รายงานการวิจัย

การออกแบบกระบวนการรีไซเคิลเปลือกปูเพื่อผลิตปุ๋ยชีวภาพอัดเม็ดในระดับอุตสาหกรรมในครัวเรือนและวิสาหกิจชุมชน

Design of Waste Crab Shell Recycling Process for Biofertilizer Pellets Production in Cottage Industry and Small and Micro Community Enterprise (SMCE)

เอนก สาวะอินทร์	Aneak Sawain
กัตตินาฏ สกุลสวัสดิพันธ์	Kattinat Sagulsawasdipan
เตือนใจ ปิยัง	Tuanjai Piyang
วรรณวิภา ไชยชาญ	Wanvipa Chaichan
ฌานิกา แซ่แง่ ชูกลิ่น	Chanika Saenge Chooklin
สุภาษิต ชูกลิ่น	Supasit Chooklin
ชุตินุช สุจริต	Chutinut Sujarit

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการประมง
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย
งบประมาณแผ่นดิน พ.ศ. 2561

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) และ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย ที่ให้การสนับทุนวิจัยงบประมาณแผ่นดิน พ.ศ. 2561 ซึ่งสามารถนำผลงานวิจัยนี้ไปประยุกต์ใช้งานสำหรับการพัฒนาทางด้านการเกษตรต่อไปได้ในอนาคต อันจะเป็นแนวทางในการก้าวไปสู่เกษตรกรในศตวรรษที่ 21

ขอขอบคุณ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการประมง ในการสนับการดำเนินงานวิจัย ทั้งในส่วนของสถานที่สำหรับดำเนินการทดลอง การอำนวยความสะดวก และ คำแนะนำทางด้านเอกสารต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับโครงวิจัย ของเจ้าหน้าที่ที่รับผิดชอบ

ขอขอบคุณ ผู้ทรงคุณวุฒิสำหรับข้อเสนอแนะ ทั้งในส่วนของการรายงานความก้าวหน้า การจัดทำรายงานฉบับสมบูรณ์ จนงานวิจัยนี้สามารถดำเนินการสำเร็จลุล่วงตามวัตถุประสงค์ และ สามารถนำข้อเสนอแนะที่ได้รับไป ปรับปรุง แก้ไข และ พัฒนางานวิจัยต่อไปในอนาคต

เอนก สาวะอินทร์

สิงหาคม 2562

การออกแบบกระบวนการรีไซเคิลเปลือกปูเพื่อผลิตปุ๋ยชีวภาพอัดเม็ดในระดับอุตสาหกรรมในครัวเรือนและวิสาหกิจชุมชน

เอนก สาวะอินทร์[1] กัตตินาฏ สกุลสวัสดิพันธ์[1] เตือนใจ ปิยัง[1] วรรณวิภา ไชยชาญ[1] ฌานิกา แซ่แง่ ชูกลิ่น[1] สุภาษิต ชูกลิ่น[2] และ ชุตินุช สุจริต[1]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการผลิตปุ๋ยชีวภาพอัดเม็ดจากของเสีย เปลือกปู และมูลสัตว์แบ่งการทดลองตามอัตราส่วนผสมออกเป็น เปลือกปู:มูลไก่ เปลือกปู:มูลวัว และเปลือกปู:มูลวัว:มูลไก่ ที่มีอัตราส่วนต่างกันการพิจารณาเลือกเม็ดปุ๋ยชีวภาพที่ดีที่สุดจากผลการวิเคราะห์อินทรียวัตถุของเม็ดปุ๋ยชีวภาพของชุดการทดลองทั้งหมด สำหรับการทดสอบอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตของพืชสองชนิด คือ ผักบุ้งจีน และ ผักกาดเขียว ผลการศึกษาทั้งหมดแสดงให้เห็นถึงศักยภาพของเม็ดปุ๋ยชีวภาพในการเพิ่มการเจริญเติบโตของพืช ผลการทดลองแสดงว่าผักกาดเขียวมีการเจริญเติบโตสูงกว่าการทดลองอื่น ๆ หลังจากการใส่เม็ดปุ๋ยชีวภาพตามอัตราส่วน เปลือกปู:มูลวัว เท่ากับ 1:0.50 ผลการทดลองแตกต่างจากการเจริญเติบโตของต้นผักบุ้งจีนที่มีการเจริญเติบโตสูงกว่าการทดลองอื่น ๆ หลังจากการใช้เม็ดปุ๋ยชีวภาพตามอัตราส่วน เปลือกปู:มูลวัว:มูลไก่ เท่ากับ 1:0.25:0.25 ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าการใช้เปลือกปูสำหรับการผลิตปุ๋ยชีวภาพอัดเม็ด (รวมกับมูลสัตว์) มีแนวโน้มที่จะนำไปใช้ได้จริง อย่างไรก็ตามจำเป็นต้องมีการวิจัยเพิ่มเติมเกี่ยวกับกระบวนการผลิต และกระบวนการปรับปรุงคุณภาพเม็ดปุ๋ยชีวภาพ

การศึกษาการผลิตปุ๋ยชีวภาพอัดเม็ดจากเปลือกปูผสมมูลสัตว์ โดยมีรูปแบบการทดลองตามส่วนผสมของวัตถุดิบแบ่งออกเป็น 4 สูตร ได้แก่ สูตรที่ 1 เปลือกปู: มูลแพะ สูตรที่ 2 เปลือกปู: มูลนกกระทา สูตรที่ 3 เปลือกปู : มูลค้างคาว และสูตรที่ 4 เปลือกปู : มูลแพะ : มูลนกกระทา : มูลค้างคาว ที่มีอัตราส่วนต่างกัน พิจารณาการอัดเม็ด ลักษณะของเม็ดปุ๋ย และวิเคราะห์อินทรียวัตถุ ความเป็นกรด - ด่าง (pH) ความชื้น และค่าการนำไฟฟ้า (EC) ของเม็ดปุ๋ยชีวภาพของชุดการทดลองทั้งหมด สำหรับการทดสอบการเจริญเติบโตของพืชสามชนิด คือ ผักกวางตุ้งฮ่องเต้ ผักคะน้า และพริกขี้หนู จากการศึกษาชุดการทดลองทั้งหมดแสดงให้เห็นถึงศักยภาพของปุ๋ยชีวภาพอัดเม็ดเปลือกปูผสมมูลสัตว์ต่อการเจริญเติบโตของพืช ผลการทดลองแสดงถึง ผักกวางตุ้งฮ่องเต้มีการเจริญเติบโตดี หลังจากการใส่ปุ๋ยชีวภาพอัดเม็ดตามส่วนผสม เปลือกปู : มูลนกกระทาที่อัตราส่วน 0.125 : 1 ผลจากการทดลองกับ

[1] คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการประมง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตตรัง

[2] คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตนครศรีธรรมราช

พริกขี้หนู พบว่า มีการเจริญเติบโตดี หลังจากการใช้ปุ๋ยชีวภาพอัดเม็ดตามส่วนผสม เปลือกปู : มูลแพะ : มูลนกกระทา : มูลค้างคาว ที่อัตราส่วน 0.125 : 1 : 0.125 : 0.5 ผลการทดลองแสดงให้เห็นถึงการใช้เปลือกปูผสมมูลสัตว์สำหรับการผลิตปุ๋ยชีวภาพอัดเม็ด มีแนวโน้มที่จะนำไปใช้ได้จริง แต่ควรมีการวิจัยเพิ่มเติมเกี่ยวกับกระบวนการผลิต วิธีการใช้งาน และกระบวนการปรับปรุงคุณภาพเม็ดปุ๋ยชีวภาพ

การเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของผักวอเตอร์เครสและคุณภาพน้ำในระบบอควาโปนิกส์ โดยศึกษาการเจริญเติบโตของของผักวอเตอร์เครสจากการใช้น้ำจากการเลี้ยงปลาดุกในระบบอควาโปนิกส์ ผลการศึกษาการเจริญเติบโตของผักวอเตอร์เครสที่ปลูกในระบบอควาโปนิกส์ทุกชุดการทดลอง ระยะช่วง 10 วัน ความสูง ความยาวราก มีการเพิ่มขึ้นมากกว่า 2 เซนติเมตร และระยะหลังจาก 20 วัน มีการเจริญเติบโตที่แตกต่างกันมากทั้ง ความสูง และ ความยาวราก การเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของผักวอเตอร์เครส์ของทั้ง 3 ชุดการทดลอง โดยชุดการทดลองที่ 3 น้ำจากการเลี้ยงปลาดุกเติมปุ๋ยชีวภาพจากเปลือกปูมีการเจริญเติบโตดีที่สุด เนื่องจากได้รับสารอาหารจากปุ๋ย รองลงมา ชุดการทดลองที่ 2 น้ำจากการเลี้ยงปลาดุก มีการเจริญเติบโตได้ดี เนื่องจากได้รับสารอาหารจากของเสียในบ่อเลี้ยงปลาดุก และ ชุดการทดลองที่ 1 น้ำธรรมดา มีการเจริญเติบโตช้าที่สุดเพราะไม่ได้รับสารอาหาร ผลการศึกษาการเปรียบเทียบคุณภาพน้ำจากการเลี้ยงปลาดุกในระบบอควาโปนิกส์ไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรดด่าง สำหรับปริมาณออกซิเจนในน้ำจะมีการเพิ่มขึ้นหรือลดลงในบางวัน อาจเนื่องมาจากเกิดฝนตก และ ปริมาณของแข็งละลายในน้ำเพิ่มขึ้นอาจเกิดจากการฟุ้งกระจายจากพื้นบ่อ และ อุหณภูมิของน้ำจะมีการเปลี่ยนแปลงตามสภาพภูมิอากาศภายนอก เมื่อเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำตลอดระยะเวลาการทดลอง พบว่า ค่าบีโอดีเพิ่มสูงขึ้นเนื่องจากการสะสมของตะกอนของเสียในบ่อเลี้ยงปลาดุก

คำสำคัญ: ปุ๋ยชีวภาพ, เปลือกปู, เนื้อปู, รีไซเคิล, อุตสาหกรรมในครัวเรือน

Design of Waste Crab Shell Recycling Process for Biofertilizer Pellets Production in Cottage Industry and Small and Micro Community Enterprise (SMCE)

Aneak Sawain[1] Kattinat[1] Sagulsawasdipan[1] Tuanjai Piyang[1] Wanvipa Chaichan[1]
Chanika Saenge Chooklin[1] Supasit Chooklin[2] and Chutinut Sujarit[1]

Abstarct

This research were studied on the production of bio-fertilizer pellets from waste, crabs' shells and manure. The experiment was divided three treatments such as mixed crabs shells : chicken manures, crab shells:cow manures and crab shells : cow manures : chicken manures with different ratios. The results found that the organic matter the of bio-fertilizer pellets of all experimental series. For testing the influence on the growth of two types of plant: morning glory and green cabbage. All the results of this study demonstrated the potential of bio-fertilizer pellets to enhance improve plant growth. The growth rate of green cabbage was higher than that of the other experiments after utilization of bio-fertilizer pellets [crab shells : cow manures at a ratio of 1: 0.50]. The results were different from the growth rate of morning glory, the growth rate was higher than that of the other experiments after utilization of bio-ferment pellet which the ratio of crab shells : cow manures : chicken manures was 1 : 0.25: 0.25. The results showed that, the utilization of crab shells was potential to produce bio-fertilizer pelleted (with animal manure) could be used. However, further research is needed on the production and processes to developed the quality of bio-fertilizer pellets.

The production of organic pellet fertilizer made from crab shell and dungs. The experiments were divided into 4 mixture categories as followed, 1) crab shell : goat dung, 2) crab shell : quail dung, 3) crab shell : bat dung and 4) crab shell : goat dung : quail dung : bat dung with different material ratios. Pellet extrusion, properties of pellet fertilizer, organic matter, potential of hydrogenion (pH), moiture, electro conductivity (EC) of experimental fertilizers were studied. The results of the growth of three plants : *Brassica rapa, Brassica alboglab* and *Capsicum annuum* revealed that the potential of organic pellet fertilizer

[1] Faculty of Science and Fisheries Technology. Rajamangala University of Technology Srivijaya, Trang.
[2] Faculty of Agro Industry. Rajamangala University of Technology Srivijaya, Nakhon Si Thammarat.

made from crab shell and dungs affected the growth of the plants. The results demonstrated that *Brassica rapa* significantly increased in size after fertilizing by the crab shell : quail dung with the ratio of 0.125 : 1. For the result of *Capsicum annuum* experiment, it found that there was a significant growth after using the organic fertilizer as, crab shell : goat dung : quail dung : bat dung with the ratio of 0.125 : 1 : 0.125 : 0.5. The result of this experiment showed the usage of crab shell mixed with dungs for the production of organic pellet fertilizer is practical useable. However, the production process, usage and quality improvement process of the organic fertilizer should be completely studied.

Compares the growth of watercress and water quality. In the aquaculture system. Study on the growth of watercress from the use of water from catfish culture. In the aquaculture system. A study of the growth of watercress vegetables grown in the aquaculture system. All treatments ranged from 10 days. Height, root length, and root length were increased by more than 2 cm. After 20 days, the growth rates were very different. Experiment 3: Water from catfish culture was the best growth of crab from crab shell. Experiment 2: Water from catfish culture. Has a good growth. Because of the nutrient intake from catfish ponds and the experimental set 1, normal water was the slowest growth because it did not receive nutrients. The results of the study on water quality from cultured catfish cultured in the aquaculture system did not affect the pH value. The amount of oxygen in the water will increase or decrease in some days, possibly due to rain and the amount of dissolved solids in the water may increase. From the spread of the pond. And the temperature of the water will change with the weather outside. Comparing the results of water quality analysis throughout the experimental period, the BOD was increased due to accumulation of wastewater in catfish ponds.

Keyword: Biofertilizer, Crab Shell, Crab Meat, Recycle, Cottage Industry

[1] Faculty of Science and Fisheries Technology. Rajamangala University of Technology Srivijaya, Trang.

[2] Faculty of Agro Industry. Rajamangala University of Technology Srivijaya, Nakhon Si Thammarat.

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ง
สารบัญ	ฉ
สารบัญตาราง	ช
สารบัญภาพ	ซ
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 วิธีดำเนินการวิจัย	20
บทที่ 3 ผลการวิจัย และ วิจารณ์ผล	33
บทที่ 4 สรุปผลการวิจัย	77
บรรณานุกรม	80

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1 – 1	ค่า C/N ratio ของวัสดุอินทรีย์บางชนิด	5
1 – 2	ผลค่าวิเคราะห์ธาตุอาหารในปุ๋ยคอก	6
1 – 3	ค่าไนโตรเจนในมูลสัตว์ต่าง ๆ	7
1 – 4	รายละเอียดกำหนดคุณสมบัติของปุ๋ยอินทรีย์	8
1 – 5	ปริมาณธาตุของปุ๋ยอินทรีย์จากวัสดุอินทรีย์	11
2 - 1	ค่าพารามิเตอร์สำหรับวิเคราะห์ปุ๋ยชีวภาพอัดเม็ด	23
2 - 2	พารามิเตอร์คุณภาพน้ำที่วิเคราะห์	32
3 - 1	ค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งของเปลือกปูที่ก่อเกิดจากการแกะเนื้อปู	33
3 - 2	อัตราส่วนผสมของเปลือกปูกับมูลไก่	34
3 - 3	อัตราส่วนผสมของเปลือกปูกับมูลวัว	36
3 - 4	อัตราส่วนผสมของเปลือกปู มูลวัว และมูลไก่	37
3 - 5	อัตราส่วนผสมของเปลือกปู	38
3 - 6	อัตราส่วนผสมของมูลวัว	39
3 - 7	ค่าอัตราส่วนผสมของมูลไก่	40
3 - 8	ค่าปริมาณความชื้นของปุ๋ยชีวภาพอัดเม็ด	43
3 - 9	ค่าพีเอชของปุ๋ยชีวภาพอัดเม็ด	44
3 - 10	ค่าการนำไฟฟ้า (EC) ของปุ๋ยชีวภาพอัดเม็ด	45
3 - 11	ปริมาณอินทรียวัตถุ	46
3 - 12	อัตราส่วนที่เหมาะสมของวัตถุดิบสำหรับผลิตปุ๋ยชีวภาพอัดเม็ดจากเปลือกปูผสมมูลสัตว์	54
3 - 13	ค่าปริมาณความชื้นของปุ๋ยชีวภาพอัดเม็ดจากเปลือกปูผสมมูลสัตว์	54
3 - 14	ค่าความเป็นกรด - ด่าง (pH) ของปุ๋ยชีวภาพอัดเม็ด	55
3 - 15	ค่าการนำไฟฟ้า (EC) ของปุ๋ยชีวภาพอัดเม็ดจากเปลือกปูผสมมูลสัตว์	55
3 - 16	ปริมาณอินทรียวัตถุของปุ๋ยชีวภาพอัดเม็ดผสมมูลสัตว์	56
3 - 17	อัตราการรอดของผักกวอเตอร์เครสในระบบอควาโปนิกส์	66
3 - 18	แสดงผลการวิเคราะห์ค่าบีโอดี	72
3 - 19	การพิจารณาต้นทุนการผลิตปุ๋ยชีวภาพอัดเม็ดจากเปลือกปู	73
3 - 20	การประมาณการต้นทุนการผลิตปุ๋ยชีวภาพอัดเม็ดจากเปลือกปูผสมมูลสัตว์	73

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1 – 1	โครงสร้างทางเคมีของไคติน	3
1 – 2	โครงสร้างทางเคมีของไคโตซาน	4
1 – 3	ผักบุ้งจีน	12
1 – 4	ผักกาดเขียว พันธุ์ ชุนฉ่าย	12
1 – 5	พริกขี้หนูผลเล็ก	13
1 - 6	พริกขี้หนูผลใหญ่	14
1 – 7	ลักษณะทั่วไปของกวางตุ้งฮ่องเต้	14
1 – 8	กราฟการเติบโตของสาหร่ายเซลล์เดียวที่มีค่าแสดงการเติบโตเป็นจำนวนเซลล์ที่ระยะเวลา ตลอดการเลี้ยงเซลล์	16
1 – 9	ภาพจำลองการปลูกพืชระบบอควาโปนิกส์	17
2 - 1	แผนภาพสรุปการดำเนินงานวิจัยการออกแบบกระบวนการผลิตปุ๋ยชีวภาพอัดเม็ดจากเปลือกปู	20
2 - 2	แผนภาพสรุปการใส่ปุ๋ยชีวภาพอัดเม็ดแปลงผักบุ้งจีนและผักกาดเขียวพันธุ์ชุนฉ่าย	27
2 - 3	แผนภาพสรุปวิธีการดำเนินงานการทดสอบศักยภาพการเจริญเติบโตของพืชผักบุ้งจีนและผักกาดเขียวพันธุ์ชุนฉ่าย	28
2 - 4	แผนภาพสรุปวิธีการดำเนินงานการศึกษาศักยภาพของปุ๋ยชีวภาพอัดเม็ดจากเปลือกปูผสมกับมูลสัตว์สำหรับการปลูกผักสวนครัว	29
3 – 1	การอัดเม็ดปุ๋ยด้วยเครื่องบดมือหมุน	35
3 – 2	ปุ๋ยชีวภาพชุดการทดลองเปลือกปูกับมูลไก่	35
3 - 3	การผสมปุ๋ยเปลือกปู มูลวัว	36
3 - 4	ปุ๋ยชีวภาพอัดเม็ดเปลือกปูกับมูลวัว	37
3 - 5	ปุ๋ยชีวภาพอัดเม็ดเปลือกปู มูลวัว และมูลไก่	38
3 - 6	ปุ๋ยชีวภาพอัดเม็ดเปลือกปู	39
3 – 7	ปุ๋ยชีวภาพอัดเม็ดมูลวัว	40
3 - 8	ปุ๋ยชีวภาพอัดเม็ดมูลไก่	41
3 – 9	กระบวนการผลิตปุ๋ยชีวภาพอัดเม็ดจากเปลือกปูผสมมูลสัตว์	42
3 – 10	ผลการศึกษาความสูงรวมเฉลี่ย (เซนติเมตร) ของผักบุ้งจีน	47
3 - 11	กราฟการเติบโตของผักบุ้งจีน แสดงการเจริญเติบโตเป็นความสูง (ซม.) ที่ระยะเวลาเพิ่มขึ้น	49
3 - 12	แผนภูมิแสดงความสูงรวมเฉลี่ย (เซนติเมตร) ของผักกาดเขียว พันธุ์ชุนฉ่ายเป็นความสูง (ซม.) ที่ระยะเวลาเพิ่มขึ้น	50

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
3 – 13	กราฟการเติบโตของผักกาดเขียว พันธุ์ชุนฉ่าย ที่มีค่าแสดงการเติบโตเป็นความสูง (ซม.) ที่ระยะเวลาเพิ่มขึ้น	52
3 – 14	การวัดความกว้างใบของผักกวางตุ้งฮ่องเต้ทั้ง 4 ชุดการทดลอง	57
3 – 15	การวัดความยาวใบของผักกวางตุ้งฮ่องเต้ทั้ง 4 ชุดการทดลอง	58
3 – 16	การวัดความสูงลำต้นของผักกวางตุ้งฮ่องเต้ทั้ง 4 ชุดการทดลอง	59
3 – 17	การวัดความกว้างใบของคะน้าทั้ง 4 ชุดการทดลอง	60
3 – 18	การวัดความยาวใบของคะน้าทั้ง 4 ชุดการทดลอง	61
3 – 19	การวัดความสูงลำต้นของผักคะน้าทั้ง 4 ชุดการทดลอง	62
3 – 20	การวัดความกว้างใบของพริกขี้หนูทั้ง 4 ชุดการทดลอง	63
3 – 21	การวัดความยาวใบของพริกขี้หนูทั้ง 4 ชุดการทดลอง	64
3 – 22	การวัดความสูงลำต้นของพริกขี้หนูทั้ง 4 ชุดการทดลอง	65
3 – 23	แสดงการเจริญเติบโตความสูงของลำต้น	67
3 – 24	แสดงการเจริญเติบโตของความยาวราก	68
3 – 25	แสดงการเจริญเติบโตของผักวอเตอร์เครสจากน้ำหนักสด	68
3 – 26	แสดงค่าความเป็นกรดด่างเฉลี่ยแต่ละชุดการทดลอง	69
3 - 27	แสดงค่าอุณหภูมิแต่ละชุดการทดลอง	70
3 - 28	ค่าออกซิเจนละลายในน้ำเฉลี่ยแต่ละชุดการทดลอง	70
3 – 29	แสดงค่าของแข็งละลายน้ำแต่ละชุดการทดลอง	71
3 – 30	บรรจุภัณฑ์สำหรับปุ๋ยชีวภาพอัดเม็ดจากเปลือกปูผสมมูลสัตว์บรรจุในถุงกระดาษที่มีตรา	74
3 - 31	ตราสัญลัญลักษณ์ “GreenSea” สำหรับปุ๋ยชีวภาพอัดเม็ดจากเปลือกปูผสมมูลสัตว์	75
3 - 32	ตราสัญลัญลักษณ์ “มดตะนอย” สำหรับปุ๋ยชีวภาพอัดเม็ดจากเปลือกปูผสมมูลสัตว์	75
3 - 33	การถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่ชุมชนเพื่อพัฒนางานวิจัยสู่การนำไปใช้ประโยชน์หรือเชิงพานิชย์	76

บทที่ 1
บทนำ
(Introduction)

โครงการวิจัยนี้เป็นการดำเนินการวิจัยเพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาการผลิตปุ๋ยชีวภาพอัดเม็ดจากของเสีย เปลือกปู และมูลสัตว์ในอัตราส่วนต่างกันการพิจารณาเลือกเม็ดปุ๋ยชีวภาพที่ดีที่สุดจากผลการวิเคราะห์อินทรียวัตถุของเม็ดปุ๋ยชีวภาพ ให้มีรูปแบบของการดำเนินการที่มีความเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. ที่มาและความสำคัญ

ปูทะเลนับเป็นสัตว์น้ำชนิดหนึ่งที่มีความสำคัญต่อเศรษฐกิจของประเทศไทยเป็นที่นิยมบริโภคโดยทั่วเนื่องจากมีรสชาติดี และมีคุณค่าทางโภชนาการสูง (กรมประมง, 2534) ปัจจุบันมีความต้องการบริโภคที่เพิ่มขึ้นทุก ๆ ปี จึงทำให้เกิดโรงงานอุตสาหกรรมที่เกี่ยวกับการผลิตเนื้อปู กรรเชียงปู ก้ามปู ไข่ปู เนื้อหวี กระจายเพิ่มมากขึ้นทั่วประเทศ โดยในกระบวนการผลิตจะมีการปล่อยของเสียทำให้เกิดปัญหาต่าง ๆ เช่น ปัญหามลพิษทางน้ำ และขยะมูลฝอย การปล่อยน้ำเสียจากกระบวนการผลิต ซึ่งจะประกอบด้วยสารอินทรีย์ในปริมาณที่ค่อนข้างสูงลงสู่แหล่งน้ำ ทำให้ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำลดลง ในส่วนของขยะมูลฝอยก็จะเกิดจากเปลือกปู เศษปู ซึ่งเป็นขยะประเภทขยะอินทรีย์ เมื่อผ่านการหมักก็จะส่งกลิ่นเหม็นที่ไม่พึงประสงค์ ปุ๋ยชีวภาพเป็นปุ๋ยที่ได้มาจากการย่อยสลายของซากพืช ซากสัตว์ มูลสัตว์ต่าง ๆ ปุ๋ยชีวภาพช่วยเสริมธาตุอาหารในดิน ปุ๋ยชีวภาพประเภทนี้จะมีจุลินทรีย์ที่ช่วยตรึงไนโตรเจน (Nitrogen Fixing Microorganisms) เป็นหลัก โดยจุลินทรีย์ใช้เอนไซม์ไนโตรจีเนส (Nitrogenase) เร่งปฏิกิริยาการเปลี่ยนแก๊สไนโตรเจนจากอากาศเป็นแอมโมเนียประเภทของธาตุอาหารที่จะสามารถนำไปใช้ประโยชน์ให้กับพืชซึ่งธาตุอาหารหลักได้แก่ ธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และ โพแทสเซียม ซึ่งจะมีประมาณมากในมูลสัตว์ต่าง การผลิตปุ๋ยเม็ดอินทรีย์คุณภาพที่ผลิตขึ้นจากวัสดุเหลือใช้ในภาคเกษตรกรรมและภาคอุตสาหกรรม โดยในส่วนอุตสาหกรรมผลิตเนื้อปูเหลือทิ้งจากกระบวนการผลิต ซึ่งเปลือกปูที่ยังไม่ผ่านกระบวนการทางเคมีสามารถนำกลับมาแปรรูปเพื่อเป็นแหล่งธาตุอาหารที่สำคัญให้แก่พืชได้ ในการผลิตปุ๋ยเม็ดอินทรีย์คุณภาพจะมีส่วนผสมดังนี้ เปลือกปู มูลแพะ มูลค้างคาว มูลนกกระทา ผสมรวมกันโดยใช้จุลินทรีย์ช่วยย่อยสลายเปลี่ยนจากอินทรียวัตถุสลายให้ เป็นอนินทรียวัตถุซึ่งเป็นธาตุอาหารที่มีคุณภาพสูงที่พืชสามารถดูดซึมไปใช้ประโยชน์ในการเจริญเติบโตได้ กระบวนการแปรรูปปุ๋ยอินทรีย์ให้มีมูลค่าสูงขึ้นในปัจจุบันการทำการเกษตรหลายประเทศมีการผลิตที่ทำให้เกิดความเสียหายแก่สภาพแวดล้อม มีการใช้สารเคมีในการเกษตรเพื่อเร่งผลผลิตและรักษาผลผลิต เพื่อต้องการให้ได้ผลผลิตจำนวนมาก ถ้าอากาศสภาพแวดล้อม ปนเปื้อนอยู่ในอาหารย้อนกลับมาทำลายชีวิตมนุษย์ในที่สุดการผลิตพืชผักเพื่อการบริโภคต้องมีความปลอดภัยต่อชีวิตและสุขภาพของผู้บริโภคเป็นหลักการปลูกพืชเศรษฐกิจที่มีความสำคัญต่อเกษตรกรไทย (ทิพวรรณ, 2557) เนื่องจากปัจจุบันการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ เริ่มมีการจัดการน้ำอย่างมีประสิทธิภาพ เช่น การเลี้ยงสัตว์น้ำด้วยระบบหมุนเวียน ผ่านการบำบัดด้วยวิธีการต่าง ๆ การเลี้ยงสัตว์น้ำจืดในระบบหมุนเวียนยังมีไม่มากจากสภาวะการขาดแคลนน้ำจืด การเลี้ยงสัตว์น้ำจืดในระบบ

หมุนเวียนนำน้ำกลับมาใช้ใหม่น่าจะเป็นจุดเริ่มต้นของการพัฒนาและส่งเสริมให้มีประสิทธิภาพทางการผลิตมากขึ้น เพื่อนำไปสู่การลดภาวะขาดแคลนน้ำและการจัดการน้ำที่ใช้จากการเลี้ยงปลาเป็นการบำบัดน้ำผ่านระบบอควาโปนิกส์ แล้วจะส่งผลดีให้กับระบบการเลี้ยงเพราะการเปลี่ยนถ่ายน้ำในแต่ละครั้งการใช้ระบบอควาโปนิกส์เนื่องจากระบบนี้เป็นการปลูกพืชไม่ใช้ดินร่วมกับการเพาะเลี้ยงปลาและผักไฮโดรโปนิกส์เป็นการปลูกผักโดยไม่ใช้ดิน หรือ เป็นการปลูกพืชผักในน้ำที่มีธาตุอาหารพืชละลายอยู่ ซึ่งนับได้ว่าเป็นวิธีการใหม่ในการปลูกพืชที่กำลังได้รับความนิยม โดยเฉพาะการปลูกพืชผักที่เราใช้เป็นอาหารและเช่นเดียวกันกับ การเพาะเลี้ยงปลาเพราะในน้ำปลามีสารอาหารหรือแร่ธาตุที่จะทำให้การเจริญเติบโตของผักไฮโดโปรนิกส์โดยที่ไม่จำเป็นต้องพึ่งดินในการปลูกผักได้ดี (อติชาติ, 2559)

2.หลักการ และ ทฤษฎี

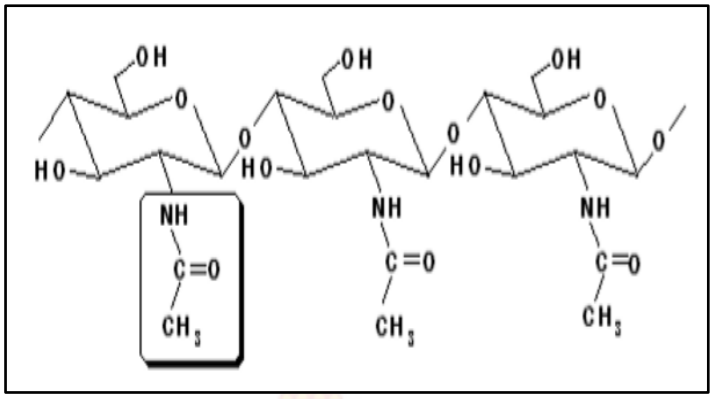
จากการศึกษาข้อมูลปุ๋ยชีวภาพเป็นปุ๋ยที่ได้มาจากการย่อยสลายของซากพืชซากสัตว์ มูลสัตว์ต่าง ๆ รวมทั้งปุ๋ยที่ประกอบด้วยจุลินทรีย์ที่มีชีวิตที่สามารถสร้างธาตุอาหารหลักที่สำคัญ ได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม โดยที่ปุ๋ยสามารถปรับปรุงดินให้อยู่ในสภาพที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืชได้เป็นระยะเวลานาน และเพิ่มคุณภาพของผลผลิตได้ดีขึ้น ซึ่งมีรายละเอียดแสดงดังต่อไปนี้

2.1 ไคติน – ไคโตซาน

ไคตินเป็นสารโพลิเมอร์ชีวภาพ (Biopolymer) ที่พบมากเป็นอันดับสองของโลกรองจากเซลลูโลส ซึ่งเป็นองค์ประกอบในโครงสร้างของสิ่งมีชีวิตหลายชนิด เช่น เปลือกหอย ปู กุ้ง ปลาหมึก เปลือกของแมลง และพบได้ใน ผนังเซลล์ของเห็ด รา และ สาหร่ายบางชนิด ไคตินเป็นสารคาร์โบไฮเดรตเช่นเดียวกับแป้งและเซลลูโลส โครงสร้างทางเคมีประกอบด้วยน้ำตาลโมเลกุลเล็ก ๆ ที่เรียกว่า NAcetylglucosamine ต่อกันเป็นสายยาวเกิดเป็นโครงสร้างที่ไม่ละลายน้ำ แต่ละลายได้ในกรดอนินทรีย์ เช่น กรดเกลือ กรดกำมะถัน กรดฟอสฟอริก และกรดฟอร์มิกที่ปราศจากน้ำ ดังภาพที่ 1

ไคตินในธรรมชาติอยู่รวมกับโปรตีน และ เกลือแร่ต้องนำมากำจัด เกลือแร่ออก (Demineralization) โดยใช้กรดจะได้แผ่น เหนียวหนืดคล้ายพลาสติก แล้วนำไปกำจัดโปรตีนออก (Deproteinization) โดยใช้ด่าง จะได้ไคตินหากเป็นไคตินที่ได้จากเปลือกกุ้งหรือปูจะมีสีส้มปนอยู่ต้องนำไปแช่ในเอทานอลเพื่อละลายสีออกในเปลือกของสัตว์ทะเลประเภทกุ้งและปูมส่วนประกอบที่สำคัญ คือ ไคตินร้อยละ 20 – 30 โปรตีนร้อยละ 30 – 40 แคลเซียมคาร์บอเนต (เฉลี่ยร้อยละ 1 – 2) และสารอื่น ๆ มีอยู่ในปริมาณเล็กน้อย ได้แก่ สารรงควัตถุ เช่น คาโรทีนอยด์ (สีส้ม) และไขมัน (Lipid) ไคตินบริสุทธิ์มีสีขาว คล้ายเยื่อกระดาษ ไม่ละลายน้ำ กรดอ่อน ด่างอ่อน ด่างแก่ และตัวทำละลายอินทรีย์ทั้งหมด แต่ละลายในกรดฟอร์มิกบริสุทธิ์ สารละลายไฮเปอร์คลอไรท์และกรดเข้มข้น สาเหตุที่ไคตินไม่ละลายในสารละลายทั่วไปเนื่องจากไคตินเป็นสารโมเลกุลสายยาวที่ไร้ประจุ บางครั้งการนำมาใช้จึงค่อนข้างจำกัด อาจต้องมีการดัดแปลงโครงสร้างของไคตินในรูปอนุพันธ์ต่าง ๆ เพื่อนำมาใช้ประโยชน์ เช่น อาจทำให้อยู่ในรูปคาร์อกซีเมทธิลไคติน (Carboxymethyl Chitin: CM–Chitin) ที่เตรียมได้จากปฏิกิริยาของไคตินที่เป็นด่างกับกรดโมโนคลอโรอะซิติกในไอโซโพรพานอล (Monochioroacetic Acid in Isopropanal) ซึ่งมีคุณสมบัติพิเศษคือละลายน้ำได้ CM – Chitin มีคุณสมบัติเป็นสารจับโลหะ และเป็นสารอีเล็กโทรไลท์เมื่อนำมาละลายน้ำจะให้มีความหนืด

นอกจากนี้พบว่ายังเป็นสารไม่มีพิษและมีคุณสมบัติคล้ายคลึงกับคาร์บอกซีเมทธิลลูโลส พบว่าสารละลายที่เหมาะสมในการละลายไคตินโดยไม่มีผลต่อโครงสร้างของสารประกอบคือ สารละลาย N,N – Dimethyl Acetamide (DMAC) ที่มีร้อยละ 1.5 $LiCl_2$ และ N – Methyl – 2 – Pyrrolidone (NMP) ทีมีร้อยละ 5 $LiCl_2$ ดังภาพที่ 1-1

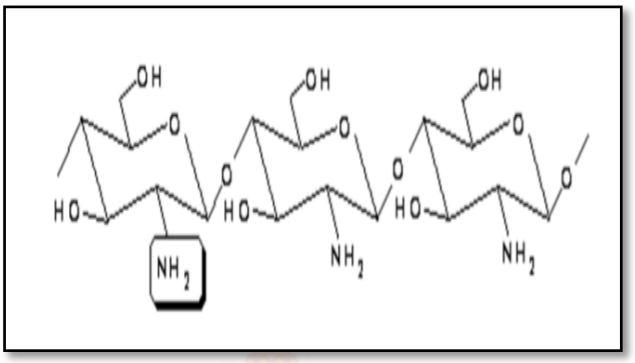


ภาพที่ 1-1 โครงสร้างทางเคมีของไคติน
ที่มา: สุธิดา (2552)

ไคโตซานเป็นอนุพันธ์ของไคตินที่ได้จากการดึงเอาหมู่อะซิทิล (Acetyl Group) ของไคติน ออกไปโดยปฏิกิริยาที่เรียกว่า Deacetylation ทำให้โครงสร้างของไคตินที่เป็น N-Acetyl Glucosamine กลายเป็น Glucosamine ซึ่งเป็นโครงสร้างที่ Active พร้อมจะทำปฏิกิริยาได้อย่างรวดเร็ว และ มีสมบัติละลายได้ในกรดอ่อน ในอุตสาหกรรมจะสกัดจากเปลือกกุ้ง ปู ปลาหมึก โดยผลิตอยู่ในรูปของผงไคโตซาน แสดงดังภาพที่ 1-2 (สุธิดา, 2552)

ไคโตซานที่ได้จะมีส่วนผสมของน้ำตาล N – Acetyl - DGlucosamine และ Glucosamine อยู่ในสายพอลิเมอร์เดียวกัน ซึ่งระดับการกำจัดหมู่ Acetyl หรือ ร้อยละการเกิด Deacetylation นี้มีผลต่อสมบัติและการทำงานของไคโตซาน นอกจากนี้น้ำหนักโมเลกุลของไคโตซานบอกถึงความยาวของสาย ไคโตซานซึ่งมีผลต่อความหนืด เช่น ไคโตซานที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูง จะมีสายยาวและสารละลายมี ความหนืดมากกว่าไคโตซานที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ เป็นต้น ดังนั้นการนำไคโตซานไปใช้ประโยชน์จะต้องพิจารณาทั้งร้อยละการเกิด Deacetylation และน้ำหนักโมเลกุลไคโตซานสามารถละลายในสารละลายหลายชนิด ได้แก่ สารละลายกรดอินทรีย์เจือจาง เช่น กรดอะซิติก กรดโพรพิโอนิก กรดแลคติก กรดไพรูวิก กรดมาลิก กรดทาทาริก และกรดซิทริก นอกจากนี้ยังสามารถละลายในสารละลาย กรดไนตริก กรดไฮโปคลอริก กรดไฮโดรคลอริกเจือจาง (ความเข้มข้นร้อยละ 1 หรือน้อยกว่า) และละลายได้เล็กน้อยในกรดฟอสฟอริก (ความเข้มข้นร้อยละ 0.5) แต่ไม่ละลายในกรดซัลฟูริก ไคโตซานไม่ละลายน้ำแต่จะละลายในรูปของเกลือของกรดหลายชนิดยกเว้นเกลือซัลเฟตและ เกลือซัลไฟต์ ไคโตซานไม่ละลายในตัวทำละลายอินทรีย์ทั่ว ๆ ไปแต่จะละลายในสารละลายพอลิออลที่มีสภาพเป็นกรด เช่น ในสารผสมของกลีเซอรอลและน้ำ (3 : 1) ที่มีกรดอะซิติกเข้มข้นร้อยละ 1 สารละลายที่ได้จะใส่ และสามารถละลายได้ในเอทธิลีนไกลคอล (Ethylene Glycol) โดยพบว่าการละลายในสารละลายอินทรีย์พวกพอลิออลจะมีผลต่อความหนืดของไคโตซานเล็กน้อยถ้ามีกลีเซอรอลอยู่ในสารละลายไคโตซานจะมีลักษณะเป็นเจล ขณะที่มีซอร์บิทอลอยู่จะมีลักษณะเจลกึ่งแห้ง นอกจากนี้ไคติน และไคโตซานยังมีคุณสมบัติการชอบน้ำ และมี

ความสามมารถการอุ้มน้ำแตกต่างกันไปตามชนิดของไคตินโดยพบว่า ความสามารถในการอุ้มน้ำของไคตินและไคโตซานเท่ากับร้อยละ 230 - 440 (น้ำหนักต่อน้ำหนัก) โดยพบว่าไคโตซานมีค่าการอุ้มน้ำที่สูงกว่าไคติน ทั้งนี้เนื่องจากความแตกต่างของผลึกไคตินปริมาณโปรตีนรวมทั้งหมู่ที่สามารถเกิดเกลือกับตัวทำละลาย แสดงดังภาพที่ 2



ภาพที่ 1-2 โครงสร้างทางเคมีของไคโตซาน
ที่มา: สุธิดา (2552)

