การศึกษาการปลูกผักอินทรีย์ที่เหมาะสมในระบบการปลูกผักโดยไม่ใช้ดิน

รัตนา ทวีศรี

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของความสมบูรณ์ของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาปฐพีศาสตร์
สำนักบริหารและพัฒนาวิชาการ มหาวิทยาลัยแม่โจ้
พ.ศ. 2555

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยแม่โจ้

ใบรับรองวิทยานิพนธ์

สำนักบริหารและพัฒนาวิชาการ มหาวิทยาลัยแม่โจ้

ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาปฐพีศาสตร์

ชื่อเรื่อง

การศึกษาการปลูกผักอินทรีย์ที่เหมาะสมในระบบการปลูกผักโดยไม่ใช้ดิน

โดย

รัตนา ทวีศรี

พิจารณาเห็นชอบโดย

ประธานกรรมการที่ปรึกษา .....

(รองศาสตราจารย์ ดร.อานัฐ ตันโช)

วันที่ 21 เดือน มิถุนายน พ.ศ. 2555

กรรมการที่ปรึกษา .....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประสิทธิ์ โนรี)

วันที่ 22 เดือน มิถุนายน พ.ศ. 2555

กรรมการที่ปรึกษา .....

(อาจารย์ ดร.วีณา นิลวงศ์)

วันที่ 21 เดือน มิถุนายน พ.ศ. 2555

ประธานกรรมการประจำหลักสูตร .....

(อาจารย์ ดร.จีราภรณ์ อินทสาร)

วันที่ 21 เดือน มิถุนายน พ.ศ. 2555

สำนักบริหารและพัฒนาวิชาการรับรองแล้ว .....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จำเนียร ยศราช)

ประธานกรรมการบัณฑิตศึกษา

วันที่ 26 เดือน มิถุนายน พ.ศ. 2555

ชื่อเรื่อง	การศึกษาการปลูกผักอินทรีย์ที่เหมาะสมในระบบการปลูกผักโดยไม่ใช้ดิน
ชื่อผู้เขียน	นางสาวรัตนา ทวีศรี
ชื่อปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาปฐพีศาสตร์
ประธานกรรมการที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร.อานัฐ ดันโช

บทคัดย่อ

การศึกษาการปลูกผักอินทรีย์ที่เหมาะสมในระบบการปลูกผักโดยไม่ใช้ดิน มีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบหาระบบการปลูกพืชไฮโดรโพนิคส์แบบอินทรีย์ที่เหมาะสม ในรูปแบบการปลูกพืชในสารละลาย และ เพื่อทดสอบหาวัสดุปลูก และหาวิธีการจัดการการปลูกพืชอินทรีย์แบบใช้วัสดุปลูก ได้อย่างเหมาะสม ทำให้พืชสามารถเจริญเติบโตได้อย่างมีประสิทธิภาพ ในพื้นที่ศึกษาคือ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ และศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองหอย ให้ผลการทดลองดังนี้

การทดลองที่ 1 การศึกษาวิธีการปลูกคะน้าแบบไฮโดรโพนิคส์แบบอินทรีย์ในระบบน้ำขึ้นน้ำลงด้วยวิธีการจัดการปุ๋ยอินทรีย์ที่แตกต่างกัน ทำการทดลองในพื้นที่มหาวิทยาลัยแม่โจ้ วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design มี 7 ตำรับการทดลอง ๆ ละ 3 ซ้ำ ในระบบ DRF (Dynamic Root Floating) ผลการทดลองพบว่าคะน้าที่ปลูกในระบบการปลูกพืชไฮโดรโพนิคส์โดยใช้ปุ๋ยเคมีน้ำหนักหลังตัดแต่งของคะน้าดีที่สุดคือ 76.40 กรัมต่อต้น และคะน้าที่ปลูกในระบบไฮโดรโพนิคส์แบบอินทรีย์โดยการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ที่ผ่านการเป่าออกซิเจนทิ้งไว้ 5 วันแล้วกรองเอาตะกอนออก นำส่วนที่กรองแล้วมาใช้ผสมน้ำในอัตราส่วน 1:50 และไม่ปรับ pH ให้น้ำหนักหลังตัดแต่งของคะน้ารองลงมาคือ 42.35 กรัมต่อต้น

การทดลองที่ 2 ศึกษาเปรียบเทียบชนิดวัสดุปลูก และการจัดการที่เหมาะสมต่อการปลูกผักกาดหอมห่อแบบอินทรีย์ โดยใช้ระบบการปลูกพืชในวัสดุปลูก (Substrate Culture) ทำการทดลองในพื้นที่ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองหอย โดยวางแผนการทดลองแบบ 8×4 Factorial in Completely Randomized Design ผลการทดลองพบว่าผักกาดหอมห่อที่ปลูกในวัสดุปลูกที่ผสมด้วยกากเพาะเห็ด กากมะพร้าวสับ มูลวัว และดินอินทรีย์ร่วมกับการใส่เชื้อไตรโคเดอร์มาในวัสดุปลูกสัปดาห์ละครั้งให้น้ำหนักหลังตัดแต่งของผักกาดหอมห่อดีที่สุดเท่ากับ 201.72 กรัมต่อต้น

การทดลองที่ 3 ศึกษาเปรียบเทียบชนิดวัสดุปลูก และการจัดการที่เหมาะสมต่อการปลูกเบบี้แครอทแบบอินทรีย์ โดยใช้ระบบการปลูกพืชในวัสดุปลูก (Substrate Culture) ทำการทดลองในพื้นที่ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองหอย โดยวางแผนการทดลองแบบ 8×4 Factorial in

Completely Randomized Design ผลการทดลองพบว่าเบบี้แครอทที่ปลูกในวัสดุปลูกที่ผสมด้วยกากเพาะเห็ด แกลบดิบ มูลวัว และดินอินทรีย์ร่วมกับการใส่เชื้อไตรโคเดอร์มาในวัสดุปลูกสัปดาห์ละครั้ง ให้ความกว้างหัว และความยาวหัวดีที่สุดเท่ากับ 2.05 และ 23.31 เซนติเมตรตามลำดับ และด้านน้ำหนักหลังตัดแต่งของเบบี้แครอทดีที่สุดเท่ากับ 47.63 กรัมต่อต้น

Title	Study on Appropriate Organic Farming for Soilless Culture
Author	Miss Ruttana Tawesee
Degree of	Master of Science in Soil Science
Advisory Committee Chairperson	Associate Professor Dr. Arnat Tancho

ABSTRACT

The study on appropriate organic farming for soilless culture purposely to test the organic hydroponic cropping system as appropriate using substrate culture and also to test for the best organic materials and the most suitable management of organic plant production to allow more efficient plant growth, was done in experimental areas in Maejo University and in Nong Hoi Royal Project Development Center. Results are as follow :

Experiment 1: The study on the effect of different organic fertilizers on growing kale in organic hydroponic, was conducted in an experiment consisting of 7 treatments with 3 replications each in Completely Randomized Design (CRD), in a chemical hydroponic treatment conducted under a dynamic root floating system. Results showed that after cutting, weight of kale was 76.40 grams per plant, which was higher than organic hydroponic with oxygen addition at 5 days treatment (no pH adjustment and diluted with water 1: 50), at 42.35 grams per plant.

Experiment 2: The study on the effect of 8 organic materials combined with 4 organic fertilizer applications in substrate culture, was conducted in the highland area of Nong Hoi Royal Project Development Center in an 8×4 Factorial in Completely Randomized Design. Results showed that head lettuce grown in organic materials mixed with residues of mushroom, coconut fiber, cow dung and soil organic combined with Trichoderma applied once a week, showed the highest weight of lettuce after cutting at 201.72 grams per plant.

Experiment 3: This study of 8 organic materials combined with 4 organic fertilizer applications in substrate culture, was conducted in the highlands of Nong Hoi Royal Project Development Center in an 8×4 Factorial in Completely Randomized Design. Results showed that baby carrot grown in organic materials mixed with residues from mushroom production, rice husk, cow dung and organic soil combined with Trichoderma applied once a week

showed highest width and length of baby carrot at 2.05 and 23.31 cm, respectively. Highest weight of baby carrot after cutting was 47.63 grams per plant.

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณท่านรองศาสตราจารย์ ดร. อานัฐ ตันโช ประธานกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้กรุณาสละเวลาให้คำปรึกษาความรู้ในการดำเนินการวิจัย และตรวจแก้ไขข้อบกพร่องวิทยานิพนธ์เล่มนี้เป็นอย่างดี และขอขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ประสิทธิ์ โนรี และ อาจารย์ ดร.วีณา นิลวงศ์ กรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษาพร้อมทั้งตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์นี้ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณคณาจารย์และบุคลากรภาควิชาทรัพยากรดินและสิ่งแวดล้อมที่คอยช่วยเหลือและให้กำลังใจตลอดมา

ขอขอบพระคุณศูนย์พัฒนาโครงการหลวงทุกแห่ง ที่ได้ให้โอกาสใช้สถานที่ภายในมูลนิธิโครงการหลวงในการศึกษาวิจัย งบประมาณ และขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่ทุกฝ่ายภายในมูลนิธิโครงการหลวงที่ได้ให้ความรู้และคอยช่วยเหลืออันเป็นประโยชน์ในการวิจัย จนการศึกษาเสร็จสิ้น

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ขอขอบพระคุณทุกคนในครอบครัวเพื่อน พี่ๆ และน้องๆ ที่ได้ให้กำลังใจและความช่วยเหลือตลอดการศึกษา

รัตนา ทวีศรี

มีนาคม 2555

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	(3)
ABSTRACT	(5)
สารบัญตาราง	(10)
สารบัญภาพ	(11)
สารบัญภาพผนวก	(12)
บทที่ 1 บทนำ	1
ปัญหาของการวิจัย	2
วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
ขอบเขตของการวิจัย	3
บทที่ 2 การตรวจเอกสาร	4
ความหมายของการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน	4
ข้อได้เปรียบของการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน	5
ข้อเสียเปรียบของการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน	6
ระบบการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน	7
การจัดการระบบการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน	13
ปัจจัยที่ควบคุมการเจริญเติบโตของพืช	16
มาตรฐานการผลิตพืชอินทรีย์ในประเทศไทย	25
สารที่อนุญาตให้ใช้ในการทำเกษตรอินทรีย์	30
การปลูกพืชโดยใช้น้ำหมักชีวภาพ	35
ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์	36
ไตรโคเดอร์มา	39
คะน้า	41
ผักกาดหอมห่อ	43
แครอท	45
บทที่ 3 วิธีการวิจัย	52

หน้า

การทดลองที่ 1 การศึกษาวิธีการปลูกคะน้าแบบไฮโดรโพนิคส์แบบอินทรีย์ในระบบน้ำขึ้นน้ำลง (DRF) ด้วยวิธีการจัดการปุ๋ยอินทรีย์ที่แตกต่างกัน 52
การทดลองที่ 2 ศึกษาเปรียบเทียบชนิดวัสดุปลูก และการจัดการที่เหมาะสมต่อการปลูกผักกาดหอมห่อแบบอินทรีย์ 54
การทดลองที่ 3 ศึกษาเปรียบเทียบชนิดวัสดุปลูก และการจัดการที่เหมาะสมต่อการปลูกเบบี้แครอทแบบอินทรีย์ 56
สถานที่ทดลองและระยะเวลาดำเนินการ 59
บทที่ 4 ผลการวิจัยและวิจารณ์ 60
ผลการทดลองที่ 1 การศึกษาวิธีการปลูกคะน้าแบบไฮโดรโพนิคส์แบบอินทรีย์ในระบบน้ำลึก (DRF) ด้วยวิธีการจัดการปุ๋ยอินทรีย์ที่แตกต่างกัน 60
วิจารณ์ผลการทดลองที่ 1 71
ผลการทดลองที่ 2 ศึกษาเปรียบเทียบชนิดวัสดุปลูก และการจัดการที่เหมาะสมต่อการปลูกผักกาดหอมห่อแบบอินทรีย์ 72
วิจารณ์ผลการทดลองที่ 2 86
ผลการทดลองที่ 3 ศึกษาเปรียบเทียบชนิดวัสดุปลูก และการจัดการที่เหมาะสมต่อการปลูกเบบี้แครอทแบบอินทรีย์ 85
วิจารณ์ผลการทดลองที่ 3 110
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 111
บรรณานุกรม 113
ภาคผนวก 117
ภาคผนวก ก ภาพการทดลอง 118
ภาคผนวก ข ประวัติผู้วิจัย 127

สารบัญตาราง

ตาราง		หน้า
1	ปริมาณธาตุอาหาร โดยเฉลี่ยของวัสดุอินทรีย์ชนิดต่าง ๆ	13
2	แสดงผลการเจริญเติบโตด้านความกว้างใบเฉลี่ยของคะน้าหลังการย้ายปลูก	62
3	แสดงผลการเจริญเติบโตด้านความยาวใบเฉลี่ยของคะน้าหลังการย้ายปลูก	64
4	แสดงผลการเจริญเติบโตด้านความสูงลำต้นโดยเฉลี่ยของคะน้าหลังการย้ายปลูก	67
5	แสดงผลการเจริญเติบโตด้านความยาวรากเฉลี่ยของคะน้าหลังการย้ายปลูก	68
6	แสดงน้ำหนักเฉลี่ยของคะน้าหลังการย้ายปลูก	70
7	แสดงความกว้างใบของผักกาดหอมห่อแต่ละตำรับการทดลองใน 6 สัปดาห์	74
8	แสดงความแตกต่างทางสถิติของความกว้างใบผักกาดหอมห่อในแต่ละตำรับการทดลอง	75
9	แสดงความยาวใบของผักกาดหอมห่อแต่ละตำรับการทดลองใน 6 สัปดาห์	79
10	แสดงความแตกต่างทางสถิติของความยาวใบผักกาดหอมห่อในแต่ละตำรับการทดลอง	80
11	แสดงน้ำหนักของผักกาดหอมห่อก่อนตัดแต่งและหลังตัดแต่ง	83
12	แสดงความแตกต่างทางสถิติของน้ำหนักของผักกาดหอมห่อในแต่ละตำรับการทดลอง	84
13	แสดงความกว้างใบของเบบี้แครอทแต่ละตำรับการทดลองใน 6 สัปดาห์	89
14	แสดงความแตกต่างทางสถิติของความกว้างใบของเบบี้แครอทในแต่ละตำรับการทดลอง	90
15	แสดงความยาวใบของเบบี้แครอทแต่ละตำรับการทดลองใน 6 สัปดาห์	94
16	แสดงความแตกต่างทางสถิติของความยาวใบของเบบี้แครอทในแต่ละตำรับการทดลอง	95
17	แสดงความสูงต้นของเบบี้แครอทแต่ละตำรับการทดลองใน 6 สัปดาห์	99
18	แสดงความแตกต่างทางสถิติของความสูงต้นของเบบี้แครอทในแต่ละตำรับการทดลอง	100
19	แสดงขนาดของหัวเบบี้แครอทแต่ละตำรับการทดลองใน 6 สัปดาห์	103
20	แสดงความแตกต่างทางสถิติของขนาดหัวเบบี้แครอทในแต่ละตำรับการทดลอง	104
21	แสดงน้ำหนักของหัวเบบี้แครอทก่อนตัดแต่งและหลังตัดแต่ง	107
22	แสดงความแตกต่างทางสถิติน้ำหนักของหัวเบบี้แครอทในแต่ละตำรับการทดลอง	108

สารบัญภาพ

ภาพ		หน้า
1	ผลของค่าความเป็นกรด ด่างต่อความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารพืชชนิดต่างๆ	15
2	แสดงความกว้างใบเฉลี่ยของคะน้าหลังการย้ายปลูก	62
3	แสดงความยาวใบเฉลี่ยของคะน้าหลังการย้ายปลูก	65
4	แสดงความสูงลำต้นโดยเฉลี่ยของคะน้าหลังการย้ายปลูก	67
5	แสดงความยาวรากเฉลี่ยของคะน้าหลังการย้ายปลูก	69
6	แสดงน้ำหนักเฉลี่ยของคะน้าหลังการย้ายปลูก	70
7	แสดงความกว้างใบของผักกาดหอมห่อแต่ละตำรับการทดลองใน 6 สัปดาห์	76
8	แสดงความยาวใบของผักกาดหอมห่อแต่ละตำรับการทดลองใน 6 สัปดาห์	81
9	แสดงน้ำหนักของผักกาดหอมห่อก่อนตัดแต่งและหลังตัดแต่ง	85
10	แสดงความกว้างใบของเบบี้แครอทแต่ละตำรับการทดลองใน 6 สัปดาห์	91
11	แสดงความยาวใบของเบบี้แครอทแต่ละตำรับการทดลองใน 6 สัปดาห์	96
12	แสดงความสูงต้นของเบบี้แครอทห่อแต่ละตำรับการทดลองใน 6 สัปดาห์	101
13	แสดงขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางหัวของเบบี้แครอทแต่ละตำรับการทดลองใน 6 สัปดาห์	105
14	แสดงขนาดความยาวหัวของเบบี้แครอทแต่ละตำรับการทดลองใน 6 สัปดาห์	105
15	แสดงน้ำหนักของหัวเบบี้แครอทก่อนตัดแต่ง และ หลังตัดแต่ง	109

สารบัญภาพผนวก

ภาพผนวก		หน้า
1	ต้นกล้าคะน้าที่เลี้ยงในสารละลายอินทรีย์	119
2	ลักษณะของรากคะน้าที่เลี้ยงในสารละลายอินทรีย์	119
3	การลดระดับสารละลายลงเพื่อให้เกิดรากอากาศ	119
4	ลักษณะของรากอากาศที่เกิดขึ้น	119
5	ภาพเปรียบเทียบการเจริญเติบโตในแต่ละตำรับการทดลอง	119
6	แสดงลักษณะของรากคะน้าในแต่ละตำรับการทดลอง	120
7	แสดงวัสดุปลูกที่ใช้ในการทดลองที่ 2 และการทดลองที่ 3	121
8	แสดงผลผลิตของผักกาดหอมห่อที่ได้หลังทำการทดลอง	122
9	แสดงผลผลิตของเบบี้แครอทที่ได้หลังทำการทดลอง	126

บทที่ 1
บทนำ

เมื่อกล่าวถึงเศรษฐกิจทางด้านการเกษตร จะเห็นได้ว่าในปัจจุบันต้องประสบกับปัญหาต้นทุนการผลิตที่สูงขึ้น ไม่ว่าราคาของปุ๋ยเคมีที่สูงขึ้นตลอดจนปัจจัยการผลิตทางด้านการเกษตรอื่น ๆ โดยผลกระทบมาจากราคาน้ำมันสำหรับการขนส่งที่เพิ่มขึ้นเป็นสำคัญ ดังนั้นภาคการเกษตรต่าง ๆ จึงมีการปรับตัว ที่ผ่านมาตัวอย่างเห็นได้ชัด คือ การปรับตัวทางภาคกสิกรรม (การปลูกพืชบนดิน) ที่หันมาพึ่งตัวเองมากขึ้น โดยใช้ระบบเกษตรอินทรีย์ หรือเกษตรธรรมชาติ ที่ใช้ประโยชน์จากทรัพยากรที่มีอยู่ในพื้นที่มากขึ้นในการผลิตพืช เช่น การรู้จักใช้วิธีการสกัดธาตุอาหารพืชจากสารอินทรีย์โดยใช้วิธีการหมักด้วยจุลินทรีย์ เป็นต้น ในขณะเดียวกันบางประเทศกำลังพัฒนาระบบการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินให้สามารถใช้สารละลายธาตุอาหารพืชที่สกัดมาจากสารอินทรีย์ได้ โดยกำลังวิจัยพัฒนาในเรื่องของเทคนิคการผลิตเพื่อให้ได้ธาตุอาหารและความบริสุทธิ์เพียงพอ ซึ่งส่วนหนึ่งก็ได้ผลผลิตการสกัดธาตุอาหารจากเศษปลา (Fish waste) มาใช้ในการปลูกพืชในระบบไฮโดรโพนิคส์แบบ Subtate culture เป็นต้น (นิรนาม, 2551)

นอกจากปัญหาต้นทุนการผลิตที่สูงของระบบการปลูกพืชแบบไฮโดรโพนิคส์ ปุ๋ยที่ใช้ในระบบการปลูกพืชแบบไฮโดรโพนิคส์ ก็มักทำให้ผู้บริโภคมองว่าปุ๋ยที่ใช้เป็นสารเคมี ซึ่งเป็นสิ่งที่เป็นพิษไป ทั้งๆ ที่สารทุกชนิดในโลกนี้เป็นสารเคมีทั้งสิ้น ร่างกายของมนุษย์ สัตว์และพืชตลอดจนสิ่งมีชีวิตอื่นๆ ต่างก็ประกอบด้วยสารเคมีที่มีปฏิกิริยาทางชีวเคมีดำเนินไปอยู่ตลอดเวลา (นิรนาม, 2551)

ดังนั้นการปลูกพืชในระบบไฮโดรโพนิคส์แบบอินทรีย์ (Organic Hydroponic) เป็นอีกทางเลือกหนึ่งให้กับเกษตรกรผู้ผลิต และผู้บริโภค กล่าวคือ เกษตรกรผู้ผลิตสามารถผลิตผักที่มีคุณภาพสูงโดยใช้พื้นที่น้อย ผลผลิตผักมีราคาสูงกว่าการผลิตแบบเดิม ส่วนผู้บริโภคจะได้บริโภคผักที่มีคุณภาพ ปลอดภัยจากสารพิษตกค้างต่างๆ และความสบายใจในการบริโภค

ปัญหาของการวิจัย

เป็นการศึกษาเพื่อทดสอบระบบการปลูกพืชไฮโดรโพนิคส์แบบอินทรีย์ (Organic Hydroponic) และการจัดการที่เหมาะสมสำหรับปลูกพืชในระบบไฮโดรโพนิคส์แบบอินทรีย์ เพื่อให้ได้ระบบไฮโดรโพนิคส์ที่ใช้ปุ๋ยอินทรีย์ได้ ทั้งในรูปแบบการปลูกพืชในสารละลาย (Water Culture) และการปลูกพืชในวัสดุปลูก (Substrate Culture) ที่เหมาะสมในการปลูกพืช เช่น คะน้า (Chinese Kale), ผักกาดหอมห่อ (Head Lettuce) และ เบบี้แครอท (Baby carrot) รวมทั้งศึกษาหาวัสดุปลูกที่เหมาะสมสำหรับการปลูกพืช ไฮโดรโพนิคส์แบบอินทรีย์ในวัสดุปลูกไม่ว่าจะเป็นวัสดุปลูกแบบอินทรีย์ หรือ อนินทรีย์

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อทดสอบหาระบบการปลูกพืชไฮโดรโพนิคส์แบบอินทรีย์ที่เหมาะสม ในรูปแบบการปลูกพืชในสารละลาย (Water Culture)
2. เพื่อทดสอบหาวัสดุปลูกที่เหมาะสม สำหรับการปลูกพืชไฮโดรโพนิคส์แบบอินทรีย์ในวัสดุปลูก (Substrate Culture)
3. เพื่อทดสอบหาวิธีการจัดการระบบการปลูกพืชไฮโดรโพนิคส์แบบอินทรีย์อย่างเหมาะสม ที่ทำให้พืชเจริญเติบโตได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้ระบบการปลูกพืชไฮโดรโพนิคส์แบบอินทรีย์ที่เหมาะสม ในรูปแบบการปลูกพืชในสารละลาย (Water Culture)

2. ได้วัสดุปลูกที่เหมาะสมสำหรับการปลูกพืชไฮโดรโพนิคส์แบบอินทรีย์ในวัสดุปลูก (Substrate Culture)

3. วิธีการจัดการระบบการปลูกพืชไฮโดรโพนิคส์แบบอินทรีย์อย่างเหมาะสม ที่ทำให้พืชเจริญเติบโตได้อย่างมีประสิทธิภาพ

4. เป็นข้อมูลให้กับผู้สนใจการปลูกไฮโดรโพนิคส์แบบอินทรีย์ทั้งในรูปแบบการปลูกพืชในสารละลาย (Water Culture) และการปลูกพืชในวัสดุปลูก (Substrate Culture)

ขอบเขตของการวิจัย

1. ทดสอบหาหาระบบการปลูกพืชไฮโดรโพนิคส์แบบอินทรีย์ที่เหมาะสม ในรูปแบบการปลูกพืชในสารละลาย (Water Culture) และวัสดุปลูกที่เหมาะสมสำหรับการปลูกพืชไฮโดรโพนิคส์แบบอินทรีย์ในวัสดุปลูก (Substrate Culture)

2. ทดสอบหาวิธีการจัดการระบบการปลูกพืชไฮโดรโพนิคส์แบบอินทรีย์อย่างเหมาะสม ที่ทำให้พืชเจริญเติบโตได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด

บทที่ 2

การตรวจเอกสาร

ความหมายของการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน

การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน มาจากคำภาษาอังกฤษว่า Soilless Culture ซึ่งหมายถึง การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินมาเป็นพื้นที่ปลูก ซึ่งส่วนใหญ่มีความคิดขัดแย้งว่าเป็นการยุ่งยากเมื่อประเทศไทยยังมีพื้นที่รกร้างอีกมาก แต่หากมองในแบบนักอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม ที่ดินในปัจจุบันของประเทศไทยที่ใช้ในการเกษตร ควรฟื้นฟูให้เป็นพื้นที่ป่าเนื่องจากในขณะนี้ป่าไม้มีไม่ถึง 25 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ทั้งหมดของประเทศไทย จึงส่งผลให้ฤดูกาลเปลี่ยนแปลงไปมากมาย ในปัจจุบันการหันมาทำการปลูกพืชที่รบกวนพื้นที่ดินให้น้อยที่สุดเป็นสิ่งที่ควรที่จะมาสนใจเป็นอย่างยิ่ง (มนูญ, 2544) การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินอาจจำแนกอธิบายได้ตามลักษณะของระบบหรือวิธีปลูก และตามความหมายของคำที่แปลมาจากคำภาษาอังกฤษสองคำ คือคำว่า "ซับสเตรท คัลเจอร์" (Substrate culture) และคำว่า "ไฮโดรโพนิคส์" (Hydroponics)

ความหมายของคำว่า "การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน" มาจากคำภาษาอังกฤษ คือ Substrate culture เป็นวิธีการปลูกพืชเลียนแบบการปลูกพืชบนดินโดยไม่ใช้ดินเป็นวัสดุในการปลูก แต่เป็นการปลูกพืชลงบนวัสดุปลูกชนิดต่างๆ ซึ่งวัสดุปลูกแทนดินมีหลายชนิดไม่ว่าจะเป็น วัสดุปลูกที่เป็นอนินทรียสารและวัสดุปลูกที่เป็นอินทรียสาร โดยพืชสามารถเจริญเติบโตบนวัสดุปลูกโดยการได้รับสารละลายธาตุอาหารพืช (หรือสารอาหารพืช) ที่มีน้ำผสมกับปุ๋ยหรือสารเคมีที่มีธาตุต่างๆ ที่พืชต้องการ

ความหมายของคำว่า "การปลูกพืชด้วยสารละลาย" มาจากภาษาอังกฤษคือ Hydroponics เป็นการปลูกพืชโดยไม่ใช้วัสดุปลูก (Nonsubstrate หรือ Water Culture) กล่าวคือจะทำการปลูกพืชลงบนสารละลายธาตุอาหารพืชโดยให้รากพืชสัมผัสกับสารละลายธาตุอาหารพืชโดยตรงนั้นเอง คำว่า Hydroponics มาจากการรวมคำในภาษากรีกสองคำ คือคำว่า "Hydro" หมายถึง "น้ำ" และ "Ponos" หมายถึง "งาน" เมื่อรวมคำสองคำเข้าด้วยกันแล้วความหมายก็คือ "Water working" หรือหมายถึง การทำงานของน้ำที่มีสารละลายธาตุอาหารผ่านราก (ติเรก, 2547)

การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน หรืออาจเรียกว่าปลูกพืชด้วยสารละลาย (Hydroponics) มาจากรากศัพท์ภาษากรีกที่หมายถึง การปฏิบัติเกี่ยวกับน้ำ โดยใช้สารละลายหรือปุ๋ยเคมีเป็นตัวทำปฏิกิริยาระหว่างน้ำกับต้นพืช หลักการพื้นฐานโดยทั่วไปก็เหมือนกับวิธีการปลูกพืชในดิน ซึ่ง

สามารถปลูกพืชได้ในทุกสถานที่และไม่จำกัดขอบเขตว่าจะปลูกจำนวนน้อย หรือปลูกแบบเศรษฐกิจแบบการค้า พืชที่ได้จะมีความสะอาด น่ารับประทานมากกว่าการปลูกในดิน (สงบ, 2537)

การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน (Soilless culture) หรือที่ปัจจุบันนิยมเรียกทับศัพท์ในชื่อเทคนิคเฉพาะว่า ไฮโดรโพนิคส์ (Hydroponics) นั้นมีความแตกต่างกันอย่างไร ได้มีความพยายามให้คำจำกัดความทั้งคำว่า การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน และเรียกคำว่าไฮโดรโพนิคส์อยู่นาน แต่ในที่สุดก็ได้บทสรุปในระดับนานาชาติที่มีการประสานงานโดยองค์การอาหารและการเกษตรแห่งสหประชาชาติ (FAO) สรุปว่าความหมายของการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินมีความหมายกว้างกว่าคำว่าไฮโดรโพนิคส์ โดยให้แบ่งระบบการปลูกพืชไร้ดินออกเป็นดังนี้

การปลูกพืชไร้ดิน ก, ข(1), ข(2)
- ก. การปลูกพืชในสารละลาย
- ข. การปลูกพืชโดยใช้วัสดุปลูก
  - (1) วัสดุปลูกที่เป็นสารเฉื่อย เช่น ทราย กรวด ฯลฯ
  - (2) วัสดุปลูกที่เป็นสารอินทรีย์ธรรมชาติ เช่น ปุ๋ยหมัก ขี้เลื่อย ฯลฯ

ก, ข(1) = ไฮโดรโพนิคส์

โดยวัสดุปลูกนี้มีความหมายถึง สารที่ใช้เป็นที่ดูดยึดของระบบรากพืช โดยสารนี้จะต้องไม่ใช่ดิน ดังนั้นจะเห็นได้ว่า ความหมายของไฮโดรโพนิคส์ ตามคำจำกัดความของ FAO ไม่ได้หมายถึงแค่การปลูกพืชในสารละลายอย่างเดียว การปลูกพืชบนวัสดุบางชนิด เช่น ทราย กรวด ร๊อควูลล์ (Rock wool) ก็มีความหมายรวมถึงไฮโดรโพนิคส์ด้วยเช่นกัน (อานัฐ, 2542)

ข้อได้เปรียบของการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน

การปลูกพืชแบบไฮโดรโพนิคส์จะทำให้ได้จำนวนผลผลิตที่เพิ่มมากขึ้นกว่าการปลูกในดินที่มีข้อจำกัดอยู่หลายประการ เช่น ดินมีความเสื่อมโทรมและมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำอย่างมาก สภาพแวดล้อมที่มีศัตรูพืชทั้งโรคหรือแมลงในดิน จะมีผลทำให้จำนวนผลผลิตลดลงมาก ซึ่งวิธีการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินจะเป็นทางเลือกที่ดีกว่า จะเห็นได้จากมะเขือเทศที่ปลูกในโรงเรือนโดยใช้วัสดุปลูกมีผลผลิตเพิ่มขึ้น 20-25 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งผลผลิตจะแตกต่างกันระหว่างการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินในโรงเรือนแบบเปิดพืชก็ยังให้ผลผลิตที่ดีกว่าการปลูกในดินปกติ (อานัฐ, 2548) ระบบนี้จะให้ผลผลิตสม่ำเสมอคงที่ เพราะเนื่องจากมีการควบคุมธาตุอาหารได้ดีและการควบคุมปัจจัยสิ่งแวดล้อมต่างๆ ได้ทั่วถึง ซึ่งผลที่เกิดขึ้นก็คือ ทำให้ขนาดของผลผลิต รูปร่าง น้ำหนัก มีลักษณะอย่างเดียวกัน ฉะนั้นจึงเป็นที่ต้องการของชาวสวน ชาวไร่ เป็นอันมาก อีกทั้งยังไม่ต้องใช้ระบบการ

ปลูกพืชหมุนเวียนเหมือนเช่นที่ปลูกในดิน ต้นพืชปลูกได้ไม่เจาะจงฤดูกาล เช่น การปลูกกะหล่ำปลี มันฝรั่ง หรือพืชอื่นๆ ได้ตลอดเวลาตามต้องการ (ถวัลย์, 2534)

สามารถทำการเพาะปลูกในบริเวณพื้นที่ที่ดินไม่ดี หรือสภาพแวดล้อมไม่เหมาะสมต่อการเพาะปลูกด้วยดินแบบธรรมดา เป็นระบบที่มีการใช้น้ำและธาตุอาหารพืชอย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด คือปริมาณน้ำใช้ลดลงไม่ต่ำกว่า 10 เท่าตัวของการปลูกแบบธรรมดา ข้อดีที่เห็นได้ชัดเจนคือใช้พื้นที่เพาะปลูกน้อยและสามารถทำการผลิตได้อย่างสม่ำเสมอ ประหยัดเวลาแรงงานและค่าใช้จ่ายในการเตรียมดินและกำจัดวัชพืช (ติเรก, 2542ข)

สามารถปลูกพืชอย่างต่อเนื่องได้ตลอดทั้งปี ในพื้นที่เดียวนอกจากนี้ยังสามารถตัดปัญหาเกี่ยวกับศัตรูพืชที่เกิดจากดินทำให้สามารถปลูกพืชในพื้นที่เดียวกันได้ตลอดปี ถึงแม้จะเป็นพืชชนิดเดียวกัน เพิ่มประสิทธิภาพและลดการใช้แรงงาน สามารถควบคุมสภาพแวดล้อมต่างๆ ที่เกี่ยวกับการเจริญเติบโตของพืชได้อย่างถูกต้องแน่นอนและรวดเร็ว โดยเฉพาะในระดับรากพืช ได้แก่ การควบคุมปริมาณธาตุอาหาร ความเป็นกรด-ด่าง อุณหภูมิ ความเข้มข้นของออกซิเจน ฯลฯ ซึ่งการปลูกพืชทั่วไปทำได้ยาก (อิทธิสุนทร. 2552)

พืชที่ปลูกได้มีแทบทุกชนิด ตั้งแต่พันธุ์ผัก ผลไม้ พันธุ์ข้าวต่างๆ ไม้ประดับ ไม้เลื้อย จนถึงพืชยืนต้น แต่ส่วนมากนิยมปลูกพวกพืชผักผลไม้ที่มีอายุการเก็บเกี่ยวสั้น เช่น มะเขือเทศ แตงกว่า ผักกาดขาว ผักกาดหอม ผักบุ้งจีน ผักคะน้า แตงโม แตงแคนตาลูป ส้ม กล้วย และพวกไม้ดอก เช่น กุหลาบ คาร์เนชั่น หรือว่านหางจระเข้ เป็นต้น (สงบ, 2537)

ข้อเสียเปรียบของการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน

ข้อเสียของระบบไฮโดรโพนิคส์ที่มักจะกล่าวถึงเสมอก็คือ การที่ต้องลงทุนสูงทั้งโรงเรือนและระบบ เมื่อเปรียบเทียบกับการปลูกพืชโดยปกติ ต้องมีความรู้ด้านการจัดการและเทคโนโลยีที่สูงกว่าการปลูกพืชในดินปกติ โดยเฉพาะข้อมูลพื้นฐานในเรื่องสรีรวิทยาของพืช พื้นฐานทางด้านเคมีและธาตุอาหารพืช นอกจากนี้ในบริเวณที่จะดิดตั้งระบบไฮโดรโพนิคส์จะต้องมีระบบน้ำและไฟฟ้าที่พร้อม เนื่องจากเป็นพื้นฐานสำหรับการดิดตั้งระบบการปลูกพืชด้วยวิธีนี้ (อานัฐ, 2542) ในทางปฏิบัติอาจทำไม่ได้กว้างขวาง เนื่องจากยังต้องอาศัยเทคโนโลยีจากต่างประเทศ ปัญหาพื้นที่ที่มีพายุต้องมีการสร้างโรงเรือนป้องกันลม กรณีถ้ามีลมพัดแรงจำเป็นต้องมีการค้ำยัน เนื่องจากการยึดต้นของรากไม่แข็งแรงเช่นเดียวกับการปลูกลงดิน ปัญหาทางด้านการตลาดยังไม่กว้างเนื่องจากเป็นการปลูกผักต่างประเทศเป็นส่วนใหญ่และในปัจจุบันกลุ่มผู้บริโภคยังจำกัด อาจทำให้ปัญหาด้านการตลาดที่ทำให้ราคาลดลงเรื่อยๆ (มนูญ, 2544) กรณีปลูก

พืชด้วยระบบน้ำหมุนเวียนการเกิดโรคที่ระดับรากพืชจะระบาดสู่ต้นอื่นได้ง่าย ควบคุมได้ยาก และต้องมีตลาดรับรองมากพอจึงจะดำเนินการได้ เนื่องจากสามารถควบคุมสภาพแวดล้อมต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของพืชได้ ทำให้ผลผลิต และคุณภาพของพืชสม่ำเสมอ และสูงกว่าการปลูกในดินมาก สาเหตุอื่นที่อาจทำให้เกิดความเสียหาย เช่น ไฟฟ้าดับ อุปกรณ์ชำรุด การขาดอุปกรณ์สำรอง ฯลฯ (อารักษ์, 2544)

ในเขตร้อนมีปัญหาเมื่อมีการสะสมอุณหภูมิของสารละลาย ทำให้ออกซิเจนในสารละลายลดลงและต้องใช้น้ำที่มีสิ่งเจือปนน้อย เพราะถ้ามีสิ่งเจือปนมากจะทำให้มีการสะสมของไอออนบางตัวที่พืชต้องการน้อยหรือไม่ใช้เลยสะสมอยู่ในสารละลายมาก หากเป็นเช่นนี้ต้องเปลี่ยนสารละลายทั้งหมดบ่อยๆ ทำให้สิ้นเปลือง (กมลศรี, 2545)

ระบบการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน

ระบบการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินจัดเป็นการปลูกพืชในวัสดุปลูกชนิดต่างๆ แทนดินหรือน้ำโดยตรง ดังที่เรียกว่าไฮโดรโพนิคส์นั้นมีอยู่มากมายหลายระบบ เนื่องจากมีการพัฒนารูปแบบกันมาเป็นเวลานาน ทั้งนี้ เพื่อให้เหมาะสมต่อสภาพแวดล้อมของประเทศต่างๆ แต่อย่างไรก็ตามระบบต่างๆ ที่พัฒนาขึ้นมักมีพื้นฐานมาจากระบบหลักๆ ตามลักษณะการให้สารละลายธาตุอาหารบริเวณรอบๆ รากพืช 3 แบบ

1. การปลูกพืชในสารละลาย

1.1 ระบบเอ็นเอฟที (Nutrient Film Technique, N.F.T.) เป็นเทคนิคที่ได้รับความนิยมเป็นการปลูกพืชโดยให้รากแช่อยู่ในสารละลายโดยตรง สารละลายจะไหลผ่านรากพืชเป็นฟิล์มบางๆ (โดยทั่วไปมักกำหนดให้น้ำที่ไหลผ่านมีความหนาประมาณ 2-3 มิลลิเมตร) สารละลายจะไหลหมุนเวียนผ่านรากตลอดเวลา ความยาวของระบบมีตั้งแต่ 5-20 เมตร แต่ไม่ควรเกิน 20 เมตร เนื่องจากจะทำให้เกิดความแตกต่างของปริมาณออกซิเจนระหว่างหัวและท้ายระบบได้ ซึ่งปริมาณออกซิเจนที่ละลายอยู่ในสารละลาย จะมีอิทธิพลต่อความสามารถในการดูดซับธาตุอาหารของรากพืช เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ปริมาณการละลายตัวของออกซิเจนจะลดลง ดังนั้นในเขตร้อนอุณหภูมิสารละลายในระบบ NFT อาจจะขึ้นสูงถึง 35°C ซึ่งทำให้การละลายตัวของออกซิเจนสูงสุด ดังนั้นปริมาณออกซิเจนในสารละลายเป็นปัญหาที่สำคัญที่สุดอันดับหนึ่งในการปลูกพืชระบบ NFT ใน

เขตร้อน (อานัฐ, 2548) ระบบปลูกแบบเอ็นเอฟทีเหมาะสมกับการปลูกพืชที่ปลูกแบบรับประทานใบ ต้นเตี้ย อายุสั้น เช่น ผักสลัด ผักกาด

การปลูกพืชแบบนี้จะเป็นการปลูกพืชโดยรากแช่อยู่ในสารละลายโดยตรง สารละลายธาตุอาหารจะไหลเป็นแผ่นฟิล์มบางๆ (หนาประมาณ 2-3 มิลิเมตร) ในรางปลูกพืชกว้างตั้งแต่ 5-35 เซนติเมตร สูงประมาณ 5 เซนติเมตร ความกว้างรางขึ้นอยู่กับชนิดพืชที่ปลูก ความยาวของรางตั้งแต่ 5-20 เมตร การไหลของสารละลายอาจเป็นแบบต่อเนื่อง หรือแบบสลับก็ได้ โดยทั่วไปสารละลายจะไหลแบบต่อเนื่องอัตราไหลอยู่ในช่วง 1-2 ลิตรต่อนาทีต่อราง รางอาจทำจากแผ่นพลาสติกสองหน้าขาวและดำ หนา 80-200 ไมครอน หรือจาก PVC ขึ้นรูปเป็นรางสำเร็จรูป ทำจากโลหะ เช่น สังกะสี หรืออะลูมิเนียม และบุภายในด้วยพลาสติกเพื่อป้องกันการกัดกร่อนของสารละลายโดยจะมีปั๊มดูดสารละลาย ให้สารละลายไหลผ่านรางและรากพืชและเวียนกลับมายังถังเก็บสารละลาย (ดิเรก, 2542ก)

1.2 ระบบดีเอฟที (Deep Floating Technique, DFT) เป็นระบบที่ปลูกพืชโดยรากแช่อยู่ในสารละลายลึกประมาณ 15-20 เซนติเมตร โดยจะมีการปลูกพืชบนแผ่นโฟมหรือวัสดุที่ลอยน้ำได้ เพื่อยึดลำต้นแต่จะปล่อยให้รากเป็นอิสระในน้ำระบบนี้ไม่มีความลาดเอียงเป็นระบบที่มีการหมุนเวียนสารละลายโดยการใช้ปั๊มดูดสารละลายจากถังพักขึ้นมาใช้ใหม่ในระบบเพื่อให้เกิดการหมุนเวียน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มปริมาณออกซิเจนให้กับระบบน้ำที่ใช้ในการผลิตผัก ระบบนี้อาจมีเชื่อเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า ระบบไฮโดรโพนิคส์ลอยน้ำ (Floating Hydroponics Systems)

1.3 ระบบดีอาร์เอฟ (Dynamic Root Floating, DRF) เป็นระบบการปลูกพืชที่พัฒนามาจากระบบของ ดร.เกอริค (Prof. Dr.William F.Gericke) ที่เน้นการปลูกพืชให้รากพืชแช่อยู่ในน้ำส่วนหนึ่ง และอีกส่วนหนึ่งสร้างรากอากาศเพื่อช่วยในการหายใจ โดยจะทำให้พืชที่ปลูกในระบบนี้สามารถเจริญได้ในอุณหภูมิของสารละลายที่สูงมากกว่าระบบอื่นๆ ได้ดี ดร.เกา (Kao Te Chen) นักวิจัยและพัฒนาระบบไฮโดรโพนิคส์ชาวไต้หวัน ได้พัฒนาระบบของ ดร.เกอริค โดยเพิ่มระบบท่อรับน้ำในกระบะที่ช่วยให้ระดับน้ำสูงขึ้นหรือลดลงได้ตามความต้องการของพืช โดย ดร.เกา ได้กำหนดให้ระดับน้ำควรสูงเพียงพอที่จะทำให้รากพืชแช่อยู่ในน้ำได้ประมาณ 4 เซนติเมตร โดยรากส่วนนี้จะเป็นรากที่ดูดอาหาร (Nutrient root) และรากส่วนเหนือจากนี้จะเป็นรากที่หายใจและดูดออกซิเจนเข้าสู่ราก จึงเรียกรากส่วนนี้ว่า รากอากาศ (Aero root) ดังนั้นระบบดีอาร์เอฟก็คือระบบที่สามารถปรับความสูงต่ำของน้ำในกระบะปลูกได้ตามความต้องการของพืชแต่ละชนิด และ

เพื่อให้รากพืชลอยอยู่ในน้ำในระดับเพียง 4 เซนติเมตร ระบบดีอาร์เอฟได้มีการพัฒนาหลายครั้ง และปัจจุบันได้จดสิทธิบัตรในไต้หวัน โดยระบบดังกล่าวได้แบ่งเป็น 2 ระบบย่อยๆ ได้แก่

1.3.1 ระบบปรับลดระดับสารละลาย เป็นแบบที่ปล่อยให้รากจมอยู่ในน้ำลึกในระยะแรก แล้วค่อยลดระดับน้ำลงจากระดับแรกที่สูงประมาณ 8 เซนติเมตร เหลือเพียง 4 เซนติเมตร

1.3.2 ระบบเออาร์-ดีอาร์เอฟ เป็นการปลูกพืชโดยให้รากพืชคร่อมบนสันของถาดปลูกที่ออกแบบมาโดยเฉพาะแล้วปล่อยสารละลายไปตามแนวด้านข้าง

2. การปลูกในวัสดุปลูก (Substrate Culture)

เป็นวิธีการปลูกพืชโดยใช้วัสดุปลูกชนิดต่างๆ ทั้งที่เป็นอินทรีย์และอนินทรีย์ต่างๆ ได้แก่ ทราย กรวด ขี้เลื่อย กากมะพร้าว ร๊อควูลล์ พีท ฯลฯ การปลูกพืชระบบนี้นิยมกันอย่างแพร่หลายวิธีหนึ่ง การปลูกพืชในวัสดุปลูกส่วนใหญ่จะแตกต่างกันทางด้านของเทคนิคการให้น้ำและสารละลายธาตุอาหารพืช (ความถี่และปริมาณสารละลายที่ให้แต่ละครั้งและองค์ประกอบของสารละลาย) ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของวัสดุปลูกที่ใช้ ซึ่งจะต้องมีการทดลองเพื่อหาวิธีการที่เหมาะสม ซึ่งรูปแบบของการให้สารละลายขึ้นอยู่กับชนิดของวัสดุปลูกอีกด้วย

2.1 รูปแบบของการให้สารละลาย

2.1.1 แบบสารละลายไม่หมุนเวียน (Non Circulation Substrate Culture)

2.1.2 แบบสารละลายหมุนเวียน (Circulation Substrate Culture)

ในปัจจุบันรูปแบบการปลูกพืชไร้ดินด้วยวิธีปลูกในวัสดุปลูกชนิดต่างๆ เช่น กาบมะพร้าวสับ กำลังเป็นที่นิยมอย่างมากในพื้นที่ดูแลของมูลนิธิโครงการหลวงในการปลูกพริกหวาน มะเขือเทศ และแตงเมลอน

การปลูกพืชที่ใช้วัสดุปลูกที่ไม่ใช่ดิน จะมีวัสดุปลูกชนิดต่างๆ มากมายที่เป็นอินทรีย์ และอนินทรีย์ ซึ่งปัจจุบันก็ได้มีความพยายามที่จะใช้วัสดุปลูกที่เป็นสารอินทรีย์เพิ่มมากขึ้น ทั้งนี้เพื่อลดและหลีกเลี่ยงการใช้สารเคมีที่เริ่มไม่เป็นที่ต้องการของตลาด การปลูกแบบใช้วัสดุปลูกต้องมีภาชนะปลูกอาจเป็นถุง กระถาง ใช้ซีเมนต์ราง ภาชนะกระบะ ถัง โดยสิ่งสำคัญก็คือ ต้องเป็นสิ่งที่หาได้ง่ายในพื้นที่ ระบบการให้สารละลายสามารถใช้ระบบหยดหรือสปริงเกอร์ หรือให้น้ำไหลเป็นทาง และสารที่ให้ไปกับน้ำอาจให้เป็นสารละลายอินทรีย์ หรือสารละลายอนินทรีย์ก็แล้วแต่จะเลือกใช้ (อานัฐ, 2548)

2.2 การพิจารณาเลือกใช้วัสดุปลูก

หลักในการพิจารณาเลือกใช้วัสดุปลูกในการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินจำเป็นจะต้องพิจารณาในแง่ต่างๆ ซึ่งมักมีข้อจำกัดทางด้านเทคนิค กล่าวคือวัสดุปลูกที่เหมาะสมที่สุดทางทฤษฎีต้องมีคุณสมบัติดังนี้

