



ปริมาณไนเตรทที่ตกค้างในผักสลัด (Green oak)

Nitrate Accumulation in Green oak



กรรณิกา จ้าเสียง

วิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

พฤษภาคม 2555

ปริมาณไนเตรทที่ตกค้างในผักสลัด (Green oak)

Nitrate Accumulation in Green oak

กรรณิกา จ้าเสียง

โครงการด้านชีววิทยานี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

พฤษภาคม 2555

ปริมาณไนเตรทที่ตกค้างในผักสลัด (Green oak)

Nitrate Accumulation in Green oak

กรรณิกา จ้าเสียง

โครงการด้านชีววิทยานี้ ได้รับการพิจารณาอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตาม
หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาชีววิทยา

คณะกรรมการโครงการด้านชีววิทยา

..... ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. นพรัตน์ พุทธกาล)

..... กรรมการ
(ดร. เสาวณีย์ บัวโทน)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สุพรรณ โพธิ์ศรี)

กรณีศึกษา จ้าเสียง 2555 : ปริมาณไนโตรเจนที่ตกค้างในผักสลัด (Green oak)

ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (ชีววิทยา) ประชานกรรมการที่ปรึกษา : ผศ. ดร. นพรัตน์ พุทธกาล

บทคัดย่อ

ผักเป็นพืชอาหารที่มีประโยชน์ ทำให้ร่างกายมีสุขภาพดีเนื่องจากผักประกอบด้วยสารอาหารที่มีคุณค่าแก่ร่างกาย เช่น วิตามิน แร่ธาตุ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง วิตามินซี และเบต้าโรทีน ป้องกันปัญหาโรคหัวใจ โรคเบาหวาน และช่วยลดความเสี่ยงจากโรคมะเร็ง ในการผลิตพืชผัก ชาติไนโตรเจนจัดเป็นธาตุอาหารที่จำเป็นแก่การเจริญเติบโตของพืช และเป็นองค์ประกอบของสารอินทรีย์ที่สำคัญของพืชหลายชนิด ผักนับว่าเป็นพืชที่มีการสะสมไนโตรเจนในปริมาณค่อนข้างสูง อาจเนื่องจากผักเป็นพืชที่มีอายุสั้นและหากได้รับปุ๋ยไนโตรเจนในรูปของไนเตรทมากเกินไป เมื่อเก็บเกี่ยวมาบริโภค ผู้บริโภคจะได้รับสารไน-เตรทเข้าสู่ร่างกาย และหากมีการบริโภคมากเกินไป อาจทำให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพได้ การศึกษาในครั้งนี้ จึงได้ใช้ตัวอย่างผักสลัด (Green oak) จากแหล่งปลูกต่างกันทั้งหมดจำนวน 6 แหล่ง ได้แก่ ปลูกแบบไฮโดรโปนิกส์ ปลูกในดิน ดินที่ใส่ปุ๋ยคอก ดินที่ใส่ปุ๋ยเคมี ปลูกในขุยมะพร้าว และจากตลาดไท การวิเคราะห์โดยวิธี Colorimetric ใช้เทคนิค Salicylic เพื่อหาปริมาณไนโตรเจนที่ตกค้างในผักสลัด พบว่าปริมาณไนโตรเจนในผักสลัด (Green oak) ที่นำมาจากแหล่งปลูกที่แตกต่างกัน มีปริมาณไนโตรเจนต่างกันโดยการนำสารสกัดผักสลัดไปวัดการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 410 nm. ด้วยเครื่อง Spectrophotometer และวิเคราะห์ด้วยวิธีไทเทรตเพื่อหาปริมาณไนโตรเจนในผัก ผลการศึกษานี้ พบว่าเมื่อนำผักสลัด (Green oak) ที่ปลูกต่างแหล่งกันมาวิเคราะห์ พบว่าผักสลัดที่ปลูกแบบไฮโดรโปนิกส์ มีค่าการดูดกลืนแสงน้อยที่สุด คือ 0.0725 และผักสลัดที่ปลูกในดิน การดูดกลืนแสงมีค่ามากที่สุด 0.171 และพบว่า ผักสลัดที่ปลูกในดินจะมีปริมาณไนโตรเจนตกค้างสูงที่สุด คือ 2,880 มก./กก. น้ำหนักสด และผักสลัดที่ปลูกแบบไฮโดรโปนิกส์ มีค่าน้อยที่สุด คือ 910 มก./กก. น้ำหนักสด อย่างไรก็ตามจากการศึกษานี้ ปริมาณไนโตรเจนที่ได้ทำการศึกษามีค่าไม่เกินมาตรฐานที่ยอมรับได้ ซึ่งปลอดภัยในการนำผักมาบริโภค โดยผู้บริโภคสามารถเลือกผักที่ปลอดภัย

คำสำคัญ : ไนโตรเจน ไนเตรท ผักสลัด

..... /...../.....

ลายมือชื่อประธานกรรมการ

Kannika Jarsaing 2012 : Nitrate Accumulation in Green oak, Bachelor of science (Biology)

Advisor : Asst. Prof. Dr. Nopparat Buddhakala

ABSTRACT

The Vegetables plants are very useful because vegetables are so important for human body. The vegetables contain valuable nutrients such as vitamins, minerals, especially vitamin C and betacarotene. However, prevent heart disease, diabetes and reduce the risk of cancer. In vegetable production, Nitrogen is a nutrient essential for plant growth and composition of the organic matter of plants. Vegetable is a plant that has accumulated high amounts of nitrate. The aim of this study was to compare the levels of nitrate accumulation within green oak. In experiments using Green oak from the plant are all six treatment Hydroponics grow house, Soil manure, Soil mixed chemical fertilizer, Planted with coconut. fiber together with the analysis by Colorimetric using Salicylic to determine the amount of nitrate residue in lettuce. If found that the amounts of nitrate in lettuce (Green oak) are taken from different growing areas. The amount of nitrate accumulation within Green oak depends upon the rate of nitrogen uptake by the plant from the soil substrates and the rate of its reduction by the plant. The situation is different with different accumulation of nitrate by the lettuce extract to measure the absorbance of light at wavelength 410 nm with Spectrophotometer, and analyzed by titration for determination of nitrogen in plants. The results of this study, it was found that the vegetable lettuce (Green oak) grown on different sources and then analyzed to measure the absorption spectrum of the light output is different. The lettuce is grown in hydroponics. The absorption of light is 0.0725 and lettuce grown in soil. The absorption maximum is 0.171, and found that lettuce grown in soil with high residual amount of nitrate is 2,880 mg / kg weight. In house, fresh vegetables and lettuce grown in hydroponics, the minimum value is 910 mg / kg weight. However, the levels of nitrate in 6 treatments are not enough to be toxic.

Keywords : Nitrogen, Nitrate, Green oak

...../...../.....

Thesis Advisor's Signature

กิตติกรรมประกาศ

โครงการด้านชีววิทยาเล่มนี้ประสบความสำเร็จลงได้ดี ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นพรัตน์ พุทธกาล อาจารย์ที่ปรึกษา ที่ให้คำปรึกษาทุกด้านเกี่ยวกับการทดลอง และการทำโครงการทางด้านชีววิทยาเล่มนี้ ขอบคุณอาจารย์ที่ปรึกษาร่วม อาจารย์ เสาวนีย์ บัวโตน ที่ให้คำปรึกษาเกี่ยวกับสถานที่ทำการทดลองและคำชี้แนะจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สุพรรณ โพธิ์ศรี ขอบคุณอาจารย์ภาควิชาเคมีและเจ้าหน้าที่ภาควิชาเคมีที่ช่วยอนุเคราะห์สารเคมีในการทำ การทดลอง และขอบคุณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ที่เอื้ออำนวยสถานที่ใน การปลูกผักสลัด

ขอขอบคุณสาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี ราชภัฏธนบุรี

ท้ายนี้กราบขอบพระคุณบิดา มารดา ครอบครัว และอาจารย์ทุกท่านที่กรุณาให้คำปรึกษา และกำลังใจในการศึกษา จัดทำเล่มวิทยานิพนธ์เล่มนี้มาโดยตลอด

กรรณิกา จำเริญ

พฤษภาคม 2555

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	จ
สารบัญภาพ	ฉ
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 ทบทวนเอกสาร	4
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง	27
บทที่ 4 ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง	30
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง	35
เอกสารอ้างอิง	37
ภาคผนวก	
ก	41
ข	44
ค	49
ง	51
ประวัติผู้ดำเนินการทดลอง	54

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1 ค่าสูงสุดของปริมาณไนเตรท (มก./กก. นน. สด) ที่ยอมให้มีในพืชผัก	20
2 แสดงค่าน้ำหนักสดของผักสดก่อนทำการวิเคราะห์ปริมาณไนเตรท	30
3 แสดงปริมาณไนเตรทที่ตกค้างในผักสลัด (Green oak)	32
4 แสดงเปอร์เซ็นต์ปริมาณไนโตรเจนในพืช	34
5 แสดงการวัดค่าการดูดกลืนคลื่นแสงที่ความยาวคลื่น 410 nm	52
6 แสดงผลการวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนในรูปไนเตรทในพืชโดย Colorimetry	52

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1 ดินปักกาดหอมหรือปักสลัด	4
2 การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน	7
3 แสดงการเพาะกล้า 7 วัน	42
4 แสดงอายุปักสลัด 30 วัน	42
5 แสดงการเจริญเติบโตเต็มที่ของปักสลัด	42
6 แสดงการปลูกปักสลัดที่ใส่ปุ๋ยเคมี	42
7 แสดงการปลูกปักสลัดในขุยมะพร้าว	42
8 แสดงการปลูกปักสลัดที่ใส่ปุ๋ยคอก	43
9 แสดงการปลูกปักสลัดในดิน	43
10 แสดงการปลูกปักสลัดทั้ง 4 แหล่ง	43
11 แสดงค่าความเข้มข้นของไนโตรเจนและค่าการดูดกลืนคลอรีนแสง	53

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

ประเทศไทยเป็นประเทศที่มีแหล่งทรัพยากรที่สำคัญในการผลิตปัจจัยพื้นฐานของมนุษย์ เนื่องจากภูมิประเทศเหมาะในการประกอบอาชีพทางการเกษตร การผลิตพืชผักเป็นแขนงหนึ่งทางการเกษตร พืชผักนำมาใช้บริโภค มีคุณค่าทางโภชนาการสูง สามารถต้านโรคลำไส้ได้ การที่จะให้พืชผักมีคุณภาพตามความต้องการของผู้บริโภคนั้น ต้องผ่านกรรมวิธีการผลิตที่ถูกต้องตามหลักการ โดยเฉพาะการปฏิบัติและการการดูแลรักษา ตั้งแต่การผลิตจนกระทั่งถึงระยะการเก็บเกี่ยว รวมทั้งการควบคุมคุณภาพทางด้านโภชนาการ และความปลอดภัยของผู้บริโภค แต่เดิมเกษตรกรปลูกผักโดยใช้ยาฆ่าแมลง นอกจากจะเป็นอันตรายต่อผู้บริโภคแล้ว ยังเป็นอันตรายต่อสุขภาพของเกษตรกรเอง (นงนุช, 2553)

สาเหตุเกิดจากการเพิ่มจำนวนของประชากรทำให้พื้นที่ในการทำเกษตรลดน้อยลงและมีการขยายตัวทางเศรษฐกิจเพิ่มมากขึ้นจึงส่งผลต่อการขยายตัวของชุมชนทำให้ที่ดินมีราคาสูงขึ้นเกินกว่าการลงทุนทางการเกษตรจึงเกิดสภาวะการขาดแคลนพื้นที่ทางการเกษตร และนอกจากนี้ภัยธรรมชาติยังเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดปัญหาต่อการนำพื้นที่นั้นมาใช้ประโยชน์ เช่น ดินเปรี้ยวจัด ดินเค็ม ดินทรายจัด ดินตื้น และดินลูกรัง รวมถึงพื้นที่ดินในเขตลาดชันซึ่งไม่เหมาะสมต่อการทำการเกษตรซึ่งดินที่มีปัญหาเหล่านี้ในการให้ผลผลิตทางการเกษตรต่ำ (กรมพัฒนาที่ดิน, 2544) ปัญหาดินไม่เหมาะสมต่อการเกษตรจึงมีผลกระทบต่อการเพาะปลูก รวมทั้งการปลูกพืชผักในปัจจุบัน (นิรชา, 2548)

ผักเป็นพืชอาหารที่มีประโยชน์ ทำให้ร่างกายมีสุขภาพดีเนื่องจากผักประกอบด้วยสารอาหารที่มีคุณค่าแก่ร่างกาย เช่น วิตามิน แร่ธาตุ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง วิตามินซี และเบต้าโรทีน ป้องกันปัญหาโรคหัวใจ โรคเบาหวาน และช่วยลดความเสี่ยงจากโรคมะเร็ง ในการผลิตพืชผัก ธาตุไนโตรเจนจัดเป็นธาตุอาหารที่จำเป็นแก่การเจริญเติบโตของพืชในกลุ่มมหธาตุ (Macronutrient element) และเป็นองค์ประกอบของสารอินทรีย์ที่สำคัญของพืชหลายชนิด เช่น โปรตีน กรดนิวคลีอิก และคลอโรฟิลล์ ในไนโตรเจนที่พืชสามารถดูดซึ่มไปใช้มักจะอยู่ในรูปของไนเตรทในสารละลาย ดิน แอมโมเนียม ที่แลกเปลี่ยนได้ และแอมโมเนียม ไนเตรท สำหรับไนเตรท (Nitrate NO_3^-) นั้นพืชสามารถดูดขึ้นมาในปริมาณที่มากกว่าการนำไปใช้จะทำให้เกิดการสะสมไนเตรทในเนื้อเยื่อพืช ในพืชที่ใช้เป็นอาหารนั้น ผักนับว่าเป็นพืชที่มีการสะสมไนเตรทในปริมาณค่อนข้างสูง

(Keeney, 1970) อาจเนื่องจากผักเป็นพืชที่มีอายุสั้นและหากได้รับปุ๋ยไนโตรเจนในรูปของไนเตรทที่มากเกินไป เมื่อเก็บเกี่ยวมาบริโภค ผู้บริโภคจะได้รับสารไนเตรทเข้าสู่ร่างกาย และหากมีการบริโภคที่มากเกินไปอาจทำให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพได้ โดยเฉพาะผู้ที่มีการร่างกายอ่อนแอเด็กและหญิงมีครรภ์

การตกค้างของสารไนเตรทในน้ำและอาหาร โดยเฉพาะพืชผักต่างๆ ในปริมาณที่สูงเกินไป เป็นปัญหาสำคัญที่เกิดขึ้นอย่างมากในประเทศเขตนานและเขตอบอุ่นในแถบยุโรป และอเมริกาที่มีอากาศหนาวเย็นและความเข้มข้นของแสงต่ำกว่าเขตร้อน พืชมีอัตราการเจริญเติบโตที่ช้าลง (Burt, 1993) โดยเฉพาะการผลิตพืชที่ปลูกเลี้ยงภายในเรือนกระจกด้วยวิธีไม่ใช้ดิน (Soiless culture) มีโอกาสที่พืชผักจะมีการสะสมสารไนเตรทในปริมาณสูง เนื่องมาจากการปลูกเลี้ยงพืชในสารละลายอาหารนั้น รากพืชที่แช่อยู่ในสารละลายอาหารตลอดเวลาสามารถที่จะดูดสารอาหารต่างๆ รวมทั้งไนโตรเจน ในสารละลายที่อยู่ในรูปของไนเตรท ขึ้นมามากเกินกว่าพืชจะนำไปใช้ได้ (Burt, 1993)

ไนเตรทสามารถเปลี่ยนเป็นไนไตรท์ในอาหารและในร่างกายมนุษย์ได้ โดยปฏิกิริยาของแบคทีเรีย และแหล่งสำคัญของไนเตรทในอาหารของมนุษย์ คือ น้ำและผัก ทั้งนี้เพราะไนเตรทเป็นรูปของธาตุไนโตรเจนที่พืชต้องการสำหรับการเติบโต หากพืชได้รับมากเกินไปก็จะสะสมไว้ โดยเฉพาะในผักกึ๋นใบและผักกึ๋นรากหลายประเทศจึงมีการกำหนดปริมาณสูงสุดของ ไนเตรทในผักสดและผลไม้ที่จะนำมาบริโภคต้องไม่เกิน 4,000 มก./กก. น้ำหนักสด ปริมาณการสะสมของไนเตรทขึ้นกับชนิดของพืช อายุพืช ฤดูกาลปลูกและชนิดของปุ๋ยไนโตรเจนที่ให้กับพืช

ไนเตรทกับไนไตรท์ เป็นวัตถุเจือปนในอาหารใช้เพื่อยืดอายุอาหารในรูปของเกลือโซเดียม หรือโปแตสเซียมไนเตรทและไนไตรท์ โดยจะช่วยยับยั้งการเติบโตของสปอร์จากแบคทีเรีย ทำให้เนื้อสัตว์เปื่อยยุ่ย มีสีแดงเข้ม นิยมนำมาใช้ในอาหารสำเร็จรูป ประเภทเนื้อสัตว์ต่างๆ เช่น แฮม เบคอน ไส้กรอก แฮนหม กุนเชียง เนื้อสวรรค์ เนื้อแดดเดียว ด้านความเป็นพิษต่อร่างกาย ถ้าได้รับสารนี้ในปริมาณมาก เมื่อซึมผ่านลำไส้เข้าสู่เม็ดเลือดแล้วจะทำปฏิกิริยากับฮีโมโกลบินในเม็ดเลือดแดงกลายเป็นเมตโมโกลบินทำให้เม็ดเลือดนั้นหมดสภาพลำเลียงออกซิเจนไม่ได้เซลล์ในร่างกายก็จะขาดออกซิเจนเนื้อตัวจะออกอาการเขียว คลื่นไส้ อาเจียน ปวดท้อง นอกจากนี้ไนไตรท์ยังทำปฏิกิริยากับเอมีน (โปรตีนชนิดหนึ่งที่อยู่ในสัตว์น้ำ เนื้อสัตว์ ไข่ และเครื่องเทศ) ในอาหาร เกิดสารประกอบที่เรียกว่า ไนโตรซามีน ซึ่งเป็นสารที่ก่อมะเร็งในตับ ในหลอดอาหารและในกระเพาะอาหาร และจากการศึกษาการเกิดมะเร็งในกระเพาะอาหารกับปริมาณ

ไนเตรทในอาหารที่ประชาชนประเทศต่าง ๆ บริโภคเข้าไป พบว่าการเกิดมะเร็งกับปริมาณการบริโภคไนเตรทมีปฏิสัมพันธ์กันอย่างใกล้ชิด

1.2 วัตถุประสงค์

- 1.2.1 ศึกษาวิเคราะห์หาค่าไนเตรทในผักสลัดที่ต่างแหล่งปลูกกัน
- 1.2.2 เปรียบเทียบปริมาณไนเตรทที่ตกค้างในผักสลัดที่ได้จากแหล่งปลูกแตกต่างกัน

1.3 สมมติฐานการทดลอง

- 1.3.1 ผักสลัดจากแหล่งปลูกแตกต่างกันย่อมมีปริมาณไนเตรทสะสมแตกต่างกัน

1.4 ขอบเขตการทดลอง

การทดลองครั้งนี้มีการเตรียมวัสดุปลูกผักสลัดแตกต่างกัน 6 แบบ โดยใช้ระยะเวลาการปลูก 2 เดือน เพื่อนำมาทำการวิเคราะห์หาปริมาณไนเตรท

แหล่งที่ 1 ปลูกแบบไฮโดรโปนิกส์ โดยทำการปลูกที่ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัด นครปฐม

ผักสลัดที่นำมาจากตลาดไท

แหล่งที่ 2 ปลูกในดิน

แหล่งที่ 3 ปลูกในดินใส่ปุ๋ยคอก

แหล่งที่ 4 ปลูกในดินใส่ปุ๋ยเคมี

แหล่งที่ 5 ปลูกด้วยขุยมะพร้าว

ทดลอง ณ ห้องปฏิบัติการภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

บทที่ 2

ทบทวนเอกสาร

2.1 ผักกาดหอมหรือผักสลัด (Green oak)

ชื่อไทย : ผักสลัด

ชื่อสามัญ : Lettuce

ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Lactuca sativa* var. L.

