ปัญหาพิเศษ

เรื่อง

การศึกษาสูตรของสารละลายธาตุอาหารที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของผักในตระกูล Cruciferae ในการปลูกแบบไฮโดรโปนิกส์ ระบบ NFT

STUDY ON EFFECT OF NUTRIENT SOLUTIONS TO THE GROWTH OF CRUCIFERAE IN HYDROPONICS NFT SYSTEM

โดย

นายสมยศ หยวกดา

นายอภิชน นิลปะกะ

ปีการศึกษา 2547

ปัญหาพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต

สาขาวิชาเทคโนโลยีการเกษตร-การผลิตพืช

ภาควิชาครุศาสตร์เกษตร

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ปัญหาพิเศษ

เรื่อง

การศึกษาสูตรของสารละลายธาตุอาหารที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของผัก ในตระกูล Cruciferae ในการปลูกแบบไฮโดรโปนิกส์ ระบบ NFT

STUDY ON EFFECT OF NUTRIEN SOLUTIONS TO THE GROWTH OF CRUCIFERAE IN HIDROPONICS NFT SYSTEM

โดย

นายสมยศ หยวกดา

นายอภิชน นิลปะกะ

ปัญหาพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต

สาขาวิชาเทคโนโลยีการเกษตร- การผลิตพืช

ภาควิชาครุศาสตร์เกษตร

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ

ปีการศึกษา 2547

วพ. ส๒๗๔ก ๒๕๔๗

เลขหมู่.....

เลขทะเบียน 58829

วัน,เดือน,ปี 10 ก.ย. 2549

b.....

i.....

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทคัดย่อปัญหาพิเศษ

ปีการศึกษา 2547

ชื่อเรื่อง การศึกษาสูตรของสารละลายธาตุอาหารที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของผักในตระกูล Cruciferae ในการปลูกแบบไฮโดรโปนิกส์ ระบบ NFT

Study on Effect of Nutrient Solutions to the Growth of Cruciferae in Hydroponics NFT System

ชื่อ - สกุล นายสมยศ หยวกดา

นายอภิชน นิลปะกะ

สาขาวิชา เทคโนโลยีการเกษตร-การผลิตพืช **ภาควิชา** ครุศาสตร์เกษตร

คณะ ครุศาสตร์อุตสาหกรรม

อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์วันทนี โชติสกุล

บทคัดย่อ

การทำปัญหาพิเศษเรื่องการศึกษาสูตรของสารละลายธาตุอาหารที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของผักในตระกูล Cruciferae ในการปลูกแบบไฮโดรโปนิกส์ ระบบ NFT เพื่อศึกษาความแตกต่างในการเจริญเติบโตของผักแต่ละชนิดที่อยู่ในตระกูล Cruciferae โดยใช้สูตรของสารละลายธาตุอาหารที่ผสมขึ้นเอง จากปุ๋ยประเภท Commercial grade ทำการปลูกผัก 4 ชนิด คือ ผักกาดขาว ผักคะน้า ผักกวางตุ้ง และผักกวางตุ้งฮ่องเต้ โดยทำการศึกษา 2 ครั้ง วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) 4 ทรีตเมนต์ 4 ซ้ำๆ ละ 6 ต้น จากนั้นนำผลการทดลองทั้ง 2 ครั้งมาสรุปหาค่าเฉลี่ย ตลอดจนนำผลการทดลองมาเปรียบเทียบกับผลผลิตที่ได้จากสูตรอาหารที่นิยมใช้ในแหล่งปลูกอื่นๆ ซึ่งผลการทดลองพบว่า ผักกวางตุ้ง มีความสูงต้นเฉลี่ย 40.65 เซนติเมตร/ต้น ความยาวรากเฉลี่ย 71.75 เซนติเมตร/ต้น น้ำหนักสดเฉลี่ย 154.55 กรัม/ต้น และน้ำหนักแห้งเฉลี่ย 12.00 กรัม/ต้น ผักกวางตุ้งฮ่องเต้ มีความสูงต้นเฉลี่ย 24.65 เซนติเมตร/ต้น ความยาวรากเฉลี่ย 39.50 เซนติเมตร/ต้น น้ำหนักสดเฉลี่ย 96.35 กรัม/ต้น และน้ำหนักแห้งเฉลี่ย 6.50 กรัม/ต้น ผักคะน้า มีความสูงต้นเฉลี่ย 26.15 เซนติเมตร/ต้น ความยาวรากเฉลี่ย 39.10 เซนติเมตร/ต้น น้ำหนักสดเฉลี่ย 35.90 กรัม/ต้น และน้ำหนักแห้งเฉลี่ย 13.60 กรัม/ต้น และผักกาดขาวปลี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีความสูงต้นเฉลี่ย 26.75เซนติเมตร/ต้น ความยาวรากเฉลี่ย 51.30 เซนติเมตร/ต้น น้ำหนักสดเฉลี่ย 155.95 กรัม/ต้น และน้ำหนักแห้งเฉลี่ย 13.25 กรัม/ต้น

ผักกวางตุ้งและผักกาดขาวปลี มีการเจริญเติบโตได้ดีกว่าผักกวางตุ้งฮ่องเต้และผักคะน้า ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของผักกวางตุ้งและผักกาดขาวปลีที่ทำการศึกษา พบว่ามีการเจริญเติบโตใกล้เคียงกับผักกวางตุ้ง และผักกาดขาวปลี ที่ผลิตเป็นการค้าของวิทยาลัยเกษตรและเทคโนโลยีศูนย์ศิลปาชีพบางไทร ทั้งความสูง และน้ำหนักสด แสดงว่าสูตรสารละลายธาตุอาหารนี้ใช้ปลูกผักกวางตุ้ง และผักกาดขาวปลี แบบไฮโดรโปนิกส์ระบบ NFT เพื่อการค้าได้ ส่วนผักกวางตุ้งฮ่องเต้ และผักคะน้า มีการเจริญเติบโตไม่ดีเท่าที่ควร ดังนั้นสูตรของสารละลายธาตุ-อาหารนี้จึงไม่เหมาะกับการเจริญเติบโตของผักกวางตุ้งฮ่องเต้และผักคะน้า

ข้อเสนอแนะ ควรทำการศึกษาในเรื่องสูตรของสารละลายธาตุอาหารนี้ที่มีผลต่อผักกวางตุ้งฮ่องเต้ และผักคะน้าในการปลูกแบบไฮโดรโปนิกส์ ระบบอื่นๆ เช่น DWT, DFT และ DRFT และในช่วงการเพาะเมล็ดควรเริ่มที่จะนำกล้าออกรับแสงตั้งแต่เริ่มงอก เพื่อป้องกันไม่ให้ต้นพืชมีการยืดตัวหรือเอนตัวรับแสงแดด ซึ่งเป็นเหตุที่ทำให้การทรงตัวของต้นพืชไม่ดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปัญหาพิเศษนี้สำเร็จลงได้ เพราะการให้ความกรุณาช่วยเหลือของผู้ช่วยศาสตราจารย์วันทนี โชติสกุล อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ ที่ให้ความอนุเคราะห์และเสียสละเวลา คอยให้คำแนะนำ คำปรึกษา ความช่วยเหลือ คอยติดต่อประสานงานในส่วนที่จะต้องหาข้อมูลเพิ่มเติม ตลอดจนช่วยตรวจสอบแก้ไขในส่วนที่มีความบกพร่องและผิดพลาดของปัญหาพิเศษ ผู้จัดทำขอขอบพระคุณท่านอาจารย์ที่ปรึกษา ที่ทำให้ปัญหาพิเศษเรื่องนี้เสร็จสมบูรณ์ บรรลุตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้

ขอขอบคุณท่านอาจารย์เฉลิมชัย รุจิเรข อาจารย์คณะวิชาพืชศาสตร์ วิทยาลัยเกษตรและเทคโนโลยีศูนย์ศิลปาชีพบางไทร จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ในเรื่องของความสะดวกในการเข้าเยี่ยมชมและการเก็บรวบรวมข้อมูล เพื่อเป็นแนวทางในการดำเนินการทดลอง พร้อมทั้งคำชี้แนะเรื่องของการปลูกพืชผักแบบไฮโดรโปนิกส์

ขอขอบพระคุณคุณกาญจนา เสกสุวงศ์ นักวิชาการส่งเสริมการเกษตร ของอุทยานผักพื้นบ้านเพื่อการยังชีพเฉลิมพระเกียรติบึงฉวาก จังหวัดสุพรรณบุรี ที่ให้ความอนุเคราะห์ในเรื่องการเข้าเยี่ยมชมและการเก็บข้อมูล ตลอดจนคำแนะนำและข้อคิดเกี่ยวกับการปฏิบัติงานที่เป็นประโยชน์ต่อการทำปัญหาพิเศษในครั้งนี้

ขอขอบพระคุณท่านอาจารย์และเจ้าหน้าที่ทุกท่านในภาควิชาครุศาสตร์เกษตร ที่ให้ความสะดวกในการเข้าใช้ห้องปฏิบัติการ คอยให้คำแนะนำช่วยเหลือเพื่อให้เกิดความสะดวกในการปฏิบัติงาน

ขอขอบพระคุณรุ่นพี่และเพื่อน ๆ หลาย ๆ คนที่คอยให้ความช่วยเหลือและเป็นกำลังใจในการทำปัญหาพิเศษครั้งนี้จนสำเร็จเสร็จลงได้ด้วยดี

นายสมยศ หยวกดา

นายอภิชน นิลปะกะ

มีนาคม 2548

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อปัญหาพิเศษ	ก
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญภาพ	ช
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ขอบเขตของปัญหา	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 การศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 พืชในตระกูลครูซิเฟอร์	3
2.2 พืชผักกลุ่มผักกาด	5
2.3 พืชผักกลุ่มกะหล่ำ	8
2.4 การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน หรือการปลูกแบบไฮโดรโปนิกส์	11
2.5 ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของพืช	14
2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	28
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการ	31
3.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย	31
3.2 วิธีการ	32
3.3 สถานที่ทำการวิจัย	34
3.4 ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย	34
บทที่ 4 ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล	35
4.1 ผลการวิจัย	35
4.2 วิจารณ์ผลการทดลอง	37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ	38
5.1 สรุปผลการทดลอง	38
5.2 ข้อเสนอแนะ	38
บรรณานุกรม	39
ภาคผนวก	42

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	แสดงลักษณะอาการผิดปกติเบื้องต้นของพืช ที่พบในพืชทั่วไป เมื่อได้รับธาตุอาหารที่ไม่เพียงพอ (ธาตุที่เคลื่อนที่ได้).....	17
2	แสดงลักษณะอาการผิดปกติเบื้องต้นของพืช ที่พบในพืชทั่วไป เมื่อได้รับธาตุอาหารที่ไม่เพียงพอ (ธาตุที่เคลื่อนที่ไม่ได้).....	17
3	แสดงธาตุที่พิสูจน์แล้วว่าจำเป็นต่อพืช.....	18
4	แสดงปริมาณธาตุอาหารที่ใช้ในสูตรสารละลายธาตุอาหารต่างๆ ที่น่าสนใจที่ใช้ในการปลูกพืชไร้ดิน.....	21
5	แสดงอัตราส่วนขององค์ประกอบของสารละลายธาตุอาหารที่ใช้ในการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน.....	22
6	แสดงปริมาณความต้องการของธาตุอาหารในระยะการเจริญเติบโตต่างๆ.....	27
7	ค่าเฉลี่ยของน้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง ความสูงต้น ความยาวรากของผัก 4 ชนิด.....	36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1 แสดงปัจจัยที่ควบคุมการเจริญเติบโตของพืช	14
2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเป็นกรด-ด่างต่อความสามารถในการละลายน้ำของธาตุ และความเป็นประโยชน์ต่อพืช	15
ภาพผนวกที่	
1 ต้นกล้าของผัก 4 ชนิด	43
2 ผักอายุ 20 วันบนรางปลูก	44
3 ขั้นตอนการล้างรากผัก	44
4 ผักกวางตุ้ง	45
5 ผักกวางตุ้งฮ่องเต้	45
6 ผักคะน้า	46
7 ผักกาดขาวปลี	46
8 การชั่งน้ำหนักสด	47
9 การเตรียมผักเพื่อทำการอบแห้ง	48
10 การชั่งน้ำหนักแห้ง	49

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญของปัญหา

การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินหรือไฮโดรโปนิกส์ เป็นวิธีการปลูกพืชที่พัฒนาขึ้นมาเพื่อแก้ไขปัญหาพื้นที่ทำการเกษตรลดลงเนื่องจากการพัฒนาของชุมชน หรือพื้นที่ไม่เหมาะสมต่อการทำการเกษตร การปลูกพืชแบบไฮโดรโปนิกส์นี้พืชสามารถเจริญเติบโตได้โดยได้รับธาตุอาหารจากสารละลายธาตุอาหาร โดยไม่ใช้ดินเป็นวัสดุปลูก ดังนั้นการปลูกพืชแบบไฮโดรโปนิกส์จึงสามารถทำได้ในทุกพื้นที่ แม้จะไม่มีที่ดินสำหรับปลูกพืชหรือพื้นดินที่มีอยู่ไม่สามารถใช้ปลูกพืชได้ ปัจจุบันไฮโดรโปนิกส์เป็นวิธีการปลูกพืชที่ใช้แพร่หลายในประเทศต่างๆ เช่น ไต้หวัน ญี่ปุ่น สหรัฐอเมริกา ออสเตรเลีย อิสราเอล เป็นต้น การปลูกพืชแบบไฮโดรโปนิกส์ไม่จำเป็นต้องใช้แรงงานมาก ดูแลรักษาง่าย ผลผลิตที่ได้ปลอดภัยจากสารพิษตกค้าง โรค แมลงต่างๆ และได้ผลผลิตในปริมาณที่แน่นอน

การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินนั้นเป็นการผลิตทางด้านพืชสวนที่เป็นผักส่วนใหญ่ เป็นงานที่เกี่ยวข้องกับสิ่งที่มีชีวิตภายใต้สภาวะแวดล้อมที่ต้องใช้ฐานความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์และศิลปศาสตร์ผสมผสานกันเพื่อความสำเร็จ (ดิเรก ทองอร่าม, 2546 : 348) การจะผลิตให้ได้มาซึ่งคุณภาพนั้นต้องอาศัยปัจจัยต่างๆหลายๆ ด้านที่มีส่วนเกี่ยวข้อง โดยเฉพาะอย่างยิ่งสูตรของสารละลายธาตุอาหารที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืชแต่ละชนิด ซึ่งพืชแต่ละชนิดมีความต้องการสูตรของสารละลายธาตุอาหารแตกต่างกัน ปัจจุบันสูตรของสารละลายธาตุอาหารยังไม่มีความหลากหลายในการใช้ปลูกพืช ยังมีความจำเพาะเจาะจงใช้ในกลุ่มของผักกาดหอมเป็นส่วนใหญ่ ส่วนพืชผักประเภทอื่นๆเช่น คะน้า กวางตุ้ง ผักกาดขาวปลี เป็นต้น ยังมีสูตรของสารละลายธาตุอาหารไม่แพร่หลาย เนื่องจากสูตรของสารละลายธาตุอาหารส่วนมากที่ผลิตขึ้นมานั้นจะถูกใช้ในบริษัทเอกชนและมีการปิดเป็นความลับ จึงทำให้เกิดปัญหาความยุ่งยากแก่เกษตรกรทั่วๆ ไปที่มีความต้องการปลูกพืชผักแบบไฮโดรโปนิกส์

ลักษณ์ แก้วมาและอภิชน นิลปะกะ (2545 , 8) ศึกษาทดลองเรื่องการเปรียบเทียบค่าความเข้มข้นของสารที่ละลายน้ำต่างกันในการปลูกผักกาดขาวปลีแบบไฮโดรโปนิกส์ ระบบ DWT โดยการทดลองนี้ได้ใช้สูตรของสารละลายธาตุอาหารที่มีการผสมธาตุอาหารขึ้นเอง ซึ่งผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำให้ผักกาดขาวปลีมีการเจริญเติบโตได้เป็นอย่างดี ผักกาดขาวปลีเป็นพืชผักที่อยู่ในตระกูล Cruciferae ซึ่งผักที่อยู่ในตระกูล Cruciferae มีอยู่หลายชนิดด้วยกัน เช่น คะน้า กวางตุ้ง กวางตุ้งฮ่องเต้ เป็นต้น จึงสันนิษฐานว่าสูตรของสารละลายธาตุอาหารที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของผักกาดขาวปลี น่าจะมีความเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืชผักชนิดอื่นๆ ที่อยู่ในตระกูล Cruciferae ด้วยเหมือนกัน

ด้วยเหตุนี้ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะทำการศึกษาสูตรของสารละลายธาตุอาหารที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของผักในตระกูล Cruciferae ในการปลูกแบบไฮโดรโปนิกส์ ระบบ NFT เพื่อทดสอบว่าสูตรของสารละลายธาตุอาหารดังกล่าวมีผลต่อการเจริญเติบโตของผักในตระกูล Cruciferae ชนิดใดบ้าง นอกเหนือจากผักกาดขาวปลี

1.2 วัตถุประสงค์

- เพื่อศึกษาความแตกต่างในการเจริญเติบโตของผักแต่ละชนิดที่อยู่ในตระกูล Cruciferae โดยใช้สูตรของสารละลายธาตุอาหารที่ผสมขึ้นเอง ที่ปลูกแบบไฮโดรโปนิกส์ ระบบ NFT

1.3 ขอบเขตของปัญหา

ศึกษาค้นคว้าโดยทำการปลูกผักในตระกูล Cruciferae 4 ชนิดคือ ผักกาดขาว ผักคะน้ายอด ผักกวางตุ้ง และผักกวางตุ้งฮ่องเต้ ทำการปลูกแบบไฮโดรโปนิกส์ ระบบ NFT โดยใช้สูตรอาหารที่ผสมขึ้นเอง

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้ทราบถึงผลการเจริญเติบโตของผักต่างชนิดที่อยู่ในตระกูล Cruciferae ที่ปลูกแบบไฮโดรโปนิกส์ ระบบ NFT โดยใช้สูตรของสารละลายธาตุอาหารที่ผสมขึ้นเอง
2. ได้ทราบชนิดของพืชผักในตระกูล Cruciferae ที่เหมาะสมกับสูตรของสารละลายธาตุอาหารที่ผสมขึ้นเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

การศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้อง

การเกษตรเป็นสาขาการผลิตที่มีความสำคัญ ช่วยให้ทุกประเทศมีความมั่นคงทั้งด้านเศรษฐกิจและสังคม แต่ในปัจจุบันความเจริญทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีก็มีส่วนทำให้เกิดผลกระทบต่อการพัฒนาการเกษตร โดยเฉพาะอย่างยิ่งการเพาะปลูกพืชซึ่งปัจจุบันนี้ประชาชนทั่วโลกต่างหันมาสนใจการผลิตที่ไม่ทำให้เกิดความเสียหายแก่สภาพแวดล้อม รวมทั้งการผลิตต้องมีความปลอดภัยต่อชีวิตและสุขภาพของผู้บริโภคเป็นหลัก

การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินเป็นการปลูกพืชวิธีหนึ่งที่สามารถควบคุมการผลิตไม่ให้เกิดความเสียหายต่อชีวิตและสภาพแวดล้อมได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยผู้ผลิตสามารถควบคุมไม่ให้เกิดการปนเปื้อนของสารพิษหรือยาฆ่าแมลงและโรคพืชจากดินที่อาจติดไปกับผลผลิตได้ ผลผลิตพืชที่ปลูกโดยไม่ใช้ดิน ซึ่งนอกจากผู้บริโภคจะมีความปลอดภัยในการบริโภคแล้วยังมีคุณภาพตามเกณฑ์มาตรฐานด้านสุขอนามัยที่ทั่วโลกยอมรับทำให้สามารถส่งออกไปจำหน่ายยังต่างประเทศได้ โดยสะดวก (ดิเรก ทองอร่าม , 2546 : คำนิยม)

การทำปัญหาพิเศษเรื่องการศึกษาสูตรของสารละลายธาตุอาหารที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของผักในตระกูล Cruciferae ในการปลูกแบบไฮโดรโปนิกส์ ระบบ NFT ได้ศึกษาค้นคว้าเอกสารที่เกี่ยวข้องต่าง ๆ เช่น พืชผักในตระกูลครูซิเฟอร์ ที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยในครั้งนี้ ประวัติระบบต่าง ๆ ของการปลูกพืชไม่ใช้ดิน ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของพืช ธาตุอาหารและสูตรอาหาร ตลอดจนงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อให้เกิดความเข้าใจในการทำการศึกษาทดลองในครั้งนี้ ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้

2.1 พืชในตระกูลครูซิเฟอร์ (Cruciferae or Mustard family)

พืชในตระกูลครูซิเฟอร์ (Cruciferae or Mustard family) เป็นตระกูลที่มีความสำคัญมากกว่าตระกูลอื่น ๆ ที่อยู่ใน Order Papaverales เป็นตระกูลใหญ่ซึ่งมีถึง 350 Genera และ 2,500 Species

พืชในตระกูลครูซิเฟอร์ มีรูปร่างลักษณะและการใช้ประโยชน์แตกต่างกันมาก พืชในตระกูลนี้ Genus Brassica เป็นพวกที่มีความสำคัญมากที่สุดในทางเกษตร บางชนิดปลูกเพื่อใช้เป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผัก ใช้ทำน้ำมัน (Oilseed) หญ้าอาหารสัตว์ (Forage) อาหารสัตว์ ปุ๋ยพืชสดและเครื่องปรุงรส (Condiment)

พืชใน Genus Brassica เป็นพืชพวกที่มีธาตุกำมะถันและวิตามินซีสูง เป็นพืชผักที่ปลูกมากในประเทศจีน ญี่ปุ่น เกาหลี และยุโรป ตัวอย่างเช่นในประเทศจีน การรับประทานผักต่อคนต่อวันเฉลี่ยแล้วเท่ากับ 0.50 กิโลกรัม ผักจำนวนนี้ 50 เปอร์เซ็นต์ เป็นพืชผักในตระกูลครูซิเฟอร์ และยิ่งไปกว่านั้นปรากฏว่า ในภาคเหนือของประเทศจีนประมาณ 85 เปอร์เซ็นต์ ของพืชผักทั้งหมดที่ใช้รับประทานตั้งแต่ เดือนพฤศจิกายน ถึงเดือนเมษายน เป็นพืชผักในตระกูลครูซิเฟอร์ ทั้งสิ้น (ไฉน ยอดเพชร, 2542 : 2)