2.3 ปุ๋ย

ปุ๋ย เป็นวัสดุที่ให้สารอาหารกับพืช หรือ ช่วยปรับปรุงดินให้เหมาะสมกับการเพาะปลูกพืชโดยพืชต้องการธาตุอาหาร 16 ชนิด ได้แก่ ออกซิเจน ไฮโดรเจน คาร์บอน ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม กำมะถัน แคลเซียม แมกนีเซียม เหล็ก สังกะสี แมงกานีส ทองแดง โบรอน โมลิบดินัม และคลอรีน ในจำนวนนี้ ออกซิเจน ไฮโดรเจน คาร์บอน พืชได้รับจากน้ำและอากาศ ส่วนไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม พืชต้องการในปริมาณมากเมื่อเทียบกับธาตุอื่น ๆ (ซึ่งถูกจัดเป็นธาตุอาหารหลักหรือธาตุปุ๋ย) และในดินมักมีไม่เพียงพอต่อการเพาะปลูก จึงมีความจำเป็นต้องเพิ่มเติมธาตุเหล่านี้โดยการให้ปุ๋ยประเภทใหญ่ๆ

2.3.1 ปุ๋ยเคมี

ปุ๋ยเคมี คือ ปุ๋ยที่เป็นอนินทรีย์สาร อาจเป็นปุ๋ยเชิงเดี่ยว ปุ๋ยเชิงผสม และปุ๋ยเชิงประกอบ ตัวอย่างปุ๋ยเคมีเช่น ยูเรีย ปุ๋ยเม็ด 16-20-0 แต่ไม่รวมถึงสารที่ใช้สำหรับปรับปรุงดิน เช่น ภูไมท์ และ สารต่าง ๆ ที่มีคุณสมบัติโครงสร้างทางฟิสิกส์ของดินให้ดีขึ้น ปุ๋ยเคมีแบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ

ปุ๋ยเดี่ยวหรือแม่ปุ๋ย คือ ปุ๋ยที่มีธาตุอาหารหลักพืช คือ N P K เป็นส่วนประกอบของปริมาณธาตุอาหารจะคงที่

ปุ๋ยผสม คือ ปุ๋ยที่ได้จากการเอาแม่ปุ๋ยหลายๆ ชนิด มารวมกันเพื่อให้ได้ปริมาณธาตุอาหารหลักของปุ๋ยตามต้องการเพื่อให้เหมาะตามสภาพดินในแต่ละพื้นที่ (วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี, 2559)

2.3.2 ปุ๋ยอินทรีย์

ปุ๋ยอินทรีย์ คือ ปุ๋ยที่ได้มาจากสารประกอบทางธรรมชาติ ธาตุอาหารที่ได้ส่วนใหญ่ต้องเกิดจากการย่อยสลายจากจุลินทรีย์ก่อน เป็นกระบวนการผลิตสารอาหารจากธรรมชาติ ปุ๋ยอินทรีย์ส่วนใหญ่มักจะใช้ประโยชน์ในการปรับปรุงคุณภาพดิน แบ่งชนิดของปุ๋ยอินทรีย์ได้ 3

ประเภท คือ ปุ๋ยคอก ที่สำคัญได้แก่ ขี้หมู ขี้เป็ด ขี้ไก่ เป็นปุ๋ยคอกที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในบรรดาสวนผักและสวนผลไม้ ปุ๋ยคอก โดยทั่วไปแล้วถ้าคิดราคาต่อหน่วย ธาตุอาหารพืชจะมีราคาแพงกว่าปุ๋ยเคมี แต่ปุ๋ยคอกช่วยปรับปรุงดินให้โปร่งและร่วนซุย ทำให้การตรียมดินง่าย การตั้งตัวของต้นกล้าแล้วทำให้มีโอกาสรอดได้มาก นาข้าวที่เป็นดินทราย เช่น ดินภาคอีสาน การใช้ปุ๋ยคอกหรือปุ๋ยอินทรีย์อื่น ๆ เท่าที่จะหาได้ในบริเวณใกล้เคียงจะช่วยให้การดำนาง่าย ข้าวตั้งตัวได้ดี และการเจริญเติบโตงอกงามอย่างรวดเร็ว ทั้งนี้เนื่องจากดินทรายพวกนี้มีอินทรียวัตถุต่ำมาก การใส่ปุ๋ยคอกหรือปุ๋ยอินทรีย์ลงไปจะทำให้ดินอุ้มน้ำ และปุ๋ยได้ดีขึ้น การปักดำกล้าทำได้ง่ายขึ้น ปุ๋ยขี้ไก่ และขี้เป็ดจะมีปริมาณธาตุอาหารสูงกว่าขี้หมู และขี้หมูจะมีปริมาณธาตุอาหารสูงกว่าขี้วัว และขี้ควาย ปุ๋ยคอกใหม่ๆ จะมีปริมาณธาตุอาหารสูงกว่าปุ๋ยคอกที่เก่าและเก็บไว้นาน ทั้งนี้เนื่องจากส่วนของปุ๋ยที่ละลายได้ง่ายจะถูกชะล้างออกไปหมด บางส่วนก็กลายเป็นก๊าซสูญหายไป ดังนั้นควรเก็บรักษาปุ๋ยคอกอย่างระมัดระวังก่อนนำไปใช้ จะช่วยรักษาคุณค่าของปุ๋ยคอกไม่ให้เสื่อมคุณค่าอย่างรวดเร็ว การเก็บรักษาปุ๋ยคอกอาจทำได้ เช่น นำมากองรวมกันเป็นรูปฝาชี แล้วอัดให้แน่น ถ้าอยู่ภายใต้หลังคาก็ยิ่งดี ถ้าอยู่กลางแจ้งควรหาจากหรือทางมะพร้าวคลุมไว้ด้วยก็จะดี ปุ๋ยคอกที่ได้มาใหม่ๆ และยังสดอยู่ ถ้าจะใส่ปุ๋ยซูปเปอร์ฟอสเฟตชนิดธรรมดาลงไปด้วยสักเล็กน้อยก็จะช่วยป้องกันไม่ให้มีการสูญเสียไนโตรเจนโดยการระเหิดกลายเป็นก๊าซได้เป็นอย่างดี ปุ๋ยที่ได้จากอินทรีย์สาร ซึ่งผลิตขึ้นโดยกรรมวิธีต่าง ๆ และจะเป็นประโยชน์ต่อพืชก็ต้องผ่านขบวนการเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ ทางชีวภาพเสียก่อน มีวัตถุหลายประเภทที่สามารถนำมาทำเป็นปุ๋ยอินทรีย์ได้ (กรมวิชาการเกษตร, 2548) โดยวัสดุอินทรีย์ มีค่า C/N Ratio ของแต่ละวัสดุอินทรีย์ที่แตกต่างกัน แสดงดังตารางที่ 1-1

ตารางที่ 1-1 ค่า C/N ratio ของวัสดุอินทรีย์บางชนิด

วัสดุอินทรีย์	C/N ratio	วัสดุอินทรีย์	C/N ratio
มูลวัว	13 – 17	มูลควาย	12 – 23
มูลหมู	14 – 16	มูลเป็ด,มูลไก่	17 – 29
ซากพืช	13	ฟางข้าว	80 – 125
ต้นข้าวโพด	60	ชานอ้อย	140 – 190
ขี้เลื่อย	200 – 400	ผักตบชวา	34
เปลือกถั่วลิสง	75	ขุยมะพร้าว	167
แกลบ	152	ต้นปอกระเจา	115

ที่มา : กรมวิชาการเกษตร. (2548)

2.4 มูลค้างคาว

มูลค้างคาวมีความเข้มข้นของธาตุฟอสฟอรัส ร้อยละ 2.8 สูง ในขณะที่โพแทสเซียม ร้อยละ 1.8 ไม่ได้สูงมากนักเนื่องจากฟอสฟอรัส เป็นธาตุที่มีบทบาทสำคัญในพืชช่วยเร่งการพัฒนารากพืช และ เร่งให้ติดดอกออกผลเร็วขึ้น การขาดธาตุฟอสฟอรัส จึงมีผลต่อการออกดอกช้า จำนวนดอก ผล และเมล็ดน้อยลง ผลผลิตต่ำเนื่องจากใบพืชที่เสื่อม และร่วงหล่นเร็วกว่าปกติแต่หากได้รับฟอสฟอรัสมากพืชจะแก่เร็ว (พัฒนาที่ดิน, 2540) ส่วนโพแทสเซียมเป็นธาตุอาหารที่จำเป็นมากสำหรับไม้ผล เพราะมีหน้าที่ช่วยกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ ช่วยในกระบวนการสร้างแป้ง ช่วยในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง ช่วยรักษาสมดุลระหว่างกรดและเบส พืชที่ขาดโพแทสเซียม มักจะให้ผลขนาดเล็ก สีผิวไม่สวย รสชาติไม่ดี แต่หากมีโพแทสเซียมในดินหรือในใบพืชมากเกินไปก็มีผลเสียได้เช่นกัน จึงควรต้องใส่น้อยกว่าปุ๋ยคอกโดยทั่วไป ควรผสมมูลค้างคาวกับปุ๋ยอินทรีย์อื่นหรือซากพืชเพื่อให้ประโยชน์ในเรื่องการปรับปรุงดินไปด้วยในตัวนอกจากประโยชน์จากธาตุอาหารแล้วมูลค้างคาวยังมีประโยชน์ในแง่อื่น ๆ ด้วย เช่น ทำเป็นปุ๋ยหมักได้ง่าย เพราะมีการย่อยสลายได้เร็ว (กรมพัฒนาที่ดิน, 2540) แสดงดังตารางที่ 1-2

ตารางที่ 1-2 ผลค่าวิเคราะห์ธาตุอาหารในปุ๋ยคอก

ชนิดของปุ๋ยคอก	ปริมาณธาตุอาหาร (ร้อยละ)		
	ไนโตรเจน	ฟอสฟอรัส	โพแทสเซียม
1. มูลโค	1.91	0.56	1.40
2. มูลกระบือ	1.23	0.55	0.69
3. มูลไก่	3.77	1.89	1.76
4. มูลเป็ด	2.15	1.13	1.15
5. มูลแกะ	1.87	0.79	0.92
6. มูลม้า	1.33	0.83	1.31
7. มูลสุกร	2.80	1.36	1.18
8. มูลค้างคาว	1.05	14.82	1.84

ที่มา: ปฏิภาณ (2555)

2.5 มูลแพะ

ในปัจจุบันประชากรแพะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ปีพุทธศักราช 2555 ประเทศไทยมีแพะประมาณ 491,779 ตัว และส่วนใหญ่กระจายตัวอยู่ใน 14 จังหวัดทางภาคใต้ซึ่งมีปริมาณสูงถึง 264 941 ตัว (กรมปศุสัตว์, 2556) เนื่องด้วยการเลี้ยง และการบริโภคแพะเป็นที่นิยมสำหรับประชากรที่นับถือศาสนาอิสลามซึ่งส่วนใหญ่อาศัยอยู่ในพื้นที่ชายแดนใต้ จากแนวโน้มที่ประชากรแพะสูงขึ้นส่งผลให้ปริมาณของมูลแพะนั้นสูงตามไปด้วย โดยแพะหนึ่งตัวนั้นจะให้มูลสูงถึง 520 กรัมต่อวัน ในหนึ่งปีจะมีมูลแพะทั้งหมดสูงถึงประมาณ 93,339,661 กิโลกรัม การเติมมูลแพะลงไปในกองปุ๋ยหมักนั้นเป็นการเพิ่มอาหารสำหรับจุลินทรีย์ที่ย่อยสลายในระยะแรกโดยเฉพาะโพแทสเซียม ในมูลแพะจะมีปริมาณของโพแทสเซียมทั้งหมด (K_2O) สูงถึงร้อยละ 5.29 มากกว่ามูลสัตว์ชนิดอื่น เช่น มูลไก่ มูลวัว มูลสุกร ที่มีประมาณร้อยละ 3.07 2.08

และ 1.31 ตามลำดับ (กรมพัฒนาที่ดิน, 2551) ดังนั้นเมื่อเติมวัสดุที่มี โพแทสเซียมสูงจะส่งผลให้ปุ๋ยหมักที่ได้จะมีปริมาณโพแทสเซียมสูงอีกด้วย อีกทั้งยังเป็นการเติมจุลินทรีย์ลงไปในกองปุ๋ยหมักทำให้การย่อยสลายเกิดได้มากขึ้น ทำให้ปริมาณไนโตรเจนในกองปุ๋ยเพิ่มมากขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับมวลของวัสดุ ทำให้อัตราส่วนระหว่างคาร์บอนต่อไนโตรเจนลดลงด้วย

2.6 มูลนกกระทา

มูลนกกระทาเป็นปุ๋ยที่มีไนโตรเจนสูงมาก ๆ ถึงร้อยละ 9 กว่า ๆ สูงกว่ามูลไก่ มูลหมู และ มูลวัว ปุ๋ยประเภทนี้จะเหมาะสำหรับต้นไม้ทุกประเภทโดยเฉพาะ ไม้ใบ และ ผลไม้ พอใส่ปุ๋ยมูลนกกระทาไปแล้ว จะเห็นผลภายใน 7 วัน ต้นไม้จะมีสีเขียวสด ต้นไม้ดูเขียวสดใส

ปัจจุบันมูลนกกระทา กำลังเป็นที่นิยมของเกษตรกรเป็นอย่างมาก เนื่องจากมูลนกกระทามีคุณสมบัติที่เหนือกว่ามูลสัตว์ชนิดอื่น มีธาตุอาหารหลักและธาตุอาหารรองครบถ้วน โดยเฉพาะไนโตรเจน ที่มากถึงร้อยละ 9.28 ดังนั้นเวลาใช้จึงไม่จำเป็นต้องใช้เยอะ เมื่อเทียบกับมูลสัตว์ชนิดอื่น จึงทำให้เกษตรกรหันมาใช้มูลนกกระทามากขึ้นและนับวันจะมากขึ้นเรื่อย ๆ ด้วยเหตุที่มีความต้องการใช้มากขึ้น จึงทำให้มูลนกกระทามีราคาค่อนข้างสูง เมื่อเทียบกับมูลสัตว์ชนิดอื่น แต่เมื่อเปรียบเทียบความคุ้มค่าแล้วถือว่าขี้นกกระทาตอบโจทย์ได้เป็นอย่างดี ทั้งในเรื่องคุณภาพและการลดต้นทุน แสดงดังตารางที่ 1-3

ตารางที่ 1-3 ค่าไนโตรเจนในมูลสัตว์ต่าง ๆ

มูลสัตว์	**ไนโตรเจน (เปอร์เซ็นต์)**
มูลสุกร	2.69
มูลไก่ไข่	2.59
มูลไก่เนื้อผสมแกลบ	2.21
มูลนกกระทา	9.28
มูลโคเนื้อ	1.36
มูลโคนม	1.27
มูลแพะ	1.03
มูลแกะ	0.94

ที่มา: กรมวิชาการเกษตร (2548)

2.7 มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์

กรมวิชาการเกษตรได้กำหนดมาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ พ.ศ. 2548 ขึ้นเพื่อประโยชน์ของเกษตรกรใช้ปุ๋ยอินทรีย์ในการปรับปรุงคุณภาพดิน แสดงดังตารางที่ 1-4

ตารางที่ 1-4 รายละเอียดกำหนดคุณสมบัติของปุ๋ยอินทรีย์

ลำดับที่	คุณลักษณะ	เกณฑ์กำหนด
1.	ขนาดของปุ๋ย	ไม่เกิน 12.5x12.5 ม.ม.
2.	ปริมาณความชื้นและสิ่งที่ระเหยได้	ไม่เกิน 35 % โดยน้ำหนัก
3.	ปริมาณหิน และกรวด	ขนาดใหญ่กว่า 5 ม.ม.ไม่เกิน 5% โดยน้ำหนัก
4.	พลาสติก แก้ว วัสดุมีคม และโลหะอื่น ๆ	ต้องไม่มี
5.	ปริมาณอินทรียวัตถุ	ไม่น้อยกว่า 30 % โดยน้ำหนัก
6.	ค่าความเป็นกรด – ด่าง (pH)	5.5-8.5
7.	อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N)	ไม่เกิน 20 : 1
8.	ค่าการนำไฟฟ้า	ไม่เกิน 6 เดซิซีเมน/เมตร
9.	ปริมาณธาตุอาหารหลัก	
	-ไนโตรเจน	ไม่น้อยกว่า 1.0 % โดยน้ำหนัก
	-ฟอสฟอรัส	ไม่น้อยกว่า 0.5 % โดยน้ำหนัก
	-โพแทสเซียม	ไม่น้อยกว่า 0.5 % โดยน้ำหนัก
10.	การย่อยสลายที่สมบูรณ์	มากกว่า 80 %
11	สารหนู	ไม่เกิน 60 มก./กก.
	แคดเมียม	ไม่เกิน 5 มก./กก.
	โครเมียม	ไม่เกิน 300 มก./กก.
	ทองแดง	ไม่เกิน 500 มก./กก.
	ตะกั่ว	ไม่เกิน 500 มก./กก.

ที่มา : กรมวิชาการเกษตร. (2548)

2.7.1 รายละเอียดกำหนดคุณสมบัติของปุ๋ยอินทรีย์ (สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2559) ดังนี้

1) ขนาดของปุ๋ย ไม่เกิน 12.5x12.5 ม.ม. ปุ๋ยอินทรีย์ที่ผ่านการย่อยสลายสมบูรณ์แล้ว จะมีลักษณะยุ่ย เป็นผงคล้ายดิน เมื่อ๔กร่อนผ่านตะแกรง 12.5 มม. จะขาดจากกันได้ง่าย และไม่เห็นลักษณะเดิมของวัสดุดิบที่นำมาหมัก ส่วนปุ๋ยที่ค้างบนตะแกรงร่อนขนาด 12.5 มม. ทำให้ยากแก่การนำไปหว่านในแปลง ส่วนขนาดที่เล็กจนเป็นผงละเอียดก็ไม่เหมาะสมที่จะนำไปใช้คลุมดิน เพราะจะเป็นตัวเก็บกักน้ำช่วยส่งเสริมให้วัชพืชงอกเร็วขึ้น

2) ปริมาณความชื้นและสิ่งที่ระเหยได้ ไม่เกิน 35 % โดยน้ำหนักปกติปุ๋ยหมักควรมีความชื้นอยู่บ้างในปริมาณพอควร โดยทั่วไปจะคิดความชื้อที่ 35 เปอร์เซ็นต์ เพราะอินทรีย์วัสดุที่สลายตัวแล้วเมื่อแห้งจะอยู่ในสภาพที่ไม่สามารถเปียกน้ำได้ง่าย (immersible dry) ดังนั้นควรใช้ปุ๋ยก่อนที่จะแห้งสนิท หากปุ๋ยมีความชื้นมากเกินไปจะเป็นปัญหาในการขนส่ง
การประมารความชื้นในปุ๋ยอินทรีย์ ทำโดยการสุ่มตัวอย่าง มาประมาณ 10 – 20 กรัม นำไปอบแห้งแล้วจึงชั่งหาน้ำหนักที่หายไปคือ ปริมารความชื้นในปุ๋ยอินทรีย์ตามสูตร

ปริมาณความชื้น (%) = [(น้ำหนักสด – น้ำหนักแห้ง)/(น้ำหนักสด)] x 100

3) ปริมาณหิน และกรวด ขนาดใหญ่กว่า 5 มิลลิเมตร ไม่เกิน 5 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนักหิน กรวด ขนาดใหญ่กว่า 5 มิลลิเมตร เป็นสิ่งที่ไม่มีประโยชน์ใด ๆ ต่อพืช เป็นการเพิ่มภาระการขนส่ง แต่อาจเป็นการยากในการกำจัดออกไปในกระบวนการผลิต การวิเคราะห์จะพบ หิน กรวด ทราย 3-5 เปอร์เซ็นต์ และสัดส่วนที่พบมากที่ คือ ทราย แต่ทรายมีอนุภาคเล็กและถือเป้นอนุภาคเดียวกับดิน และจะลอดตะแกรงร่อนในการวิเคราะห์เกณฑ์ขนาดเนื้อปุ๋ยอยู่แล้ว จึงไม่พิจารณาปริมารทรายในปุ๋ยอินทรีย์

4) พลาสติก แก้ว วัสดุมีคม และโลหะอื่น ๆ ต้องไม่มีพลาสติก แก้ว วัสดุมีคม และโลหะอื่น ๆ จัดว่าเป็นวัสดุอันตราย มีผลโดยตรงต่อผู้นำปุ๋ยอินทรีย์ไปใช้ อาจก่อให้เกิดบาดแผลตามร่างกายแก่ผู้ใช้ในขณะปฏิบัติงาน และเป็นผลให้เกิดเชื้อโรคบางชนิด เช่น เชื้อบาดทะยัก

5) ปริมาณอินทรียวัตถุ ไม่น้อยกว่า 30 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก ปุ๋ยอินทรีย์ที่ดีควรมีอินทรียวัตถุ 35 – 50 เปอร์เซ็นต์ แต่ถ้ามีการนำวัตถุอื่น ๆ ที่ไม่ใช้วัสดุอินทรีย์ปะปนในกระบวนการผลิตมากเกินไป จะทำให้เปอร์เซ็นต์อินทรีย์ในปุ๋ยลดลง ในกรณีที่มีมูลสัตว์ผสม ส่วนใหญ่จะมีปริมาณอินทรียวัตถุไม่ต่ำกว่า 30 เปอร์เซ็นต์ ถ้าอินทรียวัตถุมากเกินไปคือ มากกว่า 60 เปอร์เซ็นต์ ถือว่ายังมีการย่อยสลายไม่สมบูรณ์ เมื่อนำไปใช้อาจเกินการย่อยสลายต่อไป ทำให้เกิดความร้อนและตรึงธาตุอาหารบางชนิด มีปัญหาต่อการเจริญเติบโตของพืช

6) ค่าความเป็นกรดด่าง (pH) 5.5- 8.5 ในกระบวนการหมักวัสดุอินทรีย์ pH ของปุ๋ยจะมีการเปลี่ยนแปลงตามระยะเวลาของการหมัก โดยในระยะแรก pH จะมีความเป็นกรดต่อมาเป็นด่าง จนสุดท้ายเมื่อกระบวนการหมักที่สมบูรณ์จนเป็นสารฮิวมัส pH ความเป็นด่างอ่อน ๆ ของปุ๋ยมีผลดีต่อการนำไปใช้การปรับปรุงดิน ถ้า pH สูงเกินไนโตรเจนในปุ๋ยจะเปลี่ยนเป็นแก๊สแอมโมเนียระเหยไป ในขณะที่ pH ต่ำเกินไป จุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์จะหยุดกิจกรรม แต่จุลินทรีย์สาเหตุโรค พืชจะทำงานได้ดีขึ้น

7) อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N) ไม่เกิน 20:1 ปุ๋ยอินทรีย์ควรจะมีอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนต่ำกว่าหรือเทียบเท่ากับ 20:1 ถ้าหากมีอัตราส่วนที่สูงกว่านี้มาก ๆ เมื่อใส่ลงไปในดินจะเริ่มมีการย่อยสลายต่อไปอีก อาจต้องทิ้งไว้ประมาณ 2-3 สัปดาห์ ก่อนหว่านเมล็ดหรือปลูกพืช และจะต้องไม่ใส่ในดินที่มีการระบายน้ำได้ช้า เพราะจะทำให้เกิดการเน่าเปื่อย เกิดกรดอินทรีย์ที่เป็นพิษ หรือก๊าซพิษที่เป็นอันตรายต่อพืช

8) ค่าการนำไฟฟ้า (EC) ไม่เกิน 6 เดซิซีเมน/เมตร ค่าการนำไฟฟ้าหรือปริมาณเกลือที่ละลายได้ โดยปกติในปุ๋ยอินทรีย์โดยทั่วไปจะมีค่า EC ไม่เกิน 3.5 เดซิซีเมน/เมตร แต่ถ้าใช้มูลสัตว์ผสมทำปุ๋ยหมัก หรือปุ๋ยอินทรีย์ที่เป็นประเภทมูลสัตว์พร้อมใช้ ส่วนใหญ่จะมีค่า EC ไม่เกิน 6 เดซิซีเมน/เมตร

9) ปริมาณธาตุอาหารหลัก ไนโตรเจน ไม่น้อยกว่า 1.0 เปอร์เซ็นต์ ฟอสฟอรัสไม่น้อยกว่า 0.5 เปอร์เซ็นต์และโพแทสเซียมไม่น้อยกว่า 0.5 เปอร์เซ็นต์ โดยทั่วไปแล้วปุ๋ยอินทรีย์จะมีธาตุอาหารหลักและธาตุอาหารรองเกือบครบถ้วน แต่จะมีปริมาณที่ต่ำ และจะมีปริมาณแตกต่างไปขึ้นอยู่กับชนิดของวัตถุดิบที่นำมาใช้ในการผลิตปุ๋ย ซึ่งปริมาณธาตุอาหารไนโตรเจนจะต้องมีไม่น้อยกว่า 1 เปอร์เซ็นต์ ต้องสอดคล้องกับ C/N ratio ที่ไม่เกิน 20:1

10) การย่อยสลายที่สมบูรณ์ มากกว่า 80 เปอร์เซ็นต์ สามารถประเมินได้หลายวิธี แต่วิธี Germination index เป็นวิธีเดียวที่สามารถวัดได้ง่ายได้ผลเร็ว และสามารถปรับใช้ได้ทั้งในห้องปฏิบัติการตรวจสอบ ตลอดจนผู้ผลิต และผู้ใช้มีวัตถุประสงค์เพื่อวัดสารพาต่อพืช (phytotoxic substance) ที่เกิดจาการย่อยสลายที่ไม่สมบูรณ์ของปุ๋ย หากปุ๋ยมีสารพิษเหล่านี้เป็นองค์ประกอบ จะมีผลโดยตรงต่อการงอก และความยาวของรากพืชที่ใช้ทดสอบ

2.8 การผลิตปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด

ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดเป็นปุ๋ยที่ได้รับการปรับปรุงและพัฒนาทั้งคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพเพื่อให้ได้ปุ๋ยอินทรีย์ที่มีคุณภาพสูง โดยการนำปุ๋ยอินทรีย์ชนิดต่าง ๆ มาผสมกันในอัตราส่วนที่เหมาะสมแล้วอัดเม็ดด้วยอุปกรณ์อัดเม็ดจนได้ปุ๋ยอินทรีย์เม็ดที่มีคุณภาพสูง เครื่องอัดเม็ดที่ใช้กันอยู่และมีจำหน่ายในท้องตลาดมี 3 แบบดังนี้ (ร่มพฤกษ์ และคณะ, 2557)

2.8.1 เครื่องอัดเม็ดแบบเกลียว (Screw Extruder)

การทำงานโดยใส่ส่วนผสมที่เข้ากันดีแล้วด้านบนสกรูจะดันส่วนผสมส่งไปอัดกันแน่นตรงด้านปลายทางที่เจาะรูตะแกรงเหล็กที่มีความหนาและขนาดรูตามความต้องการใช้ผลิตภัณฑ์ โดยขณะที่อัดนั้นส่วนผสมจะต้องมีความชื้นสูงประมาณร้อยละ 50 โดยน้ำหนัก

2.8.2 เครื่องอัดแบบลูกกลิ้งแนวตั้ง (Pan Pelletizer)

ลักษณะเครื่องเป็นแกนกลิ้งแนวตั้ง 2 - 5 ลูกยึดติดกับส่วนบนและอัดวัสดุผ่านแผ่นจานเหล็กหมุนเจาะรูกลมซึ่งหมุนตามแนวตั้ง วัสดุจะนำมาอัดผสมเข้ากันดีแล้วมีความชื้นประมาณร้อยละ 10-30 วัสดุจะถูกอัดแน่นแล้วไหลออกทางด้านล่าง เมื่ออัดออกมาแล้วไม่จำเป็นต้องนำไปลดความชื้นเครื่องอัดแบบนี้มีราคาค่อนข้างสูง

2.8.3 เครื่องอัดแบบลูกกลิ้งแบบนอน (Drum Pelletizer)

หลักการทำงานของเครื่องเช่นเดียวกับแบบแนวตั้งคือใช้ท่อเหล็กกลม (Drum) เจาะรูตามขนาดที่ต้องการ ลูกกลิ้งสำหรับอัดอยู่ด้านในสัมผัสท่อกลมทางด้านข้างปุ๋ยอินทรีย์อัดแล้ว จะออกมาด้านข้างของท่อ ความชื้นขณะอัดประมาณร้อยละ 10 - 30 (ร่มพฤกษ์ และคณะ, 2557)

คุณสมบัติของปุ๋ยอินทรีย์ที่สามารถนำมาขอขึ้นทะเบียน ปุ๋ยอินทรีย์ต้องมีมาตรฐานตามประกาศกรมวิชาการเกษตรในราชกิจจานุเบกษา เล่มที่ 125 ตอน พิเศษ 1085 ลงวันที่ 27 มิถุนายน 2551 แสดงดังตารางที่ 1-5

ตารางที่ 1-5 ปริมาณธาตุของปุ๋ยอินทรีย์จากวัสดุอินทรีย์

ชนิดของปุ๋ย	ไนโตรเจน (ร้อยละ)	ฟอสฟอรัส (ร้อยละ)	โพแทสเซียม (ร้อยละ)
แหนแดง	3.30	0.57	1.23
กากส่าเหล้า	2.06	0.17	1.03
Filter cake จากโรงงานน้ำบาดาล	1.01	2.41	0.44
Sludge จากโรงงานสุรา	5.94	0.56	0.50
กากละหุ่งจากโรงงานน้ำมัน	5.26	1.12	0.58
มูลวัว	1.10	0.40	1.60
มูลควาย	0.97	0.60	1.66
มูลสุกร	1.30	2.40	1.00
มูลไก่	2.42	6.29	2.11
มูลเป็ด	1.02	1.84	0.52
มูลค้างคาว	1.54	14.28	0.60
ปุ๋ยหมักฟางข้าว	1.34	0.53	0.97
กากอ้อย	0.62	0.99	0.46
กากเมล็ดนุ่น	4.69	2.28	1.45
กากเมล็ดฝ้าย	6.92	2.96	1.12
กระดูกป่น	3.40	27.14	0.04

ที่มา: กรมวิชาการเกษตร (2548)

2.9 ผักบุ้งจีน

ผักบุ้งจีน เป็นพืชที่อยู่ในวงศ์ผักบุ้ง (Convolvulaceae) มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Ipomoea aquatica Forsk. Var. reptan* เป็นพืชที่พบทั่วไปในเขตร้อน และเป็นผักที่คนไทยนิยมนำมาประกอบอาหารเช่นเดียวกับผักบุ้งไทย ผักบุ้งจีนมีใบสีเขียว ก้านใบมีสีเหลืองหรือขาว ก้านดอก และดอกมีสีขาว โดยทั่วไปแล้วผักบุ้งจีนจะนิยมนำมาประกอบอาหารมากกว่าผักบุ้งไทย จึงมีการปลูกอย่างแพร่หลายในประเทศไทย สำหรับเกษตรกรปลูกเพื่อนำลำต้นไปขาย และบริษัทปลูกเพื่อพัฒนา และขายเมล็ดพันธุ์ ตลาดที่สำคัญในการส่งออกผักบุ้งจีน คือ ฮ่องกง มาเลเซีย และสิงคโปร์ แสดงดังภาพที่ 1-3

ภาพที่ 1-3 ผักบุ้งจีน
ที่มา: วิกิพีเดีย (2559)

2.10 ผักกาดเขียว พันธุ์ ชุนฉ่าย

ผักกาดเขียว ชุนฉ่าย (Chinese Mustard) ต้นนี้มีหลายชื่อมาก ๆ บางคนก็เรียกเขียวน้อย ผักกาดสร้อย ผักกาดไร่ ภาคอีสานเรียกว่า ผักกาดหิ่น ภาคเหนือ เรียกว่า ผักกาดขื่น

ผักกาดเขียว พันธุ์ ชุนฉ่าย เป็นพันธุ์ที่ได้รับการคัดอย่างดี ต้นแข็งแรง กอใหญ่ ใบหนา ไม่แตกแขนง สีเขียวนวล ออกดอกช้า อายุการเก็บเกี่ยว 40-45 วัน หลังหว่านเมล็ด ละสามารถชะลอการเก็บเกี่ยวได้นาน ขึ้นอยู่กับฤดูการปลูกและการดูแลรักษา แสดงดังภาพที่ 1-4

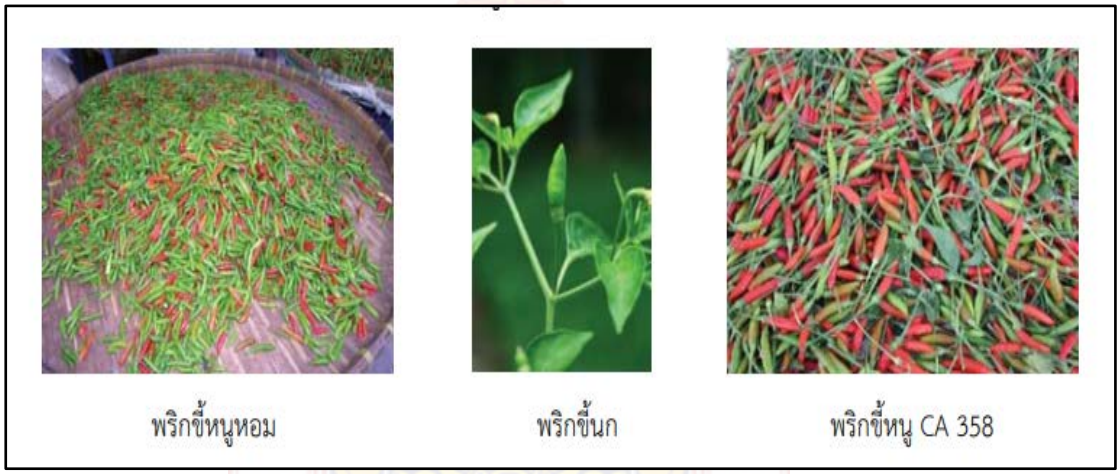
ภาพที่ 1-4 ผักกาดเขียว พันธุ์ ชุนฉ่าย
ที่มา: เพื่อพืชเกษตรไทย (2559

2.11 คะน้า

เป็นผักที่คนไทยรู้จักกันดีในตระกูล *Cruciferac* ซึ่งเป็นชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Brassica Alboglabra* เป็นผักที่นิยมปลูกและบริโภคกันมากทั่วทุกภาคของประเทศไทย ปลูกเพื่อบริโภคส่วน ของใบและลำต้น เป็นผักอายุ 2 ปี แต่ปลูกเป็นผักอายุปีเดียว อายุตั้งแต่หว่านหรือหยอดเมล็ดจนถึงเก็บเกี่ยวประมาณ 45 - 55 วัน ผักคะน้าสามารถปลูกได้ตลอดทั้งปีแต่ช่วงเวลาปลูกได้ผลดีที่สุด ในช่วงเดือนตุลาคมถึงเมษายน ผักคะน้ามีถิ่นกำเนิดอยู่ในทวีปเอเชียและปลูกกันมากในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ เช่น ประเทศจีน ฮ่องกง ไต้หวันมาเลเซียและประเทศไทย ซึ่งชาวจีนเรียกคะน้าว่าไก่หลัน

2.12 พริกขี้หนู

พริกขี้หนูผลเล็ก ผลขนาดเล็ก ความยาวผลน้อยกว่า 3 เซนติเมตร ผลอ่อนมีสีเขียวอ่อนจนถึงเขียวเข้ม ผลสุกแก่สีแดง รสชาติเผ็ดจัด มีกลิ่นหอมเฉพาะ ใช้เป็นเครื่องปรุงอาหารประเภทน้ำพริก ต้มยำ ส้มตำ ยำ เครื่องแกง น้ำจิ้ม และรับประทานสด พบเห็นทั่วไป คือ พริกขี้หนูสวน พริกกระเหรี่ยง แสดงดังภาพที่ 1-5



ภาพที่ 1-5 พริกขี้หนูผลเล็ก
ที่มา: ศูนย์วิจัยและพัฒนาพืชผักเขตร้อน (2556)

พริกขี้หนูผลใหญ่ ความยาวผลตั้งแต่ 3 - 12 เซนติเมตร เส้นผ่าศูนย์กลางผล 0.3 - 1.0 เซนติเมตร ผลเรียวปลายแหลม ผลอ่อนมีสีเขียวอ่อนจนถึงเขียวเข้ม ผลสุกแก่สีแดงสด รสชาติเผ็ด ใช้เป็นเครื่องปรุงอาหารประเภทน้ำพริก ส้มตำ เครื่องแกง น้ำจิ้ม หรือรับประทานสด ผลแดงทำพริกแห้ง และพริกป่น พันธุ์ปลูกส่วนใหญ่เป็นพันธุ์ที่ เกษตรกรเก็บเมล็ดพันธุ์เอง เช่น พันธุ์ยอดสน หัวเรือ จินดา ห้วยสีทน แต่พันธุ์ลูกผสมจากบริษัทต่าง ๆ ได้รับความนิยมมากขึ้น เนื่องจากผลผลิตสูง สีผลมีสีเขียวเข้มกว่าพันธุ์พื้นบ้าน ก้านผลใหญ่ แสดงดังภาพที่ 1-6

ภาพที่ 1-6 พริกขี้หนูผลใหญ่
ที่มา: ศูนย์วิจัยและพัฒนาพืชผักเขตร้อน (2556)

2.13 กวางตุ้งฮ่องเต้

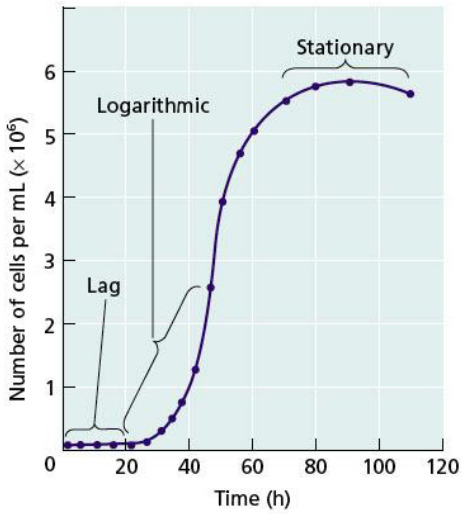
เป็นผักที่นิยมบริโภคกันมาก ปลูกง่าย เจริญเติบโตเร็ว อายุการเก็บเกี่ยวสั้น เป็นผักที่มีคุณค่าทางอาหารสูง นำมาประกอบอาหารประเภทผัด แกงจืด ผักจิ้ม เป็นต้น สามารถปลูกได้ทุกฤดูและนิยมปลูกกันทั่วประเทศทั้งในรูปของสวนผักการค้า รากเป็นระบบรากแก้วอยู่ในระดับตื้นส่วนที่ใหญ่สุดของรากแก้ว ประมาณ 1.20 เซนติเมตร มีรากแขนงแตกออกจากรากแก้วมากโดยรากแขนงแผ่อยู่ตามบริเวณผิวดิน รากแก้ว อาจมีขนาดใหญ่ขึ้น ถ้าดินมีสภาพชื้นและเย็น ลำต้น ตั้งตรงมีสีเขียวขนาดโตเต็มที่ใช้รับประทานได้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 1.4 - 1.8 เซนติเมตร สูงประมาณ 43 - 54 เซนติเมตร ก่อนออกดอกลำต้นจะสั้น มีข้อถี่มากจนดูเป็นกระจุกที่โคนต้น เมื่อออกดอกแล้วในระยะติดฝักต้นจะสูงขึ้นมาก โดยเฉลี่ยสูงประมาณ 85-144 เซนติเมตร ใบเลี้ยงมี 2 ใบ มีสีเขียว ปลายใบตรงกลางจะเว้าเข้า ส่วนใบจริงจะแตกเป็นกระจุกที่บริเวณโคนต้น เป็นใบเดี่ยว ใบเรียบไม่ห่อหัว สีเขียว ใบอ่อนมีสีเขียวอ่อน ขอบใบเป็นรอยฟันเลื่อยเล็กมาก ใบแก่ผิวใบเรียบหรือเป็นคลื่นเล็กน้อย ไม่มีขน ขอบใบเรียบหรืออาจมีรอยเว้าตื้น ๆ ขนาดเล็กโคนใบหยักเป็นคลื่นเล็กน้อย ปลายใบมน ก้านใบที่ติดกับลำต้นมีสีเขียวอ่อนเป็นร่องและเรียวกลมขึ้นไปหาแผ่นใบ ก้านใบหนาและมีสีขาวอมเขียว สำหรับใบที่ช่อดอกจะมีก้านใบยาว 2 - 3 เซนติเมตร รูปใบเรียวแหลมไปทางฐานใบและปลายใบ ขอบใบเรียบ แสดงดังภาพที่ 1-7

ภาพที่ 1-7 ลักษณะทั่วไปของกวางตุ้งฮ่องเต้
ที่มา: สุภา (2559)