วงศ์ : Asteraceae

ชื่ออื่น : ภาคกลางนิยมเรียกว่าผักสลัด ทางภาคเหนือเรียกว่า ผักกาดยี
ภาษาจีนเรียกว่าฟ้งฉ่าย



ภาพที่ 1 ต้นผักกาดหอมหรือผักสลัด (Green oak)

ที่มา : [http : // www. myhomeveg. com](http://www.myhomeveg.com)

2.1.1 ลักษณะทั่วไปของผักกาดหอมหรือผักสลัด

มีถิ่นกำเนิดในทวีปเอเชีย และยุโรป เป็นพืช ฤดูเดียว มีลำต้นอวบสั้น ช่วงข้อถี่ ใบจะเจริญจากข้อเป็นกลุ่ม อาจห่อหัวหรือไม่ห่อหัว ลักษณะรูปร่างและ สีแตกต่างกันไปทั้งนี้ขึ้น อยู่กับสายพันธุ์ บางพันธุ์อาจมีใบหนาแข็ง บางพันธุ์ใบอ่อน นุ่ม มีสีเขียวอ่อนจน ถึงสีเขียวเข้ม สีน้ำตาลปนแดง สีแดง และสีน้ำตาล เป็นต้น ตัวอย่างเช่น ผักกาดแก้ว ใบจะห่อหัวซ้อนกันเป็นหัวกลม ใบบางกรอบ ขอบใบหยักสีเขียวอ่อน หรือผักกาดหอมใบแดง เป็นลักษณะพันธุ์ไม่ห่อหัว ใบหยักเป็นคลื่น ขอบใบหยัก มีสีเขียวปนแดง ผักกาดหอมมีระบบรากแก้วที่สามารถเจริญลง ไปในดิน อย่างรวดเร็ว

ช่อดอกเป็นแบบ พานิกิล สูง 2-4 ฟุต ประกอบด้วย ดอก 10 -25 ดอกต่อช่อ เป็นดอกสมบูรณ์เพศ กลีบดอกสีเหลือง หรือขาวปนเหลือง ดอกจะบานช่วงเช้า และเป็นระยะสั้น โดยเฉพาะในช่วงที่มี อุณหภูมิต่ำ



2.1.2 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของผักกาดหอมหรือผักสลัด

ราก เป็นระบบรากแก้วที่สามารถหยั่งลึกลงไปในดินได้ถึง 5 ฟุต หรือมากกว่าแต่มีก เลียหายในขณะที่ย้ายปลูก จึงมักเห็นเป็นรากแขนงแผ่กระจายอยู่ใต้ผิวดินประมาณ 1-2 ฟุต

ลำต้น ลำต้นมีลักษณะเป็นข้อสั้นแต่ละข้อเป็นที่เกิดของใบ เห็นได้ชัดเมื่ออยู่ในระยะแทง ช่อดอก



ใบ มีสีเขียวอ่อน เขียวปนเหลือง จนถึงสีเขียวแก่ บางพันธุ์มีสีแดงหรือน้ำตาลปนอยู่ ทำให้ มีสีแดง บรอนซ์ หรือน้ำตาลปนเขียว พันธุ์ที่ห่อเป็นหัวจะมีใบหนา เนื้อใบอ่อนนุ่ม ใบห่อหัวอัดกัน แน่นคล้ายกะหล่ำปลี ใบที่ห่ออยู่ข้างในเป็นมัน บางชนิดมีใบม้วนงอเพราะมีเส้นใบเห็นได้ชัด ขอบ ใบมีลักษณะเป็นหยัก ขนาดและรูปร่างของใบสลับแตกต่างกันตามชนิด

ดอกและช่อดอก มีลักษณะเป็นช่อแบบพานิกิล ประกอบด้วยกลุ่มของดอกที่อยู่เป็นกระจุก ตรงยอด แต่ละกระจุกประกอบด้วยดอกย่อย 15-25 ดอกหรือมากกว่า ดอกเป็นดอกสมบูรณ์เพศ กลีบดอกสีเหลือง ตรงโคนเชื่อมติดกัน รังไข่มี 1 ห้อง เกสรตัวเมียมี 1 อัน มีลักษณะเป็น 2 แฉก เกสรตัวผู้ 5 อัน รวมกันเป็นยอดยาวห่อหุ้มก้านเกสรตัวเมียและยอดเกสรตัวเมียไว้

เมล็ด เป็นชนิดเมล็ดเดี่ยว (Achene) ซึ่งเจริญมาจากรังไข่อันเดียว เมล็ดมีเปลือกหุ้มเมล็ด บาง เปลือกเมล็ด ไม่แตกเมื่อเมล็ดแห้งเมล็ดของผักสลัดมีลักษณะแบนยาว หัวท้ายแหลมเป็นรูป หอก มีเส้นเล็ก ๆ ลาดยาวไปตามด้านยาวของเมล็ดที่ผิวเปลือกหุ้มเมล็ด เมล็ดมีสีเทาปนครีมความ ยาวของเมล็ดประมาณ 4 มิลลิเมตร และกว้างประมาณ 1 มิลลิเมตร

2.1.3 สายพันธุ์ของผักสลัด

ผักกาดหอมหรือผักสลัดที่ปลูกและใช้บริโภคกันในปัจจุบันสามารถจำแนกออกได้ เป็น 3 กลุ่มใหญ่ๆ

2.1.3.1 ผักกาดหอมห่อ (Head lettuce) มีลักษณะคล้ายกะหล่ำปลีคือใบจะห่อเป็นหัว ซึ่งเกิดจากการที่ใบเรียงซ้อนกันหนาแน่น ผักกาดหอมห่อนี้แบ่งเป็น 3 ชนิด คือ

- ชนิดห่อหัวแน่น (Crisp head) เป็นชนิดที่นิยมกันมากในทางการค้าเพราะขนส่งได้สะดวก ได้แก่ พันธุ์ เกรทเลก (Great lake) นิวยอร์ก (New york) อิมพีเรียล (Imperial) โปรกริสส์ (Progress) เป็นต้น ในบ้านเรามักเรียกว่า ผักกาดแก้ว

- ชนิดห่อหัวไม่แน่น (Butter head) ลักษณะห่อเป็นหัวหลวม ชอบอากาศหนาวเย็น ไม่ทนร้อน ได้แก่ พันธุ์บิ๊ก บอสตัน (Big Boston) ไวท์ บอสตัน (White Boston) เป็นต้น

- ชนิดห่อหัวหลวมค่อนข้างยาว คล้ายผักกาดขาวปลี เป็นที่นิยมในแถบยุโรป แบ่งออกเป็น 2 พวก คือ พันธุ์ที่มีหัวขนาดใหญ่ ได้แก่ พันธุ์ปารีส ไวท์ (Paris White), ไวท์ ฮีท (White Heart) เป็นต้น และพันธุ์ที่มีหัวขนาดเล็ก ได้แก่ พันธุ์ ลิทเติล เจม (Little gem)

2.1.3.2 ผักกาดหอมใบ (Leaf lettuce) ในประเทศไทยนิยมปลูกพันธุ์นี้มากที่สุดเพราะทนต่ออากาศร้อนได้ดี ลักษณะใบกว้างใหญ่และหยิก ไม่ห่อเป็นหัว ต้นเป็นพุ่มเตี้ย มี 2 ชนิด คือ

- สีเขียวทั้งต้น ได้แก่พันธุ์ Grand rapids (ประเทศไทยนิยมปลูกพันธุ์นี้), Simpson's Curled, Boston curled และ Slobott เป็นต้น

- สีน้ำตาลทั้งต้น ได้แก่ พันธุ์ Prize Head เป็นต้น

2.1.3.3 ผักกาดหอมต้น (Stem lettuce) ปลูกเพื่อใช้รับประทานลำต้นเท่านั้น มีลำต้นอวบสูงใบคล้ายผักกาดหอมใบ แต่เล็ก หนาและสีเข้มกว่า ไม่ค่อยนิยมปลูกกันมากนัก ได้แก่ พันธุ์ Celtuce เมล็ด : รักษาโรคตับ ขับปัสสาวะ ขับน้ำนม ระงับปวด แก้ปวดแหว รักษาโรคริดสีดวงทวาร

2.1.4 ประโยชน์และคุณค่าทางอาหารของผักสลัด

ผักกาดหอมหรือผักสลัด เป็นพืชที่นิยมบริโภคสดๆ โดยเฉพาะในผักสลัด หรือกินกับยำนำมาตกแต่งในงานอาหาร แต่สามารถประกอบอาหารได้บางชนิด ผักสลัด หรือผักกาดหอมมีน้ำเป็นองค์ประกอบหลัก และมีวิตามินซีสูง โดยเฉพาะผักกาดหอมที่มีใบสีแดง

สรรพคุณทางยา

ผักสลัดมีสารแอนติออกซิแดนท์ ช่วยในการต้านอนุมูลอิสระยังป้องกันและต่อต้านมะเร็งได้ ผักกาดหอมเป็นแหล่งรวมคลอโรฟิลล์และวิตามินเอ ผักกาดหอมเหมาะสำหรับผู้ที่ต้องการลดน้ำหนัก เพราะมีแคลอรีต่ำ ผักกาดหอมเป็นแหล่งของธาตุเหล็ก ช่วยบำรุงโลหิต บำรุงสมองและระบบประสาทหากทานผักกาดหอม ร่วมกับแครอท และผักขม จะช่วยบำรุงสีของเส้นผมให้สวยงาม

ต้น : น้ำคั้นนำมาทาฝีมะม่วง (ริดหนองออกก่อน) ขับพยาธิ แก้พิษ ขับลม เป็นยาระบาย

ใบ : น้ำคั้นจากใบช่วยทำให้หลับง่าย แก้ไข้ ขับปัสสาวะ ขับเหงื่อ แก้ไอ

2.2 การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน (Soilless culture)



ภาพที่ 2 การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน (Soilless culture)

ที่มา : <http://tanalapfarm.blogspot.com>

การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน หมายถึง การปลูกพืชลงในวัสดุปลูกอย่างอื่นที่ไม่ใช่ดิน ทั้งนี้เพื่อเป็นการลดข้อจำกัดและปัญหาต่างๆที่เกี่ยวกับดินหรือพื้นที่การปลูกโดยการสร้างและควบคุมปัจจัยสำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืชที่ปลูก ในการศึกษาเกี่ยวกับเรื่องการปลูกพืชไม่ใช้ดิน แบ่งเป็นรูปแบบใหญ่ๆคือ

2.2.1 Soilless Culture หรือ Substrate Culture คือการปลูกพืชลงในวัสดุปลูกอื่นที่ไม่ใช่ดิน ซึ่งวัสดุปลูกดังกล่าว มี 3 ประเภท คือ

- วัสดุอินทรีย์สาร เช่น ชานอ้อย ขี้เลื่อย ขุยมะพร้าว แกลบ ขี้เถ้า เป็นต้น
- วัสดุนินทรีย์สาร เช่น ทราย หิน กรวด เม็ดดินเผา เพอไลต์ (Perlite) เป็นต้น
- วัสดุสังเคราะห์ เช่น เม็ดโฟม แผ่นฟองน้ำ เส้นใยพลาสติก เป็นต้น

2.2.2 Hydroponics คือ การปลูกพืชโดยให้รากพืชแช่อยู่ในน้ำสารละลายธาตุอาหาร โดยตรง มีหลายรูปแบบเช่น

- Nutrient Film Technique (NFT) เป็นเทคนิคการปลูกพืชบนสารละลายธาตุอาหารพืชที่มีความยาวประมาณ 2-3 มิลลิเมตร โดยสารละลายจะไหลเวียนตลอดเวลา
- Nutrient Flow Technique (NFLT) เป็นการปลูกพืชให้ลอยแช่ในลำธารเล็ก ๆ ที่มีน้ำตื้น ๆ

ไหลช้า ๆ อย่างสม่ำเสมอบนรางปลูกอย่างต่อเนื่อง แต่มีระดับความลึกของสารละลายที่ส่งมาให้ลึกกว่าระบบ NFT คือลึกประมาณ 10-15 มิลลิเมตร

- Deep Flow Technique (DFT)) เป็นเทคนิคการปลูกพืชในน้ำลึก โดยรากพืชจะแช่อยู่ในสารละลายธาตุอาหารพืชที่มีความลึกกว่าแบบ NFT และ NFT ตลอดเวลา

- Dynamic Root Floating Technique (DRFT)) เป็นการปลูกที่พัฒนามาจากแบบ DFT โดยเพิ่มการไหลเวียนของอากาศและสารละลายธาตุอาหารพืช ซึ่งสารอาหารเป็นระบบปลูกที่มีลักษณะเหมือนระบบ DFT แต่ได้พัฒนาขึ้นมาเพื่อการผลิตพืชเชิงการค้า โดยต้องการให้พืชได้รับทั้งอากาศและสารละลายธาตุอาหารที่มีการหมุนเวียนที่รากพืชอย่างต่อเนื่อง

2.2.3 Aeroponics คือ การปลูกพืชโดยการฉีดพ่นน้ำสารละลายธาตุอาหารให้กับรากพืชที่ลอยอยู่ในอากาศ (ดิเรก, 2546)

2.3 ข้อดีและข้อเสียของการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน

ข้อดี

2.3.1 ช่วยให้ปลูกพืชได้ในพื้นที่ ที่ดินมีคุณสมบัติไม่เหมาะสมสำหรับการปลูกพืช เช่น พื้นที่ ที่ดินเป็นกรดจัด ดินเค็ม ดินเป็นกรวด ดินมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ หรือที่ดินมีการสะสมโรคและแมลงเป็นต้น (อารีย์, 2540)

2.3.2 ช่วยให้ปลูกพืชได้ในพื้นที่ ที่ไม่มีดิน เช่น บริเวณชายคาบ้าน ดาดฟ้า หรือในสภาพชุมชนแออัด ซึ่งไม่มีบริเวณของพื้นดินที่สามารถปลูกผัก ปลูกไม้ดอก หรือไม้ประดับ นอกจากนี้ยังเป็นการใช้พื้นที่ ๆ มีอยู่ให้เกิดประโยชน์ได้อย่างสูงสุด เนื่องจากรากพืชจะสัมผัสอาหารได้โดยตรง ซึ่งแตกต่างจากวิธีปลูกพืชใช้ดินที่รากพืช (พายัพ, 2543)

2.3.3 ผลผลิตมักจะสูงกว่าและคุณภาพผลผลิตมีความสม่ำเสมอดีกว่า (Dafrosa *et al.*, 1990) เนื่องจากสามารถควบคุมและให้ปัจจัยต่าง ๆ แก่พืชได้ดีกว่าปลูกในดิน โดยเฉพาะส่วนรากซึ่งการปลูกพืชในดินอาจขาดธาตุอาหารตัวใดตัวหนึ่ง หรือมากกว่าได้เพราะมีการสูญเสียหลายทาง รวมทั้งขาดความสมดุลของธาตุอาหารพืชในดิน ในแง่เชิงการค้าแล้วจะเป็นผลดีอย่างมาก (อารีย์, 2540)

ข้อเสีย

2.3.4 มีค่าใช้จ่ายสูง เพราะอุปกรณ์ต่าง ๆ มีราคาแพง นอกจากนี้ยังต้องมีค่าใช้จ่ายเรื่องพลังงานไฟฟ้าในการให้อากาศแก่สารละลาย หรือเพื่อปั๊มสารละลายให้หมุนเวียน ซึ่งต้องกระทำตลอดเวลา ทำให้สิ้นเปลืองค่าพลังงานส่วนนี้ค่อนข้างสูง (ทัศนีย์และคณะ, 2531)

2.3.5 เป็นระบบที่ใช้เทคโนโลยีค่อนข้างสูง ดังนั้นเกษตรกรที่จะปลูกพืชในระบบนี้ได้ ต้องเป็นบุคคลที่มีความรู้พอสมควร จำเป็นจะต้องดูแลอย่างสม่ำเสมอและต่อเนื่อง โดยเฉพาะเมื่อใช้คนเป็นควบคุม (Manual control) (Dafrosa *et al.*, 1990)

2.3.6 พืชที่ปลูกมีโอกาสเสียหายหรือกระทบกระเทือนจากสาเหตุอื่น เช่น กระแสไฟฟ้า ขัดข้อง อุปกรณ์ชำรุด การขาดแคลนอุปกรณ์สำรอง

2.4 การปลูกผักสลัดแบบอื่น

การปลูกผักในแปลงปลูก การปลูกผักในแปลงปลูก คือ

- การพรวนดิน ใช้จอบขุดดินลึกประมาณ 6 นิ้ว เพื่อพรวนดินให้มีโครงสร้างดีขึ้น กำจัดวัชพืชในดินกำจัดไข่แมลงหรือโรคพืชที่อยู่ในดิน โดยการพรวนดินตากทิ้งไว้ประมาณ 7-15 วัน
- การยกแปลง ใช้จอบพรวนยกแปลงสูงประมาณ 4-5 นิ้ว จากผิวดิน โดยมีความกว้างประมาณ 1-1.20 เมตร ส่วนความยาวควรเป็นตามลักษณะของพื้นที่หรืออาจแบ่งเป็นแปลงย่อยๆ ตามความเหมาะสมความยาวของแปลงนั้นควรอยู่ในแนวทิศเหนือ-ใต้ทั้งนี้เพื่อให้ผักได้รับแสงแดดทั่วทั้งแปลง
- การปรับปรุงเนื้อดิน เนื้อดินที่ปลูกผักควรเป็นดินร่วนแต่สภาพดินเดิมนั้นอาจจะเป็นดินทรายหรือดินเหนียว จำเป็นต้องปรับปรุงให้เนื้อดินดีขึ้นโดยการใส่ปุ๋ยหมักหรือปุ๋ยคอก อัตราประมาณ 2-3 กิโลกรัม ต่อเนื้อที่ 1 ตารางเมตร คลุกเคล้าให้เข้ากัน
- การกำหนดหลุมปลูก จะกำหนดภายหลังจากเลือกชนิดผักต่าง ๆ แล้วเพราะว่าผักแต่ละชนิดจะใช้ระยะปลูกที่แตกต่างกัน เช่น พริก ควรใช้ระยะ 75 x 100 เซนติเมตร ผักบุ้งจะเป็น 5 x 5 เซนติเมตร เป็นต้น

การปลูกผักในภาชนะ

การปลูกผักในภาชนะควรพิจารณาถึงการหยั่งรากของพืชผักชนิดนั้นๆ พืชผักที่ยังรากตื้นสามารถปลูกได้ดีในภาชนะปลูกชนิดต่างๆ และภาชนะชนิดห้อยแขวนที่มีความลึกไม่เกิน 10 เซนติเมตร คือ ผักบุ้งจีน คะน้าจีน ผักกาดกวางตุ้ง (เขียวและขาว) ผักกาดฮ่องเต้ ผักกาดหอม ผักกาดขาวชนิดไม่ห่อ (ขาวเล็ก ขาวใหญ่) ตั้งโอ๋ ปวยเล้ง หอมแบ่ง (ต้นหอม) ผักชี ขึ้นฉ่าย ผักโขมจีน กระเทียมใบ (Leek) กุยช่าย กระเทียมหัว ผักชีฝรั่ง บวบก สะระแหน่ แมงลัก โหระพา (เพาะเมล็ด) กะเพรา (เพาะเมล็ด) พริกขี้หนู ตะไคร้ ชะพลู หอมแดง หอมหัวใหญ่ หัวผักกาดแดง (แรดิช)

วัสดุที่สามารถนำมาทำเป็นภาชนะปลูกอาจดัดแปลงจากสิ่งที่ใช้แล้ว เช่น ยางรถยนต์เก่า กะละมัง ป्लอกซีเมนต์ เป็นต้น สำหรับภาชนะแขวนอาจใช้ กาบมะพร้าว กระถาง หรือเปลือกไม้ (โสระยา, 2544)

2.5 ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช

การเจริญเติบโตของพืช ถูกควบคุมโดยปัจจัยทั้งภายในและภายนอกพืช การเจริญเติบโตของพืชที่ปลูกด้วยวิธีไฮโดรโปนิกส์ขึ้นกับปัจจัยต่าง ๆ จำแนกเป็นกลุ่มใหญ่ ๆ ได้ 3 กลุ่ม ดังนี้

2.5.1 พันธุกรรม เป็นปัจจัยภายในตัวพืชเองเพราะเกี่ยวข้องกับยีนซึ่งอยู่ในโครโมโซมของพืช ยีนเป็นตัวกำหนดลักษณะต่าง ๆ เช่น ความสูง รูปร่าง สี นอกจากนั้นยังเป็นตัวกำหนดว่าพืชสามารถเจริญเติบโตดี ให้ผลผลิตสูงหรือสามารถต้านทานศัตรูพืชได้ดีเพียงใด ปัจจัยทางพันธุกรรมมีอิทธิพลร่วมกับสภาพแวดล้อม ดังนั้นในการปรับปรุงพันธุ์พืชให้ได้ลักษณะตามต้องการ ต้องแยกความแตกต่างทางพันธุกรรมออกจากความแตกต่างทางสภาพแวดล้อมให้ได้ ในประเทศที่มีการปลูกพืชด้วยวิธีไฮโดรโปนิกส์เป็นการค้าอย่างแพร่หลาย เช่น ญี่ปุ่น เนเธอร์แลนด์ เบลเยียม จะให้ความสำคัญกับการปรับปรุงพันธุ์พืชเพื่อปลูกด้วยวิธีนี้โดยเฉพาะ การปลูกพืชด้วยวิธีนี้จึงให้ผลผลิตสูงกว่าการปลูกพืชในดิน ต่างจากประเทศไทยซึ่งการปลูกพืชด้วยวิธีไฮโดรโปนิกส์ยังมีน้อยส่วนใหญ่จึงใช้พันธุ์พืชพันธุ์เดียวกับที่ใช้ปลูกในดิน (พีรเดช, 2537)

