

ผลของไอโอเดตและไอโอไดด์ต่อผลผลิตและคุณภาพของผักคะน้า  
และผักกาดฮ่องเต้ที่ปลูกในระบบไฮโดรโพนิกส์



กานต์พิชชา ปัญญา

วิทยานิพนธ์เสนอมหาวิทยาลัยพะเยา เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา

หลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การเกษตร

พฤษภาคม 2555

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยพะเยา



## กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยผลของไอโอเดตและไอโอไดด์ต่อผลผลิตและคุณภาพของผักคะน้าและผักกาดฮ่องเต้ที่ปลูกในระบบไฮโดรโปนิกส์นี้ เป็นวิทยานิพนธ์ระดับมหาบัณฑิตซึ่งได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากงบประมาณแผ่นดิน มหาวิทยาลัยพะเยา เป็นงานวิจัยที่สามารถเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการให้กับพืชได้ และเป็นแนวทางในการเพิ่มมูลค่าของผลผลิตทางการเกษตร

การทำงานวิจัยนี้ได้ดำเนินการสำเร็จลุล่วงเป็นอย่างดี ผู้วิจัยจึงใคร่ขอขอบพระคุณ มหาวิทยาลัยพะเยา ที่ได้สนับสนุนงบประมาณในการทำวิจัย ขอขอบคุณคณะเกษตรศาสตร์ และทรัพยากรธรรมชาติ ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ในการทำงานวิจัยครั้งนี้ ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.มนัส ทิพย์วรรณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จตุรพร รักษ์งาร ขอขอบพระคุณ ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ดร.วาสนา พิทักษ์พล ดร.วิพรพรรณ เนืองเม็ก ดร.บุญร่วม คิตคำ ดร.สันธิวัฒน์ พิทักษ์พล และคณาจารย์ทุกท่าน ที่คอยแนะนำและให้คำปรึกษา ในการทำงานวิจัยครั้งนี้ ขอขอบคุณเพื่อน ๆ และน้อง ๆ ที่ช่วยเหลือในการเก็บข้อมูล และการดูแลงานวิจัย สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณ บิดา มารดา และพี่สาวของข้าพเจ้าที่คอยให้กำลังใจในการทำงานวิจัยของข้าพเจ้าเสมอมา

กานต์พิชชา ปัญญา



<b>ชื่อเรื่อง</b>	ผลของไอโอเดตและไอโอไดด์ต่อผลผลิตและคุณภาพของผักคะน้าและผักกาดฮ่องเต้ที่ปลูกในระบบไฮโดรโปนิคส์
<b>ผู้วิจัย</b>	กานต์พิชชา ปัญญา
<b>ประธานที่ปรึกษา</b>	ดร.วาสนา พิทักษ์พล
<b>กรรมการที่ปรึกษา</b>	รองศาสตราจารย์ ดร.มนัส ทิพย์วารณ ดร.วิพรพรรณ เนื่องเม็ก
<b>ประเภทสารนิพนธ์</b>	วิทยานิพนธ์ วท.ม. สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การเกษตร มหาวิทยาลัยพะเยา, 2555
<b>คำสำคัญ</b>	ไอโอดีน ผักคะน้า ผักกาดฮ่องเต้ การเจริญเติบโต ผลผลิต

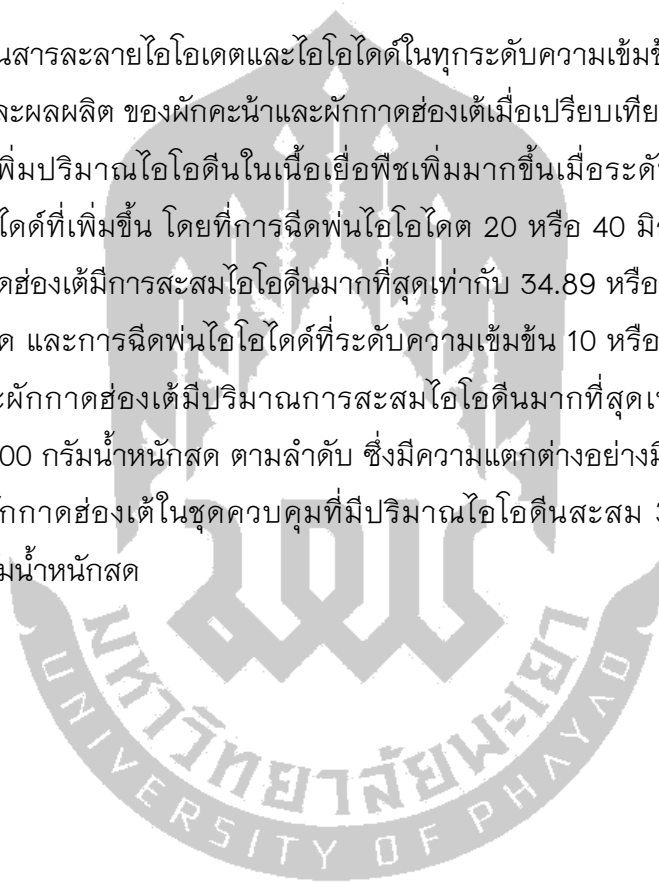
### บทคัดย่อ

การวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของไอโอเดต และไอโอไดด์ต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต และการสะสมไอโอดีน ของผักคะน้า และผักกาดฮ่องเต้ที่ปลูกในระบบไฮโดรโปนิคส์ โดยใช้ไอโอเดตจากโพแทสเซียมไอโอเดตหรือไอโอไดด์จากโพแทสเซียมไอโอไดด์ ที่ระดับความเข้มข้น 10, 20, 30, 40 และ 50 ไมโครโมลาร์ โดยการเติมลงไปในการละลายธาตุอาหารหรือใช้สารละลายไอโอดีน 0, 2.5, 5, 10, 20 และ 40 มิลลิกรัม/ลิตรฉีดพ่นลงบนพืชที่ปลูกในระบบไฮโดรโปนิคส์สัปดาห์ละ 1 ครั้ง ตลอดระยะเวลาการเจริญเติบโต จนกระทั่งเก็บเกี่ยว ทำการวัดผลการเจริญเติบโต ได้แก่ ความสูงต้น ความยาวราก และวัดผลทางด้านผลผลิต และคุณภาพผลผลิต ได้แก่ น้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง ปริมาณคลอโรฟิลล์

การเติมสารละลายไอโอเดตที่ระดับความเข้มข้นเพิ่มขึ้น พบว่าไม่มีผลต่อความสูงต้น ปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมด และปริมาณไนเตรทที่สะสม เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมที่ไม่มีการเติมไอโอเดตแต่มีแนวโน้มทำให้ ผลผลิต และปริมาณไอโอดีนที่สะสมเพิ่มมากขึ้น โดยที่สารละลายไอโอเดตที่ระดับความเข้มข้น 30 หรือ 50 ไมโครโมลาร์ มีผลทำให้ผักคะน้าหรือผักกาดฮ่องเต้มีผลผลิต และปริมาณไอโอดีนสะสมมากที่สุด โดยมีน้ำหนักสดเท่ากับ 96.48 หรือ 120.13 กรัม/ต้น และมีปริมาณไอโอดีนที่สะสมเท่ากับ 52.22 หรือ 56.88 ไมโครกรัม/100 กรัม น้ำหนักสด ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับผักคะน้าและผักกาดฮ่องเต้ของชุดควบคุมที่ไม่มีการเติมสารละลายไอโอเดตที่มีน้ำหนักสด 86.43 หรือ 99.05 กรัม/ต้น และมีปริมาณไอโอดีนที่สะสมเท่ากับ 38.89 หรือ 39.56 ไมโครกรัม/100 กรัม น้ำหนักสด

การเติมสารละลายไฮโอไดต์ที่ระดับความเข้มข้นมากขึ้นจะทำให้การเจริญเติบโตและผลผลิตของผักคะน้าและผักกาดฮ่องเต้ลดลงโดยที่สารละลายไฮโอไดต์ที่ระดับความเข้มข้น 50 หรือ 10 ไมโครโมลาร์ ทำให้ผักคะน้าหรือผักกาดฮ่องเต้มีผลผลิต และปริมาณไฮโอตินสะสมมากที่สุด โดยมีน้ำหนักสดเท่ากับ 96.35 หรือ 119.09 กรัม/ต้น และมีปริมาณไฮโอตินที่สะสมเท่ากับ 59.55 หรือ 40.56 ไมโครกรัม/100 กรัมน้ำหนักสด ในขณะที่ผลต่อผักคะน้าหรือผักกาดฮ่องเต้ของชุดควบคุมที่ไม่มีการเติมสารละลายไฮโอไดต์มีน้ำหนักสดเท่ากับ 84.79 หรือ 120.04 กรัม/ต้น และทำให้มีปริมาณไฮโอตินที่สะสมเท่ากับ 40.89 หรือ 31.56 ไมโครกรัม/100 กรัมน้ำหนักสด

การฉีดพ่นสารละลายไฮโอเดตและไฮโอไดต์ในทุกระดับความเข้มข้น พบว่าไม่มีผลต่อการเจริญเติบโต และผลผลิต ของผักคะน้าและผักกาดฮ่องเต้เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม แต่มีแนวโน้มในการเพิ่มปริมาณไฮโอตินในเนื้อเยื่อพืชเพิ่มมากขึ้นเมื่อระดับความเข้มข้นของไฮโอเดตและไฮโอไดต์ที่เพิ่มขึ้น โดยที่การฉีดพ่นไฮโอไดต์ 20 หรือ 40 มิลลิกรัม/ลิตร ทำให้ผักคะน้าและผักกาดฮ่องเต้มีการสะสมไฮโอตินมากที่สุดเท่ากับ 34.89 หรือ 40.23 ไมโครกรัม/100 กรัมน้ำหนักสด และการฉีดพ่นไฮโอไดต์ที่ระดับความเข้มข้น 10 หรือ 40 มิลลิกรัม/ลิตร ทำให้ผักคะน้าและผักกาดฮ่องเต้มีปริมาณการสะสมไฮโอตินมากที่สุดเท่ากับ 36.23 หรือ 41.56 ไมโครกรัม/100 กรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับผักคะน้าและผักกาดฮ่องเต้ในชุดควบคุมที่มีปริมาณไฮโอตินสะสม 31.56 และ 34.89 ไมโครกรัม/100 กรัมน้ำหนักสด



**Title** EFFECT OF IODATE AND IODIDE ON YIELD AND QUALITY OF CHINESE KALE AND PAK CHOI GROWN IN HYDROPONICS SYSTEMS

**Author** Kanpitcha Panya

**Advisor** Dr.Wasna Pithakpol

**Co–advisor** Associate Professor Dr.Manas Titayavan  
Dr.Wipornpan Nuangmek

**Academic Paper** Thesis M.Sc. in Agricultural Science,  
University of Phayao, 2012

**Keywords** iodine, Chinese kale, Pak choi, growth, yield

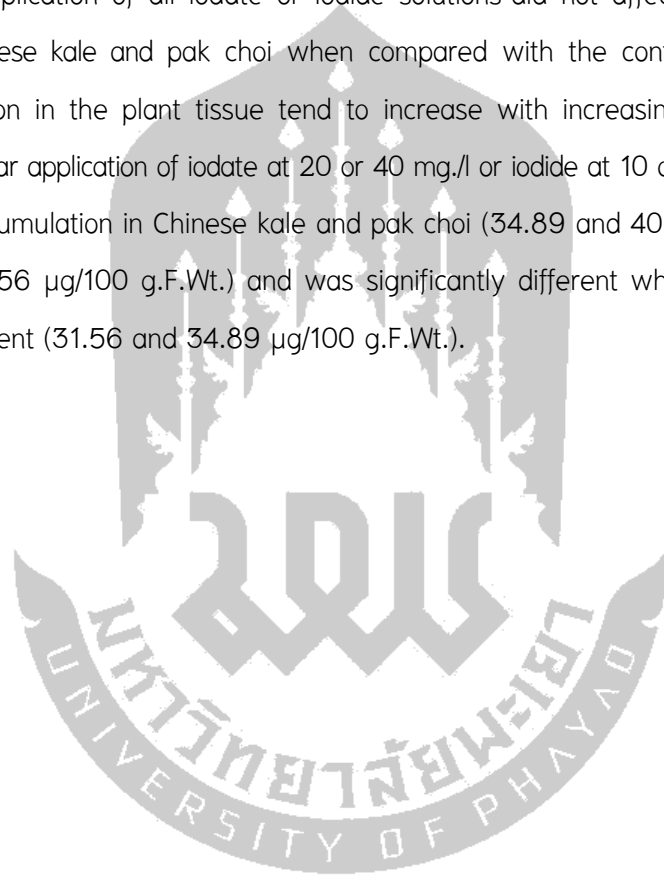
### ABSTRACT

The objective of this research was to study the effect of iodate and iodide on yield and quality of Chinese kale and pak choi grown in hydroponics systems. Iodide from potassium iodide ( $KI^-$ ) and iodate from potassium iodate ( $KIO_3^-$ ) at the concentration 10, 20, 30, 40 and 50  $\mu M$  were added in the nutrient solution or 0, 2.5, 5, 10, 20 and 40 mg/l of iodate or iodide solution were sprayed on the leaves of Chinese kale and pak choi. The iodide or iodate solution were applied once a week during growing period until harvest. Growth parameters including plant height, root length and yield and quality including fresh weight, dry weight, total chlorophyll content, vitamin c content, nitrate content and iodine accumulation were collected.

Iodate application in all treatments to the nutrient solution did not affect on plant height, chlorophyll content and nitrate content of Chinese kale and pak choi. However, the yield and iodine accumulation in the plant tissue tend to increase with increasing iodate concentration. Application of potassium iodate at 30  $\mu M$  or 50  $\mu M$  gave the highest yield and iodine accumulation in Chinese kale and pak choi which had the fresh weight 96.48 or 120.13 g/plant or had iodine accumulation 36.22 and 41.56  $\mu g/100$  g.F.Wt., respectively and was significantly different when compared with the control treatment (86.43 or 99.05 g/plant fresh weight or 31.56 and 34.89  $\mu g/100$  g.F.Wt. iodine accumulation).

Iodide application at high concentration to the nutrient solution had significant effect in reducing growth parameter such as plant height, root length including the yield of Chinese kale and pak choi when compared with the control. Application of potassium iodide at 50  $\mu\text{M}$  or 10  $\mu\text{M}$  gave the highest iodine accumulation in Chinese kale and pak choi which 59.55 and 40.56  $\mu\text{g}/100 \text{ g.F.Wt.}$ , respectively and was significantly different when compared with the control treatment which had iodine accumulation 31.56 and 34.89  $\mu\text{g}/100 \text{ g.F.Wt.}$

Foliar application of all iodate or iodide solutions did not affect on plant growth and yield of Chinese kale and pak choi when compared with the control. However, the iodine accumulation in the plant tissue tend to increase with increasing iodate or iodide concentration. Foliar application of iodate at 20 or 40  $\text{mg}/\text{l}$  or iodide at 10 or 40  $\text{mg}/\text{l}$  gave the highest iodine accumulation in Chinese kale and pak choi (34.89 and 40.23  $\mu\text{g}/100 \text{ g.F.Wt.}$  or 36.23 and 41.56  $\mu\text{g}/100 \text{ g.F.Wt.}$ ) and was significantly different when compared with the control treatment (31.56 and 34.89  $\mu\text{g}/100 \text{ g.F.Wt.}$ ).



# สารบัญ

บทที่	หน้า
1 บทนำ.....	1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา .....	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย .....	3
ขอบเขตของการวิจัย .....	3
ประโยชน์ที่จะได้รับจากการวิจัย .....	4
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	5
สารไอโอดีน.....	5
สถานการณ์การขาดสารไอโอดีนในประเทศไทย.....	10
ผลของธาตุไอโอดีนต่อการเจริญเติบโตของพืช .....	11
การปลูกพืชด้วยระบบไฮโดรโปนิกส์ .....	12
ผักคะน้า.....	25
ผักกาดฮ่องเต้.....	25
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	26
3 วิธีดำเนินการวิจัย .....	29
พืชทดลอง .....	29
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	29
การเก็บรวบรวมข้อมูล .....	30
การวิเคราะห์ข้อมูล .....	34

## สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
4 ผลการวิจัย .....	35
การทดลองที่ 1	
1 ผลของไอโอเดตและไอโอไดด์ต่อการเจริญเติบโตของผักคะน้าและ ผักกาดฮ่องเต้.....	35
2 ผลของไอโอเดตและไอโอไดด์ต่อผลผลิตของผักคะน้าและ ผักกาดฮ่องเต้.....	37
การทดลองที่ 2	
1 ผลของการฉีดพ่นไอโอเดตและไอโอไดด์ต่อการเจริญเติบโตของ ผักคะน้าและ ผักกาดฮ่องเต้ .....	46
2 ผลของการฉีดพ่นไอโอเดตและไอโอไดด์ต่อผลผลิตของผักคะน้าและ ผักกาดฮ่องเต้.....	49
5 บทสรุป .....	59
สรุปผลการวิจัย .....	59
อภิปรายผลการวิจัย.....	60
ข้อเสนอแนะ.....	62
บรรณานุกรม.....	63
ภาคผนวก .....	68
ภาคผนวก ก แสดงภาพผลผลิตที่ได้จากการวิจัย .....	69
ภาคผนวก ข วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล.....	72
ประวัติผู้วิจัย .....	81

