.026
	SW	2.210±0.165	0.029±0.116	0.066±0.035	0.044±0.052

หมายเหตุ ตัวอักษรภาษาอังกฤษมุมซ้ายมือ (แนวตั้ง) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างความเข้มข้นของน้ำเสียอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
ตัวอักษรภาษาอังกฤษมุมขวามือ (แนวนอน) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างช่วงเวลาเก็บตัวอย่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
ตัวอักษรภาษาไทยมุมซ้ายมือ (แนวตั้ง) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างชนิดพืช อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 6-5 ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดของดินชั้นบน (0-10 ซม.) ในระบบกะ โครงการที่ 1-1

ชนิดพืช	ชุดทดลอง	ไนโตรเจนทั้งหมด (mg/g dry weight)			
		ก่อนการทดลอง	ภายหลัง ระยะกักเก็บ 7 วัน	ภายหลัง ระยะกักเก็บ 5 วัน	ภายหลัง ระยะกักเก็บ 3 วัน
ไม่ปลูกพืช	**NW**	0.660±0.036^{d}	^{b}1.009±0.005^{c}	^{b}1.150±0.030^{b}	^{b}1.227±0.031^{a}
	2NW	0.722±0.055^{d}	^{a}1.406±0.098^{c}	^{a}1.571±0.051^{b}	^{a}1.722±0.039^{a}
	5NW	0.657±0.036^{d}	^{a}1.419±0.040^{c}	^{a}1.583±0.040^{b}	^{a}1.697±0.028^{a}
	10NW	0.686±0.024^{d}	^{a}1.330±0.004^{c}	^{a}1.530±0.022^{b}	^{a}1.674±0.038^{a}
	SW	0.674±0.025	^{c}0.681±0.019	^{c}0.694±0.019	^{c}0.706±0.013
โกงกางใบใหญ่	**NW**	^{a}0.649±0.024^{d}	^{c}0.944±0.012^{c}	^{b}1.067±0.032^{b}	^{c}1.447±0.025^{a}
	2NW	^{b}0.598±0.029^{c}	^{d}0.913±0.022^{b}	^{a}1.407±0.113^{a}	^{a}1.485±0.029^{a}
	5NW	^{a}0.668±0.031^{d}	^{b}0.977±0.019^{c}	^{b}1.120±0.019^{b}	^{b}1.209±0.029^{a}
	10NW	^{a}0.662±0.021^{d}	^{a}1.008±0.016^{c}	^{b}1.141±0.018^{b}	^{b}1.220±0.040^{a}
	SW	^{b}0.570±0.021^{b}	^{e}0.635±0.011^{a}	^{c}0.640±0.003^{a}	^{d}0.649±0.007^{a}
แสมทะเล	**NW**	0.603±0.036^{d}	^{d}1.064±0.017^{c}	^{c}1.156±0.037^{b}	^{d}1.235±0.014^{a}
	2NW	0.657±0.052^{d}	^{b}1.168±0.016^{c}	^{a}1.416±0.051^{b}	^{b}1.523±0.011^{a}
	5NW	0.673±0.024^{d}	^{c}1.196±0.022^{c}	^{b}1.273±0.036^{b}	^{c}1.401±0.024^{a}
	10NW	0.681±0.039^{d}	^{a}1.259±0.020^{c}	^{a}1.480±0.050^{b}	^{a}1.626±0.043^{a}
	SW	0.628±0.025	^{e}0.646±0.013	^{d}0.653±0.008	^{e}0.659±0.004
พังกาหัวสุม	**NW**	^{ab}0.634±0.034^{c}	^{c}0.992±0.008^{b}	^{c}1.190±0.014^{a}	^{b}1.261±0.072^{a}
	2NW	^{b}0.591±0.019^{d}	^{b}1.020±0.015^{c}	^{c}1.195±0.016^{b}	^{b}1.294±0.018^{a}
	5NW	a^{0}.644±0.024^{d}	^{a}1.187±0.017^{c}	^{b}1.311±0.026^{b}	^{a}1.434±0.037^{a}
	10NW	^{c}0.538±0.018^{d}	^{a}1.190±0.010^{c}	^{a}1.364±0.028^{b}	^{a}1.480±0.055^{a}
	SW	^{ab}0.635±0.027^{b}	^{d}0.662±0.016^{ab}	^{d}0.674±0.009^{a}	^{c}0.678±0.005^{a}
โปรงแดง	**NW**	^{bc}0.590±0.024^{d}	^{a}1.303±0.053^{c}	^{a}1.399±0.043^{b}	^{a}1.478±0.019^{a}
	2NW	^{c}0.560±0.018^{d}	^{c}1.005±0.018^{c}	^{b}1.295±0.042^{b}	^{a}1.438±0.033^{a}
	5NW	^{a}0.709±0.045^{d}	^{b}1.180±0.023^{c}	^{b}1.324±0.020^{b}	^{a}1.463±0.024^{a}
	10NW	^{bc}0.590±0.030^{d}	^{b}1.171±0.024^{c}	^{b}1.317±0.022^{b}	^{a}1.446±0.035^{a}
	SW	^{b}0.630±0.013	^{d}0.636±0.006	^{c}0.644±0.009	^{b}0.648±0.006

หมายเหตุ ตัวอักษรมุมซ้ายมือ (แนวตั้ง) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างความเข้มข้นของน้ำเสียอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
ตัวอักษรมุมขวามือ (แนวนอน) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างช่วงเวลาเก็บตัวอย่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 6-6 ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดของดินชั้นล่าง (10-20 ซม.) ในระบบกะ โครงการที่ 1-1

ชนิดพืช	ชุดทดลอง	ไนโตรเจนทั้งหมด (mg/g dry weight)			
		ก่อนการทดลอง	ภายหลัง ระยะกักเก็บ 7 วัน	ภายหลัง ระยะกักเก็บ 5 วัน	ภายหลัง ระยะกักเก็บ 3 วัน
ไม่ปลูกพืช	NW	^{bc}0.557±0.026^{c}	^{bc}1.000±0.033^{b}	^{c}1.055±0.028^{a}	^{c}1.100±0.015^{a}
	2NW	^{bc}0.571±0.015^{c}	^{a}1.207±0.034^{b}	^{a}1.292±0.028^{a}	^{a}1.316±0.012^{a}
	5NW	^{a}0.628±0.033^{c}	^{b}1.044±0.014^{b}	^{b}1.211±0.016^{a}	^{b}1.231±0.026^{a}
	10NW	^{c}0.552±0.021^{d}	^{c}0.954±0.024^{c}	^{c}1.028±0.035^{b}	^{c}1.104±0.020^{a}
	SW	^{ab}0.603±0.029	^{d}0.631±0.015	^{d}0.636±0.005	^{d}0.648±0.02
โกงกางใบใหญ่	NW	^{a}0.643±0.044^{c}	^{b}0.915±0.017^{b}	^{b}0.955±0.015^{ab}	^{b}0.987±0.024^{a}
	2NW	^{b}0.554±0.027^{d}	^{b}0.880±0.020^{c}	^{b}0.959±0.014^{b}	^{a}1.048±0.019^{a}
	5NW	^{a}0.622±0.024^{d}	^{c}0.702±0.045^{c}	^{c}0.847±0.009^{b}	^{b}0.951±0.020^{a}
	10NW	^{a}0.667±0.029^{b}	^{a}0.966±0.010^{b}	^{a}1.027±0.020^{a}	^{a}1.075±0.040^{a}
	SW	^{a}0.631±0.012	^{d}0.629±0.009	^{d}0.643±0.005	^{c}0.650±0.006
แสมทะเล	NW	^{b}0.562±0.015^{d}	^{b}1.039±0.020^{c}	^{b}1.078±0.006^{b}	^{b}1.114±0.020^{a}
	2NW	^{a}0.621±0.021^{c}	^{a}1.150±0.028^{b}	^{a}1.198±0.019^{a}	^{a}1.209±0.009^{a}
	5NW	^{a}0.622±0.019^{c}	^{b}1.007±0.042^{b}	^{c}1.051±0.006^{b}	^{b}1.113±0.017^{a}
	10NW	^{a}0.635±0.028^{d}	^{c}0.954±0.021^{c}	^{bc}1.059±0.018^{b}	^{a}1.197±0.013^{a}
	SW	^{a}0.638±0.007	^{d}0.633±0.006	^{d}0.638±0.006	^{c}0.648±0.003
พังกาหัวสุม	NW	^{a}0.603±0.030^{c}	^{b}0.953±0.010^{b}	^{b}1.030±0.014^{a}	^{b}1.054±0.032^{a}
	2NW	^{b}0.547±0.014^{c}	^{a}1.009±0.032^{b}	^{a}1.074±0.019^{a}	^{b}1.096±0.020^{a}
	5NW	^{b}0.543±0.027^{c}	^{c}0.806±0.046^{b}	^{c}0.877±0.025^{ab}	^{c}0.950±0.057^{a}
	10NW	a0.611±0.030^{d}	^{b}0.960±0.014^{c}	^{a}1.075±0.035^{b}	^{a}1.165±0.042^{a}
	SW	^{a}0.629±0.019	^{d}0.613±0.008	^{d}0.629±0.015	^{d}0.638±0.006
โปรงแดง	NW	^{ab}0.583±0.033^{c}	^{b}1.035±0.031^{b}	^{ab}1.154±0.021^{a}	^{b}1.188±0.013^{a}
	2NW	^{c}0.527±0.034^{c}	^{c}0.951±0.011^{b}	^{c}1.020±0.067^{a}	^{c}1.057±0.011^{a}
	5NW	^{a}0.625±0.013^{d}	^{c}0.932±0.027^{c}	^{b}1.093±0.033^{b}	^{b}1.194±0.029^{a}
	10NW	^{bc}0.551±0.013^{d}	^{a}1.134±0.019^{c}	^{a}1.203±0.014^{b}	^{a}1.240±0.017^{a}
	SW	^{a}0.618±0.020	^{d}0.617±0.007	^{d}0.631±0.022	^{d}0.637±0.003

หมายเหตุ ตัวอักษรมุมซ้ายมือ (แนวตั้ง) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างความเข้มข้นของน้ำเสียอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
ตัวอักษรมุมขวามือ (แนวนอน) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างช่วงเวลาเก็บตัวอย่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 6-7 ค่าเฉลี่ยการสะสมไนโตรเจนทั้งหมดของดินชั้นบน (0-10 ซม.) ในระบบกะ โครงการที่ 1-1

ชนิดพืช	ชุดทดลอง	ก่อนการทดลอง (mg/g dry weight)	การสะสมไนโตรเจนทั้งหมด (mg/g dry weight)		
			ภายหลัง ระยะกักเก็บ 7 วัน	ภายหลัง ระยะกักเก็บ 5 วัน	ภายหลัง ระยะกักเก็บ 3 วัน
ไม่ปลูกพืช	**NW**	0.660±0.036	$^{ก c}$0.349±0.036^{a}	^{a}0.141±0.029^{b}	^{b}0.077±0.011^{c}
	2NW	0.722±0.055	$^{ก b}$0.684±0.046^{a}	$^{ข a}$0.165±0.072^{b}	^{a}0.151±0.015^{b}
	5NW	0.657±0.036	$^{ก a}$0.762±0.013^{a}	^{a}0.163±0.069^{b}	^{ab}0.114±0.062^{b}
	10NW	0.686±0.024	$^{ก b}$0.643±0.020^{a}	^{a}0.200±0.021^{b}	^{a}0.144±0.035^{c}
	SW	0.674±0.025	$^{ข d}$0.010±0.021	^{b}0.010±0.010	^{c}0.012±0.006
โกงกางใบใหญ่	**NW**	0.649±0.024	$^{ก a}$0.295±0.012^{a}	^{b}0.124±0.021^{b}	0.079±0.008^{c}
	2NW	0.598±0.029	$^{ง a}$0.315±0.035^{a}	$^{ก a}$0.494±0.111^{a}	0.078±0.139^{b}
	5NW	0.668±0.031	$^{ง a}$0.309±0.048^{a}	^{b}0.143±0.038^{b}	0.089±0.035^{b}
	10NW	0.662±0.021	$^{ก a}$0.346±0.036^{a}	^{b}0.133±0.017^{b}	0.079±0.057^{b}
	SW	0.570±0.021	$^{ก b}$0.064±0.014^{a}	^{c}0.005±0.009^{b}	0.009±0.009^{b}
แสมทะเล	**NW**	0.603±0.036	$^{ข bc}$0.460±0.040^{a}	^{c}0.092±0.043^{b}	0.079±0.032^{b}
	2NW	0.657±0.052	$^{ข b}$0.510±0.046^{a}	$^{ข a}$0.247±0.040^{b}	0.108±0.058^{c}
	5NW	0.673±0.024	$^{ก c}$0.443±0.016^{a}	^{bc}0.157±0.031^{b}	0.128±0.038^{b}
	10NW	0.681±0.039	$^{ข a}$0.578±0.043^{a}	^{ab}0.221±0.068^{b}	0.146±0.086^{b}
	SW	0.628±0.025	$^{ข d}$0.018±0.013	^{d}0.007±0.01^{5}	0.006±0.012
พังกาหัวสุม	**NW**	0.634±0.034	$^{ก d}$0.358±0.027^{a}	^{a}0.198±0.022^{b}	^{bc}0.071±0.067^{c}
	2NW	0.591±0.019	$^{ก c}$0.428±0.030^{a}	^{ab}0.175±0.031^{b}	^{bc}0.099±0.023^{c}
	5NW	0.644±0.024	$^{ข b}$0.543±0.041^{a}	$^{ข b}$0.124±0.043^{b}	^{ab}0.123±0.014^{b}
	10NW	0.538±0.018	$^{ก a}$0.651±0.024^{a}	^{ab}0.174±0.038^{b}	^{a}0.116±0.047^{b}
	SW	0.635±0.027	$^{ข c}$0.027±0.021	^{c}0.012±0.014	^{c}0.005±0.006
โปรงแดง	**NW**	0.590±0.024	$^{ก a}$0.713±0.077^{a}	^{bc}0.096±0.085^{b}	^{b}0.079±0.025^{b}
	2NW	0.560±0.018	$^{ข ก c}$0.444±0.035^{a}	$^{ข a}$0.290±0.058^{b}	^{a}0.143±0.022^{c}
	5NW	0.709±0.045	$^{ก c}$0.471±0.022^{a}	^{b}0.144±0.021^{b}	^{a}0.193±0.005^{b}
	10NW	0.590±0.030	$^{ข b}$0.582±0.036^{a}	^{b}0.146±0.045^{b}	^{a}0.128±0.020^{b}
	SW	0.630±0.013	$^{ข d}$0.006±0.019	^{c}0.007±0.014	^{c}0.005±0.010

หมายเหตุ ตัวอักษรภาษาอังกฤษมุมซ้ายมือ (แนวตั้ง) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างความเข้มข้นของน้ำเสียอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
ตัวอักษรภาษาอังกฤษมุมขวามือ (แนวนอน) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างช่วงเวลาเก็บตัวอย่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
ตัวอักษรภาษาไทยมุมซ้ายมือ (แนวตั้ง) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างชนิดพืชอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 6-8 ค่าเฉลี่ยการสะสมไนโตรเจนทั้งหมดของดินชั้นล่าง (10-20 ซม.) ในระบบกะ โครงการที่ 1-1

ชนิดพืช	ชุดทดลอง	ก่อนการทดลอง (mg/g dry weight)	การสะสมไนโตรเจนทั้งหมด (mg/g dry weight)		
			ภายหลัง ระยะกักเก็บ 7 วัน	ภายหลัง ระยะกักเก็บ 5 วัน	ภายหลัง ระยะกักเก็บ 3 วัน
ไม่ปลูกพืช	**NW**	0.557±0.026	^{กb}0.442±0.051^{a}	^{b}0.055±0.025^{b}	0.044±0.035^{b}
	2NW	0.571±0.015	^{กa}0.636±0.040^{a}	^{b}0.085±0.018^{b}	^{ข}0.024±0.021^{c}
	5NW	0.628±0.033	^{กb}0.416±0.036^{a}	^{กa}0.167±0.026^{b}	^{ข}0.020±0.033^{c}
	10NW	0.552±0.021	^{ขb}0.402±0.021^{a}	^{b}0.074±0.011^{b}	^{กข}0.076±0.054^{b}
	SW	0.603±0.029	^{c}0.028±0.034	^{c}0.005±0.021	0.012±0.004
โกงกางใบใหญ่	**NW**	0.643±0.044	^{คa}0.272±0.035^{a}	^{bc}0.040±0.022^{b}	0.032±0.028^{b}
	2NW	0.554±0.027	^{คa}0.326±0.015^{a}	^{b}0.079±0.010^{b}	^{ก}0.089±0.031^{b}
	5NW	0.622±0.024	^{คb}0.081±0.051	^{กa}0.144±0.051	^{ก}0.104±0.019
	10NW	0.667±0.029	^{คa}0.299±0.025^{a}	^{b}0.061±0.010^{b}	^{ข}0.047±0.030^{b}
	SW	0.631±0.012	^{c}0.007±0.018	^{c}0.005±0.001	0.007±0.010
แสมทะเล	**NW**	0.562±0.015	^{กb}0.477±0.018^{a}	^{b}0.039±0.022^{b}	^{bc}0.036±0.021^{b}
	2NW	0.621±0.021	^{ขa}0.529±0.012^{a}	^{b}0.047±0.030^{b}	^{ขc}0.011±0.024^{b}
	5NW	0.622±0.019	^{กc}0.385±0.034^{a}	^{ขb}0.043±0.037^{b}	^{กขb}0.062±0.011^{b}
	10NW	0.635±0.028	^{คd}0.319±0.032^{a}	^{a}0.104±0.023^{b}	^{กa}0.138±0.031^{b}
	SW	0.638±0.007	^{e}0.002±0.009	^{b}-0.002±0.006	^{c}0.009±0.008
พังกาหัวสุม	**NW**	0.603±0.030	^{ขb}0.351±0.040^{a}	0.076±0.019^{b}	^{bc}0.025±0.045^{b}
	2NW	0.547±0.014	^{ขa}0.461±0.046^{a}	0.065±0.032^{b}	^{ขbc}0.022±0.019^{b}
	5NW	0.543±0.027	^{ขc}0.263±0.021^{a}	^{กข}0.071±0.071^{b}	^{กขab}0.073±0.032^{b}
	10NW	0.611±0.030	^{คb}0.348±0.034^{a}	0.115±0.048^{b}	^{กขa}0.090±0.010^{b}
	SW	0.629±0.019	^{d}0.010±0.021	-0.010±0.015	^{c}0.009±0.012
โปรงแดง	**NW**	0.583±0.033	^{กb}0.453±0.036^{a}	^{ab}0.116±0.009^{b}	^{a}0.037±0.021^{c}
	2NW	0.527±0.034	^{ขb}0.424±0.023^{a}	^{b}0.069±0.014^{b}	^{ขa}0.037±0.022^{b}
	5NW	0.625±0.013	^{ขc}0.308±0.033^{a}	^{กa}0.160±0.057^{b}	^{กa}0.102±0.039^{b}
	10NW	0.551±0.013	^{กa}0.584±0.029^{a}	^{b}0.068±0.013^{b}	^{ขa}0.038±0.022^{b}
	SW	0.618±0.020	^{d}0.008±0.024	^{c}0.005±0.015	^{b}0.005±0.025

หมายเหตุ ตัวอักษรภาษาอังกฤษมุมซ้ายมือ (แนวตั้ง) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างความเข้มข้นของน้ำเสียอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
ตัวอักษรภาษาอังกฤษมุมขวามือ (แนวนอน) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างช่วงเวลาเก็บตัวอย่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
ตัวอักษรภาษาไทยมุมซ้ายมือ (แนวตั้ง) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างชนิดพืชอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

แอมโมเนียมไอออนในดิน (Soil Ammonium Ion : NH_4^+)

ก่อนการทดลอง แอมโมเนียมไอออนของดินชั้นบนในชุดทดลองที่ใช้บำบัดน้ำเสียมีค่าอยู่ระหว่าง 0.028-0.049 mg/g soil ภายหลังการทดลองกักเก็บน้ำเสียโดยใช้ระยะกักเก็บ 7, 5 และ 3 วัน ค่าแอมโมเนียมไอออนอยู่ในช่วง 0.030-0.063, 0.023-0.061, 0.023-0.063 mg/g soil ตามลำดับ (ตารางที่ ค 9 ถึง ค 10 ภาคผนวก ค) ซึ่งจะเห็นว่ามีแนวโน้มเพิ่มขึ้นแต่ไม่ชัดเจน เนื่องจากแอมโมเนียมสามารถเปลี่ยนรูปไปเป็นไนไตรท์และไนเตรทได้โดยกระบวนการไนตริฟิเคชัน นอกจากนี้แอมโมเนียมไอออนยังเป็นรูปที่พืชในพื้นที่ชุ่มน้ำมักดูดดึงไปใช้ประโยชน์ในการเจริญเติบโตได้มากกว่าไนเตรท (เนื่องจากในพื้นที่ชุ่มน้ำมีสภาพน้ำขังและไร้อากาศ ทำให้กระบวนการไนตริฟิเคชันถูกจำกัด ไนโตรเจนที่พบในพื้นที่ชุ่มน้ำจึงมักอยู่ในรูปของแอมโมเนียมเป็นส่วนใหญ่) (Mitsch and Gosselink, 2000) เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยการสะสมแอมโมเนียมไอออนของดิน (ตารางที่ ค 11 ถึง ค 12 ภาคผนวก ค) พบว่า ในดินชั้นบนมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างความเข้มข้นของน้ำเสีย ชนิดพืช และระยะกักเก็บ แต่ไม่เห็นแนวโน้มที่ชัดเจน เนื่องจากมีความผันแปรสูง

ดินชั้นล่างมีแนวโน้มของการสะสมแอมโมเนียมไอออนสูงกว่าดินชั้นบนเนื่องจากมักมีสภาพน้ำขังมากกว่า ทำให้ดินอยู่ในสภาพไร้อากาศและกระบวนการดีไนตริฟิเคชันเกิดขึ้นได้ดี โดยไนเตรทเปลี่ยนรูปเป็นแอมโมเนียมหรือไนตรัสออกไซด์ (N_2O) และไนโตรเจน (N_2) โดยค่าแอมโมเนียมของดินชั้นล่างก่อนการทดลอง และภายหลังการทดลองกักเก็บน้ำเสียโดยใช้ระยะกักเก็บ 7, 5 และ 3 วัน มีค่า 0.014-0.058, 0.026-0.056, 0.038-0.067 และ 0.031-0.112 mg/g soil ตามลำดับ การสะสมแอมโมเนียมไอออนของดินชั้นล่างมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างความเข้มข้นของน้ำเสีย ชนิดพืช และระยะกักเก็บ โดยชุดทดลองที่ได้รับน้ำเสียความเข้มข้นสูง มีแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของแอมโมเนียมสูงกว่าชุดทดลองที่ได้รับน้ำเสียความเข้มข้นต่ำ (แต่แนวโน้มดังกล่าวมีความผันแปรสูง) ชุดทดลองที่ปลูกกล้าไม้จะมีการสะสมแอมโมเนียมในดินต่ำกว่าชุดควบคุมที่ไม่ปลูกพืช และภายหลังการทดลองบำบัดน้ำเสียโดยใช้ระยะกักเก็บ 7 วัน มีการสะสมแอมโมเนียมสูงกว่าเมื่อใช้ระยะกักเก็บ 5 วัน และ 3 วัน ตามลำดับ (แต่แนวโน้มดังกล่าวมีความผันแปรสูง)

ไนเตรทในดิน (Soil Nitrate : NO_3^-)

ดินชั้นบน ปริมาณไนเตรทก่อนการทดลองบำบัดน้ำเสียมีค่า 0.161-0.281 mg/g soil ภายหลังการทดลองบำบัดน้ำเสียโดยใช้ระยะกักเก็บ 7, 5 และ 3 วัน มีค่า 0.322-0.679, 0.358-0.725 และ 0.367-0.769 mg/g soil ตามลำดับ (ตารางที่ ค 13 ภาคผนวก ค)

สำหรับดินชั้นล่าง ปริมาณไนเตรทก่อนการทดลองบำบัดน้ำเสียมีค่า 0.135-0.216 mg/g soil ภายหลังการทดลองบำบัดน้ำเสียโดยใช้ระยะกักเก็บ 7, 5 และ 3 วัน มีค่า 0.311-0.635, 0.307-0.615 และ 0.323-0.627 mg/g soil ตามลำดับ (ตารางที่ ค 14 ภาคผนวก ค)

เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยการสะสมไนเตรทของดินชั้นบน พบว่า มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างความเข้มข้นของน้ำเสีย ชนิดพืช และระยะกักเก็บ โดยชุดทดลองที่ได้รับน้ำเสียความเข้มข้นสูง มีแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของไนเตรทสูงกว่าชุดทดลองที่ได้รับน้ำเสียความเข้มข้นต่ำ ชุดทดลองที่ปลูกกล้าไม้จะมีการสะสมไนเตรทในดินต่ำกว่าชุดทดลองที่ไม่ปลูกพืช แต่ไม่เห็นแนวโน้มที่ชัดเจนว่าชุดทดลองที่ปลูกกล้าไม้ใดมีการสะสมไนเตรทสูงสุด และภายหลังการทดลองบำบัดน้ำเสียโดยใช้ระยะกักเก็บ 7 วัน มีการสะสมไนเตรท สูงกว่าเมื่อใช้ระยะกักเก็บ 5 วัน และ 3 วัน ตามลำดับ (ตารางที่ ค 15 ภาคผนวก ค)

สำหรับดินชั้นล่าง ค่าเฉลี่ยการสะสมไนเตรทมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างความเข้มข้นของน้ำเสีย ชนิดพืช และระยะกักเก็บ โดยมีแนวโน้มเช่นเดียวกับดินชั้นบน และพบว่าปริมาณไนเตรทของดินล่างต่ำกว่าดินชั้นบน (ตารางที่ ค 16 ภาคผนวก ค) เนื่องจากดินชั้นบนได้สัมผัสกับอากาศ จึงมีออกซิเจนซึ่งทำให้เกิดกระบวนการไนตริฟิเคชันเปลี่ยนแอมโมเนียเป็นไนไตรท์และไนเตรท ซึ่งพืชสามารถดูดดึงไปใช้ได้ แต่ไนเตรท (NO_3^-) ซึ่งมีประจุลบจะไม่ถูกอนุภาค clay ดูดซับไว้เหมือนแอมโมเนียมไอออน (NH_4^+) ซึ่งมีประจุบวก ดังนั้นหากไนเตรทไม่ถูกพืชดูดดึงไปใช้ทันที อาจค่อยๆ เคลื่อนย้าย (mobile) โดยการชะละลายออกนอกชุดทดลองได้ นอกจากนี้ในสภาพไร้ออกซิเจนไนเตรทจะถูกเปลี่ยนเป็นแอมโมเนีย หรือก๊าซไนตรัสออกไซด์และก๊าซไนโตรเจนระเหยออกสู่บรรยากาศโดยกระบวนการดีไนตริฟิเคชัน

ฟอสฟอรัสทั้งหมดในดิน (Soil Total Phosphorus : TP)

ปริมาณ TP ของดินชั้นบนก่อนการทดลองบำบัดน้ำเสียมีค่า 0.089-0.116 mg/g dry wt และภายหลังการกักเก็บน้ำเสียโดยใช้ระยะกักเก็บ 7, 5 และ 3 วัน มีค่า 0.102-0.243, 0.116-0.330 และ 0.118-0.388 mg/g dry wt. ตามลำดับ (ตารางที่ 6-9)

ปริมาณ TP ของดินชั้นล่างก่อนการทดลองบำบัดน้ำเสียมีค่า 0.88-0.119 mg/g dry wt. และภายหลังการกักเก็บน้ำเสียโดยใช้ระยะกักเก็บ 7, 5 และ 3 วัน มีค่า 0.097-0.123, 0.101-0.125 และ 0.102-0.126 mg/g dry wt. ตามลำดับ (ตารางที่ 6-10)

เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยการสะสม TP ของดินชั้นบน พบว่า มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างความเข้มข้นของน้ำเสีย ชนิดพืช และระยะกักเก็บ โดยชุดทดลองที่ได้รับน้ำเสียความเข้มข้นสูง มีแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของ TP สูงกว่าชุดทดลองที่ได้รับน้ำเสียความเข้มข้นต่ำ ชุดทดลองที่ปลูกกล้าไม้จะมีการสะสม TPในดินต่ำกว่าชุดควบคุมที่ไม่ปลูกพืช และภายหลังการทดลองบำบัดน้ำเสียโดยใช้ระยะกักเก็บ 7 วัน มีการสะสม TP สูงกว่าเมื่อใช้ระยะกักเก็บ 5 วัน และ 3 วัน ตามลำดับ สาเหตุที่เมื่อใช้ระยะกักเก็บ 7 วัน มีการสะสม TP สูงสุด เนื่องจากเมื่อระยะสัมผัสระหว่างดินกับน้ำนานขึ้น จะทำให้อนุภาคดินเหนียวดูดซับ TP ได้ดีขึ้น (ตารางที่ 6-11)

สำหรับค่าเฉลี่ยการสะสม TP ของดินชั้นล่าง พบว่า มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างความเข้มข้นของน้ำเสีย ชนิดพืช และระยะกักเก็บ แต่ไม่ชัดเจนเท่าดินชั้นบน เนื่องจากอนุภาค clay ดูดซับฟอสเฟตไว้ที่ดินชั้นบนบ่งชี้ว่าดินมีความสามารถในการกักเก็บฟอสฟอรัสได้สูง เนื่องจากดินที่ใช้ในการทดลองเป็นดินเลนซึ่งมีพื้นที่ผิว (surface area) สูง และมีสภาพนำน้ำ (hydraulic conductivity) ต่ำ (ตารางที่ 6-12)

ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืชในดิน (Soil Available Phosphorus)

ดินชั้นบน มีปริมาณออร์โธฟอสเฟต ก่อนการทดลองบำบัดน้ำเสีย และภายหลังการทดลองบำบัดน้ำเสียโดยใช้ระยะกักเก็บ 7, 5 และ 3 วัน อยู่ในช่วง 0.082-0.097, 0.096-0.194, 0.096-0.273 และ 0.098-0.344 mg/g dry wt. ตามลำดับ (ตารางที่ ค 17 ภาคผนวก ค)

สำหรับดินชั้นล่าง มีปริมาณออร์โธฟอสเฟต ก่อนการทดลองบำบัดน้ำเสีย และภายหลังการกักเก็บน้ำเสียโดยใช้ระยะกักเก็บ 7, 5 และ 3 วัน อยู่ในช่วง 0.082-0.094, 0.083-0.098, 0.086-0.100 และ 0.088-0.102 mg/g dry wt. ตามลำดับ (ตารางที่ ค 18 ภาคผนวก ค)

ตารางที่ 6-9 ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดของดินชั้นบน (0-10 ซม.) ในระบบกะ โครงการที่ 1-1

ชนิดพืช	ชุดทดลอง	ฟอสฟอรัสทั้งหมด (mg/g dry weight)			
		ก่อนการทดลอง	ภายหลังระยะกักเก็บ 7 วัน	ภายหลังระยะกักเก็บ 5 วัน	ภายหลังระยะกักเก็บ 3 วัน
ไม่ปลูกพืช	NW	0.106±0.011^{b}	^{c}0.131±0.004^{a}	^{cd}0.130±0.002^{a}	^{d}0.140±0.002^{a}
	2NW	0.108±0.003^{d}	^{c}0.133±0.010^{c}	^{c}0.162±0.007^{b}	^{c}0.190±0.004^{a}
	5NW	0.098±0.005^{d}	^{b}0.170±0.010^{c}	^{b}0.217±0.021^{b}	^{b}0.289±0.006^{a}
	10NW	0.109±0.004^{d}	^{a}0.238±0.013^{c}	^{a}0.321±0.034^{b}	^{a}0.388±0.011^{a}
	SW	0.102±0.006	^{d}0.105±0.001	^{d}0.107±0.001	^{c}0.111±0.003
โกงกางใบใหญ่	NW	^{bc}0.099±0.005^{b}	^{c}0.117±0.008^{a}	^{d}0.118±0.001^{a}	^{d}0.125±0.002^{a}
	2NW	^{a}0.109±0.004^{d}	^{c}0.124±0.004^{c}	^{c}0.153±0.006^{b}	^{c}0.185±0.004^{a}
	5NW	^{c}0.096±0.004^{d}	^{b}0.158±0.015^{c}	^{b}0.203±0.016^{b}	^{b}0.257±0.018^{a}
	10NW	^{ab}0.108±0.003^{c}	^{a}0.243±0.032^{b}	^{a}0.272±0.005^{b}	^{a}0.367±0.006^{a}
	SW	^{bc}0.098±0.006^{b}	^{c}0.102±0.004^{ab}	^{d}0.110±0.003^{a}	^{e}0.104±0.001^{ab}
แสมทะเล	NW	^{a}0.112±0.009	^{cd}0.108±0.001	^{d}0.120±0.008	^{d}0.124±0.001
	2NW	^{a}0.111±0.007^{d}	^{c}0.127±0.010^{c}	^{c}0.162±0.005^{b}	^{c}0.185±0.005^{a}
	5NW	^{a}0.111±0.008^{d}	^{b}0.151±0.023^{c}	^{b}0.195±0.010^{b}	^{b}0.250±0.017^{a}
	10NW	^{ab}0.100±0.004^{d}	^{a}0.209±0.011^{c}	^{a}0.330±0.004^{b}	^{a}0.381±0.013^{a}
	SW	^{b}0.093±0.007^{b}	^{d}0.096±0.003^{b}	^{d}0.109±0.001^{a}	^{d}0.113±0.001^{a}
พังกาหัวสุม	NW	^{c}0.089±0.009^{d}	^{cd}0.102±0.004^{c}	^{d}0.131±0.001^{b}	^{d}0.120±0.001^{a}
	2NW	^{ab}0.107±0.004^{d}	^{b}0.119±0.010^{c}	^{c}0.148±0.005^{b}	^{c}0.174±0.002^{a}
	5NW	^{a}0.116±0.005^{d}	^{c}0.113±0.003^{c}	^{b}0.218±0.009^{b}	^{b}0.247±0.004^{a}
	10NW	^{a}0.110±0.006^{d}	^{a}0.188±0.009^{c}	^{a}0.264±0.005^{b}	^{a}0.305±0.005^{a}
	SW	^{bc}0.099±0.003^{b}	^{d}0.102±0.004^{b}	^{c}0.112±0.002^{a}	^{d}0.119±0.002^{a}
โปรงแดง	NW	^{cd}0.098±0.001^{c}	^{c}0.107±0.002^{b}	^{d}0.116±0.002^{a}	^{d}0.118±0.001^{a}
	2NW	^{ab}0.110±0.007^{d}	^{b}0.136±0.007^{c}	^{c}0.151±0.005^{b}	^{c}0.174±0.002^{a}
	5NW	^{a}0.113±0.006^{d}	^{a}0.165±0.012^{c}	^{b}0.212±0.003^{b}	^{b}0.240±0.008^{a}
	10NW	^{bc}0.102±0.003^{d}	^{a}0.181±0.012^{c}	^{a}0.259±0.004^{b}	^{a}0.340±0.029^{a}
	SW	^{d}0.090±0.006^{b}	^{d}0.100±0.001^{b}	^{c}0.104±0.002^{a}	^{d}0.102±0.001^{a}

หมายเหตุ ตัวอักษรมุมซ้ายมือ (แนวตั้ง) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างความเข้มข้นของน้ำเสียอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
ตัวอักษรมุมขวามือ (แนวนอน) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างช่วงเวลาเก็บตัวอย่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 6-10 ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดของดินชั้นล่าง (10-20 ซม.) ในระบบกะ โครงการที่ 1-1

ชนิดพืช	ชุดทดลอง	ฟอสฟอรัสทั้งหมด (mg/g dry weight)			
		ก่อนการทดลอง	ภายหลังระยะกักเก็บ 7 วัน	ภายหลังระยะกักเก็บ 5 วัน	ภายหลังระยะกักเก็บ 3 วัน
ไม่ปลูกพืช	NW	0.094±0.005^{b}	^{a}0.114±0.002^{a}	^{a}0.114±0.001^{a}	^{b}0.118±0.004^{a}
	2NW	0.105±0.004	^{b}0.102±0.004	^{b}0.107±0.001	^{b}0.115±0.003
	5NW	0.105±0.011^{c}	^{ab}0.109±0.004^{bc}	^{a}0.113±0.003^{b}	^{a}0.123±0.001^{a}
	10NW	0.102±0.006^{a}	^{ab}0.110±0.007^{a}	^{c}0.097±0.001^{b}	^{c}0.105±0.001^{a}
	SW	0.100±0.004	^{b}0.103±0.003	^{b}0.106±0.001	^{c}0.104±0.001
โกงกางใบใหญ่	NW	0.114±0.007	^{cd}0.104±0.004	^{c}0.109±0.001	^{b}0.113±0.001
	2NW	0.119±0.005^{ab}	^{bc}0.110±0.008^{b}	^{b}0.119±0.002^{ab}	^{a}0.126±0.001^{a}
	5NW	0.107±0.004^{a}	^{d}0.097±0.002^{b}	^{d}0.097±0.001^{b}	^{b}0.110±0.001^{a}
	10NW	0.107±0.003^{b}	^{a}0.123±0.005^{a}	^{c}0.111±0.001^{b}	^{b}0.108±0.004^{b}
	SW	0.107±0.008^{b}	^{ab}0.117±0.008^{ab}	^{a}0.129±0.001^{a}	^{a}0.124±0.007^{a}
แสมทะเล	NW	^{ab}0.111±0.010	0.110±0.006	^{a}0.125±0.002	^{a}0.117±0.004
	2NW	^{a}0.115±0.004	0.107±0.005	^{b}0.111±0.001	^{a}0.113±0.002
	5NW	^{a}0.116±0.007	0.101±0.005	^{b}0.115±0.008	^{a}0.115±0.001
	10NW	^{ab}0.104±0.005^{b}	0.104±0.003^{b}	^{b}0.111±0.001^{a}	^{b}0.102±0.001^{b}
	SW	^{b}0.099±0.002c	0.102±0.002^{c}	^{b}0.112±0.001^{b}	^{a}0.117±0.001^{a}
พังกาหัวสุม	NW	^{d}0.088±0.005^{b}	^{c}0.097±0.005^{a}	^{c}0.104±0.003^{a}	^{d}0.097±0.001^{a}
	2NW	^{b}0.108±0.004	^{c}0.102±0.004	^{c}0.101±0.001	^{c}0.104±0.001
	5NW	^{a}0.115±0.007	^{b}0.108±0.002	^{a}0.120±0.004	^{a}0.117±0.002
	10NW	^{ab}0.111±0.003	^{a}0.115±0.002	^{b}0.115±0.001	^{ab}0.113±0.005
	SW	^{c}0.097±0.003^{b}	^{c}0.100±0.002^{b}	^{b}0.110±0.001^{a}	^{b}0.111±0.003^{a}
โปรงแดง	NW	^{a}0.109±0.006^{b}	^{a}0.108±0.005^{b}	^{a}0.119±0.001^{a}	^{a}0.118±0.001^{a}
	2NW	^{ab}0.098±0.004^{b}	^{a}0.104±0.004^{b}	^{d}0.097±0.001^{b}	^{b}0.110±0.003^{a}
	5NW	^{ab}0.101±0.002^{b}	^{a}0.108±0.005^{ab}	^{b}0.110±0.003^{a}	^{b}0.109±0.001^{a}
	10NW	^{b}0.096±0.004^{c}	^{a}0.101±0.006^{bc}	^{c}0.103±0.001^{b}	^{b}0.108±0.001^{a}
	SW	^{b}0.092±0.010^{b}	^{b}0.092±0.001^{b}	^{c}0.104±0.001^{a}	^{c}0.099±0.001^{ab}

หมายเหตุ ตัวอักษรมุมซ้ายมือ (แนวตั้ง) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างความเข้มข้นของน้ำเสียอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
ตัวอักษรมุมขวามือ (แนวนอน) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างช่วงเวลาเก็บตัวอย่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 6-11 ค่าเฉลี่ยการสะสมฟอสฟอรัสทั้งหมดของดินชั้นบน (0-10 ซม.)ในระบบกะ โครงการที่ 1-1

ชนิดพืช	ชุดทดลอง	ก่อนการทดลอง (mg/g dry weight)	การสะสมฟอสฟอรัสทั้งหมด (mg/g dry weight)		
			ภายหลังระยะกักเก็บ 7 วัน	ภายหลังระยะกักเก็บ 5 วัน	ภายหลังระยะกักเก็บ 3 วัน
ไม่ปลูกพืช	**NW**	0.106±0.011	กc0.025±0.004a	คc0.000±0.002c	กc0.009±0.003b
	2NW	0.108±0.003	c0.025±0.010	กbc0.029±0.007	b0.028±0.004
	5NW	0.098±0.005	b0.071±0.010	b0.047±0.021	กa0.072±0.006
	10NW	0.109±0.004	กa0.129±0.013a	ขa0.082±0.035b	กขa0.067±0.011b
	SW	0.102±0.006	d0.003±0.002	c0.003±0.001	ขc0.003±0.002
โกงกางใบใหญ่	**NW**	0.099±0.005	กc0.017±0.007a	คc0.001±0.002b	กd0.007±0.002b
	2NW	0.109±0.004	c0.015±0.004b	กb0.028±0.006a	c0.032±0.004a
	5NW	0.096±0.004	b0.062±0.015	a0.046±0.015	กb0.053±0.018
	10NW	0.108±0.003	กa0.135±0.031a	คb0.028±0.004c	กa0.095±0.006b
	SW	0.098±0.006	c0.004±0.004a	c0.008±0.003a	งd-0.006±0.001b
แสมทะเล	**NW**	0.112±0.009	คc-0.003±0.002b	ขc0.011±0.007a	ขc0.004±0.001ab
	2NW	0.111±0.007	c0.015±0.010b	กb0.035±0.005a	b0.023±0.005ab
	5NW	0.111±0.008	b0.041±0.023	b0.044±0.009	กa0.055±0.017
	10NW	0.100±0.004	กขa0.109±0.010a	กa0.121±0.004a	ขa0.050±0.013b
	SW	0.093±0.007	c0.003±0.003b	กc0.012±0.001a	กขc0.004±0.000b
พังกาหัวสุม	**NW**	0.099±0.009	ขc0.024±0.003a	กd0.018±0.001b	คd-0.011±0.001c
	2NW	0.107±0.004	cd0.012±0.010b	กc0.029±0.005a	b0.026±0.002a
	5NW	0.116±0.005	b0.041±0.006b	b0.061±0.009a	ขb0.029±0.004b
	10NW	0.110±0.006	ขa0.077±0.009a	ขa0.077±0.004a	ขa0.041±0.005b
	SW	0.111±0.003	d0.004±0.004	กขd0.010±0.002	กc0.006±0.001
โปรงแดง	**NW**	0.098±0.001	ขd0.009±0.002a	ขc0.009±0.002a	ขc0.002±0.001b
	2NW	0.110±0.007	c0.026±0.007	ขc0.015±0.005	bc0.023±0.002
	5NW	0.113±0.006	b0.053±0.012a	b0.047±0.003a	ขb0.028±0.008b
	10NW	0.102±0.003	ขa0.079±0.013	ขa0.078±0.003	กa0.080±0.028
	SW	0.090±0.006	d0.001±0.003b	กc0.013±0.003a	คc-0.002±0.001b

หมายเหตุ ตัวอักษรภาษาอังกฤษมุมซ้ายมือ (แนวตั้ง) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างความเข้มข้นของน้ำเสีย อย่างมีนัยสำคัญที่ ระดับความเชื่อมั่น 95%
ตัวอักษรภาษาอังกฤษมุมขวามือ (แนวนอน) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างระยะเวลากักเก็บอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
ตัวอักษรภาษาไทยมุมซ้ายมือ (แนวตั้ง) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างชนิดพืช อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 6-12 ค่าเฉลี่ยการสะสมฟอสฟอรัสทั้งหมดของดินชั้นล่าง (10-20 ซม.) ในระบบกะ โครงการที่ 1-1

ชนิดพืช	ชุดทดลอง	ก่อนการทดลอง (mg/g dry weight)	การสะสมฟอสฟอรัสทั้งหมด (mg/g dry weight)		
			ภายหลังระยะกักเก็บ 7 วัน	ภายหลังระยะกักเก็บ 5 วัน	ภายหลังระยะกักเก็บ 3 วัน
ไม่ปลูกพืช	**NW**	0.094±0.005	กa0.019±0.002a	งb0.000±0.001b	กb0.004±0.004b
	2NW	0.105±0.004	c-0.003±0.004b	ขa0.005±0.001a	ขab0.008±0.003a
	5NW	0.105±0.011	กbc0.004±0.004	กขa0.004±0.003	a0.010±0.002
	10NW	0.102±0.006	ขb0.005±0.007a	จc-0.014±0.001b	กab0.008±0.001a
	SW	0.100±0.004	bc0.002±0.002a	คab0.003±0.001a	ขc-0.002±0.001b
โกงกางใบใหญ่	**NW**	0.114±0.007	คb-0.009±0.003b	คc0.004±0.001a	กb0.004±0.001a
	2NW	0.119±0.005	b-0.009±0.008b	กb0.009±0.002a	ขคab0.007±0.001a
	5NW	0.107±0.004	ขb-0.009±0.002c	ขd0.000±0.001b	a0.012±0.001a
	10NW	0.107±0.003	กa0.016±0.005a	งc-0.011±0.001c	ขคc-0.003±0.004b
	SW	0.107±0.008	a0.009±0.007a	กa0.013±0.001a	ขc-0.005±0.007b
แสมทะเล	**NW**	0.111±0.010	คab-0.002±0.006b	ก0.015±0.003a	ขb-0.008±0.005b
	2NW	0.115±0.004	bc-0.008±0.005b	ข0.004±0.001a	คงa0.002±0.002a
	5NW	0.116±0.007	ขc-0.015±0.005c	ก0.013±0.009a	a0.001±0.001b
	10NW	0.104±0.005	กab-0.001±0.004b	ก0.007±0.001a	คb-0.008±0.001c
	SW	0.099±0.002	a0.003±0.002b	ข0.010±0.001a	กa0.005±0.001b
พังกาหัวสุม	**NW**	0.088±0.005	ขa0.009±0.005a	คa0.007±0.003a	ขb-0.008±0.001b
	2NW	0.108±0.004	c-0.006±0.004b	คb-0.001±0.001ab	ขคa0.003±0.001a
	5NW	0.115±0.007	ขc-0.010±0.002c	กa0.011±0.004a	ab-0.002±0.001b
	10NW	0.111±0.003	กab0.004±0.002	คb0.000±0.001	ขa-0.001±0.006
	SW	0.097±0.003	b0.002±0.002b	กขa0.011±0.001a	กขa0.001±0.003b
โปรงแดง	**NW**	0.109±0.006	ค-0.001±0.006b	ขa0.011±0.001a	กc0.000±0.001b
	2NW	0.098±0.004	0.003±0.006b	งc-0.005±0.001b	กa0.013±0.003a
	5NW	0.101±0.002	ก0.004±0.004	กขb0.005±0.003	c-0.001±0.001
	10NW	0.096±0.004	ก0.004±0.001	ขb0.004±0.000	กb0.005±0.001
	SW	0.092±0.010	0.000±0.001b	กa0.012±0.001a	ขd-0.005±0.001c

หมายเหตุ ตัวอักษรภาษาอังกฤษมุมซ้ายมือ (แนวตั้ง) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างความเข้มข้นของน้ำเสีย อย่างมีนัยสำคัญที่ ระดับความเชื่อมั่น 95%
ตัวอักษรภาษาอังกฤษมุมขวามือ (แนวนอน) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างระยะเวลากักเก็บอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
ตัวอักษรภาษาไทยมุมซ้ายมือ (แนวตั้ง) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างชนิดพืช อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยการสะสมออร์โธฟอสเฟตของดินชั้นบน (ตารางที่ ค 19 ภาคผนวก ค) พบว่า มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างความเข้มข้นของน้ำเสีย ชนิดพืช และระยะกักเก็บ โดยมีแนวโน้มเช่นเดียวกับ TP และสำหรับค่าเฉลี่ยการสะสมออร์โธฟอสเฟตของดินชั้นล่าง (ตารางที่ ค 20 ภาคผนวก ค) พบว่า ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างความเข้มข้นของน้ำเสีย ชนิดพืช และระยะกักเก็บ

การสะสมออร์โธฟอสเฟตในดินเลนเป็นผลเนื่องมาจากการดูดซับโดยอนุภาค clay ส่วนการดูดดึงออร์โธฟอสเฟตไปใช้โดยพืชจะขึ้นอยู่กับ pH ของดิน โดยหาก pH ต่ำกว่า 6.8-7.2 พืชจะสามารถดูดดึงไปใช้ได้ดี แต่หาก pH สูงกว่า 7.2 พืชจะดูดดึงไปใช้ได้ต่ำ (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิยา, 2543) ซึ่งการทดลองนี้ดินในชุดทดลองส่วนใหญ่มีค่า pH สูงกว่า 7.2 ดังนั้นจึงคาดว่าการดูดดึงออร์โธฟอสเฟตโดยพืชต่ำ

6.2 สมบัติของดินและการเปลี่ยนแปลง ในระบบเติมต่อเนื่อง ในโครงการย่อยที่ 1-1

ได้ดำเนินการเก็บตัวอย่างดินและวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้วิธีการเช่นเดียวกับระบบการปล่อยน้ำแบบกะ ผลการศึกษาสามารถสรุปได้ดังนี้

ความเป็นกรด-ด่าง (pH)

ก่อนการทดลองบำบัดน้ำเสีย pH ของดินชั้นบน (0-10 เซนติเมตร) และดินชั้นล่าง (10-20 เซนติเมตร) ในชุดทดลองที่ใช้บำบัดน้ำเสีย มีสภาพเป็นด่างและมีค่าใกล้เคียงกัน อยู่ในช่วง 8.20-8.69 (ตารางที่ ค 21 ถึง ค 22 ภาคผนวก ค) ภายหลังจากการทดลองกักเก็บน้ำเสียโดยใช้ระยะกักเก็บ 7, 5 และ 3 วัน ค่า pH ของดินชั้นบนมีแนวโน้มลดลงอยู่ในช่วง 7.94-8.50, 7.94-8.32 และ 7.65-8.48 ตามลำดับ ส่วนดินชั้นบนในชุดทดลองซึ่งได้รับน้ำทะเล (ชุดควบคุม) มีค่า pH ค่อนข้างคงที่ตลอดการทดลอง โดยในช่วงก่อนการทดลอง ภายหลังการทดลองระยะกักเก็บ 7, 5 และ 3 วัน มีค่าอยู่ในช่วง 8.16-8.36, 8.01-8.28, 8.06-8.22 และ 7.92-8.24 ตามลำดับ ซึ่งแนวโน้มของ pH ดินในชุดทดลองบำบัดน้ำเสีย และชุดควบคุมมีลักษณะเช่นเดียวกันกับในระบบการปล่อยน้ำแบบกะ

การนำไฟฟ้าและความเค็มของดิน (Soil Conductivity and Salinity)

ก่อนการทดลองบำบัดน้ำเสีย การนำไฟฟ้าของดินชั้นบนและดินชั้นล่างในชุดทดลองที่ใช้บำบัดน้ำเสีย มีค่าใกล้เคียงกันอยู่ระหว่าง 3.35-8.50 และ 3.80-9.45 mS/cm ตามลำดับ ภายหลังการทดลองบำบัดน้ำเสียโดยใช้ระยะกักเก็บ 7, 5 และ 3 วัน ค่าการนำไฟฟ้าของดินมีแนวโน้มลดลงโดยลำดับ โดยดินชั้นบนมีค่าระหว่าง 2.66-8.07, 2.04-6.52 และ 1.86-6.51 mS/cm ตามลำดับ ส่วนดินชั้นล่างมีค่าระหว่าง 3.27-7.83, 2.71-6.25 และ 2.06-4.90 mS/cm ตามลำดับ สำหรับชุดทดลองที่ได้รับน้ำทะเลมีค่าการนำไฟฟ้าสูงกว่าและมีแนวโน้มลดลงโดยลำดับ โดยก่อนการทดลองและภายหลังการทดลองโดยใช้ระยะกักเก็บ 7, 5 และ 3 วัน ดินชั้นบนมีค่า 7.58-9.05, 6.47-7.29, 5.32-6.59 และ 4.27-6.37 mS/cm ตามลำดับ ส่วนดินชั้นล่างสูงกว่าเล็กน้อยมีค่า 7.30-9.40, 6.15-7.50, 5.78-6.80 และ 4.78-6.41 mS/cm (ตารางที่ ค 23 ถึง ค 24 ภาคผนวก ค) สาเหตุที่การนำไฟฟ้าของดินลดลงเนื่องจากน้ำที่เขาสู่ชุดทดลองชะละลายไอออนต่างๆ ที่สะสมในดินชั้นบนสู่ดินชั้นล่าง ซึ่งบางส่วนจะออกไปกับน้ำที่ผ่านการบำบัดซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาคุณภาพน้ำที่พบว่าน้ำที่ผ่านการบำบัดมีค่าการนำไฟฟ้าและความเค็มสูงกว่าน้ำที่เข้าสู่ชุดทดลอง

ก่อนการทดลองบำบัดน้ำเสีย ความเค็มของดินชั้นบนในชุดทดลองที่ใช้บำบัดน้ำเสียมีค่าอยู่ในช่วง 1.73-4.57 psu ภายหลังการทดลองบำบัดน้ำเสียโดยใช้ระยะกักเก็บ 7, 5 และ 3 วัน ความเค็มของดินมีแนวโน้มลดลงโดยลำดับ มีค่า 1.31-4.23, 1.05-2.75 และ 1.03-1.95 psu ตามลำดับ ขณะที่ชุดทดลองที่ได้รับน้ำทะเลมีค่าความเค็มลดลงเล็กน้อยโดยลำดับโดยก่อนการทดลอง และภายหลังการทดลองโดยใช้ระยะกักเก็บ 7, 5 และ 3 วัน มีค่า 3.73-5.02, 3.37-4.46, 2.83-3.45 และ 2.32-3.07 psu ตามลำดับ (ตารางที่ ค 25 ภาคผนวก ค)

สำหรับ ความเค็มของดินชั้นล่างในชุดทดลองที่ใช้บำบัดน้ำเสีย ก่อนการทดลองมีค่าใกล้เคียงกับดินชั้นบน มีค่าอยู่ในช่วง 1.98-5.09 psu ภายหลังการทดลองบำบัดน้ำเสียโดยใช้ระยะกักเก็บ 7, 5 และ 3 วัน ถึงแม้ความเค็มจะมีแนวโน้มลดลงโดยลำดับ แต่การลดลงจะไม่สูงเท่าดินชั้นบน ค่าที่ตรวจวัดได้อยู่ในช่วง 1.68-4.23, 1.43-3.41 และ 1.06-2.63 psu ตามลำดับ (ตารางที่ ค 26 ภาคผนวก ค) ทั้งนี้เพราะน้ำได้ชะละลายเกลือจากดินชั้นบนสู่ดินชั้นล่าง ก่อนที่จะถูกระบายออกนอกชุดทดลอง ซึ่งผลการทดลองนี้สอดคล้องกับในระบบการปล่อยน้ำแบบกะ

ปริมาณขนาดอนุภาคดินและประเภทเนื้อดิน (Particle Size Distribution and Soil Texture)

ก่อนการทดลองบำบัดน้ำเสีย ดินชั้นบนในชุดทดลองที่ใช้บำบัดน้ำเสียเกือบทุกชุดมีเนื้อดินเป็นดินร่วนเหนียว (clay loam) มีเพียง 2 ชุดทดลองที่เป็นดินร่วนเหนียวปนทรายแป้ง (silty clay loam) และดินเหนียว (clay) มีเปอร์เซ็นต์ sand อยู่ระหว่าง 17-30% เปอร์เซ็นต์ silt อยู่ระหว่าง 33-47% และเปอร์เซ็นต์ clay อยู่ระหว่าง 32-40% ภายหลังสิ้นสุดการทดลองบำบัดน้ำเสีย เปอร์เซ็นต์ sand และ clay มีแนวโน้มไม่ชัดเจน ส่วนเปอร์เซ็นต์ silt มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเช่นเดียวกับในระบบกะ อย่างไรก็ตามพบว่าเนื้อดินมีการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก โดยชุดทดลองทุกชุดมีเนื้อดินเป็นดินร่วนเหนียว (ตารางที่ ค 27 ภาคผนวก ค)

สำหรับดินชั้นล่างในชุดทดลองที่ใช้บำบัดน้ำเสีย ก่อนการทดลองมีเปอร์เซ็นต์ sand 14-30% เปอร์เซ็นต์ silt 34-46% เปอร์เซ็นต์ clay 32-46% โดยชุดทดลองเกือบทุกชุดเป็นดินร่วนเหนียว มีเพียง 1 ชุดที่เป็นดินเหนียว ภายหลังสิ้นสุดการทดลองบำบัดน้ำเสีย เปอร์เซ็นต์ clay มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เช่นเดียวกับในระบบกะ เนื้อดินในชุดทดลองเกือบทุกชุดยังคงเป็นดินร่วนเหนียวเช่นเดิม (ตารางที่ ค 28 ภาคผนวก ค)

อินทรียวัตถุในดิน (Soil Organic Matter)

ก่อนการทดลองบำบัดน้ำเสีย อินทรียวัตถุในดินชั้นบนในชุดทดลองที่ใช้บำบัดน้ำเสียมีค่าระหว่าง 1.593-2.814% ภายหลังการทดลองบำบัดน้ำเสียโดยใช้ระยะกักเก็บ 7, 5 และ 3 วัน อินทรียวัตถุในดินมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นโดยลำดับ มีค่า 2.466-3.969, 2.712-4.142 และ 2.674-4.237% ตามลำดับ ขณะที่ชุดทดลองที่ได้รับน้ำทะเลมีค่าอินทรียวัตถุเพิ่มขึ้นเล็กน้อยโดยลำดับ โดยก่อนการทดลอง และภายหลังการทดลองโดยใช้ระยะกักเก็บ 7, 5 และ 3 วัน มีค่า 2.327-2.754, 2.295-2.916, 2.332-2.968 และ 2.342-2.877% ตามลำดับ (ตารางที่ 6-13)