2.5.2 สารควบคุมการเจริญเติบโต ไม่ว่าจะเป็นการปลูกพืชด้วยวิธีดั้งเดิมหรือปลูกด้วยวิธีไฮโดรโปนิกส์ พืชมีสารควบคุมการเจริญเติบโตและการพัฒนาของส่วนต่าง ๆ อยู่ตลอดเวลา สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชเป็นสารอินทรีย์ซึ่งไม่จำกัดว่าพืชสร้างขึ้นเองหรือมนุษย์สังเคราะห์ขึ้น สารปริมาณเพียงเล็กน้อยในช่วงเพียงส่วนในล้านส่วน (ppm) ก็สามารถกระตุ้น ยับยั้งหรือเปลี่ยนสภาพทางสรีรวิทยาของพืชได้ โดยสารควบคุมการเจริญเติบโตจะไปควบคุมการทำงานของยีน (Gene) ในการสร้างโปรตีน กระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ต่าง ๆ หรือเปลี่ยนแปลงกระบวนการต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับเยื่อหุ้มทั้งหลาย สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชแบ่งเป็นกลุ่มได้ดังนี้

- ออกซิน (Auxins) มีคุณสมบัติเป็นสารเร่งการเจริญเติบโต ควบคุมการขยายขนาดของเซลล์ การยืดตัวของเซลล์ และมีผลในการกระตุ้นการเกิดราก สารออกซินชนิดแรกที่ค้นพบคือ IAA (indol-3-yl acetic acid) ซึ่งเป็นสารที่พืชสร้างขึ้นเอง เนื่องจากออกซินมีส่วนในกระบวนการหลายอย่างที่เกิดขึ้นในพืช จึงมีการสังเคราะห์สารต่าง ๆ ที่มีคุณสมบัติคล้ายออกซินเพื่อนำมาใช้ในการเกษตร 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)

- จิบเบอเรลลิน (Gibberellins) มีคุณสมบัติในการกระตุ้นการยืดตัวของเซลล์ การแบ่งตัวของเซลล์ การกระตุ้นการงอกของเมล็ดและตา เพิ่มการติดผล การเปลี่ยนเพศดอก เร่งการออกดอก สารจิบเบอเรลลินที่ค้นพบจนถึงปัจจุบันมี 72 ชนิด ซึ่งแต่ละชนิดมีโครงสร้างโมเลกุลคล้ายคลึงกัน แต่การเรียงตัวของบางอะตอมแตกต่างกันเล็กน้อย จึงเรียกจิบเบอเรลลินเหมือนกันหมดคือ จิบเบอ

เรลทิน เอ (GA) แล้วตามด้วยหมายเลขตั้งแต่ 1 ถึง 72 เช่น GA₁ GA₃ เป็นต้น สาร GA ที่นิยมใช้ในปัจจุบันมี 3 ชนิดได้แก่ GA₃, GA₄ และ GA₇ (พีรเดช, 2537)

- ไซโตไคนิน (Cytokinins) ไซโตไคนินเป็นสารควบคุมการเจริญเติบโตที่ใช้ประโยชน์ทางการเกษตรค่อนข้างน้อยกว่าสารกลุ่มอื่น ๆ สารกลุ่มนี้มีผลต่อการแบ่งเซลล์ และกระตุ้นการเจริญทางด้านข้างของพืช กระตุ้นการเจริญของตาข้าง ชะลอการแก่ของพืช นอกจากนี้ยังมีผลเล็กน้อยต่อการพัฒนาของผล นิยมใช้กันมากในงานเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช สารกลุ่มนี้ราคาสูงมาก จึงใช้ประโยชน์ค่อนข้างจำกัด ในประเทศไทยยังไม่มีสารกลุ่มนี้เข้ามาใช้ในรูปแบบสารเคมีเกษตรแต่มีจำหน่ายในรูปแบบปุ๋ยซึ่งราคาจะค่อนข้างสูง ไซโตไคนินที่พืชสังเคราะห์ได้เองตามธรรมชาติคือ ซีอาติน (Zeatin) ส่วนสารสังเคราะห์ในกลุ่มนี้ได้แก่ ไคเนติน (Kinetin), และ BAP (6-benzyl-laminopurine) (พีรเดช, 2537)

- เอทิลีน และสารปลดปล่อยเอทิลีน (Ethylene and ethylene releasing compounds) เอทิลีนเป็นสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชชนิดเดียวที่อยู่ในรูปก๊าซ มีอิทธิพลในการควบคุมการแก่ของพืช เช่น เร่งการสุกของผลไม้ เร่งการเหี่ยวของดอกไม้ นอกจากนี้ยังมีผลในการเร่งการออกดอกของพืชบางชนิด แต่เนื่องจากอยู่ในรูปก๊าซจึงใช้ประโยชน์ทางการเกษตรได้ค่อนข้างจำกัด จึงได้มีการคิดค้นสารรูปแบบอื่นที่เป็นของแข็งหรือของเหลวแต่สามารถปลดปล่อยก๊าซเอทิลีนได้ คือ Ethephon (2-chloroethylphosphonic acid) และนำมาใช้ประโยชน์อย่างกว้างขวางในปัจจุบัน (พีรเดช, 2537)

- สารชะลอการเจริญเติบโตของพืช (Plant growth retardants) สารชะลอการเจริญเติบโตของพืชเป็นสารที่พืชไม่สามารถสร้างขึ้นเองได้ แต่เป็นสารที่สังเคราะห์ขึ้นเพื่อใช้ประโยชน์ทางการเกษตร มีคุณสมบัติในการชะลอการแบ่งเซลล์และการยืดตัวของเซลล์บริเวณได้ปลายยอดของกิ่ง จึงมีผลให้ความสูงของพืชลดลง นอกจากนี้ยังใช้ประโยชน์ในการเร่งการออกดอกของพืชบางชนิด เพิ่มการติดผลและคุณภาพของผลไม้ได้ตลอด ในการเพิ่มผลผลิตพืชผัก สารชะลอการเจริญเติบโตของพืชที่ใช้กันแพร่หลายคือ Chlormequat และ Daminozide และสารอื่น ๆ ซึ่งใช้น้อยกว่าเช่น Ancimidol, Mepiquat chloride, และ Paclobutrazol (พีรเดช, 2537)

- สารยับยั้งการเจริญเติบโตของพืช (Plant growth inhibitors) สารกลุ่มนี้มีคุณสมบัติในการยับยั้งการแบ่งเซลล์ ยับยั้งการทำงานของฮอร์โมนอื่นบางชนิด และยับยั้งการเจริญเติบโตทั่ว ๆ ไป สารยับยั้งการเจริญเติบโตที่พบในธรรมชาติมีกว่า 200 ชนิด แต่สารที่สำคัญที่สุดคือ ABA (Absciscic acid) ซึ่งมีผลควบคุมการหลุดร่วงของใบ ดอก และผล การพักตัวของพืช และการคายน้ำ ไม่มีการนำสารนี้มาใช้ประโยชน์ทางการเกษตรแต่มีการสังเคราะห์สารหลายชนิดเช่น Maleic hydrazide, chloroflurenol หรือ Morphactin, Dikegulac-sodium ที่มีผลในการยับยั้งการเจริญเติบโตของพืช

และใช้ประโยชน์ในการกระตุ้นการแตกตาข้าง ยับยั้งการงอกของหัว และลดความสูงของไม้พุ่ม (พีรเดช, 2537)

2.5.3 สภาพแวดล้อม เป็นปัจจัยภายนอกที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช ซึ่งการตอบสนองต่อปัจจัยต่าง ๆ เหล่านี้ไม่แตกต่างกันไม่ว่าจะปลูกพืชด้วยวิธีดั้งเดิมหรือด้วยวิธีไฮโดรโปนิคส์ ปัจจัยที่เป็นตัวควบคุมการเจริญเติบโตและการพัฒนาการของพืชมีอยู่หลายปัจจัย แต่มีปัจจัยที่สำคัญดังต่อไปนี้

- อุณหภูมิควบคุมอัตราการเจริญเติบโตของพืช โดยมีผลโดยตรงต่อการสังเคราะห์ด้วยแสง การหายใจ การดูดซึมน้ำและการคายน้ำและกิจกรรมของเอนไซม์ต่าง ๆ โดยทั่วไปอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นมีผลในการเร่งขบวนการทางเคมีต่างๆ ในพืช ขบวนการเหล่านี้ควบคุมโดยเอนไซม์ ซึ่งจะทำงานได้ดีในช่วงอุณหภูมิแคบๆ อุณหภูมิสูงหรือต่ำกว่าช่วงที่เหมาะสมจะทำให้เอนไซม์ทำงานลดลง มีผลให้ปฏิกิริยาเคมีต่าง ๆ ในพืชลดลงหรือหยุดไปด้วย เมื่อถึงจุดนี้ พืชจะอยู่ในภาวะเครียดและหยุดเจริญเติบโต และอาจตายได้ในที่สุด การควบคุมอุณหภูมิให้เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืชจึงเป็นเรื่องสำคัญ สำหรับการปลูกพืชแบบไฮโดรโปนิคส์ อุณหภูมิมีบทบาทสำคัญมากต่อการเจริญเติบโตของพืช เนื่องจากอุณหภูมิที่สูงขึ้นจะทำให้ออกซิเจนละลายน้ำได้ลดลง ทำให้มีออกซิเจนไม่เพียงพอต่อการหายใจของราก เช่นเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นจาก 25° C เป็น 30° C จะทำให้ปริมาณออกซิเจนในน้ำลดลงจาก 8.25 ppm เหลือเพียง 7.51 ppm (พีรเดช, 2537)

- ความชื้นสัมพัทธ์ มีผลโดยตรงต่อการคายน้ำของพืช เมื่อความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศสูงจะทำให้พืชคายน้ำน้อยลง ส่งผลให้การลำเลียงแร่ธาตุอาหารต่างๆ จากรากไปสู่ใบลดลง และยังทำให้อุณหภูมิที่ใบสูงขึ้น นอกจากนี้ความชื้นสัมพัทธ์สูงยังเป็นสาเหตุทำให้เกิดโรคนางโรคได้ง่ายอีกด้วย (พีรเดช, 2537)

- แสง เป็นปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและการพัฒนาการของพืช เพราะแสงเป็นปัจจัยสำคัญในการสร้างอาหารหรือการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช โดยมีคลอโรฟิลล์เป็นตัวรับแสงไปใช้เป็นพลังงานในการเปลี่ยนคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำเป็นคาร์โบไฮเดรตและออกซิเจน แสงมีคุณสมบัติ 3 ประการที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช ได้แก่ ความยาวคลื่น ความเข้มแสงและระยะเวลาที่พืชได้รับแสง คุณสมบัติที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชที่ปลูกด้วยระบบไฮโดรโปนิคส์ที่สุด คือความเข้มแสง ความเข้มแสงที่มากเกินไปหรือน้อยเกินไป จะมีผลในการลดการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช ทำให้พืชมีการเจริญเติบโตน้อยลง สำหรับการปลูกพืชในประเทศไทยซึ่งอยู่ในเขตร้อน ได้รับแสงที่มีความเข้มสูง การปลูกพืชในที่โล่งจึงต้องมีการให้ร่มเงาเพื่อลดความเข้มแสง นอกจากนี้แสงยังสัมพันธ์กับอุณหภูมิคือ เมื่อแสงมีความเข้มมากขึ้นอุณหภูมิก็จะสูงขึ้น

ตามไปด้วย ซึ่งในการปลูกพืชแบบไฮโดรโปนิกส์จะมองข้ามความสัมพันธ์นี้ไม่ได้ เนื่องจากอุณหภูมิของสารละลายที่ใช้ปลูกพืชมีบทบาทอย่างมากต่อกิจกรรมของราก (ฟิรเดซ, 2537)

- คาร์บอนไดออกไซด์เป็นวัตถุดิบในการสังเคราะห์ด้วยแสง ซึ่งในบรรยากาศโดยปกติมีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ประมาณร้อยละ 0.03 ซึ่งเพียงพอต่อความต้องการของพืช นอกจากนี้ในบริเวณที่มีพืชหนาแน่นคาร์บอนไดออกไซด์อาจเป็นตัวจำกัดการเจริญเติบโตของพืชได้ในเวลากลางวัน เนื่องจากการสังเคราะห์ด้วยแสงเกิดขึ้นมาก นอกจากคาร์บอนไดออกไซด์แล้ว พืชต้องการออกซิเจนใช้ในการหายใจเพื่อเปลี่ยนพลังงานเคมีที่สะสมไว้ในรูปคาร์โบไฮเดรตเป็นพลังงานใช้ในปฏิกิริยาเคมีต่าง ๆ ในการปลูกพืชด้วยวิธีไฮโดรโปนิกส์นั้นส่วนที่อยู่เหนือดินมักไม่มีปัญหาการขาดออกซิเจน เนื่องจากในอากาศมีออกซิเจนอยู่ถึงร้อยละ 20 แต่ในส่วนของรากที่อยู่ในสารละลายมักเกิดปัญหาเนื่องจากปริมาณออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำไม่เพียงพอต่อความต้องการของพืช จึงต้องมีการเติมออกซิเจนในสารละลายซึ่งอาจทำได้โดยใช้ปั๊มหรือเครื่องสูบลม หรืออาจใช้ระบบหมุนเวียนสารละลาย โดยปกติควรรักษาระดับออกซิเจนในสารละลายให้อยู่ที่ 8 ppm (ฟิรเดซ, 2537)

- คุณภาพน้ำ คุณภาพน้ำมีความสำคัญมากในการปลูกพืชด้วยวิธีไฮโดรโปนิกส์ เนื่องจากพืชที่ปลูกได้รับธาตุอาหารต่างๆจากสารละลายธาตุอาหารซึ่งต้องใช้น้ำเป็นองค์ประกอบสำคัญ ถ้าน้ำมีการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุของโรคต่าง ๆ โรคจะแพร่กระจายได้อย่างรวดเร็ว จำเป็นต้องมีการฆ่าเชื้อก่อนนำไปใช้ ซึ่งอาจใช้คลอรีน หรือ โซเดียมไฮโปคลอไรด์ หรือ แคลเซียมไฮโปคลอไรด์ก็ได้ ถ้าน้ำปนเปื้อนเนื่องจากมีสารแขวนลอย จะต้องกรองเอาตะกอนออก (ฟิรเดซ, 2537)

- ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของน้ำมีผลทางอ้อมต่อการเจริญเติบโตของพืช เกี่ยวข้องกับความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหาร โดยทั่วไปการปลูกพืชแบบไฮโดรโปนิกส์นั้นสารละลายธาตุอาหารพืชควรมี pH อยู่ระหว่าง 5.5-6.5 หรือประมาณ 6 (กรดอ่อน) ไม่ควรเกิน 7 ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของพืช (ฟิรเดซ, 2537)

- ธาตุอาหารพืช พืชที่ยังคงความสดอยู่จะมีปริมาณน้ำประกอบอยู่ร้อยละ 80-95 ถ้าเก็บต้นพืชมาซึ่งจะได้น้ำหนักสด เมื่อวางทิ้งไว้พืชจะเหี่ยวลงเนื่องจากสูญเสียน้ำอยู่ตลอดเวลา และถ้านำไปอบที่อุณหภูมิ 70° C เป็นเวลา 24-48 ชั่วโมง น้ำส่วนใหญ่ที่อยู่ในต้นพืชจะระเหยไป เมื่อนำไปชั่งอีกครั้งเพื่อหาน้ำหนัก

แห้งจะพบว่าพืชมีน้ำหนักลดลงอย่างมากเหลือเพียงร้อยละ 10-20 ของน้ำหนักสดที่ชั่งครั้งแรก ตัวอย่าง เก็บผักกึ้นฉายมา 1 ต้น ชั่งได้น้ำหนักสด 100 กรัม แต่เมื่อนำไปอบให้แห้งแล้วซึ่งใหม่จะเหลือน้ำหนักแห้งเพียง 10 กรัม เป็นต้น น้ำหนักแห้งที่ได้มากกว่าร้อยละ 90 ประกอบด้วยแร่ธาตุ 3

ชนิด คือ คาร์บอน (C) ออกซิเจน (O) และไฮโดรเจน (H) ซึ่งได้มาจากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ก๊าซออกซิเจน (O_2) ในบรรยากาศ และ น้ำ (H_2O) ส่วนที่เหลือเป็นแร่ธาตุชนิดอื่น ๆ ที่ประกอบเป็นดินพืช จากตัวอย่างคั้นน้ำจะพบว่า มีธาตุอื่น ๆ เพียงร้อยละ 1 ของน้ำหนักสด หรือเท่ากับ 1 กรัม (พีรเดช, 2537)

2.6 ธาตุอาหารที่จำเป็นต่อพืช

ธาตุอาหารที่พืชต้องการมีทั้งสิ้น 16 ธาตุ ซึ่ง 3 ธาตุ ได้แก่ คาร์บอน ไฮโดรเจน และออกซิเจน ได้จากน้ำและอากาศ ส่วนอีก 13 ธาตุ แบ่งเป็น 2 กลุ่มตามปริมาณที่พืชต้องการ คือ

2.6.1 ธาตุที่พืชต้องการในปริมาณมากหรือมหธาตุ (Macronutrient elements) คือธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตและพืชมีความต้องการในปริมาณมากเมื่อเทียบกับธาตุอื่น ๆ ทั้งหมด 6 ธาตุ ได้แก่

- ไนโตรเจน (N) เป็นธาตุสำคัญและมีความจำเป็นอย่างยิ่งในการเจริญเติบโตของพืชเพราะไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบของกรดอะมิโน โปรตีน นิวคลีโอไทด์ และคลอโรฟิลล์ ซึ่งสารเหล่านี้เป็นสารประกอบที่สำคัญมากต่อกระบวนการเมแทบอลิซึมของพืช พืชที่ได้รับไนโตรเจนเพียงพอ มักเจริญเติบโตดี มีใบสีเขียวเข้ม ในพืชผัก ไนโตรเจนมีส่วนสำคัญในการเพิ่มคุณภาพ เพราะเป็นตัวทำให้ผักมีลักษณะอวบ น้ำ พืชผักรับประทานสดหรือใบจึงต้องการไนโตรเจนสูง เพื่อให้ดินและใบมีความกรอบ มีกากหรือเส้นใยน้อย ซึ่งเป็นลักษณะที่ผู้บริโภคต้องการ ไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ต่อพืชจะอยู่ในรูปแอมโมเนียมไอออน (NH_4^+) และไนเตรทไอออน (NO_3^-) แต่ไนโตรเจนส่วนใหญ่ในสารละลายจะอยู่ในรูปไนเตรทไอออน เพราะแอมโมเนียมไอออนในปริมาณมากจะเป็นอันตรายต่อพืชได้ ในการปลูกพืชแบบไฮโดรโปนิกส์ ควรมีสัดส่วนที่เหมาะสมระหว่างแอมโมเนียมไอออนและไนเตรทไอออน ปริมาณแอมโมเนียมไอออนไม่ควรเกินร้อยละ 50 ของความเข้มข้นของไนโตรเจนทั้งหมดในสารละลาย แต่สัดส่วนที่เหมาะสมมักใช้ในเตรท

ไอออนร้อยละ 75 และแอมโมเนียมไอออนร้อยละ 25 สารเคมีที่ให้ไนเตรทไอออน คือ แคลเซียมไนเตรท และโพแทสเซียมไนเตรท (พีรเดช, 2537)

- ฟอสฟอรัส (P) มีหน้าที่เกี่ยวกับการถ่ายเทพลังงาน ซึ่งเป็นกระบวนการทางสรีรวิทยาที่สำคัญมาก พลังงานที่ได้จากการสังเคราะห์ด้วยแสงและเมแทบอลิซึมของสารประกอบคาร์โบไฮเดรตได้ถูกเก็บไว้ในรูปของสารประกอบฟอสเฟต (อะดีโนซีน ไตรฟอสเฟต, ATP) สำหรับใช้ในการเจริญเติบโตและการสืบพันธุ์ของพืช นอกจากนั้นฟอสฟอรัสยังเป็นส่วนประกอบของนิวคลีโอไทด์และไลปิดอีกด้วย ในแง่การเจริญเติบโตของพืช ฟอสฟอรัสทำให้การแบ่งเซลล์และการพัฒนาของส่วนที่เจริญเติบโตของพืช (ยอดและราก) เป็นไปได้ดี ฟอสฟอรัสยังช่วยให้พืช

ออกดอกและทำแก่เร็วให้พืชมีความแข็งแรงและต้านทานต่อโรคแมลง สำหรับพืชผัก ฟอสฟอรัส ทำให้พืชตั้งตัวได้เร็ว โดยเฉพาะระยะแรก ๆ ของการเจริญเติบโต รูปของ

ฟอสฟอรัสที่พืชนำไปใช้ได้คือ โมโนไฮโดรเจนฟอสเฟต (HPO_4^{2-}) และไดไฮโดรเจนฟอสเฟต (H_2PO_4^-) ส่วนจะอยู่ในรูปไหนมากกว่ากันขึ้นกับค่า pH ของสารละลายในขณะนั้น เช่นถ้า pH ต่ำ ฟอสฟอรัสจะทำปฏิกิริยากับเหล็กและอลูมิเนียม แต่ถ้า pH สูงฟอสฟอรัสจะทำปฏิกิริยากับแคลเซียมและแมกนีเซียม ทำให้ประโยชน์ของฟอสฟอรัสลดลง แต่ในการปลูกพืชแบบไฮโดรโปนิคส์จะไม่เกิดปัญหานี้เนื่องจากสามารถควบคุมปริมาณธาตุอาหารและ pH ให้อยู่ในระดับที่เหมาะสมได้ (พีรเดช, 2537)

