



รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

การพัฒนาต้นแบบระบบการปลูกพืชในแนวตั้งร่วมกับการเลี้ยงปลา
เพื่อความมั่นคงด้านอาหารในสภาพชุมชนเมือง

A Development of Vertical Garden Model Using
Aquaponics System for Food Security on Urban
Community

โดย

นาย นริศ สินศิริ

มิถุนายน 2557



รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

การพัฒนาต้นแบบระบบการปลูกพืชในแนวตั้ง
ร่วมกับการเลี้ยงปลา

เพื่อความมั่นคงด้านอาหารในสภาพชุมชนเมือง

A Development of Vertical Garden Model Using
Aquaponics System for Food Security on Urban
Community

โดย

นาย นริศ สินศิริ

มิถุนายน 2557

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

การพัฒนาต้นแบบระบบการปลูกพืชในแนวตั้ง
ร่วมกับการเลี้ยงปลา
เพื่อความมั่นคงด้านอาหารในสภาพชุมชนเมือง

คณะผู้วิจัย

ผศ.ดร. นริศ สิ้นศิริ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

ผศ.ดร. วรรทนา สิ้นศิริ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

(ความคิดเห็นในรายงานนี้เป็นของผู้วิจัย สกว. ไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป)

คำนำ

ภายใต้วิกฤตการณ์ของสภาพแวดล้อมโลกที่เปลี่ยนแปลงอย่างรุนแรงโดยเฉพาะอย่างยิ่งคือการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของโลก ส่งผลให้เกิดภัยพิบัติอันเนื่องมาจากอุณหภูมิของโลกสูงขึ้น เช่น พายุที่มีความรุนแรงมากเกิดมากขึ้นนำความเสียหายมาสู่พื้นที่การเกษตรและชุมชนเมือง ภัยพิบัติอื่นๆ แผ่นดินไหว น้ำท่วมอย่างหนักในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ออสเตรเลีย พายุหิมะที่รุนแรงมากในยูเครน ญี่ปุ่น จีน และเกิดคลื่นความร้อนรุนแรงในสหรัฐอเมริกา มีผลทำให้พื้นที่ผลิตอาหารที่สำคัญของโลกหลายแห่งเกิดความเสียหายต่อพืชผลทางการเกษตร จึงเป็นที่วิตกกังวลอย่างยิ่ง ต่อสถานการณ์ความมั่นคงทางอาหารของโลก ตัวอย่าง เช่น น้ำท่วมพื้นที่ภาคกลางของไทยในปลายปี พ.ศ. 2554 ทำให้ประชาชนในชุมชนเมืองขาดแคลนอาหารอย่างหนักไม่สามารถเข้าถึงอาหารได้ ไม่มีแหล่งอาหารให้หาซื้อ จนต้องอพยพเคลื่อนย้ายออกไปนอกพื้นที่ หลังน้ำลดลง การฟื้นฟูพื้นที่ประสบภัยพิบัตียังคงต้องใช้เวลาหลายเดือน ทำให้พื้นที่สำหรับผลิตพืชอาหารบริเวณนั้นไม่สามารถใช้ได้ ดังนั้นทำอย่างไรจึงจะทำให้ผู้ที่ประสบภัยพิบัติเช่นนี้มีอาหารบริโภคในช่วงที่เกิดภัยพิบัติได้

ในสังคมเมืองไม่สามารถทำการเกษตรเพื่อผลิตอาหารให้เพียงพอต่อความต้องการบริโภคของครอบครัวได้ ซึ่งต่างกับสังคมในชนบทที่ยึดอาชีพการทำการเกษตร โดยเฉพาะการเกษตรแบบพอเพียงที่ปลูกทุกอย่างที่กินและกินทุกอย่างที่ปลูก ซึ่งความพอเพียงนี้เกิดมากขึ้นในสังคมชนบท ขณะที่สังคมเมืองไม่มีพื้นที่ดินทำการเกษตร แต่หากวิเคราะห์กันอย่างจริงจัง ในบ้านเรือนของคนในสังคมเมืองมีพื้นที่ที่ได้รับแสง เช่น ผนังบ้าน หลังคาบ้านดาดฟ้าตึก เป็นพื้นที่ที่นำมาใช้ประโยชน์ได้ทั้งสิ้นโดยการปลูกต้นไม้ในแนวตั้ง (vertical garden) แม้จะไม่มากแต่หากใช้วิธีที่มีประสิทธิภาพที่ใช้พื้นที่ทุกตารางนิ้ว ทั้งในแนวนอนและแนวตั้งแล้วจะพบว่า อาจมีพื้นที่มากพอที่จะผลิตอาหารได้เป็นจำนวนมากเช่นเดียวกัน

การนำเอาหลักการปลูกพืชในสารละลายที่ใช้ปุ๋ยเคมีเป็นแหล่งธาตุอาหารพืช (hydroponics) เปลี่ยนมาเป็นการใช้ธาตุอาหารพืชจากน้ำเลี้ยงปลา (aquaponics) มาพัฒนาร่วมกับระบบการปลูกต้นไม้ในแนวตั้ง (vertical garden) ที่เป็นแนวคิดของการผลิตอาหารในพื้นที่จำกัด ดังนั้นโครงการวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาต้นแบบระบบการปลูกพืชผักในแนวตั้ง ร่วมกับการใช้น้ำจากระบบการเลี้ยงปลา และเพื่อสร้างองค์ความรู้ด้านการจัดการระบบการผลิตผักร่วมกับการเลี้ยงปลาเพื่อเผยแพร่ความรู้ไปยังชุมชนเมืองที่ต้องการผลิตอาหารภายในครัวเรือนได้ด้วยตนเองในพื้นที่จำกัด จากการดำเนินการวิจัยที่ผ่านมาสามารถพัฒนาระบบปลูกพืชในแนวตั้งร่วมกับการเลี้ยงปลาได้สำเร็จซึ่งเป็นนวัตกรรมใหม่และได้นำเสนอเพื่อการฝึกอบรมให้แก่ผู้สนใจ ในโครงการของมูลนิธิลูกพระดาบสเมื่อ พฤษภาคม 2557 ที่ผ่านมา ความสำเร็จของโครงการนี้เกิดจากแนวคิดของการที่จะแก้ไขปัญหาให้กับสังคมเมืองของกลุ่มคนหลายคนซึ่งบุคคลเหล่านี้มีส่วนช่วยอย่างยิ่งที่ทำให้โครงการนี้สำเร็จลงซึ่งผู้วิจัยต้องขอขอบคุณไว้เป็นอย่างสูง โดยเฉพาะ รศ.ดร. กมล เลิศรัตน์ ที่ปรึกษาโครงการ และ สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย ผู้ให้ทุนสนับสนุนการวิจัย

ผศ.ดร. นริศ สินศิริ

หัวหน้าโครงการวิจัยฯ

การพัฒนาต้นแบบระบบการปลูกพืชในแนวตั้งร่วมกับการเลี้ยงปลา เพื่อความมั่นคงด้านอาหารในสภาพชุมชนเมือง

ผศ.ดร. นริศ สินศิริ

ผศ.ดร. วรธนา สินศิริ

มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

E-mail: naris.s@msu.ac.th

E-mail: wantana.sinsiri@gmail.com

บทคัดย่อ

การพัฒนาต้นแบบระบบการปลูกพืชในแนวตั้งร่วมกับการเลี้ยงปลาเพื่อความมั่นคงด้านอาหารในสภาพชุมชนเมือง มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาต้นแบบระบบการปลูกพืชผักในแนวตั้ง ร่วมกับการใช้น้ำจากระบบการเลี้ยงปลา และเพื่อสร้างองค์ความรู้ด้านการจัดการระบบการผลิตผักร่วมกับการเลี้ยงปลาเพื่อเผยแพร่ความรู้ไปยังชุมชนเมือง ในการดำเนินการวิจัยสามารถออกแบบพัฒนาระบบปลูกพืชในแนวตั้งร่วมกับการใช้น้ำเลี้ยงปลาได้สำเร็จซึ่งเป็นผลมาจากการออกแบบระบบปลูกพืชในแนวตั้งในเบื้องต้น 6 นวัตกรรมปลูกพืชแนวตั้งทั้ง 6 แบบไปทดลองปลูกพืชร่วมกับวัสดุปลูกพืชหลายชนิดในระบบที่ใช้น้ำเลี้ยงปลาเป็นปุ๋ยสำหรับพืชรวม 5 การทดลองคือ การทดลองที่ 1 การศึกษาวัสดุปลูกร่วมกับระดับของการให้น้ำต่อความต้องการน้ำที่เหมาะสมในการเจริญเติบโตของผักสลัด ในระบบปลูกพืชในแนวตั้งแบบราวตากผ้า ผลการทดลองพบว่าระดับการให้น้ำ 4 ครั้งต่อวันและวัสดุปลูกขุยมะพร้าวผสมถ่านแกลบ (1:1) มีผลทำให้การเจริญเติบโตของผักสลัดดีที่สุด

การทดลองที่ 2 การทดสอบระบบปลูกในแนวตั้งด้วยน้ำเลี้ยงปลาดุก ทำการทดลองในระบบปลูกแบบราวตากผ้า 4 แฉก เพื่อศึกษาการบดบังของแสงที่เกิดจากการบังแสงของพืชที่อยู่สูงต่ำแตกต่างกัน ผลการทดลองพบว่า พืชที่อยู่ชั้นบนเจริญเติบโตได้ดีกว่าเนื่องจากปริมาณแสงและธาตุอาหารที่พืชก่อนและดูดซับไว้ได้มากกว่าจึงทำให้พืชที่ปลูกชั้นบนเจริญเติบโตได้ดีกว่า อย่างไรก็ตามพบว่าน้ำเลี้ยงปลาดุกมี pH อยู่ที่ 8-9 มีผลทำให้พืชไม่สามารถดูดซับธาตุเหล็กในน้ำเลี้ยงปลาได้ทำให้ใบยอดของพืชแสดงอาการขาดธาตุเหล็กอย่างรุนแรง

การทดลองที่ 3 ทำการทดลองในระบบปลูกแบบราวตากผ้า 3 แฉก ลดปัญหาเรื่องแสงจากการทดลองที่ 2 และควบคุมความเป็นกรดต่าง (pH) ด้วย EM และเพิ่มธาตุเหล็กจากหินศิลาแลงด้วยการหมักน้ำ EM กับหินศิลาแลง ร่วมกับการใช้ปุ๋ยอีก 4 สูตร ผลการทดลอง การเพิ่มธาตุอาหารให้แก่พืชด้วยน้ำเลี้ยงปลาผสม ธาตุเหล็กจากหินศิลาแลงร่วมกับปุ๋ยอีก 4 สูตรสามารถทำให้ผลผลิตรวมเฉลี่ยดีกว่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

ทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับกรให้น้ำเลี้ยงปลาเพียงอย่างเดียว มีการแสดงอาการขาดธาตุเหล็กอย่างรุนแรง คล้ายกับการทดลองที่ 2

การทดลองที่ 4 ทำการทดลองในระบบปลูกแนวตั้งกระถางซ้อนแบบที่ 2 โดยมีเป้าหมายเช่นเดียวกันกับการทดลองที่ 3 แต่เปลี่ยนพืชเป็นผักที่ให้ผลและผักยืนต้นมากกว่า 1 ปี ผลการทดลองพบว่าการใช้น้ำเลี้ยงปลาแพนซีคาร์พร่วมกับ น้ำหมัก Em คีลาแลง และ ปุ๋ยไส้เดือน หรือปุ๋ยชีวภาพไบจีนสามารถทำให้ผลผลิตรวมเฉลี่ยดีกว่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับกรให้น้ำเลี้ยงปลาเพียงอย่างเดียว

การทดลองที่ 5 การใช้น้ำเลี้ยงปลาแพนซีคาร์พร่วมกับปุ๋ยน้ำการค้า 4 สูตร ที่มีต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตของผักกาดกวางตุ้ง ผลการทดลองพบว่าการให้ธาตุอาหารพืชทั้ง 4 สูตรและ ระดับชั้นวางกระถาง ทำให้ การเจริญเติบโตของพืชแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทั้งในอิทธิพลร่วมระหว่างสูตรธาตุอาหารพืชกับระดับชั้นวางกระถาง แต่ในกวางตุ้งที่ปลูกชั้นล่างๆนั้นได้รับธาตุอาหารไม่เพียงพอจึงเจริญเติบโตได้ไม่ดีเมื่อเปรียบเทียบกับที่ปลูกอยู่บนชั้นบน

จากข้อมูลข้างต้นนำมาสู่การออกแบบระบบปลูกพืชในแนวตั้งร่วมกับการใช้น้ำเลี้ยงปลาเพื่อความมั่นคงทางอาหารในชุมชนเมืองที่มีคุณลักษณะดังนี้

1. ระบบจะต้องทำงานได้อย่างอัตโนมัติไม่ยุ่งยากในการดูแลรักษา ต้องไม่เป็นภาระมากเกินไป เป็นกิจกรรมที่ผ่อนคลาย กิจกรรมของผู้สูงอายุหรือกิจกรรมที่ทำร่วมกันในครอบครัว ได้ประโยชน์ทั้งที่เป็นพืชอาหารที่ปลูกเองอาหารที่ปลอดภัยและได้ความสุขทางใจและความสัมพันธ์ในครอบครัว
2. การออกแบบระบบต้องออกแบบแยกชิ้นส่วนสามารถถอดและประกอบชิ้นส่วนต่างๆได้โดยไม่ยุ่งยากทั้งในการขนย้ายและการติดตั้งติดตั้ง
3. ระบบจะต้องแก้ปัญหาเรื่องการให้ธาตุอาหารพืชจากบนลงสู่เบื้องล่างแล้วทำให้ธาตุอาหารพืชไม่เพียงพอต่อความต้องการของพืชที่ปลูกอยู่ด้านล่าง
4. ระบบจะต้องแก้ไขปัญหาเรื่องแสงสว่างที่พืชปลูกด้านบนได้รับมากกว่า
5. ระบบที่ต้องเติมธาตุอาหารเสริมให้แก่พืชไม่ว่าจะมาจากการใช้สารอินทรีย์หรือสารเคมีจะต้องเป็นระบบที่เกื้อกูลกันไม่ทำให้เป็นอันตรายต่อปลาและพอเพียงต่อความต้องการของพืช

.....

A Development of Vertical Garden Model Using Aquaponics System for Food Security on Urban Community

Asst. Prof. Dr. Naris Sinsiri

Asst Prof. Dr. Wantana Sinsiri

Mahasarakham University

E-mail: naris.s@msu.ac.th

E-mail: wantana sinsiri@gmail.com

Abstract

The development of a model in vertical planting and fishery is to acknowledge the farmers in urban areas. The prototype comes from the 6 basic vertical farming models. We have tried all 6 models and utilize the water from fishery as fertilizer for the plants. We experimented in 5 ways. First experiment is about the study of the frequency of watering the plants and the material for cultivation to find the optimal rate of growing in vegetables. The result showed that watering four times per day with coconut coir and carbonized rice hull treatment was the best for growth of lettuce. The secondary experiment, we used the water from catfish to grow 8 types of plants in a vertical model with 4 wings. The model has too many wings and they produce shade for the others and hence the plants do not have enough sunlight to grow. The result indicated that the top stack grows fastest due to the full access to sunlight and more fertilizer. However, the pH of the water from catfish is about 8-9 which is not the level for growing plants and this resulted in the plants did not grow much as they could in normal circumstance. Plant showed Iron high deficiency. The third experiment, We used 3 wings instead of 4 wings from the second model to fix the access to sunlight. Also, we control the pH of the water by using EM and increase iron (iron oxide) from laterite rock combine with 4 formulas of fertilizer. This experiment shows the change in the product yields in significant amount, statistically. However, they are still lack of iron as in the second experiment. The fourth experiment, the objective for vertical planting as the third experiment, but this time we use pots for each plant. Also, we changed the plants to perennial plants. This experiment shows the increase in product yields statistically when using the water from catfish combined with EM, laterite rock and earth warm fertilizer liquid

or bio-fertilizer. The fifth experiment, we used the water from Fancy-carp fishery with commercial liquid fertilizers in another model of vertical planting on growth of Chinese cabbage. The result shows that each level had a significant difference of the growth rate. The lower racks do not acquire enough food for them to grow fast as the top racks. From the results above, we have developed a vertical system for plants which requires some properties.

1. Automatic: The system is at least semi-automatic and should have an easy maintenance so that elders could use and it could be their hobby.
 2. Easy to setup: The system has be easy to assemble.
 3. Sufficient food: The system should be able to provide enough food for all the plants from top to bottom racks.
 4. Sufficient sunlight: The system should be provide enough sunlight for all wings and racks. They must not shade the other wings and be self-deficient
 5. Eco-Friendly: If the system adds organic or chemical fertilizers to the plants, it has to add in the level that does not harm the fish.
-

สารบัญ

	หน้า
คำนำ	i
บทคัดย่อ	ii
Abstract	iv
สารบัญ	vi
สารบัญตาราง	vii
สารบัญรูป	viii
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 วัตถุประสงค์ของโครงการ	2
1.2 ระเบียบวิธีวิจัย	2
บทที่ 2 ทบทวนเอกสารเชิงสังเคราะห์	4
2.1 การปลูกต้นไม้ในแนวตั้ง (vertical garden)	4
2.2 การปลูกพืชกับแหล่งธาตุอาหารพืชที่มาจากน้ำเลี้ยงปลา (Aquaponics)	9
2.3 การควบคุมความเป็นกรดต่าง (pH)	14
2.4 การควบคุมการนำไฟฟ้า (Electrical Conductivity)	15
2.5 น้ำหมักชีวภาพ	16
2.6 น้ำหมักมูลไส้เดือนดิน (Vermicompost)	17
2.7 วัสดุปลูกที่ใช้ในการปลูกพืชระบบไฮโดรโพนิกส์	18
บทที่ 3 ระเบียบวิธีวิจัย	23
3.1 การออกแบบระบบและเปรียบเทียบระบบชุดปลูกพืชผักในแนวตั้งในวัสดุที่แตกต่างกัน	23
3.2 การศึกษาเปรียบเทียบการใช้แหล่งธาตุอาหารพืช	24
บทที่ 4 การพัฒนาระบบปลูกพืชในแนวตั้งและผลการทดลอง	26
4.1 การพัฒนาระบบปลูกพืชในแนวตั้ง	26
4.2 การทดสอบระบบชุดปลูกพืชในแนวตั้งเบื้องต้น	32
4.3 การใช้น้ำเลี้ยงปลาแฟนซีคาร์พ ร่วมกับปุ๋ยน้ำธาตุอาหารพืช 4 ชนิด ที่มีต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของพืชที่ปลูกบนระบบปลูกพืชแนวตั้ง	52
บทที่ 5 บทสรุปและการพัฒนาระบบปลูกพืชในแนวตั้งร่วมกับการใช้น้ำเลี้ยงปลา เพื่อความมั่นคงทางอาหารในชุมชนเมือง	59
5.1 บทสรุปจากผลการทดลองในบทที่ 4	59
5.2 การพัฒนาระบบปลูกพืชในแนวตั้งร่วมกับการใช้น้ำเลี้ยงปลาเพื่อความมั่นคงทางอาหารในชุมชนเมือง	62
เอกสารอ้างอิง	69
ภาคผนวก	71

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณการให้อาหารปลาเพื่อให้ธาตุอาหารที่เหมาะสมต่อความต้องการเจริญเติบโตของพืช	12
4.1.1 เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายที่เป็นต้นทุนในการผลิตระบบปลูกพืชในแนวตั้งต่อพื้นที่ 2 ตารางเมตร	32
4.2.1 ผลของวัสดุปลูกร่วมกับระดับของการให้น้ำต่อการเจริญเติบโตของผักสลัด ในระบบปลูกพืชในแนวตั้งแบบราวตากผ้า	34
4.2.2.1.1 จำนวนต้นของพืช 8 ชนิดในระบบปลูกแบบราวตากผ้า 4 แฉก ด้วยน้ำเลี้ยงปลาตุก	36
4.2.2.1.2 ความสูงของต้นพืช 8 ชนิดในระบบปลูกแบบราวตากผ้า 4 แฉก ด้วยน้ำเลี้ยงปลาตุก	36
4.2.2.1.3 น้ำหนักสด ของพืช 8 ชนิดในระบบปลูกแบบราวตากผ้า 4 แฉก ด้วยน้ำเลี้ยงปลาตุก	37
4.2.2.1.4 น้ำหนักแห้งของพืช 8 ชนิดในระบบปลูกแบบราวตากผ้า 4 แฉก ด้วยน้ำเลี้ยงปลาตุก	37
4.2.2.2.1 จำนวนต้นของพืช 6 ชนิดในระบบปลูกแบบราวตากผ้า 3 แฉก ด้วยน้ำเลี้ยงปลาตุก	43
4.2.2.2.2 ความสูงของพืช 6 ชนิดในระบบปลูกแบบราวตากผ้า 3 แฉก ด้วยน้ำเลี้ยงปลาตุก	43
4.2.2.2.3 น้ำหนักสดของพืช 6 ชนิดในระบบปลูกแบบราวตากผ้า 3 แฉก ด้วยน้ำเลี้ยงปลาตุก	44
4.2.2.2.4 น้ำหนักแห้งของพืช 6 ชนิดในระบบปลูกแบบราวตากผ้า 3 แฉก ด้วยน้ำเลี้ยงปลาตุก	44
4.2.3.1 ความสูงของพืช 3 ชนิดในระบบปลูกพืชกระถางซ้อนแบบที่ 2 ด้วยน้ำเลี้ยงปลาตุก	50
4.2.3.1 น้ำหนักสดของพืช 3 ชนิดในระบบปลูกพืชกระถางซ้อนแบบที่ 2 ด้วยน้ำเลี้ยงปลาตุก	51
4.2.3.1 น้ำหนักแห้งของพืช 3 ชนิดในระบบปลูกพืชกระถางซ้อนแบบที่ 2 ด้วยน้ำเลี้ยงปลาตุก	51
4.2.3.1 จำนวนผลสุกของพืช 3 ชนิดในระบบปลูกพืชกระถางซ้อนแบบที่ 2 ด้วยน้ำเลี้ยงปลาตุก	52
4.3.1.1 แสดงปริมาณธาตุอาหารพืชแยกตามแหล่งต่าง ๆ ที่ใช้ในการทดลอง	54
4.3.1.1 ผลของการใช้น้ำเลี้ยงปลาร่วมกับปุ๋ยน้ำธาตุอาหารพืช 4 ชนิด ที่มีต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของผักกาดกวางตุ้งที่ปลูกบนระบบปลูกพืชแนวตั้งแบบกระถางถั่วฝักยาวพารา 5 ชั้น	56
4.3.1.2 ปฏิสัมพันธ์ร่วมของการใช้น้ำเลี้ยงปลาร่วมกับปุ๋ยน้ำธาตุอาหารพืช 4 ชนิด ที่ปลูกบนระบบปลูกพืชแนวตั้งแบบกระถางถั่วฝักยาวพารา 5 ชั้น ที่มีต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของผักกาดกวางตุ้ง	57

សារប័ណ្ណរូប

รูปที่	หน้า
2.1	แสดงการจำลองภาพของ the Hanging Gardens of Babylon
2.2	the Universal City Walk
2.3	the MFO Park in Zurich, Switzerland.
2.4	สวนแนวตั้งได้ในงาน Aichi expo bio Lung exhibition
2.5	Van Gogh Vertical Garden 'A Wheatfield, with Cypresses'. by Van Gogh
2.6	การเพิ่มพื้นที่สีเขียวบนตึก[44]
2.7	การเพิ่มพื้นที่สีเขียวบนตึก [44]
2.8	Window Farms ปลุกผักยุคไฮเทค
2.9	การปลูกพืชร่วมกับการเลี้ยงปลาต้นแบบ
2.10	การนำ Aquaponicsมาใช้ร่วมกับการปลูกพืชแนวตั้ง
3.1	ระบบปลูกพืชในแนวตั้ง แบบราวตากผ้า 3 แฉก
3.2	ระบบปลูกพืชในแนวตั้ง แบบราวตากผ้า 4 แฉก
3.3	ระบบปลูกพืชในแนวตั้ง โครงเหล็กกระถางซ้อน 1
4.1.1.1	ระบบปลูกพืชในแนวตั้งแบบราวตากผ้า
4.1.1.2	ระบบปลูกพืชในแนวตั้งแบบราวตากผ้าสามแฉก
4.1.1.3	ระบบปลูกพืชในแนวตั้ง แบบราวตากผ้า สี่แฉก
4.1.2.2	ระบบปลูกพืชในแนวตั้งโครงเหล็กกระถางซ้อน 2
4.1.2.3	ระบบปลูกพืชในแนวตั้งโครงไม้กระถางซ้อน
4.2.2.1.1	การทดสอบเบื้องต้นการปลูก 8 ชนิดด้วยน้ำเลี้ยงปลาใน ระบบปลูกพืชแนวตั้ง ราวตากผ้า 4 แฉก
4.2.2.1.2	พืชในระบบปลูกราวตากผ้า 4 แฉก สลัดหอม กวางตุ้งฮ่องกงผักชีคะน้ำผักบุ้ง ต้นหอม ระยะเวลาการเจริญงอกงาม ผักแพรว ปลูกโดยการตัดชำยอด
4.2.2.1.3	พืชในระบบปลูกราวตากผ้า 4 แฉก ผักบุ้ง คะน้า อายุ 40 วันหลังปลูก กิมจูฮวยฉ่าย ผักแพรว อายุ 40 วันหลังตัดชำยอด
4.2.2.1.4	พืชในระบบปลูกราวตากผ้า 4 แฉก กวางตุ้งฮ่องกง สลัดหอม ผักชี ต้นหอมอายุ 40 วันหลังปลูก
4.2.2.2.1	พืชในระบบปลูกราวตากผ้า 3 แฉก ผักบุ้ง คะน้า กวางตุ้งฮ่องกง สลัดหอม อายุ 1 เดือน ได้รับน้ำเลี้ยงปลาเพียงอย่างเดียว

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.2.2.2.2 พืชในระบบปลูกรวตากผ้า 3 แฉก ผักบุ้ง คะนํากวางดั่งฮ่องกงสลัดหอม ผักชี ต้นหอม อายุ 1 เดือนได้รับน้ำเลี้ยงปลา + ธาตุเหล็กจากศิลาแลงในน้ำหมัก EM + น้ำใส่เดือน	46
4.2.2.2.3 พืชในระบบปลูกรวตากผ้า 3 แฉก ผักบุ้ง คะนํากวางดั่งฮ่องกงสลัดหอม ผักชี ต้นหอม อายุ 1 เดือนได้รับน้ำเลี้ยงปลา + ธาตุเหล็กจากศิลาแลงในน้ำหมัก EM + ปุ๋ยน้ำไบซัน	47
4.2.2.2.4 พืชในระบบปลูกรวตากผ้า 3 แฉก ผักบุ้ง คะนํากวางดั่งฮ่องกงสลัดหอม ผักชี ต้นหอม อายุ 1 เดือนได้รับน้ำเลี้ยงปลา + ธาตุเหล็กจากศิลาแลงในน้ำหมัก EM	48
4.3.1.1 แสดงอาการขาดธาตุอาหารของพืชที่อยู่ในชั้นล่าง	58
5.2.1 ระบบปลูกพืชในแนวตั้งกระถางซ้อนแบบที่ 3 ประยุกต์	63
5.2.2 อุปกรณ์ประกอบและการติดตั้ง	64
5.2.3 อุปกรณ์ประกอบและการติดตั้งที่สำเร็จแล้ว	65
5.2.3 อุปกรณ์ประกอบและการติดตั้งระบบปั้มนํ้า	66
5.2.4 อุปกรณ์ประกอบและการติดตั้งนํ้าหยดและระบบระบายนํ้า	67
5.2.5 ผลงานที่ประกอบสำเร็จแล้วและจัดแสดงไว้ที่ มูลนิธิลูกพระดาบสจังหวัดสมุทรปราการ	68

บทที่ 1

บทนำ

ในวิกฤตการณ์ของสภาพแวดล้อมโลกที่เปลี่ยนแปลงอย่างรุนแรงในด้านการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของโลก อันเนื่องมาจากโลกร้อนขึ้นและภัยพิบัติอื่น เช่น แผ่นดินไหว ส่งผลให้ทั่วโลกได้รับผลกระทบอย่างไม่เคยมีมาก่อน น้ำท่วมอย่างหนักในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ออสเตรเลีย พายุหิมะที่รุนแรงมากในยูเครน ญี่ปุ่น จีน และเกิดคลื่นความร้อนรุนแรงในสหรัฐอเมริกา มีผลทำให้พื้นที่ผลิตอาหารที่สำคัญของโลกหลายแห่งเกิดความเสียหายต่อพืชผลทางการเกษตร จึงเป็นที่วิตกกังวลอย่างยิ่ง ต่อสถานการณ์ความมั่นคงทางอาหารของโลก

การผลิตอาหารในสภาวะวิกฤตการณ์ของโลกเช่นนี้ทำได้ยาก โดยเฉพาะขณะเกิดภัยพิบัติหรือหลังจากเกิดภัยพิบัติ ตัวอย่างเช่น น้ำท่วมพื้นที่ภาคกลางของไทยในปลายปี พ.ศ.2554 ทำให้ประชาชนในชุมชนเมืองขาดแคลนอาหารอย่างหนัก ไม่สามารถเข้าถึงอาหารได้ ไม่มีแหล่งอาหารให้หาซื้อ จนต้องอพยพเคลื่อนย้ายออกไปนอกพื้นที่ หลังน้ำลดลงการฟื้นฟูพื้นที่ประสบภัยพิบัติใช้เวลาหลายเดือน ทำให้พื้นที่สำหรับผลิตพืชอาหารบริเวณนั้นใช้ไม่ได้ ตัวอย่างเช่นนี้เกิดกับพื้นที่ประสบภัยพิบัติไปทั่วโลก การแก้ไขปัญหาสำคัญทำอย่างไรจึงจะทำให้ผู้ที่ประสบภัยพิบัติเช่นนี้มีอาหารบริโภคในช่วงที่เกิดภัยพิบัติได้

ในสังคมเมืองไม่สามารถทำการเกษตรเพื่อผลิตอาหารให้เพียงพอต่อความต้องการบริโภคของครอบครัวได้ ซึ่งต่างกับสังคมในชนบทที่ยึดอาชีพการทำการเกษตร โดยเฉพาะการเกษตรแบบพอเพียงที่ปลูกทุกอย่างที่กินและกินทุกอย่างที่ปลูก ซึ่งความพอเพียงนี้เกิดมากขึ้นในสังคมชนบท แล้วสังคมเมืองไม่มีพื้นที่ดินมากเพียงพอที่จะทำการเกษตรให้เพียงพอได้อย่างแน่นอน แต่หากวิเคราะห์กันอย่างจริงจัง ในบ้านเรือนของคนในสังคมเมืองมีพื้นที่ที่ได้รับแสง เช่น ผนังบ้าน หลังคาบ้านดาดฟ้าตึก เป็นพื้นที่ที่นำมาใช้ประโยชน์ได้ทั้งสิ้น โดยการปลูกต้นไม้ในแนวตั้ง (vertical garden) แม้ว่ามีไม่มากแต่หากใช้วิธีที่มีประสิทธิภาพที่ใช้พื้นที่ทุกตารางนิ้ว ทั้งในแนวนอนและแนวตั้งแล้วจะพบว่า อาจมีพื้นที่มากพอที่จะผลิตอาหารได้เป็นจำนวนมากเช่นเดียวกัน โดยเฉพาะหากมีการบริหารจัดการที่ดียังสามารถเพิ่มประสิทธิภาพได้มากยิ่งขึ้น

ในความต้องการอาหารที่ปลอดภัยจากสารเคมีกำลังเป็นที่นิยมของผู้คนในสังคม เป็นสิ่งที่ผู้บริโภคให้ความสำคัญมากขึ้น การทำการเกษตรที่ผลิตอาหารโดยไม่คำนึงถึงความปลอดภัยของผู้บริโภคยังมีอยู่เป็นจำนวนมาก ดังจะเห็นได้จากตัวเลขการนำเข้าสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชมีแนวโน้มสูงขึ้นมากโดยตลอด ขณะที่พื้นที่การผลิตอาหารของประเทศไทยน้อยลงนั้น หมายถึง การใช้สารเคมีต่อหน่วยพื้นที่มากขึ้น ทำอย่างไรการผลิตอาหารจึงจะปลอดภัย ปราศจากสารเคมีที่เป็นพิษ การผลิตผักกางมุ้ง ในสภาพโรงเรือนปิด ทั้งปลูกในดินและในระบบ hydroponic plant เป็นแนวทางหนึ่งที่ลดปริมาณสารพิษได้ ยิ่งหาก ประยุกต์ใช้ระบบดังกล่าวร่วมกับการเลี้ยงปลาเพื่อใช้ธาตุอาหารพืชจากน้ำเลี้ยงปลา (aquaponics) หรือจากน้ำปุ๋ยหมักชีวภาพทดแทนการใช้สารเคมีในพื้นที่ส่วนต่างๆ ของตัวบ้านในแนวตั้ง (vertical garden) จะช่วยให้สามารถผลิตอาหารที่ปราศจากสารเคมีและปรับเปลี่ยนเป็นระบบการผลิตพืชแบบพืชนทรีย์ ได้เองในสังคมเมือง ใน

ระบบ hydroponic plant นั้นต้นทุนในการผลิตจะขึ้นกับราคาของสารเคมีที่ใช้เป็นธาตุอาหารพืชซึ่งจะมีราคาสูงขึ้นเป็นเหตุให้ระบบการผลิต hydroponic plant นั้นไม่ยั่งยืน

จากสิ่งที่กล่าวมาข้างต้นทำให้เห็นได้ว่า การขาดแคลนอาหารในช่วงภาวะวิกฤตต่าง ๆ นั้นสำคัญมาก การเข้าถึงอาหารที่ปลอดภัยของสังคมเมือง การประหยัดค่าครองชีพ โดยการผลิตอาหารบางส่วนได้เองในบ้าน จะสร้างความมั่นคงทางอาหารได้มากขึ้น การผลิตอาหารที่ปลอดภัยต่อคนในครอบครัว มีประสิทธิภาพต่อการใช้ประโยชน์ของพื้นที่ที่มีอย่างจำกัด ดังนั้นการนำเอาหลักการปลูกพืชในสารละลายที่ใช้ปุ๋ยเคมีเป็นแหล่งธาตุอาหารพืช (การปลูกพืชระบบไฮโดรโพนิกส์) เปลี่ยนมาเป็นการใช้ธาตุอาหารพืชจากน้ำเลี้ยงปลา (aquaponics) มาพัฒนาร่วมกับระบบการปลูกต้นไม้ในแนวตั้ง (vertical garden) ที่เป็นแนวคิดของการผลิตอาหารในพื้นที่จำกัด และแนวคิดของคนในโลกตะวันออกที่ปลูกพืชในน้ำเช่น ผักบุ้งแก้ว ผักกระเฉด ที่ปลูกในน้ำที่มีการเลี้ยงปลาเป็นองค์ประกอบด้วย จึงเป็นโจทย์ในการวิจัยในครั้งนี้

1.1 วัตถุประสงค์ของโครงการ

1. เพื่อพัฒนาต้นแบบระบบการปลูกพืชผักในแนวตั้ง ร่วมกับการใช้น้ำจากระบบการเลี้ยงปลา
2. เพื่อสร้างองค์ความรู้ด้านการจัดการระบบการผลิตผักร่วมกับการเลี้ยงปลาพร้อมกับจัดทำคู่มือเพื่อเผยแพร่ความรู้

1.2 ระเบียบวิธีวิจัย

วิธีการศึกษา

1.2.1 การออกแบบระบบและเปรียบเทียบระบบชุดปลูกพืชผักในแนวตั้งในวัสดุที่แตกต่างกัน

1.2.1.1 การศึกษาออกแบบระบบชุดปลูกพืชผักในแนวตั้ง ทำการทดลองโดยใช้แผนการทดลองแบบที่เหมาะสมกับวัสดุโครงสร้างชุดปลูก เช่น พรหมแบบราวตากผ้า ระบบปลูกกระถางซ้อน และหรือรูปแบบอื่น ร่วมกับวัสดุปลูก เช่น ถ่านกลบ ขุยมะพร้าว โดยใช้กวางตุ้งฮ่องกง ผักบุ้ง คะน้า ผักชีจีน ต้นหอม โหระพา แตงกวา พริก มะเขือเทศเป็นพืชทดลอง โดยเน้นการพัฒนาระบบปลูกพืชแนวตั้งดังตัวอย่างในรูปด้านล่าง

1.2.1.2 การศึกษาระดับของการให้น้ำต่อความต้องการน้ำที่เหมาะสมในพืชต่างชนิด ทำการทดลองโดยใช้ระบบชุดปลูกพืชที่ซับน้ำได้ดี จากการทดลองที่ 6.1.1 ร่วมกับระดับให้น้ำในระดับต่างๆกัน ในชนิดพืชที่แตกต่างกันในลักษณะความต้องการน้ำ 3 ชนิด (ต้องการน้ำน้อย, น้ำปานกลาง, น้ำมาก) ได้แก่ ผักบุ้ง, กวางตุ้งฮ่องกง, มะเขือเทศ เก็บข้อมูลด้านองค์ประกอบผลผลิต ผลผลิต คุณค่าทางอาหาร โรค แมลงศัตรู

1.2.2 การศึกษาการใช้แหล่งธาตุอาหารพืช จากระบบน้ำเลี้ยงปลาในระบบปลูกพืชผักแนวตั้งร่วมกับน้ำหมักชีวภาพ กรณีการใช้แหล่งธาตุอาหารพืช จากระบบน้ำเลี้ยงปลา ไม่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตของพืช จะใช้น้ำปุ๋ยหมักชีวภาพ จากขยะในครัวเรือนที่เกิดจากการใช้ EM หรือไส้เดือนเป็นการเพิ่มปริมาณธาตุอาหารให้แก่พืช โดยใช้ กวางตุ้งฮ่องกง ผักบุ้ง คะน้า ผักชีจีน ต้นหอม โหระพา แตงกวา พริก มะเขือเทศ เป็นพืช

ทดลอง เก็บข้อมูลด้านองค์ประกอบผลผลิต ผลผลิต คุณค่าทางอาหาร โรค แมลงศัตรู เชื้อราต่าง ๆ ที่เกิดบนวัสดุปลูก เพื่อพัฒนาสูตรธาตุอาหารพืชให้สะดวกต่อการใช้ประโยชน์ในชุมชนเมือง

บทที่ 2

ทบทวนเอกสารเชิงสังเคราะห์

2.1 การปลูกต้นไม้ในแนวตั้ง (vertical garden)

ความเป็นมาของการปลูกพืชแนวตั้งพบว่ามีรากฐานมาจากประวัติศาสตร์ของ the Hanging Gardens of Babylon เป็นหนึ่งในเจ็ดสิ่งมหัศจรรย์ของโลก เป็นสวนที่ปลูกพืชบนอาคารเป็นชั้น ๆ ขึ้นไปโดยปลูก ฝัง กุหลาบเลื้อยไปตามผนัง เป็นต้น รูปที่ 2.1 แสดงการจำลองภาพของ the Hanging Gardens of Babylon



รูปที่ 2.1 แสดงการจำลองภาพของ the Hanging Gardens of Babylon

ที่มา: www.Livingwallart.com/category/vertical-garden-installation/

การปลูกพืชในแนวตั้งถูกพัฒนาอย่างต่อเนื่อง ในปี ค.ศ. 1920 มีการปลูกพันธุ์ไม้เลื้อยบนผนังบ้านในเมืองของอังกฤษ และสหรัฐอเมริกา มีการนำสวนในแนวตั้งมาเน้นการใช้ประโยชน์ในงานด้านภูมิสถาปัตยกรรมในการประดับตกแต่งอาคารเช่น ในปี ค.ศ. 1993 มีการจัดสวนแนวตั้ง ใน the Universal City Walk ในเมือง แคลิฟอร์เนีย (รูปที่ 2.2) ในปี ค.ศ. 2002 จัดสวนแนวตั้งใน MFO park เมือง ซูริค ประเทศ สวิตเซอร์แลนด์ (รูปที่ 2.3) ในปี ค.ศ. 2005 มีการจัดสวนแนวตั้งที่ออกแบบระบบสวน 30 ระบบที่สามารถเป็นสวนแนวตั้งได้ในงาน Aichi Expo Bio Lung Exhibition ประเทศญี่ปุ่น (รูปที่ 2.4)



รูปที่ 2.2 the Universal City Walk

ที่มา: www.Livingwallart.com/category/vertical-garden-installation/



รูปที่ 2.3 the MFO Park in Zurich, Switzerland.