ส่วนอินทรียวัตถุในดินชั้นล่างในชุดทดลองที่ใช้บำบัดน้ำเสีย ก่อนการทดลอง และภายหลังการทดลองบำบัดน้ำเสียโดยใช้ระยะกักเก็บ 7, 5 และ 3 วัน มีค่า 1.533-2.495, 1.920-3.695, 2.112-4.116 และ 2.076-4.227% ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นว่ามีแนวโน้มเพิ่มขึ้นโดยลำดับเช่นเดียวกับดินชั้นบน และค่าไม่แตกต่างกันมากนัก (ตารางที่ 6-14)

เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยการสะสมอินทรียวัตถุของดินชั้นบน พบว่า มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างความเข้มข้นของน้ำเสีย ชนิดพืช และระยะกักเก็บอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีแนวโน้มว่าภายหลังการทดลองบำบัดน้ำเสียโดยใช้ระยะกักเก็บ 7 วัน มีการสะสมอินทรียวัตถุสูงกว่าเมื่อใช้ระยะกักเก็บ 5 และ 3 วัน ตามลำดับ สำหรับความเข้มข้นของน้ำเสียพบว่า ภายหลังระยะกักเก็บ 7 วัน ชุดทดลองที่ได้รับน้ำเสียความเข้มข้นต่ำ (NW และ 2NW) มีการสะสมอินทรียวัตถุสูงที่สุด ภายหลังระยะกักเก็บ 5 วัน ชุดทดลองที่ได้รับน้ำเสียความเข้มข้น 5NW มีการสะสมอินทรียวัตถุสูงที่สุด ขณะที่ภายหลังระยะกักเก็บ 3 วัน ชุดทดลองที่ได้รับน้ำเสียความเข้มข้นสูง (5NW และ 10NW) มีการสะสมอินทรียวัตถุสูงที่สุด สำหรับชนิดพืชแนวโน้มผันแปรและไม่ชัดเจนไม่สามารถสรุปได้ว่ากล้าไม้ชนิดใดมีผลต่อการสะสมอินทรียวัตถุสูงสุด (ตารางที่ 6-15)

การสะสมอินทรียวัตถุของดินชั้นล่าง พบว่า มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างความเข้มข้นของน้ำเสีย ชนิดพืช และระยะกักเก็บอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเช่นเดียวกัน (ตารางที่ 6-16) โดยมีแนวโน้มคล้ายคลึงกับดินชั้นบน ยกเว้น ภายหลังระยะกักเก็บ 5 วัน ไม่สามารถสรุปได้ว่าชุดทดลองที่ได้รับน้ำเสียความเข้มข้นใดมีการสะสมอินทรียวัตถุสูงที่สุด

ตารางที่ 6-13 ปริมาณอินทรียวัตถุของดินชั้นบน (0-10 ซม.) ในระบบต่อเนื่อง โครงการที่ 1-1

ชนิดพืช	ชุดทดลอง	อินทรียวัตถุ (%)			
		ก่อนการทดลอง	ภายหลัง ระยะกักเก็บ 7 วัน	ภายหลัง ระยะกักเก็บ 5 วัน	ภายหลัง ระยะกักเก็บ 3 วัน
ไม่ปลูกพืช	**NW**	$^{d}2.158\pm0.013^{c}$	$^{c}2.904\pm0.005^{b}$	$^{d}3.170\pm0.026^{a}$	$^{d}3.189\pm0.026^{a}$
	2NW	$^{c}2.374\pm0.000^{c}$	$^{a}3.745\pm0.007^{b}$	$^{a}3.978\pm0.008^{a}$	$^{a}3.977\pm0.008^{a}$
	5NW	$^{a}2.814\pm0.010^{c}$	$^{d}2.641\pm0.020^{d}$	$^{c}3.228\pm0.010^{b}$	$^{c}3.303\pm0.011^{a}$
	10NW	$^{b}2.753\pm0.005^{d}$	$^{b}3.145\pm0.006^{c}$	$^{b}3.447\pm0.011^{b}$	$^{b}3.591\pm0.012^{a}$
	SW	$^{b}2.754\pm0.021^{d}$	$^{c}2.916\pm0.009^{b}$	$^{e}2.968\pm0.011^{a}$	$^{e}2.877\pm0.011^{c}$
โกงกางใบใหญ่	**NW**	$^{d}2.255\pm0.004^{c}$	$^{b}3.086\pm0.020^{b}$	$^{b}3.451\pm0.017^{a}$	$^{c}3.447\pm0.018^{a}$
	2NW	$^{a}2.748\pm0.010^{d}$	$^{a}3.969\pm0.008^{c}$	$^{a}4.142\pm0.029^{b}$	$^{a}4.237\pm0.031^{a}$
	5NW	$^{b}2.639\pm0.017^{c}$	$^{c}2.985\pm0.000^{b}$	$^{d}3.202\pm0.010^{a}$	$^{d}3.195\pm0.010^{a}$
	10NW	$^{e}1.593\pm0.007^{d}$	$^{d}2.823\pm0.022^{c}$	$^{c}3.310\pm0.011^{b}$	$^{b}3.632\pm0.013^{a}$
	SW	$^{c}2.327\pm0.000^{d}$	$^{e}2.496\pm0.008^{c}$	$^{e}2.643\pm0.012^{b}$	$^{e}2.710\pm0.013^{a}$
แสมทะเล	**NW**	$^{b}2.547\pm0.009^{d}$	$^{b}3.328\pm0.011^{c}$	$^{b}3.724\pm0.015^{a}$	$^{c}3.553\pm0.014^{b}$
	2NW	$^{b}2.559\pm0.020^{d}$	$^{a}3.483\pm0.012^{c}$	$^{a}3.933\pm0.008^{b}$	$^{a}4.016\pm0.008^{a}$
	5NW	$^{a}2.720\pm0.013^{d}$	$^{d}3.086\pm0.020^{c}$	$^{d}3.368\pm0.017^{b}$	$^{d}3.458\pm0.018^{a}$
	10NW	$^{d}2.279\pm0.004^{d}$	$^{c}3.152\pm0.016^{c}$	$^{c}3.506\pm0.007^{b}$	$^{b}3.631\pm0.007^{a}$
	SW	$^{c}2.357\pm0.007^{d}$	$^{e}2.452\pm0.011^{c}$	$^{e}2.526\pm0.004^{a}$	$^{e}2.504\pm0.004^{b}$
พังกาหัวสุม	**NW**	$^{d}2.071\pm0.004^{d}$	$^{b}3.453\pm0.074^{c}$	$^{a}4.005\pm0.029^{b}$	$^{a}4.081\pm0.030^{a}$
	2NW	$^{a}2.784\pm0.009^{d}$	$^{a}3.699\pm0.022^{c}$	$^{b}3.917\pm0.008^{b}$	$^{b}3.972\pm0.008^{a}$
	5NW	$^{e}1.877\pm0.003^{d}$	$^{c}2.792\pm0.005^{c}$	$^{c}3.448\pm0.017^{b}$	$^{c}3.667\pm0.019^{a}$
	10NW	$^{b}2.424\pm0.007^{d}$	$^{c}2.792\pm0.005^{c}$	$^{d}3.057\pm0.006^{b}$	$^{d}3.114\pm0.006^{a}$
	SW	$^{c}2.407\pm0.000^{d}$	$^{d}2.447\pm0.013^{c}$	$^{e}2.498\pm0.012^{b}$	$^{e}2.530\pm0.012^{a}$
โปรงแดง	**NW**	$^{d}1.966\pm0.012^{d}$	$^{a}3.894\pm0.023^{c}$	$^{a}4.107\pm0.017^{b}$	$^{a}4.158\pm0.017^{a}$
	2NW	$^{c}2.233\pm0.000^{c}$	$^{b}3.628\pm0.021^{b}$	$^{b}3.692\pm0.025^{a}$	$^{b}3.720\pm0.026^{a}$
	5NW	$^{b}2.258\pm0.010^{d}$	$^{c}2.643\pm0.016^{c}$	$^{c}2.983\pm0.014^{b}$	$^{c}3.039\pm0.015^{a}$
	10NW	$^{b}2.255\pm0.000^{d}$	$^{d}2.466\pm0.013^{c}$	$^{d}2.712\pm0.008^{a}$	$^{d}2.674\pm0.008^{b}$
	SW	$^{a}2.459\pm0.009^{a}$	$^{e}2.295\pm0.014^{c}$	$^{e}2.332\pm0.007^{b}$	$^{e}2.342\pm0.007^{b}$

หมายเหตุ ตัวอักษรมุมซ้ายมือ (แนวตั้ง) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างความเข้มข้นของน้ำเสียอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
ตัวอักษรมุมขวามือ (แนวนอน) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างช่วงเวลาเก็บตัวอย่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 6-14 ปริมาณอินทรียวัตถุของดินชั้นล่าง (10-20 ซม.) ในระบบต่อเนื่อง โครงการที่ 1-1

ชนิดพืช	ชุดทดลอง	อินทรียวัตถุ (%)			
		ก่อนการทดลอง	ภายหลัง ระยะกักเก็บ 7 วัน	ภายหลัง ระยะกักเก็บ 5 วัน	ภายหลัง ระยะกักเก็บ 3 วัน
ไม่ปลูกพืช	NW	$^{e}1.533\pm0.004^{d}$	$^{e}1.920\pm0.003^{c}$	$^{e}2.112\pm0.009^{a}$	$^{e}2.076\pm0.009^{b}$
	2NW	$^{d}2.187\pm0.004^{c}$	$^{a}3.687\pm0.013^{a}$	$^{a}3.706\pm0.007^{a}$	$^{b}3.623\pm0.007^{b}$
	5NW	$^{b}2.369\pm0.007^{b}$	$^{d}2.381\pm0.015^{b}$	$^{d}2.564\pm0.016^{a}$	$^{d}2.543\pm0.016^{a}$
	10NW	$^{c}2.343\pm0.012^{d}$	$^{b}3.039\pm0.010^{c}$	$^{b}3.612\pm0.000^{b}$	$^{a}3.772\pm0.000^{a}$
	SW	$^{a}2.728\pm0.008^{d}$	$^{c}2.803\pm0.005^{c}$	$^{c}2.902\pm0.018^{a}$	$^{c}2.850\pm0.018^{b}$
โกงกางใบใหญ่	NW	$^{d}1.649\pm0.005^{d}$	$^{c}2.784\pm0.018^{c}$	$^{d}3.202\pm0.006^{b}$	$^{d}3.262\pm0.006^{a}$
	2NW	$^{a}2.316\pm0.007^{d}$	$^{a}3.691\pm0.019^{c}$	$^{a}3.996\pm0.021^{a}$	$^{a}3.955\pm0.021^{b}$
	5NW	$^{c}2.251\pm0.008^{d}$	$^{b}2.886\pm0.014^{c}$	$^{c}3.265\pm0.000^{b}$	$^{c}3.512\pm0.000^{a}$
	10NW	$^{e}1.530\pm0.006^{d}$	$^{c}2.806\pm0.018^{c}$	$^{b}3.462\pm0.024^{b}$	$^{b}3.626\pm0.026^{a}$
	SW	$^{b}2.284\pm0.007^{d}$	$^{d}2.306\pm0.010^{c}$	$^{e}2.353\pm0.004^{b}$	$^{e}2.368\pm0.004^{a}$
แสมทะเล	NW	$^{c}2.172\pm0.010^{d}$	$^{b}3.018\pm0.000^{c}$	$^{a}3.600\pm0.030^{a}$	$^{c}3.436\pm0.029^{b}$
	2NW	$^{b}2.290\pm0.008^{d}$	$^{a}3.462\pm0.018^{c}$	$^{a}3.581\pm0.018^{b}$	$^{a}3.693\pm0.019^{a}$
	5NW	$^{a}2.372\pm0.015^{d}$	$^{c}2.929\pm0.023^{c}$	$^{c}3.193\pm0.012^{b}$	$^{d}3.238\pm0.012^{a}$
	10NW	$^{d}2.145\pm0.004^{d}$	$^{c}2.937\pm0.005^{c}$	$^{b}3.457\pm0.007^{b}$	$^{b}3.547\pm0.007^{a}$
	SW	$^{b}2.295\pm0.007^{c}$	$^{d}2.350\pm0.011^{b}$	$^{d}2.360\pm0.008^{a}$	$^{e}2.342\pm0.008^{b}$
พังกาหัวสุม	NW	$^{d}1.685\pm0.006^{d}$	$^{b}3.285\pm0.016^{c}$	$^{c}3.413\pm0.011^{b}$	$^{c}3.430\pm0.012^{a}$
	2NW	$^{a}2.495\pm0.016^{d}$	$^{a}3.610\pm0.019^{c}$	$^{a}3.714\pm0.007^{a}$	$^{b}3.656\pm0.007^{b}$
	5NW	$^{e}1.609\pm0.003^{d}$	$^{c}2.696\pm0.005^{c}$	$^{b}3.523\pm0.018^{b}$	$^{a}3.849\pm0.021^{a}$
	10NW	$^{c}2.253\pm0.007^{d}$	$^{d}2.610\pm0.012^{c}$	$^{d}2.840\pm0.005^{b}$	$^{d}2.882\pm0.005^{a}$
	SW	$^{b}2.315\pm0.007^{d}$	$^{e}2.346\pm0.008^{c}$	$^{e}2.419\pm0.011^{b}$	$^{e}2.488\pm0.012^{a}$
โปรงแดง	NW	$^{d}1.763\pm0.008^{d}$	$^{a}3.695\pm0.019^{c}$	$^{a}4.116\pm0.022^{b}$	$^{a}4.227\pm0.024^{a}$
	2NW	$^{c}2.183\pm0.004^{d}$	$^{b}3.469\pm0.018^{c}$	$^{b}3.552\pm0.030^{b}$	$^{b}3.619\pm0.031^{a}$
	5NW	$^{c}2.174\pm0.010^{d}$	$^{c}2.524\pm0.016^{c}$	$^{c}2.786\pm0.010^{b}$	$^{c}2.916\pm0.011^{a}$
	10NW	$^{b}2.207\pm0.007^{b}$	$^{e}2.132\pm0.010^{c}$	$^{e}2.298\pm0.014^{a}$	$^{e}2.203\pm0.013^{b}$
	SW	$^{a}2.338\pm0.017^{b}$	$^{d}2.258\pm0.007^{c}$	$^{d}2.367\pm0.011^{a}$	$^{d}2.324\pm0.011^{b}$

หมายเหตุ ตัวอักษรมุมซ้ายมือ (แนวตั้ง) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างความเข้มข้นของน้ำเสียอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
ตัวอักษรมุมขวามือ (แนวนอน) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างช่วงเวลาเก็บตัวอย่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 6-15 ค่าเฉลี่ยการสะสมอินทรียวัตถุของดินชั้นบน (0-10 ซม.) ในระบบต่อเนื่อง โครงการที่ 1-1

ชนิดพืช	ชุดทดลอง	ก่อนการทดลอง (%)	การสะสมอินทรียวัตถุ (%)		
			ภายหลัง ระยะกักเก็บ 7 วัน	ภายหลัง ระยะกักเก็บ 5 วัน	ภายหลัง ระยะกักเก็บ 3 วัน
ไม่ปลูกพืช	**NW**	2.158±0.013	^{จb}0.747±0.005^{a}	^{คc}0.266±0.026^{b}	^{คc}0.019±0.026^{c}
	2NW	2.374±0.000	^{ฉa}1.371±0.007^{a}	^{ชd}0.233±0.008^{b}	^{จd}-0.001±0.008^{c}
	5NW	2.814±0.010	^{งe} -0.173±0.020^{c}	^{ชa}0.587±0.010^{a}	^{คb}0.075±0.011^{b}
	10NW	2.753±0.005	^{คc}0.392±0.006^{a}	^{คb}0.302±0.011^{b}	^{ชa}0.144±0.012^{c}
	SW	2.754±0.021	^{ชd}0.163±0.009^{a}	^{คe}0.051±0.011^{b}	^{จe}-0.091±0.011^{c}
โคกกางใบใหญ่	**NW**	2.255±0.004	^{คb}0.831±0.020^{a}	^{ชb}0.365±0.017^{b}	^{งd}-0.004±0.018^{c}
	2NW	2.748±0.010	^{ชa}1.221±0.008^{a}	^{คd}0.173±0.029^{b}	^{ฉb}0.095±0.031^{c}
	5NW	2.639±0.017	^{คc}0.346±0.000^{a}	^{จc}0.217±0.010^{b}	^{จe}-0.008±0.010^{c}
	10NW	1.593±0.007	^{ฉa}1.230±0.022^{a}	^{ฉa}0.487±0.011^{b}	^{ฉa}0.321±0.013^{c}
	SW	2.327±0.000	^{ฉd}0.169±0.008^{a}	^{ฉd}0.147±0.012^{b}	^{ฉc}0.067±0.013^{c}
แสมทะเล	**NW**	2.547±0.009	^{งc}0.781±0.011^{a}	^{ชb}0.397±0.015^{b}	^{จe}-0.171±0.014^{c}
	2NW	2.559±0.020	^{คa}0.923±0.012^{a}	^{ฉa}0.450±0.008^{b}	^{ชc}0.083±0.008^{c}
	5NW	2.720±0.013	^{ชd}0.366±0.020^{a}	^{งd}0.282±0.017^{b}	^{ชb}0.090±0.018^{c}
	10NW	2.279±0.004	^{ชb}0.872±0.016^{a}	^{ชc}0.354±0.007^{b}	^{คa}0.125±0.007^{c}
	SW	2.357±0.007	^{คc}0.095±0.011^{a}	^{ชe}0.074±0.004^{b}	^{งd}-0.022±0.004^{c}
พังกาหัวสุม	**NW**	2.071±0.004	^{ชa}1.382±0.074^{a}	^{ฉb}0.552±0.029^{b}	^{ฉb}0.076±0.030^{c}
	2NW	2.784±0.009	^{คb}0.916±0.022^{a}	^{ชd}0.218±0.008^{b}	^{คc}0.055±0.008^{c}
	5NW	1.877±0.003	^{ฉb}0.915±0.005^{a}	^{ฉa}0.656±0.017^{b}	^{ฉa}0.219±0.019^{c}
	10NW	2.424±0.007	^{งc}0.368±0.005^{a}	^{งc}0.265±0.006^{b}	^{งc}0.057±0.006^{c}
	SW	2.407±0.000	^{งd}0.040±0.013	^{คe}0.051±0.012	^{ชd}0.031±0.012
โปรงแดง	**NW**	1.966±0.012	^{ฉa}1.928±0.023^{a}	^{งc}0.212±0.017^{b}	^{ชb}0.051±0.017^{c}
	2NW	2.233±0.000	^{ฉb}1.394±0.021^{a}	^{งd}0.064±0.025^{b}	^{งc}0.028±0.026^{c}
	5NW	2.258±0.010	^{ชc}0.386±0.016^{a}	^{คa}0.340±0.014^{b}	^{งa}0.056±0.015^{c}
	10NW	2.255±0.000	^{จd}0.210±0.013^{b}	^{งb}0.246±0.008^{a}	^{จe}-0.038±0.008^{c}
	SW	2.459±0.009	^{จe}-0.164±0.014^{c}	^{งe}0.036±0.007^{a}	^{คd}0.010±0.007^{b}

หมายเหตุ ตัวอักษรภาษาอังกฤษมุมซ้ายมือ (แนวตั้ง) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างความเข้มข้นของน้ำเสียอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
ตัวอักษรภาษาอังกฤษมุมขวามือ (แนวนอน) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างช่วงเวลาเก็บตัวอย่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
ตัวอักษรภาษาไทยมุมซ้ายมือ (แนวตั้ง) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างชนิดพืชอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 6-16 ค่าเฉลี่ยการสะสมอินทรียวัตถุของดินชั้นล่าง (10-20 ซม.) ในระบบต่อเนื่อง โครงการที่ 1-1

ชนิดพืช	ชุดทดลอง	ก่อนการทดลอง (%)	การสะสมอินทรียวัตถุ (%)		
			ภายหลัง ระยะกักเก็บ 7 วัน	ภายหลัง ระยะกักเก็บ 5 วัน	ภายหลัง ระยะกักเก็บ 3 วัน
ไม่ปลูกพืช	**NW**	1.533±0.004	^{จc}0.387±0.003^{a}	^{ฅb}0.192±0.009^{b}	^{งc}-0.036±0.009^{c}
	2NW	2.187±0.004	^{กa}1.500±0.013^{a}	^{งd}0.019±0.007^{b}	^{จe}-0.083±0.007^{c}
	5NW	2.369±0.007	^{จe}0.012±0.015^{b}	^{งb}0.183±0.016^{a}	^{จb}-0.022±0.016^{c}
	10NW	2.343±0.012	^{ฅb}0.696±0.010^{a}	^{ชa}0.573±0.000^{b}	^{กa}0.160±0.000^{c}
	SW	2.728±0.008	^{กd}0.075±0.005^{b}	^{กc}0.100±0.018^{a}	^{จd}-0.052±0.018^{c}
โกงกางใบใหญ่	**NW**	1.649±0.005	^{ฅc}1.136±0.018^{a}	^{ชb}0.417±0.006^{b}	^{ชc}0.061±0.006^{c}
	2NW	2.316±0.007	^{ชa}1.375±0.019^{a}	^{กd}0.305±0.021^{b}	^{ฅe}-0.041±0.021^{c}
	5NW	2.251±0.008	^{ชd}0.635±0.014^{a}	^{ชc}0.378±0.000^{b}	^{ชa}0.248±0.000^{c}
	10NW	1.530±0.006	^{กb}1.277±0.018^{a}	^{กa}0.655±0.024^{b}	^{กb}0.164±0.026^{c}
	SW	2.284±0.007	^{ฅe}0.022±0.010^{b}	^{ฅe}0.047±0.004^{a}	^{ชd}0.015±0.004^{b}
แสมทะเล	**NW**	2.172±0.010	^{งb}0.847±0.000^{a}	^{กa}0.582±0.030^{b}	^{จe}-0.164±0.029^{c}
	2NW	2.290±0.008	^{งa}1.172±0.018^{a}	^{ชd}0.119±0.018^{b}	^{กa}0.113±0.019^{b}
	5NW	2.372±0.015	^{ฅd}0.557±0.023^{a}	^{ฅc}0.264±0.012^{b}	^{งc}0.045±0.012^{c}
	10NW	2.145±0.004	^{ชc}0.792±0.005^{a}	^{ฅb}0.520±0.007^{b}	^{ชb}0.090±0.007^{c}
	SW	2.295±0.007	^{ชe}0.055±0.011^{a}	^{งe}0.010±0.008^{b}	^{ฅd}-0.018±0.008^{c}
พังกาหัวสุม	**NW**	1.685±0.006	^{ชa}1.600±0.016^{a}	^{งc}0.128±0.011^{b}	^{ฅd}0.017±0.012^{c}
	2NW	2.495±0.016	^{จb}1.115±0.019^{a}	^{ชฅc}0.104±0.007^{b}	^{งe}-0.058±0.007^{c}
	5NW	1.609±0.003	^{กc}1.086±0.005^{a}	^{กa}0.827±0.018^{b}	^{กa}0.327±0.021^{c}
	10NW	2.253±0.007	^{งd}0.357±0.012^{a}	^{งb}0.230±0.005^{b}	^{ฅc}0.042±0.005^{c}
	SW	2.315±0.007	^{ฅe}0.031±0.008^{b}	^{ชd}0.073±0.011^{a}	^{กb}0.069±0.012^{a}
โปรงแดง	**NW**	1.763±0.008	^{กa}1.932±0.019^{a}	^{ชa}0.421±0.022^{b}	^{กb}0.111±0.024^{c}
	2NW	2.183±0.004	^{ฅb}1.286±0.018^{a}	^{ฅe}0.084±0.030^{b}	^{ชc}0.067±0.031^{b}
	5NW	2.174±0.010	^{งc}0.350±0.016^{a}	^{ฅb}0.263±0.010^{b}	^{ฅa}0.130±0.011^{c}
	10NW	2.207±0.007	^{จd}-0.074±0.010^{b}	^{จc}0.165±0.014^{a}	^{งe}-0.094±0.013^{c}
	SW	2.338±0.017	^{งd}-0.080±0.007^{c}	^{กd}0.109±0.011^{a}	^{งd}-0.042±0.011^{b}

หมายเหตุ ตัวอักษรภาษาอังกฤษมุมซ้ายมือ (แนวตั้ง) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างความเข้มข้นของน้ำเสียอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
ตัวอักษรภาษาอังกฤษมุมขวามือ (แนวนอน) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างช่วงเวลาเก็บตัวอย่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
ตัวอักษรภาษาไทยมุมซ้ายมือ (แนวตั้ง) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างชนิดพืชอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ไนโตรเจนทั้งหมดในดิน (Soil Total Nitrogen : TN)

ก่อนการทดลองบำบัดน้ำเสีย TN ของดินชั้นบนและดินชั้นล่างในชุดทดลองที่ใช้บำบัดน้ำเสียมีค่าอยู่ระหว่าง 0.850-1.489 และ 0.797-1.361 mg/g dry wt. ภายหลังการทดลองบำบัดน้ำเสียโดยใช้ระยะกักเก็บ 7, 5 และ 3 วัน ค่า TN ของดินมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นโดยลำดับ ดินชั้นบนมีค่า 1.003-1.552, 1.026-1.572 และ 1.050-1.600 mg/g dry wt. ตามลำดับ ส่วนดินชั้นล่างมีค่า 0.797-1.361, 0.957-1.370, 0.977-1.457 และ 0.999-1.514 mg/g dry wt. ซึ่งต่ำกว่าดินชั้นบน (ตารางที่ 6-17 ถึง 6-18)

เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยการสะสม TN ของดิน พบว่า ในดินชั้นบนมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างความเข้มข้นของน้ำเสีย ระยะกักเก็บ และชนิดพืช โดยชุดทดลองที่ได้รับน้ำเสียความเข้มข้นต่ำ (NW, 2NW และ 5NW) มีการสะสม TN สูงกว่าชุดทดลองที่ได้รับนำเสียความเข้มข้นสูง (10NW) และภายหลังการทดลองบำบัดน้ำเสียด้วยระยะกักเก็บ 7 วัน มีการสะสม TN สูงกว่าที่ระยะ 5 และ 3 วัน อย่างไรก็ตามแนวโน้มของทั้งด้านความเข้มข้นและระยะกักเก็บไม่ชัดเจนนัก สำหรับด้านชนิดพืชไม่สามารถสรุปแนวโน้มได้ สำหรับค่าเฉลี่ยการสะสม TN ของดินชั้นล่างพบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างความเข้มข้นของน้ำเสีย ระยะกักเก็บ และชนิดพืช แต่ไม่สามารถสรุปแนวโน้มได้เนื่องจากค่าผันแปรมาก (ตารางที่ 6-19 ถึง 6-20)

ก่อนการทดลอง TN ของดินชั้นบนและดินชั้นล่างในชุดทดลองที่ได้รับน้ำทะเล มีค่าอยู่ในช่วง 0.961-0.999 และ 0.952-0.968 mg/g dry wt. ตามลำดับ ภายหลังการทดลองกักเก็บน้ำทะเลโดยใช้ระยะกักเก็บ 7, 5 และ 3 วัน พบว่า TN ของดินชั้นบนมีค่าอยู่ในช่วง 0.991-1.089, 1.016-1.109 และ 1.027-1.132 mg/g dry wt. ตามลำดับ ขณะที่ TN ของดินชั้นล่างมีค่าอยู่ในช่วง 0.977-1.033, 0.998-1.091 และ 1.028-1.126 mg/g dry wt. ตามลำดับ

ตารางที่ 6-17 ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดของดินชั้นบน (0-10 ซม.) ในระบบต่อเนื่อง โครงการที่ 1-1

ชนิดพืช	ชุดทดลอง	ไนโตรเจนทั้งหมด (mg/g dry weight)			
		ก่อนการทดลอง	ภายหลัง ระยะกักเก็บ 7 วัน	ภายหลัง ระยะกักเก็บ 5 วัน	ภายหลัง ระยะกักเก็บ 3 วัน
ไม่ปลูกพืช	NW	$^{b}1.075\pm0.008$	$^{c}1.087\pm0.016$	$^{c}1.101\pm0.003$	$^{c}1.110\pm0.039$
	2NW	$^{bc}1.055\pm0.018^{c}$	$^{c}1.067\pm0.005^{c}$	$^{b}1.144\pm0.023^{b}$	$^{b}1.197\pm0.013^{a}$
	5NW	$^{cd}1.017\pm0.009^{c}$	$^{b}1.153\pm0.011^{b}$	$^{b}1.164\pm0.006^{b}$	$^{b}1.238\pm0.007^{a}$
	10NW	$^{a}1.489\pm0.042^{c}$	$^{a}1.552\pm0.014^{b}$	$^{a}1.572\pm0.009^{ab}$	$^{a}1.600\pm0.012^{a}$
	SW	$^{d}0.988\pm0.007^{c}$	$^{c}1.089\pm0.007^{b}$	$^{c}1.109\pm0.008^{ab}$	$^{c}1.132\pm0.026^{a}$
โกงกางใบใหญ่	NW	$^{c}0.986\pm0.030^{b}$	$^{c}1.025\pm0.021^{ab}$	$^{c}1.041\pm0.018^{a}$	$^{c}1.050\pm0.020^{a}$
	2NW	$^{d}0.934\pm0.006^{c}$	$^{c}1.041\pm0.024^{b}$	$^{c}1.050\pm0.017^{b}$	$^{b}1.132\pm0.014^{a}$
	5NW	$^{a}1.128\pm0.008^{b}$	$^{a}1.151\pm0.024^{ab}$	$^{a}1.163\pm0.016^{a}$	$^{a}1.174\pm0.013^{a}$
	10NW	$^{b}1.086\pm0.019$	$^{b}1.113\pm0.014$	$^{b}1.122\pm0.026$	$^{b}1.134\pm0.011$
	SW	$^{c}0.981\pm0.006^{b}$	$^{c}1.006\pm0.013^{a}$	$^{c}1.025\pm0.016^{a}$	$^{c}1.027\pm0.014^{a}$
แสมทะเล	NW	$^{c}0.987\pm0.012^{c}$	$^{d}1.010\pm0.007^{bc}$	$^{d}1.028\pm0.016^{b}$	$^{c}1.054\pm0.016^{a}$
	2NW	$^{cd}0.971\pm0.008^{c}$	$^{c}1.049\pm0.009^{b}$	$^{c}1.063\pm0.026^{ab}$	$^{c}1.083\pm0.008^{a}$
	5NW	$^{a}1.173\pm0.017^{c}$	$^{a}1.205\pm0.011^{b}$	$^{a}1.233\pm0.008^{a}$	$^{b}1.234\pm0.016^{a}$
	10NW	$^{b}1.060\pm0.009^{d}$	$^{b}1.110\pm0.012^{c}$	$^{b}1.137\pm0.010^{b}$	$^{a}1.288\pm0.015^{a}$
	SW	$^{d}0.961\pm0.016^{b}$	$^{e}0.991\pm0.003^{b}$	$^{c}1.064\pm0.010^{a}$	$^{c}1.083\pm0.042^{a}$
พังกาหัวสุม	NW	$^{b}1.077\pm0.015^{c}$	$^{b}1.116\pm0.010^{b}$	$^{b}1.122\pm0.011^{ab}$	$^{b}1.140\pm0.003^{a}$
	2NW	$^{c}0.975\pm0.012^{b}$	$^{b}1.124\pm0.002^{a}$	$^{b}1.125\pm0.014^{a}$	$^{b}1.146\pm0.024^{a}$
	5NW	$^{d}0.917\pm0.013^{d}$	$^{c}1.003\pm0.011^{c}$	$^{c}1.026\pm0.008^{b}$	$^{c}1.109\pm0.009^{a}$
	10NW	$^{a}1.475\pm0.014^{b}$	$^{a}1.484\pm0.021^{b}$	$^{a}1.501\pm0.011^{b}$	$^{a}1.589\pm0.012^{a}$
	SW	$^{c}0.992\pm0.009^{c}$	$^{c}1.010\pm0.008^{b}$	$^{c}1.016\pm0.004^{b}$	$^{d}1.040\pm0.004^{a}$
โปรงแดง	NW	$^{e}0.850\pm0.003^{c}$	$^{b}1.094\pm0.003^{b}$	$^{c}1.104\pm0.006^{b}$	$^{c}1.186\pm0.008^{a}$
	2NW	$^{b}1.067\pm0.009^{d}$	$^{b}1.113\pm0.014^{c}$	$^{b}1.149\pm0.019^{b}$	$^{b}1.218\pm0.012^{a}$
	5NW	$^{d}0.953\pm0.009^{d}$	$^{c}1.018\pm0.028^{c}$	$^{c}1.075\pm0.020^{b}$	$^{d}1.125\pm0.001^{a}$
	10NW	$^{a}1.335\pm0.007^{b}$	$^{a}1.475\pm0.005^{a}$	$^{a}1.483\pm0.021^{a}$	$^{a}1.488\pm0.013^{a}$
	SW	$^{c}0.999\pm0.007^{c}$	$^{c}1.032\pm0.006^{b}$	$^{d}1.040\pm0.003^{b}$	$^{e}1.063\pm0.013^{a}$

หมายเหตุ ตัวอักษรมุมซ้ายมือ (แนวตั้ง) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างความเข้มข้นของน้ำเสียอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
ตัวอักษรมุมขวามือ (แนวนอน) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างช่วงเวลาเก็บตัวอย่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 6-18 ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดของดินชั้นล่าง (10-20 ซม.) ในระบบต่อเนื่อง โครงการที่ 1-1

ชนิดพืช	ชุดทดลอง	ไนโตรเจนทั้งหมด (mg/g dry weight)			
		ก่อนการทดลอง	ภายหลัง ระยะกักเก็บ 7 วัน	ภายหลัง ระยะกักเก็บ 5 วัน	ภายหลัง ระยะกักเก็บ 3 วัน
ไม่ปลูกพืช	NW	$^{c}0.943\pm0.015^{c}$	$^{cd}1.015\pm0.012^{b}$	$^{c}1.038\pm0.015^{ab}$	$^{d}1.057\pm0.015^{a}$
	2NW	$^{b}0.979\pm0.016^{c}$	$^{d}1.000\pm0.019^{c}$	$^{b}1.090\pm0.008^{b}$	$^{c}1.121\pm0.009^{a}$
	5NW	$^{bc}0.964\pm0.012^{c}$	$^{b}1.091\pm0.018^{b}$	$^{b}1.106\pm0.007^{b}$	$^{b}1.178\pm0.015^{a}$
	10NW	$^{a}1.336\pm0.008^{d}$	$^{a}1.367\pm0.005^{c}$	$^{a}1.457\pm0.016^{b}$	$^{a}1.514\pm0.009^{a}$
	SW	$^{c}0.952\pm0.006^{d}$	$^{c}1.033\pm0.013^{c}$	$^{b}1.091\pm0.007^{b}$	$^{c}1.126\pm0.007^{a}$
โกงกางใบใหญ่	NW	$^{a}0.971\pm0.017$	$^{b}0.975\pm0.008$	$^{e}0.977\pm0.008$	$^{d}0.999\pm0.013$
	2NW	$^{b}0.909\pm0.017^{d}$	$^{b}1.007\pm0.025^{c}$	$^{c}1.046\pm0.011^{b}$	$^{b}1.113\pm0.009^{a}$
	5NW	$^{a}0.995\pm0.011^{b}$	$^{b}1.012\pm0.016^{b}$	$^{b}1.087\pm0.011^{a}$	$^{b}1.107\pm0.013^{a}$
	10NW	$^{a}0.977\pm0.011^{c}$	$^{a}1.125\pm0.016^{b}$	$^{a}1.131\pm0.004^{b}$	$^{a}1.153\pm0.008^{a}$
	SW	$^{a}0.968\pm0.018^{b}$	$^{b}0.979\pm0.028^{b}$	$^{d}1.004\pm0.024^{ab}$	$^{c}1.028\pm0.018^{a}$
แสมทะเล	NW	$^{c}0.982\pm0.002^{c}$	$^{c}0.990\pm0.002^{bc}$	$^{c}1.003\pm0.014^{b}$	$^{b}1.027\pm0.009^{a}$
	2NW	$^{d}0.953\pm0.013^{c}$	$^{bc}1.009\pm0.007^{b}$	$^{b}1.040\pm0.012^{a}$	$^{b}1.042\pm0.013^{a}$
	5NW	$^{b}1.024\pm0.013^{b}$	$^{b}1.034\pm0.023^{b}$	$^{a}1.138\pm0.006^{a}$	$^{a}1.158\pm0.005^{a}$
	10NW	$^{a}1.043\pm0.002^{d}$	$^{a}1.094\pm0.024^{c}$	$^{a}1.121\pm0.012^{b}$	$^{a}1.189\pm0.007^{a}$
	SW	$^{d}0.956\pm0.013$	$^{c}0.977\pm0.025$	$^{c}1.015\pm0.011$	$^{b}1.045\pm0.083$
พังกาหัวสุม	NW	$^{b}1.001\pm0.012^{d}$	$^{b}1.037\pm0.005^{c}$	$^{b}1.126\pm0.013^{b}$	$^{b}1.226\pm0.014^{a}$
	2NW	$^{c}0.956\pm0.008^{d}$	$^{b}1.024\pm0.012^{c}$	$^{c}1.048\pm0.009^{b}$	$^{c}1.104\pm0.015^{a}$
	5NW	$^{d}0.888\pm0.009^{d}$	$^{c}1.000\pm0.006^{c}$	$^{d}1.024\pm0.010^{b}$	$^{c}1.105\pm0.009^{a}$
	10NW	$^{a}1.361\pm0.014$	$^{a}1.370\pm0.009$	$^{a}1.377\pm0.007$	$^{a}1.381\pm0.011$
	SW	$^{c}0.976\pm0.019^{c}$	$^{c}0.989\pm0.011^{bc}$	$^{d}1.013\pm0.014^{ab}$	$^{d}1.032\pm0.016^{a}$
โปรงแดง	NW	$^{e}0.797\pm0.016^{c}$	$^{b}1.075\pm0.011^{b}$	$^{b}1.085\pm0.013^{b}$	$^{b}1.154\pm0.017^{a}$
	2NW	$^{b}1.033\pm0.012^{c}$	$^{b}1.059\pm0.009^{b}$	$^{b}1.070\pm0.013^{b}$	$^{c}1.103\pm0.012^{a}$
	5NW	$^{d}0.860\pm0.003^{d}$	$^{d}0.957\pm0.023^{c}$	$^{c}1.040\pm0.019^{b}$	$^{c}1.089\pm0.010^{a}$
	10NW	$^{a}1.257\pm0.008^{c}$	$^{a}1.283\pm0.018^{b}$	$^{a}1.298\pm0.011^{b}$	$^{a}1.330\pm0.009^{a}$
	SW	$^{c}0.968\pm0.010^{c}$	$^{c}0.985\pm0.004b^{c}$	$^{d}0.998\pm0.016^{b}$	$^{d}1.058\pm0.010^{a}$

หมายเหตุ ตัวอักษรมุมซ้ายมือ (แนวตั้ง) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างความเข้มข้นของน้ำเสียอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
ตัวอักษรมุมขวามือ (แนวนอน) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างช่วงเวลาเก็บตัวอย่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 6-19 ค่าเฉลี่ยการสะสมไนโตรเจนทั้งหมดของดินชั้นบน (0-10 ซม.) ในระบบต่อเนื่อง โครงการที่ 1-1

ชนิดพืช	ชุดทดลอง	ก่อนการทดลอง (mg/g dry weight)	การสะสมไนโตรเจนทั้งหมด (mg/g dry weight)		
			ภายหลัง ระยะกักเก็บ 7 วัน	ภายหลัง ระยะกักเก็บ 5 วัน	ภายหลัง ระยะกักเก็บ 3 วัน
ไม่ปลูกพืช	**NW**	1.075±0.008	ข^{d}0.012±0.009	^{b}0.014±0.010	ข^{b}0.010±0.007
	2NW	1.055±0.018	ง^{cd}0.012±0.009^{b}	^{a}0.077±0.054^{a}	ก^{ab}ข^{ab}0.053±0.037^{ab}
	5NW	1.017±0.009	ก^{a}0.136±0.096^{a}	^{b}0.010±0.007^{c}	ก^{a}0.075±0.053^{b}
	10NW	1.489±0.042	ข^{bc}0.063±0.045	^{b}0.020±0.014	ค^{b}0.028±0.019
	SW	0.988±0.007	ก^{ab}0.100±0.071^{a}	ข^{b}0.020±0.014^{b}	^{b}0.023±0.016^{b}
โกงกางใบใหญ่	**NW**	0.986±0.030	ข^{b}0.039±0.027	0.017±0.012	ข^{b}0.009±0.006
	2NW	0.934±0.006	ข^{a}0.107±0.076^{a}	0.008±0.006^{b}	ก^{a}0.082±0.058^{a}
	5NW	1.128±0.008	ง^{b}0.022±0.016	0.012±0.009	ค^{b}0.010±0.007
	10NW	1.086±0.019	ข^{b}0.027±0.019	0.008±0.006	ค^{b}0.013±0.009
	SW	0.981±0.006	ข^{b}0.025±0.018	ข$^{}$0.019±0.013	^{b}0.002±0.002
แสมทะเล	**NW**	0.987±0.012	ข^{b}0.023±0.016	^{b}0.018±0.013	ข^{b}0.026±0.019
	2NW	0.971±0.008	ข^{a}0.078±0.055^{a}	^{b}0.014±0.010^{b}	ข^{b}0.020±0.014^{b}
	5NW	1.173±0.017	ค^{b}ง0.032±0.023	^{b}0.027±0.019	ค^{b}0.002±0.001
	10NW	1.060±0.009	ข^{ab}0.051±0.036^{b}	^{b}0.027±0.019^{b}	ก^{a}0.151±0.107^{a}
	SW	0.961±0.016	ข^{b}0.030±0.021	ก^{a}0.073±0.051	^{b}0.019±0.014
พังกาหัวสุม	**NW**	1.077±0.015	ข^{c}0.039±0.028	0.006±0.004	ข^{b}0.018±0.013
	2NW	0.975±0.012	ก^{a}0.149±0.105^{a}	0.001±0.001^{b}	ข^{b}0.021±0.015^{b}
	5NW	0.917±0.013	ข^{b}0.086±0.061^{a}	0.023±0.016^{b}	ก^{a}0.083±0.059^{a}
	10NW	1.475±0.014	ข^{c}0.009±0.006^{b}	0.017±0.012^{b}	ข^{a}0.088±0.062^{a}
	SW	0.992±0.009	ข^{c}0.019±0.013	ข$^{}$0.006±0.004	^{b}0.023±0.016
โปรงแดง	**NW**	0.850±0.003	ก^{a}0.244±0.172^{a}	0.010±0.007^{c}	ก^{a}0.082±0.058^{b}
	2NW	1.067±0.009	ค^{cd}0.046±0.033	0.036±0.026	ก^{a}0.069±0.049
	5NW	0.953±0.009	ข$^{}$ค^{c}0.064±0.045	0.058±0.041	ข^{ab}0.049±0.035
	10NW	1.335±0.007	ก^{b}0.140±0.099^{a}	0.007±0.005^{b}	ค^{c}0.005±0.004^{b}
	SW	0.999±0.007	ข^{d}0.033±0.024	ข$^{}$0.008±0.006	^{bc}0.022±0.016

หมายเหตุ ตัวอักษรภาษาอังกฤษมุมซ้ายมือ (แนวตั้ง) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างความเข้มข้นของน้ำเสียอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
ตัวอักษรภาษาอังกฤษมุมขวามือ (แนวนอน) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างช่วงเวลาเก็บตัวอย่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
ตัวอักษรภาษาไทยมุมซ้ายมือ (แนวตั้ง) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างชนิดพืชอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 6-20 ค่าเฉลี่ยการสะสมไนโตรเจนทั้งหมดของดินชั้นล่าง (10-20 ซม.) ในระบบต่อเนื่อง โครงการที่ 1-1

ชนิดพืช	ชุดทดลอง	ก่อนการทดลอง (mg/g dry weight)	การสะสมไนโตรเจนทั้งหมด (mg/g dry weight)		
			ภายหลัง ระยะกักเก็บ 7 วัน	ภายหลัง ระยะกักเก็บ 5 วัน	ภายหลัง ระยะกักเก็บ 3 วัน
ไม่ปลูกพืช	**NW**	0.943±0.015	ขb 0.072±0.051 a	ขb 0.022±0.016 b	คb 0.019±0.014 b
	2NW	0.979±0.016	ขc 0.021±0.015 b	กa 0.090±0.064 a	ขคb 0.031±0.022 b
	5NW	0.964±0.012	กa 0.127±0.089 a	ขb 0.015±0.010 c	กขa 0.072±0.051 b
	10NW	1.336±0.008	ขคc 0.031±0.022 b	กa 0.090±0.064 a	กa 0.057±0.040 b
	SW	0.952±0.006	กb 0.081±0.057 a	a 0.058±0.041 b	b 0.035±0.025 c
โกงกางใบใหญ่	**NW**	0.971±0.017	งb 0.005±0.003	ขc 0.001±0.001	ค 0.023±0.016
	2NW	0.909±0.017	กa 0.098±0.069	ขb 0.040±0.028	ก 0.067±0.047
	5NW	0.995±0.011	ขb 0.017±0.012 b	กa 0.075±0.053 a	ค 0.020±0.014 b
	10NW	0.977±0.011	กa 0.148±0.105 a	ขbc 0.006±0.004 b	ขค 0.022±0.016 b
	SW	0.968±0.018	ขb 0.010±0.007	bc 0.025±0.018	0.024±0.017
แสมทะเล	**NW**	0.982±0.002	ง 0.008±0.006	ขb 0.013±0.009	ค 0.024±0.017
	2NW	0.953±0.013	กข 0.056±0.040 a	ขb 0.031±0.022 ab	ค 0.002±0.002 b
	5NW	1.024±0.013	ข 0.010±0.007 b	กa 0.104±0.074 a	ค 0.020±0.014 b
	10NW	1.043±0.002	ข 0.051±0.036	ขb 0.027±0.019	ก 0.068±0.048
	SW	0.956±0.013	ข 0.020±0.014	b 0.039±0.027	0.030±0.021
พังกาหัวสุม	**NW**	1.001±0.012	คc 0.036±0.025 b	กa 0.089±0.063 a	กa 0.100±0.071 a
	2NW	0.956±0.008	กขb 0.067±0.048	ขb 0.024±0.017	กขb 0.056±0.040
	5NW	0.888±0.009	กa 0.112±0.080 a	ขb 0.024±0.017 c	กab 0.081±0.057 b
	10NW	1.361±0.014	คd 0.009±0.006	ขb 0.007±0.005	คc 0.004±0.003
	SW	0.976±0.019	ขd 0.013±0.009	b 0.024±0.017	c 0.019±0.014
โปรงแดง	**NW**	0.797±0.016	กa 0.278±0.196 a	ขb 0.010±0.007 c	ข 0.069±0.049 b
	2NW	1.033±0.012	ขc 0.025±0.018	ขb 0.012±0.008	ขค 0.033±0.023
	5NW	0.860±0.003	กb 0.097±0.069	กa 0.082±0.058	ขค 0.050±0.035
	10NW	1.257±0.008	ขคc 0.026±0.019	ขb 0.014±0.010	ข 0.032±0.023
	SW	0.968±0.010	ขc 0.018±0.012 b	b 0.013±0.009 b	0.059±0.042 a

หมายเหตุ ตัวอักษรภาษาอังกฤษมุมซ้ายมือ (แนวตั้ง) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างความเข้มข้นของน้ำเสียอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
ตัวอักษรภาษาอังกฤษมุมขวามือ (แนวนอน) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างช่วงเวลาเก็บตัวอย่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
ตัวอักษรภาษาไทยมุมซ้ายมือ (แนวตั้ง) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างชนิดพืชอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

แอมโมเนียมไอออนในดิน (Soil Ammonium Ion : NH_4^+)

ก่อนการทดลอง แอมโมเนียมไอออนของดินชั้นบนในชุดทดลองที่ใช้บำบัดน้ำเสียมีค่า 0.030-0.040 mg/g soil ภายหลังการทดลองโดยใช้ระยะกักเก็บ 7, 5 และ 3 วัน ปริมาณแอมโมเนียมไอออนอยู่ในช่วง 0.031-0.044, 0.033-0.059 และ 0.032-0.062 mg/g soil ตามลำดับ (ตารางที่ ค 29 ภาคผนวก ค) ซึ่งจะเห็นว่ามีแนวโน้มเพิ่มขึ้นโดยลำดับ เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยการสะสมแอมโมเนียมไอออนของดินชั้นบน (ตารางที่ ค 30 ภาคผนวก ค) พบว่า ส่วนใหญ่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างความเข้มข้นของน้ำเสีย ระยะกักเก็บ และชนิดพืช

ก่อนการทดลอง แอมโมเนียมไอออนของดินชั้นล่างในชุดทดลองที่ใช้บำบัดน้ำเสียมีค่า 0.033-0.048 mg/g soil ภายหลังการทดลองโดยใช้ระยะกักเก็บ 7, 5 และ 3 วัน ปริมาณแอมโมเนียมไอออนอยู่ในช่วง 0.032-0.051, 0.040-0.057 และ 0.040-0.058 mg/g soil ตามลำดับ (ตารางที่ ค 31 ภาคผนวก ค)

ก่อนการทดลอง แอมโมเนียมไอออนของดินชั้นบนและดินชั้นล่างในชุดทดลองที่ได้รับน้ำทะเล มีค่าอยู่ในช่วง 0.030-0.036 และ 0.033-0.044 mg/g soil ตามลำดับ ภายหลังการทดลองกักเก็บน้ำทะเลโดยใช้ระยะกักเก็บ 7, 5 และ 3 วัน พบว่า ปริมาณแอมโมเนียมไอออนของดินชั้นบนมีค่าอยู่ในช่วง 0.034-0.041, 0.034-0.038 และ 0.036-0.038 mg/g soil ตามลำดับ ส่วนดินชั้นล่างมีค่าอยู่ในช่วง 0.034-0.044, 0.036-0.051 และ 0.039-0.053 mg/g soil ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยการสะสมแอมโมเนียมไอออนในดินชั้นบนและดินชั้นล่าง พบว่า ชุดทดลองส่วนใหญ่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างความเข้มข้นของน้ำเสีย ระยะกักเก็บ และชนิดพืช แต่โดยทั่วไปพบว่าดินชั้นล่าง มีแนวโน้มของการสะสมแอมโมเนียมไอออนสูงกว่าดินชั้นบนเล็กน้อย เนื่องจากดินชั้นล่างมีน้ำท่วมขังจึงมีสภาพไร้อากาศมากกว่าดินชั้นบน ดังนั้นกระบวนการดีไนตริฟิเคชันจึงเกิดขึ้นได้ดีกว่า เป็นผลให้มีปริมาณแอมโมเนียมไอออนสูงกว่า (ตารางที่ ค 32 ภาคผนวก ค)

ไนเตรทในดิน (Soil Nitrate : NO_3^-)

ดินชั้นบน ปริมาณไนเตรทก่อนการทดลองบำบัดน้ำเสียมีค่า 0.163-0.227 mg/g soil ภายหลังการทดลองโดยใช้ระยะกักเก็บ 7, 5 และ 3 วัน มีค่าเพิ่มขึ้นโดยลำดับ มีค่า 0.278-0.728, 0.368-0.758 และ 0.382-0.785 mg/g soil ตามลำดับ (ตารางที่ ค 33 ภาคผนวก ค)

สำหรับดินชั้นล่าง ปริมาณไนเตรทก่อนการทดลองบำบัดน้ำเสียมีค่า 0.146-0.207 mg/g soil ภายหลังการทดลองโดยใช้ระยะกักเก็บ 7, 5 และ 3 วัน มีค่าเพิ่มขึ้นโดยลำดับ มีค่า 0.242-0.608, 0.296-0.634 และ 0.332-0.668 mg/g soil ตามลำดับ (ตารางที่ ค 34 ภาคผนวก ค) ซึ่งจะเห็นว่าปริมาณไนเตรทในดินชั้นล่างต่ำกว่าดินชั้นบน

ก่อนการทดลอง ปริมาณไนเตรทของดินชั้นบนและดินชั้นล่าง ในชุดทดลองที่รับน้ำทะเล มีค่าอยู่ในช่วง 0.167-0.212 และ 0.154-0.188 mg/g soil ตามลำดับ ภายหลังจากการทดลองกักเก็บน้ำทะเลโดยใช้ระยะกักเก็บ 7, 5 และ 3 วัน พบว่า ปริมาณไนเตรทของดินชั้นบนมีค่าอยู่ในช่วง 0.295-0.465, 0.344-0.471 และ 0.348-0.476 mg/g soil ตามลำดับ ส่วนปริมาณไนเตรทของดินชั้นล่างมีค่าอยู่ในช่วง 0.274-0.368, 0.282-0.392 และ 0.304-0.402 mg/g soil ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยการสะสมไนเตรทของดินชั้นบน พบว่า มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างความเข้มข้นของน้ำเสีย ระยะกักเก็บ และชนิดพืช โดยชุดทดลองที่ได้รับน้ำเสียความเข้มข้นสูงมีแนวโน้มการสะสมไนเตรทในดินสูงกว่าชุดทดลองที่ได้รับน้ำเสียความเข้มข้นต่ำ ภายหลังการทดลองบำบัดน้ำเสียโดยใช้ระยะกักเก็บ 7 วัน มีการสะสมไนเตรทสูงกว่าเมื่อใช้ระยะกักเก็บ 5 วัน และ 3 วัน และชุดทดลองที่ปลูกกล้าไม้มีการสะสมไนเตรทต่ำกว่าชุดควบคุมที่ไม่ปลูกพืช (ตารางที่ ค 35 ภาคผนวก ค)

สำหรับดินชั้นล่าง การสะสมไนเตรทมีแนวโน้มลักษณะเดียวกันกับดินชั้นบน และมีข้อสังเกตว่าโดยทั่วไปดินชั้นล่างมีแนวโน้มการสะสมไนเตรทต่ำกว่าดินชั้นบนเล็กน้อย (ตารางที่ ค 36 ภาคผนวก ค)

ฟอสฟอรัสทั้งหมดในดิน (Soil Total Phosphorus : TP)

ดินชั้นบน ปริมาณ TP ก่อนการทดลองบำบัดน้ำเสียมีค่า 0.093-0.124 mg/g dry wt. และภายหลังการกักเก็บน้ำเสียโดยใช้ระยะกักเก็บ 7, 5 และ 3 วัน มีค่า 0.116-0.244, 0.117-0.341 และ 0.127-0.407 mg/g dry wt. ตามลำดับ (ตารางที่ 6-21)

สำหรับดินชั้นล่าง ปริมาณ TP ก่อนการทดลองบำบัดน้ำเสียมีค่า 0.095-0.115 mg/g dry wt. และภายหลังการกักเก็บน้ำเสียโดยใช้ระยะกักเก็บ 7, 5 และ 3 วัน มีค่า 0.098-0.117, 0.100-0.116 และ 0.103-0.120 mg/g dry wt. ตามลำดับ (ตารางที่ 6-22) ซึ่งจะเห็นว่าปริมาณ TP ในดินชั้นล่างต่ำกว่าดินชั้นบน

เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยการสะสม TP ของดินชั้นบน พบว่า มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างความเข้มข้นของน้ำเสีย ระยะกักเก็บ และชนิดพืช โดยชุดทดลองที่ได้รับน้ำเสียความเข้มข้นสูง มีแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของ TP สูงกว่าชุดทดลองที่ได้รับน้ำเสียความเข้มข้นต่ำ ชุดทดลองที่ปลูกกล้าไม้มีการสะสม TPในดินต่ำกว่าชุดควบคุมที่ไม่ปลูกพืช และเมื่อใช้ระยะกักเก็บน้ำเสีย 7 วัน ทำให้มีการสะสม TP สูงกว่าเมื่อใช้ระยะกักเก็บ 5 วัน และ 3 วัน ตามลำดับ ซึ่งเป็นแนวโน้มลักษณะเดียวกับที่พบในระบบการปล่อยน้ำแบบกะ (ตารางที่ 6-23)

สำหรับค่าเฉลี่ยการสะสม TP ของดินชั้นล่าง พบว่ามีแนวโน้มลักษณะเดียวกับดินชั้นบน แต่แนวโน้มไม่ชัดเจนเท่า และพบว่าปริมาณการสะสม TP ของดินชั้นล่างต่ำกว่าดินชั้นบน (ตารางที่ 6-24)

ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืชในดิน (Soil Available Phosphorus)

ดินชั้นบน มีปริมาณออร์โธฟอสเฟตก่อนการทดลองบำบัดน้ำเสีย และภายหลังการทดลองระยะกักเก็บ 7, 5 และ 3 วัน อยู่ในช่วง 0.080-0.109, 0.098-0.212, 0.099-0.281 และ 0.107-0.361 mg/g dry wt. ตามลำดับ (ตารางที่ ค 37 ภาคผนวก ค)

สำหรับดินชั้นล่าง มีปริมาณออร์โธฟอสเฟตก่อนการทดลองบำบัดน้ำเสีย และภายหลังการทดลองระยะกักเก็บ 7, 5 และ 3 วัน อยู่ในช่วง 0.084-0.096, 0.087-0.098, 0.088-0.099 และ 0.089-0.099 mg/g dry wt. ตามลำดับ (ตารางที่ ค 38 ภาคผนวก ค) ซึ่งจะเห็นว่าปริมาณออร์โธฟอสเฟตในดินชั้นล่างต่ำกว่าดินชั้นบน

เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยการสะสมออร์โธฟอสเฟตของดินชั้นบน (ตารางที่ ค 39 ภาคผนวก ค) พบว่า มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างความเข้มข้นของน้ำเสีย ระยะกักเก็บ และชนิดพืช โดยมีแนวโน้มเช่นเดียวกับ TP และสำหรับค่าเฉลี่ยการสะสมออร์โธฟอสเฟตของดินชั้นล่าง (ตารางที่ ค 40 ภาคผนวก ค) พบว่า ชุดทดลองเกือบทุกชุดไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างความเข้มข้นของน้ำเสีย ระยะกักเก็บ และชนิดพืช นอกจากนี้พบว่าปริมาณการสะสมออร์โธฟอสเฟตของดินชั้นล่างต่ำกว่าดินชั้นบน เช่นเดียวกับการสะสม TP