## สารบัญตาราง

ตาราง		หน้า
1	แสดงระดับไอโอดีนในปัสสาวะ (ไมโครกรัมต่อลิตร) ต่อภาวะไอโอดีนของพื้นที่ ...	7
2	แสดงข้อดีข้อเสียของการปลูกพืชด้วยระบบไฮโดรโปนิกส์ .....	13
3	แสดงปริมาณธาตุอาหารพืชที่ใช้ในสารละลายธาตุอาหารพืช .....	29
4	การศึกษาผลของไอโอเดตและไอโอไดด์ ในระดับความเข้มข้นที่แตกต่างกัน ต่อผลผลิตและคุณภาพของผักคะน้าและผักกาดฮ่องเต้ที่ปลูกใน ระบบไฮโดรโปนิกส์โดยการเติม KI และ $KIO_3$ .....	31
5	การศึกษาผลของไอโอเดตและไอโอไดด์ที่ระดับความเข้มข้นแตกต่างกัน ต่อผลผลิตและคุณภาพของผักคะน้าและผักกาดฮ่องเต้ที่ปลูกใน ระบบไฮโดรโปนิกส์ ด้วยการฉีดพ่นทางใบ .....	32
6	แสดงผลของไอโอเดตและไอโอไดด์ต่อความยาวรากของผักคะน้าและ ผักกาดฮ่องเต้ (cm.) .....	37
7	แสดงผลของไอโอเดตและไอโอไดด์ต่อน้ำหนักสดรากของผักคะน้าและ ผักกาดฮ่องเต้ (g.) .....	39
8	แสดงผลของไอโอเดตและไอโอไดด์ต่อเปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้งของต้นผักคะน้า และผักกาดฮ่องเต้ (%) .....	40
9	แสดงผลของไอโอเดตและไอโอไดด์ต่อเปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้งรากของผักคะน้า และผักกาดฮ่องเต้ (%) .....	41
10	แสดงผลของไอโอเดตและไอโอไดด์ต่อปริมาณไนเตรทของผักคะน้าและ ผักกาดฮ่องเต้ (mg./1 g.Fw.) .....	44
11	แสดงผลของไอโอเดตและไอโอไดด์ต่อปริมาณไอโอดีนที่สะสมในต้นของ ผักคะน้าและผักกาดฮ่องเต้ ( $\mu\text{g./100 g.Fw.}$ ) .....	46
12	แสดงผลของการฉีดพ่นไอโอเดตและไอโอไดด์ต่อความยาวรากของผักคะน้า และผักกาดฮ่องเต้ (cm.) .....	48
13	แสดงผลของการฉีดพ่นไอโอเดตและไอโอไดด์ต่อน้ำหนักสดรากของผักคะน้า และผักกาดฮ่องเต้ (g.) .....	51

## สารบัญตาราง (ต่อ)

ตาราง		หน้า
14	แสดงผลของการฉีดพ่นไอโอเดตและไอโอไดด์ต่อเปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้งของ ผักคะน้าและผักกาดฮ่องเต้ (%) .....	52
15	แสดงผลของการฉีดพ่นไอโอเดตและไอโอไดด์ต่อเปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้งราก ต่อต้นของผักคะน้าและผักกาดฮ่องเต้ (%) .....	53
16	แสดงผลของการฉีดพ่นไอโอเดตและไอโอไดด์ต่อปริมาณไอโอดีนที่สะสมในต้น ของผักคะน้าและผักกาดฮ่องเต้ ( $\mu\text{g}/100 \text{ g.Fw.}$ ) .....	58



## สารบัญภาพ

ภาพ	หน้า
1 แสดงโครงสร้างโมเลกุลของ Triiodotyronine (T3) และ Thyroxine (T4) .....	5
2 แสดงผลของไอโอดีนและไอโอไดด์ต่อความสูงต้นของผักคะน้าและผักกาดฮ่องเต้	36
3 แสดงผลของไอโอดีนและไอโอไดด์ต่อน้ำหนักสดต่อต้นของผักคะน้าและ ผักกาดฮ่องเต้ .....	38
4 แสดงผลของไอโอดีนและไอโอไดด์ต่อปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดของผักคะน้า และผักกาดฮ่องเต้.....	42
5 แสดงผลของไอโอดีนและไอโอไดด์ต่อปริมาณวิตามินซีของผักคะน้าและ ผักกาดฮ่องเต้ .....	43
6 แสดงผลของการฉีดพ่นไอโอดีนและไอโอไดด์ต่อความสูงต้นของผักคะน้าและ ผักกาดฮ่องเต้ .....	47
7 แสดงผลของการฉีดพ่นไอโอดีนและไอโอไดด์ต่อน้ำหนักสดต่อต้นของผักคะน้า และผักกาดฮ่องเต้.....	49
8 แสดงผลของการฉีดพ่นไอโอดีนและไอโอไดด์ต่อปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดของ ผักคะน้าและผักกาดฮ่องเต้ .....	54
9 แสดงผลของการฉีดพ่นไอโอดีนและไอโอไดด์ต่อปริมาณวิตามินซีของผักคะน้า และผักกาดฮ่องเต้.....	55
10 แสดงผลของการฉีดพ่นไอโอดีนและไอโอไดด์ต่อปริมาณไนเตรทของผักคะน้า และผักกาดฮ่องเต้.....	56
11 แสดงผลผลิตที่ได้จากการเติมสารละลายโพแทสเซียมไอโอไดด์ลงใน สารละลายธาตุอาหาร .....	69
12 แสดงผลของการเติมสารละลายไอโอดีนต่อการเกิดสีน้ำตาลของราก และการสร้างรากใหม่.....	69
13 แสดงผลผลิตที่ได้จากการเติมสารละลายโพแทสเซียมไอโอดีนลงใน สารละลายธาตุอาหาร .....	70
14 แสดงผลผลิตจากการฉีดพ่นสารละลายโพแทสเซียมไอโอดีนและไอโอไดด์ .....	70
15 แสดงผลผลิตจากการฉีดพ่นสารละลายโพแทสเซียมไอโอดีนและไอโอไดด์ .....	71

## บทที่ 1

### บทนำ

#### ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันโรคขาดสารไอโอดีนถือเป็นปัญหาสาธารณสุขที่สำคัญของประเทศไทย และในระดับโลก (รัชตะ รัชตะนาวิน, 2548, สื่อออนไลน์; ณรงค์ศักดิ์ อังคะสุวพลา, 2550, สื่อออนไลน์) เนื่องจากประชาชนมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนคิดว่าการขาดสารไอโอดีนจะทำให้เกิดอาการคอพอกเพียงอย่างเดียว จึงไม่ให้ความสำคัญกับการรับประทานอาหารที่มีไอโอดีน แต่เนื่องจากสารไอโอดีน (Iodine) เป็นสารที่มีความสำคัญต่อร่างกาย และช่วยในกระบวนการผลิตฮอร์โมน Thyroxine และ Triiodothyronine ซึ่งจะเป็นฮอร์โมนที่มีความสำคัญมากต่อการควบคุมทั้งด้านการเจริญเติบโต พัฒนาการของสมอง และระบบประสาท รวมถึงควบคุมการเจริญเติบโตของร่างกาย อัตราการใช้พลังงานของร่างกาย และควบคุมการทำงานของอวัยวะต่าง ๆ ทุกระบบภายในร่างกายมนุษย์ ซึ่งในปัจจุบันมีประชากรที่อยู่ในภาวะขาดไอโอดีนอยู่ทั่วทุกภาคของประเทศ และจากการตรวจวัดระดับสารไอโอดีนในปัสสาวะของหญิงตั้งครรภ์ พบว่ามีปัญหาการขาดสารไอโอดีนมากถึง 49.4 เปอร์เซ็นต์ (ณรงค์ศักดิ์ อังคะสุวพลา, 2550, สื่อออนไลน์) และจากสถิติการเจาะเลือดตรวจสุขภาพเด็กแรกเกิดในรอบ 7 ปี ที่ผ่านมามาตั้งแต่ปีพ.ศ. 2546-2552 ทั่วประเทศทั้ง 76 จังหวัด ซึ่งมีจำนวนเด็กแรกเกิดโดยรวมประมาณปีละ 8 แสนคน พบว่าอยู่ในภาวะการขาดสารไอโอดีนในทุกจังหวัด และยังมีค่าเฉลี่ยมากถึง 15.99 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งตามเกณฑ์มาตรฐานที่องค์การอนามัยโลกได้กำหนดไว้ นั้น ภาวะขาดไอโอดีนของเด็กแรกเกิดนั้นจะต้องไม่เกิน 3 เปอร์เซ็นต์ แสดงว่าขณะนี้เด็กไทยมีภาวะการขาดสารไอโอดีนสูงเกินมาตรฐานถึง 5 เท่า (วิยะดา เจริญศิริวัฒน์, 2553, สื่อออนไลน์) โดยทั่วไปแล้วการได้รับสารไอโอดีนของร่างกายส่วนใหญ่จะได้รับการบริโภคเกลือเสริมไอโอดีน แต่ก็พบว่ายังไม่เพียงพอต่อความต้องการของร่างกาย โดยทั่วไปสารไอโอดีนจะอยู่ในรูปของเกลือไอโอดेट (iodide) หรือ เกลือไอโอดेट (iodate) แต่จะพบได้น้อยมากในอาหารยกเว้นในอาหารทะเล ซึ่งจะมีไอโอดีนประมาณ 400 มิลลิกรัม/100 กรัม ผลจากการสำรวจอนามัยโพลโดยกรมอนามัย (กรมอนามัย, 2550, สื่อออนไลน์) ร่วมกับมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิตในปีพ.ศ. 2550 พบว่ามีการใช้เกลือเสริมไอโอดีนในการปรุงประกอบอาหารภายในครอบครัวร้อยละ 57.67 ซึ่งภาคเหนือมีความครอบคลุมในการบริโภคเกลือไอโอดีนมากกว่าภาคอื่น ๆ คิดเป็นร้อยละ 76 แต่กลับมีภาวะขาดไอโอดีนมากกว่าภาคอื่น ๆ คิดเป็นร้อยละ 50.1 ซึ่งเกลือเสริมไอโอดีนที่ว่า

ได้มาตรฐานนำมาปรุงอาหารนั้น อาจจะทำให้เสื่อมสภาพไปในกระบวนการผลิต กระบวนการขนส่ง หรือการเก็บรักษา ทำให้สารไอโอดีนจากเกลือเสริมไอโอดีนอย่างเดียวไม่พอต่อความต้องการของร่างกาย (ปราชาญ บุญยวงศ์วิโรจน์, 2549, สื่อบอนไลน์) โดยทั่วไปแล้ววัยผู้ใหญ่จะต้องการไอโอดีนวันละประมาณ 150 ไมโครกรัม (นิธิยา รัตนปานนท์, 2545) ซึ่งในการบริโภคเกลือเสริมไอโอดีนโดยทั่วไปในปริมาณเฉลี่ย 2 กรัม จะทำให้ได้รับสารไอโอดีนวันละ 60 ไมโครกรัม จึงจะเพียงพอต่อการป้องกันการเกิดโรค เช่น โรคคอพอกได้ (เสาวนีย์ จักรพิทักษ์, 2532) แต่หากได้รับประทานเกินวันละ 2,000 พีพีเอ็ม เป็นเวลานานจะเกิดอาการของโรคคอหอยพอกเป็นพิษ (Hyperthyroidism; Grave's disease) หรือหากมีการบริโภคเกลือเสริมไอโอดีนโดยตรงประมาณ 2 กรัม อาจจะทำให้เกิดอาการปวดท้อง อาเจียน ท้องร่วง ไตวาย หมดสติ และอาจเสียชีวิตได้ (อุดมเกียรติ พรรณประเทศ, 2539, หน้า 59-68) โดยเฉพาะในผู้ป่วยที่เป็นโรคไต เนื่องจากจะไม่สามารถบริโภคอาหารที่มีรสเค็มได้ และการบริโภคโซเดียมคลอไรด์ ซึ่งเป็นส่วนประกอบของเกลือในปริมาณมากเกินไปจะมีความสัมพันธ์กับ ภาวะความดันโลหิตสูง โดยจะพบว่าเมื่อลดการบริโภคเกลือลงสามารถลดความดันโลหิตทั้งใน ผู้ที่มีความดันโลหิตสูงและผู้มีความดันปกติ นอกจากนี้ยังช่วยทำให้การทำงานของอินซูลินดีขึ้น (ประไพศรี ศิริจักรวาล, 2551, สื่อบอนไลน์) โดยในปัจจุบันพบว่าได้มีการศึกษาการเสริมสารไอโอดีนในรูปไอโอดेटและไอโอไดด์ในพืช เช่น ข้าว พวยเล้ง และพบว่ามีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช โดยการให้ไอโอดีนในปริมาณที่มากจะมีการสะสมไอโอดีนในข้าวเพิ่มมากขึ้น แต่ในการเสริมไอโอไดด์ที่ระดับความเข้มข้นมากกว่า 10 ไมโครโมลาร์ จะมีผลทำให้การเจริญเติบโต ผลผลิต และคุณภาพของผักพวยเล้งลดลงได้ (Mackowiak and Grossl, 1999; Zhu, et al. 2004) ส่วนในการศึกษาของ เขียวพา จิระเกียรติกุล และนภาพ ยังวิเศษ (2550) ซึ่งทำการศึกษาผลของไอโอไดด์และไอโอดेटต่อการเจริญเติบโตของผักกาดหอมและผักบุ้งจีนในระบบไฮโดรโปนิคส์ พบว่าการให้ไอโอไดด์ที่ระดับความเข้มข้น 5 ไมโครโมลาร์ หรือมากกว่ามีผลทำให้น้ำหนักสด และน้ำหนักแห้งต้นลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และการให้ไอโอไดด์ทำให้เกิดการ สะสมไอโอดีนในส่วนของลำต้นมากกว่าในราก และเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเมื่อระดับความเข้มข้นของไอโอไดด์เพิ่มขึ้น ส่วนการให้ไอโอดेट พบว่าการสะสมไอโอดีนสูงสุดที่ระดับความเข้มข้น 100 ไมโครโมลาร์ และในการศึกษาของ Dai et al. (2004) ซึ่งศึกษาการเสริมไอโอดีนในรูปของไอโอดेटจากการให้ปุ๋ยโพแทสเซียมไอโอดेटให้กับพืช 6 ชนิด คือ ผักกาดขวางตุง ผักบุ้งจีน ผักพวยเล้ง แครอท คื่นฉ่าย และหัวหอม ได้พบว่าการเพิ่มปริมาณไอโอดेटมีผลทำให้การสะสมไอโอดีนในเนื้อเยื่อพืชชนิดต่าง ๆ เพิ่มขึ้น และในผักพวยเล้งมีการสะสมของสารไอโอดีนมากที่สุดในทุกระดับความเข้มข้น และเนื่องจากการปลูกพืชด้วยระบบไฮโดรโปนิคส์จะให้ผลผลิตที่สม่ำเสมอ โดยสามารถควบคุมธาตุอาหาร

และมีการจัดการที่สามารถควบคุมสภาพแวดล้อมต่าง ๆ ให้เหมาะสมต่อพืชได้ ทำให้ผลผลิตมีขนาด รูปร่าง และน้ำหนักที่สม่ำเสมอ สามารถปลูกได้ในทุกฤดูกาล นอกจากนี้ยังทำให้พืชมีการเจริญเติบโตเร็ว ส่งผลให้สามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตได้เร็ว (ถวัลย์ พัฒนเสถียรพงศ์, 2534) อีกทั้งยังประหยัดค่าใช้จ่ายในการกำจัดวัชพืชอีกด้วย (นพดล เรียบเลิศศิริ, 2538) และยังช่วยลดปัญหาการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืช (อารักษ์ อธิรอำพน, 2544) ในขณะที่การปลูกพืชในระบบปกตินั้นจะมีขีดจำกัดเกี่ยวกับปัจจัยต่าง ๆ เช่น สภาพภูมิอากาศและพันธุ์พืชที่ใช้ในการเพาะปลูก จึงทำให้พืชส่วนมากสามารถปลูกได้ดีในฤดูหนาว ทำให้ผลผลิตออกมาล้นตลาด นอกจากนี้ในปัจจุบันดินยังมีการเสื่อมคุณภาพทำให้ดินในแต่ละพื้นที่มีคุณสมบัติที่ไม่แน่นอนแตกต่างกันไป เช่น โครงสร้างของดิน ปริมาณธาตุอาหารในดิน ระดับความเป็นกรด-ด่าง ที่ไม่เหมาะสมทำให้ยุ่งยากต่อการปรับปรุงคุณภาพ และเสียค่าใช้จ่ายสูง ซึ่งปัญหาเหล่านี้ทำให้ได้ปริมาณผลผลิตและคุณภาพที่ไม่แน่นอน (ดิเรก ทองอร่าม, 2547) ดังนั้นการวิจัยในครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของไอโอเดตและไอโอไดด์ต่อผลผลิตและคุณภาพของผักคะน้าและผักกาดฮ่องเต้ที่ปลูกในระบบไฮโดรโปนิกส์ โดยเติมสารละลายไอโอดีนในสารละลายธาตุอาหารและการฉีดพ่นสารละลายไอโอดีนลงบนใบพืช ซึ่งน่าจะทำให้พืชสามารถสะสมไอโอดีนในส่วนเนื้อเยื่อพืชได้ เพื่อเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการช่วยลดปัญหาการขาดสารไอโอดีนของประชากร อีกทั้งยังเป็นการเพิ่มทางเลือกในการบริโภคอาหารเสริมไอโอดีนอีกทางเลือกหนึ่ง

### **วัตถุประสงค์ของการวิจัย**

เพื่อศึกษาผลของการให้ไอโอเดตและไอโอไดด์ในระดับความเข้มข้นต่าง ๆ ทางราก และการฉีดพ่นทางใบที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต และคุณภาพของผักคะน้าและผักกาดฮ่องเต้ที่ปลูกในระบบไฮโดรโปนิกส์

### **ขอบเขตของการวิจัย**

ทำการศึกษาผลของการให้ไอโอเดตและไอโอไดด์ทางรากและการฉีดพ่นทางใบโดยหา ระดับความเข้มข้นของไอโอเดตและไอโอไดด์ที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต และคุณภาพของพืช เพื่อศึกษาปริมาณสารไอโอดีนที่สะสมในพืชซึ่งได้จากการให้ไอโอเดต และไอโอไดด์ โดยศึกษาในพืช 2 ชนิด คือ ผักคะน้า และผักกาดฮ่องเต้ที่ปลูกในระบบไฮโดรโปนิกส์

### ประโยชน์ที่จะได้รับการวิจัย

1. สามารถเพิ่มมูลค่าของผลผลิตทางการเกษตรได้ เนื่องจากมีการเสริมไอโอดีนทำให้พืชมีคุณค่าทางโภชนาการเพิ่มขึ้น
2. สามารถส่งเสริมให้เกษตรกรหรือผู้ประกอบการนำไปประยุกต์ใช้ได้จริงในการผลิตพืชผักเสริมไอโอดีนเพื่อนำมาบริโภคได้ เพื่อลดภาวะการขาดไอโอดีน
3. สามารถเพิ่มทางเลือกในการบริโภคอาหารเสริมไอโอดีนให้แก่ผู้บริโภคได้ โดยเฉพาะในผู้ป่วยโรคไต ซึ่งมีจำนวนมากขึ้นในปัจจุบันได้

