20912

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ปัญหาพิเศษปริญญาตรี

เรื่อง

การศึกษาปริมาณไนเตรตและไนไตรต์ในพืชบางชนิดที่ปลูกในระบบไฮโดรโปนิกส์

The study of nitrate and nitrite content in some hydroponic plants

โดย

นายเอกชัย สายวิลัย

Mr. Ekkachai Saivilai

T096892

ปัญหาพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

สาขาเทคโนโลยีการจัดการศัตรูพืช

ภาควิชาเทคโนโลยีการจัดการศัตรูพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ.2548

ปพ.
อจจ3ก
2548

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....96892
วัน เดือน ปี.....- 5 JUN 2005

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบรับรองปัญหาพิเศษ

ภาควิชาเทคโนโลยีการจัดการศัตรูพืช

ปริญญา

วิทยาศาสตรบัณฑิต (เกษตรศาสตร์)

เรื่อง

การศึกษาปริมาณไนเตรตและไนไตรต์ในพืชบางชนิดที่ปลูกในระบบไฮโดรโปนิกส์

The study of nitrate and nitrite content in some hydroponic plants

โดย

นายเอกชัย สายวิลัย

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

.....

(รศ.ลักขณา อมรสิน)

อาจารย์ที่ปรึกษา

ภาควิชารับรองแล้ว

.....

(รองศาสตราจารย์ ชวาลา บูรณศิริ)

หัวหน้าภาควิชาเทคโนโลยีการจัดการศัตรูพืช

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทคัดย่อ

ชื่อเรื่อง : การศึกษาปริมาณไนเตรตและไนไตรต์ในพืชบางชนิดที่ปลูกในระบบไฮโดรโปนิกส์

โดย : นายเอกชัย สายวิลัย

ชื่อปริญญา : วิทยาศาสตรบัณฑิต(เกษตรศาสตร์)

สาขาวิชา : เทคโนโลยีการจัดการศัตรูพืช

อาจารย์ที่ปรึกษา : 19/พ.ค./2549

(รองศาสตราจารย์ลักขณา อมรสิน)

การศึกษาปริมาณไนเตรตและไนไตรต์ในพืชบางชนิดที่ปลูกในระบบไฮโดรโปนิกส์ ดำเนินการทดลองที่คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ ทำ 3 ซ้ำ ตรวจวิเคราะห์ไนเตรตและไนไตรต์ในผักกาดขาว ผักคะน้า ผักกวางตุ้ง ผักสลัดกรีนโอ๊ค และผักโขมโดยใช้เครื่องวัดค่าดูดกลืนแสง ผลการตรวจวิเคราะห์พบปริมาณไนเตรตในผักกาดขาว ผักกวางตุ้ง ผักคะน้า ผักสลัดกรีนโอ๊ค และผักโขม 4199.55,4181.95,4366.75,2225.83 และ 4431.76 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ตามลำดับ และปริมาณไนไตรต์ 4.73, 5.34, 8.38, 8.04 และ9.66 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ตามลำดับ เมื่อนำข้อมูลปริมาณไนเตรตและไนไตรต์ไปวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่าปริมาณไนเตรตในผักโขมสูงกว่าในผักกาดขาว ผักคะน้า และผักสลัดกรีนโอ๊ค อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติกับผักกวางตุ้งที่ระดับความเชื่อมั่น95% สำหรับปริมาณไนไตรต์ พบว่าในผักโขมสูงกว่าผักกวางตุ้ง ผักสลัดกรีนโอ๊ค ผักคะน้า และผักกาดขาวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น95% ทั้งนี้ไนไตรต์ในผักกาดขาวแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติกับผักคะน้าและไนไตรต์ในผักกวางตุ้งก็แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติกับผักสลัดกรีนโอ๊ค แต่ปริมาณไนไตรต์ในผักกาดขาวและผักคะน้าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับผักกวางตุ้งและผักสลัดกรีนโอ๊คที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Abstract

Title : The study of nitrate and nitrite content in some hydroponic plants

By : Mr. Ehhachai Saivilai

Degree : Bachelor of Science in Agriculture

Major Field : Pest Management Technology

Advisor : ..... 19 / May / 2006

(Assoc.Prof.Luckana Amonsin)

The study of nitrate and nitrite content in some hydroponic plants was conducted at Facutly of Agricultural Technology, King Mongkut's Institute of Technology Chaokuntahan Ladkrabang. The experiment was designed as completely randomized design, have 3 replications. Nitrate and nitrite content were analyzed by spectrophotometric method. The results were found that nitrate and nitrite in chinese cabbage, chinese kale, chinese mustard, green oak slad and slender amaranth were 4199.55, 4181.95, 4366.75, 2225.83 and 4431.76 mg/kg and nitrite were 4.73, 5.34, 8.38, 8.04 and 9.66 mg/kg, respectively. Nitrate content in slender amaranth were higher significant than that in chinese cabbage, chinese kale and green oak slad, but were not significant in chinese mustard at 95%. Nitrite content in slender amaranth were higher significant than that in chinese mustard, green oak, chinese kale and chinese cabbage at 95%. Nitrite content in chinese cabbage and chinese kale, chinese mustard and green oak slad, chinese cabbage and chinese kale have not significance at 95%.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนิยม

การจัดทำปัญหาพิเศษฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้เนื่องจากความอนุเคราะห์จากผู้มีพระคุณหลายท่าน ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ลักขณา อมรสิน อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษที่กรุณาให้คำปรึกษาและคำแนะนำต่างๆที่เป็นประโยชน์ในการดำเนินการทำปัญหาพิเศษจนสำเร็จลุล่วงอย่างสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่านที่ประสิทธิประสาทความรู้ และขอขอบคุณภาควิชาเทคโนโลยีการจักการศัตรูพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่อนุเคราะห์ด้านเครื่องมือ อุปกรณ์ และสถานที่ในการปฏิบัติงาน

ขอขอบคุณ คุณจรงค์ศักดิ์ พุมนวน นักวิทยาศาสตร์ภาควิชาเทคโนโลยีการจัดการศัตรูพืช สำหรับความกรุณาในการให้ความช่วยเหลือ และให้คำแนะนำ รวมทั้งแนะนำการใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆในห้องปฏิบัติการ และขอขอบคุณพี่ๆ เพื่อนๆ และน้องๆที่คอยให้กำลังใจและให้ความช่วยเหลือเป็นอย่างดี

สุกท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และสมาชิกในครอบครัวของข้าพเจ้าที่ได้ให้ความช่วยเหลือสนับสนุนในด้านกำลังทรัพย์ รวมทั้งคอยให้คำปรึกษาและให้กำลังใจมาโดยตลอด

เอกชัย สายวิลัย

พฤษภาคม 2549

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	i
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ii
คำนิยม	iii
สารบัญ	iv
สารบัญตาราง	v
สารบัญภาพ	vii
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
ตรวจเอกสาร	4
อุปกรณ์และวิธีการ	28
ผลการทดลอง	33
วิจารณ์ผลการทดลอง	42
สรุปและข้อเสนอแนะ	44
เอกสารอ้างอิง	45
ภาคผนวก	48

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	คุณภาพน้ำที่สามารถนำมาใช้ปลูกพืชระบบไฮโดรโปนิกส์	14
2	ปุ๋ยและสารเคมีที่ใช้ในสารละลายที่ใช้ปลูกพืชระบบไฮโดรโปนิกส์	15
3	ปริมาณและค่าเฉลี่ยของธาตุอาหารแต่ละชนิดในสารละลายที่เหมาะสมสำหรับปลูกพืชระบบไฮโดรโปนิกส์	17
4	สูตรมาตรฐานของสารละลายธาตุอาหารที่ใช้การปลูกพืชระบบไฮโดรโปนิกส์ของ Knop's, Sach's, Shive's และ Hoagland's	18
5	ปริมาณไนเตรตและไนไตรต์ในผักกาดขาว ผักคะน้า ผักกวางตุ้ง ผักสลัดกรีนโอ๊ค และผักโขม	35
6	ปริมาณไนเตรตและไนไตรต์ในผักกาดขาวจากบริษัท A บริษัท B บริษัท C บริษัท D บริษัท E	36
7	ปริมาณไนเตรตและไนไตรต์ในผักคะน้าจากบริษัท A บริษัท B บริษัท D บริษัท E บริษัท F	36
8	ปริมาณไนเตรตและไนไตรต์ในผักกวางตุ้งจากบริษัท A บริษัท B บริษัท C บริษัท D บริษัท F	37
9	ปริมาณไนเตรตและไนไตรต์ในผักโขมจากบริษัท C และ บริษัท F	37

ตารางภาคผนวกที่

1	การวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของปริมาณไนเตรตในผักกาดขาวจากบริษัท A บริษัท B บริษัท C บริษัท D บริษัท E	49
2	การวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของปริมาณไนเตรตในผักคะน้าจากบริษัท A บริษัท B บริษัท D บริษัท E บริษัท F	50
3	การวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของปริมาณไนเตรตในผักกวางตุ้งจากบริษัท A บริษัท B บริษัท C บริษัท D บริษัท F	51
4	การวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของปริมาณไนเตรตในผักโขมจากบริษัท C และ บริษัท F	52
5	การวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของปริมาณไนเตรตในผักกาดขาว ผักคะน้า ผักกวางตุ้ง ผักสลัดกรีนโอ๊ค และผักโขม	53

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางภาคผนวกที่		หน้า
6	การวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของปริมาณไนไตรต์ในผักกาดขาว จากบริษัท A บริษัท B บริษัท C บริษัท D บริษัท E	54
7	การวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของปริมาณไนไตรต์ในผักคะน้า จากบริษัท A บริษัท B บริษัท D บริษัท E บริษัท F	55
8	การวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของปริมาณไนไตรต์ในผักกวางตุ้ง จากบริษัท A บริษัท B บริษัท C บริษัท D บริษัท F	56
9	การวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของปริมาณไนไตรต์ในผักโขม จากบริษัท C และ บริษัท F	57
10	การวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของปริมาณไนไตรต์ในผักกาดขาว ผักคะน้า ผักกวางตุ้ง ผักสลัดกรีนโอ๊ค และผักโขม	58

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	ปริมาณไนเตรตในผักกาดขาว ผักคะน้า ผักกวางตุ้ง ผักสลัดกรีนโอ๊ค และผักโขม	38
2	ปริมาณไนไตรต์ในผักผักกาดขาว ผักคะน้า ผักกวางตุ้ง ผักสลัดกรีนโอ๊ค และผักโขม	39
3	ปริมาณไนเตรตในผักกาดขาว ผักคะน้า ผักกวางตุ้ง และผักโขม จากบริษัท A บริษัท B บริษัท C บริษัท D บริษัท E บริษัท F	40
4	ปริมาณไนไตรต์ในผักกาดขาว ผักคะน้า ผักกวางตุ้ง และผักโขม จากบริษัท A บริษัท B บริษัท C บริษัท D บริษัท E บริษัท F	41

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนำ

ในปัจจุบันการทำการเกษตรประสบปัญหามากมาย ได้แก่ ดินขาดความอุดมสมบูรณ์ โรคและแมลงศัตรูพืชระบาดและการใช้สารเคมีมากเกินความจำเป็นทำให้เกิดสารเคมีตกค้างในผลผลิตและระบบนิเวศน์ จนส่งผลกระทบต่อระบบเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อมนั้น นอกจากนี้สภาวะอากาศที่มีความแปรปรวนส่งผลให้ปริมาณผลผลิตน้อย และคุณภาพผลผลิตต่ำ ซึ่งมีผลต่อรายได้และเศรษฐกิจของเกษตรกรผู้ผลิต ส่งผลกระทบต่อชีวิตความเป็นอยู่ของเกษตรกร และความยั่งยืนของภาคการเกษตร จึงได้มีการพัฒนาหาแนวทางแก้ปัญหาดังกล่าว รูปแบบหนึ่งที่ได้รับความสนใจ คือ การผลิตพืชผักในระบบพืชไร้ดิน (soilless culture) เช่นระบบไฮโดรโปนิกส์ หรือการปลูกพืชในสารละลายธาตุอาหาร (hydroponic culture) ซึ่งเป็นการปลูกพืชแบบไม่ใช้ดินเป็นวัสดุปลูก หลักการที่ทำให้พืชเจริญเติบโต คือ การใช้น้ำที่ละลายธาตุอาหารตามสัดส่วนที่พืชต้องการทดแทนธาตุอาหารในดิน เป็นระบบการผลิตที่สามารถควบคุมสภาพแวดล้อมและเป็นระบบการผลิตพืชแบบใหม่และกำลังเป็นที่ต้องการของตลาด เนื่องจากการปลูกพืชระบบนี้สามารถลดการปนเปื้อนของสารป้องกันและกำจัดศัตรูพืช นอกจากนี้การปลูกพืชผักในระบบนี้ยังช่วยรักษาสิ่งแวดล้อม และประหยัดการใช้ทรัพยากรเนื่องจากไม่มีการปลดปล่อยสารเคมีลงในดิน รวมทั้งประหยัดน้ำมากกว่าปลูกพืชบนดิน และยังสามารถใช้ปลูกพืชผักได้ทุกฤดูกาลและทุกสภาพอากาศ แต่การปลูกพืชผักระบบนี้ ผลผลิตที่ได้มักมีปัญหาด้านราคาต้นทุนที่สูงกว่า

การปลูกพืชระบบไฮโดรโปนิกส์ในขณะนี้เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคส่วนน้อย สาเหตุหนึ่งอาจเนื่องมากจากไนโตรเจนที่ใช้ในสูตรสารละลายธาตุอาหารส่วนใหญ่อยู่ในรูปไนเตรต จะทำให้มีปริมาณไนเตรตตกค้างสูงในผลิตผล ซึ่งอาจเกิดอันตรายต่อผู้บริโภคได้ถ้าสะสมในปริมาณมากเกินกำหนด

ไนเตรตสามารถเปลี่ยนเป็นไนไตรต์ในอาหารและร่างกายได้โดยปฏิกิริยาของแบคทีเรีย (Miruish,1983) และแหล่งสำคัญของการได้รับไนเตรตของมนุษย์ คือ น้ำและพืชผัก ไนเตรตเป็นรูปของธาตุไนโตรเจนที่พืชต้องการสำหรับการเจริญเติบโต หากพืชได้รับธาตุไนโตรเจนมากเกินไปก็จะสะสมไว้ โดยเฉพาะผักกินใบและผักกินหัว หลายประเทศได้กำหนดปริมาณสูงสุดของไนเตรตในผักสดและผลไม้ที่จะนำมาบริโภคต้องไม่เกิน 4,500 มก./ก.ก. (European Commision,2001) ปริมาณการสะสมของไนเตรตขึ้นกับชนิดของพืช อายุพืช ฤดูกาลปลูก และชนิดของปุ๋ยไนโตรเจนที่ให้กับพืช(Maynard and Baker,1972) การที่ต้องกำหนดปริมาณไนเตรตในผักสดและผลไม้ เพราะการรับประทานผักที่มีไนเตรตและไนไตรต์ในปริมาณสูง จะทำให้มีความเสี่ยงจากการเป็นพิษของไนไตรต์ เพราะไนไตรต์ทำให้เกิดอันตรายโดยตรงและโดยอ้อมต่อสุขภาพของมนุษย์และสัตว์ ผลโดยตรงคือไนไตรต์ทำให้เกิดอาการเมทฮีโมโกลบินีเมีย (methemoglobinemia) ซึ่งจะมีอาการพิษตั้งแต่ระดับเพียงเล็กน้อยคือทำให้เกิดอาการปวดศีรษะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คลื่นไส้ อาเจียน จนถึงระดับรุนแรงคือตัวเขียวเนื่องจากขาดออกซิเจน(cyanosis) และทำให้ถึงตายได้ ซึ่งเด็กทารกอายุต่ำกว่า 6 เดือน โดยเฉพาะอย่างยิ่งต่ำกว่า 3 เดือน จะแสดงอาการพิษจากเมทฮีโมโกลบินีเมียได้รุนแรงกว่าเด็กโตและผู้ใหญ่ โดยที่อาการเมทฮีโกลบินีเมียเกิดเนื่องจากไนไตรต์จะออกซิไดซ์ (oxidize) Fe^{+2} ในโมเลกุลของฮีโมโกลบิน(hemoglobin) ไปเป็น Fe^{+3} กลายเป็นเมทฮีโมโกลบิน (methemoglobin) ทำให้ไม่สามารถขนถ่ายออกซิเจนได้ตามปกติ ซึ่งถ้ารุนแรงผิวหนังของทารกจะมีสีเขียวคล้ำหรือเขียวน้ำเงินจึงเรียกอาการนี้ว่าบลูเบบีซินโดรม (blue baby syndrome) กับ ผลทางอ้อมคือ ไนไตรต์ทำปฏิกิริยากับ 2° เอมีน (secondary amine) เช่น เอไมด์ (amide) กวานิดีน (guanidine) และยูเรีย (urea) ได้สารประกอบเอ็น-ไนโตรโซ (N-nitroso compounds) คือไนโตรซามีน (nitrosamines) และไนโตรซาไมด์ (nitrosamides) ซึ่งเป็นสารก่อมะเร็งทั้งคู่ การเป็นพิษจากไนเตรตและไนไตรต์เกิดจากหลายสาเหตุและเกิดกับประชากรที่หลากหลาย ทั้งนี้การเป็นพิษจากไนเตรตและไนไตรต์ในรูปของสาร อนินทรีย์อาจเกี่ยวข้องกับการเกิดอุบัติเหตุในโรงงานที่เกี่ยวข้องกับการผลิตหรือการใช้ไนเตรตและไนไตรต์ นอกจากนี้การเป็นพิษจากอาการเมทฮีโมโกลบินีเมียอย่างรวดเร็วหลังจากการใช้บิสมัทสับไนเตรตหรือแอมโมเนียมไนเตรตก็มีรายงานไว้และมีรายงานที่ผู้ชายอายุ 48 ปี มีอาการตัวเขียวเนื่องจากอาการเมทฮีโมโกลบินีเมียหลังจากรับประทาน polish sausage ประมาณ 1 ปอนด์ ซึ่งผลิตภัณฑ์นี้มีไนไตรต์ในปริมาณสูง และจากการวิเคราะห์ชิ้นไส้กรอกที่เหลือพบไนไตรต์ 0.18 มิลลิกรัม/กรัม ทั้งนี้การเกิดอาการเมทฮีโมโกลบินีเมียในเด็กทารกมักจะมีความสัมพันธ์กับการใช้น้ำที่มีไนเตรตและไนไตรต์ชงนมให้เด็ก ซึ่ง International Standard for Drinking Water (1971) ได้กำหนดปริมาณไนเตรตและไนไตรต์ในน้ำที่ใช้ชงนมเด็กต้องไม่เกิน 45 มิลลิกรัม/ลิตร และในผักที่ใช้ปรุงอาหารสำหรับทารกต้องมีปริมาณต่ำ(ลักขณา,2539)

เนื่องจากมีความนิยมบริโภคผักที่ปลูกในระบบไฮโดรโปนิกส์เพิ่มขึ้นและปริมาณไนเตรตและไนไตรต์ในผักที่ปลูกในระบบไฮโดรโปนิกส์จะสูงกว่าผักที่ปลูกในดินค่อนข้างสูง จึงได้ศึกษาหาปริมาณไนเตรตและไนไตรต์ในผักต่างๆที่ปลูกในระบบไฮโดรโปนิกส์จากหลายบริษัทเพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับปริมาณไนเตรตและไนไตรต์ในผักต่างๆที่ปลูกในระบบไฮโดรโปนิกส์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาปริมาณไนเตรตและไนไตรต์ในผักกาดขาว ผักคะน้า ผักกวางตุ้ง ผักสลัดกรีนโอ๊ค และผักโขมที่ปลูกระบบไฮโดรโปนิกส์
2. เพื่อศึกษาแนวทางในการเลือกบริโภคผักที่ปลูกระบบไฮโดรโปนิกส์ให้มีความปลอดภัยจากการเป็นพิษจากไนเตรตและไนไตรต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตรวจเอกสาร

การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินในระบบไฮโดรโปนิกส์

การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน หรือการปลูกพืชไร้ดินมาจากรากคำภาษาอังกฤษว่า soiless culture หมายถึง การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินเป็นพื้นที่ปลูก แต่ที่รู้จักกันแพร่หลายคือ การปลูกพืชในสารละลาย ซึ่งตรงกับภาษาอังกฤษที่เรียกว่า hydroponics ซึ่งมีรากศัพท์จากภาษากรีก 2 คำ คือ hydro (water) แปลว่า น้ำ ponous (working) แปลว่า ทำงาน จึงเรียกรวมว่า hydroponics ซึ่งในปัจจุบันหมายถึง การทำงานเกี่ยวกับน้ำ (มนูญ, 2544)

ปี ค.ศ. 1860-1865 นักวิทยาศาสตร์ชื่อ Sachs และ Knop เป็นผู้ริเริ่มปลูกพืชระบบไฮโดรโปนิกส์ตามหลักการทางวิทยาศาสตร์สมัยใหม่ โดยการปลูกพืชด้วยสารละลายเกลืออนินทรีย์ต่างๆ เช่น โพแทสเซียมฟอสเฟต โพแทสเซียมไนเตรต ซึ่งให้ธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช คือ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แมกนีเซียม กำมะถัน แคลเซียม และเหล็ก ภายหลังมีการพัฒนาสูตรธาตุอาหารพืชเรื่อยมา จนถึงปี ค.ศ. 1920-1930 William F.Gericke แห่งมหาวิทยาลัยแคลิฟอร์เนีย ประสบความสำเร็จในการปลูกมะเขือเทศในสารละลายธาตุอาหาร โดยพืชมีการเจริญเติบโตสมบูรณ์และให้ผลผลิตเร็ว นับเป็นจุดเริ่มต้นของการนำเทคนิคการปลูกพืชระบบนี้ไปประยุกต์ใช้เพื่อปลูกพืชเป็นการค้า และได้มีการพัฒนาเทคนิควิธีการและส่วนประกอบในสารละลายเรื่อยมา จนถึงปัจจุบัน ปัจจุบันการปลูกพืชด้วยระบบไฮโดรโปนิกส์ได้พัฒนาไปมาก โดยทั่วไปในประเทศพัฒนามักทำการปลูกภายใต้เรือนกระจก มีการควบคุมสภาพแวดล้อม การผลิตเป็นอุตสาหกรรมขนาดใหญ่จะใช้คอมพิวเตอร์ควบคุมระบบต่างๆ การเพาะกล้า และการย้ายกล้าลงปลูกในระบบจะเป็นแบบอัตโนมัติหรือกึ่งอัตโนมัติ ระบบที่นิยมใช้จะแตกต่างกัน เช่น ประเทศในแถบยุโรปจะนิยมใช้ระบบให้น้ำไหลผ่านรากพืชเป็นชั้นบางๆ (nutrient film technique;NFT) สหรัฐอเมริกานิยมใช้ระบบน้ำไม่ไหลเวียน (non-circulating system) ในออสเตรเลียจะใช้ทั้ง 2 ระบบ (ดิเรก,2546)