ลักษณะทั่วไปของพืชผักในตระกูลครูซิเฟอร์

อายุการเจริญเติบโต เป็นพืชฤดูเดียว(Annual) พืชสองฤดู(Biennial) พืชหลายฤดู(Perennial)

ใบ การจัดเรียงของใบแบบสลับ(Alternate) ลักษณะใบแบบธรรมดา(Simple) และไม่มีหู-ใบ (Stipule)

ช่อดอก โดยทั่วไปมีช่อดอกจะเป็นแบบ(Raceme) และดอกแขนงจะมีการเจริญเติบโตแบบ(Indeterminate) แต่แขนงของดอกที่อยู่ด้านล่างไม่ยาวกว่าแขนงที่อยู่ด้านบน เหมือนดอกชนิด(Corymb) ช่อดอกแบบนี้ดอกที่อยู่ด้านล่างจะบานก่อนดอกที่อยู่ด้านบน

ดอก แบบสมบูรณ์เพศ(Perfect flower) หรือเป็นดอกกะเทย(Hermaphrodite) ทรงดอกสมดุลย์ (Regular) มีกลีบดอก 4 กลีบเลี้ยง เกสรตัวผู้ 6 ในจำนวนนี้มีก้านเกสรตัวผู้ยาว 4 และสั้น 2 มีรังไข่แบบ Superior เกสรตัวเมีย 2 คาเพล (Capel) และ 2 โลคูล (Locul)

ผล มีผล 2 ลักษณะ คือ

1. ลักษณะป้อม (Short broad pod) เรียกผลแบบนี้ว่า (Silicle)
2. ลักษณะยาว (Elongated pod) เรียกผลแบบนี้ว่า (Silique) ซึ่งผลแบบนี้มีความแตกต่างกับผลแบบ (Silicle) อย่างชัดเจน

ขนาดของเมล็ด ใน Tribe Brassiceae น้ำหนักเมล็ดเฉลี่ยหนักประมาณ 1 มิลลิกรัม เมล็ดที่มีขนาดใหญ่ที่สุด พบใน Genus *Calile* หรือ *Cakile* หนักประมาณ 10-15 มิลลิกรัม ส่วนเมล็ดที่มีขนาดเล็กที่สุดพบใน Genus *Diplotaxis* มีน้ำหนักไม่เกิน 0.05 หรือ 0.10 มิลลิกรัม สำหรับGenus ที่มีความสำคัญที่สุดคือ Genus *Brassica* มีน้ำหนักประมาณ 1-5 มิลลิกรัม

สีของเมล็ด โดยทั่วไปเมล็ดที่แก่แล้วมีสีเหลืองจนถึงสีดำ แต่โดยทั่วไปแล้วจะมีการพัฒนาเปลี่ยนแปลงเป็นสีโอ๊ค(Ochre) หรือสีน้ำตาล (ไฉน ยอดเพชร, 2542 : 2-5)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 พืชผักกลุ่มผักกาด

ส่วนมากเป็นพืชผักที่สำคัญของเขตเอเชีย เช่น ประเทศจีน ไต้หวัน ญี่ปุ่น และประเทศไทย เป็นพืชผักกลุ่มที่ถูกพัฒนาขึ้นมากมายหลายชนิด ในประเทศญี่ปุ่นและไต้หวัน นอกจากนี้ยังเป็นผักที่ใช้ประโยชน์ได้หลายอย่างทั้งในรูปผักสด เช่น ผักกาดขาวปลี หรือด้านอุตสาหกรรมแปรรูป เช่น ผักกาดเขียวปลี และใช้เป็นอาหารสัตว์ เช่น เทอร์นิพใบ

ผักกลุ่มพวกผักกาดมีมากมายหลายชนิดดังกล่าวมาแล้ว แต่ในที่นี้จะกล่าวเฉพาะผักชนิดที่มีความสำคัญต่อทางเศรษฐกิจของไทยเท่านั้น คือ

1. ผักกาดขาวปลี (Chinese cabbage)
2. ผักกาดเขียวกวางตุ้ง (Chinese green mustard)
3. ผักกาดเขียวปลี (Leaf mustard) (ไฉน ยอดเพชร, 2542 : 90)

2.2.1 ผักกาดขาวปลี

ผักกาดขาวปลีนั้น มีชื่อทางภาษาอังกฤษว่า Chinese cabbage ภาษาจีนว่า Pet — sai โดยทั่ว ๆ ไปหมายถึง *B. pekinensis* L. ซึ่งวิวัฒนาการมาจาก *B. campestris* ดังนั้นชื่อวิทยาศาสตร์ผักกาดขาวปลีจึงควรเป็น *B.campestris ssp. Pekinensis* (Lour) Olsson

ผักกาดขาวปลี เป็นพืชผักพื้นเมืองในแถบเอเชียตะวันออก (Easthern Asia) มี ต้นกำเนิดมาจาก *B.campestris* ซึ่งสันนิษฐานว่ามีแหล่งกำเนิดในเขตเมดิเตอร์เรเนียน (Mediterranean) และต่อมาได้ถูกนำไปปลูกในแถบยุโรปตอนเหนือ (Northern Europe) และพัฒนาเป็นพืชน้ำมัน (Oilseed crop) อย่างไรก็ดีหลังจากที่ถูกนำเข้าไปในประเทศจีน เมื่อ ประมาณ 2,000 ปีล่วงมาแล้ว ซึ่งสามารถใช้เป็นอาหารได้ พืชผักชนิดนี้ได้เปลี่ยนแปลงไปจากเดิม เป็นหลาย Subspecies

ผักกาดขาวปลีส่วนมากเป็นพวกห่อปลี แต่อย่างไรก็ดีพวกนี้ก็พัฒนามาจากพวกไม่ห่อปลีชนิด *B.campestris ssp.pekinensis* var.*dissoluta* (Li อ้างโดย ไฉน ยอดเพชร, 2542 : 93) ซึ่งเกิดจากการผสมข้ามตามธรรมชาติระหว่างผักกาดกวางตุ้ง *(B.campestris ssp. Chinensis* (L.) Makino) กับพวกเทอร์นิพ *(B.campestris ssp.rapifera* or *rapa* Matzg) ซึ่งอยู่คนละ Subspecies แล้วต่อมาลูกผสมที่ได้ค่อย ๆ พัฒนามาจนมีการห่อปลีอย่างสมบูรณ์

2.2.1.1 การจำแนกพันธุ์ของผักกาดขาวปลี

การจำแนกผักกาดขาวปลีตามวิธีของ Herklot (อ้างโดย ไฉน ยอดเพชร, 2542 : 99-101) ได้จำแนกผักกาดขาวปลีตามรูปร่างของปลี ซึ่งจะแตกต่างกันออกไปเป็น 3 กลุ่ม คือ พวกปลีทรงยาว แบบรูปทรงกระบอก (Cylindrical shape) พวกทรงกลม (Rounded shape) พวกไม่ห่อปลีและห่อปลีหลวม (Non heading and Semi-heading) ในแต่ละกลุ่มดังกล่าวจะประกอบด้วย พันธุ์เบา อายุ 45-50 วัน พันธุ์กลางอายุ 50-60 วัน และพันธุ์หนัก 60-80 วัน ดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(1) พวกปลีทรงยาว แบบรูปทรงกระบอก รวมทั้งพวกที่ลักษณะทรงสูง (Barrel shape) และทรงรูปไข่ (Oval shape) เป็นพวก *B.campestris ssp. Pekinensis var. cylindrica* Tsen & Lee.

(2) พวกปลีทรงกลมแน่นรวมทั้งพวกปลีป้านทางส่วนบน เป็นพวกพันธุ์เบาอายุสั้น เป็นพวก *B. campestris ssp. Pekinensis var. cephalata* Tsen & Lee

(3) พวกไม่ห่อปลีและปลีหลวม ส่วนใหญ่เป็นพันธุ์ผักกาดพื้นเมือง ในแถบเอเซีย บางพันธุ์มีใบยอดเจริญเป็นกระจุกอยู่ที่ส่วนยอดเท่านั้น เพราะเหตุว่าปลายยอดอ่อนไม่พัฒนาไปเป็นปลี ใบแผ่กระจายหรือตั้งตรง รูปทรงของใบเป็นแบบ oblanceolate พวกนี้แม้จะไม่ห่อปลีแต่ใบก็มีคุณภาพเป็นผักสดได้ดี เหมาะแก่การปลูกในฤดูฝน และในเขตที่อากาศไม่ค่อยหนาว เป็นพวก *B.campestris ssp. Pekinensis var. laxa.* Tsen&Lee

2.2.1.2 การปลูกและฤดูกาลปลูก

ฤดูปลูก ฤดูปลูกมีความสำคัญมากต่อผักกาดขาวปลี เพราะถ้าปลูกในฤดูที่เหมาะสมแล้วผักกาดขาวปลีจะเจริญเติบโตและห่อปลีมีผลทำให้ผลผลิตต่อไร่สูง (สุทธิชัย ปทุมล่องทอง, 2543 : 64)

2.2.1.3 การจัดการด้านการให้ปุ๋ย

การใส่ปุ๋ย ในการใส่ปุ๋ยกับผักกาดขาวปลีมีข้อควรพิจารณาที่สำคัญหลายประการ เช่น ความต้องการธาตุอาหารเพื่อการเจริญเติบโตและเพิ่มผลผลิต ผักกาดขาวปลี ก็เช่นเดียวกับผักใช้ใบเป็นประโยชน์ทั่วๆ ไป ก็มีความต้องการธาตุอาหารปริมาณที่สูง เพื่อรักษาระดับอัตราการเจริญเติบโต ให้เป็นไปตามปกติ (Oyamada *et al* และ Anonymous อ้างโดย ไฉน ยอดเพชร, 2542 : 144) พบว่าความต้องการธาตุอาหารเพื่อการเจริญเติบโต ของผักกาดขาวปลี ในแต่ละระยะของการเจริญเติบโตไม่เท่ากัน เช่นธาตุไนโตรเจนและโปแตสเซียม ผักกาดขาวปลีจะต้องการธาตุโปแตสเซียมมากกว่าธาตุไนโตรเจนเล็กน้อย ในช่วงแรกของระยะการเจริญเติบโตจนถึงระยะห่อปลี และความต้องการธาตุไนโตรเจนเพิ่มมากขึ้นเรื่อย ๆ จากระยะห่อปลีถึงระยะเก็บเกี่ยว สำหรับธาตุโปแตสเซียมความต้องการจะลดลงเล็กน้อย ส่วนธาตุฟอสฟอรัส แมกนีเซียม และแคลเซียม ผักกาดขาวปลีต้องการน้อยมากเพื่อใช้ในการเจริญเติบโต แต่ขาดไม่ได้ ปริมาณความต้องการธาตุอาหารทั้ง 3 ชนิด จะเพิ่มมากขึ้นจากระยะเริ่มห่อปลี ถึงระยะเก็บเกี่ยว แต่ความต้องการธาตุแคลเซียมจะเพิ่มมากกว่าธาตุฟอสฟอรัส และธาตุแมกนีเซียม แต่น้อยกว่าธาตุไนโตรเจน และธาตุโปแตสเซียม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การจัดการปุ๋ยไนโตรเจนให้อยู่ในระดับพอดี ไม่เกินความต้องการของผักกาดขาวปลีในระหว่างการเจริญเติบโตเป็นเรื่องค่อนข้างยุ่งยาก ถ้าจัดการให้ผักกาดขาวปลีได้รับในระดับที่ไม่เหมาะสมแล้ว การผิดปกติทางสรีรวิทยาจะเกิดขึ้นเช่นเกิดโรคใบไหม้ (Tip burn) และโรคไส้เน่า (Internal rot) เป็นต้น (ไฉน ยอดเพชร, 2542 : 115)

Yang Hong -Fu (อ้างโดย ไฉน ยอดเพชร, 2542 : 115) พบว่า ปุ๋ยไนโตรเจนมีอิทธิพลต่อขนาดของใบทั้งในด้านความยาวและความกว้างของใบที่อยู่รอบนอก เขาพบว่าปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 13.33, 26.66 และ 40 กิโลกรัมต่อไร่ เพิ่มความยาวและความกว้างของใบมากขึ้นตามลำดับ โดยทั่ว ๆ ไป การเจริญเติบโตของผักกาดขาวปลี ขึ้นอยู่กับจำนวนและพื้นที่ของใบ จำนวนใบต่อต้นของผักกาดขาวปลีขึ้นอยู่กับพันธุ์ ส่วนพื้นที่ใบขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อม เมื่อมีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในปริมาณมากขึ้น ทำให้เพิ่มพื้นที่ใบรอบนอกมากขึ้นมีผลทำให้มีประสิทธิภาพสูงในการสังเคราะห์อาหาร มีผลทำให้ผักกาดขาวผลทำให้การเจริญเติบโตเร็ว

2.2.2 ผักกาดกวางตุ้ง

ผักกาดกวางตุ้ง (Pakchoi) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *B.campestris* ssp. *chinensis* (Rupr) Olsson มีแหล่งกำเนิดอยู่ในประเทศจีน ประชาชนทางภาคใต้ของประเทศจีนนิยมให้ผักกาดกวางตุ้งบริโภคกันมาก ตลอดความสำคัญนั้นก็มีมากมายหลายด้าน เช่น

ความสำคัญทางเศรษฐกิจ ผักกาดเขียวกวางตุ้ง มีแหล่งกำเนิดในประเทศจีนแต่กลายเป็นพืชผักพื้นเมืองของไทยเป็นเวลานาน เป็นผักที่ใช้บริโภคภายในประเทศที่สำคัญชนิดหนึ่ง ๆ พอกับผักคะน้าจีน ส่วนความสำคัญทางคุณค่าอาหาร ผักกาดเขียวกวางตุ้งเป็นพืชผักที่มีวิตามินสูง โดยเฉพาะอย่างยิ่งวิตามินเอ วิตามินซี นอกจากนี้ยังมีธาตุอาหารพวก แคลเซียม และฟอสฟอรัส สูงอีกด้วย

การจำแนกพันธุ์ผักกาดกวางตุ้ง

ผักกาดที่จัดเป็นพวกผักกาดกวางตุ้ง นั้นแบ่งออกได้เป็น 4 ชนิด (เกษม พิลึก อ้างโดย ไฉน ยอดเพชร, 2542 : 130) คือ

1. ผักกาดเขียวกวางตุ้ง (*B.campestris* ssp. *chinensis* var. *parachinensis* (Bailey) Tsen & Lee โดยทั่วไปเรียกว่า Kuang futsei,Chinese green mustard ผักกาดชนิดนี้จะมีลักษณะสำคัญเด่นชัด คือ ก้านใบเขียว หนาจนเกือบกลม ปลายใบมนไม่ห่อหัว

2. ผักกาดขาวกวางตุ้ง (*Bxcampestris* ssp. *chinensis* var.*chinensis* เรียกว่า White kuang fustsoi ผักกาดขาวกวางตุ้งเป็นพวกที่มีก้านใบสีขาว ทั้งกลมและแบน แผ่นใบเขียวเข้ม ไม่ห่อหัว นอกจากนี้ ยังได้รวมเอาพวกพันธุ์ก้านสั้น ซึ่งได้แก่ ผักกาดฮ่องเต้ ไว้ในกลุ่มนี้ด้วย เพราะมีลักษณะคล้ายกัน แต่สีของใบมีลักษณะเป็นสีเขียวจางหรือก้านแบน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ผักกาดดอก (*B.campestris* ssp. *chinensis* var. *rosularis*) พวกนี้เป็นผักคล้ายผักกาดเขียวกวางตุ้ง ก้านจะเล็กกว่า ออกดอกเร็วกว่าพวกนี้ได้แก่ ผักกาดจ้อน ซึ่งรวมทั้งผักกาดขาวแบะ (Chinese flat cabbage)

4. ผักกาดพื้นเมืองของจีน (*B. campestris* ssp. *chinensis* var. *utilis* Tsen & Lee) ผักกาดชนิดนี้ปลูกเพื่อนำมาสกัดน้ำมัน เพื่อใช้ในการหุงต้มและใช้เป็นน้ำมันจุดตะเกียง เป็นผักกาดดอกสีเหลือง มีอยู่หลายพันธุ์ด้วยกัน

ผักกาดกวางตุ้ง เป็นพืชผักฤดูเดียว (Annual) มีถิ่นกำเนิดในแถบเอเชีย อายุปลูกตั้งแต่หว่านหรือหยอดเมล็ดถึงเก็บเกี่ยวประมาณ 45-55 วัน ผลผลิตประมาณ 700 - 1,170 กิโลกรัมต่อไร่ และสามารถปลูกได้ผลดีตลอดทั้งปี (เมืองทอง ทวนทวี และ สุรีรัตน์ ปัญญาโตนะ, 2525 : 68)

ผักกาดขาวกวางตุ้งและผักกาดฮ่องเต้ ผักกาดขาวกวางตุ้งเคยนำมาปลูกที่คณะเกษตรศาสตร์บางพระ ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2506 – 2514 ปรากฏว่ามีการเจริญเติบโตดีแต่ตลาดไม่ต้องการ และรสชาติอร่อยน้อยกว่าผักกาดเขียวกวางตุ้ง ส่วนผักกาดฮ่องเต้มีการศึกษาทดลองปลูกโดยคณะอาจารย์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ที่โครงการหลวง และสถาบันเทคโนโลยีราชมงคล ปลูกที่โครงการพระราชดำริ เขาหินซ้อน ปรากฏว่าประชาชนนิยมบริโภคพอสมควร แต่อย่างไรก็ดีผักชนิดนี้ก็ยังไม่เป็นที่นิยมของเกษตรกรผู้ปลูกจำหน่าย (ไฉน ยอดเพชร, 2542 : 133-134)

ผักกาดเขียวกวางตุ้งเป็นพืชอายุสั้น ทรงพุ่มต้นไม่ใหญ่ และที่สำคัญที่สุดคือผู้บริโภค ไม่ชอบซื้อผักกาดเขียวกวางตุ้งที่มีขนาดใหญ่ผักกาดเขียวกวางตุ้ง จะเริ่มเก็บเกี่ยวได้เมื่ออายุ 34-45 วัน หลังจากปลูก ดังนั้นจึงควรที่จะจัดระยะการปลูกระยะห่างระหว่างต้นและแถว 20 x 20 (บุญหนัก ปาดา, 2530 : 67)

2.3 พืชผักกลุ่มกะหล่ำ (Cole crop groups)

เป็นพืชผักกลุ่มหนึ่งในตระกูลครูซิเฟอร์ เป็นพืชผักกลุ่มที่มีความสำคัญมากที่สุดของโลก มีปลูกทั่วไปในทวีปอเมริกา ยุโรป ออสเตรเลีย และเอเชีย เป็นพืชผักที่ใช้ประโยชน์ทั้งในรูปผักสลัด เช่น กะหล่ำปลี กะหล่ำดอก อุตสาหกรรมแปรรูป เช่น กะหล่ำปลี และอุตสาหกรรมแช่แข็ง เช่น กะหล่ำดอก และกะหล่ำดอกอิตาเลียน

พืช ผักกลุ่มกะหล่ำ เป็นพวกที่มีลักษณะโครงสร้าง และนิสัยการเจริญเติบโต คล้ายคลึงกัน และเป็นพวกที่มีโครโมโซม 9 คู่ (2n = 18) มี Genome c เหมือนกัน พืชผักกลุ่มนี้จึงจัดอยู่ในพวก *Brassica oleraced* ทั้งหมด

1. กะหล่ำปลี (Cabbage)
2. กะหล่ำดาว (Brussels sprouts)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. กะหล่ำปม (Kohlrabi)
4. กะหล่ำดอกอิตาเลียน (Broccoli)
5. กะหล่ำดอก (Cauliflower)
6. คะน้าจีน (Chinese Kale)
7. คะน้าฝรั่ง (Kale)

คะน้าจีน

คะน้าจีน (Chinese Kale) เป็นพืชผักที่พัฒนามาจากคะน้าฝรั่ง (Kale) เช่นเดียวกับพวกพืชผักในตระกูลกะหล่ำชนิดอื่น ๆ มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *B. oleracea* var. *albograba* เป็นพืชฤดูเดียว ลักษณะ Genome ของคะน้ายังไม่ทราบแน่นอน (Genome = 7) แต่มีโครโมโซม 9 คู่ เท่ากับกะหล่ำชนิดอื่น ๆ คะน้าจีนมีแหล่งกำเนิดที่ Asia Minor ได้ถูกนำเข้าไปในประเทศอินเดีย และจีนเป็นเวลานาน จนเป็นผักที่ได้รับความนิยมและคุ้นเคยกันกับคนในแถบนี้ (เกษม พิลึก, 2524 : 49)

ปัจจุบันคะน้าจีนเป็นพืชผักที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ ของหลายประเทศในเขตเอเซีย เช่น ไทย จีน ไต้หวัน ฮ่องกง มาเลเซีย สิงคโปร์ ฯลฯ ชาวจีนเรียกคะน้าจีนว่า ไก่หลันไช่ (Kaai Laan Ta'ai)

ความสำคัญของคะน้าจีนนั้นก็มีอยู่หลากหลายความสำคัญ เช่น ความสำคัญทางเศรษฐกิจ คะน้าจีนปัจจุบันกลายเป็นพืชผักพื้นเมืองที่สำคัญของไทย เพราะปลูกง่าย ปลูกได้ตลอดปี ประชาชนนิยมบริโภค เนื่องจากมีรสชาติอร่อย ราคาถูก ปริมาณมูลค่าที่ผักคะน้าจำหน่ายในตลาดท้องถิ่นและตลาดกลางในแต่ละวัน และแต่ละเดือน เป็นมูลค่ามหาศาลอาจกล่าวได้ว่าประชาชนไทยใช้คะน้าจีนประกอบอาหารสำหรับบริโภคเป็นเงินวันละหลายล้านบาท ส่วนแหล่งผลิตที่สำคัญของคะน้าจีน อยู่ทางภาคกลาง ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคตะวันตกของประเทศไทย นอกจากนี้ยังมีความสำคัญทางคุณค่าอาหาร คะน้าจีนเป็นพืชผักที่มีสีเขียว จึงเป็นพืชผักที่มี วิตามินเอ และวิตามินซีสูง รวมทั้งมีอาหารพวกคาร์โบไฮเดรต โปรตีน แร่ธาตุ พวกแคลเซียม และฟอสฟอรัส สูงอีกด้วย (ไฉน ยอดเพชร, 2542 : 77)