ที่มา: www.Livingwallart.com/category/vertical-garden-installation/



รูปที่ 2.4 สวนแนวตั้งได้ในงาน Aichi expo bio Lung exhibition

ที่มา: www.Livingwallart.com/category/vertical-garden-installation/

ในงานการแข่งขันกีฬาโอลิมปิกปี 2012 ที่ประเทศอังกฤษเป็นเจ้าภาพมีการจัดสวนแนวตั้งเลียนแบบภาพเขียนชื่อ 'A Wheatfield, with Cypresses' ของศิลปินชื่อดัง Van Gogh ในจัตุรัส Trafalgar Square กรุงลอนดอน ในชื่อ Van Gogh Vertical Garden (รูปที่ 2.5) เป็นต้น



รูปที่ 2.5 Van Gogh Vertical Garden 'A Wheatfield, with Cypresses'. by Van Gogh

ที่มา: www.Livingwallart.com/category/vertical-garden-installation/

การขาดแคลนพื้นที่สีเขียวในเมือง ความหนาแน่นของอาคารในเมืองใหญ่ การสะสมก๊าซพิษจากโรงงานอุตสาหกรรมและการใช้ยานพาหนะในเมืองการใช้เครื่องปรับอากาศ ขยะและสิ่งปฏิกูลที่เกิดในชุมชนเมืองล้วนเป็นสาเหตุของเกาะความร้อนในเมือง (urban heat island) มีสถาปนิกหลายคนมีแนวความคิดที่นำเอาการปลูกต้นไม้ในแนวตั้ง (vertical garden) ใช้เป็นพื้นที่สีเขียวทดแทนพื้นที่ราบแนวนอนซึ่งมีน้อยในเขตเมือง พาสินี สุนากร. (2550)

นอกจากเพิ่มพื้นที่สีเขียวให้กับเมืองแล้วยังมีข้อดีอีกหลายประการได้แก่ ช่วยลดความร้อนของผนังอาคารที่ถ่ายเทผ่านเปลือกอาคาร ทำให้ภายในตัวอาคารเย็นลงลดการใช้เครื่องปรับอากาศภายในอาคารทำให้ประหยัดพลังงาน ช่วยเพิ่มออกซิเจนให้อากาศและดูดซับก๊าซที่ก่อมลภาวะ เช่น CO₂ ดักจับฝุ่นละอองในอากาศโดยใบดูดซับสารระเหยที่เป็นพิษ ลดแสงสะท้อนจากผนังอาคารต่าง ๆ และลดการแผ่รังสีสู่บรรยากาศเป็นผลให้ลดภาวะเกาะความร้อนในสภาพแวดล้อมเมือง ให้ความรู้สึกที่ผ่อนคลายแก่จิตใจ ลดความเครียดจากการได้ชื่นชมความงามของพันธุ์ไม้ต่างๆ ประโยชน์ของสวนแนวตั้งที่มีต่อเกาะความร้อนในสภาพแวดล้อมเมือง (สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 2004) ในการจัดสวนแนวตั้งขึ้นพื้นฐานใช้หลักการปลูกแบบไม่ใช้ดิน (hydroponics) โดยสารอาหารที่พืชต้องการจะถูกผสมลงในถังน้ำและใช้ปั้มน้ำสูบน้ำจากถังส่งไปสู่ต้นไม้ที่แขวนห้อยอยู่บนผนังซึ่งมีการออกแบบวัสดุปลูกและภาชนะที่ใช้ปลูกต้นพืชแตกต่างกันออกไป เช่น ใช้ผ้าสักหลาดตัดเย็บให้เป็นถุงกระเป๋าท่อเนื่องกันเป็นผืน (Patrick B., 2009) หรือใช้กล่องพลาสติกยึดติดกับโครงเหล็กวางซ้อนเป็นชั้นต่อเนื่องกันไปในแนวตั้ง เป็นต้น แล้วนำต้นไม้ปลูกลงในกระเป๋าท่อหรือกล่องพลาสติกตามที่ได้ออกแบบไว้ ในกรณีที่เป้นพรมจะให้น้ำที่ไ้รดต้นไม้ไหลซึมผ่านผ้าสักหลาดลงสู่ด้านล่าง ส่วนกรณีใช้กล่องพลาสติกใช้การเจาะรูให้น้ำที่ไ้รดต้นไม้ไหลผ่านรูแล้วหยดลงในกล่องใบที่อยู่ด้านล่างต่อไป



รูปที่ 2.6 การเพิ่มพื้นที่สีเขียวบนตึก

ที่มา: www.green.in.th/blog/design/2035



รูปที่ 2.7 การเพิ่มพื้นที่สีเขียวบนตึก

ที่มา: www.green.in.th/blog/design/2035

จากสภาพปัญหาการขาดแคลนอาหารในช่วงภาวะวิกฤตต่างๆ การเข้าถึงอาหารที่ปลอดภัยของสังคมเมือง การประหยัดค่าครองชีพ โดยการผลิตอาหารบางส่วนได้เองบ้างในบ้าน เพื่อสร้างความมั่นคงทางอาหารและการผลิตอาหารที่ปลอดภัยต่อคนในครอบครัว จึงได้มีการนำเอาแนวคิดการจัดสวนในแนวตั้งที่ใช้ในงานด้านภูมิทัศน์ที่ใช้ตกแต่งสถานที่เปลี่ยนมาเป็นการปลูกพืชอาหารโดยใช้ประโยชน์จากพื้นที่แคบต่างๆที่ใน

อาคารบ้านเรือนของคนในชุมชนเมืองเช่นคาเฟ่ ผับบ้าน ผับริ้วเนื่องจากชุมชนเมืองไม่มีที่ดินที่สามารถทำการเกษตรในพื้นที่ราบได้ Britta, and Rebecca, (2010) นำเอาการใช้ประโยชน์ของพื้นที่ที่มีอย่างจำกัดโดยการปลูกพืชอาหารแนวตั้งที่เรียกว่าโครงการ "Window Farms" ใช้หลักการปลูกแบบไม่ใช้ดิน (hydroponics) โดยสารอาหารที่พืชต้องการจะถูกผสมอย่างเจือจางในน้ำซึ่งปั๊มมาจากถังน้ำส่งไปสู่ต้นไม้ที่แขวนห้อยอยู่บนผนัง หลังจากนั้นน้ำจากต้นไม้ต้นบนสุดก็จะไหลหยดลงสู่ต้นไม้ที่ต่ำกว่า กระถางที่ใช้ปลูกต้นไม้เหล่านั้นอาจทำมาจากขวดน้ำดื่มพลาสติกหรือวัสดุใช้แล้วอื่น ๆ สามารถปลูกพืชได้หลากหลายชนิด เช่น ถั่ว มะเขือเทศ แตงกวา ผักสลัด ใบโหระพา ผักกาดหอม ไปจนถึงผักคะน้า เป็นต้น



รูปที่ 2.8 Window Farms ปลูกผักยุคไฮเทค.

ที่มา: www.veggiehomeshow.blogspot.com/2012_05_01_archive.html

2.2 การปลูกพืชกับแหล่งธาตุอาหารพืชที่มาจากน้ำเลี้ยงปลา (Aquaponics)

มีแนวคิดมากมายที่พัฒนาขึ้นมาจากการนำเอาการปลูกพืชในสารละลายที่ใช้ปุ๋ยเคมีเป็นแหล่งธาตุอาหารพืช (การปลูกพืชระบบไฮโดรโปนิคส์) มาพัฒนาร่วมกับการปลูกต้นไม้ในแนวตั้งที่เป็นแนวคิดของการ

แก้ไขปัญหของเกาะความร้อนในชุมชนเมือง (urban heat island) จากพืชประดับมาเป็นพืชอาหาร และแนวคิดของคนในโลกตะวันออกที่ปลูกพืชในน้ำเช่น ผักบุ้งแก้ว ผักกระเฉด ที่ปลูกในน้ำที่มีการเลี้ยงปลาเป็นองค์ประกอบด้วย

เริ่มจาก ราเชนทร์ วิสุทธิแพทย์ (www.kasetporpeang.com/forums/index.php?topic=10042.0) ฝ่ายเทคโนโลยีชีวภาพ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทยให้ความหมายถึง Aquaponics คือ การรวมระบบของการเลี้ยงสัตว์น้ำและการปลูกพืชเข้าด้วยกัน ซึ่งในปัจจุบันทำได้โดยการเลี้ยงปลาแบบน้ำไหลเวียนร่วมกับการปลูกพืชผัก สมุนไพรด้วยระบบ hydroponic ซึ่งเป็นการพัฒนาขั้นสูงของนักวิจัยและผู้ปลูกพืชผัก เพื่อให้เกิดต้นแบบการผลิตอาหารแบบยั่งยืนเพื่อเลี้ยงประชากรโลกในอนาคต ปัจจุบัน Aquaponics เปรียบเหมือนต้นแบบของการผลิตอาหารแบบยั่งยืน โดยยึดถือหลักการที่แน่นอน ดังนี้คือ

1. ผลิตภัณฑ์ของเสียของระบบชีววิทยานิตหนึ่ง สามารถผลิตสารอาหารให้ระบบชีววิทยาอีกชนิดหนึ่งได้อย่างเหมาะสม
2. การรวมการผลิตพืชและการเลี้ยงปลาเป็นผลของการผลิตแบบหลากหลาย (Polyculture) ซึ่งจะเพิ่มความหลากหลายและได้ผลผลิตแบบทวีคูณ เป็นระบบนิเวศแบบเกื้อกูลกัน
3. น้ำถูกกรองโดยผ่านการกรองทางชีววิธี และนำกลับมาใช้ซ้ำและ
4. เป็นการผลิตอาหารเพื่อสุขภาพปราศจากสารเคมีสามารถผลิตได้ทั่วไป ช่วยยกระดับเศรษฐกิจระดับท้องถิ่นได้

ในระบบ Aquaponics น้ำที่ออกจากการเลี้ยงปลาอุดมไปด้วยธาตุอาหารพืช ซึ่งได้จากสิ่งปฏิกูลของปลาถูกนำมาใช้ในการให้ปุ๋ยกับระบบการปลูกพืชแบบ hydroponic ซึ่งการปฏิบัติในลักษณะนี้เป็นสิ่งที่ดีสำหรับปลา เพราะรากพืชและจุลินทรีย์ที่อยู่บริเวณรากพืช จะใช้ธาตุอาหารเหล่านี้จากน้ำในถังเลี้ยงปลา สารอาหารเหล่านี้เป็นสิ่งที่มีการผสมผสานกันหลายชนิดจากสิ่งปฏิกูลของปลา สาหร่ายและการย่อยสลายของอาหารปลา ซึ่งสิ่งปนเปื้อนเหล่านี้จะทวีความเป็นพิษรุนแรงขึ้นในถังเลี้ยงปลา แต่สิ่งเหล่านี้ก็ทำหน้าที่แทนปุ๋ยสำหรับการปลูกพืชแบบ hydroponic

ใน ทางกลับกันรางปลูก hydroponic ทำหน้าที่เป็นระบบกรองแบบชีววิธี ซึ่งจะเปลี่ยนสารประกอบพวกแอมโมเนียให้กลายเป็นสารประกอบพวกไนโตรเจนและไนเตรทตามลำดับ รวมถึงสารประกอบในกลุ่มพวกฟอสฟอรัส ทำให้น้ำมีความสะอาดเพียงพอซึ่งจะถูกนำกลับมาใช้ในถังเลี้ยงปลา นอกจากนั้นยังพบว่าแบคทีเรียบางชนิด เช่น Nitrifying bacteria ที่เปลี่ยนแอมโมเนียเป็นไนไตรท์ (Nitrite) และไนเตรท (Nitrate) ที่อาศัยอยู่ในกรวดและอยู่ร่วมกับรากพืช สามารถแสดงบทบาทในวัฏจักรอาหาร ในกลุ่มของไนโตรเจนได้ ซึ่งถ้าปราศจุลินทรีย์เหล่านี้ระบบทั้งหมดจะหยุดทำงานทันที นักปลูกพืชและเกษตรกรได้พูดถึงควาโปรนิกส์ได้หลายเหตุผล ดังนี้

Aquaponics เป็นต้นแบบที่สามารถทำงานได้จริงในการผลิตอาหารแบบยั่งยืน โดยเป็นการเพาะปลูกพืชและเลี้ยงสัตว์รวมเข้าด้วยกัน มีการหมุนเวียนสารอาหารและการกรองน้ำร่วมกัน aquaponics นอกจากเป็นการประยุกต์ใช้เพื่อเชิงการค้า ยังเป็นแนวคิดที่นิยมในการถ่ายทอดในเรื่องของการรวมระบบทาง

ชีววิทยากับการท่องเที่ยวเชิงเกษตร และการเรียนการสอนทางเทคโนโลยีของ aquaponics เป็นเทคโนโลยีที่มีความซับซ้อน ต้องการการจัดการและการตลาดของผลผลิตที่แตกต่างกันสองผลิตภัณฑ์ จนกระทั่งปี 1980 ได้มีความพยายามอย่างมากที่จะผสมผสานไฮโดรโปนิคส์และการเลี้ยงปลาหรือสัตว์น้ำ และในที่สุดได้เกิดเป็นเทคโนโลยีที่เรียกว่า aquaponics ซึ่งเป็นเทคโนโลยีสมัยใหม่ที่มีประสิทธิภาพในการผลิตอาหารที่ปราศจากการปนเปื้อนของสารเคมี และเป็นการผลิตอย่างยั่งยืนไม่เกิดผลกระทบต่อผู้บริโภคและสิ่งแวดล้อม ([www.kasetporpeang.com /forums /index.php?topic=10042.0](http://www.kasetporpeang.com/forums/index.php?topic=10042.0))

จาก <http://www.naewna.com/news.asp?ID=58766> กล่าวถึง การพัฒนา ระบบ aquaponics ให้สมบูรณ์ ต้องเข้าใจพื้นฐาน 2 เรื่อง คือ เลี้ยงปลาและปลูกพืช แยกออกจากกัน แล้วค่อยมาผสมผสานให้สอดคล้องกันให้มากที่สุดการเลี้ยงปลา จะเป็นการเลี้ยงในระบบที่ต้องหมุนเวียนน้ำกลับมาใช้ใหม่

1. ในบ่อต้องมีออกซิเจนเพียงพอ รากพืชเองก็ต้องการอากาศด้วย จึงควรเติมอากาศทั้งสองส่วน
2. ปลาชอบน้ำความเป็นกรดต่างระหว่าง 6.5 - 8.5 แต่พืชต้องการ 6.0-6.5 ไม่เกิน 7.0 เพราะพืชจะดูดสารอาหารได้น้อยลง สำหรับไฮโดรโปนิคส์ จึงต้องปรับให้เหลือใกล้เคียง 7 มากที่สุด
3. พืชต้องการธาตุอาหาร 13 ชนิด แต่บ่อปลาให้ธาตุอาหารพืชได้ไม่เพียงพอ (จากการย่อยสลายของอาหารปลาและขี้ปลา) ขาดไป 2 -3 ชนิด ต้องหาวิธีเติมให้พืชครบ ด้วยทางใดทางหนึ่ง
4. ขี้ปลาและของเสียจากปลาที่สะสมในบ่อปลาจะประกอบด้วย ไนโตรเจนและฟอสฟอรัส (ที่ผสมในอาหาร) เป็นหลัก ซึ่งโดยปกติอาหารจะถูกปลาเปลี่ยนให้เป็นแอมโมเนียละลายในน้ำ (ของเสียจากการย่อยของปลา) และแบคทีเรียในถังกรองที่เจริญเติบโตอยู่บนวัสดุกรองที่เราใส่เข้าไป จะเปลี่ยนให้เป็นไนเตรทและอีกที่เป็นไนเตรทในที่สุด ซึ่งแอมโมเนียและไนเตรทพืชสามารถดูดซึมเป็นอาหารได้
5. เศษอาหารที่เหลือและยังไม่ถูกย่อย จะถูกแบคทีเรียอีกตัวหนึ่งในน้ำย่อยสลายให้กลายเป็นแอมโมเนียก่อน แล้วแอมโมเนียที่ละลายในน้ำจึงจะถูกเปลี่ยนไปสู่ไนเตรทอีกครั้งหนึ่ง สรุป คือ มีแบคทีเรีย 3 กลุ่มที่เราต้องเข้าใจ ระบบบำบัดของเราจึงต้องพยายามออกแบบให้สามารถทำให้แยกออกจากกัน คือ 1) กลุ่มย่อยเศษอาหาร 2) กลุ่มเปลี่ยนแอมโมเนียเป็นไนเตรท และ 3) กลุ่มเปลี่ยนแอมโมเนียให้เป็นไนเตรทโดยทั่วไป กลุ่ม 2 และ 3 มักอยู่ร่วมกัน หากมีกลุ่ม 1 ในระบบบำบัดจะลดการเจริญของกลุ่ม 2 และ 3 ทำให้ประสิทธิภาพลดลง และอาจล้มเหลวในที่สุด ดังนั้น จึงต้องแยกกรองเอาตะกอนเศษอาหารออกไปก่อน แล้วให้เฉพาะน้ำที่มีของเสียละลายเท่านั้นไหลผ่านกลุ่ม 2 และ 3 ไป ดังนั้น ถ้าเราให้อาหารที่ทำให้เกิดตะกอนน้อยหรือปลาที่เราเลี้ยง กินอาหารได้เป็นคำๆ ก็ดีหน่อย หากเราให้อาหารที่แตกหักในน้ำง่าย ก็ต้องออกแบบชุดกรองตะกอนให้ดี (<http://www.naewna.com/news.asp?ID=58766>)

Harry Ako and Adam Baker กล่าวถึงระบบการปลูกพืชร่วมกับการใช้น้ำเลี้ยงปลาเป็นแหล่งธาตุอาหารของพืชเริ่มมีการพัฒนาระบบนี้ตั้งแต่ปี ค.ศ.1970 ในภาพด้านล่างเป็นระบบการปลูกพืชบนบ่อเลี้ยงปลาที่ถูกพัฒนาขึ้นโดย James E. Rakocy et.al. (2006) (รูปที่ 2.9) จากการวิจัย ของ Harry Ako and Adam Baker เพื่อศึกษาถึงความต้องการธาตุอาหารที่ได้จากน้ำเลี้ยงปลาที่สามารถทำให้พืชเจริญเติบโตพบว่าการให้อาหารแก่ปลาที่เลี้ยงในระบบในปริมาณที่แตกต่างกันมีผลต่อปริมาณธาตุอาหารในน้ำเลี้ยงปลาแตกต่างกันเมื่อเปรียบเทียบกับความต้องการที่เหมาะสม ตารางที่ 2.1



รูปที่ 2.9 การปลูกพืชร่วมกับการเลี้ยงปลาต้นแบบ

ที่มา: James E. Rakocy et.al. (2006)

ตารางที่ 2.1 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณการให้อาหารปลาเพื่อให้ธาตุอาหารที่เหมาะสมต่อความต้องการเจริญเติบโตของพืช

Nutrients (mg/L)	Daily requirement from 20 L (mg/L)	Fish water 14 g feed daily	Fish water 20 g feed daily	Fish water 40 g feed daily
Manganese	0.36	0	0.002	0.001
Nitrogen	37.6	30	34	47
Potassium	54.8	101	100	105
Calcium	18.1	22.5	46.2	33.9
Magnesium	12.6	13.5	18.6	21.0
Phosphorus	7.28	4.46	6.36	10.7
Iron	0.49	0.001	0.011	0.038
Zinc	0.036	0.01	0.021	0.095
Copper	0.03	0.04	0.02	0.059
Boron	0.015	0.05	0.09	0.079

การปลูกพืชโดยไม่ใช้วัสดุปลูกที่ไม่ใช่ดินและการใช้สูตรสารละลายธาตุอาหารสารละลายที่ใช้ปุ๋ยเคมีเป็นแหล่งธาตุอาหารพืชสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายสูง ดังนั้นจึงต้องศึกษาสภาวะที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืชแต่ละชนิด ซึ่งเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืช การปลูกพืชแนวตั้งจึงใช้หลักการ

แตกต่างกันในเรื่องระบบการให้น้ำและการเติมออกซิเจน แต่ไม่แตกต่างกันในเรื่องธาตุอาหารการหาแหล่งธาตุอาหารที่ราคาถูกกว่าจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่ง แนวคิดการพัฒนาโดยนำ Aquaponics มาใช้ร่วมกับการปลูกพืชแนวตั้งแสดงในรูปที่ 2.10



รูปที่ 2.10 การนำ Aquaponics มาใช้ร่วมกับการปลูกพืชแนวตั้ง

ที่มา: Aquaponics UK www.aquaponics.org.uk

พบว่าน้ำเลี้ยงปลามีธาตุอาหารมากเพียงพอต่อการนำมาใช้เป็นแหล่งธาตุอาหารของพืช หากมีการจัดการระบบการเลี้ยงปลาที่ดี อาหารปลา ของเสียจากมูลปลาที่ตกค้างอยู่ในระน้ำเลี้ยงปลาจะสามารถนำไปใช้เป็นน้ำเลี้ยงต้นพืชที่ปลูกในการปลูกพืชระบบไฮโดรโพนิกส์ และการปลูกพืชแนวตั้งได้ กษิตศ หนูทอง (2551) ชี้ให้เห็นว่าในการเลี้ยงปลาในระบบปิดน้ำเลี้ยงปลาจะมีปริมาณไนโตรเจนสูงมาก โดยพบว่าอุตสาหกรรมการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำมีแนวโน้มเปลี่ยนจากการเลี้ยงในระดับความหนาแน่นต่ำซึ่งนิยมทำในระบบเปิดโดยใช้ น้ำจากธรรมชาติเข้าสู่การเลี้ยงแบบพัฒนา (ระดับความหนาแน่นสูง) และในระบบปิดซึ่งมีการบำบัดและ

หมุนเวียนน้ำอยู่ภายในฟาร์ม การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำในระบบปิดมีข้อดีคือสามารถเพิ่มผลผลิต ป้องกันการติดโรคและลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากการปล่อยน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงแต่การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำในรูปแบบนี้มักประสบปัญหาแอมโมเนียสะสมในระดับความเข้มข้นสูงซึ่ง มีสาเหตุจากการให้อาหารในปริมาณมากการขับถ่ายของสัตว์น้ำและจากการย่อยสลายของโปรตีนในอาหารที่เหลือจากการบริโภคโดยแบคทีเรียภายในบ่อเลี้ยง โดยต้องมีการบำบัดไนโตรเจน ในระบบ ซึ่งสามารถนำมาใช้ในระบบการปลูกพืชแนวตั้ง

ดำรงห์ โลหะลักษณะเดช และคณะ(2555) การเลี้ยงปลาทับทิม (*Oreochromis niloticus*) ร่วมกับการปลูกผักโดยไม่ใช้ดินแบบ Dynamic Root Floating Technique (DRFT) ในระบบการปลูก 2 ระบบคือ DRFT-Fish ทำการปล่อยปลา 50 ตัวต่อตารางเมตรและระบบ DRFT-Hydroponics โดยใช้ปุ๋ยสูตร KMITL 2 ลงในถังขนาด 50 ลิตร ทดลองกับ ผัก 5 ชนิดคือ ผักคะน้า ผักกาดกวางตุ้ง ผักบุ้ง ผักกาดขาว และผักกาด ฮองเต้ ทำการทดลอง 42 วัน ผลจากการศึกษาการเจริญเติบโตของผักเมื่อทำการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าน้ำหนักผักมีความแตกต่าง ทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง คุณภาพน้ำของระบบการปลูกพืชระบบ DRFT-Fish และระบบ DRFT- Hydroponics พบค่าเฉลี่ยของการนำไฟฟ้า 1.74 และ 3.02 ms/cm ความเป็นกรด เป็นด่าง 7.33 และ 6.62 ไนโตรเจน 28.15 และ 103.69 mg/l ฟอสฟอรัส 2.57 และ 8.25 mg/l และโปตัสเซียม 17.0 และ 24.37 mg/l ตามลำดับเมื่อนำมาวิเคราะห์ทางสถิติพบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P < 0.01$) ผลในด้านอัตรา การเจริญเติบโตของปลาที่เลี้ยงในระบบ DRFT-Fish มีน้ำหนักเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 30.46 กรัม (ร้อยละ 23.12) และความยาวเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 0.85 cm (ร้อยละ 4.37)

นำถม ตั้งคำ และ สุรินทร์น์ เรืองสมบูรณ์ (2553) ศึกษาเรื่องคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงปลาตกที่มีการเจริญเติบโตอย่างหนาแน่นของแพลงก์ตอนพืช การศึกษาการเปลี่ยนแปลงปัจจัยคุณภาพน้ำในบ่อปลาตกซึ่งมีการบลูมของแพลงก์ตอนพืชเป็นเวลา 32 สัปดาห์ พบว่า ปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนมีค่าอยู่ในช่วง 1.39 - 23.27 mg/l ปริมาณไนโตรเจนไนโตรเจนมีค่าอยู่ในช่วง 0.006 - 0.661 mg/l ปริมาณไนเตรทไนโตรเจนมีค่าอยู่ในช่วง 0.13 - 5.55 mg/l และปริมาณออร์โธฟอสเฟตมีค่าอยู่ในช่วง 0.02 - 2.4 mg/l ซึ่งจากปัจจัยคุณภาพน้ำดังกล่าว ปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนสูงเกินเกณฑ์ความเหมาะสมสำหรับการเลี้ยงสัตว์น้ำตั้งแต่สัปดาห์แรก โดยปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนต้องไม่เกิน 0.2 mg/l ปัจจัยคุณภาพน้ำอื่น คือ อุณหภูมิ, pH, DO, คลอโรฟิลล์ เอ, ค่าความโปร่งแสง, ปริมาณสารแขวนลอยในน้ำ, ค่าความเป็นด่างและค่าความกระด้างของน้ำมีค่าอยู่ในเกณฑ์ความเหมาะสม ยกเว้น ค่าความนำไฟฟ้าและค่า BOD โดยค่าความนำไฟฟ้า คือ 0.97 - 4.60 mS/cm ซึ่งสูงกว่าค่าปกติของแหล่งน้ำคือ 0.01 - 1 mS/cm และค่า BOD ในสัปดาห์ที่ 20 คือ 1.46 mg/L/hr สูงกว่าค่าความเหมาะสมที่ 0.5 mg/L/hr

2.3 การควบคุมความเป็นกรดต่าง (pH)

การรักษาหรือควบคุมความเป็นกรดต่าง และค่าการนำไฟฟ้าในสารละลายธาตุอาหาร (นพดล เรียบเลิศหิรัญ. 2550) เพื่อให้พืชสามารถดูดใช้ปุ๋ยหรือสารอาหารพืชได้ดี และเพื่อให้ปริมาณสารอาหารแก่พืชตามต้องการ เนื่องจากค่าความเป็นกรดต่างในสารละลายจะเป็นค่าที่บอกให้ทราบถึงความสามารถของรากที่จะดูดธาตุอาหารต่างๆ ที่อยู่ในสารละลายธาตุอาหารพืชได้ ปกติควรรักษาค่าความเป็นกรดต่างที่ 5.8 - 7.0 เพราะ

เป็นค่าหรือช่วงที่ธาตุอาหารพืชต่างๆ สามารถคงรูปในสารละลายที่พืชนำไปใช้ได้ดี ค่าความเป็นกรดต่างในสารละลายพืชเปลี่ยนแปลงได้หลายสาเหตุ เช่น การเปลี่ยนแปลงเนื่องจากการที่รากพืชดูดธาตุอาหารในสารละลายธาตุอาหาร แล้วปลดปล่อยไฮโดรเจน (H) และ ไฮดรอกไซด์ (OH) จากรากสู่สารละลายธาตุอาหาร พืชทำให้ pH เปลี่ยนแปลงไป เช่น

1) ประจุไฟฟ้าลบ หรือแอนไอออน (anions) เช่น ไนเตรต (NO_3), ซัลเฟต (SO_4), ฟอสเฟต (PO_4) แล้วปลดปล่อยไฮดรอกไซด์ (OH) สู่สารละลายธาตุอาหาร

2) ประจุไฟฟ้าบวก หรือแคตไอออน (cations) เช่น แคลเซียม (Ca), แมกนีเซียม (Mg), โพแทสเซียม (K) แอมโมเนียม (NH_4) แล้วจะปลดปล่อยไฮโดรเจน (H) สู่สารละลายธาตุอาหาร

ปกติแล้วธาตุอาหารในสารละลายธาตุอาหารพืช มีประจุไฟฟ้าบวกหรือแคตไอออนมากกว่าค่าของประจุไฟฟ้าลบหรือแอนไอออน ค่าความเป็นกรดต่างจะลดลง ในขณะที่การดูดกินแอนไอออนมากกว่าแคตไอออนจะเพิ่มความเป็นกรดต่างในสารละลายธาตุอาหารพืช การให้ธาตุอาหารบางชนิดที่พืชต้องการใช้ในปริมาณมาก คือ ธาตุไนโตรเจน (N) ซึ่งมีการให้ทั้ง 2 รูปแบบ คือ ในรูปแบบของประจุลบในสารอาหารในรูปของไนเตรต (NO_3) และในรูปของประจุบวกในสารอาหารในรูปของแอมโมเนียม (NH_4) ต้องพิจารณาถึงอัตราส่วนของสารให้ดี เพราะจะมีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงของความเป็นกรดต่างและการใช้ประโยชน์ของพืชมาก การปรับเพื่อลดหรือเพิ่มค่าความเป็นกรดนั้น สามารถทำได้โดยเติมสารลงไปในสารละลายธาตุอาหารพืช เช่น

1) การปรับเพื่อลดค่าความเป็นกรดต่าง โดยการเติมสารใดสารหนึ่งต่อไปนี้ ลงไปในสารละลายธาตุอาหาร เช่น Sulfuric acid (H_2SO_4) หรือ Nitric acid (HNO_3) หรือ Hydrochloric acid (HCl) หรือ Acetic acid

2) การปรับเพื่อเพิ่มความเป็นกรดต่าง ให้สูงขึ้น โดยการเติมสารใดสารหนึ่งต่อไปนี้ลงไปในสารละลายธาตุอาหารพืช เช่น Potassium hydroxide (KOH) หรือ Sodium hydroxide (NaOH) หรือ Sodium bicarbonate หรือ Bicarbonate of soda (NaHCO_3)

2.4 การควบคุมการนำไฟฟ้า (Electrical Conductivity)

การวัดค่าการนำไฟฟ้าจะทำให้ทราบเพียงค่ารวมของการนำไฟฟ้าของสารละลายธาตุอาหารพืชนั้น แต่ไม่ทราบค่าของสัดส่วนของธาตุอาหารใดธาตุอาหารหนึ่งที่อยู่ในถังที่อาจเปลี่ยนไปตามเวลาเนื่องจากพืชนำไปใช้หรือตกตะกอน ดังนั้นหลังจากมีการปรับค่าการนำไฟฟ้าไปได้ระยะหนึ่ง ควรเปลี่ยนสารละลายใหม่เป็นระยะๆ โดยเฉพาะประเทศที่มีอากาศร้อนอย่างเช่นประเทศไทย ควรเปลี่ยนสารละลายใหม่เป็นระยะๆ ปกติค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายธาตุอาหารระหว่าง 2.0 – 4.0 มิลลิโหมท์/เซนติเมตร (milliMhos/cm)

การเปลี่ยนแปลงค่าการนำไฟฟ้าของสารละลาย ควรรักษาค่าการนำไฟฟ้าของสารอาหารระหว่าง 2.0 – 4.0 มิลลิโหมท์/เซนติเมตร $1 \text{ (mMho/cm)} = 1 \text{ Millisiemen/cm (mS/cm)}$, $1 \text{ Millisiemen/cm (mS/cm)} = 650 \text{ ppm}$ ของความเข้มข้นของสารละลาย (salt) ปกติความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารควรอยู่ในช่วง 1,000 – 1,500 ppm เพื่อให้แรงดันออสโมติกของกระบวนการดูดซึมธาตุอาหารของรากพืชได้

สะดวก ค่าการนำไฟฟ้าจะแตกต่างกันไปตามชนิดของพืช ระยะการเจริญเติบโต และความเข้มของแสง เช่น ค่าการนำไฟฟ้าที่ต่ำคือ (1.5 – 2.0 mMho/cm) เหมาะสมต่อการปลูกแตงกวา ค่าการนำไฟฟ้าที่สูงคือ (2.5 – 3.5 mMho/cm) เหมาะสมต่อการปลูกมะเขือเทศ ค่าการนำไฟฟ้า (1.8 – 2.0 mMho/cm) เหมาะสำหรับการปลูกผักและไม้ดอกไม้ประดับทั่วไป ค่าการนำไฟฟ้าจะแตกต่างกันไปตามระยะการเจริญเติบโตและความแข็งแรงของต้นพืช เพราะค่าการนำไฟฟ้าที่สูงจะยับยั้งการเจริญเติบโตของพืช ค่าการนำไฟฟ้าที่ต่ำจะเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตทางลำต้นก่อนการให้ผล (Vegetative growth) และสูงขึ้นเมื่อพืชให้ผลผลิต (Reproductive growth) นอกจากค่าการนำไฟฟ้า จะแตกต่างกันไปตามความเข้มข้นของแสง เช่น ถ้าแสงมีความเข้มข้นมาก พืชต้องการสารละลายที่มีความเข้มข้นน้อยลง คือ พืชจะดูดน้ำมากกว่าธาตุอาหาร(นพดล เรียบเลิศศิริณ. 2550)

2.5 น้ำหมักชีวภาพ

น้ำหมักชีวภาพ หรือน้ำสกัดชีวภาพหรือปุ๋ยอินทรีย์น้ำ เป็นสารละลายเข้มข้นที่ได้จากเศษซากพืชหรือเศษสัตว์ในภาวะไร้ออกซิเจนซึ่งจะถูกย่อยด้วยจุลินทรีย์โดยใช้กากน้ำตาลเป็นแหล่งย่อยของจุลินทรีย์ (จารุรัตน์ พุ่มประเสริฐ. 2546) โดยน้ำที่ได้จะประกอบไปด้วยจุลินทรีย์ ธาตุอาหาร และสารอินทรีย์หลายชนิด ทั้งนี้จุลินทรีย์ส่วนใหญ่จะเป็นพวกยีสต์ แบคทีเรียที่สร้างกรดแลกติก และแบคทีเรียที่สามารถสังเคราะห์แสงก็สามารถพบได้ในน้ำหมักชีวภาพ นอกจากนี้ยังมีความสะอาดปลอดภัยต่อสิ่งแวดล้อมอีกด้วย โดยที่ปัจจุบันเกษตรกรได้มีการนำน้ำหมักชีวภาพไปใช้กันอย่างแพร่หลาย โดยวิธีการรดหรือพ่นให้กับพืชผักและผลไม้ในอัตราส่วนต่างๆ (วิชัย สุทธิธรรม. และคณะ. 2547) น้ำหมักชีวภาพเมื่อผ่านการหมักไประยะเวลาหนึ่งแล้วนั้น ก็จะได้สารละลายเข้มข้นอาจมีสีน้ำตาลเข้มหากใช้กากน้ำตาลในการหมัก หรือน้ำตาลอ่อนเมื่อใช้น้ำตาลชนิดอื่นในการหมัก ซึ่งเมื่อผ่านการหมักที่สมบูรณ์แล้วจะพบสารประกอบพวกคาร์โบไฮเดรต โปรตีน กรดอะมิโน ฮอโมน เอนไซม์ ในปริมาณที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับวัตถุดิบที่ใช้ในการหมักน้ำหมักชีวภาพ (วิทย์รัตน์ กุญชร ณ อยุธยา. 2544) ประเภทของน้ำหมักชีวภาพ สามารถแบ่งออกได้ตามวัตถุดิบที่ได้นำมาใช้ในการผลิตได้ 2 ประเภท ดังนี้