2.14 วิธีการที่ใช้วัดการเติบโตของพืช

การวัดอัตราการเจริญเติบโตของผัก ซึ่งสามารถมองเห็นการเปลี่ยนแปลงของต้นพืชที่แสดงว่าพืชกาลังเจริญเติบโตได้ แต่ในการศึกษาเกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชนั้นไม่อาจบอกได้จากการประมาณด้วยสายตา เพราะแต่ละคนมีระดับการรับรู้ที่แตกต่างกัน นักวิทยาศาสตร์จึงคิดวิธีการวัดการเจริญเติบโตเป็นค่าเชิงปริมาณขึ้น แม้ว่าการเจริญเติบโตของพืชมีทั้งการเพิ่มมวล หรือปริมาตรอย่างถาวร และการเปลี่ยนแปลงรูปร่างอย่างเป็นขั้นตอนของเซลล์ และเนื้อเยื่อ แต่การวัดเชิงปริมาณนั้นมุ่งความสนใจไปที่การเพิ่มขึ้นของขนาดหรือปริมาตรเป็นสำคัญ การวัดการเจริญเติบโตจึงหมายถึงการวัด “การเติบโต” หรือ “การเพิ่มมวลหรือปริมาตรอย่างถาวร” ของพืช ซึ่งมีวิธีการหลายอย่างที่ใช้วัดการเติบโตของพืชได้ แต่ละวิธีมีข้อเด่นและข้อด้อยแตกต่างกันไป และควรเลือกวิธีที่เหมาะสมกับชนิดและช่วงชีวิตของพืช ตลอดอายุขัยของพืชชนิดหนึ่ง ๆ พืชมีการเติบโตในอัตราเร็วที่ไม่สม่ำเสมอ บางช่วงอาจเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว บางช่วงเกิดช้า และบางช่วงอาจไม่มีการเติบโตเกิดขึ้นเลยและเข้าสู่ภาวะเสื่อมถอยหรือชราภาพในช่วงท้ายของชีวิต การวัดการเติบโตจึงต้องวัดควบคู่กับเวลาหรืออายุของพืชด้วย ค่าที่แสดงการเติบโตที่นิยมใช้ ได้แก่ ความสูง ความยาว เส้นรอบวง เส้นผ่านศูนย์กลาง น้าหนักสด น้าหนักแห้ง จานวนใบ พื้นที่ใบ และปริมาตร เป็นต้น เมื่อนำข้อมูลตัวเลขที่แสดงการเติบโตมาสร้างกราฟความสัมพันธ์กับเวลา จะได้กราฟการเติบโต (Growth curve) ซึ่งโดยส่วนใหญ่มักมีเส้นกราฟเป็นรูปตัวเอส (s) กราฟการเติบโตรูปตัวเอสใน ภาพที่ 6 แบ่งได้เป็น 3 ระยะที่มีอัตราเร็วของการเติบโต ต่างกันชัดเจน ได้แก่ ระยะ lag (แล็ก) เป็นระยะที่การเพิ่มจำนวนเซลล์เกิด ช้าหรือไม่เกิดขึ้นเลย ระยะ log (ล็อก) เป็นระยะที่มีการเพิ่มจำนวนเซลล์ต่อหน่วยเวลามากที่สุด (ความชันของเส้นกราฟมีค่าสูงสุด) แสดงให้เห็นว่าเป็นช่วงเวลาที่มีอัตราเร็วของการเติบโตสูงสุด และ ระยะ stationary (สเตชันนารี) เป็น ระยะที่อัตราเร็วในการเติบโตใกล้เคียงศูนย์ ซึ่งหมายถึงมีการเพิ่มจำนวนเซลล์น้อยมากหรือไม่มีการเพิ่มจำนวนเซลล์เกิดในระยะนี้

ความสูง การวัดความสูงสามารถใช้บอกระดับการเติบโตของพืชได้ เป็นการวัดความยาวสูงสุดของสิ่งที่สนใจศึกษา เช่น ความสูงของต้นพืช วัดจากส่วนโคนตั้งแต่บริเวณรอยต่อกับส่วนรากขึ้นมาจนถึงปลายยอด ข้อผิดพลาดมักเกิดจากการไม่รู้จักธรรมชาติของพืชแต่ละชนิด ทำให้ได้ค่าความสูงที่ไม่ใช่ค่าความสูงของต้นที่แท้จริง แต่เป็นค่าความสูงของต้นรวมกับความยาวของใบ อุปกรณ์ที่จำเป็น คือ ไม้บรรทัด สายวัด อุปกรณ์ประมาณค่าความสูงของต้นไม้ เป็นต้น (อัญชลี, 2559) แสดงดังภาพที่ 1-8



ภาพที่ 1-8 กราฟการเติบโตของสาหร่ายเซลล์เดียวที่มีค่าแสดงการเติบโตเป็นจำนวนเซลล์ที่ระยะเวลา ตลอดการเลี้ยงเซลล์ (Taiz and Zeiger, 2006)
ที่มา: อัญชลี (2559)

2.15 การปลูกพืชไร้ดิน

การปลูกพืชไร้ดินเป็นวิธีการที่ทำให้การปลูกพืชได้โดยไม่ต้องใช้ดินแต่จะใช้วัสดุอื่น ๆ แทน เช่น การปลูกพืชให้รากลอยอยู่ในอากาศการปลูกพืชในสารละลายหรือการปลูกพืชในวัสดุปลูก เช่น ทราย แกลบ และวัสดุอื่น ๆ โดยให้สารละลายธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของรากโดยตรงในปริมาณที่เหมาะสมแทนธาตุอาหารที่มีอยู่ในดินทั้งนี้เพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาการปลูกในส่วนที่เกี่ยวข้องดิน เช่น ดินมีคุณภาพต่ำมีความเค็มสูงหรือโรคระบาดอีกทั้งการปลูกพืชไร้ดินนี้ยังควบคุมคุณภาพและปริมาณผลผลิตให้ได้ตามความต้องการวิธีการปลูกพืชไร้ดินสามารถปลูกพืชได้หลายชนิด ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความยากง่ายของการปลูกพืชแต่ละชนิดสามารถใช้เทคนิคการปลูกพืชไร้ดินกับพืชได้แทบทุกชนิดตั้งแต่ผัก ผลไม้ ไม้ดอก ไม้ประดับ ไม้เลื่อย จนถึงพืชยืนต้นแต่ส่วนมากนิยมปลูกพวกพืชผัก(สุพจน์, 2556)

2.15.1 ปัจจัยที่ควบคุมการเจริญเติบโตของพืชไร้ดิน

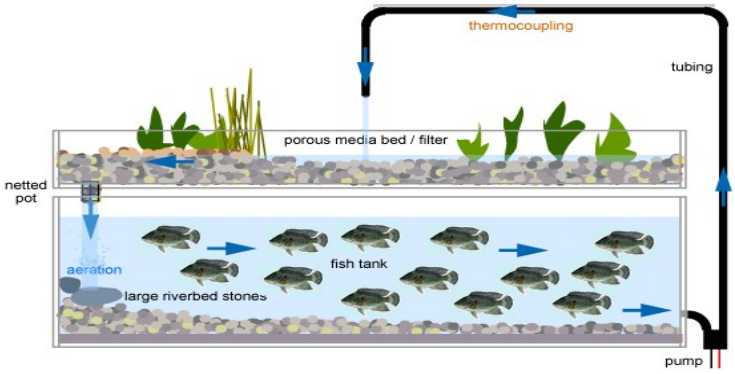
1) น้ำ อาจใช้น้ำประปาแทนก็ได้โดยการพักน้ำไว้ก่อนปรับค่า pH ที่ประมาณ pH 6-6.5 ถ้าไม่มีการปรับค่าพอพืชโตไประยะหนึ่งรากพืชจะตาย ให้เปลี่ยนน้ำทุกอาทิตย์

2) ธาตุอาหารและสารละลายธาตุ อาหารการปลูกพืชแบบไม่ใช้ดินปัจจัยหลักที่ทำให้ต้นพืชเจริญเติบโต คือ ธาตุอาหารที่เป็นวัตถุดิบในการให้ต้นพืชเจริญเติบโตในกระบวนการสร้างสารอาหารโดยกระบวนการสังเคราะห์แสง วัตถุดิบที่ใช้ คือ คาร์บอนไดออกไซด์เมื่อได้รับแสงบนคลอโรฟิลด์จะได้สารคาร์โบไฮเดรตและออกซิเจน

3) ออกซิเจน ปริมาณออกซิเจนในน้ำนั้นมีมากพอในอุณหภูมิต่ำ และได้โดยการไหลตกของน้ำขากลับลงถัง หรือในรางปลูกเอง และ อาจใช้ปั๊มช่วยในกรณีน้ำในถังอุณหภูมิสูงเกินไป อุณหภูมิน้ำในถังไม่ควรเกิน 35 องศเซลเซียส ถังน้ำควรมีที่กันฝนกันแดดได้ดี
(พูนศักดิ์, 2557)

2.16 ระบบอควาโปนิกส์

อควาโปนิกส์ (Aquaponics) การปลูกพืชโดยควบคู่กับการเลี้ยงปลา โดยการพึ่งพาอาศัยกันระหว่างพืชกับตัวปลาเอง พืชจะใช้น้ำเสียจากปลามาเป็นสารอาหาร โดยน้ำเสียจะถูกดูดวนผ่านหินกรองลงมาที่รากของพืช และน้ำก็จะกลับมาสะอาดเหมือนเป็นการถ่ายน้ำใหม่ ปลาก็ได้ใช้ประโยชน์จากน้ำที่สะอาดด้วย ระบบนี้จะทำเป็นน้ำวนกลับไปกลับมา แทบจะไม่ได้ทิ้งน้ำเลย การเลี้ยงปลาจะเป็นตัวกำหนดปริมาณของพืช เช่น ปลานิล 50-60 ตัว ต้องให้อาหาร 60-100 กรัม และเหมาะกับพื้นที่เพาะปลูกพืชประมาณ 3-4 ตารางเมตร โดยทุกส่วนต้องสัมพันธ์กันทั้งหมดเหมาะกับเป็นหลักในระบบการเลี้ยงปลาปกติ เมื่อน้ำเสียก็ต้องถ่ายน้ำเปลี่ยนน้ำใหม่ในระบบการปลูกผักไฮโดรโปนิกส์ เมื่อปลูกพืชไปนาน ๆ สารอาหารก็จะเปลี่ยนแปลง สารบางตัวลดลงมาก บางตัวลดลงน้อย บางตัวเพิ่ม ทำให้ต้องเปลี่ยนสารละลายอาหารพืชสิ่งเหล่านี้จะต้องทิ้งไปทำให้เป็นภาระกับธรรมชาติจะต้องบำบัดของเสียเหล่านี้ (ปิยะมาศ, 2558) แสดงดังภาพที่ 1-9



ภาพที่ 1-9 ภาพจำลองการปลูกพืชระบบอควาโปนิกส์
ที่มา: ปิยะมาศ (2558)

2.17 ปลาดุก

ปลาดุกเป็นปลาที่อาศัยอยู่ในแหล่งน้ำจืดน้ำที่ค่อนข้างกร่อยหรือแม้แต่ในหนองน้ำที่มีน้ำเพียงเล็กน้อยได้ เพราะว่าปลาดุกเป็นปลาที่มีอวัยวะพิเศษช่วยในการหายใจเช่นเดียวกับปลาช่อนจึงสามารถดำรงชีวิตอยู่ในน้ำที่มีออกซิเจนเพียงเล็กน้อยได้เป็นอย่างดี อีกทั้งเป็นปลาน้ำจืดที่คนไทยนิยมรับประทาน ปลาดุกจะพบได้ทั่วไปในแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ เช่น ประเทศอินเดีย พม่า ไทย ลาว กัมพูชา ฟิลิปปินส์ เวียดนาม และ มาเลเซีย ปลาดุกที่พบในประเทศไทยมีอยู่ด้วยกันทั้งหมด 5 ชนิดด้วยกัน แต่ที่เป็นที่รู้จักมีเพียง 2 ชนิด คือ ปลาดุกอุย และ ปลาดุกด้าน สำหรับผู้บริโภคแล้วจะนิยมปลาดุกอุยเพราะรสชาดดีเนื้อปลานุ่ม (โชคชัย, 2550)

2.18 วอเตอร์เครส (Watercress)

มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Nasturtium officinale W.T. Aiton* โดยผักวอเตอร์เครสจัดเป็นราชินีผักสำหรับคนรักสุขภาพ ปัจจุบันเป็นที่ได้รับความนิยมอย่างมากในหมู่คนรักสุขภาพในประเทศแถบยุโรป นิวซีแลนด์ และอเมริกา โดยมีต้นกำเนิดในประเทศเนปาล นิวซีแลนด์ และอเมริกา

เหนือสำหรับลักษณะของผักวอเตอร์เครสนี้ ลำต้นและใบจะคล้ายผักเป็ดไทย แต่จะต่างกันตรงที่ขนาดความยาวของใบ โดยผักวอเตอร์เครสจะมีความยาวมากกว่า สำหรับสายพันธุ์ของผักวอเตอร์เครส มีอยู่ 2 สายพันธุ์หลัก ๆ ที่นิยมปลูกรับประทานได้แก่ พันธุ์สีเขียวและพันธุ์สีแดง (หรือน้ำตาล) นอกจากจะปลูกไว้เพื่อรับประทานแล้วยังใช้ปลูกเป็นไม้ประดับได้ทั้งในน้ำและบนดิน สำหรับในประเทศไทยนั้น ผักชนิดนี้เริ่มได้รับความนิยมมากขึ้นเรื่อย ๆ เมื่อไม่กี่ปีที่ผ่านมา โดยมีแหล่งเพาะปลูกที่สำคัญในแถบภาคเหนือและภาคใต้ ซึ่งเป็นที่นิยมปลูกกันมากเพราะเป็นผักที่ปลูกง่าย โตเร็ว รับประทานสดได้ จะนำมาประกอบอาหารก็อร่อยใช้ได้เลยทีเดียว สำหรับคุณค่าทางโภชนาการของผักชนิดนี้ขอบอกเลยว่าเยอะมากสำหรับประเทศไทยได้น้ำผักน้ำเข้าปลูกแถบภาคเหนือและภาคใต้เริ่มด้วยการน้ำเข้ามาปลูกโดยชาวจีนอพยพในสมัยก่อนที่อำเภอเบตงจึงได้มีการปลูกวอเตอร์เครสกันตั้งแต่นั้นมาการปลูกพืชชนิดนั้นสมัยแรกๆ จะปลูกเพื่อบริโภคกันในหมู่ชาวจีน แต่ปัจจุบันผักชนิดนี้เป็นที่รู้จักและบริโภคกันแพร่หลายโดยได้นำมาปลูกโดยโครงการหลวงและกลุ่มปลูกผักไม่ใช้ดิน นั้นมีคุณค่าทางอาหารสูง เพราะอุดมไปด้วยวิตามินและแร่ธาตุหลายชนิดในปริมาณที่สูงกว่าผักหลาย ๆ ชนิด โดยมีปริมาณแคลเซียมสูงกว่าในนมสด มีธาตุเหล็กมากกว่าผักขม มีวิตามิเอในปริมาณที่สูงมาก มีวิตามินซีสูงกว่าส้ม วิตามินอีที่สูงกว่าผักกาดธรรมดาถึง 2 เท่าตัว และมีงานวิจัยของมหาวิทยาลัยอิลลินอยส์ (University of Illinois) คณะเกษตรศาสตร์พบว่าผักวอเตอร์เครสสามารถช่วยต่อต้านโรคมะเร็งได้ และยังมีคุณสมบัติช่วยล้างสารพิษตกค้างในร่างกายอีกด้วย โดยผักวอเตอร์เครส ประมาณ 10 ยอดจะให้วิตามินเอถึง 1 ใน 4 ของที่ร่างกายต้องการในแต่ละวัน (สุนทร, 2556)

3. กรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย

ปูเป็นทรัพยากรสัตว์น้ำที่มีคุณค่าและมีความสำคัญทางเศรษฐกิจของไทย นับวันยิ่งมีความต้องการบริโภคปูเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ จึงทำให้เกิดโรงงานอุตสาหกรรมที่เกี่ยวกับการผลิตเนื้อปู กรรเชียงปู ก้ามปู ก้ามพาย เนื้อหวี ไข่ปู มีเพิ่มมากขึ้นทั้งขนาดเล็ก ขนาดกลาง และขนาดใหญ่กระจายอยู่ทั่วประเทศ ทำให้เกิดปัญหามลพิษทางน้ำ และขยะมูลฝอย

งานวิจัยนี้จึงเป็นการศึกษาการผลิตปุ๋ยเม็ดอินทรีย์คุณภาพที่ผลิตขึ้นจากวัสดุเหลือใช้ในภาคเกษตรกรรมและภาคอุตสาหกรรม โดยในส่วนอุตสาหกรรมผลิตเนื้อปูเหลือทิ้งจากกระบวนการผลิต ซึ่งเปลือกปูที่ยังไม่ผ่านกระบวนการทางเคมีสามารถนำกลับมาแปรรูปเพื่อเป็นแหล่งธาตุอาหารที่สำคัญให้แก่พืชได้ ในการผลิตปุ๋ยเม็ดอินทรีย์คุณภาพจะมีส่วนผสมดังนี้ เปลือกปู มูลแพะ มูลค้างคาว มูลนกกระทา มูลไก่ มูลวัว ผสมรวมกันโดยใช้จุลินทรีย์ช่วยย่อยสลายเปลี่ยนจากอินทรียวัตถุสลายให้ เป็นอนินทรีย์วัตถุซึ่งเป็นธาตุอาหารที่มีคุณภาพสูงที่พืชสามารถดูดซึมไปใช้ประโยชน์ในการเจริญเติบโตได้ กระบวนการแปรรูปปุ๋ยอินทรีย์ให้มีมูลค่าสูงขึ้น และนำปุ๋ยที่ผลิตได้มาวิเคราะห์ศักยภาพและความเหมาะสมในการนำไปใช้ประโยชน์ทางการเกษตรต่อไป

4. วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

4.1 เพื่อศึกษาแนวทางการออกแบบกระบวนการผลิตปุ๋ยชีวภาพอัดเม็ดจากเปลือกปูสำหรับอุตสาหกรรมในครัวเรือนและวิสาหกิจชุมชน

4.2 เพื่อวิเคราะห์และทดสอบคุณภาพผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพอัดเม็ดจากเปลือกปูที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช

4.3 เพื่อประเมินกระบวนการผลิต ต้นทุน และมูลค่าการซื้อขายผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพอัดเม็ดจากเปลือกปู

5. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

5.1 สามารถนำเปลือกปูของเสียจากอุตสาหกรรมการประมงมาใช้ประโยชน์ทางด้านการเกษตรได้

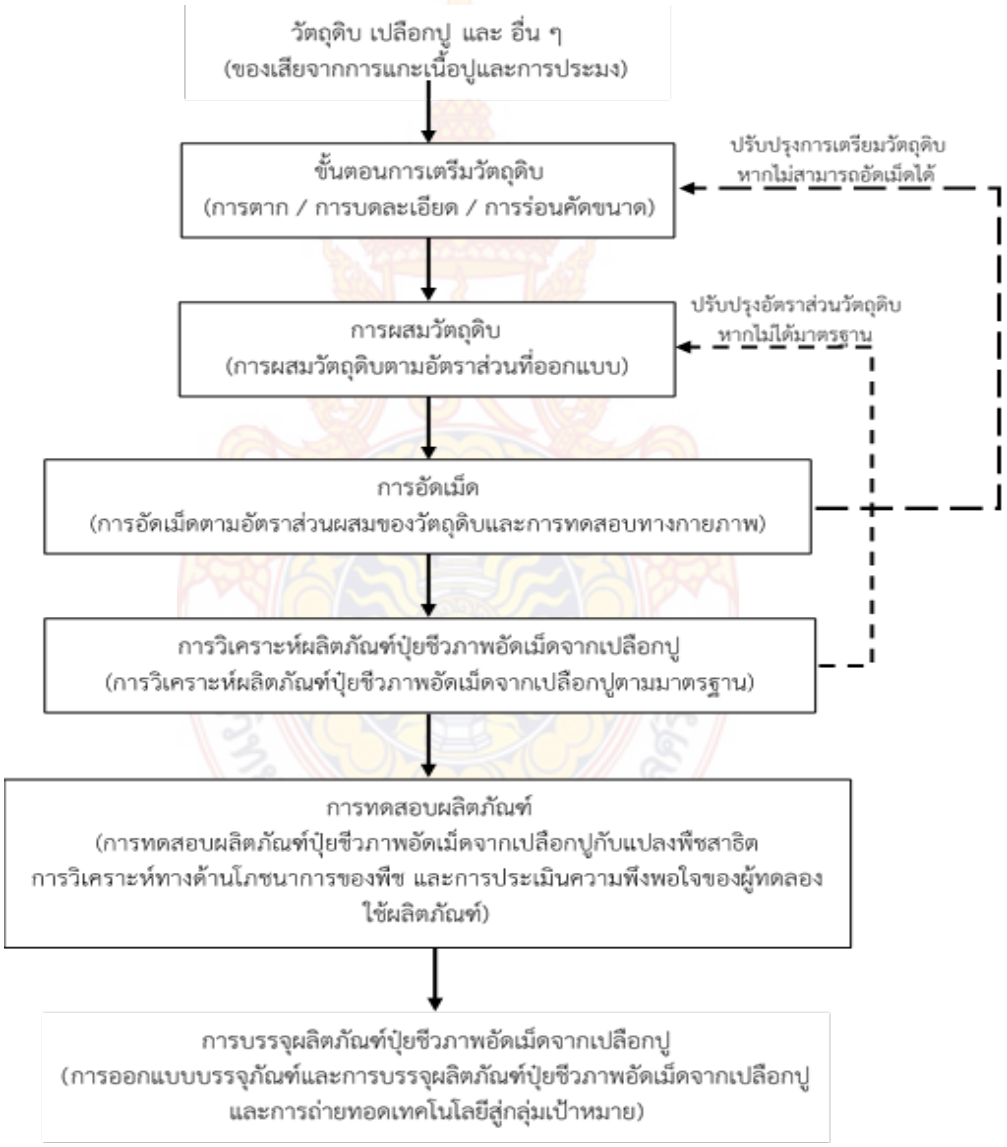
5.2 เพิ่มทางเลือกในการใช้ปุ๋ยสำหรับการปลูกพืช เพื่อทดแทนการใช้ปุ๋ยเคมี

5.3 สามารถนำมูลสัตว์ที่มีอยู่ในท้องถิ่นมาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพอัดเม็ดสร้างมูลค่าเพิ่มให้แก่มูลสัตว์

5.4 สามารถส่งเสริมให้มีการใช้ปุ๋ยชีวภาพอัดเม็ดในภาคเกษตรกรรม ซึ่งจะเป็นการช่วยลดการนำเข้าและการใช้ปุ๋ยเคมี

บทที่ 2
วิธีดำเนินงานวิจัย
(Material & Method)

งานวิจัยนี้เป็นการหาแนวทางการออกแบบกระบวนการผลิตปุ๋ยเม็ดชีวภาพจากเปลือกปู (แผนภาพสรุปการดำเนินงานวิจัยแสดงดังภาพที่ 2-1) โดยวิธีการดำเนินงานวิจัยเริ่มต้นจากขั้นตอนการคัดเลือกวัตถุดิบ การเตรียมวัตุดิบ การศึกษาอัตราส่วนผสมที่เหมาะสม การขึ้นรูป (การอัดเม็ด) การวิเคราะห์และการทดสอบผลิตภัณฑ์ การออกแบบบรรจุภัณฑ์ การประเมินความพึงพอใจจากผู้ทดลองใช้ผลิตภัณฑ์ ประกอบกับการถ่ายทอดเทคโนโลยีที่ได้ให้กับผู้ที่สนใจผ่านการบริการวิชาการและการเผยแพร่ในรูปแบบต่าง ๆ แสดงรายละเอียดการดำเนินงานได้ดังต่อไปนี้



ภาพที่ 2-1 แผนภาพสรุปการดำเนินงานวิจัยการออกแบบกระบวนการผลิตปุ๋ยชีวภาพอัดเม็ดจากเปลือกปู

1. เครื่องมืออุปกรณ์

เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ มีดังนี้

1.1 เครื่องมือ วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิตปุ๋ยชีวภาพอัดเม็ด

1.1.1 เครื่องบดไฟฟ้า สแตนแลส พลังงานสูง (1800 w)

1.1.2 เครื่องบดมือหมุน

1.1.3 เครื่องชั่ง ขนาด 7 กิโลกรัม

1.1.4 ตะแกรงร่อนแป้ง ขนาด 0.253 มิลลิเมตร

1.1.5 ถังพลาสติก ขนาด 50 ลิตร

1.1.6 ถาดสี่เหลี่ยม 24 x 33 x 04 เซนติเมตร

1.1.7 กระบอกตวง ขนาด 500 มิลลิลิตร

1.1.8 กะละมัง

1.1.9 ถังพลาสติก ขนาด 50 ลิตร

1.1.10 กระบอกตวง ขนาด 500 มิลลิลิตร

1.2 สารเคมี เครื่องมือ และวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ

1.2.1 สารเคมี

1) Potassium Dichromate ($K_2Cr_2O_7$) เข้มข้น 1 N

2) Ferrous sulfate ($FeSO_4.7H_2O$) เข้มข้น 0.5 N

3) 1, 10 – Phenanthroline Monohydrate

4) Sulfuric acid (95% H_2SO_4)

5) สารเคมีสำหรับการวิเคราะห์ค่าบีโอดี (BOD_5)

1.2.2 เครื่องมือ

1) ตู้อบความร้อน (Oven)

2) ตู้ดูดความชื้น (Desiccator)

3) เครื่องชั่งไฟฟ้าขนาด 4 ตำแหน่ง

4) เครื่องวัดความเป็นกรดด่าง (pH Meter)

5) เครื่องวัดค่าการนำไฟฟ้า (Electrical Conductivity Meter)

6) เครื่องเขย่า (Shaker)

7) เครื่องวัดอุณหภูมิ ยี่ห้อ YSI รุ่น 8510

8) เครื่องวัดออกซิเจนในน้ำ ยี่ห้อ YSI รุ่น 8510

9) เครื่องวัด TDS ยี่ห้อ METTLER TOLEDO รุ่น Saven Multi

1.3 วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในแปลงทดลอง

1.3.1 เมล็ดผักกาดเขียว พันธุ์ชุนฉ่าย

1.3.2 เมล็ดผักบุ้งจีน

1.3.3 จอบ

1.3.4 คราดพรวนดิน

1.3.5 ช้อนพรวนดิน

1.3.6.สายยาง
1.3.7 เชือก
1.3.8 เมล็ดผักกวางตุ้ง
1.3.9 เมล็ดผักคะน้า
1.3.10 เมล็ดพริกขี้หนู
1.3.11 ช้อนพรวนดิน
1.3.12 กระถางต้นไม้
1.3.13 แกลบ
1.3.14 ขุยมะพร้าว

2. การศึกษาแนวทางการออกแบบกระบวนการผลิตปุ๋ยชีวภาพอัดเม็ดจากเปลือกปูสำหรับอุตสาหกรรมในครัวเรือนและวิสาหกิจชุมชน

การออกแบบกระบวนการผลิตปุ๋ยชีวภาพอัดเม็ดจากเปลือกปู ประกอบด้วยการรวบรวมข้อมูลต่าง ๆ ก่อนการออกแบบ ทั้งวิธีการ และเทคโนโลยี การออกแบบขั้นตอนการผลิตตั้งแต่การคัดเลือกและการเตรียมวัตถุดิบ กระบวนการผลิต การบรรจุและเก็บรักษา การคัดเลือกวัสดุ อุปกรณ์ที่สามารถดำเนินการดัดแปลง ติดตั้ง โดยมีมูลค่าที่เหมาะสมสำหรับการเดินระบบผลิตปุ๋ยชีวภาพอัดเม็ดจากเปลือกปูในระดับอุตสาหกรรมในครัวเรือน รวมถึงการออกแบบสูตร หรือ ส่วนผสมของวัตถุดิบ เช่น มูลสัตว์ ปูนขาวจากเปลือกหอย หรือ วัตถุดิบอื่นที่หาได้ง่ายในพื้นที่ โดยพิจารณาจากพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่ใช้ในการควบคุณภาพตามมาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ (กรมวิชาการเกษตร, 2548)

การดำเนินงานในส่วนของการสร้างระบบผลิตปุ๋ยชีวภาพอัดเม็ดจากเปลือกปูตามที่ได้ออกแบบไว้ ประกอบด้วยการดัดแปลง และติดตั้งวัสดุอุปกรณ์ สำหรับระบบผลิตปุ๋ยชีวภาพอัดเม็ดจากเปลือกปู การทดสอบเดินระบบการผลิต การเก็บข้อมูลต่าง ๆ เช่น อัตราส่วนของวัตถุดิบที่เหมาะสมต่อการอัดเม็ด ลักษณะทางกายภาพ กำลังการผลิตต่อวัน รวมถึงปัญหาที่อาจก่อเกิดขึ้นระหว่างการผลิต เพื่อหาแนวทางปรับปรุงแก้ไขกระบวนการผลิตให้มีประสิทธิภาพมากที่สุด

2.1 การศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมต่อการผลิตปุ๋ยชีวภาพอัดเม็ดจากเปลือกปู

โครงงานวิจัยนี้มีขั้นตอนรายละเอียดการศึกษาทดลองผลิตปุ๋ยชีวภาพอัดเม็ดจากเปลือกปู แสดงรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.1.1 การเตรียมวัสดุสำหรับการผลิตปุ๋ยชีวภาพอัดเม็ดจากเปลือกปู มูลวัว และมูลไก่

1) ขั้นตอนการตากวัตถุดิบ

การนำ มูลวัว มูลไก่ เปลือกปู ตากแดดให้แห้งเป็นระยะเวลาประมาณ 5 – 7 วัน (ขึ้นอยู่กับสภาพภูมิอากาศ) เพื่อให้ง่ายต่อการบดละเอียด และการลดกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์

2) ขั้นตอนการบดวัตถุดิบ

การนำเปลือกปู มูลไก่ และมูลวัว มาบดด้วยเครื่องบดไฟฟ้า สแตนเลส พลังงานสูง (1800 w) ให้ละเอียด

3) การร่อนมูลวัว มูลไก่ และเปลือกปู

นำมูลวัว มูลไก่ และเปลือกปู ที่ผ่านการบดด้วยเครื่องบดไฟฟ้าสแตนแลส พลังงานสูง (1800 w) แล้วนำมาร่อนด้วยตะแกรงร่อนแป้ง ขนาด 0.253 มิลลิเมตร เพื่อให้ได้วัสดุดิบที่มีขนาดเล็กลง และใกล้เคียงกัน

2.1.2 การเตรียมวัสดุสำหรับการผลิตปุ๋ยชีวภาพอัดเม็ดจากเปลือกปู มูลแพะ มูลนกกระทา และ มูลค้างคาว

1) ขั้นตอนการตากวัตถุดิบ

การนำเปลือกปู มูลแพะ มูลนกกระทา และ มูลค้างคาว ตากแดดให้แห้งเป็นระยะเวลาประมาณ 5 – 7 วัน (ขึ้นอยู่กับสภาพภูมิอากาศ) เพื่อให้ง่ายต่อการบดละเอียด และการลดกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์

2) ขั้นตอนการบดวัตถุดิบ

การนำเปลือกปู มูลแพะ มูลนกกระทา และ มูลค้างคาว มาบดให้ละเอียดผ่านตะแกรงขนาด 0.5 มิลลิเมตร ขั้นตอนการศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมต่อการผลิตปุ๋ยชีวภาพอัดเม็ดจากเปลือกปูผสมมูลสัตว์ แสดงดังภาพที่ 2-3

3. การวิเคราะห์และทดสอบคุณภาพผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพอัดเม็ดจากเปลือกปู

การวิเคราะห์คุณภาพของปุ๋ยชีวภาพอัดเม็ดที่ผลิตได้ เทียบกับมาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ (กรมวิชาการเกษตร, 2548) โดยขั้นตอนนี้จะเป็นการเก็บข้อมูลเพื่อพิจารณาปรับปรุงแก้ไขกระบวนการผลิต การปรับเปลี่ยนวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิต เพื่อให้ได้ผลผลิตปุ๋ยที่มีคุณภาพตามมาตฐาน รวมถึงการทดสอบปุ๋ยชีวภาพอัดเม็ดจากเปลือกปูในแปลงพืชสาธิต เปรียบเทียบกับชุดควบคุม และ/หรือ การใช้ปุ๋ยชนิดอื่น ๆ โดยที่มีการควบคุมการรดน้ำด้วยระบบอัตโนมัติ การติดตามการเจริญเติบโตของพืช การเปลี่ยนแปลงของสภาพดิน และสารอาหารที่พืชใช้ในการเจริญเติบโตการวิเคราะห์ทางด้านโภชนาการของพืช

3.1 การศึกษาคุณสมบัติของปุ๋ยชีวภาพอัดเม็ดจากเปลือกปูเทียบกับค่ามาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์

พารามิเตอร์ในการทดลองคุณสมบัติของปุ๋ยชีวภาพอัดเม็ดจากเปลือกปูเทียบกับมาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ พ.ศ. 2548 คือ ปริมาณความชื้น ปริมาณอินทรียวัตถุ ความเป็นกรด – ด่าง (pH) ค่าการนำไฟฟ้า (CE) แสดงดังตารางที่ 2-1 รายละเอียดแสดงดังต่อไปนี้

ตารางที่ 2-1 ค่าพารามิเตอร์สำหรับวิเคราะห์ปุ๋ยชีวภาพอัดเม็ด

พารามิเตอร์	วิธีการวิเคราะห์
ปริมาณความชื้น	Desiccator
ปริมาณอินทรียวัตถุ	Titrant
ความเป็นกรด - ด่าง (pH)	pH Meter
ค่าการนำไฟฟ้า (Electrical Conductivity: EC)	Alkalinity Meter

ที่มา: ทัศนีย์ (2557)

3.1.1 การวิเคราะห์ค่าความชื้น

วิธีการวิเคราะห์

นำตัวอย่างปุ๋ยที่ยังไม่ผ่านการอบ มาชั่งด้วยเครื่องชั่งละเอียดทศนิยม 4 ตำแหน่ง ให้มีน้ำหนักประมาณ 5.xxxx กรัม (ภาพที่ 44) ใส่ลงในภาชนะที่อบจนน้ำหนักคงที่ และทราบน้ำหนักแล้ว บันทึกน้ำหนักไว้ นำตัวอย่างปุ๋ยไปอบในตู้อบ อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 ชั่วโมง เมื่อครบเวลาให้นำปุ๋ยออกมาใส่เครื่อง Desiccator เป็นเวลา 1 ชั่วโมง แล้วชั่งน้ำหนักตัวอย่างปุ๋ย หลังอบ บันทึกน้ำหนักไว้ (คู่มือวิเคราะห์ปุ๋ยอินทรีย์, 2551)

3.1.2 การวิเคราะห์ปริมาณอินทรียวัตถุ

วิธีการ

1) เตรียมสารละลาย

ก) สารละลายมาตรฐาน $K_2Cr_2O_7$ (Oxidizing Agent) เข้มข้น 1 N โดยชั่ง $K_2Cr_2O_7$ (ที่ผ่านการอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง และปล่อยให้เย็นในตู้ดูดความชื้น) 49.0247 กรัม ใส่ใน Beaker ขนาด 600 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่น 500 มิลลิลิตร คนให้ละลาย ถ่ายและล้างใส่ Volumetric Flask 1,000 ปรับปริมาตร เขย่าให้เข้ากัน

ข) สารละลาย $FeSO_4$ (Reducing Agent) เข้มข้น 0.5 N โดยชั่ง $FeSO_4.7H_2O$ จำนวน 139.0085 กรัม หรือ Ammonium Ferrous Sulfate จำนวน 196.07 กรัม ใส่ใน Beaker ขนาด 1,000 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่น 600 มิลลิลิตร คนให้ละลาย ถ่ายและล้างใส่ Volumetric Flask ขนาด 1,000 มิลลิลิตร

ค) Conc. H_2SO_4 ร้อยละ 98 20 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรเป็น 1,000 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน

ง) เตรียม 1, 10 – Phenanthroline Monohydrate โดยละลาย 0.74 กรัม และ Ferrous Sulfate 0.35 กรัม ในน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร

2) การเตรียมสารละลายตัวอย่าง

ก) ชั่งตัวอย่างปุ๋ยจำนวน 0.1xxx กรัม ใส่ใน Erlenmeyer Flask ขนาด 250 มิลลิลิตร

ข) ปิเปตสารละลาย $K_2Cr_2O_7$ จำนวน 10 มิลลิลิตร เติมลงไปในตัวอย่างปุ๋ย

ค) เติม Conc. H_2SO_4 ร้อยละ 98 10 มิลลิลิตร ลงไปในตัวอย่างปุ๋ยอย่างช้า ๆ วางทิ้งไว้ให้เย็นในตู้ดูดควัน 16 ชั่วโมง

ง) เติมน้ำกลั่นให้มีปริมาตร 100 มิลลิลิตร เติม O-Phenanthroline Ferrous Sulfate 0.5 มิลลิลิตร

3) วิธีวิเคราะห์

นำสารละลายตัวอย่างมา Titrate ด้วย $FeSO_4.7H_2O$ จนได้สารละลายสีเขียว และ เปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีน้ำตาลปนแดงเมื่อถึงจุด End Point บันทึกผล (ทำ Blank โดยไม่ใส่ตัวอย่างปุ๋ย เตรียมและวิเคราะห์เช่นเดียวกับตัวอย่างปุ๋ย (กรมวิชาการเกษตร, 2551)

การคำนวณปริมาณอินทรียวัตถุ (กรมวิชาการเกษตร, 2551)

$$\% \text{ อินทรีย์คาร์บอน (OC)} = \frac{0.3896 \times N \times B\ (C-D)}{\text{wt. of sample (g)} \times C}$$

B = ปริมาตรของ $K_2Cr_2O_7$ ที่เติมลงไปในตัวอย่าง และ Blank (ml)

C = ปริมาตรของ $FeSO_4.\ 7H_2O$ ที่ titrate พอดีกับ $K_2Cr_2O_7$ ใน Blank (ml)

D = ปริมาตรของ $FeSO_4.\ 7H_2O$ ที่ titrate พอดีกับ $K_2Cr_2O_7$ ในตัวอย่าง (ml)

N = ความเข้มข้นเป็น normal ของสารละลายมาตรฐาน $K_2Cr_2O_7$

% อินทรียวัตถุ (OM) = % OC x 1.7241

4) ความเป็นกรดด่าง (pH)

วิธีการ

ทำการ Calibrate เครื่อง pH Meter ด้วยสารละลาย Standart Buffer pH = 4, pH = 7 และ pH = 10 ชั่งตัวอย่างปุ๋ย 10 กรัม ใส่ใน Beaker ขนาด 50 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่น 20 มิลลิลิตร (อัตราส่วนของปุ๋ยต่อน้ำ 1 : 2) คนด้วยแท่งแก้ว วางทิ้งไว้ประมาณ 30 นาที นำ Glass electrode จุ่มลงในตัวอย่าง เขย่าเบา ๆ จนตัวเลขบนหน้าปัทม์เครื่อง pH Meter หยุดนิ่ง จึงบันทึกผลการวิเคราะห์

5) ค่าการนำไฟฟ้า (Electrical Conductivity, EC)

วิธีการชั่งตัวอย่างปุ๋ย 5 กรัม ใส่ในขวดรูปชมพู่ขนาด 125 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร เขย่าด้วยเครื่องเขย่า เป็นเวลา 30 นาที กรองผ่านกระดาษกรองเบอร์ 1 ลงใน Beaker ขนาด 50 มิลลิลิตร นำไปวัดค่าการนำไฟฟ้า (EC) แสดงดังภาพที่ 51 52 และ 53

3.2 การศึกษาศักยภาพของปุ๋ยชีวภาพอัดเม็ดจากเปลือกปูผสมกับมูลสัตว์ที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช

3.2.1 การทดสอบศักยภาพการเจริญเติบโตของพืชผักบุ้งจีนและผักกาดเขียวพันธุ์ชุนฉ่าย

จากการศึกษาข้อมูลจากแหล่งความรู้ในการปลูกผักในแปลงสามารถปลูกได้ดีในดินทุกชนิดที่มีความชื้นสูงหรือการเจริญเติบโตได้ดีหากให้น้ำที่เพียงพอ รวมถึงเป็นผักที่ชอบดินร่วนปนทราย และมีหน้าดินลึก 10-20 เซนติเมตร ขั้นตอนการปลูกดังนี้

1) การทดลองปลูกผักบุ้งจีน

ก) การเตรียมดิน สามารถขุดพลิกหน้าดิน 10-15 เซนติเมตร ตากแดดไว้นาน 7 วัน (ถ้าดินเป็นกรดให้ปรับสภาพดินก่อนโดยหว่านปูนขาว อาจมาก หรือน้อย ขึ้นอยู่กับความเป็นกรด-ด่าง ของดิน)

ข) การปลูกพืชลงแปลง ก่อนปลูกนำเมล็ดพันธุ์ผักบุ้งจีนไปแช่น้ำนาน 6-12 ชั่วโมง เพื่อให้เมล็ดพันธุ์ผักบุ้งจีนดูดซับน้ำเข้าไปในเมล็ด ต่อจากนั้นนำดินร่วนหว่านกลบเมล็ดพันธุ์ผักบุ้งจีนหนาประมาณ 2-3 เท่าของความหนาของเมล็ดหรือประมาณ 0.5 เซนติเมตร ลงในแปลงใหญ่ ขนาดแปลง 3 x 1.5 เมตร

ค) การให้น้ำ หลังการปลูกจะต้องให้น้ำทุกวัน อย่างน้อยวันละ 2 ครั้ง

ง) การเก็บเกี่ยว หลังจากหว่านเมล็ดพันธุ์ผักบุ้งจีนลงแปลงปลูกได้ 20-25 วัน ผักบุ้งจีนจะเจริญเติบโต มีความสูงประมาณ 30-35 เซนติเมตร ให้ถอนต้นผักบุ้งจีนออกจากแปลงปลูกทั้งต้น และราก

2) การทดลองปลูกผักกาดเขียว พันธุ์ชุนฉ่าย

ก) การเตรียมดิน สามารถขุดพลิกหน้าดิน 10-15 เซนติเมตร ตากแดดไว้นาน 7 วัน (ถ้าดินเป็นกรดให้ปรับสภาพดินก่อนโดยหว่านปูนขาว อาจมากหรือน้อย ขึ้นอยู่กับความเป็นกรด-ด่าง ของดิน)