สำหรับประเทศไทยเพิ่งมีการปลูกพืชระบบไฮโดรโปนิกส์เป็นเชิงพาณิชย์มาไม่นานและยังไม่แพร่หลายมาก แต่ในระดับงานวิจัยได้มีการศึกษาค้นคว้ากันมากว่า 30 ปีแล้ว โดยการวิจัยเริ่มแรกทำการทดสอบกับพืชผักหลายชนิดที่มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ พบว่าเทคนิคการปลูกในสารละลายแบบน้ำลึก (liquid culture, deep water) ประสบความสำเร็จน่าพอใจ แต่ระบบให้น้ำไหลผ่านรากพืชเป็นชั้นบางๆ ในขณะนี้ยังต้องมีการปรับปรุงและพัฒนา

ในระยะ 10 ปีนี้มีการวิจัยการปลูกพืชระบบไฮโดรโปนิกส์ในหลายสถาบัน เช่น ระหว่างปี 2530-2535 ได้มีการศึกษาเพื่อพัฒนาการปลูกพืชแบบไม่ใช้ดิน ณ พระราชวังสวนจิตรลดา เพื่อจะได้นำเทคนิคที่ได้จากการศึกษาไปใช้ปลูกพืชในพื้นที่ที่ดินมีปัญหาในการเพาะปลูก เช่น การปลูกพืชระบบวัสดุปลูกรดด้วยน้ำสารละลายธาตุอาหาร โดยใช้กระบะบรรจุสารละลายธาตุอาหารเป็นแปลงปลูก พบว่าสามารถ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปลูกพืชได้หลายชนิด เช่น พืชผักได้แก่ คะน้า กวางตุ้ง กะหล่ำดอก ผักกาดหัว ผักกาดขาว ผักบุ้งจีน ผักกาดหอม ตื่นฉ่าย ผักชี หอมแบ่ง มะเขือ มะเขือเทศ แตงเทศ ไม้ดอกได้แก่ ดาวเรือง บานชื่น พิทูเนีย กุหลาบ และไม้ประดับ เช่น โกสน หมากผู้หมากเมีย สาวน้อยประแป้ง ไผ่ฟิลิปปินส์ ซึ่งผลจากการวิจัยได้มีผู้สนใจนำไปปรับใช้ในการปลูกพืชระบบไฮโดรโปนิกส์เป็นการค้าจนถึงปัจจุบัน โดยระบบที่นำมาใช้กันแพร่หลายมีอยู่ 2 ระบบ คือ ระบบให้น้ำไหลผ่านรากพืชเป็นชั้นบางๆ(nutrient film technique,NFT ซึ่งเป็นระบบสำเร็จรูปที่นำเข้าจากประเทศออสเตรเลีย และระบบสารละลายหมุนเวียนชนิดไม่เติมอากาศซึ่งศึกษาและพัฒนาขึ้น ณ พระราชวังสวนจิตรลดา(กระบวน, 2542 ;อิทธิสุนทร, 2542)

ด้านกองเกษตรเคมี กรมวิชาการเกษตร ก็ได้มีการทดลองปลูกพืชผักหลายชนิด เช่น ผักกวางตุ้ง ผักกาดขาว ผักกาดขาวปลี ผักกาดฮ่องเต้ และผักกาดหัว โดยใช้สารเคมีสูตร Hoagland แต่เติมโซเดียมและใช้เฟอร์ริก เอทธิลีนไดเอมีนเททราอะซีเทต(ferric ethylene diamine tetraacetate, Fe-EDTA) เป็นสารให้ธาตุเหล็ก ทำการปลูกในถังพลาสติกหุ้มด้วยกระดาษเพื่อลดอุณหภูมิ และใช้แผ่นโฟมรองด้วยผ้าพลาสติกกันน้ำออก มีการให้ก๊าซออกซิเจนด้วยปั๊มอากาศ และหมั่นดูแลไม่ให้น้ำยาแห้ง พบว่าเป็นวิธีที่ได้ผลดีพอสมควร

สถาบันที่มีการวิจัยการปลูกพืชระบบไฮโดรโปนิกส์อย่างต่อเนื่องตั้งแต่ปี 2526 คือสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ซึ่งปัจจุบันได้มีการพัฒนาถึงขั้นจัดทำโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้คำนวณปริมาณธาตุอาหารในการเตรียมสารละลายธาตุอาหารพืช และดัดแปลงระบบที่ใช้อยู่เป็นระบบขนาดเล็กเพื่อปลูกพืชผักสวนครัวหรือไม้ดอกไม้ประดับเป็นงานอดิเรกอีกด้วย(อิทธิสุนทร,2542)

อ้างอิงตามเปรมปรี (2542) ระบบไฮโดรโปนิกส์ที่นำมาใช้กันในประเทศไทย คือ

1.ระบบให้น้ำไหลผ่านรากพืชเป็นชั้นบางๆ (nutrient film technique,NFT)

เป็นระบบที่สารละลายธาตุอาหารพืชมีการหมุนเวียน ซึ่งมีหลักการทำงานอย่างง่ายๆ คือสารละลายธาตุอาหารพืชจะไหลผ่านรากพืชในลักษณะคล้ายแผ่นฟิล์มบางๆ โดยที่รากพืชจะได้รับสารอาหารและออกซิเจนที่ช่วยในการหายใจของพืชโดยตรงอย่างเต็มที่ การไหลเวียนของน้ำจะเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องและสม่ำเสมอ ส่งผลให้พืชเจริญเติบโตได้อย่างรวดเร็ว เหมาะสมสำหรับปลูกพืชกินใบได้หลายชนิด เช่น ผักสลัดพันธุ์ต่างประเทศ ตัวอย่างเช่น green oak, red oak, red coral, frillice iceberg

2.ระบบการให้สารละลายธาตุอาหารพืชแบบหมุนเวียน (deep flow technique; DFT)

เป็นระบบที่มีการให้สารละลายธาตุอาหารพืชแบบหมุนเวียนโดยระดับสารละลายธาตุอาหารที่หมุนเวียนนั้นลึกประมาณ 5 - 10 ซม.รากพืชจะจุ่มในสารละลายธาตุอาหารที่ไหลอย่างช้าๆ เพื่อเป็นการเพิ่มออกซิเจนให้กับรากพืช โดยสามารถลดระดับน้ำให้น้อยลงได้ ระบบนี้จะเหมาะสำหรับปลูกผักประเภทกินใบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.ระบบน้ำหยด (substrate drip irrigation system)

เป็นระบบที่ให้สารละลายธาตุอาหารพืชโดยผ่านทางหัวน้ำหยด ลักษณะการทำงานของระบบไม่ยุ่งยาก ทำได้โดยให้ถังสำหรับใส่สารละลายอยู่สูงเหนือภาชนะปลูกเล็กน้อย แล้วใช้วาล์วควบคุมการเปิด - ปิด เพื่อให้สารละลายธาตุอาหารหยดลงไปในภาชนะปลูก แล้วซึมผ่านวัสดุปลูกไปยังรากพืชแต่ละต้น ทำให้รากพืชได้รับธาตุอาหารที่เหมาะสมกับการเจริญเติบโตอย่างทั่วถึง และเมื่อให้สารละลายธาตุอาหารในปริมาณที่พอเหมาะแล้วจึงทำการปิดวาล์ว หรือจะใช้เครื่องควบคุมเวลา (timer) ควบคุมการเปิด - ปิดวาล์ว เพื่อความสะดวกมากขึ้น ข้อดีของระบบนี้คือ ประหยัดเวลาและแรงงาน สามารถปลูกพืชประเภทกินผล เช่น มะเขือเทศ แตงกวา เคนตาลูป บวบเป็นต้น

4.ระบบไม้เลื้อย(Dynamic Root Floating Technique ,DRF)

เป็นระบบที่ให้สารละลายธาตุอาหารพืชโดยตรง น้ำนิ่งไม่มีการหมุนเวียนโดยที่รากของพืชจะจุ่มอยู่ในสารละลายธาตุอาหารตลอดเวลา หากต้องการเติมออกซิเจนให้กับรากก็สามารถใช้ ปั๊มลมช่วยได้ ชุดปลูกระบบนี้มีข้อดีคือ ประหยัดค่าใช้จ่าย ไม่ซับซ้อน ปลูกพืชผักได้หลายชนิด เช่น มะระจีน แตงกวาบวบ กระเจี๊ยบฝักอ่อน เป็นต้น

5.ระบบการให้น้ำแบบเปียกสลับแห้ง (flood & drain technique,Ebb & Flow)

เป็นระบบการให้น้ำแบบเปียกสลับแห้งตามระยะเวลาที่กำหนด ใช้หลักการทำงานคือ เมื่อให้น้ำเข้าไปในถาดเพาะปลูกจนท่วมราก ทำให้เกิดระบบเปียกพืชจะได้รับสารอาหาร สำหรับน้ำส่วนที่เกินจากระดับที่กำหนดก็จะล้นออกทางท่อน้ำล้น และเมื่อหยุดการให้น้ำ น้ำก็จะไหลกลับลงสู่ถังสารละลายทั้งหมด เกิดเป็นระบบแห้ง ซึ่งระบบจะทำงานสลับไปเรื่อยๆ ตามเวลาที่กำหนดไว้

การเจริญเติบโตและพัฒนาการของพืชไม่ว่าจะปลูกด้วยวิธีใช้ดินหรือระบบไฮโดรโปนิกส์ ถูกควบคุมโดยปัจจัยทั้งภายในและภายนอก การเรียนรู้ถึงอิทธิพลของปัจจัยต่างๆ เหล่านี้จึงเป็นเรื่องจำเป็น เนื่องจากเป็นความรู้พื้นฐานที่สำคัญในการกำหนดความสำเร็จหรือล้มเหลวในการปลูกพืช การเจริญเติบโตของพืชที่ปลูกในระบบไฮโดรโปนิกส์ขึ้นกับปัจจัยต่างๆ ซึ่งอาจจำแนกเป็นกลุ่มใหญ่ๆ ได้ 3 กลุ่ม ดังนี้

1.พันธุกรรม เป็นปัจจัยภายในตัวพืชเองเพราะเกี่ยวข้องกับยีน(gene)ซึ่งอยู่ในโครโมโซมของพืช ยีนเป็นตัวกำหนดลักษณะต่างๆ เช่น ความสูง รูปร่าง สี นอกจากนั้นยังเป็นตัวกำหนดว่าพืชจะเจริญเติบโตดี ให้ผลผลิตสูงหรือสามารถต้านทานศัตรูพืชได้ดีเพียงใด ปัจจัยทางพันธุกรรมจะมีอิทธิพลร่วมกับสภาพแวดล้อม ดังนั้นในการปรับปรุงพันธุ์พืชให้ได้ลักษณะตามต้องการ จะต้องแยกความแตกต่างทางพันธุกรรมออกจากความแตกต่างทางสภาพแวดล้อมให้ได้ ในประเทศที่มีการปลูกพืชระบบไฮโดรโปนิกส์เป็นการค้าอย่างแพร่หลาย เช่น ญี่ปุ่น เนเธอร์แลนด์ เบลเยียม จะให้ความสำคัญกับการปรับปรุงพันธุ์พืชเพื่อปลูกด้วยวิธีนี้โดยเฉพาะ การปลูกพืชโดยวิธีนี้จึงให้ผลผลิตสูงกว่าการปลูกพืชในดิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต่างจากประเทศไทยซึ่งการปลูกพืชระบบไฮโดรโปนิกส์ยังมีน้อย ส่วนใหญ่จึงใช้พันธุ์พืชพันธุ์เดียวกับที่ใช้ปลูกในดิน

2.สารควบคุมการเจริญเติบโต ไม่ว่าการปลูกพืชในดินหรือปลูกระบบไฮโดรโปนิกส์ พืชจะมีสารควบคุมการเจริญเติบโตและการพัฒนาของส่วนต่างๆอยู่ตลอดเวลา สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชเป็นสารอินทรีย์ซึ่งไม่จำกัดว่าพืชสร้างขึ้นเองหรือมนุษย์สังเคราะห์ขึ้น สารควบคุมการเจริญเติบโตปริมาณเพียงเล็กน้อยในระดับเพียงพีพีเอ็ม (ppm) จะสามารถกระตุ้น ยับยั้งหรือเปลี่ยนสภาพทางสรีรวิทยาของพืชได้ โดยสารควบคุมการเจริญเติบโตจะไปควบคุมการทำงานของยีนในการสร้างโปรตีน กระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ต่างๆ หรือเปลี่ยนแปลงกระบวนการต่างๆที่เกี่ยวข้องกับเยื่อหุ้มทั้งหลาย สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชแบ่งเป็นกลุ่มได้ดังนี้

2.1 ออกซิน (auxins) มีสมบัติเป็นสารเร่งการเจริญเติบโต ควบคุมการขยายขนาดเซลล์ การยืดตัวของเซลล์ และมีผลในการกระตุ้นการเกิดราก สารออกซินชนิดแรกที่ค้นพบ คือ IAA (indol-3-yl acetic acid) ซึ่งเป็นสารที่พืชสร้างขึ้นเอง เนื่องจากออกซินมีส่วนในกระบวนการหลายอย่างที่เกิดขึ้นในพืช จึงมีการสังเคราะห์สารต่างๆ ที่มีสมบัติคล้ายออกซินเพื่อนำมาใช้ในการเกษตร สารสังเคราะห์ที่ใช้ทั่วไปในปัจจุบันได้แก่ NAA (1-naphthylacetic acid), IBA (4-indol-3-yl butyric acid), 2,4-D (2,4-dichlorophenoxyacetic acid) และ 4-CPA (4- chlorophenoxyacetic acid) (พีรเดช, 2537)

2.2 จิบเบอเรลลิน (gibberellins) มีสมบัติในการกระตุ้นการยืดตัวของเซลล์ การแบ่งตัวของเซลล์ กระตุ้นการงอกของเมล็ดและตา เพิ่มการติดผล การเปลี่ยนเพศดอก เร่งการออกดอก สารจิบเบอเรลลินที่ค้นพบจนถึงปัจจุบันมี 72 ชนิด ซึ่งแต่ละชนิดมีโครงสร้างโมเลกุลคล้ายคลึงกัน แต่การเรียงตัวของบางอะตอมแตกต่างกันเล็กน้อย จึงเรียกจิบเบอเรลลินเหมือนกันหมดคือ จิบเบอเรลลิน เอ (GA) แล้วตามด้วยหมายเลขตั้งแต่ 1 ถึง 72 เช่น GA1, GA3 เป็นต้น สาร GA ที่นิยมใช้ในปัจจุบันมี 3 ชนิดได้แก่ GA3, GA4 และ GA7

2.3 ไซโตไคนิน (cytokinins) ไซโตไคนินเป็นสารควบคุมการเจริญเติบโตที่ใช้ประโยชน์ทางการเกษตรค่อนข้างน้อยกว่าสารกลุ่มอื่นๆ สารกลุ่มนี้มีผลต่อการแบ่งเซลล์ และกระตุ้นการเจริญทางด้านข้างของพืช กระตุ้นการเจริญของตาข้าง ชะลอการแก่ของพืช นอกจากนั้นยังมีผลเล็กน้อยต่อการพัฒนาของผล ใช้กันมากในงานเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ สารกลุ่มนี้ราคาสูงมาก จึงใช้ประโยชน์ค่อนข้างจำกัด ในประเทศไทยยังไม่มีการสั่งสารกลุ่มนี้เข้ามาใช้ในรูปสารเคมีเกษตรแต่มีจำหน่ายในรูปสารเคมีบริสุทธิ์ซึ่งราคาจะค่อนข้างสูง ไซโตไคนินที่พืชสังเคราะห์ได้เองตามธรรมชาติคือ ซีอาติน (zeatin) ส่วนสารสังเคราะห์ในกลุ่มนี้ได้แก่ ไคเนติน (kinetin) และ BAP (6-benzyl-aminopurine)

2.4 เอทิลีนและสารปลดปล่อยเอทีลีน (ethylene and ethylene releasing compounds) เอทิลีนเป็นสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชชนิดเดียวที่อยู่ในรูปก๊าซ มีอิทธิพลในการควบคุมการแก่ของพืช เช่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เร่งการสุกของผลไม้ เร่งการเหี่ยวของดอกไม้ นอกจากนี้ยังมีผลในการเร่งการออกดอกของพืชบางชนิด แต่เนื่องจากอยู่ในรูปก๊าซจึงใช้ประโยชน์ทางการเกษตรได้ค่อนข้างจำกัด จึงได้มีการคิดค้นสารรูปอื่นที่เป็นของแข็งหรือของเหลว แต่สามารถปลดปล่อยก๊าซเอทิลีนได้คือ ethephon (2-chloroethylphosphonic acid) และนำมาใช้ประโยชน์อย่างกว้างขวางในปัจจุบัน

2.5 สารชะลอการเจริญเติบโตของพืช (plant growth retardants) สารชะลอการเจริญเติบโตของพืชเป็นสารที่พืชไม่สามารถสร้างขึ้นเองได้ แต่เป็นสารที่สังเคราะห์ขึ้นเพื่อใช้ประโยชน์ทางการเกษตร มีสมบัติในการชะลอการแบ่งเซลล์และการยืดตัวของเซลล์บริเวณใต้ปลายยอดของกิ่ง จึงมีผลให้ความสูงของพืชลดลง นอกจากนี้ยังใช้ประโยชน์ในการเร่งการออกดอกของพืชบางชนิด เพิ่มการติดผลและคุณภาพของผลไม้ ตลอดจนมีผลในการเพิ่มผลผลิตพืชผัก สารชะลอการเจริญเติบโตของพืชที่ใช้กันแพร่หลายคือ คลอร์มีควอต(chlormequat) และดามิโนไซด์ (daminozide) และสารอื่นๆซึ่งใช้น้อยกว่าเช่น แอนซิมิดอล(ancimidol) มีไพควอตคลอไรด์(mepiquat chloride) และ ทาโคล์บิวทราซอล(paclobutrazol)

2.6 สารยับยั้งการเจริญเติบโตของพืช (plant growth inhibitors) สารกลุ่มนี้มีสมบัติในการยับยั้งการแบ่งเซลล์ ยับยั้งการทำงานของฮอร์โมนอื่นบางชนิด และยับยั้งการเจริญเติบโตทั่วๆ ไป สารยับยั้งการเจริญเติบโตที่พบในธรรมชาติมีกว่า 200 ชนิด แต่สารที่สำคัญที่สุดคือ ABA (abscisic acid) ซึ่งมีผลควบคุมการหลุดร่วงของใบ ดอก และผล การพักตัวของพืช และการคายน้ำ ไม่มีการนำสารนี้มาใช้ประโยชน์ทางการเกษตร แต่มีการสังเคราะห์สารหลายชนิดเช่น มาเลอิคไฮดราไซด์(maleic hydrazide) คลอโรฟลูรีนอลหรือมอร์แฟคทิน(chloroflurenol, morphactin) ไดคีกูแลค-โซเดียม(dikegulac sodium) ที่มีผลในการยับยั้งการเจริญเติบโตของพืช และใช้ประโยชน์ในการกระตุ้นการแตกตาข้าง ยับยั้งการงอกของหัว และลดความสูงของไม้พุ่ม

3.สภาพแวดล้อม สภาพแวดล้อมเป็นปัจจัยภายนอกที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช ซึ่งการตอบสนองต่อปัจจัยต่างๆเหล่านี้ไม่ได้แตกต่างกันไม่ว่าจะปลูกพืชในดินหรือระบบไฮโดรโปนิกส์ ปัจจัยที่เป็นตัวควบคุมการเจริญเติบโตและพัฒนาการของพืชมีอยู่หลายปัจจัย แต่ปัจจัยที่สำคัญมีดังต่อไปนี้

3.1 อุณหภูมิ อุณหภูมิควบคุมอัตราการเจริญเติบโตของพืช โดยมีผลโดยตรงต่อการสังเคราะห์แสง การหายใจ การดูดธาตุอาหาร การคายน้ำและกิจกรรมของเอนไซม์ต่างๆ โดยทั่วไปอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นมีผลในการเร่งกระบวนการทางเคมีต่างๆในพืช กระบวนการเหล่านี้ควบคุมโดยเอนไซม์ ซึ่งจะทำงานได้ดีในช่วงอุณหภูมิแคบๆ อุณหภูมิสูงหรือต่ำกว่าช่วงที่เหมาะสมจะทำให้เอนไซม์ทำงานลดลง มีผลให้ปฏิกิริยาเคมีต่างๆ ในพืชลดลงหรือหยุดไปด้วย เมื่อถึงจุดนี้ พืชจะอยู่ในภาวะเครียดและหยุดการเจริญเติบโต และอาจตายได้ในที่สุด การควบคุมอุณหภูมิให้เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืชจึงเป็นเรื่องสำคัญ สำหรับการปลูกพืชระบบไฮโดรโปนิกส์ อุณหภูมิมีบทบาทสำคัญมากต่อการเจริญเติบโตของพืช เนื่องจากอุณหภูมิที่สูงขึ้นจะทำให้ออกซิเจนละลายน้ำได้ลดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำให้มีออกซิเจนไม่เพียงพอต่อการหายใจของราก เช่นเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นจาก 25° C เป็น 30° C จะทำให้ปริมาณออกซิเจนในน้ำลดลงจาก 8.25พีพีเอ็ม เหลือเพียง 7.51 พีพีเอ็ม