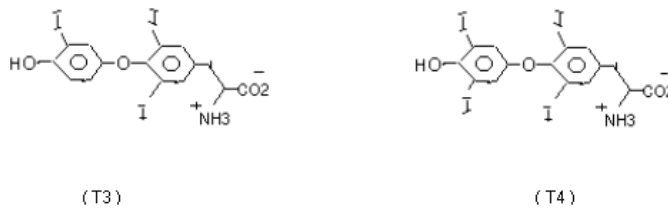


## บทที่ 2

### เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

#### สารไอโอดีน

ไอโอดีนเป็นแร่ธาตุจำเป็นที่มีปริมาณน้อยมากในอาหาร เป็นธาตุที่ให้ปฏิกิริยารุนแรง จึงไม่พบเป็นอิสระในธรรมชาติ เมื่อรวมตัวกับโลหะจะได้สารประกอบไอโอดेटพบมากในแหล่งของสารไนเตรทในรูปของไอโอดेटและในสาหร่ายทะเลสีน้ำตาลวงศ์ลามินาเรีย และมีบทบาทที่สำคัญต่อร่างกาย (วารสารบทคัดย่อการศึกษา, 2540, สืบออนไลน์) เนื่องจากสารไอโอดีนเป็นสารที่ร่างกายมีความต้องการ แต่ไม่สามารถสร้างขึ้นได้เองและไม่สามารถสะสมในร่างกายได้ มีความจำเป็นต่อร่างกายมาก แต่จะต้องการในปริมาณที่น้อย และเมื่อเข้าสู่ร่างกายจะเปลี่ยนเป็นไอโอดิด (iodide) ร่างกายจะมีไอโอดีนประมาณ 25 มิลลิกรัม หรือประมาณร้อยละ 0.0004 ของน้ำหนักตัว ปริมาณครึ่งหนึ่งของจำนวนนี้จะเก็บอยู่ในต่อมธัยรอยด์ ส่วนที่เหลือจะกระจายอยู่ตามกล้ามเนื้อ ผิวหนัง ขุมขน ต่อม้ำลาย ระบบทางเดินอาหารและกระดูกในเลือดจะมีไอโอดีนอยู่น้อยมาก คือ มีไม่ถึง 1 ใน 20 ล้านส่วน ซึ่งไอโอดีนจะเป็นส่วนประกอบที่สำคัญส่วนหนึ่งในการผลิตธัยรอยด์ฮอร์โมน Triiodotyronine (T3) และ Thyroxine (T4)



ภาพ 1 แสดงโครงสร้างโมเลกุลของ Triiodotyronine (T3) และ Thyroxine (T4)

ซึ่งฮอร์โมนทั้งสองชนิดนี้มีหน้าที่ควบคุมระบบการเผาผลาญสารอาหารเพื่อให้พลังงานแก่ร่างกายและเป็นฮอร์โมนที่มีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของร่างกาย โดยเฉพาะโครงสร้างของร่างกาย ระบบประสาท และสมอง (ศูนย์สุขภาพและโภชนาการไทย, 2552, สืบออนไลน์) ช่วยกระตุ้นให้หัวใจทำงานได้ดีขึ้น เพิ่มการเคลื่อนย้ายของแคลเซียม และฟอสฟอรัสจากกระดูก และช่วยในการขับถ่ายปัสสาวะ และควบคุมการกระจายของน้ำตามอวัยวะต่าง ๆ ของร่างกาย กระตุ้นให้มีการหลั่งน้ำนมมากขึ้น ควบคุมระบบประสาท ให้มีกำลังคล่องแคล่ว กระฉับกระเฉง

ซึ่งอาการผู้ที่ขาดสารไอโอดีน คือ เชื่องซึม เหนื่อยง่าย ความดันต่ำ ผิวหนังและผมแห้ง อ้วนพี ความจำไม่ดี ร่างกายเติบโตช้า เริ่มมีอาการปัญญาอ่อน ไม่สนใจทางเพศ เด็กที่เกิดจากมารดาที่มีอาการขาดไอโอดีนจะมีลักษณะโตช้า พุงโร มีอาการบวม ระดับคอเลสเตอรอลในเลือดสูง เป็นโรคหัวใจ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเป็นโรคคอกพอกทำให้ต่อมธัยรอยด์โตขึ้นเห็นได้ชัดที่บริเวณคอ ซึ่งอาจไปกดหลอดลมทำให้ไอ ลำลัก หายใจลำบากได้โดยสาเหตุอาจเกิดจากบริโภคอาหารที่มีสารไอโอดีนน้อยมาก ไอโอดีนในร่างกายจะมีสมรรถภาพลดน้อยลงจากการบริโภคแคลเซียมมากหรือขาดวิตามินเอ ซึ่งแหล่งอาหารที่พบสารไอโอดีนมากที่สุด ได้แก่ เกลือที่ได้จากน้ำทะเล หรือเกลือสมุทร อาหารทะเล พืชทะเล เช่น สาหร่ายต่าง ๆ พืชผักที่ปลูกในดินที่มีธาตุไอโอดีนอุดมสมบูรณ์ และยังสามารถพบได้ในสับปะรด แพร์ ส้ม แอปเปิ้ล ผักโขม กระจับ กระเทียม มันฝรั่ง หน่อไม้ฝรั่ง มะเขือเทศ ไข่แดง และเนยแข็ง แต่สำหรับพืชผักในตระกูลกะหล่ำจะมีผลไปขัดขวางการใช้สารไอโอดีนของร่างกาย เนื่องจากมีสารกอยทริน (Goitrin) ซึ่งทำหน้าที่เป็นสารต้านการทำงานของต่อมไทรอยด์ จึงควรทำให้สุกก่อนการบริโภคจะช่วยลดสารต่อต้านนี้ได้ (สุทิน เกตุแก้ว, 2545) และปริมาณความต้องการสารไอโอดีนของร่างกายคนเราจะไม่เท่ากัน ขึ้นอยู่กับ เพศ อายุ และสภาพร่างกาย โดยเฉพาะในวัยผู้ใหญ่ร่างกายจะต้องการสารไอโอดีนประมาณวันละ 150 ไมโครกรัม แต่การได้รับสารไอโอดีน 50-75 ไมโครกรัม/วัน ก็จะสามารถช่วยป้องกันการเกิดโรคคอกพอกได้ (กรมอนามัย, 2532, สื่อบอนไลน์) ซึ่งปริมาณสารไอโอดีนในแหล่งอาหารที่พบตามธรรมชาตินั้นจะขึ้นอยู่กับปริมาณของธาตุไอโอดีนในดิน และแหล่งน้ำ โดยแหล่งอาหารที่มีปริมาณไอโอดีนสูง ได้แก่ อาหารทะเลต่าง ๆ โดยเฉพาะในหอยนางรม และในเกลือไอโอดีน (สิริพันธุ์ จุลกรังคะ, 2545) ซึ่งสารไอโอดีนในอาหาร หรือในน้ำที่รับประทานนั้นจะถูกดูดซึมได้อย่างรวดเร็วจากระบบทางเดินอาหาร ส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปของเกลืออินทรีย์ของไอโอดีน (Iodide) โดยไอโอดีนที่ถูกดูดซึมจะผ่านเข้าสู่กระแสเลือดแล้วเข้าสู่ต่อมธัยรอยด์ และในส่วนที่เกินความต้องการของร่างกาย จะถูกขับออกทางปัสสาวะภายใน 24-48 ชั่วโมง ซึ่งภายในต่อมธัยรอยด์ไอโอดีนจะถูกออกซิไดส์ไปเป็นสารไอโอดีนแล้วไปจับกับไทโรซีน (Tyrosine) สร้างเป็นไดไอโอดไทโรซีน (Diiodotyrosine) ไตรไอโอดไทโรนิน (Triiodothyronine) และไทรอกซิน (Thyroxine) ซึ่งจะเป็น กรดอะมิโนที่มีไอโอดีนอยู่ จากนั้นไทรอกซินจะจับกับโกลบูลินเป็นไทโรโกลบูลิน (Thyroglobulin) ซึ่งจะเป็นรูปที่ถูกเก็บสะสมไว้ในต่อมธัยรอยด์เมื่อร่างกายต้องการต่อมธัยรอยด์ก็จะปล่อยสารนี้ออกมาในกระแสเลือดจับกันอยู่อย่างหลวม ๆ กับโกลบูลิน สารนี้จะอยู่ในร่างกาย 6-8 วัน ก่อนที่จะสลายตัว และขับถ่ายออกทางปัสสาวะและทางน้ำดี (ศูนย์สุขภาพและโภชนาการไทย, 2552, สื่อบอนไลน์) ซึ่งในเด็กที่ขาดสารไอโอดีนจะมีผลทำให้ร่างกายเตี้ยแคระและมีพัฒนาการทางสมองช้า เรียกว่า ครีตินนิซึม (Cretinism) ซึ่ง

เป็นโรคที่เป็นมาแต่กำเนิด โดยที่มารดาบริโภคสารไอโอดีนในปริมาณที่จำกัดหรือปริมาณน้อย ในระยะตั้งครรภ์ จึงทำให้มีอาการแสดงออกได้หลายรูปแบบ อาทิเช่น เป็นไข้ หูหนวก ตาเหล่ กล้ามเนื้อหย่อนยาน อ่อนแอ ผิวน้ำแข็ง และรูปร่างสั้นเตี้ย เนื่องจากการเจริญของกระดูก ชะงักนอกจากนี้การพัฒนาทางด้านจิตใจจะหยุดชะงักไปด้วย มีอาการเดินกระตุก เกร็ง หรือมีความผิดปกติทางระบบสืบพันธุ์ ถ้ารีบทำการรักษาในระยะแรกให้แก่ทารก การเจริญเติบโตของร่างกายก็จะดีขึ้น การพัฒนาทางจิตใจก็จะดำเนินไปได้บ้าง แต่ส่วนของระบบประสาทสมองส่วนกลางที่ถูกทำลายไปไม่สามารถทำให้ดีอย่างเดิมได้ ในผู้ใหญ่ที่ขาดไอโอดีนส่วนใหญ่ พบว่าเป็นโรคคอพอกโดยอาการ คือ ต่อมธัยรอยด์จะโตขึ้นอย่างมากจนเห็นได้ชัดที่บริเวณคอ เรียกว่า โรคคอพอก (Simple goitre)

ปริมาณไอโอดีนที่แนะนำในแต่ละวัน (Recommended Dietary Allowance หรือ RDA) มีดังนี้

ในวัยเด็ก	3-11 เดือน	50 ไมโครกรัม
	1-3 ปี	70 ไมโครกรัม
	4-6 ปี	90 ไมโครกรัม
	7-9 ปี	125 ไมโครกรัม
ในวัยรุ่นและผู้ใหญ่		150 ไมโครกรัม
หญิงมีครรภ์		175 ไมโครกรัม
หญิงให้นมบุตร		200 ไมโครกรัม

ตาราง 1 แสดงระดับไอโอดีนในปัสสาวะ (ไมโครกรัมต่อลิตร) ต่อภาวะไอโอดีนของพื้นที่

ภาวะไอโอดีนของพื้นที่	ระดับไอโอดีนในปัสสาวะ (ไมโครกรัมต่อลิตร)	
	หญิงตั้งครรภ์	เด็กวัยเรียนและผู้ใหญ่
ขาด (Deficiency)	< 150	< 100
เพียงพอ (Adequate)	150-249	100-199
เกินพอ (More than adequate)	250-499	200-299
เกินขนาด (Excessive)	≥ 500	≥ 300

ที่มา: สำนักโภชนาการ กรมอนามัย, 2554, หน้า 16

## 1. หน้าที่หลักของไอโอดีน

1.1. ช่วยในการทำงานและเจริญเติบโตของต่อมไทรอยด์ และเป็นส่วนประกอบสำคัญของฮอร์โมนจากต่อมไทรอยด์หรือฮอร์โมนไทรอกซินมีหน้าที่ควบคุมอัตราเมตาบอลิซึม (Metabolism) ของร่างกาย และการทำงานของต่อมไทรอยด์มีผลต่อสภาพจิตใจ สภาพของผิวหนัง เล็บ และฟัน การเปลี่ยนของแคโรทีนเป็นวิตามินเอ การสังเคราะห์โปรตีนโดยไรโบโซม และการดูดซึมน้ำตาลจากลำไส้เล็ก ปฏิกริยาทั้งหมดนี้จะทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพเมื่อมีการผลิตฮอร์โมนไทรอกซินเป็นไปตามปกติ นอกจากนี้ในการสังเคราะห์คอเลสเตอรอลจะถูกกระตุ้นโดยระดับของฮอร์โมนไทรอกซินเช่นกัน

1.2 ช่วยให้ร่างกายผลิตพลังงานได้ตามปกติ

1.3 ช่วยส่งเสริมและควบคุมการเจริญเติบโตของร่างกายและสมอง ช่วยกระตุ้นอัตราการเผาผลาญพลังงานในร่างกาย

1.4 กระตุ้นให้หัวใจทำงานได้ดีขึ้น

1.5 ช่วยเพิ่มการเคลื่อนย้ายแคลเซียมและฟอสฟอรัสจากกระดูก

1.6 ช่วยในการขับถ่ายปัสสาวะและควบคุมการกระจายของน้ำตามอวัยวะต่าง ๆ

1.7 กระตุ้นให้มีการหลั่งน้ำนมมากขึ้น

1.8 ควบคุมระบบประสาทใหม่ที่กำลังคลอเคลว กระฉับกระเฉง ตลอดถึงการพูด ทั้งหมดนี้ขึ้นอยู่กับความมีประสิทธิภาพการทำงานของต่อมไทรอยด์

## 2. แหล่งอาหารที่มีไอโอดีน

ไอโอดีนพบได้มากในอาหารทะเลทุกชนิด เช่น กุ้ง หอย ปลาทะเล และเกลือที่ได้จากน้ำทะเล หรือเกลือสมุทร พืชทะเล เช่น สาหร่ายต่าง ๆ พืชที่ปลูกในดินที่มีไอโอดีนอุดมสมบูรณ์ นอกจากนี้ยังพบไอโอดีนในลูกแพร์ สม แอปเปิล ผักโขม กระเจี๊ยบ กระเทียม มันฝรั่ง หน่อไม้ฝรั่ง มะเขือเทศ ไข่แดง และเนยแข็ง โดยเกลือที่ผ่านการเติมไอโอดีน (Iodized salt) ก็นับว่าเป็นแหล่งของไอโอดีนที่สำคัญอีกแหล่งหนึ่ง

จากการที่ไอโอดีนเป็นธาตุที่พบได้น้อยมากในอาหาร ยกเว้นในอาหารทะเล จึงทำให้ ประชาชนส่วนใหญ่ขาดธาตุไอโอดีนกันมากทางแกไข คือ การใช้เกลือที่ผ่านการเติมไอโอดีนหรือที่เรียกกันทั่วไปว่า เกลืออนามัยสำหรับบริเวณที่มีภาวะการขาดไอโอดีนรุนแรง จะหยุดสารละลายไอโอดีนลงในน้ำดื่มเพื่อแก้ปัญหาการขาดไอโอดีนของเด็กนักเรียนในโรงเรียน

## 3. ผลของการได้รับไอโอดีนในปริมาณที่ไม่เพียงพอ

เด็กที่ขาดสารไอโอดีนจะเตี้ยแคระและสมองไม่เจริญเรียกว่า ครีตินนิซึม (Cretinism) ซึ่งเป็นโรคที่เปนมมาแต่กำเนิดเพราะมารดาบริโภคไอโอดีนจำกัดหรือน้อยในระยะตั้งครรภ์ ทั้งนี้

เนื่องจากไอโอดีนเป็นสารที่มีความสำคัญต่อการสร้างเซลล์สมองของเด็ก อาการนั้นสามารถแสดงออกหลายรูปแบบ เช่น เบนโบ หูหนวก ตาเหล่ กล้ามเนื้ออ่อนแอ ผิวหนังแห้ง รูปร่างสันเตี้ย เนื่องจากการเจริญของกระดูกชะงัก นอกจากนี้การพัฒนาของจิตใจหยุดชะงักด้วยมีอาการเดินกระตุก หรือเกร็ง หรือความผิดปกติทางระบบสืบพันธุ์ ถ้าทำการแก้ไขในระยะแรก แก่ทารกการเจริญเติบโตของร่างกายก็จะดีขึ้น การพัฒนาทางจิตใจก็ดำเนินไปได้บาง แต่วาประสาทสมองส่วนกลางที่ถูกทำลายไปนั้นจะไม่สามารถทำกลับให้ดีอย่างเดิมได้ จึงส่งผลให้เกิดอาการปัญญาอ่อนได้ ในผู้ใหญ่ที่ขาดไอโอดีน ต่อมไทรอยด์จะโตขึ้นอย่างมากจนเห็นได้ชัดที่บริเวณลำคอ เรียกว่า โรคคอพอก (Simple goiter) ทั้งนี้เมื่อร่างกายได้รับไอโอดีนในปริมาณที่ไม่เพียงพอต่อความต้องการสร้างฮอร์โมนไม่ได้ เซลล์ของต่อมไทรอยด์จะเพิ่มจำนวนและขยายตัวใหญ่ขึ้นเพื่อทำงานชดเชยกับการขาดไอโอดีน แต่จะไม่เป็นผลเนื่องจากขาดไอโอดีนซึ่งเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของฮอร์โมนไทรอกซิน ในคนที่ต่อมไทรอยด์มีขนาดใหญ่มาต่อมไทรอยด์จะไปกดหลอดลมทำให้ ไอ สำลัก หายใจลำบาก ถ้ากดหลอดอาหารจะทำให้กลืนอาหารลำบาก โรคคอพอกที่เกิดจากการขาดไอโอดีนมักปรากฏชัดในวัยหนุ่มสาวหรือหญิงมีครรภ์เพราะความต้องการของร่างกายมีมากในช่วงนี้ ซึ่งถ้าได้รับไอโอดีนไม่เพียงพอจะแสดงอาการออกมาได้ นอกจากนี้การได้รับสารไอโอดีนในปริมาณที่ไม่เพียงพอยังมีผลทำให้เกิดภาวะไทรอยด์ฮอร์โมนต่ำ (Hypothyroidism) ซึ่งเป็นภาวะที่ในร่างกายมีไทรอยด์ฮอร์โมนไม่เพียงพอต่อความต้องการของร่างกาย จะมีผลทำให้กระบวนการเมตาบอลิซึมช้าผิดปกติหรือเรียกว่า มิกเซดีมา (Myxedema) มีผลทำให้ความคิดเฉื่อยชา ง่วงเหงาหาวนอน อ่อนเพลีย กินน้อยแต่น้ำหนักเพิ่ม ผิวหนังแห้ง ผอมรว ซึ่งอาการเหล่านี้จะค่อยเป็นค่อยไปอย่างช้า ๆ และจะมีอาการเซื่องซาวทางตามพัฒนาทางเขาวปัญญาอีกด้วย และถ้าพบในเด็กแรกเกิดจะมีอาการทั้งทางสมองและร่างกายโดยจะไม่เจริญและพัฒนาตามปกติ