การจำแนกพันธุ์คะน้าจีน

คะน้าจีนเป็นพืชล้มลุก มีลำต้นสูงประมาณ 30 เซนติเมตร มีข้อลำต้น มีใบแบบธรรมดา (Simple leaf) มีการจัดเรียงใบแบบสลับ (Altemate) ลักษณะใบแบบ Obevate มีดอกสมบูรณ์เพศ มีช่อดอกแบบ Raceme (เกษม พิลึก อ้างโดย ไฉน ยอดเพชร, 2542 : 78) กล่าวว่า คะน้าจีน อาจแบ่งออกได้เป็น 7 สายพันธุ์ คือ

1. ไป่ฮวาไก่หลัน (Paak Fa Kaai Laan) มีลักษณะดอกสีขาว
2. หงฮวาไก่หลัน (Hong Fa Kaai Laan) มีลักษณะดอกสีเหลือง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ซุยอิบไก่หลัน (Tsau ip Kaai Laan) มีลักษณะใบย่น

4. ไป่ฮวาไก่หลัน (Paak Fa Kaai Laan) มีลักษณะดอกสีขาว ปล้องยาว ใบน้อย

5. เอินอิบไป่ฮวา (Uen ip Paak Fa) มีลักษณะดอกขาว ใบกลมอายุ 80 วันหลังหยอดเมล็ด

6. เอินอิบวองฮวา (Uen ip Wong Fa) มีลักษณะดอกเหลืองใบกลม อายุเก็บเกี่ยว 40-45 วัน หลังย้ายปลูก

7. ซิมอิบไป่ฮวา (Tsimp ip Paak Fa) มีลักษณะดอกขาว ปลายใบแหลม อายุเก็บเกี่ยว 70-80 วัน หลังหยอดเมล็ด

สำหรับในประเทศไทยนิยมปลูกคะน้าจีนพันธุ์ดอกขาวทั้งสิ้น โดยสั่งเมล็ดพันธุ์มาจากต่างประเทศ แล้วทำการคัดและปรับปรุงสายพันธุ์ให้ดีขึ้น ปัจจุบันคะน้าจีนที่รู้จักกันแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภท คือ

1. คะน้าใบกลม มีลักษณะใบกว้างใหญ่ ปล้องสั้น ปลายใบมน และผิวใบเป็นคลื่นเล็กน้อย ได้แก่ พันธุ์ฝางเบอร์ 1 ของกรมวิชาการ

2. คะน้าใบแหลม เป็นพันธุ์ที่มีลักษณะใบแคบกว่าชนิดแรก ปลายใบแหลม ข้อห่าง ผิวใบเรียบ เช่น พันธุ์ พีแอล 20 (PL –20)

3. คะน้ายอด หรือคะน้าก้าน เป็นพวกที่มีลักษณะคล้ายคะน้าใบแหลม และบางครั้งทำให้เกิดสับสนกัน แต่คะน้ายอดมีจำนวนใบต่อต้นน้อยกว่า และปล้องยาวกว่า เช่น พันธุ์แม่โจ้

การปลูกและฤดูกาลปลูก

ฤดูปลูกความจริงแล้วคะน้าจีนเป็นพืชผักที่สามารถปลูกได้ดีตลอดปีแต่ผลผลิตที่ได้จะแตกต่างกัน ดังเช่น (ประยูร สัมฤทธิ์ และอาสา เขตแดน อ้างโดย ไฉน ยอดเพชร, 2542 : 95-98) ได้ทำการทดลองปลูกคะน้าจีนที่สถานีทดลองพืชสวนดอยมูเซอ ตั้งแต่เดือนตุลาคม 2527 ถึงเดือนกรกฎาคม 2528 ทุก ๆ 15 วัน ของแต่ละเดือน ผลจากการทดลองปรากฏว่าช่วงปลูกเดือนมิถุนายน ให้ผลผลิตสูงสุด คือ 1,562 กิโลกรัมต่อไร่ รองลงมาคือ เดือนพฤศจิกายน 1,557 กิโลกรัมต่อไร่ เดือนตุลาคม 1,551 กิโลกรัมต่อไร่ เดือนกรกฎาคม 1,530 กิโลกรัมต่อไร่ และช่วงเดือนที่ทำให้ผลผลิตต่ำสุด คือ เดือนมีนาคม 1,333 กิโลกรัมต่อไร่ เพราะเป็นช่วงที่อุณหภูมิสูง ความชื้นในดินและอากาศต่ำ และยิ่งกว่านั้นยังมีแมลงชนิดหนอนใยผักระบาดอีกด้วย

การจัดการในด้านการให้ปุ๋ย

คะน้าจีนเป็นพืชผักพวกกินใบและต้น จึงควรให้ปุ๋ยที่มีธาตุไนโตรเจนสูง สัดส่วนธาตุอาหารไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โปแตสเซียม คือ 2 : 1:1 เมื่อคะน้าจีนอายุได้ 45 วัน เป็นระยะที่ตลาดต้องการมากที่สุด แต่ถ้าเก็บเกี่ยวคะน้าจีนในช่วงโตเต็มที่ช่วง 50-55 วัน จะได้น้ำหนักมากกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใช้มีดที่คม ๆ ตัดต้นคะน้าจีนบริเวณโคนต้น รวบรวมนำมาตัดแต่งเอาส่วนที่เป็นโรคหรือถูกแมลงทำลายออก แล้วบรรจุส่งตลาดต่อไป (ไฉน ยอดเพชร, 2542 : 101)

2.4 การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน หรือการปลูกพืชแบบไฮโดรโปนิกส์

การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินไม่เพียงก่อให้เกิดประโยชน์ต่อชีวิตและความเป็นอยู่ในปัจจุบันเท่านั้นแต่ยังจะก่อให้เกิดประโยชน์ในการพัฒนาชีวิตในอนาคตอย่างมากด้วย ดังที่อดีตประธานาธิบดีโรนัลด์ เรแกนแห่งสหรัฐอเมริกาได้กล่าวไว้ว่า "การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน (Hydroponics) จะเป็นเทคโนโลยีดีเด่นที่ใช้ในการผลิตอาหารในอนาคต" (Reagan อ้างโดย ดิเรก ทองอร่าม, 2546 : 23)

การปลูกพืชไม่ใช้ดิน คือ วิธีการปลูกพืชโดยให้พืชได้รับสารอาหารหรือสารละลาย ธาตุอาหารที่พืชต้องการจากทางราก พืชที่ปลูกจะอยู่บนวัสดุปลูกหรือไม่มีวัสดุปลูกก็ได้ (มนูญ ศิรินุพงศ์, 2543 : 3)

การปลูกโดยไม่ใช้ดิน หมายถึง วิธีการปลูกพืชเลียนแบบการปลูกพืชบนดินโดยการปลูกพืชลงบนวัสดุปลูกหรือไม่ต้องมีวัสดุปลูกก็ได้ เพื่อให้พืชได้รับสารอาหารพืชหรือสารละลายธาตุอาหารพืช (ที่มีน้ำที่ผสมกับปุ๋ยที่มีธาตุอาหารที่พืชต้องการจากทางรากพืช) (ดิเรก ทองอร่าม, 2546 : 5)

การปลูกผักแบบไม่ใช้ดิน เป็นวิธีการผลิตผักที่อาศัยหลักการคล้ายคลึงกันกับการปลูกผักแบบธรรมดา แต่มีการพัฒนาปรับปรุงวิธีการเพื่อให้สามารถทำการปลูกผักในลักษณะแถวชิดได้ สามารถปลูกผักได้ในบริเวณบ้านที่มีพื้นที่จำกัด หรือในบริเวณที่พื้นที่ดินเดิมขาดความอุดมสมบูรณ์ก็ได้ โดยไม่จำเป็นต้องปรับปรุงสภาพพื้นที่ดินเดิม เนื่องจากสภาพพื้นที่ดินที่มีการให้ธาตุอาหารในลักษณะของสารละลายผ่านระบบการปลูกพืชผัก โดยที่ระบบรากพืชไม่ได้สัมผัสกับดินจริงๆ แต่ต้นผักเจริญเติบโตและตั้งทรงต้นอยู่บนภาชนะปลูกได้ โดยระบบรากยึดอยู่กับแผ่นฟองน้ำที่วางอยู่ในรางปลูก หรือที่ใช้แผ่นโฟมขนาดใหญ่ตั้งเป็นฐานของรางปลูกที่ใช้ หรือใช้วัสดุปลูกเป็นก้อนดินเผาขนาดเล็กอัดเป็นเม็ด หรือใช้วัสดุประเภทเพอร์ไลท์หรือแผ่นใยสังเคราะห์แทนดินปลูกก็ได้ (http://www.doae.go.th/library/html/detail/hydroponic/hydro_1.htm)

การปลูกพืชไร้ดิน มีขั้นตอน และวิธีที่ไม่ยุ่งยาก ผู้ที่ไม่มีความรู้ทางด้านเกษตรก็สามารถจะประกอบธุรกิจนี้ได้ เพียงแต่ต้องให้ความใส่ใจดูแลแปลงปลูกอย่างสม่ำเสมอ และศึกษาหาความรู้เพิ่มเติมทางด้านสรีระของพืชแต่ละชนิด สารเคมี การจัดการน้ำ และการวางระบบอุปกรณ์ให้เหมาะสม อุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ใช้ในการปลูกเกือบร้อยเปอร์เซ็นต์ใช้วัสดุ อุปกรณ์ที่หาได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภายในประเทศไทย ยกเว้นเพียงพันธุ์พืชที่ต้องนำเข้าจากต่างประเทศ และการปลูกพืชระบบนี้สามารถใช้ปลูกพืชที่ไม่มีรากแก้วได้ ไม่ว่าจะเป็นไม้ดอก ไม้ประดับ หรือพืชล้มลุก

2.4.1 ประวัติของการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน

การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินมีประวัติความเป็นมาโดยเริ่มจากการศึกษาเกี่ยวกับพืชและธาตุอาหารพืชและได้มีการศึกษาค้นคว้าทดลองมาอย่างต่อเนื่องยาวนาน โดยนักวิทยาศาสตร์ต้องการทราบว่าพืชประกอบด้วยอะไร และมีสารสิ่งใดบ้างที่สามารถทำให้พืชเจริญเติบโตได้ เชื่อกันว่าการศึกษาเรื่องธาตุอาหารพืชเริ่มต้นมีมาตั้งแต่สมัยอริสโตเติล (Aristotle) หรือเมื่อประมาณ 238-322 ปีก่อนคริสตศักราช

ในปี ค.ศ. 1600 (พ.ศ. 2143) งานทดลองครั้งแรกที่เป็นที่รู้จักกันดี ได้แก่ งานของวัน เฮลมอนต์ (Jan Baptist Van Helmont) แพทย์ชาวเบลเยียมที่สนใจเกี่ยวกับการปลูกพืช ต่อมาบุตรชายของเขาได้นำไปตีพิมพ์ในวารสาร Ortus Medicinae โดยเขาได้ทดลองปลูกต้นหลิวน้ำหนัก 5 ปอนด์ในกระถางซึ่งมีดินแห้ง

ในช่วงปลายศตวรรษที่ 17 ก็ได้มีผู้สนใจ ศึกษาทดลองทำนองเดียวกันหลายคน เช่น งานของกลูเบอร์ (Glauber) ในปี ค.ศ. 1656 (พ.ศ. 2199) งานของบอยล์ (Robert Boyle) ในปี ค.ศ. 1661 (พ.ศ. 2204) และงานของมาโย (Mayow) ในปี ค.ศ. 1674 (พ.ศ. 2217) ซึ่งผลการศึกษาต่างก็มีความคิดเห็นขัดแย้งกับผลการทดลองของเฮมอนต์ ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1870 (พ.ศ. 2413) เป็นต้นมาได้มีการค้นคว้าวิจัยและพัฒนาเกี่ยวกับความต้องการธาตุอาหารของพืชกันอย่างมาก งานทดลองครั้งแรกที่ปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินจำนวนมากเริ่มขึ้นที่สถานีทดลองโรด ไอส์แลนด์ (Rhode Island) ในประเทศสหรัฐอเมริกา ได้ทดสอบปลูกมะเขือเทศในน้ำผสมธาตุอาหารตามสูตรที่ค้นพบ ผลปรากฏว่าต้นมะเขือเทศเจริญเติบโตได้เป็นอย่างดี มีการออกดอกและติดผลเหมือนการปลูกพืชตามปกติ ตั้งแต่นั้นมาก็มีการศึกษาค้นคว้าหาสูตรอาหารที่เหมาะจะใช้ปลูกพืชแต่ละชนิดและให้ได้ผลมากขึ้น

ปี ค.ศ. 1939 –1945 (พ.ศ. 2482 – 2488) โฮกแลนด์ และอาร์นอน (Hoangland and Amon) ได้พัฒนาสูตรสารละลายธาตุอาหารพืชขึ้นมา ซึ่งเป็นสูตรพื้นฐานที่นักวิทยาศาสตร์รุ่นหลังใช้ในการศึกษาต่อมา และรู้กันในนามว่า "สูตรสารอาหารเพื่อการปลูกพืชของโฮกแลนด์ (Hoagland's Solution)"

ในช่วง ปี ค.ศ. 1946 – 1948 (พ.ศ. 2489 –2491) ดักลาส (J.Sholto Douglas) ได้ทำการทดลองปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินขึ้นที่สถานีค้นคว้าวิจัยเบงกอลเมืองดาร์จีลิง (Darjeeling District) ซึ่งเป็นพื้นที่ที่ตั้งอยู่ในเขตมรสุมในประเทศอินเดีย ได้มีการพัฒนาระบบปลูกที่ใช้วัสดุปลูกที่เป็นอนินทรียสาร เช่น ทรายและกรวดขึ้นแล้วเรียกว่า "ระบบเบงกอล (The Bengol System)" โดยการปลูกที่ให้สารอาหารพืชจากทางใต้วัสดุปลูก (Subirrigation system) จากการทดลองปลูกพืชต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เช่น ธัญพืช พืชอาหารสัตว์ ผักต่าง ๆ โดยใช้ระบบเบงกอลทำให้ทราบว่าการปลูกพืชไม่ใช้ดินสามารถให้ผลผลิตสูงกว่าการปลูกโดยใช้ดินตามธรรมชาติ 2 – 10 เท่า

นับแต่ ปี ค.ศ. 1970 (พ.ศ. 2513) เป็นต้นมา การผลิตพืชโดยไม่ใช้ดินก็เป็นที่รู้จักแพร่หลายไปทั่วโลกทั้งในสหรัฐอเมริกา อังกฤษ ยุโรป แอฟริกา และเอเชีย (ดิเรก ทองอร่าม, 2546 : 5-9)

2.4.2 ระบบการจัดการการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน

การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน สามารถแบ่งได้เป็น 3 รูปแบบใหญ่ ๆ คือ (ถวัลย์ พัฒนเสถียร-พงศ์, 2534 : 18)

2.4.2.1 การปลูกพืชโดยให้ส่วนของรากแช่อยู่ในสารละลายธาตุอาหารที่จำเป็นในการเจริญเติบโตของพืชโดยตรง

2.4.2.2 การปลูกพืชลงบนวัสดุอื่นที่ไม่ใช่ดินแล้วรดด้วยสารละลายธาตุอาหารหรือน้ำปุ๋ย วัสดุที่ใช้ปลูกพืชอาจจะเป็นสารอนินทรีย์ เช่น กรวด ทราย หิน ที่ได้จากธรรมชาติ หรือที่มนุษย์สร้างขึ้นมา เช่น เพอร์ไลท์ (perlite), เวอร์มิคิวไลท์ (vermiculite), ร็อกวูล (rockwool) หรือสารอินทรีย์เช่น พีท (peat), มอส (moss), ขี้เลื่อย, เปลือกไม้, เปลือกมะพร้าวสับ, ขุยมะพร้าว, แกลบสด และถ่านแกลบ เป็นต้น

2.4.2.3 การปลูกพืชโดยให้รากลอยอยู่ในอากาศ หรือการปลูกในอากาศ โดยจะสร้างกล่องหรือตู้ที่มีหัวฉีดและให้โคนต้นชิดกับด้านบน ส่วนรากจะอยู่ภายในแขวนห้อยอยู่กลางอากาศ จากนั้นจะฉีดพ่นสารละลายให้เป็นฝอยละเอียดเป็นระยะ ๆ ตามช่วงเวลาที่กำหนด

ประเภทของการปลูกในน้ำ (Water culture) หรือระบบที่รากพืชแช่อยู่ในน้ำสารละลายธาตุอาหารโดยตรงและตลอดเวลานั้น ยังสามารถแบ่งออกได้อีกหลายวิธี เช่น

1. การปลูกแบบน้ำไหลผ่านหรือ NFT (Nutrient Flow Technique) คือการปลูกพืชลงในน้ำโดยการปล่อยสารละลายธาตุอาหารให้ไหลผ่านรากพืชที่ปลูกอยู่บนรางปลูก

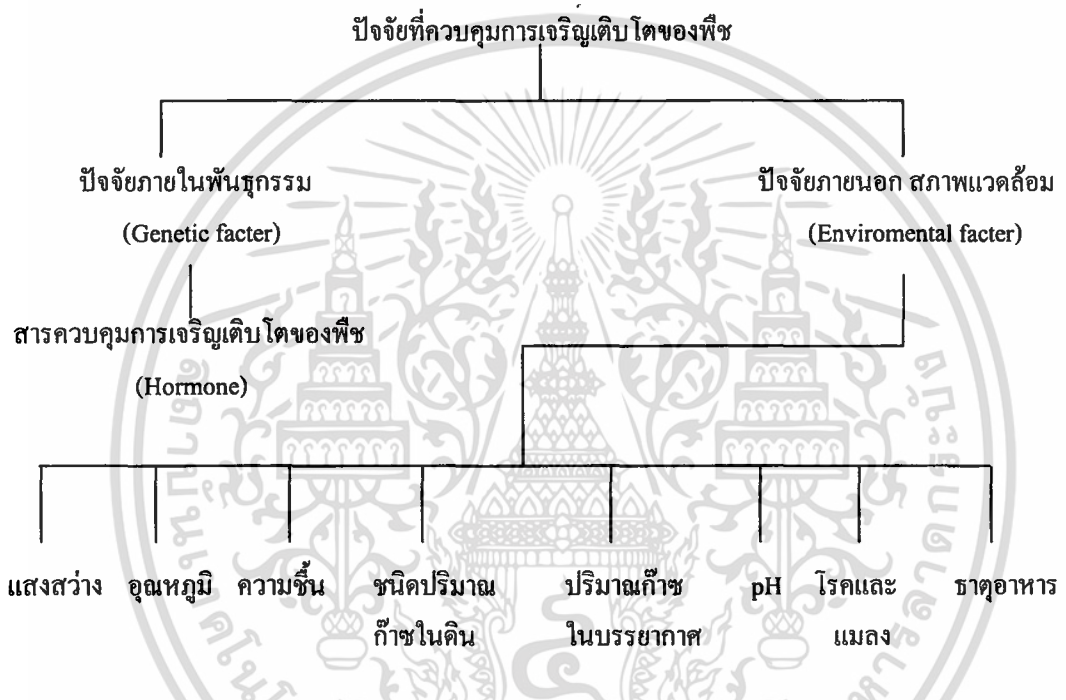
2. การปลูกในน้ำลึกไหลล้น หรือ DFT (Deep Flow Technique) คือการปลูกพืชลงในภาชนะบรรจุน้ำที่มีความลึก 5 ถึง 10 เซนติเมตร โดยที่ด้านหนึ่งจะมีท่อน้ำไหลเข้าและอีกด้านหนึ่งมีท่อสำหรับน้ำไหลออก ตำแหน่งความสูงของท่อน้ำไหลออกจะเป็นตัวกำหนดความลึกหรือความสูงของน้ำที่ขังอยู่ในภาชนะ

3. การปลูกในน้ำนิ่งแบบต้องเติมอากาศหรือ DWT (Deep Water Technique) คือการปลูกพืชลงในภาชนะที่บรรจุน้ำลึกตั้งแต่ 15 เซนติเมตรขึ้นไป (สำหรับผักกินใบ) ขึ้นอยู่กับขนาดของพืชปลูก รากของพืชที่ปลูก โดยรากพืชจะแช่อยู่ในน้ำสารละลายที่ไม่มีการหมุนเวียน วิธีการปลูกแบบนี้จึงจำเป็นต้องเติมอากาศให้กับน้ำตลอดเวลาโดยใช้เครื่องให้อากาศ (ธรรมศักดิ์ ทองเกตุ, 2545 : 5)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. การปลูกในน้ำแบบให้สารละลายธาตุอาหารพืช และอากาศไหลผ่านรากพืชในระดับลึกอย่างต่อเนื่องในถาดปลูก DRFT (Dynamic Root Floating Technique) คือระบบที่พัฒนามาจากระบบ DFT แต่เพิ่มการไหลเวียนอย่างต่อเนื่องของอากาศและสารอาหาร ในระดับน้ำที่ไม่ลึกมาก ระบบนี้ได้พัฒนาเพิ่มเติมจากแบบที่นิยมใช้กันในประเทศไต้หวัน (ดิเรก ทองอร่าม, 2546 : 42)

2.5 ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของพืช



ภาพที่ 1 แสดงปัจจัยที่ควบคุมการเจริญเติบโตของพืช

ที่มา : สุมิตรา ภู่วโรดม (อ้างโดย ลักษณ์ แก้วมา และอภิชน นิลปะกะ, 2545 : 6)

2.5.1 สภาพแวดล้อมที่เป็นตัวควบคุมการเจริญเติบโตของพืชที่ปลูกในน้ำปุ๋ย

2.5.1.1 แสงสว่าง พืชใช้ในกระบวนการสังเคราะห์แสง เพื่อสร้างน้ำตาลและแป้ง พืชส่วนใหญ่ให้ผลผลิตในฤดูร้อนมากกว่า เพราะมีความเข้มแสงสูงและออกดอกผลได้ดี (สุมิตรา ภู่วโรดม, 2542 : 3)