3.2 ความชื้นสัมพัทธ์ มีผลโดยตรงต่อการคายน้ำของพืช เมื่อความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศสูงจะทำให้พืชคายน้ำน้อยลง ส่งผลให้การลำเลียงแร่ธาตุอาหารต่างๆ จากรากไปสู่ใบลดลง และยังทำให้อุณหภูมิที่ใบสูงขึ้น นอกจากนี้ความชื้นสัมพัทธ์สูงยังเป็นสาเหตุทำให้เกิดโรคบางโรคได้ง่ายอีกด้วย

3.3 แสง เป็นปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและพัฒนาการของพืช เพราะแสงเป็นปัจจัยสำคัญในการสร้างอาหารหรือการสังเคราะห์แสงของพืช โดยมีคลอโรฟิลล์เป็นตัวรับแสงไปใช้เป็นพลังงานในการเปลี่ยนคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำเป็นคาร์โบไฮเดรตและออกซิเจน สมบัติของแสงมีที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชมี 3 ประการได้แก่ ความยาวคลื่น ความเข้มแสงและระยะเวลาที่พืชได้รับแสง สมบัติที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชที่ปลูกด้วยระบบไฮโดรโปนิกส์มาก คือความเข้มแสง ความเข้มแสงที่มากเกินไปหรือน้อยเกินไป จะมีผลต่อการลดการสังเคราะห์แสงของพืช ทำให้พืชมีการเจริญเติบโตน้อยลง สำหรับการปลูกพืชในประเทศไทย ซึ่งอยู่ในเขตร้อนได้รับแสงที่มีความเข้มสูง การปลูกพืชในที่โล่งต้องมีการให้ร่มเงาเพื่อลดความเข้มแสง นอกจากนี้แสงยังสัมพันธ์กับอุณหภูมิคือเมื่อแสงมีความเข้มมากขึ้นอุณหภูมิก็จะสูงขึ้นด้วย ซึ่งในการปลูกพืชระบบไฮโดรโปนิกส์จะมองข้ามความสัมพันธ์นี้ไม่ได้ เนื่องจากอุณหภูมิของสารละลายที่ใช้ปลูกพืชมีบทบาทอย่างมากต่อกิจกรรมของราก

3.4 องค์ประกอบของบรรยากาศ พืชต้องใช้คาร์บอนไดออกไซด์เป็นวัตถุดิบในการสังเคราะห์แสง ในบรรยากาศปกติมีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ประมาณร้อยละ 0.03 ซึ่งเพียงพอต่อความต้องการของพืช นอกจากในบริเวณที่มีพืชหนาแน่นคาร์บอนไดออกไซด์อาจเป็นตัวจำกัดการเจริญเติบโตของพืชได้ในเวลากลางวัน เนื่องจากมีการสังเคราะห์แสงเกิดขึ้นมาก นอกจากคาร์บอนไดออกไซด์แล้ว พืชต้องใช้ออกซิเจนในการหายใจเพื่อเปลี่ยนพลังงานเคมีที่สะสมไว้ในรูปคาร์โบไฮเดรตเป็นพลังงานทำปฏิกิริยาเคมีต่างๆ ในการปลูกพืชระบบไฮโดรโปนิกส์นั้นส่วนที่อยู่เหนือดินมักไม่มีปัญหาการขาดออกซิเจน เนื่องจากในอากาศมีออกซิเจนอยู่ถึงร้อยละ 20 แต่ในส่วนของรากที่อยู่ในสารละลายมักเกิดปัญหาเนื่องจากปริมาณออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำไม่เพียงพอต่อความต้องการของพืช จึงต้องมีการเติมออกซิเจนในสารละลายซึ่งอาจทำได้โดยใช้ปั๊มหรือเครื่องปั๊มลม หรืออาจใช้ระบบหมุนเวียนสารละลาย โดยปกติควรรักษาระดับออกซิเจนในสารละลายให้อยู่ที่ 8 พีพีเอ็ม

3.5 คุณภาพน้ำ คุณภาพน้ำมีความสำคัญมากในการปลูกพืชระบบไฮโดรโปนิกส์เนื่องจากพืชที่ปลูกได้รับธาตุอาหารต่างๆจากสารละลายธาตุอาหารซึ่งต้องใช้น้ำเป็นองค์ประกอบสำคัญ ถ้าน้ำมีการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุของโรคต่างๆ โรคจะแพร่กระจายได้อย่างรวดเร็ว จำเป็นต้องมีการฆ่าเชื้อก่อนนำไปใช้ ซึ่งอาจใช้คลอรีน หรือ โซเดียมไฮโปคลอไรด์(sodium hypochloride) หรือ แคลเซียมไฮโปคลอไรด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(calcium hypochloride)ก็ได้ ถ้าน้ำขุ่นเนื่องจากมีสารแขวนลอย จะต้องกรองเอาตะกอนออก นอกจากนี้ถ้าน้ำที่ใช้มีองค์ประกอบทางเคมีที่ไม่เหมาะสม เช่น มีจุลธาตุบางตัวในปริมาณมากเกินไป ก็จะมีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชได้ น้ำที่มีคุณสมบัติเหมาะสมสำหรับการปลูกพืชระบบไฮโดรโปนิกส์คือ น้ำฝนหรือน้ำจากคลองชลประทาน

3.6 ความเป็นกรด-ด่างของน้ำ(pH) ความเป็นกรด-ด่างของน้ำมีผลทางอ้อมต่อการเจริญเติบโตของพืช เกี่ยวข้องกับความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหาร โดยทั่วไปการปลูกพืชแบบไฮโดรโปนิกส์ สารละลายธาตุอาหารพืชควรมี pH อยู่ระหว่าง 5.5-6.5 หรือประมาณ 6 แต่ไม่ควรเกิน 7 ทั้งนี้ขึ้นกับชนิดพืช

3.7 ธาตุอาหารพืช พืชที่ยังคงความสดอยู่จะมีปริมาณน้ำประกอบอยู่ร้อยละ 80-95 ถ้าเก็บต้นพืชมาชั่งจะได้น้ำหนักสด เมื่อวางทิ้งไว้พืชจะเหี่ยวลงเนื่องจากสูญเสียน้ำอยู่ตลอดเวลา และถ้านำไปอบที่อุณหภูมิ 70° C เป็นเวลา 24-48 ชั่วโมง น้ำส่วนใหญ่ที่อยู่ในต้นพืชจะระเหยไป เมื่อนำไปชั่งอีกครั้งเพื่อหาน้ำหนักแห้งจะพบว่าพืชมีน้ำหนักลดลงอย่างมากเหลือเพียงร้อยละ 10-20 ของน้ำหนักสดที่ชั่งครั้งแรก (กระบวน, 2542) ตัวอย่างเช่น เก็บผักคื่นฉ่ายมา 1 ต้น สมมุติว่าชั่งได้น้ำหนักสด 100 กรัม แต่เมื่อนำไปอบให้แห้งแล้วชั่งใหม่จะเหลือน้ำหนักแห้งเพียง 10 กรัม เป็นต้น น้ำหนักแห้งที่ได้นี้มากกว่าร้อยละ 90 ประกอบด้วยแร่ธาตุ 3 ชนิด คือ คาร์บอน (C) ออกซิเจน(O_2)และไฮโดรเจน (H) ซึ่งได้มาจากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ก๊าซออกซิเจน ในบรรยากาศ และ น้ำ (H_2O) ส่วนที่เหลือเป็นแร่ธาตุชนิดอื่นๆ ที่ประกอบเป็นต้นพืช จากตัวอย่างคื่นฉ่ายจะพบว่ามีธาตุอื่นๆ เพียงร้อยละ 1 ของน้ำหนักสด หรือเท่ากับ 1 กรัม

ในการปลูกพืชแบบไฮโดรโปนิกส์นั้น ปัจจัยสำคัญที่สุดที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชคือน้ำและธาตุอาหาร เนื่องจากเป็นปัจจัยที่ผู้ปลูกจัดหาให้แก่พืชโดยตรงโดยการเตรียมสารละลายธาตุอาหาร สามารถควบคุมปริมาณธาตุอาหารแต่ละชนิดให้เหมาะสมต่อความต้องการของพืชแต่ละชนิดได้ โดยทั่วไปธาตุอาหารที่พืชต้องการมีทั้งสิ้น 16 ธาตุ ซึ่ง 3 ธาตุ ได้แก่ คาร์บอน ไฮโดรเจน และออกซิเจน ได้จากน้ำและอากาศ ส่วนอีก 13 ธาตุจะแบ่งเป็น 2 กลุ่มตามปริมาณที่พืชต้องการ คือ

1. ธาตุที่พืชต้องการในปริมาณมาก (macronutrient elements) คือธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตและพืชมีความต้องการในปริมาณมากเมื่อเทียบกับธาตุอื่นๆ มีทั้งหมด 6 ธาตุ ได้แก่

1.1 ไนโตรเจน (N) เป็นธาตุสำคัญและมีความจำเป็นอย่างยิ่งในการเจริญเติบโตของพืช เพราะไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบของกรดอะมิโน(amino acid) โปรตีน นิวคลีโอไทด์(nucleotide) และคลอโรฟิลล์ ซึ่งสารเหล่านี้เป็นสารประกอบที่สำคัญมากต่อกระบวนการเมแทบอลิซึม (metabolism) ของพืช พืชที่ได้รับไนโตรเจนเพียงพอจะเจริญเติบโตดี มีใบสีเขียวเข้ม ไนโตรเจนมีส่วนสำคัญในการเพิ่ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คุณภาพพืชผัก เพราะเป็นตัวทำให้ผักมีลักษณะอวบน้ำ พืชผักที่ใช้รับประทานต้นหรือใบจึงต้องการไนโตรเจนสูง เพื่อให้ต้นและใบมีความกรอบ มีกากหรือเส้นใยน้อย ซึ่งเป็นลักษณะที่ผู้บริโภคต้องการ

1.2 ฟอสฟอรัส (P) ฟอสฟอรัสมีหน้าที่เกี่ยวกับการถ่ายเทพลังงาน ซึ่งเป็นกระบวนการทางสรีรวิทยาที่สำคัญมาก พลังงานที่ได้จากการสังเคราะห์แสงและเมแทบอลิซึมของสารประกอบคาร์โบไฮเดรต จะถูกเก็บไว้ในรูปของสารประกอบฟอสเฟตได้แก่ อะดีโนซีนไทรฟอสเฟต (adenosintriphosphate; ATP) สำหรับใช้ในการเจริญเติบโตและการสืบพันธุ์ของพืช นอกจากนั้น ฟอสฟอรัสยังเป็นส่วนประกอบของนิวคลีโอไทด์และไลปิด(lipid)อีกด้วย ในแง่การเจริญเติบโตของพืช ฟอสฟอรัสทำให้การแบ่งเซลล์และการพัฒนาของส่วนที่เจริญเติบโตของพืช (ยอดและราก) เป็นไปด้วยดี ฟอสฟอรัสยังช่วยให้พืชออกดอกและแก่เร็ว ทำให้พืชมีความแข็งแรงและต้านทานต่อโรคแมลง สำหรับพืชผัก ฟอสฟอรัสทำให้พืชตั้งตัวได้เร็ว โดยเฉพาะระยะแรกๆ ของการเจริญเติบโต ฟอสฟอรัสยังมีส่วนในการทำให้พืชผักเก็บเกี่ยวได้เร็วและมีรสชาติดีขึ้นด้วย

1.3 โพแทสเซียม (K) มีหน้าที่เกี่ยวกับการทำงานด้านสรีรวิทยาของพืช เป็นธาตุจำเป็นในการสังเคราะห์คาร์โบไฮเดรต การเคลื่อนย้ายแป้งและน้ำตาลในพืช จึงเป็นธาตุที่จำเป็นมากต่อพืชผักประเภทหัว นอกจากนี้โพแทสเซียมยังควบคุมการปิดเปิดของปากใบ และกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ในพืชผักที่ใช้รับประทานต้นและใบ มีความต้องการโพแทสเซียมไม่น้อยกว่าไนโตรเจน เพราะเป็นธาตุที่ช่วยส่งเสริมคุณภาพ

1.4 แคลเซียม (Ca) แคลเซียมเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของผนังเซลล์ หน้าที่หลักภายในพืชจึงเกี่ยวข้องกับความแข็งแรงของเนื้อเยื่อและเซลล์พืช นอกจากนั้นยังมีบทบาทในการกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์อีกด้วย

1.5 แมกนีเซียม (Mg) แมกนีเซียมเป็นองค์ประกอบของคลอโรฟิลล์ นอกจากนี้ยังมีบทบาทในการดูดซึมธาตุอาหาร และการเคลื่อนย้ายธาตุอาหารของพืช โดยเฉพาะอย่างยิ่งฟอสเฟต

2. ธาตุที่ต้องการในปริมาณน้อยหรือจุลธาตุ (micronutrient elements) คือ ธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืชแต่พืชต้องการในปริมาณน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับธาตุอื่นๆ ในการปลูกพืชระบบไฮโดรโปนิกส์จะต้องระมัดระวังการควบคุมปริมาณธาตุกลุ่มนี้เป็นพิเศษกว่าธาตุในกลุ่มมหธาตุ เพราะช่วงความเข้มข้นระหว่างความเป็นพิษและการขาดค่อนข้างแคบ

2.1 เหล็ก (Fe) เป็นธาตุที่ไม่ค่อยมีการเคลื่อนย้ายในพืช เหล็กเป็นส่วนประกอบของเฟอริดอกซิน (ferridoxin) ซึ่งเป็นสารสำคัญในกระบวนการถ่ายทอดอิเล็กตรอนของพืช นอกจากนั้นยังเป็นองค์ประกอบของคลอโรฟิลล์

2.2 แมงกานีส (Mn) เป็นธาตุที่มีบทบาทสำคัญในกระบวนการสังเคราะห์แสง และการทำงานร่วมกับธาตุอื่น เช่น เหล็ก แคลเซียม และแมกนีเซียม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 สังกะสี (Zn) เป็นธาตุจำเป็นต่อการสังเคราะห์ IAA ซึ่งเกี่ยวข้องกับการขยายตัวของเซลล์ มีบทบาทสำคัญต่อการทำงานของเอนไซม์หลายชนิด และยังมีบทบาทในการสร้างคาร์โบไฮเดรตของพืชด้วย

2.4 ทองแดง (Cu) เป็นธาตุที่มีความจำเป็นเนื่องจากเป็นองค์ประกอบของโปรตีน ช่วยในกระบวนการหายใจ และส่งเสริมให้พืชนำเหล็กมาใช้ประโยชน์ได้มากขึ้น

2.5 โบรอน (B) หน้าที่ของโบรอนในพืชยังไม่ทราบแน่ชัด แต่เชื่อกันว่าโบรอนมีความสำคัญต่อการสังเคราะห์และเคลื่อนย้ายคาร์โบไฮเดรต การสร้างกรดอะมิโนและโปรตีน การงอกและการเจริญเติบโตของละอองเกสรตัวผู้ และกิจกรรมต่างๆของเซลล์ เช่น การแบ่งเซลล์ การขยายตัวของเซลล์

2.6 โมลิบดินัม (Mo) เป็นองค์ประกอบที่สำคัญของเอนไซม์ 2 ชนิด คือไนโตรจีเนส (nitrogenase) ซึ่งสำคัญต่อการตรึงไนโตรเจนจากอากาศ และไนเตรตรีดักเทส (nitrate reductase) ซึ่งเกี่ยวข้องกับการรีดิวซ์ไนเตรตให้เป็นไนไตรต์

2.7 คลอรีน (Cl) ถ้าความเข้มข้นสูงกว่าร้อยละ 1 ส่วนใหญ่จะเป็นพิษต่อพืช บทบาทภายในพืชยังไม่ทราบแน่ชัด แต่ถ้าขาดคลอรีนพืชจะเหี่ยวง่าย

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

สารละลายธาตุอาหาร

สารละลายธาตุอาหารนับเป็นหัวใจสำคัญของการปลูกพืชระบบไฮโดรโปนิกส์ เพราะพืชจะได้รับธาตุอาหารต่างๆจากสารละลายธาตุอาหาร ซึ่งผู้ปลูกเตรียมขึ้นจากการนำปุ๋ยหรือสารเคมีมาละลายน้ำ จึงสามารถกำหนดปริมาณธาตุอาหารให้เป็นไปตามที่พืชต้องการได้ อย่างไรก็ตามการเตรียมสารละลายธาตุอาหารก็มีรายละเอียดที่ผู้ปลูกจำเป็นต้องรู้ ดังต่อไปนี้

1. คุณภาพของน้ำที่ใช้เตรียมสารละลาย น้ำที่ใช้เตรียมสารละลายเป็นปัจจัยพื้นฐานในการกำหนดการเจริญเติบโตของพืชที่ปลูกระบบไฮโดรโปนิกส์ มีผลต่อการเลือกพืชปลูก ระบบปลูก และวิธีจัดการธาตุอาหารพืช คุณภาพของน้ำจึงเป็นเรื่องสำคัญที่ต้องคำนึงถึง โดยทั่วไปถ้าน้ำสะอาดพอที่มนุษย์หรือสัตว์สามารถดื่มได้ก็ถือว่าเป็นน้ำที่สามารถนำมาใช้เตรียมสารละลายสำหรับปลูกพืชได้ นอกจากความสะอาด ควรต้องทราบสมบัติทางเคมีว่ามีธาตุต่างๆ อยู่ในปริมาณเท่าใด มีค่าความเป็นกรดเป็นด่างอยู่ในระดับไหน ในการปลูกพืชผักเป็นการค้าจึงควรนำตัวอย่างน้ำไปวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ ค่าที่วิเคราะห์ได้จะบอกให้ทราบว่า น้ำที่จะใช้ประกอบด้วยธาตุอะไรบ้าง มีปริมาณอยู่ในระดับไหน เป็นพิษต่อพืชหรือไม่ โดยทั่วไปน้ำที่เหมาะสมที่จะนำมาเตรียมสารละลายได้ควรมีปริมาณธาตุต่างๆในปริมาณที่พอเหมาะ ดังตารางที่1 แสดงคุณภาพของน้ำที่สามารถนำมาปลูกพืชระบบไฮโดรโปนิกส์ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ชนิดของปุ๋ยหรือสารเคมีที่ใช้ในสารละลาย ปุ๋ยหรือสารเคมีที่ใช้ในการเตรียมสารละลายธาตุอาหารพืชจะต้องเป็นสารที่ละลายน้ำได้หมด ซึ่งปกติจะมีราคาแพง ดังนั้นต้องหาแหล่งธาตุอาหารในรูปของปุ๋ยซึ่งจะมีราคาถูกกว่าสารเคมีทั่วไป แต่บางธาตุก็ต้องใช้สารเคมี โดยเฉพาะจุลธาตุ ซึ่งมีราคาแพง อย่างไรก็ตามธาตุเหล่านี้ใช้ในปริมาณเล็กน้อยเท่านั้น นอกจากธาตุเหล็กซึ่งต้องใช้ในรูปคีเลตที่มีราคาแพงและต้องใช้ในปริมาณมาก นอกจากนั้นในปุ๋ยบางชนิดที่ให้ธาตุอาหารหลักยังมีจุลธาตุบางตัวปนอยู่ด้วย จึงไม่จำเป็นต้องเติมจุลธาตุเหล่านั้นอีก ดังรายละเอียดในตารางที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1 คุณภาพน้ำที่สามารถนำมาใช้ปลูกพืชระบบไฮโดรโปนิกส์

ธาตุและอนุมูลที่เจือปนในน้ำ		น้ำหนักโมเลกุล	ค่าสูงสุดที่สามารถมีอยู่ในน้ำได้	
			มิลลิโมล/ลิตร	มิลลิกรัม/ลิตร (ppm)
โซเดียม	Na^{+}	23.0	0.5	11.5
คลอรีน	Cl^{-}	35.5	1.0	35.5
แคลเซียม	Ca^{++}	40.1	2.0	80.2
แมกนีเซียม	Mg^{++}	24.3	0.5	12.2
ซัลเฟต	SO_4^{++}	96.1	0.5	48.1
ไบคาร์บอเนต	HCO_3^{-}	61.0	4.0	244.0
เหล็ก	Fe^{++}	55.9	0.5	28.0
แมงกานีส	Mn^{++}	54.9	10.0	549.0
ทองแดง	Cu^{++}	63.5	1.0	63.5
สังกะสี	Zn^{++}	65.4	5.0	327.0
โบรอน	B^{++}	10.8	25.0	270.0
ฟลูออร์ไรด์	F^{-}	19.0	25.5	475.0
ค่าการนำไฟฟ้า	EC		0.5mS/cm 25° C	
ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง	pH		5.5-6	

ที่มา:จินดารัตน์,2516

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2 ปุ๋ยและสารเคมีที่ใช้ในสารละลายที่ใช้ปลูกพืชระบบไฮโดรโปนิกส์

ชนิดของปุ๋ย	N(%)	P_2O_5(%)	K_2O(%)	ธาตุอื่นที่มีอยู่
แอมโมเนียมซัลเฟต	20	-	-	กำมะถัน 28 %
แอมโมเนียมไนเตรต	34	-	-	
แอมโมเนียมซัลเฟต ไนเตรต	26	-	-	แคลเซียมออกไซด์ 14%
แอมโมเนียมคลอไรด์	26	-	-	
ยูเรีย	46	-	-	
แคลเซียมไนเตรต	10-20	-	-	แคลเซียมไฮดรอกไซด์ ประมาณ 28 %
โมโนแอมโมเนียมฟอสเฟต	12	61	-	
ไดแอมโมเนียมฟอสเฟต	21	53	-	
แอมโมเนียมฟอสเฟต	-	-	-	
แอมโมฟอส เอ	11	48	-	
แอมโมฟอส บี	16	20	-	
โพแทสเซียมไนเตรต	14	-	44	
โพแทสเซียมแอมโมเนียมไนเตรต	16	-	28	
โพแทสเซียมออโธฟอสเฟต	-	32-53	30-50	
โซเดียมโพแทสเซียมไนเตรต	15	-	15	
ไนโตรฟอสก้า	10-16.5	11-30	12-26.5	
ซุปเปอร์ฟอสเฟต	-	-	-	
ซิงเกิ้ล	-	15-20	-	
ดับเบิ้ล	-	36-42	-	
ทริปเปิ้ล	-	45-50	-	ยิบซัม 50% และเหล็ก อลูมิเนียม ซิลิกา กำมะถัน และฟลูออรีน
แคลเซียมเมทาฟอสเฟต	-	65	-	ฟลูออรีนเล็กน้อย
โมโนแคลเซียมฟอสเฟต	-	48-55	-	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2 (ต่อ)