ข) การปลูกพืชลงแปลง เมื่อผักกาดเขียว มีความสูง 5–10 เซนติเมตร ย้ายผักกาดเขียว ลงในแปลงใหญ่ ขนาดแปลง 3 x 1.5 เมตร ต้องมีความห่างของต้นกล้าที่ 30 – 35 เซนติเมตร ของแต่ละต้น ดังนั้นแปลง ขนาด 3 x 1.5 เมตร มีการทดลอง 3 ซ้ำ มีผักกาดเขียว ทั้งหมด 5 แถว แถวละ 5 ต้น แปลงผักหนึ่งแปลง ผักจะมีทั้งหมด 75 ต้น/แปลง

ค) การให้น้ำ หลังการปลูกจะต้องให้น้ำทุกวัน อย่างน้อยวันละ 2 ครั้ง

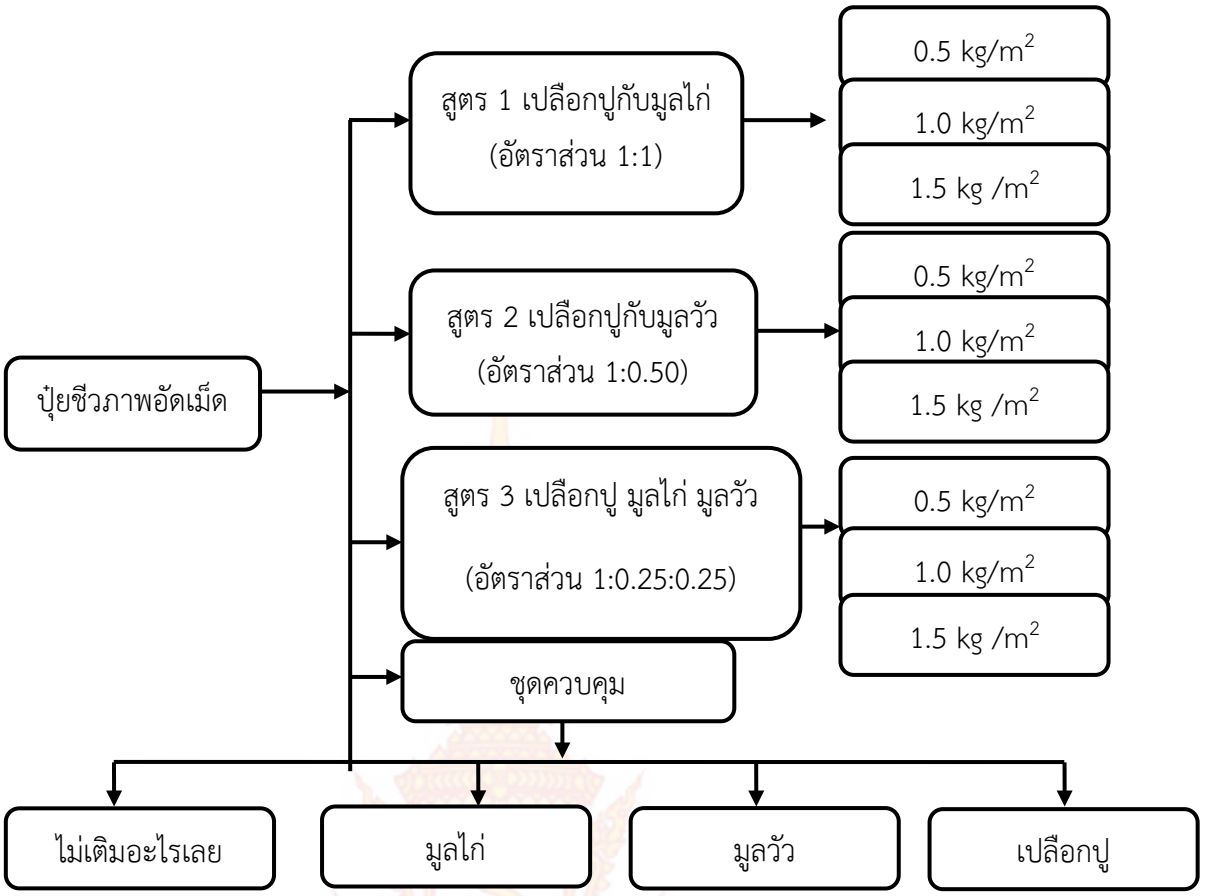
ง) การเก็บเกี่ยวผักกาดเขียว จะเริ่มเก็บเกี่ยวได้ประมาณ 35-45 วัน หลังการหว่านเมล็ด หรือประมาณ 20-25 วัน หลังการย้ายปลูก ด้วยการใช้มีดตัดโคนต้น โดยไม่ต้องถอนต้น

3) การกำหนดการใส่ปุ๋ยชีวภาพอัดเม็ดจากเปลือกปู

จากการวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH), ความชื้น, การนำไฟฟ้า (Conductivity), ปริมาณอินทรียวัตถุ (Organic Matter), ปริมาณอินทรียคาร์บอน (Organic carbon) เมื่อพิจารณาจากค่าปริมาณอินทรียวัตถุ (Organic Matter) พบว่าการกำหนดการใส่ปุ๋ยชีวภาพอัดเม็ด ชุดควบคุม (เปลือกปู มูลวัว มูลไก่ และไม่เติมปุ๋ย) ชุดการทดลอง เปลือกปูกับมูลไก่ (อัตราส่วน 1:1) เปลือกปูกับมูลวัว (อัตราส่วน 1:0.50) และเปลือกปู มูลไก่ มูลวัว (อัตราส่วน 1:0.25:0.25) โดยชั่งน้ำหนักปุ๋ย 50 กรัมต่อแปลง หว่านลงในแปลงผักกาดเขียว พันธุ์ชุนฉ่าย ผักบุ้งจีน แสดงดังแผนภาพที่ 2-1

4) การวัดอัตราการเจริญเติบโต

การวัดอัตราการเจริญเติบโตของผักกาดเขียว พันธุ์ชันฉ่าย และ ผักบุ้งจีน ของงานวิจัยนี้จะทำการศึกษาโดยการวัดความสูงของลำต้น และการวัดขนาดความกว้างของใบ โดยการวัดความสูงของลำต้น และการวัดขนาดความกว้างของใบ ในช่วงระยะเวลาเก็บเกี่ยวของแต่ละชนิด และทำการบันทึกผลทุกสัปดาห์ โดยในการทดลองเพื่อศึกษาอัตราการเจริญเติบโตของพืชผักแต่ละชนิดใช้วิธีการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely Randomized Design, CRD) ที่มีการใช้พืชผักแต่ละชนิดเป็นพันธุ์เดียวกัน เริ่มต้นการทดลองจากการเพาะเมล็ดพร้อมกันเพื่อให้มีอายุ ขนาด เมื่อเริ่มทำการทดลองเท่าๆ กัน เก็บข้อมูลการเจริญเติบโตโดยทำการวัดจากตัวอย่างพืชผักในแปลงทดลองอย่างน้อย 10 ตัวอย่าง (เพื่อนำค่าที่ได้มาคำนวณเป็นค่าเฉลี่ย) ของแต่ละชุดการทดลอง



ภาพที่ 2-2 แผนภาพสรุปการใส่ปุ๋ยชีวภาพอัดเม็ดแปลงผักบุ้งจีนและผักกาดเขียวพันธุ์ชุนฉ่าย

3.2.3 สรุปวิธีการดำเนินงานการทดสอบศักยภาพการเจริญเติบโตของพืชผักบุ้งจีนและผักกาดเขียวพันธุ์ชุนฉ่าย

ขั้นตอนแรกจัดเตรียมวัสดุ เปลือกปู มูลไก่ และมูลวัว แล้วคำนวณอัตราส่วนผสม C/N Ratio และใช้ปูนขาวเป็นวัสดุผสมช่วยในการอัดเม็ด ทำการอัดเม็ดปุ๋ยแต่ละสูตรและดูความสามารถในการอัดเม็ดแล้วเลือกมา อย่างละ 1 สูตร เสร็จแล้วทำการปลูกพืชผักบุ้งจีนกับผักกาดเขียว และกำหนดอัตราส่วน C/N Ratio ในแต่ละแปลงจะมีการทดลองแปลงละ 3 ซ้ำ หลังจากนั้นทำการวัดการเจริญเติบโตโดยการชั่งน้ำหนักสด การวัดความสูงของต้น และการวัดความยาวของรากแต่ละชนิด และทำการบันทึกผลทุกสัปดาห์ แสดงดังแผนภาพที่ 2-2

ภาพที่ 2-3 แผนภาพสรุปวิธีการดำเนินงานการทดสอบศักยภาพการเจริญเติบโตของพืชผักบุ้งจีนและผักกาดเขียวพันธุ์ชุนฉ่าย

3.3 การศึกษาศักยภาพของปุ๋ยชีวภาพอัดเม็ดจากเปลือกปูผสมกับมูลสัตว์สำหรับการปลูกผักสวนครัว

3.3.1 การทดลองปลูกผักกวางตุ้งฮ่องเต้ คะน้า และ พริกขี้หนู

1) การเตรียมดิน นำแกลบมารองก้นกระถางและดินร่วนใส่ในกระถาง (ถ้าดินเป็นกรดให้ปรับสภาพดินก่อนโรยปูนขาว อาจมากหรือน้อย ขึ้นอยู่กับความเป็นกรด-ด่างของดิน)

2) การเพาะเมล็ดผักกวางตุ้งฮ่องเต้ และ พริกขี้หนู โดยไม่ต้องนำเมล็ดพันธุ์แช่น้ำก่อนปลูกแต่ผักคะน้าต้องแช่น้ำนาน 6 - 12 ชั่วโมง เพื่อให้เมล็ดพันธุ์ผักคะน้าดูดซับน้ำเข้าไปในเมล็ด ต่อจากนั้นนำดินใส่ในถาดหลุมเพาะ กลบเมล็ดพันธุ์ผักคะน้าหนาพอประมาณของความหนาของเมล็ดหรือประมาณ 0.5 – 1 เซนติเมตร 3 - 4 วันเมล็ดเริ่มงอก

3) การผสมดินปลูก นำดิน แกลบ และ ขุยมะพร้าว มาผสมในอัตราส่วน 3 : 1 : 1 โดยใช้เครื่องผสมดินมาผสมให้เข้ากัน

3.3.2 การกำหนดปริมาณการใส่ปุ๋ยชีวภาพอัดเม็ด

ชุดการทดลอง สูตรที่ 1 เปลือกปู : มูลแพะ (อัตราส่วน 0.125 : 1) สูตรที่ 2 เปลือกปู : มูลนกกระทา (อัตราส่วน 0.125 : 1) สูตรที่ 3 เปลือกปู : มูลค้างคาว (อัตราส่วน 0.125 : 1) สูตรที่ 4 เปลือกปู : มูลแพะ : มูลนกกระทา : มูลค้างคาว (อัตราส่วน 0.125 : 1:0.125 : 0.5) โดยชั่งน้ำหนักปุ๋ย 10 20 และ 30 กรัม ใส่กระถางพริกขี้หนู และชั่งน้ำหนักปุ๋ย 5 10 และ 15 กรัม

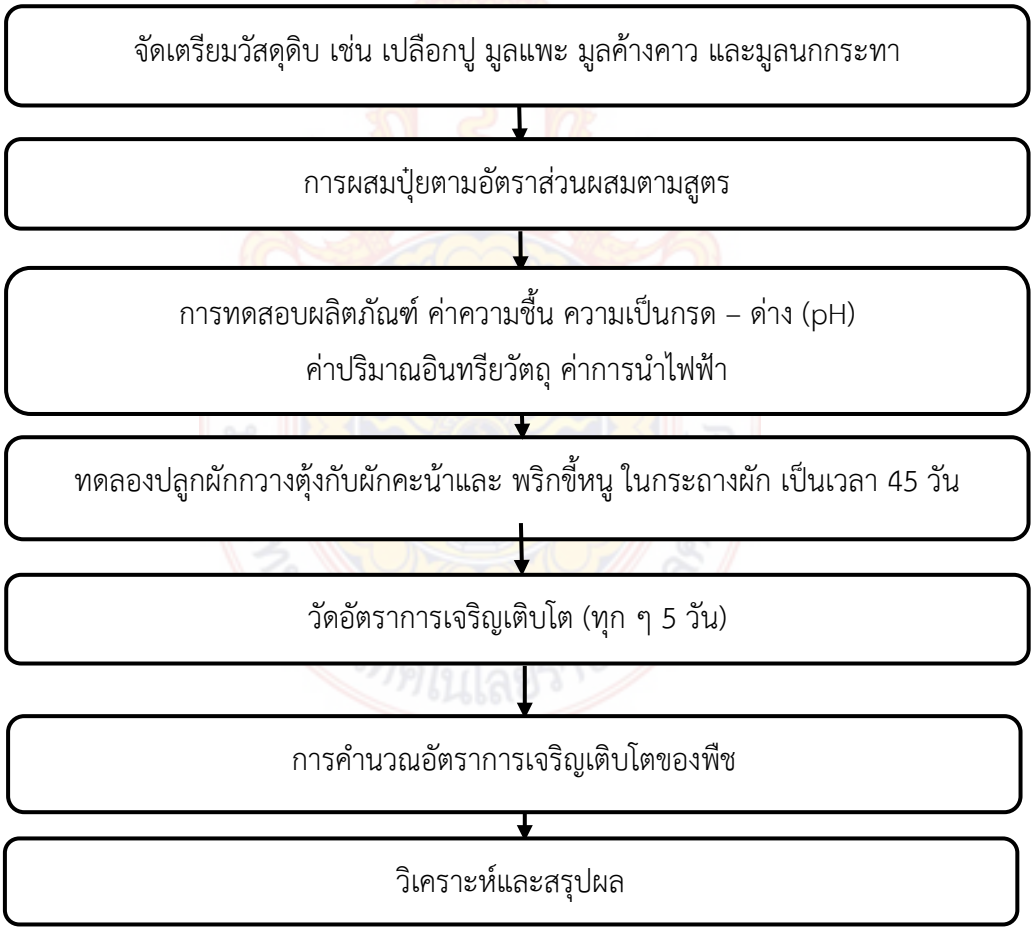
ใส่ในกระถางผักกวางตุ้งฮ่องเต้ ผักคะน้า เหตุผลที่ใส่ปริมาณไม่เท่ากัน เพราะผักกวางตุ้งฮ่องเต้และผักคะน้าเป็นพืชที่มีการเก็บเกี่ยวระยะสั้นเพียง 45 วันเท่านั้น แต่พริกขี้หนูมีระยะเก็บเกี่ยวอยู่ที่ประมาณ 90 วัน จึงทำให้ใส่ปริมาณปุ๋ยไม่เท่ากัน

3.3.3 การวัดอัตราการเจริญเติบโต

การวัดอัตราการเจริญเติบโตของผักกวางตุ้งฮ่องเต้ ผักคะน้า และ พริกขี้หนู เป็นระยะเวลา 45 วัน งานวิจัยนี้จะทำการศึกษาด้วยการวัดความกว้างของใบ ความยาวของใบ ความสูงของลำต้น โดยทำการบันทึกผลทุก ๆ 5 วัน โดยทำการวัดความกว้าง ความยาวของใบ ความสูง และทำการบันทึกผลทุกสัปดาห์

3.3.3 สรุปวิธีการดำเนินงานการศึกษาศักยภาพของปุ๋ยชีวภาพอัดเม็ดจากเปลือกปูผสมกับมูลสัตว์สำหรับการปลูกผักสวนครัว

แผนภาพสรุปวิธีการดำเนินงานวิจัย แสดงดังภาพที่ 2-4 ขั้นตอนแรกจัดเตรียมวัสดุเปลือกปู มูลแพะ และ มูลนกกระทา แล้วคำนวณอัตราส่วนผสม และใช้ปูนขาวเป็นวัสดุผสมช่วยในการอัดเม็ด ทำการอัดเม็ดปุ๋ยแต่ละสูตรเพื่อดูความสามารถในการอัดเม็ด จากนั้นทำการปลูกผักกวางตุ้งฮ่องเต้ ผักคะน้า และพริกขี้หนู หลังจากนั้นทำการวัดการเจริญเติบโตโดยการวัดความกว้างใบ ความยาวใบ ความสูงของลำต้น เพื่อศึกษาศักยภาพของปุ๋ยชีวภาพอัดเม็ดผสมมูลสัตว์



ภาพที่ 2-4 แผนภาพสรุปวิธีการดำเนินงานการศึกษาศักยภาพของปุ๋ยชีวภาพอัดเม็ดจากเปลือกปูผสมกับมูลสัตว์สำหรับการปลูกผักสวนครัว

3.4 การเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของผักวอเตอร์เครสและคุณภาพน้ำในระบบอควาโปนิกส์

3.4.1 การเตรียมบ่อเลี้ยงปลาดุก

การทำความสะอาดบ่อสำหรับการเลี้ยงปลาดุกขนาดของบ่อความกว้าง 60 เซนติเมตร ความยาว 12 เมตร และ ความลึก 60 เซนติเมตร เติมน้ำใส่บ่อความลึก 50 เซนติเมตร โดยชุดการทดลองที่มีการเลี้ยงปลาดุกทำการปล่อยปลาดุก จำนวน 250 ตัว ในแต่ละบ่อ ณ ศูนย์ถ่ายทอดเทคโนโลยีการกำจัดขยะและบำบัดน้ำเสีย อันเนื่องมาจากพระราชดำริภาคใต้ ภายในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตตรัง

3.4.2 การเตรียมแปลงผักไฮโดรโปรนิกส์

การเตรียมพื้นที่และการเตรียมท่อพีวีซี เส้นผ่าศูนย์กลางขนาด 3 นิ้ว ที่เจาะให้เป็นรูวงกลม และ ระยะห่างของแต่ละรู 1.5 เซนติเมตร จำนวน 12 เส้น โดยแบ่งชุดการทดลองออกเป็น 3 ชุดการทดลอง ชุดการทดลองที่ 1 บ่อน้ำธรรมดา ชุดการทดลองที่ 2 บ่อน้ำจากการเลี้ยงปลาดุก และชุดการทดลองที่ 3 บ่อน้ำจากการเลี้ยงปลาดุกเติมปุ๋ยชีวภาพจากเปลือกปู นำต้นกล้าผักวอเตอร์เครสมาใส่ในถ้วยสำหรับปลูกผักไฮโดรโปนิกส์และนำไปใส่รูท่อที่ได้จัดเตรียมไว้ วิธีการใส่ต้นกล้าจะใส่รูเว้นรูของท่อและทำการเปิดปั้มน้ำเพื่อหมุนเวียนน้ำเข้าสู่ระบบในช่วงระยะเวลากลางวัน

3.4.3 การเตรียมโรงเรือนผักไฮโดรโปรนิกส์

ทำการเตรียมพื้นที่ ขนาดความกว้าง 4 เมตร ความยาว 5 เมตร รูปเหลี่ยมมุมฉาก ฝังเสาความยาว 3 เมตร ลงไปในดิน 1 เมตร ทั้ง 4 ด้าน เพื่อเป็นเสาโรงเรือนใช้มุ้งสีฟ้านำมาเย็บให้มีขนาดเท่ากับขนาดของพื้นที่โดยมีความกว้าง 4 เมตร ความยาว 5 เมตร และ ความสูง 2 เมตร เย็บเป็นลักษณะคล้ายมุ้งและนำมาครอบลงในเสา

3.4.4 การติดตั้งระบบอควาโปนิกส์เพื่อทำการเพาะปลูกผักอควาโปนิคส์

การปลูกพืชโดยใช้ท่อพีวีซี ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3 นิ้ว วางท่อปลูกเรียงกันจำนวน 5 เส้น ความยาว 3 เมตร ระยะห่างท่อ 10 เซนติเมตร ชุดการทดลองที่ 1 มี 7 ท่อ จำนวนต้น 100 ต้น ระยะห่างระหว่างรู 1.5 เซนติเมตร ชุดการทดลองที่ 2 มีท่อ 5 ท่อ จำนวนต้น 100 ต้น ระยะห่างระหว่าง 1.5 เซนติเมตร และชุดการทดลองที่ 3 มีท่อ 5 ท่อ จำนวน 100 ต้น ระยะห่างระหว่างรู 1.5 เซนติเมตร และติดตั้งรางปลูกพืชเข้ากับหน่วยการทดลอง รายละเอียดในการติดตั้งระบบสำหรับการเปรียบเทียบของการปลูกพืชในระบบอควาโปนิกส์

3.4.5 ขั้นตอนการเดินระบบควาโปนิกส์

สูบน้ำจากบ่อเลี้ยงปลาดุกเข้าสู่รางปลูกพืชแต่ละชุดการทดลองเพื่อให้น้ำไหลเข้าสู่รางปลูกพืช และไหลกลับเข้าสู่บ่อเลี้ยงปลาดุกอีกครั้ง

3.4.6 การวัดอัตราการเจริญเติบโต

การวัดอัตราการเจริญเติบโตของผักวอเตอร์เครสของงานวิจัยนี้จะทำการศึกษาโดยการชั่งหนักสด การวัดความสูงของลำต้น การวัดความยาวราก และ อัตราการรอด อัตราการตาย ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1) เก็บตัวอย่างเพื่อชั่งน้ำหนักสด เก็บข้อมูล ผักวอเตอร์เครสทุกๆ 15 วัน เป็นจำนวน 3 ครั้ง เก็บข้อมูลในช่วงเวลา 07.00 น. เพื่อนำมาวิเคราะห์ข้อมูล

2) การวัดความสูงของลำต้นผักวอเตอร์เครสทุกๆ 5 วัน เป็นระยะ 40 วัน จำนวน 8 ครั้ง วัดผลเวลา 15.00 น. เพื่อนำมาวิเคราะห์ข้อมูลการเจริญเติบโตของลำต้น

3) การวัดความยาวรากของผักวอเตอร์เครสทุก 5 วัน เป็นระยะเวลา 40 วัน จำนวน 8 ครั้ง วัดผลเวลา 15.00 น เพื่อนำมาวิเคราะห์ข้อมูลการเจริญเติบโตของความยาวราก

3.4.7 การปลูกพืชทดลอง

1) การเตรียมต้นกล้า

การเตรียมฟองน้ำสำหรับปักชำต้นกล้าในฟองน้ำที่ซื้อตามร้านสะดวกซื้อทั่วไป มีความหนาของฟองน้ำที่นำมาใช้ 1 นิ้ว และใช้คัดเตอร์ตัดเป็นรูปสี่เหลี่ยมเล็ก ๆ ขนาดช่องรูปสี่เหลี่ยมความกว้าง 1 นิ้ว ความยาว 1 นิ้ว เมื่อวัดขนาดเป็นช่องสี่เหลี่ยมแล้วใช้มีดคัดเตอร์กรีดภายในช่องสี่เหลี่ยมในรูปเครื่องหมายกากบาท เพื่อง่ายต่อการเพาะปักน้ำใส่ลงถาดเพาะ และนำฟองน้ำใส่ลงถาดหลังจากนั้นใช้มีดกดฟองน้ำชุ่มน้ำ และ เตรียมการปักชำยอดได้ทำการปักชำยอด โดยการตัดยอดผักโดยมีขนาดความยาวของลำต้น 5 เซนติเมตร นำยอดผักวอเตอร์เครสมาปักลงในฟองน้ำช่องละ 1 ต้น โดยใส่จนครบหมดจำนวนที่ต้องการ แล้ว รดน้ำลงฟองน้ำให้ชุ่มอีกครั้งทุกวัน โดยมีการเปลี่ยนถ่ายน้ำในถาดเพาะทุกวัน และ สังเกตการเปลี่ยนแปลงของการเจริบเติบโตของผักครบกำหนด 15 วัน แล้วนำต้นกล้ามาใส่ลงถ้วยดำ (ถ้วยสำหรับปลูกผักไฮโดรโปรนิกส์) และนำมาใส่ชุดการทดลองที่จัดการเตรียมการลงปลูก

2) การเก็บตัวอย่างน้ำ

เก็บตัวอย่างน้ำก่อนเข้าหน่วยชุดการทดลอง 3 ตัวอย่าง และระยะดำเนินการทดลองแบ่งชุดการทดลอง 3 ชุดการทดลอง โดยชุดการทดลองที่ 1 น้ำธรรมดา ชุดการทดลองที่ 2 น้ำจากการเลี้ยงปลาดุก และชุดการทดลองที่ 3 น้ำจากการเลี้ยงปลาดุกเติมปุ๋ยชีวภาพจากเปลือกปู โดยวิธีการเก็บตัวอย่างน้ำทุก ๆ 5 วัน จำนวน 5 ครั้ง เพื่อนำน้ำมาวิเคราะห์ตามพารามิเตอร์ที่กำหนดไว้

3) การวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

น้ำตัวอย่างก่อนทำการทดลอง และตัวอย่างน้ำระหว่างดำเนินการทดลอง คือ น้ำธรรมดา น้ำจากการเลี้ยงปลาดุก และ น้ำจากการเลี้ยงปลาดุกเติมปุ๋ยชีวภาพจากเปลือกปู นำมาวิเคราะห์คุณภาพน้ำ 5 พารามิเตอร์ เพื่อเปรียบเทียบผลการทดลองแต่ละพารามิเตอร์ คุณภาพน้ำที่ทำการวิเคราะห์ แสดงดังตารางที่ 2-2

ตารางที่ 2-2 พารามิเตอร์คุณภาพน้ำที่วิเคราะห์

พารามิเตอร์คุณภาพน้ำ (หน่วย)	วิธีการวิเคราะห์ (เครื่องมือ)	หมายเหตุ
อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	วัดด้วยเครื่อง เทอร์โมมิเตอร์	ภาคสนาม
ความเป็นกรดเป็นด่าง	วัดด้วยเครื่อง pH meter	ภาคสนาม
DO (มิลลิกรัมต่อลิตร)	วัดด้วยเครื่อง DO meter	ภาคสนาม
TDS (มิลลิกรัมต่อลิตร)	วัดด้วยเครื่อง TDS meter	ภาคสนาม
BOD (มิลลิกรัมต่อลิตร)	วิเคราะห์จากห้องปฏิบัติการ	ห้องปฏิบัติการ

4) การเปรียบเทียบคุณภาพน้ำธรรมดา น้ำจากการเลี้ยงปลาดุก และน้ำจากการเลี้ยงปลาดุกเติมปุ๋ยชีวภาพจากเปลือกปู ดูการเจริญเติบโตของผักวอเตอร์เครสจากการใช้น้ำธรรมดา น้ำจากการเลี้ยงปลาดุก และน้ำจากการเลี้ยงปลาดุกเติมปุ๋ยชีวภาพจากเปลือกปู

4. การประเมินกระบวนการผลิต ต้นทุน และมูลค่าการซื้อขายผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพอัดเม็ดจากเปลือกปู

4.1 การประเมินผลกระบวนการผลิตปุ๋ยชีวภาพอัดเม็ดจากเปลือกปู

การประเมินผลการวิจัยหลังสิ้นสุดการดำเนินงานเพื่อพิจารณาถึงผลสำเร็จของการดำเนินงาน โดยมีการประเมินกระบวนการผลิต ต้นทุน และมูลค่าการซื้อขายผลิตภัณฑ์ปุ๋ยเม็ดชีวภาพจากเปลือกปู โดยอาจมีการพิจารณาร่วมกับปัจจัยต่าง ๆ เช่น ด้านเทคนิค ด้านเศรษฐศาสตร์ ด้านสิ่งแวดล้อม ด้านประโยชน์ที่จะได้รับ และ/หรือ ปัจจัย อื่น ๆ (ที่อาจพิจารณาเพิ่มเติมหรือปรับลดให้เหมาะสมกับการใช้งานจริง ตลอดจนการประเมินจากความพึงพอใจของผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพอัดเม็ดจากเปลือกปู จากชาวบ้านกลุ่มผู้ร่วมทดสอบ และ/หรือ ผู้ที่สนใจนำไปทดลองใช้) โดยการประยุกต์ใช้วิธีการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการวิจัยด้วยการวิเคราะห์การตัดสินใจแบบหลายหลักเกณฑ์ (Multi-Criteria Decision Analysis: MCDA) Challcharoenwattana and Pharino 2016, Soltani et al., 2015, Gerfi et al., 2009, Kapepula et al., 2007 and Chung and Poon, 1996)

4.2 การถ่ายทอดเทคโนโลยีและการสรุปผลการดำเนินงานวิจัย

การออกแบบบรรจุภัณฑ์สำหรับผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพอัดเม็ดจากเปลือกปู การถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่กลุ่มเป้าหมายด้วยวิธีการต่าง ๆ เช่น การบริการวิชาการในรูปแบบของการประชุม ฝึกอบรม ให้แก่ กลุ่มผู้นำชุมชน ชาวบ้าน หรือ ผู้ที่สนใจ การถ่ายทอดเทคโนโลยีผ่านสื่อสารสนเทศต่าง ๆ เช่น การเผยแพร่ทางเวปไซน์ของคณะฯ หรือ มหาวิทยาลัย การจัดทำสิ่งพิมพ์เผยแพร่ผลงานวิจัย เป็นต้น ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลต่าง ๆ ที่เป็นประโยชน์ เพื่อประกอบการสรุปผลการดำเนินงานวิจัย

5. สถานที่ทำการทดลอง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตตรัง

บทที่ 3
ผลการวิจัย และ วิจารณ์ผล
(Result and Discussion)

จากการดำเนินงานวิจัยตามวิธีการดำเนินดำเนินงานวิจัยที่มีการวางแผนการดำเนินงานที่มีความเชื่อมโยง และ/หรือ มีการดำเนินงานที่มีความเกี่ยวเนื่องกันของวิธีการดำเนินงาน ตั้งแต่ในส่วนของการศึกษากระบวนการรวบรวมวัตถุดิบในการผลิตปุ๋ยชีวภาพจากเปลือกปู และการเพาะพันธุ์พืชผักสวนครัว เป็นการศึกษาเพื่อเก็บข้อมูลเบื้องต้นที่สำคัญในการปลูกผักสวนครัว ซึ่งงานวิจัยนี้เป็นการศึกษาเพื่อพัฒนาปุ๋ยชีวภาพจากเปลือกปู โดยมีรูปแบบการการดำเนินงาน 2 รูปแบบ รูปแบบที่หนึ่งคือการปลูกผักสวนครัวแบบทั่วไป และรูปแบบที่สอง คือการปลุกผักด้วยระบบควาโปนิกส์ ประกอบกับการแบ่งสัดส่วนในการใช้ปุ๋ยชีวภาพจากเปลือกปู ต่อเนื่องด้วยการศึกษาการเจริญเติบโตของผักส่วนครัว โดยมีรายละเอียดผลการดำเนินงานวิจัยแสดงดังต่อไปนี้

ข้อมูลการเก็บรวมรวบเปลือกปูการเก็บรวบรวมเปลือกปูในระยะเวลา 1 เดือน ได้มีการชั่งน้ำหนักจำนวน 5 ครั้ง จากสถานที่เก็บรวบรวมเปลือกปูจำนวน 2 แห่ง คือ บ้านฉางหลาง และ ท่าเทียบเรือเกาะมุกด์ ข้อมูลค่าเฉลี่ยน้ำหนักเปลือกปู (แห้ง) แสดงดังตารางที่ 3-1

ตารางที่ 3-1 ค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งของเปลือกปูที่ก่อเกิดจากการแกะเนื้อปู

สถานที่	ค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้ง (กิโลกรัมต่อวัน)
บ้านฉางหลาง	16.66
ท่าเทียบเรือเกาะมุกด์	49.51

1. การศึกษาแนวทางการออกแบบกระบวนการผลิตปุ๋ยชีวภาพอัดเม็ดจากเปลือกปูสำหรับอุตสาหกรรมในครัวเรือนและวิสาหกิจชุมชน

1.1 การศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมต่อการผลิตปุ๋ยชีวภาพอัดเม็ดจากเปลือกปู

การนำ เปลือกปู มูลวัว มูลไก่ มาบดด้วยเครื่องบดไฟฟ้าให้ละเอียด มาผสมกันเพื่อทำการผลิตปุ๋ยชีวภาพอัดเม็ด และการใช้ปูนขาวจากเปลือกหอย เป็นวัตถุดิบผสมในการช่วยการขึ้นรูป ชั่งน้ำหนักปริมาณวัสดุส่วนผสมตามอัตราส่วน และทำการอัดเม็ดปุ๋ยชีวภาพ แต่ไม่สามารถทำการขึ้นรูปของปุ๋ยชีวภาพอัดเม็ดจากเปลือกปูได้ เนื่องจากวัสดุดิบส่วนผสมมีขนาดไม่เท่ากัน ทำให้ไม่สามารถขึ้นรูปได้ตามที่ต้องการ แก้ปัญหาโดยการนำวัสดุดิบที่ผ่านการบดแล้วนำมาร่อนด้วยตะแกรงร่อนแป้ง ขนาด 0.253 มิลลิเมตร (ขนาดไม่เกินกว่า 1 มิลลิเมตร) เพื่อให้ได้วัสดุดิบที่มีขนาดเล็กลง และใกล้เคียงกัน มาผสมกันเพื่อทำการผลิตปุ๋ยชีวภาพอัดเม็ดอีกครั้ง โดยกำหนดปริมาณปูนขาว 100 กรัม และปริมาณน้ำ 700 มิลลิลิตร ของอัตราส่วน จากการทดลองอัดเม็ดปุ๋ยชีวภาพ พบว่าทุกสูตรสามารถทำการอัดเม็ดได้ แต่เมื่อศึกษาคุณสมบัติของปุ๋ยชีวภาพอัดเม็ดจากเปลือกปูเพื่อเทียบกับมาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์โดยมีการวิเคราะห์

ค่าความเป็นกรด – ด่าง (pH), ความชื้น, ค่าการนำไฟฟ้า (Conductivity), และ ปริมาณอินทรียวัตถุ (Organic Matter) พบว่าผลการทดลองมีค่าเกินมาตรฐานที่กำหนด จึงทำการลดปริมาณปูนขาว จาก 100 กรัม เป็น 50 กรัม ต่อ 1 กิโลกรัมของวัสดุดิบ และปริมาณน้ำ 500 มิลลิลิตร ต่อ 1 กิโลกรัมของวัสดุดิบ การขึ้นรูปโดยการชั่งน้ำหนัก เปลือกปู มูลวัว มูลไก่ ตามปริมาณอัตราส่วน และทำการศึกษาคุณสมบัติของปุ๋ยชีวภาพอัดเม็ดเพื่อเทียบกับมาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ เพื่อการคัดเลือกสูตรที่เหมาะสมในการศึกษาการเจริญเติบโตของผักกาดเขียว พันธุ์ชุนฉ่าย ผักบุ้งจีน ซึ่งมีรายละเอียดของอัตราส่วนของวัสดุดิบ ดังต่อไปนี้

1.1 การผสมเปลือกปูกับมูลไก่

1) การนำ มูลไก่ เปลือกปูที่ผ่านการร่อนด้วยตะแกรงร่อนแป้ง ขนาด 0.253 มิลลิเมตร มาผสมกันเพื่อทำการผลิตปุ๋ยชีวภาพอัดเม็ด และการใช้ปูนขาวจากเปลือกหอย เป็นวัตถุดิบผสมในการช่วยการขึ้นรูปโดยชั่งน้ำหนักเปลือกปูกับมูลไก่ตามปริมาณอัตราส่วน แสดงดังตารางที่ 3-2

ตารางที่ 3-2 อัตราส่วนผสมของเปลือกปูกับมูลไก่

ลำดับสูตรที่	วัสดุส่วนผสม	อัตราส่วน	ปูนขาว (กรัม)	ปริมาณน้ำ (มิลลิลิตร)	การผสมปุ๋ย 1 กิโลกรัม/อัตรา (กรัม/มิลลิลิตร)
1	เปลือกปู : มูลไก่	1 : 1	50	500	เปลือกปู 500 : มูลไก่ 500
2	เปลือกปู : มูลไก่	1 : 0.50	50	500	เปลือกปู 670 : มูลไก่ 330
3	เปลือกปู : มูลไก่	1 : 0.25	50	500	เปลือกปู 800 : มูลไก่ 200

2) การนำส่วนผสมที่ผสมตามอัตราส่วน นำมาการอัดเม็ดปุ๋ยด้วยเครื่องบดมือหมุน และนำปุ๋ยที่ผ่านการอัดเม็ดตากแดดให้แห้งเป็นระยะเวลาประมาณ 5 – 7 วัน (ขึ้นอยู่กับสภาพภูมิอากาศ) แสดงดังภาพที่ 3-1 และ ภาพที่ 3-2

ภาพที่ 3-1 การอัดเม็ดปุ๋ยด้วยเครื่องบดมือหมุน

ภาพที่ 3-2 ปุ๋ยชีวภาพชุดการทดลองเปลือกปูกับมูลไก่ (อัตราส่วน 1:0.5)

1.2 การผสมเปลือกปูกับมูลวัว

1) การนำมูลวัว เปลือกปูที่ผ่านการร่อนด้วยตะแกรงร่อนแป้ง ขนาด 0.253 มิลลิเมตร มาผสมกันเพื่อทำการผลิตปุ๋ยชีวภาพอัดเม็ด และการใช้ปูนขาวจากเปลือกหอย เป็นวัตถุดิบผสมในการช่วยการขึ้นรูปโดยชั่งน้ำหนักเปลือกปูกับมูลวัวตามปริมาณอัตราส่วน แสดงดังตารางที่ 3-3 และผสมรวมกันแสดงภาพที่ 3-3

ตารางที่ 3-3 อัตราส่วนผสมของเปลือกปูกับมูลวัว

ลำดับสูตรที่	วัสดุส่วนผสม	อัตราส่วน	ปูนขาว (กรัม)	ปริมาณน้ำ (มิลลิลิตร)	การผสมปุ๋ย 1 กิโลกรัม/อัตรา (กรัม/มิลลิลิตร)
1	เปลือกปู : มูลวัว	1 : 1	50	500	เปลือกปู 500 : มูลวัว 500
2	เปลือกปู : มูลวัว	1 : 0.50	50	500	เปลือกปู 670 : มูลวัว 330
3	เปลือกปู : มูลวัว	1 : 0.25	50	500	เปลือกปู 800 : มูลวัว 200

ภาพที่ 3-3 การผสมปุ๋ยเปลือกปู มูลวัว (อัตราส่วน 1:1)

2) การนำส่วนผสมเปลือกปูกับมูลวัวที่ผสมตามอัตราส่วน นำมาการอัดเม็ดปุ๋ยด้วยเครื่องบดมือหมุน (แสดงดังภาพที่ 3-4) และนำปุ๋ยที่ผ่านการอัดเม็ดตากแดดให้แห้งเป็นระยะเวลาประมาณ 5 – 7 วัน (ขึ้นอยู่กับสภาพภูมิอากาศ) แสดงดังภาพที่ 3-4

ภาพที่ 3-4 ปุ๋ยชีวภาพอัดเม็ดเปลือกปูกับมูลวัว

1.3 การผสมเปลือกปู มูลวัว และมูลไก่

1) การนำมูลวัว มูลไก่ และเปลือกปูที่ผ่านการร่อนด้วยตะแกรงร่อนแป้ง ขนาด 0.253 มิลลิเมตร มาผสมกันเพื่อทำการผลิตปุ๋ยชีวภาพอัดเม็ด และการใช้ปูนขาวจากเปลือกหอย เป็นวัตถุดิบผสมในการช่วยการขึ้นรูปโดยการชั่งน้ำหนักเปลือกปู มูลวัว และมูลไก่ตามปริมาณอัตราส่วน แสดงดังตารางที่ 3-4

ตารางที่ 3-4 อัตราส่วนผสมของเปลือกปู มูลวัว และมูลไก่

ลำดับ	วัสดุส่วนผสม	อัตราส่วน	ปูนขาว (กรัม)	ปริมาณน้ำ (มิลลิลิตร)	การผสมปุ๋ย 1 กิโลกรัม/อัตรา (กรัม/มิลลิลิตร)
1	เปลือกปู : มูลวัว :มูลไก่	1 : 1: 1	50	500	333 : 333 : 333
2	เปลือกปู : มูลวัว :มูลไก่	1 : 0.50: 0.50	50	500	500 : 250 : 250
3	เปลือกปู : มูลวัว :มูลไก่	1 : 0.25: 0.25	50	500	670 : 165 : 165

2) การนำส่วนผสมเปลือกปูกับมูลวัวที่ผสมตามอัตราส่วน นำมาการอัดเม็ดปุ๋ยด้วยเครื่องบดมือหมุน และนำปุ๋ยที่ผ่านการอัดเม็ดตากแดดให้แห้งเป็นระยะเวลาประมาณ 5 – 7 วัน (ขึ้นอยู่กับสภาพภูมิอากาศ) แสดงดังภาพที่ 3-5

ภาพที่ 3-5 ปุ๋ยชีวภาพอัดเม็ดเปลือกปู มูลวัว และมูลไก่

1.4 การผสมเปลือกปู

1) การนำเปลือกปูที่ผ่านการร่อนด้วยตะแกรงร่อนแป้ง ขนาด 0.253 มิลลิเมตร มาผสมกันเพื่อทำการผลิตปุ๋ยชีวภาพอัดเม็ด และการใช้ปูนขาวจากเปลือกหอย เป็นวัตถุดิบผสมในการช่วยการขึ้นรูปชั่งน้ำหนักเปลือกปู ตามปริมาณอัตราส่วน แสดงดังตารางที่ 3-5

ตารางที่ 3-5 อัตราส่วนผสมของเปลือกปู

ลำดับ	วัสดุส่วนผสม	อัตราส่วน	ปูนขาว (กรัม)	ปริมาณน้ำ (มิลลิลิตร)	การผสมปุ๋ย 1 กิโลกรัม (กรัม/มิลลิลิตร)
1	เปลือกปู	1 : 0	50	500	เปลือกปู 1000