ตารางที่ 6-21 ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดของดินชั้นบน (0-10 ซม.) ในระบบต่อเนื่อง โครงการที่ 1-1

ชนิดพืช	ชุดทดลอง	ฟอสฟอรัสทั้งหมด (mg/g dry weight)			
		ก่อนการทดลอง	ภายหลัง ระยะกักเก็บ 7 วัน	ภายหลัง ระยะกักเก็บ 5 วัน	ภายหลัง ระยะกักเก็บ 3 วัน
ไม่ปลูกพืช	NW	0.113±0.008^{b}	^{c}0.133±0.004^{a}	^{d}0.133±0.004^{a}	^{d}0.142±0.010^{a}
	2NW	0.115±0.013^{c}	^{c}0.127±0.010^{c}	^{c}0.156±0.007^{b}	^{c}0.177±0.006^{a}
	5NW	0.108±0.007^{d}	^{b}0.179±0.010^{c}	^{b}0.226±0.005^{b}	^{b}0.272±0.004^{a}
	10NW	0.112±0.010^{d}	^{a}0.244±0.007^{c}	^{a}0.341±0.007^{b}	^{a}0.397±0.006^{a}
	SW	0.110±0.008	^{d}0.108±0.004	^{c}0.110±0.003	^{c}0.118±0.007
โกงกางใบใหญ่	NW	0.111±0.005^{b}	^{c}0.127±0.006^{a}	^{d}0.128±0.007^{a}	^{d}0.128±0.007^{a}
	2NW	0.113±0.008^{c}	^{c}0.121±0.004^{c}	^{c}0.153±0.003^{b}	^{c}0.184±0.003^{a}
	5NW	0.103±0.003^{d}	^{b}0.160±0.006^{c}	^{b}0.208±0.007^{b}	^{b}0.279±0.007^{a}
	10NW	0.107±0.007^{d}	^{a}0.223±0.008^{c}	^{a}0.266±0.003^{b}	^{a}0.393±0.003^{a}
	SW	0.095±0.010	^{d}0.104±0.010	^{c}0.115±0.007	^{c}0.110±0.005
แสมทะเล	NW	^{c}0.093±0.008^{c}	^{d}0.116±0.002^{b}	^{d}0.117±0.004^{b}	^{d}0.127±0.003^{a}
	2NW	^{ab}0.110±0.006^{d}	^{c}0.131±0.010^{c}	^{c}0.151±0.007^{b}	^{c}0.179±0.002^{a}
	5NW	^{a}0.115±0.007^{d}	^{b}0.163±0.005^{c}	^{b}0.210±0.003^{b}	^{b}0.245±0.003^{a}
	10NW	^{a}0.124±0.010^{d}	^{a}0.219±0.004^{c}	^{a}0.297±0.007^{b}	^{a}0.407±0.007^{a}
	SW	^{bc}0.098±0.007^{b}	^{e}0.097±0.007^{b}	^{d}0.111±0.004^{ab}	^{d}0.118±0.010^{a}
พังกาหัวสุม	NW	0.117±0.008^{b}	^{c}0.131±0.007^{a}	^{d}0.130±0.006^{a}	^{d}0.140±0.005^{a}
	2NW	0.101±0.013^{d}	^{cd}0.122±0.007^{c}	^{c}0.149±0.005^{b}	^{c}0.178±0.004^{a}
	5NW	0.100±0.003^{d}	^{b}0.160±0.010^{c}	^{b}0.207±0.005^{b}	^{b}0.264±0.004^{a}
	10NW	0.114±0.013^{d}	^{a}0.215±0.006^{c}	^{a}0.293±0.003^{b}	^{a}0.362±0.003^{a}
	SW	0.107±0.003^{b}	^{d}0.110±0.006^{b}	^{d}0.126±0.007^{a}	^{c}0.128±0.006^{a}
โปรงแดง	NW	^{b}0.096±0.006^{b}	^{d}0.117±0.005^{a}	^{cd}0.129±0.010^{a}	^{d}0.131±0.010^{a}
	2NW	^{b}0.094±0.010^{c}	^{c}0.134±0.005^{b}	^{c}0.142±0.003^{b}	^{c}0.187±0.010^{a}
	5NW	^{a}0.112±0.004^{d}	^{b}0.150±0.004^{c}	^{b}0.210±0.010^{b}	^{b}0.258±0.004^{a}
	10NW	^{ab}0.106±0.005^{d}	^{a}0.224±0.002^{c}	^{a}0.259±0.005^{b}	^{a}0.323±0.010^{a}
	SW	^{ab}0.103±0.004	^{d}0.110±0.011	^{d}0.117±0.007	^{d}0.121±0.009

หมายเหตุ ตัวอักษรมุมซ้ายมือ (แนวตั้ง) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างความเข้มข้นของน้ำเสียอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
ตัวอักษรมุมขวามือ (แนวนอน) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างช่วงเวลาเก็บตัวอย่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 6-22 ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดของดินชั้นล่าง (10-20 ซม.) ในระบบต่อเนื่อง โครงการที่ 1-1

ชนิดพืช	ชุดทดลอง	ฟอสฟอรัสทั้งหมด (mg/g dry weight)			
		ก่อนการทดลอง	ภายหลัง ระยะกักเก็บ 7 วัน	ภายหลัง ระยะกักเก็บ 5 วัน	ภายหลัง ระยะกักเก็บ 3 วัน
ไม่ปลูกพืช	NW	0.095±0.005[b]	0.112±0.008[a]	0.110±0.002[a]	0.114±0.010[a]
	2NW	0.105±0.004	0.111±0.014	0.113±0.009	0.119±0.010
	5NW	0.099±0.006	0.111±0.010	0.111±0.007	0.114±0.002
	10NW	0.098±0.003[b]	0.112±0.003[a]	0.105±0.004[ab]	0.111±0.006[a]
	SW	0.098±0.009	0.104±0.008	0.106±0.010	0.104±0.009
โกงกางใบใหญ่	NW	0.112±0.010	0.114±0.006	0.114±0.007	[a]0.119±0.006
	2NW	0.112±0.006	0.105±0.012	0.111±0.008	[a]0.115±0.004
	5NW	0.107±0.013	0.104±0.007	0.108±0.005	[a]0.115±0.004
	10NW	0.103±0.002[b]	0.117±0.007[a]	0.100±0.007[b]	[b]0.103±0.003[b]
	SW	0.094±0.006	0.096±0.010	0.097±0.007	[b]0.099±0.002
แสมทะเล	NW	0.102±0.006	0.107±0.013	[ab]0.113±0.005	0.111±0.003
	2NW	0.110±0.003	0.106±0.011	[bc]0.107±0.004	0.108±0.007
	5NW	0.104±0.010	0.098±0.005	[abc]0.108±0.003	0.114±0.010
	10NW	0.113±0.004	0.116±0.005	[a]0.116±0.004	0.118±0.004
	SW	0.097±0.013	0.098±0.007	[c]0.103±0.005	0.108±0.004
พังกาหัวสุม	NW	0.105±0.005	0.113±0.008	0.113±0.010	0.109±0.002
	2NW	0.112±0.013	0.106±0.010	0.111±0.007	0.113±0.006
	5NW	0.108±0.007	0.101±0.010	0.109±0.005	0.116±0.004
	10NW	0.115±0.010	0.112±0.003	0.113±0.008	0.120±0.007
	SW	0.101±0.010	0.103±0.005	0.111±0.003	0.116±0.010
โปรงแดง	NW	0.099±0.010	[a]0.114±0.006	0.111±0.012	[ab]0.109±0.004
	2NW	0.100±0.008[b]	[a]0.113±0.004[a]	0.112±0.003[a]	[a]0.118±0.003[a]
	5NW	0.109±0.003	[ab]0.100±0.006	0.111±0.007	[a]0.112±0.007
	10NW	0.110±0.010	[ab]0.105±0.012	0.108±0.014	[ab]0.109±0.003
	SW	0.096±0.003	[b]0.095±0.006	0.100±0.007	[b]0.101±0.007

หมายเหตุ ตัวอักษรมุมซ้ายมือ (แนวตั้ง) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างความเข้มข้นของน้ำเสียอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
ตัวอักษรมุมขวามือ (แนวนอน) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างช่วงเวลาเก็บตัวอย่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 6-23 ค่าเฉลี่ยการสะสมฟอสฟอรัสทั้งหมดของดินชั้นบน (0-10 ซม.) ในระบบต่อเนื่อง โครงการที่ 1-1

ชนิดพืช	ชุดทดลอง	ก่อนการทดลอง (mg/g dry weight)	การสะสมฟอสฟอรัสทั้งหมด (mg/g dry weight)		
			ภายหลัง ระยะกักเก็บ 7 วัน	ภายหลัง ระยะกักเก็บ 5 วัน	ภายหลัง ระยะกักเก็บ 3 วัน
ไม่ปลูกพืช	**NW**	0.113±0.008	^{กขคc}0.020±0.004^{a}	^{งd}0.000±0.000^{c}	^{กd}0.009±0.006^{b}
	2NW	0.115±0.013	^{คd}0.012±0.003^{c}	^{กงc}0.029±0.003^{a}	^{คc}0.021±0.001^{b}
	5NW	0.108±0.007	^{กb}0.071±0.003^{a}	^{งb}0.047±0.005^{b}	^{คb}0.046±0.001^{b}
	10NW	0.112±0.010	^{กa}0.132±0.003^{a}	^{กa}0.097±0.000^{b}	^{จa}0.056±0.001^{c}
	SW	0.110±0.008	^{งe}-0.002±0.004^{b}	^{คd}0.002±0.001^{ab}	^{กd}0.008±0.004^{a}
โกงกางใบใหญ่	**NW**	0.111±0.005	^{งคc}0.016±0.001^{a}	^{งe}0.001±0.001^{b}	^{งd}0.000±0.000^{b}
	2NW	0.113±0.008	^{คd}0.008±0.004^{b}	^{กc}0.032±0.001^{a}	^{งc}0.031±0.000^{a}
	5NW	0.103±0.003	^{งb}0.057±0.003^{b}	^{งa}0.048±0.001^{c}	^{กb}0.071±0.000^{a}
	10NW	0.107±0.007	^{งa}0.116±0.001^{b}	^{คb}0.043±0.005^{c}	^{กa}0.127±0.000^{a}
	SW	0.095±0.010	^{กd}0.009±0.000^{a}	^{กงd}0.011±0.003^{a}	^{งe}-0.005±0.002^{b}
แสมทะเล	**NW**	0.093±0.008	^{กc}0.023±0.006^{a}	^{งe}0.001±0.002^{c}	^{กd}0.010±0.001^{b}
	2NW	0.110±0.006	^{งc}0.021±0.004	^{คc}0.020±0.003	^{งคc}0.028±0.005
	5NW	0.115±0.007	^{คb}0.048±0.002^{a}	^{งb}0.047±0.002^{a}	^{จb}0.035±0.000^{b}
	10NW	0.124±0.010	^{คa}0.095±0.006^{b}	^{งa}0.078±0.003^{c}	^{งa}0.110±0.000^{a}
	SW	0.098±0.007	^{งd}-0.001±0.000^{b}	^{กd}0.014±0.003^{a}	^{กd}0.007±0.006^{a}
พังกาหัวสุม	**NW**	0.117±0.008	^{คc}0.014±0.001^{a}	^{งe}-0.001±0.001^{c}	^{กd}0.010±0.001^{b}
	2NW	0.101±0.013	^{งc}0.021±0.006	^{งc}0.027±0.002	^{งc}0.029±0.001
	5NW	0.100±0.003	^{งb}0.060±0.007^{a}	^{งb}0.047±0.005^{b}	^{งb}0.057±0.001^{a}
	10NW	0.114±0.013	^{คa}0.101±0.007^{a}	^{งa}0.078±0.003^{b}	^{คa}0.069±0.000^{c}
	SW	0.107±0.003	^{กงd}0.003±0.003^{b}	^{กd}0.016±0.001^{a}	^{กe}0.002±0.001^{b}
โปรงแดง	**NW**	0.096±0.006	^{กงc}0.021±0.001^{a}	^{กc}0.012±0.005^{b}	^{งc}0.002±0.000^{c}
	2NW	0.094±0.010	^{กb}0.040±0.005^{a}	^{จc}0.008±0.002^{b}	^{กb}0.045±0.007^{a}
	5NW	0.112±0.004	^{จb}0.038±0.000^{c}	^{กa}0.060±0.006^{a}	^{คb}0.048±0.006^{b}
	10NW	0.106±0.005	^{งa}0.118±0.003^{a}	^{จb}0.035±0.003^{c}	^{จa}0.064±0.005^{b}
	SW	0.103±0.004	^{กd}0.007±0.007	^{งc}0.007±0.004	^{กc}0.004±0.002

หมายเหตุ ตัวอักษรภาษาอังกฤษมุมซ้ายมือ (แนวตั้ง) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างความเข้มข้นของน้ำเสียอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
ตัวอักษรภาษาอังกฤษมุมขวามือ (แนวนอน) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างช่วงเวลาเก็บตัวอย่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
ตัวอักษรภาษาไทยมุมซ้ายมือ (แนวตั้ง) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างชนิดพืชอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 6-24 ค่าเฉลี่ยการสะสมฟอสฟอรัสทั้งหมดของดินชั้นล่าง (10-20 ซม.) ในระบบต่อเนื่อง โครงการที่ 1-1

ชนิดพืช	ชุดทดลอง	ก่อนการทดลอง (mg/g dry weight)	การสะสมฟอสฟอรัสทั้งหมด (mg/g dry weight)		
			ภายหลังระยะกักเก็บ 7 วัน	ภายหลังระยะกักเก็บ 5 วัน	ภายหลังระยะกักเก็บ 3 วัน
ไม่ปลูกพืช	NW	0.095±0.005	ก0.017±0.003a	-0.002±0.006b	0.004±0.008b
	2NW	0.105±0.004	กข0.006±0.010	0.002±0.005	0.006±0.001
	5NW	0.099±0.006	ก0.012±0.004a	ค0.000±0.003b	0.003±0.005b
	10NW	0.098±0.003	ก0.014±0.000a	ข-0.007±0.001c	0.006±0.002b
	SW	0.098±0.009	0.006±0.001a	ข0.002±0.002b	-0.002±0.001c
โคงกางใบใหญ่	NW	0.112±0.010	คb0.002±0.004	b0.000±0.001	0.005±0.001
	2NW	0.112±0.006	ขb-0.007±0.006b	a0.006±0.004a	0.004±0.004a
	5NW	0.107±0.013	ขb-0.003±0.006b	ขคab0.004±0.002ab	0.007±0.001a
	10NW	0.103±0.002	กa0.014±0.005a	คc-0.017±0.000c	0.003±0.004b
	SW	0.094±0.006	b0.002±0.004	ขb0.001±0.003	0.002±0.005
แสมทะเล	NW	0.102±0.006	ค0.005±0.007	0.006±0.008	-0.002±0.002
	2NW	0.110±0.003	ข-0.004±0.008	0.001±0.007	0.001±0.003
	5NW	0.104±0.010	ข-0.006±0.005b	ก0.010±0.002a	0.006±0.007a
	10NW	0.113±0.004	ข0.003±0.001a	ก0.000±0.001b	0.002±0.000a
	SW	0.097±0.013	0.001±0.006	กข0.005±0.002	0.005±0.001
พังกาหัวสุม	NW	0.105±0.005	ขคa0.008±0.003	0.000±0.002	-0.004±0.008
	2NW	0.112±0.013	ขbc-0.006±0.003b	0.005±0.003a	0.002±0.001a
	5NW	0.108±0.007	ขc-0.007±0.003b	กข0.008±0.005a	0.007±0.001a
	10NW	0.115±0.010	ขคbc-0.003±0.007	ก0.001±0.005	0.007±0.001
	SW	0.101±0.010	ab0.002±0.005	ก0.008±0.002	0.005±0.007
โปรงแดง	NW	0.099±0.010	กขa0.015±0.004a	d-0.003±0.006b	-0.002±0.008b
	2NW	0.100±0.008	กa0.013±0.004a	cd-0.001±0.001c	0.006±0.000b
	5NW	0.109±0.003	ขc-0.009±0.003c	กa0.011±0.001a	0.001±0.000b
	10NW	0.110±0.010	คbc-0.005±0.002	กbc0.003±0.002	0.001±0.011
	SW	0.096±0.003	b-0.001±0.003b	กขb0.005±0.001a	0.001±0.000b

หมายเหตุ ตัวอักษรภาษาอังกฤษมุมซ้ายมือ (แนวตั้ง) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างความเข้มข้นของน้ำเสียอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
ตัวอักษรภาษาอังกฤษมุมขวามือ (แนวนอน) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างช่วงเวลาเก็บตัวอย่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
ตัวอักษรภาษาไทยมุมซ้ายมือ (แนวตั้ง) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างชนิดพืชอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

6.3 สมบัติของดินและการเปลี่ยนแปลง ในระบบกะ ในโครงการย่อยที่ 1-2

ได้ทำการเก็บตัวอย่างดินผิวหน้าที่ระดับความลึก 0-10 เซนติเมตร จากผิวดิน รวม 4 ครั้ง คือ ครั้งที่ 1 ก่อนการทดลองบำบัดน้ำเสีย ครั้งที่ 2 ภายหลังการทดลองบำบัดน้ำเสียครั้งที่ 3 ครั้งที่ 3 ภายหลังการทดลองบำบัดน้ำเสียครั้งที่ 6 และครั้งที่ 4 ภายหลังการทดลองบำบัดน้ำเสียครั้งที่ 9

ผลการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและเคมีของดินจะนำมาวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างดินซึ่งได้รับน้ำเสียความเค็มต่างกัน และ ระหว่างก่อนและภายหลังการบำบัดน้ำเสียครั้งที่ 3, 6 และ 9 โดยใช้วิธี two-way ANOVA ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ผลการศึกษาสามารถสรุปได้ดังนี้

ความเป็นกรด-ด่าง (pH)

ก่อนการทดลองบำบัดน้ำเสีย pH ของดินในชุดทดลองมีสภาพเป็นด่างเล็กน้อย มีค่าอยู่ในช่วง 7.49-8.13 (ตารางที่ ค 41 ภาคผนวก ค) ภายหลังสิ้นสุดการทดลอง พบว่า ค่า pH ของดินมีแนวโน้มสูงขึ้นตามระดับความเค็ม คือ ชุดทดลองที่ได้รับน้ำเสีย NW, 6psu, 12psu, 18psu และ 24psu มีค่า pH อยู่ในช่วง 7.62-8.14, 7.89-8.25, 7.97-8.36, 8.25-8.49 และ 8.22-8.50 ตามลำดับ ทั้งนี้เพราะในการปรับระดับความเค็มของน้ำเสียที่เข้าสู่ชุดทดลองใช้เกลือโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นด่าง ทำให้ pH ของดินสูงขึ้นเมื่อใช้โซเดียมคลอไรด์ปริมาณมากขึ้นตามระดับความเค็ม นอกจากนี้ในการดำเนินการทดลองภายหลังการกักเก็บน้ำเสียและระบายน้ำที่ผ่านการบำบัดออกแล้ว จะปล่อยให้ชุดทดลองแห้งเป็นเวลา 4 วัน จากนั้นสูบน้ำทะเลเข้าสู่ชุดทดลองและกักเก็บไว้ 3 วัน ก่อนระบายออก แล้วจึงเก็บตัวอย่างดิน ดังนั้นค่า pH ของดินจึงเป็นด่างเล็กน้อย ตามลักษณะของน้ำทะเลอีกด้วย

การนำไฟฟ้าและความเค็มของดิน (Soil Conductivity and Salinity)

ก่อนการทดลองบำบัดน้ำเสีย การนำไฟฟ้าของดินมีค่าอยู่ในช่วง 3.28-8.28 mS/cm (ตารางที่ ค 42 ภาคผนวก ค) ภายหลังการทดลอง พบว่า การนำไฟฟ้าของดินในทุกชุดทดลองมีแนวโน้มสูงขึ้นตามระดับความเค็ม คือ ชุดทดลองที่ได้รับน้ำเสีย NW, 6psu, 12psu, 18psu และ 24psu มีค่าการนำไฟฟ้าอยู่ในช่วง 9.53-11.43, 10.36-13.16, 10.33-12.85, 11.57-14.09 และ 11.81-15.32 mS/cm ตามลำดับ ทั้งนี้เพราะชุดทดลองได้รับน้ำเสียที่มีความเค็มสูง ดังนั้น การนำไฟฟ้าซึ่งเป็นดัชนีที่บ่งบอกบอกปริมาณเกลือในสารละลาย ซึ่งมีสมบัตินำไฟฟ้าจึงมีค่าสูงขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาความเค็มของดิน ซึ่งพบว่ามีแนวโน้มสูงขึ้นเช่นเดียวกัน โดยก่อนการทดลองบำบัดน้ำเสีย ความเค็มของดินมีค่าอยู่ในช่วง 1.40-3.80 psu (ตารางที่ ค 43 ภาคผนวก ค) ภายหลังการทดลอง พบว่า ความเค็มของดินในทุกชุดทดลองมีแนวโน้มสูงขึ้นตามระดับความเค็ม คือ ชุดทดลองที่ได้รับน้ำเสีย NW, 6psu, 12psu, 18psu และ 24psu มีค่าความเค็มอยู่ในช่วง 4.05-4.90, 4.70-5.85, 5.05-7.05, 6.35-7.80 และ 6.05-8.45 psu ตามลำดับ

ปริมาณขนาดอนุภาคดินและประเภทเนื้อดิน (Particle Size Distribution and Soil Texture)

ก่อนการทดลองบำบัดน้ำเสีย ดินในชุดทดลองเกือบทั้งหมดมีเนื้อดินเป็นดินร่วนเหนียว (clay loam) มีเพียงชุดทดลองเดียวเท่านั้นที่เป็นดินร่วน (loam) มีเปอร์เซ็นต์ sand, silt และ clay อยู่ระหว่าง 26-41, 23-42, 28-39% ตามลำดับ ภายหลังการทดลอง เปอร์เซ็นต์ของขนาดอนุภาคดินเปลี่ยนแปลงไปเล็กน้อย คือ มีเปอร์เซ็นต์ sand, silt และ clay อยู่ระหว่าง 21-35, 31-48 และ 28-38% ตามลำดับ โดยมีแนวโน้มว่าเปอร์เซ็นต์ silt มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ส่วนเปอร์เซ็นต์ clay มีแนวโน้มลดลงเล็กน้อย อย่างไรก็ตามเนื้อดินในชุดทดลองยังคงเป็นดินร่วนเหนียวเช่นเดิม (ตารางที่ ค 44 ภาคผนวก ค)

สาเหตุที่ทำให้สัดส่วนของขนาดอนุภาคดินเปลี่ยนแปลง เนื่องจากน้ำเสียที่ใช้ในการทดลองได้ผ่านการบำบัดขั้นต้นในบ่อรวมน้ำเสียก่อนสูบตามแนวท่อมายังโครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ยอันเนื่องมาจากพระราชดำริ ทำให้มีเฉพาะของแข็งแขวนลอยขนาดเล็กปะปนอยู่ในน้ำเสีย เมื่อใส่น้ำเสียสู่ชุดทดลองจึงเสมือนการนำอนุภาคขนาด silt เข้าสู่ชุดทดลอง ทำให้ดินชั้นบนมีแนวโน้มของเปอร์เซ็นต์ silt เพิ่มขึ้น ขณะที่น้ำเสียจะชะละลายอนุภาคขนาดเล็กคือ อนุภาค clay และสารต่างๆ สู่ดินชั้นล่าง ทำให้ดินชั้นบนมีแนวโน้มของเปอร์เซ็นต์ clay ลดลง

อินทรียวัตถุในดิน (Soil Organic Matter)

ก่อนการทดลองบำบัดน้ำเสีย อินทรียวัตถุในดินมีค่าระหว่าง 1.09-4.08 % ภายหลังการทดลอง พบว่า อินทรียวัตถุในดินมีแนวโน้มสูงขึ้น คือ ชุดทดลองที่ได้รับน้ำเสีย NW, 6psu, 12psu, 18psu และ 24psu มีค่าอินทรียวัตถุอยู่ในช่วง 3.61-5.23, 2.17-4.75, 2.21-4.99, 2.34-5.17 และ 4.30-5.29 % ตามลำดับ สาเหตุที่ทำให้อินทรียวัตถุในดินสูงขึ้นเนื่องจากน้ำเสียที่เข้าสู่ชุดทดลองมีสารอินทรีย์ (ซึ่งตรวจวัดในรูป BOD) ปะปนอยู่ นอกจากนี้สะสมของเศษกิ่งไม้ใบไม้ที่ร่วงหล่นในชุดทดลองก็มีส่วนทำให้อินทรียวัตถุในดินสูงขึ้น (ตารางที่ 6-25)

ไนโตรเจนทั้งหมดในดิน (Soil Total Nitrogen : TN)

ก่อนการทดลองบำบัดน้ำเสีย TN ของดินมีค่าระหว่าง 1.135-1.990 mg/g dry wt ภายหลังการทดลอง พบว่า TN ของดินทุกชุดทดลองมีแนวโน้มสูงขึ้น โดยชุดทดลองที่ได้รับน้ำเสีย NW, 6psu, 12psu, 18psu และ 24 psu มีค่า TN ระหว่าง 0.895-1.860, 0.960-2.105, 1.100-1.735 0.775-2.375 และ 1.150-2.445 mg/g dry wt ตามลำดับ (ตารางที่ 6-26)

เมื่อพิจารณาการสะสม TN ของดิน พบว่า ไม่สามารถสรุปได้ว่าชุดทดลองที่ได้รับน้ำเสียระดับความเค็มใดมีการสะสม TN สูงที่สุด อย่างไรก็ตามมีแนวโน้มว่าชุดทดลองที่ปลูกกล้าไม้มีอัตราการสะสม TN ต่ำกว่าชุดควบคุมที่ไม่ปลูกพืช เนื่องจากพืชดูดดึงไนโตรเจนไปใช้ในการเจริญเติบโต

แอมโมเนียมไอออนในดิน (Soil Ammonium Ion : NH_4^+)

ก่อนการทดลองบำบัดน้ำเสีย แอมโมเนียมไอออนของดินมีค่าระหว่าง 0.070-0.560 mg/g soil ภายหลังการทดลอง พบว่า แอมโมเนียมของดินทุกชุดทดลองมีแนวโน้มสูงขึ้น โดยชุดทดลองที่ได้รับน้ำเสีย NW, 6psu, 12psu, 18psu และ 24psu มีค่าแอมโมเนียมไอออนระหว่าง 0.140-0.513, 0.210-0.420, 0.093-0.560, 0.117-0.443 และ 0.280-0.863 mg/g soil ตามลำดับ (ตารางที่ ค 45 ภาคผนวก ค)

เมื่อพิจารณาการสะสมแอมโมเนียมไอออนของดิน พบว่า ไม่สามารถสรุปได้ว่าชุดทดลองที่ได้รับน้ำเสียระดับความเค็มใดมีการสะสมแอมโมเนียมสูงที่สุด อย่างไรก็ตามมีแนวโน้มว่าชุดทดลองที่ปลูกกล้าไม้มีอัตราการสะสมแอมโมเนียมต่ำกว่าชุดควบคุมที่ไม่ปลูกพืช แต่แนวโน้มไม่ชัดเจนและมีความผันแปรสูง

ตารางที่ 6-25 ปริมาณอินทรียวัตถุของดินชั้นบน (0-10 ซม.) ในระบบกะ โครงการที่ 1-2

ชนิดพืช	ชุดทดลอง	ปริมาณอินทรียวัตถุ (%)			
		ก่อนการทดลอง	ภายหลังการบำบัดครั้งที่ 3	ภายหลังการบำบัดครั้งที่ 6	ภายหลังการบำบัดครั้งที่ 9
ไม่ปลูกพืช	**NW**	^{งb}1.632±0.225^{c}	^{คc}2.124±0.120^{d}	^{ขc}3.459±0.071^{c}	^{กb}4.411±0.079^{b}
	6 psu	^{a}3.769±0.367^{a}	^{a}4.356±0.157^{a}	^{bc}4.086±0.380^{ab}	^{b}4.136±0.153^{ab}
	12 psu	^{กขa}3.662±0.072	^{ขb}3.262±0.069	^{กbc}4.086±0.380^{a}	^{กb}4.358±0.314^{b}
	18 psu	^{คb}1.094±0.105^{c}	^{ขb}3.313±0.278^{c}	^{กab}4.752±0.082^{a}	^{กa}5.168±0.172^{a}
	24 psu	^{คa}3.510±0.142	^{ขa}4.304±0.390	^{กขa}4.929±0.167	^{กa}5.230±0.259
โกงกางใบใหญ่	**NW**	^{ขa}3.611±0.144^{a}	^{ขab}3.714±0.146^{c}	^{กa}4.583±0.322^{ab}	^{กa}4.929±0.167^{ab}
	6 psu	^{ขb}1.552±0.111^{b}	^{กb}3.121±0.408^{b}	^{กb}3.412±0.281^{b}	^{กb}3.769±0.367^{b}
	12 psu	^{a}3.515±0.427	^{a}4.194±0.385	^{b}3.213±0.137^{b}	^{b}3.510±0.142^{c}
	18 psu	^{คa}2.975±0.200^{b}	^{กa}4.300±0.078^{b}	^{ขb}3.662±0.072^{b}	^{กขb}3.975±0.075^{b}
	24 psu	^{กa}3.119±0.272	^{ขa}4.029±0.151	^{กขa}4.641±0.405	^{กa}4.871±0.249
แสมทะเล	**NW**	^{ขab}3.561±0.215^{a}	^{ข}4.192±0.231^{b}	^{กa}4.989±0.252^{a}	^{กa}5.050±0.339^{a}
	6 psu	^{กa}4.082±0.076^{a}	^{ก}3.869±0.074^{a}	^{ขb}2.125±0.240^{c}	^{ขb}2.166±0.060^{c}
	12 psu	^{คc}2.834±0.131	^{ข}3.716±0.292	^{กa}4.638±0.243^{a}	^{กa}4.987±0.084^{a}
	18 psu	^{ขbc}3.072±0.338^{b}	^{ข}3.263±0.207^{c}	^{กa}4.251±0.465^{ab}	^{กa}4.695±0.163^{a}
	24 psu	^{คbc}3.361±0.210	^{ขก}3.719±0.438	^{กขa}4.583±0.322	^{กa}4.874±0.415
พังกาหัวสุม	**NW**	^{ข}3.869±0.074^{a}	^{กa}4.695±0.163^{a}	^{กa}4.356±0.157^{b}	^{กa}4.580±0.161^{ab}
	6 psu	^{ก}3.611±0.144^{a}	^{ขc}2.654±0.385^{b}	^{กb}3.663±0.217^{b}	^{กa}4.361±0.471^{ab}
	12 psu	^{ก}3.415±0.422	^{กb}3.765±0.073	^{ขc}1.874±0.116^{c}	^{ขb}2.209±0.121^{d}
	18 psu	^{ก}3.873±0.371^{a}	^{กab}4.031±0.302^{b}	^{ขc}2.043±0.356^{c}	^{ขb}2.169±0.302^{c}
	24 psu	3.714±0.146	^{ab}4.358±0.314	^{ab}4.136±0.153	^{a}4.301±0.234
โปรงแดง	**NW**	^{ขb}2.790±0.326^{b}	^{กbc}3.818±0.148^{bc}	^{กb}3.410±0.141^{c}	^{กc}3.611±0.144^{c}
	6 psu	^{ขa}3.818±0.148^{a}	^{ขb}3.976±0.225^{a}	^{กa}4.411±0.079^{a}	^{กab}4.752±0.082^{a}
	12 psu	^{คb}2.650±0.128	^{คd}3.168±0.342	^{ขab}4.083±0.228^{a}	^{กab}4.871±0.249^{ab}
	18 psu	^{คa}3.663±0.217^{ab}	^{กa}5.476±0.089^{a}	^{ขa}4.525±0.240^{a}	^{กขa}4.931±0.334^{a}
	24 psu	^{ขa}3.560±0.072	^{ขcd}3.311±0.139	^{กขab}3.928±0.448	^{กb}4.356±0.157

หมายเหตุ ตัวอักษรภาษาอังกฤษมุมซ้ายมือ (แนวตั้ง) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างความเค็มของน้ำเสียอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
ตัวอักษรภาษาอังกฤษมุมขวามือ (แนวตั้ง) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างชนิดพืชอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
ตัวอักษรภาษาอังกฤษไทยมุมซ้ายมือ (แนวนอน) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างช่วงเวลาเก็บตัวอย่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 6-26 ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดของดินชั้นบน (0-10 ซม.) ในระบบกะ โครงการที่ 1-2

ชนิดพืช	ชุดทดลอง	ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (mg/g)			
		ก่อนการทดลอง	ภายหลัง การบำบัดครั้งที่ 3	ภายหลัง การบำบัดครั้งที่ 6	ภายหลัง การบำบัดครั้งที่ 9
ไม่ปลูกพืช	**NW**	กa1.855±0.092a	ขd1.495±0.049a	ก1.835±0.106a	กc1.860±0.057a
	6 psu	คb1.305±0.078	กb1.940±0.042a	ข1.730±0.099a	กb2.105±0.064a
	12 psu	ขa1.720±0.071b	กa2.205±0.092a	ข1.830±0.042a	ขc1.735±0.049a
	18 psu	คb1.380±0.057	คd1.355±0.064a	ข1.945±0.064a	กa2.375±0.106a
	24 psu	ขa1.760±0.071a	ขc1.730±0.071b	ข1.610±0.085a	กab2.160±0.127b
โกงกางใบใหญ่	**NW**	ก1.555±0.134b	กb1.480±0.099a	กbc1.485±0.078b	ขd0.895±0.064c
	6 psu	ข1.365±0.148	กa1.780±0.085a	ขbc1.490±0.099bc	คcd0.970±0.042d
	12 psu	ก1.610±0.057bc	งd0.670±0.057c	ขc1.275±0.049b	คc1.100±0.071b
	18 psu	1.395±0.078	c1.245±0.120a	ab1.595±0.134b	b1.515±0.078b
	24 psu	ก1.280±0.113bc	คbc1.285±0.064c	ขa1.810±0.085a	กa2.140±0.099b
แสมทะเล	**NW**	กb1.215±0.064c	กc1.170±0.113bc	ขd0.625±0.064d	กb1.235±0.092b
	6 psu	กa1.490±0.085	ขcd0.900±0.127b	กb1.415±0.064c	กa1.580±0.127b
	12 psu	ขa1.610±0.127bc	กa2.155±0.148a	ขa1.720±0.127a	ขa1.730±0.099a
	18 psu	ขa1.485±0.092	คd0.850±0.071b	กa1.750±0.071ab	ขa1.520±0.042b
	24 psu	ขb1.135±0.064c	กb1.715±0.078b	ขc0.995±0.092b	ขb1.150±0.085c
พังกาหัวสุม	**NW**	ขa1.435±0.049bc	คd1.255±0.092b	กa1.605±0.035b	งc0.925±0.049c
	6 psu	ขa1.545±0.092	กb1.900±0.085a	ขab1.425±0.106c	คc0.960±0.085d
	12 psu	a1.435±0.078c	c1.630±0.141b	b1.315±0.049b	b1.285±0.106b
	18 psu	กb1.245±0.064	ขc0.660±0.057b	กb1.290±0.057c	ขc0.775±0.134c
	24 psu	คb1.245±0.049bc	กa2.520±0.099a	งc0.680±0.141c	ขa2.125±0.078b
โปรงแดง	**NW**	กa1.850±0.085a	ขc1.005±0.049c	ขb1.065±0.092c	ขc0.970±0.141c
	6 psu	กb1.590±0.057	กa1.785±0.078a	กa1.675±0.078ab	ขb1.260±0.071c
	12 psu	กa1.990±0.085a	ขb1.490±0.085b	กa1.900±0.113a	คb1.240±0.057b
	18 psu	ขคb1.555±0.106	คb1.370±0.042a	ขa1.835±0.148ab	กa2.355±0.078a
	24 psu	คb1.420±0.099b	คc1.125±0.134c	ขa1.720±0.057a	กa2.445±0.120a

หมายเหตุ ตัวอักษรภาษาอังกฤษมุมซ้ายมือ (แนวตั้ง) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างความเค็มของน้ำเสียอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
ตัวอักษรภาษาอังกฤษมุมขวามือ (แนวตั้ง) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างชนิดพืชอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
ตัวอักษรภาษาอังกฤษไทยมุมซ้ายมือ (แนวนอน) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างช่วงเวลาเก็บตัวอย่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ไนเตรทในดิน (Soil Nitrate : NO_3^-)

ก่อนการทดลองบำบัดน้ำเสีย ไนเตรทในดินมีค่าระหว่าง 0.303-2.357 mg/g soil ภายหลังการทดลองพบว่าไนเตรทในดินมีแนวโน้มสูงขึ้น โดยชุดทดลองที่ได้รับน้ำเสีย NW, 6psu, 12psu, 18psu และ 24psu มีค่าไนเตรทอยู่ในช่วง 0.093-0.770, 0.163-3.967, 0.373-1.517, 0.420-3.267 และ 0.513-2.870 mg/g soil ตามลำดับ (ตารางที่ ค 46 ภาคผนวก ค)

เมื่อพิจารณาการสะสมแอมไนเตรทของดิน พบว่า ไม่สามารถสรุปได้ว่าชุดทดลองที่ได้รับน้ำเสียระดับความเค็มใดมีการสะสมไนเตรทสูงที่สุด อย่างไรก็ตามมีแนวโน้มว่าชุดทดลองที่ปลูกกล้าไม้มีอัตราการสะสมไนเตรทต่ำกว่าชุดควบคุมที่ไม่ปลูกพืช เนื่องจากพืชดูดดึงไนเตรทไปใช้ในการเจริญเติบโต

ฟอสฟอรัสทั้งหมดในดิน (Soil Total Phosphorus : TP)

ก่อนการทดลองบำบัดน้ำเสีย ปริมาณ TP ในดินมีค่าระหว่าง 0.091-0.251 mg/g dry wt ภายหลังการทดลอง พบว่า TP มีแนวโน้มสูงขึ้น โดยชุดทดลองที่ได้รับน้ำเสีย NW, 6psu, 12psu, 18psu และ 24psu มีค่า TP อยู่ในช่วง 0.263-0.311, 0.224-0.309, 0.243-0.287, 0.247-0.386 และ 0.237-0.352 mg/g dry wt ตามลำดับ (ตารางที่ 6-27)

เมื่อพิจารณาการสะสม TP ของดิน พบว่า ชุดทดลองที่ได้รับน้ำเสียความเค็มสูงมีแนวโน้มการสะสม TP สูงกว่าชุดทดลองที่ได้รับน้ำเสียความเค็มต่ำ เนื่องจากเมื่อดินมีความเค็มสูงขึ้น จะทำให้ฟอสฟอรัสสามารถตกตะกอนและถูกดูดซับโดยดินได้สูงขึ้น นอกจากนี้พบว่าชุดทดลองที่ปลูกกล้าไม้มีการสะสม TP ต่ำกว่าชุดควบคุมที่ไม่ปลูกพืช เนื่องจากพืชดูดดึงฟอสฟอรัสไปใช้ในการเจริญเติบโต

ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืชในดิน (Soil Available Phosphorus)

ก่อนการทดลองบำบัดน้ำเสีย ปริมาณออร์โธฟอสเฟตในดินมีค่าระหว่าง 0.058-0.160 mg/g dry wt ภายหลังการทดลอง พบว่า ออร์โธฟอสเฟตมีแนวโน้มสูงขึ้น โดยชุดทดลองที่ได้รับน้ำเสีย NW, 6psu, 12psu, 18psu และ 24psu มีค่าออร์โธฟอสเฟตอยู่ในช่วง 0.168-0.221, 0.170-0.218, 0.170-0.205, 0.163-0.250 และ 0.170-0.252 mg/g dry wt ตามลำดับ (ตารางที่ ค 47 ภาคผนวก ค)

เมื่อพิจารณาการสะสมออร์โธฟอสเฟตของดิน พบว่า ไม่สามารถสรุปได้ว่าชุดทดลองที่ได้รับน้ำเสียระดับความเค็มใดมีการสะสมออร์โธฟอสเฟตสูงที่สุด อย่างไรก็ตามมีแนวโน้มว่าชุดทดลองที่ปลูกกล้าไม้มีอัตราการสะสมออร์โธฟอสเฟตต่ำกว่าชุดควบคุมที่ไม่ปลูกพืช เนื่องจากพืชดูดดึงออร์โธฟอสเฟตไปใช้ในการเจริญเติบโต

ตารางที่ 6-27 ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดของดินชั้นบน (0-10 ซม.) ในระบบกะ โครงการที่ 1-2

ชนิดพืช	ชุดทดลอง	ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด (mg/g)			
		ก่อนการทดลอง	ภายหลังการบำบัดครั้งที่ 3	ภายหลังการบำบัดครั้งที่ 6	ภายหลังการบำบัดครั้งที่ 9
ไม่ปลูกพืช	**NW**	$^{ฃ}0.155\pm0.023^{b}$	$^{ฃ}0.152\pm0.023$	$^{ก}0.250\pm0.016^{a}$	$^{กb}0.233\pm0.014^{a}$
	6 psu	$^{ฃ}0.169\pm0.015^{ab}$	$^{ฃ}0.189\pm0.025^{a}$	$^{ก}0.255\pm0.018^{a}$	$^{กa}0.278\pm0.018$
	12 psu	$^{ฃ}0.158\pm0.008^{b}$	$^{ฃ}0.178\pm0.025^{a}$	$^{ก}0.259\pm0.022^{a}$	$^{กa}0.312\pm0.021^{a}$
	18 psu	$^{ก}0.132\pm0.025$	$^{ฃ}0.198\pm0.021^{a}$	$^{ก}0.260\pm0.015^{a}$	$^{กa}0.307\pm0.009^{a}$
	24 psu	$^{ก}0.105\pm0.012^{cd}$	$^{ก}0.134\pm0.020^{b}$	$^{ฃ}0.224\pm0.011^{a}$	$^{กa}0.318\pm0.020^{a}$
โกงกางใบใหญ่	**NW**	$^{ขa}0.173\pm0.009^{b}$	$^{ขa}0.179\pm0.015$	$^{กa}0.285\pm0.007^{a}$	$^{กab}0.261\pm0.019^{a}$
	6 psu	$^{ขb}0.120\pm0.015^{bc}$	$^{ขc}0.088\pm0.010^{b}$	$^{กbc}0.198\pm0.020^{bc}$	$^{กb}0.225\pm0.013$
	12 psu	$^{คb}0.099\pm0.005^{c}$	$^{คbc}0.124\pm0.009^{bc}$	$^{ขc}0.174\pm0.013^{b}$	$^{กa}0.297\pm0.014^{a}$
	18 psu	$^{คb}0.098\pm0.016$	$^{คbc}0.124\pm0.022^{bc}$	$^{ขb}0.206\pm0.005^{bc}$	$^{กab}0.259\pm0.019^{bc}$
	24 psu	$^{ขb}0.124\pm0.019^{bc}$	$^{ขab}0.147\pm0.010^{b}$	$^{กa}0.243\pm0.008^{a}$	$^{กb}0.242\pm0.006^{bc}$
แสมทะเล	**NW**	$^{กa}0.227\pm0.009^{a}$	$^{ขab}0.161\pm0.007$	$^{ฃ}0.150\pm0.025^{b}$	$^{ฃ}0.165\pm0.021^{b}$
	6 psu	$^{ขc}0.104\pm0.031^{c}$	$^{คc}0.035\pm0.005^{c}$	$^{ก}0.171\pm0.024^{bc}$	$^{ก}0.217\pm0.025$
	12 psu	$^{คc}0.083\pm0.021^{c}$	$^{ขb}0.136\pm0.023^{ab}$	$^{ฃ}0.155\pm0.010^{b}$	$^{ก}0.204\pm0.010^{b}$
	18 psu	$^{b}0.154\pm0.013$	$^{ab}0.164\pm0.018^{ab}$	0.196 ± 0.023^{c}	0.218 ± 0.008^{c}
	24 psu	$^{คc}0.090\pm0.006^{d}$	$^{กขa}0.192\pm0.014^{a}$	$^{ฃ}0.161\pm0.027^{b}$	$^{ก}0.235\pm0.029^{c}$
พังกาหัวสุม	**NW**	$^{a}0.198\pm0.020^{ab}$	$^{ab}0.197\pm0.012$	$^{a}0.243\pm0.017^{a}$	0.240 ± 0.015^{a}
	6 psu	$^{กa}0.206\pm0.014^{a}$	$^{กa}0.225\pm0.006^{a}$	$^{ขc}0.161\pm0.005^{c}$	$^{ก}0.238\pm0.023$
	12 psu	$^{a}0.193\pm0.008^{a}$	$^{b}0.167\pm0.018^{ab}$	$^{ab}0.228\pm0.021^{a}$	0.238 ± 0.022^{b}
	18 psu	$^{ขb}0.147\pm0.022$	$^{คc}0.095\pm0.014^{c}$	$^{กab}0.215\pm0.009^{bc}$	$^{ก}0.264\pm0.024^{b}$
	24 psu	$^{คb}0.140\pm0.007^{ab}$	$^{งc}0.075\pm0.013^{c}$	$^{ขbc}0.200\pm0.019^{ab}$	$^{ก}0.276\pm0.007^{abc}$
โปรงแดง	**NW**	$^{คa}0.164\pm0.017^{b}$	$^{คa}0.147\pm0.016$	$^{ฃ}0.230\pm0.008^{a}$	$^{กabc}0.270\pm0.009^{a}$
	6 psu	$^{ขb}0.113\pm0.023^{c}$	$^{ขab}0.125\pm0.022^{b}$	$^{ก}0.208\pm0.011^{b}$	$^{กbc}0.247\pm0.017$
	12 psu	$^{ขb}0.116\pm0.017^{c}$	$^{ขc}0.087\pm0.006^{c}$	$^{ก}0.237\pm0.022^{a}$	$^{กc}0.227\pm0.020^{b}$
	18 psu	$^{คa}0.167\pm0.014$	$^{คa}0.150\pm0.009^{b}$	$^{ฃ}0.239\pm0.016^{ab}$	$^{กa}0.295\pm0.013^{ab}$
	24 psu	$^{คa}0.162\pm0.007^{a}$	$^{งbc}0.094\pm0.007^{c}$	$^{ฃ}0.232\pm0.015^{a}$	$^{กab}0.288\pm0.023^{ab}$

หมายเหตุ ตัวอักษรภาษาอังกฤษมุมซ้ายมือ (แนวตั้ง) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างความเค็มของน้ำเสียอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
ตัวอักษรภาษาอังกฤษมุมขวามือ (แนวตั้ง) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างชนิดพืชอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
ตัวอักษรภาษาอังกฤษไทยมุมซ้ายมือ (แนวนอน) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างช่วงเวลาเก็บตัวอย่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

6.4 สมบัติของดินและการเปลี่ยนแปลง ในระบบเติมต่อเนื่อง ในโครงการย่อยที่ 1-2

ได้ทำการเก็บตัวอย่างดินผิวหน้าที่ระดับความลึก 0-10 เซนติเมตร จากผิวดิน รวม 4 ครั้ง เช่นเดียวกับระบบการปล่อยน้ำแบบกะ ผลการศึกษาสามารถสรุปได้ดังนี้

ความเป็นกรด-ด่าง (pH)

ก่อนการทดลองบำบัดน้ำเสีย pH ของดินในชุดทดลองมีสภาพเป็นด่างเล็กน้อย มีค่าอยู่ในช่วง 7.52-8.50 (ตารางที่ ค 48 ภาคผนวก ค) ภายหลังสิ้นสุดการทดลอง พบว่า ค่า pH ของดินมีแนวโน้มสูงขึ้นตามระดับความเค็ม คือ ชุดทดลองที่ได้รับน้ำเสีย NW, 6psu, 12psu, 18psu และ 24psu มีค่า pH อยู่ในช่วง 7.97-8.83, 7.92-8.91, 8.00-8.80, 8.02-8.86 และ 8.18-8.70 ตามลำดับ และพบว่า ชุดทดลองที่ได้รับน้ำเสียต่างระดับความเค็ม และชุดทดลองที่ปลูกกล้าไม้ต่างชนิด ส่วนใหญ่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งแตกต่างจากระบบการปล่อยน้ำแบบกะซึ่งพบว่าค่า pH มีแนวโน้มสูงขึ้นตามระดับความเค็มของน้ำเสียที่เข้าสู่ชุดทดลอง

การนำไฟฟ้าและความเค็มของดิน (Soil Conductivity and Salinity)

ก่อนการทดลองบำบัดน้ำเสีย การนำไฟฟ้าของดินมีค่าอยู่ในช่วง 3.83-6.49 mS/cm ภายหลังการทดลอง พบว่า การนำไฟฟ้ามีแนวโน้มสูงขึ้นตามระดับความเค็มของน้ำเสีย คือ ชุดทดลองที่ได้รับน้ำเสีย NW, 6psu, 12psu, 18psu และ 24psu มีค่าการนำไฟฟ้าอยู่ในช่วง 9.53-11.43, 10.36-13.16, 10.33-12.85, 11.57-14.09 และ 11.81-15.32 mS/cm ตามลำดับ (ตารางที่ ค 49 ภาคผนวก ค)

ก่อนการทดลองบำบัดน้ำเสีย ความเค็มของดินมีค่าใกล้เคียงกันอยู่ระหว่าง 1.10-2.30 psu ภายหลังการทดลอง พบว่า ความเค็มของดินมีแนวโน้มสูงขึ้นตามระดับความเค็มของน้ำเสีย คือ ชุดทดลองที่ได้รับน้ำเสีย NW, 6psu, 12psu, 18psu และ 24psu มีค่าความเค็มอยู่ในช่วง 9.53-11.43, 10.36-13.16, 10.33-12.85, 11.57-14.09 และ 11.81-15.32 psu ตามลำดับ (ตารางที่ ค 50 ภาคผนวก ค)

ปริมาณขนาดอนุภาคดินและประเภทเนื้อดิน (Particle Size Distribution and Soil Texture)

ก่อนการทดลองบำบัดน้ำเสีย ดินในชุดทดลองเกือบทั้งหมดมีเนื้อดินเป็นดินร่วนเหนียว (clay loam) มีเพียงบางชุดทดลองที่เป็นดินร่วน (loam) มีเปอร์เซ็นต์ sand, silt และ clay อยู่ระหว่าง 24-43, 28-44 และ 21-37% ตามลำดับ ภายหลังการทดลอง เปอร์เซ็นต์ของขนาดอนุภาคดินเปลี่ยนแปลงไปเล็กน้อย มีเปอร์เซ็นต์ sand, silt และ clay อยู่ระหว่าง 27-45, 24-46 และ 23-41% ตามลำดับ โดยมีแนวโน้มว่าเปอร์เซ็นต์ silt มีแนวโน้มลดลงเล็กน้อย ส่วนเปอร์เซ็นต์ clay มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อย อย่างไรก็ตามเนื้อดินในชุดทดลองส่วนใหญ่ยังคงเป็นดินร่วนเหนียวเช่นเดิม (ตารางที่ ค 51 ภาคผนวก ค)

แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงสัดส่วนของขนาดอนุภาคดินนี้แตกต่างจากระบบการปล่อยน้ำแบบกะ ซึ่งพบว่าเปอร์เซ็นต์ silt มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ขณะที่เปอร์เซ็นต์ clay มีแนวโน้มลดลงเล็กน้อยเนื่องจากอนุภาค clay ถูกชะละลายลงสู่ด้านล่าง ทั้งนี้เพราะการปล่อยน้ำแบบเติมต่อเนื่องเข้าสู่ชุดทดลองใช้เวลานาน ทำให้อนุภาคขนาดใหญ่ที่แขวนลอยอยู่จมตัวลงก่อนที่จะเข้าสู่ชุดทดลอง ทำให้น้ำเสียที่เข้าสู่ชุดทดลองมีเพียงอนุภาคขนาดเล็กมาก จึงเสมือนการนำอนุภาคขนาด clay เข้าสู่ชุดทดลอง ทำให้ดินชั้นบนมีแนวโน้มของเปอร์เซ็นต์ clay เพิ่มขึ้น

อินทรียวัตถุในดิน (Soil Organic Matter)

ก่อนการทดลองบำบัดน้ำเสีย อินทรียวัตถุในดิน มีค่าระหว่าง 1.552-3.674 % ภายหลังการทดลอง พบว่า อินทรียวัตถุในดินมีแนวโน้มสูงขึ้น คือ ชุดทดลองที่ได้รับน้ำเสีย NW, 6psu, 12psu, 18psu และ 24psu มีค่าอินทรียวัตถุอยู่ในช่วง 3.213-4.928, 2.890-4.817, 3.069-3.873, 3.311-4.811 และ 3.459-4.871% ตามลำดับ (ตารางที่ 6-28)

สาเหตุที่ทำให้อินทรียวัตถุในดินสูงขึ้นเนื่องจากน้ำเสียที่เข้าสู่ชุดทดลองมีสารอินทรีย์ (ซึ่งตรวจวัดในรูป BOD) ปะปนอยู่ นอกจากนี้สะสมของเศษกิ่งไม้ใบไม้ที่ร่วงหล่นในชุดทดลองก็มีส่วนทำให้อินทรียวัตถุในดินสูงขึ้น

ไนโตรเจนทั้งหมดในดิน (Soil Total Nitrogen : TN)

ก่อนการทดลองบำบัดน้ำเสีย TN ของดินในชุดทดลองที่ใช้บำบัดน้ำเสียมีค่าใกล้เคียงกัน อยู่ในช่วง 1.015-1.760 mg/g dry wt ภายหลังการทดลอง พบว่า TN ของดินทุกชุดทดลองมีแนวโน้มสูงขึ้น โดยชุดทดลองที่ได้รับน้ำเสีย NW, 6psu, 12psu, 18psu และ 24psu มีค่า TN ระหว่าง 1.380-1.760, 1.265-1.710, 1.325-1.940, 1.345-1.695 และ 1.410-1.840 mg/g dry wt ตามลำดับ (ตารางที่ 6-29)

เมื่อพิจารณาการสะสม TN ของดิน พบว่า ไม่สามารถสรุปได้ว่าชุดทดลองที่ได้รับน้ำเสียระดับความเค็มใดมีการสะสม TN สูงที่สุด อย่างไรก็ตามมีแนวโน้มว่าชุดทดลองที่ปลูกกล้าไม้มีอัตราการสะสม TN ต่ำกว่าชุดควบคุมที่ไม่ปลูกพืช เนื่องจากพืชดูดดึงไนโตรเจนไปใช้ในการเจริญเติบโต

แอมโมเนียมไอออนในดิน (Soil Ammonium Ion : NH_4^+)

ก่อนการทดลองบำบัดน้ำเสีย แอมโมเนียมไอออนของดินมีค่าระหว่าง 0.070-0.233 mg/g soil ภายหลังการทดลอง พบว่า แอมโมเนียมของดินทุกชุดทดลองมีแนวโน้มสูงขึ้น โดยชุดทดลองที่ได้รับน้ำเสีย NW, 6psu, 12psu, 18psu และ 24psu มีค่าแอมโมเนียมไอออนระหว่าง 0.117-0.397, 0.187-0.350, 0.210-0.373, 0.117-0.420 และ 0.117-0.537 mg/g soil ตามลำดับ (ตารางที่ ค 52 ภาคผนวก ค)

เมื่อพิจารณาการสะสมแอมโมเนียมไอออนของดิน พบว่า ไม่สามารถสรุปได้ว่าชุดทดลองที่ได้รับน้ำเสียระดับความเค็มใดมีการสะสมแอมโมเนียมสูงที่สุด อย่างไรก็ตามมีแนวโน้มว่าชุดทดลองที่ปลูกกล้าไม้มีอัตราการสะสมแอมโมเนียมต่ำกว่าชุดควบคุมที่ไม่ปลูกพืช แต่แนวโน้มไม่ชัดเจนและมีความผันแปรสูง

ไนเตรทในดิน (Soil Nitrate : NO3-)

ก่อนการทดลองบำบัดน้ำเสีย ไนเตรทในดินมีค่าระหว่าง 0.630-1.750 mg/g soil ภายหลังการทดลองพบว่าไนเตรทในดินมีแนวโน้มลดลง โดยชุดทดลองที่ได้รับน้ำเสีย NW, 6psu, 12psu, 18psu และ 24psu มีค่าไนเตรทอยู่ในช่วง 0.327-1.330, 0.397-0.957, 0.490-1.377, 0.397-1.213 และ 0.257-1.213 mg/g soil ตามลำดับ (ตารางที่ ค 53 ภาคผนวก ค)

ปริมาณไนเตรทในดินของชุดทดลองแต่ละระดับความเค็ม และระหว่างชุดทดลองที่ไม่ปลูกพืชกับชุดทดลองที่ปลูกกล้าไม้ ส่วนใหญ่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

เมื่อพิจารณาการสะสมนเตรทของดิน พบว่า ไม่สามารถสรุปได้ว่าชุดทดลองที่ได้รับน้ำเสียระดับความเค็มใดมีการสะสมไนเตรทสูงที่สุด อย่างไรก็ตามมีแนวโน้มว่าชุดทดลองที่ปลูกกล้าไม้มีอัตราการสะสมไนเตรทต่ำกว่าชุดควบคุมที่ไม่ปลูกพืช แต่แนวโน้มไม่ชัดเจนและมีความผันแปรสูง

ตารางที่ 6-28 ปริมาณอินทรียวัตถุของดินชั้นบน (0-10 ซม.) ในระบบต่อเนื่อง โครงการที่ 1-2