ชนิดของปุ๋ย	N(%)	P_2O_5(%)	K_2O(%)	ธาตุอื่นที่มีอยู่
โพแทสเซียมแมกนีเซียมซัลเฟต	-	-	48-53	แมกนีเซียมซัลเฟตไม่ต่ำกว่า 25% และคลอรีนเล็กน้อย
โพแทสเซียมซัลเฟต	-	-	42-48	กำมะถัน และคลอรีนเล็กน้อย
โมโนโพแทสเซียมฟอสเฟต	-	52.2	34.6	
โพแทสเซียมแมกนีเซียมคาร์บอเนต	-	-	20	แมกนีเซียมประมาณ 20 %
โพแทสเซียมซิลิเกต	-	-	25	

ที่มา: ถวัลย์, 2534

3. สูตรของสารละลายธาตุอาหาร ปัจจุบันสารละลายธาตุอาหารมีอยู่หลายสูตรขึ้นกับชนิดพืชที่ปลูก ฤดูปลูก แสง อุณหภูมิขณะที่ปลูก สถานที่ปลูก ตลอดจนวัตถุประสงค์ของการปลูก การปลูกพืชเป็นการค้าจะต้องปลูกในปริมาณมากเพื่อให้มีผลกำไร จำเป็นที่จะต้องเลือกใช้สูตรที่เหมาะสมและมีความเข้มข้นของธาตุอาหารน้อยที่สุดเพื่อลดต้นทุนและเพิ่มผลกำไรเพราะต้นทุนค่าสารละลายเป็นค่าใช้จ่ายส่วนใหญ่ในการดำเนินการ เนื่องจากต้องใช้จ่ายอย่างต่อเนื่องตลอดระยะ เวลาปลูก ต่างจากค่าวัสดุอุปกรณ์ต่างๆที่เป็นการลงทุนเพียงครั้งเดียวแต่ใช้ได้เป็นเวลานาน สูตรสารละลายธาตุอาหารพืชที่เป็นสูตรมาตรฐานและมักถูกดัดแปลงเพื่อให้เหมาะสมกับพืชต่างๆ โดยยึดหลักช่วงความเข้มข้นและค่าเฉลี่ยของธาตุอาหารตามความต้องการของพืช ดังตารางที่ 3 ซึ่งแสดงค่าเฉลี่ยของปริมาณธาตุอาหารแต่ละชนิดในสารละลายที่เหมาะสมสำหรับปลูกพืชระบบไฮโดรโปนิกส์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3 ปริมาณและค่าเฉลี่ยของธาตุอาหารแต่ละชนิดในสารละลายที่เหมาะสมสำหรับปลูกพืชระบบไฮโดรโปนิกส์

ธาตุอาหาร	ปริมาณธาตุอาหารในสารละลาย (มิลลิกรัมต่อลิตร)	
	ช่วง	ค่าเฉลี่ย
ไนโตรเจน	150-1000	300
แคลเซียม	300-500	400
ฟอสฟอรัส	50-100	75
โพแทสเซียม	100-400	250
กำมะถัน	200-1000	400
ทองแดง	0.1-0.5	0.5
โบรอน	0.5-5.0	1
เหล็ก	2.0-10.0	5
แมงกานีส	0.5-5.0	2
โมลิบดินัม	0.001-0.002	0.001
สังกะสี	0.5-1.0	0.5
คลอรีน	0.1-1.0	0.5

ที่มา: นภดล, 2538

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

96892

ตารางที่ 4 สูตรมาตรฐานของสารละลายธาตุอาหารที่ใช้ในการปลูกพืชระบบไฮโดรโปนิกส์ของ Knop's , Sach's , Shive's และ Hoagland's

ชนิดสารเคมี	ธาตุที่พืชได้รับ	รูปของธาตุที่พืชได้รับ	ปริมาณความเข้มข้นที่ใช้ (กรัม/ลิตร)			
			Knop	Sach	Shive	Hoagland
โพแทสเซียมไนเตรต	K, N	K^+, NO_3^-	0.20	1.00		0.51
โพแทสเซียมไดไฮโดรฟอสเฟต	K, P	K^+, PO_4^{2-}	0.20		0.31	0.14
แคลเซียมไนเตรต	Ca, N	Ca^{2+}, NO_3^-	0.80		1.06	1.18
แคลเซียมซัลเฟต	Ca, S	Ca^{2+}, SO_4^{2-}		0.50		
แมกนีเซียมซัลเฟต	Mg, S	Mg^{2+}, SO_4^{2-}	0.20	0.50	0.55	0.49
แอมโมเนียมซัลเฟต	N, S	NH_4^+, SO_4^{2-}			0.09	
โซเดียมคลอไรด์	Na, Cl	Na^+, Cl^-		0.25		
เฟอรัสซัลเฟต	Fe, S	Fe^{2+}, SO_4^{2-}		trace	0.005	
เฟอรัสฟอสเฟต	Fe, P	Fe^{2+}, PO_4^{2-}	trace			
Fe-EDTA	Fe					0.005

ที่มา: Hewitt, 1975

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารละลายธาตุอาหารพืชที่สมบูรณ์จะต้องมีธาตุอาหารครบทุกชนิดในปริมาณสมดุลและเพียงพอต่อความต้องการของพืช ถ้าเตรียมสารละลายธาตุอาหารไม่สมบูรณ์หรือมีการจัดการสารละลายผิดพลาดทำให้สารละลายไม่สมดุล อาจทำให้พืชได้รับธาตุบางชนิดไม่เพียงพอ

อ้างตาม โสระยา, 2544 และ Harris, 1992 ข้อดี-ข้อเสีย ของการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินแบบไฮโดรโปนิกส์ ได้แก่

ข้อดี

1. สามารถปลูกพืชได้แม้ในพื้นที่ที่ไม่มีดิน และในพื้นที่ที่ดินไม่เหมาะสมสำหรับปลูกพืช
2. ลดอายุการเก็บเกี่ยวให้สั้นลงกว่าการปลูกในดิน
3. ลดการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดโรคและแมลง เนื่องจากมีการควบคุมสภาพแวดล้อม ควบคุมศัตรูพืชได้ง่าย เพราะการไม่ใช้ดินในการปลูกพืช ทำให้ไม่มีปัญหาโรคแมลงที่อยู่ในดินตลอดจนไม่มีปัญหาวัชพืช ส่วนโรคแมลงที่ระบาดทางอากาศก็สามารถลดการใช้สารเคมีได้โดยการใช้โรงเรือนตาข่าย
4. สามารถปลูกพืชได้ต่อเนื่องตลอดปี เมื่อเก็บผลผลิตผักแล้วสามารถปลูกพืชผักรุ่นต่อไปได้ทันที และปลูกพืชได้ทุกฤดูกาลและทุกสภาพอากาศ เนื่องจากมีการควบคุมปริมาณธาตุอาหารให้พอดีกับความต้องการของพืชและมีการควบคุมสภาพแวดล้อมอื่นๆ ให้เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต
5. ผลผลิตมีความสม่ำเสมอ สะอาดและคุณภาพดี เนื่องจากมีการควบคุมปริมาณธาตุอาหารตามที่พืชต้องการตลอดจนควบคุมปัจจัยทางด้านสภาพแวดล้อมได้ทั่วถึง ทำให้ได้ผลผลิตที่มีความสม่ำเสมอ มีรูปร่าง สีและ ขนาด ใกล้เคียงกัน
6. ใช้แรงงานน้อยลง การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินจะใช้แรงงานน้อยกว่าการปลูกพืชในดิน

ข้อเสีย

1. ใช้เงินลงทุนครั้งแรกค่อนข้างสูง
2. ผู้ปลูกต้องทราบเทคนิคของการปลูกและในทางปฏิบัติอาจทำได้ไม่กว้างขวางมากเนื่องจากยังอาศัยเทคโนโลยีจากต่างประเทศ
3. ชนิดพืชที่เหมาะสมกับการปลูกโดยไม่ใช้ดินมีไม่มาก ส่วนใหญ่เป็นผัก
4. ระบบนี้ต้องการดูแลอย่างสม่ำเสมอต่อเนื่อง เช่น ต้องหมั่นตรวจสอบมิให้พืชขาดน้ำและธาตุอาหาร

ผักที่ปลูกในระบบไฮโดรโปนิกส์ที่นำมาศึกษา

1. กวางตุ้ง (chinese mustard)

กวางตุ้งเป็นพืชเศรษฐกิจที่นิยมปลูกเพื่อบริโภคส่วนของใบ ก้านและช่อดอก ใช้ปรุงอาหารได้หลายชนิด เช่น ต้น ใบ ใช้แกง ต้ม ผัด หรือ ลวกจิ้ม มีถิ่นกำเนิดในทวีปเอเชียตะวันออกเฉียงใต้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปลูกกันมากในประเทศจีน(มณฑลกวางตุ้ง) ฮ่องกง ไต้หวัน และประเทศไทย กวางตุ้งเป็นพืชที่ปลูกได้ง่าย มีอายุสั้น อายุการเก็บเกี่ยวของกวางตุ้งค่อนข้างเร็วประมาณ 35-45 วัน ปลูกได้ทั้งปีและทุกภาคของประเทศไทย กวางตุ้งเป็นพืชในตระกูลผักกาด-กะหล่ำ (Brassicacea เดิมเรียกว่า Cruciferae) อยู่ในอันดับ Cruciales ชื่อวิทยาศาสตร์ คือ *Brasscica chinensis* Jusl. และยังมีชื่ออื่นอีก ภาคเหนือเรียกว่า ผักกาดจอ (กัญจนา, 2542) ภาคกลาง เรียกว่า ผักกาดใบ (เมืองทอง,2532)

กวางตุ้งเป็นพืชล้มลุกขนาดเล็กมีอายุเป็นผักฤดูเดียว (annaul) ใช้เป็นพืชอาหารภายในต้นมีสารเหลวลักษณะคล้ายน้ำใสๆ มีรสขื่นหรือกลิ่นฉุนแทรกอยู่ทั่วไป ลำต้นมีสีเขียวอ่อน อวบน้ำ แตกแขนงบ้างเล็กน้อย ความสูง 25-30 เซนติเมตร ใบเป็นใบเดี่ยว ลักษณะกลมรี ปลายใบป้าน โดยสอบเข้าหาโคนก้านเรียงสลับกัน เส้นกลางใบเขียวออกขาว ดอกออกเป็นช่อ ที่ปลายดอกมีแขนงช่อดอกมาก ดอกเดี่ยวแต่ละดอกมีกลีบดอกสีเหลือง มี 4-5 กลีบ อยู่ทแยงตรงกันข้ามกัน กลีบดอก อยู่แยกกันโคนกลีบดอกโค้งและมักบิดขนาดดอก 0.5-1.0 เซนติเมตร กลีบรอง มี 4 กลีบแยกเป็น 2 ชั้นๆ ละ 2 กลีบ กลีบอยู่แยกกันกลีบชั้นนอกมักมีขนาดใหญ่และโค้งมากกว่ากลีบชั้นใน เกสรตัวผู้ มี 6 อันเป็นแบบ tetradynamous ก้านเกสรแยกกันที่โคน ก้านเกสรอันที่ยาวมักมีต่อมน้ำหวานปรากฏอยู่ ส่วนเกสรตัวเมีย รังไข่เป็นแบบ superior มี 2 ห้องเชื่อมรวมกัน มีเม็ดไข่มาก การติดของไข่ เป็นแบบ 2-pariental placentation ซึ่งเยื่อ placenta จะเจริญมาพบกันกลายเป็นเนื้อเยื่อ replum กั้นห้องรังไข่ออกเป็น 2 ห้อง ผลเป็นฝักกลมยาว ปลายฝักแหลม มีสีเขียวอ่อนถึงเข้ม ความยาว 3-5 เซนติเมตร ภายในมีเมล็ดเรียงกัน 2 เมล็ดเป็นแถวตลอดฝัก มีเมล็ดจำนวน 20-40 ต่อฝัก เมล็ด มีขนาดเล็กค่อนข้างกลม มีทั้งสีน้ำตาลและสีน้ำตาลเข้มเกือบดำผิวเมล็ดมีลายแบบร่างแหเห็นไม่ค่อยชัด น้ำหนัก 1,000 เมล็ด ประมาณ 2.5 กรัม ขยายพันธุ์ โดยใช้เมล็ด และออกดอก-ผล ตลอดปี (ณพพร,2530)

อ้างอิงตามสมภพ(2530)ผักกวางตุ้งแบ่งเป็น 2 กลุ่มใหญ่ๆ คือ

1. พวกออกดอกยาก *B. chinensis* var *chinensis* ได้แก่ ผักกาดเขียวกวางตุ้ง ผักกาดกวางตุ้ง ผักฮ่องเต้ เป็นต้น

2. พวกออกดอกง่ายและเร็ว *B. chinensis* var *parachinensis* ได้แก่ ผักกาดจอ ผักกาดขาวมือง เป็นต้น

ผักกวางตุ้งที่ใช้ปลูกเป็นการค้ามี 4 พันธุ์ดังนี้

1. *B. chinensis* var. *parachinensis* (Green kuang Futsoi) เป็นผักกาดเขียว กวางตุ้งมีสีเขียวที่ก้านใบ ก้านใบกลมหนา ใบมนที่ปลายใบไม่มีการห่อตัว

2. *B. chinensis* var. *chinensis* (White kuang Futsoi) เป็นผักกาดขาวกวางตุ้งที่มีก้านใบเป็นสีขาวแผ่นใบเขียวเข้ม ไม่มีการห่อตัว มีบางชนิดก้านสั้น ซึ่งเราเรียกว่า ผักกาดฮ่องเต้ ก็รวมอยู่ในผักพวกนี้เช่น Green Petiole Spoon shape

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

20912

3. *B. chinensis* var. *resulris* เป็นผักกาดดอกมีลักษณะคล้ายกับผักกาดเขียวกวางตุ้ง แต่ต้นเล็กกว่า ออกดอกเร็ว ดอกมีสีเหลืองนิยมรับประทานทั้งดอก

4. *B. chinensis* var. *utilis* เป็นผักกาดพื้นเมืองของจีน ผักกาดพวกนี้สามารถนำเมล็ดไปสกัดน้ำมันเพื่อใช้ในการประกอบอาหารและใช้เป็นน้ำมันจุดตะเกียง ผักกาดพวกนี้มีดอกสีเหลือง พันธุ์นี้ไม่นิยมปลูกรับเพื่อรับประทาน

2. ผักคะน้า(chinese kale)

ผักคะน้าเป็นผักที่ใช้บริโภคส่วนของใบและลำต้น นิยมบริโภคกันมาก มีถิ่นกำเนิดในทวีปเอเชีย และปลูกกันมากในทวีปเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ เช่น จีน ฮ่องกง ไต้หวัน มาเลเซีย และไทย เป็นต้น

ผักคะน้าอยู่ในตระกูลกะหล่ำ-ผักกาด(Brassicaceaชื่อเดิมคือ Cruciferae) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Brassica oleracea* var *albograba* อายุตั้งแต่หว่านหรือหยอดเมล็ดจนถึงเก็บเกี่ยว 45-55 วัน ผักคะน้าสามารถปลูกได้ตลอดปี แต่ช่วงที่ปลูกได้ผลดีที่สุดอยู่ในช่วงเดือนตุลาคม ถึงเดือนเมษายน สำหรับคะน้าที่นิยมใช้ปลูกในประเทศไทย มีอยู่ 2 ชนิด คือ

1. คะน้าใบ มีลักษณะต้นอวบใหญ่ ก้านเล็ก ใบกลมหนา กรอบ ทนต่อดินฟ้าอากาศได้ดี เมล็ดพันธุ์ของผักคะน้าใบที่ทางราชการผลิตได้ ได้แก่ พันธุ์ฝางเบอร์ 1 และพันธุ์ฝางเบอร์ 2

2. คะน้ายอดหรือคะน้าก้าน มีลักษณะลำต้นอวบใหญ่ ดอกขาว ใบแหลม ก้านใหญ่ ต้านทานต่อโรคและทนต่ออากาศร้อนได้ดี สำหรับเมล็ดพันธุ์ที่ทางราชการผลิตคือ PL-20 เป็นพันธุ์ดี ออกดอกช้า ให้น้ำหนักดี ผลผลิตสูง เผยแพร่ให้เกษตรกรใช้ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2516 (สมภพ,2526)

3. ผักโขม(slender amaranth)

เป็นพืชล้มลุก สูง 30-60 เซนติเมตร ลำต้นเป็นเลี่ยมมน มีขนนุ่มปกคลุม ใบเดี่ยว เรียงสลับกัน รูปใบหอก สีเขียวหรือเขียวอมม่วง กว้าง 1-4 เซนติเมตร ยาว 3-6 เซนติเมตร ปลายใบแหลมโคนใบมน ดอกมีสีขาวอมเขียว ออกเป็นช่อยาวที่ปลายยอด ดอกย่อยขนาดเล็กจำนวนมาก กลีบดอกมี 5 กลีบ

ผักโขม อยู่ในตระกูล Amaranthaceae มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Amaranthus gracilis* Desf. เป็นพืชที่ทนทาน ขยายพันธุ์โดยการเพาะเมล็ด เจริญงอกงามดีในดินร่วนที่มีอินทรีย์วัตถุ ความชื้นในดินสูงและมีแสงแดดจัด ผักโขมมีอายุเก็บเกี่ยวประมาณ 30-40 วัน (พรชัย,2531)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หอสมุดกลาง สถาบันเทคโนโลยีการเกษตร
ราชมงคลพระจอมเกล้าฯ ลาดกระบัง

4.ผักกาดขาว (chainese cabbage)

ผักกาดขาวอยู่ในตระกูล Cruciferae มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Brassica pekinensis* LLour. ซึ่งมีถิ่นกำเนิดแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ผักกาดขาวเป็นพืชที่มีอายุปีเดียว อายุการปลูกตั้งแต่เพาะเมล็ดจนถึงการเก็บเกี่ยวประมาณ 45-80 วัน ความสูงประมาณ 25-45 เซนติเมตร ในประเทศไทยสามารถปลูกได้ตลอดทั้งปี ช่วงที่เหมาะสมที่สุดคือ เดือนตุลาคม-กุมภาพันธุ์ สภาพดินที่เหมาะสมต้องเป็นดินร่วน ค่าpH 6-6.8 นอกจากนี้ความชื้นในดินต้องสูงตลอดฤดูปลูก และควรได้รับแสงตลอดตลอดทั้งวัน อุณหภูมิที่เหมาะสมอยู่ระหว่าง 15-22 องศาเซลเซียส (เมืองทองและสรีรัตน์,2532)

5.ผักสลัดกรีนโอ๊ค (green oak)

ผักสลัดกรีนโอ๊คมีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Lactuca .Sativa* var.*crispa* ซึ่งเป็นพันธุ์หนึ่งของผักกาดหอม โดยที่ผักกาดหอมเป็นพืชที่อยู่ในตระกูล Compositae มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Lactuca sativa* Linn เป็นพืชพื้นเมืองของยุโรปและเอเชีย ใบมีลักษณะหยิกหรือเป็นคลื่น สีของใบมีตั้งแต่สีเขียวอ่อนจนถึงสีแดง แต่เราจะพบสีเขียวอ่อนมากกว่า พันธุ์นี้สามารถปลูกได้ตลอดปี และจะปลูกได้ดีที่สุดในช่วงเดือนตุลาคมถึงเดือนเมษายน อุณหภูมิที่เหมาะสมประมาณ 21-26.6 องศาเซลเซียส (อนุรักษ์,2525)

ธาตุอาหารที่เกี่ยวข้องกับปริมาณไนเตรตและไนไตรต์ในพืช

ธาตุไนโตรเจน

ไนโตรเจนในดินเป็นธาตุที่มีบทบาทต่อการเจริญเติบโตของพืชเป็นอย่างมาก เพราะไนโตรเจนเป็นธาตุที่ช่วยให้พืชสร้างโปรตีนได้อย่างเพียงพอ ซึ่งโปรตีนเป็นสารประกอบอินทรีย์ที่ประกอบด้วยโมเลกุลของกรดอะมิโนเป็นจำนวนมาก และกรดอะมิโนเหล่านี้ก็มีธาตุไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบที่สำคัญ ปัจจุบันพบว่ามีกรดอะมิโนมากกว่า 20 ชนิด ที่เป็นส่วนประกอบสำคัญในโปรตีนของพืช ไนโตรเจนยังเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของเอนไซม์ต่างๆ ซึ่งช่วยแร่งและควบคุมปฏิกิริยาต่างๆในต้นพืชให้ดำเนินไปอย่างปกติ คลอโรฟิลล์ซึ่งเป็นส่วนที่ทำให้ใบพืชมีสีเขียวและมีความสำคัญในกระบวนการสังเคราะห์แสงก็มีธาตุไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบอยู่ด้วย นอกจากนี้ยังมีสารประกอบที่สำคัญๆอีกมากมายในพืช เช่น วิตามิน (vitamin) และ อะดีโนซีนไทร์ฟอสเฟต ต่างก็มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบอยู่ด้วยเช่นกัน (ยงยุทธ,2541)

แหล่งที่มาของไนโตรเจน

1. การตรึงไนโตรเจนจากอากาศโดยจุลินทรีย์ที่อยู่ร่วมกันกับพืชบางชนิด(symbiotic nitrogen fixation) เช่นการตรึงแก๊สไนโตรเจนของไรโซเบียม (rhizobium) ที่อาศัยอยู่ที่ปมรากพืชตระกูลถั่ว และ *Actinomycete* sp. กับพืชที่ไม่ใช่พืชตระกูลถั่ว เป็นต้น เมื่อพืชพวกนี้ตายไปไนโตรเจนที่ถูกตรึงมาจากอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และถูกเปลี่ยนมาอยู่ในรูปของโปรตีนและสารประกอบไนโตรเจน(nitrogeneous compound)อื่นๆ ในจุลินทรีย์และพืชก็จะสะสมอยู่ในดิน

