



รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ: การพัฒนาทางเลือกการผลิตในพื้นที่น้ำขังน้ำเพื่อลดผลกระทบสิ่งแวดล้อม
สู่พื้นที่ชุ่มน้ำกว๊านพะเยา

โดย ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุขทัย พงศ์พัฒนศิริ และคณะ

ตุลาคม 2554

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ การพัฒนาทางเลือกการผลิตในพื้นที่นาขังน้ำเพื่อลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม
ในพื้นที่ชุ่มน้ำกว๊านพะเยา

คณะผู้วิจัย

สังกัด

1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุขทัย พงศ์พัฒนศิริ
2. รองศาสตราจารย์ กิจการ พรหมมา
3. ชาชากิ โซอิจิ

วิทยาลัยพลังงานและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยพะเยา
คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Faculty of Agriculture and Life Science, Hirosaki University

สนับสนุนโดยสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา และสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย
(ความเห็นในรายงานนี้เป็นของผู้วิจัย สกอ. และ สกว. ไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป)

บทคัดย่อ

กว๊านพะเยาไม่เพียงแต่เป็นส่วนหนึ่งของแม่น้ำอิง ที่ไหลลงสู่แม่น้ำโขงเท่านั้น แต่ยังเป็นลุ่มน้ำระหว่างประเทศ อันดับ 55 พื้นที่ชุ่มน้ำกว๊านพะเยามีระบบนิเวศแบบกึ่งปิดและล้อมรอบด้วยพื้นที่การเกษตรที่มีการปลูกข้าวโดยใช้วิธีการปลูกแบบดั้งเดิม พื้นที่ชุ่มน้ำกว๊านพะเยาเป็นพื้นที่ที่มีการทำโครงการต่างๆ เพื่อปรับปรุงคุณภาพดินและน้ำ ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้ทำการตรวจสอบคุณภาพน้ำและคุณสมบัติทางกายภาพของดินในพื้นที่การเกษตรที่มีการปลูกข้าวในพื้นที่นาขังน้ำ และบริเวณพื้นที่ชุ่มน้ำกว๊านพะเยา เป็นพื้นที่ที่ไม่มีระบบชลประทานและการปล่อยน้ำ ทำให้พื้นที่ทางการเกษตรมีการระบายน้ำช้า ส่งผลให้ผิวดินและโครงสร้างของดินไม่แข็งแรง คุณภาพน้ำผิวดินและน้ำใต้ดินปนเปื้อนสารเคมีและสารอินทรีย์ ส่งผลให้น้ำที่แทรกซึมในชั้นดินมีการปนเปื้อนของสารอินทรีย์ด้วย ดังนั้นในช่วงฤดูน้ำหลากสารอินทรีย์ที่ปนเปื้อนในน้ำและสะสมในชั้นดิน จึงไหลลงสู่พื้นที่ชุ่มน้ำกว๊านพะเยาโดยตรง ซึ่งมีสาเหตุมาจากดินมีความสามารถในการให้น้ำซึมผ่านต่ำกว่า 10^{-4} เซนติเมตร/วินาที

การสร้างแบบจำลองพื้นที่นาในบริเวณใกล้กับพื้นที่ชุ่มน้ำกว๊านพะเยา เพื่อศึกษาถึงคุณสมบัติทางฟิสิกส์และการเคลื่อนย้ายของแร่ธาตุที่ละลายน้ำอยู่ในชั้นดินแต่ละระดับที่อาจส่งผลต่อความเปราะบางของพื้นที่ชุ่มน้ำกว๊านพะเยา โดยใช้ column PVC ขนาดใหญ่ (เส้นผ่าศูนย์กลาง 40 ซม. และสูง 100 ซม.) ที่จำลองคุณสมบัติของชั้นดินนาแต่ละชั้นที่มีระบบการไหลซึมผ่านแบบปิด (closed system percolation: ill-drained paddy field) ซึ่งพบว่าการศึกษาศักยภาพความดันที่เกิดขึ้นในแต่ละชั้นดิน (pressure head profile) มีค่าแรงดันเป็นค่าบวก (positive pressure) ทุกชั้น ค่าศักย์รีดออกซ์ (Eh) ในชั้นดิน พบว่าที่ระดับผิวดินจะอยู่ในสภาวะออกซิเดชั่น ส่วนชั้นดินในระดับต่ำลงมาจะอยู่ในสภาวะรีดักชั่น โดยในสภาวะรีดักชั่นนั้นส่งผลต่อการละลายของแร่ธาตุลงสู่ชั้นใต้ดิน ซึ่งพบว่าธาตุเหล็กที่ละลายอยู่ในน้ำในดินมีค่าระหว่าง 5-30 mg/L และไนเตรทมีค่า >1.0 mg/L แต่ความเป็นต่างและค่าการนำไฟฟ้าสูงเกินกว่ามาตรฐานน้ำผิวดิน

คำสำคัญ : แบบจำลองพื้นที่นา/ พื้นที่นาขังน้ำ/ การเคลื่อนที่ของแร่ธาตุ/ กว๊านพะเยา/ พื้นที่ชุ่มน้ำ

Abstract

The Phayao Lake is not only a part of the Ing River, which flows into the Maekong Basin, but also the 55th international watershed. The Phayao Lake wetland is a semi-closed ecosystem surrounded by agricultural lands where most people grow rice in a traditional way. There are several on-going projects to improve the water quality of the Phayao Lake. In this research, we investigated not only the water quality but also the physical prosperities of submerged paddy soils surrounding the lake. The situation of the non-point source paddy fields near the Phayao Lake was elucidated. Most paddy fields have no irrigation and drainage system. The farmers thus rely on surface drainage. The paddy fields consist of very thin and weak layer of soil surface overlying a sand layer. Ponding water and groundwater in the paddy fields are contaminated by chemicals or some inorganics. The contaminated water infiltrates through soil layers to the groundwater and seepage water, which finally flow into the lake. After flooding, the amount of contaminants into the lake does not dilute because the paddy soils have low hydraulic conductivity, less than 10⁻⁴ cm sec⁻¹.

The modeled paddy fields which imitated the fields near Phayao Lake wetland were constructed in order to study the physical properties and the movement of soluble elements that possibly affect the vulnerability of the lake. The model was made of a large PVC column (40 cm in diameter, 100 cm in height). The model was designed to reproduce the properties of each soil layer in the ill-drained paddy field which showed closed system percolation. The study of the pressure head profile of the soil in our model showed a positive pressure for every soil layer. The redox potential (Eh) at the soil surface was in the “redox” state but every layer downward was in the “reduction” state. The reduction state highly affected the solubility of numerous elements and thus the movement of these elements to subsoil layer. Fe was found to dissolve in underground water around 5-30 mg/L and nitrate was > 1.0 mg/L. In contrast, pH and electronic conductivity (EC) were higher than those of the standard values set for surface water.

Keyword: Paddy field model/ Submerged paddy soils/ Removal of soluble elements/

Phayao Lake/ Wetland

สารบัญ

บทที่	หน้า
บทที่ 1 บทนำ	
1. หลักการและเหตุผล	1-1
2. วัตถุประสงค์	1-1
บทที่ 2 ทบทวนวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
1. โครงสร้างของชั้นดินและลักษณะดิน	2-1
2. การไหลซึมผ่าน	2-4
3. อุณหภูมิดิน	2-7
4. สารละลายในดิน	2-8
5. จุลินทรีย์ในดิน	2-10
6. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	2-11
7. การศึกษาด้านคุณสมบัติทางเคมี	2-16
8. การเก็บตัวอย่าง	2-19
9. การติดตามตรวจสอบคุณภาพน้ำ	2-20
10. การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของดิน	2-24
บทที่ 3 การดำเนินงานวิจัย	
1. วิธีดำเนินการวิจัย	3-1
1.1 การดำเนินงานวิจัยในภาคสนาม	3-1
1.2 ประดิษฐ์และออกแบบโมเดลทางเลือกการผลิตในพื้นที่นาขังน้ำ	3-6
2. เครื่องมือและการตรวจสอบ	3-12
บทที่ 4 ผลการศึกษาในโมเดลชั้นดินนาเสมือนจริง	
1. การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของดินในโมเดลข้าว	4-1
2. การศึกษาคุณภาพน้ำผิวดิน น้ำในดิน และน้ำใต้ดิน ในโมเดลข้าว	4-6
2.1 การศึกษาคุณภาพน้ำผิวดิน	4-6
2.2 การศึกษาคุณภาพน้ำในดิน	4-11
2.3 การศึกษาคุณภาพน้ำใต้ดิน	4-19
3. การศึกษาการเจริญเติบโตและผลผลิตข้าวในโมเดล	4-20

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
บทที่ 5 ผลการศึกษาในภาคสนาม	
1. คุณสมบัติทางกายภาพของดิน	5-1
2. คุณภาพน้ำ	5-7
3. การศึกษาการเจริญเติบโตของต้นข้าว	5-74
บทที่ 6 บทสรุป	
การศึกษาในภาคสนาม	
1. ด้านคุณสมบัติทาง กายภาพของดิน	6-1
2. คุณภาพน้ำผิวดินและน้ำใต้ดิน	6-2
3. ศึกษาการเจริญเติบโตของข้าว	6-3
การศึกษาในโมเดลชั้นดินนาเสมือนจริง	
1. ด้านคุณสมบัติทางกายภาพของดิน	6-4
2. คุณภาพน้ำผิวดิน น้ำในดิน และน้ำใต้ดิน	6-5
3. ศึกษาการเจริญเติบโตของข้าว	6-9
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก การปฏิบัติงานในภาคสนามและโมเดล	
ภาคผนวก ข เครื่องมือและการเก็บข้อมูล	
ภาคผนวก ค ตารางผลการศึกษาของแต่ละโมเดล	
ภาคผนวก ง บทความเผยแพร่ผลงานวิจัย	

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
ตาราง 2-1 ปริมาณโลหะหนักในน้ำ	2-23
ตาราง 2-2 คุณสมบัติทางด้านกายภาพของดินในพื้นที่ P-Flood	2-24
ตาราง 3-1 รายละเอียดของวัสดุที่บรรจุลงในโมเดล	3-8
ตาราง 3-2 แสดงลักษณะของแต่ละโมเดล	3-9
ตาราง 4-1 แสดงค่าศักย์ความดันในดิน ของแต่ละโมเดล	4-1
ตาราง 4-2 แสดงค่าความสามารถในการให้น้ำซึมผ่านของดิน ในช่วงข้าวเริ่มตั้งท้อง-หลังให้น้ำออก 2 อาทิตย์ และหลังเก็บเกี่ยว 2 อาทิตย์	4-2
ตาราง 4-3 แสดงอัตราส่วนของความต้องการน้ำ (water requirement rate: mm/day) ในแต่ละช่วงของการปลูกข้าว	4-3
ตาราง 4-4 แสดงค่าความแข็งของดิน (kg/cm^3) ของแต่ละโมเดล	4-4
ตาราง 4-5 แสดงอุณหภูมิเฉลี่ยในโรงเรือน และโมเดลที่ 1, 4, 5 และ 6 ในชั้นดินที่ 1-3 ($^{\circ}\text{C}$) ในช่วงเดือน สิงหาคม-มกราคม	4-5
ตาราง 4-5 แสดงปริมาณ ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (DO: mg/l) ในช่วงก่อน-หลังการใส่ปุ๋ย ของน้ำผิวดิน	4-5
ตาราง 4-6 แสดงปริมาณ ปริมาณพีเอช ในช่วงก่อน-หลังการใส่ปุ๋ย ของน้ำผิวดิน	4-5
ตาราง 4-7 แสดงค่าการนำไฟฟ้า ($\text{EC: } \mu\text{S/cm}$) ในช่วงก่อน-หลังการใส่ปุ๋ย ของน้ำผิวดิน	4-9
ตาราง 4-8 แสดงปริมาณ ไนเตรต ไนไตรท์ และแอมโมเนีย ในช่วงก่อน-หลังการใส่ปุ๋ย ของน้ำผิวดิน	4-10
ตาราง 4-9 แสดงปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำของน้ำในดิน เดือนกรกฎาคม	4-12
ตาราง 4-10 แสดงปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำของน้ำในดิน เดือนสิงหาคม	4-12
ตาราง 4-11 แสดงปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำของน้ำในดิน เดือนกันยายน	4-13
ตาราง 4-12 แสดงค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) น้ำในดินของเดือน กรกฎาคม	4-14
ตาราง 4-13 แสดงค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) น้ำในดินของเดือน สิงหาคม	4-15
ตาราง 4-14 แสดงค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) น้ำในดินของเดือน กันยายน	4-15
ตาราง 4-15 แสดงค่าการนำไฟฟ้าในน้ำในดินของเดือน กรกฎาคม	4-16
ตาราง 4-16 แสดงค่าการนำไฟฟ้า ($\text{EC: } \mu\text{S/cm}$) น้ำในดินของเดือน สิงหาคม	4-17
ตาราง 4-17 แสดงค่าการนำไฟฟ้า ($\text{EC: } \mu\text{S/cm}$) น้ำในดินของเดือน กันยายน	4-18
ตาราง 4-18 แสดงปริมาณธาตุหลักของน้ำในดิน	4-19
ตาราง 4-19 แสดงปริมาณธาตุหลัก ของน้ำใต้ดินในเดือนกันยายน-ตุลาคม	4-19
ตาราง 4-20 แสดงผลการเจริญเติบโตของต้นข้าว	4-20

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
ตาราง 4-21 แสดงปริมาณผลผลิตของต้นข้าว	4-21
ตาราง 4-22 แสดงปริมาณเฉลี่ยของโลหะหนักในรากข้าว นแต่ละโมเดล	4-22
ตาราง 4-23 แสดงปริมาณเฉลี่ยของโลหะหนักในเมล็ดข้าว ในแต่ละโมเดล	4-22
ตาราง 5-1 แสดงค่าศักย์ความดันของแปลงนาที่ระดับ 10-85 เซนติเมตร จากผิวดินในพื้นที่ศึกษา	5-1
ตาราง 5-2 แสดงอัตราส่วนของความต้องการน้ำในเดือน สิงหาคม-ธันวาคม	5-2
ตาราง 5-3 แสดงค่าความสามารถในการให้น้ำซึมผ่านของดิน	5-2
ตาราง 5-4 แสดงค่าความสามารถในการให้น้ำซึมผ่านของดินที่ระดับ 0-5 เซนติเมตร	5-3
ตาราง 5-5 แสดงค่าความแข็งของดิน (kg/cm^3) ในพื้นที่ศึกษา	5-4
ตาราง 5-6 แสดงอุณหภูมิดินเฉลี่ย ($^{\circ}\text{C}$) ในพื้นที่ศึกษา	5-6
ตาราง 5-7 แสดงผลการเจริญเติบโตของต้นข้าว	5-74

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
ภาพ 2-1 การเปรียบเทียบระดับน้ำใต้ดินในพื้นที่ดินนา	2-1
ภาพ 2-2 การเกิดสภาวะ Re-Oxidized บริเวณผิวดินถึง 1-2 เซนติเมตร ของชั้นดินไถพรวน	2-1
ภาพ 2-3 Pressure head profile และ percolation pattern ในแบบจำลองชั้นดิน	2-5
ภาพ 2-4 การแทรกซึมของอากาศจากผิวดินสู่ดินชั้นล่างของพื้นที่ดินนาที่มีการขังน้ำ	2-6
ภาพ 2-5 ช่องว่างในดินที่เกิดจากการร้าวตัวของเม็ดดินและรากพืช ในโครงสร้างดิน (Sasaki, 2002)	2-7
ภาพ 2-6 อุณหภูมิที่แตกต่างกันในชั้นดิน ของการไหลซึมผ่านแบบเปิดและปิด ในพื้นที่การเกษตร	2-8
ภาพ 2-7 ปริมาณ pressure head Eh DO EC และ Fe ในระบบการไหลซึมผ่านแบบเปิด และแบบปิดในโมเดล	2-9
ภาพ 2-8 ปริมาณ $\text{NH}_4\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$, $\text{PO}_4\text{-P}$, K และ Ca ในระบบการไหลซึมผ่านแบบเปิด(Model-A) และแบบปิด(Model-B) ในโมเดล	2-9
ภาพ 2-9 ปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดในชั้นดินระดับต่างๆ (Koseki, 1999)	2-10
ภาพ 2-10 การติดตั้งกล่อง Open Lysimeter และอุปกรณ์ในใต้ดิน	2-12
ภาพ 2-11 ระดับ Eh ในชั้นต่างๆ ในพื้นที่นาที่ไม่มีการไถพรวน	2-13
ภาพ 2-13 ความสามารถในการรองรับของดิน (Bearing capacity) ในแนวดิ่งลึกลงไปชั้นดิน ในพื้นที่การเกษตร	2-16
ภาพ 2-14 ความเข้มข้นของ Fe และ Mn ในน้ำใต้ดิน ในพื้นที่ที่ไม่มีการไถพรวน	2-17
ภาพ 2-15 ทิศทางการแพร่กระจายของน้ำใช้ทางการเกษตร	2-18
ภาพ 2-16 พื้นที่ทำการสำรวจและจุดเก็บตัวอย่าง	2-19
ภาพ 2-17 วิธีการเก็บตัวอย่างน้ำใต้ดิน (Mitra et. al. 2007)	2-20
ภาพ 2-18 ระดับน้ำใต้ดิน (A.) และปริมาณน้ำฝนปี 2551 จังหวัดพะเยา (B.)	2-21
ภาพ 2-19 ค่าการนำไฟฟ้าในน้ำใต้ดินที่ระดับความลึก 150 และ 200 เซนติเมตร	2-21
ภาพ 2-20 ปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำที่ระดับความลึก 150 และ 200 เซนติเมตร	2-22
ภาพ 2-21 ค่าความเป็นกรดต่างที่ระดับความลึก 150 และ 200 เซนติเมตร	2-22
ภาพ 2-22 คุณสมบัติทางกายภาพของดิน	2-25
ภาพ 2-23 กว้านพะเยาและจุดเก็บตัวอย่าง	2-26
ภาพ 2-24 ปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำ	2-27

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
ภาพ 2-25 ค่าความเป็นกรดต่าง	2-28
ภาพ 2-26 ค่าการนำไฟฟ้า	2-28
ภาพ 2-27 ปริมาณของแข็งแขวนลอยในน้ำ	2-29
ภาพ 2-28 ปริมาณของออกซิเจนที่จุลินทรีย์ต้องการในการย่อยอินทรีย์ในน้ำ	2-30
ภาพ 2-29 ระดับน้ำในกวานพะเยาวัดจากขอบสะพาน	2-30
ภาพ 3-1 การออกแบบพื้นที่แปลงนา บริเวณพื้นที่ชุ่มน้ำกวานพะเยา	3-2
ภาพ 3-2 ลักษณะและรูปแบบการวางท่อในแปลงนา	3-3
ภาพ 3-3 ลักษณะโดยรวมของแปลงนาและจุดเก็บตัวอย่าง	3-4
ภาพ 3-4 ท่อที่ใช้ในการเก็บตัวอย่างน้ำในดิน	3-5
ภาพ 3-5 จุดเก็บตัวอย่างของการศึกษาภาคสนาม	3-5
ภาพ 3-6 รูปแบบของ Stratified Paddy Field Model	3-7
ภาพ 3-7 การออกแบบของแต่ละโมเดล	3-8
ภาพ 3-8 ผังการจัดวางโมเดลภายในโรงเรือน	3-11
ภาพ 5-1 ค่าความแข็งของดินในแปลงนา ตรวจโดยใช้ cone penetrometer ในช่วงก่อนปลูกข้าว	5-5
ภาพ 5-2 ค่าความแข็งของดินในแปลงนา ตรวจสอบโดยใช้ cone penetrometer ในช่วงหลังการเก็บเกี่ยว	5-6
ภาพ 5-3 แสดงค่า DO ของตัวอย่างน้ำผิวดินในแปลงนาข้าว วันที่ 7 กรกฎาคม 2551	5-7
ภาพ 5-4 แสดงค่า DO ของตัวอย่างน้ำผิวดินในแปลงนาข้าว วันที่ 11 กรกฎาคม 2551	5-7
ภาพ 5-5 แสดงค่า DO ของตัวอย่างน้ำผิวดิน ในแปลงนาข้าว วันที่ 1 สิงหาคม 2551	2-8
ภาพ 5-6 แสดงค่า DO ของตัวอย่างน้ำผิวดินในแปลงนาข้าววันที่ 22 สิงหาคม 2551	2-8
ภาพ 5-7 แสดงค่า EC ของตัวอย่างน้ำผิวดินในแปลงนาข้าว วันที่ 7 กรกฎาคม 2551	5-9
ภาพ 5-8 แสดงค่า EC ของตัวอย่างน้ำผิวดินในแปลงนาข้าว วันที่ 11 กรกฎาคม 2551	5-9
ภาพ 5-9 แสดงค่า EC ของตัวอย่างน้ำผิวดินในแปลงนาข้าววันที่ 1 สิงหาคม 2551	5-9
ภาพ 5-10 แสดงค่า EC ของตัวอย่างน้ำผิวดินในแปลงนาข้าว วันที่ 22 สิงหาคม 2551	5-9
ภาพ 5-11 แสดงค่าพีเอชของตัวอย่างน้ำผิวดินในแปลงนาข้าว วันที่ 7 กรกฎาคม 2551	5-10
ภาพ 5-12 แสดงค่าพีเอชของตัวอย่างน้ำผิวดินในแปลงนาข้าว วันที่ 11 กรกฎาคม 2551	5-10
ภาพ 5-13 แสดงค่าพีเอชของตัวอย่างน้ำผิวดินในแปลงนาข้าว วันที่ 1 สิงหาคม 2551	5-11
ภาพ 5-14 แสดงค่าพีเอชของตัวอย่างน้ำผิวดินในแปลงนาข้าว วันที่ 22 สิงหาคม 2551	5-11

สารบัญภาพ(ต่อ)

ภาพที่	หน้า
ภาพ 5-15 แสดงค่าของแข็งแขวนลอยในน้ำ วันที่ 4 กรกฎาคม 2551	5-11
ภาพ 5-16 แสดงค่าของแข็งแขวนลอยในน้ำ วันที่ 5 กรกฎาคม 2551	5-12
ภาพ 5-17 แสดงค่าของแข็งแขวนลอยในน้ำ วันที่ 6 กรกฎาคม 2551	5-12
ภาพ 5-18 แสดงค่าของแข็งแขวนลอยในน้ำ วันที่ 7 กรกฎาคม 2551	5-13
ภาพ 5-19 แสดงค่าของแข็งแขวนลอยในน้ำ วันที่ 11 กรกฎาคม 2551	5-13
ภาพ 5-20 แสดงค่า BOD ในพื้นที่แปลงนาข้าว 4 แปลง	5-14
ภาพ 5-20 แสดงค่า BOD ในพื้นที่แปลงนาข้าว 4 แปลง	5-14
ภาพ 5-21 แสดงปริมาณออกซิเจนในน้ำผิวดิน วันที่ 7 กรกฎาคม 2551	5-15
ภาพ 5-22 แสดงปริมาณออกซิเจนในน้ำผิวดิน วันที่ 11 กรกฎาคม 2551	5-16
ภาพ 5-23 แสดงปริมาณออกซิเจนในน้ำผิวดิน วันที่ 20 กรกฎาคม 2551	5-16
ภาพ 5-24 แสดงปริมาณออกซิเจนในน้ำผิวดิน วันที่ 1 สิงหาคม 2551	5-17
ภาพ 5-25 แสดงปริมาณออกซิเจนในน้ำผิวดิน วันที่ 22 สิงหาคม 2551	5-18
ภาพ 5-26 แสดงค่าการนำไฟฟ้าในน้ำผิวดิน วันที่ 7 กรกฎาคม 2551	5-18
ภาพ 5-27 แสดงค่าการนำไฟฟ้าในน้ำผิวดิน วันที่ 11 กรกฎาคม 2551	5-19
ภาพ 5-28 แสดงค่าการนำไฟฟ้าในน้ำผิวดิน วันที่ 20 กรกฎาคม 2551	5-19
ภาพ 5-29 แสดงค่าการนำไฟฟ้าในน้ำผิวดิน วันที่ 1 สิงหาคม 2551	5-20
ภาพ 5-30 แสดงค่าการนำไฟฟ้าในน้ำผิวดิน วันที่ 22 สิงหาคม 2551	5-21
ภาพ 5-31 แสดงค่าพีเอชในน้ำผิวดิน วันที่ 7 กรกฎาคม 2551	5-21
ภาพ 5-32 แสดงค่าพีเอชในน้ำผิวดิน วันที่ 11 กรกฎาคม 2551	5-22
ภาพ 5-33 แสดงค่าพีเอชในน้ำผิวดิน วันที่ 20 กรกฎาคม 2551	5-22
ภาพ 5-34 แสดงค่าพีเอชในน้ำผิวดิน วันที่ 1 สิงหาคม 2551	5-23
ภาพ 5-35 แสดงค่าพีเอชในน้ำผิวดิน วันที่ 22 สิงหาคม 2551	5-24
ภาพ 5-36 แสดงค่าของแข็งแขวนลอยในน้ำ วันที่ 5 กรกฎาคม 2551	5-24
ภาพ 5-37 แสดงค่าของแข็งแขวนลอยในน้ำ วันที่ 7 กรกฎาคม 2551	5-25
ภาพ 5-38 แสดงค่าของแข็งแขวนลอยในน้ำ วันที่ 11 กรกฎาคม 2551	5-25
ภาพ 5-39 แสดงค่าของแข็งแขวนลอยในน้ำ วันที่ 20 กรกฎาคม 2551	5-26
ภาพ 5-40 แสดงค่า BOD บริเวณพื้นที่ทำการเกษตรรอบกว๊าน	5-26

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
ภาพ 5-41 แสดงค่าระดับออกซิเจนละลายน้ำของตัวอย่างน้ำใต้ผิวดินในแปลงนาข้าว วันที่ 7 กรกฎาคม 2551	5-28
ภาพ 5-42 แสดงค่าระดับออกซิเจนละลายน้ำของตัวอย่างน้ำใต้ผิวดินในแปลงนาข้าว วันที่ 11 กรกฎาคม 2551	5-28
ภาพ 5-43 แสดงค่าระดับออกซิเจนละลายน้ำของตัวอย่างน้ำใต้ผิวดินในแปลงนาข้าว วันที่ 20 กรกฎาคม 2551	5-30
ภาพ 5-44 แสดงค่าระดับออกซิเจนละลายน้ำของตัวอย่างน้ำใต้ผิวดินในแปลงนาข้าว วันที่ 1 สิงหาคม 2551	5-31
ภาพ 5-45 แสดงค่าระดับออกซิเจนละลายน้ำของตัวอย่างน้ำใต้ผิวดินในแปลงนาข้าว วันที่ 22 สิงหาคม 2551	5-32
ภาพ 5-46 แสดงค่าการนำไฟฟ้าของตัวอย่างน้ำใต้ผิวดินในแปลงนาข้าว วันที่ 7 กรกฎาคม 2551	5-33
ภาพ 5-47 แสดงค่าการนำไฟฟ้าของตัวอย่างน้ำใต้ผิวดินในแปลงนาข้าว วันที่ 11 กรกฎาคม 2551	5-34
ภาพ 5-48 แสดงค่าการนำไฟฟ้าของตัวอย่างน้ำใต้ผิวดินในแปลงนาข้าว วันที่ 20 กรกฎาคม 2551	5-35
ภาพ 5-49 แสดงค่าการนำไฟฟ้าของตัวอย่างน้ำใต้ผิวดินในแปลงนาข้าว วันที่ 1 สิงหาคม 2551	5-36
ภาพ 5-50 แสดงค่าการนำไฟฟ้าของตัวอย่างน้ำใต้ผิวดินในแปลงนาข้าว วันที่ 22 สิงหาคม 2551	5-37
ภาพ 5-51 แสดงค่าความเป็นกรด-ด่างของตัวอย่างน้ำใต้ผิวดินในแปลงนาข้าว วันที่ 7 กรกฎาคม 2551	5-38
ภาพ 5-52 แสดงค่าความเป็นกรด-ด่างของตัวอย่างน้ำใต้ผิวดินในแปลงนาข้าว วันที่ 11 กรกฎาคม 2551	5-39
ภาพ 5-53 แสดงค่าความเป็นกรด-ด่างของตัวอย่างน้ำใต้ผิวดินในแปลงนาข้าว วันที่ 20 กรกฎาคม 2551	5-40

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
ภาพ 5-54 แสดงค่าความเป็นกรด-ด่างของตัวอย่างน้ำใต้ผิวดินในแปลงนาข้าว วันที่ 1 สิงหาคม 2551	5-41
ภาพ 5-55 แสดงค่าความเป็นกรด-ด่างของตัวอย่างน้ำใต้ผิวดินในแปลงนาข้าว วันที่ 22 สิงหาคม 2551	5-42
ภาพ 5-56 ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำในน้ำใต้ดิน แปลงนาที่ 3 ระดับ 50 เซนติเมตร วันที่ 7 กรกฎาคม 2551	5-43
ภาพ 5-57 ค่าการนำไฟฟ้าในน้ำใต้ดิน แปลงนาที่ 3 ระดับ 50 เซนติเมตร วันที่ 11 กรกฎาคม 2551	5-43
ภาพ 5-58 ค่าการนำไฟฟ้าในน้ำใต้ดิน แปลงนาที่ 3 ระดับ 50 เซนติเมตร วันที่ 20 กรกฎาคม 2551	5-44
ภาพ 5-59 ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำในน้ำใต้ดิน แปลงนาที่ 3 ระดับ 50 เซนติเมตร วันที่ 1 สิงหาคม 2551	5-45
ภาพ 5-60 ค่าการนำไฟฟ้าในน้ำใต้ดิน แปลงนาที่ 3 ระดับ 50 เซนติเมตร วันที่ 9 สิงหาคม 2551	5-45
ภาพ 5-61 ค่าการนำไฟฟ้าในน้ำใต้ดิน แปลงนาที่ 3 ระดับ 50 เซนติเมตร วันที่ 7 กรกฎาคม 2551	5-46
ภาพ 5-62 ค่าพีเอชในน้ำใต้ดิน แปลงนา ที่ 3 ระดับ 50 เซนติเมตร วันที่ 11 กรกฎาคม 2551	5-46
ภาพ 5-63 ค่าการนำไฟฟ้าในน้ำใต้ดิน แปลงนาที่ 3 ระดับ 50 เซนติเมตร วันที่ 20 กรกฎาคม 2551	5-47
ภาพ 5-64 ค่าการนำไฟฟ้าในน้ำใต้ดิน แปลงนาที่ 3 ระดับ 50 เซนติเมตร วันที่ 1 สิงหาคม 2551	5-48
ภาพ 5-65 ค่าพีเอชในน้ำใต้ดิน แปลงนา ที่ 3 ระดับ 50 เซนติเมตร วันที่ 9 สิงหาคม 2551	5-48
ภาพ 5-66 ค่าการนำไฟฟ้าในน้ำใต้ดิน แปลงนาที่ 3 ระดับ 50 เซนติเมตร วันที่ 22 สิงหาคม 2551	5-49
ภาพ 5-67 ค่าพีเอชในน้ำใต้ดิน แปลงนา ที่ 3 ระดับ 50 เซนติเมตร วันที่ 7 กรกฎาคม 2551	5-49

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
ภาพ 5-68 ค่าพีเอชในน้ำใต้ดิน แปลงนา ที่ 3 ระดับ 50 เซนติเมตร วันที่ 11 กรกฎาคม 2551	5-50
ภาพ 5-69 ค่าพีเอชในน้ำใต้ดิน แปลงนา ที่ 3 ระดับ 50 เซนติเมตร วันที่ 20 กรกฎาคม 2551	5-50
ภาพ 5-70 ค่าพีเอชในน้ำใต้ดิน แปลงนา ที่ 3 ระดับ 50 เซนติเมตร วันที่ 1 สิงหาคม 2551	5-51
ภาพ 5-71 ค่าพีเอชในน้ำใต้ดิน แปลงนา ที่ 3 ระดับ 50 เซนติเมตร วันที่ 9 สิงหาคม 2551	5-51
ภาพ 5-72 ค่าพีเอชในน้ำใต้ดิน แปลงนาที่ 3 ระดับ 50 เซนติเมตร วันที่ 22 สิงหาคม 2551	5-52
ภาพ 5-73 ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำในน้ำใต้ดิน แปลงนาที่ 4 ระดับ 50 เซนติเมตร วันที่ 7 กรกฎาคม 2551	5-53
ภาพ 5-74 ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำในน้ำใต้ดิน แปลงนาที่ 4 ระดับ 50 เซนติเมตร วันที่ 11 กรกฎาคม 2551	5-53
ภาพ 5-75 ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำในน้ำใต้ดิน แปลงนาที่ 4 ระดับ 50 เซนติเมตร วันที่ 20 กรกฎาคม 2551	5-54
ภาพ 5-76 ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำในน้ำใต้ดิน แปลงนาที่ 4 ระดับ 50 เซนติเมตร วันที่ 1 สิงหาคม 2551	5-55
ภาพ 5-77 ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำในน้ำใต้ดิน แปลงนาที่ 4 ระดับ 50 เซนติเมตร วันที่ 9 สิงหาคม 2551	5-55
ภาพ 5-78 ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำในน้ำใต้ดิน แปลงนาที่ 3 ระดับ 50 เซนติเมตร วันที่ 22 สิงหาคม 2551	5-56
ภาพ 5-79 ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำในน้ำใต้ดิน แปลงนาที่ 4 ระดับ 50 เซนติเมตร วันที่ 22 สิงหาคม 2551	5-57
ภาพ 5-80 ค่าการนำไฟฟ้าในน้ำใต้ดิน แปลงนาที่ 4 ระดับ 50 เซนติเมตร วันที่ 7 กรกฎาคม 2551	5-57
ภาพ 5-81 ค่าการนำไฟฟ้าในน้ำใต้ดิน แปลงนาที่ 4 ระดับ 50 เซนติเมตร วันที่ 11 กรกฎาคม 2551	5-58

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
ภาพ 5-82 ค่าการนำไฟฟ้าในน้ำใต้ดิน แปลงนาที่ 4 ระดับ 50 เซนติเมตร วันที่ 20 กรกฎาคม 2551	5-59
ภาพ 5-83 ค่าการนำไฟฟ้าในน้ำใต้ดิน แปลงนาที่ 4 ระดับ 50 เซนติเมตร วันที่ 1 สิงหาคม 2551	5-59
ภาพ 5-84 ค่าการนำไฟฟ้าในน้ำใต้ดิน แปลงนาที่ 4 ระดับ 50 เซนติเมตร วันที่ 9 สิงหาคม 2551	5-60
ภาพ 5-85 ค่าการนำไฟฟ้าในน้ำใต้ดิน แปลงนาที่ 4 ระดับ 50 เซนติเมตร วันที่ 22 สิงหาคม 2551	5-61
ภาพ 5-86 ค่าพีเอชในน้ำใต้ดิน แปลงนา ที่ 4 ระดับ 50 เซนติเมตร วันที่ 7 กรกฎาคม 2551	5-61
ภาพ 5-87 ค่าพีเอชในน้ำใต้ดิน แปลงนา ที่ 4 ระดับ 50 เซนติเมตร วันที่ 11 กรกฎาคม 2551	5-62
ภาพ 5-88 ค่าพีเอชในน้ำใต้ดิน แปลงนา ที่ 4 ระดับ 50 เซนติเมตร วันที่ 20 กรกฎาคม 2551	5-62
ภาพ 5-89 ค่าพีเอชในน้ำใต้ดิน แปลงนา ที่ 4 ระดับ 50 เซนติเมตร วันที่ 1 สิงหาคม 2551	5-63
ภาพ 5-90 ค่าพีเอชในน้ำใต้ดิน แปลงนา ที่ 4 ระดับ 50 เซนติเมตร วันที่ 9 สิงหาคม 2551	5-63
ภาพ 5-91 ค่าพีเอชในน้ำใต้ดิน แปลงนา ที่ 3 ระดับ 50 เซนติเมตร วันที่ 22 สิงหาคม 2551	5-64
ภาพ 5-92 ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำในน้ำใต้ดิน วันที่ 7 กรกฎาคม 2551	5-65
ภาพ 5-93 ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำในน้ำใต้ดิน วันที่ 11 กรกฎาคม 2551	5-65
ภาพ 5-94 ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำในน้ำใต้ดิน วันที่ 20 กรกฎาคม 2551	5-66
ภาพ 5-95 ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำในน้ำใต้ดิน วันที่ 1 สิงหาคม 2551	5-67
ภาพ 5-96 ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำในน้ำใต้ดิน วันที่ 22 สิงหาคม 2551	5-67
ภาพ 5-97 ค่าการนำไฟฟ้าในน้ำใต้ดิน วันที่ 7 กรกฎาคม 2551	5-68
ภาพ 5-98 ค่าการนำไฟฟ้าในน้ำใต้ดิน วันที่ 11 กรกฎาคม 2551	5-68
ภาพ 5-99 ค่าการนำไฟฟ้าในน้ำใต้ดิน วันที่ 20 กรกฎาคม 2551	5-69

สารบัญภาพ(ต่อ)

ภาพที่	หน้า
ภาพ 5-100 ค่าการนำไฟฟ้าในน้ำใต้ดิน วันที่ 1 สิงหาคม 2551	5-70
ภาพ 5-101 ค่าการนำไฟฟ้าในน้ำใต้ดิน วันที่ 22 สิงหาคม 2551	5-70
ภาพ 5-102 ค่าความเป็นกรด-ด่างในน้ำใต้ดิน วันที่ 7 กรกฎาคม 2551	5-71
ภาพ 5-103 ค่าความเป็นกรด-ด่างในน้ำใต้ดิน วันที่ 11 กรกฎาคม 2551	5-71
ภาพ 5-104 ค่าความเป็นกรด-ด่างในน้ำใต้ดิน วันที่ 11 กรกฎาคม 2551	5-72
ภาพ 5-105 ค่าความเป็นกรด-ด่างในน้ำใต้ดิน วันที่ 1 สิงหาคม 2551	5-73
ภาพ 5-106 ค่าความเป็นกรด-ด่างในน้ำใต้ดิน วันที่ 22 สิงหาคม 2551	5-73

บทสรุปผู้บริหาร (Executive summary)

กว๊านพะเยา เป็นแหล่งที่มีความหลากหลายทางระบบนิเวศ ซึ่งมีบทบาทและคุณค่าต่อวิถีชีวิตของมนุษย์ แต่ในปัจจุบันอัตราการใช้ประโยชน์จากทรัพยากรในพื้นที่นั้นเพิ่มสูงขึ้น ตลอดจนมีการเปลี่ยนแปลงสภาพพื้นที่เพื่อใช้ในกิจกรรมการพัฒนาเศรษฐกิจ ขาดระบบและแผนจัดการแบ่งพื้นที่การใช้ประโยชน์ ซึ่งเป็นการใช้พื้นที่เป็นไปอย่างไม่มีประสิทธิภาพและไม่เหมาะสม เพื่อเป็นการสำรวจและเตรียมความพร้อมในการแก้ไขสถานการณ์ของคุณภาพสิ่งแวดล้อมของพื้นที่เบื้องต้น จึงทำการติดตามตรวจสอบสถานภาพทางทรัพยากรและคุณภาพสิ่งแวดล้อมที่แท้จริงในปัจจุบัน ทั้งในด้านคุณภาพของทรัพยากรดิน คุณภาพของทรัพยากรน้ำและน้ำใต้ดิน และทำการพัฒนาทางเลือกการผลิตในพื้นที่นาซึ่งน้ำเพื่อลดผลกระทบสิ่งแวดล้อม เป็นการสร้างแบบจำลองการบำบัดและลดการปนเปื้อนน้ำจากพื้นที่การเกษตรนาพื้นที่ชุ่มน้ำสู่กว๊านพะเยา ทั้งนี้เพื่อเป็นแนวทางการรักษาทรัพยากรและฟื้นฟูสถานภาพของพื้นที่ชุ่มน้ำของลุ่มน้ำกว๊านพะเยา โดยการใช้วิธีการดำเนินงานทางกลและขบวนการการจัดการพื้นที่นาแบบควบคุมสิ่งแวดล้อมของพื้นที่การผลิต โดยมีแผนการดำเนินงานดังนี้ 1) ติดตามตรวจสอบพื้นที่เสี่ยงต่อการก่อเกิดและแพร่กระจายมลพิษจากการเกษตรนาซึ่งน้ำที่อาจส่งผลกระทบต่อสถานภาพพื้นที่ชุ่มน้ำกว๊านพะเยา 2) ประดิษฐ์และออกแบบโมเดลทางเลือกการผลิตในพื้นที่นาซึ่งน้ำ คือ โมเดลการทำนาแบบปกติโดยการใช้น้ำกลางฤดู, นาแบบเพิ่มการไหลซึมผ่าน, นาแบบการจัดการควบคุมระดับน้ำใต้ดิน, นาแบบลดการไถพรวน และนาที่มีการปรับปรุงโครงสร้างและระบบระบายน้ำใต้ดิน และ 3) การดำเนินงานวิจัยในภาคสนาม ซึ่งได้ปรับปรุงสภาพพื้นที่และติดตั้งระบบระบายน้ำใต้ดินในแปลงนาทดลอง เพื่อศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของชั้นดิน คุณภาพน้ำผิวดิน น้ำในดิน และการเจริญเติบโตของพืช

จากการติดตามตรวจสอบพื้นที่เสี่ยงต่อการก่อเกิดและแพร่กระจายมลพิษจากการเกษตรนาซึ่งน้ำที่อาจส่งผลกระทบต่อสถานภาพพื้นที่ชุ่มน้ำกว๊านพะเยา ปริมาณอนุภาคที่แขวนลอยอยู่ในน้ำ (SS) ช่วงไถพรวนต้นฤดูทำนามีระดับค่าระหว่างปริมาณ 160-200 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งมีค่าสูงกว่าระดับค่ามาตรฐานน้ำที่ใช้เพื่อการเกษตร (100 มิลลิกรัมต่อลิตร) และจากการตรวจสอบคุณภาพน้ำในนาและน้ำใต้ดินพบว่าระดับความเข้มข้นของไฮโดรเจนไอออนของน้ำใต้ดิน (pH 6-8) นั้นมีค่าสูงกว่าน้ำในนา (pH 5-6) และปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (DO) พบว่าปริมาณ DO ของน้ำใต้ดินนั้นต่ำถึง 1.5 - 3.0 มิลลิกรัมต่อลิตร เท่านั้น ตลอดจนน้ำในนาและน้ำในกว๊านพะเยาบริเวณรอบต่อนั้นก็มีค่า DO ระหว่าง 3 - 5 มิลลิกรัมต่อลิตร และบางช่วงฤดูก็มีค่าต่ำมาก นอกจากนี้จากการตรวจสอบของค่าการนำไฟฟ้า(EC) พบว่าจะมีค่าของน้ำใต้ดินในนาข้าว (300-600 ไมโครซีเมนต์ต่อลิตร) จะสูงกว่าน้ำผิวดินในนาข้าวมาก (<300 ไมโครซีเมนต์ต่อลิตร) และค่า EC ของน้ำผิวดินในนาจะสูงมากกว่าปกติในช่วงมีการไถนา (~300 ไมโครซีเมนต์ต่อลิตร) และจากการตรวจสอบความเข้มข้นของธาตุเหล็ก (Fe) พบว่าปริมาณ Fe ของน้ำ

ในนาข้าว (>3 มิลลิกรัมต่อลิตร) จะสูงกว่าน้ำใต้ดินและน้ำในกว๊านพะเยา ซึ่งมีความเข้มข้นสูงกว่าเกณฑ์คุณภาพน้ำเพื่อคุ้มครองสัตว์น้ำจืดทุกจุด ตลอดจนปริมาณโปแตสเซียม (K) ก็มีแนวโน้มเหมือนกับ Fe อีกทั้งปริมาณธาตุโลหะหนัก เช่น แคดเมียม (Cd) และ ตะกั่ว (Pb) ที่ตรวจพบในช่วงต้นฤดูของการทำนานั้น มีปริมาณความเข้มข้น (Cd: 6~8 มิลลิกรัมต่อลิตร, Pb: 1~3 มิลลิกรัมต่อลิตร) มากกว่าช่วงปลายฤดูมาก (Cd และ Pb: 0.5~1 มิลลิกรัมต่อลิตร) ซึ่งมากเกินกว่าค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดิน คือ 0.05 มิลลิกรัมต่อลิตร นอกจากนี้การตรวจสอบคุณสมบัติทางฟิสิกส์ของดินพบว่าความหนาแน่นของดิน (1.5 -1.6 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร) และค่าความพรุนของดิน (35-40 เปอร์เซ็นต์) นั้นสูงแต่มีค่าการให้น้ำไหลซึมผ่านของดินนั้นช้า (10^{-4} cm/s) ถ้าเกิดกรณีน้ำหลากอาจส่งผลการแพร่กระจายมลพิษสู่กว๊านพะเยาได้ง่าย และจากการตรวจสอบระดับน้ำผิวดินที่เกิดจากการขังน้ำในนา (ระหว่างฤดูกาลเพาะปลูก) พบว่าระดับน้ำอยู่ระหว่าง 5 - 20 เซนติเมตร และเฉลี่ย 12 เซนติเมตร (กรกฎาคม ถึง กันยายน) แต่ในช่วงเดือน ต.ค. ถึง พ.ย. ที่มีฝนตกหนักและฤดูน้ำหลากพบว่ามียกระดับน้ำสูงสุดถึง 47 เซนติเมตร (เฉลี่ย 35.9 เซนติเมตร) ซึ่งสอดคล้องกับระดับน้ำในกว๊านพะเยาของช่วงเดือน กรกฎาคม ถึง กันยายน ระดับน้ำจะค่อยๆ สูงขึ้นจาก 20 เซนติเมตร ถึง 85 เซนติเมตร จากผิวดินและในช่วงเดือน ต.ค. ถึง ธ.ค. ระดับจะสูงขึ้นถึงที่ 100 - 140 เซนติเมตร ซึ่งจะลดลงอย่างช้าๆ ในช่วงเดือน ม.ก. (80 เซนติเมตร) นอกจากนี้จากการตรวจสอบระดับน้ำใต้ดินทั้งในนาด้านบน (ด้านต้นน้ำ) และระดับน้ำใต้ดินทั้งในนาใกล้กว๊านพะเยาพบว่าช่วงเดือน ส.ค. ถึง ก.ย. พบว่าระดับใต้ดินของนาด้านบนอยู่ที่ระดับ 50 - 80 เซนติเมตร จากผิวดินและระดับใต้ดินทั้งในนาใกล้กว๊านพะเยาอยู่ที่ระดับ 40 - 50 เซนติเมตร ซึ่งจะต่ำกว่าระดับใต้ดินของนาด้านบนระหว่าง 10 - 30 เซนติเมตร กอปรกับข้อมูลระดับน้ำผิวดินพบว่าแนวโน้มการไหลของน้ำจากพื้นที่การเกษตรจะมีทิศทางการไหลลงสู่พื้นที่กว๊านพะเยา ซึ่งอาจพาดธาตุโลหะหนัก สารเคมีและตะกอนจากพื้นที่นาลงสู่กว๊านพะเยา และทำให้จุลินทรีย์ต้องออกซิเจนจากแหล่งน้ำไปใช้ในกระบวนการย่อยสลายนั้นสูงขึ้นและผลต่อสิ่งมีชีวิตในกว๊านพะเยาได้ อีกทั้งพื้นที่นาบริเวณดังกล่าวมีหน้าดินตื้นและจากการสำรวจพบว่าบางพื้นที่มีชั้นดินต่ำกว่า 60 เซนติเมตร และลึกลงไปคือชั้นดินทรายนั้น ถ้าเกิดการปนเปื้อนของสารเคมีหรือสารอินทรีย์บางชนิดที่ไหลซึมผ่านชั้นดินสู่ น้ำใต้ดินที่มีระดับสูงอยู่แล้วนั้น อาจไหลปนเปื้อนสู่กว๊านพะเยาได้ อีกทั้งสภาพชั้นดินที่อาจไม่เป็นตัวกรองที่ดีจะไม่ช่วยลดความเข้มข้นของมลสารได้เลย โดยแนวทางการแก้ไขนั้นควรมีการจัดระเบียบการกำหนดเขตพื้นที่ โดยสร้างความสัมพันธ์ในแต่ละพื้นที่กับการใช้ประโยชน์อย่างประหยัดและเหมาะสมกับเงื่อนไขเฉพาะทางภูมิศาสตร์ เพื่อการใช้งานในพื้นที่อย่างเหมาะสมตรงตามสภาพภาพของพื้นที่และการปรับปรุงศักยภาพการไหลซึมของน้ำ (percolation) ของพื้นนา ตลอดจนการสร้างเครือข่ายพื้นที่รองรับน้ำและตะกอนขนาดเล็กบริเวณนาที่มีพื้นที่ติดกับกว๊านพะเยา เพื่อลดปริมาณการปนเปื้อนแพร่กระจายหรือการบำบัดโดยใช้พืชท้องถิ่น ตลอดจนและการใช้พื้นที่ชุ่มน้ำเทียมที่มีตัวกลางในการดูดซับได้ดีเป็นต้น

การประดิษฐ์และสร้างแบบจำลองพื้นที่นาที่ใกล้กับพื้นที่ชุ่มน้ำกว๊านพะเยา โดยออกแบบโมเดลทางเลือกการผลิตในพื้นที่นาขังน้ำ คือ โมเดลการทำนาแบบปกติโดยการไถน้ำกลางฤดู, นาแบบเพิ่มการไหลซึมผ่าน, นาแบบการจัดการควบคุมระดับน้ำได้ดิน, นาแบบลดการไถพรวน และนาที่มีการปรับปรุงโครงสร้างและระบบระบายน้ำได้ดิน เพื่อศึกษาถึงคุณสมบัติทางฟิสิกส์และการเคลื่อนย้ายของแร่ธาตุละลายน้ำในดินที่อาจส่งผลกระทบต่อความเปราะบางกว๊านพะเยา โดยใช้ column ขนาดใหญ่ (เส้นผ่าศูนย์กลาง 40 เซนติเมตร และสูง 100 เซนติเมตร) ที่จำลองคุณสมบัติของชั้นดินนาแต่ละชั้นที่มีระบบการไหลซึมผ่านแบบปิด (closed system percolation: ill-drained paddy field) ซึ่งพบว่าการศึกษาค่าความดันที่เกิดขึ้นในแต่ละชั้นดิน (pressure head profile) พบว่ามีค่าแรงดันเป็นค่าบวก (positive pressure) ทุกชั้น ค่าศักย์รีดออกซ์ (Eh) ในชั้นดิน พบว่าที่ระดับผิวดินจะอยู่ในสภาวะออกซิเดชัน ส่วนชั้นดินด้านล่างมาทุกชั้นดินจะอยู่ในสภาวะรีดักชัน โดยในสภาวะรีดักชันนั้นส่งผลต่อการละลายแร่ธาตุลงสู่ชั้นได้ดิน ซึ่งพบว่าธาตุเหล็กละลายน้ำอยู่ในน้ำในดินมีค่าระหว่าง 5-30 มิลลิกรัมต่อลิตร และไนเตรทมีค่า >1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร แต่ความเป็นต่างและค่าการนำไฟฟ้าสูงเกินกว่ามาตรฐานน้ำผิวดิน และการดำเนินงานวิจัยในภาคสนามซึ่งได้ปรับปรุงสภาพพื้นที่และติดตั้งระบบระบายน้ำได้ดินในแปลงนาทดลอง เพื่อศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของชั้นดิน คุณภาพน้ำผิวดิน และน้ำในดิน จากการศึกษาสถานการณ์และสำรวจน้ำได้ดินซึ่งเป็นพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินที่เสี่ยงต่อการแพร่กระจายมลพิษในช่วงเวลาที่มีการเพาะปลูกของภาคเหนือ บริเวณที่มีระดับน้ำได้ดินสูง พบว่าในพื้นที่นามีระดับน้ำได้ดินถึง 30 - 50 เซนติเมตร และจากการเก็บตัวอย่างในระดับความลึกจากผิวดินที่ 150 เซนติเมตรและ 200 เซนติเมตร พบว่าคุณภาพน้ำได้ดินมีค่า pH 6-7, ค่า DO อยู่ระหว่าง 1-5 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่า EC 200 - 700 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร ปริมาณธาตุอาหารของพืช คือ ประมาณ K 2-5 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณธาตุโลหะหนัก Fe อยู่ในช่วง 2 - 7 มิลลิกรัมต่อลิตร, Pb 0.3-1.5 มิลลิกรัมต่อลิตร, Cd 0.05 - 0.2 มิลลิกรัมต่อเซนติเมตร และ Cu 0.13-0.40 มิลลิกรัมต่อเซนติเมตร จากผลการตรวจวัดเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำได้ดิน คุณภาพน้ำได้ดินด้านกายภาพจะมีการปรับเปลี่ยนคุณภาพที่ต่ำลงตามช่วงระยะการเพาะปลูก แต่ปริมาณธาตุอาหารพืชและโลหะหนักมีปริมาณที่เกินกว่ามาตรฐานและแนวโน้มคงที่

- หลักการและเหตุผล
- วัตถุประสงค์ของโครงการ

หลักการและเหตุผล

การพัฒนาทางเลือกการผลิตในพื้นที่นาขังน้ำเพื่อลดผลกระทบสิ่งแวดล้อม เป็นการสร้างแบบจำลองการบำบัดและลดการปนเปื้อนน้ำจากพื้นที่การเกษตรนาพื้นที่ชุ่มน้ำสู่กว๊านพะเยา ทั้งนี้เพื่อเป็นแนวทางการรักษาทรัพยากรและฟื้นฟูสภาพของพื้นที่ชุ่มน้ำของลุ่มน้ำกว๊านพะเยา โดยการใช้วิธีการดำเนินทางกลและขบวนการการจัดการพื้นที่นาแบบควบคุมสิ่งแวดล้อมของพื้นที่การผลิต โดยมีแผนการดำเนินงานดังนี้ 1) ติดตามตรวจสอบพื้นที่เสี่ยงต่อการก่อเกิดและแพร่กระจายมลพิษจากการเกษตรนาขังน้ำที่อาจส่งผลกระทบ ต่อสถานภาพพื้นที่ชุ่มน้ำกว๊านพะเยา พบว่าระดับปริมาณออกซิเจนที่แขวนลอยอยู่ในน้ำ (SS) ช่วงไถพรวนต้นฤดูทำนามีระดับค่าระหว่างปริมาณ 160-200 mg/L ซึ่งมีค่าสูงกว่าระดับค่ามาตรฐานน้ำที่ใช้เพื่อการเกษตร (100 mg/L) และปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (DO) พบว่าปริมาณ DO ของน้ำใต้ดินนั้นต่ำถึง 1.5 - 3.0 mg/L เท่านั้น ตลอดจนน้ำในนาและน้ำในกว๊านพะเยา บริเวณรอยต่อนั้นก็มีค่า DO ระหว่าง 3 - 5 mg/L และบางช่วงฤดูก็มีค่าต่ำมาก นอกจากนี้จากการตรวจสอบของค่าการนำไฟฟ้า(EC) พบว่าจะมีค่าของน้ำใต้ดินในนาข้าว (300~600 $\mu\text{S}/\text{cm}$) จะสูงกว่าน้ำผิวดินในนาข้าวมาก (<300 $\mu\text{S}/\text{cm}$) และจากการตรวจสอบความเข้มข้นของธาตุเหล็ก (Fe) พบว่าปริมาณ Fe ของน้ำในนาข้าว (>3 mg/L) เป็นต้น 2) ประดิษฐ์และออกแบบโมเดลทางเลือกการผลิตในพื้นที่นาขังน้ำ คือ โมเดลการทำนาแบบปกติโดยการไถน้ำกลางฤดู, นาแบบเพิ่มการไหลซึมผ่าน, นาแบบการจัดการควบคุมระดับน้ำใต้ดิน, นาแบบลดการไถพรวนและ นาที่มีการปรับปรุงโครงสร้างและระบบระบายน้ำใต้ดิน 3) การดำเนินงานวิจัยในภาคสนาม ซึ่งได้ปรับปรุงสภาพพื้นที่และติดตั้งระบบระบายน้ำใต้ดินในแปลงนาทดลอง เพื่อศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของชั้นดิน คุณภาพน้ำผิวดิน น้ำในดิน และการเจริญเติบโตของพืช

วัตถุประสงค์ของโครงการ

1. เพื่อติดตามตรวจสอบพื้นที่เสี่ยงต่อการก่อเกิดและแพร่กระจายมลพิษจากการเกษตรนาขังน้ำที่อาจส่งผลกระทบต่อสถานภาพพื้นที่ชุ่มน้ำกว๊านพะเยา
2. ประดิษฐ์และออกแบบโมเดลทางเลือกการผลิตในพื้นที่นาขังน้ำลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมสู่พื้นที่บริเวณพรมแดนกันชนของพื้นที่ชุ่มน้ำกว๊านพะเยา
3. ประเมินและพัฒนาแนวทางปรับปรุงและฟื้นฟูสภาพทางนิเวศ วิจัยและคุณภาพสิ่งแวดล้อมของพื้นที่ชุ่มน้ำกว๊านพะเยาเหมาะสมต่อสภาพที่เศรษฐกิจและสังคมท้องถิ่น

บทที่ 2 ทบทวนวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

- โครงสร้างของชั้นดินและลักษณะดิน
 - 1) ระดับน้ำใต้ดิน
 - 2) สภาพออกซิเดชันและรีดักชันในชั้นดิน
 - 3) ดินนาที่มีการระบายน้ำที่เร็วและระบายน้ำที่ดี
- การไหลซึมผ่าน
 - 1) ระบบการไหลซึมผ่านแบบปิด
 - 2) ระบบการไหลซึมผ่านแบบเปิด
- คุณภูมิดิน
- สารละลายในดิน
- จุลินทรีย์ในดิน
- งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

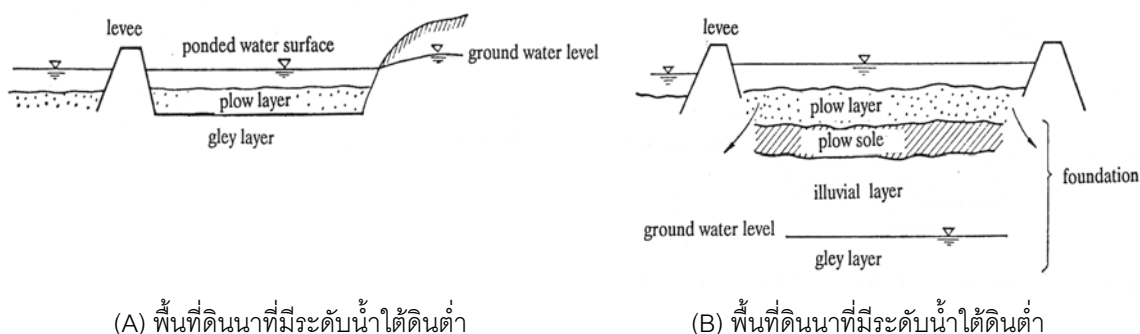
โครงสร้างของชั้นดินและลักษณะดิน

โครงสร้างของดินในพื้นที่ดินนาแบ่งชั้นดินได้ 3 ชั้นหลักๆ คือ ดินชั้นไถพรวน (plow layer) ชั้นดินใต้ชั้นไถพรวน (plowsole) และ ดินชั้นล่าง (subsoil) ทั้งนี้โดยทั่วไปสามารถจำแนกรากฐานของโครงสร้างในพื้นที่นาจากระดับน้ำใต้ดิน ดังนี้

1) ระดับน้ำใต้ดิน

พื้นที่ดินนาที่มีระดับน้ำใต้ดินสูง คือ พื้นที่นามีระดับของน้ำใต้ดินสูงใกล้เคียงกับระดับของน้ำที่ขังอยู่บน ดินทุกชั้นจะมีน้ำขังและอิ่มตัวด้วยน้ำ ดังที่แสดงในภาพ 2-1 (A) โดยดินชั้นล่างที่อยู่จากดินชั้นไถพรวนจะมีลักษณะเป็นดินเหนียวอมเทาหรือเทาอมเขียวและมีการระบายน้ำที่เลว

พื้นที่ดินนาที่มีระดับน้ำใต้ดินต่ำ คือ พื้นที่นามีระดับของน้ำใต้ดินต่ำกว่าดินชั้นไถพรวน และชั้นดินใต้ชั้นไถพรวน โดยสามารถแบ่งชั้นดินได้อย่างชัดเจนและมีการเคลื่อนที่ของน้ำผ่านช่องว่างในดินได้เร็วและมีโอกาสร่วซึมได้ง่าย ดังที่แสดงใน ภาพ 2-1 (B)



ภาพ 2-1 การเปรียบเทียบระดับน้ำใต้ดินในพื้นที่ดินนา (Tokunaga, 1968)

จากชั้นดินที่มีระดับของน้ำใต้ดินที่แตกต่างกันสามารถทราบถึงลักษณะของดินนาที่มีผลจากสภาวะทางกายภาพของดินแต่ละชั้น

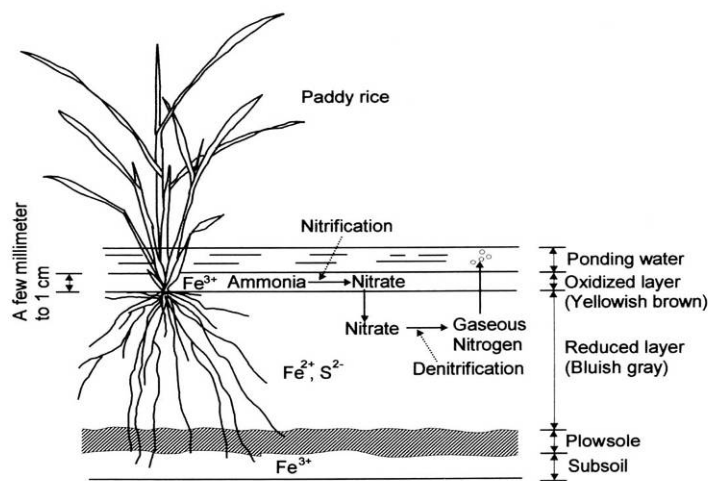
2) สภาวะออกซิเดชันและรีดักชันในชั้นดิน

ในดินชั้นไถพรวน ที่อยู่ในสภาวะน้ำท่วมขัง ในระหว่างฤดูเพาะปลูกนั้น จะมีปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ (dissolved oxygen: DO) ต่ำ เนื่องจากการใช้ของแบคทีเรียในดินเป็นผลให้ปริมาณออกซิเจนในชั้นดินต่ำและเข้าสู่สภาวะรีดักชัน จากนั้นแบคทีเรียในดินจึงต้องใช้พลังงานจากธาตุประเภทในดิน โดยการสลายพันธะของเหล็กจาก Fe_2O_3 (Fe [III] หรือ ferric oxide) เป็น FeO (Fe [II] หรือ ferrous oxide) และจากแมงกานีส MnO_2 (Mn [IV] หรือ manganese dioxide) เป็น MnO (Mn

[II] หรือ manganese suboxide) (Koga, 1992) โดยปรากฏการณ์ดังกล่าวเรียกว่า “eluviation” ทั้งนี้ธาตุเหล็กและแมงกานีสจะมีการเคลื่อนย้ายสู่ดินชั้นล่าง แต่อย่างไรก็ตามชั้นดินไถพรวนสามารถได้รับออกซิเจนจากน้ำที่แทรกซึมจากผิวดิน ทำให้เกิดสภาวะ Re-Oxidized บริเวณผิวดินถึง 1-2 เซนติเมตร (ภาพ 2-2) และจากการจำแนกโครงสร้างจากระดับน้ำใต้ดินนั้นก็มีสภาพของดินชั้นล่างที่อยู่เหนือน้ำใต้ดิน เป็นผลให้ดินชั้นดังกล่าวมีสภาวะเป็นชั้นออกซิเดชัน ทำให้ธาตุเหล็กและแมงกานีสอยู่ในลักษณะของแข็งที่สะสมอยู่ในชั้นดินที่สังเกตเห็นเป็นสีส้ม-แดง ของเหล็กและสีน้ำตาลเข้มของแมงกานีส ซึ่งสภาวะนี้เรียกว่า “illuviation”

3) ดินนาที่มีการระบายน้ำที่เร็วและระบายน้ำที่ดี

ในสภาพดินนาที่มีการระบายน้ำที่เร็ว (ill-drained paddy field) เป็นลักษณะดินนาของประเทศไทยที่มีระดับน้ำใต้ดินสูงและความสามารถในการไหลซึมผ่าน (percolation) ต่ำ โดยในชั้นดินนั้น



ภาพ 2-2 การเกิดสภาวะ Re-Oxidized บริเวณผิวดินถึง 1-2 เซนติเมตร
ของชั้นดินไถพรวน (Shioiri, 1943)

น้ำที่อยู่ระหว่างช่องดิน (soil pore) มีแรงยึด Matric potential (pF) สูงและมีค่าสภาพนำน้ำ (hydraulic conductivity) ต่ำทั้งในดินชั้นบน (infiltration layer) และดินชั้นล่าง (subsoil) โดยมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของธาตุอาหารพืชที่อยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์นั้นน้อยลง จากสภาวะรีดักชันในชั้นดิน เช่น ธาตุไนโตรเจนที่ เปลี่ยนจากไนเตรต ($\text{NO}_3\text{-N}$) กลายเป็นก๊าซไนโตรเจน และสภาพการระบายน้ำที่เลว ทำให้ดินมีปริมาณออกซิเจนต่ำ แบคทีเรียไม่ใช้ออกซิเจน (anaerobic bacteria) ผลิตก๊าซมีเทน อีกทั้งทำให้เหล็กเกิดการละลายสะสมและเป็นพิษอยู่ในรากข้าวอีกด้วย จากเหตุผลดังกล่าวจึงต้องมีการปรับปรุงโครงสร้างดิน โดยการใส่อินทรีย์วัตถุและลดการไถพรวนที่ทำลายหน้าดิน

ดินนาที่มีการระบายน้ำที่ดี (well-drained paddy field) ก็จะมีค่าอัตราความต้องการน้ำสูงผืนนา จากการคำนวณอัตราความต้องการน้ำในแปลงนาข้าว (water requirement rate) คือ ปริมาณการไหลซึมผ่านของน้ำและคายระเหย (evapotranspiration) ช่วงที่เหมาะสม คือ 15 -25 มิลลิเมตร/วัน (Hasegawa and Tabuchi , 1995) โดยผลผลิตในดินนาที่มีการระบายน้ำที่เร็วนั้นต่ำกว่าดินนาที่มีการระบายน้ำที่ดี หากต้องการผลผลิตข้าวสูงที่สุดนั้น ค่าอัตราความต้องการน้ำ จะอยู่ระหว่าง 20 - 30 มิลลิเมตร/วัน (Koga, 1992) อีกนัยหนึ่งคือ ในชั้นดินประเภท High percolation จะให้ผลผลิตข้าวสูงกว่าในชั้นดินประเภท Low percolation ซึ่งตรวจสอบได้จากการวัดค่าอัตราการแทรกซึมผ่าน (infiltration rate) ปริมาณน้ำที่ไหลซึมลงไปในผิวดินต่อหน่วยพื้นที่หน้าตัดขวางต่อหน่วยเวลา โดยเครื่องมือ Infiltrometer (คณะกรรมการจัดทำพจนานุกรมปฐพีวิทยา, 2551) แต่สำหรับบางพื้นที่ที่มีอัตราความต้องการน้ำสูงเกินนั้น จะใช้เบนโทไนท์ (bentonite) หรือแร่ดินเหนียวอมอนอริไรท์ จะช่วยในการอุ้มน้ำในชั้นดินและควบคุมอัตราความต้องการน้ำในพื้นที่ได้และเป็นแร่ที่สามารถใช้ได้กับการเกษตรแบบอินทรีย์อีกด้วย

หน้าตัดชั้นดิน (soil profiled) ในพื้นที่นาที่ท่วมขังและมีระดับน้ำใต้ดินในระดับต่างๆ สามารถแบ่งชั้นดินของดินนา (stratified paddy filed) และลักษณะการเคลื่อนที่ของน้ำ (water movement) ในสภาวะอิ่มตัว (saturated hydraulic conductivity) โดยอิทธิพลของ แรงดันอากาศ (air entry pressure) โดยพื้นที่ดินนานั้นมีการไถพรวนปรับหน้าดินเพื่อลดขนาดการเกาะตัวของเม็ดดิน ทำลายช่องอากาศเพื่อลดการระเหยและทำลายช่องระบายน้ำในชั้นหน้าดิน เพื่อสร้างชั้นดินใหม่ที่สามารถกักเก็บน้ำที่ช่องว่างขนาดเล็กระหว่างอนุภาคดินเหนียว ทำให้ชั้นดินขังน้ำและอิ่มตัว ทั้งนี้ชั้นดินไถพรวนชั้นดินใต้ ไถพรวน และชั้นดินด้านล่าง มีการเคลื่อนที่ของน้ำจากด้านบนสู่ด้านล่างตลอด แรงดันอากาศที่แทรกผ่านชั้นดินที่ควบคุมการเคลื่อนที่ของน้ำในดินนั้น เป็นแรงดันลบ (negative pressure) ที่จะเข้าแทนที่น้ำและชักนำการเคลื่อนที่ของน้ำในชั้นดินและในชั้นระบายน้ำ โดยที่ชั้นดินที่มีเม็ดดินขนาดเล็กจะต้องใช้แรงดันอากาศสูงในที่จะเข้าไปแทนที่ของน้ำในดิน หรือดินเหนียวอากาศจะแทรกเข้าได้สูง (low negative) แต่อย่างไรก็ตามอิทธิพลของการยกระดับน้ำใต้ดินก็เป็นปัจจัยหลักของการเกิดสภาวะข้างต้น ซึ่งในชั้นดินนาสามารถแบ่งแยกชั้นดินอาจพบว่า ในหน้าตัดดินนั้นอาจพบสภาวะที่แตกต่างกันคือ ระบบการไหลซึมผ่านแบบปิดและ ระบบการไหลซึมผ่านแบบเปิด หรืออาจพบทั้งสองระบบในดินนาได้

การไหลซึมผ่าน

น้ำที่ขังในพื้นที่ดินนานั้นจะการแทรกซึมผ่านลงไปในพื้นที่ผิวดิน และต่อเนื่องไหลซึมผ่านไปยังชั้นดินด้านล่าง ซึ่งการไหลซึมผ่านในชั้นดินต่างกัน มีทั้งแบบการไหลที่เรียกว่าระบบการไหลซึมผ่านแบบปิดและระบบการไหลซึมผ่านแบบเปิด โดยมีความหมายดังต่อไปนี้

1) ระบบการไหลซึมผ่านแบบปิด

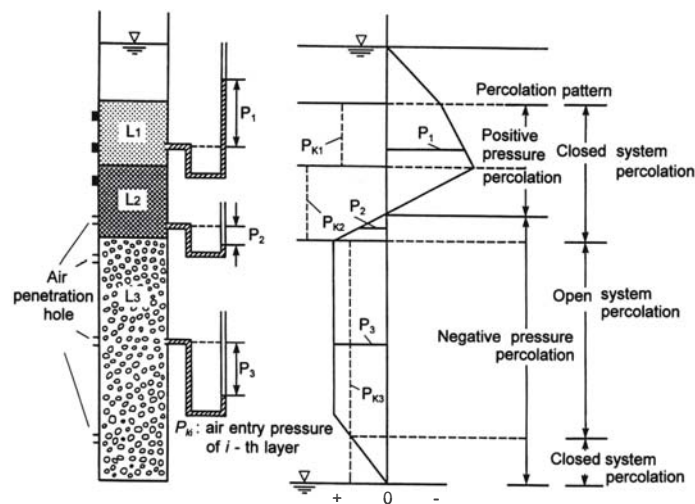
ในดินน้ำขังโดยทั่วไปจะเป็นระบบการไหลซึมผ่านแบบปิด (closed system percolation) คือ ชั้นดินที่ไม่มีการแพร่ของอากาศสู่ชั้นดิน มีระดับน้ำใต้ดิน ซึ่งชั้นดินด้านล่างเกิดการท่วมขัง การไหลของน้ำอยู่ในระบบปิด (JSIDRE, 2003) หรือ น้ำในชั้นดินนั้นมีการเคลื่อนที่ไหลซึมผ่านชั้นแบบในสภาวะดินเกิดการอิ่มตัวด้วยน้ำ (saturated flow) จากดินชั้นบนสู่ดินชั้นล่าง โดยที่ค่าแรงดันน้ำในดิน (soil water pressure) มีค่าเป็นบวก (positive pressure) และค่าความต่างศักย์รวม (total potential) สูงขึ้น เกิดจากอิทธิพลของสภาพการไหลซึมผ่านของน้ำในชั้นดิน ซึ่งพบว่าในระบบการไหลซึมผ่านแบบปิด ค่าแรงดันอากาศเข้า (air entry pressure) ต่ำและน้อยกว่าแรงดันน้ำในดินทำให้อากาศไม่สามารถแทรกผ่านตามช่องอากาศ (air void) แทนที่น้ำได้ นอกจากนี้ค่าแรงดันน้ำในดินในสภาพการเคลื่อนที่ของน้ำในสภาวะดินอิ่มตัวและมีระดับของน้ำใต้ดินสูง นั้นจะผันแปรตามระดับความลึกของชั้นดินจากผิวดิน ดังแสดงใน ภาพ 2-7 (model-B) ที่แสดงค่าแรงดันน้ำในดิน จะมีค่าเป็นบวกที่มีค่ามากขึ้นเลยในระดับชั้นดินที่ลึกลงไป

จากที่กล่าวมาข้างต้นการเคลื่อนที่ของน้ำ ในสภาวะอิ่มตัวสามารถตรวจวัดจากสภาพให้น้ำซึมได้ของดิน (permeability) โดยทดสอบสภาพนำน้ำและคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์ (hydraulic conductivity: K) ตามกฎของ Darcy's Law ที่จะบอกได้ว่าดินนั้นมีการเคลื่อนที่ช้าหรือเร็ว นอกจากนี้ในชั้นดินที่มีสภาพระบบการไหลซึมผ่านแบบปิด จะพบว่ามีค่าศักย์รีดอกซ์ (oxidation-reduction potential; E_h) มีค่าต่ำ (< -300 mV) ชั้นดินนั้นเข้าสู่สภาวะรีดักชัน (reduced soil condition) และจะมีค่าศักย์รีดอกซ์ต่ำลงเมื่อระยะเวลาการขังน้ำในนา (ภาพ 2-7) และความเข้มข้นออกซิเจน (DO) ต่ำ และ ทั้งนี้สามารถตรวจสอบได้จากปริมาณธาตุเหล็ก (Fe [II] หรือ ferrous oxide) ที่สูงขึ้น (Pongpattanasiri, 2005) ที่สัมพันธ์กับค่าการนำไฟฟ้า (electric conductivity: EC) ที่มีค่าสูงด้วย

2) ระบบการไหลซึมผ่านแบบเปิด

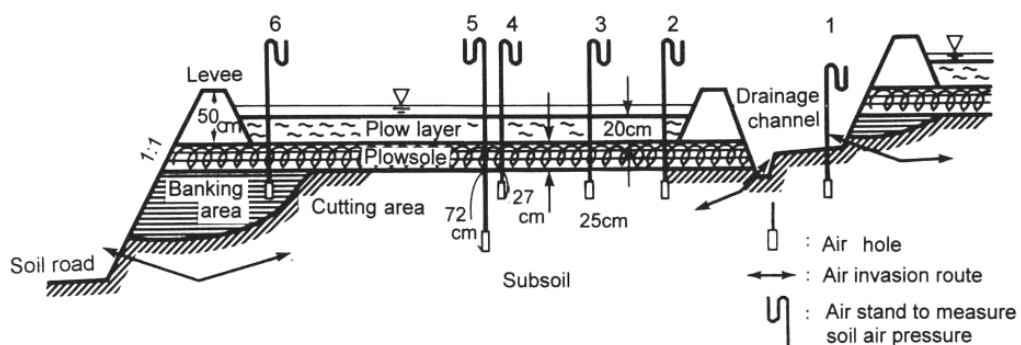
คือ ระบบการไหลซึมผ่านแบบเปิด (open system percolation) ในชั้นดินด้านล่างของพื้นที่นาที่มีผลมาจากระดับน้ำใต้ดินนั้นต่ำ ดินในชั้นล่างอากาศสามารถแทรกซึมและแพร่กระจายสู่ชั้นดินได้จากช่องว่าง (air penetration hole) โดยที่แรงดันอากาศของชั้นบรรยากาศนั้นเท่ากับในชั้นดิน (Tokunaga and Sasaki, 1990) และน้ำในชั้นดินนั้นมีการเคลื่อนที่ไหลซึมผ่านชั้นดินที่ไม่อิ่มตัวด้วยน้ำ (unsaturated flow) ทั้งนี้ในชั้นดินนั้นสามารถเกิดปรากฏการณ์นี้ได้ เนื่องจากชั้นดินที่มีน้ำขัง น้ำในดินนั้นจะเกิดการไหลซึมผ่านแบบปิด และชั้นดินด้านล่างที่อยู่สูงกว่าระดับน้ำใต้ดิน ก็เกิดการไหลซึม

ผ่านของน้ำในดินแบบเปิด โดยที่มีค่าแรงดันน้ำในดินนั้นต่ำกว่าแรงดันบรรยากาศ Sasaki (1994) และ Adichi and Sasaki (1999) ได้ศึกษา Pressure head profile และ Percolation pattern โดยสามารถทำความเข้าใจดังที่อธิบายใน ดังแสดงใน ภาพ 2-3 ในแบบจำลองที่มีการแบ่งชั้นดินและมี Air penetration hole ในชั้นดินด้านล่างที่เป็นชั้นดินทราย (L_3) และมีระดับน้ำใต้ดินต่ำ ซึ่งพบว่าชั้นขังน้ำ จะมีค่าแรงดันน้ำเพิ่มตั้งแต่ค่าศูนย์ไปในทิศทางบวก จนถึงดินชั้นไทรพอร์น (L_1) ก็จะมีค่าแรงดันของน้ำในดินเพิ่มสูงขึ้นเรื่อยๆ (positive pressure percolation: P_1) ซึ่งอยู่ในสภาวะระบบการไหลซึมผ่านแบบปิดและค่าแรงดันของน้ำในดินชั้นไทรพอร์น (L_2) จะค่อยๆ เริ่มมีค่าน้อยลงจน (negative pressure percolation: P_2 และ P_3) จนอยู่ในระดับติดลบจน ถึงชั้นดินด้านล่าง ซึ่งจะสังเกตได้ว่าค่า air entry pressure (P_{K1} และ P_{K3}) จะมีผลต่อชั้นดินให้เกิดในสภาวะระบบการไหลซึมผ่านแบบเปิด จากข้อมูลดังกล่าว Sasaki (1992) ได้ประดิษฐ์การทดลองในแบบจำลองที่มีการแบ่งชั้นดินแบบไม่รบกวนสภาพดินอย่างต่อเนื่องมา Yamazaki, (1958) และ Sasaki (1994) ได้ตรวจสอบค่าแรงดันของน้ำในดินพบว่า negative pressure ที่มีค่าต่ำกว่าแรงดันบรรยากาศ อยู่ -2 เซนติเมตร ซึ่งค่าความต่างศักย์รวมในชั้นนี้ 40~60 cm H_2O ก็ต่ำกว่าชั้นผิวดินและชั้นดิน 70~100 cm H_2O ที่ในสภาวะดินอิ่มตัวด้วยน้ำ (saturated soil) (Pongpattanasiri, 2005) ทั้งนี้การเคลื่อนที่ของน้ำในดินนั้นจะเคลื่อนที่จากค่าความต่างศักย์รวมสูงไปยังค่าความต่างศักย์รวมต่ำ (Hillel, 1998)



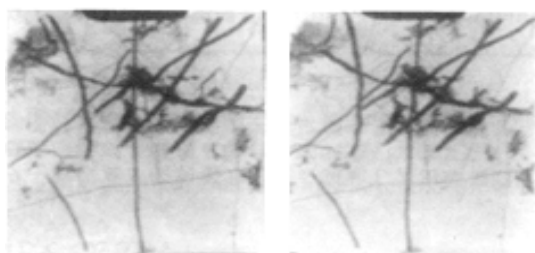
ภาพ 2-3 Pressure head profile และ percolation pattern ในแบบจำลองชั้นดิน
(Sasaki, 1999)

การตรวจสอบในสภาพพื้นที่นาที่ลักษณะเป็นชั้นบันไดและเกิดการแทรกซึมของอากาศจากนาสู่ชั้นดินด้านล่างของพื้นที่ดินนาที่มีการขังน้ำ ดังแสดงใน ภาพ 2-4 ดังที่ศาสตราจารย์ด้านวิศวกรรมพื้นที่ดินนา Tokunaga and Sasaki (1990) ได้พิสูจน์พบว่า Soil air pressure ที่สามารถเชื่อมต่อระหว่างแรงดันบรรยากาศสู่แรงดันในดิน และบริเวณกลางแปลงของพื้นที่ดินนา (ต่อเนื่องทุกปี) พบว่า ค่าแรงดันนั้นในดินจะมีค่าเท่ากับแรงดันบรรยากาศ โดยที่ชั้นดินด้านล่างจะมีการไหลของน้ำด้วยแรง Soil matrix และอากาศในระหว่างช่องดิน (macro pores) ที่เชื่อมต่อสู่ภายนอก ทั้งนี้แรงดันอากาศในชั้นดินนั้น จะเกิดการเคลื่อนที่ของน้ำจากสภาวะการไหลซึมผ่านแบบปิดสู่การไหลซึมผ่านแบบเปิด ตามช่องอากาศดัง ภาพ 2-3 และภาพ 2-4 ซึ่ง Sasaki et al. (2002) ได้สำรวจและเก็บตัวอย่างดินนาที่มีการไถพรวนปกติของประเทศไทย โดยการเก็บตัวอย่างดินอย่างประณีต (undisturbed soil sampling) ในระดับต่างๆของหน้าตัดดิน (soil profile) เป็นทรงลูกบาศก์ (14 ซม. x14 ซม. x 6 ซม.) หลังจากการเก็บเกี่ยวข้าวแล้ว เพื่อการตรวจสอบลักษณะแบบของช่องว่างในดิน (soil macropore) ด้วยเครื่อง X-Ray stereo radiography โดยวิธีของ Tokunaga (1995) พบว่าช่องว่างในดินทั้งที่เกิดจากการรื้อตัวของเม็ดดินและจากรากพืช (เส้นสีดำ) ขนาดต่างๆ ที่ทำให้เกิดโครงสร้างดิน (soil-forming process) จากภาพเอกซเรย์พบว่าดินชั้นบนหรือชั้นไถพรวน (5-10 ซม.) มีขนาดระหว่าง 0.1 ถึง 1.0 มิลลิเมตร และมีช่องว่างในดินน้อยกว่าในระดับชั้นใต้ไถพรวน ส่วนในชั้นดินด้านล่างพบว่ามีปริมาณช่องว่างมากที่สุด แต่จากการตรวจวัดบางช่องที่มีขนาด 1.5 มิลลิเมตร ซึ่งอาจเกิดจากการสร้างช่องว่างจากรากพืชชนิดอื่น

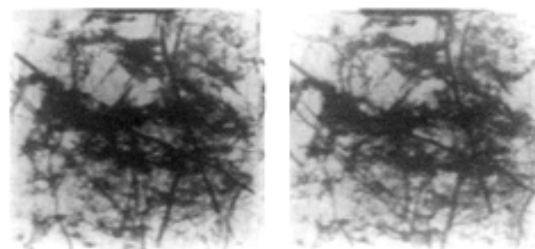


ภาพ 2-4 การแทรกซึมของอากาศจากผิวดินสู่ดินชั้นล่างของพื้นที่ดินนาที่มีการขังน้ำ

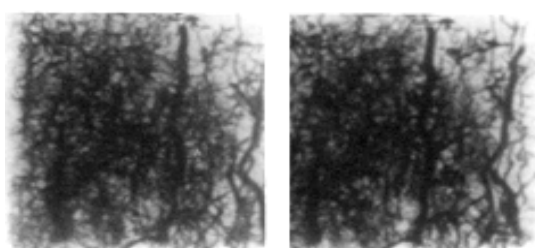
(Tokunaga and Sasaki, 1990)



Undisturbed alluvial soil at 5-10 cm depths



Undisturbed alluvial soil at 15-20 cm depths

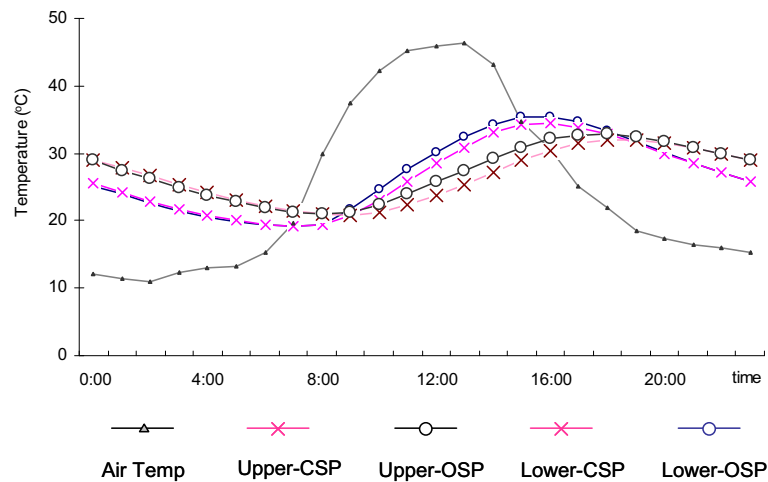


Undisturbed alluvial soil at 45-50 cm depths

ภาพ 2-5 ช่องว่างในดินที่เกิดจากการรื้อตัวของเม็ดดินและรากพืช
ในโครงสร้างดิน (Sasaki, 2002)

อุณหภูมิดิน

การตรวจสอบของ Pongpattanasiri (2005) พบว่าอุณหภูมิดิน (soil temperature) ในชั้นไถพรวนและชั้นใต้ไถพรวนลงไปในนั้น ในช่วงกลางวันอุณหภูมิด้านบนจะสูงกว่าด้านล่าง ส่วนในช่วงตอนเย็นอุณหภูมิด้านบนจะต่ำกว่าด้านล่าง อันเนื่องจากดินชั้นล่างสามารถกักเก็บความร้อนได้ดีกว่า นอกจากนี้ตรวจพบว่าอุณหภูมิดินในระบบการไหลซึมผ่านแบบปิด (CSP) และระบบการไหลซึมผ่านแบบเปิด (OSP) นั้นมีความแตกต่างกัน ซึ่งในชั้นดินที่มีการไหลซึมผ่านแบบเปิดจะมีแนวโน้มที่อุณหภูมิดินในชั้นต่างๆ นั้นสูงในช่วงเช้าแต่จะต่ำกว่าในช่วงกลางวัน และอุณหภูมิจะสูงกว่าในช่วงตอนเย็นถึงกลางคืน เนื่องจากการสะสมและระบายความร้อนในสภาวะดินที่แตกต่างกัน ซึ่งคาดว่าในชั้นดินที่มีการไหลซึมผ่านแบบเปิดอุณหภูมิที่สูงขึ้นและลดลงอย่างรวดเร็วขึ้น (ภาพ 2-6) เกิดจากอากาศที่สามารถแพร่และพาความร้อนจากช่องอากาศ (soil aeration) ได้ และจากการศึกษาของ Kohnke (1968) กล่าวว่าความร้อนจำเพาะของอนุภาคดินนั้นมีความแตกต่างกัน ดินที่แห้งและมีความพรุน ร้อยละ 50 จะมีความร้อนจำเพาะที่ต่ำกว่าดินที่ร่วนซุยอิ่มตัวด้วยน้ำ (0.25 cal/g และ 0.75 cal/g ตามลำดับ)

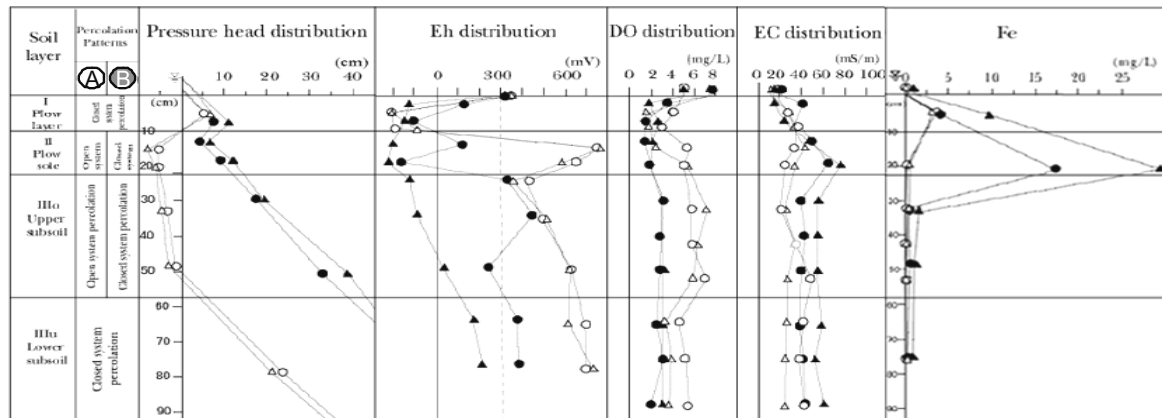


ภาพ 2-6 อุณหภูมิที่แตกต่างกันในชั้นดิน ของการไหลซึมผ่านแบบเปิด(open system percolations: OSP) และปิด (closed system percolations: CSP) ในพื้นที่การเกษตร (Pongpattanasiri, 2005)

สารละลายในดิน

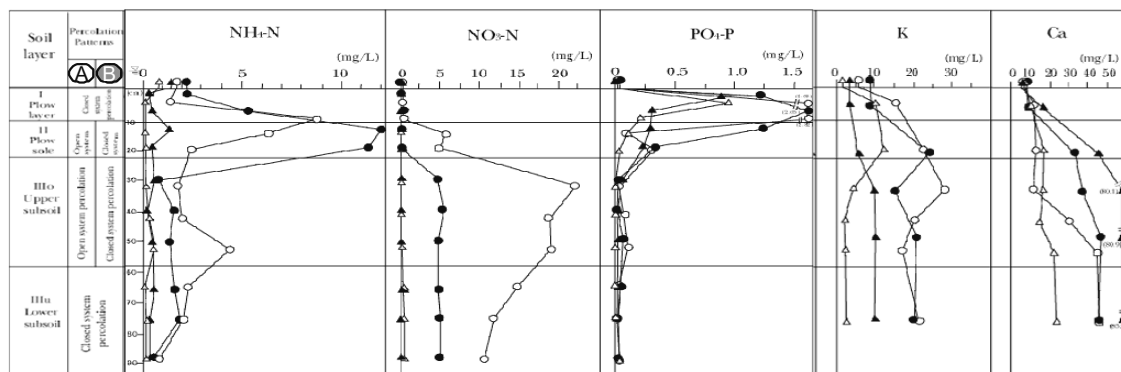
การเปลี่ยนสภาพธาตุที่ละลาย (soluble element) ในดินจากการใส่ปุ๋ยธาตุอาหารพืชต่างๆ นั้น มีผลเกี่ยวข้องกับระบบการไหลซึมผ่านในชั้นดินด้วย ซึ่ง Pongpattanasiri (2006) ได้ตรวจสอบธาตุต่างๆ จากการสกัด Downward water โดยวิธีของ Sasaki et al. (1998) ในชั้นดินต่างๆ ของระบบการไหลซึมผ่านแบบปิด และระบบการไหลซึมผ่านแบบเปิด พบว่าปริมาณความเข้มข้นของธาตุ $\text{NH}_4\text{-N}$ และ $\text{PO}_4\text{-P}$ ในชั้นดินด้านบนของทั้ง 2 แบบ นั้นมีแนวโน้มใกล้เคียงกัน คือ ในช่วงแรกๆ จนถึงช่วงหลังของการทดสอบความเข้มข้นของธาตุทั้งสองนั้นจะลดลงในทุกชั้นดิน แต่ปริมาณความเข้มข้นของธาตุ $\text{NO}_3\text{-N}$ มีปริมาณสูง (วันที่ 24 หลังจากเริ่มทดลอง) ในระบบการไหลซึมผ่านแบบเปิด และจะลดลงใกล้เคียงค่าศูนย์ของทั้งสองระบบ (ภาพ 2- 8) ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองของ Pongpattanasiri (2006) ที่พิสูจน์ว่าในชั้นดินหลังจากการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนลงไป ในนาข้าวที่ขังน้ำนั้นจะเกิดปรากฏการณ์ Denitrification ที่เปลี่ยนธาตุไนเตรท (nitrate) กลายเป็นธาตุไนโตรเจนในรูปก๊าซ แต่ในชั้นดินของระบบการไหลซึมผ่านแบบเปิดจะมีปริมาณ ธาตุ $\text{NO}_3\text{-N}$ คงเหลือมาก ซึ่งจะเกิดผลดีต่อการเจริญเติบโตของข้าว

ความเข้มข้นของธาตุเหล็ก (Fe) ที่ละลายและไหลลงสู่ดินชั้นล่าง คือ Ferrous oxide (Fe^{2+}) ในดินชั้นต่างๆ ของระบบการไหลซึมผ่านแบบปิดจะมีปริมาณมากกว่าระบบการไหลซึมผ่านแบบเปิด (สุขทัย, 2550) อันเนื่องในระบบการไหลซึมผ่านแบบปิดทำให้ธาตุเหล็กละลายเพิ่มมากขึ้น (ภาพ 2-7) ตามระยะเวลาที่ขังน้ำในชั้นจะเกิดสภาวะ Reductive



○: 24th day of Model-A, △: 80th day of Model-A, ●: 24th day of Model-B, ▲: 80th day of Model-B

ภาพ 2-7 ปริมาณ pressure head Eh DO EC และ Fe ในระบบการไหลซึมผ่านแบบเปิด(Model-A) และแบบปิด(Model-B) ในโมเดล (Pongpattanasiri, 2006)



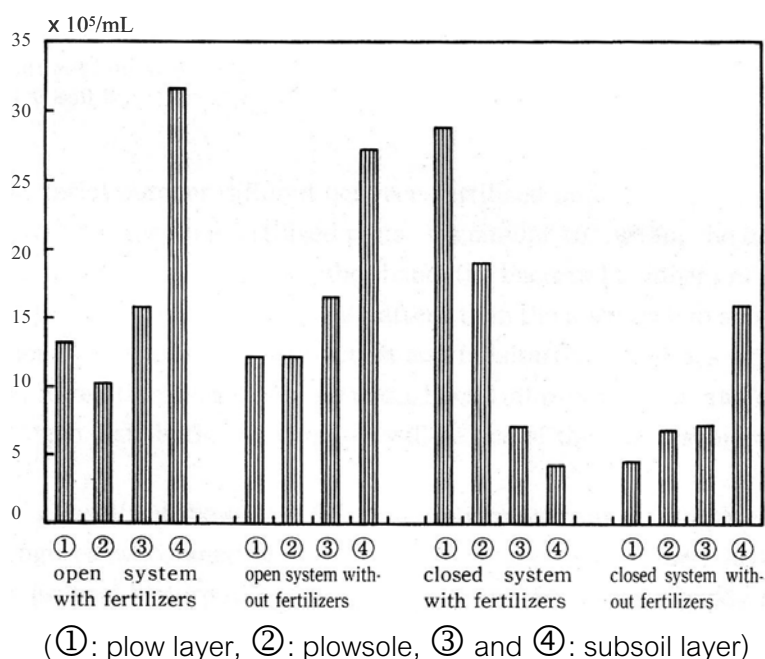
○: 24th day of Model-A, △: 80th day of Model-A, ●: 24th day of Model-B, ▲: 80th day of Model-B

ภาพ 2-8 ปริมาณ NH₄-N, NO₃-N, PO₄-P, K และ Ca ในระบบการไหลซึมผ่านแบบเปิด(Model-A) และแบบปิด(Model-B) ในโมเดล (Pongpattanasiri, 2006)

สำหรับปริมาณธาตุโพแทสเซียม (K) และ แคลเซียม (Ca) นั้นพบว่าโพแทสเซียมจะเกิดสภาพของ quick action of fertilizer application ทำให้ปริมาณธาตุในระบบการไหลซึมผ่านแบบเปิดจะสูงกว่าระบบการไหลซึมผ่านแบบปิด แต่เมื่อระยะเวลาผ่านไปปริมาณธาตุโพแทสเซียมของทั้งสองระบบนั้นลดลง ส่วนปริมาณธาตุแคลเซียมนั้น ในระบบการไหลซึมผ่านแบบเปิดจะสูงกว่าระบบการไหลซึมผ่านแบบปิด ซึ่งจะสัมพันธ์กับปริมาณธาตุหลักและค่า EC

จุลินทรีย์ในดิน

จากการศึกษาของ Koseki et al. (1999) พบว่าสภาวะการไหลซึมผ่านในชั้นดินต่างๆ ของในชั้นดินนาก็มีผลต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ ซึ่งได้เก็บตัวอย่างดินในชั้นดินต่างๆ จากแบบจำลองที่สร้างขึ้นมี 3 ชั้น คือ ดินชั้นไถพรวน ดินชั้นใต้ไถพรวน และดินชั้นล่าง โดยที่ดินด้านบนจะเป็นระบบการไหลซึมผ่านแบบปิด และดินชั้นล่างนั้นจะเป็นระบบการไหลซึมผ่านแบบเปิด และนอกจากนี้ได้ออกแบบการทดลองให้ทั้ง 2 ระบบ นั้น มีการทดลองที่ใส่ปุ๋ยและไม่ใส่ปุ๋ยด้วย (ภาพ 2-9) และจากการเก็บตัวอย่างดินเพื่อนำมาเพาะเลี้ยงและนับจำนวนแบคทีเรีย (bacteria counting) พบว่าจำนวนผลรวมของ viable bacteria ในดินที่เก็บตัวอย่างมาจากแบบจำลองระบบการไหลซึมผ่านแบบเปิดในชั้นดินด้านบนนั้นจะใกล้เคียงกันระหว่างแบบจำลองที่ใส่ปุ๋ย และไม่ใส่ปุ๋ย แต่ในชั้นดินด้านล่าง พบว่าจะมีจำนวนแบคทีเรียของแบบจำลองระบบการไหลซึมผ่านแบบเปิดที่ใส่ปุ๋ยมากกว่าไม่ใส่ปุ๋ย ทั้งนี้ในชั้นดินด้านล่างของแบบจำลองระบบการไหลซึมผ่านแบบเปิด ทั้ง 2 แบบ (ใส่ปุ๋ยและไม่ใส่ปุ๋ย) จะมีจำนวนแบคทีเรียสูงกว่าแบบจำลองระบบการไหลซึมผ่านแบบปิด ทั้ง 2 แบบ เช่นกัน จากผลการศึกษาข้างต้นพิสูจน์ได้ว่าระบบการไหลซึมผ่านในชั้นดินนั้นจะมีผลต่อจำนวนจุลินทรีย์ในนาข้าว



ภาพ2-9 ปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดในชั้นดินระดับต่างๆ (Koseki, 1999)

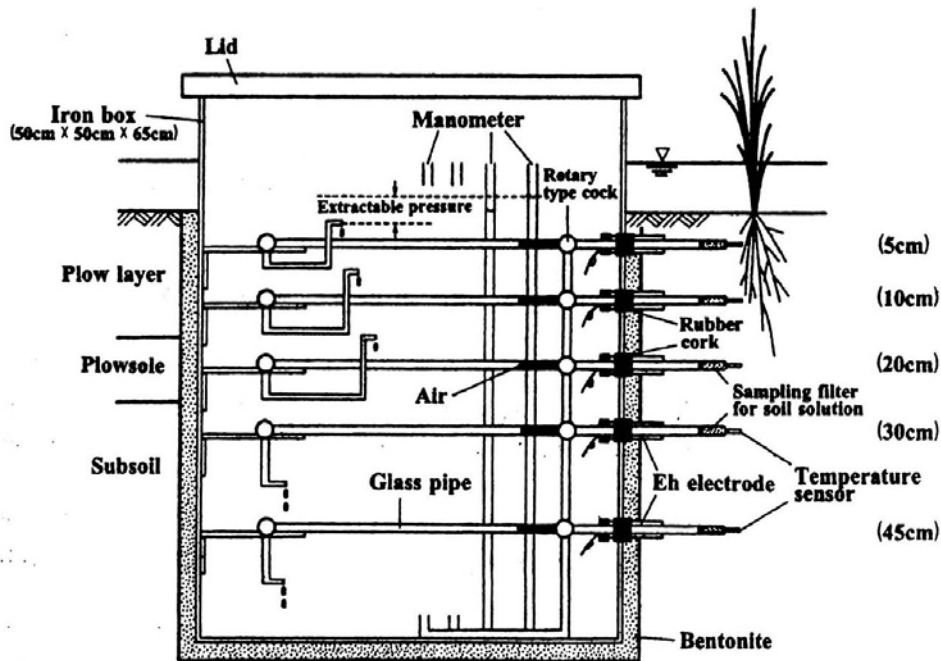
ความสำคัญของระดับน้ำใต้ดินและการระบายของดินที่สามารถควบคุมอัตราการไหลซึมผ่านของน้ำในชั้นดินของพื้นที่นาที่มีสภาพน้ำขัง และระบบการไหลซึมผ่านในแบบต่างๆ ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงทางเคมี อุณหภูมิ และจำนวนประชากรของจุลินทรีย์ในดินด้วย ซึ่งส่งผลเชื่อมโยงถึงคุณภาพสิ่งแวดล้อมในนาข้าวและผลผลิตข้าว