- โพแทสเซียม (K) ไม่ได้เป็นองค์ประกอบในโครงสร้างของสารประกอบอินทรีย์ในพืช แต่มีหน้าที่เกี่ยวกับการทำงานด้านสรีรวิทยาของพืช เป็นธาตุจำเป็นในการสังเคราะห์คาร์โบไฮเดรต และการเคลื่อนย้ายแป้งและน้ำตาลในพืช จึงเป็นธาตุที่จำเป็นมากต่อพืชผักประเภทหัว นอกจากนี้โพแทสเซียมยังควบคุมการปิดเปิดของปากใบ และกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ ในพืชผักรับประทานต้นและใบ มีความต้องการโพแทสเซียมไม่น้อยกว่าไนโตรเจน เพราะเป็นธาตุที่ช่วยส่งเสริมคุณภาพ เช่น ช่วยให้กะหล่ำปลีห่อหัวได้ดี น้ำหนักดี มีเนื้อแน่น ส่วนผักกาดต่าง ๆ ที่รับประทานใบถ้าได้รับโพแทสเซียมเพียงพอจะไม่เฉาตายเมื่อตัดส่งตลาด และสดอยู่ได้นาน ในพืชผักกินผลเช่นมะเขือเทศ ความต้องการโพแทสเซียมสูงในช่วงที่มีการพัฒนาของพืชผักกินผล รูปของโพแทสเซียมที่พืชนำไปใช้ได้คือ โพแทสเซียมไอออน (K^+) แต่ถ้ามีโพแทสเซียมมากเกินไปจะรบกวนการนำแคลเซียมและแมกนีเซียมไปใช้ สารเคมีที่ให้โพแทสเซียมมีอยู่หลายตัว เช่น โพแทสเซียมไนเตรต และโพแทสเซียมฟอสเฟต (พีรเดช, 2537)

- แคลเซียม (Ca) เป็นองค์ประกอบที่สำคัญของผนังเซลล์ โดยหน้าที่หลักภายในพืชจึงเกี่ยวข้องกับความแข็งแรงของเนื้อเยื่อและเซลล์พืช นอกจากนั้นยังมีบทบาทในการกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์อีกด้วย การดูดใช้แคลเซียมของพืช มักขึ้นกับไอออนตัวอื่นในสารละลาย โดยเฉพาะเมื่อมีไนเตรตสูงก็ทำให้พืชแคลเซียมได้ดีขึ้น รูปที่พืชนำไปใช้ประโยชน์ได้ คือ แคลเซียมไอออน (Ca^{2+}) แหล่งแคลเซียมที่ดีที่สุด คือ แคลเซียมไนเตรต เนื่องจากละลายง่าย ราคาไม่แพง อีกทั้งยังให้ธาตุไนโตรเจนได้ด้วย ความเข้มข้นของแคลเซียมที่มากเกินไปจะมีผลต่อการนำโพแทสเซียมและแมกนีเซียมมาใช้ (พีรเดช, 2537)

- แมกนีเซียม (Mg) เป็นองค์ประกอบของคลอโรฟิลล์ นอกจากนี้ยังมีบทบาทในการดูดซึมธาตุอาหาร และการเคลื่อนย้ายธาตุอาหารของพืชโดยเฉพาะอย่างยิ่งฟอสเฟต แมกนีเซียมที่พืชสามารถนำไปใช้ได้อยู่ในรูป แมกนีเซียมไอออน (Mg^{2+}) สารเคมีที่ใช้เป็นแหล่งแมกนีเซียมคือ แมกนีเซียมซัลเฟต ในการเตรียมสารละลายสำหรับปลูกพืชแบบไฮโดรโปนิคส์ จะต้องระวังใน

เรื่องปริมาณแมกนีเซียมเพราะแมกนีเซียมที่มากเกินไปจะรบกวนการนำโพแทสเซียมและแคลเซียมมาใช้ (ฟิรเดซ, 2537)

- กำมะถัน (S) เป็นธาตุที่เป็นองค์ประกอบของพืชมากพอ ๆ กับฟอสฟอรัสแต่พืชแต่ละชนิดจะมีกำมะถันในปริมาณต่างกัน พืชตระกูลถั่ว หอม กระเทียม หน่อไม้ฝรั่ง กระเทียม ต้องการกำมะถันเพื่อเพิ่มกลิ่นและรสชาติให้ดีขึ้น กำมะถันมีหน้าที่เกี่ยวข้องกับการสร้างโปรตีนและกรดอะมิโนบางชนิดที่มีกำมะถันเป็นองค์ประกอบเช่น ซิสเทอีน (cysteine) และ เมไทโอนีน (methionine) นอกจากนั้นกำมะถันยังมีผลทางอ้อมต่อการสังเคราะห์คลอโรฟิลล์ของพืชด้วย รูปของกำมะถันที่พืชนำไปใช้ประโยชน์ได้ คือ ซัลเฟต อีออน (SO_4^{2-}) ซึ่งในการเตรียมสารละลายธาตุอาหารมักมีส่วนประกอบของเกลือซัลเฟตหลายชนิดอยู่ เช่น แมกนีเซียมซัลเฟต แคลเซียมซัลเฟต เป็นต้น พืชที่ปลูกในสารละลายจึงมักไม่ขาดธาตุนี้ (ฟิรเดซ, 2537)

2.6.2 ธาตุที่ต้องการในปริมาณน้อยหรือจุลธาตุ (Micronutrient element) คือธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืชแต่พืชต้องการในปริมาณน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับธาตุอื่นๆ ในการปลูกพืชแบบไฮโดรโปนิกส์จะต้องระมัดระวังในการควบคุมปริมาณธาตุกลุ่มนี้เป็นพิเศษกว่าธาตุในกลุ่มมหธาตุ เพราะความเข้มข้นระหว่างความเป็นพิษและการขาดแคลนมีระยะค่อนข้างแคบ นอกจากนั้นการประเมินอาการขาดทำได้ค่อนข้างยากอีกด้วย การแก้ปัญหาการขาดจุลธาตุทำได้ง่ายกว่าการแก้ปัญหาคือความเป็นพิษ เมื่อเกิดอาการเป็นพิษขึ้นมักจะต้องปลูกใหม่ ความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารกลุ่มนี้ขึ้นกับค่า pH ของสารละลายและการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของธาตุอาหารหลักบางธาตุ เช่น ฟอสฟอรัส ดังนั้นการควบคุม pH ของสารละลายและความเข้มข้นของธาตุอาหารจึงเป็นเรื่องสำคัญ ธาตุที่พืชต้องการในปริมาณน้อยนี้มีอยู่ 7 ธาตุ ได้แก่

- ธาตุเหล็ก (Fe) เป็นธาตุที่ไม่ค่อยมีการเคลื่อนย้ายในพืช เหล็กเป็นส่วนประกอบของเฟอริดอกซิน (Ferridoxin) ซึ่งเป็นสารสำคัญในขบวนการถ่ายทอดอิเล็กตรอนของพืช นอกจากนั้นยังเป็นองค์ประกอบของคลอโรฟิลล์ รูปที่พืชสามารถนำไปใช้ได้ คือ เฟอรัสอีออน (Fe^{2+}) และเฟอริกอีออน (Fe^{3+}) สารเคมีที่ให้ธาตุเหล็กและมีราคาถูก คือ เฟอรัสซัลเฟต (FeSO_4) ซึ่งละลายน้ำได้ง่ายแต่จะตกตะกอนจึงต้องระวังในเรื่อง pH ของสารละลาย จึงนิยมใช้เหล็กในรูปคีเลต ซึ่งเป็นสารประกอบอินทรีย์ สามารถคงตัวอยู่ในรูปสารละลายธาตุอาหารที่พืชก็สามารถนำไปใช้ได้ดี (ฟิรเดซ, 2537)

- ธาตุแมงกานีส (Mn) เป็นธาตุที่มีบทบาทสำคัญในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง และการทำงานร่วมกับธาตุอื่น เช่น เหล็ก แคลเซียม และแมกนีเซียม ความเป็นประโยชน์ของแมงกานีสจะถูกควบคุมโดยค่า pH ของสารละลาย รูปที่พืชนำไปใช้ประโยชน์ได้คือ แมงกานีสอีออน (Mn^{2+}) (ฟิรเดซ, 2537)

– ธาตุสังกะสี (Zn) เป็นธาตุจำเป็นต่อการสังเคราะห์ IAA ซึ่งเกี่ยวข้องกับการขยายตัวของเซลล์ มีบทบาทสำคัญต่อการทำงานของเอนไซม์หลายชนิด และยังมีบทบาทในการสร้างแป้งของพืชด้วย รูปที่พืชสามารถนำไปใช้ได้ คือ ซิงค์ไอออน (Zn^{2+}) ที่อาจได้จากซิงค์ซัลเฟต ($ZnSO_4$) หรือซิงค์คลอไรด์ ($ZnCl_2$) (พีรเดช, 2537)

- ธาตุทองแดง (Cu) เป็นธาตุที่มีความจำเป็นเนื่องจากเป็นองค์ประกอบของโปรตีน ช่วยในกระบวนการหายใจ และส่งเสริมให้พืชนำเหล็กมาใช้ประโยชน์ได้มากขึ้น รูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืชคือ คอปเปอร์ไอออน (Cu^{2+}) ที่อาจได้จากคอปเปอร์ซัลเฟต ($CuSO_4$) หรือคอปเปอร์คลอไรด์ ($CuCl_2$) (พีรเดช, 2537)

– ธาตุโบรอน (B) หน้าที่ของโบรอนในพืชยังไม่ทราบแน่ชัด แต่เชื่อกันว่าโบรอนมีความสำคัญต่อการสังเคราะห์และเคลื่อนย้ายคาร์โบไฮเดรต การสร้างกรดมิโนและโปรตีน การงอกและการเจริญเติบโตของละอองเกสรตัวผู้ และกิจกรรม ต่าง ๆ ของเซลล์ เช่น การแบ่งเซลล์ การขยายตัวของเซลล์ การเจริญเติบโตของเซลล์ นอกจากนั้นโบรอนยังมีอิทธิพลต่อสัดส่วนการดูดใช้ธาตุที่มีประจุบวก (Cations) และธาตุที่มีประจุลบ (Anions) ของพืชโดยจะส่งเสริมให้มีการดูดใช้ธาตุที่มีประจุบวกได้ดีขึ้น และธาตุที่มีประจุลบลดลง ที่เด่นชัดคือการดูดใช้แคลเซียมจะดีขึ้นถ้ามีโบรอนเพียงพอ รูปที่เป็นประโยชน์สำหรับพืชคือโบเรตไอออน (BO_3^{3-}) ซึ่งมีในน้ำธรรมชาติ หรือได้จากการเติมกรดบอริก (H_3BO_3) (พีรเดช, 2537)

- ธาตุโมลิบดีนัม (Mo) เป็นองค์ประกอบที่สำคัญของเอนไซม์ 2 ชนิด คือไนโตรจีเนส (Nitrogenase) มีความสำคัญต่อการตรึงไนโตรเจนจากอากาศ และไนเตรตรีดักเตส (Nitrate reductase) ซึ่งเกี่ยวข้องกับการรีดิวส์ไนเตรทให้เป็นไนไตรท์ พืชสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ในรูปโมลิบเดตไอออน (MoO_4^{2-}) ซึ่งอาจได้จากสารแอมโมเนียมโมลิบเดต หรือ โซเดียมโมลิบเดต (พีรเดช, 2537)

– ธาตุคลอรีน (Cl) ถ้าความเข้มข้นสูงกว่าร้อยละ 1 ส่วนใหญ่จะเป็นพิษต่อพืช บทบาทภายในพืชยังไม่ทราบแน่ชัด แต่ถ้าขาดคลอรีนพืชจะเหี่ยวง่าย ในน้ำจะมีคลอรีนอยู่ในรูปคลอไรด์ไอออน (Cl^-) ซึ่งเป็นรูปที่พืชนำไปใช้ประโยชน์ได้ ถ้ามีปริมาณมากเกินไปจะไปยับยั้งการนำธาตุที่อยู่ในรูปประจุลบตัวอื่น ๆ มาใช้ประโยชน์ (พีรเดช, 2537)

- นอกจากนี้ ยังมีธาตุอีกหลายชนิดที่คาดว่าเป็นประโยชน์ต่อพืช แต่ยังไม่ทราบบทบาทแน่ชัด เช่น โซเดียม (Na), ซิลิกอน (Si), นิกเกิล (Ni), และแวนาเดียม (V) เป็นต้น

2.7 ไนเตรต (Nitrate: NO_3^-) และไนไตรท์ (Nitrite : NO_2^-)

ไนเตรตเป็นเกลือของกรดไนตริก ซึ่งเป็นกรดแก่ เกลือไนเตรตที่ใช้ในทางการเกษตรและอุตสาหกรรม ได้แก่ เกลือไนเตรตของโซเดียม โพแทสเซียม แอมโมเนียม ทองแดง เหล็ก อลูมิเนียม โครเมียม โปรท และตะกั่ว

นอกจากนี้ สารไนเตรตถูกนำมาใช้ในทางด้านเกษตรกรรม เป็นปุ๋ยในพืชบางชนิด เช่น บาร์เล่ย์ ไรย์ ได้แก่ แอมโมเนียมไนเตรต โพแทสเซียมไนเตรต และแคลเซียมไนเตรต เป็นต้น

สารไนไตรท์เป็นเกลือของกรดไนตริก ซึ่งเป็นกรดอ่อน สารไนไตรท์ถูกออกซิไดซ์เป็นสารไนเตรตได้ง่าย ดังนั้นในสิ่งแวดล้อมมักมีไนไตรท์ในปริมาณต่ำ (งานสารเป็นพิษ, 2531)

2.8 ไนเตรตกับการนำไปใช้ของพืช

ไนเตรต (NO_3^-) และแอมโมเนียม (NH_4^+) เป็นรูปหนึ่งของไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ต่อพืชในดินที่มีบรรยากาศ มีความชื้น อุณหภูมิ และสภาพแวดล้อมอื่นๆ เหมาะสม แอมโมเนียมจะถูกเปลี่ยนไปเป็น ไนไตรท์ และไนเตรต ตามลำดับโดยกิจกรรมของจุลินทรีย์ที่เรียกว่า Nitrification สารไนเตรตที่พืชดูดขึ้นไปใช้ส่วนใหญ่พืชนำไปใช้ในการสร้างสารประกอบอินทรีย์หลายชนิด ส่วนที่ไม่สามารถนำไปใช้ยังคงเป็นไนเตรตไอออนสะสมอยู่ในเซลล์พืช หากสภาพแวดล้อมเหมาะสมต่อการสะสมไนเตรต เช่นการปลูกพืชในสภาพแสงน้อย พืชจะมีการดูดสารไนเตรตจากดินเข้าไปมาก เนื่องจากพืชมีการกระตุ้นการสะสมไนเตรต เป็นการชดเชยแรงดันออสโมติก (Osmotic pressure) ทดแทนความเข้มข้นของอินทรีย์สาร (คาร์โบไฮเดรต) ที่ลดลงซึ่งเป็นผลมาจากอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงลดลงเมื่อความเข้มแสงลดลง (Seginer *et al.*, 1998) และในขณะเดียวกันถ้าพืชสามารถเปลี่ยนไนเตรตเป็นสารอินทรีย์ให้เป็นสารอินทรีย์ (กรดอะมิโน) ได้น้อย สภาพแวดล้อมไม่เหมาะสม เช่น อุณหภูมิ มีผลไปลดเมตาบอลิซึมของเอนไซม์ไนไตรท์รีดักเทส (Nitrite reductase) ที่ใช้ในการเปลี่ยนแปลงสารไนเตรต การเปลี่ยนแปลงดังกล่าวจะทำให้มีการสะสมสารไนเตรตอยู่ในพืชมากขึ้น (Maynard *et al.*, 1972) สำหรับกระบวนการที่ไนเตรตจะเปลี่ยนไปเป็นแอมโมเนียม แล้วเปลี่ยนไปเป็นกรดอะมิโนในพืชนั้น เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ หลายชนิดด้วยกัน

สารไนเตรตจะสะสมในส่วนต่าง ๆ ของพืชแตกต่างกันไป ในพืชต้นเดียวกันส่วนที่แก่กว่าจะมีการสะสมมากกว่าส่วนที่อ่อนกว่า ดอกจะมีความเข้มข้นของสารไนเตรตน้อยที่สุด รองลงมาคือ ผล ใบ ราก โดย

ก้านใบมีการสะสมมากที่สุดตามลำดับ (Manard and Baker, 1972) ในผักหลายชนิดมีการสะสมไนเตรทค่อนข้างสูง เช่น ปวยเล้ง (Spinach) บีท (Beet) ผักกาดเขียว (Mustard green) ผักบางชนิดมีการสะสมไนเตรทได้มากกว่า 3,000 มก./กก. น้ำหนัสด เช่น ผักกาดหอม (Lettuce)



2.9 อันตรายจากการบริโภคอาหารที่ปนเปื้อนสารไนเตรท

การบริโภคผักหรืออาหารอื่น ๆ ที่มีการสะสมของสารไนเตรท (NO_3^-) สามารถทำให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพได้ (งานสารเป็นพิษ, 2531) สารไนเตรทเมื่อเข้าสู่กระเพาะอาหาร บางส่วนจะถูกเปลี่ยนให้เป็นสารไนไตรท์ (NO_2^-) ในขบวนการ nitrate reduction ที่สามารถเกิดขึ้นเมื่ออับอากาศ สารไนไตรท์สามารถดูดซึมเข้าสู่กระแสเลือดไปทำปฏิกิริยากับเม็ดโลหิตโดยกระบวนการ Oxidation เปลี่ยนแปลงเม็ดโลหิตจาก Haemoglobin ให้กลายเป็น Methaemoglobin โดย oxidize Fe^{2+} ในโมเลกุลของเม็ดเลือดในรูปของ Haemoglobin ให้กลายเป็น Fe^{3+} เม็ดโลหิตที่เปลี่ยนแปลงไปนี้ (Methaemoglobin) จะไม่มีคุณสมบัติในการรับและนำพาออกซิเจน ไปเลี้ยงเซลล์ต่าง ๆ ในร่างกาย หากปริมาณเมทาฮีโมโกลบินเพิ่มขึ้น 20 % ของฮีโมโกลบินทั้งหมด ผู้ป่วยจะมีอาการไม่สบายเนื่องจากขาดออกซิเจนอย่างเห็นได้ชัด อาการตัวเขียว อ่อนเพลีย หายใจหอบ ปวดศีรษะ และหัวใจเต้นแรงและมีจังหวะเร็วกว่าปกติ เป็นต้น ดังนั้นถ้ามีการบริโภคสารไนเตรทเข้าไปจำนวนมาก ร่างกายจะเกิดภาวะขาดออกซิเจนฉับพลันได้ โดยเฉพาะในเด็กเล็กจะอ่อนแอต่ออาการขาดออกซิเจนนี้ เกิดอาการของโรคที่เรียกว่า “Methaemoglobinemia” หรือ “Blue baby syndrome” ทารกอยู่ในสภาพขาดออกซิเจน เนื้อตัวผิวหนังและปากเปลี่ยนเป็นสีเขียวคล้ำ จนถึงเสียชีวิตได้ (Maynard and Baker, 1972)

2.10 ปัจจัยที่มีผลต่อการสะสมไนเตรทในพืช

ชนิดพืช

นอกจากนี้ในพืชชนิดเดียวกัน แต่ต่างสายพันธุ์ ก็มีการสะสมไนเตรทต่างกัน แม้ว่าจะมีความแตกต่างกันไม่มากนัก (Maynard and Baker, 1974) สาเหตุของที่พืชมีความสามารถในการสะสมไนเตรทแตกต่างกันนี้ ยังไม่อาจบอกได้อย่างแน่นอน ส่วนหนึ่งอาจมาจากเอนไซม์สำคัญบางตัวที่ร่วมในขบวนการเปลี่ยนไนเตรทเป็นโปรตีน เช่น ไนเตรทรีดักเทส ในพืชแต่ละชนิด มีกิจกรรมแตกต่างกัน (Keeney, 1970) นอกจากนี้ในพืชที่ส่วนรากมีกิจกรรมของไนเตรทรีดักเทสสูง ไนโตรเจนที่เคลื่อนย้ายจากรากไปยังลำต้นจะอยู่ในรูปของอินทรีย์ไนโตรเจน (Organic nitrogen) มากกว่าพืชที่มีกิจกรรมของเอนไซม์นี้ในระดับต่ำ (Maynard and Baker, 1972)

ส่วนของพืช

สารไนเตรทมีการกระจายไปตามส่วนต่าง ๆ ของพืชในปริมาณที่แตกต่างกัน เมื่อเปรียบเทียบระหว่างส่วนต่าง ๆ ของพืชพบว่าในลำต้นโดยเฉพาะก้านใบมีไนเตรทมากที่สุด รองลงมาคือแผ่นใบและรากตามลำดับ ส่วนดอกนั้นมีปริมาณต่ำสุด และนอกจากนี้ในพืชต้นเดียวกันใบที่อยู่ยอดสุดและแก่กว่า จะมีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดต่ำสุด แต่จะมีปริมาณไนเตรทสูงสุด เนื่องจากว่า ส่วนที่แก่กว่านั้นจะมีกระบวนการเมตาบอลิซึมเป็นไปอย่างช้า ๆ ทำให้เหลือไนเตรทตกค้างอยู่มาก (Wright and Davison, 1994)

