

รายงานผลการวิจัย

เรื่อง

ศึกษาชนิดและปริมาณกรดอะมิโนในน้ำหมักชีวภาพ
ที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตผักกวางตุ้ง

Study on types and quantity of
amino acid in bio-extract for chinese cabbage
growth and yield

โดย

นางสาวดารารัตน์ โฮตาก้า

นางนวลจันทร์ ชะบา

ทะเบียนวิจัยเลขที่: 57 57 17 09 20301 005 105 01 12
กลุ่มวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตและเก็บรักษาจุลินทรีย์
กองเทคโนโลยีชีวภาพทางดิน
กรมพัฒนาที่ดิน

มกราคม 2559



รายงานผลการวิจัย

เรื่อง

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน
วันที่ 07 ก.ย. 2560
เลขหมู่ 642.58
เลขทะเบียน 6944

ศึกษาชนิดและปริมาณกรดอะมิโนในน้ำหมักชีวภาพ

ที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตผักกวางตุ้ง

Study on types and quantity of
amino acid in bio-extract for chinese cabbage
growth and yield

โดย

นางสาวดารารัตน์ โธตาก้า

นางนวลจันทร์ ชะบา

ทะเบียนวิจัยเลขที่: 57 57 17 09 20301 005 105 01 12

กลุ่มวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตและเก็บรักษาจุลินทรีย์

กองเทคโนโลยีชีวภาพทางดิน

กรมพัฒนาที่ดิน

ว 542.58

๑ 426 ๓

มกราคม 2559

- กษณะอิน
- น้ำหมักชีวภาพ
- ผักกวางตุ้ง

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(3)
สารบัญตารางผนวก	(5)
สารบัญภาพผนวก	(6)
บทคัดย่อ	
Abstract	
หลักการและเหตุผล	1
วัตถุประสงค์	1
การตรวจเอกสาร	2
ระยะเวลาและสถานที่ดำเนินการ	14
อุปกรณ์และวิธีดำเนินการ	14
ผลการทดลองและวิจารณ์	21
สรุปผลการทดลอง	46
ข้อเสนอแนะ	47
ประโยชน์ที่ได้รับ	47
เอกสารอ้างอิง	48
ภาคผนวก	51

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ชนิดและปริมาณกรดอะมิโนที่ตรวจวัดได้ในผักกวางตุ้ง	10
2	ปริมาณกรดอะมิโนที่วิเคราะห์ได้ในน้ำหมักชีวภาพ	13
3	ชนิดและปริมาณสารเคมีที่ใช้เป็นธาตุอาหารในการปลูกแบบไฮโดรโปนิค	18
4	ผลวิเคราะห์กรดอะมิโนกลุ่ม nonpolar and aliphatic side group ในน้ำหมักชีวภาพแต่ละตำรับการทดลอง	24
5	ผลวิเคราะห์กรดอะมิโนกลุ่ม aromatic side และ positively charged side ในน้ำหมักชีวภาพแต่ละตำรับการทดลอง	26
6	ผลวิเคราะห์กรดอะมิโนกลุ่ม polar, uncharged side และ negatively charged side ในน้ำหมักชีวภาพแต่ละตำรับการทดลอง	28
7	ปริมาณฮอโมน 3 ชนิด ที่วิเคราะห์ได้จากน้ำหมักชีวภาพแต่ละตำรับการทดลอง	31
8	เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมที่วิเคราะห์ได้จากน้ำหมักชีวภาพ	33
9	ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง เปอร์เซ็นต์ CaO และ MgO ที่วิเคราะห์ได้จากน้ำหมักชีวภาพ	35
10	ค่าความสูง น้ำหนักแห้ง พื้นที่ใบ และจำนวนใบ ของผักกวางตุ้งที่ปลูกแบบไฮโดรโปนิค $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	38
11	แสดงค่าความสูง เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจน และน้ำหนักแห้ง ของผักกวางตุ้งที่ทดสอบด้วยกรดอะมิโน 5 ชนิด ในกระถาง	44
12	แสดงค่าความสูง เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจน จำนวนใบ พื้นที่ใบ และน้ำหนักแห้ง ของผักกวางตุ้งที่ทดสอบด้วยกรดอะมิโนความเข้มข้นแตกต่างกัน 4 ระดับความเข้มข้นในกระถาง	44

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	แสดงปฏิกิริยาหลักของการดูดซึมไนโตรเจน (nitrogen assimilation) ในพืชชั้นสูง	3
2	แผนผังการปลูกผักกวางตุ้งแบบไฮโดรโปนิคแต่ละตำรับการทดลองในโรงเรือนทดลอง	19
3	ภาพ ก ผักกวางตุ้งหลังจากย้ายปลูกในกระถางอายุ 28 วันและภาพ ข อายุ 35 วัน	20
4	สเปรย์สารละลายกรดอะมิโนความเข้มข้นตามตำรับการทดลองให้กับผักกวางตุ้ง	21
5	ปริมาณกรดอะมิโน 10 ชนิด ที่วิเคราะห์ได้จากน้ำหมักชีวภาพจากปลาและรอกหมู รวมทั้งค่าต่ำสุดและค่าสูงสุดที่วิเคราะห์ได้จากน้ำหมักชีวภาพทุกตำรับการทดลอง	22
6	ชนิดและปริมาณกรดอะมิโนในกลุ่ม nonpolar and aliphatic side group ที่วิเคราะห์ได้จากน้ำหมักชีวภาพแต่ละตำรับการทดลอง	23
7	ชนิดและปริมาณกรดอะมิโนในกลุ่ม aromatic side group (Tyrosine และ Phenylalanine) กรดอะมิโนในกลุ่ม positively charged side group (Histidine Lysine และ Arginine)	25
8	ชนิดและปริมาณกรดอะมิโนในกลุ่ม polar, uncharged side group (Serine และ Proline) และกรดอะมิโนในกลุ่ม negatively charged side group (Aspartic acid และ Glutamic acid) ที่วิเคราะห์ได้จากน้ำหมักชีวภาพแต่ละตำรับการทดลอง	27
9	ปริมาณฮอร์โมน 3 ชนิด (มิลลิกรัมต่อลิตร) ประกอบด้วย free IAA free GA3 free Cytokinins ที่วิเคราะห์ได้จากน้ำหมักชีวภาพทั้ง 13 ตำรับการทดลอง	30
10	ปริมาณไนโตรเจนที่วิเคราะห์ได้จากน้ำหมักชีวภาพทั้ง 13 ตำรับการทดลอง	32
11	ปริมาณฟอสฟอรัสที่วิเคราะห์ได้จากน้ำหมักชีวภาพทั้ง 13 ตำรับการทดลอง	32
12	ปริมาณโพแทสเซียมที่วิเคราะห์ได้จากน้ำหมักชีวภาพทั้ง 13 ตำรับการทดลอง	32
13	ปริมาณ CaO ที่วิเคราะห์ได้จากน้ำหมักชีวภาพทั้ง 13 ตำรับการทดลอง	34
14	ปริมาณ MgO ที่วิเคราะห์ได้จากน้ำหมักชีวภาพทั้ง 13 ตำรับการทดลอง	34
15	ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ที่วิเคราะห์ได้จากน้ำหมักชีวภาพทั้ง 13 ตำรับการทดลอง	35
16	แสดงค่าความสูง (เซนติเมตร) น้ำหนักสด (กรัม) และจำนวนใบ ของผักกวางตุ้งที่ปลูกแบบไฮโดรโปนิค	37
17	ปริมาณไนโตรเจนที่วิเคราะห์ได้จากใบผักกวางตุ้งในแต่ละตำรับการทดลอง	39
18	ผลของกรดอะมิโน 5 ชนิด ต่อความสูงของต้นผักกวางตุ้ง (เซนติเมตร)	40
19	ผลของปริมาณความเข้มข้นของกรดอะมิโน 5 ชนิด (glycine aspartic acid tyrosine methionine และ isoleucine) 4 ระดับความเข้มข้นต่อความสูงของต้นผักกวางตุ้ง	40

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
20	ผลของความเข้มข้นของกรดอะมิโน 5 ชนิด (glycine aspartic acid tyrosine methionine และ isoleucine) 4 ระดับความเข้มข้นต่อจำนวนใบของต้นผักกวางตุ้ง	41
21	ผลของความเข้มข้นของกรดอะมิโน 5 ชนิด (glycine aspartic acid tyrosine methionine และ isoleucine) 4 ระดับความเข้มข้นต่อพื้นที่ใบของผักกวางตุ้ง	41
22	ผลของกรดอะมิโน 5 ชนิด ต่อเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนในใบผักกวางตุ้ง	42
23	ผลของความเข้มข้นของกรดอะมิโน 5 ชนิด (glycine aspartic acid tyrosine methionine และ isoleucine) 4 ระดับความเข้มข้นต่อเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนของใบผักกวางตุ้ง	42
24	ผลของกรดอะมิโน 5 ชนิด ต่อน้ำหนักแห้งผักกวางตุ้ง	43
25	ผลของความเข้มข้นของกรดอะมิโน 5 ชนิด (glycine aspartic acid tyrosine methionine และ isoleucine) 4 ระดับความเข้มข้นต่อน้ำหนักแห้งของผักกวางตุ้ง	43
26	ผลของกรดอะมิโนแต่ละชนิดคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ต่อการเจริญเติบโตของผักกวางตุ้ง	45

สารบัญตารางผนวก

ตารางผนวกที่		หน้า
1	ตารางวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนปริมาณธาตุอาหารหลักของพืชในน้ำหมักชีวภาพ	51
2	ตารางวิเคราะห์ค่าความแปรปรวน ปริมาณธาตุอาหารรองของพืช และค่าความเป็นกรดเป็นด่างในน้ำหมักชีวภาพ	51
3	ตารางวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนผลของกรดอะมิโนต่อการปลูกผักกวางตุ้งแบบไฮโดรโปนิค	52
4	ตารางวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนผลของกรดอะมิโนต่อความสูงของผักกวางตุ้งที่ปลูกในเรือนทดลอง	52
5	ตารางวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนผลของกรดอะมิโนต่อจำนวนใบของผักกวางตุ้งที่ปลูกในเรือนทดลอง	53
6	ตารางวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนผลของกรดอะมิโนต่อพื้นที่ใบของผักกวางตุ้งที่ปลูกในเรือนทดลอง	53
7	ตารางวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนผลของกรดอะมิโนต่อเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนในใบของผักกวางตุ้งที่ปลูกในเรือนทดลอง	54
8	ตารางวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนผลของกรดอะมิโนต่อน้ำหนักแห้งของผักกวางตุ้งที่ปลูกในเรือนทดลอง	54

สารบัญภาพผนวก

ภาพผนวกที่		หน้า
1	น้ำหมักชีวภาพจากสัตว์และพืช โดยใช้สารเร่งซูเปอร์พด. 2 ภาพ ก น้ำหมักชีวภาพจากกรกหนู ภาพ ข น้ำหมักชีวภาพจากปลา ภาพ ค น้ำ หมักชีวภาพจากกากน้ำตาล (ตำรับควบคุม) และภาพ ง น้ำหมัก ชีวภาพจากคะน้า	55

ชื่อโครงการวิจัย	ศึกษาชนิดและปริมาณกรดอะมิโนในน้ำหมักชีวภาพที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตผักกวางตุ้ง
	Study on types and quantity of amino acid in bio-extract for chinese cabbage growth and yield
ทะเบียนวิจัยเลขที่	57 57 17 09 20301 005 105 01 12
กลุ่มชุดดินที่ 35	ชุดดินมาบบอง
สถานที่ดำเนินการ	กองเทคโนโลยีชีวภาพทางดิน กรมพัฒนาที่ดิน
ผู้ดำเนินการ	นางสาวดารารัตน์ โฮตาก้า Miss.Dararat Hotaka
ผู้ร่วมดำเนินการ	นางนวลจันทร์ ชะบา Mrs.Nuanjun Chaba

บทคัดย่อ

การศึกษาชนิดและปริมาณกรดอะมิโนในน้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากวัสดุประเภทสัตว์ 5 ชนิดได้แก่ ปลาตุ๊ก หอยขม รกหมู น้ำนม และไข่ไก่ และพืช 7 ชนิด ได้แก่ กระบี่ กะหล่ำปลี ฟักทอง สับปะรด ส้ม กล้วย และเมล็ดถั่วเหลือง โดยวิเคราะห์กรดอะมิโนในน้ำหมักชีวภาพได้ทั้งหมด 16 ชนิด น้ำหมักชีวภาพจากเนื้อสัตว์มีปริมาณกรดอะมิโนมากกว่าที่ผลิตจากพืช น้ำหมักชีวภาพที่มีปริมาณกรดอะมิโนสูงคือน้ำหมักชีวภาพจากปลาและรกหมู โดยมีปริมาณกรดอะมิโน 10 ชนิด Isoleucine Leucine Valine Glycine Methionine Phenylalanine Threonine Alanine Proline และ Tyrosine สูงกว่าน้ำหมักชีวภาพจากวัสดุอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) สำหรับน้ำหมักชีวภาพจากพืชที่มีปริมาณกรดอะมิโนสูงคือน้ำหมักชีวภาพจากกระบี่และส้ม มีปริมาณกรดอะมิโน Arginine Phenylalanine และ Lysine สูง น้ำหมักชีวภาพจากปลาตุ๊กและรกหมูมีปริมาณฮอร์โมนสูงที่สุดเช่นกัน โดยน้ำหมักชีวภาพจากปลาตุ๊กมี Free IAA เท่ากับ 1.664 มิลลิกรัมต่อลิตร และ Free GA₃ เท่ากับ 2.821 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนน้ำหมักชีวภาพจากรกหมูมี Free IAA เท่ากับ 1.043 มิลลิกรัมต่อลิตร และ Free GA₃ เท่ากับ 2.581 มิลลิกรัมต่อลิตร และน้ำหมักชีวภาพจากปลาปริมาณ Free CK สูงที่สุด เท่ากับ 0.657 มิลลิกรัมต่อลิตร ขณะที่ปริมาณฮอร์โมนในน้ำหมักชีวภาพจากกะหล่ำปลีและเมล็ดถั่วเหลือง มีปริมาณ Free GA₃ สูงที่สุด เท่ากับ 3.712 และ 3.697 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ

การทดสอบกรดอะมิโน 20 ชนิด ต่อการเจริญของผักกวางตุ้งโดยการปลูกแบบไฮโดรโปนิค ในสภาพที่ขาดไนโตรเจน ปรากฏว่าการให้สารละลายกรดอะมิโน Glycine Aspartic acid Tyrosine Methionine และ Isoleucine ทำให้ความสูงของต้น จำนวนใบ และน้ำหนักสดของผักกวางตุ้งมากกว่าการให้สารละลายกรดอะมิโนชนิดอื่นๆ การทดสอบชนิดและปริมาณของกรดอะมิโนทั้ง 5 ชนิดต่อการเจริญของผักกวางตุ้งในสภาพที่ขาดไนโตรเจนโดยการปลูกในโรงเรือนทดลองที่มีความเข้มข้น 4 ระดับคือ 0 50 100 และ 200 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยปลูกผักกวางตุ้งในดิน ชุดดินมาบบอง ในกระถางเมื่ออายุ 15 วัน และสเปรย์สารละลายกรดอะมิโน 2 ครั้ง เมื่อผักกวางตุ้งอายุ 28 และ 35 วันหลังจากปลูก ซึ่งกรดอะมิโนทั้ง 5 ชนิดมีผลต่อการเจริญของผักกวางตุ้งแตกต่างกัน โดย Tyrosine มีผลต่อความสูงที่เพิ่มขึ้นของผักกวางตุ้งมากที่สุด Methionine มีผลต่อเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนของใบมากที่สุด ส่วนพื้นที่ใบและจำนวนใบ พบว่าการใช้กรดอะมิโน 5 ชนิดให้ผลไม่แตกต่างกันทางสถิติ กรดอะมิโน Aspartic acid มีผลต่อน้ำหนักแห้งของผักกวางตุ้งมากที่สุด มีน้ำหนักเฉลี่ย 1.730 กรัมต่อต้น รองลงมา ได้แก่ Tyrosine ผักกวางตุ้งมีน้ำหนักเฉลี่ย 1.509 กรัมต่อต้น สำหรับความเข้มข้นของกรดอะมิโนที่มากที่สุดคือ 200 มิลลิกรัมต่อลิตร จะมีผลต่อการเจริญของผักกวางตุ้ง ในกรณีนี้แสดงว่าผักกวางตุ้งจะตอบสนองต่อกรดอะมิโน Tyrosine Methionine และ Aspartic acid ในสภาพแวดล้อมที่ขาดไนโตรเจนมากที่สุด โดยกรดอะมิโนทั้ง 3 ชนิดนี้ วิเคราะห์พบในน้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากรกหมูและปลาตุ๊กมากที่สุด

Abstract

The productions of bio-extract were made from 2 majors of material types, meat and plant. Meat are including catfish, river snail, placenta of pig, cow milk and egg. Plant consist of chinese kale, cabbage, pumpkin, pineapple, orange, banana and soy bean seed. All of bio-extract could be analysed 16 amino acid and 3 phytohormone. The most of amino acid were found in bio-extract made from meat especially placenta of pig and fish. These 2 types of bio-extract contained significantly higher 10 amino acid (Isoleucine, Leucine, Valine, Glycine, Methionine, Phenylalanine, Threonine, Alanine, Proline and Tyrosine) than other ($P<0.05$). While 2 types of bio-extract made from plant, chinese kale and orange were found higher Arginine, Phenylalanine and Lysine than other. In addition, phytohormone analysed from bio-extract made from catfish and placenta of pig showed higher values than other meat materials. Free IAA and free GA₃ were found as 1.664 ppm and 2.821 ppm in bio-extract made from fish as 1.043 ppm and 2.581 ppm in bio-extract made from placenta of pig, respectively. Moreover bio-extract made from catfish contained the most free CK as 0.657 ppm. For bio-extract made from plant, cabbage and soy bean seed contained high free GA₃ as follow, 3.712 and 3.697 ppm, respectively.

The effect of 20 amino acid on chinese cabbage growth was investigated. Chinese cabbage were planted in N deficient condition for hydroponic experiment. Chinese cabbage were treated by each artificial amino acid solution at 200 ppm concentration. The results showed that 5 amino acid, Glycine, Aspartic acid, Tyrosine, Methionine and Isoleucine effected distinguishably on chinese cabbage growth. For green house experiment, 15 Days chinese cabbage were planted in low N soil (Mabbon soil series). These 5 amino acid solution at 4 levels of concentration (0, 50, 100 and 200 ppm) were sprayed to chinese cabbage 2 times (28 days and 35 days) after planting. All of 5 Amino acid showed the effect on chinese cabbage growth differently height, number of leaves and wet weight. Tyrosine and Methionine effected significantly on height and %N of leaves of chinese cabbage. However, 5 amino acid had not difference significantly for number and area of leaves. Aspartic acid effected on dry weight of chinese cabbage followed by Tyrosine. Dry weight of Chinese cabbage effected from 2 amino acid were 1.730 and 1.509 g/stem, respectively. The highest amino acid solution at 200 ppm effected on chinese cabbage growth significantly. In this case, Tyrosine, Methionine and Aspartic acid showed the effect on chinese cabbage growth in N deficient condition and using bio-extract made from placenta of pig and catfish which contained high Tyrosine and Methionine and Aspartic acid tended to enhance chinese cabbage growth.

หลักการและเหตุผล

ปัจจุบันเกษตรกรมีการผลิตและใช้ประโยชน์น้ำหมักชีวภาพกันอย่างแพร่หลายและได้นำวัสดุชนิดต่างๆ เพื่อใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิต เช่น ผัก ผลไม้ ปลา หอยเชอรี่ เศษอาหาร ไข่ และสมุนไพร เป็นต้น โดยองค์ประกอบของน้ำหมักชีวภาพประกอบด้วยคาร์โบไฮเดรต (carbohydrate) กรดอินทรีย์ (organic acid) กรดอะมิโน (amino acid) กรดฮิวมิก (humic acid) เอนไซม์ (enzyme) วิตามิน (vitamin) ฮอร์โมน (hormone) และแร่ธาตุ (mineral) องค์ประกอบต่างๆ เหล่านี้มีปริมาณที่แตกต่างกัน เมื่อมีการใช้วัตถุดิบในการผลิตที่ต่างกัน ซึ่งปัจจุบันนี้มีรายงานองค์ประกอบของน้ำหมักชีวภาพแยกเป็นเฉพาะกลุ่มพืชและสัตว์ นอกจากนี้ กรดอะมิโน ซึ่งเป็นองค์ประกอบหนึ่งในน้ำหมักชีวภาพ ที่มีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตและสร้างความแข็งแรงต่อร่างกายของสิ่งมีชีวิต โดยกรดอะมิโน มีอยู่ 20 ชนิด และแต่ละชนิดมีคุณสมบัติและหน้าที่แตกต่างกันไป ซึ่งมีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชและสัตว์ ถึงแม้ว่าพืชจะสามารถสร้างกรดอะมิโนได้เองทั้งหมด แต่หากพืชได้รับกรดอะมิโนโดยตรงก็จะสะดวกและง่ายขึ้นในการนำไปใช้ในกระบวนการเมตาบอลิซึม เนื่องจากถ้าพืชได้รับธาตุไนโตรเจนจากสารอินทรีย์ เช่น ปุ๋ยเคมี พืชต้องใช้เวลาในการนำไนโตรเจนนั้นมาสร้างเป็นกรด อะมิโนก่อนที่จะนำไปสร้างส่วนประกอบของเซลล์ ซึ่งพืชสามารถดูดใช้กรดอะมิโนได้ทั้งทางใบและทางราก (Flora Tek, 2011) พืชใช้กรดอะมิโนได้โดยตรงในกระบวนการสร้างโปรตีนสะสมในพืช เป็นสารตั้งต้นในการสังเคราะห์ฮอร์โมนพืช และเอนไซม์ต่างๆ โดยกรดอะมิโนแต่ละชนิดจะมีบทบาทต่อพืชที่ต่างกัน (Rai, 2002) ความสามารถในการเคลื่อนย้ายกรดอะมิโนในพืชแต่ละชนิดแตกต่างกัน โดยเฉพาะเมื่อพืชอยู่ในสภาวะเครียด เนื่องจากเกิดสภาวะที่ไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต เช่น ดินขาดความอุดมสมบูรณ์ ขาดธาตุอาหาร อุณหภูมิที่ไม่เหมาะสม ความเป็นกรดต่าง สภาวะการขาดน้ำ การมีน้ำท่วมขัง และการเกิดโรคและแมลงเข้าทำลาย สภาวะที่ไม่เหมาะสมต่างๆ เหล่านี้มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช ทำให้พืชชะงักการเจริญเติบโต ซึ่งกรดอะมิโนจะมีผลทำให้พืชคลายความเครียด และช่วยกระตุ้นกลไกการเจริญเติบโตของพืช หากพืชได้รับกรดอะมิโนในช่วงดังกล่าวจะช่วยให้พืชเจริญเติบโตได้ดีขึ้น (Rai, 2002) แต่อย่างไรก็ตาม กรดอะมิโนสังเคราะห์ที่มีขายตามท้องตลาดมีราคาค่อนข้างสูง การนำกรดอะมิโนที่สามารถผลิตจากวัตถุดิบจากธรรมชาติ นอกจากจะช่วยในการเจริญเติบโตของพืช แล้วยังช่วยลดต้นทุนการผลิต โดยเกษตรกรสามารถผลิตกรดอะมิโนได้เองด้วยการทำน้ำหมักชีวภาพ แต่กรดอะมิโนในน้ำหมักชีวภาพจากวัตถุดิบต่างชนิดกัน มีชนิดและปริมาณของกรดอะมิโนต่างกัน ดังนั้นจำเป็นต้องมีการคัดเลือกวัตถุดิบเพื่อนำมาผลิตน้ำหมักชีวภาพเพื่อให้ได้ชนิดและปริมาณกรดอะมิโนที่เหมาะสมกับการเจริญเติบโต ซึ่งการผลิตดังกล่าวยังขาดข้อมูลการใช้วัตถุดิบที่เหมาะสมเพื่อผลิตกรดอะมิโนทั้งชนิดและปริมาณที่ต้องการ รวมทั้งข้อมูลชนิดของกรดอะมิโนที่มีบทบาทสำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืช ดังนั้นโครงการวิจัยนี้จึงเป็นการศึกษาชนิดและปริมาณของกรดอะมิโน ในน้ำหมักชีวภาพชนิดต่างๆ และศึกษาผลของชนิดของกรดอะมิโนที่เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของพืช ในดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ ซึ่งจะเป็นข้อมูลสำคัญในการผลิตน้ำหมักชีวภาพเพื่อใช้เป็นแหล่งของทั้งฮอร์โมน และกรดอะมิโน ในการส่งเสริมการเจริญเติบโต และเพิ่มผลผลิตพืช อีกทั้งช่วยในการลดการใช้ปุ๋ยเคมี เป็นแนวทางที่จำเป็นในการเพิ่มศักยภาพการผลิตทางการเกษตรของประเทศต่อไป

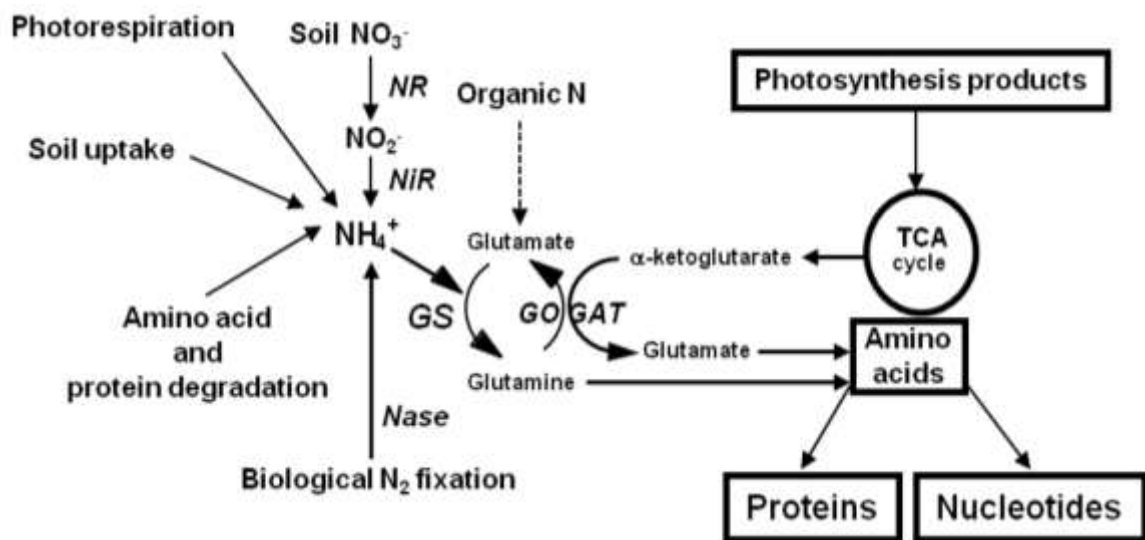
วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาชนิดและปริมาณของกรดอะมิโนในน้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากวัตถุดิบชนิดต่างๆ
2. เพื่อศึกษาชนิดและความเข้มข้นของกรดอะมิโนที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของผักกวางตุ้ง

การตรวจเอกสาร

ความสำคัญของธาตุไนโตรเจนต่อพืช

ธาตุไนโตรเจนจัดเป็นธาตุอาหารหลัก (macronutrient) ที่สำคัญและจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช โดยจะเป็นองค์ประกอบของกรดอะมิโน โปรตีน คลอโรฟิลล์ กรดนิวคลีอิก และเอนไซม์ ธาตุไนโตรเจนจะมีอยู่ในอากาศในรูปของแก๊สไนโตรเจนจำนวนมาก แต่พืชไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ (ยกเว้นพืชตระกูลถั่วเท่านั้นที่มีระบบรากพิเศษที่เป็นที่อยู่ของแบคทีเรียตรึงแก๊สไนโตรเจน จึงทำให้สามารถนำแก๊สไนโตรเจนมาใช้ประโยชน์ได้) พืชที่ได้รับไนโตรเจนเพียงพอ ใบจะมีสีเขียวสด แข็งแรง เจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว และทำให้พืชออกดอกออกผลสมบูรณ์ ถ้าพืชขาดไนโตรเจนจะแคระแกร็น โตช้า ใบเหลือง ใบล่างจะแห้งร่วงหล่นเร็ว การออกดอกออกผลจะช้า พืชสามารถดูดซึมไนโตรเจนได้ในรูปของสารอนินทรีย์ คือ ไนเตรตไอออน (NO_3^-) และแอมโมเนียมไอออน (NH_4^+) ส่วนไนไตรต์ไอออน (NO_2^-) พืชสามารถใช้ประโยชน์ได้แต่ดินมีน้อย (ยงยุทธ, 2541) นอกจากนี้พืชยังสามารถใช้ไนโตรเจนได้จากยูเรีย [$\text{CO}(\text{NH}_2)_2$] และกรดอะมิโน [$\text{R}-\text{CH}(\text{NH}_2)-\text{COOH}$] ซึ่งไนเตรตไอออนเป็นรูปแบบแรกที่พืชจะดูดซึมไปใช้ โดยไม่คำนึงถึงว่าจะมาจากแหล่งใด (Xing and Kyu, 2012) ไนเตรตไอออนจะถูกลำเลียงจากรากผ่านเข้าสู่ท่อลำเลียงน้ำและถูกดูดซึมเข้าสู่เซลล์มีโซฟิลล์ (mesophyll cell) และถูกเก็บไว้ในแวคิวโอล (vacuole) หรือเปลี่ยนรูปจากไนเตรตไอออนเป็นไนไตรต์ไอออน เร่งปฏิกิริยาโดยเอนไซม์ไนเตรตรีดักเทส (nitrate reductase/NR) ในไซโตพลาสซึม ไนไตรต์ไอออนจะถูกลำเลียงเข้าสู่คลอโรพลาสต์ หรือพลาสติดในราก (Crawford, 1995) จากนั้นจะถูกรีดิวซ์ได้เป็นแอมโมเนียมไอออน เร่งปฏิกิริยาโดยเอนไซม์ไนไตรตรีดักเทส (nitrite reductase/NiR) ในคลอโรพลาสต์ ซึ่งแอมโมเนียมไอออนจะถูกนำไปสร้างเป็นกรดอะมิโน glutamine โดยระบบเอนไซม์ กลูตามีนซินเทเทส-กลูตามีน-2-ออกโซกลูตาเรท อะมิโดทรานสเฟอเรส (glutamine synthetase-glutamine-2-oxoglutarate amidotransferase; GS/GOGAT) แล้วจึงเปลี่ยนรูปเป็นกรดอะมิโนอื่นๆต่อไป (Xing and Kyu, 2012) (ภาพที่ 1)



ภาพที่ 1 แสดงปฏิกิริยาหลักของการดูดซึมไนโตรเจน (nitrogen assimilation) ในพืชชั้นสูง NO_3^- = nitrate; NO_2^- = nitrite; NH_4^+ = ammonium, N_2 = atmospheric dinitrogen. NR = nitrate reductase; NiR = nitrite reductase; Nase = nitrogenase; GS = glutamine synthetase; GOGAT = glutamate synthase.