1. น้ำหมักชีวภาพที่ผลิตได้จากพืช โดยผลิตจากเศษผักและเศษพืช และผลิตจากขยะเปียกที่เป็นเศษผักและผลไม้ การทำน้ำหมักชีวภาพจากพืชนั้นทำได้โดยสับผักหรือผลไม้ที่มีชิ้นใหญ่ให้มีขนาดเล็กๆ จัดเรียงผักเป็นชั้นๆ โรยกากน้ำตาลสลับกับชั้นผัก อัตราส่วนของกากน้ำตาลต่อเศษผักคือ 1:3 แล้วทำการหมักในสภาพที่ไม่มีอากาศ โดยอัดผักหรือผลไม้ใส่ภาชนะให้แน่น ปิดฝาภาชนะไม่ให้อากาศเข้าได้แล้วนำเข้าไปไว้ในที่ร่ม (วิทย์รัตน์ กุญชร ณ อยุธยา. 2544)

2. น้ำหมักชีวภาพที่ได้จากสัตว์ ได้แก่ น้ำหมักชีวภาพที่ได้จากปลา หรือหอยเชอรี่ (เฉพาะไข่ หรือเปลือกพร้อมตัว หรือรวมกับพืชสดก็ได้) ซึ่งอัตราส่วนกากน้ำตาลต่อวัตถุดิบจากสัตว์เท่ากับ 1:1 (อรรณ บุญนิธิ. 2544) หรืออัตราส่วนของกากน้ำตาลต่อวัตถุดิบต่อน้ำหมักหัวเชื้อจุลินทรีย์ธรรมชาติ เท่ากับ 3:1:1 การหมักทำเช่นเดียวกันกับการหมักน้ำหมักชีวภาพที่ได้จากพืชแต่อาจต้องใช้เวลาในการหมักนานประมาณ 1 เดือนขึ้นไป (วิทย์รัตน์ กุญชร ณ อยุธยา. 2544)

การใช้ประโยชน์จากน้ำหมักชีวภาพ น้ำหมักชีวภาพนั้นสามารถนำมาใช้เป็นปุ๋ยโดยตรง เนื่องจากประกอบด้วยสารต่างๆ ธาตุอาหาร และจุลินทรีย์อยู่เป็นจำนวนมาก อย่างไรก็ตามการนำไปใช้เป็นปุ๋ยนั้น จึงต้องมีการนำไปเจือจางมากๆ ในอัตราส่วนน้ำหมักชีวภาพต่อน้ำ เช่น 1:500 หรือ 1:1000 หากมีการนำไปใช้ในความเข้มข้นที่มากกว่านั้น พืชจะชะงักการเจริญเติบโต ใบของพืชจะมีสีเหลือง แต่ถ้าใช้ในอัตราที่เหมาะสม พืชจะมีใบสีเขียวสด เป็นมัน ต้นที่มีการชะงักการเจริญเติบโต ตาที่พักอยู่จะแตกตาเป็นใบใหม่ภายในหนึ่งสัปดาห์จากการที่ให้น้ำหมักชีวภาพในความเข้มข้นที่เจือจางจึงสามารถใส่ให้พืชได้ 3-7 วันต่อครั้ง และเมื่อพืชเจริญเติบโตดีอาจให้เป็นเดือนละ 1 ครั้ง นอกจากนี้ น้ำหมักชีวภาพบางชนิดยังสามารถใช้ป้องกันโรคและแมลง เช่น เพลี้ยแป้ง โดยมีการผสมน้ำหมักชีวภาพในอัตราการเจือจางแล้วทำการฉีดพ่น หรือใช้ในการกำจัดน้ำเสีย และการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ โดยน้ำหมักชีวภาพจะย่อยสลายอินทรีย์วัตถุจากแหล่งน้ำต่างๆ เช่น บ่อน้ำ สระน้ำที่มีอินทรีย์วัตถุย่อยสลายบูดเน่า หรือมีการนำไปใช้กับการเลี้ยงสัตว์ โดยมีการใช้น้ำหมักชีวภาพอัตรา 1:80 นำไปเลี้ยงสุกรหรือไก่เพื่อทำลายจุลินทรีย์ที่เป็นเชื้อโรคจะทำให้สัตว์แข็งแรงมีภูมิคุ้มกันโรคและแมลง (วิทยรัตน์ กุญชร ณ อยุธยา. 2544)

น้ำหมักชีวภาพเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่ใช้ในการปรับปรุงบำรุงดินเพื่อการปลูกพืชที่ไม่ต้องลงทุนสูงมากนัก อย่างไรก็ตามการใช้น้ำหมักชีวภาพที่เหมาะสมนั้นจะต้องเข้าใจในการจัดการพื้นฐานคือ มีการจัดการใส่ธาตุอาหารหลัก N-P-K ธาตุอาหารรองและจุลธาตุต่างๆ รวมทั้งสมดุลของดินที่เหมาะสมทั้งกายภาพและเคมีอย่างเหมาะสม ดังนั้นการใช้น้ำหมักชีวภาพ เพื่อการส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชนั้นจะได้ผลหรือไม่ก็ต่อเมื่อพืชได้รับธาตุอาหารเพียงพอ (กองเกษตรเคมี. 2545) จึงควรมีการผสมผสานการใช้น้ำหมักชีวภาพกับวิธีอื่นๆ ด้วย เช่น การใช้ร่วมกับปุ๋ยคอก ปุ๋ยหมัก หรือนำมาใช้ร่วมกับสารละลายธาตุอาหารพืชในการปลูกพืชระบบไฮโดรโปนิคส์ (จารุรัตน์ พุ่มประเสริฐ. 2546)

2.6 น้ำหมักมูลไส้เดือนดิน (Vermicompost)

หมายถึง เศษซากอินทรีย์วัตถุต่างๆ รวมทั้งดินและจุลินทรีย์ที่ไส้เดือนดินกินเข้าไปแล้วผ่านกระบวนการย่อยสลายอินทรีย์วัตถุเหล่านั้นภายในลำไส้ของไส้เดือนดิน แล้วจึงขับถ่ายเป็นมูลออกมาทางรูทวาร ซึ่งมูลที่ได้จะมีลักษณะเป็นเม็ดสีดำ มีธาตุอาหารพืชอยู่ในรูปที่พืชสามารถนำไปใช้ได้ ปริมาณที่สูงและมีจุลินทรีย์จำนวนมาก ซึ่งในกระบวนการผลิตปุ๋ยหมักโดยใช้ไส้เดือนดินขยะอินทรีย์ที่ไส้เดือนดินกินเข้าไป และผ่านการย่อยสลายในลำไส้แล้วขับถ่ายออกมา ลักษณะทั่วไปของไส้เดือน ไส้เดือนดินมีอยู่ด้วยกันหลายชนิด มีโครงสร้างเหมือนกัน คือ ลักษณะภายนอกที่เด่นชัดของไส้เดือนคือการมีลำต้นเป็นปล้องตั้งแต่ส่วนหัวจนถึงส่วนท้าย มีรูปร่างทรงกระบอก มีความยาวในแต่ละชนิดไม่เท่ากันเมื่อโตเต็มที่จะมีช่องปล้องประมาณ 120 ปล้อง แต่ละปล้องจะมีเดือยเล็กๆ เรียงอยู่โดยรอบปล้อง ไม่มีส่วนหัวที่ชัดเจน ไม่มีตา มีโคลเทลล์ จะเห็นได้ชัดในระยะสปีพันธุ (ศุภวรรณ ใจแสน. 2553) ประโยชน์และความสำคัญของปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน ส่งเสริมการเกิดเม็ดดิน เพิ่มปริมาณอินทรีย์วัตถุแก่ดิน เพิ่มช่องว่างในดินให้การระบายน้ำและอากาศดียิ่งขึ้น ส่งเสริมความพรุนของผิวน้ำดิน ลดการจับตัวเป็นแผ่นแข็งของหน้าดิน ช่วยให้ระบบรากพืชสามารถแพร่กระจายตัวในดินได้กว้าง เพิ่มขีดความสามารถในการดูดซับน้ำในดิน ทำให้ดินชุ่มชื้น เพิ่มธาตุอาหารพืช

ให้แก่ดินโดยตรงและเป็นแหล่งอาหารของสัตว์และจุลินทรีย์ดิน เพิ่มศักยภาพการแลกเปลี่ยนประจุบวกของดิน ช่วยลดความเป็นพิษของธาตุอาหารพืชบางชนิดที่มีปริมาณมากเกินไป เช่น อลูมิเนียม และแมงกานีส ช่วยเพิ่มความต้านทานในการเปลี่ยนแปลงระดับความเป็นกรด-เบส (Buffer capacity) ทำให้การเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นไม่เร็วเกินไปจนเป็นอันตรายต่อพืช ช่วยควบคุมปริมาณไส้เดือนฝอยในดิน เนื่องจากการใส่ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินจะทำให้มีปริมาณจุลินทรีย์ที่สามารถขบสลายพวกอับคาไลต์และกรดไขมันที่เป็นพิษต่อไส้เดือนฝอยได้เพิ่มขึ้น

ไส้เดือนดินที่เหมาะสมสำหรับการทำปุ๋ยหมัก (ศุภวรรณ ใจแสน. 2553) ไส้เดือนดินที่เหมาะสมสำหรับการทำปุ๋ยหมักจะเป็นกลุ่มไส้เดือนดินแดง ซึ่งสามารถมีชีวิตอยู่ได้ในสภาพแวดล้อมที่มีความเข้มข้นของอินทรีย์วัตถุสูง และสามารถขยายพันธุ์ได้รวดเร็ว โดยทั่วไปไส้เดือนดินกลุ่มสีเทาจะไม่เหมาะที่จะนำมาใช้ในการผลิตปุ๋ย เนื่องจากมีอัตราการขยายพันธุ์ต่ำ ไม่สามารถผลิตอินทรีย์วัตถุในปริมาณมากได้ การย่อยสลายอินทรีย์วัตถุที่เป็นของเสีย ไส้เดือนดินจะกินจุลินทรีย์ที่เติบโตบนของเสียเป็นอาหาร ในขณะเดียวกันยังช่วยเร่งกิจกรรมของจุลินทรีย์ ดังนั้นมูลไส้เดือนดินจึงร้อนไม่เกาะตัว และมีจำนวนจุลินทรีย์เพิ่มขึ้นกว่าที่กินเข้าไป ขบวนการย่อยอาหารของไส้เดือนดินจึงเป็นพื้นฐานของกระบวนการทำปุ๋ยหมัก ชนิดของไส้เดือนดินที่นำมาใช้คือ *Eisenia foetida* (The Tiger worm), *Eisenia andrei* (red tiger worm), *Eudrilus eugeniae* (African Night Crawler), *Dendrobaena veneta*, *Perionyx excavates*, *Polypheretima elongate*, *Lumbricus terrestris*

2.7 วัสดุปลูกที่ใช้ในการปลูกพืชระบบไฮโดรโพนิกส์

การที่พืชส่วนใหญ่ดำรงชีวิตอยู่ได้หรือให้ผลผลิตอยู่ได้สิ่งสำคัญอย่างหนึ่งคือ รากของพืชจะต้องอยู่รอบๆ หรือแผ่ขยายไปในวัสดุปลูกนั้นได้ โดยทั่วไปวัสดุปลูกมีบทบาทต่อการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของพืช 4 ประการได้แก่ คำจุนส่วนของพืชที่อยู่เหนือวัสดุปลูกให้ตั้งอยู่ได้ เก็บสำรองธาตุอาหาร กักเก็บน้ำเพื่อดำรงประโยชน์ต่อพืช แลกเปลี่ยนอาหารระหว่างรากพืชกับบรรยากาศเหนือวัสดุปลูก ลักษณะของวัสดุปลูกที่ดี ภาพรวมในการใช้วัสดุปลูก โดยทั่วไปต้องคำนึงถึงคือ มีหน้าที่ คุณสมบัติ และสถานะที่ดี คุณสมบัติของวัสดุปลูกที่สำคัญมี 3 อย่าง คือ

คุณสมบัติทางกายภาพของวัสดุปลูก เป็นสิ่งที่เกี่ยวข้องกับการกระจายตัวของส่วนที่เป็นของแข็ง น้ำ และอากาศในวัสดุปลูก ซึ่งใช้กำหนดการจัดการน้ำให้แก่พืช เช่น ความพรุน ความสามารถในการอุ้มน้ำและอากาศ

คุณสมบัติทางเคมีของวัสดุปลูก เช่น ความเป็นกรด – ด่าง (pH) ความจุในการแลกเปลี่ยนไอออนบวกซึ่งเป็นสิ่งที่แสดงให้เห็นถึงความสามารถของวัสดุปลูกที่จะดูดซับแร่ธาตุที่จำเป็นสำหรับพืช ความสามารถในการตรึงฟอสฟอรัสและศักยภาพของแร่ธาตุอาหารพืช

คุณสมบัติทางชีวภาพของวัสดุปลูก เช่น อัตราส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจนของอินทรีย์วัตถุในอัตราที่การสลายตัวไม่มีผลต่อการขาดไนโตรเจนในวัสดุปลูกและสารที่เป็นประโยชน์ต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่จะเป็นประโยชน์หรือโทษต่อพืชที่ปลูก

ประเภทหรือชนิดของวัสดุปลูก ประเภทของวัสดุปลูกจำแนกออกได้เป็น 2 ชนิด คือ

1. วัสดุปลูกที่เป็นของเหลว หรือไม่มีวัสดุที่เป็นของแข็ง ได้แก่ การปล่อยให้สารละลายธาตุอาหารพืชไหลผ่านรากโดยตรง เช่น การปลูกด้วยระบบ NFT
2. วัสดุปลูกที่เป็นของแข็ง เป็นวัสดุที่ได้มาจากอนินทรีย์สารและอินทรีย์สาร หรือวัสดุสังเคราะห์ วัสดุที่เป็นของแข็งเรียกเป็นคำรวมว่า ซับสเตรท (Substrate) เช่น รีโอคิวล มีลักษณะเป็นแท่งขนาดต่างๆ ที่สามารถใช้ปลูกได้โดยตรงโดยไม่ต้องวางบนรางปลูก หรือจะนำไปวางบนรางปลูกก็ได้ นอกจากนี้ยังมีวัสดุปลูกอีกหลายอย่าง เช่น ทราย กรวด หินเกร็ด ขี้เลื่อย ขุยมะพร้าว โฟม

ซีโอไลต์ (Zeolite) ซีโอไลต์เป็นสารประเภทอลูมิโนซิลิเกตจากหินภูเขาไฟ ประกอบด้วยแรมมอร์ดีไนต์ และโคลนอพติโลไลต์ มีคุณสมบัติในการดูดซับสารพิษและการแลกเปลี่ยนไอออน โดยเป็นหินเม็ดที่ผ่านความร้อนจากภูเขาไฟ ทำให้มีโครงสร้างเป็นรูพรุน มีความสามารถในการจับ ดูดซับ และปลดปล่อยแร่ธาตุที่สำคัญสำหรับพืช จึงนำมาประยุกต์ใช้ เป็นสารเพิ่มผลผลิต และปรับปรุงคุณภาพดิน ได้อย่างดี โดยซีโอไลต์ ชนิดเม็ดเหมาะสำหรับใช้ปรับปรุงดินก่อนปลูก ทรายหน้าดิน โกลบ ใสก้นหลุม ใสโคนต้นหลังปลูก แนวร่องสวนหรือนา เมื่อใช้ในปริมาณที่เหมาะสมจะสามารถเพิ่มผลผลิตของไม้ผลให้ได้คุณภาพดี ดอก ผลดก รสหวาน กรอบ แข็งแรง พืชผัก มีภูมิต้านทาน ใบแข็งแรง ไม่ช้ำง่าย แมลงไม่เจาะ ลดการใช้สารเคมีกำจัดแมลง เหมาะสำหรับนาข้าว ผลไม้ อ้อย มันสำปะหลัง ข้าวโพดและไม้ประดับทุกชนิด นอกจากนี้มีการนำแร่ภูเขาไฟหรือซีโอไลต์ไปใช้ในการปรับปรุงคุณภาพน้ำในการเลี้ยงสัตว์น้ำ โดยคุณสมบัติเด่นๆของแร่ภูเขาไฟหรือซีโอไลต์ คือความสามารถในการดูดซับแก๊สพิษ แก๊สแอมโมเนีย แก๊สไฮโดรเจน รวมทั้งสารพิษอื่นๆ (หจก.โซติรังสี. 2004)

ขุยมะพร้าว มีคุณสมบัติทางเคมีและฟิสิกส์ pH 6 – 7 คุณสมบัติในการอุ้มน้ำดีมาก จนอาจมากเกินไปจนมีปัญหาเกี่ยวกับการระบายอากาศ การแลกเปลี่ยนประจุมีค่าสูง เมื่อขุยมะพร้าวผ่านขบวนการสลายตัว ความหนาแน่นรวมเมื่อแห้งต่ำ ความพรุนสูง ความคงทนของโครงสร้าง สามารถสลายตัวได้ ใช้ทำปุ๋ยหมักและใช้เป็นวัสดุ อายุการใช้งาน 2-3 ครั้ง ราคาถูก น้ำหนักเบาต่อการนำมาใช้ ความสามารถในการอุ้มน้ำดีมาก ราคาถูก อาจมีปัญหาเกี่ยวกับการระบายอากาศที่รากพืช มีการสลายตัวหลังจากนำมาใช้และเกิดการอัดตัวแน่น ยากในการกำจัดโรคและแมลง ปัจจุบันประเทศศรีลังกาได้มีการผลิต ขุยมะพร้าวอัดเป็นแท่งวัสดุปลูก ออกขายไปต่างประเทศ เพื่อใช้ปลูกมะเขือเทศ แตงกวา ฯลฯ แต่การนำขุยมะพร้าวมาใช้ต้องระวังปริมาณเกลือที่อาจสะสมอยู่ โดยเฉพาะขุยมะพร้าวที่ได้จากแหล่งปลูกมะพร้าวใกล้ทะเล

แกลบเผา มีคุณสมบัติทางเคมีและฟิสิกส์ pH 7-8.5 มีความแปรปรวนมาก ขึ้นอยู่กับอายุของกอง ขี้เถ้าแกลบ ถ้ามีอายุมากจะมีการชะล้างโดยฝนมาก pH จะลดลง คุณสมบัติในการอุ้มน้ำดี ความหนาแน่นรวมเมื่อแห้งต่ำความพรุนสูง ความคงทนของโครงสร้างดี มีการสลายตัวน้อย แต่จะมีการอัดตัวบ้างหลังปลูก ใช้เป็นวัสดุปลูกที่ดีมากชนิดหนึ่ง อายุการใช้งาน 2-4 ครั้ง น้ำหนักเบาต่อการนำมาใช้ ความสามารถในการอุ้มน้ำดี มีการสลายตัวหลังจากนำมาใช้น้อยและเกิดการอัดตัวไม่มากนัก ราคาถูก ยากในการกำจัดโรคและแมลง ก่อนนำมาใช้ต้องแช่ด้วยกรดอ่อนก่อนเพื่อลดค่า pH ให้อยู่พอประมาณ

ทรายหยาบ มีคุณสมบัติทางเคมีและฟิสิกส์มีการอุ้มน้ำได้ค่อนข้างดี ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่ใช้ 0.5-2 มิลลิเมตร มีความพรุนต่ำ นิยมนำไปเป็นวัสดุเพาะชำ วัสดุปลูก ปรับปรุงดิน ทรายหยาบมีความสามารถอุ้ม

น้ำได้ดีกว่ากรวด เป็นสารเฉื่อยไม่ทำปฏิกิริยาเคมี ทรายหยาบจะมีการอัดตัวอาจมีปัญหาในการระบายน้ำ และอากาศ มีน้ำหนักมาก ความพรุนต่ำ

เม็ดดินเผา มีคุณสมบัติทางเคมีและฟิสิกส์ มีค่า pH 5-7 คุณสมบัติในการอุ้มน้ำ 14.7-16.5% โดยน้ำหนัก ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่ใช้ 8-16 มิลลิเมตร ความพรุนดี ความคงทนของโครงสร้างดีมาก มักจะใช้เป็นวัสดุปลูก เม็ดดินเผามีการระบายอากาศที่ดีมาก ไม่ทำปฏิกิริยากับสารละลายธาตุอาหาร ไม่เป็นแหล่งสะสมของโรคและแมลง

ใยหิน (Rock wool) เป็นวัสดุปลูกที่ผลิตในโรงงานอุตสาหกรรม โดยการหลอมหินภูเขาไฟและทำให้เป็นเส้นใยและผสมด้วยเรซิน 4-5% โดยน้ำหนัก เพื่อทำให้อ่อนตัวและผสมด้วยน้ำมันชนิดพิเศษเพื่อให้มีคุณสมบัติเกาะน้ำได้ ใยหินขณะใช้เป็นวัสดุปลูกจะปล่อย Ca ออกมาในสารละลายได้เล็กน้อย คุณสมบัติทางเคมีและฟิสิกส์ pH 7-9.5 มีความพรุน 95% ใยหินเป็นวัสดุปลูกที่มีการระบายน้ำและอากาศดีที่สุด การใช้งานง่าย น้ำหนักเบา

เพอร์ไลต์ (Perlite) เป็นวัสดุที่ผ่านขบวนการในโรงงานอุตสาหกรรม โดยการเผาเพอร์ไลต์ที่มีต้นกำเนิดจากภูเขาไฟที่อุณหภูมิ 1,200°C คุณสมบัติทางเคมีและฟิสิกส์ pH 7-7.2 มีคุณสมบัติในการอุ้มน้ำ 250-300 ลิตรน้ำต่อเพอร์ไลต์ 1 ลูกบาศก์เมตร ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.5-6 มิลลิเมตร ความพรุน 97% มักจะใช้เป็นวัสดุเพาะชำและวัสดุปลูก น้ำหนักเบา ไม่เป็นแหล่งสะสมของโรคและแมลง สามารถอุ้มน้ำได้ดี

เวอร์มิคูไลต์ (Vermiculite) เกิดจากการเผาแร่ไมก้า ที่อุณหภูมิประมาณ 850°C คุณสมบัติทางเคมีและฟิสิกส์ pH 7-7.2 มีคุณสมบัติในการอุ้มน้ำ 350-375 ลิตร/ลูกบาศก์เมตร คุณสมบัติในการแลกเปลี่ยนประจุ 65-140 me/100 gm ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่ใช้ 95% ใหญ่กว่า 3 มิลลิเมตร ความพรุน 96% ความคงทนของโครงสร้างไม่ดี มักใช้เป็นวัสดุเพาะชำและวัสดุปลูก น้ำหนักเบา ไม่เป็นแหล่งสะสมโรคและแมลง มีความสามารถอุ้มน้ำได้ดี

เศษอิฐมอญหัก เกิดจากการนำอิฐมอญทุบให้ได้ขนาดตามต้องการ มักนำไปใช้เป็นวัสดุปลูก

ฟองน้ำอัดแห้งผลิตจากการนำเศษฟองน้ำหั่นเป็นชิ้นเล็กๆ และนำกลับมาอัดเป็นแผ่นโดยไอน้ำ และตัดเป็นแท่งตามขนาดที่ต้องการ เป็นวัสดุปลูกที่มีการผลิตเป็นการค้าอย่างแพร่หลายในประเทศเบลเยียมสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้หลายครั้งนำมาทิ้งฆ่าเชื้อโรคด้วยไอน้ำ

พีท (Peat) เกิดจากการสะสมของซากพืชเป็นจำนวนมากตามธรรมชาติในแหล่งที่มีน้ำขัง องค์ประกอบของพีทในแหล่งต่างๆ จะแตกต่างกันออกไป ขึ้นอยู่กับชนิดของพืชที่ขึ้นในบริเวณนั้นๆ คุณสมบัติทางเคมีและฟิสิกส์ pH 2.5-7 คุณสมบัติในการอุ้มน้ำ 4-15 เท่าของน้ำหนัก ความพรุน 85-95% ใช้ทำเป็นแท่งเพาะชำ ใช้เป็นวัสดุปลูก เป็นสารปรับปรุงดิน ถ้าพีทมีฤทธิ์ความเป็นกรดจะต้องมีการทำให้เป็นกลางก่อน และเมื่อต้องการจะนำไปใช้ในการปลูกครั้งที่สองต้องไม่ปล่อยให้แห้ง พีทมีความสามารถในการอุ้มน้ำได้ดีมาก แต่ต้องมีการปรับค่า pH เสมอ

ขี้เลื่อยคุณสมบัติทางเคมีและฟิสิกส์ pH 4.2-6 มีความแปรปรวนมากขึ้นอยู่กับชนิดของไม้และอายุของขี้เลื่อย คุณสมบัติในการอุ้มน้ำดีมาก จนอาจมีปัญหาเกี่ยวกับการระบายอากาศ ความพรุนสูง มักใช้ทำเป็น

ปุ๋ยหมักและใช้เป็นวัสดุปลูก โดยปกติก่อนการนำมาใช้เป็นวัสดุปลูกจะปลูกให้ซีลี้อยสลายตัวก่อนประมาณ 6 เดือน น้ำหนักเบา ความสามารถในการอุ้มน้ำดีมาก

แกลบสด มีคุณสมบัติทางเคมีและฟิสิกส์ pH 6-7 คุณสมบัติในการอุ้มน้ำน้อย ความพรุนสูง มักใช้เป็นวัสดุปลูก น้ำหนักเบา การนำไปใช้ มีการระบายน้ำดีเกินไป ยกในการกำจัดโรคและแมลง

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวัสดุปลูก จากการทดลองเปรียบเทียบนำวัสดุปลูกชนิดต่างๆ ได้แก่ แ่ง ฟองน้ำจากประเทศเบลเยียม แ่งใยหิน จากเนเธอร์แลนด์ และเพอร์ไลต์ ซึ่งวัสดุทั้ง 3 ชนิด มีการใช้อย่างแพร่หลายในต่างประเทศมาเปรียบเทียบกับวัสดุที่หาได้ในประเทศไทยได้แก่ แกลบสด ซีลีอแกลบ ขุยมะพร้าว และทราย และวัสดุผสมระหว่างแกลบสด + ทราย 1:1 ซีลีอแกลบ + ทราย 1:1 ขุยมะพร้าว + ทราย 1:1 ผลการทดลองสรุปได้ว่า วัสดุผสมและวัสดุปลูกเดี่ยวมีผลให้อัตราการเจริญเติบโตของพืชใกล้เคียงกัน ยกเว้นการนำขุยมะพร้าวเดี่ยวๆ มาปลูกรากพืชจะแฉะ การเจริญเติบโตไม่ค่อยดี ต้องระวังในการให้น้ำ และเมื่อทดลองปลูกเป็นระยะเวลานาน 1 ปี ผลปรากฏว่าแ่งใยหิน จะมีการสลายตัวอย่างมากเหลือวัสดุปลูกอยู่ในถุงประมาณ 60% ส่วนวัสดุผสมต่างๆ ที่ผสมกับทรายจะมีการหดตัวไม่มากนักและยังสามารถใช้เป็นวัสดุปลูกพืชต่อไปได้ ส่วนฟองน้ำจะไม่มีสลายตัวเลยและสามารถนำมาใช้เป็นวัสดุปลูกได้อีก ส่วนวัสดุเดี่ยว ได้แก่ แกลบสด ในช่วงการปลูกช่วงแรกๆ จะมีปัญหาเกี่ยวกับการระบายน้ำที่มากเกินไป การแพร่กระจายน้ำน้อย การเจริญเติบโตของพืชไม่ดี แต่หลังจากที่ผ่านการสลายตัวแล้วความในการอุ้มน้ำเพิ่มมากขึ้น ขุยมะพร้าว ความสามารถในการอุ้มน้ำดีเกินไปและมีการสลายตัวมากหลังจากปลูกต้องระวังในการให้น้ำและการระบายน้ำ ซีลีอแกลบเป็นวัสดุปลูกที่ดีมากชนิดหนึ่งสามารถใช้เป็นวัสดุปลูกเดี่ยวๆ หรือใช้ผสมทราย การสลายตัวน้อย ก่อนใช้ต้องแช่ด้วยกรดอ่อนก่อน เพื่อลด pH ให้เท่ากับ 6 วัสดุปลูกทั้ง 3 ชนิด เมื่อนำมาผสมทรายอัตราส่วน 1:1 จะทำให้วัสดุปลูกดีขึ้นมาก ดังนั้น ถ้าพิจารณาวัสดุปลูกที่เหมาะสมกับประเทศไทยควรเป็นวัสดุปลูกอินทรีย์ต่างๆ ที่สามารถหาได้ในท้องถิ่น เช่น แกลบสด ซีลีอแกลบ ขุยมะพร้าว และทราย หรือจะใช้ผสมระหว่าง แกลบสด + ทราย 1:1 ซีลีอแกลบ + ทราย 1:1 ขุยมะพร้าว + ทราย 1:1

ในการศึกษาวัสดุปลูกเพาะต้นกล้าและอายุต้นกล้าที่เหมาะสมสำหรับการปลูกผักกาดหอม พบว่า ชนิดของวัสดุเพาะมีผลต่อจำนวนต้นและความกว้างของใบ วัสดุที่ใช้ในการเพาะคือ วัสดุผสมระหว่างแกลบเผา กับขุยมะพร้าวที่อัตราส่วน 2:1 ในขณะที่การศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิของสารละลายและชนิดของวัสดุปลูกที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของผักบวบเลี้ยงที่ปลูกโดยไม่ใช้ดิน วัสดุปลูกเพอร์ไลต์ผสมกับเวอร์มิคูไลต์ ทำให้ต้นขาวมีความโปร่งสูง มีช่องว่างอากาศมาก

อัตราส่วนของ K, Ca ที่ต่างกันจะมีผลต่อคุณภาพการให้ผลผลิตของมะเขือเทศที่ปลูกแบบไร้ดิน (Fanasca, et al. 2005) แต่การใช้สารสกัดชีวภาพชนิดต่างๆ ร่วมกับปุ๋ยเคมีในอัตราต่างๆ จะไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตของงา (วุฒิชัย นันตะก้านตง และ อิสรา สุขสถาน 2550) น้ำสกัดชีวภาพจากค่น้ำและผักกาด กวางตุ้งจะให้ผลผลิต ด้านความสูง น้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง สูงที่สุด (เฉลิมวุฒิ น้อยโสภ และคณะ. 2553) อัตราส่วนการใช้น้ำสกัดชีวภาพจากปลาป่น อัตราส่วน 1:250 ปริมาตรต่อปริมาตร มีผลช่วยเร่งในการเจริญเติบโตของพืช การวัสดุที่ใช้เป็นทรายหยาบผสมถ่านแกลบ และทรายหยาบผสมขุยมะพร้าว มีผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของค่น้ำมาก และจากการผสมแกลบและขุยมะพร้าวในอัตรา 1:1, 0:1, 1:1, 1:2,

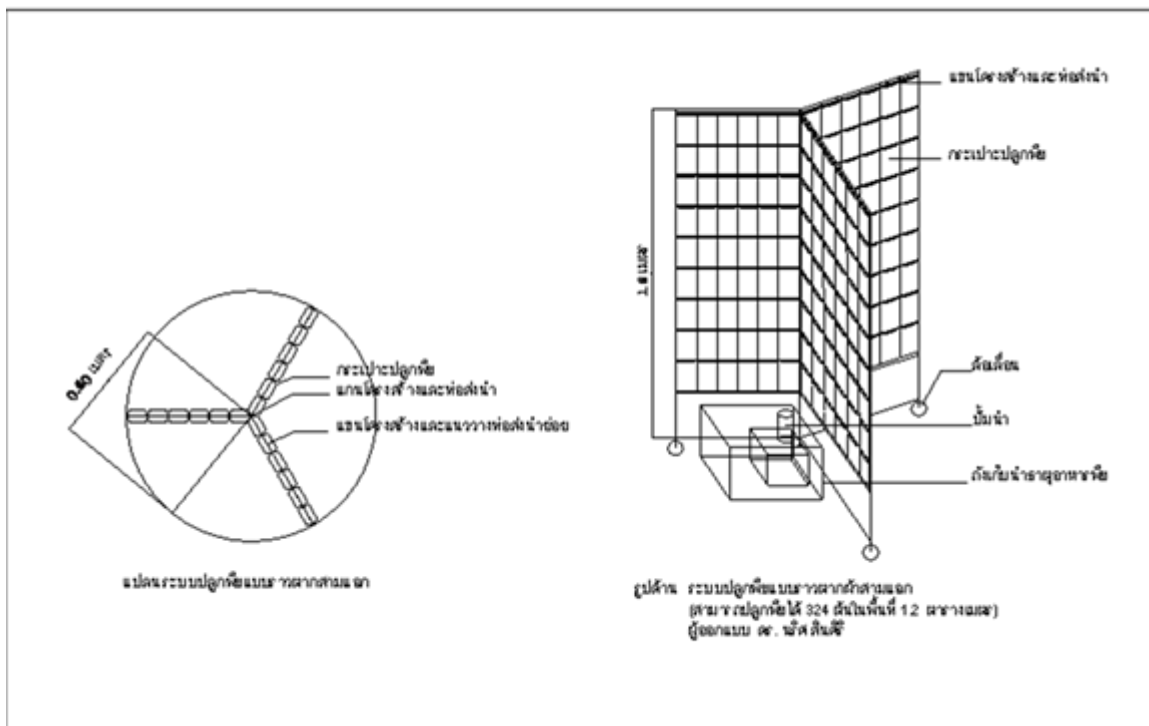
2:1 เมื่อพืชมีอายุครบ 7 วัน จะมีอัตราการเจริญเติบโตด้านความสูง ความยาวราก วัสดุเพาะมีผลต่อจำนวนและความกว้างของใบในทุกอายุต้นกล้า วัสดุที่ใช้จำนวนมากคือ วัสดุผสมระหว่างแกลบเผาและขุยมะพร้าว อัตราส่วน 2:1 คุณสมบัติของวัสดุปลูกที่แตกต่างกันจะทำให้พืชมีการเจริญเติบโตที่แตกต่างกัน การทดลองปลูกต้นไม้ในแนวตั้งโดยนำต้นไม้หลากหลายชนิดมาแขวนไว้บนผนังในห้องนอน แล้วนำรากของต้นไม้ไปใส่ไว้ในตุ้ปลา ผลปรากฏว่าต้นไม้เหล่านั้นเจริญงอกงามเพราะได้รับปุ๋ยจากน้ำเลี้ยงปลา ในขณะที่น้ำในบ่อปลาก็ใสสะอาด เพราะมีต้นไม้ช่วยดูดซับของเสีย

บทที่ 3

ระเบียบวิธีวิจัย

3.1 การออกแบบระบบและเปรียบเทียบระบบชุดปลูกพืชผักในแนวตั้งในวัสดุที่แตกต่างกัน

3.1.1 การศึกษาออกแบบระบบชุดปลูกพืชผักในแนวตั้ง ทำการทดลองโดยใช้แผนการทดลองแบบที่เหมาะสมกับวัสดุโครงสร้างชุดปลูก เช่น พรหมแบบราวตากผ้า ระบบปลูกกระถางซ้อน และหรือรูปแบบอื่นร่วมกับวัสดุปลูก เช่น ถ่านแกลบ กรวดทราย ขุยมะพร้าว หรือวัสดุอื่น ๆ โดยใช้กวางตุ้งฮ่องกง ผักบุ้ง คะน้า ผักชีจีน ต้นหอม โหระพา แตงกวา พริก มะเขือเทศเป็นพืชทดลอง โดยเน้นการพัฒนาระบบปลูกพืชแนวตั้งดังตัวอย่างในรูปด้านล่าง (รูปที่ 3.1, 3.2, 3.3) รูปแบบและวิธีการแสดงโดยละเอียดในบทที่ 4



รูปที่ 3.1 ระบบปลูกพืชในแนวตั้ง แบบราวตากผ้า 3 แถว

3.1.2 การศึกษาระดับของการให้น้ำต่อความต้องการน้ำที่เหมาะสมในพืชต่างชนิด ทำการทดลองโดยใช้ระบบชุดปลูกพืชที่ให้น้ำได้ดี จากการทดลองที่ 3.1.1 ร่วมกับระดับให้น้ำในระดับต่างๆกัน ในชนิดพืชที่แตกต่างกันในลักษณะความต้องการน้ำ 3 ชนิด (ต้องการน้ำน้อย, น้ำปานกลาง, น้ำมาก) ได้แก่ ผักบุ้ง, กวางตุ้งฮ่องกง, มะเขือเทศ เก็บข้อมูลด้านองค์ประกอบผลผลิต ผลผลิต คุณค่าทางอาหาร โรค แมลงศัตรู วิธีการทดลองและการพัฒนาระบบถูกแสดงไว้โดยละเอียดในบทที่ 4

ชีวภาพ โดยใช้ กวางตุ้งฮ่องกง ผักบุ้ง คะน้า ผักชีจีน ต้นหอม โหระพา แตงกวา พริก มะเขือเทศ เป็นพืชทดลอง เก็บข้อมูลด้านองค์ประกอบผลผลิต ผลผลิต คุณค่าทางอาหาร โรค แมลงศัตรู เชื้อราต่าง ๆ ที่เกิดบนวัสดุปลูก เพื่อพัฒนาสูตรธาตุอาหารพืชให้สะดวกต่อการใช้ประโยชน์ในชุมชนเมือง วิธีการทดลองและการพัฒนาระบบถูกแสดงไว้โดยละเอียดในบทที่ 4

บทที่ 4

การพัฒนาระบบปลูกพืชในแนวตั้งและผลการทดลอง

4.1 การพัฒนาระบบปลูกพืชในแนวตั้ง

มีการออกแบบระบบปลูกพืชในแนวตั้ง 6 รูปแบบประกอบด้วย

4.1.1 การใช้พรมอัดปูพื้นชนิดบาง

นำมาตัดเย็บเป็นกระเปาะสำหรับปลูกพืช 2 ด้าน โดยมีพรมชั้นกลางเป็นส่วนแบ่งกระเปาะด้านซ้ายและขวาและเป็นที่รองรับน้ำหนักของชุดปลูกพืชนี้ การแขวนชุดปลูกพืชนี้แขวนไว้บนโครงสร้างเหล็กกล้าป๊าวไนท์ (ท่อประปา) 3 รูปแบบ