อายุพืช

โดยทั่วไปความเข้มข้นของสารไนเตรทในพืชจะมีมากในช่วงต้นและช่วงกลาง ๆ ของการเจริญเติบโต และจะค่อย ๆ ลดต่ำลงเมื่อพืชเจริญเต็มที่ (Brown and Smith, 1966) เนื่องจากในช่วงที่พืชมีการสร้างเนื้อเยื่อในส่วนนั้น และในขณะที่พืชเจริญเต็มที่ความสามารถของดินที่จะให้นิโตรเจนแก่พืชจะลดน้อยลงไปด้วย ฉะนั้นพืชจึงต้องใช้ประโยชน์จากไนเตรทที่ตกค้างตามส่วนต่าง ๆ ของพืช ทำให้ความเข้มข้นของไนเตรทที่พืชเจริญเติบโตเต็มที่นั้นลดลงไป (Wright and Davison, 1964)

ในต่างประเทศ เช่น ประเทศในแถบยุโรป ได้มีการกำหนดปริมาณไนเตรทสูงสุดที่ยอมให้มีอยู่ในผักกาดหอม (*Lactuca sativa*) ในช่วงระหว่าง 2,500 – 3,000 มก./กก.น้ำหนักสด (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 ค่าสูงสุดของปริมาณไนเตรท (มก. / กก. นน. สด) ที่ยอมให้มีได้ในพืชผัก

พันธุ์พืช	ปริมาณสารไนเตรท (มก. / กก. นน. สด)	
	ฤดูฝนและฤดูร้อน	ฤดูหนาว
ผักกาดหอม (Lettuce)	2,500	3,000
ผักกาดฝอยก้านแข็ง (Endive)	2,500	3,000
ทุกฤดูกาล		
หัวผักกาดแดง (Radish)	3,000	
หัวบีท (Beet root)	3,000	
จีนฉ่าย (Celery)	4,000	
มันฝรั่ง (Potato)	2,000	

2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ณัฐพงศ์ (2544) ได้ทำการศึกษาการประเมินอัตราให้ปุ๋ยในโตรเจนแต่งหน้าที่เหมาะสมในการผลิตข้าว โดยพิจารณาจากความเข้มข้นของไนโตรเจนและคลอโรฟิลล์ในใบอ่อน จากการวิเคราะห์พบว่า ผลผลิตของข้าวทั้ง 2 พันธุ์ มีความแตกต่างกันเมื่อได้รับปุ๋ยไนโตรเจนรองพื้นและอัตราปุ๋ยไนโตรเจนแต่งหน้าที่แตกต่างกัน โดยที่พันธุ์ดอกขาวหอมมะลิ 105 ในกรรมวิธีที่ไม่มีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนรองพื้นและปุ๋ยไนโตรเจนแต่งหน้าจะให้ผลผลิตต่ำที่สุด 581 กก./ไร่ และเมื่อมีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนรองพื้น 8 กก./ไร่ ตามด้วยอัตราปุ๋ยไนโตรเจนแต่งหน้าอัตรา 16 กก./ไร่ ให้ผลผลิตข้าวสูงที่สุดเท่ากับ 760 กก./ไร่ สำหรับข้าวพันธุ์ก่ำดอยสะเก็ดมีการตอบสนองต่ออัตราปุ๋ยไนโตรเจนรองพื้นและอัตราปุ๋ยไนโตรเจนแต่งหน้า เช่นเดียวกับดอกขาวหอมมะลิ 105 โดยกรรมวิธีที่ไม่มีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนรองพื้นและปุ๋ยไนโตรเจนแต่งหน้าเลย จะให้ผลผลิตต่ำที่สุดเท่ากับ 237 กก./ไร่ และมีผลผลิตสูงที่สุดเท่ากับ 384 กก./ไร่ ที่กรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนแต่งหน้า 16 กก./ไร่ อย่างเดียว หรือกรรมวิธีที่ใส่อัตราปุ๋ยในกก.โตรเจนรองพื้น 32 กก./ไร่ ครั้งเดียว

ศักดิ์เกษม (2523) ได้ทำการศึกษาการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของปุ๋ยไนโตรเจนในรูปไนเตรทและแอมโมเนียมที่ให้แก่ข้าวโพดในดินกรดและดินด่างพบว่าในสภาพดินที่เป็นกรดปุ๋ยแอมโมเนียมให้การเจริญเติบโตและผลผลิตมากกว่าปุ๋ยไนเตรททั้งสองชนิดให้ปริมาณไนโตรเจนที่ข้าวโพดดูดทั้งหมดและปริมาณไนโตรเจนที่สูญเสียไปในรูปแก๊สใกล้เคียงกันสำหรับในสภาพดินที่เป็นด่าง ปุ๋ยทั้งสองชนิดให้การเจริญเติบโตและผลผลิตใกล้เคียงกัน แต่ปุ๋ยไนเตรทให้ปริมาณไนโตรเจนที่ข้าวโพดดูดทั้งหมดมากกว่าและมีการสูญเสียไนโตรเจนในรูปแก๊สน้อยกว่าปุ๋ยแอมโมเนียม

เพ็ญญา และ นพดล (2543) ได้ทำการศึกษาผลของระดับความเข้มข้นของธาตุ N, Ca และ K ที่มีต่อการเจริญเติบโตของผักกาดหอม (*Lactuca sativa* L.) พันธุ์ Red oak ที่ปลูกในระบบไฮโดรโปนิกส์ การทดลองที่ 1 ใช้สารอาหารที่มีความเข้มข้นของธาตุ N ดังนี้ 85, 95, 105, 115 และ 125 mg/l ซึ่งธาตุอาหารที่จำเป็นอื่น ๆ จะคงที่ตามสูตรของ Macblis และ Toreey (1965) ที่ EC 1.2 mS/cm พบว่าสารอาหารธาตุ N 95 mg/l ให้น้ำหนักสดของผักกาดหอมพันธุ์ Red oak มากที่สุด การทดลองที่ 2 ใช้สารอาหารธาตุ N 95 mg/l ร่วมกับธาตุ Ca ดังนี้ 80, 90, 100, 110 และ 120 mg/l พบว่าผักกาดหอมพันธุ์ Red oak เจริญเติบโตได้ดีที่สุดเมื่อใช้สารอาหารธาตุ N 95 mg/l ร่วมกับธาตุ Ca 120 mg/l ซึ่งผักกาดหอมพันธุ์ Red oak ในความเข้มข้นนี้มีใบหนา แข็งแรง ไม่แสดงอาการเหี่ยวในช่วงกลางวันที่มีอุณหภูมิสูง การทดลองที่ 3 ใช้สารอาหารธาตุ N 95 mg/l และธาตุ Ca 120 mg/l

ร่วมกับธาตุ K ดังนี้ 97, 107, 117, 127 และ 137 mg/l พบว่าผักกาดหอมพันธุ์ Red oak เจริญเติบโตเหมาะสมที่สุดเมื่อใช้ร่วมกับธาตุ K เข้มข้น 117 mg/l

อารักษ์ (2543) ได้ทำการศึกษากลุ่มผักกินผล (แตงเทศ/แตงแคนตาลูป) โดยศึกษาระบบการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินและสูตรสารละลายธาตุอาหารที่เหมาะสมสำหรับการผลิตแตงเทศ เปรียบเทียบระบบการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินและถึงบรรจุสารละลายที่เหมาะสมสำหรับการปลูกแตงเทศพันธุ์ซูปเปอร์ชาลโมล 195 การทดสอบพันธุ์แตงเทศที่เหมาะสม สำหรับระบบไฮโดรโปนิคส์แบบดัดแปลง และทำการศึกษากลุ่มผักกินใบ (ผักกาดหอม ผักกาดขาวขานฟง ผักกาดกวางตุ้ง ผักกาดฮ่องเต้) ศึกษาการทดลองการเติมออกซิเจนและการไม่เติมออกซิเจนให้แก่การปลูกผักกาดหอมในสารละลายธาตุอาหาร ที่ไม่มีการหมุนเวียนของสารละลาย ศึกษาวัสดุเพาะกล้าและอายุต้นกล้าที่เหมาะสมสำหรับการปลูกผักกาดหอมในระบบไฮโดรโปนิคส์แบบ Nutrient Film Technique (NFT) ศึกษาพันธุ์และระบบปลูกที่เหมาะสมในการปลูกผักกาดหอมโดยไม่ใช้ดิน ศึกษาการปลูกผักกาดฮ่องเต้แบบไฮโดรโปนิคส์ ศึกษาการปลูกผักกาดขาวขานฟงและผักกาดกวางตุ้งแบบไฮโดรโปนิคส์ ศึกษาการปลูกผักกาดขาวขานฟงและผักกาดฮ่องเต้ด้วยระบบไฮโดรโปนิคส์

วุฒิพงษ์ (2546) ได้ศึกษาการเจริญเติบโตและการสะสมสารไนเตรทในผักกาดหอม 2 ชนิด คือ Cos และ Red oak ซึ่งปลูกเลี้ยงในสารละลายธาตุอาหารสูตร Enshi โดยใช้ความเข้มข้น 2 ระดับ คือ EC= 1.2 และ 2.4 mS/cm เปรียบเทียบกับการปลูกในถุงพลาสติกด้วยดินผสม (ดินร่วน: ขุยมะพร้าว : แกลบสด : ปุ๋ยคอก อัตราส่วน 2 : 2 : 2 : 1) ที่ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 12 - 24 - 12 อัตรา 33.33 ก.ก. / ไร่ ในช่วงฤดูร้อน (มีนาคม - เมษายน พ.ศ. 2543) และในช่วงฤดูหนาว (พฤศจิกายน - ธันวาคม) ณ โรงเรือนปลูกพืชหลังคาพลาสติก ทำการวัดปริมาณไนเตรทด้วยเครื่อง RQ-Flex reflectometer พบว่าช่วงฤดูร้อน ผักกาดหอมมีการเจริญเติบโตที่ต่ำและไม่แตกต่างกันในระหว่างการปลูกในสารละลายธาตุอาหารหรือในดินผสม โดยน้ำหนักสดยอดมีค่า 15.9 , 8.3 , และ 12.4 กรัม สำหรับผักกาดหอมที่ปลูกในสารละลาย 1.2 และ 2.4 mS/cm และในดินผสมตามลำดับผักกาดหอมที่ปลูกเลี้ยงในสารละลายธาตุอาหารทั้ง 2 ความเข้มข้นมีการสะสมสารไนเตรทเพิ่มขึ้นตามอายุปลูกจนถึงการเก็บเกี่ยวในสัปดาห์ที่ 5 และมีค่าเกินกว่าระดับความปลอดภัยต่อการบริโภคตามข้อกำหนดของสหภาพยุโรป ที่ 3,000 มก./ ก.ก. น้ำหนักสด ส่วนการปลูกในดินผสม มีการสะสมไนเตรทที่ต่ำกว่าการปลูกในการปลูกสารละลายและลดลงเมื่ออายุปลูกเพิ่มมากขึ้น และพบว่า ผักกาดหอมชนิด Cos มีการสะสมสารไนเตรทมากกว่าชนิด Red oak ในทุกสัปดาห์ ส่วนในฤดูหนาว พบว่าการปลูกในสารละลายธาตุอาหารทั้ง 2 ความเข้มข้นทำให้ผักกาดหอมมีการเจริญเติบโตที่ดีกว่าการปลูกในดินผสม โดยน้ำหนักสดยอดมีค่า 86 , 0 , 97.0 และ 40.9 กรัม สำหรับผักกาดหอมที่ปลูกในสารละลาย 1.2 และ 2.4 mS/cm และในดินผสมตามลำดับ และมีการสะสมสารไนเตรทเพิ่มขึ้นตามอายุปลูกจน

สูงสุด ในสัปดาห์ที่ 3 ก่อนที่จะเริ่มลดลงเมื่อเก็บเกี่ยวในสัปดาห์ที่ 5 ในขณะที่การปลูกในดินผสมมีปริมาณไนเตรทเริ่มต้นที่สูงและลดลงตามอายุปลูก ทุกวิธีการปลูกในฤดูหนาวไม่พบว่าผักกาดหอมมีการสะสมไนเตรทที่เกินกว่าค่าความปลอดภัยต่อการบริโภค และพบว่าผักกาดหอมชนิด Cos มีการสะสมสารไนเตรทสูงกว่าชนิด Red oak เสมอเมื่อปลูกในสารละลายธาตุอาหาร

การลดไนเตรทก่อนการเก็บเกี่ยว พบว่าการแทนที่สารละลายธาตุอาหารด้วยน้ำธรรมดาเป็นเวลา 4 วันก่อนการเก็บเกี่ยวให้ผลดีที่สุดในการลดปริมาณไนเตรทหลังการเก็บเกี่ยวให้อยู่ในระดับที่ปลอดภัยต่อการบริโภคโดยไม่ทำให้น้ำหนักสด และน้ำหนักแห้งลดลงในผักกาดหอมชนิด Red oak เมื่อปลูกในสารละลายธาตุอาหารความเข้มข้น $EC = 1.2 \text{ mS/cm}$ แต่ไม่ได้ผลเมื่อใช้ความเข้มข้นที่ $EC = 2.4 \text{ mS/cm}$

สุรพล (2544) ได้ทำการศึกษาศึกษาอัตราการเจริญเติบโตของพืชผักและผลผลิตในระบบการปลูกแบบไร้ดิน เปรียบเทียบกับการปลูกผักตามปกติเมื่อใช้วัสดุคลุมดินชนิดต่าง ๆ ในสภาพปลอดสารพิษ การศึกษาอัตราการเจริญเติบโตของพืชผักและผลผลิตในระบบการปลูกแบบไร้ดิน (Hydroponics) เปรียบเทียบกับการปลูกผักตามปกติ เมื่อใช้วัสดุคลุมดินชนิดต่าง ๆ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเจริญเติบโตและผลผลิตของผัก 5 ชนิด ได้แก่ ผักกาดขาว ผักคะน้า ผักกาดหอม ถั่วงอก และตั้งโอ๋ในระบบการปลูกแบบไร้ดิน หากกรรมวิธีและสูตรอาหารเหมาะสมในการปลูกแบบไร้ดิน ตลอดจนเปรียบเทียบผลผลิตของผักทั้ง 5 ชนิด เมื่อปลูกแบบไร้ดินกับปลูกแบบปกติโดยใช้กรรมวิธีต่าง ๆ ได้วางแผนการทดลองแบบ CRD มี 6 สิ่งทดลองประกอบไปด้วย การปลูกผักแบบไร้ดิน การปลูกแบบปกติคลุมด้วยพลาสติก สะท้อนแสง พลาสติกสีดำ พลาสติกใส มุ้งตาข่ายไนลอน และไม่ใช้วัสดุคลุม แต่ละสิ่งทดลองทำ 4 ซ้ำ ผลการวิจัยพบว่าผักทั้ง 5 ชนิด สามารถเจริญเติบโตเร็ว และให้ ผลผลิตดี ในระบบการปลูกแบบไร้ดิน สามารถใช้สูตรสารละลายธาตุอาหารได้ผลไม่แตกต่างกัน จึงสามารถใช้สูตรสารละลายธาตุอาหารที่มีจำหน่ายทั่วไปในประเทศเมื่อเปรียบเทียบผลผลิต ของผักทั้ง 5 ชนิดในระบบการปลูกและกรรมวิธีต่างๆ พบว่าผักที่ปลูกแบบไร้ดินให้ผลผลิตต่ำกว่าผักที่ปลูกแบบปกติมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติแทบทุกชนิดของผักยกเว้นผักคะน้า ผักที่ปลูกแบบปกติคลุมด้วยมุ้งตาข่ายไนลอนให้ผลผลิตสูงสุด

ดนัย (2546) ได้ทำการศึกษาการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ปลูกพืชในระบบไฮโดร โพนิกส์ โดยทำการทดลองศึกษาการใช้สารอินทรีย์ทดแทนสารเคมีในการปลูกพืชระบบไฮโดร โพนิกส์น้ำเดิน เพื่อเป็นการเพิ่มคุณค่าของผลผลิตพืชและปลอดภัยจากสารเคมีตกค้างและลดค่าใช้จ่ายได้มากขึ้น

เด่นนภา และ สุธัมมา (2546) ได้ทำการศึกษาปริมาณแร่ธาตุอาหารพืชในน้ำหมักชีวภาพ 3 ชนิดและศึกษาผลของน้ำหมักชีวภาพที่มีต่อการเจริญเติบโตของผักกาดหอม โดยการศึกษา น้ำหมักชีวภาพจากพืช 3 ชนิด ได้แก่ชนิดที่ 1 น้ำหมักชีวภาพที่มีใบน้อยหน้าเป็นวัสดุหลักในการหมัก ชนิด

ที่ 2 น้ำหมักชีวภาพที่มีไบโสะเดาเป็นวัสดุหลักในการหมัก ชนิดที่ 3 น้ำหมักชีวภาพที่มีไบสาบเสือเป็นวัสดุหลักในการหมัก โดยทำการสำรวจคุณสมบัติทางกายภาพ วิเคราะห์หาปริมาณแร่ธาตุอาหารพืช 6 ชนิด คือ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม และกำมะถัน ซึ่งแปรผลในรูปของร้อยละของ N P_2O_5 K_2O CaO MgO และ S โดยการศึกษาผลของน้ำหมักชีวภาพต่อการเจริญเติบโตของผักกาดหอมพบว่าผลของน้ำหมักชีวภาพชนิดที่ 3 ทำให้ผักกาดหอมเจริญเติบโตได้ดีที่สุด รองลงมาคือชนิดที่ 2 และชนิดที่ 1 ตามลำดับ

ธรรมศักดิ์ และคณะ (2546) ได้ทำการศึกษหาปริมาณสารไนเตรตตกค้างในผักกาดหอมปลูกโดยไม่ใช้ดินในฤดูกาลต่างๆ โดยศึกษาการวิเคราะห์หาปริมาณสารไนเตรตตกค้างในต้นผักกาดหอมด้วยวิธี Greiss' s reaction พบผักกาดหอมที่มีสารไนเตรตสะสมสูงเกินกว่าค่าสูงสุดที่ยอมรับได้ตามข้อกำหนดของ สหภาพยุโรปจำนวน 8,25 และ 33 ตัวอย่าง หรือร้อยละ 27,81 และ 81 สำหรับฤดูฝน ฤดูหนาว และฤดูร้อนตามลำดับ ปริมาณสารไนเตรตที่พบในต้นผักกาดหอมที่ปลูกโดยไม่ใช้ดินแตกต่างกันไปตามชนิดของผักกาดหอม พบว่าผักกาดหอมชนิด Red coral, Butter head และ Iceberg มีการสะสมของสารไนเตรตที่สูงกว่าชนิดอื่นๆ ที่ปลูกในฤดูกาลเดียวกัน และยังพบความแตกต่างของปริมาณสารไนเตรตที่ตกค้างอยู่ในผักกาดหอมชนิดเดียวกัน ปลูกในฤดูเดียวกันแต่ต่างผู้ผลิต

พัชรภรณ์ และคณะ (2552) ได้ทำการศึกษการวิเคราะห์การสะสมไนเตรตในผักสดจากการวิเคราะห์ความเข้มข้นของไนเตรตในผักคะน้าจำนวน 85 ตัวอย่าง และผักกาดหอม จำนวน 86 ตัวอย่าง ที่สุ่มจากตลาดขายปลีก-ส่ง ในกรุงเทพฯ และปริมณฑล พบว่า ผักคะน้ามีการสะสมไนเตรต-ไนโตรเจน เฉลี่ยอยู่ที่ 0.5 เปอร์เซ็นต์ โดยผักคะน้า 13 ตัวอย่าง สะสมไนเตรต-ไนโตรเจน สูงเกิน 1 เปอร์เซ็นต์ และ 12 ตัวอย่าง ไนเตรต-ไนโตรเจนสะสมอยู่ในช่วง 0.75 ถึง 1 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่พบว่า ผักกาดหอม มีค่าความเข้มข้นไนเตรต-ไนโตรเจนเฉลี่ย 0.14 เปอร์เซ็นต์ มีเพียง 2 ตัวอย่าง เท่านั้นที่มีค่าความเข้มข้นของไนเตรต ไนโตรเจนสูงเกิน 1 เปอร์เซ็นต์ อย่างไรก็ตามทั้งผักคะน้า และผักกาดหอมที่ปลูกในน้ำยา (Hydroponics) มีแนวโน้มสะสมไนเตรต-ไนโตรเจนที่สูงกว่าผักที่ปลูกด้วยวิธีอื่น โดยเฉพาะในผักคะน้า พบว่า 7 ใน 8 ตัวอย่างมีค่าความเข้มข้นของไนเตรต ไนโตรเจนสูงเกิน 1 เปอร์เซ็นต์ และจากการวิเคราะห์ไนเตรตแบบ Colorimetric พบว่า การวิเคราะห์ด้วยวิธี Brucine และ Salicylic สามารถวัดค่าความเข้มข้นของไนเตรต-ไนโตรเจน ในตัวอย่างพืชได้โดยไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับค่าที่ได้จากการวัดด้วยเครื่อง Flow Injection Analyzer