2.2.1 เป็นวัสดุปลูกที่เมื่อนำมาใช้จะมีคุณสมบัติรักษาอัตราส่วนของน้ำ และอากาศให้เหมาะสมตลอดการปลูก อัตราส่วนของน้ำต่ออากาศ ที่เหมาะสมจะมีอัตราส่วนอยู่ประมาณ 50 ต่อ 50

2.2.2 เป็นวัสดุที่ไม่มีการอัดตัวหรือยุบตัวเมื่อเปียกน้ำหรือเมื่อใช้ไปนานๆ

2.2.3 เป็นวัสดุที่ไม่สลายตัวทั้งทางเคมีและทางชีวภาพ

2.2.4 เป็นวัสดุที่รากพืชสามารถแพร่กระจายได้ทั่วทุกส่วนของวัสดุปลูก

2.2.5 เป็นวัสดุที่ไม่มีสารที่เป็นพิษต่อพืชเจือปนอยู่

2.2.6 เป็นวัสดุที่มีคุณสมบัติเฉื่อยทางเคมี คือไม่ทำปฏิกิริยากับสารละลายธาตุอาหารและกับภาชนะที่ใช้บรรจุ

2.2.7 เป็นวัสดุที่มีความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุ (Cation Exchange Capacity) ต่ำหรือไม่มีเลย เพื่อจะได้ไม่มีผลต่อองค์ประกอบของสารละลายธาตุอาหารพืชที่อยู่ในวัสดุปลูก

2.2.8 เป็นวัสดุที่ไม่เป็นแหล่งสะสมของโรคและแมลง

2.2.9 เป็นวัสดุที่สามารถกำจัดโรคและแมลงได้ง่าย เพื่อช่วยให้สามารถนำวัสดุปลูกกลับมาใช้ใหม่ได้ง่าย

จากคุณสมบัติเหล่านี้ยังไม่มีวัสดุปลูกชนิดใดที่มีคุณสมบัติครบดังที่กล่าวมานี้ บางคนอาจใช้วิธีการนำวัสดุที่มีคุณสมบัติที่ดีแต่ละอย่างมาผสมกัน เพื่อให้วัสดุปลูกมีคุณสมบัติที่ดีขึ้น แต่บางคนก็นิยมใช้วัสดุเดี่ยวๆ ที่มีความคุ้นเคย รู้จักและมีความชำนาญในการใช้อยู่แล้ว คือ รู้ถึงคุณสมบัติและข้อจำกัดในการใช้วัสดุนั้นๆ และสามารถปรับปรุงเทคนิคต่างๆ ให้เหมาะสมกับวัสดุปลูกนั้นๆ ดีอยู่แล้ว

2.3 คุณสมบัติวัสดุปลูกชนิดต่างๆ

2.3.1 วัสดุปลูกที่เป็นอนินทรีย์สาร

2.3.1.1 ทรายหยาบ มีแหล่งกำเนิดจากชายทะเลหรือแม่น้ำ คุณสมบัติทางเคมีและฟิสิกส์คืออุ้มน้ำค่อนข้างเลว แลกเปลี่ยนประจุไม่ได้ ความหนาแน่นรวมเมื่อแห้ง 1.5-

1.8 ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของอนุภาคเม็ดทราย 0.5-2 มิลลิเมตร มีความพรุนต่ำ และมีความคงทนของโครงสร้างดี

ข้อดี

1) ความสามารถอุ้มน้ำดีกว่ากรวด

2) เป็นสารเฉื่อยไม่ทำปฏิกิริยาเคมี

3) อายุการใช้งานนาน

ข้อเสีย

1) จะมีการอัดตัวแน่นอาจมีปัญหาการระบายน้ำและอากาศ

2) มีน้ำหนักมาก

3) มีความพรุนต่ำ

2.3.1.2 กรวด มีแหล่งกำเนิดจากชายทะเลหรือแม่น้ำ คุณสมบัติทางเคมีและฟิสิกส์คืออุ้มน้ำค่อนข้างเลว แลกเปลี่ยนประจุไม่ได้ ความหนาแน่นรวมเมื่อแห้ง 1.5-1.8 ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของกรวดมีขนาดตั้งแต่ 2 มิลลิเมตรขึ้นไป มีความพรุนสูงกว่าทรายหยาบ และมีความคงทนของโครงสร้างดี

ข้อดี

1) มีความพรุนสูง

2) เป็นสารเฉื่อยไม่ทำปฏิกิริยาเคมี

3) อายุการใช้งานนาน

4) ระบายน้ำ และอากาศได้ดี

ข้อเสีย

1) มีน้ำหนักมาก

2) ความสามารถอุ้มน้ำไม่ดีเท่าทรายหยาบ

2.3.2 วัสดุที่เป็นอินทรีย์สาร

2.3.2.1 ขี้เลื่อย มาจากโรงเลื่อยต่างๆ มีความแตกต่างกันตามชนิดของไม้ มีคุณสมบัติทางเคมีและฟิสิกส์ คือ ที่ค่า pH 4.2-6 จะมีความแปรปรวนมากขึ้นอยู่กับชนิดของไม้และอายุของขี้เลื่อย มีคุณสมบัติในการอุ้มน้ำดีมาก จนอาจมากเกินไปจนมีปัญหาเกี่ยวกับการระบายอากาศ การแลกเปลี่ยนประจุมีค่าสูงเมื่อขี้เลื่อยผ่านขบวนการสลายตัว ความหนาแน่นรวมในขณะแห้งต่ำ มีความพรุนสูง และความคงทนของโครงสร้าง สามารถสลายตัวได้ ก่อนนำมาใช้เป็นวัสดุปลูกจะปล่อยให้ขี้เลื่อยสลายตัวก่อนประมาณ 6 เดือน มีอายุการใช้งาน 2-3 ครั้ง

ข้อดี

1) น้ำหนักเบาง่ายต่อการนำมาใช้

2) ความสามารถในการอุ้มน้ำดีมาก

3) ราคาถูก

ข้อเสีย

1) ต้องเสียเวลาในการปล่อยให้สลายตัวนาน

2) มีความแปรปรวนในด้านองค์ประกอบมาก

3) มีการสลายตัวหลังจากนำมาใช้และเกิดการอัดตัวแน่น

4) ยากในการกำจัดโรคและแมลง

2.3.2.2 ขี้เถ้าแกลบ มีคุณสมบัติทางเคมีและฟิสิกส์ดังนี้คือ ค่า pH 7-8.5 มีความแปรปรวนมาก ขึ้นอยู่กับอายุของกองขี้เถ้าแกลบ ถ้ามีอายุมากจะมีการชะล้างโดยฝนมาก pH จะลดลง อุ้มน้ำดี มีความหนาแน่นรวมต่ำเมื่อแห้ง มีความพรุนสูง ความคงทนของโครงสร้างดี มีการสลายตัวน้อย แต่จะมีการอัดตัวบ้างหลังปลูก มีระยะการใช้งาน 2-4 ครั้ง และราคาถูก

ข้อดี

1) น้ำหนักเบา ง่ายต่อการนำมาใช้

2) ความสามารถในการอุ้มน้ำดี

3) มีการสลายตัวหลังจากนำมาใช้น้อยและเกิดการอัดตัวไม่มากนัก

4) ราคาถูก

ข้อเสีย

1) ยากในการกำจัดโรคและแมลง

2) ก่อนนำมาใช้ต้องแช่ด้วยกรดอ่อนเพื่อลดค่า pH ให้อยู่ประมาณ 6

2.3.2.3 กากมะพร้าว แหล่งกำเนิดจากโรงงานทำเบาะและที่นอน คุณสมบัติทางเคมีและฟิสิกส์ pH 6 - 7 คุณสมบัติในการอุ้มน้ำดีมาก จนอาจมากเกินไปจนมีปัญหาเกี่ยวกับการระบายอากาศ คุณสมบัติในการแลกเปลี่ยนประจุมีค่าสูง เมื่อกากมะพร้าวผ่านขบวนการสลายตัว มีความพรุนสูง และสามารถสลายตัวได้ดี

ข้อดี

1) น้ำหนักเบาง่ายต่อการนำมาใช้

2) ความสามารถในการอุ้มน้ำดีมาก

3) ราคาถูก

ข้อเสีย

1) อาจมีปัญหาเกี่ยวกับการระบายอากาศที่รากพืช

2) มีการสลายตัวหลังจากนำมาใช้และเกิดการอัดตัวแน่น

3) ยากในการกำจัดโรคและแมลง

ปัจจุบันประเทศศรีลังกาได้มีการผลิต กากมะพร้าวอัดเป็นแท่งวัสดุปลูก ออกขายไปต่างประเทศแล้วเพื่อใช้ปลูกมะเขือเทศ แตงกวา ฯลฯ แต่การนำกากมะพร้าวมาใช้ต้องระวังปริมาณเกลือที่อาจสะสมอยู่ โดยเฉพาะกากมะพร้าวที่ได้จากแหล่งปลูกมะพร้าวใกล้ทะเล (อิทธิสุนทร, 2552)

ตาราง 1 ปริมาณธาตุอาหาร โดยเฉลี่ยของวัสดุอินทรีย์ชนิดต่าง ๆ

วัสดุอินทรีย์	N (%)	P_2O_5 (%)	K_2O (%)	C/N
แกลบ	0.84	0.22	1.58	97.00
ขุยมะพร้าว	0.38	0.07	1.34	185.00
มูลวัว	1.10	0.40	1.60	22.17
ก้อนเชื้อเห็ดเก่า	2.87	0.78	0.41	22.00

ที่มา : วิไลวรรณ และ เตือนฉาย (2544; กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2549)

การจัดการระบบการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน

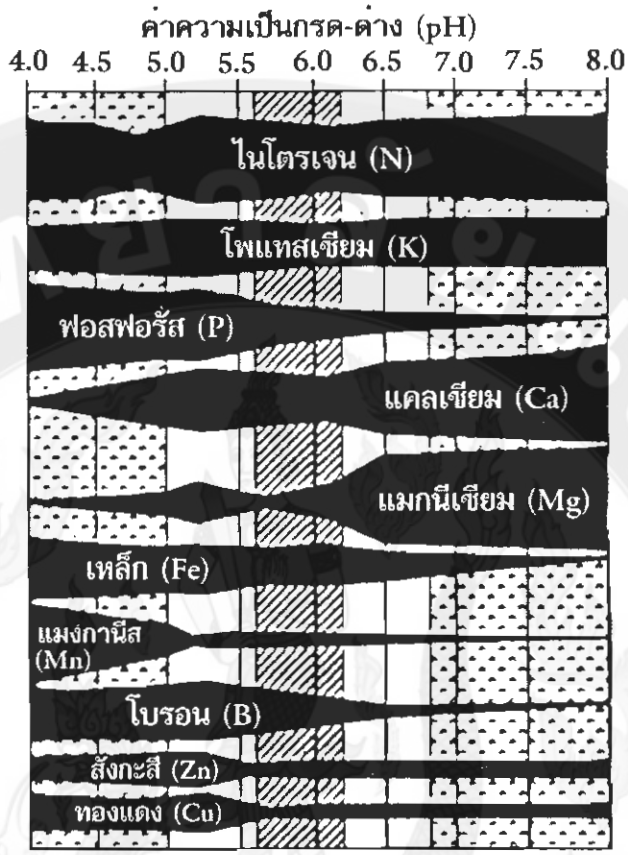
1. คุณภาพของน้ำที่ใช้ในระบบ

คุณภาพของน้ำที่ใช้ในระบบ การที่จะนำน้ำมาใช้ในระบบปลูกจำเป็นที่จะต้องพิจารณาอย่างละเอียด เพราะการเจริญเติบโตของพืชจะตอบสนองต่อความเข้มข้นของแร่ธาตุอาหารที่มีอยู่ในน้ำ การเก็บตัวอย่างน้ำไปวิเคราะห์ทางเคมีถือว่าเป็นสิ่งสำคัญมาก ทำให้ทราบค่าความเป็นกรด ต่าง และปริมาณเกลือแร่ต่างๆ ที่มีในน้ำ ทำให้ทราบปริมาณที่เหมาะสมในการให้ธาตุอาหารเพียงพอต่อความต้องการเจริญเติบโตของพืช น้ำที่นำมาใช้ในระบบควรจะเป็นน้ำที่สะอาด มีปริมาณที่เพียงพอ เช่น น้ำบาดาล น้ำประปา น้ำจากแหล่งน้ำธรรมชาติ (สุรินทร์, 2542) แต่น้ำที่เหมาะสมที่สุดคือ น้ำฝน เพราะเป็นน้ำที่มีความบริสุทธิ์สูง แต่จะต้องมีภาชนะเก็บขนาดใหญ่

พอที่จะเก็บน้ำได้เพียงพอที่จะนำมาใช้เตรียมสารละลายโดยตรงหรือมาใช้ผสมกับน้ำแหล่งอื่นในกรณีที่ปริมาณน้ำฝนไม่เพียงพอ (ถวัลย์, 2534) แต่การเก็บน้ำฝนมาใช้ต้องพิจารณาถึงการได้มาของน้ำด้วย เช่น สภาพของหลังคาที่รองรับน้ำฝนนั้นอาจจะมีการปนเปื้อนของสังกะสีปนเปื้อนอยู่ในน้ำได้เป็นต้น จากการวิเคราะห์น้ำตามธรรมชาติจะพบว่ามีค่าความเป็นกรด ด่างอยู่ระหว่าง 6.3 – 7.0 ค่าการนำไฟฟ้าควรต่ำกว่า 0.5 มิลลิซิเมนซ์ต่อเซนติเมตร และปริมาณของโซเดียมและคลอไรด์ควรมีค่าน้อยกว่า 35 และ 53 มิลลิกรัม ตามลำดับ (FAO, 1990)

2. การจัดการค่าความเป็นกรด-ด่างของสารละลาย (pH)

การจัดการค่าความเป็นกรดด่างของสารละลาย pH คือ ค่าที่บ่งบอกถึงความเป็นกรดเป็นด่าง ปริมาณมากน้อยขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของไฮโดรเจนไอออน (H^+) หรือไฮดรอกไซด์ไอออน (OH^-) หรือระดับ pH ของสารละลายนั้นมีค่าตั้งแต่ 1-14 โดยเมื่อค่า pH อยู่ในช่วง 1-7 แสดงว่าเป็นกรด และในช่วง 7-14 แสดงว่าเป็นด่าง pH มีความสำคัญมากต่อการเจริญเติบโตของพืชในด้านความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารพืชของสารละลาย โดยทั่วไปควรอยู่ในช่วง 5.5-5.6 เป็นช่วงที่เหมาะสมคือ ธาตุอาหารอยู่ในรูปที่พืชใช้ได้มากที่สุด เมื่อ pH ของสารละลายต่ำกว่า 4 จะเป็นอันตรายต่อรากพืช ในทางตรงกันข้ามถ้า pH สูงกว่า 7 ติดต่อกันนาน 2-3 วัน จะทำให้การดูดใช้ฟอสฟอรัส เหล็ก และแมงกานีส ผิดปกติ (ตังภาพ 1) เมื่อเตรียมสารละลายใหม่ pH จะเท่ากับ 6 แต่เมื่อเวลาผ่านไป pH จะสูงขึ้น เนื่องจากในการเจริญเติบโตทางลำต้นและใบ (Vegetative growth) พืชจะมีการดูดใช้ไนเตรทไอออน (NO_3^-) เป็นส่วนใหญ่



ภาพ 1 ผลของค่าความเป็นกรด ด่างต่อความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารพืชชนิดต่าง ๆ

3. ค่าการนำไฟฟ้าของสารละลาย (Electric Conductivity: EC)

ค่าการนำไฟฟ้าของสารละลาย (EC) บ่งบอกถึงปริมาณความเข้มข้นของธาตุอาหารพืช ขณะที่พืชดูดกินสารละลายธาตุอาหารพืชนั้น ระดับค่า EC จะลดลงเนื่องจากปริมาณธาตุอาหารลดลงแต่ว่าค่า EC อาจจะเพิ่มขึ้นได้ในกรณีที่น้ำในสารละลายลดลง ซึ่งเกิดจากการระเหยของน้ำในถังใส่สารละลาย ถ้าค่า EC เพิ่มขึ้นแก้ไขได้โดยการเติมน้ำและในทางกลับกันถ้าค่า EC ลดลงให้เติมสารละลายธาตุอาหารเพื่อปรับให้ค่า EC สูงขึ้น (กองบรรณาธิการ, 2543) โดยพืชแต่ละชนิดมีการตอบสนองค่า EC แตกต่างกัน ดังนั้นในการปลูกพืชจะต้องคำนึงถึงระดับความเข้มข้นของธาตุอาหารในระดับที่เหมาะสมเพื่อความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารที่พืชจะได้รับ (มนูญ, 2544) แต่อย่างไรก็ตามค่า EC ที่เหมาะสมในการเพาะกล้าไม่ควรให้สูงเกินไป ค่าที่เหมาะสมอยู่ระหว่าง 0.8-1.0 มิลลิซิเมนซ์ต่อเซนติเมตร เพื่อที่จะไม่ให้พืชได้รับปริมาณธาตุอาหารที่เข้มข้นจนเกินไป ซึ่งจะผลให้กล้าชะงักการเจริญเติบโตได้ (อานัฐ, 2542)

4. อุณหภูมิของสารละลาย

อุณหภูมิที่เหมาะสมของสารละลาย ได้แก่ 20-25 องศาเซลเซียส ถ้าอุณหภูมิสูงกว่า 30 องศาเซลเซียส ทำให้ออกซิเจนที่ละลายน้ำ (Dissolved Oxygen: DO) ลดลงต่ำกว่าปริมาณที่พืชต้องการทำให้พืชเกิดอาการขาดธาตุอาหาร ชะงักการเจริญเติบโต อ่อนแอต่อการเข้าทำลายของโรคและแมลง ทำให้ผลผลิตลดลง ซึ่งเป็นปัญหาในการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินในเขตร้อน โดยเฉพาะระบบเอ็นเอฟที จะเป็นระบบที่ได้รับผลกระทบของอุณหภูมิมากที่สุด เนื่องจากระดับน้ำที่ไหลเวียนในระบบไม่หนา (ลึก) ทำให้เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิที่สูงขึ้น จึงทำให้อุณหภูมิของสารละลายเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วทำให้ชะงักการเจริญเติบโต แต่ในปัจจุบันได้มีการพัฒนาระบบให้มีความเหมาะสมกับประเทศในเขตร้อนคือระบบ เอ็นเอฟที โดยนักวิจัยชาวไต้หวัน ซึ่งเป็นระบบที่พัฒนาให้พืชสร้างรากอากาศโดยมีช่องว่างระหว่างน้ำกับอากาศจึงไม่เกิดปัญหาการขาดออกซิเจนในพืช และสามารถปลูกพืชได้ตลอดทั้งปี จึงถือได้ว่าเป็นระบบที่เหมาะสมในเขตร้อน (อานัฐ, 2548)

ปัจจัยที่ควบคุมการเจริญเติบโตของพืช

การปลูกพืชให้สำเร็จได้คือ ต้องรู้จักต้นพืชดีพอ ดังนั้นปัจจัยในการเจริญเติบโตของพืชจำเป็นต้องทำความเข้าใจ ซึ่งประกอบด้วยปัจจัยดังต่อไปนี้ (มนูญ, 2544)

1. ปัจจัยด้านพันธุกรรม (Genetic)

พันธุกรรมเป็นตัวบ่งบอกว่าพืชจะมีลักษณะเช่นไร เช่น ความสูง เตี้ย สี เป็นต้น ตามลักษณะของพืชนั้นๆ เราจึงต้องทำความรู้จักพืชที่เราปลูกว่ามีผลผลิตเป็นอย่างไร มีความทนทานต่อศัตรูพืชแค่ไหน ทราบอายุการเก็บเกี่ยว การตอบสนองต่อสภาพอากาศ ซึ่งพืชแต่ละชนิดจะมีการตอบสนองที่แตกต่างกัน เช่น ปวยเหล็งชอบอุณหภูมิ 15-18.5 องศาเซลเซียส กระเทียมชอบอุณหภูมิ 12.5-24 องศาเซลเซียส แตงกวาและมะเขือเทศทนต่ออากาศร้อน แต่ในปัจจุบันมีการพัฒนาสายพันธุ์พืชให้มีความทนทานต่อสภาพอากาศในเขตร้อน เช่น ผักกาดหอม กะหล่ำปลี บล็อคโคลี เป็นต้น

ด้านอายุการเจริญเติบโตและการพัฒนาการของพืชทำให้เกิดความแตกต่างในด้านความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหาร โดยปกติเมื่อพืชมีอายุมากขึ้นความเข้มข้นของแร่ธาตุอาหารจะแสดงต่อหน่วยน้ำหนักแห้งที่ลดลง ซึ่งแสดงว่าเกิดจากการเจือจางของสารละลาย

2. ปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อม (Environment)

2.1 อุณหภูมิ มีผลต่อการสร้างและพัฒนาดาดอกและผล พืชแต่ละชนิดต้องการอุณหภูมิที่แตกต่างกัน อุณหภูมิมีผลต่อการพัฒนาของราก โดยเฉพาะอย่างยิ่งการปลูกพืชในสารละลายโดยตรง อุณหภูมิของรากจะเปลี่ยนแปลงไปตามอุณหภูมิของสารละลาย ซึ่งจะมีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช (โสระยา, 2544) อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืชอยู่ระหว่าง 15-40 องศาเซลเซียส

2.2 แสงสว่าง เป็นแหล่งพลังงานซึ่งพืชใช้ในการสังเคราะห์แสงเพื่อการสร้างแป้งและน้ำตาล พืชที่ได้รับแสงสว่างที่เหมาะสมจะสามารถสร้างแป้งและน้ำตาลได้มาก พืชส่วนใหญ่จึงให้ผลผลิตในฤดูร้อนมากกว่า เพราะว่ามีความเข้มแสงสูงมีช่วงวันที่ยาวนานซึ่งมีอิทธิพลควบคุมการออกดอกผลของพืช (กองบรรณาธิการ, 2543)

2.3 ความสูงของพื้นที่กับระดับน้ำทะเล สภาพทั่วไปของประเทศไทยความสูงของพื้นที่ไม่มีความแตกต่างกันกับการปลูกพืชมากนัก แต่จะไปมีผลกับอุณหภูมิเนื่องจากยิ่งสูงเท่าไหร่อุณหภูมิก็จะยิ่งลดต่ำลง ทำให้สามารถปลูกพืชที่ชอบอุณหภูมิต่ำพืชที่ปลูกจึงมี ความหลากหลายมากกว่า แต่ในปัจจุบันได้มีการพัฒนาสายพันธุ์เพื่อสามารถที่จะปลูกได้กว้างขึ้น (มนูญ, 2544)

2.4 ความชื้น เป็นปัจจัยที่สำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืช ถ้ามีความชื้นสูงหรือต่ำเกินไปจะมีผลโดยตรงต่อการเจริญเติบโตของพืช หากรากไม่สามารถดูดน้ำได้ทันกับอัตราการคายน้ำของพืชทำให้การเจริญเติบโตของพืชชะงักและเซลล์ของพืชไม่เต่งตึงเท่าที่ควร (อารักษ์, 2544) และมีผลต่อการระบาดของโรค นอกจากนี้ในสภาพที่มีความชื้นสูงเกินไปเกสรตัวผู้จะไม่สามารถแพร่ได้เท่าที่ควรทำให้การติดผลลดลง (โสระยา, 2544)

2.5 ระดับปริมาณกาซในบรรยากาศ จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช โดยกาซออกซิเจนและกาซคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งจำเป็นต่อกระบวนการสังเคราะห์แสงและการหายใจของพืชในโรงเรือนจะสามารถควบคุมปริมาณได้เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืชได้ดี ซึ่งเมื่อพืชได้รับออกซิเจนที่เพียงพอรากพืชจะมีสีขาวและมีรากฝอยมาก (อารักษ์, 2544)

2.6 ความเป็นกรด-ด่าง (pH) มีผลต่อการดูดใช้ธาตุอาหารของพืช ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของพืชด้วย เพราะพืชบางชนิดในเขตร้อนจะทนต่อสภาพเป็นกรดได้ดี เช่น แตงโม เป็นต้น ขณะที่พืชอากาศหนาวทนต่อสภาพความเป็นกรดน้อยกว่า pH ที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของจะมีค่าอยู่ที่ 6.0-6.5 ถ้า pH เป็นด่างพืชจะดูดใช้ฟอสฟอรัสจะใช้ประโยชน์ได้ต่ำและธาตุรอง เช่น

เหล็ก สังกะสี และแมงกานีส จะอยู่ในรูปที่พืชนำไปใช้ประโยชน์ไม่ได้ เช่นเดียวกันกับถ้า pH เป็นกรดธาตุหลัก เช่น ฟอสฟอรัส แคลเซียม และโมลิบดีนัมนำไปใช้ได้น้อย (ประสิทธิ์, 2541)

2.7 คุณภาพน้ำ คุณภาพน้ำมีความสำคัญมากในการปลูกพืชด้วยวิธีไฮโดรโพนิคส์ เนื่องจากพืชที่ปลูกได้รับธาตุอาหารต่างๆ จากสารละลายธาตุอาหารซึ่งต้องใช้น้ำเป็นองค์ประกอบสำคัญ ถ้าน้ำมีการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุของโรคต่างๆ โรคจะแพร่กระจายได้อย่างรวดเร็ว จำเป็นต้องมีการฆ่าเชื้อก่อนนำไปใช้ ซึ่งอาจใช้คลอรีนหรือโซเดียมไฮโปคลอไรด์ หรือแคลเซียมไฮโปคลอไรด์ก็ได้ ถ้าน้ำขุ่นเนื่องจากมีสารแขวนลอยจะต้องกรองเอาตะกอนออก นอกจากนี้ถ้าน้ำที่ใช้มีองค์ประกอบทางเคมีที่ไม่เหมาะสม เช่น มีจุลธาตุบางตัวในปริมาณมากเกินไปก็จะมีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชได้ น้ำที่มีคุณสมบัติเหมาะสมสำหรับการปลูกพืชด้วยวิธีไฮโดรโพนิคส์ คือ น้ำฝนหรือน้ำจากคลองชลประทาน (ถวัลย์, 2534)

2.8 สิ่งมีชีวิตอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง สิ่งมีชีวิตที่อยู่ในอากาศไม่ว่าจะเป็นโรค แมลง จุลินทรีย์ในดิน สัตว์ขนาดเล็กและวัชพืช มีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตของพืช เมื่อมีโรคแมลงเข้ามาทำลายย่อมมีผลไปถึงการเจริญเติบโตและผลผลิตของพืช (คณาจารย์ภาคปฐพีวิทยา, 2544)

2.9 ธาตุอาหารพืช ในการปลูกพืชแบบไฮโดรโพนิคส์นั้น ปัจจัยสำคัญที่สุดที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชคือน้ำและธาตุอาหาร เนื่องจากเป็นปัจจัยที่ผู้ปลูกจัดหาให้แก่พืชโดยตรง โดยการเตรียมสารละลายธาตุอาหาร สามารถควบคุมปริมาณธาตุอาหารแต่ละชนิดให้เหมาะสมต่อความต้องการของพืชแต่ละชนิดได้ โดยทั่วไปธาตุอาหารที่พืชต้องการมีทั้งสิ้น 16 ธาตุ ซึ่ง 3 ธาตุ ได้แก่ คาร์บอน ไฮโดรเจน และออกซิเจน ได้จากน้ำและอากาศ ส่วนอีก 13 ธาตุจะแบ่งเป็น 2 กลุ่ม ตามปริมาณที่พืชต้องการคือ

2.9.1 ธาตุที่พืชต้องการในปริมาณมากหรือมหธาตุ (macronutrient elements) ธาตุที่พืชต้องการในปริมาณมากหรือมหธาตุ คือธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตและพืชมีความต้องการในปริมาณมากเมื่อเทียบกับธาตุอื่นๆ มีทั้งหมด 6 ธาตุ ได้แก่

2.9.1.1 ไนโตรเจน (N) เป็นธาตุสำคัญและมีความจำเป็นอย่างยิ่งในการเจริญเติบโตของพืชเพราะไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบของกรดอะมิโน โปรตีน นิวคลีโอไทด์ และคลอโรฟิลล์ ซึ่งสารเหล่านี้เป็นสารประกอบที่สำคัญมากต่อขบวนการเมตาโบลิซึมของพืช พืชที่ได้รับไนโตรเจนเพียงพอจะเจริญเติบโตดี มีใบสีเขียวเข้ม ในพืชผัก ไนโตรเจนมีส่วนสำคัญในการเพิ่มคุณภาพ เพราะเป็นตัวทำให้ผักมีลักษณะอวบน้ำ พืชผักรับประทานต้นหรือใบจึงต้องการไนโตรเจนสูง เพื่อให้ต้นและใบมีความกรอบ มีกากหรือเส้นใยน้อย ซึ่งเป็นลักษณะที่ผู้บริโภคต้องการ ไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ต่อพืชจะอยู่ในรูปแอมโมเนียมอิออน (NH_4^+) และไนเตรทอิออน (NO_3^-) แต่ไนโตรเจนส่วนใหญ่ในสารละลายจะอยู่ในรูปไนเตรทอิออน เพราะแอมโมเนียมอิ

ออนในปริมาณมากจะเป็นอันตรายต่อพืชได้ สำหรับยูเรียแม้จะมีอยู่ในธรรมชาติแต่พืชดูดไปกินได้น้อย (ยงยุทธ, 2543) ในการปลูกพืชแบบไฮโดรโพนิคส์ควรมีสัดส่วนที่เหมาะสมระหว่างแอมโมเนียม อิออนและไนเตรทอิออน ปริมาณแอมโมเนียมอิออนไม่ควรเกินร้อยละ 50 ของความเข้มข้นของไนโตรเจนทั้งหมดในสารละลาย แต่สัดส่วนที่เหมาะสมมักใช้ไนเตรทอิออนร้อยละ 75 และแอมโมเนียมอิออนร้อยละ 25 สารเคมีที่ให้ไนเตรทอิออน คือ แคลเซียมไนเตรท และโพแทสเซียมไนเตรท พืชที่ขาดไนโตรเจนจะมีลำต้นเล็กแคระแกร็น ใบอ่อนเล็กเรียว ใบแก่มีสีเหลืองซีด ถ้าขาดเป็นเวลานานใบทั้งหมดจะมีลักษณะสีเหลืองซีดและแห้งตายในที่สุด แต่ถ้าพืชได้รับในปริมาณมากเกินไปพืชจะอ่อนแอ บอบบาง หักโค่นได้ง่าย ในพืชผักถ้าพืชได้รับไนโตรเจนช้าหรือเร็วไป พืชหัวคุณภาพของรากและหัวเลวลง เช่นในหอมหัวใหญ่ จะมีหัวที่ใหญ่ขึ้นแต่มีน้ำหนักเบา หัวไม่แบนและเน่าง่าย (ประสิทธิ์, 2541)

อาการขาด : การเจริญเติบโตจะหยุดชะงัก และใบมีสีเหลืองซีดจากการขาดคลอโรฟิลล์ โดยเฉพาะบริเวณใบแก่ ใบอ่อนจะยังคงมีสีเขียวนานกว่า ในพืชพวกข้าวโพดและมะเขือเทศ ลำต้น ก้านใบ ผิวใบด้านล่างเปลี่ยนเป็นสีม่วงได้

อาการเป็นพิษ : พืชมีสีเขียวเข้มร่วมกับอาการเฝือใบ ระบบรากถูกจำกัด ในมันฝรั่งจะมีหัวเล็กลง การออกดอกออกผลของพืชจะช้าลงทำให้พืชแก่ช้า (อานัฐ, 2548)

2.9.1.2 ฟอสฟอรัส (P) ฟอสฟอรัสมีหน้าที่เกี่ยวกับการถ่ายเทพลังงาน ซึ่งเป็นกระบวนการทางสรีรวิทยาที่สำคัญมาก พลังงานที่ได้จากการสังเคราะห์แสงและเมตาโบลิซึมของสารประกอบคาร์โบไฮเดรตจะถูกเก็บไว้ในรูปของสารประกอบฟอสเฟต (อะดีโนซีน ไตรฟอสเฟต, ATP) สำหรับใช้ในการเจริญเติบโตและการสืบพันธุ์ของพืช นอกจากนั้นฟอสฟอรัสยังเป็นส่วนประกอบของนิวคลีโอไทด์และไลปิดอีกด้วยในแง่การเจริญเติบโตของพืชฟอสฟอรัสทำให้การแบ่งเซลล์และการพัฒนาของส่วนที่เจริญเติบโตของพืช (ยอดและราก) เป็นไปได้ดี (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2544) ฟอสฟอรัสยังช่วยให้พืชออกดอกและแก่เร็ว ทำให้พืชมีความแข็งแรงและต้านทานต่อโรคแมลง สำหรับพืชผัก ฟอสฟอรัสทำให้พืชตั้งตัวได้เร็ว โดยเฉพาะระยะแรกๆ ของการเจริญเติบโต ฟอสฟอรัสยังมีส่วนในการทำให้พืชผักเก็บเกี่ยวได้เร็วและมีรสชาติดีขึ้นด้วย รูปของฟอสฟอรัสที่พืชนำไปใช้ได้คือ โมโนไฮโดรเจนฟอสเฟต(HPO_4^{2-}) และ ไดไฮโดรเจนฟอสเฟต ($H_2PO_4^-$) ส่วนจะอยู่ในรูปไหนมากกว่ากันขึ้นกับค่า pH ของสารละลายในขณะนั้น ในการปลูกพืชในดินมักมีปัญหาความเป็นประโยชน์ของธาตุฟอสฟอรัสเมื่อ pH ไม่เหมาะสม เช่นถ้า pH ต่ำฟอสฟอรัสจะทำปฏิกิริยากับเหล็กและอลูมิเนียม แต่ถ้า pH สูงฟอสฟอรัสจะทำปฏิกิริยากับแคลเซียมและแมกนีเซียม ทำให้ความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสลดลง แต่ใน

การปลูกพืชแบบไฮโดรโพนิคส์จะไม่เกิดปัญหานี้เนื่องจากสามารถควบคุมปริมาณธาตุอาหารและ pH ให้อยู่ในระดับที่เหมาะสมได้ (Baird and Vernon, 1982)

อาการขาด : พืชจะแคระแกร็นและมีสีเขียวเข้ม มีการสะสมสารสีของแอนโทไซยานิน อาการขาดเบื้องต้นจะเกิดในใบแก่และทำให้พืชแก่ช้า

อาการเป็นพิษ : บางครั้งอาการที่ปรากฏจะคล้ายกับอาการขาดธาตุทองแดงและสังกะสี หากได้รับฟอสฟอรัสมากเกินไป (อานัฐ, 2548)

2.9.1.3 โพแทสเซียม (K) โพแทสเซียมไม่ได้เป็นองค์ประกอบในโครงสร้างของสารประกอบอินทรีย์ในพืช แต่มีหน้าที่เกี่ยวกับการทำงานด้านสรีรวิทยาของพืช เป็นธาตุจำเป็นในการสังเคราะห์คาร์โบไฮเดรต และการเคลื่อนย้ายแป้งและน้ำตาลในพืช จึงเป็นธาตุที่จำเป็นมากต่อพืชผักประเภทหัว นอกจากนี้โพแทสเซียมยังควบคุมการปิดเปิดของปากใบ และกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ ในพืชผักรับประทานต้นและใบ มีความต้องการโพแทสเซียมไม่น้อยกว่าไนโตรเจน เพราะเป็นธาตุที่ช่วยส่งเสริมคุณภาพ เช่น ช่วยให้กระหล่ำปลีห่อหัวได้ดี น้ำหนักดี มีเนื้อแน่นและเป็นเงาน่ารับประทาน ส่วนผักกาดต่างๆ ที่รับประทานใบถ้าได้รับโพแทสเซียมเพียงพอจะไม่เฉาง่ายเมื่อตัดส่งตลาด จึงสดอยู่ได้นาน ในพืชผักกินผล เช่น มะเขือเทศ ความต้องการโพแทสเซียมจะสูงในช่วงที่มีการพัฒนาของผล รูปของโพแทสเซียมที่พืชนำไปใช้ได้คือ โพแทสเซียมอิออน (K^+) แต่ถ้ามีโพแทสเซียมมากเกินไปจะรบกวนการนำแคลเซียมและแมกนีเซียมไปใช้ สารเคมีที่ให้โพแทสเซียมมีอยู่หลายตัว เช่น โพแทสเซียมไนเตรท และโพแทสเซียมฟอสเฟต ถ้าขาดโพแทสเซียมในข้าวโพดเมล็ดจะเล็ก (Baird and Vernon, 1982)

อาการขาด : ในเบื้องต้นสังเกตได้ที่ใบแก่ในพืชใบเลี้ยงคู่ ใบจะมีสีซีด ในระยะต่อมาจะพบจุดสีเข้มที่เนื้อใบตายกระจายเป็นจุด ในพืชใบเลี้ยงเดี่ยวหลายชนิดบริเวณปลายใบและเส้นใบจะตายก่อน อาการขาดโพแทสเซียมในข้าวโพด ลำต้นจะอ่อนแอ

อาการเป็นพิษ : เนื่องจากพืชมักจะดูดใช้โพแทสเซียมมากเกินไป ในส้ม ผลส้มจะมีผิวหยาบ เมื่อพืชดูดใช้โพแทสเซียมที่มากเกินไปจะชักนำให้พืชมีอาการขาดแมกนีเซียมและเป็นไปได้ว่าจะขาดแมงกานีส, สังกะสี และเหล็ก (อานัฐ, 2548)

2.9.1.4 แคลเซียม (Ca) แคลเซียมเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของผนังเซลล์ หน้าที่หลักภายในพืชจึงเกี่ยวข้องกับความแข็งแรงของเนื้อเยื่อและเซลล์พืช นอกจากนั้นยังมีบทบาทในการกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ และเป็นส่วนสำคัญในการค้ำจุนพืชและควบคุมการไหลของน้ำในเซลล์มีความสำคัญต่อการแบ่งเซลล์เป็นองค์ประกอบของโครงสร้างพืช (Morgan, 1999) การดูดใช้แคลเซียมของพืชจะขึ้นกับอิออนตัวอื่นในสารละลาย โดยเฉพาะเมื่อมีไนเตรทจะทำให้ดูดใช้แคลเซียมได้ดีขึ้น รูปที่พืชนำไปใช้ประโยชน์ได้ คือแคลเซียมอิออน (Ca^{2+}) แหล่ง

แคลเซียมที่ดีที่สุดคือ แคลเซียมไนเตรท เนื่องจากละลายง่าย ราคาไม่แพง อีกทั้งยังให้ธาตุไนโตรเจนได้ด้วย ความเข้มข้นของแคลเซียมที่มากเกินไปจะมีผลต่อการนำโพแทสเซียมและแมกนีเซียมมาใช้ พืชที่ขาดแคลเซียมจะแสดงลักษณะรากกุด การแตกแขนง รากน้อย ยอดด้วน ข้อสั้น ใบเล็ก ทำให้แลดูต้นแคระแกร็น ดูไม่สมประกอบ (นพดล, 2538)

อาการขาด : การพัฒนาของตายอดจะชะงักการเจริญเติบโต และปลายรากจะตาย จะเกิดในใบอ่อนก่อนใบแก่ และเส้นใบจะบิดเบี้ยว มีจุดแห้งตายของใบ

อาการเป็นพิษ : ยากต่อการสังเกต มักเป็นร่วมกันกับอาการเป็นพิษจากคาร์บอเนต (อานัฐ, 2548)

2.9.1.5 แมกนีเซียม (Mg) แมกนีเซียมเป็นองค์ประกอบของคลอโรฟิลล์ นอกจากนี้ยังมีบทบาทในในการดูดซึมธาตุอาหาร และการเคลื่อนย้ายธาตุอาหารของพืชโดยเฉพาะอย่างยิ่งฟอสเฟต แมกนีเซียมที่พืชสามารถนำไปใช้ได้อยู่ในรูป แมกนีเซียมอิออน (Mg^{2+}) สารเคมีที่ใช้เป็นแหล่งแมกนีเซียมคือ แมกนีเซียมซัลเฟต ในการเตรียมสารละลายสำหรับปลูกพืชแบบไฮโดรโพนิคส์ จะต้องระวังในเรื่องปริมาณแมกนีเซียมเพราะแมกนีเซียมที่มากเกินไปจะรบกวนการนำโพแทสเซียมและแคลเซียมมาใช้ (Baird and Vernon, 1982)

อาการขาด : เกิดอาการซีดในพื้นที่ใบที่อยู่ระหว่างเส้นใบ ในขณะที่เส้นใบยังคงเขียวอยู่ อาการซีดจะเกิดที่ใบพื้นที่บริเวณใกล้เส้นกลางใบก่อนแล้วลามไปที่ปลายใบ โดยเกิดในใบแก่ก่อน

อาการเป็นพิษ : มีข้อมูลน้อยมาก เนื่องจากยากต่อการสังเกต (อานัฐ, 2548)

2.9.1.6 กำมะถัน (S) กำมะถันเป็นธาตุที่เป็นองค์ประกอบของพืชมากพอๆ กับฟอสฟอรัส แต่พืชแต่ละชนิดจะมีกำมะถันในปริมาณต่างกัน พืชตระกูลถั่ว หอม กระหล่ำปลี หน่อไม้ฝรั่ง กระเทียม ต้องการกำมะถันเพื่อเพิ่มกลิ่นและรสชาติให้ดีขึ้น กำมะถันมีหน้าที่เกี่ยวข้องกับการสร้างโปรตีนและกรดอะมิโนบางชนิดที่มีกำมะถันเป็นองค์ประกอบ เช่น ซิสเทอีน (cysteine) และ เมทไธโอนีน (methionine) นอกจากนั้นกำมะถันยังมีผลทางอ้อมต่อการสังเคราะห์คลอโรฟิลล์ของพืชด้วย รูปของกำมะถันที่พืชนำไปใช้ประโยชน์ได้คือ ซัลเฟตอิออน (SO_4^{2-}) ซึ่งในการเตรียมสารละลายธาตุอาหารมักมีส่วนประกอบของเกลือซัลเฟตหลายชนิดอยู่ พืชที่ปลูกในสารละลายจึงมักไม่ขาดธาตุนี้ (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2544)

อาการขาด : ไม่ค่อยจะพบมากนัก แต่ถ้าเกิดอาการขาดโดยทั่วไปใบมักจะมีสีเหลือง โดยเกิดที่ใบอ่อนก่อน

อาการเป็นพิษ : ลดการเจริญเติบโตและขนาดของใบ ซึ่งยากต่อการสังเกต บางครั้งพบว่าใบเหลืองหรือใบไหม้ (อานัฐ, 2548)

2.9.2 ธาตุที่ต้องการในปริมาณน้อยหรือจุลธาตุ (micronutrient element)

ธาตุที่ต้องการในปริมาณน้อยหรือจุลธาตุ (micronutrient element) คือธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืชแต่พืชต้องการในปริมาณน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับธาตุอื่นๆ ในการปลูกพืชแบบไฮโดรโพนิคส์จะต้องระมัดระวังการควบคุมปริมาณธาตุกลุ่มนี้เป็นพิเศษกว่าธาตุในกลุ่มมหธาตุ เพราะความเข้มข้นระหว่างความเป็นพิษและการขาดมีระยะค่อนข้างแคบ นอกจากนั้นการประเมินอาการขาดทำได้ค่อนข้างยากอีกด้วย การแก้ปัญหาการขาดจุลธาตุทำได้ง่ายกว่าการแก้ปัญหาความเป็นพิษ เมื่อเกิดอาการเป็นพิษขึ้นมักจะต้องปลูกใหม่ ความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารกลุ่มนี้ขึ้นกับค่า pH ของสารละลายและการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของธาตุอาหารหลักบางธาตุ เช่น ฟอสฟอรัส ดังนั้นการควบคุม pH ของสารละลายและความเข้มข้นของธาตุอาหารจึงเป็นเรื่องสำคัญ ธาตุที่พืชต้องการในปริมาณน้อยนี้มีอยู่ 7 ธาตุ ได้แก่

2.9.2.1 เหล็ก (Fe) มีส่วนสำคัญในกระบวนการสังเคราะห์แสงและมีหน้าที่ในปฏิกิริยาของเอนไซม์ พืชที่ขาดธาตุเหล็กจะทำให้เกิดคลอโรซิสในใบ ได้โดยเกิดในใบอ่อนระหว่างเส้นใบ ส่วนในบริเวณก้านใบมีสีเขียว (Hartmann, 1988) การที่มีแมงกานีสมากเกินไปจะทำให้ความเป็นประโยชน์ของเหล็กต่อพืชลดลง (บรรพต, 2527) เหล็กเป็นธาตุที่ไม่ค่อยมีการเคลื่อนย้ายในพืช ในพืช เหล็กเป็นส่วนประกอบของเฟอริดอกซิน (ferridoxin) ซึ่งเป็นสารสำคัญในขบวนการถ่ายทอดอิเล็กตรอนของพืช นอกจากนั้นยังเป็นองค์ประกอบของคลอโรฟิลล์ รูปที่พืชสามารถนำไปใช้ได้ คือเฟอรัสอิออน (Fe^{2+}) และ เฟอริกอิออน (Fe^{3+}) สารเคมีที่ให้ธาตุเหล็กและมีราคาถูก คือ เฟอรัสซัลเฟต ($FeSO_4$) ซึ่งละลายน้ำได้ง่ายแต่จะตกตะกอนเร็วจึงต้องระวังในเรื่อง pH ของสารละลาย จึงนิยมใช้เหล็กในรูปคีเลต ซึ่งเป็นสารประกอบอินทรีย์ สามารถคงตัวอยู่ในรูปสารละลายธาตุอาหารพืชและพืชก็สามารถนำไปใช้ได้ดี (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2544)

อาการขาด : จะมีอาการซีดคล้ายกับอาการขาดแมกนีเซียมแต่เกิดขึ้นในใบแก่

อาการเป็นพิษ : ในสภาพธรรมชาติมักไม่พบชัดเจนนักแต่เมื่อมีการพ่นเหล็กกับพืชทดลองว่าปรากฏเป็นเนื้อเยื่อมีลายเป็นจุด ๆ (อานัฐ, 2548)

2.9.2.2 แมงกานีส (Mn) เป็นธาตุที่มีบทบาทสำคัญในกระบวนการสังเคราะห์แสง และการทำงานร่วมกับธาตุอื่น เช่น เหล็ก แคลเซียม และแมกนีเซียม ความเป็นประโยชน์ของแมงกานีสจะถูกควบคุมโดยค่า pH ของสารละลาย รูปที่พืชนำไปใช้ประโยชน์ได้ คือ แมงกานีสอิออน (Mn^{2+}) มีบทบาทในการสร้างกิ่งก้านในพืช (วรพจน์, 2529) ในพืชพบการขาดธาตุ

แมงกานีสน้อยมาก โดยพืชจะมีใบสีเหลืองตามระหว่างเส้นใบเพราะขาดคลอโรฟิลล์ส่วนเส้นใบยังเขียวอยู่เป็นปกติและเกิดอาการที่ใบอ่อนก่อน หรือบางที่เจอเป็นจุดสีขาวหรือเหลืองบนใบพืช พืชเจริญเติบโตช้า ไม่ออกดอกออกผล (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2544)

อาการขาด : อาการแรกมักจะซีดตรงระหว่างเส้นใบในใบอ่อนหรือแก่ขึ้นอยู่กับชนิดพืชแผลเนื้อเยื่อตายและใบร่วงในเวลาต่อมา คลอโรพลาสต์ไม่ทำงาน

อาการเป็นพิษ : บางครั้งมีสีซีดๆ อาการคล้ายกับขาดธาตุเหล็กในสับปะรด คือ คลอโรฟิลล์ไม่กระจายตัวการเจริญเติบโดลดลง (อานัฐ, 2548)

2.9.2.3 สังกะสี (Zn) เป็นธาตุจำเป็นต่อการสังเคราะห์ IAA ซึ่งเกี่ยวข้องกับการขยายตัวของเซลล์ มีบทบาทสำคัญต่อการทำงานของเอนไซม์หลายชนิด และยังมีบทบาทในการสร้างแป้งของพืชด้วยส่งเสริมการสังเคราะห์โปรตีน การสร้างผลและเมล็ด ควบคุมการงอกของเมล็ดและผล (สมชาย, 2535) อาการขาดสังกะสีจะแสดงที่ใบอ่อนก่อน พืชมีลักษณะแคระแกร็น ไม่มีเมล็ดรูปที่พืชสามารถนำไปใช้ได้ คือ ซิงค์อิออน (Zn^{2+}) ที่อาจได้จากซิงค์ซัลเฟต ($ZnSO_4$) หรือซิงค์คลอไรด์ ($ZnCl_2$) (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2544)