#### 4. ผลของการได้รับไอโอดีนในปริมาณที่มากเกินไป

การที่ร่างกายได้รับไอโอดีนมากเกินไปอาจทำให้ต่อมไทรอยด์บวมโต อย่างไรก็ตามไอโอดีนที่เตรียมมอยู่ในรูปของยาต้องระวังในการบริโภคเพราะว่าถ้าได้รับในปริมาณมากเกินไป เช่น ในกรณีที่ใช้ยาเสริมแร่ธาตุเป็นจำนวนมากในระยะจับปล้นอาจจะเป็นอันตรายได้ (คู่มือโภชนาการ, 2547, สื่อออนไลน์; วินัส สัพทกุล, สุภาณี พุทธเดชาคุ้ม และถนอมขวัญ ทวีบุรณ, 2545; สิริพันธุ์ จุลกรังคะ, 2545; เสาวนีย์ จักรพิทักษ์, 2544)

## สถานการณ์การขาดสารไอโอดีนในประเทศไทย

ในประเทศไทยกระทรวงสาธารณสุขมีนโยบายที่จะให้มีการผลิตเกลือเสริมไอโอดีนจำหน่ายและกระจายทั่วประเทศ โดยที่ในเกลือเสริมไอโอดีนต้องมีปริมาณไอโอดีนอย่างน้อย 30 พีพีएम ซึ่งหมายถึง ในเกลือล้านส่วนจะมีปริมาณไอโอดีนอยู่ 30 ส่วน และถ้าแปรผลในรูปของน้ำหนัก หมายถึง ในเกลือหนัก 1 กรัม จะมีปริมาณไอโอดีนอยู่ 30 ไมโครกรัม ดังนั้นถ้าใน 1 วันมีการรับประทานเกลือเสริมไอโอดีนปริมาณ 2 กรัม โดยเฉลี่ยจะได้รับสารไอโอดีนวันละ 60 ไมโครกรัม ซึ่งพอเพียงที่จะป้องกันการเกิดโรคจากการขาดไอโอดีน หรือโรคคอพอกได้แล้ว แต่อย่างไรก็ตามเกลือเสริมไอโอดีนในประเทศไทยมีระดับของไอโอดีนค่อนข้างหลากหลายตั้งแต่ระดับ 10–200 พีพีเอ็ม หรืออาจจะเกินมากกว่านี้ แต่พบว่าในเกลือเสริมไอโอดีนสารไอโอดีนจะมีการเสื่อมสภาพได้ง่ายเมื่อถูกความร้อน แสง หรือได้รับความชื้น มีผลทำให้คุณภาพของเกลือเสริมไอโอดีนลดลง

1. การศึกษาความคงตัวของเกลือเสริมไอโอดีน (กองโภชนาการ กรมอนามัย, 2540, สืบออนไลน์)

1.1 เก็บรักษาเกลือที่อุณหภูมิปกติ ทั้งที่เปิดถุงและปิดถุงบรรจุ ภายใน 10 เดือน ไอโอดีนในเกลือเสริมไอโอดีนไม่ลดลง

1.2 เก็บรักษาเกลือในถุงที่ปิดสนิท วางในอุณหภูมิปกติและในที่ร้อน (อุณหภูมิ 50–60 องศาเซลเซียส) ภายใน 10 เดือน ไอโอดีนในเกลือเสริมไอโอดีนไม่ลดลง

1.3 เก็บรักษาเกลือในภาชนะเปิดในที่ร้อน (อุณหภูมิ 50–60 องศาเซลเซียส) ไอโอดีนลดลงอย่างชัดเจน โดยเหลือร้อยละ 74 ในเดือนที่ 2 และเหลือร้อยละ 69 ในเดือนที่ 10

2. สถานการณ์ของโรคขาดสารไอโอดีนในประเทศไทย (วรวิณี เจริญศิริ, 2554)

2.1 กรมอนามัยจัดตั้งระบบการเฝ้าระวังโรคขาดสารไอโอดีนตั้งแต่ปี พ.ศ. 2532 โดยใช้อัตราคอพอกในนักเรียนประถมศึกษาเป็นดัชนีชี้วัด

2.2 กลยุทธ์ที่ใช้ในการควบคุมป้องกันโรคขาดสารไอโอดีนนั้นได้มีประกาศกระทรวงสาธารณสุขที่ 153/2537 กำหนดให้เกลือบริโภคทุกชนิด ต้องมีธาตุไอโอดีนอย่างน้อย 30 พีพีเอ็ม รณรงค์และส่งเสริมให้ประชาชนบริโภคเกลือไอโอดีนทุกครัวเรือน ทุกวัน และตลอดไป เพื่อควบคุมและป้องกันโรคขาดสารไอโอดีนเกลือเสริมไอโอดีน 5 กรัม (30–50 พีพีเอ็ม) มีไอโอดีน 150–250 ไมโครกรัม ซึ่งโดยปกติคนเราจะบริโภคเกลือประมาณวันละ 5 กรัม หรือ 1 ช้อนชา เนื่องจากถ้าใช้เกลือเสริมไอโอดีนที่ได้มาตรฐานจะได้ไอโอดีนเพียงพอต่อความต้องการของร่างกายในแต่ละวัน

2.3 ส่งเสริมให้ประชาชนในพื้นที่ที่มีอัตราคอกพอกสูงตึ่มน้ำเสริมไอโอดีน โดยเริ่มในโรงเรียนก่อนแล้วขยายไปยังครัวเรือน การตึ่มน้ำเสริมไอโอดีนนี้ จะได้รับสารไอโอดีน 200 ไมโครกรัม/น้ำ 1 ลิตร พบว่าจะเท่ากับความต้องการสารไอโอดีนแต่ละวันต่อใน 1 คน การเสริมไอโอดีนในน้ำตึ่มเป็นมาตรการเสริมเพื่อใช้ในพื้นที่ที่มีปัญหามากกว่าร้อยละ 5 โดยใช้สารละลายโพแทสเซียมไอโอเดต หยดในน้ำตึ่มของโรงเรียน หรือครัวเรือน ของพื้นที่ที่มีปัญหาโรคขาดสารไอโอดีนเมื่อตึ่มน้ำวันละ 1 ลิตร จะได้รับสารไอโอดีนประมาณ 150-200 ไมโครกรัม

2.4 น้ำปลาเสริมไอโอดีน ใช้ในพื้นที่ที่มีการบริโภคน้ำปลามากกว่าเกลือ โดยเติมสารละลายไอโอดีนเข้มข้น 6 หยด ลงในน้ำปลา 1 ขวด ซึ่งบรรจุ 750 มิลลิลิตร หากกินน้ำปลาวันละ 25 มิลลิลิตร/คน ก็จะได้ธาตุไอโอดีน 200 ไมโครกรัม ซึ่งเพียงพอับความต้องการ แต่ในระดับโรงงานจะทำได้โดยเติมสารละลายโพแทสเซียมไอโอเดต ก่อนการบรรจุขวด ให้มีระดับความเข้มข้น 4 พีพีเอ็ม บริษัทผลิตซีอิ๊วขาวบางราย ได้เสริมไอโอดีนในปริมาณ 10-20 พีพีเอ็ม ขณะนี้บะหมี่กึ่งสำเร็จรูปทุกยี่ห้อ ได้เติมสารไอโอดีนในซองเครื่องปรุงรสที่บรรจุไว้ในซองของบะหมี่ โดยเติมในปริมาณ 50 ไมโครกรัม

2.5 ยาเม็ดไอโอดีน เป็นมาตรการพิเศษใช้ในพื้นที่ห่างไกล และมีอัตราคอกพอกสูง การใช้เกลือและน้ำตึ่มเป็นไปไม่ได้ดีเท่าที่ควร การใช้ยาเม็ดไอโอดีนต้องระวังเพราะมีไอโอดีนอยู่ในระดับสูงถึง 200 มิลลิกรัม/แคปซูล ใช้ 1 แคปซูล ทุกกระยะ 6 เดือน กลุ่มเป้าหมายที่ให้ คือ หญิงวัยเจริญพันธุ์ หญิงมีครรภ์ และเด็กวัยเรียน

### ผลของธาตุไอโอดีนต่อการเจริญเติบโตของพืช

มีรายงานว่าไอโอดีนทำให้สีเขียวของพืชเข้มข้น และจะพบว่าที่ส่วนยอดอ่อน ใบอ่อนของพืชมีปริมาณไอโอดีนสูงสุด นอกจากนี้ไอโอดีนมีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช กล่าวคือ ปริมาณไอโอดีน 0.01 พีพีเอ็ม จะช่วยให้ต้นพืชที่มีอายุน้อยมีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วแต่ถ้าปริมาณไอโอดีนสูงถึง 1 พีพีเอ็ม จะมีผลทำให้การเจริญเติบโตของพืชหยุดชะงัก ซึ่งแหล่งของไอโอดีนที่สำคัญของพืชก็ คือ ดิน (Webmaster, 1999, Online) และยังพบว่าธาตุไอโอดีนจะช่วยทำให้พืชมีใบเขียวสด แต่ถ้าพืชดูดซึมเข้าสู่ต้นมากเกินไป ก็จะไปชะงักการเจริญเติบโตของพืชได้ในสารละลายธาตุอาหารพืช ไม่ควรมีธาตุไอโอดีนเข้มข้นมากเกินไปกว่า 0.5 พีพีเอ็ม แต่จะมีความจำเป็นต่อการพัฒนาการเจริญเติบโตของราก โดยเฉพาะการเพาะเลี้ยงแคลลัส ในส่วนของการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช (ฝ่ายปฏิบัติการวิจัยและเรือนปลูกพืชทดลอง, 2554, สื่อบนไลน์) ในมะเขือเทศที่ปลูกในดิน Lehr, Wybenga and Rosanow (1958) พบว่าการให้ธาตุไอโอดีนแก่พืชจะมีผลทำให้จำนวนผล และน้ำหนักผลของมะเขือเทศเพิ่มมากขึ้น ส่วนผลของธาตุไอโอดีนต่อ

การเจริญเติบโตของข้าวนั้น Mackowiak and Grossl (1999) ได้ทำการศึกษาการเสริมไอโอดีนในรูปของไอโอดัด และไอโอดेत จากสารโพแทสเซียมไอโอดัด และสารโพแทสเซียมไอโอดेतที่ระดับความเข้มข้น 0, 1, 10 และ 100 ไมโครโมลาร์ พบว่าการเสริมไอโอดेतที่ระดับความเข้มข้น 1 และ 10 ไมโครโมลาร์ จะไม่มีผลต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตของข้าว ส่วนที่ระดับความเข้มข้น 100 ไมโครโมลาร์ นั้นมีผลเพียงเล็กน้อย ในขณะที่การเติมไอโอดัดระดับความเข้มข้น 10 และ 100 ไมโครโมลาร์ ส่งผลให้การเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวลดลงอย่างมาก และพบว่ามีสารสะสมไอโอดีนในส่วนของราก ลำต้น และใบ มากกว่าในส่วนของเมล็ด อาจจะเป็นเนื่องจากไอโอดัดเคลื่อนย้ายในต้นพืชผ่านทาง xylem เป็นส่วนใหญ่และจะผ่านทาง phloem น้อยมาก ดังนั้นในเมล็ดจึงพบปริมาณไอโอดีนน้อย (Herrett, 1962)

### การปลูกพืชด้วยระบบไฮโดรโพนิกส์

ไฮโดรโพนิกส์ (Hydroponics) เป็นระบบการปลูกพืชที่ไม่ใช้วัสดุปลูกแต่จะปลูกพืชลงในสารละลายธาตุอาหารพืชโดยให้รากพืชสัมผัสกับสารอาหารโดยตรง เพื่อเป็นการลดข้อจำกัดและปัญหาต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับดิน หรือพื้นที่การปลูก โดยการสร้าง และควบคุมสภาวะแวดล้อมให้เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของพืชที่ปลูก ซึ่งคำว่า “Hydroponics” มาจากการรวมคำในภาษากรีกสองคำ คือคำว่า “Hydro” หมายถึง “น้ำ” และ “Ponos” หมายถึง “งาน” ซึ่งเมื่อรวมกันแล้วความหมายคือ “Water-working” หมายถึง “การทำงานของน้ำ” หรือ การทำงานของน้ำที่มีสารละลายธาตุผ่านรากพืช เพื่อให้พืชได้รับสารอาหาร หรือสารละลายธาตุอาหารพืชที่พืชต้องการจากทางรากพืช (ดิเรก ทองอร่าม, 2547) โดยที่การปลูกพืชด้วยระบบไฮโดรโพนิกส์นี้จะต้องควบคุมอุณหภูมิของสารละลายธาตุอาหารพืชให้เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของพืช และเป็นการปลูกพืชที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมสภาวะแวดล้อมให้เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของพืช และจากข้อสงสัยที่ว่า การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินเป็นการปลูกพืชแบบธรรมชาติหรือไม่นั้น เนื่องจากปุ๋ยอินทรีย์นั้นเริ่มแรกพืชยังไม่สามารถใช้ประโยชน์ได้ทันทีที่ต้องผ่านการย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ในดินก่อนจนกลายเป็นสารอนินทรีย์ที่เป็นเกลือแร่และแตกตัวเป็นไอออน โดยพืชที่ปลูกบนดินนั้นอาจจะมีขั้นตอนในการดูดซับไอออน โดยอนุภาคของดินแล้วก็ปล่อยไอออนของธาตุอาหารให้แก่รากพืช แต่ในระบบไฮโดรโพนิกส์นั้นรากพืชจะมีการดูดซับไอออนได้โดยตรง การแลกเปลี่ยนไอออนระหว่างรากพืชกับสารละลายเพื่อนำเอาไอออนของธาตุอาหารเข้าสู่พืชเกิดขึ้นเหมือนกันทั้งในกรณีของสารละลายของดินและสารละลายธาตุอาหาร

เมื่อพิจารณาทางสรีรวิทยาเนื่องจากสารละลายธาตุอาหารเป็นสารละลายที่เตรียมขึ้นจากปุ๋ยอินทรีย์ที่ค่อนข้างบริสุทธิ์ที่มีส่วนประกอบคล้ายกับสารละลายในดิน และเป็นไปตาม

ความต้องการของพืชมากกว่าที่ได้จากดิน และการดูดธาตุอาหารของรากและน้ำไม่ว่าจะเป็นจากดินหรือจากระบบไฮโดรโพนิคส์ก็จะมีลักษณะและการนำไปใช้ประโยชน์ของพืชที่เหมือนกัน จึงสรุปได้ว่าการปลูกพืชด้วยระบบไฮโดรโพนิคส์เป็นวิธีการปลูกแบบธรรมชาติเหมือนการปลูกในดิน แต่จะเป็นการปลูกที่ใช้เทคโนโลยีและการจัดการที่ดีกว่า ทำให้ศักยภาพในการผลิตดีกว่า และยังพบว่าพืชที่ปลูกในระบบไฮโดรโพนิคส์ เช่น มะเขือเทศและพริกหวานมีวิตามินต่าง ๆ เช่น ไทอะมีน (Thiamine) ไรโบฟลาวิน (Riboflavin) ไนอะซิน (Niacin) ไพริดอกซิน (Pyridoxine) วิตามินซี และวิตามินอีสูงกว่าพืชที่ปลูกในดิน ในบางกรณีสูงกว่าเกือบ 50 % และแร่ธาตุที่เป็นประโยชน์ก็สูงกว่าด้วย (ดิเรก ทองอร่าม, 2547)

#### 1. ความแตกต่างระหว่างการปลูกพืชบนดินกับการปลูกพืชด้วยระบบไฮโดรโพนิคส์

การปลูกพืชบนดินโดยทั่วไปถึงแม้ในดินจะมีธาตุอาหารที่พืชต้องการแต่ก็มักจะมีข้อเสีย คือ ดินขาดความอุดมสมบูรณ์ตามที่พืชต้องการ มีคุณสมบัติที่ไม่แน่นอนแตกต่างกันไปตามสภาพพื้นที่ เช่น โครงสร้างของดิน ปริมาณธาตุอาหาร หรือความอุดมสมบูรณ์ ระดับ pH ไม่เหมาะสม ทำให้ยุ่งยากต่อการปรับปรุงคุณภาพ ปัญหาเหล่านี้ทำให้ได้ผลผลิตที่ไม่แน่นอน ส่วนการปลูกพืชด้วยระบบไฮโดรโพนิคส์นั้น พืชจะได้รับสารละลายที่มีธาตุอาหาร เรียกว่า “สารละลายธาตุอาหารพืช” ซึ่งจะประกอบไปด้วยธาตุอาหารที่จำเป็นต่อพืช และอยู่ในรูปที่พืชสามารถนำไปใช้ได้ทันทีเพราะมีการปรับค่า EC (Electrical Conductivity) และ pH ให้อยู่ในระดับที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืชอยู่ตลอดเวลา

#### ตาราง 2 แสดงข้อดีข้อเสียของการปลูกพืชด้วยระบบไฮโดรโพนิคส์

ข้อดี	ข้อเสีย
1. สามารถปลูกพืชได้ทั้งปีเป็นการเพิ่มมูลค่าของผลผลิตให้สูงขึ้นกว่าแบบเก่า 50-100% และยังสามารถออกแบบให้ประหยัดพื้นที่การปลูกได้ด้วย	1. ข้อเสียในเรื่องของเทคโนโลยีต่างประเทศที่ราคาค่อนข้างสูง ตอนนี้อาจใช้ภูมิปัญญาชาวบ้านดัดแปลงได้ ซึ่งผลผลิตที่ได้ก็ไม่ได้แตกต่างกัน
2. ดูแลได้ทั่วถึงเนื่องจากเป็นระบบที่ง่ายต่อการควบคุมและป้องกันโรคและแมลง ไม่ใช้สารเคมีกำจัดแมลง 100% และไม่มีปัญหาในการกำจัดวัชพืชในพื้นที่ปลูก	2. ความหลากหลายของพืชที่ปลูกไร้ดิน ในระยะแรกจะปลูกเฉพาะผักต่างประเทศเป็นส่วนใหญ่ แต่ในปัจจุบันนี้สามารถปลูกได้ทั้งผักไทย ผักจีน และผักต่างประเทศ