ชนิดพืช	ชุดทดลอง	ปริมาณอินทรียวัตถุ (%)			
		ก่อนการทดลอง	ภายหลัง การทดลองครั้งที่ 3	ภายหลัง การทดลองครั้งที่ 6	ภายหลัง การทดลองครั้งที่ 9
ไม่ปลูกพืช	**NW**	2.834±0.131	^{b}3.361±0.210^{c}	1.851±0.752	3.213±0.137
	6 psu	^{ข}3.361±0.210^{a}	^{กa}5.667±0.181^{a}	^{ค}1.717±0.455	^{ก}4.813±0.330^{a}
	12 psu	^{ข}2.560±0.127	^{กb}4.358±0.314	^{ข}2.929±0.265^{a}	^{ก}3.716±0.292
	18 psu	2.312±0.737	^{b}3.626±0.721^{c}	2.340±0.185^{a}	4.211±0.848
	24 psu	^{ค}2.743±0.25^{ab}	^{กa}6.061±0.377^{a}	^{ค}3.072±0.338^{a}	^{ข}4.871±0.249^{a}
โกงกางใบใหญ่	**NW**	^{ข}2.790±0.326	^{ก}4.247±0.310^{b}	^{ค}0.665±0.197	^{กab}4.412±0.237
	6 psu	^{ขค}2.475±0.376^{c}	^{ก}3.928±0.448^{b}	^{ค}1.813±0.805	^{กขc}3.410±0.141^{b}
	12 psu	^{ข}2.749±0.519	^{ก}5.116±0.597	^{ค}1.360±0.271^{b}	^{ขbc}3.819±0.295
	18 psu	^{ข}2.838±0.394	^{ก}5.174±0.515^{b}	^{ค}1.206±0.053^{b}	^{กa}4.811±0.165
	24 psu	^{ข}1.552±0.111^{c}	^{ก}5.112±0.426^{b}	^{ข}2.041±0.237^{b}	^{กa}4.697±0.326^{a}
แสมทะเล	**NW**	^{ก}3.119±0.272	^{ก}4.245±0.155^{b}	^{ข}1.488±0.661	^{ก}4.045±0.757
	6 psu	^{ก}3.510±0.142^{a}	^{ก}4.090±0.533^{b}	^{ข}1.477±0.330	^{ก}3.461±0.212^{b}
	12 psu	^{ข}2.695±0.064	^{ก}3.512±0.285	^{ค}1.397±0.218^{b}	^{กข}3.069±0.068
	18 psu	2.846±0.656	3.361±0.210^{c}	1.960±0.352^{a}	3.650±1.155
	24 psu	^{ก}3.364±0.350^{a}	^{ก}3.666±0.362^{c}	^{ข}1.875±0.232^{b}	^{ก}3.459±0.071^{b}
พังกาหัวสุม	**NW**	^{ขค}2.432±0.437	^{ก}4.931±0.334^{ab}	^{คb}1.760±0.515	^{กข}3.484±0.931
	6 psu	^{ก}3.263±0.207^{ab}	^{ก}3.616±0.432^{b}	^{ขb}1.751±0.057	^{ก}2.890±0.594^{b}
	12 psu	^{ข}2.516±0.189	^{ก}3.928±0.448	^{ขa}2.835±0.262^{a}	^{ก}3.823±0.443
	18 psu	^{กข}3.674±0.653	^{ก}4.469±0.318^{bc}	^{คb}1.915±0.175^{a}	^{ข}3.311±0.139
	24 psu	^{ข}2.266±0.671^{bc}	^{ก}4.874±0.415^{b}	^{ขb}1.751±0.057^{b}	^{ก}4.871±0.249^{a}
โปรงแดง	**NW**	^{ข}3.263±0.207	^{กb}5.293±0.348^{a}	^{ค}2.342±0.308	^{ก}4.928±0.000
	6 psu	^{ข}2.741±0.130^{bc}	^{กb}5.293±0.348^{a}	^{ข}2.258±0.427	^{ก}4.817±0.495^{a}
	12 psu	^{ข}3.620±0.702	^{กb}4.641±0.405	^{ข}2.166±0.060^{a}	^{ก}3.873±0.371
	18 psu	^{ขค}3.467±0.495	^{กa}7.111±0.105^{a}	^{ค}2.081±0.060^{a}	^{ข}4.615±1.129
	24 psu	^{ง}1.857±0.232^{bc}	^{กb}4.580±0.161^{bc}	^{ค}2.695±0.064^{a}	^{ข}3.922±0.000^{b}

หมายเหตุ ตัวอักษรภาษาอังกฤษมุมซ้ายมือ (แนวตั้ง) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างความเค็มของน้ำเสีย อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตัวอักษรภาษาอังกฤษมุมขวามือ (แนวตั้ง) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างชนิดพืช อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตัวอักษรภาษาไทยมุมซ้ายมือ (แนวนอน) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างช่วงเวลาเก็บตัวอย่าง อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 6-29 ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดของดินชั้นบน (0-10 ซม.) ในระบบต่อเนื่อง โครงการที่ 1-2

ชนิดพืช	ชุดทดลอง	ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (mg/g)			
		ก่อนการทดลอง	ภายหลังการทดลองครั้งที่ 3	ภายหลังการทดลองครั้งที่ 6	ภายหลังการทดลองครั้งที่ 9
ไม่ปลูกพืช	NW	1.745±0.134[a]	1.495±0.148	1.550±0.198	1.565±0.078
	6 psu	1.695±0.021[a]	1.460±0.099	1.455±0.134	1.710±0.113[a]
	12 psu	1.690±0.042[a]	1.625±0.092	1.635±0.431	1.410±0.113[bc]
	18 psu	1.685±0.134[a]	1.520±0.099	1.470±0.283	1.695±0.106
	24 psu	1.485±0.106[a]	1.530±0.170	1.480±0.127	1.840±0.127[a]
โกงกางใบใหญ่	NW	[ab]1.385±0.049[c]	1.650±0.099	1.520±0.156	1.385±0.035
	6 psu	[b]1.335±0.064[b]	1.550±0.198	1.675±0.078	1.315±0.078[b]
	12 psu	[a]1.510±0.085[b]	1.415±0.191	1.505±0.219	1.325±0.078[c]
	18 psu	[bc]1.245±0.049[c]	1.550±0.311	1.595±0.219	1.520±0.071
	24 psu	[c]1.170±0.057[b]	1.595±0.247	1.635±0.276	1.410±0.042[b]
แสมทะเล	NW	[ขc]1.165±0.064[d]	[ก]1.490±0.042	[ก]1.430±0.071	[ก]1.460±0.085
	6 psu	[b]1.390±0.057[b]	1.525±0.078	1.500±0.382	1.265±0.078[b]
	12 psu	[ab]1.505±0.064[b]	1.685±0.035	1.405±0.361	1.580±0.099[bc]
	18 psu	[a]1.550±0.042[ab]	1.370±0.099	1.490±0.113	1.495±0.120
	24 psu	[a]1.540±0.017[a]	1.430±0.198	1.465±0.064	1.495±0.106[b]
พังกาหัวสุม	NW	[a]1.475±0.049[bc]	1.760±0.113	1.430±0.156	[b]1.515±0.092
	6 psu	[a]1.415±0.064[b]	1.385±0.064	1.380±0.085	[b]1.455±0.078[b]
	12 psu	[a]1.530±0.028[ab]	1.590±0.255	1.590±0.368	[a]1.940±0.085[a]
	18 psu	[b]1.015±0.02[d]	1.345±0.318	1.500±0.226	[b]1.660±0.057
	24 psu	[ขb]1.155±0.092[b]	[ก]1.730±0.113	[ก]1.520±0.184	[กb]1.495±0.120[b]
โปรงแดง	NW	[ab]1.655±0.092 [ab]	1.670±0.156	1.455±0.163	1.380±0.071
	6 psu	[a]1.760±0.071[a]	1.500±0.212	1.710±0.085	1.685±0.078[a]
	12 psu	[c]1.365±0.078[b]	1.515±0.318	1.360±0.099	1.610±0.141[b]
	18 psu	[bc]1.465±0.035[b]	1.370±0.127	1.515±0.092	1.595±0.106
	24 psu	[ab]1.645±0.134[a]	1.420±0.127	1.550±0.240	1.670±0.071[ab]

หมายเหตุ ตัวอักษรภาษาอังกฤษมุมซ้ายมือ (แนวตั้ง) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างความเค็มของน้ำเสีย อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
ตัวอักษรภาษาอังกฤษมุมขวามือ (แนวตั้ง) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างชนิดพืช อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
ตัวอักษรภาษาไทยมุมซ้ายมือ (แนวนอน) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างช่วงเวลาเก็บตัวอย่าง อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ฟอสฟอรัสทั้งหมดในดิน (Soil Total Phopsphorus : TP)

ก่อนการทดลองบำบัดน้ำเสีย ปริมาณ TP ในดินมีค่าระหว่าง 0.085-0.258 mg/g dry wt ภายหลังการทดลอง พบว่า TP มีแนวโน้มสูงขึ้น โดยชุดทดลองที่ได้รับน้ำเสีย NW, 6psu, 12psu, 18psu และ 24psu มีค่า TP อยู่ในช่วง 0.155-0.355, 0.136-0.385, 0.135-0.368, 0.153-0.359 และ 0.182-0.350 mg/g dry wt ตามลำดับ (ตารางที่ 6-30)

ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในดินของชุดทดลองแต่ละระดับความเค็มและระหว่างชุดทดลองที่ไม่ปลูกพืชกับชุดทดลองที่ปลูกกล้าไม้ ส่วนใหญ่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่มีแนวโน้มไม่ชัดเจน

ส่วนปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในดินของชุดทดลองแต่ละช่วงเวลาที่เก็บดิน มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีแนวโน้มว่า ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในดินจะเพิ่มขึ้นจากก่อนการทดลองจนถึงภายหลังการทดลองครั้งที่ 9

เมื่อพิจารณาการสะสม TP ของดิน พบว่า ชุดทดลองที่ได้รับน้ำเสียความเค็มสูงมีแนวโน้มการสะสม TP สูงกว่าชุดทดลองที่ได้รับน้ำเสียความเค็มต่ำ เนื่องจากเมื่อดินมีความเค็มสูงขึ้น จะทำให้ฟอสฟอรัสสามารถตกตะกอนและถูกดูดซับโดยดินได้สูงขึ้น นอกจากนี้พบว่าชุดทดลองที่ปลูกกล้าไม้มีการสะสม TP ต่ำกว่าชุดควบคุมที่ไม่ปลูกพืช เนื่องจากพืชดูดดึงฟอสฟอรัสไปใช้ในการเจริญเติบโต

ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืชในดิน (Soil Available Phosphorus)

ก่อนการทดลองบำบัดน้ำเสีย ปริมาณออร์โธฟอสเฟตในดินมีค่าระหว่าง 0.053-0.160 mg/g dry wt ภายหลังการทดลอง พบว่า ออร์โธฟอสเฟตมีแนวโน้มสูงขึ้น โดยชุดทดลองที่ได้รับน้ำเสีย NW, 6psu, 12psu, 18psu และ 24psu มีค่าออร์โธฟอสเฟตอยู่ในช่วง 0.093-0.212, 0.084-0.239, 0.084-0.230, 0.096-0.223 และ 0.109-0.228 mg/g dry wt ตามลำดับ (ตารางที่ ค 54 ภาคผนวก ค)

เมื่อพิจารณาการสะสมออร์โธฟอสเฟตของดิน พบว่า ส่วนใหญ่ชุดทดลองที่ได้รับน้ำเสียระดับความเค็ม 6psu มีการสะสมออร์โธฟอสเฟตสูงที่สุด นอกจากนี้มีแนวโน้มว่าชุดทดลองที่ปลูกกล้าไม้มีอัตราการสะสมออร์โธฟอสเฟตต่ำกว่าชุดควบคุมที่ไม่ปลูกพืช เนื่องจากพืชดูดดึงออร์โธฟอสเฟตไปใช้ในการเจริญเติบโต

ตารางที่ 6-30 ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดของดินชั้นบน (0-10 ซม.) ในระบบต่อเนื่อง โครงการที่ 1-2

ชนิดพืช	ชุดทดลอง	ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด (mg/g)			
		ก่อนการทดลอง	ภายหลัง การทดลองครั้งที่ 3	ภายหลัง การทดลองครั้งที่ 6	ภายหลัง การทดลองครั้งที่ 9
ไม่ปลูกพืช	**NW**	$^{ก c}0.116\pm0.018^{d}$	$^{ข b}0.197\pm0.005^{c}$	$^{ก}0.309\pm0.033$	$^{ก b}0.325\pm0.010$
	6 psu	$^{ข a}0.245\pm0.006^{a}$	$^{ข a}0.262\pm0.003^{b}$	$^{ก}0.349\pm0.038$	$^{ก a}0.371\pm0.007$
	12 psu	$^{ง b}0.198\pm0.005^{a}$	$^{ค a}0.253\pm0.007^{a}$	$^{ข}0.313\pm0.010$	$^{ก a}0.362\pm0.000^{a}$
	18 psu	$^{ข c}0.137\pm0.005^{c}$	$^{ข b}0.187\pm0.021^{b}$	$^{ก}0.323\pm0.021$	$^{ก ab}0.351\pm0.020$
	24 psu	$^{ข b}0.173\pm0.019^{c}$	$^{ข b}0.182\pm0.007^{b}$	$^{ก}0.349\pm0.032$	$^{ก a}0.366\pm0.007$
โกงกางใบใหญ่	**NW**	$^{ค a}0.169\pm0.005^{c}$	$^{ก a}0.324\pm0.003^{a}$	$^{ก b}0.329\pm0.002$	$^{ข cd}0.302\pm0.004$
	6 psu	$^{ค a}0.160\pm0.007^{b}$	$^{ข b}0.278\pm0.009^{b}$	$^{ก b}0.327\pm0.028$	$^{ก ab}0.357\pm0.014$
	12 psu	$^{ข a}0.171\pm0.000^{b}$	$^{ค c}0.135\pm0.011^{c}$	$^{ก c}0.275\pm0.004$	$^{ก d}0.269\pm0.005^{c}$
	18 psu	$^{ค b}0.105\pm0.015^{d}$	$^{ข c}0.153\pm0.003^{c}$	$^{ก bc}0.313\pm0.009$	$^{ก bc}0.321\pm0.021$
	24 psu	$^{ค a}0.165\pm0.000^{c}$	$^{ข b}0.264\pm0.012^{a}$	$^{ก a}0.370\pm0.020$	$^{ก a}0.368\pm0.027$
แสมทะเล	**NW**	$^{ข a}0.252\pm0.007^{a}$	$^{ค c}0.155\pm0.004^{d}$	$^{ก}0.323\pm0.028$	$^{ก a}0.332\pm0.016$
	6 psu	$^{ข c}0.142\pm0.001^{b}$	$^{ข bc}0.182\pm0.019^{c}$	$^{ก}0.337\pm0.033$	$^{ก a}0.345\pm0.027$
	12 psu	$^{ข c}0.147\pm0.004^{c}$	$^{ก a}0.263\pm0.019^{a}$	$^{ก}0.316\pm0.035$	$^{ก b}0.282\pm0.014^{c}$
	18 psu	$^{ค b}0.175\pm0.007^{ab}$	$^{ข b}0.219\pm0.005^{a}$	$^{ก}0.341\pm0.014$	$^{ก a}0.359\pm0.011$
	24 psu	$^{ค d}0.085\pm0.011^{d}$	$^{ข b}0.205\pm0.011^{b}$	$^{ก}0.348\pm0.014$	$^{ก a}0.350\pm0.012$
พังกาหัวสุม	**NW**	$^{ข a}0.204\pm0.013^{b}$	$^{ข b}0.204\pm0.006^{bc}$	$^{ก}0.321\pm0.006$	$^{ก b}0.323\pm0.004$
	6 psu	$^{ค b}0.170\pm0.003^{b}$	$^{ก a}0.402\pm0.011^{a}$	$^{ข}0.350\pm0.021$	$^{ข ab}0.346\pm0.016$
	12 psu	$^{ab}0.196\pm0.004^{a}$	$^{ค b}0.194\pm0.007^{b}$	$^{ข}0.334\pm0.009$	$^{ก a}0.368\pm0.007^{a}$
	18 psu	$^{ข a}0.202\pm0.020^{a}$	$^{ข c}0.169\pm0.006^{bc}$	$^{ก}0.306\pm0.025$	$^{ก b}0.337\pm0.019$
	24 psu	$^{ข a}0.205\pm0.006^{b}$	$^{ข bc}0.183\pm0.008^{b}$	$^{ก}0.330\pm0.013$	$^{ก b}0.324\pm0.003$
โปรงแดง	**NW**	$^{ค b}0.175\pm0.002^{c}$	$^{ข b}0.214\pm0.005^{b}$	$^{ก}0.355\pm0.018$	$^{ก bc}0.338\pm0.005$
	6 psu	$^{ข a}0.258\pm0.022^{a}$	$^{ค d}0.136\pm0.009^{d}$	$^{ก}0.349\pm0.044$	$^{ก a}0.385\pm0.012$
	12 psu	$^{ค c}0.092\pm0.007^{d}$	$^{ข b}0.194\pm0.019^{b}$	$^{ก}0.296\pm0.017$	$^{ก c}0.311\pm0.004^{b}$
	18 psu	$^{ข b}0.164\pm0.004^{bc}$	$^{ข c}0.168\pm0.001^{bc}$	$^{ก}0.335\pm0.012$	$^{ก ab}0.357\pm0.031$
	24 psu	$^{ข a}0.248\pm0.012^{a}$	$^{ข a}0.260\pm0.003^{a}$	$^{ก}0.329\pm0.010$	$^{ก bc}0.339\pm0.002$

หมายเหตุ ตัวอักษรภาษาอังกฤษมุมซ้ายมือ (แนวตั้ง) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างความเค็มของน้ำเสีย อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
ตัวอักษรภาษาอังกฤษมุมขวามือ (แนวตั้ง) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างชนิดพืช อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
ตัวอักษรภาษาไทยมุมซ้ายมือ (แนวนอน) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างช่วงเวลาเก็บตัวอย่าง อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

6.5 สรุปประเด็นด้านสมบัติของดินและการเปลี่ยนแปลงภายหลังใช้บำบัดน้ำเสีย

6.5.1 สรุปประเด็นด้านสมบัติของดินและการเปลี่ยนแปลง ในระบบกะ ในโครงการย่อยที่ 1-1

ค่าการนำไฟฟ้าและความเค็มของดินภายหลังการทดลองมีแนวโน้มลดลง เนื่องจากน้ำเสียที่เข้าสู่ชุดทดลองมีความเค็มต่ำ ทำให้เกลือในดินละลายออกมา

สัดส่วนของขนาดอนุภาคดินและเนื้อดิน ก่อนการทดลองเนื้อดินส่วนใหญ่เป็นดินเหนียว (clay) มีสัดส่วนของเปอร์เซ็นต์ clay สูงถึง 36-48% ทำให้ชุดทดลองสามารถบำบัดฟอสฟอรัสได้สูง ภายหลังการทดลองเปอร์เซ็นต์ sand มีแนวโน้มสูงขึ้น ขณะที่เปอร์เซ็นต์ clay ต่ำลง เนื่องจากอนุภาค clay ซึ่งมีขนาดเล็กถูกชะละลายลงสู่ด้านล่าง ส่วนเปอร์เซ็นต์ silt มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นแต่ไม่ชัดเจน อย่างไรก็ตามเนื้อดินส่วนใหญ่ยังคงเดิม

อินทรียวัตถุในดิน ภายหลังการทดลองมีแนวโน้มสูงขึ้น โดยชุดทดลองที่ได้รับน้ำเสียความเข้มข้นสูงมีแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของอินทรียวัตถุสูงกว่าชุดทดลองที่ได้รับน้ำเสียความเข้มข้นต่ำ โดยแนวโน้มดังกล่าวมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ไนโตรเจนทั้งหมด (TN) ในดิน ภายหลังการทดลองมีแนวโน้มสูงขึ้น โดยชุดทดลองที่ได้รับน้ำเสียความเข้มข้นสูงมีแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของ TN สูงกว่าชุดทดลองที่ได้รับน้ำเสียความเข้มข้นต่ำ ชุดทดลองที่ปลูกกล้าไม้มีการสะสม TN ต่ำกว่าชุดควบคุมที่ไม่ปลูกพืช และเมื่อทดลองบำบัดน้ำเสียโดยใช้ระยะกักเก็บ 7 วัน ทำให้มีการสะสม TN สูงกว่าเมื่อใช้ระยะกักเก็บ 5 วัน และ 3 วัน ตามลำดับ โดยแนวโน้มดังกล่าวทั้งหมดมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ดินชั้นล่างมีปริมาณการสะสมแอมโมเนียมไอออนสูงกว่าดินชั้นบน ขณะที่ดินชั้นบนมีปริมาณการสะสมไนเตรทสูงกว่าดินชั้นล่าง โดยมีแนวโน้มว่า ชุดทดลองที่ได้รับน้ำเสียความเข้มข้นสูงมีแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของแอมโมเนียมและไนเตรทสูงกว่าชุดทดลองที่ได้รับน้ำเสียความเข้มข้นต่ำ และเมื่อทดลองบำบัดน้ำเสียโดยใช้ระยะกักเก็บ 7 วัน ทำให้มีการสะสมแอมโมเนียมและไนเตรทสูงกว่าเมื่อใช้ระยะกักเก็บ 5 วัน และ 3 วัน ตามลำดับ และชุดทดลองที่ปลูกกล้าไม้มีการสะสมแอมโมเนียมและไนเตรทต่ำกว่าชุดควบคุมที่ไม่ปลูกพืช โดยแนวโน้มดังกล่าวทั้งหมดมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ฟอสฟอรัสทั้งหมด (TP) ในดิน ภายหลังการทดลองมีแนวโน้มสูงขึ้น โดยชุดทดลองที่ได้รับน้ำเสียความเข้มข้นสูงมีแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของ TP สูงกว่าชุดทดลองที่ได้รับน้ำเสียความเข้มข้นต่ำ ชุดทดลองที่ปลูกกล้าไม้มีการสะสม TP ต่ำกว่าชุดควบคุมที่ไม่ปลูกพืช และเมื่อทดลองบำบัดน้ำเสียโดยใช้ระยะกักเก็บ 7 วัน ทำให้มีการสะสม TP สูงกว่าเมื่อใช้ระยะกักเก็บ 5 วัน และ 3 วัน ตามลำดับ โดยแนวโน้มดังกล่าวทั้งหมดมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ออร์โธฟอสเฟตในดินชั้นบนสูงกว่าดินชั้นล่างเล็กน้อย และการสะสมออร์โธฟอสเฟตของดินชั้นบนมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างความเข้มข้นของน้ำเสีย ชนิดพืช และระยะกักเก็บ โดยมีแนวโน้มเช่นเดียวกับ TP และเนื่องจาก pH ของดินในชุดทดลองมีค่าเป็นด่างเล็กน้อย (> 7.2) ดังนั้นคาดว่า การดูดดึงออร์โธฟอสเฟตไปใช้โดยพืชมีค่าต่ำ

6.5.2 สรุปประเด็นด้านสมบัติของดินและการเปลี่ยนแปลง ในระบบเติมต่อเนื่อง ในโครงการย่อยที่ 1-1

ดินในชุดทดลองมีค่า pH เป็นด่างเล็กน้อย ภายหลังการทดลองมีแนวโน้มลดลงเล็กน้อย

การนำไฟฟ้าและความเค็มของดินภายหลังการทดลองมีแนวโน้มลดลง เนื่องจากน้ำเสียมีความเค็มต่ำ ทำให้เกลือในดินละลายออกมา

สัดส่วนของขนาดอนุภาคดินและเนื้อดิน ก่อนการทดลองเนื้อดินส่วนใหญ่เป็นดินร่วนเหนียว (clay loam) โดยมีสัดส่วนของเปอร์เซ็นต์ clay สูงถึง 32-46% ภายหลังการทดลองเปอร์เซ็นต์ silt มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเช่นเดียวกับในระบบกะ แต่เปอร์เซ็นต์ sand และ clay มีแนวโน้มไม่ชัดเจน อย่างไรก็ตามเนื้อดินส่วนใหญ่ยังคงเดิม

อินทรียวัตถุในดิน ภายหลังการทดลองมีแนวโน้มสูงขึ้น แต่มีแนวไม่ชัดเจนไม่สามารถสรุปได้ว่าชุดทดลองที่ได้รับน้ำเสียความเข้มข้นใด มีการสะสมอินทรียวัตถุสูงสุด

ไนโตรเจนทั้งหมด (TN) ในดิน ภายหลังการทดลองมีแนวโน้มสูงขึ้น โดยดินชั้นบนพบว่า ชุดทดลองที่ได้รับน้ำเสียความเข้มข้นต่ำ (NW, 2NW, 5NW) มีแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของ TN สูงกว่าชุดทดลองที่ได้รับน้ำเสียความเข้มข้นสูง (10NW) ซึ่งเป็นแนวโน้มที่ตรงกันข้ามกับระบบการปล่อยน้ำแบบกะ และภายหลังทดลองบำบัดน้ำเสียโดยใช้ระบบกักเก็บ 7 วัน มีการสะสม TN สูงกว่าเมื่อใช้ระยะกักเก็บ 5 วัน และ 3 วัน ตามลำดับ อย่างไรก็ตามแนวโน้มทั้งด้านความเข้มข้น และระยะกักเก็บไม่ชัดเจนและผันแปร ส่วนด้านชนิดพืชไม่สามารถสรุปแนวโน้มได้ สำหรับการสะสม TN ของดินชั้นล่างมีค่าผันแปรมากไม่สามารถสรุปแนวโน้มได้

ดินชั้นล่างมีปริมาณการสะสมแอมโมเนียมไอออนสูงกว่าดินชั้นบน ขณะที่ดินชั้นบนมีปริมาณการสะสมไนเตรทสูงกว่าดินชั้นล่าง โดยทั่วไปไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างความเข้มข้นของน้ำเสีย ระยะเวลากักเก็บ และชนิดพืช

การสะสมไนเตรท มีแนวโน้มว่า ชุดทดลองที่ได้รับน้ำเสียความเข้มข้นสูงมีการเพิ่มขึ้นของไนเตรทสูงกว่าชุดทดลองที่ได้รับน้ำเสียความเข้มข้นต่ำ และเมื่อทดลองบำบัดน้ำเสียโดยใช้ระยะกักเก็บ 7 วัน ทำให้มีการสะสมไนเตรทสูงกว่าเมื่อใช้ระยะกักเก็บ 5 วัน และ 3 วัน ตามลำดับ และชุดทดลองที่ปลูกกล้าไม้มีการสะสมไนเตรทต่ำกว่าชุดควบคุมที่ไม่ปลูกพืช โดยแนวโน้มดังกล่าวทั้งหมดมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ฟอสฟอรัสทั้งหมด (TP) ในดิน ภายหลังการทดลองมีแนวโน้มสูงขึ้น โดยชุดทดลองที่ได้รับน้ำเสียความเข้มข้นสูงมีแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของ TP สูงกว่าชุดทดลองที่ได้รับน้ำเสียความเข้มข้นต่ำ ชุดทดลองที่ปลูกกล้าไม้มีการสะสม TP ต่ำกว่าชุดควบคุมที่ไม่ปลูกพืช และเมื่อทดลองบำบัดน้ำเสียโดยใช้ระยะกักเก็บ 7 วัน ทำให้มีการสะสม TP สูงกว่าเมื่อใช้ระยะกักเก็บ 5 วัน และ 3 วัน ตามลำดับ โดยแนวโน้มดังกล่าวทั้งหมดมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ออร์โธฟอสเฟตในดินชั้นบนสูงกว่าดินชั้นล่างเล็กน้อย และการสะสมออร์โธฟอสเฟตของดินชั้นบนมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างความเข้มข้นของน้ำเสีย ชนิดพืช และระยะกักเก็บ โดยมีแนวโน้มเช่นเดียวกับ TP และเนื่องจาก pH ของดินในชุดทดลองมีค่าเป็นด่างเล็กน้อย (> 7.2) ดังนั้นคาดว่า การดูดดึงออร์โธฟอสเฟตไปใช้โดยพืชมีค่าต่ำ

6.5.3 สรุปประเด็นด้านสมบัติของดินและการเปลี่ยนแปลง ในระบบกะ ในโครงการย่อยที่ 1-2

ความเป็นกรด-ด่าง (pH) การนำไฟฟ้า และความเค็มของดิน ภายหลังการทดลองค่าดังกล่าวมีแนวโน้มสูงขึ้นตามระดับความเค็ม

สัดส่วนของขนาดอนุภาคดินและเนื้อดิน ก่อนการทดลองบำบัดน้ำเสีย ดินในชุดทดลองเกือบทั้งหมดมีเนื้อดินเป็นดินร่วนเหนียว (clay loam) มีสัดส่วนของเปอร์เซ็นต์ clay สูงอยู่ในช่วง 28-39% ภายหลังการทดลองพบว่าเปอร์เซ็นต์ silt เพิ่มขึ้นเล็กน้อย ขณะที่เปอร์เซ็นต์ clay ลดลงเล็กน้อย อย่างไรก็ตามเนื้อดินส่วนใหญ่ยังคงเดิม

อินทรียวัตถุในดิน ภายหลังการทดลองมีแนวโน้มสูงขึ้น เนื่องจากสารอินทรีย์ในน้ำเสียและการสะสมของเศษกิ่งไม้ใบไม้ที่ร่วงหล่นในชุดทดลองเอง

ไนโตรเจนทั้งหมดในดิน (TN) แอมโมเนียมไอออน และไนเตรทในดิน ภายหลังการทดลองมีแนวโน้มสูงขึ้น แต่ไม่สามารถสรุปได้ว่าชุดทดลองที่ได้รับน้ำเสียระดับความเค็มใดมีการสะสมค่าดังกล่าวสูงที่สุด อย่างไรก็ตามมีแนวโน้มว่าชุดทดลองที่ปลูกกล้าไม้มีอัตราการสะสม TN แอมโมเนียมไอออน และไนเตรทต่ำกว่าชุดควบคุมที่ไม่ปลูกพืช

ฟอสฟอรัสทั้งหมดในดิน (TP) ภายหลังการทดลองมีแนวโน้มสูงขึ้น โดยชุดทดลองที่ได้รับน้ำเสียความเค็มสูงมีแนวโน้มการสะสม TP สูงกว่าชุดทดลองที่ได้รับน้ำเสียความเค็มต่ำ เนื่องจากเมื่อดินมีความเค็มสูงขึ้น จะทำให้ฟอสฟอรัสสามารถตกตะกอนและถูกดูดซับโดยดินได้ดีขึ้น นอกจากนี้พบว่าชุดทดลองที่ปลูกกล้าไม้มีการสะสม TP ต่ำกว่าชุดควบคุมที่ไม่ปลูกพืช

ออร์โธฟอสเฟตในดิน ภายหลังการทดลองมีแนวโน้มสูงขึ้นแต่ไม่สามารถสรุปได้ว่าชุดทดลองที่ได้รับน้ำเสียระดับความเค็มใดมีการสะสมออร์โธฟอสเฟตสูงที่สุด และชุดทดลองที่ปลูกกล้าไม้มีอัตราการสะสมออร์โธฟอสเฟตต่ำกว่าชุดควบคุมที่ไม่ปลูกพืชเช่นเดียวกัน

6.5.4 สรุปประเด็นด้านสมบัติของดินและการเปลี่ยนแปลง ในระบบเติมต่อเนื่อง ในโครงการย่อยที่ 1-2

ความเป็นกรด-ด่าง (pH) การนำไฟฟ้า และความเค็มของดิน ภายหลังการทดลองค่าดังกล่าวมีแนวโน้มสูงขึ้นตามระดับความเค็ม

สัดส่วนของขนาดอนุภาคดินและเนื้อดิน ก่อนการทดลองบำบัดน้ำเสีย ดินในชุดทดลองเกือบทั้งหมดมีเนื้อดินเป็นดินร่วนเหนียว (clay loam) มีสัดส่วนของเปอร์เซ็นต์ clay สูงอยู่ในช่วง 21-37% ภายหลังการทดลองพบว่าเปอร์เซ็นต์ silt ลดลงเล็กน้อย ขณะที่เปอร์เซ็นต์ clay เพิ่มขึ้นเล็กน้อย อย่างไรก็ตามเนื้อดินส่วนใหญ่ยังคงเดิม

อินทรียวัตถุในดิน ภายหลังการทดลองมีแนวโน้มสูงขึ้น เนื่องจากสารอินทรีย์ในน้ำเสียและการสะสมของเศษกิ่งไม้ใบไม้ที่ร่วงหล่นในชุดทดลองเอง

ไนโตรเจนทั้งหมดในดิน (TN) และแอมโมเนียมไอออนในดิน ภายหลังการทดลองมีแนวโน้มสูงขึ้น ขณะที่ไนเตรทในดิน มีแนวโน้มลดลง อย่างไรก็ตามไม่สามารถสรุปได้ว่าชุดทดลองที่ได้รับน้ำเสียระดับความเค็มใดมีการสะสมค่าดังกล่าวสูงที่สุด แต่มีแนวโน้มว่าชุดทดลองที่ปลูกกล้าไม้มีอัตราการสะสมค่าดังกล่าวต่ำกว่าชุดควบคุมที่ไม่ปลูกพืช

ฟอสฟอรัสทั้งหมดในดิน (TP) ภายหลังการทดลองมีแนวโน้มสูงขึ้น โดยชุดทดลองที่ได้รับน้ำเสียความเค็มสูงมีแนวโน้มการสะสม TP สูงกว่าชุดทดลองที่ได้รับน้ำเสียความเค็มต่ำ เนื่องจากเมื่อดินมีความเค็มสูงขึ้น จะทำให้ฟอสฟอรัสสามารถตกตะกอนและถูกดูดซับโดยดินได้ดีขึ้น นอกจากนี้พบว่าชุดทดลองที่ปลูกกล้าไม้มีการสะสม TP ต่ำกว่าชุดควบคุมที่ไม่ปลูกพืช

ออร์โธฟอสเฟตในดิน ภายหลังการทดลองมีแนวโน้มสูงขึ้น โดยพบแนวโน้มว่า ชุดทดลองที่ได้รับน้ำเสียระดับความเค็ม 6psu มีการสะสมออร์โธฟอสเฟตสูงที่สุด และชุดทดลองที่ปลูกกล้าไม้มีอัตราการสะสมออร์โธฟอสเฟตต่ำกว่าชุดควบคุมที่ไม่ปลูกพืชเช่นเดียวกัน

บทที่ 7

ผลการศึกษาสมบัติของดินและองค์ประกอบธาตุอาหารในใบ ในแปลง Pilot Scale

เนื้อหาในบทที่ 7 จะประกอบด้วยผลการศึกษาสมบัติของดินและองค์ประกอบธาตุอาหารในใบ ของโครงการที่ 2 การศึกษาการเปลี่ยนแปลงสมบัติของดิน องค์ประกอบธาตุอาหารในพืช และสัตว์หน้าดิน ในระบบพื้นที่ชุ่มน้ำป่าชายเลนที่ใช้บำบัดน้ำเสียระดับ pilot scale โดยได้แบ่งเนื้อหาการนำเสนอดังนี้

7.1 สมบัติของดินและการเปลี่ยนแปลง ในแปลง Pilot Scale

7.2 องค์ประกอบธาตุอาหารในใบ ในแปลง Pilot Scale

7.3 สรุปประเด็นด้านสมบัติของดินและองค์ประกอบธาตุอาหารในใบ ในแปลง Pilot Scale

7.1 สมบัติของดินและการเปลี่ยนแปลง ในแปลง Pilot Scale

ผลการศึกษาโดยการเก็บตัวอย่างดินชั้นบน (0-30 เซนติเมตร) และดินชั้นล่าง (30-60 เซนติเมตร) ภายใน 3 บริเวณ คือ บริเวณที่ 1 ระบบบำบัดน้ำเสียป่าชายเลนปลูกใหม่ บริเวณที่ 2 ระบบบำบัดน้ำเสียป่าชายเลนธรรมชาติ และบริเวณที่ 3 แปลงควบคุมป่าธรรมชาติ ทุก 4 เดือน รวม 7 ครั้ง (ธันวาคม 2545; เมษายน สิงหาคม และธันวาคม 2546; เมษายน สิงหาคม และธันวาคม 2547) ซึ่งในช่วงเวลาดังกล่าวทางโครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ยอันเนื่องมาจากพระราชดำริไม่ได้ใช้ระบบพื้นที่ชุ่มน้ำป่าชายเลนในการบำบัดน้ำเสียเลย มีเพียงการเปิดประตูน้ำในช่วงน้ำขึ้นเพื่อให้น้ำท่วมขังระบบเป็นครั้งคราว แต่ต่อมาในเดือนมกราคม 2548 ทางโครงการฯได้เริ่มปล่อยน้ำเสียลงสู่ระบบพื้นที่ชุ่มน้ำ ดังนั้นจึงได้ทำการเก็บตัวอย่างดินเฉพาะดินชั้นบน (0-30 เซนติเมตร) เพิ่มอีก 1 ครั้ง ในเดือนมิถุนายน 2548 ภายหลังจากที่ระบบบำบัดน้ำเสียป่าชายเลนได้รับน้ำเสียเป็นเวลาประมาณ 6 เดือน รวมการเก็บตัวอย่างดินทั้งสิ้น 8 ครั้ง

ผลการศึกษาได้เปรียบเทียบกับงานศึกษาของกนกพร บุญส่งและคณะ (2543) ซึ่งได้ทำการเก็บตัวอย่างดินชั้นบนตั้งแต่ช่วงก่อนการทดลองระบบบำบัดน้ำเสียป่าชายเลน 1 ครั้ง (มิถุนายน 2542) และภายหลังจากที่ทางโครงการฯ ทำการทดลองระบบซึ่งเริ่มในเดือนกันยายน 2542 ทั้งภายในพื้นที่ระบบบำบัดน้ำเสีย และพื้นที่ควบคุมซึ่งไม่ได้ใช้บำบัดน้ำเสียอีก 3 ครั้ง (ตุลาคม 2542; กุมภาพันธ์ และกรกฎาคม 2543)

ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงสมบัติของดินสามารถสรุปได้ดังนี้

ความเป็นกรด-ด่าง (pH)

ภายในระบบบำบัดน้ำเสียป่าปลูกใหม่และป่าธรรมชาติ pH ของดินชั้นบน (0-30 ซม. จากผิวดิน) เป็นด่างเล็กน้อย โดยค่า pH ของดินชั้นบนในบริเวณระบบป่าปลูกใหม่มีค่าระหว่าง 7.28-8.16 (ตารางที่ ง 1 ภาคผนวก ง) ซึ่งสูงกว่าระบบป่าธรรมชาติที่มีค่าระหว่าง 7.17-7.92 (ตารางที่ ง 2 ภาคผนวก ง) ทั้งนี้เพราะถึงแม้ที่ตั้งของระบบป่าธรรมชาติจะอยู่ใกล้ชายฝั่งและได้รับอิทธิพลของน้ำทะเลมากกว่า แต่ไม้ในระบบป่าธรรมชาติมีขนาดใหญ่กว่า ปริมาณเศษกิ่งไม้ใบไม้ที่ร่วงหล่นจึงมากกว่า ซึ่งการย่อยสลายจะทำให้เกิดกรดและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ดังนั้น จากสภาพดังกล่าวจึงทำให้ค่า pH ในระบบป่าธรรมชาติต่ำกว่าระบบป่าปลูกใหม่ นอกจากนี้เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่า pH ระหว่างโซนพันธุ์ไม้ พบว่า โดยทั่วไปไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่มีแนวโน้มว่าในโซนที่ปลูกแสมและโกงกางมีค่า pH ต่ำกว่าโซนที่ปลูกโปรงและถั่ว ทั้งนี้เพราะแสมทะเลและโกงกางมีการเจริญเติบโตดีกว่าพันธุ์ไม้อื่น จึงทำให้บริเวณดังกล่าวมีเศษกิ่งไม้ใบไม้ปริมาณมาก ซึ่งการย่อยสลายทำให้เกิดกรด ดังนั้นค่า pH จึงต่ำกว่าโซนที่ปลูกโปรงและถั่วซึ่งไม้ที่ปลูกมีอัตราการตายสูง ส่วนในแปลงควบคุมป่าธรรมชาติ pH ของดินชั้นบน มีค่าระหว่าง 7.17-7.85 (ตารางที่ ง 2 ภาคผนวก ง) ซึ่งใกล้เคียงกับระบบป่าธรรมชาติและไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ทั้งนี้คาดว่าเป็นเพราะทางโครงการฯ ไม่ได้ใช้แปลงป่าชายเลนในการบำบัดน้ำเสียเป็นเวลานาน มีเพียงการเปิดประตูระบายน้ำให้น้ำทะเลไหลเข้าสู่ระบบเพื่อให้พันธุ์ไม้สามารถเจริญเติบโตได้ ดังนั้นจึงทำให้ไม่สามารถสังเกตเห็นความแตกต่างของ pH ของดินในระบบบำบัดป่าธรรมชาติและแปลงควบคุมป่าธรรมชาติ

หากเปรียบเทียบค่า pH ของดินชั้นบนในการศึกษาครั้งนี้ กับผลการศึกษาของกนกพร บุญส่งและคณะ (2543) ซึ่งได้ทำการศึกษาในระหว่างเดือนมิถุนายน 2542 ถึง เดือนกรกฎาคม 2543 พบว่า ค่าเกือบทั้งหมดที่รายงานในทุกระบบต่ำกว่าการศึกษาครั้งนี้ คือ ในระบบป่าปลูกใหม่มีค่า pH ระหว่าง 6.62–8.09 ระบบป่าธรรมชาติมีค่าระหว่าง 6.91–7.81 และแปลงควบคุมป่าธรรมชาติมีค่าระหว่าง 7.07–7.70 การที่ค่า pH ของการศึกษาครั้งนี้สูงขึ้นคาดว่าเป็นเพราะพันธุ์ไม้มีการเจริญเติบโตให้ร่มเงาเพิ่มขึ้น ส่งเสริมให้ระดับความเข้มแสงเหมาะสมต่อการสังเคราะห์แสงของสาหร่ายและแพลงก์ตอนพืช กอรปกับการลดลงของธาตุอาหารในระบบเนื่องจากพืชดูดดึงไปใช้ประโยชน์เพื่อการเจริญเติบโตอย่างต่อเนื่อง ทำให้การย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ซึ่งทำให้เกิดกรดและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ลดลง

เมื่อทำการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่า pH ของดินชั้นบน ระหว่างช่วงเวลาเก็บตัวอย่าง พบว่า ระบบป่าปลูกใหม่โดยทั่วไปไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (ยกเว้นโซนที่ปลูกแสมทะเล) ส่วนระบบป่าธรรมชาติและแปลงควบคุมป่าธรรมชาติมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ คือค่า pH สูงขึ้นตามช่วงเวลา

นอกจากนี้ เมื่อพิจารณาค่า pH ของดินชั้นบน ภายหลังจากที่โครงการฯ ได้ปล่อยน้ำเสียชุมชนลงสู่ระบบเป็นระยะเวลาประมาณ 6 เดือน ภายหลังจากที่ไม่ได้ใช้เป็นเวลานาน (มิถุนายน 2548) พบว่า ไม่เห็นแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงที่ชัดเจน กล่าวคือ pH ของดินในระบบป่าปลูกใหม่มีทั้งสูงขึ้นและต่ำลง โดย pH ที่สูงขึ้นพบในโซนที่ปลูกโปรงและถั่ว ซึ่งคาดว่าเป็นเพราะบริเวณดังกล่าวไม้ที่ปลูกมีอัตราการตายสูง ทำให้พื้นที่ค่อนข้างเปิดโล่ง แสงจึงส่องถึงพื้นระบบได้มาก กอปรกับน้ำเสียชุมชนมีธาตุอาหารสูง ทำให้แพลงก์ตอนพืชมีอัตราการสังเคราะห์แสงและการใช้คาร์บอนไดออกไซด์ในน้ำสูงขึ้น เป็นผลให้มีคาร์บอเนต (CO_3^{2-}) ในน้ำสูงขึ้น ทำให้ดินมีค่า pH สูงขึ้นตามไปด้วย (ประเทือง เชาว์วันกลาง, 2534) ส่วนในระบบป่าธรรมชาติและแปลงควบคุมป่าธรรมชาติมีค่า pH ต่ำลง เนื่องจากการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียทำให้เกิดกรด ค่า pH ของดินจึงต่ำลงด้วย

ค่า pH ของดินชั้นล่าง (30-60 ซม. จากผิวดิน) มีค่าสูงกว่าดินชั้นบน (0-30 ซม. จากผิวดิน) คือ ในระบบป่าปลูกใหม่มีค่า pH ระหว่าง 7.52–8.20 (ตารางที่ ง 1 ภาคผนวก ง) ส่วนในระบบป่าธรรมชาติมีค่าระหว่าง 7.17–7.92 และแปลงควบคุมป่าธรรมชาติมีค่าระหว่าง 7.17–7.85 (ตารางที่ ง 2 ภาคผนวก ง) ทั้งนี้เพราะน้ำที่อยู่ในช่องว่างของเม็ดดินเป็นน้ำทะเล ซึ่งโดยทั่วไป pH ของน้ำทะเลจะเป็นด่างเล็กน้อย ขณะที่บริเวณผิวหน้าดินบางแห่งเป็นปลักซึ่งอาจทำให้น้ำที่ขังอยู่เป็นน้ำทะเลหรือเป็นน้ำฝนก็ได้ ซึ่งหากเป็นน้ำฝน pH ก็จะต่ำ และนอกจากนี้ผิวหน้าดินยังสัมผัสอากาศมากกว่า มีการระบายอากาศดีกว่าจึงทำให้เกิดการย่อยสลายสารอินทรีย์มากกว่าดินชั้นล่างซึ่งอิ่มตัวไปด้วยน้ำ ทำให้ดินผิวหน้ามีค่า pH ที่ต่ำกว่า

เมื่อทำการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่า pH ของดินชั้นล่าง ระหว่างสถานีเก็บตัวอย่าง พบว่า ทั้งระบบป่าปลูกใหม่ ระบบป่าธรรมชาติ และแปลงควบคุมป่าธรรมชาติไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

เมื่อทำการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่า pH ของดินชั้นล่าง ระหว่างช่วงเวลาเก็บตัวอย่าง พบว่า ระบบป่าปลูกใหม่โดยทั่วไปไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (ยกเว้นโซนที่ปลูกถั่วและแสมทะเล) แต่มีแนวโน้มว่าค่า pH สูงขึ้นตามช่วงเวลา ส่วนระบบป่าธรรมชาติและแปลงควบคุมป่าธรรมชาตินั้นมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ คือ ค่า pH สูงขึ้นตามช่วงเวลา

การนำไฟฟ้าและความเค็มของดิน (Soil Conductivity and Salinity)

ค่าการนำไฟฟ้าของดินชั้นบนในระบบป่าปลูกใหม่มีค่าระหว่าง 3.27-20.38 mS/cm (ตารางที่ ง 3 ภาคผนวก ง) ซึ่งต่ำกว่าระบบป่าธรรมชาติที่ซึ่งมีค่าระหว่าง 5.70-28.65 mS/cm (ตารางที่ ง 4 ภาคผนวก ง) เนื่องจากที่ตั้งของระบบป่าธรรมชาติอยู่ใกล้ชายฝั่งและได้รับอิทธิพลของน้ำทะเลมากกว่าระบบป่าปลูกใหม่ ทำให้ได้รับไอออนต่างๆ ที่ละลายอยู่ในน้ำทะเลปริมาณมาก เป็นผลให้ค่าการนำไฟฟ้าสูงกว่าระบบป่าปลูกใหม่ นอกจากนี้เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าการนำไฟฟ้าระหว่างโซนพันธุ์ไม้ พบว่า โดยทั่วไปค่าการนำไฟฟ้าในโซนพันธุ์ไม้ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่มีแนวโน้มว่าในโซนที่ปลูกแสมทะเลมีค่าการนำไฟฟ้าสูงกว่าโซนที่ปลูกพืชอื่น คาดว่าเป็นเพราะแสมมีระบบรากแบบ pneumatophores ทำให้สามารถดักจับสารแขวนลอยในน้ำซึ่งอาจมีอนินทรีย์สารปะปนอยู่ได้ดี (สนิท อักษรแก้ว, 2541) ส่วนในแปลงควบคุมป่าธรรมชาติมีค่าการนำไฟฟ้าระหว่าง 7.63-26.08 mS/cm (ตารางที่ ง 4 ภาคผนวก ง) ซึ่งโดยทั่วไปมีแนวโน้มสูงกว่าระบบป่าธรรมชาติแต่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะที่ตั้งของแปลงควบคุมป่าธรรมชาติอยู่เหลื่อมออกไปใกล้ชายฝั่งมากกว่า และมีการท่วมของน้ำทะเลที่สม่ำเสมอกว่าระบบป่าธรรมชาติ

หากเปรียบเทียบค่าการนำไฟฟ้าของดินชั้นบนในการศึกษาครั้งนี้ กับผลการศึกษาของกนกพร บุญส่งและคณะ (2543) ซึ่งได้ทำการศึกษาในระหว่างเดือนมิถุนายน 2542 ถึง เดือนกรกฎาคม 2543 พบว่า ค่าเกือบทั้งหมดที่รายงานในทุกระบบต่ำกว่าการศึกษาครั้งนี้ คือ ในระบบป่าปลูกใหม่มีค่าการนำไฟฟ้าระหว่าง 2.02-6.74 mS/cm ระบบป่าธรรมชาติมีค่าระหว่าง 5.76-9.64 mS/cm และแปลงควบคุมป่าธรรมชาติมีค่าระหว่าง 7.56-13.56 mS/cm การที่ค่าการนำไฟฟ้าในการศึกษาครั้งนี้สูงขึ้นคาดว่าเป็นเพราะพันธุ์ไม้ในระบบมีขนาดใหญ่ขึ้น ทำให้มีเศษกิ่งไม้ใบไม้ที่ร่วงหล่นลงสู่พื้นที่เพิ่มขึ้น เมื่อมีการย่อยสลายเศษซากกิ่งไม้ใบไม้กลายเป็นสารอนินทรีย์ จึงทำให้ค่าการนำไฟฟ้าสูงขึ้น

เมื่อทำการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าการนำไฟฟ้าของดินชั้นบน ระหว่างช่วงเวลาเก็บตัวอย่าง พบว่า ทั้งระบบป่าปลูกใหม่ ระบบป่าธรรมชาติ และแปลงควบคุมป่าธรรมชาติ มีความแตกต่างกันอย่างกันมีนัยสำคัญ มีค่าผันแปรตามช่วงเวลาที่ทำการเก็บตัวอย่าง โดยมีค่าสูงสุดในเดือนสิงหาคม 2547 และต่ำสุดในเดือนธันวาคม 2545

นอกจากนี้ เมื่อพิจารณาค่าการนำไฟฟ้าของดินชั้นบน ภายหลังจากที่โครงการฯ ได้เริ่มปล่อยน้ำเสียชุมชนลงสู่ระบบเป็นระยะเวลาประมาณ 6 เดือน ภายหลังจากที่ไม่ได้ใช้เป็นเวลานาน (มิถุนายน 2548) พบว่า ในระบบป่าปลูกใหม่ค่าการนำไฟฟ้ามีแนวโน้มลดลง ทั้งนี้อาจเป็นเพราะการปล่อยน้ำเสียชุมชนซึ่งมีความเค็มต่ำลงสู่ระบบ ทำให้ความเค็มของดินลดลงเป็นผลให้ค่าการนำไฟฟ้าลดลงด้วย ส่วนในระบบป่าธรรมชาติและแปลงควบคุมป่าธรรมชาติมีค่าการนำไฟฟ้าสูงขึ้น ทั้งนี้เพราะบริเวณทั้งสองอยู่ใกล้ชายฝั่งทะเลมากกว่าจึงอาจได้รับอิทธิพลจากน้ำทะเลที่แทรกซึมซึ่งมีค่าการนำไฟฟ้าสูง กอปรกับไม้ในระบบมีขนาดใหญ่ ทำให้มีเศษซากกิ่งไม้ใบไม้ที่ร่วงหล่นปริมาณมาก เมื่อมีการย่อยสลายจึงทำให้ค่าการนำไฟฟ้าสูงขึ้นอีกทางหนึ่ง

ค่าการนำไฟฟ้าของดินชั้นล่าง (30-60 ซม. จากผิวดิน) มีค่าทั้งที่สูงกว่าและต่ำกว่าดินชั้นบน (0-30 ซม. จากผิวดิน) คือ ในระบบป่าปลูกใหม่มีค่าการนำไฟฟ้าระหว่าง 4.23–21.16 mS/cm (ตารางที่ ง 3 ภาคผนวก ง) ส่วนในระบบป่าธรรมชาติมีค่าระหว่าง 5.90–39.21 mS/cm และแปลงควบคุมป่าธรรมชาติมีค่าระหว่าง 7.98–25.92 mS/cm (ตารางที่ ง 4 ภาคผนวก ง) ทั้งนี้เพราะค่าการนำไฟฟ้าเป็นการวัดปริมาณอนินทรียสารในระบบ ดังนั้นการที่ดินชั้นบนมีค่าการนำไฟฟ้าสูงกว่า อาจเกิดจากการที่ดินชั้นบนสัมผัสกับน้ำเสียและเศษซากพืชซึ่งสามารถเปลี่ยนรูปไปเป็นสารอนินทรีย์มากกว่าดินชั้นล่าง

เมื่อทำการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าการนำไฟฟ้าของดินชั้นล่าง ระหว่างสถานีเก็บตัวอย่าง พบว่า ระบบป่าปลูกใหม่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนระบบป่าธรรมชาติและแปลงควบคุมป่าธรรมชาตินั้นไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญเช่นกัน แต่มีแนวโน้มว่าระบบป่าธรรมชาติจะมีค่าการนำไฟฟ้าต่ำกว่าแปลงควบคุมป่าธรรมชาติ ทั้งนี้เพราะแปลงควบคุมป่าธรรมชาติตั้งอยู่เหลื่อมออกไปใกล้ชายฝั่งมากกว่า ทำให้ได้รับอิทธิพลจากการขึ้นลงของน้ำทะเลซึ่งมีค่าการนำไฟฟ้าสูงอย่างสม่ำเสมอกว่าระบบป่าธรรมชาติ

เมื่อทำการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าการนำไฟฟ้าของดินชั้นล่าง ระหว่างช่วงเวลาเก็บตัวอย่าง พบว่า ทั้งระบบป่าปลูกใหม่ ระบบป่าธรรมชาติ และแปลงควบคุมป่าธรรมชาติ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่ไม่มีแนวโน้มที่ชัดเจน

ค่าความเค็มของดินชั้นบนในบริเวณระบบป่าปลูกใหม่มีค่าระหว่าง 4.50-11.53 psu (ตารางที่ ง 5 ภาคผนวก ง) ซึ่งต่ำกว่าระบบป่าธรรมชาติที่มีค่าระหว่าง 6.17-17.27 psu (ตารางที่ ง 6 ภาคผนวก ง) นอกจากนี้พบว่าโดยทั่วไปค่าความเค็มในโซนพันธุ์ไม้ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่มีแนวโน้มว่าในโซนที่ปลูกแสมทะเลและโกงกางมีค่าความเค็มสูงกว่าโซนที่ปลูกพืชอื่น ส่วนในแปลงควบคุมป่าธรรมชาติมีค่าความเค็มระหว่าง 7.43-16.67 psu (ตารางที่ ง 6 ภาคผนวก ง) ซึ่งมีแนวโน้มสูงกว่าระบบป่าธรรมชาติ แต่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ทั้งนี้เพราะความเค็มเป็นปฏิภาคโดยตรงกับค่าการนำไฟฟ้า คือ เมื่อค่าความเค็มของดินสูงขึ้นจะทำให้ค่าการนำไฟฟ้าของดินสูงขึ้นตามไปด้วย

เมื่อทำการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าความเค็มของดินชั้นบน ระหว่างช่วงเวลาเก็บตัวอย่าง พบว่า ทั้งระบบป่าปลูกใหม่ ระบบป่าธรรมชาติ และแปลงควบคุมป่าธรรมชาติมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ มีค่าผันแปรตามช่วงเวลาที่ทำการเก็บตัวอย่าง โดยมีค่าสูงในเดือนสิงหาคม 2547

นอกจากนี้ เมื่อพิจารณาค่าความเค็มของดินชั้นบน ภายหลังจากที่โครงการฯ ได้ปล่อยน้ำเสียชุมชนลงสู่ระบบเป็นระยะเวลาประมาณ 6 เดือน (มิถุนายน 2548) พบว่า ในระบบป่าปลูกใหม่ค่าความเค็มมีแนวโน้มต่ำลง ส่วนในระบบป่าธรรมชาติ และแปลงควบคุมป่าธรรมชาติมีค่าความเค็มสูงขึ้น ซึ่งเป็นแนวโน้มลักษณะเดียวกับค่าการนำไฟฟ้า

ค่าความเค็มของดินชั้นล่าง (30-60 ซม. จากผิวดิน) ในระบบป่าปลูกใหม่มีค่าความเค็มระหว่าง 4.70–11.03 psu (ตารางที่ ง 5 ภาคผนวก ง) ส่วนในระบบป่าธรรมชาติมีค่าความเค็มระหว่าง 5.70–16.63 psu และแปลงควบคุมป่าธรรมชาติมีค่าความเค็มระหว่าง 7.56–15.77 psu (ตารางที่ ง 6 ภาคผนวก ง)

เมื่อทำการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าความเค็มของดินชั้นล่าง ระหว่างสถานีเก็บตัวอย่าง พบว่า ระบบป่าปลูกใหม่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนระบบป่าธรรมชาติ และแปลงควบคุมป่าธรรมชาตินั้นไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญเช่นกัน แต่มีแนวโน้มว่าระบบป่าธรรมชาติจะมีค่าความเค็มต่ำกว่าแปลงควบคุมป่าธรรมชาติ

เมื่อทำการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าความเค็มในดินชั้นล่าง ระหว่างช่วงเวลาเก็บตัวอย่าง พบว่า ระบบป่าปลูกใหม่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนระบบป่าธรรมชาติ และแปลงควบคุมป่าธรรมชาตินั้นมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญเฉพาะในระบบป่าธรรมชาติที่ระยะห่างจากปลายท่อนำน้ำเสียเข้า 50 เมตร และแปลงควบคุมป่าธรรมชาติที่ระยะห่างจากคลอง 20 เมตร

อินทรียวัตถุในดิน (Soil Organic Matter : OM)

ปริมาณอินทรียวัตถุในป่าชายเลนส่วนใหญ่ได้มากจากการร่วงหล่นของใบไม้และเศษใบไม้ในป่าชายเลนเอง นอกจากนี้ระบบรากของพันธุ์ไม้ป่าชายเลนจะช่วยสะสมอินทรียวัตถุไว้ด้วย