อาการขาด : ข้อปล้องของพืชสั้นลงและขนาดของใบลดลง เส้นใบมักปิดหรือย่นบางครั้งซีดระหว่างใบ

อาการเป็นพิษ : เกิดอาการซีดจากเหล็กเป็นพิษในพืช (อานัฐ, 2548)

2.9.2.4 ทองแดง (Cu) เป็นธาตุที่มีความจำเป็นเนื่องจากเป็นองค์ประกอบของโปรตีน ช่วยในกระบวนการหายใจ และส่งเสริมให้พืชนำเหล็กมาใช้ประโยชน์ได้มากขึ้น พืชที่ขาดทองแดง ใบอ่อนจะมีสีเหลือง รูปร่างผิดปกติ ยอดอ่อนหยุดการเจริญเติบโตหรือตายได้ ชักนำให้เกิดยอดแขนงมาก แต่ไม่สามารถที่จะเจริญได้ (วิเชียร, 2536) รูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืช คือ คอปเปอร์อิออน (Cu^{2+}) ที่อาจได้จากคอปเปอร์ซัลเฟต ($CuSO_4$) หรือคอปเปอร์คลอไรด์ ($CuCl_2$) (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2544)

อาการขาด : การขาดทองแดงในสภาพธรรมชาติหายากใบอ่อนมีสีเขียวแก่และปิดหรือผิดรูปไปและมักพบจุดแผลตายบนใบ

อาการเป็นพิษ : การเจริญเติบโตลดลงตามด้วยสีซีดจากเหล็กเป็นพิษแคระแกรน ลดการแตกพุ่ม รากมีสีเข้ม และยางผิดปกติ (อานัฐ, 2548)

2.9.2.5 โบรอน (B) รูปที่เป็นประโยชน์สำหรับพืชคือโบเรตอิออน (BO_3^{3-}) ซึ่งมีในน้ำธรรมชาติ หรือได้จากการเติมกรดบอริก (H_3BO_3) โบรอนช่วยกระตุ้นให้เกิดการแบ่งและการเจริญเติบโตของเซลล์ทำให้ได้ผลผลิตเพิ่มขึ้น (ถวัลย์, 2534) โบรอนช่วยในการผสมเกสรและมีบทบาทสำคัญในการติดผล ถ้าพืชขาดโบรอน ตายอดตาย แล้วมีตาข้างต้นไม้ยืดใบเล็ก

หนา ต้นโค้งและเปราะ ในสตรอเบอร์รี่ถ้าขาดธาตุโบรอนจะทำให้จุดเนื้อเยื่อเจริญตรงส่วนปลายตายได้ และตาข้างถูกสร้างเป็นลำต้นแขนงมาก ต้นแคระแกร็น (ณรงค์ชัย, 2543)

อาการขาด : อาการผันแปรตามชนิดของพืชลำต้นเนื้อเยื่อเจริญปลายรากมักตาย ปลายรากมักบวมมีสีชีดในเนื้อเยื่อพืชมักมีสีชีดไม่ทำงาน (โรคใบเน่าของพืช) ส่วนใบแสดงอาการด่างไปประกอบด้วยใบบาง แตกง่าย (ผุ) ใบหงิก เหี่ยวเฉาและเป็นจุดสีชีด (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2544)

อาการเป็นพิษ : ปลายใบเหลืองดามด้วยเนื้อเยื่อใบตายจากปลายใบหรือเส้นใบไปยังแกนใบ (อานัฐ, 2548)

2.9.2.6 โมลิบดินัม (Mo) เป็นองค์ประกอบที่สำคัญของเอนไซม์ 2 ชนิด คือไนโตรจีเนส (nitrogenese) ซึ่งสำคัญต่อการดรึงไนโตรเจนจากอากาศ และไนเตรทรีดักเตส (nitrate reductase) ซึ่งเกี่ยวข้องกับการรีดิวส์ไนเตรทให้เป็นไนไตรท์ พืชสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ในรูปโมลิบเดตอิออน (MoO_4^{2-}) ซึ่งอาจได้จากสารแอมโมเนียมโมลิบเดต หรือ โซเดียมโมลิบเดต อาการขาดโมลิบดีนัม ในมะเขือเทศจะเกิดเนโครซีส (Necrosis) คือพืชจะแสดงอาการแห้งตายและขอบใบหงิกงอ ตอกร่วง ถ้าดิดผลจะเล็กแคระแกร็น พืชผักจะแสดงอาการขาดที่ใบแก่ มีจุดด่างแต่เส้นใบยังเขียวอยู่และจะขยายไปเรื่อยๆ เมื่อมีอาการมากๆ ใบจะม้วนเข้าปลายใบจะแห้งตาย (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2544)

อาการขาด : สีชีดระหว่างเส้นกลางใบในใบแก่หรือเส้นกลางใบ คล้ายกับอาการขาดไนโตรเจนบางครั้งแกนใบไหม้เกรียม

อาการเป็นพิษ : ยากต่อการสังเกตใบมะเขือเทศจะมีสีเหลืองทอง กล้ากะหล่ำตอกจะเปลี่ยนเป็นสีม่วงสด (อานัฐ, 2548)

2.9.2.7 คลอรีน (Cl) ในน้ำจะมีคลอรีนอยู่ในรูปคลอไรด์อิออน (Cl^-) ซึ่งเป็นรูปที่พืชนำไปใช้ประโยชน์ได้ มีหน้าที่ในการกระตุ้นให้น้ำแตกตัวในกระบวนการสังเคราะห์แสงและยังจำเป็นสำหรับราก การแบ่งเซลล์ของใบและเป็นตัวทำละลายที่มีความสำคัญในการดูดน้ำ ถ้ามีปริมาณมากเกินไปจะไปยับยั้งการนำธาตุที่อยู่ในรูปประจุลบตัวอื่นๆ มาใช้ประโยชน์ (นิตย์, 2541) อาการขาดคลอรีน คือพืชจะมีใบเหลือง ใบเหี่ยวตายเป็นจุดๆ หรือใบมีลักษณะซีดขาว เพราะว่ากระบวนการสังเคราะห์แสงถูกยับยั้ง รากแคระแกร็น ปลายรากหนา ผลผลิตลดลง (สมบุญ, 2544) ในพืชผักจะทำให้ส่วนยอดชะงักการเจริญเติบโต กิ่งก้านแข็งกระด้าง เกิดจุดสีน้ำตาลหรือดำในส่วนต่างๆ โดยเฉพาะพืชที่ทานหัว เช่น กะหล่ำปลี กะหล่ำปม และผักกาดต่างๆ (ประสิทธ์, 2541)

อาการขาด : ใบมีอาการเหี่ยวแล้วค่อย ๆเหลืองแล้วตายเป็นลำดับหรือบางครั้งมีสีบรอนด์เงินรากจะค่อยแคระแกรนและบางลงใกล้ปลายราก

อาการเป็นพิษ : ปลายใบหลังเส้นใบไหม้ เป็นสีบรอนด์ ใบเหลืองและใบร่วงและลางครั้งซีด ขนาดใบเล็กลงอัตราการเจริญเติบโดลดลง (อานัฐ, 2548)

นอกจากธาตุต่างๆ ที่กล่าวมาแล้ว ยังมีธาตุอีกหลายชนิดที่คาดว่าเป็นประโยชน์ต่อพืช แต่ยังไม่ทราบบทบาทแน่ชัด เช่น โซเดียม (Na), ซิลิกอน (Si), นิเกิล (Ni), และเวเนเดียม (V) เป็นต้น

มาตรฐานการผลิตพืชอินทรีย์ในประเทศไทย

เกษตรอินทรีย์ คือการทำการเกษตรด้วยหลักธรรมชาติ บนพื้นที่การเกษตรที่ไม่มีสารพิษตกค้างและหลีกเลี่ยงจากการปนเปื้อนของสารเคมีทางดิน ทางน้ำ และทางอากาศเพื่อส่งเสริมความอุดสมสมบูรณ์ของดิน ความหลากหลายทางชีวภาพ ในระบบนิเวศน์และฟื้นฟูสิ่งแวดล้อมให้กลับคืนสู่สมดุลธรรมชาติโดยไม่ใช้สารเคมีสังเคราะห์หรือสิ่งที่ได้มาจากการตัดต่อพันธุกรรม ใช้ปัจจัยการผลิตที่มีแผนการจัดการอย่างเป็นระบบในการผลิตภายใต้มาตรฐานการผลิตเกษตรอินทรีย์ให้ได้ผลผลิตสูงอุดมด้วยคุณค่าทางอาหารและปลอดสารพิษโดยมีต้นทุนการผลิตต่ำเพื่อคุณภาพชีวิต และเศรษฐกิจพอเพียง แก่มวลมนุษยชาติ และสรรพชีวิต

เกษตรอินทรีย์เป็นระบบการผลิตที่คำนึงถึงสภาพแวดล้อม รักษาสมดุลของธรรมชาติและความหลากหลายทางชีวภาพ โดยมีระบบการจัดการนิเวศวิทยาที่คล้ายคลึงกับธรรมชาติ และหลีกเลี่ยงการใช้สารสังเคราะห์ ที่อาจก่อให้เกิดมลพิษในสภาพแวดล้อม รวมถึงการนำภูมิปัญญาของชาวบ้านมาใช้ประโยชน์ด้วย ประเทศไทยในฐานะที่เป็นผู้ผลิตและส่งออกสินค้าอาหารที่สำคัญแห่งหนึ่งของโลก มีความเหมาะสมและมีศักยภาพที่จะเป็นแหล่งผลิตอาหารในระบบเกษตรอินทรีย์ เพื่อเสริมสร้างขีดความสามารถในการแข่งขันในระดับนานาชาติ

ในปัจจุบันมีข้อกำหนดมาตรฐานการผลิตเกษตรอินทรีย์ในระดับสากล และใช้บังคับอยู่แล้วในหลายประเทศ เช่น ประเทศสหรัฐอเมริกาได้ประกาศใช้พระราชบัญญัติผลิตภัณฑ์อาหารอินทรีย์ (Organic Food Production Act-OFPA) ตั้งแต่ปี พ.ศ 2533 และแก้ไขเพิ่มเติมในปี พ.ศ 2539 ตลาดร่วมยุโรป (European Union-EU) ได้รวบรวมข้อกำหนดของผลิตผลเกษตรอินทรีย์ไว้ในข้อกำหนดของสภาตลาดยุโรป (EEC No. 2092/91) และฉบับแก้ไข องค์การการค้าโลกยังไม่มีข้อกำหนดการผลิตเกษตรอินทรีย์ แต่ใช้การปฏิบัติตามข้อแนะนำของ Codex Alimentarius สมาพันธ์ผู้ผลักดันสินค้าเกษตรอินทรีย์นานาชาติ (International Federation of Organic Agriculture

Movement -IFOAM) ซึ่งเป็นองค์กรเอกชนที่มีสมาชิกทั่วโลกมากกว่า 100 ประเทศ ได้จัดพิมพ์มาตรฐานเบื้องต้นสำหรับเกษตรอินทรีย์และการแปรรูป ตั้งแต่ปี พ.ศ 2523 และได้พัฒนาอย่างต่อเนื่องจนได้มาตรฐานที่ใช้เป็นแนวทางผลิตเกษตรอินทรีย์

เพื่อให้เกษตรอินทรีย์เป็นที่ยอมรับในระดับชาติและระดับสากล ประเทศไทยจำเป็นต้องสร้างมาตรฐานการผลิดเกษตรอินทรีย์ ให้สอดคล้องกับมาตรฐานสากลดังกล่าวข้างต้น ดังนั้นในปี พ.ศ 2542 สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย โดยการสนับสนุนของกรมส่งเสริมการส่งออก กระทรวงพาณิชย์ ได้จัดทำมาตรฐานการผลิตพืชอินทรีย์ฉบับร่างขึ้น ซึ่งต่อมาได้มีการพิจารณาร่างดังกล่าวร่วมกัน โดยสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย กรมส่งเสริมการส่งออก และกรมวิชาการเกษตร เพื่อให้ได้มาตรฐานการผลิตพืชอินทรีย์ที่เหมาะสมในการใช้เป็นคู่มือการผลิตพืชอินทรีย์ของประเทศไทยต่อไป ทั้งนี้ได้มีการส่งมอบร่างมาตรฐานการผลิตพืชอินทรีย์ให้แก่กรมวิชาการเกษตร เมื่อวันที่ I7 กันยายน 2542 และกรมวิชาการเกษตร ได้ทำประชาพิจารณ์ร่างดังกล่าวเมื่อวันที่ 1I พฤษภาคม 2543 หลังจากผ่านการปรับปรุงแก้ไขครั้งสุดท้ายเมื่อวันที่ 18 ตุลาคม 2543 โดยคณะทำงานเฉพาะกิจปรับปรุงมาตรฐานการผลิตพืชอินทรีย์ของประเทศไทย และผ่านความเห็นชอบของคณะกรรมการบริหารงานวิจัยและพัฒนาเกษตรอินทรีย์ กรมวิชาการเกษตร ให้ใช้เป็นมาตรฐานการผลิตพืชอินทรีย์ของประเทศไทย

คำจำกัดความที่เกี่ยวข้อง

1. พืช หมายถึง พรรณพืชทุกชนิดและส่วนหนึ่งส่วนใดของพืช เช่น ต้น ดอ หน่อ กิ่ง ใบ ราก หัว ดอก เมล็ด ไม่ว่าที่ใช้ทำพันธุ์ได้หรือตายแล้ว

2. พืชอินทรีย์ หมายถึง พืช ผลผลิต และผลิตภัณฑ์จากพืช ที่ได้จากการผลิตโดยใช้วัสดุธรรมชาติ ไม่ใช้พืชที่มีการดัดต่อสารพันธุกรรม รักษาความหลากหลายทางชีวภาพ และไม่ก่อให้เกิดมลภาวะแก่สิ่งแวดล้อม

3. ผลผลิต หมายถึง พืชหรือส่วนของพืช ที่ผลิตจากระบบเกษตรอินทรีย์

4. ผลิตภัณฑ์ หมายถึง ผลผลิตจากพืช หรือส่วนของพืชที่ผลิตจากระบบเกษตรอินทรีย์ โดยผ่านกรรมวิธีการแปรรูป

5. แผนการทำฟาร์มเกษตรอินทรีย์ หมายถึง ข้อมูลการทำฟาร์มที่สอดคล้องกับมาตรฐานเกษตรอินทรีย์

6. สารสังเคราะห์ หมายถึง สารที่ผลิตโดยกระบวนการทางเคมี ซึ่งแตกต่างไปจากระบบการทางชีวภาพที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ

7. วัสดุปุ๋ย หมายถึง สารที่มีส่วนประกอบของธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม หรือสารอื่น ๆ ที่เป็นธาตุอาหารของพืช

8. ปุ๋ยอินทรีย์ หมายถึง ปุ๋ยที่ได้จากพืชและสัตว์ซึ่งผ่านกระบวนการย่อยสลายทางชีวภาพ

9. สารปรับปรุงพืช หมายถึง สารที่ใช้ปรับปรุงการเจริญเติบโต การให้ผลผลิต การควบคุมคุณภาพและลักษณะอื่น ๆ ของพืช

10. สารปรับปรุงบำรุงดิน หมายถึง วัสดุที่ช่วยปรับปรุงสภาพทางเคมี ชีวภาพและกายภาพของดิน ให้เหมาะสมกับการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตที่มีคุณภาพ

11. สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชจากพืช หมายถึง สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชที่ได้จากพืช

12. ผู้ผลิต หมายถึง ผู้ผลิตพืชตามมาตรฐานการผลิตพืชอินทรีย์

13. ผู้แปรรูป หมายถึง ผู้ทำการแปรรูปผลิตผลอินทรีย์เป็นผลิตภัณฑ์ โดยกระบวนการอินทรีย์

14. ผู้ดำเนินการ ผู้ขนย้าย ผู้ ประกอบการ หมายถึง ผู้ดำเนินการใดๆ เกี่ยวกับเกษตรอินทรีย์ ในการจัดหา ขนส่ง จำหน่าย ต่อจากผู้ผลิต หรือผู้แปรรูป จนถึงผู้บริโภค ซึ่งจะต้องมีระบบการจัดเก็บข้อมูลตามมาตรฐานเกษตรอินทรีย์

15. หน่วยรับรองระบบการผลิตเกษตรอินทรีย์ หมายถึง หน่วยรับรองระบบการผลิตแบบเกษตรอินทรีย์ คือ องค์กรภาครัฐ ซึ่งมีอำนาจหน้าที่ในการควบคุม กำกับ ดูแล มาตรฐานการผลิตแบบเกษตรอินทรีย์ และให้การรับรองหน่วยงานที่เกี่ยวข้องในการออกใบรับรองและตรวจสอบมาตรฐานการผลิตแบบเกษตรอินทรีย์

16. หน่วยออกใบรับรองและตรวจ สอบมาตรฐานการผลิตพืชแบบเกษตรอินทรีย์ หมายถึง หน่วยงานที่ทำหน้าที่ตรวจสอบและออกใบรับรองการผลิตพืชอินทรีย์ให้เป็นไปตามมาตรฐานที่กำหนดไว้

แผนการผลิตการเกษตรอินทรีย์และการบันทึกข้อมูล

ผู้ที่มีความประสงค์จะทำการผลิตพืชอินทรีย์ จะต้องจัดทำแผนการทำฟาร์มเกษตรอินทรีย์และการเก็บข้อมูลเพื่อการตรวจสอบและพิจารณา ยื่นต่อหน่วยรับรองระบบการผลิตพืชอินทรีย์ตามแบบที่กำหนด โดยแผนการดังกล่าวมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. ชนิดพืชที่จะผลิต ต้องระบุชนิดพืชที่จะทำการผลิตทุกชนิด รวมถึงพืชป่า

2. พื้นที่ผลิต ต้องมีเอกสารและข้อมูลแสดงที่ตั้งของฟาร์ม แผนผังของฟาร์ม ชนิดของดิน ประวัติการปลูกพืช การใช้ที่ดิน สภาพแวดล้อมรอบฟาร์ม และบริเวณที่จะอนุรักษ์พืชป่า

3. แนวกันชนระหว่างพืช เป็นมาตรฐานการป้องกันการปนเปื้อนของสารเคมี ทางลม ทางน้ำ ทางอากาศ และอื่น ๆ ภายในฟาร์ม ระหว่างฟาร์ม รวมทั้งบริเวณรอบนอก และต้องมีขอบเขตและวิธีปฏิบัติเป็นที่ยอมรับตามมาตรฐานเกษตรอินทรีย์

4. แผนการจัดการดินเพื่อการผลิตพืชอินทรีย์ตามระบบเกษตรดีที่เหมาะสม เป็นแผนในด้านการปลูกพืชหมุนเวียน การใช้ปุ๋ยอินทรีย์ ปุ๋ยพืชสด การจัดการเศษเหลือจากการเกษตร การป้องกันการชะล้างของปุ๋ย และการพังทะลายของดิน

5. พันธุ์พืชที่ใช้ ต้องระบุชื่อ แหล่งที่มา วัสดุการปลูก ห้ามใช้พันธุ์พืชที่ได้จากการตัดต่อสารพันธุกรรมและที่ได้จากวิธีการอื่นๆ ที่ไม่สอดคล้องกับการเกษตรอินทรีย์

6. การปลูก ดูแลรักษาและเก็บเกี่ยว ต้องแสดงแผนการจัดการที่สอดคล้องกับหลักการผลิตพืชอินทรีย์และยึดหลักเกษตรดีที่เหมาะสมในขั้นตอนการเตรียมแปลง การปลูก การให้น้ำ การใส่ปุ๋ย การกำจัดวัชพืช การควบคุมศัตรูพืช การควบคุมการเจริญเติบโตของพืช และการเก็บเกี่ยว

7. การจัดการหลังการเก็บเกี่ยว ต้องแสดงวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ วิธีปฏิบัติ แผนการจัดการหลังเก็บเกี่ยว วิธีวิเคราะห์และควบคุมการปนเปื้อนของสารต้องห้ามในขั้นตอนการขนย้าย การแปรรูปขั้นต้น การบรรจุหีบห่อ การเก็บรักษา และการขนส่ง

8. วิธีปฏิบัติและข้อยกเว้นในการผลิตพืชอินทรีย์ใดๆ ให้เป็นไปตามที่ระบุไว้ในภาคผนวกหรือมาตรฐานที่ผู้รับรองคุณภาพกำหนด

การปรับเปลี่ยนวิธีการผลิตเป็นแบบเกษตรอินทรีย์

1. เกษตรกรต้องเสนอแผนการจัดการฟาร์มที่ชัดเจนเกี่ยวกับการปรับเปลี่ยนกระบวนการผลิต ต่อหน่วยรับรองระบบการผลิตพืชอินทรีย์เพื่อพิจารณาอนุมัติ

2. แผนการปรับเปลี่ยนจะต้องมีข้อมูลที่ชัดเจน ดังต่อไปนี้

2.1. ประวัติฟาร์ม

2.2. แผนการปรับเปลี่ยนและช่วงเวลา

2.3. การวิเคราะห์ผลตกค้างของสารเคมีในดิน

2.4. ประวัติการใช้สารเคมี

2.5. ประวัติการใช้ที่ดิน

2.6. ระยะเวลาปรับเปลี่ยน

3. ระยะเวลาในการปรับเปลี่ยน

3.1. พื้นที่ทำการเกษตรอยู่ก่อนแล้วใช้เวลาปรับเปลี่ยน 1 ปี สำหรับพืชล้มลุก และ 3 ปี สำหรับพืชยืนต้น

3.2. พื้นที่เปิดใหม่ อาจได้รับการยกเว้นไม่ต้องมีระยะเวลาปรับเปลี่ยน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับผลการวิเคราะห์ผลตกค้างของสารเคมีในดินและในผลผลิต และให้อยู่ในดุลยพินิจของหน่วยงานรับรอง

3.3. ผลิตผลหรือผลิตภัณฑ์ที่อยู่ในระหว่างการปรับเปลี่ยนและได้ปฏิบัติตามวิธีการของเกษตรอินทรีย์เป็นเวลาอย่างน้อย 1 ปี เรียกว่า ผลิตผลหรือผลิตภัณฑ์กำลังปรับเปลี่ยน

แผนการเก็บเกี่ยวพืชป่าและการอนุรักษ์ความหลากหลายทางชีวภาพและสิ่งแวดล้อม

การเก็บรวบรวมหรือเก็บเกี่ยวพืชป่า เพื่อขอหนังสือรับรองการเป็นผลิตผลหรือผลิตภัณฑ์อินทรีย์ จะกระทำได้ต่อเมื่อแผนปฏิบัติการดังกล่าว ได้รับอนุมัติโดยคณะกรรมการบริหารการวิจัยและพัฒนาเกษตรอินทรีย์ กรมวิชาการเกษตร หรือผู้ที่ได้รับมอบหมาย แผนปฏิบัติการมีองค์ประกอบ ดังนี้

1. แผนที่และประวัติการใช้พื้นที่ (ต้องไม่มีการใช้สารต้องห้ามอย่างน้อย 3 ปี ย้อนหลัง)

2. ชนิดพืชที่จะทำการรวบรวมหรือเก็บเกี่ยว

3. ขอบเขตพื้นที่ที่จะดำเนินการ

4. วิธีการเก็บรวบรวม หรือการเก็บเกี่ยว (ที่ไม่ทำลายสิ่งแวดล้อมและไม่กระทบกระเทือนต่อความหลากหลายทาง ชีวภาพ)

การวิเคราะห์สารพิษตกค้างในผลผลิต

ในการรับรองคุณภาพของผลิตผลหรือผลิตภัณฑ์อินทรีย์นั้น ไม่จำเป็นต้องใช้วิธีวิเคราะห์ทางเคมีตรวจสอบสารพิษตกค้างในผลิตผลหรือผลิตภัณฑ์ ถ้าผลิตขึ้นจากขบวนการผลิตที่ผ่านการรับรองและตรวจสอบจากหน่วยออกใบรับรองและตรวจสอบมาตรฐานการผลิตพืชแบบเกษตรอินทรีย์มาโตยตลอด ยกเว้นเป็นการวิเคราะห์ ตามมาตรฐานของประเทศผู้ค้าหรือตามที่คณะกรรมการวิจัยและพัฒนาเกษตรอินทรีย์ กรมวิชากากรเกษตรกำหนด

การออกใบรับรอง

ผู้ที่ประสงค์จะขอใบรับรองเพื่อแสดงว่าผลิตผลหรือผลิตภัณฑ์นั้น ๆ ได้ผ่านการตรวจสอบและรับรองตามมาตรฐานการผลิตพืชอินทรีย์ ให้ยื่นคำขอตามแบบที่กำหนดต่อหน่วยออกใบรับรองและตรวจสอบมาตรฐานการผลิตเกษตรอินทรีย์

เมื่อได้รับคำขอแล้วให้เจ้าหน้าที่ตรวจสอบความถูกต้องของคำขอ สถานที่ผลิต วิธีการผลิต บันทึกข้อมูลการผลิตและหรือเก็บสุ่มตัวอย่างมาวิเคราะห์เพื่อพิจารณาออกใบรับรอง

การติดฉลาก

การติดฉลากเพื่อแสดงว่าเป็นผลิตผลหรือผลิตภัณฑ์อินทรีย์ ต้องมีคุณสมบัติ ดังนี้

1. เป็นผลิตผลหรือผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการผลิตตามมาตรฐานการผลิตพืชอินทรีย์
2. เป็นผลิตผลหรือผลิตภัณฑ์ที่ได้มีการตรวจสอบและรับรอง จากกรมวิชาการเกษตรหรือหน่วยงานที่กรมวิชาการเกษตรมอบหมาย
3. ข้อความบนฉลาก มี 2 แบบ คือผลิตผลหรือผลิตภัณฑ์ปรับเปลี่ยน กับผลิตผลหรือผลิตภัณฑ์อินทรีย์

สารที่อนุญาตให้ใช้ในการทำเกษตรอินทรีย์

สารอินทรีย์ที่อนุญาตให้ใช้

1. ปุ๋ยอินทรีย์ที่ผลิตจากวัสดุในฟาร์ม

1.1 ปุ๋ยหมักที่ได้จากการหมักเศษซากพืช ฟางข้าว ขี้เลื่อย เปลือกไม้ เศษไม้ และวัสดุเหลือใช้การเกษตรอื่น ๆ กับปุ๋ยคอก ถ้าจะมีการเติมสารอนินทรีย์ที่ให้ธาตุอาหารลงไปด้วย เช่น หินฟอสเฟต จะต้องเป็นสารชนิดที่อนุญาตให้ใช้ได้

1.2 ปุ๋ยคอก ถ้าเป็นปุ๋ยคอกจากสัตว์ปีก ต้องมีข้อพิจารณา ดังนี้

1.2.1 เป็นการเลี้ยงแบบธรรมชาติ ไม่มีการทรมานสัตว์

1.2.2 อาหารที่ใช้เลี้ยงต้องไม่เป็นพืชที่ได้จากการดัดต่อพันธุกรรม

1.2.3 ไม่มีการใช้สารเร่งการเจริญเติบโต

1.3 ปุ๋ยพืชสด เศษซากพืช

2. ปุ๋ยอินทรีย์ทุกชนิดตามรายละเอียดในข้อที่ 1 ที่ผลิตจากวัสดุนอกฟาร์ม จำเป็นต้องได้รับการรับรองอย่างเป็นทางการก่อน

3. ดินพรุ (peat) ที่ไม่ได้เติมสารสังเคราะห์

4. ปุ๋ยชีวภาพหรือจุลินทรีย์ที่พบทั่วไปตามธรรมชาติ

5. สิ่งที่ได้จากการเปลี่ยนแปลงทางพลวัตชีววิทยา (Biodynamic preparations) และจุลินทรีย์ในดิน ยกเว้นจุลินทรีย์ที่ได้รับการเปลี่ยนแปลงพันธุกรรม

6. ขุยอินทรีย์และสิ่งขับถ่ายจากไส้เดือนดินและแมลง

7. ดินอินทรีย์ที่ได้รับการรับรองอย่างเป็นทางการ

8. ดินชั้นบนที่ปลอดจากการใช้สารเคมีต้องห้ามเป็นเวลานานกว่า 1 ปี และไม่มีการปนเปื้อนของสารพิษ แต่ให้ใช้ได้ในจำนวนจำกัด

9. ผลิตภัณฑ์จากสาหร่ายและสาหร่ายทะเล โดยต้องได้รับการรับรองอย่างเป็นทางการ

10. ปุ๋ยอินทรีย์น้ำที่ผลิตจากพืชและสัตว์ และผลิตผลจากพืชและสัตว์ที่ไม่มีการปนเปื้อนของสารต้องห้าม เช่น น้ำที่ได้จากการหมักปลา หอยเชอรี่ เป็นต้น

11. ของเหลวจากระบบน้ำโสโครกจากโรงงานที่ผ่านกระบวนการหมักโดยไม่เติมสารสังเคราะห์และไม่เป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อม ต้องมีหลักฐานยืนยันว่าไม่มีการปนเปื้อนของโลหะหนัก และสารต้องห้ามตามหลักเกณฑ์ของเกษตรอินทรีย์

12. ของเหลือใช้จากกระบวนการในโรงฆ่าสัตว์ โรงงานอุตสาหกรรม เช่น โรงงานน้ำตาล โรงงานมันสำปะหลัง โรงงานน้ำปลา โดยกระบวนการเหล่านี้ต้องไม่เติมสารสังเคราะห์และจะต้องได้รับการรับรองอย่างเป็นทางการ

13. สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชหรือสัตว์ ซึ่งปลอดจากสารสังเคราะห์

สารอนินทรีย์ที่อนุญาตให้ใช้

1. หินและแร่ธรรมชาติ

1.1. หินบด (stone meal)

1.2. หินฟอสเฟต (phosphate rock) จะต้องมีแคดเมียมเป็น องค์ประกอบไม่เกิน 90 มก./กก.P_2O_5

1.3. หินปูนบด (ground limestone) ในรูปของแร่แคลไซท์ หรือ โดโลไมท์ ห้ามใช้หินปูนโดโลไมท์ที่นำไปเผาไฟ

1.4. ยิบซั่ม (gypsum)

1.5. แคลเซียมซิลิเกต (calcium silicate)

1.6. แมกนีเซียมซัลเฟต (magnesium sulfate)

1.7. แร่ดินเหนียว (clay minerals) เช่น สเมคไตท์ (smectite) คาโอลิไนท์ (kaolinite) คลอไรท์ (clorite)

1.8. แร่เฟลด์สปาร์ (feldspar)

1.9. แร่เพอร์ไลท์ (perlite) ซีโอไลท์ (zeolite) เบนโทไนท์ (bentonite)

1.10.หิน โพแทส เกลือ โพแทสเซียมที่มีคลอไรด์น้อยกว่า 60%

2. สารอนินทรีย์อื่น ๆ

2.1. แคลเซียมจากสาหร่ายทะเล

2.2. เปลือกหอย

2.3. เถ้าถ่าน (wood ash) ต้องไม่ผลิตจากการเติมสารสังเคราะห์

2.4. เปลือกไข่บด

2.5. กระดูกป่นและเลือดแห้ง

2.6. โพแทสเซียมซัลเฟตที่ผลิตจากกระบวนการทางกายภาพ

2.7. เกลือสินเธาว์ (mine salt)

2.8. โบแรกซ์ (Borax)

2.9. กำมะถัน

2.10.ธาตุอาหารเสริม (B, Cu, Fe, Mn, Mo และ Zn) ต้องได้รับการรับรองอย่างเป็นทางการก่อน

รายชื่อวัสดุที่อนุญาตให้ใช้ในการแปรรูปสารเสริมแต่งอาหารและวัสดุเสริมแต่ง ตามข้อกำหนดของมาตรฐานระหว่างประเทศ

1. กรดกำมะถัน
2. กรดแอสคอร์บิค
3. โซเดียมแอสคอร์เบท และ โพแทสเซียมแอสคอร์เบท
4. กรดทาร์ทาริก และ เกลือของกรดนี้
5. กรดแลคติก
6. กรดมาลิก
7. กรดซิตริก และเกลือของกรดนี้
8. กรดอะซิตริก
9. กรดแทนนิก
10. ขี้ผึ้ง
11. ไขคาร์นอบา
12. คาร์บอนไดออกไซด์
13. เคซีอีน
14. เครื่องเทศ
15. แคลเซียมคลอไรด์
16. แคลเซียมไฮดรอกไซด์
17. แคลเซียมคาร์บอเนต
18. แคลเซียมซัลเฟต
19. โซเดียมคลอไรด์
20. เกลือทะเล
21. ซัลเฟอร์ไดออกไซด์
22. เจลาติน
23. โซเดียมคาร์บอเนต
24. โซเดียมไฮดรอกไซด์
25. ดินเบา
26. ดินเบนโทไนท์
27. ถ่านพัมมันต์

28. ไนโตรเจน
29. น้ำผึ้ง
30. เปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์
31. แป้งจากข้าว ข้าวโพด มันสัมปะหลัง มันฝรั่ง เป็นต้น
32. โพแทสเซียมคอลไรด์
33. โพแทสเซียมคาร์บอเนต
34. ผงฟูที่ปลอดจากอลูมินัม
35. เพคติน
36. แมกนีเซียมคลอไรด์
37. แมกนีเซียมคาร์บอเนต
38. ยางไม้
39. วุ้นจากสาหร่ายทะเล
40. สารเตรียมจากจุลินทรีย์ และ เอนไซม์ ซึ่งช่วยในการแปรรูป
41. สารให้สีธรรมชาติ
42. สารให้รสจากธรรมชาติ
43. สมุนไพร
44. สารทำขันคาร์แรจีแนน
45. ส่าหมักจุลินทรีย์
46. แอมโมเนียมคาร์บอเนต
47. อาร์กอน
48. ออกซิเจน
49. โอโซน
50. ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์

สารที่อนุญาตให้ใช้ในการทำความสะอาด

1. กรดฟอสฟอริก
2. คอสติกโพแทช
3. จาเวลวอเตอร์
4. โซเดียมไบคาร์บอเนต

5. น้ำส้มหมักจากพืช
6. ผลไม้
7. น้ำด่าง
8. ปูนขาว
9. ผงซักฟอกที่ย่อยสลายได้ทางชีวภาพ
10. สารละลายทับทิม
11. สารฟอกขาวถึง 10 %
12. ไอโอดีน
13. ไฮโดนเจนเปอร์ออกไซด์ (กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2543)

การปลูกพืชโดยใช้น้ำหมักชีวภาพ

น้ำหมักชีวภาพหรือน้ำสกัดชีวภาพ (Bioextract: BE) เป็นวิธีการสกัดน้ำเลี้ยงจากเซลล์พืชและเซลล์สัตว์ซึ่งประกอบด้วยสารประกอบอินทรีย์ โดยใช้น้ำตาลหรือกากน้ำตาล (Molasses) ใส่ลงไปจะได้น้ำเลี้ยงที่สกัดออกมาเป็นสีน้ำตาล โดยขบวนการ พลาสโมไลซีส (plasmolysis) และน้ำเลี้ยงที่ได้จะถูกจุลินทรีย์ในธรรมชาติและที่ติดมากับวัสดุที่นำมาหมักดำเนินกระบวนการหมักต่อไปโดยใช้กากน้ำตาลและสารประกอบอินทรีย์จากวัสดุเหล่านั้นเป็นแหล่งอาหารและพลังงาน โดยจุลินทรีย์แต่ละชนิดจะทำการย่อยสลายวัสดุอินทรีย์ให้มีโมเลกุลเล็กลงตามลำดับ ของเหลวหรือน้ำหมักที่ได้นี้จะมีทั้งจุลินทรีย์ธรรมชาติที่เกิดขึ้นหลากหลายชนิด รวมทั้งมีสารประกอบที่สกัดได้จากเซลล์พืชและเซลล์สัตว์ชนิดต่างๆ ได้แก่ สารพวกคาร์โบไฮเดรท โปรตีน กรดอะมิโน ฮอร์โมน เอนไซม์ และอื่นๆ น้ำสกัดชีวภาพจะเกิดขึ้นมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำเลี้ยงในต้นพืช โดยปกติน้ำเลี้ยงในต้นพืชสดจะมีอยู่ประมาณ 90-98 เปอร์เซ็นต์ ถ้าส่วนของพืชมีน้ำมาก น้ำสกัดก็จะเกิดขึ้นมาก ภายในระยะเวลาเพียง 2-3 วัน แต่เนื่องจากขบวนการทำในระยะแรกเกี่ยวข้องกับขบวนการสกัดน้ำเลี้ยงจากเซลล์ทางชีวภาพ (bioextract) และในช่วงหลังเกี่ยวข้องกับขบวนการหมัก ดังนั้นนักวิชาการบางกลุ่มจึงเรียกน้ำสกัดชีวภาพว่า น้ำหมักชีวภาพ (อรรถ, 2543)

เมื่อเปรียบเทียบน้ำหมักชีวภาพจากปลาหมักและน้ำหมักชีวภาพจาก กล้วย มะละกอ และฟักทอง พบว่าในปลาหมักมีปริมาณธาตุอาหารสูงกว่า น้ำหมักชีวภาพจากพืชและผลไม้ ซึ่งจากผลการวิเคราะห์พบว่า ชนิดของจุลินทรีย์ ปริมาณและสารประกอบอินทรีย์ชนิดต่างๆ

ที่พบในน้ำหมักชีวภาพ ต่างกันตามระยะเวลาในการหมัก ซึ่งจุลินทรีย์ส่วนใหญ่ที่พบเป็นจุลินทรีย์ประเภทแบคทีเรีย และยีสต์ชนิดต่างๆ จึงจำเป็นอย่างยิ่งในการฆ่าเชื้อน้ำหมักชีวภาพ เพื่อให้สามารถนำไปใช้ได้กับระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน (กองทุนสนับสนุนงานวิจัยด้านเกษตร, 2547)

ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์

ชื่อเคมี IUPAC	: Hydrogen dioxide
ชื่อเคมีทั่วไป	: Hydrogen peroxide, Hydroperoxide
ชื่อพ้องอื่นๆ	: Peroxide; Albone, Inhibine, Perhydrol, Peroxan, Oxydol, Hioxy, Dihydrogen dioxide, T-stuff, Superoxol
การใช้ประโยชน์	: ใช้เป็นสารฆ่าเชื้อบาดแผล หรือฆ่าเชื้อโรค
ค่ามาตรฐานและความเป็นพิษ (LD_{50})	: 4060มก./กก.

คุณสมบัติทางกายภาพและเคมี

สถานะ	: ของเหลว
สี	: ไม่มีสี
กลิ่น	: ฉุน
นน.โมเลกุล	: 34.0
จุดเดือด(0ซ.)	: 100
จุดเยือกแข็ง	: -11.1 องศาเซลเซียส
ความถ่วงจำเพาะ(น้ำ=1)	: 1.00
ข้อมูลทางกายภาพและเคมีอื่น ๆ	: สารนี้สามารถละลายได้ในอีเทอร์

ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ เป็นสารใช้ฟอกสีผม และฆ่าเชื้อโรค โดยปกติจะสลายตัวไปเองอย่างช้า ๆ โดยจะให้น้ำและออกซิเจนเกิดขึ้น ดังสมการ แสงสว่างและความร้อนจะช่วยเร่งให้เกิดการสลายตัวเร็วขึ้น ดังนั้นจึงต้องเก็บไว้ในที่มืด หรือในภาชนะสีน้ำตาลเข้ม และในที่เย็น ปฏิกิริยาการสลายตัวของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) เกิดดังสมการ

$$2H_2O_2\,(aq) \longrightarrow 2H_2O\,(l) + O_2\,(g)$$

จากการทดลองการสำรวจปริมาณสารพิษตกค้างของคาร์เบนดาซิมของภานุมาศ และคณะ, 2554 การแช่ผลผลิตในน้ำที่ มีแค่ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เพียงอย่างเดียว โดยใช้ระยะเวลาในการแช่นานต่างๆกันตั้งแต่ 5 นาทีไปจนถึง 1 ชั่วโมงสามารถสลายคาร์เบนดาซิมได้ โดยความเข้มข้นของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ยิ่งมาก ยิ่งกำจัดคาร์เบนดาซิมให้หมดไปได้ภายในเวลาที่สั้นลง

จากการศึกษาการกำจัดสปอร์ของ *Bacillus subtilis* ในน้ำ รัตน์ยาภรณ์ และภารดี, 2554 พบว่า ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เพียงอย่างเดียวสามารถกำาจัดสปอร์ของ B. subtilis ได้ถึง 61-100% ในกรณีที่ไม่มีแสงอัลตราไวโอเล็ต และ 89-100% ในกรณีที่มีแสงร่วมด้วย โดยความเข้มข้นยิ่งมาก การกำาจัดสปอร์ของ B. subtilis ยิ่งเพิ่มขึ้น โดยอัตราส่วนที่เหมาะสมไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่สามารถกำาจัดสปอร์ของ B. subtilis ได้อย่างสมบูรณ์ 100% และไม่ก่อให้เกิดการตกตะกอนคือ 0.1:180 mM

อันตรายต่อสุขภาพอนามัย

1. การหายใจเข้าไป เนื่องจากสารนี้มีฤทธิ์กัดกร่อนจะก่อให้เกิดอาการเจ็บคอ ไอ หายใจติดขัด
2. การสัมผัสถูกผิวหนัง ทำให้ไวต่อการสัมผัส เกิดผื่นแดง และปวดแสบปวดร้อน
3. การกลืนหรือกินเข้าไป เนื่องจากสารนี้มีฤทธิ์กัดกร่อน จะก่อให้เกิดอาการเจ็บคอ ปวดท้องและอาเจียนได้
4. การสัมผัสถูกตา ก่อให้เกิดการระคายเคืองตา ตาแดง และปวดตา สายตาพร่ามัว
5. สารนี้ทำลายตา ผิวหนัง ระบบหายใจ

ความคงตัวและการเกิดปฏิกิริยา

1. สภาวะที่ควรหลีกเลี่ยง ความร้อน และแสงสว่าง
2. สารเคมีอันตรายที่เกิดจากการสลายตัว: ไฮโดรเจน และออกซิเจน
3. สารนี้เป็นสารออกซิไดซ์รุนแรง
4. สารที่เข้ากันไม่ได้ คือ สารออกซิไดซ์เหล็ก คอปเปอร์ทองเหลือง ทองโครเมียม สังกะสีตะกั่ว แมงกานีส เงิน

การเกิดอัคคีภัยและการระเบิด

1. สารนี้เป็นสารไวไฟ
2. ภาชนะบรรจุของสารอาจเกิดการระเบิดได้เมื่อสัมผัสกับอุณหภูมิสูง
3. สารดับเพลิง: ในกรณีเกิดเพลิงไหม้ให้ใช้น้ำฉีดเป็นฝอย ผงเคมีแห้ง โฟม หรือคาร์บอนไดออกไซด์

การเก็บรักษา/สถานที่เก็บ/เคลื่อนย้าย/ขนส่ง

1. เก็บในภาชนะบรรจุที่ปิดมิดชิด
2. เก็บในบริเวณที่เย็นและแห้ง
3. เก็บในบริเวณที่มีการระบายอากาศเพียงพอ
4. เก็บห่างจากสารไวไฟ สารรีดิวซ์ และเบสเข้มข้น
5. เก็บไว้ที่อุณหภูมิระหว่าง 15 - 30 องศาเซลเซียส
6. ป้องกันแสงสว่าง
7. สารจะสลายตัวเป็นออกซิเจน และไฮโดรเจน เมื่อสัมผัสความร้อนสูงและแสงสว่าง

การกำจัดกรณีรั่วไหล

1. วิธีการปฏิบัติในกรณีเกิดการหกรั่วไหล: ให้ดูดซับส่วนที่หกรั่วไหลด้วยทรายหรือวัสดุดูดซับอื่น
2. เก็บส่วนที่หกรั่วไหลใส่ภาชนะบรรจุที่ปิดผนึกได้และติดฉลากสำหรับนำไปกำจัด
3. ล้างบริเวณที่หกรั่วไหลด้วยน้ำ
4. การพิจารณาการกำจัด: ปฏิบัติให้เป็นไปตามกฎระเบียบที่ทางราชการกำหนด (ศูนย์ข้อมูลวัตถุอันตราย และ เคมีภัณฑ์, 2554)

ไตรโคเดอร์มา

เชื้อราไตรโคเดอร์มา *Trichoderma harzianum* คือเชื้อราที่เจริญได้ดีในสภาพที่มีความชื้นสูงและมีอินทรียวัตถุตามธรรมชาติ แต่ไม่แฉะ สามารถเจริญเข้าทำลายเส้นใย และส่วนต่างๆ ของเชื้อราโรคพืช นอกจากนี้ยังสามารถเจริญและเพิ่มปริมาณได้อย่างรวดเร็ว สามารถแข่งขันและแย่งอาหารของเชื้อราโรคพืช โดยราใน จีนัสนี้บางสายพันธุ์สามารถสร้างสารปฏิชีวนะที่มีผลต่อราสาเหตุโรคพืชบางชนิดและยังมีกลไกอื่นๆ ที่ สามารถควบคุมเชื้อสาเหตุโรคพืชได้ (Chet, 1987)

คุณประโยชน์ของเชื้อราไตรโคเดอร์มา สามารถนำมาใช้ควบคุม ทำลาย หรือยับยั้งเชื้อราในดินสาเหตุโรคพืชที่ก่อให้เกิดอาการโรครากเน่าโคนเน่ากับพืช ทั้งในพืชผัก พืชไร่ และไม้ผล เช่น เชื้อราเมล็ดผักกาด, เชื้อราพิเทียม, เชื้อราไรซอคโทเนีย, เชื้อราฟัยทอปโทรา, และเชื้อราฟูซาเรียม ซึ่งเชื้อราในดินสาเหตุโรคพืชเหล่านี้เมื่อเข้าทำลายระบบรากพืช จะทำให้พืชแสดงอาการรากเน่าและโคนเน่า ในต้นที่แสดงอาการรุนแรงจะเหี่ยวแห้งตายไปในที่สุด ดังนั้นหน่วยงานราชการต่างๆ จึงได้วิจัยและส่งเสริมให้เกษตรกรหันมารู้จักใช้เชื้อราไตรโคเดอร์มาควบคุมโรครากเน่าโคนเน่า เพื่อทดแทนการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดโรคพืช เป็นการลดสารพิษตกค้างในพืชและสภาพแวดล้อม

ในปัจจุบันมีการส่งเสริมให้เกษตรกรได้รู้จักและใช้เชื้อราไตรโคเดอร์มาควบคุมโรคพืชอย่างกว้างขวาง โดยเฉพาะยิ่งในภาครัฐ สถาบันส่งเสริมเกษตรชีวภาพ และโรงเรียนเกษตรกร ซึ่งเป็นหน่วยงานในสังกัดของกรมส่งเสริมการเกษตร ได้ทำหน้าที่ผลิตเชื้อสดโดยการเลี้ยงเชื้อราไตรโคเดอร์มาบนเมล็ดข้างฟ่างที่ผ่านการนึ่งฆ่าเชื้อแล้ว เพื่อเผยแพร่สู่เกษตรกร อย่างไรก็ตามการผลิตเชื้อสดดังกล่าว นอกจากจะประสบปัญหาการผลิตที่ไม่เพียงพอกับความต้องการของเกษตรกรแล้ว ยังพบปัญหาที่เกี่ยวกับการปนเปื้อนของจุลินทรีย์อื่นๆ การเก็บรักษาเชื้อสดไม่ได้นาน และการเสื่อมหรือกลายพันธุ์ของเชื้อราไตรโคเดอร์มา ส่งผลให้คุณภาพและประสิทธิภาพของเชื้อด้อยลง สำหรับภาคเอกชนได้มีบริษัทเอกชนผลิตเชื้อราไตรโคเดอร์มาในรูปชีวภัณฑ์ชนิดผงแห้งออกจำหน่ายแล้ว ซึ่งเพิ่มความสะดวกในการใช้และการเก็บรักษา แต่ก็ยังคงพบปัญหาความไม่สะดวกในการจัดซื้อและชีวภัณฑ์มีราคาค่อนข้างสูง เพื่อแก้ปัญหาดังกล่าวข้างต้น ซึ่งคาดว่าจะก่อให้เกิดประโยชน์ต่อเกษตรกรอย่างมากต่อไป เพราะเทคนิคที่พัฒนานี้จะช่วยให้เกษตรหรือประชาชนทั่วไปสามารถผลิตเชื้อราไตรโคเดอร์มาไว้ใช้ควบคุมเชื้อราสาเหตุโรคพืชได้ด้วยตนเองด้วยวิธีการง่ายๆ ประหยัดค่าใช้จ่าย ช่วยลดต้นทุนในการผลิตพืช ลดกระบวนการผลิตพืชแบบ

เกษตรอินทรีย์ต่อไปการใช้สารเคมีช่วยให้เกิดความปลอดภัยจากผู้ผลิต ผู้บริโภค และสภาพแวดล้อม