## ตาราง 2 (ต่อ)

ข้อดี	ข้อเสีย
3. ประหยัดน้ำและปุ๋ยเพราะสามารถควบคุมได้ตามที่พืชต้องการ	3. ผู้ปลูกต้องมีความรู้อย่างแท้จริงต่อการปลูกพืชไร้ดิน ซึ่งในปัจจุบันได้มีเอกสารแนะนำ และสามารถขอข้อมูลได้จากสำนักงานเกษตรในทุกพื้นที่
4. ไม่ต้องไถพรวน สามารถลดการทำลายหรือชะล้างหน้าดิน	4. เรื่องของตลาดนั้นในปัจจุบันไม่ถือเป็นปัญหาอีกต่อไป เพราะผู้บริโภคหันมาใส่ใจสุขภาพกันมากขึ้น ซึ่งถือว่าเป็นแนวโน้มที่ดีต่อเกษตรกรที่สนใจทำธุรกิจการปลูกพืชไร้ดินมากขึ้น
5. มีผลผลิตสม่ำเสมอ และอายุเก็บเกี่ยวเร็วขึ้น เนื่องจากพืชสามารถนำธาตุอาหารไปใช้ได้ อย่างสม่ำเสมอ	
6. ผลผลิตที่ได้มีความสะอาด สด คุณภาพดี และที่สำคัญคือ ปลอดภัยจากพิษ	
7. สามารถพัฒนาการปลูกไปในเชิงพาณิชย์ได้	

## 2. ความปลอดภัยในการบริโภค

การปลูกพืชในระบบไฮโดรโปนิกส์ เป็นการนำสารละลายธาตุอาหารมาละลายโดยใช้ธาตุอาหารที่เหมาะสมต่อความต้องการของพืชเช่นเดียวกับการปลูกพืชในดิน แต่ต่างกันตรงที่พืชที่ปลูกในดินจะต้องอาศัยจุลินทรีย์มาเปลี่ยนเป็นรูปของธาตุอาหารซึ่งบางครั้งหากในดินมีธาตุโลหะหนัก เช่น ดีบุก ตะกั่ว แคดเมียม ซึ่งเป็นพิษต่อผู้บริโภค จุลินทรีย์ก็เปลี่ยนให้พืชสามารถดูดธาตุที่เป็นพิษเข้าไปได้ แต่ในขณะที่การปลูกพืชไร้ดินเราสามารถควบคุมธาตุที่มีความจำเป็นเฉพาะการเจริญเติบโตของพืชและความปลอดภัยต่อผู้บริโภคเท่านั้น

## 3. ระบบการปลูกพืชแบบไฮโดรโปนิกส์

การปลูกพืชแบบไฮโดรโปนิกส์ในภาคเอกชนเริ่มเป็นที่รู้จักแพร่หลายมากขึ้นเมื่อ บริษัท แอ็กเซนไฮโดรโปนิกส์ ประเทศไทย จำกัด ไดก่อก่อตั้งขึ้น และได้เริ่มนำเอาเทคโนโลยีในการปลูกพืชแบบไฮโดรโปนิกส์จากประเทศออสเตรเลีย หรือที่เรียกกันวาระบบ Nutrient Film Technique หรือระบบ NFT มาสาธิตการปลูกผักสลัดสายพันธุ์ต่างประเทศพร้อมทั้งจัดจำหน่ายระบบการปลูกแบบ NFT นี้จนเป็นที่แพร่หลายมากขึ้นและมีฟาร์มปลูกผักสลัดด้วยระบบ NFT เกิดขึ้นพร้อมทั้งมีบริษัทเอกชนอื่นจำหน่ายระบบการปลูกพืชแบบ NFT นี้เพิ่มขึ้นอีกหลายบริษัท นอกจากระบบ NFT แล้วยังมี บริษัท ศูนย์เกษตรกรรมบางไทร ที่ได้พัฒนาและต่อยอดระบบการปลูกแบบ Dynamic Root Floating Technique (DRFT) ที่ไต้หวันจำหน่ายมาดัดแปลงเป็นรูปแบบ

ของตนเองและทำเป็นต้นแบบให้อีกหลายบริษัทได้นำไปพัฒนาตะปลูกแบบ DRFT นี้ต่อไปอีกจนแพร่หลายใช้ในการปลูกผักจีนกินใบหลายชนิดในประเทศไทยในขณะนี้

#### 4. ธาตุอาหารและสารละลายธาตุอาหาร

การปลูกพืชไม่ใช้ดินมีปัจจัยหลักที่สำคัญซึ่งทำให้พืชเจริญเติบโตได้ คือ ธาตุอาหารที่เป็นวัตถุดิบหลักในการทำให้ต้นพืชเจริญเติบโต ซึ่งในกระบวนการสร้างสารอาหารของพืช โดยกระบวนการสังเคราะห์แสงนั้นวัตถุดิบที่ใช้ คือ คาร์บอนไดออกไซด์ และน้ำ เมื่อพืชได้รับแสงบนคลอโรฟิลล์ได้สารคาร์โบไฮเดรต และออกซิเจน ซึ่งส่วนของคลอโรฟิลล์ในพืชจะมีธาตุอื่น ๆ เป็นองค์ประกอบ เช่น ธาตุไนโตรเจน และแมกนีเซียม ซึ่งเราสามารถจำแนกธาตุอาหารตามปริมาณความต้องการของต้นพืชในปริมาณที่ต่างกัน หากให้ในปริมาณที่ไม่เหมาะสมกันก็จะทำให้พืชเจริญเติบโตไม่เป็นปรกติ

โดยทั่วไปแล้วไปในระบบไฮโดรโปนิคส์ความเข้มข้นของสารละลาย จะวัดเป็นค่า EC (Electrical Conductivity) หน่วยเป็น mS/cm ซึ่งค่าจะอยู่ในช่วง 1–4 mS/cm การตอบสนองของผลผลิตต่อค่า EC คือ เมื่อค่า EC ต่ำ ผลผลิตก็จะต่ำด้วย และเมื่อเพิ่มค่า EC ถึงระดับหนึ่งจะได้ค่าผลผลิตสูงสุด และเมื่อเพิ่มค่า EC ต่อไป ผลผลิตจะไม่เพิ่ม หลังจากนั้นถ้าเพิ่มค่า EC ไปอีกผลผลิตก็จะลดลง ค่า EC ในที่นี้ คือ ค่า EC บริเวณรากของพืช ซึ่งอาจจะแตกต่างจาก ค่า EC ของสารละลายที่เตรียม เมื่อค่า EC ต่ำ (< 1.0 mS/cm) จะทำให้ผลผลิตที่ได้ อ่อนนุ่ม ซึ่งจะดีในการปลูกผักสลัด แต่ในมะเขือเทศและพืชผักชนิดอื่นที่เก็บผลสด คุณภาพของผลจะไม่ดีเนื่องจากผลอ่อนนุ่มเกินไป และรสชาติจะไม่ดีด้วย ส่วนอายุหลังการเก็บเกี่ยวทั้งผักและไม้ดอกไม้ประดับจะสั้น และเมื่อเพิ่มค่า EC ให้สูงขึ้น จะมีผลทำให้พืชมีความแข็งแรงมากขึ้น และมีการเจริญเติบโตเร็วขึ้น เพิ่มน้ำหนักใบ ผลและดอก ทำให้คุณภาพผลผลิตดีขึ้น เช่น มะเขือเทศจะมีปริมาณน้ำตาลเพิ่มขึ้น ปริมาณธาตุอาหาร และกรดในผลเพิ่มขึ้น อายุหลังเก็บเกี่ยวนานขึ้น แต่อย่างไรก็ตามการควบคุมให้ค่า EC สูง จะยากกว่าการปลูกใน EC ต่ำ เนื่องจากในมะเขือเทศอาจเกิดอาการผลเน่าที่ปลาย (Blossom-end rot) ส่วนในผักสลัดอาจทำให้เกิดอาการยอดไหม้ (Tip burn) ได้ (อิทธิสุนทร นันทกิจ, 2554, สื่อบอนไลน์)

นอกจากนี้การให้ธาตุอาหารต้องให้สอดคล้องกับสภาพแวดล้อมและความสมดุลของธาตุอาหาร คือ ถ้าให้อย่างหนึ่งมากเกินไปหรือพืชก็ไม่สามารถนำไปใช้ในการเจริญเติบโตถ้าให้ไนโตรเจนน้อย การเจริญเติบโตของพืชเปรียบเสมือนน้ำในถังซึ่งมีการไหลออก ก็หมายถึงต้นพืชไม่เจริญเติบโต จึงจำเป็นต้องเพิ่มไนโตรเจน และถ้าเพิ่มมากเกินไปแต่โพแทสเซียมซึ่งมีอยู่ต่ำ การเจริญเติบโตก็ยังไม่เต็มที่จึงจำเป็นต้องเพิ่มขึ้น ดังนั้นการปลูกจะต้องมีการให้ธาตุอาหาร

และปัจจัยสถานะแวดล้อมให้เหมาะสม และสมดุลกัน พืชก็จะสามารถเจริญเติบโตได้ดีขึ้นซึ่งความจำเป็นของธาตุอาหารต่อต้นพืชมีดังนี้

4.1 ธาตุคาร์บอน (C) เมื่อพืชได้รับธาตุคาร์บอนในรูปของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์จากบรรยากาศที่เข้มข้น แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์จะเข้าสู่พืชได้ทางปากใบ เพื่อทำปฏิกิริยาสังเคราะห์ด้วยแสงกับโมเลกุลของน้ำภายในของคลอโรพลาสต์ได้สารคาร์โบไฮเดรต ซึ่งเป็นแหล่งพลังงานของพืชธาตุคาร์บอน เป็นองค์ประกอบของพืชร้อยละ 40 ดังนั้น จึงเป็นองค์ประกอบหลักในโครงสร้างของพืช มีความจำเป็นในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงแต่พืชก็ไม่ขาดแคลน ทั้งนี้เพราะปัจจุบันในบรรยากาศนั้นมีคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้นจากการเผาไหม้ของวัสดุ เชื้อเพลิงที่ใช้กับยานพาหนะ โรงงานผลิตกระแสไฟฟ้า และโรงงานอุตสาหกรรมต่าง ๆ อย่างมากมาย

4.2 ธาตุออกซิเจน (O) ปริมาณธาตุออกซิเจนในพืชโดยเฉลี่ยมีประมาณร้อยละ 40 พืชจะได้รับธาตุออกซิเจนที่มีอยู่มากมายในชั้นของบรรยากาศและในรูปของแก๊สออกซิเจน ที่ละลายในน้ำ หรืออาจได้จากการสังเคราะห์ด้วยแสงของต้นพืช

พืชมีความต้องการใช้แก๊สออกซิเจนในกระบวนการหายใจ โดยจะดูดซึมเอาแก๊สออกซิเจนส่วนใหญ่ทางปากใบ และบางส่วนทางช่องเลินดิเซล ซึ่งจะอยู่ตามผิวของลำต้นและกิ่ง พืชใช้แก๊สออกซิเจนโดยออกซิโดซ์สารพวกน้ำตาลให้มีขนาดโมเลกุลเล็กกลง และพลังงานที่ได้นำมาใช้ในเซลล์ของพืชทำให้พืชมีชีวิตและเจริญเติบโตได้เป็นอย่างดี

รากพืชต้องการแก๊สออกซิเจนเพื่อใช้ออกซิโดซ์สารในเซลล์ที่มีชีวิตให้เป็นพลังงานไว้ใช้สำหรับการดูดซึมของธาตุอาหารและการดำเนินกิจกรรมของเซลล์ ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่จะต้องให้แก๊สออกซิเจนแก่รากพืชที่จุ่มอยู่ในน้ำให้เพียงพอ

4.3 ธาตุไฮโดรเจน (H) มีความจำเป็นในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืชเป็นองค์ประกอบของคาร์โบไฮเดรต ซึ่งพืชสามารถได้รับจากน้ำเป็นส่วนใหญ่ หรืออาจได้จากชั้นของบรรยากาศ

4.4 ธาตุไนโตรเจน (N) ธาตุไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบของสารอินทรีย์ โดยเป็นส่วนประกอบโครงสร้างของพืช เช่น คลอโรฟิลล์ กรดอะมิโน และองค์ประกอบของโปรตีน ซึ่งเกี่ยวข้องกับกระบวนการเจริญเติบโตของพืชอย่างมาก ถ้าขาดธาตุไนโตรเจนก็จะทำให้ต้นพืชแคระแกรนใบเล็กเรียวยาว ใบแก่จะมีสีเหลืองซีด แหล่งของไนโตรเจนสามารถได้จากการตรึงในบรรยากาศหรือจากการย่อยสลายสารอินทรีย์ซากพืช ซากสัตว์ที่ตายแล้ว ถ้าไนโตรเจนสูงมาก จะทำให้ต้นพืชมีการขยายเซลล์กว้าง ต้นอวบเป็นผลให้เชื้อโรคเข้าทำลายง่ายและพืชจะมีการสร้างใบมาก จนทำให้ไม่มีการสะสมอาหารเพื่อให้ผลผลิต โดยพบว่าประมาณร้อยละ 20

ของธาตุไนโตรเจนในพืชเป็นโครงสร้างโปรตีนที่ต่อกันด้วยโมเลกุลของกรดอะมิโน ได้จากสารคาร์โบไฮเดรตที่ถูกออกซิไดซ์มาเป็นกรดอินทรีย์ เมื่อทำปฏิกิริยากับแอมโมเนียมไอออนในเซลล์พืชได้เป็นกรดอะมิโน กรดอะมิโนที่ได้ก็จะถูกลำเลียงส่งไปใช้สังเคราะห์โปรตีนที่ไรโบโซมหากขาดธาตุจะทำให้พืชสะสมแป้งหรือน้ำตาลมากกว่าปกติ ซึ่งจะเป็นสาเหตุของการสร้างสารเซลลูโลสเพิ่มมากขึ้น ในเซลล์ทำให้เนื้อเยื่อพืชแข็งกระด้าง ถ้าเป็นพืชผักจะทำให้เหนียว แข็ง และไม่รับประทานหรือจำหน่ายผลผลิตไม่ได้ราคา

ในทางตรงกันข้ามถ้าต้นพืชมีปริมาณธาตุไนโตรเจนมากเกินไป แต่ต้นพืชสร้างสารคาร์โบไฮเดรตไม่ทันเพราะเกิดการขาดน้ำ หรือมีแสงไม่เพียงพอต้นพืชก็จะใช้ธาตุไนโตรเจนที่ดูดซึมเข้าไปสร้างสารอินทรีย์พวกเอมีน ซึ่งเป็นพวกโมเลกุลขนาดเล็กจำนวนมาก จะทำให้พืชบอบบางอ่อนแอ เมื่อถูกลมพัดจะล้มหรือหักง่าย และโรคแมลงเข้าทำลายได้ง่าย และทำให้เกิดความเสียหายเป็นอย่างมาก

ซึ่งจะเห็นได้ว่าการที่จะเน้นความสำคัญของธาตุอาหารที่ธาตุใดธาตุหนึ่งนั้นไม่ได้เลย พืชจำเป็นต้องมีธาตุไนโตรเจนในสัดส่วนที่พอเหมาะเท่ากับธาตุคาร์บอน เมื่อพืชได้รับธาตุไนโตรเจนซึ่งอยู่ในรูปของเกลือไนเตรต เกลือไนไตรต์ และแอมโมเนียที่ละลายอยู่ในน้ำหรือจากแก๊สไนโตรเจนในบรรยากาศเมื่อเกิดฟ้าแลบฟ้าร้อง แก๊สไนโตรเจนจะถูกออกซิไดซ์กลายเป็นเกลือที่ละลายน้ำและเป็นประโยชน์ต่อต้นพืช อย่างไรก็ตามพืชตระกูลถั่วที่ปลูกอยู่ในสภาพไร้ดินและเกิดการขาดธาตุอาหารไนโตรเจนก็จะยังสามารถสร้างปมที่รากพืชเพื่อตรึงแก๊สไนโตรเจนจากบรรยากาศมาใช้ในการสังเคราะห์กรดอะมิโนและสร้างสารโปรตีนได้ตามธรรมชาติ

4.5 ธาตุโพแทสเซียม (K) มีส่วนเกี่ยวข้องกับกระบวนการในการเคลื่อนย้ายของธาตุอาหารและเป็นธาตุที่มีการเคลื่อนย้ายได้สะดวก เช่น การที่พืชขาดธาตุโพแทสเซียมทำให้ต้นพืชเล็ก บอบบางและหักล้มได้ง่าย ในการปลูกพืชไม่ใช้ดินจึงจำเป็นต้องให้ในปริมาณสูง

โพแทสเซียมเป็นธาตุอาหารที่จำเป็นของพืช พบมากในบริเวณต่าง ๆ ที่มีเนื้อเยื่อเจริญของพืช เช่น บริเวณปลายยอด ปลายราก ตาข้าง เป็นต้น โพแทสเซียมเป็นธาตุที่สามารถเคลื่อนย้ายได้สะดวกในพืช พืชแต่ละชนิดมีความต้องการในปริมาณที่แตกต่างกันออกไป พบว่าธาตุโพแทสเซียมไม่ได้เป็นส่วนประกอบของโครงสร้างของโมเลกุลเหมือนธาตุไนโตรเจนหรือแคลเซียม แต่ช่วยเอนไซม์กระตุ้นการทำปฏิกิริยาในเซลล์พืช เพื่อช่วยในปฏิกิริยาสังเคราะห์สารคาร์โบไฮเดรต โปรตีนและไขมันช่วยเร่งรากพืชให้ดูดซึมธาตุไนโตรเจนให้เร็วขึ้น

พืชที่ขาดธาตุโพแทสเซียมจะแสดงอาการต้นลีบ ใบลีบและบอบบางอย่างเห็นได้ชัดเจนเมื่อลมผ่านแรง ๆ จะล้มง่ายมีผลต่อปริมาณการเก็บเกี่ยวช่วงท้ายของฤดูปลูกพืช