2) การนำส่วนผสมเปลือกปูที่ผสมตามอัตราส่วน นำมาการอัดเม็ดปุ๋ยด้วยเครื่องบดมือหมุน และนำปุ๋ยที่ผ่านการอัดเม็ดตากแดดให้แห้งเป็นระยะเวลาประมาณ 5 – 7 วัน (ขึ้นอยู่กับสภาพภูมิอากาศ) แสดงดังภาพที่ 37

ภาพที่ 3-6 ปุ๋ยชีวภาพอัดเม็ดเปลือกปู

1.5 การผสมมูลวัว

1) การนำมูลวัวที่ผ่านการร่อนด้วยตะแกรงร่อนแป้ง ขนาด 0.253 มิลลิเมตร มาผสมกันเพื่อทำการผลิตปุ๋ยชีวภาพอัดเม็ด และการใช้ปูนขาวจากเปลือกหอย เป็นวัตถุดิบผสมในการช่วยการขึ้นรูป ทำการชั่งน้ำหนักมูลวัว ตามปริมาณอัตราส่วนอัตราส่วน แสดงดังตารางที่ 3-6

ตารางที่ 3-6 อัตราส่วนผสมของมูลวัว

ลำดับ	วัสดุส่วนผสม	อัตราส่วน	ปูนขาว (กรัม)	ปริมาณน้ำ (มิลลิลิตร)	การผสมปุ๋ย 1 กิโลกรัม/อัตรา (กรัม/มิลลิลิตร)
1	มูลวัว	1 : 0	50	500	มูลวัว 1000

2) การนำมูลวัวผสมตามอัตราส่วน นำมาการอัดเม็ดปุ๋ยด้วยเครื่องบดมือหมุน และนำปุ๋ยที่ผ่านการอัดเม็ดตากแดดให้แห้งเป็นระยะเวลาประมาณ 5 – 7 วัน (ขึ้นอยู่กับสภาพภูมิอากาศ) แสดงดังภาพที่ 3-7

ภาพที่ 3-7 ปุ๋ยชีวภาพอัดเม็ดมูลวัว

1.6 การผสมมูลไก่

1) การนำมูลไก่ที่ผ่านการร่อนด้วยตะแกรงร่อนแป้ง ขนาด 0.253 มิลลิเมตร มาผสมกันเพื่อทำการผลิตปุ๋ยชีวภาพอัดเม็ด และการใช้ปูนขาวจากเปลือกหอย เป็นวัตถุดิบผสมในการช่วยการขึ้นรูป ทำการชั่งน้ำหนักมูลไก่ ตามปริมาณอัตราส่วนอัตราส่วน แสดงดังตารางที่ 3-7

ตารางที่ 3-7 อัตราส่วนผสมของมูลไก่

ลำดับ	วัสดุส่วนผสม	อัตราส่วน	ปูนขาว (กรัม)	ปริมาณน้ำ (มิลลิลิตร)	การผสมปุ๋ย 1 กิโลกรัม/อัตรา (กรัม/มิลลิลิตร)
1	มูลไก่	1 : 0	50	500	มูลไก่ 1000

2) การนำมูลไก่ผสมตามอัตราส่วน นำมาการอัดเม็ดปุ๋ยด้วยเครื่องบดมือหมุน และนำปุ๋ยที่ผ่านการอัดเม็ดตากแดดให้แห้งเป็นระยะเวลาประมาณ 5 – 7 วัน (ขึ้นอยู่กับสภาพภูมิอากาศ) แสดงดังภาพที่ 3-8

ภาพที่ 3-8 ปุ๋ยชีวภาพอัดเม็ดมูลไก่

1.7 กระบวนการผลิตปุ๋ยชีวภาพอัดเม็ดจากเปลือกปูสำหรับอุตสาหกรรมในครัวเรือนและวิสาหกิจชุมชน

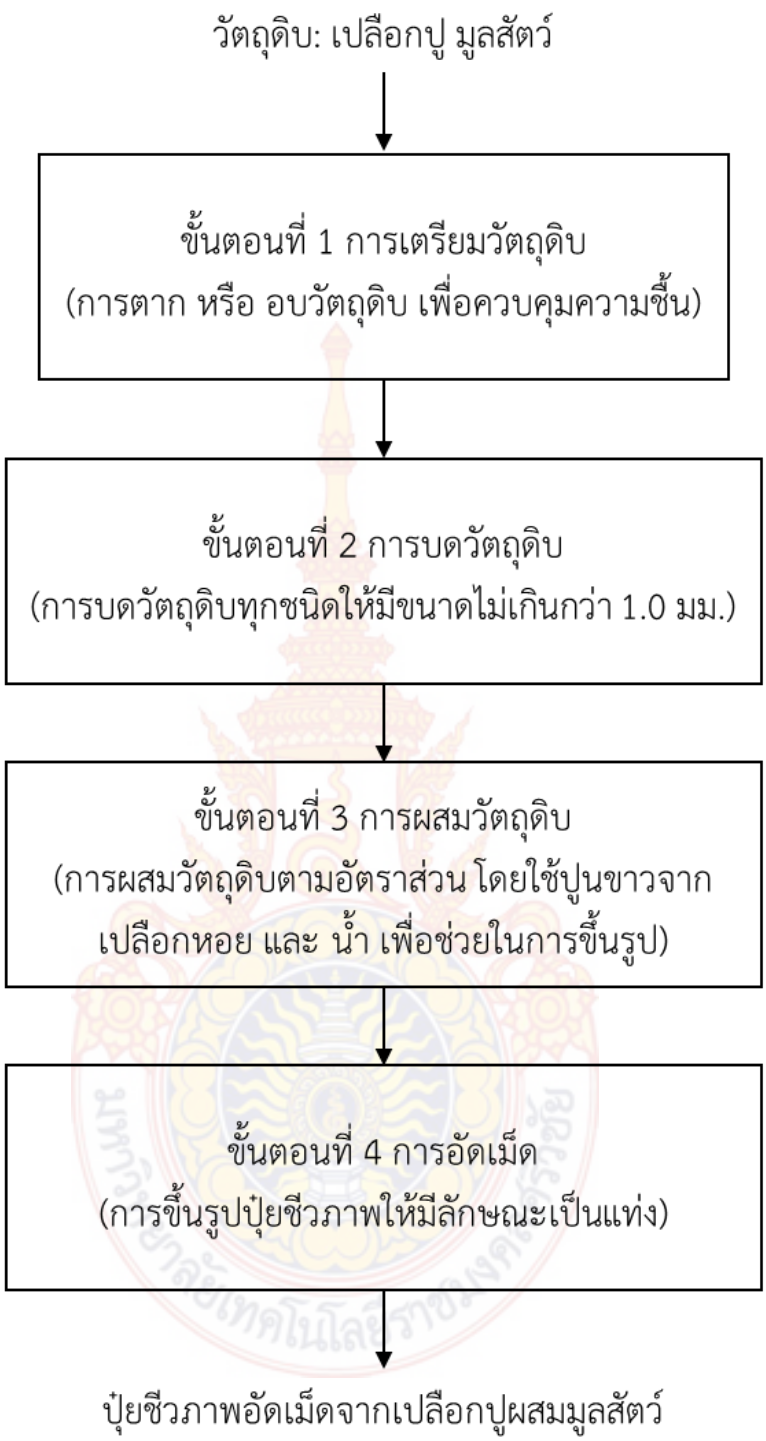
จากการดำเนินการทดลองหากรรมวิธีการผลิตปุ๋ยชีวภาพอัดเม็ดจากเปลือกปู พบว่ากระบวนการผลิตที่ได้จากการดำเนินการวิจัยในครั้งนี้แสดงดังภาพที่ 3-9 โดยรายละเอียดกรรมวิธีการผลิตประกอบด้วยขั้นตอนต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 การเตรียมวัตถุดิบ เป็นขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบที่นำมาใช้เป็นส่วนผสม โดยวัสดุส่วนผสมทุกชนิด ทั้งเปลือกปู มูลสัตว์ จะต้องผ่านขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบโดยการตากให้แห้ง โดยการตากแดด หรือ กระบวนการใช้ความร้อนอื่น ๆ เพื่อควบคุมความชื้นของวัตถุดิบที่นำมาใช้ผลิตปุ๋ย เนื่องจากปริมาณความชื้นส่งผลต่อปริมาณน้ำที่ใช้ในขั้นตอนการผสมก่อนการนำไปอัดเม็ด

ขั้นตอนที่ 2 การบดวัตถุดิบ เป็นขั้นตอนการนำวัตถุดิบทุกชนิดมาบดละเอียด เพื่อให้สามารถทำการอัดเม็ดได้ง่าย ทั้งนี้ขั้นตอนการบดวัตถุดิบจะต้องทำการบดวัตถุดิบทุกชนิดให้มีขนาดไม่เกินกว่า 1.0 มม. โดยอาจใช้ตะแกรงร่อนช่วยในการคัดขนาด ซึ่งการบดวัตถุดิบให้ละเอียดจะช่วยให้การผสมวัตถุดิบมีความสม่ำเสมอมากยิ่งขึ้น

ขั้นตอนที่ 3 การผสมวัตถุดิบ เป็นขั้นตอนการนำวัตถุดิบที่ผ่านการบดละเอียดแล้วตามขั้นตอนที่ 2 โดยคัดเลือกชนิดและปริมาณวัตถุดิบตามอัตราส่วนผสมที่ต้องการ โดยมีการเติมปูนขาวจากเปลือกหอย และ เติมน้ำ เพื่อช่วยในการขึ้นรูป โดยปริมาณน้ำขึ้นอยู่กับชนิดและอัตราส่วนผสมของวัตถุดิบ

ขั้นตอนที่ 4 การอัดเม็ด เป็นขั้นตอนการขึ้นรูปปุ๋ยชีวภาพให้มีลักษณะเป็นแท่ง โดยขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเม็ดปุ๋ยชีวภาพขึ้นอยู่กับขนาดรู้ของแป้นอุปกรณ์อัดเม็ด ทั้งนี้จากการทดลองการอัดเม็ดของงานวิจัยนี้ แนะนำขนาดของเม็ดปุ๋ยชีวภาพ เท่ากับ 4.0 เนื่องจากหากทำการอัดเม็ดให้มีขนาดเล็กกว่านี้จะทำการอัดได้ยาก และ ต้องใช้กำลังอัดสูง แต่หากทำการอัดเม็ดให้มีขนาดเม็ดใหญ่เกินไป จะทำให้เม็ดปุ๋ยไม่แน่น แตกหักง่าย



ภาพที่ 3-9 กระบวนการผลิตปุ๋ยชีวภาพอัดเม็ดจากเปลือกปูผสมมูลสัตว์

2. ผลการวิเคราะห์และทดสอบคุณภาพผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพอัดเม็ดจากเปลือกปู

2.1 การศึกษาคุณสมบัติของปุ๋ยชีวภาพอัดเม็ดจากเปลือกปูเทียบกับค่ามาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์

การศึกษาคุณสมบัติของปุ๋ยชีวภาพอัดเม็ดจากเปลือกปูเพื่อเทียบกับมาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์โดยมีการตรวจวัดค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ คือ ค่าความชื้น ค่าความเป็นกรดด่าง ค่าความนำไฟฟ้า และปริมาณอินทรียวัตถุ ซึ่งมีรายละเอียดของค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

2.1.1 ปริมาณความชื้นและสิ่งที่ระเหยได้

ปกติปุ๋ยหมักควรมีความชื้นอยู่บ้างในปริมาณพอควร โดยทั่วไปจะมีค่าความชื้นที่ 35 เปอร์เซ็นต์ เพราะวัสดุที่สลายตัวแล้วเมื่อแห้งจะอยู่ในสภาพที่ไม่สามารถเปียกน้ำได้ง่าย (imeversible dry) ดังนั้นควรใช้ปุ๋ยก่อนที่จะแห้งสนิท หากปุ๋ยมีความชื้นมากเกินไปจะเป็นปัญหาในการขนส่ง การหาค่าความชื้นในปุ๋ยอินทรีย์ ทำโดยการสุ่มตัวอย่าง มาประมาณ 10 – 20 กรัม นำไปอบแห้ง แล้วจึงชั่งหาน้ำหนักที่หายไป ปริมาณความชื้นในปุ๋ยอินทรีย์ตามสูตรอัตราส่วนผสม จากการวิเคราะห์ค่าความชื้นของปุ๋ยชีวภาพอัดเม็ด 3 ชุดการทดลองแสดงดังตารางที่ 3-8

ตารางที่ 3-8 ค่าปริมาณความชื้นของปุ๋ยชีวภาพอัดเม็ด

ชุดการทดลอง	อัตราส่วน	ค่าความชื้น (เปอร์เซ็นต์)	มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์
1. เปลือกปู : มูลไก่	1 : 1	2.71	ความชื้นไม่เกิน 35 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก
	1 : 0.50	5.22	
	1 : 0.25	3.23	
2. เปลือกปู : มูลวัว	1 : 1	1.20	
	1 : 0.50	3.37	
	1 : 0.25	4.50	
3. เปลือกปู : มูลไก่ : มูลวัว	1 : 1 : 1	4.79	
	1 : 0.50: 0.50	1.94	
	1 : 0.25: 0.25	3.21	

จากตารางที่ 3-8 แสดงค่าความชื้นในการทดลองปุ๋ยชีวภาพอัดเม็ดแสดงถึงค่าความชื้นของปุ๋ยชีวภาพอัดเม็ด มีค่าไม่เกิน 10 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก มีค่าความชื้นของชุดการทดลองที่ 1 เปลือกปู มูลไก่ มีค่า 2.71 5.22 และ 3.23 ตามลำดับ ชุดการทดลองที่ 2 เปลือกปู มูลวัว มีค่า 1.20 3.37 และ 4.50 ตามลำดับ ชุดการทดลองที่ 3 เปลือกปู มูลไก่ มูลวัว มีค่า 4.79 1.94 และ 3.21 ตามลำดับ ของแต่ละอัตราส่วนผสมของวัสดุดิบ อยู่ในช่วงที่เหมาะสม ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับค่าความชื้นตามมาตรฐานของกรมวิชาการเกษตร (2548) ที่ต้องมีค่าความชื้นไม่เกิน 35 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก จะเห็นได้ว่าทุกชุดการทดลองมีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์

2.1.2 ค่าความเป็นกรดด่าง (pH)

การนำปุ๋ยชีวภาพอัดเม็ดมาทำการวัดค่า pH ด้วยเครื่อง pH meter มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ช่วง 6 -7 แสดงดังตารางที่ 3-9

ตารางที่ 3-9 ค่าพีเอชของปุ๋ยชีวภาพอัดเม็ด

ชุดการทดลอง	อัตราส่วน	ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)	มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์
1. เปลือกปู : มูลไก่	1 : 1	6.1	5.5 – 8.5
	1 : 0.50	6.4	
	1 : 0.25	6.3	
2. เปลือกปู : มูลวัว	1 : 1	6.2	
	1 : 0.50	6.6	
	1 : 0.25	6.5	
	1 : 1 : 1	6.6	
3. เปลือกปู : มูลไก่ : มูลวัว	1 : 0.50: 0.50	6.2	
	1 : 0.25: 0.25	6.4	

จากตารางที่ 3-9 จะเห็นได้ว่าค่าพีเอชเฉลี่ยของปุ๋ยชีวภาพอัดเม็ด 3 ชุดการทดลองของทุกอัตราส่วน มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ช่วง 6 – 7 ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับค่าพีเอชตามมาตรฐานของกรมวิชาการเกษตร (2548) ที่ผ่านมาค่าพีเอชอยู่ในช่วง 5.5 – 8.5 จะเห็นว่าทุกชุดการทดลองมีค่าตามเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์

2.1.3 ค่าการนำไฟฟ้า (EC)

ค่าการนำไฟฟ้าหรือปริมาณเกลือที่ละลายได้ โดยปกติในปุ๋ยอินทรีย์โดยทั่วไปจะมีค่า EC ไม่เกิน 3.5 เดซิซีเมน/เมตร แต่ถ้าใช้มูลสัตว์ผสมทำปุ๋ยหมัก หรือปุ๋ยอินทรีย์ที่เป็นประเภทมูลสัตว์พร้อมใช้ส่วนใหญ่จะมีค่า EC ไม่เกิน 6 เดซิซีเมน/เมตร แสดงดังตารางที่ 3-10

ตารางที่ 3-10 ค่าการนำไฟฟ้า (EC) ของปุ๋ยชีวภาพอัดเม็ด

ชุดการทดลอง	อัตราส่วน	ค่าการนำไฟฟ้า (EC)	มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์
1. เปลือกปู : มูลไก่	1 : 1	4.36	ค่าการนำไฟฟ้า (EC) ไม่เกิน 6 เดซิซีเมน/เมตร
	1 : 0.50	5.34	
	1 : 0.25	5.51	
2. เปลือกปู : มูลวัว	1 : 1	4.98	
	1 : 0.50	5.34	
	1 : 0.25	5.44	
3. เปลือกปู : มูลไก่ : มูลวัว	1 : 1 : 1	5.17	
	1 : 0.50: 0.50	5.59	
	1 : 0.25: 0.25	5.44	

จากตารางที่ 3-10 จะเห็นได้ว่าค่าการนำไฟฟ้า (EC) เฉลี่ยของปุ๋ยชีวภาพอัดเม็ด 3 ชุดการทดลองของทุกอัตราส่วน มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ช่วง 4 - 6 เดซิซีเมน/เมตร โดยซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับค่าการนำไฟฟ้าตามมาตรฐานของกรมวิชาการเกษตร (2548) ที่กำหนดค่าการนำไฟฟ้าไม่เกิน 6 เดซิซีเมน/เมตร จะเห็นว่าทุกชุดการทดลองมีค่าตามเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์

2.1.4 ค่าปริมาณอินทรียวัตถุ

ปุ๋ยอินทรีย์ที่ดีควรมีอินทรียวัตถุ 35 – 50 เปอร์เซ็นต์ แต่ถ้ามีการนำวัตถุอื่น ๆ ที่ไม่ใช้วัสดุอินทรีย์ปะปนในกระบวนการผลิตมากเกินไป จะทำให้เปอร์เซ็นต์อินทรีย์ในปุ๋ยลดลง ในกรณีที่มีมูลสัตว์ผสม ส่วนใหญ่จะมีปริมาณอินทรียวัตถุไม่ต่ำกว่า 30 เปอร์เซ็นต์ ถ้าอินทรียวัตถุมากเกิดไป คือ มากกว่า 60 เปอร์เซ็นต์ ถือว่ายังมีการย่อยสลายไม่สมบูรณ์ เมื่อนำไปใช้อาจเกินการย่อยสลายต่อไป ทำให้เกิดความร้อน และตรึงธาตุอาหารบางชนิด มีปัญหาต่อการเจริญเติบโตของพืช แสดงดังตารางที่ 3-11

ตารางที่ 3-11 ปริมาณอินทรียวัตถุ

ชุดการทดลอง	อัตราส่วน	ปริมาณอินทรียวัตถุ (เปอร์เซ็นต์)	มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์
1. เปลือกปู : มูลไก่	1 : 1	20.2	ปริมาณอินทรียวัตถุ ไม่น้อยกว่า 30 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก
	1 : 0.50	24.8	
	1 : 0.25	22.7	
2. เปลือกปู : มูลวัว	1 : 1	22.3	
	1 : 0.50	26.9	
	1 : 0.25	24.6	
3. เปลือกปู : มูลไก่ : มูลวัว	1 : 1 : 1	21.4	
	1 : 0.50: 0.50	23.8	
	1 : 0.25: 0.25	25.4	

ผลการวิเคราะห์ ค่าปริมาณอินทรียวัตถุ (Organic Matter) พบว่าชุดการทดลองมีค่าต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน แต่ก็มีค่าใกล้เคียงกับเกณฑ์โดยต่ำกว่าเกณฑ์มากเกินไป สูตรที่เหมาะสมกับการนำไปใช้งาน คือ เปลือกปูกับมูลไก่ อัตราส่วน 1:0.50 มีค่า 24.8 เปอร์เซ็นต์ เปลือกปูกับมูลวัว อัตราส่วน 1:0.50 มีค่า 26.9 เปอร์เซ็นต์ และ เปลือกปู มูลไก่ มูลวัว อัตราส่วน 1:0.25:0.25 มีค่า 25.4 เปอร์เซ็นต์ แสดงถึงว่า ซึ่งจะมีการนำปุ๋ยทั้ง 3 สูตรการทดลอง การทดสอบปลูกพืชในลำดับถัดไป

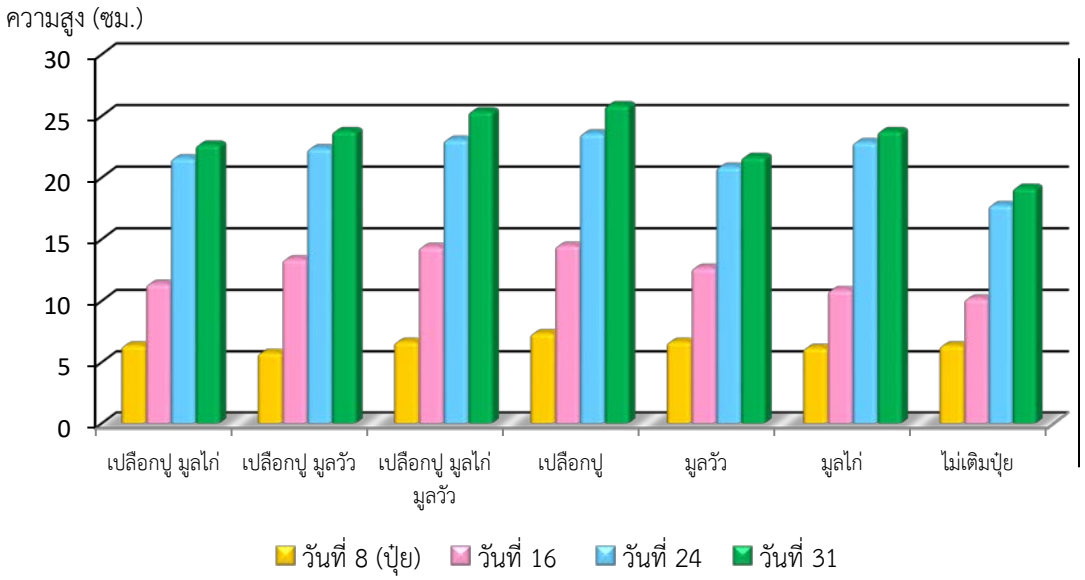
2.2 ผลการศึกษาศักยภาพของปุ๋ยชีวภาพอัดเม็ดจากเปลือกปูที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช

การศึกษาศักยภาพของปุ๋ยชีวภาพอัดเม็ด ที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช โดยการวัดความสูงของพืชแต่ละชนิด สัปดาห์ละ 1 ครั้ง บันทึกผล และการหาค่าเฉลี่ยรวม (เซนติเมตร) เพื่อเปรียบเทียบศักยภาพของปุ๋ยชีวภาพอัดเม็ดจากเปลือกปู ผลการทดสอบกับการปลูกผักกาดเขียว พันธุ์ชุนฉ่าย และผักบุ้งจีน แสดงรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.2.1 ผลการทดสอบกับการปลูกผักบุ้งจีน

1) ผลการศึกษาความสูงของผักบุ้งจีน

การวัดความสูงของผักบุ้งจีน จากส่วนโคนตั้งแต่บริเวณรอยต่อกับส่วนรากขึ้นมาจนถึงปลายยอด ในแต่ละอัตราส่วนของปุ๋ยชีวภาพอัดเม็ด โดยทำการวัดความสูงของผักบุ้งจีนก่อนใส่ปุ๋ย และหลังจากการใส่ปุ๋ยชีวภาพอัดเม็ด ในแต่ละอัตรา ในปริมาณ 50 กรัม ต่อแปลงผัก ขนาด 1.5 X 3 เมตร และวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ยความสูง เพื่อเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของผักบุ้งจีน แสดงดังภาพที่ 3-10



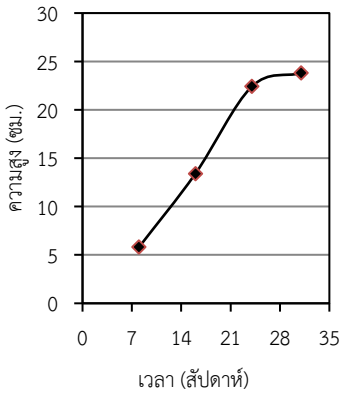
ภาพที่ 3-10 ผลการศึกษาความสูงรวมเฉลี่ย (เซนติเมตร) ของผักบุ้งจีน

จากภาพที่ 3-10 ผลการศึกษาความสูงของผักบุ้งจีน ที่ปลูกแบบแปลงผักโดยใช้ปุ๋ยที่ผลิตจากเปลือกปู มูลวัว มูลไก่ และปุ๋ยชีวภาพอัดเม็ดในแต่ละอัตราส่วน จะเห็นได้ว่าผักบุ้งจีน ที่ใส่ปุ๋ยชีวภาพอัดเม็ด เปลือกปู มูลไก่ อัตราส่วน 1: 0.50 มีค่าเฉลี่ยความสูงในวันที่ 8 มีค่า 6.4 เซนติเมตร (เป็นการวัดความสูงก่อนทำการใส่ปุ๋ย) วันที่ 16 24 มีค่าความสูง 11.4 และ 21.6 เซนติเมตร ตามลำดับ เปลือกปู มูลวัว อัตราส่วน 1: 0.50 มีค่าเฉลี่ยความสูงในวันที่ 8 มีค่า 5.8 เซนติเมตร (เป็นการวัดความสูงก่อนทำการใส่ปุ๋ย) วันที่ 16 24 มีค่าความสูง 13.4 และ 22.4 เซนติเมตร ตามลำดับ เปลือกปู มูลวัว มูลไก่ อัตราส่วน 1: 0.25 : 0.25 มีค่าเฉลี่ยความสูงในวันที่ 8 มีค่า 6.7 เซนติเมตร (เป็นการวัดความสูงก่อนทำการใส่ปุ๋ย)

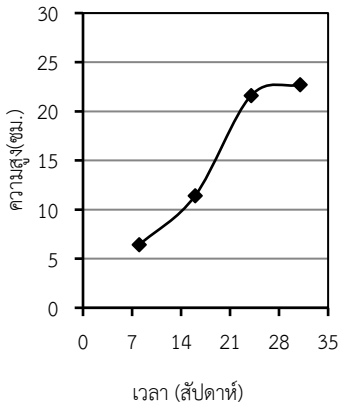
วันที่ 16 24 มีค่าความสูง 14.4 และ 23.1เซนติเมตร ตามลำดับ การเจริญเติบโตของผักบุ้งจีน มีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้น สามารถดูได้จากผลการศึกษาความสูงของผักบุ้งจีน

2) อัตราการเจริญเติบโตของผักบุ้งจีน

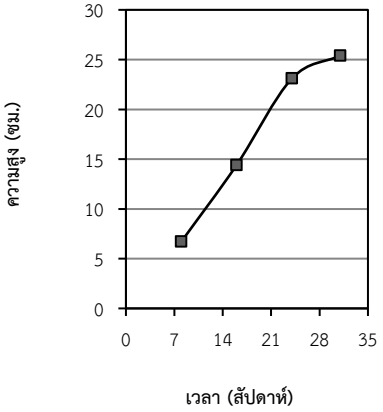
การศึกษาอัตราการเจริญเติบโตของพืช ซึ่งมีวิธีการหลายอย่างที่ใช้ในวัดการเจริญเติบโตของพืช แต่ละวิธีมีข้อเด่นและข้อด้อยแตกต่างกันไป และควรเลือกวิธีที่เหมาะสมกับชนิดและระยะเวลาการเจริญเติบโต พืชมีการเติบโตในอัตราเร็วที่ไม่สม่ำเสมอ บางช่วงอาจเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว บางช่วงเกิดขึ้นช้า และบางช่วงอาจไม่มีการเติบโตเกิดขึ้นเลย และเข้าสู่ภาวะเสื่อมถอยหรือชราภาพในช่วงท้ายของพืช การวัดการเติบโตจึงต้องวัดควบคู่กับเวลาหรืออายุของพืชด้วย เมื่อนำข้อมูลตัวเลขที่แสดงการเติบโตมาสร้างกราฟความสัมพันธ์กับเวลา จะได้กราฟการเติบโต (Growth curve) ซึ่งโดยส่วนใหญ่มักมีเส้นกราฟเป็นรูปตัวเอส (s) (อัญชลี, 2559) การเจริญเติบโตของผักบุ้งจีนจะเพิ่มขึ้นอย่างเป็นสัดส่วนในทุกสัปดาห์ ซึ่งสามารถแบ่งระยะการเจริญเติบโตแบ่งได้ 3 ระยะ คือ ระยะแรก จะมีการเจริญเติบโตอย่างช้า ระยะที่สอง จะมีการเติบโตของผักบุ้งจีนอย่างรวดเร็ว ระยะที่สาม จะมีการเติบโตของผักบุ้งจีนอย่างช้าๆ จะได้กราฟการเจริญเติบโต (Growth curve) แสดงดังภาพที่ 3-11



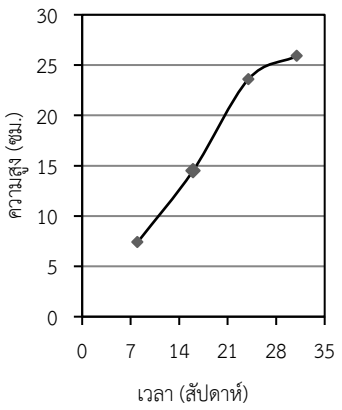
A: เปลือกปู:มูลวัว



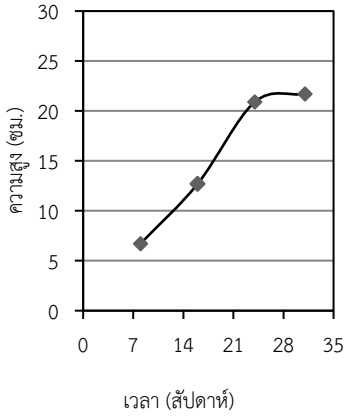
B: เปลือกปู:มูลไก่



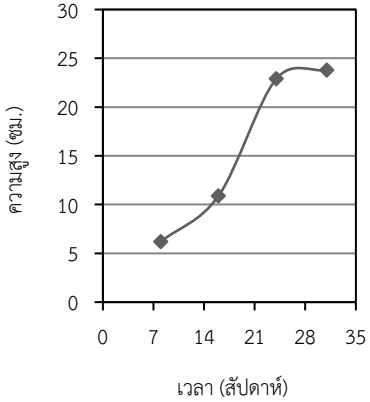
C: เปลือกปู:มูลวัว:มูลไก่



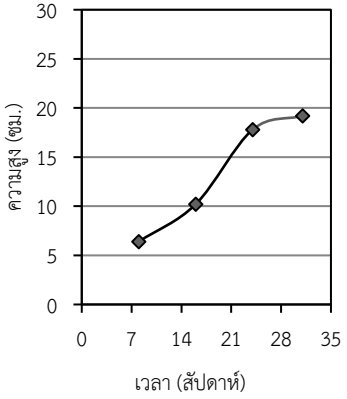
D: เปลือกปู



E: มูลวัว



F: มูลไก่



G: ไม่เติมปุ๋ย

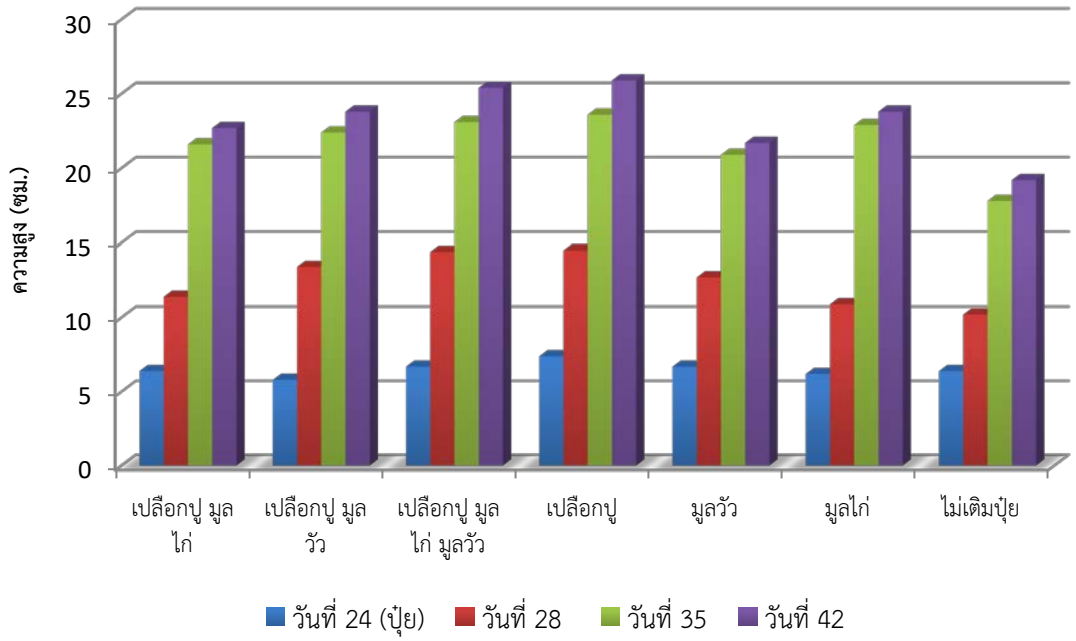
ภาพที่ 3-11 กราฟการเติบโตของผักบุ้งจีน แสดงการเจริญเติบโตเป็นความสูง (ซม.) ที่ระยะเวลาเพิ่มขึ้น

การเจริญเติบโตของผักบุ้งจีน ที่มีค่าการเจริญเติบโตเป็นความสูง (ซม.) ของผักบุ้งจีน ที่ระยะเวลา ซึ่งแสดงการเจริญเติบโตนับตั้งแต่เริ่มการปลูกผักบุ้งจีน และมีการเจริญเติบโตขึ้นเรื่อยๆ มีค่าความสูงเฉลี่ยรวม อยู่ที่ช่วง 6 เซนติเมตร (วันที่ 8 ถึง วันที่ 16) ระยะที่สอง จะมีการเจริญเติบโตของผักบุ้งจีนอย่างรวดเร็ว โดยจะมีค่าความสูงเฉลี่ยรวม ที่ช่วง 10 – 14 เซนติเมตร (วันที่ 16 ถึง วันที่ 24) ระยะที่สาม จะมีการเจริญเติบโตของผักบุ้งจีน อย่างช้า ๆ โดยจะมีค่าความสูงเฉลี่ยรวม ที่ช่วง 20 – 25 เซนติเมตร (วันที่ 24 ถึง วันที่ 31) จะได้กราฟการเจริญเติบโต (Growth curve) ของผักบุ้งจีน ที่มีค่าความสูงเฉลี่ยรวม (เซนติเมตรต่อต้น) ซึ่งระยะเวลาของการเติบโตของผักบุ้งจีนแต่ละอัตราส่วนของปุ๋ยชีวภาพอัดเม็ด โดยผักบุ้งจีนมีการเจริญเติบโตมากที่สุดของชุดการทดลองใช้ปุ๋ยชีวภาพอัดเม็ด ที่อัตราส่วน เปลือกปู: มูลวัว: มูลไก่ 1:0.25:0.25 และใกล้เคียงกับปุ๋ยทดลองที่ใช้เปลือกปูอย่างเดียว

2.2.2 ผลการทดสอบกับการปลูกผักกาดเขียว พันธุ์ชุนฉ่าย

1) ผลการศึกษาความสูงของผักกาดเขียว

ผลการการวัดความสูงของผักกาดเขียว จากส่วนโคนตั้งแต่บริเวณรอยต่อกับส่วนรากขึ้นมาจนถึงปลายยอด ในแต่ละอัตราส่วนของปุ๋ยชีวภาพอัดเม็ด ภายในระยะเวลา 40 - 45 วัน ของการศึกษา โดยทำการวัดความสูงของผักกาดเขียวก่อนใส่ปุ๋ย และหลังจากการใส่ปุ๋ยชีวภาพอัดเม็ด ในแต่ละอัตราส่วน ในปริมาณ 50 กรัม ต่อแปลงผัก ขนาด 1.5X3 เมตร และวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ยความสูง เพื่อเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของผักกาดเขียว แสดงดังภาพที่ 3-12

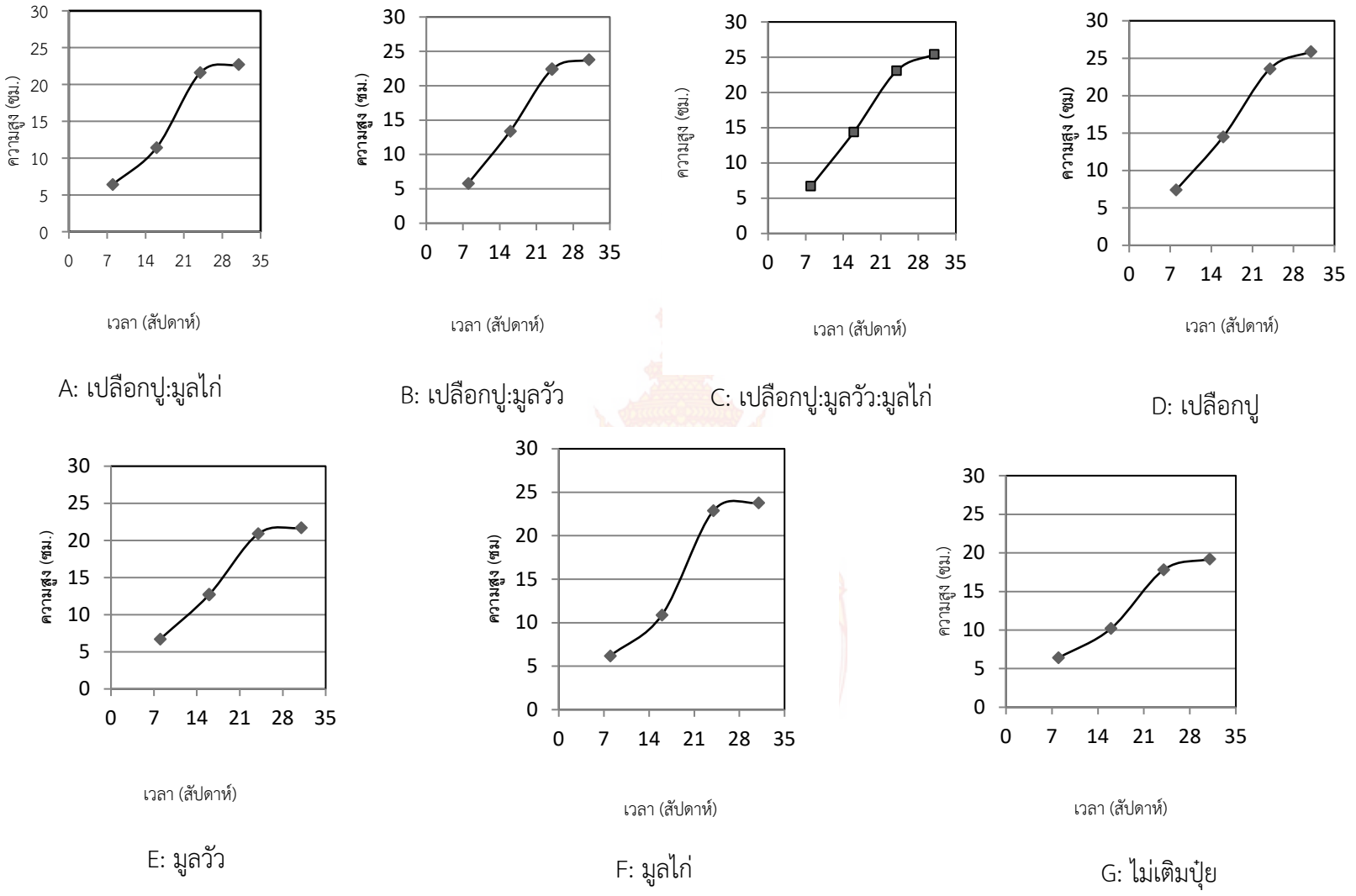


ภาพที่ 3-12 แผนภูมิแสดงความสูงรวมเฉลี่ย (เซนติเมตร) ของผักกาดเขียว พันธุ์ชุนฉ่าย

จากภาพที่ 3-12 แสดงผลการศึกษาอัตราการเจริญเติบโตของผักกาดเขียว ที่ปลูกแบบแปลงผักโดยใช้ปุ๋ยที่ผลิตจากเปลือกปู มูลวัว มูลไก่ และ ปุ๋ยชีวภาพอัดเม็ดในแต่ละอัตราส่วน จะเห็นได้ว่า ผักกาดเขียว พันธุ์ชุนฉ่าย ที่ใช้ ปุ๋ยชีวภาพอัดเม็ด อัตราส่วน เปลือกปู มูลไก่ 1: 0.50 มีค่าเฉลี่ยความสูงในวันที่ 21 มีค่า 9.19 เซนติเมตร (เป็นการวัดความสูงก่อนทำการใส่ปุ๋ย) และ วันที่ 28 35 42 มีค่าความสูง 11.87 14.41 และ 18.39 เซนติเมตร ตามลำดับ อัตราส่วน เปลือกปู มูลวัว 1: 0.50 มีค่าเฉลี่ยความสูงในวันที่ 21 มีค่า 10.76 เซนติเมตร (เป็นการวัดความสูงก่อนทำการใส่ปุ๋ย) และ วันที่ 28 35 42 มีค่าความสูง 18.84 21.46 และ 24.95 เซนติเมตร ตามลำดับ อัตราส่วน เปลือกปู มูลวัว มูลไก่ 1: 0.25 : 0.25 มีค่าเฉลี่ยความสูงในวันที่ 21 มีค่า 8.79 เซนติเมตร (เป็นการวัดความสูงก่อนทำการใส่ปุ๋ย) และ วันที่ 28 35 42 มีค่าความสูง 14.83 17.19 และ 21.41 เซนติเมตร ตามลำดับ มีแนวโน้มการเจริญเติบโตของผักกาดเขียว พันธุ์ชุนฉ่าย ซึ่งมีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้น สามารถดูได้จากผลการศึกษาการเจริญเติบโตของผักกาดเขียว พันธุ์ชุนฉ่าย ผลการทดลองแสดงถึงปุ๋ยชีวภาพอัดเม็ด มีแนวโน้มที่จะสามารถนำไปใช้งานได้