2. การตรึงไนโตรเจนจากอากาศโดยพวกจุลินทรีย์ที่อยู่อย่างอิสระในดิน(non–symbiotic nitrogen fixation) จุลินทรีย์ที่สามารถตรึงไนโตรเจนได้อย่างอิสระนี้ได้แก่ แบคทีเรียพวกAzotobacter, Clostridium และพวกสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินบางชนิด เมื่อจุลินทรีย์พวกนี้ตายทับถมลงไปในดิน ไนโตรเจนก็จะสะสมอยู่ในดินและเป็นประโยชน์ต่อพืชต่อไป

3. น้ำฝน (rain) การเกิดฟ้าแลบ ทำให้แก๊สไนโตรเจน (N_2) ในอากาศถูกออกซิไดส์ให้กลายเป็นไนตรัสออกไซด์(N_2O) ซึ่งจะละลายในน้ำฝนตกลงมายังผิวดิน

4. การใส่ปุ๋ยให้แก่ดินและพืช ปุ๋ยเคมีซึ่งเป็นสารเคมีที่สังเคราะห์ขึ้นจากธาตุไนโตรเจน ปุ๋ยคอก ปุ๋ยพืชสด และปุ๋ยอินทรีย์ในโตรเจนอื่นๆ ถือว่าเป็นแหล่งไนโตรเจนที่สำคัญเช่นกัน

5. สารละลายธาตุอาหารไนโตรเจนที่ให้กับพืชในระบบการปลูกพืชระบบไฮโดรโปรนิกส์ คือ แอมโมเนีย และ ไนเตรต โดยการเตรียมสารละลายธาตุอาหารพืชในระบบการปลูกพืชระบบไฮโดรโปรนิกส์จะนิยมใช้ปุ๋ยที่มีองค์ประกอบของไนเตรตเป็นหลัก เนื่องจากการให้ปุ๋ยที่มีองค์ประกอบของแอมโมเนียมากจนเกินไปสามารถทำให้เกิดความเป็นพิษกับพืชได้ (Jones, 1997) การที่ใช้ปุ๋ยไนโตรเจนในรูปไนเตรตมากถึง80-100 เปอร์เซ็นต์ของไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ต่อพืชทั้งหมดก็เพราะว่าถ้าให้ปุ๋ยในแอมโมเนียมที่เป็นประโยชน์แก่พืชในปริมาณมากเกินไปจะก่อให้เกิดพิษแก่พืช ซึ่งสามารถทำให้เกิดพืชอาการชะงักการเจริญเติบโต เกิดอาการคลอโรซิส(chlorosis) หรือเป็นแผล (necrosis) ที่ต้นและใบพืช และพืชอาจถึงตายได้ แต่พืชที่ได้รับปุ๋ยไนโตรเจนในรูปแอมโมเนียมพืชจะสามารถนำไปสังเคราะห์กรดอะมิโนและอไมด์ได้ทันทีแต่ในรูป ไนเตรตจะต้องผ่านกระบวนการรีดิวซ์ในพืชให้กลายเป็นแอมโมเนียมก่อน (ยงยุทธ, 2543) และในการปลูกพืชระบบไฮโดรโปรนิกส์จะพบว่าถ้าให้ปุ๋ยไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ในรูปของแอมโมเนียมากเกินไปจะเป็นพิษต่อพืช คือทำให้พืชสามารถดูดใช้ธาตุโพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมได้น้อยลง และอาจทำให้พืชขาดธาตุอาหารเหล่านี้ได้โดยเกิดอาการปลายใบไหม้ในพืช (Jone, 1997)

ไนโตรเจนที่พืชดูดขึ้นไปส่วนใหญ่จะนำไปใช้ในการสร้างสารประกอบอินทรีย์หลายชนิดส่วนที่เหลือยังเป็นไนเตรตไอออนสะสมอยู่ในเซลล์พืชนั้น ถ้าสภาพแวดล้อมในดินเหมาะแก่การสะสมไนเตรต พืชจะดูดไนเตรตจากดินเข้าไปมาก และถ้าพืชมีความสามารถในการเปลี่ยนไนเตรตเป็นอินทรีย์สารได้น้อย หรือสภาพแวดล้อมไม่เอื้ออำนวยต่อการเปลี่ยนแปลงดังกล่าว ก็จะมีไนเตรตสะสมอยู่ในพืชมากขึ้น โดยทั่วไปการสะสมไนเตรตในพืชเกิดขึ้นเพียงชั่วคราว และไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อพืชนั้นโดยที่ปริมาณที่สะสมจะลดลงเมื่อพืชเจริญเติบโตเต็มที่

สำหรับขั้นตอนที่ไนเตรตจะเปลี่ยนเป็นแอมโมเนียม ซึ่งต่อไปจะเป็นแอมโมเนียในพืชนั้นเกี่ยวข้องกับเอนไซม์(enzyme) หลายชนิด เช่น ไนเตรตรีดักเทส (nitrate reductase) และไนไตรต์รีดัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เทส(nitrite reductase) ในกระบวนการดังกล่าว ถ้ากระบวนการรีดักชัน(reduction)ไนเตรตเกิดขึ้นเร็วกว่ากระบวนการรีดักชันไนไตรต์ จะทำให้ไนไตรต์สะสมในพืชซึ่งไนไตรต์เป็นพิษกับเซลล์พืชมาก ในทางตรงกันข้ามถ้ากระบวนการรีดักชันของไนเตรตเกิดช้า จะทำให้ไนเตรตสะสมในพืชมากขึ้น (วงจันทร์, 2535)

ไนเตรตและไนไตรต์ในพืช

การกระจายตัวของไนเตรตในพืช

ปริมาณไนเตรตในพืชไม่สม่ำเสมอกันทั้งต้น โดยทั่วไปการสะสมจะพบมากที่ต้นหรือก้านใบ รองลงไปคือ ราก แผ่นใบ ดอก ผล และเมล็ด ตามลำดับ เช่น Sugar beet ที่ใช้เลี้ยงสัตว์มีไนเตรตในใบแก่มากกว่าใบอ่อนและก้านใบมีมากกว่าแผ่นใบหลายเท่า พืชชนิดเดียวกันแต่มีอายุต่างกันก็สะสมไนเตรตได้ต่างกันด้วย คือเมื่อเป็นกล้าอ่อนจะมีไนเตรตน้อย เมื่อต้นโตขึ้นก็จะสะสมได้มากขึ้น และสูงสุดเมื่อพืชเริ่มออกดอก แล้วจะเริ่มลดลงเมื่อพืชเจริญเต็มวัย ความสัมพันธ์ระหว่างอายุพืชกับการสะสมไนเตรตในเนื้อเยื่ออาจเกี่ยวข้องกับระดับไนโตรเจนในดินด้วย กล่าวคือ ในปลายฤดูปลูกระดับไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ในดินอาจลดลงมากพืชจึงใช้ไนเตรตที่สะสมไว้เป็นการชดเชย

สำหรับแอมโมเนียนั้นพืชนำไปสร้างกรดอะมิโนและอินทรีย์สารอื่นๆได้โดยตรง ส่วนไนเตรตที่ถูกดูดเข้าไปในพืชจะต้องผ่านกระบวนการที่จะรีดิวซ์ให้ได้แอมโมเนียเสียก่อนจึงจะใช้ได้ซึ่งกระบวนการดังกล่าวมีเอนไซม์หลายชนิดเข้ามาเกี่ยวข้อง ที่สำคัญคือเอนไซม์ไนเตรตรีดักเทสซึ่งเป็นเอนไซม์ที่ช่วยในปฏิกิริยารีดิวซ์ไนเตรตในเนื้อเยื่อพืชให้กลายเป็นไนไตรต์ อย่างไรก็ตามไนเตรตบางส่วนที่ไม่ถูกรีดิวซ์ ก็จะยังคงอยู่ในเนื้อเยื่อพืช ซึ่งจะมากน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับปัจจัยดังต่อไปนี้คือ พันธุกรรมของพืช ปริมาณไนเตรตที่พืชได้รับจากดิน สภาพแวดล้อมในขณะที่พืชนั้นเจริญเติบโต อายุของพืช และส่วนของพืช

ความเป็นพิษจากไนเตรตและไนไตรต์

1. พิษโดยตรง คือ การก่อให้เกิดอาการเมทฮีโมโกลบินีเมีย (methemoglobinemia) ซึ่งเป็นภาวะที่เกิดจากฮีโมโกลบิน(Hb) ถูกเปลี่ยนไปเป็นเมทฮีโมโกลบิน (methemoglobin, MetHb) ซึ่งไม่สามารถนำออกซิเจนได้ ฮีโมโกลบิน ประกอบด้วยส่วนที่เป็นโปรตีน มี subunit ที่ประกอบด้วยโพลีเปปไทด์ (polypeptide) และ heme group โดยมี Fe^{2+} เป็น center of heme ในรูปของออกซีฮีโมโกลบิน (oxyhemoglobin) เหล็กจะอยู่ในรูป Fe^{2+} แต่ในสภาพของ MetHb เหล็กจะอยู่ในรูป Fe^{3+} ซึ่งไม่สามารถจับกับ O_2 ชนิดของ Hb ที่สามารถเปลี่ยนเป็น MetHb ได้ง่ายคือ Hb F ซึ่งเป็นชนิดของฮีโมโกลบินที่มีมากในเด็กวัยอ่อนถึง80% ของ Hb ทั้งหมด และโดยทั่วไปในร่างกายของมนุษย์จะมี MetHb อยู่ระหว่าง 1% ถึง 2% ซึ่งเป็นระดับปกติ เมื่อระดับ MetHb มีมากว่า 3% ถือได้ว่าเกิดอาการเมทฮีโมโกลบินขึ้น (ศุภมาศ, 2540)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไนโตรเจนในรูปไนไตรต์เป็นตัวการสำคัญที่ทำให้เกิดเมทฮีโมโกลบิน โดยที่เมื่อคนหรือสัตว์ดื่มน้ำหรือรับประทานอาหารที่มีไนเตรตเข้าไป ไนเตรตจะถูกเปลี่ยนไปเป็นไนไตรต์ โดยแบคทีเรียที่อาศัยอยู่ในน้ำลายและในกระเพาะที่สามารถรีดิวซ์ไนเตรตได้ แบคทีเรียดังกล่าวนี้ไม่ทนกรด แบคทีเรียที่เป็นตัวการสามารถพบได้ทั่วไป เช่น แบคทีเรียในวงศ์ Enterobacteriaceae ทุกชนิดสามารถรีดิวซ์ ไนเตรตได้ ตัวอย่าง เช่น *E.coli* หรือ *B.subtilis* ซึ่งอาศัยอยู่ตามกระเพาะ และลำไส้ตอนบน สามารถเจริญได้ดีในกระเพาะอาหารของเด็กอ่อนที่อายุไม่เกิน3เดือน และในสัตว์สี่กระเพาะ รายงานของผู้ป่วยที่มีอาการดังกล่าวจึงมักพบในกลุ่มเด็กที่มีอายุต่ำกว่า1ขวบ ทั้งนี้เนื่องจากเด็กเหล่านี้มีสภาวะเหมาะสมต่ออาการดังกล่าวมาก กล่าวคือ กระเพาะยังมีความเป็นกรดไม่สูงมาก โดยทั่วไปจะมีค่าพีเอชสูงกว่า4 ทำให้แบคทีเรียสามารถเจริญเติบโตได้ และการดูดซับน้ำของร่างกายต่อน้ำหนักตัวก็สูงด้วย เมื่อเด็กได้รับไนเตรตเข้าไปมากจะมีอาการท้องร่วง อาเจียน ตัวเขียวอันเนื่องมาจากการขาดออกซิเจนเพราะเมทฮีโมโกลบินไม่สามารถนำออกซิเจนได้ อาการเช่นนี้จึงมีชื่อเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า บลูเบบีซินโดรม (Blue-baby syndrome) ซึ่งเป็นสภาพร่างกายขาดออกซิเจน

2. พิษโดยอ้อมคือการมีศักยภาพในการก่อให้เกิดมะเร็ง โดยไนเตรตที่เปลี่ยนรูปไปเป็นไนไตรต์ในกระเพาะอาหารจะทำปฏิกิริยากับ secondary amine ซึ่งอาจจะได้มาจากการแตกตัวของเนื้อสัตว์ที่กินเข้าไป ทำให้ได้ N-nitroso compound เช่นไนโตรซามีน(nitrosamine) ซึ่งสารประกอบที่เกิดขึ้นนี้สามารถก่อให้เกิดมะเร็งได้ กล่าวคือไนโตรซามีนจะถูกเปลี่ยนแปลงด้วยเอนไซม์พวกออกซิเดทีฟเอนไซม์ (oxidative enzyme) ทำให้เกิดปฏิกิริยาไฮดรอกซิเลชัน (hydroxylation) และทำปฏิกิริยาต่อจนเกิดสารพวกแอลคิลเดทไอออน (alkyl cation) ซึ่งจะเข้าไปจับกับโมเลกุลของโปรตีนในร่างกาย ที่สำคัญคือ DNA และRNA ทำให้กระบวนการสร้างโปรตีนผิดปกติและเกิดเป็นเซลล์มะเร็งขึ้นนอกจากนี้ สารก่อมะเร็งบางชนิดก็ยังก่อให้เกิดการกลายพันธุ์ โดยอาจทำให้เกิดได้ตั้งแต่ทำให้โครโมโซมผิดปกติไปจนถึงการกลายพันธุ์ของยีนสารเหล่านี้ได้แก่ N'nitroso methylguanidine และ N-nitorsomethylurea (ลักขณา,2539 ศุภมาศ,2540)

ผลกระทบด้านอื่นๆของไนเตรตและไนไตรต์

1. เมื่อพืชได้รับไนเตรตมากเกินไป จะช่วยส่งเสริมให้พืชมีการสะสมโซเดียมในปริมาณที่สูงแต่ลดความสามารถในการดูดซึมโพแทสเซียม ทำให้พืชมีปริมาณโพแทสเซียมต่ำ

2. การบริโภคพืชผักที่มีปริมาณไนเตรตสูง จะมีผลต่อเมแทบอลิซึมของต่อมไทรอยด์และยังมีผลต่อปริมาณวิตามินต่างๆ เช่น แคโรทีน (carotene) วิตามินเอ และวิตามินบี

3. การให้ปุ๋ยไนเตรตมากเกินไปจะส่งเสริมให้พืชดูดซึมธาตุโซเดียมในปริมาณที่สูงและมีผลในการยับยั้งการดูดซึมแมกนีเซียม และโพแทสเซียม ทำให้พืชมีปริมาณธาตุทั้งสองต่ำ

4. ปริมาณไนเตรตที่มากเกินไปในพืช จะมีผลต่อกรดอะมิโนที่สำคัญบางชนิดทำให้พืชมีปริมาณกรดอะมิโนดังกล่าวลดลง และยังทำให้กรดอะมิโนบางชนิดที่พืชไม่ต้องการมีปริมาณมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งมีผลทำให้พืชมีการเจริญเติบโตในระยะสร้างต้นสร้างใบ (vegetative) มากเกินไป ทำให้อวบน้ำจึงอ่อนแอต่อโรคและแมลง (ศุภมาศ,2540)

5. เมื่อพืชได้รับปริมาณธาตุไนเตรตมากเกินไปจะทำให้พืชมีปริมาณวิตามินซีลดลง

การที่ไนเตรตสามารถถูกเปลี่ยนเป็นไนไตรต์ที่เป็นพิษต่อร่างกายได้ กระทรวงสาธารณสุขจึงได้มีประกาศกำหนดปริมาณไนเตรตในอาหารไม่เกิน 500 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ส่วนไนไตรต์นั้นกำหนดให้ไม่เกิน 125 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (สำนักงานคณะกรรมการคุ้มครองผู้บริโภค ,2535) และค่ามาตรฐาน European Commission Regulation (EC) No. 194/97 กำหนดให้ผักสีเขียวจำพวก lettuce มีไนเตรตได้ไม่เกิน 4,500 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักสด และ spinach ได้ไม่เกิน 3,000 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักสด

เครื่องมือที่ใช้ตรวจวิเคราะห์ไนเตรตและไนไตรต์

เครื่องวัดค่าดูดกลืนแสง (spectrophotometer)

กฤษณา(2521)ได้อธิบายเกี่ยวกับเครื่องวัดค่าดูดกลืนแสงดังนี้ เป็นเครื่องมือที่ใช้วัดค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายที่ความยาวคลื่นช่วงต่างๆ ซึ่งเครื่องวัดค่าดูดกลืนแสงมีหลายชนิด ขึ้นกับความละเอียดและช่วงความยาวแสงที่ใช้

หลักการทำงานของเครื่องวัดการดูดแสง

เมื่อผ่านลำแสงเข้าไปในเซลล์ที่บรรจุสารละลายจะเกิดการดูดกลืนแสงเป็นบางส่วนและพลังงานของแสงก็จะสูญเสียให้แก่สารละลายไปเป็นบางส่วน ซึ่งพลังงานของแสงที่ถูกถ่ายทให้กับสารซึ่งถูกแสงผ่านจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับโครงสร้างของโมเลกุลของสารนั้น และขึ้นอยู่กับช่วงคลื่นของลำแสงที่ผ่านด้วย

ส่วนประกอบของเครื่องดูดกลืนแสง

1. แหล่งกำเนิดพลังงาน (radiation source) แบ่งเป็นหลอดไฮโดรเจน (hydrogen lamp) ซึ่งให้แสงอัลตราไวโอเลต (ultraviolet light) และหลอดทังสะเตน (tungsten lamp) จะให้แสงวิสิเบิล (visible light)

2.หน่วยจำแนกช่วงคลื่นของแสง(monochometer) ประกอบด้วยปริซึม(prism)หรือเกรติง (grating) เครื่องวัดค่าดูดกลืนแสงบางชนิดอาจใช้แผ่นแก้วกรองแสง(glass filter)

3. เซลล์สำหรับใส่สารละลาย (absorption cell หรือ cuvette)

4. เครื่องตรวจวัด (detector)ใช้ photocell

ประเภทของเครื่องวัดค่าดูดกลืนแสง

1. เครื่องวัดค่าดูดกลืนแสงชนิดลำแสงเดี่ยว (single beam spectrophotometer)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องวัดค่าดูดแสงชนิดลำแสงเดี่ยวเป็นเครื่องวัดค่าดูดแสงที่ธรรมดาที่สุด เมื่อลำแสงออกจากแหล่งกำเนิดแสงจะผ่านเข้าหน่วยจำแนกช่วงคลื่นของแสง ซึ่งจะควบคุมลำแสงให้พอเหมาะด้วยฝาปิด-เปิด (slit) หลังจากแยกช่วงคลื่นของแสงที่ต้องการออกมาแล้ว แสงจะผ่านตรงไปที่เซลล์ใส่สารละลาย ลำแสงที่ผ่านเซลล์ใส่สารละลายจะไปกระทบกับผนังของโฟโตเซลล์ทำให้เกิดอิเล็กตรอนหลุดออกมา สเกลที่หน่วยตรวจวัดจะบอกในหน่วยค่าการยอมให้แสงผ่า(transmittance) และค่าการดูดกลืน(absorbance)

2. เครื่องวัดการดูดกลืนแสงชนิดลำแสงคู่ (double beam spectrophotometer)

เครื่องวัดการดูดแสงชนิดลำแสงคู่ถูกดัดแปลงให้มีการวัดค่าดูดกลืนแสงที่มีความแม่นยำดีขึ้น ผลของการเปลี่ยนแปลงความเข้มของแสง ซึ่งมักจะเกิดขึ้นในเครื่องมือวัดการดูดแสงชนิดลำแสงเดี่ยวได้ถูกกำจัดโดยสิ้นเชิงในเครื่องวัดการดูดแสงชนิดลำแสงคู่ เครื่องมือชนิดนี้ เซลล์ที่ใส่สารละลายที่ที่ประกอบด้วยตัวทำละลายและสารละลายรีเอเจนส์โดยไม่มีสารที่ต้องการตรวจวิเคราะห์ (แบลงค์ ,blank) และเซลล์ที่ใส่สารละลายที่ต้องการวิเคราะห์จะถูกวัด

การวัดค่าดูดกลืนแสงของสารละลาย

ค่าดูดกลืนแสงของสารจะขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของสารที่ต้องการตรวจวิเคราะห์ซึ่งจะทำให้เกิดสีในสารละลาย ในทางปฏิบัติค่าดูดกลืนแสงของสารละลายที่วัดได้จะรวมถึงปริมาณของแสงที่ถูกดูดกลืน โดยสารรีเอเจนต์(reagent) ที่เหลือหลังจากทำปฏิกิริยา และรวมถึงปริมาณของแสงที่ถูกดูดกลืนโดยสารที่เป็นตัวทำละลาย รวมทั้งปริมาณของแสงที่หักเหหายไปอันเนื่องจากการกระทบกับผนังเซลล์ เพื่อป้องกันผลเสียที่เกิดขึ้นดังกล่าวจึงต้องทำการวัดสารละลาย ค่าดูดกลืนแสงที่ได้จากสารละลายแบลงค์นี้นำไปลบออกจากค่าดูดกลืนแสงของสารละลายต้องการที่วิเคราะห์ ผลที่ได้จะเป็นค่าดูดกลืนแสงของสารที่มีสารที่ต้องการวิเคราะห์

การเขียนเส้นกราฟที่ใช้หาค่าความเข้มข้นของสารตัวอย่าง (standard curve)

เส้นกราฟที่ใช้หาค่าความเข้มข้นของสารตัวอย่าง ทำขึ้นสำหรับใช้ในการหาความเข้มข้นของสารในสารตัวอย่าง โดยใช้ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นต่าง ๆ ของสารมาตรฐานและค่าดูดกลืนแสงที่วัดได้ของแต่ละความเข้มข้นมาเขียนเป็นเส้นกราฟซึ่งจะเป็นเส้นตรง

ประโยชน์ของเครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง

1. ใช้วิเคราะห์หาปริมาณของสารในสารละลายได้
2. ใช้วิเคราะห์สารและศึกษาสมบัติของสารละลายในการดูดแสง เช่น ใช้ในการทำสเปกตรัม และ ทดสอบความบริสุทธิ์ของสาร
3. ใช้ศึกษาจลนศาสตร์ของเอนไซม์ได้ ถ้าตัวทำปฏิกิริยามีสมบัติในการดูดแสงต่างจากผลของปฏิกิริยา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์และสารเคมี