ปริมาณธาตุโพแทสเซียมที่พอเหมาะในสารละลายธาตุอาหารปัจจัยแสงสว่างก็เป็นตัวกำหนดปริมาณการใช้ธาตุโพแทสเซียม ในช่วงฤดูที่มีแสงจ้าอย่างเช่นในฤดูร้อน ผู้ปลูกสามารถลดปริมาณความเข้มข้นของธาตุโพแทสเซียมในสารละลายลงได้ร้อยละ 60 ของที่ใช้อยู่ ถ้าเป็นช่วงฤดูฝนที่ท้องฟ้ามักจะมืดและมีแสงสว่างน้อย แสงแดดมีความเข้มข้นน้อยทำให้ปริมาณแสงมีไม่พอเพียงพอต่อกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง ซึ่งจะมีผลทำให้พืชผลิตสารคาร์โบไฮเดรตได้น้อย ทำให้การผลิตสารโปรตีนในพืชจึงน้อยตามไปด้วย เนื่องจากปริมาณธาตุโพแทสเซียมที่มีมากในสารละลายจะเป็นตัวช่วยกระตุ้นการสังเคราะห์สารคาร์โบไฮเดรตและการสังเคราะห์โปรตีนในภาวะที่ความเข้มข้นของแสงน้อย

4.6 ธาตุฟอสฟอรัส (P) ในรูปของเกลือฟอสเฟสจะละลายน้ำได้ ธาตุฟอสฟอรัสจึงเคลื่อนย้ายไปตามท่อน้ำในพืชและเคลื่อนย้ายระหว่างเซลล์ได้ นอกจากนี้จะดูดซึมธาตุฟอสฟอรัสทางรากในรูปของเกลือฟอสเฟสแล้ว รากพืชยังดูดซึมธาตุฟอสฟอรัสในรูปของกรดนิวคลีอิกได้อีกพืชใช้ธาตุฟอสฟอรัสในปริมาณที่น้อยกว่าธาตุไนโตรเจนและแคลเซียม

ธาตุฟอสฟอรัสเป็นองค์ประกอบของสารที่สำคัญหลายชนิดในเซลล์ของพืช ซึ่งสารเหล่านี้ เช่น กรดนิวคลีอิก อะดีโนซีนไตรฟอสเฟต อะดีโนซีนไดฟอสเฟต พอสไฟไลปิด และโปรตีนไนโพรโทพลาซึม ธาตุฟอสฟอรัสยังเป็นตัวช่วยในกระบวนการสลายให้เป็นน้ำตาล และกระบวนการสังเคราะห์แป้งจากน้ำตาล ธาตุฟอสฟอรัสยังเป็นส่วนประกอบของสารไฟติน ซึ่งจะช่วยกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ ในกระบวนการรีดิวซ์ไนเตรต ธาตุฟอสฟอรัสช่วยลดความเป็นกรดของน้ำในเซลล์พืชได้ด้วย

พืชที่ขาดธาตุฟอสฟอรัสมีผลให้เกิดการติดผลและเมล็ดของพืชน้อยลงใบพืชจะเขียวคล้ำกว่าปกติ ส่วนพืชที่เป็นไม้ผลที่ได้รับธาตุฟอสฟอรัสเพียงพอ จะทำให้ผลดีเพราะมีการเจริญเติบโตรวดเร็วกว่าปกติ และทำให้สุกเร็วกว่าต้นที่ได้รับธาตุฟอสฟอรัสไม่เพียงพอ ธาตุฟอสฟอรัส ช่วยสร้างรากได้ดีมาก โดยเฉพาะทำให้รากชนิดสะสมอาหารมีความแข็งแรงและสมบูรณ์ ทำให้ต้นพืชเจริญเติบโตเต็มที่ สัดส่วนของการให้ธาตุฟอสฟอรัสในรูปของสารละลายธาตุอาหารนั้นขึ้นอยู่กับปริมาณของธาตุไนโตรเจน ถ้าปริมาณของธาตุไนโตรเจนมีมากจะต้องเพิ่มปริมาณธาตุฟอสฟอรัสในสารละลายด้วย ทั้งนี้เพราะถ้าธาตุไนโตรเจนถูกดูดซึมเข้าสู่พืชมากเกินไป จะมีผลในการยับยั้งการดูดซึมธาตุฟอสฟอรัสอีกธาตุหนึ่ง คือ ธาตุเหล็ก ในสารละลายธาตุอาหารพืชจะต้องมีสัดส่วนของธาตุฟอสฟอรัสและธาตุเหล็กที่สมดุลกันด้วย เพราะถ้ามีธาตุฟอสฟอรัสมากเกินไปธาตุฟอสฟอรัสจะทำปฏิกิริยากับธาตุเหล็ก ทำให้ธาตุเหล็กเกิดการตกตะกอนในสารละลาย ทำให้พืชขาดธาตุเหล็กได้ หรือในทางตรงกันข้ามถ้าในสารละลายธาตุอาหารมีธาตุเหล็กมากเกินไป ก็จะทำให้ธาตุฟอสฟอรัสเกิดการตกตะกอนทำให้

พืชขาดธาตุฟอสฟอรัสได้เช่นกัน ดังนั้น สัดส่วนที่ถูกต้องระหว่างธาตุฟอสฟอรัสกับธาตุเหล็กในสารละลายธาตุอาหารของพืช จึงเป็นเรื่องที่สำคัญและจะต้องตรวจสอบให้ตีเสมอในระหว่างใช้กับพืชที่ปลูกอยู่

4.7 ธาตุแคลเซียม (Ca) เป็นส่วนประกอบของสารเชื่อมผนังเซลล์ของเซลล์ให้ติดกัน และยังเป็นปัจจัยร่วมของเอนไซม์ในปฏิกิริยาสังเคราะห์โปรตีน และปฏิกิริยาของเอนไซม์อีกหลายชนิดในเซลล์ที่มีชีวิต พืชที่ขาดธาตุแคลเซียมก็จะแสดงอาการลักษณะรากกุด รากมีการแตกแขนงน้อย ปริมาณรากน้อย ยอดดัดวน ข้อสั้น ใบเล็ก ทำให้แลดูต้นพืชแคระแกร็น และมีลักษณะไม่สมบูรณ์

ธาตุแคลเซียมจะมีหน้าที่ในสารละลายธาตุอาหารของพืช เช่น ช่วยเพิ่มอัตราการดูดซึมธาตุโพแทสเซียม ช่วยลดพิษของธาตุแมกนีเซียม ทำให้พืชดูดซึมธาตุแมกนีเซียมได้มากขึ้น และธาตุแมกนีเซียมไปใช้ประโยชน์ การสังเคราะห์สารคลอโรฟิลล์ ธาตุแคลเซียมเป็นปัจจัยร่วมของเอนไซม์หลายชนิดของพืช ดังนั้นสารละลายธาตุอาหารที่มีคุณภาพ จึงต้องมีสัดส่วนของปริมาณธาตุแคลเซียมต่อธาตุแมกนีเซียมที่มีความเหมาะสมต่อชนิดของพืชด้วย นอกจากนี้ยังพบว่าสัดส่วนของธาตุแคลเซียมต่อธาตุไนโตรเจนก็มีผลต่อลักษณะของการเจริญเติบโตของต้นพืชด้วยเช่นกัน

ธาตุแคลเซียมทำหน้าที่เป็นโครงสร้างผนังเซลล์ของต้นพืช ทำให้มีความแข็งแรง และยังช่วยในปัจจัยร่วมของเอนไซม์ในกระบวนการสร้างโปรตีนของพืช ถ้าหากพืชขาดแคลเซียมก็จะทำให้รากพืชพัฒนาน้อย ยอดอ่อน ดัดวน สั้น ใบเล็ก ต้นแคระแกร็น เป็นต้น

4.8 ธาตุแมกนีเซียม (Mg) จัดเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของโมเลกุลคลอโรฟิลล์ ดังนั้น พืชที่มีสีเขียวจึงต้องใช้ธาตุแมกนีเซียมเพิ่มเพื่อสร้างคลอโรฟิลล์ สำหรับการเจริญเติบโตของต้นพืช ธาตุแมกนีเซียมช่วยเคลื่อนย้ายธาตุฟอสฟอรัส โดยไปรวมกับธาตุฟอสฟอรัสทำให้ได้สารประกอบแมกนีเซียมฟอสเฟตที่เคลื่อนย้ายได้ง่าย ถ้าต้นพืชขาดธาตุแมกนีเซียม ต้นพืชก็มักจะมีอาการเหลืองซีดที่ใบอ่อนของพืช หรือใบแก่ขึ้นอยู่กับชนิดของต้นพืช และถ้าต้นพืชนั้นมีการเคลื่อนย้ายธาตุแมกนีเซียมออกจากใบแก่ ก็แสดงอาการเหลืองซีดได้ที่ใบแก่ แต่ถ้าต้นพืชที่ไม่มีการเคลื่อนย้ายแมกนีเซียม ก็จะแสดงอาการเหลืองซีดที่ใบอ่อน โดยการเหลืองซีดดังกล่าวมักเกิดที่บริเวณส่วนที่เป็นเนื้อใบของต้นพืชก่อนส่วนของเส้นใบพืช เช่น ต้นถั่วดำที่ขาดธาตุแมกนีเซียมจะแสดงอาการเช่นนี้ชัดเจน เป็นต้น และจะพบธาตุแมกนีเซียมจำนวนมากในเมล็ด ใบเลี้ยง ยอดอ่อน และในใบ ถ้าหากต้องการให้เมล็ดพืชสมบูรณ์จะขาดธาตุแมกนีเซียมไม่ได้เลย แต่ถ้าพืชได้รับธาตุแมกนีเซียมมากเกินไปพืชจะแสดงอาการใบม้วนและมีอาการตายจากปลายใบของต้นพืช

4.9 ธาตุกำมะถัน (S) พืชจะขาดกำมะถันในกระบวนการสังเคราะห์กรดอะมิโน คือ ซีสทีน ซีสเทอีน และเมไธโอนีน โดยพบว่าจำนวนร้อยละ 7 ของธาตุกำมะถันที่พบในพืชอยู่ในกรดซีสทีน ธาตุกำมะถันกระจายในทุกส่วนของเนื้อเยื่อของต้นพืช แต่จะพบมากในใบพืชที่ได้รับธาตุกำมะถันอย่างเพียงพอจะมีระบบรากที่ดี ปริมาณคลอโรฟิลล์มาก ช่วยให้พืชตระกูลถั่วสร้างปมที่มีขนาดใหญ่และสมบูรณ์ดี พืชที่ปลูกต้องการปริมาณธาตุกำมะถันในกรณีที่พืชขาดธาตุกำมะถัน พืชจะแตกพุ่มอย่างมากและใบจะเหลืองด้วย ทำให้อัตราการรีดิวซ์ไนเตรตต่ำ อัตราการออกซิไดซ์น้ำตาลต่ำ ทั้งสองสาเหตุมีผลต่อการสังเคราะห์โปรตีนและการหายใจของพืชตามลำดับ นอกจากนี้ธาตุกำมะถันยังเป็นวัตถุดิบในการสังเคราะห์กรดอะมิโน ซึ่งเป็นสารตั้งต้นในการเจริญเติบโตในพืชและเกี่ยวข้องกับการเกิดกลิ่นในต้นพืช เช่น ในหอม กระเทียม เป็นต้น

#### 5. ธาตุอาหารที่พืชต้องการเพียงเล็กน้อย

5.1 ธาตุเหล็ก (Fe) มีหน้าที่ในการช่วยให้พืชสังเคราะห์ด้วยแสงโดยจะเป็นตัวนำพาออกซิเจนในกระบวนการหายใจและมีบทบาทในการสังเคราะห์คลอโรฟิลล์ มีความจำเป็นในการสร้างน้ำตาลและแป้ง ถ้าหากต้นพืชขาดธาตุเหล็กทำให้ใบเหลืองซีดทั้งใบอ่อนและใบแก่ ความสามารถในการเคลื่อนออกซิเจนได้น้อยลง

5.2 ธาตุคลอรีน (Cl) มีหน้าที่ในการช่วยให้พืชมีการสังเคราะห์ด้วยแสง และช่วยเพิ่มความเป็นกรดในเซลล์ กระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ ในสภาพทั่วไปคลอรีนจะมีเพียงพอต่อความต้องการของต้นพืช

5.3 ธาตุโบรอน (B) มีความสำคัญกับกระบวนการเจริญเติบโตของต้นพืช ทำให้ต้นพืชใช้ธาตุแคลเซียมตีมากขึ้นในการสร้างโครงสร้างผนังเซลล์ อาจช่วยในกระบวนการเคลื่อนย้ายสารอาหารในต้นพืช ถ้าหากขาดทำให้การสร้างน้ำตาลลดลงและในพืชบางชนิดทำให้มีลำต้นกลวง

5.4 ธาตุทองแดง (Cu) พืชชั้นสูงส่วนใหญ่ต้องการธาตุทองแดง พบธาตุทองแดงมากตรงบริเวณเนื้อเยื่อ ในสารละลายธาตุอาหารที่ใช้สำหรับการปลูกมะเขือเทศ พืชที่มีการขาดธาตุทองแดงจะแสดงอาการต้นพืชอ่อนแอ เช่น ใบของต้นถั่วเหลืองจะเกิดอาการเหลืองซีดเป็นแห่ง ๆ หรือเป็นจุดเหลืองกระจายอยู่บนใบของพืช เป็นต้น

5.5 ธาตุแมงกานีส (Mn) พืชส่วนใหญ่ต้องการธาตุแมงกานีส เพื่อใช้ในทุกส่วนของพืชแต่ที่พบจะสะสมมากในใบพืชมากกว่าในส่วนต่าง ๆ ของต้นพืช เช่น ในใบข้าวโพด พบธาตุแมงกานีสประมาณ 0.043 พีพีเอ็ม แต่ขณะที่ลำต้นของข้าวโพดมีเพียง 0.017 พีพีเอ็ม ส่วนใน

พืชพรรณไม้เนื้อไม้ก็ต้องการธาตุแมงกานีส และต้องการมากกว่าพืชบก และพวกต้นไม้ใบเขียวตลอดปีจะมีการใช้ธาตุแมงกานีสมากกว่าต้นไม้ผลัดใบ

ส่วนพืชเพาะปลูกต้องการธาตุแมงกานีสในสารละลายในช่วงความเข้มข้นระหว่าง 0.02–0.5 พีพีเอ็ม พืชที่ต้องการธาตุแมงกานีสน้อยส่วนใหญ่จะเป็นพวกแหวน ซึ่งจะต้องการธาตุแมงกานีสในสารละลายประมาณ 0.0035 พีพีเอ็ม ก็เพียงพอต่อพืชโดยพืชจะใช้ธาตุแมงกานีสในกิจกรรมสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช และใช้ในกิจกรรมต่าง ๆ ของเอนไซม์ในปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารคาร์โบไฮเดรตและกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการใช้สารไนเตรทของต้นพืช ถ้าพืชขาดธาตุแมงกานีสก็จะทำให้ธาตุเหล็กอยู่ในรูปของเฟอร์รัสไอออนจำนวนมากและเกิดเป็นพิษต่อต้นไม้ได้ เช่น ทำให้พวกถั่วเกิดลักษณะใบต่าง หรือในกรณีที่มีธาตุแมงกานีสมากเกินไปก็จะทำให้เฟอร์รัสไอออนถูกออกซิไดซ์ไปเป็นเฟอร์ริกไอออน ซึ่งพืชใช้ประโยชน์ได้น้อยลง ทำให้พืชขาดธาตุเหล็กทั้งที่ในสารละลายธาตุอาหารมีธาตุเหล็กอยู่ ดังนั้นในการเตรียมสารละลายธาตุอาหารของพืชจำเป็นจะต้องคำนึงถึงสัดส่วนของธาตุแมงกานีสกับธาตุเหล็กด้วย

5.6 ธาตุโมลิบดีนัม (Mo) มีส่วนช่วยให้พืชสามารถใช้ไอออนไนเตรทได้ โดยเปลี่ยนสารไนเตรทให้เป็นไนไตรต์ด้วยเอนไซม์ไนเตรทรีดักเตส ซึ่งไนไตรต์ที่ได้ก็เปลี่ยนต่อไปจนกระทั่งได้สารแอมโมเนียมไอออน ซึ่งจะถูกนำไปสร้างกรดอะมิโนภายในเซลล์ของพืชอีกต่อไปอีก พืชที่ขาดธาตุโมลิบดีนัมจะแสดงอาการเหลืองซีดที่ใบแก่คล้ายอาการขาดธาตุไนโตรเจน ส่วนในพืชตระกูลถั่วจะสร้างปมรากถั่วได้น้อย

5.7 ธาตุสังกะสี (Zn) ธาตุสังกะสีเกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์สารฮอร์โมนออกซินที่ปลายยอด ใบอ่อน และตาอ่อนของต้นพืช การขาดธาตุสังกะสีจะทำให้พืชลำต้นเตี้ย ใบเล็ก และนอกจากนี้ยังมีส่วนเกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงของสารประกอบซิลิโคไตรล ซึ่งพืชต้องการธาตุสังกะสีในปริมาณน้อยเช่นเดียวกับธาตุโมลิบดีนัม โดยพืชที่ปลูกในสารละลายจะต้องการธาตุสังกะสีในสารละลายธาตุอาหารหรือในปุ๋ยที่ระดับเข้มข้นไม่เกิน 1 พีพีเอ็ม

5.8 ธาตุไอโอดีน (I) ส่วนใหญ่จะพบไอโอดีนในพืชตระกูลถั่ว ผักกาดหอม และผักขม ซึ่งธาตุไอโอดีนจะช่วยทำให้พืชมีใบเขียวสด ถ้าพืชดูดซึมเข้าสู่ต้นในปริมาณมากเกินไปก็จะไปชะงักการเจริญเติบโตของพืช ในสารละลายธาตุอาหารไม่ควรมีธาตุไอโอดีนเกิน 0.5 พีพีเอ็ม

5.9 ธาตุซิลิคอน (Si) ส่วนใหญ่จะพบธาตุซิลิคอนในส่วนของใบ ต้น และราก ของพืชตระกูลถั่ว ธาตุซิลิคอนจะช่วยทำให้ชั้นผิวของพืชแข็งแรง ป้องกันการทำลายจากแมลงศัตรูพืชและรากพืช เช่น โรคสนิม โรคราน้ำค้าง เป็นต้น

5.10 ธาตุโซเดียม (Na) ต้นพืชบางชนิดจะมีการดูดซึมธาตุโซเดียมเข้าไปเพื่อช่วยในการเจริญเติบโตดีเช่นเดียวกับธาตุโพแทสเซียม โดยเฉพาะต้นพืชที่ขึ้นได้ในดินเค็ม ได้แก่ พวกลิงคาง แสม หน่อไม้ฝรั่ง เป็นต้น