4.1.1.1 ระบบปลูกพืชในแนวตั้ง แบบราวตากผ้า

ชุดปลูกพืชเป็นพรมกระเปาะสำหรับปลูกพืช 2 ด้าน โดยมีพรมชั้นกลางเป็นส่วนแบ่งกระเปาะด้านซ้ายและขวาและเป็นที่รองรับน้ำหนัก ขนาด 1.00×0.80 ตารางเมตร (กว้าง $\times$ ยาว) ขนาดกระเปาะ 10.0×10.0 ตารางเซนติเมตร ซึ่งใน 1 แผงปลูกพืชนี้ในด้านหนึ่งจะมีจำนวนกระเปาะ เท่ากับ 60 กระเปาะ เมื่อรวมกัน 2 ด้านจะมีจำนวนกระเปาะรวมเท่ากับ 120 กระเปาะ ซึ่งสามารถปลูกพืชได้ 120 ถึง 360 ต้น ในอัตราปลูก 1-3 ต้นต่อกระเปาะขึ้นกับขนาดของต้นพืชแต่ละชนิด ในส่วนบนของแผงปลูกพืชนี้ตัดเย็บให้มีช่องสำหรับสอดใส่แกนเหล็กเพื่อแขวนแผงนี้ไว้กับเหล็กโครงสร้างเช่นเดียวกับราวตากผ้า และถัดลงมาตัดเย็บให้มีช่องสำหรับสอดท่ออะลูมิเนียมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.6 มิลลิเมตร ที่เจาะรูขนาด $1/32$ นิ้ว เรียงไปตามจำนวนกระเปาะในแผงปลูกพืช จำนวน 10 รู และที่ปลายท่อใช้จุกปิดหรือท่อพลาสติกสวมแล้วพับปลายไว้ป้องกันน้ำรั่วออก ส่วนด้านหัวท่อเชื่อมต่อกับท่อส่งน้ำจากปั๊มที่ส่งน้ำจากระบบเลี้ยงปลาหรือแหล่งธาตุอาหารพืชจากแหล่งอื่น ในส่วนด้านล่างของแผงปลูกพืชนี้ส่วนชายด้านล่างตัดเย็บพรมให้สามารถสอดใส่ท่ออะลูมิเนียมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.6 มิลลิเมตรเป็นแกนเพื่อล็อกแผงปลูกพืชนี้ไว้กับท่อรับน้ำทั้งด้านล่างโดยใส่ชายพรมลงในร่องที่เจาะไว้บนท่อ PVC ขนาด $1 \frac{1}{4}$ นิ้ว โดยร่องที่เจาะนี้มีขนาด 1.2 เซนติเมตร ท่อน้ำทั้งนี้ปิดปลายด้านหัวและท้ายด้วยจุกปิดปลายท่อและเจาะรูด้านล่างเพื่อระบายน้ำทิ้งให้ไหลกลับไปยังแหล่งน้ำจากระบบเลี้ยงปลาเพื่อวนกลับมาใช้ใหม่ต่อไปดังรูปที่ 4.1.1.1

4.1.1.2 ระบบปลูกพืชในแนวตั้ง แบบราวตากผ้า สามแถว

ชุดปลูกพืชแบบราวตากผ้า สามแถวเป็นพรมกระเปาะสำหรับปลูกพืช 2 ด้านเช่นเดียวกับแบบแรก โดยมีพรมชั้นกลางเป็นส่วนแบ่งกระเปาะด้านซ้ายและขวาและเป็นที่รองรับน้ำหนัก แต่มีขนาดเล็กลงโดยใช้ขนาด 0.66×1.35 ตารางเมตร (กว้าง $\times$ ยาว) ขนาดกระเปาะ 10.10×11.0 ตารางเซนติเมตร ซึ่งใน 1 แผงปลูกพืชนี้ในด้านหนึ่งจะมีจำนวนกระเปาะ เท่ากับ 60 กระเปาะ เมื่อรวมกัน 2 ด้านจะมีจำนวนกระเปาะรวมเท่ากับ 120 กระเปาะ ซึ่งสามารถปลูกพืชได้ 120 ถึง 360 ต้นต่อแผง โดยในชุดปลูกนี้ประกอบด้วยแผงปลูกพืช 3 แผง ดังนั้นใน 1 ชุดปลูกนี้จะปลูกพืชได้ $360 - 1080$ ต้น ใน อัตราปลูก 1-3 ต้นต่อกระเปาะขึ้นกับขนาดของต้นพืชแต่ละชนิด ในส่วนบนของแผงปลูกพืชนี้ตัดเย็บให้มีช่องสำหรับสอดใส่แกนเหล็กเพื่อแขวนแผงนี้ไว้กับเหล็กโครงสร้างที่ออกแบบเป็นโครงสร้างเหล็ก 3 แถว และถัดลงมาตัดเย็บให้มีช่องสำหรับสอดท่อ

อะลูมิเนียมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.6 มิลลิเมตร ที่เจาะรูขนาด 1/32 นิ้ว เรียงไปตามจำนวนกระเปาะในแผงปลูกพืช จำนวน 6 รู และที่ปลายท่อใช้จุกปิดหรือท่อพลาสติกสวมแล้วพับปลายไว้ป้องกันน้ำรั่วออก ส่วนด้านหัวท่อเชื่อมต่อกับท่อส่งน้ำจากปั๊มที่ส่งน้ำจากระบบเลี้ยงปลาหรือแหล่งธาตุอาหารพืชจากแหล่งอื่น ในส่วนด้านล่างของแผงปลูกพืชนำส่วนชายด้านล่างตัดเย็บพรมให้สามารถสอดใส่ท่ออะลูมิเนียมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.6 มิลลิเมตรเป็นแกนเพื่อยึดแผงปลูกพืชนี้ไว้กับท่อรับน้ำทั้งด้านล่างโดยใส่ชายพรมลงในร่องที่เจาะไว้บนท่อ PVC ขนาด 1 ¼ นิ้ว โดยร่องที่เจาะนี้มีขนาด 1.2 เซนติเมตร ท่อน้ำทั้งนี้ปิดปลายด้านหัวและท้ายด้วยจุกปิดปลายท่อและเจาะรูด้านล่างเพื่อระบายน้ำทิ้งให้ไหลกลับไปยังแหล่งน้ำจากระบบเลี้ยงปลาเพื่อวนกลับมาใช้ใหม่ต่อไป ในส่วนโครงสร้างหลัก 3 แฉก ออกแบบโดยใช้เหล็กกัลป์วาไนท์ ขนาด ½ นิ้ว ตัดและเชื่อมต่อกันเป็นแขนยาว 75 เซนติเมตรทำมุม 120 องศา เป็น 3 แฉก 2 ชั้น ชั้นส่วนบนและชั้นส่วนล่าง โดย 2 ส่วนนี้เชื่อมต่อกันด้วยแกนเหล็ก ขนาด 1 นิ้ว ในแกนตั้ง และสามารถแยกถอดประกอบได้ ในส่วนชั้นส่วนด้านล่างที่ปลายแขนติดตั้งล้อเลื่อน 3 ล้อ สำหรับการเคลื่อนย้ายได้โดยสะดวก สำหรับภาชนะเก็บกักน้ำและรองรับน้ำทิ้งใช้กะละมังพลาสติกขนาดความจุ 25 ลิตร เจาะก้นตรงกลางแล้วตัดแปลงท่อสำหรับติดตั้งก๊อกน้ำของถังเก็บน้ำ ขนาด 1 ½ นิ้ว สวมไว้ตรงกลางตรงตำแหน่งที่เจาะรูกะละมังเพื่อให้กะละมังนี้สามารถสวมลงไปในแกนกลางของชุดหลักโครงสร้างได้และยังสามารถป้องกันการรั่วของน้ำจากรอยเจาะรูที่ก้นกะละมังได้ ในส่วนระบบส่งน้ำใช้ปั๊มน้ำขนาดเล็กที่ใช้ในบ่อเลี้ยงปลา ขนาด 30-32 W วางไว้ในกะละมังแล้วเชื่อมต่อท่อสายยางส่งน้ำขึ้นไปยังข้อต่อแยก 3 ทาง แล้วต่อสายยางจากข้อต่อแยก 3 ทางไปสู่ท่ออะลูมิเนียมในแต่ละแผงปลูกต่อไป ที่ปลายแขนทั้ง 3 ด้านเมื่อนำแผงปลูกพืชเข้ามาประกอบแล้วจะใช้เสาเหล็กขนาด 1/2 นิ้ว ที่ส่วนหัวและท้ายติดข้ออ ขนาดเดียวกันไว้สวมที่ปลายแขนทั้ง 3 ด้านเพื่อยึดแผงปลูกพืช รับน้ำหนักของโครงสร้างชุดปลูกให้คงรูป ดังรูปที่ 4.1.1.2



รูปที่ 4.1.1.1 ระบบปลูกพืชในแนวตั้งแบบราวตากผ้า



รูปที่ 4.1.1.2 ระบบปลูกพืชในแนวตั้งแบบราวตากผ้าสามแถว

4.1.1.3 ระบบปลูกพืชในแนวตั้ง แบบราวตากผ้า สีแฉก

ชุดปลูกพืชแบบราวตากผ้า สีแฉกมีลักษณะเป็นเช่นเดียวกับชุดปลูกพืชแบบราวตากผ้า สามแถว โดยเป็นพรมกระเปาะสำหรับปลูกพืช 2 ด้านเช่นเดียวกัน ขนาดและการแบ่งจำนวนกระเปาะเท่ากัน (0.66×1.35 ตารางเมตร (กว้าง $\times$ ยาว) ขนาดกระเปาะ 10.10×11.0 ตารางเซนติเมตร ซึ่งใน 1 แผงปลูกพืชนี้ใน ด้านหนึ่งจะมีจำนวนกระเปาะ เท่ากับ 60 กระเปาะ เมื่อรวมกัน 2 ด้านจะมีจำนวนกระเปาะรวมเท่ากับ 120 กระเปาะซึ่งสามารถปลูกพืชได้ 120 ถึง 360 ต้นต่อแผง) แต่ในชุดปลูกนี้ประกอบด้วยแผงปลูกพืช 4 แผง ดังนั้นใน 1 ชุดปลูกนี้จะปลูกพืชได้ 480 – 1440 ต้น ใน อัตราปลูก 1-3 ต้นต่อกระเปาะขึ้นกับขนาดของต้นพืช แต่ละชนิด การตัดเย็บแผงปลูกพืชทำเช่นเดียวกันกับแบบ 3 แถว โดยเหล็กโครงสร้างที่ออกแบบเป็นโครงสร้าง เหล็ก 4 แถว ตัดและเชื่อมต่อเป็นแขนยาว 75 เซนติเมตรทำมุม 90 องศา เป็น 4 แถว 2 ชั้น ชั้นส่วนบนและ ชั้นส่วนล่าง โดย 2 ส่วนนี้เชื่อมต่อกันด้วยแกนเหล็ก ขนาด 1 นิ้ว ในแกนตั้ง และสามารถแยกถอดประกอบได้ ในส่วนขึ้นส่วนด้านล่างที่ปลายแขนติดตั้งล้อเลื่อน 4 ล้อ สำหรับการเคลื่อนย้ายได้โดยสะดวก สำหรับภาชนะ เก็บกักน้ำและรองรับน้ำทิ้งใช้กะละมังพลาสติกขนาดความจุ 25 ลิตร เจาะกันตรงกลางแล้วตัดแปลงท่อสำหรับ ติดตั้งก๊อกน้ำของถังเก็บน้ำ ขนาด $1 \frac{1}{2}$ นิ้ว สวมไว้ตรงกลางตรงตำแหน่งที่เจาะรูกะละมังเพื่อให้กะละมังนี้ สามารถสวมลงไปในแกนกลางของชุดเหล็กโครงสร้างได้และยังสามารถป้องกันการรั่วของน้ำจากรอยเจาะรูที่ กันกะละมังได้ ในส่วนระบบส่งน้ำใช้ปั๊มน้ำขนาดเล็กที่ใช้ในบ่อเลี้ยงปลา ขนาด 30-32 W. วางไว้ในกะละมัง แล้วเชื่อมต่อท่อสายยางส่งน้ำขึ้นไปยังข้อต่อแยก 4 ทาง แล้วต่อสายยางจากข้อต่อแยก 4 ทางไปสู่ท่อ

อะลูมิเนียมในแต่ละแผงปลูกต่อไป ที่ปลายแขนทั้ง 4 ด้านเมื่อนำแผงปลูกพืชเข้ามาประกอบแล้วจะใช้เสาเหล็กขนาด $\frac{1}{2}$ นิ้ว ที่ส่วนหัวและท้ายติดข้ออง ขนาดเดียวกันไว้สวมที่ปลายแขนทั้ง 4 ด้านเพื่อยึดแผงปลูกพืชรับน้ำหนักของโครงสร้างชุดปลูกให้คงรูป ดังรูปที่ 4.1.1.3



รูปที่ 4.1.1.3 ระบบปลูกพืชในแนวตั้ง แบบราวตากผ้า สีแฉก

4.1.2 ระบบปลูกพืชในแนวตั้ง แบบโครงสร้างกระถางซ้อน

4.1.2.1 ระบบปลูกพืชในแนวตั้ง โครงเหล็กกระถางซ้อน 1

ออกแบบโดยใช้เหล็กตัน ขนาด 1.0 x 1.0 เซนติเมตร ตัดและเชื่อมต่อเป็นรูปกล่อง เพื่อเป็นส่วนโครงสร้างเสารับน้ำหนักของกระถางที่วางซ้อนไว้ข้างบนโดยใช้เหล็กขนาด 0.9 มิลลิเมตรทำงอขึ้นรูปเป็นรูปถ้วยเพื่อรองรับกระถาง ซึ่งแบ่งเป็น 3 ชั้น ชั้นแรกประกอบด้วยกระถางขนาดใหญ่ ขนาด 10x10 4 ใบ ชั้นที่ 2 และ 3 ประกอบด้วยกระถางเล็ก ชั้นละ 16 ใบ ในส่วนด้านล่างของชั้นวาง จัดวางด้วยถังเก็บน้ำเลี้ยงปลาและหรือธาตุอาหารพืชอื่น และติดระบบส่งน้ำที่ประกอบด้วยปั้มน้ำขนาด 30-32 w. ท่อส่งน้ำขึ้นไปสู่ระบบจ่ายน้ำ

แยกไปตามกระถางที่อยู่บนสุดแล้วปล่อยให้ น้ำไหลลงมายังกระถางที่อยู่ต่ำกว่าต่อไป ในขณะที่เดียวกันถึงเก็บน้ำนี้จะรองรับน้ำที่ไหลทิ้งจากกระถางที่อยู่ล่างสุดไว้เพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ต่อไป ดังรูปที่ 4.1.2.1



รูปที่ 4.1.2.1 ระบบปลูกพืชในแนวตั้งโครงเหล็กกระถางซ้อน 1

4.1.2.2 ระบบปลูกพืชในแนวตั้งโครงเหล็กกระถางซ้อน 2

โครงเหล็กกระถางซ้อนแบบที่ 2 นี้ออกแบบโดยดัดแปลงกระถางพลาสติกสำเร็จรูปซึ่งมีการเจาะรูระบายน้ำ มีลักษณะเป็นกระถางที่สามารถซ้อนกันได้ในเบื้องต้นอยู่แล้วแต่เมื่อซ้อนขึ้นหลาย ๆ ชั้นจะเกิดปัญหากระถางล้มลงได้ง่ายจึงดัดแปลงให้มีแกนเหล็กตรงกลางโดยการเจาะรูที่ก้นกระถางขนาด $\frac{1}{2}$ นิ้วแล้วสอดกระถางแต่ละใบไว้ในแกนเหล็กนี้ทำให้กระถางแต่ละใบซ้อนกันได้อย่างมั่นคง โดยสามารถซ้อนกระถางได้มากกว่า 10 ชั้นและกระถางแต่ละใบจะปลูกพืชได้ไม่น้อยกว่า 3 ต้น ในส่วนของเหล็กแกนใช้เหล็กกล้าปาวไนท์ขนาด $\frac{1}{2}$ นิ้วเชื่อมต่อกับเหล็ก เป็นรูป 4 แฉกในแนวตั้งฉากเพื่อให้สามารถตั้งขึ้นได้แล้วนำไปวางและยึดไว้กับถึงพลาสติกที่รองรับน้ำจากบ่อเลี้ยงปลาหรือแหล่งธาตุอาหารพืชอื่น ในถังน้ำติดตั้งระบบส่งน้ำโดยใช้ปั๊มน้ำขนาด 30-32 w. ส่งน้ำขึ้นไปตามท่อสายยางที่สอดไว้ในเหล็กแกนกลางเพื่อไปจ่ายน้ำให้แก่ต้นพืชบนกระถางที่อยู่บนสุดแล้วปล่อยให้ น้ำไหลลงมาสู่กระถางที่อยู่ข้างล่างต่อๆกันลงมาถึงถังรองรับน้ำที่อยู่ด้านล่างเพื่อนำน้ำกลับไปใช้ใหม่ต่อไป ดังรูปที่ 4.1.2.2



รูปที่ 4.1.2.2 ระบบปลูกพืชในแนวตั้งโครงเหล็กกระถางซ้อน 2

4.1.2.3 ระบบปลูกพืชในแนวตั้งโครงไม้กระถางซ้อน

ชุดปลูกพืชแนวตั้งแบบโครงไม้กระถางซ้อน ดัดแปลงกระถางที่ใช้ในการรองรับน้ำยางพาราของเกษตรกรชาวสวนยางมาเป็นกระถางปลูกพืช ซึ่งมีราคาถูก (2.8 บาท/ใบ) มาติดตั้งบนเสาไม้เป็นชั้นๆ ละ 4 ใบ โดยใน 1 เสา จะมี 5 ชั้นและให้ความสูงของกระถางที่อยู่บนสุดมีความสูง เท่ากับ 140 เซนติเมตร ดังนั้นใน 1 เสา มีกระถางซ้อนกัน รวม 20 ใบ ซึ่งสามารถปลูกพืชได้ 20 – 60 ต้นต่อเสาโดยที่อัตราปลูก 1-3 ต้นต่อกระเปาะขึ้นกับขนาดของต้นพืชแต่ละชนิด ระบบน้ำที่ใช้ในระบบนี้ใช้น้ำจากบ่อเลี้ยงปลาปั๊มส่งมาตามท่อเกษตร (PE) ที่สามารถเจาะติดตั้งระบบน้ำหยดได้ โดยเดินท่อผ่านหัวเสาทุกต้นในระบบรวมและจ่ายน้ำโดยหัวน้ำหยดด้วยหัวจ่าย 4 หัว ลงในกระถาง 4 ใบที่อยู่บนสุดแล้วปล่อยให้ไหลลงสู่กระถางด้านล่างต่อ ๆ กันลงมา น้ำส่วนที่เหลือสุดท้ายหยดลงในรางรับน้ำส่งกลับไปยังบ่อเลี้ยงปลาต่อไป ดังรูปที่ 4.1.2.3



รูปที่ 4.1.2.3 ระบบปลูกพืชในแนวตั้งโครงไม้กระถางซ้อน

4.1.3 การเปรียบเทียบต้นทุนในการผลิตระบบปลูกพืชในแนวตั้ง

ในการประเมินราคาเพื่อพิจารณาเรื่องความคุ้มค่าในการผลิตระบบปลูกพืชในแนวตั้ง ในตารางที่ 4.1.1 เป็นการเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายที่เป็นต้นทุนในการผลิตระบบปลูกพืชในแนวตั้งต่อพื้นที่ 2 ตารางเมตร จากการประมาณราคาจากจำนวนวัสดุที่ใช้ในแต่ละระบบปลูกพืชซึ่งแตกต่างกัน และราคาค่าแรงงานในการประกอบติดตั้ง ทำให้ต้นทุนด้านวัสดุของแต่ละระบบแตกต่างกันเป็นอย่างมากและค่าแรงงานขึ้นอยู่กับความยากง่ายในการประกอบติดตั้ง โดยระบบปลูกพืชในแนวตั้งโครงไม้กระถางซ้อนแบบ 3 มีวัสดุที่ใช้ราคาถูกที่สุด เนื่องจากราคาวัสดุถูกตัวอย่างเช่นถ้วยรองรับน้ำยางพาราราคาเพียงใบละ 4.8 บาทต่อใบยิ่งหากใช้โครงเป็นไม้จะทำให้ติดตั้งได้ง่ายกว่าแบบอื่นอย่างไรก็ตามหากใช้โครงสร้างเป็นเหล็กจะมีต้นทุนสูงขึ้นแต่เมื่อเปรียบเทียบกับระบบอื่นแล้วยังถือว่ามีราคาวัสดุถูกที่สุดและใช้ค่าแรงในการประกอบติดตั้งน้อยที่สุด ส่วนระบบที่มีค่าวัสดุมีราคาสูงเพิ่มขึ้นมาอีกเล็กน้อยคือระบบโครงเหล็กกระถางซ้อนแบบ 2 เนื่องจากกระถางที่ใช้เป็นกระถางสำเร็จรูปที่ผลิตขึ้นมาเพื่อให้ซ้อนกันได้ซึ่งมีราคาแพง (45 บาทต่อกระถาง) ทำให้ต้นทุนสูงขึ้นและยังมีปัญหาสำคัญเมื่อซ้อนกระถางหลายชั้นมากขึ้นทำให้เกิดแรงกดทับลงสู่กระถางใบที่อยู่ด้านล่างจนทำให้กระถางใบล่างรับน้ำหนักไม่ได้เกิดการฉีกขาดแตกออกทำให้อายุใช้งานได้เพียงการปลูกพืชเพียง 2 ครั้งเท่านั้น ส่วนโครงเหล็กกระถางซ้อนแบบ 1 มีต้นทุนมากที่สุด เนื่องจากกระถางมีราคาแพงและโครงสร้างเป็นเหล็กที่ต้องการใช้วิธีการเชื่อมต่อที่ยากใช้เวลาและแรงงานช่างฝีมือจึงทำให้มีต้นทุนที่สูงที่สุดจึงไม่เหมาะที่จะนำมาใช้ในโครงการนี้(รูปที่ 4.1.2.1) สำหรับระบบปลูกพืชในแนวตั้ง แบบราวตากผ้า แบบราวตากผ้า 3 แฉก และแบบราวตากผ้า 4 แฉก ต้นทุนการผลิตใกล้เคียงกันขึ้นอยู่กับจำนวนแผ่นพรมที่ใช้ในการทำกระเปาะปลูกพืช โดยในพื้นที่ 2 ตารางเมตรใช้พรม 3- 4 แผ่น ทำให้ต้นทุนวัสดุและค่าแรงงานไม่แตกต่างกัน

ตารางที่ 4.1.1 เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายที่เป็นต้นทุนในการผลิตระบบปลูกพืชในแนวตั้งต่อพื้นที่ 2 ตารางเมตร

ต้นทุนการผลิต	แบบราว ตากผ้า (4 แผ่น)	แบบราวตาก ผ้า 3 แฉก	แบบราวตาก ผ้า 4 แฉก	โครงเหล็ก กระถางซ้อน 1	โครงเหล็ก กระถางซ้อน 2 (2 ชุด)	โครงไม้ กระถางซ้อน 3 (2 ชุด)
วัสดุ(บาท)	6,300	5,600	6,300	7,800	2,700	1,200
ค่าแรง(บาท)	2,100	1,800	2,100	2,100	600	600
รวม(บาท)	8,400	7,400	8,400	9,900	3,300	1,800
ความยากง่ายในการ ประกอบโครงสร้าง	ปานกลาง	ยาก	ยาก	ยากมาก	ปานกลาง	ง่าย

4.2 การทดสอบระบบชุดปลูกพืชในแนวตั้งเบื้องต้น

4.2.1 การทดลองที่ 1 การศึกษาวัสดุปลูกร่วมกับระดับของการให้น้ำต่อความต้องการน้ำที่เหมาะสมในการเจริญเติบโตของผักสลัด ในระบบปลูกพืชในแนวตั้งแบบราวตากผ้า

วิธีการทดลอง ใช้แผนการทดลองแบบ Factorial in Completely Randomize Design ประกอบด้วย 2 ปัจจัย ปัจจัยที่ 1 คือการให้น้ำ 3 ระดับ ได้แก่ ระดับที่ 1 การให้น้ำ 2 ครั้งต่อวันครั้งละ 15 นาที ในเวลา 7.00 น. และ 15.00 น. ระดับที่ 2 การให้น้ำ 3 ครั้งต่อวันครั้งละ 15 นาที ในเวลา 7.00 น. 11.00 น. และ 15.00 น. และระดับที่ 3 การให้น้ำ 4 ครั้งต่อวันครั้งละ 15 นาที ในเวลา 7.00 น. 11.00 น. 15.00 น. และ 17.00 น. และปัจจัยที่ 2 คือวัสดุปลูก 4 ชนิด ได้แก่ ขุยมะพร้าว ถ่านแกลบ ขุยมะพร้าวผสมถ่านแกลบ (1:1) และ กรวดแม่น้ำทรายหยาบ ปลูกผักสลัดในระบบปลูกพืชในแนวตั้งแบบราวตากผ้าโดยวางแนวระบบปลูกตามทิศทางของแสงอาทิตย์ โดยใช้สารละลายธาตุอาหารพืชสูตรบางไทร อัตราส่วน สาร A 1 ลิตร และ สาร B 1 ลิตร (แสดงในภาคผนวก) ต่อน้ำ 200 ลิตร ทำการทดลอง 3 ซ้ำ ผลการทดลองเป็นดังนี้

ผลการทดลองพบว่าปฏิสัมพันธ์ระหว่างระดับการให้น้ำกับวัสดุปลูกที่ต่างกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยพบว่าเมื่อมีการให้น้ำ 4 ครั้งต่อวันในวัสดุปลูกขุยมะพร้าวผสมถ่านแกลบ(1:1) มีผลทำให้ความสูง จำนวนใบต่อต้น น้ำหนักสด และน้ำหนักแห้ง ของผักสลัดมีค่ามากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับสิ่งทดลองอื่นโดยมีเฉลี่ยความสูงเท่ากับ 17.82 เซนติเมตร จำนวนใบต่อต้นเฉลี่ยเท่ากับ 12.33 ใบต่อต้น มีน้ำหนักสดต่อต้นเฉลี่ยเท่ากับ 14.72 กรัมต่อต้น น้ำหนักแห้งต่อต้นเฉลี่ยเท่ากับ 14.72 กรัมต่อต้น และเมื่อพิจารณาเป็นรายปัจจัยพบว่าระดับการให้น้ำ 4 ครั้งต่อวันและวัสดุปลูกขุยมะพร้าวผสมถ่านแกลบ(1:1)มีผลทำให้ความสูง จำนวนใบต่อต้น น้ำหนักสด และน้ำหนักแห้ง ของผักสลัดมีค่ามากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับสิ่งทดลองอื่นด้วยเช่นกันดังตารางที่ 4.2.1

4.2.2 การทดสอบระบบชุดปลูกพืชผักในแนวตั้งด้วยน้ำเลี้ยงปลา

4.2.2.1 การทดลองที่ 2 การทดสอบระบบชุดปลูกพืชผักในแนวตั้งด้วยน้ำเลี้ยงปลา ทำการทดลองเบื้องต้นในระบบปลูกแบบราวตากผ้า 4 แถว เพื่อศึกษาถึงความสามารถในการเจริญเติบโตของพืชในระบบปลูกพืชในแนวตั้งด้วยน้ำเลี้ยงปลา (ปริมาณธาตุอาหารแสดงในภาคผนวก) และการบังแสงที่เกิดจากการบังแสงกันเองของแผงปลูกพืชและตำแหน่ง ของพืชที่อยู่สูงต่ำแตกต่างกัน โดยการทดลองนี้ใช้วัสดุปลูกที่ให้ผลดีจากการทดลองที่ 1 ได้แก่ ขุยมะพร้าวผสมถ่านแกลบ อัตรา 1:1 ใส่ลงในกระเปาะของระบบชุดปลูกพรมราวตากผ้า และใช้กวางตุ้งฮ่องกงผักบุ้ง คะน้า ผักชีจีน ต้นหอม สลัดหอม ผักแพรว กิมจูฮวยฉ่าย เป็นพืชทดลอง ใช้น้ำเลี้ยงพืชจากบ่อเลี้ยงปลา โดยใช้แผนการทดลองแบบ Strip Plot Design in RCBD จำนวน 3 ซ้ำ มี factor A คือพืช 8 ชนิด ได้แก่ กวางตุ้งฮ่องกง ผักบุ้ง คะน้า ผักชีจีน ต้นหอม สลัดหอม ซึ่งเป็นการปลูกด้วยเมล็ดลงในกระเปาะปลูกพืชโดยตรง ส่วนผักแพรว กิมจูฮวยฉ่าย เป็นการตัดชำต้นลงปลูกในกระเปาะ และ factor B ระดับชั้นของการปลูกพืช มี 5 ระดับ ชั้นที่ 1จะอยู่ด้านล่างสุด ชั้นที่ 5 อยู่สูงสุด แต่ละชั้นประกอบด้วยกระเปาะปลูกพืช 12 กระเปาะซึ่งถือเป็น 1 หน่วยทดลอง การให้น้ำ ให้น้ำเลี้ยงปลาที่ผ่านระบบกรองของบ่อเลี้ยงปลา ที่มีค่า pH 8-9 และมี EC อยู่ระหว่าง 700-900 โดยให้น้ำ 4 ครั้งต่อวัน ครั้งละ 15 นาที โดยใช้ timer กำหนดเวลาครั้งที่ 1 07.00 น. ครั้งที่ 2 11.00 น.ครั้งที่ 3 15.00 น. ครั้งที่ 4 17.00 น. ผลการทดลองเป็นดังนี้

ตารางที่ 4.2.1 ผลของวัสดุปลูกร่วมกับระดับของการให้น้ำต่อการเจริญเติบโตของผักสลัด ในระบบปลูกพืชในแนวตั้งแบบราวตากผ้า

สิ่งทดลอง(Treatment)	ความสูง (เซนติเมตร)	จำนวนใบต่อ ต้น	น้ำหนักสด (กรัม/ต้น)	น้ำหนักแห้ง (กรัม/ต้น)
การให้น้ำต่อวัน				
2 ครั้ง	15.41b	10.29bb	12.73b	0.742
3 ครั้ง	15.63b	10.67bb	13.04b	0.773
4 ครั้ง	16.39a	11.15aa	13.54a	0.785
F-test	**	**	**	ns
วัสดุปลูกพืช				
ขุยมะพร้าว	16.63ab	11.02b	13.80ab	0.821b
ถ่านแกลบ	16.09b	10.70b	13.74b	0.804b
ขุยมะพร้าว+ถ่านแกลบ	16.97a	11.84a	14.26a	0.881a
กรวดแม่น้ำทรายหยาบ	13.16c	9.24c ^c	9.72c	0.672c
F-test	**	*	**	**
การให้น้ำต่อวัน x วัสดุปลูกพืช				
2 ครั้ง x ขุยมะพร้าว	16.00cd	10.71cd	13.53cd	0.810c
2 ครั้ง x ถ่านแกลบ	16.10cd	10.47de	13.27d	0.809c
2 ครั้ง x ขุยมะพร้าว+ถ่านแกลบ	16.20cd	11.24b-c	14.53ab	0.841a-c
2 ครั้ง x กรวดแม่น้ำทรายหยาบ	12.63f	8.66g	10.43e	0.552d
3 ครั้ง x ขุยมะพร้าว	16.63b-d	10.73cd	13.70b-d	0.819bc
3 ครั้ง x ถ่านแกลบ	16.00cd	10.53d	13.80b-d	0.814bc
3 ครั้ง x ขุยมะพร้าว+ถ่านแกลบ	16.27cd	11.77ab	14.27a-c	0.878ab
3 ครั้ง x กรวดแม่น้ำทรายหยาบ	13.13ef	9.23fg	10.83e	0.575d
4 ครั้ง x ขุยมะพร้าว	17.57ab	11.43bc	14.47ab	0.846a-c
4 ครั้ง x ถ่านแกลบ	16.83a-c	10.80cd	14.20a-c	0.813c
4 ครั้ง x ขุยมะพร้าว+ถ่านแกลบ	17.82a	12.33a	14.72a	0.891a
4 ครั้ง x กรวดแม่น้ำทรายหยาบ	13.73e	9.63ef	11.12e	0.594d
F-test	**	**	**	**
CV (%)	7.17	7.35	15.32	16.35

หมายเหตุ * : แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 95 % ** : แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 99 % ns : ไม่แตกต่างกันทางสถิติ อักษรพิมพ์เล็กในคอลัมน์เดียวกันที่แตกต่างกันแสดงความแตกต่างกันทางสถิติ

ผลการทดลอง การปลูกพืช 8 ชนิดในระบบปลูกแบบราวตากผ้า 4 แฉก ด้วยน้ำเลี้ยงปลาสด แสดงในรูปที่ 4.2.2.1.1 และรูปที่ 4.2.2.1.2 เป็นรูปแสดงพืช 8 ชนิดในระบบปลูกแบบราวตากผ้า 4 แฉก ด้วยน้ำเลี้ยงปลาสด เมื่ออายุ 10 วันหลังปลูก และ รูปที่ 4.2.2.1.3 พืชในระบบปลูกราวตากผ้า 4 แฉก ผักบุ้ง คะน้า ที่อายุ 40 วันหลังปลูก กิมจูฮวยฉ่าย ผักแพรว อายุ 40 วันหลังตัดขายสด และรูปที่ 4.2.2.1.4 พืชในระบบปลูกราวตากผ้า 4 แฉก ได้แก่ กวางตุ้งฮ่องกง สลัดหอม ผักชี ต้นหอม ที่อายุ 40 วัน หลังปลูก จากการทดลองพบว่าจำนวนต้นในแต่ละพืชไม่แตกต่างกันในแต่ละหน่วยทดลอง แต่ในแต่ละพืชที่ต่างชนิดกันจะแตกต่างกัน

เนื่องจากจำนวนต้นต่อหน่วยทดลองเมื่อเริ่มต้นการทดลองต่างกัน (ตารางที่ 4.2.2.1.1) ในลักษณะความสูงของต้นพืชแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในแต่ละชั้นของการปลูกโดยพืชที่ปลูกในชั้นล่างสุด (ชั้นที่ 1) มีความสูงน้อยที่สุดคือมีความสูงเฉลี่ย 10.01 เซนติเมตรและค่อย ๆ มีความสูงเพิ่มมากขึ้นเมื่อปลูกอยู่ในชั้นที่สูงและในชั้นที่ 5 มีความสูงมากที่สุดคือ 12.25 เซนติเมตร และเมื่อพิจารณาเป็นรายพืช พบว่า กวางตุ้ง ผักบุ้ง ต้นหอม สลัด ผักแพรวและ กิมจูวยฉ่าย มีความสูงแตกต่างกันในแต่ละชั้นเช่นกันยกเว้น คะน้า และผักชี ที่มี ความสูงไม่แตกต่างกันในแต่ละชั้น (ตารางที่ 4.2.2.1.2) ในลักษณะน้ำหนักสดในตารางที่ 4.2.2.1.3 พบว่า น้ำหนักสดของพืชแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในแต่ละชั้นของการปลูกโดยพืชที่ปลูกในชั้นล่างสุด(ชั้นที่1) มีน้ำหนักสดน้อยที่สุดคือมีน้ำหนักสดเฉลี่ย 19.09 กรัม และค่อย ๆ มีน้ำหนักสดเพิ่มมากขึ้นเมื่อปลูกอยู่ในชั้นที่สูงและในชั้นที่ 5 มีน้ำหนักสดมากที่สุดคือ 26.39 กรัม และเมื่อพิจารณาเป็นรายพืช พบว่า กวางตุ้ง ผักบุ้ง คะน้า สลัด ผักแพรวและ กิมจูวยฉ่าย มีน้ำหนักสดแตกต่างกันในแต่ละชั้นเช่นกันยกเว้น และผักชี ต้นหอม ที่มีน้ำหนักสดไม่แตกต่างกันในแต่ละชั้น ในลักษณะน้ำหนักแห้งของพืชพบว่าน้ำหนักแห้งของพืชแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในแต่ละชั้นของการปลูกโดยพืชที่ปลูกในชั้นล่างสุด(ชั้นที่ 1) มีน้ำหนักแห้งน้อยที่สุดคือมีน้ำหนักสดเฉลี่ย 2.218 กรัม และค่อย ๆ มีน้ำหนักแห้งเพิ่มมากขึ้นเมื่อปลูกอยู่ในชั้นที่สูงและในชั้นที่ 5 มีน้ำหนักแห้งมากที่สุดคือ 2.952 กรัม และเมื่อพิจารณาเป็นรายพืช พบว่า กวางตุ้ง ผักบุ้ง คะน้า สลัด ผักแพรว และ กิมจูวยฉ่าย มีน้ำหนักแห้งแตกต่างกันในแต่ละชั้นเช่นกันยกเว้น และผักชี ต้นหอม ที่มีน้ำหนักแห้งไม่แตกต่างกันในแต่ละชั้น ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าการเจริญเติบโตของพืชทั้ง 8 ชนิด แตกต่างกันไปตามปริมาณแสงที่ได้รับ พืชที่อยู่ชั้นบนได้รับแสงมากกว่าจึงเจริญเติบโตได้ดีกว่าโดยจะเห็นได้ชัดในผักสลัดในรูปที่ 4.2.2.1.4 และอีกประการหนึ่งพบว่า การให้น้ำในระบบนี้เป็นการให้น้ำจากด้านบนไหลลงสู่ด้านล่างพืชที่อยู่ด้านบนจึงได้รับธาตุอาหารพืชก่อนและดูดซับไว้ได้มากกว่ายิ่งทำให้พืชที่ปลูกชั้นบนเจริญเติบโตได้ดีกว่ามากขึ้น นอกจากนั้นพบว่าน้ำเลี้ยงปลาทุกมี pH อยู่ที่ 8- 9 มีผลทำให้พืชไม่สามารถดูดซับธาตุหลักในน้ำเลี้ยงปลาได้ หรืออีกในหนึ่งคือธาตุเหล็กไม่อยู่ในรูปที่พืชใช้ได้เมื่อสารละลายมี pH สูงกว่า 8 ส่งผลทำให้ใบยอดของพืชทั้ง 8 ชนิดแสดงอาการขาดธาตุเหล็กอย่างรุนแรงโดยสังเกตได้ที่ปลายใบจะเป็นสีขาวซีดและเส้นใบเป็นสีเขียวรุกรกลามลงสู่โคนใบ ซึ่งส่งผลให้พืชทั้ง 8 ชนิดไม่เจริญเติบโตและใบยอดแห้งตายในที่สุดในบางพืชเช่นผักแพรวเป็นต้น ดังแสดงในรูปที่ 4.2.2.1.3 และ รูปที่ 4.2.2.1.4