กลไกการควบคุมเชื้อโรคพืชของเชื้อราไตรโคเดอร์มา

1. เป็นปาราสิตและแข่งขันการใช้แหล่งอาหารและปัจจัยต่าง ๆ ของเชื้อโรคพืช
2. เส้นใยของเชื้อราไตรโคเดอร์มา พันรัดรอบเส้นใยของเชื้อโรคและอาจแทงเข้าสู่เส้นใยของเชื้อโรคพืช เส้นใยเชื้อโรคพืชที่ถูกพันรัดจะเกิดช่องว่างหรือเหี่ยวแฟบแล้วสลายตัวไปในที่สุด
3. เชื้อราไตรโคเดอร์มาบางชนิดผลิตเอนไซม์ทำให้เกิดการเหี่ยวสลายของเส้นใยเชื้อโรคพืช

ประโยชน์ของเชื้อราไตรโคเดอร์มา

การใช้เชื้อราไตรโคเดอร์มาใช้ในการควบคุมป้องกันและยับยั้งการเจริญเติบโตและการเข้าทำลายเชื้อรา สาเหตุของโรคพืชในผัก ผลไม้ ได้แก่

1. เชื้อราฟิวซาเรียม (*Fusarium spp.*)	- โรคก้นเน่าหอมแบ่ง - โรคเหี่ยวของพืชผักใน ไม้ดอก ไม้ประดับ - โรครากเน่าโคนเน่า ถั่วลันเตา ถั่วฝักยาว - โรคกล้าไหม้
2. เชื้อราสเคลอโรเทียม (*Sclerotium rolfsii*)	- โรครากเน่าของพืชผัก - โรคราเมล็ดผักกาด ในมะเขือเทศ
3. เชื้อราพิเทียม (*Pythium spp.*)	- โรคเน่าคอดินของพืชผัก และต้นกล้า - โรคยอดเน่าของต้นกล้า - โรคฝักเน่าพืชตระกูลถั่ว - โรคผลเน่าพืชผักตระกูลแตง
4. เชื้อราไรซ็อกโทเนีย (*Rhizoctonia solani*)	- โรคหัวเน่าต้นเน่า ในมันฝรั่ง และพืชผัก - โรคเน่าคอดิน พืชผัก ไม้ผล - โรครากเน่า

- โรคแคงเกอร์บนลำต้น

5. เชื้อราไฟท็อปธอร่า (*Phytopthora spp.*) - โรครากเน่าโคนเน่าของ ส้ม ทุเรียน

ข้อระวังในการใช้

1. ไม่ควรใช้เชื้อราไตรโคเดอร์มาร่วมกับสารเคมีกำจัดเชื้อราในเวลาเดียวกัน ในกรณีจำเป็นควรใช้ก่อนหรือหลังการใช้สารเคมีดังกล่าวอย่างน้อย 7-10 วัน
2. ไม่ควรใช้เชื้อราไตรโคเดอร์มาที่มีเชื้ออื่นปนเปื้อน (จิระเดช, 2546)

คะน้า

ผักคะน้า (Chinese Kale) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Brassica alboglabra* Bailey เป็นผักที่นิยมบริโภคกันอย่างแพร่หลาย ผักคะน้าเป็นผักที่ปลูกเพื่อบริโภคส่วนของใบและลำต้น ปลูกกันมากในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ เช่น ฮ่องกง ไต้หวัน จีน และไทย เป็นต้น

ลักษณะโดยทั่วไป คะน้า เป็นผักที่คนไทยรู้จักกันดี เป็นผักที่นิยมปลูกบริโภคกันมาก กินได้ทั้งใบและลำต้น ช่วงเวลาที่ปลูกที่ได้ผลดีในช่วงเดือนตุลาคมถึงเดือนเมษายน คะน้ามีลักษณะหลายอย่าง ก็ขึ้นอยู่กับแต่ละสายพันธุ์ บางพันธุ์มีลักษณะใบกว้างใหญ่ ปล้องสั้น ปลายใบมน และผิวใบเป็นคลื่นเล็กน้อย

สภาพแวดล้อมที่เหมาะสม

ผักคะน้าสามารถปลูกได้ตลอดปี ช่วงเวลาที่ปลูกได้ผลดีที่สุดอยู่ในช่วงเดือนตุลาคม - เมษายน ปลูกได้ดีในดินแทบทุกชนิดที่มีความอุดมสมบูรณ์สูง ความเป็นกรด-ด่างของดินอยู่ระหว่าง 5.5-6.8 และมีความชื้นในดินอย่างสม่ำเสมอ ต้องการแสงแดดเต็มที่ อุณหภูมิเฉลี่ยอยู่ที่ 25 องศาเซลเซียส แต่คะน้าก็สามารถทนทานต่อสภาพอุณหภูมิสูงได้ดี ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากมีข้อไต้เปรียบกว่าผักตระกูลกะหล่ำชนิดอื่น ตรงที่ไม่จำเป็นต้องผ่านการห่อหัว หรือออกดอกก่อนการเก็บเกี่ยว

วิธีการเพาะปลูก

1. การเตรียมดินในการปลูก เนื่องจากคะน้าเป็นผักรากตื้น จึงควรขุดดินให้ลึกประมาณ 15-20 เซนติเมตร ตากดินทิ้งไว้ประมาณ 7-10 วัน แล้วนำปุ๋ยคอกหรือปุ๋ยหมักที่สลายตัวดีแล้วมาใส่คลุกเคล้าให้เข้ากับดิน ทั้งนี้เพื่อปรับสภาพของดิน เพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดิน ถ้าหากดินเป็นกรด ควรนำปูนขาวพรวนให้เข้ากับดิน เพื่อปรับปรุงดินให้มีความเหมาะสมก่อนที่จะนำเมล็ดลงในแปลง

2. วิธีการปลูก หลังจากเตรียมดินโดยย่อยดินให้ละเอียดแล้ว นิยมหว่านเมล็ดลงบนแปลงปลูกโดยตรงมากกว่าการย้ายกล้า คือหว่านเมล็ดให้ทั่วทั้งผิวแปลง โดยให้ห่างกันประมาณ 2-3 เซนติเมตร ใช้ดินผสมปุ๋ยคอกที่สลายตัวดีแล้ว หว่านกลบเมล็ด ให้หนาประมาณ 0.6-1 เซนติเมตร เพื่อเก็บรักษาความชื้นให้เมล็ด ป้องกันเมล็ดถูกน้ำกระแทก กระจาย คลุมด้วย ฟางหรือหญ้าแห้ง รดน้ำให้ทั่ว สม่ำเสมอ ต้นกล้าจะงอกภายใน 7 วัน การเก็บเกี่ยว คะน้าอายุ 45-55 วันหลังจากปลูก ซึ่งเป็นระยะโตเต็มที่ คะน้าอายุ 45 วัน เป็นระยะที่ตลาดกำลังต้องการมาก

การปฏิบัติดูแลรักษา

1. การใส่ปุ๋ย เนื่องจากคะน้าเป็นผักกินใบ และลำต้นจึงควรใส่ปุ๋ยที่มีธาตุไนโตรเจนสูง ธาตุอาหารที่ใช้คือปุ๋ยสูตร 12-8-8 หรือ 20-11-11 ในอัตราประมาณ 100 กิโลกรัมต่อไร่ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความอุดมสมบูรณ์ของดิน และปริมาณของปุ๋ยคอกที่ใช้ โดยแบ่งใส่เป็นสองครั้งเท่าๆ กัน อย่างไรก็ตามหากสังเกตเห็นว่าผักที่ปลูกไม่ค่อยเจริญเติบโตเท่าที่ควรอาจใส่ปุ๋ยเพิ่มเติม เช่น ยูเรีย ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต โดยให้ทางราก หรือละลายน้ำในอัตรา 3-4 ช้อนต่อน้ำ 1 ปี๊บ

2. การให้น้ำ คะน้าเป็นพืชที่ต้องการน้ำอย่างเพียงพอและสม่ำเสมอเพราะต้นคะน้ามีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วดังนั้นการปลูกคะน้าจึงต้องปลูกในแหล่งที่มีน้ำเพียงพอตลอดฤดูปลูก วิธีกรให้น้ำควรให้วันละ 2 ครั้ง คือเช้าและเย็น

การเก็บเกี่ยวผลผลิต

อายุการเก็บเกี่ยวของคะน้าอยู่ที่ประมาณ 45-55 วันหลังปลูก คะน้าที่ตลาดต้องการมากที่สุดคือ คะน้าที่มีอายุ 45 วัน แต่คะน้าที่มีอายุ 50-55 วัน เป็นระยะที่เก็บเกี่ยวได้น้ำหนักมากกว่า การเก็บเกี่ยวคะน้าให้ได้คุณภาพดี รสชาติดี และสะอาด ควรปฏิบัติดังนี้

1. ใช้มีดคมๆ ตัดให้ชิดโคนต้น
2. ตัดไล่เป็นหน้ากระดานไปตลอดทั้งแปลง
3. หลังตัดแล้วบางแห่งมัดด้วยเชือกกล้วยมัดละ 5 กิโลกรัม บางแห่งก็บรรจุเข่ง แล้วแต่ความสะดวกในการขนส่ง
4. เก็บในเวลาเช้าดีกว่าเวลาบ่าย
5. ใช้มีดเล็กๆ ตัด อย่าเก็บหรือเด็ดด้วยมือ
6. อย่าปล่อยให้ผักแก่เกินไป
7. หลังเก็บเกี่ยวเสร็จควรนำผักเข้าที่ร่ม วางในที่โปร่งและอากาศเย็น
8. ภาชนะที่บรรจุผักควรสะอาด (คณะทำงานจัดทำข้อมูลความต้องการของพืช, 2551)

ผักกาดหอมห่อ

ผักกาดหอมห่อ หรือ ผักกาดแก้ว มีชื่อวิทยาศาสตร์ ว่า *Lactuca sativa* var.*capitata* ลักษณะทั่วไป เป็นผักสีเขียวค่อนข้างอ่อน ใบห่อเป็นหัว เนื้อใบหนากรอบเป็นแผ่นคลื่น เป็นพืชที่ปลูกง่าย ตลาดมีความต้องการสูง

สภาพแวดล้อมที่เหมาะสมผักกาดหอมห่อ

ผักกาดหอมห่อ หรือ ผักกาดแก้ว เป็นพืชที่ต้องการสภาพอากาศเย็น อุณหภูมิที่เหมาะสมอยู่ระหว่าง 10-24 °C ในสภาพอุณหภูมิสูง การเจริญเติบโตทางใบจะลดลง และพืชจะสร้างสารคล้ายน้ำนม หรือยางมาก เส้นใยสูง เหนียว และมีรสขม ดินที่เหมาะสมต่อการปลูกควรร่วนซุย มีความอุดมสมบูรณ์ และมีอินทรียวัตถุสูง หน้าดินลึก และอุ้มน้ำได้ดีปานกลาง สภาพความเป็นกรด-ด่างของดินอยู่ระหว่าง 6-6.5 พื้นที่ปลูกควรโล่ง และได้รับแสงแดดอย่างเต็มที่ เนื่องจากใบผักกาดหอมมีลักษณะบาง ไม่ทนต่อฝน ดังนั้นในช่วงฤดูฝน ควรปลูกในโรงเรือน

การใช้ประโยชน์ และคุณค่าทางอาหารของผักกาดหอมห่อ

ผักกาดหอมห่อเป็นพืชที่นิยมบริโภคสด โดยเฉพาะในสลัด หรือกินกับยำ นำมาตกแต่งในจานอาหาร แต่สามารถประกอบอาหารได้ในบางชนิด ผักกาดหอมมีน้ำเป็นองค์ประกอบ

หลัก และมีวิตามินซีสูง โดยเฉพาะผักกาดหอมที่มีใบสีแดง นอกจากนี้ยังให้ฮีโมโกลบิน (Hemoglobin) ช่วยป้องกันโรคโลหิตจาง บรรเทาอาการท้องผูก เหมาะสำหรับผู้ที่ป่วยเป็นโรคเบาหวาน

การปฏิบัติดูแลรักษาผักกาดหอมห่อในระยะต่างๆ ของการเจริญเติบโต

การเตรียมดิน ขุดดินตากแดดและโรยปูนขาวหรือโดโลไมท์ อัตรา 0-100 กรัม/ตารางเมตรทิ้งไว้ 14 วัน ให้วัชพืชแห้งตาย ขึ้นแปลงกว้าง 1 ม. ใส่ปุ๋ย 12-24-12 และ 15-0-0 อัตรา 50 กิโลกรัม/ไร่ สัดส่วน 1:1(รองพื้น) ปุ๋ยคอกอัตรา 2-4 ตัน/ไร่

การเตรียมกล้า เพาะกล้าในถาดหลุมแบบประณีต ดินเพาะควรมีระบบน้ำดี อายุกล้าประมาณ 3-4 อาทิตย์

การปลูก ระยะปลูก 30×30 เซนติเมตร 3 แถว ในฤดูร้อน และ 40×40 เซนติเมตร 3 แถว ในฤดูฝน (เพื่อป้องกันการระบาดของโรค)

ข้อควรระวัง

1. อย่าปลูกในหลุมใหญ่หรือลึกเพราะน้ำอาจขังหากระบายน้ำไม่ดี อาจทำให้เน่าเสียหาย
2. อย่างเหยียบหลังแปลงเพาะ จะทำให้ดินแน่น พืชเติบโตได้ไม่ดี
3. กล้าควรแข็งแรง อายุไม่เกิน 30 วัน เมื่อย้ายปลูก
4. ควรใส่ปุ๋ยคอก หรือปุ๋ยหมัก ตามคำแนะนำ
5. ก่อนใส่ปูนขาว หรือโดโลไมท์ต้องวัน pH ก่อนช่วงเตรียมดิน
6. หลังย้ายกล้าปลูกในฤดูฝนให้ระวังหนอนกระทู้ดำ และจิ้งหรีด

การให้น้ำ ควรให้น้ำอย่างสม่ำเสมอ และเพียงพอต่อการเจริญเติบโต การให้ไม่ควรมากเกินไป อาจทำให้เกิดโรคโคนเน่า

การให้ปุ๋ย หลังปลูก 7 วัน ใส่ปุ๋ย 46-0-0 หรือผสม 15-15-15 อัตรา 5 กิโลกรัม/ไร่ อย่างละครึ่ง พร้อมกำจัดวัชพืช หลังปลูก 20-25 วัน ใส่ปุ๋ย 13-13-21 พร้อมกำจัดวัชพืช ขุดร่องลึก 2-3 เซนติเมตร รัศมีจากต้น 10 เซนติเมตร โรยปุ๋ย 1/2 ช้อนโต๊ะ กลบดินแล้วรดน้ำ

ข้อควรระวัง

1. ควรฉีดพ่น แคลเซียม และโบรอน สัปดาห์ละ 1 ครั้งเพื่อป้องกันอาการปลายใบไหม้(Tipburn) บางพื้นที่มีปัญหา ขาดธาตุรอง

2. การพรวนดิน ระวังอย่ากระทบกระเทือนราก หรือต้นเพราะจะมีผลต่อการเข้าปลีที่ไม่สมบูรณ์

3. ควรเตรียมแปลงปลูกโดยใส่ปุ๋ยคอก และปุ๋ยหมักปริมาณที่มาก

4. ไม่ควรปลูกซ้ำที่

การเก็บเกี่ยว เมื่ออายุ ได้ประมาณ 40-80 วัน หลังย้ายปลูก ใช้หลังมือกดดูถ้าหัวแน่นก็เก็บได้ (กดขุบแล้วกลับคืนเหมือนเดิม) ใช้มีดตัด และเหลือใบนอก 3 ใบเพื่อป้องกันความเสียหายในการขนส่ง หลีกเลี่ยงการเก็บเกี่ยวตอนเปียก ควรเก็บเกี่ยวตอนบ่าย หรือค่ำแล้วผึ่ง ลมในที่ร่ม และคัดเกรดป้ายปูนแดงที่รอยตัด เพื่อป้องกันการแพร่เชื้อโรคเข้าสู่หัวอย่าล้างผักบรรจุลงลังพลาสติก

ข้อควรระวัง

1. ในฤดูฝนเก็บเกี่ยว ก่อนผักโตเต็มที่ 2-3 วัน เพราะเน่าง่าย

2. เก็บซากต้นนำไปเผา หรือฝังลึกประมาณ 1 ฟุต ป้องกันการระบาด และสะสมโรคในแปลงปลูก

โรคแมลงศัตรูที่สำคัญ ผักกาดหอมห่อ ในระยะต่างๆของการเจริญเติบโต

ระยะหยอดเมล็ด 0-25 วัน หนอนกระทู้ดำ, หนอนชอนใบ

ระยะการเจริญเติบโต 20-25 วัน โรคใบจุดเซอคอสปอร์รา, โรคใบจุดเซนโซเรีย, ปลายใบไหม้, หนอนกระทู้ดำ, หนอนชอนใบ, หนอนกินใบ

ระยะห่อหัว 30-35 วัน โรคใบจุดเซอคอสปอร์รา, โรคใบจุดเซนโซเรีย, ปลายใบไหม้, หนอนชอนใบ, หนอนกินใบ

ระยะเก็บเกี่ยว 50-55 วัน โรคใบจุดเซอคอสปอร์รา, โรคใบจุดเซนโซเรีย, ปลายใบไหม้, หนอนชอนใบ, หนอนกินใบ (ระพีพรรณ, 2544)

แครอท

แครอท Carrot : *Daucus carota* L.var.*sativa* (Hoffm.)Thell อยู่ใน Family: Apiaceae (Umbelliferae) ซึ่งมีพืชผักอื่น ๆ ที่อยู่ในวงศ์นี้เช่น Cerely, Celeriac, Parsnip และ Parsley ในตระกูลนี้มีจำนวน 60 Species (ดนัย, 2543)

อายุพืชสั้น ใช้ปลูกในพื้นที่ขนาดเล็กได้ ให้ผลตอบแทนเร็ว ตั้งแต่เริ่มเพาะเมล็ดจนถึงเก็บเกี่ยว 50-60 วัน รายได้จากการจำหน่ายสูง หากมีการดูแลเอาใจใส่ที่ดี (นิรนาม, 2532)

มีถิ่นกำเนิดอยู่แถบเอเชียกลางจนถึงทางตะวันออก จากนั้นเผยแพร่เข้าไปในยุโรปและประเทศจีน แครอทที่ปลูกในระยะแรก ๆ จะมีหัวสีแดง ปัจจุบันนิยมหัวสีเหลือง-ส้ม พันธุ์ป่าที่เจริญอยู่ทั่วไปในอาฟกานิสถาน อาจจะมีสีหัวสีม่วง สีขาว หรือเหลืองขึ้นอยู่กับความนิยมของตลาดในแต่ละท้องถิ่น ในศตวรรษที่ 16 ได้เริ่มทำ การปรับปรุงพันธุ์ โดยคัดเลือกสี ขนาดและลักษณะของหัว ในระยะแรกแครอทถูกนำมาใช้เป็นพืชสมุนไพร เริ่มนำ มาประกอบอาหารในศตวรรษที่ 20

Betacarotene ในแครอทจะเปลี่ยนเป็นวิตามินเอ ทำให้แครอทมีนั้นวิตามินเอสูง (11,000 IU; International Unit หรือ หน่วยสากล) มีวิตามิน บี 1, บี 2 วิตามินซี ส่วนของเปลือกที่แก่จะมีแคโรทีนสูงมากขึ้น โดยจะเพิ่มปริมาณตามอายุของพืช วิตามิเอ ทำให้ร่างกายมีความต้านทานต่อไข้หวัด (คนัย, 2543)

สายพันธุ์แครอทที่มีถิ่นกำเนิดอยู่แถบเอเชียเป็นพืชฤดูเดียว ถ้าหากปลูกในช่วงแสงยาว สามารถแทงช่อดอกได้โดยไม่ต้องผ่านอุณหภูมิต่ำ สายพันธุ์ในเขตหนาวจะแทงช่อดอกเร็วในสภาพที่มีอุณหภูมิต่ำ ถ้าหากต้นกล้าหรือหัวได้รับอุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส ในช่วงระยะเวลาหนึ่งหรือ 16 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2-3 เดือน จะแทงช่อดอกพันธุ์ที่มีหัวสีแดง จะแทงช่อดอกในช่วงกลางวันยาว นอกจากสายพันธุ์ญี่ปุ่น เช่น Kintoki ซึ่งมีเนื้อสีแดงดอกจะเจริญได้ถ้าหากผ่านอุณหภูมิต่ำหรือมีช่วงแสงยาว ระยะที่มีใบจริง 5-8 ใบ ถ้าหากได้รับอุณหภูมิต่ำจะแทงช่อดอกทันที การผสมเกสรจะเป็น แบบผสมข้าม ส่วนใหญ่จะมีแมลงเป็นตัวช่วยผสมเกสร

สภาพแวดล้อมที่เหมาะสม

1. เมล็ดจะงอกได้ดีในอุณหภูมิ 15-25 องศาเซลเซียส
2. อุณหภูมิที่เหมาะสำ หรับการเจริญเติบโตจะอยู่ระหว่าง 25-28 องศาเซลเซียส
3. ในกรณีที่อุณหภูมิสูงกว่า 28 องศาเซลเซียส การเจริญของใบจะลดลง
4. อุณหภูมิที่เหมาะสำ หรับการเจริญของหัวอยู่ระหว่าง 18-21 องศาเซลเซียส

ในสภาพอุณหภูมิสูง สายพันธุ์ Red Core Chantenay จะมีหัวสั้น แต่ในสภาพอุณหภูมิต่ำจะมีหัวยาวและปลายแหลม

ในสภาพอุณหภูมิต่ำกว่า 15.6 องศาเซลเซียส สีของเนื้อจะซีด รากจะเล็กปลายเรียวแหลม ในอุณหภูมิที่ 4.5-10 องศาเซลเซียส รากไม่ขยายตัว และการเจริญด้านใบมีน้อยหากอุณหภูมิระหว่างผิวดิน และระดับดินที่ลึกลงไป 10-15 เซนติเมตร ต่างกันมากรูปทรงของหัวจะไม่สม่ำเสมอ

เนื่องจากแครอทเจริญจากไหล่หรือส่วนบนของหัว และขยายตัวหยั่งลึกลงในดิน ในกรณีที่อุณหภูมิเหมาะสมเฉพาะผิวดินด้านบนของหัวก็จะเจริญตามปกติ หากอุณหภูมิในดินชั้นล่างนั้นไม่เหมาะสม ส่วนหัวจะมีขนาดใหญ่ ส่วนล่างจะมีขนาดเล็กเรียวแหลม อุณหภูมิจะมีอิทธิพลต่อการเจริญ และรูปร่างของแครอท จากการทดลองพบว่าการปลูกในอุณหภูมิ 15.6-21.1 องศาเซลเซียส จะให้ผลผลิต และคุณภาพสูงกว่าที่ปลูกในอุณหภูมิ 21.1-26.7 องศาเซลเซียส หรือ 10.0-15.0 องศาเซลเซียส และ 4.4-10.0 องศาเซลเซียส เมื่ออุณหภูมิสูงหัวจะสั้น และในอุณหภูมิต่ำหัวจะยาวและเรียวเล็ก

สีของหัวเกิดจาก Beta Carrotene อุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับสร้างเม็ดสีเหลืองอยู่ระหว่าง 15-20 องศาเซลเซียส และมีการถ่ายเทอากาศในดินดี ช่วงแสงระหว่าง 9-14 ชั่วโมงต่อวัน สีของเนื้อจะไม่แตกต่างกันแต่ในช่วงแสง 7 ชั่วโมงต่อวันสีจะซีด

แครอทมักจะเจริญได้ดีในเขตหนาว แต่ในเขตร้อน เช่น คอสตาริกา พื้นที่ปลูกจะอยู่เหนือระดับน้ำทะเล 1,000 ถึง 3,000 เมตร ในที่สูง 2,000 เมตร ของกัวเตมาลา และฟิลิปปินส์สามารถปลูกได้ตลอดปี

พันธุ์และลักษณะประจำพันธุ์

Baby Carrot หรือ Finger หรือ Lady Finger มีหัวขนาดเล็กเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 12.7 มิลลิเมตร ยาว 10 เซนติเมตร นิยมใช้สำหรับบริโภคสด และแปรรูป ใช้สายพันธุ์ Amsterdam Types เช่น พันธุ์ Amca, Amstel, Colora, Caropak Grace,Indu, Minicore, Verona, Babette และ Mini Express

สภาพดินและการเตรียมดิน

แครอทเจริญได้ดีในดินที่ร่วนซุย หน้าดินลึก มีอินทรียวัตถุสูง ระบายน้ำได้ดีและค่อนข้างเป็นกรด pH 6.5-7.0

การปลูกในดินเหนียว พืชสร้างใบมาก หัวมีรูปทรงผิดปกติ แตกมาก เนื่องจากรากเจริญลึกลงไปในดินและใช้บริโภค ควรเตรียมดินให้ลึก โดยไถดินลึกอย่างน้อย 30 เซนติเมตร เพื่อช่วยในการระบายน้ำและเพิ่มการถ่ายเทอากาศในดิน ถ้าหากโครงสร้างของดินแข็ง มีหินหรือก้อนดินแข็งหรือเศษพืช ในระดับดินชั้นล่างจะทำให้หัวมีรูปทรงที่ผิดปกติ ในกรณีที่ดินชั้นล่างเป็นดินเหนียวหัวจะชะงัก การเจริญเติบโตในแปลงปลูกที่มีความชื้นสูง หัวจะมีแผลสีดำเน่า

เมล็ดพันธุ์แครอทเป็นเมล็ดขนาดเล็ก มีความสามารถในการดูดน้ำต่ำ ต้นอ่อนจะเจริญช้า ดังนั้นควรเตรียมดินให้ละเอียดและเกลี่ยหน้าแปลงให้เรียบสม่ำเสมอ

การปลูก

แครอทปลูกโดยวิธีหยอดเมล็ดในแปลงปลูกโดยตรง เมล็ดในเขตหนาวจะมีระยะพักตัวสองเดือนหลังเก็บเกี่ยว เมล็ดพันธุ์ขนาดใหญ่มีอาหารสำรองมากทำให้ต้นขนาดใหญ่สมบูรณ์กว่าเมล็ดขนาดเล็ก การใช้เมล็ดเคลือบ (Coating/Pelletized) ช่วยลดปริมาณเมล็ดที่ใช้ ลดค่าแรงงานที่ใช้ในการถอนแยก นอกจากนี้อาจจะทำให้กระทบกระเทือนต่อระบบราก และสามารถจัดระยะได้ดี ปัจจัยสำคัญที่มีอิทธิพลต่อความสม่ำเสมอและคุณภาพของหัวคือระยะห่างระหว่างต้น ดังนั้นควรถอนจัดระยะห่างให้เหมาะสมสำหรับแต่ละพันธุ์ เมล็ดโดยทั่วไปจะงอกและเดิบโตช้าไม่สม่ำเสมอ ทำให้ต้นต่อนข้างอ่อนแอ ดังนั้นควรเตรียมดินให้ดีหยอดเมล็ดลึก 1-2 เซนติเมตร เนื่องจากมีเมล็ดขนาดเล็ก ต้นอ่อนไม่สามารถเจริญขึ้นมาได้ในที่มีหน้าดินแข็ง ในสภาพแปลงปลูกที่อุณหภูมิสูง การให้น้ำรักษาหน้าดินให้มีความชุ่มชื้นสม่ำเสมอจะช่วยลดอุณหภูมิดินและต้นอ่อนจะสามารถเจริญเดิบโตได้ดี ในกรณีที่เมล็ดงอกช้าเนื่องจากการหยอดเมล็ดลึกหรือขาดน้ำ อาจจะทำให้อาหารสำรองในเมล็ดหมดก่อนที่รากเจริญ ต้นจะอ่อนแอชะงักการเจริญเติบโต จึงง่ายต่อการทำลายของโรคในดิน (ดนัย,2543)

การผลิดนั้นจะให้ผลผลิตที่สม่ำเสมอเมื่อปลูกในฤดูร้อน สำหรับส่วนผลผลิตที่ได้ในฤดูฝนจะต่อนข้างแปรปรวน หากฝนชุกมากเกินไป หัวที่ลงใหม่นั้นจะแตกปริ ซึ่งทำให้เป็นการเปิดโอกาสให้เชื้อราเข้าทำลายได้ โดยทั่วไประดับผลผลิตจะขึ้นอยู่กับการจัดการพืชควรเอาใจใส่เป็นพิเศษต่อการเตรียมเมล็ดปลูก และการถอนแยก (นิรนาม, 2532)

เมล็ดแครอทต้องการความชื้น 70-80 เปอร์เซ็นต์ สำหรับการงอก ดังนั้นหน้าดินจะต้องมีความชุ่มชื้นสม่ำเสมอแต่ไม่ควรให้มีน้ำขัง อุณหภูมิในดินต่ำทำให้เมล็ดงอกช้า และถ้าหากหน้าแปลงแห้งเมล็ดมีความงอกต่ำ ความงอกของเมล็ดโดยทั่วไป 40-60 เปอร์เซ็นต์ หรือเฉลี่ยประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์ เบบี้แครอทใช้ระยะห่างระหว่างต้น 1×1 เซนติเมตร ในยุโรปจะใช้เมล็ดพันธุ์ของแครอท 1,200 เมล็ดต่อตารางเมตร ระยะห่างระหว่างแถว 12 เซนติเมตร

การดูแลรักษา

ชนิดและอัตราปุ๋ยที่ใช้ จะแตกต่างกันขึ้นอยู่กับสภาพและความอุดมสมบูรณ์ของดินฤดูปลูก โดยทั่วไปเนื่องจากเป็นพืชที่นำ รากมาใช้ประโยชน์สภาพดินที่ร่วนซุย มีหน้าดินลึก ต้องการปุ๋ยหมักหรือปุ๋ยคอกจำนวนมาก เพื่อเพิ่มความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน เพิ่มความอุดมสมบูรณ์และเพิ่มช่องว่างในดิน ซึ่งจำ เป็นสำ หรับการเจริญของราก แต่ควรใช้ปุ๋ยคอกที่พุพังแล้ว และมีไนโตรเจนต่ำปุ๋ยคอกใหม่ และมีไนโตรเจนสูง กระตุ้นให้รากเจริญผิดปกติ ไม่สามารถขายได้

การใส่ปุ๋ยแบบหว่านทั่วแปลงและคลุกเข้ากับดินก่อนหยอดเมล็ด จะให้ผลดีกว่าการใส่รองก้นหลุม หรือใส่ด้านข้าง การให้ปุ๋ยไนโตรเจนในระยะที่มีความชื้นสูงจะช่วยเพิ่มผลผลิตได้ และปุ๋ยในไนโตรเจนรูปแอมโมเนียม จะให้ผลดีที่สุด การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนมากเกินไป จะทำ ให้รากแขนง และรากฝอยเจริญมากเกินไป ดังนั้นไม่ควรใช้ปุ๋ยคอกที่มีไนโตรเจนสูง

แครอทต้องการปุ๋ยไนโตรเจน 3-7 กิโลกรัมต่อไร่ ฟอสฟอรัส 3-5 กิโลกรัม และโพแทสเซียม 0-4กิโลกรัมต่อไร่การใช้สูตร 13-13-21 อัตรา 80-100 กิโลกรัมต่อไร่ หว่านก่อนหยอดเมล็ดใช้ 15-0-0 ใส่หลังปลูก 10-20 กิโลกรัม/ไร่ การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนมากเกินไปจะทำ ให้พืชสร้างใบมาก และการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนก่อนปลูกมากเกินไปจะทำ ให้เมล็ดมีความงอกต่ำ

การเพิ่มซัลเฟอร์ ควรเพิ่มในรูปของ ซัลเฟต ซึ่งพืชสามารถจะนำไปใช้ประโยชน์ได้ การใช้ในรูปของแอมโมเนียมซัลเฟตจะเพิ่มความเป็นกรดในดิน

แมกนีเซียม อาจจะเพิ่มในรูปของโตโลไมท์ ซึ่งสามารถลดความเป็นกรดของดิน ควรใส่ก่อนหว่านเมล็ดอย่างน้อย 1 เดือน

การใส่โบรอนในอัตราที่สูงจะเป็นอันตรายต่อแครอทมาก จึงควรหว่านให้กระจายและสม่ำเสมอ

การขาดธาตุรองเช่น ทองแดง แมกนีเซียม และโบรอน จะทำให้ผลผลิตมีคุณภาพต่ำ เช่น การขาดทองแดงจะทำให้สีซีด ควรฉีดพ่นด้วยปุ๋ยที่มีธาตุรองหลังจากเมล็ดงอก

เนื่องจากการงอก และเจริญเป็นต้นกล้านั้นค่อนข้างจะช้า ดังนั้นการควบคุมวัชพืชในแปลงปลูกจึงเป็นสิ่งจำเป็นมาก และการกำจัดวัชพืชในแปลงแครอทค่อนข้างยุ่งยาก เนื่องจากจะกระทบกระเทือนต่อระบบรากได้ง่าย ดังนั้นควรเตรียมดินให้ดี ใช้วัสดุคลุมแปลง เพื่อควบคุมวัชพืช รักษาความชื้น และควบคุมอุณหภูมิดิน

ระยะที่แครอทต้องการน้ำมากคือ

1. ระยะที่หยอดเมล็ดหรือก่อนเมล็ดงอก

2. ระยะที่เริ่มลงหัว (เส้นผ่าศูนย์กลาง 5-7 มิลลิเมตร) เนื่องจากหลังจากระยะนี้หัวจะเจริญและขยายตัวอย่างรวดเร็ว

3. ระยะที่หัวเจริญ อัตราการเจริญของหัวแครอทจะมีสูงในครึ่งหลังของฤดูปลูก เป็นระยะที่พืชต้องการน้ำมาก แต่อย่าให้น้ำขังซึ่งจะเป็นสาเหตุให้รากขาดออกซิเจน ชะงักการเจริญเน่า รูปทรงผิดปกติ

4. ระยะเก็บเกี่ยว ควรรักษาความชื้นในระดับ 50 เปอร์เซ็นต์ของความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน เพื่อป้องกันการแตกของหัว

การเก็บเกี่ยว

แครอทหัวเล็ก (เบบี้แครอท) สามารถเก็บเกี่ยวหลังจากหยอดเมล็ด 50-60 วัน แต่ถ้าหากปล่อยไว้ในแปลงก็จะเจริญต่อไปได้ แครอทหัวใหญ่สามารถเก็บเกี่ยวได้หลังจากหยอดเมล็ด 70-120 วัน ขึ้นอยู่กับสายพันธุ์และสภาพอากาศ หรือทำการเก็บเกี่ยวเมื่อหัวมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2.5 เซนติเมตร ขึ้นไป หลังจากเก็บเกี่ยวควรตัดยอดออก เนื่องจากยอดจะมีอัตราการคายน้ำสูง และอาหารจากรากจะถูกลำเลียงไปเลี้ยงใบทำให้หัวแครอทเสื่อมคุณภาพเร็ว คุณภาพของแครอทจะอยู่ที่ความกรอบ รสหวาน และสีสด หลังจากนั้นควรนำมาทำความสะอาด คัดหัวที่มีตำหนิจากโรคแมลงออก ผลผลิตประมาณ 3,000-7,000 กิโลกรัมต่อไร่

ขบวนการหลังการเก็บเกี่ยว เบบี้แครอท (Baby Carrot)

1. เก็บเกี่ยวโดยการขุดถอน เมื่ออายุ และขนาดเหมาะสมต่อการนำ ไปบริโภค
2. ตัดแต่งให้เหลือก้านใบยาว 3 เซนติเมตร
3. ล้างหัวให้สะอาดด้วยน้ำแล้วผึ่งให้แห้ง
4. จัดมาตรฐาน และคัดหัวที่มีตำหนิหรือรูปร่างผิดปกติทิ้ง
5. บรรจุในถุงพลาสติกเจาะรู 500 กรัม/ถุง แล้วบรรจุในกระบะพลาสติก
6. ขนส่งโดยรถห้องเย็นหรือรถบรรทุกธรรมดา

มาตรฐานเกรด 1

1. ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1-1.5 เซนติเมตร ความยาว 10-12 เซนติเมตร
2. สดไม่มีตำหนิที่เกิดจากโรค แมลง ไส้เดือนฝอย รอยแตกหรือรอยช้ำ เนื่องจากการเก็บเกี่ยว และการขนส่ง
3. รูปร่างและสีตรงตามพันธุ์ ผิวเรียบ ไม่แตกแขนง หรือคดงอ

มาตรฐานเกรด 2

1. ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1-2 เซนติเมตร ความยาว 10-13 เซนติเมตร
2. สดไม่มีตำหนิที่เกิดจากโรค แมลง ไส้เดือนฝอย รอยแตกหรือรอยช้ำ เนื่องจากการเก็บเกี่ยว และ การขนส่ง
3. รูปร่าง และสีตรงตามพันธุ์ ผิวเรียบ ไม่แตกแขนง หรือคดงอ

เกรด U

ไม่เข้าหลักเกณฑ์ ตามเกรด 1 และเกรด 2

การเตรียมสู่ตลาด

1. ตัดแต่งก้านใบและปลายรากออก
2. บรรจุในถุงพลาสติกเจาะรู

การเก็บรักษา

ควรทำความสะอาดใช้น้ำทำความสะอาด ควรใช้พัดลมความเร็ว 14-20 ฟุตต่อนาที เป่าให้แห้ง คัดเลือกหัวที่มีคุณภาพดีไม่มีรอยตำหนิหรือแผลที่เกิดจากโรค แมลง และการขนส่งทำการกำจัดความร้อนแฝงโดยใช้อุณหภูมิ 4.4 องศาเซลเซียส เก็บรักษาในอุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 98 เปอร์เซ็นต์ จะสามารถเก็บรักษาได้ 6-9 เดือนหรือนานกว่า

การเก็บรักษาในอุณหภูมิ 0.6-1.1 องศาเซลเซียส สามารถลดอัตราการงอกและการเน่าเสียได้ ในอุณหภูมิ 4.4-10.0 องศาเซลเซียส สามารถเก็บรักษาได้ 1-3 เดือน

การตัดยอดและทำความสะอาดโดยใช้น้ำจะทำให้สูญเสียน้ำหนัก และมีอัตราการเน่าของหัวสูง โดยจะมีอัตราการเน่า 10-20 เปอร์เซ็นต์ หลังจากเก็บรักษา 7 เดือน ดังนั้นการเก็บรักษาในเชิงการค้าจะเก็บรักษา 5-6 เดือนหัวแครอทหลังการเก็บเกี่ยวจะมีการคายน้ำสูง เหี่ยวเร็ว ควรรักษาความชื้นสัมพัทธ์ให้อยู่ในระดับ 98-100 เปอร์เซ็นต์การตัดยอดจะทำให้สูญเสียน้ำหนัก 15-20 เปอร์เซ็นต์ ห้องเก็บรักษาควรมีการหมุนเวียนของอากาศได้ดี เพื่อลดอุณหภูมิในภาชนะบรรจุ ซึ่งเกิดจากการหายใจของหัว ใช้ความเร็วของลม 14-20 ฟุตต่อนาที แครอทที่เก็บรักษาอาจจะมีรสขม เนื่องจากมีปริมาณเอทธีลีนสูง ดังนั้นไม่ควรเก็บรักษาร่วมกับพืชที่มีอัตราการสร้างเอทธีลีนสูง หรือส่วนของพืชที่เน่าเสีย การเก็บรักษาในภาชนะที่สามารถควบคุมสภาพแวดล้อมได้ยังไม่ประสบผลสำเร็จ เนื่องจากเกิดการเจริญของเชื้อราและอัตราการเน่าเสียสูงกว่า การเก็บรักษาในอุณหภูมิต่ำ (คนัย, 2543)

บทที่ 3
วิธีการวิจัย

ในการวิจัยระบบการปลูกพืชไร้ดินแบบอินทรีย์ (Organic Hydroponic) ได้แบ่งการทดลองออกเป็น 3 การทดลอง ดังนี้คือ

การทดลองที่ 1 การศึกษาวิธีการปลูกคะน้าแบบไฮโดรโพนิคส์แบบอินทรีย์ ในระบบน้ำขึ้นน้ำลง (DRF) ด้วยวิธีการจัดการปุ๋ยอินทรีย์ที่แตกต่างกัน

วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design : CRD ทำการทดลองที่มหาวิทยาลัยแม่โจ้ มี 7 ตำรับทดลอง ดังนี้

ตำรับทดลองที่ 1	ปลูกในสารละลายเคมี	: Control
ตำรับทดลองที่ 2	สารละลายอินทรีย์	: OM
ตำรับทดลองที่ 3	สารละลายอินทรีย์ ปรับค่า pH	: OM+pH
ตำรับทดลองที่ 4	สารละลายอินทรีย์ + ไตรโคเดอร์มา	: OM+Tri
ตำรับทดลองที่ 5	สารละลายอินทรีย์ + ไตรโคเดอร์มา ปรับค่า pH	: OM+Tri+pH
ตำรับทดลองที่ 6	สารละลายอินทรีย์ + H_2O_2	: OM+H_2O_2
ตำรับทดลองที่ 7	สารละลายอินทรีย์ + H_2O_2 ปรับค่า pH	: OM+H_2O_2+pH

หมายเหตุ H_2O_2 ใส่ให้มีความเข้มข้น 0.5 % ของ
สารละลายอินทรีย์ คือปุ๋ยอินทรีย์ที่ผ่านการเป่าออกซิเจนเป็นเวลา 5 วันแล้วกรองเอากากตะกอนออกจากนั้นเจือจางด้วยน้ำ 1 : 50

อุปกรณ์และเครื่องมือ

1. กะละมัง
2. สายออกซิเจน
3. ข้อต่อสี่ทางของสายออกซิเจน
4. หัวทราย
5. ปั๊มออกซิเจน
6. โฟมหนา 1 นิ้ว

7. ฟองน้ำเพาะเมล็ด
8. เมล็ดพันธุ์ตะน้า
9. ถาดสำหรับใส่ฟองน้ำเพาะเมล็ด
10. ปุ๋ยอินทรีย์น้ำ
11. ปลั๊กไฟ
12. เครื่องควบคุมเวลาการทำงานไฟฟ้า (Timer)
13. ไตรโคเดอร์มา
14. ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2)

วิธีการทดลอง

1. เตรียมระบบกะละมังในการปลูก นำโฟมความหนา 1 นิ้วมาตัดให้สามารถใส่ลงไปในกะละมังได้พอดี เจาะรูที่แผ่นโฟม โดยให้มีความห่างต่อช่องที่ 20 เซนติเมตร โดยแต่ละช่องมีขนาด 1 คูณ 1 นิ้ว

2. นำสายออกซิเจนต่อเข้ากับข้อต่อสี่ทางปลายด้านหนึ่งต่อเข้ากับปั๊มออกซิเจน ปลายส่วนที่เหลือต่อเข้ากับหัวทราย นำหัวทรายจุ่มลงไปในกะละมัง

3. ทำการเพาะเมล็ดโดยเพาะเมล็ดพันธุ์ผักบนแผ่นฟองน้ำที่ตัดเป็นตารางที่หมากรุกขนาด 1 ตารางนิ้ว โดยไม่ให้ขาดออกจากกัน กรีดตรงกลางช่อง เพื่อใช้ฝังเมล็ด ลึก 1/2 นิ้ว นำไปวางบนถาด และเติมน้ำลงไปอย่าให้ท่วมถึงเมล็ด นำไปบ่มไว้ในที่มืด เมื่อเมล็ดเริ่มงอกให้นำออกมาโดนแดดเพื่อป้องกันการยืดตัวเมื่อต้นกล้าอายุ 7 วันจึงย้ายปลูกในระบบอนุบาลโดยในตำรับการทดลองที่ 1 เลี้ยงในสารละลายเคมีที่มีค่า EC = 1.3 ตำรับการทดลองที่ 2 ถึง 7 เลี้ยงในสารละลายอินทรีย์ที่ผ่านการเป่าออกซิเจนแล้ว 1 ต่อน้ำ 100 เลี้ยงต่ออีก 1 สัปดาห์ จึงย้ายปลูกได้ โดยฉีกฟองน้ำทีละช่อง สอดใส่รูของโฟมที่เจาะไว้ให้รากจุ่มในสารละลาย

4. ตั้งเวลาในการให้ออกซิเจนโดยใช้ Timer ให้มีระยะเวลาเปิด 15 นาที และปิด 15 นาที

5. ใส่สารละลายอินทรีย์ และ สารละลายเคมีตามแผนการทดลองโดยใส่ให้สารละลายแตะกับแผ่นโฟม

5. เมื่อลงระบบปลูกได้ 2 สัปดาห์ให้ลดระดับน้ำลงให้สารละลายภายในกะละมังเหลือเพียง 4 เซนติเมตรซึ่งจะทำให้มีรากส่วนหนึ่งลอยอยู่ในอากาศ และอีกส่วนหนึ่งจมอยู่ในสารละลาย

6. การบันทึกข้อมูล เก็บข้อมูลการเจริญเติบโตได้แก่ ความกว้างใบ, ความยาวใบ, ความสูงต้น, ความยาวราก, น้ำหนักก่อนและหลังดัดแต่งต่อต้น (กรัม) รวมทั้งอาการขาดธาตุอาหารพืช หรือโรคแมลงที่พบในระหว่างการทดลอง

7. การวิเคราะห์ข้อมูล นำผลการทดลองที่ได้ไปวิเคราะห์ผลทางสถิติเพื่อการจัดการที่เหมาะสมในการผลิตคะน้ามากที่สุด

การทดลองที่ 2 ศึกษาเปรียบเทียบชนิดวัสดุปลูก และการจัดการที่เหมาะสมต่อการปลูกผักกาดหอมห่อแบบอินทรีย์

โดยวางแผนการทดลองแบบ 8 x 4 Factorial in Completely Randomized Design: 8 x 4 Factorial in CRD มีปัจจัยในการทดลองสองปัจจัยโดยปัจจัยที่ 1 คือวัสดุปลูก 8 ชนิด และปัจจัยที่ 2 คือวิธีการจัดการ 4 แบบ ทำการทดลองในพื้นที่ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองหอย

ปัจจัย A

A 1	แกลบดิบ	+ ขี้เถ้าแกลบ	4 : 6			: Rh
A 2	มะพร้าวสับ	+ ขุยมะพร้าว	4 : 6			: Ch
A 3	กากเพาะเห็ด	+ แกลบดิบ	4 : 6			: Rh+Mr
A 4	กากเพาะเห็ด	+ มะพร้าวสับ	4 : 6			: Ch+Mr
A 5	แกลบดิบ	+ ขี้เถ้าแกลบ	+ มูลวัว	+ ดินอินทรีย์	4 : 6 : 2 : 2	: Rh+Pc+So
A 6	มะพร้าวสับ	+ ขุยมะพร้าว	+ มูลวัว	+ ดินอินทรีย์	4 : 6 : 2 : 2	: Ch+Pc+So
A 7	กากเพาะเห็ด	+ แกลบดิบ	+ มูลวัว	+ ดินอินทรีย์	4 : 6 : 2 : 2	: Rh+Mr+Pc+So
A 8	กากเพาะเห็ด	+ มะพร้าวสับ	+ มูลวัว	+ ดินอินทรีย์	4 : 6 : 2 : 2	: Ch+Mr+Pc+So

ปัจจัย B

B 1	น้ำ	: Control
B 2	สารละลายอินทรีย์	: OF
B 3	สารละลายอินทรีย์ + ไตรโคเดอร์มา	: OF+Tri
B 4	สารละลายอินทรีย์ + H_2O_2	: OF+H_2O_2

หมายเหตุ ไตรโคเดอร์มาโรยใส่วัสดุปลูกต้นละ 1 กรัม อาทิตย์ละครั้ง

H_2O_2 ใส่ให้มีความเข้มข้น 0.5 % ของ สารละลายอินทรีย์

สารละลายอินทรีย์ คือปุ๋ยอินทรีย์เจือจางด้วยน้ำ 1 : 100

อุปกรณ์และเครื่องมือ

1. เมล็ดพันธุ์ผักกาดหอมห่อ
2. ปุ๋ยอินทรีย์น้ำ
3. ปลั๊กไฟ
4. เครื่องควบคุมเวลาการทำงานไฟฟ้า (Timer)
5. กระถางขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 เซนติเมตร
6. ปั๊มน้ำขนาด AP 3000
7. ท่อ PE ขนาด 20 มิลลิเมตร
8. สายไมโครขนาด 4.5 มิลลิเมตร
9. หัวน้ำหยด (ให้น้ำ 1 ลิตรใน 1 ชั่วโมง)
10. ตัวกรองขนาด 4 หุน
11. วาล์วปิดเปิดน้ำ PE ขนาด 20 มิลลิเมตร
12. ไตรโคเดอร์มา
13. ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2)
14. ถาดเพาะกล้า
15. วัสดุเพาะกล้าอินทรีย์
16. กากมะพร้าวสับ
17. ขุยมะพร้าว
18. แกลบดิบ
19. ขี้เถ้าแกลบ
20. กากเพาะเห็ด
21. มูลวัว
22. ดินอินทรีย์