#### 6. ความเป็นกรดเป็นด่างของสารละลาย (pH)

ปฏิกิริยาหรือสภาพความเป็นกรดด่างของสารละลายจะมีอิทธิพลต่อความสามารถในการละลายของธาตุอาหารและความสามารถในการที่พืชจะนำธาตุอาหารขึ้นไปใช้ประโยชน์ ควรตรวจสอบทุกวันและบันทึกข้อมูลสภาพความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของสารละลาย ซึ่งค่า pH ที่เหมาะสมอยู่ระหว่าง 5.6-5.8 (นิพนธ์ ไชยมงคล, 2554, สืบออนไลน์) ในกรณีที่ pH สูงควรใช้กรดซัลฟูริก ( $H_2SO_4$ ) กรดไนตริก ( $HNO_3$ ) กรดฟอสฟอริก ( $H_3PO_4$ ) เพื่อลดค่า pH ให้ต่ำลง และในการใช้กรดฟอสฟอริก ( $H_3PO_4$ ) จะช่วยเพิ่มฟอสฟอรัส ส่วนการใช้กรดไนตริก ( $HNO_3$ ) จะช่วยเพิ่มไนโตรเจนในสารละลาย แต่การใช้กรดซัลฟูริก ( $H_2SO_4$ ) จะมีอันตรายต่อผู้ใช้สูง จึงควรใช้ด้วยความระมัดระวัง ส่วนกรดฟอสฟอริก ( $H_3PO_4$ ) นั้นจะค่อนข้างแพงแต่จะลด pH ได้ดีกว่ากรดชนิดอื่น ๆ ในปริมาณที่เท่ากัน วิธีการลด pH คือ เตรียมสารละลาย 1 ลิตร และเพิ่มกรดครั้งละ 1 มิลลิลิตร จนกระทั่งได้ pH ตามต้องการ หลังจากนั้นนำมาคำนวณปริมาณสารละลายทั้งหมดและปริมาณกรดที่จะใช้ การใส่กรดต้องทดสอบจนกระทั่งได้ pH ตามต้องการ ไม่สามารถประมาณการหรือคำนวณได้ เช่น กรด 10 มิลลิลิตร ลด pH ลง จาก 10=5 แต่กรด 15 มิลลิลิตร ไม่สามารถลด pH ลงเหลือ 2.5 ได้ โดยอาจจะใช้เพียง 11 มิลลิลิตร ก็ได้ ในกรณีที่ pH ต่ำเกินไปจะเป็นอันตรายต่อพืช ควรตรวจสอบค่า pH ในสารละลายหลาย ๆ ครั้ง เพื่อความแน่นอนในสารละลายที่มีค่า pH ต่ำเกินไป (< 5.5 ) ควรเพิ่มค่า pH โดยการใช้สารโซเดียมคาร์บอเนต (sodium carbonate) สารคอสติกโซดา (Caustic soda) สารโพแทสเซียมคาร์บอเนต (Potassium bicarbonate) สารโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (Potassium hydroxide) และสารคอสติกโพแทสเซียม (caustic potash) ซึ่งสารที่นิยมใช้ คือ โซเดียมคาร์บอเนต (sodium carbonate) ซึ่งมี pH 8.2 และช่วยเพิ่มโพแทสเซียมในสารละลายได้ไม่ควรใช้ในรูปแบบของเกลือโซเดียม เนื่องจากพืชไม่ต้องการธาตุนี้พืชสามารถเจริญได้ในสารละลายที่มี pH 5.5-7.0 ถ้าหากมีธาตุอาหารพอเพียง เนื่องจาก pH มีอิทธิพลต่อการเจริญของรากต่ำแต่ pH ต่ำ หรือ สูงเกินไปจะทำให้ธาตุอาหารบางชนิดอยู่ในรูปที่พืชไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ ดังนั้นในการปลูกพืชไร่นาควรรักษาค่า pH ให้อยู่ในระดับ 5.5-5.8 เนื่องจากธาตุอาหารที่ใช้ส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์ ในสารละลายที่ค่อนข้างเป็นกรด และยังมีธาตุอาหารบางชนิด เช่น Mn, Cu, Zn และ Fe เมื่อ pH สูงจะทำให้ความสามารถในการนำไปใช้ประโยชน์ของพืชจะลดลงแต่ในระดับ pH ต่ำ P, K, Ca, และ Mg ความสามารถในการนำไปใช้ประโยชน์ของพืชจะลดลงเพียงเล็กน้อย Calcium bicarbonate จะมี

ผลทำให้น้ำเป็นด่างจัด จึงต้องใส่กรดไนตริกจำนวนมากเพื่อแก้ไข และในสภาพที่วัสดุปลูกที่ใช้มีไบคาร์บอเนต (bicarbonate :  $\text{HCO}_3^-$ ) มากจะมีผลทำให้พืชดูดสารละลายอาหารได้น้อยจากการทดลองปลูกข้าวสาลีพบวาทาหากระดับ pH ต่ำกว่า 4 รากพืชจะหยุดชะงักการเจริญเติบโตและเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลและตาย ซึ่งการควบคุมค่า pH ของสารละลายให้อยู่ในระดับ 4-7 นั้นค่อนข้างจะยาก นอกจากใช้เครื่องควบคุม pH อัตโนมัติ และการใช้ฟอสฟอรัส ( $\text{H}_2\text{PO}_4$  to  $\text{HPO}_4$ ) เพื่อควบคุมระดับ pH นั้น จำเป็นต้องรักษาระดับความเข้มข้นของฟอสฟอรัสให้อยู่ระหว่าง 1-10 มิลลิโมล แต่จะเป็นพิษต่อพืชดังนั้นควรจะใช้ระบบหมุนเวียนน้ำและรักษาระดับฟอสฟอรัสในความเข้มข้น 0.05 มิลลิโมล

#### 7. ปัญหาการสะสมของไนเตรท

การสะสมของไนเตรทสามารถเกิดขึ้นได้ทั้งในพืชที่ปลูกในดินและในพืชที่ปลูกในระบบไฮโดรโปนิคส์ ซึ่งปกติแล้วการสะสมของไนเตรทที่เป็นอนุมูลของไนโตรเจนที่มีอยู่มากในสารละลาย ซึ่งไนเตรทเป็นอนุมูลไนโตรเจนที่พืชต้องการและดูดใช้มากในช่วงพัฒนาต้นลำต้นกิ่งใบ หากเก็บเกี่ยวพืชที่ยังอยู่ในช่วงกำลังพัฒนาทางด้านลำต้นและใบอยู่ ไม่ว่าจะปลูกแบบระบบไฮโดรโปนิคส์ หรือปลูกในดิน ก็พบว่าปริมาณไนเตรทที่ตกค้างอยู่บ้างไม่มากก็น้อย แต่หากมีไม่เกิน 2,500-3,000 มิลลิกรัม/1 กิโลกรัมน้ำหนักสด ก็ยังถือว่าอยู่ในระดับปลอดภัย เคยมีรายงานว่าพบการสะสมของไนเตรทในระดับที่ไม่ปลอดภัยต่อการบริโภค ทั้งพืชที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหาร (ธรรมศักดิ์ ทองเกตุ, อัญชนีย์ อุทัยพัฒนาชีพ และวุฒิพงษ์ พิมพ์โคตร, 2545) และที่ปลูกในดิน ดังนั้นปริมาณการสะสมไนเตรทจึงไม่ได้ขึ้นกับว่าปลูกในอะไรแต่น่าจะขึ้นกับว่าปลูกอย่างไร กรณีปลูกในสารละลายปริมาณการสะสมไนเตรทในต้นพืชจะขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของอนุมูลไนเตรทที่อยู่ในสารละลายที่ใช้ปลูกพืช และอัตราการใช้ออนุมูลไนเตรทของพืชที่นำไปเปลี่ยนแปลงเป็นกรดอะมิโนกลูตามีน ซึ่งต้องใช้โมเลกุลของน้ำตาลที่ได้มาจากการสังเคราะห์แสงร่วมด้วย ข้อดีประการหนึ่งของประเทศไทย คือ มีแสงแดดจัด พืชจึงมีอัตราการสังเคราะห์แสงค่อนข้างสูง ทำให้อัตราการเปลี่ยนแปลงไนเตรทเป็นกรดอะมิโนกลูตามีนเกิดขึ้นค่อนข้างเร็ว และในการปลูกแบบไฮโดรโปนิคส์ ในการปลูกที่ดีต้องมีการควบคุมระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมทุก ๆ วัน ถ้าพืชมีการเจริญเติบโตและสังเคราะห์แสงที่เป็นปกติโอกาสที่จะเกิดการสะสมไนเตรทจนถึงระดับที่ไม่ปลอดภัยต่อการบริโภคจึงไม่น่าเกิดขึ้น และยังสามารลดไนเตรทในพืชก่อนเก็บเกี่ยวได้ โดยการงดให้ธาตุอาหารแก่พืชช่วง 1-2 วัน ก่อนการเก็บเกี่ยว ซึ่งการปลูกในดินจะควบคุมได้ยากกว่า (ธรรมศักดิ์ ทองเกตุ, 2552, สื่อออนไลน์)

## 8. การเพาะกล้าสำหรับการปลูกด้วยระบบไฮโดรโปนิกส์

โดยการใช้เมล็ดที่มีเปอร์เซ็นต์ความงอกสูง คัดเมล็ดให้มีขนาดสม่ำเสมอ และจัดการเมล็ดก่อนเพาะ เช่น เมล็ดบางพืชจะต้องแช่น้ำ 1-2 ชั่วโมง หรือในกรณีที่ใช้ปุ๋ยน้ำเพื่อเพิ่มฟองอากาศหรือปล่อยน้ำไหลผ่านตลอดเวลาประมาณ 8-12 ชั่วโมง นำมาฝั่งให้หมาด ๆ และนำไปเพาะเพื่อให้การงอกและการเจริญเติบโตสม่ำเสมอ ส่วนพืชตระกูลแตง มะเขือ ควรจะเพาะกล้าในทรายและย้ายมาปลูกในสารละลาย เมื่อมีใบจริง 2 ใบ พืชอื่น ๆ อาจเพาะเมล็ดในฟองน้ำขนาด 1x1 นิ้ว โดยหยอดเมล็ดในแนววนอนลึก 1-2 มิลลิเมตร วางฟองน้ำในถาดและใส่สารละลายให้มีระดับสูง 1/3 หรือปล่อยสารละลายไหลผ่านหรือใช้ปลมช่วยเพิ่มฟองอากาศ เมื่อเมล็ดงอกมีใบจริง 2-3 ใบ สามารถย้ายลงปลูก

## 9. หลักการเลือกวัสดุปลูกพืชไร้ดินควรคำนึงถึงคุณสมบัติดังนี้

9.1 ควรมีส่วนร่วนของน้ำและอากาศที่เหมาะสม 50:50 ตลอดการปลูกในภาชนะ อุปกรณ์และวัสดุปลูกชนิดต่าง ๆ

9.2 วัสดุปลูกไม่ควรมีการยุบตัวหรืออัดตัวแน่นเกินไปเพื่อให้ชุ่มน้ำได้ดี หรือเพื่อให้มีอายุการใช้งานได้นานขึ้น

9.3 ไม่สลายตัวทั้งทางเคมีและชีวภาพได้ง่าย

9.4 มีความพรุน รากพืชสามารถแพร่กระจายไปได้ทั่ววัสดุปลูก

9.5 ไม่มีสารพิษที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพผู้บริโภคเจือปน

9.6 มีคุณสมบัติเฉื่อยทางเคมี คือ เป็นวัสดุที่จะไม่เกิดปฏิกิริยาทางเคมีกับธาตุในสารละลายอาหารของพืชและระบบปลูก

9.7 มีคุณสมบัติในการแลกเปลี่ยนประจุไฟฟ้าบวกต่ำหรือไม่มีเลย เป็นผลทำให้องค์ประกอบของสารละลายธาตุอาหารพืชที่มีคุณภาพคงที่ด้วย

วัสดุในการปลูกมีหลายชนิดที่สามารถใช้ได้ เช่น เวอร์มิคูไลต์ เพอร์ไลต์ ทรายกรวดและหิน แกลบ ถ่านแกลบ ขี้เลื่อย เปลือกไม้ และวัสดุสังเคราะห์ เช่น ฟองน้ำ สำหรับวัสดุที่นิยมใช้มี 2 อย่าง คือ

9.7.1 เพอร์ไลต์ เป็นหินที่ได้มาจากภูเขาไฟ ซึ่งประกอบด้วยซิลิคอนไดออกไซด์ และเผาด้วยความร้อนสูง ทำให้เกิดการขยายตัว มีช่องว่าง มีการระบายน้ำและอากาศได้ดี น้ำหนักเบา ใช้สะดวก ราคาค่อนข้างแพงแต่คุ้มค่า

9.7.2 ฟองน้ำ เป็นวัสดุสังเคราะห์หาซื้อได้ง่าย ราคาถูก ไม่สกปรก และสะดวกในการเพาะต้นกล้าแม้การระเหยน้ำจะสูงเพอร์ไลต์ไม่ได้ แต่เทียบต้นทุนก็น่าใช้

9.7.3 ร็อควูล (rockwool) เป็นวัสดุที่ได้มาจากการหลอมหินชนิดต่าง ๆ ที่

อุณหภูมิ 1,200 องศาเซลเซียส แล้วนำมาปั่นจนเป็นเส้นใย วัสดุชนิดนี้มีความสามารถดูดน้ำได้ในปริมาณมาก มีการนำมาใช้หลายรูปแบบเช่น แ่ง ชิ้น เม็ด แผ่น เป็นสี่เหลี่ยมลูกบาศก์

### ผักคะน้า

ผักคะน้า (Chinese Kale) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Brassica alboglabra* Bailey เป็นพืชผักที่นิยมบริโภคกันโดยทั่วไปทั้งส่วนของใบและลำต้น ซึ่งมีถิ่นกำเนิดอยู่ในทวีปเอเชีย และมีการปลูกกันมากในประเทศจีน ฮองกง ไต้หวัน มาเลเซีย และประเทศไทย

คะน้าเป็นผักอายุ 2 ฤดู แต่ส่วนใหญ่นิยมปลูกเป็นผักฤดูเดียว โดยมีอายุการเก็บเกี่ยวประมาณ 45-55 วัน หลังจากปลูกซึ่งเป็นระยะที่คะน้าโตเต็มที่ และคะน้าที่อายุประมาณ 45 วัน จะเป็นระยะที่ตลาดมีความต้องการมาก แต่คะน้าที่มีอายุประมาณ 50-55 วัน จะเป็นระยะที่เก็บเกี่ยวได้น้ำหนักมากกว่า ซึ่งผักคะน้าจะสามารถเพาะปลูกได้ตลอดทั้งปี แต่ช่วงเวลาที่เหมาะสมสำหรับการปลูก คือ ช่วงระหว่างเดือนตุลาคม-เมษายน (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2551, สืบออนไลน์)

ในผักคะน้าจะประกอบด้วยวิตามินหลายชนิด เช่น เบต้าแคโรทีน ช่วยลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรคมะเร็งกระเพาะอาหาร มะเร็งลำไส้ มะเร็งปอด และมะเร็งกระเพาะปัสสาวะ มีวิตามินซีที่ช่วยเสริมสร้างเนื้อเยื่อให้ชุ่มชื้น และช่วยทำให้ระบบภูมิคุ้มกันโรคมีความแข็งแรงสมบูรณ์ นอกจากนี้ยังประกอบด้วยแคลเซียมที่ช่วยเสริมสร้างกระดูกให้แข็งแรง

### ผักกาดฮ่องเต้

ผักกาดฮ่องเต้ (Pak Chai) หรือกวาดตุงฮ่องเต้ มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Brassica chinensis* var. *chinensis* มีถิ่นกำเนิดในประเทศจีน ญี่ปุ่น และเอเชียกลาง ผักกาดฮ่องเต้จัดเป็นพืช 2 ฤดูแต่นิยมปลูกเป็นพืชฤดูเดียว สามารถทนต่อสภาพอุณหภูมิสูงได้ดีกว่ากลุ่มผักกาดหัว ดังนั้นจึงสามารถปลูกได้ตลอดทั้งปี เจริญเติบโตได้ในดินแทบทุกชนิด แต่จะสามารถเจริญเติบโตได้ดีในสภาพดินร่วนปนทรายที่มีความอุดมสมบูรณ์และอินทรีย์วัตถุสูง มีค่าความเป็นกรด-ด่างอยู่ระหว่าง 6.0-6.8 ถึงแม้ผักกาดฮ่องเต้จะทนต่ออุณหภูมิสูงได้ดี แต่ก็ไม่ทนต่อความแห้งแล้งเนื่องจากเป็นพืชอายุสั้น และเจริญเติบโตเร็ว ดังนั้นแปลงปลูกควรต้องมีความชื้นสูง และต้องมีแสงแดดเต็มที่ตลอดทั้งวันเพื่อการสังเคราะห์แสง

ผักกาดฮ่องเต้เป็นผักที่มีวิตามินสูงโดยเฉพาะอย่างยิ่งวิตามินเอ และวิตามินซี นอกจากนี้ยังมีธาตุอาหารพวกแคลเซียมและฟอสฟอรัสสูง นิยมนำมาประกอบอาหารในรูปแบบการผัด หรือ ต้ม

### งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการศึกษาของเยาวพา จิระเกียรติกุล และนภาพร ยังวิเศษ (2550) ที่ได้ศึกษาผลของไอโอไดต์และไอโอเดต ที่มีระดับความเข้มข้น 0–100 ไมโครโมลาร์ ต่อการเจริญเติบโตของผักกาดหอมพันธุ์ Red Oak และในผักบุงจีนพันธุ์ Liao 9 ที่ปลูกด้วยระบบไฮโดรโปนิกส์แบบสารละลายไม่หมุนเวียนที่มีการเติมออกซิเจนและศึกษาการสะสมของไอโอดีนในลำต้นและราก พบว่าไอโอไดต์ที่มีระดับความเข้มข้น 5 ไมโครโมลาร์ หรือมากกว่า จะมีผลทำให้น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของต้นลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และยังพบว่าระดับไอโอไดต์และไอโอเดตทุกความเข้มข้นมีผลทำให้น้ำหนักสดรากลดลง ซึ่งในผักบุงจีนพบว่าการให้ไอโอไดต์ที่มีระดับความเข้มข้นมากกว่า 50 ไมโครโมลาร์ มีผลทำให้น้ำหนักสดของต้นและรากลดลงด้วยส่วนระดับความเข้มข้นมากกว่า 10 ไมโครโมลาร์ มีผลทำให้น้ำหนักแห้งของต้นลดลงอย่างมีนัยสำคัญและการให้ไอโอเดตที่มีระดับความเข้มข้น 100 ไมโครโมลาร์ มีผลทำให้น้ำหนักสดของต้นในผักทั้งสองชนิดลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนปริมาณไอโอไดต์และไอโอเดตในผักทั้งสองชนิดพบว่าการเสริมไอโอไดต์ในทุกระดับความเข้มข้นมีผลทำให้เกิดการสะสมไอโอไดต์ในส่วนของต้นมากกว่าในรากและเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเมื่อระดับความเข้มข้นเพิ่มขึ้น ส่วนในการเสริมไอโอเดต พบว่ามีการสะสมของไอโอเดตสูงสุดที่ระดับความเข้มข้น 100 ไมโครโมลาร์