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สุขทัย และชาซากิ (2549) ได้ศึกษาคุณสมบัติทางเคมีฟิสิกส์ที่แตกต่างกันของนาไทดอร์และนาไทดอร์ ในพื้นที่ศูนย์วิจัยการเกษตรมหาวิทยาลัยฮิโรซากิ จังหวัดอาโอโมริ ประเทศญี่ปุ่น คุณสมบัติดินเป็นพื้นที่ดินตะกอนทับถม (Alluvial plane) ใกล้เคียงน้ำ ลักษณะดินเป็นดินเหนียว (LiC) และมีอินทรียวัตถุสูง 15.8 กรัม/กิโลกรัม และมีการปลูกข้าวพันธุ์พื้นเมือง (Yueakari, Japonica) ด้วยวิธีการปักดำโดยใช้รถปลูกข้าว (Direct sowing) พร้อมใส่ปุ๋ยและปุ๋ยที่ใช้เป็นปุ๋ยสูตรต่ำแบบละลายช้า (N:P:K; 8:12:8) ครั้งเดียวตลอดฤดู และการเก็บผลผลิตโดยใช้เครื่องเกี่ยวข้าว สำหรับฤดูการเพาะปลูกนั้นในภูมิภาคพื้นที่วิจัยจะสามารถปลูกข้าวได้เพียงฤดูเดียว คือ เริ่มปลูกตั้งแต่กลางพฤษภาคม, การระบายน้ำหรือไขน้ำออกกลางฤดู (Mid-summer drainage) ช่วงกลางกรกฎาคมและเก็บเกี่ยวช่วงปลายกันยายน

เก็บตัวอย่างน้ำในและบริเวณรอบๆพื้นที่นา เพื่อตรวจสอบคุณภาพน้ำ เช่น น้ำเพื่อการชลประทาน, น้ำในแปลงข้าวเพื่อวัดระดับของแข็งแขวนลอยอยู่ในน้ำ (Solid suspension: SS), น้ำจากการระบายน้ำใต้ผิวดินและน้ำจากคลองระบายน้ำ

การเก็บตัวอย่างน้ำในดิน โดยการติดตั้งกล่อง Open Lysimeter (ภาพ 2-10) ลงในดินโดยรอบๆอุปกรณ์มี bentonite ตามวิธีการของ Sasaki et al. (2000) เพื่อป้องกันการรวมตัวของน้ำบริเวณกล่องอุปกรณ์ และกล่อง Open Lysimeter นั้นได้ติดตั้งเครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆ เพื่อตรวจสอบคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพจากน้ำในดินและเพื่อเก็บตัวอย่างน้ำในดินที่ระดับต่างๆ ด้วยหลอดแก้วรูปตัวยู (ยาว 60 เซนติเมตรและ $\varnothing$ 2.5 เซนติเมตร) ซึ่งสามารถควบคุมอัตราการดึงน้ำในดินด้วยแรงดันอย่างช้าๆ โดยได้น้ำตัวอย่างในปริมาณ 5 มิลลิลิตร/3 ชั่วโมง ที่ระดับ 5, 10, 20, 30 และ 45 เซนติเมตร จากผิวดิน ซึ่งผ่าน ไม้กรองที่ทำจากแก้ว (Sasaki et al., 1998) เพื่อตรวจสอบคุณสมบัติทางเคมีจากน้ำในดิน

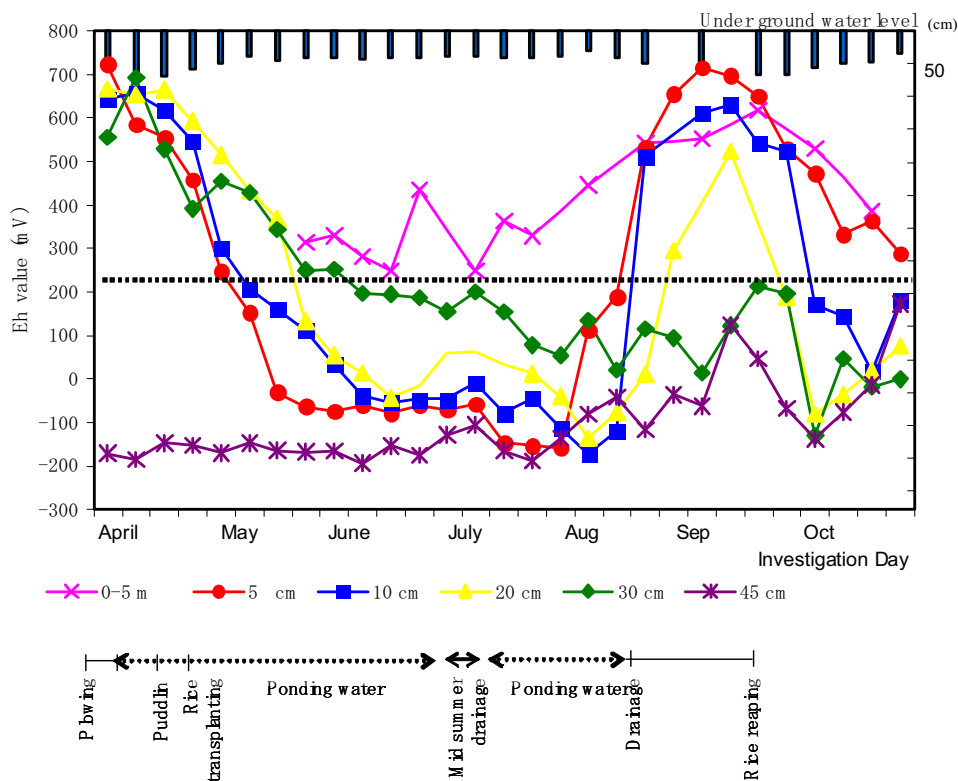


ภาพ 2-10 การติดตั้งกล่อง Open Lysimeter และอุปกรณ์ในใต้ดิน

การศึกษาค่าความดันที่เกิดขึ้นในแต่ละชั้นดิน (Pressure head profile) พบว่ามีค่าแรงดันเป็นค่าบวก (Positive pressure) ในช่วงที่มีการขังน้ำทั้งของดินนาไถและไม่ไถพรวน ซึ่งค่าแรงดันจะเพิ่มสูงขึ้นตามความลึกของดิน ดังนี้ ที่ระดับความลึก 5 เซนติเมตร คือ 0-12 เซนติเมตร ที่ระดับความลึก 10 เซนติเมตร คือ 10-23 เซนติเมตร ที่ระดับความลึก 20 เซนติเมตรคือ 15-26 เซนติเมตร ที่ระดับความลึก 28 เซนติเมตรคือ 20-30 เซนติเมตร แต่ระดับน้ำใต้ดินของนาที่ไถพรวน (เฉลี่ยประมาณ 30 เซนติเมตร) ซึ่งแรงดันจะสูงกว่านาที่ไม่ไถพรวน (เฉลี่ยประมาณ 47 เซนติเมตร) ประมาณ 17 เซนติเมตร แต่อย่างไรก็ตามในช่วงที่มีการไถน้ำออกกลางฤดู (Mid-summer drainage) ระดับน้ำใต้ดินก็จะลดลงมากและนาที่ไม่ไถพรวนระดับน้ำใต้ดินก็จะลดลงรวดเร็วกว่านาที่มีการไถพรวน และด้วยเหตุนี้ค่าแรงดันจะปรับระดับกลายเป็นค่าลบ (Negative pressure) และค่าแรงดันในนาที่ไม่ไถพรวนก็จะปรับระดับค่าลดลงเร็วกว่านาที่ไถพรวนด้วย และเมื่อมีการปล่อยน้ำเข้าอีกครั้งระดับน้ำใต้ดินก็จะสูงขึ้นและค่าแรงดันก็จะกลับคืนสู่ระดับค่าแรงดันบวกอีกครั้ง

สำหรับค่า Eh-distribution (Oxidation-reduction potential) ในชั้นดิน (ภาพ 2-11) พบว่าที่ระดับผิวดินของทั้งสองพื้นที่จะวัดค่าได้สูงกว่า 300 mV ซึ่งอยู่ในภาวะออกซิไดซ์ แต่ค่า Eh ของชั้นดินจะต่ำกว่าที่ระดับผิวดิน ซึ่งก่อนการไถน้ำเข้านา ค่า Eh อยู่ในระดับออกซิเดชัน แต่เมื่อมีการปล่อยน้ำเข้าระดับค่า Eh ในชั้นดินของนาไถพรวนค่าก็จะต่ำลงอย่างรวดเร็วจนอยู่ระดับชั้นรีดิวซ์ (-200 mV) ส่วนระดับ Eh ในชั้นดินของนาไม่ไถพรวนจะต่ำลงเช่นกันแต่อัตราช้ากว่า ค่า Eh จะค่อยๆปรับระดับค่าลงสู่ชั้นรีดิวซ์ของแต่ละชั้นดิน ซึ่งมีความผกผันกับระดับน้ำใต้ดินคือ เมื่อระดับน้ำใต้ดินสูงขึ้นค่า Eh ก็จะมี

ต่ำลง นอกจากนี้น้ำไม่ไถพรวน (Avg. 46.9 cm) ก็จะมีระดับน้ำใต้ดินนั้นต่ำกว่านาที่มีการไถพรวน (Avg. 30.1 cm) อย่างไรก็ตามเมื่อถึงฤดูกาลเก็บเกี่ยวระดับค่า Eh ทั้งสองพื้นที่ของดินชั้นบน (5 ถึง 20 cm) จะมีค่าสูงขึ้น (ระหว่าง 500-700 mV) ส่วนดินชั้นล่างก็ยังมีค่า Eh อยู่ในระดับขั้นนี้เล็กน้อย



ภาพ 2-11 ระดับ Eh ในชั้นต่างๆ ในพื้นที่นาที่ไม่มีการไถพรวน

การเก็บตัวอย่างโดยวิธีดึงน้ำในดิน (Seepage water) จากน้ำในดินที่ซึมผ่านจากชั้นบน (Downward water) ในชั้นดินระดับต่างๆ (Sasaki et al., 1998) เพื่อตรวจคุณภาพน้ำในแต่ละชั้นดิน โดยระดับความเข้มข้นของไฮโดรเจนระหว่างดินไถพรวนและไม่ไถพรวนมีความแตกต่างกันเพียงเล็กน้อยซึ่งมีค่าพีเอชอยู่ระหว่าง 6-7 และดินชั้นล่างของนาทั้งสองแบบมีแนวโน้มของค่าพีเอชสูงขึ้น 0.5 แต่ที่ระดับความลึกที่ 30 เซนติเมตร ของนาไม่ไถพรวนมีค่าพีเอชสูงกว่าของนาไถพรวนประมาณ 0.5

ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (DO) และค่าการนำไฟฟ้า (EC) ของน้ำในดินพบว่ามีค่าแตกต่างกันเพียงเล็กน้อยระหว่างดินนาไถพรวนและไม่ไถพรวน ดังนี้ ระดับความลึก 5 เซนติเมตร และ 10 เซนติเมตร ของนาทั้งสองแบบปริมาณความเข้มข้นของ DO จะมีค่า 3.7-4.0 มิลลิกรัม/ลิตร แต่ที่ดินชั้นล่างปริมาณ DO ของนาไม่ไถพรวนจะสูงกว่านาแบบไถพรวนระหว่าง 0.1-0.8 มิลลิกรัม/ลิตร และปริมาณ DO ของน้ำผิวดินในนาไม่ไถพรวนก็จะสูงกว่าเช่นกัน นอกจากนั้นน้ำที่ปล่อยออกจากท่อระบายน้ำใต้ดินของนาทั้งสองแบบยังมีระดับปริมาณ DO ต่ำ (2-4 มิลลิกรัม/ลิตร) การตรวจสอบของค่า EC

ของดินในนาทั้งสองแบบไม่มีความแตกต่างกันซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 30-70 ไมโครซีเมนต์/เมตร โดยค่า EC จะเพิ่มสูงขึ้นตามระดับลึกของชั้นดินและค่า EC ของน้ำในคลองระบายที่มาจากการระบายน้ำได้ดินจากนาไม่ไถพรวนจะน้อยกว่านาไถพรวน (18 ไมโครซีเมนต์/เมตร และ 30 ไมโครซีเมนต์/เมตร ตามลำดับ)

ระดับค่าของแข็งหรืออนุภาคที่แขวนลอยอยู่ในน้ำ (SS) ของนาไถพรวนมีค่าเท่ากับ 58 มิลลิกรัม/ลิตร และของนาแบบไม่ไถพรวนเท่ากับ 11 มิลลิกรัม/ลิตร นอกจากนี้ในช่วงต้นฤดูทำนา ระดับค่า SS ของนาแบบไถพรวนมีปริมาณถึง 119 มิลลิกรัม/ลิตร ซึ่งมีค่าสูงกว่าระดับค่ามาตรฐานน้ำที่ใช้เพื่อการเกษตร คือ 100 มิลลิกรัม/ลิตรการตรวจสอบภาวะของศักยภาพความดันและศักย์ออกซิเดชัน-รีดักชันพบว่ามีความสัมพันธ์กับระดับน้ำได้ดิน ซึ่งนาแบบไม่ไถพรวนดินชั้นบนจะมีค่าศักย์รีดออกซิเปลี่ยนแปลงแบบลดล้นสู่ชั้นรีดิวซ์ อย่างช้าๆและต่อเนื่องกว่านาที่มีการไถพรวนที่มีการเปลี่ยนแปลงแบบฉบับพลัน ซึ่งผลการศึกษาสอดคล้องกับ Sasaki (1995) ที่ศึกษาในพื้นที่นาขั้นบันไดที่มีระดับน้ำได้ดินต่ำพบว่าค่าแรงดันจากชั้นดินจะต่ำและอยู่ในสภาวะออกซิไดซ์ และผลการวิจัยนั้นยืนยันได้จากการศึกษาของ Pongpattanasiri (2005) ที่ได้สร้างโมเดลดินนาขนาดใหญ่เพื่อทดสอบระบบที่มีการควบคุมระดับน้ำได้ดินผลการศึกษาพบว่าโมเดลที่มีดินชั้นล่างอยู่เหนือระดับน้ำได้ดินจะอยู่ในกระบวน การออกซิเดชัน นอกจากนี้ความเข้มข้นของเหล็กจากน้ำในดินจะมีค่าต่ำกว่าโมเดลที่มีระดับน้ำได้ดินสูง และการศึกษาความสัมพันธ์ของค่า Eh กับ แร่ธาตุในดิน และจากผลการศึกษานั้นพบว่าค่าความเข้มข้นของ Fe และ Mn นั้นจะแปรผันตามค่า Eh ที่บอกถึงสภาวะออกซิเดชัน-รีดักชันในดิน คือเมื่อดินอยู่สภาวะรีดิวซ์ Fe ก็ จะละลายปนออกมาที่น้ำในดินและเมื่ออยู่ในสภาวะออกซิไดซ์ Fe จะตกตะกอนที่รู้จักกันว่าเป็น ขบวนการ illuviation และสังเกตได้เมื่อมีการเก็บตัวอย่างดินจาก soil profile คือหลังจากให้น้ำเข้านา ของ Takai (1961) ก็ตรวจสอบได้ว่าเมื่อค่า Eh ต่ำลง ระดับความเข้มข้นของเหล็กและค่า pH สูงขึ้น ซึ่ง สอดคล้องกับงานวิจัยนี้ที่น้ำในดินของนาที่ไม่ไถพรวนจะมีระดับค่าความเข้มข้นของธาตุเหล็กต่ำกว่านา ที่ไถพรวนเนื่องจากกิจกรรมของจุลินทรีย์ในดินและปรากฏการณ์ของกระบวนการที่เรียกว่า eluviation ที่ เกิดการไหลซึมผ่านของ ferrous (Fe[II]) ในชั้นดิน (Koga, 1992) และงานวิจัยของ Sasaki (1998) ที่ ศึกษาดินนาพบว่าน้ำที่ระบายออกทางท่อระบายน้ำได้ดินพบว่าค่า EC และระดับความเข้มข้นของธาตุ เหล็กและไนโตรเจนที่ละลายออกมาสูงกว่ามาตรฐานน้ำใช้เพื่อการเกษตร และในงานวิจัยครั้งนี้ก็เช่นกัน พบว่าค่า EC และเหล็กปะปนน้ำในท่อระบายน้ำได้ดินของนาไถพรวนมากกว่าและไม่ไถพรวน นอกจากนี้จากการตรวจระดับปริมาณของ SS ในนาแบบไถพรวนจะมีค่าเกินกว่าระดับมาตรฐานมาก เนื่องจากการไถพรวนไปทำลายโครงสร้างดินและทำให้หน้าดินเกิดการชะล้างและอนุภาคดินที่แขวนลอยอยู่ในน้ำ ซึ่งตกใช้เวลานานจนกว่าจะตกตะกอน เมื่อมีการระบายน้ำสู่ภายนอกก็จะมีผลกระทบการต่อใช้ประโยชน์ทรัพยากรน้ำและสิ่งแวดล้อมรอบๆ พื้นที่ปลูกข้าว

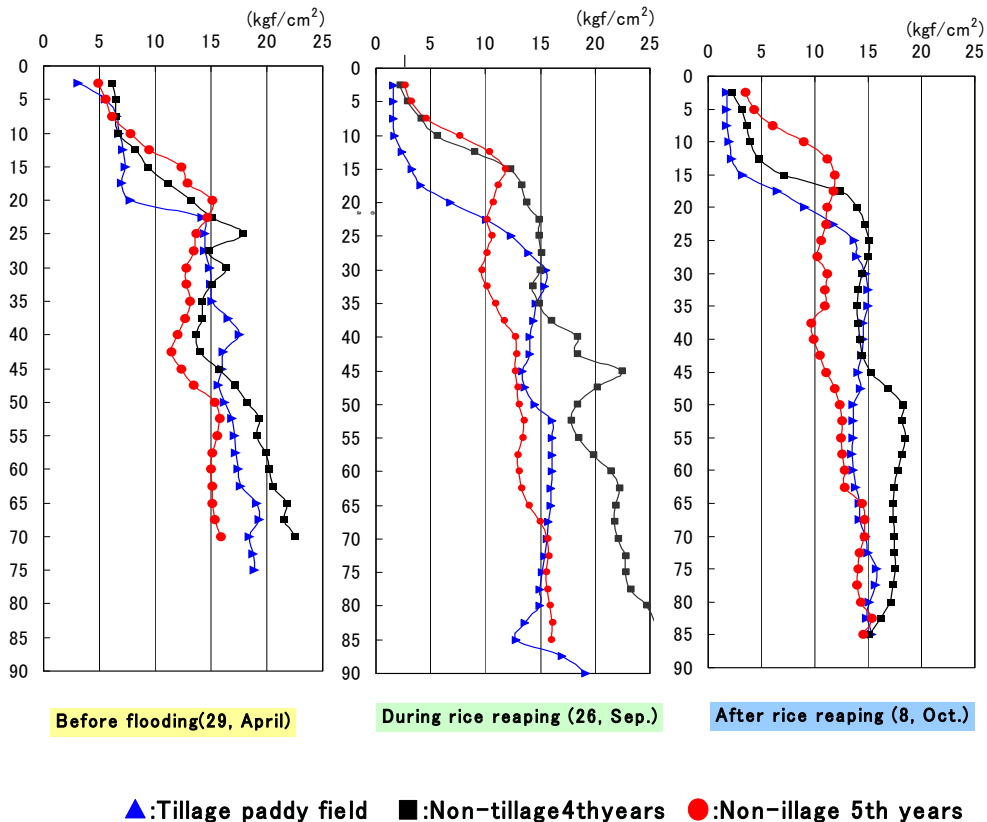
อุณหภูมิดินศึกษาจากการตรวจวัดอุณหภูมิน้ำและอุณหภูมิดินพบว่าอุณหภูมิเฉลี่ยในหนึ่งวันที่เวลาอ้างอิง(9:00) นาไมไทรพรวนและนาไมไทรพรวนมีแนวโน้มไปในทางเดียวกันและมีค่าแตกต่างกันเพียงเล็กน้อย ซึ่งอุณหภูมิดินตลอดฤดูกาลของนาไมไทรพรวนจะน้อยกว่านาแบบไทรพรวนประมาณ 0.5- 1 องศาเซลเซียส

ความต้องการน้ำและสภาพน้ำของดิน: ระดับอัตราความต้องการน้ำ (Water requirements rate) บอกถึงความสามารถในการไหลซึมผ่าน (Percolation rate) ของน้ำได้และผลของการตรวจสอบพบว่าในช่วงต้นฤดูของการทำนาอัตราความต้องการน้ำมีค่า (ระหว่าง 10-20 มิลลิเมตร/วัน) และจะมีค่าค่อยๆลดลงจนถึงประมาณ 5-6 มิลลิเมตร/วัน ในปลายฤดูการทำนาของนาทั้งสองแบบ แต่ในช่วงต้นฤดูนั้นอัตราการไหลซึมผ่านของนาแบบไมไทรพรวนนั้นจะสูงกว่านาแบบไทรพรวนเป็นเท่าตัว คือ 13.5 มิลลิเมตร/วันและ 6.4 มิลลิเมตร/วัน ตามลำดับ นอกจากนี้หลังการเก็บเกี่ยวได้ตรวจสอบอัตราสภาพน้ำของดิน (Permeability rate) ในหลายระดับของชั้นดิน ยืนยันได้ว่าในนาไมไทรพรวนก็จะมีค่าสูงกว่านาแบบไทรพรวน ดังเช่นในระดับ 15-20 เซนติเมตร นั้นของนาไมไทรพรวนเท่ากับ 1.119×10^{-04} เซนติเมตร/วินาที และของนาแบบไทรพรวนนั้นเท่ากับ 9.491×10^{-05} เซนติเมตร/วินาที และจากการนำตัวอย่างดินในชั้นนี้ไป x-ray ก็พบว่าในดินแบบไมไทรพรวนจะมีช่องว่างขนาดใหญ่ (Macropores) ที่เกิดจากรากนั้นมากและมีการเรียงตัวกันเป็นระเบียบไปตามลักษณะของรากที่แทรกซอนลงไป在地และประกอบกับความสูงของระดับน้ำในนาไมไทรพรวนนั้นต่ำกว่า 5 เซนติเมตร และความสูงของระดับน้ำในนาไทรพรวนนั้นสูงกว่า 5 cm แต่ในชั้นดินด้านบนค่าสภาพน้ำและช่องว่างในดินนั้นไม่แตกต่างกัน

ความแข็งของดินและความสามารถในการรองรับดิน: การตรวจสอบความแข็งของดิน (Soil hardness) ได้ทดสอบหลังการไถน้ำออกจากนาประมาณสองสัปดาห์ พบว่าความแข็งของผิวดินของนาไทรพรวนมีค่าเท่ากับ 0.21 kgf/cm^2 (หรือ 20.1 kPa) และในนาแบบไมไทรพรวนเท่ากับ 0.54 kgf/cm^2 (หรือ 53.0 kPa) สำหรับการทดสอบทางหน้าตัดขวางของชั้นดินที่ระดับความลึกทุกๆ 5 cm พบว่าความแข็งของดินที่ระดับความลึก 15-20 cm ในนาไมไทรพรวนจะมีค่าสูงขึ้นถึง 500 kPa และในปีต่อมาที่ระดับความลึก 10-15 cm ความแข็งไต่ระดับสูงขึ้นใกล้เคียง 500 kPa ส่วนความแข็งของดินแบบนาไทรพรวนที่ความลึก 5- 20 cm มีค่า 40-150 kPa โดยไม่เพิ่มขึ้นจากเดิม

การตรวจสอบความสามารถในการรองรับของดิน (Bearing capacity) ในแนวตั้งลึกลงไปใต้ชั้นดิน ยืนยันได้ว่าค่าความสามารถในการรองรับของพื้นดินในนาไมไทรพรวนนั้นมีค่าสูงกว่านาแบบไทรพรวน(ภาพ 2-13) ดินชั้นไทรพรวน (0-15 เซนติเมตร) พบว่าก่อนการปล่อยน้ำเข้านาที่ระดับความลึก 5 cm ดินนาแบบไทรพรวนนั้นมีค่าประมาณ 3 kgf/cm^2 และเมื่อมีการปล่อยน้ำเข้าคาก็จะลดลงต่ำกว่า 3 kgf/cm^2 (ที่ 5 cm ถึง 15 cm) ซึ่งค่าความสามารถในการรองรับของดินเพื่อการใช้เครื่องปลูกข้าวที่ค่าระดับ 3 kgf/cm^2 (ควรมีค่ามากกว่า $3-4 \text{ kgf/cm}^2$) นั้นรถปลูกข้าวก็จะวิ่งช้าและลำบากและสำหรับช่วงการเก็บเกี่ยวควรอยู่มากกว่า 3 kgf/cm^2 ซึ่งความสามารถของดินนาไทรพรวนนั้นมีค่าอยู่เพียง 1-2

kgf/cm² เท่านั้น แต่สำหรับนาแบบไม่ไถพรวนที่ระดับ 5 cm และลึกลงไปจะมีค่ามากกว่า 5 kgf/cm² ในช่วงปักดำและมีค่ามากกว่าถึง 3-15 kgf/cm² ในช่วงการเก็บเกี่ยว



ภาพ 2-13 ความสามารถในการรองรับของดิน (Bearing capacity)

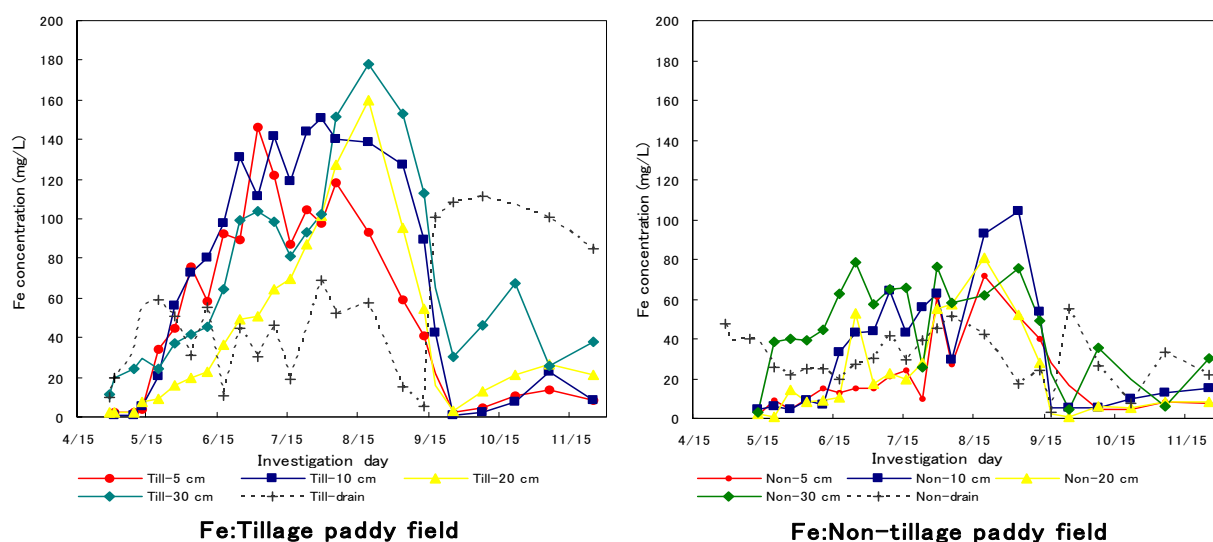
ในแนวตั้งลึกลงไปในชั้นดิน ในพื้นที่การเกษตร

การศึกษาด้านคุณสมบัติทางเคมี

ผลการตรวจวัดค่าความเข้มข้นของ ธาตุเหล็ก (Fe) และแมงกานีส (Mn) นั้นมีแนวโน้มไปในทางเดียวกันของนาทั้งสองประเภท ดังเช่น ในช่วงต้นฤดูค่าความเข้มข้นของ Fe ประมาณ 20 มิลลิกรัม/ลิตร และความเข้มข้นจะเพิ่มขึ้นในช่วงกลางฤดู (มากกว่า 100 มิลลิกรัม/ลิตร) และความเข้มข้นก็จะลดลงเมื่อหลังไช่น้ำออกจากนา นอกจากนี้ความเข้มข้นของ Fe ของชั้นดินบนจะน้อยกว่าชั้นล่างและความเข้มข้นจะเพิ่มขึ้นสูงในดินชั้นล่างสุด

ในดินแต่ละชั้นของนาแบบไถพรวนนั้นค่าความเข้มข้นของ Fe จะสูงกว่านาไม่ไถพรวนมากและยิ่งในกลางฤดูที่มีค่าความเข้มข้นสูงมากนั้น (ภาพ 2-14) ความเข้มข้นชั้นดินที่ 10 เซนติเมตรและ 20 เซนติเมตร นั้นในนาที่ไถพรวน (100-150 มิลลิกรัม/ลิตร) ก็สูงกว่านาไม่ไถพรวน (50-60 มิลลิกรัม/ลิตร) หรือประมาณ 2 ถึง 3 เท่า และค่าความเข้มข้นของ Mn ก็เช่นเดียวกันที่มีค่าความเข้มข้นในนาไถพรวน (3.5-4.0 มิลลิกรัม/ลิตร) มากกว่านาไม่ไถพรวน (2.4-2.7 มิลลิกรัม/ลิตร)

ความเข้มข้นโปรแตสเซียม (K) ในดินพบว่าไม่มีความแตกต่างกันมากระหว่างนาไถพรวนและไม่ไถพรวน ซึ่งต้นฤดูในดินชั้นบนก็จะมีค่ามากกว่าดินชั้นล่าง เช่น ที่ชั้น 5 เซนติเมตรและ 10 เซนติเมตร จะมีความเข้มข้นประมาณ 5-6 มิลลิกรัม/ลิตรและดินชั้นล่างก็ประมาณ 3 มิลลิกรัม/ลิตรและหลังจากนั้นความเข้มข้นของโปรแตสเซียมก็จะลดลงใกล้ศูนย์ อาจเนื่องจากปฏิกิริยาของปุ๋ย (Quick-acting fertilizer) และการจากการดูดซึมโดยพืช



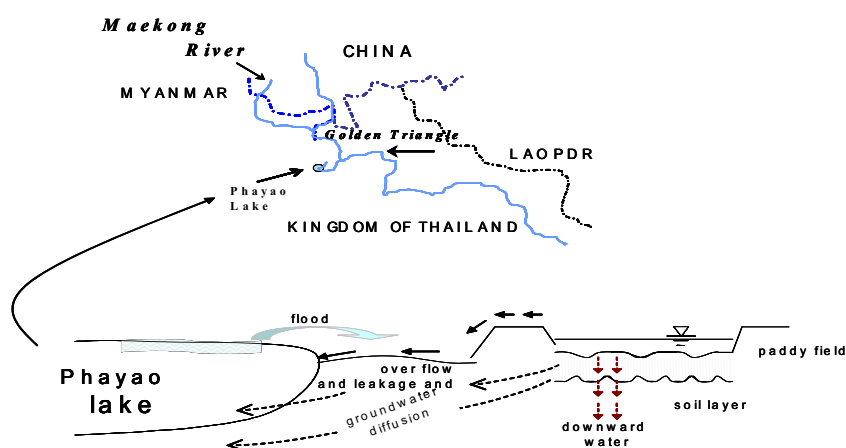
ภาพ 2-14 ความเข้มข้นของ Fe และ Mn ในน้ำใต้ดิน ในพื้นที่ที่ไม่มีการไถพรวน

ส่วนความสามารถในไหลซึมผ่านและอัตราสภาพนำน้ำของดินในนาแบบไม่ไถพรวนจะมีค่ามากกว่านาแบบไถพรวนนั่นแสดงให้เห็นว่า มีอัตราการไหลของน้ำจากผิวดินลงสู่ด้านล่างสูง อาจเนื่องจากการเกิดช่องว่างในดินในนาแบบไม่ไถพรวนนั่นมาก เพราะไม่มีการบดขยี้โครงสร้างของดินและประกอบกับเมื่อไม่มีการไถพรวนในแต่ละปีก็ยังคงสร้างช่องว่างในดินที่เกิดจากรากและสร้างเป็นเครือข่ายในดินและการตรวจสอบจากภาพโดยการ X-ray (Sasaki, 1991 และ Sato, 1995) สามารถยืนยันได้ว่านอกจากช่องว่างในดินจะเพิ่มสภาพนำน้ำและยังช่วยระบายน้ำได้ดีขึ้นอีกด้วยหรือเป็นพื้นที่นาแบบ well-drained paddy field ระดับน้ำใต้ดินก็จะต่ำด้วย และเมื่อถึงช่วงฤดูการเก็บเกี่ยวที่ต้องไถน้ำออก ระดับน้ำใต้ดินที่ต่ำเมื่อมีการระบายน้ำระบบคลองระบายก็ไม่มีจำเป็นต้องสร้างขนาดใหญ่เพื่อมารองรับปริมาณที่ระบายออกมา คือช่วยลดปริมาณน้ำหลากและขนาดคลองระบบน้ำได้นอกจากนี้การไม่ไถพรวนอาจทำให้โครงสร้างของดินมีการจับตัวกันอย่างแข็งแรงหลังจากการระบายน้ำออก ก็จะสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการรองรับของดินจากเครื่องจักรกลการเกษตรได้ ซึ่งเครื่องจักรนั้นจะสามารถวิ่งไถดินต้องมีค่าการรองรับการจราจรมากกว่า 200 kPa (Anase, et al., 1992) ขึ้นไป แต่สำหรับนาที่ไถพรวนนั่นในแต่ละปีก็จะมีการทำลายโครงสร้างหน้าดินตลอดและนาที่มีการไถพรวนจึง

มีการระบายน้ำช้า (ill-drained paddy field) และมีหน้าดินที่อ่อนนุ่มนั้นจะทำให้การเคลื่อนที่ของเครื่องจักรเป็นไปอย่างลำบากและหลังการไถน้ำออกจากนาเพื่อการเก็บเกี่ยวพบว่านาไม่ไถพรวนมีการปรับตัวที่แข็งแรงได้เร็วกว่านาที่มีการไถพรวน และผลของการทดสอบค่าความ สามารถในการรองรับเครื่อง จักรกลการเกษตรนั้นพบว่าดินในนาที่ไม่ไถพรวนจะมีขีดความสามารถรองรับรถปลูกข้าวหรือรถปลักดำและรถเกี่ยวข้าวได้ดีกว่าดินในนาแบบไถพรวน ซึ่งเป็นการลดการสูญเสียพลังงานเชื้อเพลิง, เวลา และต้นทุนของการผลิต

การศึกษาด้านเจริญเติบโตของพืช ด้านความสูงของข้าวและพบว่าอัตราความสูงของต้นข้าวในนาไถพรวนและไม่ไถพรวนใกล้เคียงกันและความสูงของต้นข้าวก่อนการเก็บเกี่ยวในนาไถพรวนมีค่าเท่ากับ 97.9 cm และในนาไม่ไถพรวนเท่ากับ 98.6 cm นอกจากนี้ได้นำเมล็ดข้าวไปสกัดตรวจความเข้มข้นของแคลเซียมในเมล็ดข้าว ผลคือความเข้มข้นของแคลเซียมในเมล็ดข้าวของนาไถพรวนจะน้อยกว่าในนาไม่ไถพรวน คือ 1.8 mg/L และ 3.0 mg/L ตามลำดับ

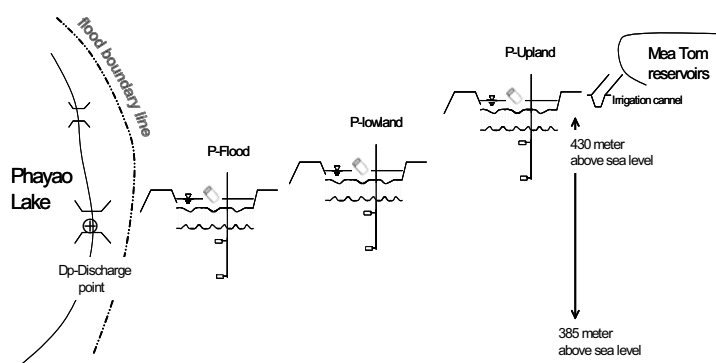
วิมลรัตน์และคณะ (2551) ได้ติดตามตรวจสอบคุณภาพน้ำใต้ดินและลักษณะทางกายภาพของดินในพื้นที่การเกษตรบริเวณกว๊านพะเยา อำเภอเมือง จังหวัดพะเยา (ดังภาพ 2-15) เพื่อเป็นแนวทางสู่การรักษาสมดุลทางนิเวศวิทยา



ภาพ 2-15 ทิศทางการแพร่กระจายของน้ำใช้ทางการเกษตร

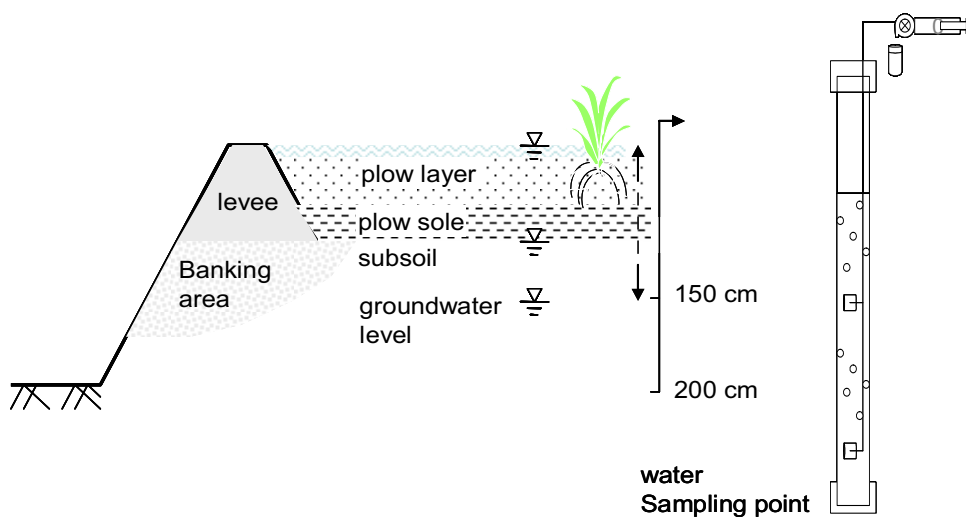
พื้นที่ทดลองและสำรวจบริเวณพื้นที่การเกษตรกว๊านพะเยา อำเภอเมือง จังหวัดพะเยา โดยแบ่งพื้นที่การศึกษาน้ำใต้ดินบริเวณกว๊านพะเยาออกเป็น 4 จุด คือ 1) พื้นที่การเกษตรดอนบน (P-Upland) 2) พื้นที่การเกษตรดอนล่าง (P-Lowland) 3) พื้นที่การเกษตรดอนล่างติดกว๊านพะเยา (P-Flood) 4) พื้นที่บริเวณที่มีการระบายน้ำสู่กว๊านพะเยา (DP-Discharge) โดยมีตำแหน่งที่ทำการสำรวจและจุดเก็บตัวอย่างดัง ซึ่ง P-Upland เป็นพื้นที่ที่มีความสูงที่สุด คือ สูงจากระดับน้ำทะเล 430 เมตร รองรับน้ำ

จากระบบชลประทานที่มาจากอ่างเก็บน้ำแม่ต๋อมและมีการไหลของน้ำจากพื้นที่ดังกล่าวลงสู่พื้นที่ P-Lowland, P-Flood และ DP-Discharge ตามลำดับก่อนลงสู่กว๊านพะเยา ดังภาพ 2-16



ภาพ 2-16 พื้นที่ทำการสำรวจและจุดเก็บตัวอย่าง

การเก็บตัวอย่าง: ทำการติดตั้งท่อใต้ดินเพื่อเป็นท่อสำหรับเก็บตัวอย่างน้ำในพื้นที่ทำการสำรวจทั้ง 4 จุด ใส่ท่อตะแกรง (screen) ที่ทำจากท่อ PVC ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 เซนติเมตร ยาว 3 เมตร มีส่วนของตะแกรงยาวประมาณ 2 เมตร ขนาดของช่อง 1.263 เซนติเมตร รอบท่อ PVC ปลายท่อตะแกรงด้านกันหลุมมีฝาปิด ให้มีส่วนของ PVC โผล่พ้นพื้นดินประมาณ 50 เซนติเมตร ที่ปลายท่อด้านบนมีฝาปิด เช่นเดียวกัน โดยรอบท่อนั้นมี bentonite เพื่อป้องกันการรวมตัวของน้ำใต้ดิน จากการวางแผนเก็บตัวอย่างน้ำในการติดตามตรวจสอบคุณภาพน้ำจึงวางแผนการเก็บตัวอย่างตามช่วงเวลาต่างๆ ของฤดูการเพาะปลูก และเก็บตัวอย่างน้ำใต้ดินเดือนละ 2 ครั้ง ณ เวลาที่ใกล้เคียงกัน ที่ระดับความลึก 150 และ 200 เซนติเมตรจากผิวดิน ซึ่งเป็นระดับที่อยู่ในชั้นดินที่มีสภาพทวมซัง ในช่วงฤดูกาลทำนา คือ ฤดูฝนนั้นน้ำใต้ดินจะมีระดับสูงปะปนกับน้ำผิวดินในชั้นดินทั้งนี้ จะเก็บตัวอย่าง โดยใช้ injection ต่อกับท่อ PE สีขาวที่มีการติดตั้งได้กรอง จากนั้นเก็บรักษาน้ำตัวอย่างไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสเพื่อทำการวิเคราะห์ในลำดับต่อไป และเก็บตัวอย่างดินเพื่อศึกษาคุณสมบัติของดินโดยใช้ soil core เก็บที่ระดับความลึกทุกๆ 5 เซนติเมตรจนครบ 100 เซนติเมตรโดยสุ่มเก็บตัวอย่างดินบริเวณพื้นที่ P-Flood ที่เดียว

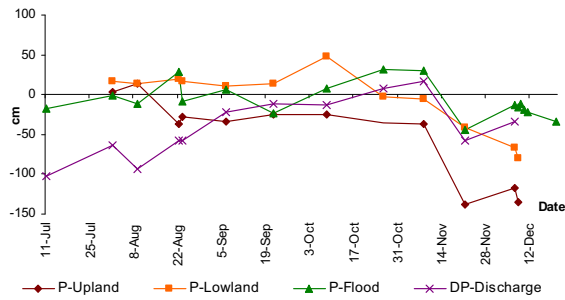


ภาพ 2-17 วิธีการเก็บตัวอย่างน้ำใต้ดิน (Mitra et. al. 2007)

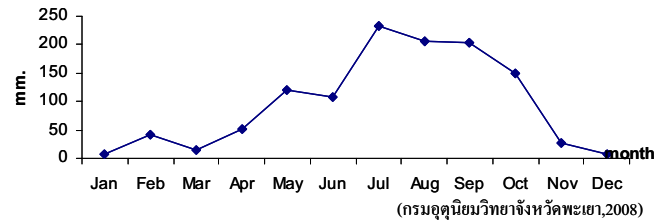
การติดตามตรวจสอบคุณภาพน้ำ: การตรวจวิเคราะห์ค่า pH ,ค่าการนำไฟฟ้า และปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำ ตามลำดับ สำหรับตัวอย่างวิเคราะห์โลหะหนัก (Fe, Cd, Pb, Cu และ K) ทำให้เป็นกรดที่ ระดับค่า pH < 2 ด้วย กรดไนตริก ก่อนการวิเคราะห์ทำการกรองด้วยกระดาษกรอง 0.45 ไมโครเมตร และวิเคราะห์โดย Atomic Absorption Spectrometry (AAS)

พื้นที่การเกษตรระดับน้ำใต้ดินมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในช่วงเดือนตุลาคมและเริ่มลดลงในปลายเดือนพฤศจิกายน (ภาพ 2-18) ระดับน้ำใต้ดินสูงสุดในวันที่ 8 ตุลาคม 2551 ที่ 48 เซนติเมตรจากผิวดิน ใน พื้นที่ P-Lowland และระดับน้ำใต้ดินต่ำที่สุดในวันที่ 8 ธันวาคม 2551 ณ พื้นที่ P-Upland ที่ระดับ -135 เซนติเมตร ซึ่งเป็นพื้นที่ที่อยู่สูงจากระดับน้ำทะเล 430 เมตร มีระดับน้ำใต้ดินลดลงเรื่อยๆมีค่าเฉลี่ย -54.54 เซนติเมตรจากผิวดินในขณะที่พื้นที่อื่นมีระดับน้ำใต้ดินเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะ DP-Discharge มีระดับน้ำใต้ดินเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องมีค่าเฉลี่ย 40.64 เซนติเมตร และทุกพื้นที่ระดับน้ำใต้ดินเริ่มลดลงในเดือนพฤศจิกายนถึงธันวาคม

ปริมาณน้ำฝนตลอดปี 2551 ของจังหวัดพะเยาพบว่าปริมาณฝนตลอดปี 1172.90 มิลลิเมตร มีฝนตกทั้งหมด 143 วัน ปริมาณฝนสูงสุด 275 มิลลิเมตร ในเดือนกรกฎาคม และ ปริมาณน้ำฝนน้อยที่สุด คือ เดือนธันวาคมมีปริมาณ 6.70 มิลลิเมตร โดยตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเดือนเมษายนมีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 29.30 มิลลิเมตรและเดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคมมีปริมาณน้ำฝนมากกว่า 100 มิลลิเมตร เฉลี่ย 170.35 มิลลิเมตรตั้งแต่เดือนพฤศจิกายนถึงเดือนธันวาคมมีค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำฝน 16.80 มิลลิเมตร และระดับน้ำในกว๊านพะเยาพบว่าในเดือนกรกฎาคมมีระดับน้ำสูงสุด คือ 223 เซนติเมตร ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณน้ำฝนและระดับน้ำลดลงตั้งแต่เดือนกันยายนมีค่าเฉลี่ย 148.62 เซนติเมตร เดือนธันวาคมมีระดับน้ำต่ำสุดคือ 104.88 เซนติเมตร



A.



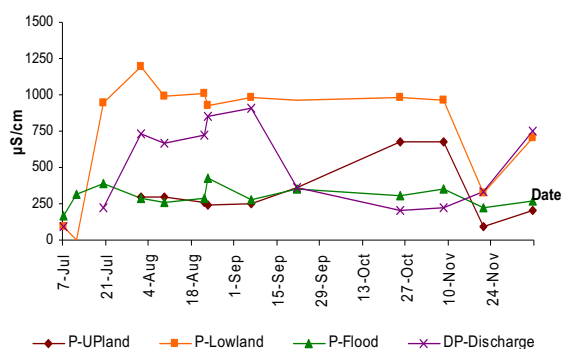
B.

หมายเหตุ: ระดับน้ำใต้ดินที่เป็นลบ (-) หมายถึง ระดับน้ำใต้ดินที่อยู่ใต้ผิวดินลงมา

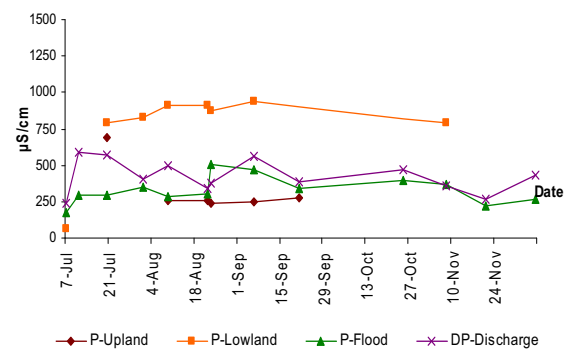
ระดับน้ำใต้ดินที่เป็นบวก (+) หมายถึง ระดับน้ำใต้ดินที่สูงกว่าระดับผิวดินในช่วงฤดูฝน

ภาพ 2-18 ระดับน้ำใต้ดิน (A.) และปริมาณน้ำฝนปี 2551 จังหวัดพะเยา (B.)

คุณภาพน้ำใต้ดินมีค่าการนำไฟฟ้าที่ระดับความลึก 150 เซนติเมตร ทุกพื้นที่ที่มีค่าเฉลี่ยสูงกว่าที่ระดับความลึก 200 เซนติเมตร โดยเฉพาะ P-Lowland และ DP-Discharge มีค่าเฉลี่ยเป็น 774.42 ไมโครซีเมนต์/เซนติเมตร และ 503.96 ไมโครซีเมนต์/เซนติเมตร ส่วนที่ระดับความลึก 200 เซนติเมตร มีค่าเฉลี่ยเป็น 704.06 ไมโครซีเมนต์/เซนติเมตร และ 421.85 ไมโครซีเมนต์/เซนติเมตร ในช่วงเดือนกรกฎาคมถึงกันยายนเป็นช่วงที่มีค่าสูงสุด เนื่องจากในช่วงนี้ปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำมีค่าต่ำจึงทำให้ไอออนละลายในน้ำได้ดีค่าการนำไฟฟ้าจึงสูงขึ้น สาเหตุที่ระดับความลึก 150 เซนติเมตร มีค่าการนำไฟฟ้าสูงกว่าที่ระดับความลึก 200 เซนติเมตรก็เช่นเดียวกัน



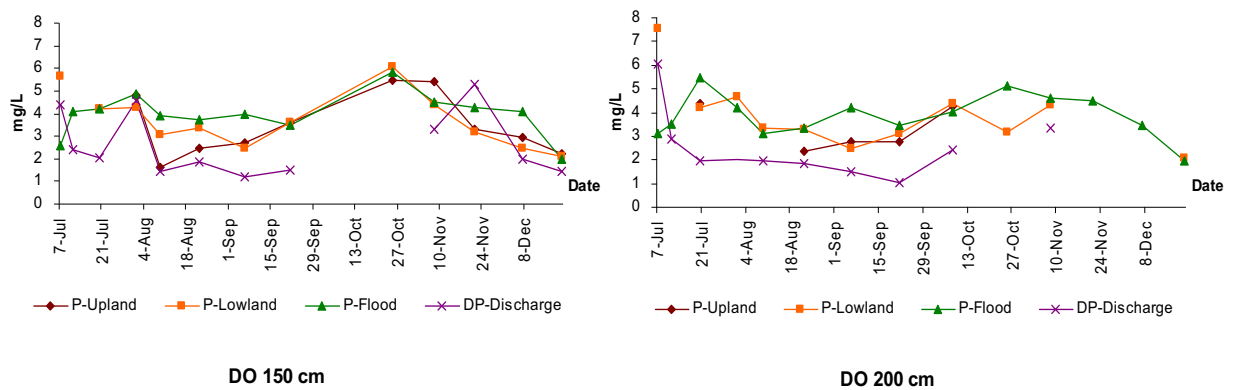
EC 150 cm



EC 200 cm

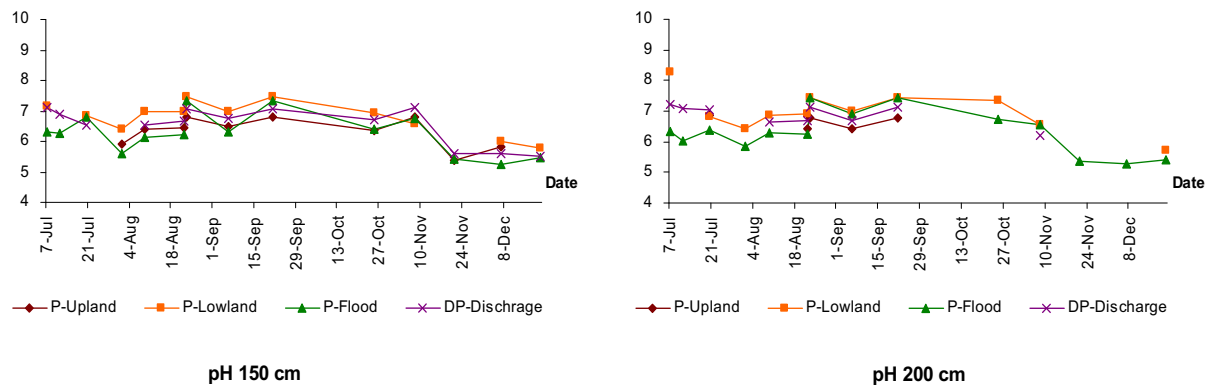
ภาพ 2-19 ค่าการนำไฟฟ้าน้ำใต้ดินที่ระดับความลึก 150 และ 200 เซนติเมตร

ปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำจะขึ้นอยู่กับระดับความลึกจากผิวดิน (ภาพ 2-20) ที่ระดับความลึก 150 เซนติเมตร มีค่าเฉลี่ยปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำมากกว่าที่ระดับความลึก 200 cm โดย P-Flood เป็นพื้นที่ที่มีค่าเฉลี่ยมากที่สุด คือ 3.97 mg/L รองลงมาคือ P-Lowland, P-Upland และ DP-Discharge ซึ่งมีค่า 3.74, 3.46 และ 2.62 mg/L ตามลำดับ ส่วนที่ระดับความลึก 200 cm นั้น P-Lowland มีค่ามากที่สุด คือ 3.87 mg/L รองลงมาคือ P-Flood, P-Upland และ DP-Discharge ซึ่งมีค่า 3.86, 3.32 และ 2.56 mg/L ตามลำดับ นอกจากนี้พบว่า DP-Discharge ที่ระดับความลึกทั้ง 2 มีค่าน้อยที่สุด ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากบริเวณดังกล่าวเป็นบริเวณที่ต่ำกว่าบริเวณอื่นๆ



ภาพ 2-20 ปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำที่ระดับความลึก 150 และ 200 เซนติเมตร

ค่าความเป็นกรดด่าง (ภาพ 2-21) ที่ระดับความลึก 200 cm มีค่าเฉลี่ย pH มากกว่าที่ระดับความลึก 150 cm ทั้งนี้ที่ระดับความลึกทั้ง 2 พบว่า P-Lowland มีค่าเฉลี่ยของ pH มากที่สุด รองลงมาคือ DP-Discharge, P-Upland และ P-Flood ตามลำดับ โดยที่ระดับความลึก 150 cm มีค่าเฉลี่ยเป็น 6.80, 6.55, 6.32 และ 6.27 ในขณะที่ความลึก 200 cm มีค่าเฉลี่ยเป็น 6.98, 6.87, 6.65 และ 6.31 พบว่าในช่วงฤดูทำนาคือระหว่างเดือนกรกฎาคมถึงพฤศจิกายนมีค่าเฉลี่ย 6.63 ซึ่งมากกว่าช่วงหลังฤดูทำนา เฉลี่ย 5.66 ซึ่งค่า pH ดังกล่าวอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำบาดาลเพื่อการเกษตร



ภาพ 2-21 ค่าความเป็นกรดด่างที่ระดับความลึก 150 และ 200 เซนติเมตร

การตรวจสอบปริมาณโลหะหนักในน้ำที่ผิวน้ำ (ตาราง 2-1 และภาพ 2-22) ระดับความลึก 150 และ 200 cm จากผิวดิน ปริมาณของ K ในพื้นที่ DP-Discharge มีค่ามากที่สุด คือ 4.696 mg/L รองลงมา P-Upland, P-Lowland และ P-Flood มีค่า 3.898, 3.053 และ 2.449 mg/L ซึ่งมีค่ามากกว่าน้ำใต้ดินปกติ (2.0 mg/L) P-Lowland มีปริมาณ Fe มากที่สุดโดยมีค่าเฉลี่ย 6.569 mg/L รองลงมาคือ DP-Discharge, P-upland และ P-Flood มีค่าเฉลี่ย 4.270, 3.853 และ 2.473 mg/L ตามลำดับ เช่นเดียวกับปริมาณ Cd ที่ P-Lowland มีปริมาณมากที่สุดโดยมีค่าเฉลี่ย 0.192 mg/L รองลงมาคือ DP-Discharge, P-upland และ P-Flood มีค่าเฉลี่ย 0.118, 0.179 และ 0.143 mg/L ปริมาณ Pb P-Upland มีปริมาณมากที่สุด คือ 0.830 รองลงมาคือ P-Lowland, P-Flood และ DP-Discharge มีค่า 0.804, 0.764 และ 0.702 mg/L ทั้งนี้อาจเป็นเพราะว่าพื้นที่ P-Upland มีการใช้ปุ๋ยเคมีจำนวนมากจึงทำให้มีปริมาณตะกั่วตกค้างในน้ำปริมาณมาก และมีค่ากว่าค่ามาตรฐานภาพน้ำใต้ดิน ปริมาณ Cu พบว่า P-Flood มีค่ามากที่สุด คือ 0.268 mg/L รองลงมาคือ P-Lowland, P-Upland และ DP-Discharge มีค่า 0.244, 0.238 และ 0.227 mg/L ซึ่งอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำใต้ดิน

ตาราง 2-1 ปริมาณโลหะหนักในน้ำ

Sampling point	Value (mg/L)		
	Fe*	Cu*	K
P-Upland: water surface	3.286	0.133	2.263
150 cm	5.137	0.134	3.441
200 cm	3.137	0.341	5.989
P-Lowland: water surface	8.330	0.253	5.477
150 cm	5.738	0.229	2.005
200 cm	5.721	0.249	1.677
P-Flood: water surface	1.804	0.327	4.012
150 cm	2.551	0.330	1.947
200 cm	3.064	0.139	1.387
DP-Discharge: water surface	2.661	0.208	4.286
150 cm	4.022	0.110	5.156
200 cm	6.127	0.362	4.646

*มาตรฐานกรมควบคุมมลพิษ (The standard norms proposed by the Pollution Control Department of Thailand)

มาตรฐานน้ำใต้ดิน : Cu (≤ 1)

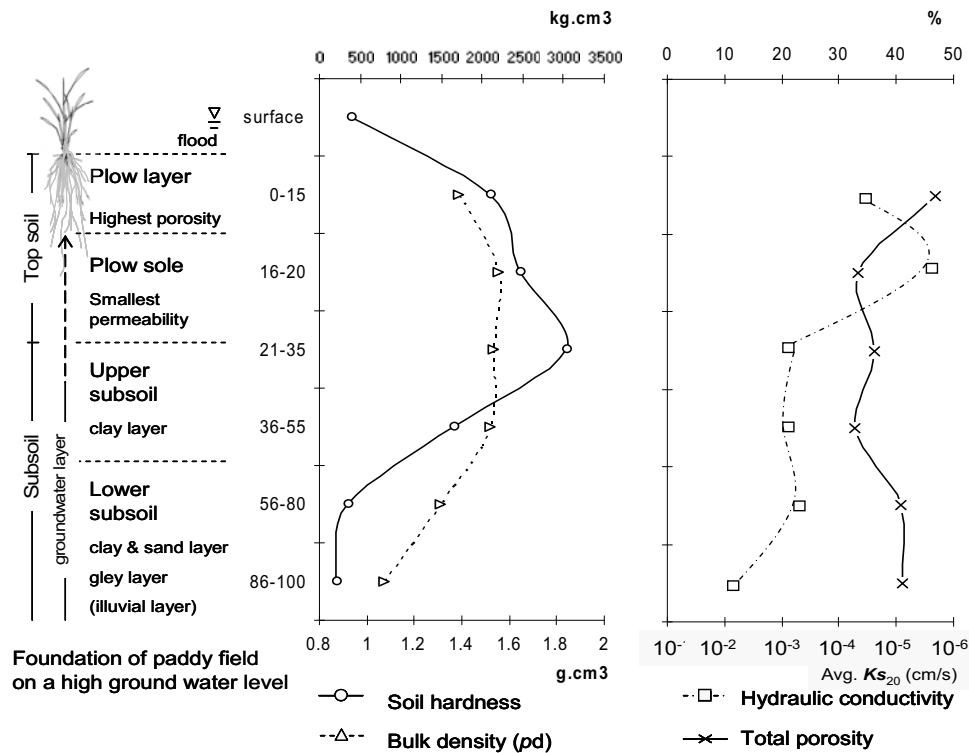
มาตรฐานน้ำผิวดิน: Cu (≤ 0.1) และ Fe (≤ 0.5)

การติดตามตรวจสอบคุณสมบัติทางกายภาพของดิน เช่น ทดสอบความสามารถในการให้น้ำซึมผ่าน (hydraulic conductivity), ความแข็ง (soil hardness), ความหนาแน่นรวม (bulk density), ความพรุนรวม (total porosity), soil three phase และความชื้น (water content)

การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของดิน: จากการติดตามตรวจสอบพื้นที่ดินบริเวณชานแก้วนพะเยาซึ่งเป็นพื้นที่ดินนาที่มีน้ำขังและน้ำท่วมในช่วงฤดูเพาะปลูก โดยคุณสมบัติทางด้านกายภาพของดิน (ตาราง 2-2) ก่อนฤดูการทำนา พบว่าดิน มีความชื้น 21.56 % ความหนาแน่นรวม 1.17 g/cm^3 ความพรุน 53.91% ส่วน soil three phase พบว่ามีส่วนของ ของแข็ง 46.80% ของเหลว 21.43 % และอากาศ 32.48 % และค่าความแข็งของดิน (soil hardness) มีความแข็งเพิ่มขึ้นตามลำดับความลึกของชั้นดินและมีค่าสูงสุดที่ระดับความลึก 21- 35 cm จากผิวดินซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง $2500 - 3000 \text{ kg/cm}^2$ เช่นเดียวกับค่าความหนาแน่นที่มีค่าเท่ากับ $1.4 - 1.6 \text{ g/cm}^3$ ซึ่งสูงที่สุดเช่นกัน จากข้อมูลข้างต้น พบว่าค่าความแข็งของดินมีความสัมพันธ์กับค่าความหนาแน่นจะเห็นได้จากในระดับความลึก 86 – 100 cm ความหนาแน่นมีค่าต่ำสุดที่ $1-1.2 \text{ g/cm}^3$ ส่งผลให้ค่าความแข็งของดินมีค่าลดลงอยู่ในช่วง $0 - 500 \text{ kg/cm}^3$ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากในชั้นที่ 86 – 100 cm เป็นชั้นดินที่มีชั้นทรายอยู่ด้วยจึงทำให้มีความหนาแน่นลดลง ในขณะที่ระดับความลึก 16 – 20 cm/s มีค่าความพรุนรวมต่ำสุดส่งผลให้ค่าการไหลซึมผ่านช้าลงอยู่ในช่วง $10^{-5} - 10^{-6} \text{ cm/s}$ ส่วนในระดับความลึกอื่นๆค่าของความพรุนและการไหลซึมผ่านยังอยู่ในช่วง 30 -40 % และ $10^{-3} - 10^{-4} \text{ cm/s}$ ตามลำดับ และในระดับความลึก 86 -100 cm มีค่าความพรุนรวมสูงสุดในช่วง 40 -50 % ทำให้ค่าการไหลซึมผ่านมีค่าเร็วที่สุด คือ $10^{-1} - 10^{-2} \text{ cm/s}$

ตาราง 2-2 คุณสมบัติทางด้านกายภาพของดินในพื้นที่ P-Flood

Depth (cm)	Wc (%)	ρ_d (g/cm^3)	ρ_t (g/cm^3)	Soil three phase			Total Porosity (%)
				Solid (%)	Liquid (%)	Air (%)	
0-5	21.56	1.17	1.36	46.80	21.43	32.48	53.91



ภาพ 2-22 คุณสมบัติทางกายภาพของดิน

การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของดินพบว่าดินมีความพูนที่มีความสัมพันธ์กับค่าการไหลซึมผ่านของน้ำรวมทั้งค่าความหนาแน่นมีผลต่อสภาพทางกายภาพของพื้นที่ดินนั้น สัมพันธ์กับการสนับสนุนและการแพร่กระจายสารสู่การปนเปื้อนระบบน้ำผิวดินกับน้ำใต้ดิน ด้านคุณภาพน้ำใต้ดินพบว่าค่า EC และ DO เปลี่ยนแปลงตามระดับความลึกที่เพิ่มขึ้น และ EC, DO และ pH มีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำใต้ดินเพื่อการเกษตร ปริมาณ K, Fe, Cd และ Pb มีค่ามากกว่ามาตรฐานคุณภาพน้ำใต้ดิน ส่วน Cu มีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำใต้ดิน จากการวิเคราะห์คุณภาพน้ำใต้ดินในพื้นที่การเกษตรบริเวณกว๊านพะเยาชี้ว่าสารต่างๆที่ปนเปื้อนลงสู่ น้ำใต้ดินมาจากกิจกรรมด้านการเกษตรที่อาจส่งผลกระทบต่อคุณภาพน้ำผิวดิน ควรมีแผนและระบบการป้องกันการแพร่กระจายมลพิษสู่พื้นที่ชุ่มน้ำกว๊านพะเยา

วิมลรัตน์ และคณะ (2552) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำผิวดินในกว๊านพะเยา (ลุ่มน้ำแม่โขง) กว๊านพะเยามีความสูงจากระดับน้ำทะเลโดยเฉลี่ย 386.40 เมตร มีเนื้อที่ 1,283 ไร่ (20.53 ตารางกิโลเมตร) (เป็นแหล่งน้ำธรรมชาติอยู่ใจกลางเมือง เกิดจากน้ำที่ไหลมาจากห้วยต่างๆ 18 สาย มีปริมาณน้ำเฉลี่ยปีละ 29.40 ล้านลูกบาศก์เมตร กว๊านพะเยาเป็นแหล่งน้ำที่ล้อมรอบไปด้วยพื้นที่การเกษตรและสังคมเมือง ทำให้เกิดการแพร่กระจายของน้ำใช้ทางการเกษตรและน้ำจากกิจกรรมต่างๆ ไหลลงกว๊านพะเยาที่มีประตุน้ำควบคุมการปล่อยสู่แม่น้ำอิง จากนั้นน้ำจะไหลลงสู่แม่น้ำโขงที่ อำเภอเชียงของ

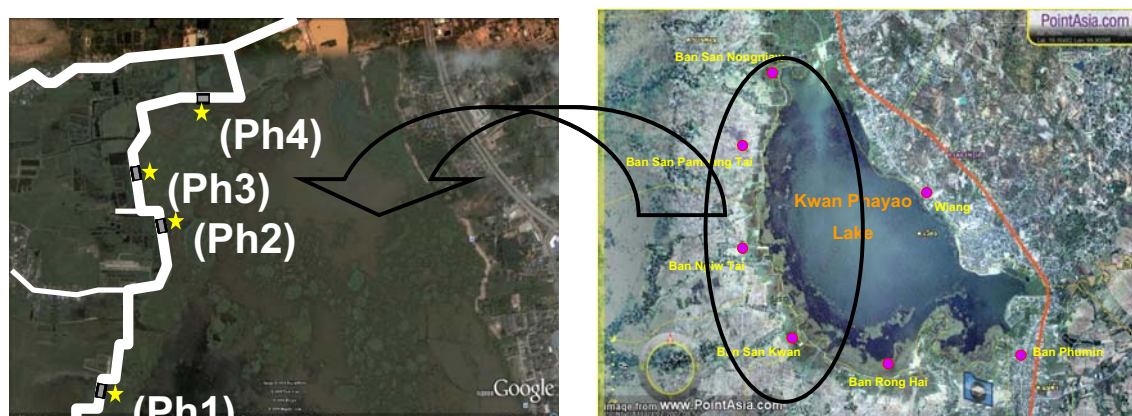
จังหวัดเชียงราย ถ้าน้ำที่ใช้ในพื้นที่ดังกล่าวมีสารเคมีตกค้าง จะส่งผลต่อคุณภาพน้ำในกว๊านพะเยาและแหล่งน้ำอื่นที่รับน้ำจากกว๊านพะเยาอีกด้วย ประกอบกับการขุดลอกกว๊านพะเยาทำให้เกิดการรบกวนระบบนิเวศกว๊านพะเยารวมทั้งทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพน้ำ ด้วยเหตุผลดังกล่าวจึงเล็งเห็นความสำคัญในการติดตามตรวจสอบคุณภาพน้ำผิวดินบริเวณกว๊านพะเยา เพื่อเป็นแนวทางสู่การรักษาสมดุลทางนิเวศวิทยา ทำการเก็บตัวอย่างน้ำเดือนละ 1 ครั้ง ตั้งแต่เดือนมกราคม 2552 ถึงเดือนตุลาคม 2552 โดยวิธีจ้วง (grab samples) ด้วยขวด Polyethylene รักษาไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส วิเคราะห์ DO, EC pH, BOD และ SS โดยมี จุดเก็บตัวอย่าง 4 จุด (ภาพ 2-23) ได้แก่

จุดที่ 1 บริเวณที่มีการเชื่อมต่อระหว่างพื้นที่การเกษตรและกว๊านพะเยาจุดที่ 1 (Ph1)

จุดที่ 2 บริเวณที่มีการเชื่อมต่อระหว่างพื้นที่การเกษตรและกว๊านพะเยาจุดที่ 2 (Ph2)

จุดที่ 3 บริเวณที่มีการขุดลอกกว๊านพะเยาจุดที่ 1 (Ph3)

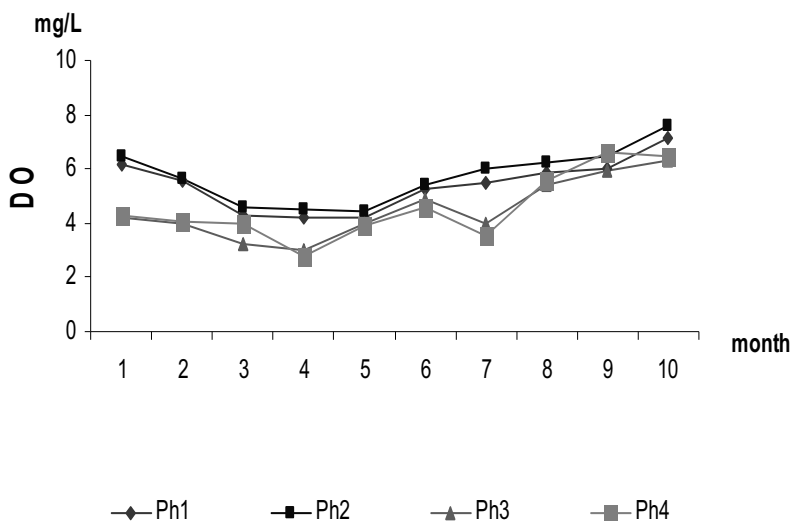
จุดที่ 4 บริเวณที่มีการขุดลอกกว๊านพะเยาจุดที่ 2 (Ph4)



ภาพ 2-23 กว๊านพะเยาและจุดเก็บตัวอย่าง

จากการศึกษาปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำในช่วงเดือนมกราคมพบว่าบริเวณ Ph1 และบริเวณ Ph2 มีค่าใกล้เคียงกัน คือ 6.2 และ 6.5 มิลลิกรัมต่อลิตร บริเวณ Ph3 และบริเวณ Ph4 มีค่าน้อยกว่า คือ อยู่ในช่วง 4.2 และ 4.3 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำในกว๊านพะเยา เดือนเมษายน ปี 2552 โดยศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืดพะเยา จากนั้นปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำจะลดลงในช่วงฤดูฝนถึงเมษายนซึ่งเป็นช่วงฤดูร้อนในช่วงเดือนเมษายนบริเวณ Ph3 และบริเวณ Ph4 มีค่าต่ำสุด คือ 2.9 และ 2.7 มิลลิกรัมต่อลิตรซึ่งมีค่าต่ำกว่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน (4 มิลลิกรัมต่อลิตร) และค่าปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำจะเพิ่มขึ้นในช่วงฤดูฝน โดยปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำจะเริ่มสูงขึ้นตั้งแต่เดือนมิถุนายนถึงเดือนตุลาคม ทั้งนี้พบว่าในเดือนกรกฎาคม บริเวณ Ph3 และบริเวณ Ph4 มีปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำลดลงอยู่ในช่วง 3.9 และ 3.5

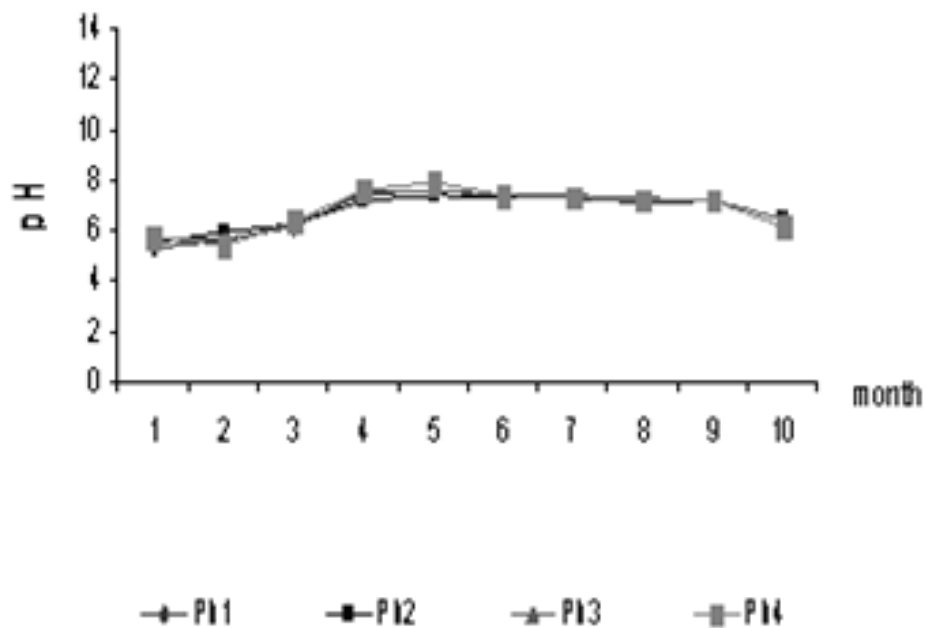
มิลลิกรัม/ลิตรทั้งนี้อาจเนื่องมาจากบริเวณดังกล่าวถูกรบกวนจากการขุดลอกกว้านในช่วงนั้นและในช่วงเดือนตุลาคมพบว่าทั้ง 4 สถานีมีปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำสูงที่สุด คืออยู่ในช่วง 6-7 มิลลิกรัม/ลิตร ดังภาพ 2-24



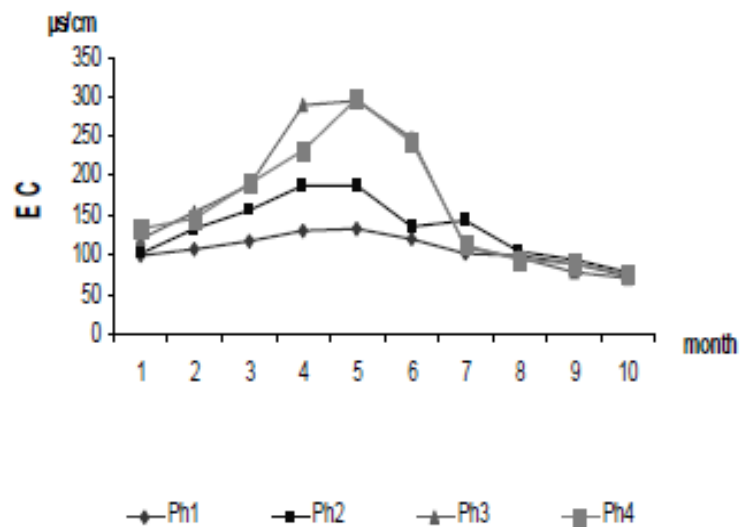
ภาพ 2-24 ปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำ

ค่าความเป็นกรดต่างพบว่าทั้ง 4 สถานีมีค่าไม่แตกต่างกันทั้งนี้อยู่ในช่วง 5-7 พบว่าในช่วงเดือนมกราคมถึงเดือนกุมภาพันธ์มีค่าต่ำสุด คือ 5 และจะมีค่าสูงในช่วงเดือนเมษายนถึงเดือนพฤษภาคม ในเดือนมิถุนายนถึงเดือนกันยายนมีค่าใกล้เคียงกันคืออยู่ในช่วง 7-7.5 และค่าลดลงในเดือนตุลาคมอยู่ในช่วง 6-6.5 ทั้งนี้อาจเนื่องมาจาก ฝนที่ตกหนัก น้ำนิ่ง หรือน้ำที่มีการย่อยสลายเศษใบไม้มาก อาจทำให้ pH ของน้ำในช่วงเวลาต่างกันไปเปลี่ยนแปลงไป นอกจากนี้ค่าความเป็นกรดต่างยังอยู่ในมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน ดังภาพ 2-25

ค่าการนำไฟฟ้าพบว่าการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลซึ่งจะมีค่าสูงในช่วงฤดูร้อนและมีค่าต่ำในฤดูฝนทั้งนี้อาจเนื่องมาจากในช่วงฤดูแล้งน้ำมีปริมาณเกลือแร่ปะปนอยู่มาก อีกทั้งในช่วงฤดูร้อนอุณหภูมิของอากาศสูง อุณหภูมิของน้ำจึงสูง และทำให้นิทรีย์ แดกตัวเพิ่มขึ้น ความเข้มข้นของอนินทรีย์เพิ่มขึ้น การนำไฟฟ้าจึงสูงตามไปด้วย ในช่วงเดือนมกราคมถึงเดือนกุมภาพันธ์พบว่าทั้ง 4 จุดมีค่าใกล้เคียงกันคืออยู่ในช่วง 100-120 และ 130-150 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร ช่วงเดือนเมษายนถึงเดือนพฤษภาคมพบว่าการนำไฟฟ้ามีค่าสูงที่สุดอยู่ในช่วง 130-300 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร ซึ่งบริเวณ Ph3 และบริเวณ Ph4 มีค่าสูงกว่าบริเวณ Ph1 และบริเวณ Ph2 จากนั้นค่าการนำไฟฟ้าจะลดลงในช่วงเดือนกรกฎาคมถึงเดือนตุลาคมซึ่งค่าอยู่ในช่วง 60-80 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร เป็นค่าที่ต่ำสุด ซึ่งค่าการนำไฟฟ้าทั้งหมดพบว่ายังอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำในทางน้ำชลประทาน ดังภาพ 2-



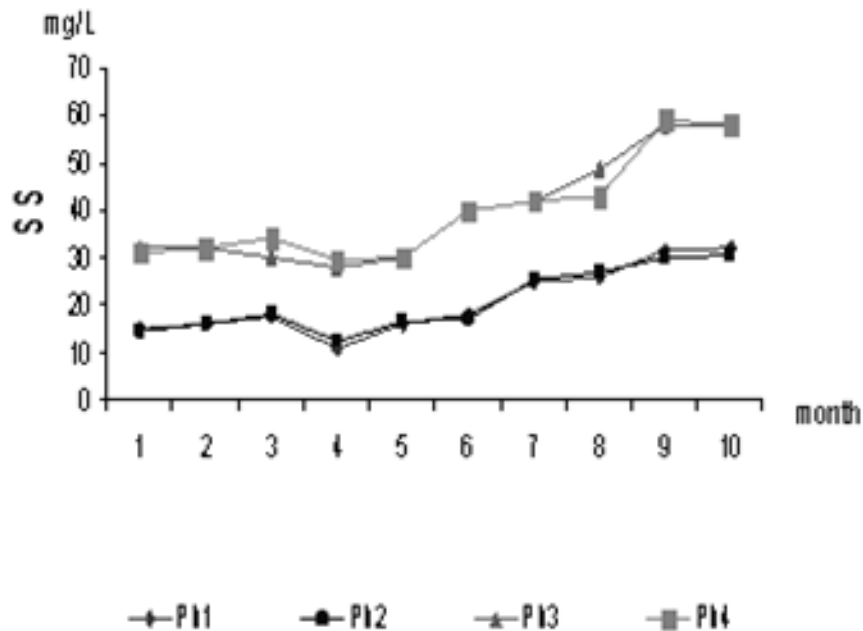
ภาพ 2-25 ค่าความเป็นกรดต่าง



ภาพ 2-26 ค่าการนำไฟฟ้า

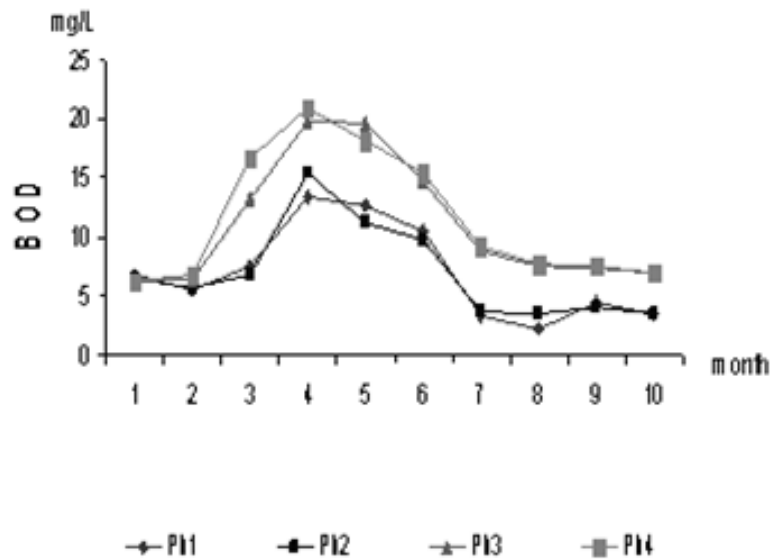
ปริมาณของแข็งแขวนลอยในน้ำในทั้ง 4 สถานีพบว่าบริเวณ Ph1, Ph2 และบริเวณ Ph3, Ph4 มีความแตกต่างกันตลอดระยะเวลาการสำรวจซึ่งบริเวณ Ph3, Ph4 นั้นมีปริมาณของแข็งแขวนลอยในน้ำมากกว่าบริเวณ Ph1, Ph2 จากกราฟพบว่าปริมาณของแข็งแขวนลอยในน้ำจะเพิ่มขึ้นในช่วงเดือนมิถุนายนถึงเดือนตุลาคม นอกจากนี้ยังพบว่าปริมาณของแข็งแขวนลอยในน้ำมีปริมาณมากกว่า 25

มิลลิกรัมต่อลิตรซึ่งมีค่ามากกว่าค่าเกณฑ์คุณภาพน้ำที่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำ ซึ่งในช่วงของฤดูฝน ทั้งนี้ในช่วงฤดูฝนอาจเกิดการพัฒนาน้ำตะกอนลงสู่แหล่งน้ำโดยน้ำฝน ดังภาพ 2-27



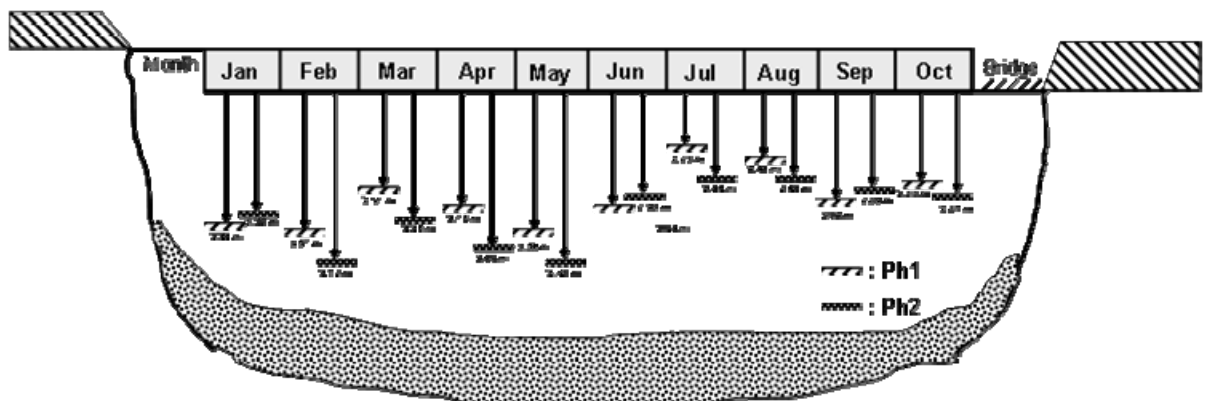
ภาพ 2-27 ปริมาณของแข็งแขวนลอยในน้ำ

ปริมาณของออกซิเจนที่จุลินทรีย์ต้องการในการย่อยอินทรีย์สารในน้ำ เดือนมกราคมถึงเดือนกุมภาพันธ์ช่วงแรกของการสำรวจพบว่าทั้ง 4 สถานีมีค่าไม่แตกต่างกันโดยมีค่าอยู่ในช่วง 6 - 6.7 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำในกว๊านพะเยา เดือนเมษายน ปี 2552 โดยศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืดพะเยา ตั้งแต่เดือนมีนาคมพบว่าบริเวณ Ph3, Ph4 มีค่าสูงกว่าบริเวณ Ph1, Ph2 ในช่วงเดือนมีนาคมถึงเดือนมิถุนายนพบว่าทั้งบริเวณ Ph1, Ph2 และ Ph3, Ph4 มีค่าสูงสุด ซึ่งอยู่ในช่วงฤดูร้อนและค่าปริมาณของออกซิเจนที่จุลินทรีย์ต้องการในการย่อยอินทรีย์สารในน้ำ จะลดลงในช่วงเดือนกรกฎาคมถึงเดือนตุลาคมซึ่งเป็นช่วงฤดูฝน ทั้งนี้เนื่องจากฝนที่ตกในฤดูฝนอาจจะทำการเจือจางสิ่งสกปรกต่างๆในน้ำจึงทำให้ค่าปริมาณของออกซิเจนที่จุลินทรีย์ต้องการในการย่อยอินทรีย์สารในน้ำลดลงในช่วงนี้ด้วย ดังภาพ 2-28



ภาพ 2-28 ปริมาณของออกซิเจนที่จุลินทรีย์ต้องการในการย่อยอินทรีย์ในน้ำ

การวัดระดับน้ำในกว๊านพะเยา (ภาพ 2-29)จากระดับสะพานในบริเวณ Ph1, Ph2 พบว่า ระดับน้ำจากทั้ง 2 จุด มีการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลซึ่งในฤดูร้อนระดับน้ำอยู่ที่ระดับ 3.38-3.72 เมตร โดยในเดือนเมษายนถึงพฤษภาคมมีค่าต่ำที่สุด ในขณะที่ช่วงฤดูฝนระดับน้ำอยู่ที่ 2.23-2.87 เมตร ในช่วงเดือนกรกฎาคมถึงเดือนสิงหาคมพบมีระดับน้ำสูงที่สุด พบว่าที่ระดับน้ำในเดือนเมษายนถึงพฤษภาคมมีค่าต่ำจะทำให้ค่าปริมาณของออกซิเจนที่จุลินทรีย์ต้องการในการย่อยอินทรีย์สารในน้ำมีปริมาณสูงและค่าปริมาณของออกซิเจนที่จุลินทรีย์ต้องการในการย่อยอินทรีย์สารเริ่มลดต่ำลงตั้งแต่เดือนกรกฎาคมซึ่งเป็นช่วงที่ปริมาณน้ำในกว๊านพะเยาเริ่มมีปริมาณมากขึ้น ดังนั้นปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ต้องการในการย่อยอินทรีย์สารจึงมีความสัมพันธ์กับระดับน้ำในกว๊านพะเยา



ภาพ 2-29 ระดับน้ำในกว๊านพะเยาวัดจากขอบสะพาน

จากการศึกษาคุณภาพน้ำในฤดูแล้งและฤดูฝนพบว่า ค่าความเป็นกรดต่าง (pH) ในช่วงฤดูร้อนต่ำกว่าในช่วงฤดูฝนแต่อย่างไรก็ตามคุณภาพน้ำในทั้ง 2 ฤดูยังอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน ค่าการนำไฟฟ้า (EC) ในช่วงฤดูร้อนจะมีค่ามากกว่าในฤดูฝนอาจเนื่องมาจากในช่วงฤดูแล้งน้ำมีปริมาณเกลือแร่ปะปนอยู่มาก อีกทั้งในช่วงฤดูร้อน อุณหภูมิของอากาศสูง อุณหภูมิของน้ำจึงสูง และทำให้อินทรีย์ แตกตัวเพิ่มขึ้น ความเข้มข้นของอินทรีย์เพิ่มขึ้น การนำไฟฟ้าจึงสูงตามไปด้วย แต่ค่าการนำไฟฟ้างกล่าวก็ยังไม่ต่ำกว่าค่ามาตรฐานอยู่มาก ปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำ (DO) ในช่วงฤดูแล้งจะมีค่าค่อนข้างต่ำ โดยเฉพาะบริเวณ Ph3 และ Ph4 มีค่าต่ำกว่ามาตรฐาน และจะเพิ่มขึ้นในช่วงฤดูฝนซึ่งมีค่ามากกว่าเกณฑ์มาตรฐาน ปริมาณของออกซิเจนที่จุลินทรีย์ ต้องการในการย่อยอินทรีย์สารในน้ำ (BOD) พบว่ามีค่ามากกว่าค่ามาตรฐานตลอดระยะเวลาการสำรวจโดยเฉพาะบริเวณ Ph3 และ Ph4 มีค่าสูงถึง 13.10 และ 13.82 มิลลิกรัมต่อลิตร แต่ค่า BOD จะลดลงในช่วงฤดูฝนทั้งนี้อาจเนื่องมาจากปริมาณน้ำฝนที่เพิ่มระดับน้ำในกว๊านพะเยาทำให้เกิดการเจือจางสิ่งสกปรก ค่า BOD จึงลดลง ทำให้ ค่า BOD ในบริเวณ Ph1 และ Ph2 มีค่าเป็น 4.74 และ 4.85 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนบริเวณ Ph3 และ Ph4 มีค่าเป็น 9.09 และ 9.35 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณของแข็งแขวนลอยในน้ำ (SS) พบว่าในช่วงฤดูแล้งบริเวณ Ph1 และ Ph2 ยังมีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานแต่บริเวณ Ph3 และ Ph4 มีค่ามากกว่าเกณฑ์มาตรฐาน ทั้งนี้ปริมาณ SS ได้เพิ่มมากขึ้นในช่วงฤดูฝนที่เกิดจากการชะล้างหน้าดินและพัดพาตะกอนลงสู่แหล่งน้ำ ทำให้ปริมาณ SS ทั้ง 4 จุดมีค่าเพิ่มขึ้นและมีค่ามากกว่าเกณฑ์มาตรฐาน โดยบริเวณ Ph3 และ Ph4 มีค่าสูงสุดถึง 49.41 มิลลิกรัมต่อลิตร

ตาราง 2-3 คุณภาพน้ำในฤดูแล้งและฤดูฝน

ช่วงฤดูกาล	จุดเก็บตัวอย่าง	pH	EC ($\mu\text{S/cm}$)	DO (mg/L)	BOD (mg/L)	SS (mg/L)	ระดับน้ำ (cm)
(มกราคมถึงพฤษภาคม) ฤดูร้อน	Ph1	6.42	117.36	4.89	9.17	15.22	3.29
	Ph2	6.42	153.80	5.13	9.11	15.71	3.53
	Ph3	6.48	209.98	3.69	13.10	30.40	
	Ph4	6.58	199.40	3.81	13.82	31.28	
(มิถุนายนถึงตุลาคม) ฤดูฝน	Ph1	7.05	96.64	5.95	4.74	26.43	2.71
	Ph2	7.04	111.02	6.33	4.85	26.02	2.75
	Ph3	7.10	120.44	5.31	9.09	49.41	
	Ph4	7.03	122.40	5.34	9.35	49.41	
มาตรฐาน		5-9 ¹	2,000 ³	4 ¹	2 ¹	25 ²	

หมายเหตุ: ¹มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน ²เกณฑ์คุณภาพน้ำที่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำ

³มาตรฐานน้ำเพื่อการชลประทาน

จากการสำรวจคุณภาพน้ำผิวดินของก๊วนพะเยาบริเวณที่มีการเชื่อมต่อระหว่างพื้นที่การเกษตรและก๊วนพะเยา(Ph1, Ph2) และบริเวณที่มีการขุดลอกก๊วนพะเยา(Ph3, Ph4) ในทั้ง 4 สถานี พบว่าค่าความเป็นกรดต่างและค่าการนำไฟฟ้ายังอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำตลอดการสำรวจ ในทั้ง 4 สถานี ปริมาณของแข็งแขวนลอยในน้ำและปริมาณของออกซิเจนที่จุลินทรีย์ต้องการในการย่อยอินทรีย์สารในน้ำในบริเวณที่มีการขุดลอกก๊วนพะเยา(Ph3, Ph4) มีค่าเกินมาตรฐานคุณภาพน้ำตลอดระยะเวลาการสำรวจ ส่วนปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำจะมีค่าต่ำกว่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในช่วงฤดูร้อน ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการขุดลอกก๊วนพะเยาส่งผลกระทบต่อคุณภาพน้ำในก๊วนพะเยา โดยเฉพาะบริเวณที่ทำการขุดลอกก๊วนพะเยาดังกล่าว ทั้งนี้ควรมีการดำเนินการในการจัดการคุณภาพน้ำในก๊วนพะเยาให้มีคุณภาพที่ดีและส่งผลกระทบต่อคุณภาพน้ำในก๊วนพะเยาน้อยที่สุด

- การดำเนินงานวิจัยในภาคสนาม

- 1) การออกแบบพื้นที่แปลงทดลอง
- 2) จุดเก็บตัวอย่างในภาคสนาม

- การออกแบบและประดิษฐ์โมเดลชั้นดินนาเสมือนจริง

- 1) จากการสำรวจดินในพื้นที่นา (conventional paddy field)
- 2) การออกแบบโมเดล
- 3) วัสดุในการทดลอง
- 4) การประดิษฐ์โมเดล
- 5) โครงสร้างและแผนการจัดวางโมเดล

- เครื่องมือและการตรวจสอบ

- 1) การตรวจสอบด้านเคมีและกายภาพของ
- 2) การตรวจสอบคุณภาพน้ำ (water quality) น้ำในดินและน้ำผิวดิน
- 3) การตรวจสอบด้านพืช

การดำเนินการวิจัย

การพัฒนาทางเลือกการผลิตในพื้นที่นาขังน้ำเพื่อลดผลกระทบสิ่งแวดล้อม เป็นการสร้างแบบจำลองการบำบัดและลดการปนเปื้อนน้ำจากพื้นที่การเกษตรชานพื้นที่ชุ่มน้ำสู่กว๊านพะเยา ทั้งนี้เพื่อเป็นแนวทางการรักษาทรัพยากรและฟื้นฟูสภาพของพื้นที่ชุ่มน้ำของกลุ่มน้ำกว๊านพะเยา โดยการใช้วิธีการดำเนินทางกลและขบวนการจัดการพื้นที่นาแบบควบคุมสิ่งแวดล้อมของพื้นที่การผลิต โดยมีแผนการดำเนินงานดังนี้

1) การดำเนินงานวิจัยในภาคสนาม ซึ่งได้ปรับปรุงสภาพพื้นที่และติดตั้งระบบระบายน้ำใต้ดินในแปลงนาทดลอง เพื่อศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของชั้นดิน คุณภาพน้ำผิวดิน น้ำในดิน และการเจริญเติบโตของพืช

2) ประดิษฐ์และออกแบบโมเดลทางเลือกการผลิตในพื้นที่นาขังน้ำ คือ โมเดลการทำนาแบบปกติโดยการให้น้ำกลางฤดู นาแบบเพิ่มการไหลซึมผ่าน นาแบบการจัดการควบคุมระดับน้ำใต้ดิน นาแบบลดการไถพรวนและนาที่มีการปรับปรุงโครงสร้างและระบบระบายน้ำใต้ดิน

1. วิธีดำเนินการวิจัย

1.1 การดำเนินงานวิจัยในภาคสนาม

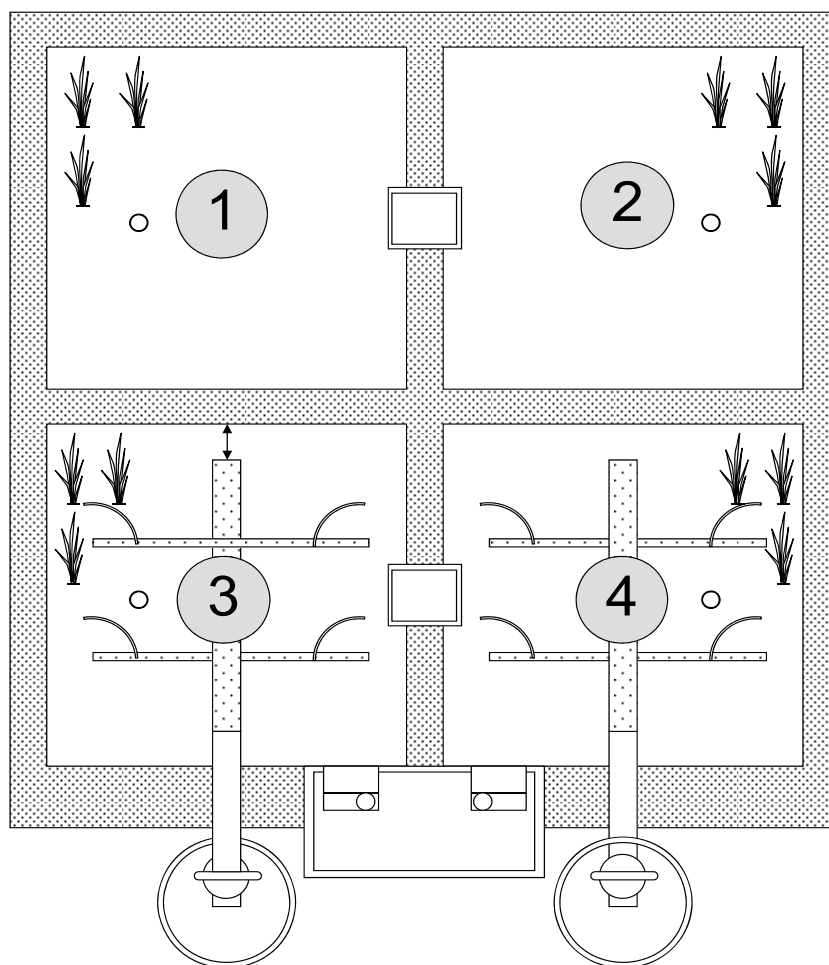
การออกแบบพื้นที่แปลงทดลอง โดยทำการศึกษาในแปลงทดลอง 4 แปลง (ภาพ 3-1) ในสถานะที่แตกต่างกันดังนี้

แปลง 1 ใสปุ๋ยอินทรีย์ (ปุ๋ยคอกขี้วัวและกากปู ในสัดส่วน 4 ตัน/ไร่) เพื่อปรับปรุงดินในพื้นที่แปลงทดลองให้มีการระบายน้ำได้ดี

แปลง 2 เป็นพื้นที่แปลงเกษตรทั่วไป (แปลงควบคุม) ไม่มีการปรับปรุงดินและวางระบบท่อ

แปลง 3 ไม่มีการปรับปรุงดิน แต่ติดตั้งระบบระบายน้ำใต้ดินในแปลงนาทดลอง และใส่ทรายในชั้นที่วางท่อระบายน้ำ โดยบรรจุทราย 2.5 คิว เพื่อช่วยในการชักนำน้ำเพิ่มความสามารถในการให้น้ำซึมผ่าน จากผิวดินสู่ชั้นใต้ดินได้ดีขึ้น

แปลง 4 ใสปุ๋ยอินทรีย์เหมือนแปลง 1 และแต่ติดตั้งระบบระบายน้ำใต้ดินในแปลงนาทดลอง และใส่ทรายในชั้นที่วางท่อระบายน้ำ โดยบรรจุทราย 2.5 คิว เพื่อช่วยในการชักนำน้ำเพิ่มความสามารถในการให้น้ำซึมผ่าน จากผิวดินสู่ชั้นใต้ดินได้ดีขึ้น