วิธีการทดลอง

1. เริ่มการต่อระบบโดยนำปั๊มน้ำต่อเข้ากับท่อ PE แล้วต่อกับตัวกรองน้ำเพื่อป้องกันการอุดตันของหัวน้ำหยด จากนั้นเดินสายน้ำให้ครบทุกแถว

2. เตรียมวัสดุปลูกทุกชนิดโดยมีอัตราส่วนการผสม ตามปัจจัย A แล้วนำมาใส่ในกระถางที่เตรียมไว้ แล้วจัดเรียงตามแผนผังการทดลองโดยในแต่ละการทดลองจะมีทั้งหมด 3 ซ้ำ ซ้ำละ 3 ต้น

3. เริ่มเพาะเมล็ดเมื่อวันที่ 24 มกราคม 2554 โดยทำการเพาะเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอมห่อในวัสดุเพาะกล้าที่อยู่ในถาดเพาะรดน้ำให้ชุ่ม เมื่อเมล็ดเริ่มงอก ให้นำออกมาโดนแดดเพื่อป้องกันการยืดตัวเมื่อต้นกล้าอายุ 20 วันในวันที่ 13 กุมภาพันธ์ 2554 จึงย้ายปลูก โดยค่อยๆ นำกล้าออกจากถาดปลูกพร้อมๆ กับวัสดุเพาะกล้าจากนั้นย้ายปลูกในวัสดุปลูกที่จัดเตรียมไว้

4. ให้ปุ๋ยน้ำหมักปลาเข้มข้นผสมกับน้ำอัตราส่วน 1 ต่อ 100 ควบคู่กับการจัดการตามปัจจัยB ซึ่งการใส่ปุ๋ยจะให้แบบวันเว้นวัน โดยในวันแรกใส่ปุ๋ย และวันที่สองใส่น้ำ ทำเช่นนี้วนไปจนจบการทดลอง

5. การบันทึกข้อมูล เก็บข้อมูลการเจริญเติบโตได้แก่ ความสูงต่อต้น (ซม.), ความกว้างใบ (ซม.) และความยาวใบ (ซม.), ข้อมูลด้านผลผลิต ได้แก่ การห่อหัวของผักกาดหอมห่อ (ซม.), น้ำหนักก่อนตัดแต่ง (กรัม) และน้ำหนักหลังตัดแต่ง (กรัม)

6. การวิเคราะห์ข้อมูล นำผลการทดลองที่ได้ไปวิเคราะห์ผลทางสถิติเพื่อหาวัสดุปลูก และการจัดการที่เหมาะสมในการผลิตมากที่สุด

การทดลองที่ 3 ศึกษาเปรียบเทียบชนิดวัสดุปลูก และการจัดการที่เหมาะสมต่อการปลูกเบบี้แครอทแบบอินทรีย์

โดยวางแผนการทดลองแบบ 8 x 4 Factorial in Completely Randomized Design: 8 x 4 Factorial in CRD มีปัจจัยในการทดลองสองปัจจัยโดยปัจจัยที่ 1 คือวัสดุปลูก 8 ชนิด และปัจจัยที่ 2 คือวิธีการจัดการ 4 แบบ ทำการทดลองในพื้นที่ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองหอย

ปัจจัย A

A 1	แกลบดิบ	+ ขี้เถ้าแกลบ	4 : 6			: Rh
A 2	มะพร้าวสับ	+ ขุยมะพร้าว	4 : 6			: Ch
A 3	กากเพาะเห็ด	+ แกลบดิบ	4 : 6			: Rh+Mr
A 4	กากเพาะเห็ด	+ มะพร้าวสับ	4 : 6			: Ch+Mr
A 5	แกลบดิบ	+ ขี้เถ้าแกลบ	+ มูลวัว	+ ดินอินทรีย์	4 : 6 : 2 : 2	: Rh+Pc+So
A 6	มะพร้าวสับ	+ ขุยมะพร้าว	+ มูลวัว	+ ดินอินทรีย์	4 : 6 : 2 : 2	: Ch+Pc+So

A 7 กากเพาะเห็ด + แกลบดิบ + มูลวัว + ดินอินทรีย์ 4 : 6 : 2 : 2 : Rh+Mr+Pc+So

A 8 กากเพาะเห็ด + มะพร้าวสับ + มูลวัว + ดินอินทรีย์ 4 : 6 : 2 : 2 : Ch+Mr+Pc+So

ปัจจัย B

B 1 น้ำ : Control

B 2 สารละลายอินทรีย์ : OF

B 3 สารละลายอินทรีย์ + ไตรโคเดอร์มา : OF+Tri

B 4 สารละลายอินทรีย์ + H_2O_2 : OF+H_2O_2

หมายเหตุ ไตรโคเดอร์มาโรยใส่วัสดุปลูกต้นละ 1 กรัม อาทิตย์ละครั้ง

H_2O_2 ใส่ให้มีความเข้มข้น 0.5 % ของ สารละลายอินทรีย์

สารละลายอินทรีย์ คือปุ๋ยอินทรีย์เจือจางด้วยน้ำ 1 : 100

อุปกรณ์และเครื่องมือ

1. เมล็ดพันธุ์ เบบี้แครอท
2. ปุ๋ยอินทรีย์น้ำ
3. ปลั๊กไฟ
4. เครื่องควบคุมเวลาการทำงานไฟฟ้า (Timer)
5. กระถางขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 30 เซนติเมตร
6. ปั๊มน้ำขนาด AP 3000
7. ท่อ PE ขนาด 20 มิลลิเมตร
8. สายไมโครขนาด 4.5 มิลลิเมตร
9. หัวน้ำหยด (ให้น้ำ 1 ลิตรใน 1 ชั่วโมง)
10. ตัวกรองขนาด 4 หุน
11. วาล์วปิดเปิดน้ำ PE ขนาด 20 มิลลิเมตร
12. ไตรโคเดอร์มา
13. ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2)
14. น้ำหมักแคลเซียม
15. กากมะพร้าวสับ
16. ขุยมะพร้าว

17. แกลบดิบ

18. ขี้เถ้าแกลบ

19. กากเพาะเห็ด

20. มูลวัว

21. ดินอินทรีย์

วิธีการทดลอง

1. เริ่มการต่อระบบโดยนำปั๊มน้ำต่อเข้ากับท่อ PE แล้วต่อกับตัวกรองน้ำเพื่อป้องกันการอุดตันของหัวน้ำหยด จากนั้นเดินสายน้ำให้ครบทุกแถว

2. เตรียมวัสดุปลูกทุกชนิดโดยมีอัตราส่วนการผสม ตามปัจจัย A แล้วนำมาใส่ในกระถางที่เตรียมไว้ แล้วจัดเรียงตามแผนผังการทดลองโดยในแต่ละการทดลองจะมี 3 ซ้ำ ซ้ำละ 3 ต้น

3. เริ่มหว่านเมล็ดลงในวัสดุปลูกที่จัดเตรียมไว้ เมื่อวันที่ 9 กรกฎาคม 2554 เมื่อต้นกล้าอายุ 2 อาทิตย์ในวันที่ 23 กรกฎาคม 2554 จึงถอนต้นกล้าของเบบี้แครอทที่ไม่ต้องการออก ให้เหลือเพียง 3 ต้น

4. ให้ปุ๋ยน้ำหมักปลาเข้มข้นผสมกับน้ำอัตราส่วน 1 ต่อ 100 ควบคู่กับการจัดการตามปัจจัย B ซึ่งการใส่ปุ๋ยจะให้แบบวันเว้นวัน โดยในวันแรกใส่ปุ๋ย และวันที่สองใส่น้ำ ทำเช่นนี้วนไปจนจบการทดลอง

5. ในทุกๆ วันพุธจะมีการเพิ่มน้ำหมักแคลเซียมเจือจาง 100 เท่า ฉีดพ่นที่ใบของเบบี้แครอท และในทุกๆ วันศุกร์จะมีการเพิ่มจุลธาตุเจือจาง 100 เท่า ฉีดพ่นที่ใบของเบบี้แครอท

6. การบันทึกข้อมูล เก็บข้อมูลการเจริญเติบโตได้แก่ ความสูงต่อต้น (ซม.), ความกว้างใบ (ซม.) และความยาวใบ (ซม.), ข้อมูลด้านผลผลิต ได้แก่ ความกว้างหัวของเบบี้แครอท (ซม.), ความยาวหัวของเบบี้แครอท (ซม.), น้ำหนักก่อนตัดแต่ง (กรัม) และน้ำหนักหลังตัดแต่ง (กรัม)

7. การวิเคราะห์ข้อมูล นำผลการทดลองที่ได้ไปวิเคราะห์ผลทางสถิติเพื่อหาวัสดุปลูก และการจัดการที่เหมาะสมมากที่สุดในการผลิตเบบี้แครอทอินทรีย์

สถานที่ทดลองและระยะเวลาดำเนินการ

เวลา

เริ่มดำเนินการทดลอง	มกราคม 2554
สิ้นสุดการทดลอง	ตุลาคม 2554

สถานที่

1. ภาควิชาทรัพยากรดินและสิ่งแวดล้อม คณะผลิตกรรมการเกษตรมหาวิทยาลัยแม่โจ้
2. ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองหอย

มหาวิทยาลัยแม่โจ้ MAEJO UNIVERSITY

บทที่ 4
ผลการวิจัยและวิจารณ์

จากการวิจัยระบบการปลูกพืชไร้ดินแบบอินทรีย์ (Organic Hydroponic) โดยได้แบ่งทดลองออกเป็น 3 การทดลอง ซึ่งได้ผลการวิจัยดังนี้

ผลการทดลองที่ 1 การศึกษาวิธีการปลูกคะน้าแบบไฮโดรโพนิคส์แบบอินทรีย์ ในระบบน้ำขึ้น น้ำลง (DRF) ด้วยวิธีการจัดการปุ๋ยอินทรีย์ที่แตกต่างกัน

ความกว้างใบ

เมื่อย้ายปลูกคะน้าวัดความกว้างใบครั้งที่ 1 พบว่าความกว้างใบของคะน้าในตำรับทดลองที่ 4 ให้ความกว้างใบเฉลี่ยสูงที่สุด คือ 1.67 เซนติเมตร รองลงมาคือคะน้าในตำรับทดลองที่ 6, 5, 2, 3 และ 7 ให้ความกว้างใบเฉลี่ย คือ 1.57, 1.54, 1.40, 1.39 และ 1.36 เซนติเมตร ตามลำดับ ส่วนคะน้าในตำรับทดลองที่ 1 ให้ความกว้างใบเฉลี่ยต่ำที่สุดเท่ากับ 1.19 เซนติเมตร (ตาราง 2 ภาพ 2)

เมื่อย้ายปลูกคะน้าได้ 1 สัปดาห์ วัดความกว้างใบครั้งที่ 2 พบว่าความกว้างใบของคะน้าในตำรับทดลองที่ 7 ให้ความกว้างใบเฉลี่ยสูงที่สุด คือ 2.30 เซนติเมตร รองลงมาคือคะน้าในตำรับทดลองที่ 1, 6, 5, 4 และ 3 ให้ความกว้างใบเฉลี่ย คือ 2.27, 2.23, 2.03, 1.91 และ 1.89 เซนติเมตร ตามลำดับ ส่วนคะน้าในตำรับทดลองที่ 2 ให้ความกว้างใบเฉลี่ยต่ำที่สุดเท่ากับ 1.65 เซนติเมตร (ตาราง 2 ภาพ 2)

เมื่อย้ายปลูกคะน้าได้ 2 สัปดาห์ วัดความกว้างใบครั้งที่ 3 พบว่าความกว้างใบของคะน้าในตำรับทดลองที่ 1 ให้ความกว้างใบเฉลี่ยสูงที่สุด คือ 5.07 เซนติเมตร รองลงมาคือคะน้าในตำรับทดลองที่ 5, 2, 6, 7 และ 3 ให้ความกว้างใบเฉลี่ย คือ 3.02, 2.96, 2.90, 2.90, และ 2.62 เซนติเมตร ตามลำดับ ส่วนคะน้าในตำรับทดลองที่ 4 ให้ความกว้างใบเฉลี่ยต่ำที่สุดเท่ากับ 2.50 เซนติเมตร (ตาราง 2 ภาพ 2)

เมื่อย้ายปลูกคะน้าได้ 3 สัปดาห์ วัดความกว้างใบครั้งที่ 4 พบว่าความกว้างใบของคะน้าในตำรับทดลองที่ 1 ให้ความกว้างใบเฉลี่ยสูงที่สุด คือ 8.01 เซนติเมตร รองลงมาคือคะน้าในตำรับทดลองที่ 2, 4, 7, 5 และ 3 ให้ความกว้างใบเฉลี่ย คือ 7.17, 5.61, 5.40, 4.57 และ 4.35

เซนติเมตร ตามลำดับ ส่วนคะน้าในตำรับทดลองที่ 6 ให้ความกว้างใบเฉลี่ยต่ำที่สุดเท่ากับ 3.45 เซนติเมตร (ตาราง 2 ภาพ 2)

เมื่อย้ายปลูกคะน้าได้ 4 สัปดาห์ วัดความกว้างใบครั้งที่ 5 พบว่าความกว้างใบของคะน้าในตำรับทดลองที่ 1 ให้ความกว้างใบเฉลี่ยสูงที่สุด คือ 10.67 เซนติเมตร รองลงมาคือคะน้าในตำรับทดลองที่ 2, 3, 5, 7 และ 6 ให้ความกว้างใบเฉลี่ย คือ 8.02, 6.78, 6.71, 6.70 และ 4.81 เซนติเมตร ตามลำดับ ส่วนคะน้าในตำรับทดลองที่ 4 ให้ความกว้างใบเฉลี่ยต่ำที่สุดเท่ากับ 4.68 เซนติเมตร (ตาราง 2 ภาพ 2)

เมื่อย้ายปลูกคะน้าได้ 5 สัปดาห์ วัดความกว้างใบครั้งที่ 6 พบว่าความกว้างใบของคะน้าในตำรับทดลองที่ 1 ให้ความกว้างใบเฉลี่ยสูงที่สุด คือ 12.25 เซนติเมตร รองลงมาคือคะน้าในตำรับทดลองที่ 2, 5, 3, 4 และ 6 ให้ความกว้างใบเฉลี่ย คือ 10.51, 7.94, 7.10, 5.92 และ 5.52 เซนติเมตร ตามลำดับ ส่วนคะน้าในตำรับทดลองที่ 7 ให้ความกว้างใบเฉลี่ยต่ำที่สุดเท่ากับ 0.00 เซนติเมตร (ตาราง 2 ภาพ 2)

เมื่อย้ายปลูกคะน้าได้ 6 สัปดาห์ วัดความกว้างใบครั้งที่ 7 พบว่าความกว้างใบของคะน้าในตำรับทดลองที่ 1 ให้ความกว้างใบเฉลี่ยสูงที่สุด คือ 15.18 เซนติเมตร รองลงมาคือคะน้าในตำรับทดลองที่ 2, 5, 3, 4 และ 6 ให้ความกว้างใบเฉลี่ย คือ 11.75, 9.75, 7.86, 6.92 และ 4.88 เซนติเมตร ตามลำดับ ส่วนคะน้าในตำรับทดลองที่ 7 ให้ความกว้างใบเฉลี่ยต่ำที่สุดเท่ากับ 0.00 เซนติเมตร (ตาราง 2 ภาพ 2)

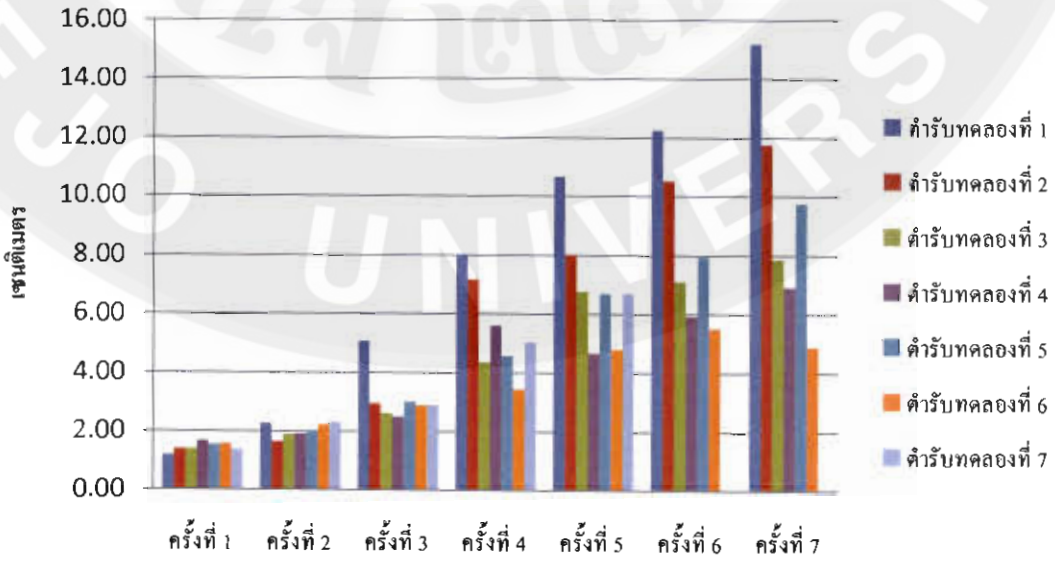
ตาราง 2 แสดงผลการเจริญเติบโตด้านความกว้างใบเฉลี่ยของคะน้าหลังการย้ายปลูก

	ความกว้างใบ (เซนติเมตร)						
	ครั้งที่ 1	**ครั้งที่ 2**	**ครั้งที่ 3**	**ครั้งที่ 4**	**ครั้งที่ 5**	**ครั้งที่ 6**	**ครั้งที่ 7**
ตำรับทดลองที่ 1	1.19 ^{b}	2.27 ^{a}	5.07 ^{a}	8.01 ^{a}	10.67 ^{a}	12.25 ^{a}	15.18 ^{a}
ตำรับทดลองที่ 2	1.40 ^{ab}	1.65 ^{b}	2.96 ^{b}	7.17 ^{ab}	8.02 ^{ab}	10.51 ^{a}	11.75 ^{b}
ตำรับทดลองที่ 3	1.39 ^{ab}	1.89 ^{ab}	2.62 ^{b}	4.35 ^{ab}	6.78 ^{bc}	7.10 ^{bc}	7.86 ^{cd}
ตำรับทดลองที่ 4	1.67 ^{a}	1.91 ^{ab}	2.50 ^{b}	5.61 ^{ab}	4.68 ^{c}	5.92 ^{bc}	6.92 ^{cd}
ตำรับทดลองที่ 5	1.54 ^{ab}	2.03 ^{ab}	3.02 ^{b}	4.57 ^{ab}	6.71 ^{bc}	7.94 ^{b}	9.75 ^{bc}
ตำรับทดลองที่ 6	1.57 ^{ab}	2.23 ^{ab}	2.90 ^{b}	3.45 ^{b}	4.81 ^{c}	5.52 ^{c}	4.88 ^{d}
ตำรับทดลองที่ 7	1.37 ^{ab}	2.30 ^{a}	2.90 ^{b}	5.04 ^{ab}	6.70 ^{bc}	0.00 ^{d}	0.00 ^{e}
C.V. (%)	16.19	10.64	17.36	35.26	16.40	11.40	14.64
F – test (A)	*	**	**	*	**	**	**

หมายเหตุ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT (Duncan Mulitiple Range Test)

* หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางที่สถิติความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

** หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางที่สถิติความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์



ภาพ 2 แสดงความกว้างใบเฉลี่ยของคะน้าหลังการย้ายปลูก

ความยาวใบ

เมื่อย้ายปลูกคะน้าวัดความยาวใบครั้งที่ 1 พบว่าความยาวใบของคะน้าในตำรับทดลองที่ 4 ให้ความยาวใบเฉลี่ยสูงที่สุด คือ 1.86 เซนติเมตร รองลงมาคือคะน้าในตำรับทดลองที่ 6, 3, 7, 2 และ 5 ให้ความยาวใบเฉลี่ย คือ 2.61, 2.50, 2.44, 2.29 และ 2.23 เซนติเมตร ตามลำดับ ส่วนคะน้าในตำรับทดลองที่ 1 ให้ความยาวใบเฉลี่ยต่ำที่สุดเท่ากับ 1.86 เซนติเมตร (ตาราง 3 ภาพ 3)

เมื่อย้ายปลูกคะน้าได้ 1 สัปดาห์ วัดความยาวใบครั้งที่ 2 พบว่าความยาวใบของคะน้าในตำรับทดลองที่ 6 ให้ความยาวใบเฉลี่ยสูงที่สุด คือ 2.84 เซนติเมตร รองลงมาคือคะน้าในตำรับทดลองที่ 5, 3, 1, 2 และ 4 ให้ความยาวใบเฉลี่ย คือ 2.63, 2.57, 2.55, 2.53 และ 2.50 เซนติเมตร ตามลำดับ ส่วนคะน้าในตำรับทดลองที่ 7 ให้ความยาวใบเฉลี่ยต่ำที่สุดเท่ากับ 2.50 เซนติเมตร (ตาราง 3 ภาพ 3)

เมื่อย้ายปลูกคะน้าได้ 2 สัปดาห์ วัดความยาวใบครั้งที่ 3 พบว่าความยาวใบของคะน้าในตำรับทดลองที่ 1 ให้ความยาวใบเฉลี่ยสูงที่สุด คือ 5.83 เซนติเมตร รองลงมาคือคะน้าในตำรับทดลองที่ 5, 6, 2, 3 และ 7 ให้ความยาวใบเฉลี่ย คือ 3.80, 3.54, 3.52, 3.48 และ 3.12 เซนติเมตร ตามลำดับ ส่วนคะน้าในตำรับทดลองที่ 4 ให้ความยาวใบเฉลี่ยต่ำที่สุดเท่ากับ 3.05 เซนติเมตร (ตาราง 3 ภาพ 3)

เมื่อย้ายปลูกคะน้าได้ 3 สัปดาห์ วัดความยาวใบครั้งที่ 4 พบว่าความยาวใบของคะน้าในตำรับทดลองที่ 1 ให้ความยาวใบเฉลี่ยสูงที่สุด คือ 9.58 เซนติเมตร รองลงมาคือคะน้าในตำรับทดลองที่ 2, 5, 3, 6 และ 4 ให้ความยาวใบเฉลี่ย คือ 6.67, 5.62, 5.59, 4.41 และ 4.39 เซนติเมตร ตามลำดับ ส่วนคะน้าในตำรับทดลองที่ 7 ให้ความยาวใบเฉลี่ยต่ำที่สุดเท่ากับ 4.33 เซนติเมตร (ตาราง 3 ภาพ 3)

เมื่อย้ายปลูกคะน้าได้ 4 สัปดาห์ วัดความยาวใบครั้งที่ 5 พบว่าความยาวใบของคะน้าในตำรับทดลองที่ 1 ให้ความยาวใบเฉลี่ยสูงที่สุด คือ 13.69 เซนติเมตร รองลงมาคือคะน้าในตำรับทดลองที่ 2, 5, 3, 6 และ 4 ให้ความยาวใบเฉลี่ย คือ 10.18, 8.43, 8.30, 6.31 และ 5.98 เซนติเมตร ตามลำดับ ส่วนคะน้าในตำรับทดลองที่ 7 ให้ความยาวใบเฉลี่ยต่ำที่สุดเท่ากับ 5.00 เซนติเมตร (ตาราง 3 ภาพ 3)

เมื่อย้ายปลูกคะน้าได้ 5 สัปดาห์ วัดความยาวใบครั้งที่ 6 พบว่าความยาวใบของคะน้าในตำรับทดลองที่ 4 ให้ความยาวใบเฉลี่ยสูงที่สุด คือ 16.43 เซนติเมตร รองลงมาคือคะน้าในตำรับทดลองที่ 2, 5, 3, 4 และ 6 ให้ความยาวใบเฉลี่ย คือ 14.56, 11.13, 9.81, 8.01 และ 6.33

เซนติเมตร ตามลำดับ ส่วนคะน้าในตำรับทดลองที่ 7 ให้ความยาวใบเฉลี่ยต่ำที่สุดเท่ากับ 0.00 เซนติเมตร (ตาราง 3 ภาพ 3)

เมื่อย้ายปลูกคะน้าได้ 6 สัปดาห์ วัดความยาวใบครั้งที่ 7 พบว่าความยาวใบของคะน้าในตำรับทดลองที่ 4 ให้ความยาวใบเฉลี่ยสูงที่สุด คือ 20.32 เซนติเมตร รองลงมาคือคะน้าในตำรับทดลองที่ 2, 5, 3, 4 และ 6 ให้ความยาวใบเฉลี่ย คือ 15.77, 13.45, 11.10, 9.35 และ 6.96 เซนติเมตร ตามลำดับ ส่วนคะน้าในตำรับทดลองที่ 7 ให้ความยาวใบเฉลี่ยต่ำที่สุดเท่ากับ 0.00 เซนติเมตร (ตาราง 3 ภาพ 3)

ตาราง 3 แสดงผลการเจริญเติบโตด้านความยาวใบเฉลี่ยของคะน้าหลังการย้ายปลูก

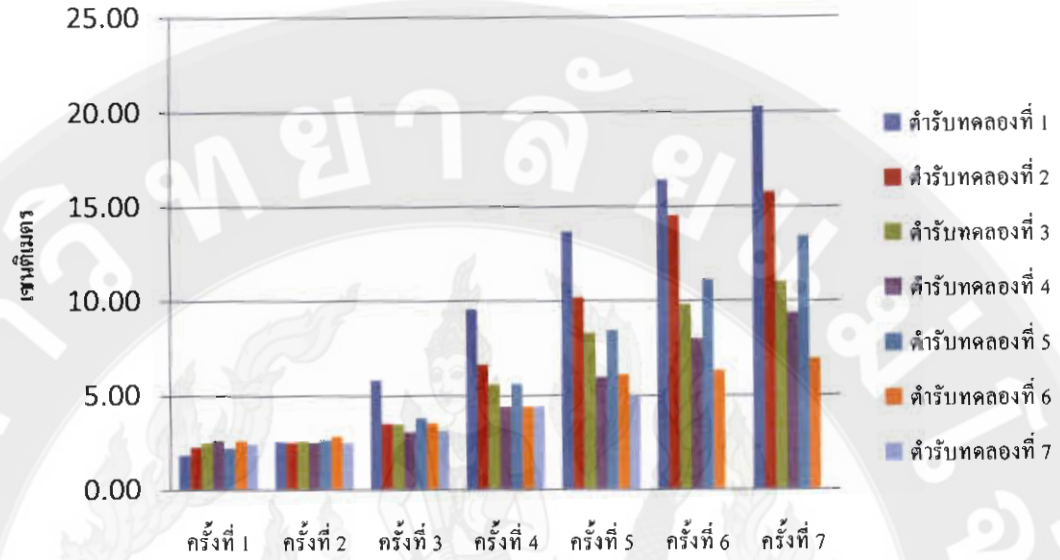
	ความยาวใบ (เซนติเมตร)						
	ครั้งที่ 1	**ครั้งที่ 2**	**ครั้งที่ 3**	**ครั้งที่ 4**	**ครั้งที่ 5**	**ครั้งที่ 6**	**ครั้งที่ 7**
ตำรับทดลองที่ 1	1.86 ^{b}	2.55	5.83 ^{a}	9.58 ^{a}	13.69 ^{a}	16.43 ^{ab}	20.32 ^{a}
ตำรับทดลองที่ 2	2.29 ^{ab}	2.53	3.52 ^{b}	6.67 ^{ab}	10.18 ^{ab}	14.56 ^{a}	15.77 ^{b}
ตำรับทดลองที่ 3	2.50 ^{a}	2.57	3.48 ^{b}	5.59 ^{b}	8.30 ^{bc}	9.81 ^{cd}	11.01 ^{cd}
ตำรับทดลองที่ 4	2.63 ^{a}	2.50	3.05 ^{b}	4.39 ^{b}	5.98 ^{c}	8.01 ^{de}	9.35 ^{cd}
ตำรับทดลองที่ 5	2.23 ^{ab}	2.63	3.80 ^{b}	5.62 ^{b}	8.48 ^{bc}	11.13 ^{bc}	13.45 ^{bc}
ตำรับทดลองที่ 6	2.61 ^{a}	2.84	3.54 ^{b}	4.41 ^{b}	6.13 ^{c}	6.33 ^{e}	6.96 ^{d}
ตำรับทดลองที่ 7	2.44 ^{a}	2.50	3.12 ^{b}	4.33 ^{b}	5.00 ^{c}	0.00 ^{f}	0.00 ^{e}
C.V. (%)	11.295	7.39	19.0	20.19	14.23	12.82	15.85
F – test (A)	*	ns	**	**	**	**	**

หมายเหตุ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT (Duncan Mulitiple Range Test)

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

* หมายถึง มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

** หมายถึง มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์



ภาพ 3 แสดงความยาวใบเฉลี่ยของคะน้าหลังการย้ายปลูก

ความสูงลำต้น

เมื่อย้ายปลูกคะน้าวัดความสูงลำต้นครั้งที่ 1 พบว่าความสูงลำต้นของคะน้าในตำรับทดลองที่ 6 ให้ความสูงลำต้นเฉลี่ยสูงที่สุด คือ 8.83 เซนติเมตร รองลงมาคือคะน้าในตำรับทดลองที่ 5, 4, 7, 3 และ 2 ให้ความสูงลำต้นเฉลี่ย คือ 8.76, 8.61, 8.39, 7.92 และ 6.90 เซนติเมตร ตามลำดับ ส่วนคะน้าในตำรับทดลองที่ 1 ให้ความสูงลำต้นเฉลี่ยต่ำที่สุดเท่ากับ 6.69 เซนติเมตร (ตาราง 4 ภาพ 4)

เมื่อย้ายปลูกคะน้าได้ 1 สัปดาห์ วัดความสูงลำต้นครั้งที่ 2 พบว่าความสูงลำต้นของคะน้าในตำรับทดลองที่ 7 ให้ความสูงลำต้นเฉลี่ยสูงที่สุด คือ 9.03 เซนติเมตร รองลงมาคือคะน้าในตำรับทดลองที่ 3, 5, 6, 4 และ 1 ให้ความสูงลำต้นเฉลี่ย คือ 9.01, 8.82, 8.75, 7.85 และ 7.63 เซนติเมตร ตามลำดับ ส่วนคะน้าในตำรับทดลองที่ 2 ให้ความสูงลำต้นเฉลี่ยต่ำที่สุดเท่ากับ 7.61 เซนติเมตร (ตาราง 4 ภาพ 4)

เมื่อย้ายปลูกคะน้าได้ 2 สัปดาห์ วัดความสูงลำต้นครั้งที่ 3 พบว่าความสูงลำต้นของคะน้าในตำรับทดลองที่ 1 ให้ความสูงลำต้นเฉลี่ยสูงที่สุด คือ 12.61 เซนติเมตร รองลงมาคือคะน้าในตำรับทดลองที่ 5, 3, 6, 7 และ 4 ให้ความสูงลำต้นเฉลี่ย คือ 10.52, 9.61, 9.59, 9.11 และ 8.34

เซนติเมตร ตามลำดับ ส่วนคะน้าในตำรับทดลองที่ 2 ให้ความสูงลำต้นเฉลี่ยต่ำที่สุดเท่ากับ 8.25 เซนติเมตร (ตาราง 4 ภาพ 4)

เมื่อย้ายปลูกคะน้าได้ 3 สัปดาห์ วัดความสูงลำต้นครั้งที่ 4 พบว่าความสูงลำต้นของคะน้าในตำรับทดลองที่ 1 ให้ความสูงลำต้นเฉลี่ยสูงที่สุด คือ 17.62 เซนติเมตร รองลงมาคือคะน้าในตำรับทดลองที่ 5, 2, 3, 6 และ 4 ให้ความสูงลำต้นเฉลี่ย คือ 12.64, 12.38, 11.36, 10.64 และ 9.61 เซนติเมตร ตามลำดับ ส่วนคะน้าในตำรับทดลองที่ให้ความสูงลำต้นเฉลี่ยต่ำที่ 7 สุดเท่ากับ 9.15 เซนติเมตร (ตาราง 4 ภาพ 4)

เมื่อย้ายปลูกคะน้าได้ 4 สัปดาห์ วัดความสูงลำต้นครั้งที่ 5 พบว่าความสูงลำต้นของคะน้าในตำรับทดลองที่ 1 ให้ความสูงลำต้นเฉลี่ยสูงที่สุด คือ 24.21 เซนติเมตร รองลงมาคือคะน้าในตำรับทดลองที่ 2, 5, 3, 6 และ 7 ให้ความสูงลำต้นเฉลี่ย คือ 17.53, 16.34, 16.21, 12.27 และ 11.51 เซนติเมตร ตามลำดับ ส่วนคะน้าในตำรับทดลองที่ 4 ให้ความสูงลำต้นเฉลี่ยต่ำที่สุดเท่ากับ 11.39 เซนติเมตร (ตาราง 4 ภาพ 4)

เมื่อย้ายปลูกคะน้าได้ 5 สัปดาห์ วัดความสูงลำต้นครั้งที่ 6 พบว่าความสูงลำต้นของคะน้าในตำรับทดลองที่ 1 ให้ความสูงลำต้นเฉลี่ยสูงที่สุด คือ 28.91 เซนติเมตร รองลงมาคือคะน้าในตำรับทดลองที่ 2, 5, 3, 4 และ 6 ให้ความสูงลำต้นเฉลี่ย คือ 23.46, 19.08, 17.83, 13.84 และ 13.12 เซนติเมตร ตามลำดับ ส่วนคะน้าในตำรับทดลองที่ให้ความสูงลำต้นเฉลี่ยต่ำที่สุดเท่ากับ 0.00 เซนติเมตร (ตาราง 4 ภาพ 4)

เมื่อย้ายปลูกคะน้าได้ 6 สัปดาห์ วัดความสูงลำต้นครั้งที่ 7 พบว่าความสูงลำต้นของคะน้าในตำรับทดลองที่ 1 ให้ความสูงลำต้นเฉลี่ยสูงที่สุด คือ 34.32 เซนติเมตร รองลงมาคือคะน้าในตำรับทดลองที่ 2, 5, 3, 4 และ 6 ให้ความสูงลำต้นเฉลี่ย คือ 26.89, 23.47, 19.83, 16.82 และ 13.91 เซนติเมตร ตามลำดับ ส่วนคะน้าในตำรับทดลองที่ 7 ให้ความสูงลำต้นเฉลี่ยต่ำที่สุดเท่ากับ 0.00 เซนติเมตร (ตาราง 4 ภาพ 4)

ตาราง 4 แสดงผลการเจริญเติบโตด้านความสูงลำต้นต้นโดยเฉลี่ยของคะน้าหลังการย้ายปลูก

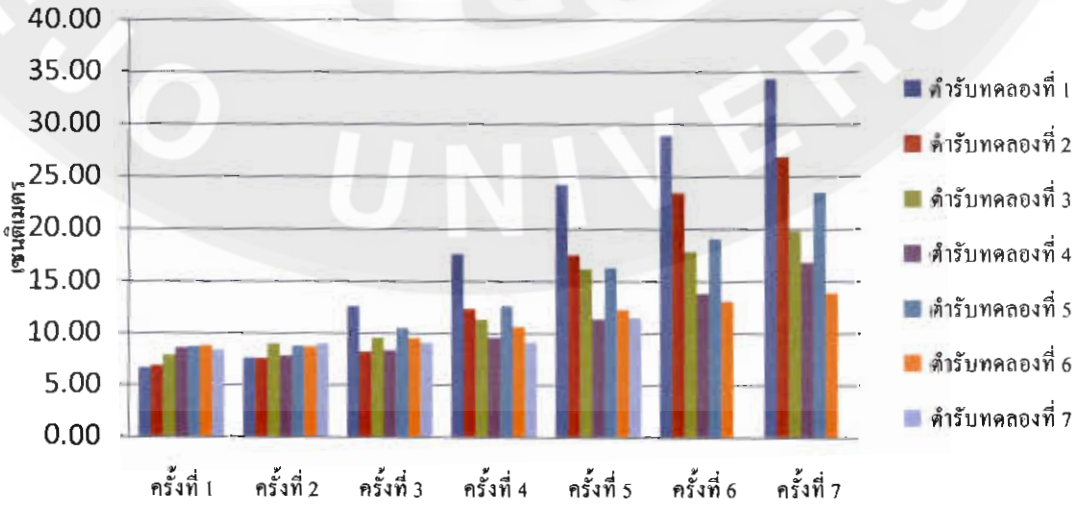
	ความสูงลำต้น (เซนติเมตร)						
	ครั้งที่ 1	**ครั้งที่ 2**	**ครั้งที่ 3**	**ครั้งที่ 4**	**ครั้งที่ 5**	**ครั้งที่ 6**	**ครั้งที่ 7**
ตำรับทดลองที่ 1	6.69^{b}	7.63	12.61^{a}	17.62^{a}	24.21^{a}	28.91^{a}	34.32^{a}
ตำรับทดลองที่ 2	6.90^{b}	7.61	8.25^{b}	12.38^{b}	17.53^{ab}	23.46^{b}	26.89^{b}
ตำรับทดลองที่ 3	7.92^{ab}	9.01	9.61^{ab}	11.36^{b}	16.21^{bcd}	17.83^{cd}	19.83^{cd}
ตำรับทดลองที่ 4	8.61^{a}	7.85	8.38^{b}	9.61^{b}	11.39^{d}	13.84^{de}	16.82^{d}
ตำรับทดลองที่ 5	8.76^{a}	8.82	10.52^{ab}	12.64^{b}	16.34^{bcd}	19.08^{c}	23.47^{bc}
ตำรับทดลองที่ 6	8.83^{a}	8.75	9.59^{ab}	10.64^{b}	12.27^{cd}	13.12^{e}	13.91^{d}
ตำรับทดลองที่ 7	8.39^{a}	9.03	9.11^{b}	9.15^{b}	11.51^{d}	0.00^{f}	0.00^{e}
C.V. (%)	9.95	8.79	12.47	15.08	13.16	10.75	12.35
F – test (A)	*	ns	**	**	**	**	**

หมายเหตุ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT (Duncan Mulitiple Range Test)

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

* หมายถึง มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

** หมายถึง มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์



ภาพ 4 แสดงความสูงเฉลี่ยของคะน้าหลังการย้ายปลูก

ความยาวราก

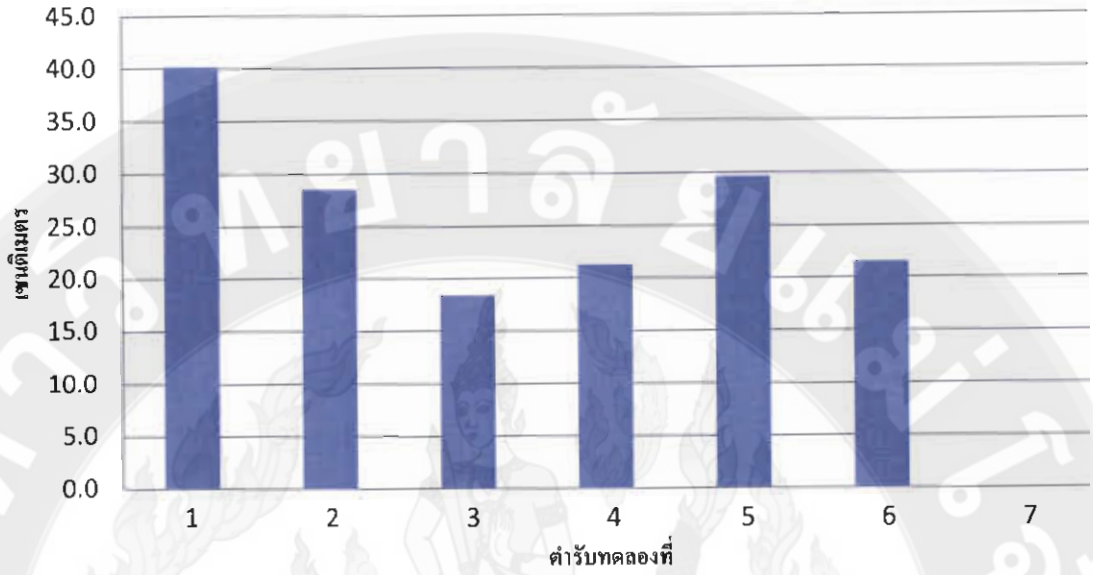
เมื่อย้ายปลูกคะน้าวัดความยาวรากในสัปดาห์สุดท้าย พบว่าความยาวรากของคะน้าในตำรับทดลองที่ 1 ให้ความยาวรากเฉลี่ยสูงที่สุด คือ 40.2 เซนติเมตร รองลงมาคือคะน้าในตำรับทดลองที่ 5, 2, 6, 4 และ 3 ให้ความยาวรากเฉลี่ย คือ 29.7, 28.5, 21.6, 21.4 และ 18.4 เซนติเมตร ตามลำดับ คะน้าในตำรับทดลองที่ 7 ให้ความยาวรากเฉลี่ยต่ำที่สุดเท่ากับ 0.00 เซนติเมตร (ตาราง 5 ภาพ 5)

ตาราง 5 แสดงผลการเจริญเติบโตด้านความยาวรากเฉลี่ยของคะน้าหลังการย้ายปลูก

	ความยาวราก (เซนติเมตร)
ตำรับทดลองที่ 1	40.2[a]
ตำรับทดลองที่ 2	28.5[b]
ตำรับทดลองที่ 3	18.4[b]
ตำรับทดลองที่ 4	21.4[b]
ตำรับทดลองที่ 5	29.7[ab]
ตำรับทดลองที่ 6	21.6[b]
ตำรับทดลองที่ 7	0.0[c]
C.V. (%)	19.53
F – test (A)	*

หมายเหตุ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT (Duncan Mulitiple Range Test)

* หมายถึง มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์



ภาพ 5 แสดงความยาวรากเฉลี่ยของคะน้าหลังการย้ายปลูก

น้ำหนักของผลผลิต

เมื่อวัดน้ำหนักก่อนตัดแต่งในสัปดาห์สุดท้ายของคะน้าพบว่าน้ำหนักก่อนตัดแต่งของคะน้าในตำรับทดลองที่ 1 ให้น้ำหนักก่อนตัดแต่งเฉลี่ยสูงที่สุด คือ 85.44 กรัม รองลงมาคือคะน้าในตำรับทดลองที่ 2, 5, 3, 4 และ 6 ให้น้ำหนักก่อนตัดแต่งเฉลี่ย คือ 47.15, 29.01, 23.66, 18.07 และ 15.65 กรัม ตามลำดับ ส่วนคะน้าในตำรับทดลองที่ 7 ให้น้ำหนักก่อนตัดแต่งเฉลี่ยต่ำที่สุดเท่ากับ 0.00 กรัม (ตาราง 6 ภาพ 6)

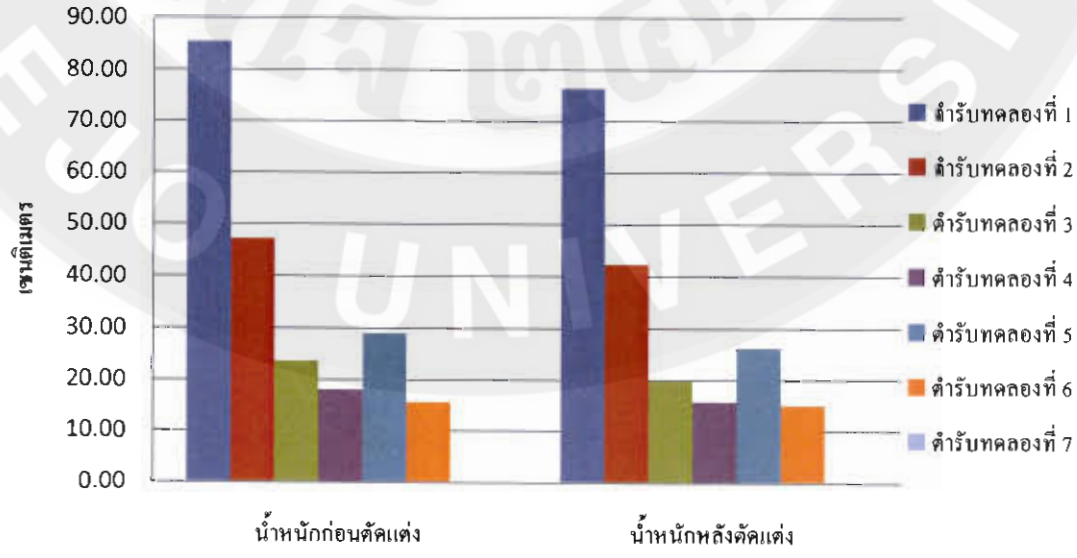
เมื่อวัดน้ำหนักหลังตัดแต่งในสัปดาห์สุดท้ายของคะน้า พบว่าน้ำหนักหลังตัดแต่งของคะน้าในตำรับทดลองที่ 1 ให้น้ำหนักก่อนตัดแต่งเฉลี่ยสูงที่สุด คือ 76.40 กรัม รองลงมาคือคะน้าในตำรับทดลองที่ 2, 5, 3, 4 และ 6 ให้น้ำหนักหลังตัดแต่งเฉลี่ย คือ 42.35, 26.27, 19.88, 15.74 และ 15.07 กรัม ตามลำดับ ส่วนคะน้าในตำรับทดลองที่ 7 ให้น้ำหนักหลังตัดแต่งเฉลี่ยต่ำที่สุดเท่ากับ 0.00 กรัม (ตาราง 6 ภาพ 6)

ตาราง 6 แสดงน้ำหนักเฉลี่ยของคะน้าหลังการย้ายปลูก

	น้ำหนัก (กรัม)	
	ก่อนตัดแต่ง	**หลังตัดแต่ง**
ตำรับทดลองที่ 1	85.44 [a]	76.40 [a]
ตำรับทดลองที่ 2	47.15 [b]	42.35 [b]
ตำรับทดลองที่ 3	23.66 [bc]	19.87 [bc]
ตำรับทดลองที่ 4	18.07 [bc]	15.74 [bc]
ตำรับทดลองที่ 5	29.01 [bc]	26.27 [bc]
ตำรับทดลองที่ 6	15.65 [bc]	15.07 [bc]
ตำรับทดลองที่ 7	0.00 [c]	0.00 [c]
C.V. (%)	39.68	47.34
F – test (A)	**	**

หมายเหตุ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT (Duncan Mulitiple Range Test)

** หมายถึง มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์



ภาพ 6 แสดงน้ำหนักเฉลี่ยของคะน้าหลังการย้ายปลูก

วิจารณ์ผลการทดลองที่ 1

ในการทดลองวิธีการปลูกคะน้าแบบไฮโดรโพนิคส์แบบอินทรีย์ด้วยระบบน้ำขึ้นน้ำลงนั้นผลที่ได้ถือว่าเป็นที่น่าพอใจ เนื่องจากการปลูกพืชในสารละลายอินทรีย์ตามปกติแล้วพืชโดยส่วนใหญ่จะเกิดโรครากเน่าซึ่งมีสาเหตุมาจาก ปุ๋ยอินทรีย์ส่วนใหญ่ที่ผ่านกระบวนการหมักมาแล้วนั้นแม่ว่าจะหมักสมบูรณ์แล้วแต่ อาจยังย่อยสลายไม่หมดเมื่อนำมาใช้จะเกิดสารพิษที่เป็นอันตรายต่อพืชซึ่งสารพิษเหล่านี้เกิดขึ้นจากสารละลายอินทรีย์ยังมีการย่อยสลายอยู่ ซึ่งในขณะที่ย่อยสลายอยู่นั้นจุลินทรีย์จะดึงออกซิเจนไปใช้ ทำให้ออกซิเจนในสารละลายลดลงทำให้เกิดเมือกเกาะอยู่ที่รากพืชทำให้พืชไม่สามารถดูดน้ำและหายใจได้ ทำให้พืชไม่สามารถเจริญเติบโตได้อย่างเป็นปกติ (ดนัย, 2554) ดังนั้นการที่นำปุ๋ยอินทรีย์มาเป่าออกซิเจนทิ้งไว้ 5 วัน เพื่อเร่งขบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์ แล้วกรองเอาส่วนที่ตกตะกอนออกจึงเป็นการลดความเสี่ยงในเรื่อง สารพิษที่จะมาเกาะที่ราก ส่วนเรื่องระบบไฮโดรโพนิคส์แบบน้ำขึ้น น้ำลงนั้นก็เป็นการช่วยเพิ่มปริมาณรากออกซิเจนเพื่อดักจับออกซิเจนในอากาศเพื่อช่วยในการหายใจของพืชได้อีกทางหนึ่ง ซึ่งสามารถนำวิธีการเตรียมสารละลายอินทรีย์โดยเป่าออกซิเจนลงในปุ๋ยอินทรีย์ก่อนนำไปใช้ได้ทุกประเภทซึ่งจะเป็นแนวทางทำงานวิจัยเพื่อหาสูตรปุ๋ยอินทรีย์ที่สามารถทำให้พืชเติบโตได้อย่างเป็นปกติ