ที่มา : Hirel *et al.*, 2011

พืชสามารถเก็บสะสมไนเตรตไอออนได้ในปริมาณสูง และสามารถลำเลียงจากเนื้อเยื่อหนึ่งไปอีกเนื้อเยื่อหนึ่งโดยไม่เป็นอันตราย แต่อย่างไรก็ตามไนเตรตไอออนที่มีปริมาณสูงในเนื้อเยื่อพืช จะส่งผลกระทบต่อมนุษย์และสัตว์ที่กินพืชที่มีปริมาณไนเตรตไอออนสูง โดยไนเตรตไอออนจะเปลี่ยนเป็นไนไตรต์ไอออน สร้างเป็นสาร nitrosamine $[\text{RN(R)NO}]$ สะสมในเซลล์ ซึ่งเป็นสารก่อมะเร็ง ทำให้เกิดโรค methemoglobinemia หรือ carcinoma (Xing and Kyu, 2012) แต่ในดินมักมีไนโตรเจนในรูปที่เหมาะสมกับพืชไม่เพียงพอ ไนเตรตไอออนสามารถละลายน้ำได้จึงถูกชะล้างจากบริเวณรากพืชได้ง่าย จึงจำเป็นต้องมีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนหลายๆชนิดเช่น ปุ๋ยแอมโมเนียมไนเตรต ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต ปุ๋ยแอมไฮโดรซัลเฟต และปุ๋ยยูเรีย เป็นต้น (ปิยะ, 2541) อย่างไรก็ตามนอกจากสารอนินทรีย์ไนโตรเจน (inorganic N) พืชสามารถดูดซึมสารอินทรีย์ไนโตรเจน (organic N) ได้ จากข้อมูลการวิเคราะห์ดินในทุ่งหญ้าทุ่งดร้า เขตอาร์ติก ปรากฏว่าดินมีสารอนินทรีย์ไนโตรเจนไม่เพียงพอต่อความต้องการของพืช แต่อย่างไรก็ตามในดินดังกล่าวพบว่ามีกรดอะมิโนอิสระอยู่เป็นจำนวนมาก ทำให้พืชสามารถนำกรดอะมิโนอิสระเหล่านี้มาใช้ในการเจริญเติบโตได้ โดยพืชที่มีเชื้อราเอ็คโตไมคอร์ไรซาอาศัยอยู่ร่วมด้วยจะสามารถดูดซึมกรดอะมิโนได้ดีกว่าพืชที่ไม่มีเชื้อราเอ็คโตไมคอร์ไรซา

ไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของเนื้อเยื่อพืช ดังนี้

1. โปรตีน ซึ่งทำหน้าที่เป็นโครงสร้างของไซโทพลาสซึม เป็นโครงสร้างและพาหะในการเคลื่อนย้ายของสารที่ผ่านเยื่อหุ้มเซลล์ รวมทั้งเป็นเอนไซม์ที่ทำหน้าที่ปฏิกิริยาชีวเคมี ซึ่งมีบทบาทต่อกระบวนการเมแทบอลิซึมต่างๆภายในเซลล์
2. กรดอะมิโน กรดอะมิโนเป็นหน่วยในโครงสร้างของโปรตีน (building block) โดยเรียงต่อกันอย่างมีแบบแผน นอกจากจะเป็นโครงสร้างของโปรตีนแล้ว ยังมีอยู่อย่างอิสระในเซลล์จำนวนมาก สัดส่วนของกรดอะมิโนอิสระกับกรดอะมิโนในโครงสร้างของสารต่างๆ เป็นลักษณะเฉพาะของพืชแต่ละชนิด
3. ฮอร์โมนพืช ฮอร์โมนที่พืชสังเคราะห์ขึ้นเองและมีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ คือ ออกซิน (auxins) กับไซโตไคนิน (cytokinins) กรดอินโดลอะซิติก (indole-3-acetic acid, IAA) ซึ่งเป็น ออกซินที่พืชสังเคราะห์ได้จากกรดอะมิโน Tryptophan
4. กรดนิวคลีอิก (nucleic acids) มี 2 ชนิด ประกอบด้วย ไรโบนิวคลีอิก แอซิด (ribonucleic acid, RNA) และ ดีออกซีไรโบนิวคลีอิก แอซิด (deoxyribonucleic acid, DNA) ทำหน้าที่เป็นศูนย์ข้อมูลทางพันธุกรรม
5. สารประกอบไนโตรเจนอื่นๆ เช่น แอลคาลอยด์ (alkaloids) ตัวอย่างของสารแอลคาลอยด์ เช่น นิโคติน (nicotine) ในใบยาสูบ และมอร์ฟีน (morphine) ในฝิ่น

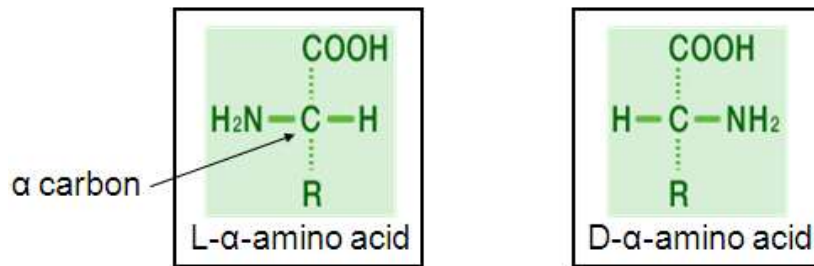
กรดอะมิโน (amino acid)

ชีวโมเลกุลที่มีทั้งหมู่ฟังก์ชันอะมิโนและคาร์บอกซิลเป็นส่วนประกอบ กรดอะมิโนเป็นองค์ประกอบสำคัญของโปรตีนซึ่งเป็นส่วนประกอบสำคัญที่มีอยู่ในสิ่งมีชีวิตทุกชนิด โดยมีการใช้กรดอะมิโนในปริมาณที่เหมาะสมในการเพิ่มผลผลิตและคุณภาพของพืช แม้ว่าพืชจะสามารถสังเคราะห์กรดอะมิโนทั้งหมดได้จากธาตุอาหารไนโตรเจน คาร์บอน ออกซิเจน และไฮโดรเจน ซึ่งขั้นตอนการสังเคราะห์ค่อนข้างซับซ้อนและต้องใช้พลังงานสูง ดังนั้นการให้กรดอะมิโนแก่พืชจึงเป็นการช่วยให้พืชประหยัดพลังงานจากขั้นตอนเหล่านี้ โดยเฉพาะในช่วงระยะวิกฤติของการเจริญเติบโตของพืช กรดอะมิโนเป็นองค์ประกอบพื้นฐานที่สำคัญของขั้นตอนการสร้างโปรตีนและพบกรดอะมิโนต่างๆ 20 ชนิดในกระบวนการเหล่านี้ โดยที่กรดอะมิโนสามารถพบได้ในกิจกรรมทั้งทางตรงและทางอ้อมในกระบวนการทางสรีรวิทยาของพืช พืชสามารถดูดซึมกรดอะมิโนได้ผ่านทางใบ ปากใบ และรากพืชที่อยู่ในดิน (Flora Tek, 2011)

ประโยชน์ของกรดอะมิโนต่อการเจริญเติบโตของพืช

1. ช่วยในการสังเคราะห์โปรตีนที่เป็นองค์ประกอบของเซลล์และไซโทพลาสซึม เป็นโครงสร้างของเยื่อหุ้มเซลล์และพาหะในการเคลื่อนย้ายสารผ่านเยื่อหุ้มเซลล์ เป็นเอนไซม์ที่ช่วยเร่งปฏิกิริยาในเซลล์ ดังนั้นจึงมีทั้งที่เป็นองค์ประกอบของสารต่างๆ และกรดอะมิโนที่มีอยู่อิสระภายในเซลล์ โดยสัดส่วนของกรดอะมิโนอิสระกับกรดอะมิโนในโครงสร้างของสารต่างๆ เป็นลักษณะเฉพาะของพืชแต่ละชนิด โดยที่โครงสร้างทางเคมีของกรดอะมิโนมี 2 ประเภท คือ L-amino acids และ D-amino acids โดยพืชสามารถ

ดูดซึมเฉพาะ L-amino acids เท่านั้น พืชไม่สามารถดูดซึม D-amino acids พืชจึงไม่ได้ใช้ D-amino acids ในกระบวนการสังเคราะห์โปรตีน (Agrinaturals, 2011)



2. ช่วยลดความเครียดของพืช การเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อม (abiotic stress) ได้แก่ อุณหภูมิสูง ความชื้นต่ำ พื้นที่ที่ถูกปกคลุมด้วยน้ำค้างแข็ง แสงแดด พืชถูกปรสิตรื้อเข้าทำลาย ฝนตกหนัก น้ำท่วม เกิดโรคระบาด ปริมาณโลหะหนัก ปริมาณอาหาร มลภาวะ ความเสียหายของต้นพืช ความเป็นพิษจากการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืช เป็นต้น ทั้งหมดนี้ก่อให้เกิดผลทางด้านลบต่อกิจกรรมภายในเซลล์พืช ทำให้พืชเกิดความเครียด พืชจะมีกลไกในการตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมเหล่านี้ ซึ่งส่งผลทำให้ปริมาณและคุณภาพของผลผลิตพืชลดลง ความเครียดเหล่านี้อาจส่งผลให้การเจริญเติบโตและการสังเคราะห์โปรตีนลดลง เป็นผลทำให้ปริมาณแอมโมเนียสูงขึ้น ซึ่งจะทำให้เป็นพิษกับพืช การให้กรดอะมิโนกับพืชในระยะเวลาก่อน ระหว่าง และหลังจากสภาพแวดล้อมที่ทำให้พืชเครียดเหล่านี้ จะช่วยให้เกิดการสังเคราะห์โปรตีนของพืช ช่วยลดความเป็นพิษของแอมโมเนีย มีผลโดยตรงต่อการป้องกันความเครียดของพืชและช่วยฟื้นฟูพืชให้กลับสู่สภาวะปกติ โดยมีกรดอะมิโนและกลไกการสร้างกรดอะมิโนหลายชนิดที่เกี่ยวข้องกับการตอบสนองต่อสภาวะเครียดของพืชแตกต่างกันไปตามสภาพแวดล้อม ซึ่งกรดอะมิโนเกี่ยวข้องกับเมตาบอลิซึมที่สำคัญ ได้แก่ 1) กระบวนการสร้างกรดอะมิโนโดยมี Aspartic acid เป็นกรดอะมิโนหลัก (Aspartic acid family network) ซึ่งจะเกี่ยวข้องกับการสร้างกรดอะมิโน Lysine Threonine Methionine และ Glycine 2) เมตาบอลิซึมของ Isoleucine Leucine และ Valine 3) เมตาบอลิซึมของ Tryptophan Phenylalanine และ Tyrosine 4) เมตาบอลิซึมของ Proline และ Arginine โดยระดับของกรดอะมิโนจะแตกต่างกันไปตามการตอบสนองต่อสภาวะเครียด (Less and Galili, 2008) เช่นกรดอะมิโน Tyrosine ซึ่งเป็นกรดอะมิโนสำคัญที่มีบทบาทในกลไกการเติมหมู่ฟอสเฟต (PO_4^{3-}) ให้กับ Tyrosine (Tyrosine Phosphorylation) โดยเอนไซม์ Tyrosine kinases ที่ตอบสนองต่อสภาวะเครียดในพืชชั้นสูง เมื่อพืชอยู่ในสภาพแวดล้อมต่างๆ เช่น อุณหภูมิ แสง ปริมาณน้ำ ความเป็นกรดต่ำที่ไม่เหมาะสมหรือดินมีธาตุอาหารต่ำ พืชเกิดความเครียดและก่อให้เกิดสารที่ทำให้เกิดอนุมูลอิสระ (oxidative stress agent, H_2O_2) สะสมในเซลล์ กลไกการเติมหมู่ฟอสเฟตให้กับ Tyrosine เป็นกลไกหนึ่งที่ตอบสนองต่อสารดังกล่าว ทำหน้าที่เป็นสัญญาณควบคุมการเจริญเติบโต การเปลี่ยนแปลงและการพัฒนาของเซลล์พืช

3. การสังเคราะห์แสง เป็นกระบวนการภายในเซลล์ที่สำคัญที่สุดของพืช พืชจะสังเคราะห์น้ำตาลจากคาร์บอนไดออกไซด์ น้ำ และพลังงานจากแสงอาทิตย์ และน้ำตาลเหล่านี้จะเป็นแหล่งพลังงานสำหรับกระบวนการต่างๆ ภายในเซลล์ของพืชต่อไป ความเครียดของพืชจะส่งผลให้กระบวนการสังเคราะห์แสงต่ำ ซึ่งทำให้การเจริญเติบโตของพืชลดลง กรดอะมิโน glycine และ glutamic acid เป็นองค์ประกอบพื้นฐาน

ในการสร้างเนื้อเยื่อพืชและการสังเคราะห์คลอโรฟิลล์ กรดอะมิโนทั้งสองชนิดนี้จะช่วยเพิ่มความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์ในพืช ซึ่งจะทำให้เพิ่มการดูดกลืนแสงอาทิตย์ ทำให้ระดับการสังเคราะห์แสงเพิ่มมากขึ้น

4. ช่วยควบคุมการปิดและเปิดของปากใบ ปากใบเป็นโครงสร้างภายในเซลล์ที่ควบคุมระดับของไฮโดรเจนในพืช เช่นเดียวกับการดูดซึมก๊าซและธาตุอาหาร การเปิดปากใบถูกควบคุมโดยปัจจัยภายนอก เช่น แสง ความชื้น อุณหภูมิ และความเข้มข้นของเกลือ และปัจจัยภายใน เช่น ความเข้มข้นของกรดอะมิโน และฮอร์โมน abscisic acid ปากใบจะปิดเมื่อแสงและความชื้นต่ำ และความเข้มข้นของเกลือสูง เมื่อปากใบปิดการสังเคราะห์แสงและการระเหยของน้ำจะลดลง และกระบวนการหายใจจะสูงขึ้น เมื่อกระบวนการดังกล่าวนี้เกิดขึ้นสมดุลของกิจกรรมภายในเซลล์จะลดลง ซึ่งเป็นสาเหตุให้กิจกรรมภายในเซลล์ลดลง การเจริญเติบโตของพืชหยุดชะงัก กรดอะมิโน L-glutamic acid มีบทบาทเป็นสารที่ทำให้เกิดแรงออสโมติก (osmotic agent) สำหรับไซโตพลาสซึม และมีผลทำให้พืชเปิดปากใบ

5. คีเลชั่น (Chelation) กรดอะมิโนมีบทบาทเป็นคีเลตต่อธาตุอาหารรอง ซึ่งจะช่วยให้การดูดซึมธาตุอาหารรองและการขนส่งภายในพืชง่ายขึ้น ซึ่งเป็นสาเหตุจากเกิดคีเลชั่น และความสามารถในการผ่านเยื่อหุ้มเซลล์ L-glycine และ L-glutamic acid จัดเป็นสารคีเลต (chelating agent) ที่มีประสิทธิภาพ

6. สารตั้งต้นที่สำคัญของการสังเคราะห์ฮอร์โมน กรดอะมิโนเป็นสารตั้งต้นที่สำคัญของการสังเคราะห์ฮอร์โมนพืช กรดอะมิโน L-methionine เป็นสารตั้งต้นระยะกลาง (intermediate precursor) ของการสร้าง S-adenosylmethionine (SAM) ซึ่งมีบทบาทสำคัญในการถ่ายทอดหมู่เมทิลให้กับปฏิกิริยาการสร้างโพลีเอมีน และ phytohormone ethylene (Ravanel *et al.*, 1998) โดยโพลีเอมีนเป็นสารอินทรีย์ที่มีหมู่เอมีน 2 กลุ่มขึ้นไป เช่น ethylene spermine และ spermidine สารเหล่านี้จะช่วยกระตุ้นการเจริญเติบโต ส่งเสริมการงอกของเมล็ด การเจริญของยอด ส่งเสริมการออกดอก การทนทานต่อความเครียด โพลีเอมีนจะตอบสนองต่อสภาวะเครียด เช่น การขาดธาตุอาหาร ความหนาวเย็น การชะลอความชรา ลดความสูญเสียคลอโรฟิลล์ สำหรับกรดอะมิโน L-tryptophan เป็นสารตั้งต้นของการสังเคราะห์ออกซิน

7. การขนส่งเกสรตัวผู้ (pollen) ไปยังเกสรตัวเมีย (carpel) ทำให้เกิดการปฏิสนธิและการสร้างผล กรดอะมิโน L-proline ช่วยให้เกสรตัวผู้พร้อมอยู่ในสภาวะผสมพันธุ์ L-lysine, L-methionine และ L-glutamic acid เป็นกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อการผสมพันธุ์ กรดอะมิโนเหล่านี้จะช่วยเพิ่มการงอกของเกสรตัวผู้ และเพิ่มความยาวของท่อละอองเรณู (pollen tube)

8. สมดุลของสิ่งมีชีวิตในดิน สมดุลของจุลินทรีย์ในดินพื้นที่การเกษตรเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อการเกิดอินทรีย์วัตถุ รวมทั้งโครงสร้างของดินและความอุดมสมบูรณ์ของดินบริเวณรากพืชด้วย กรดอะมิโน L-methionine เป็นสารตั้งต้นของสารกระตุ้นการเจริญเติบโต (growth factor) เนื่องจาก S-adenosylmethionine (SAM) มีอิทธิพลต่อการสร้างกรดอะมิโน Aspartic acid และเป็นปัจจัยสำคัญต่อปัจจัยการเจริญเติบโตของพืชและปฏิกิริยาการตอบสนองระหว่างพืชและเชื้อโรคพืช (Ravanel *et al.*, 1998) ในการสร้างความคงทนของเยื่อหุ้มเซลล์ของจุลินทรีย์ในดิน

9. อื่นๆ L-glutamic acid และ L-aspartic acid ที่ได้จากระบวนการการย้ายหมู่อะมิโน (transamination) จะเป็นเส้นทางหลักต่อการสร้างกรดอะมิโนชนิดอื่น L-proline และ hydroxyproline เป็นกรดอะมิโนหลักต่อสมดุลของไฮโดรเจนในพืช โดยจะมีผลต่อผนังเซลล์ทำให้พืชมีความต้านทานต่อสภาพอากาศที่ไม่เหมาะสม L-alanine, L-valine, และ L-leucine ช่วยเพิ่มปริมาณผล L-histidine ช่วยให้ผลสมบูรณ์

การสังเกตเมื่อมีการใช้กรดอะมิโนกับพืช

1. กรดอะมิโนอิสระจะช่วยกระตุ้นเพิ่มควมมีชีวิตชีวาให้กับพืช
2. กรดอะมิโนอิสระจะกระตุ้นการสร้างคลอโรฟิลล์ Indole-3-Acetic acid วิตามิน และระบบเอนไซม์
3. กระตุ้นการสร้างดอกออกผล เพิ่มขนาด ปริมาณน้ำตาลและสีผล

Abou and Abd El-Aziz, 2006 ได้ศึกษาผลของการให้กรดอะมิโน tryptophan และ diphenylalanine ที่มีผลต่อทางสรีรวิทยาและการเจริญเติบโตของมรกตแดง (*Philodendron erubescens*/Red Emerald) มรกตแดงเป็นพันธุ์ไม้ที่ดูดสารพิษได้ดีที่สุดในบรรดาพันธุ์ไม้ในตระกูลพิโลเดนดรอนด้วยกัน โดยให้กรดอะมิโนทั้งสองชนิด 2 ความเข้มข้นคือ 50 และ 100 มิลลิกรัมต่อลิตร ผลปรากฏว่า tryptophan และ diphenylalanine ที่ความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อลิตร ช่วยเพิ่มการเจริญเติบโต (ในแง่ของความสูง จำนวนใบ ความกว้างของเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น ความยาวราก พื้นที่ใบ รวมทั้งน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้ง) เพิ่มปริมาณแคโรทีนอยด์ (carotenoids) น้ำตาลที่ละลายได้รวม (total soluble sugars) และกรดอะมิโนอิสระรวม (total free amino acids) ในใบสูงสุด

ผักกวางตุ้ง

ผักกวางตุ้ง จัดอยู่ในตระกูล Cruciferae มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Brassica campestris chinensis*, *Brassica chinensis* Justl var *parachinensis* (Bailey) Tsen & Lee เป็นผักที่นิยมบริโภคกันมาก ปลูกง่าย เจริญเติบโตเร็ว อายุการเก็บเกี่ยวสั้นเพียง 35-45 วัน เป็นพืชอายุปีเดียว โดยใช้บริเวณส่วนของใบและก้านใบ ผักกวางตุ้งที่ปลูกมีอยู่หลายชนิด ทั้งผักกวางตุ้งดอกและผักกวางตุ้งใบ ผักกวางตุ้งใบ เช่น พันธุ์ฮ่องเต้ พันธุ์น่าน 1 ผักกวางตุ้งเป็นผักกาดชนิดไม่ห่อปลี ส่วนกลางของก้านใบค่อนข้างหนา ใบมีสีเขียวอ่อน ความยาวเฉลี่ย 19.5 เซนติเมตร (อายุ 40 วัน) ความหนาของก้านใบเฉลี่ย 0.9 เซนติเมตร ความกว้างเฉลี่ย 1.3 เซนติเมตร ใบสีเขียว ลักษณะยาวรี ความยาวของใบเฉลี่ย 30 เซนติเมตร กว้าง 19 เซนติเมตร ความสูงเมื่ออายุ 40 วัน เฉลี่ย 57.26 เซนติเมตร น้ำหนักต้นเฉลี่ย 550 กรัม ออกดอกเมื่ออายุ 50 วัน (สุนิสา, 2551)

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ (สุนิสา, 2551)

ราก เป็นระบบรากแก้ว อยู่ในระดับตื้น ส่วนที่ใหญ่ที่สุดของรากแก้ว ประมาณ 1.20 เซนติเมตร มีรากแขนงแตกออกจากรากแก้วมาก โดยรากแขนงแผ่อยู่ตามบริเวณผิวดิน รากแก้วอาจมีขนาดใหญ่ขึ้น ถ้าดินมีสภาพชื้นและเย็น

ลำต้น ตั้งตรง มีสีเขียว ขนาดโตเต็มที่ใช้รับประทานได้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 1.4-1.8 เซนติเมตร สูงประมาณ 43-54 เซนติเมตร ก่อนออกดอกลำต้นจะสั้น มีข้อถี่มากจนดูเหมือนกระดูกที่โคนต้น เมื่อออกดอกแล้วในระยะติดฝักต้นจะสูงขึ้นมาก โดยเฉลี่ยสูงประมาณ 85-144 เซนติเมตร

ใบ ใบเลี้ยงมี 2 ใบ มีสีเขียว ปลายใบตรงกลางจะเว้าเข้า ส่วนใบจริงจะแตกเป็นกระดูกที่บริเวณโคนต้น เป็นใบเดี่ยว ใบเรียบไม่ห่อตัว สีเขียว ใบอ่อนมีสีเขียวอ่อน ขอบใบเป็นรอยฟันเลื่อยเล็กน้อย ใบแก่ผิวใบเรียบหรือเป็นคลื่นเล็กน้อย ไม่มีขน ขอบใบเรียบหรืออาจมีรอยเว้าตื้นๆ ขนาดเล็กโคนใบหยาบเป็นคลื่นเล็กน้อย ปลายใบมน ก้านใบที่ติดกับลำต้นมีสีเขียวอ่อนเป็นร่องและเรียวกลมขึ้นไปหาแผ่นใบ ก้านใบ

หนาและมีสีขาวอมเขียว สำหรับใบที่มีช่อดอกจะมีก้านใบยาว 2-3 เซนติเมตร รูปใบเรียวแหลมไปทางฐานใบและปลายใบ ขอบใบเรียบ

ช่อดอกและดอก ผักกวางตุ้งจะออกดอกเมื่ออายุประมาณ 55-75 วัน ช่อดอกยาว 50-90 เซนติเมตร ดอกตูมรวมกลุ่มอยู่บนยอดดอกช่อดอก ดอกบานจากด้านล่างไปหาด้านบน ดอกที่บานแล้วมีก้านดอกยาวกว่าดอกที่ตูม ดอกเป็นแบบสมบูรณ์เพศ ขนาดดอก 1-1.5 เซนติเมตร กลีบชั้นนอกสีเขียวอ่อน 4 อัน ขนาดเล็กกลีบกว้าง 0.1-0.2 เซนติเมตร ยาว 0.7-0.8 เซนติเมตร กลีบชั้นในสีเหลืองสด 4 อัน แยกเป็นกลีบๆ ขนาดกลีบกว้าง 0.5-0.6 เซนติเมตร ยาว 1.1-1.2 เซนติเมตร มีเกสรตัวผู้ 6 อัน อับเกสรสีเหลืองแก่ ก้านชูเกสรสีเหลือง รังไข่ยาว 0.5-0.6 เซนติเมตร ซึ่งอยู่เหนือกลีบดอกและเกสรตัวผู้ ก้านเกสรตัวเมียสีเขียว ยาว 0.2-0.25 เซนติเมตร ยอดเกสรตัวเมียเป็นตุ่มสีเหลืองอ่อน ดอกบานในตอนเช้าประมาณเวลา 08.00 น.