Essam. et.al. (2006) ได้ทำการศึกษการเพาะปลูกแบบไฮโดรโปนิคส์ ในสารละลายธาตุอาหารหรือผ่านตัวกลางโดยไม่ใช้ดิน การเพาะปลูกแบบไฮโดรโปนิคส์มีประโยชน์มากมาย ปัญหา

ที่เกิดจากการเพาะปลูกแบบใช้ดิน เช่น โครงสร้างดินคุณภาพต่ำจะระบายน้ำได้น้อย ดินขาดความอุดมสมบูรณ์และแหล่งกักเก็บน้ำไม่เพียงพอและที่สำคัญคือมีวัชพืชอื่นมารบกวน สำหรับไฮโดรโปนิกส์ไม่ต้องใช้ดินและใช้น้ำ 124 ต่อ 1 ฟาร์ม ในพื้นที่ใช้น้ำไม่เป็นประโยชน์หรือที่เป็นพื้นที่ว่างเปล่า สามารถที่จะนำระบบไฮโดรโปนิกส์นี้มาพัฒนาในการปลูกผักได้ พื้นฐานของระบบไฮโดรโปนิกส์ที่ศึกษานี้จะเป็นระบบปิดและทำการทดสอบความอุดมสมบูรณ์ ปัจจุบันได้นำผักกาดหอม (*Lactuca sativa*) มาศึกษาในระบบปิด ผลรวมของผลผลิตทั้งหมดมีค่าสูงมากเมื่อเปรียบเทียบกับระบบเปิด ความอุดมสมบูรณ์และ Peat ผสมจะมีค่าผลผลิตสูงมากเมื่อทดสอบจาก สารตั้งต้นและการบริโภคอาหารสูง เมื่อทดสอบจาก ความอุดมสมบูรณ์ซึ่งผลที่ได้แสดงให้เห็นว่าระบบปิดจะช่วยในการประหยัดน้ำและธาตุอาหารได้ดี

Hubble และ Harper (1999) ได้ทำการศึกษา วิธีการปรับปรุงสำหรับการวิเคราะห์ไนเตรทที่ระดับความเข้มข้นต่ำ พบว่า วิธีลดความเป็นพิษจะอธิบายการวิเคราะห์ของไนเตรท -ไนโตรเจนที่มีความเข้มข้นต่ำ โดยจะใช้คอลัมน์ของ Devarda's ในวัสดุที่เป็น Fused alumina anti-bumping granules เป็นวิธีการที่ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อการแก้ปัญหา โลจิสติก ในการใช้ Cadmium-based methodologies ในประเทศที่กำลังพัฒนา และเพื่อเปรียบเทียบกับวิธีการที่ได้รับการยอมรับจาก Havilah และคณะ(1977) วิธีการ Micro-colorimetric สำหรับตรวจวัดปริมาณแอมโมเนียมใน Kjeldahl ย่อยสลายด้วยเครื่อง Spectrophotometer ซึ่งจะใช้รูพรุนของแคดเมียมเป็นสารตั้งต้น

Koohakan , Jeanaksorn and Nuntagij (2008) ได้ทำการศึกษาการปลูกพืชวิธี Hydroponics ว่าได้เข้ามามีบทบาทในประเทศไทย ปัจจุบันได้เป็นการค้ามากมายในประเทศไทยทำให้ผักกาดหอมมีผลผลิตที่มีคุณภาพ ในระหว่างนี้เทคนิคฟิล์มสารอาหาร (NFT) เป็นหนึ่งในระบบการค้าสำหรับผลผลิตผักกาดหอมที่สำคัญ การติดเชื้อโรคของการเจริญเติบโตของผักกาดหอมในเชิงการค้าในระบบ NFT

Leszczyńska และคณะ (2009) ศึกษาเกี่ยวกับผลกระทบจากกระบวนการเปลี่ยนแปลงของไนเตรทและไนไตรท์ตระกูลผักกะหล่ำ พบว่าการเปลี่ยนแปลงไนเตรทและไนไตรท์ที่อยู่ในตระกูลผักกะหล่ำ ซึ่งเป็นผลมาจากการลวก ต้ม แช่แข็ง เก็บแช่แข็งและการต้มหลังจากการแช่แข็งก่อนหน้านี้ นำมาวิเคราะห์ ซึ่งปริมาณไนเตรทที่ตรวจพบใน ผักคะน้าหยาบ (302.0 mg/kg) และค่าต่ำสุดของไนเตรทพบในกะหล่ำดอกสีเขียว (61.0 mg/kg) ระดับที่ตรวจพบในกะหล่ำดอกสีขาว (3.49 mg/kg) และ กะหล่ำดอกสีเขียว (1.47 mg/kg) การลวกและการต้มของตระกูลผักกะหล่ำ เป็นสาเหตุทำให้ปริมาณไนเตรทลดลงค่อนข้างมาก แต่ในบางครั้งก็ไม่เปลี่ยนแปลงเกี่ยวกับระดับของไนไตรท์ ในผักที่แช่เย็นเก็บไว้ 48 ชั่วโมง ก่อนการลวกทำให้ระดับไนเตรทเพิ่มขึ้นหรือไม่

เปลี่ยนแปลงเช่นกัน การเปลี่ยนแปลงของไนเตรทที่ผิดปกติ ในผักที่เก็บแช่แข็งเป็นเวลา 4 เดือน ก่อนการลวก โดยทั่วไปปริมาณไนเตรทจะลดและเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณของผักที่ถูกลวก การต้มของผักที่ถูกแช่เย็น (เก็บแช่เย็น 48 ชั่วโมง) ความถี่ที่ทำให้เกิดการลดลงของระดับไนเตรทในการเปรียบเทียบกับผักดิบแช่แข็ง จะไม่เปลี่ยนแปลงสังเกตผลได้จากการต้มของผักก่อนการแช่แข็ง 48 ชั่วโมง ซึ่งจะไม่เห็นการเปลี่ยนแปลงของระดับปริมาณไนเตรทชัดเจนในผักที่แช่แข็งหลังจากการต้ม

Pasquali และคณะ(2010) ได้ทำการศึกษา สองวิธีที่เร็วและไวกับการตรวจวัดปริมาณของไนไตรท์และไนเตรทในดินตัวอย่าง โดยพบว่า วิธีวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Spectrophotometric ที่พัฒนาขึ้น สำหรับตรวจวัดหาปริมาณของไนเตรทและสำหรับวัดปริมาณไนไตรท์และไนเตรทในตัวอย่างดิน ได้จะวัดปริมาณไนไตรท์โดยใช้ modified version ของ Griess-Ilosvay ซึ่งจะเชื่อมต่อกับปฏิกิริยา Diazo-coupling โดยจะวัดที่ค่าการดูดกลืนคลื่นแสงที่ 543 nm ซึ่งจะเกิด Azo-dye complex การวัดปริมาณไนเตรทและไนไตรท์พร้อมกันพร้อมกันอาศัยพื้นฐานของปฏิกิริยาการเชื่อมต่อของไนเตรทใน Micro column ที่บรรจุ copperised cadmium chromogenic reagent มีความสำคัญต่อปฏิกิริยาที่ใช้ในวิธีทั้งสอง สำหรับการตรวจวัดปริมาณทางเคมีและทางเครื่องมือจะสังเกตเห็นได้โดยการวิเคราะห์ Univariate และวิธี Simplex chemometric สภาวะที่แสดงให้เห็นช่วงความเป็นเส้นตรงของ N-NO_2 อยู่ระหว่าง 0.50 และ $1.6 \mu\text{m mL}^{-1}$ และ N-NO_3 จะอยู่ในช่วง 0.05 และ 7.0 $1.6 \mu\text{m mL}^{-1}$ ค่าความสามารถในการตรวจวัดของไนไตรท์และไนเตรท $22 \mu\text{m mL}^{-1}$ และ $44 \mu\text{m mL}^{-1}$ ตามลำดับ วิธีที่กล่าวมาสามารถวิเคราะห์ตัวอย่างได้สูงถึง 35 - 40 ตัวอย่างต่อชั่วโมงซึ่งเป็นการวิเคราะห์ที่มีความเที่ยงที่ดี วิธีที่ใช้สำหรับตรวจหาปริมาณไนไตรท์และไนเตรทในตัวอย่างดินเป็นวิธีที่ใช้แล้วประสบผลสำเร็จ(ผลที่ได้จะนำมาเปรียบเทียบกับวิธีมาตรฐาน) วิธีที่กล่าวมาข้างต้นเป็นวิธีที่ง่ายและรวดเร็วกว่าวิธี Conventional และสามารถนำมาในห้องปฏิบัติการทางสิ่งแวดล้อม

บทที่ 3

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

อุปกรณ์

1. เมล็ดพันธุ์ผักสลัด
2. ฟองน้ำ
3. เพอร์ไลท์- เวอร์มิคูไลท์
4. ถาดสำหรับเพาะต้นกล้า
5. ถ้วยปลูก
6. เครื่องวัดค่าการนำไฟฟ้า (EC)
7. เครื่องวัดความเป็นกรด-ด่าง (pH)
8. เครื่องชั่งดิจิตอล
9. เครื่องปั้มน้ำ
10. โรงเรือนปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน ระบบ Nutrient Film Technique (NFT)
11. สเปรย์ฉีดน้ำ
12. ธาตุอาหารของพืช มีดังนี้
13. แคลเซียมไนเตรท
14. โพแทสเซียมไนเตรท
15. แมกนีเซียมไนเตรท
16. เหล็ก EDTA
17. เหล็ก DP
18. ธาตุอาหารรอง RMX 21 (นิก-สเปรย์)
19. แมงกานีส EDTA
20. โซเดียมโมลิบเดต

สารเคมี

1. NaCl
2. H_2SO_4
3. 5% salicylic acid
4. NaOH

วิธีการทดลอง

3.1 ขั้นตอนการเพาะต้นกล้า

1. ผสมเพอร์ไลต์-เวอร์มิคูไลต์ ในอัตราส่วน 9:1 เมื่อผสมเรียบร้อยแล้วนำไปแช่น้ำ
2. นำเมล็ดพันธุ์ผักสลัดที่แช่น้ำลงเพาะในวัสดุปลูกทั้ง 2 ชนิด
3. เพาะกล้าไว้ 7 วัน โดยนำกรวยหรือกระถางที่มีการเพาะเมล็ดปลูกโดยวัสดุทั้ง 2 ชนิดมาใส่ในถาดปลูกจากนั้นเติมน้ำใส่ให้ก้นถ้วยปลูกสัมผัสกับน้ำเป็นเวลา 7 วัน
4. ในช่วงเพาะต้นกล้าหมั่นพรมน้ำให้ทั่วโดยสเปรย์ฉีดน้ำ เพื่อให้เกิดความชุ่มชื้นทำให้ต้นกล้าสามารถเจริญเติบโตได้

3.1.2 ขั้นตอนการเตรียมสารละลายธาตุอาหาร

1. เตรียมธาตุอาหาร (สารละลายธาตุอาหาร A) โดยมีธาตุอาหาร คือ แคลเซียมไนเตรท เหล็ก EDTA เหล็ก DP ตามลำดับกับน้ำ 10 ลิตร
2. เตรียมธาตุอาหาร (สารละลายธาตุอาหาร B) โดยมีธาตุอาหาร คือ โพแทสเซียมไนเตรท แมกนีเซียมซัลเฟต โมโนโปแตสเซียมฟอสเฟต ธาตุอาหารรอง RMX 21 (นิค-สเปรย์) แมงกานีส EDTA โซเดียม โมลิบดีนัม ตามลำดับกับน้ำ 10 ลิตร

3.1.3 การปลูกแบบอื่น

ได้แก่ การปลูกแบบใช้ดิน การปลูกแบบใช้ดินใส่ปุ๋ยคอก การปลูกแบบใช้ดินใส่ปุ๋ยเคมี และการปลูกแบบขุยมะพร้าว

3.2 การวิเคราะห์ข้อมูล

3.3.1 การวิเคราะห์หาปริมาณไนเตรทในผักสลัด ด้วยวิธี colorimetric ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 เทคนิค

– เก็บตัวอย่างผักสลัดจากทรงปลูก 2 สูตร กระถางปลูกด้วยดินและผักสลัดจากตลาดไทอย่างละ 500 กรัม นำมาเตรียมตัวอย่างโดยการล้างให้สะอาด ผึ่งพอแห้งแล้วนำไปอบ (60°C) 2-3 วันนำมาบดเป็นผง

- ชั่งตัวอย่างที่แห้ง 0.1 กรัม เติมน้ำกลั่น 10 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่อง Mixer ข้ามคืน
- นำไปปั่นเหวี่ยง (Centrifuge) ที่ความเร็ว 2,000 rpm เป็นเวลา 10 นาที
- กรองสารละลายด้วยกระดาษกรองและ Membrane filter เก็บสารสกัดไว้ในตู้เย็นเพื่อทำการวิเคราะห์ค่าไนเตรท

- Brucine

– วิธี Salicylic : คูณสารสกัดตัวอย่าง 0.2 มล. เติม 0.2 ของ 5% Salicylic acid ใน H_2SO_4 เข้มข้น ผสมให้เข้ากัน ทิ้งไว้ 20 แล้วเติม NaOH ลงไป 5 มล. ทิ้งให้เย็นที่อุณหภูมิห้องวัดค่าการดูดกลืนคลื่นแสงที่ความยาวคลื่น 410 nm ด้วยเครื่อง Spectrophotometer รุ่น Spcctronic 20 (พัชรภรณ์และคณะ ,2552)



บทที่ 4

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

4.1 การศึกษาการวิเคราะห์ปริมาณไนเตรท

ในการวิเคราะห์ปริมาณไนเตรทครั้งนี้ ได้นำผักสลัดจากแหล่งปลูกที่แตกต่างกัน ได้แก่ ผักสลัดจากตลาดไท ส่วนผักสลัดจากระบบปลูกแบบไฮโดรโปนิกส์นั้น ทำการทดลองที่มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์วิทยาเขตกำแพงแสน และผักสลัดที่ปลูกในดิน ผักสลัดที่ปลูกในดินใส่ปุ๋ยเคมี ผักสลัดที่ปลูกในดินใส่ปุ๋ยคอก ผักสลัดที่ปลูกในขุยมะพร้าว นั้นดำเนินการปลูก ที่อำเภอกำแพงแสน จังหวัด นครปฐม

ตารางที่ 2 แสดงค่าน้ำหนักสดของผักสลัดก่อนทำการวิเคราะห์ปริมาณไนเตรท

ผักสลัดจากแหล่งต่าง ๆ	จำนวนต้น	น้ำหนักสด (กรัม)	น้ำหนักแห้ง (กรัม)
1. ผักสลัดที่ปลูกแบบไฮโดรโปนิกส์	10	24.5	2.5
2. ผักสลัดที่นำมาจากตลาดไท	10	10.7	0.38
3. ผักสลัดที่ปลูกในดิน	10	30.3	3.25
4. ผักสลัดที่ปลูกในดินใส่ปุ๋ยเคมี	10	37.7	3.80
5. ผักสลัดที่ปลูกในดินใส่ปุ๋ยคอก	10	43.43	4.69
6. ผักสลัดที่ปลูกโดยใช้ขุยมะพร้าว	10	8.65	0.68

จากผลการวิเคราะห์ปริมาณไนเตรทด้วยวิธี Colorimetric โดยใช้เทคนิค Salicylic เป็นวิธีการวิเคราะห์ปริมาณไนเตรทซึ่งเป็นวิธีอีกรูปแบบหนึ่งที่มีความนิยมในปัจจุบัน และการวิเคราะห์ครั้งนี้พบว่าปริมาณไนเตรทในผักสลัด (Green oak) ที่นำมาจากแหล่งปลูกที่แตกต่างกัน และมีสภาวะแวดล้อมต่างกัันนั้นมีค่าปริมาณไนเตรทที่ต่างกัน

เมื่อนำสารสกัดของผักสลัดแต่ละแหล่งปลูกมาทำการตรวจวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Spectrophotometer โดยนำสารสกัดของผักสลัดมาวัดค่าการดูดกลืนคลื่นแสงที่ความยาวคลื่น 410 nm ของสารตัวอย่าง

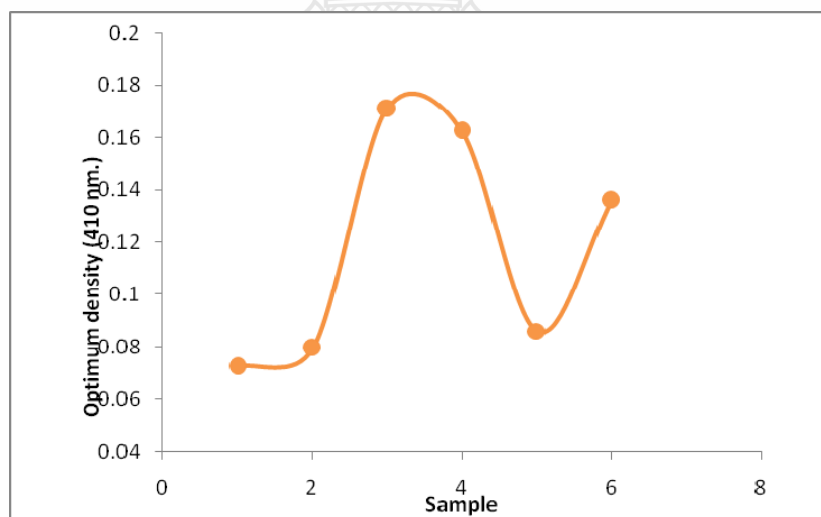
พบว่าผักสลัดที่ปลูกในดิน มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 0.171 ผักสลัดที่ปลูกโดยใช้ปุ๋ยเคมี มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 0.1625

ผักสลัดที่ปลูกด้วยขุยมะพร้าว มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 0.136 ผักสลัดที่นำมาจากตลาดไทมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 0.079 และ

ผักสลัดที่ปลูกแบบไฮโดรโปนิกส์ มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 0.0725 ตามลำดับ

พบว่าค่าเฉลี่ยของผักสลัดที่ปลูกแบบไฮโดรโปนิกส์มีค่าเฉลี่ยของไนเตรทน้อยที่สุดเมื่อนำมาเทียบกับค่าที่ได้กับค่ามาตรฐาน European Union (EU) กำหนดไว้ในผักรับประทานใบ ให้มีค่าไนเตรทไม่เกิน 2,500 มก./กก.(พัชรารักษ์ และคณะ, 2552)

จากการวิเคราะห์ค่าการดูดกลืนคลื่นแสงที่ความยาวคลื่น 410 nm. โดยวิธีการตรวจสอบด้วยเครื่อง Spectrophotometer พบว่าผักสลัดที่ปลูกโดยใช้ดินมีการดูดกลืนคลื่นแสงมากที่สุด รองลงมาคือ ผักสลัดที่ปลูกโดยใช้สารเคมี ผักสลัดที่ปลูกด้วยขุยมะพร้าว ผักสลัดที่ซื้อมาจากตลาดไท และ ผักสลัดที่ปลูกแบบไฮโดรโปนิกส์ (ดังภาพที่ 3)



ภาพที่ 3 แสดงการวิเคราะห์ปริมาณไนเตรทที่ความยาว 410 nm.