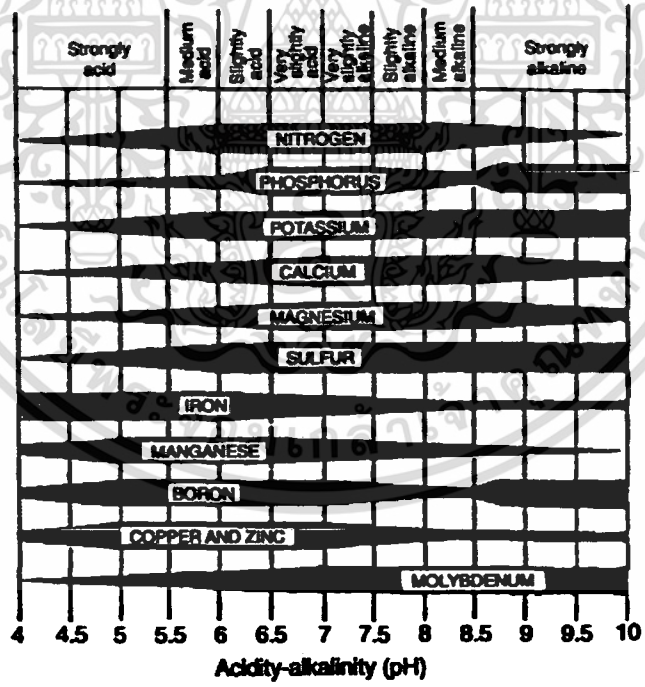
2.5.1.2 อุณหภูมิ มีผลต่อการเจริญเติบโตในส่วนของการสังเคราะห์แสง การหายใจ การปลูกแบบไฮโดรโปนิกส์ ถ้าอุณหภูมิสูงออกซิเจนน้อยทำให้รากขาดออกซิเจน ตลอดจนความร้อนของน้ำ จะทำอันตรายต่อรากได้ อุณหภูมิไม่ควรเกิน 32 องศาเซลเซียส ถ้ารากได้รับออกซิเจนเพียงพอรากจะยาวมีสีขาวและมีรากย่อยมาก (โสระยา ร่วมรังษี, 2544 : 10)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในสภาพภูมิอากาศที่ส่งเสริมให้พืชมีอัตราการคายน้ำสูง (แสงมาก ลมแรง อุณหภูมิสูง ความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ) พืชจะมีอัตราการดูดใช้ธาตุอาหารน้อยกว่าอัตราการดูดน้ำ และในทางกลับกัน ถ้าสภาพภูมิอากาศส่งเสริมให้อัตราการคายน้ำต่ำ พืชก็จะดูดใช้ธาตุอาหารในอัตราที่สูงกว่าดูดใช้น้ำ (อิทธิสุนทร นันทกิจ อ้างโดย อารักษ์ ธีรอำพน, 2544 : 57)

2.5.1.3 ความชื้น ความชื้นมากจะทำให้เกิดโรคง่าย ถ้าชื้นน้อยอากาศแห้ง การคายน้ำทางปากใบมีมาก ใบเหี่ยวง่าย อัตราการคายน้ำสูงกว่าอัตราการดูดน้ำจากราก

2.5.1.4 ความเป็นกรด หรือ ด่างของน้ำปุ๋ย หรือของสารละลาย พืชจะดูดธาตุอาหารแต่ละชนิด ใช้ไม่เท่ากันขึ้นอยู่กับความเป็นกรด หรือ ด่างของน้ำปุ๋ย ถ้าด่างมากพืชจะดูดเฉพาะธาตุได้ดี แต่อีกส่วนหนึ่งจะไม่สามารถดูดได้หรืออาจจะเป็นพิษแก่พืชได้ ค่าที่เหมาะสมควรจะอยู่ระหว่าง 5.5 ถึง 6.5 แล้วแต่ชนิดของพืช ระดับ pH 6.3 ถึง 6.5 เป็นระดับที่พืชสามารถดูดสารละลายธาตุอาหารต่าง ๆ ได้ดี (ดังภาพที่ 2) ที่แสดงความสมพันธ์ของค่าความเป็นกรด-ด่างในการละลายน้ำของธาตุอาหารและความเป็นประโยชน์ต่อพืช ทำให้ไม่เกิดการขาดธาตุอาหารอย่างใดอย่างหนึ่ง (ลอง จงประกอบกุล อ้างโดย ลักษณ์ แก้วมา และอภิชน นิลปะกะ, 2545 : 6)



ภาพที่ 2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเป็นกรด-ด่างต่อความสามารถในการละลายน้ำของธาตุและความเป็นประโยชน์ต่อพืช

ที่มา : Salibury and Rose (อ้างโดย ลักษณ์ แก้วมา และอภิชน นิลปะกะ, 2545 : 7)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.1.5 ธาตุอาหาร หรือสารละลายธาตุอาหาร ปัจจุบันมีการนำสูตรอาหารที่ใช้ได้ดีในต่างประเทศมากเป็นพื้นฐานทางด้านการผลิต แต่เนื่องจากสภาพแวดล้อมมีความแตกต่างกันค่อนข้างมาก จึงไม่ประสบความสำเร็จเท่าที่ควร ผู้ปลูกควรคัดเลือกและปรับปรุงสูตรปุ๋ยให้เหมาะกับชนิดพืชและสภาพภูมิอากาศในประเทศ นอกจากนี้ควรปรับค่าความเป็นกรดเป็นด่างของสารละลายให้อยู่ในช่วง 5.8 - 6.2 ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของพืชที่ปลูกด้วย

การปลูกพืชไม่ใช้ดินมีปัจจัยหลักที่สำคัญซึ่งทำให้ต้นพืชเจริญเติบโตในกระบวนการสังเคราะห์แสง วัตถุดิบที่ใช้คือ คาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ เมื่อพืชได้รับแสงบนคลอโรฟิลล์จะได้สารคาร์โบไฮเดรตและออกซิเจนขึ้น ส่วนของคลอโรฟิลล์ในพืชมีธาตุอื่น ๆ เป็นองค์ประกอบ เช่น ธาตุไนโตรเจนและแมกนีเซียม ซึ่งเราสามารถจำแนกธาตุอาหารตามปริมาณความต้องการของต้นพืชในปริมาณที่ต่างกันในการใช้ของพืช ในการปลูกพืชไม่ใช้ดิน ธาตุอาหารที่พืชจะต้องนำไปใช้จะอยู่ในรูปของสารละลายเช่นเดียวกับการให้ทางระบบดิน การให้ธาตุอาหารกับพืชจะต้องมีความรู้ของต้นพืชแต่ละชนิดที่ปลูก ว่ามีความจำเพาะในการใช้ธาตุแตกต่างกันไปอย่างไร (ถวิล สุขวงษ์, 2546 : 54-72)

ธาตุอาหารพืชมีหน้าที่และบทบาทต่างกันไป ในบางชนิดที่มีความเชื่อมโยงกัน การแบ่งกลุ่มธาตุอาหารแบ่งได้ 3 กลุ่มคือ กลุ่มที่ 1 กลุ่มธาตุที่พืชต้องการมาก เรียกว่าธาตุอาหารหลัก ได้แก่ คาร์บอน (C), ไฮโดรเจน (H), ออกซิเจน (O), ไนโตรเจน (N), ฟอสฟอรัส (P), โพแทสเซียม (K) กลุ่มที่ 2 คือ กลุ่มธาตุอาหารที่พืชต้องการในปริมาณลดน้อยลงมา ได้แก่แคลเซียม (Ca), กำมะถัน (S), และแมกนีเซียม (Mg) กลุ่มที่ 3 กลุ่มธาตุอาหารที่พืชต้องการเพียงเล็กน้อย หรือจุลธาตุ ได้แก่เหล็ก (Fe), แมงกานีส (Mn), ทองแดง (Cu), สังกะสี (Zn), โบรอน (B), โมลิบดินัม (Mo), และคลอรีน (Cl)

หน้าที่ของธาตุอาหารพืช คือธาตุอาหารจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช มีบทบาทสำคัญต่อการสังเคราะห์แสง มีส่วนทำให้เอนไซม์ (enzyme) ทำงานได้ตามปกติ และรวมไปถึงเป็นส่วนประกอบของสารสำคัญในขบวนการเมตาโบลิซึมของพืช (สุมิตรา ภู่วโรดม อ้างโดย ลักษณ์ แก้วมา และอภิชน นิลปะกะ, 2545 : 4)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ตารางที่ 1 แสดงลักษณะอาการผิดปกติเบื้องต้นของพืชที่พบในพืชทั่วไป เมื่อได้รับธาตุอาหารในปริมาณที่ไม่เพียงพอ (ธาตุที่เคลื่อนที่ได้)

ธาตุ	ลักษณะอาการ
ไนโตรเจน (N)	ใบแก่มีสีเหลืองปนส้ม โดยเริ่มจากปลายใบก่อน และเมื่อขาดธาตุอย่างรุนแรงขึ้นใบแก่จะแห้งตาย
ฟอสฟอรัส (P)	ใบล่างและลำต้นมีสีแดงอมม่วง ต้นแคระแกรน (Muckle, 1995)
โพแทสเซียม (K)	ใบล่างมีอาการเหลือง โดยเริ่มจากขอบใบก่อนและจะเป็นสีน้ำตาลลุกลามเข้าไปกลางใบ
แมกนีเซียม (Mg)	เนื้อเยื่อระหว่างเส้นใบของใบแก่จะมีสีเหลือง แต่เส้นใบยังมีสีเขียว (inter vein chlorosis) (Muckle, 1995)
โมลิบดินัม (Mo)	ใบแก่มีสีเหลือง บางครั้งเกิดจุดสีน้ำตาลไหม้บนใบ

ที่มา : สุมิตรา ภู่วโรดม อ้างโดย ลักษณ์ แก้วมา และอภิชน นิลปะกะ, 2545 : 5)

ตารางที่ 2 แสดงลักษณะอาการผิดปกติเบื้องต้นของพืชที่พบในพืชทั่วไป เมื่อได้รับธาตุอาหารในปริมาณที่ไม่เพียงพอ (ธาตุที่เคลื่อนที่ไม่ได้)

ธาตุ	ลักษณะอาการ
แคลเซียม (C)	ใบอ่อนบิดเบี้ยว ม้วนงอ ยอดหงิก ใบไม่สามารถคลี่ได้เต็มที่
กำมะถัน (S)	ใบอ่อนหรือใบบนมีสีเหลืองทั้งใบ แคระแกรน (Muckle, 1995)
เหล็ก (Fe)	ใบอ่อนที่ยังโตไม่เต็มที่มีสีเหลืองระหว่างเส้นใบและมีจุดสีน้ำตาลบนใบ
แมงกานิส (Mn)	ใบอ่อนที่โตเต็มที่มีสีเหลืองระหว่างเส้นใบและมีจุดสีน้ำตาลบนใบ
ธาตุ	ลักษณะอาการ
สังกะสี (Zn)	ใบอ่อนเกิดแถบสีเหลืองทั้ง 2 ข้างของเส้นกลางใบ จากปลายใบลามเข้าสู่โคนใบ เส้นกลางใบยังเขียว ใบมีขนาดเล็ก
ทองแดง (Cu)	ปลายใบอ่อนมีสีซีดหรือขาว
โบรอน (B)	ใบย่น หนาผิดปกติและเปราะ ม้วนงอหรือขาดวิ่น
คลอรีน (Cl)	ปลายใบแห้ง ใบเหลือง

ที่มา : สุมิตรา ภู่วโรดม (อ้างโดย ลักษณ์ แก้วมา และอภิชน นิลปะกะ, 2545 : 5)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
58829

ระหว่าง พ.ศ. 2404 ถึง พ.ศ. 2443 มีนักวิทยาศาสตร์หลายคน เช่น Knop, Nobbe และ Pfeffer ได้ศึกษาธาตุที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช และสามารถประมวลได้ว่าธาตุที่จำเป็นอย่างแท้จริงมีอยู่ 10 ธาตุ คือ คาร์บอน ไฮโดรเจน ออกซิเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม ไนโตรเจน กำมะถัน แคลเซียม แมกนีเซียม และเหล็ก ส่วนธาตุอื่น ๆ ที่พบในเนื้อเยื่อพืชถือว่าไม่มีความสำคัญต่อพืช การทดลองเพื่อหาธาตุอาหารพืชก่อน พ.ศ. 2470 ยังไม่มีความก้าวหน้าเท่าที่ควรและข้อมูลที่ได้ก็ถูกวิพากย์ค่อนข้างมาก เนื่องจากมีข้อผิดพลาดที่อยู่นอกเหนือความคาดหมายของผู้ทดลองในสมัยนั้น 3 ประการ คือ 1) สารเคมีที่ถือว่าบริสุทธิ์ และใช้กันในขณะนั้นยังมีธาตุอื่นเจือปนในปริมาณที่มากพอสำหรับพืช สารเคมีนั้นจึงให้ธาตุอื่นนอกเหนือจากธาตุที่เป็นองค์ประกอบหลัก 2) ธาตุอาหารส่วนหนึ่งมีอยู่ในเมล็ดและพืชที่เจริญจากเมล็ดนั้นได้นำมาใช้ สำหรับบางธาตุที่พืชต้องการน้อยมากเฉพาะที่มาจากเมล็ดก็เพียงพอแล้ว และ 3) ขาดมาตราการป้องกันความปนเปื้อนของธาตุบางธาตุในน้ำหรือที่อาจละลายออกมาจากผิวภาชนะซึ่งปลูกใช้พืชทดลอง

นับจาก พ.ศ. 2443 เป็นต้นมานักวิทยาศาสตร์สามารถพิสูจน์ได้ว่า เหล็ก โบรอน แมงกานีส ทองแดง สังกะสี โมลิบดินัม และคลอรีนเป็นธาตุอาหารพืช ยิ่งกว่านั้นการพัฒนาด้านชีวเคมีของพืชมีส่วนสำคัญในการตรวจสอบบทบาทในเมแทบอลิซึมของธาตุนั้นให้ชัดเจนด้วย (Stout and Arnon อ้างโดย ยงยุทธ โอสถสภา, 2543 : 10-11)

ตารางที่ 3 แสดงธาตุที่พิสูจน์แล้วว่าจำเป็นต่อพืช

ธาตุ	พืชที่ต้องการ	ผู้พิสูจน์	พ.ศ.
N,P	พืชทุกชนิด	Ville	2396-2430
Ca	พืชทุกชนิด	Salm –Horstmer	2399
K	พืชทุกชนิด	Birner และLucanus	2408
S	พืชทุกชนิด	Birner และ Lucanus	2409
Mg	พืชทุกชนิด	De Saussure	2347
		Von Raumer	2426
		Wilstaetter	2449
Fe	พืชทุกชนิด	Sachs	2403
Mn	พืชทุกชนิด	McHargue	2465
B	พืชชั้นสูง	Sommer และ Lipman	2469
Zn	พืชทุกชนิด	Sommer และ Lipman	2469
Cu	พืชทุกชนิด	Sommer,Lipman และ McKinney	2474

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ธาตุ	พืชที่ต้องการ	ผู้พิสูจน์	พ.ศ.
Mo	พืชทุกชนิด	Arnon และ Stout	2482
CI	พืชชั้นสูง	Broyer และ คณะ	2482
CO	สาหร่ายเขียวแกมน้ำเงิน	Holm-Hansen และ คณะ	2503
V	ไรโซเบียม	Ahmed และ Evans	2503
Na	สาหร่ายเขียว	Reisoneuer	2503
	สาหร่ายเขียวแกมน้ำเงิน	Arnon และ Vessel	2498
NI	Atriplex spp	Allen และ Arnon	2497
	พืชชั้นสูง	Brownell และ Wood	2500
		Brown และคณะ	2530

ที่มา : ปรับปรุงจาก Pomerans, Viets Jr และ Brown et al. (อ้างโดย ยงยุทธ โอสถสภา, 2543 : 11-12)

Arnon และ Stout จึงได้บัญญัติบรรทัดฐาน (criteria) เพื่อใช้ตัดสินว่าธาตุใดเป็นธาตุที่จำเป็นต่อพืช (Essential nutrient elements) ไว้สามประการ ดังนี้

ธาตุใดธาตุหนึ่งจะเป็นธาตุที่จำเป็นต่อพืชเมื่อ

1) หากขาดธาตุนั้นพืชจะไม่สามารถดำรงชีวิตจนตลอดระยะการเติบโตทางลำต้นหรือวัฒนภาค (Vegetative stage) หรือระยะเจริญพันธุ์ (Reproductive stage) ในวัฏจักรชีวิต (Life cycle) ของพืชนั้น

2) อาการขาดธาตุนั้นจะแสดงออกเป็นลักษณะเฉพาะซึ่งอาจป้องกันหรือแก้ไขโดยให้ธาตุดังกล่าวในรูปที่พืชใช้ประโยชน์ได้

3) ธาตุนั้นต้องเกี่ยวข้องโดยตรงในการเป็นธาตุอาหารพืชมิใช่เพียงแต่ช่วยแก้ไขความไม่เหมาะสมของสภาพทางเคมี หรือด้านอื่นของดินหรือเครื่องปลูก

ข้อสำคัญที่สุดของบรรทัดฐานนี้ คือ ข้อที่ว่าพืชต้องการธาตุนั้นเพื่อให้ดำรงชีพจนครบวัฏจักรชีวิตซึ่งแตกต่างไปจากการที่ธาตุหนึ่งช่วยเฉพาะให้การเจริญเติบโตของพืชดีขึ้น การที่จะพิสูจน์ให้ประจักษ์ตามแนวทางข้อที่หนึ่งก็โดยหาวิธีทำให้ธาตุนั้นหมดไปจากเครื่องปลูก หรือสารละลายปลูกพืช แต่เป็นไปไม่ได้อย่างแน่นอนที่จะขจัดธาตุใดธาตุหนึ่งออกไปจนหมดสิ้นไม่เหลือเลยแม้แต่หนึ่งอะตอม ไม่ว่าจากเมล็ดพืชหรือเครื่องปลูกก็ตาม แม้เทคนิคการเตรียมสารเคมีและน้ำตลอดจนเครื่องแก้วจะดีเลิศสักเพียงใด ก็ไม่อาจแน่ใจว่าธาตุดังกล่าวได้ถูกจำกัดออกไปหมดอย่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สิ้นเชิง นอกจากนี้ยังไม่อาจป้องกันธาตุเหล่านั้นจากสิ่งแวดล้อมมาเจือปนในระหว่างการทดลองได้ เนื่องจากความไม่สมบูรณ์ของเทคนิคดังกล่าวจึงอาจพิสูจน์ได้แต่เพียงว่าธาตุใดจำเป็นต่อพืช (Essential elements) แต่ไม่อาจพิสูจน์ได้ว่าธาตุใดไม่จำเป็น (Nonessential elements) ต่อพืช เพราะบางธาตุอาจจำเป็นต่อพืชก็ได้แต่พืชต้องการในปริมาณเพียงน้อยนิด ซึ่งสิ่งเจือปนที่ยังหลงเหลืออยู่ในสารเคมีและน้ำก็เพียงพอแล้ว

การศึกษาว่าธาตุใดบ้างที่จำเป็นต่อพืชโดยการทดลองปลูกพืชในสารละลาย และถือเอาการที่พืชไม่อาจดำรงชีวิตอยู่ได้เมื่อขาดธาตุนั้นเป็นมาตรการวัด (Hewitt อ้างโดย ยงยุทธ โอสถสภา, 2543 : 14) โดยมิได้วิเคราะห์ความล้มเหลวในเมแทบอลิซึมของพืช แม้วิธีการดังกล่าวไม่อาจบอกได้ว่าธาตุเหล่านั้นมีหน้าที่ใดบ้างก็ยังยอมรับความสำคัญของธาตุได้ เพราะไม่ว่าธาตุนั้นจะมีหน้าที่ในพืชสักกี่อย่าง แต่เมื่อขาดแคลนแล้วจะทำให้กระบวนการสำคัญในพืชอย่างน้อยก็หนึ่งอย่างติดขัดซึ่งยังผลให้พืชแสดงอาการผิดปกติหยุดเติบโตและตายในที่สุด

เมื่อพิจารณาหลักความเป็นประโยชน์ของธาตุต่าง ๆ โดยรอบคอบแล้ว นักวิชาการด้านพืชศาสตร์และนิเวศวิทยาจึงได้พยายามเชื่อมโยงสมบัติของธาตุในเชิงชีวเคมีหรือสรีรวิทยากับพลวัตของระบบนิเวศอันซับซ้อนตลอดจนความแปรปรวนของสิ่งแวดล้อม แล้วพัฒนาแนวคิดในการจัดธาตุต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องเข้าเป็น 5 กลุ่ม คือ

กลุ่มที่ 1 ธาตุซึ่งจำเป็นต่อกระบวนการทางสรีระของพืช มีบทบาทสำคัญในการเจริญเติบโตและควบคุมการผลิตปฐมภูมิ (Primary production) ของทุ่งหญ้า ได้แก่ ไนโตรเจน และฟอสฟอรัสซึ่งมีความสำคัญในระดับสากล

กลุ่มที่ 2 ธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืชและพืชมักได้รับจากดินในอัตราที่พอยังชีพได้ เช่น โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม เหล็ก กำมะถัน แมงกานีส ทองแดง สังกะสี โบรอน โมลิบดีนัม โซเดียม และคลอรีน

กลุ่มที่ 3 ธาตุที่ไม่จำเป็นต่อกระบวนการทางสรีระของพืช แต่มีส่วนช่วยให้พืชรอดชีวิตในระบบนิเวศได้ เช่น ซิลิคอน (ซีลีเนียม)

กลุ่มที่ 4 ธาตุที่ไม่จำเป็นต่อการดำรงชีพของพืช แต่พืชช่วยส่งผ่านในสายใยอาหาร เช่น โคบอลต์ และซีลีเนียม