ผลการทดลองที่ 2 ศึกษาเปรียบเทียบชนิดวัสดุปลูก และการจัดการที่เหมาะสม ต่อการปลูกผักกาดหอมห่อแบบอินทรีย์

ความกว้างใบ

เมื่อผักกาดหอมห่ออายุ 1 สัปดาห์ หลังการย้ายปลูก พบว่าความกว้างใบเฉลี่ยของผักกาดหอมห่อ ที่ใช้วัสดุปลูกคือ กากเพาะเห็ด มะพร้าวสับ มูลวัว และดินอินทรีย์ ร่วมกับน้ำ ให้ความกว้างใบเฉลี่ยสูงที่สุดเท่ากับ 3.6 เซนติเมตร รองลงมาคือผักกาดหอมห่อที่ใช้วัสดุปลูก คือ กากเห็ด มะพร้าวสับ มูลวัว และดินอินทรีย์ ใส่ไตรโคเดอร์มา ร่วมกับสารละลายอินทรีย์ ให้ความกว้างใบเฉลี่ยเท่ากับ 3.5 เซนติเมตร ส่วนผักกาดหอมห่อที่ใช้วัสดุปลูกคือ ขุยมะพร้าว และกากมะพร้าวสับ ร่วมกับน้ำ มีความกว้างใบเฉลี่ยต่ำที่สุดเท่ากับ 1.5 เซนติเมตร (ตาราง 7-8 และ ภาพ 7)

เมื่อผักกาดหอมห่ออายุ 2 สัปดาห์ หลังการย้ายปลูก พบว่าความกว้างใบเฉลี่ยของผักกาดหอมห่อ ที่ใช้วัสดุปลูกคือ กากเพาะเห็ด มะพร้าวสับ มูลวัว และดินอินทรีย์ ใส่ไตรโคเดอร์มา ร่วมกับสารละลายอินทรีย์ ให้ความกว้างใบเฉลี่ยสูงที่สุดเท่ากับ 8.6 เซนติเมตร รองลงมาคือผักกาดหอมห่อที่ใช้วัสดุปลูก คือ กากเห็ด มะพร้าวสับ มูลวัว และดินอินทรีย์ ร่วมกับน้ำ ให้ความกว้างใบเฉลี่ยเท่ากับ 8.2 เซนติเมตร ส่วนผักกาดหอมห่อที่ใช้วัสดุปลูกคือ ขุยมะพร้าว และกากมะพร้าวสับ ร่วมกับสารละลายอินทรีย์ผสมกับ H_2O_2 มีความกว้างใบเฉลี่ยต่ำที่สุดเท่ากับ 2.3 เซนติเมตร (ตาราง 7-8 และ ภาพ 7)

เมื่อผักกาดหอมห่ออายุ 3 สัปดาห์ หลังการย้ายปลูก พบว่าความกว้างใบเฉลี่ยของผักกาดหอมห่อ ที่ใช้วัสดุปลูกคือ กากเพาะเห็ด มะพร้าวสับ มูลวัว และดินอินทรีย์ ใส่ไตรโคเดอร์มา ร่วมกับสารละลายอินทรีย์ ให้ความกว้างใบเฉลี่ยสูงที่สุดเท่ากับ 12.7 เซนติเมตร รองลงมาคือผักกาดหอมห่อที่ใช้วัสดุปลูก คือ กากเห็ด มะพร้าวสับ มูลวัว และดินอินทรีย์ ร่วมกับน้ำ ให้ความกว้างใบเฉลี่ยเท่ากับ 11.4 เซนติเมตร ส่วนผักกาดหอมห่อที่ใช้วัสดุปลูกคือ ขุยมะพร้าว และกากมะพร้าวสับ ร่วมกับสารละลายอินทรีย์ผสมกับ H_2O_2 มีความกว้างใบเฉลี่ยต่ำที่สุดเท่ากับ 3.2 เซนติเมตร (ตาราง 7-8 และ ภาพ 7)

เมื่อผักกาดหอมห่ออายุ 4 สัปดาห์ หลังการย้ายปลูก พบว่าความกว้างใบเฉลี่ยของผักกาดหอมห่อ ที่ใช้วัสดุปลูกคือ กากเพาะเห็ด มะพร้าวสับ มูลวัว และดินอินทรีย์ ใส่ไตรโคเดอร์มา ร่วมกับสารละลายอินทรีย์ ให้ความกว้างใบเฉลี่ยสูงที่สุดเท่ากับ 18.8 เซนติเมตร รองลงมาคือผักกาดหอมห่อที่ใช้วัสดุปลูก คือ กากเห็ด มะพร้าวสับ มูลวัว และดินอินทรีย์ ร่วมกับน้ำ ให้ความกว้าง

ใบเฉลี่ยเท่ากับ 17.1 เซนติเมตร ส่วนผักกาดหอมห่อที่ใช้วัสดุปลูก คือ มะพร้าวสับ ขุยมะพร้าว ร่วมกับน้ำ มีความกว้างใบเฉลี่ยต่ำที่สุดเท่ากับ 4.3 เซนติเมตร (ตาราง 7-8 และ ภาพ 7)

เมื่อผักกาดหอมห่ออายุ 5 สัปดาห์ หลังการย้ายปลูก พบว่าความกว้างใบเฉลี่ยของผักกาดหอมห่อ ที่ใช้วัสดุปลูกคือ กากเพาะเห็ด มะพร้าวสับ มูลวัว และดินอินทรีย์ ใส่ไตรโคเดอร์มาร่วมกับสารละลายอินทรีย์ ให้ความกว้างใบเฉลี่ยสูงที่สุดเท่ากับ 21.1 เซนติเมตร รองลงมาคือผักกาดหอมห่อที่ใช้วัสดุปลูก คือ กากเห็ด มะพร้าวสับ มูลวัว และดินอินทรีย์ ร่วมกับน้ำ ให้ความกว้างใบเฉลี่ยเท่ากับ 19.7 เซนติเมตร ส่วนผักกาดหอมห่อที่ใช้วัสดุปลูก คือ มะพร้าวสับ ขุยมะพร้าว ร่วมกับน้ำ มีความกว้างใบเฉลี่ยต่ำที่สุดเท่ากับ 6.1 เซนติเมตร (ตาราง 7-8 และ ภาพ 7)

เมื่อผักกาดหอมห่ออายุ 6 สัปดาห์ หลังการย้ายปลูก พบว่าความกว้างใบเฉลี่ยของผักกาดหอมห่อ ที่ใช้วัสดุปลูกคือ กากเพาะเห็ด มะพร้าวสับ มูลวัว และดินอินทรีย์ ใส่ไตรโคเดอร์มาร่วมกับสารละลายอินทรีย์ ให้ความกว้างใบเฉลี่ยสูงที่สุดเท่ากับ 22.9 เซนติเมตร รองลงมาคือผักกาดหอมห่อที่ใช้วัสดุปลูก คือ กากเห็ด มะพร้าวสับ มูลวัว และดินอินทรีย์ ร่วมกับน้ำ ให้ความกว้างใบเฉลี่ยเท่ากับ 21.4 เซนติเมตร ส่วนผักกาดหอมห่อที่ใช้วัสดุปลูก คือ มะพร้าวสับ ขุยมะพร้าว ร่วมกับน้ำ มีความกว้างใบเฉลี่ยต่ำที่สุดเท่ากับ 9.4 เซนติเมตร (ตาราง 7-8 และ ภาพ 7)

ตาราง 7 แสดงความกว้างใบของผักกาดหอมห่อแต่ละตำรับการทดลองใน 6 สัปดาห์

	สัปดาห์ที่ 1				สัปดาห์ที่ 2				สัปดาห์ที่ 3				สัปดาห์ที่ 4				สัปดาห์ที่ 5				สัปดาห์ที่ 6			
	B1	**B2**	**B3**	**B4**	**B1**	**B2**	**B3**	**B4**	**B1**	**B2**	**B3**	**B4**	**B1**	**B2**	**B3**	**B4**	**B1**	**B2**	**B3**	**B4**	**B1**	**B2**	**B3**	**B4**
A 1	1.9	1.9	2.2	2.0	3.3	3.8	4.0	2.8	8.6	6.2	6.6	4.4	5.3	10.6	10.5	6.6	7.2	13.3	13.1	8.0	7.7	15.6	17.1	9.8
A 2	1.5	2.0	2.4	2.1	2.4	2.8	3.0	2.3	3.4	4.3	5.3	3.2	4.3	8.4	8.5	5.0	6.1	10.6	10.9	6.2	9.4	17.2	16.9	10.5
A 3	2.2	2.1	2.1	2.4	4.5	4.1	4.4	5.0	7.3	7.2	7.1	8.4	8.4	10.2	10.6	11.0	10.9	12.4	12.5	12.9	14.1	13.1	12.9	14.9
A 4	2.6	2.6	2.8	2.7	5.9	5.3	5.5	4.9	9.4	9.4	9.6	7.7	11.9	14.4	13.9	11.4	14.1	16.5	16.3	13.6	14.9	19.9	18.6	16.5
A 5	2.5	2.5	2.7	2.3	5.6	5.2	5.9	4.0	8.2	9.3	9.1	6.1	10.7	14.9	14.7	9.1	12.8	17.0	18.1	12.1	13.0	17.3	18.4	12.9
A 6	2.6	2.7	2.7	2.3	5.3	5.5	5.3	3.6	7.2	9.3	8.4	6.0	9.4	16.1	14.7	9.1	12.2	18.6	18.0	12.2	12.3	20.1	20.2	15.8
A 7	3.4	2.7	3.2	2.9	7.5	6.2	7.1	5.5	11.2	10.7	11.4	9.0	15.3	15.7	15.9	12.8	15.8	17.4	17.4	15.6	19.0	20.5	18.1	15.4
A 8	3.6	3.0	3.5	3.3	8.2	5.1	8.6	6.3	11.4	10.2	12.7	10.2	17.1	15.9	18.8	14.3	19.7	18.5	21.1	16.9	21.4	20.6	22.9	17.9
C.V. (%)	12.54				18.08				24.56				11.74				11.67				11.85			
F – test (A)	**				**				**				**				**				**			
F – test (B)	ns				**				**				**				**				**			

หมายเหตุ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT (Duncan Mulitiple Range Test)

ns หมายถึงไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ** หมายถึง มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

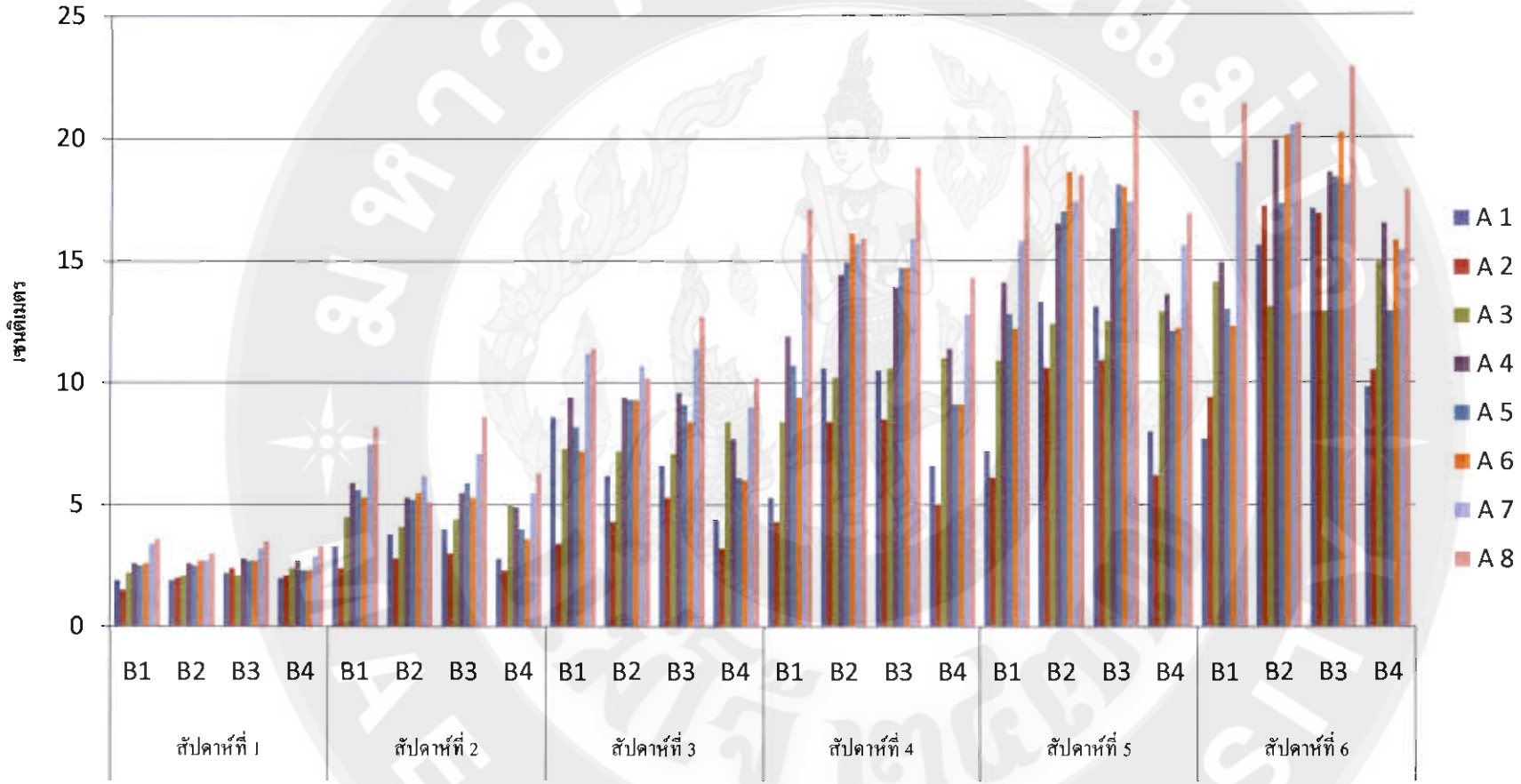
ตาราง 8 แสดงความแตกต่างทางสถิติของความกว้างใบผักกาดหอมห่อในแต่ละตำรับการทดลอง

	สัปดาห์ที่ 1	สัปดาห์ที่ 2	สัปดาห์ที่ 3	สัปดาห์ที่ 4	สัปดาห์ที่ 5	สัปดาห์ที่ 6
ปัจจัย A						
A1 : Rh	4.2^{cd}	5.1^{cd}	7.8^{d}	9.2^{f}	10.1^{e}	12.5^{e}
A2 : Ch	3.8^{d}	4.5^{d}	6.5^{e}	8.7^{f}	10.5^{e}	13.5^{e}
A3 : Rh+Mr	4.3^{cd}	6.3^{c}	9.5^{c}	11.1^{e}	12.1^{d}	13.7^{e}
A4 : Ch+Mr	5.2^{b}	7.6^{ab}	11.2^{b}	13.6^{bc}	14.8^{bc}	17.5^{bc}
A5 : Rh+Pc+So	4.4^{c}	6.2^{c}	9.5^{c}	11.5^{de}	12.6^{d}	15.4^{cd}
A6 : Ch+Pc+So	5.1^{b}	6.4^{bc}	9.6^{c}	12.5^{cd}	14.3^{c}	17.1^{bc}
A7 : Rh+Mr+Pc+So	5.5^{b}	8.3^{a}	12.1^{a}	14.4^{ab}	15.9^{b}	18.3^{b}
A8 : Ch+Mr+Pc+So	6.3^{a}	8.1^{a}	12.6^{a}	15.4^{a}	17.2^{a}	20.7^{a}
ปัจจัย B						
B1 : Control	2.54	6.9^{a}	9.6^{b}	11.0^{b}	11.9^{b}	14.0^{b}
B2 : OF	2.44	6.7^{ab}	10.5^{a}	12.9^{a}	14.5^{a}	18. 0^{a}
B3 : OF+Tri	2.70	6.6^{ab}	10.8^{a}	13.4^{a}	14.7^{a}	18.1^{a}
B4 : OF+H2O2	2.50	6.0^{b}	8.6^{c}	10.9^{b}	12.6^{b}	14.2^{b}
F – test A	**	**	**	**	**	**
F – test B	ns	**	**	**	**	**

หมายเหตุ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT (Duncan Mulitiple Range Test)

ns หมายถึงไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

** หมายถึง มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์



ภาพ 7 แสดงความกว้างใบของผักกาดหอมห่อแต่ละตำรับการทดลองใน 6 สัปดาห์

ด้านความยาวใบ

เมื่อผักกาดหอมห่ออายุครบ 1 สัปดาห์หลังการย้ายปลูก พบว่าความยาวใบของผักกาดหอมห่อ ที่ใช้วัสดุปลูก คือกากเพาะเห็ด มะพร้าวสับ มูลวัว และดินอินทรีย์ ร่วมกับน้ำ และกากเพาะเห็ด มะพร้าวสับ มูลวัว และดินอินทรีย์ ร่วมกับสารละลายอินทรีย์ผสมกับ H_2O_2 ให้ความยาวใบเฉลี่ยสูงที่สุด คือ 5.5 เซนติเมตร รองลงมาคือผักกาดหอมห่อที่ใช้วัสดุปลูก คือกากเพาะเห็ด มะพร้าวสับ มูลวัว และดินอินทรีย์ ผสมไตรโคเดอร์มา ร่วมกับสารละลายอินทรีย์ ให้ความยาวใบเฉลี่ยเท่ากับ 5.4 เซนติเมตร ส่วนผักกาดหอมห่อที่ใช้วัสดุปลูกคือ มะพร้าวสับ ขุยมะพร้าว ร่วมกับน้ำ มีความยาวใบเฉลี่ยต่ำที่สุด เท่ากับ 2.3 เซนติเมตร (ตาราง 9-10 และ ภาพ 8)

เมื่อผักกาดหอมห่ออายุครบ 2 สัปดาห์ พบว่าความยาวใบของผักกาดหอมห่อ ที่ใช้วัสดุปลูก คือ กากเพาะเห็ด มะพร้าวสับ มูลวัว และดินอินทรีย์ ผสมไตรโคเดอร์มา ร่วมกับสารละลายอินทรีย์ให้ความยาวใบเฉลี่ยสูงที่สุด คือ 8.6 เซนติเมตร รองลงมาคือผักกาดหอมห่อที่ใช้วัสดุปลูก คือ คือกากเพาะเห็ด มะพร้าวสับ มูลวัว และดินอินทรีย์ ร่วมกับน้ำ ให้ความยาวใบเฉลี่ยเท่ากับ 7.9 เซนติเมตร ส่วนผักกาดหอมห่อที่ใช้วัสดุปลูกคือ มะพร้าวสับ ขุยมะพร้าว ร่วมกับสารละลายอินทรีย์ผสมกับ H_2O_2 มีความยาวใบเฉลี่ยต่ำที่สุด เท่ากับ 3.1 เซนติเมตร (ตาราง 9-10 และ ภาพ 8)

เมื่อผักกาดหอมห่ออายุครบ 3 สัปดาห์ พบว่าความยาวใบของผักกาดหอมห่อ ที่ใช้วัสดุปลูก คือ กากเพาะเห็ด มะพร้าวสับ มูลวัว และดินอินทรีย์ ผสมไตรโคเดอร์มา ร่วมกับสารละลายอินทรีย์ให้ความยาวใบเฉลี่ยสูงที่สุด คือ 12.6 เซนติเมตร รองลงมาคือผักกาดหอมห่อที่ใช้วัสดุปลูก คือ คือกากเพาะเห็ด มะพร้าวสับ มูลวัว และดินอินทรีย์ ร่วมกับน้ำ ให้ความยาวใบเฉลี่ยเท่ากับ 11.4 เซนติเมตร ส่วนผักกาดหอมห่อที่ใช้วัสดุปลูกคือ มะพร้าวสับ ขุยมะพร้าว ร่วมกับสารละลายอินทรีย์ผสมกับ H_2O_2 มีความยาวใบเฉลี่ยต่ำที่สุด เท่ากับ 3.8 เซนติเมตร (ตาราง 9-10 และ ภาพ 8)

เมื่อผักกาดหอมห่ออายุครบ 4 สัปดาห์ พบว่าความยาวใบของผักกาดหอมห่อ ที่ใช้วัสดุปลูก คือ กากเพาะเห็ด มะพร้าวสับ มูลวัว และดินอินทรีย์ ผสมไตรโคเดอร์มา ร่วมกับสารละลายอินทรีย์ให้ความยาวใบเฉลี่ยสูงที่สุด คือ 16.1 เซนติเมตร รองลงมาคือผักกาดหอมห่อที่ใช้วัสดุปลูก คือ คือกากเพาะเห็ด มะพร้าวสับ มูลวัว และดินอินทรีย์ ร่วมกับน้ำ ให้ความยาวใบเฉลี่ยเท่ากับ 14.2 เซนติเมตร ส่วนผักกาดหอมห่อที่ใช้วัสดุปลูกคือ มะพร้าวสับ ขุยมะพร้าว ร่วมกับน้ำ มีความยาวใบเฉลี่ยต่ำที่สุด เท่ากับ 4.8 เซนติเมตร (ตาราง 9-10 และ ภาพ 8)

เมื่อผักกาดหอมห่ออายุครบ 5 สัปดาห์ พบว่าความยาวใบของผักกาดหอมห่อ ที่ใช้วัสดุปลูก คือ กากเพาะเห็ด มะพร้าวสับ มูลวัว และดินอินทรีย์ ผสมไตรโคเดอร์มา ร่วมกับสารละลายอินทรีย์ให้ความยาวใบเฉลี่ยสูงที่สุด คือ 17.4 เซนติเมตร รองลงมาคือผักกาดหอมห่อที่ใช้วัสดุปลูก คือ คือกากเพาะเห็ด มะพร้าวสับ มูลวัว และดินอินทรีย์ ร่วมกับน้ำ ให้ความยาวใบเฉลี่ยเท่ากับ 15.9 เซนติเมตร ส่วนผักกาดหอมห่อที่ใช้วัสดุปลูกคือ มะพร้าวสับ ขุยมะพร้าว ร่วมกับน้ำ มีความยาวใบเฉลี่ยต่ำที่สุด เท่ากับ 5.5 เซนติเมตร (ตาราง 9-10 และ ภาพ 8)

เมื่อผักกาดหอมห่ออายุครบ 6 สัปดาห์ พบว่าความยาวใบของผักกาดหอมห่อ ที่ใช้วัสดุปลูก คือ กากเพาะเห็ด มะพร้าวสับ มูลวัว และดินอินทรีย์ ผสมไตรโคเดอร์มา ร่วมกับสารละลายอินทรีย์ให้ความยาวใบเฉลี่ยสูงที่สุด คือ 20.5 เซนติเมตร รองลงมาคือผักกาดหอมห่อที่ใช้วัสดุปลูก คือ คือกากเพาะเห็ต มะพร้าวสับ มูลวัว และดินอินทรีย์ ร่วมกับน้ำ ให้ความยาวใบเฉลี่ยเท่ากับ 19.6 เซนติเมตร ส่วนผักกาดหอมห่อที่ใช้วัสดุปลูกคือ แกลบดิบ ขี้เถ้าแกลบ ร่วมกับน้ำ มีความยาวใบเฉลี่ยต่ำที่สุด เท่ากับ 7.3 เซนติเมตร (ตาราง 9-10 และ ภาพ 8)

ตาราง 9 แสดงความยาวใบของผักกาดหอมห่อแต่ละตำรับการทดลองใน 6 สัปดาห์

	สัปดาห์ที่ 1				สัปดาห์ที่ 2				สัปดาห์ที่ 3				สัปดาห์ที่ 4				สัปดาห์ที่ 5				สัปดาห์ที่ 6			
	B1	**B2**	**B3**	**B4**	**B1**	**B2**	**B3**	**B4**	**B1**	**B2**	**B3**	**B4**	**B1**	**B2**	**B3**	**B4**	**B1**	**B2**	**B3**	**B4**	**B1**	**B2**	**B3**	**B4**
A 1	3.3	3.3	4.0	3.6	4.2	4.5	4.8	3.6	5.3	7.6	7.7	5.4	5.8	9.5	10.0	7.1	6.3	10.8	10.9	7.8	7.3	13.6	14.3	9.6
A 2	2.3	3.5	3.6	3.3	3.5	3.4	3.8	3.1	4.1	5.5	6.3	3.8	4.8	7.8	8.3	5.7	5.5	9.4	9.2	6.8	8.7	15.0	15.2	11.0
A 3	3.6	3.5	3.5	3.8	5.1	5.0	5.2	5.9	7.2	8.6	8.2	9.1	8.5	10.0	10.0	10.2	9.9	13.7	10.8	11.5	13.2	12.3	11.9	13.5
A 4	4.0	3.9	3.9	4.5	6.5	6.6	5.8	5.9	10.4	10.2	10.1	8.8	11.1	12.4	12.1	11.1	12.3	14.6	13.7	12.6	13.4	18.2	15.9	16.4
A 5	4.1	3.9	4.0	4.0	6.2	6.1	6.1	4.7	9.0	10.2	9.8	7.3	10.2	12.1	12.8	10.2	11.4	13.9	13.8	11.0	11.6	14.8	15.7	12.4
A 6	4.1	4.0	4.1	4.4	5.7	5.9	5.5	4.5	7.7	10.2	9.6	7.0	9.3	13.6	13.1	11.2	10.6	15.2	14.8	11.8	10.3	15.8	15.2	14.5
A 7	4.7	4.2	4.5	4.7	7.5	6.6	7.5	6.3	10.9	10.5	11.3	9.7	12.4	12.9	13.9	12.3	12.5	14.3	15.0	13.4	15.4	17.4	16.2	13.9
A 8	5.5	5.0	5.4	5.5	7.9	5.3	8.6	6.8	11.4	10.5	12.6	11.0	14.2	13.3	16.1	13.5	15.9	15.5	17.4	14.4	19.6	18.2	20.5	14.2
C.V. (%)	10.11				15.89				9.18				30.42				14.74				10.66			
F – test (A)	**				**				**				**				**				**			
F – test (B)	ns				**				**				ns				**				**			

หมายเหตุ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT (Duncan Mulitiple Range Test)

ns หมายถึงไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ** หมายถึง มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

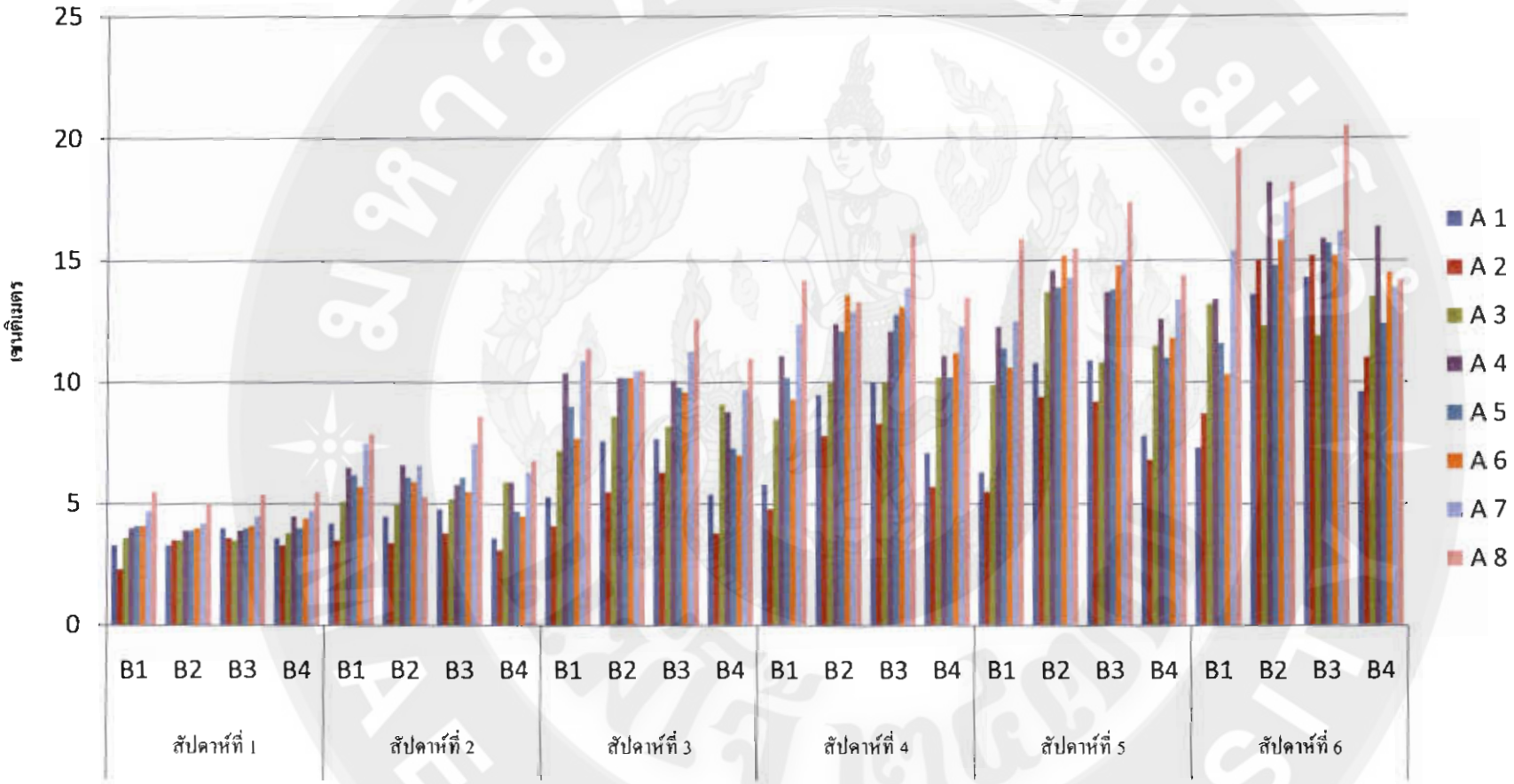
ตาราง 10 แสดงความแตกต่างทางสถิติของความขาวใบผักกาดหอมห่อในแต่ละตำรับการทดลอง

	สัปดาห์ที่ 1	สัปดาห์ที่ 2	สัปดาห์ที่ 3	สัปดาห์ที่ 4	สัปดาห์ที่ 5	สัปดาห์ที่ 6
ปัจจัย A						
A1 : Rh	2.0 ^{dc}	3.8 ^{c}	7.3 ^{e}	11.1 ^{de}	8.8 ^{d}	11.2 ^{d}
A2 : Ch	1.8 ^{e}	2.6 ^{d}	4.6 ^{c}	10.4 ^{e}	7.9 ^{d}	12.5 ^{cd}
A3 : Rh+Mr	2.3 ^{cd}	4.8 ^{b}	7.9 ^{b}	12.8 ^{d}	10.7 ^{c}	12.7 ^{cd}
A4 : Ch+Mr	2.8 ^{b}	5.7 ^{b}	9.5 ^{ab}	16.1 ^{bc}	13.8 ^{b}	16.0 ^{b}
A5 : Rh+Pc+So	2.4 ^{c}	5.1 ^{b}	7.9 ^{b}	14.9 ^{c}	12.2 ^{c}	13.6 ^{c}
A6 : Ch+Pc+So	2.6 ^{bc}	4.8 ^{b}	7.6 ^{b}	15.4 ^{bc}	12.3 ^{bc}	13.9 ^{C}
A7 : Rh+Mr+Pc+So	3.2 ^{a}	7.2 ^{a}	11.5 ^{a}	17.0 ^{b}	15.8 ^{a}	15.7 ^{B}
A8 : Ch+Mr+Pc+So	3.5 ^{a}	7.2 ^{a}	11.3 ^{a}	19.9 ^{a}	17.0 ^{a}	18.1 ^{A}
ปัจจัย B						
B1 : Control	3.95	5.6 ^{a}	8.8 ^{ab}	13.1 ^{b}	11.0 ^{b}	12.4 ^{b}
B2 : OF	3.91	4.9 ^{b}	8.7 ^{ab}	16.2 ^{a}	13.9 ^{a}	15.7 ^{a}
B3 : OF+Tri	4.13	5.7 ^{a}	9.2 ^{a}	16.7 ^{a}	14.1 ^{a}	15.6 ^{a}
B4 : OF+H2O2	4.23	4.4 ^{b}	7.1 ^{b}	12.7 ^{b}	10.3 ^{b}	13.2 ^{b}
F – test A	**	**	**	**	**	**
F – test B	ns	**	**	**	**	**

หมายเหตุ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT (Duncan Mulitiple Range Test)

ns หมายถึงไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

** หมายถึง มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์



ภาพ 8 แสดงความยาวใบของผักกาดหอมห่อแต่ละตำรับการทดลองใน 6 สัปดาห์

น้ำหนักของผักกาดหอมห่อ

น้ำหนักก่อนตัดแต่งของผักกาดหอมห่อโดยเฉลี่ยทั้ง 6 สัปดาห์ พบว่าน้ำหนักก่อนตัดแต่งของผักกาดหอมห่อที่ใช้วัสดุปลูก คือกากเพาะเห็ด มะพร้าวสับ มูลวัว และดินอินทรีย์ร่วมกับสารละลายอินทรีย์ผสมไตรโคเดอร์มา ให้น้ำหนักก่อนตัดแต่งเฉลี่ยสูงที่สุด คือ 308.99 กรัม รองลงมาคือผักกาดหอมห่อที่ใช้วัสดุปลูก คือกากเพาะเห็ด แกลบดิบ มูลวัว และดินอินทรีย์ ร่วมกับน้ำ ให้น้ำหนักก่อนตัดแต่งเฉลี่ยเท่ากับ 216.74 กรัม ส่วนผักกาดหอมห่อที่ใช้วัสดุปลูก คือแกลบดิบ ขี้เถ้าแกลบ ร่วมกับสารละลายอินทรีย์ผสม H_2O_2 ให้น้ำหนักก่อนตัดแต่งเฉลี่ยต่ำที่สุด คือ 14.08 กรัม (ตาราง 11-12 และ ภาพ 9)

น้ำหนักหลังตัดแต่งของผักกาดหอมห่อโดยเฉลี่ยทั้ง 6 สัปดาห์ พบว่าน้ำหนักหลังตัดแต่งของผักกาดหอมห่อที่ใช้วัสดุปลูก คือกากเพาะเห็ด มะพร้าวสับ มูลวัว และดินอินทรีย์ร่วมกับสารละลายอินทรีย์ผสมไตรโคเดอร์มา ให้น้ำหนักก่อนตัดแต่งเฉลี่ยสูงที่สุด คือ 201.72 กรัม รองลงมาคือคือผักกาดหอมห่อที่ใช้วัสดุปลูก คือกากเพาะเห็ด แกลบดิบ มูลวัว และดินอินทรีย์ร่วมกับน้ำ ให้น้ำหนักหลังตัดแต่งเฉลี่ยเท่ากับ 116.61 กรัม ส่วนผักกาดหอมห่อที่ใช้วัสดุปลูกคือแกลบดิบ ขี้เถ้าแกลบ ร่วมกับน้ำ วัสดุปลูก แกลบดิบ ขี้เถ้าแกลบ ร่วมกับสารละลายอินทรีย์เพียงอย่างเดียว วัสดุปลูก แกลบดิบ ขี้เถ้าแกลบ ร่วมกับสารละลายอินทรีย์ผสม H_2O_2 วัสดุปลูกมะพร้าวสับ ขุยมะพร้าว ร่วมกับน้ำ วัสดุปลูกมะพร้าวสับ ขุยมะพร้าวร่วมกับสารละลายอินทรีย์เพียงอย่างเดียว วัสดุปลูกมะพร้าวสับ ขุยมะพร้าวร่วมกับสารละลายอินทรีย์ผสม H_2O_2 วัสดุปลูกมะพร้าวสับ กากเพาะเห็ดร่วมกับสารละลายอินทรีย์เพียงอย่างเดียว วัสดุปลูกมะพร้าวสับ กากเพาะเห็ดผสมไตรโคเดอร์มา ร่วมกับสารละลายอินทรีย์ และวัสดุปลูกมะพร้าวสับ กากเพาะเห็ดร่วมกับสารละลายอินทรีย์ผสม H_2O_2 ไม่สามารถตัดแต่งผลผลิตได้ (ตาราง 11-12 และ ภาพ 9)

ตาราง 11 แสดงน้ำหนักของผักกาดหอมห่อก่อนตัดแต่งและหลังตัดแต่ง

	น้ำหนักก่อนตัดแต่ง				น้ำหนักหลังตัดแต่ง			
	B1	**B2**	**B3**	**B4**	**B1**	**B2**	**B3**	**B4**
A 1	7.56	68.69	117.00	14.08	0.00	0.00	95.29	0.00
A 2	24.26	66.10	76.74	15.73	0.00	0.00	57.90	0.00
A 3	59.94	35.57	29.72	77.76	55.10	0.00	0.00	0.00
A 4	49.61	156.44	163.08	87.66	19.83	78.56	104.95	33.18
A 5	30.78	99.26	133.24	38.00	18.30	53.68	58.35	21.30
A 6	39.72	183.08	209.60	59.83	0.00	91.90	110.98	25.80
A 7	160.46	206.01	216.74	106.20	92.65	102.42	116.61	49.25
A 8	135.95	215.08	308.99	136.49	98.73	109.16	201.72	83.46
C.V. (%)	31.66				42.22			
F – test (A)	**				**			
F – test (B)	**				**			

หมายเหตุ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT (Duncan Mulitiple Range Test)

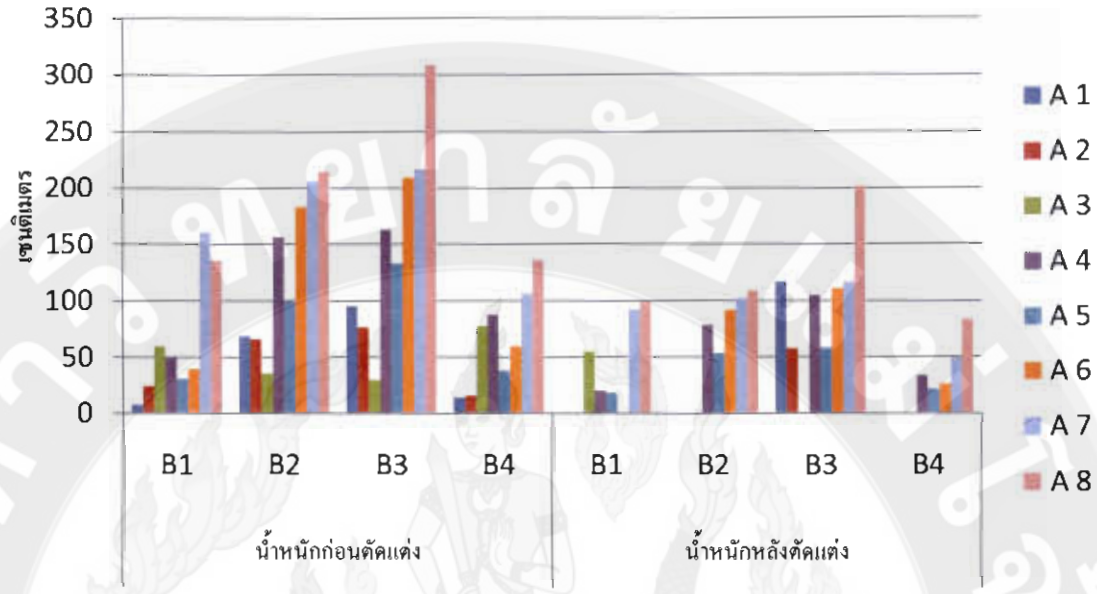
** หมายถึง มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ตาราง 12 แสดงความแตกต่างทางสถิติของน้ำหนักของผักกาดหอมห่อในแต่ละตำรับการทดลอง

	น้ำหนักก่อนตัดแต่ง	น้ำหนักหลังตัดแต่ง
ปัจจัย A		
A1 : Rh	46.40 ^{c}	45.71 ^{c}
A2 : Ch	50.75 ^{c}	114.20 ^{b}
A3 : Rh+Mr	75.32 ^{c}	123.06 ^{b}
A4 : Ch+Mr	172.35 ^{a}	199.13 ^{a}
A5 : Rh+Pc+So	29.25 ^{de}	14.48 ^{e}
A6 : Ch+Pc+So	13.78 ^{e}	59.13 ^{cd}
A7 : Rh+Mr+Pc+So	37.91 ^{cde}	57.17 ^{c}
A8 : Ch+Mr+Pc+So	90.23 ^{a}	123.26 ^{a}
ปัจจัย B		
B1 : Control	27.70 ^{b}	20.54 ^{a}
B2 : OF	24.73 ^{c}	17.80 ^{b}
B3 : OF+Tri	31.18 ^{a}	21.29 ^{a}
B4 : OF+H2O2	24.10 ^{c}	18.65 ^{b}
F – test A	**	**
F – test B	**	**

หมายเหตุ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT (Duncan Mulitiple Rangc Test)

** หมายถึง มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์



ภาพ 9 แสดงน้ำหนักของผักกาดหอมห่อก่อนตัดแต่งและหลังตัดแต่ง

วิจารณ์ผลการทดลองที่ 2

ในการทดลองการปลูกผักกาดหอมห่อแบบอินทรีย์ในวัสดุปลูก พบว่าวัสดุที่ผสมด้วย กากเพาะเห็ด กากมะพร้าวสับ มูลวัวและดินอินทรีย์ เป็นวัสดุปลูกที่สามารถให้ผลผลิตได้ดีที่สุด เนื่องจากกากมะพร้าวมีคุณสมบัติน้ำหนักเบาง่ายต่อการนำมาใช้ และอุ้มน้ำได้ดีจึงเหมาะกับการใช้เป็นวัสดุปลูกมากที่สุด (อิทธิสุนทร, 2552) นอกจากนี้ กากเพาะเห็ด ยังมีธาตุอาหารสะสมอยู่ค่อนข้างมากเนื่องจากถุงก้อนเชื้อเห็ดทำจากขี้เลื่อย และอาหารเสริมประเภทรำละเอียด ปูนขาว ยิปซัม ดีเกลือ ไทอามีน แป้ง น้ำตาล รากมอสส์ กระถินป่น เมื่อนำเอาก้อนเชื้อเห็ดเก่าไปหมักแบบอับอากาศประมาณ 10 – 30 วัน จะทำให้ขี้เห็ดที่มีความร่วน ไม่มีกลิ่นเหม็น จึงจะสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการปลูกพืชได้เป็นอย่างดีอีกทั้งยังมีราคาถูกและสามารถหาได้ตลอดทั้งปี นอกจากนี้มูลวัวแห้งที่นำมาใช้ก็มีธาตุอาหารจำพวกไนโตรเจน(N) 1.95 เปอร์เซ็นต์, ฟอสฟอรัส(P) 1.76 เปอร์เซ็นต์, โพแทสเซียม(K) 1.43 เปอร์เซ็นต์, แคลเซียม 1.817 เปอร์เซ็นต์, แมกนีเซียม0.556 เปอร์เซ็นต์ กำมะถัน 0.07 เปอร์เซ็นต์ เหล็ก 670 ส่วนต่อล้านส่วน, แมงกานีส 190 ส่วนต่อล้านส่วน, สังกะสี 32 ส่วนต่อล้านส่วน, ทองแดง 54 ส่วนต่อล้านส่วน, โมลิบดินัม 9,740 ส่วนต่อล้านส่วน และ คลอรีน 4,630 ส่วนต่อล้านส่วน (กรมพัฒนาที่ดิน, 2541) ซึ่งจำเป็นสำหรับการเจริญเติบโตของพืช นอกจากนี้ยังได้รับธาตุอาหารจำพวกจุลธาตุที่ได้มาจากดินอินทรีย์อีกด้วย นอกจากนี้การใช้เชื้อราไตร โคเดอร์มาในการทดลองให้ผลดีที่สุดเนื่องจากเชื้อราไตร โคเดอร์มาสามารถเจริญได้ดีในสภาพที่มีความชื้นสูง สามารถเจริญเข้าทำลายเส้นใย และส่วนต่างๆ ของเชื้อราโรคพืช นอกจากนี้ยังสามารถเจริญและเพิ่มปริมาณได้อย่างรวดเร็ว สามารถแข่งขันและแย่งอาหารของเชื้อราโรคพืช เป็นเหตุให้เชื้อราโรคพืชหยุดการเจริญเติบโตและแพร่พันธุ์ได้ (จิระเดช, 2546) จึงเป็นสาเหตุให้สามารถส่งเสริมการเจริญเติบโตของผักกาดหอมห่อได้ดีที่สุด

ผลการทดลองที่ 3 ศึกษาเปรียบเทียบชนิดวัสดุปลูก และการจัดการที่เหมาะสม ต่อการปลูกเบบี้แครอทแบบอินทรีย์

ความกว้างใบ

เมื่อเบบี้แครอทอายุ 1 สัปดาห์หลังการย้ายปลูก พบว่าความกว้างใบเฉลี่ยของเบบี้แครอท ที่ใช้วัสดุปลูกคือ กากเพาะเห็ด แกลบดิบ มูลวัว และดินอินทรีย์ ร่วมกับสารละลายอินทรีย์ผสมกับ H_2O_2 ให้ความกว้างใบเฉลี่ยสูงที่สุดเท่ากับ 8.3 เซนติเมตร รองลงมาคือเบบี้แครอทที่ใช้วัสดุปลูก คือ กากเห็ด แกลบดิบ มูลวัว และดินอินทรีย์ ร่วมกับสารละลายอินทรีย์เพียงอย่างเดียว ให้ความกว้างใบเฉลี่ยเท่ากับ 7.3 เซนติเมตร ส่วนเบบี้แครอทที่ใช้วัสดุปลูกคือ ขุยมะพร้าว และกากมะพร้าวสับ ร่วมกับน้ำ มีความกว้างใบเฉลี่ยต่ำที่สุดเท่ากับ 0.7 เซนติเมตร (ตาราง 13-14 และ ภาพ 10)

เมื่อเบบี้แครอทอายุ 2 สัปดาห์หลังการย้ายปลูก พบว่าความกว้างใบเฉลี่ยของเบบี้แครอท ที่ใช้วัสดุปลูก คือกากเพาะเห็ด มะพร้าวสับ มูลวัว และดินอินทรีย์ ร่วมกับสารละลายอินทรีย์ผสม H_2O_2 ให้ความกว้างใบเฉลี่ยสูงที่สุดเท่ากับ 10.7 เซนติเมตร รองลงมาคือเบบี้แครอทที่ใช้วัสดุปลูก คือ กากเพราะเห็ด แกลบดิบ มูลวัว และดินอินทรีย์ร่วมกับสารละลายอินทรีย์เพียงอย่างเดียว ให้ความกว้างใบเฉลี่ยเท่ากับ 10.3 เซนติเมตร ส่วนเบบี้แครอทที่ใช้วัสดุปลูก คือ มะพร้าวสับ ขุยมะพร้าว ร่วมกับน้ำ และมะพร้าวสับ ขุยมะพร้าวร่วมกับสารละลายอินทรีย์เพียงอย่างเดียว มีความกว้างใบเฉลี่ยต่ำที่สุดเท่ากับ 0.8 เซนติเมตร (ตาราง 13-14 และ ภาพ 10)

เมื่อเบบี้แครอทอายุ 3 สัปดาห์หลังการย้ายปลูก พบว่าความกว้างใบเฉลี่ยของเบบี้แครอท ที่ใช้วัสดุปลูก คือกากเพาะเห็ด แกลบดิบ มูลวัว และดินอินทรีย์ ผสมกับไตโครเดอร์มา ร่วมกับสารละลายอินทรีย์ ให้ความกว้างใบเฉลี่ยสูงที่สดเท่ากับ 11.2 เซนติเมตร รองลงมาคือเบบี้แครอทที่ใช้วัสดุปลูก คือ กากเพาะเห็ด มะพร้าวสับ มูลวัว และดินอินทรีย์ ร่วมกับสารละลายอินทรีย์ผสมกับ H_2O_2 ให้ความกว้างใบเฉลี่ยเท่ากับ 11.0 เซนติเมตร ส่วนเบบี้แครอทที่ใช้วัสดุปลูก คือ มะพร้าวสับ ขุยมะพร้าว ร่วมกับน้ำ และมะพร้าวสับ ขุยมะพร้าวร่วมกับสารละลายอินทรีย์เพียงอย่างเดียว มีความกว้างใบเฉลี่ยต่ำที่สุดเท่ากับ 1.1 เซนติเมตร (ตาราง 13-14 และ ภาพ 10)