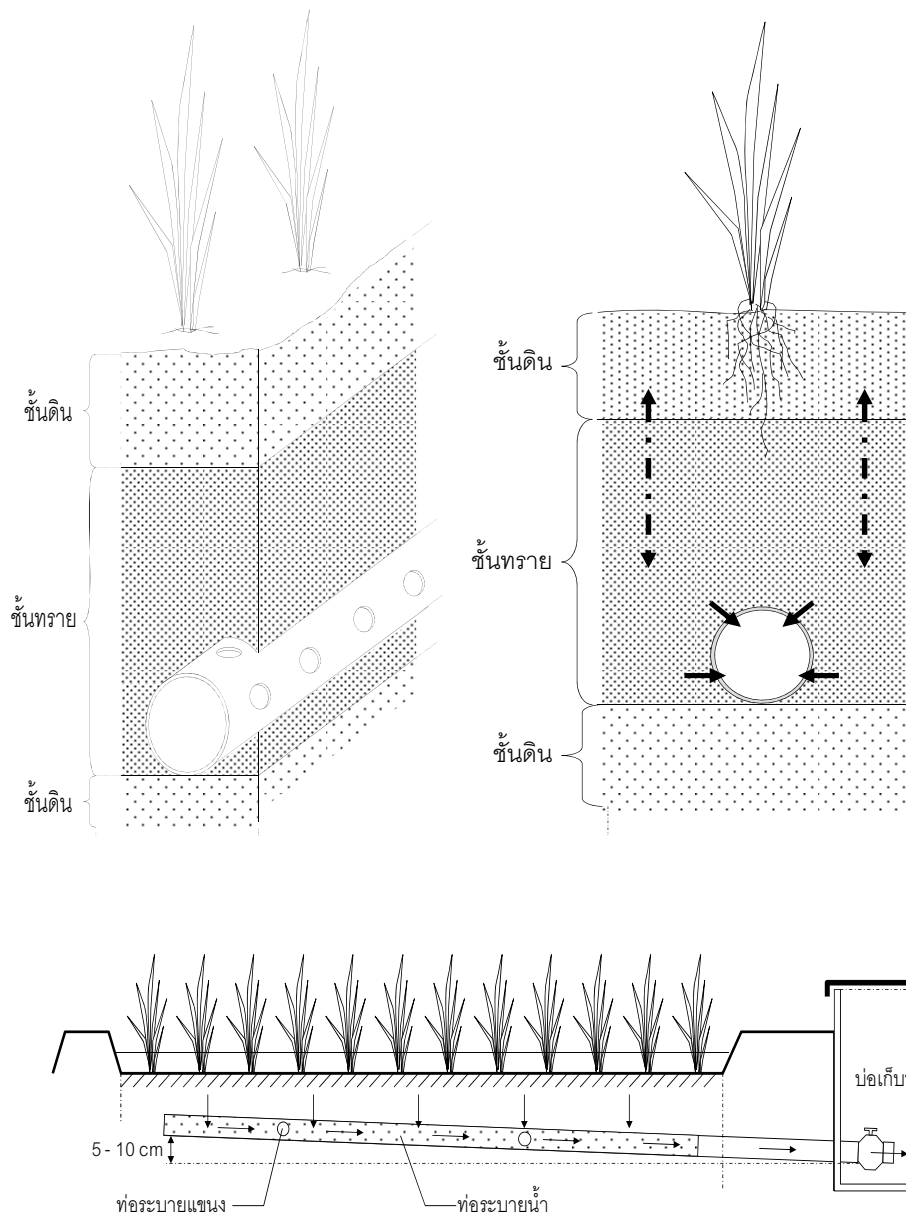


แปลงนาปลูกข้าว

- ① : ปรับปรุงดินให้ระบายน้ำดี
- ② : แปลงควบคุม
- ③ : แปลงควบคุม + ท่อระบาย
- ④ : ปรับปรุงดินให้ระบายน้ำดี + ท่อระบาย

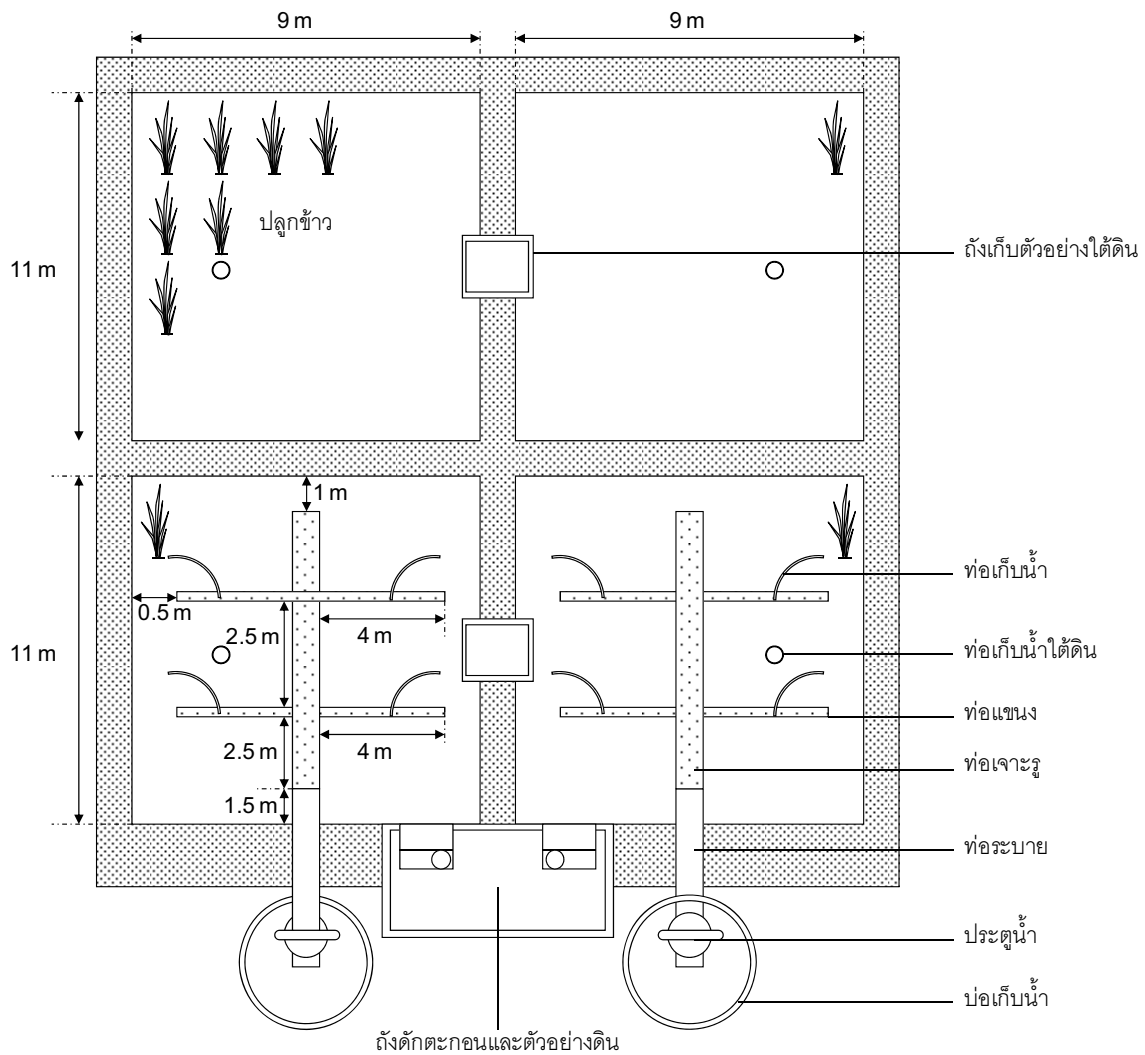
ภาพ 3-1 การออกแบบพื้นที่แปลงนา บริเวณพื้นที่ชุ่มน้ำกว๊านพะเยา

ซึ่งท่อที่ใช้เพิ่มความสามารถในการให้น้ำซึมผ่าน (ภาพ 3-2) จะขุดฝังท่อลงไปในดินที่ระดับ 50 เซนติเมตร จากผิวดิน โดยท่อที่ใช้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 นิ้ว ตัดให้มีความยาวประมาณ 13 เมตร และเจาะรูให้ทั่วบริเวณของท่อยาวประมาณ 10 เมตร หุ้มท่อด้วยผ้าตาข่าย และในบริเวณส่วนหัวของท่อ จะยกระดับขึ้นประมาณ 5-10 เซนติเมตร เพื่อช่วยให้น้ำในท่อไหลออกมายังบ่อเก็บน้ำได้สะดวกมากยิ่งขึ้น ในส่วนปลายของท่อจะใส่ข้อต่อท่อที่สามารถเปิดระบายน้ำได้



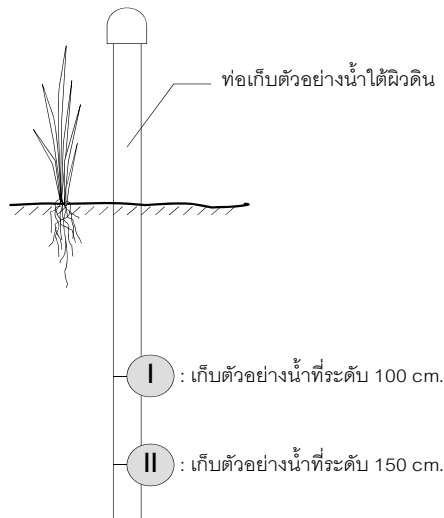
ภาพ 3-2 ลักษณะและรูปแบบการวางท่อในแปลงนา

ในส่วนของท่อแขนงจะติดตั้งเข้ากับท่อหลัก (ภาพ 3-3) ซึ่งท่อแขนงมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 นิ้ว ตัดให้มีความยาว 4 เมตร เจาะรูจนทั่วบริเวณและหุ้มด้วยผ้าตาข่ายเช่นเดียวกันกับท่อหลัก ซึ่งในบริเวณของท่อแขนงจะติดตั้งท่อขนาดเล็ก ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 เซนติเมตร เข้าไปด้วย เพื่อใช้ในการเก็บตัวอย่างน้ำใต้ดินที่ระดับ 50 เซนติเมตร จากผิวดิน และในพื้นที่แปลงนาได้ติดตั้งอุปกรณ์อื่นๆที่ใช้ในการเก็บตัวอย่าง เช่นถังเก็บตัวอย่างน้ำใต้ดิน, ท่อเก็บน้ำใต้ดิน และถังดักตะกอนตลอดจนตัวอย่างดิน



ภาพ 3-3 ลักษณะโดยรวมของแปลงนาและจุดเก็บตัวอย่าง

ซึ่งในส่วนของท่อที่ใช้ในการเก็บตัวอย่างน้ำไต้ดิน จะใช้ท่อ PVC ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 นิ้ว ยาว 3 เมตร เจาะรูจนทั่วบริเวณยาว 2 เมตร (ภาพ 3-4) โดยจะฝังลงไปในพื้นที่แปลงนาแปลงละ 1 ท่อรวม ทั้งหมด 4 ท่อที่ระดับ 2 เมตร จากผิวดิน เพื่อใช้ในการเก็บตัวอย่างน้ำไต้ดินที่ระดับ 100 และ 150 เซนติเมตร จากผิวดิน



ภาพ 3-4 ท่อที่ใช้ในการเก็บตัวอย่างน้ำในดิน

การเก็บตัวอย่างในภาคสนามเพื่อศึกษา คุณสมบัติทางกายภาพของดิน คุณภาพน้ำผิวดินและน้ำใต้ดิน ทั้งหมด 6 จุด (ภาพ 3-5) ดังนี้

1. พื้นที่ทำการเกษตร (นาข้าว)
2. พื้นที่ทำการเกษตรดอนบน (นาวัดดอนนาโย)
3. อ่างเก็บน้ำแม่ต๋อม
4. พื้นที่ทำการเกษตรแบบอินทรีย์ (บ้านลุงป้อมเพชร)
5. สะพานจุดเชื่อมต่อระหว่างพื้นที่การเกษตรและก๊ว้นพะเยา จุดที่ 1 (สะพาน
6. สะพานจุดเชื่อมต่อระหว่างพื้นที่การเกษตรและก๊ว้นพะเยา จุดที่ 2 (สะพาน 1)



ภาพ 3-5 จุดเก็บตัวอย่างของการศึกษาภาคสนาม

2.2 การออกแบบและประดิษฐ์โมเดลชั้นดินนาเสมือนจริง

1) จากการสำรวจดินในพื้นที่นา (conventional paddy field): บริเวณพื้นที่ชุ่มน้ำกว๊านพะเยา (สุขทัย, 2008 : 25-29) ซึ่งจากการตรวจสอบชั้นดินนา โดยแบ่งตามสีดินสามารถแบ่งชั้นดินได้ 3 ชั้น พบว่าดินชั้นที่ 1 ลึก 20 เซนติเมตร ชั้นที่ 2 ลึก 35 เซนติเมตร และชั้นที่ 3 ลึก 45 เซนติเมตร จากผิวดิน ส่วนที่ระดับความลึก 60 เซนติเมตร ลงไปเป็นชั้นดินปนทราย และชั้นทราย ซึ่งดินมีคุณสมบัติดี โดยมีค่าอินทรีย์วัตถุ (OM: Organics Matters) เท่ากับ 4-5 เปอร์เซ็นต์ และมีระดับน้ำใต้ดินต่ำจากผิวดิน 35-40 เซนติเมตร (สุขทัย และคณะ, 2008 : 12-14) ดังนั้นในการทดลองครั้งนี้จึงสร้างโมเดล เพื่อจำลองชั้นดินนาในสภาพเหมือนจริง (stratified paddy field models : ill-drained paddy field) โดยใช้ large-column PVC ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 40 เซนติเมตร และสูง 100 เซนติเมตร นำดินนาแต่ละชั้นมาบรรจุลงในโมเดลในแต่ละระดับของชั้นดิน (ภาพ 3-5) ในการจำลองชั้นดินในโมเดลได้แบ่งออกเป็น 6 ส่วนของชั้นดินคือ

ดินชั้นที่ 1 มีความหนา 20 เซนติเมตร จะบรรจุดินลงไปลำดับสุดท้าย โดยใช้ดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำ (saturated soil) บรรจุดินลงไปทีละ 5 เซนติเมตร และควบคุมความหนาแน่นของชั้นดินในโมเดล

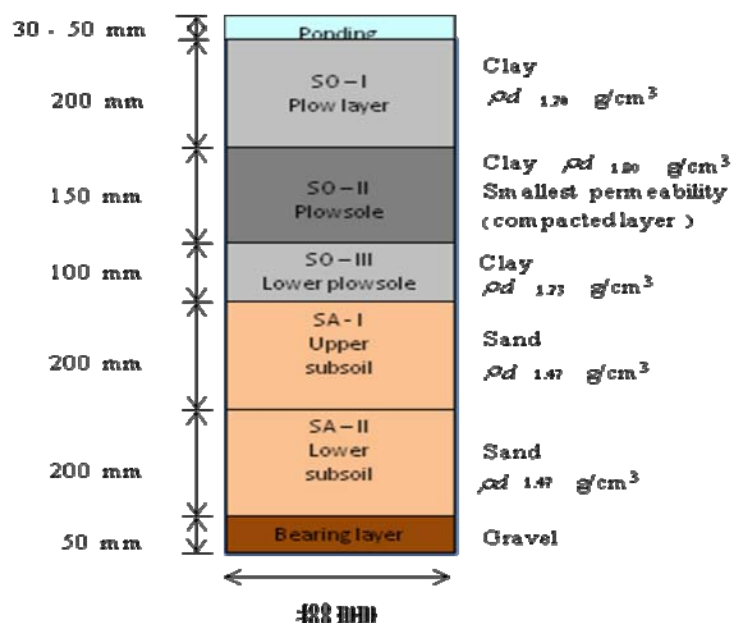
ดินชั้นที่ 2 มีความหนา 15 เซนติเมตร บรรจุดินลงไปทีละ 5 เซนติเมตร

ดินชั้นที่ 3 มีความหนา 10 เซนติเมตร บรรจุดินลงไปทีละ 5 เซนติเมตร

ทรายชั้นที่ 1 มีความหนา 20 เซนติเมตร บรรจุทรายลงไปทีละ 5 เซนติเมตร เช่นเดียวกันกับการบรรจุดิน

ทรายชั้นที่ 2 มีความหนา 20 เซนติเมตร บรรจุทรายลงไปทีละ 5 เซนติเมตร เช่นเดียวกันกับการบรรจุดิน

ชั้นหิน มีความหนา 5 เซนติเมตร เพื่อใช้ในการเก็บและศึกษาคุณสมบัติของน้ำใต้ดิน



ภาพ 3-6 รูปแบบของ Stratified Paddy Field Model

2) การออกแบบโมเดล

ในการทดลองครั้งนี้ได้ใช้โมเดลในการทดลองทั้งหมด 6 โมเดล (ภาพ 3-6) ซึ่งในแต่ละโมเดลมีลักษณะในการศึกษาดังนี้

โมเดล 1 : เป็นโมเดลควบคุม โดยจะบรรจุหิน ทราย และดิน ลงไปที่ละชั้นตามลำดับจนเต็มโมเดล

โมเดล 2 : ทำการบรรจุหิน ทราย และดิน ลงไปที่ละชั้นตามลำดับจนเต็มโมเดล แต่จะเจาะรูและใส่ท่อที่ทำกรเจาะรูไว้ทั่วบริเวณเข้าไปด้านข้างของโมเดลในระดับของชั้นทรายชั้นที่ 1 ซึ่งท่อที่ใส่เข้าไปต้องปิดส่วนหัวและท้าย แต่ส่วนหัวจะต่อเข้ากับข้อต่อท่อที่สามารถเปิดระบายน้ำได้ เพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการไหลซึมผ่านของน้ำในช่วงที่มีการไข่น้ำออกจากโมเดล

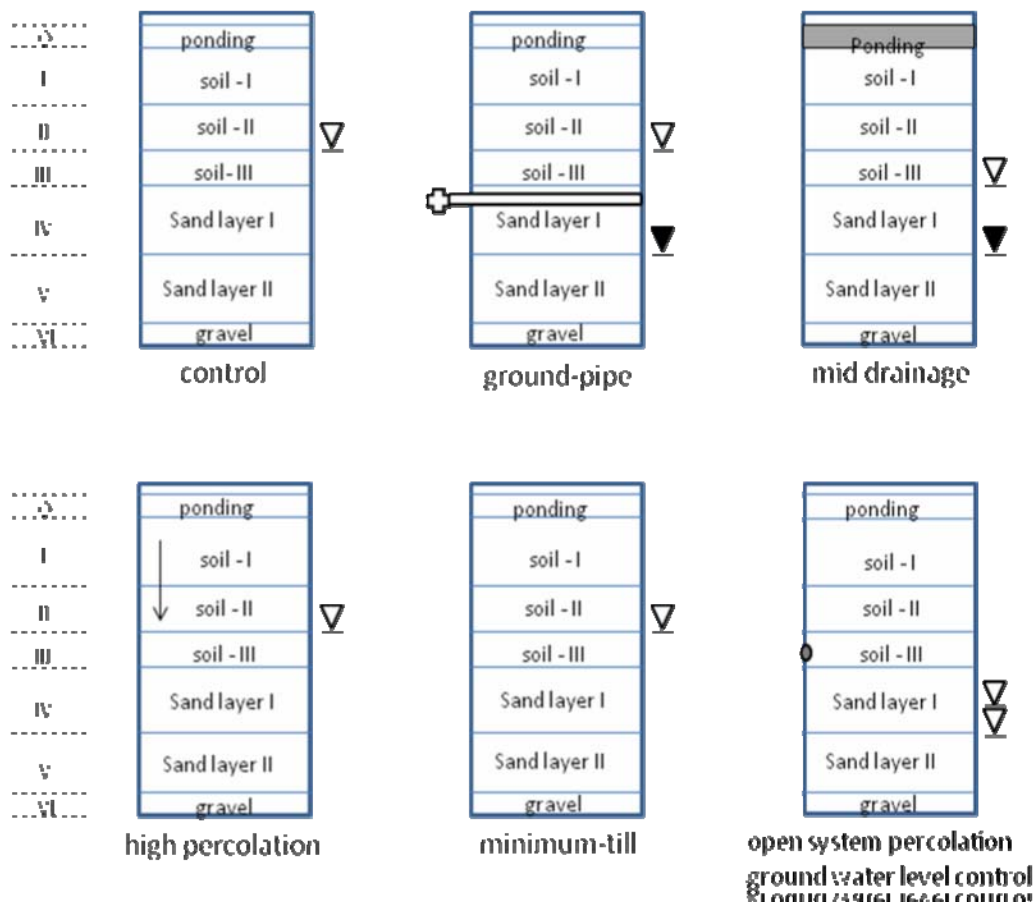
โมเดล 3 : ทำการบรรจุหิน ทราย และดิน ลงไปที่ละชั้นตามลำดับจนเต็มโมเดล

โมเดล 4 : ทำการบรรจุหิน ทราย และดิน ลงไปที่ละชั้นตามลำดับจนเต็มโมเดล แต่จะเจาะรูในบริเวณด้านข้างของโมเดลในระดับของดินชั้นที่ 3 ซึ่งรูที่เจาะจะมีขนาดประมาณ 1 นิ้ว ทำการเจาะรูทั้งหมด 4 รู ในลักษณะตรงข้ามกัน เพื่อช่วยเพิ่มอากาศเข้าไปในชั้นดิน

โมเดล 5: ทำการบรรจุหิน ทราย และดิน ลงไปที่ละชั้นจนถึงดินชั้นที่ 2 แต่ก่อนที่จะบรรจุดินชั้นที่ 1 ลงไปจะต้องทำให้ดินชั้นที่ 2 เกิดรอยแตกก่อน เพื่อช่วยเพิ่มการไหลซึมผ่านของน้ำและอากาศ ที่จะซึมลงไป ตลอดจนการลดการไถพรวน โดยจะไถพรวนเฉพาะหน้าดินเท่านั้น

โมเดล 6 ทำการบรรจุหิน ทราย และดิน ลงไปที่ละชั้นตามลำดับจนเต็มโมเดล แต่ในส่วน

ไหลซึมผ่านของน้ำให้เร็วยิ่งขึ้น เพราะการปลูกจะทำให้ดินมีลักษณะร่วน และเกิดช่องว่างภายในชั้นดินเพิ่มมากขึ้น



ภาพ 3-7 การออกแบบของแต่ละโมเดล

ซึ่งในแต่ละโมเดลจะบรรจุหิน ทราบ และดิน ลงไปที่ละชั้น และมีความหนาแน่นในแต่ละชั้นดินที่แตกต่างกัน รวมถึงลักษณะของความแตกต่างกันในการทดลอง ของแต่ละโมเดล ดังตารางที่ 1 และ 2

ตารางที่ 1 ความหนาแน่นรวมของวัสดุที่บรรจุลงในโมเดล

ประเภทดิน	ความหนาแน่น	ระดับน้ำใต้ดิน
ดินชั้นที่ 1	1.70 g/cm ³	ผิวดิน
ดินชั้นที่ 2	1.80 g/cm ³	20 cm จากผิวดิน
ดินชั้นที่ 3	1.73 g/cm ³	35 cm จากผิวดิน
ทรายชั้นที่ 1	1.47 g/cm ³	45 cm จากผิวดิน
ทรายชั้นที่ 2	1.47 g/cm ³	65 cm จากผิวดิน
ชั้นหิน	-	85 cm จากผิวดิน

ตารางที่ 2 แสดงลักษณะของแต่ละโมเดล

ช่วงการเพาะปลูก	โมเดล 1	โมเดล 2	โมเดล 3	โมเดล 4	โมเดล 5	โมเดล 6
เตรียมโมเดลก่อนปลูก	เตรียมดินและบรรจุลง โมเดลแบบปกติ	เจาะรูบริเวณด้านข้าง โมเดลในระดับของชั้น ทรายชั้นที่ 1 และใส่ท่อ ขนาดเส้นผ่าน ศูนย์กลาง 1 นิ้ว ยาว 65 เซนติเมตร เจาะรูไว้ทั่ว บริเวณของท่อ และหุ้ม ด้วยผ้าตาข่าย	เตรียมดินและบรรจุลง โมเดลแบบปกติ	เจาะรูขนาดเส้นผ่าน ศูนย์กลางประมาณ 1 นิ้ว บริเวณด้านข้าง โมเดลในระดับของชั้น ดินชั้นที่ 3 ซึ่งเจาะรู ทั้งหมด 4 รู ในลักษณะ ตรงข้ามกัน	ทำให้ดินชั้นที่ 2 เกิดรอย แตก ก่อนที่จะบรรจุดิน ชั้นที่ 1 ลงไป	ในดินชั้นที่ 1 จะเพิ่ม กากปูเป็นส่วนผสม ปริมาณ 1 ใน 4 ของดิน ชั้นที่ 1 ทั้งหมด
กลางฤดูเพาะปลูก	ชั่งน้ำไว้ในโมเดลแบบ ปกติ	ทำการให้น้ำออกจาก โมเดล เป็นเวลา ประมาณ 2 อาทิตย์	ทำการให้น้ำออกจาก โมเดล เป็นเวลา ประมาณ 2 อาทิตย์	ทำการให้น้ำออกจาก โมเดล เป็นเวลา ประมาณ 2 อาทิตย์	ทำการให้น้ำออกจาก โมเดล เป็นเวลา ประมาณ 2 อาทิตย์	ทำการให้น้ำออกจาก โมเดล เป็นเวลา ประมาณ 2 อาทิตย์
ปลายฤดูเพาะปลูก	ชั่งน้ำไว้ในโมเดลแบบ ปกติ และปล่อยให้ แห้งเองก่อนช่วงการ เก็บเกี่ยว	ทำการให้น้ำออกโดย การเปิดท่อที่อยู่ในระดับ ของชั้นทรายที่ 1 เพื่อ ช่วยในการระบายน้ำ	ทำการให้น้ำออกให้ แห้งในทันที โดยใช้ สายยางดูดน้ำออก	ชั่งน้ำไว้ในโมเดลแบบ ปกติ และปล่อยให้แห้ง เองก่อนช่วงการเก็บ เกี่ยว	ชั่งน้ำไว้ในโมเดลแบบ ปกติ และปล่อยให้แห้ง เองก่อนช่วงการเก็บ เกี่ยว	ชั่งน้ำไว้ในโมเดลแบบ ปกติ และปล่อยให้แห้ง เองก่อนช่วงการเก็บ เกี่ยว

3) วัสดุในการทดลอง

ดิน : ดินที่ใช้ในการทดลองนำมาจากพื้นที่นาจริงในบริเวณพื้นที่ชุ่มน้ำกว๊านพะเยา นำดินที่ได้มาผึ่งให้แห้ง และนำไปบดโดยใช้เครื่องบดดิน ก่อนนำไปบรรจุลงโมเดล

ทราย : ทรายแม่น้ำ

หิน : คลุกขนาดประมาณ 3/4 เซนติเมตร

กากปู : กากปูเป็นส่วนที่เหลือจากการทำน้ำปู นำมาจากแหล่งผลิตน้ำปูในเขตพื้นที่หนองเล็งทราย อำเภอแม่ใจ จังหวัดพะเยา

ท่อ : นำท่อ PVC ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 นิ้ว นำมาเจาะรูจนทั่วบริเวณ ซึ่งรูที่เจาะมีขนาดประมาณ 0.5 เซนติเมตร แล้วนำท่อที่ได้ไปหุ้มด้วยตาข่ายขนาด 0.1 เซนติเมตร ก่อนนำไปติดตั้งเข้ากับโมเดล

ท่อเก็บใต้ดิน : ใช้ท่ออะลูมิเนียมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 เซนติเมตร ตัดให้มีความยาวประมาณ 25 เซนติเมตร หุ้มส่วนปลายด้วยผ้าขาวบาง เพื่อใช้ในกรองเศษตะกอนในเบื้องต้น

สายยางใส : สายยางที่ใช้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 เซนติเมตร

สามทาง : ได้จากส่วนที่เหลือจากการใช้งานในสถานพยาบาล ซึ่งนำมาฆ่าเชื้อก่อนที่จะนำไปใช้งาน

จุกยาง : ใช้ในการปิดรูรวมถึงเป็นวัสดุส่วนหนึ่งในการประกอบติดเข้ากับอุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจวัด ซึ่งจุกยางที่ใช้มี 3 ขนาด คือจุกยางเบอร์ 2, 6 และ 12

แผ่นไม้อัด : แผ่นไม้อัดที่ใช้มีขนาดหนา 0.5 เซนติเมตร กว้าง 60 เซนติเมตร และยาว 100 เซนติเมตร นำมาใช้ในการติดตั้งเข้ากับสายยางที่ใช้ในการตรวจวัดค่าศักย์ความดันในชั้นดิน

ไม้เนื้อแข็ง : ไม้ที่ใช้มีลักษณะแข็ง แบน และ ตรง มีขนาดกว้าง 5 เซนติเมตร ยาว 50 เซนติเมตร และหนา 1 เซนติเมตร เป็นส่วนหนึ่งของอุปกรณ์ที่ใช้ร่วมกันในการตรวจวัดอัตราส่วนของความต้องการน้ำ และความสูงของต้นข้าว

พลาสติกแข็ง : พลาสติกที่นำมาใช้มีลักษณะแข็ง แบน และมีความหนาประมาณ 0.5 เซนติเมตร นำมาตัดเป็นวงกลมให้มีขนาดใหญ่กว่าโมเดล เพื่อใช้ปิดในส่วนฐานโมเดล

ซิลิโคน : ใช้ยึดติดส่วนประกอบต่างๆ ของโมเดลเข้าด้วยกัน ซึ่งซิลิโคนที่ใช้ เป็นชนิดกันน้ำ

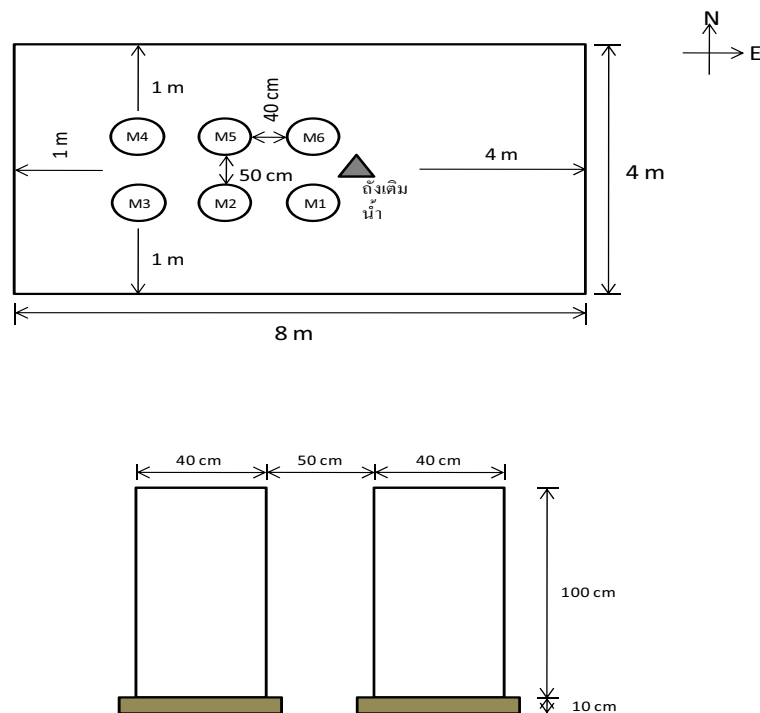
เส้นลวด : ใช้ในการมัดโมเดล เพื่อความคงทน และแข็งแรง

4) การประดิษฐ์โมเดล

การทำโมเดล จะใช้ท่อ PVC ยี่ห้อ THAI PIPE สีฟ้า ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 40 เซนติเมตร หนา 1 เซนติเมตร โดยตัดท่อให้มีความยาว 100 เซนติเมตร และตัดแบ่งเป็นสองซีกตามความยาว เพื่อความสะดวกในการเก็บผลการทดลองในขั้นตอนสุดท้าย และประกอบติดกันเหมือนเดิมโดยใช้ซิลิโคน ในส่วนของฐานโมเดลจะใช้พลาสติกที่มีลักษณะแข็ง แบน และมีความหนาประมาณ 0.5 เซนติเมตร นำมาตัดเป็นวงกลมให้มีขนาดใหญ่กว่าโมเดล แล้วนำมาประกอบและยึดติดด้วยซิลิโคนเช่นกัน

5) โรงเรือนและแผนการจัดวางโมเดล

โรงเรือนที่ใช้ในการศึกษาทดลองในครั้งนี้ มีขนาดความกว้างประมาณ 4 เมตร ยาว 8 เมตร และสูง 3 เมตร หลังคาคลุมด้วยพลาสติกใส และในพื้นที่ภายในโรงเรือนมีผังการจัดวางโมเดลในแนวตามความยาวของโรงเรือน (ภาพ 3-8) ซึ่งโรงเรือนตั้งอยู่ในเขตพื้นที่ของ มหาวิทยาลัยพะเยา



ภาพ 3-8 ผังการจัดวางโมเดลภายในโรงเรือน

3. เครื่องมือและการตรวจสอบ

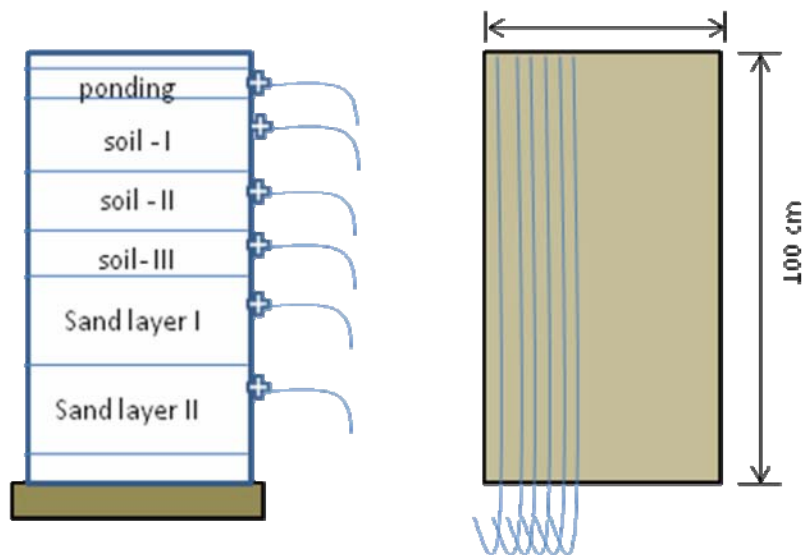
1) การตรวจสอบด้านเคมีและกายภาพของดิน (soil physical and chemical properties)

- ค่าศักย์รีดออกซ์ (oxidation-reduction potential: Eh)

ในการตรวจสอบค่าศักย์รีดออกซ์ จะทำโดยการติดตั้ง Eh electrode เข้ากับโมเดลในแต่ละระดับของชั้นดินดังนี้ คือ ระดับดินชั้นที่ 1 ในระยะ 5 และ 10 เซนติเมตร จากผิวดิน, ระดับดินชั้นที่ 2 ในระยะ 20 และ 30 เซนติเมตร จากผิวดิน, ระดับดินชั้นที่ 3 ในระยะ 40 และ 45 เซนติเมตร จากผิวดิน, ระดับทรายชั้นที่ 1 ในระยะ 45 และ 55 เซนติเมตร จากผิวดิน และระดับทรายชั้นที่ 2 ในระยะ 70 และ 75 เซนติเมตร จากผิวดิน และใช้ Eh meter ในการตรวจวัด เพื่อตรวจสอบสภาวะออกซิเดชัน – รีดักชัน ในชั้นดินในระดับต่างๆ ซึ่งจะทำให้การเก็บข้อมูลทุกวัน

- ค่าศักย์ความดันในดิน (water pressure head)

ในการตรวจสอบค่าศักย์ความดันในดิน ทำได้โดยการติดตั้งอุปกรณ์ที่เรียกว่า Barometer เข้ากับโมเดล (ภาพ 3-9) โดยบริเวณส่วนปลายที่ติดตั้งเข้ากับโมเดล จะเป็น filter แบบเดียวกับกับ filter ที่ใช้ในการเก็บน้ำในดิน ซึ่งระดับที่ทำการติดตั้ง filter เข้ากับโมเดล มี 6 ระดับดังนี้ คือ ระดับน้ำผิวดิน, ระดับดินชั้นที่ 1 ในระยะ 10 เซนติเมตร จากผิวดิน, ระดับดินชั้นที่ 2 ในระยะ 25 เซนติเมตร จากผิวดิน, ระดับดินชั้นที่ 3 ในระยะ 40 เซนติเมตร จากผิวดิน, ระดับทรายชั้นที่ 1 ในระยะ 50 เซนติเมตร จากผิวดิน และระดับทรายชั้นที่ 2 ในระยะ 70 เซนติเมตร จากผิวดิน ซึ่งจะทำให้เห็นระดับของน้ำในสายยางที่แตกต่างกันตามความดันในแต่ละชั้นดิน



ภาพ 3-9 การติดตั้ง Barometer เข้ากับโมเดล



ภาพ 3-9 การติดตั้ง Barometer เข้ากับโมเดล

- ค่าความสามารถในการให้น้ำซึมผ่าน (hydraulic conductivity)

การตรวจสอบความสามารถในการให้น้ำซึมผ่าน โดยใช้ Soil core ตอกลงไปในบริเวณพื้นที่ผิวของหน้าดิน ในระดับ 0-5 เซนติเมตร จากผิวดิน และต่อเข้ากับ mini disc hydraulic ในสภาพดินอึดตัวที่ค่าศักย์ความดันเป็นบวก ซึ่งหลักในการตรวจสอบ คือ จะวัดจากเวลาที่น้ำใน mini disc hydraulic ลดลงในระดับที่กำหนด ซึ่งได้ทำการตรวจสอบใน 3 ช่วงของการปลูกข้าว คือ ในช่วงที่ต้นข้าวเริ่มตั้งท้อง ช่วงหลังการให้น้ำออก 2 อาทิตย์ และช่วงหลังการเก็บเกี่ยว 2 อาทิตย์ ซึ่งค่าที่ได้จะนำไปคำนวณหาความสามารถในการให้น้ำซึมผ่าน ตามสูตรดังนี้

$$Kh = \frac{q \cdot \ln \frac{mL}{D} + \sqrt{\left(\frac{mL}{D}\right)^2}}{2\pi L hc}$$

- อัตราส่วนของความต้องการน้ำ (water requirement rate)

การวัดอัตราความต้องการน้ำ ของพื้นที่ขังน้ำเพื่อปลูกข้าว จะบอกถึงความสามารถในการไหลซึมผ่าน (percolation rate) ของน้ำลงสู่เนื้อดินได้ ซึ่งทำการวัดปริมาณของน้ำที่ลดลงจากการนำน้ำไปใช้ของต้นข้าว โดยใช้ไม้ที่มีลักษณะแข็ง แบน และ ตรง นำมาทาบไว้บริเวณขอบของโมเดล และต้องทาบในตำแหน่งเดิมเสมอเมื่อทำการเก็บข้อมูลครั้งต่อไป หลังจากนั้นนำ vernier caliper มาวัดจากระดับของผิวไม้ด้านบนจนถึงระดับของผิวน้ำในโมเดล ทำการเก็บข้อมูลในสองจุด ภายในพื้นที่หน้าตัดของโมเดล ซึ่งจะเก็บข้อมูลตั้งแต่ช่วงต้นฤดูการปลูกไปจนถึงช่วงหลังจากที่ต้นข้าวออกดอก

- ค่าความแข็งของดิน (soil hardness)

ในการวัดค่าความแข็งของดิน จะทำการวัดหลังการให้น้ำออกจากโมเดล ในระยะเวลาที่แตกต่างกันดังนี้ คือ หลังน้ำแห้ง, หลังน้ำแห้ง 2 วัน, หลังน้ำแห้ง 4 วัน, หลังน้ำแห้ง 6 วัน, หลังน้ำแห้ง 8 วัน และหลังน้ำแห้ง 16 วัน ตามลำดับ โดยการใช้เครื่องมือที่เรียกว่า soil hardness meter กดลงไปบริเวณพื้นที่หน้าตัดของผิวดินประมาณ 4-5 ตำแหน่ง แล้วนำค่าที่ได้ไปหาค่าเฉลี่ยต่อไป

- อุณหภูมิดินและอุณหภูมิอากาศ

โดยการติดตั้งเครื่องบันทึกอุณหภูมิอัตโนมัติ (RT-11) เข้ากับ column ซึ่งจะทำให้การเก็บบันทึกข้อมูลทุกๆ 1 ชั่วโมง ในชั้นดิน 3 ระดับ คือ ดินชั้นที่หนึ่ง ดินชั้นที่สอง และดินชั้นที่สาม ในส่วนของอุณหภูมิอากาศจะติดตั้ง Thermometer ไว้ภายในโรงเรือนเพื่อทำการจดบันทึกอุณหภูมิในแต่ละวัน

2) การตรวจสอบคุณภาพน้ำ (water quality) น้ำในดินและน้ำผิวดิน

- ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (dissolved oxygen)

วัดปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ โดยใช้ DO meter (sevenGO pro) วัดค่าความเป็นกรด-ด่าง โดยใช้ pH meter (sevenGO)

- ค่าการนำไฟฟ้า (electric conductivity)

วัดค่าการนำไฟฟ้า (electric conductivity) โดยใช้ EC meter (consort C532)

- ค่าความเป็นกรด-ด่าง

วัดค่าความเป็นกรด-ด่าง โดยใช้ pH meter (sevenGO)

- ปริมาณสารละลายหลัก

วัดปริมาณสารละลายหลัก โดยใช้ Fast Sequential Atomic Absorption Spectrometer (AA240FS)

- ปริมาณไนเตรท (NO^{3-})

วัดปริมาณไนเตรท (NO^{3-}) โดยใช้ เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง (Hach: DR 2008)

3) การตรวจสอบด้านพืช

พืชที่ใช้ในการทดสอบ : ข้าวเหนียว กข 6

ชื่อวิทยาศาสตร์: *Oryza sativa* L.

ชื่อสามัญ: ข้าวเหนียว

นิเวศวิทยา: ข้าวนาสวน นาน้ำฝน

ชนิดของพันธุ์ข้าว: ข้าวเหนียวไวต่อช่วงแสง เก็บเกี่ยวประมาณวันที่ 21 พฤศจิกายน

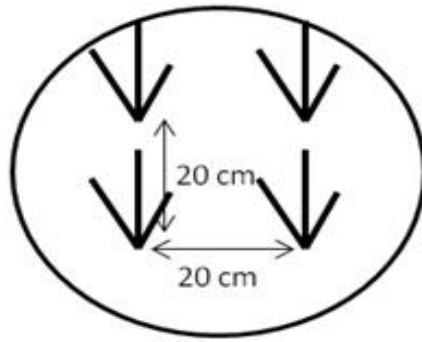
แหล่งแนะนำให้ปลูก: ภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศ ในพื้นที่นา
น้ำฝนซึ่งข้าวพันธุ์ กข 6 ได้จากการชักนำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรมในพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ
105 โดยการนำเอาเมล็ดพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ไปอาบรังสีแกมมาขนาด 20 กิโลกรัม แล้วนำเมล็ด
พันธุ์ข้าวมาปลูกคัดเลือกลักษณะต่าง ๆ ที่สถานีทดลองข้าวบางเขน และสถานีทดลองข้าวพิมาย คัดเลือก
ได้สายพันธุ์ข้าวเหนียวหลายสายพันธุ์ และสายพันธุ์ข้าว KDML105'65G2U-68-254 เป็นสายพันธุ์ข้าว
เหนียวที่ให้ผลผลิตสูง ซึ่งคณะกรรมการพิจารณาพันธุ์ข้าวได้มีมติให้ออกใช้ขยายพันธุ์ได้ เมื่อวันที่ 5
พฤษภาคม 2520

ลักษณะประจำพันธุ์: ข้าวพันธุ์ กข 6 เป็นข้าวต้นสูง ความสูงประมาณ 150 เซนติเมตร
ทรงกอตั้ง แตกกอดี ลำต้นแข็งแรงปานกลาง ปล้องกาบใบและใบมีสีเขียว มีขนบนใบ มุมของยอดแผ่นใบ
ดก ข้อต่อระหว่างใบและกาบใบสีเขียวอ่อน ใบธงค่อนข้างมน ลิ่นใบรูปร่างแหลมมี 2 ยอด หูใบมีสีเขียว
อ่อน ปลายยอดดอกสีฟ้า กลีบของดอกสีฟ้า ยอดเกสรตัวเมียสีขาว รวงยาวแน่น ระแง่ ค่อนข้างถี่ คอรวง
ยาว เมล็ดข้าวเปลือกสีน้ำตาล ปลายยอดเมล็ดสีฟ้า มีขนบนเมล็ด กลีบรองดอกสั้น เมล็ดข้าวกล้องรูปร่าง
เรียวยาวประมาณ 7.2 มิลลิเมตร กว้าง 2.3 มิลลิเมตร และหนา 1.8 มิลลิเมตร ข้าวสุกนุ่มหอม ระยะพัก
ตัวของเมล็ดประมาณ 5 สัปดาห์ ผลผลิต เฉลี่ยประมาณ 670 กิโลกรัมต่อไร่ น้ำหนักข้าวเปลือก 1,000
เมล็ด ประมาณ 27.0 กรัม

ข้อดี: ให้ผลผลิตที่ค่อนข้างมีเสถียรภาพในสภาพแวดล้อมต่าง ๆ ทนแล้ง และต้านทานต่อ
โรคใบจุดสีน้ำตาล และโรคไหม้ ข้าวสุกนุ่มมีลักษณะนุ่มและมีกลิ่นหอม

ข้อจำกัด: ไม่ต้านทานต่อโรคขอบใบแห้ง เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล และแมลงบั่ว

การปลูกข้าวในโมเดลที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้ ได้ใช้กล้าข้าวที่มีอายุ 25 วัน ปลูกด้วย
วิธีการปักดำแบบปกติ โดยปลูกข้าวเป็นสี่มุมในพื้นที่ทรงกลมของโมเดล ซึ่งต้นข้าวแต่ละต้นจะปลูกห่างกัน
ประมาณ 20 เซนติเมตร พร้อมใส่ปุ๋ยสูตร (N:P:K; 15:15:15) ปริมาณ 1.91 กรัม ครั้งเดียวตลอดฤดู ตาม
สภาพการทำนาจริงของพื้นที่นาขวัญพะเยา และควบคุมระดับน้ำผิวดินไว้ที่ 3-5 เซนติเมตร หลังจากปลูก
ข้าวในโมเดล 4 ต้น/โมเดล และเมื่อปลูกไปแล้ว 20 วัน คัดเลือกต้นข้าวที่แข็งแรงและสมบูรณ์ ให้เหลือเพียง 2
ต้น/โมเดล เพื่อปลูกเหมือน



ภาพ 3-10 การปลูกพืชที่ใช้ในการทดสอบ

- การเจริญเติบโต

จำนวนต้นข้าวที่แตกกอ : การนับจำนวนต้นข้าวที่แตกกอจะเริ่มนับจำนวนตั้งแต่ต้นข้าวเริ่มแตกกอออกมาต้นแรกไปจนถึงช่วงของการเก็บเกี่ยว

จำนวนใบข้าวต้นหลัก : การนับจำนวนใบของต้นข้าวจะนับเฉพาะใบของข้าวต้นหลักเท่านั้น ซึ่งในการนับจะเริ่มนับตั้งแต่ใบที่อยู่ล่างสุดไปจนถึงใบที่อยู่สูงสุดหรือใบธง

ความสูงต้นข้าว : การวัดความสูงของต้นข้าวจะวัดเก็บข้อมูลทุกๆ 2 อาทิตย์ หลังจากเริ่มการเพาะปลูก โดยใช้ไม้ที่มีลักษณะแข็ง แบน และ ตรง นำมาทาบไว้บริเวณขอบของโมเดล ให้ใกล้กับต้นข้าวที่ต้องการวัด และใช้ตลับเมตรวัด โดยวัดจากบริเวณผิวน้ำของไม้ที่วางทาบอยู่จนถึงยอดของใบธงต้นข้าว

ความยาวรากต้นข้าว : การวัดความยาวรากข้าวจะทำการวัดหลังจากการผ่าโมเดลออก ซึ่งจะเห็นรากของต้นข้าวในแต่ละระดับของชั้นดิน จากนั้นนำดินในแต่ละชั้นไปล้างน้ำเพื่อแยกเอารากข้าวออกจากดิน และนำรากข้าวที่ได้ไปสกัดเพื่อตรวจสอบหาปริมาณของโลหะหนักที่สะสมอยู่ในรากข้าว ได้แก่ เหล็ก ทองแดง และแคดเมียม

- ผลผลิต

ในการเก็บเกี่ยวผลผลิตจะทำโดยการตัดรวงข้าวแยกกัน จากนั้นทำการแยกเมล็ดข้าวออกจากก้าน แล้วนำไปชั่งหาน้ำหนักรวมของเมล็ดข้าวในแต่ละกอ ตลอดจนชั่งน้ำหนักเฉลี่ยของรวงข้าวในแต่ละกอด้วย และนำเมล็ดข้าวที่ได้ไปสกัดเพื่อตรวจสอบหาปริมาณของโลหะหนักที่สะสมอยู่ในเมล็ดข้าว ได้แก่ เหล็ก ทองแดง แคดเมียม และตะกั่ว

บทที่ 4 ผลการศึกษาในโมเดลชั้นดินนาเสมือนจริง

- การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของดิน
- การศึกษาคุณภาพน้ำผิวดิน น้ำในดิน และน้ำใต้ดิน
 - 1) การศึกษาคุณภาพน้ำผิวดิน
 - 2) การศึกษาคุณภาพน้ำในดิน
 - 3) การศึกษาคุณภาพน้ำใต้ดิน
- การศึกษาการเจริญเติบโตและผลผลิตข้าว

บทที่ 4 ผลการศึกษาในโมเดลชั้นดินนาเสมือนจริง

4.1 การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของดินในโมเดลข้าว

การศึกษาคูณสมบัติทางกายภาพของดินในโมเดลข้าว ในเดือนกรกฎาคม 2551 ถึง มกราคม 2552 ได้ผลการศึกษา ดังนี้

การตรวจวัดค่าศักย์ความดันของแต่ละโมเดล (ตาราง 4-1) พบว่ามีค่าศักย์ความดันเป็นบวกในช่วงที่มีการขังน้ำไว้ในโมเดล ซึ่งค่าศักย์ความดันมีค่าเพิ่มขึ้นตามระดับความลึกของชั้นดิน ดังนี้ ที่ระดับน้ำผิวดิน คือ 0.4–1.9 เซนติเมตร, ที่ระดับความลึก 10 เซนติเมตรจากผิวดิน คือ 4.7–15.3 เซนติเมตร ที่ระดับความลึก 25 เซนติเมตร จากผิวดิน คือ 15.9–25.3 เซนติเมตร จากผิวดิน, ที่ระดับความลึก 40 เซนติเมตร จากผิวดิน คือ 1.7–28.3 เซนติเมตร, ที่ระดับความลึก 50 เซนติเมตร จากผิวดิน คือ 5.5–34.4 เซนติเมตร และที่ระดับความลึก 70 เซนติเมตร จากผิวดิน คือ 10.4–52.4 เซนติเมตร แต่ที่ระดับความลึก 40 เซนติเมตร จากผิวดินค่าศักย์ความดันมีค่าลดลงมาก เฉพาะ โมเดล 4 เนื่องจากในส่วนของดินชั้นที่ 3 ได้เจาะรูเพื่อช่วยในการเติมอากาศในบริเวณด้านข้างของโมเดล เป็นผลให้ศักย์ความดันในโมเดล 4 มีค่าลดลง

ตาราง 4-1 แสดงค่าศักย์ความดันในดิน ของแต่ละโมเดล

โมเดล	น้ำผิวดิน	ดินชั้นที่ 1	ดินชั้นที่ 2	ดินชั้นที่ 3	ทรายชั้นที่ 1	ทรายชั้นที่ 2
M 1	0.9	7.4	17.0	27.2	30.9	39.8
M 2	0.5	8.5	17.8	23.6	28.2	41.6
M 3	0.6	9.2	17.2	21.7	25.7	41.3
M 4	0.4	12.8	25.3	1.7	5.5	10.4
M 5	0.7	4.7	15.9	25.0	28.5	43.0
M 6	1.9	15.3	21.0	28.3	34.4	52.4

การศึกษาค่าความสามารถในการให้น้ำซึมผ่านของดิน (ตาราง 4-2) ในช่วงข้าวเริ่มตั้งท้อง พบว่ามีค่าสูงสุดในโมเดล 4 คือ 2.32×10^{-03} เซนติเมตร/วินาที รองลงมาเป็นโมเดล 3 โมเดล 5 โมเดล 2 โมเดล 1 และโมเดล 6 มีค่า 1.38×10^{-03} 1.07×10^{-03} 4.03×10^{-04} 1.40×10^{-04} และ 7.42×10^{-05} เซนติเมตร/วินาที ตามลำดับ

ในช่วงหลังไข่น้ำออก 2 สัปดาห์ พบว่า มีค่าความสามารถในการให้น้ำซึมผ่านของดินสูงสุดในโมเดล 5 คือ 1.15×10^{-03} เซนติเมตร/วินาที รองลงมาเป็นโมเดล 4 โมเดล 1 โมเดล 2 โมเดล 6 และ

โมเดล 3 มีค่า 2.01×10^{-04} 1.43×10^{-04} 5.91×10^{-05} 4.61×10^{-05} และ 1.34×10^{-05} เซนติเมตร/วินาที ตามลำดับ

ในช่วงหลังเก็บเกี่ยว 2 สัปดาห์พบว่า มีค่าความสามารถในการให้น้ำซึมผ่านของดินสูงสุดใน โมเดล 3 คือ 8.62×10^{-04} เซนติเมตร/วินาที รองลงมาเป็นโมเดล 2 โมเดล 1 โมเดล 5 โมเดล 4 และ โมเดล 6 มีค่า 6.41×10^{-04} 3.59×10^{-04} 2.52×10^{-04} 1.85×10^{-04} และ 3.42×10^{-05} เซนติเมตร/วินาที ตามลำดับ

ตาราง 4-2 แสดงค่าความสามารถในการให้น้ำซึมผ่านของดิน ในช่วงข้าวเริ่มตั้งท้อง-หลังไข่น้ำออก
2 อาทิตย์ และหลังเก็บเกี่ยว 2 อาทิตย์

ช่วงเวลา	โมเดล	ความสามารถในการให้น้ำซึมผ่าน (cm/s)
ข้าวเริ่มตั้งท้อง	M 1	1.40×10^{-04}
	M 2	4.03×10^{-04}
	M 3	1.38×10^{-03}
	M 4	2.32×10^{-03}
	M 5	1.07×10^{-03}
	M 6	7.42×10^{-05}
หลังไข่น้ำออก 2 สัปดาห์	M 1	1.43×10^{-04}
	M 2	5.91×10^{-05}
	M 3	1.34×10^{-05}
	M 4	2.01×10^{-04}
	M 5	1.15×10^{-03}
	M 6	4.61×10^{-05}
หลังเก็บเกี่ยว 2 สัปดาห์	M 1	3.59×10^{-04}
	M 2	6.41×10^{-04}
	M 3	8.62×10^{-04}
	M 4	1.85×10^{-04}
	M 5	2.52×10^{-04}
	M 6	3.42×10^{-05}

อัตราความต้องการน้ำ (water requirements rate) ดังแสดงในตาราง 4-3 ของพื้นที่ขังน้ำเพื่อปลูกข้าว บอกถึงความสามารถในการไหลซึมผ่าน (percolation rate) ของน้ำลงสู่เนื้อดินได้ และผลของการตรวจสอบพบว่าในช่วงต้นฤดูการปลูก โม่เคล 6 มีอัตราความต้องการน้ำมากที่สุด คือ 10.187 มิลลิเมตร/วัน และโม่เคล 1 มีอัตราความต้องการน้ำน้อยสุด คือ 4.316 มิลลิเมตร/วัน ช่วงข้าวแตกกอสูงสุด โม่เคล 6 มีอัตราความต้องการน้ำมากที่สุด คือ 26.806 มิลลิเมตร/วัน และโม่เคล 4 มีอัตราความต้องการน้ำน้อยสุด คือ 8.562 มิลลิเมตร/วัน ช่วงข้าวเริ่มออกดอก โม่เคล 5 มีอัตราความต้องการน้ำมากที่สุด คือ 15.700 มิลลิเมตร/วัน และโม่เคล 1 มีอัตราความต้องการน้ำน้อยสุด คือ 9.656 มิลลิเมตร/วัน และช่วงหลังข้าวออกดอก โม่เคล 3 มีอัตราความต้องการน้ำมากที่สุด คือ 17.345 มิลลิเมตร/วัน และ โม่เคล 1 มีอัตราความต้องการน้ำน้อยสุด คือ 5.885 มิลลิเมตร/วัน ซึ่งช่วงข้าวแตกกอสูงสุดและช่วงข้าวออกดอกมีการใช้น้ำมากกว่าช่วงอื่นๆของการเจริญเติบโต

ตาราง 4-3 แสดงอัตราส่วนของความต้องการน้ำ (water requirement rate: mm/day)

ในแต่ละช่วงของการปลูกข้าว

ช่วงเวลา โม่เคล	ต้นฤดูการปลูกข้าว	ข้าวแตกกอสูงสุด	ข้าวเริ่มออกดอก	หลังข้าวออกดอก
M 1	4.316	10.997	9.656	5.885
M 2	7.177	9.741	12.202	8.259
M 3	4.398	9.051	15.131	17.345
M 4	6.448	8.562	14.982	11.506
M 5	5.100	10.850	15.700	8.118
M 6	10.187	26.806	15.270	8.491

การศึกษาค่าความแข็งของดินหลังการไถน้าออก (ตาราง 4-4) จากโม่เคลในวันที่ 1 พบว่าค่าความแข็งของดินในทุกโม่เคลไม่สามารถวัดความแข็งของดินได้ หลังจากไถน้า 2 วัน พบว่าดินในโม่เคลมีค่าความแข็งของดินเพิ่มขึ้น โดยมีค่าอยู่ในช่วง 8.11-219.92 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร สูงสุดในโม่เคล 5 รองลงมาเป็นโม่เคล 3 โม่เคล 4 โม่เคล 2 โม่เคล 6 และ โม่เคล 1 มีค่า 56.99 44.04 17.08 12.58 และ 8.11 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร ตามลำดับ หลังจากไถน้า 4 วัน พบว่าดินในโม่เคลมีค่าความแข็งอยู่ในช่วง 56.99-493.56 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร สูงสุดในโม่เคล 5 รองลงมาเป็นโม่เคล 3 โม่เคล 4 โม่เคล 1 โม่เคล 6 และ โม่เคล 2 มีค่า 426.30 174.60 96.35 87.57 และ 56.99 กิโลกรัม/ลูกบาศก์

เซนติเมตร ตามลำดับ หลังจากไชน้ำ 6 วัน พบว่าดินในโมเดลมีค่าความแข็งอยู่ในช่วง 219.92-906.05 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร สูงสุดในโมเดล 3 รองลงมาเป็นโมเดล 5 โมเดล 4 โมเดล 2 โมเดล 1 และ โมเดล 6 มีค่า 837.38 318.45 295.98 237.08 และ 219.92 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร ตามลำดับ

หลังจากไชน้ำ 8 วัน พบว่าดินในโมเดลมีค่าความแข็งอยู่ในช่วง 237.08-1,257.61 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร สูงสุดในโมเดล 3 รองลงมาเป็นโมเดล 5 โมเดล 2 โมเดล 4 โมเดล 1 และ โมเดล 6 มีค่า 957.34 572.23 368.46 318.45 และ 237.08 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร ตามลำดับ

หลังจากไชน้ำ 16 วัน พบว่า ดินในโมเดลมีค่าความแข็งอยู่ในช่วง 382.44-1,370.26 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร สูงสุดในโมเดล 3 รองลงมาเป็นโมเดล 5 โมเดล 2 โมเดล 4 โมเดล 1 และ โมเดล 6 มีค่า 1064.50 774.71 458.64 396.31 และ 382.44 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร ตามลำดับ

ตาราง 4-4 แสดงค่าความแข็งของดิน (kg/cm^3) ของแต่ละโมเดล

ระยะเวลา โมเดล	ไชน้ำวันแรก	หลังไชน้ำ 2 วัน	หลังไชน้ำ 4 วัน	หลังไชน้ำ 6 วัน	หลังไชน้ำ 8 วัน	หลังไชน้ำ 16 วัน
M1	0.00	8.11	96.35	237.08	318.45	396.31
M2	0.00	17.08	56.99	295.98	572.23	774.71
M3	0.00	56.99	426.30	906.05	1257.61	1370.26
M4	0.00	44.04	174.60	318.45	368.46	458.64
M5	0.00	219.92	493.56	837.38	957.34	1064.50
M6	0.00	12.58	87.57	219.92	237.08	382.44

การตรวจวัดอุณหภูมิดินในโมเดล (ตาราง 4-5) พบว่าในเดือนสิงหาคม อุณหภูมิเฉลี่ยในโมเดลอยู่ในช่วง 26.80-27.34 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิสูงสุดในโมเดล 1 ในเดือนกันยายนอุณหภูมิเฉลี่ยในโมเดลอยู่ในช่วง 25.65-26.53 องศาเซลเซียส อุณหภูมิสูงสุดในโมเดล 1 เดือนตุลาคม อุณหภูมิเฉลี่ยในโมเดลอยู่ในช่วง 25.35-25.95 องศาเซลเซียส สูงสุดในโมเดล 1 เดือนพฤศจิกายน อุณหภูมิเฉลี่ยในโมเดลอยู่ในช่วง 22.30-23.46 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิสูงสุดในโมเดล 1 เดือนธันวาคม อุณหภูมิเฉลี่ยในโมเดลอยู่ในช่วง 19.60-21.61 องศาเซลเซียส อุณหภูมิสูงสุดในโมเดล 1 และเดือนมกราคม อุณหภูมิเฉลี่ยในโมเดลอยู่ในช่วง 19.04-20.24 องศาเซลเซียส อุณหภูมิสูงสุดในโมเดล 1 สำหรับอุณหภูมิอากาศภายในโรงเรือน พบว่าอุณหภูมิเฉลี่ยตลอดช่วงฤดูกาลปลูกข้าวประมาณ 16 - 32 องศาเซลเซียส

ตาราง 4-5 แสดงอุณหภูมิเฉลี่ยในโรงเรือน และโมเดลที่ 1, 4, 5 และ 6 ในชั้นดินที่ 1-3 (°C)

ในช่วงเดือน สิงหาคม-มกราคม

เดือน โมเดล	สิงหาคม	กันยายน	ตุลาคม	พฤศจิกายน	ธันวาคม	มกราคม
M1	27.34	26.53	25.95	23.36	21.61	20.24
M4	26.80	26.01	25.35	22.39	19.60	19.04
M5	27.22	26.42	25.50	22.46	19.81	19.30
M6	26.96	25.65	25.38	22.30	19.71	19.16
โรงเรือน	30.50	30.00	29.50	26.00	24.00	24.50

4.2 การศึกษาคุณภาพน้ำผิวดิน น้ำในดิน และน้ำใต้ดิน ในโมเดลข้าว

การศึกษาคุณภาพน้ำผิวดิน น้ำในดิน และน้ำใต้ดิน ในโมเดลข้าว ในเดือน กรกฎาคม 2551 ถึง มกราคม 2552 ได้ผลการศึกษา ดังนี้

1) การศึกษาคุณภาพน้ำผิวดิน

จากผลการศึกษาปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (DO: mg/l) ดังแสดงตาราง 4-5 ในช่วงก่อน-หลังการใส่ปุ๋ย ของน้ำผิวดิน พบว่าช่วงก่อนการใส่ปุ๋ยโมเดล 2 มีปริมาณสูงสุด คือ 8.32 mg/l รองลงมาได้แก่ โมเดล 6 4 3 5 และ 1 มีค่า 8.25 8.20 8.17 8.15 และ 7.89 mg/l ตามลำดับ ช่วงใส่ปุ๋ยพบว่าโมเดล 3 มีปริมาณสูงสุด คือ 8.42 mg/l รองลงมาได้แก่ โมเดล 2 5 1 4 และ 6 มีค่า 8.20 7.69 8.42 7.88 และ 7.59 mg/l ตามลำดับ ช่วงหลังใส่ปุ๋ย 1 วัน พบว่าโมเดล 6 ปริมาณสูงสุด คือ 8.67 mg/l รองลงมาได้แก่ โมเดล 1 2 4 5 และ 3 มีค่า 8.55 8.52 8.33 8.26 และ 7.79 mg/l ตามลำดับ หลังใส่ปุ๋ย 3 วัน พบว่าโมเดล 3 มีปริมาณสูงสุด คือ 8.66 mg/l รองลงมาได้แก่ โมเดล 6 5 2 1 และ 4 มีค่า 8.50 8.42 8.37 8.33 และ 8.00 mg/l ตามลำดับ หลังใส่ปุ๋ย 5 วัน พบว่าโมเดล 6 มีปริมาณสูงสุด คือ 12.01 mg/l รองลงมาได้แก่ โมเดล 1 3 2 5 และ 4 มีค่า 9.98 9.85 9.74 9.44 และ 9.21 mg/l ตามลำดับ หลังใส่ปุ๋ย 6 วัน พบว่าโมเดล 1 มีปริมาณสูงสุด คือ 8.11 mg/l รองลงมาได้แก่ โมเดล 2 3 4 6 และ 5 มีค่า 7.92 7.88 7.86 7.68 และ 7.51 mg/l ตามลำดับ หลังใส่ปุ๋ย 10 วัน พบว่าโมเดล 2 มีปริมาณสูงสุด คือ 8.94 mg/l รองลงมาได้แก่ โมเดล 4 5 1 3 และ 6 มีค่า 8.77 8.56 7.79 7.72 และ 6.40 mg/l ตามลำดับ หลังใส่ปุ๋ย 17 วัน พบว่าโมเดล 5 มีปริมาณสูงสุด คือ 11.86 mg/l รองลงมาได้แก่ โมเดล 6 3 1 2 และ 4 มีค่า 10.56 10.51 9.98 9.26 และ 8.94 mg/l ตามลำดับ และช่วงหลังใส่ปุ๋ย 28 วัน พบว่าโมเดล 4 มีปริมาณสูงสุด คือ 7.96 mg/l รองลงมาได้แก่ โมเดล 1 และ 2 ซึ่งมีค่าเท่ากัน 7.92

จากผลการศึกษาพีเอช ดังแสดงตาราง 4-6 ในช่วงก่อน-หลังการใส่ปุ๋ย ของน้ำผิวดิน พบว่าช่วงก่อนการใส่ปุ๋ยโมเดล 1 มีค่าสูงสุด คือ 7.91 รองลงมาได้แก่ โมเดล 6 มีค่า 7.39 โมเดล 4 และ 2 มีค่าเท่ากันคือ 7.26 โมเดล 3 มีค่า 7.17 และโมเดล 5 มีค่า 7.00 ตามลำดับ ช่วงใส่ปุ๋ยพบว่าโมเดล 6 มีค่าสูงสุด คือ 7.64 รองลงมาได้แก่ โมเดล 2 4 5 1 และ 3 มีค่า 7.39 7.31 7.25 7.22 และ 7.10 ตามลำดับ หลังใส่ปุ๋ย 1 วัน พบว่าโมเดล 6 มีค่าสูงสุด คือ 7.66 รองลงมาได้แก่ โมเดล 2 4 3 มีค่า 7.32 7.23 7.21 และโมเดลที่มีค่าพีเอชเท่ากันและต่ำที่สุด คือ โมเดล 1 และ 5 โดยมีค่า 7.14 ช่วงหลังใส่ปุ๋ย 3 วัน พบว่าโมเดล 6 มีค่าสูงสุด คือ 7.91 รองลงมาได้แก่ โมเดล 4 5 2 มีค่า 7.56 7.51 7.50 และโมเดลที่มีค่าพีเอชเท่ากันและต่ำที่สุด คือ โมเดล 1 และ 3 โดยมีค่า 7.30 ช่วงหลังใส่ปุ๋ย 5 วัน พบว่าโมเดล 6 มีค่าสูงสุด คือ 8.83 รองลงมาได้แก่

โมเดล 5 2 4 1 และ 3 มีค่า 7.67 7.66 7.59 7.49 และ 7.66 ตามลำดับ ช่วงหลังใส่ปุ๋ย 6 วัน พบว่าโมเดล 6 มีค่าสูงที่สุด คือ 8.54 รองลงมาได้แก่ โมเดล 4 1 2 5 และ 3 มีค่า 7.66 7.56 7.51 7.43 และ 7.22 ตามลำดับ ช่วงหลังใส่ปุ๋ย 10 วัน พบว่าโมเดล 4 มีค่าสูงที่สุด คือ 9.04 รองลงมาได้แก่ โมเดล 6 1 5 3 และ 2 มีค่า 8.41 8.08 7.54 7.37 และ 6.62 ตามลำดับ หลังใส่ปุ๋ย 17 วัน พบว่าโมเดล 5 มีค่าสูงที่สุด คือ 8.85 รองลงมาได้แก่ โมเดล 6 1 2 3 และ 4 มีค่า 8.72 8.47 8.25 8.22 และ 7.96 ตามลำดับ และช่วงหลังใส่ปุ๋ย 28 วัน พบว่าโมเดล 4 มีค่าสูงที่สุด คือ 7.96 รองลงมาได้แก่ โมเดล 1 และ 2 ซึ่งมีค่าเท่ากัน คือ 7.92 และโมเดล 5 3 และ 6 มีค่า 7.75 7.70 และ 7.61 ตามลำดับ

การศึกษาค่าการนำไฟฟ้า (ตาราง 4-7) ช่วงก่อนและหลังการใส่ปุ๋ยเคมีในโมเดล พบว่า ก่อนการใส่ปุ๋ยน้ำชีวดินในโมเดล มีค่าอยู่ในช่วง 279 – 526 ไมโครซีเมนต์/เซนติเมตร โดยมีค่าสูงสุดในโมเดล 6 รองลงมาเป็นโมเดล 1 โมเดล 3 โมเดล 2 โมเดล 4 และ โมเดล 5 มีค่า 358 331 312 305 และ 279 ไมโครซีเมนต์/เซนติเมตร ตามลำดับ ค่าการนำไฟฟ้าหลังในวันที่มีการใส่ปุ๋ย พบว่ามีค่าเพิ่มสูงขึ้นทุกโมเดล มีค่าอยู่ในช่วง 381 – 1,490 ไมโครซีเมนต์/เซนติเมตร โดยมีค่าสูงสุดในโมเดล 6 รองลงมาเป็นโมเดล 3 โมเดล 1 โมเดล 5 โมเดล 2 และ โมเดล 4 มีค่า 529 465 447 388 และ 381 ไมโครซีเมนต์/เซนติเมตร ตามลำดับ หลังใส่ปุ๋ยแล้ว 1 วัน พบว่า มีค่าอยู่ในช่วง 506 – 1,780 ไมโครซีเมนต์/เซนติเมตร โดยมีค่าสูงสุดในโมเดล 6 รองลงมาเป็นโมเดล 1 โมเดล 5 โมเดล 3 โมเดล 2 และ โมเดล 4 มีค่า 647 640 574 523 และ 506 ไมโครซีเมนต์/เซนติเมตร ตามลำดับ หลังใส่ปุ๋ยแล้ว 3 วัน พบว่า มีค่าอยู่ในช่วง 431– 1,410 ไมโครซีเมนต์/เซนติเมตร โดยมีค่าสูงสุดในโมเดล 6 รองลงมาเป็นโมเดล 1 โมเดล 3 โมเดล 5 โมเดล 2 และ โมเดล 4 มีค่า 523 493 439 433 และ 431 ไมโครซีเมนต์/เซนติเมตร ตามลำดับ หลังใส่ปุ๋ย 5 วัน พบว่า มีค่าอยู่ในช่วง 206 – 385 ไมโครซีเมนต์/เซนติเมตร โดยมีค่าสูงสุดในโมเดล 6 รองลงมาเป็นโมเดล 1 โมเดล 4 โมเดล 3 โมเดล 2 และ โมเดล 5 มีค่า 251 236 220 207 และ 206 ไมโครซีเมนต์/เซนติเมตร ตามลำดับ หลังใส่ปุ๋ย 6 วัน พบว่า มีค่าอยู่ในช่วง 396 – 993 ไมโครซีเมนต์/เซนติเมตร โดยมีค่าสูงสุดในโมเดล 6 รองลงมาเป็นโมเดล 1 โมเดล 3 โมเดล 4 โมเดล 2 และ โมเดล 5 มีค่า 507 479 415 409 และ 396 ไมโครซีเมนต์/เซนติเมตร ตามลำดับ หลังใส่ปุ๋ย 10 วัน พบว่า มีค่าอยู่ในช่วง 370 – 551 ไมโครซีเมนต์/เซนติเมตร โดยมีค่าสูงสุดในโมเดล 6 รองลงมาเป็นโมเดล 1 โมเดล 3 โมเดล 4 โมเดล มีค่า 485 470 และ 393 ไมโครซีเมนต์/เซนติเมตร ตามลำดับ และต่ำสุดในโมเดล 2 และโมเดล 5 มีค่า 370 ไมโครซีเมนต์/เซนติเมตร หลังใส่ปุ๋ย 17 วัน พบว่า มีค่าอยู่ในช่วง 364 – 681 ไมโครซีเมนต์/เซนติเมตร โดยมีค่าสูงสุดในโมเดล 6 รองลงมาเป็นโมเดล 3 โมเดล 1 โมเดล 4 โมเดล 5 และ โมเดล 2 มีค่า 458 454 390 384 และ 364 ไมโครซีเมนต์/เซนติเมตร ตามลำดับ และหลังใส่ปุ๋ย 28 วัน พบว่า มีค่าอยู่ในช่วง 553 -

608 ไมโครซีเมนต์/เซนติเมตร โดยมีค่าสูงสุด ในโมเดล 6 รองลงมาเป็นโมเดล 5 โมเดล 3 โมเดล 1 โมเดล 2 และ โมเดล 4 มีค่า 597 595 592 584 และ 553 ไมโครซีเมนต์/เซนติเมตร ตามลำดับ

ตาราง 4-5 แสดงปริมาณ ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (DO: mg/l) ในช่วงก่อน-หลังการปล่อยของน้ำผิวดิน

ระยะเวลา โมเดล	ก่อนปล่อย	ปล่อย	หลังปล่อย 1 วัน	หลังปล่อย 3 วัน	หลังปล่อย 5 วัน	หลังปล่อย 6 วัน	หลังปล่อย 10 วัน	หลังปล่อย 17 วัน	หลังปล่อย 28 วัน
M1	7.89	7.88	8.55	8.33	9.98	8.11	7.79	9.98	7.97
M2	8.32	8.20	8.52	8.37	9.74	7.92	8.94	9.26	7.99
M3	8.17	8.42	7.79	8.66	9.85	7.88	7.72	10.51	7.38
M4	8.20	7.69	8.33	8.00	9.21	7.86	8.77	8.94	7.71
M5	8.15	8.15	8.26	8.42	9.44	7.51	8.56	11.86	7.80
M6	8.25	7.59	8.67	8.50	12.01	7.68	6.40	10.56	8.44

ตาราง 4-6 แสดงปริมาณพีเอช ในช่วงก่อน-หลังการปล่อยของน้ำผิวดิน

ระยะเวลา โมเดล	ก่อนปล่อย	ปล่อย	หลังปล่อย 1 วัน	หลังปล่อย 3 วัน	หลังปล่อย 5 วัน	หลังปล่อย 6 วัน	หลังปล่อย 10 วัน	หลังปล่อย 17 วัน	หลังปล่อย 28 วัน
M1	7.91	7.22	7.14	7.30	7.49	7.56	8.08	8.47	7.92
M2	7.26	7.39	7.32	7.50	7.66	7.51	6.52	8.25	7.92
M3	7.17	7.10	7.21	7.30	7.34	7.22	7.37	8.22	7.70
M4	7.26	7.31	7.23	7.56	7.59	7.66	9.04	7.96	7.96
M5	7.00	7.25	7.14	7.51	7.67	7.43	7.54	8.85	7.75
M6	7.39	7.64	7.66	7.91	8.83	8.54	8.41	8.72	7.61

ตาราง 4-7 แสดงค่าการนำไฟฟ้า (EC: $\mu\text{s/cm}$) ในช่วงก่อน-หลังการใส่ปุ๋ย ของน้ำผิวดิน

ระยะเวลา โมเดล									
	ก่อนใส่ปุ๋ย	ใส่ปุ๋ย	หลังใส่ปุ๋ย 1 วัน	หลังใส่ปุ๋ย 3 วัน	หลังใส่ปุ๋ย 5 วัน	หลังใส่ปุ๋ย 6 วัน	หลังใส่ปุ๋ย 10 วัน	หลังใส่ปุ๋ย 17 วัน	หลังใส่ปุ๋ย 28 วัน
M1	358	465	647	523	251	507	485	454	592
M2	312	388	523	433	207	409	370	364	584
M3	331	529	574	493	220	479	470	458	595
M4	305	381	506	431	236	415	393	390	553
M5	279	447	640	439	206	396	370	384	597
M6	526	1490	1780	1410	385	993	551	681	608

ตาราง 4-8 แสดงปริมาณ ไนเตรต ไนไตรท์ และแอมโมเนีย ในช่วงก่อน-หลังการใส่ปุ๋ย ของน้ำผิวดิน

ระยะเวลา	โมเดล	ไนเตรต (mg/l)	ไนไตรท์ (mg/l)	แอมโมเนีย(mg/l)
ก่อนใส่ปุ๋ย	M 1	0.27	0.081	3.15
	M 2	0.18	0.063	19.62
	M 3	0.18	0.027	11.07
	M 4	0.18	0.018	13.92
	M 5	0.27	0.324	4.68
	M 6	0.36	0.036	14.4
หลังใส่ปุ๋ย 3 วัน	M 1	0.36	0.036	13.77
	M 2	0.27	0.072	10.62
	M 3	0.27	0.054	11.25
	M 4	0.27	0.063	8.28
	M 5	0.27	0.045	19.89
	M 6	0.54	0.153	11.97
หลังใส่ปุ๋ย 5 วัน	M 1	0.36	2.313	7.74
	M 2	0.27	1.820	3.96
	M 3	0.27	1.040	6.12
	M 4	0.27	9.972	4.32
	M 5	0.27	1.512	2.70
	M 6	0.63	2.088	3.96

ผลการศึกษาปริมาณไนเตรตในช่วงก่อนการใส่ปุ๋ยของน้ำผิวดินพบว่าโมเดล 4-8 มีปริมาณสูงที่สุด คือ 0.36 mg/l รองลงมาได้แก่ โมเดล 1 และโมเดล 5 มีค่าเท่ากัน คือ 0.27 mg/l และโมเดล 2 3 และ4 มีค่าเท่ากันคือ 0.18 mg/l ปริมาณไนไตรท์พบว่าโมเดล 5 มีปริมาณสูงที่สุด คือ 0.324 mg/l รองลงมาได้แก่ โมเดล 1 2 6 3 และ4 มีค่า 0.081 0.063 0.036 0.027 และ0.018 mg/l ตามลำดับ และปริมาณแอมโมเนียพบว่าโมเดล 2 มีปริมาณ 19.62 mg/l รองลงมาได้แก่ โมเดล 6 4 3 5 1 และ1 มีค่า 14.4 13.92 11.07 4.68 และ3.15 mg/l ตามลำดับ

ผลการศึกษาปริมาณไนไตรท์ในช่วงหลังใส่ปุ๋ย 3 วัน ของน้ำผิวดินพบว่าโมเดล 6 มีปริมาณสูงที่สุด คือ 0.54 mg/l รองลงมาได้แก่ โมเดล1 มีค่า 0.36 และโมเดลที่ 2 3 4 และ5 มีค่าเท่ากันคือ 0.27 mg/l

ตามลำดับ ปริมาณไนไตรท์พบว่าโมเดล 6 มีปริมาณสูงสุดที่สุด คือ 0.153 mg/l รองลงมาได้แก่โมเดล 2 4 3 5 และ 6 มีค่า 0.072 0.063 0.054 0.045 และ 0.036 mg/l ตามลำดับ และปริมาณแอมโมเนียพบว่าโมเดล 5 มีปริมาณสูงสุดที่สุดคือ 19.89 mg/l รองลงมาได้แก่ โมเดล 1 6 3 2 และ 4 มีค่า 13.77 11.97 11.25 10.62 และ 8.28 mg/l ตามลำดับ

ผลการศึกษาปริมาณไนเตรทในช่วงหลังใส่ปุ๋ย 5 วัน ของน้ำผิวดินพบว่าโมเดล 6 มีปริมาณสูงสุดที่สุด คือ 0.63 mg/l รองลงมาได้แก่ โมเดล 2 มีค่า 0.36 mg/l และโมเดล 2 3 4 และ 5 มีค่าเท่ากันคือ 0.27 mg/l ปริมาณไนไตรท์พบว่าโมเดล 4 มีปริมาณสูงสุดที่สุด คือ 9.972 mg/l รองลงมาได้แก่โมเดล 1 6 2 5 และ 3 มีค่า 2.313 2.088 1.820 1.512 และ 1.040 mg/l ตามลำดับ และปริมาณแอมโมเนียพบว่าโมเดล 1 มีปริมาณสูงสุดที่สุด คือ 7.74 mg/l รองลงมาได้แก่ โมเดล 3 4 2 6 และ 5 มีค่า 6.12 4.32 โดยโมเดล 2 และ 6 มีค่าเท่ากัน คือ 3.96 และ 2.70 mg/l ตามลำดับ

2) การศึกษาคุณภาพน้ำในดิน

การศึกษาคุณภาพน้ำในดิน ในโมเดลข้าว ในเดือน กรกฎาคม 2551 ถึง มกราคม 2552 ได้ผลการศึกษา ดังนี้

จากการศึกษาปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (DO) ของน้ำในดิน เดือนกรกฎาคม ดังแสดงตาราง 4-9 โดยแบ่งชั้นดินเป็น 3 ชั้น และชั้นทราย 2 ชั้น พบว่าในดินชั้นที่ 1 โมเดล 5 มีค่า DO สูงที่สุด คือ 7.72 mg/l รองลงมาได้แก่ โมเดล 3 2 6 4 และ 1 มีค่า 7.19 6.88 6.34 5.73 และ 4.89 mg/l ดินชั้นที่ 2 พบว่าโมเดล 1 มีค่า DO สูงที่สุด คือ 7.56 mg/l รองลงมาได้แก่ โมเดล 6 4 2 5 และ 6 มีค่า 7.55 6.96 6.81 6.70 และ 7.55 mg/l ตามลำดับ ดินชั้นที่ 3 พบว่า โมเดล 4 มีค่า DO สูงที่สุด คือ 7.50 mg/l รองลงมาได้แก่ โมเดล 6 5 1 3 และ 2 มีค่า 7.41 7.25 6.91 6.59 และ 6.27 mg/l ตามลำดับ ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (DO) ของทรายชั้น 1 พบว่าโมเดล 6 มีค่า DO สูงที่สุด คือ 7.22 mg/l รองลงมาได้แก่ โมเดล 4 3 5 1 และ 2 มีค่า 7.55 6.96 6.81 6.70 และ 7.55 mg/l ตามลำดับ และทรายชั้น 2 พบว่าโมเดล 3 มีค่า DO สูงที่สุด คือ 7.80 mg/l รองลงมาได้แก่ โมเดล 1 4 5 2 และ 6 มีค่า 6.85 6.01 5.82 5.14 และ 4.36 mg/l ตามลำดับ

จากการศึกษาปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (DO) ของน้ำในดิน เดือนสิงหาคม ดังแสดงตาราง 4-10 โดยแบ่งชั้นดินเป็น 3 ชั้น และชั้นทราย 2 ชั้น พบว่าในดินชั้นที่ 1 โมเดล 5 มีค่า DO สูงที่สุด คือ 6.99 mg/l รองลงมาได้แก่ โมเดล 1 3 4 2 และ 6 มีค่า 6.32 5.56 5.34 5.13 และ 4.07 mg/l ดินชั้นที่ 2 พบว่าโมเดล 6 มีค่า DO สูงที่สุด คือ 7.66 mg/l รองลงมาได้แก่ โมเดล 1 2 5 4 และ 3 มีค่า 2.63 7.20 7.11 6.39 และ 5.80 mg/l ตามลำดับ ดินชั้นที่ 3 พบว่า โมเดล 3 มีค่า DO สูงที่สุด คือ 7.60 mg/l รองลงมาได้แก่

โมเดล 1 5 2 4 และ 6 มีค่า 6.78 6.66 6.25 6.04 และ 4.19 mg/l ตามลำดับ ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (DO) ของทรายชั้น 1 พบว่าโมเดล 1 มีค่า DO สูงที่สุด คือ 6.24 mg/l รองลงมาได้แก่ โมเดล 3 6 4 2 และ 5 มีค่า 5.96 5.88 5.40 5.37 และ 3.56 mg/l ตามลำดับ และทรายชั้น 2 พบว่าโมเดล 3 มีค่า DO สูงที่สุดคือ 7.25 mg/l รองลงมาได้แก่ โมเดล 5 6 2 1 และ 4 มีค่า 6.84 6.41 5.57 5.44 และ 4.86 mg/l ตามลำดับ

ตาราง 4-9 แสดงปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำของน้ำในดิน เดือนกรกฎาคม

โมเดล	ชั้นดิน (DO: mg/l)			ชั้นทราย (DO: mg/l)	
	ดินชั้น 1	ดินชั้น 2	ดินชั้น 3	ทรายชั้น 1	ทรายชั้น 2
M 1	4.89	7.56	6.91	5.87	6.85
M 2	6.88	6.81	6.27	5.64	5.14
M 3	7.19	5.23	6.59	6.73	7.80
M 4	5.73	6.96	7.50	6.80	6.01
M 5	7.72	6.70	7.25	6.14	5.82
M 6	6.34	7.55	7.41	7.22	4.36

ตาราง 4-10 แสดงปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำของน้ำในดิน เดือนสิงหาคม

โมเดล	ปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำ ในชั้นดิน (mg/l)			ปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำ ในชั้นทราย (mg/l)	
	ดินชั้น 1	ดินชั้น 2	ดินชั้น 3	ทรายชั้น 1	ทรายชั้น 2
M 1	6.32	7.63	6.78	6.24	5.44
M 2	5.13	7.20	6.25	5.37	5.57
M 3	5.56	5.80	7.60	5.96	7.25
M 4	5.34	6.39	6.04	5.40	4.86
M 5	6.99	7.11	6.66	3.56	6.84
M 6	4.07	7.66	4.19	5.88	6.41

จากการศึกษาปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (DO) ของน้ำในดิน เดือนกันยายน ดังแสดงในตาราง 4-11 โดยแบ่งชั้นดินเป็น 3 ชั้น และชั้นทราย 2 ชั้น พบว่าในดินชั้นที่ 1 โมเดล 1 มีค่า DO สูงที่สุด คือ 6.22 mg/l รองลงมาได้แก่ โมเดล 2 3 4 6 และ 5 มีค่า 5.53 5.28 5.13 4.18 และ 3.72 mg/l ดินชั้นที่ 2 พบว่า โมเดล 2 มีค่า DO สูงที่สุด คือ 6.40 mg/l รองลงมาได้แก่ โมเดล 3 5 1 6 และ 4 มีค่า 6.05 5.29 5.28 4.65 และ 3.52 mg/l ตามลำดับ ดินชั้นที่ 3 พบว่า โมเดล 3 มีค่า DO สูงที่สุด คือ 6.35 mg/l รองลงมาได้แก่ โมเดล 2 1 6 4 และ 5 มีค่า 5.93 4.46 4.21 4.10 และ 3.87 mg/l ตามลำดับ ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (DO) ของทรายชั้น 1 พบว่าโมเดล 1 มีค่า DO สูงที่สุด คือ 6.56 mg/l รองลงมาได้แก่ โมเดล 2 3 5 6 และ 4 มีค่า 6.02 5.80 4.77 3.72 และ 3.44 mg/l ตามลำดับ และทรายชั้น 2 พบว่าโมเดล 3 มีค่า DO สูงที่สุดคือ 5.90 mg/l รองลงมาได้แก่ โมเดล 1 6 5 4 และ 2 มีค่า 4.47 4.33 3.97 3.51 และ 3.21 mg/l ตามลำดับ

ตาราง 4-11 แสดงปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำของน้ำในดิน เดือนกันยายน

โมเดล	ปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำ			ปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำ	
	ในชั้นดิน (mg/l)			ในชั้นทราย (mg/l)	
	ดินชั้น 1	ดินชั้น 2	ดินชั้น 3	ทรายชั้น 1	ทรายชั้น 2
M 1	6.22	5.28	4.46	6.56	4.47
M 2	5.53	6.40	5.93	6.02	3.21
M 3	5.28	6.05	6.35	5.80	5.90
M 4	5.13	3.52	4.10	3.44	3.51
M 5	3.72	5.29	3.87	4.77	3.97
M 6	4.18	4.65	4.21	3.72	4.33

จากการศึกษาค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) น้ำในดินของเดือน กรกฎาคม ดังแสดงตาราง 4-12 โดยแบ่งชั้นดินเป็น 3 ชั้น และชั้นทราย 2 ชั้น พบว่าในดินชั้นที่ 1 โมเดล 2 มีค่า pH สูงที่สุด คือ 7.54 รองลงมาได้แก่ โมเดล 3 6 1 5 และ 4 มีค่า 7.39 7.24 7.03 6.81 และ 6.76 ดินชั้นที่ 2 พบว่า โมเดล 4 มีค่า pH สูงที่สุด คือ 7.28 รองลงมาได้แก่ โมเดล 6 2 1 5 และ 3 มีค่า 7.14 6.98 6.85 6.83 และ 6.12 ตามลำดับ ดินชั้น

ที่ 3 พบว่า โมเดล 6 มีค่า pH สูงที่สุด คือ 7.63 รองลงมาได้แก่ โมเดล 4 2 5 3 และ 1 มีค่า 7.22 6.84 6.82 6.57 และ 6.56 ตามลำดับ

ปริมาณค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) น้ำในดินของทรายชั้น 1 พบว่าโมเดล 5 มีค่า pH สูงที่สุด คือ 7.34 รองลงมาได้แก่ โมเดล 2 6 1 3 และ 4 มีค่า 7.02 6.75 6.74 6.55 และ 6.09 ตามลำดับ และ ทรายชั้น 2 พบว่าโมเดล 3 มีค่า pH สูงที่สุดคือ 7.56 รองลงมาได้แก่ โมเดล 5 2 4 1 และ 6 มีค่า 7.33 7.12 7.08 7.05 และ 7.04 ตามลำดับ

ตาราง 4-12 แสดงค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) น้ำในดินของเดือน กรกฎาคม

โมเดล	ชั้นดิน			ชั้นทราย	
	ดินชั้น 1	ดินชั้น 2	ดินชั้น 3	ทรายชั้น 1	ทรายชั้น 2
M 1	7.03	6.85	6.56	6.74	7.05
M 2	7.54	6.98	6.84	7.02	7.12
M 3	7.39	6.12	6.57	6.55	7.56
M 4	6.76	7.28	7.22	6.09	7.08
M 5	6.81	6.83	6.82	7.34	7.33
M 6	7.24	7.14	7.63	6.75	7.04

จากการศึกษาค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) น้ำในดินของเดือน สิงหาคม ดังแสดงตาราง 4-13 โดยแบ่งชั้นดินเป็น 3 ชั้น และชั้นทราย 2 ชั้น พบว่าในดินชั้นที่ 1 โมเดล 3 มีค่า pH สูงที่สุด คือ 7.95 รองลงมาได้แก่ โมเดล 6 2 1 5 และ 4 มีค่า 7.40 7.38 7.29 6.77 และ 6.68 ดินชั้นที่ 2 พบว่า โมเดล 1 มีค่า pH สูงที่สุด คือ 7.99 รองลงมาได้แก่ โมเดล 2 6 4 3 และ 5 มีค่า 7.57 7.34 7.30 6.96 6.34 ตามลำดับ ดินชั้นที่ 3 พบว่า โมเดล 5 มีค่า pH สูงที่สุด คือ 8.36 รองลงมาได้แก่ โมเดล 2 4 3 1 และ 6 มีค่า 7.74 7.70 7.47 7.04 และ 7.03 ตามลำดับ

ปริมาณค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) น้ำในดินของทรายชั้น 1 พบว่าโมเดล 5 มีค่า pH สูงที่สุด คือ 7.74 รองลงมาได้แก่ โมเดล 2 6 3 4 และ 1 มีค่า 7.36 7.21 7.10 6.72 และ 6.58 ตามลำดับ และทรายชั้น 2 พบว่าโมเดล 6 มีค่า pH สูงที่สุดคือ 7.65 รองลงมาได้แก่ โมเดล 1 3 2 5 และ 4 มีค่า 7.44 7.26 7.14 7.08 และ 6.72 ตามลำดับ

ตาราง 4-13 แสดงค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) น้ำในดินของเดือน สิงหาคม

โมเดล	ชั้นดิน			ชั้นทราย	
	ดินชั้น 1	ดินชั้น 2	ดินชั้น 3	ทรายชั้น 1	ทรายชั้น 2
M 1	7.29	7.99	7.04	6.58	7.44
M 2	7.38	7.57	7.74	7.36	7.14
M 3	7.95	6.96	7.47	7.10	7.26
M 4	6.68	7.30	7.70	6.72	6.72
M 5	6.77	6.34	8.36	7.74	7.08
M 6	7.40	7.34	7.03	7.21	7.65

จากการศึกษาค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) น้ำในดินของเดือน กันยายน ดังแสดงตาราง 4-14 โดยแบ่งชั้นดินเป็น 3 ชั้น และชั้นทราย 2 ชั้น พบว่าในดินชั้นที่ 1 โมเดล 1 มีค่า pH สูงที่สุด คือ 7.97 รองลงมาได้แก่ โมเดล 6 2 4 3 และ 5 มีค่า 7.24 7.13 6.82 6.73 และ 6.72 ดินชั้นที่ 2 พบว่า โมเดล 1 มีค่า pH สูงที่สุด คือ 8.10 รองลงมาได้แก่ โมเดล 3 2 6 4 และ 5 มีค่า 7.12 8.08 6.88 6.87 และ 6.14 ตามลำดับ ดินชั้นที่ 3 พบว่า โมเดล 2 มีค่า pH สูงที่สุด คือ 8.08 รองลงมาได้แก่ โมเดล 5 1 3 6 และ 4 มีค่า 7.53 7.22 7.12 6.88 และ 6.87 ตามลำดับ

ปริมาณค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) น้ำในดินของทรายชั้น 1 พบว่าโมเดล 2 มีค่า pH สูงที่สุด คือ 7.57 รองลงมาได้แก่ โมเดล 1 3 6 4 และ 5 มีค่า 7.53 7.04 7.02 6.68 และ 6.41 ตามลำดับ และทรายชั้น 2 พบว่าโมเดล 2 มีค่า pH สูงที่สุดคือ 7.57 รองลงมาได้แก่ โมเดล 1 3 6 4 และ 5 มีค่า 7.57 7.04 7.02 6.41 และ 6.41 ตามลำดับ

ตาราง 4-14 แสดงค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) น้ำในดินของเดือน กันยายน

โมเดล	ชั้นดิน			ชั้นทราย	
	ดินชั้น 1	ดินชั้น 2	ดินชั้น 3	ทรายชั้น 1	ทรายชั้น 2
M 1	7.97	8.10	7.22	7.65	7.53
M 2	7.13	7.34	8.08	7.49	7.57
M 3	6.73	7.48	7.12	6.89	7.04

M 4	6.82	7.10	6.87	6.40	6.68
M 5	6.72	6.14	7.53	7.52	6.41
M 6	7.24	7.25	6.88	6.68	7.02

การศึกษาค่าการนำไฟฟ้าของน้ำในดิน เดือนกรกฎาคม ดังแสดงตาราง 4-15 ในดิน 3 ชั้น และชั้นทราย 2 จากการศึกษ พบว่า ในดินชั้นที่ 1 มีค่าอยู่ในช่วง 350-1,957 มิลลิกรัม/ลิตร สูงสุดในโมเดล 6 คือ 1,957 มิลลิกรัม/ลิตร รองลงมาเป็นโมเดล 4 โมเดล 3 โมเดล 1 โมเดล 2 และ โมเดล 5 มีค่า 1,012 927 909 560 และ 350 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ ดินชั้นที่ 2 มีค่าอยู่ในช่วง 831-2,280 มิลลิกรัม/ลิตร สูงสุดในโมเดล 6 รองลงมาเป็นโมเดล 2 โมเดล 5 โมเดล 3 โมเดล 4 และโมเดล 1 มีค่า 1,260 1,170 1,090 900 และ 831 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ และดินชั้นที่ 3 มีค่าอยู่ในช่วง 637-908 มิลลิกรัม/ลิตร สูงสุดในโมเดล 2 รองลงมาเป็นโมเดล 5 โมเดล 1 โมเดล 3 โมเดล 6 และโมเดล 4 มีค่า 834 825 773 726 และ 637 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ

การศึกษปริมาณธาตุหลักในชั้นทราย 2 ชั้นของน้ำในดิน พบว่า ทรายชั้นที่ 1 มีค่าอยู่ในช่วง 598-1,430 มิลลิกรัม/ลิตร สูงสุดในโมเดล 6 รองลงมาเป็นโมเดล 2 โมเดล 5 โมเดล 3 โมเดล 4 และ โมเดล 1 มีค่า 804 776 702 668 และ 598 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ ทรายชั้นที่ 2 มีค่าอยู่ในช่วง 218-310 มิลลิกรัม/ลิตร สูงสุดในโมเดล 4 รองลงมาเป็นโมเดล 5 โมเดล 1 โมเดล 6 โมเดล 3 และ โมเดล 2 มีค่า 246 243 241 234 และ 218 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ

ตาราง 4-15 แสดงค่าการนำไฟฟ้าน้ำในดินของเดือน กรกฎาคม

โมเดล	ค่าการนำไฟฟ้าในชั้นดิน			ค่าการนำไฟฟ้าในชั้นทราย	
	(μs/cm)			(μs/cm)	
	ดินชั้น 1	ดินชั้น 2	ดินชั้น 3	ทรายชั้น 1	ทรายชั้น 2
M 1	909	831	825	598	243
M 2	560	1260	908	804	218
M 3	927	1090	773	702	234
M 4	1012	900	637	668	310
M 5	350	1170	834	776	246
M 6	1957	2280	726	1430	241

การศึกษาค่าการนำไฟฟ้าของน้ำในดิน เดือน สิงหาคม ดังแสดงในตาราง 4-16 ในดิน 3 ชั้น และชั้นทราย 2 จากการศึกษ พบว่า ในดินชั้นที่ 1 มีค่าอยู่ในช่วง 503-2,320 มิลลิกรัม/ลิตร สูงสุดในโมเดล 6 คือ 2,320 มิลลิกรัม/ลิตร รองลงมาเป็นโมเดล 3 โมเดล 2 โมเดล 1 โมเดล 4 และ โมเดล 5 มีค่า 1,215 887 804 584 และ 503 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ ดินชั้นที่ 2 มีค่าอยู่ในช่วง 265-3,975 มิลลิกรัม/ลิตร สูงสุดในโมเดล 6 รองลงมาเป็นโมเดล 3 โมเดล 4 โมเดล 1 โมเดล 2 และโมเดล 5 มีค่า 1,830 1,190 1,100 758 และ 265 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ และดินชั้นที่ 3 มีค่าอยู่ในช่วง 376-1,050 มิลลิกรัม/ลิตร สูงสุดในโมเดล 2 รองลงมาเป็นโมเดล 5 โมเดล 1 โมเดล 4 โมเดล 3 และ โมเดล 6 มีค่า 970 915 699 611 และ 376 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ

การศึกษาค่าการนำไฟฟ้าในชั้นทราย 2 ชั้นของน้ำในดิน พบว่า ทรายชั้นที่ 1 มีค่าอยู่ในช่วง 635-3,400 มิลลิกรัม/ลิตร สูงสุดในโมเดล 2 รองลงมาเป็นโมเดล 6 โมเดล 4 โมเดล 5 โมเดล 1 และโมเดล 3 มีค่า 1,105 739 684 670 และ 635 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ และทรายชั้นที่ 2 มีค่าอยู่ในช่วง 228-412 มิลลิกรัม/ลิตร สูงสุดในโมเดล 4 รองลงมาเป็นโมเดล 3 โมเดล 5 โมเดล 1 โมเดล 2 และ โมเดล 6 มีค่า 340 325 284 271 และ 228 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ

ตาราง 4-16 แสดงค่าการนำไฟฟ้า (EC:µs/cm) น้ำในดินของเดือน สิงหาคม

โมเดล	ค่าการนำไฟฟ้าในชั้นดิน			ค่าการนำไฟฟ้าในชั้นทราย(µs/cm)	
	(µs/cm)			ทรายชั้น 1	ทรายชั้น 2
	ดินชั้น 1	ดินชั้น 2	ดินชั้น 3		
M 1	804	1100	915	670	284
M 2	887	758	1050	3400	271
M 3	1215	1830	611	635	340
M 4	584	1190	699	739	412
M 5	503	265	970	684	325
M 6	2320	3975	376	1105	228

การศึกษาค่าการนำไฟฟ้าของน้ำในดิน เดือนกันยายน ดังแสดงในตาราง 4-17 ในดิน 3 ชั้น และชั้นทราย 2 จากการศึกษ พบว่า ในดินชั้นที่ 1 มีค่าอยู่ในช่วง 318-1,006 มิลลิกรัม/ลิตร สูงสุดในโมเดล 6 คือ 1,006 มิลลิกรัม/ลิตร รองลงมาเป็นโมเดล 5 โมเดล 1 โมเดล 2 โมเดล 3 และ โมเดล 4 มีค่า 710 574 391 390 และ 318 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ ดินชั้นที่ 2 มีค่าอยู่ในช่วง 497-1,800 มิลลิกรัม/ลิตร สูงสุด