กลุ่มที่ 5 ธาตุในกลุ่มนี้หากมีในดินมากเกินไปจะเป็นพิษต่อพืช และกลายเป็นอุปสรรคในระบบนิเวศตลอดจนการเกษตร ได้แก่ ธาตุอะลูมิเนียม เหล็ก แมงกานีส ตะกั่ว ทองแดง สังกะสี โครเมียม แมกนีเซียม โซเดียม คลอรีน และกำมะถัน (ยงยุทธ โอสถสภา, 2543 : 28)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารละลายธาตุอาหารเป็นองค์ประกอบสำคัญที่สุดอย่างหนึ่งในระบบการปลูกพืชแบบไม่ใช้ดิน และเป็นองค์ประกอบที่สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายค่อนข้างสูง เนื่องจากมีการใช้อย่างต่อเนื่องตลอดเวลา การเลือกสารเคมีที่ใช้ในการเตรียม การใช้สูตรสารละลายที่เหมาะสม จึงมีความสำคัญมากทั้งเพื่อประหยัดต้นทุนค่าใช้จ่ายและช่วยให้พืชเจริญเติบโตอย่างเหมาะสม

ค่าใช้จ่ายที่สำคัญที่สุดอันหนึ่งในการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน คือค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับธาตุอาหารพืช เนื่องจากเป็นค่าใช้จ่ายอย่างต่อเนื่องตลอดระยะเวลาการปลูกพืช ซึ่งต่างจากค่าอุปกรณ์ต่าง ๆ ซึ่งถึงแม้จะมีราคาแพงแต่จะเป็นการลงทุนเพียงครั้งเดียว ปุ๋ยหรือสารเคมีที่ใช้ในการเตรียมสารละลายธาตุอาหารพืช จะต้องสามารถละลายน้ำได้หมดซึ่งปกติจะมีราคาแพง ดังนั้นต้องหาในรูปของปุ๋ยซึ่งจะมีราคาถูกกว่าสารเคมีทั่วไป แต่บางชนิดก็ต้องใช้สารเคมี โดยเฉพาะพวกจุลธาตุอาหารทำให้มีราคาแพง แต่เราจะใช้เป็นปริมาณน้อยเท่านั้น ยกเว้นเหล็กต้องใช้ในรูปคีเลต ซึ่งมีราคาแพงและต้องใช้ปริมาณมาก (อิทธิสุนทร นันทกิจ อ้างโดย อารักษ์ ธีรอำพน, 2544 : 29)

ปัจจุบันมีสูตรสารอาหารที่ใช้ในการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินจากแหล่งต่าง ๆ มากกว่าร้อยสูตร แต่ละสูตรได้มีการพัฒนามาจากสูตรเดิมเพื่อให้เหมาะกับการใช้ปลูกพืชแต่ละชนิดที่ผู้ค้นคิดสูตร ได้ศึกษาทดลองนอกจากนี้ยังมีนักวิจัยหลายคนที่ได้พยายามคิดค้นหาสูตรเพียงสูตรเดียวที่จะสามารถใช้ได้กับการปลูกพืช การออกแบบสูตรสารละลายธาตุอาหารพืชเป็นการดำเนินการเพื่อคิดค้นหาปริมาณหรือระดับของธาตุอาหารพืชแต่ละชนิดเพื่อให้พืชได้ใช้อย่างเหมาะสม สิ่งที่ทุกคนสนใจและอยากทราบก็คือแต่ละธาตุที่ใช้ควรจะมีปริมาณเท่าใดจึงจะพอเพียงและเหมาะสมที่จะให้แก่พืช (ดิเรก ทองอร่าม, 2546 : 141)

ถ้าพิจารณาจากส่วนประกอบของธาตุอาหารของสารอาหารสูตรต่าง ๆ ที่ใช้กันในอดีต (ดังตารางที่ 4) จะเห็นว่ามีช่วงของการใช้สารอาหารที่กว้างมาก เช่น สูตรของน้อป (Knops) จะใช้ธาตุฟอสฟอรัส 100 ppm ในขณะที่สูตรของอาร์นอน (Amon) จะใช้เพียงครึ่งเดียว คือ 50 ppm

ตารางที่ 4 แสดงปริมาณธาตุอาหารที่ใช้ในสูตรสารละลายธาตุอาหารต่าง ๆ ที่น่าสนใจที่ใช้ในการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน (หน่วยเป็นมิลลิกรัม/ลิตร หรือ ppm)

ธาตุอาหาร	Knops	Pfeffers	Crones	Arnon	Hoagland/ALC	Hydro -Plo	
	1860	1865	1900	1902	1950	ALC-BLC	BLCI
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
1. ไนโตรเจน (N)	140	164	164	140	210	132	162
2. ฟอสฟอรัส (P)	100	46	46	50	31	58	58
3. โพแทสเซียม (K)	386	134	234	386	234	200	284
4. แคลเซียม (Ca)	341	195	195	170	200	136	136

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. แมกนีเซียม (Mg)	50	20	20	25	48	47	47
6. เหล็ก (Fe)	น้อย	น้อย	น้อย	5	5	4	4

ที่มา : Wilcox (อ้างโดย ดิเรก ทองอร่าม, 2546 : 142)

ในการปลูกพืชไม่ใช้ดิน ธาตุอาหารที่พืชจะต้องนำไปใช้จะอยู่ในรูปของสารละลาย เช่นเดียวกับการให้ทางระบบดิน การให้ธาตุอาหารกับพืชจะต้องมีความรู้ของต้นพืชแต่ละชนิดที่ปลูก ว่ามีความจำเพาะในการใช้ธาตุแตกต่างกันไปอย่างไร (ถวิล สุขวงษ์, 2546 : 44)

ตารางที่ 5 แสดงอัตราส่วนขององค์ประกอบของสารละลายธาตุอาหารที่ใช้ในการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน

ผักรับประทานใบชนิดต่าง ๆ เช่น ผักกาดหอม ผักกาดฮ่องเต้ ผักกาดขาว คะน้า ฯลฯ			
ธาตุอาหารหลัก	ppm	ธาตุอาหารรอง	ppm
NH – N	9.1	Fe	3.0
NO – N	112.0	B	0.5
P	20.6	Mn	0.5
K	156.0	Zn	0.05
ธาตุอาหารหลัก	ppm	ธาตุอาหารรอง	ppm
Ca	80.0	Cu	0.02
Mg	24.0	Mo	0.01
S	32.0		
ค่า EC *ms*/cm (CF) 1.2 – 1.5 (12 – 15)			
ค่า pH 5.5 – 7.0			

ที่มา : ถวิล สุขวงษ์, 2546 : 72

สูตรของโฮกแลนด์และอาร์นอน (Hoagland and Arnon) เป็นสูตรเก่าแก่ที่พัฒนาขึ้นมา เพื่อใช้ปลูกมะเขือเทศ สูตรของวิลคอกซ์ I (Wilcox) พัฒนาขึ้นมาเพื่อใช้ปลูกผักกาดหอมหรือผักสลัดและมะเขือเทศในระยะต้นกล้ากับระยะที่มีการเจริญเติบโตทางลำต้น ในขณะที่สูตรวิลคอกซ์ 2 (Wilcox 2) ได้เพิ่มปริมาณของธาตุไนโตรเจน (N) และ โพแทสเซียม (K) ซึ่งการเพิ่มนี้เปลี่ยนแปลงความสัมพันธ์ของสัดส่วนระหว่าง K N เพื่อให้พืชได้รับโพแทสเซียมในระยะที่พืชให้ผลผลิตมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขึ้น ในขณะที่สูตรวิลคอกซ์ 3 (Wilcox3) ได้เพิ่มปริมาณของมหาธาตุ (ยกเว้นแมกนีเซียม) แต่ลดปริมาณของจุลธาตุลง

สูตรของคูเปอร์ (Dr.Allen Cooper) พัฒนาขึ้นมาในลักษณะที่เป็นหลักการทางทฤษฎีเพื่อใช้ในการปลูกสำหรับปลูกพืชในระบบ NFT (โดยเฉพาะการปลูกผักสลัดและมะเขือเทศ) ซึ่งคูเปอร์เป็นผู้ที่คิดค้นระบบนี้ขึ้นมาจนเป็นที่รู้จักกันโดยทั่วไปและกำลังเป็นที่นิยมกันในประเทศไทยในปัจจุบัน (ดิเรก ทองอร่าม, 2546 : 143)

โดยส่วนใหญ่แล้วสารละลายธาตุอาหารที่ใช้ลดกล้าหรือใช้ปลูกผักแบบไฮโดรโปนิคเตรียมมาจากสต๊อคสารละลาย A และสารละลาย B เจือจางในน้ำสะอาด โดยค่อยๆ ปรับแต่งสัดส่วนธาตุอาหาร โดยใช้เครื่องมือ Sali meter เช็คให้มีค่าความเป็นเกลือของธาตุอาหารอยู่ที่ระดับค่า 9 สำหรับใช้ปลูกผักกินใบ ประเภท ผักสลัดหรือผักกาดหอม หรือค่าความเป็นเกลือของธาตุอาหารอยู่ที่ระดับ 15 สำหรับผักกินใบ หรือกินผล เช่น คะน้า กวางตุ้ง กะเพรา โหระพา มะเขือเทศ หรือแตงกวา (http://www.doae.go.th/library/html/detail/hydroponic/hydro_1.htm)

ถึงแม้ว่าผู้พัฒนาสูตรสารละลายธาตุอาหารแต่ละสูตรจะพัฒนาขึ้นเพื่อใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุดกับพืชชนิดใดชนิดหนึ่งโดยเฉพาะ แต่ก็ยังมีผู้ที่พัฒนาสูตรเพื่อให้เกิดประโยชน์แบบอเนกประสงค์กล่าวคือเพื่อให้สามารถใช้ได้กับพืชเกือบทุกชนิด (The universal nutrient solution) ตัวอย่างเช่น สูตรธาตุอาหารที่พัฒนาโดยสไตเนอร์ (Abram A. Steiner) จากประเทศเนเธอร์แลนด์ในปี พ.ศ. 2504 ที่เน้นสัดส่วนและปริมาณที่เหมาะสมของไอออนบวกหรือแคตไอออน ปริมาณไอออนลบหรือแอนไอออนและ pH ในสารละลาย สไตเนอร์มีแนวความคิดว่าการให้สารอาหารในสัดส่วนดังกล่าวนี้เป็นการให้พืชเลือกธาตุอาหารและสามารถปรับตัวเจริญเติบโตได้เป็นอย่างดี เนื่องจากเชื่อว่ารากพืชมีกลไกพิเศษในการเลือกธาตุอาหารที่ต้องการ

ในช่วง 20 ปีที่ผ่านมา ได้มีการถกเถียงเกี่ยวกับเรื่องของสูตรสารอาหารพืชและมีงานวิจัยออกมามากมาย ผู้ผลิตส่วนหนึ่งมีความเห็นว่าสูตรสารอาหารน่าจะปรับใช้ได้ตามชนิดของพืช สภาพภูมิอากาศและภูมิประเทศที่ทำการผลิต

แนวคิดแรก เป็นแนวคิดที่ให้ความสำคัญกับการพัฒนาสูตรสารอาหารพืช เพราะเชื่อว่าพืชมีกลไกพิเศษในการเลือกดูดกินธาตุอาหาร หรือสามารถปรับตัวเองได้ถ้าสูตรสารอาหารนั้นเป็นสูตรกลาง ๆ มีการควบคุม EC และ pH ที่เหมาะสม เรียกว่ามีสูตรสารอาหารอย่างเดียวก็พอแล้ว โดยอ้างว่าสูตรสารอาหารที่มีมากมายนั้นถ้าพิจารณาแล้วปริมาณธาตุที่ใช้จะมีปริมาณที่แตกต่างกันไม่มากนัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แนวคิดที่สอง มีการจำแนกพืชตามลักษณะการดูดกินอาหารออกเป็นสองประเภท คือ "พืชที่ไม่เจาะจงในการดูดกินธาตุอาหาร (Nonselective plant)" สามารถปรับตัวเองได้ถ้าสูตรสารอาหารนั้นเป็นสูตรกลาง ๆ ที่มีการควบคุม EC และ pH ที่เหมาะสม เช่น พืชจำพวกผักสลัด ส่วนอีกประเภทหนึ่ง คือ "พืชที่เจาะจงในการดูดกินธาตุอาหาร(Selective plant)" พืชประเภทนี้ต้องมีสารอาหารที่เตรียมไว้ให้ในอัตราส่วนที่เหมาะสมตามที่พืชต้องการ เช่น แตงแคนตาลูป เป็นต้น ซึ่งการที่จะทราบว่าพืชชนิดใดจัดอยู่ในประเภทใดนั้นก็ต้องอาศัยงานวิจัยรองรับ

แนวคิดที่สาม คือแนวคิดที่ว่าจะปรับใช้สูตรจากสูตรกลาง ๆ หรือสูตรที่ปลูกพืชชนิดเดียวกันมาปรับกับสภาพของพันธุ์ ชนิดของพืช สภาพภูมิอากาศและภูมิประเทศที่ทำการผลิต โดยเฉพาะในฤดูกาลและระยะการเจริญเติบโต โดยปรับทั้งสูตร และปรับค่าของ EC และ pH ตามไปด้วย เพราะถือว่าเป็นเทคนิคในการจัดการเฉพาะตัว ซึ่งงานวิจัยส่วนมากจะออกมาในรูปของการหาพื้นที่หรือจุดที่เหมาะสมจากการให้สารอาหารที่มีธาตุอาหารที่มีประจุไฟฟ้าบวกและธาตุอาหารที่มีประจุไฟฟ้าลบ เพราะสูตรสารอาหารที่แม้ปริมาณธาตุที่ใช้ปริมาณที่ไม่แตกต่างกันมากนั้นอาจจะก่อให้เกิดปฏิกิริยาที่สนับสนุนหรือขัดแย้งกันเอง ทำให้พืชสามารถใช้ประโยชน์จากธาตุอาหารได้อย่างเต็มที่

ค่าความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหาร คือค่าที่บอกถึงปริมาณธาตุอาหารที่มีอยู่ในสารละลาย ว่ามีมากน้อยเพียงใดเมื่อมีแร่ธาตุต่าง ๆ มาอยู่รวมกันในน้ำจะเกิดเป็นสารละลายที่มีคุณสมบัติในการเหนี่ยวนำไฟฟ้าได้ ยิ่งมีแร่ธาตุต่าง ๆ อยู่มาก ยิ่งสามารถเหนี่ยวนำไฟฟ้าได้มากขึ้นตามลำดับ เราจึงอาศัยคุณสมบัตินี้ในการจัดความเข้มข้นโดยรวมของสารละลายนั้นได้คือ เป็นการวัดความสามารถของสารละลายนั้นในการเหนี่ยวนำไฟฟ้า (Electriceal conductivity) หรือเรียกสั้น ๆ ว่า ค่าอีซี (EC) มีหน่วยเป็นมิลิโมห์ต่อเซนติเมตร (mho : cm) (ธรรมศักดิ์ ทองเกตุ, 2545 :38)

โดยทั่วไปในระบบ Hydroponics ความเข้มข้นจะวัดโดยค่า EC (Electrical conductivity) หน่วยเป็น mS/cm และค่าจะอยู่ในช่วง 1-4 mS/cm การตอบสนองของผลผลิตต่อค่า EC คือเมื่อค่า EC ต่ำ ผลผลิตก็จะต่ำ และเมื่อเพิ่มค่า EC ถึงระดับหนึ่งจะได้ค่าผลผลิตสูงสุด แต่เมื่อเพิ่มค่า EC ต่อไป ผลผลิตจะไม่เพิ่ม หลังจากนั้นถ้าเพิ่มต่อไปอีกผลผลิตจะลดลง ค่า EC ในที่นี้ คือ ค่า EC บริเวณรากพืชซึ่งอาจแตกต่างจากค่า EC ของสารละลายที่เตรียม

เมื่อค่า EC ต่ำ (< 1.0 mS/cm) จะทำให้ผลผลิตที่ได้อ่อนนุ่มซึ่งจะเป็นผลดีในการปลูกผักสลัด แต่ในมะเขือเทศ และพืชผักชนิดอื่นที่เก็บผลสด คุณภาพของผลจะไม่ดีเนื่องจากผลอ่อนนุ่มเกินไปรสชาติไม่ดี และอายุหลังเก็บเกี่ยวทั้งผักและไม้ดอกไม้ประดับจะสั้น และเมื่อเพิ่มค่า EC ให้สูงขึ้นมีผลให้พืชมีความแข็งแรงมากขึ้นมีการเจริญเติบโตเร็วขึ้น เพิ่มน้ำหนักใบ ผล และดอก ทำให้คุณภาพผลผลิตดีขึ้น เช่น มะเขือเทศจะมีปริมาณน้ำตาลเพิ่มขึ้น ปริมาณธาตุอาหารและกรดในผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพิ่มขึ้นอายุหลังเก็บเกี่ยวนานขึ้น แต่อย่างไรก็ตามการควบคุมให้ค่า EC สูง จะยากกว่าการปลูกใน EC ต่ำ เนื่องจากในมะเขือเทศอาจเกิดอาการผลเน่าที่ปลาย (Blossom-end rot) ส่วนผักสลัดอาจเกิดอาการยอดไหม้ (Tip burn) (อารักษ์ ธีรอำพน, 2544 : 56)

ค่าความเข้มข้นหรือค่า EC ที่ละลายในน้ำสำหรับผักกินใบ จะอยู่ที่ 1.2 ถึง 1.8 ตามแต่ชนิดพืชและความบริสุทธิ์ของสารเคมีธาตุอาหารที่ใช้ (ธรรมศักดิ์ ทองเกตุ อ้างโดย ลักษณ์ แก้วมา และอภิชน นิลปะกะ, 2545 : 8)

ดังนั้นการเตรียมสารละลายธาตุอาหารสำหรับการปลูกพืชแบบไม่ใช้ดินนั้น ธาตุอาหารที่ใช้เตรียมมักอยู่ในรูปของแม่ปุ๋ย ซึ่งแม่ปุ๋ยแต่ละตัวจะมีความสามารถในการละลายน้ำแตกต่างกันไป การเลือกแม่ปุ๋ยต้องคำนึงถึงทั้งในเรื่องสมบัติของการละลายน้ำและราคา ในเชิงการค้าจะใช้แม่ปุ๋ยชนิด (Commercial grade) ซึ่งจะมีราคาถูกกว่าแม่ปุ๋ยที่ใช้เป็นสารเคมีในห้องปฏิบัติการ (โสรยา ร่วมรังษี, 2544 : 44)

โดยทั่วไปแล้วสูตรสารละลายธาตุอาหารพืชจะมีการจำแนกออกเป็น 3 ระดับ คือ

ระดับที่ 1 หรือระดับ A เป็นสูตรสารอาหารที่มีความเหมาะสมกับพืชที่ปลูกมากที่สุด เป็นสูตรที่ผ่านการทดสอบแล้วว่ามีความเหมาะสม มักเป็นสูตรที่แนะนำให้ใช้กันโดยทั่วไป

ระดับที่ 2 หรือระดับ B เป็นสูตรสารอาหารที่มีความเหมาะสมกับพืชที่ปลูกปานกลาง เป็นสูตรที่ผ่านการทดสอบความเหมาะสมกับพืชแต่ยังไม่เป็นที่ยอมรับมากเหมือนสูตรระดับที่ 1 เป็นสูตรที่ผู้สนใจสามารถนำไปทดสอบหาความเหมาะสมด้วยตนเองได้ ดีกว่าที่จะเริ่มต้นแบบลองผิดลองถูก

ระดับที่ 3 หรือระดับ C เป็นสูตรสารอาหารพืชที่มีความเหมาะสมกับพืชที่ปลูกน้อย เป็นสูตรที่ยังไม่ได้ทดสอบความเหมาะสม ดังนั้นผู้ใช้ต้องนำไปปรับปรุงแก้ไขให้เหมาะสมกับพืชที่ปลูก (ดิเรก ทองอร่าม, 2546 : 165)

2.5.2 ลักษณะความต้องการธาตุอาหารของพืช

ความต้องการธาตุอาหารพืชขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ ได้แก่

2.5.2.1 ชนิดของพืชและพันธุ์พืช

ในพืชแต่ละชนิดก็มีความต้องการธาตุอาหารที่แตกต่างกันโดยเฉพาะธาตุไนโตรเจน ธาตุฟอสฟอรัส และธาตุโพแทสเซียม ปกติแล้วพืชที่ใช้ใบเป็นอาหาร เช่น พวกผักสลัดต้องการธาตุไนโตรเจนสูง เพื่อใช้ในการสร้างความเจริญเติบโตได้มากกว่าพืชใช้ผลเป็นอาหาร เช่น มะเขือเทศและแตงกวา ในขณะที่ทั้งมะเขือเทศและแตงกวา ต้องการธาตุฟอสฟอรัส ธาตุโพแทสเซียมและธาตุแคลเซียมในสัดส่วนที่มากกว่าพืชที่ใช้ใบเป็นอาหารทั้งหลาย (ดิเรก ทองอร่าม, 2546 : 150-151)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พืชที่นิยมปลูกแบบไฮโดรโพนิกส์ กว่าร้อยละ 90 เป็นประเภทพืชผักที่ใช้รับประทานในชีวิตประจำวันของคนทั่วไป เช่น ผักสลัดหรือผักกาดหอมต่างประเทศ ซึ่งในอดีตต้องนำเข้ากิโลกรัมละหลายร้อยบาทแต่ปัจจุบันนั้นสามารถลดการนำเข้าได้เกือบร้อยละ 100 นอกจากนี้ยังเป็นพืชพวกคะน้า กวางตุ้ง คะน้าฮ่องกง ผักกาดขาว เป็นต้น ซึ่งปรากฏว่ามีคนสนใจเริ่มมาปลูกกันมากขึ้น และมีผลตอบรับค่อนข้างดีของผู้บริโภค พืชผักกลุ่มนี้ก็ตอบสนองต่อระบบนี้ได้ดี ตลาดกว้างขึ้นไม่ได้จำกัด (ถวิล สุขวงษ์, 2546 : 43-44)

2.5.2.2 ระยะการเจริญเติบโตของพืช

ในบางครั้งสูตรสารละลายธาตุอาหารพืชที่ใช้กันอยู่ทั่วไปนั้น อาจมีการจัดการโดยการกำหนดความเข้มข้นของสารละลายที่จะให้แก่พืชแตกต่างกันไปตามระยะการเจริญเติบโตของพืช โดยหลักการทั่วไปอาจกล่าวได้ว่าพืชยังต้องการปริมาณธาตุอาหารแตกต่างกันไปตามระยะเวลาเจริญเติบโต พืชที่ต้องเก็บเกี่ยวผลผลิตที่เป็นผล เช่น มะเขือเทศต้องการธาตุอาหาร คือ แคลเซียม แมกนีเซียม โซเดียม คลอรีนและ กำมะถันมากในระยะการเจริญเติบโตทางลำต้น ส่วนในระยะการเจริญเติบโตทางการเจริญพันธุ์หรือให้ผลผลิตนั้น ต้องการธาตุอาหารดังกล่าวลดลงและจะใช้ธาตุโพแทสเซียม มากขึ้น