เมื่อเบบี้แครอทอายุ 4 สัปดาห์หลังการย้ายปลูก พบว่าความกว้างใบเฉลี่ยของเบบี้แครอท ที่ใช้วัสดุปลูก คือ กากเพาะเห็ด แกลบดิบ มูลวัว และดินอินทรีย์ ผสมไตรโคดอร์ม ร่วมกับสารละลายอินทรีย์ ให้ความกว้างใบเฉลี่ยสูงที่สุดเท่ากับ 12.7 เซนติเมตร รองลงมาคือเบบี้แครอทที่ใช้วัสดุปลูก คือกากเพาะเห็ด แกลบดิบ มูลวัว และดินอินทรีย์ ร่วมกับสารละลายอินทรีย์เพียงอย่างเดียว

ให้ความกว้างใบเฉลี่ยเท่ากับ 11.9 เซนติเมตร ส่วนเบบี้แครอทที่ใช้วัสดุปลูก คือ มะพร้าวสับ ขุยมะพร้าว ร่วมกับน้ำ มีความกว้างใบเฉลี่ยต่ำที่สุดเท่ากับ 1.3 เซนติเมตร (ตาราง 13-14 และ ภาพ 10)

เมื่อเบบี้แครอทอายุ 5 สัปดาห์หลังการย้ายปลูก พบว่าความกว้างใบเฉลี่ยของเบบี้แครอท ที่ใช้วัสดุปลูก คือ กากเพาะเห็ด แกลบดิบ มูลวัว และดินอินทรีย์ ผสมไตรโคดอร์มา ร่วมกับสารละลายอินทรีย์ ให้ความกว้างใบเฉลี่ยสูงที่สุดเท่ากับ 14.8 เซนติเมตร รองลงมาคือเบบี้แครอทที่ใช้วัสดุปลูก คือกากเพาะเห็ด แกลบดิบ มูลวัว และดินอินทรีย์ ร่วมกับสารละลายอินทรีย์เพียงอย่างเดียว ให้ความกว้างใบเฉลี่ยเท่ากับ 13.6 เซนติเมตร ส่วนเบบี้แครอทที่ใช้วัสดุปลูก คือ มะพร้าวสับ ขุยมะพร้าว ร่วมกับน้ำ มีความกว้างใบเฉลี่ยต่ำที่สุดเท่ากับ 1.4 เซนติเมตร (ตาราง 13-14 และ ภาพ 10)

เมื่อเบบี้แครอทอายุ 6 สัปดาห์หลังการย้ายปลูก พบว่าความกว้างใบเฉลี่ยของเบบี้แครอท ที่ใช้วัสดุปลูก คือ กากเพาะเห็ด แกลบดิบ มูลวัว และดินอินทรีย์ ผสมไตรโคดอร์มา ร่วมกับสารละลายอินทรีย์ ให้ความกว้างใบเฉลี่ยสูงที่สุดเท่ากับ 16.3 เซนติเมตร รองลงมาคือเบบี้แครอทที่ใช้วัสดุปลูก คือกากเพาะเห็ด แกลบดิบ มูลวัว และดินอินทรีย์ ร่วมกับสารละลายอินทรีย์เพียงอย่างเดียวให้ความกว้างใบเฉลี่ยเท่ากับ 14.7 เซนติเมตร ส่วนเบบี้แครอทที่ใช้วัสดุปลูก คือ มะพร้าวสับ ขุยมะพร้าว ร่วมกับน้ำ มีความกว้างใบเฉลี่ยต่ำที่สุดเท่ากับ 2.0 เซนติเมตร (ตาราง 13-14 และ ภาพ 10)

ตาราง 13 แสดงความกว้างใบของเบบี้แครอทแต่ละตำรับการทดลองใน 6 สัปดาห์

	สัปดาห์ที่ 1				สัปดาห์ที่ 2				สัปดาห์ที่ 3				สัปดาห์ที่ 4				สัปดาห์ที่ 5				สัปดาห์ที่ 6			
	B1	**B2**	**B3**	**B4**	**B1**	**B2**	**B3**	**B4**	**B1**	**B2**	**B3**	**B4**	**B1**	**B2**	**B3**	**B4**	**B1**	**B2**	**B3**	**B4**	**B1**	**B2**	**B3**	**B4**
A1	0.9	1.7	1.2	0.8	1.4	2.1	1.3	1.1	1.6	2.3	2.7	1.6	2.2	3.5	2.8	2.1	2.8	4.1	2.8	2.3	2.9	4.6	4.8	2.9
A2	0.7	0.9	1.1	0.8	0.8	0.8	1.4	0.9	1.1	1.1	1.3	1.3	1.3	1.8	1.6	1.3	1.4	2.0	1.9	1.6	2.0	2.7	2.5	2.0
A3	2.9	2.6	1.7	3.6	4.0	4.3	2.8	5.9	5.9	5.8	3.6	6.4	7.0	7.1	4.0	6.7	9.5	8.9	5.3	9.8	10.6	11.8	6.4	11.4
A4	2.3	2.9	2.6	2.3	3.3	4.8	3.9	3.1	5.2	6.2	5.7	4.1	7.2	7.7	7.4	5.2	8.9	9.3	8.7	5.7	9.0	10.4	9.9	5.6
A5	1.0	2.6	1.8	1.3	1.7	4.7	3.1	2.2	1.8	5.6	3.2	2.5	3.2	7.9	4.8	4.0	4.5	11.1	6.6	5.3	4.5	11.7	6.7	5.5
A6	5.9	3.1	2.4	4.2	8.2	5.8	4.6	7.4	9.4	7.1	6.6	9.4	10.4	8.6	8.3	9.4	12.1	11.3	11.6	12.0	12.3	13.1	13.3	12.8
A7	3.4	7.3	6.5	4.7	6.2	10.3	8.9	7.3	7.7	10.5	11.2	9.1	9.1	11.9	12.7	10.3	11.8	13.6	14.8	12.4	12.2	14.7	16.3	13.7
A8	3.7	5.8	4.8	8.3	7.7	8.2	8.0	10.7	7.2	8.5	7.8	11.0	7.6	10.2	8.3	11.6	7.6	12.8	9.6	12.5	9.1	12.2	9.7	13.6
C.V. (%)	52.46				45.48				50.25				43.14				43.01				43.33			
F – test (A)	**				**				**				**				**				**			
F – test (B)	**				**				ns				*				ns				ns			

หมายเหตุ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT (Duncan Mulitiple Range Test)

ns หมายถึงไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ * หมายถึง มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

** หมายถึง มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ตาราง 14 แสดงความแตกต่างทางสถิติของความกว้างใบของเบบี้แครอทในแต่ละตำรับการทดลอง

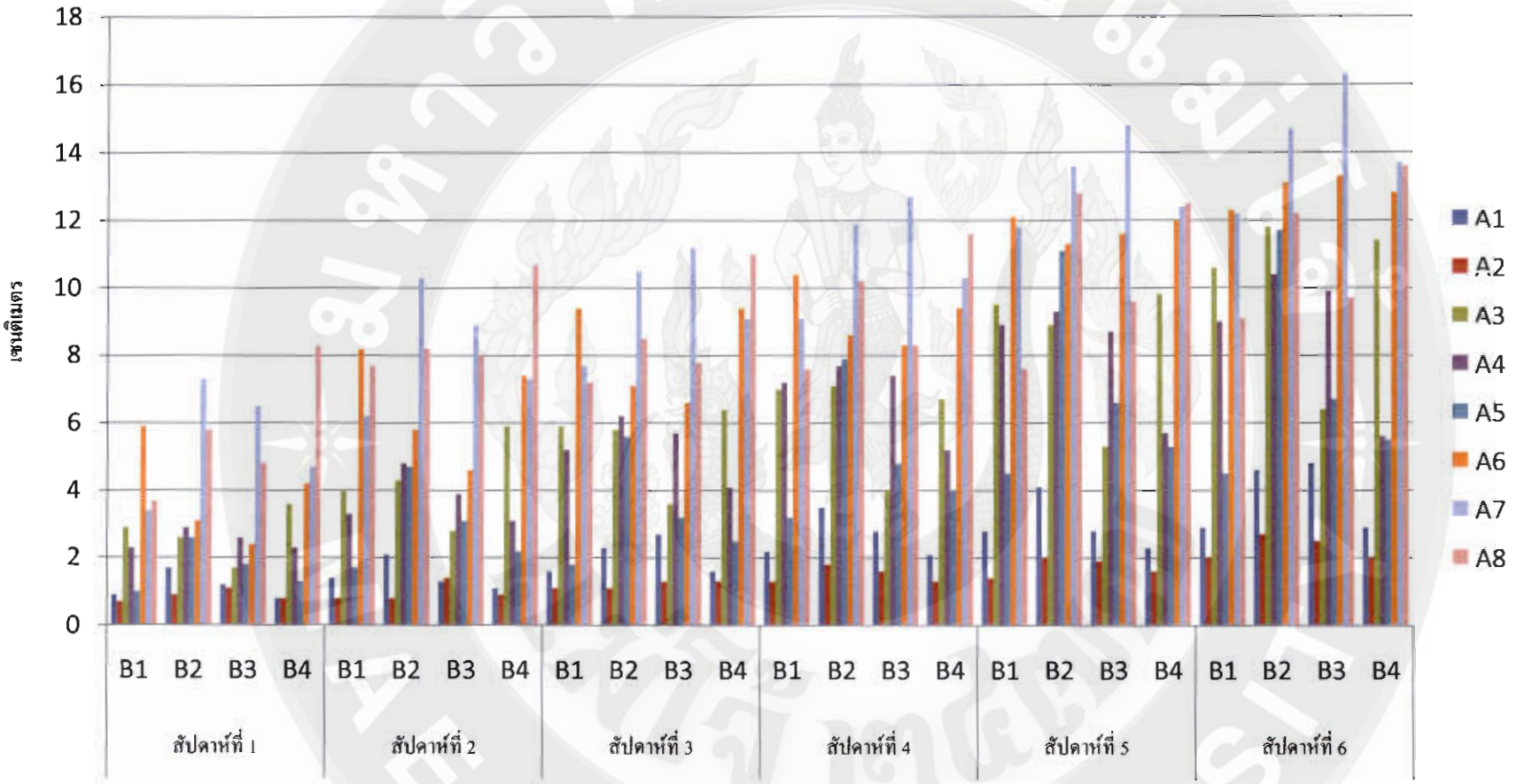
	สัปดาห์ที่ 1	สัปดาห์ที่ 2	สัปดาห์ที่ 3	สัปดาห์ที่ 4	สัปดาห์ที่ 5	สัปดาห์ที่ 6
ปัจจัย A						
A1 : Rh	1.14^{d}	1.48^{cd}	2.54^{c}	2.98^{e}	2.68^{de}	3.26^{d}
A2 : Ch	0.87^{d}	0.98^{d}	1.22^{c}	1.54^{e}	1.68^{e}	2.30^{d}
A3 : Rh+Mr	2.65^{bc}	4.10^{b}	5.30^{b}	9.92^{bcd}	5.89^{c}	8.08^{bc}
A4 : Ch+Mr	2.65^{bc}	3.97^{b}	5.60^{b}	9.09^{cd}	7.22^{bc}	8.48^{bc}
A5 : Rh+Pc+So	1.67^{cd}	2.93^{bc}	3.29^{bc}	7.07^{d}	4.98^{cd}	6.90^{c}
A6 : Ch+Pc+So	3.88^{b}	6.49^{a}	8.11^{a}	12.81^{ab}	9.18^{ab}	11.80^{a}
A7 : Rh+Mr+Pc+So	5.49^{a}	8.19^{a}	9.61^{a}	14.22^{a}	10.98^{a}	13.16^{a}
A8 : Ch+Mr+Pc+So	5.66^{a}	8.24^{a}	8.61^{a}	11.01^{bc}	9.41^{ab}	10.79^{ab}
ปัจจัย B						
B1 : Control	2.60^{b}	4.16^{b}	4.99	7.71^{b}	7.33	7.83
B2 : OF	3.36^{a}	5.13^{a}	5.89	10.00^{a}	9.14	10.15
B3 : OF+Tri	2.76^{b}	4.25^{b}	5.26	8.48^{ab}	7.66	8.70
B4 : OF+H2O2	3.25^{a}	4.83^{ab}	5.68	8.12^{a}	7.70	8.44
F – test A	**	**	**	**	**	**
F – test B	**	**	ns	*	ns	ns

หมายเหตุ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT (Duncan Mulitiple Range Test)

ns หมายถึงไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

* หมายถึง มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

** หมายถึง มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์



ภาพ 10 แสดงความกว้างใบของเบบี้แครอทแต่ละตำรับการทดลองใน 6 สัปดาห์

ด้านความยาวใบ

เมื่อเบบี้แครอทอายุครบ 1 สัปดาห์หลังการย้ายปลูก พบว่าความยาวใบของเบบี้แครอท ที่ใช้วัสดุปลูก คือกากเพาะเห็ด มะพร้าวสับ มูลวัว และดินอินทรีย์ ร่วมกับสารละลายอินทรีย์ผสมกับ H_2O_2 ให้ความยาวใบเฉลี่ยสูงที่สุด คือ 9.8 เซนติเมตร รองลงมาคือเบบี้แครอทที่ใช้วัสดุปลูก คือกากเพาะเห็ด แกลบดิบ มูลวัว และดินอินทรีย์ ร่วมกับสารละลายอินทรีย์เพียงอย่างเดียว ให้ความยาวใบเฉลี่ยเท่ากับ 8.8 เซนติเมตร ส่วนเบบี้แครอทที่ใช้วัสดุปลูกคือมะพร้าวสับ ขุยมะพร้าว ร่วมกับน้ำ มีความยาวใบเฉลี่ยต่ำที่สุด เท่ากับ 0.7 เซนติเมตร (ตาราง 15-16 และ ภาพ 11)

เมื่อเบบี้แครอทอายุครบ 2 สัปดาห์ พบว่าความยาวใบของเบบี้แครอท ที่ใช้วัสดุปลูก คือกากเพาะเห็ด แกลบดิบ มูลวัว และดินอินทรีย์ ร่วมกับสารละลายอินทรีย์ผสม H_2O_2 ให้ความยาวใบเฉลี่ยสูงที่สุด คือ 10.0 เซนติเมตร รองลงมาคือเบบี้แครอทที่ใช้วัสดุปลูก คือกากเพาะเห็ด มะพร้าวสับ มูลวัว และดินอินทรีย์ ร่วมกับสารละลายอินทรีย์เพียงอย่างเดียว ให้ความยาวใบเฉลี่ยเท่ากับ 9.2 เซนติเมตร ส่วนเบบี้แครอทที่ใช้วัสดุปลูกคือมะพร้าวสับ ขุยมะพร้าว ร่วมกับสารละลายอินทรีย์เพียงอย่างเดียว มีความยาวใบเฉลี่ยต่ำที่สุด เท่ากับ 0.8 เซนติเมตร (ตาราง 15-16 และ ภาพ 11)

เมื่อเบบี้แครอทอายุครบ 3 สัปดาห์ พบว่าความยาวใบของเบบี้แครอท ที่ใช้วัสดุปลูก คือกากเพาะเห็ด แกลบดิบ มูลวัว และดินอินทรีย์ ร่วมกับสารละลายอินทรีย์เพียงอย่างเดียว ให้ความยาวใบเฉลี่ยสูงที่สุดคือ 13.1 เซนติเมตร รองลงมาคือเบบี้แครอทที่ใช้วัสดุปลูก คือ กากเพาะเห็ด แกลบดิบ มูลวัว และดินอินทรีย์ ผสมไตรโคเดอร์มาร่วมกับสารละลายอินทรีย์ ให้ความยาวใบเฉลี่ยเท่ากับ 12.4 เซนติเมตร ส่วนเบบี้แครอทที่ใช้วัสดุปลูกคือมะพร้าวสับ ขุยมะพร้าว ร่วมกับสารละลายอินทรีย์เพียงอย่างเดียว และ มะพร้าวสับ ขุยมะพร้าว ร่วมกับสารละลายอินทรีย์ผสม H_2O_2 มีความยาวใบเฉลี่ยต่ำที่สุด เท่ากับ 1.3 เซนติเมตร (ตาราง 15-16 และ ภาพ 11)

เมื่อเบบี้แครอทอายุครบ 4 สัปดาห์ พบว่าความยาวใบของเบบี้แครอทที่ใช้วัสดุปลูก คือกากเพาะเห็ด แกลบดิบ มูลวัว และดินอินทรีย์ ร่วมกับสารละลายอินทรีย์เพียงอย่างเดียว ให้ความยาวใบเฉลี่ยสูงที่สุดคือ 15.4 เซนติเมตร รองลงมาคือเบบี้แครอทที่ใช้วัสดุปลูก คือ กากเพาะเห็ด แกลบดิบ มูลวัว และดินอินทรีย์ ผสมไตรโคเดอร์มา ร่วมกับสารละลายอินทรีย์ ให้ความยาวใบเฉลี่ยเท่ากับ 15.3 เซนติเมตร ส่วนเบบี้แครอทที่ใช้วัสดุปลูกคือมะพร้าวสับ ขุยมะพร้าว ร่วมกับน้ำ และมะพร้าวสับ ขุยมะพร้าว ร่วมกับสารละลายอินทรีย์ผสม H_2O_2 มีความยาวใบเฉลี่ยต่ำที่สุดเท่ากับ 1.6 เซนติเมตร (ตาราง 15-16 และ ภาพ 11)

เมื่อเบบี้แครอทอายุครบ 5 สัปดาห์ พบว่าความยาวใบของเบบี้แครอทที่ใช้วัสดุปลูก คือกากเพาะเห็ด แกลบดิบ มูลวัว และดินอินทรีย์ ผสมไดรโดเดอร์มา ร่วมกับสารละลายอินทรีย์ ให้ความยาวใบเฉลี่ยสูงที่สุด คือ 15.9 เซนติเมตร รองลงมาคือเบบี้แครอทที่ใช้วัสดุปลูก คือ กากเพาะเห็ด แกลบดิบ มูลวัว และดินอินทรีย์ ร่วมกับสารละลายอินทรีย์เพียงอย่างเดียว ให้ความยาวใบเฉลี่ยเท่ากับ 15.7 เซนติเมตร ส่วนเบบี้แครอทที่ใช้วัสดุปลูก คือมะพร้าวสับ ขุยมะพร้าว ร่วมกับน้ำ ให้ความยาวใบเฉลี่ยต่ำที่สุดเท่ากับ 1.8 เซนติเมตร (ตาราง 15-16 และ ภาพ 12)

เมื่อเบบี้แครอทอายุครบ 6 สัปดาห์ พบว่าความยาวใบของเบบี้แครอทที่ใช้วัสดุปลูก คือกากเพาะเห็ด แกลบดิบ มูลวัว และดินอินทรีย์ ผสมไตรโดเดอร์มา ร่วมกับสารละลายอินทรีย์ และกากเพาะเห็ด แกลบดิบ มูลวัว และดินอินทรีย์ ร่วมกับสารละลายอินทรีย์เพียงอย่างเดียว ให้ความยาวใบเฉลี่ยสูงที่สุด คือ 17.7 เซนติเมตร รองลงมาคือเบบี้แครอทที่ใช้วัสดุปลูก คือ มะพร้าวสับ ขุยมะพร้าว มูลวัว และดินอินทรีย์ ร่วมกับน้ำ ให้ความยาวใบเฉลี่ยเท่ากับ 16.1 เซนติเมตร ส่วนเบบี้แครอทที่ใช้วัสดุปลูก คือมะพร้าวสับ ขุยมะพร้าว ร่วมกับน้ำ และ มะพร้าวสับ ขุยมะพร้าว ร่วมกับสารละลายอินทรีย์ผสม H_2O_2 ให้ความยาวใบเฉลี่ยต่ำที่สุดเท่ากับ 2.4 เซนติเมตร (ตาราง 15-16 และ ภาพ 11)

ตาราง 15 แสดงความยาวใบของเบบี้แครอทแต่ละตำรับการทดลองใน 6 สัปดาห์

	สัปดาห์ที่ 1				สัปดาห์ที่ 2				สัปดาห์ที่ 3				สัปดาห์ที่ 4				สัปดาห์ที่ 5				สัปดาห์ที่ 6			
	B1	**B2**	**B3**	**B4**	**B1**	**B2**	**B3**	**B4**	**B1**	**B2**	**B3**	**B4**	**B1**	**B2**	**B3**	**B4**	**B1**	**B2**	**B3**	**B4**	**B1**	**B2**	**B3**	**B4**
A1	1.0	1.9	1.3	0.9	1.5	2.5	1.4	1.2	1.9	2.7	2.3	1.7	2.6	4.3	3.3	2.2	3.3	4.5	3.3	2.5	3.5	5.6	3.4	3.3
A2	0.7	0.9	1.3	0.9	1.0	0.8	1.6	1.0	1.4	1.3	1.6	1.3	1.6	2.0	2.1	1.6	1.8	2.3	2.1	2.1	2.4	2.8	3.4	2.4
A3	3.0	2.8	1.8	3.9	4.4	5.2	3.3	6.6	7.3	7.2	4.3	8.0	9.2	9.1	4.8	8.6	11.5	11.1	6.3	12.3	12.8	13.8	7.4	13.7
A4	2.3	3.2	2.8	2.5	4.2	5.4	4.6	3.7	6.6	7.4	6.6	4.9	8.8	9.8	9.2	5.8	10.9	11.2	10.4	6.9	11.1	12.3	11.6	7.3
A5	1.1	2.9	2.0	1.3	1.4	4.0	2.7	2.0	1.9	6.5	4.5	3.0	3.7	9.6	6.0	4.7	4.8	12.9	7.8	5.8	5.3	12.8	8.3	6.2
A6	6.8	3.3	2.7	4.3	7.9	4.9	3.6	6.3	10.5	8.0	7.6	10.4	13.4	10.4	10.3	12.4	15.7	13.9	13.6	14.7	16.1	15.4	15.2	15.8
A7	4.0	6.7	7.9	9.8	7.7	7.6	7.6	10.0	8.9	13.1	12.7	10.5	10.6	15.3	15.4	13.1	12.8	15.7	15.9	13.2	14.0	17.7	17.7	14.2
A8	4.2	8.8	5.9	5.8	5.3	9.2	6.7	6.7	8.9	9.9	9.5	12.4	9.7	12.8	10.9	14.3	10.4	14.8	11.1	14.6	10.7	14.8	11.7	15.4
C.V. (%)	54.02				49.64				47.31				43.22				44.48				40.80			
F – test (A)	**				**				**				**				**				**			
F – test (B)	ns				Ns				ns				*				ns				ns			

หมายเหตุ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT (Duncan Mulitiple Range Test)

ns หมายถึงไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ * หมายถึง มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

** หมายถึง มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ตาราง 16 แสดงความแตกต่างทางสถิติของความยาวใบของเบบี้แครอทในแต่ละตำรับการทดลอง

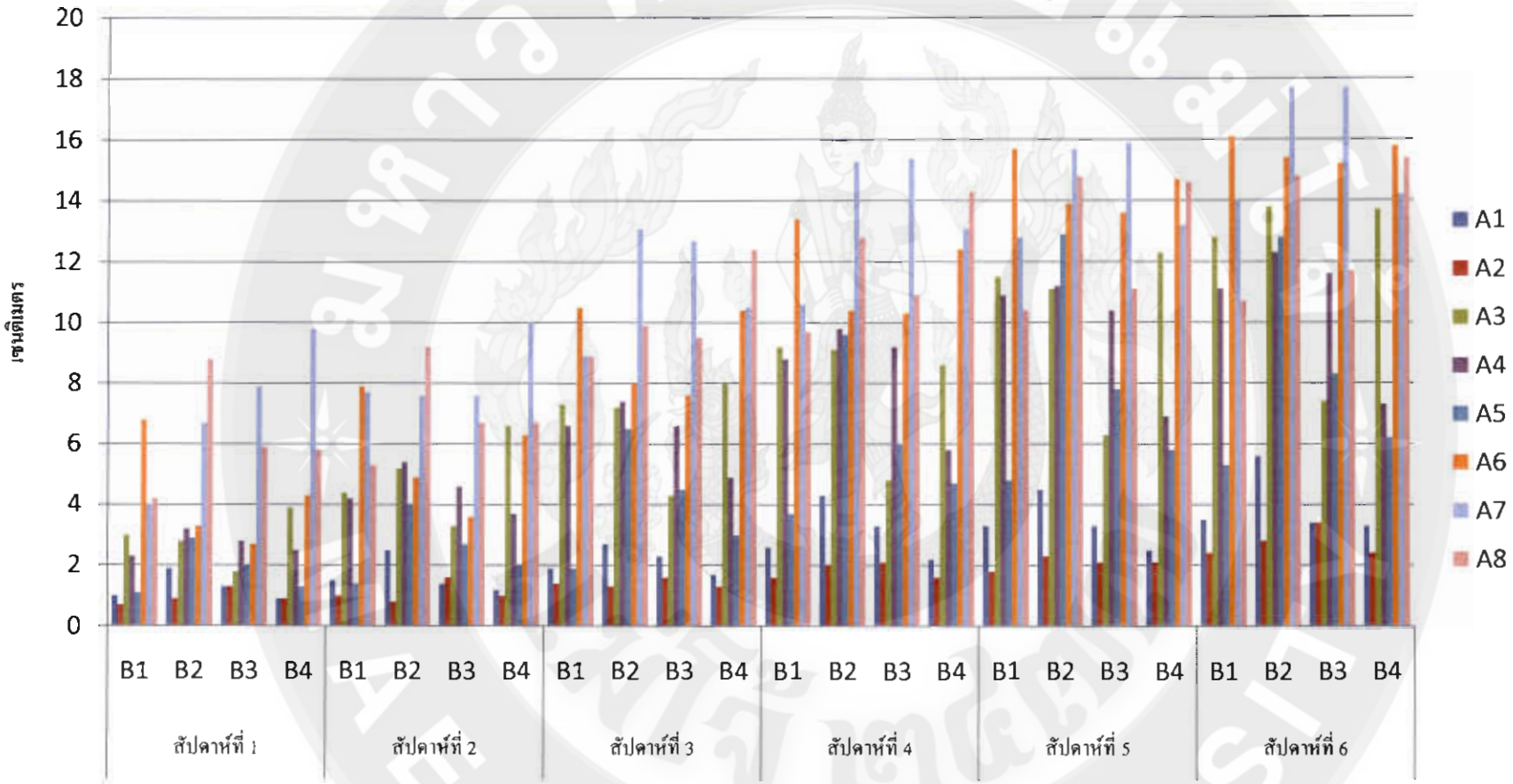
	สัปดาห์ที่ 1	สัปดาห์ที่ 2	สัปดาห์ที่ 3	สัปดาห์ที่ 4	สัปดาห์ที่ 5	สัปดาห์ที่ 6
ปัจจัย A						
A1 : Rh	1.26 ^{bc}	1.65 ^{d}	2.15 ^{ef}	3.33 ^{d}	3.19 ^{cd}	10.32 ^{bc}
A2 : Ch	0.98 ^{bc}	1.10 ^{d}	1.38 ^{f}	1.90 ^{d}	1.94 ^{d}	9.92 ^{bc}
A3 : Rh+Mr	2.88 ^{bc}	4.89 ^{c}	6.68 ^{bc}	11.92 ^{ab}	7.92 ^{b}	10.32 ^{bc}
A4 : Ch+Mr	2.70 ^{bc}	4.46 ^{c}	6.37 ^{cd}	10.51 ^{bc}	8.39 ^{b}	9.92 ^{bc}
A5 : Rh+Pc+So	1.84 ^{cd}	2.53 ^{d}	4.00 ^{de}	7.84 ^{c}	6.01 ^{bc}	8.15 ^{c}
A6 : Ch+Pc+So	4.26 ^{a}	5.69 ^{bc}	9.13 ^{a}	15.59 ^{a}	11.62 ^{a}	14.47 ^{a}
A7 : Rh+Mr+Pc+So	6.61 ^{a}	7.86 ^{a}	11.29 ^{a}	14.22 ^{ab}	13.74 ^{a}	15.92 ^{a}
A8 : Ch+Mr+Pc+So	6.66 ^{a}	6.98 ^{ab}	10.17 ^{a}	12.61 ^{ab}	12.04 ^{a}	13.17 ^{ab}
ปัจจัย B						
B1 : Control	2.89	4.18	5.93	9.09 ^{b}	8.90	9.49
B2 : OF	3.81	4.95	7.01	9.24 ^{b}	10.74	11.90
B3 : OF+Tri	3.21	3.94	6.14	9.23 ^{b}	8.79	9.84
B4 : OF+H2O2	3.68	4.69	6.53	11.41 ^{a}	9.01	9.79
F – test A	**	**	**	**	**	**
F – test B	ns	ns	ns	*	ns	ns

หมายเหตุ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT (Duncan Mulitiple Range Test)

ns หมายถึงไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

* หมายถึง มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

** หมายถึง มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์



ภาพ 11 แสดงความยาวใบของเบบี้แครอทแต่ละตำรับการทดลองใน 6 สัปดาห์

ด้านความสูงลำต้น

เมื่อเบบี้แครอทอายุครบ 1 สัปดาห์ พบว่าความสูงลำต้นของเบบี้แครอทที่ใช้วัสดุปลูก คือกากเพาะเห็ด มะพร้าวสับ มูลวัว และดินอินทรีย์ ร่วมกับสารละลายอินทรีย์ผสม H_2O_2 ให้ความสูงลำต้นเฉลี่ยสูงที่สุด คือ 17.6 เซนติเมตร รองลงมาคือเบบี้แครอทที่ใช้วัสดุปลูก คือกากเพาะเห็ด แกลบดิบ มูลวัว และดินอินทรีย์ ผสมไดรโครเดอร์มา ร่วมกับสารละลายอินทรีย์ ให้ความสูงลำต้นเฉลี่ยเท่ากับ 14.7 เซนติเมตร ส่วนเบบี้แครอทที่ใช้วัสดุปลูก คือมะพร้าวสับ ขุยมะพร้าว ร่วมกับน้ำ ให้ความสูงลำต้นเฉลี่ยต่ำที่สุดเท่ากับ 1.6 เซนติเมตร (ตาราง 17-18 และ ภาพ 12)

เมื่อเบบี้แครอทอายุครบ 2 สัปดาห์ พบว่าความสูงลำต้นของเบบี้แครอทใช้วัสดุปลูก คือกากเพาะเห็ด มะพร้าวสับ มูลวัว และดินอินทรีย์ ร่วมกับสารละลายอินทรีย์เพียงอย่างเดียว ให้ความสูงลำต้นเฉลี่ยสูงที่สุด คือ 20.9 เซนติเมตร รองลงมาคือเบบี้แครอทที่ใช้วัสดุปลูก คือ กากเพาะเห็ด แกลบดิบ มูลวัว และดินอินทรีย์ ร่วมกับสารละลายอินทรีย์เพียงอย่างเดียว และกากเพาะเห็ด แกลบดิบ มูลวัว และดินอินทรีย์ ร่วมกับสารละลายอินทรีย์ผสม H_2O_2 ให้ความสูงลำต้นเฉลี่ยเท่ากับ 19.6 เซนติเมตร ส่วนเบบี้แครอทที่ใช้วัสดุปลูก คือมะพร้าวสับ ขุยมะพร้าว ร่วมกับน้ำ ให้ความสูงลำต้นเฉลี่ยต่ำที่สุดเท่ากับ 2.5 เซนติเมตร (ตาราง 17-18 และ ภาพ 12)

เมื่อเบบี้แครอทอายุครบ 3 สัปดาห์ พบว่าความสูงลำต้นของเบบี้แครอทใช้วัสดุปลูก คือกากเพาะเห็ด แกลบดิบ มูลวัว และดินอินทรีย์ ร่วมกับสารละลายอินทรีย์เพียงอย่างเดียว ให้ความสูงลำต้นเฉลี่ยสูงที่สุด คือ 24.5 เซนติเมตร รองลงมาคือเบบี้แครอทที่ใช้วัสดุปลูก คือกากเพาะเห็ด แกลบดิบ มูลวัว และดินอินทรีย์ ผสมไตรโคเดอร์มา ร่วมกับสารละลายอินทรีย์ ให้ความสูงลำต้นเฉลี่ยเท่ากับ 23.5 เซนติเมตร ส่วนเบบี้แครอทที่ใช้วัสดุปลูก คือมะพร้าวสับ ขุยมะพร้าว ร่วมกับน้ำ ให้ความสูงลำต้นเฉลี่ยต่ำที่สุดเท่ากับ 3.0 เซนติเมตร (ตาราง 17-18 และ ภาพ 12)

เมื่อเบบี้แครอทอายุครบ 4 สัปดาห์ พบว่าความสูงลำต้นของเบบี้แครอทใช้วัสดุปลูก คือกากเพาะเห็ด แกลบดิบ มูลวัว และดินอินทรีย์ ผสมไตรโคเดอร์มา ร่วมกับสารละลายอินทรีย์ ให้ความสูงลำต้นเฉลี่ยสูงที่สุด คือ 27.4 เซนติเมตร รองลงมาคือเบบี้แครอทที่ใช้วัสดุปลูก คือกากเพาะเห็ด แกลบดิบ มูลวัว และดินอินทรีย์ ร่วมกับสารละลายอินทรีย์เพียงอย่างเดียว ให้ความสูงลำต้นเฉลี่ยเท่ากับ 27.3 เซนติเมตร ส่วนเบบี้แครอทที่ใช้วัสดุปลูก คือมะพร้าวสับ ขุยมะพร้าว ร่วมกับน้ำ ให้ความสูงลำต้นเฉลี่ยต่ำที่สุดเท่ากับ 3.9 เซนติเมตร (ตาราง 17-18 และ ภาพ 12)

เมื่อเบบี้แครอทอายุครบ 5 สัปดาห์ พบว่าความสูงลำต้นของเบบี้แครอทใช้วัสดุปลูก คือกากเพาะเห็ด แกลบดิบ มูลวัว และดินอินทรีย์ ร่วมกับน้ำ ให้ความสูงลำต้นเฉลี่ยสูงที่สุด คือ 31.9 เซนติเมตร รองลงมาคือเบบี้แครอทที่ใช้วัสดุปลูก คือกากเพาะเห็ด แกลบดิบ มูลวัว และดิน

อินทรีย์ ร่วมกับสารละลายอินทรีย์ผสม H_2O_2 ให้ความสูงลำต้นเฉลี่ยเท่ากับ 31.2 เซนติเมตร ส่วนเบบี้แครอทที่ใช้วัสดุปลูก คือมะพร้าวสับ ขุยมะพร้าว ร่วมกับน้ำ ให้ความสูงลำต้นเฉลี่ยต่ำที่สุดเท่ากับ 4.4 เซนติเมตร (ตาราง 17-18 และ ภาพ 12)

เมื่อเบบี้แครอทอายุครบ 6 สัปดาห์ พบว่าความสูงลำต้นของเบบี้แครอทที่ใช้วัสดุปลูก คือกากเพาะเห็ด แกลบดิบ มูลวัว และดินอินทรีย์ ผสมไตรโคเดอร์มา ร่วมกับสารละลายอินทรีย์ ให้ความสูงลำต้นเฉลี่ยสูงที่สุด คือ 32.0 เซนติเมตร รองลงมาคือเบบี้แครอทที่ใช้วัสดุปลูก คือกากเพาะเห็ด แกลบดิบ มูลวัว และดินอินทรีย์ ร่วมกับสารละลายอินทรีย์ผสมกับ H_2O_2 ให้ความสูงลำต้นเฉลี่ยเท่ากับ 31.3 เซนติเมตร ส่วนเบบี้แครอทที่ใช้วัสดุปลูก คือมะพร้าวสับ ขุยมะพร้าว ร่วมกับน้ำ ให้ความสูงลำต้นเฉลี่ยต่ำที่สุดเท่ากับ 4.8 เซนติเมตร (ตาราง 17-18 และ ภาพ 12)

ตาราง 17 แสดงความสูงลำต้นของเบบี้แครอทแต่ละตำรับการทดลองใน 6 สัปดาห์

	สัปดาห์ที่ 1				สัปดาห์ที่ 2				สัปดาห์ที่ 3				สัปดาห์ที่ 4				สัปดาห์ที่ 5				สัปดาห์ที่ 6			
	B1	**B2**	**B3**	**B4**	**B1**	**B2**	**B3**	**B4**	**B1**	**B2**	**B3**	**B4**	**B1**	**B2**	**B3**	**B4**	**B1**	**B2**	**B3**	**B4**	**B1**	**B2**	**B3**	**B4**
A1	2.5	5.1	3.9	3.0	3.7	6.3	5.3	3.8	5.1	7.6	7.0	5.4	6.7	9.5	7.5	6.7	8.5	10.6	9.9	8.0	9.5	12.4	12.3	10.0
A2	1.6	3.4	4.5	2.5	2.5	3.8	4.7	3.1	3.0	5.2	5.5	4.3	3.9	6.9	7.2	7.0	4.4	9.1	8.8	7.5	4.8	10.3	10.6	8.6
A3	10.1	10.6	7.5	10.4	12.2	16.8	12.0	15.9	15.8	20.8	14.7	19.8	19.2	21.4	16.7	20.2	19.6	23.7	18.0	23.5	24.6	29.2	22.9	24.6
A4	9.7	7.7	14.0	7.9	13.8	11.2	13.0	10.9	18.5	14.8	16.9	13.0	20.9	23.1	26.4	15.8	21.9	17.3	20.6	16.4	28.9	20.8	24.2	17.3
A5	3.5	7.1	4.8	6.0	4.6	11.1	6.9	9.3	7.0	14.9	9.0	12.0	8.9	18.5	11.6	16.3	12.3	24.1	14.2	16.4	17.5	28.1	15.3	21.1
A6	14.4	8.4	6.7	10.4	16.8	13.6	10.3	16.9	20.1	17.7	15.1	20.4	24.2	20.5	17.0	23.8	25.2	24.9	22.8	25.9	27.0	29.3	26.4	27.9
A7	11.2	12.2	14.7	17.6	17.5	19.6	17.5	19.6	21.7	24.5	23.5	22.3	26.1	27.3	27.4	27.4	31.9	29.0	30.8	31.2	30.0	30.0	32.0	31.3
A8	8.8	13.9	11.8	13.0	12.4	17.0	19.1	20.9	16.2	19.4	17.8	23.2	16.6	22.3	19.1	25.0	18.3	26.9	20.4	26.7	18.0	29.1	20.7	26.9
C.V. (%)	50.89				35.46				35.11				33.60				32.70				31.91			
F – test (A)	**				**				**				**				**				**			
F – test (B)	ns				*				ns				ns				ns				ns			

หมายเหตุ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT (Duncan Mulitiple Range Test)

ns หมายถึงไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ * หมายถึง มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

** หมายถึง มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ตาราง 18 แสดงความแตกต่างทางสถิติของความสูงลำต้นของเบบี้แครอทในแต่ละตำรับการทดลอง

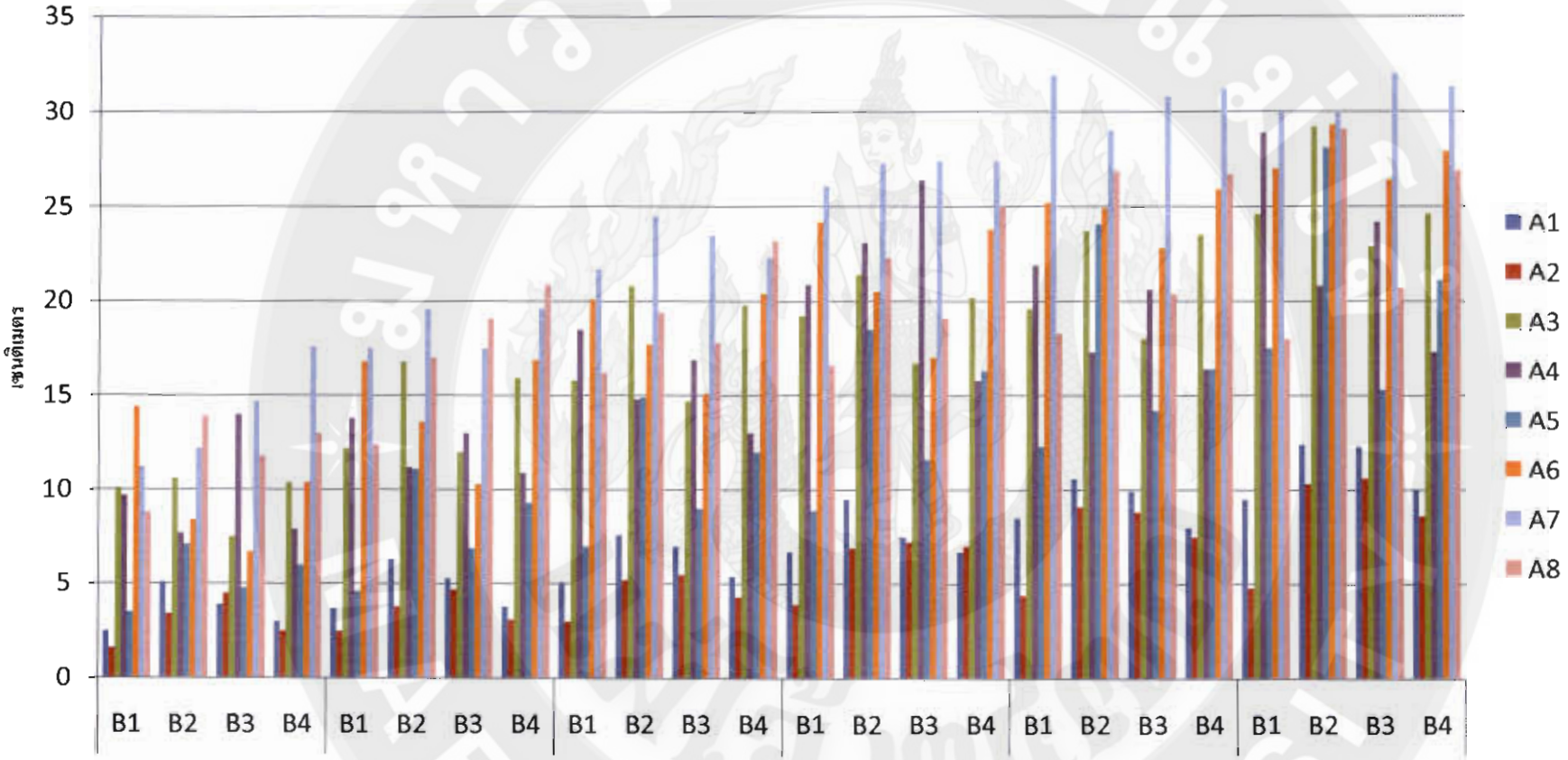
	สัปดาห์ที่ 1	สัปดาห์ที่ 2	สัปดาห์ที่ 3	สัปดาห์ที่ 4	สัปดาห์ที่ 5	สัปดาห์ที่ 6
ปัจจัย A						
A1 : Rh	3.61[a]	4.77[d]	6.30[d]	7.61[d]	9.29[c]	11.04[d]
A2 : Ch	3.03[a]	3.51[d]	4.53[d]	6.26[d]	7.43[c]	8.57[d]
A3 : Rh+Mr	9.66[a]	14.23[a]	17.77[a]	19.34[a]	21.18[bcd]	25.32[bc]
A4 : Ch+Mr	9.82[a]	12.24[a]	15.79[a]	24.32[ab]	19.05[cd]	22.76[bc]
A5 : Rh+Pc+So	5.34[a]	8.00[c]	10.71[c]	13.80[c]	16.77[d]	20.49[c]
A6 : Ch+Pc+So	9.95[a]	14.38[a]	18.32[a]	21.38[a]	24.70[a]	27.65[ab]
A7 : Rh+Mr+Pc+So	12.75[a]	18.56[a]	22.99[a]	27.05[a]	30.73[a]	31.55[a]
A8 : Ch+Mr+Pc+So	13.02[a]	17.34[a]	19.13[ab]	20.76[a]	23.10[bc]	23.66[bc]
ปัจจัย B						
B1 : Control	7.73	10.44[b]	13.43	15.81	17.76	20.40
B2 : OF	8.55	12.91[a]	15.61	18.69	20.70	23.65
B3 : OF+Tri	8.49	11.10[ab]	13.69	16.61	18.19	20.55
B4 : OF+H2O2	8.85	12.06[ab]	15.05	17.78	19.45	20.96
F – test A	**	**	**	**	**	**
F – test B	ns	*	ns	ns	ns	ns

หมายเหตุ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT (Duncan Mulitiple Range Test)

ns หมายถึงไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

* หมายถึง มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

** หมายถึง มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์



ภาพ 12 แสดงความสูงลำต้นของเบบี้แครอทแต่ละตำรับการทดลองใน 6 สัปดาห์

ขนาดของหัวเบบี้แครอท

ขนาดความกว้างหัวของเบบี้แครอทโดยเฉลี่ยทั้ง 6 สัปดาห์ พบว่าความกว้างหัวของเบบี้แครอทที่ใช้วัสดุปลูก คือกากเพาะเห็ด แกลบดิบ มูลวัว และดินอินทรีย์ ร่วมกับสารละลายอินทรีย์ผสมไตรโคเดอร์มา ให้ความกว้างหัวเฉลี่ยสูงที่สุด คือ 2.05 เซนติเมตร รองลงมาคือเบบี้แครอทที่ใช้วัสดุปลูก คือกากเพาะเห็ด แกลบดิบ มูลวัว และดินอินทรีย์ ร่วมกับสารละลายอินทรีย์เพียงอย่างเดียว ให้ความกว้างหัวเฉลี่ยเท่ากับ 1.96 เซนติเมตร ส่วนเบบี้แครอทที่ใช้วัสดุปลูก คือแกลบดิบ ขี้เถ้าแกลบ ร่วมกับน้ำ ให้ความกว้างหัวเฉลี่ยต่ำที่สุด คือ 0.22 เซนติเมตร (ตาราง 19-20 และภาพ 13-14)

ขนาดความยาวหัวของเบบี้แครอทโดยเฉลี่ยทั้ง 6 สัปดาห์ พบว่าความยาวหัวของเบบี้แครอทที่ใช้วัสดุปลูก คือกากเพาะเห็ด แกลบดิบ มูลวัว และดินอินทรีย์ ร่วมกับสารละลายอินทรีย์ผสมไตรโคเดอร์มา ให้ความกว้างหัวเฉลี่ยสูงที่สุด คือ 28.31 เซนติเมตร รองลงมาคือเบบี้แครอทที่ใช้วัสดุปลูก คือมะพร้าวสับ ขุยมะพร้าว มูลวัว และดินอินทรีย์ ร่วมกับน้ำ ให้ความยาวหัวเฉลี่ยเท่ากับ 19.09 เซนติเมตร ส่วนเบบี้แครอทที่ใช้วัสดุปลูก คือแกลบดิบ ขี้เถ้าแกลบ ร่วมกับสารละลายอินทรีย์ผสม H_2O_2 ให้ความยาวหัวเฉลี่ยต่ำที่สุด คือ 8.92 เซนติเมตร (ตาราง 19-20 และภาพ 13-14)

ตาราง 19 แสดงขนาดของหัวเบบี้แครอทแต่ละตำรับการทดลองใน 6 สัปดาห์

	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางหัว				ขนาดความยาวหัว			
	B1	**B2**	**B3**	**B4**	**B1**	**B2**	**B3**	**B4**
A1	0.22	0.52	0.51	0.27	10.20	14.58	13.50	8.92
A2	0.51	0.24	0.28	0.31	11.88	9.00	12.78	13.38
A3	1.28	1.53	1.79	1.23	15.83	15.53	16.41	13.85
A4	1.71	1.45	1.26	1.09	18.15	14.13	15.83	14.82
A5	0.47	1.20	1.47	1.14	10.98	14.66	14.35	14.83
A6	1.72	1.22	1.73	1.68	19.09	18.21	17.16	17.13
A7	1.90	1.96	2.05	1.86	17.10	17.09	28.31	16.00
A8	1.59	1.65	1.70	1.51	16.80	17.14	17.84	18.52
C.V. (%)	5.81				2.58			
F – test (A)	**				**			
F – test (B)	**				**			

หมายเหตุ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT (Duncan Mulitiple Range Test)