*หมายเหตุ

- 1 = ผักสลัดที่ปลูกแบบไฮโดรโปนิกส์
- 2 = ผักสลัดที่นำมาจากตลาดไท
- 3 = ผักสลัดที่ปลูกในดิน
- 4 = ผักสลัดที่ปลูกในดินใส่ปุ๋ยเคมี
- 5 = ผักสลัดที่ปลูกในดินใส่ปุ๋ยคอก
- 6 = ผักสลัดที่ปลูกโดยใช้ขุยมะพร้าว

จากภาพที่ 3 พบว่าผักสลัดที่ปลูกในดินมีการดูดกลืนคลอรีนสูงสุด คือ 0.171 เนื่องจากในดินนั้นมีแร่ธาตุที่อุดมสมบูรณ์ เมื่อพืชดูดสารอาหารมาใช้ในการเจริญเติบโตนั้นย่อมมีการสะสมของธาตุไนโตรเจนในรูปของไนเตรทมากเกินไปจึงทำให้ผักสลัดที่ปลูกในดินนั้นมีปริมาณการตกสะสมไนเตรทสูง และผักสลัดที่ปลูกแบบไฮโดรโปนิคส์นั้นมีการดูดกลืนคลอรีนน้อยที่สุด คือ 0.0725 เนื่องจากการควบคุมการให้สารอาหารจึงทำให้พืชมีการดูดซับสารอาหารที่มาใช้ในปริมาณที่เหมาะสม

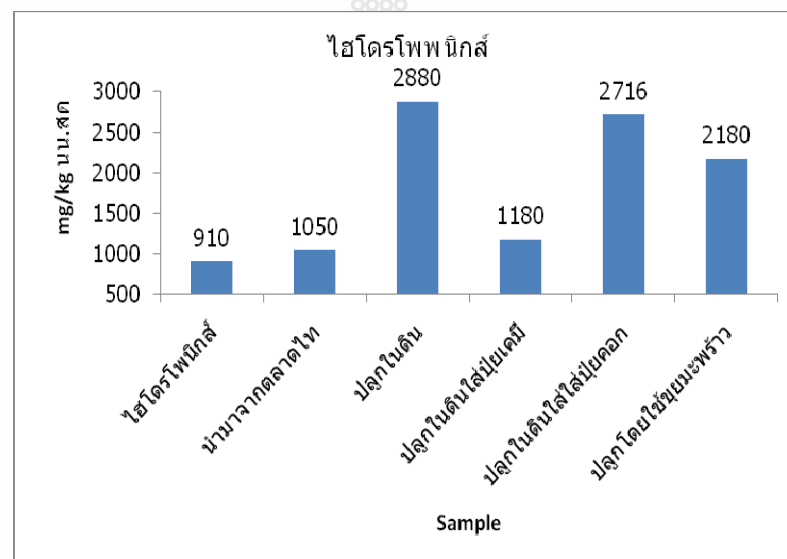
จากการวิเคราะห์หาปริมาณไนเตรทในผักสลัด (Green oak) จำนวน 60 ต้น พบว่าผักสลัดมีปริมาณการสะสมไนเตรท ผักสลัดที่ปลูกแบบไฮโดรโปนิคส์นั้นมีปริมาณไนเตรทที่ตกค้างอยู่เพียง 910 มก. /กก. น้ำหนักสด ซึ่งมีปริมาณไนเตรทน้อยที่สุด และพบว่าผักสลัดที่ปลูกในดินมีปริมาณมากที่สุดคือ 2,880 มก. /กก. น้ำหนักสด เนื่องจากอาจจะมาจากการที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่มีส่วนประกอบของไนเตรทผสมอยู่จึงอาจจะมีส่วนสะสมของปริมาณไนเตรทอยู่มากกว่า ผักสลัดที่ปลูกในแหล่งปลูกที่ต่างกันได้ (ดังตารางที่ 3)

ตารางที่ 3 แสดงปริมาณไนเตรทที่ตกค้างในผักสลัด (Green oak)

ผักสลัดจากแหล่งต่าง ๆ	ปริมาณไนเตรทที่ตกค้าง (มก. / กก. นน. สด)
ผักสลัดที่ปลูกแบบไฮโดรโปนิคส์	910
ผักสลัดที่นำมาจากตลาดไท	1,050
ผักสลัดที่ปลูกในดิน	2,880
ผักสลัดที่ปลูกในดินใส่ปุ๋ยเคมี	2,716
ผักสลัดที่ปลูกในดินใส่ปุ๋ยคอก	1,180
ผักสลัดที่ปลูกโดยใช้ขุยมะพร้าว	2,180

จากตารางที่ 3 เมื่อนำตัวอย่างผักสลัดที่มาจากแหล่งต่าง ๆ นั้น พบว่า การตกค้างของไนเตรทในผักสลัดที่ปลูกต่างแหล่งกันนั้นมีการสะสมไนเตรทเพิ่มขึ้น ตามแหล่งปลูกที่ต่างกัน โดยปริมาณไนเตรทที่สูงสุดที่พบคือ ผักสลัดที่ปลูกในดิน ซึ่งมีการสะสมไนเตรทสูงเกินกว่าที่ยอมรับได้ของสหภาพยุโรป (2,500 มก./กก. น้ำหนักสด) (พัชรภรณ์ และคณะ, 2552) เนื่องจากผักสลัดได้มีการดึงเอาอาหารสะสมในต้นไปใช้ และเมื่อมีการดึงเอาอาหารสะสมไปใช้จะส่งผลให้พืชมีการกระตุ้น

การสะสมไนเตรทเป็นการชดเชยแรงดันออสโมติก (osmotic pressure) ทดแทนความเข้มข้นของอินทรีย์สารที่ลดลง (Seginer *et al.*, 1998) ในขณะที่เดียวกันที่กิจกรรมเมตาบอลิซึมของสารไนเตรทนั้นถูกทำให้ชะงัก จึงทำให้พืชลัดเปลี่ยนสารไนเตรทไปเป็นกรดอะมิโนได้น้อย และไม่สามารถใช้สารไนเตรทที่สะสมอยู่ได้ตามปกติ ซึ่งทำให้มีการสะสมสารไนเตรทในต้นพืชสูงขึ้น (วุฒิพงษ์, 2546) (ดังภาพที่ 4)



ภาพที่ 4 แสดงปริมาณไนเตรทที่ตกค้างในพืช

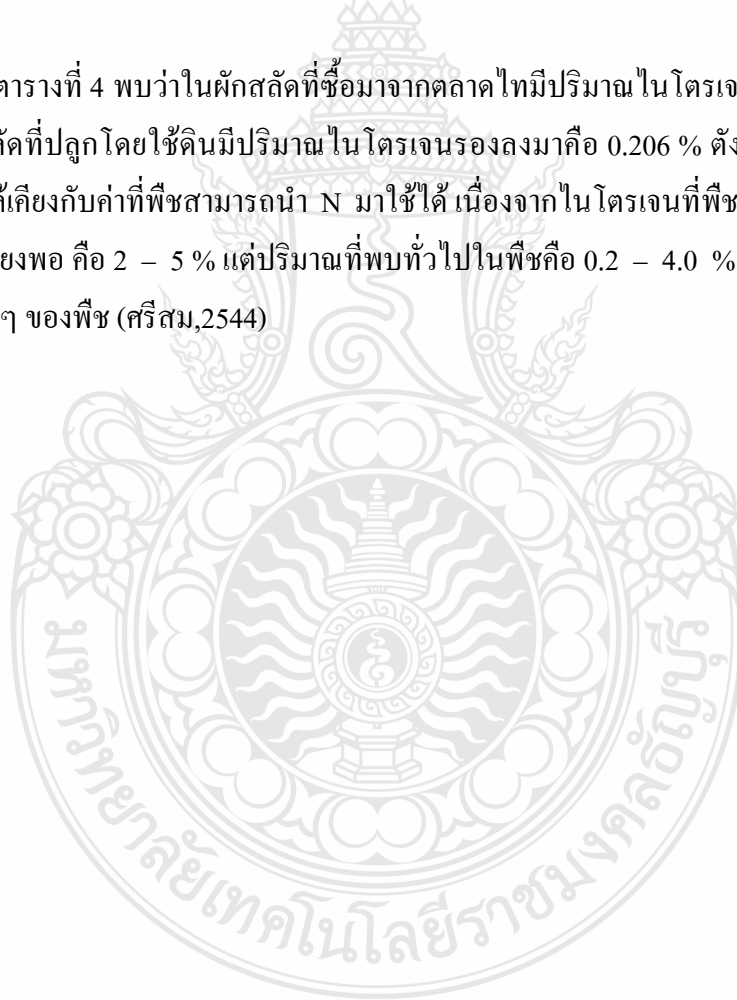
จากภาพ พบว่าปริมาณไนเตรทที่มีค่าสูงที่สุดคือพืชที่ปลูกลงดิน และรองลงมาคือ พืชที่ปลูกลงดินใส่ปุ๋ยคอก พืชที่ปลูกลงดินใส่ปุ๋ยเคมี พืชที่ปลูกลงดินใช้น้ำจากตลาดไท และ พืชที่ปลูกลงดินไฮโดรโพนิคส์ ตามลำดับ โดยพบว่าปริมาณไนเตรทที่พบในพืชในแหล่งปลูกต่างกันนี้นั้นมีค่าการสะสมอยู่ในช่วงที่ยอมรับได้ที่กำหนดค่าไว้ที่ช่วงระหว่าง 2,500 – 3,000 ม.ก. ไนเตรท / ก.ก. น้ำหนักสด (วุฒิพงษ์, 2546) เมื่อตรวจสอบแล้วพบว่าพืชที่ปลูกนั้นมีความปลอดภัยในการนำมารับประทาน

4.2 การวิเคราะห์ปริมาณ NO_3 ด้วยวิธีการไทเตรท โดยวิธีนี้จะวิเคราะห์ปริมาณไนเตรทออกมาให้เป็นเปอร์เซ็นต์ ซึ่งในที่นี้พบว่าปริมาณไนเตรทของพืช (Green oak) ที่ปลูกในสภาวะที่ต่างกัน และแหล่งปลูกต่างกันนี้นั้นส่งผลให้มีปริมาณไนเตรทที่แตกต่างกัน (ดังตารางที่ 4)

ตารางที่ 4 แสดงเปอร์เซ็นต์ปริมาณ ไนโตรเจนในพืช

ผักสลัดที่ปลูกในสภาวะที่ต่างกันและแหล่งปลูกต่างกัน	ปริมาณไนโตรเจนในพืช (%)
ผักสลัดที่ปลูกแบบไฮโดรโปนิกส์	0.012
ผักสลัดที่ซื้อมาจากตลาดไท	0.293
ผักสลัดที่ปลูกในดิน	0.206
ผักสลัดที่ปลูกในดินใส่ปุ๋ยคอก	0.017
ผักสลัดที่ปลูกในดินใส่ปุ๋ยเคมี	0.109
ผักสลัดที่ปลูกด้วยขุยมะพร้าว	0.144

จากตารางที่ 4 พบว่าในผักสลัดที่ซื้อมาจากตลาดไทมีปริมาณไนโตรเจนสูงที่สุดคือ 0.293 % และผักสลัดที่ปลูกโดยใช้ดินมีปริมาณไนโตรเจนรองลงมาคือ 0.206 % ดังอย่างทั้งสองชนิดมีปริมาณที่ใกล้เคียงกับค่าที่พืชสามารถนำ N มาใช้ได้ เนื่องจากไนโตรเจนที่พืชสามารถนำไปใช้ได้ ในระดับที่เพียงพอ คือ 2 – 5 % แต่ปริมาณที่พบทั่วไปในพืชคือ 0.2 – 4.0 % ขึ้นอยู่กับชนิด อายุ หรือส่วนต่างๆ ของพืช (ศรีสม, 2544)



บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาการวิเคราะห์หาปริมาณไนเตรทที่ตกค้างในผักสลัด (Green oak) ในการวิเคราะห์ปริมาณไนเตรทครั้งนี้ ได้นำผักสลัดจากแหล่งปลูกที่แตกต่างกัน ได้แก่ ผักสลัดจากระบบปลูกแบบไฮโดรโปนิคส์นั้นทำการทดลองที่ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์วิทยาเขตกำแพงแสน และ ผักสลัดที่ปลูกในดิน ผักสลัดที่ปลูกในดินใส่ปุ๋ยเคมี ผักสลัดที่ปลูกในดินใส่ปุ๋ยคอก ผักสลัดที่ปลูกในขุยมะพร้าว นั้นดำเนินการปลูกที่อำเภอ กำแพงแสน จังหวัด นครปฐม และผักสลัดจากตลาดไท

5.1 วัตถุประสงค์ของการทดลอง

5.1.1 ศึกษาวิเคราะห์หาค่าไนเตรทในผักสลัดที่ต่างแหล่งปลูกกัน

5.1.2 เปรียบเทียบปริมาณไนเตรทที่ตกค้างในผักสลัดที่ได้จากแหล่งปลูกแตกต่างกัน

5.2 สรุปผลการทดลอง

5.2.1 จากการวิเคราะห์ปริมาณไนเตรทซึ่งในการทดลองนี้จะใช้วิธีการทดลองแบบ Colorimetric โดยในการทดลองครั้งนี้ได้ใช้เทคนิควิธี Salicylic ในการทดสอบ

เมื่อนำผักสลัด (Green oak) ที่ปลูกต่างแหล่งกันนั้นนำมาวิเคราะห์เมื่อนำมาวัดค่าการดูดกลืนคลื่นแสงพบว่ามีความแตกต่างกัน ซึ่งผักสลัดที่ปลูกแบบไฮโดรโปนิคส์ มีค่าการดูดกลืนแสงน้อยที่สุด คือ 0.0725 และผักสลัดที่ปลูกในดิน มีค่าการดูดกลืนแสงมีค่ามากที่สุด 0.171 เนื่องจากในดินได้มีการสะสมปริมาณไนเตรทไว้ในปริมาณมากเกินไปจึงทำให้พืชดูดไนเตรทมาใช้ในการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้นจึงทำให้มีการสะสมไนเตรทไว้มากเกินไป ซึ่งค่าไนเตรทที่มีค่าสูงสุดที่ยอมรับได้ในผักกาดหอมหรือผักสลัดนั้นจะมีค่าบอกในแต่ละฤดูของการเก็บเกี่ยวคือ ในฤดูฝนและฤดูร้อนจะมีค่าอยู่ที่ 2,500 และในฤดูหนาวจะมีค่าอยู่ที่ 3,000 มก./กก./น้ำหนักสด (วุฒิพงษ์, 2546)

5.2.2 การเปรียบเทียบความแตกต่างของปริมาณไนเตรทที่ตกค้างในผักสลัด

จากการทดสอบความแตกต่างของปริมาณไนเตรทที่ตกค้างในผักสลัดนี้ จะทำการวิเคราะห์ด้วยวิธีไทเทรต

เมื่อนำตัวอย่างผักสลัดที่ต่างแหล่งปลูกกันมาทำการวิเคราะห์นั้น แสดงให้เห็นว่าตัวอย่างสารสกัดของผักสลัดที่นำมาทำการวิเคราะห์เพื่อหาปริมาณไนเตรทที่ตกค้างในผักสลัดนั้น พบว่ามีปริมาณไนเตรทที่ตกค้างในผักสลัดที่นำมาทำการวิเคราะห์ด้วยวิธีไทเทรตนั้นมีค่าแตกต่างกัน

ผักสลัดที่ปลูกในดินจะมีปริมาณไนเตรทที่ตกค้างสูงที่สุด คือ 2,880 มก. / กก. น้ำหนักสด และผักสลัดที่ปลูกแบบไฮโดรโปนิกส์ มีค่าน้อยที่สุด คือ 910 มก. / กก. น้ำหนักสด และจากการการวิเคราะห์ด้วยวิธีไทเตรทเพื่อตรวจหาปริมาณไนโตรเจนที่พืชนำไปใช้ในการเจริญเติบโต พบว่าปริมาณไนโตรเจนในผักสลัดที่ซื้อมาจากตลาดไท มีปริมาณไนโตรเจนสูงที่สุดคือ 0.293 % และผักสลัดที่ปลูกในดินมีปริมาณไนโตรเจนรองลงมา คือ 0.206 %

การทดลองครั้งนี้สามารถนำไปประยุกต์ในชีวิตประจำวันได้ โดยการเลือกผักที่ปลอดภัยตกค้าง

ไนเตรทเพื่อป้องกันและลดความเสี่ยงของโรคต่าง ๆ

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.3.1 ข้อเสนอแนะทั่วไป

- ควรมีการเตรียมอุปกรณ์ที่ดีและพร้อมในการปฏิบัติงาน เช่น ในการเตรียมสารละลายธาตุอาหารที่จะใช้ในการทดลอง
- ควรมีการวางแผนการทดลองที่ดี เพื่อความสะดวกในการปฏิบัติงาน เช่น การใช้เครื่อง Spectrophotometer ในการทดสอบ เนื่องจากเครื่องเป็นของส่วนรวมจึงควรมีการวางแผนใช้งานที่ดี
- ควรมีการศึกษางานวิจัยที่นำมาทำการทดลองให้ดีกว่าก่อน เพื่อไม่ให้เกิดข้อผิดพลาดในการทดลอง

5.3.2 ข้อเสนอแนะเพื่อการการศึกษาต่อยอดในครั้งต่อไป

- ควรมีการศึกษาเปรียบเทียบวิธีการวิเคราะห์แบบอื่นและในผักชนิดอื่น เพื่อดูการตกค้างไนเตรทในผักชนิดอื่นเพื่อเปรียบเทียบกัน

เอกสารอ้างอิง

กรมพัฒนาที่ดิน. 2544. ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับทรัพยากรดิน. รอบรู้เรื่องดิน [ออนไลน์].

แหล่งที่มา : www.ddd.go.th/ofswweb/Thaisoil/n07.htm

งานสารพัด. 2531. ในเตรท ไนโตรท และสารประกอบเอน-ไนโตรโซ. กองมาตรฐานคุณ

ภาพสิ่งแวดล้อม. สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ.

ณัฐพงศ์ ศรีภูม้น. 2544. การประเมินอัตราให้ปุ๋ยไนโตรเจนแตงหน้าที่เหมาะสมในการผลิตข้าวโดยพิจารณาจากความเข้มข้นของไนโตรเจนและคลอโรฟิลล์ในใบอ่อน. วิทยานิพนธ์ ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์) สาขาพืชไร่ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

เด่นภา ลาคนาเลา และคณะ. 2546. การศึกษาปริมาณแร่ธาตุอาหารพืชในน้ำหมักชีวภาพ 3 ชนิด และศึกษาผลของน้ำหมักชีวภาพที่มีต่อการเจริญเติบโตของผักกาดหอม. มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม. มหาสารคาม.

ดนัย บุญเกียรติ. 2546. การหาต้นทุนการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวผัก. คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ดิเรก ทองอร่าม. 2546. การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน. สำนักพิมพ์ธรรมการพิมพ์. กรุงเทพมหานคร

จิระเดช แจ่มสว่าง. 2547. การควบคุมโรคผักโดยชีววิธี. 2-7. อ่างใน คณะเทคโนโลยี

ทักษิณ อัดตะนันท์ และ สรสิทธิ์ วัชรโรทยาน. 2531. การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน. วารสารดินและปุ๋ย. 10 (1) : 59 – 66.

ธีระศักดิ์ พงษาอนุทิน. 2547. การเจริญเติบโตและปริมาณธาตุอาหารของผักกาดหอมที่ปลูกในสารละลาย สูตรต่างๆ. กรุงเทพฯ.

ธรรมศักดิ์ ทองเกตุ และคณะ. 2546. การสำรวจเบื้องต้นปริมาณสารไนเตรตตกค้างในผักกาดหอมปลูกโดยไม่ใช้ดินใน ถดถูกลต่างๆ. ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

นงนุช โกสีย์รัตน์. 2553. การศึกษาการบริโภคผักปลอดสารพิษของผู้บริโภคในร้านค้าเพื่อสุขภาพ แขวงศิริราช. ปริญญาศิลปศาสตรมหาบัณฑิต สาขาการจัดการภาครัฐและเอกชน บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร.

นิรชา โพธิ์ประสระ. 2548. การวางแผนการปลูกผักโดยวิธีไฮโดรโปนิกส์. วิทยานิพนธ์-ปริญญา มหาบัณฑิต สาขาเศรษฐศาสตร์เกษตร ภาควิชาเกษตรศาสตร์เกษตรและทรัพยากร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กทม.