2.5.2.3 ส่วนของพืชที่นำไปใช้ประโยชน์

ถ้ามองถึงปริมาณธาตุที่จะต้องให้ในภาพรวมแล้วพืชที่ใช้ผลเป็นอาหารต้องการธาตุไนโตรเจน (N = 80-90 ppm) กว่าพืชที่ใช้ใบเป็นอาหาร (N = 140 ppm) สำหรับพืชที่ใช้ส่วนรากเป็นอาหารต้องการโพแทสเซียม ที่ค่อนข้างสูง (K = 300 ppm) ส่วนผักสลัดต้องการธาตุโพแทสเซียมต่ำ (K = 150 ppm) เพื่อใช้ในการสร้างรูปทรงของใบเพื่อเป็นหัวให้ใหญ่และน้ำหนักดี

2.5.2.4 ฤดูกาลปลูกพืช

ในพื้นที่เพาะปลูกที่มีแสงสว่างมากพืชจะใช้ธาตุไนโตรเจนมากกว่าพื้นที่ที่มีแสงสว่างน้อย ในประเทศที่มีอากาศหนาว สภาพภูมิอากาศโดยเฉพาะมีบทบาทและความสำคัญต่อสัดส่วนของธาตุอาหาร เช่น สัดส่วนของโพแทสเซียม / ไนโตรเจน ตัวอย่าง เช่น ในช่วงฤดูร้อนพืชต้องการใช้ธาตุไนโตรเจนสูงกว่าและใช้ธาตุโพแทสเซียมต่ำกว่าในฤดูหนาว

2.5.2.5 อัตราส่วนของธาตุอาหาร

สัดส่วนหรืออัตราส่วนของธาตุอาหารที่มีให้กับพืชนั้นจะเป็นตัวที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับความเป็นประโยชน์ของแต่ละพืช

2.5.2.6 สภาพอากาศ

สภาพอากาศจะมีบทบาทต่อกิจกรรมการเจริญเติบโตของพืชทำให้เกิดผลต่อความต้องการธาตุอาหารพืช เช่น สภาพภูมิอากาศร้อนแสงแดดจ้าหรือมีความเข้มของแสงมาก พืชจะดูด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้ำมากกว่าอาหาร ในขณะที่ถ้าแสงแดดหรือมีเมฆมากแล้วพืชมีแนวโน้มที่จะดูดธาตุอาหารมากกว่าน้ำ

2.5.2.7 ผลผลิตที่ต้องการ

เรื่องนี้จะเกี่ยวข้องกับการวางแผนการผลิตพืช ในการที่พืชจะให้ผลผลิตเพื่อให้ได้ตามปริมาณตามคุณภาพตามที่ผู้ผลิตต้องการนั้น ผู้ผลิตจะต้องทราบก่อนว่าถ้าจะทำการผลิต ตามขนาดที่ต้องการนั้นพืชที่ปลูกต้องการธาตุอาหารชนิดใด เป็นปริมาณเท่าใดและความเข้มข้นของปุ๋ยเท่าใด แล้วจึงให้ปุ๋ยหรือปริมาณตามที่พืชต้องการ (ดิเรก ทองอร่าม, 2546 : 152-154)

สมาคมเกษตรธรรมชาติแห่งประเทศเกาหลี เสนอการแทรกแซงการเจริญเติบโตของพืชด้วยทฤษฎี "ช่วงระยะการใช้ธาตุอาหาร" (Nutrioperiodism) ซึ่งนักพืชสวนชาวญี่ปุ่น ชื่อนาย ยาสุชิ โคยโนะอุเอะ ได้พัฒนา และประกาศใช้เมื่อ ช่วงทศวรรษที่ 1980 นี้ ทฤษฎีนี้ เน้นให้เห็นความแตกต่างของความต้องการธาตุอาหารของพืช ในช่วงระยะการเจริญเติบโตระยะต่าง ๆ พอสรุปทฤษฎีได้ดังนี้

ระยะการเจริญเติบโตของพืชแบ่งได้เป็น 3 ระยะ คือ ระยะการเจริญเติบโต (Vegetative growth) ระยะคาบเกี่ยว (Changeover period) และระยะให้ผลผลิต (Reproductive growth)

ตามทฤษฎีข้างต้นและความรู้จากการสังเกตสรุปได้ว่า แร่ธาตุสำคัญซึ่งมีบทบาทเด่นชัด ในการเจริญเติบโตแต่ละช่วงของพืช จะเปลี่ยนไปทุกระยะการแทรกแซงของมนุษย์ จึงต้องคำนึงถึงจังหวะและปริมาณความจำเป็นให้สอดคล้องกับความต้องการตามธรรมชาติของพืชด้วย ยกตัวอย่าง (ดังตารางที่ 6)

ตารางที่ 6 แสดงปริมาณความต้องการของธาตุอาหารในระยะการเจริญเติบโตต่าง ๆ

	ระยะเจริญเติบโต	ระยะคาบเกี่ยว	ระยะให้ผลผลิต
ไนโตรเจน	สูง/มาก	ต่ำ/น้อย	ต่ำ/น้อย
ฟอสฟอรัส	ต่ำ/น้อย	สูง/มาก	กลาง/กลาง
โปแตสเซียม	ต่ำ/น้อย	กลาง/กลาง	กลาง/กลาง
แคลเซียม	ต่ำ/น้อย	กลาง/กลาง	สูง/มาก

ที่มา : อาภรณ์ ภูมิพันนา, 2545 : 36

ความสัมพันธ์ระหว่างธาตุอาหารที่ให้แก่พืชนั้น สูตรสารอาหารกับส่วนประกอบของธาตุอาหารที่พบในพืชดังกล่าวก่อให้เกิดประโยชน์ในการพัฒนาหาสูตรสารอาหารที่เหมาะสมของพืชแต่ละชนิดต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ธีรินมาศ บางชวด (2544 : 103) ศึกษาวิจัยพบว่า การปลูกพืชด้วยระบบไฮโดรโปนิกส์เชิงการค้าในประเทศไทยยังไม่แพร่หลายมากนักและยังอยู่ในระยะเริ่มต้น โดยผู้ประกอบการที่ต้องการเข้ามาลงทุนในธุรกิจนี้จะต้องมีความรู้ ความเข้าใจถึงปัจจัยหลักที่สำคัญอย่างน้อย 4 ประการ คือ เครื่องมืออุปกรณ์ที่ใช้ในระบบการปลูก สูตรของสารละลายธาตุอาหาร สายพันธุ์พืชที่ต้องการจะปลูก และการตลาด ที่สำคัญนั้นคือสูตรของสารละลายธาตุอาหาร

ธรรมนูญ หุตากรณ์ (2544 : 66) ศึกษาเกี่ยวกับความเป็นไปได้ของการปลูกพืชไร้ดิน แล้วพบว่า การปลูกพืชด้วยระบบไฮโดรโปนิกส์นั้นมีความเป็นไปได้มาก เพราะปัจจุบันผลผลิตยังไม่เพียงพอต่อความต้องการ เพราะผู้ประกอบการในปัจจุบันจะจำหน่ายผลผลิตเฉพาะในเขตกรุงเทพมหานคร แต่ในเมืองใหญ่ที่มีนักท่องเที่ยวเป็นจำนวนมาก ยังมีความต้องการอีก ความเป็นไปได้ในโครงการที่จะประกอบเป็นธุรกิจจึงมีความเหมาะสมและน่าพิจารณาลงทุน

ยุพดี ปรีดี และอารักษ์ ธีรอำพน (2541 : 56) ทำการศึกษาวิจัยที่ฟาร์มมหาวิทยาลัยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัดนครราชสีมา โดยศึกษาเกี่ยวกับระบบของการปลูกพืชแบบไม่ใช้ดิน เปรียบเทียบกับการปลูกแบบใช้ดิน ในระหว่างเดือนกรกฎาคม ถึง สิงหาคม 2541 วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design จำนวน 4 ซ้ำ ใช้สูตรอาหารของบริษัท แอคเซนต์ ไฮโดรโปนิกส์ (ประเทศไทย) จำกัด พบว่า ผักกาดฮ่องเต้ที่อายุ 65 วัน มีน้ำหนักต้น (213.8, 138.8 และ 130.0 กรัม ตามลำดับ) ซึ่งปลูกด้วยระบบ NFT แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง เมื่อเปรียบเทียบกับการปลูกในดิน และระบบ DFT

นิธินันท์ แตงทรัพย์ และอารักษ์ ธีรอำพน (2542 : 56) ทำการศึกษาวิจัยในเรื่องของการปลูกผักในระบบไฮโดรโปรนิกส์ที่ฟาร์มมหาวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัดนครราชสีมา ในระหว่างเดือนกรกฎาคม ถึง สิงหาคม 2542 โดยใช้สูตรอาหารของบริษัท แอคแซนต์ ไฮโดรโปนิกส์ (ประเทศไทย) จำกัด พบว่า มีอายุเก็บเกี่ยวผลผลิต 32 วัน ผักกาดขาวซานเฟงและผักกาดกวางตุ้งที่ปลูกในระบบ DFT น้ำหนักสดต่อต้น สูงกว่า NFT และการปลูกพืชในดิน สำหรับผักกาดกวางตุ้ง ที่ปลูกระบบ DFT, NFT และการปลูกพืชในดิน น้ำหนักสดที่ (53.3 ,53 และ 16.9 กรัม) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในแต่ละระบบการปลูก

ปิยะรัช ยอดทิพย์ และอารักษ์ ธีรอำพน (2543 : 57) ศึกษาเพื่อเปรียบเทียบการเจริญเติบโตและผลผลิตของผักกาดขาวซานเฟง และผักกาดฮ่องเต้ในระบบการปลูก DFT แบบรางเหล็กยาว 12 เมตร และแบบเหล็กกล่องปูพลาสติก กับการปลูกในดิน ศึกษาการเจริญเติบโตและผลผลิตของผักกาดขาวซานเฟง และผักกาดฮ่องเต้ในระบบการปลูก DFT แบบรางเหล็กยาว 12 เมตร และแบบเหล็กกล่องปูพลาสติก ฟาร์มมหาวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นครราชสีมา ในระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ ถึง มีนาคม 2543 ใช้สูตรอาหารดัดแปลง มทส 5 (SUT – NSS) พบว่า ผักกาดขาวซานเฟง และผักกาดฮ่องเต้ที่ปลูกด้วยระบบ DFT ทั้งสองแบบ น้ำหนักสดไม่แตกต่างกันทางสถิติ คืออยู่ที่ (64.5-71.0 และ 46-55.4 กรัม/ต้น)

สุทิน หิรัญอ่อน (2542 : 6) ได้ศึกษาวิจัย พบว่าผักกาดเขียวกวางตุ้งที่ปลูกในสภาพการปลูกในโรงเรือนตาข่าย มีการพรางแสง ทำให้พืชมีการแบ่งเซลล์ขยายขนาดมากกว่าปกติ เพื่อเพิ่มพื้นที่ใบในการสังเคราะห์แสง ใบจะแผ่กว้างและหนาขึ้น อีกทั้งยังพยายามสร้างจำนวนใบให้เพียงพอ ส่งผลให้ความสูงเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว เมื่อความสูงเพิ่มขึ้นลำต้นใหญ่มากขึ้นน้ำหนักสดก็เพิ่มขึ้นตามไปด้วย เพื่อเพิ่มพื้นที่ในการสังเคราะห์แสงส่งผลให้พืชมีอาหารสะสมมากขึ้นทำให้การสะสมของน้ำหนักแห้งเพิ่มขึ้นตามไปด้วย

จรินท์ศรี ธรณนพเก้า (2542 : 13) ทำการศึกษาพบว่ารูปแบบการปลูกภายใต้โรงเรือนตาข่ายปิดหมดทุกด้าน (ผักกางมุ้ง) สามารถผลิตผักคะน้าอนามัยอายุ 30 วัน ได้เหมาะสมที่สุด รองลงมาเป็นสภาพการปลูกที่มีแนวกันลม

อักษร ตติยรัตนาภรณ์ (2542 : 14) ได้ศึกษาเกี่ยวกับผักกาดฮ่องเต้ พบว่าผักกาดฮ่องเต้ที่อายุ 30 วัน สามารถนำมาปลูกผลิตในเชิงธุรกิจการค้าในปัจจุบันได้ เนื่องจากมีขนาดต้นที่เหมาะสมและตรงกับความต้องการของตลาด

คมขวัญ หนูฤทธิ์ (2543 : บทคัดย่อ) ศึกษาคุณภาพเบื้องต้นของผักคะน้าจากแหล่งผลิตต่าง ๆ ในตลาดไท พบว่าปลูกในช่วงฤดูฝน ต้นคะน้าที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานของ Makro มีน้ำหนักสูงสุด 100.93 กรัม/ต้น และมีน้ำหนักต่ำสุด 64.07 กรัม/ต้น ส่วนการปลูกในช่วงฤดูหนาว พบว่าต้นคะน้าที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน Makro มีน้ำหนักต้นสูงสุด 142.20 กรัม/ต้น และมีน้ำหนักต้นต่ำสุด 94.15 กรัม / ต้น

คมขวัญ หนูฤทธิ์ (2543 : 13) พบว่าความแปรปรวนของคุณภาพของพืชผักยังขึ้นอยู่กับพันธุ์ที่ใช้ปลูก สภาพก่อนการเก็บเกี่ยวจำแนกเป็นปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อม ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้น แสงแดด ระดับความสูงจากระดับน้ำทะเล ลม คุณสมบัติของดิน อีกปัจจัยหนึ่ง คือ ปัจจัยด้านการปลูก ได้แก่ การบำรุงดิน ระยะการปลูก การฉีดพ่นสารเคมี การใส่ปุ๋ย การให้น้ำ ซึ่งมีอิทธิพลต่อคุณภาพของผลผลิตหรือ สรีรวิทยาหลังการเก็บเกี่ยวในด้านต่าง ๆ ดังนี้ คือ อายุการเก็บรักษา การหายใจ องค์ประกอบทางเคมีลักษณะภายนอกที่ปรากฏ โครงสร้างภายใน การเน่าเสียและรสชาติการรับประทาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัชรินทร์ วิภาสวัชรโยธิน (2544 : 8) พบว่า ค่า EC เป็นค่าการนำไฟฟ้า ซึ่งโดยทั่วไปจะบอกถึงระดับความเค็มของสารละลายซึ่งสกัดจากดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำ (Soil saturation extract) หากใส่ปุ๋ยชีวภาพที่มีค่า EC สูงลงในดินปริมาณมาก จะเป็นการเพิ่มปริมาณเกลือที่ละลายได้ง่ายลงในดิน ซึ่งส่งผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของคะน้าได้

ลักษณ์ แก้วมา และอภิชน นิลปะกะ (2545 : 19) พบว่า ค่าความเข้มข้นของสารที่ละลายน้ำหรือค่า EC ที่ 3.2 ให้ค่าเฉลี่ยน้ำหนักสดของผักกาดขาวปลีได้ดีที่สุด 80.76 กรัม และค่าความเข้มข้นของสารที่ละลายน้ำหรือค่า EC ที่ 3.6 ให้ค่าเฉลี่ยน้ำหนักสดของผักกาดขาวปลีที่ต่ำสุดคือ 52.25 กรัม

ปดารณี ทองใบ (2544 : 13) ได้ศึกษาเกี่ยวกับค่าการนำไฟฟ้า พบว่าระดับของค่าการนำไฟฟ้า (EC) ในแต่ละทรีทเมนต์ที่ปลูกผักคะน้าและผักกาดขาวไป่ฉ่าย ตลอดการทดลองอยู่ในช่วง 1.3-1.5 mS/cm ส่วนผักกาดฮ่องเต้และผักกาดขาวไป่ฉ่าย อยู่ในช่วง 1.17-1.48 mS/cm ได้ซึ่งถือว่าไม่เป็นอันตรายต่อการเจริญเติบโตของต้นพืช

อภิรักษ์ หลักชัยกุล (2540 : บทคัดย่อ) ศึกษาวิจัย พบว่าวัสดุอินทรีย์เป็นวัสดุปลูกพืชในระบบการปลูกพืชแบบไม่ใช้ดินค่าความเป็นกรดหรือเป็นด่าง (pH) ของวัสดุปลูกที่ทดสอบทุกชนิดมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงเข้าหาค่าที่เป็นกลางเมื่อใช้ปลูกพืช ค่าการนำไฟฟ้า (EC) มีการเปลี่ยนแปลงสอดคล้องกับการให้ปุ๋ยเคมีและน้ำ ความหนาแน่นรวมที่ทดสอบในผักกาดหอมไม่มีผลต่อผลผลิต แต่ในผักกาดกวางตุ้ง มีแนวโน้มให้ผลผลิตเพิ่มหรือลดลงและความหนาแน่นรวมสูงมีผลต่อการเจริญชอนไชของรากพืช สัดส่วนเป็นปริมาณน้ำ อากาศและวัสดุปลูกเป็นร้อยละโดยปริมาตรในแต่ละสิ่งทดลอง ไม่มีความแตกต่างตลอดระยะเวลาปลูกและคุณสมบัติเหล่านี้ไม่ปรากฏผลโดยตรงต่อการเจริญเติบโตของพืช

ปดารณี ทองใบ (2544 : 13-16) ศึกษาวิจัย พบว่าระดับของค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ในแต่ละทรีทเมนต์ที่ปลูกผักคะน้า ผักกาดขาวไป่ฉ่าย ผักกาดฮ่องเต้และผักกาดขาวบ่ลือยู่ในช่วง 5.5-7 ได้ ซึ่งจัดว่าไม่เป็นอันตรายต่อการเจริญเติบโตของพืช ทำให้พืชสามารถดูดซึมธาตุอาหารในสารละลายไปใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ เนื่องจากพืชที่อยู่ในสารละลายที่มีค่าความเป็นกรดเป็นด่างสูงกว่า 7 ทำให้พืชไม่สามารถดูดฟอสเฟต แมงกานีส และเหล็กได้อย่างมีประสิทธิภาพและหากค่าความเป็นกรดเป็นด่างต่ำกว่า 4 ทำให้รากพืชได้รับอันตราย

และที่สำคัญการปลูกพืชในระบบนี้พืชสามารถได้รับธาตุอาหารได้เต็มที่ และผักในระบบนี้มีการสะสมส่วนที่เป็นน้ำไว้มากจึงทำให้มีลักษณะอวบน้ำและอาจเกิดช่องว่างในเซลล์พืช (ส่วนที่เป็นอากาศ) มีมากเกินทำให้การดูดซับธาตุอาหารมีได้น้อยจึงทำให้มีน้ำหนักที่มากแต่น้ำหนักแห้งต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

อุปกรณ์และวิธีการ

3.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

วัสดุที่ใช้ทำการทดลองประกอบด้วย 2 ส่วนด้วยกันคือ

1. วัสดุที่ใช้เป็นธาตุอาหารพืช 1 ชุด ประกอบด้วย

- แคลเซียมไนเตรท	จำนวน 1.120 กรัม ต่อ น้ำ 1 ลิตร
- โพแทสเซียมไนเตรท	จำนวน 0.580 กรัม ต่อ น้ำ 1 ลิตร
- โมโนโพแทสเซียมฟอสเฟต	จำนวน 0.270 กรัม ต่อ น้ำ 1 ลิตร
- แมกนีเซียมซัลเฟต	จำนวน 0.480 กรัม ต่อ น้ำ 1 ลิตร
- แอมโมเนียมไนเตรท	จำนวน 0.030 กรัม ต่อ น้ำ 1 ลิตร
- ธาตุอาหารรอง คือนิค-สเปรย์	จำนวน 0.028 กรัม ต่อ น้ำ 1 ลิตร
- กรดไนตริก	จำนวน 1 ขวด

2. วัสดุที่ใช้ในการเพาะเมล็ด 1 ชุด ประกอบด้วย

- เปอร์ไลท์	2 กิโลกรัม
- เวอร์มิคิวไลท์	1 กิโลกรัม
- เมล็ดพันธุ์ผักกาดขาว	1 ซอง
- ผักคะน้ายอด	1 ซอง
- ผักกวางตุ้ง	1 ซอง
- ผักกวางตุ้งฮ่องเต้	1 ซอง

อุปกรณ์ที่ใช้ทำการทดลองประกอบด้วย 4 ส่วนด้วยกันคือ

1. อุปกรณ์ชุดรางปลูก 1 ชุด ประกอบด้วย

- รางปลูก	4 ราง
- ปั๊มน้ำดูด ส่งธาตุอาหาร	1 ตัว
- ถังบรรจุน้ำธาตุอาหาร	1 ถัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. อุปกรณ์การเพาะเมล็ด 1 ชุด ประกอบด้วย

- ถ้วยปลูกเมล็ด 4 ถาด
- กระบะใส่ถ้วยเพาะ 4 กระบะ
- กระบอกฉีดน้ำ 1 กระบอก

3. อุปกรณ์การวัดและเก็บข้อมูล 1 ชุด ประกอบด้วย

- ไม้บรรทัด 1 อัน
- ตู้อบแห้ง 1 ตู้
- pH meter 1 เครื่อง
- EC meter 2 เครื่อง
- เครื่องชั่งแบบละเอียด 1 เครื่อง
- ถุงกระดาษ 1 ชุด
- สมุดบันทึก ปากกา 1 ชุด
- กล้องถ่ายรูปและฟิล์ม 1 ชุด

4. อุปกรณ์การเก็บเกี่ยว 1 ชุด ประกอบด้วย

- ถุงพลาสติก 1 ชุด
- ถุงกระดาษ 1 ชุด
- ตะกร้า 1 ชุด
- มีด 3 เล่ม

3.2 วิธีการ

3.2.1 การวางแผนการวิจัย

วิธีการดำเนินงาน

1. ค้นคว้าข้อมูลและเขียนโครงร่างงานวิจัย
2. เสนอโครงร่างงานวิจัย
3. เตรียมวัสดุอุปกรณ์และสถานที่
4. วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) 4 ทรีตเมนต์ 4 ซ้ำๆละ 6 ต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Treatment 1 (T_1) คือการใช้ผักกาดเขียวกวางตุ้ง