ในโมเดล 4 รองลงมาเป็นโมเดล 1 โมเดล 3 โมเดล 6 โมเดล 5 และ โมเดล 2 มีค่า 1,290 1,098 795 568 และ 497 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ ดินชั้นที่ 3 มีค่าอยู่ในช่วง 448-1,470 มิลลิกรัม/ลิตร สูงสุดในโมเดล 1 รองลงมาเป็นโมเดล 2 โมเดล 5 โมเดล 4 โมเดล 3 และ โมเดล 6 มีค่า 1,160 1,130 659 516 และ 448 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ

การศึกษาปริมาณธาตุหลักในชั้นทราย 2 ชั้นของน้ำในดิน พบว่า ทรายชั้นที่ 1 มีค่าอยู่ในช่วง 661-950 มิลลิกรัม/ลิตร สูงสุดในโมเดล 6 รองลงมาเป็นโมเดล 5 โมเดล 4 โมเดล 3 โมเดล 2 และ โมเดล 1 มีค่า 795 738 689 664 และ 661 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ ทรายชั้นที่ 2 มีค่าอยู่ในช่วง 415-598 มิลลิกรัม/ลิตร สูงสุดในโมเดล 2 คือ 598 มิลลิกรัม/ลิตร รองลงมาเป็นโมเดล 5 โมเดล 4 โมเดล 3 โมเดล 1 และ โมเดล 6 มีค่า 587 586 479 478 และ 415 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ

ตาราง 4-17 แสดงค่าการนำไฟฟ้า (EC:µs/cm) น้ำในดินของเดือน กันยายน

โมเดล	ค่าการนำไฟฟ้าในชั้นดิน (µs/cm)			ค่าการนำไฟฟ้าในชั้นทราย(µs/cm)	
	ดินชั้น 1	ดินชั้น 2	ดินชั้น 3	ทรายชั้น 1	ทรายชั้น 2
M 1	574	1,290	1,470	661	478
M 2	391	497	1,160	664	598
M 3	390	1,098	516	689	479
M 4	318	1,800	659	738	586
M 5	710	568	1,130	795	587
M 6	1,006	795	448	950	415

การศึกษาปริมาณธาตุหลักของน้ำในดิน (ดังแสดงตาราง 4-18) โดยทำการศึกษาน้ำในดิน 3 ชั้น และในทราย 2 ชั้น จากการศึกษา พบว่า ในดินชั้นที่ 1 มีค่าอยู่ในช่วง 0.12-5.64 มิลลิกรัม/ลิตร สูงสุดในโมเดล 3 คือ 5.64 มิลลิกรัม/ลิตร รองลงมาเป็นโมเดล 2 โมเดล 1 โมเดล 5 โมเดล 4 และ โมเดล 6 มีค่า 5.26 5.12 4.90 4.80 และ 0.12 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ ดินชั้นที่ 2 มีค่าอยู่ในช่วง 0.92-5.72 มิลลิกรัม/ลิตร สูงสุดในโมเดล 3 คือ 5.72 มิลลิกรัม/ลิตร รองลงมาเป็นโมเดล 1 โมเดล 5 โมเดล 4 โมเดล 2 และ โมเดล 6 มีค่า 5.44 5.26 4.68 4.36 และ 0.92 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ และดินชั้นที่ 3 มีค่าอยู่ในช่วง 0.46-5.94 มิลลิกรัม/ลิตร สูงสุดในโมเดล 3 คือ 5.94 มิลลิกรัม/ลิตร รองลงมาเป็นโมเดล 5 โมเดล 1 โมเดล 2 โมเดล 4 และ โมเดล 6 มีค่า 5.52 5.48 5.36 4.86 และ 0.46 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ

การศึกษาปริมาณธาตุเหล็กในชั้นทราย 2 ชั้นของน้ำในดิน พบว่า ทรายชั้นที่ 1 มีค่าอยู่ในช่วง 1.22-5.94 มิลลิกรัม/ลิตร สูงสุดในโมเดล 2 คือ 5.94 มิลลิกรัม/ลิตร รองลงมาเป็นโมเดล 5 โมเดล 4 โมเดล 1 โมเดล 3 และโมเดล 6 มีค่า 5.56 5.38 5.34 4.62 และ 1.22 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ และทราย ชั้นที่ 2 มีค่าอยู่ในช่วง 1.28-5.54 มิลลิกรัม/ลิตร สูงสุดในโมเดล 3 คือ 5.54 มิลลิกรัม/ลิตร รองลงมาเป็นโมเดล 1 โมเดล 4 โมเดล 2 โมเดล 5 และ โมเดล 6 มีค่า 5.42 4.30 4.18 1.98 และ 1.28 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ

ตาราง 4-18 แสดงปริมาณธาตุเหล็กของน้ำในดิน

โมเดล	Fe ในชั้นดิน (mg/l)			Fe ในชั้นทราย (mg/l)	
	ดินชั้น 1	ดินชั้น 2	ดินชั้น 3	ทรายชั้น 1	ทรายชั้น 2
M 1	5.12	5.44	5.48	5.34	5.42
M 2	5.26	4.36	5.36	5.94	4.18
M 3	5.64	5.72	5.94	4.62	5.54
M 4	4.80	4.68	4.86	5.38	4.30
M 5	4.90	5.26	5.52	5.56	1.98
M 6	0.12	0.92	0.46	1.22	1.28

3) การศึกษาคุณภาพน้ำใต้ดิน

การศึกษาคุณภาพน้ำใต้ดิน ในโมเดลข้าว ในเดือน กรกฎาคม 2551 ถึง มกราคม 2552 ได้ผลการศึกษาดังนี้

การศึกษาปริมาณธาตุเหล็ก ของน้ำใต้ดิน ในเดือนกันยายน-ตุลาคม (ตาราง 4-19) มีค่าอยู่ในช่วง 14.94 – 17.86 มิลลิกรัม/ลิตร โดยมีค่าสูงสุดในโมเดล 4 คือ 17.86 มิลลิกรัม/ลิตร รองลงมาเป็นโมเดล 5 โมเดล 2 โมเดล 6 โมเดล 3 และ โมเดล 1 มีค่า 17.08 16.74 16.64 15.04 และ 14.96 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ เดือนสิงหาคม มีค่าอยู่ในช่วง 14.38 – 18.19 มิลลิกรัม/ลิตร สูงสุดในโมเดล 6 คือ 18.19 มิลลิกรัม/ลิตร รองลงมาเป็นโมเดล 2 โมเดล 5 โมเดล 3 โมเดล 4 และ โมเดล 1 มีค่า 16.77 16.01 15.88 14.87 และ 14.38 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ และในเดือนตุลาคม มีค่าอยู่ในช่วง 9.73 – 20.70 มิลลิกรัม/ลิตร สูงสุดในโมเดล 1 คือ 20.70 มิลลิกรัม/ลิตร รองลงมาเป็นโมเดล 4 โมเดล 2 โมเดล 5 โมเดล 6 และ โมเดล 3 มีค่า 19.33 18.53 15.46 10.81 และ 9.73 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ

ตาราง 4-19 แสดงปริมาณธาตุเหล็ก ของน้ำใต้ดินในเดือนกันยายน-ตุลาคม

โมเดล	ปริมาณธาตุเหล็ก ในน้ำใต้ดิน (Fe^{2+} : mg/l)		
	กันยายน	สิงหาคม	ตุลาคม
M 1	14.94	14.38	20.70
M 2	16.74	16.77	18.53
M 3	15.04	15.88	9.73
M 4	17.86	14.87	19.33
M 5	17.08	16.01	15.46
M 6	16.64	18.19	10.81

4.3 การศึกษาการเจริญเติบโตและผลผลิตข้าวในโมเดล

การศึกษาการเจริญเติบโตและผลผลิตข้าวในโมเดล ในเดือน กรกฎาคม 2551 ถึง มกราคม 2552 ได้ผลการศึกษา ดังนี้

การศึกษาการเจริญของต้นข้าวในโมเดล (ดังแสดงในตาราง 4-20) ได้ศึกษาจำนวนใบ ความสูง การแตกกอ และความยาวของรากข้าว จากการศึกษานี้พบว่า โดยทำการศึกษาในต้นหลักของข้าว พบว่า ในโมเดล 3 มีจำนวนใบมากที่สุด คือ 22 ใบ รองลงมาเป็นโมเดล 1 โมเดล 5 และ โมเดล 6 คือ 21 ใบ และ น้อยที่สุดในโมเดล 2 และ โมเดล 4 คือ 20 ใบ

ความสูงต้นหลักของข้าว พบว่าโมเดล 5 มีความสูงมากที่สุด คือ 185 เซนติเมตร รองลงมา เป็น โมเดล 2 โมเดล 1 โมเดล 4 โมเดล 6 และ โมเดล 3 มีความสูงของต้นหลัก คือ 168 165 163 และ 157 เซนติเมตร ตามลำดับ

การแตกกอของต้นข้าว ที่เจริญในโมเดลโดยนับจำนวนต้นข้าวใน 1 กอ พบว่า M5 มีการแตกกอของต้นข้าวสูงสุด คือ 18 ต้น/กอ รองลงมาเป็น โมเดล 6 โมเดล 3 โมเดล 2 โมเดล 1 และ โมเดล 4 การแตกกอของต้นข้าว คือ 17 16 14 13 และ 11 ต้น/กอ ตามลำดับ

การศึกษาความยาวของรากข้าว พบว่า โมเดล 5 มีความยาวของรากข้าวมากที่สุด คือ 57 เซนติเมตร รองลงมาเป็น โมเดล 6 โมเดล 4 โมเดล 2 โมเดล 3 และโมเดล 1 โดยมีความยาวของรากข้าว คือ 51 43 40 และ 34 เซนติเมตร ตามลำดับ

ตาราง 4-20 แสดงผลการเจริญเติบโตของต้นข้าว

โมเดล	การเจริญเติบโตของต้นข้าว			
	จำนวนใบต้นหลัก	ความสูงต้นหลัก	จำนวนต้นข้าวที่แตกกอ	ความยาวราก

	(ใบ)	(ชม.)	(ตัน/กอ)	(ชม.)
M 1	21	165	13	34
M 2	20	168	14	43
M 3	22	157	16	40
M 4	20	165	11	51
M 5	21	185	18	57
M 6	21	163	17	51

การศึกษาปริมาณผลผลิตในโมเดลข้าว (ตาราง 4-21) โดยการศึกษาน้ำหนักเมล็ดข้าว พบว่า น้ำหนักเมล็ดข้าว ในโมเดล 3 มีน้ำหนักต่อกอสูงสุด คือ 31.19 กรัม/กอ รองลงมาเป็นโมเดล 6 โมเดล 2 โมเดล 1 โมเดล 5 และโมเดล 4 คือ 28.66 27.56 23.69 22.63 และ 18.89 กรัม/กอ ตามลำดับ ปริมาณผลผลิตข้าวโดยศึกษาน้ำหนักเมล็ดข้าวต่อต้น พบว่า โมเดล 6 มีปริมาณน้ำหนักเมล็ดข้าวต่อต้นสูงสุด คือ 2.12 กรัม/ต้น รองลงมาเป็นโมเดล 3 โมเดล 2 โมเดล 4 โมเดล 1 และ โมเดล 5 คือ 2.06 1.97 1.91 1.90 และ 1.48 กรัม/ต้น ตามลำดับ

ตาราง 4-21 แสดงปริมาณผลผลิตของต้นข้าว

โมเดล	ผลผลิต	
	ปริมาณข้าว (กรัม/กอ)	ปริมาณข้าวเฉลี่ย (กรัม/ต้น)
M 1	23.69	1.90
M 2	27.56	1.97
M 3	31.19	2.06
M 4	18.89	1.91
M 5	22.62	1.48
M 6	28.66	2.12

การศึกษาปริมาณของโลหะหนักในรากข้าว ดังแสดงตาราง 4-22 โดยทำการศึกษาปริมาณ เหล็ก ทองแดง และแคดเมียม จากการศึกษาปริมาณเหล็ก พบว่ามีค่าอยู่ในช่วง 225.57 – 419.65 มิลลิกรัม/ลิตร มีค่าสูงสุด ในโมเดล 5 และต่ำสุดในโมเดล 6 ปริมาณทองแดง มีค่าอยู่ในช่วง 0.125 – 0.175 มิลลิกรัม/ลิตร มีค่าสูงสุด ในโมเดล 4 และต่ำสุดในโมเดล 2 และปริมาณแคดเมียม มีค่าอยู่ในช่วง 0.010 – 0.020 มิลลิกรัม/ลิตร มีค่าสูงสุด ในโมเดล 4 และต่ำสุดในโมเดล 1

ตาราง 4-22 แสดงปริมาณเฉลี่ยของโลหะหนักในรากข้าว (Fe, Cu, Cd: mg/l) ในแต่ละโมเดล

โมเดล	ปริมาณเฉลี่ยของโลหะหนักในรากข้าว (mg/l)		
	Fe	Cu	Cd
M 1	263.29	0.145	0.010
M 2	288.52	0.125	0.020
M 3	408.71	0.165	0.015
M 4	284.28	0.175	0.020
M 5	419.65	0.140	0.015
M 6	225.57	0.150	0.015

การศึกษาปริมาณของโลหะหนักในเมล็ดข้าว ดังแสดงตาราง 4-23 โดยทำการศึกษาปริมาณ เหล็ก ทองแดง แคดเมียม และตะกั่ว จากการศึกษาปริมาณเหล็ก พบว่ามีค่าอยู่ในช่วง 0.46 - 0.72 มิลลิกรัม/ลิตร มีค่าสูงสุด ในโมเดล 6 และต่ำสุดในโมเดล 5 ปริมาณทองแดง มีค่าอยู่ในช่วง 0.05 – 0.08 มิลลิกรัม/ลิตร มีค่าสูงสุด ในโมเดล 5 และต่ำสุดในโมเดล 1 ปริมาณแคดเมียม มีค่าอยู่ในช่วง 0.13 – 0.15 มิลลิกรัม/ลิตร มีค่าสูงสุด ในโมเดล 2 และต่ำสุดในโมเดล 4 และปริมาณตะกั่ว มีค่าอยู่ในช่วง 1.47 – 1.52 มิลลิกรัม/ลิตร มีค่าสูงสุด ในโมเดล 2 และต่ำสุดในโมเดล 3

ตาราง 4-23 แสดงปริมาณเฉลี่ยของโลหะหนักในเมล็ดข้าว (Fe, Cu, Cd, Pb : mg/l) ในแต่ละโมเดล

โมเดล	ปริมาณเฉลี่ยของโลหะหนักในเมล็ดข้าว (mg/l)			
	Fe	Cu	Cd	Pb
M 1	0.58	0.05	0.14	1.5 1
M 2	0.54	0.07	0.15	1.52
M 3	0.52	0.07	0.14	1.47
M 4	0.52	0.07	0.13	1.48
M 5	0.46	0.08	0.14	1.49
M 6	0.72	0.07	0.14	1.50

- ด้านคุณสมบัติทางกายภาพของดิน
- คุณภาพน้ำ
- ศึกษาการเจริญเติบโตของข้าว

จากการศึกษาพื้นที่น้ำขังน้ำในพื้นที่รอบกว๊านพะเยา ซึ่งแบ่งผลการศึกษาออกเป็น 3 ด้าน ได้แก่
1) ด้านคุณสมบัติทาง กายภาพของดิน 2) คุณภาพน้ำ และ3) ศึกษาการเจริญเติบโตของข้าว

5.1 ด้านคุณสมบัติทาง กายภาพของดิน

การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของดินในแปลงนาบริเวณพื้นที่ชุ่มน้ำกว๊านพะเยา ได้ผลการศึกษา ดังนี้

จากการตรวจวัดค่าศักย์ความดันของแปลงนา ที่ระดับ 10-85 เซนติเมตร จากผิวดิน (ตาราง 5-1) พบว่า ค่าศักย์ความดันมีค่าเพิ่มขึ้นตามระดับความลึกของชั้นดิน ดังนี้ ที่ระดับ 10 เซนติเมตร คือ -4 ถึง 2 เซนติเมตร ที่ระดับความลึก 20 เซนติเมตรจากผิวดิน คือ 2 ถึง 8 เซนติเมตร ที่ระดับความลึก 30 เซนติเมตร จากผิวดิน คือ 8.5 ถึง 23 เซนติเมตร ที่ระดับความลึก 55 เซนติเมตร จากผิวดิน คือ 38 ถึง 48 เซนติเมตร และที่ระดับความลึก 85 เซนติเมตร จากผิวดิน คือ 72 ถึง 75 เซนติเมตร

ตาราง 5-1 แสดงค่าศักย์ความดันของแปลงนาที่ระดับ 10-85 เซนติเมตร จากผิวดินในพื้นที่ศึกษา

ระดับ พื้นที่ศึกษา	10 cm	20 cm	30 cm	50 cm	80 cm
แปลงนา 1	-1	8	8.5	46	74
แปลงนา 2	2	5	15	38	72
แปลงนา 3	1	6	21	48	75
แปลงนา 4	-4	2	23	45	72

จากการศึกษาอัตราส่วนของความต้องการน้ำ (water requirement rate) (ตาราง 5-2) ของพื้นที่ขังน้ำเพื่อปลูกข้าว บอกถึงความสามารถในการไหลซึมผ่าน (percolation rate) ของน้ำลงสู่เนื้อดินได้ และจากการศึกษาพบว่าในช่วงเดือนสิงหาคม แปลงนา 2 มีอัตราความต้องการน้ำมากที่สุด คือ 1.813 มิลลิลิตร/วัน ช่วงเดือนกันยายน แปลงนา 2 มีอัตราความต้องการน้ำมากที่สุด คือ 0.581 มิลลิลิตร/วัน และแปลงนา 4 มีอัตราความต้องการน้ำน้อยที่สุด คือ 0.291 มิลลิลิตร/วัน ช่วงเดือนตุลาคม แปลงนา 2 มีอัตราความต้องการน้ำมากที่สุด คือ 0.861 มิลลิลิตร/วัน และแปลงนา 4 มีอัตราความต้องการน้ำน้อยที่สุด คือ 0.173 มิลลิลิตร/วัน และช่วงเดือนธันวาคม แปลงนา 2 มีอัตราความต้องการน้ำมากที่สุด คือ 1.384 มิลลิลิตร/วัน และแปลงนา มี

อัตราความต้องการน้ำน้อยสุด คือ 0.527 มิลลิตร/วัน ซึ่งในเดือนสิงหาคม มีการใช้น้ำมากกว่าเดือนอื่นๆ ของการเพาะปลูก

ตาราง 5-2 แสดงอัตราส่วนของความต้องการน้ำ (water requirement rate: mm/day)

ในเดือน สิงหาคม-ธันวาคม

พื้นที่ศึกษา ช่วงเวลา	แปลงนา 1	แปลงนา 2	แปลงนา 3	แปลงนา 4
สิงหาคม	1.487	1.813	0.776	1.288
กันยายน	0.385	0.581	0.545	0.291
ตุลาคม	0.324	0.861	0.601	0.173
ธันวาคม	0.914	1.384	0.527	0.658

การศึกษาค่าความสามารถในการให้น้ำซึมผ่านของดิน (ตาราง 5-3) ในพื้นที่ศึกษาพบว่า แปลงนาที่มีค่าความสามารถในการให้น้ำซึมผ่านสูงสุดในแปลงนา 4 คือ 2.95×10^{-04} เซนติเมตร/วินาที รองลงมาเป็นแปลงนา 2 แปลงนา 3 และแปลงนา 1 มีค่า 2.95×10^{-04} , 1.39×10^{-04} และ 2.21×10^{-05} เซนติเมตร/วินาที ตามลำดับ และในบริเวณพื้นที่ด้านข้างของพื้นที่ศึกษา พบว่า บริเวณข้างแปลงนา 2 มีค่าความสามารถในการให้น้ำซึมผ่านสูงสุด คือ 3.10×10^{-04} เซนติเมตร/วินาที รองลงมาเป็นบริเวณข้างแปลงนา 1 คือ 2.00×10^{-04} เซนติเมตร/วินาที และน้อยสุดเป็นบริเวณด้านบนแปลงนา 1 และ 2 คือ 7.27×10^{-05} เซนติเมตร/วินาที

ตาราง 5-3 แสดงค่าความสามารถในการให้น้ำซึมผ่านของดิน

พื้นที่ศึกษา	ความสามารถในการให้น้ำซึมผ่าน (cm/s)
แปลงนา 1	2.21×10^{-05}
แปลงนา 2	2.95×10^{-04}
แปลงนา 3	1.39×10^{-04}
แปลงนา 4	2.97×10^{-04}
บนแปลงนา 1 และ 2	7.27×10^{-05}
ข้างแปลงนา 1	2.00×10^{-04}
ข้างแปลงนา 2	3.10×10^{-04}

การศึกษาค่าความสามารถในการให้น้ำซึมผ่านของดิน (ตาราง 5-4) ในพื้นที่ศึกษาพบว่า แปลงนาที่มีค่าความสามารถในการให้น้ำซึมผ่านสูงสุดในแปลงนา 1 คือ 8.765×10^{-04} เซนติเมตร/วินาที รองลงมาเป็นแปลงนา 3 แปลงนา 4 และแปลงนา 2 มีค่า 2.824×10^{-04} , 1.34×10^{-05}

ตาราง 5-4 แสดงค่าความสามารถในการให้น้ำซึมผ่านของดินที่ระดับ 0-5 เซนติเมตร

พื้นที่ศึกษา	ความสามารถในการให้น้ำซึมผ่าน (cm/s)
แปลงนา 1	8.765×10^{-04}
แปลงนา 2	1.05×10^{-05}
แปลงนา 3	2.824×10^{-04}
แปลงนา 4	1.34×10^{-05}

การศึกษาค่าความแข็งของดินในพื้นที่ศึกษา (ตาราง 5-5) ที่ระดับต่างๆ ของดิน คือ ผิวดิน, 0-5, 5-10, 10-15, 25-30 และ 45-50 เซนติเมตร จากผิวดิน พบว่าที่ผิวดิน แปลงนา 3 มีค่าความแข็งของดินสูงสุด คือ 167.85 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร รองลงมาเป็นแปลงนา 1 คือ 161.30 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร แปลงนา 2 คือ 155.65 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร และแปลงนา 4 มีค่าความแข็งของดินน้อยสุด คือ 70.16 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร

ระดับ 0-5 เซนติเมตร จากผิวดิน พบว่า แปลงนา 4 มีค่าความแข็งของดินสูงสุด คือ 224.10 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร รองลงมาเป็นแปลงนา 1 คือ 197.26 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร แปลงนา 2 คือ 192.03 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร และแปลงนา 3 มีค่าความแข็งของดินน้อยสุด คือ 154.06 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร

ระดับ 5-10 เซนติเมตร จากผิวดิน พบว่า แปลงนา 4 มีค่าความแข็งของดินสูงสุด คือ 244.78 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร รองลงมาเป็นแปลงนา 3 คือ 203.84 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร แปลงนา 1 คือ 188.76 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร และแปลงนา 2 มีค่าความแข็งของดินน้อยสุด คือ 164.19 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร

ระดับ 10-15 เซนติเมตร จากผิวดิน พบว่า แปลงนา 4 มีค่าความแข็งของดินสูงสุด คือ 446.22 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร รองลงมาเป็นแปลงนา 2 คือ 451.24 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร แปลงนา 3 คือ 330.29 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร และแปลงนา 1 มีค่าความแข็งของดินน้อยสุด คือ 315.14 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร

ระดับ 25-30 เซนติเมตร จากผิวดิน พบว่า แปลงนา 3 มีค่าความแข็งของดินสูงสุด คือ 368.46 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร รองลงมาเป็นแปลงนา 2 คือ 295.98 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร แปลงนา 4 คือ 287.41 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร และแปลงนา 1 มีค่าความแข็งของดินน้อยสุด คือ 184.62 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร

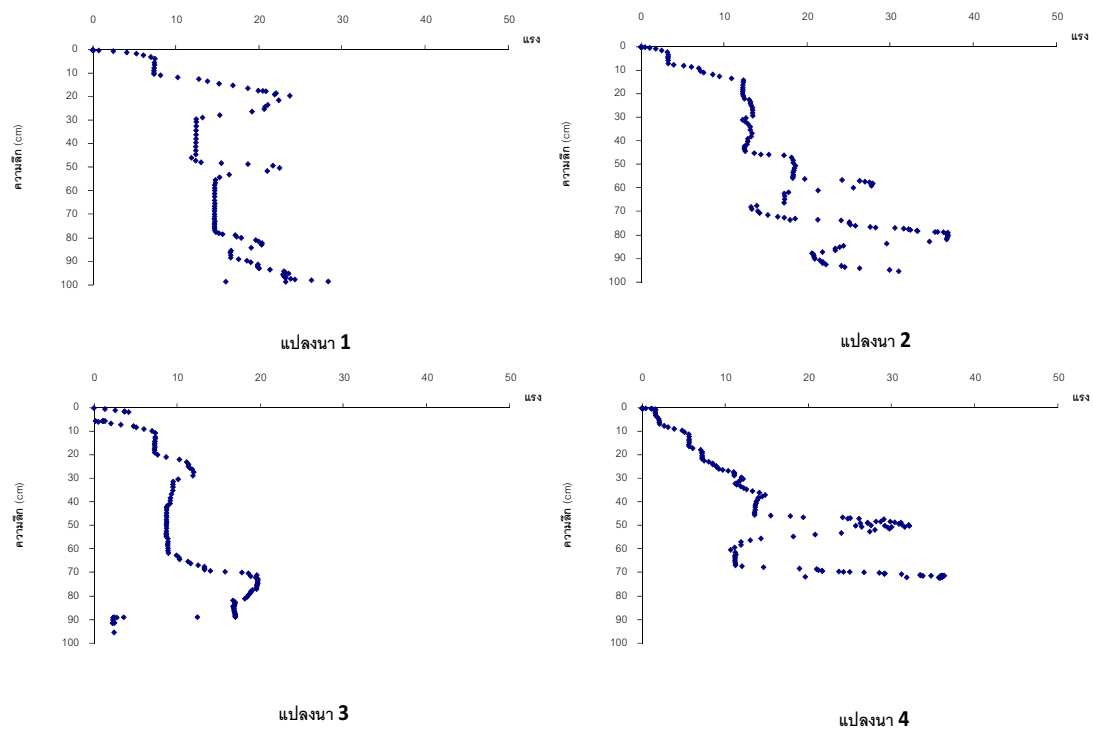
ระดับ 45-50 เซนติเมตร จากผิวดิน พบว่า แปลงนา 4 มีค่าความแข็งของดินสูงสุด คือ 342.05 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร รองลงมาเป็นแปลงนา 2 คือ 197.26 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร แปลงนา 3 คือ 161.30 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร และแปลงนา 1 มีค่าความแข็งของดินน้อยสุด คือ 130.61 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร

ตาราง 5-5 แสดงค่าความแข็งของดิน (kg/cm^3) ในพื้นที่ศึกษา

ระดับของดิน พื้นที่ศึกษา	ผิวดิน	0-5	5-10	10-15	25-30	45-50
แปลงนา 1	161.30	197.26	188.76	315.14	184.62	130.61
แปลงนา 2	155.65	192.03	164.19	451.24	295.98	197.26
แปลงนา 3	167.85	154.06	203.84	330.29	368.46	161.30
แปลงนา 4	70.16	224.10	244.78	446.22	287.41	342.05

จากการศึกษาค่าความแข็งของดินของแปลงนาในช่วงก่อนการปลูกข้าว (ภาพ 5-1) ตรวจสอบโดยใช้ cone penetrometer พบว่า ชั้นดินที่ระดับ 0-10 เซนติเมตร จากผิวดิน ในแปลงนา 1 มีค่าแรงกดสูงสุดอยู่ในช่วง 0.00-7.389 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร รองลงมาเป็นแปลงนา 3 มีค่าแรงกดอยู่ในช่วง 0.00-7.003 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร แปลงนา 4 มีค่าแรงกดอยู่ในช่วง 0.00-4.826 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร และแปลงนา 2 มีค่าแรงกดน้อยสุดอยู่ในช่วง 0.00-3.968 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร

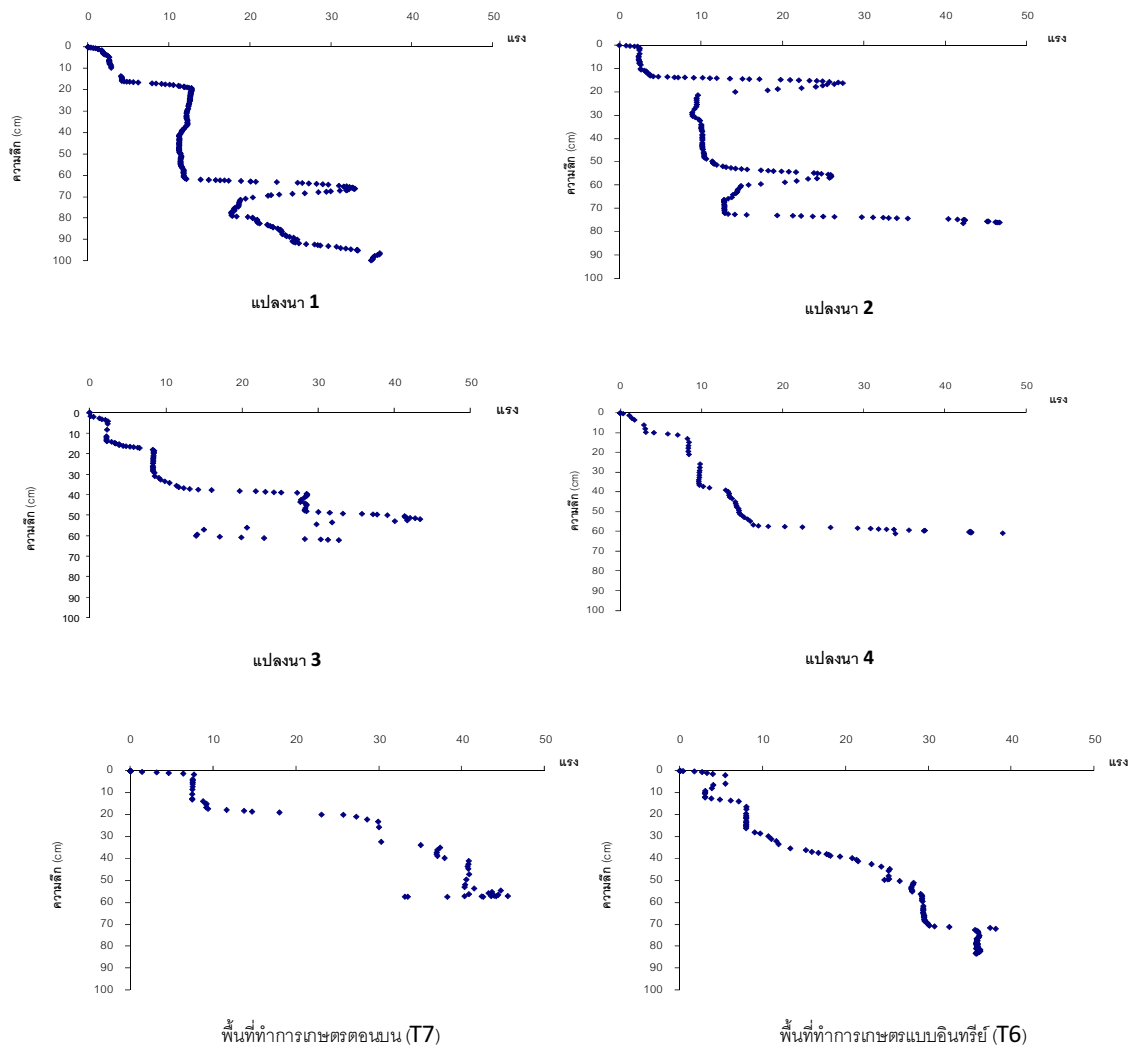
ส่วนที่ระดับ 10-50 เซนติเมตร จากผิวดิน แปลงนา 4 มีค่าแรงกดสูงสุดอยู่ในช่วง 5.116-32.141 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร รองลงมาเป็นแปลงนา 1 มีค่าแรงกดอยู่ในช่วง 7.400-23.744 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร แปลงนา 2 มีค่าแรงกดอยู่ในช่วง 5.180-13.674 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร และแปลงนา 3 มีค่าแรงกดน้อยสุดอยู่ในช่วง 7.400-12.022 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร



ภาพ 5-1 ค่าความแข็งแรงของดินในแปลงนา ตรวจโดยใช้ cone penetrometer ในช่วงก่อนปลูกข้าว

จากการศึกษาค่าความแข็งแรงของดินของแปลงนาในช่วงหลังการเก็บเกี่ยว (ภาพ 5-2) ตรวจสอบโดยใช้ cone penetrometer พบว่า ชั้นดินที่ระดับ 0-10 เซนติเมตร จากผิวดิน ในแปลงนา 4 มีค่าแรงกดสูงสุดอยู่ในช่วง 0.00-3.153 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร รองลงมาเป็นแปลงนา 1 มีค่าแรงกดอยู่ในช่วง 0.00-2.863 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร แปลงนา 2 มีค่าแรงกดอยู่ในช่วง 0.00-2.627 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร และแปลงนา 3 มีค่าแรงกدن้อยสุดอยู่ในช่วง 0.00-2.284 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร

ส่วนที่ระดับ 10-50 เซนติเมตร จากผิวดิน แปลงนา 3 มีค่าแรงกดสูงสุดอยู่ในช่วง 2.209-41.321 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร รองลงมาเป็นแปลงนา 2 มีค่าแรงกดอยู่ในช่วง 2.606-27.412 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร แปลงนา 4 มีค่าแรงกดอยู่ในช่วง 4.150-14.628 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร และแปลงนา 1 มีค่าแรงกدن้อยสุดอยู่ในช่วง 4.065-12.805 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร และในส่วน of พื้นที่ทำการเกษตรแบบอินทรีย์ (T6) ที่ระดับ 0-10 จากผิวดิน มีค่าแรงกดอยู่ในช่วง 0.00-3.065 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร ที่ระดับ 10-50 เซนติเมตร จากผิวดิน มีค่าแรงกดอยู่ในช่วง 3.035-26.554 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร ซึ่งค่าแรงกดในพื้นที่ทำการเกษตรแบบอินทรีย์ (T6) พบว่า มีค่าแรงกดที่ใกล้เคียงกันกับพื้นที่แปลงนาที่ใช้ในการศึกษา ซึ่งต่างจากพื้นที่ทำการเกษตรตอนบน (T7) ที่มีค่าแรงกดที่มากกว่าพื้นที่แปลงนาที่ใช้ในการศึกษาในแต่ละระดับของดิน คือ ที่ระดับ 0-10 จากผิวดิน มีค่าแรงกดอยู่ในช่วง 0.00-7.486 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร ที่ระดับ 10-50 เซนติเมตร จากผิวดิน มีค่าแรงกดอยู่ในช่วง 7.464-41.871 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร



ภาพ 5-2 ค่าความแข็งแรงของดินในแปลงนา ตรวจสอบโดยใช้ cone penetrometer ในช่วงหลังการเก็บเกี่ยว

จากการตรวจวัดอุณหภูมิดินในพื้นที่ศึกษา (ตาราง 5-6) พบว่า อุณหภูมิเฉลี่ยในพื้นที่ศึกษา อยู่ในช่วง 24.5-26.3 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิสูงสุดในแปลงนา 3 คือ 26.3 องศาเซลเซียส รองลงมาเป็นแปลงนา 4 คือ 25.7 องศาเซลเซียส แปลงนา 1 คือ 25 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิต่ำสุดในแปลงนา 2 คือ 24.5 องศาเซลเซียส

ตาราง 5-6 แสดงอุณหภูมิดินเฉลี่ย (°c) ในพื้นที่ศึกษา

พื้นที่ศึกษา	แปลงนา 1	แปลงนา 2	แปลงนา 3	แปลงนา 4
อุณหภูมิ	25	24.5	26.3	25.7

5.2 คุณภาพน้ำ

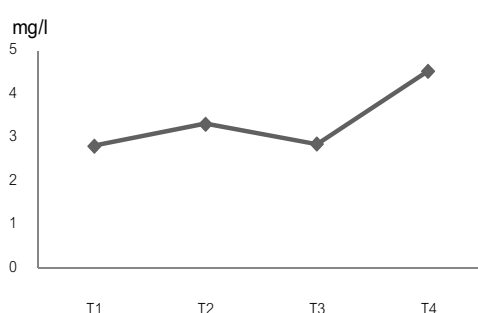
แบ่งออกเป็น น้ำผิวดินและน้ำใต้ดินในแปลงนาข้าว และพื้นที่การเกษตรรอบกว๊านพะเยา ดังนี้

5.2.1 คุณภาพน้ำผิวดินในแปลงนาข้าวทำการศึกษา ดังนี้ 1) ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ (Dissolved Oxygen; DO) 2) ค่าการนำไฟฟ้า (Conductivity; EC) 3) ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) 4) ปริมาณของแข็งแขวนลอยในน้ำ (Solid suspension: SS) และ 5) ปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ย่อยสลายสารอินทรีย์ (Biological Oxygen Demand; BOD) ดังนี้

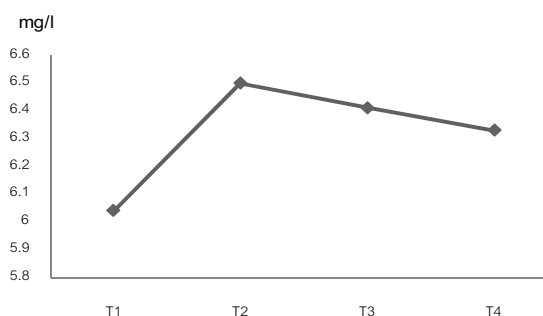
1) ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ (Dissolved Oxygen; DO) ในช่วงเดือนกรกฎาคม ดังนี้

จากภาพ 5-3 แสดงถึงค่าระดับออกซิเจนละลายน้ำ (Dissolved Oxygen; DO) ที่ได้จากการตรวจวัดตัวอย่างน้ำผิวดินในแปลงนาข้าวของวันที่ 7 กรกฎาคม 2551 จำนวน 4 แปลง พบว่าค่าระดับออกซิเจนละลายน้ำของแปลงนาข้าวที่ 4 (T4) มีค่าสูงที่สุดคือ 4.56 มิลลิกรัมต่อลิตร รองลงมาได้แก่ แปลงนาข้าวที่ 2 (T2) มีค่าระดับออกซิเจนละลายน้ำ คือ 3.33 มิลลิกรัมต่อลิตร แปลงนาข้าวที่ 3 (T3) มีค่าระดับออกซิเจนละลายน้ำ คือ 2.87 มิลลิกรัมต่อลิตร และแปลงนาข้าวที่ 1 (T1) มีค่าระดับออกซิเจนละลายน้ำ คือ 2.82 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ

จากภาพ 5-4 แสดงถึงค่าระดับออกซิเจนละลายน้ำจากการตรวจวัดตัวอย่างน้ำผิวดินในแปลงนาข้าวของวันที่ 11 กรกฎาคม 2551 จำนวน 4 แปลง พบว่าค่าระดับออกซิเจนละลายน้ำของแปลงนาข้าวที่ 2 (T2) มีค่าสูงที่สุดคือ 6.50 มิลลิกรัมต่อลิตร รองลงมาได้แก่ แปลงนาข้าวที่ 3 (T3) มีค่าระดับออกซิเจนละลายน้ำ คือ 6.41 มิลลิกรัมต่อลิตร แปลงนาข้าวที่ 4 (T4) มีค่าระดับออกซิเจนละลายน้ำ คือ 6.33 มิลลิกรัมต่อลิตร และแปลงนาข้าวที่ 1 (T1) มีค่าระดับออกซิเจนละลายน้ำ คือ 6.04 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ



ภาพ 5-3 แสดงค่า DO ของตัวอย่างน้ำผิวดิน
ในแปลงนาข้าว วันที่ 7 กรกฎาคม 2551



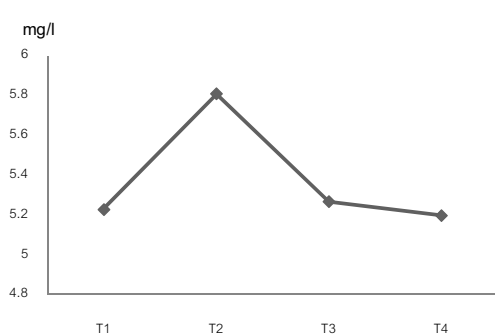
ภาพ 5-4 แสดงค่า DO ของตัวอย่างน้ำผิวดินในแปลงนา
ข้าว วันที่ 11 กรกฎาคม 2551

ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ (Dissolved Oxygen; DO) ในช่วงเดือนสิงหาคม ดังนี้

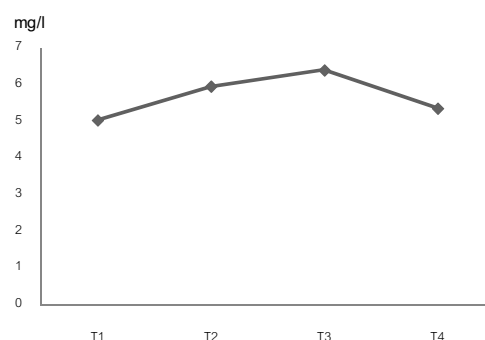
จากภาพ 5-5 แสดงถึงค่าระดับออกซิเจนละลายน้ำจากการตรวจวัดตัวอย่างน้ำผิวดินในแปลงนาข้าวของวันที่ 1 สิงหาคม 2551 จำนวน 4 แปลง พบว่าค่าระดับออกซิเจนละลายน้ำของแปลงนาข้าวที่ 2 (T2) มีค่าสูงที่สุดคือ 5.81 มิลลิกรัมต่อลิตร รองลงมาได้แก่ แปลงนาข้าวที่ 3 (T3) มีค่าระดับออกซิเจนละลายน้ำ

คือ 5.27 มิลลิกรัมต่อลิตร แปลงนาข้าวที่ 1 (T1) มีค่าระดับออกซิเจนละลายน้ำ คือ 5.23 มิลลิกรัมต่อลิตร และแปลงนาข้าวที่ 4 (T4) มีค่าระดับออกซิเจนละลายน้ำ คือ 5.20 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ

จากภาพ 5-6 แสดงถึงค่าระดับออกซิเจนละลายน้ำจากการตรวจวัดตัวอย่างน้ำผิวดินในแปลงนาข้าว ของวันที่ 22 สิงหาคม 2551 จำนวน 4 แปลง พบว่าค่าระดับออกซิเจนละลายน้ำของแปลงนาข้าวที่ 3 (T3) มีค่าสูงที่สุดคือ 6.40 มิลลิกรัมต่อลิตร รองลงมาได้แก่ แปลงนาข้าวที่ 2 (T2) มีค่าระดับออกซิเจนละลายน้ำ คือ 5.96 มิลลิกรัมต่อลิตร แปลงนาข้าวที่ 4 (T4) มีค่าระดับออกซิเจนละลายน้ำ คือ 5.36 มิลลิกรัมต่อลิตร และแปลงนาข้าวที่ 1 (T1) มีค่าระดับออกซิเจนละลายน้ำ คือ 5.04 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ



ภาพ 5-5 แสดงค่า DO ของตัวอย่างน้ำผิวดิน
ในแปลงนาข้าว วันที่ 1 สิงหาคม 2551

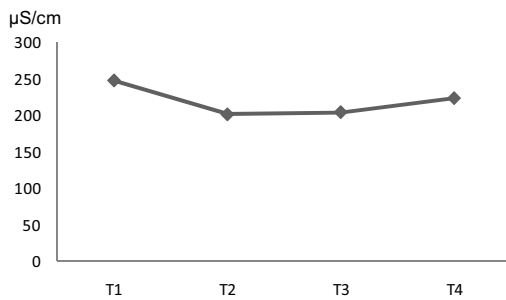


ภาพ 5-6 แสดงค่า DO ของตัวอย่างน้ำผิวดิน
ในแปลงนาข้าววันที่ 22 สิงหาคม 2551

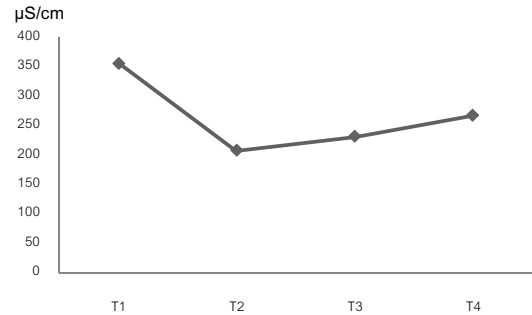
2) ค่าการนำไฟฟ้า (Conductivity; EC) ในช่วงเดือนกรกฎาคม ดังนี้

จากภาพ 5-7 ได้แสดงค่าการนำไฟฟ้า (Electric Conductivity; EC) ของตัวอย่างน้ำผิวดินในแปลงนาข้าวของวันที่ 7 กรกฎาคม 2551 จำนวน 4 แปลง ซึ่งค่าที่ตรวจวัดได้จะแสดงถึงความเข้มข้นของเกลือทั้งหมดที่ละลายอยู่ในน้ำ โดยพบว่าน้ำผิวดินของแปลงนาข้าวที่ 1 (T1) มีค่าการนำไฟฟ้าสูงที่สุด คือ 247.00 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร รองลงมาได้แก่ แปลงนาข้าวที่ 4 (T4) มีค่าการนำไฟฟ้า คือ 223.00 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร แปลงนาข้าวที่ 3 (T3) มีค่าการนำไฟฟ้า คือ 204.00 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร และแปลงนาข้าวที่ 2 (T2) มีค่าการนำไฟฟ้า คือ 201.00 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร ตามลำดับ

จากภาพ 5-8 แสดงค่าการนำไฟฟ้าของตัวอย่างน้ำผิวดินในแปลงนาข้าวของวันที่ 11 กรกฎาคม 2551 จำนวน 4 แปลง ซึ่งพบว่าน้ำผิวดินของแปลงนาข้าวที่ 1 (T1) มีค่าการนำไฟฟ้าสูงที่สุด คือ 357.00 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร รองลงมาได้แก่ แปลงนาข้าวที่ 4 (T4) มีค่าการนำไฟฟ้า คือ 268.00 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร แปลงนาข้าวที่ 3 (T3) มีค่าการนำไฟฟ้า คือ 232.00 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร และแปลงนาข้าวที่ 2 (T2) มีค่าการนำไฟฟ้า คือ 208.00 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร ตามลำดับ



ภาพ 5-7 แสดงค่า EC ของตัวอย่างน้ำผิวดิน
ในแปลงนาข้าว วันที่ 7 กรกฎาคม 2551

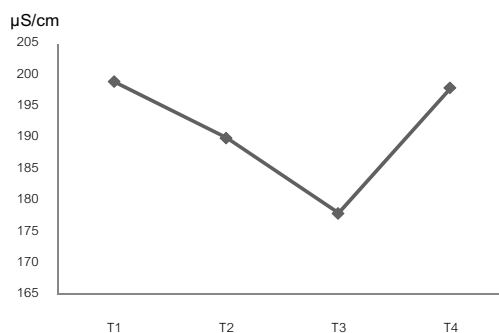


ภาพ 5-8 แสดงค่า EC ของตัวอย่างน้ำผิวดิน
ในแปลงนาข้าว วันที่ 11 กรกฎาคม 2551

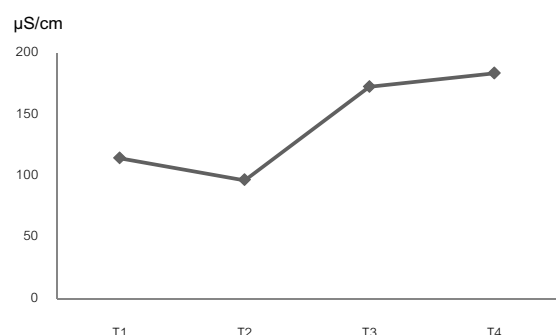
ค่าการนำไฟฟ้า (Conductivity; EC) ในช่วงเดือนสิงหาคม ดังนี้

จากภาพ 5-9 แสดงค่าการนำไฟฟ้าของตัวอย่างน้ำผิวดินในแปลงนาข้าวของวันที่ 1 สิงหาคม 2551 จำนวน 4 แปลง ซึ่งพบว่าน้ำผิวดินของแปลงนาข้าวที่ 1 (T1) มีค่าการนำไฟฟ้าสูงที่สุด คือ 199.00 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร รองลงมาได้แก่ แปลงนาข้าวที่ 4 (T4) มีค่าการนำไฟฟ้า คือ 198.00 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร, แปลงนาข้าวที่ 2 (T2) มีค่าการนำไฟฟ้า คือ 190.00 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร และแปลงนาข้าวที่ 3 (T3) มีค่าการนำไฟฟ้า คือ 178.00 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร ตามลำดับ

จากภาพ 5-10 แสดงค่าการนำไฟฟ้าของตัวอย่างน้ำผิวดินในแปลงนาข้าวของวันที่ 22 สิงหาคม 2551 จำนวน 4 แปลง ซึ่งพบว่าน้ำผิวดินของแปลงนาข้าวที่ 4 (T4) มีค่าการนำไฟฟ้าสูงที่สุด คือ 184.00 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร รองลงมาได้แก่ แปลงนาข้าวที่ 3 (T3) มีค่าการนำไฟฟ้า คือ 173.00 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร แปลงนาข้าวที่ 1 (T1) มีค่าการนำไฟฟ้า คือ 115.00 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร และแปลงนาข้าวที่ 2 (T2) มีค่าการนำไฟฟ้า คือ 97.30 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร ตามลำดับ



ภาพ 5-9 แสดงค่า EC ของตัวอย่างน้ำผิวดินในแปลงนาข้าว
วันที่ 1 สิงหาคม 2551

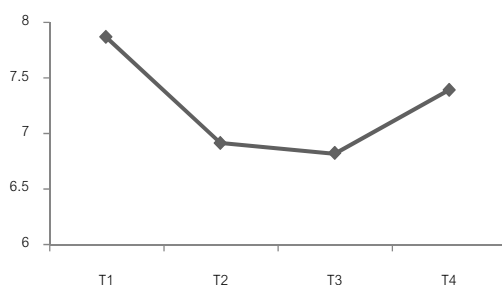


ภาพ 5-10 แสดงค่า EC ของตัวอย่างน้ำผิวดิน
ในแปลงนาข้าว วันที่ 22 สิงหาคม 2551

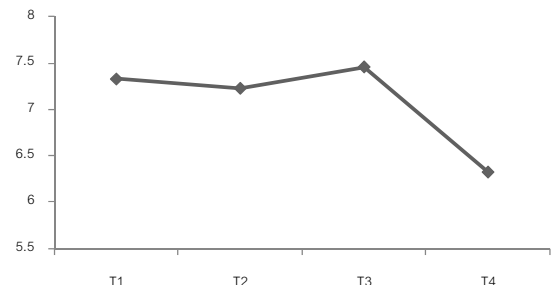
3) ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ในช่วงเดือนกรกฎาคม ดังนี้

จากภาพ 5-11 แสดงถึงค่าความเป็นกรด-ด่าง (Power of hydrogen; pH) ซึ่งเป็นค่าที่แสดงความเป็นกรดจากปฏิกิริยาของไฮดรอกไซด์ไอออนของไฮโดรเจน (H^+) ที่มีอยู่ในน้ำหรือสารละลาย โดยจากการตรวจวัดตัวอย่างน้ำผิวดินในวันที่ 7 กรกฎาคม 2551 จำนวน 4 แปลง พบว่าตัวอย่างน้ำในแปลงนาข้าวที่ 1 (T1) มีค่า pH สูงที่สุด คือ 7.87 รองลงมาได้แก่ แปลงนาข้าวที่ 4 (T4) มีค่า pH คือ 7.39, แปลงนาข้าวที่ 2 (T2) มีค่า pH คือ 6.91 และแปลงนาข้าวที่ 3 (T3) มีค่า pH คือ 6.82 ตามลำดับ

จากภาพ 5-12 แสดงถึงค่าความเป็นกรด-ด่าง จากการตรวจวัดตัวอย่างน้ำผิวดินในแปลงนาข้าวของวันที่ 11 กรกฎาคม 2551 จำนวน 4 แปลง พบว่าตัวอย่างน้ำในแปลงนาข้าวที่ 3 (T3) มีค่า pH สูงที่สุด คือ 7.46 รองลงมาได้แก่ แปลงนาข้าวที่ 1 (T1) มีค่า pH คือ 7.33 แปลงนาข้าวที่ 2 (T2) มีค่า pH คือ 7.23 และแปลงนาข้าวที่ 4 (T4) มีค่า pH คือ 6.33 ตามลำดับ



ภาพ 5-11 แสดงค่าความเป็นกรด-ด่างของตัวอย่างน้ำผิวดินในแปลงนาข้าว วันที่ 7 กรกฎาคม 2551

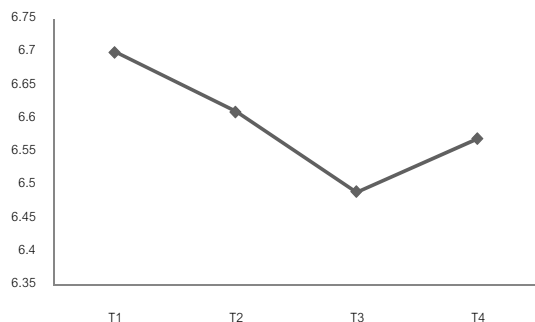


ภาพ 5-12 แสดงค่าความเป็นกรด-ด่างของตัวอย่างน้ำผิวดินในแปลงนาข้าว วันที่ 11 กรกฎาคม 2551

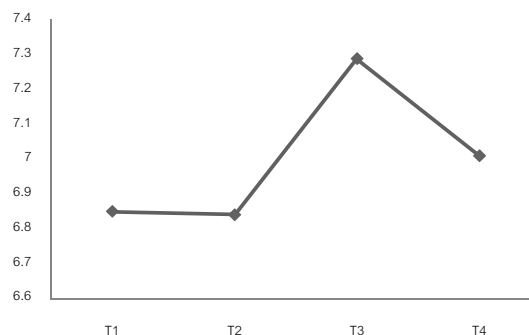
ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ในช่วงเดือนสิงหาคม ดังนี้

จากภาพ 5-13 แสดงถึงค่าความเป็นกรด-ด่าง จากการตรวจวัดตัวอย่างน้ำผิวดินในแปลงนาข้าวของวันที่ 1 สิงหาคม 2551 จำนวน 4 แปลง พบว่าตัวอย่างน้ำในแปลงนาข้าวที่ 1 (T1) มีค่า pH สูงที่สุด คือ 6.70 รองลงมาได้แก่ แปลงนาข้าวที่ 2 (T2) มีค่า pH คือ 6.61, แปลงนาข้าวที่ 4 (T4) มีค่า pH คือ 6.57 และแปลงนาข้าวที่ 3 (T3) มีค่า pH คือ 6.49 ตามลำดับ

จากภาพ 5-14 แสดงถึงค่าความเป็นกรด-ด่าง จากการตรวจวัดตัวอย่างน้ำผิวดินในแปลงนาข้าวของวันที่ 22 สิงหาคม 2551 จำนวน 4 แปลง พบว่าตัวอย่างน้ำในแปลงนาข้าวที่ 3 (T3) มีค่า pH สูงที่สุด คือ 7.29 รองลงมาได้แก่ แปลงนาข้าวที่ 4 (T4) มีค่า pH คือ 7.01, แปลงนาข้าวที่ 1 (T1) มีค่า pH คือ 6.85 และแปลงนาข้าวที่ 2 (T2) มีค่า pH คือ 6.84 ตามลำดับ



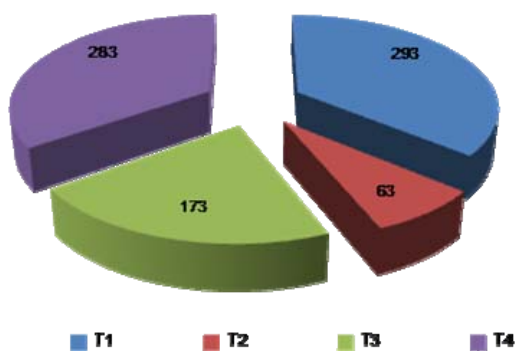
ภาพ 5-13 แสดงค่าความเป็นกรด-ด่างของตัวอย่าง
น้ำฟิวคินในแปลงนาข้าว วันที่ 1 สิงหาคม 2551



ภาพ 5-14 แสดงค่าความเป็นกรด-ด่างของตัวอย่าง
น้ำฟิวคินในแปลงนาข้าว วันที่ 22 สิงหาคม 2551

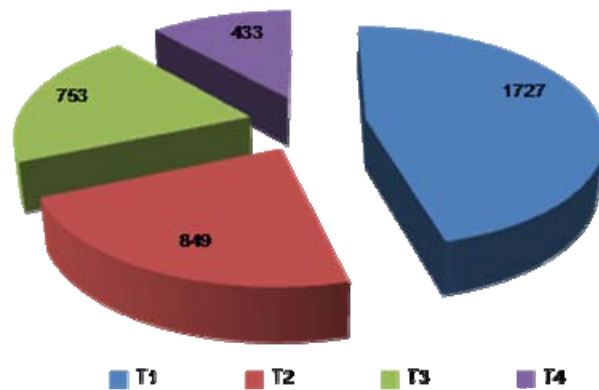
4) ปริมาณของแข็งแขวนลอยในน้ำ (Solid suspension: SS)

จากการตรวจวัดตัวอย่างน้ำฟิวคิน ณ วันที่ 4 กรกฎาคม 2551 ในแปลงนาข้าว 4 แปลง พบว่าตัวอย่างน้ำในแปลงนาข้าวที่ 1 (T1) มีปริมาณของแข็งแขวนลอยในน้ำสูงที่สุด คือ 293 มิลลิกรัมต่อลิตร รองลงมาได้แก่ แปลงนาข้าวที่ 4 (T4) มีค่า 283 มิลลิกรัมต่อลิตร แปลงนาข้าวที่ 3 (T3) มีค่า 173 มิลลิกรัมต่อลิตร และแปลงนาข้าวที่ 2 (T2) มีค่าต่ำที่สุด 63 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ดังภาพ 5-15



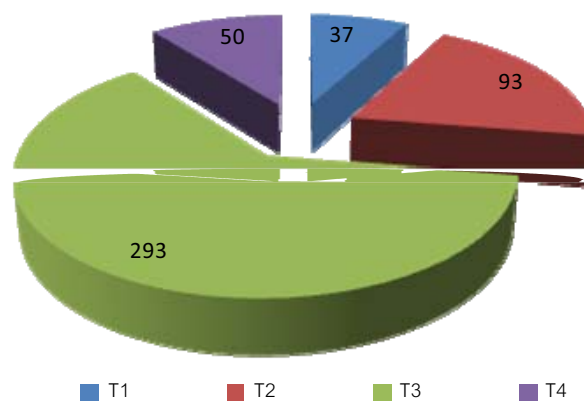
ภาพ 5-15 แสดงค่าของแข็งแขวนลอยในน้ำ วันที่ 4 กรกฎาคม 2551

จากการตรวจวัดตัวอย่างน้ำฟิวคิน ณ วันที่ 5 กรกฎาคม 2551 ในแปลงนาข้าว 4 แปลง พบว่าตัวอย่างน้ำในแปลงนาข้าวที่ 1 (T1) มีปริมาณของแข็งแขวนลอยในน้ำสูงที่สุด คือ 1,727 มิลลิกรัมต่อลิตร รองลงมาได้แก่ แปลงนาข้าวที่ 2 (T2) มีค่า 849 มิลลิกรัมต่อลิตร แปลงนาข้าวที่ 3 (T3) มีค่า 753 มิลลิกรัมต่อลิตร และแปลงนาข้าวที่ 4 (T4) มีค่าต่ำที่สุด 433 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ดังภาพ 5-16



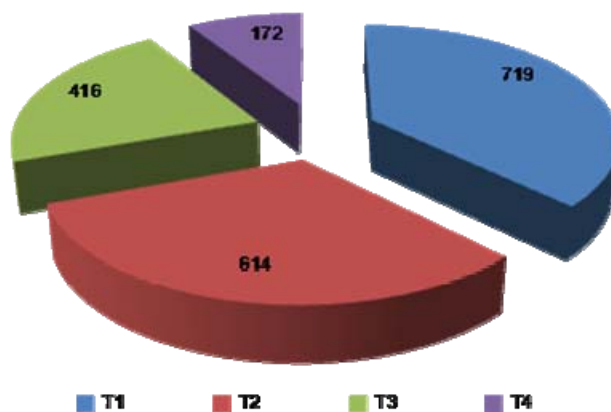
ภาพ 5-16 แสดงค่าของแข็งแขวนลอยในน้ำ วันที่ 5 กรกฎาคม 2551

จากการตรวจวัดตัวอย่างน้ำผิวดิน ณ วันที่ 6 กรกฎาคม 2551 ในแปลงนาข้าว 4 แปลง พบว่าตัวอย่างน้ำในแปลงนาข้าวที่ 3 (T3) มีปริมาณของแข็งแขวนลอยในน้ำสูงที่สุด คือ 293 มิลลิกรัมต่อลิตร รองลงมาได้แก่ แปลงนาข้าวที่ 2 (T2) มีค่า 93 มิลลิกรัมต่อลิตร แปลงนาข้าวที่ 4 (T4) มีค่า 50 มิลลิกรัมต่อลิตร และแปลงนาข้าวที่ 1 (T1) มีค่าต่ำที่สุด 37 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ดังภาพ 5-17



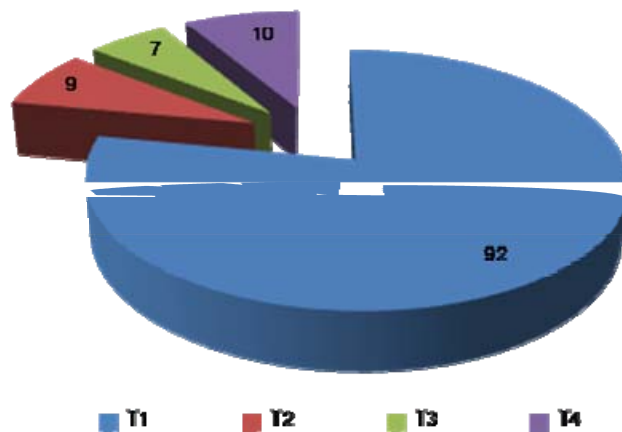
ภาพ 5-17 แสดงค่าของแข็งแขวนลอยในน้ำ วันที่ 6 กรกฎาคม 2551

จากการตรวจวัดตัวอย่างน้ำผิวดิน ณ วันที่ 7 กรกฎาคม 2551 ในแปลงนาข้าว 4 แปลง พบว่าตัวอย่างน้ำในแปลงนาข้าวที่ 1 (T1) มีปริมาณของแข็งแขวนลอยในน้ำสูงที่สุด คือ 719 มิลลิกรัมต่อลิตร รองลงมาได้แก่ แปลงนาข้าวที่ 2 (T2) มีค่า 614 มิลลิกรัมต่อลิตร แปลงนาข้าวที่ 3 (T3) มีค่า 416 มิลลิกรัมต่อลิตร และแปลงนาข้าวที่ 4 (T4) มีค่าต่ำที่สุด 172 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ดังภาพ 5-18



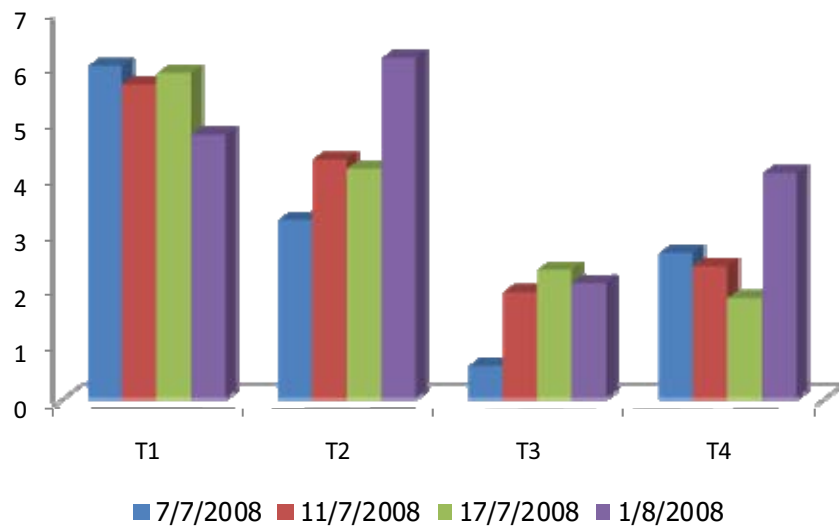
ภาพ 5-18 แสดงค่าของแข็งแขวนลอยในน้ำ วันที่ 7 กรกฎาคม 2551

จากการตรวจวัดตัวอย่างน้ำผิวดิน ณ วันที่ 11 กรกฎาคม 2551 ในแปลงนาข้าว 4 แปลง พบว่า ตัวอย่างน้ำในแปลงนาข้าวที่ 1 (T1) มีปริมาณของแข็งแขวนลอยในน้ำสูงที่สุด คือ 92 มิลลิกรัมต่อลิตร รองลงมาได้แก่ แปลงนาข้าวที่ 4 (T4) มีค่า 10 มิลลิกรัมต่อลิตร แปลงนาข้าวที่ 2 (T2) มีค่า 9 มิลลิกรัมต่อลิตร และแปลงนาข้าวที่ 3 (T3) มีค่าต่ำที่สุด 7 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ดังภาพ 5-19



ภาพ 5-19 แสดงค่าของแข็งแขวนลอยในน้ำ วันที่ 11 กรกฎาคม 2551

5) ปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ย่อยสลายสารอินทรีย์ (Biological Oxygen Demand; BOD) ดังนี้



ภาพ 5-20 แสดงค่า BOD ในพื้นที่แปลงนาข้าว 4 แปลง

จากการศึกษาปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ (BOD) ในพื้นที่แปลงนาข้าว วันที่ 7 กรกฎาคม 2551 พบว่า ในแปลงนา 1 (T1) มีค่าปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์สูงสุด คือ 6.02 มิลลิกรัม/ลิตร รองลงมาได้แก่ แปลงนา 2 (T2) คือ 3.24 มิลลิกรัม/ลิตร แปลงนา 4 (T4) คือ 2.64 มิลลิกรัม/ลิตร และแปลงนา 3 (T3) มีค่าต่ำที่สุด คือ 0.6 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ

วันที่ 11 กรกฎาคม 2551 พบว่า ในแปลงนา 1 (T1) มีค่าปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์สูงสุด คือ 5.69 มิลลิกรัม/ลิตร รองลงมาได้แก่ แปลงนา 2 (T2) คือ 4.33 มิลลิกรัม/ลิตร แปลงนา 4 (T4) คือ 2.4 มิลลิกรัม/ลิตร และแปลงนา 3 (T3) มีค่าต่ำที่สุด คือ 1.93 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ

วันที่ 17 กรกฎาคม 2551 พบว่า ในแปลงนา 1 (T1) มีค่าปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์สูงสุด คือ 5.89 มิลลิกรัม/ลิตร รองลงมาได้แก่ แปลงนา 2 (T2) คือ 4.16 มิลลิกรัม/ลิตร แปลงนา 3 (T3) คือ 2.34 มิลลิกรัม/ลิตร และแปลงนา 4 (T4) มีค่าต่ำที่สุด คือ 1.82 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ

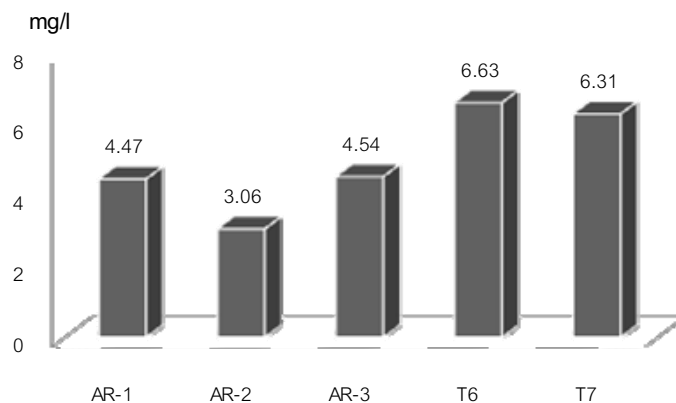
วันที่ 1 สิงหาคม 2551 พบว่า ในแปลงนา 2 (T2) ค่าปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์สูงสุด คือ 6.17 มิลลิกรัม/ลิตร รองลงมาได้แก่ แปลงนา 1 (T1) มีค่า 4.78 มิลลิกรัม/ลิตร แปลงนา 4 (T4) คือ 4.08 มิลลิกรัม/ลิตร และแปลงนา 3 (T3) มีค่าต่ำที่สุด คือ 2.09 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ

2.2 คุณภาพน้ำผิวดินในพื้นที่การเกษตรรอบกว๊านพะเยาทำการศึกษา ดังนี้ 1) ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ (Dissolved Oxygen; DO) 2) ค่าการนำไฟฟ้า (Conductivity; EC) 3) ค่าความเป็นกรด-ด่าง

(pH) 4) ปริมาณของแข็งแขวนลอยในน้ำ (Solid suspension: SS) และ5) ปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ย่อยสลายสารอินทรีย์ (Biological Oxygen Demand; BOD) ดังนี้

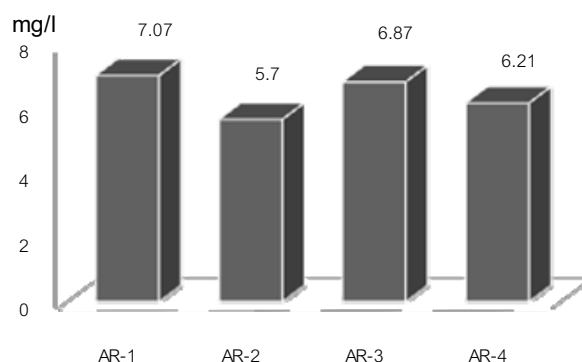
1) ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ (Dissolved Oxygen; DO) ในช่วงเดือนกรกฎาคม ดังนี้

จากภาพ 5-21 การศึกษาปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ (Dissolved Oxygen; DO) ในน้ำผิวดิน ณ วันที่ 7 กรกฎาคม 2551 ผลการศึกษาพบว่าพื้นที่ทำการเกษตรแบบอินทรีย์ (T6) มีปริมาณค่า DO สูงที่สุด 6.63 มิลลิกรัมต่อลิตร รองลงมาได้แก่ พื้นที่ทำการเกษตรตอนบน (T7) สะพานจุดเชื่อมต่อระหว่างพื้นที่ทำการเกษตรและกว๊านพะเยา จุดที่ 1 (AR-3) สระน้ำบริเวณพื้นที่ทำการเกษตร (AR-1) และสระน้ำที่เชื่อมต่อระหว่างพื้นที่ทำการเกษตรและกว๊านพะเยา (AR-2) มีค่า DO ต่ำที่สุดโดยมีค่า ตามลำดับ 6.31, 4.54, 4.47 และ 3.06 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ



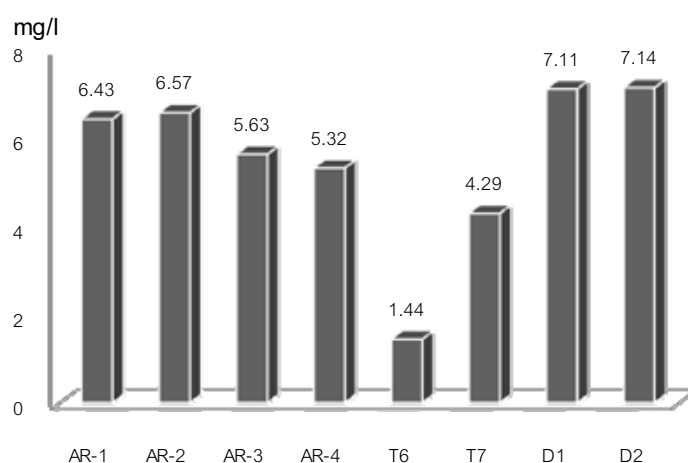
ภาพ 5-21 แสดงปริมาณออกซิเจนในน้ำผิวดิน วันที่ 7 กรกฎาคม 2551

จากภาพ 5-22 การศึกษาปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ (Dissolved Oxygen; DO) ในน้ำผิวดิน ณ วันที่ 11 กรกฎาคม 2551 ผลการศึกษาพบว่า สระน้ำบริเวณพื้นที่ทำการเกษตร (AR-1) มีปริมาณค่า DO สูงที่สุด 7.07 มิลลิกรัมต่อลิตร รองลงมาได้แก่ สะพานจุดเชื่อมต่อระหว่างพื้นที่ทำการเกษตรและกว๊านพะเยา จุดที่ 1 (AR-3) สะพานจุดเชื่อมต่อระหว่างพื้นที่ทำการเกษตรและกว๊านพะเยา จุดที่ 2 (AR-4) และสระน้ำที่เชื่อมต่อระหว่างพื้นที่ทำการเกษตรและกว๊านพะเยา (AR-2) มีค่า DO ต่ำที่สุดโดยมีค่า 6.87, 6.21, 5.7 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ



ภาพ 5-22 แสดงปริมาณออกซิเจนในน้ำผิวดิน ที่ 11 กรกฎาคม 2551

จากภาพ 5-23 การศึกษาปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ (Dissolved Oxygen; DO) ในน้ำผิวดิน ณ วันที่ 20 กรกฎาคม 2551 ผลการศึกษาพบว่า คลองส่งน้ำจากอ่างเก็บน้ำแม่ต๋อม (D2) มีปริมาณค่า DO สูงที่สุด 7.14 มิลลิกรัมต่อลิตร รองลงมาได้แก่ อ่างเก็บน้ำแม่ต๋อม (D1) สระน้ำที่เชื่อมต่อระหว่างพื้นที่การเกษตรและกว๊านพะเยา (AR-2) สระน้ำบริเวณพื้นที่ทำการเกษตร (AR-1) สะพานจุดเชื่อมต่อระหว่างพื้นที่การเกษตรและกว๊านพะเยา จุดที่ 1 (AR-3) สะพานจุดเชื่อมต่อระหว่างพื้นที่การเกษตรและกว๊านพะเยา จุดที่ 2 (AR-4) พื้นที่ทำการเกษตรตอนบน (T7) และพื้นที่ทำการเกษตรแบบอินทรีย์ (T6) มีค่า DO ต่ำที่สุด โดยมีค่า 7.11, 6.57, 6.43, 5.631, 5.32, 4.29 และ 1.44 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ

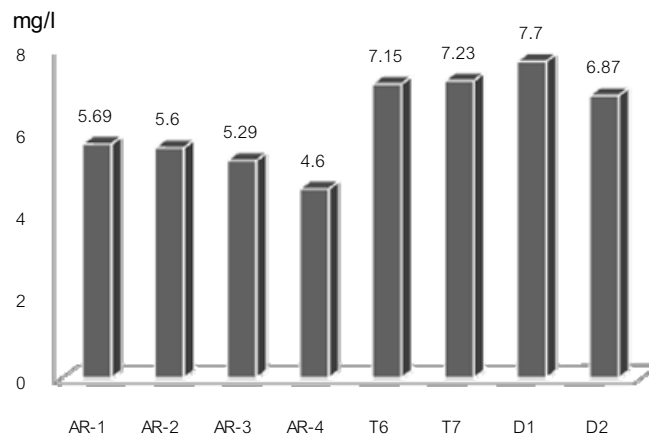


ภาพ 5-23 แสดงปริมาณออกซิเจนในน้ำผิวดิน วันที่ 20 กรกฎาคม 2551

ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ (Dissolved Oxygen; DO) ในช่วงเดือนสิงหาคม ดังนี้

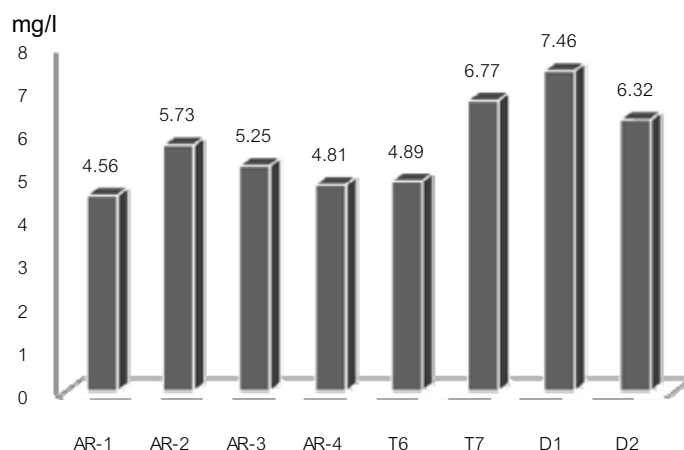
จากภาพ 5-24 การศึกษาปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ (Dissolved Oxygen; DO) ของน้ำผิวดิน ณ วันที่ 1 สิงหาคม 2551 ผลการศึกษาพบว่าอ่างเก็บน้ำแม่ต๋อม (D1) มีปริมาณค่า DO สูงที่สุด คือ 7.70 มิลลิกรัมต่อลิตร รองลงมาได้แก่ พื้นที่ทำการเกษตรตอนบน (T7) มีปริมาณค่า DO คือ 7.23 มิลลิกรัมต่อ

ลิตร พื้นที่ทำการเกษตรแบบอินทรีย์ (T6) มีปริมาณค่า DO คือ 7.15 มิลลิกรัมต่อลิตร คลองส่งน้ำจากอ่างเก็บน้ำแม่ต๋อม (D2) มีปริมาณค่า DO คือ 6.87 มิลลิกรัมต่อลิตร สระน้ำบริเวณพื้นที่ทำการเกษตร (AR-1) มีปริมาณค่า DO คือ 5.69 มิลลิกรัมต่อลิตร สระน้ำที่เชื่อมต่อระหว่างพื้นที่ทำการเกษตรและกว๊านพะเยา (AR-2) มีปริมาณค่า DO คือ 5.60 มิลลิกรัมต่อลิตร สะพานจุดเชื่อมต่อระหว่างพื้นที่ทำการเกษตรและกว๊านพะเยา จุดที่ 1 (AR-3) มีปริมาณค่า DO คือ 5.29 มิลลิกรัมต่อลิตร สะพานจุดเชื่อมต่อระหว่างพื้นที่ทำการเกษตรและกว๊านพะเยา จุดที่ 2 (AR-4) มีปริมาณค่า DO คือ 4.60 มิลลิกรัมต่อลิตร และ ตามลำดับ



ภาพ 5-24 แสดงปริมาณออกซิเจนในน้ำผิวดิน วันที่ 1 สิงหาคม 2551

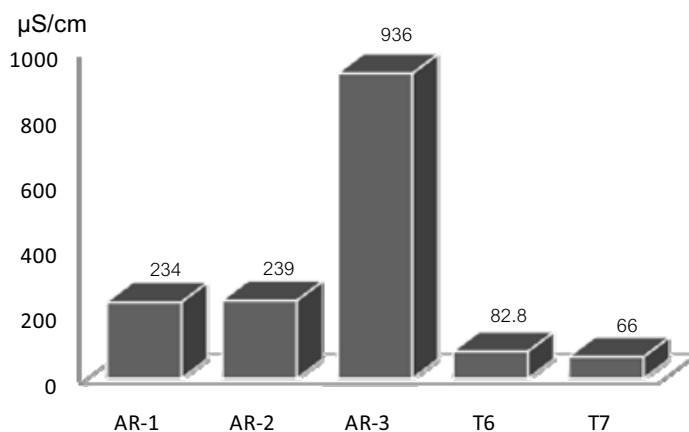
จากภาพ 5-25 การศึกษาปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ (Dissolved Oxygen; DO) ของน้ำผิวดิน วันที่ 22 สิงหาคม 2551 ผลการศึกษาพบว่าอ่างเก็บน้ำแม่ต๋อม (D1) มีปริมาณค่า DO สูงที่สุด คือ 7.46 มิลลิกรัมต่อลิตร รองลงมาได้แก่ พื้นที่ทำการเกษตรตอนบน (T7) มีปริมาณค่า DO คือ 6.77 มิลลิกรัมต่อลิตร คลองส่งน้ำจากอ่างเก็บน้ำแม่ต๋อม (D2) มีปริมาณค่า DO คือ 6.32 มิลลิกรัมต่อลิตร สระน้ำที่เชื่อมต่อระหว่างพื้นที่ทำการเกษตรและกว๊านพะเยา (AR-2) มีปริมาณค่า DO คือ 5.73 มิลลิกรัมต่อลิตร สะพานจุดเชื่อมต่อระหว่างพื้นที่ทำการเกษตรและกว๊านพะเยา จุดที่ 1 (AR-3) มีปริมาณค่า DO คือ 5.25 มิลลิกรัมต่อลิตร พื้นที่ทำการเกษตรแบบอินทรีย์ (T6) มีปริมาณค่า DO คือ 4.89 มิลลิกรัมต่อลิตร สะพานจุดเชื่อมต่อระหว่างพื้นที่ทำการเกษตรและกว๊านพะเยา จุดที่ 2 (AR-4) มีปริมาณค่า DO คือ 4.81 มิลลิกรัมต่อลิตร และ สระน้ำบริเวณพื้นที่ทำการเกษตร (AR-1) มีปริมาณค่า DO คือ 4.56 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ



ภาพ 5-25 แสดงปริมาณออกซิเจนในน้ำผิวดิน วันที่ 22 สิงหาคม 2551

2) ค่าการนำไฟฟ้า (Conductivity; EC) ในช่วงเดือนกรกฎาคม ดังนี้

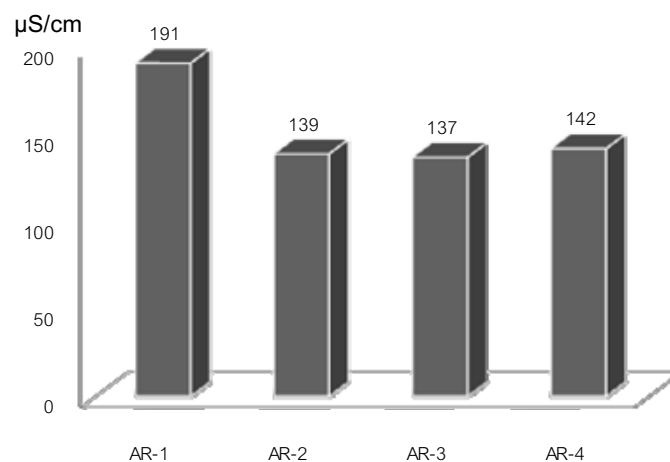
จากภาพ 5-26 การศึกษาค่าการนำไฟฟ้า (Conductivity; EC) ในน้ำผิวดิน ณ วันที่ 7 กรกฎาคม 2551 ผลการศึกษาพบว่าสะพานจุดเชื่อมต่อระหว่างพื้นที่การเกษตรและกว๊านพะเยา จุดที่ 1 (AR-3) ปริมาณค่า EC สูงที่สุด 936 ไมโครซีเมนต์ รองลงมาได้แก่ สระน้ำที่เชื่อมต่อระหว่างพื้นที่การเกษตรและกว๊านพะเยา (AR-2) สระน้ำบริเวณพื้นที่ทำการเกษตร (AR-1) พื้นที่ทำการเกษตรแบบอินทรีย์ (T6) และพื้นที่ทำการเกษตรดอนบน (T7) มีค่า EC ต่ำที่สุดโดยมีค่า 239, 234, 82.8 และ 66 ตามลำดับ



ภาพ 5-26 แสดงค่าการนำไฟฟ้าในน้ำผิวดิน วันที่ 7 กรกฎาคม 2551

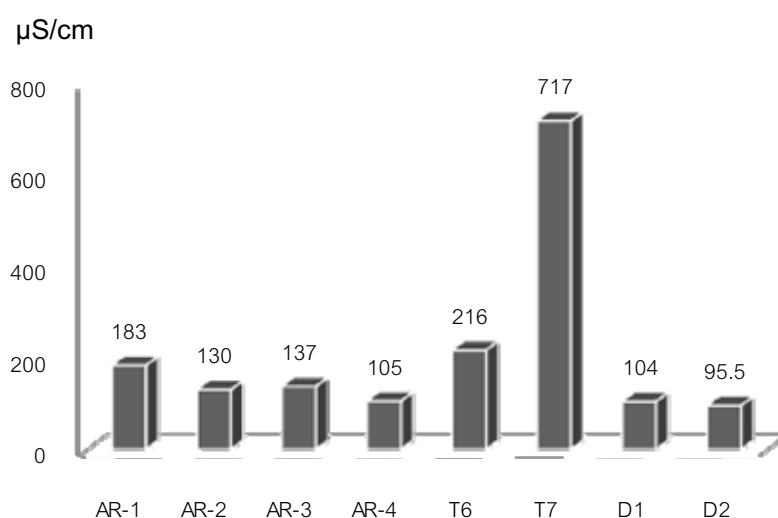
จากภาพ 5-27 การศึกษาค่าการนำไฟฟ้า (Conductivity; EC) ในน้ำผิวดิน ณ วันที่ 11 กรกฎาคม 2551 ผลการศึกษาพบว่าสระน้ำบริเวณพื้นที่ทำการเกษตร (AR-1) ปริมาณค่า EC สูงที่สุด 191 ไมโครซีเมนต์ รองลงมาได้แก่ สะพานจุดเชื่อมต่อระหว่างพื้นที่การเกษตรและกว๊านพะเยา จุดที่ 2 (AR-4) สระน้ำที่

เชื่อมต่อระหว่างพื้นที่การเกษตรและก๊วนพะเยา (AR-2) และสะพานจุดเชื่อมต่อระหว่างพื้นที่การเกษตรและก๊วนพะเยา จุดที่ 1 (AR-3) ปริมาณค่า EC ต่ำที่สุด โดยมีค่า 142 139 และ 137 ตามลำดับ



ภาพ 5-27 แสดงค่าการนำไฟฟ้าในน้ำผิวดิน วันที่ 11 กรกฎาคม 2551

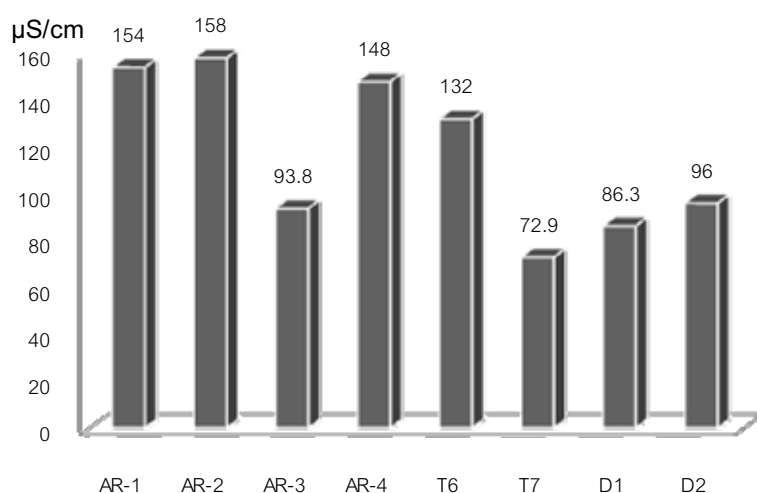
จากภาพ 5-28 การศึกษาค่าการนำไฟฟ้า (Conductivity; EC) ณ วันที่ 20 กรกฎาคม 2551 ผลการศึกษาพบว่าพื้นที่ทำการเกษตรตอนบน (T7) มีปริมาณค่า EC สูงที่สุด 717 ไมโครซีเมนต์ รองลงมา ได้แก่ พื้นที่ทำการเกษตรแบบอินทรีย์ (T6) สระน้ำบริเวณพื้นที่ทำการเกษตร (AR-1) สะพานจุดเชื่อมต่อระหว่างพื้นที่การเกษตรและก๊วนพะเยา จุดที่ 1 (AR-3) สระน้ำที่เชื่อมต่อระหว่างพื้นที่การเกษตรและก๊วนพะเยา (AR-2) สะพานจุดเชื่อมต่อระหว่างพื้นที่การเกษตรและก๊วนพะเยา จุดที่ 2 (AR-4) อ่างเก็บน้ำแม่ต๋อม (D1) และคลองส่งน้ำจากอ่างเก็บน้ำแม่ต๋อม (D2) มีค่า EC ต่ำที่สุด โดยมีค่า 216, 183 137, 130, 105, 104 และ 95.5 ไมโครซีเมนต์ ตามลำดับ



ภาพ 5-28 แสดงค่าการนำไฟฟ้าในน้ำผิวดิน วันที่ 20 กรกฎาคม 2551

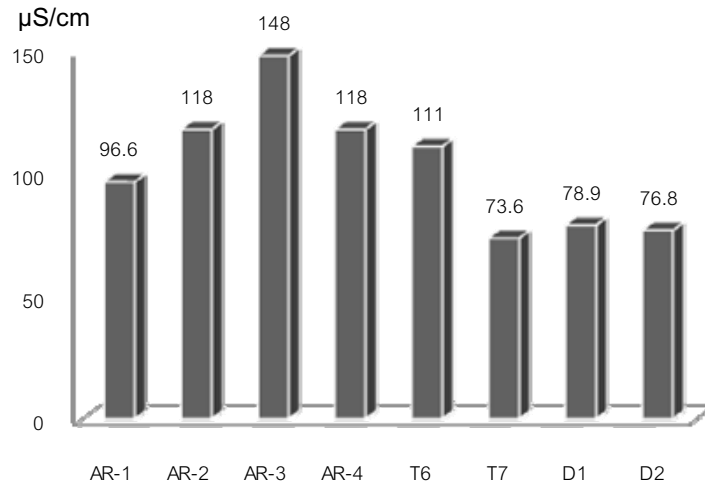
ค่าการนำไฟฟ้า (Conductivity; EC) ในช่วงเดือนสิงหาคม ดังนี้

จากภาพ 5-29 การศึกษาค่าการนำไฟฟ้า (Electric Conductivity; EC) ของน้ำผิวดิน ณ วันที่ 1 สิงหาคม 2551 ผลการศึกษา พบว่าสระน้ำที่เชื่อมต่อระหว่างพื้นที่การเกษตรและกว๊านพะเยา (AR-2) มีค่า EC สูงที่สุดคือ 158 ไมโครซีเมนต์ รองลงมาได้แก่ สระน้ำบริเวณพื้นที่ทำการเกษตร (AR-1) มีค่า EC คือ 154 ไมโครซีเมนต์ สะพานจุดเชื่อมต่อระหว่างพื้นที่การเกษตรและกว๊านพะเยา จุดที่ 2 (AR-4) มีค่า EC คือ 148 ไมโครซีเมนต์ พื้นที่ทำการเกษตรแบบอินทรีย์ (T6) มีค่า EC คือ 132 ไมโครซีเมนต์ คลองส่งน้ำจากอ่างเก็บน้ำแม่ต๋อม (D2) มีค่า EC คือ 96 ไมโครซีเมนต์ สะพานจุดเชื่อมต่อระหว่างพื้นที่การเกษตรและกว๊านพะเยา จุดที่ 1 (AR-3) มีค่า EC คือ 93.8 ไมโครซีเมนต์ อ่างเก็บน้ำแม่ต๋อม (D1) มีค่า EC คือ 86.3 ไมโครซีเมนต์ และพื้นที่ทำการเกษตรดอนบน (T7) มีค่า EC คือ 72.9 ไมโครซีเมนต์ ตามลำดับ



ภาพ 5-29 แสดงค่าการนำไฟฟ้าในน้ำผิวดิน วันที่ 1 สิงหาคม 2551

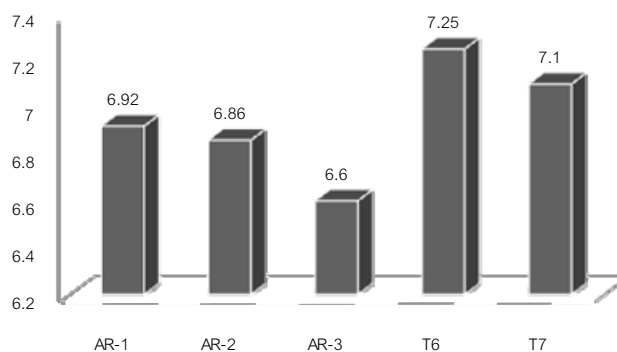
จากภาพ 5-30 การศึกษาค่าการนำไฟฟ้า (Electric Conductivity; EC) ของน้ำผิวดิน ณ วันที่ 22 สิงหาคม 2551 ผลการศึกษา พบว่าสะพานจุดเชื่อมต่อระหว่างพื้นที่การเกษตรและกว๊านพะเยา จุดที่ 1 (AR-3) มีค่า EC สูงที่สุด คือ 148 ไมโครซีเมนต์ รองลงมาได้แก่ สระน้ำที่เชื่อมต่อระหว่างพื้นที่การเกษตรและกว๊านพะเยา (AR-2) มีค่า EC คือ 118 ไมโครซีเมนต์ สะพานจุดเชื่อมต่อระหว่างพื้นที่การเกษตรและกว๊านพะเยา จุดที่ 2 (AR-4) มีค่า EC คือ 118 ไมโครซีเมนต์ พื้นที่ทำการเกษตรแบบอินทรีย์ (T6) มีค่า EC คือ 111 ไมโครซีเมนต์ สระน้ำบริเวณพื้นที่ทำการเกษตร (AR-1) มีค่า EC คือ 96.6 ไมโครซีเมนต์ อ่างเก็บน้ำแม่ต๋อม (D1) มีค่า EC คือ 78.9 ไมโครซีเมนต์ คลองส่งน้ำจากอ่างเก็บน้ำแม่ต๋อม (D2) มีค่า EC คือ 76.8 ไมโครซีเมนต์ และพื้นที่ทำการเกษตรดอนบน (T7) มีค่า EC คือ 73.6 ไมโครซีเมนต์ ตามลำดับ



ภาพ 5-30 แสดงค่าการนำไฟฟ้าในน้ำผิวดิน วันที่ 22 สิงหาคม 2551

3) ค่าความเป็นกรด-ด่างในช่วงเดือนกรกฎาคม ดังนี้

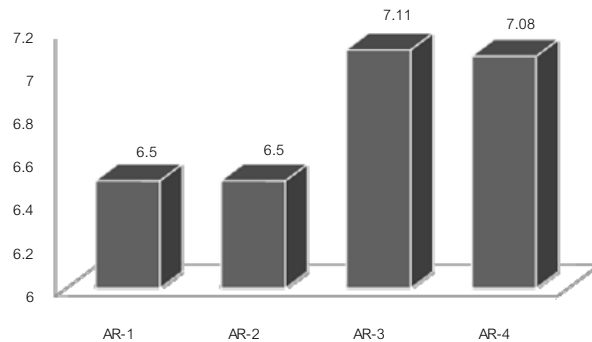
จากภาพ 5-31 การศึกษาค่าพีเอชในน้ำผิวดิน ณ วันที่ 7 กรกฎาคม 2551 ผลการศึกษาพบว่าพื้นที่ทำการเกษตรแบบอินทรีย์ (T6) มีปริมาณค่าพีเอช สูงที่สุด 7.25 รองลงมาได้แก่ พื้นที่ทำการเกษตรตอนบน (T7) สระน้ำบริเวณพื้นที่ทำการเกษตร (AR-1) สระน้ำที่เชื่อมต่อระหว่างพื้นที่ทำการเกษตรและก๊วนพะเยา (AR-2) และสะพานจุดเชื่อมต่อระหว่างพื้นที่ทำการเกษตรและก๊วนพะเยา จุดที่ 1 (AR-3) มีค่าต่ำที่สุด โดยมีค่าตามลำดับ 7.1, 6.92, 6.86 และ 6.6 ตามลำดับ



ภาพ 5-31 แสดงค่าพีเอชในน้ำผิวดิน วันที่ 7 กรกฎาคม 2551

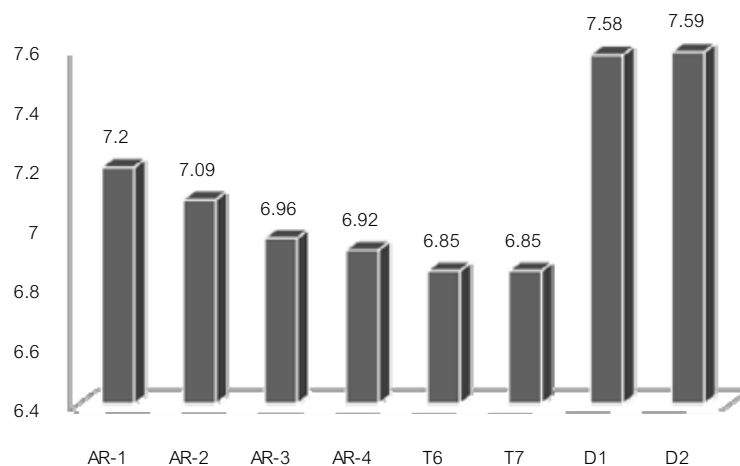
จากภาพ 5-32 การศึกษาค่าพีเอชในน้ำผิวดิน ณ วันที่ 11 กรกฎาคม 2551 ผลการศึกษาพบว่า สะพานจุดเชื่อมต่อระหว่างพื้นที่ทำการเกษตรและก๊วนพะเยา จุดที่ 1 (AR-3) มีค่าพีเอชสูงที่สุด 7.11 รองลงมาได้แก่ สะพานจุดเชื่อมต่อระหว่างพื้นที่ทำการเกษตรและก๊วนพะเยา จุดที่ 2 (AR-4) 7.11 และสระ

น้ำบริเวณพื้นที่ทำการเกษตร (AR-1) มีค่าเท่ากับสระน้ำที่เชื่อมต่อระหว่างพื้นที่การเกษตรและกว๊านพะเยา (AR-2) ซึ่งมีย่าน้อยที่สุดมีค่า 6.5



ภาพ 5-32 แสดงค่าพีเอชในน้ำผิวดิน วันที่ 11 กรกฎาคม 2551

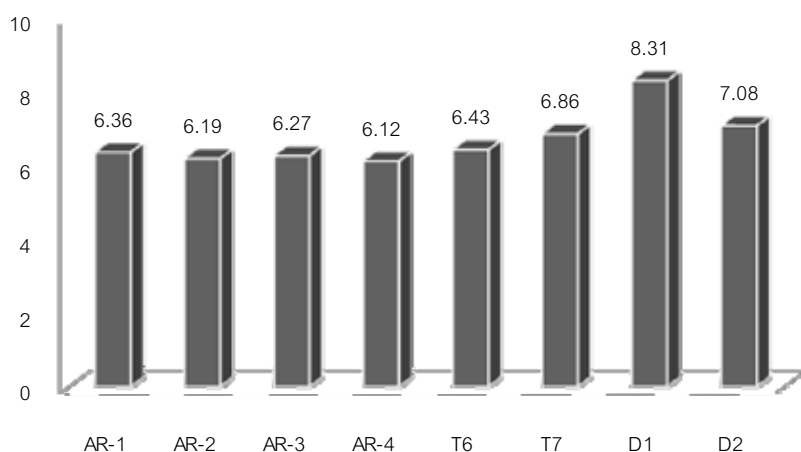
จากภาพ 5-33 การศึกษาค่าพีเอช ณ วันที่ 20 กรกฎาคม 2551 ผลการศึกษาพบว่า คลองส่งน้ำจากอ่างเก็บน้ำแม่ต๋อม (D2) มีปริมาณค่าพีเอช สูงที่สุด 7.59 รองลงมาได้แก่ อ่างเก็บน้ำแม่ต๋อม (D1) สระน้ำบริเวณพื้นที่ทำการเกษตร (AR-1) สระน้ำที่เชื่อมต่อระหว่างพื้นที่การเกษตรและกว๊านพะเยา (AR-2) สะพานจุดเชื่อมต่อระหว่างพื้นที่การเกษตรและกว๊านพะเยา จุดที่ 1 (AR-3) สะพานจุดเชื่อมต่อระหว่างพื้นที่การเกษตรและกว๊านพะเยา จุดที่ 2 (AR-4) และพื้นที่ทำการเกษตรแบบอินทรีย์ (T6) มีค่าพีเอชเท่ากับพื้นที่ทำการเกษตรตอนบน (T7) โดยมีค่า 7.58 , 7.2 , 7.09 , 6.96 , 6.92 และ 6.85 ไมโครซีเมนต์ ตามลำดับ