ตารางที่ 4.2.2.1.1 จำนวนต้นของพืช 8 ชนิดในระบบปลูกแบบราวตากผ้า 4 แฉก ด้วยน้ำเลี้ยงปลาตก

ระดับชั้น	จำนวนต้น/หน่วยทดลอง(1)CV=7.35%								เฉลี่ย(3)
	กวางตั้ง	ผักบุ้ง	คะน้า	ผักชี	ต้นหอม	สลัด	ผักแพรว	กิมจู	CV=19.1%
ชั้นที่ 1	20.33	33.00	22.67	35.33	35.00	22.67	12.00	14.33	23.79
ชั้นที่ 2	21.33	32.33	23.33	35.00	34.00	23.67	10.36	15.00	24.41
ชั้นที่ 3	21.67	33.67	23.33	33.67	34.00	23.00	6.67	14.33	24.42
ชั้นที่ 4	22.67	35.33	23.67	35.00	34.67	22.67	12.00	16.67	25.33
ชั้นที่ 5	24.00	35.67	24.00	36.00	35.00	22.67	12.00	17.67	25.87
F-test (1,3)	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
เฉลี่ย(2)	22.07b	34.00a	23.40b	35.00a	22.93b	10.61d	15.60c		

F-test (2)**

LSD=3.70

CV=8.97%

หมายเหตุ * : แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 95 % ** : แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 99 % ns : ไม่แตกต่างกันทางสถิติ อักษรพิมพ์เล็กในคอลัมน์หรือแถวเดียวกันที่แตกต่างกันแสดงความแตกต่างกันทางสถิติ

ตารางที่ 4.2.2.1.2 ความสูงของต้นพืช 8 ชนิดในระบบปลูกแบบราวตากผ้า 4 แฉก ด้วยน้ำเลี้ยงปลาตก

ระดับชั้น	ความสูงของต้น(เซนติเมตร)(1) (LSD ในพืชเดียวกัน=2.038) CV=9.59%								เฉลี่ย (3)
	กวางตั้ง	ผักบุ้ง	คะน้า	ผักชี	ต้นหอม	สลัด	ผักแพรว	กิมจู	LSD=1.25
									CV=27.2%
ชั้นที่ 1	4.97b	23.50b	5.27	9.03	13.73ab	5.83b	6.57c	11.20b	10.01c
ชั้นที่ 2	4.57b	23.00b	5.30	9.27	14.50ab	7.57a	8.37bc	11.53b	10.55bc
ชั้นที่ 3	5.30ab	23.30b	6.27	9.97	15.47a	9.30a	7.13bc	11.07b	10.98bc
ชั้นที่ 4	5.40ab	24.67ab	5.53	10.07	13.00b	8.63a	9.73a	13.27ab	11.29ab
ชั้นที่ 5	7.16a	26.33a	6.43	10.17	13.33b	9.23a	10.60a	14.77a	12.25a
F-test(1,3)	**	**	ns	ns	**	**	**	**	*
เฉลี่ย(2)	5.48d	24.22a	5.76d	9.70c	14.01b	8.11c	8.48c	12.37b	

F-test(2)**

LSD=2.34

CV=17.0%

หมายเหตุ * : แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 95 % ** : แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 99 % ns : ไม่แตกต่างกันทางสถิติ อักษรพิมพ์เล็กในคอลัมน์หรือแถวเดียวกันที่แตกต่างกันแสดงความแตกต่างกันทางสถิติ

ตารางที่ 4.2.2.1.3 น้ำหนักสด ของพืช 8 ชนิดในระบบปลูกแบบรามาตา 4 แฉก ด้วยน้ำเลี้ยงปลา

ระดับชั้น	น้ำหนักสด(กรัมต่อหน่วยทดลอง)(1)(LSD ในพืชเดียวกัน=4.67) CV=12.9%								เฉลี่ย (3)
	กวางตุ้ง	ผักบุ้ง	คะน้า	ผักชี	ต้นหอม	สลัด	ผักแพรว	กิมจู	LSD=1.45 CV=22.3%
ชั้นที่ 1	12.13b	57.93d	11.20b	18.16	5.60	11.30c	11.10ab	25.27	19.09d
ชั้นที่ 2	13.43b	60.07c	13.56b	18.13	6.33	15.86bc	8.07b	23.33	19.85d
ชั้นที่ 3	15.77ab	68.37b	15.40ab	19.67	6.50	19.37b	7.83b	28.37	22.66c
ชั้นที่ 4	18.33a	78.56a	16.76ab	20.20	6.80	21.47ab	10.17ab	25.10	24.68b
ชั้นที่ 5	19.07a	81.03a	18.16a	19.80	7.37	24.00a	13.60a	28.07	26.39a
F-test(1,3)	**	**	*	ns	ns	**	*	ns	**
เฉลี่ย(2)	15.75cd	69.19a	15.02d	19.19c	6.52e	18.40cd	10.15e	26.03b	
F-test(2)**									
LSD=3.93									
CV=9.64%									

หมายเหตุ * : แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 95 % ** : แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 99 % ns : ไม่แตกต่างกันทางสถิติ อักษรพิมพ์เล็กในคอลัมน์หรือแถวเดียวกันที่ต่างกันแสดงความแตกต่างทางสถิติ

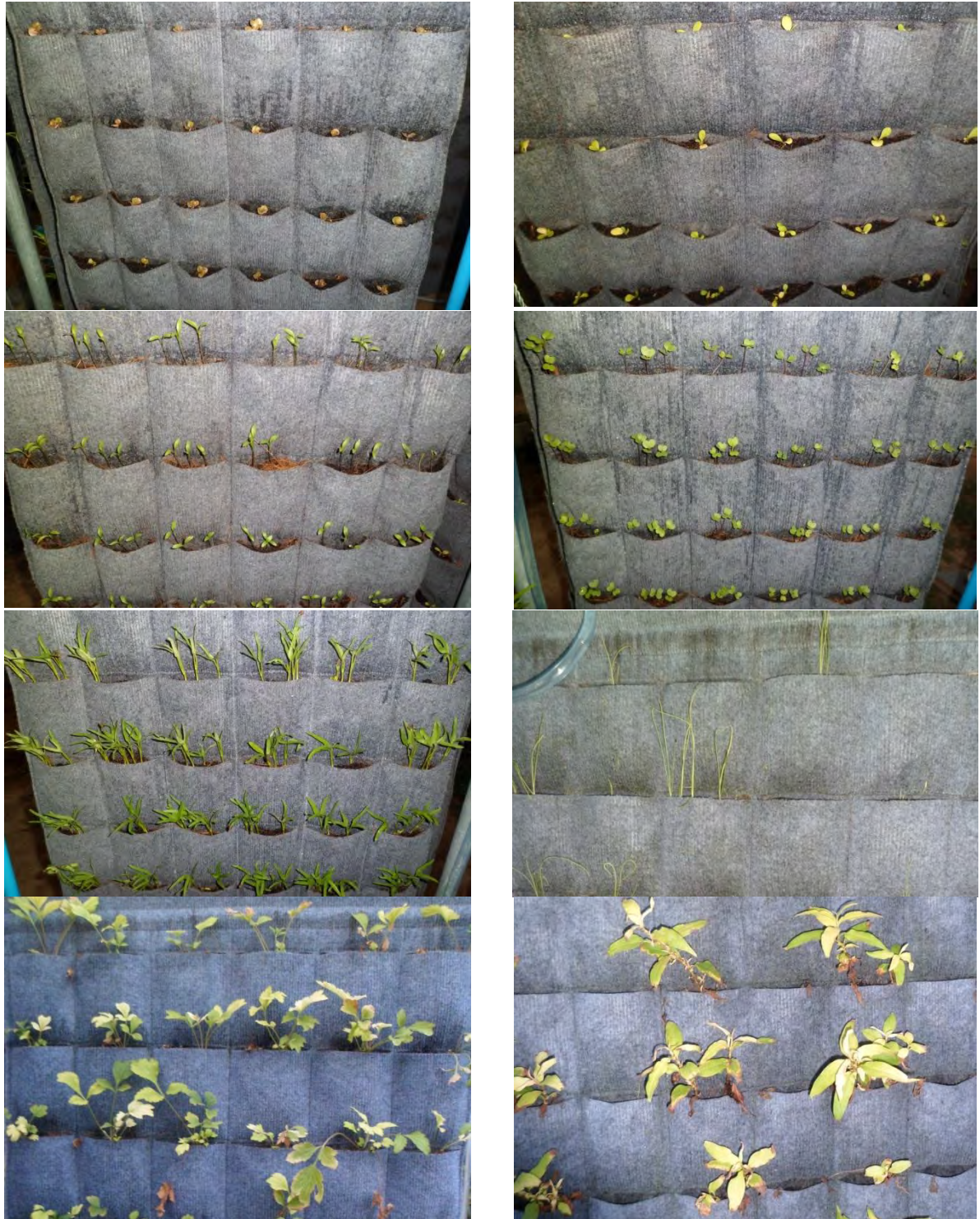
ตารางที่ 4.2.2.1.4 น้ำหนักแห้งของพืช 8 ชนิดในระบบปลูกแบบรามาตา 4 แฉก ด้วยน้ำเลี้ยงปลา

ระดับชั้น	น้ำหนักแห้ง(กรัมต่อหน่วยทดลอง)(1)(LSD ในพืชเดียวกัน=0.523) CV=12.5%								เฉลี่ย(3)
	กวางตุ้ง	ผักบุ้ง	คะน้า	ผักชี	ต้นหอม	สลัด	ผักแพรว	กิมจู	LSD=0.196 CV=19.9%
ชั้นที่ 1	1.987b	7.357c	1.243b	1.640	0.513	1.070b	1.280a	2.660	2.218c
ชั้นที่ 2	2.060b	7.680c	1.363a	1.807	0.540	1.523b	0.913b	2.343	2.278c
ชั้นที่ 3	2.200ab	8.313b	1.540a	1.820	0.553	1.807a	1.173a	2.527	2.492b
ชั้นที่ 4	2.547ab	9.663a	1.637a	1.907	0.607	2.010a	1.230a	2.527	2.765a
ชั้นที่ 5	2.710a	10.077a	1.833a	1.937	0.623	2.183a	1.637a	2.617	2.952a
F-test(1,3)	**	**	*	ns	ns	*	*	ns	**
เฉลี่ย(2)	2.301b	8.618a	1.523cd	1.822c	0.567e	1.718c	1.247d	2.535b	
F-test(2)**									
LSD=0.398									
CV=11.6%									

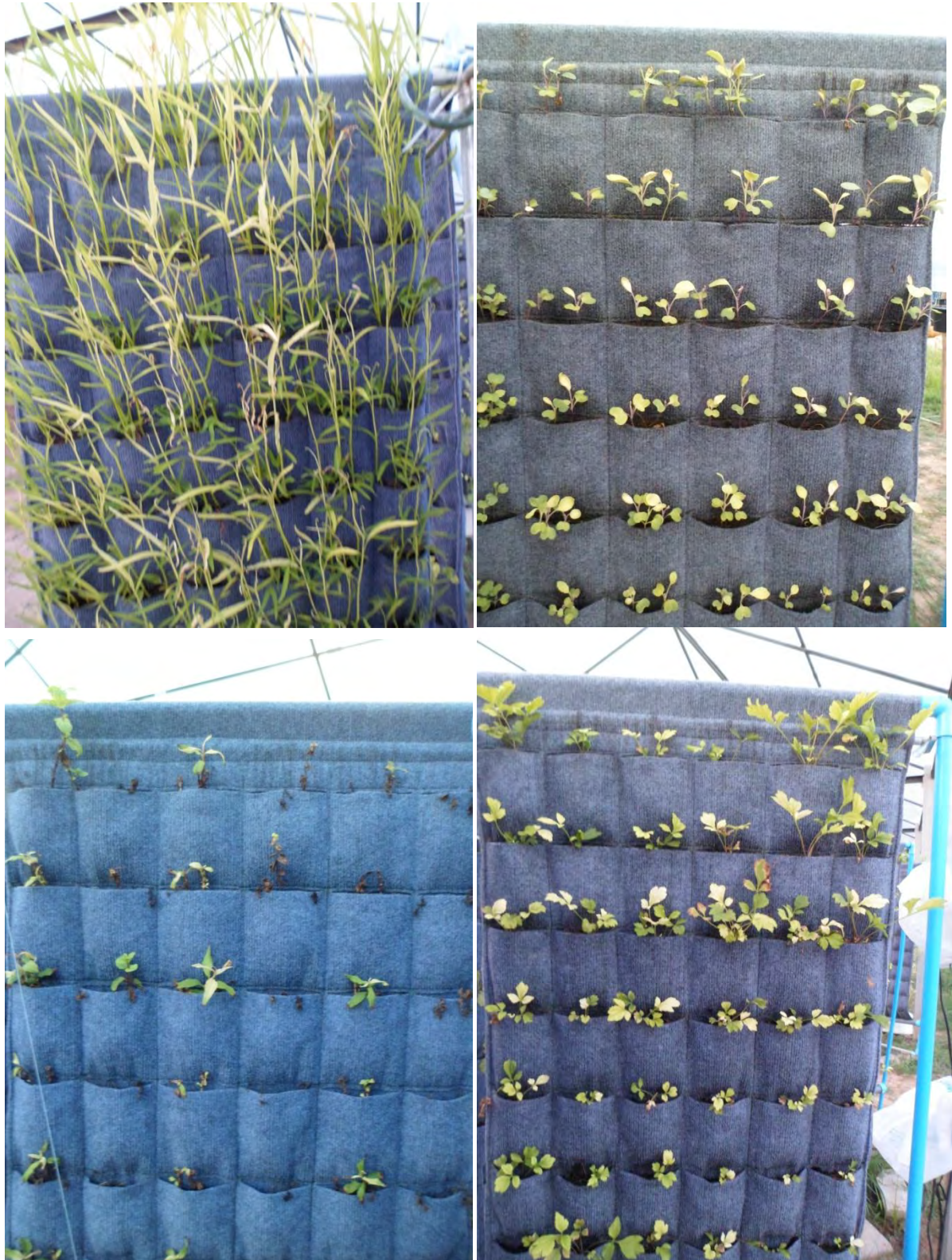
หมายเหตุ * : แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 95 % ** : แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 99 % ns : ไม่แตกต่างกันทางสถิติ อักษรพิมพ์เล็กในคอลัมน์หรือแถวเดียวกันที่ต่างกันแสดงความแตกต่างทางสถิติ



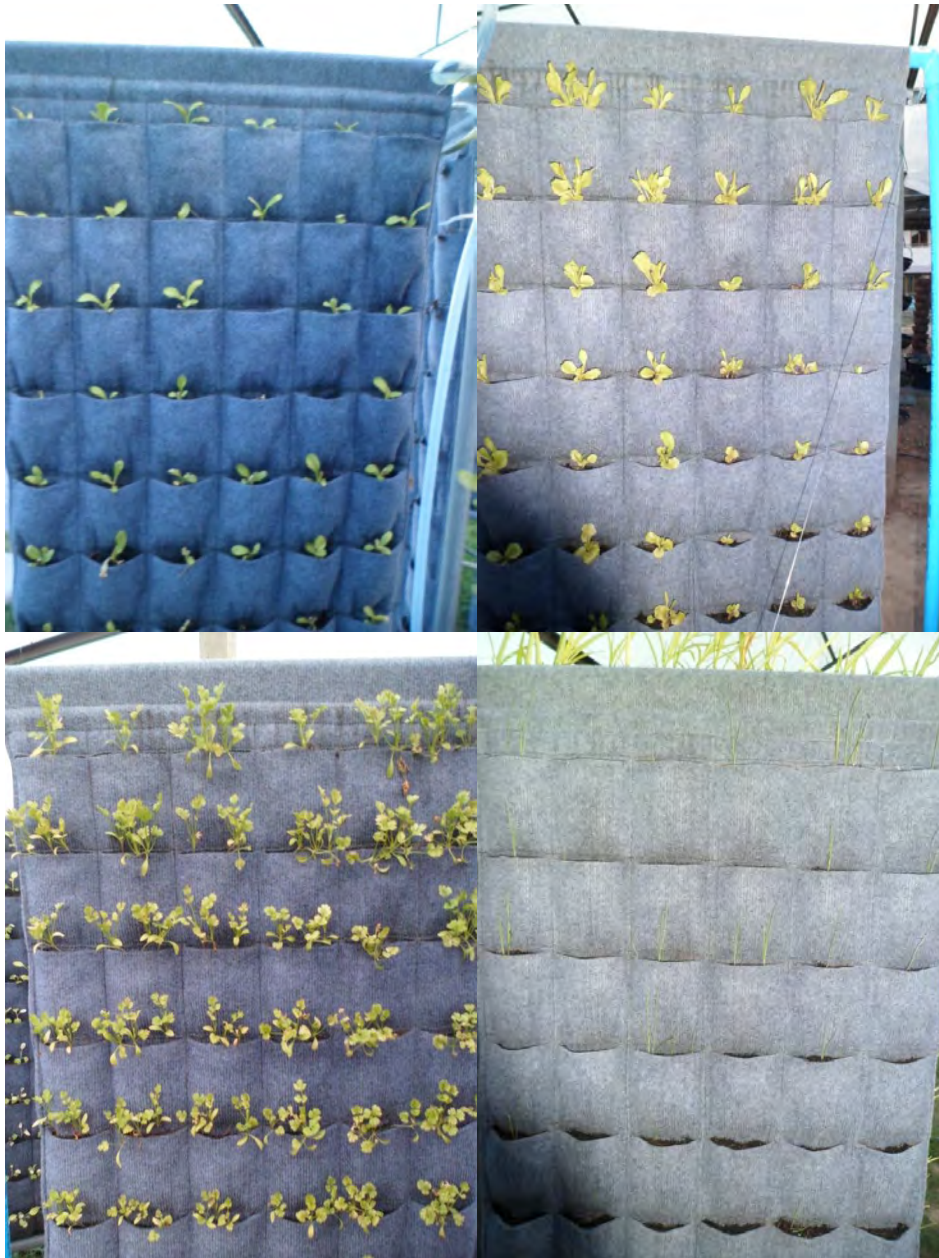
รูปที่ 4.2.2.1.1 การทดสอบเบื้องต้นการปลูก 8 ชนิดด้วยน้ำเลี้ยงปลาตุ๊ก ในระบบปลูกพืชแนวตั้ง ราวตากผ้า 4 แถว



รูปที่ 4.2.2.1.2 พืชในระบบปลูกกราวตากผ้า 4 แถก สลัดหอม กวางตุ้งฮ่องกง ผักชี คะน้า ผักบุ้ง ต้นหอม และ
ระยะกล้าของ กิมจูฮวยฉ่าย ผักแพรว ที่ปลูกโดยการตัดชำยอด



รูปที่ 4.2.2.1.3 พืชในระบบปลูกราวตากผ้า 4 แฉก ผักบุ้ง คენห่า อายุ 40 วันหลังปลูก กิมจูฮวยฉ่าย ผักแพรว อายุ 40 วันหลังตัดขายออก



รูปที่ 4.2.2.1.4 พืชในระบบปลูกราวตากผ้า 4 แฉก กวางตุ้งฮ่องกง สลัดหอม ผักชี ต้นหอมอายุ 40 วัน หลังปลูก

4.2.2.2 การทดลองที่ 3 ทำการทดลองเบื้องต้นใน ระบบปลูกแบบราวตากผ้า 3 แฉก โดยที่ทราบแล้วว่าน้ำเลี้ยงปลาเพียงอย่างเดียวมีปริมาณธาตุอาหารไม่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตของพืชมี pH สูง ทำให้ธาตุอาหารพืชบางชนิดไม่อยู่ในรูปที่พืชนำไปใช้ได้ ในการทดลองนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มเติมธาตุอาหารให้แก่พืชมากขึ้นโดยยังคงใช้น้ำเลี้ยงปลาเป็นแหล่งธาตุอาหารหลักของพืชโดยเน้นการลดปัญหาค่า pH ของน้ำเลี้ยงปลาด้วยการปรับ pH ด้วย EM และเพิ่มธาตุหลักจากหินศิลาแลงด้วยการหมักน้ำ EM กับหินศิลาแลง ทำการทดลองโดยใช้วัสดุปลูก ได้แก่ ถ่านแกลบ ขุยมะพร้าว อัตราส่วน 1:1 ใส่ลงในกระเปาะของระบบปลูกแบบราวตากผ้า 3 แฉก ใช้แผนการทดลองแบบ Strip Plot Design in RCBD จำนวน 3 ซ้ำ โดยใช้ระดับชั้นของแผงปลูกพืชเป็น block แบ่ง block ออกเป็น ส่วนบน ส่วนกลาง และส่วนล่างของแผงปลูกพืช block ละ 3

แถว รวมเป็น 18 กระเปาะถือเป็น 1 หน่วยทดลอง มี factor A คือธาตุอาหารพืช 4 สูตร และ factor B คือพืช 6 ชนิด ได้แก่ กวางตุ้งฮ่องกง ผักบุ้ง คะน้า ผักชีจีน ต้นหอม สลัดหอม เป็นพืชทดลอง ใช้น้ำเลี้ยงพืชจากบ่อเลี้ยงปลาตกเป็นธาตุอาหารหลัก วิธีการทดลองโดยการปลูกพืชด้วยเมล็ดลงในกระเปาะปลูกพืชโดยตรงเมื่อให้น้ำเลี้ยงปลาผ่านระบบให้น้ำ 4 ครั้งต่อวัน ครั้งละ 15 นาที โดยใช้ timer กำหนดเวลาครั้งที่ 1 07.00 น. ครั้งที่ 2 11.00 น. ครั้งที่ 3 15.00 น. ครั้งที่ 4 17.00 น. การเติมปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพเพิ่มตามคำแนะนำของผู้ผลิตดังต่อไปนี้

สูตรที่ 1 น้ำเลี้ยงปลาดุก 20 ลิตร

สูตรที่ 2 น้ำเลี้ยงปลาดุก 20 ลิตร + สารละลายหินศิลาแลงใน EM 200 ml.

สูตรที่ 3 น้ำเลี้ยงปลาดุก 20 ลิตร + สารละลายหินศิลาแลงใน EM 100 ml. + ปุ๋ยน้ำไบชิน 40 ml.

สูตรที่ 4 น้ำเลี้ยงปลาดุก 20 ลิตร + สารละลายหินศิลาแลงใน EM 100 ml. + ปุ๋ยน้ำไส้เดือน 250 ml.

จากการทดลองพบว่าจำนวนต้นในแต่ละพืชไม่แตกต่างกันในแต่ละหน่วยทดลอง แต่แตกต่างกันไปในแต่ละพืชเนื่องจากจำนวนต้นต่อหน่วยทดลองเริ่มต้นต่างกัน (ตารางที่ 4.2.2.2.1) ในลักษณะความสูงของต้นพืชมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในแต่ละสูตรธาตุอาหารของการปลูกโดยพืชที่ได้รับธาตุอาหารพืชสูตรที่ 1 (น้ำเลี้ยงปลา) มีความสูงน้อยที่สุดคือมีความสูงเฉลี่ย 13.76 เซนติเมตรและค่อย ๆ มีความสูงเพิ่มมากขึ้นเมื่อปลูกในสูตรที่มีธาตุอาหารเพิ่มขึ้นโดยในสูตรที่ 3 และ 4 มีความสูงมากที่สุดคือ 15.24 และ 15.11 เซนติเมตรตามลำดับ แต่เมื่อพิจารณาแยกกันในแต่ละพืช พบว่า กวางตุ้ง ผักบุ้ง คะน้า ผักชี ต้นหอม และ สลัดหอม มีความสูงไม่แตกต่างกันเมื่อปลูกในสูตรที่มีธาตุอาหารที่แตกต่างกัน (ตารางที่ 4.2.2.2.2) ในลักษณะน้ำหนักสดของต้นพืชมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในแต่ละสูตรของการปลูกโดยพืชที่ได้รับธาตุอาหารพืชสูตรที่ 1 (น้ำเลี้ยงปลา) มีน้ำหนักสดน้อยที่สุดคือมีน้ำหนักสดเฉลี่ย 34.039 กรัม และค่อย ๆ มีน้ำหนักสดเพิ่มมากขึ้นเมื่อปลูกในสูตรที่มีธาตุอาหารเพิ่มขึ้นโดยในสูตรที่ 3 และ 4 มีน้ำหนักสดมากที่สุดคือ 42.169 และ 42.736 กรัมตามลำดับ แต่เมื่อพิจารณาเป็นรายพืช พบว่า กวางตุ้ง ผักบุ้ง คะน้า ผักชี ต้นหอม และ สลัด มีน้ำหนักสดไม่แตกต่างกันเมื่อปลูกในสูตรที่มีธาตุอาหารที่แตกต่างกัน (ตารางที่ 4.2.2.2.3) ในลักษณะน้ำหนักแห้งของต้นพืชมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในแต่ละสูตรของการปลูกโดยพืชที่ได้รับธาตุอาหารพืชสูตรที่ 1 (น้ำเลี้ยงปลา) มีน้ำหนักแห้งน้อยที่สุดคือมีน้ำหนักแห้งเฉลี่ย 4.278 กรัม และค่อย ๆ มีน้ำหนักแห้งเพิ่มมากขึ้นเมื่อปลูกในสูตรที่มีธาตุอาหารเพิ่มขึ้นโดยในสูตรที่ 3 และ 4 มีน้ำหนักแห้งมากที่สุดคือ 4.971 5.031 กรัมตามลำดับ แต่เมื่อพิจารณาเป็นรายพืช พบว่า กวางตุ้ง ผักบุ้ง คะน้า ผักชี ต้นหอม และ สลัด มีน้ำหนักแห้งไม่แตกต่างกันเมื่อปลูกในสูตรที่มีธาตุอาหารที่แตกต่างกัน (ตารางที่ 4.2.2.2.4)

นอกจากนั้นผลการทดลอง พบว่าในการปลูกพืชด้วยน้ำเลี้ยงปลาดุกเพียงอย่างเดียวพืชไม่สามารถดูดซับธาตุหลักในน้ำเลี้ยงปลาได้ส่งผลทำให้ใบยอดของพืชทั้ง 6 ชนิดแสดงอาการขาดธาตุหลักอย่างรุนแรงเป็นสีขาวซีดในรูปที่ 4.2.2.2.1 โดยเฉพาะ ผักบุ้ง และคะน้า แสดงอาการขาดธาตุหลักเห็นได้อย่างชัดเจนเมื่อได้รับน้ำเลี้ยงปลาเพียงอย่างเดียว อย่างไรก็ตามแม้ว่าจะมีการเพิ่มธาตุอาหารให้มากขึ้นในสิ่งทดลองที่ 2 โดยการเสริมธาตุหลักและปรับ pH ของน้ำเลี้ยงปลาด้วย สารละลายหินศิลาแลงใน EM (pH เท่ากับ 4 โดยประมาณ) ทำให้น้ำเลี้ยงปลามี pH ต่ำลง และการเพิ่มธาตุอาหารและปรับ pH ให้โดยการใส่ ปุ๋ยน้ำไบชิน ปุ๋ยน้ำไส้เดือน

ในสิ่งทดลองที่ 3 และ 4 ผลการทดลองพบว่า ผักบุ้ง ผักชี และคะน้า แสดงอาการขาดธาตุเหล็กเห็นได้อย่างชัดเจนเช่นเดียวกันกับเมื่อได้รับน้ำเลี้ยงปลาเพียงอย่างเดียว (รูปที่ 4.2.2.2.2 4.2.2.2.3 . และ 4.2.2.2.4)

สรุปได้ว่าการเพิ่มธาตุอาหารให้แก่พืชด้วยน้ำเลี้ยงปลาผสม ธาตุเหล็กจากคิลาแลงในน้ำหมัก EM และน้ำไส้เดือนหรือปุ๋ยน้ำไบocenไม่สามารถเพิ่มผลผลิตให้แก่พืชทั้ง 6 ชนิดได้ แต่ในภาพรวมจากทั้ง 6 พืชการเพิ่มธาตุเหล็กจากคิลาแลงในน้ำหมัก EM และน้ำไส้เดือนหรือปุ๋ยน้ำไบocenสามารถทำให้ผลผลิตรวมเฉลี่ยดีกว่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับการให้น้ำเลี้ยงปลาเพียงอย่างเดียว

ตารางที่ 4.2.2.2.1 จำนวนต้นของพืช 6 ชนิดในระบบปลูกแบบราวตากผ้า 3 แฉก ด้วยน้ำเลี้ยงปลาดุก

treatment	จำนวนต้น/หน่วยทดลอง(1)						เฉลี่ย(3)
	กวาดุ้ง	ผักบุ้ง	คะน้า	ผักชี	ต้นหอม	สลัด	CV=6.12
สูตรที่ 1	17.7	47.7	33.7	45.0	44.3	18.0	34.3
สูตรที่ 2	18.0	46.7	34.7	44.3	45.0	18.0	34.4
สูตรที่ 3	18.0	43.0	34.0	47.3	44.3	18.0	34.1
สูตรที่ 4	18.0	47.0	34.3	46.7	45.7	18.0	34.9
F-test(1,3)	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
เฉลี่ย(2)	17.9 c	46.1 a	34.2 b	45.8 a	44.8 a	18.0 c	
F-test(2)**							
LSD=1.336							
CV=4.7							

หมายเหตุ ** : แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 99 % ns : ไม่แตกต่างกันทางสถิติ อักษรพิมพ์เล็กในคอลัมน์หรือแถวเดียวกันที่แตกต่างกันแสดงความแตกต่างกันทางสถิติ

ตารางที่ 4.2.2.2.2 ความสูงของพืช 6 ชนิดในระบบปลูกแบบราวตากผ้า 3 แฉก ด้วยน้ำเลี้ยงปลาดุก

treatment	ความสูง(เซนติเมตร)(1)						เฉลี่ย (3)
	กวาดุ้ง	ผักบุ้ง	คะน้า	ผักชี	ต้นหอม	สลัด	LSD=0.53 CV=4.43%
สูตรที่ 1	11.03	25.03	12.20	10.63	15.56	8.13	13.76 b
สูตรที่ 2	11.07	27.47	12.10	10.67	16.23	8.16	14.28 b
สูตรที่ 3	11.93	28.70	13.90	11.03	16.76	9.13	15.24 a
สูตรที่ 4	12.70	27.43	13.63	11.37	16.37	9.13i	15.11 a
F-test(1,3)	ns	ns	ns	ns	ns	ns	**
เฉลี่ย(2)	11.68 d	27.16 a	12.96 c	10.93 d	16.23 b	8.64 e	
F-test(2)**							
LSD=0.79							
CV=6.6%							

หมายเหตุ * : แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 95 % ** : แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 99 % ns : ไม่แตกต่างกันทางสถิติ อักษรพิมพ์เล็กในคอลัมน์หรือแถวเดียวกันที่แตกต่างกันแสดงความแตกต่างกันทางสถิติ

ตารางที่ 4.2.2.3 น้ำหนักสดของพืช 6 ชนิดในระบบปลูกแบบรามาตา 3 แฉก ด้วยน้ำเลี้ยงปลา

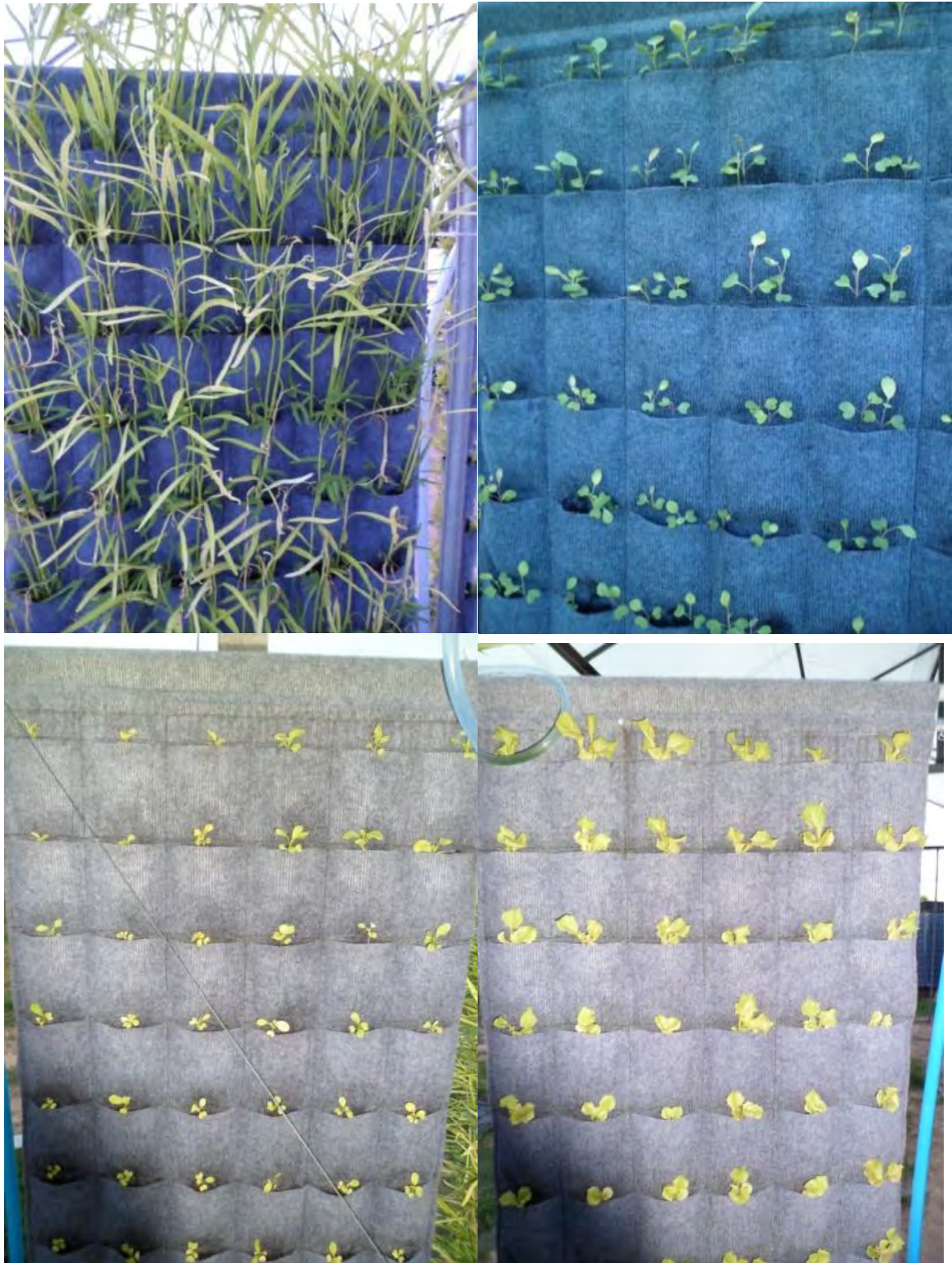
treatment	น้ำหนักสด(กรัม/หน่วยทดลอง)(1) CV=5.22%						เฉลี่ย (3)
	กวาดตุง	ผักบุ้ง	คะน้า	ผักชี	ต้นหอม	สลัด	
							LSD=0.1067 CV=6.07%
สูตรที่ 1	27.00	81.83	18.73	26.50	21.03	29.13	34.039 c
สูตรที่ 2	30.40	87.20	18.63	30.07	23.00	29.57	36.478 b
สูตรที่ 3	36.27	92.00	27.31	33.03	27.07	37.33	42.169 a
สูตรที่ 4	36.30	94.67	27.88	32.66	27.09	37.00	42.736 a
F-test(1,3)	ns	ns	ns	ns	ns	ns	**
เฉลี่ย(2)	32.49 b	88.925 a	23.14 d	30.57 c	24.75 d	33.26 b	
F-test(2)**							
LSD=3.70							
CV=5.22%							

หมายเหตุ * : แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 95 % ** : แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 99 % ns : ไม่แตกต่างกันทางสถิติ อักษรพิมพ์เล็กในคอลัมน์หรือแถวเดียวกันที่ต่างกันแสดงความแตกต่างทางสถิติ