ผล ผลมีลักษณะเป็นฝัก รูปทรงเรียวยาว แบ่งเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนปลายไม่มีเมล็ด ยาวประมาณ 0.9-1.5 เซนติเมตร และส่วนที่มีเมล็ดยาวประมาณ 3-4.1 เซนติเมตร กว้าง 0.3-0.5 เซนติเมตร ก้านผลยาว 1.3-2.5 เซนติเมตร ผลตั้งขึ้น เมื่อผลแก่จะแตกตามยาวจากโคนไปหาปลายผลเมื่ออ่อนมีสีเขียว ผลแก่มีสีน้ำตาล

เมล็ด ก่อนข้างกลม มีทั้งสีน้ำตาลและสีน้ำตาลเข้มเกือบดำ ผิวเมล็ดมีลายแบบร่างแห เห็นไม่ค่อยชัด น้ำหนัก 1,000 เมล็ด ประมาณ 2.5 กรัม

สภาพแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตและให้ผลผลิต

สภาพภูมิอากาศ

ผักกวางตุ้งสามารถขึ้นได้ในดินแทบทุกชนิด แต่จะเจริญได้ดีที่สุดในสภาพดินร่วนปนทรายที่มีความอุดมสมบูรณ์ดี มีอินทรีย์วัตถุสูง ความเป็นกรดเป็นด่างของดิน (pH) ควรอยู่ระหว่างสภาพเป็นกรดเล็กน้อยจนถึงปานกลาง ความเป็นกรดต่ำอยู่ระหว่าง 6-6.8 ชอบดินที่มีความชื้นสูงเพียงพอสม่ำเสมอ ได้รับแสงแดดเต็มที่ตลอดวัน (10 ชั่วโมงต่อวัน) อุณหภูมิที่เหมาะสมอยู่ระหว่าง 20-25 องศาเซลเซียส ผักกวางตุ้งสามารถปรับตัวให้ทนอากาศหนาวได้ดีที่ 16-18 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ประมาณ 60-80 เปอร์เซ็นต์ ความชื้นในอากาศต่ำทำให้การเจริญเติบโตช้า ปริมาณน้ำฝนมากกว่า 2,000 มิลลิเมตรต่อปี แต่อย่างไรก็ตามในประเทศไทยสามารถปลูกผักกวางตุ้งได้ตลอดปี

สภาพพื้นที่

ความสูงจากระดับน้ำทะเลไม่เกิน 800 เมตร มีความลาดเอียงที่เหมาะสม 5-20 เปอร์เซ็นต์

สภาพดิน

ดินร่วนปนทรายมีการระบายน้ำดี หน้าดินลึก 18-24 นิ้ว ระดับน้ำใต้ดินลึก 1 เมตร อุณหภูมิดิน 25-33 องศาเซลเซียส ปริมาณอินทรีย์วัตถุ 2.6-3.5 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณธาตุอาหารหลักในดิน N : P : K เท่ากับ 2.8-3.0 : 0.17-0.29 : 1.8-2.3

การปลูกผักกวางตุ้ง

การเตรียมดิน

ผักกวางตุ้งเป็นผักที่มีระบบรากตื้น ดังนั้นในการเตรียมดินควรขุดไถดินให้ลึกประมาณ 15-20 เซนติเมตร แล้วทำการตากดินทิ้งไว้ประมาณ 5-7 วัน ใส่ปุ๋ยคอกหรือปุ๋ยหมักที่ย่อยสลายตัวแล้วให้มาก

คลุกเคล้าให้เข้ากันดี แล้วทำการไถพรวนให้ดินละเอียด ในกรณีที่ดินมีสภาพเป็นกรดก็ควรใส่ปูนขาวเพื่อปรับระดับ pH ของดินให้เหมาะสม ขนาดของแปลงปลูกกว้าง 1 เมตร ยาวประมาณ 10 เมตร หรือ ตามความเหมาะสม สำหรับการพรวนดินและกำจัดวัชพืช ควรทำระยะแรกพร้อมกับการถอนแยก

การปลูกนิยมทำกัน 2 วิธีด้วยกัน คือ

1. การปลูกแบบหว่านเมล็ดโดยตรง วิธีนี้นิยมใช้ในการปลูกแปลงที่ยกร่อง มีร่องน้ำกว้าง และพื้นที่ควรมีการเตรียมอย่างดี และเป็นดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ เนื่องจากเมล็ดพันธุ์ผักกวางตุ้งมีขนาดเล็กมาก ดังนั้นก่อนหว่านควรผสมกับทรายเสียก่อน โดยใช้เมล็ดพันธุ์ 1 ส่วนผสมกับทรายสะอาด 3 ส่วน แล้วหว่านให้กระจายทั่วแปลงสม่ำเสมอแล้วหว่านกลบด้วยปุ๋ยคอกหรือปุ๋ยหมักหนาประมาณ 1/2-1 เซนติเมตร หลังจากนั้นคลุมด้วยฟางข้าวบางๆ เพื่อช่วยเก็บรักษาความชุ่มชื้นในดิน เสร็จแล้วรดน้ำให้ชุ่มหลังจากงอกได้ประมาณ 20 วัน ควรทำการถอนและจัดให้มีระยะระหว่างต้น 20-25 เซนติเมตร

2. การปลูกแบบโรยเมล็ดเป็นแถว การปลูกวิธีนี้หลังจากเตรียมดินแล้วจึงทำร่องลึกประมาณ 1.5-2 เซนติเมตร ให้เป็นแถวโดยให้ระยะห่างระหว่างแถวกัน 20-25 เซนติเมตร นำเมล็ดพันธุ์ผสมกับทราย แล้วทำการโรยหรือหยอดเมล็ดเป็นแถวตามร่อง แล้วกลบด้วยปุ๋ยคอกหรือปุ๋ยหมักบางๆ คลุมด้วยฟางข้าวบางๆ รดน้ำให้ชุ่มด้วยสม่ำเสมอ หลังจากปลูกได้ประมาณ 20 วัน หรือต้นกล้ามีใบ 4-5 ใบ จึงทำการถอนแยกในแถว โดยพยายามจัดระยะระหว่างต้นให้ห่างกันประมาณ 20-25 เซนติเมตร ให้เหลือหลุมละ 1 ต้น

การดูแลรักษา

การให้น้ำ เนื่องจากผักกวางตุ้งเป็นผักที่ต้องการน้ำมาก และมีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว ดังนั้นเกษตรกรจะต้องให้น้ำอย่างเพียงพอและสม่ำเสมอ อย่างน้อยวันละ 1 ครั้ง โดยใช้ระบบพ่นฝอยหรือใช้สายยางฉีดหัวผักบัว อย่าให้ผักกวางตุ้งขาดน้ำในระยะการเจริญเติบโต เพราะจะทำให้ผักกวางตุ้งชะงักการเจริญเติบโต

การใส่ปุ๋ย เนื่องจากผักกวางตุ้งเป็นผักกินใบและก้านใบ ดังนั้นการใส่ปุ๋ยควรใช้ปุ๋ยยูเรีย (46-0-0) หรือแอมโมเนียมซัลเฟต อัตรา 30 กิโลกรัมต่อไร่ เป็นการเร่งการเจริญเติบโตทางใบและก้านใบให้เร็วขึ้น หรือใช้ปุ๋ยสูตร 20-11-11 หรือสูตรใกล้เคียง ในอัตรา 30-50 กิโลกรัมต่อไร่ หลังจากใส่ปุ๋ยทุกครั้งควรมีการรดน้ำตามทันที อย่าให้ปุ๋ยตกค้าง

การเก็บเกี่ยว

อายุการเก็บเกี่ยวของผักกวางตุ้งค่อนข้างเร็ว คือ ประมาณ 35-45 วัน การเก็บเกี่ยวโดยเลือกต้นที่มีขนาดใหญ่ใช้มีดตัดที่โคนต้น แล้วทำการตัดแต่งใบนอกที่แก่หรือใบที่ถูกโรคหรือแมลงทำลายออก สำหรับการเก็บรักษา เนื่องจากผักกาดเขียวกวางตุ้งเป็นผักอวบน้ำ ดังนั้นการเก็บรักษาจึงควรเก็บไว้ในที่อุณหภูมิต่ำประมาณ 0 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 95 เปอร์เซ็นต์ จะสามารถเก็บรักษาไว้ได้นาน 3 สัปดาห์ โดยชนิดและปริมาณกรดอะมิโนที่วิเคราะห์ได้ในใบและต้นผักกวางตุ้งดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ชนิดและปริมาณกรดอะมิโนที่ตรวจวัดได้ในผักกวางตุ้ง

ชนิดกรดอะมิโน	ปริมาณกรดอะมิโน (มิลลิกรัมต่อ100กรัมของส่วนที่กินได้)
Protein(g/100g)	1.9
Isoleucine	54
Leucine	84
Lysine	80
Methionine	11
Cysteine	11
Total S-containing amino acids	22
Phenylalanine	58
Tyrosine	49
Total aromatic amino acids	107
Threonine	70
Tryptophan	16
Valine	72
Arginine	76
Histidine	33
Alanine	78
Aspartic acid	107
Glutamic acid	166
Glycine	58
Proline	54
Serine	50
Total essential amino acids*	1232
Total amino acids	3258

* กรดอะมิโนจำเป็นรวม (Total essential amino acids) ประกอบด้วย Isoleucine Leucine Lysine Methionine Cystine Phenylalanine Tyrosine Threonine Valine

ที่มา : กรมอนามัย (2544)

น้ำหมักชีวภาพ

น้ำหมักชีวภาพ (bio-extract) เกิดจากการนำเอาพืช ผัก ผลไม้ เนื้อสัตว์ รวมทั้งพืชสมุนไพรชนิดต่างๆ มาหมักกับสารให้ความหวาน เช่น น้ำตาล น้ำผึ้ง กากน้ำตาล (ไชยวัฒน์, 2553) ทำให้เกิดกระบวนการพลาสโมไลซิส (plasmolysis) คือการทำให้สารละลายภายในเซลล์ที่ประกอบด้วยสารอินทรีย์ต่างๆ ไหลออกจากเซลล์ กระบวนการหมักในน้ำหมักชีวภาพ จะเป็นแบบไม่ใช้ออกซิเจน จุลินทรีย์จะใช้อาหารเหล่านี้เป็นอาหารเพื่อเจริญเพิ่มจำนวน จุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์และใช้ในกระบวนการทำน้ำหมัก

ชีวภาพ เช่น แบคทีเรียที่ผลิตกรดแลคติก ซึ่งเป็นแบคทีเรียที่มีประโยชน์ ได้แก่ *Lactobacillus acidophilus* *Bifidobacterium bifidum* *Enterococcus faecalis* และ *Streptococcus thermophilus* เป็นต้น (ไชยวัฒน์, 2553) เชื้อรา ได้แก่ *Aspergillus niger* ยีสต์ ได้แก่ *Saccharomyces cerevisiae* *Candida* sp. และ *Pichia* sp. เป็นต้น จุลินทรีย์เหล่านี้จะช่วยย่อยสลายธาตุอาหารต่างๆ ทำให้ถูกปลดปล่อยออกมา เช่น กรดอะมิโน กรดอินทรีย์ต่างๆ ธาตุอาหารหลัก ธาตุอาหารรอง ฮอร์โมนควบคุมการเจริญเติบโต เอนไซม์ สารควบคุมแมลง สารป้องกันโรคพืช และวิตามินต่างๆ คุณภาพของน้ำหมักชีวภาพขึ้นอยู่กับคุณภาพของวัตถุดิบที่ใช้ในการหมักจุลินทรีย์ที่ใช้ในกระบวนการหมัก และสภาพแวดล้อมขณะเกิดกระบวนการหมัก

คุณสมบัติของน้ำหมักชีวภาพ

น้ำหมักชีวภาพที่หมักเสร็จแล้วจะมีลักษณะเป็นของเหลว สีขึ้นอยู่กับน้ำตาลที่ใช้ในการหมัก ถ้าใช้กากน้ำตาลสีที่ได้จะมีสีน้ำตาลเข้ม มีกลิ่นของแอลกอฮอล์ผสมกลิ่นเปรี้ยวของกรดอินทรีย์ โดยคุณสมบัติของน้ำหมักชีวภาพมีดังนี้

1. ค่าความเป็นกรดต่าง (pH) อยู่ในช่วง 3.5-5.6 (ซึ่งค่าความเป็นกรดต่างที่เหมาะสมกับพืชอยู่ระหว่าง 6.0-7.0) ความเป็นกรดในน้ำหมักชีวภาพจะส่งผลยับยั้งการเจริญเติบโตหรือกำจัดจุลินทรีย์ได้หลายชนิด โดยเฉพาะจุลินทรีย์กลุ่มก่อโรคที่ไม่สามารถเจริญได้ในสภาพที่เป็นกรด ที่มีค่าความเป็นกรดต่างน้อยกว่า 4.0 (ไชยวัฒน์, 2553)

2. ค่าการนำไฟฟ้า (Electrical Conductivity, E.C.) อยู่ระหว่าง 2-12 เดซิซีเมนต่อเมตร (ค่าการนำไฟฟ้าที่เหมาะสมกับพืชคือ 4 เดซิซีเมนต่อเมตร) (สถาบันวิจัยและพัฒนามหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร, 2558.)

3. ความสมบูรณ์ของการหมักพิจารณาจากค่าความแตกต่างระหว่างคาร์บอนกับไนโตรเจน (C/N ratio) ถ้าค่า C/N ratio สูง เมื่อนำไปฉีดพ่นพืชอาจแสดงอาการใบเหลืองเนื่องจากขาดไนโตรเจน (สถาบันวิจัยและพัฒนามหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร, 2558.)

4. ธาตุอาหารหลัก ประกอบด้วย ไนโตรเจน (total N) ถ้าใช้พืชหมักจะพบไนโตรเจน 0.03-0.15 เปอร์เซ็นต์ แต่ถ้าใช้เนื้อสัตว์ เช่น ปลาและหอยจะพบไนโตรเจน 0.30-1.00 เปอร์เซ็นต์ ธาตุฟอสฟอรัส (P_2O_5) ถ้าใช้พืชหมักจะพบประมาณ 0.04 เปอร์เซ็นต์ ถ้าใช้เนื้อสัตว์ เช่น ปลาและหอยจะพบ 0.18-1.12 เปอร์เซ็นต์ โพแทสเซียมที่ละลายน้ำได้ (K_2O) น้ำหมักจากพืชพบ 0.53 เปอร์เซ็นต์ น้ำหมักจากปลาและหอยพบ 0.60-1.03 เปอร์เซ็นต์ (กรมพัฒนาที่ดิน, 2555)

5. ธาตุอาหารรอง ประกอบด้วย แคลเซียมซึ่งเป็นองค์ประกอบของผนังเซลล์ จำเป็นต่อกระบวนการแบ่งเซลล์และเพิ่มขนาดเซลล์ ช่วยกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์บางชนิด น้ำหมักจากพืชพบ 0.05-0.49 เปอร์เซ็นต์ น้ำหมักจากปลาและหอยพบ 0.29-1.00 เปอร์เซ็นต์ แมกนีเซียมและซิลเฟอร์เป็นองค์ประกอบของคลอโรฟิลล์ กระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์แสง พบในน้ำหมักจากพืชและปลาปริมาณใกล้เคียงกันคือ 0.10-0.37 เปอร์เซ็นต์

6. ธาตุอาหารเสริม ประกอบด้วย เหล็ก น้ำหมักจากพืชพบ 30-350 มิลลิกรัมต่อลิตร น้ำหมักจากปลาและหอยพบ 500-1000 มิลลิกรัมต่อลิตร คลอไรด์พบในน้ำหมักจากพืชและปลาปริมาณสูงคือ 2,000-11,000 มิลลิกรัมต่อลิตร ธาตุอาหารอื่นๆ ประกอบด้วย แมงกานีส ทองแดง สังกะสี โบรอน และ

โมลิบดีนัม พบในน้ำหมักจากพืชปริมาณ 0-130 มิลลิกรัมต่อลิตร (สถาบันวิจัยและพัฒนามหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร, 2558.)

7. กรดอินทรีย์ กระบวนการหมักก่อให้เกิดกรดอินทรีย์ที่เป็นผลิตภัณฑ์หลายชนิด เช่น malic acid fumaric acid tartaric acid lactic acid ascorbic acid shikimic acid citric acid sorbic acid acetic acid และ propionic acid ปริมาณที่พบอยู่ระหว่าง 0.015-1.244 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตรขึ้นอยู่กับชนิดของกรดอินทรีย์ (ไชยวัฒน์, 2553)

8. ฮอร์โมนพืชพบ 3 กลุ่ม ประกอบด้วย

8.1 กลุ่มออกซิน (Auxin, Indole Acetic Acid/IAA) ช่วยกระตุ้นการแบ่งเซลล์ เร่งการเกิดราก ควบคุมการขยายตัวของเซลล์ ควบคุมการเจริญเติบโตของใบ ราก ลำต้น ส่งเสริมการออกดอก เปลี่ยนเพศดอก พบในน้ำหมักจากพืชและสัตว์ 0-2.37 มิลลิกรัมต่อลิตร (สถาบันวิจัยและพัฒนามหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร, 2558.)

8.2 กลุ่มจิบเบอเรลลิน (Gibberellic acid/GA3) ช่วยกระตุ้นการยืดตัวของเซลล์พืชในทางยาว เร่งการเกิดดอก กระตุ้นการงอกของเมล็ดและตา พบในน้ำหมักจากพืชประมาณ 18-140 มิลลิกรัมต่อลิตร (สถาบันวิจัยและพัฒนามหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร, 2558.)

8.3 กลุ่มไซโทไคนิน (Cytokinins, Zeatin และ Kinetin) กระตุ้นการแบ่งเซลล์ด้านลำต้นของพืช กระตุ้นการเจริญของตาข้างทำให้ตาข้างเจริญเป็นกิ่งได้ ช่วยเคลื่อนย้ายสารอาหารจากรากไปสู่ยอด รักษาระดับโปรตีน ป้องกันคลอโรฟิลล์ถูกทำลาย ทำให้ใบเขียวนานร่วงหล่นช้า (สถาบันวิจัยและพัฒนามหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร, 2558.)

9. กรดอะมิโน กระบวนการหมักน้ำหมักชีวภาพก่อให้เกิดกรดอะมิโนที่สามารถวิเคราะห์ได้ 16-17 ชนิด โดยทั่วไปพบกรดอะมิโนในน้ำหมักชีวภาพดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ปริมาณกรดอะมิโนที่วิเคราะห์ได้ในน้ำหมักชีวภาพ

กรดอะมิโนในน้ำหมักชีวภาพ	ปริมาณ (มิลลิกรัมต่อ100กรัม)
Aspartic acid	346.06
Threonine	26.34
Serine	39.30
Glutamic acid	127.45
Proline	1.26
Glycine	43.24
Alanine	91.69
Cysteine	17.88
Valine	55.26
Methionine	9.37
Isoleucine	26.26
Leucine	34.30
Tyrosine	22.14
Phenylalanine	4.44
Histidine	16.28
Lysine	30.20
Tryptophan	18.76
Arginine	6.22

ที่มา : กรมปศุสัตว์ (2554)

ผลของกรดอะมิโนและน้ำหมักชีวภาพต่อการเจริญของพืชผัก

จากข้อมูลงานวิจัยของคณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (2543) ได้ทดสอบการใช้ น้ำหมักชีวภาพจากเศษปลาและกรดอะมิโนสังเคราะห์ในการปลูกผักกวางตุ้งและผักคะน้าโดยเปรียบเทียบกับตำรับการทดลองกลุ่มควบคุม และกลุ่มที่ได้รับปุ๋ยเคมี โดยให้สารดังกล่าวทุกๆ 5 วัน เป็นเวลา 80 วัน ซึ่งผลการทดลองปรากฏว่า ตำรับการทดลองที่ให้ปุ๋ยเคมี น้ำหมักชีวภาพจากเศษปลาและกรดอะมิโนสังเคราะห์ ผักทั้งสองชนิดมีแนวโน้มการเจริญเพิ่มมากขึ้นกว่าตำรับควบคุม โดยที่หลังจาก 60 วัน การเจริญเติบโตของทั้งผักกวางตุ้งและผักคะน้ากลุ่มที่ได้รับน้ำหมักชีวภาพจากเศษปลามีค่าไม่แตกต่างจากกลุ่มที่ได้รับปุ๋ยเคมี

วิณารัตน์และคณะ (มปป.) ได้ศึกษาประสิทธิภาพของน้ำหมักชีวภาพจากเศษปลาที่หมักร่วมกับกากส่าเหล้าแทนกากน้ำตาล ต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของผักกวางตุ้งฮ่องเต้ พบว่าน้ำหมักชีวภาพจากเศษปลามีผลต่อการเจริญเติบโตของผักกวางตุ้งฮ่องเต้ โดยที่อัตราความเข้มข้นของน้ำหมักชีวภาพและน้ำ 1:1000 ทำให้เปอร์เซ็นต์การงอกของเมล็ดมีค่าสูงสุด ที่ความเข้มข้น 1:200 ทำให้พื้นที่ใบและเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นมีค่ามากที่สุด และที่ความเข้มข้น 1:200 ทำให้จำนวนใบมีค่ามากที่สุด

เสริมสวัสดิ์ (2547) ทดสอบการใช้น้ำหมักชีวภาพจากพืช โดยการใช้จุลินทรีย์จากสารเร่งพด. 2 หัวเชื้อ *Bacillus* และหัวเชื้อ *Corynebacterium* ในกระบวนการหมัก ต่อการเจริญของผักกวางตุ้งฮ่องเต้ ผลปรากฏว่าการใช้น้ำหมักเชื้อ *Bacillus* และจุลินทรีย์จากสารเร่งพด. 2 ทำให้น้ำหนักสดของผักกวางตุ้งฮ่องเต้มีค่ามากเรียงตามลำดับ

Shehata *et al.* (2011) ได้ศึกษาการใช้สารละลายกรดอะมิโนผสมความเข้มข้น 500 และ 750 มิลลิกรัมต่อลิตร และสารสกัดจาก seaweed ความเข้มข้น 1,000 และ 2,000 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยการสเปรย์ทางใบต่อการเจริญของ Celeriac plant ในพื้นที่ดินทรายทางตอนเหนือของประเทศอียิปต์ พบว่าการให้สารละลายกรดอะมิโนและสารสกัดจาก seaweed ที่ความเข้มข้นสูง จะส่งผลต่อความสูง น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของใบ เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม รวมทั้งยังเพิ่มปริมาณน้ำตาล (sugar content) อีกด้วย

ระยะเวลาและสถานที่ดำเนินการ

ระยะเวลาดำเนินการ	เริ่มต้นเดือน มกราคม พ.ศ. 2557
	สิ้นสุดเดือน กันยายน พ.ศ. 2557
สถานที่ทำการทดลอง	ห้องปฏิบัติการจุลินทรีย์ทางการเกษตร กองเทคโนโลยีชีวภาพทางดิน

อุปกรณ์และวิธีดำเนินการ

อุปกรณ์

- อุปกรณ์และสารเคมีสำหรับการทดลองในห้องปฏิบัติการ
 - กรดอะมิโน 20 ชนิด
 - เครื่องแก้วและภาชนะ
 - เครื่องชั่งสาร
- วัสดุและอุปกรณ์สำหรับการทดลองไฮโดรโปนิก
 - เมล็ดผักกวางตุ้ง
 - ฟองน้ำ
 - กะบะปลูก
 - รางปลูก
 - สารเคมีสำหรับใช้เป็นธาตุอาหารพืช
- วัสดุและอุปกรณ์สำหรับการทดลองในโรงเรือน
 - เมล็ดกวางตุ้ง
 - กระถางขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 นิ้ว
 - ดินบนของชุดดินมาบบอน
 - พลั่วมือ
 - ขวดสเปรย์

3.6 เครื่องชั่งสาร

วิธีการดำเนินการวิจัย

การทดลองที่ 1 ศึกษาชนิดและปริมาณของกรดอะมิโนในน้ำหมักชีวภาพชนิดต่างๆ

1.1 ดำเนินการทดลอง โดยวางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) ประกอบด้วย 13 ตำรับการทดลอง จำนวน 3 ซ้ำ ดังนี้

- ตำรับการทดลองที่ 1 control (น้ำกับกากน้ำตาล)
- ตำรับการทดลองที่ 2 น้ำหมักชีวภาพจากค่น้ำ
- ตำรับการทดลองที่ 3 น้ำหมักชีวภาพจากกะหล่ำปลี
- ตำรับการทดลองที่ 4 น้ำหมักชีวภาพจากฟักทอง
- ตำรับการทดลองที่ 5 น้ำหมักชีวภาพจากสับปะรด
- ตำรับการทดลองที่ 6 น้ำหมักชีวภาพจากส้ม
- ตำรับการทดลองที่ 7 น้ำหมักชีวภาพจากกล้วย
- ตำรับการทดลองที่ 8 น้ำหมักชีวภาพจากเมล็ดถั่วเหลือง
- ตำรับการทดลองที่ 9 น้ำหมักชีวภาพจากปลาตุ๋ก
- ตำรับการทดลองที่ 10 น้ำหมักชีวภาพจากหอยขม
- ตำรับการทดลองที่ 11 น้ำหมักชีวภาพจากรกหมู
- ตำรับการทดลองที่ 12 น้ำหมักชีวภาพจากนํ้านม
- ตำรับการทดลองที่ 13 น้ำหมักชีวภาพจากไข่ไก่