Treatment 2 (T_2) คือการใช้ผักกวางตุ้งฮ่องเต้

Treatment 3 (T_3) คือการใช้ผักคะน้ายอด

Treatment 4 (T_4) คือการใช้ ผักกาดขาวปลี

5. เตรียมวัสดุ อุปกรณ์ที่ใช้ในการปลูกผักแบบไฮโดรโปนิกส์ ระบบ NFT

6. เพาะเมล็ดพันธุ์ผักทั้ง 4 ชนิด โดยใช้เปอร์ไลท์ (perlite) ผสมกับเวอร์มิคูไลท์ (vermiculite) เป็นวัสดุเพาะ (3 : 1)

7. เตรียมสูตรอาหาร

8. เติมธาตุอาหารเมื่อผักมีอายุครบ 7 วัน ปรับค่า pH 6.5 และค่า EC 1.6

9. เมื่อผักมีอายุครบ 15 วัน ทำการย้ายลงรางปลูก เติมธาตุอาหารและปรับค่า pH 6.3 และค่า EC 3.2 ดูแลตรวจค่า pH และค่า EC ทุกๆ 2 วัน และเติมธาตุอาหารทุกสัปดาห์ หรือปรับธาตุอาหารให้อยู่ในระดับค่าที่เหมาะสมเสมอ

10. เมื่อผักมีอายุครบ 45 วัน ทำการเก็บผลผลิต วัดความยาวของรากและชั่งน้ำหนักสด

11. ทำการอบผักชนิดต่างๆ ให้แห้งด้วยเครื่องอบแห้ง โดยใช้อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส 48 ชั่วโมง

12. ชั่งน้ำหนักแห้ง

13. ทำการวิเคราะห์ข้อมูล

14. สรุปผลงานวิจัย

แผนผังการทดลอง (CRD)

T_3R_4	T_2R_3	T_2R_2	T_3R_2
T_2R_4	T_4R_4	T_3R_3	T_1R_3
T_1R_1	T_2R_1	T_4R_3	T_1R_4
T_4R_1	T_3R_1	T_1R_2	T_4R_2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมายเหตุ

T_1R_1 - T_1R_4	ผักกาดเขียวกวางตุ้ง
T_2R_1 – T_2R_4	ผักกวางตุ้งฮ่องเต้
T_3R_1 - T_3R_4	ผักคะน้ายอด
T_4R_1 - T_4R_4	ผักกาดขาวปลี

3.2.2 การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลนั้นจะมีการเก็บรวบรวม และหาค่าเฉลี่ย ความสูงต้น ความยาวรากน้ำหนักสด และน้ำหนักแห้งของผลผลิตดังกล่าว จากนั้นนำผลการทดลองมาเปรียบเทียบกับผลผลิตที่ได้จากสูตรอาหารที่นิยมใช้ในแหล่งปลูกอื่นๆ ได้แก่ วิทยาลัยเกษตรและเทคโนโลยีศูนย์ศิลปาชีพบางไทร จังหวัดพระนครศรีอยุทธยา และอุทยานผักพื้นบ้านเพื่อการยังชีพเฉลิมพระเกียรติบึงฉวาก จังหวัดสุพรรณบุรี

3.3 สถานที่ทำการวิจัย

ภาควิชาครุศาสตร์เกษตร คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง แขวงลำประทิว เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

3.4 ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย

เริ่มตั้งแต่ เดือนมีนาคม 2547 ถึง เดือนกุมภาพันธ์ 2548 รวมระยะเวลาประมาณ 9 เดือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล

จากการศึกษาสูตรของสารละลายธาตุอาหารที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของผักในตระกูล Cruciferae ในการปลูกแบบไฮโดรโปนิกส์ ระบบ NFT ซึ่งใช้ผัก 4 ชนิด ในการทดลองได้แก่ ผักกวางตุ้ง ผักกวางตุ้งฮ่องเต้ ผักคะน้า และผักกาดขาวปลี ได้ทำการทดลองปลูก 2 ครั้ง และทำการวัดผลการเจริญเติบโตของผัก 4 อย่าง ได้แก่ ความสูงต้น ความยาวราก น้ำหนักสด และน้ำหนักแห้ง ผลปรากฏ ดังนี้

4.1 ผลการวิจัย

4.1.1 การเจริญเติบโตของผักกวางตุ้ง

จากการทดลองพบว่า ผักกวางตุ้งที่ทำการปลูกทั้ง 2 ครั้ง มีการเจริญเติบโตได้ดี โดยมีความสูงต้นเฉลี่ย 40.65 เซนติเมตร/ต้น ความยาวรากเฉลี่ย 71.75 เซนติเมตร/ต้น น้ำหนักสดเฉลี่ย 154.55 กรัม/ต้น และน้ำหนักแห้งเฉลี่ย 12.00 กรัม/ต้น และจากการเปรียบเทียบข้อมูลกับผักกวางตุ้งที่ปลูกเป็นการค้าของวิทยาลัยเกษตรและเทคโนโลยีศูนย์ศิลปาชีพบางไทรพบว่า มีการเจริญเติบโตใกล้เคียงกัน ซึ่งผักกวางตุ้งที่ปลูกเป็นการค้าของวิทยาลัยเกษตรและเทคโนโลยีศูนย์ศิลปาชีพบางไทรมีค่าเฉลี่ย ความสูงต้น 43.5 เซนติเมตร/ต้น ความยาวราก 30.25 เซนติเมตร/ต้น และน้ำหนักสด 100 กรัม/ต้น (ตารางที่ 7) และมีการเจริญเติบโตดีกว่าผักกวางตุ้งของอุทยานผักพื้นบ้านเพื่อการยังชีพเฉลิมพระเกียรติบึงฉวาก ซึ่งทำการปลูกผักกวางตุ้งโดยมีค่าเฉลี่ยความสูงต้น 36.25 เซนติเมตร/ต้น ความยาวราก 35.2 เซนติเมตร/ต้น และน้ำหนักต้น 85.8 กรัม/ต้น

4.1.2 การเจริญเติบโตของผักกวางตุ้งฮ่องเต้

จากการทดลองพบว่า ผักกวางตุ้งฮ่องเต้ที่ทำการปลูกทั้ง 2 ครั้ง มีการเจริญเติบโตได้ดีทางด้านความสูงต้น ความยาวรากและน้ำหนักสด แต่จะมีอาการใบเหลืองจนถึงเหลืองทั้งต้นทั้ง 2 ครั้งที่ทำการปลูก โดยมีความสูงต้นเฉลี่ย 24.65 เซนติเมตร/ต้น ความยาวรากเฉลี่ย 39.50 เซนติเมตร/ต้น น้ำหนักสดเฉลี่ย 96.35 กรัม/ต้น และน้ำหนักแห้งเฉลี่ย 6.50 กรัม/ต้น และจากการเปรียบเทียบข้อมูลกับผักกวางตุ้งฮ่องเต้ที่ปลูกเป็นการค้าของวิทยาลัยเกษตรและเทคโนโลยีศูนย์ศิลปาชีพบางไทรพบว่า มีการเจริญเติบโตใกล้เคียงกัน ซึ่งผักกวางตุ้งฮ่องเต้ที่ปลูกเป็นการค้าของวิทยาลัยเกษตรและเทคโนโลยีศูนย์ศิลปาชีพบางไทรมีค่าเฉลี่ย ความสูงต้น 29.0 เซนติเมตร/ต้น ความยาวราก 35.4 เซนติเมตร/ต้น และน้ำหนักสด 95 กรัม/ต้น (ตารางที่ 7)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.3 การเจริญเติบโตของผักคะน้า

จากการทดลองพบว่า ผักคะน้าที่ทำการปลูกทั้ง 2 ครั้ง มีการเจริญเติบโตได้ไม่ดีเท่าที่ควร มีขนาดของลำต้นเล็ก พบอาการใบเหลืองทั้ง 2 ครั้งที่ปลูก โดยความสูงต้นเฉลี่ย 26.15 เซนติเมตร/ต้น ความยาวรากเฉลี่ย 39.10 เซนติเมตร/ต้น น้ำหนักสดเฉลี่ย 35.90 กรัม/ต้น และน้ำหนักแห้งเฉลี่ย 13.60 กรัม/ต้น และจากการเปรียบเทียบข้อมูลกับผักคะน้าที่ปลูกเป็นการค้าของวิทยาลัยเกษตรและเทคโนโลยีศูนย์ศิลปาชีพบางไทรพบว่า มีการเจริญเติบโตต่ำกว่า ซึ่งผักคะน้าที่ปลูกเป็นการค้าของวิทยาลัยเกษตรและเทคโนโลยีศูนย์ศิลปาชีพบางไทรมีค่าเฉลี่ย ความสูงต้น 42.80 เซนติเมตร/ต้น ความยาวราก 60.40 เซนติเมตร/ต้น และน้ำหนักสด 50.30 กรัม/ต้น (ตารางที่ 7)

4.1.4 การเจริญเติบโตของผักกาดขาวปลี

จากการทดลองพบว่า ผักกาดขาวปลีที่ทำการปลูกทั้ง 2 ครั้ง มีการเจริญเติบโตได้ดี โดยมีความสูงต้นเฉลี่ย 26.75 เซนติเมตร/ต้น ความยาวรากเฉลี่ย 51.30 เซนติเมตร/ต้น น้ำหนักสดเฉลี่ย 155.95 กรัม/ต้น และน้ำหนักแห้งเฉลี่ย 13.25 กรัม/ต้น และจากการเปรียบเทียบข้อมูลกับผักกวางตุ้งที่ปลูกเป็นการค้าของวิทยาลัยเกษตรและเทคโนโลยีศูนย์ศิลปาชีพบางไทรพบว่า มีการเจริญเติบโตใกล้เคียงกัน ซึ่งผักกวางตุ้งที่ปลูกเป็นการค้าของวิทยาลัยเกษตรและเทคโนโลยีศูนย์ศิลปาชีพบางไทรมีค่าเฉลี่ย ความสูงต้น 36.25 เซนติเมตร/ต้น ความยาวราก 30.80 เซนติเมตร/ต้น และน้ำหนักสด 175.00 กรัม/ต้น (ตารางที่ 7)

ตารางที่ 7 ค่าเฉลี่ยของน้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง ความสูงต้น และความยาวราก ของผัก 4 ชนิด

ชนิดของผักที่ปลูกทดลอง	ความสูงต้น(ซม.)			ความยาวราก (ซม.)			น้ำหนักสด (กรัม)			น้ำหนักแห้ง (กรัม)
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1
ผักกวางตุ้ง	40.65	43.50	36.25	71.75	30.25	35.20	154.55	100	85.8	12.00
ผักกาดฮ่องเต้	24.65	29.00	-	39.50	35.4	-	96.35	95	-	6.50
ผักคะน้า	26.15	42.8	-	39.10	60.40	-	35.90	50.30	-	3.60
ผักกาดขาวปลี	26.75	36.25	-	51.30	30.80	-	155.95	175	-	13.25

1 ข้อมูลของงานวิจัย

2 ข้อมูลของวิทยาลัยเกษตรและเทคโนโลยีศูนย์ศิลปาชีพบางไทร

3 ข้อมูลของอุทยานผักพื้นบ้านเพื่อการยังชีพเฉลิมพระเกียรติบึงฉวาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 วิจารณ์ผลการทดลอง

จากผลการศึกษาสูตรของสารละลายธาตุอาหารที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของผักในตระกูล Cruciferae ในการปลูกแบบไฮโดรโปนิกส์ ระบบ NFT ซึ่งใช้ผัก 4 ชนิด ในการทดลองได้แก่ ผักกวางตุ้ง ผักกวางตุ้งฮ่องเต้ ผักคะน้าและผักกาดขาวปลี พบว่า ผักกวางตุ้งและผักกาดขาวปลีสามารถเจริญเติบโตได้ดีกว่าผักกวางตุ้งฮ่องเต้และผักคะน้า ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของผักกวางตุ้งและผักกาดขาวปลีที่ทำการศึกษา พบว่ามีการเจริญเติบโตใกล้เคียงกับผักกวางตุ้งและผักกาดขาวปลีที่ผลิตเป็นการค้าของวิทยาลัยเกษตรและเทคโนโลยีศูนย์ศิลปาชีพบางไทร และผักกวางตุ้งของอุทยานผักพื้นบ้านเพื่อการยังชีพเฉลิมพระเกียรติบึงฉวาก ทั้งความสูง ความยาวราก และน้ำหนักสด ส่วนผักกวางตุ้งฮ่องเต้นั้นมีการเจริญเติบโตได้ดีทั้งความสูงต้น ความยาวราก และน้ำหนักสดแต่มีข้อเสีย คือมีอาการใบเหลืองมาก จนถึงเหลืองทั้งต้น ทั้ง 2 ครั้งที่ทำการทดลอง ซึ่งอาการนี้อาจจะมีสาเหตุมาจากการได้รับธาตุอาหารบางธาตุมากเกินไปหรือน้อยเกินไป ซึ่งผักนั้นอาจจะอยู่ในระยะคาบเกี่ยว (อาภรณ์ ภูมิพันนา, 2545 : 36) และในส่วนของผักคะน้านั้นมีการเจริญเติบโตได้ไม่ดีเท่าที่ควร มีขนาดของลำต้นเล็ก มีอาการใบเหลือง ซึ่งอาจจะมีสาเหตุเดียวกันกับผักกวางตุ้งฮ่องเต้ นอกจากสาเหตุที่อาจเกิดจากเรื่องของธาตุอาหารแล้ว ในเรื่องของระบบการปลูกนั้น ระบบ NFT อาจจะไม่เหมาะสมกับการปลูกผักคะน้า และผักกวางตุ้งฮ่องเต้ ซึ่งวิทยาลัยเกษตรและเทคโนโลยีศูนย์ศิลปาชีพบางไทรและอุทยานผักพื้นบ้านเพื่อการยังชีพเฉลิมพระเกียรติบึงฉวากทำการปลูกผักไฮโดรโปนิกส์ระบบ DRFT ทั้ง 2 แห่ง ซึ่งผักส่วนใหญ่สามารถเจริญเติบโตได้ดีสามารถผลิตเป็นการค้าได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาสูตรของสารละลายธาตุอาหารที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของผักในตระกูล Cruciferae ในการปลูกแบบไฮโดรโปนิกส์ ระบบ NFT ซึ่งใช้ผัก 4 ชนิด สรุปได้ว่าผักกวางตุ้ง และผักกาดขาวปลี มีการเจริญเติบโตได้ดีกว่าผักกวางตุ้งฮ่องเต้ และผักคะน้า ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของผักกวางตุ้งและผักกาดขาวปลีที่ทำการศึกษา พบว่ามีการเจริญเติบโตใกล้เคียงกับผักกวางตุ้งและผักกาดขาวปลีที่ผลิตเป็นการค้าของวิทยาลัยเกษตรและเทคโนโลยีศูนย์ศิลปาชีพ-บางไทร และผักกวางตุ้งของอุทยานผักพื้นบ้านเพื่อการยังชีพเฉลิมพระเกียรติบึงฉวาก ทั้งความสูงและน้ำหนักสด แสดงว่าสูตรสารละลายธาตุอาหารนี้ใช้ปลูกผักกวางตุ้งและผักกาดขาวปลีแบบไฮโดรโปนิกส์ระบบ NFT เพื่อการค้าได้ ส่วนผักกวางตุ้งฮ่องเต้ และผักคะน้ามีการเจริญเติบโตไม่ดีเท่าที่ควร เนื่องจากมีอาการใบเหลืองทั้ง 2 ชนิด และผักคะน้ามีขนาดลำต้นเล็ก ดังนั้นสูตรสารละลายธาตุอาหารนี้ไม่เหมาะกับการปลูกผักกวางตุ้งฮ่องเต้ และผักคะน้าแบบไฮโดรโปนิกส์ระบบ NFT

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ควรทำการศึกษาในเรื่องของสูตรสารละลายธาตุอาหารนี้ที่มีผลต่อผักกวางตุ้งฮ่องเต้และผักคะน้าในการปลูกแบบไฮโดรโปนิกส์ ระบบอื่นๆ เช่น DWT, DFT และ DRFT

2. ช่วงการเพาะเมล็ดควรเริ่มที่จะนำกล้าออกรับแสงตั้งแต่เริ่มงอก เพื่อป้องกันไม่ให้ต้นพืชมีการยืดตัวหรือเอนตัวรับแสงแดด ซึ่งเป็นเหตุที่ทำให้การทรงตัวของต้นพืชไม่ดี

3. การซื้อธาตุอาหารที่จะนำมาใช้นั้นควรเป็นของบริษัทเดียวกันทั้งหมด

4. หากมีการทดลองในช่วงฤดูฝนควรที่จะมีพลาสติกใส เพื่อป้องกันน้ำฝนเข้าไปผสมกับสารละลายธาตุอาหารและป้องกันการบอบช้ำจากแรงปะทะของเม็ดฝนได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

เกษม พิลึก. 2524. ผักกาดและกะหล่ำ (ผักหนาว เล่ม 1). กรุงเทพฯ : สาขาพืชผัก ภาควิชา-พืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. (อัดสำเนา)

คมขวัญ หนูฤทธิ์. 2543. การศึกษาคุณภาพเบื้องต้นของผักคะน้าจากแหล่งผลิตต่างๆ ที่พบในตลาดไท. กรุงเทพฯ : ปัญหาพิเศษระดับปริญญาตรี ภาควิชาพืชสวน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 21 น.

จรินทร์ศรี ธรณนพเก้า. 2542. การศึกษารูปแบบการผลิตผักคะน้าอนามัยที่เหมาะสม. กรุงเทพฯ : ปัญหาพิเศษระดับปริญญาตรี ภาควิชาพืชสวน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 18 น.

ไฉน ยอดเพชร. 2542. พืชผักในตระกูลครูซิเฟอร์. กรุงเทพฯ : รั้วเขียว. 195 น.

ดิเรก ทองอร่าม. 2546. การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน. ราชบุรี : ธรรมรักษ์การพิมพ์. 640 น.

ถวิล สุขวงษ์. 2546. การปลูกพืชไม่ใช้ดิน. กรุงเทพฯ : หจก. พี.เอ็น.เค.การพิมพ์. 91 น.

ถวัลย์ พัฒนเสถียรพงศ์. 2542. การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน. กรุงเทพฯ : พรานนกการพิมพ์. 127 น.

ธรรมนูญ หุตากรณ์. 2544. การศึกษาความเป็นไปได้สำหรับโครงการปลูกพืชไร้ดิน. กรุงเทพฯ : การศึกษาค้นคว้าด้วยตนเองระดับปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เศรษฐศาสตร์ธุรกิจ) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 88 น.

ธรรมศักดิ์ ทองเกตุ. 2545. เอกสารประกอบการฝึกอบรม เรื่องการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. (อัดสำเนา)

ธีรินมาศ บางชวด. 2544. การวิเคราะห์ทางเศรษฐกิจของการปลูกผักระบบไฮโดรโปนิคส์. กรุงเทพฯ : วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เศรษฐศาสตร์เกษตร) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 124 น.

นิธินันท์ แตงทรัพย์ และอารักษ์ ธีรอำพน. 2544. "การศึกษาการปลูกผักกาดขาวซานเฟงและผักกาดกวางตุ้งแบบไฮโดรโพนิกส์ (2542)" ขอนแก่น : การสัมมนาวิชาการเกษตร ประจำปี 2544 คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ศูนย์ฝึกอบรมการพัฒนาการเกษตรนานาชาติ กรมวิชาการเกษตร. (อัดสำเนา)

บุญหนัก ปาดา. 2530. ผักกาดเขียวกวางตุ้งกับระยะปลูก. เลย : ปัญหาพิเศษระดับปริญญาตรี สหวิทยาลัยอีสานเหนือ. 62 น.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปดารณี ทองใบ. 2544. ปริมาณออกซิเจนที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืชผักในระบบการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน. กรุงเทพฯ : ปัญหาพิเศษระดับปริญญาโท ภาควิชาพืชสวน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 51 น.

ปิยะรัช ยอดทิพย์และอารักษ์ ธีรอำพน. 2544. "การศึกษาการปลูกผักกาดขาวซานเฟ่งและผักกาดฮ่องเต้ด้วยระบบไฮโดรโปนิกส์ (2543)" ขอนแก่น : การสัมมนาวิชาการเกษตร ประจำปี 2544 คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ศูนย์ฝึกอบรมการพัฒนาการเกษตรนานาชาติ กรมวิชาการเกษตร. (อัดสำเนา)

มนูญ ศิรินุพงศ์. 2543. การปลูกพืชไม่ใช้ดินสู่การปฏิบัติในประเทศไทย. ปัตตานี : คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี. 85 น.

เมืองทอง ทวนทวี และสุรีรัตน์ ปัญญาโตนะ. 2525. สวนผัก. กรุงเทพฯ : กลุ่มหนังสือเกษตรกร. 120 น.

ยงยุทธ โอสถสภา. 2543. ธาตุอาหารพืช. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 424 น.

ยุพดี ปรีดี และอารักษ์ ธีรอำพน. 2544. "การศึกษาการปลูกผักกาดฮ่องเต้แบบไฮโดรโพนิกส์ (2541)" ขอนแก่น : การสัมมนาวิชาการเกษตร ประจำปี 2544 คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ศูนย์ฝึกอบรมการพัฒนาการเกษตรนานาชาติ กรมวิชาการเกษตร. (อัดสำเนา)

ลักษณ์ แก้วมา และอภิชน นิลปะกะ. 2545. การเปรียบเทียบค่าความเข้มข้นของสาร ที่ละลายน้ำต่างกันในการปลูกผักกาดขาวปลีแบบไฮโดรโปนิกส์ ระบบ DWT. ตาก : ปัญหาพิเศษระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง วิทยาลัยเกษตรและเทคโนโลยีตาก. 26 น.

วัชรินทร์ วิภาสวัชรโยธิน. 2544. ผลของปุ๋ยชีวภาพต่อการสร้างผลผลิตของผักคะน้า. กรุงเทพฯ : ปัญหาพิเศษระดับปริญญาตรี ภาควิชาพืชสวน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 19 น.

สุรชัย ปทุมล่องทอง. 2543. ผักปลอดสารพิษ. กรุงเทพฯ : ธารบัวแก้ว. 160 น.