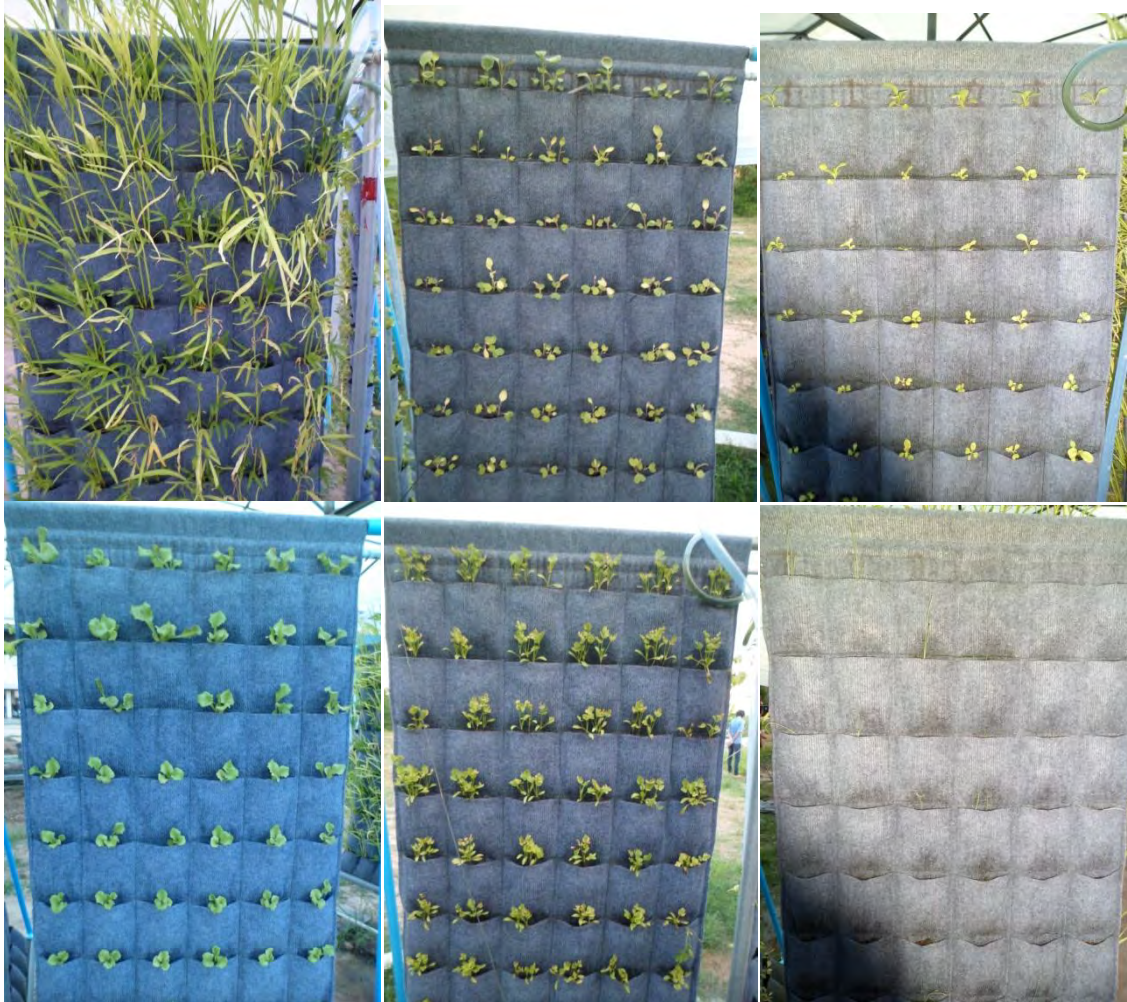
ตารางที่ 4.2.2.4 น้ำหนักแห้งของพืช 6 ชนิดในระบบปลูกแบบรามาตา 3 แฉก ด้วยน้ำเลี้ยงปลา

treatment	น้ำหนักแห้ง(กรัม/หน่วยทดลอง)(1)						เฉลี่ย (3)
	กวาดตุง	ผักบุ้ง	คะน้า	ผักชี	ต้นหอม	สลัด	
							LSD=0.1067 CV=2.78%
สูตรที่ 1	3.50	11.63	2.30	3.47	2.01	2.76	4.278 c
สูตรที่ 2	3.72	12.03	2.45	3.85	2.24	2.78	4.512 b
สูตรที่ 3	4.04	12.56	2.91	4.21	2.77	3.32	4.971 a
สูตรที่ 4	4.07	12.65	2.96	4.27	2.78	3.46	5.031 a
F-test(1,3)	ns	ns	ns	ns	ns	ns	**
เฉลี่ย(2)	3.832 b	12.217 a	2.655 d	3.951 b	2.452 d	3.081 c	
F-test(2)**							
LSD=0.244							
CV =6.3%							

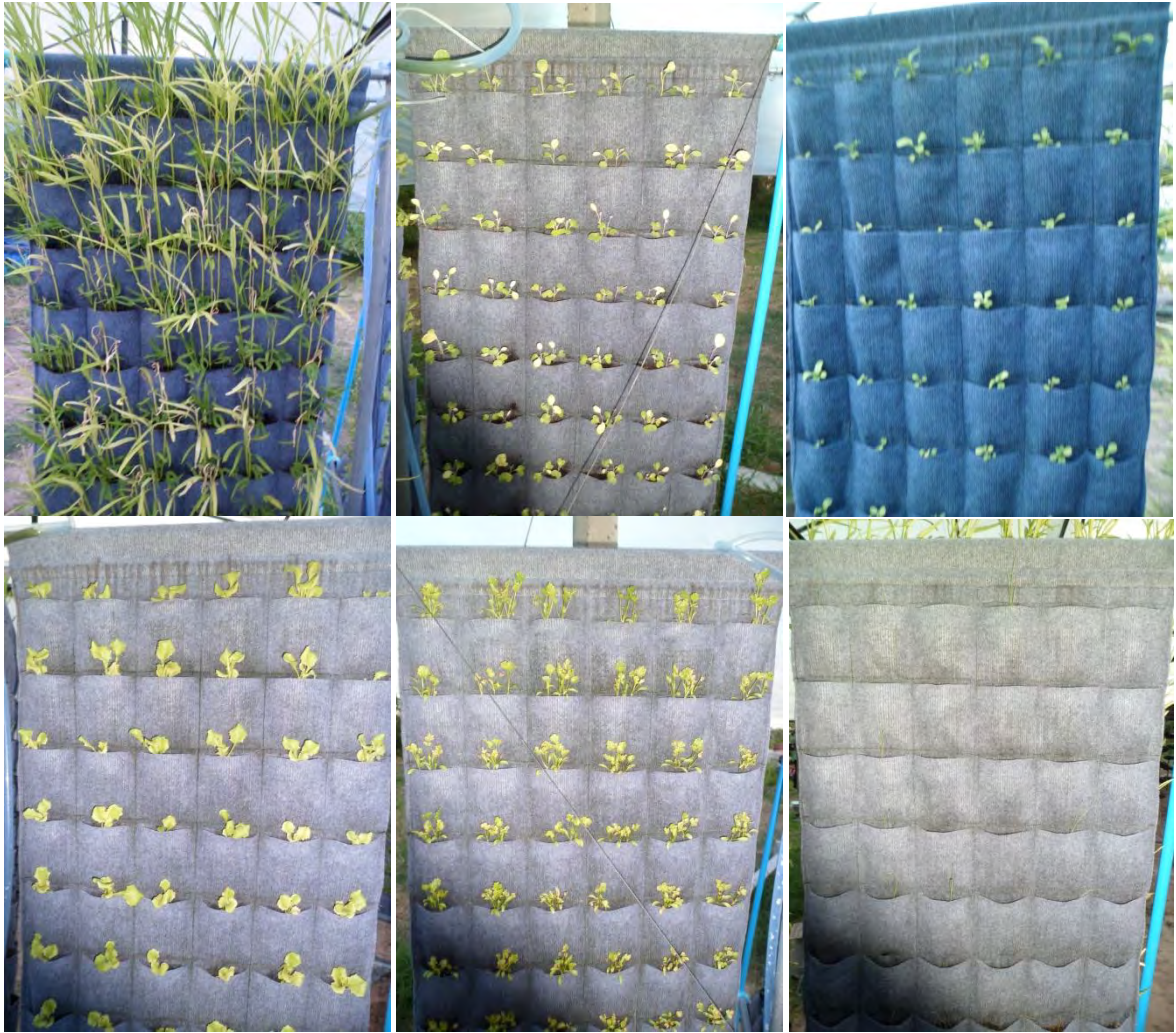
หมายเหตุ * : แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 95 % ** : แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 99 % ns : ไม่แตกต่างกันทางสถิติ อักษรพิมพ์เล็กในคอลัมน์หรือแถวเดียวกันที่ต่างกันแสดงความแตกต่างทางสถิติ



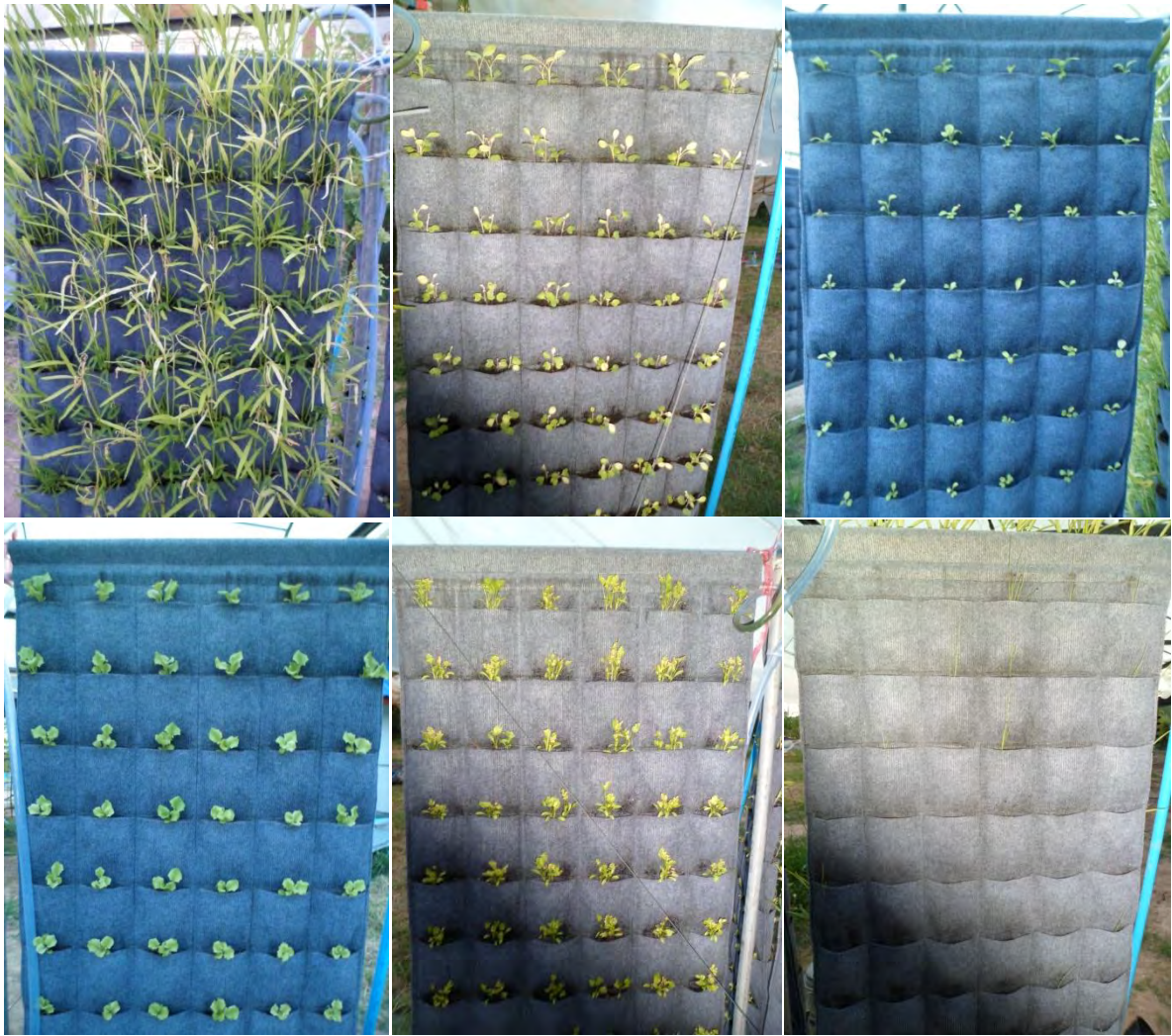
รูปที่ 4.2.2.2.1 พืชในระบบปลูกราวตากผ้า 3 แถว ผักบุ้ง คะน้า กวางตุ้งฮ่องกง สลัดหอม อายุ 1 เดือน
ได้รับน้ำเลี้ยงปลาเพียงอย่างเดียว



รูปที่ 4.2.2.2.2 พืชในระบบปลูกราวตากผ้า 3 แฉก ผักบุ้ง คะน้า กวางตุ้งฮ่องกง สลัดหอม ผักชี ต้นหอม อายุ 1 เดือนได้รับน้ำเลี้ยงปลา+ ธาตุเหล็กจากคิลาแลงในน้ำหมัก EM + น้ำไส้เดือน



รูปที่ 4.2.2.2.3 พืชในระบบปลูกกราวตากผ้า 3 แฉก ผักบุ้ง คะน้า กวางตุ้งฮ่องกง สลัดหอม ผักชี ต้นหอม อายุ 1 เดือนได้รับน้ำเลี้ยงปลา+ ธาตุเหล็กจากคิลาแลงในน้ำหมัก EM +ปุ๋ยน้ำไบซัน



รูปที่ 4.2.2.2.4 พืชในระบบปลูกราวตากผ้า 3 แฉก ผักบุ้ง คื่นห่อ กวางตุ้งฮ่องกง สลัดหอม ผักชี ต้นหอม อายุ 1 เดือนได้รับน้ำเลี้ยงปลา + ธาตุเหล็กจากคิลาแลงในน้ำหมัก EM

4.2.3 การทดลองที่ 4 ทำการทดลองในระบบปลูกแนวตั้งกระถางซ้อนแบบที่ 2 โดยมีเป้าหมายเช่นเดียวกันกับการทดลองที่ 3 ที่ปลูกพืชในระบบปลูกแบบราวตากผ้า 3 แฉก แต่เปลี่ยนพืชเป็นผักที่ให้ผลและผักยืนต้นมากกว่า 1 ปี ได้แก่พริกชี้ฟ้า แมงลัก มะเขือเทศ และปลูกในระบบปลูกแนวตั้งกระถางซ้อนแบบที่ 2 โดยที่ทราบแล้วว่าน้ำเลี้ยงปลาเพียงอย่างเดียวมีปริมาณธาตุอาหารไม่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตของพืชมี pH สูง ทำให้ธาตุอาหารพืชบางชนิดไม่อยู่ในรูปที่พืชนำไปใช้ได้ ในการทดลองนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มเติมธาตุอาหารให้แก่พืชมากขึ้นโดยยังคงใช้น้ำเลี้ยงปลาเป็นแหล่งธาตุอาหารหลักของพืชโดยเน้นการลดปัญหา ค่า pH ของน้ำเลี้ยงปลาด้วยการปรับ pH ด้วย EM และเพิ่มธาตุเหล็กจากหินคิลาแลงด้วยการหมักน้ำ EM กับหินคิลาแลง ทำการทดลองโดยใช้วัสดุปลูก ได้แก่ ถ่านแกลบผสมขุยมะพร้าว อัตรา 1:1 ใส่ลงในกระถางของระบบปลูกแนวตั้งกระถางซ้อนแบบที่ 2 ใช้แผนการทดลองแบบ Strip Plot Design in RCBD จำนวน 5 ซ้ำ โดยใช้ระดับชั้นของกระถางปลูกพืชซึ่งมี 10 กระถางซ้อนกันเป็น block แบ่ง block ออกเป็น 5 block โดย 2 กระถางส่วนบนเป็น block ที่ 1 และ 2 กระถางส่วนล่างเป็น block ที่ 5 กระถางแต่ละใบมีส่วนแยกออกเป็น

3 แฉก ทำให้ปลูกพืชได้ 3 ต้น ดังนั้นใน 1 หน่วยทดลอง จะมี 2 กระถาง ๆ ละ 1 ต้นในแต่ละพืช การให้สิ่งทดลองประกอบด้วย factor A คือธาตุอาหารพืช 4 สูตร และ factor B คือพืช 3 ชนิด ได้แก่ พริกชี้ฟ้า แฉงลัก มะเขือเทศ เป็นพืชทดลอง ใช้น้ำเลี้ยงพืชจากบ่อเลี้ยงปลาถูกเป็นธาตุอาหารหลัก วิธีการทดลองโดยการปลูกพืชด้วยการย้ายกล้าพืชทั้ง 3 ชนิดที่มีอายุ 20 วัน ลงปลูกในกระถางปลูกพืชกระถางซ้อนแบบที่ 2 การให้น้ำเลี้ยงปลาผ่านระบบให้น้ำ 4 ครั้งต่อวัน ครั้งละ 15 นาที โดยใช้ timer กำหนดเวลาครั้งที่ 1 07.00 น. ครั้งที่ 2 11.00 น.ครั้งที่ 3 15.00 น. ครั้งที่ 4 17.00 น. การเติมปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพเพิ่มตามสูตรดังต่อไปนี้

สูตรที่ 1 น้ำเลี้ยงปลาดุก 20 ลิตร

สูตรที่ 2 น้ำเลี้ยงปลาดุก 20 ลิตร + สารละลายหินศิลาแลงใน EM 200 ml.

สูตรที่ 3 น้ำเลี้ยงปลาดุก 20 ลิตร + สารละลายหินศิลาแลงใน EM 100 ml. + ปุ๋ยน้ำไบซัน 40 ml.

สูตรที่ 4 น้ำเลี้ยงปลาดุก 20 ลิตร + สารละลายหินศิลาแลงใน EM 100 ml. + ปุ๋ยน้ำไส้เดือน 250 ml.

ผลการทดลองพบว่า ในลักษณะความสูงของต้นพืชมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในแต่ละสูตรธาตุอาหารของการปลูกโดยพืชที่ได้รับธาตุอาหารพืชสูตรที่ 1 (น้ำเลี้ยงปลา) มีความสูงน้อยที่สุดคือมีความสูงเฉลี่ย 15.00 เซนติเมตรและค่อย ๆ มีความสูงเพิ่มมากขึ้นเมื่อปลูกในสูตรที่มีธาตุอาหารเพิ่มขึ้นโดยในสูตรที่ 4 มีความสูงมากที่สุดคือ 20.86 เซนติเมตรตามลำดับ แต่เมื่อพิจารณาเป็นรายพืช พบว่า พริกชี้ฟ้า แฉงลัก มะเขือเทศ มีความสูงไม่แตกต่างกันเมื่อปลูกในสูตรที่มีธาตุอาหารที่แตกต่างกัน (ตารางที่ 4.2.2.3.1)

ในลักษณะน้ำหนักสดของต้นพืชมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในแต่ละสูตรของการปลูกโดยพืชที่ได้รับธาตุอาหารพืชสูตรที่ 1 (น้ำเลี้ยงปลา) มีน้ำหนักสดน้อยที่สุดคือมีน้ำหนักสดเฉลี่ย 10.20 กรัมต่อต้น มีน้ำหนักสดเพิ่มมากขึ้นเมื่อปลูกในสูตรที่มีธาตุอาหารเพิ่มขึ้นโดยในสูตรที่ 3 และ 4 มีน้ำหนักสดมากที่สุดคือ 14.13 และ 14.67 กรัมต่อต้นตามลำดับ และเมื่อพิจารณาเป็นรายพืช พบว่า มะเขือเทศ มีน้ำหนักสดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบ พริกชี้ฟ้า และ แฉงลัก และเมื่อเปรียบเทียบภายในมะเขือเทศด้วยกันที่ปลูกในสูตรที่มีธาตุอาหารที่แตกต่างกันโดยมะเขือเทศที่ปลูกในธาตุอาหารสูตรที่ 3 และ 4 มีน้ำหนักสดมากที่สุดคือ 18.80 และ 19.00 กรัมต่อต้น ขณะที่ภายในพริกชี้ฟ้า และ แฉงลักนั้นให้ผลการทดลองในทำนองเดียวกันกับมะเขือเทศ (ตารางที่ 4.2.2.2)

ในลักษณะน้ำหนักแห้งของต้นพืชมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในแต่ละสูตรของการปลูกโดยพืชที่ได้รับธาตุอาหารพืชสูตรที่ 1 (น้ำเลี้ยงปลา) มีน้ำหนักแห้งน้อยที่สุดคือมีน้ำหนักแห้งเฉลี่ย 2.22 กรัมต่อต้น มีน้ำหนักแห้งเพิ่มมากขึ้นเมื่อปลูกในสูตรที่มีธาตุอาหารเพิ่มขึ้นโดยในสูตรที่ 4 มีน้ำหนักแห้งมากที่สุดคือ 2.62 กรัมต่อต้น และเมื่อพิจารณาเป็นรายพืช พบว่า มะเขือเทศ มีน้ำหนักแห้งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบ พริกชี้ฟ้า และ แฉงลัก และเมื่อเปรียบเทียบภายในมะเขือเทศด้วยกันที่ปลูกในสูตรที่มีธาตุอาหารที่แตกต่างกันโดยมะเขือเทศที่ปลูกในธาตุอาหารสูตรที่ 4 มีน้ำหนักแห้งมากที่สุดคือ 3.33 กรัมต่อต้น ขณะที่ภายในแฉงลักนั้นให้ผลการทดลองในทำนองเดียวกันกับมะเขือเทศ แต่ภายในพริกชี้ฟ้าเมื่อได้รับสูตรอาหารต่างกันในน้ำหนักแห้งไม่แตกต่าง (ตารางที่ 4.2.2.3)

ในลักษณะน้ำหนักผลสดของต้นพืชมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในแต่ละสูตรของการปลูกโดยพืชที่ได้รับธาตุอาหารพืชสูตรที่ 1 (น้ำเลี้ยงปลา) มีน้ำหนักผลสดน้อยที่สุดคือมีน้ำหนักผลสดเฉลี่ย

2.59 กรัมต่อต้น มีน้ำหนักผลสดเพิ่มมากขึ้นเมื่อปลูกในสูตรที่มีธาตุอาหารเพิ่มขึ้นโดยในสูตรที่ 4 มีน้ำหนักผลสดมากที่สุดคือ 5.59 กรัมต่อต้น และเมื่อพิจารณาเป็นรายพืช พบว่า มะเขือเทศ มีน้ำหนักผลสดไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบ พริกชี้ฟ้า และเมื่อเปรียบเทียบภายในมะเขือเทศด้วยกันที่ปลูกในสูตรที่มีธาตุอาหารที่แตกต่างกันก็ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 4.2.2.2.4) ในส่วนจำนวนผลนั้นให้ผลการทดลองในทำนองเดียวกันกับน้ำหนักผล (ตารางที่ 4.2.2.2.5)

นอกจากนั้นผลการทดลอง พบว่าในการปลูกพืชด้วยน้ำเลี้ยงปลาตุ๋นเพียงอย่างเดียวพืชไม่สามารถดูดซับธาตุหลักในน้ำเลี้ยงปลาได้ส่งผลทำให้ใบยอดของพืชทั้ง 3 ชนิดแสดงอาการขาดธาตุหลักเช่นเดียวกันกับการทดลองที่ 3

สรุปได้ว่าการเพิ่มธาตุอาหารให้แก่พืชด้วยน้ำเลี้ยงปลาผสม ธาตุหลักจากคิลาแลงในน้ำหมัก EM และน้ำไส้เดือนหรือปุ๋ยน้ำไบจีนสามารถเพิ่มผลผลิตให้แก่พืชทั้ง 3 ชนิดได้ ทั้งในภาพรวมจากทั้ง 3 พืชการเพิ่มธาตุหลักจากคิลาแลงในน้ำหมัก EM และน้ำไส้เดือนหรือปุ๋ยน้ำไบจีนสามารถทำให้ผลผลิตรวมเฉลี่ยดีกว่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับการให้น้ำเลี้ยงปลาเพียงอย่างเดียว

ตารางที่ 4.2.3.1 ความสูงของพืช 3 ชนิดในระบบปลูกพืชกระถางซ้อนแบบที่ 2 ด้วยน้ำเลี้ยงปลาตุ๋น

treatment	ความสูง(เซนติเมตร)(1)			เฉลี่ย(3)
	พริกชี้ฟ้า	แมงลัก	มะเขือเทศสีดา	LSD=1.137 CV =8.14%
สูตรที่ 1	17.20	12.80	15.00	15.00 d
สูตรที่ 2	17.80	14.60	16.40	16.27 c
สูตรที่ 3	19.40	18.00	16.80	18.07 b
สูตรที่ 4	22.20	19.60	20.80	20.86 a
F-test	ns	ns	ns	**
เฉลี่ย(2)	19.15 a	16.25 c	17.25 b	
F-test(2)**				
LSD=0.789				
CV =6.98%				

หมายเหตุ * : แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 95 % ** : แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 99 % ns : ไม่แตกต่างกันทางสถิติ อักษรพิมพ์เล็กในคอลัมน์หรือแถวเดียวกันที่ต่างกันแสดงความแตกต่างกันทางสถิติ

ตารางที่ 4.2.3.1 น้ำหนักสดของพืช 3 ชนิดในระบบปลูกพืชกระถางซ้อนแบบที่ 2 ด้วยน้ำเลี้ยงปลาตก

treatment	น้ำหนักสด(กรัม/หน่วยทดลอง) (1) LSD=0.966			เฉลี่ย(3)
	พริกชี้ฟ้า	แมงลัก	มะเขือเทศสีดา	LSD=0.640 CV =8.14%
สูตรที่ 1	11.60 de	7.60 h	11.40 e	10.20 c
สูตรที่ 2	12.60 d	8.20 gh	13.60 c	11.47 b
สูตรที่ 3	14.60 bc	9.00 fg	18.80 a	14.13 a
สูตรที่ 4	15.40 b	9.60 f	19.00 a	14.67 a
F-test	**	**	**	**
เฉลี่ย(2)	13.55 b	8.60 c	15.70 a	
F-test(2)**				
LSD=0.483				
CV =6.98%				

หมายเหตุ * : แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 95 % ** : แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 99 % ns : ไม่แตกต่างกันทางสถิติ อักษรพิมพ์เล็กในคอลัมน์หรือแถวเดียวกันที่แตกต่างกันแสดงความแตกต่างกันทางสถิติ

ตารางที่ 4.2.3.1 น้ำหนักแห้งของพืช 3 ชนิดในระบบปลูกพืชกระถางซ้อนแบบที่ 2 ด้วยน้ำเลี้ยงปลาตก

treatment	น้ำหนักแห้ง(กรัม/หน่วยทดลอง)(1)LSD=0.169 CV=5.29%			เฉลี่ย(3)
	พริกชี้ฟ้า	แมงลัก	มะเขือเทศสีดา	LSD=0.103 CV =5.33%
สูตรที่ 1	2.414 d	1.844 f	2.386 d	2.22 d
สูตรที่ 2	2.426 d	1.972 ef	2.666 c	2.36 c
สูตรที่ 3	2.440 d	2.034 e	3.072 b	2.52 b
สูตรที่ 4	2.490 d	2.044 e	3.332 a	2.62 a
F-test	ns	*	**	**
เฉลี่ย(2)	2.44 b	1.97 c	2.86 a	
F-test(2)**				
LSD=0.083				
CV =5.29%				

หมายเหตุ * : แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 95 % ** : แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 99 % ns : ไม่แตกต่างกันทางสถิติ อักษรพิมพ์เล็กในคอลัมน์หรือแถวเดียวกันที่แตกต่างกันแสดงความแตกต่างกันทางสถิติ

ตารางที่ 4.2.3.1 น้ำหนักผลสุกของพืช 3 ชนิดในระบบปลูกพืชกระถางซ้อนแบบที่ 2 ด้วยน้ำเลี้ยงปลาดุก

treatment	น้ำหนักผลสุก(กรัม/หน่วยทดลอง)(1)			เฉลี่ย(3)
	พริกชี้ฟ้า	แมงลัก	มะเขือเทศสีดา	
				LSD=1.012 CV =32.9%
สูตรที่ 1	1.28	0.00	6.38	2.59 b
สูตรที่ 2	1.34	0.00	6.00	2.48 b
สูตรที่ 3	3.32	0.00	10.92	4.78 a
สูตรที่ 4	2.62	0.00	14.00	5.57 a
F-test	ns	ns	ns	**
เฉลี่ย(2)	2.14 b	0.00 c	9.32 a	
F-test(2)**				
LSD=2.408				
CV =96.9%				

หมายเหตุ * : แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 95 % ** : แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 99 % ns : ไม่แตกต่างกันทางสถิติ อักษรพิมพ์เล็กในคอลัมน์หรือแถวเดียวกันที่ต่างกันแสดงความแตกต่างกันทางสถิติ

ตารางที่ 4.2.3.1 จำนวนผลสุกของพืช 3 ชนิดในระบบปลูกพืชกระถางซ้อนแบบที่ 2 ด้วยน้ำเลี้ยงปลาดุก

treatment	จำนวนผลสุก(ผล/หน่วยทดลอง)(1)			เฉลี่ย(3)
	พริกชี้ฟ้า	แมงลัก	มะเขือเทศสีดา	
				LSD=0.304 CV =30.68%
สูตรที่ 1	1.24	0.00	1.24	0.86 b
สูตรที่ 2	1.24	0.00	1.24	0.86 b
สูตรที่ 3	2.80	0.00	2.20	1.70 a
สูตรที่ 4	2.40	0.00	2.20	1.56 a
F-test	ns	ns	ns	**
เฉลี่ย(2)	1.92 a	0.00 b	1.72 a	
F-test(2)**				
LSD=0.538				
CV =66.98%				

หมายเหตุ * : แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 95 % ** : แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 99 % ns : ไม่แตกต่างกันทางสถิติ อักษรพิมพ์เล็กในคอลัมน์หรือแถวเดียวกันที่ต่างกันแสดงความแตกต่างกันทางสถิติ

4.3 การใช้น้ำเลี้ยงปลาแฟนซีคาร์พ ร่วมกับปุ๋ยน้ำธาตุอาหารพืช 4 ชนิด ที่มีต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของพืชที่ปลูกบนระบบปลูกพืชแนวตั้ง

4.3.1 การทดลองที่ 5 การใช้น้ำเลี้ยงปลาแฟนซีคาร์พร่วมกับปุ๋ยน้ำธาตุอาหารพืช 4 ชนิด ที่มีต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของผักกาดขาวตั้งที่ปลูกบนระบบปลูกพืชแนวตั้งแบบโครงไม้กระถางซ้อนถั่วฝักยาวพารา 5 ชั้น

4.3.1.1 การทดลองที่ 5 การใช้น้ำเลี้ยงปลาแพนซีคาร์พร่วมกับปุ๋ยน้ำธาตุอาหารพืช 4 ชนิด ที่มีต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของผักกาดกวางตุ้ง ทำการทดลองในระบบปลูกแนวตั้งกระถางซ้อนแบบที่ 3 ซึ่งใช้ถ้วยรองรับน้ำยางพาราเป็นกระถางปลูก โดยมีเป้าหมายเป็นการใช้น้ำเลี้ยงปลาแพนซีคาร์พซึ่งเป็นปลาสวยงามที่นิยมเลี้ยงกันทั่วไปในบ้านพักอาศัยมาทดลองใช้ปลูกพืชในระบบปลูกแนวตั้งกระถางซ้อนแบบที่ 3 เพื่อให้เหมาะสมกับการใช้ประโยชน์ในชุมชนเมือง โดยที่ทราบแล้วว่าน้ำเลี้ยงปลาเพียงอย่างเดียวมีปริมาณธาตุอาหารไม่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตของพืชมี pH สูง ทำให้ธาตุอาหารพืชบางชนิดไม่อยู่ในรูปที่พืชนำไปใช้ได้ ในการทดลองนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มเติมธาตุอาหารให้แก่พืชมากขึ้น โดยยังคงใช้น้ำเลี้ยงปลาแพนซีคาร์พเป็นแหล่งธาตุอาหารหลักของพืชโดยเน้นการลดปัญหา ค่า pH ของน้ำเลี้ยงปลาด้วยการปรับ pH ด้วย EM และเพิ่มธาตุหลักจากหินศิลาแลงด้วยการหมักน้ำ EM กับหินศิลาแลง และใช้หินศิลาแลงเป็นหินสำหรับระบบกรองน้ำในตู้เลี้ยงปลาเพื่อเพิ่มธาตุหลักให้แก่พืช ทำการทดลองโดยใช้วัสดุปลูกได้แก่ ถ่านแกลบผสมขุยมะพร้าว อัตรา 1:1 ใส่ลงในกระถางของระบบปลูกแนวตั้งกระถางซ้อนแบบที่ 3 ใช้แผนการทดลองแบบ Strip Plot Design in RCBD จำนวน 4 ซ้ำ การให้สิ่งทดลองประกอบด้วย factor A คือธาตุอาหารพืช 4 สูตร และ factor B คือ ระดับความสูงของชั้นปลูกพืชแบ่งเป็น 5 ชั้น แต่ละชั้นประกอบด้วยถ้วยยางพารา 4 ใบซึ่งถือเป็น 1 หน่วยทดลอง ใช้ผักกาดกวางตุ้งเป็นพืชทดลอง ใช้น้ำเลี้ยงพืชจากบ่อเลี้ยงปลาแพนซีคาร์พเป็นธาตุอาหารหลัก วิธีการปลูกโดยการหยอดเมล็ดลงโดยตรงในแต่ละกระถางเมื่อพืชอายุได้ 10 วันถอนแยกให้เหลือ 4 ต้นต่อกระถาง การให้น้ำเลี้ยงปลาผ่านระบบให้น้ำ 4 ครั้งต่อวัน ครั้งละ 15 นาที โดยใช้ timer กำหนดเวลาครั้งที่ 1 07.00 น. ครั้งที่ 2 11.00 น. ครั้งที่ 3 15.00 น. ครั้งที่ 4 17.00 น. การเติมปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพเพิ่มตามสูตรดังต่อไปนี้

สูตรที่ 1=น้ำเลี้ยงปลาแพนซีคาร์พ 20 ลิตร + ปุ๋ยน้ำบางไทร (สาร A =100 ml. สาร B = 100 ml.)

สูตรที่ 2=น้ำเลี้ยงปลาแพนซีคาร์พ 20 ลิตร + สารละลายหินศิลาแลงใน EM 100 ml.+ปุ๋ยน้ำป๋ากวน 30 ml.

สูตรที่ 3=น้ำเลี้ยงปลาแพนซีคาร์พ 20 ลิตร + สารละลายหินศิลาแลงใน EM 100 ml.+ปุ๋ยน้ำไล่เดือน250 ml.

สูตรที่ 4=น้ำเลี้ยงปลาแพนซีคาร์พ 20 ลิตร + สารละลายหินศิลาแลงใน EM 100 ml.+ปุ๋ยน้ำไบชิน 40 ml.

ผลการทดลองพบว่าปฏิสัมพันธ์ร่วมของการใช้น้ำเลี้ยงปลาร่วมกับปุ๋ยน้ำธาตุอาหารพืช 4 ชนิด ที่ปลูกบนระบบปลูกพืชแนวตั้งแบบกระถางถ้วยยางพารา 5 ชั้น ที่มีต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของผักกาดกวางตุ้งในลักษณะจำนวนต้นต่อหน่วยทดลองไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 4.3.1.2) และเมื่อพิจารณาที่ละปัจจัยพบว่า จำนวนต้นของกวางตุ้งที่ปลูกอยู่ในชั้นต่าง ๆ จะมีน้อยมากผันแปรไปตามชนิดของสูตรธาตุอาหารโดยธาตุอาหารสูตรที่ 1 จะมีจำนวนต้นเฉลี่ยต่อหน่วยทดลองมากที่สุดคือ 12.60 ต้น และเมื่อพิจารณาจากตำแหน่งของชั้นวางพืชที่อยู่ด้านล่างจะพบว่ามีจำนวนต้นต่อหน่วยทดลองน้อยคือ 6.23 ต้นแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติอันเป็นผลมาจากการได้รับธาตุอาหารน้อยกว่าชั้นบนซึ่งดูดซับธาตุอาหารไว้มาก่อนแล้วประกอบกับการบดบังแสงของชั้นปลูกพืชที่อยู่สูงกว่าจึงทำให้มีต้นตายไปจำนวนหนึ่ง(ตารางที่ 4.3.1.1)

ตารางที่ 4.3.1.1 แสดงปริมาณธาตุอาหารพืชแยกตามแหล่งต่าง ๆ ที่ใช้ในการทดลอง

ชนิดแหล่ง ธาตุอาหาร	น้ำเลี้ยงปลา แพนซีคาร์พ (ppm)	ปุ๋ยน้ำบางไทร (ppm)	ปุ๋ยน้ำบีกัน (%)	ปุ๋ยน้ำไล่เดือน (%)	ปุ๋ยน้ำ ไบซิน(%)
N	126.0	268.5	10	2.10	-
P	35.0	56.724	-	0.623	-
K	190.0	326.19	15	6.13	-
Ca	-	181.8	-	-	-
S	-	65	-	-	-
Mg	-	47.34	-	-	-
Mn	-	1.3	-	-	-
Fe	-	4.2	-	-	-
B	-	0.26	-	-	-
Cu	-	0.304	-	-	-
Zn	-	0.26	-	-	-
Mo	-	0.31	-	-	-
Other	-		Zn,Fe,Mg, Mn,B=5%		ปริมาณอินทรีย์ วัตถุรองรับ 10
อัตรา แนะนำ	-	สารA=1L.สาร B=1L./น้ำ 200 L.	30-50 mL/ น้ำ 20 L.	250-500 mL/ น้ำ 20 L.	40 mL/ น้ำ 20 L.