1.2 ระยะเวลาการทดลอง ทำน้ำหมักชีวภาพประมาณ 30 วัน ตั้งแต่ 1 มกราคม - 1 กุมภาพันธ์ 2557 ส่งวิเคราะห์ปริมาณกรดอะมิโน และฮอร์โมน และรอผลวิเคราะห์ประมาณ 2 เดือน ตั้งแต่ 2 กุมภาพันธ์ - 3 เมษายน 2557

1.3 ขั้นตอนการดำเนินงาน

1.3.1 การผลิตน้ำหมักชีวภาพ ตามคำแนะนำของกรมพัฒนาที่ดิน (กรมพัฒนาที่ดิน, 2545) ดังนี้

1) การผลิตน้ำหมักชีวภาพกลุ่มพืช 7 สูตร หมักระยะเวลา 7 วัน จำนวน 20 ลิตร โดยใช้อัตราส่วน วัสดุหมัก : กากน้ำตาล : น้ำ เท่ากับ 4 : 1 : 1 วิธีการหมัก หั่นหรือสับวัสดุหมักจำนวน 16 กิโลกรัม ให้เป็นชิ้นเล็กๆ ผสมกับกากน้ำตาลจำนวน 4 กิโลกรัมในถังหมัก นำสารเร่งจุลินทรีย์ พด.2 จำนวน 10 กรัม ผสมน้ำ คนให้เข้ากัน เทสารละลายสารเร่งจุลินทรีย์ พด.2 ในถังหมัก คนส่วนผสมให้เข้ากัน ปิดฝาไม่ต้องสนิทและตั้งไว้ในที่ร่ม ในระหว่างการหมักคนหรือกวน 1-2 ครั้ง/วัน เพื่อระบายก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และทำให้ส่วนผสมคลุกเคล้าได้ดียิ่งขึ้น เมื่อหมักน้ำหมักชีวภาพจนสมบูรณ์ กรองและเก็บรักษาน้ำหมักชีวภาพแต่ละสูตรที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส แล้วนำไปวิเคราะห์คุณสมบัติต่อไป

2) การผลิตน้ำหมักชีวภาพกลุ่มสัตว์ 5 ชนิด หมักระยะเวลา 30 วันจำนวน 20 ลิตร โดยใช้อัตราส่วน วัสดุหมัก : กากน้ำตาล : น้ำ เท่ากับ 4 : 1 : 1 วิธีการหมัก หั่นหรือสับวัสดุหมักให้เป็นชิ้น

เล็กๆ จำนวน 16 กิโลกรัม ผสมกับกากน้ำตาลจำนวน 4 กิโลกรัมในถังหมัก นำสารเร่งซูปเปอร์ พด.2 จำนวน 10 กรัม ผสมน้ำ คนให้เข้ากัน เทสารละลายสารเร่งซูปเปอร์ พด.2 ในถังหมัก คนส่วนผสมให้เข้ากันปิดฝาไม่ต้องสนิทและตั้งไว้ในที่ร่ม ในระหว่างการหมักคนหรือกวน 1-2 ครั้งต่อวัน เพื่อระบายก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และทำให้ส่วนผสมคลุกเคล้าได้ดียิ่งขึ้น เมื่อหมักน้ำหมักชีวภาพจนสมบูรณ์ กรองและเก็บรักษาน้ำหมักชีวภาพแต่ละสูตรที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส แล้วนำไปวิเคราะห์คุณสมบัติต่อไป

3) ดำรับการทดลองที่ 1 (control) หมักน้ำผสมกับกากน้ำตาลในถังหมัก อัตราส่วนกากน้ำตาล : น้ำ เท่ากับ 1 : 1 นำสารเร่งซูปเปอร์ พด.2 จำนวน 10 กรัม ผสมน้ำ คนให้เข้ากัน เทสารละลายสารเร่งซูปเปอร์ พด.2 ในถังหมัก เก็บตัวอย่างหมักระยะเวลา 7 วัน และระยะเวลา 30 วัน เก็บตัวอย่างที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส แล้วนำไปวิเคราะห์คุณสมบัติต่อไป

1.3.2 การเก็บและวิเคราะห์ข้อมูล

1) เก็บตัวอย่างน้ำหมักชีวภาพ ปริมาตร 200 มิลลิลิตร เพื่อส่งวิเคราะห์ปริมาณกรดอะมิโน และปริมาณฮอร์โมน ออกซิน จิบเบอเรลลิน และ ไซโตไคนิน ที่ห้องปฏิบัติการกลาง คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ วิเคราะห์โดยใช้เครื่อง High Pressure Liquid Chromatography (HPLC) ของ Shimadzu รุ่น SPD-20A

2) เก็บตัวอย่างน้ำหมักชีวภาพ ปริมาตร 1 ลิตร เพื่อส่งวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารหลักไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม และธาตุอาหารรองแคลเซียม แมกนีเซียม ที่สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน

การทดลองที่ 2 ทดสอบชนิดของกรดอะมิโนต่อการเจริญเติบโตของผักกวางตุ้งที่ปลูกแบบไฮโดรโปนิค

2.1 ทดสอบชนิดของกรดอะมิโนแบบเดี่ยวจำนวน 20 ชนิด และกรดอะมิโนแบบผสมจำนวน 1 ชนิด ต่อการเจริญของผักกวางตุ้งที่ปลูกแบบไฮโดรโปนิค วางแผนการทดลอง แบบ Completely Randomized Design (CRD) มี 22 ดำรับการทดลอง จำนวน 5 ซ้ำ ดำรับการทดลองประกอบด้วย

- ดำรับการทดลองที่ 1 control (น้ำเปล่า)
- ดำรับการทดลองที่ 2 สารละลายกรดอะมิโน Leucine
- ดำรับการทดลองที่ 3 สารละลายกรดอะมิโน Isoleucine
- ดำรับการทดลองที่ 4 สารละลายกรดอะมิโน Histidine
- ดำรับการทดลองที่ 5 สารละลายกรดอะมิโน Arginine
- ดำรับการทดลองที่ 6 สารละลายกรดอะมิโน Phenylalanine
- ดำรับการทดลองที่ 7 สารละลายกรดอะมิโน Glycine
- ดำรับการทดลองที่ 8 สารละลายกรดอะมิโน Lysine
- ดำรับการทดลองที่ 9 สารละลายกรดอะมิโน Cysteine
- ดำรับการทดลองที่ 10 สารละลายกรดอะมิโน Glutamine
- ดำรับการทดลองที่ 11 สารละลายกรดอะมิโน Asparagines
- ดำรับการทดลองที่ 12 สารละลายกรดอะมิโน Threonine

- ตำรับการทดลองที่ 13 สารละลายกรดอะมิโน Tyrosine
ตำรับการทดลองที่ 14 สารละลายกรดอะมิโน Proline
ตำรับการทดลองที่ 15 สารละลายกรดอะมิโน Valine
ตำรับการทดลองที่ 16 สารละลายกรดอะมิโน Methionine
ตำรับการทดลองที่ 17 สารละลายกรดอะมิโน Glutamic acid
ตำรับการทดลองที่ 18 สารละลายกรดอะมิโน Alanine
ตำรับการทดลองที่ 19 สารละลายกรดอะมิโน Tryptophan
ตำรับการทดลองที่ 20 สารละลายกรดอะมิโน Aspartic acid
ตำรับการทดลองที่ 21 สารละลายกรดอะมิโน Serine
ตำรับการทดลองที่ 22 สารละลายกรดอะมิโน Glutamic acid +Aspartic acid+Serine

2.2 ระยะเวลาการทดลอง รวมประมาณ 50 วัน ตั้งแต่ 3 เมษายน - 23 พฤษภาคม 2557
ส่งตัวอย่างใบผักกวางตุ้งเพื่อวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนและรอกฟิวเคอเรท์ ประมาณ 1 เดือน ตั้งแต่
24 พฤษภาคม - 24 มิถุนายน 2557

2.3 ขั้นตอนการปลูกผักกวางตุ้งแบบไฮโดรโปนิค โดยไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน และการทดสอบ
ประสิทธิภาพตำรับการทดลอง

2.3.1 เพาะต้นกล้า โดยนำเมล็ดวางบนวัสดุปลูก (ฟองน้ำ) ใส่ในถาดและรดน้ำให้ทั่ววางในที่
มีแสงแดดรำไร เมื่อมีอายุครบ 2 อาทิตย์ ย้ายต้นลงปลูกในรางบนโต๊ะชุดปลูกไฮโดรโปนิค

2.3.2 เตรียมสารละลาย A และ B ดังตารางที่ 3 ที่ใช้เป็นธาตุอาหารให้ผักกวางตุ้ง โดยใช้
สูตรปุ๋ยไฮโดรโปนิคสูตรผักกวางตุ้งตามอัตราจากผลิตภัณฑ์ (โดยไม่ใส่สารเคมีที่มีไนโตรเจนเป็น
องค์ประกอบ) อัตรา Stock A : Stock B : น้ำ เป็น 1 : 1 : 100 มีค่า pH =6.5 EC = 2

ตารางที่ 3 ชนิดและปริมาณสารเคมีที่ใช้เป็นธาตุอาหารในการปลูกแบบไฮโดรโปนิค

Stock A 5 ลิตร	น้ำหนัก
Fe-DTPA 7 เปอร์เซ็นต์	15 กรัม
Fe-EDTA 13.2 เปอร์เซ็นต์	15 กรัม
Stock B 5 ลิตร	น้ำหนัก
MgSO ₄	250 กรัม
KH ₂ PO ₄	75 กรัม
NH ₄ PO ₃	50 กรัม
นิค-สเปรย์	25 กรัม
Mn-EDTA	5 กรัม
Mo 39.5%	0.5 กรัม
Ni 22.3%	0.25 กรัม
CaO 12.5%	3 กรัม

2.3.3 เตรียมสารละลายกรดอะมิโน 20 ชนิด แต่ละชนิดให้มีความเข้มข้น 220 มิลลิกรัมต่อลิตร (ตามอัตราแนะนำจากผลิตภัณฑ์)

2.3.4 หลังจากปลูกในรางปลูกแล้ว 15 วัน ฉีดพ่นผักกางต้งแต่ละต้นให้ทั่วด้วยกรดอะมิโนตามตำราการทดลอง เก็บผลผลิตหลังจากปลูก 45 วัน

2.4 วัดความสูงของต้น จำนวนใบ น้ำหนักสด และส่งวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจน ที่กลุ่มวิเคราะห์วิจัยพืช ปุ๋ย และสิ่งปรับปรุงดิน สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน

การทดลองที่ 3 ทดสอบชนิดของกรดอะมิโนต่อการเจริญเติบโตของผักกางต้งที่ปลูกในโรงเรือนทดลอง

3.1 ศึกษาระดับความเข้มข้นของกรดอะมิโน 5 ชนิดต่อการเจริญเติบโตของผักกางต้งวางแผนการทดลองแบบ Factorial in CRD 2 ปัจจัย

ปัจจัยที่1 : ชนิดของกรดอะมิโน 5 ชนิด ซึ่งเป็นกรดอะมิโนที่มีผลต่อการเจริญเติบโตต่อผักกางต้งมากที่สุด 5 อันดับแรก ที่ได้ผลจากการทดลองที่ 2 ประกอบด้วยกรดอะมิโน Glycine Aspartic acid Tyrosine Methionine และ Isoleucine

ปัจจัยที่2 : ระดับความเข้มข้นของกรดอะมิโน 4 ระดับ ได้แก่ 0 50 100 และ 200 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยมีตำราการทดลองดังนี้

ตำราการทดลองที่ 1 control (น้ำเปล่า)

ตำราการทดลองที่ 2 สารละลายกรดอะมิโน Glycine ความเข้มข้น 50 มิลลิกรัมต่อลิตร

ตำราการทดลองที่ 3 สารละลายกรดอะมิโน Glycine ความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อลิตร

- ดำรับการทดลองที่ 4 สารละลายกรดอะมิโน Glycine ความเข้มข้น 200 มิลลิกรัมต่อลิตร
 ดำรับการทดลองที่ 5 สารละลายกรดอะมิโน Aspartic acid ความเข้มข้น 50 มิลลิกรัมต่อลิตร
 ดำรับการทดลองที่ 6 สารละลายกรดอะมิโน Aspartic acid ความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อลิตร
 ดำรับการทดลองที่ 7 สารละลายกรดอะมิโน Aspartic acid ความเข้มข้น 200 มิลลิกรัมต่อลิตร
 ดำรับการทดลองที่ 8 สารละลายกรดอะมิโน Tyrosine ความเข้มข้น 50 มิลลิกรัมต่อลิตร
 ดำรับการทดลองที่ 9 สารละลายกรดอะมิโน Tyrosine ความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อลิตร
 ดำรับการทดลองที่ 10 สารละลายกรดอะมิโน Tyrosine ความเข้มข้น 200 มิลลิกรัมต่อลิตร
 ดำรับการทดลองที่ 11 สารละลายกรดอะมิโน Methionine ความเข้มข้น 50 มิลลิกรัมต่อลิตร
 ดำรับการทดลองที่ 12 สารละลายกรดอะมิโน Methionine ความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อลิตร
 ดำรับการทดลองที่ 13 สารละลายกรดอะมิโน Methionine ความเข้มข้น 200 มิลลิกรัมต่อลิตร
 ดำรับการทดลองที่ 14 สารละลายกรดอะมิโน Isoleucine ความเข้มข้น 50 มิลลิกรัมต่อลิตร
 ดำรับการทดลองที่ 15 สารละลายกรดอะมิโน Isoleucine ความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อลิตร
 ดำรับการทดลองที่ 16 สารละลายกรดอะมิโน Isoleucine ความเข้มข้น 200 มิลลิกรัมต่อลิตร

ปลูกในกระถางดินเผาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 นิ้ว ใส่ดินหนัก 5 กิโลกรัม ทั้งหมด 48 กระถาง มีแผนผังการทดลองดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 แผนผังการปลูกผักกวางตุ้งในกระถางแต่ละดำรับการทดลองในโรงเรือนทดลอง

3.2 เก็บตัวอย่างดิน ชุดดินมาบอน ซึ่งลักษณะเนื้อดินเป็นดินทราย ที่ระดับความลึก 0 -30 เซนติเมตร บริเวณด้านหน้าศูนย์ศึกษาการพัฒนาเขาหินซ้อนอันเนื่องมาจากพระราชดำริ อำเภอนมสาร จันทบุรี

3.3 ระยะเวลาการทดลอง ประมาณ 1 เดือน ตั้งแต่ 24 มิถุนายน - 25 กรกฎาคม 2557

3.4 เพาะกล้าผักกวางตุ้งในแผ่นเพาะกล้า 15 วัน จากนั้นย้ายลงปลูกในกระถางๆ ละ 5 ต้น เมื่อผักกวางตุ้งอายุ 21 วัน ถอนแยกออกให้เหลือกระถางละ 3 ต้น สเปรย์กรดอะมิโนตามแต่ละตำรับการทดลอง หลังจากเริ่มปลูกแล้ว 28 วัน และ 35 วัน (ภาพที่ 3ก และ ข) โดยสเปรย์ให้ทั้งทั่วไป และลำต้นของผักกวางตุ้ง กระถางละ 3 ต้น ต่อปริมาตร 500 มิลลิลิตร (ภาพที่ 4)

3.5 การเก็บข้อมูล

3.5.1 เก็บตัวอย่างดิน เพื่อวิเคราะห์หา pH, OM, Total N, Available P และ K เก็บ 2 ครั้ง คือ เก็บตัวอย่างดินรวมก่อนทำการทดลอง และเก็บตัวอย่างดินหลังการเก็บเกี่ยวผักกวางตุ้งในแต่ละกระถาง 100 กรัม นำตัวอย่างดินส่งวิเคราะห์ที่ กลุ่มวิจัยเคมีดิน สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน

3.5.2 วัดความสูง (เซนติเมตร) จากโคนต้นตั้งแต่ส่วนที่เหนือดินขึ้นมาจนถึงใบยอดที่สูงที่สุด และจำนวนใบก่อนสเปรย์ตำรับการทดลองทุกครั้ง เก็บผลผลิตเมื่อผักกวางตุ้งมีอายุ 42 วัน ชั่งน้ำหนักสด น้ำหนักแห้งของต้นกวางตุ้ง นับจำนวนใบ และส่งวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจน ที่สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน



ภาพที่ 3 ภาพ ก. ผักกวางตุ้งหลังจากย้ายปลูกในกระถาง อายุ 28 วัน และภาพ ข อายุ 35 วัน



ภาพที่ 4 สเปรย์สารละลายกรดอะมิโนความเข้มข้นตามตำรับการทดลองให้กับผักกวางตุ้ง

4. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

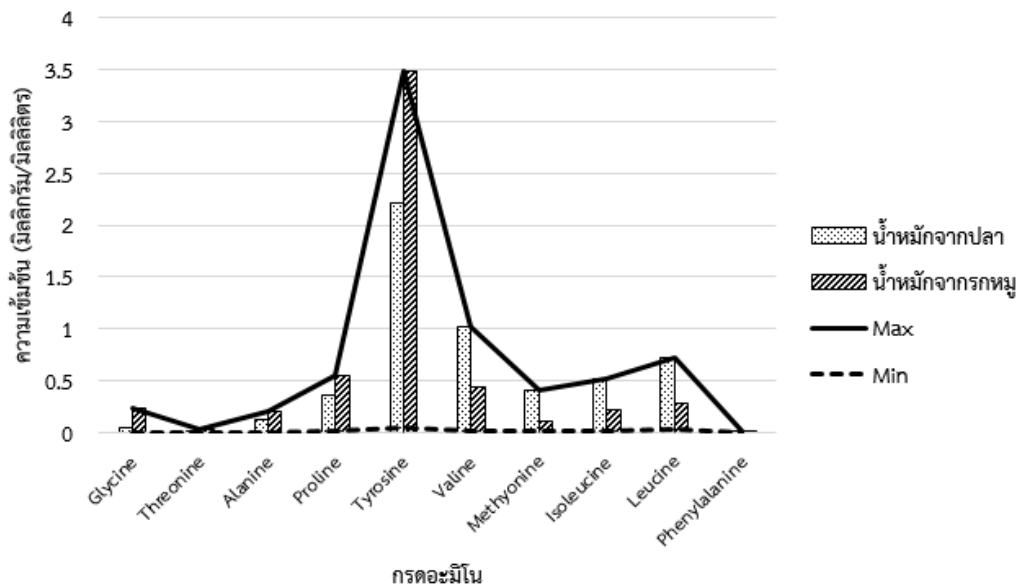
วิเคราะห์ค่าความแปรปรวนโดยการหาค่า F-test ด้วยวิธี Analysis of Variance /ANOVA และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยในแต่ละตำรับการทดลองด้วยวิธี Tukey's Honestly Significant Difference (HSD) Test

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. ศึกษาชนิดและปริมาณของกรดอะมิโนในน้ำหมักชีวภาพชนิดต่างๆ

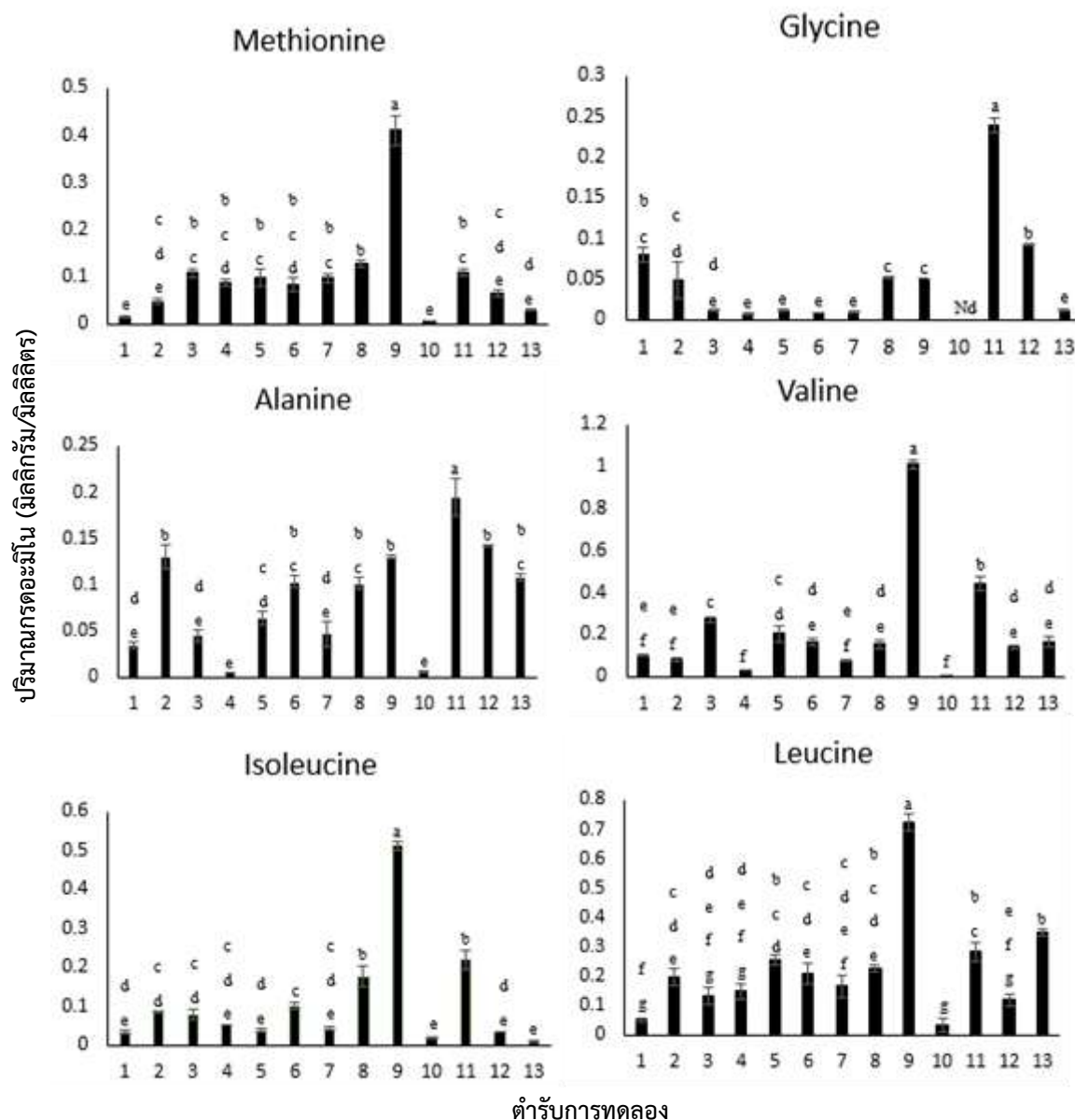
จากการผลิตน้ำหมักชีวภาพจากพืชและเนื้อสัตว์ 13 ตำรับการทดลอง (ภาพผนวกที่ 1ก และ ข) เมื่อนำมาวิเคราะห์หาปริมาณกรดอะมิโนและฮอร์โมนด้วยเครื่อง High Pressure Liquid Chromatography (HPLC) ซึ่งสามารถวิเคราะห์หาปริมาณกรดอะมิโนได้ทั้งหมด 16 ชนิด ประกอบด้วย Aspartic acid Glutamic acid Histidine Serine Arginine Glycine Threonine Alanine Proline Tyrosine Valine Methionine Isoleucine Leucine Phenylalanine Lysine ผลปรากฏว่าการทำน้ำหมักชีวภาพจากเนื้อสัตว์จะให้ปริมาณกรดอะมิโนส่วนใหญ่สูงกว่าน้ำหมักชีวภาพจากพืช โดยตำรับการทดลองที่ให้ปริมาณกรดอะมิโน 10 ชนิดสูงกว่าตำรับการทดลองอื่นๆ คือตำรับการทดลองที่ 9 น้ำหมักชีวภาพจากปลาตุ๋ก (ภาพผนวกที่ 1ก) และตำรับการทดลองที่ 11 น้ำหมักชีวภาพจากกรกหนู (ภาพผนวกที่ 1ข) โดยมีปริมาณกรดอะมิโน 10 ชนิด ประกอบด้วย Isoleucine Leucine Valine Glycine Methionine Phenylalanine Threonine

Alanine Proline และ Tyrosine สูงกว่าค่ารับการทดลองอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) (ภาพที่ 5) ซึ่งกรดอะมิโน Tyrosine วิเคราะห์พบในน้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากรกหมูและปลาตุ้มมากที่สุดและมากกว่ากรดอะมิโนชนิดอื่นๆ (ภาพที่ 5)



ภาพที่ 5 ปริมาณกรดอะมิโน 10 ชนิด ที่วิเคราะห์ได้จากน้ำหมักชีวภาพจากปลาและรกหมู รวมทั้งค่าต่ำสุดและค่าสูงสุดที่วิเคราะห์ได้จากน้ำหมักชีวภาพทุกตัวรับการทดลอง

กรดอะมิโนกลุ่ม nonpolar and aliphatic side group จะพบมากในน้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากเนื้อสัตว์ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง น้ำหมักชีวภาพจากปลาดุก และรกหมู (ภาพที่ 6) โดยกรดอะมิโน Methionine Valine Isoleucine และ Leucine พบมากในน้ำหมักชีวภาพจากปลาดุก และกรดอะมิโน Glycine และ Alanine พบมากในน้ำหมักชีวภาพจากรกหมู (ภาพที่ 6 และตารางที่ 4)