1. ตัวอย่างที่ปลูกโดยระบบไฮโดรโปนิกส์ที่ได้ซื้อจาก 6 บริษัทได้แก่บริษัท A,B,C,D,Eและ โดยผักกาดขาวซื้อจากบริษัทA,B,C,Dและ E ผักคะน้าซื้อจากบริษัทA,B,D,Eและ F ผักกวางตุ้งซื้อจาก บริษัทA,B,C,Dและ F ผักโขมจากซื้อจากบริษัทCและ F และผักสลัด Green Oak ซื้อจากบริษัทF

2. อุปกรณ์ในห้องปฏิบัติการ

- เครื่องปั่น (blender)
- เครื่องชั่ง 2 ตำแหน่ง (balance)
- เครื่องวัดค่าดูดกลืนแสง (spectrophotometer)ยี่ห้อ MILTON ROY รุ่น Genesis II
- เครื่องผสมสารให้เข้ากัน (vortex mixer)
- อ่างควบคุมอุณหภูมิ (water bath)
- ตู้อบ (hot air oven)
- แท่งแก้ว (stirring rod)
- กรวยแก้ว (funnel)
- บีกเกอร์ (beaker)
- ใยแก้ว (glass wool)
- หลอดทดลอง (test tube)
- ขาตั้ง (stand)
- ปิเปต (pipette)
- กระดาษกรองเบอร์ 42 (filter paper)
- อะลูมิเนียม ฟลอยด์ (aluminium foil)
- ขวดรูปชมพู่ (conical flask)
- ขวดวัดปริมาตร (volumetric flask)
- ขวดสีชา (amber bottle)

3. สารเคมี

- Distilled water
- Hydrochloric acid
- N- 1 –naphthyl ethylene diamine dihydrochloride

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Salicylic acid
- Sodium hydroxide (NaOH)
- Sulfanilamide
- Sulfuric acid (H_2SO_4)

วิธีการ

1. การวางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomize design) การทดลองละ 3 ซ้ำ

2. สถานที่ทำการทดลอง

ห้องปฏิบัติการภาควิชาเทคโนโลยีการจัดการศัตรูพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง และบริษัทที่ปลูกผักระบบไฮโดรโปนิกส์ 6 บริษัท ซึ่งไม่สามารถระบุชื่อได้เนื่องจากไม่ได้ขออนุญาตจากบริษัท จึงได้กำหนดชื่อบริษัทA บริษัทB บริษัทC บริษัทD บริษัทE และบริษัทF

3. ระยะเวลาที่ทำการทดลอง

ตุลาคม – ธันวาคม 2548

4. การสุ่มตัวอย่าง

4.1 เก็บตัวอย่างผักกาดขาวจากบริษัทA,B,C,DและE ผักคะน้าจากบริษัทA,B,D,EและF ผักกวางตุ้งจากบริษัทA,B,C,DและF ผักโขมจากบริษัทCและF ผักสลัด green oak จากบริษัท F

4.2 สุ่มเก็บตัวอย่างผักสัปดาห์ละ 9 ตัวอย่าง ตัวอย่างละ 3 ซ้ำ แล้วนำผักตัวอย่างมาทำการสกัดเพื่อตรวจวิเคราะห์หาปริมาณไนเตรตและไนไตรต์

5. การเตรียม Reagent และสารละลายมาตรฐาน

5.1 การเตรียม Reagent

- NED reagent : ละลาย N—naphthyl ethylene diamine dihydrochloride 0.3 กรัม ใน 0.12 N HCl 100 มิลลิลิตร เก็บไว้ในขวดสีชา

- Sulfanilamide reagent : ละลาย sulfanilamide 0.5 กรัม ใน 2.4 N HCl 100มิลลิลิตรเก็บไว้ในขวดสีชา

- Salicylic acid : ละลาย salicylic acid 5 มิลลิกรัม ใน H_2SO_4 เข้มข้น จำนวน 100 มิลลิลิตรเก็บไว้ในขวดสีชา

- Sodium hydroxide 4M :ละลาย NaOH 160 กรัม ในน้ำกลั่น 1,000 มิลลิลิตร

<u>หมายเหตุ</u> ; Reagent ทุกตัวต้องเก็บไว้ในขวดสีชา แล้วแช่เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

5.2 การเตรียมสารละลายมาตรฐานไนเตรต ($NaNO_3$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- stock solution : ละลาย $NaNO_3$ ที่ผ่านการอบแล้ว จำนวน 1 กรัม ด้วยน้ำกลั่น 1,000 มิลลิลิตร เก็บไว้ใน volumetric flask ขนาด 1,000 มิลลิลิตร จะได้ stock solution $NaNO_3$ เข้มข้น 1,000 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร

- intermediate solution : ใช้ปิเปตดูด stock solution จำนวน 25 มิลลิลิตร ใส่ใน volumetric flaskขนาด 250 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่นจนครบ 250 มิลลิลิตร จะได้ intermediate solution เข้มข้น 100ไมโครกรัม/มิลลิลิตร

- working solution : ใช้ปิเปตดูด intermediate solution จำนวน 2.5,3.5,4.5,5.5,6.5,7.5 และ8.5 มิลลิลิตร ใส่ใน volumetric flask ขนาด 50 มิลลิลิตร ขวดละความเข้มข้น ปรับปริมาตรแต่ละขวดด้วยน้ำกลั่นจนครบ 50 มิลลิลิตร จะได้ working solution เข้มข้น 5,7,9,11,13,15 และ17 ไมโครกรัม/ มิลลิลิตร

5.3 การเตรียมสารละลายมาตรฐานไนไตรต์ ($NaNO_2$)

- stock solution : ละลาย $NaNO_2$ ที่ผ่านการอบแล้ว จำนวน 1 กรัม ด้วย น้ำกลั่น 1,000 มิลลิลิตร เก็บไว้ใน volumetric flask ขนาด 1,000 มิลลิลิตร จะได้ stock solution $NaNO_2$ เข้มข้น 1,000 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร

- intermediate solution : ใช้ปิเปตดูด stock solution จำนวน 50 มิลลิลิตร ใส่ใน volumetric flask ขนาด 1,000 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่นจนครบ 1,000 มิลลิลิตร จะได้ intermediate solution เข้มข้น 50 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร

- working solution : ใช้ปิเปตดูด intermediate solution จำนวน 0.1,0.2,0.3,0.4,0.5,0.6 และ 0.7 มิลลิลิตร ใส่ใน volumetric flask ขนาด 50 มิลลิลิตร ขวดละความเข้มข้น ปรับปริมาตรแต่ละขวดด้วยน้ำกลั่นจนครบ 50 มิลลิลิตร จะได้ working solution เข้มข้น 0.1,0.2,0.3,0.4,0.5,0.6และ0.7 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร

6. การสร้างเส้นกราฟที่ใช้หาค่าความเข้มข้นของไนเตรต/ไนไตรต์ (standard curve ของไนเตรต/ไนไตรต์)

6.1 การสร้างเส้นกราฟที่ใช้หาค่าความเข้มข้นของไนเตรต

- ใช้ปิเปตดูด working standard solution $NaNO_3$ เข้มข้น 5,7,9,11,13,15 และ 17 ไมโครกรัม/มิลลิลิคร อย่างละ 1 มิลลิลิตร ใส่วนหลอดทดลองหลอดละความเข้มข้น เติม 4% Salicylic acid จำนวน 1 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันด้วยเครื่องผสมสารให้เข้ากัน แล้วตั้งทิ้งไว้ 15 นาที

- เติม4M NaOH จำนวน 10 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันด้วยเครื่องvertex mixture แล้วตั้งทิ้งไว้ 20นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- นำไปวัดค่าดูดกลืนแสงแล้วสร้างเส้นกราฟที่ใช้หาค่าความเข้มข้นของไนเตรต จากค่าดูดกลืนแสงและค่าความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานแต่ละความเข้มข้น โดยใช้เครื่องวัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 410 nm

6.2 การสร้างเส้นกราฟที่ใช้หาค่าความเข้มข้นของไนไตรต์

- working standard solution $NaNO_2$ เข้มข้น 0.1,0.2,0.3,0.4,0.5,0.6และ0.7ไมโครกรัม/มิลลิลิตร อย่างละ 2 มิลลิลิตร ใส่วนหลอดทดลองหลอดละความเข้มข้น

- เติม sulfanilamide reagent จำนวน 2 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันด้วยเครื่องvortex mixer แล้วตั้งทิ้งไว้ 15 นาที

- เติม N-1-naphthyl ethylene diamine dihydrochloride จำนวน 2 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันด้วยเครื่อง vortex mixer

- นำไปวัดค่าดูดกลืนแสง แล้วสร้างเส้นกราฟที่ใช้หาค่าความเข้มข้นของไนไตรต์จากค่าดูดกลืนแสง และค่าความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานแต่ละความเข้มข้น โดยใช้เครื่องวัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 520 nm

7. วิธีการตรวจวิเคราะห์

7.1 วิธีการสกัดแยกไนเตรตและไนไตรต์จากผักตัวอย่าง

หั่นผักตัวอย่างเป็นชิ้นเล็กๆแล้วชั่งให้ได้ 10±0.5กรัม ใส่ในโถปั่น เติมน้ำกลั่นในโถปั่นจำนวน 50 มิลลิลิตร แล้วปั่นผักให้ละเอียด เทผักที่ปั่นละเอียดแล้วลงในบีกเกอร์ขนาด 600 มิลลิลิตร แล้วเติมน้ำกลั่นอีก 150 มิลลิลิตร แล้วนำไปตั้งบนอ่างควบคุมอุณหภูมิ (water bath) ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง พร้อมทั้งคนด้วยแท่งแก้วเป็นระยะ ยกออกจากอ่างควบคุมอุณหภูมิ แล้วคนด้วยแท่งแก้วอีกประมาณ 5 นาที ตั้งทิ้งไว้ให้เย็นแล้วเติมน้ำกลั่นให้ครบ 200 มิลลิลิตร กรองผ่านใยแก้ว คนด้วยแท่งแก้ว นาน 5 นาที กรองผ่านกระดาษกรองเบอร์ 42 จะได้สารละลายที่ใส นำสารละลายที่กรองได้ไปพัฒนาสีแล้วตรวจวิเคราะห์ด้วยเครื่องวัดค่าดูดกลืนแสง

7.2 การพัฒนาสีและการวิเคราะห์หาปริมาณ

7.2.1 การพัฒนาสีและการวิเคราะห์หาปริมาณไนเตรต

ใช้ปิเปตดูดสารละลายที่สกัดได้จากผักตัวอย่างจำนวน 1 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลอง เติม 5% salicylic acid จำนวน 1 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันด้วยเครื่อง vortex mixer แล้วตั้งทิ้งไว้ 15 นาที เติม 4M NaOH จำนวน 10 มิลลิลิตร แล้วเขย่าให้เข้ากันด้วยเครื่อง vortex mixer แล้วตั้งทิ้งไว้ 20 นาที นำไปวัดค่าดูดกลืนแสง และหาปริมาณความเข้มข้นจากเส้นกราฟที่ใช้หาค่าความเข้มข้นของไนเตรตจากสารตัวอย่าง โดยใช้เครื่องวัดค่าดูดกลืนแสง ที่ความยาวคลื่น 410 nm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7.2.2 การพัฒนาสีและการวิเคราะห์หาปริมาณไนไตรต์

ใช้ปิเปตดูดสารละลายที่สกัดได้จากผักตัวอย่างจำนวน 2 มิลลิลิตรใส่ในหลอดทดลอง เติม sulfanilamide reagent จำนวน 2 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันด้วยเครื่องvertex mixture แล้วตั้งทิ้งไว้ 15 นาที เติมN-1-naphthyl ethylene diamine dihydrochloride จำนวน 2 มิลลิลิตร แล้วเขย่าให้เข้ากันด้วยเครื่องvortex mixer แล้วตั้งทิ้งไว้ 20 นาที นำไปวัดค่าดูดกลืนแสงและหาปริมาณความเข้มข้นจากเส้นกราฟที่ใช้หาค่าความเข้มข้นของไนไตรต์ โดยใช้เครื่องวัดค่าดูดกลืนแสง ที่ความยาวคลื่น 520 nm

8.การคำนวนปริมาณไนเตรต/ไนไตรต์ทั้งหมดจากการสกัดตัวอย่างผัก

นำค่าความเข้มข้นของไนเตรต/ไนไตรต์ที่ได้จากเครื่องวัดค่าดูดกลืนแสง มาคำนวณหาปริมาณการตกค้างดังนี้

$$N = xa/mv$$

N = ปริมาณไนเตรต/ไนไตรต์ หน่วยเป็น ไมโครกรัม/กรัม

x = ปริมาณน้ำกลั่นทั้งหมดที่ใช้สกัด หน่วยเป็นมิลลิลิตร

a = ค่าความเข้มข้นของไนเตรต/ไนไตรต์ที่ได้จากเครื่องวัดค่าดูดกลืนแสง หน่วยเป็น ไมโครกรัม

m = ปริมาณผักที่นำมาสกัด หน่วยเป็นกรัม

v = ปริมาตรของสารสกัดที่ใช้ในการพัฒนาสีเพื่อนำไปวัดค่าดูดกลืนแสงโดยเครื่องวัดค่าดูดกลืนแสง หน่วยเป็น มิลลิลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลอง

จากการวิเคราะห์ปริมาณไนเตรตและไนไตรต์ในผักกาดขาว ผักกวางตุ้ง ผักคะน้า ผักสลัดกรีนโอ๊ค และผักโขมที่ปลูกระบบไฮโดรโปนิกส์ จาก 6 บริษัท ได้แก่ บริษัทA บริษัทB บริษัทC บริษัทD บริษัทE และบริษัทF พบว่าผักกาดขาว ผักกวางตุ้ง ผักคะน้า ผักสลัดกรีนโอ๊ค และผักโขมมีปริมาณไนเตรต 4199.55,4366.75,4181.95,2225.83 และ4431.76 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ตามลำดับ และมีปริมาณไนไตรต์ 4.73, 5.34, 8.38, 8.04 และ9.66 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ตามลำดับ เมื่อนำข้อมูลปริมาณไนเตรตและไนไตรต์ไปวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่าปริมาณไนเตรตในผักโขมและผักกวางตุ้งสูงกว่าในผักกาดขาว ผักคะน้า และผักสลัดกรีนโอ๊คอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ผักสลัดกรีนโอ๊คมีปริมาณไนเตรตต่ำสุดและต่ำกว่าผักกาดขาว ผักคะน้า ผักกวางตุ้ง และผักโขม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ทั้งนี้ผักโขมมีปริมาณไนเตรตแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติกับผักกวางตุ้ง และผักกาดขาวมีปริมาณไนเตรตแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติกับผักคะน้า สำหรับการวิเคราะห์ทางสถิติของปริมาณไนไตรต์พบว่าปริมาณไนไตรต์ในผักโขมสูงสุดและสูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับผักกวางตุ้ง ผักสลัดกรีนโอ๊ค ผักคะน้า และผักกาดขาว ไนไตรต์ในผักกาดขาวและผักคะน้าต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ เช่นเดียวกับผักสลัดกรีนโอ๊คและผักกวางตุ้งก็แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ดังแสดงในตารางที่ 5 ภาพที่ 1 ภาพที่ 2 ภาพที่ 4 และภาพที่ 5

การวิเคราะห์ปริมาณไนเตรตและไนไตรต์ในผักกาดขาวจากบริษัท A,B,C,D และE พบปริมาณไนเตรตเท่ากับ 3995.06, 4225.36, 4293.73, 4055.60 และ4428.00 มิลลิกรัม/กิโลกรัม และมีปริมาณไนไตรต์ 5.45, 4.74, 5.03, 4.41, และ4.06 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 6 เมื่อนำข้อมูลปริมาณไนเตรตและไนไตรต์ไปวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่าปริมาณไนเตรตในผักกาดขาวจากบริษัท E สูงกว่าบริษัทA และD อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่สูงกว่าอย่างไม่มีนัยสำคัญกับบริษัท Bและ Cที่ระดับความเชื่อมั่น 95% สำหรับการวิเคราะห์ทางสถิติของปริมาณไนไตรต์ พบว่าปริมาณไนไตรต์ในผักกาดขาวจากบริษัท A สูงกว่าบริษัท B, C และD อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ แต่สูงกว่าบริษัท E อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ปริมาณไนเตรตและไนไตรต์ในผักคะน้าจากบริษัท A,B,D,E และF มีปริมาณไนเตรต 4124.46, 3961.10, 4250.30, 4358.10 และ4215.80 มิลลิกรัม/กิโลกรัม และมีปริมาณไนไตรต์ 5.52, 4.53, 5.91, 5.32 และ5.40 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 7 เมื่อนำข้อมูลปริมาณไนเตรตและไนไตรต์ไปวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่าปริมาณไนเตรตในผักคะน้าจากบริษัทB ต่ำกว่าบริษัทD ,Eและ F อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ต่ำกว่าอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติกับบริษัทA ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% สำหรับการวิเคราะห์ทางสถิติของปริมาณไนไตรต์ พบว่าปริมาณไนไตรต์ในผักคะน้าทุกบริษัทแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณไนเตรตและไนไตรต์ในผักกวางตุ้งจากบริษัท A,B,C,D และF มีปริมาณไนเตรต 4386.86, 4552.36, 4220.96, 4167.63 และ4505.69 มิลลิกรัม/กิโลกรัม และมีปริมาณไนไตรต์ 8.72, 9.26, 6.89, 9.49 และ7.58 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 8 เมื่อนำข้อมูลปริมาณไนเตรตและไนไตรต์ไปวิเคราะห์ความทางสถิติ พบว่าปริมาณไนเตรตในผักกวางตุ้งจากบริษัทB และF สูงกว่าบริษัทC และD อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ไนเตรตในผักกวางตุ้งบริษัทB และF สูงกว่าไนเตรตในผักกวางตุ้งจากบริษัทA อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% สำหรับการวิเคราะห์หาความแตกต่างทางสถิติของปริมาณไนไตรต์ พบว่าปริมาณไนไตรต์ในผักกวางตุ้งจากบริษัท D สูงกว่าทุกบริษัท อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ปริมาณไนเตรตและไนไตรต์ในผักโขมจากบริษัท C และF มีปริมาณไนเตรต 4418.80 และ4444.73 มิลลิกรัม/กิโลกรัม และมีปริมาณไนไตรต์ 9.17 และ10.14 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 9 เมื่อนำข้อมูลปริมาณไนเตรตและไนไตรต์ไปวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่าปริมาณไนเตรตและไนไตรต์ในผักโขมจากบริษัท C และF ต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5 ปริมาณไนเตรต และไนไตรต์ในผักกาดขาว ผักคะน้า ผักกวางตุ้ง ผักสลัดกรีนโอ๊ค และผักโขม

ชนิดผัก	ไนเตรต (มิลลิกรัม/กรัม)	ไนไตรต์ มิลลิกรัม/กรัม)
ผักกาดขาว	4199.55b*	4.73c*
ผักคะน้า	4181.95b*	5.34c*
ผักกวางตุ้ง	4366.75a*	8.38b*
ผักสลัดกรีนโอ๊ค	2225.83c**	8.04b**
ผักโขม	4431.76a***	9.66a***

* ค่าเฉลี่ยจาก 5 บริษัท

** ค่าจาก 1 บริษัท

*** ค่าเฉลี่ยจาก 2 บริษัท

ค่าที่กำกับตัวอักษรเดียวกันในแนวตั้ง แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ค่าที่กำกับตัวอักษรต่างกันในแนวตั้ง แสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น95%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6 ปริมาณไนเตรตและ ไนไตรต์ในผักกาดขาวจาก 5 บริษัท คือ บริษัทA บริษัทB บริษัทC บริษัทD บริษัทE

บริษัท	ไนเตรต (มิลลิกรัม/กรัม)	ไนไตรต์ (มิลลิกรัม/กรัม)
A	3995.06c	5.45a
B	4225.36abc	4.74ab
C	4293.73ab	5.03ab
D	4055.60bc	4.41ab
E	4428.00a	4.06b

ค่าที่กำกับตัวอักษรเดียวกันในแนวตั้ง แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ค่าที่กำกับตัวอักษรต่างกันในแนวตั้ง แสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น95%

ตารางที่ 7 ปริมาณไนเตรต และไนไตรต์ในผักคะน้าจาก 5 บริษัท คือ บริษัทA บริษัทB บริษัทD บริษัทE บริษัทF

บริษัท	ไนเตรต (มิลลิกรัม/กรัม)	ไนไตรต์ (มิลลิกรัม/กรัม)
A	4124.46ab	5.52a
B	3961.10b	4.53a
D	4250.30a	5.91a
E	4358.10a	5.32a
F	4215.80a	5.40a

ค่าที่กำกับตัวอักษรเดียวกันในแนวตั้ง แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ค่าที่กำกับตัวอักษรต่างกันในแนวตั้ง แสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น95%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 8 ปริมาณไนเตรต และไนไตรต์ในผักกวางตุ้งจาก 5 บริษัท คือ บริษัทA บริษัทB บริษัทC บริษัทD บริษัทF

บริษัท	ไนเตรต (มิลลิกรัม/กรัม)	ไนไตรต์ (มิลลิกรัม/กรัม)
A	4386.86ab	8.72a
B	4552.36a	9.26a
C	4220.96b	6.89a
D	4167.63b	9.49a
F	4505.96a	7.58a

ค่าที่กำกับตัวอักษรเดียวกันในแนวตั้ง แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ค่าที่กำกับตัวอักษรต่างกันในแนวตั้ง แสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น95%