หมายเหตุ : ปริมาณธาตุอาหารพืชตามที่แสดงไว้บนฉลากกำกับสินค้า

ในลักษณะจำนวนใบต่อหน่วยทดลองพบว่าปฏิสัมพันธ์ร่วมของการใช้น้ำเลี้ยงปลาร่วมกับปุ๋ยน้ำธาตุอาหารพืช 4 ชนิด ที่ปลูกบนระบบปลูกพืชแนวตั้งแบบกระถางถั่วฝักยาวพารา 5 ชั้น ที่มีการเจริญเติบโตและผลผลิตของผักกาดกวางตุ้งในลักษณะจำนวนต้นต่อหน่วยทดลองไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 4.3.1.2) และเมื่อพิจารณาที่ละลายจ้ยพบว่า จำนวนใบของกวางตุ้งที่ปลูกอยู่ในชั้นต่าง ๆ จะมีน้อยมากผันแปรไปตามชนิดของสูตรธาตุอาหารโดยธาตุอาหารสูตรที่ 1 จะมีจำนวนใบเฉลี่ยต่อหน่วยทดลองมากที่สุดคือ 50.9 ใบต่อหน่วยทดลอง และเมื่อพิจารณาจากตำแหน่งของชั้นวางชั้นบนสุด(ชั้นที่ 5) มีจำนวนใบเฉลี่ยต่อหน่วยทดลองมากที่สุดคือ 55.25 ใบต่อหน่วยทดลอง แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับพืชที่อยู่ด้านล่างสุดซึ่งพบว่ามีจำนวนใบเฉลี่ยต่อหน่วยทดลองน้อยที่สุดคือ 22.75 ใบ อันเป็นผลมาจากการได้รับธาตุอาหารน้อยกว่าชั้นบนซึ่งดูดซับธาตุอาหารไว้มาก่อนแล้วประกอบกับการบดบังแสงของชั้นปลูกพืชที่อยู่สูงกว่า(ตารางที่ 4.3.1.1)

ในลักษณะความสูงพบว่าปฏิสัมพันธ์ร่วมของการใช้น้ำเลี้ยงปลาร่วมกับปุ๋ยน้ำธาตุอาหารพืช 4 ชนิด ที่ปลูกบนระบบปลูกพืชแนวตั้งแบบกระถางถ้วยยางพารา 5 ชั้น ที่มีต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของผักกาด กวางตุ้งในลักษณะความสูงไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 4.3.1.2) และเมื่อพิจารณาที่ ละปัจจัยพบว่า ความสูงของกวางตุ้งที่ปลูกอยู่ในชั้นต่าง ๆ จะมีน้อยมากผันแปรไปตามชนิดของสูตรธาตุอาหาร โดยธาตุอาหารสูตรที่ 1 จะมีความสูงเฉลี่ยมากที่สุดคือ 19.25 เซนติเมตร และเมื่อพิจารณาจากตำแหน่งของ ชั้นวางชั้นบนสุด (ชั้นที่ 5) มีความสูงเฉลี่ยมากที่สุดคือ 20.93 เซนติเมตรแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กับ พืชที่อยู่ด้านล่างสุดซึ่งพบว่ามี ความสูงเฉลี่ยน้อยที่สุดคือ 5.43 เซนติเมตร อันเป็นผลมาจากการได้รับธาตุ อาหารน้อยกว่าชั้นบนซึ่งดูดซับธาตุอาหารไว้มาก่อนแล้วประกอบกับการบดบังแสงของชั้นปลูกพืชที่อยู่สูงกว่า (ตารางที่ 4.3.1.1)

ในลักษณะน้ำหนักสดพบว่าปฏิสัมพันธ์ร่วมของการใช้น้ำเลี้ยงปลาร่วมกับปุ๋ยน้ำธาตุอาหารพืช 4 ชนิด ที่ปลูกบนระบบปลูกพืชแนวตั้งแบบกระถางถ้วยยางพารา 5 ชั้น ที่มีต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของผักกาด กวางตุ้งในลักษณะน้ำหนักสดมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 4.3.1.2) โดยพบว่าเมื่อ ปลูกผักกวางตุ้งในชั้นที่อยู่บนสุด (ชั้นที่ 5) ที่ได้รับปุ๋ยสูตรที่ 1 ให้น้ำหนักสดเฉลี่ยต่อหน่วยทดลองมากที่สุดคือ 868.75 กรัมต่อหน่วยทดลอง และเมื่อพิจารณาที่ละปัจจัยพบว่า น้ำหนักสดของกวางตุ้งที่ปลูกอยู่ในชั้นต่าง ๆ จะมีน้อยมากผันแปรไปตามชนิดของสูตรธาตุอาหารโดยธาตุอาหารสูตรที่ 1 จะมีน้ำหนักสดเฉลี่ยมากที่สุดคือ 395.0 กรัมต่อหน่วยทดลอง รองลงมาคือธาตุอาหารสูตรที่ 2 มีน้ำหนักสดเฉลี่ยคือ 244.6 กรัมต่อหน่วย ทดลอง และเมื่อพิจารณาจากตำแหน่งของชั้นวางชั้นบนสุด (ชั้นที่ 5) มีน้ำหนักสดเฉลี่ยมากที่สุดคือ 556.81 กรัมต่อหน่วยทดลอง แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับพืชที่อยู่ด้านล่างสุดซึ่งพบว่ามีน้ำหนักสดเฉลี่ยน้อย ที่สุดคือ 40.12 กรัมต่อหน่วยทดลอง อันเป็นผลมาจากการได้รับธาตุอาหารน้อยกว่าชั้นบนซึ่งดูดซับธาตุ อาหารไว้มาก่อนแล้วประกอบกับการบดบังแสงของชั้นปลูกพืชที่อยู่สูงกว่า (ตารางที่ 4.3.1.1)

ในลักษณะน้ำหนักแห้งพบว่าปฏิสัมพันธ์ร่วมของการใช้น้ำเลี้ยงปลาร่วมกับปุ๋ยน้ำธาตุอาหารพืช 4 ชนิด ที่ปลูกบนระบบปลูกพืชแนวตั้งแบบกระถางถ้วยยางพารา 5 ชั้น ที่มีต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของ ผักกาดกวางตุ้งในลักษณะน้ำหนักแห้งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 4.3.1.2) โดย พบว่าเมื่อปลูกผักกวางตุ้งในชั้นที่อยู่บนสุด (ชั้นที่ 5) ที่ได้รับปุ๋ยสูตรที่ 1 ให้น้ำหนักแห้งเฉลี่ยต่อหน่วยทดลอง มากที่สุดคือ 86.91 กรัมต่อหน่วยทดลอง และเมื่อพิจารณาที่ละปัจจัยพบว่า น้ำหนักแห้งของกวางตุ้งที่ปลูกอยู่ ในชั้นต่าง ๆ จะมีน้อยมากผันแปรไปตามชนิดของสูตรธาตุอาหารโดยธาตุอาหารสูตรที่ 1 จะมีน้ำหนักแห้งเฉลี่ย มากที่สุดคือ 40.216 กรัมต่อหน่วยทดลอง รองลงมาคือธาตุอาหารสูตรที่ 2 มีน้ำหนักแห้งเฉลี่ยคือ 25.751 กรัมต่อหน่วยทดลอง และเมื่อพิจารณาจากตำแหน่งของชั้นวางชั้นบนสุด (ชั้นที่ 5) มีน้ำหนักแห้งเฉลี่ยมากที่สุด คือ 57.52 กรัมต่อหน่วยทดลอง แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับพืชที่อยู่ด้านล่างสุดซึ่งพบว่ามีน้ำหนักแห้ง เฉลี่ยน้อยที่สุดคือ 4.17 กรัมต่อหน่วยทดลอง อันเป็นผลมาจากการได้รับธาตุอาหารน้อยกว่าชั้นบนซึ่งดูดซับ ธาตุอาหารไว้มาก่อนแล้วประกอบกับการบดบังแสงของชั้นปลูกพืชที่อยู่สูงกว่า (ตารางที่ 4.3.1.1)

ในลักษณะน้ำหนักสดต้นรวมรากพบว่าปฏิสัมพันธ์ร่วมของการใช้น้ำเลี้ยงปลาร่วมกับปุ๋ยน้ำธาตุอาหาร พืช 4 ชนิด ที่ปลูกบนระบบปลูกพืชแนวตั้งแบบกระถางถ้วยยางพารา 5 ชั้น ที่มีต่อการเจริญเติบโตและผลผลิต

ของผักกาดกวางตุ้งในลักษณะน้ำหนัสดัชนีรวมราก มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 4.3.1.2) โดยพบว่าเมื่อปลูกผักกวางตุ้งในชั้นที่อยู่บนสุด (ชั้นที่ 5) ที่ได้รับปุ๋ยสูตรที่ 1 ให้น้ำหนัสดัชนีรวมรากเฉลี่ยต่อหน่วยทดลองมากที่สุดคือ 1001.4 กรัมต่อหน่วยทดลอง และเมื่อพิจารณาที่ละลายจี้พบว่ามีน้ำหนัสดัชนีรวมรากของกวางตุ้งที่ปลูกอยู่ในชั้นต่าง ๆ จะมีน้อยมากผันแปรไปตามชนิดของสูตรธาตุอาหารโดยธาตุอาหารสูตรที่ 1 จะมีน้ำหนัสดัชนีรวมรากเฉลี่ยมากที่สุดคือ 469.32 กรัมต่อหน่วยทดลอง รองลงมาคือธาตุอาหารสูตรที่ 2 มีน้ำหนัสดัชนีรวมรากเฉลี่ยคือ 298.70 กรัมต่อหน่วยทดลอง และเมื่อพิจารณาจากตำแหน่งของชั้นวางชั้นบนสุด (ชั้นที่ 5) มีน้ำหนัสดัชนีรวมรากเฉลี่ยมากที่สุดคือ 656.91 กรัมต่อหน่วยทดลอง แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับพืชที่อยู่ด้านล่างสุดซึ่งพบว่ามีน้ำหนัสดัชนีรวมรากเฉลี่ยน้อยที่สุดคือ 55.06 กรัมต่อหน่วยทดลอง อันเป็นผลมาจากการได้รับธาตุอาหารน้อยกว่าชั้นบนซึ่งดูดซับธาตุอาหารไว้ก่อนแล้วประกอบกับการบดบังแสงของชั้นปลูกพืชที่อยู่สูงกว่า (ตารางที่ 4.3.1.1)

ตารางที่ 4.3.1.1 ผลของการใช้น้ำเลี้ยงปลาร่วมกับปุ๋ยน้ำธาตุอาหารพืช 4 ชนิด ที่มีต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของผักกาดกวางตุ้งที่ปลูกบนระบบปลูกพืชแนวตั้งแบบกระถางถั่วฝักยาวพารา 5 ชั้น

สิ่งทดลอง	จำนวนต้นต่อหน่วย	จำนวนใบต่อหน่วย	ความสูงเมื่อดอกบาน (เซนติเมตร)	น้ำหนักต้นสด(กรัม/หน่วย)	น้ำหนักแห้งต้น (กรัม/หน่วย)	น้ำหนักต้นสดรวมราก(กรัม/หน่วย)
Factor A						
สูตรที่ 1	12.60a	50.90a	19.25a	395.0a	40.216a	469.32a
สูตรที่ 2	9.60b	37.45b	8.98c	244.6b	25.751b	298.70b
สูตรที่ 3	9.40b	35.00b	10.22c	191.4c	20.100c	242.25c
สูตรที่ 4	9.55b	39.40b	12.52b	197.8c	20.021c	247.85c
F-test	**	**	**	**	**	**
LSD. 0.5	1.99	7.25	1.63	44.7	4.59	48.41
CV (%)	16.42	24.94	17.91	24.29	24.20	21.52
Factor B						
ชั้นที่ 1	6.23e	22.75e	5.43e	40.12d	4.17d	55.06e
ชั้นที่ 2	8.69d	33.00d	8.19d	87.12d	8.87d	117.88d
ชั้นที่ 3	10.06c	41.68c	12.01c	198.19b	20.39c	253.40c
ชั้นที่ 4	12.18b	50.75b	17.16b	403.75b	41.67b	489.40b
ชั้นที่ 5	13.15a	55.25a	20.93a	556.81a	57.52a	656.91a
F-test	**	**	**	**	**	**
LSD. 0.5	0.998	3.34	1.13	47.29	4.86	59.64
CV (%)	12.70	10.66	11.53	23.87	23.77	24.62

หมายเหตุ **: แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 99 %

อักษรพิมพ์เล็กในคอลัมน์เดียวกันที่แตกต่างกันแสดงความแตกต่างทางสถิติ

ตารางที่ 4.3.1.2 ปฏิสัมพันธ์ร่วมของการใช้น้ำเลี้ยงปลาร่วมกับปุ๋ยน้ำธาตุอาหารพืช 4 ชนิด ที่ปลูกบนระบบปลูกพืชแนวตั้งแบบกระถางถั่วยาวพารา 5 ชั้น ที่มีต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของผักกาดกวางตุ้ง

ปฏิสัมพันธ์ร่วมของน้ำเลี้ยงปลา+ธาตุอาหาร X ระดับชั้นวาง		จำนวนต้นต่อหน่วย	จำนวนใบต่อหน่วย	ความสูงเมื่อดอกบาน (เซนติเมตร)	น้ำหนักต้นสด (กรัม/หน่วย)	น้ำหนักแห้งต้นสด (กรัม/หน่วย)	น้ำหนักต้นสดรวม (กรัม/หน่วย)
สูตรที่ 1	ชั้นที่ 1	7.00j-l	24.25	5.70	61.75ij	6.34hi	80.3hi
	ชั้นที่ 2	10.00f-h	39.00	10.15	114.00g-i	12.35f-h	160.3gh
	ชั้นที่ 3	13.50bc	56.00	18.45	279.75e	28.82e	339.6f
	ชั้นที่ 4	15.25ab	65.00	28.85	650.75b	66.67b	765.1b
	ชั้นที่ 5	15.75a	70.25	33.10	868.75a	86.91a	1001.4a
สูตรที่ 2	ชั้นที่ 1	7.00j-l	21.00	5.13	33.25j	3.51i	47.2i
	ชั้นที่ 2	8.75g-j	31.75	5.75	82.25h-j	8.48gi	111.3hi
	ชั้นที่ 3	8.75g-j	37.25	8.35	192.50f	19.28f	245.2g
	ชั้นที่ 4	11.25d-f	47.50	11.43	384.25d	40.53d	460.0de
	ชั้นที่ 5	12.25c-e	49.50	14.28	530.75c	56.96c	629.8c
สูตรที่ 3	ชั้นที่ 1	6.00l	20.25	4.93	30.50j	3.07i	43.3i
	ชั้นที่ 2	7.75i-l	29.00	7.75	74.25ij	7.44h-i	99.0hi
	ชั้นที่ 3	9.50f-i	36.00	9.83	163.00fg	17.57f	221.3g
	ชั้นที่ 4	10.75e-g	42.00	12.80	298.50e	31.49e	377.8ef
	ชั้นที่ 5	13.00cd	47.75	15.82	390.75d	40.93d	470.0de
สูตรที่ 4	ชั้นที่ 1	6.25kl	25.50	5.79	35.00j	3.76i	49.5i
	ชั้นที่ 2	8.25h-k	32.25	9.13	78.00ij	7.20hi	101.0hi
	ชั้นที่ 3	8.50h-j	37.50	11.42	157.50f-h	15.89fg	207.5g
	ชั้นที่ 4	11.50c-f	48.50	15.57	281.50e	27.97e	354.8f
	ชั้นที่ 5	13.00cd	53.25	20.50	437.00d	45.29d	526.5d
F-test		ns	ns	ns	**	**	**
LSD. 0.5		1.88	6.69	2.40	76.99	8.28	96.33
CV (%)		12.60	11.48	13.36	19.04	20.39	19.38

หมายเหตุ **: แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 99 % ns : ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

อักษรพิมพ์เล็กในคอลัมน์หรือแถวเดียวกันที่แตกต่างกันแสดงความแตกต่างกันทางสถิติ



รูปที่ 4.3.1.1 แสดงอาการขาดธาตุอาหารของพืชที่อยู่ในชั้นล่าง

นอกจากนั้นจากการสังเกตพบว่าพืชที่ปลูกบนชั้นบนสุดมีลักษณะการเจริญเติบโตค่อนข้างสมบูรณ์ จนถึงเจริญเติบโตดีมากแตกต่างกันไปตามสูตรธาตุอาหารที่ได้รับแต่เมื่อปลูกในชั้นที่ต่ำลงมาจะพบว่าการเจริญเติบโตเริ่มลดลงทีละน้อย ๆ จนถึงในชั้นที่ 2 และ 1 ที่อยู่ด้านล่างต้นพืชจะแคระแกรนมีลักษณะอาการใบเหลือง อาการขาดธาตุเหล็กต้นพืชเจริญเติบโตไม่สมบูรณ์ในทุกสูตรธาตุอาหารยกเว้นสูตรที่ 1 ที่ไม่แสดงอาการอันเป็นผลมาจากการได้รับธาตุอาหารน้อยกว่าชั้นบนซึ่งดูดซับธาตุอาหารไว้ก่อนแล้วประกอบกับการบดบังแสงของชั้นปลูกพืชที่อยู่สูงกว่าดังนั้นหลักการให้น้ำจากที่สูงผ่านชั้นปลูกพืชมาหลาย ๆ ชั้นจะมีผลต่อการขาดธาตุอาหารของพืชที่ปลูกในชั้นด้านล่างเป็นอย่างมากดังแสดงไว้ในรูปที่ 4.3.1.1

บทที่ 5

บทสรุปและการพัฒนาระบบปลูกพืชในแนวตั้งร่วมกับการใช้น้ำเลี้ยงปลา เพื่อความมั่นคงทางอาหารในชุมชนเมือง

5.1 บทสรุปจากผลการทดลองในบทที่ 4

5.1.1 มีการออกแบบระบบปลูกพืชในแนวตั้ง 6 รูปแบบประกอบด้วย

- ระบบปลูกพืชในแนวตั้ง แบบราวตากผ้า
- ระบบปลูกพืชในแนวตั้ง แบบราวตากผ้า 3 แฉก
- ระบบปลูกพืชในแนวตั้ง แบบราวตากผ้า 4 แฉก
- ระบบปลูกพืชในแนวตั้ง กระถางซ้อนแบบที่ 1
- ระบบปลูกพืชในแนวตั้ง กระถางซ้อนแบบที่ 2
- ระบบปลูกพืชในแนวตั้ง กระถางซ้อนแบบที่ 3

ประเด็นข้อดีข้อเสียที่พบในระบบปลูกพืชในแนวตั้ง แบบราวตากผ้า ประเด็นที่ 1 ระบบปลูกพืชในแนวตั้ง แบบราวตากผ้า ทั้ง 3 แบบให้ผลต่างกัน ในด้านการประหยัดพื้นที่ในการวางระบบ ระบบปลูกพืชในแนวตั้ง แบบราวตากผ้า 4 แฉกจะให้ประสิทธิภาพมากที่สุดรองลงมาคือระบบปลูกพืชในแนวตั้ง แบบราวตากผ้า 3 แฉก และน้อยที่สุดระบบปลูกพืชในแนวตั้ง แบบราวตากผ้าอย่างใดก็ตามระบบปลูกพืชในแนวตั้ง แบบราวตากผ้า 4 แฉก และระบบปลูกพืชในแนวตั้ง แบบราวตากผ้า 3 แฉก จะเหมาะสมกับพืชที่ต้องการแสงแดดน้อยทนต่อการบังแสงได้ดีหรือพืชที่ปลูกได้ในร่มเงาเนื่องจากแผงปลูกพืชในทั้ง 2 แบบนี้จะบังแสงแดดทำให้พืชที่ปลูกได้รับแสงไม่เท่ากันจากการทดลองในหลายพืชในการทดลองที่ 1- 3 พืชที่ปลูกในส่วนด้านล่างของแผงปลูกจะมีการเจริญเติบโตน้อยยกเว้นผักแพรว และกิมจูฉาย ซึ่งพืชที่ขึ้นในที่ร่มได้สามารถเจริญเติบโตได้ ดังนั้นในระบบปลูกพืชในแนวตั้ง แบบราวตากผ้าที่ปลูกเพียง 2 ด้านและหันแนวปลูกพืชไปในทิศทางแนวเดียวกันกับแสงอาทิตย์จึงให้ผลดีที่สุด ประเด็นที่ 2 นอกจากนั้นยังพบว่าท่ออะลูมิเนียมที่เจาะรูขนาด .30 mm. นั้นอุดตันได้ง่ายเมื่อใช้กับระบบที่มีน้ำเลี้ยงปลาร่วมด้วยเนื่องจากตัวเศษอาหารและขี้ปลาที่กรองไม่หมดจะไปอุดตันในรูนี้ทำให้ยุ่งยากต่อการทำความสะอาดแต่เมื่อใช้ในการทดลองที่ 1 ที่ใช้สารเคมีสูตรบางโทรเพียงอย่างเดียวจะไม่เกิดปัญหานี้ขึ้น ประเด็นที่ 3 การปล่อยให้น้ำไหลลงจากกระเปาะแนวบนสุดของระบบปลูกทั้ง 3 แบบนี้ตัวพรมที่ใช้เป็นวัสดุและวัสดุปลูกที่อยู่ชั้นบนจะมีโอกาสได้รับธาตุอาหารพืชก่อนและดูดซับธาตุอาหารพืชไว้ได้มากกว่ากระเปาะที่ต่ำกว่าลงมาเรื่อย ๆ จนทำให้กระเปาะปลูกพืชที่อยู่ด้านล่างได้รับธาตุอาหารไม่เพียงพอ

ประเด็นข้อดีข้อเสียที่พบในระบบปลูกพืชในแนวตั้งกระถางซ้อน ประเด็นที่ 1 ระบบปลูกพืชในแนวตั้งกระถางซ้อน แบบที่ 1 จะมีวัสดุที่ใช้ประกอบเป็นโครงสร้างของระบบนี้จะมีราคาแพงและขั้นตอนในการประกอบเช่นการขึ้นรูปโครงเหล็กทำได้ยากในแบบก่อสร้างที่เขียนไว้ในโครงการนี้ใช้เหล็กสี่เหลี่ยมตันขนาด 9 mm. และเหล็กกลม RB 9 mm. (รูปที่ 4.1.2.1) เป็นโครงสร้างเมื่อจัดทำประกอบเป็นโครงสร้างแล้วนำไปใส่วัสดุปลูกใส่และให้น้ำปรากฏว่าโครงสร้างเหล็กไม่สามารถรับน้ำหนักได้หากจะทำให้แข็งแรงเพียงพอจะต้องเพิ่มขนาดเหล็กให้ใหญ่ขึ้นจึงจะรับน้ำหนักได้ยังทำให้ต้นทุนสูงขึ้นอีก ดังนั้นจึงได้ยกเลิกการทดลองในแบบนี้ไป ประเด็นที่ 2 ระบบปลูกพืชในแนวตั้ง กระถางซ้อนแบบที่ 2 เนื่องจากกระถางที่ใช้เป็นกระถางสำเร็จรูปที่

การพัฒนาต้นแบบระบบการปลูกพืชในแนวตั้งร่วมกับการเลี้ยงปลาเพื่อความมั่นคงด้านอาหารในสภาพชุมชนเมือง | 60

ผลิตขึ้นมาเพื่อให้ซ้อนกันได้ซึ่งมีราคาแพง (45 บาทต่อกระถาง) ทำให้ต้นทุนสูงขึ้นและยังมีปัญหาสำคัญเมื่อซ้อนกระถางหลายชั้นมากขึ้นทำให้เกิดแรงกดทับลงสู่กระถางใบที่อยู่ด้านล่างจนทำให้กระถางใบล่างรับน้ำหนักไม่ได้เกิดการฉีกขาดแตกออกทำให้อายุใช้งานได้เพียงการปลูกพืชเพียง 2 ครั้งเท่านั้น ส่วนระบบปลูกพืชในแนวตั้งกระถางซ้อนแบบที่ 3 มีต้นทุนต่ำแม้จะเปลี่ยนจากโครงไม้เป็นโครงเหล็กกันสนิมก็ตาม ติดตั้งง่ายเพราะมีรูและหูสำหรับแขวนอยู่แล้ว ประเด็นที่ 3 เรื่องการบดบังแสงของกระถางที่อยู่สูงกว่าจะมีปัญหาล้ำยากับระบบปลูกพืชในแนวตั้ง แบบราวตากผ้าแต่ไม่มากเท่าเนื่องจากแสงสามารถส่องผ่านได้การบดบังมีน้อย แต่สาเหตุที่พืชที่ปลูกในชั้นล่างๆ มีการเจริญเติบโตได้น้อยกว่าเป็นการได้รับธาตุอาหารน้อยกว่ากระถางที่อยู่ด้านบนซึ่งหากพิจารณาจากเรื่องนี้จะเห็นว่าการปล่อยธาตุอาหารพืชที่ให้อาหารจากบนลงสู่ด้านล่างจะทำให้พืชที่ปลูกด้านล่างได้รับธาตุอาหารน้อยกว่านั้นเป็นปัญหาที่ใหญ่กว่าอิทธิพลของการบดบังของแสงสว่างในระบบนี้

5.1.2 การทดสอบระบบชุดปลูกพืชในแนวตั้งเบื้องต้น

5.1.2.1 สรุปผลการทดลองที่ 1 การศึกษาวัสดุปลูกร่วมกับระดับของการให้น้ำต่อความต้องการน้ำที่เหมาะสมในการเจริญเติบโตของผักสลัด ในระบบปลูกพืชในแนวตั้งแบบราวตากผ้า

ผลการทดลองพบว่าปฏิสัมพันธ์ระหว่างระดับการให้น้ำกับวัสดุปลูกที่ต่างกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยพบว่าเมื่อมีการให้น้ำ 4 ครั้งต่อวันในวัสดุปลูกขุยมะพร้าวผสมถ่านกลบ (1:1) มีผลทำให้ความสูง จำนวนใบต่อต้น น้ำหนักสด และน้ำหนักแห้ง ของผักสลัดมีค่ามากที่สุด ดังนั้นวัสดุปลูกที่เหมาะสมในการทดลองนี้คือ ขุยมะพร้าวผสมถ่านกลบ (1:1) และระดับของการให้น้ำธาตุอาหารพืชสูตรบาง ไตรซึ่งเป็นสารเคมีที่ใช้ในการผลิตพืชในระบบ hydro phonic จำนวน 4 ครั้งต่อวัน ครั้งละ 15 นาทีเหมาะสมที่สุด

5.1.2.2 สรุปผลการทดลองที่ 2 การทดสอบระบบชุดปลูกพืชผักในแนวตั้งด้วยน้ำเลี้ยงปลาตก ในระบบปลูกแบบราวตากผ้า 4 แฉก เพื่อศึกษาถึงความสามารถในการเจริญเติบโตของพืชในระบบปลูกพืชในแนวตั้งด้วยน้ำเลี้ยงปลาตก และการบดบังของแสงที่เกิดจากการบังแสงกันเองของแผงปลูกพืชและตำแหน่งของพืชที่อยู่สูงต่ำแตกต่างกัน

จากผลการทดลองสรุปได้ว่าการเจริญเติบโตของพืชทั้ง 8 ชนิด แตกต่างกันไปตามปริมาณแสงที่ได้รับ พืชที่อยู่ชั้นบนได้รับแสงมากกว่าจึงเจริญเติบโตได้ดีกว่า และอีกประการหนึ่งพบว่าการให้น้ำในระบบนี้เป็นการให้น้ำจากด้านบนไหลลงสู่ด้านล่างพืชที่อยู่ด้านบนจึงได้รับธาตุอาหารพืชก่อนและดูดซับไว้ได้มากกว่ายิ่งทำให้พืชที่ปลูกชั้นบนเจริญเติบโตได้ดีกว่ามากขึ้น นอกจากนั้นพบว่าน้ำเลี้ยงปลาตกมี pH อยู่ที่ 8-9 มีผลทำให้พืชไม่สามารถดูดซับธาตุหลักในน้ำเลี้ยงปลาได้หรืออีกนัยหนึ่งคือธาตุหลักไม่อยู่ในรูปที่พืชใช้ได้เมื่อสารละลายมี pH สูงกว่า 8 ส่งผลทำให้ใบยอดของพืชทั้ง 8 ชนิดแสดงอาการขาดธาตุหลักอย่างรุนแรงโดยสังเกตได้ทีปลายใบจะเป็นสีขาวซีดและเส้นใบเป็นสีเขียวรุกรามลงสู่โคนใบ ซึ่งส่งผลให้พืชทั้ง 8 ชนิดไม่เจริญเติบโตและใบยอดแห้งตายในที่สุดใบบางพืช เช่น ผักแพรว

5.1.2.3 สรุปผลการทดลองที่ 3 ซึ่งทำการทดลองในระบบปลูกแบบราวตากผ้า 3 แฉก โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มเติมธาตุอาหารให้แก่พืชมากขึ้นโดยยังคงใช้น้ำเลี้ยงปลาเป็นแหล่งธาตุอาหารหลักของพืช เน้นการลดปัญหา ค่า pH ของน้ำเลี้ยงปลาด้วยการปรับ pH ด้วย EM และเพิ่มธาตุหลักจากหินศิลาแลงด้วยการหมักน้ำ EM กับหินศิลาแลง ทำการทดลองร่วมธาตุอาหารพืช 4 สูตร สูตรที่ 1 น้ำเลี้ยงปลาตก 20 ลิตร

การพัฒนาต้นแบบระบบการปลูกพืชในแนวตั้งร่วมกับการเลี้ยงปลาเพื่อความมั่นคงด้านอาหารในสภาพชุมชนเมือง | 61

สูตรที่ 2 น้ำเลี้ยงปลา 20 ลิตร + สารละลายหินศิลาแลงใน EM 200 ml. สูตรที่ 3 น้ำเลี้ยงปลา 20 ลิตร + สารละลายหินศิลาแลงใน EM 100 ml. + ปุ๋ยน้ำไบชิน 40 ml. สูตรที่ 4 น้ำเลี้ยงปลา 20 ลิตร + สารละลายหินศิลาแลงใน EM 100 ml. + ปุ๋ยน้ำไส้เดือน 250 ml.

สรุปผลการทดลอง การเพิ่มธาตุอาหารให้แก่พืชด้วยน้ำเลี้ยงปลาผสม ธาตุเหล็กจากศิลาแลงในน้ำหมัก EM และน้ำไส้เดือนหรือปุ๋ยน้ำไบชินไม่สามารถเพิ่มผลผลิตให้แก่พืชทั้ง 6 ชนิดได้ แต่ในภาพรวมจากทั้ง 6 พืชการเพิ่มธาตุเหล็กจากศิลาแลงในน้ำหมัก EM และน้ำไส้เดือนหรือปุ๋ยน้ำไบชินสามารถทำให้ผลผลิตรวมเฉลี่ยดีกว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับการให้น้ำเลี้ยงปลาเพียงอย่างเดียว และการปลูกพืชด้วยน้ำเลี้ยงปลาเพียงอย่างเดียวพืชไม่สามารถดูดซับธาตุเหล็กในน้ำเลี้ยงปลาได้ส่งผลทำให้ใบยอดของพืชทั้ง 6 ชนิดแสดงอาการขาดธาตุเหล็กอย่างรุนแรงเป็นสีขาวยึด โดยเฉพาะ ผักบุ้ง และคะน้า แสดงอาการขาดธาตุเหล็กเห็นได้อย่างชัดเจน อย่างไรก็ตามแม้ว่าจะมีการเพิ่มธาตุอาหารให้มากขึ้นในสิ่งทดลองที่ 2 โดยการเสริมธาตุเหล็กและปรับ pH ของน้ำเลี้ยงปลาด้วย สารละลายหินศิลาแลงใน EM (pH เท่ากับ 4 โดยประมาณ) ทำให้น้ำเลี้ยงปลามี pH ต่ำลง และการเพิ่มธาตุอาหารและปรับ pH ให้โดยการใส่ ปุ๋ยน้ำไบชิน ปุ๋ยน้ำไส้เดือน ในสิ่งทดลองที่ 3 และ 4 ผลการทดลองพบว่า ผักบุ้ง ผักชี และคะน้า แสดงอาการขาดธาตุเหล็กเห็นได้อย่างชัดเจนเช่นเดียวกันกับเมื่อได้รับน้ำเลี้ยงปลาเพียงอย่างเดียว

5.1.2.4 สรุปผลการทดลองที่ 4 ทำการทดลองในระบบปลูกแนวตั้งกระถางซ้อนแบบที่ 2 โดยมีเป้าหมายเช่นเดียวกันกับการทดลองที่ 3 ที่ปลูกพืชในระบบปลูกแบบราวตากผ้า 3 แฉก แต่เปลี่ยนพืชเป็นผักที่ให้ผลและผักยืนต้นมากกว่า 1 ปี ได้แก่พริกชี้ฟ้า แตงกวา มะเขือเทศ และปลูกในระบบปลูกแนวตั้งกระถางซ้อนแบบที่ 2 ร่วมธาตุอาหารพืช 4 สูตรเช่นเดียวกันกับการทดลองที่ 3

สรุปสรุปผลการทดลองพบว่าการเพิ่มธาตุอาหารให้แก่พืชด้วยน้ำเลี้ยงปลาผสม ธาตุเหล็กจากศิลาแลงในน้ำหมัก EM และน้ำไส้เดือนหรือปุ๋ยน้ำไบชินสามารถเพิ่มผลผลิตให้แก่พืชทั้ง 3 ชนิดได้ ทั้งในภาพรวมจากทั้ง 3 พืชการเพิ่มธาตุเหล็กจากศิลาแลงในน้ำหมัก EM และน้ำไส้เดือนหรือปุ๋ยน้ำไบชินสามารถทำให้ผลผลิตรวมเฉลี่ยดีกว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับการให้น้ำเลี้ยงปลาเพียงอย่างเดียว

5.1.2.5 สรุปผลการทดลองที่ 5 การใช้น้ำเลี้ยงปลาแพนซีคาร์พร่วมกับปุ๋ยน้ำธาตุอาหารพืช 4 ชนิด ที่มีการเจริญเติบโตและผลผลิตของผักกาดขาวตั้ง ทำการทดลองในระบบปลูกแนวตั้งกระถางซ้อนแบบที่ 3 โดยมีเป้าหมายเป็นการใช้น้ำเลี้ยงปลาแพนซีคาร์พซึ่งเป็นปลาสวยงามที่นิยมเลี้ยงกันทั่วไปในบ้านพักอาศัยมาทดลองใช้ปลูกพืชในระบบปลูกแนวตั้งกระถางซ้อนแบบที่ 3 เพื่อให้เหมาะสมกับการใช้ประโยชน์ในชุมชนเมืองร่วมกับธาตุอาหารพืช 4 สูตร สูตรที่ 1=น้ำเลี้ยงปลาแพนซีคาร์พ 20 ลิตร + ปุ๋ยน้ำบางไทร (สาร A = 100 ml. สาร B = 100 ml.) สูตรที่ 2=น้ำเลี้ยงปลาแพนซีคาร์พ 20 ลิตร + สารละลายหินศิลาแลงใน EM 100 ml.+ปุ๋ยน้ำบักวัน 30 ml.สูตรที่ 3=น้ำเลี้ยงปลาแพนซีคาร์พ 20 ลิตร + สารละลายหินศิลาแลงใน EM 100 ml.+ปุ๋ยน้ำไส้เดือน 250 ml. สูตรที่ 4=น้ำเลี้ยงปลาแพนซีคาร์พ 20 ลิตร + สารละลายหินศิลาแลงใน EM 100 ml.+ปุ๋ยน้ำไบชิน 40 ml. โดยทั้ง 4 สูตรนี้ตัวปุ๋ยอินทรีย์ที่ใช้นั้นเป็นปุ๋ยที่สามารถหาซื้อได้โดยสะดวกตามร้านขายวัสดุการเกษตรทั่วไป

สรุปผลการทดลองพบว่าการให้ธาตุอาหารพืชทั้ง 4 สูตร ทำให้ จำนวนต้นต่อหน่วยทดลองจำนวนใบต่อหน่วยทดลอง ความสูงเมื่อดอกบาน น้ำหนักต้นสด น้ำหนักแห้งต้น น้ำหนักต้นสดรวมราก แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทั้งในอิทธิพลร่วมระหว่างสูตรธาตุอาหารพืชกับระดับชั้นวางกระถาง และในลักษณะที่พิจารณาแยกทีละปัจจัยให้ผลเช่นเดียวกันโดยการใช้ น้ำเลี้ยงปลาแพนซีคาร์พ ร่วมกับปุ๋ยน้ำบางไทรให้ผล

การพัฒนาต้นแบบระบบการปลูกพืชในแนวตั้งร่วมกับการเลี้ยงปลาเพื่อความมั่นคงด้านอาหารในชุมชนเมือง | 62

กว้างตุงมากที่ ต้นพืชสมบูรณ์ไม่แสดงอาการขาดธาตุหลัก แต่ในกวางตุงที่ปลูกชั้นล่างๆ นั้นได้รับธาตุอาหารไม่เพียงพอจึงเจริญเติบโตได้ไม่ดีเมื่อเปรียบเทียบกับที่ปลูกอยู่บนชั้นบน สำหรับปุ๋ยอินทรีย์อีก 3 ชนิดให้ผลดีไม่เทียบเท่าปุ๋ยบางไทร

นอกจากนั้นจากการสังเกตพบว่าพืชที่ปลูกบนชั้นบนสุดมีลักษณะการเจริญเติบโตค่อนข้างสมบูรณ์ จนถึงเจริญเติบโตดีมากแตกต่างกันไปตามสูตรธาตุอาหารที่ได้รับแต่เมื่อปลูกในชั้นที่ต่ำลงมาจะพบว่าการเจริญเติบโตเริ่มลดลงทีละน้อย ๆ จนถึงในชั้นที่ 2 และ 1 ที่อยู่ด้านล่างต้นพืชจะแคระแกรนมีลักษณะอาการใบเหลือง อาการขาดธาตุหลักต้นพืชเจริญเติบโตไม่สมบูรณ์ในทุกสูตรธาตุอาหารยกเว้นสูตรที่ 1 ที่ไม่แสดงอาการอันเป็นผลมาจากการได้รับธาตุอาหารน้อยกว่าชั้นบนซึ่งดูดซับธาตุอาหารไว้ก่อนแล้วประกอบกับการบังแสงของชั้นปลูกพืชที่อยู่สูงกว่าตุงนั้นหลักการให้น้ำจากที่สูงผ่านชั้นปลูกพืชมาหลาย ๆ ชั้นจะมีผลต่อการขาดธาตุอาหารของพืชที่ปลูกในชั้นด้านล่างเป็นอย่างมาก

5.2 การพัฒนาระบบปลูกพืชในแนวตั้งร่วมกับการใช้น้ำเลี้ยงปลาเพื่อความมั่นคงทางอาหารในชุมชนเมือง