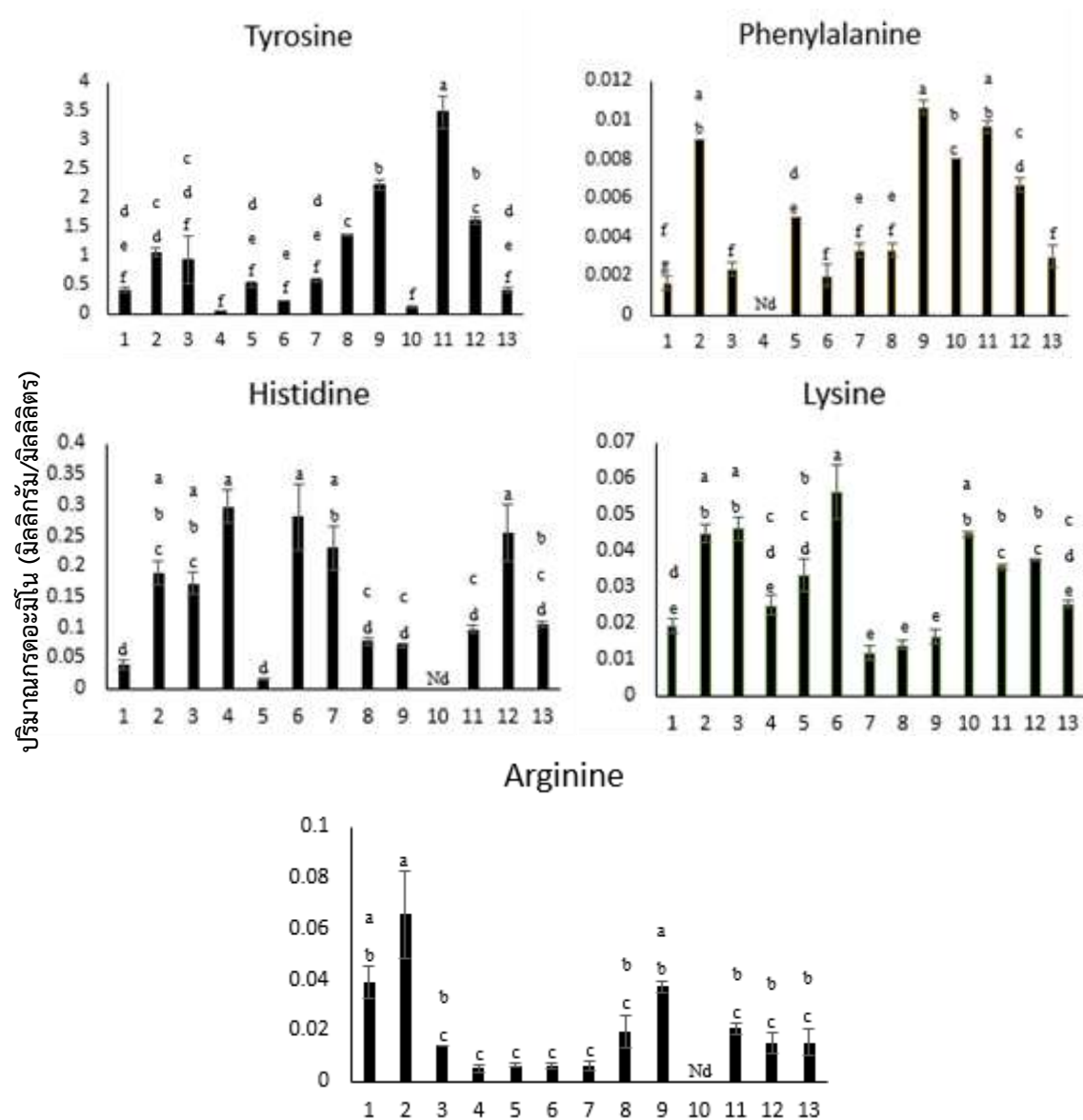
ภาพที่ 6 ชนิดและปริมาณกรดอะมิโนในกลุ่ม nonpolar and aliphatic side group ที่วิเคราะห์ได้จากน้ำ

หมักชีวภาพแต่ละตำรับการทดลอง

หมายเหตุ 1= control (น้ำกับกากน้ำตาล) 2= น้ำหมักชีวภาพจากค่น้ำ 3= น้ำหมักชีวภาพจากกะหล่ำปลี 4= น้ำหมักชีวภาพจากฟักทอง 5= น้ำหมักชีวภาพจากสับปะรด 6= น้ำหมักชีวภาพจากส้ม 7= น้ำหมักชีวภาพจากกล้วย 8= น้ำหมักชีวภาพจากเมล็ดถั่วเหลือง 9= น้ำหมักชีวภาพจากปลาตาก 10= น้ำหมักชีวภาพจากหอยขม 11= น้ำหมักชีวภาพจากรกหมู 12= น้ำหมักชีวภาพจากน้ำนม 13= น้ำหมักชีวภาพจากไข่ไก่

ตารางที่ 4 ผลวิเคราะห์กรดอะมิโนกลุ่ม nonpolar and aliphatic side group ในน้ำหมักชีวภาพแต่ละตำรับการทดลอง

ตำรับการทดลอง	กรดอะมิโนกลุ่ม nonpolar and aliphatic side (มิลลิกรัม/มิลลิลิตร) ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation/SD)					
	Methionine	Glycine	Alanine	Valine	Isoleucine	Leucine
T1	0.0147 ^e ± 0.001	0.080 ^{bc} ± 0.016	0.034 ^{de} ± 0.006	0.101 ^{ef} ± 0.010	0.034 ^{de} ± 0.007	0.052 ^{fg} ± 0.011
T2	0.047 ^{cde} ± 0.009	0.049 ^{cd} ± 0.039	0.130 ^b ± 0.021	0.081 ^{ef} ± 0.016	0.085 ^{cd} ± 0.006	0.198 ^{cde} ± 0.049
T3	0.108 ^{bc} ± 0.015	0.012 ^{de} ± 0.002	0.045 ^{de} ± 0.012	0.272 ^c ± 0.019	0.079 ^{cd} ± 0.023	0.134 ^{defg} ± 0.050
T4	0.087 ^{bcd} ± 0.012	0.007 ^e ± 0.002	0.004 ^e ± 0.0006	0.034 ^f ± 0.003	0.051 ^{cde} ± 0.002	0.149 ^{defg} ± 0.044
T5	0.099 ^{bc} ± 0.032	0.011 ^e ± 0.002	0.064 ^{cd} ± 0.014	0.204 ^{cd} ± 0.059	0.038 ^{de} ± 0.006	0.254 ^{bcd} ± 0.031
T6	0.084 ^{bcd} ± 0.025	0.009 ^e ± 0.0006	0.103 ^{bc} ± 0.010	0.166 ^{de} ± 0.034	0.100 ^c ± 0.015	0.209 ^{cde} ± 0.057
T7	0.097 ^{bc} ± 0.015	0.009 ^e ± 0.003	0.046 ^{de} ± 0.023	0.076 ^{ef} ± 0.005	0.044 ^{cde} ± 0.008	0.166 ^{cdef} ± 0.065
T8	0.128 ^b ± 0.012	0.052 ^c ± 0.002	0.101 ^{bc} ± 0.011	0.157 ^{de} ± 0.035	0.175 ^b ± 0.046	0.226 ^{bcde} ± 0.024
T9	0.410 ^a ± 0.056	0.051 ^c ± 0.0006	0.130 ^b ± 0.003	1.012 ^a ± 0.036	0.513 ^a ± 0.017	0.725 ^a ± 0.050
T10	0.006 ^e ± 0.001	Nd	0.005 ^e ± 0.001	0.005 ^f ± 0.000	0.019 ^e ± 0.006	0.032 ^g ± 0.042
T11	0.109 ^{bc} ± 0.010	0.239 ^a ± 0.014	1.195 ^a ± 0.034	0.439 ^b ± 0.059	0.219 ^b ± 0.043	0.282 ^{bc} ± 0.054
T12	0.064 ^{cde} ± 0.012	0.093 ^b ± 0.003	0.142 ^b ± 0.002	0.144 ^{de} ± 0.014	0.034 ^{de} ± 0.004	0.119 ^{efg} ± 0.034
T13	0.029 ^{de} ± 0.004	0.011 ^e ± 0.0006	0.107 ^{bc} ± 0.006	0.167 ^{de} ± 0.049	0.008 ^e ± 0.002	0.347 ^b ± 0.021



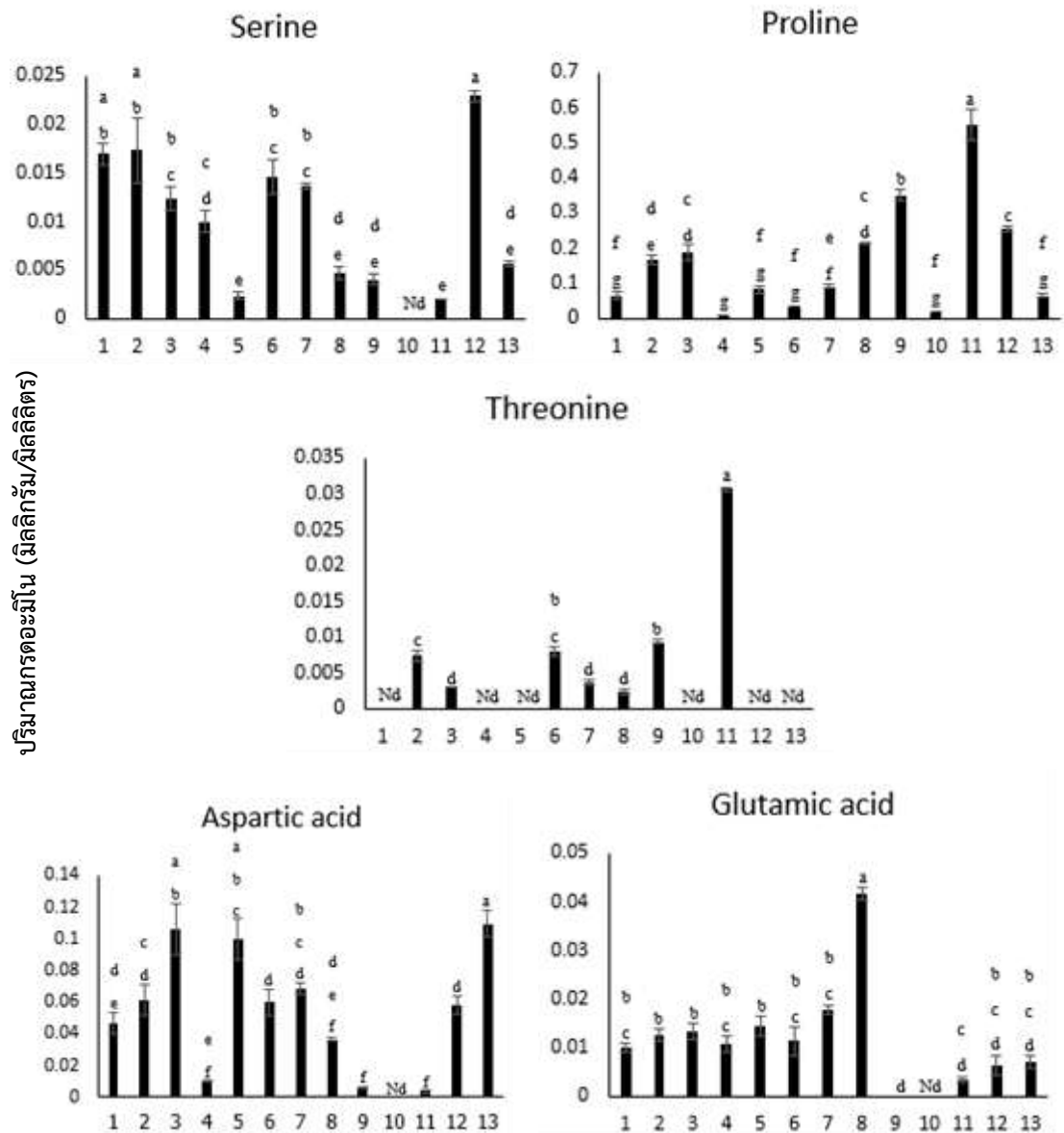
ตำรับการทดลอง

ภาพที่ 7 ชนิดและปริมาณกรดอะมิโนกลุ่ม aromatic side group (Tyrosine และ Phenylalanine) กรดอะมิโนกลุ่ม positively charged side group (Histidine Lysine และ Arginine)

หมายเหตุ 1= control (น้ำกับกากน้ำตาล) 2= น้ำหมักชีวภาพจากค่าน้ำ 3= น้ำหมักชีวภาพจากกะหล่ำปลี 4= น้ำหมักชีวภาพจากฟักทอง 5= น้ำหมักชีวภาพจากสับปะรด 6= น้ำหมักชีวภาพจากส้ม 7= น้ำหมักชีวภาพจากกล้วย 8= น้ำหมักชีวภาพจากเมล็ดถั่วเหลือง 9= น้ำหมักชีวภาพจากปลาตุ๋ก 10= น้ำหมักชีวภาพจากหอยขม 11= น้ำหมักชีวภาพจากรกหมู 12= น้ำหมักชีวภาพจากน้ำมัน 13= น้ำหมักชีวภาพจากไข่ไก่

ตารางที่ 5 ผลวิเคราะห์กรดอะมิโนในกลุ่ม aromatic side และ positively charged side ในน้ำหมักชีวภาพแต่ละตำรับการทดลอง

ตำรับการ ทดลอง	กรดอะมิโนในกลุ่ม aromatic side (มิลลิกรัม/มิลลิลิตร) ± SD		กรดอะมิโนในกลุ่ม positively charged side (มิลลิกรัม/มิลลิลิตร) ± SD		
	Tyrosine	Phenylalanine	Histidine	Lysine	Arginine
T1	0.410 ^{def} ±0.089	0.002 ^{fg} ±0.0006	0.040 ^d ±0.013	0.019 ^{de} ±0.003	0.039 ^{ab} ±0.012
T2	1.056 ^{cd} ±0.121	0.009 ^{ab} ±0.000	0.189 ^{abc} ±0.035	0.045 ^{ab} ±0.004	0.066 ^a ±0.030
T3	0.925 ^{cdf} ±0.724	0.002 ^f ±0.0006	0.172 ^{abc} ±0.032	0.046 ^{ab} ±0.006	0.014 ^{bc} ±0.000
T4	0.049 ^f ±0.008	Nd	0.297 ^a ±0.046	0.025 ^{cde} ±0.005	0.005 ^c ±0.003
T5	0.509 ^{def} ±0.090	0.005 ^{de} ±0.000	0.016 ^d ±0.004	0.033 ^{bcd} ±0.008	0.006 ^c ±0.002
T6	0.212 ^{ef} ±0.002	0.002 ^f ±0.001	0.280 ^a ±0.095	0.056 ^a ±0.013	0.006 ^c ±0.002
T7	0.574 ^{def} ±0.041	0.003 ^{ef} ±0.0006	0.230 ^{ab} ±0.061	0.012 ^e ±0.003	0.006 ^c ±0.003
T8	1.365 ^c ±0.029	0.003 ^{ef} ±0.0006	0.078 ^{cd} ±0.010	0.014 ^e ±0.002	0.019 ^{bc} ±0.011
T9	2.219 ^b ±0.159	0.011 ^a ±0.0006	0.071 ^{cd} ±0.003	0.016 ^e ±0.003	0.037 ^{ab} ±0.004
T10	0.116 ^f ±0.021	0.008 ^{bc} ±0.000	Nd	0.045 ^{ab} ±0.002	Nd
T11	3.486 ^a ±0.468	0.010 ^{ab} ±0.0006	0.097 ^{cd} ±0.011	0.036 ^{bc} ±0.002	0.021 ^{bc} ±0.004
T12	1.603 ^{bc} ±0.091	0.007 ^{cd} ±0.0006	0.255 ^a ±0.082	0.038 ^{bc} ±0.0006	0.015 ^{bc} ±0.007
T13	0.411 ^{def} ±0.079	0.003 ^f ±0.001	0.105 ^{bcd} ±0.006	0.025 ^{cde} ±0.002	0.015 ^{bc} ±0.009



ภาพที่ 8 ชนิดและปริมาณกรดอะมิโนกลุ่ม polar, uncharged side group (Serine และ Proline) และ กรดอะมิโนกลุ่ม negatively charged side group (Aspartic acid และ Glutamic acid) ที่ วิเคราะห์ได้จากน้ำหมักชีวภาพแต่ละตำรับการทดลอง

หมายเหตุ 1= control (น้ำกับกากน้ำตาล) 2= น้ำหมักชีวภาพจากค่น้ำ 3= น้ำหมักชีวภาพจาก กะหล่ำปลี 4= น้ำหมักชีวภาพจากฟักทอง 5= น้ำหมักชีวภาพจากสับปะรด 6= น้ำหมักชีวภาพจากส้ม 7= น้ำหมักชีวภาพจากกล้วย 8= น้ำหมักชีวภาพจากเมล็ดถั่วเหลือง 9= น้ำหมักชีวภาพจากปลาชุก 10= น้ำหมักชีวภาพจากหอยขม 11= น้ำหมักชีวภาพจากรกหมู 12= น้ำหมักชีวภาพจากน้ำนม 13= น้ำหมักชีวภาพจากไข่ไก่

ตารางที่ 6 ผลวิเคราะห์กรดอะมิโนกลุ่ม polar, uncharged side และ negatively charged side ในน้ำหมักชีวภาพแต่ละตำรับการทดลอง

ตำรับการ ทดลอง	กรดอะมิโนกลุ่ม negatively charged side (มิลลิกรัม/มิลลิลิตร) $\pm$ SD		กรดอะมิโนกลุ่ม polar, uncharged side (มิลลิกรัม/มิลลิลิตร) $\pm$ SD		
	Aspartic acid	Glutamic acid	Serine	Proline	Threonine
T1	0.047 ^{de} $\pm$ 0.012	0.010 ^{bc} $\pm$ 0.002	0.017 ^{ab} $\pm$ 0.002	0.065 ^{fg} $\pm$ 0.014	Nd
T2	0.061 ^{cd} $\pm$ 0.017	0.013 ^b $\pm$ 0.002	0.017 ^{ab} $\pm$ 0.006	0.167 ^{de} $\pm$ 0.019	0.007 ^c $\pm$ 0.001
T3	0.106 ^{ab} $\pm$ 0.029	0.013 ^b $\pm$ 0.003	0.012 ^{bc} $\pm$ 0.002	0.190 ^{cd} $\pm$ 0.040	0.003 ^d $\pm$ 0.000
T4	0.010 ^{ef} $\pm$ 0.0006	0.011 ^{bc} $\pm$ 0.003	0.010 ^{cd} $\pm$ 0.002	0.008 ^g $\pm$ 0.001	Nd
T5	0.100 ^{abc} $\pm$ 0.022	0.014 ^b $\pm$ 0.004	0.002 ^e $\pm$ 0.0006	0.081 ^{fg} $\pm$ 0.014	Nd
T6	0.060 ^d $\pm$ 0.015	0.011 ^{bc} $\pm$ 0.005	0.015 ^{bc} $\pm$ 0.003	0.034 ^{fg} $\pm$ 0.0006	0.008 ^{bc} $\pm$ 0.001
T7	0.068 ^{bcd} $\pm$ 0.007	0.018 ^{bc} $\pm$ 0.002	0.014 ^{bc} $\pm$ 0.0006	0.091 ^{ef} $\pm$ 0.007	0.004 ^d $\pm$ 0.0006
T8	0.037 ^{def} $\pm$ 0.002	0.042 ^a $\pm$ 0.002	0.005 ^{de} $\pm$ 0.001	0.216 ^{cd} $\pm$ 0.005	0.002 ^d $\pm$ 0.0006
T9	0.006 ^f $\pm$ 0.0006	0.000d	0.004 ^{de} $\pm$ 0.001	0.351 ^b $\pm$ 0.025	0.009 ^b $\pm$ 0.0006
T10	Nd	Nd	Nd	0.018 ^{fg} $\pm$ 0.003	Nd
T11	0.004 ^f $\pm$ 0.002	0.003 ^{cd} $\pm$ 0.001	0.002 ^e $\pm$ 0.000	0.553 ^a $\pm$ 0.074	0.031 ^a $\pm$ 0.0006
T12	0.058 ^d $\pm$ 0.010	0.006 ^{bcd} $\pm$ 0.004	0.023 ^a $\pm$ 0.001	0.255 ^c $\pm$ 0.015	Nd
T13	0.109 ^a $\pm$ 0.014	0.007 ^{bcd} $\pm$ 0.002	0.006 ^{de} $\pm$ 0.0006	0.065 ^{fg} $\pm$ 0.013	Nd

กรดอะมิโน Methionine Valine Isoleucine และ Leucine พบมากในน้ำหมักชีวภาพจากปลาตุ๊ก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.410 1.012 0.513 และ 0.725 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ (ภาพที่ 6 และตารางที่ 4)

กรดอะมิโนกลุ่ม aromatic side groups ประกอบด้วย Phenylalanine และ Tyrosine ซึ่งจะพบในน้ำหมักชีวภาพจากเนื้อสัตว์มากที่สุด โดยวิเคราะห์ Tyrosine ในน้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากรกหมูและปลาตุ๊กมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.486 และ 2.219 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ (ภาพที่ 7 และตารางที่ 5)

กรดอะมิโนกลุ่ม positively charged side group ประกอบด้วย Histidine Lysine และ Arginine โดยกรดอะมิโน Histidine และ Lysine พบมากในน้ำหมักชีวภาพทั้งจากพืชและสัตว์ กรดอะมิโน Histidine พบมากในน้ำหมักชีวภาพจากผักทอง ส้ม และน้ำนม ส่วนกรดอะมิโน Lysine พบมากในน้ำหมักชีวภาพจากส้ม หอยขม และคะน้า (ภาพที่ 7 และตารางที่ 5) สำหรับกรดอะมิโน Arginine พบมากในน้ำหมักชีวภาพจากคะน้า (ภาพที่ 7 และตารางที่ 5)

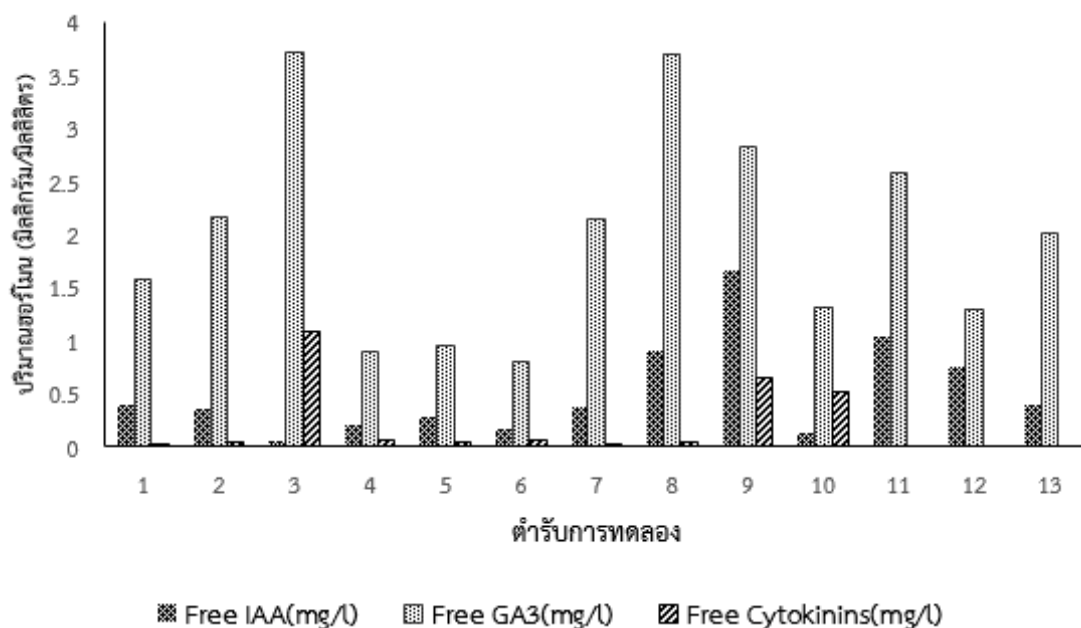
กรดอะมิโนกลุ่ม polar, uncharged side group ประกอบด้วย Serine Proline และ Threonine โดย Serine พบมากที่สุดใต้น้ำหมักชีวภาพจากน้ำนม มีค่าเฉลี่ย 0.023 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร แต่โดยส่วนใหญ่ในน้ำหมักชีวภาพจากผักและผลไม้จะมีปริมาณ Serine มากกว่าน้ำหมักชีวภาพจากสัตว์ โดยพบ Serine ในน้ำหมักชีวภาพจากคะน้ามีค่า 0.017 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร Proline พบมากในน้ำหมักชีวภาพจากสัตว์ คือรอกหมู และปลาตุ๊ก ส่วน Threonine พบได้น้อยมากในน้ำหมักชีวภาพทุกตำรับ ซึ่งพบมากที่สุดใต้น้ำหมักชีวภาพจากรกหมู มีค่าเฉลี่ย 0.031 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร (ภาพที่ 8 และตารางที่ 6)

กรดอะมิโนกลุ่ม negatively charged side group ประกอบด้วย Aspartic acid และ Glutamic acid ซึ่งกรดอะมิโนทั้งสองชนิดนี้ พบมากในน้ำหมักชีวภาพจากผักและผลไม้ แต่อย่างไรก็ตามพบว่าในน้ำหมักชีวภาพจากไข่ไก่มีปริมาณ Aspartic acid อยู่มากกว่าน้ำหมักชนิดอื่น มีค่าเฉลี่ย 0.109 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร รองลงมาพบในน้ำหมักชีวภาพจากกะหล่ำปลี มีค่าเฉลี่ย 0.106 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ส่วน Glutamic acid พบในน้ำหมักชีวภาพจากเมล็ดถั่วเหลืองมากที่สุด มีค่าเฉลี่ย 0.042 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร (ภาพที่ 8 และตารางที่ 6)

ซึ่งจากผลการทดลองดังกล่าวแสดงให้เห็นว่า กรดอะมิโนที่พบในน้ำหมักจากสัตว์และพืชปริมาณสูงสามารถแบ่งประเภทได้ชัดเจน โดยกรดอะมิโนที่พบในน้ำหมักจากสัตว์ปริมาณสูงส่วนใหญ่เป็นกรดอะมิโนประเภท nonpolar aliphatic side groups (Isoleucine Leucine Valine Glycine Alanine และ Methionine) และ aromatic side groups (Phenylalanine และ Tyrosine) ส่วนกรดอะมิโนที่พบในน้ำหมักจากพืชปริมาณสูงส่วนใหญ่เป็นกรดอะมิโนประเภท positively charged side groups (Lysine Arginine และ Histidine) และ negatively charged side groups (Aspartic acid และ Glutamic acid) มีเพียงกรดอะมิโนประเภท polar uncharged side groups ที่พบปริมาณสูงทั้งในน้ำหมักชีวภาพจากพืช (Serine) และจากสัตว์ (Proline และ Threonine) เช่นเดียวกับการศึกษาโดย Sitthithaworn *et al.*, 2011 ซึ่งได้ผลิตน้ำหมักชีวภาพจากผักกะหล่ำปลี และวิเคราะห์ปริมาณกรดอะมิโนด้วยวิธี ion-exchange chromatography ผลปรากฏว่ากรดอะมิโนที่พบปริมาณสูงคือ Aspartic acid และ Glutamic acid

ขณะที่การวิเคราะห์ปริมาณฮอร์โมน 3 ชนิด ประกอบด้วย Free IAA Free GA₃ และ Free CK ในน้ำหมักชีวภาพจากเนื้อสัตว์ที่มีปริมาณ Free IAA และ Free GA₃ สูง คือตำรับการทดลองที่ 9 และ 11