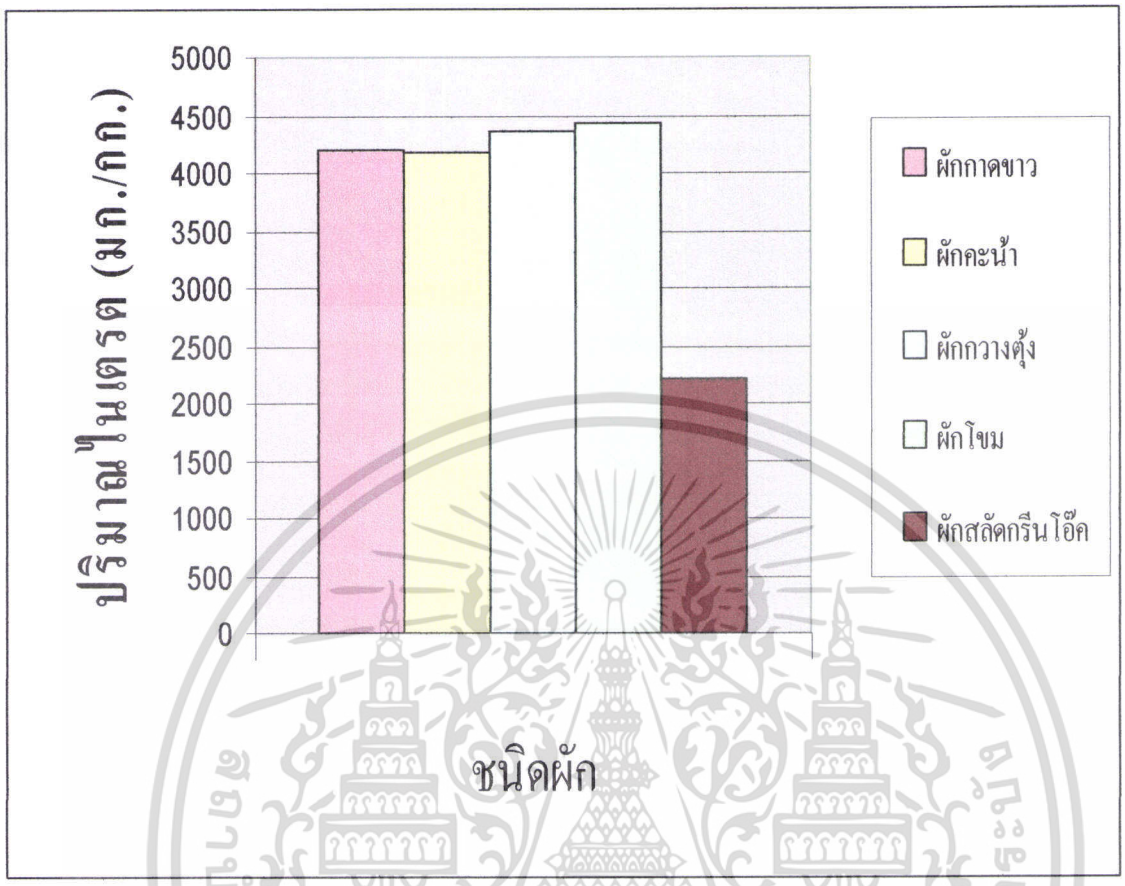
ตารางที่ 9 ปริมาณไนเตรตและ ไนไตรต์ในผักโขมจาก 2 บริษัท คือ C และบริษัทF

บริษัท	ไนเตรต (มิลลิกรัม/กรัม)	ไนไตรต์ (มิลลิกรัม/กรัม)
C	4418.80a	9.17a
F	4444.73a	10.14a

ค่าที่กำกับตัวอักษรเดียวกันในแนวตั้ง แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

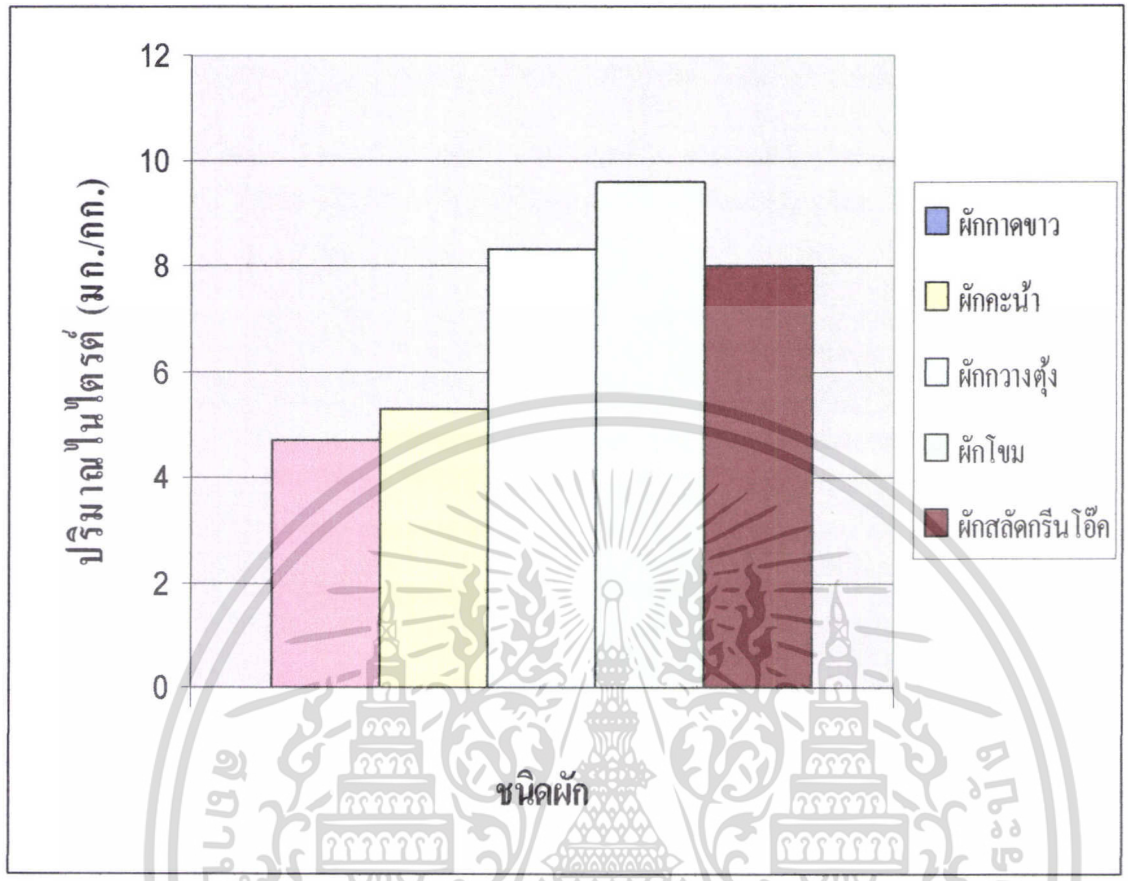
ค่าที่กำกับตัวอักษรต่างกันในแนวตั้ง แสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น95%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



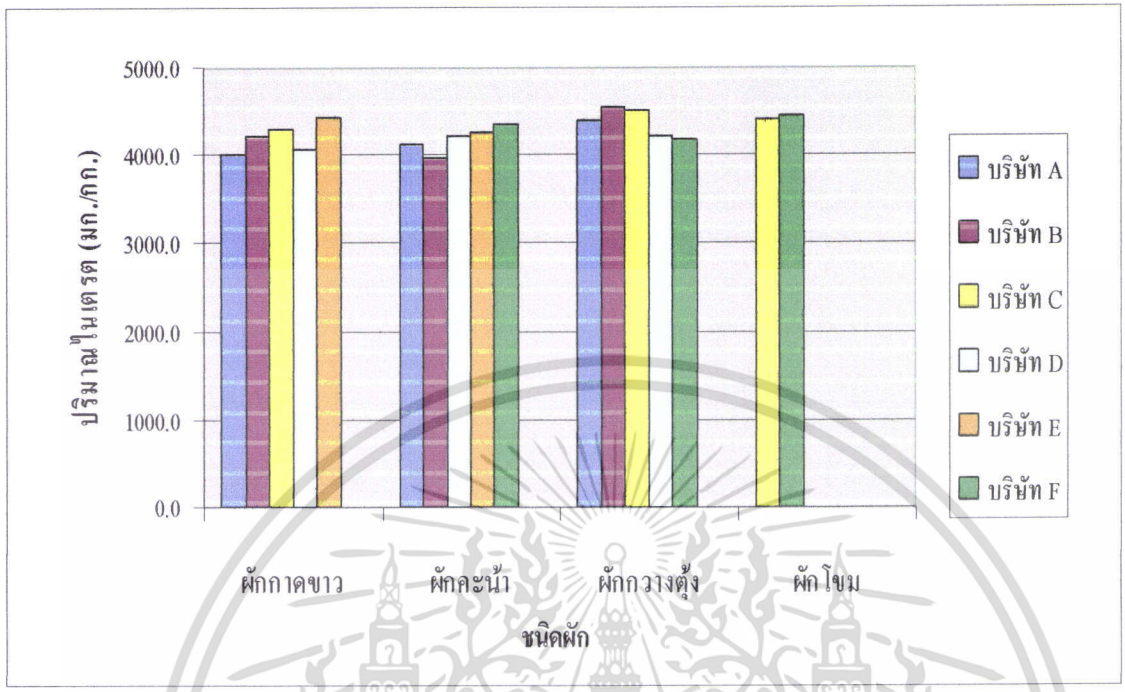
ภาพที่ 1 เปรียบเทียบปริมาณไนเตรตในผักกาดขาว ผักคะน้า ผักกวางตุ้ง ผักโขม และผักสลัดกรีนโอ๊ค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



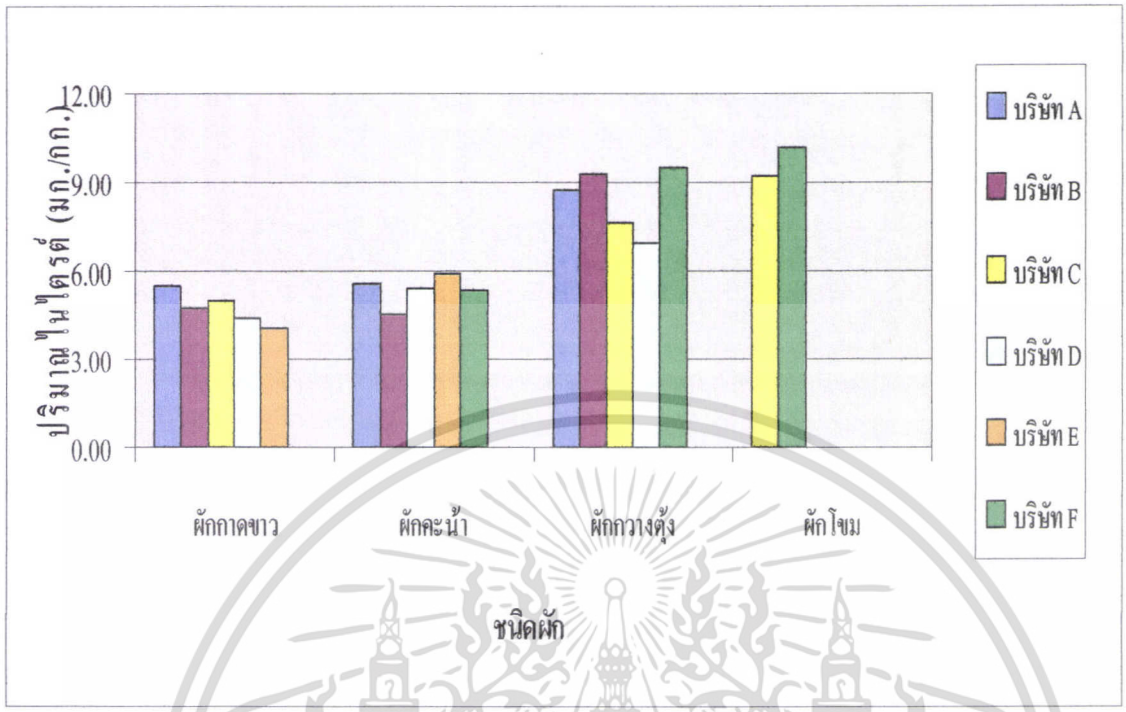
ภาพที่ 2 เปรียบเทียบปริมาณไนไตรต์ในผักกาดขาว ผักคะน้า ผักกวางตุ้ง ผักโขม และผักสลัดกรีนโอ๊ค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3 เปรียบเทียบปริมาณไนเตรตในผักกาดขาว ผักคะน้า ผักกวางตุ้ง และผักโขมจากบริษัท A บริษัท B บริษัท C บริษัท D บริษัท E และบริษัท F

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4 เปรียบเทียบปริมาณไนไตรต์ในผักกาดขาว ผักคะน้า ผักกวางตุ้ง และผักโขมจากบริษัท A บริษัท B บริษัท C บริษัท D บริษัท E และบริษัท F

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิจารณ์ผลการทดลอง

การตรวจวิเคราะห์หาปริมาณไนเตรตและไนไตรต์ในผักกาดขาว ผักคะน้า ผักกวางตุ้ง ผักสลัดกรีนโอ๊คและผักโขมที่ในปลูกระบบไฮโดรโปนิกส์ พบว่าผักโขมมีปริมาณไนเตรตและไนไตรต์สูงสุด ซึ่งจากการศึกษาโดยการสำรวจเบื้องต้นปริมาณไนเตรตในผักระบบไฮโดรโปนิกส์ของไพรัตน์ (2547)พบว่าผักโขมมีปริมาณไนเตรตเฉลี่ย 4000-7000 มก./กก. ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาครั้งนี้ที่พบว่าผักโขมมีปริมาณไนเตรต 4431.76 มก./กก. และจากผลการศึกษาไนเตรตในผักที่ปลูกระบบไฮโดรโปนิกส์ที่ประเทศกรีซและบัลแกเลียของWeimin *et al.*,(1998)พบว่าที่ประเทศกรีซ ผักที่มีปริมาณไนเตรตสูงได้แก่ ผักโขม ผักชีฝรั่ง หัวบีท และที่บัลแกเลียพบว่าปริมาณไนเตรตในผักมีความผันแปรสูง และพบปริมาณไนเตรตมากที่สุดในผักโขมซึ่งสอดคล้องกับการศึกษานี้เช่นกัน นอกจากนี้การศึกษาครั้งนี้ตรวจวิเคราะห์พบปริมาณไนเตรตในผักสลัดกรีนโอ๊ค 2225.83 มก./กก.ซึ่งต่ำสุดและสอดคล้องกับการศึกษาของไพรัตน์ (2547)ที่ศึกษาปริมาณไนเตรตในผักที่ปลูกระบบไฮโดรโปนิกส์ ที่จำหน่ายในตลาดในช่วงเดือนมิถุนายนถึงกันยายนพ.ศ.2546 พบว่าสลัดกรีนโอ๊คมีปริมาณไนเตรตอยู่ในช่วง 1500-2500 มก./กก. ทั้งนี้ผักสลัดกรีนโอ๊คที่ปลูกในดินจะมีปริมาณไนเตรตที่ต่ำกว่าผักสลัดกรีนโอ๊คที่ปลูกระบบไฮโดรโปนิกส์ นอกจากนี้ผลการศึกษาทั้งในยุโรปและอเมริกาพบว่า ปัจจัยหลักที่มีผลต่อการสะสมไนเตรต คือ แสงและการให้ปุ๋ยไนโตรเจน โดยในสภาวะที่มีแสงแดดน้อยและอุณหภูมิต่ำ มีผลทำให้พืชนำปริมาณไนเตรตที่สะสมอยู่ในส่วนของต้นและใบไปใช้ลดลง จึงเกิดการสะสมขึ้น (Mutamoto, 1999) ปริมาณไนเตรตและไนไตรต์ในผักที่ปลูกระบบไฮโดรโปนิกส์ มีความสัมพันธ์โดยตรงกับปริมาณน้ำ สภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช เช่น การขาดน้ำ อุณหภูมิของอากาศที่สูง แสงแดดที่ไม่เพียงพอ สามารถชักนำให้เกิดการสะสมไนเตรตในพืชได้ ซึ่งแนวทางในการลดปริมาณการสะสมไนเตรตในผักโดยการเก็บเกี่ยวผักในช่วงบ่ายของวันที่มีแสงแดดจะทำให้การสะสมไนเตรตลดลงถึง 15-20% ของการเก็บเกี่ยวผักในตอนเช้ามืดหรือวันที่มีเมฆ และการเพิ่มปริมาณน้ำตาลและการกระตุ้นให้มีการสังเคราะห์แสงมากขึ้นในที่ที่ซึ่งมีแสงมากจะทำให้ปริมาณไนเตรตในผักลดลงได้(Munzinger, 1999) การให้ปุ๋ยไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ต่อพืชที่ใช้กันในสารละลายที่ให้กับพืชในระบบไฮโดรโปนิกส์ คือ ไนเตรตและแอมโมเนีย โดยการเตรียมสารละลายธาตุอาหารพืชในระบบไฮโดรโปนิกส์จะนิยมใช้ปุ๋ยที่มีองค์ประกอบของไนเตรตเป็นหลักและในสารละลายธาตุอาหารนั้นมักจะมีปริมาณของไนเตรตอยู่ระหว่าง 80-100 เปอร์เซ็นต์ของไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ต่อพืชทั้งหมด (Resh, 1985 อ้างโดย ธรรมศักดิ์และคณะ)

จากการเก็บตัวอย่างผักกาดขาวจาก 5 บริษัท ได้แก่ บริษัทA,B,C,D และE พบว่าผักกาดขาวจากบริษัท EและบริษัทC มีปริมาณไนเตรตและไนไตรต์สูงสุด ตามลำดับ การเก็บตัวอย่างผักคะน้าจาก 5 บริษัท ได้แก่ บริษัทA,B,D,E และF พบว่าผักกาดขาวจากบริษัท EและบริษัทD มีปริมาณไน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เตรตและไนไตรต์สูงสุด การเก็บตัวอย่างผักกวางตุ้งจาก 5 บริษัท ได้แก่ บริษัทA,B,C,D และF พบว่าผักกวางตุ้งจากบริษัท BและบริษัทD มีปริมาณไนเตรตและไนไตรต์สูงสุด การเก็บตัวอย่างผักโขม 2 บริษัท ได้แก่ บริษัทC และF พบว่าผักโขมจากบริษัท F มีปริมาณไนเตรตและไนไตรต์สูงสุด ซึ่งผักตัวอย่างจากบริษัทที่มีปริมาณไนเตรตสูงอาจเนื่องจากบริษัทนั้นมีสูตรธาตุอาหารที่มีปุ๋ยไนโตรเจนสูงกว่าบริษัทอื่น หรืออาจมีสภาพแวดล้อมที่มีผลทำให้การนำไนโตรเจนในรูปไนเตรตไปใช้ในปฏิกิริยาชีวภาพต่างๆของพืชน้อย ทำให้ปริมาณไนเตรตในผักนั้นๆสูง

การเก็บตัวอย่างผักนำมาศึกษาไม่สามารถเก็บตัวอย่างผักต่างชนิดกันให้มีจำนวนเท่ากันและจากบริษัทเดียวกันได้ ทำให้ไม่สามารถเปรียบเทียบปริมาณไนเตรตและไนไตรต์จากบริษัทเดียวกันในผักต่างชนิดได้เพราะแต่ละบริษัทไม่ปลูกผักเหมือนกันทุกชนิด จึงเปรียบเทียบกันได้เฉพาะผักบางชนิดเท่านั้น การตรวจวิเคราะห์ปริมาณไนเตรตและไนไตรต์ในผักโขมและผักสลัดกรีนโอ๊คไม่สามารถเก็บตัวอย่างจาก 5 บริษัทได้เช่นเดียวกับผักกาดขาว ผักคะน้าและผักกวางตุ้ง เพราะบริษัท A, B, D และE ไม่มีการปลูกผักโขมและบริษัท A, B, C, D และE ไม่มีการปลูกผักสลัดกรีนโอ๊ค ดังนั้นผลผักการศึกษาครั้งนี้จึงไม่มีการเปรียบเทียบปริมาณไนเตรตและไนไตรต์ของผักสลัดกรีนโอ๊ค และปริมาณไนเตรตและไนไตรต์ในโขมก็เปรียบเทียบเฉพาะ 2 บริษัท คือ บริษัท C และF

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปและข้อเสนอแนะ

ผลการศึกษาปริมาณไนเตรตและไนไตรต์ในผักกาดขาว ผักคะน้า ผักกวางตุ้ง ผักสลัดกรีนโอ๊ค และผักโขมที่ปลูกระบบไฮโดรโปนิกส์ พบว่าผักสลัดกรีนโอ๊คมีปริมาณไนเตรตต่ำสุด ผักโขมมีปริมาณไนเตรตสูงสุด และแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับผักกาดขาว ผักคะน้า และผักสลัดกรีนโอ๊ค ทั้งนี้ผักโขมมีปริมาณไนเตรตแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติกับผักกวางตุ้ง สำหรับปริมาณไนไตรต์ พบว่าผักโขมมีปริมาณไนไตรต์สูงสุดและผักกาดขาวมีปริมาณต่ำสุด ปริมาณไนไตรต์ในผักโขมแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับผักคะน้า ผักกาดขาว ผักกวางตุ้ง ผักสลัดกรีนโอ๊ค และปริมาณไนไตรต์ในผักกาดขาวและผักคะน้าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติเช่นเดียวกับปริมาณไนไตรต์ในผักกวางตุ้งก็แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติกับผักสลัดกรีนโอ๊คที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

การปลูกผักระบบไฮโดรโปนิกส์อาจปลอดภัยจากการตกค้างของสารกำจัดแมลงเพราะปลูกในพื้นที่ที่มีการควบคุมสภาพแวดล้อมที่ดี ทำให้บริเวณพื้นที่สะอาด การระบาดของโรคและแมลงต่ำทำให้มีการใช้สารกำจัดศัตรูพืชน้อยหรืออาจไม่มีการใช้เลยก็ได้ในบางสภาวะ ซึ่งจากผลการศึกษาพบว่าปริมาณไนเตรตในผักที่นำมาศึกษามีปริมาณใกล้เคียงกับค่ามาตรฐานของ European Commission Regulation (2002) ซึ่งกำหนดว่า ในผักสีเขียวจำพวกผักกาดหอม (lettuce) ให้มีไนเตรตได้ไม่เกิน 4,500 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ทั้งนี้ผักสลัดกรีนโอ๊คที่มีปริมาณไนเตรตต่ำกว่าค่าที่กำหนด ฉะนั้นผู้บริโภคอาจจะมีโอกาสเสี่ยงจากความเป็นพิษของไนเตรตและไนไตรต์จากผักโขมที่มีปริมาณไนเตรตและไนไตรต์สูงสุด และมีค่าใกล้เคียงกับที่กำหนดเช่นเดียวกับผักกาดขาว ผักคะน้า ผักกวางตุ้งหากเปรียบเทียบกับค่าที่กำหนดในผักโขม ซึ่งEuropean Commission Regulation (2002)กำหนดให้มีปริมาณไนเตรตได้ไม่เกิน 3,000 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ส่วนผักสลัดกรีนโอ๊คน่าจะมีความปลอดภัยจากไนเตรตและไนไตรต์ต่อผู้บริโภคเพราะมีปริมาณไนเตรตและไนไตรต์ต่ำกว่าค่าที่กำหนด จากผลการศึกษาข้างต้น พบว่าการปลูกผักระบบไฮโดรโปนิกส์ควรพิจารณาถึงความเข้มข้นของปุ๋ยไนโตรเจนในรูปไนเตรตเพราะมีผลต่อปริมาณการสะสมของไนเตรตและไนไตรต์ในผลผลิต ทั้งนี้ถึงแม้ว่าปริมาณไนเตรตในผักจะค่อนข้างสูง แต่ผักเป็นอาหารที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย มีเส้นใยซึ่งช่วยทำให้ระบบขับถ่ายทำงานได้ดี ให้วิตามิน เกลือแร่ และสารอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโต ทำให้ร่างกายแข็งแรงสมบูรณ์ และในผักก็จะมีวิตามินซี วิตามินอี ซึ่งจะยับยั้งการทำปฏิกิริยาของไนไตรต์กับเอมีนในการสร้างสารไนโตรซามีนซึ่งเป็นสารก่อมะเร็งทำให้มีความปลอดภัยกว่าการบริโภคอาหารประเภทเดียวมีต (cured meat) เช่น ไส้กรอก แฮม เบคอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

กัญจนา ดีวิเศษ. 2542. ผักพื้นบ้านภาคเหนือ. พิมพ์ครั้งที่ 1. สถาบันการแพทย์แผนไทย, กรมการแพทย์, กระทรวงสาธารณสุข, กรุงเทพฯ. 280 หน้า.