ปริมาณอินทรียวัตถุของดินชั้นบนในบริเวณระบบป่าปลูกใหม่มีค่าระหว่าง 0.894-6.134% (ตารางที่ 7-1) ซึ่งต่ำกว่าระบบป่าธรรมชาติที่มีค่าระหว่าง 5.246-7.499% (ตารางที่ 7-2) เนื่องจากพื้นของระบบป่าธรรมชาติมีการสะสมของเศษกิ่งไม้ใบไม้ซึ่งจะย่อยสลายได้อินทรียวัตถุสูงกว่า นอกจากนี้พบว่าโดยทั่วไปปริมาณอินทรียวัตถุในโซนพันธุ์ไม้ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่มีแนวโน้มว่าในโซนที่ปลูกโกงกางมีค่าสูงกว่าโซนที่ปลูกพืชอื่น ทั้งนี้เพราะโกงกางเป็นพันธุ์ไม้ที่มีอัตราการเจริญเติบโตและมวลชีวภาพสูง ดังนั้นการสะสมของเศษกิ่งไม้ใบไม้ที่ร่วงหล่นจึงเกิดขึ้นได้สูง ส่วนในแปลงควบคุมป่าธรรมชาติมีค่าอินทรียวัตถุระหว่าง 3.069-8.917% (ตารางที่ 7-2) ซึ่งสูงกว่าระบบป่าธรรมชาติ แต่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ทั้งนี้เพราะโครงการฯ จะเปิดประตูน้ำให้น้ำทะเลไหลท่วมระบบบำบัดป่าชายเลนเป็นครั้งคราวเท่านั้น และในบางครั้งพื้นที่ในระบบบำบัดถูกปล่อยให้แห้ง ทำให้ผิวหน้าดินในระบบได้สัมผัสกับอากาศมากกว่าแปลงควบคุมซึ่งมีน้ำทะเลท่วมถึงอย่างสม่ำเสมอกว่า จึงอาจเป็นสาเหตุให้ดินในระบบบำบัดน้ำเสียมีอินทรียวัตถุต่ำกว่าแปลงควบคุม เพราะอัตราการสลายตัวของสารอินทรีย์จะเกิดขึ้นได้อย่างรวดเร็วเมื่อมีการระบายอากาศในดินดี ทำให้มีระดับอินทรียวัตถุเหลืออยู่ในดินค่อนข้างต่ำ และอัตราการสลายตัวจะลดลงอย่างมากและเกิดขึ้นไม่สมบูรณ์ในสภาพที่มีน้ำท่วมขัง และสารที่ได้มักจะเป็นกรดอินทรีย์ แอลกอฮอล์ และสารอื่นๆ นอกจากนี้ที่ตั้งของแปลงควบคุมซึ่งไม่เหมาะสมนักอาจทำให้มีลักษณะการสะสมอินทรียวัตถุแตกต่างไปจากภายในระบบ โดยหากเปรียบเทียบกับผลการศึกษาของกนกพร บุญส่งและคณะ (2543) ซึ่งได้ทำการศึกษาในระหว่างเดือนมิถุนายน 2542 ถึง เดือนกรกฎาคม 2543 พบว่า ค่าเกือบทั้งหมดที่รายงานในทุกระบบต่ำกว่าการศึกษาครั้งนี้ คือ ในระบบป่าปลูกใหม่มีปริมาณอินทรียวัตถุระหว่าง 1.41–2.53% ส่วนในระบบป่าธรรมชาติมีค่าระหว่าง 4.95–6.81% และแปลงควบคุมป่าธรรมชาติมีค่าระหว่าง 5.37–8.50% การที่ปริมาณอินทรียวัตถุสูงขึ้นนี้น่าจะเป็นเพราะไม้มีขนาดใหญ่ขึ้น ทำให้มีเศษซากพืชสะสมเพิ่มขึ้น

ตารางที่ 7-1 ปริมาณอินทรียวัตถุ (%) ของดินในระบบป่าปลูกใหม่

ชั้นดิน	ครั้งที่	ระบบป่าปลูกใหม่			
		โปรง	ถั่ว	แสมทะเล	โกงกาง
ดินชั้นบน	1 (ธันวาคม 45)	$^{b}0.894 \pm 0.175^{b}$	$^{bc}2.095 \pm 0.505^{a}$	$^{b}2.590 \pm 0.590^{a}$	$^{b}2.526 \pm 0.691^{a}$
	2 (เมษายน 46)	$^{a}3.361 \pm 0.662$	$^{a}3.749 \pm 0.381$	$^{a}6.027 \pm 1.363$	$^{a}6.134 \pm 2.386$
	3 (สิงหาคม 46)	$^{a}2.906 \pm 1.077$	$^{ab}2.969 \pm 0.639$	$^{b}2.418 \pm 0.465$	$^{b}3.409 \pm 0.106$
	4 (ธันวาคม 46)	$^{a}2.612 \pm 0.908$	$^{bc}2.624 \pm 0.194$	$^{b}2.068 \pm 0.977$	$^{b}3.244 \pm 0.603$
	5 (เมษายน 47)	$^{a}3.271 \pm 0.718$	$^{bc}2.483 \pm 0.154$	$^{b}2.797 \pm 0.995$	$^{b}3.233 \pm 0.297$
	6 (สิงหาคม 47)	$^{a}3.197 \pm 0.706$	$^{bc}2.366 \pm 0.041$	$^{b}2.839 \pm 0.898$	$^{b}3.145 \pm 0.267$
	7 (ธันวาคม 47)	$^{a}2.244 \pm 0.173$	$^{c}1.906 \pm 0.714$	$^{b}2.740 \pm 0.080$	$^{b}2.447 \pm 0.390$
	8 (มิถุนายน 48)	$^{ab}2.052 \pm 0.570$	$^{bc}2.742 \pm 0.614$	$^{b}2.931 \pm 0.547$	$^{b}3.293 \pm 0.394$
	ค่าเฉลี่ย ครั้งที่ 1-7	2.641 ± 1.013	2.599 ± 0.691	3.069 ± 1.454	3.448 ± 1.440
ดินชั้นล่าง	1 (ธันวาคม 45)	2.015 ± 0.396	2.278 ± 1.094	2.089 ± 0.266	1.990 ± 0.790
	2 (เมษายน 46)	1.931 ± 0.643	1.750 ± 1.121	2.314 ± 0.340	3.006 ± 1.303
	3 (สิงหาคม 46)	2.399 ± 1.129	2.322 ± 0.385	2.205 ± 0.562	2.796 ± 0.480
	4 (ธันวาคม 46)	1.521 ± 0.327	1.608 ± 0.462	1.773 ± 0.535	2.964 ± 0.910
	5 (เมษายน 47)	2.782 ± 0.648	2.390 ± 0.199	2.535 ± 1.117	2.643 ± 0.315
	6 (สิงหาคม 47)	2.819 ± 0.525	2.434 ± 0.038	2.493 ± 1.253	2.633 ± 0.414
	7 (ธันวาคม 47)	2.406 ± 0.212^{ab}	1.552 ± 0.596^{b}	2.708 ± 0.447^{a}	2.967 ± 0.621^{a}
	ค่าเฉลี่ย ครั้งที่ 1-7	2.267 ± 0.686	2.048 ± 0.678	2.303 ± 0.685	2.714 ± 0.719

ตารางที่ 7-2 ปริมาณอินทรียวัตถุ (%) ของดินในระบบป่าธรรมชาติและแปลงควบคุมป่าธรรมชาติ

ชั้นดิน	ครั้งที่	ระบบป่าธรรมชาติ		แปลงควบคุมป่าธรรมชาติ	
		50 ม. จาก inlet	**100 ม. จาก inlet**	**10 ม. จากแนวคลอง**	**20 ม. จากแนวคลอง**
ดินชั้นบน	1 (ธันวาคม 45)	6.092 ± 2.57	5.969 ± 1.731	6.372 ± 0.767	$^{ab}6.986 \pm 2.375$
	2 (เมษายน 46)	5.879 ± 0.675	6.965 ± 2.398	6.828 ± 0.938	$^{ab}7.287 \pm 0.874$
	3 (สิงหาคม 46)	5.350 ± 1.210	7.063 ± 1.358	6.146 ± 1.275	$^{ab}7.452 \pm 1.278$
	4 (ธันวาคม 46)	6.076 ± 1.581	7.499 ± 0.926	8.020 ± 1.617	$^{a}8.917 \pm 1.903$
	5 (เมษายน 47)	5.483 ± 1.218	6.205 ± 0.636	5.038 ± 1.188	$^{b}5.627 \pm 1.215$
	6 (สิงหาคม 47)	5.246 ± 1.029	6.085 ± 0.502	5.101 ± 1.289	$^{b}5.770 \pm 1.172$
	7 (ธันวาคม 47)	5.493 ± 0.690	6.160 ± 1.521	4.757 ± 1.596	$^{c}3.069 \pm 0.668$
	8 (มิถุนายน 48)	8.489 ± 0.545	9.296 ± 0.425	8.717 ± 3.576	$^{ab}7.165 \pm 0.741$
	ค่าเฉลี่ย ครั้งที่ 1-7	5.660 ± 1.231	6.564 ± 1.329	6.037 ± 1.537	6.444 ± 2.143
ดินชั้นล่าง	1 (ธันวาคม 45)	3.052 ± 0.551^{b}	4.164 ± 0.918^{ab}	$^{ab}5.071 \pm 0.692^{a}$	$^{b}4.524 \pm 0.306^{a}$
	2 (เมษายน 46)	3.375 ± 0.233	5.080 ± 2.028	$^{ab}5.024 \pm 1.356$	$^{ab}4.900 \pm 0.211$
	3 (สิงหาคม 46)	3.784 ± 0.844	4.740 ± 1.354	$^{ab}5.160 \pm 1.231$	$^{ab}5.434 \pm 0.122$
	4 (ธันวาคม 46)	4.271 ± 1.954	3.634 ± 0.125	$^{a}5.458 \pm 0.854$	$^{a}5.910 \pm 0.244$
	5 (เมษายน 47)	4.780 ± 0.932^{a}	4.951 ± 0.678^{a}	$^{b}3.560 \pm 0.382^{ab}$	$^{c}2.282 \pm 1.108^{b}$
	6 (สิงหาคม 47)	4.772 ± 0.902^{a}	4.954 ± 0.709^{a}	$^{b}3.551 \pm 0.384^{ab}$	$^{c}2.783 \pm 0.859^{b}$
	7 (ธันวาคม 47)	5.512 ± 0.588^{a}	4.029 ± 0.493^{b}	$^{b}3.570 \pm 0.253^{b}$	$^{c}2.407 \pm 0.457^{c}$
	ค่าเฉลี่ย ครั้งที่ 1-7	4.221 ± 1.173	4.507 ± 1.041	4.485 ± 1.087	4.034 ± 1.517

หมายเหตุ ตัวอักษรมุมขวามือ (แนวนอน) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างสถานีเก็บตัวอย่าง อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
ตัวอักษรมุมซ้ายมือ (แนวตั้ง) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างช่วงเวลาเก็บตัวอย่าง อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

อย่างไรก็ตามเมื่อทำการเปรียบเทียบความแตกต่างของปริมาณอินทรียวัตถุของดินชั้นบน ระหว่างช่วงเวลาเก็บตัวอย่าง พบว่า ระบบป่าปลูกใหม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่ค่าไม่แตกต่างกันมากนัก ส่วนระบบป่าธรรมชาติและแปลงควบคุมป่าธรรมชาตินั้นไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (ยกเว้นในแปลงควบคุมป่าธรรมชาติที่ระยะห่างจากคลอง 20 เมตร)

นอกจากนี้ เมื่อพิจารณาปริมาณอินทรียวัตถุของดินชั้นบน ภายหลังจากที่โครงการฯ ได้ปล่อยน้ำเสียชุมชนลงสู่ระบบเป็นระยะเวลาประมาณ 6 เดือน (มิถุนายน 2548) พบว่า ทั้งในระบบป่าปลูกใหม่ ระบบป่าธรรมชาติ และแปลงควบคุมป่าธรรมชาติปริมาณอินทรียวัตถุมีแนวโน้มสูงขึ้น ทั้งนี้เพราะการปล่อยน้ำเสียชุมชนซึ่งมีสารอินทรีย์และธาตุอาหารสูงเข้าสู่ระบบ เป็นการเพิ่มสารอินทรีย์เข้าสู่ระบบโดยตรง สอดคล้องกับที่ Reddy and D'Angelo (1996) อ้างถึงใน Nguyen (2000) กล่าวว่า อัตราการสะสมอินทรียวัตถุเป็นปฏิภาคโดยตรงกับปริมาณน้ำเสียซึ่งมีสารอินทรีย์ที่ปล่อยลงสู่ระบบพื้นที่ชุ่มน้ำเทียม

ปริมาณอินทรียวัตถุของดินชั้นล่าง (30-60 ซม. จากผิวดิน) มีค่าต่ำกว่าดินชั้นบน (0-30 ซม.จากผิวดิน) ในทุกสถานีเก็บตัวอย่าง ในระบบป่าปลูกใหม่มีค่าอินทรียวัตถุระหว่าง 1.521–3.006% (ตารางที่ 7-1) ส่วนในระบบป่าธรรมชาติมีค่าระหว่าง 3.052–5.512% และแปลงควบคุมป่าธรรมชาติมีค่าระหว่าง 2.282–5.910% (ตารางที่ 7-2) ทั้งนี้เพราะดินชั้นบนมีการสะสมของเศษซากพืชและธาตุอาหารมากกว่าดินชั้นล่าง สอดคล้องกับที่ Lacerda et al. (1995) ที่ได้ทำการศึกษาปริมาณอินทรียวัตถุในดินป่าชายเลนทางตะวันออกเฉียงใต้ของประเทศบราซิล ซึ่งมีพันธุ์ไม้สกุลแสม (*Avicennia schaverian*) ขึ้นปกคลุมอยู่ พบว่า ดินที่ระดับความลึก 1-5, 5-10 และ 10-15 เซนติเมตร จากผิวดิน มีปริมาณอินทรียวัตถุเท่ากับ 6.1, 3.8 และ 3.8% ตามลำดับ

เมื่อทำการเปรียบเทียบความแตกต่างของปริมาณอินทรียวัตถุในดินชั้นล่าง ระหว่างสถานีเก็บตัวอย่าง พบว่า ทั้งระบบป่าปลูกใหม่ ระบบป่าธรรมชาติ และแปลงควบคุมป่าธรรมชาตินั้นไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ และเมื่อทำการเปรียบเทียบระหว่างช่วงเวลาเก็บตัวอย่าง พบว่า ระบบป่าปลูกใหม่และระบบป่าธรรมชาติไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนแปลงควบคุมป่าธรรมชาติมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยมีแนวโน้มลดลงตามช่วงเวลา

ไนโตรเจนทั้งหมด (Total Nitrogen : TN)

ปริมาณไนโตรเจนในดินมีความสัมพันธ์ทางบวกกับปริมาณอินทรียวัตถุซึ่งได้จากเศษกิ่งไม้ใบไม้ที่ร่วงหล่นเนื่องจากการเพิ่มขึ้นของอินทรียวัตถุเป็นการสะสมคาร์บอน ไนโตรเจน และฟอสฟอรัส ในระยะยาวให้แก่ดินในระบบพื้นที่ชุ่มน้ำ (Kadlec and Knight, 1996)

ปริมาณ TN ของดินชั้นบนในบริเวณระบบป่าปลูกใหม่มีค่าระหว่าง 1.010-2.618 mg/g dry wt (ตารางที่ 7-3) ซึ่งต่ำกว่าระบบป่าธรรมชาติที่มีค่าระหว่าง 2.527-4.495 mg/g dry wt (ตารางที่ 7-4) นอกจากนี้พบว่าโดยทั่วไปค่า TN ในโซนพันธุ์ไม้ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่มีแนวโน้มว่าในโซนที่ปลูกโกงกางมีค่า TN สูง ขณะที่ในโซนที่ปลูกถั่วมีค่าต่ำ ส่วนในแปลงควบคุมป่าธรรมชาติมีค่า TN ระหว่าง 2.213-4.838 mg/g dry wt (ตารางที่ 7-4) ซึ่งใกล้เคียงกับระบบป่าธรรมชาติและไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

ตารางที่ 7-3 ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (mg/g dry wt) ของดินในระบบป่าปลูกใหม่

ชั้นดิน	ครั้งที่	ระบบป่าปลูกใหม่			
		โปรง	ถั่ว	แสมทะเล	โกงกาง
ดินชั้นบน	1 (ธันวาคม 45)	1.010 ± 0.179^{b}	^{abc}1.794 ± 0.261^{a}	^{ab}1.685 ± 0.235^{ab}	2.229 ± 0.506^{a}
	2 (เมษายน 46)	2.618 ± 0.723	^{a}2.389 ± 0.214	^{a}2.453 ± 0.323	2.433 ± 0.164
	3 (สิงหาคม 46)	1.459 ± 0.173	^{ab}1.943 ± 0.365	^{b}1.419 ± 0.127	2.145 ± 0.835
	4 (ธันวาคม 46)	1.703 ± 0.391	^{ab}2.026 ± 0.441	^{b}1.295 ± 0.150	2.250 ± 0.859
	5 (เมษายน 47)	1.375 ± 0.137	^{dc}1.370 ± 0.131	^{b}1.433 ± 0.124	1.455 ± 0.172
	6 (สิงหาคม 47)	1.529 ± 0.367	^{bcd}1.522 ± 0.107	^{b}1.514 ± 0.055	1.471 ± 0.109
	7 (ธันวาคม 47)	1.573 ± 0.624	^{de}1.060 ± 0.169	^{b}1.183 ± 0.336	1.075 ± 0.101
	8 (มิถุนายน 48)	1.049 ± 0.074	^{c}0.871 ± 0.095	^{b}1.212 ± 0.043	1.421 ± 0.299
	ค่าเฉลี่ย ครั้งที่ 1-7	1.529 ± 0.488	1.693 ± 0.442	1.524 ± 0.391	1.889 ± 0.750
ดินชั้นล่าง	1 (ธันวาคม 45)	^{a}1.696 ± 0.231	1.359 ± 0.544	1.276 ± 0.516	1.560 ± 0.289
	2 (เมษายน 46)	^{c}1.416 ± 0.153	1.229 ± 0.268	1.221 ± 0.033	1.596 ± 0.171
	3 (สิงหาคม 46)	^{bc}1.008 ± 0.187	1.454 ± 0.496	1.252 ± 0.167	1.339 ± 0.078
	4 (ธันวาคม 46)	^{bc}0.918 ± 0.130^{b}	1.507 ± 0.109^{a}	1.215 ± 0.230^{ab}	1.539 ± 0.283^{a}
	5 (เมษายน 47)	^{bc}1.023 ± 0.043	0.962 ± 0.282	1.215 ± 0.161	1.412 ± 0.140
	6 (สิงหาคม 47)	^{bc}1.056 ± 0.041	1.065 ± 0.293	1.149 ± 0.169	1.343 ± 0.170
	7 (ธันวาคม 47)	^{b}1.246 ± 0.135	1.082 ± 0.253	1.260 ± 0.148	1.332 ± 0.121
	ค่าเฉลี่ย ครั้งที่ 1-7	1.114 ± 0.306	1.195 ± 0.419	1.183 ± 0.264	1.366 ± 0.249

ตารางที่ 7-4 ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (mg/g dry wt) ของดินในระบบป่าธรรมชาติและแปลงควบคุมป่าธรรมชาติ

ชั้นดิน	ครั้งที่	ระบบป่าธรรมชาติ		แปลงควบคุมป่าธรรมชาติ	
		50 ม. จาก inlet	**100 ม. จาก inlet**	**10 ม. จากแนวคลอง**	**20 ม. จากแนวคลอง**
ดินชั้นบน	1 (ธันวาคม 45)	^{a}4.495 ± 1.511	^{a}3.911 ± 0.627	^{a}4.211 ± 0.237	^{ab}4.729 ± 1.109
	2 (เมษายน 46)	^{bc}3.115 ± 0.364	^{b}3.298 ± 0.156	^{bc}3.303 ± 0.297	^{abc}4.172 ± 0.247
	3 (สิงหาคม 46)	^{bc}3.052 ± 0.572	^{a}3.738 ± 0.464	^{c}2.745 ± 0.492	^{ab}4.474 ± 1.542
	4 (ธันวาคม 46)	^{ab}3.601 ± 0.473	^{a}3.819 ± 0.260	^{ab}3.718 ± 1.056	^{a}4.838 ± 1.570
	5 (เมษายน 47)	^{bc}2.770 ± 0.054^{b}	^{a}3.426 ± 0.333^{a}	^{c}2.596 ± 0.222^{b}	^{bc}2.823 ± 0.366^{b}
	6 (สิงหาคม 47)	^{bc}3.113 ± 0.167^{ab}	^{a}3.461 ± 0.275^{a}	^{c}2.572 ± 0.196^{b}	^{bc}2.864 ± 0.407^{b}
	7 (ธันวาคม 47)	^{bc}2.527 ± 0.402	^{b}2.628 ± 0.272	^{c}2.231 ± 0.525	^{c}2.213 ± 0.720
	8 (มิถุนายน 48)	^{c}2.097 ± 0.161^{b}	^{a}3.366 ± 0.099^{a}	^{c}2.140 ± 0.072^{b}	^{c}2.046 ± 0.029^{b}
	ค่าเฉลี่ย ครั้งที่ 1-7	3.172 ± 0.930	3.355 ± 0.640	3.009 ± 0.804	3.616 ± 1.361
ดินชั้นล่าง	1 (ธันวาคม 45)	2.340 ± 0.318	2.285 ± 0.155	^{a}2.676 ± 0.331	2.228 ± 0.182
	2 (เมษายน 46)	1.427 ± 0.097	3.265 ± 0.410	^{d}1.986 ± 0.338	2.486 ± 0.994
	3 (สิงหาคม 46)	2.448 ± 0.561	1.644 ± 0.292	^{bc}1.872 ± 0.282	2.206 ± 0.225
	4 (ธันวาคม 46)	2.021 ± 0.605	1.915 ± 0.219	^{b}2.181 ± 0.270	2.459 ± 0.301
	5 (เมษายน 47)	1.835 ± 0.368	1.883 ± 0.042	^{cd}1.677 ± 0.147	1.583 ± 0.241
	6 (สิงหาคม 47)	1.929 ± 0.334	1.932 ± 0.130	^{cd}1.691 ± 0.199	1.670 ± 0.235
	7 (ธันวาคม 47)	1.964 ± 0.113	1.596 ± 0.109	^{cd}1.638 ± 0.169	1.933 ± 0.807
	ค่าเฉลี่ย ครั้งที่ 1-7	2.015 ± 0.456	1.932 ± 0.596	1.857 ± 0.483	1.958 ± 0.452

หมายเหตุ ตัวอักษรมุมขวามือ (แนวนอน) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างสถานีเก็บตัวอย่าง อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
ตัวอักษรมุมซ้ายมือ (แนวตั้ง) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างช่วงเวลาเก็บตัวอย่าง อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

หากเปรียบเทียบค่า TN ของดินชั้นบนในการศึกษาครั้งนี้ กับผลการศึกษาของกนกพร บุญส่งและคณะ (2543) ซึ่งได้ทำการศึกษาในระหว่างเดือนมิถุนายน 2542 ถึง เดือนกรกฎาคม 2543 พบว่า ค่าเกือบทั้งหมดที่รายงานในทุกระบบต่ำกว่าการศึกษาครั้งนี้ คือ ในระบบป่าปลูกใหม่มีค่า TN ระหว่าง 0.614-2.613 mg/g dry wt ส่วนในระบบป่าธรรมชาติมีค่าระหว่าง 1.914-3.646 mg/g dry wt และแปลงควบคุมป่าธรรมชาติมีค่าระหว่าง 2.803-4.855 mg/g dry wt การที่ค่า TN สูงขึ้นคาดว่าเป็นผลจากการที่พืชเจริญเติบโตขึ้น มีเศษกิ่งไม้ใบไม้ที่ร่วงหล่นสะสมที่พื้นมากขึ้น เป็นการเพิ่มอินทรียวัตถุ ซึ่งเมื่อย่อยสลายจะให้ TN และธาตุอาหารอื่นกับดิน ทำให้ดินมีความอุดมสมบูรณ์สูงขึ้น

อย่างไรก็ตามเมื่อทำการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่า TN ของดินชั้นบนระหว่างช่วงเวลาเก็บตัวอย่าง พบว่าระบบป่าปลูกใหม่โดยทั่วไปไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (ยกเว้นโซนที่ปลูกถั่วและแสม) ค่า TN มีแนวโน้มคงที่ ส่วนระบบป่าธรรมชาติและแปลงควบคุมป่าธรรมชาตินั้นมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่ค่า TN มีแนวโน้มคงที่เช่นกัน ซึ่งคาดว่าเป็นเพราะถึงแม้จะมีการย่อยสลายอินทรียวัตถุให้ TN ปริมาณมาก แต่ปริมาณที่พืชดูดดึงไปใช้ก็สูงด้วยเช่นกัน

นอกจากนี้ เมื่อพิจารณาค่า TN ของดินชั้นบน ภายหลังจากที่โครงการฯ ได้ปล่อยน้ำเสียชุมชนลงสู่ระบบเป็นระยะเวลาประมาณ 6 เดือน (มิถุนายน 2548) พบว่า ไม่มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงที่ชัดเจน ค่า TN มีทั้งเพิ่มขึ้นและลดลง โดยในโซนที่ปลูกโปรงและถั่วค่า TN จะเพิ่มขึ้น ทั้งนี้อาจเป็นเพราะการปล่อยน้ำเสียชุมชนซึ่งมีธาตุอาหารไนโตรเจนเข้าสู่ระบบทำให้ระบบมีค่า TN สูงขึ้น กอรปกับการที่พันธุ์ไม้ทั้ง 2 ชนิดนี้ตายเป็นจำนวนมาก ดังนั้นการดูดดึง TN ไปใช้โดยพืชจึงต่ำ ส่วนในระบบป่าธรรมชาติและแปลงควบคุมป่าธรรมชาติค่า TN มีแนวโน้มลดลง ทั้งนี้อาจเป็นเพราะระบบทั้งสองมีความอุดมสมบูรณ์ ทำให้มีชนิดและปริมาณจุลินทรีย์ที่ใช้และไม่ใช้ออกซิเจนเป็นจำนวนมาก ประกอบการที่ภายในระบบมีทั้งสภาวะที่มีและไร้ออกซิเจน ทำให้กระบวนการไนตริฟิเคชันและดีไนตริฟิเคชันซึ่งถือว่าเป็นกลไกหลักในการบำบัดสารประกอบไนโตรเจนของระบบพื้นที่ชุ่มน้ำเกิดได้ดียิ่งขึ้น (Park et al., 2001) และการที่พันธุ์ไม้ในระบบมีจำนวนมากและมีขนาดใหญ่จึงทำให้ปริมาณการดูดดึง TN ไปใช้โดยพืชสูง ทำให้ TN ในระบบลดลงอีกทางหนึ่ง

ปริมาณ TN ของดินชั้นล่าง (30-60 ซม. จากผิวดิน) มีค่าต่ำกว่าดินชั้นบน (0-30 ซม. จากผิวดิน) คือ ในระบบป่าปลูกใหม่มีค่า TN ระหว่าง 0.918–1.696 mg/g dry wt (ตารางที่ 7-3) ส่วนในระบบป่าธรรมชาติมีค่าระหว่าง 1.427–3.265 mg/g dry wt และแปลงควบคุมป่าธรรมชาติมีค่าระหว่าง 1.583–2.676 mg/g dry wt (ตารางที่ 7-4)

เมื่อทำการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่า TN ในดินชั้นล่างระหว่างสถานีเก็บตัวอย่าง พบว่า ทั้งระบบป่าปลูกใหม่ ระบบป่าธรรมชาติ และแปลงควบคุมป่าธรรมชาติไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างช่วงเวลาเก็บตัวอย่าง พบว่า ระบบป่าปลูกใหม่โดยทั่วไปไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (ยกเว้นโซนที่ปลูกโปรง) แต่ค่า TN มีแนวโน้มคงที่ ส่วนระบบป่าธรรมชาติและแปลงควบคุมป่าธรรมชาตินั้นไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญเช่นกัน (ยกเว้นแปลงควบคุมป่าธรรมชาติที่ระยะห่างจากคลอง 10 เมตร) และค่า TN มีแนวโน้มคงที่เช่นกัน

ฟอสฟอรัสทั้งหมด (Total Phosphorus : TP)

ปริมาณ TP ของดินชั้นบนในบริเวณระบบป่าปลูกใหม่มีค่าระหว่าง 0.102-0.745 mg/g dry wt (ตารางที่ 7-5) ซึ่งเป็นระดับที่สูงมาก โดยทั่วไปฟอสฟอรัสในดินป่าชายเลนจะมีปริมาณสูงขึ้นตามความอุดมสมบูรณ์ของป่า เช่นเดียวกับปริมาณอินทรียวัตถุและไนโตรเจน Brady (1974) กล่าวว่า ปริมาณอินทรียวัตถุในดินอาจทำให้ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (available P) สูงขึ้นเมื่ออินทรียวัตถุเหล่านั้นสลายตัว และฟอสฟอรัสอาจได้รับจากน้ำทะเลส่วนหนึ่ง เพราะน้ำทะเลเป็นแหล่งสำคัญที่ให้ฟอสฟอรัสในรูป soluble P นอกจากนี้ฟอสฟอรัสยังสัมพันธ์กับ pH ของดิน ถ้า pH อยู่ระหว่าง 6-7 จะมีออร์โธฟอสเฟตในรูปที่พืชใช้ประโยชน์ได้มากที่สุด โดยค่า TP ในบริเวณระบบป่าปลูกใหม่ใกล้เคียงกับระบบป่าธรรมชาติซึ่งมีค่าระหว่าง 0.113-0.647 mg/g dry wt (ตารางที่ 7-6) นอกจากนี้พบว่าโดยทั่วไปค่า TP ในโซนพันธุ์ไม้ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่มีแนวโน้มว่าโซนที่ปลูกโปรงมี TP สูงกว่าโซนที่ปลูกพืชอื่น ทั้งนี้เพราะโซนที่ปลูกโปรงอยู่ใกล้กับปลายท่อนำน้ำเสียเข้าสู่ระบบมากที่สุด ดังนั้นดินในโซนดังกล่าวจึงมีโอกาสสะสมฟอสฟอรัสได้สูงกว่าโซนอื่น ส่วนในแปลงควบคุมป่าธรรมชาติมีค่า TP ระหว่าง 0.113-0.639 mg/g dry wt (ตารางที่ 7-6) ซึ่งใกล้เคียงกับระบบป่าธรรมชาติ และไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่โดยทั่วไปค่า TP ในระบบป่าชายเลนปลูกใหม่ และป่าชายเลนธรรมชาติ มีค่าใกล้เคียงกันและใกล้เคียงกับแปลงควบคุมป่าธรรมชาติ และค่าที่ตรวจวิเคราะห์ได้มีความผันแปรตามช่วงเวลาการเก็บตัวอย่าง

หากเปรียบเทียบกับผลการศึกษาของกนกพร บุญส่งและคณะ (2543) ซึ่งได้ทำการศึกษาในระหว่างเดือนมิถุนายน 2542 ถึง เดือนกรกฎาคม 2543 พบว่า ค่าเกือบทั้งหมดที่รายงานในทุกระบบต่ำกว่าการศึกษาครั้งนี้ คือ ในระบบป่าปลูกใหม่มีค่า TP ระหว่าง 0.087–0.303 mg/g dry wt ส่วนในระบบป่าธรรมชาติมีค่าระหว่าง 0.098–0.284 mg/g dry wt และแปลงควบคุมป่าธรรมชาติมีค่าระหว่าง 0.097–0.211 mg/g dry wt การที่ค่า TP สูงขึ้นนี้น่าจะเป็นผลจากการที่ระบบมีการสะสมและย่อยสลายอินทรียวัตถุสูงขึ้น รวมทั้งดินในระบบได้สัมผัสกับน้ำเสียชุมชนที่มีสารประกอบฟอสฟอรัส ทำให้ดินดูดซับฟอสฟอรัสจากน้ำเสีย สอดคล้องกับที่ Klomjek and Nitisoravut (2005) กล่าวว่า กระบวนการหลักในการบำบัดฟอสฟอรัสของระบบพื้นที่ชุ่มน้ำ คือ การตกตะกอน การดูดซับโดยดิน และการแลกเปลี่ยนระหว่างดินกับน้ำ

เมื่อทำการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่า TP ในดินชั้นบนระหว่างช่วงเวลาเก็บตัวอย่าง พบว่า ทั้งระบบป่าปลูกใหม่ ระบบป่าธรรมชาติ และแปลงควบคุมป่าธรรมชาติมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ คือ ค่า TP จะสูงขึ้นตามช่วงเวลา

นอกจากนี้ เมื่อพิจารณาค่า TP ของดินชั้นบน ภายหลังจากที่โครงการฯ ได้ปล่อยน้ำเสียชุมชนลงสู่ระบบเป็นระยะเวลาประมาณ 6 เดือน (มิถุนายน 2548) พบว่า ทั้งในระบบป่าปลูกใหม่ ระบบป่าธรรมชาติ และแปลงควบคุมป่าธรรมชาติมีค่า TP ลดลงเล็กน้อย ทั้งนี้อาจเป็นเพราะแพลงก์ตอนพืชภายในระบบมีการดูดดึงฟอสฟอรัสไปประโยชน์ได้สูง เนื่องจากแพลงก์ตอนพืชมีความสามารถในการสะสมฟอสฟอรัสได้สูง นอกจากนี้การที่ในน้ำมีค่า pH ไม่เกิน 8.50 จะส่งเสริมให้การสังเคราะห์แสงของแพลงก์ตอนพืชดีขึ้น (Steinmann et al., 2003) สอดคล้องกับค่า pH ที่วัดได้ซึ่งอยู่ในช่วง 7.17-8.16

ปริมาณ TP ของดินชั้นล่าง (30-60 ซม. จากผิวดิน) มีค่าต่ำกว่าดินชั้นบน (0-30 ซม. จากผิวดิน) คือ ในระบบป่าปลูกใหม่มีค่า TP ระหว่าง 0.090–0.653 mg/g dry wt (ตารางที่ 7-5) ส่วนในระบบป่าธรรมชาติมีค่าระหว่าง 0.135–0.620 mg/g dry wt และแปลงควบคุมป่าธรรมชาติมีค่าระหว่าง 0.120–0.566 mg/g dry wt (ตารางที่ 7-6) ทั้งนี้เพราะดินชั้นบนมีการสะสมเศษกิ่งไม้ใบไม้สูงกว่าดินชั้นล่างและมีโอกาสัมผัสกับคอลัมน์น้ำได้ดีกว่า

เมื่อทำการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่า TP ของดินชั้นล่าง ระหว่างสถานีเก็บตัวอย่าง พบว่า ทั้งระบบป่าปลูกใหม่ ระบบป่าธรรมชาติ และแปลงควบคุมป่าธรรมชาติ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างช่วงเวลาเก็บตัวอย่าง พบว่า ทั้งระบบป่าปลูกใหม่ ระบบป่าธรรมชาติ และแปลงควบคุมป่าธรรมชาติ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ คือ ค่า TP สูงขึ้นตามช่วงเวลา

ตารางที่ 7-5 ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด (mg/g dry wt) ของดินชั้นบนในระบบป่าปลูกใหม่

ชั้นดิน	ครั้งที่	ระบบป่าปลูกใหม่			
		โปรง	ถั่ว	แสมทะเล	โกงกาง
ดินชั้นบน	1 (ธันวาคม 45)	$^{c}0.231 \pm 0.172$	$^{c}0.136 \pm 0.059$	$^{bc}0.257 \pm 0.157$	$^{b}0.102 \pm 0.035$
	2 (เมษายน 46)	$^{c}0.134 \pm 0.035$	$^{c}0.157 \pm 0.061$	$^{c}0.123 \pm 0.019$	$^{b}0.160 \pm 0.046$
	3 (สิงหาคม 46)	$^{a}0.745 \pm 0.144$	$^{a}0.594 \pm 0.014$	$^{a}0.687 \pm 0.051$	$^{a}0.695 \pm 0.098$
	4 (ธันวาคม 46)	$^{a}0.682 \pm 0.055$	$^{b}0.515 \pm 0.063$	$^{a}0.634 \pm 0.117$	$^{a}0.628 \pm 0.100$
	5 (เมษายน 47)	$^{a}0.699 \pm 0.058$	$^{ab}0.551 \pm 0.006$	$^{a}0.653 \pm 0.082$	$^{a}0.674 \pm 0.128$
	6 (สิงหาคม 47)	$^{a}0.677 \pm 0.059$	$^{ab}0.560 \pm 0.028$	$^{a}0.615 \pm 0.073$	$^{a}0.676 \pm 0.149$
	7 (ธันวาคม 47)	$^{b}0.432 \pm 0.067$	$^{c}0.390 \pm 0.058$	$^{b}0.410 \pm 0.077$	$^{a}0.515 \pm 0.125$
	8 (มิถุนายน 48)	$^{c}0.229 \pm 0.015^{ab}$	$^{d}0.224 \pm 0.015^{ab}$	$^{c}0.202 \pm 0.019^{b}$	$^{b}0.255 \pm 0.024^{a}$
	ค่าเฉลี่ย ครั้งที่ 1-7	0.512 ± 0.257	0.406 ± 0.201	0.484 ± 0.231	0.491 ± 0.260
ดินชั้นล่าง	1 (ธันวาคม 45)	$^{c}0.182 \pm 0.076^{b}$	$^{b}0.286 \pm 0.160^{ab}$	$^{ab}0.529 \pm 0.163^{a}$	$^{b}0.090 \pm 0.031^{b}$
	2 (เมษายน 46)	$^{d}0.128 \pm 0.029$	$^{c}0.197 \pm 0.025$	$^{c}0.109 \pm 0.022$	$^{b}0.150 \pm 0.049$
	3 (สิงหาคม 46)	$^{a}0.557 \pm 0.090$	$^{a}0.541 \pm 0.032$	$^{a}0.653 \pm 0.101$	$^{a}0.594 \pm 0.125$
	4 (ธันวาคม 46)	$^{a}0.582 \pm 0.049$	$^{a}0.497 \pm 0.046$	$^{ab}0.577 \pm 0.083$	$^{a}0.571 \pm 0.079$
	5 (เมษายน 47)	$^{a}0.636 \pm 0.049$	$^{a}0.515 \pm 0.027$	$^{ab}0.616 \pm 0.089$	$^{a}0.616 \pm 0.103$
	6 (สิงหาคม 47)	$^{a}0.626 \pm 0.046$	$^{a}0.504 \pm 0.027$	$^{ab}0.610 \pm 0.083$	$^{a}0.597 \pm 0.090$
	7 (ธันวาคม 47)	$^{b}0.390 \pm 0.063$	$^{b}0.336 \pm 0.071$	$^{b}0.419 \pm 0.046$	$^{a}0.472 \pm 0.038$
	ค่าเฉลี่ย ครั้งที่ 1-7	0.435 ± 0.223	0.392 ± 0.179	0.503 ± 0.198	0.435 ± 0.233

ตารางที่ 7-6 ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด (mg/g dry wt) ของดินชั้นบนในระบบป่าธรรมชาติและแปลงควบคุมป่าธรรมชาติ

ชั้นดิน	ครั้งที่	ระบบป่าธรรมชาติ		แปลงควบคุมป่าธรรมชาติ	
		50 ม. จาก inlet	**100 ม. จาก inlet**	**10 ม. จากแนวคลอง**	**20 ม. จากแนวคลอง**
ดินชั้นบน	1 (ธันวาคม 45)	$^{b}0.204 \pm 0.047$	$^{bc}0.322 \pm 0.225$	$^{c}0.113 \pm 0.045$	$^{abc}0.434 \pm 0.351$
	2 (เมษายน 46)	$^{b}0.113 \pm 0.637$	$^{c}0.186 \pm 0.080$	$^{c}0.170 \pm 0.407$	$^{c}0.220 \pm 0.130$
	3 (สิงหาคม 46)	$^{a}0.618 \pm 0.184$	$^{a}0.637 \pm 0.081$	$^{a}0.561 \pm 0.049$	$^{a}0.614 \pm 0.103$
	4 (ธันวาคม 46)	$^{a}0.618 \pm 0.045$	$^{a}0.547 \pm 0.094$	$^{a}0.568 \pm 0.049$	$^{a}0.588 \pm 0.020$
	5 (เมษายน 47)	$^{a}0.644 \pm 0.041$	$^{a}0.582 \pm 0.051$	$^{a}0.578 \pm 0.027$	$^{a}0.639 \pm 0.005$
	6 (สิงหาคม 47)	$^{a}0.647 \pm 0.036$	$^{a}0.597 \pm 0.044$	$^{a}0.580 \pm 0.039$	$^{a}0.627 \pm 0.021$
	7 (ธันวาคม 47)	$^{a}0.508 \pm 0.037$	$^{ab}0.457 \pm 0.008$	$^{a}0.544 \pm 0.058$	$^{ab}0.541 \pm 0.084$
	8 (มิถุนายน 48)	$^{b}0.248 \pm 0.028^{b}$	$^{bc}0.257 \pm 0.027^{b}$	$^{b}0.320 \pm 0.026^{a}$	$^{bc}0.265 \pm 0.014^{b}$
	ค่าเฉลี่ย ครั้งที่ 1-7	0.479 ± 0.225	0.468 ± 0.198	0.447 ± 0.199	0.516 ± 0.214
ดินชั้นล่าง	1 (ธันวาคม 45)	$^{c}0.151 \pm 0.050$	$^{bc}0.300 \pm 0.277$	$^{b}0.128 \pm 0.028$	$^{c}0.123 \pm 0.058$
	2 (เมษายน 46)	$^{c}0.135 \pm 0.037$	$^{a}0.171 \pm 0.037$	$^{b}0.125 \pm 0.015$	$^{c}0.120 \pm 0.018$
	3 (สิงหาคม 46)	$^{c}0.620 \pm 0.132$	$^{a}0.578 \pm 0.036$	$^{a}0.548 \pm 0.140$	$^{ab}0.473 \pm 0.078$
	4 (ธันวาคม 46)	$^{ab}0.522 \pm 0.037$	$^{ab}0.512 \pm 0.057$	$^{a}0.538 \pm 0.046$	$^{b}0.446 \pm 0.046$
	5 (เมษายน 47)	$^{a}0.588 \pm 0.060$	$^{a}0.564 \pm 0.026$	$^{a}0.511 \pm 0.031$	$^{a}0.554 \pm 0.010$
	6 (สิงหาคม 47)	$^{a}0.579 \pm 0.062$	$^{a}0.561 \pm 0.027$	$^{a}0.509 \pm 0.017$	$^{a}0.566 \pm 0.011$
	7 (ธันวาคม 47)	$^{b}0.445 \pm 0.005$	$^{ab}0.418 \pm 0.032$	$^{a}0.488 \pm 0.067$	$^{ab}0.487 \pm 0.086$
	ค่าเฉลี่ย ครั้งที่ 1-7	0.439 ± 0.197	0.437 ± 0.195	0.420 ± 0.176	0.396 ± 0.188

หมายเหตุ ตัวอักษรมุมขวามือ (แนวนอน) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างสถานีเก็บตัวอย่าง อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
ตัวอักษรมุมซ้ายมือ (แนวตั้ง) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างช่วงเวลาเก็บตัวอย่าง อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

เนื้อดิน (Soil Texture)

เนื้อดินในระบบป่าปลูกใหม่ ทั้งดินชั้นบนและดินชั้นล่างเป็นดินเหนียว (clay) ในระบบป่าธรรมชาติ และแปลงควบคุมป่าธรรมชาติโดยทั่วไปพบว่าเนื้อดินมีการเปลี่ยนแปลงจาก ดินร่วนเหนียว (clay loam) เป็นดินเหนียวปนทราย (sandy clay) และดินเหนียว (clay) ตามลำดับ (ตารางที่ 7-7 ถึง 7-8)

หากเปรียบเทียบกับผลการศึกษาของกนกพร บุญส่งและคณะ (2543) ซึ่งได้ทำการศึกษาในระหว่างเดือนมิถุนายน 2542 ถึง เดือนกรกฎาคม 2543 พบว่า ดินในระบบป่าปลูกใหม่เป็นดินร่วนเหนียวปนทราย (sandy clay loam) ส่วนดินในระบบป่าธรรมชาติ และแปลงควบคุมป่าธรรมชาติเป็นดินร่วนปนทราย (sandy loam) ซึ่งในรายงานดังกล่าวได้ให้เหตุผลว่าบริเวณป่าชายเลนธรรมชาติซึ่งอยู่ใกล้ชายฝั่งมากกว่าจะมี % sand สูงกว่าระบบป่าปลูกใหม่ซึ่งเป็นบริเวณที่อยู่ลึกเข้าไปจากชายฝั่ง และในระบบป่าปลูกใหม่จะมี % clay สูงกว่าในป่าธรรมชาติ ทั้งนี้เพราะอนุภาค sand ซึ่งมีขนาดใหญ่จะมีน้ำหนักมากและตกทับถมบริเวณใกล้ชายฝั่ง ขณะที่ % clay และ silt ซึ่งมีขนาดเล็กและน้ำหนักเบาจะตกทับถมบริเวณไกลจากชายฝั่ง อย่างไรก็ตามปรากฏการณ์ดังกล่าวเกิดขึ้นเนื่องจากอิทธิพลทางอุทกพลศาสตร์ 2 กระบวนการ คือ การกระทำของคลื่นและกระแสน้ำขึ้นน้ำลง (Bosire et al., 2003)

สาเหตุที่เนื้อดินในการศึกษาครั้งนี้มีความแตกต่างจากการศึกษาของกนกพร บุญส่งและคณะ (2543) น่าจะเกี่ยวข้องกับการเพิ่มขึ้นของอินทรียวัตถุ และการไม่มีน้ำทะเลขึ้นลงตามธรรมชาติในพื้นที่ นอกจากนี้จากการศึกษายังชี้ให้เห็นถึงการสะสมอนุภาค clay ที่เพิ่มขึ้นซึ่งอาจมาจากสารแขวนลอยขนาดเล็กในน้ำเสีย

ตารางที่ 7-7 ประเภทเนื้อดินของดินในระบบป่าปลูกใหม่

ชั้นดิน	ครั้งที่	ระบบป่าปลูกใหม่			
		โปรง	**ถั่ว**	**แสมทะเล**	**โกงกาง**
ดินชั้นบน	1 (ธันวาคม 45)	clay	clay	clay	clay
	2 (เมษายน 46)	clay	clay	clay	clay
	3 (สิงหาคม 46)	clay	clay	clay	clay
	4 (ธันวาคม 46)	clay	clay	clay	clay
	5 (เมษายน 47)	clay	clay	clay	clay
	6 (สิงหาคม 47)	clay	clay	clay	clay
	7 (ธันวาคม 47)	clay	clay loam	clay loam	clay laom
	8 (มิถุนายน 48)	clay	clay	clay	clay
	ค่าเฉลี่ย ครั้งที่ 1-7	clay	clay	clay	clay
ดินชั้นล่าง	1 (ธันวาคม 45)	clay	clay	clay	clay
	2 (เมษายน 46)	clay	clay	clay	clay
	3 (สิงหาคม 46)	clay	clay	clay	clay
	4 (ธันวาคม 46)	clay	clay	clay	clay
	5 (เมษายน 47)	clay	clay	clay	clay
	6 (สิงหาคม 47)	clay	clay	clay	clay
	7 (ธันวาคม 47)	clay loam	clay loam	clay loam	clay loam
	ค่าเฉลี่ย ครั้งที่ 1-7	clay	clay	clay	clay

ตารางที่ 7-8 ประเภทเนื้อดินของดินในระบบป่าธรรมชาติและแปลงควบคุมป่าธรรมชาติ

ชั้นดิน	ครั้งที่	ระบบป่าธรรมชาติ		แปลงควบคุมป่าธรรมชาติ	
		50 ม. จาก inlet	**100 ม. จาก inlet**	**10 ม. จากคลอง**	**20 ม. จากคลอง**
ดินชั้นบน	1 (ธันวาคม 45)	clay loam	clay loam	clay loam	clay loam
	2 (เมษายน 46)	sandy clay	sandy clay	sandy clay	sandy clay
	3 (สิงหาคม 46)	sandy clay	clay loam	sandy clay	sandy clay
	4 (ธันวาคม 46)	clay	clay	clay	clay
	5 (เมษายน 47)	clay	clay	clay	clay
	6 (สิงหาคม 47)	clay	clay	clay	clay loam
	7 (ธันวาคม 47)	clay loam	clay loam	clay loam	clay loam
	8 (มิถุนายน 48)	clay loam	clay loam	clay	clay
	ค่าเฉลี่ย ครั้งที่ 1-7	clay	clay loam	clay	clay loam
ดินชั้นล่าง	1 (ธันวาคม 45)	clay	clay	clay loam	clay
	2 (เมษายน 46)	clay	sandy clay	clay	clay
	3 (สิงหาคม 46)	clay	sandy clay	clay loam	sandy clay
	4 (ธันวาคม 46)	clay	clay	clay	clay
	5 (เมษายน 47)	clay	clay	clay	clay
	6 (สิงหาคม 47)	clay	clay	clay	clay loam
	7 (ธันวาคม 47)	clay loam	clay loam	clay loam	clay loam
	ค่าเฉลี่ย ครั้งที่ 1-7	clay	clay	clay	clay

7.2 องค์ประกอบธาตุอาหารในใบ ในแปลง Pilot Scale

ตัวอย่างใบ ทำการสุ่ม 7 ครั้ง ในสถานีและช่วงเวลาเดียวกับการศึกษาด้านคุณภาพดิน (ครั้งที่ 8 เดือนมิถุนายน 2548 ภายหลังที่ระบบได้รับน้ำเสียประมาณ 6 เดือน ไม่ได้ทำการเก็บตัวอย่าง) โดยสุ่มตัวอย่างทั้งใบอ่อนและใบแก่ จากนั้นนำตัวอย่างใบมาผึ่งให้แห้งในที่ร่ม บดและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 0.5 มิลลิเมตร ก่อนนำไปวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ

ไนโตรเจนทั้งหมด (Total Nitrogen : TN)

ในระบบป่าปลูกใหม่ TN ที่ตรวจวิเคราะห์ได้มีค่าต่ำ โดยในใบโปรง ใบถั่ว ใบแสม และใบโกงกางมีค่าระหว่าง 11.090-14.058, 18.456-21.922, 15.865-19.574 และ 13.369-16.601 mg/g dry wt ตามลำดับ (ตารางที่ 7-9) ส่วนในระบบป่าธรรมชาติใบแสมมีค่า TN ระหว่าง 15.830-20.041 mg/g dry wt และแปลงควบคุมป่าธรรมชาติใบแสมมีค่า TN ระหว่าง 14.549-19.524 mg/g dry wt (ตารางที่ 7-10) ซึ่งจะเห็นว่าใบแสมในระบบป่าธรรมชาติมีค่าสูงกว่าในแปลงควบคุมป่าธรรมชาติเล็กน้อย อย่างไรก็ตามค่า TN ที่ตรวจวิเคราะห์ได้สอดคล้องกับรายงานของกนกพร บุญส่งและคณะ (2543) ซึ่งกล่าวว่า ใบแสมและใบถั่วมีการสะสม TN สูงกว่าใบโปรงและใบโกงกาง

เมื่อทำการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่า TN ในใบพืชระหว่างสถานีเก็บตัวอย่าง พบว่าระบบป่าปลูกใหม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ คือ ในใบถั่วจะมีการสะสม TN สูงที่สุด รองลงมา ได้แก่ ใบแสม ใบโกงกาง และใบโปรง ตามลำดับ ส่วนในระบบป่าธรรมชาติและแปลงควบคุมป่าธรรมชาติไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่มีแนวโน้มว่าใบแสมในระบบป่าธรรมชาติจะมีการสะสม TN สูงกว่าใบแสมในแปลงควบคุมป่าธรรมชาติ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะระบบป่าธรรมชาติได้รับน้ำเสียที่มีค่า TN สูง ดังนั้นพืชจึงสามารถดูดดึงไนโตรเจนไปสะสมไว้ที่ใบได้สูงกว่า

เมื่อทำการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่า TN ในใบพืชระหว่างช่วงเวลาเก็บตัวอย่าง พบว่า ระบบป่าปลูกใหม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ยกเว้นในใบถั่ว โดยในใบโกงกางและใบโปรงจะมีการสะสม TN สูงขึ้นตามช่วงเวลา แต่ในใบแสมมีแนวโน้มคงที่ ส่วนระบบป่าธรรมชาติและแปลงควบคุมป่าธรรมชาตินั้นมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญเช่นกัน (ยกเว้นระบบป่าธรรมชาติที่ระยะห่างจากปลายท่อนำน้ำเสียเข้า 50 เมตร) โดยที่ใบแสมในระบบป่าธรรมชาติจะมีการสะสม TN สูงขึ้นตามช่วงเวลา แต่ใบแสมในแปลงควบคุมป่าธรรมชาติมีแนวโน้มคงที่

ตารางที่ 7-9 ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (mg/g dry wt) ของใบพืชในระบบป่าปลูกใหม่

ครั้งที่	ระบบป่าปลูกใหม่			
	โปรง	**ถั่ว**	**แสมทะเล**	**โกงกาง**
1 (ธันวาคม 45)	$^{c}11.090 \pm 0.368^{c}$	21.922 ± 3.459^{a}	$^{d}15.865 \pm 0.536^{b}$	$^{ab}14.729 \pm 0.994^{b}$
2 (เมษายน 46)	$^{bc}11.850 \pm 0.684^{c}$	21.810 ± 0.502^{a}	$^{cd}16.094 \pm 0.601^{b}$	$^{a}16.256 \pm 1.549^{b}$
3 (สิงหาคม 46)	$^{bc}11.916 \pm 0.353^{c}$	18.801 ± 1.755^{a}	$^{bcd}16.593 \pm 0.890^{b}$	$^{b}13.369 \pm 1.116^{c}$
4 (ธันวาคม 46)	$^{a}14.058 \pm 1.733^{c}$	21.198 ± 1.721^{a}	$^{b}17.852 \pm 1.187^{b}$	$^{ab}14.855 \pm 1.184^{c}$
5 (เมษายน 47)	$^{ab}12.992 \pm 0.482^{c}$	18.911 ± 0.446^{a}	$^{bc}17.714 \pm 1.377^{a}$	$^{a}15.702 \pm 0.208^{b}$
6 (สิงหาคม 47)	$^{a}13.963 \pm 0.742^{c}$	20.233 ± 0.809^{a}	$^{bcd}16.845 \pm 0.565^{b}$	$^{a}15.711 \pm 0.471^{b}$
7 (ธันวาคม 47)	$^{a}13.617 \pm 0.840^{c}$	18.465 ± 1.484^{ab}	$^{a}19.574 \pm 0.571^{a}$	$^{a}16.601 \pm 1.146^{b}$
ค่าเฉลี่ย ครั้งที่ 1-7	12.784 ± 1.325	20.191 ± 2.027	17.219 ± 1.419	15.318 ± 1.356

ตารางที่ 7-10 ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (mg/g dry wt) ของใบพืชในระบบป่าธรรมชาติและแปลงควบคุมป่าธรรมชาติ

ครั้งที่	ระบบป่าธรรมชาติ		แปลงควบคุมป่าธรรมชาติ	
	50 ม. จาก inlet	**100 ม. จาก inlet**	**10 ม. จากแนวคลอง**	**20 ม. จากแนวคลอง**
1 (ธันวาคม 45)	15.830 ±1.928	$^{abc}18.308 \pm 1.881$	$^{a}17.217 \pm 1.458$	$^{abc}18.477 \pm 0.940$
2 (เมษายน 46)	16.537 ± 1.072	$^{c}16.938 \pm 1.017$	$^{a}17.755 \pm 1.240$	$^{ab}18.703 \pm 0.555$
3 (สิงหาคม 46)	16.175 ± 1.116	$^{c}16.759 \pm 1.530$	$^{a}17.826 \pm 0.987$	$^{abc}17.521 \pm 1.369$
4 (ธันวาคม 46)	17.640 ± 0.665	$^{bc}17.850 \pm 0.629$	$^{a}18.830 \pm 0.895$	$^{a}19.524 \pm 2.579$
5 (เมษายน 47)	17.657 ± 0.389^{ab}	$^{abc}18.580 \pm 0.480^{a}$	$^{b}15.093 \pm 1.129^{c}$	$^{bc}16.440 \pm 0.348^{b}$
6 (สิงหาคม 47)	17.985 ± 1.145^{b}	$^{a}20.041 \pm 0.615^{a}$	$^{a}17.428 \pm 1.5450^{b}$	$^{abc}17.221 \pm 0.487^{b}$
7 (ธันวาคม 47)	19.022 ± 1.941^{a}	$^{ab}19.583 \pm 0.993^{a}$	$^{b}14.549 \pm 0.974^{b}$	$^{c}16.220 \pm 0.543^{b}$
ค่าเฉลี่ย ครั้งที่ 1-7	17.264 ± 1.526	18.294 ± 1.506	16.960 ± 1.782	17.729 ± 1.544

หมายเหตุ ตัวอักษรมุมขวามือ (แนวนอน) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างสถานีเก็บตัวอย่าง อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
ตัวอักษรมุมซ้ายมือ (แนวตั้ง) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างช่วงเวลาเก็บตัวอย่าง อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ฟอสฟอรัสทั้งหมด (Total Phosphorus : TP)

ในระบบป่าปลูกใหม่ TP ที่ตรวจวิเคราะห์ได้มีความผันแปรตามช่วงฤดูกาลและตามชนิดพืช โดยในใบโปรง ใบถั่ว ใบแสม และใบโกงกางมีค่าระหว่าง 0.754-1.700, 1.282-2.706, 1.358-3.238 และ 0.695-1.687 mg/g dry wt ตามลำดับ (ตารางที่ 7-11) ส่วนในระบบป่าธรรมชาติ ใบแสมมีค่า TP ระหว่าง 1.412-2.690 mg/g dry wt และแปลงควบคุมป่าธรรมชาติ ใบแสมมีค่า TP ระหว่าง 1.366-2.839 mg/g dry wt (ตารางที่ 7-12) อย่างไรก็ตามค่า TP ที่ตรวจวิเคราะห์ได้สอดคล้องกับรายงานของกนกพร บุญส่งและคณะ (2543) ซึ่งกล่าวว่า ใบแสมมีการสะสม TP สูงกว่าใบถั่ว ใบโปรง และใบโกงกาง