น้ำหมักชีวภาพจากปลาตาก (Free IAA เท่ากับ 1.664 มิลลิกรัมต่อลิตร และ Free GA₃ เท่ากับ 2.821 มิลลิกรัมต่อลิตร) และ น้ำหมักชีวภาพจากรกหมู (Free IAA เท่ากับ 1.043 มิลลิกรัมต่อลิตร และ Free GA₃ เท่ากับ 2.581 มิลลิกรัมต่อลิตร) ตามลำดับ และน้ำหมักชีวภาพจากปลาตากมีปริมาณ Free CK สูงที่สุด มีค่าเท่ากับ 0.657 มิลลิกรัมต่อลิตร รองลงมาคือตำรับการทดลองที่ 10 น้ำหมักชีวภาพจากหอยขม ส่วนน้ำหมักชีวภาพจากพืชคือ ตำรับการทดลองที่ 3 น้ำหมักชีวภาพจากกะหล่ำปลี และตำรับการทดลองที่ 8 น้ำหมักชีวภาพจากเมล็ดถั่วเหลือง มีปริมาณ Free GA₃ สูงที่สุด เท่ากับ 3.712 และ 3.697 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ (ภาพที่ 9 และตารางที่ 7) ซึ่งผลการวิเคราะห์ชนิดและปริมาณฮอร์โมนพืชเป็นไปในทำนองเดียวกันกับข้อมูลการวิเคราะห์ฮอร์โมนพืชในน้ำหมักชีวภาพโดยกรมวิชาการเกษตร (2547) พบ Free IAA Free GA₃ และ Free CK ปริมาณสูงในน้ำหมักชีวภาพจากปลาและหอย ขณะที่พบ Free GA₃ และ Free CK ปริมาณสูงในน้ำหมักชีวภาพจากพืช ดังนั้นจากผลการทดลองการผลิตน้ำหมักชีวภาพจากเนื้อสัตว์ โดยเฉพาะน้ำหมักที่ผลิตจากปลาและรกหมูจะมีปริมาณกรดอะมิโนอย่างน้อย 10 ชนิด และปริมาณฮอร์โมนโดยเฉพาะ Free IAA Free GA₃ มากกว่าการผลิตน้ำหมักชีวภาพจากเนื้อสัตว์ชนิดอื่นๆและจากพืชหลายชนิด

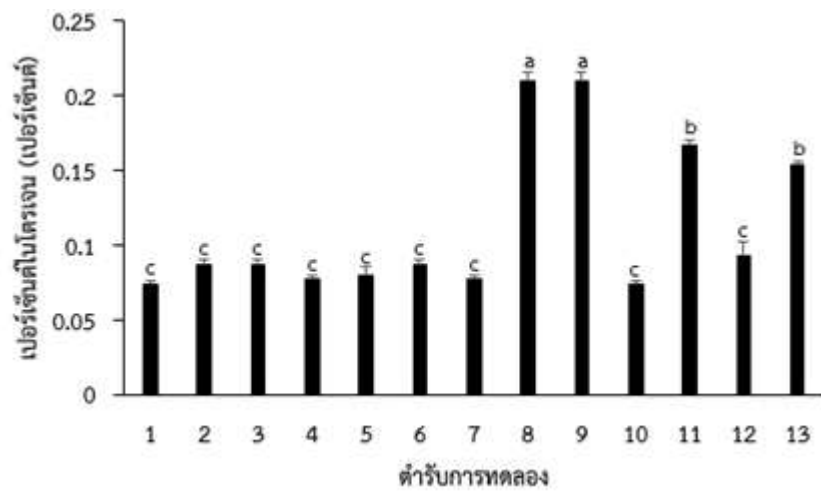


ภาพที่ 9 ปริมาณฮอร์โมน 3 ชนิด (มิลลิกรัมต่อลิตร) ประกอบด้วย free IAA free GA₃ free Cytokinins ที่วิเคราะห์ได้จากน้ำหมักชีวภาพทั้ง 13 ตำรับการทดลอง

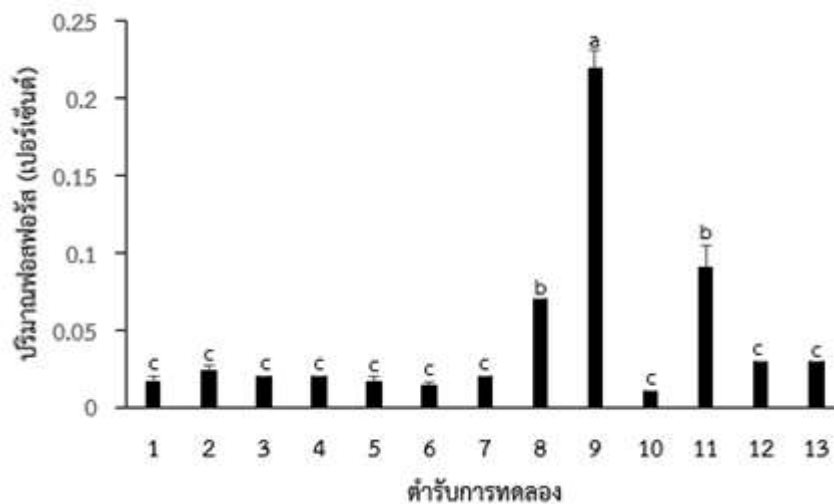
ตารางที่ 7 ปริมาณฮอร์โมน 3 ชนิด ที่วิเคราะห์ได้จากน้ำหมักชีวภาพแต่ละตำรับการทดลอง

ตำรับการ ทดลอง	Free IAA (มิลลิกรัม/ลิตร)	Free GA3 (มิลลิกรัม/ลิตร)	Free Cytokinins (มิลลิกรัม/ลิตร)
T1	0.384	1.582	0.028
T2	0.354	2.17	0.037
T3	0.051	3.712	1.082
T4	0.211	0.886	0.067
T5	0.28	0.943	0.036
T6	0.16	0.8	0.062
T7	0.382	2.135	0.019
T8	0.904	3.697	0.046
T9	1.664	2.821	0.657
T10	0.119	1.314	0.515
T11	1.043	2.581	Nd
T12	0.748	1.287	Nd
T13	0.387	2.01	Nd

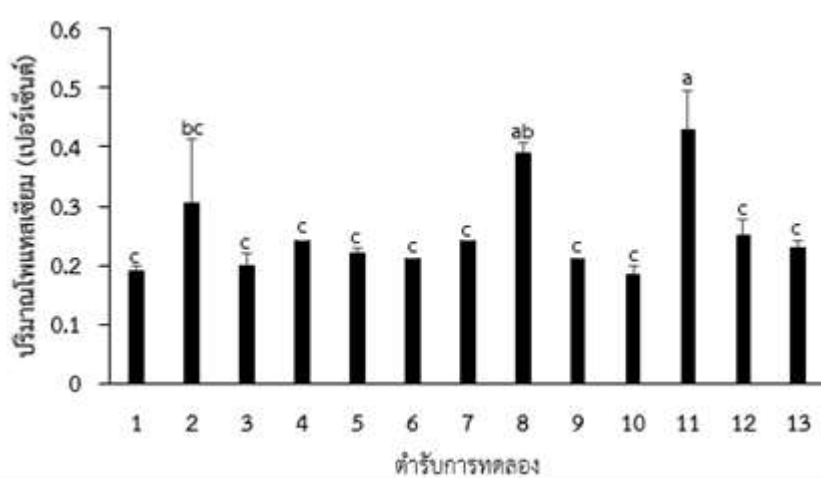
สำหรับผลการวิเคราะห์ธาตุอาหารหลักในน้ำหมักชีวภาพพบว่า ปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และ โพแทสเซียม ที่พบในน้ำหมักชีวภาพแต่ละตำรับการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) (ตารางภาคผนวกที่ 2) โดยเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนพบมากที่สุดในน้ำหมักชีวภาพจากปลาดุก (T9) และ เมล็ดถั่วเหลือง (T8) มีค่าเท่ากันคือ 0.21 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ น้ำหมักชีวภาพจากรกหนู (T11) และไข่ไก่ (T13) มีค่า 0.17 และ 0.15 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ภาพที่ 10 และตารางที่ 8) เปอร์เซ็นต์ฟอสฟอรัสพบมากที่สุดใ้้น้ำหมักชีวภาพจากปลาดุก มีค่า 0.22 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ น้ำหมักชีวภาพจากรกหนู มีค่า 0.09 เปอร์เซ็นต์ (ภาพที่ 11 และตารางที่ 8) และเปอร์เซ็นต์โพแทสเซียมพบมากที่สุดในน้ำหมักจากรกหนู มีค่า 0.43 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ น้ำหมักชีวภาพจากเมล็ดถั่วเหลือง มีค่า 0.39 เปอร์เซ็นต์ (ภาพที่ 12 และตารางที่ 8)



ภาพที่ 10 ปริมาณไนโตรเจนที่วิเคราะห์ได้จากน้ำหมักชีวภาพทั้ง 13 ตำรับการทดลอง



ภาพที่ 11 ปริมาณฟอสฟอรัสที่วิเคราะห์ได้จากน้ำหมักชีวภาพทั้ง 13 ตำรับการทดลอง

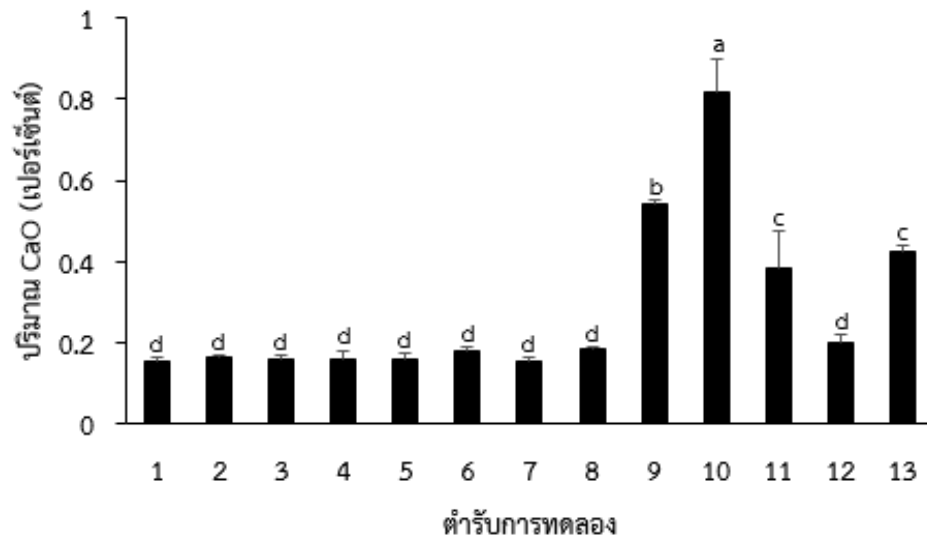


ภาพที่ 12 ปริมาณโพแทสเซียมที่วิเคราะห์ได้จากน้ำหมักชีวภาพทั้ง 13 ตำรับการทดลอง

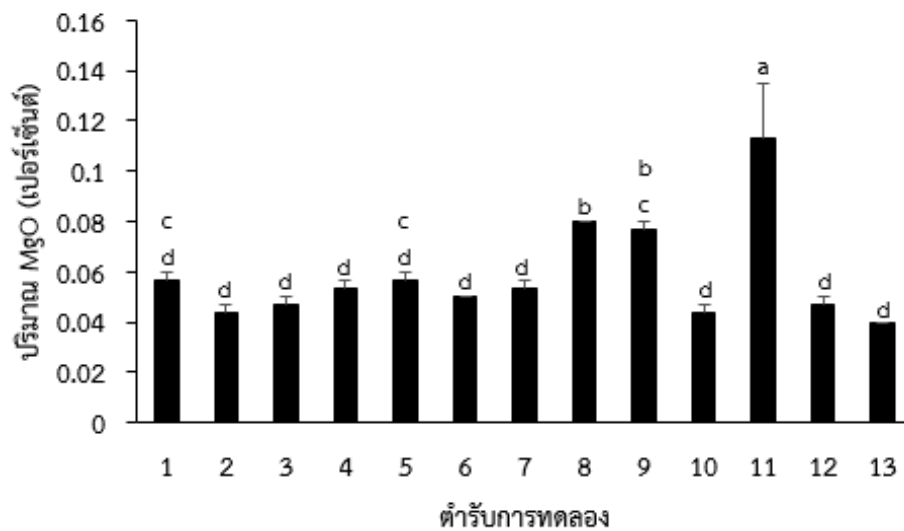
ตารางที่ 8 เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมที่วิเคราะห์ได้จากน้ำหมักชีวภาพ

ตัวรับการ ทดลอง	ปริมาณไนโตรเจน (N)	ปริมาณฟอสฟอรัส (P ₂ O ₅)	ปริมาณโพแทสเซียม (K ₂ O)
T1	0.0733 ^c ±0.006	0.0167 ^c ±0.006	0.19 ^c ±0.017
T2	0.0867 ^c ±0.006	0.0233 ^c ±0.006	0.3037 ^{bc} ±0.189
T3	0.0867 ^c ±0.006	0.02 ^c ±0.000	0.2 ^c ±0.035
T4	0.0767 ^c ±0.006	0.02 ^c ±0.000	0.24 ^c ±0.000
T5	0.08 ^c ±0.010	0.0167 ^c ±0.006	0.22 ^c ±0.017
T6	0.0867 ^c ±0.006	0.0133 ^c ±0.006	0.21 ^c ±0.000
T7	0.0767 ^c ±0.006	0.02 ^c ±0.000	0.24 ^c ±0.000
T8	0.21 ^a ±0.010	0.07 ^b ±0.000	0.39 ^{ab} ±0.030
T9	0.21 ^a ±0.010	0.22 ^a ±0.020	0.21 ^c ±0.000
T10	0.0733 ^c ±0.006	0.01 ^c ±0.000	0.183 ^c ±0.025
T11	0.1667 ^b ±0.006	0.09 ^b ±0.025	0.43 ^a ±0.114
T12	0.0933 ^c ±0.015	0.03 ^c ±0.000	0.25 ^c ±0.046
T13	0.1533 ^b ±0.006	0.03 ^c ±0.000	0.23 ^c ±0.017

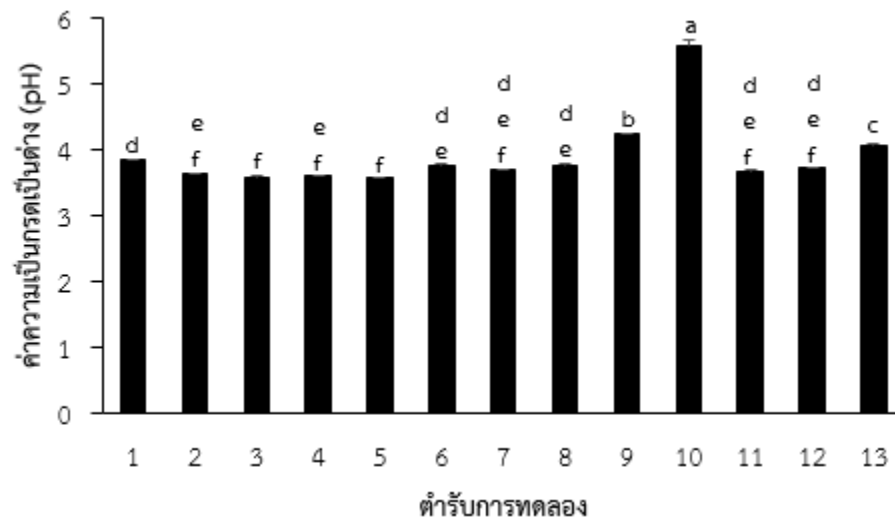
ส่วนปริมาณธาตุอาหารรองที่วิเคราะห์ในน้ำหมักชีวภาพ ประกอบด้วย แคลเซียม และแมกนีเซียม ที่พบในน้ำหมักชีวภาพแต่ละตัวการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.01$) (ตารางภาคผนวกที่ 3) โดยเปอร์เซ็นต์แคลเซียมพบมากที่สุดในน้ำหมักชีวภาพจากหอยขม (T10) มีค่า 0.817 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ น้ำหมักชีวภาพจากปลาตุก (T9) ไข่ไก่ (T13) และรอกหมู (T11) มีค่า 0.540 0.423 และ 0.383 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ภาพที่ 13 และตารางที่ 9) ปริมาณแมกนีเซียม พบมากในน้ำหมักชีวภาพจากรอกหมู มีค่า 0.113 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ น้ำหมักชีวภาพจากเมล็ดถั่วเหลือง (T8) และปลาตุก มีค่า 0.08 และ 0.077 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ภาพที่ 14 และตารางที่ 9) และค่าความเป็นกรดเป็นด่างในน้ำหมักชีวภาพแต่ละตัวการทดลอง มีค่าอยู่ระหว่าง 3.57 - 5.62 โดยน้ำหมักชีวภาพจากหอยขมมีค่าความเป็นกรดเป็นด่างมากที่สุด เท่ากับ 5.62 รองลงมาคือ น้ำหมักชีวภาพจากปลาตุก มีค่า 4.23 (ภาพที่ 15 และตารางที่ 9)



ภาพที่ 13 ปริมาณ CaO ที่วิเคราะห์ได้จากน้ำหมักชีวภาพทั้ง 13 ตำรับการทดลอง



ภาพที่ 14 ปริมาณ MgO ที่วิเคราะห์ได้จากน้ำหมักชีวภาพทั้ง 13 ตำรับการทดลอง



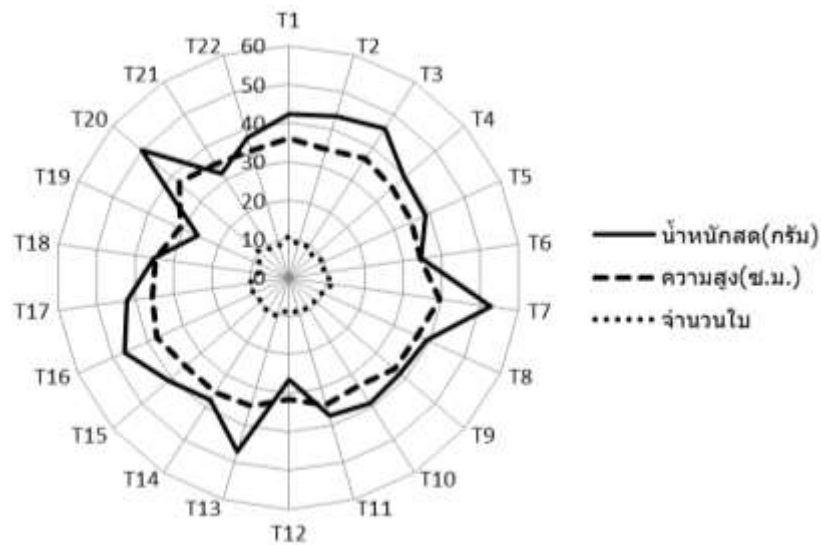
ภาพที่ 15 ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ที่วิเคราะห์ได้จากน้ำหมักชีวภาพทั้ง 13 การทดลอง

ตารางที่ 9 ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง เปอร์เซ็นต์ CaO และ MgO ที่วิเคราะห์ได้จากน้ำหมักชีวภาพ

การทดลอง	pH	ปริมาณ CaO	ปริมาณ MgO
T1	3.85 ^d ± 0.015	0.157 ^d ± 0.006	0.057 ^c ± 0.006
T2	3.62 ^{ef} ± 0.045	0.167 ^d ± 0.006	0.043 ^{bc} ± 0.006
T3	3.57 ^f ± 0.070	0.160 ^d ± 0.010	0.047 ^c ± 0.006
T4	3.60 ^{ef} ± 0.012	0.160 ^d ± 0.020	0.053 ^c ± 0.006
T5	3.57 ^f ± 0.017	0.160 ^d ± 0.017	0.057 ^c ± 0.006
T6	3.77 ^{de} ± 0.050	0.180 ^d ± 0.010	0.050 ^c ± 0.000
T7	3.69 ^{def} ± 0.035	0.157 ^d ± 0.006	0.053 ^c ± 0.006
T8	3.77 ^{de} ± 0.026	0.187 ^d ± 0.006	0.080 ^{ab} ± 0.000
T9	4.23 ^b ± 0.025	0.540 ^b ± 0.010	0.077 ^c ± 0.006
T10	5.62 ^a ± 0.163	0.817 ^a ± 0.080	0.043 ^c ± 0.006
T11	3.68 ^{def} ± 0.044	0.383 ^c ± 0.090	0.113 ^a ± 0.038
T12	3.72 ^{def} ± 0.012	0.200 ^d ± 0.020	0.047 ^c ± 0.006
T13	4.05 ^c ± 0.072	0.423 ^c ± 0.015	0.040 ^c ± 0.000

2. การทดสอบชนิดของกรดอะมิโนต่อการเจริญเติบโตของผักกวางตุ้งที่ปลูกแบบไฮโดรโปนิค

การปลูกผักกวางตุ้งแบบไฮโดรโปนิคเพื่อทดสอบกรดอะมิโน 20 ชนิด สารละลายกรดอะมิโนผสม 3 ชนิด และตำรับควบคุมที่ไม่ใส่กรดอะมิโน เพื่อเปรียบเทียบว่ากรดอะมิโนชนิดใดที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของผักกวางตุ้งมากที่สุด เมื่อปลูกกวางตุ้งในสภาพที่ขาดไนโตรเจน จากผลการทดลองวัดความสูงของต้น จำนวนใบ น้ำหนักสด และน้ำหนักแห้ง ปรากฏว่าเมื่อวิเคราะห์ค่าทางสถิติแต่ละตำรับการทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางภาคผนวกที่ 3) แต่อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาจากค่าสูงสุดของแต่ละตำรับ ซึ่งตำรับการทดลองที่ 7 สารละลายกรดอะมิโน Glycine ตำรับการทดลองที่ 20 สารละลายกรดอะมิโน Aspartic acid ตำรับการทดลองที่ 13 สารละลายกรดอะมิโน Tyrosine ตำรับการทดลองที่ 16 สารละลายกรดอะมิโน methionine และตำรับการทดลองที่ 3 สารละลายกรดอะมิโน Isoleucine มีค่ามากกว่าตำรับการทดลองอื่นๆ ตามลำดับ (ภาพที่ 16 และตารางที่ 10) ซึ่งกรดอะมิโนจากผลการทดลองที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของผักกวางตุ้งดังกล่าว เป็นไปในแนวทางเดียวกันกับการศึกษาโดย Jun-hong *et al.* (2014) ได้ศึกษากรดอะมิโน 3 ชนิดคือ Glycine Methionine และ Histidine ต่อการเจริญเติบโตของผักกวางตุ้ง พบว่ากรดอะมิโนทั้ง 3 ชนิด สามารถเพิ่มผลผลิตและคุณภาพของผักกวางตุ้งได้ นอกจากนี้ Garcia *et al.* (2011) ได้ศึกษาผลกรดอะมิโนต่อการเจริญของมะเขือเทศ ปรากฏว่าการให้กรดอะมิโน Alanine Tyrosine Serine Phenylalanine ช่วยเพิ่มปริมาณความเข้มข้น Ca K Fe และ Cu ในใบมะเขือเทศ และยังช่วยเพิ่มปริมาณคลอโรฟิลล์โดยที่กรดอะมิโน Glycine เป็นองค์ประกอบพื้นฐานในการสร้างเนื้อเยื่อพืชและการสังเคราะห์คลอโรฟิลล์ ช่วยเพิ่มความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์ในพืชซึ่งจะทำให้เพิ่มการดูดกลืนแสงอาทิตย์ ทำให้ระดับการสังเคราะห์แสงเพิ่มมากขึ้น กรดอะมิโน Tyrosine มีบทบาทสำคัญในการควบคุมการเจริญเติบโตของพืชตอบสนองต่อสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมและ ควบคุมการเปิดปิดของปากใบ กรดอะมิโน Methionine เป็นสารตั้งต้นของเอทิลีน และสารที่กระตุ้นการเจริญเติบโต (growth factor) เช่น S-Adenosylmethionine (SAM) กรดอะมิโน Aspartic acid (ที่ได้จากกระบวนการ transamination) จะเป็นเส้นทางหลักต่อการสร้างกรดอะมิโนชนิดอื่น เช่น Proline และ Hydroxyproline เป็นกรดอะมิโนหลักต่อสมดุลของไฮโดรเจนในพืช โดยจะมีผลต่อผนังเซลล์ทำให้พืชมีความต้านทานต่อสภาพอากาศที่ไม่เหมาะสม และกรดอะมิโน Isoleucine มีบทบาทสำคัญในการกระตุ้นภูมิคุ้มกันของพืช และตอบสนองต่อสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม



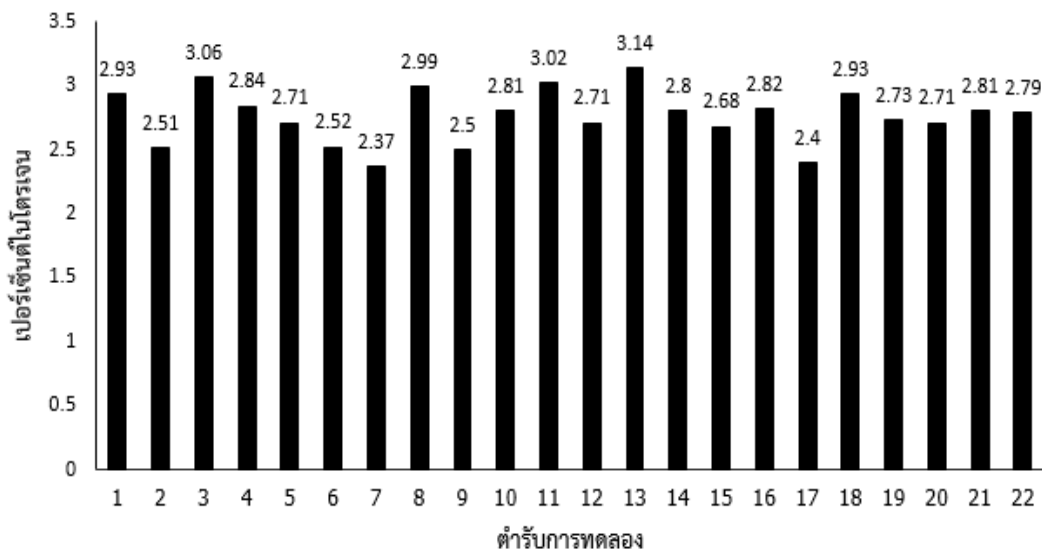
ภาพที่ 16 แสดงค่าความสูง (เซนติเมตร) น้ำหนักสด (กรัม) และจำนวนใบ ของผักกวางตุ้งที่ปลูกแบบไฮโดรโปนิค

หมายเหตุ ตำรับการทดลอง T1= น้ำเปล่า, T2= Leucine, T3= Isoleucine, T4= Histidine, T5= Arginine, T6= Phenylalanine, T7= Glycine, T8= Lysine, T9= Cysteine, T10= Glutamine, T11= Asparagines, T12= Threonine, T13= Tyrosine, T14= Proline, T15= Valine, T16= Methionine, T17= Glutamic acid, T18= Alanine, T19= Tryptophan, T20= Aspartic acid, T21= Serine และ T22 =สารละลายกรดอะมิโนผสมคือ Glutamic acid Aspartic acid และ Serine

จากค่าวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนของใบผักกวางตุ้งปรากฏว่าตำรับการทดลองที่มีค่าเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนสูงที่สุดคือ ตำรับการทดลองที่ 13 สารละลายกรดอะมิโน Tyrosine มีค่าเท่ากับ 3.14 เปอร์เซ็นต์ และตำรับการทดลองที่ 3 สารละลายกรดอะมิโน Isoleucine มีค่าเท่ากับ 3.06 เปอร์เซ็นต์ (ภาพที่ 17 และ ตารางที่ 10) ซึ่งทั้งสองตำรับการทดลองอยู่ในกลุ่มที่มีค่าความสูงของต้น น้ำหนักสดและจำนวนใบสูงที่สุด

ตารางที่ 10 ค่าความสูง น้ำหนักแห้ง พื้นที่ใบ และจำนวนใบ ของผักกวางตุ้งที่ปลูกแบบไฮโดรโปนิค ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