ภาพ 5-33 แสดงค่าพีเอชในน้ำผิวดิน วันที่ 20 กรกฎาคม 2551

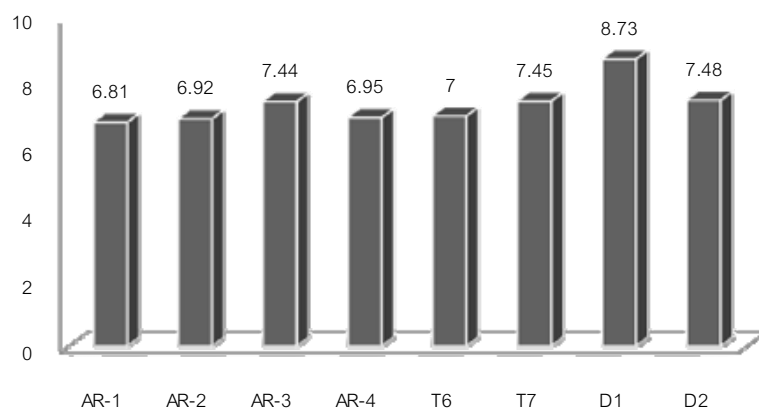
ค่าความเป็นกรด-ด่างในช่วงเดือนสิงหาคม ดังนี้

จากภาพ 5-34 การศึกษาค่าความเป็นกรด-ด่าง (Power of hydrogen; pH) ของน้ำผิวดิน ณ วันที่ 1 สิงหาคม 2551 ผลการศึกษา พบว่าอ่างเก็บน้ำแม่ต๋อม (D1) มีค่า pH สูงที่สุด คือ 8.31 รองลงมาได้แก่คลองส่งน้ำจากอ่างเก็บน้ำแม่ต๋อม (D2) มีค่า pH คือ 7.08 พื้นที่ทำการเกษตรตอนบน (T7) มีค่า pH คือ 6.86 พื้นที่ทำการเกษตรแบบอินทรีย์ (T6) มีค่า pH คือ 6.43 สระน้ำบริเวณพื้นที่ทำการเกษตร (AR-1) มีค่า pH คือ 6.36 สะพานจุดเชื่อมต่อระหว่างพื้นที่การเกษตรและกว๊านพะเยา จุดที่ 1 (AR-3) มีค่า pH คือ 6.27 สระน้ำที่เชื่อมต่อระหว่างพื้นที่การเกษตรและกว๊านพะเยา (AR-2) มีค่า pH คือ 6.19 และสะพานจุดเชื่อมต่อระหว่างพื้นที่การเกษตรและกว๊านพะเยา จุดที่ 2 (AR-4) มีค่า pH คือ 6.12 ตามลำดับ



ภาพ 5-34 แสดงค่าพีเอชในน้ำผิวดิน วันที่ 1 สิงหาคม 2551

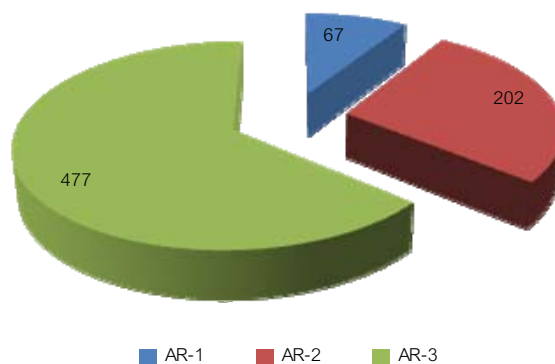
จากภาพ 5-35 การศึกษาค่าความเป็นกรด-ด่าง (Power of hydrogen; pH) ของน้ำผิวดิน ณ วันที่ 22 สิงหาคม 2551 ผลการศึกษา พบว่าอ่างเก็บน้ำแม่ต๋อม (D1) มีค่า pH สูงที่สุด คือ 8.73 รองลงมาได้แก่คลองส่งน้ำจากอ่างเก็บน้ำแม่ต๋อม (D2) มีค่า pH คือ 7.48 พื้นที่ทำการเกษตรตอนบน (T7) มีค่า pH คือ 7.45 สะพานจุดเชื่อมต่อระหว่างพื้นที่การเกษตรและกว๊านพะเยา จุดที่ 1 (AR-3) มีค่า pH คือ 7.44 พื้นที่ทำการเกษตรแบบอินทรีย์ (T6) มีค่า pH คือ 7.00 สะพานจุดเชื่อมต่อระหว่างพื้นที่การเกษตรและกว๊านพะเยา จุดที่ 2 (AR-4) มีค่า pH คือ 6.95 สระน้ำที่เชื่อมต่อระหว่างพื้นที่การเกษตรและกว๊านพะเยา (AR-2) มีค่า pH คือ 6.92 และสระน้ำบริเวณพื้นที่ทำการเกษตร (AR-1) มีค่า pH คือ 6.81 ตามลำดับ



ภาพ 5-35 แสดงค่าพีเอชในน้ำผิวดิน วันที่ 22 สิงหาคม 2551

4) ปริมาณของแข็งแขวนลอยในน้ำ (Solid suspension: SS)

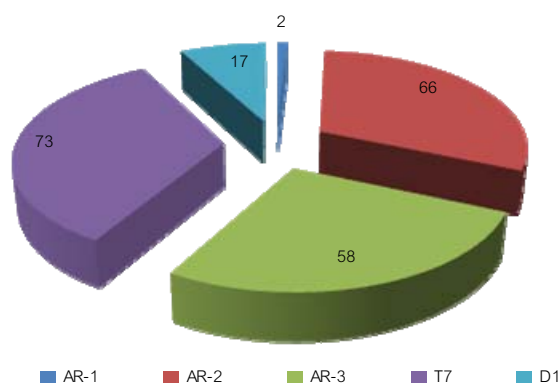
จากการตรวจวัดตัวอย่างน้ำผิวดิน ณ วันที่ 5 กรกฎาคม 2551 บริเวณพื้นที่การเกษตรรอบกว๊านพะเยา พบว่าตัวอย่างน้ำในสะพานจุดเชื่อมต่อระหว่างพื้นที่การเกษตรและกว๊านพะเยา จุดที่ 1 (AR-3) มีปริมาณของแข็งแขวนลอยในน้ำสูงที่สุด คือ 477 มิลลิกรัมต่อลิตร รองลงมาได้แก่ สระน้ำที่เชื่อมต่อระหว่างพื้นที่การเกษตรและกว๊านพะเยา (AR-2) 202 มิลลิกรัมต่อลิตร และสระน้ำบริเวณพื้นที่ทำการเกษตร (AR-1) มีค่าต่ำที่สุด 67 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ดังภาพ 5-36



ภาพ 5-36 แสดงค่าของแข็งแขวนลอยในน้ำ วันที่ 5 กรกฎาคม 2551

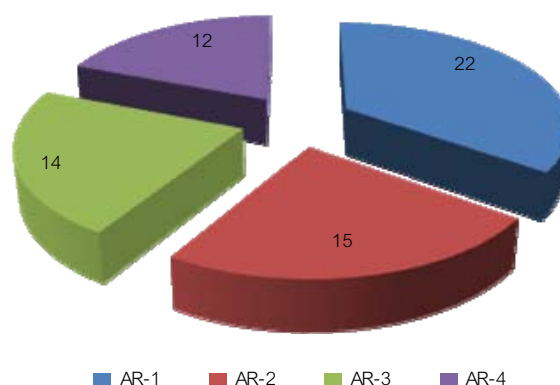
จากการตรวจวัดตัวอย่างน้ำผิวดิน ณ วันที่ 7 กรกฎาคม 2551 บริเวณพื้นที่การเกษตรรอบกว๊านพะเยา พบว่าตัวอย่างน้ำพื้นที่ทำการเกษตรตอนบน (T7) มีปริมาณของแข็งแขวนลอยในน้ำสูงที่สุด คือ 73 มิลลิกรัมต่อลิตร รองลงมาได้แก่ ตัวอย่างน้ำในสระน้ำที่เชื่อมต่อระหว่างพื้นที่การเกษตรและกว๊านพะเยา (AR-2) มีค่า 66 มิลลิกรัมต่อลิตร สะพานจุดเชื่อมต่อระหว่างพื้นที่การเกษตรและกว๊านพะเยา จุดที่ 1 (AR-3)

มีค่า 58 มิลลิกรัมต่อลิตร อ่างเก็บน้ำแม่ต๋อม (D1) มีค่า 17 มิลลิกรัมต่อลิตร และสระน้ำบริเวณพื้นที่ทำการเกษตร (AR-1) มีค่าต่ำที่สุด 2 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ดังภาพ 5-37



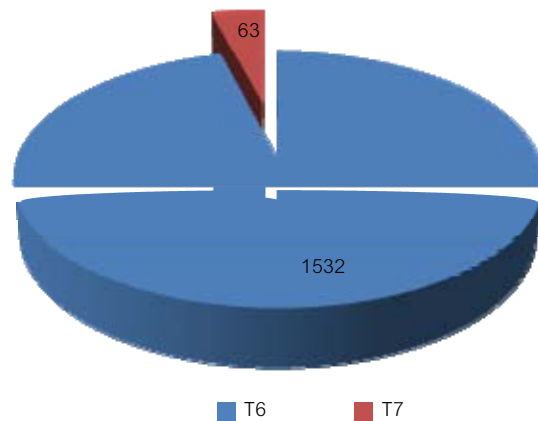
ภาพ 5-37 แสดงค่าของแข็งแขวนลอยในน้ำ วันที่ 7 กรกฎาคม 2551

จากการตรวจวัดตัวอย่างน้ำผิวดิน ณ วันที่ 11 กรกฎาคม 2551 บริเวณพื้นที่การเกษตรรอบกว๊านพะเยา พบว่าตัวอย่างน้ำสระน้ำบริเวณพื้นที่ทำการเกษตร (AR-1) มีปริมาณของแข็งแขวนลอยในน้ำสูงที่สุด คือ 22 มิลลิกรัมต่อลิตร รองลงมาได้แก่ สระน้ำที่เชื่อมต่อระหว่างพื้นที่การเกษตรและกว๊านพะเยา (AR-2) มีค่า 15 มิลลิกรัมต่อลิตร สะพานจุดเชื่อมต่อระหว่างพื้นที่การเกษตรและกว๊านพะเยา จุดที่ 1 (AR-3) มีค่า 14 มิลลิกรัมต่อลิตร และสะพานจุดเชื่อมต่อระหว่างพื้นที่การเกษตรและกว๊านพะเยา จุดที่ 2 (AR-4) มีค่าต่ำที่สุด 12 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ดังภาพ 5-38



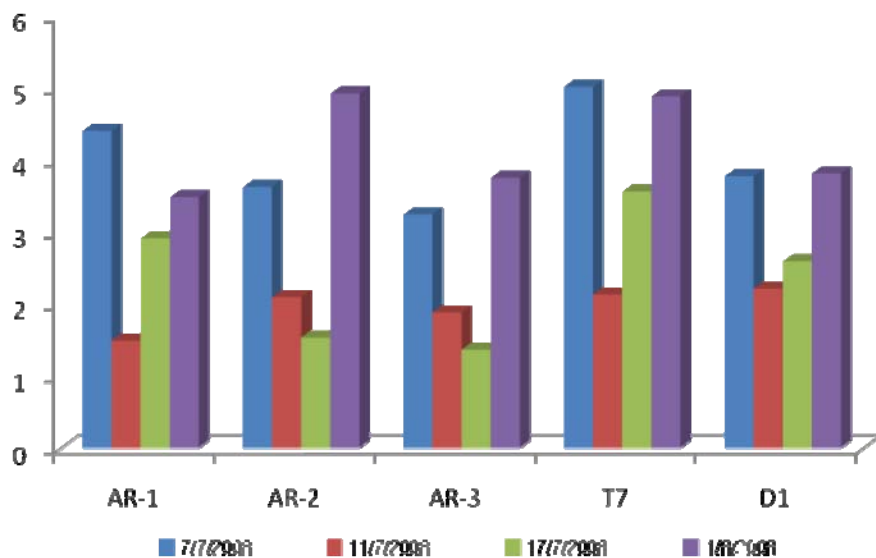
ภาพ 5-38 แสดงค่าของแข็งแขวนลอยในน้ำ วันที่ 11 กรกฎาคม 2551

จากการตรวจวัดตัวอย่างน้ำผิวดิน ณ วันที่ 20 กรกฎาคม 2551 บริเวณพื้นที่การเกษตรรอบกว๊านพะเยา พบว่าพื้นที่ทำการเกษตรแบบอินทรีย์ (T6) มีปริมาณของแข็งแขวนลอยในน้ำสูงที่สุด คือ 1,532 มิลลิกรัมต่อลิตร รองลงมาได้แก่ พื้นที่ทำการเกษตรดอนบน (T7) มีค่า 63 มิลลิกรัมต่อลิตร ดังภาพ 5-39



ภาพ 5-39 แสดงค่าของแข็งแขวนลอยในน้ำ วันที่ 20 กรกฎาคม 2551

5) ปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ย่อยสลายสารอินทรีย์ (Biological Oxygen Demand; BOD)



ภาพ 5-40 แสดงค่า BOD บริเวณพื้นที่ทำการเกษตรรอบกว๊าน

จากการศึกษาปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ (BOD) ในพื้นที่ทำการเกษตรรอบกว๊าน วันที่ 7 กรกฎาคม 2551 พบว่า ตัวอย่างน้ำในพื้นที่ทำการเกษตรตอนบน (T7) มีค่าปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์สูงสุด คือ 5.01 มิลลิกรัม/ลิตร รองลงมาได้แก่ สระน้ำบริเวณพื้นที่ทำการเกษตร (AR-1) มีค่า 4.4 มิลลิกรัม/ลิตร อ่างเก็บน้ำแม่ต๋อม (D1) มีค่า 3.77 มิลลิกรัม/ลิตร สระน้ำที่เชื่อมต่อระหว่างพื้นที่การเกษตรและกว๊านพะเยา (AR-2) มีค่า 3.62 และสะพานจุดเชื่อมต่อระหว่างพื้นที่การเกษตรและกว๊านพะเยา จุดที่ 1 (AR-3) มีค่าต่ำที่สุด 3.24 ตามลำดับ

จากการศึกษาปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ (BOD) ในพื้นที่ทำการเกษตรรอบกว๊าน วันที่ 11 กรกฎาคม 2551 พบว่า อ่างเก็บน้ำแม่ต๋อม (D1) มีค่าปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์สูงสุด คือ 2.21 มิลลิกรัม/ลิตร รองลงมาได้แก่ พื้นที่ทำการเกษตรตอนบน (T7) มีค่า 2.13 มิลลิกรัม/ลิตร พื้นที่การเกษตรและกว๊านพะเยา (AR-2) มีค่า 2.09 มิลลิกรัม/ลิตร สะพานจุดเชื่อมต่อระหว่างพื้นที่การเกษตรและกว๊านพะเยา จุดที่ 1 (AR-3) มีค่า 1.88 มิลลิกรัม/ลิตร และสระน้ำบริเวณพื้นที่ทำการเกษตร (AR-1) มีค่าต่ำที่สุด 1.49 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ

จากการศึกษาปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ (BOD) ในพื้นที่ทำการเกษตรรอบกว๊าน วันที่ 17 กรกฎาคม 2551 พบว่า ตัวอย่างน้ำในพื้นที่ทำการเกษตรตอนบน (T7) มีค่าปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์สูงสุด คือ 3.56 มิลลิกรัม/ลิตร รองลงมาได้แก่ สระน้ำบริเวณพื้นที่ทำการเกษตร (AR-1) มีค่า 2.91 มิลลิกรัม/ลิตร อ่างเก็บน้ำแม่ต๋อม (D1) มีค่า 2.59 พื้นที่การเกษตรและกว๊านพะเยา (AR-2) มีค่า 1.53 มิลลิกรัม/ลิตร และสะพานจุดเชื่อมต่อระหว่างพื้นที่การเกษตรและกว๊านพะเยา จุดที่ 1 (AR-3) มีค่าต่ำที่สุดคือ 1.36 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ

จากการศึกษาปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ (BOD) ในพื้นที่ทำการเกษตรรอบกว๊าน วันที่ 1 สิงหาคม 2551 พบว่าตัวอย่างน้ำพื้นที่การเกษตรและกว๊านพะเยา (AR-2) มีค่าปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์สูงสุด คือ 2.49 มิลลิกรัม/ลิตร รองลงมาได้แก่ พื้นที่ทำการเกษตรตอนบน (T7) มีค่า 4.88 มิลลิกรัม/ลิตร พื้นที่ทำการเกษตรตอนบน (D1) มีค่า 3.81 สะพานจุดเชื่อมต่อระหว่างพื้นที่การเกษตรและกว๊านพะเยา จุดที่ 1 (AR-3) มีค่า 3.75 มิลลิกรัม/ลิตร และสระน้ำบริเวณพื้นที่ทำการเกษตร (AR-1) มีค่าต่ำที่สุด 3.48 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ

2.3 คุณภาพน้ำใต้ดินในแปลงนาข้าว

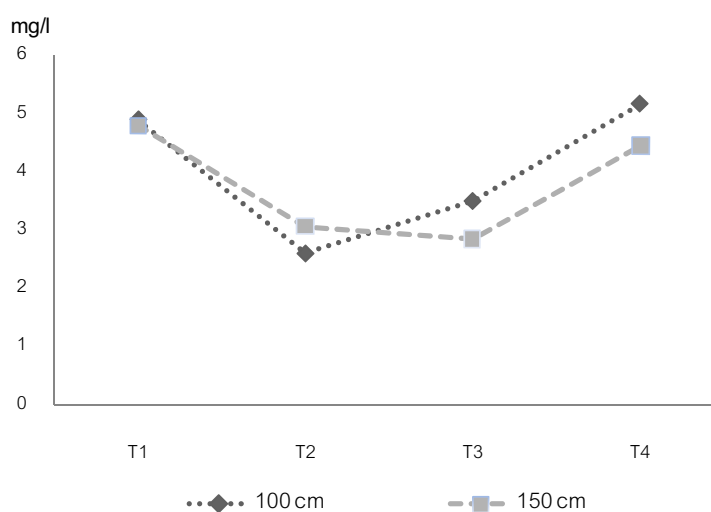
2.3.1 โดยการวางท่อเก็บตัวอย่างน้ำใต้ดิน ที่ 100 cm และ 150 cm ในแนวดิ่งเพื่อทำการศึกษา ได้แก่ 1) ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ (Dissolved Oxygen; DO) 2) ค่าการนำไฟฟ้า (Conductivity; EC) 3) ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ดังนี้

1) ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ (Dissolved Oxygen; DO) ในช่วงเดือนกรกฎาคมโดยเก็บตัวอย่าง 3 ครั้ง ดังนี้

จากภาพ 5-41 แสดงถึงค่าระดับออกซิเจนละลายน้ำจากการตรวจวัดตัวอย่างน้ำใต้ผิวดินที่ระดับความลึก 2 ระดับ ได้แก่ที่ระดับความลึกจากผิวดิน 100 เซนติเมตร และที่ระดับความลึกจากผิวดิน 150 เซนติเมตรในแปลงนาข้าวของวันที่ 7 กรกฎาคม 2551 จำนวน 4 แปลง โดยที่ระดับความลึกจากผิวดิน 100 เซนติเมตร พบว่าค่าระดับออกซิเจนละลายน้ำของแปลงนาข้าวที่ 4 (T4) มีค่าสูงที่สุดคือ 5.18 มิลลิกรัมต่อลิตร รองลงมาได้แก่ แปลงนาข้าวที่ 1 (T1) มีค่าระดับออกซิเจนละลายน้ำ คือ 4.91 มิลลิกรัมต่อลิตร, แปลง

นาข้าวที่ 3 (T3) มีค่าระดับออกซิเจนละลายน้ำ คือ 3.51 มิลลิกรัมต่อลิตร และแปลงนาข้าวที่ 2 (T2) มีค่าระดับออกซิเจนละลายน้ำ คือ 2.61 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ

ส่วนตัวอย่างน้ำใต้ผิวดินที่ระดับความลึกจากผิวดิน 150 เซนติเมตร พบว่าค่าระดับออกซิเจนละลายน้ำของแปลงนาข้าวที่ 1 (T1) มีค่าสูงที่สุดคือ 4.91 มิลลิกรัมต่อลิตร รองลงมาได้แก่ แปลงนาข้าวที่ 4 (T4) มีค่าระดับออกซิเจนละลายน้ำ คือ 4.46 มิลลิกรัมต่อลิตร, แปลงนาข้าวที่ 2 (T2) มีค่าระดับออกซิเจนละลายน้ำ คือ 3.08 มิลลิกรัมต่อลิตร และแปลงนาข้าวที่ 3 (T3) มีค่าระดับออกซิเจนละลายน้ำ คือ 2.85 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ

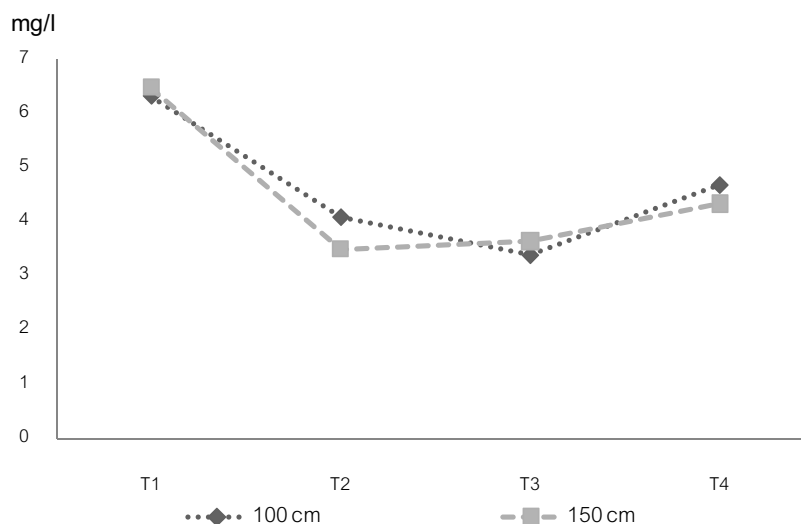


ภาพ 5-41 แสดงค่าระดับออกซิเจนละลายน้ำของตัวอย่างน้ำใต้ผิวดินในแปลงนาข้าว
วันที่ 7 กรกฎาคม 2551

จากภาพ 5-42 แสดงถึงค่าระดับออกซิเจนละลายน้ำจากการตรวจวัดตัวอย่างน้ำใต้ผิวดินที่ระดับความลึก 2 ระดับ ได้แก่ที่ระดับความลึกจากผิวดิน 100 เซนติเมตร และที่ระดับความลึกจากผิวดิน 150 เซนติเมตรในแปลงนาข้าวของวันที่ 11 กรกฎาคม 2551 จำนวน 4 แปลง โดยที่ระดับความลึกจากผิวดิน 100 เซนติเมตร พบว่าค่าระดับออกซิเจนละลายน้ำของแปลงนาข้าวที่ 1 (T1) มีค่าสูงที่สุดคือ 6.33 มิลลิกรัมต่อลิตร รองลงมาได้แก่ แปลงนาข้าวที่ 4 (T4) มีค่าระดับออกซิเจนละลายน้ำ คือ 4.69 มิลลิกรัมต่อลิตร, แปลงนาข้าวที่ 2 (T2) มีค่าระดับออกซิเจนละลายน้ำ คือ 4.10 มิลลิกรัมต่อลิตร และแปลงนาข้าวที่ 3 (T3) มีค่าระดับออกซิเจนละลายน้ำ คือ 3.40 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ

ส่วนตัวอย่างน้ำใต้ผิวดินที่ระดับความลึกจากผิวดิน 150 เซนติเมตร พบว่าค่าระดับออกซิเจนละลายน้ำของแปลงนาข้าวที่ 1 (T1) มีค่าสูงที่สุดคือ 6.49 มิลลิกรัมต่อลิตร รองลงมาได้แก่ แปลงนาข้าวที่ 4 (T4) มีค่าระดับออกซิเจนละลายน้ำ คือ 4.34 มิลลิกรัมต่อลิตร, แปลงนาข้าวที่ 3 (T3) มีค่าระดับออกซิเจนละลายน้ำ คือ 3.40 มิลลิกรัมต่อลิตร และแปลงนาข้าวที่ 2 (T2) มีค่าระดับออกซิเจนละลายน้ำ คือ 2.61 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ

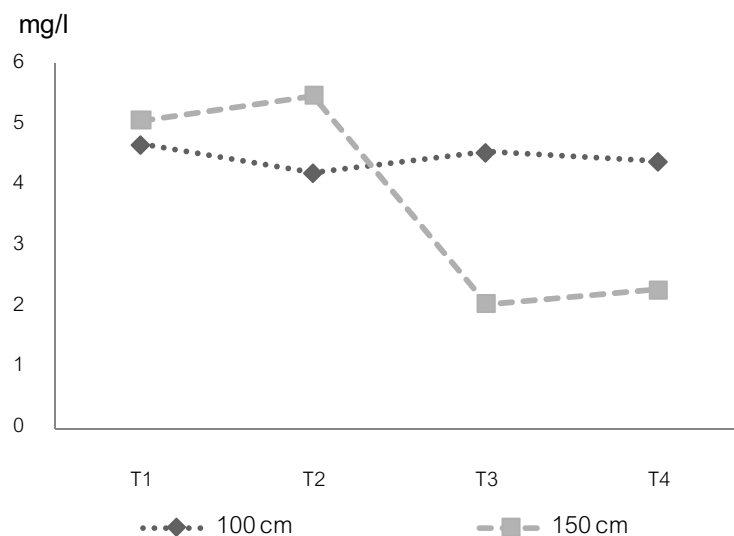
น้ำ คือ 3.65 มิลลิกรัมต่อลิตร และแปลงนาข้าวที่ 2 (T2) มีค่าระดับออกซิเจนละลายน้ำ คือ 3.50 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ



ภาพ 5-42 แสดงค่าระดับออกซิเจนละลายน้ำของตัวอย่างน้ำใต้ผิวดินในแปลงนาข้าว
วันที่ 11 กรกฎาคม 2551

จากภาพ 5-43 แสดงถึงค่าระดับออกซิเจนละลายน้ำจากการตรวจวัดตัวอย่างน้ำใต้ผิวดินที่ระดับความลึก 2 ระดับ ได้แก่ที่ระดับความลึกจากผิวดิน 100 เซนติเมตร และที่ระดับความลึกจากผิวดิน 150 เซนติเมตรในแปลงนาข้าวของวันที่ 20 กรกฎาคม 2551 จำนวน 4 แปลง โดยที่ระดับความลึกจากผิวดิน 100 เซนติเมตร พบว่าค่าระดับออกซิเจนละลายน้ำของแปลงนาข้าวที่ 1 (T1) มีค่าสูงที่สุดคือ 4.68 มิลลิกรัมต่อลิตร รองลงมาได้แก่แปลงนาข้าวที่ 3 (T3) มีค่าระดับออกซิเจนละลายน้ำ คือ 4.55 มิลลิกรัมต่อลิตร, แปลงนาข้าวที่ 4 (T4) มีค่าระดับออกซิเจนละลายน้ำ คือ 4.40 มิลลิกรัมต่อลิตร และแปลงนาข้าวที่ 2 (T2) มีค่าระดับออกซิเจนละลายน้ำ คือ 4.21 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ

ส่วนตัวอย่างน้ำใต้ผิวดินที่ระดับความลึกจากผิวดิน 150 เซนติเมตร พบว่าค่าระดับออกซิเจนละลายน้ำของแปลงนาข้าวที่ 2 (T2) มีค่าสูงที่สุดคือ 5.49 มิลลิกรัมต่อลิตร รองลงมาได้แก่แปลงนาข้าวที่ 1 (T1) มีค่าระดับออกซิเจนละลายน้ำ คือ 5.08 มิลลิกรัมต่อลิตร, แปลงนาข้าวที่ 4 (T4) มีค่าระดับออกซิเจนละลายน้ำ คือ 2.99 มิลลิกรัมต่อลิตร และแปลงนาข้าวที่ 3 (T3) มีค่าระดับออกซิเจนละลายน้ำ คือ 2.05 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ

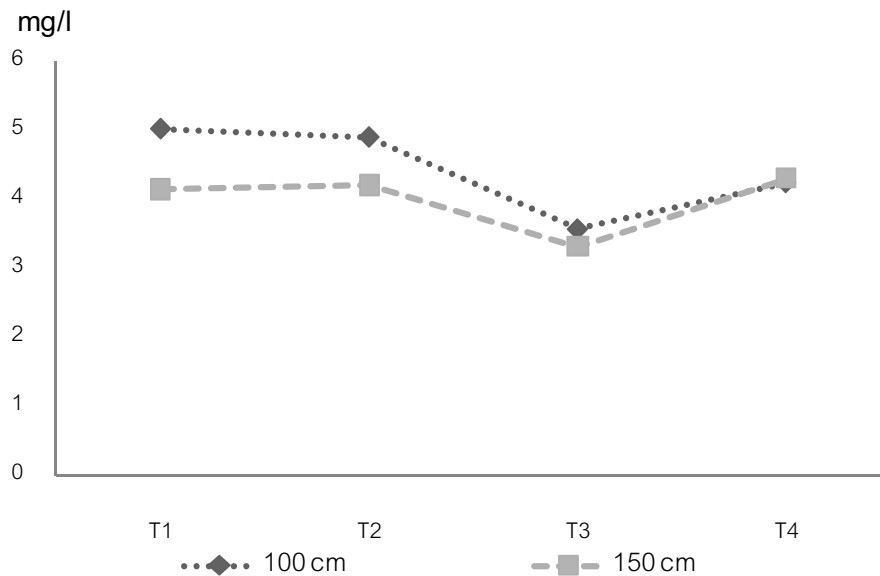


ภาพ 5-43 แสดงค่าระดับออกซิเจนละลายน้ำของตัวอย่างน้ำใต้ผิวดินในแปลงนาข้าว
วันที่ 20 กรกฎาคม 2551

ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ (Dissolved Oxygen; DO) ในช่วงเดือนสิงหาคมโดยเก็บตัวอย่าง
ครั้ง ดังนี้

จากภาพ 5-44 แสดงถึงค่าระดับออกซิเจนละลายน้ำจากการตรวจวัดตัวอย่างน้ำใต้ผิวดินที่ระดับ
ความลึก 2 ระดับ ได้แก่ที่ระดับความลึกจากผิวดิน 100 เซนติเมตร และที่ระดับความลึกจากผิวดิน 150
เซนติเมตรในแปลงนาข้าวของวันที่ 1 สิงหาคม 2551 จำนวน 4 แปลง โดยที่ระดับความลึกจากผิวดิน 100
เซนติเมตร พบว่าค่าระดับออกซิเจนละลายน้ำของแปลงนาข้าวที่ 1 (T1) มีค่าสูงที่สุดคือ 5.02 มิลลิกรัมต่อ
ลิตร รองลงมาได้แก่แปลงนาข้าวที่ 2 (T2) มีค่าระดับออกซิเจนละลายน้ำ คือ 4.90 มิลลิกรัมต่อลิตร, แปลง
นาข้าวที่ 4 (T4) มีค่าระดับออกซิเจนละลายน้ำ คือ 4.25 มิลลิกรัมต่อลิตร และแปลงนาข้าวที่ 3 (T3) มีค่า
ระดับออกซิเจนละลายน้ำ คือ 3.58 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ

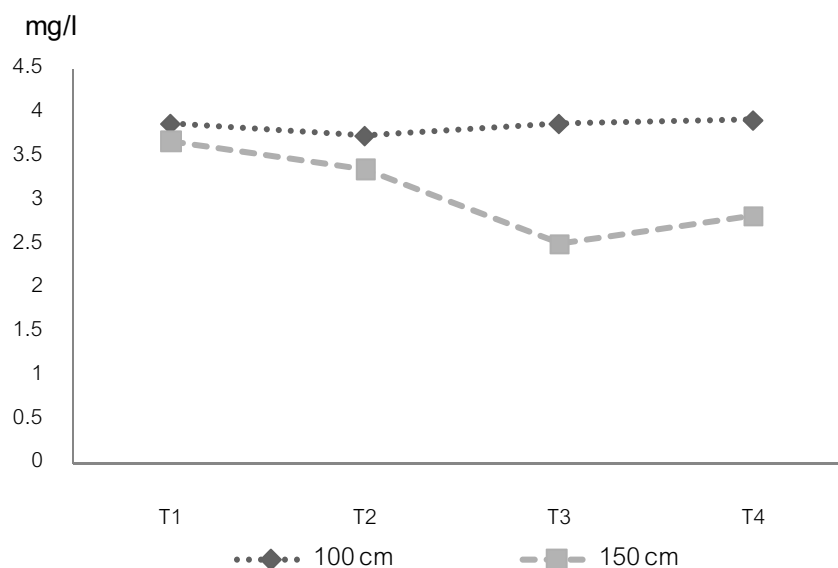
ส่วนตัวอย่างน้ำใต้ผิวดินที่ระดับความลึกจากผิวดิน 150 เซนติเมตร พบว่าค่าระดับออกซิเจนละลาย
น้ำของแปลงนาข้าวที่ 4 (T4) มีค่าสูงที่สุดคือ 4.31 มิลลิกรัมต่อลิตร รองลงมาได้แก่แปลงนาข้าวที่ 2 (T2) มี
ค่าระดับออกซิเจนละลายน้ำ คือ 4.21 มิลลิกรัมต่อลิตร, แปลงนาข้าวที่ 1 (T1) มีค่าระดับออกซิเจนละลาย
น้ำ คือ 4.15 มิลลิกรัมต่อลิตร และแปลงนาข้าวที่ 3 (T3) มีค่าระดับออกซิเจนละลายน้ำ คือ 3.32 มิลลิกรัม
ต่อลิตร ตามลำดับ



ภาพ 5-44 แสดงค่าระดับออกซิเจนละลายน้ำของตัวอย่างน้ำใต้ผิวดินในแปลงนาข้าว
วันที่ 1 สิงหาคม 2551

จากภาพ 5-45 แสดงถึงค่าระดับออกซิเจนละลายน้ำจากการตรวจวัดตัวอย่างน้ำใต้ผิวดินที่ระดับความลึก 2 ระดับ ได้แก่ที่ระดับความลึกจากผิวดิน 100 เซนติเมตร และที่ระดับความลึกจากผิวดิน 150 เซนติเมตรในแปลงนาข้าวของวันที่ 22 สิงหาคม 2551 จำนวน 4 แปลง โดยที่ระดับความลึกจากผิวดิน 100 เซนติเมตร พบว่าค่าระดับออกซิเจนละลายน้ำของแปลงนาข้าวที่ 4 (T4) มีค่าสูงที่สุดคือ 4.93 มิลลิกรัมต่อลิตร รองลงมาได้แก่ แปลงนาข้าวที่ 1 (T1) มีค่าระดับออกซิเจนละลายน้ำ คือ 3.89 มิลลิกรัมต่อลิตร, แปลงนาข้าวที่ 3 (T3) มีค่าระดับออกซิเจนละลายน้ำ คือ 3.89 มิลลิกรัมต่อลิตร และแปลงนาข้าวที่ 2 (T2) มีค่าระดับออกซิเจนละลายน้ำ คือ 3.75 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ

ส่วนตัวอย่างน้ำใต้ผิวดินที่ระดับความลึกจากผิวดิน 150 เซนติเมตร พบว่าค่าระดับออกซิเจนละลายน้ำของแปลงนาข้าวที่ 1 (T1) มีค่าสูงที่สุดคือ 3.68 มิลลิกรัมต่อลิตร รองลงมาได้แก่ แปลงนาข้าวที่ 2 (T2) มีค่าระดับออกซิเจนละลายน้ำ คือ 3.36 มิลลิกรัมต่อลิตร, แปลงนาข้าวที่ 4 (T4) มีค่าระดับออกซิเจนละลายน้ำ คือ 2.83 มิลลิกรัมต่อลิตร และแปลงนาข้าวที่ 3 (T3) มีค่าระดับออกซิเจนละลายน้ำ คือ 2.51 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ

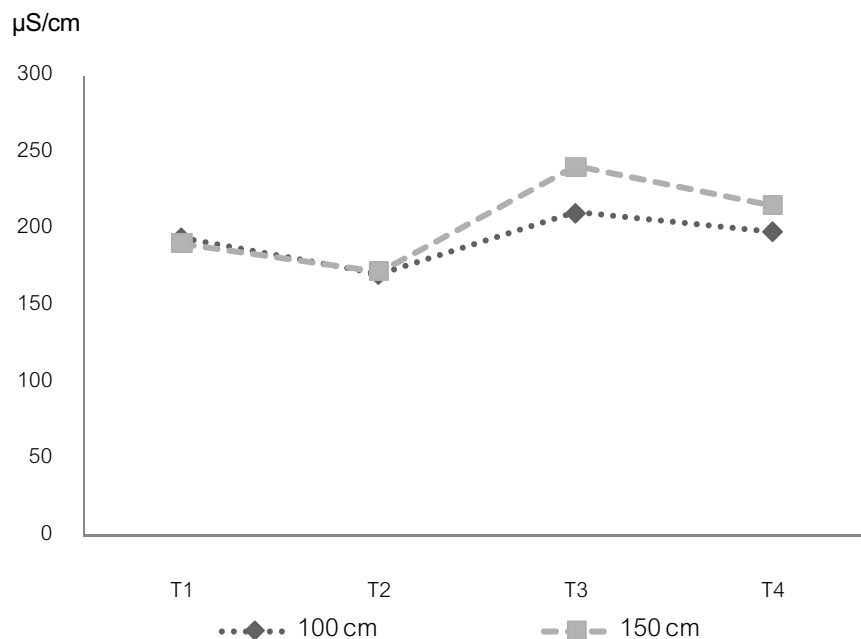


ภาพ 5-45 แสดงค่าระดับออกซิเจนละลายน้ำของตัวอย่างน้ำใต้ผิวดินในแปลงนาข้าว
วันที่ 22 สิงหาคม 2551

2) ค่าการนำไฟฟ้า (Conductivity; EC) ในช่วงเดือนกรกฎาคมโดยเก็บตัวอย่าง 3 ครั้ง ดังนี้

จากภาพ 5-46 แสดงค่าการนำไฟฟ้าของตัวอย่างน้ำใต้ผิวดินในแปลงนาข้าวของวันที่ 22 กรกฎาคม 2551 จำนวน 4 แปลง โดยตรวจวัดที่ระดับความลึกจากผิวดิน 100 เซนติเมตร และที่ระดับความลึกจากผิวดิน 150 เซนติเมตร ซึ่งพบว่าน้ำใต้ผิวดินที่ระดับความลึกจากผิวดิน 100 เซนติเมตร ของแปลงนาข้าวที่ 3 (T3) มีค่าการนำไฟฟ้าสูงที่สุด คือ 211.00 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร รองลงมาได้แก่แปลงนาข้าวที่ 4 (T4) มีค่าการนำไฟฟ้า คือ 199.00 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร, แปลงนาข้าวที่ 1 (T1) มีค่าการนำไฟฟ้า คือ 195.00 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร และแปลงนาข้าวที่ 2 (T2) มีค่าการนำไฟฟ้า คือ 171.00 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร ตามลำดับ

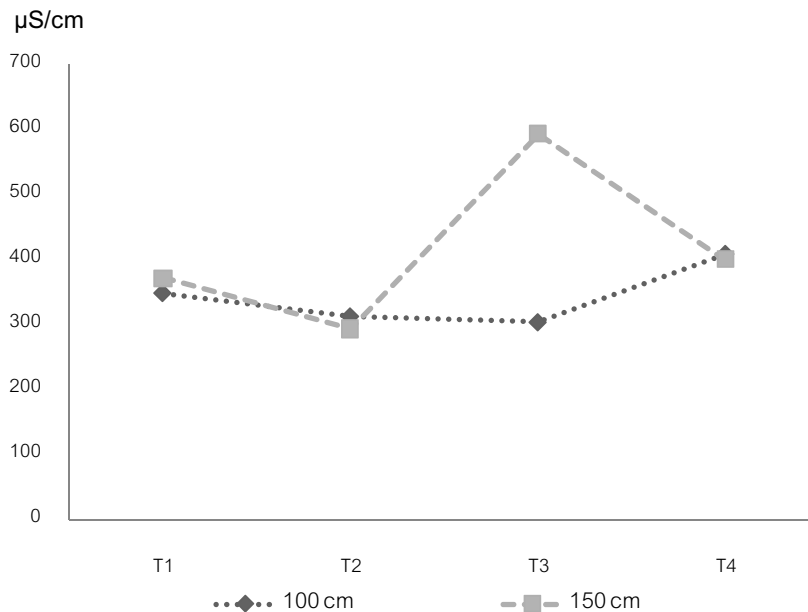
ส่วนค่าการนำไฟฟ้าของตัวอย่างน้ำใต้ผิวดินที่ระดับความลึกจากผิวดิน 150 เซนติเมตร พบว่าตัวอย่างน้ำใต้ผิวดินในแปลงนาข้าวที่ 3 (T3) มีค่าการนำไฟฟ้าสูงที่สุด คือ 241.00 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร รองลงมาได้แก่แปลงนาข้าวที่ 4 (T4) มีค่าการนำไฟฟ้า คือ 216.00 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร, แปลงนาข้าวที่ 1 (T1) มีค่าการนำไฟฟ้า คือ 191.00 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร และแปลงนาข้าวที่ 2 (T2) มีค่าการนำไฟฟ้า คือ 173.00 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร ตามลำดับ



ภาพ 5-46 แสดงค่าการนำไฟฟ้าของตัวอย่างน้ำใต้ผิวดินในแปลงนาข้าว
วันที่ 7 กรกฎาคม 2551

จากภาพ 5-47 แสดงค่าการนำไฟฟ้าของตัวอย่างน้ำใต้ผิวดินในแปลงนาข้าวของวันที่ 11 กรกฎาคม 2551 จำนวน 4 แปลง โดยตรวจวัดที่ระดับความลึกจากผิวดิน 100 เซนติเมตร และที่ระดับความลึกจากผิวดิน 150 เซนติเมตร ซึ่งพบว่าน้ำใต้ผิวดินที่ระดับความลึกจากผิวดิน 100 เซนติเมตร ของแปลงนาข้าวที่ 4 (T4) มีค่าการนำไฟฟ้าสูงที่สุด คือ 407.00 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร รองลงมาได้แก่แปลงนาข้าวที่ 1 (T1) มีค่าการนำไฟฟ้า คือ 347.00 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร, แปลงนาข้าวที่ 2 (T2) มีค่าการนำไฟฟ้า คือ 311.00 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร และแปลงนาข้าวที่ 3 (T3) มีค่าการนำไฟฟ้า คือ 302.00 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร ตามลำดับ

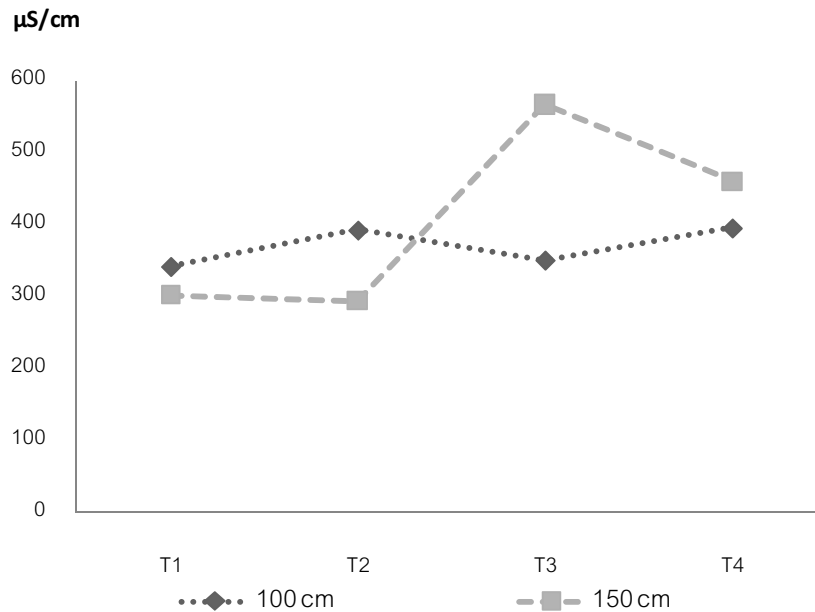
ส่วนค่าการนำไฟฟ้าของตัวอย่างน้ำใต้ผิวดินที่ระดับความลึกจากผิวดิน 150 เซนติเมตร พบว่าตัวอย่างน้ำใต้ผิวดินในแปลงนาข้าวที่ 3 (T3) มีค่าการนำไฟฟ้าสูงที่สุด คือ 592.00 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร รองลงมาได้แก่แปลงนาข้าวที่ 4 (T4) มีค่าการนำไฟฟ้า คือ 399.00 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร, แปลงนาข้าวที่ 1 (T1) มีค่าการนำไฟฟ้า คือ 370.00 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร และแปลงนาข้าวที่ 2 (T2) มีค่าการนำไฟฟ้า คือ 292.00 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร ตามลำดับ



ภาพ 5-47 แสดงค่าการนำไฟฟ้าของตัวอย่างน้ำใต้ผิวดินในแปลงนาข้าว
วันที่ 11 กรกฎาคม 2551

จากภาพ 5-48 แสดงค่าการนำไฟฟ้าของตัวอย่างน้ำใต้ผิวดินในแปลงนาข้าวของวันที่ 20 กรกฎาคม 2551 จำนวน 4 แปลง โดยตรวจวัดที่ระดับความลึกจากผิวดิน 100 เซนติเมตร และที่ระดับความลึกจากผิวดิน 150 เซนติเมตร ซึ่งพบว่าน้ำใต้ผิวดินที่ระดับความลึกจากผิวดิน 100 เซนติเมตร ของแปลงนาข้าวที่ 4 (T4) มีค่าการนำไฟฟ้าสูงที่สุด คือ 495.00 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร รองลงมาได้แก่แปลงนาข้าวที่ 2 (T2) มีค่าการนำไฟฟ้า คือ 392.00 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร, แปลงนาข้าวที่ 3 (T3) มีค่าการนำไฟฟ้า คือ 350.00 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร และแปลงนาข้าวที่ 1 (T1) มีค่าการนำไฟฟ้า คือ 341.00 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร ตามลำดับ

ส่วนค่าการนำไฟฟ้าของตัวอย่างน้ำใต้ผิวดินที่ระดับความลึกจากผิวดิน 150 เซนติเมตร พบว่าตัวอย่างน้ำใต้ผิวดินในแปลงนาข้าวที่ 3 (T3) มีค่าการนำไฟฟ้าสูงที่สุด คือ 566.00 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร รองลงมาได้แก่แปลงนาข้าวที่ 4 (T4) มีค่าการนำไฟฟ้า คือ 460.00 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร, แปลงนาข้าวที่ 1 (T1) มีค่าการนำไฟฟ้า คือ 302.00 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร และแปลงนาข้าวที่ 2 (T2) มีค่าการนำไฟฟ้า คือ 294.00 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร ตามลำดับ

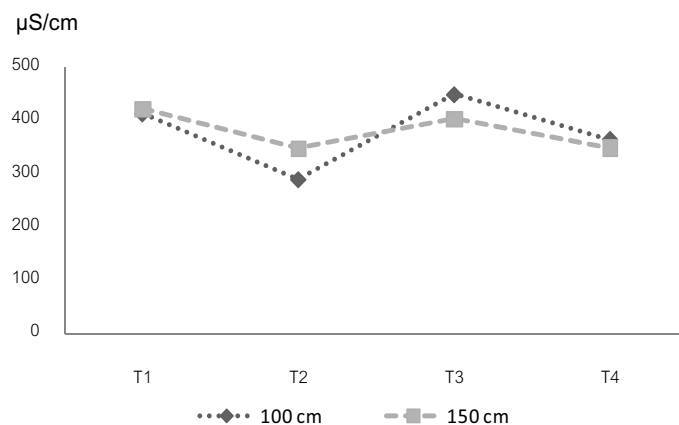


ภาพ 5-48 แสดงค่าการนำไฟฟ้าของตัวอย่างน้ำใต้ผิวดินในแปลงนาข้าว
วันที่ 20 กรกฎาคม 2551

ค่าการนำไฟฟ้า (Conductivity; EC) ในช่วงเดือนสิงหาคม ดังนี้

จากภาพ 5-49 แสดงค่าการนำไฟฟ้าของตัวอย่างน้ำใต้ผิวดินในแปลงนาข้าวของวันที่ 1 สิงหาคม 2551 จำนวน 4 แปลง โดยตรวจวัดที่ระดับความลึกจากผิวดิน 100 เซนติเมตร และที่ระดับความลึกจากผิวดิน 150 เซนติเมตร ซึ่งพบว่าน้ำใต้ผิวดินที่ระดับความลึกจากผิวดิน 100 เซนติเมตร ของแปลงนาข้าวที่ 3 (T3) มีค่าการนำไฟฟ้าสูงที่สุด คือ 449.00 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร รองลงมาได้แก่แปลงนาข้าวที่ 1 (T1) มีค่าการนำไฟฟ้า คือ 413.00 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร, แปลงนาข้าวที่ 4 (T4) มีค่าการนำไฟฟ้า คือ 365.00 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร และแปลงนาข้าวที่ 2 (T2) มีค่าการนำไฟฟ้า คือ 289.00 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร ตามลำดับ

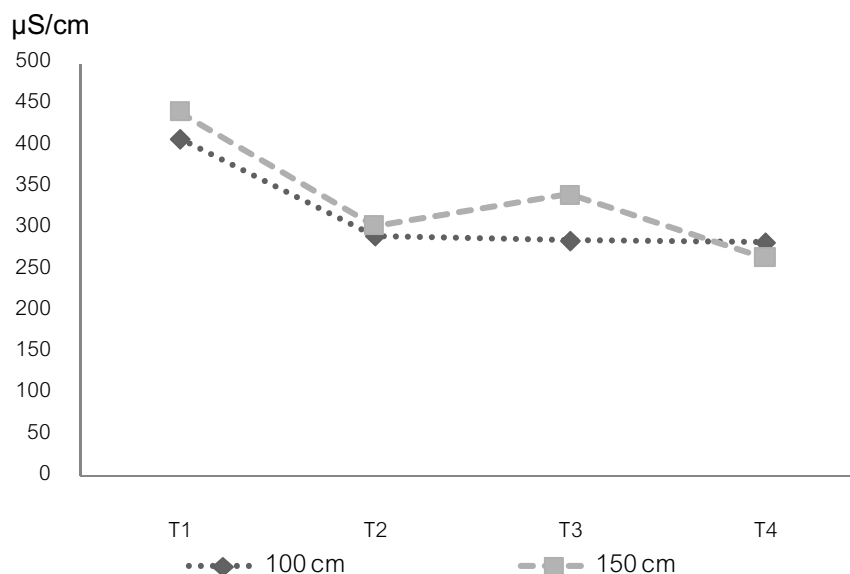
ส่วนค่าการนำไฟฟ้าของตัวอย่างน้ำใต้ผิวดินที่ระดับความลึกจากผิวดิน 150 เซนติเมตร พบว่าตัวอย่างน้ำใต้ผิวดินในแปลงนาข้าวที่ 1 (T1) มีค่าการนำไฟฟ้าสูงที่สุด คือ 421.00 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร รองลงมาได้แก่แปลงนาข้าวที่ 3 (T3) มีค่าการนำไฟฟ้า คือ 403.00 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร, แปลงนาข้าวที่ 4 (T4) มีค่าการนำไฟฟ้า คือ 348.00 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร และแปลงนาข้าวที่ 2 (T2) มีค่าการนำไฟฟ้า คือ 347.00 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร ตามลำดับ



ภาพ 5-49 แสดงค่าการนำไฟฟ้าของตัวอย่างน้ำใต้ผิวดินในแปลงนาข้าว
วันที่ 1 สิงหาคม 2551

จากภาพ 5-50 แสดงค่าการนำไฟฟ้าของตัวอย่างน้ำใต้ผิวดินในแปลงนาข้าวของวันที่ 22 สิงหาคม 2551 จำนวน 4 แปลง โดยตรวจวัดที่ระดับความลึกจากผิวดิน 100 เซนติเมตร และที่ระดับความลึกจากผิวดิน 150 เซนติเมตร ซึ่งพบว่าน้ำใต้ผิวดินที่ระดับความลึกจากผิวดิน 100 เซนติเมตร ของแปลงนาข้าวที่ 1 (T1) มีค่าการนำไฟฟ้าสูงที่สุด คือ 409.00 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร รองลงมาได้แก่แปลงนาข้าวที่ 2 (T2) มีค่าการนำไฟฟ้า คือ 291.00 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร, แปลงนาข้าวที่ 3 (T3) มีค่าการนำไฟฟ้า คือ 285.00 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร และแปลงนาข้าวที่ 4 (T4) มีค่าการนำไฟฟ้า คือ 283.00 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร ตามลำดับ

ส่วนค่าการนำไฟฟ้าของตัวอย่างน้ำใต้ผิวดินที่ระดับความลึกจากผิวดิน 150 เซนติเมตร พบว่าตัวอย่างน้ำใต้ผิวดินในแปลงนาข้าวที่ 1 (T1) มีค่าการนำไฟฟ้าสูงที่สุด คือ 442.00 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร รองลงมาได้แก่แปลงนาข้าวที่ 3 (T3) มีค่าการนำไฟฟ้า คือ 341.00 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร, แปลงนาข้าวที่ 2 (T2) มีค่าการนำไฟฟ้า คือ 304.00 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร และแปลงนาข้าวที่ 4 (T4) มีค่าการนำไฟฟ้า คือ 265.00 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร ตามลำดับ

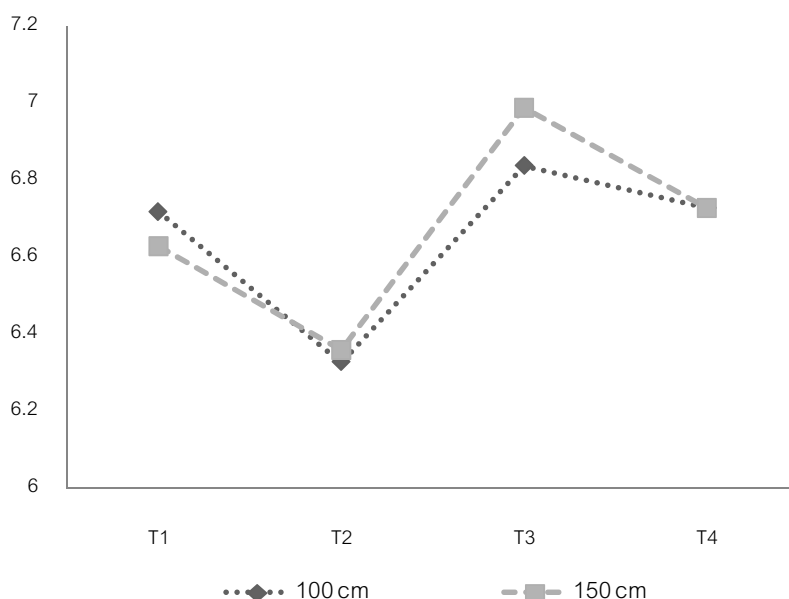


ภาพ 5-50 แสดงค่าการนำไฟฟ้าของตัวอย่างน้ำใต้ผิวดินในแปลงนาข้าว
วันที่ 22 สิงหาคม 2551

3) ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ในช่วงเดือนกรกฎาคม ดังนี้

จากภาพ 5-51 แสดงถึงค่าความเป็นกรด-ด่าง จากการตรวจวัดตัวอย่างน้ำใต้ผิวดินที่ระดับความลึกจากผิวดิน 100 เซนติเมตร และที่ระดับความลึกจากผิวดิน 150 เซนติเมตร ในแปลงนาข้าวของวันที่ 7 กรกฎาคม 2551 จำนวน 4 แปลง โดยพบว่าตัวอย่างน้ำใต้ผิวดินที่ระดับความลึก 100 เซนติเมตร ในแปลงนาข้าวที่ 3 (T3) มีค่า pH สูงที่สุด คือ 6.84 รองลงมาได้แก่ แปลงนาข้าวที่ 4 (T4) มีค่า pH คือ 6.73, แปลงนาข้าวที่ 1 (T1) มีค่า pH คือ 6.72 และแปลงนาข้าวที่ 2 (T2) มีค่า pH คือ 6.33 ตามลำดับ

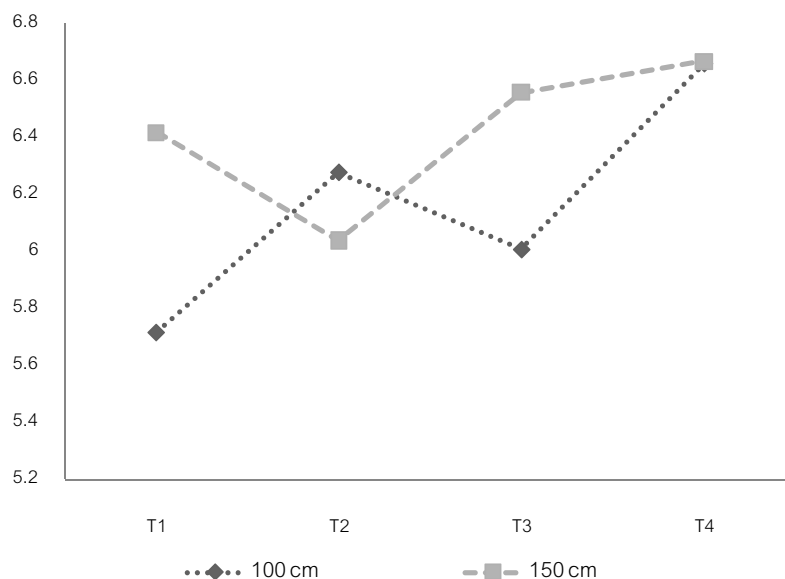
ส่วนตัวอย่างน้ำใต้ผิวดินที่ระดับความลึกจากผิวดิน 150 เซนติเมตร พบว่าค่าความเป็นกรด-ด่างของตัวอย่างน้ำในแปลงนาข้าวที่ 3 (T3) มีค่า pH สูงที่สุด คือ 6.99 รองลงมาได้แก่ แปลงนาข้าวที่ 4 (T4) มีค่า pH คือ 6.73, แปลงนาข้าวที่ 1 (T1) มีค่า pH คือ 6.63 และแปลงนาข้าวที่ 2 (T2) มีค่า pH คือ 6.36 ตามลำดับ



ภาพ 5-51 แสดงค่าความเป็นกรด-ด่างของตัวอย่างน้ำใต้ผิวดินในแปลงนาข้าว
วันที่ 7 กรกฎาคม 2551

จากภาพ 5-52 แสดงถึงค่าความเป็นกรด-ด่าง จากการตรวจวัดตัวอย่างน้ำใต้ผิวดินที่ระดับความลึกจากผิวดิน 100 เซนติเมตร และที่ระดับความลึกจากผิวดิน 150 เซนติเมตร ในแปลงนาข้าวของวันที่ 11 กรกฎาคม 2551 จำนวน 4 แปลง โดยพบว่าตัวอย่างน้ำใต้ผิวดินที่ระดับความลึก 100 เซนติเมตร ในแปลงนาข้าวที่ 4 (T4) มีค่า pH สูงที่สุด คือ 6.66 รองลงมาได้แก่ แปลงนาข้าวที่ 2 (T2) มีค่า pH คือ 6.28, แปลงนาข้าวที่ 3 (T3) มีค่า pH คือ 6.01 และแปลงนาข้าวที่ 1 (T1) มีค่า pH คือ 5.72 ตามลำดับ

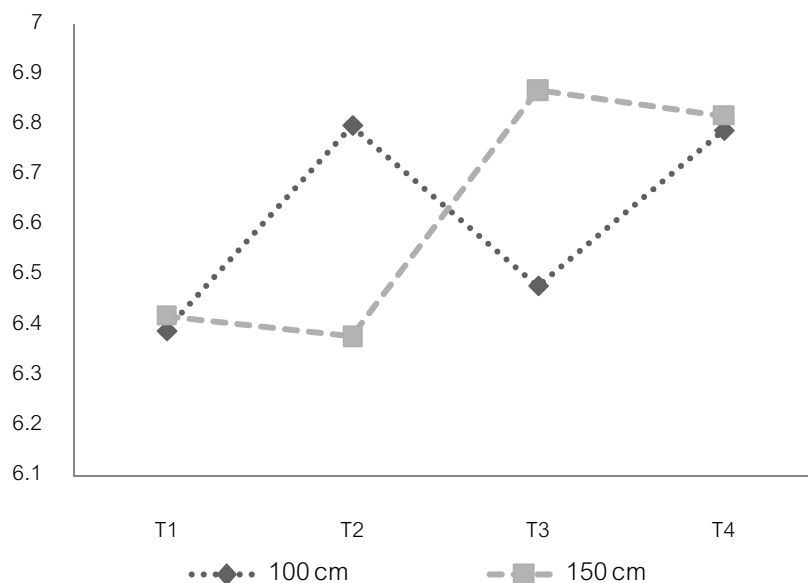
ส่วนตัวอย่างน้ำใต้ผิวดินที่ระดับความลึกจากผิวดิน 150 เซนติเมตร พบว่าค่าความเป็นกรด-ด่างของตัวอย่างน้ำในแปลงนาข้าวที่ 4 (T4) มีค่า pH สูงที่สุด คือ 6.67 รองลงมาได้แก่ แปลงนาข้าวที่ 3 (T3) มีค่า pH คือ 6.56, แปลงนาข้าวที่ 1 (T1) มีค่า pH คือ 6.42 และแปลงนาข้าวที่ 2 (T2) มีค่า pH คือ 6.04 ตามลำดับ



ภาพ 5-52 แสดงค่าความเป็นกรด-ด่างของตัวอย่างน้ำใต้ผิวดินในแปลงนาข้าว
วันที่ 11 กรกฎาคม 2551

จากภาพ 5-53 แสดงถึงค่าความเป็นกรด-ด่าง จากการตรวจวัดตัวอย่างน้ำใต้ผิวดินที่ระดับความลึกจากผิวดิน 100 เซนติเมตร และที่ระดับความลึกจากผิวดิน 150 เซนติเมตร ในแปลงนาข้าวของวันที่ 20 กรกฎาคม 2551 จำนวน 4 แปลง โดยพบว่าตัวอย่างน้ำใต้ผิวดินที่ระดับความลึก 100 เซนติเมตร ในแปลงนาข้าวที่ 2 (T2) มีค่า pH สูงที่สุด คือ 6.80 รองลงมาได้แก่ แปลงนาข้าวที่ 4 (T4) มีค่า pH คือ 6.79, แปลงนาข้าวที่ 3 (T3) มีค่า pH คือ 6.48 และแปลงนาข้าวที่ 1 (T1) มีค่า pH คือ 6.39 ตามลำดับ

ส่วนตัวอย่างน้ำใต้ผิวดินที่ระดับความลึกจากผิวดิน 150 เซนติเมตร พบว่าค่าความเป็นกรด-ด่างของตัวอย่างน้ำในแปลงนาข้าวที่ 3 (T3) มีค่า pH สูงที่สุด คือ 6.87 รองลงมาได้แก่ แปลงนาข้าวที่ 4 (T4) มีค่า pH คือ 6.82, แปลงนาข้าวที่ 1 (T1) มีค่า pH คือ 6.42 และแปลงนาข้าวที่ 2 (T2) มีค่า pH คือ 6.38 ตามลำดับ

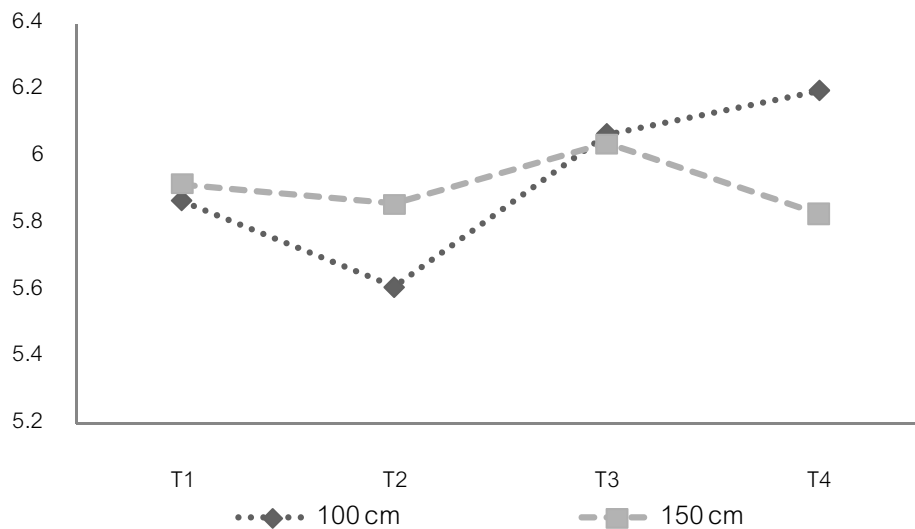


ภาพ 5-53 แสดงค่าความเป็นกรด-ด่างของตัวอย่างน้ำใต้ผิวดินในแปลงนาข้าว
วันที่ 20 กรกฎาคม 2551

ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ในช่วงเดือนสิงหาคม ดังนี้

จากภาพ 5-54 แสดงถึงค่าความเป็นกรด-ด่าง จากการตรวจวัดตัวอย่างน้ำใต้ผิวดินที่ระดับความลึกจากผิวดิน 100 เซนติเมตร และที่ระดับความลึกจากผิวดิน 150 เซนติเมตร ในแปลงนาข้าวของวันที่ 1 สิงหาคม 2551 จำนวน 4 แปลง โดยพบว่าตัวอย่างน้ำใต้ผิวดินที่ระดับความลึก 100 เซนติเมตร ในแปลงนาข้าวที่ 4 (T4) มีค่า pH สูงที่สุด คือ 6.20 รองลงมาได้แก่ แปลงนาข้าวที่ 3 (T3) มีค่า pH คือ 6.07, แปลงนาข้าวที่ 1 (T1) มีค่า pH คือ 5.87 และแปลงนาข้าวที่ 2 (T2) มีค่า pH คือ 5.61 ตามลำดับ

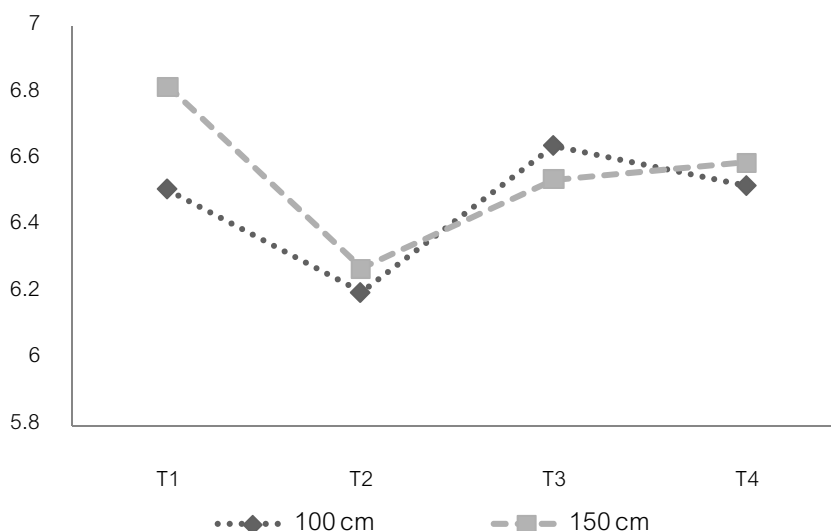
ส่วนตัวอย่างน้ำใต้ผิวดินที่ระดับความลึกจากผิวดิน 150 เซนติเมตร พบว่าค่าความเป็นกรด-ด่างของตัวอย่างน้ำในแปลงนาข้าวที่ 3 (T3) มีค่า pH สูงที่สุด คือ 6.04 รองลงมาได้แก่ แปลงนาข้าวที่ 1 (T1) มีค่า pH คือ 5.92, แปลงนาข้าวที่ 2 (T2) มีค่า pH คือ 5.86 และแปลงนาข้าวที่ 4 (T4) มีค่า pH คือ 5.83 ตามลำดับ



ภาพ 5-54 แสดงค่าความเป็นกรด-ด่างของตัวอย่างน้ำใต้ผิวดินในแปลงนาข้าว
วันที่ 1 สิงหาคม 2551

จากภาพ 5-55 แสดงถึงค่าความเป็นกรด-ด่าง จากการตรวจวัดตัวอย่างน้ำใต้ผิวดินที่ระดับความลึกจากผิวดิน 100 เซนติเมตร และที่ระดับความลึกจากผิวดิน 150 เซนติเมตร ในแปลงนาข้าวของวันที่ 22 สิงหาคม 2551 จำนวน 4 แปลง โดยพบว่าตัวอย่างน้ำใต้ผิวดินที่ระดับความลึก 100 เซนติเมตร ในแปลงนาข้าวที่ 3 (T3) มีค่า pH สูงที่สุด คือ 6.64 รองลงมาได้แก่ แปลงนาข้าวที่ 2 (T2) มีค่า pH คือ 6.20, แปลงนาข้าวที่ 4 (T4) มีค่า pH คือ 6.52 และแปลงนาข้าวที่ 1 (T1) มีค่า pH คือ 6.51 ตามลำดับ

ส่วนตัวอย่างน้ำใต้ผิวดินที่ระดับความลึกจากผิวดิน 150 เซนติเมตร พบว่าค่าความเป็นกรด-ด่างของตัวอย่างน้ำในแปลงนาข้าวที่ 1 (T1) มีค่า pH สูงที่สุด คือ 6.82 รองลงมาได้แก่ แปลงนาข้าวที่ 4 (T4) มีค่า pH คือ 6.59 แปลงนาข้าวที่ 3 (T3) มีค่า pH คือ 6.54 และแปลงนาข้าวที่ 2 (T2) มีค่า pH คือ 6.27 ตามลำดับ



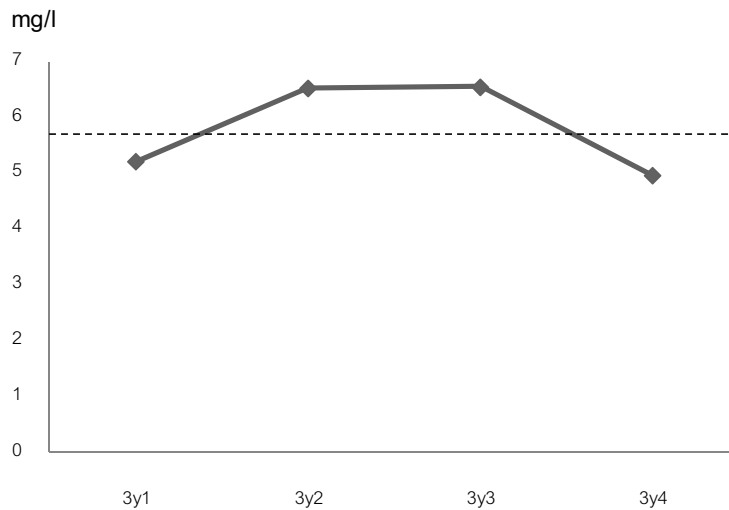
ภาพ 5-55 แสดงค่าความเป็นกรด-ด่างของตัวอย่างน้ำใต้ผิวดินในแปลงนาข้าว
วันที่ 22 สิงหาคม 2551

2.3.2 ศึกษาคุณภาพน้ำใต้ดิน โดยการวางท่อเก็บตัวอย่างน้ำใต้ดินที่ระดับ 50 เซนติเมตร ในแนวระนาบ ในพื้นที่แปลง 3 และ 4 โดยมีการวางทั้งหมด 4 จุดใน 1 แปลง เพื่อทำการศึกษา ได้แก่ 1) ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ (Dissolved Oxygen; DO) 2) ค่าการนำไฟฟ้า (Conductivity; EC) 3) และค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ดังนี้

- ผลการเก็บตัวอย่างน้ำใต้ดินโดยการวางท่อเก็บตัวอย่างน้ำใต้ดินที่ระดับ 50 เซนติเมตร ในแปลงนา 3 ดังนี้

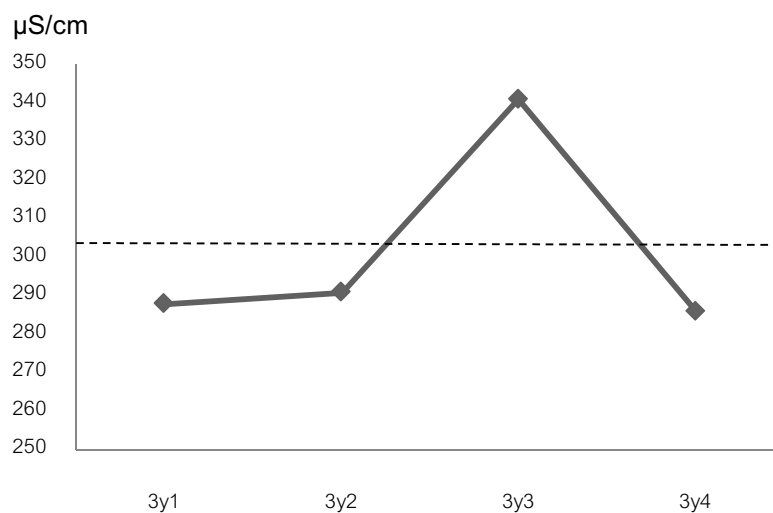
1) ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ (Dissolved Oxygen; DO) ในช่วงเดือนกรกฎาคม

จากภาพ 5-56 แสดงปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (Dissolved Oxygen; DO) ที่ได้จากการตรวจวัดตัวอย่างน้ำใต้ดินในแปลงนาข้าวของวันที่ 7 กรกฎาคม 2551 ในแปลงที่ 3 ทั้งหมด 4 จุด พบว่า ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำของแปลงนาข้าวจุดที่ 3 (3y3) มีค่าสูงที่สุด คือ 6.55 มิลลิกรัมต่อลิตร รองลงมา คือ จุดที่ 2 (3y2) จุดที่ 1 (3y1) และจุดที่ 4 (3y4) มีค่า 6.53 5.22 และ 4.97 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ จากการศึกษ ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำในน้ำใต้ดิน ระดับ 50 เซนติเมตร ในแปลงนาที่ 3 มีค่าเฉลี่ย 5.82 มิลลิกรัมต่อลิตร



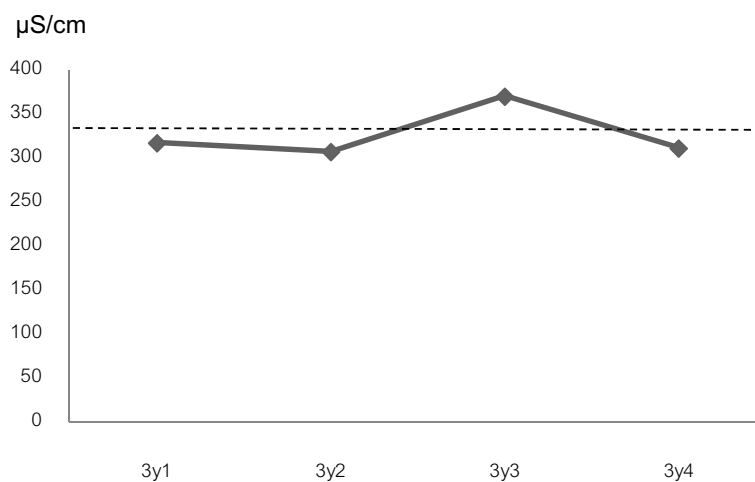
ภาพ 5-56 ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำในน้ำใต้ดิน แปลงนาที่ 3 ระดับ 50 เซนติเมตร
วันที่ 7 กรกฎาคม 2551

ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (Dissolved Oxygen; DO) ที่ได้จากการตรวจวัดตัวอย่างน้ำใต้ดินในแปลงนาข้าวของวันที่ 11 กรกฎาคม 2551 ในแปลงที่ 3 ทั้งหมด 4 จุด (ภาพ 5-57) พบว่าปริมาณออกซิเจนละลายน้ำของแปลงนาข้าวจุดที่ 1 (3y1) มีค่าสูงสุด คือ 5.62 มิลลิกรัมต่อลิตร รองลงมาคือ จุดที่ 2 (3y2) จุดที่ 3 (3y3) และจุดที่ 4 (3y4) มีค่า 5.05 4.83 และ 4.82 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ จากการศึกษ ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำในน้ำใต้ดิน ระดับ 50 เซนติเมตร ในแปลงนาที่ 3 มีค่าเฉลี่ย 5.08 มิลลิกรัมต่อลิตร



ภาพ 5-57 ค่าการนำไฟฟ้าในน้ำใต้ดิน แปลงนาที่ 3 ระดับ 50 เซนติเมตร
วันที่ 11 กรกฎาคม 2551

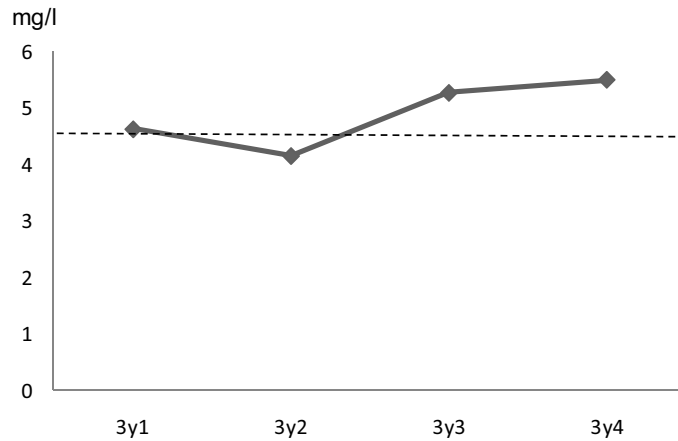
ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (Dissolved Oxygen; DO) ที่ได้จากการตรวจวัดตัวอย่างน้ำใต้ดินในแปลงนาข้าวของวันที่ 20 กรกฎาคม 2551 ในแปลงที่ 3 ทั้งหมด 4 จุด (ภาพ 5-58) พบว่าปริมาณออกซิเจนละลายน้ำของแปลงนาข้าวจุดที่ 2 (3y2) มีค่าสูงสุด คือ 5.38 มิลลิกรัมต่อลิตร รองลงมาคือ จุดที่ 1 (3y1) จุดที่ 3 (3y3) และจุดที่ 4 (3y4) มีค่า 5.24 5.04 และ 4.12 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ จากการศึกษาปริมาณออกซิเจนละลายน้ำในน้ำใต้ดิน ระดับ 50 เซนติเมตร ในแปลงนาที่ 3 มีค่าเฉลี่ย 4.95 มิลลิกรัมต่อลิตร



ภาพ 5-58 ค่าการนำไฟฟ้าในน้ำใต้ดิน แปลงนาที่ 3 ระดับ 50 เซนติเมตร
วันที่ 20 กรกฎาคม 2551

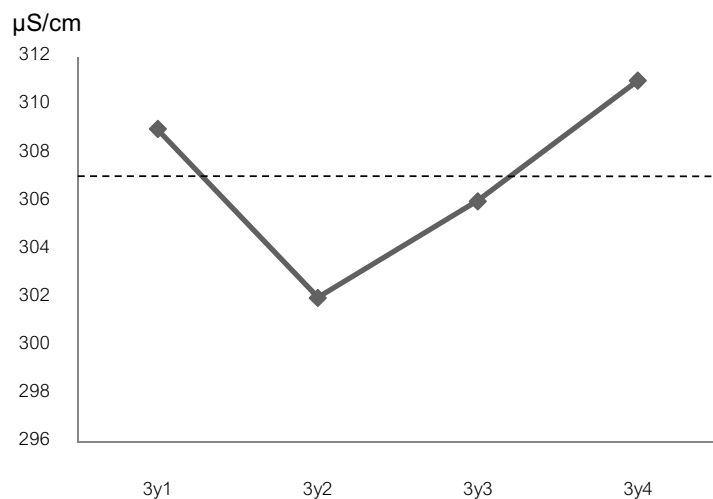
ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ (Dissolved Oxygen; DO) ในช่วงเดือนสิงหาคม

ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (Dissolved Oxygen; DO) ที่ได้จากการตรวจวัดตัวอย่างน้ำใต้ดินในแปลงนาข้าวของวันที่ 1 สิงหาคม 2551 ในแปลงที่ 3 ทั้งหมด 4 จุด (ภาพ 5-59) พบว่าปริมาณออกซิเจนละลายน้ำของแปลงนาข้าวจุดที่ 4 (3y4) มีค่าสูงสุด คือ 5.49 มิลลิกรัมต่อลิตร รองลงมาคือ จุดที่ 3 (3y3) จุดที่ 1 (3y1) และจุดที่ 2 (3y2) มีค่า 5.26 4.62 และ 4.15 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ จากการศึกษาปริมาณออกซิเจนละลายน้ำในน้ำใต้ดิน ระดับ 50 เซนติเมตร ในแปลงนาที่ 3 มีค่าเฉลี่ย 4.88 มิลลิกรัมต่อลิตร



ภาพ 5-59 ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำในน้ำใต้ดิน แปลงนาที่ 3 ระดับ 50 เซนติเมตร
วันที่ 1 สิงหาคม 2551

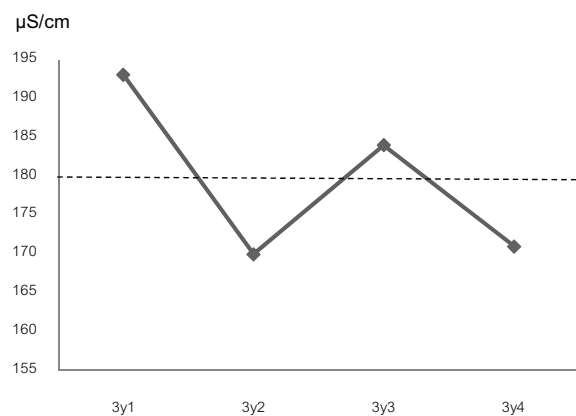
ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (Dissolved Oxygen; DO) ที่ได้จากการตรวจวัดตัวอย่างน้ำใต้ดินในแปลงนาข้าวของวันที่ วันที่ 9 สิงหาคม 2551 ในแปลงที่ 3 ทั้งหมด 4 จุด (ภาพ 5-60) พบว่าปริมาณออกซิเจนละลายน้ำของแปลงนาข้าวจุดที่ 1 (3y1) มีค่าสูงที่สุด คือ 4.19 มิลลิกรัมต่อลิตร รองลงมาคือ จุดที่ 4 (3y4) จุดที่ 3 (3y3) และจุดที่ 2 (3y2) มีค่า 3.75 3.25 และ 2.91 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ จากการศึกษาปริมาณออกซิเจนละลายน้ำในน้ำใต้ดิน ระดับ 50 เซนติเมตร ในแปลงนาที่ 3 มีค่าเฉลี่ย 3.52 มิลลิกรัมต่อลิตร



ภาพ 5-60 ค่าการนำไฟฟ้าในน้ำใต้ดิน แปลงนาที่ 3 ระดับ 50 เซนติเมตร
วันที่ 9 สิงหาคม 2551

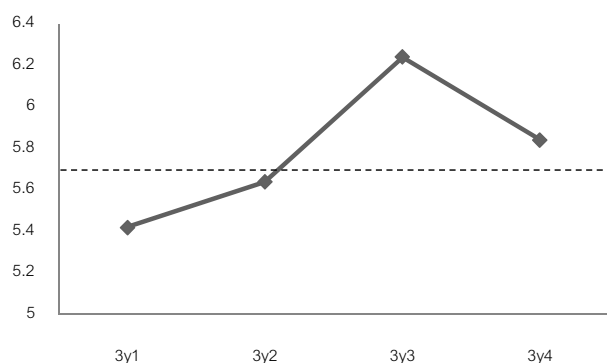
2) ค่าการนำไฟฟ้า (Conductivity; EC) ในช่วงเดือนกรกฎาคม ดังนี้

ค่าการนำไฟฟ้า (Conductivity) ดังภาพ 5-61 ที่ได้จากการตรวจวัดตัวอย่างน้ำใต้ดินในแปลงนาข้าวของวันที่ 7 กรกฎาคม 2551 ในแปลงที่ 3 ทั้งหมด 4 จุด พบว่าค่าการนำไฟฟ้าของแปลงนาข้าวจุดที่ 3 (3y3) มีค่าสูงที่สุด คือ 193 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร รองลงมาคือ จุดที่ 3 (3y3) จุดที่ 4 (3y4) และจุดที่ 2 (3y2) มีค่า 184 171 และ 170 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร ตามลำดับ จากการศึกษาค่าการนำไฟฟ้าในน้ำใต้ดิน ระดับ 50 เซนติเมตร ในแปลงนาที่ 3 มีค่าเฉลี่ย 179.50 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร



ภาพ 5-61 ค่าการนำไฟฟ้าในน้ำใต้ดิน แปลงนาที่ 3 ระดับ 50 เซนติเมตร
วันที่ 7 กรกฎาคม 2551

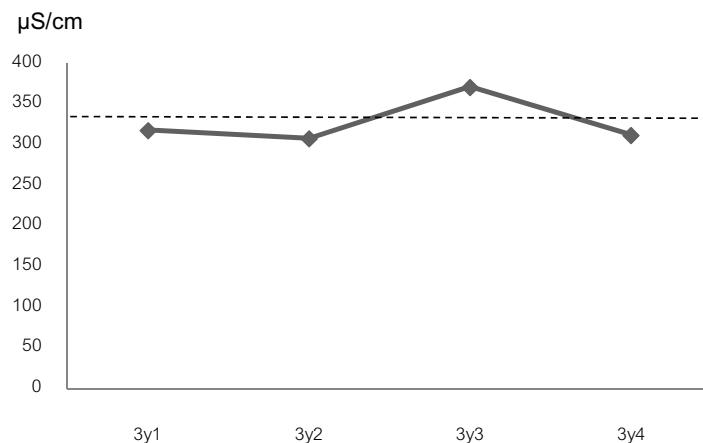
ค่าการนำไฟฟ้า (Conductivity) ดังภาพ 5-62 ที่ได้จากการตรวจวัดตัวอย่างน้ำใต้ดินในแปลงนาข้าวของวันที่ 11 กรกฎาคม 2551 ในแปลงที่ 3 ทั้งหมด 4 จุด พบว่าค่าการนำไฟฟ้าของแปลงนาข้าวจุดที่ 3 (3y3) มีค่าสูงที่สุด คือ 341 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร รองลงมาคือ จุดที่ 2 (3y2) จุดที่ 1 (3y1) และจุดที่ 4 (3y4) มีค่า 291 288 และ 286 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร ตามลำดับ จากการศึกษาค่าการนำไฟฟ้าในน้ำใต้ดิน ระดับ 50 เซนติเมตร ในแปลงนาที่ 3 มีค่าเฉลี่ย 302 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร



ภาพ 5-62 ค่าพีเอชในน้ำใต้ดิน แปลงนา ที่ 3 ระดับ 50 เซนติเมตร

วันที่ 11 กรกฎาคม 2551

ค่าการนำไฟฟ้า (Conductivity) ดังภาพ 5-63 ที่ได้จากการตรวจวัดตัวอย่างน้ำใต้ดินในแปลงนาข้าวของวันที่ 20 กรกฎาคม 2551 ในแปลงที่ 3 ทั้งหมด 4 จุด พบว่าค่าการนำไฟฟ้าของแปลงนาข้าวจุดที่ 3 (3y3) มีค่าสูงที่สุด คือ 371 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร รองลงมาคือ จุดที่ 1 (3y1) จุดที่ 4 (3y4) และจุดที่ 2 (3y2) มีค่า 318 312 และ 308 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร ตามลำดับ จากการศึกษาค่าการนำไฟฟ้าในน้ำใต้ดิน ระดับ 50 เซนติเมตร ในแปลงนาที่ 3 มีค่าเฉลี่ย 327 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร

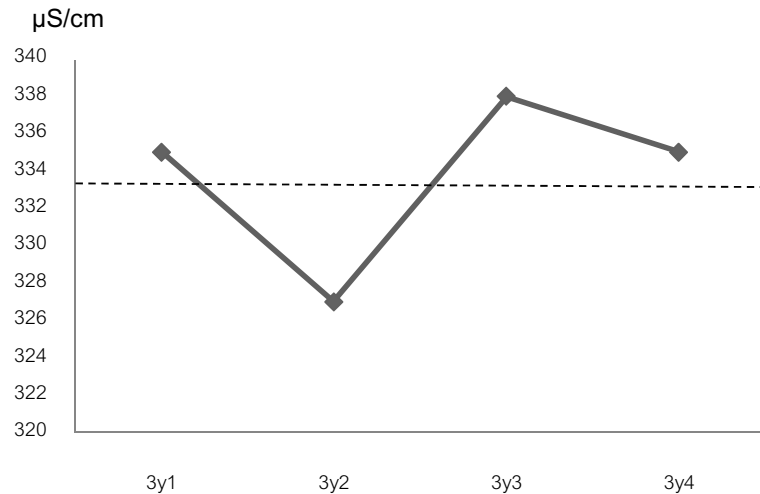


ภาพ 5-63 ค่าการนำไฟฟ้าในน้ำใต้ดิน แปลงนาที่ 3 ระดับ 50 เซนติเมตร

วันที่ 20 กรกฎาคม 2551

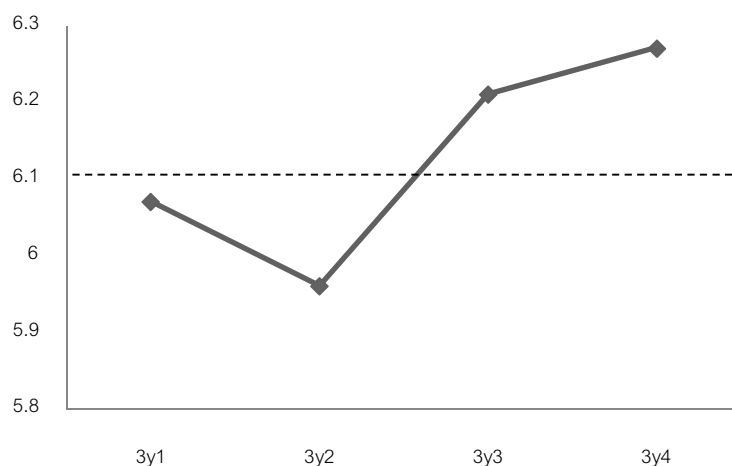
ค่าการนำไฟฟ้า (Conductivity; EC) ในช่วงเดือนสิงหาคม ดังนี้

ค่าการนำไฟฟ้า (Conductivity) ดังภาพ 5-64 ที่ได้จากการตรวจวัดตัวอย่างน้ำใต้ดินในแปลงนาข้าวของวันที่ 1 สิงหาคม 2551 ในแปลงที่ 3 ทั้งหมด 4 จุด พบว่าค่าการนำไฟฟ้าของแปลงนาข้าวจุดที่ 3 (3y3) มีค่าสูงที่สุด คือ 338 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร รองลงมาคือ จุดที่ 1 และ 3 (3y2) มีค่าเท่ากัน คือ 335 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร และจุดที่ 2 (3y2) มีค่าน้อยที่สุด คือ 327 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร ตามลำดับ จากการศึกษาค่าการนำไฟฟ้าในน้ำใต้ดิน ระดับ 50 เซนติเมตร ในแปลงนาที่ 3 มีค่าเฉลี่ย 334 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร



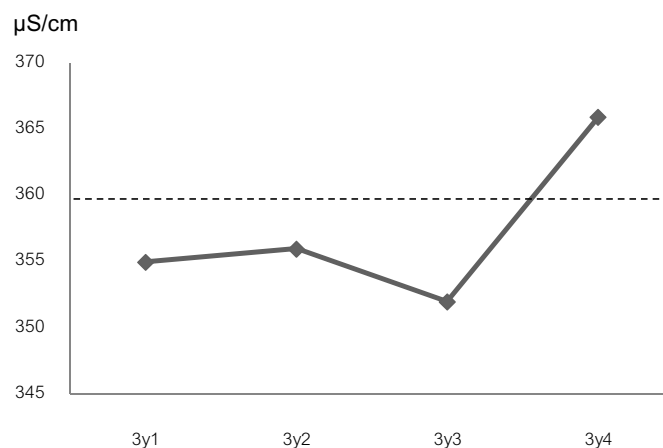
ภาพ 5-64 ค่าการนำไฟฟ้าในน้ำใต้ดิน แปลงนาที่ 3 ระดับ 50 เซนติเมตร
วันที่ 1 สิงหาคม 2551

ค่าการนำไฟฟ้า (Conductivity) ดังภาพ 5-65 ที่ได้จากการตรวจวัดตัวอย่างน้ำใต้ดินในแปลงนาข้าวของวันที่ 9 สิงหาคม 2551 ในแปลงที่ 3 ทั้งหมด 4 จุด พบว่าค่าการนำไฟฟ้าของแปลงนาข้าวจุดที่ 4 (3y4) มีค่าสูงที่สุด คือ 311 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร รองลงมาคือ จุดที่ 1 (3y1) จุดที่ 3 (3y3) และจุดที่ 2 (3y2) มีค่า 309 306 และ 302 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร ตามลำดับ จากการศึกษาค่าการนำไฟฟ้าในน้ำใต้ดิน ระดับ 50 เซนติเมตร ในแปลงนาที่ 3 มีค่าเฉลี่ย 307 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร



ภาพ 5-65 ค่าพีเอชในน้ำใต้ดิน แปลงนาที่ 3 ระดับ 50 เซนติเมตร
วันที่ 9 สิงหาคม 2551

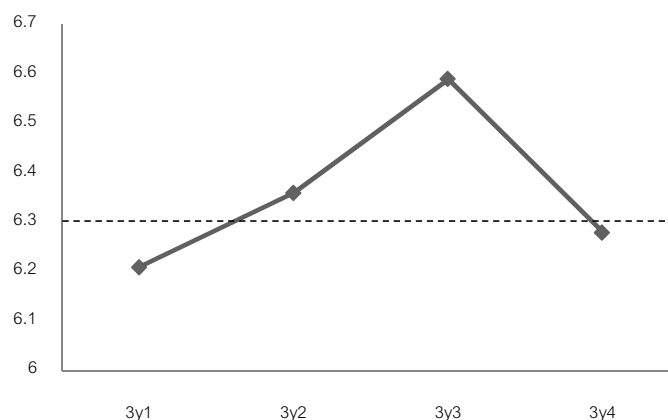
ค่าการนำไฟฟ้า (Conductivity) ดังภาพ 5-66 ที่ได้จากการตรวจวัดตัวอย่างน้ำใต้ดินในแปลงนาข้าวของวันที่ 22 สิงหาคม 2551 ในแปลงที่ 3 ทั้งหมด 4 จุด พบว่าค่าการนำไฟฟ้าของแปลงนาข้าวจุดที่ 4 (3y4) มีค่าสูงที่สุด คือ 366 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร รองลงมาคือ จุดที่ 2 (3y2) จุดที่ 1 (3y1) และจุดที่ 3 (3y3) มีค่า 356 355 และ 352 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร ตามลำดับ จากการศึกษาค่าการนำไฟฟ้าในน้ำใต้ดิน ระดับ 50 เซนติเมตร ในแปลงนาที่ 3 มีค่าเฉลี่ย 357 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร



ภาพ 5-66 ค่าการนำไฟฟ้าในน้ำใต้ดิน แปลงนาที่ 3 ระดับ 50 เซนติเมตร
วันที่ 22 สิงหาคม 2551

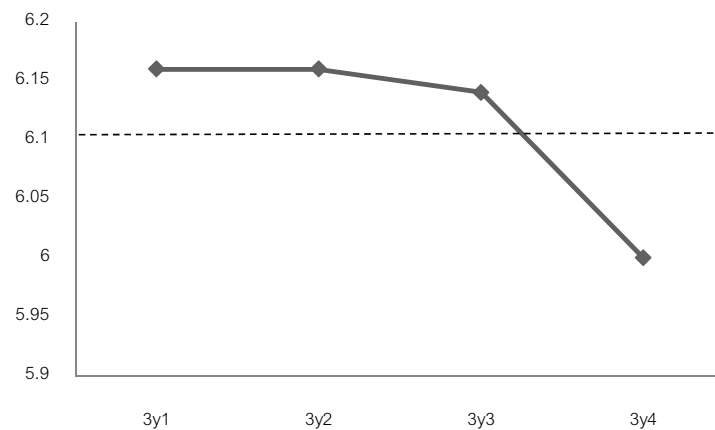
3) ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ในช่วงเดือนกรกฎาคม ดังนี้

ค่าพีเอช (ภาพ 5-67) ที่ได้จากการตรวจวัดตัวอย่างน้ำใต้ดินในแปลงนาข้าวของวันที่ 7 กรกฎาคม 2551 ในแปลงที่ 3 ทั้งหมด 4 จุด พบว่าค่าพีเอชของแปลงนาข้าวจุดที่ 3 (3y3) มีค่าสูงที่สุด คือ 6.59 รองลงมาคือ จุดที่ 2 (3y2) จุดที่ 4 (3y4) และจุดที่ 1 (3y1) มีค่า 6.36 6.28 และ 6.21 ตามลำดับ จากการศึกษาค่าพีเอชในน้ำใต้ดิน ระดับ 50 เซนติเมตร ในแปลงนาที่ 3 มีค่าเฉลี่ย 6.36



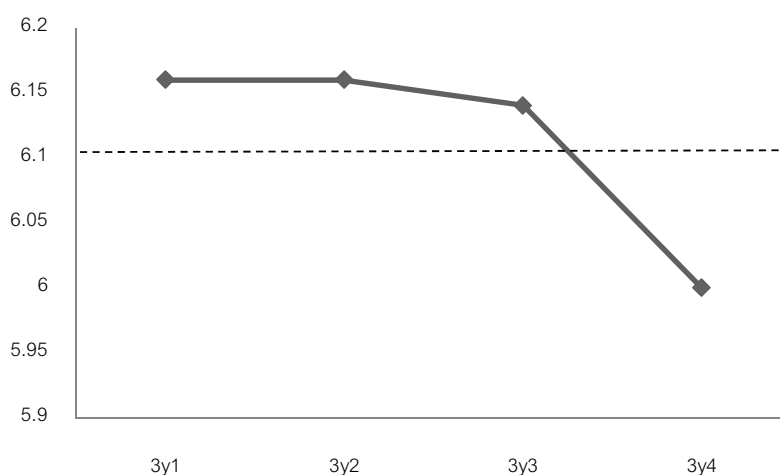
ภาพ 5-67 ค่าพีเอชในน้ำใต้ดิน แปลงนาที่ 3 ระดับ 50 เซนติเมตร
วันที่ 7 กรกฎาคม 2551

ค่าพีเอช (ภาพ 5-68) ที่ได้จากการตรวจวัดตัวอย่างน้ำใต้ดินในแปลงนาข้าวของวันที่ 20 กรกฎาคม 2551 ในแปลงที่ 3 ทั้งหมด 4 จุด พบว่าค่าพีเอชของแปลงนาข้าวจุดที่ 3 และ 4 (3y3 และ 3y4) มีค่าสูงที่สุด คือ 6.16 รองลงมาคือ จุดที่ 3 และ (3y3) จุดที่ 4 (3y4) มีค่า 6.14 และ 6.00 ตามลำดับ จากการศึกษาค่าพีเอชในน้ำใต้ดิน ระดับ 50 เซนติเมตร ในแปลงนาที่ 3 มีค่าเฉลี่ย 6.12



ภาพ 5-68 ค่าพีเอชในน้ำใต้ดิน แปลงนา ที่ 3 ระดับ 50 เซนติเมตร
วันที่ 11 กรกฎาคม 2551

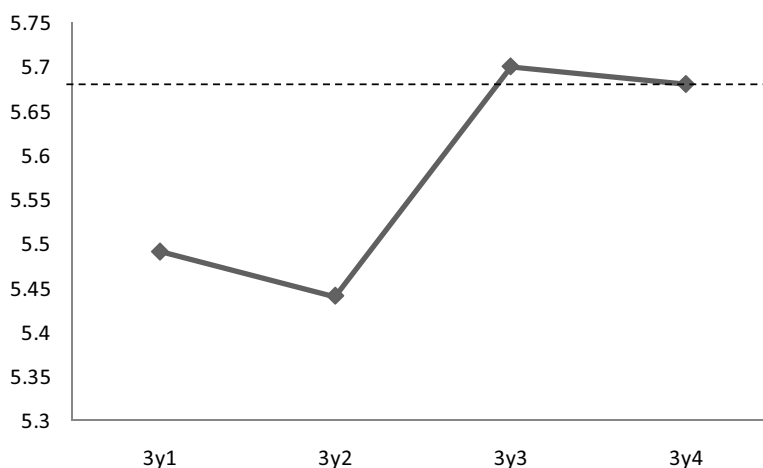
ค่าพีเอช (ภาพ 5-69) ที่ได้จากการตรวจวัดตัวอย่างน้ำใต้ดินในแปลงนาข้าวของวันที่ 20 กรกฎาคม 2551 ในแปลงที่ 3 ทั้งหมด 4 จุด พบว่าค่าพีเอชของแปลงนาข้าวจุดที่ 3 และ 4 (3y3 และ 3y4) มีค่าสูงที่สุด คือ 6.16 รองลงมาคือ จุดที่ 3 และ (3y3) จุดที่ 4 (3y4) มีค่า 6.14 และ 6.00 ตามลำดับ จากการศึกษาค่าพีเอชในน้ำใต้ดิน ระดับ 50 เซนติเมตร ในแปลงนาที่ 3 มีค่าเฉลี่ย 6.12