ตารางที่ 7-11 ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด (mg/g dry wt) ของใบพืชในระบบป่าปลูกใหม่

ครั้งที่	ระบบป่าปลูกใหม่			
	โปรง	ถั่ว	แสมทะเล	โกงกาง
1 (ธันวาคม 45)	$^{c}0.754 \pm 0.043^{c}$	$^{b}1.436 \pm 0.058^{a}$	$^{b}1.379 \pm 0.111^{a}$	$^{ab}1.146 \pm 0.029^{b}$
2 (เมษายน 46)	$^{bc}0.870 \pm 0.567^{b}$	$^{b}1.310 \pm 0.038^{a}$	$^{b}1.358 \pm 0.154^{a}$	$^{ab}1.180 \pm 0.135^{a}$
3 (สิงหาคม 46)	$^{a}1.565 \pm 0.6147^{b}$	$^{ab}1.995 \pm 0.192^{a}$	$^{ab}1.972 \pm 0.128^{a}$	$^{b}0.695 \pm 0.317^{c}$
4 (ธันวาคม 46)	$^{a}1.700 \pm 0.323$	$^{a}2.706 \pm 1.160$	$^{a}3.033 \pm 1.328$	$^{a}1.611 \pm 0.640$
5 (เมษายน 47)	$^{bc}0.978 \pm 0.154$	$^{b}1.508 \pm 0.190$	$^{ab}2.293 \pm 1.112$	$^{a}1.557 \pm 0.291$
6 (สิงหาคม 47)	$^{bc}0.901 \pm 0.075^{d}$	$^{b}1.282 \pm 0.091^{c}$	$^{ab}1.941 \pm 0.160^{a}$	$^{a}1.565 \pm 0.158^{b}$
7 (ธันวาคม 47)	$^{b}1.158 \pm 0.064^{c}$	$^{b}1.789 \pm 0.085^{b}$	$^{a}3.238 \pm 0.476^{a}$	$^{a}1.687 \pm 0.205^{b}$
ค่าเฉลี่ย ครั้งที่ 1-7	1.132 ± 0.370	1.718 ± 0.612	2.174 ± 0.907	1.349 ± 0.428

ตารางที่ 7-12 ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด (mg/g dry wt) ของใบพืชในระบบป่าธรรมชาติและแปลงควบคุมป่าธรรมชาติ

ครั้งที่	ระบบป่าธรรมชาติ		แปลงควบคุมป่าธรรมชาติ	
	50 ม. จาก inlet	100 ม. จาก inlet	10 ม. จากแนวคลอง	20 ม. จากแนวคลอง
1 (ธันวาคม 45)	$^{c}1.412 \pm 0.676$	1.922 ± 0.319	$^{c}1.742 \pm 0.117$	$^{bc}1.916 \pm 0.303$
2 (เมษายน 46)	$^{bc}1.521 \pm 0.346$	2.371 ± 0.694	$^{b}2.099 \pm 0.119$	$^{c}1.748 \pm 0.057$
3 (สิงหาคม 46)	$^{abc}1.832 \pm 0.418$	1.733 ± 0.603	$^{b}2.235 \pm 0.383$	$^{a}2.839 \pm 0.410$
4 (ธันวาคม 46)	$^{ab}2.191 \pm 0.266^{b}$	2.690 ± 0.049^{a}	$^{a}2.665 \pm 0.043^{a}$	$^{b}2.187 \pm 0.175^{b}$
5 (เมษายน 47)	$^{ab}2.234 \pm 0.250$	1.796 ± 0.644	$^{d}1.373 \pm 0.169$	$^{c}1.595 \pm 0.036$
6 (สิงหาคม 47)	$^{ab}2.178 \pm 0.088^{a}$	1.620 ± 0.083^{b}	$^{d}1.360 \pm 0.096^{c}$	$^{c}1.573 \pm 0.050^{b}$
7 (ธันวาคม 47)	$^{a}2.430 \pm 0.271^{a}$	2.518 ± 0.091^{a}	$^{cd}1.595 \pm 0.097^{b}$	$^{c}1.750 \pm 0.060^{b}$
ค่าเฉลี่ย ครั้งที่ 1-7	1.971 ± 0.482	2.093 ± 0.548	1.867 ± 0.485	1.944 ± 0.4578

หมายเหตุ ตัวอักษรมุมขวามือ (แนวนอน) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างสถานีเก็บตัวอย่าง อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
ตัวอักษรมุมซ้ายมือ (แนวตั้ง) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างช่วงเวลาเก็บตัวอย่าง อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

เมื่อทำการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่า TP ในใบพืชระหว่างสถานีเก็บตัวอย่าง พบว่าระบบป่าปลูกใหม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ คือ ในใบแสมจะมีการสะสม TP สูงที่สุด รองลงมา ได้แก่ ใบถั่ว ใบโกงกาง และใบโปรง ตามลำดับ ทั้งนี้เพราะแสมทะเลมีระบบรากแบบ pneumatophores ทำให้สามารถดักจับและดูดซึมฟอสฟอรัสที่อยู่ในรูปของตะกอนได้ดี ส่วนในระบบป่าธรรมชาติและแปลงควบคุมป่าธรรมชาติไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่มีแนวโน้มว่าใบแสมในระบบป่าธรรมชาติจะมีการสะสม TP สูงกว่าใบแสมในแปลงควบคุมป่าธรรมชาติ เนื่องจากระบบป่าธรรมชาติมี % clay สูงกว่าแปลงควบคุมป่าธรรมชาติ

เมื่อทำการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่า TP ในใบพืชระหว่างช่วงเวลาเก็บตัวอย่าง พบว่า ระบบป่าปลูกใหม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยในใบโกงกางและใบแสมจะมีการสะสม TP สูงขึ้นตามช่วงเวลา แต่ในใบโปรงและใบถั่วมีแนวโน้มคงที่ ส่วนระบบป่าธรรมชาติและแปลงควบคุมป่าธรรมชาตินั้นมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญเช่นกัน (ยกเว้นระบบป่าธรรมชาติที่ระยะห่างจากปลายท่อนำน้ำเสียเข้า 100 เมตร) โดยที่ใบแสมในระบบป่าธรรมชาติที่ระยะห่างจากปลายท่อนำน้ำเสียเข้า 50 เมตร จะมีการสะสม TP สูงขึ้นตามช่วงเวลา แต่ใบแสมในแปลงควบคุมป่าธรรมชาติจะมีการสะสม TP ลดลงตามช่วงเวลา ทั้งนี้อาจเป็นเพราะว่าพืชมีการสูญเสียฟอสฟอรัสผ่านทางใบที่ร่วงหล่น กอปรกับการเพิ่มขึ้น % sand เนื่องจากแปลงควบคุมป่าธรรมชาติอยู่ใกล้ชายฝั่งทะเลมากที่สุด ทำให้ภายในระบบมีการสะสมฟอสฟอรัสลดลง เป็นผลให้พืชดูดดึงฟอสฟอรัสไปใช้ประโยชน์ได้ลดลงอีกทางหนึ่ง

7.3 สรุปประเด็นด้านสมบัติของดินและองค์ประกอบธาตุอาหารในใบ ในแปลง Pilot Scale

การติดตามการเปลี่ยนแปลงสมบัติของดินและองค์ประกอบธาตุอาหารในใบ ในระบบบำบัดน้ำเสียป่าชายเลน (ระบบป่าปลูกใหม่ และระบบป่าธรรมชาติ) เปรียบเทียบกับแปลงควบคุม (ป่าธรรมชาติ) มีข้อจำกัดในการศึกษาเนื่องจากทางโครงการฯ หยุดการใช้ระบบในการบำบัดน้ำเสีย มีเพียงการเปิดประตูระบายน้ำให้น้ำทะเลไหลเข้าสู่ระบบเพื่อให้พันธุ์ไม้สามารถเจริญเติบโตได้ ทำให้ผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นกับดินและการสะสมธาตุอาหารในใบของพันธุ์ไม้ในระบบเห็นได้ไม่ชัดเจนนัก การเปลี่ยนแปลงสมบัติของดินส่วนหนึ่งเป็นผลจากช่วงฤดูกาล อิทธิพลการขึ้นลงของน้ำทะเล และพันธุ์ไม้ในแต่ละบริเวณที่มีการเจริญเติบโตแตกต่างกัน อย่างไรก็ตามสามารถสรุปแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงดังนี้

สมบัติของดิน ในแปลง Pilot Scale

pH ของดินชั้นบนในระบบป่าปลูกใหม่และป่าธรรมชาติ มีค่าสูงกว่าระบบป่าธรรมชาติ ทั้งนี้เพราะในระบบป่าธรรมชาติพันธุ์ไม้มีขนาดใหญ่ มีเศษกิ่งไม้ใบไม้ปริมาณมาก ซึ่งการย่อยสลายจะทำให้เกิดกรด และมีแนวโน้มว่าในโซนที่ปลูกแสมและโกงกางมีค่า pH ต่ำกว่าโซนที่ปลูกโปรงและถั่ว ทั้งนี้เพราะพันธุ์ไม้ทั้งสองมีการเจริญเติบโตดีกว่าพันธุ์ไม้อื่น pH ของดินในแปลงควบคุมป่าธรรมชาติ มีค่าใกล้เคียงกับระบบป่าธรรมชาติและไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

ค่าการนำไฟฟ้าและความเค็มของดินชั้นบนในระบบป่าปลูกใหม่ต่ำกว่าระบบป่าธรรมชาติ เนื่องจากที่ตั้งของระบบป่าธรรมชาติอยู่ใกล้ชายฝั่งและได้รับอิทธิพลของน้ำทะเลมากกว่า ส่วนในแปลงควบคุมป่าธรรมชาติมีค่าการนำไฟฟ้าและความเค็มสูงกว่าระบบป่าธรรมชาติแต่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะที่ตั้งของแปลงควบคุมซึ่งอยู่เหลื่อมออกไปใกล้ชายฝั่งมากกว่า และมีการท่วมถึงของน้ำทะเลที่สม่ำเสมอกว่า ค่าการนำไฟฟ้าและความเค็มผันแปรตามช่วงเวลาที่ทำการเก็บตัวอย่าง โดยมีค่าสูงสุดในเดือนสิงหาคม 2547 และต่ำสุดในเดือนธันวาคม 2545

ปริมาณอินทรียวัตถุของดินชั้นบนในบริเวณระบบป่าปลูกใหม่ต่ำกว่าระบบป่าธรรมชาติ เนื่องจากพื้นของระบบป่าธรรมชาติมีการสะสมของเศษกิ่งไม้ใบไม้ซึ่งจะย่อยสลายได้อินทรียวัตถุสูงกว่า และมีแนวโน้มว่าในโซนที่ปลูกโกงกางมี

ค่าสูงกว่าโซนที่ปลูกพืชอื่น ทั้งนี้เพราะโกงกางเป็นพันธุ์ไม้ที่มีอัตราการเจริญเติบโตและมวลชีวภาพสูง ส่วนในแปลงควบคุมป่าธรรมชาติมีปริมาณอินทรียวัตถุสูงกว่าระบบป่าธรรมชาติ แต่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

เมื่อพิจารณาปริมาณอินทรียวัตถุของดินชั้นบน ภายหลังจากที่โครงการฯ ได้ปล่อยน้ำเสียชุมชนลงสู่ระบบเป็นระยะเวลาประมาณ 6 เดือน (มิถุนายน 2548) พบว่า ทั้งในระบบป่าปลูกใหม่ ระบบป่าธรรมชาติ และแปลงควบคุมป่าธรรมชาติมีแนวโน้มสูงขึ้น เพราะการปล่อยน้ำเสียชุมชนซึ่งมีสารอินทรีย์และธาตุอาหารสูงเข้าสู่ระบบ เป็นการเพิ่มสารอินทรีย์เข้าสู่ระบบโดยตรง

ปริมาณ TN ของดินชั้นบนในบริเวณระบบป่าปลูกใหม่ต่ำกว่าระบบป่าธรรมชาติ และมีแนวโน้มว่าในโซนที่ปลูกโกงกางมีค่า TN สูง ส่วนในแปลงควบคุมป่าธรรมชาติมีค่า TN ใกล้เคียงกับระบบป่าธรรมชาติและไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ หากเปรียบเทียบค่า TN ของดินชั้นบนในการศึกษาครั้งนี้ กับผลการศึกษาของกนกพร บุญส่ง และคณะ (2543) พบว่า การศึกษาครั้งนี้มีค่าสูงกว่า คาดว่าเป็นผลจากการที่พืชเจริญเติบโตขึ้น มีเศษกิ่งไม้ใบไม้ที่ร่วงหล่นสะสมที่พื้นมากขึ้น เป็นการเพิ่มอินทรียวัตถุ ซึ่งเมื่อย่อยสลายจะให้ TN และธาตุอาหารอื่นกับดิน ทำให้ดินมีความอุดมสมบูรณ์สูงขึ้น

เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่า TN ของดินชั้นบน ระหว่างช่วงเวลาเก็บตัวอย่าง พบว่า ค่า TN มีแนวโน้มค่อนข้างคงที่ นอกจากนี้ เมื่อพิจารณาค่า TN ของดินชั้นบน ภายหลังจากที่โครงการฯ ได้ปล่อยน้ำเสียชุมชนลงสู่ระบบเป็นระยะเวลาประมาณ 6 เดือน ไม่พบแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงที่ชัดเจน

ปริมาณ TP ของดินชั้นบนในบริเวณระบบป่าปลูกใหม่มีค่าใกล้เคียงกับระบบป่าธรรมชาติ และมีแนวโน้มว่าโซนที่ปลูกโปรงมี TP สูงกว่าโซนที่ปลูกพืชอื่น ทั้งนี้เพราะโซนดังกล่าวอยู่ใกล้กับปลายท่อนำน้ำเสียเข้าสู่ระบบมากที่สุด

หากเปรียบเทียบกับผลการศึกษาของกนกพร บุญส่งและคณะ (2543) พบว่า การศึกษาครั้งนี้มีค่าสูงกว่า ซึ่งคาดว่าเป็นผลจากการที่ระบบมีการสะสมและย่อยสลายอินทรียวัตถุสูง รวมทั้งดินในระบบได้สัมผัสกับน้ำเสียชุมชนที่มีสารประกอบฟอสฟอรัส ทำให้ดินดูดซับฟอสฟอรัสจากน้ำเสีย (ในช่วงที่ทางโครงการฯ ปล่อยน้ำเสียลงสู่ระบบ)

เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่า TP ในดินชั้นบนระหว่างช่วงเวลาเก็บตัวอย่าง พบว่า ทั้งระบบป่าปลูกใหม่ ระบบป่าธรรมชาติและแปลงควบคุมป่าธรรมชาติมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ คือ ค่า TP จะสูงขึ้นตามช่วงเวลา

เนื้อดินในระบบป่าปลูกใหม่ ทั้งดินชั้นบนและดินชั้นล่างเป็นดินเหนียว (clay) ในระบบป่าธรรมชาติ และแปลงควบคุมป่าธรรมชาติโดยทั่วไปพบว่าเนื้อดินมีการเปลี่ยนแปลงจาก ดินร่วนเหนียว (clay loam) เป็นดินเหนียวปนทราย (sandy clay) และดินเหนียว (clay) ตามลำดับ ชี้ให้เห็นถึงการสะสมอนุภาค clay ที่เพิ่มขึ้นซึ่งอาจมาจากสารแขวนลอยขนาดเล็กในน้ำเสีย

องค์ประกอบธาตุอาหารในใบ ในแปลง Pilot Scale

ในระบบป่าปลูกใหม่ถั่วจะมีการสะสม TN ในใบสูงที่สุด รองลงมา ได้แก่ แสมทะเล โกงกาง และโปรง ตามลำดับ และแสมทะเลในระบบป่าธรรมชาติมีการสะสม TN ในใบสูงกว่าในแปลงควบคุมป่าธรรมชาติเล็กน้อย ทั้งนี้อาจเป็นเพราะระบบป่าธรรมชาติได้รับน้ำเสียที่มีค่า TN สูง ดังนั้นพืชจึงสามารถดูดดึงไปสะสมไว้ได้สูงกว่า

เมื่อเปรียบเทียบค่า TN ในใบพืชระหว่างช่วงเวลาเก็บตัวอย่าง พบว่า ระบบป่าปลูกใหม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (ยกเว้นถั่ว) โดยโกงกางและโปรงจะมีการสะสม TN ในใบสูงขึ้นตามช่วงเวลา แต่ในแสมทะเลมีแนวโน้มคงที่ ส่วนระบบป่าธรรมชาติและแปลงควบคุมป่าธรรมชาตินั้นโดยทั่วไปมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญเช่นกัน โดยที่แสมทะเลในระบบป่าธรรมชาติจะมีการสะสม TN ในใบสูงขึ้นตามช่วงเวลา แต่แสมทะเลในแปลงควบคุมป่าธรรมชาติมีแนวโน้มการสะสม คงที่

ในระบบป่าปลูกใหม่ TP ในใบมีความผันแปรตามช่วงฤดูกาลและตามชนิดพืช พบว่า แสมทะเลมีการสะสม TP ในใบสูงกว่าถั่ว โปรง และโกงกาง ส่วนการสะสม TP ในใบแสมทะเลในระบบป่าธรรมชาติสูงกว่าในแปลงควบคุมป่าธรรมชาติเล็กน้อย

เมื่อเปรียบเทียบค่า TP ในใบพืชระหว่างช่วงเวลาเก็บตัวอย่าง พบว่า ระบบป่าปลูกใหม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยโกงกางและแสมทะเลจะมีการสะสม TP ในใบสูงขึ้นตามช่วงเวลา แต่โปรงและถั่วมีแนวโน้มคงที่ ส่วนระบบป่าธรรมชาติและแปลงควบคุมป่าธรรมชาตินั้นมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญเช่นกัน โดยที่แสมทะเลในระบบป่าธรรมชาติที่ระยะห่างจากปลายท่อนำน้ำเสียเข้า 50 เมตร จะมีการสะสม TP สูงขึ้นตามช่วงเวลา

บทที่ 8
ผลการศึกษาด้านสัตว์หน้าดิน ในแปลง Pilot Scale

เนื้อหาในบทที่ 8 จะประกอบด้วยผลการศึกษาด้านสัตว์หน้าดิน ในระบบพื้นที่ชุ่มน้ำป่าชายเลนที่ใช้บำบัดน้ำเสียและแปลงควบคุม ในโครงการที่ 2 โดยทำการเก็บตัวอย่างในช่วงเวลาและสถานีเก็บตัวอย่างเดียวกับการศึกษาด้านดิน กล่าวคือ เก็บตัวอย่างใน 3 บริเวณ คือ บริเวณที่ 1 ระบบบำบัดน้ำเสียป่าชายเลนปลูกใหม่ บริเวณที่ 2 ระบบบำบัดน้ำเสียป่าชายเลนธรรมชาติ และบริเวณที่ 3 แปลงควบคุมป่าธรรมชาติ ทุก 4 เดือน รวม 7 ครั้ง (ธันวาคม 2545; เมษายน สิงหาคม และธันวาคม 2546; เมษายน สิงหาคม และธันวาคม 2547) ซึ่งในช่วงเวลาดังกล่าวทางโครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ยอันเนื่องมาจากพระราชดำริไม่ได้ใช้ระบบพื้นที่ชุ่มน้ำป่าชายเลนในการบำบัดน้ำเสียเลย มีเพียงการเปิดประตูน้ำในช่วงน้ำขึ้นเพื่อให้น้ำท่วมขังระบบเป็นครั้งคราว แต่ต่อมาในเดือนมกราคม 2548 ทางโครงการฯได้เริ่มปล่อยน้ำเสียลงสู่ระบบพื้นที่ชุ่มน้ำ ดังนั้นจึงได้ทำการเก็บตัวอย่างสัตว์หน้าดินเพิ่มอีก 1 ครั้งในเดือนมิถุนายน 2548 ภายหลังจากที่ระบบบำบัดน้ำเสียป่าชายเลนได้รับน้ำเสียเป็นเวลาประมาณ 6 เดือน รวมการเก็บตัวอย่างสัตว์หน้าดินทั้งสิ้น 8 ครั้ง

ผลการศึกษาได้แบ่งเนื้อหาการนำเสนอดังนี้

8.1 ชนิดสัตว์หน้าดินในรอบปี
8.2 ความหลากหลายของสัตว์หน้าดินแต่ละชนิดในแต่ละช่วงเวลาเก็บตัวอย่าง
8.3 ปริมาณสัตว์หน้าดินในรอบปี
8.4 ปริมาณสัตว์หน้าดินในแต่ละช่วงเวลาเก็บตัวอย่าง
8.5 ปริมาณสัตว์หน้าดินจำแนกตามชนิดในรอบปี
8.6 ปริมาณสัตว์หน้าดินจำแนกตามชนิดในแต่ละช่วงเวลาเก็บตัวอย่าง
8.7 การกระจายของสัตว์หน้าดินแต่ละวงศ์ในแต่ละสถานีเก็บตัวอย่างในรอบปี
8.8 สรุปประเด็นด้านสัตว์หน้าดิน
8.9 สรุปและข้อเสนอแนะ

8.1 ชนิดสัตว์หน้าดินในรอบปี

จากการศึกษาสัตว์หน้าดินในพื้นที่ 3 บริเวณ คือ ระบบป่าชายเลนปลูกใหม่ ระบบป่าชายเลนธรรมชาติ และแปลงควบคุมป่าธรรมชาติ (ซึ่งไม่ได้ใช้ในการบำบัดน้ำเสีย) ระหว่างเดือนธันวาคม 2545 ถึง เดือนมิถุนายน 2458 พบสัตว์หน้าดินทั้งหมด 4 ไฟลัม (phylum) สามารถแยกอนุกรมวิธานได้ 7 ชั้น (class) 9 อันดับ (order) และ 23 วงศ์ (family) โดยมีสัตว์หน้าดินที่สามารถแยกได้ถึงระดับสกุล (genus) 5 สกุล และแยกถึงระดับชนิด (species)ได้ 8 ชนิด สัตว์หน้าดินที่พบในระดับวงศ์และอันดับ ประกอบด้วยสัตว์หน้าดินในชั้นไส้เดือนทะเล (Class Polychaeta) จำนวน 1 วงศ์ คือ Neridae สัตว์หน้าดินในชั้นไส้เดือน จำนวน 1 วงศ์ คือ Tubificidae สัตว์หน้าดินในชั้นหอยสองฝา จำนวน 1 สกุล สัตว์หน้าดินในชั้นหอยฝาเดียว จำนวน 2 อันดับ 9 วงศ์ สัตว์หน้าดินในชั้นกุ้งปู จำนวน 2 วงศ์ สัตว์หน้าดินในชั้นแมลงและตัวอ่อนแมลงน้ำ จำนวน 2 อันดับ 10 วงศ์ และสัตว์หน้าดินชนิดที่เป็นตัวอ่อนของปลา จำนวน 1 วงศ์ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

Phylum Annelida
- Class Polychaeta
  - Order Phylodocida
    - Family Neridae
- Class Oligochaeta
  - Order Plesiopora
    - Family Tubificidae

Phylum Mollusca
- Class Bivalvia
  - Order Vineroida
    - Family Solenidae
      - *Solen* sp.
- Class Gastropoda
  - Order Mesogastropoda
    - Unidentified
    - Family Viviparidae
    - Family Stenothyridae
      - *Stenothyra* sp.
    - Family Assimineidae
      - *Assiminea brevicula*
    - Family Thaiaridae
    - Family Potamididae
      - *Cerithidae cingulata*
    - Family Bithyniidae
      - *Bithynea* sp.
    - Family Pyramidellidae

- Order Basomatophora
  - Family Ellobiidae
    - *Melapus siamensis*
    - *Melapus* sp.
    - *Cassidula nucleus*
    - *Cassidula* sp.

Phylum Arthropoda

- Class Crustacea
  - Order Decapoda
    - Family Grapsidae
      - *Sesarma meridae*
      - *Veruna litterata*
    - Family Ocypodidae
- Class Insecta
  - Order Diptera
    - Family Ceratopogonidae
    - Family Chironomidae
    - Family Dolichopodidae
    - Family Tabanidae
    - Family Stratiomyidae
    - Family Empididae
    - Family Ephydridae
    - Family Tipulidae
    - Family Syphidae
  - Order Coleoptera
    - Family Hydrophilidae

Phylum Chordata

- Class Osteichthyes
  - Order Perciformes
    - Family Gobiidae
      - *Acantrogobius audex*

8.2 ความหลากหลายสัตว์หน้าดินแต่ละชนิดในแต่ละช่วงเวลาเก็บตัวอย่าง

ความหลากหลายของชนิดสัตว์หน้าดินในแต่ละบริเวณที่สุ่มตัวอย่างจากการสำรวจทั้งหมด 8 ครั้ง พบว่า ในเดือนธันวาคม 2545 พบชนิดสัตว์หน้าดินมากที่สุด คือ 15 ชนิด รองลงมา คือ เดือนเมษายน 2546 พบ 12 ชนิด และเดือนธันวาคม 2547 และมิถุนายน 2548 พบชนิดสัตว์หน้าดินเท่ากัน คือ 10 ชนิด ส่วนช่วงเดือนที่พบสัตว์หน้าดินน้อยที่สุด คือ เดือนสิงหาคม 2546 และเดือนเมษายน 2547 พบสัตว์หน้าดิน 8 ชนิด (ตารางที่ 8-1)

ชนิดสัตว์หน้าดินที่พบบ่อยที่สุด คือ สัตว์หน้าดินในวงศ์ Assimineidae และ Ellobiidae ซึ่งพบทุกช่วงเวลาของการสำรวจทั้ง 8 ครั้ง รองลงมา คือ สัตว์หน้าดินในวงศ์ Neridae และ Grapsidae สำรวจพบ 7 ครั้ง ส่วนกลุ่มสัตว์หน้าดินที่พบเพียง 1 ครั้ง คือ วงศ์ Tubificidae, Solenidae, Pyramidellidae, Ocypodidae, Ceratopogonidae, Ephydridae, Stratiomyidae, Syrphidae และ Gobiidae

จำนวนชนิดสัตว์หน้าดินในแต่ละบริเวณที่ทำการเก็บตัวอย่าง คือ ระบบป่าปลูกใหม่ ระบบป่าธรรมชาติ และแปลงควบคุมป่าธรรมชาติ พบว่า ระบบป่าปลูกใหม่ในโซนที่ปลูกโกงกางพบสัตว์หน้าดินมากชนิดที่สุด คือ 9 ชนิด รองลงมา คือ ระบบป่าธรรมชาติและแปลงควบคุมป่าธรรมชาติ ซึ่งพบสัตว์หน้าดินเท่ากัน คือ 8 ชนิด ส่วนบริเวณที่พบชนิดสัตว์หน้าดินน้อยที่สุด คือ ระบบป่าปลูกใหม่ในโซนที่ปลูกแสมซึ่งพบเพียง 6 ชนิด

สัตว์หน้าดินในอันดับหอยฝาเดียว ในวงศ์ Ellobiidae พบการกระจายตัวมากที่สุดคือพบใน 6 บริเวณที่สุ่มตัวอย่างจากทั้งหมด 8 บริเวณ คือ ระบบป่าปลูกใหม่ในโซนที่ปลูกแสมและโซนที่ปลูกโกงกาง ระบบป่าธรรมชาติ ที่ระยะ 50 และ 100 เมตร จากจุดปล่อยน้ำเสีย และแปลงควบคุมป่าธรรมชาติที่ระยะ 10 และ 20 เมตรจากแนวคลอง รองลงมา คือ สัตว์หน้าดินในวงศ์ Neridae สำรวจพบกระจายตัวใน 5 บริเวณ คือ ระบบป่าปลูกใหม่ในโซนที่ปลูกแสมและโซนที่ปลูกโกงกาง ระบบป่าธรรมชาติที่ระยะ 50 เมตรจากจุดปล่อยน้ำเสีย และแปลงควบคุมป่าธรรมชาติที่ระยะ 10 และ 20 เมตรจากแนวคลอง และสัตว์หน้าดินในวงศ์ Assimineidae พบกระจายตัวใน 5 บริเวณ คือ ระบบป่าปลูกใหม่ในโซนที่ปลูกถั่วและโซนที่ปลูกโกงกาง ระบบป่าธรรมชาติที่ระยะ 50 และ 100 เมตรจากจุดปล่อยน้ำเสีย และแปลงควบคุมป่าธรรมชาติที่ระยะ 10 และ 20 เมตรจากแนวคลอง

สัตว์หน้าดินในอันดับ Diptera ที่พบการกระจายตัวมากที่สุดคือ วงศ์ Dolicopodidae ซึ่งพบกระจายใน 6 บริเวณที่สุ่มตัวอย่าง คือ ระบบป่าปลูกใหม่ในโซนที่ปลูกโปรง ถั่ว แสม และโกงกาง ระบบป่าธรรมชาติที่ระยะ 50 เมตรจากจุดปล่อยน้ำเสีย และแปลงควบคุมป่าธรรมชาติที่ระยะ 20 เมตรจากแนวคลอง ส่วนสัตว์หน้าดินในอันดับ Diptera วงศ์อื่นๆ จะพบเฉพาะในระบบป่าปลูกใหม่เท่านั้น ซึ่งได้แก่ วงศ์ Ceratopogonidae, Chironomidae, Empididae, Ephydridae, Stratiomyidae, Hydrophilidae, Tipulidae และ Syrphidae ส่วนสัตว์หน้าดินในวงศ์ Tabanidae พบในระบบป่าธรรมชาติ แต่ไม่พบกระจายตัวในระบบป่าปลูกใหม่ (ตารางที่ 8-2)

ตารางที่ 8-1 ชนิดสัตว์หน้าดินที่พบในแต่ละช่วงเวลาของการสำรวจ ระหว่างเดือนธันวาคม 2545 - มิถุนายน 2548

ชนิดสัตว์หน้าดิน	ช่วงเดือนที่เก็บตัวอย่าง							
(Family)	ธันวาคม 45	เมษายน 46	สิงหาคม 46	ธันวาคม 46	เมษายน 47	สิงหาคม 47	ธันวาคม 47	มิถุนายน 48
Annelida								
Neridae	+	+		+	+	+	+	+
Tubificidae	+							
Mollusca								
Solenidae							+	
Unidentified							+	+
Viviparidae	+							
Stenothyridae	+	+						
Assimineidae	+	+	+	+	+	+	+	+
Thaiaridae	+	+			+	+	+	+
Bithyniidae	+		+					
Potamididae	+			+	+	+		+
Ellobiidae	+	+	+	+	+	+	+	+
Pyramidellidae								+
Arthropoda								
Grapsidae		+	+	+	+	+	+	+
Ocypodidae					+			
Ceratopogonidae		+						
Chironomidae	+	+	+	+			+	+
Dolicopodidae	+	+		+				
Tabanidae	+	+		+	+		+	+
Empididae	+					+	+	
Ephydridae	+							
Stratiomyidae			+					
Hydrophilidae	+	+	+			+		
Tipulidae		+	+					
Syrphidae						+		
Chordata								
Gobiidae				+				
รวม	15	12	8	9	8	9	10	10

หมายเหตุ + หมายถึง พบสัตว์หน้าดิน

ตารางที่ 8-2 ชนิดสัตว์หน้าดินที่พบในแต่ละบริเวณเก็บตัวอย่าง ระหว่างเดือนธันวาคม 2545 - มิถุนายน 2548

ชนิดสัตว์หน้าดิน (Family)	ระบบป่าปลูกใหม่				ระบบป่าธรรมชาติ		แปลงควบคุมป่าธรรมชาติ	
	โปรง	ถั่ว	แสม	โกงกาง	50 ม. จาก inlet	100 ม. จาก inlet	10 ม. จาก แนวคลอง	20 ม. จาก แนวคลอง
Annelida								
Neridae			+	+	+		+	+
Tubificidae				+				
Mollusca								
Solenidae				+				
Unidentified							+	+
Viviparidae					+			
Stenothyridae					+			
Assimineidae		+		+	+	+	+	
Thaiaridae			+			+	+	+
Bithyniidae						+		
Potamididae				+		+		
Ellobiidae			+	+	+	+	+	+
Pyramidellidae						+		
Arthropoda								
Grapsidae				+	+	+	+	+
Ocypodidae							+	
Ceratopogonidae	+	+						
Chironomidae	+		+					
Dolicopodidae	+	+	+	+	+			+
Tabanidae					+	+	+	+
Empididae	+	+		+				
Ephydridae	+	+						
Stratiomyidae		+						
Hydrophilidae	+	+						
Tipulidae			+					
Syrphidae	+							
Chordata								
Gobiidae								+
รวม	7	7	6	9	8	8	8	8

หมายเหตุ + หมายถึง พบสัตว์หน้าดิน

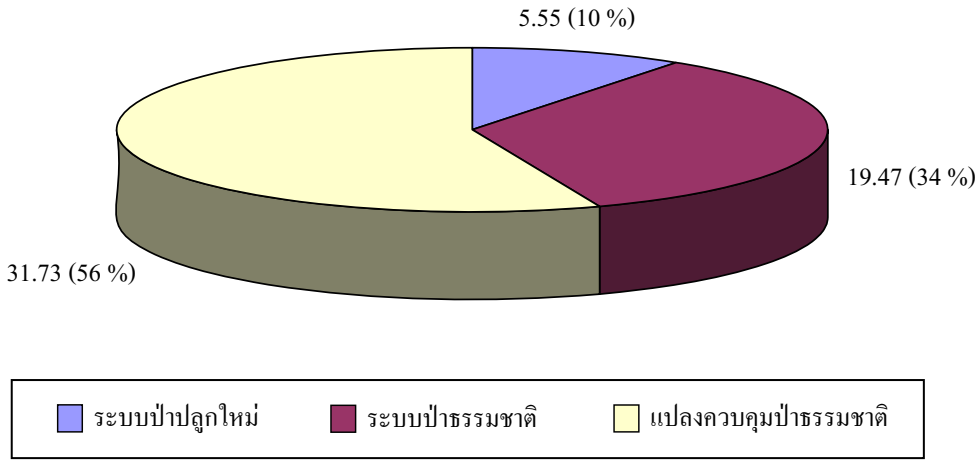
8.3 ปริมาณสัตว์หน้าดินในรอบปี

ปริมาณสัตว์หน้าดินในพื้นที่ศึกษาทั้ง 3 บริเวณ คือ ระบบป่าปลูกใหม่ ระบบป่าธรรมชาติ และแปลงควบคุมป่าธรรมชาติ จากการเก็บตัวอย่าง 8 ครั้ง จากครั้งละ 24 ตัวอย่าง รวมทั้งสิ้น 192 ตัวอย่าง โดยใช้ตารางสี่เหลี่ยมขนาด 0.5 x 0.5 เมตร พบว่า ปริมาณสัตว์หน้าดินเฉลี่ยในบริเวณป่าควบคุมธรรมชาติมีสูงสุด คือ 31.73 ตัว/ม^2 (ร้อยละ 55.91) รองลงมา คือ ระบบป่าธรรมชาติ 19.47 ตัว/ม^2 (ร้อยละ 34.30) และต่ำสุด คือ ในระบบป่าปลูกใหม่ 5.55 ตัว/ม^2 (ร้อยละ 9.79) ตามลำดับ (ตารางที่ 8-3 และรูปที่ 8-1)

ปริมาณสัตว์หน้าดินเฉลี่ยในแต่ละเดือนที่เก็บตัวอย่าง พบว่า เดือนธันวาคม 2545 พบปริมาณสัตว์หน้าดินเฉลี่ยสูงสุด คือ 38.58 ตัว/ม^2 รองลงมา คือ เดือนธันวาคม 2546 พบ 31.75 ตัว/ม^2 ส่วนเดือนที่พบสัตว์หน้าดินต่ำสุด คือ เดือนเมษายน 2546 ซึ่งมีปริมาณเฉลี่ย 8.25 ตัว/ม^2 (ตารางที่ 8-4)

ตารางที่ 8-3 ปริมาณสัตว์หน้าดินเฉลี่ย (ตัว/ม^2) ในระบบบำบัดน้ำเสียและแปลงควบคุม ระหว่างเดือนธันวาคม 2545 - มิถุนายน 2548

บริเวณที่เก็บตัวอย่าง	ปริมาณสัตว์หน้าดินเฉลี่ย (ตัว/ม^2)			เฉลี่ย
	ธันวาคม 45 - ธันวาคม 46	เมษายน 47 - ธันวาคม 47	มิถุนายน 48	
ระบบป่าปลูกใหม่	9.88	6.45	0.33	5.55
ระบบป่าธรรมชาติ	25.00	10.85	22.56	19.47
แปลงควบคุมป่าธรรมชาติ	47.50	32.42	15.29	31.73
เฉลี่ย	27.37	16.58	12.72	56.75



รูปที่ 8-1 สัดส่วนความชุกชุมของสัตว์หน้าดินในแต่ละบริเวณในระบบบำบัดน้ำเสียและแปลงควบคุม ระหว่างเดือนธันวาคม 2545 - มิถุนายน 2548

8.4 ปริมาณสัตว์หน้าดินในแต่ละช่วงเวลาเก็บตัวอย่าง

ในช่วงที่ไม่มีการปล่อยน้ำเสียเข้าระบบ (เดือนธันวาคม 2545 – ธันวาคม 2547) พบว่า ในเดือนธันวาคม 2545 มีปริมาณสัตว์หน้าดินเฉลี่ยสูงสุด คือ 38.58 ตัว/ม^2 โดยพบในระบบป่าปลูกใหม่ ระบบป่าธรรมชาติ และแปลงควบคุมป่าธรรมชาติ จำนวน 23.75, 39 และ 53 ตัว/ม^2 ตามลำดับ ขณะที่ในเดือนเมษายน 2546 พบว่า มีปริมาณสัตว์หน้าดินเฉลี่ยต่ำสุด คือ 8.25 ตัว/ม^2 โดยพบในระบบป่าปลูกใหม่ ระบบป่าธรรมชาติ และแปลงควบคุมป่าธรรมชาติ จำนวน 2.75, 11 และ 11 ตัว/ม^2 ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นแนวโน้มว่า สัตว์หน้าดินในแปลงควบคุมป่าธรรมชาติจะมีปริมาณสูงสุด รองลงมา คือ ระบบป่าธรรมชาติ และระบบป่าปลูกใหม่ ตามลำดับ

ส่วนปริมาณสัตว์หน้าดินในเดือนมิถุนายน 2548 ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่มีการปล่อยน้ำเสียลงระบบเพื่อบำบัด พบว่า มีปริมาณสัตว์หน้าดินเฉลี่ยค่อนข้างต่ำ คือ 12.72 ตัว/ม^2 โดยในระบบป่าปลูกใหม่จะพบปริมาณต่ำสุด คือ 0.33 ตัว/ม^2 (ตารางที่ 8-4)

ตารางที่ 8-4 ปริมาณสัตว์หน้าดินเฉลี่ย (ตัว/ม^2) ในแต่ละเดือนที่เก็บข้อมูล ระหว่างเดือนธันวาคม 2545 - มิถุนายน 2548

ครั้งที่	ระบบป่าปลูกใหม่	ระบบป่าธรรมชาติ	แปลงควบคุมป่าธรรมชาติ	เฉลี่ย
1 (ธันวาคม 45)	23.75	39	53	38.58
2 (เมษายน 46)	2.75	11	11	8.25
3 (สิงหาคม 46)	4.75	17.5	70	30.75
4 (ธันวาคม 46)	7.75	32.5	55	31.75
5 (เมษายน 47)	3.65	15.27	43.4	20.74
6 (สิงหาคม 47)	3.99	12.64	37.37	17.98
7 (ธันวาคม 47)	11.74	4.66	16.66	11.02
8 (มิถุนายน 48)	0.33	22.56	15.29	12.72

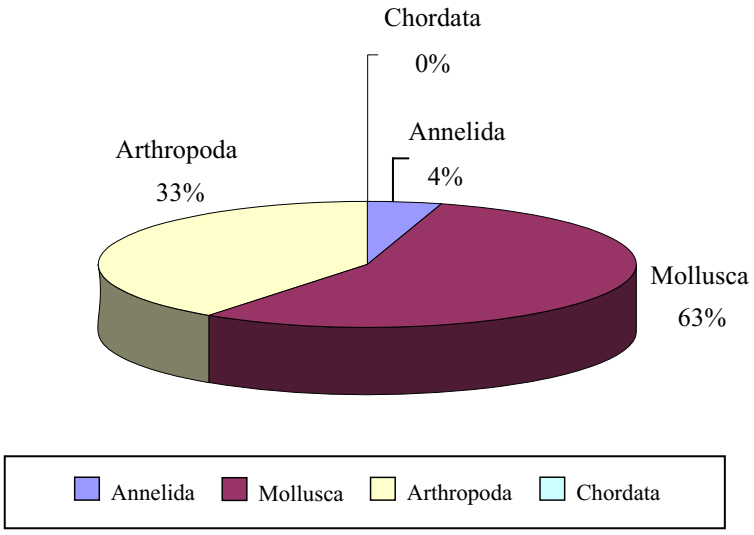
8.5 ปริมาณสัตว์หน้าดินจำแนกตามชนิดในรอบปี

ปริมาณสัตว์หน้าดินเฉลี่ยจำแนกตามชนิดในแต่ละ Phylum ตลอดช่วงระยะเวลาเก็บข้อมูล พบว่า สัตว์หน้าดินใน Phylum Mollusca มีปริมาณเฉลี่ยสูงสุด คือ 35.42 ตัว/ม^2 (ร้อยละ 62.36) รองลงมา คือ สัตว์หน้าดินใน Phylum Arthropoda มีปริมาณเฉลี่ย 19 ตัว/ม^2 (ร้อยละ 33.46) Phylum Annelida มีปริมาณเฉลี่ย 2.31 ตัว/ม^2 (ร้อยละ 4.06) และต่ำสุด คือ Phylum Chordata มีปริมาณเฉลี่ย 0.07 ตัว/ม^2 (ร้อยละ 0.12) (รูปที่ 8-2)

8.6 ปริมาณสัตว์หน้าดินจำแนกตามชนิดในแต่ละช่วงเวลาเก็บตัวอย่าง

ปริมาณสัตว์หน้าดินจำแนกตาม Phylum ในช่วงที่ไม่มีการปล่อยน้ำเสียเข้าระบบ (เดือนธันวาคม 2545 – ธันวาคม 2547) พบว่า เดือนธันวาคม 2545 พบสัตว์หน้าดินใน Phylum Annelida และ Arthropoda สูงสุด โดยมีปริมาณเฉลี่ย เท่ากับ 1.66 ตัว/ม^2 (ร้อยละ 4.47) และ 14.91 ตัว/ม^2 (ร้อยละ 40.05) ตามลำดับ และเดือนธันวาคม 2546 พบสัตว์หน้าดินใน Phylum Mollusca สูงสุด โดยมีปริมาณเฉลี่ย เท่ากับ 22.41 ตัว/ม^2 (ร้อยละ 67.87) ส่วนสัตว์หน้าดินใน Phylum Chordata พบเฉพาะในเดือนธันวาคม 2546 เท่านั้น โดยมีปริมาณเฉลี่ย เท่ากับ 0.16 ตัว/ม^2 (ร้อยละ 0.53) ซึ่งโดยทั่วไปสัตว์หน้าดินใน Phylum Mollusca จะมีปริมาณสูงสุด รองลงมาคือ Phylum Arthropoda และ Annelida ตามลำดับ

ส่วนปริมาณสัตว์หน้าดินในเดือนมิถุนายน 2548 ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่มีการปล่อยน้ำเสียลงระบบเพื่อบำบัด พบว่ามีปริมาณสัตว์หน้าดินใน Phylum Mollusca สูงสุด โดยมีปริมาณเฉลี่ย เท่ากับ 6.62 ตัว/ม^2 (ร้อยละ 52.06) รองลงมาคือ Phylum Arthropoda 5.88 ตัว/ม^2 (ร้อยละ 46.21) และต่ำสุด คือ Phylum Annelida 0.22 ตัว/ม^2 (ร้อยละ 1.73) (ตารางที่ 8-5 และรูปที่ 8-3)

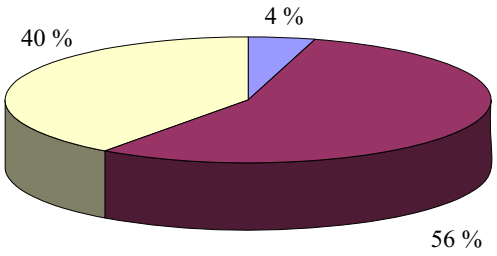


รูปที่ 8-2 สัดส่วนร้อยละของสัตว์หน้าดินจำแนกตาม Phylum ระหว่างเดือนธันวาคม 2545 – มิถุนายน 2548

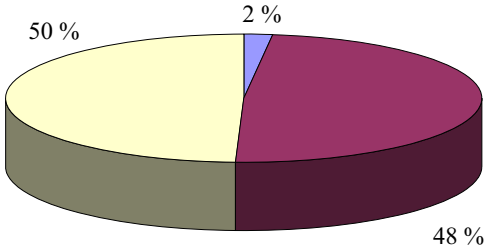
ตารางที่ 8-5 ปริมาณสัตว์หน้าดินเฉลี่ย (ตัว/ม^2) จำแนกตาม Phylum ระหว่างเดือนธันวาคม 2545 - มิถุนายน 2548

ครั้งที่	Annelida	Mollusca	Arthropoda	Chordata
1 (ธันวาคม 45)	1.66 (4.47)	20.6 (55.48)	14.91(40.05)	0 (0.00)
2 (เมษายน 46)	0.16 (2.02)	4.00(48.48)	4.08 (49.50)	0 (0.00)
3 (สิงหาคม 46)	0 (0.00)	26.00 (84.55)	4.75 (15.45)	0 (0.00)
4 (ธันวาคม 46)	1.58 (4.93)	22.41(69.87)	7.91(24.67)	0.16 (0.53)
5 (เมษายน 47)	1.11(5.35)	16.30 (78.66)	3.31(15.99)	0 (0.00)
6 (สิงหาคม 47)	1.11(6.18)	10.99 (61.10)	5.88 (32.72)	0 (0.00)
7 (ธันวาคม 47)	0.47 (4.27)	3.33 (30.22)	7.21(65.51)	0 (0.00)
8 (มิถุนายน 48)	0.22 (1.73)	6.62 (52.06)	5.88 (46.21)	0 (0.00)

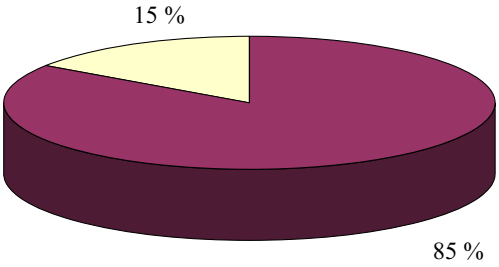
หมายเหตุ ตัวเลขในวงเล็บแสดงค่าร้อยละ



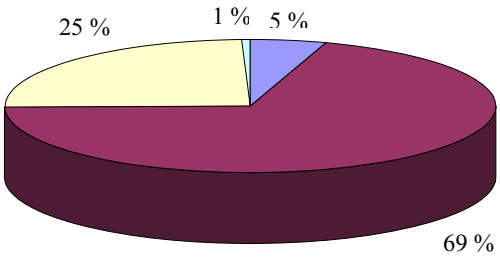
(ก) ธันวาคม 2545



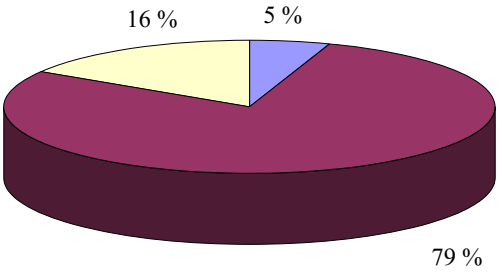
(ข) เมษายน 2546



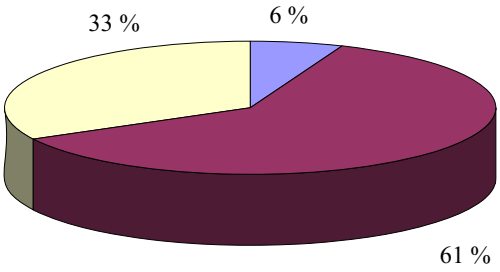
(ค) สิงหาคม 2546



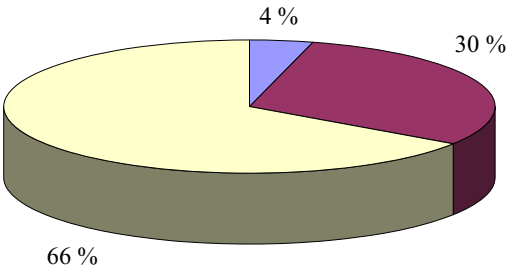
(ง) ธันวาคม 2546



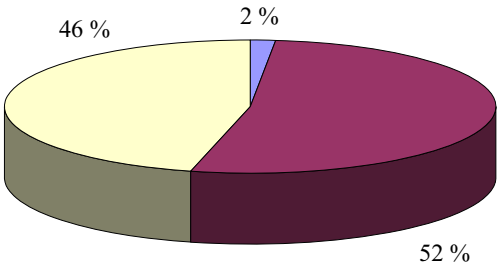
(จ) เมษายน 2547



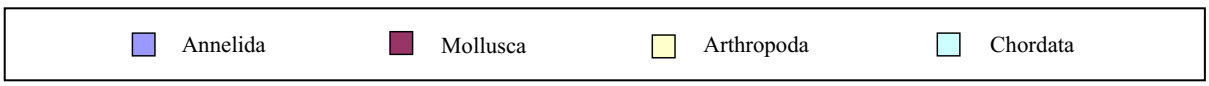
(ฉ) สิงหาคม 2547



(ช) ธันวาคม 2547



(ซ) มิถุนายน 2548



รูปที่ 8-3 สัดส่วนร้อยละของสัตว์หน้าดินจำแนกตามรายเดือน

เมื่อพิจารณาสัตว์หน้าดินในแต่ละวงศ์ พบว่า สัตว์หน้าดินที่พบสูงสุด คือ สัตว์หน้าดินจำพวกหอยฝาเดียว ในวงศ์ Assimineidae ซึ่งมีปริมาณเฉลี่ย 19.36 ตัว/ม^2 (ร้อยละ 32.93) รองลงมา คือ สัตว์หน้าดินจำพวกหอยฝาเดียวในวงศ์ Ellobiidae มีปริมาณเฉลี่ย 11.48 ตัว/ม^2 (ร้อยละ 19.53) ส่วนสัตว์หน้าดินที่พบต่ำสุด คือ สัตว์หน้าดินจำพวกหอยสองฝาในวงศ์ Solenidae ซึ่งมีปริมาณเฉลี่ย 0.04 ตัว/ ม^2 (ร้อยละ 0.07) นอกจากนี้ สัตว์หน้าดินจำพวกไส้เดือน วงศ์ Tubificidae ปู วงศ์ Ocypodidae (ปูก้ามดาบ) และปลาวัยอ่อน วงศ์ Gobiidae พบในปริมาณค่อนข้างต่ำ โดยมีปริมาณเฉลี่ย 0.07, 0.08 และ 0.06 ตัว/ม^2 หรือคิดเป็นร้อยละ 0.12, 0.14 และ 0.10 ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาตาม Phylum จะพบว่า ใน Phylum Annelida จะพบสัตว์หน้าดินในวงศ์ Neridae (ไส้เดือนทะเล) เป็นกลุ่มเด่น โดยมีปริมาณเฉลี่ย 2.24 ตัว/ม^2 (ร้อยละ 3.95) ส่วนใน Phylum Arthropoda พบว่า มีสัตว์หน้าดินที่เป็นชนิดเด่นอยู่ 2 กลุ่ม คือ กลุ่มปู จะพบปูในวงศ์ Grapsidae (ปูแสมและปูจาก) และวงศ์ Ocypodidae (ปูก้ามดาบ) โดยมีปริมาณเฉลี่ย 7.20 และ 0.08 ตัว/ม^2 หรือคิดเป็นร้อยละ 12.24 และ 0.14 ตามลำดับ และกลุ่มตัวอ่อนแมลงน้ำจะพบอันดับ Diptera วงศ์ Chironomidae และ อันดับ Coleoptera วงศ์ Hydrophilidae เป็นกลุ่มเด่น โดยมีปริมาณเฉลี่ย 2.61 และ 3.64 ตัว/ม^2 หรือคิดเป็นร้อยละ 4.43 และ 6.18 ตามลำดับ (ตารางที่ 8-6)

8.7 การกระจายของสัตว์หน้าดินแต่ละวงศ์ในแต่ละสถานีเก็บตัวอย่างในรอบปี

ชนิดสัตว์หน้าดินในแต่ละบริเวณที่ทำการเก็บตัวอย่าง พบว่า ในระบบป่าปลูกใหม่ สัตว์หน้าดินที่พบสูงสุด คือ วงศ์ Chironomidae มีปริมาณเฉลี่ย 2.22 ตัว/ม^2 (ร้อยละ 29.64) รองลงมา คือ สัตว์หน้าดินในวงศ์ Hydrophilidae และ Dolichopodidae มีปริมาณเฉลี่ย 1.5 ตัว/ม^2 (ร้อยละ 20.08) และ 1.34 ตัว/ม^2 (ร้อยละ 17.87) ตามลำดับ

ในระบบป่าธรรมชาติจะพบสัตว์หน้าดินในวงศ์ Ellobiidae เป็นชนิดเด่น โดยมีปริมาณเฉลี่ย 5.13 ตัว/ม^2 (ร้อยละ 27.28) รองลงมา คือ สัตว์หน้าดินในวงศ์ Assimineidae และ Grapsidae มีปริมาณเฉลี่ย 3.18 ตัว/ม^2 (ร้อยละ 16.90) และ 2.99 ตัว/ม^2 (ร้อยละ 15.91) ตามลำดับ นอกจากนี้ พบว่า ในระบบป่าธรรมชาติมีการกระจายตัวของสัตว์หน้าดินในชั้น Insecta อยู่บ้างแต่ไม่ชุกชุมเท่าในระบบป่าปลูกใหม่ โดยสัตว์หน้าดินในอันดับ Diptera ที่พบส่วนใหญ่ อยู่ในวงศ์ Tabanidae มีปริมาณเฉลี่ย 0.65 ตัว/ม^2 (ร้อยละ 3.63) และ สัตว์หน้าดินในอันดับ Coleoptera ที่พบสูงสุด คือ สัตว์หน้าดินในวงศ์ Hydrophilidae ซึ่งมีปริมาณเฉลี่ย 2.12 ตัว/ม^2 (ร้อยละ 11.28)

สำหรับในแปลงควบคุมป่าธรรมชาติ สัตว์หน้าดินที่พบสูงสุด คือ วงศ์ Assimineidae มีปริมาณเฉลี่ย 16.04 ตัว/ม^2 (ร้อยละ 52.65) รองลงมา คือ วงศ์ Ellobiidae และ Grapsidae (ปูแสม และปูจาก) โดยมีปริมาณเฉลี่ย 6.06 ตัว/ม^2 (ร้อยละ 19.89) และ 4.16 ตัว/ม^2 (ร้อยละ 13.66) ตามลำดับ

อย่างไรก็ตาม เป็นที่น่าสังเกตว่าสัตว์หน้าดินในวงศ์ Neridae จะพบในทุกบริเวณที่ทำการศึกษา โดยจะพบสูงสุดในแปลงควบคุมป่าธรรมชาติ มีปริมาณเฉลี่ย 1.29 ตัว/ม^2 (ร้อยละ 4.23) รองลงมา คือ ระบบป่าธรรมชาติ มีปริมาณเฉลี่ย 0.76 ตัว/ม^2 (ร้อยละ 4.08) และต่ำสุดในระบบป่าปลูกใหม่ มีปริมาณเฉลี่ย 0.18 ตัว/ม^2 (ร้อยละ 2.48) (ตารางที่ 8-6 ถึง 8-7)

ตารางที่ 8-6 ปริมาณสัตว์หน้าดินเฉลี่ย (ตัว/ม^2) จำแนกตามชนิด บริเวณระบบบำบัดน้ำเสียและแปลงควบคุม ระหว่างเดือนธันวาคม 2545 - มิถุนายน 2548

ชนิดสัตว์หน้าดิน	ระบบป่าปลูกใหม่	ระบบป่าธรรมชาติ	แปลงควบคุมป่าธรรมชาติ	รวม	ร้อยละ
Annelida					
Neridae	0.18	0.76	1.29	2.24	3.95
Tubificidae	0.07	0	0	0.07	0.10
Mollusca					
Viviparidae	0	0.19	0	0.19	0.32
Stenothyridae	0	0.13	0	0.13	0.21
Assimineidae	0.15	3.18	16.04	19.36	32.93
Thaiaridae	0.06	0.48	0.56	1.20	1.87
Bithyniidae	0	0.44	0.44	0.88	1.49
Potamididae	0.21	1.56	0.06	1.83	3.12
Ellobiidae	0.29	5.14	6.06	11.49	19.54
Pyramidellidae	0	0.08	0	0.08	0.14
Solenidae	0.04	0	0	0.04	0.07
Unidentified	0	0	0.33	0.33	0.56
Arthropoda					
Grapsidae	0.04	3	4.16	7.20	12.24
Ocypodidae	0	0	0.08	0.08	0.14
Ceratopogonidae	0.03	0	0	0.03	0.05
Chironomidae	2.23	0.38	0	2.61	4.43
Dolicopodidae	1.34	0.31	0	1.65	2.82
Tabanidae	0	0.69	1.37	2.06	3.50
Empididae	0.44	0	0	0.44	0.74
Ephydridae	0.36	0	0	0.36	0.64
Stratiomyidae	0.16	0.31	0	0.47	0.79
Hydrophilidae	1.51	2.13	0	3.64	6.18
Tipulidae	0.06	0.06	0	0.12	0.21
Syrphidae	0.33	0	0	0.33	0.57
Chordata					
Gobiidae	0	0	0.06	0.06	0.10

ตารางที่ 8-7 ปริมาณสัตว์หน้าดินเฉลี่ย (ตัว/ม^2) และค่าร้อยละจำแนกตามชนิด บริเวณระบบบำบัดน้ำเสียและแปลงควบคุมป่าธรรมชาติ ระหว่างเดือนธันวาคม 2545 - มิถุนายน 2548