2) อัตราการเจริญเติบโตของผักกาดเขียว พันธุ์ชุนฉ่าย

การศึกษาอัตราการเจริญเติบโตของผักกาดเขียว พันธุ์ชุนฉ่าย จากการวัดความสูง ของส่วนโคนตั้งแต่บริเวณรอยต่อกับส่วนรากขึ้นมาจนถึงปลายยอด ในแต่ละอัตราส่วนของปุ๋ยชีวภาพอัดเม็ด ภายในระยะเวลา 40 - 45 วัน ของการศึกษา โดยทำการวัดความสูงของผักกาดเขียวก่อนใส่ปุ๋ย และหลังจากการใส่ปุ๋ยชีวภาพอัดเม็ด อัตราการเจริญเติบโตของผักกาดเขียว พันธุ์ชุนฉ่าย มีการเจริญเติบโตในอัตราเร็วที่ไม่สม่ำเสมอ บางช่วงอาจเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว บางช่วงเกิดขึ้นช้า และบางช่วงอาจไม่มีการเติบโตเกิดขึ้นเลย และเข้าสู่ภาวะเสื่อมถอยหรือชราภาพในช่วงท้ายของพืช การวัดการเติบโตจึงต้องวัดควบคู่กับเวลา หรืออายุของพืชด้วย เมื่อนำข้อมูลตัวเลขที่แสดงการเติบโตมาสร้างกราฟความสัมพันธ์กับเวลา จะได้กราฟการเติบโต (Growth curve) ซึ่งโดยส่วนใหญ่มักมีเส้นกราฟเป็นรูปตัวเอส (s) การเจริญเติบโตของผักกาดเขียวพันธุ์ชุนฉ่าย จะมีความสูงเพิ่มขึ้นอย่างเป็นสัดส่วนในทุกสัปดาห์ ซึ่งสามารถแบ่งระยะการเจริญเติบโตแบ่งได้ 3 ระยะ คือ ระยะแรก จะมีการเจริญเติบโตอย่างช้าๆ ระยะที่สอง จะมีการเจริญเติบโตของผักกาดเขียว พันธุ์ชุนฉ่าย อย่างรวดเร็ว ระยะที่สาม จะมีการเจริญเติบโตของผักกาดเขียว พันธุ์ชุนฉ่าย อย่างช้า ๆ จะได้กราฟการเติบโต (Growth curve) แสดงดังภาพที่ 3-13



ภาพที่ 3-13 กราฟการเติบโตของผักกาดเขียว พันธุ์ชุนฉ่าย ที่มีค่าแสดงการเติบโตเป็นความสูง (ซม.) ที่ระยะเวลาเพิ่มขึ้น

2.3 การศึกษาศักยภาพของปุ๋ยชีวภาพอัดเม็ดจากเปลือกปูผสมกับมูลสัตว์สำหรับการปลูกผักสวนครัว

การศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมต่อการผลิตปุ๋ยชีวภาพอัดเม็ดจากเปลือกปูผสมมูลสัตว์สำหรับใช้กับพืชผักสวนครัว การนำเปลือกปู มูลแพะ มูลนกกระทา และมูลค้างคาว มาบดให้ละเอียด นำมาผสมกันเพื่อทำการผลิตปุ๋ยชีวภาพอัดเม็ด และ ใช้ปูนขาวจากเปลือกหอย เป็นวัตถุดิบเสริมช่วยในการอัดเม็ด ชั่งน้ำหนักวัตถุดิบตามอัตราส่วน และทำการอัดเม็ดปุ๋ยจากทั้งหมด 16 สูตร พิจารณาเลือกสูตรสำหรับนำไปทดสอบการเจริญเติบโตของพืช คือ ผักกวางตุ้งฮ่องเต้ ผักคะน้า และพริกขี้หนู ซึ่งสามารถพิจารณาคุณสมบัติของปุ๋ยชีวภาพอัดเม็ดจากเปลือกปูผสมกับมูลสัตว์จาก ปริมาณความชื้น ปริมาณอินทรียวัตถุ ค่าการนำไฟฟ้า (EC) ความเป็นกรด - ด่าง (pH) การศึกษาการเจริญเติบโตของผักกวางตุ้งฮ่องเต้ ผักคะน้า และ พริกขี้หนู เพื่อศึกษาศักยภาพของปุ๋ยชีวภาพอัดเม็ดผสมมูลสัตว์ แสดงดังตารางที่ 3-12

2.3.1 ลักษณะเม็ดปุ๋ยจากการใช้วัตถุดิบแตกต่างกัน

1) การผสมเปลือกปูกับมูลแพะ

การนำเปลือกปู มูลแพะมาผสมกันเพื่อทำการผลิตปุ๋ยชีวภาพอัดเม็ด และการใช้ปูนขาวจากเปลือกหอยเป็นวัตถุดิบเสริมในการอัดเม็ด โดยชั่งน้ำหนักเปลือกปูกับมูลแพะตามอัตราส่วน และผสมรวมกัน พบว่า ถ้าหากใส่มูลแพะในประมาณมากเกินไปจะทำให้เม็ดปุ๋ยละลายช้า แต่หากใส่เปลือกปูในประมาณมากก็จะไม่สามารถอัดเม็ดปุ๋ยได้เนื่องจากเปลือกปูมีความแข็ง

2) การผสมเปลือกปูกับมูลนกกระทา

การนำเปลือกปู มูลนกกระทามาผสมกันเพื่อทำการผลิตปุ๋ยชีวภาพอัดเม็ด และการใช้ปูนขาวจากเปลือกหอยเป็นวัตถุดิบเสริมช่วยในการอัดเม็ด โดยชั่งน้ำหนักเปลือกปูผสมมูลนกกระทาตามอัตราส่วน และผสมรวมกัน ถ้าหากใส่มูลนกกระทาในประมาณมากเกินไปจะทำให้เม็ดปุ๋ยมีความหนืดคล้ายดินโคลน และไม่สามารถอัดเม็ดปุ๋ยได้ แต่สูตรเปลือกปูกับมูลนกกระทาเม็ดปุ๋ยจะละลายเร็วจึงทำให้พืชสามารถนำไปใช้ได้ง่าย มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชอย่างรวดเร็ว

3) การผสมเปลือกปูกับมูลค้างคาว

การนำเปลือกปู มูลค้างคาวมาผสมกันเพื่อทำการผลิตปุ๋ยชีวภาพอัดเม็ด และการใช้ปูนขาวจากเปลือกหอยเป็นวัตถุดิบเสริมช่วยในการอัดเม็ด โดยชั่งน้ำหนักเปลือกปูกับมูลค้างคาวตามอัตราส่วน และ ผสมรวมกัน ถ้าหากใส่มูลค้างคาวในประมาณมากเกินไปจะทำให้เม็ดปุ๋ยเป็นผงและไม่สามารถจับตัวเป็นเม็ดปุ๋ยได้ แต่สูตรเปลือกปูกับมูลค้างคาวเม็ดปุ๋ยจะค่อย ๆ ละลายช้ากว่าการใช้มูลนกกระทาทำให้มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช

4) การผสมเปลือกปู มูลแพะ มูลนกกระทา และมูลค้างคาว

การนำมูลแพะ มูลนกกระทา และมูลค้างคาว เปลือกปูมาผสมกันเพื่อทำการผลิตปุ๋ยชีวภาพอัดเม็ด และใช้ปูนขาวจากเปลือกหอยเป็นวัตถุดิบเสริมช่วยในการอัดเม็ด โดยการชั่งน้ำหนักเปลือกปู มูลแพะ มูลนกกระทา และมูลค้างคาว ตามอัตราส่วน ซึ่งสูตรนี้อัดเม็ดสวยแต่เม็ดปุ๋ยละลายช้าซึ่งมีอิทธิพลจากการเติมมูลแพะ จึงมีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช

ตารางที่ 3-12 อัตราส่วนที่เหมาะสมของวัตถุดิบสำหรับผลิตปุ๋ยชีวภาพอัดเม็ดจากเปลือกปูผสมมูลสัตว์

สูตรที่	วัสดุส่วนผสม	อัตราส่วน	ปูนขาว (กรัม)	ปริมาณน้ำ (มิลลิลิตร)
1	เปลือกปู : มูลแพะ	0.125 : 1	50	550
2	เปลือกปู : มูลนกกระทา	0.125 : 1	50	400
3	เปลือกปู : มูลค้างคาว	0.125 : 1	50	350
4	เปลือกปู : มูลแพะ : มูลนกกระทา : มูลค้างคาว	0.125 : 1 : 0.125 : 0.5	50	750

นำส่วนผสมที่เตรียมไว้มาผสมในเครื่องผสมตามอัตราส่วน จากนั้นนำมาอัดเม็ดในปริมาณที่เหมาะสม ถ้าใส่ปริมาณมากเกินไปจะทำให้เครื่องอัดเม็ดไม่ทำงานเพราะแน่นเกินไปไม่สามารถอัดเม็ดได้ นำปุ๋ยที่ผ่านการอัดเม็ดตากแดดให้แห้งเป็นระยะเวลาประมาณ 2 – 3 วัน (ขึ้นอยู่กับสภาพภูมิอากาศ)

2.3.2 ผลการศึกษาคุณสมบัติของปุ๋ยชีวภาพอัดเม็ดจากเปลือกปูผสมมูลสัตว์

การศึกษาคุณสมบัติของปุ๋ยชีวภาพอัดเม็ดจากเปลือกปู โดยมีการตรวจวัดค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ คือ ค่าความชื้น ค่าความเป็นกรด - ด่าง (pH) ค่าความนำไฟฟ้า (EC) และปริมาณอินทรียวัตถุ ซึ่งมีรายละเอียดของค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

1) ปริมาณความชื้น

ปกติปุ๋ยหมักควรมีความชื้นอยู่บ้างในปริมาณพอควร โดยทั่วไปจะมีค่าความชื้นที่ร้อยละ 35 ดังนั้นควรใช้ปุ๋ยก่อนที่จะแห้งสนิท หากปุ๋ยมีความชื้นมากเกินไปจะเป็นปัญหาใน การขนส่ง จากการวิเคราะห์ค่าความชื้นของปุ๋ยชีวภาพอัดเม็ด 4 ชุดการทดลอง แสดงดังตารางที่ 3-13

ตารางที่ 3-13 ค่าปริมาณความชื้นของปุ๋ยชีวภาพอัดเม็ดจากเปลือกปูผสมมูลสัตว์

ชุดการทดลอง	อัตราส่วน	ค่าความชื้น (ร้อยละ)	มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์
1. เปลือกปู : มูลแพะ	0.125 : 1	4.76	ความชื้นไม่เกินร้อยละ 35 โดยน้ำหนัก
2. เปลือกปู : มูลนกกระทา	0.125 : 1	4.73	
3. เปลือกปู : มูลค้างคาว	0.125 : 1	4.78	
4. เปลือกปู : มูลแพะ : มูลนกกระทา: มูลค้างคาว	0.125 : 1 : 0.5 : 0.125	4.72	

ผลการวิเคราะห์หาค่าความชื้นของปุ๋ยชีวภาพอัดเม็ดแสดงถึงค่าความชื้นของปุ๋ยชีวภาพอัดเม็ด มีค่าไม่เกินร้อยละ 5 โดยน้ำหนัก มีค่าความชื้นของชุดการทดลองที่ 1 เปลือกปู : มูลแพะ เฉลี่ยร้อยละ 4.76 ชุดการทดลองที่ 2 เปลือกปู : มูลนกกระทา เฉลี่ยร้อยละ 4.73 ชุดการทดลองที่ 3 เปลือกปู : มูลค้างคาว เฉลี่ยร้อยละ 4.78 ชุดการทดลองที่ 4 เปลือกปู : มูลแพะ : มูลนกกระทา : มูลค้างคาว เฉลี่ยร้อยละ 4.72 อยู่ในช่วงที่เหมาะสม ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับค่าความชื้นตามมาตรฐานของ กรมวิชาการเกษตร (2548) ที่

ต้องมีค่าความชื้นไม่เกินร้อยละ 35 โดยน้ำหนัก จะเห็นได้ว่าทุกชุดการทดลองมีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์

2) ค่าความเป็นกรด - ด่าง (pH)

การนำปุ๋ยชีวภาพอัดเม็ดมาทำการวัดค่า pH ด้วยเครื่อง pH Meter มีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 8.8 – 9.7 แสดงดังตารางที่ 3-14

ตารางที่ 3-14 ค่าความเป็นกรด - ด่าง (pH) ของปุ๋ยชีวภาพอัดเม็ด

ชุดการทดลอง	อัตราส่วน	ค่าความเป็นกรด - ด่าง (pH)	มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์
1. เปลือกปู : มูลแพะ	0.125 : 1	8.7	5.5 – 8.5
2. เปลือกปู : มูลนกกระทา	0.125 : 1	9.7	
3. เปลือกปู : มูลค้างคาว	0.125 : 1	8.0	
4. เปลือกปู : มูลแพะ : มูลนกกระทา : มูลค้างคาว	0.125 : 1 : 0.5 : 0.125	8.6	

จะเห็นได้ว่าค่าความเป็นกรด - ด่าง (pH) เฉลี่ยของปุ๋ยชีวภาพอัดเม็ด 4 ชุดการทดลองของทุกอัตราส่วน มีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 8.8 – 9.7 ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับค่าความเป็นกรด - ด่าง (pH) ตามมาตรฐานของ กรมวิชาการเกษตร (2548) ที่กำหนดค่าความเป็นกรด - ด่าง (pH) อยู่ในช่วง 5.5 – 8.5 จะเห็นว่าสูตรที่ 3 มีค่าตามเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ แต่สำหรับสูตรที่ 1 2 และ 4 ค่าเกินเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์เล็กน้อย ซึ่งมีผลจากการเติมปูนขาวจากเปลือกหอย

3) การวัดค่าการนำไฟฟ้า (EC)

ค่าการนำไฟฟ้าหรือปริมาณเกลือที่ละลายได้ โดยปกติในปุ๋ยอินทรีย์โดยทั่วไปจะมีค่าการนำไฟฟ้า EC ไม่เกิน 3.5 เดซิซีเมนต่อเมตร แต่ถ้าใช้มูลสัตว์ผสมทำปุ๋ยหมัก หรือปุ๋ยอินทรีย์ที่เป็นประเภทมูลสัตว์พร้อมใช้ ส่วนใหญ่จะมีค่าการนำไฟฟ้า (EC) ไม่เกิน 6 เดซิซีเมนต่อเมตร

ตารางที่ 3-15 ค่าการนำไฟฟ้า (EC) ของปุ๋ยชีวภาพอัดเม็ดจากเปลือกปูผสมมูลสัตว์

ชุดการทดลอง	อัตราส่วน	การนำไฟฟ้า (EC)	มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์
1. เปลือกปู : มูลแพะ	0.125 : 1	6.98	ค่าการนำไฟฟ้า (EC) ไม่เกิน 6 เดซิซีเมนต่อเมตร
2. เปลือกปู : มูลนกกระทา	0.125 : 1	10.16	
3. เปลือกปู : มูลค้างคาว	0.125 : 1	7.78	
4. เปลือกปู : มูลแพะ : มูลนกกระทา: มูลค้างคาว	0.125 : 1 : 0.5 : 0.125	7.80	

จากตารางที่ 3-15 จะเห็นได้ว่าค่าการนำไฟฟ้า (EC) เฉลี่ยของปุ๋ยชีวภาพอัดเม็ด 4 ชุดการทดลองของทุกอัตราส่วน มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 6 – 9 เดซิซีเมนต่อเมตร โดยซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับค่าการนำไฟฟ้าตามมาตรฐานของ กรมวิชาการเกษตร (2548) ที่กำหนดค่าการนำไฟฟ้าไม่เกิน 6 เดซิซีเมนต่อเมตร จะเห็นว่าทุกชุดการทดลองมีค่าเกินเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์

4) การวิเคราะห์ค่าปริมาณอินทรียวัตถุ

ปุ๋ยอินทรีย์ที่ดีควรมีอินทรียวัตถุร้อยละ 35 – 50 แต่ถ้ามีการนำวัตถุอื่น ๆ ที่ไม่ใช้วัสดุอินทรีย์ปะปนในกระบวนการผลิตมากเกินไป จะทำให้ร้อยละอินทรียวัตถุในปุ๋ยลดลง ในกรณีที่มีมูลสัตว์ผสม ส่วนใหญ่จะมีปริมาณอินทรียวัตถุไม่ต่ำกว่าร้อยละ 30 ถ้าอินทรียวัตถุมากกว่าร้อยละ 60 ถือว่ายังมีการย่อยสลายไม่สมบูรณ์ ผลวิเคราะห์ค่าปริมาณอินทรีย์วัตถุของปุ๋ยชีวภาพอัดเม็ดผสมมูลสัตว์แสดงดังตารางที่ 3-16

ตารางที่ 3-16 ปริมาณอินทรียวัตถุของปุ๋ยชีวภาพอัดเม็ดผสมมูลสัตว์

ชุดการทดลอง	อัตราส่วน	ปริมาณอินทรียวัตถุ (ร้อยละ)	มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์
1. เปลือกปู : มูลแพะ	0.125 : 1	45.11	ปริมาณอินทรียวัตถุไม่น้อยกว่าร้อยละ 30 โดยน้ำหนัก
2. เปลือกปู : มูลนกกระทา	0.125 : 1	33.15	
3. เปลือกปู : มูลค้างคาว	0.125 : 1	36.27	
4. เปลือกปู : มูลแพะ : มูลนกกระทา : มูลค้างคาว	0.125 : 1 : 0.5 : 0.125	47.68	

ผลการวิเคราะห์ค่าปริมาณอินทรียวัตถุ พบว่าชุดการทดลองมีค่าเกินเกณฑ์มาตรฐานทั้ง 4 ชุดการทดลอง ซึ่งเป็นผลจากสารอินทรีย์ในมูลสัตว์อาจมีในปริมาณที่มาก จึงให้ปุ๋ยชีวภาพอัดเม็ดมีค่าอินทรียวัตถุเกินค่ามาตรฐาน กรมวิชาการเกษตร (2548)

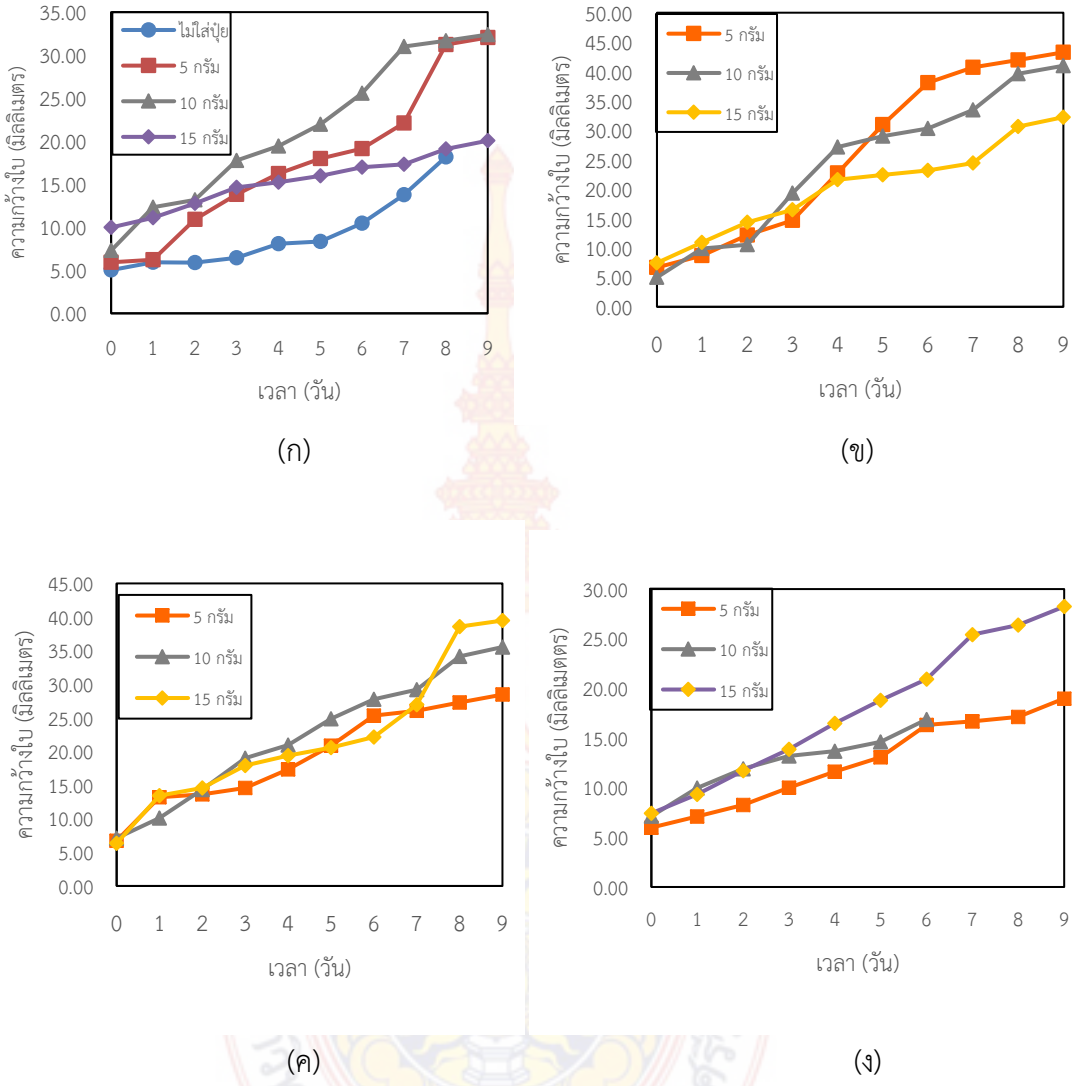
2.4 ผลการศึกษาศักยภาพของปุ๋ยชีวภาพอัดเม็ดจากเปลือกปูที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชผักสวนครัว

การศึกษาศักยภาพของปุ๋ยชีวภาพอัดเม็ดที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช โดยการวัดความกว้างของใบ ความยาวของใบ ความสูงของลำต้น ของพืชแต่ละชนิด ทำการวัดการเจริญเติบโตทุก ๆ 5 วันแล้วบันทึกผล (จำนวน 9 ครั้ง) เป็นเวลา 45 วัน เพื่อเปรียบเทียบศักยภาพของปุ๋ยชีวภาพอัดเม็ดจากเปลือกปูผสมมูลสัตว์ ผลการทดสอบกับการปลูกผักกวางตุ้งฮ่องเต้ ผักคะน้า และพริกขี้หนู แสดงรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.4.1 ผลการศึกษาความกว้างใบ ความยาวใบ และความสูงลำต้นของผักกวางตุ้งฮ่องเต้

การวัดความกว้างใบ ความยาวใบ และความสูงลำต้นของผักกวางตุ้งฮ่องเต้ จากส่วนขอบของใบทั้ง 2 ด้าน วัดจากขอบใบขวา ไปยังอีกขอบใบซ้าย หรือจากขอบใบซ้าย ไปยังขอบใบขวา ส่วนความสูงจะวัดจากส่วนโคนต้นไปยังปลายยอดซึ่งจะมีทั้งหมด 4 สูตรอัตราส่วนผสมต่างกัน สูตรที่ 1 เปลือกปู : มูลแพะ สูตรที่ 2 เปลือกปู : มูลนกกระทา สูตรที่ 3 เปลือกปู : มูลค้างคาว สูตรที่ 4 เปลือกปู : มูลแพะ : มูลนกกระทา : มูลค้างคาว โดยทำ

การวัดความกว้างใบ ความยาวใบ และความสูงลำต้นของผักกวางตุ้งฮ่องเต้ก่อนใส่ปุ๋ย หลังจากการใส่ปุ๋ยชีวภาพอัดเม็ดผักกวางตุ้งฮ่องเต้ ในปริมาณ 5 10 และ 15 กรัม เพื่อเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของผักกวางตุ้งฮ่องเต้ แสดงดังภาพที่ 3-14, 3-15 และ 3-16



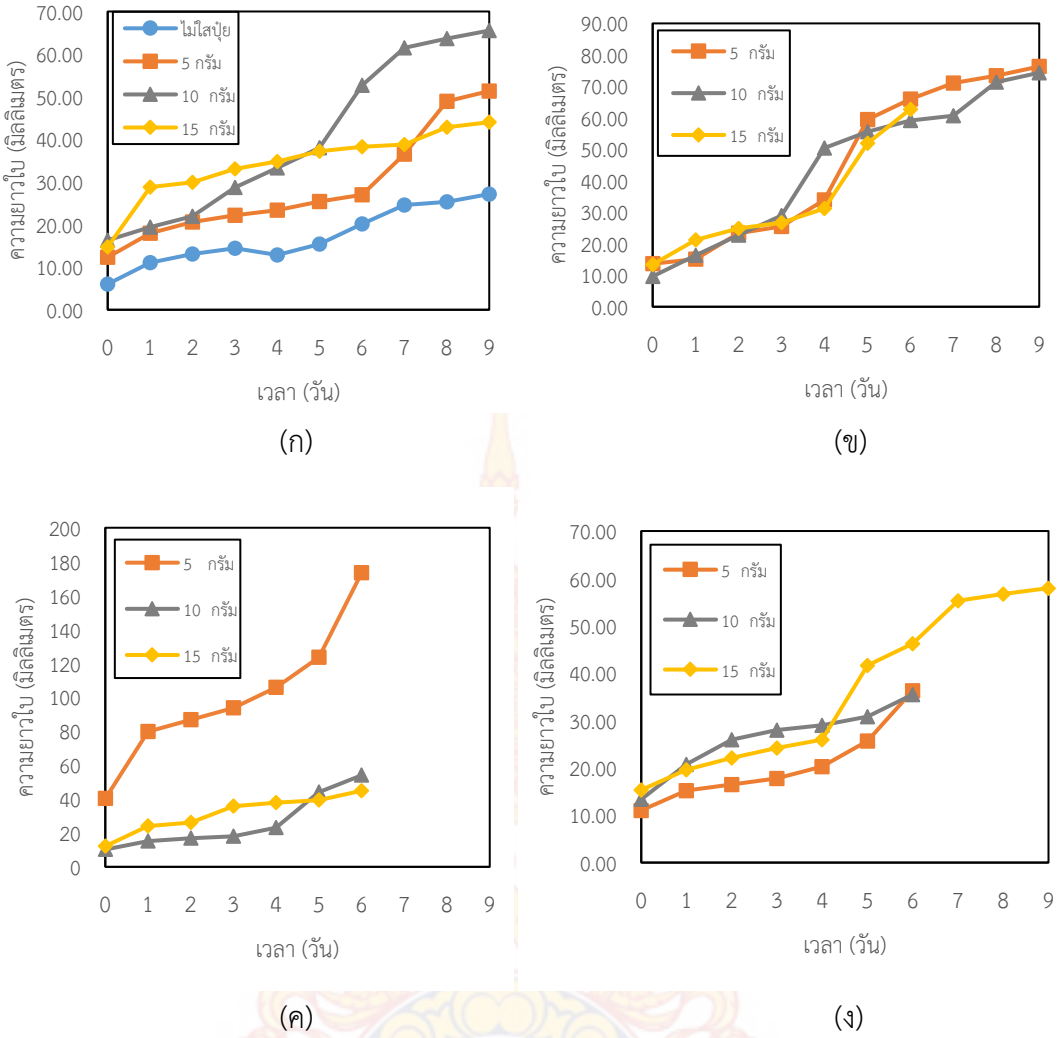
ภาพที่ 3-14 การวัดความกว้างใบของผักกวางตุ้งฮ่องเต้ทั้ง 4 ชุดการทดลอง

(ก) สูตรที่ 1 เปลือกปู : มูลแพะ

(ข) สูตรที่ 2 เปลือกปู : มูลนกกระทา

(ค) สูตรที่ 3 เปลือกปู : มูลค้างคาว

(ง) สูตรที่ 4 เปลือกปู : มูลแพะ : มูลนกกระทา : มูลค้างคาว



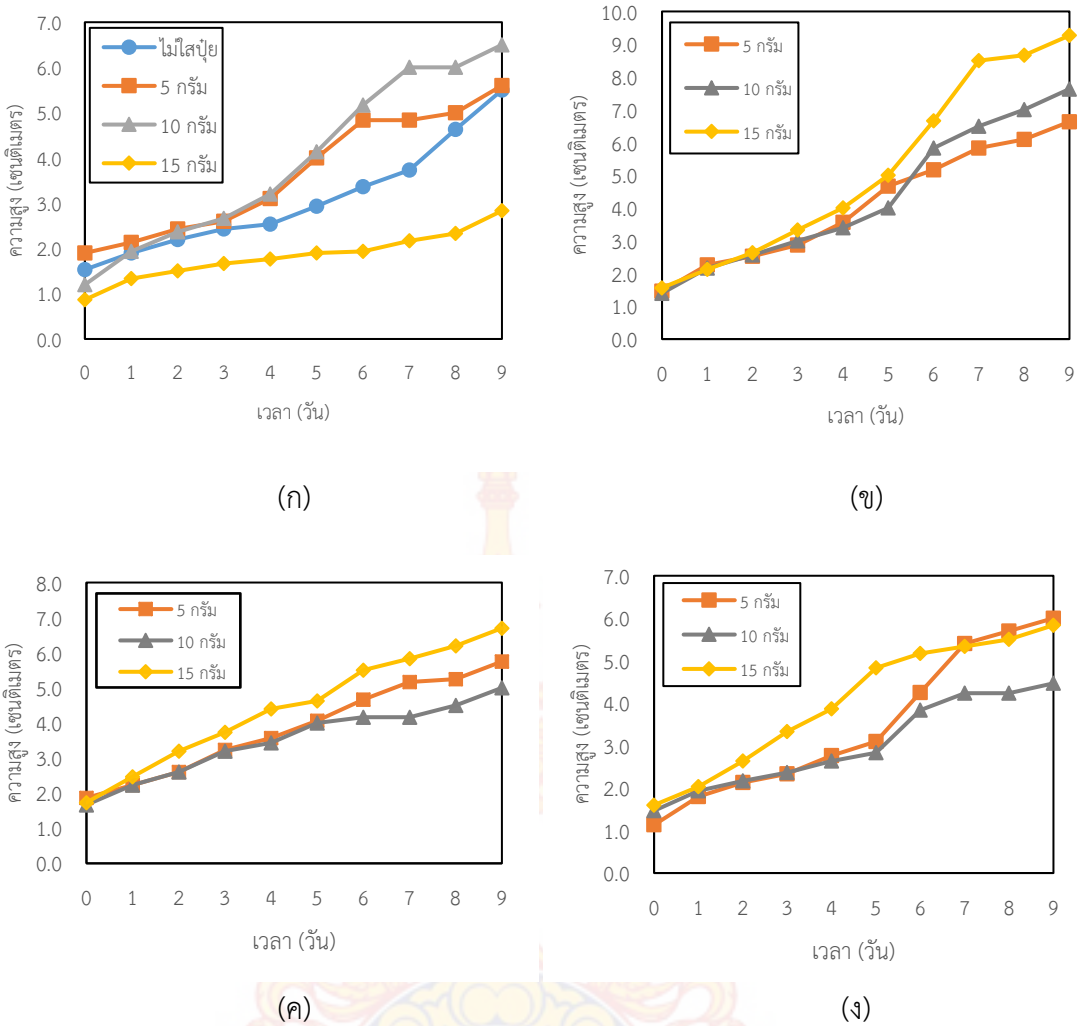
ภาพที่ 3-15 การวัดความยาวใบของผักกวางตุ้งฮ่องเต้ทั้ง 4 ชุดการทดลอง

(ก) สูตรที่ 1 เปลือกปู : มูลแพะ

(ข) สูตรที่ 2 เปลือกปู : มูลนกกระทา

(ค) สูตรที่ 3 เปลือกปู : มูลค้างคาว

(ง) สูตรที่ 4 เปลือกปู : มูลแพะ : มูลนกกระทา : มูลค้างคาว

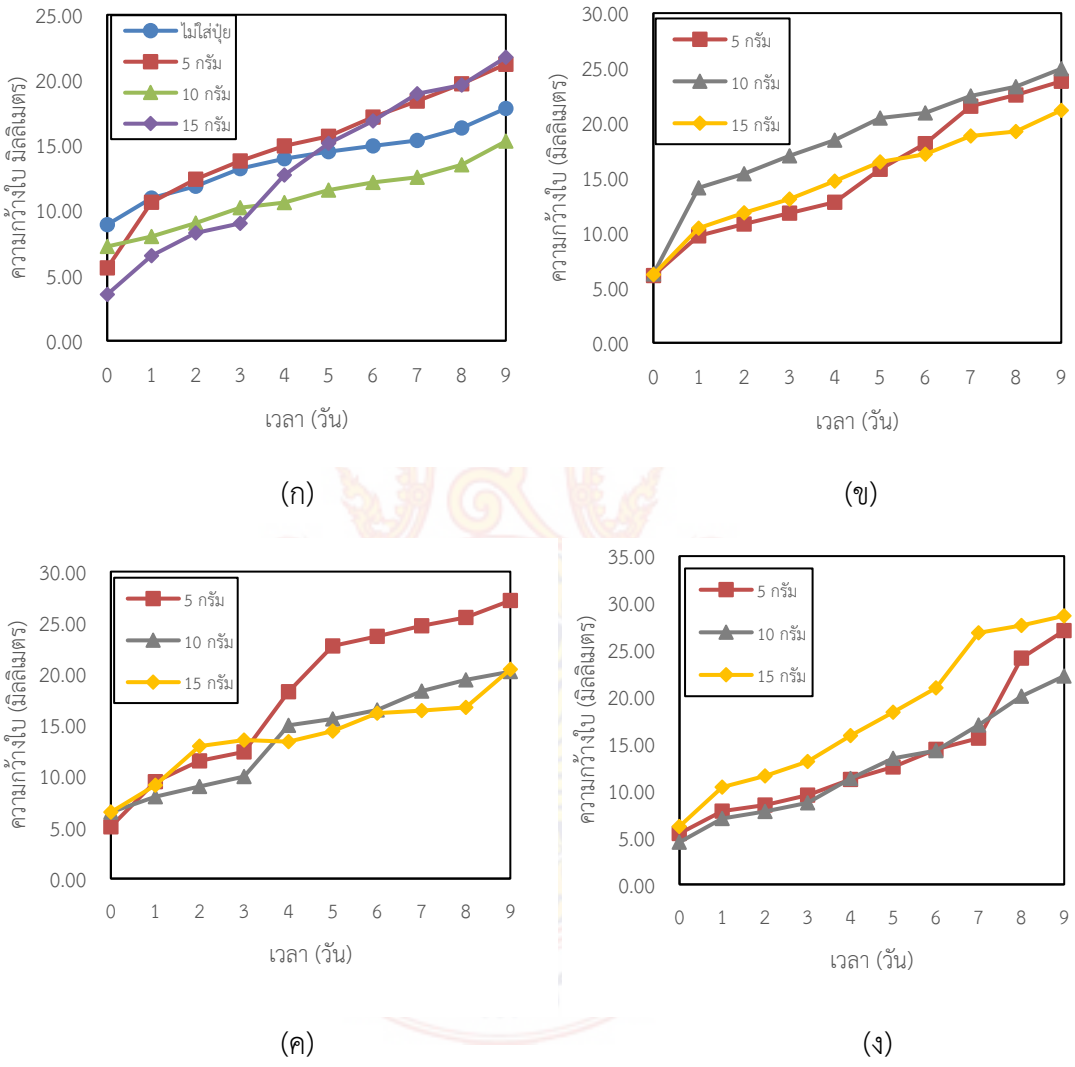


ภาพที่ 3-16 การวัดความสูงลำต้นของผักกวางตุ้งฮ่องเต้ทั้ง 4 ชุดการทดลอง
(ก) สูตรที่ 1 เปลือกปู : มูลแพะ
(ข) สูตรที่ 2 เปลือกปู : มูลนกกระทา
(ค) สูตรที่ 3 เปลือกปู : มูลค้างคาว
(ง) สูตรที่ 4 เปลือกปู : มูลแพะ : มูลนกกระทา : มูลค้างคาว

ผลการศึกษาความกว้างใบ ความยาวใบ และความสูงลำต้นของผักกวางตุ้งฮ่องเต้ที่ปลูกในกระถาง โดยใช้ปุ๋ยที่ผลิตจากเปลือกปูผสมมูลสัตว์ ในอัตราส่วนที่ใส่ปุ๋ยชีวภาพอัดเม็ด คือ สูตรที่ 1 เปลือกปู : มูลแพะ อัตราส่วน 0.125 : 1 สูตรที่ 2 เปลือกปู : มูลนกกระทา อัตราส่วน 0.125 : 1 สูตรที่ 3 เปลือกปู : มูลค้างคาว อัตราส่วน 0.125 : 1 และ สูตรที่ 4 เปลือกปู : มูลแพะ : มูลนกกระทา : มูลค้างคาว อัตราส่วน 0.125 : 1 : 0.125 : 0.5 หลังจากการใส่ปุ๋ยชีวภาพอัดเม็ดผักกวางตุ้งฮ่องเต้ในปริมาณ 5 10 และ 15 เปรียบเทียบการเจริญเติบโตความกว้างใบ ความยาวใบ และความสูงลำต้นทั้ง 4 สูตร พบว่า สูตรที่ 2 เปลือกปู : มูลนกกระทา อัตราส่วน 0.125 : 1 มีการเจริญเติบโตมากกว่าสูตรอื่น ๆ เพราะเกิดจากเม็ดปุ๋ยที่มี การละลายอย่างรวดเร็วจึงทำให้มีผลต่อการเจริญเติบโตของความกว้างใบ ความยาวใบ และ ความสูงลำต้น มีแนวโน้มที่ผักกวางตุ้งฮ่องเต้จะการเจริญเติบโตขึ้นตามอายุของต้นพืช

2.4.2 ผลการศึกษาความกว้างใบ ความยาวใบ และความสูงลำต้น ของผักคะน้า

การวัดความกว้างใบ ความยาวใบ และความสูงลำต้น ของผักคะน้า จากส่วนขอบของใบทั้ง 2 ด้าน วัดจากขอบใบขวา ไปยังอีกขอบใบซ้าย หรือ จากขอบใบซ้ายไปยังขอบใบขวา ส่วนการวัดความสูงจะวัดจากส่วนโคนต้นไปยังปลายยอด ซึ่งจะมีทั้งหมด 4 สูตรส่วนผสมต่างกัน สูตรที่ 1 เปลือกปู : มูลแพะ สูตรที่ 2 เปลือกปู : มูลนกกระทา สูตรที่ 3 เปลือกปู : มูลค้างคาว สูตรที่ 4 เปลือกปู : มูลแพะ : มูลนกกระทา : มูลค้างคาว โดยทำการวัดความกว้างใบ ความยาวใบ และความสูงลำต้นของผักคะน้าก่อนใส่ปุ๋ย หลังจากการใส่ปุ๋ยชีวภาพอัดเม็ดผักคะน้าในปริมาณ 5 10 และ 15 กรัม เพื่อเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของผักคะน้า แสดงดังภาพที่ 3-17, 3-18 และ 3-19



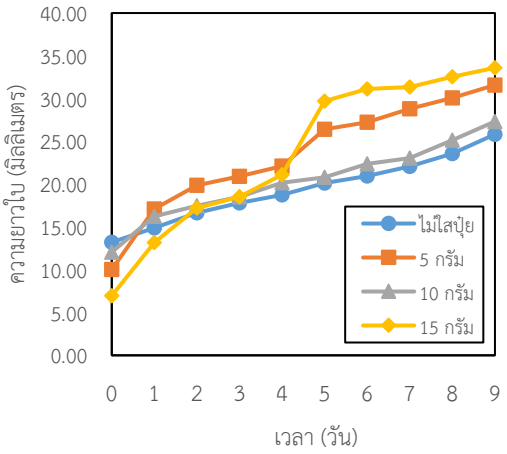
ภาพที่ 3-17 การวัดความกว้างใบของคะน้าทั้ง 4 ชุดการทดลอง