ภาพ 5-69 ค่าพีเอชในน้ำใต้ดิน แปลงนา ที่ 3 ระดับ 50 เซนติเมตร
วันที่ 20 กรกฎาคม 2551

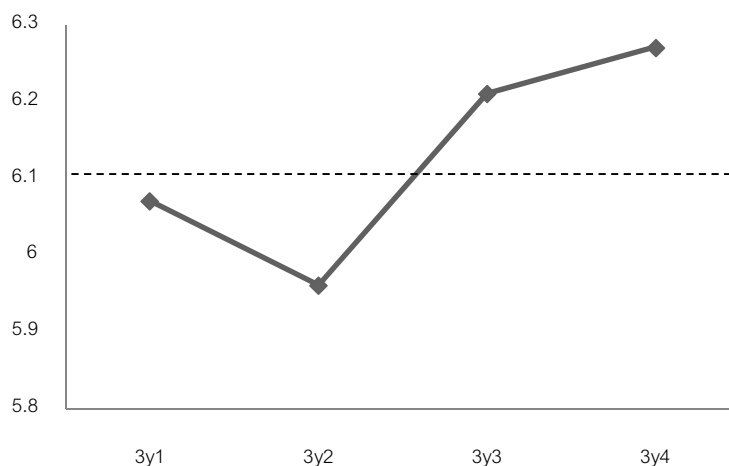
ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ในช่วงเดือนสิงหาคม ดังนี้

ค่าพีเอช (ภาพ 5-70) ที่ได้จากการตรวจวัดตัวอย่างน้ำใต้ดินในแปลงนาข้าวของวันที่ 1 สิงหาคม 2551 ในแปลงที่ 3 ทั้งหมด 4 จุด พบว่าค่าพีเอชของแปลงนาข้าวจุดที่ 3 (3y3) มีค่าสูงที่สุด คือ 5.70 รองลงมาคือ จุดที่ 4 (3y4) จุดที่ 1 (3y1) และจุดที่ 2 (3y2) มีค่า 5.68 5.49 และ 5.44 ตามลำดับ จากการศึกษาค่าพีเอชในน้ำใต้ดิน ระดับ 50 เซนติเมตร ในแปลงนาที่ 3 มีค่าเฉลี่ย 5.58



ภาพ 5-70 ค่าพีเอชในน้ำใต้ดิน แปลงนา ที่ 3 ระดับ 50 เซนติเมตร
วันที่ 1 สิงหาคม 2551

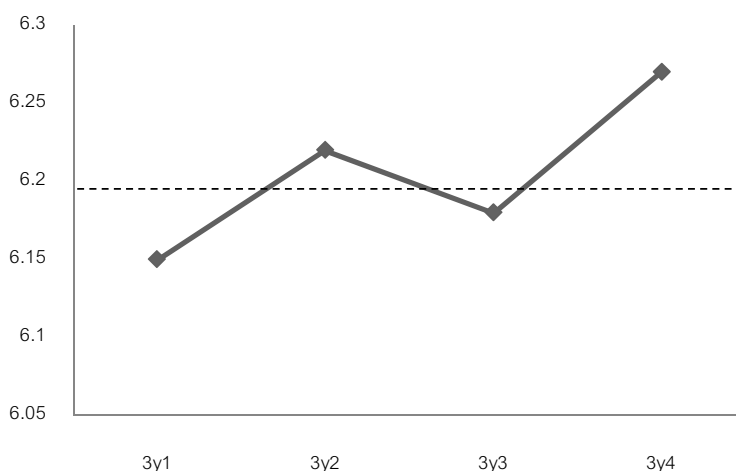
ค่าพีเอช (ภาพ 5-71) ที่ได้จากการตรวจวัดตัวอย่างน้ำใต้ดินในแปลงนาข้าวของวันที่ 9 สิงหาคม 2551 ในแปลงที่ 3 ทั้งหมด 4 จุด พบว่าค่าพีเอชของแปลงนาข้าวจุดที่ 4 (3y4) มีค่าสูงที่สุด คือ 6.27 รองลงมาคือ จุดที่ 3 (3y3) จุดที่ 1 (3y1) และจุดที่ 2 (3y2) มีค่า 6.21 6.07 และ 5.96 ตามลำดับ จากการศึกษาค่าพีเอชในน้ำใต้ดิน ระดับ 50 เซนติเมตร ในแปลงนาที่ 3 มีค่าเฉลี่ย 6.13



ภาพ 5-71 ค่าพีเอชในน้ำใต้ดิน แปลงนา ที่ 3 ระดับ 50 เซนติเมตร

วันที่ 9 สิงหาคม 2551

ค่าพีเอช (ภาพ 5-72) ที่ได้จากการตรวจวัดตัวอย่างน้ำใต้ดินในแปลงนาข้าวของวันที่ 22 สิงหาคม 2551 ในแปลงที่ 3 ทั้งหมด 4 จุด พบว่าค่าพีเอชของแปลงนาข้าวจุดที่ 4 (3y4) มีค่าสูงที่สุด คือ 6.27 รองลงมาคือ จุดที่ 2 (3y2) จุดที่ 3 (3y3) และจุดที่ 1 (3y1) มีค่า 6.22 6.18 และ 6.15 ตามลำดับ จากการศึกษาค่าพีเอชในน้ำใต้ดิน ระดับ 50 เซนติเมตร ในแปลงนาที่ 3 มีค่าเฉลี่ย 6.21



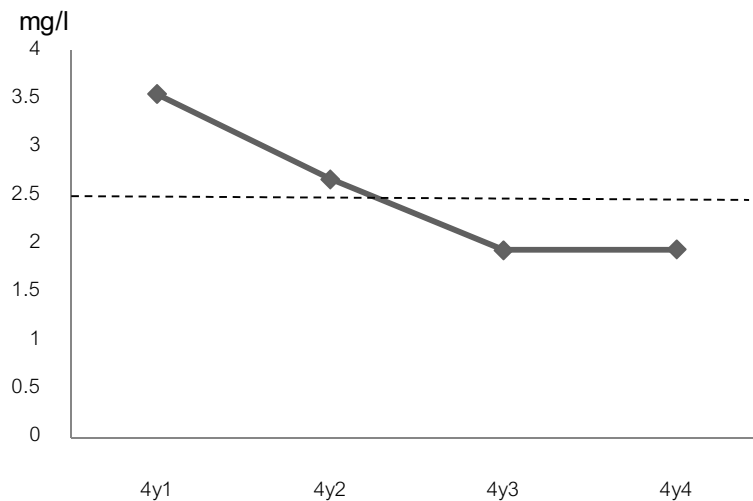
ภาพ 5-72 ค่าพีเอชในน้ำใต้ดิน แปลงนาที่ 3 ระดับ 50 เซนติเมตร

วันที่ 22 สิงหาคม 2551

- ผลการเก็บตัวอย่างน้ำใต้ดินโดยการวางท่อเก็บตัวอย่างน้ำใต้ดินที่ระดับ 50 เซนติเมตร ในแปลงนา 4 ดังนี้

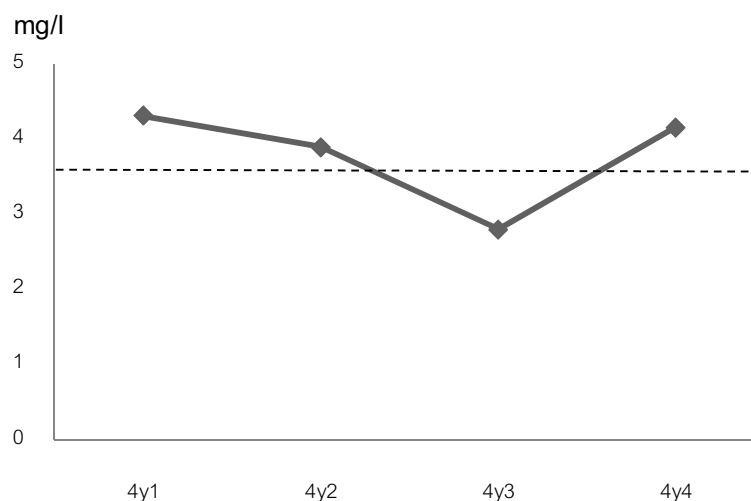
1) ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ (Dissolved Oxygen; DO) ในช่วงเดือนกรกฎาคม

ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (Dissolved Oxygen; DO) ที่ได้จากการตรวจวัดตัวอย่างน้ำใต้ดินในแปลงนาข้าวของวันที่ 7 กรกฎาคม 2551 ในแปลงที่ 4 ทั้งหมด 4 จุด (ภาพ 5-73) พบว่าปริมาณออกซิเจนละลายน้ำของแปลงนาข้าวจุดที่ 1 (4y1) มีค่าสูงที่สุด คือ 3.55 มิลลิกรัมต่อลิตร รองลงมาคือ จุดที่ 2 (4y2) จุดที่ 4 (4y4) และจุดที่ 3 (4y1) มีค่า 2.67 1.95 และ 1.94 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ จากการศึกษาปริมาณออกซิเจนละลายน้ำในน้ำใต้ดิน ระดับ 50 เซนติเมตร ในแปลงนาที่ 3 มีค่าเฉลี่ย 2.53 มิลลิกรัมต่อลิตร



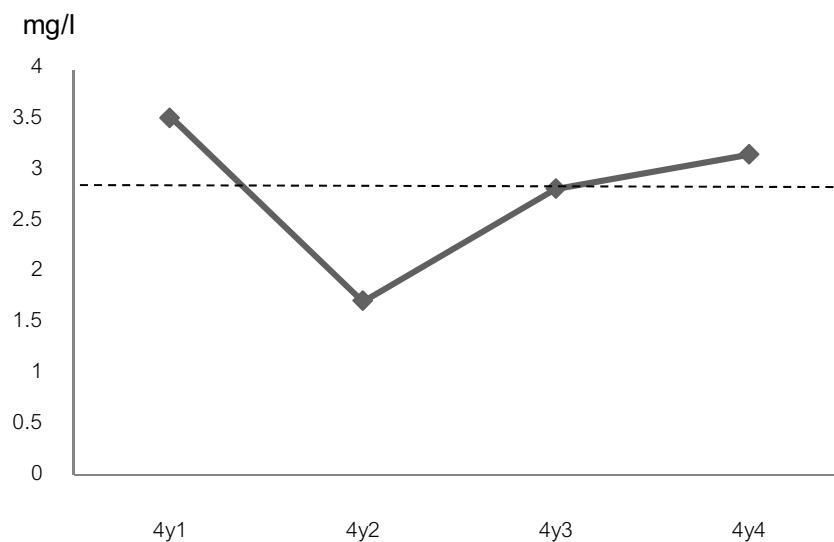
ภาพ 5-73 ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำในน้ำใต้ดิน แปลงนาที่ 4 ระดับ 50 เซนติเมตร
วันที่ 7 กรกฎาคม 2551

ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (Dissolved Oxygen; DO) ที่ได้จากการตรวจวัดตัวอย่างน้ำใต้ดินในแปลงนาข้าวของวันที่ 11 กรกฎาคม 2551 ในแปลงที่ 4 ทั้งหมด 4 จุด (ภาพ 5-74) พบว่าปริมาณออกซิเจนละลายน้ำของแปลงนาข้าวจุดที่ 1 (4y1) มีค่าสูงสุด คือ 4.31 มิลลิกรัมต่อลิตร รองลงมาคือ จุดที่ 4 (4y4) จุดที่ 2 (4y2) และจุดที่ 3 (4y3) มีค่า 4.15 3.89 และ 2.81 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ จากการศึกษาระดับออกซิเจนละลายน้ำในน้ำใต้ดิน ระดับ 50 เซนติเมตร ในแปลงนาที่ 4 มีค่าเฉลี่ย 3.79 มิลลิกรัมต่อลิตร



ภาพ 5-74 ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำในน้ำใต้ดิน แปลงนาที่ 4 ระดับ 50 เซนติเมตร
วันที่ 11 กรกฎาคม 2551

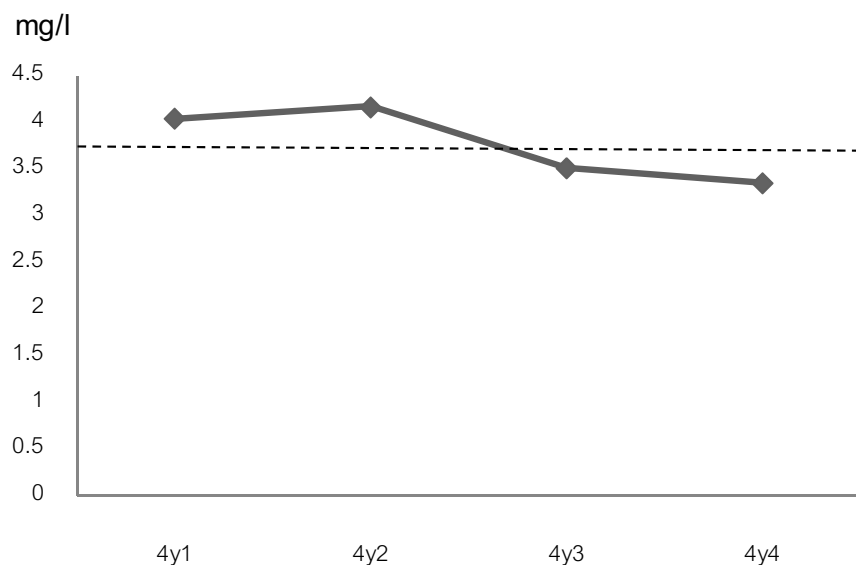
ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (Dissolved Oxygen; DO) ที่ได้จากการตรวจวัดตัวอย่างน้ำใต้ดินในแปลงนาข้าวของวันที่ 20 กรกฎาคม 2551 ในแปลงที่ 4 ทั้งหมด 4 จุด (ภาพ 5-75) พบว่าปริมาณออกซิเจนละลายน้ำของแปลงนาข้าวจุดที่ 1 (4y1) มีค่าสูงสุด คือ 3.53 มิลลิกรัมต่อลิตร รองลงมาคือ จุดที่ 4 (4y4) จุดที่ 3 (4y3) และจุดที่ 2 (4y2) มีค่า 3.17 2.82 และ 1.72 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ จากการศึกษปริมาณออกซิเจนละลายน้ำในน้ำใต้ดิน ระดับ 50 เซนติเมตร ในแปลงนาที่ 4 มีค่าเฉลี่ย 2.81 มิลลิกรัมต่อลิตร



ภาพ 5-75 ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำในน้ำใต้ดิน แปลงนาที่ 4 ระดับ 50 เซนติเมตร
วันที่ 20 กรกฎาคม 2551

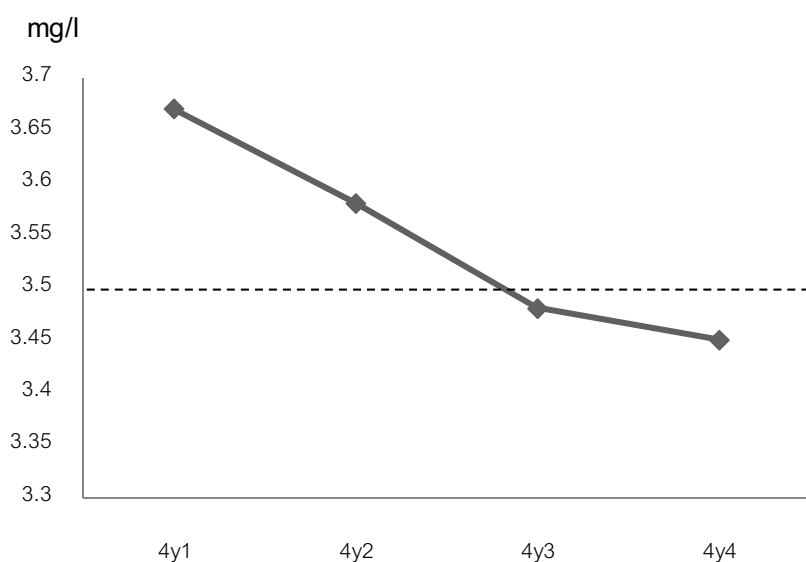
ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ (Dissolved Oxygen; DO) ในช่วงเดือนสิงหาคม ดังนี้

ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (Dissolved Oxygen; DO) ที่ได้จากการตรวจวัดตัวอย่างน้ำใต้ดินในแปลงนาข้าวของวันที่ 1 สิงหาคม 2551 ในแปลงที่ 4 ทั้งหมด 4 จุด (ภาพ 5-76) พบว่าปริมาณออกซิเจนละลายน้ำของแปลงนาข้าวจุดที่ 2 (4y2) มีค่าสูงสุด คือ 4.17 มิลลิกรัมต่อลิตร รองลงมาคือ จุดที่ 1 (4y1) จุดที่ 3 (4y3) และจุดที่ 4 (4y4) มีค่า 4.05 3.52 และ 3.36 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ จากการศึกษปริมาณออกซิเจนละลายน้ำในน้ำใต้ดิน ระดับ 50 เซนติเมตร ในแปลงนาที่ 4 มีค่าเฉลี่ย 3.78 มิลลิกรัมต่อลิตร



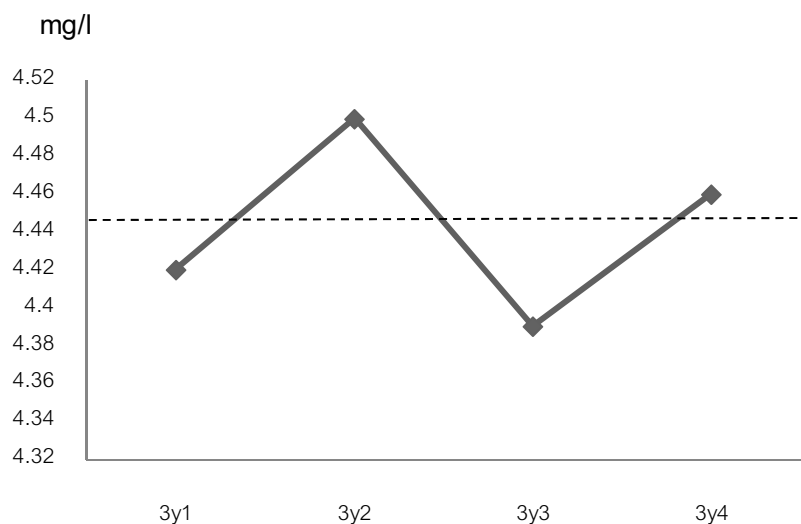
ภาพ 5-76 ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำในน้ำใต้ดิน แปลงนาที่ 4 ระดับ 50 เซนติเมตร
วันที่ 1 สิงหาคม 2551

ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (Dissolved Oxygen; DO) ที่ได้จากการตรวจวัดตัวอย่างน้ำใต้ดินในแปลงนาข้าวของวันที่ 9 สิงหาคม 2551 ในแปลงที่ 4 ทั้งหมด 4 จุด (ภาพ 5-77) พบว่าปริมาณออกซิเจนละลายน้ำของแปลงนาข้าวจุดที่ 1 (4y1) มีค่าสูงสุด คือ 3.67 มิลลิกรัมต่อลิตร รองลงมาคือ จุดที่ 2 (4y2) จุดที่ 3 (4y3) และจุดที่ 4 (4y4) มีค่า 3.58 3.48 และ 3.45 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ จากการศึกษาระดับออกซิเจนละลายน้ำในน้ำใต้ดิน ระดับ 50 เซนติเมตร ในแปลงนาที่ 4 มีค่าเฉลี่ย 3.55 มิลลิกรัมต่อลิตร



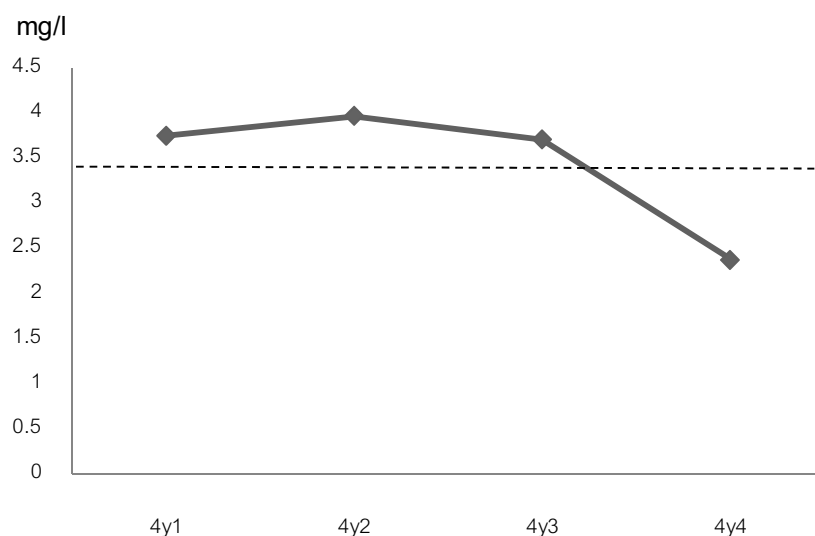
ภาพ 5-77 ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำในน้ำใต้ดิน แปลงนาที่ 4 ระดับ 50 เซนติเมตร
วันที่ 9 สิงหาคม 2551

ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (Dissolved Oxygen; DO) ที่ได้จากการตรวจวัดตัวอย่างน้ำใต้ดินในแปลงนาข้าวของวันที่ 9 สิงหาคม 2551 ในแปลงที่ 4 ทั้งหมด 4 จุด (ภาพ 5-78) พบว่าปริมาณออกซิเจนละลายน้ำของแปลงนาข้าวจุดที่ 1 (4y1) มีค่าสูงสุด คือ 3.67 มิลลิกรัมต่อลิตร รองลงมาคือ จุดที่ 2 (4y2) จุดที่ 3 (4y3) และจุดที่ 4 (4y4) มีค่า 3.58 3.48 และ 3.45 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ จากการศึกษารายงานปริมาณออกซิเจนละลายน้ำในน้ำใต้ดิน ระดับ 50 เซนติเมตร ในแปลงนาที่ 4 มีค่าเฉลี่ย 3.55 มิลลิกรัมต่อลิตร



ภาพ 5-78 ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำในน้ำใต้ดิน แปลงนาที่ 3 ระดับ 50 เซนติเมตร
วันที่ 22 สิงหาคม 2551

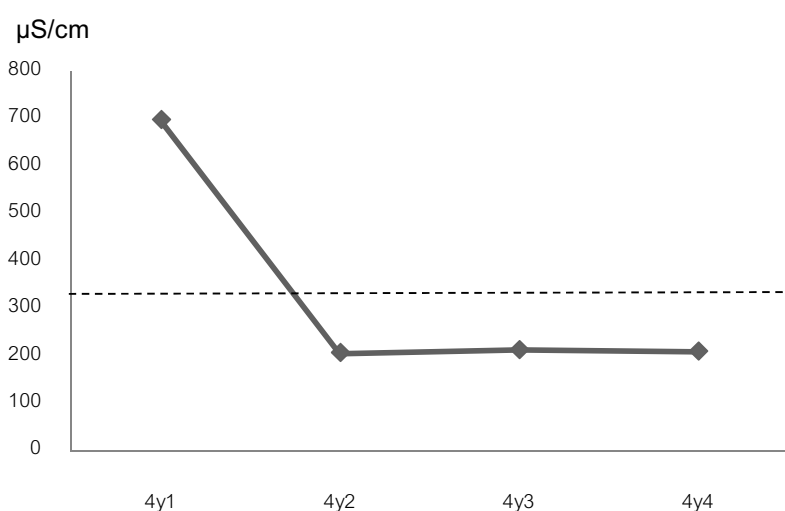
ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (Dissolved Oxygen; DO) ที่ได้จากการตรวจวัดตัวอย่างน้ำใต้ดินในแปลงนาข้าวของวันที่ 22 สิงหาคม 2551 ในแปลงที่ 4 ทั้งหมด 4 จุด (ภาพ 5-79) พบว่าปริมาณออกซิเจนละลายน้ำของแปลงนาข้าวจุดที่ 2 (3y1) มีค่าสูงสุด คือ 3.97 มิลลิกรัมต่อลิตร รองลงมาคือ จุดที่ 1 (4y1) จุดที่ 3 (4y3) และจุดที่ 4 (4y4) มีค่า 3.75 3.71 และ 2.38 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ จากการศึกษารายงานปริมาณออกซิเจนละลายน้ำในน้ำใต้ดิน ระดับ 50 เซนติเมตร ในแปลงนาที่ 4 มีค่าเฉลี่ย 3.45 มิลลิกรัมต่อลิตร



ภาพ 5-79 ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำในน้ำใต้ดิน แปลงนาที่ 4 ระดับ 50 เซนติเมตร
วันที่ 22 สิงหาคม 2551

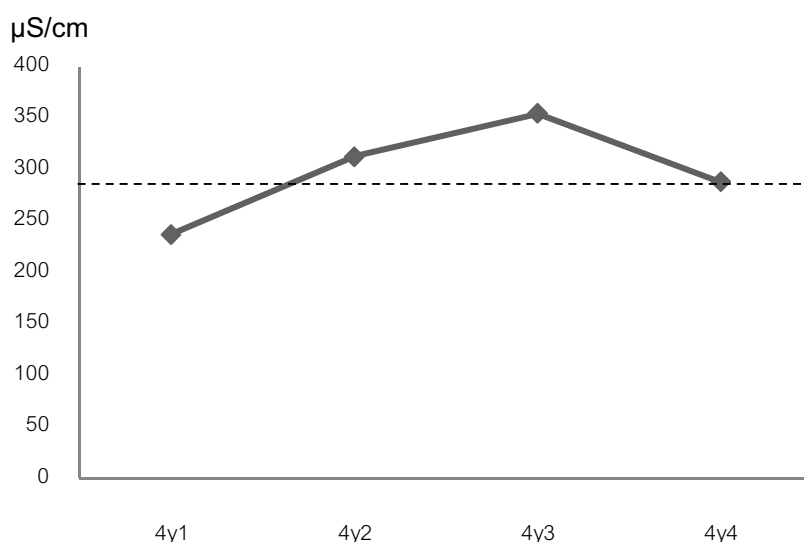
2) ค่าการนำไฟฟ้า (Conductivity; EC) ในช่วงเดือนกรกฎาคม ดังนี้

ค่าการนำไฟฟ้า (Conductivity) ดังภาพ 5-80 ที่ได้จากการตรวจวัดตัวอย่างน้ำใต้ดินในแปลงนาข้าวของวันที่ 7 กรกฎาคม 2551 ในแปลงที่ 4 ทั้งหมด 4 จุด พบว่าค่าการนำไฟฟ้าของแปลงนาข้าวจุดที่ 1 (4y3) มีค่าสูงที่สุด คือ 698 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร รองลงมาคือ จุดที่ 3 (4y3) จุดที่ 4 (4y4) และจุดที่ 2 (4y2) มีค่า 213 210 และ 207 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร ตามลำดับ จากการศึกษาค่าการนำไฟฟ้าในน้ำใต้ดิน ระดับ 50 เซนติเมตร ในแปลงนาที่ 4 มีค่าเฉลี่ย 332 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร



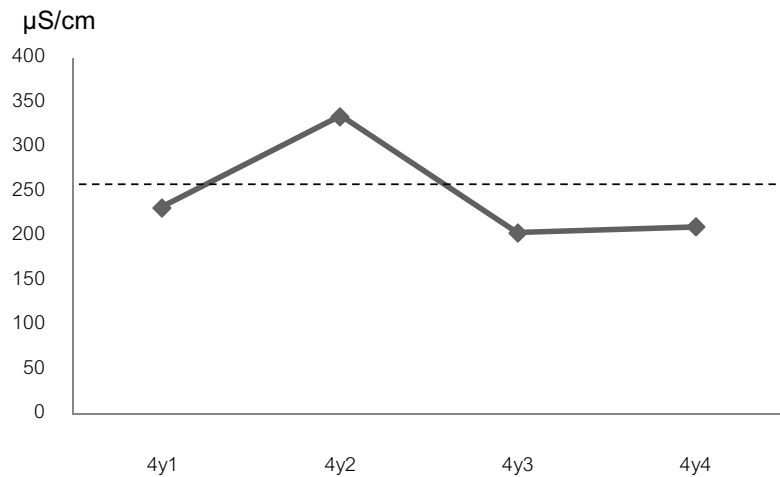
ภาพ 5-80 ค่าการนำไฟฟ้าในน้ำใต้ดิน แปลงนาที่ 4 ระดับ 50 เซนติเมตร
วันที่ 7 กรกฎาคม 2551

ค่าการนำไฟฟ้า (Conductivity) ดังภาพ 5-81 ที่ได้จากการตรวจวัดตัวอย่างน้ำใต้ดินในแปลงนาข้าวของวันที่ 11 กรกฎาคม 2551 ในแปลงที่ 3 ทั้งหมด 4 จุด พบว่าค่าการนำไฟฟ้าของแปลงนาข้าวจุดที่ 3 (4y3) มีค่าสูงที่สุด คือ 355 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร รองลงมาคือ จุดที่ 2 (4y2) จุดที่ 4 (4y4) และจุดที่ 2 (4y2) มีค่า 313 289 และ 238 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร ตามลำดับ จากการศึกษาค่าการนำไฟฟ้าในน้ำใต้ดิน ระดับ 50 เซนติเมตร ในแปลงนาที่ 4 มีค่าเฉลี่ย 298 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร



ภาพ 5-81 ค่าการนำไฟฟ้าในน้ำใต้ดิน แปลงนาที่ 4 ระดับ 50 เซนติเมตร
วันที่ 11 กรกฎาคม 2551

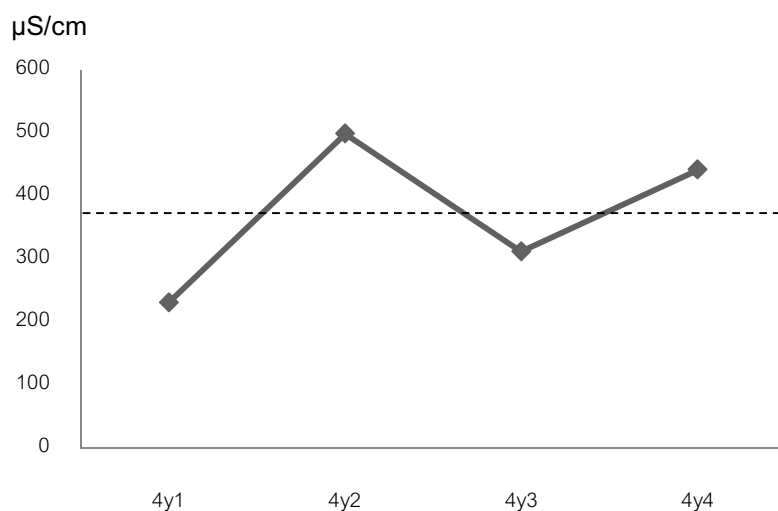
ค่าการนำไฟฟ้า (Conductivity) ดังภาพ 5-82 ที่ได้จากการตรวจวัดตัวอย่างน้ำใต้ดินในแปลงนาข้าวของวันที่ 20 กรกฎาคม 2551 ในแปลงที่ 4 ทั้งหมด 4 จุด พบว่าค่าการนำไฟฟ้าของแปลงนาข้าวจุดที่ 2 (4y2) มีค่าสูงที่สุด คือ 335 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร รองลงมาคือ จุดที่ 1 (4y1) จุดที่ 4 (4y4) และจุดที่ 3 (4y2) มีค่า 233 212 และ 205 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร ตามลำดับ จากการศึกษาค่าการนำไฟฟ้าในน้ำใต้ดิน ระดับ 50 เซนติเมตร ในแปลงนาที่ 4 มีค่าเฉลี่ย 246 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร



ภาพ 5-82 ค่าการนำไฟฟ้าในน้ำใต้ดิน แปลงนาที่ 4 ระดับ 50 เซนติเมตร
วันที่ 20 กรกฎาคม 2551

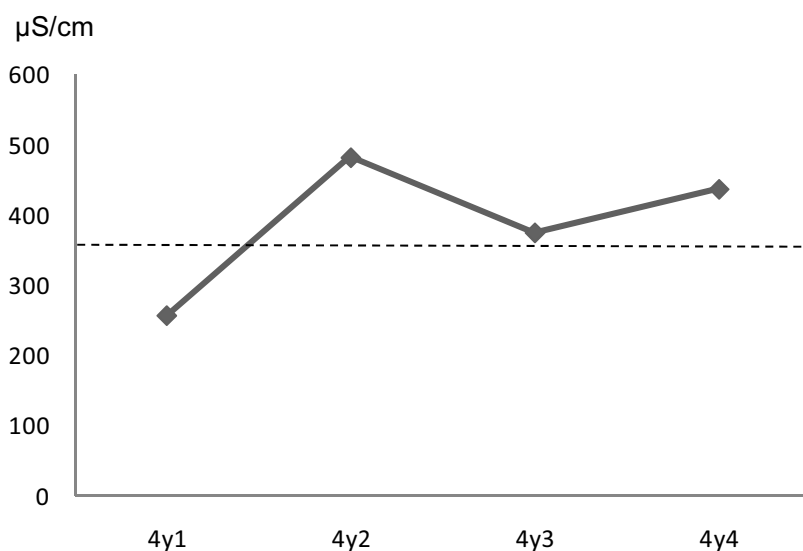
ค่าการนำไฟฟ้า (Conductivity; EC) ในช่วงเดือนสิงหาคม ดังนี้

ค่าการนำไฟฟ้า (Conductivity) ดังภาพ 5-83 ที่ได้จากการตรวจวัดตัวอย่างน้ำใต้ดินในแปลงนาข้าวของวันที่ 1 สิงหาคม 2551 ในแปลงที่ 4 ทั้งหมด 4 จุด พบว่าค่าการนำไฟฟ้าของแปลงนาข้าวจุดที่ 2 (4y2) มีค่าสูงที่สุด คือ 499 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร รองลงมาคือ จุดที่ 4 (4y2) จุดที่ 3 (4y3) และจุดที่ 1 (4y1) มีค่า 442 312 และ 231 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร ตามลำดับ จากการศึกษาค่าการนำไฟฟ้าในน้ำใต้ดิน ระดับ 50 เซนติเมตร ในแปลงนาที่ 4 มีค่าเฉลี่ย 371 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร



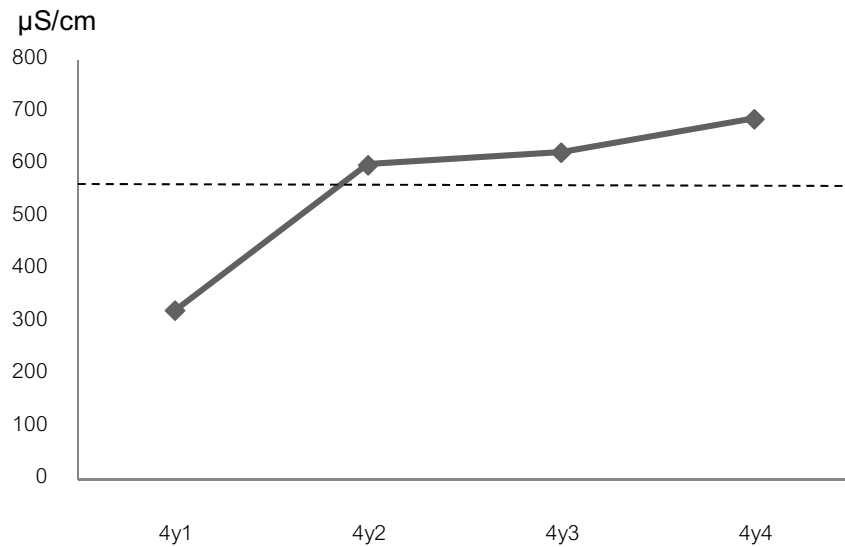
ภาพ 5-83 ค่าการนำไฟฟ้าในน้ำใต้ดิน แปลงนาที่ 4 ระดับ 50 เซนติเมตร
วันที่ 1 สิงหาคม 2551

ค่าการนำไฟฟ้า (Conductivity) ดังภาพ 5-84 ที่ได้จากการตรวจวัดตัวอย่างน้ำใต้ดินในแปลงนาข้าวของวันที่ 9 สิงหาคม 2551 ในแปลงที่ 4 ทั้งหมด 4 จุด พบว่าค่าการนำไฟฟ้าของแปลงนาข้าวจุดที่ 2 (4y2) มีค่าสูงที่สุด คือ 482 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร รองลงมาคือ จุดที่ 4 (4y2) จุดที่ 3 (4y4) และจุดที่ 1 (4y2) มีค่า 437 375 และ 257 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร ตามลำดับ จากการศึกษาค่าการนำไฟฟ้าในน้ำใต้ดิน ระดับ 50 เซนติเมตร ในแปลงนาที่ 4 มีค่าเฉลี่ย 388 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร



ภาพ 5-84 ค่าการนำไฟฟ้าในน้ำใต้ดิน แปลงนาที่ 4 ระดับ 50 เซนติเมตร
วันที่ 9 สิงหาคม 2551

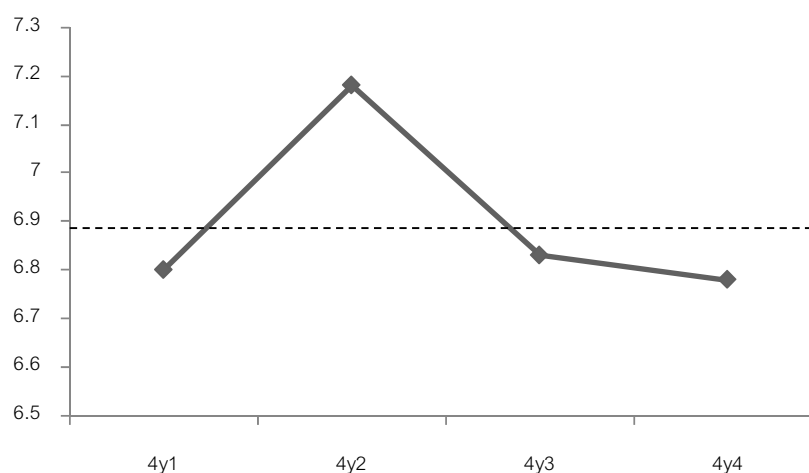
ค่าการนำไฟฟ้า (Conductivity) ดังภาพ 5-85 ที่ได้จากการตรวจวัดตัวอย่างน้ำใต้ดินในแปลงนาข้าวของวันที่ 22 สิงหาคม 2551 ในแปลงที่ 4 ทั้งหมด 4 จุด พบว่าค่าการนำไฟฟ้าของแปลงนาข้าวจุดที่ 4 (4y4) มีค่าสูงที่สุด คือ 688 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร รองลงมาคือ จุดที่ 3 (4y3) จุดที่ 2 (4y2) และจุดที่ 1 (4y1) มีค่า 624 600 และ 322 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร ตามลำดับ จากการศึกษาค่าการนำไฟฟ้าในน้ำใต้ดิน ระดับ 50 เซนติเมตร ในแปลงนาที่ 4 มีค่าเฉลี่ย 559 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร



ภาพ 5-85 ค่าการนำไฟฟ้าในน้ำใต้ดิน แปลงนาที่ 4 ระดับ 50 เซนติเมตร
วันที่ 22 สิงหาคม 2551

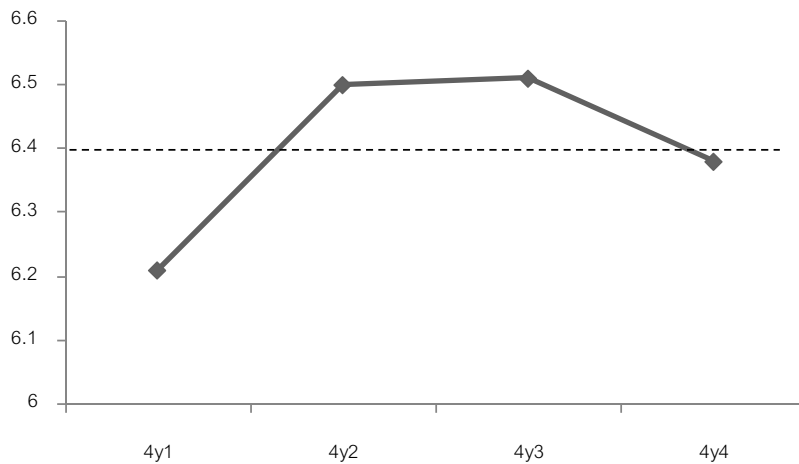
3) ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ในช่วงเดือนกรกฎาคม ดังนี้

ค่าพีเอช (ภาพ 5-86) ที่ได้จากการตรวจวัดตัวอย่างน้ำใต้ดินในแปลงนาข้าวของวันที่ 7 กรกฎาคม 2551 ในแปลงที่ 4 ทั้งหมด 4 จุด พบว่าค่าพีเอชของแปลงนาข้าวจุดที่ 2 (4y2) มีค่าสูงที่สุด คือ 7.18 รองลงมาคือ จุดที่ 3 (4y3) จุดที่ 1 (4y1) และจุดที่ 4 (4y4) มีค่า 6.83 6.8 และ 6.78 ตามลำดับ จากการศึกษาค่าพีเอชในน้ำใต้ดิน ระดับ 50 เซนติเมตร ในแปลงนาที่ 4 มีค่าเฉลี่ย 6.90



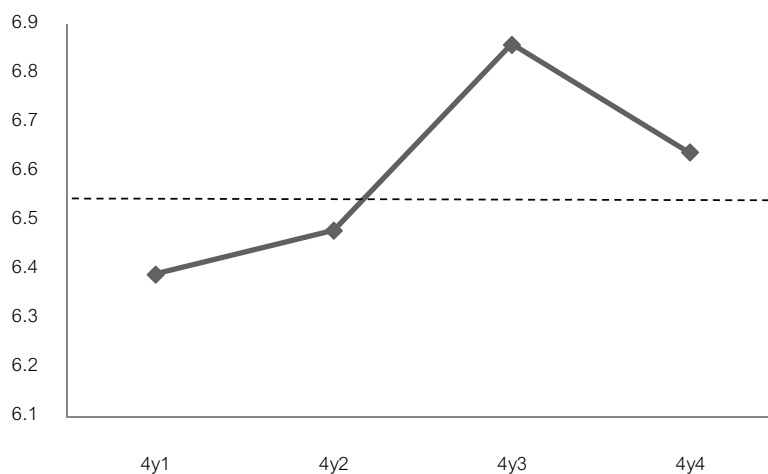
ภาพ 5-86 ค่าพีเอชในน้ำใต้ดิน แปลงนา ที่ 4 ระดับ 50 เซนติเมตร
วันที่ 7 กรกฎาคม 2551

ค่าพีเอช (ภาพ 5-87) ที่ได้จากการตรวจวัดตัวอย่างน้ำใต้ดินในแปลงนาข้าวของวันที่ 11 กรกฎาคม 2551 ในแปลงที่ 4 ทั้งหมด 4 จุด พบว่าค่าพีเอชของแปลงนาข้าวจุดที่ 3 (4y3) มีค่าสูงที่สุด คือ 6.51 รองลงมาคือ จุดที่ 2 (4y2) จุดที่ 4 (4y4) และจุดที่ 1 (4y1) มีค่า 6.50 6.38 และ 6.21 ตามลำดับ จากการศึกษาค่าพีเอชในน้ำใต้ดิน ระดับ 50 เซนติเมตร ในแปลงนาที่ 4 มีค่าเฉลี่ย 6.40



ภาพ 5-87 ค่าพีเอชในน้ำใต้ดิน แปลงนา ที่ 4 ระดับ 50 เซนติเมตร
วันที่ 11 กรกฎาคม 2551

ค่าพีเอช (ภาพ 5-88) ที่ได้จากการตรวจวัดตัวอย่างน้ำใต้ดินในแปลงนาข้าวของวันที่ 20 กรกฎาคม 2551 ในแปลงที่ 4 ทั้งหมด 4 จุด พบว่าค่าพีเอชของแปลงนาข้าวจุดที่ 3 (4y3) มีค่าสูงที่สุด คือ 6.86 รองลงมาคือ จุดที่ 4 (4y4) จุดที่ 2 (4y2) และจุดที่ 1 (4y1) มีค่า 6.64 6.48 และ 6.39 ตามลำดับ จากการศึกษาค่าพีเอชในน้ำใต้ดิน ระดับ 50 เซนติเมตร ในแปลงนาที่ 4 มีค่าเฉลี่ย 6.59

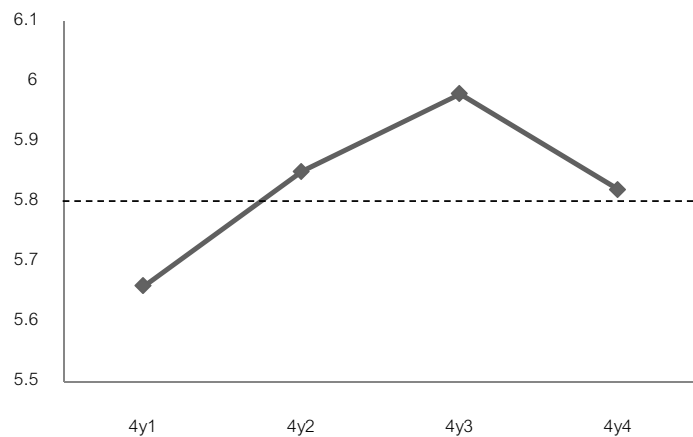


ภาพ 5-88 ค่าพีเอชในน้ำใต้ดิน แปลงนา ที่ 4 ระดับ 50 เซนติเมตร

วันที่ 20 กรกฎาคม 2551

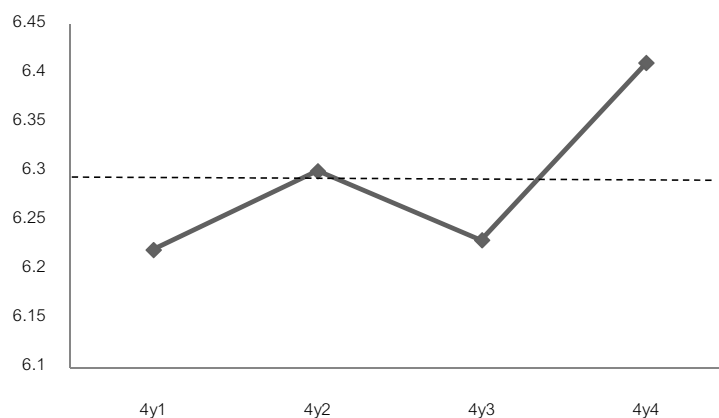
ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ในช่วงเดือนสิงหาคม ดังนี้

ค่าพีเอช (ภาพ 5-89) ที่ได้จากการตรวจวัดตัวอย่างน้ำใต้ดินในแปลงนาข้าวของวันที่ 1 สิงหาคม 2551 ในแปลงที่ 4 ทั้งหมด 4 จุด พบว่าค่าพีเอชของแปลงนาข้าวจุดที่ 3 (4y3) มีค่าสูงที่สุด คือ 5.98 รองลงมาคือ จุดที่ 2 (4y2) จุดที่ 4 (4y4) และจุดที่ 1 (4y1) มีค่า 5.85 65.82 และ 5.66 ตามลำดับ จากการศึกษาค่าพีเอชในน้ำใต้ดิน ระดับ 50 เซนติเมตร ในแปลงนาที่ 4 มีค่าเฉลี่ย 5.83



ภาพ 5-89 ค่าพีเอชในน้ำใต้ดิน แปลงนา ที่ 4 ระดับ 50 เซนติเมตร
วันที่ 1 สิงหาคม 2551

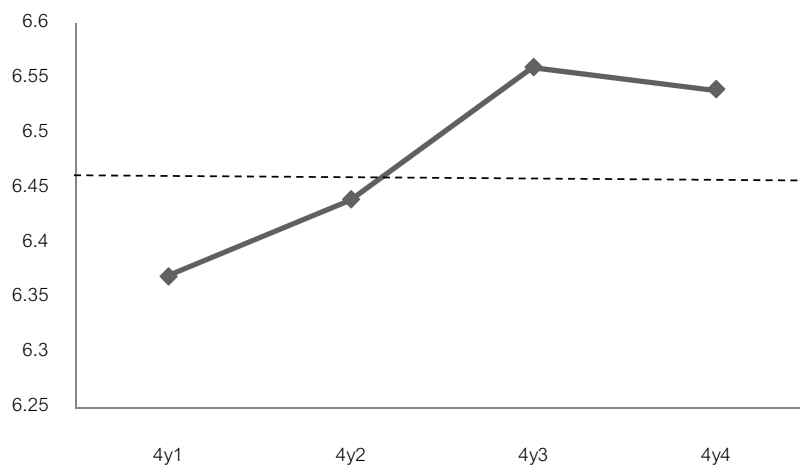
ค่าพีเอช (ภาพ 5-90) ที่ได้จากการตรวจวัดตัวอย่างน้ำใต้ดินในแปลงนาข้าวของวันที่ 9 สิงหาคม 2551 ในแปลงที่ 4 ทั้งหมด 4 จุด พบว่าค่าพีเอชของแปลงนาข้าวจุดที่ 4 (4y4) มีค่าสูงที่สุด คือ 6.41 รองลงมาคือ จุดที่ 2 (4y2) จุดที่ 3 (4y3) และจุดที่ 1 (4y1) มีค่า 6.30 6.23 และ 6.22 ตามลำดับ จากการศึกษาค่าพีเอชในน้ำใต้ดิน ระดับ 50 เซนติเมตร ในแปลงนาที่ 4 มีค่าเฉลี่ย 6.29



ภาพ 5-90 ค่าพีเอชในน้ำใต้ดิน แปลงนา ที่ 4 ระดับ 50 เซนติเมตร

วันที่ 9 สิงหาคม 2551

ค่าพีเอช (ภาพ 5-91) ที่ได้จากการตรวจวัดตัวอย่างน้ำใต้ดินในแปลงนาข้าวของวันที่ 22 สิงหาคม 2551 ในแปลงที่ 4 ทั้งหมด 4 จุด พบว่าค่าพีเอชของแปลงนาข้าวจุดที่ 3 (4y3) มีค่าสูงที่สุด คือ 6.56 รองลงมาคือ จุดที่ 4 (4y4) จุดที่ 2 (4y2) และจุดที่ 1 (4y1) มีค่า 6.54 6.44 และ 6.37 ตามลำดับ จากการศึกษาค่าพีเอชในน้ำใต้ดิน ระดับ 50 เซนติเมตร ในแปลงนาที่ 4 มีค่าเฉลี่ย 6.48



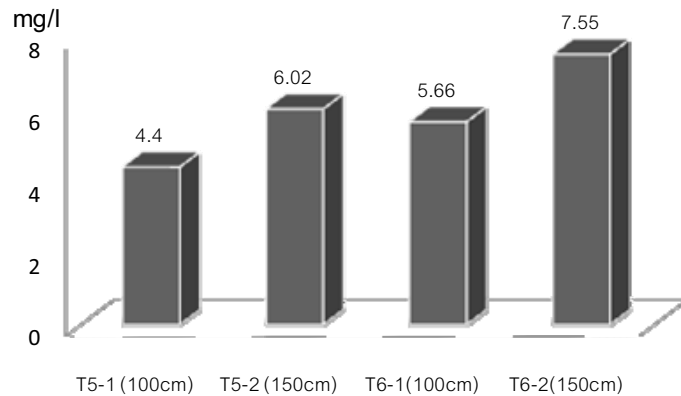
ภาพ 5-91 ค่าพีเอชในน้ำใต้ดิน แปลงนา ที่ 3 ระดับ 50 เซนติเมตร

วันที่ 22 สิงหาคม 2551

2.4 คุณภาพน้ำใต้ดินในพื้นที่การเกษตรรอบกว๊านพะเยา โดยการวางท่อเก็บตัวอย่างน้ำใต้ดิน ที่ระดับ 100 cm และ 150 cm เพื่อทำการศึกษา ได้แก่ 1) ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ (Dissolved Oxygen; DO) 2) ค่าการนำไฟฟ้า (Conductivity; EC) และ 3) ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ดังนี้

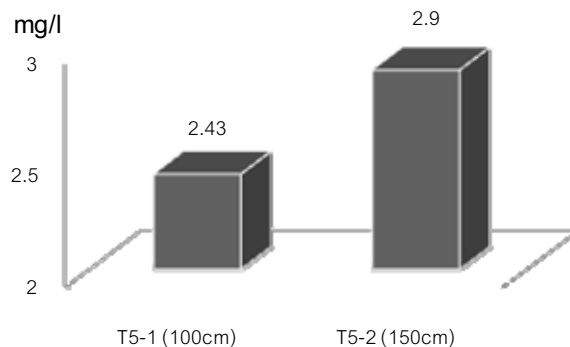
1) ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ (Dissolved Oxygen; DO) ในช่วงเดือนกรกฎาคมโดยเก็บตัวอย่าง 3 ครั้ง ดังนี้

จากภาพ 5-92 การศึกษาปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ (Dissolved Oxygen; DO) ในน้ำใต้ดินโดยการติดตั้งท่อเก็บตัวอย่างที่ระดับ 100 และ 150 เซนติเมตร ทั้ง 2 จุดเก็บตัวอย่าง ณ วันที่ 7 กรกฎาคม 2551 ที่ระดับ 150 เซนติเมตร พบว่าพื้นที่ทำการเกษตรแบบอินทรีย์ที่มีการวางจุดเก็บตัวอย่างน้ำใต้ดิน (T6-2) มีค่าสูงสุด 7.55 มิลลิกรัมต่อลิตร รองลงมาได้แก่ สะพานกว๊านที่มีการวางจุดเก็บตัวอย่างน้ำใต้ดิน (T5-2) ซึ่งมีค่า 6.02 และที่ระดับ 100 เซนติเมตร พบว่าพื้นที่ทำการเกษตรแบบอินทรีย์ที่มีการวางจุดเก็บตัวอย่างน้ำใต้ดิน (T6-1) มีค่าสูงที่สุด 5.66 มิลลิกรัมต่อลิตร รองลงมาได้แก่ สะพานกว๊านที่มีการวางจุดเก็บตัวอย่างน้ำใต้ดิน (T5-1) ซึ่งมีค่า 4.4 ตามลำดับ



ภาพ 5-92 ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำในน้ำใต้ดิน วันที่ 7 กรกฎาคม 2551

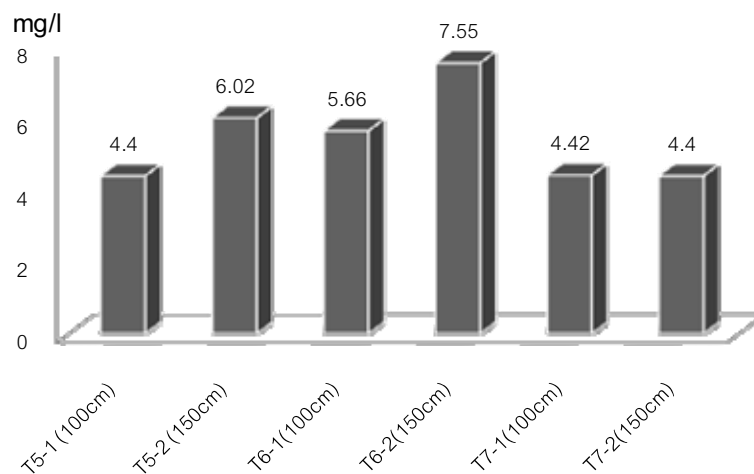
จากภาพ 5-93 การศึกษาปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ (Dissolved Oxygen; DO) ในน้ำใต้ดินโดยการติดตั้งท่อเก็บตัวอย่างที่ระดับ 100 และ 150 เซนติเมตร จำนวน 1 จุดเก็บตัวอย่าง ณ วันที่ 11 กรกฎาคม 2551 พบว่าสะพานกว้างที่มีการวางจุดเก็บตัวอย่างน้ำใต้ดิน (T5-2) ที่ระดับ 150 เซนติเมตรมีค่าสูงกว่าที่ระดับ 100 เซนติเมตร ซึ่งมีค่า 2.9 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยระดับ 100 เซนติเมตร มีค่า 2.43 มิลลิกรัมต่อลิตร



ภาพ 5-93 ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำในน้ำใต้ดิน วันที่ 11 กรกฎาคม 2551

จากภาพ 5-94 การศึกษาปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ (Dissolved Oxygen; DO) โดยการติดตั้งท่อเก็บตัวอย่างน้ำใต้ดิน ที่ระดับ 100 และ 150 เซนติเมตร ทั้ง 3 จุดเก็บตัวอย่าง ณ วันที่ 20 กรกฎาคม 2551 ที่ระดับ 150 เซนติเมตร พบว่าพื้นที่ทำการเกษตรแบบอินทรีย์ที่มีการวางจุดเก็บตัวอย่างน้ำใต้ดิน (T6-1) มีค่าสูงสุด 7.55 มิลลิกรัมต่อลิตร รองลงมาได้แก่ สะพานกว้างที่มีการวางจุดเก็บตัวอย่างน้ำใต้ดิน (T5-2) และพื้นที่ทำการเกษตรตอนบนที่มีการวางจุดเก็บตัวอย่างน้ำใต้ดิน (T7-2) ซึ่งมีค่า 6.02 และ 4.4 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ และที่ระดับ 100 เซนติเมตร พบว่าพื้นที่ทำการเกษตรแบบอินทรีย์ที่มีการวางจุดเก็บตัวอย่างน้ำใต้ดิน (T6-1) มีค่าสูงสุด 5.66 มิลลิกรัมต่อลิตร รองลงมาได้แก่ พื้นที่ทำการเกษตรตอนบนที่มีการวางจุดเก็บ

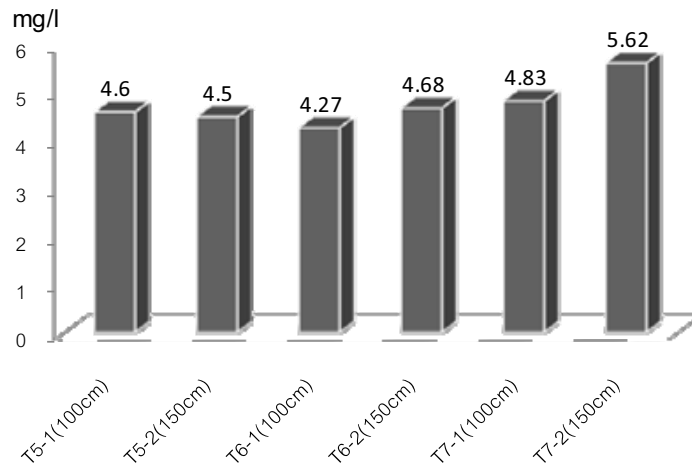
ตัวอย่างน้ำใต้ดิน (T7-1) และสะพานกว๊านที่มีการวางจุดเก็บตัวอย่างน้ำใต้ดิน (T5-1) ซึ่งมีค่า 4.40 และ 4.42 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ



ภาพ 5-94 ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำในน้ำใต้ดิน วันที่ 20 กรกฎาคม 2551

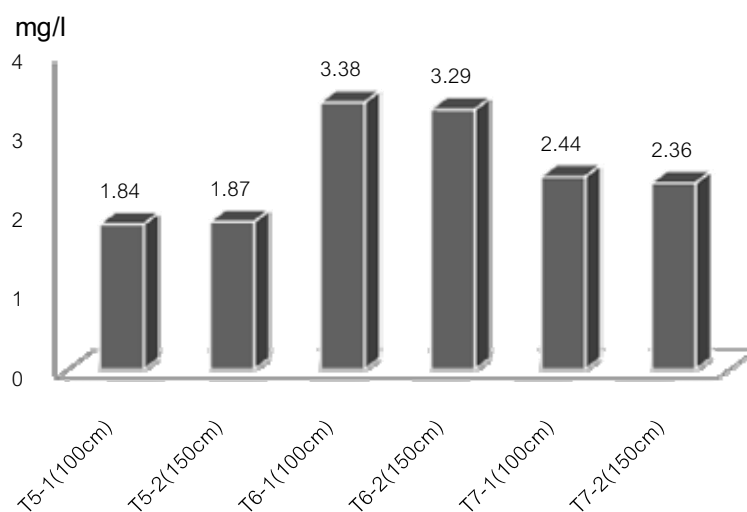
ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ (Dissolved Oxygen; DO) ในช่วงเดือนสิงหาคมโดยเก็บตัวอย่าง 2 ครั้ง ดังนี้

จากภาพ 5-95 การศึกษาปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ (Dissolved Oxygen; DO) ณ วันที่ 1 สิงหาคม 2551 ผลการศึกษาพบว่าที่ระดับความลึก 100 เซนติเมตร ในพื้นที่ทำการเกษตรตอนบนที่มีการวางจุดเก็บตัวอย่างน้ำใต้ดิน (T7-1) มีปริมาณค่า DO สูงที่สุดคือ 4.83 มิลลิกรัมต่อลิตร รองลงมาได้แก่ สะพานกว๊านที่มีการวางจุดเก็บตัวอย่างน้ำใต้ดิน (T5-1) มีปริมาณค่า DO คือ 4.60 มิลลิกรัมต่อลิตร และพื้นที่ทำการเกษตรแบบอินทรีย์ที่มีการวางจุดเก็บตัวอย่างน้ำใต้ดิน (T6-1) มีปริมาณค่า DO คือ 4.27 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ และจากผลการศึกษาที่ระดับความลึก 150 เซนติเมตร พบว่าในพื้นที่ทำการเกษตรตอนบนที่มีการวางจุดเก็บตัวอย่างน้ำใต้ดิน (T7-2) มีปริมาณค่า DO สูงที่สุดคือ 5.62 มิลลิกรัมต่อลิตร รองลงมาได้แก่ พื้นที่ทำการเกษตรแบบอินทรีย์ที่มีการวางจุดเก็บตัวอย่างน้ำใต้ดิน (T6-2) มีปริมาณค่า DO คือ 4.68 มิลลิกรัมต่อลิตร และสะพานกว๊านที่มีการวางจุดเก็บตัวอย่างน้ำใต้ดิน (T5-2) มีปริมาณค่า DO คือ 4.50 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ



ภาพ 5-95 ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำในน้ำใต้ดิน วันที่ 1 สิงหาคม 2551

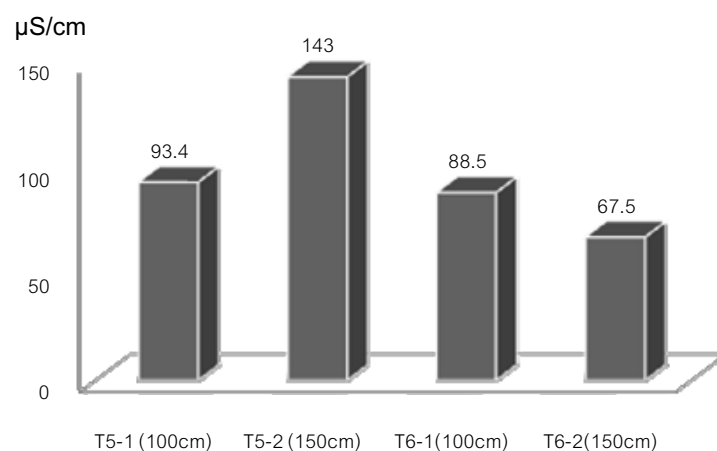
จากภาพ 5-96 การศึกษาปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ (Dissolved Oxygen; DO) ณ วันที่ 22 สิงหาคม 2551 ผลการศึกษา พบว่าที่ระดับความลึก 100 เซนติเมตร ในพื้นที่ทำการเกษตรแบบอินทรีย์ที่มีการวางจุดเก็บตัวอย่างน้ำใต้ดิน (T6-1) มีปริมาณค่า DO สูงที่สุดคือ 3.38 มิลลิกรัมต่อลิตร รองลงมาได้แก่ พื้นที่ทำการเกษตรตอนบนที่มีการวางจุดเก็บตัวอย่างน้ำใต้ดิน (T7-1) มีปริมาณค่า DO คือ 3.29 มิลลิกรัมต่อลิตร และสะพานก๊ว้นที่มีการวางจุดเก็บตัวอย่างน้ำใต้ดิน (T5-1) มีปริมาณค่า DO คือ 1.84 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ และจากผลการศึกษาที่ระดับความลึก 150 เซนติเมตร พบว่าในพื้นที่ทำการเกษตรแบบอินทรีย์ที่มีการวางจุดเก็บตัวอย่างน้ำใต้ดิน (T6-2) มีปริมาณค่า DO สูงที่สุด คือ 3.29 มิลลิกรัมต่อลิตร รองลงมาได้แก่ พื้นที่ทำการเกษตรตอนบนที่มีการวางจุดเก็บตัวอย่างน้ำใต้ดิน (T7-2) มีปริมาณค่า DO คือ 2.36 มิลลิกรัมต่อลิตร และสะพานก๊ว้นที่มีการวางจุดเก็บตัวอย่างน้ำใต้ดิน (T5-2) มีปริมาณค่า DO คือ 1.84 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ



ภาพ 5-96 ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำในน้ำใต้ดิน วันที่ 22 สิงหาคม 2551

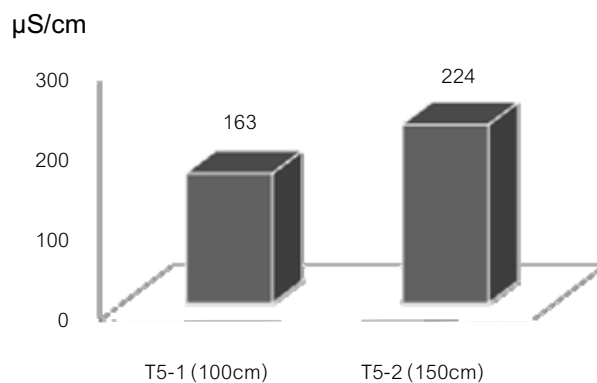
2) ค่าการนำไฟฟ้า (Conductivity; EC) ในช่วงเดือนกรกฎาคมโดยเก็บตัวอย่าง 3 ครั้ง ดังนี้

จากภาพ 5-97 การศึกษาค่าการนำไฟฟ้า (Conductivity; EC) โดยการติดตั้งท่อเก็บตัวอย่างน้ำใต้ดินที่ระดับ 100 และ 150 เซนติเมตร ทั้ง 2 จุดเก็บตัวอย่าง ณ วันที่ 7 กรกฎาคม 2551 ที่ระดับ 150 เซนติเมตรพบว่า สะพานก๊วนที่มีการวางจุดเก็บตัวอย่างน้ำใต้ดิน (T5-2) มีค่าสูงที่สุด 143 ไมโครซีเมนต์ รองลงมาได้แก่ สะพานก๊วนที่มีการวางจุดเก็บตัวอย่างน้ำใต้ดิน (T5-1) 93.4 ไมโครซีเมนต์ และที่ระดับ 100 เซนติเมตร พบว่าสะพานก๊วนที่มีการวางจุดเก็บตัวอย่างน้ำใต้ดิน (T5-1) มีค่าสูงที่สุด 93.4 ไมโครซีเมนต์ รองลงมาได้แก่ พื้นที่ทำการเกษตรแบบอินทรีย์ที่มีการวางจุดเก็บตัวอย่างน้ำใต้ดิน (T6-1) ซึ่งมีค่า 88.5 ไมโครซีเมนต์



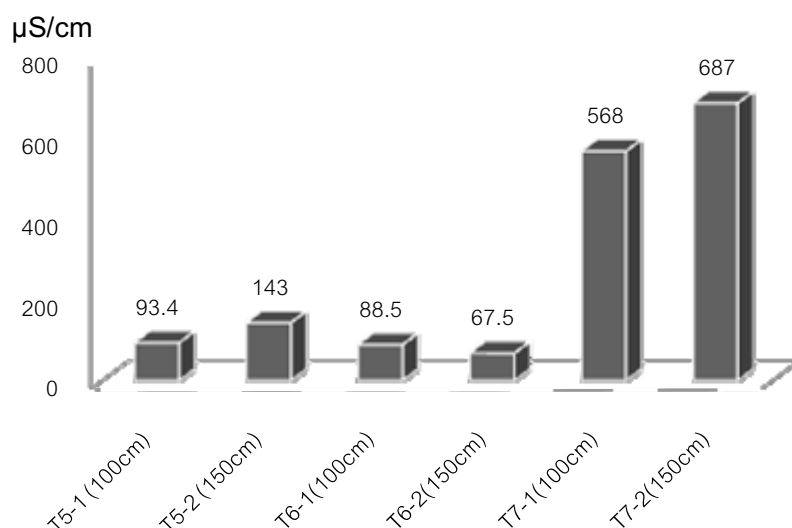
ภาพ 5-97 ค่าการนำไฟฟ้าในน้ำใต้ดิน วันที่ 7 กรกฎาคม 2551

จากภาพ 5-98 การศึกษาค่าการนำไฟฟ้า (Conductivity; EC) ในน้ำใต้ดิน โดยการติดตั้งท่อเก็บตัวอย่างที่ระดับ 100 และ 150 เซนติเมตร จำนวน 1 จุดเก็บตัวอย่าง ณ วันที่ 11 กรกฎาคม 2551 พบว่า สะพานก๊วนที่มีการวางจุดเก็บตัวอย่างน้ำใต้ดิน (T5-2) ที่ระดับ 150 เซนติเมตรมีค่าสูงกว่าที่ระดับ 100 เซนติเมตร ซึ่งมีค่า 224 ไมโครซีเมนต์ โดยระดับ 100 เซนติเมตร มีค่า 163 ไมโครซีเมนต์



ภาพ 5-98 ค่าการนำไฟฟ้าในน้ำใต้ดิน วันที่ 11 กรกฎาคม 2551

จากภาพ 5-99 การศึกษาค่าการนำไฟฟ้า (Conductivity; EC) โดยการติดตั้งท่อเก็บตัวอย่างน้ำใต้ดินที่ระดับ 100 และ 150 เซนติเมตร ทั้ง 3 จุดเก็บตัวอย่าง ณ วันที่ 20 กรกฎาคม 2551 ที่ระดับ 150 เซนติเมตรพบว่า พื้นที่ทำการเกษตรตอนบนที่มีการวางจุดเก็บตัวอย่างน้ำใต้ดิน (T7-2) มีค่าสูงที่สุด 687 ไมโครซีเมนต์ รองลงมาได้แก่ สะพานก๊วนที่มีการวางจุดเก็บตัวอย่างน้ำใต้ดิน (T5-2) และพื้นที่ทำการเกษตรแบบอินทรีย์ที่มีการวางจุดเก็บตัวอย่างน้ำใต้ดิน (T6-2) ซึ่งมีค่า 143 และ 67.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ และที่ระดับ 100 เซนติเมตร พบว่าพื้นที่ทำการเกษตรตอนบนที่มีการวางจุดเก็บตัวอย่างน้ำใต้ดิน (T7-1) มีค่าสูงที่สุด 568 มิลลิกรัมต่อลิตร รองลงมาได้แก่ สะพานก๊วนที่มีการวางจุดเก็บตัวอย่างน้ำใต้ดิน (T5-1) และพื้นที่ทำการเกษตรแบบอินทรีย์ที่มีการวางจุดเก็บตัวอย่างน้ำใต้ดิน (T6-1) ซึ่งมีค่า 93.4 และ 88.5 ไมโครซีเมนต์ ตามลำดับ

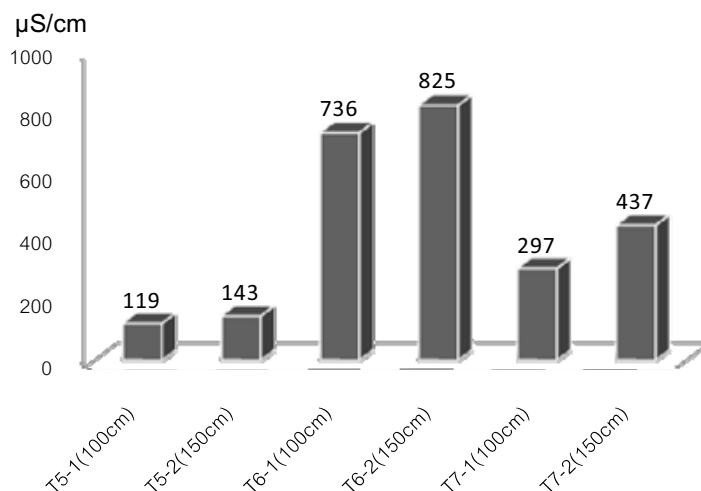


ภาพ 5-99 ค่าการนำไฟฟ้าในน้ำใต้ดิน วันที่ 20 กรกฎาคม 2551

ค่าการนำไฟฟ้า (Conductivity; EC) ในช่วงเดือนสิงหาคมโดยเก็บตัวอย่าง 2 ครั้ง ดังนี้

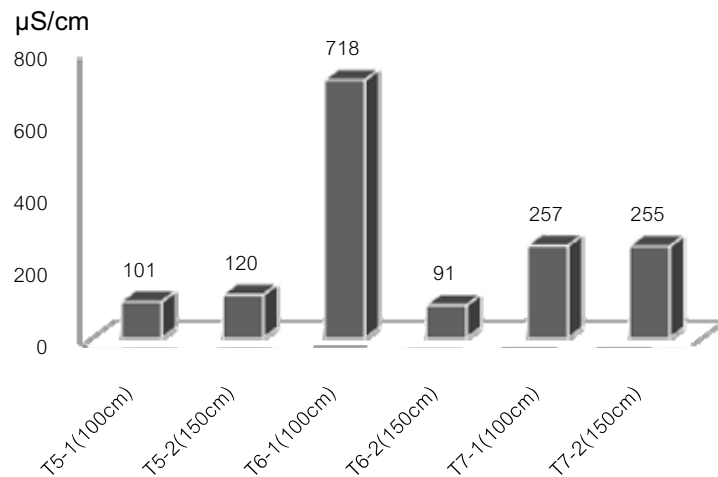
จากภาพ 5-100 การศึกษาค่าการนำไฟฟ้า (Electric Conductivity; EC) ณ วันที่ 1 สิงหาคม 2551 ผลการศึกษาพบว่าที่ระดับความลึก 100 เซนติเมตร ในพื้นที่ทำการเกษตรแบบอินทรีย์ที่มีการวางจุดเก็บตัวอย่างน้ำใต้ดิน (T6-1) มีค่า EC สูงที่สุด คือ 736 ไมโครซีเมนต์ รองลงมาได้แก่ พื้นที่ทำการเกษตรตอนบนที่มีการวางจุดเก็บตัวอย่างน้ำใต้ดิน (T7-1) มีค่า EC คือ 297 ไมโครซีเมนต์ และสะพานก๊วนที่มีการวางจุดเก็บตัวอย่างน้ำใต้ดิน (T5-1) มีค่า EC คือ 119 ไมโครซีเมนต์ ตามลำดับ และจากผลการศึกษาที่ระดับความลึก 150 เซนติเมตร พบว่าในพื้นที่ทำการเกษตรแบบอินทรีย์ที่มีการวางจุดเก็บตัวอย่างน้ำใต้ดิน (T6-2) มีค่า EC สูงที่สุดคือ 825 ไมโครซีเมนต์ รองลงมาได้แก่ พื้นที่ทำการเกษตรตอนบนที่มีการวางจุด

เก็บตัวอย่างน้ำใต้ดิน (T7-2) มีค่า EC คือ 437 ไมโครซีเมนต์ และสะพานก๊ว้นที่มีการวางจุดเก็บตัวอย่างน้ำใต้ดิน (T5-2) มีค่า EC คือ 143 ไมโครซีเมนต์ ตามลำดับ



ภาพ 5-100 ค่าการนำไฟฟ้าในน้ำใต้ดิน วันที่ 1 สิงหาคม 2551

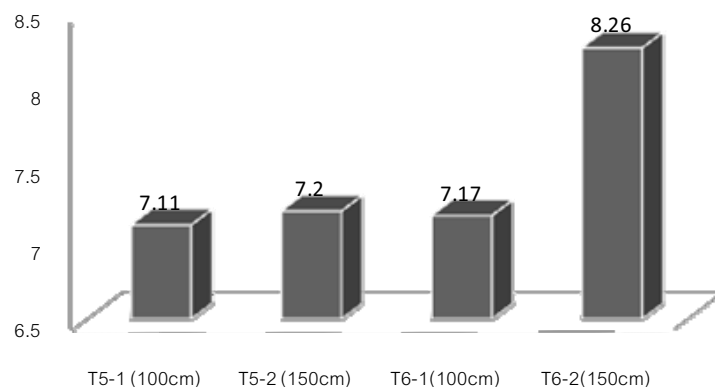
จากภาพ 5-101 การศึกษาค่าการนำไฟฟ้า (Electric Conductivity; EC) ณ วันที่ 22 สิงหาคม 2551 ผลการศึกษาพบว่าที่ระดับความลึก 100 เซนติเมตร ในพื้นที่ทำการเกษตรแบบอินทรีย์ที่มีการวางจุดเก็บตัวอย่างน้ำใต้ดิน (T6-1) มีค่า EC สูงที่สุด คือ 718 ไมโครซีเมนต์ รองลงมาได้แก่ พื้นที่ทำการเกษตรตอนบนที่มีการวางจุดเก็บตัวอย่างน้ำใต้ดิน (T7-1) มีค่า EC คือ 257 ไมโครซีเมนต์ และสะพานก๊ว้นที่มีการวางจุดเก็บตัวอย่างน้ำใต้ดิน (T5-1) มีค่า EC คือ 101 ไมโครซีเมนต์ ตามลำดับ และจากผลการศึกษาที่ระดับความลึก 150 เซนติเมตร พบว่าในพื้นที่ทำการเกษตรตอนบนที่มีการวางจุดเก็บตัวอย่างน้ำใต้ดิน (T7-2) มีค่า EC สูงที่สุด คือ 255 ไมโครซีเมนต์ รองลงมาได้แก่สะพานก๊ว้นที่มีการวางจุดเก็บตัวอย่างน้ำใต้ดิน (T5-2) มีค่า EC คือ 120 ไมโครซีเมนต์ และพื้นที่ทำการเกษตรแบบอินทรีย์ที่มีการวางจุดเก็บตัวอย่างน้ำใต้ดิน (T6-2) มีค่า EC คือ 91 ไมโครซีเมนต์ ตามลำดับ



ภาพ 5-101 ค่าการนำไฟฟ้าในน้ำใต้ดิน วันที่ 22 สิงหาคม 2551

2) ค่าความเป็นกรด -ด่าง ในช่วงเดือนกรกฎาคมโดยเก็บตัวอย่าง 3 ครั้ง ดังนี้

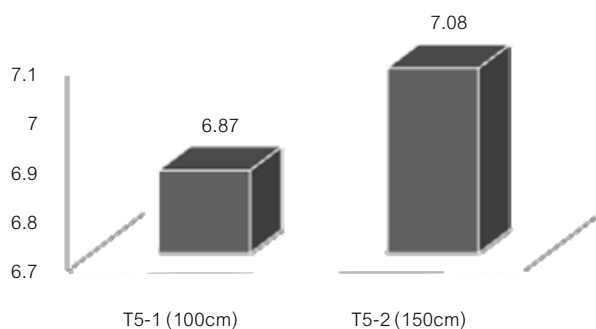
จากภาพ 5-102 การศึกษาค่าพีเอช โดยการติดตั้งท่อเก็บตัวอย่างน้ำใต้ดิน ที่ระดับ 100 และ 150 เซนติเมตร ทั้ง 2 จุดเก็บตัวอย่าง ณ วันที่ 7 กรกฎาคม 2551 ที่ระดับ 150 เซนติเมตรพบว่า พื้นที่ทำการเกษตรแบบอินทรีย์ที่มีการวางจุดเก็บตัวอย่างน้ำใต้ดิน (T6-2) มีค่าสูงที่สุด 8.26 รองลงมาได้แก่ สะพานก๊วนที่มีการวางจุดเก็บตัวอย่างน้ำใต้ดิน (T5-2) ซึ่งมีค่า 7.2 และที่ระดับ 100 เซนติเมตร พบว่า พื้นที่ทำการเกษตรแบบอินทรีย์ที่มีการวางจุดเก็บตัวอย่างน้ำใต้ดิน (T6-1) มีค่าสูงที่สุด 7.17 รองลงมาได้แก่ สะพานก๊วนที่มีการวางจุดเก็บตัวอย่างน้ำใต้ดิน (T5-1) มีค่า 7.11



ภาพ 5-102 ค่าความเป็นกรด -ด่างในน้ำใต้ดิน วันที่ 7 กรกฎาคม 2551

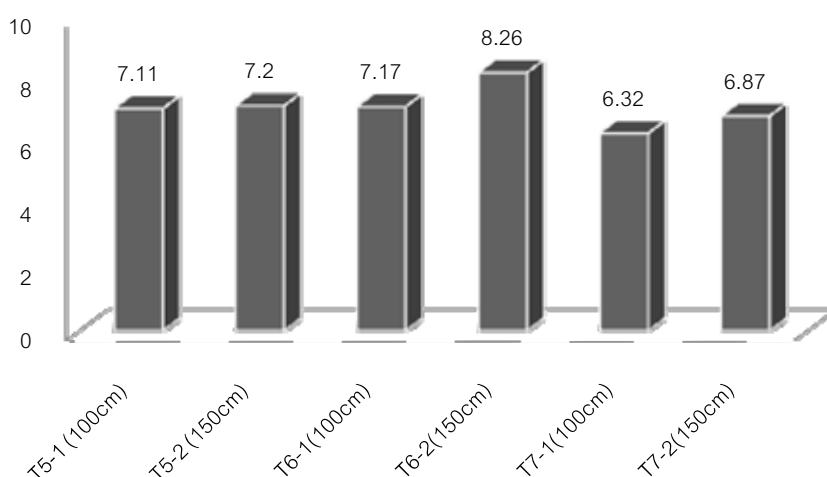
จากภาพ 5-103 การศึกษาค่าพีเอช ในน้ำใต้ดิน โดยการติดตั้งท่อเก็บตัวอย่างที่ระดับ 100 และ 150 เซนติเมตร จำนวน 1 จุดเก็บตัวอย่าง ณ วันที่ 11 กรกฎาคม 2551 พบว่าสะพานก๊วนที่มีการวางจุดเก็บ

ตัวอย่างน้ำใต้ดิน (T5-2) ที่ระดับ 150 เซนติเมตรมีค่าสูงกว่าที่ระดับ 100 เซนติเมตร ซึ่งมีค่า 7.08 โดยระดับ 100 เซนติเมตร มีค่า 6.87



ภาพ 5-103 ค่าความเป็นกรด-ด่างในน้ำใต้ดิน วันที่ 11 กรกฎาคม 2551

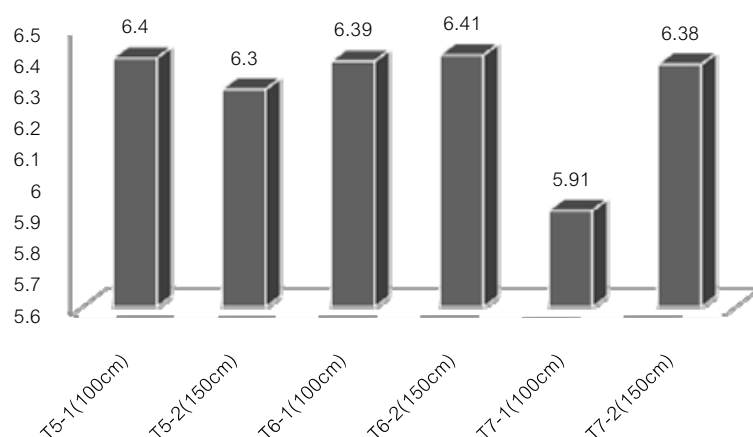
จากภาพ 5-104 การศึกษาค่าพีเอช โดยการติดตั้งท่อเก็บตัวอย่างน้ำใต้ดิน ที่ระดับ 100 และ 150 เซนติเมตร ทั้ง 3 จุดเก็บตัวอย่าง ณ วันที่ 20 กรกฎาคม 2551 ที่ระดับ 150 เซนติเมตรพบว่าพื้นที่ทำการเกษตรแบบอินทรีย์ที่มีการวางจุดเก็บตัวอย่างน้ำใต้ดิน (T6-2) มีค่าสูงที่สุด 8.26 รองลงมาได้แก่ สะพานกวนที่มีการวางจุดเก็บตัวอย่างน้ำใต้ดิน (T5-2) และพื้นที่ทำการเกษตรตอนบนที่มีการวางจุดเก็บตัวอย่างน้ำใต้ดิน (T7-2) ซึ่งมีค่า 7.2 และ 6.87 ตามลำดับ และที่ระดับ 100 เซนติเมตร พบว่าพื้นที่ทำการเกษตรแบบอินทรีย์ที่มีการวางจุดเก็บตัวอย่างน้ำใต้ดิน (T6-1) มีค่าสูงที่สุด 7.17 รองลงมาได้แก่ สะพานกวนที่มีการวางจุดเก็บตัวอย่างน้ำใต้ดิน (T5-1) และพื้นที่ทำการเกษตรตอนบนที่มีการวางจุดเก็บตัวอย่างน้ำใต้ดิน (T7-1) ซึ่งมีค่า 6.32 ตามลำดับ



ภาพ 5-104 ค่าความเป็นกรด-ด่างในน้ำใต้ดิน วันที่ 11 กรกฎาคม 2551

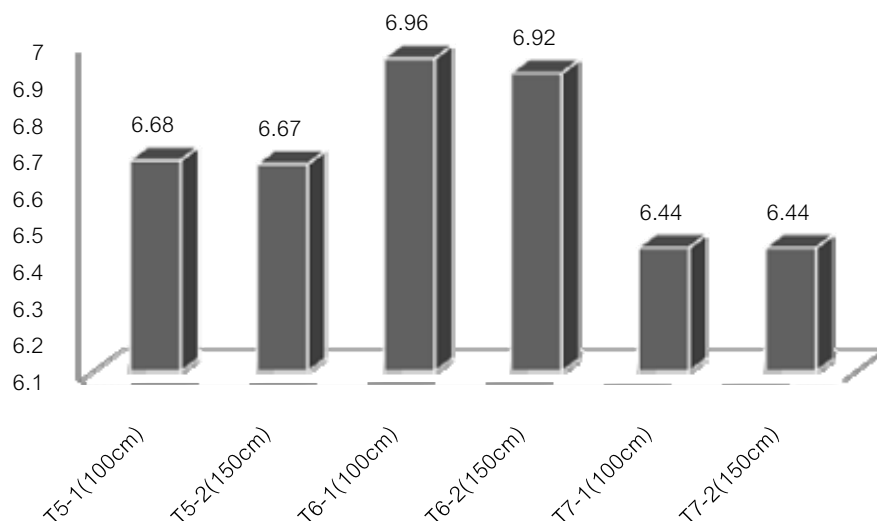
ค่าความเป็นกรด-ด่าง ในช่วงเดือนสิงหาคมโดยเก็บตัวอย่าง 2 ครั้ง ดังนี้

จากภาพ 5-105 การศึกษาค่าพีเอช ณ วันที่ 1 สิงหาคม 2551 ผลการศึกษาพบว่าที่ระดับความลึก 100 เซนติเมตร สะพานกว้างที่มีการวางจุดเก็บตัวอย่างน้ำได้ดิน (T5-1) มีค่าพีเอช สูงที่สุด คือ 6.4 รองลงมาได้แก่ พื้นที่ทำการเกษตรแบบอินทรีย์ที่มีการวางจุดเก็บตัวอย่างน้ำได้ดิน (T6-1) มีค่า 6.39 และพื้นที่ทำการเกษตรตอนบนที่มีการวางจุดเก็บตัวอย่างน้ำได้ดิน (T7-1) มีค่า 5.91 และระดับความลึก 150 เซนติเมตร พบว่า ในพื้นที่ทำการเกษตรแบบอินทรีย์ที่มีการวางจุดเก็บตัวอย่างน้ำได้ดิน (T6-2) มีค่า สูงที่สุด คือ 6.41 รองลงมาได้แก่ พื้นที่ทำการเกษตรตอนบนที่มีการวางจุดเก็บตัวอย่างน้ำได้ดิน (T7-2) มีค่า 6.38 และสะพานกว้างที่มีการวางจุดเก็บตัวอย่างน้ำได้ดิน (T5-2) มีค่า 6.3 ตามลำดับ



ภาพ 5-105 ค่าความเป็นกรด-ด่างในน้ำได้ดิน วันที่ 1 สิงหาคม 2551

จากภาพ 5-106 การศึกษาค่าความเป็นกรด-ด่าง (Power of hydrogen; pH) ณ วันที่ 22 สิงหาคม 2551 ผลการศึกษา พบว่าที่ระดับความลึก 100 เซนติเมตร ในพื้นที่ทำการเกษตรแบบอินทรีย์ที่มีการวางจุดเก็บตัวอย่างน้ำได้ดิน (T6-1) มีค่า pH สูงที่สุด คือ 6.96 รองลงมาได้แก่ สะพานกว้างที่มีการวางจุดเก็บตัวอย่างน้ำได้ดิน (T5-1) มีค่า pH คือ 6.68 และพื้นที่ทำการเกษตรตอนบนที่มีการวางจุดเก็บตัวอย่างน้ำได้ดิน (T7-1) มีค่า pH คือ 6.44 ตามลำดับ และจากผลการศึกษาที่ระดับความลึก 150 เซนติเมตร พบว่าในพื้นที่ทำการเกษตรแบบอินทรีย์ที่มีการวางจุดเก็บตัวอย่างน้ำได้ดิน (T6-2) มีค่า pH คือ 6.92 รองลงมาได้แก่ สะพานกว้างที่มีการวางจุดเก็บตัวอย่างน้ำได้ดิน (T5-2) มีค่า pH คือ 6.67 และพื้นที่ทำการเกษตรตอนบนที่มีการวางจุดเก็บตัวอย่างน้ำได้ดิน (T7-2) มีค่า pH สูงที่สุด คือ 6.44 ตามลำดับ



ภาพ 5-106 ค่าความเป็นกรด-ด่างในน้ำใต้ดิน วันที่ 22 สิงหาคม 2551

5.3 การศึกษาการเจริญเติบโตของต้นข้าว

การศึกษาการเจริญเติบโตของต้นข้าวในแปลงนา บริเวณพื้นที่ชุ่มน้ำกว๊านพะเยา ได้ผลการศึกษาดังนี้

การศึกษาการเจริญเติบโตของต้นข้าวในพื้นที่ศึกษา บริเวณพื้นที่ชุ่มน้ำกว๊านพะเยา (ตาราง 5-7) ได้ศึกษาความสูง และการแตกกอ จากการศึกษาค้นคว้าพบว่าต้นข้าว พบว่านาทำยอ้าง มีความสูงมากที่สุด คือ 95 เซนติเมตร รองลงมา เป็นแปลงนา 1, 3, 4 และ 2 มีความสูงเฉลี่ย คือ 71, 71, 71 และ 70 เซนติเมตร ตามลำดับ

การแตกกอของต้นข้าว พบว่า แปลงนา 3 มีการแตกกอของต้นข้าวสูงสุด คือ 18 ต้น/กอ รองลงมา เป็นแปลงนา 1 และนาทำยอ้าง แปลงนา 4 และแปลงนา 2 โดยการแตกกอของต้นข้าว คือ 17, 17, 16 และ 14 ต้น/กอ ตามลำดับ

ตาราง 5-7 แสดงผลการเจริญเติบโตของต้นข้าว

พื้นที่ศึกษา	การเจริญเติบโตของต้นข้าว	
	ความสูง (ซม.)	จำนวนต้นข้าวที่แตกกอ (ต้น/กอ)
แปลงนา 1	71	17
แปลงนา 2	70	14
แปลงนา 3	71	18

แปลงนา 4	71	16
นาท้ายอ่าง	95	17

➤ ผลการศึกษาในโมเดลชั้นดินนาเสมือนจริง

- การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของดิน
- การศึกษาคุณภาพน้ำผิวดิน น้ำในดิน และน้ำใต้ดิน
 - 1) การศึกษาคุณภาพน้ำผิวดิน
 - 2) การศึกษาคุณภาพน้ำในดิน
 - 3) การศึกษาคุณภาพน้ำใต้ดิน
- การศึกษาการเจริญเติบโตและผลผลิตข้าว

➤ ผลการศึกษาในภาคสนาม

- ด้านคุณสมบัติทางกายภาพของดิน
- คุณภาพน้ำ
- ศึกษาการเจริญเติบโตของข้าว

การศึกษาในภาคสนาม

จากการศึกษาพื้นที่นาขังน้ำในพื้นที่รอบกว๊านพะเยา ซึ่งแบ่งผลการศึกษาออกเป็น 3 ด้าน ได้แก่

- 1) ด้านคุณสมบัติทางกายภาพของดิน
- 2) คุณภาพน้ำผิวดินและน้ำใต้ดิน
- และ 3) ศึกษาการเจริญเติบโตของข้าว

1. ด้านคุณสมบัติทางกายภาพของดิน

การศึกษาคูณสมบัติทางกายภาพของดินในแปลงนา ในสภาพของพื้นที่นาขังน้ำ ในบริเวณพื้นที่ชุ่มน้ำกว๊านพะเยา เพื่อศึกษาคูณสมบัติทางด้านต่างๆของพื้นที่ จากการตรวจวัดค่าศักย์รีดอกซ์ของชั้นดินในระดับต่างๆทำให้ทราบถึงสภาพของชั้นดินในแต่ละระดับว่าอยู่ในสภาวะออกซิเดชันหรือรีดักชัน ซึ่งในระดับของดินชั้นบนจะมีค่าสูงกว่าดินชั้นล่าง ซึ่งเป็นผลมาจากการแพร่ของอากาศลงไปในดิน ถ้าค่าศักย์รีดอกซ์มีค่าสูงแสดงว่าอากาศแพร่ลงไปในดินได้มาก โดยอาจเกิดจากการไหลซึมของน้ำในชั้นดินที่ซึมน้ำอากาศลงสู่ชั้นดินในสภาวะขังน้ำ และในส่วนของค่าศักย์ความดันจะมีค่าเพิ่มสูงขึ้นตามระดับความลึกของชั้นดิน ซึ่งค่าศักย์ความดันมีความสัมพันธ์กับระดับน้ำใต้ดิน คือเมื่อระดับน้ำใต้ดินลดลงจะทำให้ค่าศักย์ความดันมีค่าลดลง และผลจากการตรวจสอบ ทำให้ทราบว่าค่าศักย์ความดันมีความสัมพันธ์กับค่าศักย์รีดอกซ์ ส่วนอัตราส่วนของความต้องการน้ำ ของพื้นที่แปลงนาขังน้ำเพื่อปลูกข้าว ในแต่ละเดือนของการเจริญเติบโตของข้าวมีปริมาณของความต้องการน้ำที่แตกต่างกัน สังเกตได้จากในเดือนสิงหาคม เป็นช่วงที่ต้นข้าวเจริญเติบโตสูงสุดจะมีปริมาณความต้องการน้ำมากที่สุด ซึ่งมีความต้องการน้ำมากสุดในแปลงนา 2 มีค่า 1.813 มิลลิเมตร/วัน และน้อยสุดในแปลงนา 3 มีค่า 0.776 มิลลิเมตร/วัน และค่าความสามารถในการให้น้ำซึมผ่านของดินใน soil core แปลงนา 1 มีค่าความสามารถในการให้น้ำซึมผ่านสูงสุด คือ 8.765×10^{-4} เซนติเมตร/วินาที และน้อยสุดเป็นแปลงนา 2 คือ 1.05×10^{-5} เซนติเมตร/วินาที

ส่วนความแข็งของดินที่วัดโดย cone penetrometer ในแปลงนาแต่ละแปลงรวมถึงพื้นที่ทำการเกษตรมีค่าที่แตกต่างกัน ซึ่งในช่วงก่อนการปลูกข้าว มีค่าความแข็งของดินสูงกว่าช่วงหลังการเก็บเกี่ยวและอุณหภูมิของดินในพื้นที่การศึกษามีค่าอยู่ในช่วง 24 ถึง 27 องศาเซลเซียส ตลอดช่วงฤดูการปลูกข้าว

การศึกษาคูณสมบัติทางกายภาพของดินในแปลงนา ในสภาพของพื้นที่นาขังน้ำ ในบริเวณพื้นที่ชุ่มน้ำกว๊านพะเยา เพื่อศึกษาคูณสมบัติทางด้านต่างๆของพื้นที่ จากการตรวจวัดค่าศักย์รีดอกซ์ของชั้นดินในระดับต่างๆทำให้ทราบถึงสภาพของชั้นดินในแต่ละระดับว่าอยู่ในสภาวะออกซิเดชันหรือรีดักชัน ซึ่งในระดับของดินชั้นบนจะมีค่าสูงกว่าดินชั้นล่าง ซึ่งเป็นผลมาจากการแพร่ของอากาศลงไปในดิน ถ้าค่าศักย์รีดอกซ์มีค่าสูงแสดงว่าอากาศแพร่ลงไปในดินได้มาก โดยอาจเกิดจากการไหลซึมของน้ำในชั้นดินที่ซึมน้ำอากาศลงสู่ชั้นดินในสภาวะขังน้ำ และในส่วนของค่าศักย์ความดันจะมีค่าเพิ่มสูงขึ้นตามระดับความลึกของ

ชั้นดิน ซึ่งค่าศักย์ความดันมีความ สัมพันธ์กับระดับน้ำใต้ดิน คือเมื่อระดับน้ำใต้ดินลดลงจะทำให้ค่าศักย์ความดันมีค่าลดลง และผลจากการตรวจสอบ ทำให้ทราบว่าค่าศักย์ความดันมีความสัมพันธ์กับค่าศักย์รีดอกซ์ ส่วนอัตราส่วนของความต้องการน้ำ ของพื้นที่แปลงนาขังน้ำเพื่อปลูกข้าว ในแต่ละเดือนของการเจริญเติบโตของข้าวมีปริมาณของความต้องการน้ำที่แตกต่างกัน สังเกตได้จากในเดือนสิงหาคม เป็นช่วงที่ต้นข้าวเจริญเติบโตสูงสุดจะมีปริมาณความต้องการน้ำมากที่สุด ซึ่งมีความต้องการน้ำมากสุดในแปลงนา 2 มีค่า 1.813 มิลลิเมตร/วัน และน้อยสุดในแปลงนา 3 มีค่า 0.776 มิลลิเมตร/วัน และค่าความสามารถในการให้น้ำซึมผ่านของดินใน soil core แปลงนา 1 มีค่าความสามารถในการให้น้ำซึมผ่านสูงสุด คือ 8.765×10^{-4} เซนติเมตร/วินาที และน้อยสุดเป็นแปลงนา 2 คือ 1.05×10^{-5} เซนติเมตร/วินาที

ส่วนความแข็งของดินที่วัดโดย cone penetrometer ในแปลงนาแต่ละแปลงรวมถึงพื้นที่ทำการเกษตรมีค่าที่แตกต่างกัน ซึ่งในช่วงก่อนการปลูกข้าว มีค่าความแข็งของดินสูงกว่าช่วงหลังการเก็บเกี่ยวและอุณหภูมิของดินในพื้นที่การศึกษามีค่าอยู่ในช่วง 24 ถึง 27 องศาเซลเซียส ตลอดช่วงฤดูการปลูกข้าว

2. คุณภาพน้ำผิวดินและน้ำใต้ดิน

จากการศึกษาคุณภาพน้ำผิวดินและน้ำใต้ดินในแปลงนา ได้แก่ ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ (Dissolved Oxygen; DO) ค่าการนำไฟฟ้า (Conductivity; EC) ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ปริมาณของแข็งแขวนลอยในน้ำ (Solid suspension: SS) และปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ย่อยสลายสารอินทรีย์ (Biological Oxygen Demand; BOD) พบว่าช่วงก่อนฤดูการปลูกข้าว แปลง 2 มีค่าสูงที่สุดซึ่งเป็นแปลงควบคุมที่ไม่มีการใส่ปุ๋ยและในช่วงการเพาะปลูกแปลง 3 มีค่าสูงที่สุดซึ่งไม่มีการใส่ปุ๋ยแต่มีการวางท่อระบายน้ำ ค่าการนำไฟฟ้าทั้งช่วงก่อนและหลังฤดูการปลูกข้าวแปลงที่ 1 มีค่าสูงที่สุดเนื่องจากมีการใส่ปุ๋ยและไม่มีท่อระบายน้ำใต้ดิน และ pH ในช่วงก่อนฤดูการปลูกข้าว แปลงนาข้าวที่ 1 มีค่า pH สูงที่สุดแต่หลังช่วงฤดูการปลูกข้าวแปลง 3 มีค่า pH สูงที่สุด ปริมาณของแข็งแขวนลอยในน้ำ แปลงนา 1 มีปริมาณของแข็งแขวนลอยมากที่สุดเนื่องจากไม่มีการระบายปุ๋ยออกทางท่อ และปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ย่อยสลายสารอินทรีย์มีค่าสูงที่สุดในแปลงนา 1 ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณของแข็งแขวนลอยในน้ำที่มีค่าสูงในแปลงนา 1