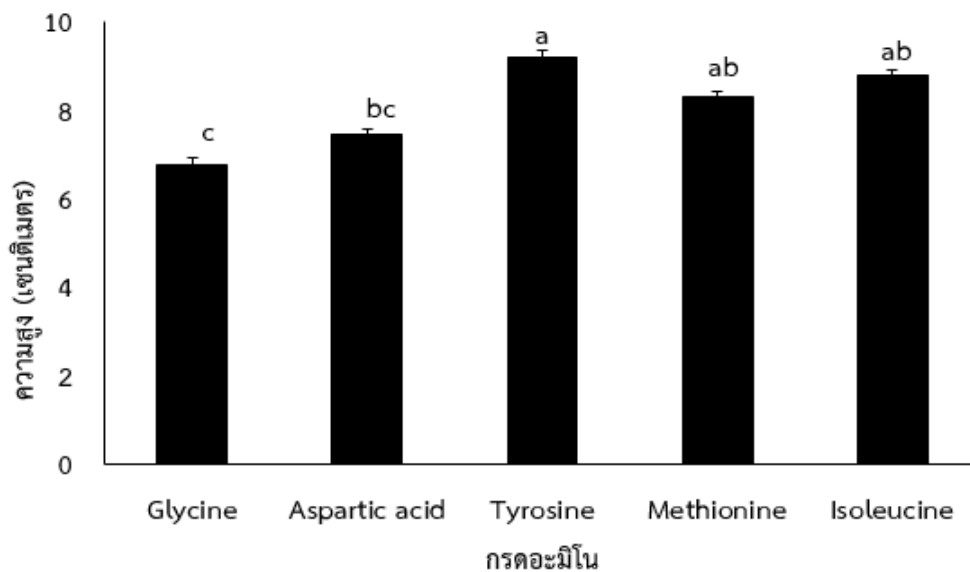
ตำรับการทดลอง	ความสูง (เซนติเมตร)	พื้นที่ใบ (ตารางเซนติเมตร)	จำนวนใบ (ใบ)	น้ำหนักแห้ง (กรัม)
T1	42.2 ^{ns} ±14.50	36.1 ^{ns} ±2.97	10.6 ^{ns} ±2.51	1.88 ^{ns} ±1.17
T2	43.4±8.23	34.54±5.42	8.8±2.59	2.366±0.61
T3	45.8±15.09	36.46±2.96	9.4±1.14	2.356±0.94
T4	39.4±8.56	35.34±3.28	8.2±1.48	1.954±0.28
T5	38.8±14.67	34.96±3.84	10.0±1.00	1.996±0.79
T6	34.6±25.42	34.3±5.04	9.0±2.34	2.11±1.09
T7	52.8±12.32	39.34±3.54	11.6±2.50	3.012±0.86
T8	39.2±18.19	36.46±6.22	9.6±1.67	1.936±1.04
T9	38±18.23	36.3±6.57	9.2±0.84	2.172±1.15
T10	38.8±15.80	33.4±6.89	9.2±2.17	1.96±0.99
T11	37.4±11.01	34.42±3.41	9.6±2.70	1.92±0.89
T12	26.6±14.72	31.64±3.61	8.4±1.52	1.69±0.60
T13	47±21.28	34.6±5.74	10.4±2.30	2.372±1.40
T14	37.6±11.4	35.36±3.94	10.4±1.14	1.796±0.58
T15	41±16.72	35.16±2.21	9.4±3.74	2.236±1.06
T16	46.8±31.14	37.46±4.58	10±2.51	1.564±0.63
T17	42.4±21.94	35.76±3.16	10.4±0.00	2.234±1.27
T18	35.2±8.79	34.82±3.36	8±1.14	1.784±0.43
T19	25.8±18.87	30.9±3.89	8.4±2.79	1.608±0.52
T20	50.4±12.55	37.52±6.10	10.6±1.79	2.672±1.23
T21	32±10.08	34.86±4.99	8.8±1.48	1.728±0.69
T22	37.8±16.13	34.22±4.54	8.8±2.04	1.986±0.69



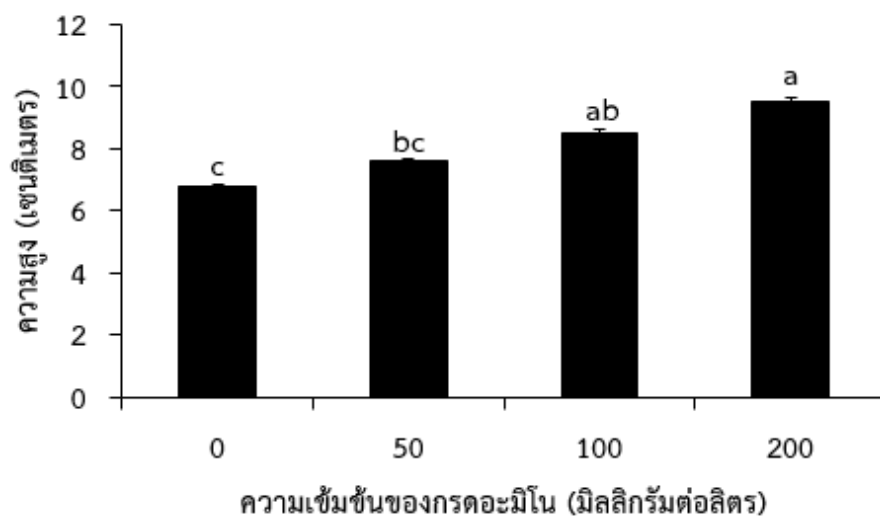
ภาพที่ 17 ปริมาณไนโตรเจนที่วิเคราะห์ได้จากใบผักกวางตุ้งในแต่ละตำรับการทดลอง

3. ทดสอบการปลูกผักกวางตุ้งในโรงเรือนทดลอง

จากการทดสอบชนิดและปริมาณของกรดอะมิโน 5 ชนิดที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของผักกวางตุ้งมากที่สุดจากการทดลองที่ 2 ประกอบด้วย กรดอะมิโน Glycine Aspartic acid Tyrosine Methionine และ Isoleucine ที่ระดับความเข้มข้น 0 50 100 และ 200 มิลลิกรัมต่อลิตร ต่อการเจริญเติบโตของผักกวางตุ้งในดิน ชุดดินมาบบอน ซึ่งมีปริมาณธาตุอาหารและอินทรีย์วัตถุต่ำมีผลค่าวิเคราะห์ดินดังนี้ ค่าความเป็นกรดต่ำเท่ากับ 5.43 เปอร์เซ็นต์อินทรีย์วัตถุ เท่ากับ 0.67 ฟอสฟอรัสเท่ากับ 13.43 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โพแทสเซียมเท่ากับ 30.67 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โดยทำการสเปรย์กรดอะมิโนหลังจากปลูกผักกวางตุ้งลงในกระถาง วัดความสูงของต้นและจำนวนใบก่อนสเปรย์กรดอะมิโนทุกครั้ง (สเปรย์กรดอะมิโนเมื่อผักกวางตุ้งมีอายุ 28 และ 35 วัน) จากผลการสเปรย์กรดอะมิโนทั้งสองครั้ง ปรากฏว่าทั้งชนิดและปริมาณของกรดอะมิโน มีผลต่อความสูงที่เพิ่มขึ้นของผักกวางตุ้งในดินที่ขาดธาตุอาหารแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($F_{(19,40)} = 4.911^{**}$, $P < 0.01$) (ตารางผนวกที่ 4) โดยเมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยกรดอะมิโน Tyrosine มีผลต่อความสูงที่เพิ่มขึ้นของผักกวางตุ้งมากที่สุด เท่ากับ 9.18 เซนติเมตร รองลงมาคือกรดอะมิโน Isoleucine และ Methionine เท่ากับ 8.8 และ 8.31 ตามลำดับ (ภาพที่ 18 และตารางที่ 11) ขณะที่ความเข้มข้นของกรดอะมิโนที่มากที่สุดคือ 200 มิลลิกรัมต่อลิตร จะมีผลต่อความสูงที่เพิ่มขึ้นของผักกวางตุ้งเช่นกัน แต่อย่างไรก็ตามความสูงของผักกวางตุ้งไม่มีความแตกต่างกันเมื่อให้กรดอะมิโนที่ 100 และ 200 มิลลิกรัมต่อลิตร (ภาพที่ 19 และตารางที่ 12) เช่นเดียวกับการศึกษาโดย Jun-hong *et al.* (2014) พบว่าการให้กรดอะมิโน Methionine กับผักกวางตุ้งความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อลิตร จะสามารถเพิ่มผลผลิตของผักกวางตุ้งได้ดี



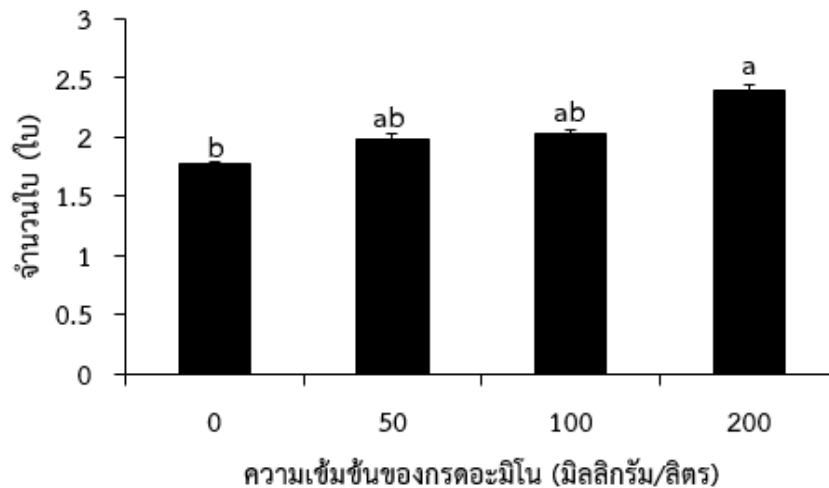
ภาพที่ 18 ผลของกรดอะมิโน 5 ชนิด ต่อความสูงของต้นผักกวางตุ้ง



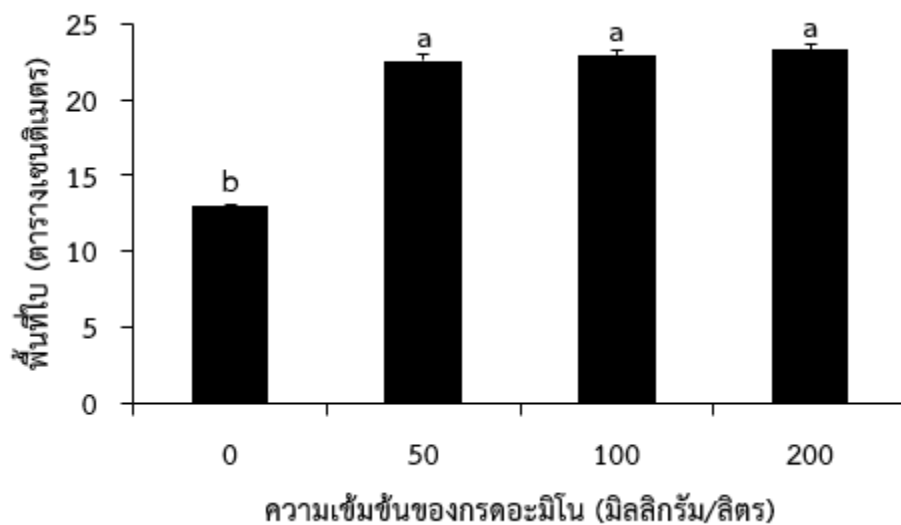
ภาพที่ 19 ผลของปริมาณความเข้มข้นของกรดอะมิโน 5 ชนิด (glycine aspartic acid tyrosine methionine และ isoleucine) 4 ระดับความเข้มข้นต่อความสูงของต้นผักกวางตุ้ง

สำหรับจำนวนใบที่เพิ่มขึ้นปรากฏว่าการใช้ชนิดและปริมาณของกรดอะมิโนมีผลต่อจำนวนใบของผักกวางตุ้งที่เพิ่มขึ้นไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($F_{(19,40)} = 1.488^{ns}$) (ตารางผนวกที่ 5) แต่อย่างไรก็ตามหลังการสเปรย์กรดอะมิโนครั้งสุดท้าย เฉพาะปริมาณของกรดอะมิโนมีผลต่อจำนวนใบของผักกวางตุ้งที่เพิ่มขึ้นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($F_{(3,40)} = 3.992^*$, $P < 0.05$) โดยปริมาณกรดอะมิโนที่ความเข้มข้น 200 มิลลิกรัมต่อลิตร จะทำให้ผักกวางตุ้งมีจำนวนใบมากที่สุด (ภาพที่ 20 และตารางที่ 12) และปริมาณของกรดอะมิโนมีผลต่อพื้นที่ใบของผักกวางตุ้งแตกต่างจากการไม่ใส่กรดอะมิโนอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง

ทางสถิติ ($F_{(3,40)} = 11.313^{**}$, $P < 0.01$) (ภาพที่ 21) (ตารางผนวกที่ 6) โดยที่ความเข้มข้น 50 100 และ 200 มิลลิกรัมต่อลิตร มีผลต่อจำนวนใบของผักกวางตุ้งไม่แตกต่างกัน



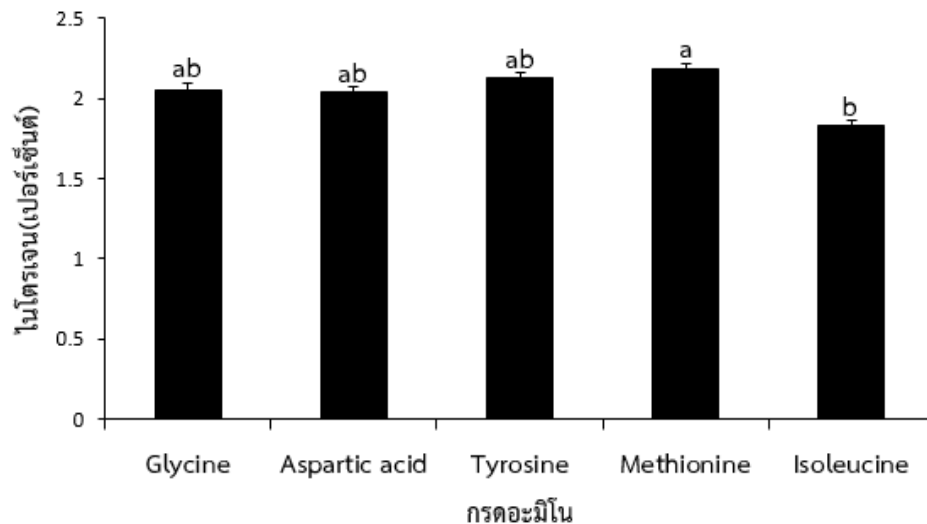
ภาพที่ 20 ผลของความเข้มข้นของกรดอะมิโน 5 ชนิด (glycine aspartic acid tyrosine methionine และ isoleucine) 4 ระดับความเข้มข้นต่อจำนวนใบของต้นผักกวางตุ้ง



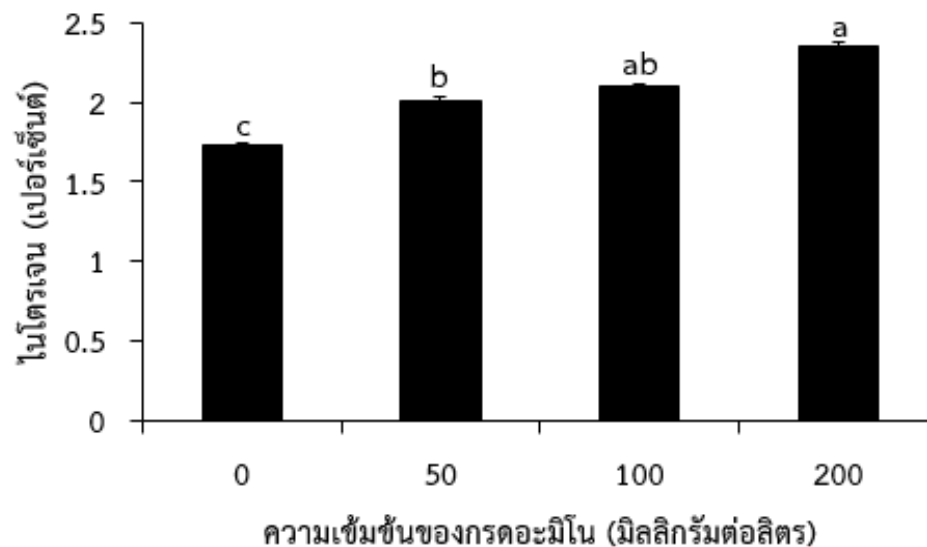
ภาพที่ 21 ผลของความเข้มข้นของกรดอะมิโน 5 ชนิด (glycine aspartic acid tyrosine methionine และ isoleucine) 4 ระดับความเข้มข้นต่อพื้นที่ใบของผักกวางตุ้ง

สำหรับค่าวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนของใบผักกวางตุ้ง ปรากฏว่าค่าการทดลองที่มีค่าเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนสูงที่สุดคือ ค่าการทดลองที่ 4 กรดอะมิโน Methionine แต่อย่างไรก็ตามเมื่อวิเคราะห์ทางสถิติการทดสอบด้วยกรดอะมิโน Methionine Tyrosine Glycine และ Aspartic acid มีค่าเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนในใบผักกวางตุ้งไม่แตกต่างกัน โดยมีค่าเรียงจากมากไปหาน้อยเท่ากับ 2.181 2.124 2.055 และ 2.043 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ภาพที่ 22 และตารางที่ 11) โดยทั้งชนิดและปริมาณของ

กรดอะมิโนมีผลต่อเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($F_{(19,40)} = 4.428^{**}$, $P < 0.01$) (ภาพที่ 23) (ตารางผนวกที่ 7)

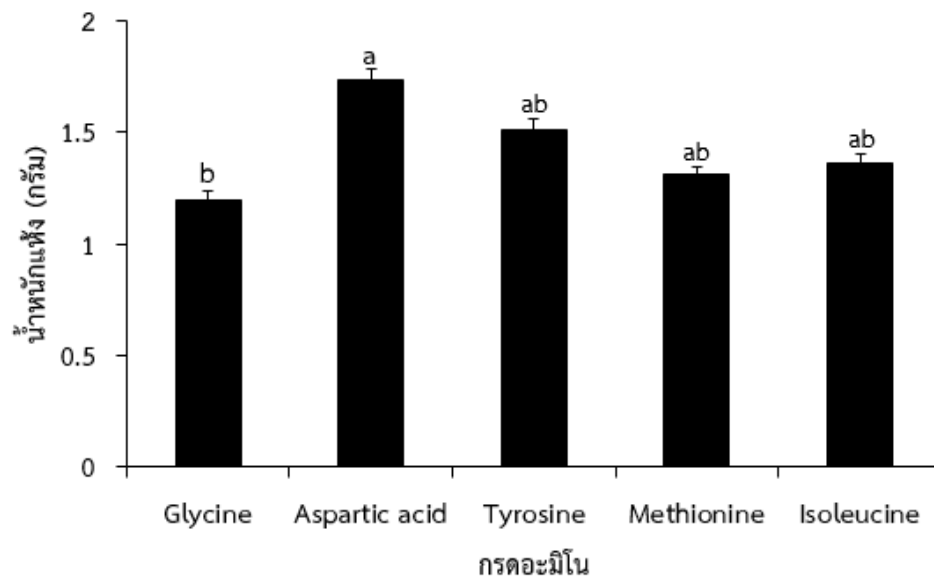


ภาพที่ 22 ผลของกรดอะมิโน 5 ชนิด ต่อเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนในใบผักกวางตุ้ง

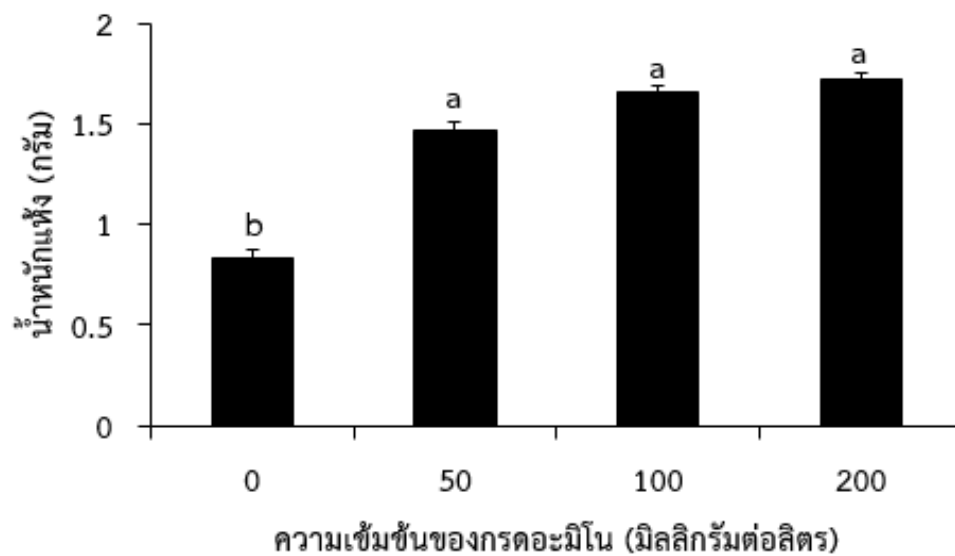


ภาพที่ 23 ผลของความเข้มข้นของกรดอะมิโน 5 ชนิด (glycine aspartic acid tyrosine methionine และ isoleucine) 4 ระดับความเข้มข้นต่อเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนของใบผักกวางตุ้ง

การวิเคราะห์ชนิดและปริมาณกรดอะมิโนต่อน้ำหนักแห้งของผักกวางตุ้ง ปรากฏว่าทั้งชนิดและปริมาณของกรดอะมิโนมีผลต่อเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($F_{(19,40)} = 4.428^{**}$, $P < 0.01$) (ภาพที่ 24) (ตารางผนวกที่ 8) และผักกวางตุ้งที่สเปรย์ด้วยกรดอะมิโน Aspartic acid จะมีน้ำหนักแห้งมากที่สุด โดยที่ความเข้มข้น 50 100 และ 200 มิลลิกรัมต่อลิตร มีผลต่อน้ำหนักแห้งของผักกวางตุ้งไม่แตกต่างกัน (ภาพที่ 25 และตารางที่ 12)



ภาพที่ 24 ผลของกรดอะมิโน 5 ชนิด ต่อน้ำหนักแห้งผักกวางตุ้ง



ภาพที่ 25 ผลของความเข้มข้นของกรดอะมิโน 5 ชนิด (glycine aspartic acid tyrosine methionine และ isoleucine) 4 ระดับความเข้มข้นต่อน้ำหนักแห้งของผักกวางตุ้ง

ตารางที่ 11 แสดงค่าความสูง เพอร์เซ็นต์ไนโตรเจน และน้ำหนักแห้ง ของผักกวางตุ้งที่ทดสอบด้วยกรดอะมิโน 5 ชนิด ในกระถาง

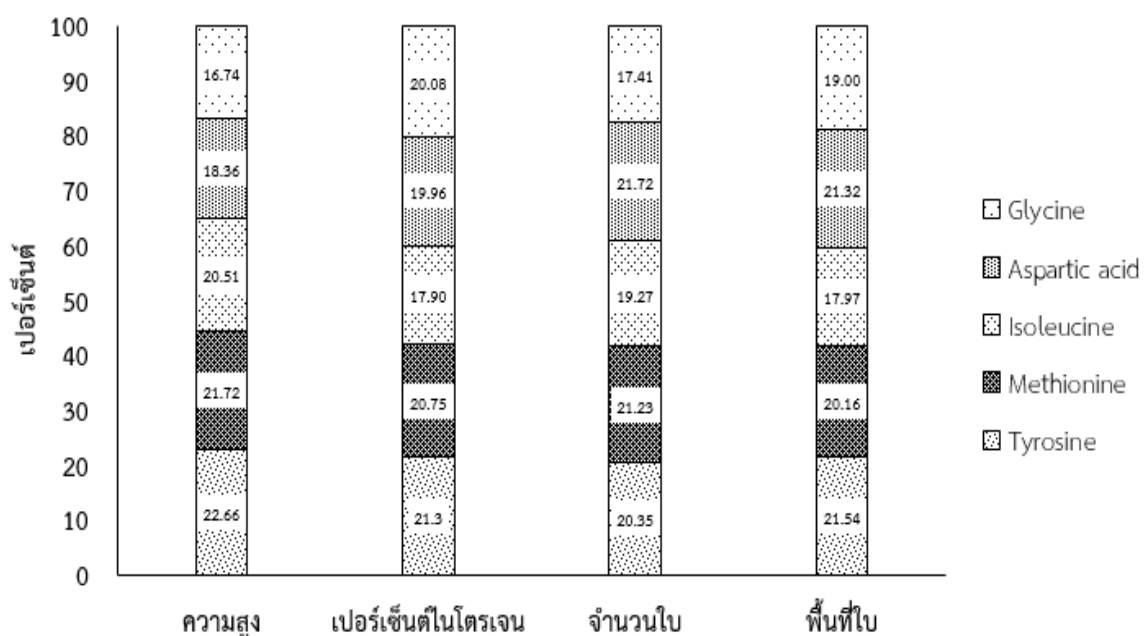
ชนิดกรดอะมิโน	ความสูง (เซนติเมตร)	เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจน	น้ำหนักแห้ง (กรัม)
Glycine	6.78 ^b ±1.84	2.055 ^{ab} ±0.46	1.193 ^b ±0.54
Aspartic acid	7.44 ^{bc} ±1.51	2.043 ^{ab} ±0.31	1.730 ^a ±0.63
Tyrosine	9.18 ^a ±2.08	2.124 ^{ab} ±0.41	1.509 ^{ab} ±0.62
Methionine	8.31 ^{ab} ±1.50	2.181 ^a ±0.37	1.315 ^{ab} ±0.37
Isoleucine	8.8 ^{ab} ±1.41	1.833 ^b ±0.34	1.361 ^{ab} ±0.52

ตารางที่ 12 แสดงค่าความสูง เพอร์เซ็นต์ไนโตรเจน จำนวนใบ พื้นที่ใบ และน้ำหนักแห้ง ของผักกวางตุ้งที่ทดสอบด้วยกรดอะมิโนความเข้มข้นแตกต่างกัน 4 ระดับความเข้มข้น ในกระถาง

ความเข้มข้น กรดอะมิโน (มิลลิกรัม ต่อลิตร)	ความสูง (เซนติเมตร)	เปอร์เซ็นต์ ไนโตรเจน	จำนวนใบ (ใบ)	พื้นที่ใบ (ตาราง เซนติเมตร)	น้ำหนักแห้ง (กรัม)
0	6.79 ^c ±0.45	1.73 ^c ±0.173	1.78 ^b ±0.16	13.017 ^b ±1.527	0.8367 ^b ±0.575
50	7.575 ^{bc} ±1.55	2.012 ^b ±0.329	1.979 ^{ab} ±0.622	22.567 ^a ±6.367	1.47 ^a ±0.606
100	8.508 ^{ab} ±2.129	2.098 ^{ab} ±0.344	2.023 ^{ab} ±0.556	22.907 ^a ±5.474	1.66 ^a ±0.427
200	9.533 ^a ±1.65	2.35 ^a ±0.418	2.399 ^a ±0.537	23.284 ^a ±6.418	1.723 ^a ±0.484