ชนิดสัตว์หน้าดิน	ระบบป่าปลูกใหม่		ระบบป่าธรรมชาติ		แปลงควบคุมป่าธรรมชาติ	
	ปริมาณเฉลี่ย	ร้อยละ	ปริมาณเฉลี่ย	ร้อยละ	ปริมาณเฉลี่ย	ร้อยละ
Annelida						
Neridae	0.18	2.48	0.76	4.08	1.29	4.23
Tubificidae	0.07	0.83	0	0	0	0
Mollusca						
Viviparidae	0	0	0.19	0.99	0	0
Stenothyridae	0	0	0.13	0.66	0	0
Assimineidae	0.15	1.93	3.18	16.90	16.04	52.65
Thaiaridae	0.06	0.83	0.48	2.54	0.56	1.82
Bithyniidae	0	0	0.44	2.32	0.44	1.43
Potamididae	0.21	2.76	1.56	8.27	0.06	0.20
Ellobiidae	0.29	3.86	5.14	27.28	6.06	19.89
Pyramidellidae	0	0	0.08	0.44	0	0
Solenidae	0.04	0.55	0	0	0	0
Unidentified	0	0	0	0	0.33	1.09
Arthropoda						
Grapsidae	0.04	0.55	3.00	15.91	4.16	13.66
Ocypodidae	0	0	0	0	0.08	0.27
Ceratopogonidae	0.03	0.41	0	0	0	0
Chironomidae	2.23	29.64	0.38	1.99	0	0
Dolicopodidae	1.34	17.87	0.31	1.65	0	0
Tabanidae	0	0	0.69	3.63	1.37	4.51
Empididae	0.44	5.81	0	0	0	0
Ephydridae	0.36	4.98	0	0	0	0
Stratiomyidae	0.16	2.07	0.31	1.65	0	0
Hydrophilidae	1.51	20.08	2.13	11.28	0	0
Tipulidae	0.06	0.83	0.06	0.33	0	0
Syrphidae	0.33	4.43	0	0	0	0
Chordata						
Gobiidae	0	0	0	0	0.06	0.20

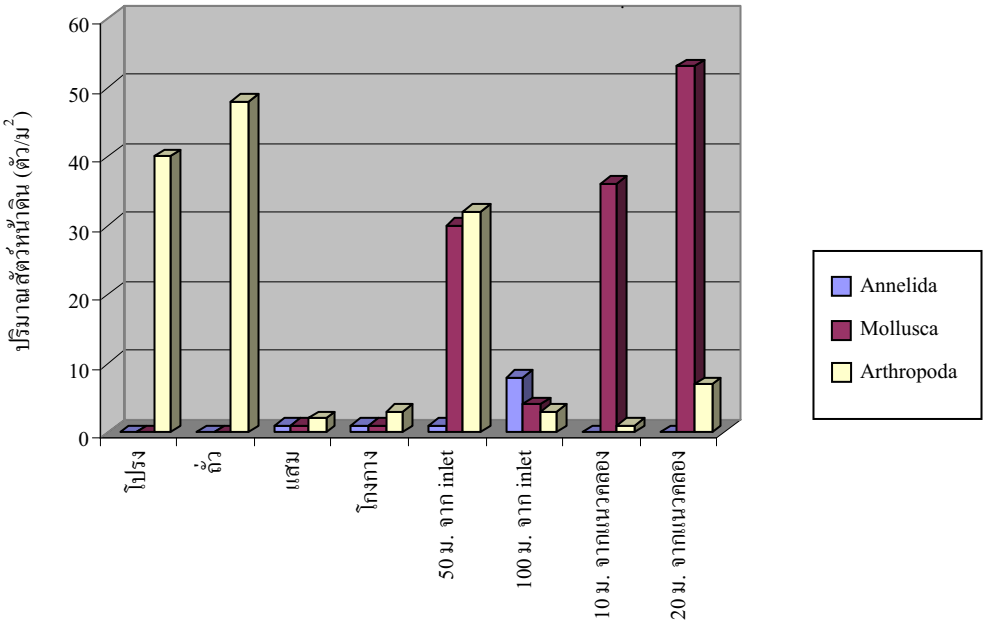
สำหรับปริมาณสัตว์หน้าดินเมื่อจำแนกตามชนิดในแต่ละครั้งที่ทำการเก็บตัวอย่าง (ตารางที่ จ 1 ถึง จ 8 ภาคผนวก จ และรูปที่ 8-4) พบว่า ในช่วงที่ไม่มีการปล่อยน้ำเสียเข้าระบบ (เดือนธันวาคม 2545 - ธันวาคม 2547) ปริมาณสัตว์หน้าดินจะพบสูงสุดในเดือนธันวาคม 2545 (272 ตัว/ม^2) ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นสัตว์หน้าดินในวงศ์ Hydrophilidae ร้อยละ 24.26 รองลงมา คือ วงศ์ Assimineidae ร้อยละ 21.69 (ตารางที่ 8-8) โดยสัตว์หน้าดินในระบบป่าปลูกใหม่ส่วนใหญ่จะพบในโซนที่ปลูกโปรง และถั่ว ซึ่งจะพบสัตว์หน้าดินในชั้น Insecta เท่านั้น โดยในโซนที่ปลูกโปรงจะพบสัตว์หน้าดินในวงศ์ Dolicopodidae สูงสุด โดยปริมาณเฉลี่ย 19 ตัว/ม^2 และในโซนที่ปลูกถั่วจะพบสัตว์หน้าดินในวงศ์ Hydrophilidae สูงสุด โดยมีปริมาณเฉลี่ย 23 ตัว/ม^2 สำหรับในระบบป่าธรรมชาติ พบการกระจายตัวของสัตว์หน้าดินใน 3 Phylum คือ Annelida, Mollusca และ Arthropoda โดยที่ระยะ 50 เมตรจากจุดปล่อยน้ำเสีย จะพบสัตว์หน้าดินในวงศ์ Ellobiidae และ Hydrophilidae สูงสุด มีปริมาณเฉลี่ยเท่ากัน คือ 27 ตัว/ม^2 ขณะที่ระยะ 100 เมตรจากจุดปล่อยน้ำเสีย จะพบสัตว์หน้าดินในปริมาณที่ต่ำกว่า โดยจะพบสูงสุดในวงศ์ Neridae ซึ่งมีปริมาณเฉลี่ย เท่ากับ 8 ตัว/ม^2 และพบกลุ่มหอยฝาเดียวเพียงเล็กน้อย ส่วนสัตว์หน้าดินที่พบสูงสุดในแปลงป่าควบคุมธรรมชาติ คือ หอยฝาเดียวในวงศ์ Assimineidae ซึ่งมีปริมาณเฉลี่ย 58 ตัว/ม^2 โดยพบที่ระยะ 10 เมตร และ 20 เมตรจากแนวคลอง 25 และ 35 ตัว/ม^2 ตามลำดับ ส่วนในPhylum อื่น พบวงศ์ Grapsidae (ปูแสมและปูจาก) กระจายตัวเพียงเล็กน้อย

ส่วนในเดือนเมษายน 2546 ซึ่งมีปริมาณสัตว์หน้าดินต่ำสุด (55 ตัว/ม^2) พบว่า สัตว์หน้าดินส่วนใหญ่จะอยู่ในวงศ์ Assimineidae ร้อยละ 60.86 รองลงมา คือ วงศ์ Grapsidae ร้อยละ 17.37 ซึ่งเมื่อพิจารณาการกระจายตัวในแต่ละบริเวณ พบว่า ในระบบป่าปลูกใหม่จะพบสัตว์หน้าดินค่อนข้างน้อย และส่วนใหญ่พบการกระจายตัวของสัตว์หน้าดินในชั้น Insecta โดยโซนที่ปลูกแสมจะมีปริมาณสัตว์หน้าดินเฉลี่ยสูงสุด (5 ตัว/ม^2) ซึ่งจะพบสัตว์หน้าดินในวงศ์ Thaiaridae และ Dolicopodidae ปริมาณเฉลี่ย เท่ากับ 1 และ 4 ตัว/ม^2 ตามลำดับ สำหรับระบบป่าธรรมชาติพบสัตว์หน้าดินเฉพาะที่ระยะ 100 เมตร จากจุดปล่อยน้ำเสียเท่านั้น โดยจะพบสัตว์หน้าดินในวงศ์ Grapsidae และกลุ่มหอยฝาเดียว ปริมาณเฉลี่ย เท่ากับ 15 และ 3.5 ตัว/ม^2 ตามลำดับ ส่วนในแปลงควบคุมป่าธรรมชาติ พบว่า มีปริมาณสัตว์หน้าดินกลุ่มหอยฝาเดียวในวงศ์ Assimineidae สูงสุด คือ มีปริมาณเฉลี่ย เท่ากับ 14 ตัว/ม^2 โดยพบที่ระยะ 10 เมตร และ 20 เมตรจากแนวคลอง เท่ากับ 13 และ 1 ตัว/ม^2 ตามลำดับ นอกจากนี้ที่ระยะ 10 เมตร จากแนวคลองจะพบสัตว์หน้าดินในวงศ์ Thaiaridae, Ellobiidae, Grapsidae และTabanidae ชนิดละ1 ตัว/ม^2 และที่ระยะ 20 เมตรจากแนวคลองจะพบสัตว์หน้าดินในวงศ์ Neridae และ Grapsidae เท่ากับ 1 และ 3 ตัว/ม^2 ตามลำดับ (ตารางที่ 8-8)

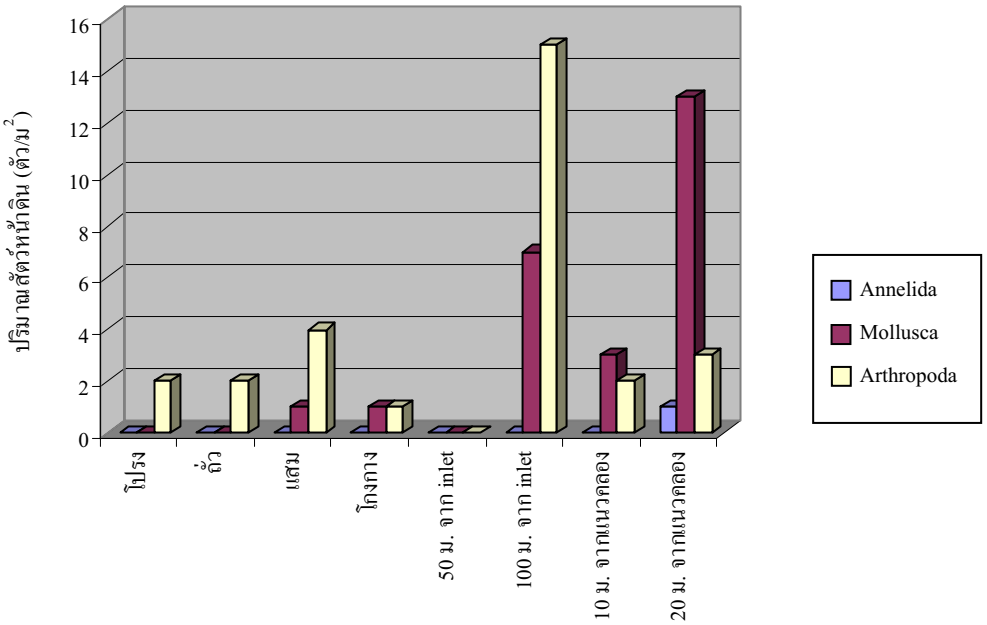
สำหรับในเดือนมิถุนายน 2548 ซึ่งเป็นช่วงที่มีการปล่อยน้ำเสียเข้าระบบเพื่อบำบัด พบว่า สัตว์หน้าดินส่วนใหญ่จะอยู่ในวงศ์ Grapsidae ร้อยละ 41.13 รองลงมา คือ วงศ์ Assimineidae ร้อยละ 16.43 เมื่อพิจารณาการกระจายตัวในแต่ละบริเวณ พบว่า ในระบบป่าปลูกใหม่จะพบสัตว์หน้าดินเฉพาะในโซนที่ปลูกโกงกางเท่านั้น โดยจะพบสัตว์หน้าดินในวงศ์ Chironomidae เฉลี่ยเท่ากับ 4 ตัว/ม^2 สำหรับในระบบป่าธรรมชาติส่วนใหญ่จะมีปริมาณสัตว์หน้าดินสูงที่ระยะ 100 เมตรจากจุดปล่อยน้ำเสีย โดยสัตว์หน้าดินที่พบสูงสุด คือ วงศ์ Grapsidae มีปริมาณเฉลี่ย เท่ากับ 20 ตัว/ม^2 รองลงมา คือ วงศ์ Potamididae เท่ากับ 10.60 ตัว/ม^2 และพบต่ำสุด คือ วงศ์ Pyramidellidae มีปริมาณเฉลี่ย เท่ากับ 1.33 ตัว/ม^2 ส่วนในแปลงควบคุมป่าธรรมชาติ พบว่า ที่ระยะ 10 เมตร และ 20 เมตรจากแนวคลองมีปริมาณสัตว์หน้าดินใกล้เคียงกัน โดยที่ระยะ 10 เมตรจากแนวคลอง พบสัตว์หน้าดิน 4 วงศ์ คือ Assimineidae, Thaiaridae, Ellobiidae และ Grapsidae โดยวงศ์ที่พบสูงสุด คือ วงศ์ Grapsidae มีปริมาณเฉลี่ย 9.33 ตัว/ม^2 และที่ระยะ 20 เมตรจากแนวคลอง พบสัตว์หน้าดิน 5 วงศ์ คือ Assimineidae, Thaiaridae, Ellobiidae, Unidentified และ Grapsidae โดยวงศ์ที่พบสูงสุด คือ วงศ์ Assimineidae มีปริมาณเฉลี่ย 8 ตัว/ม^2

ตารางที่ 8-8 ค่าร้อยละของปริมาณสัตว์หน้าดินจำแนกตามชนิดในแต่ละช่วงเวลาที่เก็บตัวอย่าง

ชนิดสัตว์หน้าดิน	ธันวาคม 45	เมษายน 46	สิงหาคม 46	ธันวาคม 46	เมษายน 47	สิงหาคม 47	ธันวาคม 47	มิถุนายน 48
Annelida								
Neridae	3.67	4.34	0.00	3.88	6.06	8.92	4.4	1.60
Tubificidae	3.67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mollusca								
Viviparidae	1.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Stenothyridae	0.36	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Assimineidae	21.69	60.86	90.27	29.12	32.35	44.65	10.29	16.43
Thaiaridae	0.36	4.34	0.00	0.00	3.02	1.78	4.40	6.49
Bithyniidae	2.57	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	13.08
Potamididae	1.10	0.00	0.00	1.94	1.09	0.00	0.00	11.42
Ellobiidae	18.75	4.34	3.47	35.43	42.43	8.92	2.93	0.00
Pyramidellidae	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.64
Solenidae	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.46	0.00
Unidentified	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.4	1.64
Arthropoda								
Grapsidae	3.67	17.37	2.77	12.13	12.07	35.71	5.88	41.13
Ocypodidae	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00
Ceratopogonidae	0.00	4.34	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Chironomidae	0.36	0.00	0.00	8.25	0.00	0.00	45.61	4.93
Dolicopodidae	12.13	0.00	0.00	5.82	0.00	0.00	0.00	0.00
Tabanidae	1.47	4.34	00.00	2.91	2.01	0.00	17.64	1.60
Empididae	3.67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.93	0.00
Ephydridae	4.41	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Stratiomyidae	0.00	0.00	3.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Hydrophilidae	24.26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Tipulidae	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Syrphidae	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Chordata								
Gobiidae	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

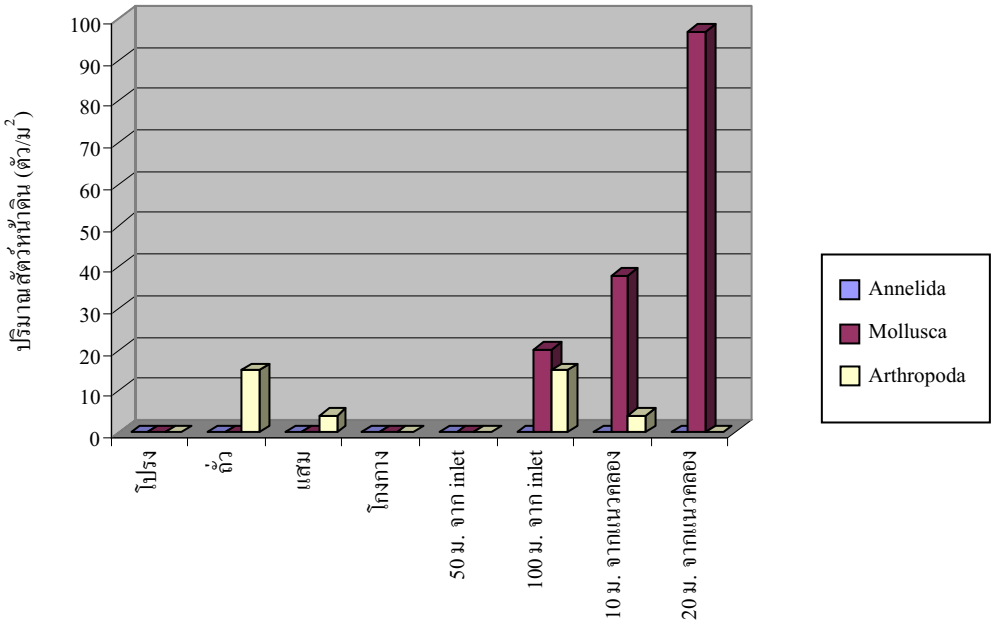


(ก) ธันวาคม 2545

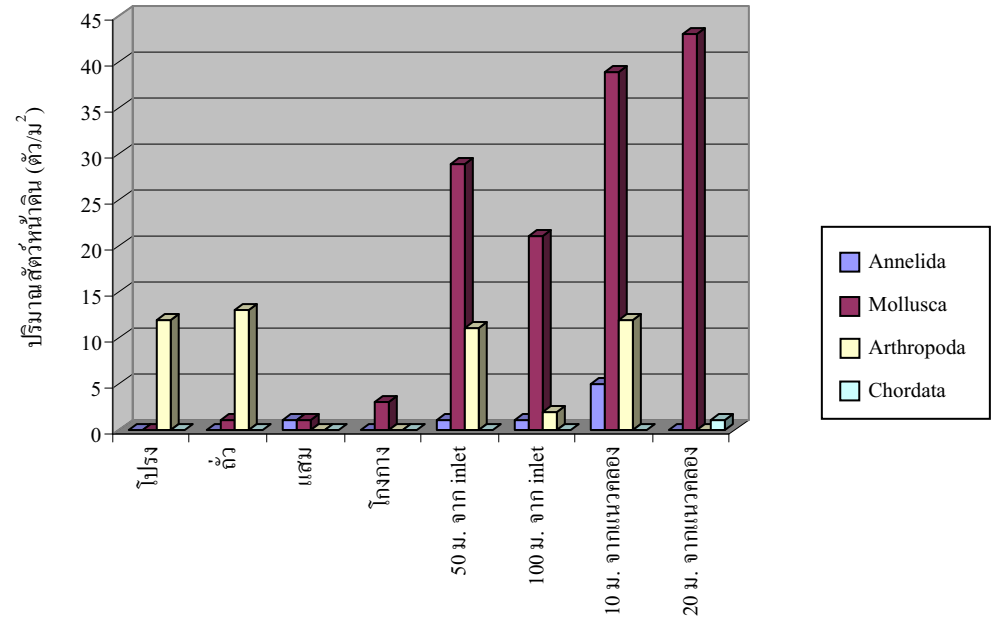


(ข) เมษายน 2546

รูปที่ 8-4 ปริมาณสัตว์หน้าดินในแต่ละบริเวณเก็บตัวอย่าง ระหว่างเดือนธันวาคม 2545 - มิถุนายน 2548

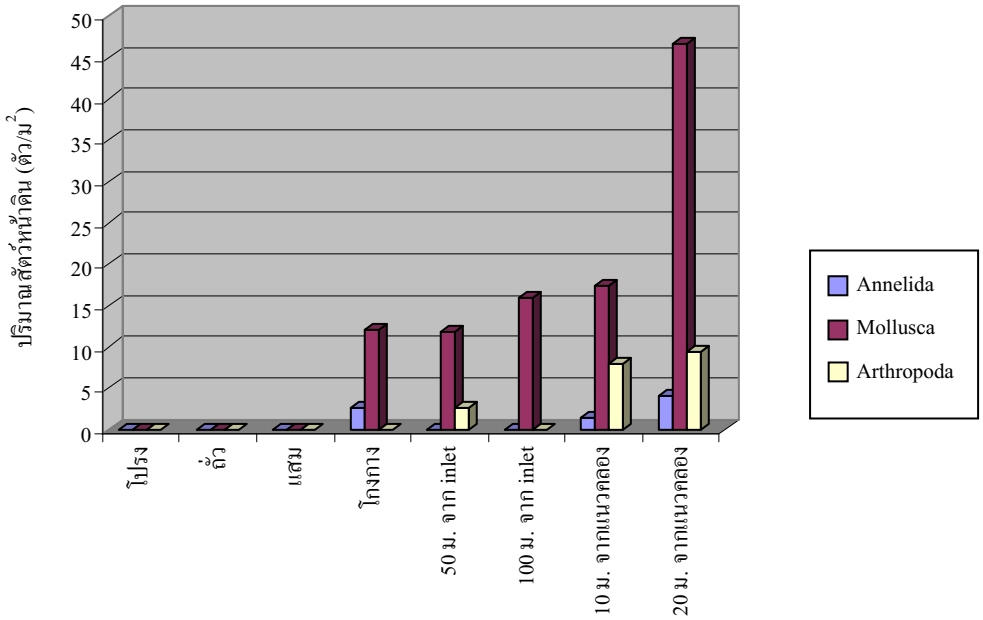


(ค) สิงหาคม 2546

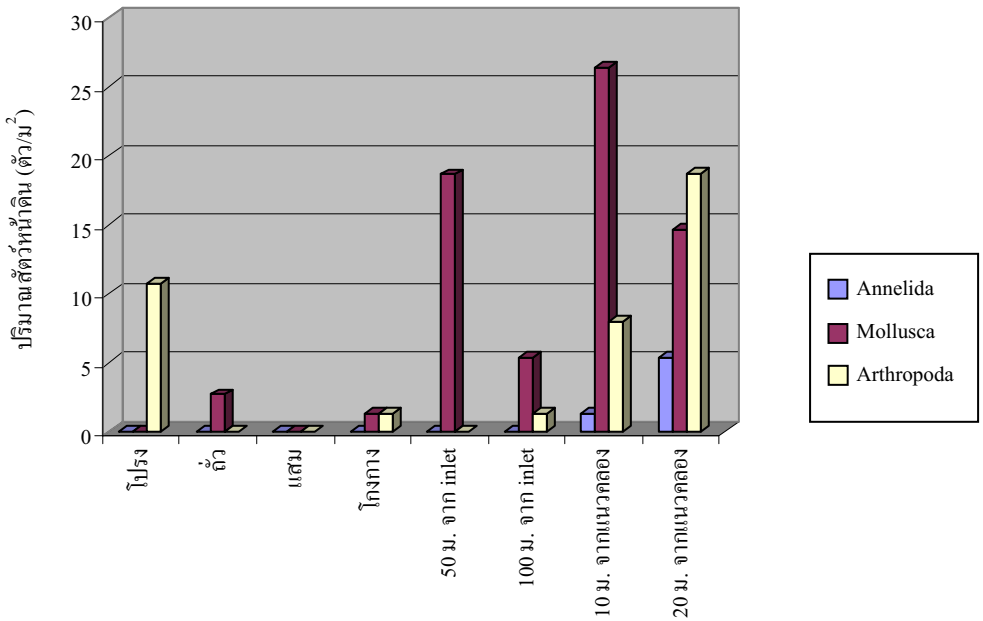


(ง) เดือนธันวาคม 2546

รูปที่ 8-4 (ต่อ) ปริมาณสัตว์หน้าดินในแต่ละบริเวณเก็บตัวอย่าง ระหว่างเดือนธันวาคม 2545 - มิถุนายน 2548

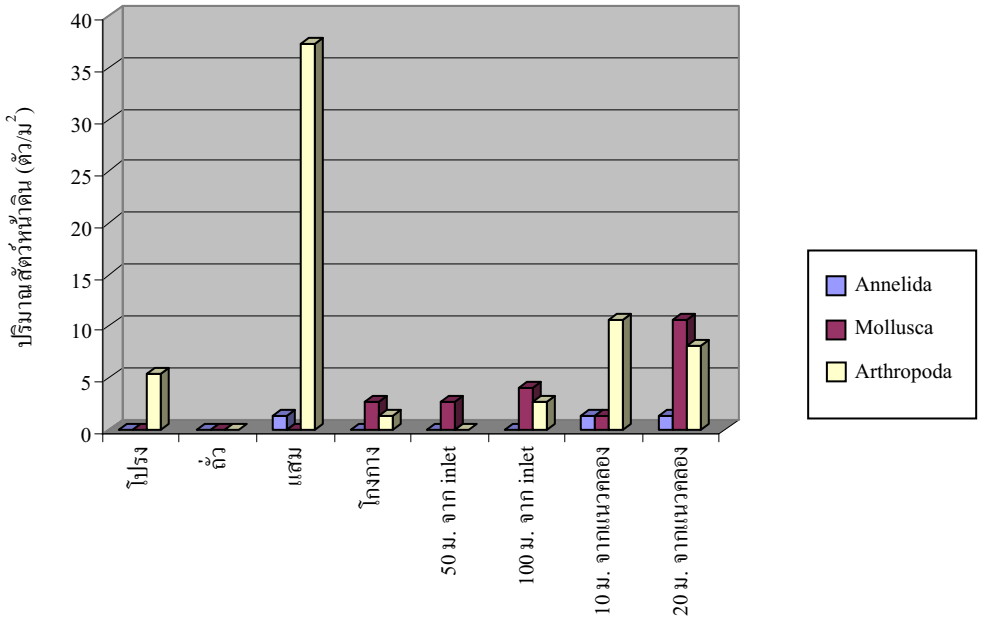


(จ) เดือนเมษายน 2547

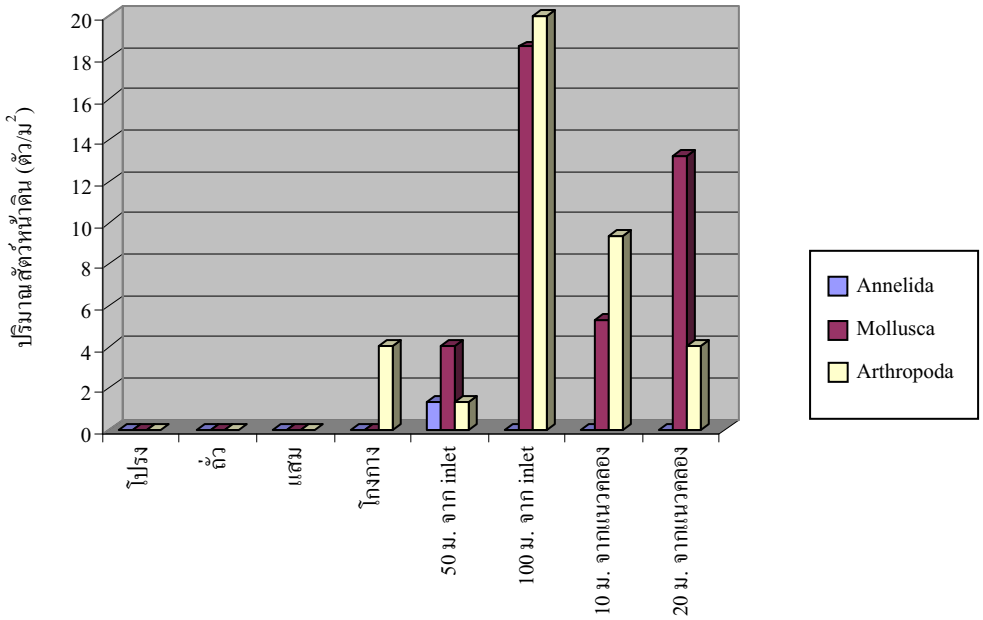


(ฉ) สิงหาคม 2547

รูปที่ 8-4 (ต่อ) ปริมาณสัตว์หน้าดินในแต่ละบริเวณเก็บตัวอย่าง ระหว่างเดือนธันวาคม 2545 - มิถุนายน 2548



(ช) เดือนธันวาคม 2547



(ซ) เดือนมิถุนายน 2548

รูปที่ 8-4 (ต่อ) ปริมาณสัตว์หน้าดินในแต่ละบริเวณเก็บตัวอย่าง ระหว่างเดือนธันวาคม 2545 - มิถุนายน 2548

8.8 สรุปประเด็นด้านสัตว์หน้าดิน ในแปลง Pilot Scale

ชนิดสัตว์หน้าดินในรอบปี

การศึกษา ชนิด ปริมาณ และการกระจายตัวของสัตว์หน้าดินครั้งนี้เป็นการศึกษาในสภาพธรรมชาติในระบบป่าชายเลนที่ใช้บำบัดน้ำเสีย โดยแบ่งเป็นระบบป่าปลูกใหม่ซึ่งแบ่งเป็น 4 โซน คือ โซนที่ปลูกโปรง *(Ceriops* sp.) ถั่ว (*Brugueira* sp.) แสม *(Avicennia* sp.) และโกงกาง *(Rhizophora* sp.) และระบบป่าธรรมชาติซึ่งมีพันธุ์ไม้เด่น คือ แสมทะเล โดยได้กำหนดพื้นที่ป่าธรรมชาติใกล้เคียงเพื่อเป็นแปลงควบคุม โดยกำหนดให้แนวคลองธรรมชาติเป็นจุดอ้างอิง และเก็บข้อมูลที่ระยะ 10 เมตร และ 20 เมตรจากแนวคลอง

ผลการศึกษาสัตว์หน้าดินในระบบป่าปลูกใหม่ ระบบป่าธรรมชาติ และแปลงควบคุมป่าธรรมชาติ ระหว่างเดือนธันวาคม 2545 ถึง มิถุนายน 2548 พบว่า สัตว์หน้าดินที่สำรวจพบทั้งหมดมี 4 Phylum โดยสามารถแยกอนุกรมวิธานได้ 7 ชั้น (Class) 9 อันดับ (order) และ 23 วงศ์ (Family) โดยมีสัตว์หน้าดินที่สามารถแยกได้ถึงระดับ สกุล (genus) 4 สกุล และแยกถึงระดับชนิด (species) ได้ 7 ชนิด โดยสัตว์หน้าดินที่พบในระดับวงศ์และอันดับ ประกอบด้วยสัตว์หน้าดินในชั้นไส้เดือนทะเล (Class Polychaeta) จำนวน 1 วงศ์ คือ Neridae ชนิดสัตว์หน้าดินในชั้น ไส้เดือน จำนวน 1 วงศ์ คือ Tubificidae ชนิดสัตว์หน้าดินในชั้นหอยสองฝา จำนวน 1 สกุล และหอยฝาเดียว 2 อันดับ 9 วงศ์ ชนิดสัตว์หน้าดินในชั้นกุ้งปู จำนวน 2 วงศ์ สัตว์หน้าดินในชั้นแมลงและตัวอ่อนแมลงน้ำ 2 อันดับ 10 วงศ์ และสัตว์หน้าดินชนิดที่เป็นตัวอ่อนของปลา จำนวน 1 วงศ์ ซึ่งจำนวนชนิดของสัตว์หน้าดินมีลักษณะคล้ายคลึงกับการศึกษาของปริศนา เจียรกูล (2543) ที่พบสัตว์หน้าดินในชั้น Polichaeta, Gastropod และ Insecta ในกลุ่มตัวอ่อนของแมลงน้ำ อย่างไรก็ตามในการศึกษาครั้งนี้ พบสัตว์หน้าดินเพิ่มขึ้นกว่าในช่วงปี 2543 โดยพบสัตว์หน้าดินในวงศ์ Solenidae ซึ่งเป็นกลุ่มหอยสองฝาในระบบป่าปลูกใหม่ในโซนที่ปลูกโกงกาง ซึ่งอาจเป็นดัชนีชี้วัดที่สำคัญต่อความอุดมสมบูรณ์ที่เพิ่มขึ้นของระบบป่าปลูกใหม่ที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากหอยชนิดนี้จะอาศัยตามพื้นชายฝั่งน้ำตื้น และมักจะขุดรูอาศัยตามพื้นดินปนทราย ที่ค่อนข้างอุดมสมบูรณ์ (Miner, 1950)

สัตว์หน้าดินชนิดเด่นที่พบมากที่สุด คือ หอยฝาเดียว วงศ์ Assimineidae ซึ่งมีร้อยละ 32.93 สอดคล้องกับการศึกษาของปริศนา เจียรกูล (2543) ที่ศึกษาสัตว์หน้าดินในพื้นที่โครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ยอันเนื่องมาจากพระราชดำริและ Suzuki et al. (1997) ที่ศึกษาสัตว์หน้าดินในพื้นที่ป่าชายเลนคลองโคน จังหวัดสมุทรสงคราม นอกจากนี้สัตว์หน้าดินในกลุ่มหอยฝาเดียวยังพบกระจายตัวในบริเวณที่ทำการเก็บตัวอย่าง ตั้งแต่ระบบป่าปลูกใหม่ในโซนที่ปลูกถั่วจนถึงแปลงควบคุมป่าธรรมชาติที่ระยะ 20 เมตรจากแนวคลอง โดยจะมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นเมื่อระยะห่างจากทะเลลดลง ทั้งนี้เป็นเพราะปริมาณอินทรียวัตถุในระบบป่าธรรมชาติ และแปลงควบคุมป่าธรรมชาติมีค่าสูงกว่าในระบบป่าปลูกใหม่ เนื่องจากพันธุ์ไม้ในระบบป่าธรรมชาติมีความหนาแน่นค่อนข้างสูง อีกทั้งได้รับอิทธิพลจากน้ำขึ้น-ลงของน้ำทะเลตามธรรมชาติ ทำให้มีปริมาณธาตุอาหารและแร่ธาตุต่างๆ ตลอดจนสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กจำพวกจุลินทรีย์และ algae สูง จึงเหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของสัตว์หน้าดินจำพวกหอยฝาเดียวซึ่งอาศัยสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กและซากอินทรียวัตถุที่สะสมในดินเป็นอาหาร

ส่วนสัตว์หน้าดินในกลุ่มที่พบต่ำและปรากฏเป็นครั้งคราวนั้น อาจเป็นเพราะมีการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อม ซึ่งมีความแตกต่างอย่างชัดเจนกับช่วงเวลาอื่นๆ เช่น ในเดือนธันวาคม 2546 พบสัตว์หน้าดินในวงศ์ Gobiidae หรือ ลูกปลาบู่ในแปลงควบคุมป่าธรรมชาติ ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่น้ำขึ้นเต็มที่แล้วและเริ่มลง ทำให้มีน้ำท่วมขังอยู่ในบริเวณที่ทำการเก็บตัวอย่าง ดังนั้น สัตว์น้ำวัยอ่อนจึงอาจติดเครื่องมือเก็บตัวอย่างขึ้นมาได้ นอกจากนี้เดือนธันวาคม 2547 พบหอยสองฝาในวงศ์ Solenidae ซึ่งสุ่มไม่พบในช่วงเวลาอื่น อีกทั้งในช่วงเวลาที่เก็บตัวอย่างเป็นช่วงเวลาที่มีน้ำขัง ซึ่งอาจมีผลต่อการพบหอยสองฝาในครั้งนี้

ส่วนในระบบป่าปลูกใหม่ในโซนที่ปลูกโปรง จะไม่พบสัตว์หน้าดินในกลุ่มหอยฝาเดียว ทั้งนี้อาจเป็นเพราะดินมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ และมีความเค็มต่ำกว่าบริเวณอื่นๆ อีกทั้งไม่มีร่มเงาเพื่อกำบังตัวในการดำรงชีวิตของสัตว์หน้าดิน ทำให้พบสัตว์หน้าดินน้อยชนิด นอกจากนี้ในโซนที่ปลูกโปรงจะได้รับอิทธิพลจากน้ำขึ้น-ลงของน้ำทะเลน้อยกว่าโซนอื่น เนื่องจากอยู่ห่างจากชายฝั่งมากที่สุด ดังนั้นน้ำจะท่วมบริเวณดังกล่าวเฉพาะในช่วงน้ำขึ้นสูงสุดเท่านั้น อย่างไรก็ตามระบบป่าปลูกใหม่ในโซนที่ปลูกโปรงจะพบสัตว์หน้าดินในกลุ่มตัวอ่อนแมลงน้ำซึ่งมีความทนทานต่อการดำรงชีวิตในสภาพที่จำกัดได้ดี โดยเฉพาะ อันดับ Diptera ซึ่งพบกระจัดกระจายตั้งแต่เขตชายฝั่งจนถึงบริเวณแม่น้ำลำธารที่อยู่ลึกจากชายฝั่งเข้ามา โดยเฉพาะในวงศ์ Chironomidae, Syrphidae และ Dolichopodidae

ส่วนความแตกต่างของชนิดสัตว์หน้าดินในระบบป่าปลูกใหม่ และระบบป่าธรรมชาติ พบว่า ในระบบป่าปลูกใหม่สัตว์หน้าดินที่พบมากที่สุดจะอยู่ในชั้น Insecta ในกลุ่มตัวอ่อนแมลงน้ำโดยพบ ตัวอ่อนแมลงน้ำในวงศ์ Chironomidae สูงสุด คือ ร้อยละ 29.64 รองลงมา คือ วงศ์ Hydrophilidae ร้อยละ 20.08 ในขณะที่ระบบป่าธรรมชาติ พบหอยฝาเดียวในวงศ์ Ellobiidae สูงสุด คือ ร้อยละ 27.28 และแปลงควบคุมป่าธรรมชาติ พบหอยฝาเดียวในวงศ์ Assimineidae สูงสุด ร้อยละ 52.65 ทั้งนี้ความแตกต่างของชนิดสัตว์หน้าดินในระบบป่าปลูกใหม่และระบบป่าธรรมชาติ อาจเนื่องมาจากลักษณะของพื้นที่ที่แตกต่างอย่างชัดเจน โดยในระบบป่าปลูกใหม่มีความเค็มของดินชั้นบนค่อนข้างต่ำ พันธุ์ไม้โดยเฉพาะในโซนที่ปลูกโปรงและถั่วมีขนาดเล็ก เปอร์เซ็นต์การรอดตายต่ำ ทำให้พื้นที่ค่อนข้างโล่งและไม่มีร่มเงา จึงทำให้โซนที่ปลูกโปรงและถั่วพบสัตว์หน้าดินในวงศ์ Chironomidae และ Hydrophilidae ซึ่งเป็นกลุ่มที่กระจายตัวในบริเวณที่มีความเค็มค่อนข้างต่ำ

ผลการศึกษาจำนวนชนิดในแต่ละช่วงเวลา พบว่า เดือนธันวาคม 2545 พบชนิดของสัตว์หน้าดินสูงสุด คือ 15 ชนิด ในขณะที่เดือนสิงหาคม 2546 และเมษายน2547 พบสัตว์หน้าดินเพียง 8 ชนิด ซึ่งเป็นเพราะในช่วงเวลาดังกล่าวเป็นช่วงฤดูแล้ง ไม่มีฝนตกเป็นเวลานานทำให้พื้นที่ศึกษาค่อนข้างแห้งแล้ง โดยในเดือนสิงหาคม 2546 ซึ่งเป็นช่วงที่น้ำลงต่ำสุด ทำให้บางบริเวณที่ทำการเก็บตัวอย่างไม่มีน้ำขังโดยเฉพาะในระบบป่าปลูกใหม่ในโซนที่ปลูกโปรงและถั่ว ทำให้สัตว์หน้าดินตายหรือเคลื่อนย้ายไปอยู่ในบริเวณที่มีน้ำ และที่กำบังเพียงพอ ดังนั้นจึงทำให้พบพบชนิดของสัตว์หน้าดินน้อย อย่างไรก็ตามสัตว์หน้าดินที่พบจะเป็นกลุ่มแมลงน้ำที่มีความทนทานต่อสภาพแวดล้อมที่จำกัด และอาศัยได้ในพื้นที่มีความเค็ม เช่น วงศ์ Chironomidae, Stratiomyidae และ Hydrophilidae ส่วนในเดือนเมษายน 2547 ไม่พบสัตว์หน้าดินในระบบป่าปลูกใหม่ในโซนที่ปลูกโปรงและถั่ว ขณะที่ในบริเวณอื่นซึ่งอยู่ใกล้ชายฝั่งมากกว่าและมีพันธุ์ไม้ปกคลุมพื้นที่มากกว่าพบสัตว์หน้าดินจำนวนมากกว่า

ปริมาณสัตว์หน้าดินในรอบปี

ปริมาณสัตว์หน้าดินเฉลี่ยตลอดช่วงเวลาการเก็บข้อมูลระหว่างธันวาคม 2545 ถึงมิถุนายน 2548 พบว่า ในแปลงควบคุมป่าธรรมชาติมีปริมาณสัตว์หน้าดินสูงสุด คือ 31.73 ตัว/ม^2 รองลงมา คือ ระบบป่าธรรมชาติ 19.47 ตัว/ม^2 และต่ำสุดในระบบป่าปลูกใหม่ 5.55 ตัว/ม^2

สำหรับปริมาณสัตว์หน้าดินในแต่ละเดือน พบว่า ในช่วงที่ไม่มีการปล่อยน้ำเสียเข้าระบบ ปริมาณสัตว์หน้าดินจะพบสูงสุดในเดือนธันวาคม 2545 มีปริมาณเฉลี่ย เท่ากับ 38.58 ตัว/ม^2 ส่วนในเดือนเมษายน 2546 พบสัตว์หน้าดินเฉลี่ยต่ำสุด คือ 8.25 ตัว/ม^2 ซึ่งอาจเป็นผลมาจากความแห้งแล้งและน้ำลดลงต่ำ ทำให้สัตว์หน้าดินบางส่วนไม่สามารถดำรงชีวิตอยู่ได้

ส่วนในเดือนมิถุนายน 2548 ซึ่งเป็นช่วงที่มีการปล่อยน้ำเสียเข้าระบบ พบว่า ในระบบป่าปลูกใหม่มีชนิดและปริมาณของสัตว์หน้าดินค่อนข้างต่ำ โดยจะพบเพียงสัตว์หน้าดินในวงศ์ Chironomidae ในโซนที่ปลูกโกงกางเท่านั้น ขณะที่ในระบบป่าธรรมชาติและแปลงควบคุมป่าธรรมชาติ จะพบสัตว์หน้าดินในปริมาณที่ใกล้เคียงกับช่วงเวลาอื่น ๆ ทั้งนี้เนื่องจากดินในระบบป่าปลูกใหม่มีปริมาณอินทรียวัตถุค่อนข้างต่ำเมื่อเทียบกับระบบป่าธรรมชาติ และดินในโซนที่ปลูก

โปรงยังมีค่าความเค็มต่ำสุด ทำให้สัตว์หน้าดินที่พบมีปริมาณค่อนข้างต่ำ อย่างไรก็ตามปริมาณสัตว์หน้าดินในระบบป่าปลูกใหม่ในช่วงบำบัดน้ำเสียควรต้องมีการศึกษาเพิ่มเติม เนื่องจาก มีการเก็บข้อมูลเพียง 1 ครั้ง ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้อาจยังบ่งบอกถึงผลกระทบของน้ำเสียที่มีต่อสัตว์หน้าดินได้ไม่ชัดเจน

ปริมาณสัตว์หน้าดินในแต่ละสถานีเก็บตัวอย่าง

ปริมาณสัตว์หน้าดินในแต่ละบริเวณที่ทำการเก็บตัวอย่าง พบว่า แปลงควบคุมป่าธรรมชาติที่ระยะ 20 เมตรจากแนวคลองพบปริมาณสัตว์หน้าดินสูงสุด โดยมีค่าเฉลี่ย 45.36 ตัว/ม^2 ทั้งนี้เพราะบริเวณนี้มีปริมาณอินทรียวัตถุสูงสุดและอยู่ใกล้ชายฝั่งมากที่สุด จึงส่งผลต่อความอุดมสมบูรณ์ของระบบนิเวศ ทำให้พบสัตว์หน้าดินในปริมาณสูงได้

ในขณะที่ระบบป่าปลูกใหม่ในโซนที่ปลูกโกงกางจะพบปริมาณสัตว์หน้าดินต่ำสุด โดยมีปริมาณเฉลี่ย 4.4 ตัว/ม^2 อย่างไรก็ตามการที่โซนที่ปลูกโกงกางพบปริมาณสัตว์หน้าดินต่ำกว่าโซนที่ปลูกโปรงและถั่ว ซึ่งมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำกว่านั้น อาจเกิดจากในโซนที่ปลูกโปรงจะมีปริมาณของสัตว์หน้าดินในกลุ่มตัวอ่อนแมลงน้ำสูง ซึ่งเป็นกลุ่มที่ทนทานต่อสภาพแวดล้อม และปัจจัยจำกัดในการดำรงชีวิต อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบจำนวนชนิด พบว่า โซนที่ปลูกโกงกางจะมีชนิดของสัตว์หน้าดินที่หลากหลายกว่าโซนที่ปลูกโปรงและถั่ว

โดยสรุป ชนิดและปริมาณสัตว์หน้าดินที่ทำการศึกษาในครั้งนี้มีความผันแปรตามช่วงเวลาในการเก็บตัวอย่าง และบริเวณที่ทำการเก็บตัวอย่างโดยเฉพาะระยะห่างจากชายฝั่งซึ่งมีผลต่อสมบัติของดิน ทำให้การกระจายของสัตว์หน้าดินแต่ละชนิดมีความแตกต่างกัน ทั้งนี้ช่วงเวลาในการเก็บตัวอย่างกับการขึ้น-ลงของน้ำทะเลอาจเป็นปัจจัยเสริมที่ทำให้สัตว์หน้าดินมีความแตกต่างกัน ดังนั้นในการศึกษาควรต้องกำหนดช่วงเวลาการเก็บข้อมูลให้มีสภาพน้ำขึ้น-ลงที่คล้ายคลึงกัน

8.9 สรุปและข้อเสนอแนะ

- การศึกษา ชนิด ปริมาณ และการกระจายของสัตว์หน้าดินในป่าชายเลนทั้ง 3 ระบบ คือ ระบบป่าปลูกใหม่ ระบบป่าธรรมชาติ และแปลงควบคุมป่าธรรมชาติ พบสัตว์หน้าดิน 4 ไฟลัม คือ Annelida, Mollusca, Arthropoda และ Chordata โดยแยกอนุกรมวิธานได้ 7 ชั้น 9 อันดับ และ 23 วงศ์

- สัตว์หน้าดินชนิดเด่นที่พบในระหว่างปี คือ ไฟลัม Mollusca วงศ์ Assimineidae รองลงมา คือ Ellobiidae และไฟลัม Arthropoda ในวงศ์ Grapsidae และ Hydrophilidae

- ช่วงเวลาที่พบสัตว์หน้าดินสูงสุด คือ เดือน ธันวาคม 2545 มีปริมาณเฉลี่ย 38.58 ตัว/ม^2 และพบต่ำสุดในเดือนเมษายน 2546 มีปริมาณเฉลี่ย 8.25 ตัว/ม^2

- ปริมาณสัตว์หน้าดินในรอบปีพบสูงสุดในแปลงควบคุมป่าธรรมชาติ โดยมีค่าเฉลี่ย 31.73 ตัว/ม^2 รองลงมา คือ ระบบป่าธรรมชาติ และระบบป่าปลูกใหม่ โดยมีค่าเฉลี่ย 19.47 และ 5.55 ตัว/ม^2 ตามลำดับ

- ชนิดและปริมาณสัตว์หน้าดินชนิดเด่นในแปลงควบคุมป่าธรรมชาติในรอบปี คือ หอยฝาเดียว วงศ์ Assimineidae มีปริมาณเฉลี่ย 16.04 ตัว/ม^2 รองลงมา คือ วงศ์ Ellobiidae และ Grapsidae โดยมีปริมาณเฉลี่ย 6.06 และ 4.16 ตัว/ม^2 ตามลำดับ

- ชนิดและปริมาณสัตว์หน้าดินชนิดเด่นในระบบป่าธรรมชาติในรอบปี คือ หอยฝาเดียว วงศ์ Ellobiidae มีปริมาณเฉลี่ย 27.28 ตัว/ม^2 รองลงมา คือ วงศ์ Assimineidae และ Grapsidae โดยมีปริมาณเฉลี่ย 16.90 และ 15.91 ตัว/ม^2 ตามลำดับ

- ชนิดและปริมาณสัตว์หน้าดินชนิดเด่นในระบบป่าปลูกใหม่ คือ ตัวอ่อนแมลงน้ำในวงศ์ Chironomidae พบปริมาณเฉลี่ย 29.64 ตัว/ม^2 รองลงมา คือ Hydrophilidae และ Dolichopodidae โดยมีปริมาณเฉลี่ย เท่ากับ 20.08 และ17.87 ตัว/ม^2 ตามลำดับ

- ระบบป่าปลูกใหม่ในโซนที่ปลูกโกงกางและแสม พบชนิดของสัตว์หน้าดินสูงกว่าโซนที่ปลูกถั่วและโปรง โดยพบสัตว์หน้าดินในไฟลัม Annelida, Mollusca และ Arthropoda ในโซนที่ปลูกถั่ว พบสัตว์หน้าดินในไฟลัม Mollusca เพียงชนิดเดียว โดยอยู่ในวงศ์ Assimineidae และตัวอ่อนแมลงน้ำในชั้น Insecta ส่วนในโซนที่ปลูกโปรง พบสัตว์หน้าดินเพียงกลุ่มเดียว คือ ตัวอ่อนแมลงน้ำในชั้น Insecta

- ความผันแปรของชนิดและปริมาณสัตว์หน้าดินในการศึกษาครั้งนี้เกิดจากปัจจัยต่างๆ อันได้แก่ ช่วงเวลาแต่ละฤดูกาลในการเก็บข้อมูล ความเค็มของน้ำ ปริมาณอินทรียวัตถุในดิน ลักษณะร่มเงาและที่กำบัง ระยะห่างจากทะเล และการขึ้น-ลงของน้ำทะเล

- ผลการศึกษาสัตว์หน้าดินในช่วงเดือนมิถุนายน 2548 ซึ่งเป็นช่วงที่การปล่อยน้ำเสียลงสู่ระบบ พบว่า ในระบบป่าธรรมชาติและแปลงควบคุมป่าธรรมชาติไม่แตกต่างจากช่วงเวลาอื่น แต่ในระบบป่าปลูกใหม่จะพบปริมาณสัตว์หน้าดินค่อนข้างต่ำกว่าช่วงเวลาอื่น อย่างไรก็ตาม ควรมีการศึกษาอย่างต่อเนื่องภายหลังจากการปล่อยน้ำเสียลงระบบ

- ในการเก็บตัวอย่างสัตว์หน้าดินครั้งนี้ไม่สามารถเก็บตัวอย่างสัตว์หน้าดินบางประเภทได้ เช่น ปู ซึ่งจะต้องใช้เครื่องมือที่เหมาะสมต่อการศึกษาสัตว์หน้าดินที่เคลื่อนที่ได้เร็วและยากต่อการเก็บตัวอย่าง จึงจะทำให้ได้ปริมาณสัตว์หน้าดินอย่างแท้จริง

บทที่ 9
สรุปและข้อเสนอแนะ

9.1 สรุปผลการศึกษาด้านคุณภาพน้ำและประสิทธิภาพการบำบัด

9.1.1 สรุปผลการศึกษาด้านคุณภาพน้ำและประสิทธิภาพการบำบัด ในโครงการย่อยที่ 1-1

ผลการศึกษาด้านคุณภาพน้ำในโครงการย่อยที่ 1-1 ซึ่งเป็นการศึกษาผลของความเข้มข้นของน้ำเสีย ระยะเวลากักเก็บ และชนิดของกล้าไม้ป่าชายเลน ต่อประสิทธิภาพการบำบัดของระบบพื้นที่ชุ่มน้ำป่าชายเลน โดยทดลองใช้ระยะเวลากักเก็บ 7 วัน 5 วัน และ 3 วัน ตามลำดับ และใช้ระบบการปล่อยน้ำทั้งแบบกะ (batch flow system) และแบบเติมต่อเนื่อง (continuous-added flow system) สามารถสรุปได้ดังนี้

1) ระบบการปล่อยน้ำแบบกะ

ปริมาณออกซิเจนละลาย (Dissolved Oxygen: DO)

- ชุดทดลองที่ปลูกกล้าไม้มีค่า DO สูงกว่าชุดควบคุมที่ไม่ปลูกพืช
- ชุดทดลองที่ได้รับน้ำเสียความเข้มข้นต่ำมีค่า DO ของน้ำที่ผ่านการบำบัดสูงกว่าชุดทดลองที่ได้รับน้ำเสียความเข้มข้นสูง

BOD (Biochemical Oxygen Demand)

- เมื่อใช้ระยะเวลากักเก็บ 5 วัน และ 7 วัน ทำให้น้ำเสียทุกความเข้มข้นมีค่า BOD ของน้ำที่ผ่านการบำบัดไม่เกิน 20 mg/l
- เปอร์เซ็นต์การบำบัดเมื่อใช้ระยะเวลากักเก็บ 7 วัน สูงกว่าเมื่อใช้ระยะเวลากักเก็บ 5 วัน และ 3 วัน
- เปอร์เซ็นต์การบำบัดในชุดทดลองที่ปลูกกล้าไม้สูงกว่าชุดควบคุมที่ไม่ปลูกพืช

ไนโตรเจนทั้งหมด (Total Nitrogen : TN)

- เมื่อใช้ระยะเวลากักเก็บ 7 วัน จะทำให้น้ำเสียทุกความเข้มข้นมีค่า TN ของน้ำที่ผ่านการบำบัดไม่เกิน 35 mg/l
- เปอร์เซ็นต์การบำบัดเมื่อใช้ระยะเวลากักเก็บ 7 วัน สูงกว่าเมื่อใช้ระยะเวลากักเก็บ 5 วัน และ 3 วัน
- เปอร์เซ็นต์การบำบัดในชุดทดลองที่ได้รับน้ำเสียความเข้มข้นต่ำ สูงกว่าชุดทดลองที่ได้รับน้ำเสียความเข้มข้นสูง
- เปอร์เซ็นต์การบำบัดในชุดทดลองที่ปลูกกล้าไม้สูงกว่าชุดควบคุมที่ไม่ปลูกพืช

ฟอสฟอรัสทั้งหมด (Total Phosphorus : TP)

- เปอร์เซ็นต์การบำบัดเมื่อใช้ระยะเวลากักเก็บ 7 วัน สูงกว่าเมื่อใช้ระยะเวลากักเก็บ 5 และ 3 วัน
- เปอร์เซ็นต์การบำบัดในชุดทดลองที่ได้รับน้ำเสียความเข้มข้นต่ำ สูงกว่าชุดทดลองที่ได้รับน้ำเสียความเข้มข้นสูง
- เปอร์เซ็นต์การบำบัดในชุดทดลองที่ปลูกกล้าไม้สูงกว่าชุดควบคุมที่ไม่ปลูกพืช

2) ระบบการปล่อยน้ำแบบเติมต่อเนื่อง

ปริมาณออกซิเจนละลาย (DO)

- มีค่าผันแปรสูงกว่าระบบกะ
- ไม่พบแนวโน้มที่ชัดเจนว่าชุดทดลองที่ปลูกกล้าไม้มีค่า DO สูงกว่าชุดควบคุมที่ไม่ปลูกพืช
- มีแนวโน้มว่า เมื่อใช้ระยะเวลากักเก็บนาน 7 วัน จะทำให้ DO ในชุดทดลองสูงกว่าเมื่อใช้ระยะเวลากักเก็บ 5 วัน และ 3 วัน

BOD (Biochemical Oxygen Demand)

- ระยะเวลากักเก็บ 3 วัน เพียงพอที่จะทำให้น้ำเสียทุกความเข้มข้นมีค่า BOD ของน้ำที่ผ่านการบำบัดไม่เกิน 20 mg/l
- เปอร์เซ็นต์การบำบัดเมื่อใช้ระยะเวลากักเก็บ 7 วัน สูงกว่าเมื่อใช้ระยะเวลากักเก็บ 5 วัน และ 3 วัน
- เปอร์เซ็นต์การบำบัดในชุดทดลองที่ได้รับน้ำเสียความเข้มข้นสูง (5NW และ 10NW) สูงกว่าชุดทดลองที่ได้รับน้ำเสียความเข้มข้นต่ำ
- เปอร์เซ็นต์การบำบัดในชุดทดลองที่ปลูกกล้าไม้กับชุดควบคุมที่ไม่ปลูกพืชไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ไนโตรเจนทั้งหมด (Total Nitrogen : TN)

- ชุดทดลองไม่สามารถบำบัดน้ำเสีย 10NW ให้มีค่าไม่เกิน 35 mg/l ถึงแม้จะใช้ระยะเวลากักเก็บ 7 วัน
- เปอร์เซ็นต์การบำบัดเมื่อใช้ระยะเวลากักเก็บ 7 วัน สูงกว่าเมื่อใช้ระยะเวลากักเก็บ 5 วัน และ 3 วัน
- เปอร์เซ็นต์การบำบัดในชุดทดลองที่ได้รับน้ำเสียความเข้มข้นต่ำ สูงกว่าชุดทดลองที่ได้รับน้ำเสียความเข้มข้นสูง แต่แนวโน้มไม่ชัดเจนเหมือนระบบกะ และมีค่าผันแปรสูง
- เปอร์เซ็นต์บำบัดในชุดทดลองที่ปลูกกล้าไม้กับชุดควบคุมที่ไม่ปลูกพืชไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ
- โดยรวม เปอร์เซ็นต์การบำบัด TN ในระบบเติมต่อเนื่องต่ำกว่าในระบบกะ

ฟอสฟอรัสทั้งหมด (Total Phosphorus : TP)

- เปอร์เซ็นต์การบำบัดเมื่อใช้ระยะเวลากักเก็บ 7 วัน สูงกว่าเมื่อใช้ระยะเวลากักเก็บ 5 และ 3 วัน
- เปอร์เซ็นต์การบำบัดในชุดทดลองที่ได้รับน้ำเสียความเข้มข้นสูง สูงกว่าชุดทดลองที่ได้รับน้ำเสียความเข้มข้นต่ำ
- เปอร์เซ็นต์บำบัดในชุดทดลองที่ปลูกกล้าไม้กับชุดควบคุมที่ไม่ปลูกพืชไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ
- โดยรวม เปอร์เซ็นต์การบำบัด TP ในระบบเติมต่อเนื่องต่ำกว่าในระบบกะ