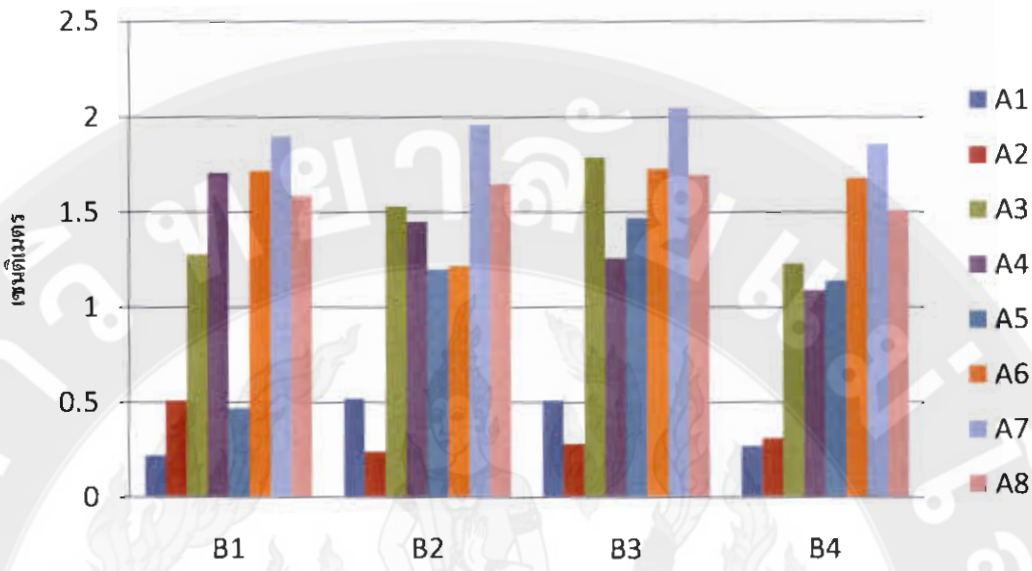
** หมายถึง มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ตาราง 20 แสดงความแตกต่างทางสถิติของขนาดหัว เบบี้แครอทในแต่ละตำรับการทดลอง

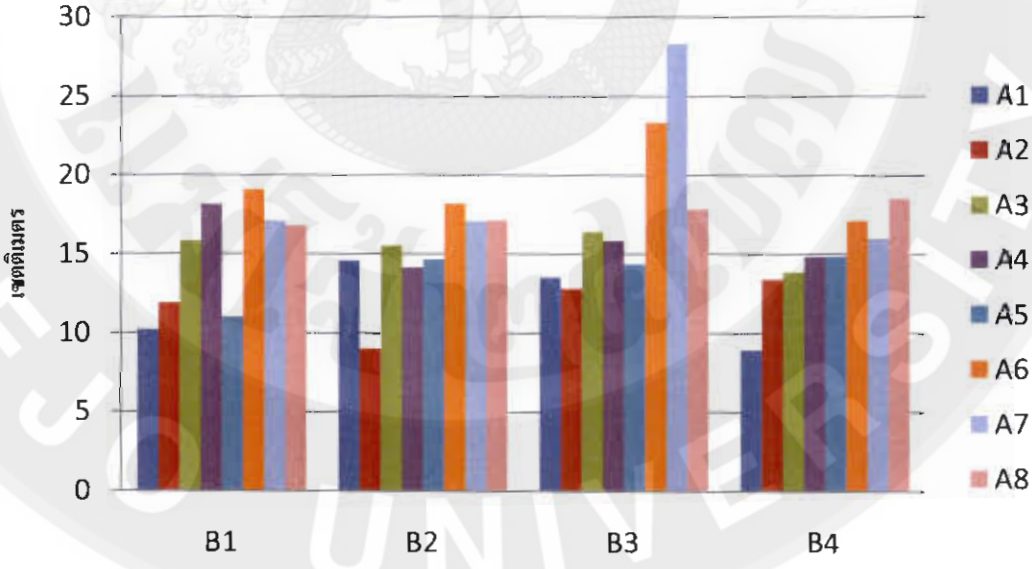
		ความกว้างหัว	ความยาวหัว
ปัจจัย A			
A1	: Rh	0.38 ^{g}	11.8 ^{e}
A2	: Ch	0.34 ^{g}	11.755 ^{e}
A3	: Rh+Mr	1.47 ^{d}	15.405 ^{c}
A4	: Ch+Mr	1.38 ^{e}	15.7325 ^{c}
A5	: Rh+Pc+So	1.08 ^{f}	13.705 ^{d}
A6	: Ch+Pc+So	1.59 ^{c}	17.8975 ^{b}
A7	: Rh+Mr+Pc+So	1.95 ^{a}	19.625 ^{a}
A8	: Ch+Mr+Pc+So	1.74 ^{b}	17.575 ^{b}
ปัจจัย B			
B1	: Control	1.18 ^{b}	15.00 ^{b}
B2	: OF	1.23 ^{b}	15.04 ^{b}
B3	: OF+Tri	1.35 ^{a}	17.02 ^{a}
B4	: OF+H2O2	1.21 ^{b}	14.68 ^{c}
	F – test A	**	**
	F – test B	**	**

หมายเหตุ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT (Duncan Mulitiple Range Test)

** หมายถึง มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์



ภาพ 13 แสดงขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางหัวของเบบี้แครอทแต่ละตำรับการทดลองใน 6 สัปดาห์



ภาพ 14 แสดงขนาดความยาวหัวของเบบี้แครอทแต่ละตำรับการทดลองใน 6 สัปดาห์

น้ำหนักของหัวเบบี้แครอท

น้ำหนักก่อนตัดแต่งของหัวเบบี้แครอทโดยเฉลี่ยทั้ง 6 สัปดาห์ พบว่าน้ำหนักก่อนตัดแต่งของเบบี้แครอทที่ใช้วัสดุปลูก คือกากเพาะเห็ด แกลบดิบ มูลวัว และดินอินทรีย์ ผสมไดรโดเดอร์มา ร่วมกับสารละลายอินทรีย์ ให้น้ำหนักก่อนตัดแต่งเฉลี่ยสูงที่สุด คือ 61.88 กรัม รองลงมาคือเบบี้แครอทที่ใช้วัสดุปลูก คือกากเพาะเห็ด มะพร้าวสับ มูลวัว และดินอินทรีย์ ร่วมกับน้ำ ให้น้ำหนักก่อนตัดแต่งเฉลี่ยเท่ากับ 52.38 กรัม ส่วนเบบี้แครอทที่ใช้วัสดุปลูก คือแกลบดิบ ขี้เถ้าแกลบ ร่วมกับสารละลายอินทรีย์ ให้น้ำหนักก่อนตัดแต่งเฉลี่ยต่ำที่สุด คือ 2.30 กรัม (ตาราง 21-22 และ ภาพ 15)

น้ำหนักหลังตัดแต่งของหัวเบบี้แครอทโดยเฉลี่ยทั้ง 6 สัปดาห์ พบว่าน้ำหนักหลังตัดแต่งของเบบี้แครอทที่ใช้วัสดุปลูก คือกากเพาะเห็ด แกลบดิบ มูลวัว และดินอินทรีย์ ผสมไดรโดเดอร์มา ร่วมกับสารละลายอินทรีย์ ให้น้ำหนักก่อนตัดแต่งเฉลี่ยสูงที่สุด คือ 47.63 กรัม รองลงมาคือ คือเบบี้แครอทที่ใช้วัสดุปลูก คือกากเพาะเห็ด มะพร้าวสับ มูลวัว และดินอินทรีย์ ร่วมกับสารละลายอินทรีย์ผสมกับ H_2O_2 ให้น้ำหนักหลังตัดแต่งเฉลี่ยเท่ากับ 40.49 กรัม ส่วนเบบี้แครอทที่ใช้วัสดุปลูก คือมะพร้าวสับ ขุยมะพร้าว ร่วมกับสารละลายอินทรีย์เพียงอย่างเดียว ให้น้ำหนักหลังตัดแต่งเฉลี่ยต่ำที่สุด คือ 1.57 กรัม (ตาราง 21-22 และ ภาพ 15)

ตาราง 21 แสดงน้ำหนักของหัวเบบี้แครอทแต่ละตำรับการทดลองใน 6 สัปดาห์

	น้ำหนักก่อนตัดแต่ง				น้ำหนักหลังตัดแต่ง			
	B1	**B2**	**B3**	**B4**	**B1**	**B2**	**B3**	**B4**
A1	5.77	2.30	4.92	2.55	4.00	7.94	2.97	1.70
A2	3.63	2.90	5.88	3.80	2.30	1.57	3.53	2.57
A3	31.88	33.22	38.81	24.09	15.00	21.25	26.05	15.74
A4	36.54	21.85	24.08	14.25	28.25	14.80	16.09	10.90
A5	6.36	20.37	33.97	20.35	3.88	13.87	21.11	14.93
A6	46.82	24.42	31.92	32.81	19.00	36.00	21.86	30.51
A7	42.57	46.07	61.88	47.96	30.79	38.85	47.63	35.07
A8	52.38	40.97	52.31	51.08	19.00	30.47	33.69	40.49
C.V. (%)	7.13				9.29			
F – test (A)	**				**			
F – test (B)	**				**			

หมายเหตุ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT (Duncan Mulitiple Range Test)

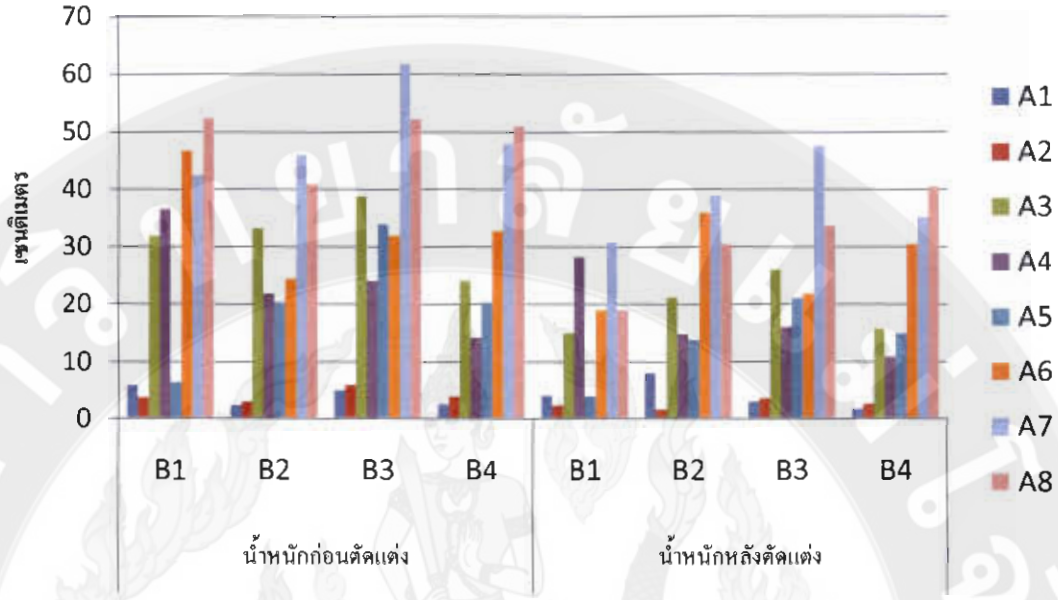
** หมายถึง มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ตาราง 22 แสดงความแตกต่างทางสถิติน้ำหนักของหัวเบบี้แครอทในแต่ละตำรับการทดลอง

		ความกว้างหัว	ความยาวหัว
ปัจจัย A			
A1	: Rh	5.90 ^{e}	4.15 ^{g}
A2	: Ch	3.55 ^{f}	2.50 ^{g}
A3	: Rh+Mr	31.50 ^{b}	21.25 ^{d}
A4	: Ch+Mr	23.59 ^{c}	17.13 ^{e}
A5	: Rh+Pc+So	19.70 ^{d}	12.92 ^{f}
A6	: Ch+Pc+So	33.43 ^{b}	25.68 ^{c}
A7	: Rh+Mr+Pc+So	49.10 ^{a}	37.52 ^{a}
A8	: Ch+Mr+Pc+So	48.65 ^{a}	35.40 ^{b}
ปัจจัย B			
B1	: Control	27.70 ^{b}	20.54 ^{a}
B2	: OF	24.73 ^{c}	17.80 ^{b}
B3	: OF+Tri	31.18 ^{a}	21.29 ^{a}
B4	: OF+H2O2	24.10 ^{c}	18.65 ^{b}
	F – test A	**	**
	F – test B	**	**

หมายเหตุ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT (Duncan Mulitiple Range Test)

** หมายถึง มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์



ภาพ 15 แสดงน้ำหนักของหัวเบบี้แครอทแต่ละตำรับการทดลองใน 6 สัปดาห์

วิจารณ์ผลการทดลองที่ 3

ในการทดลองการปลูกเบบี้แครอทแบบอินทรีย์ในวัสดุปลูก พบว่าวัสดุที่ผสมด้วยกากเพาะเห็ด กากแกลบดิบ มูลวัวและดินอินทรีย์ เป็นวัสดุปลูกที่สามารถให้ผลผลิตได้ดีที่สุด เนื่องจากแกลบดิบมีคุณสมบัติน้ำหนักเบาง่ายต่อการนำมาใช้ และความพรุนสูงจึงเหมาะกับการใช้เป็นวัสดุปลูกสำหรับพืชหัวมากที่สุด (อิทธิสุนทร, 2552) นอกจากนี้ กากเพาะเห็ด ยังมีธาตุอาหารสะสมอยู่ค่อนข้างมากเนื่องจากถุงก้อนเชื้อเห็ดทำจากขี้เลื่อย และอาหารเสริมประเภทรำละเอียด ปูนขาว ยิปซัม ดีเกลือ ไทอามีน แป้ง น้ำตาล รากมอสส์ กระถินป่น เมื่อนำเอาก้อนเชื้อเห็ดเก่าไปหมักแบบอับอากาศประมาณ 10 – 30 วัน จะทำให้ก่อนเชื้อเห็ดเก่าที่มีความร่วน ไม่มีกลิ่นเหม็น จึงจะสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการปลูกพืชได้เป็นอย่างดีอีกทั้งยังมีราคาถูกและสามารถหาได้ตลอดทั้งปี (ทองเลียน และบัวเรียม, 2551) นอกจากนี้มูลวัวแห้งที่นำมาใช้ก็มีธาตุอาหารจำพวกไนโตรเจน (N) 1.95 เปอร์เซ็นต์, ฟอสฟอรัส(P) 1.76 เปอร์เซ็นต์, โพแทสเซียม(K) 1.43 เปอร์เซ็นต์, แคลเซียม 1.817 เปอร์เซ็นต์, แมกนีเซียม0.556 เปอร์เซ็นต์ กำมะถัน 0.07 เปอร์เซ็นต์ เหล็ก 670 ส่วนต่อล้านส่วน., แมงกานีส 190 ส่วนต่อล้านส่วน., สังกะสี 32 ส่วนต่อล้านส่วน., ทองแดง 54 ส่วนต่อล้านส่วน., โมลิบดินัม 9,740 ส่วนต่อล้านส่วน. และ คลอรีน 4,630 ส่วนต่อล้านส่วน (กรมพัฒนาที่ดิน, 2541) ซึ่งจำเป็นสำหรับการเจริญเติบโตของพืช นอกจากนี้ยังได้รับธาตุอาหารจำพวกจุลธาตุที่ได้มาจากดินอินทรีย์อีกด้วย นอกจากนี้การใช้เชื้อราไตรโคเดอร์มาในการทดลองให้ผลดีที่สุดเนื่องจากเชื้อราไตรโคเดอร์มาสามารถเจริญได้ดีในสภาพที่มีความชื้นสูง สามารถเจริญเข้าทำลายเส้นใย และส่วนต่างๆ ของเชื้อราโรคพืช นอกจากนี้ยังสามารถเจริญและเพิ่มปริมาณได้อย่างรวดเร็ว สามารถแข่งขันและแย่งอาหารของเชื้อราโรคพืช เป็นเหตุให้เชื้อราโรคพืชหยุดการเจริญเติบโตและแพร่พันธุ์ได้ (จิระเดช, 2546) จึงเป็นสาเหตุให้สามารถส่งเสริมการเจริญเติบโตของเบบี้แครอทได้ดีที่สุด

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

ผลการทดลองที่ 1 พบว่าในสัปดาห์สุดท้ายผักคะน้าที่ปลูกในตำรับการทดลองที่ 1 คือปลูกในสารละลายเคมีปกติให้ผลการทดลองในทุกๆ ด้านดีที่สุดไม่ว่าจะเป็น ความกว้างใบ ความยาวใบ ความสูงลำต้น และความยาวราก คือ 15.18, 20.32, 34.32, และ 40.20 เซนติเมตร ตามลำดับ นอกจากนี้ยังให้น้ำหนักก่อนตัดแต่ง และหลังตัดแต่งของผักคะน้าดีที่สุดเท่ากับ 85.44 กรัมต่อต้น และ 76.40 กรัมต่อต้นตามลำดับ แต่การปลูกพืชแบบอินทรีย์ที่ได้ค่าสูงสุดนั้น ตำรับการทดลอง ที่ 2 คือปุ๋ยอินทรีย์ที่ผ่านการเป่าออกซิเจนเป็นเวลา 5 วันแล้วกรองเอากากตะกอนออก จากนั้นเจือจางด้วยน้ำ 50 เท่า โดยไม่ปรับค่า pH ให้ผลการทดลองในทุกๆ ด้านดีที่สุดของการปลูกในระบบอินทรีย์ ไม่ว่าจะเป็น ความกว้างใบ ความยาวใบ และ ความสูงลำต้น คือ 11.75, 15.77, และ 26.89 เซนติเมตร ตามลำดับ นอกจากนี้ยังให้น้ำหนักก่อนตัดแต่ง และหลังดัดแต่งของผักคะน้าดีที่สุดเท่ากับ 47.15 กรัมต่อต้น และ 42.35 กรัมต่อต้นตามลำดับ หากมีการพัฒนาเกี่ยวกับการเพิ่มปริมาณของธาตุอาหารให้กับสารละลายอินทรีย์ได้อย่างเหมาะสมก็จะสามารถปลูกผักแบบไฮโดรโพนิคส์แบบอินทรีย์ได้อย่างทัดเทียมกับการปลูกผักไฮโดรโพนิคส์แบบเคมี

ผลการทดลองที่ 2 พบว่าในสัปดาห์สุดท้ายผักกาดหอมห่อที่ปลูกในวัสดุปลูกที่ผสมด้วย กากเพาะเห็ด กากมะพร้าวสับ มูลวัว และดินอินทรีย์ ร่วมกับการใส่เชื้อไตรโคเดอร์มาในวัสดุปลูกสัปดาห์ละครั้งให้ผลการทดลองในทุกๆ ด้านดีที่สุดไม่ว่าจะเป็น ความกว้างใบ ความยาวใบ ความสูงลำต้น และความกว้างทรงพุ่ม คือ 22.9, 20.5, 20.2, และ 35.7 เซนติเมตร ตามลำดับ นอกจากนี้ยังให้น้ำหนักก่อนตัดแต่ง และหลังตัดแต่งของผักกาดหอมห่อดีที่สุดเท่ากับ 308.99 กรัมต่อต้น และ 201.72 กรัมต่อต้นตามลำดับ ซึ่งโดยปกติแล้วในการปลูกผักกาดหอมห่อแบบอินทรีย์นั้นจะให้น้ำหนักผลผลิตต่อต้นเฉลี่ยอยู่ที่ 150 จนถึง 200 กรัมต่อต้น จึงถือได้ว่างานวิจัยชิ้นนี้สามารถส่งเสริมให้เกษตรกรปลูกได้จริง ทั้งยังให้ผลผลิตที่ค่อนข้างสม่ำเสมอ และประหยัดเวลาได้เป็นอย่างดี

ผลการทดลอง 3 พบว่าในสัปดาห์สุดท้ายเบบี้แครอทที่ปลูกในวัสดุปลูกที่ผสมด้วย แกลบดิบ กากมะพร้าวสับ มูลวัว และดินอินทรีย์ ร่วมกับการใส่เชื้อไตรโคเดอร์มาในวัสดุปลูกสัปดาห์ละครั้งให้ผลการทดลองในทุกๆ ด้านดีที่สุดไม่ว่าจะเป็นด้านการเจริญเติบโตด้าน ความกว้างใบ ความยาวใบ และความสูงลำต้น คือ16.3, 17.7 และ 32.0 เซนติเมตร ตามลำดับ ทำให้ขนาดของผลผลิต คือความกว้างหัวและความยาวหัวของเบบี้แครอทดีที่สุดเท่ากับ 2.05 เซนติเมตรต่อต้น

และ 23.31 เซนติเมตรต่อต้นตามลำดับ นอกจากนี้ยังให้น้ำหนักก่อนตัดแต่ง และหลังตัดแต่งของเบบี้แครอทดีที่สุดเท่ากับ 61.88 กรัมต่อต้น และ 47.63 กรัมต่อต้นตามลำดับ ซึ่งโดยปกติแล้วในการปลูกเบบี้แครอททั่วไปนั้นจะมีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 1.5-2.5 เซนติเมตร ยาว 8 -10 เซนติเมตร จึงถือได้ว่างานวิจัยชิ้นนี้สามารถส่งเสริมให้เกษตรกรปลูกได้จริง ทั้งยังให้ผลผลิตที่ค่อนข้างสม่ำเสมอ และประหยัดเวลาได้เป็นอย่างดี

ในผลการทดลองที่ 2 และผลการทดลองที่ 3 ชนิดของวัสดุปลูกที่ทำให้ผลผลิตดีนั้น มีความแตกต่างกันน่าจะมีสาเหตุมาจาก ผลการทดลองที่ 2 เป็นการปลูกผักกาดหอมห่อซึ่งเป็นพืชกินใบ การใช้วัสดุจำพวก กากเพาะเห็ด กากมะพร้าวสับ มูลวัว และดินอินทรีย์ ที่มีความสามารถในการรักษาความชื้นได้ดีนั้นจึงเหมาะสมกับพืชกินใบมากกว่า วัสดุจำพวก แกลบดิบ กากมะพร้าวสับ มูลวัว และดินอินทรีย์ ซึ่งในการทดลองที่ 3 เมื่อปลูกพืชหัวอย่างเบบี้แครอทที่จะเจริญได้ดีในดินที่ร่วนซุย และระบายน้ำได้ดีจึงชอบวัสดุอย่าง แกลบดิบ กากมะพร้าวสับ มูลวัว และดินอินทรีย์มากกว่า นอกจากนี้แล้ววัสดุที่ใช้นี้เป็นวัสดุอินทรีย์เมื่อคลุกเคล้าลงไปในดินแล้ว สามารถนำไปปรับสภาพของโครงสร้างดินได้อีกทางหนึ่งด้วย

บรรณานุกรม

กมลศรี เสณีตันติกุล. 2545. การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน (Hydroponics). **วารสารอุตุนิยมวิทยา**. 2(3): 73-76.

กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2543. **มาตรฐานการผลิตพืชอินทรีย์ของประเทศไทย.** กรุงเทพฯ: กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 24 น.

กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2549. **คู่มือปุ๋ยอินทรีย์**. กรุงเทพฯ: ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย. 162 น.

กรมพัฒนาที่ดิน. 2541. **การจัดการดินและพืชเพื่อปรับปรุงดินอินทรียวัตถุต่ำ.** กรุงเทพฯ: กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 151 น.

กองทุนสนับสนุนงานวิจัยด้านเกษตร. 2547. **ข้อมูลทางวิทยาศาสตร์น้ำหมักชีวภาพ (ตอนที่ 1).** กรุงเทพฯ: กรมวิชาการเกษตร. 51 น.

กองบรรณาธิการ. 2543. **คู่มือการปลูกพืชไร้ดินเชิงพานิชไฮโดรโพนิคส์**. กรุงเทพฯ: โฟว์อีดิเตอร์. 129 น.

คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. 2544. **ปฐพีศาสตร์เบื้องต้น**. พิมพ์ครั้งที่ 9. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 528 น.

คณะทำงานจัดทำข้อมูลความต้องการของพืช. 2551. **คู่มือนักวิชาการส่งเสริมการเกษตร พืชตระกูลกะหล่ำ (คะน้า ผักกาดกวางตุ้ง).** กรุงเทพฯ: กรมส่งเสริมการเกษตร. 36 น.

จิระเดช แจ่มสว่าง. 2546. **การควบคุมโรคพืชและแมลงศัตรูพืชโดยชีววิธี**.กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน. 194 น.

ณรงค์ชัย พิพัฒน์ธนวงศ์. 2543. **สตรอเบอรี่: พืชเศรษฐกิจตัวใหม่.** กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 158 น.

ดนัย บุณยเกียรติ. 2543. **ขบวนการหลังการเก็บเกี่ยวแครอทและเบบี้แครอท.** เชียงใหม่: มาตรฐานผักบนที่สูงงานคัดบรรจุเชียงใหม่ มูลนิธิโครงการหลวง. 57-58.

ดนัย วรรณวนิช. 2554. ปลูกผักไฮโดรโปนิกส์ด้วยน้ำหมักชีวภาพ. **วารสารเกษตรกรรมธรรมชาติ**. 4(14): 27-34.

ดิเรก ทองอร่าม. 2547. **การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน หลักการจัดการการผลิตและเทคโนโลยีการผลิตเชิงธุรกิจในประเทศไทย**. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น. 724 น.

_____. 2542ก. เปิดโลกเทคโนโลยีการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินในประเทศไทยตอนที่ 5 ข้อคิดเห็นเกี่ยวกับการเริ่มต้นทำธุรกิจการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน. **วารสารเคหะการเกษตร.** 23(12): 146-152.

_____. 2542ข. เปิดโลกเทคโนโลยีการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินในประเทศไทย. **วารสารเคหะการเกษตร.** 23(8): 159-164.

ถวัลย์ พัฒนเสถียรพงศ์. 2534. **การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน**. กรุงเทพฯ: พรานนกการพิมพ์. 127 น.

ทองเลียน บัวจูม และบัวเรียม มณีวรรณ์. 2551. **การสำรวจแหล่งและปริมาณผลพลอยได้เศษเหลือทางการเกษตรในเขต อำเภอสันทราย ดอยสะเก็ด แม่ริม และแม่แดง จังหวัดเชียงใหม่ เพื่อใช้เป็นแหล่งวัตถุดิบอาหารสัตว์.** รายงานการประชุมทางวิชาการ ประจำปี 2551. เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยแม่โจ้. 15 น.

นพดล เรียบเลิศหิรัญ. 2538. **การปลูกพืชไร้ดิน**. กรุงเทพฯ: สหมิตรพริ้นติ้ง. 99 น.

นิดย์ ศกุนรักษ์. 2541. **สรีรวิทยาของพืชประยุกต์.** เชียงใหม่: นพบุรีการพิมพ์. 237 น.

บรรพต ตันติเสรี. 2527. **ปฐพีศาสตร์เบื้องต้น.** เชียงใหม่: ภาควิชาดินและปุ๋ย คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้. 382 น.

ประสิทธิ์ โนรี. 2541. **หลักการผลิตผักเบื้องต้น.** เชียงใหม่: ภาควิชาพืชสวน คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้. 241 น.

นิรนาม. 2532. **การปลูกผักและไม้ดอกบนที่สูงในประเทศไทย.** เชียงใหม่: ภาควิชาส่งเสริมและเผยแพร่การเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาลัยวิทยาเชียงใหม่. 115-120 น.

_____. 2551. **ไฮโดรโปนิคส์อินทรีย์ (Organic Hydroponic)** [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://www.212cafe.com/freewebboard/view.php?user=knitthis&id=691 (5 กันยายน 2552).

ภานุมาศ นาคเจือทอง และคณะ. 2554. ปริมาณคาร์เบนดาซิมในผลผลิตการเกษตรและการกำจัดด้วยปฏิกิริยาโฟโตคะตะไลสิส. **วารสารวิจัยมหาวิทยาลัยขอนแก่น.** 16(5): 454-467 น.

มนูญ ศิรินุพงศ์. 2544. **การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินสู่การปฏิบัติในประทศไทย**. สงขลา: คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี. 90 น.

ยงยุทธ โอสถสภา. 2543. **ธาตุอาหารพืช.** กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 424 น.

รัตน์ยาภรณ์ ฉายศรีและ ภารดี ช่วยบำรุง. 2554. การกำจัดสปอร์ของ Bacillus subtilis ในน้ำด้วยวิธีเฟนตัน. **วารสารวิจัยมหาวิทยาลัยขอนแก่น.** 16(1): 63-71.

วรพจน์ ริมพณีนิล. 2529. **ปุ๋ยและการใช้ปุ๋ย.** กรุงเทพฯ: ยูไนเต็ดบุคส์. 215 น.

วิเชียร ฝอยพิกุล. 2536. **ความอุดมสมบูรณ์ของดิน**. สุรินทร์: ภาควิชาเกษตรศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สถาบันราชภัฏสุรินทร์. 238 น.

วิไลวรรณ แทนมี และเดือนฉาย บุญธรรม, 2544. **การศึกษาผลกระทบของการใช้ซังข้าวโพดทดแทนขี้เลื่อยไม้ยางพาราที่มีต่อการใช้ผลผลิตของเห็ดยานาง *(Agrocybe cylindracea)***. กรุงเทพฯ: ภาควิชาเทคโนโลยีการเกษตร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์. 18 น.

ศูนย์ข้อมูลวัตถุอันตราย และเคมีภัณฑ์. 2554. **เอกสารข้อมูลความปลอดภัยเคมีภัณฑ์ ชื่อเคมี IUPAC: Hydrogen dioxide.** [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://msds.pcd.go.th (5 ตุลาคม 2554)

สงบ โอฬารรัตน์มณี. 2537. ปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน. **วารสารเทคโนโลยี**. 13(3): 14-30.

สมชาย องค์ประเสริฐ. 2535. **ปฐพีศาสตร์ประยุกต์**. เชียงใหม่: ภาควิชาดินและปุ๋ยคณะผลผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้. 444 น.

สมบุญ เตชะภิญญาวัฒน์. 2546. **สรีรวิทยาของพืช**. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 237 น.

สุรินทร์ นิลสำราญจิต. 2542. **ประมวลผลงานวิชาการด้านการเกษตรเนื่องในวโรกาสมหามงคลเฉลิมพระชนพรรษา6 รอบ**. เชียงใหม่: คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 373 น.

โสระยา ร่วมรังษี. 2544. **การผลิตพืชสวนแบบไม่ใช้ดิน**. กรุงเทพฯ: โอเดี้ยนสโตร์. 88 น.

อรรถ บุญพิธี. 2543. **เกษตรออแกนิค และสิ่งแวดล้อมโดยเทคนิคน้ำสกัดชีวภาพ**. เอกสารประกอบการสัมมนาเชิงปฏิบัติการเรื่องปุ๋ยน้ำชีวภาพ. กรุงเทพฯ: สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย. 39 น.

อานัฐ ตันโช. 2542. ระบบการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน. **วารสารโครงการหลวง**. 3(1): 1-4.

อานัฐ ตันโช. 2548. **การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน**. เชียงใหม่: ทรีโอแอดเวอร์ไทด์ซิงค์แอนด์มิเดีย. 167 น.

อารักษ์ ธีรอำพน. 2544. **การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน**. โคราช: ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี. 130 น.

อิทธิสุนทร นันทกิจ. 2552. **การปลูกพืชในวัสดุปลูก**. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://www.kmitl.ac.th/hydro/Substratdoc.htm (5 กันยายน 2552).

Chet, I. 1987. **Trichoderma - application, mode of action, and potential as a biocontrol agent of soilborne plant pathogenic fungi.** New York: Wiley and Sons. 137–160.

Baird, Charles D. and Jack Vernon. 1982. **Soil and Soil Management**. United States: Michigan University. 312 p.

Morgan Lynette. 1999. **Hydroponic Lettuce Production**. Australia: Casper Publications. 107 p.

FAO. 1990. **Soilless Culture for Horticultural Crop Production**. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nation. 188 p.

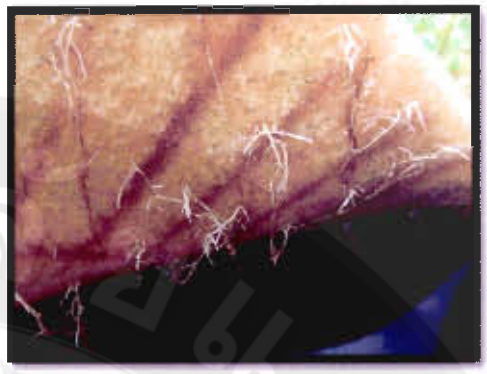
Hartmann, Hudson T. 1988. **Plant Science: Growth, Development and Utilization of Cultivated Plants.** New Jersey: Prentice – Hall. 678 p.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก.

ภาพผนวกการทดลอง

ภาพผนวก 1 กล้าคะน้าที่เลี้ยงในสารละลายอินทรีย์

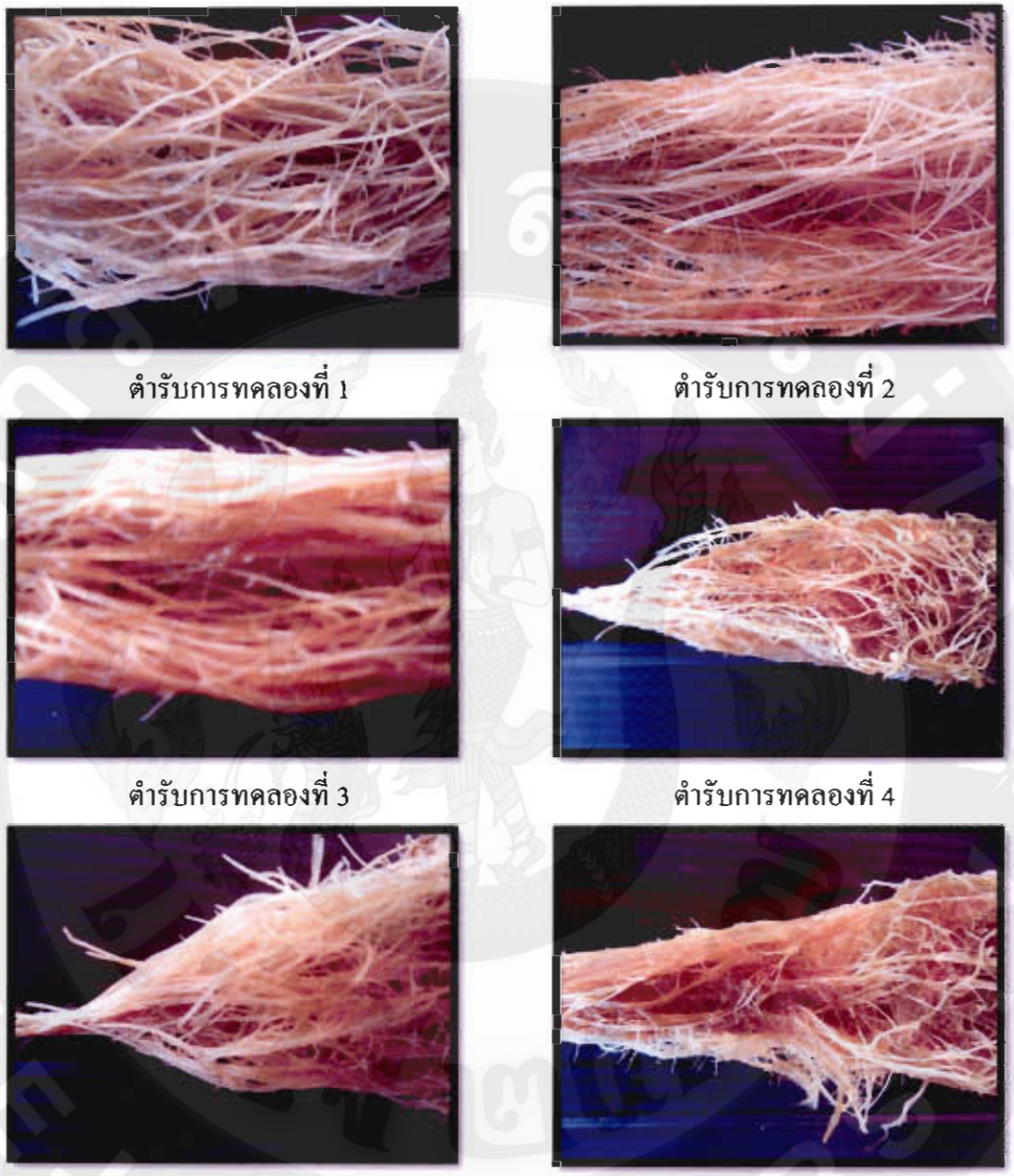


ภาพผนวก 2 ลักษณะของรากคะน้าที่เลี้ยงในสารละลายอินทรีย์

ภาพผนวก 3 การลดระดับสารละลายลงเพื่อให้เกิดรากอากาศ

ภาพผนวก 4 ลักษณะของรากอากาศที่เกิดขึ้น

ภาพผนวก 5 ภาพผนวกเปรียบเทียบการเจริญเติบโตในแต่ละตำรับการทดลอง

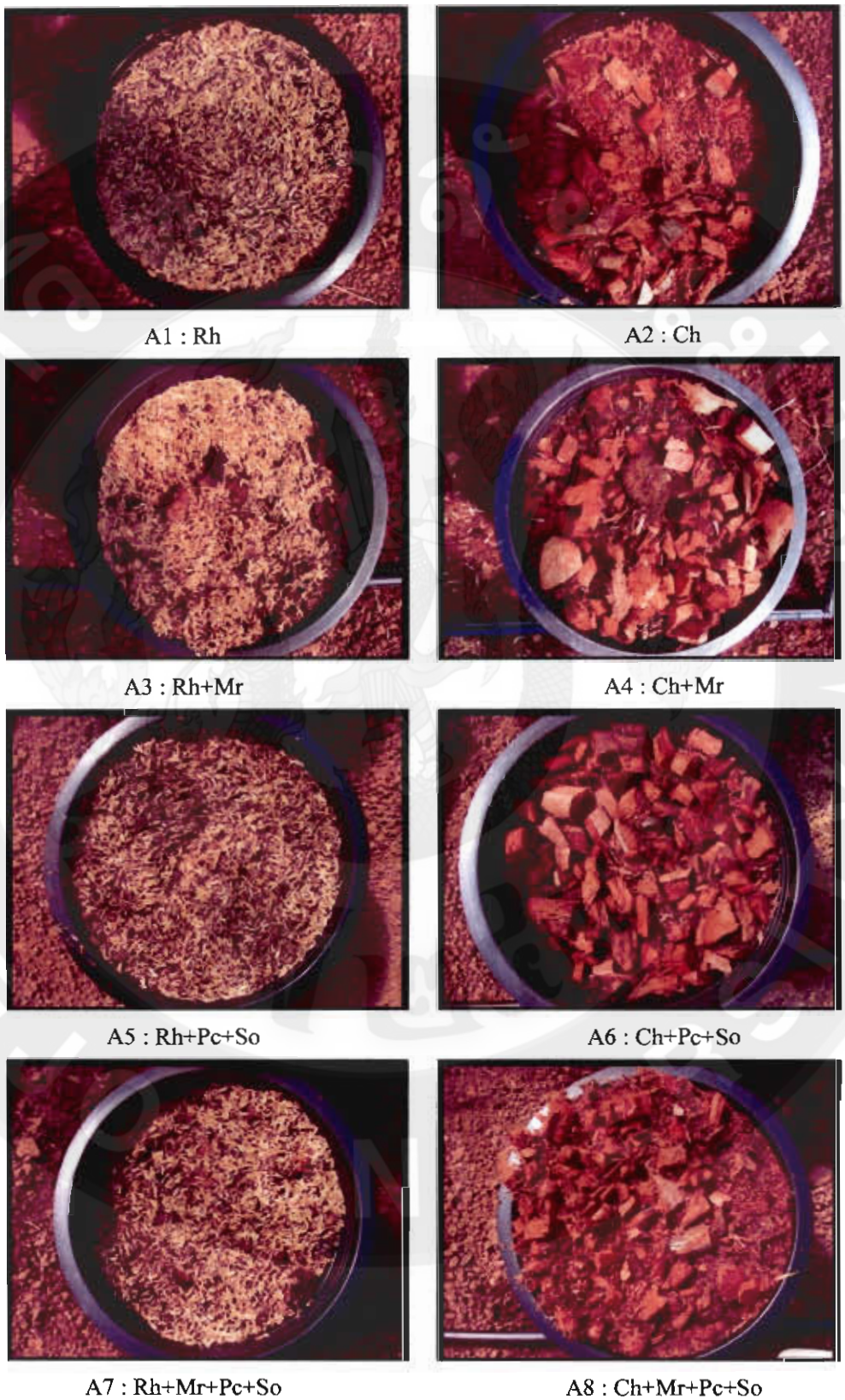


ตำรับการทดลองที่ 1 ตำรับการทดลองที่ 2

ตำรับการทดลองที่ 3 ตำรับการทดลองที่ 4

ตำรับการทดลองที่ 5 ตำรับการทดลองที่ 6

ภาพผนวก 6 แสดงลักษณะของรากคะน้าในแต่ละตำรับการทดลอง



ภาพผนวก 7 แสดงวัสดุปลูกที่ใช้ในการทดลองที่ 2 และการทดลองที่ 3

A1 : Rh

A2 : Ch

A3 : Rh+Mr

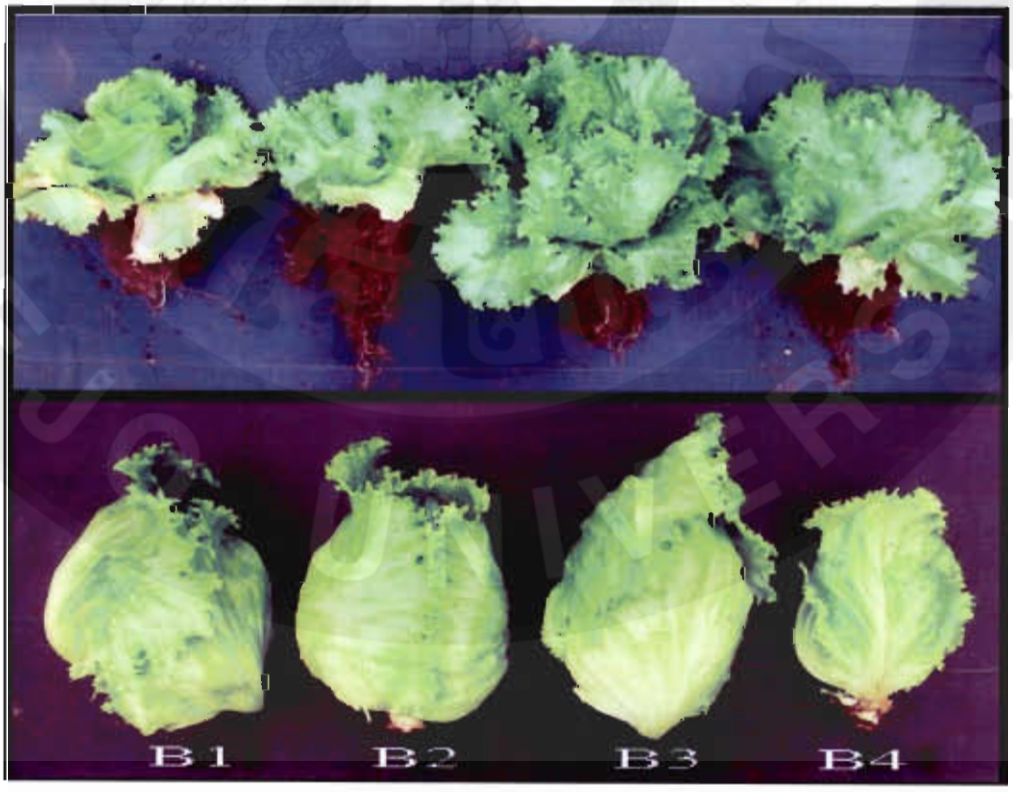
ภาพผนวก 8 แสดงผลผลิตของผักกาดหอมห่อที่ได้หลังทำการทดลอง

A4 : Ch+Mr

A5 : Rh+Pc+So

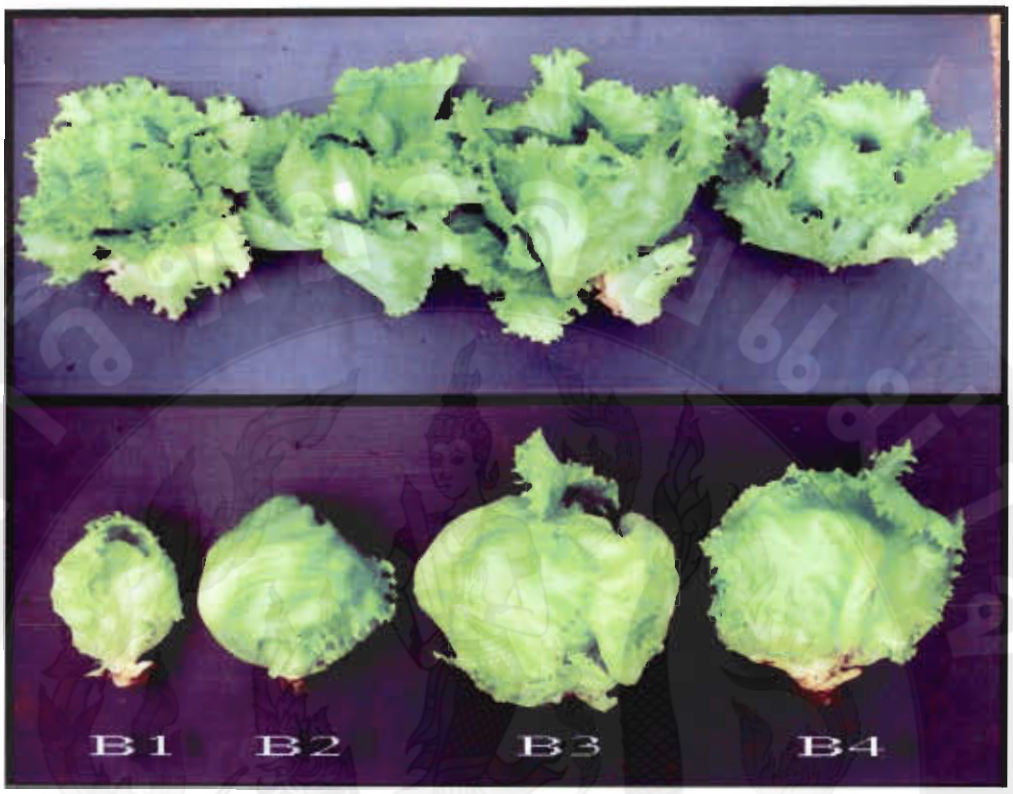
ภาพผนวก 8 (ต่อ) แสดงผลผลิตของผักกาดหอมห่อที่ได้หลังทำการทดลอง

A6 : Ch+Pc+So



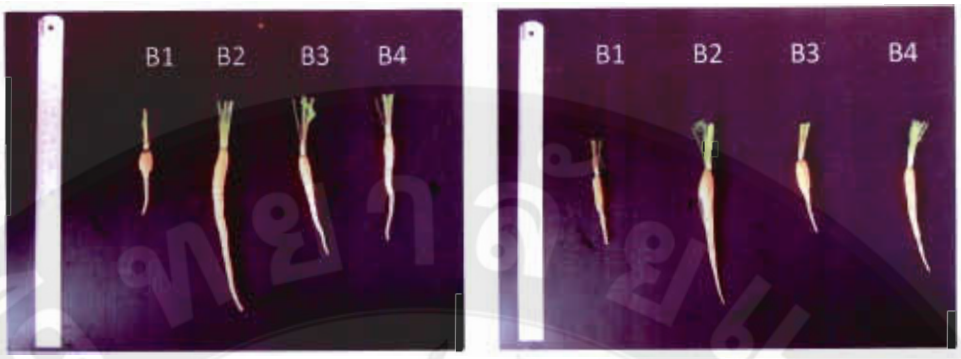
A7 : Rh+Mr+Pc+So

ภาพผนวก 8 (ต่อ) แสดงผลผลิตของผักกาดหอมห่อที่ได้หลังทำการทดลอง



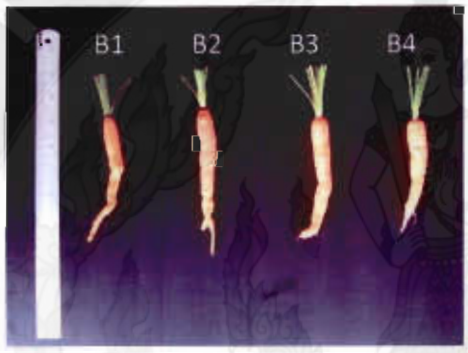
A8 : Ch+Mr+Pc+So

ภาพผนวก 8 (ต่อ) แสดงผลผลิตของผักกาดหอมห่อที่ได้หลังทำการทดลอง



A1 : Rh

A2 : Ch



A3 : Rh+Mr

A4 : Ch+Mr

A5 : Rh+Pc+So

A6 : Ch+Pc+So

A7 : Rh+Mr+Pc+So

A8 : Ch+Mr+Pc+So

ภาพผนวก 9 แสดงผลผลิตของเบบี้แครอทที่ได้หลังทำการทดลอง

ภาคผนวก ข.

ประวัติผู้วิจัย

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ นางสาวรัตนา ทวีศรี

เกิดเมื่อ 5 พฤศจิกายน 2528

ประวัติการศึกษา พ.ศ. 2541 ประถมศึกษา จากโรงเรียนสัตหีบ จังหวัดชลบุรี

พ.ศ. 2547 มัธยมศึกษา จากโรงเรียนสิงห์สมุทร จังหวัดชลบุรี

พ.ศ. 2550 วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาปฐพีศาสตร์
คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่