สุทิน หิรัญอ่อน. 2542. การศึกษาสภาพที่เหมาะสมต่อการผลิตผักกาดเขียวกวางตุ้งอนามัย. กรุงเทพฯ : ปัญหาพิเศษระดับปริญญาตรี ภาควิชาพืชสวน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 19 น.

สุมิตรา ภู่วโรดม. 2542. "ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโต" เอกสารประกอบการฝึกอบรมหลักสูตร การจัดการการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน ภาควิชาปฐพีวิยา คณะเทคโนโลยี-การเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. (อัดสำเนา)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่งเสริมการเกษตร, กรม. 2548. "การปลูกผักแบบไม่ใช้ดิน (ไฮโดรโปนิค)". การปลูกผักแบบไม่ใช้ดิน. แหล่งที่มา : http://www.doae.go.th/library/html/detail/hydroponic/hydro_1.htm. 28 มกราคม 2548.

โสระยา ร่วมรังษี. 2544. การผลิตพืชสวนแบบไม่ใช้ดิน. กรุงเทพฯ : โอ.เอส.พริ้นติ้ง เฮาส์. 78 น.

อภิรักษ์ หลักชัยกุล. 2540. การศึกษาวัสดุอินทรีย์เป็นวัสดุปลูกพืชในระบบการปลูกพืชแบบไม่ใช้ดิน. กรุงเทพฯ : วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 117 น.

อาภรณ์ ภูมิพันนา. 2545. รวมเล่มเกษตรกรรมธรรมชาติ ปี 2545 (เทคนิคทางเลือก). กรุงเทพ : บริษัท ฐานการพิมพ์ จำกัด. น. 35-36.

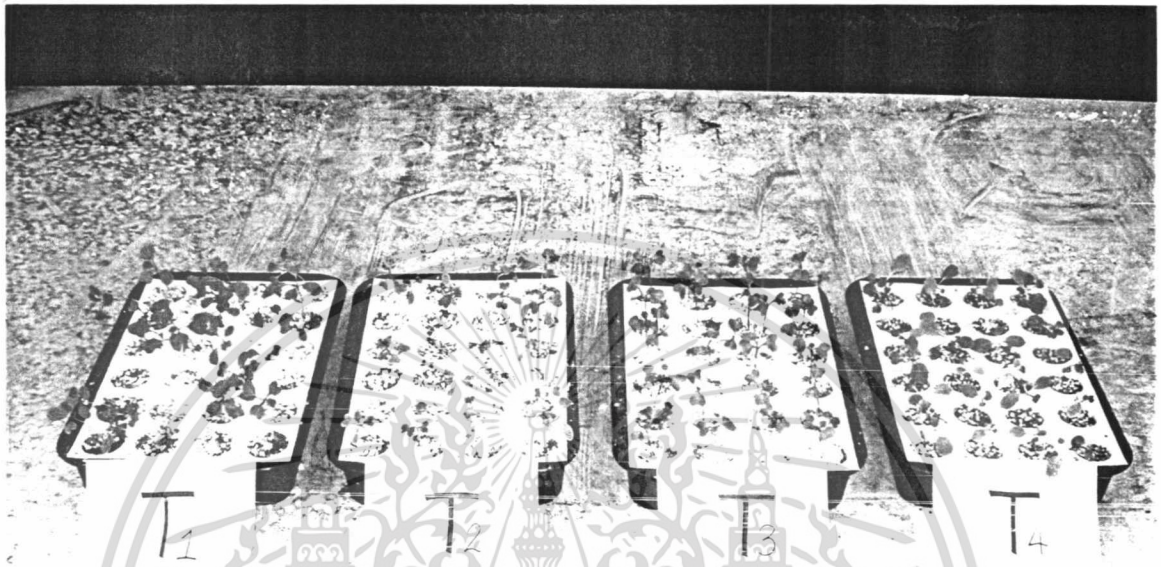
อารักษ์ ธีรอำพน. 2544. การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน. พิมพ์ครั้งที่ 2. นครราชสีมา : โชคเจริญมาร์-เก็ตติ้ง จำกัด. 130 น.

อักษร ตติยรัตนาภรณ์. 2542. การศึกษาสภาพที่เหมาะสมต่อการผลิตผักกาดฮ่องเต้. กรุงเทพฯ : ปัญหาพิเศษระดับปริญญาตรี ภาควิชาพืชสวน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 19 น.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพผนวกที่ 1 ต้นกล้าของผัก 4 ชนิด

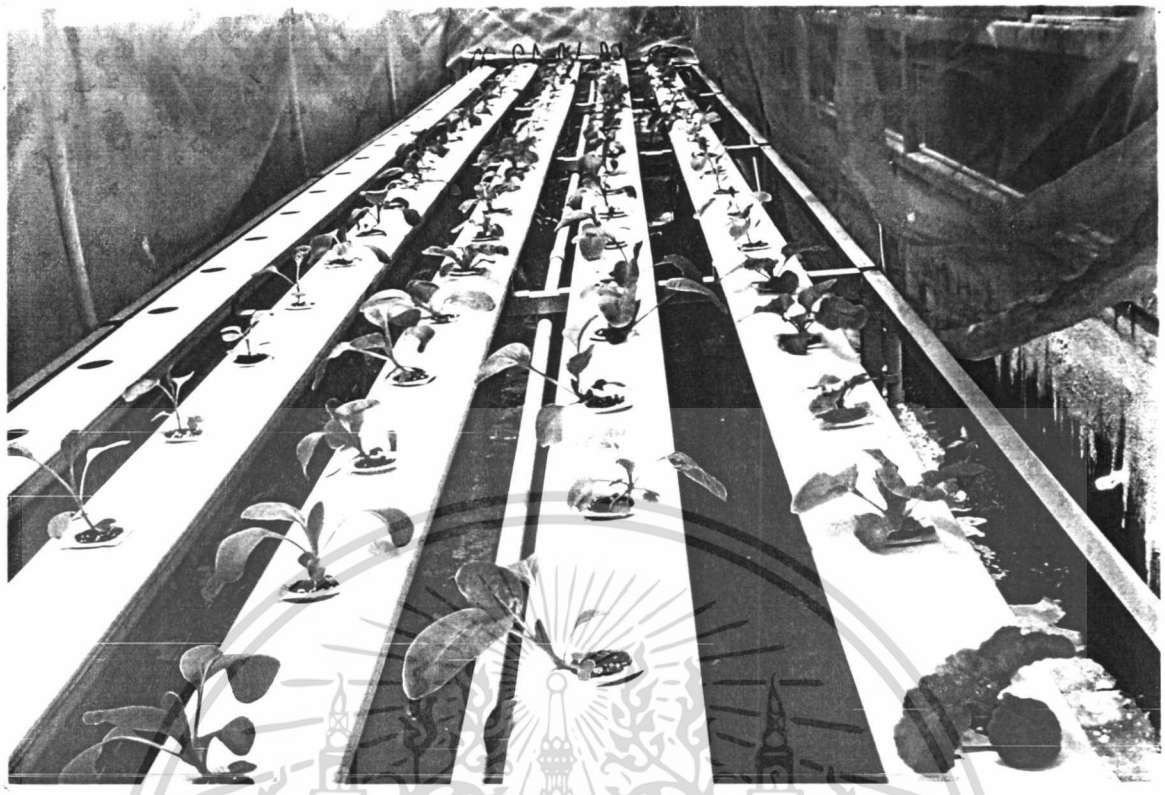
T1 = ผักกวางตุ้ง

T2 = ผักกวางตุ้งฮ่องเต้

T3 = ผักคะน้า

T4 = ผักกาดขาวปลี

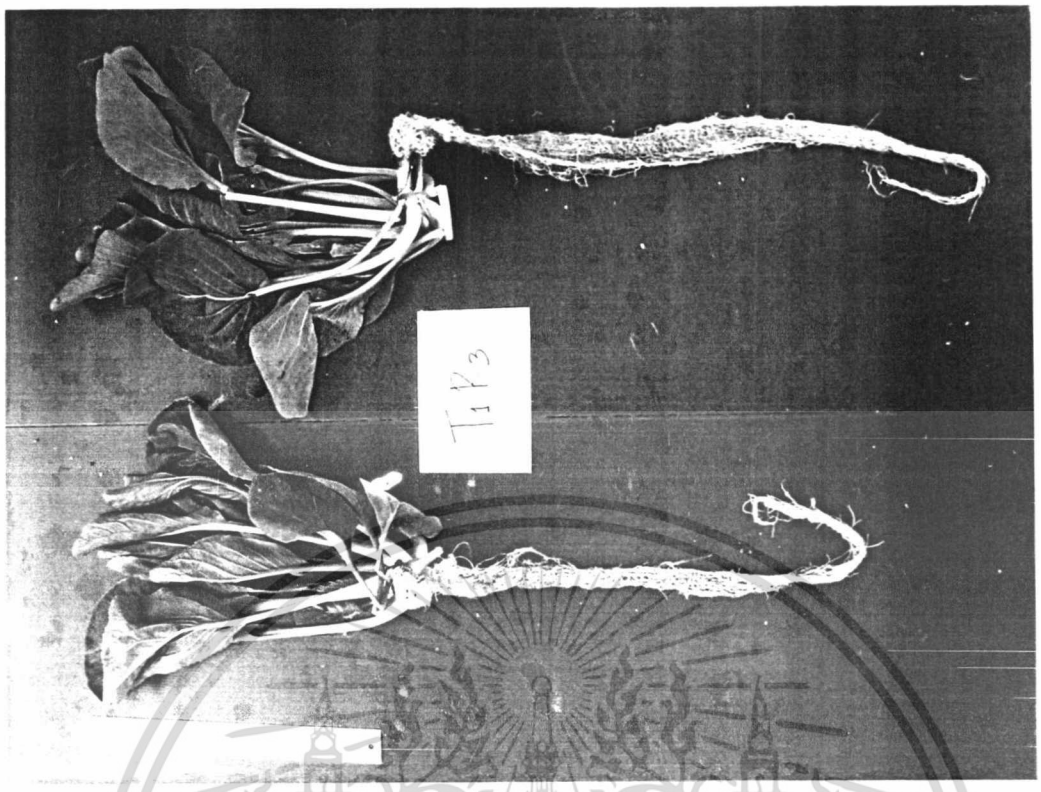
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพผนวกที่ 2 ผักอายุ 20 วันบนรางปลูก

ภาพผนวกที่ 3 ขั้นตอนการล้างรากผัก

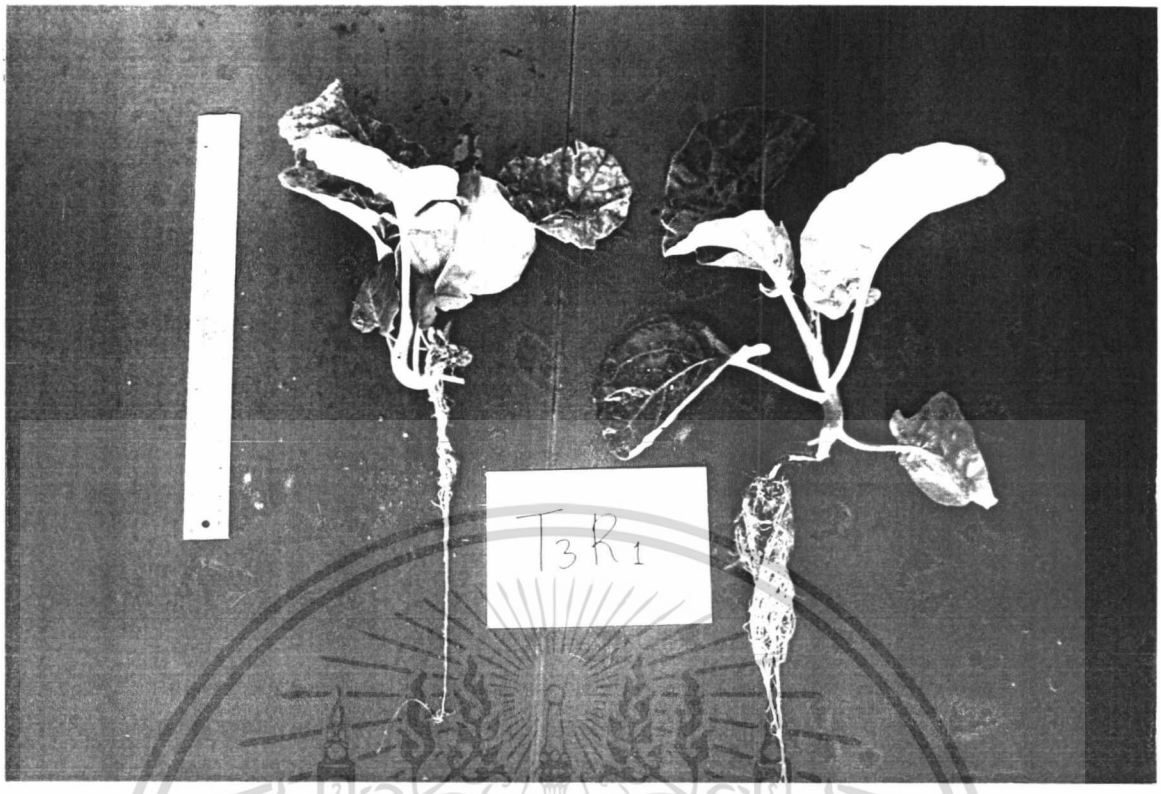
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



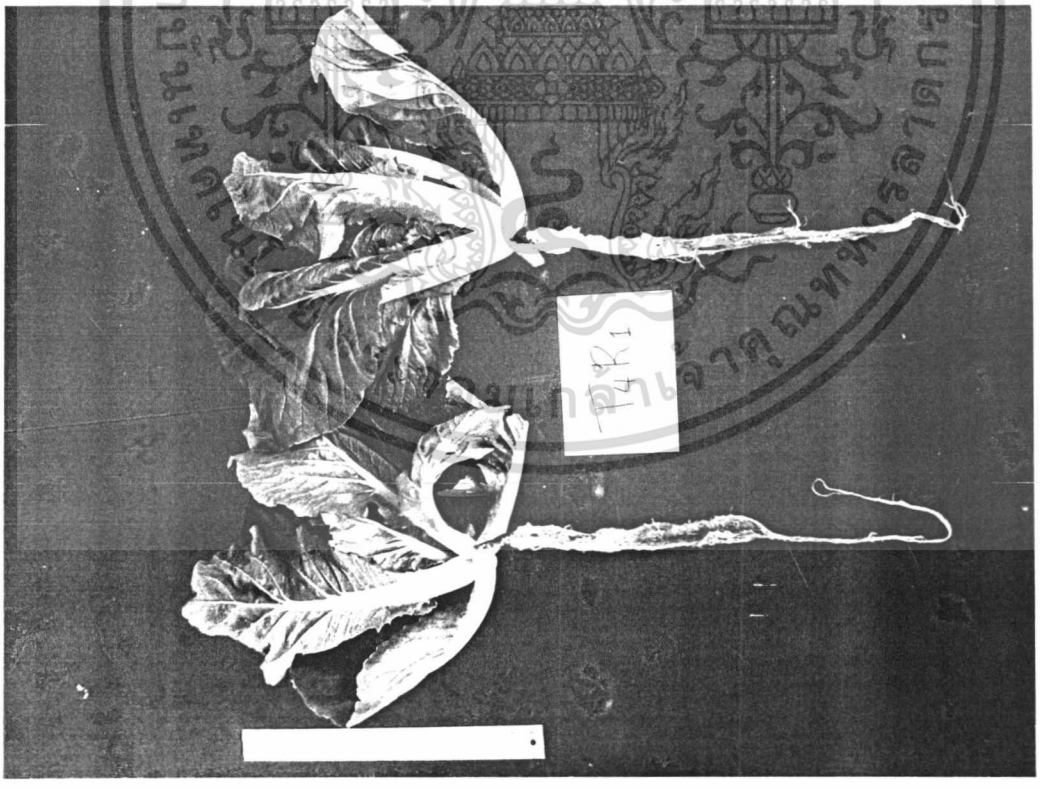
ภาพผนวกที่ 4 ผักกวางตุ้ง

ภาพผนวกที่ 5 ผักกวางตุ้งฮ่องเต้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพผนวกที่ 6 ผักคะน้า

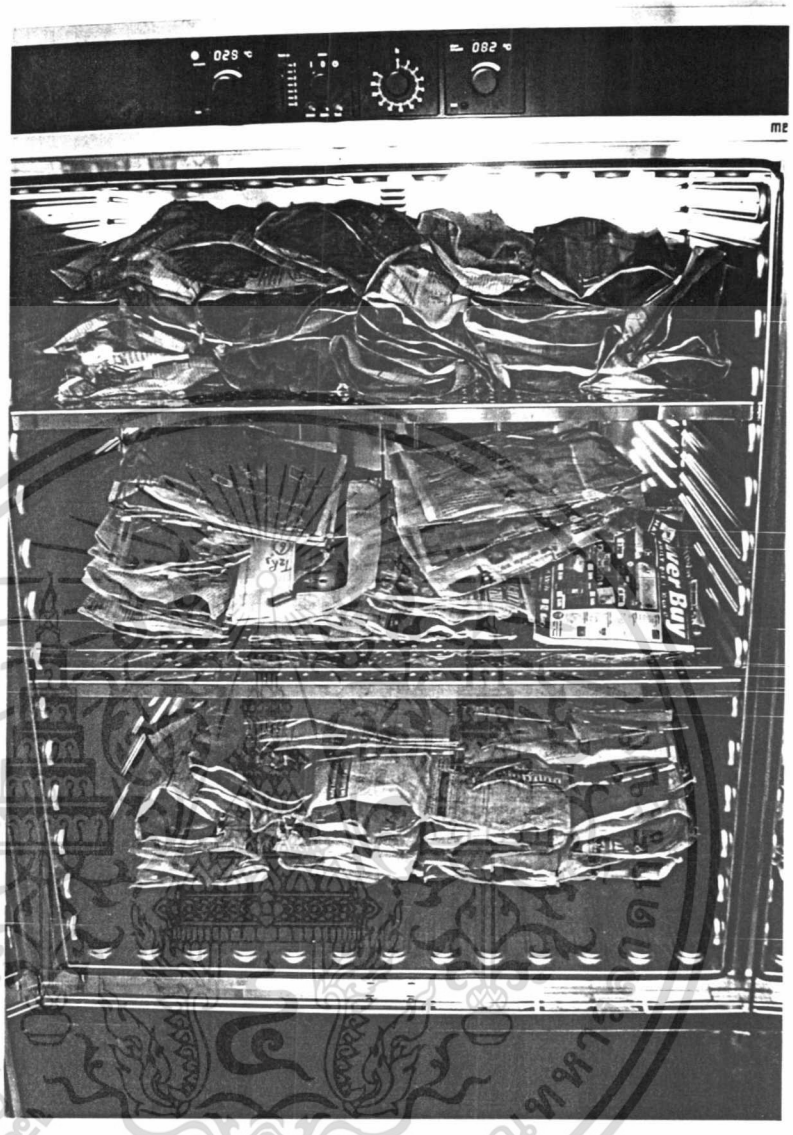


ภาพผนวกที่ 7 ผักกาดขาวปลี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

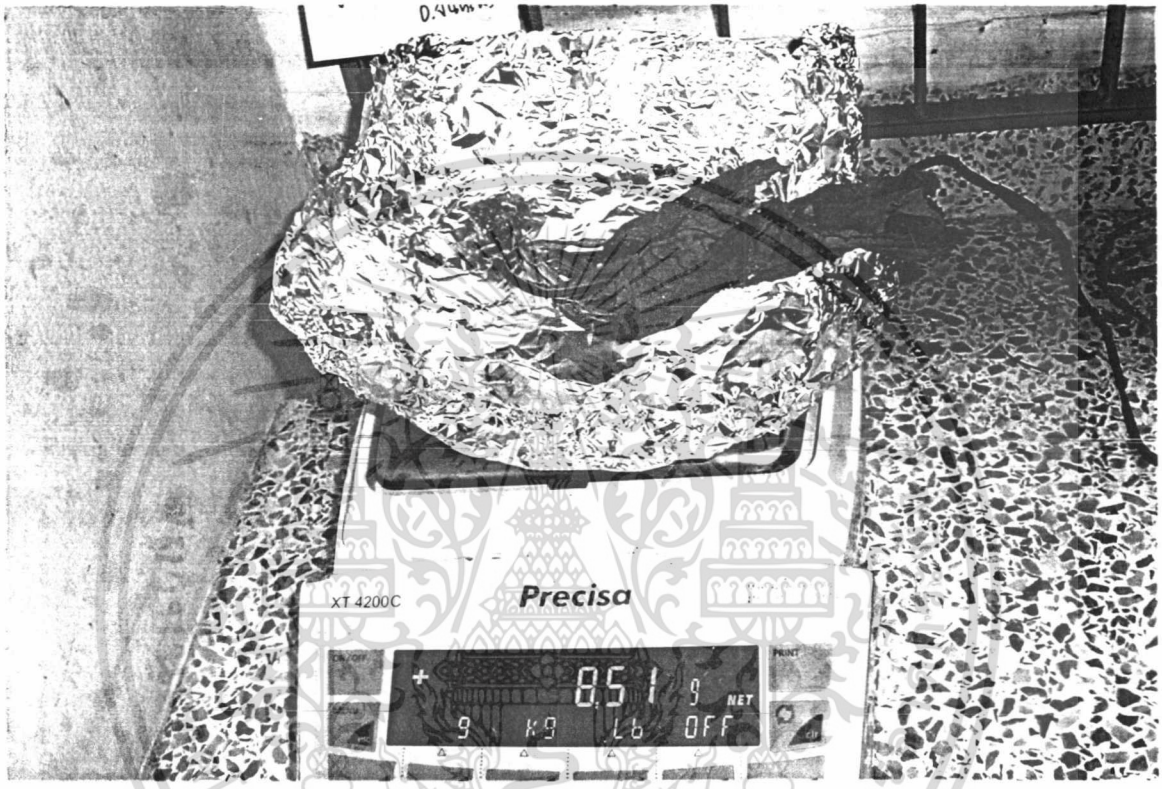
ภาพผนวกที่ 8 การชั่งน้ำหนักสด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพผนวกที่ 9 เตรียมผักเพื่อทำการอบแห้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพผนวกที่ 10 การชั่งน้ำหนักแห้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้