สรุปผลการศึกษาด้านคุณภาพน้ำในระบบการปล่อยน้ำทั้งสองแบบ ในโครงการย่อยที่ 1-1 ได้ดังนี้

- ปริมาณออกซิเจนละลายของน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดทั้งในระบบการปล่อยน้ำแบบกะ และระบบการปล่อยน้ำแบบเติมต่อเนื่องสูงขึ้นมาก ซึ่งเป็นผลจากการเติมอากาศโดยลม และการสังเคราะห์แสงของสาหร่าย แพลงก์ตอนพืชในชุดทดลอง
- ระยะเวลากักเก็บ 7 วัน ทำให้เปอร์เซ็นต์การบำบัด BOD, TN และ TP มีค่าสูงสุด ทั้งในระบบการปล่อยน้ำแบบกะ และแบบเติมต่อเนื่อง

- เปอร์เซ็นต์การบำบัดของกล้าไม้แต่ละชนิดไม่พบแนวโน้มความแตกต่างที่ชัดเจน ทั้งนี้คาดว่ากล้าไม้ยังมีขนาดเล็ก ดังนั้นอัตราการดูดดึงธาตุอาหารไนโตรเจนและฟอสฟอรัส รวมทั้งการปลดปล่อยออกซิเจนจึงมีค่าต่ำ (และในบางครั้งพบว่า เปอร์เซ็นต์การบำบัดธาตุอาหารในชุดควบคุมที่ไม่ปลูกพืชกลับสูงกว่าชุดทดลองที่ปลูกกล้าไม้ ซึ่งคาดว่าเป็นเพราะสาหร่ายและแพลงก์ตอนพืชจำนวนมากในชุดควบคุมที่ไม่ปลูกพืชสามารถดูดดึงธาตุอาหารไปใช้)
- เปอร์เซ็นต์การบำบัดน้ำเสียต่างระดับความเข้มข้นพบว่า ในระบบการปล่อยน้ำแบบกะ เปอร์เซ็นต์การบำบัด BOD, TN และ TP ของชุดทดลองที่ได้รับน้ำเสียความเข้มข้นต่ำ สูงกว่าชุดทดลองที่ได้รับน้ำเสียความเข้มข้นสูง ขณะที่ระบบการปล่อยน้ำแบบเติมต่อเนื่องพบว่า เปอร์เซ็นต์การบำบัด BOD และ TP ของชุดทดลองที่ได้รับน้ำเสียความเข้มข้นสูง สูงกว่าชุดทดลองที่ได้รับน้ำเสียความเข้มข้นต่ำ แต่เปอร์เซ็นต์การบำบัด TN มีค่าผันแปรสูง โดยพบว่าเปอร์เซ็นต์การบำบัดน้ำเสีย 5NW มีค่าสูงสุดและ 10NW มีค่าต่ำสุด (ข้อสังเกตน้ำเสีย NW มีค่า NH_3-N สูงกว่า น้ำเสีย 2NW และ 5NW ตามลำดับ)
- หากน้ำเสียมีความเข้มข้นของ BOD และ TN สูง ระบบการปล่อยน้ำแบบเติมต่อเนื่องจะมีเปอร์เซ็นต์การบำบัด BOD สูงกว่าระบบการปล่อยน้ำแบบกะ แต่ระบบการปล่อยน้ำแบบกะจะมีเปอร์เซ็นต์การบำบัด TN สูงกว่าแบบเติมต่อเนื่อง

จากผลการศึกษาทั้งหมดในโครงการย่อยที่ 1-1 ซึ่งพบว่า เปอร์เซ็นต์การบำบัดเมื่อใช้ระยะเวลากักเก็บ 7 วัน ทำให้เปอร์เซ็นต์การบำบัด BOD, TN และ TP มีค่าสูงสุดทั้งในระบบการปล่อยน้ำแบบกะและแบบเติมต่อเนื่อง จึงได้เปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การบำบัดพารามิเตอร์ดังกล่าวของระบบการปล่อยน้ำทั้งสองแบบ เมื่อใช้ระยะเวลากักเก็บ 7 วัน ดังแสดงในตารางที่ 9-1 ถึง 9-2 สามารถสรุปได้ดังนี้

BOD (Biochemical Oxygen Demand)

เมื่อใช้ระยะเวลากักเก็บ 7 วัน เปอร์เซ็นต์การบำบัดในระบบเติมต่อเนื่องสูงกว่าระบบกะ

ไนโตรเจนทั้งหมด (Total Nitrogen : TN)

เปอร์เซ็นต์การบำบัดมีค่าผันแปรมาก แต่มีแนวโน้มว่า เมื่อใช้ระยะเวลากักเก็บ 7 วัน ในระบบการปล่อยน้ำแบบกะเปอร์เซ็นต์การบำบัดในชุดทดลองที่ปลูกแสมทะเลสูงกว่าในระบบการปล่อยน้ำแบบเติมต่อเนื่อง ขณะที่ในระบบการปล่อยน้ำแบบเติมต่อเนื่อง เปอร์เซ็นต์การบำบัดในชุดควบคุมที่ไม่ปลูกพืชสูงกว่าในระบบการปล่อยน้ำแบบกะ

ฟอสฟอรัสทั้งหมด (Total Phosphorus : TP)

เมื่อใช้ระยะเวลากักเก็บ 7 วัน เปอร์เซ็นต์การบำบัดในระบบกะสูงกว่าระบบเติมต่อเนื่อง

ตารางที่ 9-1 เปอร์เซ็นต์การบำบัดบีโอดี ไนโตรเจนทั้งหมด และฟอสฟอรัสทั้งหมดเมื่อใช้ระยะเวลากักเก็บ 7 วัน ในระบบกะ โครงการที่ 1-1

พารามิเตอร์	ชุดทดลอง	เปอร์เซ็นต์การบำบัด (%)				
		โกงกางใบใหญ่	แสมทะเล	พังกาหัวสุม	โปรงแดง	ไม่ปลูกพืช
BOD	**NW**	^{a}82.79±7.16	74.21±24.06	73.62±19.04	73.54±13.12	54.26±43.50
	2NW	^{a}82.81±9.03	87.30±10.78	90.01±4.08	85.68±5.44	81.55±9.02
	5NW	^{a}89.46±0.42	85.89±14.01	90.85±6.85	91.70±6.56	83.30±13.36
	10NW	^{a}92.51±1.65	85.02±10.65	87.78±8.89	88.75±4.68	85.71±8.46
	SW	^{b}40.68±8.67	54.02±27.76	66.52±22.74	65.23±17.61	36.36±13.50
TN	**NW**	^{a}86.53±1.52^{ab}	^{a}84.55±2.49^{b}	^{a}87.95±1.40^{a}	^{a}86.88±2.14^{a}	^{a}81.77±3.42^{c}
	2NW	^{a}85.27±2.55^{bc}	^{a}85.04±2.46^{ab}	^{a}81.96±1.95^{bc}	^{a}87.47±2.21^{a}	^{a}81.42±5.16^{c}
	5NW	^{a}84.87±3.26^{bc}	^{a}87.56±2.36^{ab}	^{a}85.55±3.95^{ab}	^{a}88.48±1.78^{a}	^{a}82.34±3.71^{c}
	10NW	^{a}86.08±1.84	^{a}84.33±4.69	^{a}84.47±7.12	^{a}84.82±1.57^{a}	^{a}81.85±2.62
	SW	^{b}45.69±28.03	^{b}52.99±20.73	^{b}50.68±19.46	^{b}53.75±17.95	^{b}38.51±23.77
TP	**NW**	^{a}86.67±3.29^{ab}	^{a}86.64±5.29^{b}	^{a}91.73±3.22^{a}	^{a}84.89±6.79^{ab}	^{ab}88.86±1.88^{a}
	2NW	^{a}85.00±6.20^{c}	^{a}82.76±2.11^{c}	^{a}86.67±2.24^{bc}	^{a}91.34±2.72^{a}	^{a}88.80±5.75^{ab}
	5NW	^{a}82.19±2.30	^{a}84.25±2.83	^{a}86.41±4.78	^{a}88.25±3.32	^{ab}85.17±6.55
	10NW	^{a}80.43±4.02	^{a}79.14±4.99	^{b}76.42±4.19	^{a}80.32±3.47	^{b}76.66±8.54
	SW	^{b}54.54±26.24	^{b}55.98±33.14	^{c}44.01±18.92	^{b}61.02±28.82	^{c}42.71±25.06

ตารางที่ 9-2 เปอร์เซ็นต์การบำบัดบีโอดี ไนโตรเจนทั้งหมด และฟอสฟอรัสทั้งหมดเมื่อใช้ระยะเวลากักเก็บ 7 วัน ในระบบต่อเนื่อง โครงการที่ 1-1

พารามิเตอร์	ชุดทดลอง	เปอร์เซ็นต์การบำบัด (%)				
		โกงกางใบใหญ่	แสมทะเล	พังกาหัวสุม	โปรงแดง	ไม่ปลูกพืช
BOD	**NW**	^{a}79.04±17.92	75.36±21.67	^{a}77.63±14.46	^{a}84.04±14.85	^{a}85.03±7.23
	2NW	^{a}86.78±5.59	87.33±3.31	^{a}92.61±1.23	^{a}81.68±7.57	^{a}89.83±8.28
	5NW	^{a}94.31±1.33	94.14±2.95	^{a}91.81±3.26	^{a}95.31±3.17	^{a}93.43±1.40
	10NW	^{a}93.70±3.53	93.19±2.42	^{a}90.73±3.2	^{a}93.44±2.52	^{a}93.03±5.33
	SW	^{b}54.44±18.19	53.51±31.31	^{b}46.33±27.97	^{b}44.83±20.72	^{b}50.74±25.67
TN	**NW**	^{a}87.60±3.62	^{a}86.04±6.74	^{a}88.72±9.53	^{a}90.13±2.40	^{bc}82.71±6.54
	2NW	^{bc}81.36±8.89	^{ab}79.07±12.82	^{a}90.18±3.26	^{a}83.34±6.75	^{c}80.12±8.34
	5NW	^{ab}86.80±7.25	^{a}86.01±10.93	^{a}87.74±11.42	^{a}90.54±9.45	^{ab}87.92±4.93
	10NW	^{c}79.56±6.51^{b}	^{b}71.35±14.16^{b}	^{b}75.67±14.22^{b}	^{a}81.51±15.01^{ab}	^{a}91.86±1.86^{a}
	SW	^{d}49.90±4.58	^{c}48.95±8.64	^{c}47.89±18.18	^{b}45.26±12.69	^{d}43.59±6.60
TP	**NW**	^{b}61.02±7.38^{a}	^{c}37.43±11.63^{b}	^{c}57.68±14.11^{a}	^{b}60.49±23.74^{a}	^{b}51.50±7.73^{a}
	2NW	^{b}63.49±15.15^{ab}	^{b}51.32±20.35^{b}	^{b}74.01±8.54^{a}	^{b}65.63±19.68^{ab}	^{b}55.30±16.26^{b}
	5NW	^{a}84.25±5.86	^{a}77.75±4.92	^{ab}77.72±9.51	^{a}80.40±5.34	^{a}80.74±5.98
	10NW	^{a}83.80±3.22	^{a}82.75±6.19	^{a}86.20±2.93	^{a}85.00±6.79	^{a}86.01±8.84
	SW	^{c}34.03±12.00^{ab}	^{bc}43.93±13.69^{a}	^{d}18.25±8.04^{c}	^{c}31.63±9.36^{b}	^{c}16.62±10.32^{c}

หมายเหตุ ตัวอักษรมุมซ้ายมือ (แนวตั้ง) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างความเข้มข้นของน้ำเสีย อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
ตัวอักษรมุมขวามือ (แนวนอน) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างชนิดพืช อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

9.1.2 สรุปผลการศึกษาด้านคุณภาพน้ำและประสิทธิภาพการบำบัด ในโครงการย่อยที่ 1-2

ผลการศึกษาด้านคุณภาพน้ำในโครงการย่อยที่ 1-2 ซึ่งเป็นการศึกษาผลของความเค็มของน้ำเสีย และชนิดของกล้าไม้ป่าชายเลน ต่อประสิทธิภาพการบำบัดของระบบพื้นที่ชุ่มน้ำป่าชายเลน โดยใช้ระยะเวลากักเก็บ 7 วัน และใช้ระบบการปล่อยน้ำทั้งแบบกะ (batch flow system) และแบบเติมต่อเนื่อง (continuous-added flow system) สามารถสรุปได้ดังนี้

1) ระบบการปล่อยน้ำแบบกะ

ปริมาณออกซิเจนละลาย (DO)

- ชุดควบคุมที่ไม่ปลูกพืชมีค่า DO ของน้ำที่ผ่านการบำบัดสูงกว่าชุดทดลองที่ปลูกกล้าไม้ ทั้งนี้เพราะชุดทดลองที่ปลูกกล้าไม้มีการสะสมอินทรียสารที่ผิวดินสูงและมีกล้าไม้ปกคลุมขัดขวางการเติมอากาศโดยลม และการสังเคราะห์แสงของสาหร่ายและแพลงก์ตอนพืช

BOD (Biochemical Oxygen Demand)

- น้ำเสียทุกระดับความเค็มมีค่า BOD ของน้ำที่ผ่านการบำบัดไม่เกิน 20 mg/l
- เปอร์เซ็นต์การบำบัด BOD ของน้ำเสียต่างระดับความเค็มมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ไม่มีแนวโน้มที่ชัดเจนว่าน้ำเสียระดับความเค็มใดมีเปอร์เซ็นต์การบำบัดสูงสุด
- ชุดควบควบคุมที่ไม่ปลูกพืชมีเปอร์เซ็นต์การบำบัด BOD สูงกว่าชุดทดลองที่ปลูกกล้าไม้

ไนโตรเจนทั้งหมด (Total Nitrogen : TN)

- เปอร์เซ็นต์การบำบัดของชุดทดลองที่ได้รับน้ำเสียความเค็มต่ำ สูงกว่าชุดทดลองที่ได้รับน้ำเสียความเค็มสูง
- เปอร์เซ็นต์การบำบัด TN ของชุดทดลองที่ปลูกกล้าไม้สูงกว่าชุดควบคุมที่ไม่ปลูกพืช และพบแนวโน้มว่าเปอร์เซ็นต์การบำบัด TN ในชุดทดลองที่ปลูกแสมทะเลสูงกว่าชุดทดลองที่ปลูกกล้าไม้ชนิดอื่น

ฟอสฟอรัสทั้งหมด (Total Phosphorus : TP)

- เปอร์เซ็นต์การบำบัดของชุดทดลองที่ได้รับน้ำเสียความเค็มสูง สูงกว่าชุดทดลองที่ได้รับน้ำเสียความเค็มต่ำ
- เปอร์เซ็นต์การบำบัด TP ของชุดทดลองที่ปลูกกล้าไม้ต่างชนิด โดยทั่วไปไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และพบแนวโน้มเช่นเดียวกันกับเปอร์เซ็นต์การบำบัด TN คือ เปอร์เซ็นต์การบำบัดในชุดทดลองที่ปลูกแสมทะเลสูงกว่าชุดทดลองที่ปลูกกล้าไม้ชนิดอื่น

2) ระบบการปล่อยน้ำแบบเติมต่อเนื่อง

ปริมาณออกซิเจนละลาย (DO)

- ชุดควบคุมที่ไม่ปลูกพืชมีค่า DO ของน้ำที่ผ่านการบำบัดสูงกว่าชุดทดลองที่ปลูกกล้าไม้ ซึ่งเป็นแนวโน้มลักษณะเดียวกับระบบกะ

BOD (Biochemical Oxygen Demand)

- เปอร์เซ็นต์การบำบัด BOD ของน้ำเสียต่างระดับความเค็มไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่พบแนวโน้มว่า เปอร์เซ็นต์การบำบัดของชุดทดลองที่ได้รับน้ำเสียความเค็มต่ำ สูงกว่าชุดทดลองที่ได้รับน้ำเสียความเค็มสูง ซึ่งแนวโน้มนี้ไม่พบในระบบกะ อย่างไรก็ตามแนวโน้มดังกล่าวไม่ชัดเจนนัก และค่าไม่แตกต่างกันมากนัก

- เปอร์เซ็นต์การบำบัด BOD ของชุดทดลองที่ปลูกกล้าไม้ต่างชนิด และชุดควบคุมที่ไม่ปลูกพืชไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งแตกต่างจากระบบกะซึ่งเปอร์เซ็นต์การบำบัด BOD ในชุดทดลองที่ปลูกกล้าไม้ต่ำกว่าชุดควบคุมที่ไม่ปลูกพืชอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ
- เปอร์เซ็นต์การบำบัด BOD ในระบบเติมต่อเนื่องต่ำกว่าระบบกะ

ไนโตรเจนทั้งหมด (Total Nitrogen : TN)

- เปอร์เซ็นต์การบำบัด TN ของน้ำเสียต่างระดับความเค็ม พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ไม่พบแนวโน้มว่าเปอร์เซ็นต์การบำบัด TN ของน้ำเสียระดับความเค็มใดมีค่าสูงสุด ซึ่งแตกต่างจากระบบกะซึ่งพบว่า เปอร์เซ็นต์การบำบัด TN มีแนวโน้มลดลงเมื่อน้ำเสียมีความเค็มสูงขึ้น
- เปอร์เซ็นต์การบำบัด TN ในชุดทดลองที่ปลูกกล้าไม้ต่างชนิด และชุดควบคุมที่ไม่ปลูกพืช แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทุกระดับความเค็ม และเปอร์เซ็นต์การบำบัดในชุดทดลองที่ปลูกแสมทะเลสูงกว่าชุดทดลองที่ปลูกกล้าไม้ชนิดอื่นและชุดควบคุมที่ไม่ปลูกพืช ซึ่งเป็นแนวโน้มที่คล้ายคลึงกับในระบบกะ แต่ระบบกะจะเห็นแนวโน้มที่ชัดเจนกว่า
- เปอร์เซ็นต์การบำบัด TN ในระบบเติมต่อเนื่องต่ำกว่าระบบกะ

ฟอสฟอรัสทั้งหมด (Total Phosphorus : TP)

- เปอร์เซ็นต์การบำบัด TP ในน้ำเสียต่างระดับความเค็มแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีแนวโน้มว่าเปอร์เซ็นต์การบำบัด TP ในชุดทดลองที่ได้รับน้ำเสียความเค็มสูง สูงกว่าชุดทดลองที่ได้รับน้ำเสียความเค็มต่ำ ซึ่งเป็นแนวโน้มลักษณะเดียวกับระบบกะ
- เปอร์เซ็นต์การบำบัด TP ในชุดทดลองที่ปลูกกล้าไม้ต่างชนิดและชุดควบคุมที่ไม่ปลูกพืชมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในทุกระดับความเค็ม แต่มีค่าผันแปรและไม่ชัดเจน ไม่พบแนวโน้มว่าเปอร์เซ็นต์การบำบัด TP ในชุดทดลองที่ปลูกกล้าไม้ชนิดใดมีค่าสูงสุด ขณะที่ระบบกะพบแนวโน้มว่าเปอร์เซ็นต์การบำบัด TP ของชุดทดลองที่ปลูกแสมทะเลมีค่าสูงสุด
- เปอร์เซ็นต์การบำบัด TP ในระบบต่อเติมเนื่องต่ำกว่าระบบกะ

จากผลการศึกษาทั้งหมดในโครงการย่อยที่ 1-2 ซึ่งใช้ระยะเวลากักเก็บ 7 วัน ได้เปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การบำบัดพารามิเตอร์ดังกล่าวของระบบการปล่อยน้ำทั้ง 2 แบบ ดังแสดงในตารางที่ 9-3 ถึง 9-4 สามารถสรุปได้ดังนี้

BOD (Biochemical Oxygen Demand)

เปอร์เซ็นต์การบำบัด BOD ในระบบกะสูงกว่าระบบเติมต่อเนื่อง

ไนโตรเจนทั้งหมด (Total Nitrogen : TN)

เปอร์เซ็นต์การบำบัด TN ในระบบกะสูงกว่าระบบเติมต่อเนื่องอย่างชัดเจน

ฟอสฟอรัสทั้งหมด (Total Phosphorus : TP)

เปอร์เซ็นต์การบำบัด TP ในระบบกะสูงกว่าระบบเติมต่อเนื่อง แต่มีค่าไม่แตกต่างกันมากนัก

ตารางที่ 9-3 เปอร์เซ็นต์การบำบัดบีโอดี ไนโตรเจนทั้งหมด และฟอสฟอรัสทั้งหมด ในระบบกะ โครงการที่ 1-2

พารามิเตอร์	ชุดทดลอง	เปอร์เซ็นต์การบำบัด (%)				
		โกงกางใบใหญ่	แสมทะเล	พังกาหัวสุม	โปรงแดง	ไม่ปลูกพืช
BOD	**NW**	$^{b}62.14\pm16.45^{c}$	76.77 ± 10.04^{ab}	$^{a}83.57\pm10.40^{a}$	$^{a}70.83\pm16.12^{bc}$	$^{a}87.48\pm6.81^{a}$
	6psu	$^{ab}74.57\pm15.50$	76.66 ± 5.51	$^{b}67.74\pm9.91$	$^{a}78.31\pm11.84$	$^{a}82.53\pm6.37$
	12psu	$^{ab}73.12\pm6.79^{a}$	78.58 ± 8.52^{a}	$^{ab}78.43\pm11.46^{a}$	$^{b}57.83\pm20.75^{b}$	$^{a}79.49\pm6.88^{a}$
	18psu	$^{ab}70.03\pm14.44$	74.74 ± 8.33	$^{a}81.75\pm6.02$	$^{a}81.69\pm8.45$	$^{b}69.98\pm15.70$
	24psu	$^{a}81.55\pm9.29^{a}$	86.07 ± 8.18^{a}	$^{b}69.08\pm18.66^{b}$	$^{a}79.48\pm4.43^{a}$	$^{a}86.89\pm6.64^{a}$
TN	**NW**	$^{a}95.06\pm1.04^{ab}$	$^{a}95.86\pm0.87^{a}$	$^{a}95.50\pm0.81^{a}$	$^{a}93.97\pm0.83^{c}$	$^{a}94.28\pm1.61^{bc}$
	6psu	$^{a}92.78\pm2.06^{ab}$	$^{ab}93.80\pm1.18^{a}$	$^{b}92.99\pm1.76^{ab}$	$^{b}91.01\pm2.52^{bc}$	$^{b}90.13\pm3.53^{c}$
	12psu	$^{a}93.28\pm1.19$	$^{b}93.17\pm2.25$	$^{b}93.34\pm1.30$	$^{ab}92.08\pm2.00$	$^{ab}91.06\pm2.73$
	18psu	$^{b}89.36\pm1.99^{ab}$	$^{b}91.36\pm2.71^{a}$	$^{b}91.56\pm1.39^{a}$	$^{c}87.98\pm2.98^{b}$	$^{b}87.96\pm3.35^{b}$
	24psu	$^{c}81.66\pm4.72^{abc}$	$^{c}85.80\pm3.96^{a}$	$^{c}82.30\pm3.69^{ab}$	$^{d}78.70\pm3.36^{bc}$	$^{c}77.03\pm7.17^{c}$
TP	**NW**	$^{b}57.62\pm7.06$	$^{c}62.70\pm9.57$	$^{c}58.69\pm8.91$	$^{b}52.56\pm7.29$	54.80 ± 16.31
	6psu	$^{b}59.75\pm6.33$	$^{c}63.16\pm5.68$	$^{b}64.58\pm3.82$	$^{ab}59.59\pm7.77$	60.44 ± 8.90
	12psu	$^{b}58.62\pm8.52$	$^{bc}67.73\pm7.17$	$^{b}63.90\pm5.56$	$^{b}55.13\pm10.72$	61.27 ± 16.15
	18psu	$^{b}63.77\pm5.16^{bc}$	$^{b}73.88\pm8.16^{a}$	$^{b}65.82\pm3.22^{b}$	$^{b}58.04\pm6.59^{c}$	66.88 ± 10.66^{b}
	24psu	$^{a}75.24\pm4.21^{ab}$	$^{a}81.83\pm2.61^{a}$	$^{a}78.87\pm3.11^{a}$	$^{a}67.53\pm10.90^{bc}$	64.09 ± 14.50^{c}

ตารางที่ 9-4 เปอร์เซ็นต์การบำบัดบีโอดี ไนโตรเจนทั้งหมด และฟอสฟอรัสทั้งหมด ในระบบต่อเนื่อง โครงการที่ 1-2

พารามิเตอร์	ชุดทดลอง	เปอร์เซ็นต์การบำบัด (%)				
		โกงกางใบใหญ่	แสมทะเล	พังกาหัวสุม	โปรงแดง	ไม่ปลูกพืช
BOD	**NW**	71.30 ± 24.35	73.29 ± 15.12	80.87 ± 12.61	75.20 ± 19.51	76.85 ± 10.05
	6psu	73.48 ± 13.24	60.16 ± 23.49	64.98 ± 23.14	72.00 ± 17.29	68.62 ± 21.61
	12psu	65.99 ± 27.35	67.57 ± 19.76	71.42 ± 25.23	64.88 ± 20.26	63.77 ± 18.64
	18psu	61.84 ± 17.05	56.71 ± 20.29	61.63 ± 18.11	65.47 ± 18.47	59.25 ± 21.67
	24psu	59.09 ± 30.26	64.60 ± 13.95	64.67 ± 16.94	60.85 ± 16.08	67.65 ± 18.81
TN	**NW**	76.48 ± 7.01^{a}	$^{c}81.38\pm5.87^{a}$	$^{a}80.94\pm6.48^{a}$	$^{d}59.72\pm6.85^{b}$	$^{b}58.89\pm6.02^{b}$
	6psu	69.38 ± 10.79^{c}	$^{bc}84.23\pm4.73^{a}$	$^{a}80.53\pm6.08^{ab}$	$^{b}73.97\pm6.44^{bc}$	$^{a}80.25\pm8.27^{ab}$
	12psu	69.46 ± 10.93^{c}	$^{ab}88.35\pm3.57^{a}$	$^{b}64.46\pm7.84^{c}$	$^{ab}76.82\pm8.70^{b}$	$^{a}85.17\pm5.27^{a}$
	18psu	75.94 ± 10.66^{b}	$^{a}89.50\pm2.40^{a}$	$^{a}80.96\pm8.85^{b}$	$^{c}66.90\pm6.68^{c}$	$^{a}78.00\pm9.31^{b}$
	24psu	72.39 ± 8.09^{b}	$^{ab}86.19\pm3.13^{a}$	$^{b}66.30\pm5.28^{b}$	$^{a}81.33\pm7.27^{a}$	$^{a}80.69\pm8.19^{a}$
TP	**NW**	$^{bc}52.95\pm6.75$	$^{c}52.10\pm6.21$	$^{c}54.66\pm8.34$	$^{c}47.18\pm7.43$	$^{b}53.85\pm8.68$
	6psu	$^{a}63.51\pm3.76^{a}$	$^{b}59.83\pm6.25^{a}$	$^{ab}60.57\pm3.35^{a}$	$^{bc}53.79\pm4.69^{b}$	$^{a}61.87\pm5.22^{a}$
	12psu	$^{b}57.41\pm5.77^{a}$	$^{c}48.30\pm8.08^{b}$	$^{c}49.00\pm7.81^{b}$	$^{ab}57.58\pm8.27^{a}$	$^{b}51.02\pm9.38^{ab}$
	18psu	$^{c}51.97\pm4.81^{b}$	$^{bc}54.17\pm8.25^{b}$	$^{a}62.07\pm5.25^{a}$	$^{ab}57.30\pm11.86^{ab}$	$^{a}62.39\pm6.55^{a}$
	24psu	$^{a}64.15\pm4.48^{b}$	$^{a}71.59\pm4.33^{a}$	$^{ab}57.76\pm8.08^{c}$	$^{a}63.30\pm5.46^{bc}$	$^{a}65.52\pm7.17^{b}$

หมายเหตุ ตัวอักษรมุมซ้ายมือ (แนวตั้ง) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างความเข้มข้นของน้ำเสีย อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตัวอักษรมุมขวามือ (แนวนอน) ที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างชนิดพืช อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

9.2 ข้อเสนอแนะการจัดการระบบพื้นที่ชุ่มน้ำป่าชายเลน

ข้อสรุปด้านประสิทธิภาพการบำบัดของระบบพื้นที่ชุ่มน้ำป่าชายเลนมีดังนี้ คือ

ปริมาณออกซิเจนละลาย (DO)

- ชุดทดลองที่ปลูกกล้าไม้มีค่า DO ของน้ำที่ผ่านการบำบัดสูงกว่าชุดควบคุมที่ไม่ปลูกพืช แต่ถ้าชุดทดลองแน่นทึบเกินไปจะทำให้ค่า DO ต่ำกว่าชุดควบคุมที่ไม่ปลูกพืช

BOD (Biochemical Oxygen Demand)

- ควรใช้ระยะเวลากักเก็บ 5 หรือ 7 วัน (ถ้า BOD สูง ควรใช้ระยะเวลากักเก็บนาน 7 วัน)
- ชุดทดลองที่ปลูกกล้าไม้มีเปอร์เซ็นต์การบำบัด BOD สูงกว่าชุดควบคุมที่ไม่ปลูกพืช แต่ถ้าชุดทดลองแน่นทึบเกินไปจะทำให้เปอร์เซ็นต์การบำบัดต่ำกว่าชุดควบคุมที่ไม่ปลูกพืช

ไนโตรเจนทั้งหมด (Total Nitrogen : TN)

- ควรใช้ระยะเวลากักเก็บ 5 หรือ 7 วัน (ถ้า TN สูง ควรใช้ระยะเวลากักเก็บนาน 7 วัน)
- ชุดทดลองที่ปลูกกล้าไม้มีเปอร์เซ็นต์การบำบัด TN สูงกว่าชุดควบคุมที่ไม่ปลูกพืช และพบแนวโน้มว่าชุดทดลองที่ปลูกแสมทะเลมีเปอร์เซ็นต์การบำบัดสูงกว่าชุดทดลองที่ปลูกกล้าไม้ชนิดอื่น

ฟอสฟอรัสทั้งหมด (Total Phosphorus : TP)

- ควรใช้ระยะเวลากักเก็บ 7 วัน
- ชุดทดลองที่ปลูกกล้าไม้มีเปอร์เซ็นต์การบำบัด TP สูงกว่าชุดควบคุมที่ไม่ปลูกพืช และพบแนวโน้มว่าชุดทดลองที่ปลูกแสมทะเลมีเปอร์เซ็นต์การบำบัดสูงกว่าชุดทดลองที่ปลูกกล้าไม้ชนิดอื่น

ดังนั้นข้อเสนอแนะสำหรับการจัดทำระบบพื้นที่ชุ่มน้ำป่าชายเลนมีดังนี้ คือ

- ควรเลือกใช้ระยะเวลากักเก็บน้ำเสีย 7 วัน เพราะทำให้ประสิทธิภาพการบำบัดทุกพารามิเตอร์สูงกว่าเมื่อใช้ระยะเวลากักเก็บ 5 วัน และ 3 วัน อย่างไรก็ตามไม่ควรกักเก็บน้ำเสียไว้นานเกินกว่า 7 วัน เพราะจะทำให้ DO มีแนวโน้มลดต่ำลงซึ่งมีผลต่อประสิทธิภาพการบำบัด BOD และ TN
- สามารถเลือกใช้ระบบการปล่อยน้ำแบบกะ ซึ่งสะดวกและประหยัดกว่าการปล่อยน้ำแบบเติมต่อเนื่อง และมีประสิทธิภาพในการบำบัดสูง ซึ่งในการทดลองนี้ใช้น้ำเสีย 200 ลิตร เข้าสู่ชุดทดลองซึ่งมีพื้นที่ 2 ตารางเมตร หรือเทียบเท่ากับ 100 ลิตร/ตารางเมตร ซึ่งทำให้มีระดับน้ำอยู่เหนือผิวดินประมาณ 10-12 เซนติเมตร ขณะที่ในระบบเติมต่อเนื่องอัตราการปล่อยน้ำเสียของระยะเวลากักเก็บ 7 วัน มีค่า 46.30 มิลลิลิตร/นาที ซึ่งต่ำ ทำให้ในช่วงแรกไม่ปรากฏน้ำเหนือผิวดินเพราะน้ำจะซึมซาบลงสู่ดินชั้นล่าง
- พันธุ์ไม้ที่แนะนำให้เลือกใช้ในระบบพื้นที่ชุ่มน้ำป่าชายเลน คือ แสมทะเล และ โกงกางใบใหญ่ เนื่องจากเปอร์เซ็นต์การบำบัด TN และ TP ในชุดทดลองที่ปลูกแสมทะเลสูงกว่าชุดทดลองที่ปลูกกล้าไม้อื่น นอกจากนี้โกงกางใบใหญ่และแสมทะเลสามารถทนทานต่อสภาพการท่วมขังของน้ำอย่างต่อเนื่องถึง 7 วันได้ดีกว่าพังกาหัวสุมดอกแดง และ โปรงแดงรวมทั้งมีอัตราการเจริญเติบโตและการเพิ่มพูนมวลชีวภาพสูงกว่าด้วย
- การปลูกกล้าไม้ในระบบพื้นที่ชุ่มน้ำป่าชายเลน ควรใช้ระยะการปลูก 1.5 x 1.5 เมตร แต่เมื่อพันธุ์ไม้มีการเจริญเติบโตจนระบบเริ่มแน่นทึบ ควรมีการตัดไม้ออกบ้าง โดยเฉพาะอย่างยิ่งแสมทะเลเนื่องจากแสมทะเลเป็นไม้ที่มีการแตกกิ่งก้านเป็นพุ่ม โดยอาจตัดไม้ให้เหลือระยะการปลูก 1.5 x 3 เมตร หรือ 3 x 3 เมตร ตามความเหมาะสม

- น้ำเสียที่เข้าสู่ระบบพื้นที่ชุ่มน้ำป่าชายเลน ไม่ควรมีค่า BOD, TN และ TP สูงเกินระดับของน้ำเสีย 5NW (ซึ่งมีค่าดังกล่าวอยู่ระหว่าง 78.67-94.30, 105.062-111.129 และ 19.407-21.159 mg/l ตามลำดับ) เพราะถึงแม้ผลการทดลองจะพบว่า ชุดทดลองจะสามารถรองรับน้ำเสีย 10NW (ซึ่งมีค่าดังกล่าวอยู่ระหว่าง 90.50-111.24, 213.598-216.803 mg/l ตามลำดับ) โดยไม่แสดงผลลบต่อพันธุ์ไม้ในระบบ แต่ในระยะยาวอาจมีผลกระทบทางลบ เพราะผลการทดลองชี้ให้เห็นว่าพันธุ์ไม้มีอัตราการเจริญเติบโตและการเพิ่มพูนมวลชีวภาพสูงสุดเมื่อได้รับน้ำเสีย 5NW แสดงว่าถึงแม้น้ำเสีย 10NW จะมีธาตุอาหารสูงกว่า แต่การมีอินทรียสาร (วัดในรูป BOD) สูง กลับทำให้อัตราการเจริญเติบและการเพิ่มพูนมวลชีวภาพต่ำกว่า อีกทั้งผลการศึกษาสมบัติของดินชี้ให้เห็นว่า หากน้ำเสียมีปริมาณอินทรียสารและธาตุอาหารสูงจะทำให้อัตราการสะสมในดินสูงขึ้นตามไปด้วย อันจะทำให้ศักยภาพในการกักเก็บธาตุอาหารต่ำลง ซึ่งจะเห็นได้จากประสิทธิภาพการบำบัดฟอสฟอรัสในน้ำเสียของการทดลองระยะที่ 2 ต่ำกว่าการทดลองระยะที่ 1 นอกจากนี้การสะสมอินทรียวัตถุในดินยังทำให้สมดุลระหว่าง aerobic-anaerobic เปลี่ยนแปลงไป ซึ่งย่อมส่งผลต่อประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสีย (และผลการศึกษาในโครงการที่ 2 ยังชี้ให้เห็นว่า น้ำเสียมีผลกระทบต่อชนิดและจำนวนของสัตว์หน้าดินในพื้นที่ชุ่มน้ำอีกด้วย)
- น้ำเสียที่เข้าสู่ระบบพื้นที่ชุ่มน้ำป่าชายเลนหากมีการปรับความเค็มให้สูงขึ้นจะทำให้ประสิทธิภาพการบำบัดฟอสฟอรัสสูงขึ้น และยังพบว่าระดับความเค็มของน้ำที่ 12 psu จะทำให้อัตราการเจริญเติบโตของกล้าไม้และการเพิ่มพูนมวลชีวภาพสูงที่สุด ดังนั้น หากเป็นไปได้การผสมน้ำทะเลเข้ากับน้ำเสีย โดยหากน้ำทะเลมีความเค็มประมาณ 30 psu ควรใช้อัตราส่วนของน้ำทะเล : น้ำเสีย 1 : 1 ซึ่งจะทำให้ความเค็มมีค่าประมาณ 15 psu อย่างไรก็ตาม การปรับระดับความเค็มของน้ำเสียนี้ทำให้ประสิทธิภาพการบำบัด BOD และไนโตรเจนมีแนวโน้มลดลง ดังนั้น อาจเลือกการปรับระดับความเค็มโดยการผสมน้ำทะเลเข้ากับน้ำเสียในกรณีที่น้ำเสียที่ต้องการบำบัดมีความเข้มข้นของฟอสฟอรัสสูง หรือต้องการเพิ่มอัตราการเจริญเติบโตและการเพิ่มพูนมวลชีวภาพของพันธุ์ไม้เท่านั้น หากเป็นกรณีอื่นไม่มีความจำเป็นต้องทำ เพียงแต่ควรมีการพักระบบโดยให้ระบบมีช่วงที่ไม่มีน้ำท่วมขัง และมีช่วงที่มีน้ำทะเลท่วมถึงเป็นระยะๆ

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

กนกพร บุญส่ง. 2528. การทดแทนสังคมพืชขั้นปฐมภูมิของป่าชายเลน บริเวณอำเภอเมือง จังหวัดนครศรีธรรมราช. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สหสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

กนกพร บุญส่ง, สมเกียรติ ปิยะธีรธิติวรกุล และ พิพัฒน์ พัฒนผลไพบูลย์. 2543. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ โครงการการใช้ป่าชายเลนเพื่อการบำบัดน้ำเสียจากชุมชน: การเจริญเติบโตของพืชและสถานะภาพของธาตุอาหารในระบบ. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย.

กฤติกา ทองสมบัติ. 2546. ผลของสภาพน้ำขังสลับแห้งต่อประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียชุมชนขั้นที่สาม โดยพื้นที่ชุ่มน้ำเทียมโกงกางใบใหญ่ *Rhizophora mucronata* Lamk. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สหสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์. 2539. การบำบัดน้ำเสีย. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: มิตรนราการพิมพ์.

คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. 2541. ปฐพีวิทยาเบื้องต้น. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ควบคุมมลพิษ, กรม. 2546. น้ำเสียชุมชนและระบบบำบัดน้ำเสีย. กรุงเทพมหานคร: คุรุสภา ลาดพร้าว.

เจนจิรา แก้วรัตน์. 2541. ความสามารถของโกงกางใบเล็ก *Rhizophora apiculata* เพื่อการบำบัดน้ำทิ้งจากการเลี้ยงกุ้ง. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สหสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

เฉลิมชัย โชติกมาศ. 2539. ลักษณะโครงสร้างป่าชายเลน และลักษณะดิน ท้องที่อำเภอบ้านแหลมจังหวัดเพชรบุรี. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

เฉลิมวิไล ชื่นศรี. 2517. คู่มือการบรรยายประกอบวิชา ชีวประมง 444 (ชีววิทยาของกุ้ง ปู หอย ตอน Reptantia). คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

เทียมใจ คมกฤส. 2536. โครงสร้างของไม้ป่าชายเลน. กรุงเทพมหานคร: ฉลองรัตน์.

ธงชัย พรรณสวัสดิ์. 2544. การบำบัดไนโตรเจนและฟอสฟอรัสทางชีวภาพ. กรุงเทพมหานคร: สมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย.

ธวัชชัย สันติสุข. 2538. โกงกางใบใหญ่ *Rhizophora mucronata* Poir. ใน อนุกรมวิธานของพืช อักษร ก. ฉบับราชบัณฑิตยสถาน. กรุงเทพมหานคร: เพื่อนพิมพ์.

บรรจง เทียมส่งรัศมี. 2515. Crustacean: กุ้ง – ปู. คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ปวีณา วัฒนสุทธิพงศ์. 2547. ผลของความเข้มข้นของน้ำเสียชุมชนสังเคราะห์ต่อระบบพื้นที่ชุ่มน้ำเทียมโกงกางใบใหญ่. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สหสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ปริศนา เจียรกูล. 2543. ชนิด ปริมาณ และการกระจายของสัตว์หน้าดินในป่าชายเลนก่อนใช้บำบัดน้ำเสีย บริเวณแหลมผักเบี้ย จังหวัดเพชรบุรี. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ประโสด ธรรมเขต. 2540. การวิเคราะห์ทางเคมี พืช ปุ๋ย และวัสดุปรับปรุงดิน. กองวิเคราะห์ดิน กรมพัฒนาที่ดิน.

ประเทือง เชาว์วันกลาง. 2534. คุณภาพน้ำทางการประมง. กรุงเทพมหานคร: ฟิสิกส์เซ็นเตอร์.

ปิยนันท์ ศรีสุชาต. 2524. ชนิด ปริมาณ และการกระจายของสัตว์หน้าดินบริเวณป่าชายเลน อำเภอขลุง จังหวัดจันทบุรี. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ปิยวรรณ สายมโนพันธุ์. 2543. ผลของโครงสร้างดินต่อการดูดซับธาตุอาหารของกล้าไม้โกงกางใบเล็ก *Rhizophora apiculata* และ แสมทะเล *Avicennia marina*. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สหสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

เปี่ยมศักดิ์ เมนะเศวต. 2543. แหล่งน้ำกับปัญหามลพิษ. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

พิชิต แก้ววงศ์ศรี และ นพรัตน์ บำรุงรัตน์. 2540. การศึกษาการเจริญเติบโตของต้นแสมที่ใช้เป็นไม้เบิกนำบนหาดเลนงอกใหม่ของอ่าวปัตตานี. ใน การสัมมนาระบบนิเวศป่าชายเลนแห่งชาติครั้งที่ 10 “การจัดการและการอนุรักษ์ป่าชายเลน : บทเรียนในรอบ 20 ปี”, หน้า II-4 (1-8). 25-28 สิงหาคม 2540 ณ โรงแรมเจ.บี. หาดใหญ่ จังหวัดสงขลา.

พิพัฒน์ พัฒนผลไพบูลย์, สมภพ รุ่งสุภา และ เปี่ยมศักดิ์ เมนะเศวต. 2538. การประเมินผลกระทบของฟาร์มกุ้งที่มีต่อป่าชายเลนในบริเวณชายฝั่งทะเล จังหวัดตราด. ใน รายงานการสัมมนาระบบนิเวศป่าชายเลนแห่งชาติ ครั้งที่ 9 “การอนุรักษ์ป่าชายเลนเพื่อสังคมไทยในทศวรรษหน้า” 8 หน้า. 6-9 กันยายน 2538 ณ โรงแรมภูเก็ตเมอร์ลิน จังหวัดภูเก็ต.

ลำไย หงส์สิงห์ และ สนิท อักษรแก้ว. 2547. การกระจายของสัตว์หน้าดินขนาดใหญ่ในป่าชายเลนหลังการใช้บำบัดน้ำเสียบริเวณแหลมผักเบี้ย จังหวัดเพชรบุรี. ใน การจัดการสวนป่าชายเลนแบบผสมผสานเพื่อการพัฒนาทรัพยากรและสิ่งแวดล้อมบริเวณชายฝั่งทะเลของประเทศไทย. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย.

ศุวศา กานตวนิชกูร. 2544. การกำจัดไนโตรเจนโดยระบบ Combined constructed wetland ในเขตอากาศร้อน. รายงานฉบับสมบูรณ์ เสนอสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ. เชียงใหม่.

สนิท อักษรแก้ว. 2541. ป่าชายเลน นิเวศวิทยาและการจัดการ. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สนิท อักษรแก้ว. 2542. ป่าชายเลน นิเวศวิทยาและการจัดการ. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สนิท อักษรแก้ว, สนใจ หะวานนท์ และ ชาตรี มากนวล. 2539. คู่มือการปลูกไม้ป่าชายเลน. โครงการวิจัยป่าชายเลน ITTO/JAM/Thai NATMANCOM Development and Dissemination of Re-afforestation Techniques of mangrove forest.

สุรินทร์ มัจฉาชีพ. 2540. ปูน้ำเค็มของไทย. โครงการสื่อการศึกษา สถาบันวิทยาศาสตร์ทางทะเล มหาวิทยาลัยบูรพา. ชลบุรี.

ภาษาอังกฤษ

Aksornkoae, S. 1986. Productivity and mortality of mangrove plantation in an abandoned mining area for coastal zone development in Thailand. pp.1-14. UNDP/UNESCO Regional Project. Research and Training Pilot Programme on Mangrove Ecosystems in Asia and the Pacific (RAS/79/002)

AWWA, WEF and APHA. 1998. Standard methods for examination of water and wastewater. American public health association. Washington DC.

Black C. A., 1965. Method of soil analysis, Part 2. Agronomy No. 9 Am. Agron. Medison, Wisconsin, USA.

Bolton, K. G. E., and Greenway, M. 1997. A feasibility study of *Melaleuca* tree for use in subtropical Australia. Water Science and Technology. 35(5): 247-254.

Bolton, K. G. E., and Greenway, M. 1999. Nutrient sinks in a constructed wetland *Melaleuca* wetland receiving secondary treated effluent. Water Science and Technology. 40(3): 341-347.

Boonsong, K., Piyatiratitivorakul, S., and Patanapolpaiboon, P. 2003. Potential use of mangrove plantation as constructed wetland for municipal wastewater treatment. Water Science and Technology. 48(5): 257-266.

Boonsong, K., Piyatiratitivorakul, S., and Patanapolpaiboon, P. 2002. Use mangrove plantation as constructed wetland for municipal wastewater treatment. Science Research, Chulalongkorn University. 27(1): 43-58.

Bosire, j. O., Guebas, F. D., Kairo, J. G., and Koedam, N. 2003. Colonization of non-planted mangrove species into restored mangrove stands in Gazi Bay, Kenya. Aquatic Botany. 76: 267-279.

Brandt, R. A. M. 1974. The non marine aquatic mollusca of Thailand. Archive for molluscken kunde no. 105. Frankfurt and Main.

Brix. 1993. Wastewater treatment in constructed wetlands: system design, remove process, and treatment performance. In Moshiri, G. A. (ed), Constructed wetlands for water quality improvement, pp. 9-22. London: Lewis.

Brix, H. 1997. Do macrophytes play a role in constructed treatment wetlands ? Water Science and Technology. 35(5) : 11-17.

Bunt, J. S. 1984. Mangrove dependent ecosystem. Report of the workshop on human induced stresses on mangrove ecosystem. pp.9-14. UNDP/UNESCO Research and training pilot programme on mangrove ecosystems in Asia and the Pacific (RAS/79/002). 2-7 October 1984. Bogor, Indonesia.

Chen, X. R., and Wong, Y. S. 1995. Effect of wastewater discharge on nutrient contamination on mangrove soils and plants. In Khemnark C., et al. (eds), Proceedings of the Ecotone IV: Ecology and Management of Mangrove Restoration and Regeneration in East and Southeast Asia, pp.269-283. 18-22 January 1995. Wang Tai Hotel, Surat Thani, Thailand.

Chu, H. Y., Chen, N. C., Yeung, M. C., Tam, N. F. Y., and Wong, Y. S. 1998. Tide-tank simulating mangrove wetland for removal of nutrient and heavy metals from wastewater. Water Science and Technology. 38(1) 361-368.

Clough, B. F., Boto, K. G., and Attiwill, P. M. 1983. Nutrients and mangroves. In Connel, D. W., and Hawker, D. W. (eds), Pollution in tropical aquatic systems, pp. 129-145. London: CRC press.

Cronk, J. K., and Fennessy, M. S. 2001. Wetland plants: biology and ecology. Imprint Boca Raton, Fla.: Lewis publishers.

Gray, S., Kinross, J., Read, P., and Marland, A. 2000. The nutrient assimilative capacity of maerl as substrate in constructed wetland system for waste treatment. Water Research. 34(8): 2183-2190.

Hammer, D. A., and Bastian, R. K. 1989. Constructed wetlands for wastewater treatment. Michigan: Liwis.

Healy, A. and Yaldwyn, J. 1970. Australian crustacean in colour. A. H and A. W. Reed, Sydney.

Jackson, M. L. 1960. Phosphorus determination for soil: soil chemical analysis. New Jercy, USA: Prentice-Hall.

Jackson, M. L. 1975. Soil chemical analysis. New Delhi: Prentice-Hall of India Private.

Kadlec, R. H. 1995. Overview: surface flow constructed wetland. Water Science and Technology. 32(3): 1-12.

Kadlec, R. H., and Knight, R. L. 1996. Treatment wetlands. U.S.A.: Lewis publishers.

Kathiresan, K., and Bingham, B. L. 2001. Biology of mangroves and mangrove ecosystems. Advances in Marine Biology. 40: 81-251.

Klomjek, P., and Nitisoravut, S. 2005. Constructed wetland: a study of eight plant species under saline condition. Chemosphere. 58: 585-593.

Lacerda, L. D., Ittekkot, V., and Patchineelam, S. R. 1995. Biogeochemistry of mangrove soil organic matter: a comparison between *Rhizophora* and *Avicennia* soil in south-eastern Brazil. Estuarine, Coastal and Shelf Science. 40: 713-720.

Lin, Y. F., Jing, S. R., Lee, D. Y., Chang, Y. F., Chen, Y. M., and Chung, S. K. 2005. Performance of a constructed wetland treating intensive shrimp aquaculture wastewater under high hydraulic loading rate. Environmental Pollution. 134: 411-421.

Mccafferty, W. P., and Provonsha, A. V. 1981. Aquatic entomology the fishermen's and ecologist illustrate guide to insects and their relative. U.S.A.: Jone and Barlett publisher.

Mitsch, W. J., and Gosselink, J. G. 2000. Wetlands. 3rd edition. New York: John Wiley & Sons.

Moshiri, G. A. 1993. Constructed wetlands for water quality improvement. Chelsea: Lewis publishers.

Nguyen, L. M. 2000. Organic matter composition, microbial biomass and microbial activity in gravel-bed constructed wetlands treating farm dairy wastewaters. Ecological Engineering. 16: 199-221.

Novotny, V., and Olem, H. 1994. Water quality: prevention, identification and management diffuse pollution. New York: Van Nostrand Reinhold.

Park, E. J., Seo, J. K., Kim, M. R., Jung, I. H., Kim, J. Y., and Kim, S. K. 2001. Salinity acclimation of immobilized freshwater denitrifier. Aquacultural Engineering. 24: 169-180.

Pezeshki, S. R. 2001. Wetland plant responses to soil flooding. Environmental and Experimental Botany. 46: 299-312.

Reddy, K. R., and D' Angelo, E. M. 1997. Biogeochemical indicators to evaluvate pollutant removal efficiency in constructed wetlands. Water Science and Technology. 35(5): 1-10.

Robertson, A. I., and Phillips, M. J. 1995. Mangroves as filters of shrimp pond effluent: predictions and biogeochemical research needs. Hydrobiologia. 295: 311-321.

Ru, C. X., and Wong, Y. S. 1995. Effect of wastewater discharge on nutrient contamination of mangrove soils and plants. In Khemnark, C. (ed.), Ecology and Management of Mangrove Restoration and Regeneration in East and Southeast Asia. Proceedings of the ECOTONE IV. 18-22 January 1995. Wang Tai Hotel, Surat Thani, Thailand.

Sansanayuth, P., Phadungchep, A., Ngammontha, S., Sukasem, P., Hoshino, H., and Itabucanon, M. S. 1996. Shrimp pond effluent: pollution problems and treatment by constructed wetlands. Water Science and Technology. 36(11): 93-98.

Snedaker, S. C., and Getter, C. D. 1985. Coastal resources management guidelines. Renewable resources information series. Coastal management publication No.2. Research Planning Institute, Inc. in Cooperation with National Park Service, USDI and USAID. Washington D.C.

Smith, R. T., and Alkinson, K. 1975. Techniques in pedology. A handbook for environmental and resource studies. London.

Steinmann, C. R., Weinhart, S., and Melzer, A. 2003. A combined system of lagoon and constructed wetland for an effective wastewater treatment. Water Research. 37: 2035-2042.

Strickland, J. D. H., and Parson, T. R. 1972. A practical handbook of seawater analysis. Ottawa: Fisheries research broad of Canada.

Suzuki, T., Nishihara, M., Paphavasit, N., Shikano, S., Nakasonoe., Y., Piumsomboon, A., and Aumnuch, E. 1997. Ecological distribution and community structure of benthic animals in Smutsongkhram mangrove swamp, Thailand. In Benthic communities and biodiversity in Thai mangrove swamp. Biological Institute, Tohoku University, Japan.

Swennen, C., Moolenbesk, G., Ruttanadakul, N., Hobbelink, H., Dekker, H., and Hajisamae, S. 2001. The molluscs of the Southern Gulf of Thailand. The Biodiversity Research and Training Program, Bangkok, Thailand.

Tam, N. F. Y. 1998. Effects of wastewater discharge on microbial populations and enzyme activities in mangrove soils. Environmental Pollution. 102(2-3): 233-242.

Tam, N. F. Y, and Wong, Y. S. 1994. Nutrient and heavy metal retention in mangrove sediment receiving wastewater. Water Science and Technology. 29(4): 93-200.

Tam, N. F. Y., and Wong, Y. S. 1996. Retention of wastewater-borne and nitrogen and phosphorus in mangrove soils. Environmental Technology. 17: 851-859.

Tam, N. F. Y., and Wong, Y. S. 1999. Mangrove soils in removing pollutants from municipal wastewater of different salinities. Journal of Environment Quality. 28(2): 556-564.

Tam, N. F. Y., and Wong, Y. S. 2001. Livestock wastewater treatment by mangrove pot-cultivation system and the effect of salinity on the nutrient removal efficiency. Marine Pollution Bulletin. 42(6): 512-520.

Tan, K. H. 1996. Soil sampling, preparation and analysis. U.S.A.: Marcel Dekker.

United States Environmental Protection Agency (U.S. EPA). 2000. Manual: Constructed wetlands treatment of municipal wastewater. National Risk Management Research Laboratory, Ohio: Office of Research and Development.

Usinger, L. R. 1968. Aquatic insect of California. University of California. CA, USA.: Press Berkeley and Los Angelis.

van Oostrom, A. J., and Russel, J. M. 1994. Denitrification in constructed wastewater wetlands receiving high concentrations of nitrate. Water Science and Technology. 29(4): 7-14.

Wetlands International. 2003. The use of constructed wetland for wastewater treatment. Wetlands International Report. 1st ed. Malaysia: Wetlands International-Malaysia office.

Williams, D., and Felmate, W. B. 1992. Aquatic insects. Melksham, UK.: Red press Ltd.

Wong, Y. S., Lan, C. Y., Chen, G. Z., Li, S. H., Chen, X. R., Lui, Z. P., and Tam, N. F. Y. 1995. Effect of wastewater discharge on nutrient contamination of mangrove soils and plants. Hydrobiologia. 295: 243-254.

Yang, L., Chang, H. T., and Huang, M. N. 2001. Nutrient removal in gravel-and soil-based wetland microcosms with and without vetgetation. Ecological Engineering. 18: 91-105.

Ye, Y., Tam, N. F. Y., Wong, Y. S., and Lu, C. Y. 2003. Growth and physiological responses of two mangrove species (*Bruguiera gymnorrhiza* and *Kandelia candel*) to waterlogging. Environmental and Experimental Botany. 49: 209-221.

Zamora, P. M. 1992. Mangrove resources of Brunei Darussalam: Management. In Proceedings of the ASEAN/US CRMP Workshop on Coastal Resources Management in Brunei Darussalam, pp.39-58. 30 April-1 May 1992. Bandar Seri Begawan, Brunei Darussalam.

ภาพถ่ายที่ 1 สภาพการก่อสร้างโรงเรือนและชุดทดลองบำบัดน้ำเสีย

ภาพถ่ายที่ 2 สภาพการปลูกกล้าไม้ การเดินท่อน้ำ และการตั้งถังสำรองน้ำ ในการทดลองช่วงระยะแรก

ภาพถ่ายที่ 3 ชุดทดลองที่ปลูกโกงกางใบใหญ่ ในช่วงการทดลองระยะหลัง

ภาพถ่ายที่ 4 ชุดทดลองที่ปลูกแสมทะเล ในช่วงการทดลองระยะหลัง ซึ่งสภาพแน่นทึบมาก

ภาพถ่ายที่ 5 ชุดทดลองที่ปลูกพังกาหัวสุมดอกแดง ในช่วงการทดลองระยะหลัง

ภาพถ่ายที่ 6 ชุดทดลองที่ปลูกโปรงแดง ในช่วงการทดลองระยะหลัง

ภาพถ่ายที่ 7 สภาพโดยทั่วไปของชุดทดลอง

ภาพถ่ายที่ 8 สภาพโดยทั่วไปของระบบพื้นที่ชุ่มน้ำป่าชายเลน ป่าปลูกใหม่ บริเวณที่ปลูกโปรง ซึ่งพันธุ์ไม้ตายเป็นจำนวนมาก

ภาพถ่ายที่ 9 สภาพโดยทั่วไปของระบบพื้นที่ชุ่มน้ำป่าชายเลน ป่าปลูกใหม่ บริเวณที่ปลูกแสมทะเลซึ่งมีอัตราการเจริญเติบโตสูง

ภาพถ่ายที่ 10 สภาพโดยทั่วไปของระบบพื้นที่ชุ่มน้ำป่าชายเลน ป่าปลูกใหม่ บริเวณที่ปลูกโกงกางซึ่งมีอัตราการเจริญเติบโตสูง

ภาพถ่ายที่ 11 การเก็บตัวอย่างดินในระบบพื้นที่ชุ่มน้ำป่าชายเลน

ภาพถ่ายที่ 12 สภาพโดยทั่วไปของแปลงควบคุมป่าธรรมชาติ