คุณภาพน้ำผิวดินในพื้นที่การเกษตรรอบกว๊านพะเยา ได้แก่ ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำโดยอ่างเก็บน้ำแม่ต๋อมมีปริมาณค่า DO สูงที่สุดเนื่องจากเป็นต้นน้ำ ค่าการนำไฟฟ้าสะพานจุดเชื่อมต่อระหว่างพื้นที่การเกษตรและกว๊านพะเยา จุดที่ 1 ปริมาณค่า EC สูงที่สุดเนื่องจากมีการชะล้างปุ๋ยจากการเกษตรมารวมกัน และค่าความเป็นกรด-ด่าง อ่างเก็บน้ำแม่ต๋อมมีค่าสูงที่สุด และบริเวณสระน้ำที่เชื่อมต่อระหว่างพื้นที่การเกษตรและกว๊านพะเยามีค่าต่ำที่สุด ปริมาณของแข็งแขวนลอยในน้ำพื้นที่ทำการเกษตรตอนบนแบบอินทรีย์มีปริมาณสูงที่สุดเนื่องจากใส่ปุ๋ยอินทรีย์ซึ่งช่วยปรับปรุงโครงสร้างดินอย่างต่อเนื่องตะกอนจึงปลด

พาได้ง่าย ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ย่อยสลายสารอินทรีย์มีค่าสูงสุดในพื้นที่ทำการเกษตรตอนบน

จากการศึกษาคุณภาพน้ำใต้ดินในแปลงนาโดยวางท่อเก็บตัวอย่างน้ำใต้ดินที่ระดับ 100 และ 150 เซนติเมตร พบว่าช่วงฤดูก่อนการปลูกข้าวแปลงนา 1 มีปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำสูงที่สุดทั้งระดับ 100 และ 150 เซนติเมตร และช่วงฤดูกาลปลูกข้าว แปลงนา 1 ที่ ระดับ 100 เซนติเมตร มีปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำสูงที่สุด และแปลงนา 4 ที่ระดับ 150 เซนติเมตร มีปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำต่ำที่สุด ค่าการนำไฟฟ้าช่วงก่อนการปลูกข้าว ที่ระดับ 100 เซนติเมตร แปลง 4 มีค่าสูงที่สุด และที่ระดับ 150 เซนติเมตร แปลง 3 มีค่าสูงที่สุด และช่วงการปลูกข้าว ที่ระดับ 100 เซนติเมตร แปลง 3 มีค่าสูงที่สุด แต่ที่ระดับ 150 เซนติเมตร แปลง 1 มีค่าสูงที่สุด และค่าความเป็นกรด-ด่าง แปลงนา 3 ทั้งช่วงฤดูก่อนการปลูกข้าว และฤดูปลูกข้าว มีค่าพีเอชสูงที่สุดทั้ง 2 ระดับ

การคุณภาพน้ำใต้ดิน โดยการวางท่อเก็บตัวอย่างน้ำใต้ดินที่ระดับ 50 เซนติเมตร ในแนวระนาบ ในพื้นที่แปลง 3 และ 4 โดยมีการวางทั้งหมด 4 จุดใน 1 แปลง พบว่าก่อนการปลูกข้าว แปลง 3 มีค่าเฉลี่ย DO คือ 5.28 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าเฉลี่ย EC คือ 269.42 ไมโครซีเมนต์ และพีเอชมีค่าเฉลี่ย 6.09 และหลังการปลูกข้าวมีค่าเฉลี่ย DO คือ 4.28 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าเฉลี่ย EC คือ 332.67 ไมโครซีเมนต์ และพีเอชมีค่าเฉลี่ย 5.97 และแปลง 4 ก่อนการปลูกข้าว มีค่าเฉลี่ย DO คือ 3.04 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าเฉลี่ย EC คือ 292.33 ไมโครซีเมนต์ และพีเอชมีค่าเฉลี่ย 6.09 และหลังการปลูกข้าวมีค่าเฉลี่ย DO คือ 3.59 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าเฉลี่ย EC คือ 410.53 ไมโครซีเมนต์ และพีเอชมีค่าเฉลี่ย คือ 6.20

คุณภาพน้ำใต้ดินพื้นที่การเกษตรรอบกว๊านพะเยา โดยการวางท่อเก็บตัวอย่างน้ำใต้ดิน ที่ระดับ 100 และ 150 เซนติเมตร พบว่าพื้นที่ทำการเกษตรแบบอินทรีย์มีปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ ค่าการนำไฟฟ้า รวมทั้งค่าพีเอชสูงทั้ง 2 ระดับเนื่องจากพื้นที่เป็นการเพาะปลูกแบบอินทรีย์จึงทำให้มีค่า EC สูงที่เกิดสารอินทรีย์

3. ศึกษาการเจริญเติบโตของข้าว

การเจริญเติบโตของต้นข้าวในแปลงนา บริเวณพื้นที่ชุ่มน้ำกว๊านพะเยา พบว่า แปลงนา 3 มีการแตกกอของต้นข้าวสูงสุด คือ 18 ต้น/กอ รองลงมาเป็นแปลงนา 1, 4 และ 2 คือมีการแตกกอ 17, 16 และ 14 ต้น/กอ ตามลำดับ และความสูงของต้นข้าว พบว่าแปลงนา 1-4 มีความสูงเฉลี่ย คือ 71 เซนติเมตร

การศึกษาในโมเดล

จากการศึกษาพื้นที่นาขังน้ำในพื้นที่รอบกว๊านพะเยา ซึ่งแบ่งผลการศึกษาออกเป็น 3 ด้าน ได้แก่ 1) ด้านคุณสมบัติทางกายภาพของดิน 2) คุณภาพน้ำผิวดิน น้ำในดิน และน้ำใต้ดิน และ 3) ศึกษาการเจริญเติบโตของข้าว

1. การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของดินในโมเดลข้าว

การศึกษาคูณสมบัติทางกายภาพของดินในโมเดลข้าว ในเดือนกรกฎาคม 2551 ถึง มกราคม 2552 จากการตรวจวัดค่าศักย์ความดันในโมเดล มีค่าศักย์ความดันเป็นบวกในช่วงที่มีการขังน้ำไว้ในโมเดล ซึ่งค่าศักย์ความดันมีค่าเพิ่มขึ้นตามระดับความลึกของชั้นดิน ที่ระดับน้ำผิวดิน มีค่าอยู่ในช่วง 0.4–1.9 เซนติเมตร ระดับความลึก 10 เซนติเมตรจากผิวดิน มีค่าอยู่ในช่วง 4.7–15.3 เซนติเมตร ระดับความลึก 25 เซนติเมตรจากผิวดิน มีค่าอยู่ในช่วง 15.9–25.3 เซนติเมตร ที่ระดับความลึก 40 เซนติเมตรจากผิวดิน มีค่าอยู่ในช่วง 1.7–28.3 เซนติเมตร ที่ระดับความลึก 50 เซนติเมตรจากผิวดิน มีค่าอยู่ในช่วง 5.5–34.4 เซนติเมตร และที่ระดับความลึก 70 เซนติเมตรจากผิวดิน มีค่าอยู่ในช่วง 10.4–52.4 เซนติเมตร แต่ที่ระดับความลึก 40 เซนติเมตรจากผิวดินค่าศักย์ความดันมีค่าลดลงมาก ในโมเดล 4

การศึกษาค่าความสามารถในการให้น้ำซึมผ่านของดิน ในช่วงข้าวเริ่มตั้งท้องมีค่าอยู่ในช่วง 2.32×10^{-3} ถึง 7.42×10^{-5} เซนติเมตร/วินาที สูงสุดในโมเดล 4 ในช่วงหลังไขน้าออก 2 สัปดาห์ มีค่าอยู่ในช่วง 1.15×10^{-3} ถึง 1.34×10^{-5} เซนติเมตร/วินาที สูงสุดในโมเดล 5 และในช่วงหลังเก็บเกี่ยว 2 สัปดาห์ค่าอยู่ในช่วง 8.62×10^{-4} ถึง 3.42×10^{-5} เซนติเมตร/วินาที สูงสุดในโมเดล 3

อัตราความต้องการน้ำมากที่สุด ในโมเดล 1 คือ 10.187 มิลลิเมตร/วัน และน้อยสุด ในโมเดล 6 คือ 4.316 มิลลิเมตร/วัน ช่วงข้าวแตกกอสูงสุด โมเดล 6 มีอัตราความต้องการน้ำมากที่สุด คือ 26.806 มิลลิเมตร/วัน ช่วงข้าวเริ่มออกดอก โมเดล 5 มีอัตราความต้องการน้ำมากที่สุด คือ 15.700 มิลลิเมตร/วัน ซึ่งช่วงข้าวแตกกอสูงสุดและช่วงข้าวออกดอกมีการใช้น้ำมากกว่าช่วงการเจริญเติบโต

การศึกษาค่าความแข็งของดินหลังการไขน้าออก 2 วัน พบว่าดินในโมเดลมีค่าความแข็งของดินเพิ่มขึ้น โดยมีค่าอยู่ในช่วง 8.11–219.92 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร สูงสุดในโมเดล 5 หลังจากไขน้า 4 วัน มีค่าความแข็งอยู่ในช่วง 56.99–493.56 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร สูงสุดในโมเดล 5 หลังจากไขน้า 6 วัน มีค่าความแข็งอยู่ในช่วง 219.92–906.05 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร สูงสุดในโมเดล 3 หลังจากไขน้า 8 วัน มีค่าความแข็งอยู่ในช่วง 237.08–1,257.61 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร สูงสุดในโมเดล 3 หลังจากไขน้า 16 วัน มีค่าความแข็งอยู่ในช่วง 382.44–1,370.26 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร สูงสุดในโมเดล 3

การตรวจวัดอุณหภูมิดินในโมเดลในเดือนสิงหาคม อุณหภูมิเฉลี่ยในโมเดลอยู่ในช่วง 26.80-27.34 องศาเซลเซียส เดือนกันยายน อุณหภูมิเฉลี่ยในโมเดลอยู่ในช่วง 25.65-26.53 องศาเซลเซียส และเดือนตุลาคม อุณหภูมิเฉลี่ยในโมเดลอยู่ในช่วง 25.35-25.95 องศาเซลเซียส ตลอดการศึกษาอุณหภูมิสูงสุดใน โมเดล 1

2. การศึกษาคุณภาพน้ำผิวดิน น้ำในดิน และน้ำใต้ดิน ในโมเดลข้าว

2.1 การศึกษาคุณภาพน้ำผิวดิน

2.1.1 การศึกษาคุณภาพน้ำผิวดินทางด้านกายภาพ ได้แก่ ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (DO) ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) และค่าการนำไฟฟ้า (EC) ในช่วงก่อน-หลังการใส่ปุ๋ยในช่วงเดือน กรกฎาคม 2551 ถึง มกราคม 2552 ดังนี้

ช่วงก่อนการใส่ปุ๋ย โมเดล 2 มีปริมาณ DO สูงที่สุด คือ 8.32 mg/l และ โมเดล 1 มีปริมาณต่ำที่สุด คือ 7.89 mg/l ค่า pH โมเดล 1 มีค่าสูงที่สุด คือ 7.91 และ โมเดล 5 มีปริมาณต่ำที่สุดคือ 7.00 และค่าการนำไฟฟ้าโมเดล 6 มีค่าสูงที่สุด 526 ไมโครซีเมนต์/เซนติเมตร และโมเดล 5 มีค่าต่ำที่สุดคือ 279 ไมโครซีเมนต์/เซนติเมตร

ช่วงใส่ปุ๋ย โมเดล 3 มีปริมาณ DO สูงที่สุด คือ 8.42 mg/l และโมเดล 6 มีปริมาณต่ำที่สุดคือ 7.59 mg/l ค่า pH โมเดล 6 มีค่าสูงที่สุด คือ 7.64 และโมเดล 3 มีปริมาณต่ำที่สุดคือ 7.10 และค่าการนำไฟฟ้าโมเดล 6 ค่าสูงที่สุด 529 ไมโครซีเมนต์/เซนติเมตร และโมเดล 4 มีปริมาณต่ำที่สุดคือ 381 ไมโครซีเมนต์/เซนติเมตร

ช่วงหลังใส่ปุ๋ย 1 วัน โมเดล 6 ปริมาณ DO สูงที่สุด คือ 8.67 mg/l และ โมเดล 3 มีปริมาณต่ำที่สุดคือ 7.79 mg/l ค่า pH โมเดล 6 มีค่าสูงที่สุด คือ 7.66 และโมเดล 5 มีปริมาณต่ำที่สุดคือ 7.14 และค่าการนำไฟฟ้าโมเดล 6 ค่าสูงที่สุด 647 ไมโครซีเมนต์/เซนติเมตร และโมเดล 4 มีปริมาณต่ำที่สุดคือ 506 ไมโครซีเมนต์/เซนติเมตร

ช่วงหลังใส่ปุ๋ย 3 วัน โมเดล 3 มีปริมาณ DO สูงที่สุด คือ 8.66 mg/l และ โมเดล 4 มีปริมาณต่ำที่สุดคือ 8.00 mg/l ค่า pH โมเดล 6 มีค่าสูงที่สุด คือ 7.91 และโมเดล 1 และ 3 มีปริมาณต่ำที่สุดคือ 7.30 และค่าการนำไฟฟ้าโมเดล 6 ค่าสูงที่สุด 523 ไมโครซีเมนต์/เซนติเมตร และโมเดล 4 มีปริมาณต่ำที่สุดคือ 431 ไมโครซีเมนต์/เซนติเมตร

ช่วงหลังใส่ปุ๋ย 5 วัน โมเดล 6 มีปริมาณ DO สูงที่สุด คือ 12.01 mg/l และ โมเดล 4 มีปริมาณต่ำที่สุดคือ 9.21 mg/l ค่า pH โมเดล 6 มีค่าสูงที่สุด คือ 8.83 และโมเดล 3 มีปริมาณต่ำที่สุดคือ 7.66 และค่าการนำไฟฟ้าโมเดล 6 ค่าสูงที่สุด 251 ไมโครซีเมนต์/เซนติเมตร และโมเดล 5 มีปริมาณต่ำที่สุดคือ 206 ไมโครซีเมนต์/เซนติเมตร

ช่วงหลังใส่ปุ๋ย 6 วัน โมเดล 1 มีปริมาณ DO สูงที่สุด คือ 8.11 mg/l และ โมเดล 5 มีปริมาณต่ำที่สุดคือ 7.51 mg/l ค่า pH โมเดล 6 มีค่าสูงที่สุด คือ 8.54 และโมเดล 3 มีปริมาณต่ำที่สุดคือ 7.22 และค่าการนำ

ไฟฟ้าโมเดล 6 ค่าสูงที่สุด 507 ไมโครซีเมนต์/เซนติเมตร และโมเดล 5 มีปริมาณต่ำที่สุดคือ 396 ไมโครซีเมนต์/เซนติเมตร

ช่วงหลังใส่ปุ๋ย 10 วัน โมเดล 2 มีปริมาณ DO สูงที่สุด คือ 8.94 mg/l และ โมเดล 6 มีปริมาณต่ำที่สุดคือ 6.40 mg/l ค่า pH โมเดล 4 มีค่าสูงที่สุด คือ 9.04 และโมเดล 2 มีปริมาณต่ำที่สุดคือ 6.62และค่าการนำไฟฟ้าโมเดล 6 ค่าสูงที่สุด 551 ไมโครซีเมนต์/เซนติเมตร และโมเดล 5กับโมเดล2 ซึ่งมีค่าเท่ากันโดยมีปริมาณต่ำที่สุดคือ 370 ไมโครซีเมนต์/เซนติเมตร

ช่วงหลังใส่ปุ๋ย 17 วัน โมเดล 5 มีปริมาณ DO สูงที่สุด คือ 11.86 mg/l และ โมเดล 4 มีปริมาณต่ำที่สุดคือ 8.94 mg/l ค่า pH โมเดล 5 มีค่าสูงที่สุด คือ 8.85 และโมเดล 4 มีปริมาณต่ำที่สุดคือ 7.96และค่าการนำไฟฟ้าโมเดล 6 ค่าสูงที่สุด 595 ไมโครซีเมนต์/เซนติเมตร และโมเดล 2 มีปริมาณต่ำที่สุดคือ 364 ไมโครซีเมนต์/เซนติเมตร

ช่วงหลังใส่ปุ๋ย 28 วัน โมเดล 4 มีปริมาณ DO สูงที่สุด คือ 7.96 mg/l และโมเดล 6 มีปริมาณต่ำที่สุดคือ 7.61 mg/l ค่า pH โมเดล 4 มีค่าสูงที่สุด คือ 7.96 และโมเดล 6 มีปริมาณต่ำที่สุดคือ 7.61และค่าการนำไฟฟ้าโมเดล 6 ค่าสูงที่สุด 597 ไมโครซีเมนต์/เซนติเมตร และโมเดล 4 มีปริมาณต่ำที่สุดคือ 553 ไมโครซีเมนต์/เซนติเมตร

2.1.2 การศึกษาคุณภาพน้ำผิวดินทางด้านเคมี ได้แก่ ไนเตรต ไนไตรท์ และแอมโมเนีย ในช่วงก่อน-หลังการใส่ปุ๋ย

ช่วงก่อนการใส่ปุ๋ย ปริมาณไนเตรต โมเดล 6 มีปริมาณสูงที่สุด คือ 0.36 mg/l และปริมาณต่ำที่สุดคือ โมเดล 2 3 และ4 ซึ่งมีค่าเท่ากันคือ 0.18 mg/l ปริมาณไนไตรท์โมเดล 5 มีปริมาณสูงที่สุด คือ 0.324 mg/l และโมเดล 4 มีปริมาณต่ำสุด 0.018 mg/l และปริมาณแอมโมเนีย โมเดล 2 มีปริมาณสูงที่สุดคือ 19.62 mg/l และโมเดล 1 มีปริมาณต่ำสุด 3.15 mg/l

ช่วงหลังใส่ปุ๋ย 3 วัน ปริมาณไนไตรท์ โมเดล 6 มีปริมาณสูงที่สุด คือ 0.54 mg/l ปริมาณต่ำที่สุดคือ โมเดล 2 3 4 และ5 ซึ่งมีค่าเท่ากันคือ 0.27 mg/l ปริมาณไนไตรท์โมเดล 6 มีปริมาณสูงที่สุด คือ 0.153 mg/l และโมเดล 6 มีปริมาณต่ำสุด 0.036 mg/l และปริมาณแอมโมเนียโมเดล 5 มีปริมาณสูงที่สุดคือ19.89 mg/l และโมเดล 4 มีปริมาณต่ำสุด 8.28 mg/l

ช่วงหลังใส่ปุ๋ย 5 วัน ปริมาณไนเตรตโมเดล 6 มีปริมาณสูงที่สุด คือ 0.63 mg/l ปริมาณต่ำที่สุดคือ โมเดล 2 3 4 และ 5 ซึ่งมีค่าเท่ากันคือ 0.27 mg/l ปริมาณไนไตรท์โมเดล 4 มีปริมาณสูงที่สุด คือ 9.972 mg/l และโมเดล 3 มีปริมาณต่ำสุด 1.040 mg/l และปริมาณแอมโมเนียโมเดล 1 มีปริมาณสูงที่สุด คือ 7.74 mg/l และโมเดล 5 มีปริมาณต่ำสุด 2.70 mg/l

2.2 การศึกษาคุณภาพน้ำในดิน

2.2.1 การศึกษาคุณภาพน้ำในดินทางด้านกายภาพและเคมี ได้แก่ ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (DO) ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) และค่าการนำไฟฟ้า (EC) ในช่วงก่อน-หลังการใส่ปุ๋ย โดยแบ่งชั้นดินเป็น 3 ชั้น และชั้นทราย 2 ชั้น ระหว่างเดือนกรกฎาคม 2551 ถึง มกราคม 2552 ดังนี้

เดือนกรกฎาคม ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (DO) โดยในดินชั้นที่ 1 โมเดล 5 มีค่าสูงที่สุด คือ 7.72 mg/l และโมเดล 1 มีค่าต่ำที่สุด คือ 4.89 mg/l ดินชั้นที่ 2 โมเดล 1 มีค่าสูงที่สุด คือ 7.56 mg/l และโมเดล 6 มีค่าต่ำที่สุด 7.55 mg/l ดินชั้นที่ 3 โมเดล 4 มีค่าสูงที่สุด คือ 7.50 mg/l และโมเดล 2 มีค่าต่ำที่สุด 6.27 mg/l ทรายชั้น 1 โมเดล 6 มีค่าสูงที่สุด คือ 7.22 mg/l และโมเดล 2 มีค่าต่ำที่สุด 7.55 mg/l และทรายชั้น 2 โมเดล 3 มีค่าสูงที่สุด คือ 7.80 mg/l และโมเดล 6 มีค่าต่ำที่สุด 4.36 mg/l

ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ในดินชั้นที่ 1 โมเดล 2 มีค่าสูงที่สุด คือ 7.54 และโมเดล 4 มีค่าต่ำที่สุด คือ 6.76 ดินชั้นที่ 2 โมเดล 4 มีค่าสูงที่สุด คือ 7.28 และโมเดล 3 มีค่าต่ำที่สุด คือ 6.12 ดินชั้นที่ 3 โมเดล 6 มีค่าสูงที่สุด คือ 7.63 และโมเดล 1 มีค่าต่ำที่สุด คือ 6.56 ทรายชั้น 1 โมเดล 5 มีค่าสูงที่สุด คือ 7.34 และโมเดล 4 มีค่าต่ำที่สุด 6.09 และทรายชั้น 2 โมเดล 3 มีค่าสูงที่สุดคือ 7.56 และโมเดล 6 มีค่าต่ำที่สุด 7.04 mg/l

ค่าการนำไฟฟ้า ในดินชั้นที่ 1 โมเดล 6 มีค่าสูงที่สุด คือ 1,957 มิลลิกรัม/ลิตร และโมเดล 5 มีค่าต่ำที่สุด 350 มิลลิกรัม/ลิตร ดินชั้นที่ 2 โมเดล 6 มีค่าสูงที่สุด คือ 2,280 มิลลิกรัม/ลิตร และโมเดล 1 มีค่าต่ำที่สุด 831 มิลลิกรัม/ลิตร ดินชั้นที่ 3 โมเดล 2 มีค่าสูงที่สุด 908 มิลลิกรัม/ลิตร และโมเดล 4 มีค่าต่ำที่สุด 637 มิลลิกรัม/ลิตร ทรายชั้นที่ 1 โมเดล 6 มีค่าสูงที่สุด 1,430 มิลลิกรัม/ลิตร และโมเดล 1 มีค่าต่ำที่สุด 598 มิลลิกรัม/ลิตร และทรายชั้นที่ 2 โมเดล 4 มีค่าสูงที่สุด 310 มิลลิกรัม/ลิตร และโมเดล 2 มีค่าต่ำที่สุด 218 มิลลิกรัม/ลิตร

เดือนสิงหาคมปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (DO) โดยในดินชั้นที่ 1 โมเดล 5 มีค่าสูงที่สุด คือ 6.99 mg/l และโมเดล 6 มีค่าต่ำที่สุด คือ 4.07 mg/l ดินชั้นที่ 2 โมเดล 6 มีค่าสูงที่สุด คือ 7.66 mg/l และโมเดล 3 มีค่าต่ำที่สุด คือ 5.80 mg/l ดินชั้น 3 โมเดล 3 มีค่าสูงที่สุด คือ 7.60 mg/l และโมเดล 6 มีค่าต่ำที่สุด คือ 4.19 mg/l ทรายชั้น 1 โมเดล 1 มีค่าสูงที่สุด คือ 6.24 mg/l และโมเดล 5 มีค่าต่ำที่สุด 3.56 mg/l และทรายชั้น 2 โมเดล 3 มีค่าสูงที่สุด คือ 7.25 mg/l และโมเดล 4 มีค่าต่ำที่สุด 4.86 mg/l

ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ในดินชั้นที่ 1 โม่เดล 3 มีค่าสูงที่สุด คือ 7.95 และโม่เดล 4 มีค่าต่ำที่สุด คือ 6.68 mg/l ดินชั้นที่ 2 โม่เดล 1 มีค่าสูงที่สุด คือ 7.99 และโม่เดล 5 มีค่าต่ำที่สุด คือ 6.34 ดินชั้นที่ 3 โม่เดล 5 มีค่าสูงที่สุด คือ 8.36 และโม่เดล 6 มีค่าต่ำที่สุด 7.03 ทรายชั้น 1 โม่เดล 5 มีค่าสูงที่สุด คือ 7.74 และโม่เดล 1 มีค่าต่ำที่สุด 6.58 และทรายชั้น 2 โม่เดล 6 มีค่าสูงที่สุดคือ 7.65 และโม่เดล 4 มีค่าต่ำที่สุด 6.72

ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำ ในดินชั้นที่ 1 โม่เดล 6 มีค่าสูงที่สุด คือ 2,320 มิลลิกรัม/ลิตร และโม่เดล 5 มีค่าต่ำที่สุด คือ 503 มิลลิกรัม/ลิตร ดินชั้นที่ 2 โม่เดล 6 มีค่าสูงที่สุด คือ 3,975 มิลลิกรัม/ลิตร และโม่เดล 5 มีค่าต่ำที่สุด คือ 265 มิลลิกรัม/ลิตร ดินชั้นที่ 3 โม่เดล 2 มีค่าสูงที่สุด คือ 1,050 มิลลิกรัม/ลิตร และโม่เดล 6 มีค่าต่ำที่สุด คือ 376 มิลลิกรัม/ลิตร ทรายชั้นที่ 1 โม่เดล 2 มีค่าสูงที่สุด คือ 3,400 มิลลิกรัม/ลิตร และโม่เดล 3 มีค่าต่ำที่สุด 635 มิลลิกรัม/ลิตร และทรายชั้น 2 โม่เดล 4 มีค่าสูงที่สุดคือ 412 และโม่เดล 6 มีค่าต่ำที่สุด 228 มิลลิกรัม/ลิตร

เดือนกันยายนปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (DO) ในดินชั้นที่ 1 โม่เดล 1 มีค่าสูงที่สุด คือ 6.22 mg/l และโม่เดล 5 มีค่าต่ำที่สุด คือ 3.72 mg/l ดินชั้นที่ 2 โม่เดล 2 มีค่าสูงที่สุด คือ 6.40 mg/l และโม่เดล 4 มีค่าต่ำที่สุด คือ 3.52 mg/l ดินชั้น 3 โม่เดล 3 มีค่าสูงที่สุด คือ 6.35 mg/l และโม่เดล 5 มีค่าต่ำที่สุด คือ 3.87 mg/l ทรายชั้น 1 โม่เดล 1 มีค่าสูงที่สุด คือ 6.56 mg/l และโม่เดล 4 มีค่าต่ำที่สุด 3.44 mg/l และทรายชั้น 2 โม่เดล 3 มีค่าสูงที่สุด คือ 5.90 mg/l และโม่เดล 2 มีค่าต่ำที่สุด 3.21 mg/l

ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ในดินชั้นที่ 1 โม่เดล 1 มีค่าสูงที่สุด คือ 7.97 และโม่เดล 5 มีค่าต่ำที่สุด คือ 6.72 mg/l ดินชั้นที่ 2 โม่เดล 1 มีค่าสูงที่สุด คือ 8.10 และโม่เดล 5 มีค่าต่ำที่สุด คือ 6.14 ดินชั้นที่ 3 โม่เดล 2 มีค่าสูงที่สุด คือ 8.08 และโม่เดล 4 มีค่าต่ำที่สุด 6.87 ทรายชั้น 1 โม่เดล 2 มีค่าสูงที่สุด คือ 7.57 และโม่เดล 5 มีค่าต่ำที่สุด 6.41 และทรายชั้น 2 โม่เดล 2 มีค่าสูงที่สุดคือ 7.57 และโม่เดล 5 มีค่าต่ำที่สุด 6.41

ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำ ในดินชั้นที่ 1 โม่เดล 6 มีค่าสูงที่สุด คือ 1,006 มิลลิกรัม/ลิตร และโม่เดล 4 มีค่าต่ำที่สุด คือ 318 มิลลิกรัม/ลิตร ดินชั้นที่ 2 โม่เดล 4 มีค่าสูงที่สุด คือ 1,800 มิลลิกรัม/ลิตร และโม่เดล 2 มีค่าต่ำที่สุด คือ 497 มิลลิกรัม/ลิตร ดินชั้นที่ 3 โม่เดล 1 มีค่าสูงที่สุด คือ 1,470 มิลลิกรัม/ลิตร และโม่เดล 6 มีค่าต่ำที่สุด คือ 448 มิลลิกรัม/ลิตร ทรายชั้นที่ 1 โม่เดล 6 มีค่าสูงที่สุด คือ 950 มิลลิกรัม/ลิตร และโม่เดล 1 มีค่าต่ำที่สุด 661 มิลลิกรัม/ลิตร และทรายชั้น 2 โม่เดล 2 มีค่าสูงที่สุดคือ 598 และโม่เดล 6 มีค่าต่ำที่สุด 415 มิลลิกรัม/ลิตร

2.2.2 การศึกษาปริมาณธาตุหลักของน้ำในดิน ในช่วงระหว่างเดือนกรกฎาคม 2551 ถึง มกราคม 2552 โดยทำการศึกษาในดิน 3 ชั้น และในทราย 2 ชั้น จากการศึกษาดินชั้นที่ 1 โม่เดล 3 มีปริมาณสูงที่สุด คือ 5.64 มิลลิกรัม/ลิตร และโม่เดล 6 มีปริมาณต่ำที่สุด คือ 0.12 มิลลิกรัม/ลิตร ดินชั้นที่ 2 โม่เดล 2 มี

ปริมาณสูงสุด คือ 5.72 มิลลิกรัม/ลิตร และโมเดล 6 มีปริมาณต่ำที่สุด คือ 0.92 มิลลิกรัม/ลิตร ดินชั้นที่ 3 โมเดล 3 มีปริมาณสูงสุด คือ 5.94 มิลลิกรัม/ลิตร และโมเดล 6 มีปริมาณต่ำที่สุด คือ 0.46 มิลลิกรัม/ลิตร และการศึกษาปริมาณธาตุหลักในชั้นทราย 2 ชั้นของน้ำในดิน ทรายชั้นที่ 1 โมเดล 2 มีปริมาณสูงสุด คือ 5.94 มิลลิกรัม/ลิตร และโมเดล 6 มีปริมาณต่ำที่สุด คือ 1.22 มิลลิกรัม/ลิตร และทรายชั้นที่ 2 โมเดล 3 มีปริมาณสูงสุด คือ 5.54 มิลลิกรัม/ลิตร และโมเดล 6 มีปริมาณต่ำที่สุด คือ 1.28 มิลลิกรัม/ลิตร

2.3 การศึกษาคุณภาพน้ำใต้ดิน

การศึกษาปริมาณธาตุหลัก ของน้ำใต้ดิน ในเดือนสิงหาคม-ตุลาคม มีค่าอยู่ในช่วง 9.73 – 20.70 มิลลิกรัม/ลิตร โดยในเดือนสิงหาคมโมเดล 6 มีปริมาณเหล็กสูงสุด คือ 18.19 มิลลิกรัม/ลิตร และโมเดล 1 มีปริมาณเหล็กต่ำสุด คือ 14.38 มิลลิกรัม/ลิตร เดือนกันยายน โมเดล 4 มีปริมาณเหล็กสูงสุด คือ 17.86 มิลลิกรัม/ลิตร และโมเดล 1 มีปริมาณเหล็กต่ำสุด 14.94 มิลลิกรัม/ลิตร และเดือนตุลาคม โมเดล 1 มีปริมาณเหล็กสูงสุด คือ 20.70 มิลลิกรัม/ลิตร และโมเดล 3 มีปริมาณเหล็กต่ำสุด 9.73 มิลลิกรัม/ลิตร

3. การศึกษาการเจริญเติบโตและผลผลิตข้าวในโมเดล

การเจริญเติบโต และผลผลิตข้าวในโมเดล ในเดือน กรกฎาคม 2551 ถึง มกราคม 2552 การศึกษา จำนวนใบ ความสูง การแตกกอ และความยาวของรากข้าว ของต้นข้าวในโมเดล มีจำนวนใบในต้นหลักของ ข้าว โมเดล 3 มีจำนวนใบมากที่สุด คือ 22 ใบ ความสูงต้นหลักของข้าว โมเดล 5 มีความสูงมากที่สุด คือ 185 เซนติเมตร การแตกกอของต้นข้าว ที่เจริญในโมเดลโดยนับจำนวนต้นข้าวใน 1 กอ มีการแตกกอของ ต้นข้าวและความยาวรากสูงสุดในโมเดล 5 คือ 18 ต้น/กอ และ 57 เซนติเมตร ตามลำดับ การศึกษาปริมาณ ผลผลิตในโมเดลข้าว มีน้ำหนักข้าวต่อกอสูงสุดในโมเดล 3 คือ 31.19 กรัม/กอ และน้ำหนักข้าวต่อต้นสูงสุดใน โมเดล 6 คือ 2.12 กรัม/ต้น

ปริมาณโลหะหนักในรากข้าว โดยศึกษาปริมาณ เหล็ก ทองแดง และแคดเมียม จากการศึกษา ปริมาณเหล็ก มีค่าอยู่ในช่วง 225.57–419.65 มิลลิกรัม/ลิตร มีค่าสูงสุดในโมเดล 5 และต่ำสุดในโมเดล 6 ปริมาณทองแดง มีค่าอยู่ในช่วง 0.125–0.175 มิลลิกรัม/ลิตร มีค่าสูงสุดในโมเดล 4 และต่ำสุดในโมเดล 2 และปริมาณแคดเมียม มีค่าอยู่ในช่วง 0.010– 0.020 มิลลิกรัม/ลิตร มีค่าสูงสุดในโมเดล 4 และต่ำสุดใน โมเดล 1

ปริมาณของโลหะหนักในเมล็ดข้าว โดยศึกษาปริมาณ เหล็ก ทองแดง แคดเมียม และตะกั่ว จาก การศึกษาปริมาณเหล็ก มีค่าอยู่ในช่วง 0.46 - 0.72 มิลลิกรัม/ลิตร มีค่าสูงสุดในโมเดล 6 และต่ำสุดในโมเดล 5 ปริมาณทองแดง มีค่าอยู่ในช่วง 0.05 – 0.08 มิลลิกรัม/ลิตร มีค่าสูงสุดในโมเดล 5 และต่ำสุดในโมเดล 1

ปริมาณแคดเมียม มีค่าอยู่ในช่วง 0.13 – 0.15 มิลลิกรัม/ลิตร มีค่าสูงสุดในโมเดล 2 และต่ำสุดในโมเดล 4
และปริมาณตะกั่ว มีค่าอยู่ในช่วง 1.47 – 1.52 มิลลิกรัม/ลิตร มีค่าสูงสุดในโมเดล 2 และต่ำสุดในโมเดล 3

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก การปฏิบัติงานในภาคสนามและโมเดล

การเตรียมพื้นที่การทดลองบริเวณพื้นที่ชุ่มน้ำกว๊านพะเยา



ในการเตรียมพื้นที่ในการทดลอง มีการเตรียมแปลงนาทั้งหมด 4 แปลง ซึ่งในแปลงนาแต่ละแปลง มีการเตรียมแปลงที่แตกต่างกัน



การวางท่อเพื่อช่วยในการเพิ่มความสามารถในการไหลซึมผ่านของน้ำลงสู่ชั้นดิน ต้องขุดร่องลึก ประมาณ 50 เซนติเมตร ก่อนที่จะวางท่อต้องนำทรายมารองพื้นในร่องก่อน ประมาณ 5 เซนติเมตร



ท่อที่ใช้ต้องเจาะรูให้ทั่วบริเวณแล้วหุ้มด้วยผ้าตาข่าย ก่อนนำไปฝังลงในพื้นที่ของแปลงนา

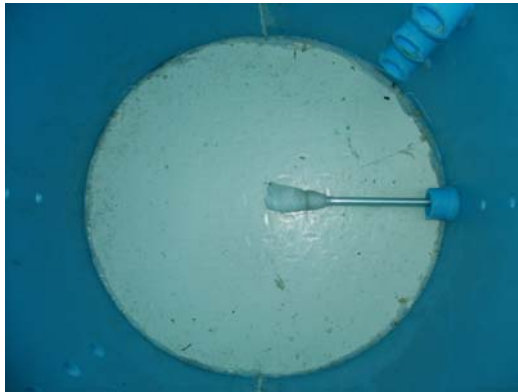


การติดตั้งอุปกรณ์ที่ใช้ในการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของชั้นดิน รวมถึงอุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บตัวอย่างน้ำในดิน และน้ำใต้ดิน ในระดับต่างๆของชั้นดิน



การเตรียมดิน และการปลูกข้าว ทำตามปกติของการทำนา ในเขตทำการเกษตรบริเวณพื้นที่ชุ่มน้ำ
กว๊านพะเยา

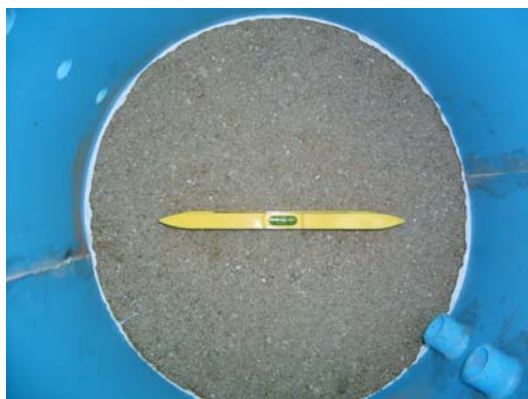
การเตรียมโมเดลในการทดลอง



ลักษณะภายในโมเดล บริเวณด้านล่างสุดซึ่งจะมีอุปกรณ์ที่ต่อออกมาเพื่อใช้ในการเก็บตัวอย่างน้ำใต้ดินสำหรับนำไปตรวจสอบหาคุณสมบัติต่างๆ ของน้ำใต้ดินต่อไป



การบรรจุหินลงไปโมเดลที่ระดับ 5 เซนติเมตร โดยใช้ลูกน้ำวัดระดับเพื่อปรับให้เรียบ



การบรรจุทรายลงในโมเดลที่ละ 5 เซนติเมตร จนถึงระดับที่ 40 เซนติเมตร



โมเดลท่อนล่างที่บรรจุทรายลงไปจนได้ระดับ 40 เซนติเมตร ตามที่ต้องการ



นำโมเดลท่อนบนมาประกอบติดกันด้วยใช้ซิลิโคน จากนั้นนำ filter ที่ใช้ในการเก็บตัวอย่างน้ำในดิน และ filter ที่ใช้ในการตรวจสอบค่าศักย์ความดันในแต่ละชั้นดินมาติดตั้งเข้ากับโมเดล



นำดินนาในบริเวณแหล่งชุ่มน้ำกว๊านพะเยา ที่ได้จากการสำรวจมาบรรจุลงในโมเดล ซึ่งในการบรรจุดินในแต่ละชั้นนั้น ต้องบรรจุลงไปทีละ 5 เซนติเมตร จนกว่าจะได้ตามระดับของชั้นดินในแต่ละชั้น



ทำการติดตั้งอุปกรณ์ที่เรียกว่า Eh electrode ที่ใช้ในการตรวจสอบสภาวะออกซิเดชัน – รีดักชัน เข้ากับโมเดลและใส่น้ำเข้าไปในโมเดลจากด้านล่างซึ่งจะใช้เป็นตัวแทนของน้ำใต้ดินซึ่งระดับน้ำใต้ดินจะอยู่ที่ระดับ 45 เซนติเมตรจากผิวดิน



การบรรจุดินชั้นที่ 1 ให้มีความหนา 20 เซนติเมตร จะบรรจุดินลงไปลำดับสุดท้าย โดยใช้ดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำ (saturated soil) บรรจุดินลงไปทีละ 5 เซนติเมตร และควบคุมความหนาแน่นของชั้นดินในโมเดลด้วย



การปลูกข้าวในโมเดล ใช้กล้าข้าวที่มีอายุ 25 วัน ปลูกด้วยวิธีการปักดำแบบปกติ โดยปลูกข้าวเป็นสี่มุมในพื้นที่ทรงกลมของโมเดล ซึ่งต้นข้าวแต่ละต้นจะปลูกห่างกันประมาณ 20 เซนติเมตร และเลือกตัดข้าวออก 2 ต้นในลักษณะตรงกันข้ามกัน และควบคุมระดับน้ำผิวดินไว้ที่ 3-5 เซนติเมตร



ติดตั้งระบบการน้ำ ซึ่งจะใช้ท่อ PE ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 นิ้ว และเจาะรูด้านข้างของท่อ PE เพื่อที่จะนำสายยางขนาดเล็กมาต่อ เพื่อใช้ในการเติมน้ำและคงระดับน้ำผิวดินให้อยู่ที่ 3-5 เซนติเมตร



สายยางที่ติดตั้งเข้ากับหัว filter ที่ใช้ในการตรวจสอบค่าศักย์ความดัน โดยนำสายยางที่มีน้ำอยู่ภายในมาติดตั้งเข้ากับแผ่นไม้ กว้าง 60 เซนติเมตร และยาว 100 เซนติเมตร ซึ่งจะทำการติดตั้งสายยางทั้งหมด 18 เส้น ต่อแผ่นไม้ 1 แผ่น ซึ่งได้ทำการติดตั้งทั้งหมด 2 แผ่น รวมสายยางทั้งหมด 36 เส้นด้วยกัน

ภาคผนวก ข การเก็บข้อมูล

การเก็บข้อมูลผลการศึกษาในพื้นที่ศึกษา



การตรวจสอบคุณสมบัติทางกายภาพของดิน ในแต่ละระดับของชั้นดิน



การเก็บตัวอย่างไต่ดิน ในพื้นที่แปลงนาที่ใช้ในการศึกษา เก็บโดยใช้สายยางขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 เซนติเมตรต่อกับโซลิ่งค์ เพื่อใช้ดูดน้ำตัวอย่างขึ้นมา ซึ่งจะเก็บตัวอย่างน้ำที่ระดับ 100 และ 150 เซนติเมตร จากผิวดิน



การตรวจสอบค่าความแข็งของดิน โดยใช้ cone mito meter

การเก็บข้อมูลผลการศึกษาในโมเดล



การตรวจสอบความสามารถในการให้น้ำซึมผ่าน (hydraulic conductivity) โดยการใช้ Soil core ตอกลงไปในพื้นที่ผิวของหน้าดิน ในระดับ 0-5 เซนติเมตร จากผิวดิน และต่อเข้ากับ mini disc hydraulic ในสภาพดินอิมิตัวที่ค่าศักย์ความดันเป็นบวก ซึ่งหลักในการตรวจสอบ คือ จะวัดจากเวลาที่น้ำใน mini disc hydraulic ลดลงในระดับที่กำหนด



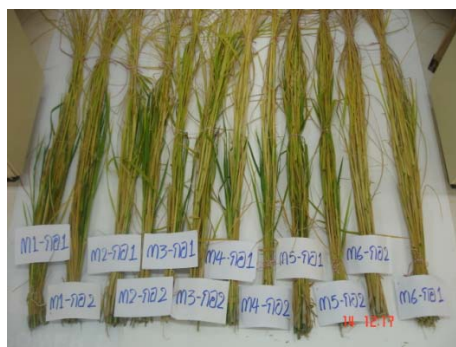
การวัดการเจริญเติบโตของต้นข้าวจะวัดเก็บข้อมูลทุกๆ 2 อาทิตย์ หลังจากเริ่มการเพาะปลูก โดยใช้ไม้ที่มีลักษณะแข็ง แบน และ ตรง นำมาทาบไว้บริเวณขอบของโมเดล ให้ใกล้กับต้นข้าวที่ต้องการวัด และใช้ตลับเมตรวัด โดยวัดจากบริเวณผิวน้ำของไม้ที่วางทาบอยู่จนถึงยอดของใบธงต้นข้าว



ในการเก็บเกี่ยวผลผลิตทำโดยการนำเอาถุงพลาสติกมาห่อรวงข้าวไว้ก่อนเพื่อป้องกันเมล็ดข้าวร่วงหล่น จากนั้นใช้กรรไกรตัดบริเวณโคนของรวงข้าว ซึ่งในการตัดต้องตัดจากข้าวต้นหลักก่อนและตัดต่อไปเรื่อยๆ จนถึงต้นข้าวต้นที่แตกกอออกมาเป็นต้นสุดท้าย



หลังจากนั้นทำการตัดต้นข้าว โดยมัดต้นข้าวให้รวมกันเป็นกอ จากนั้นใช้มีดตัดให้สูงจากผิวดิน 5 เซนติเมตร แยกไว้แต่ละกอแต่ละโมเดล



ต้นข้าวที่ทำการตัดแล้วโดยแยกแต่ละโมเดลและนำไปวัดการเจริญเติบโต ได้แก่ จำนวนต้นข้าวที่แตกกอ จำนวนใบข้าวต้นหลัก ความสูง ความยาวราก และผลผลิต



หลังจากการเก็บเกี่ยวผลผลิตเรียบร้อยแล้ว ขั้นตอนต่อมาคือการล้มโมเดลเพื่อทำการตรวจสอบชั้นดินในระดับต่างๆ รวมถึงความยาวของรากข้าวในแต่ละระดับของชั้นดิน



จากนั้นทำการตรวจสอบค่าความแข็งของดิน (soil hardness) ในแต่ละระดับของชั้นดิน โดยใช้ soil hardness meter



รากข้าวแต่ละกอ ในแต่ละโมเดลที่ได้หลังจากการล้างเอาดินออกหมดแล้ว ก่อนนำไปสกัดหาปริมาณเหล็กที่สะสมอยู่ในรากข้าว

ภาคผนวก ค
ตารางผลการศึกษาของแต่ละโมเดล

ตาราง แสดงค่าศักย์ความดันในดิน ของโมเดล 1 ในช่วงเดือน กรกฎาคม-มกราคม

โมเดล 1	น้ำผิวดิน	ดินชั้นที่ 1	ดินชั้นที่ 2	ดินชั้นที่ 3	ทรายชั้นที่ 1	ทรายชั้นที่ 2
ก.ค.-08	2.9	16.6	5.1	24.3	15.6	30.2
ส.ค.-08	2.0	9.8	18.7	22.1	12.5	31.1
ก.ย.-08	1.8	6.1	11.6	23.5	19.7	29.6
ต.ค.-08	0.4	5.6	12.7	20.9	26.5	39.3
พ.ย.-08	0.9	7.4	17.0	27.2	30.9	39.8
ธ.ค.-08	1.4	6.1	12.4	21.0	26.1	38.2
ม.ค.-09	-3.2	-0.4	11.0	18.9	25.8	34.8

ตาราง แสดงค่าศักย์ความดันในดิน ของโมเดล 2 ในช่วงเดือน กรกฎาคม-มกราคม

โมเดล 2	น้ำผิวดิน	ดินชั้นที่ 1	ดินชั้นที่ 2	ดินชั้นที่ 3	ทรายชั้นที่ 1	ทรายชั้นที่ 2
ก.ค.-08	1.9	14.4	10.4	23.5	10.9	22.2
ส.ค.-08	0.7	13.7	12.1	18.2	16.7	33.6
ก.ย.-08	1.1	12.6	17.2	14.7	14.4	29.1
ต.ค.-08	0.6	9.5	18.3	23.0	29.6	44.2
พ.ย.-08	0.5	8.5	17.8	23.6	28.2	41.6
ธ.ค.-08	-2.9	8.2	17.7	19.2	15.4	29.9
ม.ค.-09	-4.2	6.7	9.8	-4.3	-8.8	12.6

ตาราง แสดงค่าศักย์ความดันในดิน ของโมเดล 3 ในช่วงเดือน กรกฎาคม-มกราคม

โมเดล 3	น้ำผิวดิน	ดินชั้นที่ 1	ดินชั้นที่ 2	ดินชั้นที่ 3	ทรายชั้นที่ 1	ทรายชั้นที่ 2
ก.ค.-08	4.0	2.5	31.3	1.5	4.7	30.9
ส.ค.-08	1.7	2.0	23.3	6.7	18.7	33.1
ก.ย.-08	1.9	6.0	15.2	15.3	27.0	31.6
ต.ค.-08	0.6	9.2	17.2	21.7	25.7	41.3
พ.ย.-08	0.9	6.2	17.7	28.2	38.1	61.5
ธ.ค.-08	-4.5	-1.8	10.2	19.6	31.2	53.8
ม.ค.-09	-11.8	-5.6	0.1	5.3	13.2	30.5

ตาราง แสดงค่าศักย์ความดันในดิน ของโมเดล 4 ในช่วงเดือน กรกฎาคม-มกราคม

โมเดล 4	น้ำผิวดิน	ดินชั้นที่ 1	ดินชั้นที่ 2	ดินชั้นที่ 3	ทรายชั้นที่ 1	ทรายชั้นที่ 2
ก.ค.-08	0.4	12.8	25.3	1.7	5.5	10.4
ส.ค.-08	0.6	12.6	14.5	4.2	3.9	23.0
ก.ย.-08	1.4	15.3	2.7	1.6	5.8	25.1
ต.ค.-08	0.4	9.2	15.4	-1.0	21.2	32.2
พ.ย.-08	0.4	7.3	12.1	9.5	-11.3	23.2
ธ.ค.-08	1.0	7.2	10.0	4.3	2.8	24.3
ม.ค.-09	-3.4	0.1	3.4	-19.2	-9.4	16.9

ตาราง แสดงค่าศักย์ความดันในดิน ของโมเดล 5 ในช่วงเดือน กรกฎาคม-มกราคม

โมเดล 5	น้ำผิวดิน	ดินชั้นที่ 1	ดินชั้นที่ 2	ดินชั้นที่ 3	ทรายชั้นที่ 1	ทรายชั้นที่ 2
ก.ค.-08	1.1	8.7	-1.3	10.8	-5.7	5.1
ส.ค.-08	0.9	11.4	7.6	3.3	12.0	24.8
ก.ย.-08	1.4	10.4	5.8	11.9	11.0	23.5
ต.ค.-08	1.1	8.0	16.9	23.0	25.3	39.5
พ.ย.-08	0.7	4.7	15.9	25.0	28.5	43.0
ธ.ค.-08	1.0	7.2	16.1	21.5	24.7	39.5
ม.ค.-09	-4.0	1.9	14.6	20.2	22.8	36.0

ตาราง แสดงค่าศักย์ความดันในดิน ของโมเดล 6 ในช่วงเดือน กรกฎาคม-มกราคม

โมเดล 6	น้ำผิวดิน	ดินชั้นที่ 1	ดินชั้นที่ 2	ดินชั้นที่ 3	ทรายชั้นที่ 1	ทรายชั้นที่ 2
ก.ค.-08	0.6	7.7	23.5	11.4	1.4	3.3
ส.ค.-08	0.6	11.2	12.3	8.8	14.4	28.3
ก.ย.-08	0.5	14.6	15.2	21.2	19.3	39.3
ต.ค.-08	1.3	14.2	20.5	22.6	27.8	43.2
พ.ย.-08	0.8	14.2	21.4	32.3	41.5	61.7
ธ.ค.-08	1.9	15.3	21.0	28.3	34.4	52.4
ม.ค.-09	0.3	4.8	14.5	21.1	29.4	37.8

ตาราง แสดงอุณหภูมิในชั้นดินของโมเดล 1, 4, 5 และ 6

เดือน	ส.ค.-08	ก.ย.-08	ต.ค.-08	พ.ย.-08	ธ.ค.-08	ม.ค.-09
M1-ดินชั้นที่ 1	27.34641	26.53333	25.9463	23.35781	21.60954	20.2427
M4-ดินชั้นที่ 1	26.53521	25.73604	25.12097	22.05028	19.34026	18.6293
M4-ดินชั้นที่ 2	26.76891	25.96354	25.31371	22.34889	19.51559	19.04205
M4-ดินชั้นที่ 3	27.09738	26.31701	25.6297	22.76563	19.94281	19.438
M5-ดินชั้นที่ 1	26.52820	26.71897	25.56714	22.45896	19.87245	19.3106
M5-ดินชั้นที่ 2	26.89327	26.17931	25.1752	22.23243	19.58306	19.13149
M5-ดินชั้นที่ 3	27.22210	26.37007	25.74724	22.70097	19.96808	19.46469
M6-ดินชั้นที่ 1	26.58716	25.81472	25.06747	21.93789	19.38502	18.76975
M6-ดินชั้นที่ 2	26.97418	26.11181	25.38797	22.31534	19.69691	19.2002
M6-ดินชั้นที่ 3	27.33221	25.02164	25.69402	22.66037	20.03835	19.52322

ตาราง แสดงค่า "ไนเตรท และแอมโมเนีย" ในแต่ละโมเดล

ตัวอย่างที่	ค่าที่อ่านได้				ค่าที่คำนวณได้			ค่าที่คำนวณได้			ค่าที่คำนวณได้	
	nitrate	nitrite	amonia		dilute	nitrate		dilute	nitrite		dilute	amonia
M6	0.07	0.232	0.44	9	9	0.63	9	9	2.088	9	9	3.96
M5	0.03	0.168	0.3	9	9	0.27	9	9	1.512	9	9	2.7
M4	0.03	1.108	0.48	9	9	0.27	9	9	9.972	9	9	4.32
M3	0.03	0.08	0.68	9	9	0.27	9	9	1.04	9	9	6.12
M2	0.03	0.14	0.44	9	9	0.27	9	9	1.82	9	9	3.96
M1	0.04	0.257	0.86	9	9	0.36	9	9	2.313	9	9	7.74
M6	0.06	0.017	1.33	9	9	0.54	9	9	0.153	9	9	11.97
M5	0.03	0.005	2.21	9	9	0.27	9	9	0.045	9	9	19.89
M4	0.03	0.007	0.92	9	9	0.27	9	9	0.063	9	9	8.28
M3	0.03	0.006	1.25	9	9	0.27	9	9	0.054	9	9	11.25
M2	0.03	0.008	1.18	9	9	0.27	9	9	0.072	9	9	10.62
M1	0.04	0.004	1.53	9	9	0.36	9	9	0.036	9	9	13.77
M6	0.04	0.004	1.2	9	9	0.36	9	9	0.036	9	9	14.4
M5	0.03	0.036	0.52	9	9	0.27	9	9	0.324	9	9	4.68
M4	0.02	0.002	1.16	9	9	0.18	9	9	0.018	9	9	13.92
M3	0.02	0.003	1.23	9	9	0.18	9	9	0.027	9	9	11.07
M2	0.02	0.007	2.18	9	9	0.18	9	9	0.063	9	9	19.62
M1	0.03	0.009	0.35	9	9	0.27	9	9	0.081	9	9	3.15

ตาราง แสดงความยาวของรวงข้าวโมเดล 1

M1	ความยาวรวง	M1	ความยาวรวง
กอ1-1	20.7	กอ2-1	20.5
กอ1-2	20.0	กอ2-2	20.5
กอ1-3	20.5	กอ2-3	22.0
กอ1-4	21.4	กอ2-4	21.2
กอ1-5	22.5	กอ2-5	23.1
กอ1-6	19.5	กอ2-6	21.6
กอ1-7	21.4	กอ2-7	21.5
กอ1-8	15.2	กอ2-8	23.0
กอ1-9	16.4	กอ2-9	19.4
กอ1-10	15.0	กอ2-10	14.3
กอ1-11	16.1	กอ2-11	17.4
กอ1-12	16.8	กอ2-12	12.2
		กอ2-13	16.0

ตาราง แสดงความยาวของรวงข้าวโมเดล 2

M2	ความยาวรวง	M2	ความยาวรวง
กอ1-1	23.5	กอ2-1	21.5
กอ1-2	20.0	กอ2-2	21.0
กอ1-3	20.3	กอ2-3	18.9
กอ1-4	21.2	กอ2-4	22.0
กอ1-5	20.1	กอ2-5	20.0
กอ1-6	24.3	กอ2-6	21.4
กอ1-7	22.0	กอ2-7	20.1
กอ1-8	22.7	กอ2-8	14.0
กอ1-9	20.5	กอ2-9	16.0
กอ1-10	17.5	กอ2-10	16.9
กอ1-11	15.2	กอ2-11	15.7
กอ1-12	14.5	กอ2-12	18.4
กอ1-13	19.4	กอ2-13	17.7
กอ1-14	15.6	กอ2-14	16.0

ตาราง แสดงความยาวของรวงข้าวโมเดล 3

M3	ความยาวรวง	M3	ความยาวรวง
กอ1-1	21.5	กอ2-1	17.0
กอ1-2	23.4	กอ2-2	20.5
กอ1-3	21.3	กอ2-3	21.0
กอ1-4	28.0	กอ2-4	21.5
กอ1-5	21.3	กอ2-5	22.5
กอ1-6	22.0	กอ2-6	14.5
กอ1-7	21.5	กอ2-7	21.4
กอ1-8	20.0	กอ2-8	23.3
กอ1-9	18.9	กอ2-9	19.0
กอ1-10	17.0	กอ2-10	19.0
กอ1-11	18.1	กอ2-11	18.0
กอ1-12	15.0	กอ2-12	19.0
		กอ2-13	18.2
		กอ2-14	15.4
		กอ2-15	19.2
		กอ2-16	21.5
		กอ2-17	20.5
		กอ2-18	15.3
		กอ2-19	14.2

ตาราง แสดงความยาวของรวงข้าวโมเดล 4

M4	ความยาวรวง	M4	ความยาวรวง
กอ1-1	18.0	กอ2-1	23.0
กอ1-2	22.0	กอ2-2	23.5
กอ1-3	15.0	กอ2-3	22.0
กอ1-4	22.5	กอ2-4	22.0
กอ1-5	20.0	กอ2-5	17.0
กอ1-6	20.3	กอ2-6	14.0
กอ1-7	17.0	กอ2-7	16.5
กอ1-8	14.0	กอ2-8	14.3
กอ1-9	17.0	กอ2-9	17.5
กอ1-10	14.0		

ตาราง แสดงความยาวของรวงข้าวโมเดล 5

M5	ความยาวรวง	M5	ความยาวรวง
กอ1-1	22.5	กอ2-1	20.0
กอ1-2	23.0	กอ2-2	21.2
กอ1-3	24.0	กอ2-3	21.0
กอ1-4	18.5	กอ2-4	21.0
กอ1-5	24.5	กอ2-5	23.5
กอ1-6	20.2	กอ2-6	20.5
กอ1-7	21.5	กอ2-7	20.0
กอ1-8	20.0	กอ2-8	20.5
กอ1-9	20.5	กอ2-9	21.0
กอ1-10	20.0	กอ2-10	19.5
กอ1-11	20.6	กอ2-11	19.5
กอ1-12	15.6	กอ2-12	18.4
กอ1-13	20.0	กอ2-13	13.0
กอ1-14	19.0	กอ2-14	14.5
กอ1-15	18.0		
กอ1-16	15.3		
กอ1-17	18.0		
กอ1-18	13.5		

ตาราง แสดงความยาวของรวงข้าวโมเดล 6

M6	ความยาวรวง	M6	ความยาวรวง
กอ1-1	23.0	กอ2-1	24.0
กอ1-2	21.5	กอ2-2	24.6
กอ1-3	21.0	กอ2-3	23.8
กอ1-4	22.5	กอ2-4	21.5
กอ1-5	21.6	กอ2-5	21.3
กอ1-6	23.9	กอ2-6	20.5
กอ1-7	21.0	กอ2-7	20.4
กอ1-8	21.1	กอ2-8	18.5
กอ1-9	20.5	กอ2-9	20.5
กอ1-10	23.1	กอ2-10	20.7
กอ1-11	23.0	กอ2-11	22.5
กอ1-12	23.0	กอ2-12	17.5
กอ1-13	20.5	กอ2-13	12.0
กอ1-14	20.0		

ตาราง แสดงความสมบูรณ์ของรวงข้าวโมเดล 1 (%)

M1	>, < 80%	M1	>, < 80%
กอ1-1	> 80%	กอ2-1	> 80%
กอ1-2	> 80%	กอ2-2	> 80%
กอ1-3	> 80%	กอ2-3	> 80%
กอ1-4	> 80%	กอ2-4	> 80%
กอ1-5	> 80%	กอ2-5	> 80%
กอ1-6	> 80%	กอ2-6	> 80%
กอ1-7	> 80%	กอ2-7	> 80%
กอ1-8	< 80%	กอ2-8	> 80%
กอ1-9	< 80%	กอ2-9	> 80%
กอ1-10	< 80%	กอ2-10	> 80%
กอ1-11	< 80%	กอ2-11	> 80%
กอ1-12	< 80%	กอ2-12	> 80%
		กอ2-13	> 80%

ตาราง แสดงความสมบูรณ์ของรวงข้าวโมเดล 2 (%)

M2	>, < 80%	M2	>, < 80%
กอ1-1	> 80%	กอ2-1	> 80%
กอ1-2	> 80%	กอ2-2	> 80%
กอ1-3	> 80%	กอ2-3	> 80%
กอ1-4	> 80%	กอ2-4	> 80%
กอ1-5	> 80%	กอ2-5	> 80%
กอ1-6	> 80%	กอ2-6	> 80%
กอ1-7	< 80%	กอ2-7	< 80%
กอ1-8	> 80%	กอ2-8	< 80%
กอ1-9	> 80%	กอ2-9	< 80%
กอ1-10	< 80%	กอ2-10	< 80%
กอ1-11	< 80%	กอ2-11	< 80%
กอ1-12	< 80%	กอ2-12	< 80%
กอ1-13	< 80%	กอ2-13	< 80%
กอ1-14	< 80%	กอ2-14	< 80%

ตาราง แสดงความสมบูรณ์ของรวงข้าวโมเดล 3 (%)

M3	>, < 80%	M3	>, < 80%
กอ1-1	> 80%	กอ2-1	< 80%
กอ1-2	> 80%	กอ2-2	> 80%
กอ1-3	> 80%	กอ2-3	> 80%
กอ1-4	> 80%	กอ2-4	> 80%
กอ1-5	> 80%	กอ2-5	> 80%
กอ1-6	> 80%	กอ2-6	< 80%
กอ1-7	< 80%	กอ2-7	> 80%
กอ1-8	< 80%	กอ2-8	> 80%
กอ1-9	< 80%	กอ2-9	< 80%
กอ1-10	< 80%	กอ2-10	< 80%
กอ1-11	< 80%	กอ2-11	< 80%
กอ1-12	< 80%	กอ2-12	< 80%
		กอ2-13	< 80%
		กอ2-14	< 80%
		กอ2-15	< 80%
		กอ2-16	> 80%
		กอ2-17	> 80%
		กอ2-18	< 80%
		กอ2-19	< 80%

ตาราง แสดงความสมบูรณ์ของรวงข้าวโมเดล 4 (%)

M4	>, < 80%	M4	>, < 80%
กอ1-1	< 80%	กอ2-1	> 80%
กอ1-2	> 80%	กอ2-2	> 80%
กอ1-3	< 80%	กอ2-3	> 80%
กอ1-4	> 80%	กอ2-4	> 80%
กอ1-5	< 80%	กอ2-5	< 80%
กอ1-6	> 80%	กอ2-6	< 80%
กอ1-7	< 80%	กอ2-7	< 80%
กอ1-8	< 80%	กอ2-8	< 80%
กอ1-9	< 80%	กอ2-9	< 80%
กอ1-10	< 80%		
กอ1-11	< 80%		

ตาราง แสดงความสมบูรณ์ของรวงข้าวโมเดล 5 (%)

M5	>, < 80%	M5	>, < 80%
กอ1-1	< 80%	กอ2-1	> 80%
กอ1-2	> 80%	กอ2-2	> 80%
กอ1-3	> 80%	กอ2-3	> 80%
กอ1-4	< 80%	กอ2-4	> 80%
กอ1-5	> 80%	กอ2-5	> 80%
กอ1-6	> 80%	กอ2-6	< 80%
กอ1-7	> 80%	กอ2-7	> 80%
กอ1-8	> 80%	กอ2-8	< 80%
กอ1-9	> 80%	กอ2-9	< 80%
กอ1-10	< 80%	กอ2-10	< 80%
กอ1-11	< 80%	กอ2-11	< 80%
กอ1-12	< 80%	กอ2-12	< 80%
กอ1-13	< 80%	กอ2-13	< 80%
กอ1-14	< 80%	กอ2-14	< 80%
กอ1-15	< 80%		
กอ1-16	< 80%		
กอ1-17	< 80%		
กอ1-18	< 80%		

ตาราง แสดงความสมบูรณ์ของรวงข้าวโมเดล 6 (%)

M6	>, < 80%	M6	>, < 80%
กอ1-1	> 80%	กอ2-1	> 80%
กอ1-2	< 80%	กอ2-2	> 80%
กอ1-3	< 80%	กอ2-3	> 80%
กอ1-4	< 80%	กอ2-4	> 80%
กอ1-5	> 80%	กอ2-5	> 80%
กอ1-6	> 80%	กอ2-6	> 80%
กอ1-7	> 80%	กอ2-7	> 80%
กอ1-8	< 80%	กอ2-8	< 80%
กอ1-9	> 80%	กอ2-9	> 80%
กอ1-10	< 80%	กอ2-10	< 80%
กอ1-11	< 80%	กอ2-11	< 80%
กอ1-12	< 80%	กอ2-12	< 80%
กอ1-13	< 80%	กอ2-13	< 80%
กอ1-14	< 80%		

ตาราง แสดงขนาดเส้นรอบวงของกอข้าวในแต่ละโมเดล

โมเดล	M1	M2	M3	M4	M5	M6
กอ1	21.0	18.5	20.5	18.5	22.5	20.0
กอ2	20.0	20.0	23.0	18.0	17.5	24.5

ตาราง แสดงขนาดเส้นรอบวงของข้าวต้นหลักในแต่ละโมเดล

โมเดล	M1	M2	M3	M4	M5	M6
กอ1	3.4	3.4	3.3	3.5	3.2	3.5
กอ2	3.7	3.6	3.5	3.4	3.2	3.7

ตาราง แสดงความสูงของชั้นดินหลังจากการผ่าโมเดล

Model	ดินชั้น1	ดินชั้น2	ดินชั้น3
M1	19	15	10
M2	19	15	10
M3	19	15	10
M4	19	14	10
M5	20	15	10
M6	20	15	10

ตาราง แสดงความยาวรากข้าวในชั้นดิน

Model	ความยาวราก (cm)
M1	34
M2	43
M3	40
M4	51
M5	57
M6	51

ตาราง แสดงน้ำหนักของรากข้าวในแต่ละชั้นดิน

Model	ดินชั้น1	ดินชั้น2	ดินชั้น3
M1	89	15	3
M2	76	19	6
M3	69	17	7
M4	62	13	4
M5	73	19	5
M6	91	21	7

Characterization of Non-Point-Sources Paddy Field near Phayao Lake, Thailand

S. Pongpattanasiri, S. Choichi and K. Promma

Abstract— The Phayao Lake is not only a part of the Ing River, which flows into the Mae Kong Basin, but also the 55th international watershed. The Phayao Lake wetland is a semi-closed ecosystem surrounded by agricultural lands where most people grow rice in a traditional way. There are several on-going projects to improve the water quality of the Phayao Lake. In this research, we investigated not only the water quality but also the physical prosperities of submerged paddy soils surrounding the lake. The situation of the non-point source paddy fields near the Phayao Lake was elucidated. Most paddy fields have no irrigation and drainage system. The farmers thus rely on surface drainage. The paddy fields consist of very thin and weak layer of soil surface overlying a sand layer. Ponding water and groundwater in the paddy fields are contaminated by chemicals or some inorganics. The contaminated water infiltrates through soil layers to the groundwater and seepage water, which finally flow into the lake. After flooding, the amount of contaminants into the lake does not dilute because the paddy soils have low hydraulic conductivity, less than 10^{-4} cm sec⁻¹.

Keywords— Submerged paddy soils, Non-point source, Wetland, Phayao Lake, Thailand.

1. INTRODUCTION

The Phayao Lake (Kwan Phayao) is the largest wetland (2,300 ha.) in upper Northern Thailand (19°10'N, 99°52'E) and is a part of the Mae Kong Basin (Fig. 1). It is listed as an important wetland with ecological significance at an international level in 2000 [1]. The lake is invaluable to the people nearby regarding ecology, economics, and society. The Phayao Lake is surrounded by agricultural villages and mountains. There are about 3,000 ha of paddy field [2]. The Phayao Lake is 392 meter above sea level. The lake is 5 kilometer wide (Fig. 2). In the villages, most people grow rice for living using a traditional way. The farming discharges wastewater from several point sources into the lake. The wastewater thus can contaminate the lake in 2 ways including direct drainage from paddy fields (surface drainage) and water leakage from the field (seepage). Subsequently, the contamination may cause eutrophication and may affect the state and diversity of life in the lake. In addition, the lakeside is prone to repeated flooding because the paddy fields are located in the buffer zone of the lake. The flooding leads to a cycling of soluble contaminants between the paddy fields and the lake [3]. Furthermore, in Fig. 2, the direction of the river current, from the lake (point A) to the Ing River (point B), may increase the contamination in the Ing River. In Thailand, the plow layer of conventional paddy fields has undergone

continuous inundation and the lower subsoil layer is saturated during rice cultivation. The saturation results in reducing condition due to poor draining or closed-system percolation [4]. There are substantial evidences of percolation effects on elevated concentrations of heavy metals in the paddy soils and the underlying groundwater.



Fig. 1 Map of Phayao Lake Located in Northern Thailand.

2. METHODOLOGY

Surface water and groundwater were collected from paddy fields near the Phayao Lake (Fig. 2). Both soil water and groundwater in paddy fields were investigated during rice cultivation. Physical and chemical properties of the water samples were measured. The oxidation-reduction potential (Eh) was measured using an ORP electrode (UC-702E), pH by a pH meter (Mettler Toledo InLab 413 SGIP 67), dissolved oxygen (DO) by a DO

S. Pongpattanasiri S. (corresponding author) is with School of Energy and Environment, Naresuan University Phayao, T. Meaka, A. Muang Phayao, Phayao, Thailand. Tel: 66 54 466 666 Ext. 1786, Fax: 66 54 466 663, E-mail: sukthaip@nu.ac.th.

S. Choichi is with Department of Regional Environmental Science, Faculty of Agriculture and Life Science, Hirosaki University, Japan.

K. Promma is with Department of Natural Resources and Environment, Faculty of Agriculture Natural Resources and Environment, Naresuan University Phayao, Thailand.

meter (Mettler Toledo InLab 605), and electrical conductivity (EC) by an EC meter (CONSORT C532). Concentrations of soluble elements such as Iron (Fe), Cadmium (Cd), and Lead (Pb) were measured by fast sequential atomic absorption spectrometry analysis (Varian AA 240FS). Soil hardness of each horizontal layer was measured using Yamanaka soil hardness meter before rice cultivation. Moreover, soil profiles in paddy field were sampled from surface up to one meter deep (GPS: X=587308, Y=2122581). The hydraulic conductivity of soil was measured. Bulk density and soil texture were examined from cores.

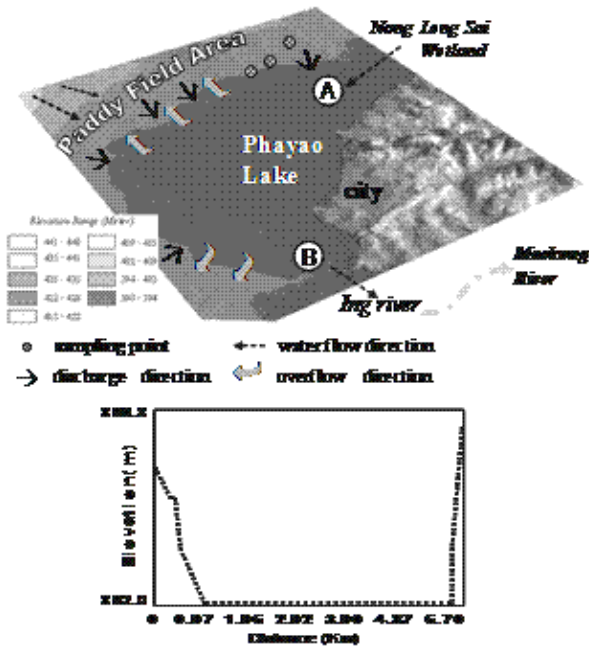


Fig. 2 Photograph of Showing Water Flow Direction and the Location of Phayao Lake.

3. RESULT AND DISCUSSION

Soil property: The soil profile of the paddy fields near Phayao Lake was investigated. As the top soil or plow layer is only 10 cm depth which has the highest porosity value (53.9%) and contains much of organics matters (4-5%). Moreover, the soil density of plow layer was 1.17 g cm^{-3} and the soil hardness (395 kg cm^{-2}) as well as the rate of hydraulic conductivity ($10^{-4} \text{ cm sec}^{-1}$) were also very low as shown in Fig. 3. Therefore, the averaged percolation rate of surface was less than 10 mm d^{-1} (as the lowest of percolation rate was only 1 mm d^{-1} while the highest value was approximately 10 mm d^{-1}).

Soil Property: A soil profile is as follows:

1. Plow layer (10 cm thick). It has the highest porosity (53.9%) and contains high organic matter (4-5%). Moreover, the plow layer has soil density of 1.17 g cm^{-3} , soil hardness of 395 kg cm^{-2} , and hydraulic conductivity of $10^{-4} \text{ cm sec}^{-1}$ (Fig. 3). Therefore, the averaged percolation rate of surface water is less than 10 mm d^{-1} . Note that the lowest percolation rate is 1 mm d^{-1} while the highest rate is 10 mm d^{-1} . Also, the plow layer after plantation has decreasing hydraulic conductivity ($10^{-4} - 10^{-6} \text{ cm sec}^{-1}$) and bulk density ($>1 \text{ g cm}^{-3}$). Therefore, infiltration and gas volume in the plow layer are low. In the beginning of cultivation, Eh of water in the

submerged paddy fields was less than 300 mV in flood condition, and then decreased to 100 - 0 mV in the middle of cultivation.

2. Subsoil layer (31-55 cm deep). The subsoil has porosity of 30-40 %, bulk density of $1.7-1.9 \text{ g cm}^{-3}$, and hydraulic conductivity of $10^{-3}-10^{-4} \text{ cm sec}^{-1}$.

3. Plow-sole layer (between the top soil and the subsoil layers). It shows the lowest hydraulic conductivity and very low porosity. As a result, this layer has the highest soil hardness ($35-38 \text{ kg cm}^{-2}$) and the highest bulk density ($1.6-1.7 \text{ g cm}^{-3}$) (Fig. 3).

4. Bottom layer (below 55 cm deep). It is composed of sands. This layer has very low bulk density ($1.0-1.5 \text{ g cm}^{-3}$) and soil hardness ($2-10 \text{ kg cm}^{-2}$). It thus has the highest hydraulic conductivity of $10^{-2} \text{ cm sec}^{-1}$. According to the physical properties of soil layers, the overall soils have low infiltration that will not decrease the amount of contaminants migrating into the Phayao Lake by overflow and diffusion in groundwater. Therefore, well-drained paddy fields both vertically and horizontally should be considered as a explanation of the cause of groundwater contamination. Normal subsurface drainage is ineffective because it helps diffuse contaminants into the lake. A good agricultural practice is not only done by a good irrigation system but also by a good draining system [5]. We urge that effective draining systems needs to be implemented in Thailand starting at the demonstrated site near the Phayao Lake. To maximize of rice yield, the water requirement (percolation and evapotranspiration) rate should reach $15-25 \text{ mm d}^{-1}$, which can be achieved by improving soil properties [6].

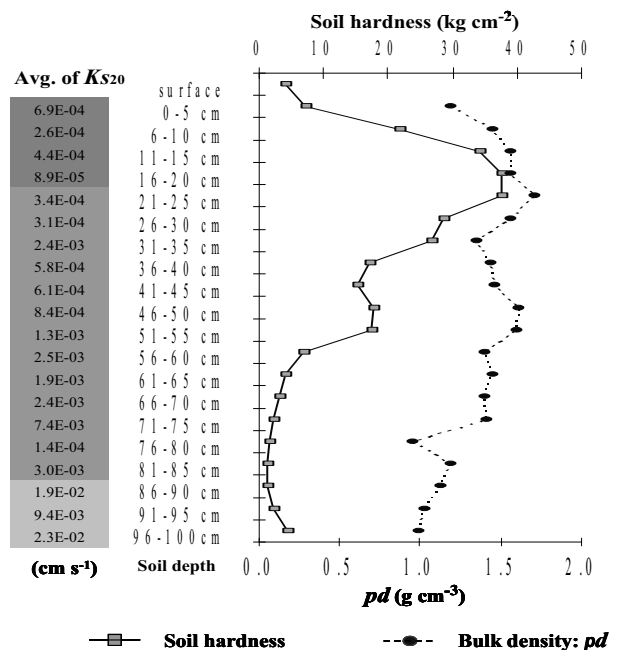


Fig. 3 Photograph of Showing the Soil Physical (Hydraulic Conductivity: Ks20, Soil Hardness Bulk Density: pd) of Soil Profile in Paddy Field.

Water Quality:

Paddy fields near the Phayao Lake is lack of irrigation systems. As a typical tropical climate, the rainy season

ranges from July to November. The rice can be cultivated from middle July to early December. Heavy precipitation occurs in August (150 mm d⁻¹ average) whereas no rain in December (Fig. 4). Under paddy fields, the water table was as high as 10-30 cm after heavy rainfall in September. In the beginning period of cultivation, the paddy fields are filled with ponding water. Hence, 20,000 ha of lands around the Phayao Lake are located in the flood-prone areas.

Early in cultivation, suspended solids in water after soil puddling were higher than the standard value for the water used in agriculture (100 mg L⁻¹) [7]. The height of ponding water during the growing season was 5-20 cm tall with an average of 10 cm. In the middle of cultivation, heavy rainfall and flooding occurred. Therefore, the ponding water flew into the Phayao Lake. The pH of ponding water and groundwater was 6-8. The DO of ponding water (3-6 mg L⁻¹) was higher than the groundwater (2-4 mg L⁻¹). The EC of ponding water (<300 µS cm⁻¹) was lower than the groundwater (>300 µS cm⁻¹). Fe in the ponding water (1-5 mg L⁻¹) was lower than the groundwater, which is above the standard value (<0.5 mg L⁻¹) [7]. Concentrations of heavy metals (Cd and Pb) were also detected above 0.05 mg L⁻¹.

Recently, toxic metals in small rivers, which flow into the Phayao Lake, indicate high concentrations of Al, Cr, Mn, and Fe in dry season [8]. Therefore, the water quality should be monitored to determine levels of toxic metals.

4. CONCLUSIONS

Environmental regulation should be imposed on Thai paddy fields, especially those near rivers and wetlands, because of increasing water pollution. The water flows from agricultural lands to the lake and hence carries contaminants such as heavy metals and chemicals. The agricultural chemicals used should be reduced. Meanwhile, the utilization of manure should be increased to reduce the chemicals in stagnant water. Furthermore, the percolation pattern in soils becomes an important subject for land improvement and environmental management. A proper method to increase drainage or soil permeability is to increase the percolation rates, which also increase dissolved oxygen and absorption. Additionally, the wastewater quality from agricultural drainage and the groundwater quality should be monitored. The reclamation of paddy fields by decreasing diffusible pollution should be conducted to

save the Phayao Lake wetland.

ACKNOWLEDGMENT

This research project was supported by the Thailand Research Fund (TRF) and Naresuan University Phayao.

REFERENCES

- [1] Thatharn N. (2007). Wat Tilokaram underneath wan Phayao Lake. Retrieved May 28, 2007 from the orld Wide Web: <http://teakdoor.com/northern-thailand-forum/14195-wat-tilokaram-underneath-kwan-phayao-lake.html>.
- [2] Jintanugool, J., & Round, P. D. (2005). *Kwan Phayao*. Retrieved December 25, 2005 from <http://www.arcbc.org/wetlands/thailand/thakwapha.html>.
- [3] Pongpattanasiri, S. 2008. Monitoring in submerged paddy field for alternative reclamation of paddy field structure to decrease diffuse pollution to wetlands: A case study of Phayao Lake wetland. In Proceedings of the Integrated Diffuse Pollution Management. Khon Kaen, Thailand, 25-29 August.
- [4] Sasaki, C. 1995. Study on the percolation pattern and their influences on several phenomena in a layer of paddy field. Bull. Miyagi Agri. Col., 8: 108-111.
- [5] Kohno E. 1995. Paddy fields in the world: Paddy fields with all Asian types of water use in Thailand. JSIDRE. p.196.
- [6] Hasegawa, S. and Tabuchi, T. 1995. Paddy fields in the world: Well facilitated paddy fields in Japan. JSIDRE: p.109.
- [7] Pollution control department. (2008). Water Quality Standards. Retrieved April 1, 2008 from http://www.pcd.go.th/info_serv/en_reg_stdwater05.html#s3.
- [8] Tupwongse, V., Parkpian, P., Watcharasit, P. and Satayavivad, V. 2007. Determination of levels of Mn, As, and other metals in water, sediment, and biota from Phayao Lake, Northern Thailand, and assessment of dietary exposure. Environ Sci Health A Tox Hazard Subst Environ Eng. Aug ;42 8):1029-41.

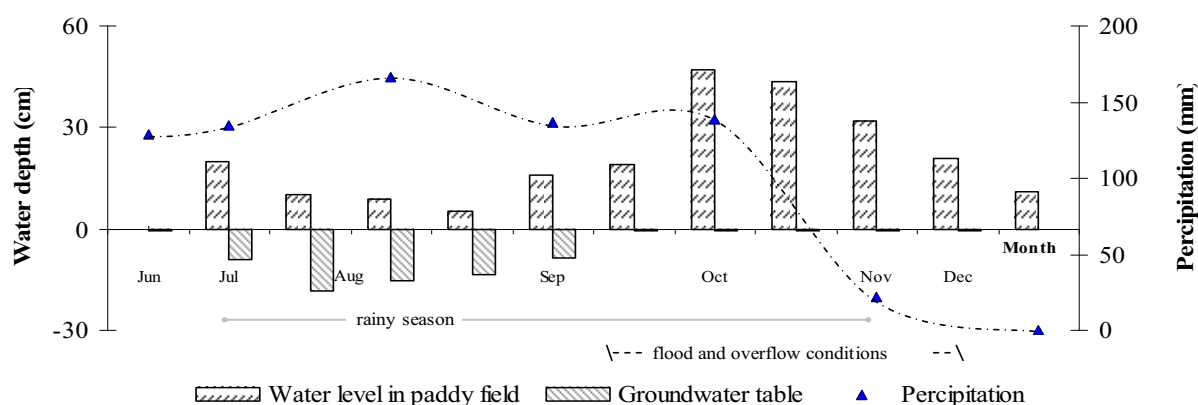


Fig. 4 Ponding Water and Groundwater Level in Paddy Field



ลักษณะทางกายภาพของดินและคุณภาพน้ำใต้ดินบริเวณ พื้นที่การเกษตรกวนพะเยา (ลุ่มแม่น้ำโขง, ประเทศไทย)

Physical Properties of Soil and Underground Water Qualities in Paddy Field Area at Phayao Lake (Mekong Basin, Thailand)

วิมลรัตน์ บุตรคาซู¹ ซาซากิ โชอิจิ² กิจการ พรหมมา³ ปัตวี ปิมมา¹ และ สุขทัย พงศ์พัฒนศิริ^{4*}

Wimonrut Butdasu¹ Choichi Sasaki² Kitchakarn Promma³ Pattawee Pimma¹ and Sukthai Pongpattanasiri^{4*}

¹นิสิตบัณฑิตศึกษา สำนักวิชาพลังงานและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร พะเยา 56000

²อาจารย์ ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมภูมิภาค คณะเกษตรศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอิโรซากิ ญี่ปุ่น

³อาจารย์ ภาควิชาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม คณะเกษตรศาสตร์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม
มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก 56000

^{4*}อาจารย์ สาขาเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม สำนักวิชาพลังงานและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร พะเยา 56000

*E-mail : sukthai_p@hotmail.com

บทคัดย่อ

ปัจจุบันพื้นที่ชุ่มน้ำกวนพะเยามีพื้นที่กันชนโดยรอบแต่เป็นพื้นที่การเกษตรและชุมชนตามวิถีชีวิตของชาวบ้านในท้องถิ่น จากการสำรวจน้ำใต้ดินเพื่อติดตามตรวจสอบคุณภาพด้านต่างๆ ซึ่งเป็นพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินที่เสี่ยงต่อการแพร่กระจายมลพิษในช่วงเวลาที่มีการเพาะปลูกของภาคเหนือ บริเวณที่มีระดับน้ำใต้ดินสูง พบว่าในพื้นที่นามีระดับน้ำใต้ดินถึง 30 - 50 cm และจากการเก็บตัวอย่างในระดับความลึกจากผิวดินที่ 150 cm และ 200 cm พบว่าคุณภาพน้ำใต้ดินมีค่า pH 6-7, ค่า DO อยู่ระหว่าง 1-5 mg/L, ค่า EC 200 - 700 μ S/cm, ปริมาณธาตุอาหารของพืช คือ ประมาณ K 2-5 mg/L ปริมาณธาตุโลหะหนัก Fe อยู่ในช่วง 2 - 7 mg/L, Pb 0.3-1.5 mg/L, Cd 0.05 - 0.2 mg/L และ Cu 0.13-0.40 mg/L จากผลการตรวจวัดเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำใต้ดิน คุณภาพน้ำใต้ดินด้านกายภาพจะมีการเปลี่ยนแปลงคุณภาพที่ต่ำลงตามช่วงระยะการเพาะปลูก แต่ปริมาณธาตุอาหารพืชและโลหะหนักมีปริมาณที่เกินกว่ามาตรฐานและแนวโน้มคงที่

คำสำคัญ : คุณภาพน้ำใต้ดิน; โลหะหนัก; พื้นที่น้ำขัง; พื้นที่ชุ่มน้ำ; กวนพะเยา; ลุ่มแม่น้ำโขง

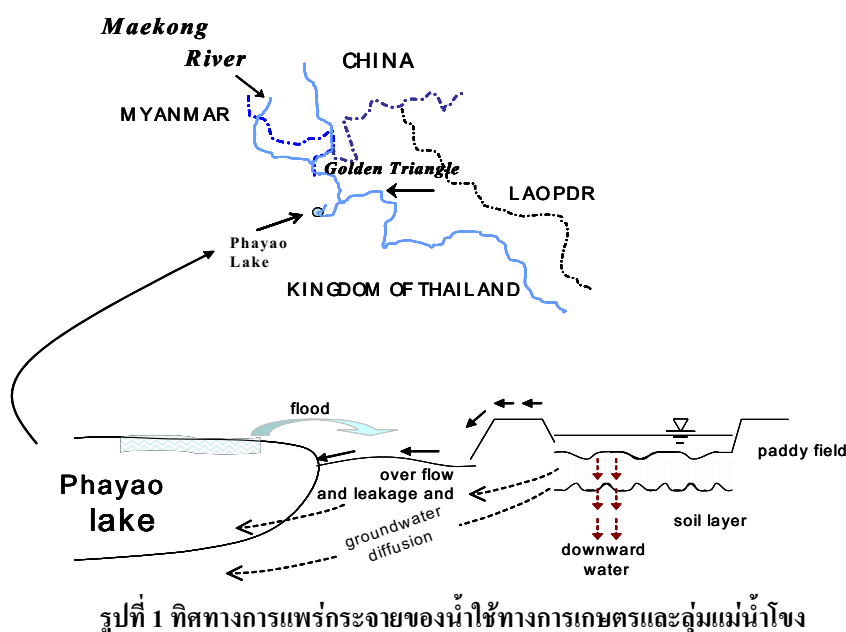
Abstract

The Kwan Phayao wetland is currently surrounded by agricultural lands and local villages in which the people still maintain their rural way of life. A survey had been conducted to monitor qualities of underground water in the area which is likely to be contaminated with pollution during the growing season in the Northern Thailand where a level of underground water is relatively high. According to the survey, a level of underground water underneath the paddy fields were as high as 30-50 cm. Sampling of underground water at 200 and 250 cm-depth showed the pH ~ 6-7, DO ~ 1-5 mg/L, EC ~ 200-600 $\mu\text{S}/\text{cm}$ and a plant nutrient as K ~ 2-5 mg/L. Heavy metal such as Fe, Pb, Cd and Cu were around 2-7, 0.3-1.5 and 0.05-0.2 mg/L and 0.13-0.4 mg/L, respectively. In comparison with the standard values of underground water, the physical qualities of underground water in this study area became lower during the growing season whereas plant nutrient and heavy metal were higher than the standard values and tend to remain at this level.

Keywords : groundwater quality; heavy metal; submerged area; wetland; Kwan Phayao Lake; Mekong Basin

บทนำ

กว๊านพะเยามีตำแหน่งที่ตั้ง ละติจูดที่ $19^{\circ} 8.5' \text{ N}$ $19^{\circ} 12' \text{ N}$ และ ลองจิจูด ที่ $99^{\circ} 51' \text{ E}$ $19^{\circ} 55' \text{ E}$ ความสูงจากระดับน้ำทะเลโดยเฉลี่ย 386.40 เมตร มีเนื้อที่ 20.53 ตารางกิโลเมตร (1,283 ไร่) เป็นทะเลสาบน้ำจืดขนาดใหญ่อันดับ 1 ในภาคเหนือ และ อันดับ 3 ของประเทศไทย (รองจาก หนองหาน และ บึงบอระเพ็ด) แหล่งน้ำธรรมชาติอยู่ใจกลางเมืองพะเยา มีทิวเขาเป็นฉากหลัง เกิดจากน้ำที่ไหลมาจากห้วยต่างๆ 18 สาย มีปริมาณน้ำเฉลี่ยปีละ 29.40 ล้านลูกบาศก์เมตร มีพื้นที่ปลาน้ำจืดกว่า 48 ชนิด (รูปที่ 1) กว๊านพะเยาเป็นแหล่งน้ำที่ล้อมรอบไปด้วยพื้นที่การเกษตรทำให้เกิดการแพร่กระจายของน้ำใช้ทางการเกษตรซึ่งเกิดจากการปล่อยหรือไขน้ำออกจากพื้นที่การเกษตรโดยตรง และเกิดจากการรั่วซึมหรือการไหลซึมลงชั้นใต้ผิวดินสู่หน้าดิน ไหลลงกว๊านพะเยาที่มีมีประตุน้ำควบคุมการปล่อยสู่แม่น้ำอิง จากนั้นน้ำจะไหลลงสู่แม่น้ำโขงที่ อำเภอเชียงของ จังหวัดเชียงราย [1] ถ้าน้ำที่ใช้ในพื้นที่การเกษตรมีสารเคมีตกค้างหรือสารละลายที่เป็นผลจากการขังน้ำ จะส่งผลกระทบต่อคุณภาพน้ำในกว๊านพะเยาและแหล่งน้ำอื่นที่รับน้ำจากกว๊านพะเยาอีกด้วย



ด้วยเหตุผลดังกล่าวจึงเล็งเห็นความสำคัญในการติดตามตรวจสอบคุณภาพน้ำใต้ดินและลักษณะทางกายภาพของดินในพื้นที่การเกษตรบริเวณกว๊านพะเยา เพื่อเป็นแนวทางสู่การรักษาสมดุลทางนิเวศวิทยา

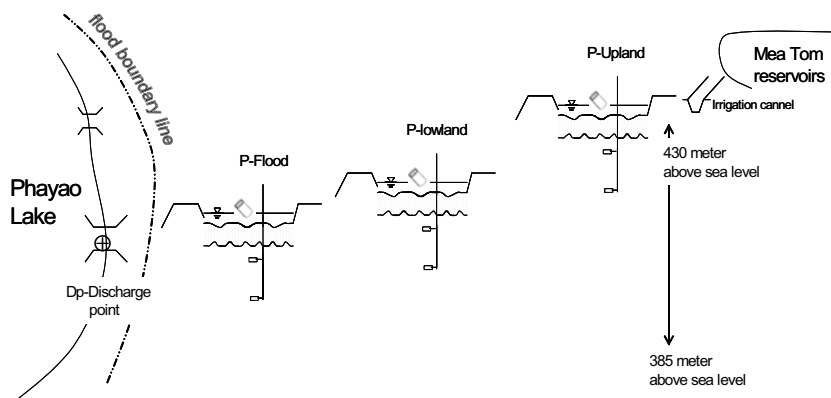
แผนการวิจัย

1. การสำรวจพื้นที่ศึกษา

พื้นที่ทดลองและสำรวจบริเวณพื้นที่การเกษตรกว๊านพะเยา อำเภอเมือง จังหวัดพะเยา โดยแบ่งพื้นที่การศึกษาน้ำใต้ดินบริเวณกว๊านพะเยาออกเป็น 4 จุด คือ 1) พื้นที่การเกษตรตอนบน (P-Upland) 2) พื้นที่การเกษตรตอนล่าง (P-Lowland) 3) พื้นที่การเกษตรตอนล่างติดกว๊านพะเยา (P-Flood) 4) พื้นที่บริเวณที่มีการระบายน้ำสู่กว๊านพะเยา (DP-Discharge) โดยมีตำแหน่งที่ทำการสำรวจและจุดเก็บตัวอย่างดังตารางที่ 1 ซึ่ง P-Upland เป็นพื้นที่ที่มีความสูงที่สุด คือ สูงจากระดับน้ำทะเล 430 เมตรรองรับน้ำจากระบบชลประทานที่มาจากอ่างเก็บน้ำแม่ต๋อมและมีการไหลของน้ำจากพื้นที่ดังกล่าวลงสู่พื้นที่ P-Lowland, P-Flood และ DP-Discharge ตามลำดับก่อนลงสู่กว๊านพะเยา ดังรูปที่ 2

ตารางที่ 1 ตำแหน่งพื้นที่ที่ทำการศึกษา

Code	Sampling places at A. Muang, Phayao	Positions
P-Upland	M. Phachangmub T. Sanphamung	UTM X584307 Y2121508
P-Lowland	บ้านต๋อมต.บ้านต๋อม อ.เมือง จ.พะเยา	UTM X587310 Y2122581
P-Flood	บ้านต๋อม ต.บ้านต๋อม อ.เมือง จ.พะเยา	UTM X587308 Y2122581
DP-Discharge	บ้านต๋อม ต.บ้านต๋อม อ.เมือง จ.พะเยา	UTM X590077 Y2122681

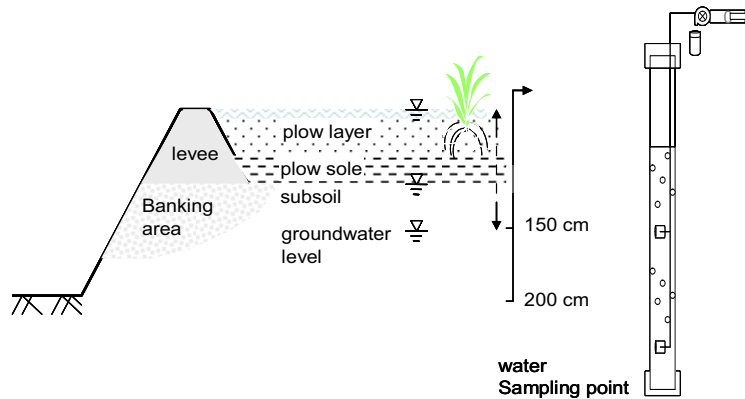


รูปที่ 2 พื้นที่ทำการสำรวจและจุดเก็บตัวอย่าง

2. การเก็บตัวอย่าง

ทำการติดตั้งท่อใต้ดินเพื่อเป็นท่อสำหรับเก็บตัวอย่างน้ำในพื้นที่ทำการสำรวจทั้ง 4 จุด (รูปที่ 3) ใส่ท่อตะแกรง (screen) ที่ทำจากท่อ PVC ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 เซนติเมตร ยาว 3 เมตร มีส่วนของตะแกรงยาวประมาณ 2 เมตร ขนาดของช่อง 1.263 เซนติเมตร รอบท่อ PVC ปลายท่อตะแกรงด้านก้นหลุมมีฝาปิด ให้มีส่วนของ PVC โผล่พ้นพื้นดินประมาณ 50 เซนติเมตร ที่ปลายท่อด้านบนมีฝาปิด เช่นเดียวกัน โดยรอบท่อนั้นมี bentonite เพื่อป้องกันการรวมตัวของน้ำใต้ดิน จากการวางแผนเก็บตัวอย่างน้ำในการติดตามตรวจสอบคุณภาพน้ำจึงวางแผนการเก็บตัวอย่างตามช่วงเวลาต่างๆของฤดูการเพาะปลูกและเก็บตัวอย่างน้ำใต้ดินเดือนละ 2 ครั้ง ณ เวลาที่ใกล้เคียงกัน ที่ระดับความลึก 150 และ 200 เซนติเมตรจากผิวดิน ซึ่งเป็นระดับ

ที่อยู่ในชั้นดินที่มีสภาพท่วมขัง ในช่วงฤดูการทำนา คือ ฤดูฝนนั้นน้ำใต้ดินจะมีระดับสูงปะปนกับน้ำผิวดินในชั้นดินทั้งนี้ก็จะเก็บตัวอย่าง โดยใช้ injection ต่อกับท่อ PE สีขาวที่มีการติดตั้งไส้กรอง [2] จากนั้นเก็บรักษาน้ำตัวอย่างไว้ในที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เพื่อทำการวิเคราะห์ในลำดับต่อไป และเก็บตัวอย่างดินเพื่อศึกษาคุณสมบัติของดินโดยใช้ soil core เก็บที่ระดับความลึกทุกๆ 5 เซนติเมตรจนครบ 100 เซนติเมตร โดยสุ่มเก็บตัวอย่างดินบริเวณพื้นที่ P-Flood ที่เดียว



รูปที่ 3 วิธีการเก็บตัวอย่างน้ำใต้ดิน (Mitra et. al. 2007)

3. การเตรียมตัวอย่างและการวิเคราะห์

การตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำใช้ pH meter, EC meter และ DO meter ในการวิเคราะห์ค่า pH ,ค่าการนำไฟฟ้า และ ปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำ ตามลำดับ สำหรับตัวอย่างวิเคราะห์โลหะหนัก (Fe, Cd, Pb, Cu และ K) ทำให้เป็นกรดที่ ระดับค่า pH < 2 ด้วย กรดไนตริก ก่อนการวิเคราะห์ทำการกรองด้วยกระดาษกรอง 0.45 ไมโครเมตร [3] และวิเคราะห์โดย Atomic Absorption Spectrometry (AAS) จากนั้นตรวจสอบคุณสมบัติทางกายภาพของดิน เช่น ทดสอบความสามารถในการให้น้ำซึมผ่าน (hydraulic conductivity), ความแข็ง (soil hardness), ความหนาแน่นรวม (bulk density), ความพรุนรวม (total porosity), soil three phases และ ความชื้น (water content) เป็นต้น

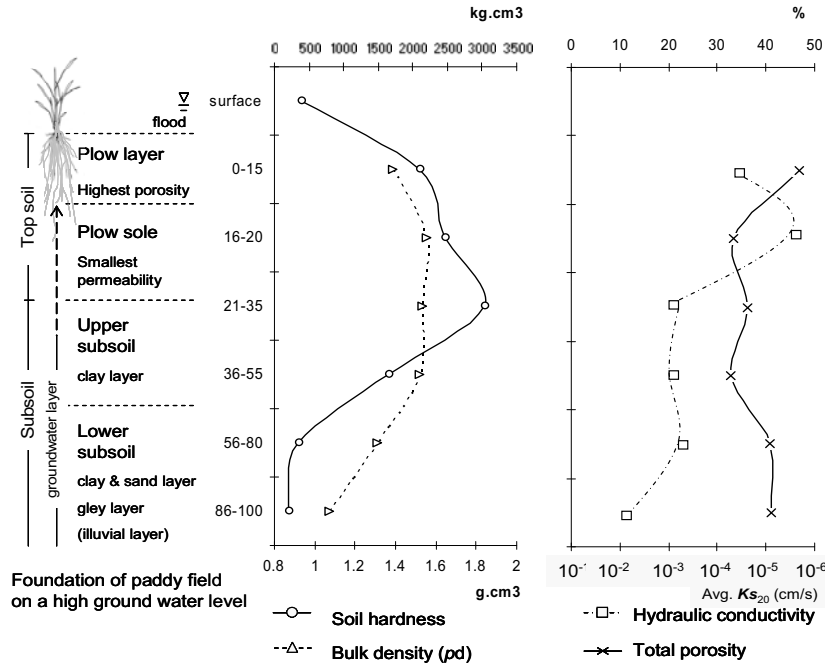
ผลการวิจัยและวิจารณ์

1. ผลการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของดิน

จากการสุ่มสำรวจพื้นที่ดินบริเวณชานแก้วพะเยาซึ่งเป็นพื้นที่ดินนาที่มีน้ำขังและน้ำท่วมในช่วงฤดูเพาะปลูก โดยคุณสมบัติทางด้านกายภาพของดินก่อนฤดูการทำนา พบว่าดิน มีความชื้น 21.56 % ความหนาแน่นรวม 1.17 g/cm³ ความพรุน 53.91% ส่วน soil three phase พบว่ามีส่วนของ ของแข็ง 46.80% ของเหลว 21.43 % และอากาศ 32.48 % และจากรูปที่ 4 ค่าความแข็งของดิน (soil hardness) มีความแข็งเพิ่มขึ้นตามลำดับความลึกของชั้นดินและมีค่าสูงสุดที่ระดับความลึก 21- 35 cm จากผิวดินซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง 2500 - 3000 kg/cm² เช่นเดียวกับค่าความหนาแน่นที่มีค่าเท่ากับ 1.4 - 1.6 g/cm³ ซึ่งสูงที่สุดเช่นกัน จากข้อมูลข้างต้น พบว่าค่าความแข็งของดินมีความสัมพันธ์กับค่าความหนาแน่นจะเห็นได้จากในระดับความลึก 86 - 100 cm ความหนาแน่นมีค่าต่ำสุดที่ 1-1.2 g/cm³ ส่งผลให้ค่าความแข็งของดินมีค่าลดลงอยู่ในช่วง 0 - 500 kg/cm² ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากในชั้นที่ 86 - 100 cm เป็นชั้นดินที่มีชั้นทรายอยู่ด้วยจึงทำให้มีความหนาแน่นลดลง ในขณะที่ระดับความลึก 16 - 20 cm/s มีค่าความพรุนรวมต่ำสุดส่งผลให้ค่าการไหลซึมผ่านช้าลงอยู่ในช่วง 10⁻⁵ - 10⁻⁶ cm/s ส่วนในระดับความลึกอื่นๆค่าของความพรุนและการไหลซึมผ่านยังอยู่ในช่วง 30 - 40 % และ 10⁻³ - 10⁻⁴ cm/s ตามลำดับ และในระดับความลึก 86 - 100 cm มีค่าความพรุนรวมสูงสุดในช่วง 40 -50 % ทำให้ค่าการไหลซึมผ่านมีค่าเร็วที่สุด คือ 10⁻¹ - 10⁻² cm/s

ตารางที่ 2 คุณสมบัติทางด้านกายภาพของดินในพื้นที่ P-Flood

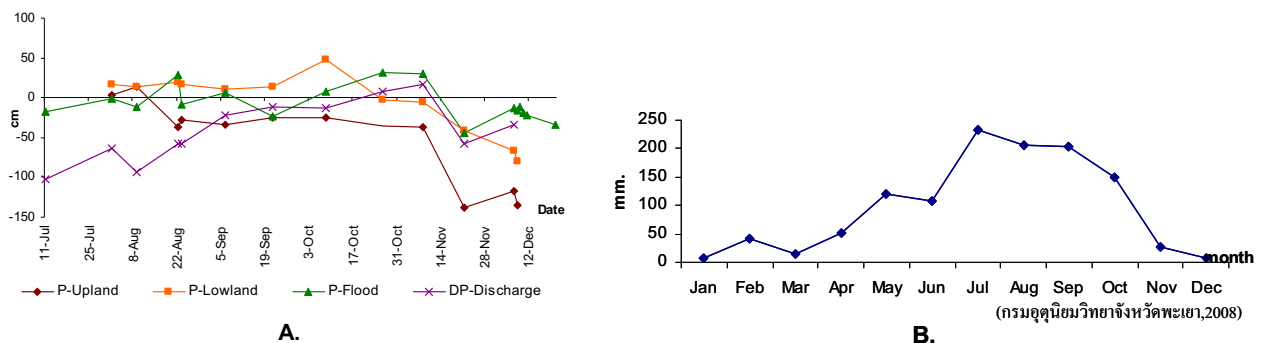
Depth (cm)	Wc (%)	ρ_d (g/cm ³)	ρ_t (g/cm ³)	Soil three phases			Total Porosity (%)
				Solid (%)	Liquid (%)	Air (%)	
0-5	21.56	1.17	1.36	46.80	21.43	32.48	53.91



รูปที่ 4 คุณสมบัติทางกายภาพของดิน

2. คุณภาพน้ำ

จากการสำรวจระดับน้ำใต้ดินในพื้นที่การเกษตรพบว่าระดับน้ำใต้ดินมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในช่วงเดือนตุลาคมและเริ่มลดลงในปลายเดือนพฤศจิกายน (รูปที่ 5) ระดับน้ำใต้ดินสูงสุดในวันที่ 8 ตุลาคม 2551 ที่ 48 เซนติเมตรจากผิวดินใน พื้นที่ P-Lowland และระดับน้ำใต้ดินต่ำที่สุดในวันที่ 8 ธันวาคม 2551 ณ พื้นที่ P-Upland ที่ระดับ -135 เซนติเมตร ซึ่งเป็นพื้นที่ที่อยู่สูงจากระดับน้ำทะเล 430 เมตร มีระดับน้ำใต้ดินลดลงเรื่อยๆมีค่าเฉลี่ย -54.54 เซนติเมตรจากผิวดินในขณะที่พื้นที่อื่นมีระดับน้ำใต้ดินเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะ DP-Discharge มีระดับน้ำใต้ดินเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องมีค่าเฉลี่ย 40.64 เซนติเมตร และทุกพื้นที่ระดับน้ำใต้ดินเริ่มลดลง ในเดือนพฤศจิกายนถึงธันวาคม



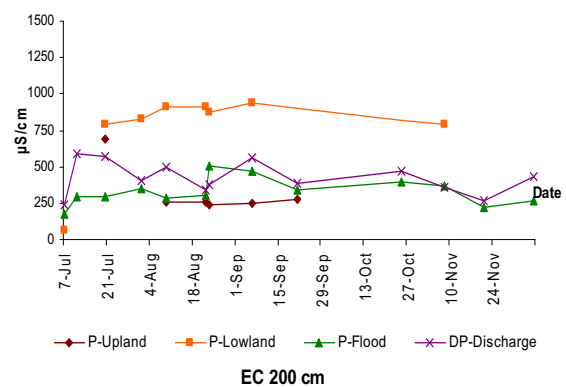
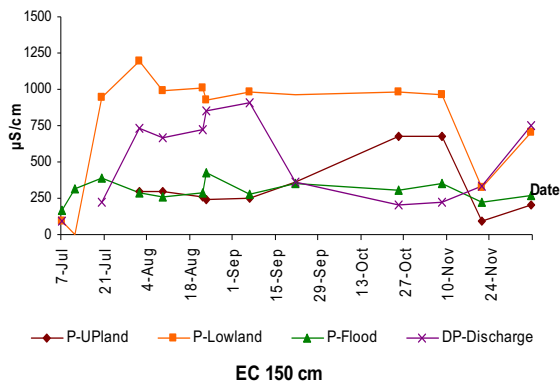
หมายเหตุ: ระดับน้ำใต้ดินที่เป็นลบ (-) หมายถึง ระดับน้ำใต้ดินที่อยู่ใต้ผิวดินลงมา

ระดับน้ำใต้ดินที่เป็นบวก (+) หมายถึง ระดับน้ำใต้ดินที่สูงกว่าระดับผิวดินในช่วงฤดูฝน

รูปที่ 5 ระดับน้ำใต้ดิน(A.)และปริมาณน้ำฝนปี 2551 จังหวัดพะเยา(B.)