กฤษณา รุ่งเรืองศักดิ์. 2521. ปฏิบัติการและหลักเบื้องต้นในวิชาชีววิทยา. อมรินทร์การพิมพ์. หน้า 33-37.

ดิเรก ทองอร่าม. 2546. การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน :หลักการจัดการการผลิตและเทคโนโลยีการผลิตเชิงธุรกิจในประเทศไทย. ซีเอ็ด ยูเครน จำกัด. กรุงเทพฯ. 105 หน้า.

ถวัลย์ พัฒนเสถียรพงษ์. 2534. การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน. พิมพ์ครั้งที่ 1. โรงพิมพ์พรานนกการพิมพ์. กรุงเทพฯ. หน้า 78-110.

ธรรมศักดิ์ ทองเกตุ อัญชลี อุทัยพัฒนาชีพ และ วุฒิพงษ์ พิมพ์โคตร. 2545. การสำรวจเบื้องต้นปริมาณสารไนเตรตตกค้างในผักกาดหอมโดยไม่ใช้ดินในฤดูต่างๆ. ในเรื่องเต็มการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 40. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. หน้า 67-73.

นภดล เรียบเลิศหิรัญ. 2538. การปลูกพืชไม่ใช้ดิน. พิมพ์ครั้งที่ 1. สำนักพิมพ์รั้วเขียว. โรงพิมพ์สหมิตรพร้นติ้ง. กรุงเทพฯ. หน้า 84-91.

มนูญ ศิรินุพงศ์. 2544. การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินสู่การปฏิบัติในประเทศไทย (Practical for Soilless Culture in Thailand). คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี. 96 หน้า.

เมืองทอง ทวนทวี และ สรีรัตน์ ปัญญารัตนะ. 2532. สวนผัก 2. กลุมหนังสือเกษตร. กรุงเทพฯ. 456 หน้า.

พรชัย จุฑามาศ. 2531. การปลูกพืชปราศจากดิน. วารสารดินและปุ๋ย 10(2). หน้า 92-96.

ไพรัตน์ พิมพ์ศิริกุล. 2547. การสำรวจเบื้องต้นปริมาณไนเตรตในผักที่ปลูกโดยไม่ใช้ดินและ/ หรือผักอนามัยที่จำหน่ายในตลาด. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์. สนันสนุนโดยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย.

ยงยุทธ โอสถสภา. 2543. ธาตุอาหารพืช. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 35-51 หน้า.

ยงยุทธ โอสถสภา. 2541. ปฐพีวิทยาเบื้องต้น. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 35-51 หน้า.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักขณา อมรสิน. 2539. คู่มือประกอบการปฏิบัติการวิชาพิษวิทยาสิ่งแวดล้อม. ภาควิชาเทคโนโลยีการจัดการศัตรูพืช, คณะเทคโนโลยีการเกษตร, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 47 หน้า.

วงจันทร์ วงศ์แก้ว. 2535. หลักสรีระวิทยาของพืช. ฟันนี่พับบลิชชิ่ง. กรุงเทพฯ. 157 หน้า.

ศุภมาศ พนิชศักดิ์พัฒนา. 2540. ภาวะมลพิษของดินจากการใช้สารเคมี. ภาควิชาปฐพีวิทยา, คณะเกษตร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. หน้า 78-85.

สมภพ ฐิติวสันต์. 2526. หลักการปลูกผัก. ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช, คณะเทคโนโลยีการเกษตร, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 258 หน้า.

อนุรกษ์ พ่วงผล. 2542. เกษตรเศรษฐกิจในครัวเรือน พืชผักสวนครัวเสริมรายได้. โรงพิมพ์อักษรไทย. กรุงเทพฯ. หน้า 56-60.

อิทธิสุนทร นันทกิจ. 2542. เอกสารประกอบการฝึกอบรมการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินรุ่นที่ 4. ภาควิชาปฐพีวิทยา, คณะเทคโนโลยีการเกษตร, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. หน้า 36-48.

European commission. 2001. Commission regulation (EC) No. 466/2001 of 8 March 2001. Official Journal of the European Communities. L 77/6.

European commission. 2002. Commission regulation (EC) No. 536/2002 of 2 April 2002. Official Journal of the European Communities. L 86/6.

Harris, D. 1992. Hydroponics The complete guide to gardening without soil. New Holland (Publishers) ltd, London.

International Standard for Drinking Water. (1971). In WHO Report Environmental Health Criteria 5. Nitrate and N-nitroso compound. Published under the Joint Sponsorship of the United Nation Environment Programe and World Health Organization. 1978. 107 pages.

Jone B.J., Jr. 1997. Hydroponics A Pratical Guide for the Soilless Grower. St. Lucie Press, FL

Moramoto, J. 1999. Comparision of Nitrate Content in Leafy Vegetable from Organic and Conventional Farm in California.Center for Agroecology and Sustainable Food Systems, University of California, santa Cruz. CA.

Munzinger, A. 1999. Optimal Control of Nitrate Accumulation in Greenhouse Lettuce and Other Leafy Vegetables. FAIR-CT98-4362, European Commission, Brussels, Belgium. . May 2002.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Mutomoto L. , J. Charbonneau. 1995. Effects of Photoperiod and photosynthetic Photon Flux on Nitrate Reductase Activity in Greenhouse Grown Lettuce. J. Plant Nutr. 18: 437-453.

Mynard, D.N. and A.V. Barker. 1972. Nitrate Content of Vegetable Crop. Hort. Sci. 7(3): 224-226.

Resh, H.M. 1985. Hydroponics Food Production. Woodbridge Press Publishing Company. Santa Barbara, California. 287 pages.

Weimin, Z., L. Shijun, G. Lihong, C. Laibing, Z. Suping, H. Zhongyang and Z. Dabiao. 1998. Genetic Diversity of Nitrate Accumulation in Vegetable Crops. Acta Hort. (ISHS) 467:119-126. http:/www.actahort.org/books/467/467_12.html, May 2002

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 1 การวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของปริมาณไนเตรตในผักกาดขาวจากบริษัท A(TC-A) บริษัท B(TC-B) บริษัท C(TC-C) บริษัท D(TC-D) และบริษัท E(TC-E)

บริษัท	ซ้ำที่1	ซ้ำที่2	ซ้ำที่3	ค่าเฉลี่ย
TC-A	3722.1	4132.8	4130.3	3995.0
TC-B	4157.1	4281.1	4237.9	4225.3
TC-C	4366.1	4456.4	4058.7	4293.7
TC-D	3987.0	4026.6	4153.2	4055.6
TC-E	4410.3	4422.0	4451.7	4428.0

Analysis of Variance

Source	df	SS	MS	F	F.05	F.01
Treatment	4	372784.3486	93196.0872	4.19	3.48	5.99
Ex.Error	10	222614.5891	22261.4589			
Total	14	595398.9378	42528.4956			

CV = 3.5528 %

LSD .05 = 271.42282617302

LSD .01 = 386.058768466024

DUNCAN'S MULTIPLE-RANGE TEST

NAME	ID	MEAN	RANKED AT PROBABILITY LEVEL .01
TC-E		4428.0000	A
TC-C		4293.7333	AB
TC-B		4225.3667	AB
TC-D		4055.6001	AB
TC-A		3995.0666	B

NAME	ID	MEAN	RANKED AT PROBABILITY LEVEL .05
TC-E		4428.0000	A
TC-C		4293.7333	AB
TC-B		4225.3667	ABC
TC-D		4055.6001	BC
TC-A		3995.0666	C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 2 การวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของปริมาณไนเตรตในผักคะน้าจากบริษัท A(CK-A) บริษัท B(CK-B) บริษัท D(CK-D) บริษัท E(CK-E) และบริษัท F(CK-F)

บริษัท	ซ้ำที่1	ซ้ำที่2	ซ้ำที่3	ค่าเฉลี่ย
CK-A	4120.8	4035.6	4217.0	4124.4
CK-B	3872.1	4124.7	3886.5	3961.1
CK-F	4135.5	4465.6	4046.3	4215.8
CK-D	4169.1	4250.5	4331.3	4250.3
CK-E	4374.2	4328.2	4371.9	4358.1

Analysis of Variance

Source	df	SS	MS	F	F.05	F.01
Treatment	4	266776.2523	66694.0631	3.95	3.48	5.99
Ex.Error	10	168800.7939	16880.0794			
Total	14	435577.0462	31112.6462			

CV = 3.1068 %

LSD .05 = 236.350649133484

LSD .01 = 336.173791339323

DUNCAN'S MULTIPLE-RANGE TEST

NAME	ID	MEAN	RANKED AT PROBABILITY LEVEL .01
CK-E		4358.1001	A
CK-D		4250.3000	AB
CK-F		4215.8000	AB
CK-A		4124.4666	AB
CK-B		3961.1001	B

NAME	ID	MEAN	RANKED AT PROBABILITY LEVEL .05
CK-E		4358.1001	A
CK-D		4250.3000	A
CK-F		4215.8000	A
CK-A		4124.4666	AB
CK-B		3961.1001	B

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<u>ตารางภาคผนวกที่ 3</u> การวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของปริมาณไนเตรตในผักกวางตุ้งจาก บริษัท A(CL-A) บริษัท B(CL-B) บริษัท C(CL-C) บริษัท D(CL-D) และ บริษัท F(CL-F)

บริษัท	ซ้ำที่1	ซ้ำที่2	ซ้ำที่3	ค่าเฉลี่ย
CL-A	4510.5	4408.7	4241.4	4386.8
CL-B	4508.0	4783.9	4365.2	4552.3
CL-F	4480.0	4588.5	4449.4	4505.9
CL-C	4225.0	4284.2	4153.7	4220.9
CL-D	4236.0	4106.8	4160.1	4167.6

Analysis of Variance

Source	df	SS	MS	F	F.05	F.01
Treatment	4	345419.1406	86354.7852	5.56	3.48	5.99
Ex.Error	10	155186.6237	15518.6624			
Total	14	500605.7644	35757.5546			

CV = 2.8528 %

LSD .05 = 226.619198522355

LSD .01 = 322.332244217837

DUNCAN'S MULTIPLE-RANGE TEST

NAME	ID	MEAN	RANKED AT PROBABILITY LEVEL .01
CL-B		4552.3667	A
CL-F		4505.9666	AB
CL-A		4386.8667	AB
CL-C		4220.9668	AB
CL-D		4167.6333	B

NAME	ID	MEAN	RANKED AT PROBABILITY LEVEL .05
CL-B		4552.3667	A
CL-F		4505.9666	A
CL-A		4386.8667	AB
CL-C		4220.9668	B
CL-D		4167.6333	B

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 4 การวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของปริมาณไนเตรตในผักโขม จาก บริษัท C(SN-C) และบริษัท F(SN-F)

บริษัท	ซ้ำที่1	ซ้ำที่2	ซ้ำที่3	ค่าเฉลี่ย
SN-C	4440.3	4403.5	4412.6	4418.8
SN-F	4498.3	4426.3	4409.6	4444.7

Analysis of Variance

Source	df	SS	MS	F	F.05	F.01
Treatment	1	1008.8016	1008.8016	0.78	7.71	21.20
Ex.Error	4	5178.2765	1294.5691			
Total	5	6187.0781	1237.4156			

CV = 0.8119 %

LSD .05 = 81.5523450160078

LSD .01 = 135.254681719632

DUNCAN'S MULTIPLE-RANGE TEST

NAME	ID	MEAN	RANKED AT PROBABILITY LEVEL .01
SN-F		4444.7332	A
SN-C		4418.8000	A

NAME	ID	MEAN	RANKED AT PROBABILITY LEVEL .05
SN-F		4444.7332	A
SN-C		4418.8000	A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 5 การวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของปริมาณไนเตรตในผักกาดขาว(TC) ผักคะน้า(CK)ผักกวางตุ้ง(CL) ผักสลัดกรีนโอ๊ค(GO) และผักโขม(SN) ที่ปลูกระบบไฮโดรโปนิกส์

ชนิดผัก	ซ้ำที่1	ซ้ำที่2	ซ้ำที่3	ค่าเฉลี่ย
TC	4128.52	4263.78	4206.36	4199.5
CK	4134.34	4240.92	4170.60	4181.9
CL	4391.90	4434.42	4273.96	4366.7
GO	2244.70	2145.00	2287.80	2225.8
SN	4469.30	4414.90	4411.10	4431.7

Analysis of Variance

Source	df	SS	MS	F	F.05	F.01
Treatment	4	10412796.4165	2603199.1041	623.34	3.48	5.99
Ex.Error	10	41762.0057	4176.2006			
Total	14	10454558.4221	746754.1730			

CV = 1.6651 %

LSD .05 = 117.560176896484

LSD .01 = 167.211939221255

DUNCAN'S MULTIPLE-RANGE TEST

NAME	ID	MEAN	RANKED AT PROBABILITY LEVEL .01
SN		4431.7666	A
CL		4366.7599	A
TC		4199.5532	B
CK		4181.9533	B
GO		2225.8333	C

NAME	ID	MEAN	RANKED AT PROBABILITY LEVEL .05
SN		4431.7666	A
CL		4366.7599	A
TC		4199.5532	B
CK		4181.9533	B
GO		2225.8333	C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 6 การวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของปริมาณไนไตรต์ในผักกาดขาวจาก บริษัท A(TC-A) บริษัท B(TC-B) บริษัท C(TC-C) บริษัท D(TC-D) และ บริษัท E(TC-E)

บริษัท	ซ้ำที่1	ซ้ำที่2	ซ้ำที่3	ค่าเฉลี่ย
TC-A	5.11	6.43	4.82	5.45
TC-B	4.72	4.92	4.60	4.74
TC-C	4.50	5.41	5.19	5.03
TC-D	4.92	4.06	4.27	4.41
TC-E	4.63	3.32	4.23	4.06

Analysis of Variance

Source	df	SS	MS	F	F.05	F.01
Treatment	4	3.4856	0.8714	2.66	3.48	5.99
Ex.Error	10	3.2795	0.3279			
Total	14	6.7650	0.4832			

CV = 12.0765 %

LSD .05 = 1.04176832001839

LSD .01 = 1.48176113381431

DUNCAN'S MULTIPLE-RANGE TEST

NAME	ID	MEAN	RANKED AT PROBABILITY LEVEL .01
TC-A		5.4533 A	
TC-C		5.0333 A	
TC-B		4.7467 A	
TC-D		4.4167 A	
TC-E		4.0600 A	

NAME	ID	MEAN	RANKED AT PROBABILITY LEVEL .05
TC-A		5.4533 A	
TC-C		5.0333 AB	
TC-B		4.7467 AB	
TC-D		4.4167 AB	
TC-E		4.0600 B	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 7 การวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของปริมาณไนไตรต์ในผักคะน้า จาก บริษัท A(CK-A) บริษัท B(CK-B) บริษัท D(CK-D) บริษัท E(CK-E) และ บริษัท F(CK-F)

บริษัท	ซ้ำที่1	ซ้ำที่2	ซ้ำที่3	ค่าเฉลี่ย
CK-A	6.00	5.61	4.97	5.52
CK-B	4.25	4.93	4.42	4.53
CK-F	3.93	5.82	6.46	5.40
CK-D	5.61	6.70	5.42	5.91
CK-E	5.10	6.11	4.77	5.32

Analysis of Variance

Source	df	SS	MS	F	F.05	F.01
Treatment	4	3.0439	0.7610	1.23	3.48	5.99
Ex.Error	10	6.1813	0.6181			
Total	14	9.2252	0.6589			

CV = 14.7230 %

LSD .05 = 1.43023794217591

LSD .01 = 2.03430163319365

DUNCAN'S MULTIPLE-RANGE TEST

NAME	ID	MEAN	RANKED AT PROBABILITY LEVEL .01
CK-D		5.9100	A
CK-A		5.5267	A
CK-F		5.4033	A
CK-E		5.3267	A
CK-B		4.5333	A

NAME	ID	MEAN	RANKED AT PROBABILITY LEVEL .05
CK-D		5.9100	A
CK-A		5.5267	A
CK-F		5.4033	A
CK-E		5.3267	A
CK-B		4.5333	A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 8 การวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของปริมาณไนไตรต์ในผักกวางตุ้ง จาก บริษัท A(CL-A) บริษัท B(CL-B) บริษัท C(CL-C) บริษัท D(CL-D) และ บริษัท F(CL-F)

บริษัท	ซ้ำที่1	ซ้ำที่2	ซ้ำที่3	ค่าเฉลี่ย
CL-A	10.61	6.44	9.11	8.72
CL-B	8.47	8.88	10.44	9.26
CL-F	5.61	9.02	8.13	7.58
CL-C	6.49	6.47	7.71	6.89
CL-D	9.30	8.64	10.54	9.49

Analysis of Variance

Source	df	SS	MS	F	F.05	F.01
Treatment	4	14.9529	3.7382	1.85	3.48	5.99
Ex.Error	10	20.2102	2.0210			
Total	14	35.1631	2.5116			

CV = 16.9429 %

LSD .05 = 2.58615668336936

LSD .01 = 3.67842483375112

DUNCAN'S MULTIPLE-RANGE TEST

NAME	ID	MEAN	RANKED AT PROBABILITY LEVEL .01
CL-D		9.4933	A
CL-B		9.2633	A
CL-A		8.7200	A
CL-F		7.5867	A
CL-C		6.8900	A

NAME	ID	MEAN	RANKED AT PROBABILITY LEVEL .05
CL-D		9.4933	A
CL-B		9.2633	A
CL-A		8.7200	A
CL-F		7.5867	A
CL-C		6.8900	A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 9 การวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของปริมาณไนไตรต์ในผักโขม จาก บริษัท C(SN-C) และบริษัท F(SN-F)

บริษัท	ซ้ำที่1	ซ้ำที่2	ซ้ำที่3	ค่าเฉลี่ย
SN-C	9.46	8.50	9.57	9.17
SN-F	10.82	9.60	10.01	10.14

Analysis of Variance

Source	df	SS	MS	F	F.05	F.01
Treatment	1	1.4017	1.4017	3.83	7.71	1.20
Ex.Error	4	1.4637	0.3659			
Total	5	2.8654	0.5731			

CV = 6.2622 %

LSD .05 = 1.37111743678924

LSD .01 = 2.27400024458849

DUNCAN'S MULTIPLE-RANGE TEST

NAME	ID	MEAN	RANKED AT PROBABILITY LEVEL .01
SN-F		10.1433	A
SN-C		9.1767	A

NAME	ID	MEAN	RANKED AT PROBABILITY LEVEL .05
SN-F		10.1433	A
SN-C		9.1767	A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 10 การวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของปริมาณไนไตรต์ในผักกาดขาว(TC) ผักคะน้า(CK)ผักกวางตุ้ง(CL) ผักสลัดกรีนโอ๊ค(GO) และผักโขม(SN) ที่ปลูกระบบไฮโดรโปนิกส์

ชนิดผัก	ซ้ำที่1	ซ้ำที่2	ซ้ำที่3	ค่าเฉลี่ย
TC	4.77	4.82	4.62	4.73
CK	4.97	5.83	5.20	5.34
CL	8.09	7.89	9.18	8.38
GO	7.07	8.26	8.81	8.04
SN	10.14	9.05	9.19	9.66

Analysis of Variance

Source	df	SS	MS	F	F.05	F.01
Treatment	4	53.0197	13.2549	37.09	3.48	5.99
Ex.Error	10	3.5741	0.3574			
Total	14	56.5938	4.0424			

CV = 8.2627 %

LSD .05 = 1.087554311961

LSD .01 = 1.546884925765

DUNCAN'S MULTIPLE-RANGE TEST

NAME	ID	MEAN	RANKED AT PROBABILITY LEVEL .01
SN		9.6600	A
CL		8.3867	A
GO		8.0467	A
CK		5.3467	B
TC		4.7367	B

NAME	ID	MEAN	RANKED AT PROBABILITY LEVEL .05
SN		9.6600	A
CL		8.3867	B
GO		8.0467	B
CK		5.3467	C
TC		4.7367	C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้