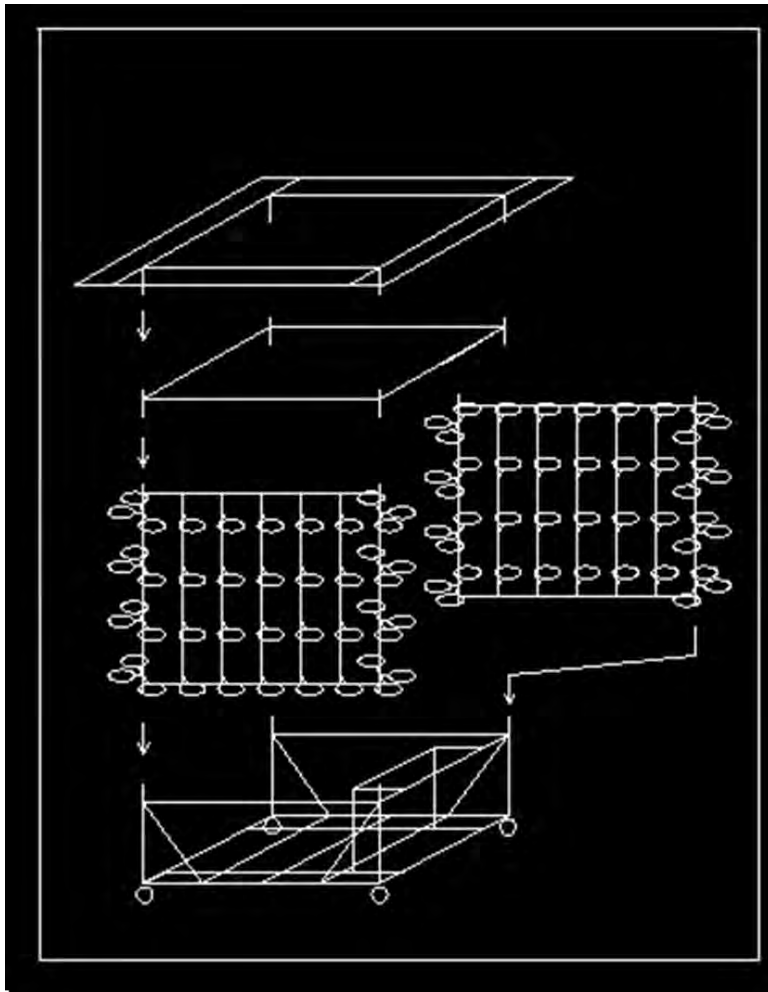
ผลจากวิเคราะห์และสังเคราะห์ข้อมูลตั้งแต่เริ่มต้นการ design รูปแบบของระบบปลูกพืชในแนวตั้งเบื้องต้นทั้ง 6 แบบ การเปรียบเทียบข้อดีข้อเสียของแต่ละระบบ การเปรียบเทียบต้นทุนการประกอบชิ้นส่วนต่างของแต่ละระบบ การนำระบบปลูกพืชแนวตั้งทั้งหมดไปทดลองใช้ปลูกพืชร่วมกับน้ำเลี้ยงปลา การทดลองหาวัสดุปลูกที่เหมาะสม การทดลองหาระยะเวลาของการให้น้ำที่เหมาะสม การทดลองสูตรธาตุอาหารพืชที่เหมาะสมที่จะนำมาใช้เสริมธาตุอาหารที่มีไม่เพียงพอต่อความต้องการของพืชในน้ำเลี้ยงปลา และปัญหาต่าง ๆ ที่พบในการทดลอง สามารถนำมาประมวลผลเพื่อพิจารณาประยุกต์เพื่อให้เกิดการพัฒนาระบบปลูกพืชในแนวตั้งร่วมกับการใช้น้ำเลี้ยงปลาเพื่อความมั่นคงทางอาหารในชุมชนเมืองได้อย่างแท้จริง

ดังนั้น การออกแบบระบบปลูกพืชในแนวตั้งร่วมกับการใช้น้ำเลี้ยงปลาเพื่อความมั่นคงทางอาหารในชุมชนเมืองต้องมีคุณลักษณะดังนี้

1. ระบบจะต้องทำงานได้อย่างอัตโนมัติไม่ยุ่งยากในการดูแลรักษาเมื่อติดตั้งระบบแล้วการดูแลพืชที่ปลูกการดูแลปลาที่เลี้ยงจะต้องไม่เป็นภาระมากเกินไปยิ่งหากเป็นกิจกรรมที่ผ่อนคลายหลังเลิกงานกิจกรรมของผู้สูงอายุหรือกิจกรรมที่ทำร่วมกันในครอบครัวจะเป็นระบบที่สมบูรณ์ที่สุดได้ประโยชน์ทั้งที่เป็นพืชอาหารที่ปลูกเองอาหารที่ปลอดภัยและได้ความสุขทางใจและความสัมพันธ์ในครอบครัว
2. การออกแบบระบบต้องออกแบบแยกชิ้นส่วนสามารถถอดและประกอบชิ้นส่วนต่างๆ ได้โดยง่ายไม่ยุ่งยากทั้งในการขนย้ายและการติดตั้งติดตั้ง
3. ระบบจะต้องแก้ปัญหาเรื่องการให้ธาตุอาหารพืชจากบนลงสู่เบื้องล่างแล้วทำให้ธาตุอาหารพืชไม่เพียงพอต่อความต้องการของพืชที่ปลูกอยู่ด้านล่าง
4. ระบบจะต้องแก้ไขปัญหาเรื่องแสงสว่างที่พืชปลูกด้านบนได้รับมากกว่า
5. ระบบที่ต้องเติมธาตุอาหารเสริมให้แก่พืชไม่ว่าจะมาจากการใช้สารอินทรีย์หรือสารเคมีจะต้องเป็นระบบที่เกื้อกูลกันไม่ทำให้เป็นอันตรายต่อปลาและพอเพียงต่อความต้องการของพืช

ดังนั้นในข้อมูลทั้งหมดที่มีผู้วิจัยจึงตัดสินใจเลือกระบบปลูกพืชในแนวตั้งกระถางซ้อนแบบที่ 3 ซึ่งใช้ถ้วยรองรับน้ำยาพาราเป็นกระถางปลูกโดยตั้งชื่อระบบนี้ว่า “เครื่องปลูกผักในแนวตั้งด้วยน้ำเลี้ยงปลา” โดยการออกแบบเป็นดังนี้

1. การออกแบบโครงเหล็ก ใช้เหล็กกลมกลาวไนท์ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 6 หุน และ 4 หุน ซึ่งสวมต่อกันได้พอดีต่อการถอดประกอบ ตัดและเชื่อมต่อกันดังรูปที่ 5.2.1



รูปที่ 5.2.1 ระบบปลูกพืชในแนวตั้งกระถางซ้อนแบบที่ 3 ประยุกต์

ในรูปที่ 5.2.1 โครงเหล็กส่วนที่ 1 ชั้นล่างสุดเป็นชุดโครงเหล็กขนาด 80x150x60 เซนติเมตรใช้เหล็กขนาด 6 หุนชนิดหนา รองรับตู้เลี้ยงปลาขนาด 50x100x45 เซนติเมตร มีความจุน้ำ 200 ลิตร และตู้ควบคุมระบบไฟฟ้า ปั้มน้ำและปั้มลม ติดตั้งล้อเลื่อนสี่ล้อเพื่อการเคลื่อนย้ายได้โดยสะดวก โครงเหล็กส่วนที่ 2 ชุดโครงเหล็กสำหรับแขวนกระถางถั่วยาวพารา 2 ชุด ใช้เหล็กขนาด 4 หุน เพื่อให้สวมต่อกับโครงเหล็กชุดล่างได้ โดยมีเหล็กตัวกันไม่ให้สวมลงลึกกว่าที่กำหนด บนโครงเหล็กนี้เชื่อมต่อด้วยห่วงเหล็กขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 15 เซนติเมตร โดยใช้เหล็กเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 หุน ตัดเป็นวงกลม การติดตั้งห่วงเหล็กจะติดเพียงด้านเดียวและเหล็กต้นริมจะติดตั้ง 3 ห่วง ในชุดเหล็กแขวนกระถางนี้ จะวางกระถาง 4 ชั้น ทุละ 11 กระถาง แต่ละชั้นสูงต่างกันชั้นละ 30 เซนติเมตรและแต่ละกระถางในแนวนอนห่างกัน 25 เซนติเมตร โครงเหล็กชุดที่ 3 เป็นชุดเหล็กยึดหัวเสาของชุดแขวนกระถางใช้เหล็กเส้นผ่าศูนย์กลาง 6 หุน เพื่อให้สวมต่อกับโครงเหล็กชุดแขวนกระถางได้พอดี และโครงเหล็กชั้นบนสุดเป็นโครงเหล็กหลังคาใช้เหล็กเส้นผ่าศูนย์กลาง 4 หุน เพื่อให้สวมต่อกับโครงเหล็กชุดยึดหัวเสาได้พอดี โครงเหล็กหลังคาใช้สำหรับติดตั้งตะข่ายพรางแสงดูรูปการติดตั้งในรูปที่ 5.2.2 ถึง รูปที่ 5.2.3



รูปที่ 5.2.2 อุปกรณ์ประกอบและการติดตั้ง



รูปที่ 5.2.3 อุปกรณ์ประกอบและการติดตั้งที่สำเร็จแล้ว

2. การวางระบบน้ำใช้ตู้เลี้ยงปลาสวยงามขนาด 50x100x45 เซนติเมตร มีความจุน้ำ 200 ลิตรมีระบบกรองน้ำมาตรฐานที่ใช้ในตู้เลี้ยงปลาแต่เปลี่ยนหินกรองน้ำเป็นหินศิลาแลงทุบให้มีขนาด 3/8 นิ้ว ส่วนประกอบชิ้นกรองอื่นใช้ตามมาตรฐาน ระบบปั้มน้ำใช้ปั้มน้ำ 2 เครื่อง ๆ แรก ขนาด 30-32 W สำหรับส่งน้ำวนเวียนในตู้เลี้ยงปลาตามปกติเพื่อให้ น้ำไหลเวียนตลอดเวลาและเกิดการกรองน้ำให้น้ำในตู้เลี้ยงสะอาดปลาจะมีสุขภาพแข็งแรง ปั้มน้ำที่ 2 ขนาด 70 W ติดตั้งพร้อม timer เพื่อสูบน้ำส่งขึ้นสู่ระบบปลูกพืชและสามารถกำหนดเวลาการให้น้ำในแต่ละวันได้ ระบบเติมออกซิเจนให้แก่ตู้เลี้ยงปลาใช้ปั้ลมขนาด 10 W ช่วยเพิ่มออกซิเจนให้แก่ตู้ปลา



รูปที่ 5.2.3 อุปกรณ์ประกอบและการติดตั้งระบบปั้มน้ำ

3. การติดตั้งระบบน้ำหยดและระบบระบายน้ำ ใช้ท่อน้ำ PE สีดำ และอุปกรณ์ต่อท่อ เช่น ข้องอ ข้อต่อสามทาง ลูกอุดปลายท่อ หัวน้ำหยดและอุปกรณ์ต่อท่อน้ำหยด เมื่อต่อท่อออกจากปั้มน้ำแล้วแยกสายส่งน้ำออกเป็น 2 ทาง ติดตั้งวาล์วควบคุมน้ำทั้ง 2 สาย ส่งน้ำขึ้นสู่โครงเหล็กชุดแขวนกระถางทั้ง 2 ด้าน โดยแต่ละด้านจะมีกระถางอยู่ 4 ชั้น ให้ใช้ข้อต่อสามทางแยกการส่งน้ำไปยังแต่ละชั้นและติดตั้งหัวน้ำหยดลงในทุกกระถางทุกชั้น เพื่อให้ทุกกระถางที่ปลูกพืชได้รับธาตุอาหารพืชอย่างสม่ำเสมอไม่ให้เกิดการไหลลงจากที่สูงลงสู่ที่ต่ำเพียงอย่างเดียวแบบที่เคยทำมา ส่วนระบบระบายน้ำกลับสู่ตู้เลี้ยงปลาใช้ท่อ PVC ขนาด 1 ¼ นิ้วและข้อต่อ ข้องอ ต่างๆ เชื่อมต่อกันตามรูปรูปที่ 5.2.4 และเจาะรูเพื่อรองรับท่อจากกันกระถางของกระถางแถวล่างสุดดังรูปที่รูปที่ 5.2.4



รูปที่ 5.2.4 อุปกรณ์ประกอบและการติดตั้งน้ำหยดและระบบระบายน้ำ

4. การจัดเตรียมวัสดุปลูก ในส่วนของวัสดุต้องสามารถอุ้มน้ำไว้ได้เพียงพอต่อความต้องการของพืช ดังนั้นขุยมะพร้าวผสมถ่านแกลบยังคงตอบสนองความต้องการนี้ แต่จากการที่น้ำเลี้ยงปลามีปริมาณธาตุหลักต่ำซึ่งจากการทดลองได้ใช้ น้ำหมักคิลาลงกับ EM ช่วยเพิ่มธาตุหลักได้เพียงบางส่วน จากงานวิจัยของ รศ.ดร. กมล เลิศรัตน์ มหาวิทยาลัยขอนแก่นซึ่งเป็นที่ปรึกษาโครงการนี้และได้ทดลองวิจัยในชุดโครงการเดียวกันที่เน้นการปลูกพืชในแนวราบร่วมกับน้ำเลี้ยงปลาได้ลองใช้หินคิลาลงผสมลงในวัสดุปลูกโดยตรงพบว่าให้ผลดีกับการเพิ่มธาตุหลักให้พืชโดยไม่ต้องเติมธาตุหลักจากแหล่งอื่นอีก ดังนั้นในการจัดเตรียมวัสดุปลูกในระบบปลูกพืชนี้ จึงใช้วัสดุปลูกเป็นหินคิลาลงทุบขนาด 3/8 นิ้ว ผสมลงในวัสดุปลูกด้วยในอัตรา ขุยมะพร้าวผสมถ่านแกลบ 1 ส่วน ต่อ หินคิลาลงทุบขนาด 3/8 นิ้ว 1 ส่วน

5.การเตรียมน้ำเลี้ยงปลาที่ใช้ในตู้มีน้ำเลี้ยงปลา 200 ลิตร ถ้าใช้น้ำประปาให้ขังน้ำไว้ 3 วันเพื่อลดปริมาณคลอรีนลง แล้วจึงปล่อยปลาน้ำหนักปลาที่ปล่อยไม่เกิน 3 กิโลกรัมต่อ 200 ลิตรเช่นปลาแฟนซีคาร์พ ขนาด ตัว ครึ่งกิโลกรัม ปล่อยได้ 6 ตัว หลังจากปล่อยปลาแล้วเมื่อปลาเข้ากับน้ำได้ดีแล้วให้เติม EM 500 ml. โดยแบ่งการเติม 3 วันๆละเท่าๆ กันเพื่อปรับ pH ของน้ำ เมื่อต้องการเติมธาตุอาหารพืชเพิ่มเช่นกรณีการใช้ปุ๋ยสูตรบางโทรซึ่งเป็นสารเคมีให้แบ่งเติม 3 ครั้งๆ ละ 250 ml. รวมเป็น 750 ml. ทั้งสาร A และสาร B ซึ่งเท่ากับ 75 % ของอัตราปกติซึ่งไม่กระทบต่อการดำรงชีวิตของปลา หากเป็นการเติมปุ๋ยอินทรีย์น้ำ เช่นปุ๋ย บิ๊กวัน ปุ๋ย ไบชั่น ให้เติมตามคำแนะนำเช่นปุ๋ยบิ๊กวันให้เติม 400 ml.ต่อน้ำ 200 ลิตร และเปิดระบบการให้น้ำแก่พืชแล้วจะมีน้ำส่วนหนึ่งหายไปเนื่องจากพืชนำไปใช้ การระเหยไปในอาหารหรือการรั่วหล่นออกจากระบบให้เติมน้ำเพิ่มอยู่เสมออย่าปล่อยให้น้ำลดลงมากกว่าที่ระบบปั๊มจะไม่ทำงาน และให้เติมปุ๋ยเพิ่มทุก 7 วันเมื่อพืชเริ่มโตขึ้นโดยการเตรียมน้ำผสมปุ๋ยสูตรที่ใช้ในอัตราปกติ การเติมปุ๋ยมากหรือน้อยให้พิจารณาจากสีของใบพืช ถ้าเป็นสีเขียวอ่อนแสดงถึงอาการขาดธาตุอาหารหรือใช้เครื่องวัดค่า EC ให้เติมปุ๋ยเพิ่มเมื่อค่า EC อยู่ต่ำกว่า 1.5 dS/m.และให้เติม EM เมื่อค่า pH ของน้ำสูงกว่า 7.5



รูปที่ 5.2.5 ผลงานที่ประกอบสำเร็จแล้วและจัดแสดงไว้ที่ มูลนิธิลูกพระดาบสจังหวัดสมุทรปราการ

เอกสารอ้างอิง

- กษิดิศ หนูทอง. 2551. การบำบัดไนโตรเจนในระบบการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแบบปิด. วารสารพระจอมเกล้าลาดกระบัง ปีที่ 16 ฉบับที่ 1 เดือนเมษายน 2551
- กองเกษตรเคมี. 2545. ฮอร์โมนพืชและธาตุอาหารพืชในน้ำหมักชีวภาพ. กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ.
- จารุรัตน์ พุ่มประเสริฐ. 2546. ผลของน้ำสกัดชีวภาพที่ความเข้มข้นต่างๆ ต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตคะน้าในระบบการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์. ปทุมธานี.
- เฉลิมวุฒิ น้อยโสภะ และคณะ. 2553. ศึกษาผลของน้ำสกัดชีวภาพต่อการเจริญเติบโตของคะน้า.
- ดิเรก ทองอร่าม. 2550. การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน. ซีเอ็ดยูเคชั่น. กรุงเทพฯ.
- ดำรงค โลหะลักษณะเดช ฤทธา พราหมณชูเอม วิกิจ ผินรับ และ ณิช มาชู. 2555. การเลี้ยงปลานิลร่วมกับการปลูกผักโดยไม่ใช้ดินแบบ. การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 50: ถวิล สุขวงศ์. 2546. การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน. โรงพิมพ์ หจก. พี.เค. การพิมพ์. กรุงเทพฯ. 128 น.
- นพดล เรียบเลิศหิรัญ. 2550. การปลูกพืชไร้ดิน. สุวีริยาสาส์น, กรุงเทพฯ.
- นำถม ตั้งคำ และ สุณีรัตน์ เรื่องสมบูรณ์. 2553. คุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงปลาตู้ที่มีการเจริญเติบโตอย่างหนาแน่นของแพลงก์ตอนพืช. การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 48 สาขาประมง. หน้า 305-312
- พิชญ์สินี ตรีนุสรณ์. 2555. การออกแบบสวนแนวตั้ง. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. สืบค้นเมื่อวันที่ 8 กรกฎาคม 2555.
http://www.khaosod.co.th/view_news.php?newsid.
- พาสินี สุนากร. 2550. ผนังสีเขียว. คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.
- วิชัย สุทธิธรรม, พิสมัย โพธิ์ศรี, และ นฤมล วชิรปัทมา. 2547. ผลของน้ำสกัดชีวภาพที่มีต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของถั่วฝักสดในระบบการปลูกพืชแบบไร้ดิน. รายงานการวิจัย. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์. ปทุมธานี.
- วิฑูรย์ เลี่ยนจำรูญ. 2553. ปฏิรูปเกษตรกรรมเพื่อความมั่นคงทางอาหาร. สำนักหอสมุดแห่งชาติ. กรุงเทพฯ.
- วุฒิชัย นันตะก้านตง และ อิสรา สุขสถาน. 2550. ผลของการใช้สารสกัดชีวภาพร่วมกับปุ๋ยเคมีต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของงา. ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
- วุฒิกิจ จันทร์มาก และคณะ. 2552. การศึกษาประสิทธิภาพของน้ำสกัดชีวภาพจากปลาที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของผักกวางตุ้งฮ่องเต้ที่ปลูกแบบไร้ดิน. วารสารบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ ปีที่ 3 ฉบับที่ 1 กุมภาพันธ์ – พฤษภาคม 2552.
- วิทยรัตน์ กุญชร ณ อยุธยา. 2544. เทคโนโลยีภูมิปัญญาท้องถิ่น. กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ.

การพัฒนาต้นแบบระบบการปลูกพืชในแนวตั้งร่วมกับการเลี้ยงปลาเพื่อความมั่นคงด้านอาหารในสภาพชุมชนเมือง | 70

สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 2004. รักษ์โลก กับสวนแนวตั้ง. สืบค้นเมื่อวันที่ 8 กรกฎาคม 2555. ได้จาก : <http://www.bloggang.com/viewblog.php?id=is-sa-ra&date=11-08-2010&group=7&gblog=4>.

สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2548. เทคโนโลยีการปลูกพืชไร้ดิน. ฝ่ายเทคโนโลยีชีวภาพ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

อรธ บุณินี. 2544. เอกสารประกอบคำอภิปรายในการสัมมนาเรื่อง การผลิตและการใช้น้ำสัดชีวภาพ. วันที่ 22-23 พฤษภาคม ณ โรงแรม เค พี แกรนด์ จังหวัดจันทบุรี. โครงการพัฒนาการเกษตรยั่งยืน สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 6.

ศุภวรรณ ใจแสน. 2553. คู่มือการผลิตปุ๋ยมูลไส้เดือนเงินล้าน. นาคา อินเตอร์มีเดีย. กรุงเทพฯ.

หจก.โซติรังสี. 2004. หินแร่ภูเขาไฟ. สืบค้นเมื่อวันที่ 4 กรกฎาคม 2555. ได้จาก <http://chotrungseebiochem.com/zeolite.php>.

Alberici, A., Quattrini, E., Penati, M., Martinetti, L., Marino Gallina, P., Ferrante, A. and Schiavi, M. 2008. Effect of the reduction of nutrient solution concentration on leafy vegetables quality grown in floating system. Acta Hort. 801: 1167-1176. http://www.actahort.org/books/801/801_142.html.

Ann H., Behrang B. 2011. ไอเดียลดโลกร้อน ปลูกสวนแนวตั้งจากลังพลาสติก. สืบค้นเมื่อวันที่ 8 กรกฎาคม 2555. ได้จาก : <http://www.iurban.in.th/highlight/livingpavillian-recycle-plastic-carton/>

Aquaponics UK. Institute of Aquaculture, Stirling info@aquaponics.org.uk [www.aquaponics.org.uk FARMshop_build_summary.pdf](http://www.aquaponics.org.uk/FARMshop_build_summary.pdf)

Britta, R., Rebecca, B., 2010. Window Farms สวนแนวตั้งหลังม่านกระจก. สืบค้นเมื่อวันที่ 4 กรกฎาคม 2555. ได้จาก : <http://www.green.in.th/node/2026>

Fanasca, S., Roupheal, Y., Cardarelli, M. and Colla, G. 2005. The Influence of K: Ca: Mg: Na ratio and total concentration on yield and fruit quality of soilless-grown tomato: A modeling approach. Acta Hort. 697: 345-350. http://www.actahort.org/books/697/697_43.html.

James E. Rakocy , Michael P. Masser and Thomas M. Losordo 2006 . Recirculating Aquaculture Tank Production Systems: Aquaponics—Integrating Fish and Plant Culture Southern Regional Aquaculture Center (SRAC) Publication No. 454

Patrick B., 2009. ทิ้ง! สวนพฤกษชาติ “แนวตั้ง” บนตึก 8 ชั้นในกรุงลอนดอน. สืบค้นเมื่อวันที่ 8 กรกฎาคม 2555. ได้จาก : <http://paow007.wordpress.com/2009/09/13>.

www.Livingwallart.com/category/vertical-garden-installation

www.green.in.th/blog/design/2035

www.veggiehomeshow.blogspot.com/2012_05_01_archive.html

www.naewna.com/news.asp?ID=58766

ภาคผนวก

สารเคมีในธาตุอาหารพืชสูตรบางไท

ข้อมูลสูตรธาตุอาหารแม่ปุ๋ย A และ แม่ปุ๋ย B ของ บจก.ศูนย์เกษตรกรรมบางไท

แม่ปุ๋ย A	เปอร์เซ็นต์ธาตุ	ความเข้มข้น (ppm)	ผลรวมธาตุ (ppm)
แมกนีเซียมซัลเฟต	Mg 9.35 %	46.75	N 101.4 + 15.6 + 151.5 รวม N = 268.5
	S 9.35 %	65	รวม S = 65
โปแตสเซียมไนเตรท	N 13 %	104	
	K 38.20 %	305.6	K 297.96 + 28.23 รวม K = 326.19
โมโนแอมโมเนียม ฟอสเฟต	N 12 %	15.6	
	P 26.18 %	34.034	P 34.034 + 22.69 รวม P = 56.724
โมโนโปแตสเซียมฟอสเฟต	P 22.69 %	22.69	
	K 28.23 %	28.23	
แมงกานีส	Mn 13 %	1.04	
จุลธาตุ	B 2 %	0.2 (B)	
	Cu 1.9 %	0.19 (Cu)	
	Zn 2 %	0.2(Zn)	
	Mo 0.023 %	0.0023(Mo)	
	Mn 2 %	0.2(Mn)	
	Fe 1.8%	0.18(Fe)	
	Mg 4.5 %	0.45(Mg)	Mg 46.75 + 0.45 + 0.135 รวม Mg = 47.335
ชนิดแม่ปุ๋ย B	เปอร์เซ็นต์ธาตุ	ความเข้มข้น (ppm)	
แคลเซียมไนเตรท	Ca 18 %	181.8	รวม Ca 181.8
	N 15 %	151.5	
ธาตุเหล็ก	Fe 13.2 %	3.96	Fe 3.96 + 0.18 + 0.054 รวม Fe = 4.194
จุลธาตุ	B 2 %	0.06 (B)	B 0.2 + 0.06 รวม B = 0.26
	Cu 1.9 %	0.114 (Cu)	Cu 0.19 + 0.114 รวม Cu = 0.304
	Zn 2 %	0.06(Zn)	Zn 0.2 + 0.06 รวม Zn = 0.26
	Mo 0.023 %	0.00069(Mo)	Mo .0023 + .00069 รวม Mo = .30699
	Fe 1.8%	0.054(Fe)	
	Mn 2 %	0.06(Mn)	Mn 1.04 + 0.2 + 0.06 รวม Mn 1.3
	Mg 4.5 %	0.135(Mg)	

ปริมาณธาตุอาหาร	ความเข้มข้น (ppm)
N	126.82
P	24.46
K	96.80

คำนำ	i
บทคัดย่อ	ii
Abstract	iv
สารบัญ	vi
สารบัญตาราง	vii
สารบัญรูป	viii
สารบัญรูป (ต่อ)	ix
บทที่ 1	1
บทนำ	1
1.1 วัตถุประสงค์ของโครงการ	2
1.2 ระเบียบวิธีวิจัย	2
บทที่ 2	4
ทบทวนเอกสารเชิงสังเคราะห์	4
2.1 การปลูกต้นไม้ในแนวตั้ง (vertical garden)	4
รูปที่ 2.1 แสดงการจำลองภาพของ the Hanging Gardens of Babylon	4
รูปที่ 2.2 the Universal City Walk	5
รูปที่ 2.3 the MFO Park in Zurich, Switzerland.	5
รูปที่ 2.4 สวนแนวตั้งได้ในงาน Aichi expo bio Lung exhibition	6
รูปที่ 2.5 Van Gogh Vertical Garden ‘A Wheatfield, with Cypresses’. by Van Gogh	6
รูปที่ 2.6 การเพิ่มพื้นที่สีเขียวบนตึก	7
รูปที่ 2.7 การเพิ่มพื้นที่สีเขียวบนตึก	8
รูปที่ 2.8 Window Farms ปลูกผักยุคไฮเทค.	9
2.2 การปลูกพืชกับแหล่งธาตุอาหารพืชที่มาจากน้ำเลี้ยงปลา (Aquaponics)	9
รูปที่ 2.9 การปลูกพืชร่วมกับการเลี้ยงปลาดันแบบ	12
ตารางที่ 2.1 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณการให้อาหารปลาเพื่อให้ธาตุอาหารที่เหมาะสมต่อความต้องการเจริญเติบโตของพืช	12
รูปที่ 2.10 การนำ Aquaponics มาใช้ร่วมกับการปลูกพืชแนวตั้ง	13
2.3 การควบคุมความเป็นกรดด่าง (pH)	14
2.4 การควบคุมการนำไฟฟ้า (Electrical Conductivity)	15
2.5 น้ำหมักชีวภาพ	16
2.6 น้ำหมักมูลไส้เดือนดิน (Vermicompost)	17
2.7 วัสดุปลูกที่ใช้ในการปลูกพืชระบบไฮโดรโพนิกส์	18
บทที่ 3	23
ระเบียบวิธีวิจัย	23
3.1 การออกแบบระบบและเปรียบเทียบระบบชุดปลูกพืชผักในแนวตั้งในวัสดุที่แตกต่างกัน	23
รูปที่ 3.1 ระบบปลูกพืชในแนวตั้ง แบบราวตากผ้า 3 แฉก	23
รูปที่ 3.2 ระบบปลูกพืชในแนวตั้ง แบบราวตากผ้า 4 แฉก	24
รูปที่ 3.3 ระบบปลูกพืชในแนวตั้ง โครงเหล็กกระถางซ้อน 1	24
3.2 การศึกษาเปรียบเทียบการใช้แหล่งธาตุอาหารพืช	24
บทที่ 4	26
การพัฒนาแบบจำลองปลูกพืชในแนวตั้งและผลการทดลอง	26
4.1 การพัฒนาแบบจำลองปลูกพืชในแนวตั้ง	26
รูปที่ 4.1.1.1 ระบบปลูกพืชในแนวตั้งแบบราวตากผ้า	27
รูปที่ 4.1.1.2 ระบบปลูกพืชในแนวตั้งแบบราวตากผ้าสามแฉก	28
รูปที่ 4.1.1.3 ระบบปลูกพืชในแนวตั้ง แบบราวตากผ้า สี่แฉก	29
รูปที่ 4.1.2.1 ระบบปลูกพืชในแนวตั้งโครงเหล็กกระถางซ้อน 1	30
รูปที่ 4.1.2.2 ระบบปลูกพืชในแนวตั้งโครงเหล็กกระถางซ้อน 2	31

รูปที่ 4.1.2.3 ระบบปลูกพืชในแนวตั้งโครงสร้างไม้กระถางซ้อน	31
ตารางที่ 4.1.1 เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายที่เป็นต้นทุนในการผลิตระบบปลูกพืชในแนวตั้งต่อพื้นที่ 2 ตารางเมตร	32
4.2 การทดสอบระบบชุดปลูกพืชในแนวตั้งเบื้องต้น	32
ตารางที่ 4.2.1 ผลของวัสดุปลูกร่วมกับระดับของการให้น้ำต่อการเจริญเติบโตของผักสลัด ในระบบปลูกพืชในแนวตั้งแบบราวตากผ้า	34
ตารางที่ 4.2.2.1.1 จำนวนต้นของพืช 8 ชนิดในระบบปลูกแบบราวตากผ้า 4 แฉก ด้วยน้ำเลี้ยงปลาตุก	36
ตารางที่ 4.2.2.1.2 ความสูงของต้นพืช 8 ชนิดในระบบปลูกแบบราวตากผ้า 4 แฉก ด้วยน้ำเลี้ยงปลาตุก	36
ตารางที่ 4.2.2.1.3 น้ำหนักสด ของพืช 8 ชนิดในระบบปลูกแบบราวตากผ้า 4 แฉก ด้วยน้ำเลี้ยงปลาตุก	37
ตารางที่ 4.2.2.1.4 น้ำหนักแห้งของพืช 8 ชนิดในระบบปลูกแบบราวตากผ้า 4 แฉก ด้วยน้ำเลี้ยงปลาตุก	37
รูปที่ 4.2.2.1.1 การทดสอบเบื้องต้นการปลูก 8 ชนิดด้วยน้ำเลี้ยงปลาตุก ในระบบปลูกพืชแนวตั้งราวตากผ้า 4 แฉก	38
รูปที่ 4.2.2.1.2 พืชในระบบปลูกราวตากผ้า 4 แฉก สลัดหอม กวางตุ้งฮ่องกง ผักชี คะน้า ผักบุ้ง ต้นหอม และระยะกล้าของ กิมจูฮวยฉาย ผักแพรว ที่ปลูกโดยการตัดชำยอด	39
รูปที่ 4.2.2.1.3 พืชในระบบปลูกราวตากผ้า 4 แฉก ผักบุ้ง คะน้า อายุ 40 วันหลังปลูก กิมจูฮวยฉาย ผักแพรว อายุ 40 วันหลังตัดชำยอด	40
รูปที่ 4.2.2.1.4 พืชในระบบปลูกราวตากผ้า 4 แฉก กวางตุ้งฮ่องกง สลัดหอม ผักชี ต้นหอมอายุ 40 วัน หลังปลูก	41
ตารางที่ 4.2.2.2.1 จำนวนต้นของพืช 6 ชนิดในระบบปลูกแบบราวตากผ้า 3 แฉก ด้วยน้ำเลี้ยงปลาตุก	43
ตารางที่ 4.2.2.2.2 ความสูงของพืช 6 ชนิดในระบบปลูกแบบราวตากผ้า 3 แฉก ด้วยน้ำเลี้ยงปลาตุก	43
ตารางที่ 4.2.2.2.3 น้ำหนักสดของพืช 6 ชนิดในระบบปลูกแบบราวตากผ้า 3 แฉก ด้วยน้ำเลี้ยงปลาตุก	44
ตารางที่ 4.2.2.2.4 น้ำหนักแห้งของพืช 6 ชนิดในระบบปลูกแบบราวตากผ้า 3 แฉก ด้วยน้ำเลี้ยงปลาตุก	44
รูปที่ 4.2.2.2.1 พืชในระบบปลูกราวตากผ้า 3 แฉก ผักบุ้ง คะน้า กวางตุ้งฮ่องกง สลัดหอม อายุ 1 เดือน ได้รับน้ำเลี้ยงปลาเพียงอย่างเดียว	45
รูปที่ 4.2.2.2.2 พืชในระบบปลูกราวตากผ้า 3 แฉก ผักบุ้ง คะน้า กวางตุ้งฮ่องกง สลัดหอม ผักชี ต้นหอม อายุ 1 เดือนได้รับน้ำเลี้ยงปลา+ ธาตุเหล็กจากคิลาแลงในน้ำหมัก EM +น้ำใส่เดือน	46
รูปที่ 4.2.2.2.3 พืชในระบบปลูกราวตากผ้า 3 แฉก ผักบุ้ง คะน้า กวางตุ้งฮ่องกง สลัดหอม ผักชี ต้นหอม อายุ 1 เดือนได้รับน้ำเลี้ยงปลา+ ธาตุเหล็กจากคิลาแลงในน้ำหมัก EM +ปุ๋ยน้ำไบซัน	47
รูปที่ 4.2.2.2.4 พืชในระบบปลูกราวตากผ้า 3 แฉก ผักบุ้ง คะน้า กวางตุ้งฮ่องกง สลัดหอม ผักชี ต้นหอม อายุ 1 เดือนได้รับน้ำเลี้ยงปลา + ธาตุเหล็กจากคิลาแลงในน้ำหมัก EM	48
ตารางที่ 4.2.3.1 ความสูงของพืช 3 ชนิดในระบบปลูกพืชกระถางซ้อนแบบที่ 2 ด้วยน้ำเลี้ยงปลาตุก	50
ตารางที่ 4.2.3.1 น้ำหนักสดของพืช 3 ชนิดในระบบปลูกพืชกระถางซ้อนแบบที่ 2 ด้วยน้ำเลี้ยงปลาตุก	51
ตารางที่ 4.2.3.1 น้ำหนักแห้งของพืช 3 ชนิดในระบบปลูกพืชกระถางซ้อนแบบที่ 2 ด้วยน้ำเลี้ยงปลาตุก	51
ตารางที่ 4.2.3.1 จำนวนผลสุกของพืช 3 ชนิดในระบบปลูกพืชกระถางซ้อนแบบที่ 2 ด้วยน้ำเลี้ยงปลาตุก	52
4.3 การใช้น้ำเลี้ยงปลาแฟนซีคาร์พ ร่วมกับปุ๋ยน้ำธาตุอาหารพืช 4 ชนิด ที่มีต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของพืชที่ปลูกบนระบบปลูกพืชแนวตั้ง	52
ตารางที่ 4.3.1.1 แสดงปริมาณธาตุอาหารพืชแยกตามแหล่งต่าง ๆ ที่ใช้ในการทดลอง	54
ตารางที่ 4.3.1.1 ผลของการใช้น้ำเลี้ยงปลาร่วมกับปุ๋ยน้ำธาตุอาหารพืช 4 ชนิด ที่มีต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของผักกาดกวางตุ้งที่ปลูกบนระบบปลูกพืชแนวตั้งแบบกระถางถั่วฝักยาวพารา 5 ชั้น	56
ตารางที่ 4.3.1.2 ปฏิสัมพันธ์ร่วมของการใช้น้ำเลี้ยงปลาร่วมกับปุ๋ยน้ำธาตุอาหารพืช 4 ชนิด ที่ปลูกบนระบบปลูกพืชแนวตั้งแบบกระถางถั่วฝักยาวพารา 5 ชั้น ที่มีต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของผักกาดกวางตุ้ง	57
รูปที่ 4.3.1.1 แสดงอาการขาดธาตุอาหารของพืชที่อยู่ในชั้นล่าง	58
บทที่ 5	59
บทสรุปและการพัฒนาระบบปลูกพืชในแนวตั้งร่วมกับการใช้น้ำเลี้ยงปลา เพื่อความมั่นคงทางอาหารในชุมชนเมือง	59

การพัฒนาต้นแบบระบบการปลูกพืชในแนวตั้งร่วมกับการเลี้ยงปลาเพื่อความมั่นคงด้านอาหารในสภาพชุมชนเมือง	76
5.1 บทสรุปจากผลการทดลองในบทที่ 4	59
5.2 การพัฒนาระบบปลูกพืชในแนวตั้งร่วมกับการใช้น้ำเลี้ยงปลาเพื่อความมั่นคงทางอาหารในชุมชนเมือง	62
รูปที่ 5.2.1 ระบบปลูกพืชในแนวตั้งกระถางซ้อนแบบที่ 3 ประยุกต์	63
รูปที่ 5.2.2 อุปกรณ์ประกอบและการติดตั้ง	64
รูปที่ 5.2.3 อุปกรณ์ประกอบและการติดตั้งที่สำเร็จแล้ว	65
รูปที่ 5.2.3 อุปกรณ์ประกอบและการติดตั้งระบบปั้มน้ำ	66
รูปที่ 5.2.4 อุปกรณ์ประกอบและการติดตั้งน้ำหยดและระบบระบายน้ำ	67
รูปที่ 5.2.5 ผลงานที่ประกอบสำเร็จแล้วและจัดแสดงไว้ที่ มูลนิธิลูกพระดาบสจังหวัดสมุทรปราการ	68
เอกสารอ้างอิง	69
ภาคผนวก	71
สารเคมีในธาตุอาหารพืชสูตรบางไทโร	72