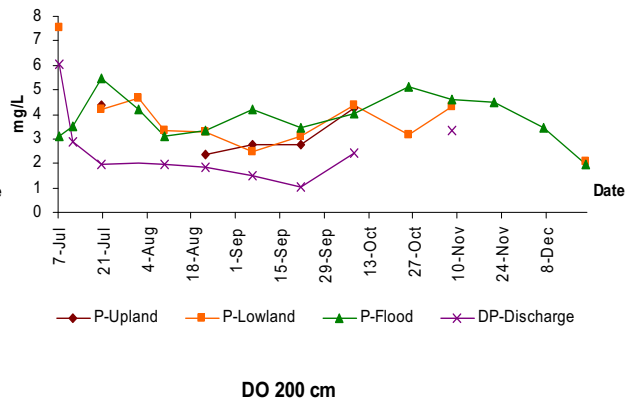
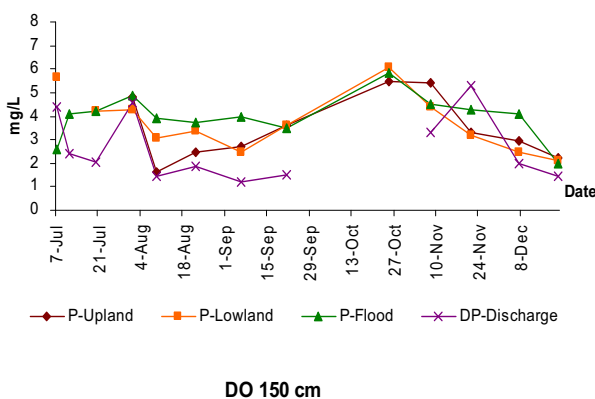


ปริมาณน้ำฝนตลอดปี 2551 ของจังหวัดพะเยาพบว่าปริมาณฝนตลอดปี 1172.90 มิลลิเมตร มีฝนตกทั้งหมด 143 วัน ปริมาณฝนสูงสุด 275 มิลลิเมตร ในเดือนกรกฎาคม และ ปริมาณน้ำฝนน้อยที่สุด คือ เดือนธันวาคมมีปริมาณ 6.70 มิลลิเมตร โดยตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเดือนเมษายนมีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 29.30 มิลลิเมตรและเดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคมมีปริมาณน้ำฝนมากกว่า 100 มิลลิเมตร เฉลี่ย 170.35 มิลลิเมตรตั้งแต่เดือนพฤศจิกายนถึงเดือนธันวาคมมีค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำฝน 16.80 มิลลิเมตร [4] และระดับน้ำในกว๊านพะเยาพบว่าในเดือนกรกฎาคมมีระดับน้ำสูงสุด คือ 223 เซนติเมตร ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณน้ำฝนและระดับน้ำลดลงตั้งแต่เดือนกันยายนมีค่าเฉลี่ย 148.62 เซนติเมตร เดือนธันวาคมมีระดับน้ำต่ำสุดคือ 104.88 เซนติเมตร



รูปที่ 6 ค่าการนำไฟฟ้าในน้ำใต้ดินที่ระดับความลึก 150 cm และ 200 cm

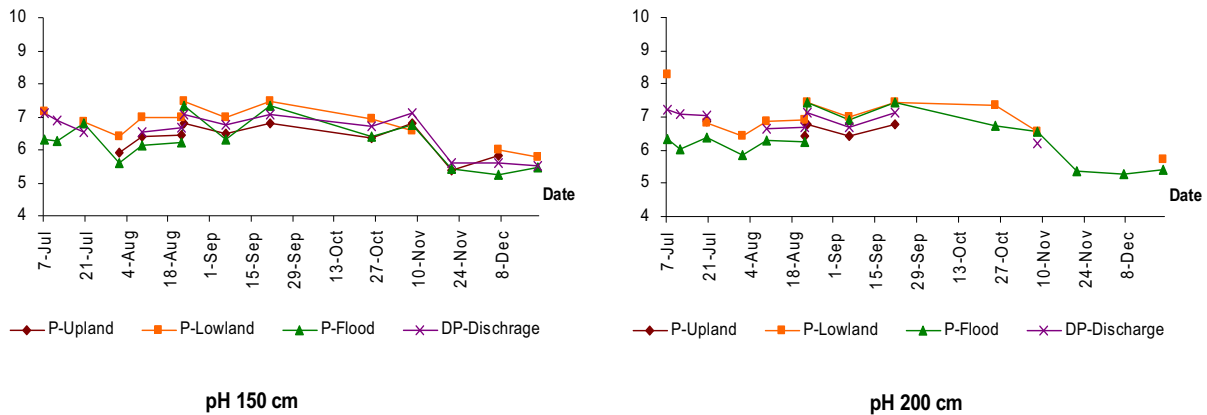
จากรูปที่ 6 พบว่าคุณภาพน้ำใต้ดินที่ระดับความลึก 150 cm ทุกพื้นที่ที่มีค่าเฉลี่ยสูงกว่าที่ระดับความลึก 200 cm โดยเฉพาะ P-Lowland และ DP-Discharge มีค่าเฉลี่ยเป็น 774.42 $\mu\text{S}/\text{cm}$ และ 503.96 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ส่วนที่ระดับความลึก 200 cm มีค่าเฉลี่ยเป็น 704.06 $\mu\text{S}/\text{cm}$ และ 421.85 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ในช่วงเดือนกรกฎาคมถึงกันยายนเป็นช่วงที่มีค่า EC สูงสุด เนื่องจากในช่วงนี้ปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำมีค่าต่ำจึงทำให้ไอออนละลายในน้ำได้ค่า EC จึงสูงขึ้น [5] สาเหตุที่ระดับความลึก 150 cm มีค่าการนำไฟฟ้าสูงกว่าที่ระดับความลึก 200 cm ก็เช่นเดียวกัน



รูปที่ 7 ปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำที่ระดับความลึก 150 cm และ 200 cm

ปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำจะขึ้นอยู่กับระดับความลึกจากผิวดิน [6] (รูปที่ 7) ที่ระดับความลึก 150 cm พบว่ามีค่าเฉลี่ยปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำมากกว่าที่ระดับความลึก 200 cm โดย P-Flood เป็นพื้นที่ที่มีค่าเฉลี่ยมากที่สุด คือ 3.97 mg/L รองลงมาคือ P-Lowland, P-Upland และ DP-Discharge ซึ่งมีค่า 3.74, 3.46 และ 2.62 mg/L ตามลำดับ ส่วนที่ระดับความลึก 200 cm นั้น P-Lowland มีค่ามากที่สุด คือ 3.87 mg/L รองลงมาคือ P-Flood, P-Upland และ DP-Discharge ซึ่งมีค่า 3.86, 3.32 และ

2.56 mg/L ตามลำดับ นอกจากนี้พบว่า DP-Discharge ที่ระดับความลึกทั้ง 2 มีค่าน้อยที่สุด ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากบริเวณดังกล่าวเป็นบริเวณที่ต่ำกว่าบริเวณอื่นๆ



รูปที่ 8 ค่าความเป็นกรดต่างที่ระดับความลึก 150 cm และ 200 cm

จากรูปที่ 8 ที่ระดับความลึก 200 cm มีค่าเฉลี่ย pH มากกว่าที่ระดับความลึก 150 cm ทั้งนี้ที่ระดับความลึกทั้ง 2 พบว่า P-Lowland มีค่าเฉลี่ยของ pH มากที่สุด รองลงมาคือ DP-Discharge, P-Upland และ P-Flood ตามลำดับ โดยที่ระดับความลึก 150 cm มีค่าเฉลี่ยเป็น 6.80, 6.55, 6.32 และ 6.27 ในขณะที่ความลึก 200 cm มีค่าเฉลี่ยเป็น 6.98, 6.87, 6.65 และ 6.31 พบว่าในช่วงฤดูทำนาคือระหว่างเดือนกรกฎาคมถึงพฤศจิกายนมีค่าเฉลี่ย 6.63 ซึ่งมากกว่าช่วงหลังฤดูทำนาคือเฉลี่ย 5.66 ซึ่งค่า pH ดังกล่าวอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำบาดาลเพื่อการเกษตร [7]

ตารางที่ 3 ปริมาณโลหะหนักในน้ำ

Sampling point	Value (mg/L)		
	Fe*	Cu*	K
P-Upland: water surface	3.286	0.133	2.263
150 cm	5.137	0.134	3.441
200 cm	3.137	0.341	5.989
P-Lowland: water surface	8.330	0.253	5.477
150 cm	5.738	0.229	2.005
200 cm	5.721	0.249	1.677
P-Flood: water surface	1.804	0.327	4.012
150 cm	2.551	0.330	1.947
200 cm	3.064	0.139	1.387
DP-Discharge: water surface	2.661	0.208	4.286
150 cm	4.022	0.110	5.156
200 cm	6.127	0.362	4.646

*The standard norms proposed by the Pollution Control Department of Thailand (PCD)

Underground water stanrd : Cu (≤ 1), Surface water : Cu (≤ 0.1) and Fe (≤ 0.5)



การตรวจสอบปริมาณโลหะหนักในน้ำที่ผิวหน้า ระดับความลึก 150 และ 200 cm จากผิวดิน ปริมาณของ K ในพื้นที่ DP-Discharge มีค่ามากที่สุด คือ 4.696 mg/L รองลงมา P-Upland, P-Lowland และ P-Flood มีค่า 3.898, 3.053 และ 2.449 mg/L ซึ่งมีค่ามากกว่าน้ำใต้ดินปกติ (2.0 mg/L) [6] P-Lowland มีปริมาณ Fe มากที่สุดโดยมีค่าเฉลี่ย 6.569 mg/L รองลงมาคือ DP-Discharge, P-upland และ P-Flood มีค่าเฉลี่ย 4.270, 3.853 และ 2.473 mg/L ตามลำดับ เช่นเดียวกับปริมาณ Cd ที่ P-Lowland มีปริมาณมากที่สุดโดยมีค่าเฉลี่ย 0.192 mg/L รองลงมาคือ DP-Discharge, P-upland และ P-Flood มีค่าเฉลี่ย 0.118, 0.179 และ 0.143 mg/L ปริมาณ Pb P-Upland มีปริมาณมากที่สุด คือ 0.830 รองลงมาคือ P-Lowland, P-Flood และ DP-Discharge มีค่า 0.804, 0.764 และ 0.702 mg/L ทั้งนี้อาจเป็นเพราะว่าพื้นที่ P-Upland มีการใช้ปุ๋ยเคมีจำนวนมากจึงทำให้มีปริมาณตะกั่วตกค้างในน้ำปริมาณมาก และมีค่าสูงกว่ามาตรฐานคุณภาพน้ำใต้ดิน [7] ปริมาณ Cu พบว่า P-Flood มีค่ามากที่สุด คือ 0.268 mg/L รองลงมาคือ P-Lowland, P-Upland และ DP-Discharge มีค่า 0.244, 0.238 และ 0.227 mg/L ซึ่งอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำใต้ดิน [7]

สรุปผลการศึกษา

การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของดินพบว่าดินมีความพรุนที่มีความสัมพันธ์กับค่าการไหลซึมผ่านของน้ำรวมทั้งค่าความหนาแน่นมีผลต่อสภาพทางกายภาพของพื้นที่ดินนั้น สัมพันธ์กับการสนับสนุนและการแพร่กระจายสารสู่การปนเปื้อนระบบน้ำผิวดินกับน้ำใต้ดิน ด้านคุณภาพน้ำใต้ดินพบว่าค่า EC และ DO เปลี่ยนแปลงตามระดับความลึกที่เพิ่มขึ้น และ EC, DO และ pH มีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำใต้ดินเพื่อการเกษตร ปริมาณ K, Fe, Cd และ Pb มีค่ามากกว่ามาตรฐานคุณภาพน้ำใต้ดิน ส่วน Cu มีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำใต้ดิน จากการวิเคราะห์คุณภาพน้ำใต้ดินในพื้นที่การเกษตรบริเวณกว๊านพะเยาชี้ว่าสารต่างๆ ที่ปนเปื้อนลงสู่ดินได้มาจากกิจกรรมด้านการเกษตรที่อาจส่งผลกระทบต่อคุณภาพน้ำผิวดิน ควรมีแผนและระบบการป้องกันการแพร่กระจายมลพิษสู่พื้นที่ชุ่มน้ำกว๊านพะเยา

เอกสารอ้างอิง

- [1] Thatharn N. 2007. Wat Tilokaram underneath Kwan Phayao Lake. Retrieved May 28, 2007 from URL: <http://teakdoor.com/northern-thailand-forum/14195-wat-tilokaram-underneath-kwan-phayao-lake.html>.
- [2] Bijon K. M., Choichi S. and Enari K., et al. 2007. Suitability assessment of shallow groundwater for agriculture in sand dune area of northwest Honshu Island, Japan. Applied ecology and environmental research (1):177-188.
- [3] Tupwongse V., Parkpian P. and Watcharasit P. 2007 Determination of levels of Mn, As and other metals in water, sediment, and biota from Phayao Lake, Northern Thailand, and assessment of dietary exposure. Environmental Science and Health(42):1029-1041.
- [4] สถานีอุตุนิยมวิทยาพะเยา, 2551. ปริมาณน้ำฝนจังหวัดพะเยาปี 2551.อำเภอเมือง.จังหวัดพะเยา
- [5] กิจการ พรหมมา. 2547. อุทกธรณีวิทยาสิ่งแวดล้อม. ภาควิชาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร.
- [6] Bijon K. M., Choichi S. and Enari K., et al. 2007. Groundwater Quality in Sand Dune Area of Northwest Honshu Island in Japan, Agronomy(1):81-87.
- [7] Rangsayayorn N. 2006. Shallow Groundwater Quality Assessment in Muang District, Phayao, Naresuan University Journal(14):1-8.
- [8] ปฐพีวิทยาเบื้องต้น. 2550. สมบัติทางกายภาพของดิน. สืบค้นเมื่อวันที่ 15 มกราคม 52 จาก <http://203.158.184.2/elearning/SoilScience/unit408.html>



ทำเนียบวิทยากร

ชื่อบทความ	ลักษณะทางกายภาพของดินและคุณภาพน้ำใต้ดินบริเวณพื้นที่การเกษตรกวนพะเยา (ลุ่มแม่น้ำโขง, ประเทศไทย) Physical Properties of Soil and Underground Water Qualities in Paddy Field Area at Phayao Lake (Mekong Basin, Thailand)
ผู้นำเสนอบทความ	นางสาววิมลรัตน์ บุตรดาชุย
สถานที่ทำงาน	มหาวิทยาลัยนเรศวร พะเยา
โทรศัพท์	084-046-2335
ประวัติการศึกษา	ปริญญาตรี สาขาวิชา ชีววิทยา มหาวิทยาลัยนเรศวร พะเยา
ตำแหน่งหน้าที่ปัจจุบัน	กำลังศึกษาต่อสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร พะเยา



คุณสมบัติทางฟิสิกส์และการเคลื่อนที่ของแร่ธาตุของแบบจำลอง พื้นที่นาบริเวณพื้นที่ชุ่มน้ำกว๊านพะเยา

Physical Properties and Removal of Soluble Elements in the Modeled Paddy Field nearby Phayao Lake Wetland

ชินกร ขจรจิตต์¹ ชาซากิ โซอิจิ² กิจการ พรหมมา³ ปัตวี ปิมา¹ และ สุขทัย พงศ์พัฒนศิริ^{4*}

Chinnakorn Khajornjit¹ Choichi Sasaki² Kitchakarn Promma³ Patatwee Pimma¹ and Sukthai Pongpattanasiri^{4*}

¹นิสิตบัณฑิตศึกษา สำนักวิชาพลังงานและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร พะเยา 56000

²อาจารย์ ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมภูมิภาค คณะเกษตรศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอิโรซากิ ญี่ปุ่น

³อาจารย์ ภาควิชาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก 65000

^{4*}อาจารย์ สาขาเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม สำนักวิชาพลังงานและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร พะเยา 56000

*E-mail : sukthai_p@hotmail.com

บทคัดย่อ

การสร้างแบบจำลองพื้นที่นาที่ใกล้เคียงพื้นที่ชุ่มน้ำกว๊านพะเยา เพื่อศึกษาถึงคุณสมบัติทางฟิสิกส์และการเคลื่อนย้ายของแร่ธาตุละลายน้ำในดินที่อาจส่งผลต่อความเปราะบางกว๊านพะเยา โดยใช้ column ขนาดใหญ่ (เส้นผ่าศูนย์กลาง 40 ซม. และสูง 100 ซม.) ที่จำลองคุณสมบัติของชั้นดินในแต่ละชั้นที่มีระบบการไหลซึมผ่านแบบปิด (closed system percolation: ill-drained paddy field) ซึ่งพบว่าการศึกษาศักย์ความดันที่เกิดขึ้นในแต่ละชั้นดิน (pressure head profile) พบว่ามีค่าแรงดันเป็นค่าบวก (positive pressure) ทุกชั้น ค่าศักย์รีดออกซ์ (Eh) ในชั้นดิน พบว่าที่ระดับผิวดินจะอยู่ในสภาวะออกซิเดชัน ส่วนชั้นดินด้านล่างมาทุกชั้นดินจะอยู่ในสภาวะรีดักชัน โดยในสภาวะรีดักชันนั้นส่งผลต่อการละลายแร่ธาตุลงสู่ชั้นใต้ดิน ซึ่งพบว่าธาตุเหล็กละลายน้ำอยู่ในน้ำในดินมีค่าระหว่าง 5-30 mg/L และไนเตรทมีค่า >1.0 mg/L แต่ความเป็นด่างและค่าการนำไฟฟ้าสูงเกินกว่ามาตรฐานน้ำผิวดิน

คำสำคัญ : แบบจำลองพื้นที่นา; คุณสมบัติทางฟิสิกส์; ศักย์รีดออกซ์; การเคลื่อนที่ของแร่ธาตุ; กว๊านพะเยา; พื้นที่ชุ่มน้ำ

Abstract

The modeled paddy fields which imitated the fields near Phayao Lake wetland were constructed in order to study the physical properties and the movement of soluble elements that possibly affect the vulnerability of the lake. The model was made of a large PVC column (40 cm in diameter, 100 cm in height). The model was designed to reproduce the properties of each soil layer in the ill-drained paddy field which showed closed system percolation. The study of the pressure head profile of the soil in our model showed a positive pressure for every soil layer. The redox potential (Eh) at the soil surface was in the “redox” state but every layer downward was in the “reduction” state. The reduction state highly affected the solubility of numerous elements and thus the movement of these elements to subsoil layer. Fe was found to dissolve in underground water around 5-30 mg/L and nitrate was > 1.0 mg/L. In contrast, pH and electronic conductivity (EC) were higher than those of the standard values set for surface water.

Keywords : paddy field model; physical property; redox potential; removal of soluble elements; Phayao Lake; Wetland

บทนำ

พื้นที่ชุ่มน้ำ “กว๊านพะเยา” เป็นแหล่งน้ำที่มีความหลากหลายและเป็นส่วนหนึ่งที่มีความสัมพันธ์ต่อแม่น้ำนานาชาติ (แม่น้ำโขง) กว๊านพะเยาเป็นพื้นที่ชุ่มน้ำที่สำคัญและมีขนาดใหญ่ที่สุดในภาคเหนือตอนบน ซึ่งสูงจากระดับน้ำทะเลโดยเฉลี่ย 386.40 เมตร อยู่ในเขตพื้นที่ ตำบลเวียง อำเภอเมือง จังหวัดพะเยา มีเนื้อที่ 20,529.6 ตารางกิโลเมตร (12,831 ไร่) กว๊านพะเยามีระบบนิเวศน้ำจืดแบบกึ่งปิดและค่อนข้างตื้น แหล่งน้ำและหนองน้ำมีน้ำตลอดปี เป็นบึงที่มีการไหลเวียนของน้ำแบบไม่ต่อเนื่อง [1] รอบกว๊านพะเยาส่วนใหญ่เป็นนาข้าวโดยพื้นที่ที่นาชาวกว๊านประมาณ 3,000 ha [2] ใน 8 ตำบล จากเหตุผลข้างต้นจึงเล็งเห็นความสำคัญของการแก้ปัญหาในการจัดการพื้นที่นาชาวกว๊านพะเยา โดยเฉพาะอย่างยิ่งต้องทราบถึงสภาวะทางกายภาพและคุณสมบัติด้านต่างๆของพื้นที่นาในปัจจุบัน โดยตรวจสอบพื้นที่และนำมาสร้างแบบจำลองที่มีหน้าตัดดินเหมือนพื้นที่จริงเพื่อตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของแต่ละชั้นดินและคุณภาพน้ำในดิน

แผนการวิจัย

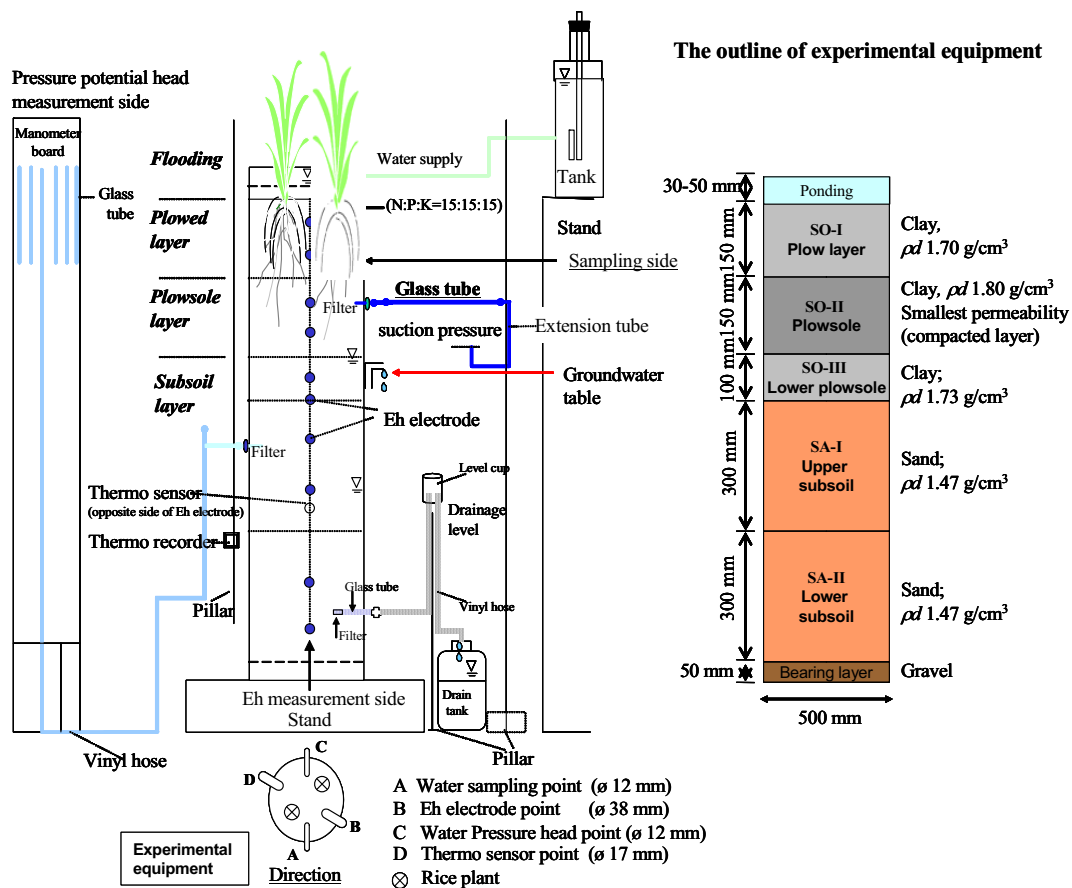
1. การออกแบบ

1.1 จากการสำรวจพื้นที่นา (conventional paddy field): บริเวณพื้นที่ชุ่มน้ำกว๊านพะเยา [3] พบว่าจากการตรวจสอบชั้นดินนา 3 ชั้น ซึ่งชั้นแรกลึก 20 cm, ชั้นที่สองลึก 35 cm และชั้นที่สามลึก 45 cm จากผิวดิน ส่วนที่ระดับความลึก 60 cm ลงไปเป็นชั้นดินปนทราย และชั้นทราย ซึ่งดินมีคุณสมบัติ โดยมีค่า OM (organics matters) เท่ากับ 4-5 % และมีระดับน้ำใต้ดินต่ำจากผิวดิน 35-40 cm [4] ดังนั้นในการทดลองครั้งนี้จึงจำลองชั้นดินนาในสภาพเหมือนจริง (stratified paddy field models : ill-drained paddy field) โดยใช้ large-column PVC ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 40 ซม. และสูง 100 ซม. และนำดินแต่ละชั้นมาบด แล้วบรรจุลง column ในแต่ละระดับของชั้นดิน (รูปที่ 1) โดยชั้นล่างสุดจะเป็นชั้นหิน เพื่อใช้ในการเก็บตัวอย่างน้ำใต้ดิน ชั้นต่อมาเป็นชั้นทราย (SA-II, SA-I) ซึ่งมีการบรรจุทรายที่ละ 5 cm โดยทรายทั้งสองชั้นมีความหนาแน่นเท่ากันซึ่งได้จากการคำนวณหาค่าความหนาแน่น (bulk density: ρ_d) เท่ากับ 1.47 g/cm^3 สำหรับดินแต่ละชั้นก็บรรจุดินลงไปทีละ 5 cm เช่นกัน ซึ่งดินชั้นสาม (SO-III) มีค่าความหนาแน่นของดิน เท่ากับ 1.73 g/cm^3 , ดินชั้นสอง ซึ่งดินชั้นนี้เป็นชั้นดินอัดแน่นถือว่าเป็นดินชั้นใต้ดินไผ่พรวนมีค่าความสามารถในการให้น้ำซึมผ่านน้อย และมีค่าความหนาแน่นของดินสูงที่สุด คือ 1.80 g/cm^3 ส่วนดินชั้นที่

หนึ่งต้องการการแช่ดินให้อิ่มตัวด้วยน้ำ (saturated) ก่อนที่จะบรรจุลงใน column PVC โดยมีค่าความหนาแน่นของดิน เท่ากับ 1.70 g/cm^3 เทียบกับความชื้นที่ดินอิ่มตัว (saturated soil) และในแต่ละชั้นดินมีระบบการไหลซึมผ่านแบบปิด (closed system percolation)

1.2 การติดตั้งอุปกรณ์: โดยการติดตั้งอุปกรณ์ เข้ากับ large-column PVC (รูปที่ 1) ซึ่งในแต่ละชั้นดินจะติดตั้ง Eh electrode, thermo sensor (RMX203AT), water pressure head (WPH) และ Filter เพื่อตรวจสอบคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพ และเก็บตัวอย่างน้ำในแต่ละระดับของชั้นดิน และติดตั้ง drainage-level control cup ใช้ในการวัดระดับน้ำใต้ดินรวมถึงการเก็บตัวอย่างน้ำใต้ดินที่ล้นออกมา

1.3 การปลูกพืชทดสอบ: ในการทดลองครั้งนี้ได้นำข้าวพันธุ์ กข 6 (*Oryza sativa* L.) ปลูกด้วยวิธีการปักดำปกติ โดยปลูกข้าวเป็นสี่มุมในพื้นที่ทรงกลมของ column และเลือกตัดข้าวออก 2 ต้นในลักษณะตรงกันข้ามกัน พร้อมใส่ปุ๋ยสูตร (N:P:K; 15:15:15) ปริมาณ 1.91 g ครั้งเดียวตลอดฤดู ตามสภาพการทำนาจริงของพื้นที่นาข้าวพะเยา และควบคุมระดับน้ำผิวดินไว้ที่ 3-5 cm โดยใช้ถังบรรจุน้ำตั้งให้อยู่ในระดับเดียวกันกับระดับน้ำใน column และต่อท่อจากถังลงมายัง column PVC และการเก็บผลผลิต จะเก็บโดยการใช้นิคมตัดสูงจากโคนต้น 5 cm สำหรับ column นั้นได้ติดตั้งในโรงเรือนคลุมพลาสติก กว้าง 3.8 m ยาว 8 m สูง 4 m ณ. สำนักวิชาพลังงานและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร พะเยา



รูปที่ 1 รูปแบบ และการติดตั้งอุปกรณ์ของ Stratified Paddy Field Model

2. การเก็บตัวอย่างน้ำและน้ำในดิน

2.1 เก็บตัวอย่างน้ำบริเวณผิวดินใน column เพื่อตรวจสอบคุณภาพน้ำ เช่น วัดระดับของแข็งแขวนลอยในน้ำ (solid suspension: SS) และน้ำจากการระบายน้ำใต้ดิน

2.2 การเก็บตัวอย่างน้ำในดิน โดยการติดตั้ง filter เข้ากับ column ซึ่งสามารถดึงน้ำในดินด้วยแรงดันอย่างช้าๆ ที่ระดับ 5, 10, 25, 30, 40, 50, 55, 75 และ 80 cm จากผิวดิน ผ่านไส้กรองที่ทำจากแก้ว [5] รวมถึงการใช้ hand pressure pump ในการเก็บตัวอย่างน้ำในดิน เพื่อตรวจสอบคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพจากตัวอย่างน้ำในดิน และเพื่อเก็บตัวอย่างน้ำในแต่ละระดับของชั้นดิน

3. เครื่องมือและตรวจสอบ

ตรวจสอบค่าศักย์ความดันในดิน (water pressure head) ด้วย barometer, วัดอุณหภูมิดินและอุณหภูมิอากาศด้วย เครื่องบันทึกอุณหภูมิอัตโนมัติ (RT-11) และ Thermometer, วัดค่าศักย์รีดอกซ์ (oxidation-reduction potential: Eh) โดยการติดตั้ง Eh electrode เข้ากับ column PVC, วัดความแข็งของดิน (soil hardness) ด้วย Soil hardness meter, วัดความสามารถในการให้น้ำซึมผ่าน (hydraulic conductivity) ด้วย Mini disc hydraulic และวัดอัตราส่วนของการต้องการน้ำ (water requirement rate) ด้วย vermeer caliper วัดคุณภาพของน้ำ โดยการหาปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (dissolved oxygen) ด้วยเครื่อง DO meter (sevenGO pro), การวัดค่าการนำไฟฟ้า (electric conductivity) จาก EC meter (consort C532), วัดค่าความเป็นกรด-ด่าง ด้วย pH meter (sevenGO), วัดปริมาณสารละลายเหล็กด้วยเครื่อง Fast Sequential Atomic Absorption Spectrometer (AA240FS) และวัดปริมาณไนเตรท (NO_3^-) ด้วยเครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง (Hach: DR 2008) นอกจากนี้ยังได้ศึกษาถึงผลการเจริญเติบโตของพืชด้วย

ผลการวิจัยและวิจารณ์

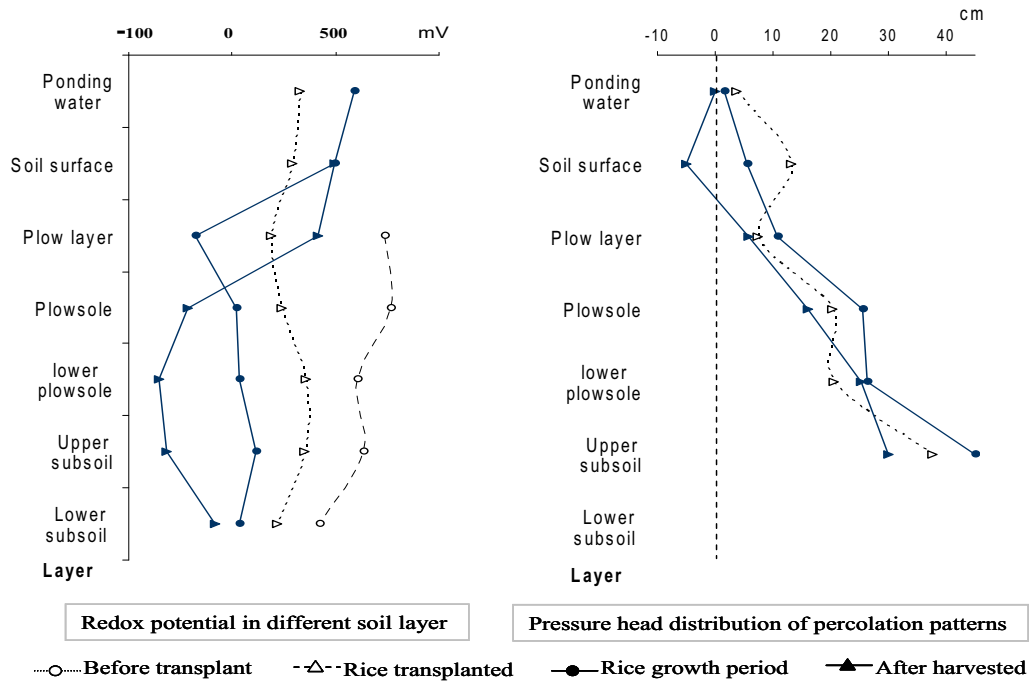
จากการศึกษาคุณสมบัติทางฟิสิกส์และการเคลื่อนที่ของแร่ธาตุของแบบจำลองพื้นที่นาบริเวณพื้นที่ชุ่มน้ำกว๊านพะเยา ได้ผลดังนี้

1. ผลการศึกษาด้านคุณสมบัติทางกายภาพ

1.1 ศักย์รีดอกซ์, ระดับน้ำใต้ดิน และศักย์ความดัน

จากการตรวจวัดค่าศักย์รีดอกซ์ (oxidation-reduction potential) ในแต่ละชั้นดิน พบว่าในช่วงก่อนปลูกข้าวหรือก่อนที่จะมีการขังน้ำค่าศักย์รีดอกซ์ของแต่ละชั้นดินจะอยู่ในภาวะออกซิเดชัน คือวัดค่าได้สูงกว่า 300 mV และในช่วงต้นฤดูการปลูกข้าวหรือระยะแรกของการขังน้ำ ที่ระดับน้ำผิวดินและผิวดิน ค่าศักย์รีดอกซ์ยังอยู่ในภาวะออกซิเดชัน แต่ในระดับชั้นดินที่ต่ำลงมาจากผิวดินค่าศักย์รีดอกซ์จะค่อยๆ ลดต่ำลงจนติดลบ [6] ส่วนค่าศักย์ความดันมีค่าเป็นบวก (positive pressure) เพิ่มขึ้นตามระดับความลึกของชั้นดิน (รูปที่ 2) แต่ค่าศักย์รีดอกซ์ในดินชั้นที่สามมีแนวโน้มสูงขึ้น และในทางกลับกันค่าศักย์ความดันกลับลดลง ในระดับของชั้นดินเดียวกัน อาจเนื่องมาจาก ระดับน้ำใต้ดินที่เพิ่มสูงขึ้นประกอบกับการซึมผ่านลงมาน้ำผิวดิน ทำให้มีอากาศขังอยู่ในบริเวณดินชั้นสาม ซึ่งส่งผลให้ค่าศักย์รีดอกซ์สูงขึ้นและค่าศักย์ความดันลดลง ซึ่งค่าศักย์รีดอกซ์ยังมีโอกาสที่จะลดลง แต่จะยังไม่เข้าสู่ภาวะรีดักชัน (-200 mV) และในช่วงระยะของการเจริญเติบโต ค่าศักย์รีดอกซ์ ที่ระดับน้ำผิวดินและผิวดิน ยังอยู่ในภาวะออกซิเดชันอยู่ และในระดับของชั้นดินที่ต่ำลงมา ค่าศักย์รีดอกซ์จะค่อยๆ ปรับระดับค่าลง และเข้าสู่ภาวะรีดักชัน โดยเฉพาะในดินชั้นที่หนึ่งมีค่าลดต่ำลงมากจากระยะแรกของการปลูกข้าว และในส่วนของคุณค่าศักย์ความดันก็มีค่าสูงขึ้นตามระดับความลึกของชั้นดิน แต่อย่างไรก็ตาม ในช่วงหลังการเก็บเกี่ยวค่าศักย์รีดอกซ์ของดินชั้นบน (5 ถึง 20 cm) จะมีค่าสูงขึ้นอยู่ในระดับภาวะออกซิเดชัน ส่วนชั้นดินที่ต่ำลงมากค่าศักย์รีดอกซ์ยังอยู่ในภาวะรีดักชันอยู่ แต่ดินชั้นล่างสุดค่าศักย์รีดอกซ์มีแนวโน้มสูงขึ้น เนื่องจากระดับน้ำใต้ดินที่ลดลง ซึ่งสัมพันธ์กับค่าศักย์ความดันในช่วงหลังการเก็บเกี่ยวที่มีการไถน้ำออก ระดับ

น้ำผิวดินจะลดลงมาก และด้วยเหตุนี้ค่าศักย์ความดันที่ระดับความลึก 5 และ 10 cm จึงมีค่าติดลบ (negative pressure) และค่าศักย์ความดันในระดับชั้นดินที่ต่ำลงก็มีค่าลดลงเช่นกัน



รูปที่ 2 คุณสมบัติทางกายภาพของดิน

1.2 คุณภาพน้ำและน้ำในดิน (DO, EC, pH)

คุณภาพน้ำที่ใช้ในการปลูกข้าวก่อนที่จะเติมลงใน column ซึ่งจากการเก็บตัวอย่างน้ำ เพื่อตรวจคุณภาพน้ำพบว่า ปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำ (DO) มีค่าเฉลี่ย 6.16 mg/L, ค่า pH เฉลี่ย 7.60 และค่าการนำไฟฟ้า (EC) เฉลี่ย 419 μS จากการเก็บตัวอย่างน้ำผิวดิน พบว่า ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำมีค่าเฉลี่ย 8.42 mg/L, ค่า pH เฉลี่ย 7.65 และค่าการนำไฟฟ้า เฉลี่ย 498 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ส่วนน้ำใต้ดินมีค่า pH เฉลี่ย 7.21 และค่าการนำไฟฟ้า เฉลี่ย 620 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ซึ่งจะเห็นได้ว่าค่าการนำไฟฟ้าของน้ำใต้ดินมีค่าสูงขึ้น เนื่องจากน้ำใต้ดินมีปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำต่ำกว่าน้ำผิวดินทำให้ไอออนละลายในน้ำได้ดีส่งผลให้ค่าการนำไฟฟ้าเพิ่มขึ้น [7]

การเก็บตัวอย่างน้ำโดยวิธีดึงน้ำในดิน (seepage water) จากน้ำในดินที่ซึมผ่านจากชั้นบน (downward water) ในแต่ละระดับของชั้นดิน พบว่า มีค่า pH เฉลี่ย 7.07 และค่าการนำไฟฟ้า เฉลี่ย 789 $\mu\text{S}/\text{cm}$ โดยค่า EC จะเพิ่มสูงขึ้นตามระดับลึกของชั้นดิน

1.3 อุณหภูมิดินและอุณหภูมิอากาศ

จากการตรวจวัดอุณหภูมิดิน พบว่าในช่วงต้นฤดูของการปลูกข้าวอุณหภูมิเฉลี่ยของดินชั้นที่หนึ่งมีค่าประมาณ 26 °C ดินชั้นที่สองมีค่าประมาณ 26 °C และชั้นดินที่สามมีค่าประมาณ 27 °C, ช่วงข้าวแตกกอสูงสุดอุณหภูมิเฉลี่ยของดินชั้นที่หนึ่งมีค่าประมาณ 25 °C ดินชั้นที่สองมีค่าประมาณ 25 °C และชั้นดินที่สามมีค่าประมาณ 25 °C, ช่วงข้าวออกดอกอุณหภูมิเฉลี่ยของดินชั้นที่หนึ่งมีค่าประมาณ 20 °C ดินชั้นที่สองมีค่าประมาณ 20 °C และชั้นดินที่สามมีค่าประมาณ 22 °C, ช่วงหลังข้าวออกดอกอุณหภูมิเฉลี่ยของดินชั้นที่หนึ่งมีค่าประมาณ 19 °C ดินชั้นที่สองมีค่าประมาณ 20 °C และชั้นดินที่สามมีค่าประมาณ 21 °C

สำหรับอุณหภูมิอากาศภายในโรงเรือน พบว่าอุณหภูมิเฉลี่ยตลอดช่วงฤดูกาลปลูกข้าวประมาณ 15 °C - 30 °C และความชื้นเฉลี่ยตลอดช่วงฤดูกาลปลูกประมาณ 80.3%

1.4 อัตราความต้องการน้ำ

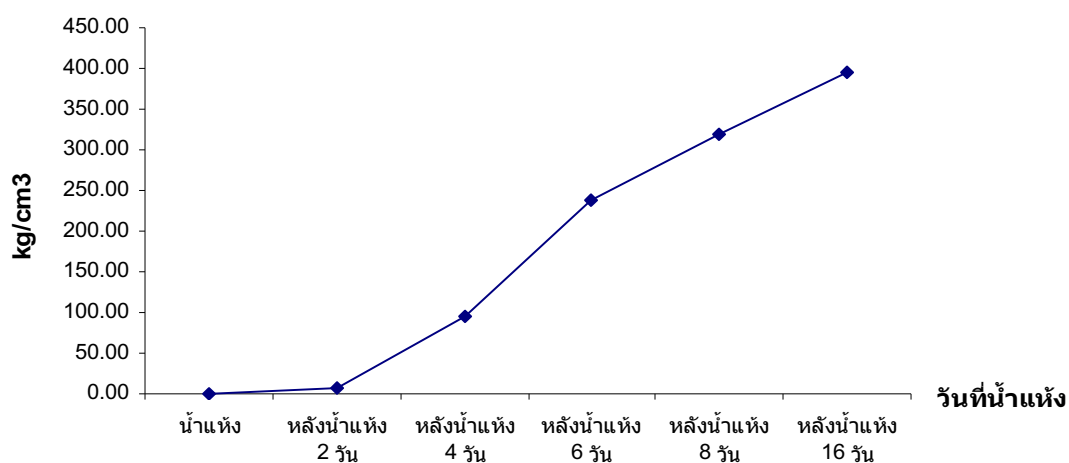
ระดับอัตราความต้องการน้ำ (water requirements rate) ของพื้นที่ขังน้ำเพื่อปลูกข้าว บอถึงความสามารถในการไหลซึมผ่าน (percolation rate) ของน้ำลงสู่เนื้อดินได้ และผลของการตรวจสอบพบว่าในช่วงต้นฤดูการปลูกข้าวอัตราความต้องการน้ำมีค่าประมาณ 5.047 mm/day , ช่วงข้าวแตกกอสูงสุดมีค่าประมาณ 9.267 mm/day, ช่วงข้าวออกดอกมีค่าประมาณ 7.771 mm/day และช่วงหลังข้าวออกดอกมีค่าประมาณ 4.900 mm/day (ตารางที่ 1) ซึ่งช่วงข้าวแตกกอสูงสุดและช่วงข้าวออกดอกมีการใช้น้ำมากกว่าช่วงอื่นๆของการเจริญเติบโต สำหรับความสามารถในการไหลซึมผ่านของน้ำ ตรวจสอบโดยใช้ Soil core ตอกลงไปในดิน ในระดับ 0-5 cm จากผิวดิน และใช้ mini disc hydraulic ตรวจสอบในสภาพดินอิมตัวที่ค่าศักย์ความดันเป็นบวก ซึ่งได้ทำการตรวจสอบใน 4 ช่วงของการปลูกข้าวได้ค่าการไหลซึมผ่านมากที่สุด เท่ากับ 2.3874×10^{-5} cm/s และน้อยที่สุด เท่ากับ 4.5192×10^{-5} cm/s

ตารางที่ 1 อัตราความต้องการน้ำในแต่ละช่วงของฤดูการปลูกข้าว

ค่าเฉลี่ยของอัตราความต้องการน้ำ (mm/day)	ช่วงฤดูการปลูกข้าว			
	ช่วงต้นฤดูการปลูกข้าว	ช่วงแตกกอสูงสุด	ช่วงออกดอก	ช่วงหลังออกดอก
	5.047	9.267	7.771	4.900

1.5 ความแข็งของดิน

การตรวจสอบความแข็งของผิวดิน (soil hardness) ได้ทดสอบหลังการไถนํ้าออกจาก column PVC (รูปที่3) ดังนี้คือ หลังนํ้าแห้ง, หลังนํ้าแห้ง 2 วัน, หลังนํ้าแห้ง 4 วัน, หลังนํ้าแห้ง 6 วัน, หลังนํ้าแห้ง 8 วัน และหลังนํ้าแห้ง 16 วัน พบว่าความแข็งของผิวดินมีค่าเพิ่มขึ้น และจากการตรวจสอบหลังนํ้าแห้งประมาณสองสัปดาห์ พบว่าค่าความแข็งของผิวดินมีค่าเท่ากับ 396.31 kg/cm³ (หรือ 4.04 kPa)



รูปที่ 3 ความแข็งของดิน

2. ผลการศึกษาด้านคุณสมบัติทางเคมี

ผลการตรวจวัดค่าความเข้มข้นของธาตุเหล็ก (Fe^{2+}) และ ไนเตรท (NO_3^-) พบว่าปริมาณธาตุเหล็กละลายน้ำอยู่ในน้ำในดินของแต่ละชั้นดินนั้น มีค่าระหว่าง 5-30 mg/L โดยความเข้มข้นของ Fe ในดินชั้นบนจะน้อยกว่าในดินชั้นล่างและความเข้มข้นจะเพิ่มสูงขึ้นในดินชั้นล่างสุด สำหรับธาตุไนเตรท มีค่าน้อยกว่า 1.0 mg/L

3. ผลการศึกษาด้านการเจริญเติบโตของพืช

จากการศึกษาการเจริญเติบโตของต้นข้าวพันธุ์ กข 6 ในด้านความสูง พบว่าอัตราความสูงเฉลี่ยของต้นข้าวมีค่าเท่ากับ 136.3 cm, จำนวนต้นที่แตกออกในหนึ่งกอประมาณ 13 ต้น/กอ และได้จำนวนรวงข้าวทั้งหมด 13 รวง/กอ

สรุปผล

ผลการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมี โดยการทำแบบจำลองชั้นดินในสภาพเหมือนจริงของพื้นที่นา ในบริเวณพื้นที่ชุ่มน้ำกว๊านพะเยา เพื่อศึกษาคุณสมบัติทางด้านต่างๆของพื้นที่ที่มีผลต่อการแพร่กระจายของแร่ธาตุ จากการตรวจวัดค่าศักย์รีดอกซ์นั้น ทำให้ทราบถึงสภาพของชั้นดินในแต่ละระดับว่าอยู่ในสภาวะออกซิเดชันหรือรีดักชัน ซึ่งในระดับของดินชั้นบนจะมีค่าสูงกว่าชั้นดินในระดับที่ต่ำลงมา ซึ่งเป็นผลมาจากการแพร่ของอากาศลงไปดิน ถ้าค่าศักย์รีดอกซ์มีค่าสูงแสดงว่าอากาศแพร่ลงไปดินได้ โดยอาจเกิดจากการไหลซึมของน้ำในชั้นดินที่ชักนำอากาศลงสู่ชั้นดินในสภาวะน้ำขัง และในส่วนของค่าศักย์ความดันจะมีค่าเพิ่มสูงขึ้นตามระดับความลึกของชั้นดิน ซึ่งค่าศักย์ความดันมีความสัมพันธ์กับระดับน้ำใต้ดิน คือเมื่อระดับน้ำใต้ดินลดลงจะทำให้ค่าศักย์ความดันมีค่าลดลง และผลจากการตรวจสอบแร่ธาตุในดิน ทำให้ทราบว่ามีความสัมพันธ์กับค่าศักย์รีดอกซ์ เมื่อสภาพของดินอยู่ในสภาวะออกซิเดชัน ธาตุเหล็กจะตกตะกอน แต่ถ้าสภาพของดินอยู่ในสภาวะรีดักชันเหล็กจะละลายปนออกมาพร้อมกับน้ำในดิน [8] ซึ่งเมื่อค่าศักย์รีดอกซ์ต่ำลงระดับความเข้มข้นของเหล็กจะรวมถึงค่า pH จะมีค่าสูงขึ้น สำหรับธาตุไนเตรท พบมีปริมาณน้อยแสดงให้เห็นว่าการสะสมของธาตุไนเตรทในชั้นดินมีปริมาณน้อยในสภาวะของพื้นที่ที่มีน้ำขังตลอดเวลา และในส่วนของค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำ จะมีค่าลดลงตามระดับความลึกของชั้นดิน ซึ่งทราบได้จากการเก็บตัวอย่างน้ำในดินมาตรวจวัด และในระดับของชั้นดินที่ต่ำลง ค่าการนำไฟฟ้าจะมีค่าเพิ่มสูงขึ้น เนื่องจากในระดับของดินชั้นล่างมีปริมาณของค่าออกซิเจนละลายในน้ำต่ำ ทำให้มีปริมาณไอออนที่ละลายในน้ำสูง ค่าการนำไฟฟ้าที่ตรวจวัดได้จึงมีค่าสูงกว่าในระดับของดินชั้นบน ส่วนความสามารถในการไหลซึมผ่านของน้ำในชั้นผิวดินจะมีค่าต่ำ และในแต่ละช่วงของการเจริญเติบโตมีความต้องการน้ำที่แตกต่างกัน สังเกตได้จากในช่วงที่ข้าวแตกกอสูงสุดและช่วงที่ข้าวออกดอกจะมีปริมาณความต้องการน้ำมากที่สุด

จากการศึกษาครั้งนี้ ทำให้ทราบถึงสภาวะที่แท้จริงรวมถึงคุณสมบัติในด้านต่างๆของพื้นที่ที่มีลักษณะของชั้นดินชั้นดินชั้นบนเป็นดินเหนียวที่มีการท่วมขัง ซึ่งบางช่วงในฤดูกาลเพาะปลูกมักเกิดการไหลบ่าของน้ำ และดินชั้นล่างเป็นชั้นดินทรายระดับน้ำใต้ดินสูง ซึ่งสามารถเกิดสภาวะการสะสมของมลสารและแพร่กระจายตามเส้นทางน้ำใต้ดินได้ การศึกษาวิจัยในครั้งนี้ผลที่ได้จะเป็นข้อมูลและแนวทาง เพื่อการนำไปสู่การปรับปรุงโครงสร้างของดิน และลดความเสี่ยงของการแพร่กระจายมลสารจากพื้นที่การเกษตรลงสู่พื้นที่ชุ่มน้ำกว๊านพะเยา



เอกสารอ้างอิง

- [1] สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.2548. พื้นที่ชุ่มน้ำกว๊านพะเยา.สืบค้นเมื่อวันที่ 10 มกราคม 2552 จาก <http://www.onep.go.th/wetlandsthai/international/kwan%20pha%20yao.html>.
- [2] Jintanugool, J., & Round, P.D. 2005. Kwan Phayao. Retrieved December 25, 2005 from the Word Wide Web: http://www.arcbc.org/wetlands/thailand/tha_kwapha.html.
- [3] Pongpattanasiri S. Monitoring in Submerged Paddy Field Areas for Alternative Reclamation of Paddy Field Structure for Decreasing Diffuse of Pollution to Wetlands:A Case Study of Phayao Lake Wetland. At 12th International Conference on Intergrated Diffuse Pollution Management IWA DIPCON 2008. Khon Kaen, Thailand on August 25-29, 2008.
- [4] Pongpattanasiri S., Choichi S., and Promma K. 2008. Characterization of Non-Point-Sources Paddy Field near Phayao Lake, Thailand. GMSARN International Conference on Sustainable Development: Issues and Prospects for the GMS.12-14 nov.2008.
- [5] Sasaki C.et al., 1998. Study on the removal of soluble ion in stratified paddy field model with the open system percolation. JSSP., 78, 3-10.
- [6] Pongpattanasiri S., and Choichi S. 2007. Differential Physical Chemistry Properties of Tillage and Non-tillage Paddy Fields. Naresuan Agriculture Journal. ISSN 0859-3027. 1(10): 195-206.
- [7] กิจการ พรหมมา. 2547. อุทกธรณีวิทยาสิ่งแวดล้อม. ภาควิชาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร.
- [8] Pongpattanasiri S. 2005. Influence of a Percolation Pattern on the Removal of Soluble Elements in Downward Water Rice Plant under Inundation during the Cultivation with Models of Cadmium Polluted Paddy Field. J. Jpn.Soc. Soil Phys., 101, 17-26.



ทำเนียบวิทยากร

ข้อบทความ	คุณสมบัติทางฟิสิกส์และการเคลื่อนที่ของแร่ธาตุของแบบจำลองพื้นที่นา บริเวณพื้นที่ชุ่มน้ำกว๊านพะเยา Physical Properties and Removal of Soluble Elements in the Modeled Paddy Field nearby Phayao Lake Wetland
ผู้นำเสนอบทความ	นายชินกร ขจรจิตต์
สถานที่ทำงาน	สำนักวิชาพลังงานและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวรพะเยา
โทรศัพท์	084-045-3046
ประวัติการศึกษา	ปริญญาตรี (มหาวิทยาลัยนเรศวร)
ตำแหน่งหน้าที่ปัจจุบัน	กำลังศึกษาในระดับปริญญาโท

การเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำผิวดินในกว๊านพะเยา (ลุ่มน้ำแม่โขง)

Variation of Surface Water Quality in Phayao Lake

(Maekong Basin)

วิมลรัตน์ บุตรดาสุข¹ เจนจิรา หมั่นเร็ว¹ ปิธวี ปิมมา¹ สาธิต จีณะสอน¹ และ สุขทัย พงศ์พัฒนศิริ^{2*}

Wimonrut Butdasui¹ Pattawee Pimma¹ Janjira Muenrew¹ Sathit Cheenasorn¹ and Sukthai Pongpattanasiri^{2*}

¹นิสิตมหาบัณฑิตศึกษา ; ^{2*}อาจารย์ สำนักวิชาพลังงานและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร พะเยา 56000

*โทรศัพท์ : 0-5446-6666, โทรสาร : 0-5446-6704, E-mail : sukthaip@nu.ac.th

บทคัดย่อ

กว๊านพะเยาเป็นแหล่งน้ำที่สำคัญของเมืองพะเยา การศึกษาคุณภาพน้ำในกว๊านพะเยาเป็นแนวทางในการรักษาคุณภาพน้ำให้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานเพื่อประโยชน์ในการใช้น้ำของชาวพะเยา ทำการศึกษาคุณภาพน้ำ 4 จุด คือ บริเวณที่มีการเชื่อมต่อระหว่างพื้นที่การเกษตรและกว๊านพะเยา 2 จุด และบริเวณที่มีการขุดลอกกว๊านพะเยา 2 จุด ทำการศึกษาระหว่างเดือนมกราคมถึงเดือนตุลาคม 2552 ซึ่งเก็บตัวอย่างโดยวิธีจ้วง (grab samples) และวิเคราะห์ค่าออกซิเจนละลายในน้ำ ค่าการนำไฟฟ้า ค่าความเป็นกรดด่าง ปริมาณของแข็งแขวนลอยในน้ำ ลิตร และปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ต้องการในการย่อยอินทรีย์สารในน้ำ ซึ่งคุณภาพน้ำผิวดินมีค่าปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำ 4-7 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าการนำไฟฟ้า 90-300 ไมโครซีเมนส์ต่อเซนติเมตร ค่าความเป็นกรดด่าง 5-7 ปริมาณของแข็งแขวนลอยในน้ำ 15-60 มิลลิกรัมต่อลิตร และปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ต้องการในการย่อยอินทรีย์สารในน้ำ 3-19 มิลลิกรัมต่อลิตร และบริเวณที่ทำการขุดลอกกว๊านพะเยามีค่าเกินกว่าค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดิน ทั้งนี้คุณภาพน้ำดังกล่าวมีการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาล

คำสำคัญ : กว๊านพะเยา; คุณภาพน้ำ; น้ำผิวดิน

Abstract

The Kwan Phayao wetland is currently surrounded by agricultural lands and local villages in which the people still maintain their rural way of life. A survey had been conducted to monitor qualities of surface water in the agriculture area contact with Kwan Phayao 2 station and the dredge Kwan Phayao area 2 station. We study between January and October 2009. Sampling of surface water 1 time per month by grab samples and analyse DO EC pH BOD SS. The study showed DO 4-7 mg/L, EC 90-300 μ S/cm, pH 5-7, SS 15-60 mg/L and BOD 3-19 mg/L. In comparison with the standard values of surface water the area dredge Kwan Phayao became higher than the standard values and change with the season.

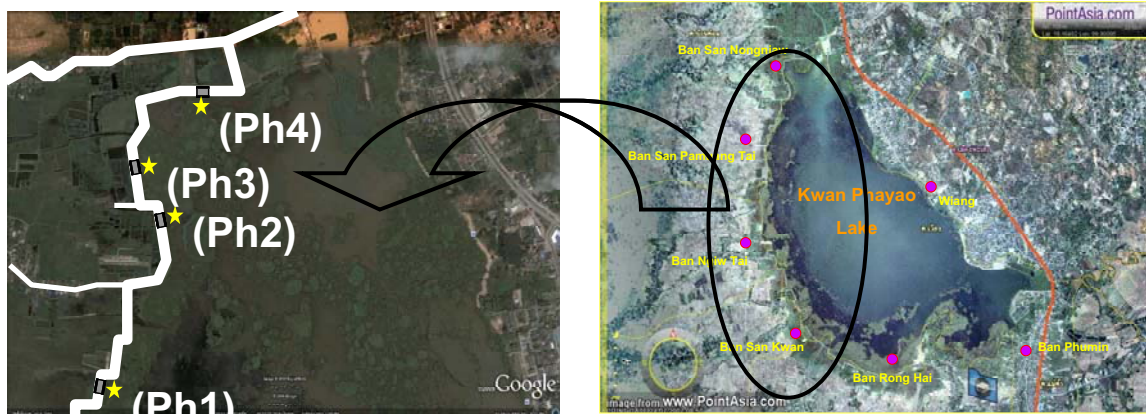
Keywords : phayao lake; water qualities; surface water



บทนำ

กว๊านพะเยามีตำแหน่งที่ตั้ง ละติจูดที่ $8.5^{\circ} 19' N$ $19^{\circ} 12' N$ และ ลองจิจูด ที่ $101^{\circ} 59' E$ $101^{\circ} 55' E$ ความสูงจากระดับน้ำทะเลโดยเฉลี่ย 386.40 เมตร มีเนื้อที่ 20.53 ตารางกิโลเมตร 1,283 ไร่ เป็นแหล่งน้ำธรรมชาติอยู่ใจกลางเมือง เกิดจากน้ำที่ไหลมาจากห้วยต่างๆ 18 สาย มีปริมาณน้ำเฉลี่ยปีละ 29.40 ล้านลูกบาศก์เมตร มีพื้นที่ปลาน้ำจืดกว่า 48 ชนิด กว๊านพะเยาเป็นแหล่งน้ำที่ล้อมรอบไปด้วยพื้นที่การเกษตรและสังคมเมือง ทำให้เกิดการแพร่กระจายของน้ำใช้ทางการเกษตรและน้ำจากกิจกรรมต่างๆ ไหลลงกว๊านพะเยาที่มีมีประตุน้ำควบคุมการปล่อยสู่แม่น้ำอิง จากนั้นน้ำจะไหลลงสู่แม่น้ำอิงที่ อำเภอเชียงของ จังหวัดเชียงราย [1] ถ้าน้ำที่ใช้ในพื้นที่ดังกล่าวมีสารเคมีตกค้าง จะส่งผลกระทบต่อคุณภาพน้ำในกว๊านพะเยาและแหล่งน้ำอื่นที่รับน้ำจากกว๊านพะเยาอีกด้วย ประกอบกับการขุดลอกกว๊านพะเยาทำให้เกิดการรบกวนระบบนิเวศกว๊านพะเยารวมทั้งทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพน้ำ

ด้วยเหตุผลดังกล่าวจึงเล็งเห็นความสำคัญในการติดตามตรวจสอบคุณภาพน้ำผิวดินบริเวณกว๊านพะเยา ในพื้นที่เก็บตัวอย่างทั้ง 4 จุด ดังรูปที่ 1 ซึ่งเป็นบริเวณที่มีการเชื่อมต่อระหว่างพื้นที่การเกษตรและกว๊านพะเยา 2 จุด และบริเวณที่มีการขุดลอกกว๊านพะเยา 2 จุด ทั้งนี้เพื่อเป็นแนวทางสู่การรักษาสภาพสิ่งแวดล้อมทางนิเวศวิทยา



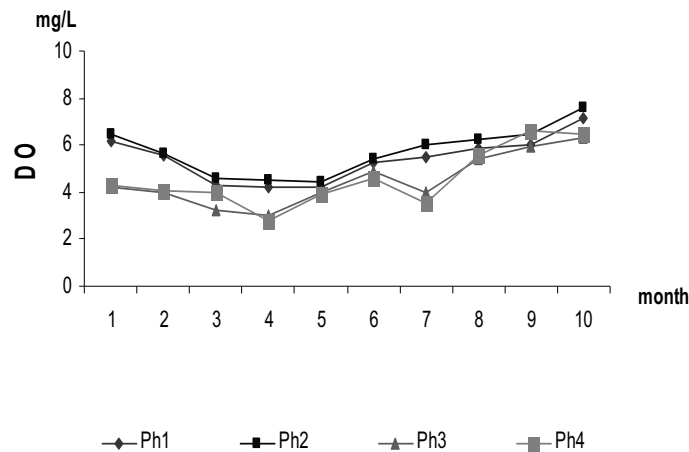
รูปที่ 1 กว๊านพะเยาและจุดเก็บตัวอย่าง

อุปกรณ์และวิธีการ

1. เก็บตัวอย่างน้ำเดือนละ 1 ครั้ง ตั้งแต่เดือนมกราคม 2552 ถึงเดือนตุลาคม 2552 โดยวิธีจ้วง (grab samples) ด้วยขวด Polyethylene รักษาไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส วิเคราะห์ DO, EC pH, BOD และ SS
2. จุดเก็บตัวอย่าง 4 จุด ได้แก่
 - จุดที่ 1 บริเวณที่มีการเชื่อมต่อระหว่างพื้นที่การเกษตรและกว๊านพะเยาจุดที่ 1 (Ph1)
 - จุดที่ 2 บริเวณที่มีการเชื่อมต่อระหว่างพื้นที่การเกษตรและกว๊านพะเยาจุดที่ 2 (Ph2)
 - จุดที่ 3 บริเวณที่มีการขุดลอกกว๊านพะเยาจุดที่ 1 (Ph3)
 - จุดที่ 4 บริเวณที่มีการขุดลอกกว๊านพะเยาจุดที่ 2 (Ph4)

ผลการทดลองและวิจารณ์

ปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำในช่วงเดือนมกราคมพบว่าบริเวณ Ph1 และบริเวณ Ph2 มีค่าใกล้เคียงกัน คือ 6.2 และ 6.5 มิลลิกรัมต่อลิตร บริเวณ Ph3 และบริเวณ Ph4 มีค่าน้อยกว่า คือ อยู่ในช่วง 4.2 และ 4.3 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำในกว๊านพะเยา เดือนเมษายน ปี 2552 โดยศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืดพะเยา [2] จากนั้นปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำจะลดลงในช่วงกุมภาพันธ์ถึงมีนาคมซึ่งเป็นช่วงฤดูร้อนในช่วงเดือนเมษายนบริเวณ Ph3 และบริเวณ Ph4 มีค่าต่ำสุด คือ 2.9 และ 2.7 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งมีค่าต่ำกว่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน (4 มิลลิกรัมต่อลิตร) [3] และค่าปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำจะเพิ่มขึ้นในช่วงฤดูฝน โดยปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำจะเริ่มสูงขึ้นตั้งแต่เดือนมิถุนายนถึงเดือนตุลาคม ทั้งนี้พบว่าในเดือนกรกฎาคม บริเวณ Ph3 และบริเวณ Ph4 มีปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำลดลงอยู่ในช่วง 3.9 และ 3.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากบริเวณดังกล่าวถูกรบกวนจากการขุดลอกกว๊านในช่วงนั้นและในช่วงเดือนตุลาคมพบว่าทั้ง 4 สถานีมีปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำสูงที่สุด คืออยู่ในช่วง 6-7 มิลลิกรัมต่อลิตร ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 ปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำ

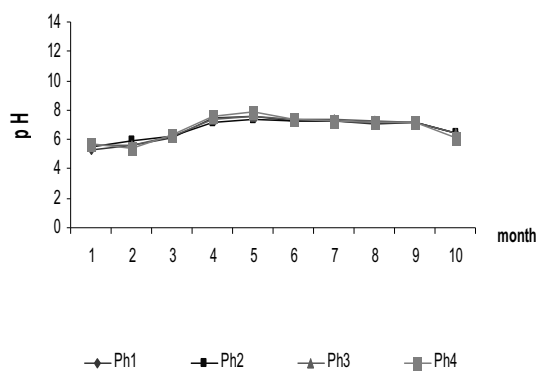
ค่าความเป็นกรดต่างพบว่าทั้ง 4 สถานีมีค่าไม่แตกต่างกันทั้งนี้อยู่ในช่วง 5-7 พบว่าในช่วงเดือนมกราคมถึงเดือนกุมภาพันธ์มีค่าต่ำสุด คือ 5 และจะมีค่าสูงในช่วงเดือนเมษายนถึงเดือนพฤษภาคม ในเดือนมิถุนายนถึงเดือนกันยายนมีค่าใกล้เคียงกันคืออยู่ในช่วง 7-7.5 และค่าลดลงในเดือนตุลาคมอยู่ในช่วง 6-6.5 ทั้งนี้อาจเนื่องมาจาก ฝนที่ตกหนัก น้ำนิ่ง หรือน้ำที่มีการย่อยสลายเศษใบไม้มาก อาจทำให้ pH ของน้ำในช่วงเวลาต่างกันของปีเปลี่ยนแปลงไป นอกจากนี้ค่าความเป็นกรดต่างยังอยู่ในมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน (5-9) ดังรูปที่ 3

ค่าการนำไฟฟ้าพบว่าการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลซึ่งจะมีค่าสูงในช่วงฤดูร้อนและมีค่าต่ำในฤดูฝนทั้งนี้อาจเนื่องจากในช่วงฤดูแล้งน้ำมีปริมาณเกลือแร่ปะปนอยู่มาก อีกทั้งในช่วงฤดูร้อน อุณหภูมิของอากาศสูง อุณหภูมิของน้ำจึงสูงและทำให้อินทรีย์สารแตกตัวเพิ่มขึ้น ความเข้มข้นของอินทรีย์สารเพิ่มขึ้น การนำไฟฟ้าจึงสูงตามไปด้วย [4] ในช่วงเดือนมกราคมถึงเดือนกุมภาพันธ์พบว่าทั้ง 4 จุดมีค่าใกล้เคียงกันคืออยู่ในช่วง 100-120 และ 130-150 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร ช่วงเดือนเมษายนถึงเดือนพฤษภาคมพบว่าค่าการนำไฟฟ้ามีค่าสูงที่สุดอยู่ในช่วง 130-300 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร ซึ่งบริเวณ Ph3 และบริเวณ Ph4 มีค่าสูงกว่าบริเวณ Ph1 และบริเวณ Ph2 จากนั้นค่าการนำไฟฟ้าจะลดลงในช่วงเดือนกรกฎาคมถึงเดือนตุลาคมซึ่งค่าอยู่ในช่วง 60-80 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร เป็นค่าที่ต่ำสุดซึ่งค่าการนำไฟฟ้าทั้งหมดพบว่ายังอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำในทางน้ำชลประทาน [5] ดังรูปที่ 4

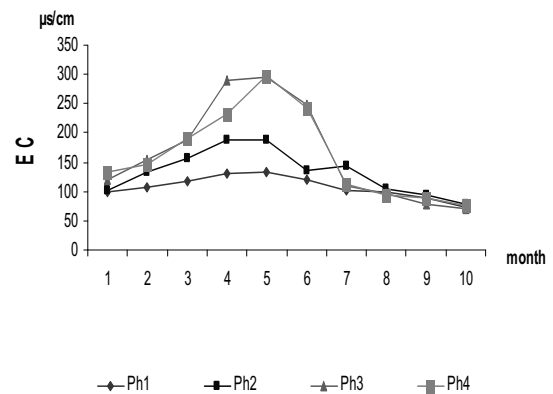


ปริมาณของแข็งแขวนลอยในน้ำในทั้ง 4 สถานีพบว่าบริเวณ Ph1, Ph2 และบริเวณ Ph3, Ph4 มีความแตกต่างกันตลอดระยะเวลาการสำรวจซึ่งบริเวณ Ph3, Ph4 นั้นมีปริมาณของแข็งแขวนลอยในน้ำมากกว่าบริเวณ Ph1, Ph2 จากกราฟพบว่าปริมาณของแข็งแขวนลอยในน้ำจะเพิ่มขึ้นในช่วงเดือนมิถุนายนถึงเดือนตุลาคม นอกจากนี้ยังพบว่าปริมาณของแข็งแขวนลอยในน้ำมีปริมาณมากกว่า 25 มิลลิกรัมต่อลิตรซึ่งมีค่ามากกว่าค่าเกณฑ์คุณภาพน้ำที่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำ [6] ซึ่งในช่วงของฤดูฝน ทั้งนี้ในช่วงฤดูฝนอาจเกิดการพัดพาตะกอนลงสู่แหล่งน้ำโดยน้ำฝน [7] ดังรูปที่ 5

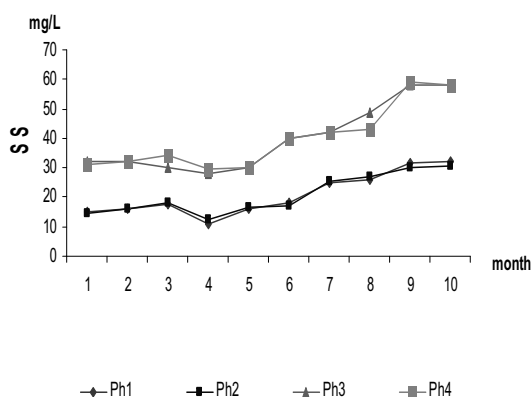
ปริมาณของออกซิเจนที่จุลินทรีย์ต้องการในการย่อยอินทรีย์สารในน้ำ เดือนมกราคมถึงเดือนกุมภาพันธ์ช่วงแรกของการสำรวจพบว่าทั้ง 4 สถานีมีค่าไม่แตกต่างกันโดยมีค่าอยู่ในช่วง 6 - 6.7 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำในกวันพะเยา เดือนเมษายน ปี 2552 โดยศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืดพะเยา [2] ตั้งแต่เดือนมีนาคมพบว่าบริเวณ Ph3, Ph4 มีค่าสูงกว่าบริเวณ Ph1, Ph2 ในช่วงเดือนมีนาคมถึงเดือนมิถุนายนพบว่าทั้งบริเวณ Ph1, Ph2 และ Ph3, Ph4 มีค่าสูงสุด ซึ่งอยู่ในช่วงฤดูร้อนและค่าปริมาณของออกซิเจนที่จุลินทรีย์ต้องการในการย่อยอินทรีย์สารในน้ำ จะลดลงในช่วงเดือนกรกฎาคมถึงเดือนตุลาคมซึ่งเป็นช่วงฤดูฝน ทั้งนี้เนื่องจากฝนที่ตกในฤดูฝนอาจจะทำการเจือจางสิ่งสกปรกต่างๆ ในน้ำจึงทำให้ค่าปริมาณของออกซิเจนที่จุลินทรีย์ต้องการในการย่อยอินทรีย์สารในน้ำลดลงในช่วงนี้ด้วยดังรูปที่ 6



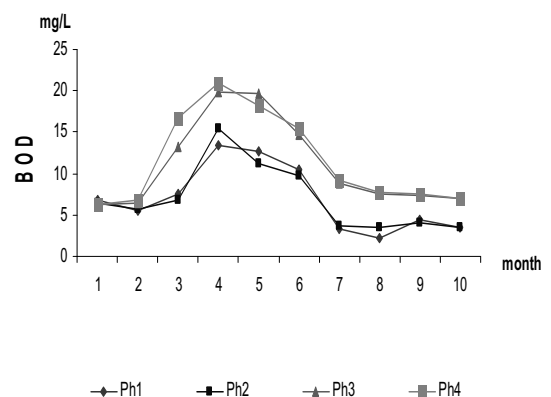
รูปที่ 3 ค่าความเป็นกรดด่าง



รูปที่ 4 ค่าการนำไฟฟ้า

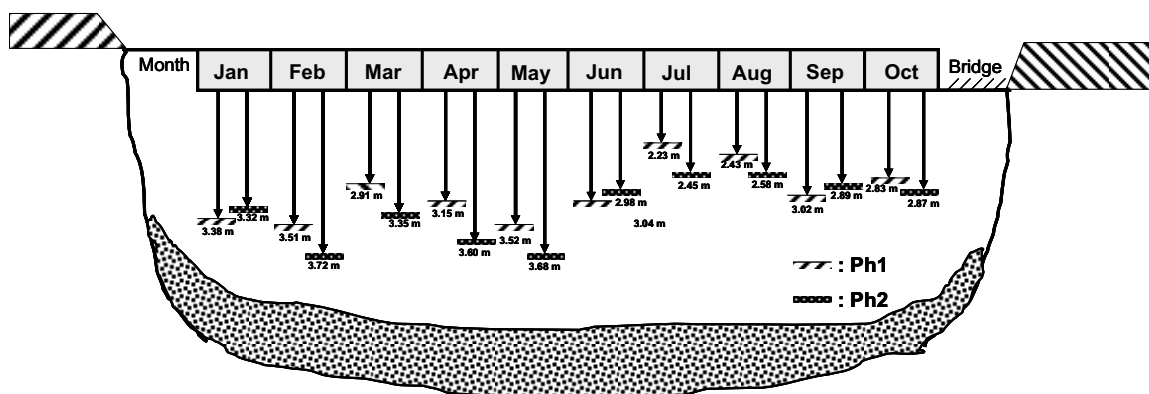


รูปที่ 5 ปริมาณของแข็งแขวนลอยในน้ำ



รูปที่ 6 ปริมาณของออกซิเจนที่จุลินทรีย์ ต้องการในการย่อยอินทรีย์สารในน้ำ

จากรูปที่ 7 ทำการวัดระดับน้ำในกว๊านพะเยาจากระดับสะพานในบริเวณ Ph1, Ph2 พบว่า ระดับน้ำจากทั้ง 2 จุด มีการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลซึ่งในฤดูร้อนระดับน้ำอยู่ที่ระดับ 3.38-3.72 เมตร โดยในเดือนเมษายนถึงพฤษภาคมมีค่าต่ำสุด ในขณะที่ช่วงฤดูฝนระดับน้ำอยู่ที่ 2.23-2.87 เมตร ในช่วงเดือนกรกฎาคมถึงเดือนสิงหาคมพบมีระดับน้ำสูงที่สุด จากรูปที่ 6 และรูปที่ 7 พบว่าที่ระดับน้ำในเดือนเมษายนถึงพฤษภาคมมีค่าต่ำจะทำให้ค่าปริมาณของออกซิเจนที่จุลินทรีย์ต้องการในการย่อยอินทรียสารในน้ำมีปริมาณสูงและค่าปริมาณของออกซิเจนที่จุลินทรีย์ต้องการในการย่อยอินทรียสารเริ่มลดต่ำลงตั้งแต่เดือนกรกฎาคมซึ่งเป็นช่วงที่ปริมาณน้ำในกว๊านพะเยาเริ่มมีปริมาณมากขึ้น ดังนั้นปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ต้องการในการย่อยอินทรียสารจึงมีความสัมพันธ์กับระดับน้ำในกว๊านพะเยา



รูปที่ 7 ระดับน้ำในกว๊านพะเยาวัดจากขอบสะพาน

จากตารางที่ 1 พบว่าค่าความเป็นกรดต่าง (pH) ในช่วงฤดูร้อนจะต่ำกว่าในช่วงฤดูฝนแต่อย่างไรก็ตามคุณภาพน้ำในทั้ง 2 ฤดูยังอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน ค่าการนำไฟฟ้า (EC) ในช่วงฤดูร้อนจะมีค่ามากกว่าในฤดูฝนอาจเนื่องมาจากในช่วงฤดูแล้งน้ำมีปริมาณเกลือแร่ปะปนอยู่มาก อีกทั้งในช่วงฤดูร้อน อุณหภูมิของอากาศสูง อุณหภูมิของน้ำจึงสูง และทำให้อินทรีย์ แยกตัวเพิ่มขึ้น ความเข้มข้นของอินทรีย์เพิ่มขึ้น การนำไฟฟ้าจึงสูงตามไปด้วย แต่ค่าการนำไฟฟ้าง่ายกว่าค่ามาตรฐานอยู่มาก ปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำ (DO) ในช่วงฤดูแล้งจะมีค่าค่อนข้างต่ำโดยเฉพาะบริเวณ Ph3 และ Ph4 มีค่าต่ำกว่ามาตรฐาน และจะเพิ่มขึ้นในช่วงฤดูฝนซึ่งมีค่ามากกว่าเกณฑ์มาตรฐาน ปริมาณของออกซิเจนที่จุลินทรีย์ ต้องการในการย่อยอินทรียสารในน้ำ (BOD) พบว่ามีค่ามากกว่าค่ามาตรฐานตลอดระยะเวลาการสำรวจโดยเฉพาะบริเวณ Ph3 และ Ph4 มีค่าสูงถึง 13.10 และ 13.82 มิลลิกรัมต่อลิตร แต่ค่า BOD จะลดลงในช่วงฤดูฝนทั้งนี้อาจเนื่องมาจากปริมาณน้ำฝนที่เพิ่มระดับน้ำในกว๊านพะเยาทำให้เกิดการเจือจางสิ่งสกปรก ค่า BOD จึงลดลง ทำให้ ค่า BOD ในบริเวณ Ph1 และ Ph2 มีค่าเป็น 4.74 และ 4.85 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนบริเวณ Ph3 และ Ph4 มีค่าเป็น 9.09 และ 9.35 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณของแข็งแขวนลอยในน้ำ (SS) พบว่าในช่วงฤดูแล้งบริเวณ Ph1 และ Ph2 ยังมีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานแต่บริเวณ Ph3 และ Ph4 มีค่ามากกว่าเกณฑ์มาตรฐาน ทั้งนี้ปริมาณ SS ได้เพิ่มมากขึ้นในช่วงฤดูฝนที่เกิดจากการชะล้างหน้าดินและพัดพาน้ำตะกอนลงสู่แหล่งน้ำ ทำให้ปริมาณ SS ทั้ง 4 จุดมีค่าเพิ่มขึ้นและมีค่ามากกว่าเกณฑ์มาตรฐาน โดยบริเวณ Ph3 และ Ph4 มีค่าสูงที่สุดถึง 49.41 มิลลิกรัมต่อลิตร เมื่อทำการเปรียบเทียบบริเวณจุดเก็บตัวอย่างในบริเวณ Ph1, Ph2 และ Ph3, Ph4 ทั้งนี้ตลอดระยะเวลาการสำรวจคุณภาพน้ำในบริเวณ Ph3, Ph4 พบว่ามีคุณภาพน้ำต่ำกว่าบริเวณ Ph1, Ph2 โดยเฉพาะค่า SS และ BOD จากรูปที่ 5 และ 6 จะเห็นว่าบริเวณ Ph3, Ph4 มีค่ามากกว่าบริเวณ Ph1, Ph2 อยู่มากและตลอดระยะเวลาการสำรวจซึ่งการวิเคราะห์เบื้องต้นจะเห็นว่าบริเวณ Ph3, Ph4 ส่งผลกระทบต่อคุณภาพน้ำในกว๊านพะเยามากกว่าบริเวณ Ph1, Ph2



ตารางที่ 1 คุณภาพน้ำในฤดูแล้งและฤดูฝน

ช่วงฤดูกาล	จุดเก็บตัวอย่าง	pH	EC ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	DO (mg/L)	BOD (mg/L)	SS (mg/L)	ระดับน้ำ (cm)
(มกราคมถึงพฤษภาคม) ฤดูร้อน	Ph1	6.42	117.36	4.89	9.17	15.22	3.29
	Ph2	6.42	153.80	5.13	9.11	15.71	3.53
	Ph3	6.48	209.98	3.69	13.10	30.40	
	Ph4	6.58	199.40	3.81	13.82	31.28	
(มิถุนายนถึงตุลาคม) ฤดูฝน	Ph1	7.05	96.64	5.95	4.74	26.43	2.71
	Ph2	7.04	111.02	6.33	4.85	26.02	2.75
	Ph3	7.10	120.44	5.31	9.09	49.41	
	Ph4	7.03	122.40	5.34	9.35	49.41	
มาตรฐาน		5-9 ¹	2,000 ³	4 ¹	2 ¹	25 ²	

หมายเหตุ

¹มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน

²เกณฑ์คุณภาพน้ำที่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำ

³มาตรฐานน้ำเพื่อการชลประทาน

สรุป

จากการสำรวจคุณภาพน้ำผิวดินของก๊วนพะเยาบริเวณที่มีการเชื่อมต่อระหว่างพื้นที่การเกษตรและก๊วนพะเยา (Ph1, Ph2) และบริเวณที่มีการขุดลอกก๊วนพะเยา (Ph3, Ph4) ในทั้ง 4 สถานี พบว่าค่าความเป็นกรดด่างและค่าการนำไฟฟ้ายังอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำตลอดการสำรวจ ในทั้ง 4 สถานี ปริมาณของแข็งแขวนลอยในน้ำและปริมาณของออกซิเจนที่จุลินทรีย์ต้องการในการย่อยอินทรีย์สารในน้ำในบริเวณที่มีการขุดลอกก๊วนพะเยา (Ph3, Ph4) มีค่าเกินมาตรฐานคุณภาพน้ำตลอดระยะเวลาการสำรวจ ส่วนปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำจะมีค่าต่ำกว่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในช่วงฤดูร้อน ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการขุดลอกก๊วนพะเยาส่งผลกระทบต่อคุณภาพน้ำในก๊วนพะเยา โดยเฉพาะบริเวณที่ทำการขุดลอกก๊วนพะเยาดังกล่าว ทั้งนี้ควรมีการดำเนินการในการจัดการคุณภาพน้ำในก๊วนพะเยาให้มีคุณภาพที่ดีและส่งผลกระทบต่อคุณภาพน้ำในก๊วนพะเยาน้อยที่สุด

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) และสำนักงานคณะกรรมการอุดมศึกษา (สกอ.) ที่สนับสนุนทุนวิจัยในครั้งนี้ และขอขอบพระคุณมหาวิทยาลัยนเรศวร พะเยา ที่ให้การสนับสนุนในทุกๆด้าน



เอกสารอ้างอิง

- [1] Thatharn N. 2007. Wat Tilokaram underneath Kwan Phayao Lake. Retrieved May 28, 2007 from URL: <http://teakdoor.com/northern-thailand-forum/14195-wat-tilokaram-underneath-kwan-phayao-lake.html>.
- [2] ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำในกว๊านพะเยา ปี 2552. ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืดพะเยา. 2552
- [3] มาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดิน. กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม สืบค้นจาก http://www.pcd.go.th/Info_serv/reg_std_water.html. เมื่อวันที่ 29 ธันวาคม 2552
- [4] กรรณิการ์ สิริสิงห์. 2522. เคมีของน้ำ น้ำโสโครก และการวิเคราะห์. บริษัทประยูร, กรุงเทพฯ. 387 น.
- [5] เกณฑ์คุณภาพน้ำที่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำ. กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. สืบค้นจาก http://www.pcd.go.th/info_serv/reg_std_water06.html. เมื่อวันที่ 29 ธันวาคม 2552
- [6] หลักเกณฑ์การกำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำทั้งในทางน้ำชลประทาน. คำสั่งกรมชลประทานที่ 883/2532 เรื่องการป้องกันและการแก้ไขการระบายน้ำทั้งที่มีคุณภาพต่ำลงทางน้ำชลประทานและทางน้ำที่เชื่อมกับทางน้ำชลประทานในเขตพื้นที่โครงการชลประทาน ลงวันที่ 19 ธันวาคม 2532 (ภาคผนวก ก). สืบค้นจาก http://www.pcd.go.th/Info_serv/reg_std_water05.html. เมื่อวันที่ 29 ธันวาคม 2552
- [7] Santiwat Pithakpol. 2007. The of maintenance dredging on water quality and phytoplankton standing stock in Kwan Phayao lake, Thailand. วารสารมหาวิทยาลัยนเรศวร.

Monitoring in Submerged Paddy Field for Alternative Reclamation of Paddy Field Structure to Decrease Diffuse Pollution to Wetlands: A Case Study of Phayao Lake Wetland

Sukthai Pongpattanasiri^{1*}

¹ School of Energy and Environment, Naresuan University, Phayao 56000 Thailand.

*E-mail: sukthaip@nu.ac.th

Abstract

The growth and development of cultures around the Phayao Lake are very different. One side is a city that discharges municipal wastewater from several point sources into the Phayao Lake. The other side is full of agricultural villages surrounded by mountains. In the villages, most people grow rice for living using a traditional way. The wastewater from farming activities can contaminate the Phayao Lake in 2 ways including direct drainage from paddy field (surface drainage) and water leakage from the field (seepage). Subsequently, the contamination may cause eutrophication and affect the state and the diversity of lives in the wetland.

Keywords: submerged paddy field, wetland, Phayao Lake

Introduction

“Kwan Phayao” (Phayao Lake) is not only an important international wetland but also the largest wetland in upper Northern Thailand. It is a part of the Ing River, the 55th international watershed, which flows into Mae Kong Basins. The Phayao Lake wetland is of a semi-closed ecosystem with a shallow surface-water level. It is valuable to the people nearby regarding ecology, economics, and society. This increases the exploitation of the resources in the wetland.

Material and Methods

The water and groundwater was collected from paddy field of Phayao Lake (Figure 1). And physical and chemical properties of water sample were measured as pH value were measured by pH/ORP meter. Dissolved oxygen was measured by DO meter. Finally, electric conductivity (EC) was measured by EC meter et al. The concentration of soluble elements such as Iron (Fe), Cadmium (Cd) and Lead (Pb) were measured by fast sequential atomic absorption spectrometry analysis (Varian AA 240FS).

Results and discussion

In early cultivation season, the level of suspended

solids (SS) after soil puddle was around 160-200 mg/L, which is higher than the standard value (100 mg/L) for water used in agriculture. The pH of groundwater (6-8) was higher than that of the paddy soil water (5-6). The dissolved oxygen (DO) of groundwater was very low (1.5-3.0 mg/L). For the water in paddy field and in the buffer zone of Phayao Lake wetland, the typical DO was 3-5 mg/L. The electrical conductivity (EC) of groundwater (300 – 600 μ S/cm) was much higher than that of the water in the paddy field (<300 μ S/cm). However, the EC of water in the paddy field increased (~300 μ S/cm) in the puddling period. The concentration of iron (Fe) in water in the paddy field (>3 mg/L), over the standard value for water quality guidance recommended for fresh water animals (PCD, 2008), was higher than that in the groundwater and the Phayao Lake. Also the concentration of potassium (K) showed a similar trend to Fe. Concentrations of heavy metals such as cadmium (0.1-0.2 mg/L) and lead (~1 mg/L) in the period of growing season decreased to 0.5-1 mg/L for both metals in the later period. Moreover, the soil density (1.5-1.6 g/cm³) and soil porosity (35-40%) were high while water infiltration through soil was low (10⁻⁴ cm/s). If the land is flooded, it is easy for pollutants to diffuse into the Phayao Lake.

The water height in the paddy field (during the growing season) was 5-20 cm with an average of 12 cm (July.-Sept.). In Oct. to Nov. 2007, which experienced heavy rain and flood, the maximum water height was at 47 cm (35.9 cm average). The level of water in the paddy field followed the water level in the Phayao Lake. In Jul. to Sept. 2007, the water stage in the Phayao Lake increased from 20 to 85 cm and in Oct. to Dec. 2007, to 100 – 140 cm. The water stage in the lake decreased in Jan. 2008 (80 cm).

The groundwater levels underneath the upper field was 50-80 cm deep and that below the lower field was 40-50 cm deep. This means the level of underground water underneath the lower field is lower than that underneath the upper field around 10-30 cm.

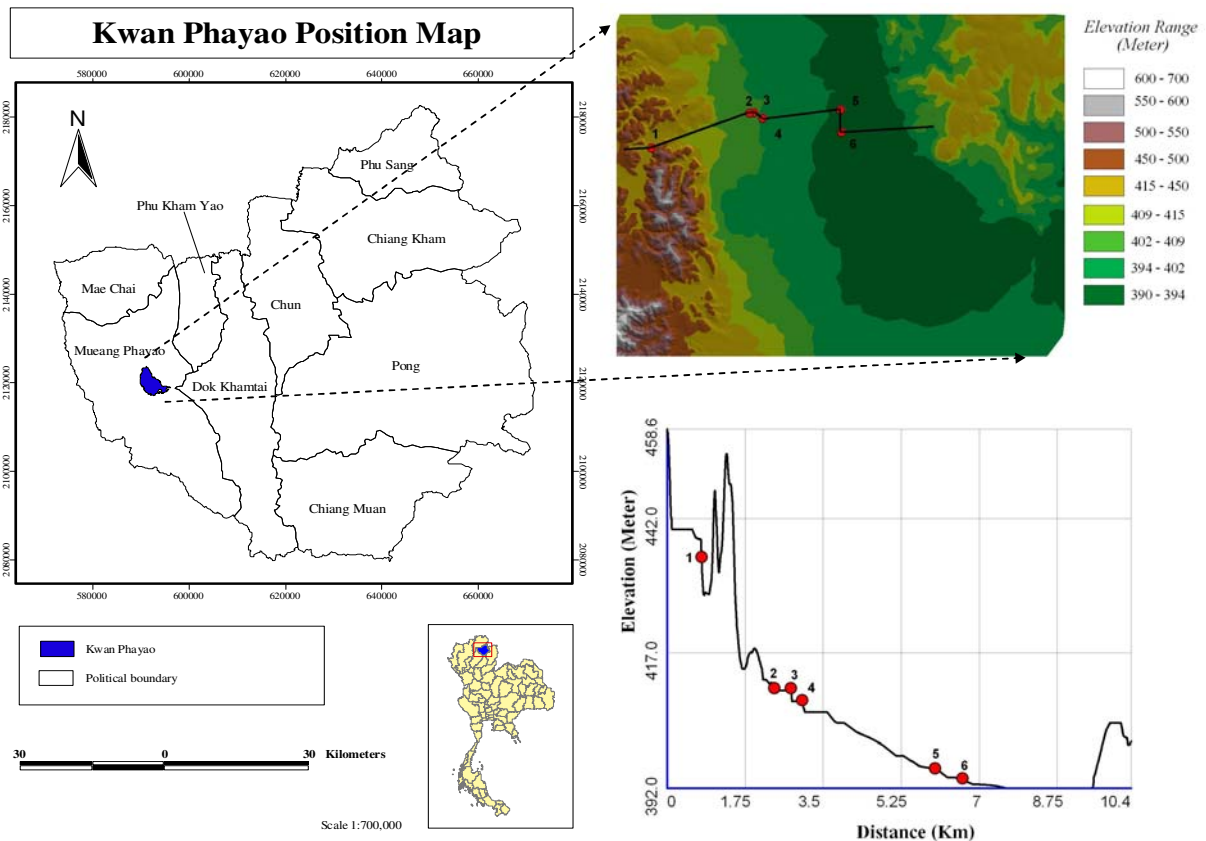


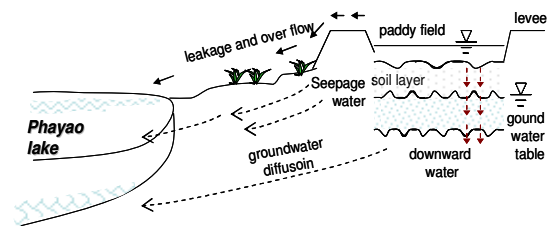
Figure 1 The water and groundwater was collected from paddy field of Phayao Lake Wetland

Together with the data for the water level at the soil surface, the results indicate that water tended to flow from the agricultural area to Phayao Lake. Hence, heavy metals, chemical substances and sediment from the paddy field are possibly carried to Phayao Lake. This will cause microorganisms in water to demand more oxygen to decompose the contaminant which come from the paddy field and thus affect other livings in Phayao Lake. Besides, the paddy fields near Phayao Lake has very thin layer of soil surface (< 60 cm deep) with the layer of sand lied beneath it. If there is a contamination caused by chemical substances or some inorganic materials, they will infiltrate through soil layers to the underground water (which the level of water is quite high).

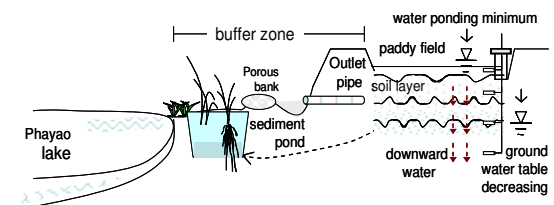
Conclusions

Contaminants may migrate into the Phayao Lake. According to the physical of soil layers as mention above, the soil here has low infiltration ability and it will not decrease the amount of contaminants which will flow to Phayao Lake. The management should start from creating the zone for agriculture. The relationship between the agricultural land and the possible usage must be created in the way that enhance the usage economically and appropriate with specific geographical features. The purpose of

this is to suit the usage to the state of the land and to modify percolation potential of the paddy field.



A: Phayao Lake wetland and submerged paddy field areas



B: The simulation of submerged paddy field areas for Phayao Lake wetland in the future

Figure 2. Alternative reclamation of paddy field structure for decreasing diffuse of pollution to Phayao Lake wetland.

Also the creation of the network of the areas to store water and miniature sediments from the paddy field located next to Phayao Lake will reduce the contamination. Using local plants or artificial ponds to absorb contaminants are also good options (Figure 2).

Acknowledgments

This research project was supported by the Thailand Research Fund (TRF).

References

Pollution control department. March, 2008. Water Quality Standards. Retrieved April 1, 2008, from http://www.pcd.go.th/info_serv/en_reg_std_water05.html#s3