(ก) สูตรที่ 1 เปลือกปู : มูลแพะ

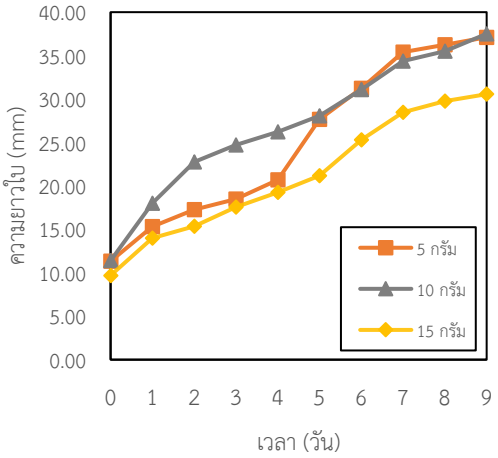
(ข) สูตรที่ 2 เปลือกปู : มูลนกกระทา

(ค) สูตรที่ 3 เปลือกปู : มูลค้างคาว

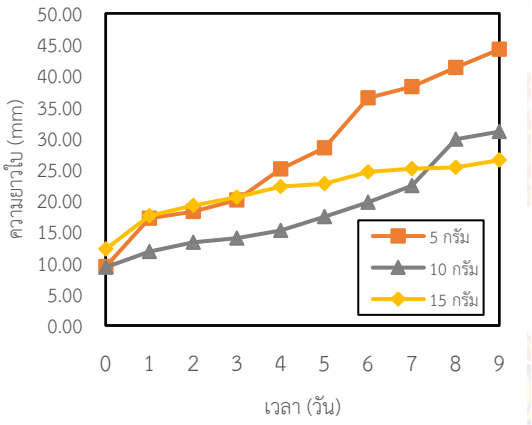
(ง) สูตรที่ 4 เปลือกปู : มูลแพะ : มูลนกกระทา : มูลค้างคาว



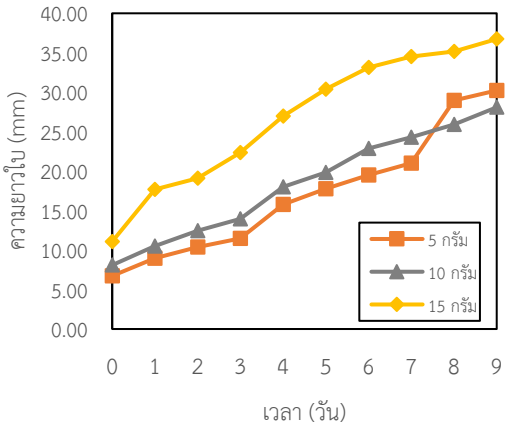
(ก)



(ข)

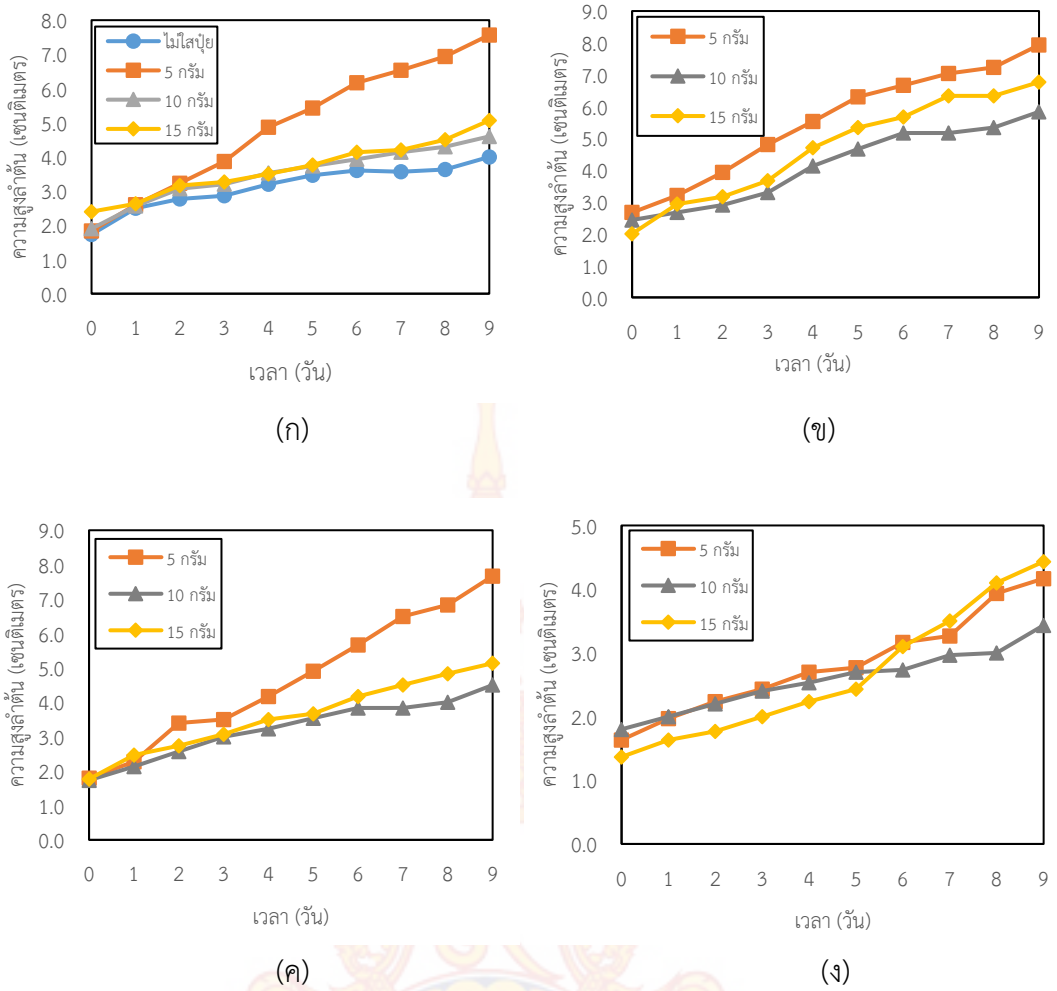


(ค)



(ง)

ภาพที่ 3-18 การวัดความยาวใบของคะน้าทั้ง 4 ชุดการทดลอง
(ก) สูตรที่ 1 เปลือกปู : มูลแพะ
(ข) สูตรที่ 2 เปลือกปู : มูลนกกระทา
(ค) สูตรที่ 3 เปลือกปู : มูลค้างคาว
(ง) สูตรที่ 4 เปลือกปู : มูลแพะ : มูลนกกระทา : มูลค้างคาว

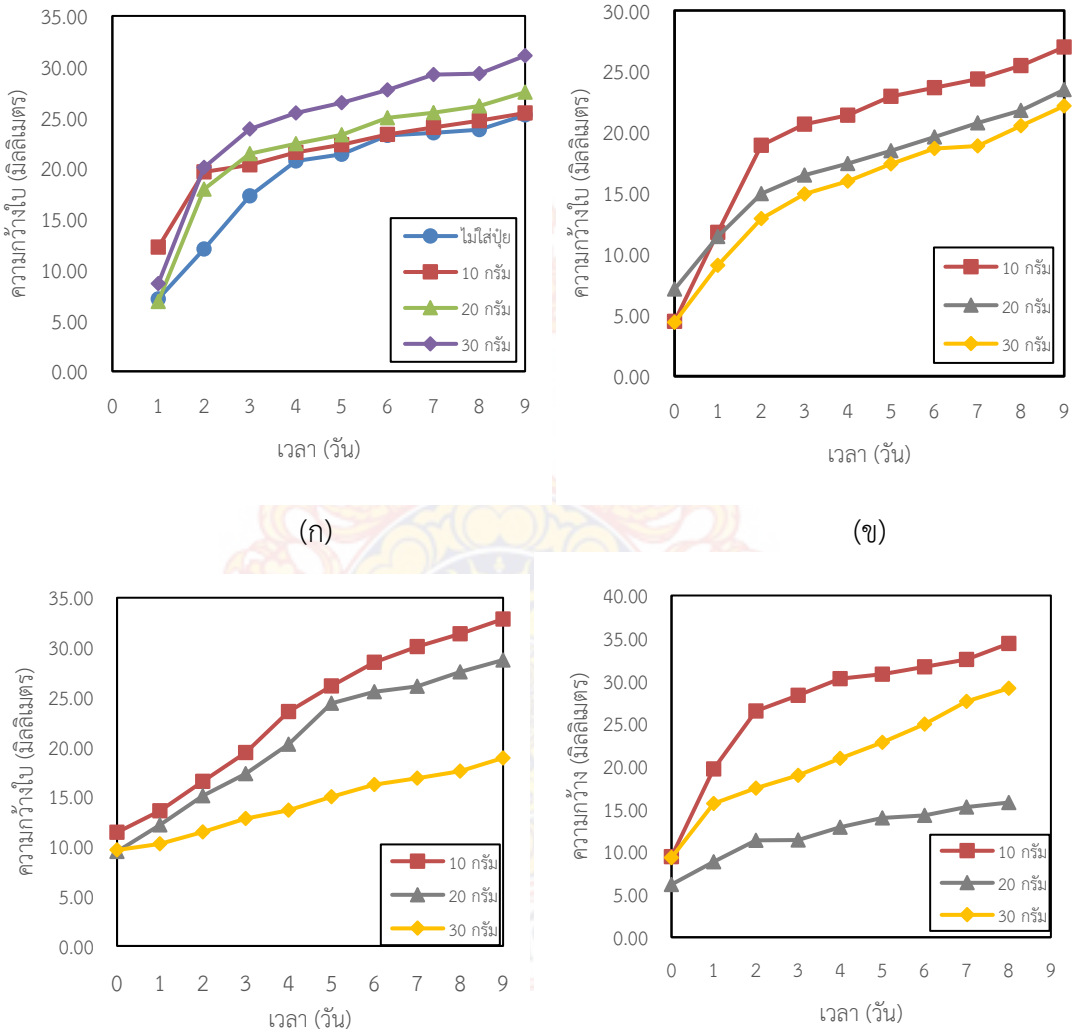


ภาพที่ 3-19 การวัดความสูงลำต้นของผักคะน้าทั้ง 4 ชุดการทดลอง
(ก) สูตรที่ 1 เปลือกปู : มูลแพะ
(ข) สูตรที่ 2 เปลือกปู : มูลนกกระทา
(ค) สูตรที่ 3 เปลือกปู : มูลค้างคาว
(ง) สูตรที่ 4 เปลือกปู : มูลแพะ : มูลนกกระทา : มูลค้างคาว

ผลการศึกษาความกว้างใบ ความยาวใบ และความสูงลำต้น ของผักคะน้า ที่ปลูกในกระถาง โดยใช้ปุ๋ยที่ผลิตจากเปลือกปูผสมมูลสัตว์ต่าง ๆ ในแต่ละอัตราส่วนจะเห็นได้ว่าผักคะน้าอัตราส่วนที่ใส่ปุ๋ยชีวภาพอัดเม็ด คือ สูตรที่ 1 เปลือกปู : มูลแพะ อัตราส่วน 0.125 : 1 สูตรที่ 2 เปลือกปู : มูลนกกระทา อัตราส่วน 0.125 : 1 สูตรที่ 3 เปลือกปู : มูลค้างคาว อัตราส่วน 0.125 : 1 และสูตรที่ 4 เปลือกปู : มูลแพะ : มูลนกกระทา : มูลค้างคาว อัตราส่วน 0.125 : 1 : 0.125 : 0.5 เมื่อเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของความกว้างใบ ความยาวใบ และความสูงลำต้นทั้ง 4 สูตรพบว่าผักคะน้าไม่ค่อยมีการเจริญเติบโตมากนัก จำเป็นต้องใส่ปุ๋ยในปริมาณที่มาก และไม่เหมาะสมต่อการปลูกในกระถางที่มีขนาดเล็ก ซึ่งมีผลทำให้โตช้า จากการสังเกตการเจริญเติบโตของผักคะน้าที่ต้องการพื้นที่กว้างสำหรับการปลูก

2.4.3 ผลการศึกษาความกว้างใบ ความยาวใบ และความสูงลำต้นของพริกขี้หนู

การวัดความกว้างใบ ความยาวใบ และความสูงลำต้น ของพริกขี้หนู จากส่วนขอบของใบทั้ง 2 ด้าน วัดจากขอบใบขวา ไปยังอีกขอบใบซ้าย หรือ จากขอบใบซ้าย ไปยังขอบใบขวา ส่วนการวัดความสูงจะวัดจากส่วนโคนต้นไปยังปลายยอด ซึ่งจะมีทั้งหมด 4 สูตรส่วนผสมต่างกัน สูตรที่ 1 เปลือกปู : มูลแพะ สูตรที่ 2 เปลือกปู : มูลนกกระทา สูตรที่ 3 เปลือกปู : มูลค้างคาว สูตรที่ 4 เปลือกปู : มูลแพะ : มูลนกกระทา : มูลค้างคาว โดยทำการวัดความกว้างใบ ความยาวใบ และความสูงลำต้นของพริกขี้หนูก่อนใส่ปุ๋ย หลังจากการใส่ปุ๋ยชีวภาพอัดเม็ดพริกขี้หนูในปริมาณ 10 20 และ 30 กรัม เพื่อเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของพริกขี้หนู แสดงดังภาพที่ 3-20, 3-21 และ 3-22



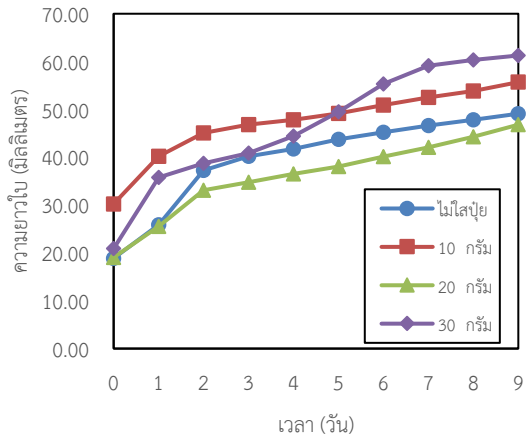
ภาพที่ 3-20 การวัดความกว้างใบของพริกขี้หนูทั้ง 4 ชุดการทดลอง

(ก) สูตรที่ 1 เปลือกปู : มูลแพะ

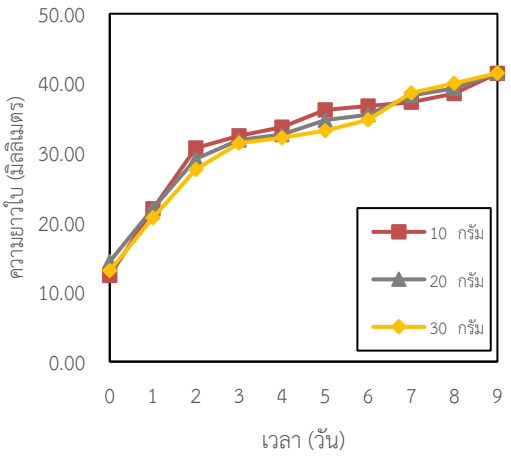
(ข) สูตรที่ 2 เปลือกปู : มูลนกกระทา

(ค) สูตรที่ 3 เปลือกปู : มูลค้างคาว

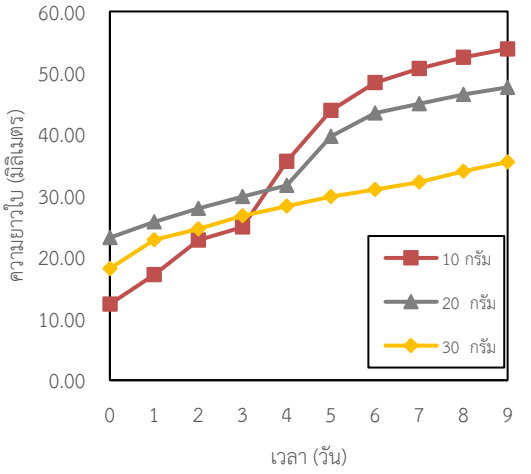
(ง) สูตรที่ 4 เปลือกปู : มูลแพะ : มูลนกกระทา : มูลค้างคาว



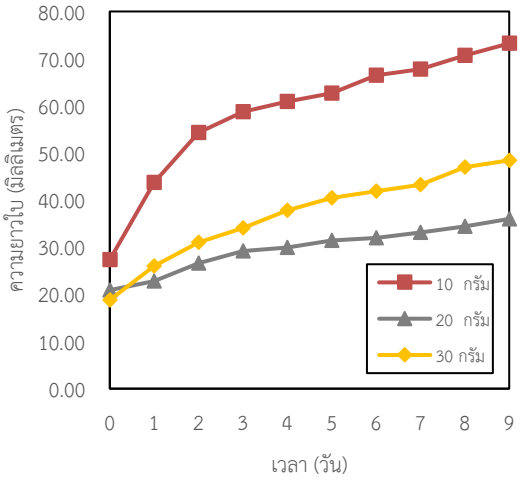
(ก)



(ข)



(ค)



(ง)

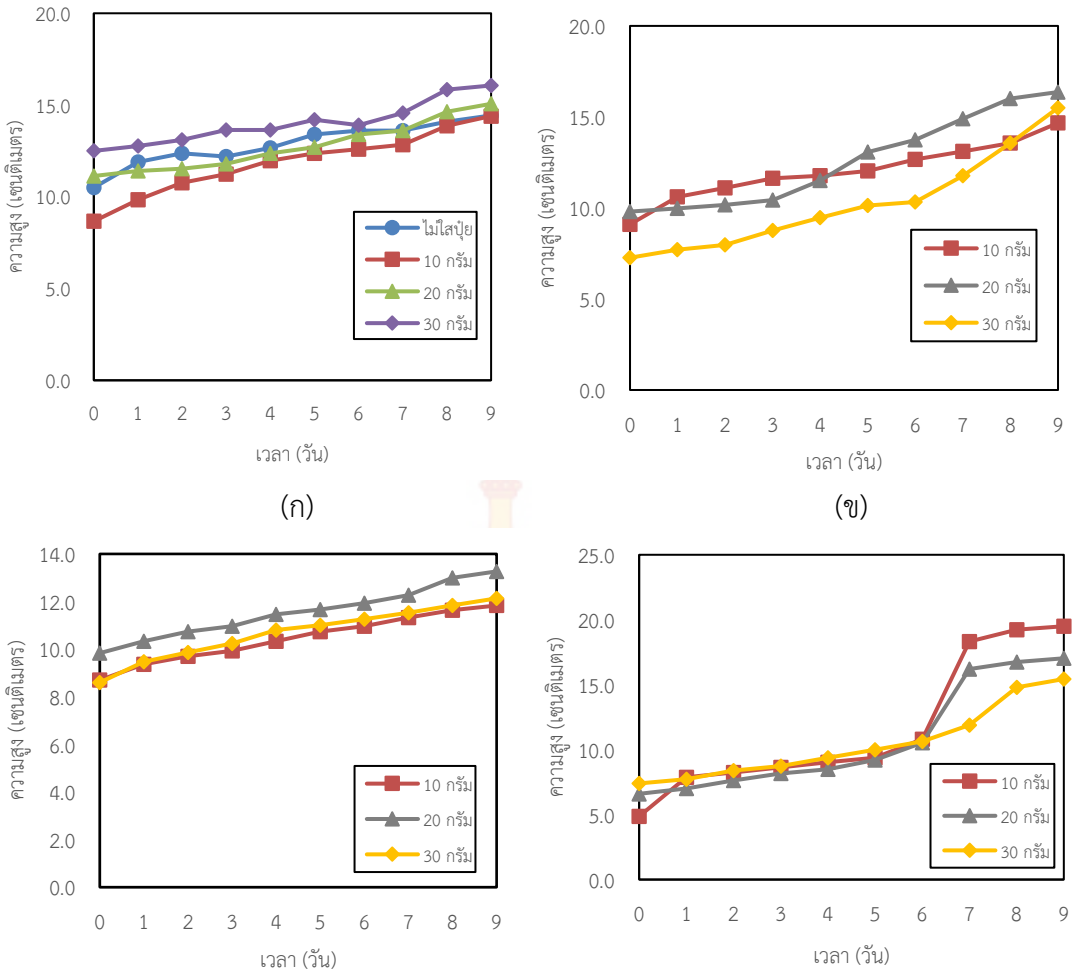
ภาพที่ 3-21 การวัดความยาวใบของพริกขี้หนูทั้ง 4 ชุดการทดลอง

(ก) สูตรที่ 1 เปลือกปู : มูลแพะ

(ข) สูตรที่ 2 เปลือกปู : มูลนกกระทา

(ค) สูตรที่ 3 เปลือกปู : มูลค้างคาว

(ง) สูตรที่ 4 เปลือกปู : มูลแพะ : มูลนกกระทา : มูลค้างคาว



ภาพที่ 3-22 การวัดความสูงลำต้นของพริกขี้หนูทั้ง 4 ชุดการทดลอง

(ก) สูตรที่ 1 เปลือกปู : มูลแพะ

(ข) สูตรที่ 2 เปลือกปู : มูลนกกระทา

(ค) สูตรที่ 3 เปลือกปู : มูลค้างคาว

(ง) สูตรที่ 4 เปลือกปู : มูลแพะ : มูลนกกระทา : มูลค้างคาว

ผลการศึกษาความสูงลำต้นของพริกขี้หนู ที่ปลูกในกระถาง โดยใช้ปุ๋ยที่ผลิตจากเปลือกปูผสมมูลสัตว์ต่าง ๆ ในแต่ละอัตราส่วน จะเห็นได้ว่าพริกขี้หนูอัตราส่วนที่ใส่ปุ๋ยชีวภาพอัดเม็ด คือ สูตรที่ 1 เปลือกปู : มูลแพะ อัตราส่วน 0.125 : 1 สูตรที่ 2 เปลือกปู : มูลนกกระทา อัตราส่วน 0.125 : 1 สูตรที่ 3 เปลือกปู : มูลค้างคาว อัตราส่วน 0.125 : 1 และสูตรที่ 4 เปลือกปู : มูลแพะ : มูลนกกระทา : มูลค้างคาว อัตราส่วน 0.125 : 1 : 0.125 : 0.5 เมื่อเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของความกว้างใบ ความยาวใบ และความสูงลำต้นทั้ง 4 สูตร พบว่าสูตรที่ 4 เปลือกปู : มูลแพะ : มูลนกกระทา : อัตราส่วน 0.125 : 1 : 0.125 : 0.5 มีอัตราการเจริญเติบโตสูงสุด มากกว่าสูตรอื่น ๆ มีความกว้างใบ ความยาวใบ ความสูงของลำต้นที่สูงขึ้น และมีแนวโน้มที่พริกขี้หนูจะการเจริญเติบโตตามอายุ

หลังจากการใส่ปุ๋ยชีวภาพอัดเม็ดสูตรที่ 4 เปลือกปู : มูลแพะ : มูลนกกระทา : มูลค้างคาว อัตราส่วน 0.125 : 1 : 0.125 : 0.5 ปริมาณ 10 20 และ 30 กรัม ครบกำหนดการวัดการเจริญเติบโต 45 วันแล้วปล่อยให้โตตามอายุของต้นพริกขี้หนู พบว่า ใบพริกขี้หนูเริ่มมีสีเหลือง อาจเป็นเพราะต้นพริกขี้หนูในสูตรที่ 4 ต้นโตกว่า และมีอายุการเพาะมากกว่าสูตรอื่น ๆ ตั้งแต่เป็นต้นกล้า แต่หลังใส่ปุ๋ยเพิ่มในปริมาณ 40 80 และ 120 กรัม ผ่านไปหนึ่งอาทิตย์ สูตรที่ 2 เปลือกปู : มูลนกกระทาและสูตรที่ 3 เปลือกปู : มูลค้างคาว ใบก็เริ่มดีขึ้น และใบเขียวขึ้น อาจเป็นเพราะทั้งสองสูตรนี้เม็ดปุ๋ยละลายเร็วกว่าสูตรอื่น ๆ จึงทำให้พืชนำไปใช้ได้อย่างรวดเร็ว

2.5 ผลการศึกษาการเจริญเติบโตของผักวอเตอร์เครสในระบบอควาโปนิกส์

จากทดลองปลูกผักวอเตอร์เครสแบบอควาโปนิกส์ที่มีความแตกต่าง 3 รูปแบบ คือ ชุดการทดลองที่ 1 น้ำธรรมดา ชุดการทดลองที่ 2 น้ำจากการเลี้ยงน้ำปลาดุก ชุดการทดลองที่ 3 น้ำจากการเลี้ยงปลาดุกเติมปุ๋ยชีวภาพจากเปลือกปู โดยทำการปลูกผักวอเตอร์เครส 100 ต้น (100 ตัวอย่าง) ในแต่ละชุดการทดลองเพื่อเปรียบเทียบการเจริญเติบโต โดยมีรายละเอียดดังนี้

2.5.1 อัตราการรอด อัตราการตายของผักวอเตอร์เครส

การศึกษาอัตราการรอด อัตราการตายของผักวอเตอร์เครส แสดงให้เห็นถึงอัตราการรอด อัตราการตายของผักวอเตอร์เครส ภายในระยะเวลา 40 วัน ของการศึกษาแสดงดังตารางที่ 3-17

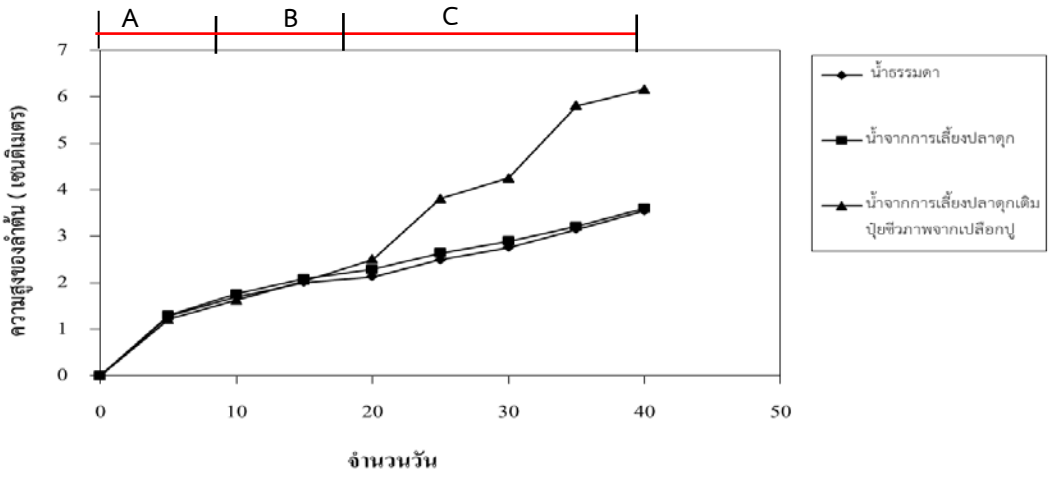
ตารางที่ 3-17 อัตราการรอดของผักวอเตอร์เครสในระบบอควาโปนิกส์

ชุดการทดลอง	หน่วยการทดลอง	อัตราการรอด (ร้อยละ)	อัตราการตาย (ร้อยละ)
1	น้ำธรรมดา	100	0
2	น้ำจากการเลี้ยงปลาดุก	98	2
3	น้ำจากการเลี้ยงปลาดุกเติมปุ๋ยชีวภาพจากเปลือกปู	100	0

จากตารางที่ 3-17 แสดงให้เห็นว่า ผลการศึกษาการเจริญเติบโตของผักวอเตอร์เครสที่ปลูกในระบบอควาโปนิกส์จะเห็นได้ว่า ผักวอเตอร์เครสในชุดการทดลองที่ 1 น้ำธรรมดา มีอัตราการรอดร้อยละ 100ชุดการทดลองที่ 2 น้ำจากการเลี้ยงปลาดุก มีอัตราการรอด ร้อยละ 98 มีอัตราการตาย เนื่องจากการตั้งระดับพื้นที่ตั้งของรางปลูกพืชที่ไม่เท่ากันเนื่องจากพื้นที่ทำการการทดลองเป็นพื้นดิน จึงทำให้เมื่อฝนตกลงสู่พื้นดินจึงเกิดการทรุดตัวลงทำให้การตั้งระดับพื้นที่เกิดการไม่เท่ากันมี และ ชุดการทดลองที่ 3 น้ำจากเลี้ยงปลาดุกเติมปุ๋ยชีวภาพจากเปลือกปู มีอัตราการรอดร้อยละ 100

2.5.2. การเปรียบเทียบการเจริญเติบโตจากความสูงของลำต้น

จากการทดลองทำการปลูกผักวอเตอร์เครสในระบบอควาโปรนิกส์ ได้มีการเก็บข้อมูลโดยการวัดความสูงของลำต้นของผักวอเตอร์เครส โดยทำการวัดผลทุกๆ 5 วัน ในระยะเวลาที่ทำการทดลองเป็นระยะเวลา 40 วัน แสดงดังภาพที่ 3-23



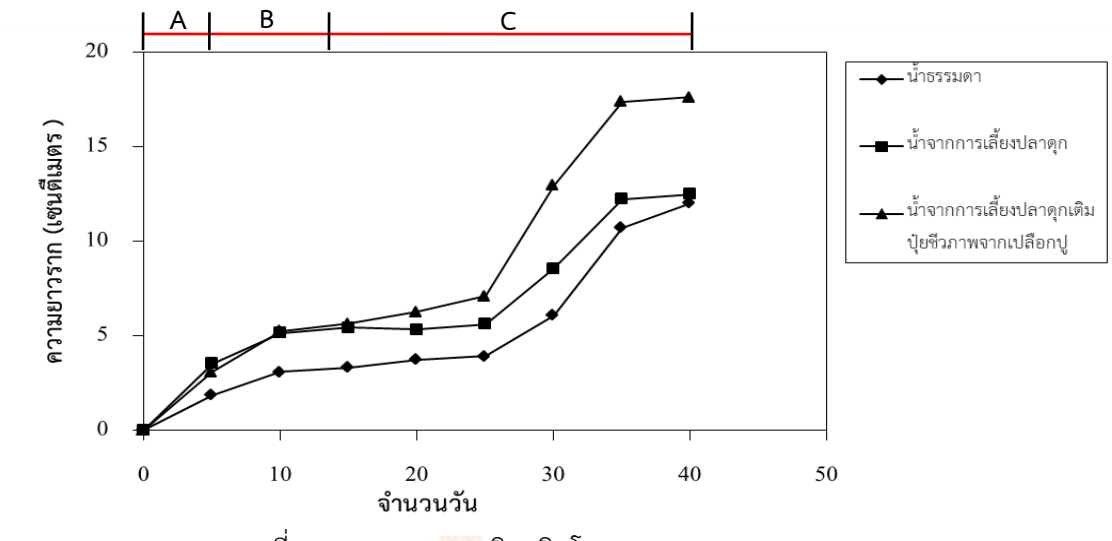
ภาพที่ 3-23 แสดงการเจริญเติบโตความสูงของลำต้น

จากภาพที่11 แสดงให้เห็นว่า ผลการศึกษาการเจริญเติบโตของความสูงของลำต้นมีความชันของกราฟในช่วง A สัปดาห์แรกที่ไกล้เคียงกัน และ มีการเจริญเติบโตขึ้นมาที่ไม่แตกต่างกันมากในช่วง B แต่หลังจากนั้นในช่วง C ชุดการทดลองที่ 3 น้ำจากการเลี้ยงปลาดุกเติมปุ๋ยชีวภาพจากเปลือกปู มีความชันสูงกว่ามากกว่าชุดการทดลองอื่น ๆ จึงแสดงให้เห็นถึงศักยภาพของปุ๋ยชีวภาพจากเปลือกปูที่ส่งผลดีต่อการเจริญเติบโต

2.5.3การเปรียบเทียบการเจริญเติบโตจากความยาวราก

ในการทดลองทำการปลูกผักวอเตอร์เครส จากการปลูกระบบอควาโปรนิกส์ ได้มีการเก็บข้อมูลโดยการวัดความยาวรากของผักวอเตอร์เครส ทุก ๆ 5 วัน โดย ระยะเวลาที่ทำการปลูกทดลองเป็นระยะเวลา 40 วัน แสดงดังภาพที่ 3-23

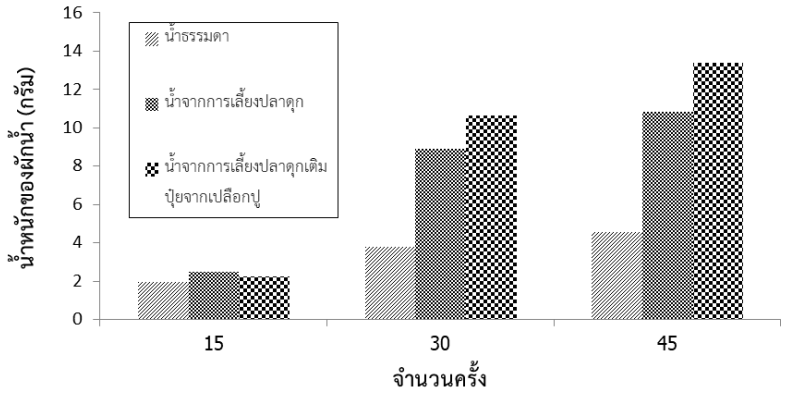
จากภาพที่ 3-24 แสดงให้เห็นว่าผลการศึกษาการเจริญเติบโตของความยาวรากมีค่าความชันของกราฟในช่วง A ระยะเวลา 10 วัน มีความชันไกล้เคียงกันของชุดการทดลองที่ 2 และ 3 มากกว่าชุดการทดลองที่ 1 และ หลังจากนั้นมีการเจริญเติบโตที่แตกต่างกันในช่วง B หลังจากระยะเวลา 15 วัน ช่วง C ชุดการทดลองที่ 3 น้ำจากการเลี้ยงปลาดุกเติมปุ๋ยชีวภาพจากเปลือกปู มีความชันของกราฟความยาวรากมากกว่าชุดการทดลองอื่น ๆ แสดงถึงศักยภาพของปุ๋ยชีวภาพจากเปลือกปูที่ส่งผลดีต่อการเจริญเติบโตของรากผักวอเตอร์เครส



ภาพที่ 3-24 แสดงการเจริญเติบโตของความยาวราก

2.5.4 การเปรียบเทียบการเจริญเติบโตจากการเพิ่มขึ้นของน้ำหนักสด

จากการทดลองทำการปลูกผักกวอเตอร์เครสในระบบอควาโปรนิกส์ ได้มีการเก็บข้อมูลของการเพิ่มขึ้นของน้ำหนักสดของผักกวอเตอร์เครส เมื่อปลูกผักกวอเตอร์เครสในวันที่ 15 30 และ 45 วัน เพื่อเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของผักกวอเตอร์เครส แสดงดังภาพที่ 3-24



ภาพที่ 3-25 แสดงการเจริญเติบโตของผักกวอเตอร์เครสจากน้ำหนักสด

จากภาพที่ 3-25 แสดงให้เห็นว่า ผลการศึกษาการเพิ่มขึ้นของน้ำหนักสดเฉลี่ยของผักกวอเตอร์เครสจากการปลูกในระบบอควาโปรนิกส์ 3 ชุดการทดลอง ในช่วงวันที่ 15 มีการเพิ่มของน้ำหนักสดเฉลี่ยในแต่ชุดการทดลอง น้ำธรรมดา 1.914 กรัม น้ำจากการเลี้ยงปลาดุก 2.445 กรัม น้ำจากการเลี้ยงปลาดุกเติมปุ๋ยชีวภาพจากเปลือกปู 2.881 กรัม ซึ่งมีการเพิ่มน้ำหนักที่ใกล้เคียงกัน และระยะวันที่ 30 วัน มีน้ำหนักสดของชุดการทดลองของผักกวอเตอร์เครสน้ำธรรมดา 3.76 กรัม น้ำจากการเลี้ยงปลาดุก 8.84 กรัม น้ำจากการเลี้ยงปลาดุกเติมปุ๋ยชีวภาพจากเปลือกปู 10.62 กรัม

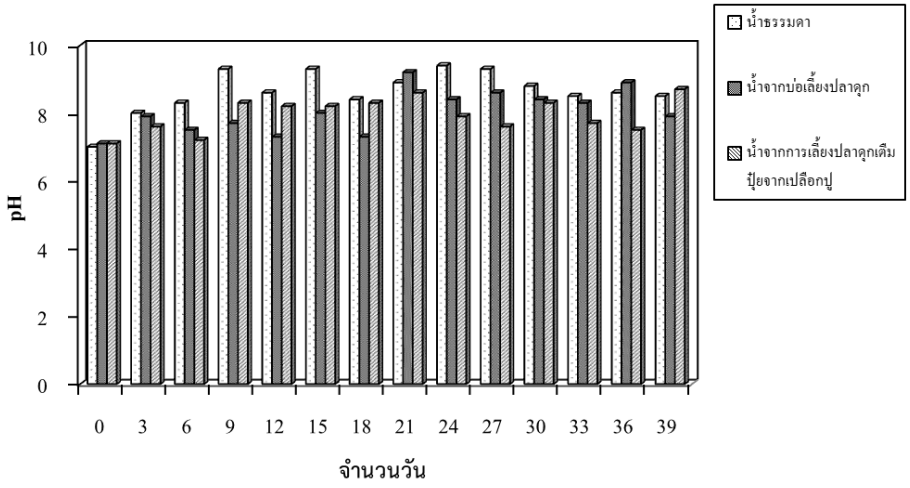
มีการเพิ่มขึ้นของน้ำหนักแตกต่างมากขึ้น และในช่วงวันที่ 45 มีการเพิ่มขึ้นน้ำหนักสดเฉลี่ยของชุดการทดลองที่ 3 น้ำจากการเลี้ยงปลาดุกเติมปุ๋ยชีวภาพจากเปลือกปู 13.33 กรัม ชุดการทดลองที่ 2 น้ำจากการเลี้ยงปลาดุก 10.77 กรัม ชุดการทดลองที่2น้ำธรรมดา 4.52 กรัม ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างกันมาก

2.5.5 ผลการศึกษาการเปรียบเทียบคุณภาพน้ำจากการเลี้ยงปลาดุกในระบบอควาโปนิกส์

การศึกษาการเปรียบเทียบคุณภาพน้ำจากการเลี้ยงปลาดุก แบ่งชุดการทดลองเป็น 3 ชุดการทดลอง ชุดการทดลองที่ 1 น้ำธรรมดา ชุดการทดลองที่ 2 น้ำจากการเลี้ยงปลาดุก และชุดการทดลองที่ 3 น้ำจากการเลี้ยงปลาดุกเติมปุ๋ยชีวภาพจากเปลือกปู โดยการวัดค่า ทุก ๆ 3 วัน ในจำนวน 13 ครั้ง มีผลการวิเคราะห์น้ำดังต่อไปนี้

1) ค่าความเป็นกรดด่างของน้ำจากการเลี้ยงปลาดุกในระบบอควาโปนิกส์

จากการเก็บตัวอย่างตลอดระยะการทดลอง 13 ครั้ง ทุก ๆ 3 วัน ค่าเฉลี่ยความเป็นกรดเป็นด่างของชุดการทดลองที่ 1 น้ำธรรมดา มีค่าความเป็นกรดด่างเฉลี่ย 9.4 ชุดการทดลองที่ 2 บ่อน้ำจากการเลี้ยงปลาดุก มีค่าความเป็นกรดด่างเฉลี่ย 8.9 ชุดการทดลองที่ 3 น้ำจากการเลี้ยงปลาดุกเติมปุ๋ยชีวภาพจากเปลือกปู มีค่าความเป็นกรดด่างเฉลี่ย 8.7 และ โดยการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรดด่างแต่ละชุดการทดลอง เป็นผลจากการเปลี่ยนถ่ายน้ำในช่วงระยะเวลาฝนตก จึงทำให้เห็นความแตกต่างกัน แสดงดังภาพที่ 3-26

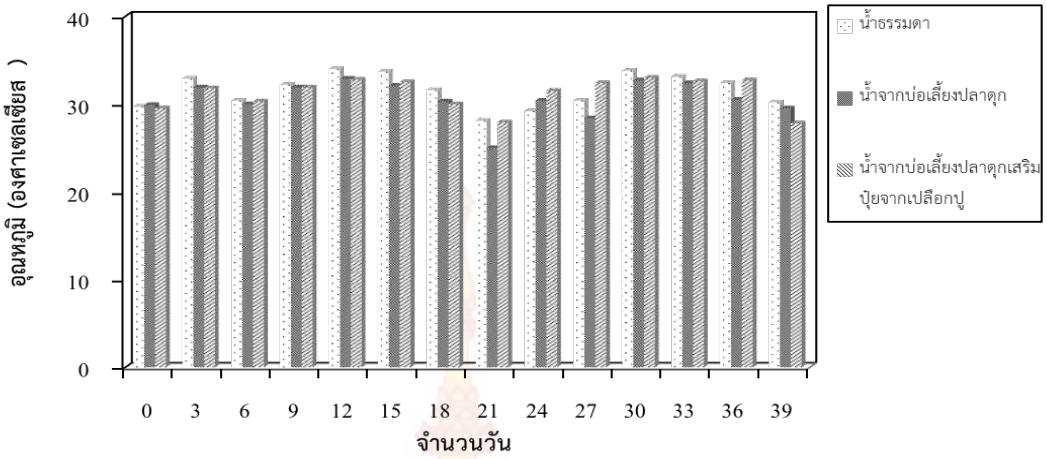


ภาพที่ 3-26 แสดงค่าความเป็นกรดด่างเฉลี่ยแต่ละชุดการทดลอง

2) ค่าอุณหภูมิของน้ำจากการเลี้ยงปลาดุกในรูปแบบอควาโปนิกส์

ในการทดลองทำการปลูกผักวอเตอร์เครสโดยการใช้น้ำจากการเลี้ยงปลาดุกได้มีการเก็บข้อมูลโดยการวัดค่าอุณหภูมิ ภายในบ่อเลี้ยงปลาดุกของชุดการทดลองทั้ง 3 บ่อ บ่อที่ 1 น้ำธรรมดา บ่อที่ 2 น้ำจากการเลี้ยงปลาดุก บ่อที่ 3 น้ำจากการเลี้ยงปลาดุกเติมปุ๋ยชีวภาพจากเปลือกปู ในระยะเวลา ทุกๆ 3 วัน ที่ทำการปลูกผักวอเตอร์เครส แสดงให้เห็นว่าผลการตรวจวัดค่าอุณหภูมิของน้ำในบ่อทุกชุดการทดลองอยู่ในช่วง 29.9.-32.0 องศาเซลเซียส มีการเพิ่มขึ้นของ