จากผลการทดลองการปลูกผักกวางตุ้งในกระถางทั้งหมด ปรากฏว่ากรดอะมิโนทั้ง 5 ชนิดมีอิทธิพลต่อการเจริญของผักกวางตุ้งในดินที่มีธาตุไนโตรเจนและอินทรีย์วัตถุต่ำแตกต่างกันไป ซึ่งในกรณีนี้กรดอะมิโนที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของผักกวางตุ้งมากที่สุด 3 ชนิดคือ กรดอะมิโน Tyrosine Methionine และ Aspartic acid รองลงมาคือ Glycine และ Isoleucine ซึ่งกรดอะมิโน Tyrosine เป็นกรดอะมิโนสำคัญที่มีบทบาทในกลไก Tyrosine Phosphorylation ที่ตอบสนองต่อสภาวะเครียดในพืชชั้นสูง เมื่อพืชอยู่ในสภาพแวดล้อมต่างๆ เช่น อุณหภูมิ แสง ปริมาณน้ำ pH ที่ไม่เหมาะสมหรือดินมีธาตุอาหารต่ำ พืชเกิดความเครียดและก่อให้เกิด oxidative stress agent (H_2O_2) สะสมในเซลล์ กลไก Tyrosine Phosphorylation เป็นกลไกหนึ่งที่ตอบสนองต่อสารดังกล่าว ทำหน้าที่เป็นสัญญาณควบคุมการเจริญเติบโต การเปลี่ยนแปลงและการพัฒนาของเซลล์พืช ดังนั้นการทดลองที่สเปรย์ด้วยกรดอะมิโน Tyrosine จึงมีการเจริญทางด้านความสูงมากกว่ากรดอะมิโนอื่นๆ แต่อย่างไรก็ตามกรดอะมิโนทั้ง 5 ชนิดมีผลต่อจำนวนใบและพื้นที่ใบเมื่อกรดอะมิโนมีปริมาณความเข้มข้นมากขึ้น ดังภาพที่ 26 แสดงเปอร์เซ็นต์ของกรดอะมิโนแต่ละชนิดที่ส่งผลกระทบต่อปัจจัยที่แสดงถึงการเจริญเติบโตของพืชคือ ความสูง เพอร์เซ็นต์ไนโตรเจนในใบ จำนวนใบ และพื้นที่ใบ โดยกรดอะมิโน 3 ชนิดแรกที่มีผลต่อความสูงคือกรดอะมิโน Tyrosine Methionine และ Isoleucine เพอร์เซ็นต์ไนโตรเจนคือ กรดอะมิโน Methionine

Tyrosine และ Glycine จำนวนใบคือ Aspartic acid Methionine และ Tyrosine พื้นที่ใบคือ Tyrosine Aspartic acid และ Methionine และการให้กรดอะมิโนความเข้มข้น 100-200 มิลลิกรัมต่อลิตร จะส่งเสริมการเจริญของผักกวางตุ้งในสภาพที่ดินไม่เหมาะสมต่อการเจริญ ขาดธาตุอาหาร ได้อย่างชัดเจน จากการศึกษาของ Shehata *et al.* (2011) โดยให้กรดอะมิโนผสมกับพืชตระกูลหัวผักกาดที่ปลูกในดินทรายมีธาตุอาหารต่ำ พบว่าการให้กรดอะมิโนช่วยเพิ่มความสูง น้ำหนักแห้ง และน้ำหนักสดให้กับพืช เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้ให้กรดอะมิโน นอกจากนี้ Han *et al.* (2010) ศึกษาการใช้กรดอะมิโนผสมร่วมกับลิกไนต์ให้กับข้าว ผักกวางตุ้ง และพริกไทยแดง ปรากฏว่าเมื่อให้กรดอะมิโนผสมร่วมกับลิกไนต์อัตรา 150 กิโลกรัมต่อเฮกแต ผลผลิตข้าวดีกว่าการใช้ปุ๋ยเคมีอัตราแนะนำ และการให้กรดอะมิโนผสมร่วมกับลิกไนต์อัตรา 600 กิโลกรัมต่อเฮกแต ผลผลิตผักกวางตุ้งและพริกไทยแดงดีกว่าการใช้ปุ๋ยเคมีอัตราแนะนำ



ภาพที่ 26 ผลของกรดอะมิโนแต่ละชนิดคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ต่อการเจริญเติบโตของผักกวางตุ้ง

สรุปผลการทดลอง

1. ศึกษาชนิดและปริมาณของกรดอะมิโนในน้ำหมักชีวภาพชนิดต่างๆ โดยการทำน้ำหมักชีวภาพจากเนื้อสัตว์จะมีชนิดและปริมาณกรดอะมิโนสูงกว่าน้ำหมักชีวภาพจากพืช และการทำน้ำหมักชีวภาพจากปลาและรอกหมู จะมีชนิดและปริมาณกรดอะมิโนสูง 10 ชนิด ประกอบด้วย Isoleucine Leucine Valine Glycine Methionine Phenylalanine Threonine Alanine Proline และ Tyrosine สูงกว่าน้ำหมักชีวภาพชนิดอื่น และน้ำหมักชีวภาพทั้งสองชนิดมีปริมาณฮอร์โมนสูงที่สุดเช่นกัน โดยน้ำหมักชีวภาพจากปลามี Free IAA เท่ากับ 1.664 มิลลิกรัมต่อลิตร และ Free GA₃ เท่ากับ 2.821 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนน้ำหมักชีวภาพจากรอกหมูมี Free IAA เท่ากับ 1.043 มิลลิกรัมต่อลิตร และ Free GA₃ เท่ากับ 2.581 มิลลิกรัมต่อลิตร และน้ำหมักชีวภาพจากปลามีปริมาณ Free CK สูงที่สุด มีค่าเท่ากับ 0.657 มิลลิกรัมต่อลิตร สำหรับน้ำหมักชีวภาพจากพืช การทำน้ำหมักชีวภาพจากคะน้า และน้ำหมักชีวภาพจากสับ มีปริมาณกรดอะมิโน Arginine Phenylalanine และ Lysine สูง ขณะที่ปริมาณฮอร์โมนน้ำหมักชีวภาพจากกะหล่ำปลี และน้ำหมักชีวภาพจากเมล็ดถั่วเหลือง มีปริมาณ Free GA₃ สูงที่สุด เท่ากับ 3.712 และ 3.697 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ

2. การปลูกผักกวางตุ้งแบบไฮโดรโปนิคเพื่อทดสอบกรดอะมิโน 20 ชนิด ต่อการเจริญของผักกวางตุ้งในสภาพที่ขาดไนโตรเจน จากผลการทดลอง ปรากฏว่า การให้สารละลายกรดอะมิโน Glycine Aspartic acid Tyrosine methionine และ Isoleucine จะทำให้ผักกวางตุ้งมีความสูงของต้น จำนวนใบ และน้ำหนักสด มากกว่าการให้สารละลายกรดอะมิโนชนิดอื่นๆ ซึ่งกรดอะมิโนทั้ง 5 ชนิดมีบทบาทและเกี่ยวข้องกับการเจริญของพืชรวมทั้งตอบสนองต่อสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม

3. การปลูกผักกวางตุ้งในโรงเรือนทดลอง โดยทดสอบชนิดและปริมาณของกรดอะมิโน 5 ชนิด ประกอบด้วย กรดอะมิโน Glycine Aspartic acid Tyrosine Methionine และ Isoleucine ที่ความเข้มข้น 4 ระดับคือ 0 50 100 และ 200 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยกรดอะมิโน Tyrosine มีผลต่อความสูงที่เพิ่มขึ้นของผักกวางตุ้งมากที่สุด รองลงมาคือกรดอะมิโน Methionine และ Isoleucine ซึ่งความเข้มข้นของกรดอะมิโนที่มากที่สุดคือ 200 มิลลิกรัม/ลิตร จะมีผลต่อความสูงที่เพิ่มขึ้นของผักกวางตุ้ง ปริมาณของกรดอะมิโนที่มากขึ้นมีผลต่อจำนวนใบและพื้นที่ใบของผักกวางตุ้งที่เพิ่มขึ้นเช่นกัน และการใช้กรดอะมิโน Methionine Tyrosine และ Glycine มีปริมาณเปอร์เซ็นต์ของไนโตรเจนสูงในใบผักกวางตุ้ง

4. จากผลการวิเคราะห์กรดอะมิโนในน้ำหมักชีวภาพและการทดสอบการเจริญของผักกวางตุ้งในกระถาง การผลิตน้ำหมักชีวภาพจากสัตว์ได้แก่ ปลาช่อนและรอกหมู จะให้ชนิดและปริมาณกรดอะมิโนสูงถึง 10 ชนิด รวมทั้งมีปริมาณฮอร์โมนสูง โดยที่กรดอะมิโนทั้ง 10 ชนิด ประกอบด้วยกรดอะมิโนที่มีบทบาทต่อการควบคุมการเจริญเติบโตของพืช และกลไกการตอบสนองต่อสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม ซึ่งสำหรับผักกวางตุ้งกรดอะมิโนที่มีผลต่อการเจริญที่สำคัญ 5 ชนิดคือ Tyrosine Methionine Isoleucine Glycine และ Aspartic acid โดยเฉพาะอย่างยิ่งกรดอะมิโน Tyrosine Methionine และ Aspartic acid จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าเป็นกรดอะมิโนที่มีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตของผักกวางตุ้งในสภาพที่ไม่เหมาะสม (ขาดไนโตรเจน) มาก และเมื่อพิจารณาจากค่าวิเคราะห์กรดอะมิโนในน้ำหมักชีวภาพ พบกรดอะมิโน Tyrosine ในน้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากรอกหมูและปลาตุ้มมากที่สุดมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.486 และ 2.219 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ เช่นเดียวกับกรดอะมิโน Methionine มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.109 และ 0.41 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ สำหรับกรดอะมิโน Aspartic acid พบมากในน้ำหมักชีวภาพจากผักกะหล่ำปลี. ดังนั้นการใช้น้ำหมักชีวภาพจากปลา

ช่อนหรือรกรงร่วมกับผักกะหล่ำปลี มีแนวโน้มที่มีส่วนช่วยในการเจริญเติบโตของผักกวางตุ้งโดยเฉพาะอย่างยิ่งในสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม (abiotic stress)

ข้อเสนอแนะ

- 1) ควรทดสอบน้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากปลา รกหมู และผักกะหล่ำปลี รวมทั้งจากวัสดุอื่นๆที่มีผลวิเคราะห์ว่ามีชนิดและกรดอะมิโนสูงตามผลการทดลอง เปรียบเทียบกับการใช้กรดอะมิโนสังเคราะห์ เพื่อดูผลการเจริญของผักกวางตุ้งที่ปลูกในดินชุดมาบบอนในกระถางและในภาคสนาม เพื่อให้ทราบถึงประสิทธิภาพของน้ำหมักชีวภาพ
- 2) ควรเพิ่มชนิดพืชที่ใช้ในการทดลอง เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ครอบคลุมทั้งพืชผัก พืชไร่ และไม้ผล

ประโยชน์ที่ได้รับ

- 1) ด้านวิชาการ ได้ข้อมูลชนิดและปริมาณกรดอะมิโนในน้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากวัสดุที่ใช้ในการทดลอง และกรดอะมิโนที่มีผลต่อการเจริญของผักกวางตุ้งในสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม
- 2) ด้านสิ่งแวดล้อม เป็นข้อมูลแก่เกษตรกรในการเลือกใช้วัสดุเพื่อผลิตน้ำหมักชีวภาพให้เหมาะสมและมีประสิทธิภาพต่อการเจริญเติบโตของพืช ลดการใช้สารเคมีเพื่อลดต้นทุนการผลิตและรักษาสิ่งแวดล้อม
- 3) ด้านนโยบาย กรมพัฒนาที่ดินและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องสามารถใช้เป็นฐานข้อมูลเผยแพร่สู่หมอดินอาสา และเกษตรกร

เอกสารอ้างอิง

- กรมปศุสัตว์. 2554. การทำน้ำหมักชีวภาพ. สำนักงานปศุสัตว์เขต 9, กรมปศุสัตว์. ที่มา <http://region9.dld.go.th>. 3 มกราคม 2559.
- กรมพัฒนาที่ดิน. 2545. คู่มือการผลิตและประโยชน์น้ำหมักชีวภาพ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- กรมพัฒนาที่ดิน. 2555. ผลิตภัณฑ์เทคโนโลยีชีวภาพ กรมพัฒนาที่ดิน เพื่อเพิ่มผลผลิตทางการเกษตร. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- กรมวิชาการเกษตร. 2547. เอกสารวิชาการ เรื่อง ข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ น้ำหมักชีวภาพ (ตอนที่ 1). กองทุนสนับสนุนงานวิจัยด้านการเกษตร, กรมวิชาการเกษตร.
- กรมอนามัย. 2544. ชนิดและปริมาณกรดอะมิโนในอาหารไทย. สำนักโภชนาการ กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข.
- คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2543. ผลของกรดอะมิโนสังเคราะห์ต่อการเจริญเติบโตของพืชผัก. ที่มา <http://www.industry.sc.chula.ac.th>. 5 มกราคม 2559.
- ไชยวัฒน์ ไชยสุต. 2553. น้ำหมักชีวภาพ. ศูนย์หนังสือ สวทช. สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ.
- ปิยะ ดวงพัตรา. 2541. บทที่ 17 ปุ๋ยและการใช้ปุ๋ย. ใน ปฐพีวิทยาเบื้องต้น. ภาควิชาปฐพีวิทยา, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 354-394 น.
- สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร. 2558. น้ำหมักชีวภาพ. ศูนย์เทคโนโลยีที่เหมาะสม, มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร. ที่มา <http://atc.snru.ac.th>. 3 มกราคม 2559.
- สุนิสา ประไพตระกูล. 2551. พืชตระกูลกะหล่ำ (คะน้า ผักกาดกวางตุ้ง). คู่มือนักวิชาการส่งเสริมการเกษตร, กรมส่งเสริมการเกษตร.
- เสริมสวัสดิ์ ตูยอนุกิจ. 2547. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี เรื่อง องค์ประกอบบางประการของสารหมักชีวภาพที่ได้จากผักและประสิทธิภาพของปุ๋ยน้ำหมักที่มีต่อพืช. ภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพทางการเกษตร คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ยังยุทธ โอสธสภา. 2541. บทที่ 11 ธาตุอาหารพืช. ใน ปฐพีวิทยาเบื้องต้น. ภาควิชาปฐพีวิทยา, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 256-278 น.
- วินรัตน์ มุรัตน์ สมชาย ชคตระการ และอัญชลี จาละ. มปป. ประสิทธิภาพของน้ำหมักชีวภาพจากเศษปลาที่ใช้น้ำกากส่าเหล้าทดแทนกากน้ำตาลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตต่อผักกวางตุ้งฮ่องเต้. ภาควิชาเทคโนโลยีการเกษตร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
- Abou, T.A.M. and N.G. Abd El-Aziz. 2006. Physiological Effect of Diphenylalamin and Tryptophan on the Growth and Chemical Constituents of *Philodendron erubescens* Plants. World Journal of Agricultural Sciences. 2(1) :75-81.
- Agrinaturals. 2011 Product file. Agri Natural. ที่มา: www.agrinaturals.com 23 ธันวาคม 2556
- Barizza, E., F.L. Schiavo, M. Terzi and F. Filippini. 1999. Evidence suggesting protein tyrosine phosphorylation in plants depends on the development conditions. FEB Letters. 447: 191-194.

- Crawford, N.M. 1995. Nitrate: Nutrient and signal for plant growth. *The Plant Cell*. 7: 859-868.
- FloraTek. 2011 Bio-nutrients and Amino Acids Range. ที่มา: <http://www.floratekag.com/joomla15>. 23 ธันวาคม 2556.
- Fuente van Bentem, S. de la and H. Hert. 2008. Protein tyrosine phosphorylation in plants : more abundant than expected?
- Garcia, A.L., R. Madrid, V. Gimeno, W.M. Rodriguez-Ortega, N. Nicolas and F. Garcia-Sanchez. 2011. The effect of amino acids fertilization incorporated to the nutrient solution on mineral composition and growth in tomato seedling. *Spanish Journal of Agricultural Research*. 9 (3) : 852-861.
- Ghelis, T. 2011. Signal processing by protein tyrosine phosphorylation in plants. *Plant Signaling & Behavior*. 6 (7): 942-951.
- Gupta, R. and S., Luan. 2003. Redox control of protein tyrosine phosphatases and mitogen-activated protein kinases in plants. *Plant Physiol*. 132: 1149-1152.
- Han, S.S., K.Y. Yoo, M.S. Park, Y.I. Lee and S.H. Baek. 2010. Effect of mixtures with lignite and amino acid solution on the growth of rice plant, Chinese cabbage and red pepper, and the chemical properties of soil. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Hirel, B., T. Tetu, P.J. Lea and F. Dubois. 2011. Improving nitrogen use efficiency in crops for sustainable agriculture. *Sustainability*. 3 : 1452-1485.
- Jaillais, Y., M. Hothorn, Y. Belkhadir, T. Dabi, ZL. Nimchuk, EM. Meyerowitz and J. Chory. 2011. Tyrosine phosphorylation controls brassinosteroid receptor activation by triggering membrane release of its kinase inhibitor. *Genes Dev*. 25(3): 232-237.
- Jun-hong, Y., P. Zhi-ping, H. Ji-chuan, Y. Shao-hai and X. Pei-zhi. 2014. Effect of three amino acids on yield and quality of Chinese cabbage. *Journal of Plant Nutrition and Fertilizer*. 20(4) : 1044-1050.
- Less, H. and G. Galili. 2008. Principal transcriptional programs regulating plant amino acid metabolism in response to abiotic stresses. *American Society of Plant Biologists*. 147: 316-330.
- Luan, S. 2002. Tyrosine phosphorylation in plant cell signaling. *PNAS*. 99 (18) : 11567-11569.
- Rai, V.K. 2002. Role of amino acids in plant responses to stress. *Biologia Plantarum*. 45(4): 481-487.
- Ravanel, S., B. Gakiere, D. Job and R. Douce. 1998. The specific features of methionine biosynthesis and metabolism in plants. *Plant Biology*. 95 : 7805-7812.

- Shehata, S.M., S. Heba Abdel-Azem, A. Abou El-Yazied and A.M. Ei-Gizaway. 2011. Effect of foliar spraying with amino acids and seaweed extract on growth chemical constitutes, yield and its quality of celeriac plant. *European Journal of Scientific Research*. 58(2): 257-265.
- Sitthithaworn, W., T. Yeepoosri, W. Yeepoosri, K. Munde and D. Vannavanich. 2011. The effect of bio-extract from cabbage waste on growth, yield and quality of volatile oil extracted from *Mentha spicata* and *Mentha arvensis* var. *piperascens*. *Journal of Medicinal Plants Research*. 5(9): 1673-1676.
- Xing-Quan, L and L. Kyu-Seung. 2012. Effect of Mixed Amino Acids on Crop Growth. *Agricultural Science*. 120-158.

ภาคผนวก

ตารางผนวกที่ 1 ตารางวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนปริมาณธาตุอาหารหลักของพืชในน้ำหมักชีวภาพ

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
N	Between Groups	0.098	12	.008	127.400	.000
	Within Groups	0.002	26	.000		
	Total	0.100	38			
P ₂ O ₅	Between Groups	0.121	12	.010	112.024	.000
	Within Groups	0.002	26	.000		
	Total	0.123	38			
K ₂ O	Between Groups	0.210	12	.017	4.188	.001
	Within Groups	.109	26	.004		
	Total	.318	38			

ตารางผนวกที่ 2 ตารางวิเคราะห์ค่าความแปรปรวน ปริมาณธาตุอาหารรองของพืช และค่าความเป็นกรดเป็นด่างในน้ำหมักชีวภาพ

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
CaO	Between Groups	1.495	12	0.125	99.135	0.000
	Within Groups	0.033	26	0.001		
	Total	1.527	38			
MgO	Between Groups	0.015	12	0.001	9.401	0.000
	Within Groups	0.003	26	0.000		
	Total	0.019	38			
pH	Between Groups	10.890	12	0.908	253.899	0.000
	Within Groups	0.093	26	0.004		
	Total	10.983	38			

ตารางผนวกที่ 3 ตารางวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนผลของกรดอะมิโนต่อการปลูกผักกวางตุ้งแบบไฮโดรโปนิก

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
weight	Between Groups	4722.264	21	224.870	.837	.669
	Within Groups	23653.600	88	268.791		
	Total	28375.864	109			
leaf	Between Groups	90.291	21	4.300	1.053	.412
	Within Groups	359.200	88	4.082		
	Total	449.491	109			
length	Between Groups	355.352	21	16.922	.788	.727
	Within Groups	1890.896	88	21.487		
	Total	2246.248	109			
Dry weight	Between Groups	12.883	21	.613	.744	.776
	Within Groups	72.528	88	.824		
	Total	85.410	109			

ตารางผนวกที่ 4 ตารางวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนผลของกรดอะมิโนต่อความสูงของผักกวางตุ้งที่ปลูกในเรือนทดลอง

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	140.817	19	7.411	4.911	0.000
Intercept	3938.058	1	3938.058	2609.4	0.000
Amino acid	46.299	4	11.575	7.669	0.000
Concentration	63.155	3	21.052	13.949	0.000
Amino acid*Conc	31.363	12	2.614	1.732	0.000
Error	60.368	40	1.509		
Total	4139.243	60			
Corrected Total	201.185	59			

ตารางผนวกที่ 5 ตารางวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนผลของกรดอะมิโนต่อจำนวนใบของผักกวางตุ้งที่ปลูกในเรือนทดลอง

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	7.102	19	0.374	1.488	0.143
Intercept	251.003	1	251.00	999.15	0.000
Amino acid	1.489	4	0.372	1.482	0.226
Concentration	3.009	3	1.003	3.992	0.014
Amino acid*Conc	2.604	12	0.217	0.864	0.588
Error	10.049	40	0.251		
Total	268.154	60			
Corrected Total	17.151	59			

ตารางผนวกที่ 6 ตารางวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนผลของกรดอะมิโนต่อพื้นที่ใบของผักกวางตุ้งที่ปลูกในเรือนทดลอง

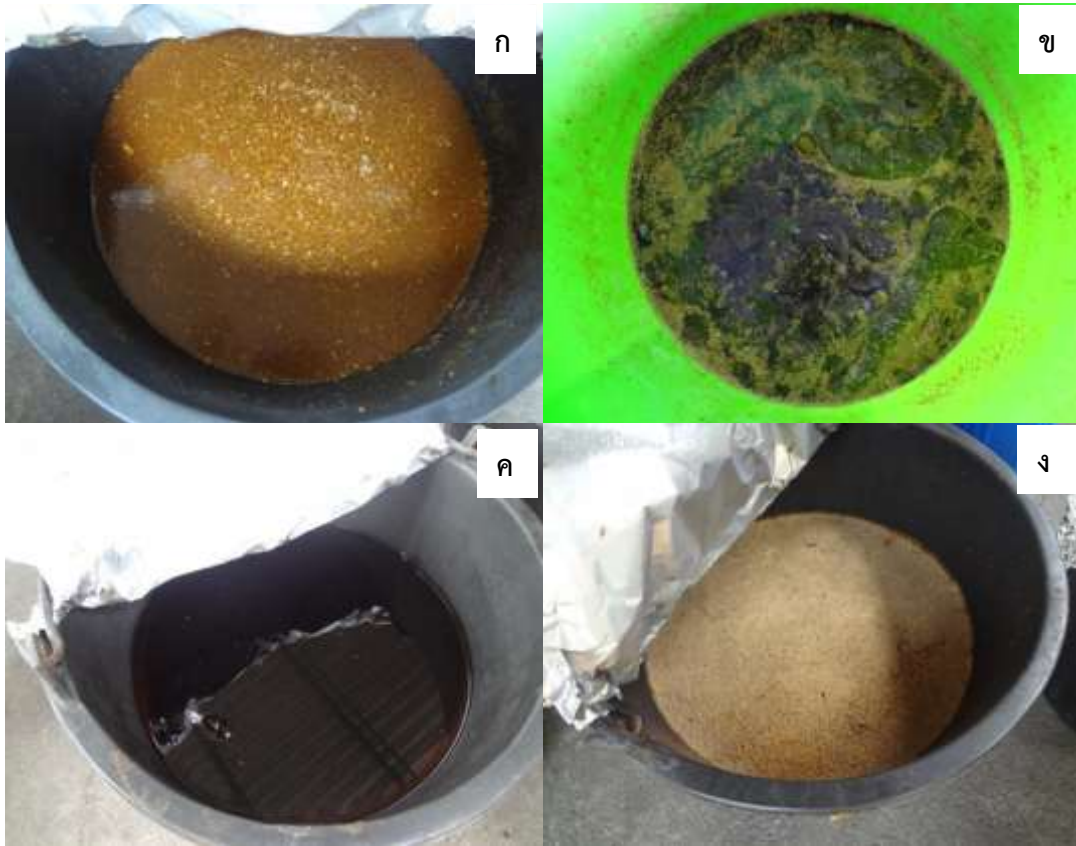
Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	1.398.749	19	73.618	2.257	0.015
Intercept	25077.401	1	25077.401	768.80	0.000
Amino acid	116.150	4	29.038	0.890	0.479
Concentration	1107.042	3	369.014	11.313	0.000
Amino acid*Conc	175.557	12	14.630	0.449	0.932
Error	1304.752	40	32.619		
Total	27780.902	60			
Corrected Total	2703.501	59			

ตารางผนวกที่ 7 ตารางวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนผลของกรดอะมิโนต่อเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนในใบของผักกวางตุ้งที่ปลูกในเรือนทดลอง

Type III Sum of Squares					
Source		df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	6.072	19	0.320	4.428	0.000
Intercept	251.43	1	251.413	3483.7	0.000
Amino acid	0.840	4	0.210	2.908	0.033
Concentration	2.924	3	0.975	13.504	0.000
Amino acid*Conc	2.309	12	0.192	2.666	0.010
Error	2.887	40	0.072		
Total	260.372	60			
Corrected Total	8.959	59			

ตารางผนวกที่ 8 ตารางวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนผลของกรดอะมิโนต่อน้ำหนักแห้งของผักกวางตุ้งที่ปลูกในเรือนทดลอง

Type III Sum of					
Source	Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	11.783	19	.620	3.762	.000
Intercept	121.240	1	121.240	735.589	.000
Amino acid	2.044	4	.511	3.100	.026
Concentration	7.356	3	2.452	14.876	.000
Amino acid*Conc	2.383	12	.199	1.205	.313
Error	6.593	40	.165		
Total	139.615	60			
Corrected Total	18.375	59			



ภาพผนวกที่ 1 น้ำหมักชีวภาพจากสัตว์และพืช โดยใช้สารเร่งซูเปอร์พด. 2 ภาพ ก น้ำหมักชีวภาพจากรกหมู ภาพ ข น้ำหมักชีวภาพจากปลา ภาพ ค น้ำหมักชีวภาพจากกากน้ำตาล (ตำรับควบคุม) และภาพ ง น้ำหมักชีวภาพจากคะน้า