- พงษ์พัฒน์ สุทธิบุญ. 2549. ผลของความยาวและความลาดเอียงของรางปลูก NFT และอัตราการไหลของ สารละลายที่มีต่อการเจริญเติบโตของผักกาดหอม. กรุงเทพฯ.
- เพ็ญภา ไชยกุล และ คณะ. 2543. ผลของระดับความเข้มข้นของธาตุ N, Ca และ K ที่มีต่อการเจริญเติบโตของผักกาดหอม (*Lactuca sativa* Linn.) พันธุ์ red oak ที่ปลูกในระบบไฮโดรโปนิคส์. กรุงเทพฯ.
- พีรเดช ทองอำไพ. 2537. สอโรมันพืชและสารสังเคราะห์. ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 196 น.
- พัชรภรณ์ ภูไพบูลย์ และคณะ. 2552 . การวิเคราะห์การสะสมไนเตรทในผักสด. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
- พายัพ ยังปักษ์. 2543. คู่มือการปลูกพืชไร้ดินเชิงพาณิชย์ (Hydroponics). พิมพ์ครั้งที่ 1. บริษัท ไฟว์ อีดิเตอร์ จำกัด, กรุงเทพฯ.
- ศักดิ์เกษม สุนทรภัทร. 2523. การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของปุ๋ยไนโตรเจนในรูปแบบไนเตรทและแอมโมเนียมที่ให้แก่วิวพืชในดินกรดและดินด่าง. วิทยานิพนธ์ ปริญญา วิทยาศาสตร์ มหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์). สาขาปฐพีวิทยา. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- สุรพล มนต์เสรี. 2544. การศึกษาอัตราการเจริญเติบโตของพืชผักและผลผลิตในระบบการปลูกแบบไร้ดิน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- สุรินทร์ หลวงนา. 2549. การศึกษาเปรียบเทียบการปลูกผักกาดหอมคุณภาพด้วยระบบไฮโดรโปนิคส์. อุบลราชธานี : มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี
- โสระยา ร่วมรังสี. 2544. การผลิตพืชสวนแบบไม่ใช้ดิน. โอเดียนสโตร์. กรุงเทพมหานคร.
- อารักษ์ ชีร์อำพน. 2543. การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน ณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, นครราชสีมา
- วุฒิพงษ์ พิมพ์โคตร. 2546. การเจริญเติบโต การสะสมไนเตรท และการลดไนเตรทก่อนเก็บเกี่ยวใน ผักกาดหอมที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหาร. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
- ศรีสม สุวรรณวงศ์. 2544. การวิเคราะห์ธาตุอาหารพืช. พิมพ์ครั้งที่ 1. สำนักพิมพ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 141. กทม..
- อารีย์ เสนานันท์สกุล. 2540. การคัดเลือกเทคนิคที่เหมาะสมในการปลูกพืชโดยวิธีไฮโดรโปนิคส์. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

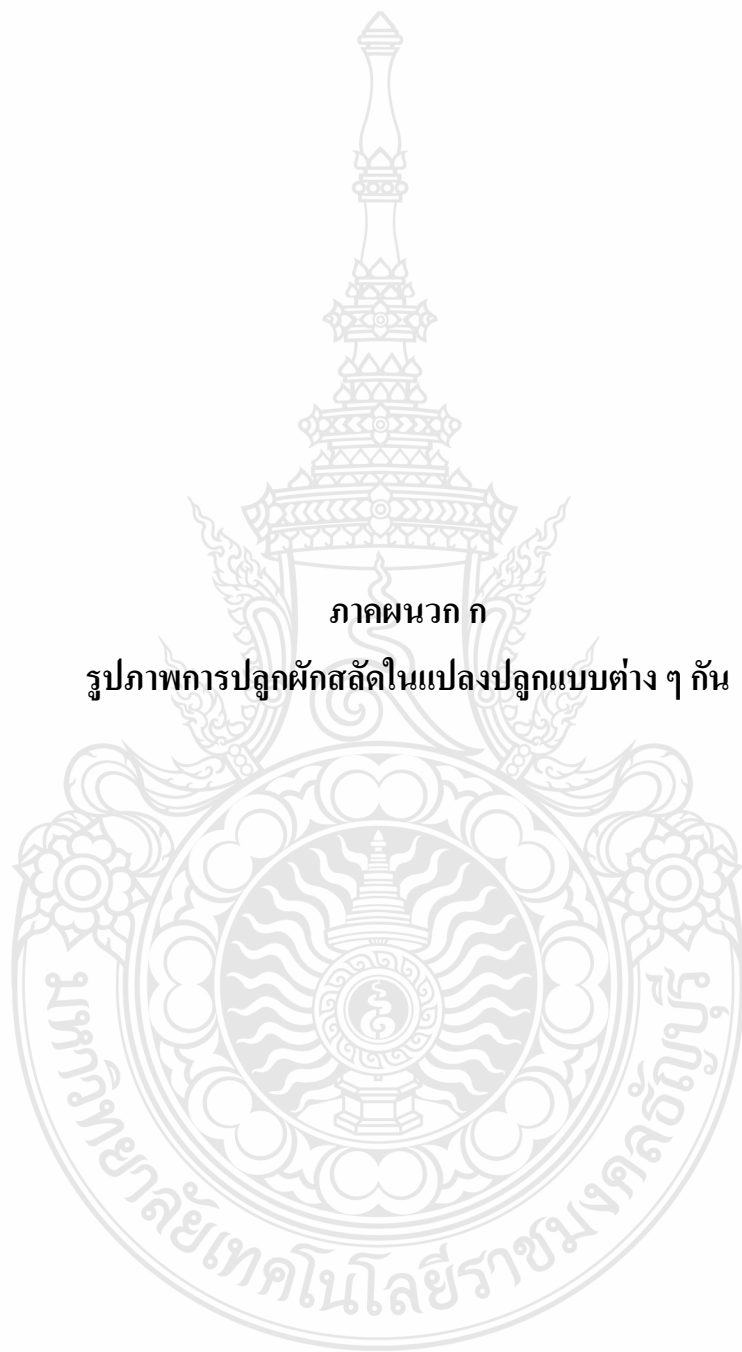
- Abd-Elmoniem, Essam M. Abdrabbo, M.A. Farag, A.A. and Medany, M.A. 2006 . Hydroponics for Food Production : Comparison of Open and Closed Systems on Yield and Consumption of Water and Nutrient.
- Altunkaya, A., *et al.* 2009 . Antioxidant activity of lettuce extract (*Lactuca sativa*) and synergism with added phenilic antioxidants.
- Burt, T.P., 1993. Nirtate process, Patterns and Management. National Academy of Scince, Washington, D. C., USA
- Brown, J. R. and G. E. Smith. 1966. Soil fertilization and nitrate accumulation in Vegetables. *Agron. J.* 58: 209-212.
- Dafrosa, A., D. Rosario and P. J. A. Santos. 1990. Hydroponic culture of crops in the Philippines Problems and Prospects. Paper presented for International seminar on hydroponic culture of high value crops in the tropics on November 25 – 27, Malaysia.
- Essam M. Abd-Elmoniem, M. A. Abdrabbo, A. A. Farag and M. A. Medany. 2006 . Hydroponics for Food Production : Comparison of Open and Closed Systems on Yield and Consumption of Water and Nutrient
- Hubble, D. S., and Harpe, D. M., 1999. A Reised method for nitrate analysis at low concentrations. Department of Biology, University of Leicester, University Road, Leicester LE1 7RH, UK. First received 1 July 1999; accepted 1 December 1999.
- Keeney, D. R., 1970. Nitrates in Plants and Water. *J. of Milk and Food Technology.* 33 : 425 – 432.
- Koohakan, P., Jeanaksorn, T., and Nuntagij, I. 2008. MAJOR DISEASES OF LETTUCE GROWN BY COMMERCIAL NUTRIENT FILM TECHNIQUE IN THAILAND
- Maynard, D.N., A.V. Barker, P.L. Minotti and N.H. Peck. 1972. Nitrate accumulation in vegetables. *Adv. Agron.* 28: 71-118.
- Pasquali^a, C.E. López., Gallego-Picó, A., Fernández Hernando, P., Velasco. M., and Durand Alegría.
- J.S., 2010. Two rapid and sensitive automated methods for the determination of nitrite and nitrate in soil samples.: 79–82.

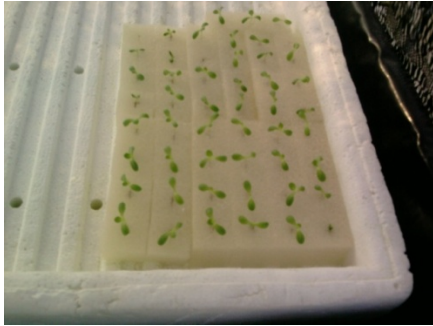
- Leszczyn'ska, Teresa., Filipiak-Florkiewicz, Agnieszka., Cies'lik, Ewa., Pawel, Elz' bieta Sikora., and Pisulewski, M., 2009. Effects of some processing methods on nitrate and nitrite changes in cruciferous Vegetables. : 315–321
- Seginer, I. 1998. Nitrate concentration in greenhouse lettuce : A Modeling study. Acta Hort. Vol. 456. pp. 189 – 197.
- Wright, M.J. and K.L. Davison. 1994. Nitrate accumulation in crops and nitrate poisoning in animals. Adv. Agron. 16: 197-247.



ภาคผนวก ก

รูปภาพการปลุกผักสลัดในแปลงปลูกแบบต่าง ๆ กัน





ภาพที่ 3 แสดงแปลงการเพาะกล้า 7 วัน



ภาพที่ 4 แสดงผักสลัด อายุ 30 วัน



ภาพที่ 5 แสดงการเจริญเติบโตเต็มที่ของผักสลัด อายุ 55 วัน



ภาพที่ 6 แสดงแปลงปลูกผักสลัดในดินใส่ปุ๋ยเคมี
ในขุมมะพร้าว



ภาพที่ 7 แสดงแปลงปลูกผักสลัด



ภาพที่ 8 แสดงการปลูกผักสลัดในดินใส่ปุ๋ยคอก



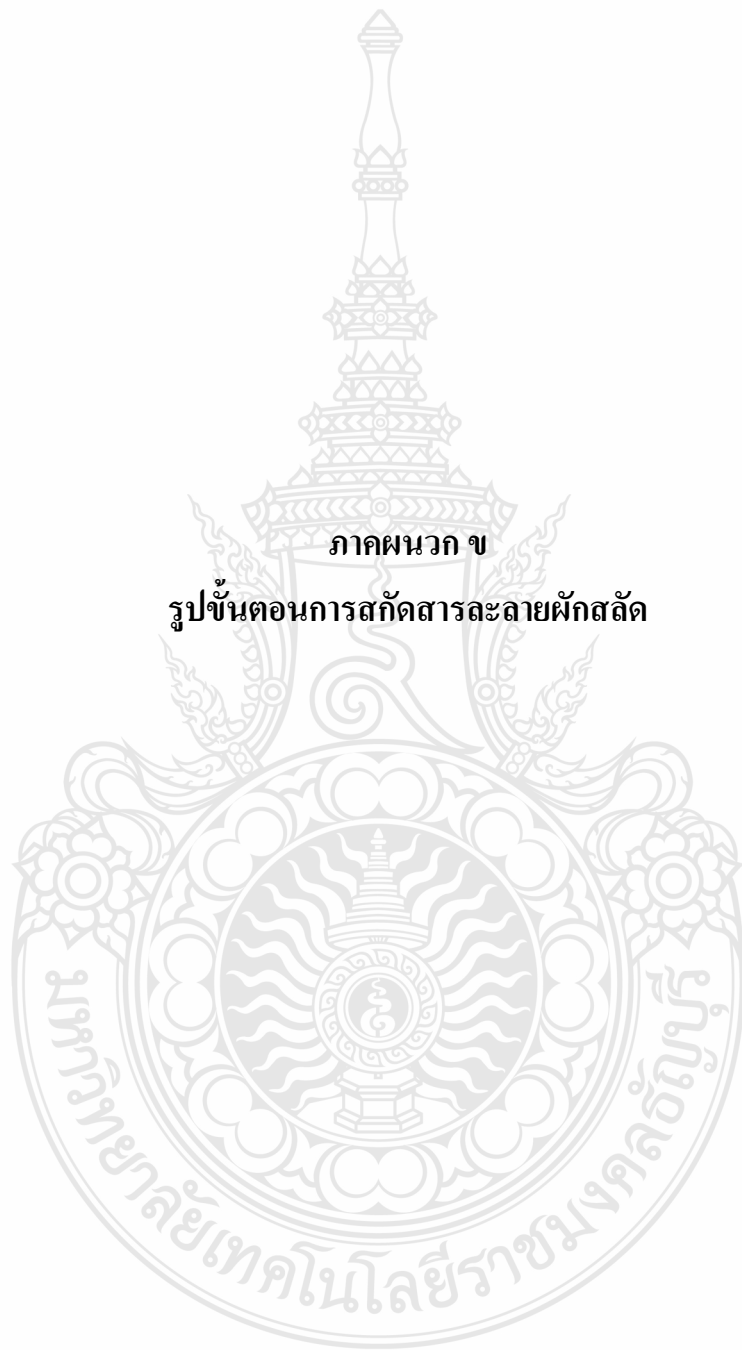
ภาพที่ 9 แสดงการปลูกผักสลัดในดิน



ภาพที่ 10 แสดงการปลูกผักสลัดทั้ง 4 แหล่ง

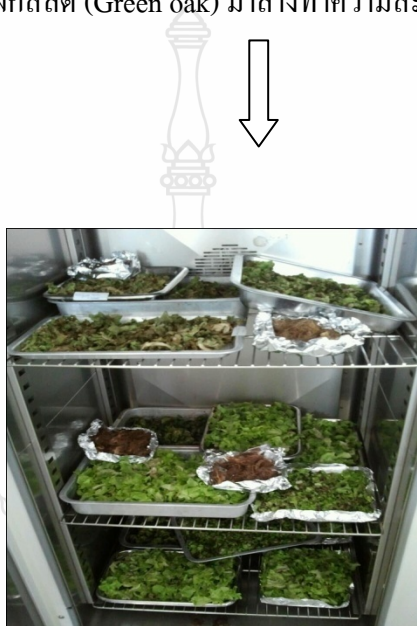
ภาคผนวก ข

รูปขั้นตอนการสกัดสารละลายผักสลัด



ขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างในการสกัด

นำผักสลัด (Green oak) มาล้างทำความสะอาด

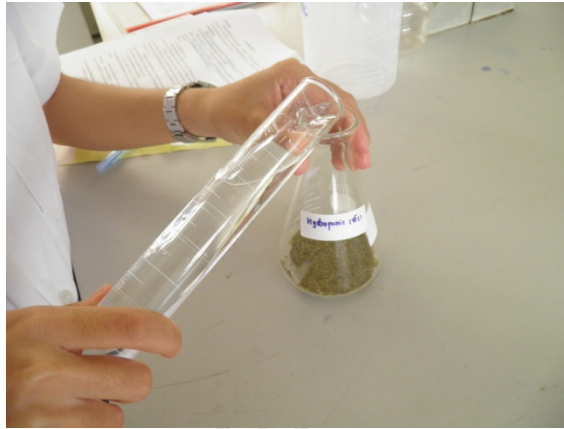


นำไปอบที่อุณหภูมิ 60 °c ประมาณ 2 – 3 วัน จนกว่าจะแห้ง

นำไปบดเป็นผงละเอียด บรรจุในภาชนะปิดมิดชิด



ชั่งตัวอย่าง 1 g เติมน้ำกลั่น 100 ml. ผสมให้เข้ากันด้วย Mixer ที่กำลังก้น



การเตรียมสารสกัด



สารสกัดที่ผสมเข้ากันแล้วทิ้งข้ามคืน





นำไปเหวี่ยงที่ความเร็ว 2,000 rpm. เป็นเวลา 10 นาที



นำมากรองสารละลายด้วยกระดาษกรอง เก็บสารสกัดตัวอย่างไว้จนกว่าจะวิเคราะห์



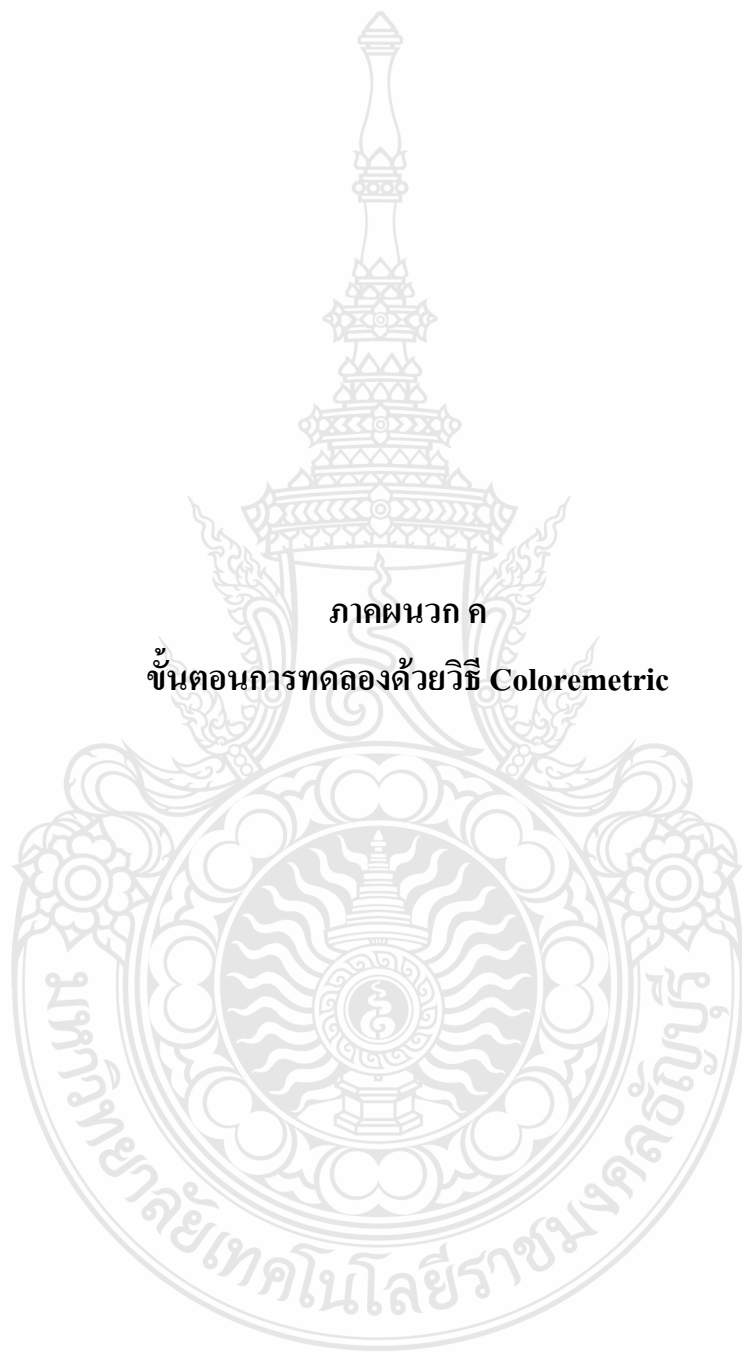


สารสกัดที่สกัดได้



ภาคผนวก ค

ขั้นตอนการทดลองด้วยวิธี Coloremtric



ขั้นตอนการวิเคราะห์ด้วยวิธี Salicylic

ดูดสารสกัดตัวอย่าง 0.2 ml.



เติม 0.2 ml. ของ 5 % Salicylic acid in H_2SO_4 conc. ผสมให้เข้ากัน



ทิ้งไว้ 20 min.



เติม NaOH 5 ml. ทิ้งให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง



วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาว 410 nm.



เครื่อง Spectrophotometer



ภาคผนวก ง

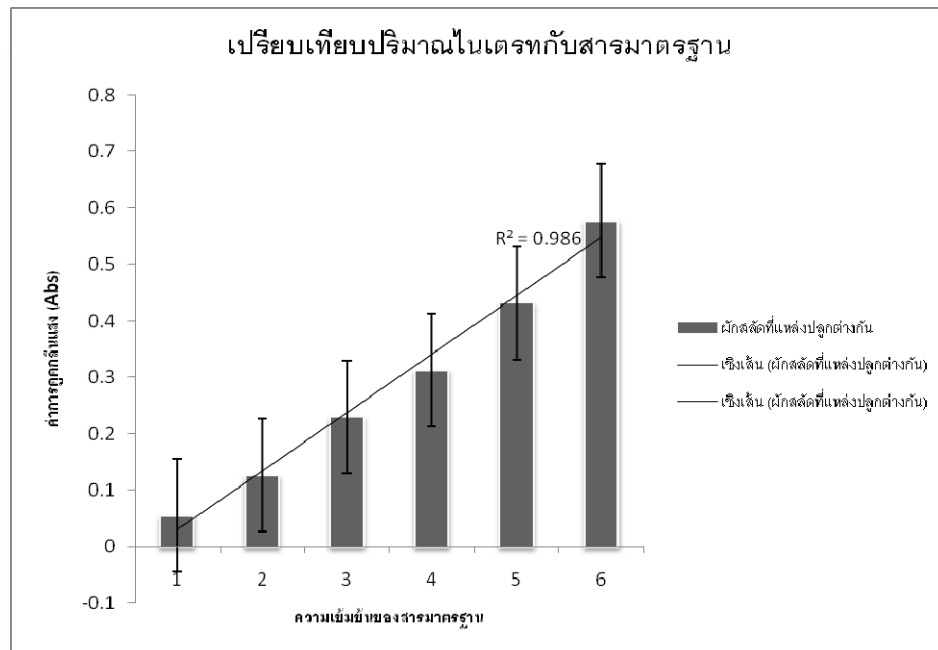
รายงานการวิเคราะห์ปริมาณไนเตรท

ตารางที่ 5 แสดงการวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 410 nm.

ผักสลัดที่ปลูกในสถานะที่ต่างกันและแหล่งปลูกต่างกัน	ค่าการดูดกลืนแสง (absorbance)
ผักสลัดที่ปลูกแบบไฮโดรโปนิกส์	0.0725
ผักสลัดที่นำมาจากตลาดไท	0.0795
ผักสลัดที่ปลูกในใช้ดิน	0.171
ผักสลัดที่ปลูกในดินใส่ปุ๋ยคอก	0.086
ผักสลัดที่ปลูกในดินใส่ปุ๋ยเคมี	0.1625
ผักสลัดที่ปลูกด้วยขุยมะพร้าว	0.136

ตารางที่ 6 แสดงผลการวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนในรูปไนเตรทในพืชโดย Colorimetry

ความเข้มข้นของไนเตรทในสารละลายมาตรฐาน (พีพีเอ็ม)	ค่าการดูดกลืนแสง (Absorbance)
1	0.055
20	0.126
40	0.23
60	0.313
80	0.432
100	0.578



ภาพที่ 11 แสดงค่าความเข้มข้นของไนเตรทและค่าการดูดกลืนคลื่นแสง



ประวัติผู้ดำเนินการทดลอง

ชื่อ

กรรณิกา จำเสียง

วัน เดือน ปีเกิด

08 กรกฎาคม 2532

ประวัติการศึกษา

สำเร็จการศึกษามัธยมศึกษาตอนปลาย

โรงเรียนนิคมศิลปอนุสรณ์ ปีการศึกษา 2549

สถานที่ที่ติดต่อได้

บ้านเลขที่ 75/1 หมู่ที่ 2 ตำบลสระประดู่

อำเภอวิเชียรบุรี จังหวัดเพชรบูรณ์ 67130

โทร. 080 – 1180926

E – mail : maw5454@hotmail.com