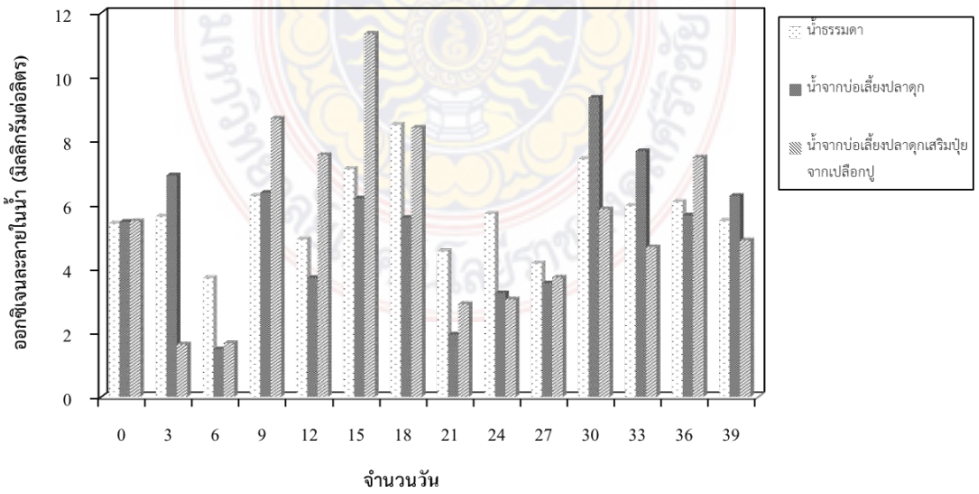
อุณหภูมิในช่วงวันที่ 15 เนื่องจากมีแดดแรง และ มีการลดลงของอุณหภูมิในช่วงวันที่ 21 เนื่องจากฝนตก แสดงถึงในช่วงเวลาทำการทดลองเกิดสภาพอากาศมีการเปลี่ยนแปลงบ่อยครั้ง ส่งผลให้ค่าอุณหภูมิไม่คงที่ แสดงดังภาพที่ 3-27



ภาพที่ 3-27 แสดงค่าอุณหภูมิแต่ละชุดการทดลอง

3) ปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำของน้ำจากการเลี้ยงปลาดุกในระบบอควาโปนิกส์

จากการตรวจวัดปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำตลอดระยะเวลาการทดลอง 13 ครั้ง โดยแบ่งชุดการทดลองเป็น 3 ชุดการทดลอง ชุดทดลองที่ 1 น้ำธรรมดา พบว่า มีปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำเฉลี่ย 6.23 มิลลิกรัมต่อลิตร ชุดการทดลองที่ 2 น้ำจากการเลี้ยงปลาดุกมีปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำเฉลี่ย 5.65 มิลลิกรัมต่อลิตร ชุดการทดลองที่ 3 น้ำจากการเลี้ยงปลาดุกเติมปุ๋ยชีวภาพจากเปลือกปูมีค่าออกซิเจนละลายในน้ำเฉลี่ย 5.93 มิลลิกรัมต่อลิตร และการเปรียบเทียบปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำแต่ละชุดการทดลอง แสดงดังภาพที่ 3-28

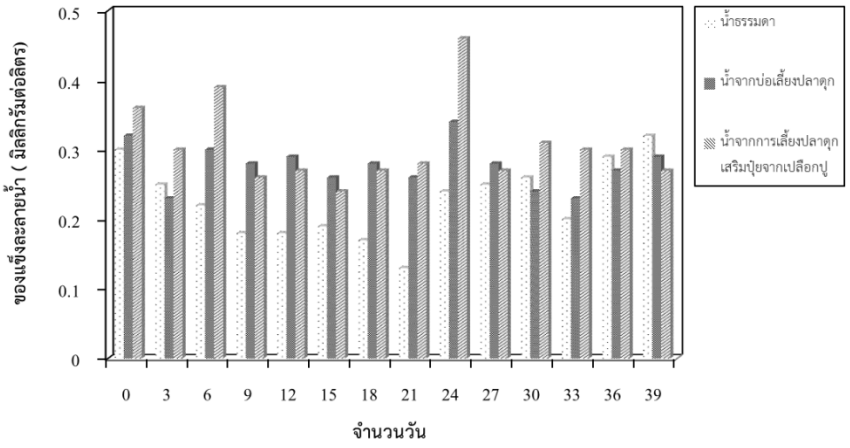


ภาพที่ 3-28 ค่าออกซิเจนละลายในน้ำเฉลี่ยแต่ละชุดการทดลอง

จากภาพที่ 3-28 แสดงให้เห็นว่าปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำเฉลี่ยในวันที่ 15 สูงกว่าวันอื่น ๆ เนื่องจากมีการเพิ่มขึ้นของปริมาณออกซิเจน ซึ่งอาจจะเป็นผลสืบเนื่องจากในระยะเวลานี้มีแดดแรง สาหร่ายในบ่อเกิดการสังเคราะห์แสง และ ปลดปล่อยออกซิเจนออกมาจนทำให้ค่าออกซิเจนสูงขึ้น และในวันที่ 21 มีการลดลงเนื่องจากมีสภาพอากาศฝนตก และ มีแดดอ่อนๆ ส่งผลต่อการสังเคราะห์แสงของสาหร่ายได้น้อยลงจึงทำให้ออกซิเจนลดลง

4) ปริมาณของแข็งละลายในน้ำจากการเลี้ยงปลาดุกในระบบอควาโปนิกส์

จากการตรวจวัดปริมาณของแข็งที่ละลายในน้ำ ตลอดระยะเวลาการทดลอง 13 ครั้ง โดยแบ่งชุดการทดลองเป็น 3 ชุดการทดลอง ชุดทดลองที่ 1 น้ำธรรมดาพบว่า มีปริมาณของแข็งละลายน้ำเฉลี่ย 0.245 มิลลิกรัมต่อลิตร ชุดการทดลองที่ 2 น้ำจากการเลี้ยงปลาดุกมีปริมาณของแข็งละลายน้ำเฉลี่ย 0.298 มิลลิกรัมต่อลิตร ชุดการทดลองที่ 3น้ำจากการเลี้ยงปลาดุกเติมเป็นชีวภาพจากเปลือกปูมีปริมาณของแข็งละลายน้ำเฉลี่ย 0.329 มิลลิกรัมต่อลิตร และ การเปรียบเทียบปริมาณของแข็งละลายน้ำแต่ละชุดการทดลองแสดงดังภาพที่ 3-29



ภาพที่ 3-29 แสดงค่าของแข็งละลายน้ำแต่ละชุดการทดลอง

จากภาพที่ 3-29 แสดงให้เห็นว่า ปริมาณของแข็งละลายน้ำ เฉลี่ยในวันที่ 6 และ 24 มีการเกิดฝนตกจนก่อให้การเกิดการฟุ้งกระจายขึ้นจากพื้นบ่อ และ หากเกิดฝนตกหนักจะทำให้ตะกอนลอยขึ้นจากพื้นบ่อได้ซึ่ง จะทำให้ค่าของแข็งละลายน้ำสูงขึ้น

5) ผลจากการวิเคราะห์ค่าบีโอดีของน้ำจากการเลี้ยงปลาดุกในรูปแบบอควาโปนิกส์

จากการวิเคราะห์ค่าบีโอดี ตลอดระยะเวลาทดลอง 5 ครั้ง แสดงดังตารางที่ 3 โดยแบ่งชุดการทดลองเป็น 3 ชุดการทดลอง ชุดทดลองที่ 1 น้ำธรรมดา ชุดการทดลองที่ 2 น้ำจากการเลี้ยงปลาดุก และ ชุดการทดลองที่ 3 น้ำจากการเลี้ยงปลาดุกเติมปุ๋ยชีวภาพจากเปลือกปู มีผลการวิเคราะห์ ชุดการทดลองที่3 น้ำจากการเลี้ยงปลาดุกเติมปุ๋ยชีวภาพจากเปลือกปูแสดงให้เห็นว่าค่าบีโอดี ในครั้งที่ 3 มีค่าบีโอดีสูงที่สุด เฉลี่ย 75.0 มิลลิตรกรัมต่อลิตร เนื่องจากอาจเกิดการสะสมของตะกอนของเสียในบ่อเลี้ยงปลาดุกในครั้งที่ 4 ที่มีปริมาณค่าบีโอดีลดลงอันเนื่องมาจากฝนตกจึงทำ

ให้ค่าบีโอดีลดลง และ เมื่อเปรียบเทียบในทั้ง 3 ชุดการทดลองจะเห็นว่า บ่อที่ 3 น้ำจากการเลี้ยงปลาดุกเติมปุ๋ยชีวภาพจากเปลือกปู มีค่าบีโอดีสูงมากที่สุด รองลงมาบ่อที่ 2 น้ำจากการเลี้ยงปลาดุก และ บ่อที่ 1 น้ำธรรมดา มีค่าบีโอดีต่ำซึ่งเกิดจากการสะสมของปริมาณสารอินทรีย์ในแต่ละบ่อแตกต่างกัน แสดงดังตารางที่ 3-18

ตารางที่ 3-18 แสดงผลการวิเคราะห์ค่าบีโอดี

วัน-เดือน-ปี	ครั้งที่	หน่วยชุดการทดลอง	ค่าเฉลี่ยบีโอดี (มิลลิกรัมต่อลิตร)	หมายเหตุ
5 เมษายน 2561	0	น้ำธรรมดา	10.00	
		น้ำจากการเลี้ยงปลาดุก	12.60	
		น้ำจากการเลี้ยงเติมปุ๋ยชีวภาพจากเปลือกปู	-	Non-detected
12 เมษายน 2561	1	น้ำธรรมดา	3.00	
		น้ำจากการเลี้ยงปลาดุก	13.8	
		น้ำจากการเลี้ยงเติมปุ๋ยชีวภาพจากเปลือกปู	15.20	
19 เมษายน 2561	2	น้ำธรรมดา	3.8	
		น้ำจากการเลี้ยงปลาดุก	3	
		น้ำจากการเลี้ยงเติมปุ๋ยชีวภาพจากเปลือกปู	--	Non-detected
26 เมษายน 2561	3	น้ำธรรมดา	5.33	
		น้ำจากการเลี้ยงปลาดุก	4.5	
		น้ำจากการเลี้ยงเติมปุ๋ยชีวภาพจากเปลือกปู	75	
3 พฤษภาคม 2561	4	น้ำธรรมดา	4.83	
		น้ำจากการเลี้ยงปลาดุก	8.33	
		น้ำจากการเลี้ยงเติมปุ๋ยชีวภาพจากเปลือกปู	27.5	
10พฤษภาคม 2561	5	น้ำธรรมดา	5.50	
		น้ำจากการเลี้ยงปลาดุก	5.83	
		น้ำจากการเลี้ยงเติมปุ๋ยจากเปลือกปู	23.00	

หมายเหตุ: ผลการวิเคราะห์ค่าบีโอดีของน้ำจากการเลี้ยงปลาดุกและเติมปุ๋ยชีวภาพจากเปลือกปูในวันที่ 5 เมษายน 2561 และ 19 เมษายน 2561 ของการเดินระบบไม่สามารถวิเคราะห์ได้เนื่องจากมีค่าบีโอดีที่สูงเกินกว่าที่จะคาดการณ์ไว้

3. การประเมินกระบวนการผลิต ต้นทุน และมูลค่าการซื้อขายผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพอัดเม็ดจากเปลือกปู

ในส่วนของการประเมินกระบวนการผลิต ต้นทุน และ มูลค่าการซื้อขายผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพอัดเม็ดจากเปลือกปูของงานวิจัยนี้ พิจารณาจากการดำเนินการทดลองการผลิตปุ๋ยชีวภาพอัดเม็ดจากเปลือกปูโดยใช้วัตถุดิบชนิดต่าง ๆ ร่วมกับการออกแบบบรรจุภัณฑ์เพื่อนำไปทดสอบการจำหน่ายในท้องตลาด รวมถึงการถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่กลุ่มเป้าหมายเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ในชุมชน หรือ เชิงพานิชย์ ซึ่งเป็นการวางแผนการดำเนินงานในส่วนของการพัฒนางานวิจัยสู่การนำไปใช้งานจริง โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.1 การประเมินกระบวนการผลิตปุ๋ยชีวภาพอัดเม็ดจากเปลือกปู ต้นทุน และมูลค่าการซื้อขายผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพอัดเม็ดจากเปลือกปู

ในส่วนของการประเมินกระบวนการผลิตปุ๋ยชีวภาพอัดเม็ดจากเปลือกปูในส่วนของต้นทุนการผลิตจะพิจารณาจากมูลค่าของวัตถุดิบในแต่ละชนิด โดยยังไม่พิจารณาถึงมูลค่าต้นทุนจากการขนส่งเนื่องจากต้นทุนการขนส่งขึ้นอยู่กับศักยภาพของผู้ผลิตในการจัดหาวัตถุดิบที่นำมาเป็นส่วนผสมและการจัดหาแหล่งจำหน่ายสินค้า รายละเอียดต้นทุนวัตถุดิบแสดงดังตารางที่ 3-19

ตารางที่ 3-19 การพิจารณาต้นทุนการผลิตปุ๋ยชีวภาพอัดเม็ดจากเปลือกปู

วัตถุดิบ	**น้ำหนัก (กก.)**	**ราคา (บาท)**	**ราคาต่อหน่วย (บาท/กก.)**
เปลือกปู	-	-	3.00*
มูลไก่	25	80	3.20
มูลวัว	25	60	2.40
มูลแพะ	25	50	2.00
มูลนกกระทา	25	80	3.20
มูลค้างคาว	25	300	12.00
ปูนขาวจากเปลือกหอย	7	20	2.86

หมายเหตุ *มูลค่าเปลือกปูพิจารณาจากการตกลงมูลค่าการซื้อขายกับชาวบ้านในพื้นที่ชุมชนบ้านหาดมดตะนอย อ.กันตัง จ.ตรัง โดยมูลค่าของวัตถุดิบอาจมีการเปลี่ยนแปลงในแต่ละพื้นที่

ตัวอย่างการดำเนินการผลิตปุ๋ยชีวภาพอัดเม็ดจากเปลือกปูผสมมูลไก่ในอัตราส่วน 0.125 : 1 ที่กำลังการผลิต 100 กก/วัน เมื่อกำหนดค่าแรงในการทำงานเท่ากับ 400 บาท/คน/วัน จำนวน 2 คน ค่าน้ำประปา หน่วยล่ะ 5 บาท (5 บาท/ลบ.ม.) การประมาณการต้นทุนการผลิตแสดงดังตารางที่ 3-20

ตารางที่ 3-20 การประมาณการต้นทุนการผลิตปุ๋ยชีวภาพอัดเม็ดจากเปลือกปูผสมมูลสัตว์

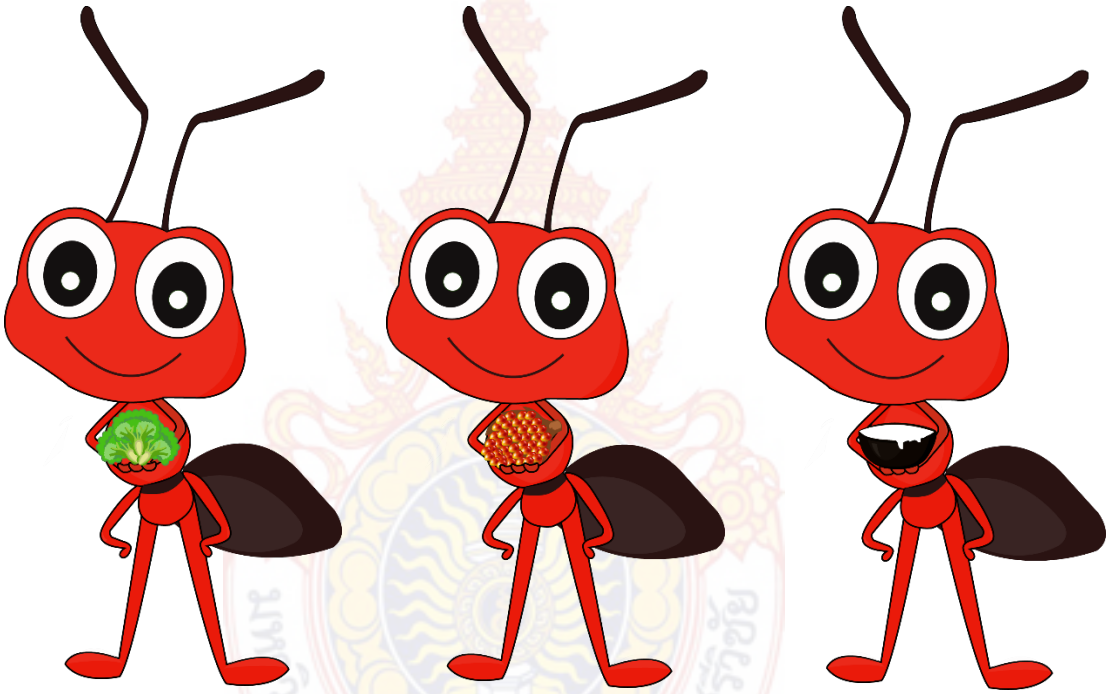
การประมาณการต้นทุนการผลิตปุ๋ยชีวภาพอัดเม็ดจากเปลือกปูผสมมูลสัตว์ (เปลือกปูผสมมูลไก่) ในอัตราส่วน 0.125 : 1 ที่กำลังการผลิต 100 กก./วัน			
รายการ	ปริมาณ (กก.)	มูลค่า (บาท/กก.)	มูลค่าวัตถุดิบ (บาท)
เปลือกปู	11.11	3.0	33.33
มูลไก่	88.89	3.2	284.45
ปูนขาวจากเปลือกหอย	5.00	2.86	14.30
น้ำ	50	0.005	0.25
มูลค่าวัตถุดิบรวม (บาท)			332.33
ค่าแรง	400 บาท/คน/วัน จำนวน 2 คน (บาท)		800.00
มูลค่าต้นทุนการผลิต (มูลค่าวัตถุดิบรวมค่าแรง) (บาท)			1,132.33
มูลค่าต้นทุนการผลิต (บาท/กก)			11.32

อย่างไรก็ตามในการพิจารณาต้นทุนการผลิตจะต้องคำนึงถึงในส่วนของค่าใช้จ่ายสำหรับบรรจุภัณฑ์ด้วย ซึ่งมูลค่าของบรรจุภัณฑ์บางประเภทที่มีมูลค่าสูงอาจส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพอัดเม็ดจากเปลือกปูผสมมูลสัตว์มีมูลค่าจำหน่ายสูงตามไปด้วยเช่นกัน ทั้งนี้จากการดำเนินงานวิจัยในครั้งนี้พบว่ามูลค่าของบรรจุภัณฑ์อาจส่งผลให้มูลค่าจำหน่ายเพิ่มสูงขึ้นมากกว่า 3 เท่าของมูลค่าต้นทุนวัตถุดิบ ซึ่งยังไม่รวมถึงมูลค่าการขนส่งสินค้า ดังนั้นการวางแนวทาง หรือ การพิจารณาเลือกบรรจุภัณฑ์จึงควรมีการคำนึงถึงเป็นส่วนสำคัญส่วนหนึ่ง โดยตัวอย่างบรรจุภัณฑ์ที่เป็นการบรรจุในถุงกระดาษและมีตราสัญลักษณ์สำหรับปุ๋ยชีวภาพอัดเม็ดจากเปลือกปูผสมมูลสัตว์ แสดงดังภาพที่ 3-30

ภาพที่ 3-30 บรรจุภัณฑ์สำหรับปุ๋ยชีวภาพอัดเม็ดจากเปลือกปูผสมมูลสัตว์บรรจุในถุงกระดาษที่มีตราสัญลักษณ์

ซึ่งแนวทางการพัฒนาบรรจุภัณฑ์ที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมยังสามารถนำมาพิจารณาสำหรับการนำมาใช้งานจริงได้ เพื่อสนับสนุนการผลิตที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมมากยิ่งขึ้น ทั้งนี้อาจมีการดำเนินงานวิจัยในส่วนของการพัฒนาบรรจุภัณฑ์เพิ่มเติมต่อไปได้ ทั้งนี้งานวิจัยนี้ได้มีการพัฒนาโลโก้ตราสัญลักษณ์ไว้เป็นแนวทางสำหรับการนำไปใช้งานร่วมกับการพัฒนาบรรจุภัณฑ์ที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมรูปแบบต่าง ๆ ได้ในอนาคต โดยการออกแบบโลโก้ หรือ ตราสัญลัญลักษณ์ที่ได้ทำการออกแบบไว้จำนวน 2 รูปแบบ คือ GreenSea และ มดตะนอย แสดงดังภาพที่ 3-31 และ 3-32 เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาบรรจุภัณฑ์สำหรับการจำหน่ายในท้องตลาดในอนาคต

ภาพที่ 3-31 ตราสัญลัญลักษณ์ “GreenSea” สำหรับปุ๋ยชีวภาพอัดเม็ดจากเปลือกปูผสมมูลสัตว์



ภาพที่ 3-32 ตราสัญลัญลักษณ์ “มดตะนอย” สำหรับปุ๋ยชีวภาพอัดเม็ดจากเปลือกปูผสมมูลสัตว์

3.2 การถ่ายทอดเทคโนโลยีและการสรุปผลการดำเนินงานวิจัย

จากการลงพื้นที่ชุมชนบ้านมดตะนอย ตำบลเกาะลิบง อำเภอกันตัง จังหวัดตรัง ในการแนะนำให้ความรู้ชุมชนบ้านมดตะนอยร่วมกับบริษัทปูนซีเมนต์ไทย (ทุ่งสง) จำกัด ในกิจกรรม “รักษ์น้ำ จากภูผา สู่มหานที” ตอน สร้างคุณค่าหมุนเวียน เปลี่ยนโลกให้ยังยืน ทำให้ทราบถึงความต้องการของคนในชุมชนบ้านมดตะนอยในการนำเปลือกปูที่ก่อเกิดจากการแกะเนื้อปูที่มีอยู่ปริมารมากในชุมชนไปใช้ประโยชน์ ซึ่งสอดคล้องกับผลผลิตจากโครงการวิจัยนี้ที่ต้องการให้มีการนำไปใช้ประโยชน์จริงในชุมชน หรือ เชิงพานิชย์ ผู้วิจัยจึงได้ลงพื้นที่พบกับผู้ผู้นำชุมชน และ กลุ่มชาวบ้าน ที่ต้องการนำ

เปลือกปูไปใช้ประโยชน์ให้เกิดมูลค่าเพิ่มขึ้น แสดงดังภาพที่ 3-33 ซึ่งจากการลงพื้นที่พบปะพูดคุยกับผู้นำชุมชนและกลุ่มชาวบ้านได้เห็นพ้องต้องกันจึงการพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่มีการใช้ประโยชน์จากเปลือกปู ซึ่งจะดำเนินการวิจัยร่วมกัน (งบประมาณเงินรายได้ ประจำปีงบประมาณ 2563) ทั้งนี้เพื่อเป็นแนวทางการใช้ประโยชน์จากเปลือกปูที่เป็นวัสดุเศษเหลือจากการประมงให้มีมูลค่าเพิ่มขึ้น และ สร้างรายได้เสริมให้กับคนในชุมชนต่อไป

ภาพที่ 3-33 การถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่ชุมชนเพื่อพัฒนางานวิจัยสู่การนำไปใช้ประโยชน์หรือเชิงพานิชย์

บทที่ 4
สรุปผลการวิจัย
(Conclusion)

การผลิตปุ๋ยชีวภาพอัดเม็ดจากวัสดุส่วนผสม คือ เปลือกปู มูลไก่ และมูลวัว ที่กำหนดสูตร 3 สูตร คือ เปลือกปู/มูลไก่ , เปลือกปู/มูลวัว และ เปลือกปู /มูลไก่/ มูลวัว และ การตรวจวิเคราะห์ปุ๋ยชีวภาพอัดเม็ดโดยการคัดเลือกสูตรที่เหมาะสมพิจารณาจากค่าปริมาณอินทรียวัตถุ (Organic Matter)

ผลการทดลองแสดงถึงทุกสูตรสามารถทำการอัดเม็ดได้ แต่จากการวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH), ความชื้น, การนำไฟฟ้า (Conductivity), ปริมาณอินทรียวัตถุ (Organic Matter), ปริมาณอินทรียคาร์บอน (Organic carbon) เมื่อพิจารณาจากค่าปริมาณอินทรียวัตถุ (Organic Matter) แล้วพบว่าสูตรที่เหมาะสมกับการนำไปใช้งาน คือ เปลือกปูกับมูลไก่ อัตราส่วน 1:0.50 , เปลือกปูกับมูลวัว อัตราส่วน 1:0.50 และเปลือกปู มูลไก่ มูลวัว อัตราส่วน 1:0.25:0.25

ผลการศึกษาอัตราการเจริญเติบโตของผักกาดเขียว ที่ปลูกแบบแปลงผักโดยใช้ปุ๋ยที่ผลิตจากเปลือกปู มูลวัว มูลไก่ ในแต่ละอัตราส่วน แสดงถึงผักกาดเขียว ที่ใส่ ปุ๋ยชีวภาพอัดเม็ด มีอัตราการเจริญเติบโตเพิ่มสูงขึ้นหลังจากใส่ปุ๋ยชีวภาพอัดเม็ด โดยมีการเจริญเติบโตสูงสุด เมื่อใส่ปุ๋ยชีวภาพอัดเม็ด เปลือกปู: มูลไก่: มูลวัว ที่อัตราส่วน 1:0.25:0.25

ผลการศึกษาอัตราการเจริญเติบโตของผักบุ้งจีน ที่ปลูกแบบแปลงผักโดยใช้ปุ๋ยที่ผลิตจากเปลือกปู มูลวัว มูลไก่ และปุ๋ยชีวภาพอัดเม็ดในแต่ละอัตราส่วน แสดงถึงผักบุ้งจีน ที่ใส่ ปุ๋ยชีวภาพอัดเม็ด มีอัตราการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้นหลังใส่ปุ๋ยชีวภาพอัดเม็ด โดยมีการเจริญเติบโตสูงสุด เมื่อใส่ปุ๋ยชีวภาพอัดเม็ด เปลือกปู: มูลวัว ที่อัตราส่วน 1:0.50

การผลิตปุ๋ยชีวภาพอัดเม็ดจากเปลือกปูผสมมูลสัตว์ จำนวน 4 สูตร คือ สูตรที่ 1 เปลือกปู : มูลแพะ สูตรที่ 2 เปลือกปู : มูลนกกระทา สูตรที่ 3 เปลือกปู : มูลค้างคาว และสูตรที่ 4 เปลือกปู : มูลแพะ : มูลนกกระทา : มูลค้างคาว โดยการพิจารณาปุ๋ยชีวภาพอัดเม็ดสูตรที่เหมาะสมสามารถพิจารณาจากการอัดเม็ด การละลายของเม็ดปุ๋ย

ผลการศึกษาอัตราการเจริญเติบโตของผักกวางตุ้งฮ่องเต้ สูตรที่เหมาะสมในการใช้กับผักกวางตุ้งฮ่องเต้ คือ สูตรที่ 2 เปลือกปู : มูลนกกระทา ที่อัตราส่วน 0.125 : 1 ปริมาณปุ๋ยที่ใส่แตกต่างกัน 5 10 และ 15 กรัม ในแต่ละอัตราส่วนแสดงถึงการเจริญเติบโตของผักกวางตุ้งฮ่องเต้เพิ่มสูงขึ้นหลังจากใส่ปุ๋ยชีวภาพอัดเม็ด โดยมีการวัดเจริญเติบโต ทุก ๆ 5 วันจะทำการวัด ความกว้างใบ ความยาวใบ และความสูงลำต้น ซึ่งสูตรที่ 2 เม็ดปุ๋ยจะละลายได้เร็วกว่าสูตรอื่น ๆ พืชจึงสามารถนำมาใช้ได้อย่างรวดเร็วทำให้พืชมีเจริญเติบโตสูงกว่าสูตรอื่น ๆ

ผลการศึกษาอัตราการเจริญเติบโตของพริกขี้หนู โดยใช้ปุ๋ยที่ผลิตจากเปลือกปูผสมมูลสัตว์ แสดงถึงพริกขี้หนูที่ใส่ปุ๋ยชีวภาพอัดเม็ดมีอัตราการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้นหลังใส่ปุ๋ยชีวภาพอัดเม็ด โดยมีการวัดเจริญเติบโตก่อนใส่ปุ๋ยชีวภาพอัดเม็ด และหลังใส่ปุ๋ยชีวภาพอัดเม็ด คือ ความกว้างใบ ความยาวใบ และความสูงลำต้น เมื่อใส่ปุ๋ยชีวภาพอัดเม็ดในสูตรที่ 4 เปลือกปู : มูลแพะ : มูลนกกระทา : มูลค้างคาว ที่อัตราส่วน 0.125 : 1 : 0.125 : 0.5 ปริมาณที่ใส่ปุ๋ยชีวภาพอัดเม็ด 10 20 และ 30 กรัม มีการเจริญเติบโตเพิ่มสูงขึ้นมาก กว่าสูตรอื่น ๆ การอัดเม็ดในสูตรนี้ มีรูปทรงที่สวยกว่าสูตรอื่น ๆ แต่ละลายของเม็ดปุ๋ย ละลายช้าอาจเป็นเพราะมีส่วนผสมของมูลแพะ ซึ่งจะผลต่อ

อัตราการเจริญเติบโตของพืช จากการทดลองใส่ปุ๋ยปริมาณเพิ่มขึ้น แสดงถึงต้นพริกขี้หนูเจริญเติบโตได้ดีขึ้น เมื่อใส่ปุ๋ยที่มีส่วนผสมของเปลือกปู : มูลนกกระทา ซึ่งอาจเป็นผลจากการละลายน้ำได้ดีของปุ๋ยสูตรนี้

ผลการศึกษาระบบอควาโปนิกส์ที่ทำการศึกษาเลี้ยงปลาดุก จำนวน 250 ตัวต่อบ่อ โดยใช้ท่อ พีวีซี ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3 สำหรับปลูกผักวอเตอร์เครสเรียงกัน จำนวน 3 ชุดการทดลอง ความยาวท่อหนา 4 เมตร จำนวนต้น ชุดการทดลองที่ 1 น้ำธรรมดา 100 ต้น ชุดการทดลองที่ 2 น้ำจากการเลี้ยงปลาดุก 100 ต้น ชุดการทดลองที่ 3 น้ำจากการเลี้ยงปลาดุกเติมปุ๋ยชีวภาพจากเปลือกปู 100 ต้น สามารถสรุปได้ดังนี้

ผลการศึกษาการเจริญเติบโตของผักวอเตอร์เครสจากการปลูกในระบบอควาโปนิกส์ ระยะ 10 วัน มีความสูงของพืช และ ความยาวราก เพิ่มขึ้นมากกว่า 2 เซนติเมตร และระยะหลังจาก 20 วัน มีการเจริญเติบโตที่แตกต่างกันมากทั้ง ความสูง ความยาวราก การเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของผักวอเตอร์เครสของทั้ง 3 ชุดการทดลอง แสดงถึงชุดการทดลองที่ 3 น้ำจากการเลี้ยงปลาดุกเติมปุ๋ยชีวภาพจากเปลือกปูมีการเจริญเติบโตดีที่สุด เนื่องจากได้รับสารอาหารจากปุ๋ยชีวภาพจากเปลือกปู รองลงมาชุดการทดลองที่ 2 น้ำจากการเลี้ยงปลาดุก มีการเจริญเติบโตดีเพราะอาจได้รับสารอาหารจากของเสียในบ่อเลี้ยงปลาดุก และ ชุดการทดลองที่ 1 น้ำธรรมดา มีการเจริญเติบโตช้าที่สุดเพราะไม่ได้รับสารอาหาร

การเปรียบเทียบคุณภาพน้ำจากการเลี้ยงปลาดุกในระบบอควาโปนิกส์ไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงความเป็นกรดด่างมากนัก สำหรับปริมาณออกซิเจนในน้ำจะมีการเพิ่มขึ้นหรือลดลงในบางช่วงของวัน และ ปริมาณของแข็งละลายในน้ำเพิ่มขึ้นเกิดการฟุ้งกระจายจากพื้นบ่อในช่วงที่มีฝนตก และ อุหณภูมิจะมีการเปลี่ยนแปลงตามสภาพภูมิอากาศภายนอก เมื่อเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำตลอดระยะเวลาการทดลอง พบว่า ชุดการทดลองที่ 3 ค่าบีโอดีอยู่ในช่วงที่สูงที่สุด 75 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งเกิดจากการสะสมของตะกอนของเสีย และจะมีค่าลดลงหากเกิดฝนตก

ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการวิจัยพัฒนางานวิจัยเพิ่มเติมถึงศักยภาพของเปลือกปูสำหรับใช้เป็นสารส่งเสริมหรือสารกระตุ้นการเจริญเติบโตของพืช
2. ควรมีการวิจัยเพิ่มเติมถึงแนวทางการพัฒนาผลิตภัณฑ์เพื่อนำไปใช้ประโยชน์เชิงพานิชย์
3. การใช้งานในระบบอควาโปนิกส์ควรมีการศึกษาวิธีการปรับปรุงคุณภาพน้ำเพิ่มเติม เนื่องจากเมื่อเดินระบบอควาโปนิกส์จะเกิดการสะสมของของเสียในบ่อเลี้ยงปลา

บรรณานุกรม

กรมปศุสัตว์. 2556. สรุปข้อมูลและสถิติจำนวนแพะและเกษตรกรผู้เลี้ยงประจำปี 2555. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : http://www.dld.go.th/datacenter/.Accessed. (15 ตุลาคม 2561).

กรมประมง. 2534. คู่มือเกี่ยวกับประกาศและระเบียบการประมง. เอกสารฉบับที่ 2/2534 กรมประมง. กรุงเทพฯ.

กรมพัฒนาที่ดิน. 2540. การใช้ปุ๋ยอินทรีย์ในการปรับปรุงบำรุงดิน. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http://www.agriqua.doae.go.th/soil. (13 ตุลาคม 2561).

กรมพัฒนาที่ดิน. 2551. ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง. ว. อนุรักษ์ดินและน้ำ. 24: 40-47.

กรมวิชาการเกษตร. 2548. มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http://www. agriinfo.doae.go.th (20 กันยายน 2561).

กรมวิชาการเกษตร. 2551. คู่มือวิเคราะห์ปุ๋ยอินทรีย์. สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กลุ่ม วิจัยเกษตรเคมี, กรุงเทพฯ.

กระดูกโคเผาป่น และมูลแพะ. วิทยานิพนธ์ ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. สาขาวิชาการจัดการทรัพยากรดิน คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

โชคชัย เหลืองธุวปราณีต. 2550. หลักการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ. แผนกวิชาเทคโนโลยีการประมง ภาควิชาเทคโนโลยีและการอุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี.

ทิพวรรณ จันทร์แก้ว. 2557 .ดินที่ใช้การปลูกพืช. ภาควิชาปฐพีวิทยาคณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพ.

นวลใจ โคตรแสง และพงษกร ชมภูแสน. 2556. ผลของไคโตซานต่อการเจริญเติบโตของคะน้า. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม. ฉบับพิเศษ. การประชุมทางวิชาการ “มหาวิทยาลัยมหาสารคามวิจัย ครั้งที่ 9”

ปฏิภาณ สุทธิกุลบุตร. 2555. การพัฒนาเทคโนโลยีที่เหมาะสมในการจัดการธาตุอาหารลำไยอินทรีย์. รายงานผลการวิจัย. มหาวิทยาลัยแม่โจ้, เชียงใหม่.

ปิยะมาศ จิตรสาทร. 2558. ระบบอควาโปนิกส์. [ออนไลน์] เข้าถึงจากได้: http://www.organicfarmthailand.com (15 พฤษภาคม 2561)

พูนศักดิ์ สักทัตติยกุล. 2557. การเจริญเติบโตของพืชไร้ดิน. [ออนไลน์]. เข้าถึงจาก: http://wwwsite.com (15 พฤษภาคม2561)

ร่มพฤกษ์ เพิ่มเกียรติศักดิ์, สมถวิล วัลลิสุด, พงศ์เทพ อันดะริกานนท์ และ รังสิต สุวรรณ มรรคา. 2557. การพัฒนาเครื่องอัดเม็ดปุ๋ยอินทรีย์และการจัดการผลิตปุ๋ยในระดับชุมชน. วารสารสมาคม นักวิจัย. 19 (3): 86-99.

วราภรณ์ เดชบุญ และ หัสพงศ์ สมชนะกิจ. 2549. การประมงปูม้าบริเวณอ่าวไทยตอนล่าง. เอกสารวิชาการฉบับที่ 19/2549, ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงทะเลอ่าวไทยตอนล่าง, กรมประมง.

วุฒิชัย วังคะฮาต, ธีรยุทธ ศรีคุ้ม, กมลพันธ์ อวัยวานนท์, ศันสนีย์ ศรีจันทร์งาม, อำนาจ ศิริเพชร, เฉลิม ชาติ อรุณ โรจน์ประไพ และ กำพล ลอยชื่น. 2550. การศึกษาประสิทธิภาพอวนจมปู. เอกสารวิชาการฉบับที่ 13/2550. ศูนย์วิจัยพัฒนาประมงทะเลฝั่งอันดามัน, กรมประมง, กรุงเทพฯ.

ศันสนีย์ ศรีจันทร์งาม และ โรจนรุตม์ รุ่งเรือง. 2549. การประมงอวนจมปูบริเวณจังหวัดสุราษฎร์ธานี. เอกสารวิชาการเลขที่ 20/2549. สำนักวิจัยและพัฒนาประมงทะเล, กรมประมง, กรุงเทพฯ.

ศูนย์วิจัยและพัฒนาพืชผักเขตร้อน 2556. คู่มือการปลูกพริก. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม.

สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2559. ปุ๋ยอินทรีย์ [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก: http://aglib.doa.go.th. (14 ธันวาคม 2559)

สุนทร ตั้งทวีคูณ. 2557. วอเตอร์เครส์. [ออนไลน์]. เข้าถึงจาก: http://www. medthai.com.

สุธิดา คงทอง. 2552. ไคติน-ไคโตซาน (Chitin-Chitosan). วารสารวิชาการอุตสาหกรรมศึกษา. 3 (1): 1-7.

สุพจน์ วรรพฤษภาคมณนาวี 2556. การปลูกพืชไร้ดิน. [ออนไลน์]. เข้าถึงจาก http://www.rakjung.com

สุภา รอดพันธุ์. 2559. การปลูกผักไฮโดรโปนิกส์ (Hydroponic). [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : https://sites. google.com/site/supabeer2559/home. (29 กันยายน 2561).

อติชาติ คูณผล. 2559. ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับระบบน้ำหมุนเวียน. [ออนไลน์]. เข้าถึงจาก http://www.organicfarmthailand.com (15 พฤษภาคม 2561)

อัญชลี ใจดี. 2559. การวัดการเจริญเติบโตของพืช [ออนไลน์]. เข้าถึงจาก: http://www.web.agri.com. (15 พฤษภาคม 2561)

เอนก สาวะอินทร์ และ ชุตินุช สุจริต. 2557. การรีไซเคิลเปลือกหอยตลับเพื่อผลิตปูนขาวสำหรับการบำบัดน้ำและน้ำเสีย. การนำเสนอภาคบรรยาย. การประชุมวิชาการ การพัฒนาชนบทที่ยั่งยืน ครั้งที่ 4 “Rethink : Social Development for Sustainability in ASEAN Community” ประจำปี 2557. เซ็นทารา โฮเต็ล แอนด์ คอนเวนชั่นเซ็นเตอร์ จังหวัดขอนแก่น. 11-13 มิถุนายน พ.ศ. 2557

Challcharoenwattana, A., Pharino C. 2016. Multiple – criteria decision analysis to promote recycling activities at different stages of urbanization. Journal of cleaner production. 137: 1118 – 1128

Chung S.S., Poon C.S. 1996. Evaluating waste management alternatives by the multiple criteria approach. Resources, conservation and recycling. 17: 189 – 210

Kapepula K.M., Colson G., Sabri K., Thonart P. 2007. A multiple criteria analysis for hounsehold solid waste management in the urban community of Dakar. Waste management. 27: 1690 – 1705

Liang, T.W., Lin J.J., Yan Y.H., Wang C.L., Wang S.L. 2006. Purification and characterization of a protease extracellularly produced by *Monascus purpurreus* CCRC31499 in a shrimp and crab shell powder medium. Enzyme and Microbial Technology. 38: 74 – 80

Pepe, M., Filho R.D.T., Koenders E.A.B., Martinelli E. 2016. A novel mix methodology for recycle aggregate concrete. Constuction and building materials. 122: 362 – 372

Presti, D.L., Carrion A.J.d.B., Airey G., Hajj E. 2016. Towards 100% recycling of reclaimed asphalt in road surface courses: binder design methodology and case studies. Journal of cleaner production. 131: 43 – 51

Torihara, K., Kitajima T. Mishima N. 2015. Design of a proper recycling process for small-sized E-waste. Procedia CIRP. 26: 746 – 751

Silva, R.V., de Brito J., Evangelista L., Dhir R.K. 2016. Design of reinforced recycled aggregate concrete elements in conformity with Eurocode 2. Constuction and building materials. 105: 144 – 156

Soltani, A., Hewage K., Reza B., Sadiq R. 2015. Multiple stakeholders in multi-criteria decision-making in the context of municipal solid waste management: A review. Waste management. 35: 318 – 328