นิสา แซ่ลิ้ม (2551) ทำการศึกษาผลของไอโอดีน 2 ชนิด คือ ไอโอไดต์ ( $I^-$ ) และไอโอเดต ( $IO_3^-$ ) ต่อการเจริญเติบโตของผักกาดหอมพันธุ์ Red Oak ในระบบไฮโดรโปนิกส์ พบว่ามีผลทำให้น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของต้นแตกต่างกัน แต่ไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตของผักกาดหอมพันธุ์ Red Oak

พงษ์สันต์ สีจันทร์ (2551) ศึกษาการฉีดพ่นสารละลายไอโอดีนทางใบผักคะน้าและผักบุงโดยผสมสารละลายไอโอดีนให้มีระดับความเข้มข้น 5.0 มิลลิกรัม/ลิตร แล้วฉีดพ่นแบบพอยละของน้ำที่ใบให้เปียกชุ่มทั่วตลอดใบทั้งด้านบนและด้านล่างของใบ โดยฉีดพ่นครั้งที่ 1 ก่อนเก็บเกี่ยว 10–15 วันครั้งที่ 2 ก่อนเก็บเกี่ยว 5–7 วัน พบว่าปริมาณไอโอดีนที่สะสม (ไมโครกรัม/100 กรัมน้ำหนักสด) ในผักคะน้าและผักบุงจากการฉีดพ่นทางใบของผักบุงมีค่ามากที่สุดที่ระดับความเข้มข้นของไอโอดีน 5.0 มิลลิกรัม/ลิตร มีปริมาณไอโอดีนสะสมเท่ากับ 512.51 ไมโครกรัม/100 กรัมน้ำหนักสด

ชรธณพ เหล่ากุลติลก (2548) ศึกษาผลของไอโอดีนในข้าวจากการจัดการธาตุไอโอดีนในแปลงปลูกและผลของไอโอดีนในข้าวที่ได้จากการเสริมธาตุไอโอดีนโดยการแช่ เพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการที่มีต่อคุณภาพการสีข้าว คุณสมบัติทางเคมี และทางกายภาพของข้าว ในส่วนแรกพบว่าการจัดการธาตุไอโอดีน มีอิทธิพลต่อปริมาณไอโอดีนในข้าวสารและในรำ โดย

เมื่อข้าวได้รับการจัดการธาตุไอโอดีนจะทำให้มีปริมาณไอโอดีนในเมล็ดสูงขึ้น นอกจากนั้นยังพบว่าการจัดการธาตุไอโอดีนมีอิทธิพลต่อความแข็งแรงของเมล็ดข้าวโดยจะทำให้ข้าวมีความแข็งแรงของเมล็ดเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อนำภาวะการผลิตนี้มาแปรชนิดของสารประกอบไอโอดีนคือ โพแทสเซียมไอโอไดด์ (KI) โพแทสเซียมไอโอเดต ( $KIO_3$ ) และสารประกอบทั้ง 2 ชนิด ร่วมกันพบว่าข้าวที่ทำการเสริมไอโอดีนโดยการแช่ในสารละลายโพแทสเซียมไอโอไดด์จะมีปริมาณไอโอดีนสะสมในข้าวสารสูงกว่าข้าวที่แช่ในสารละลายโพแทสเซียมไอโอเดตอย่างมีนัยสำคัญ แต่เมื่อแช่ในสารละลายที่ใช้ สารประกอบทั้ง 2 ร่วมกัน จะทำให้มีปริมาณไอโอดีนสะสมในข้าวสารอยู่ระหว่างการแช่ในสารละลายแต่ละชนิด

จารุภัทร ลือชา (2545) ศึกษาผลของไอโอดีนและพันธุ์ข้าวต่อคุณภาพของข้าวกล้องหนึ่งและคุณภาพของข้าวเปลือกเสริมไอโอดีน โดยทำการแช่ข้าวในสารละลายไอโอดีนที่ระดับความเข้มข้นต่างกันนาน 3 ชั่วโมง พบว่าข้าวหนึ่งที่ใช้ข้าวกล้องเป็นวัตถุดิบและแช่ในสารละลายไอโอดีนที่ระดับความเข้มข้น 3.33 และ 6.67 มิลลิกรัมไอโอดีน/ลิตร ทำให้มีปริมาณไอโอดีนสะสมสูงกว่าตัวอย่างที่ใช้ข้าวเปลือกเป็นวัตถุดิบ และตัวอย่างข้าวหนึ่งควบคุมอย่างมีนัยสำคัญยิ่งมีค่าเท่ากับ 76.57 และ 82.57 ไมโครกรัม/ข้าว 100 กรัม ตามลำดับ

Kaori Gonda (2007) ศึกษาการดูดซึมของธาตุไอโอไดด์และไอโอเดตในมะเขือเทศและผักโขมที่ปลูกด้วยระบบไฮโดรโปนิคส์ พบว่ามีการสะสมของปริมาณไอโอดีนเพิ่มขึ้นในเนื้อเยื่อส่วนใบ และในผลของมะเขือเทศ

Zhu, *et al.* (2004) ทดลองด้วยระบบไฮโดรโปนิคส์ ในการศึกษาชนิดของสารไอโอดีนและระดับความเข้มข้นของสารละลายที่มีผลต่อการดูดธาตุไอโอดีนของผักโขม โดยใช้ไอโอเดต ( $IO_3^-$ ) และไอโอไดด์ ( $I^-$ ) พบว่าการให้ไอโอไดด์ที่ระดับความเข้มข้นมากกว่าหรือเท่ากับ 10 ไมโครโมลาร์ ให้ผลที่เป็นอันตรายต่อการเจริญเติบโตของพืช ในขณะที่การให้ไอโอเดตมีผลเพียงเล็กน้อย ส่วนการเพิ่มของระดับไอโอดีนในพืชมีการเพิ่มขึ้นอย่างแตกต่างกันทางสถิติในเนื้อเยื่อพืช

Dai, *et al.* (2004) ศึกษาผลของการเสริมไอโอดีนในรูปของไอโอเดตจากการให้ปุ๋ยโพแทสเซียมไอโอเดตต่อผักที่ปลูกในดิน โดยศึกษาในพืชผัก 6 ชนิด คือ ผักกวางตุ้ง ผักบุ้งจีน ผักปวยเล้ง แครอท ผักคื่นฉ่าย และหัวหอม พบว่าระดับความเข้มข้นของไอโอดีนที่ 5.0 มิลลิกรัม/กิโลกรัม มีผลทำให้ผลผลิตส่วนที่กินได้ของผักกวางตุ้ง และผักปวยเล้งลดลง ส่วนในผักชนิดอื่น ๆ พบว่าไม่ได้รับผลกระทบและการเพิ่มระดับความเข้มข้นของไอโอดีนจะทำให้ปริมาณการสะสมไอโอดีนในเนื้อเยื่อพืชชนิดต่าง ๆ เพิ่มขึ้น โดยพบว่าในผักปวยเล้งจะมีการสะสมไอโอดีนมากที่สุดในทุกระดับความเข้มข้น

Weng, *et al.* (2008) ได้ทำการศึกษาชนิดของไอโอดีนและระดับความเข้มข้นของไอโอดีนในการปลูกผักบุงจีนในระบบไฮโดรโปนิกส์ พบว่า มีการสะสมไอโอดีนในส่วนของลำต้นและในรากเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มระดับความเข้มข้นของไอโอดีนในสารละลายธาตุอาหาร โดยไอโอดีนที่ระดับความเข้มข้นน้อยกว่า 1 มิลลิกรัม/ลิตร ทำให้มีปริมาณไอโอดีนสะสมในส่วนลำต้นเพิ่มขึ้น แต่เมื่อระดับความเข้มข้นของไอโอดีนมากกว่า 1.0 มิลลิกรัม/ลิตร และใช้ชนิดของไอโอดีนที่ต่างกันจะทำให้มีการสะสมไอโอดีนในผักบุงจีนต่างกันด้วย โดยพบว่าการเติมกรดไอโอดิแอซิดิกจะช่วยทำให้เกิดการสะสมไอโอดีนในเนื้อเยื่อมากที่สุด รองลงมา คือ ไอโอดิด์ และไอโอดेट ตามลำดับ ส่วนด้านการเจริญเติบโตพบว่าไอโอดีนตั้งแต่ 0.5-5.0 มิลลิกรัม/ลิตร ทำให้การเจริญเติบโตของผักบุงจีนลดลง



### บทที่ 3

#### วิธีดำเนินการวิจัย

##### พืชทดลอง

การวิจัยนี้ได้ทำการทดลองในพืช 2 ชนิด คือ ผักคะน้า และผักกาดฮ่องเต้ ที่ปลูกในระบบไฮโดรโปนิกส์ โดยเพาะเมล็ดในฟองน้ำสำหรับเพาะเมล็ด และทำการย้ายลงแปลงปลูกเมื่อต้นกล้าอายุ 14 วัน หรือมีใบจริง 1-2 ใบ ตรวจสอบค่า pH และเติมสารละลายธาตุอาหารที่เหมาะสมต่อความต้องการของพืช และมีการจัดการสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช ตลอดจนการควบคุมโรคและแมลงศัตรูพืช แล้วทำการเก็บเกี่ยวตามอายุการเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมของผักคะน้าและผักกาดฮ่องเต้ จากนั้นนำมาวิเคราะห์ข้อมูลทันทีหลังจากเก็บเกี่ยว

##### เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

###### 1. สารเคมีและวิธีการเตรียมสาร

การเตรียมสารละลายธาตุอาหารที่ใช้ในการปลูกพืช แสดงในตาราง 3

ตาราง 3 แสดงปริมาณธาตุอาหารพืชที่ใช้ในสารละลายธาตุอาหารพืช

Stock	ธาตุอาหาร	ปริมาณ (กรัม/น้ำ 10 ลิตร)
Stock A	แคลเซียมไนเตรท ( $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ )	1000
	เหล็กคีเลต (Fe-EDTA)	30
Stock B	โมโนแอมโมเนียมฟอสเฟต ( $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ )	150
	แมกนีเซียมซัลเฟต ( $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ )	500
	โมโนโพแทสเซียมฟอสเฟต ( $\text{KH}_2\text{PO}_4$ )	50
	โพแทสเซียมไนเตรท ( $\text{KNO}_3$ )	800
	ธาตุอาหารรวม(นิกสเปร์ย์)	15

## 2. การเตรียมสารละลายไอโอเดตและไอโอไดด์

การเตรียมสารละลายไอโอเดตและไอโอไดด์เพื่อเติมลงในสารละลายธาตุอาหาร และการฉีดพ่นลงบนใบพืช โดยเตรียมไอโอเดตจากสารโพแทสเซียมไอโอเดต และเตรียมไอโอไดด์จากสารโพแทสเซียมไอโอไดด์ ที่ระดับความเข้มข้นสูงสุด คือ 50 ไมโครโมลาร์ และ 40 มิลลิกรัม/ลิตร จากนั้นทำการเจือจางให้ได้ความเข้มข้นตามที่ต้องการแต่ละระดับ

### การเก็บรวบรวมข้อมูล

1. การทดลองที่ 1 การศึกษาผลของไอโอเดตและไอโอไดด์ในระดับความเข้มข้นที่แตกต่างกันต่อผลผลิตและคุณภาพของผักคะน้าและผักกาดฮ่องเต้ที่ปลูกในระบบไฮโดรโปนิกส์ โดยการเติมลงในสารละลายธาตุอาหารที่ใช้ในการปลูกพืช

ทำการศึกษาผลของไอโอเดตและไอโอไดด์ โดยใช้โพแทสเซียมไอโอเดต ( $KIO_3$ ) และโพแทสเซียมไอโอไดด์ (KI) ที่มีระดับความเข้มข้นต่างกันการเติมลงในสารละลายธาตุอาหารที่ใช้ในการปลูกผักด้วยระบบไฮโดรโปนิกส์ จากนั้นทำการเติมสารละลายไอโอดีนแต่ละความเข้มข้นลงในสารละลายธาตุอาหาร โดยเติมสัปดาห์ละ 1 ครั้ง วางแผนการทดลองแบบบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design : RCBD) นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ค่าความแปรปรวน (Analysis of Variance) แล้วทำการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยข้อมูลด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) โดยทำการศึกษาใน 2 ปัจจัย คือ ปัจจัยที่ 1 ชนิดของสารไอโอดีนที่เติม ได้แก่ ไอโอเดต และไอโอไดด์ ปัจจัยที่ 2 ระดับความเข้มข้นของไอโอเดต และไอโอไดด์ 6 ระดับ ได้แก่ 0, 10, 20, 30, 40 และ 50 ไมโครโมลาร์ โดยจะกำหนดให้ระดับของความเข้มข้น 0 ไมโครโมลาร์ เป็นชุดควบคุม (กรรมวิธีละ 3 ซ้ำ ๆ ละ 5 ต้น)

ตาราง 4 การศึกษาผลของไอโอเดตและไอโอไดด์ ในระดับความเข้มข้นที่แตกต่างกัน  
ต่อผลผลิตและคุณภาพของผักคะน้าและผักกาดฮ่องเต้ที่ปลูกในระบบ  
ไฮโดรพอนิกส์โดยการเติม KI และ KIO<sub>3</sub>

ชนิดผัก	ชนิดของไอโอดีน	ระดับความเข้มข้น (ไมโครโมลาร์)		
ผักคะน้า	โพแทสเซียมไอโอเดต	0		
		10		
		20		
		30		
		40		
		50		
		ผักกาดฮ่องเต้	โพแทสเซียมไอโอไดด์	0
				10
				20
				30
40				
50				
ผักกาดฮ่องเต้	โพแทสเซียมไอโอเดต			0
				10
				20
				30
		40		
		50		
		ผักกาดฮ่องเต้	โพแทสเซียมไอโอไดด์	0
				10
				20
				30
40				
50				

2. การทดลองที่ 2 ศึกษาผลของการฉีดพ่นสารละลายไอโอเดตและไอโอไดด์ในระดับความเข้มข้นที่แตกต่างกันต่อผลผลิต และคุณภาพของผักคะน้าและผักกาดฮ่องเต้ที่ปลูกในระบบไฮโดรโปนิกส์

ทำการศึกษาผลของไอโอเดตและไอโอไดด์ โดยใช้โพแทสเซียมไดโอเดต ( $KIO_3$ ) และโพแทสเซียมไอโอไดด์ (KI) ที่ระดับความเข้มข้นแตกต่างกันฉีดพ่นลงบนใบพืชทดลองที่ปลูกในระบบไฮโดรโปนิกส์ โดยจะฉีดพ่นสัปดาห์ละ 1 ครั้ง และวางแผนการทดลองแบบบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design : RCBD) นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ค่าความแปรปรวน (Analysis of Variance) แล้วทำการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของข้อมูลด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) โดยศึกษา 2 ปัจจัย คือ ปัจจัยที่ 1 ชนิดของสารไอโอดีนที่ฉีดพ่น ได้แก่ ไอโอเดต และไอโอไดด์ ปัจจัยที่ 2 ระดับความเข้มข้นของไอโอเดต และไอโอไดด์ที่แตกต่างกัน ได้แก่ 0, 2.5, 5, 10, 20 และ 40 มิลลิกรัม/ลิตร โดยจะกำหนดให้ระดับความเข้มข้น 0 มิลลิกรัม/ลิตร เป็นชุดควบคุม

ตาราง 5 การศึกษาผลของไอโอเดตและไอโอไดด์ที่ระดับความเข้มข้นแตกต่างกัน ต่อผลผลิตและคุณภาพของผักคะน้าและผักกาดฮ่องเต้ที่ปลูกในระบบไฮโดรโปนิกส์ ด้วยการฉีดพ่นทางใบ

ชนิดผัก	ชนิดของไอโอดีน	ระดับความเข้มข้น (มิลลิกรัม/ลิตร)
ผักคะน้า	โพแทสเซียมไอโอเดต	0
		2.5
		5
		10
		20
		40
		0
ผักกาดฮ่องเต้	โพแทสเซียมไอโอไดด์	2.5
		5
		10
		20
		40
		0
		0

ตาราง 5 (ต่อ)

ชนิดผัก	ชนิดของไอไอติน	ระดับความเข้มข้น (มิลลิกรัม/ลิตร)
		0
		2.5
	โพแทสเซียมไอโอเดต	5
		10
		20
		40
ผักกาดฮ่องเต้		0
		2.5
	โพแทสเซียมไอโอไดด์	5
		10
		20
		40

### 3. สถานที่ทำการทดลอง

3.1 ส่วนงานปฏิบัติการเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา

3.2 ห้องปฏิบัติการเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา

### 4. การบันทึกผลการทดลอง

#### 4.1 ข้อมูลทางด้านการเจริญเติบโต

โดยทำการเก็บข้อมูลสัปดาห์ละ 1 ครั้ง เก็บข้อมูลความสูงของต้นในผักคะน้า และผักกาดฮ่องเต้ โดยทำการวัดความสูงต้นจาก โคนต้นจนถึงส่วนของยอด

#### 4.2 ข้อมูลทางด้านคุณภาพ

น้ำหนักสดของต้นและของราก ทำการเก็บข้อมูลหลังการเก็บเกี่ยวผลผลิตโดยทำการแกะเอาส่วนที่เป็นฟองน้ำออกก่อนแล้วนำไปชั่งทั้งต้นรวมรากโดยเครื่องชั่งน้ำหนักผัก (Sartorius ELT402) และตัดรากของพืชออก แล้วแกะส่วนที่เป็นฟองน้ำออกนำรากและต้นที่ได้ไปชั่งน้ำหนักแห้งต้นและราก โดยการนำส่วนต้นและรากที่ตัดออกแล้ว มาหั่นให้ละเอียดประมาณ 10 กรัม นำไปอบให้แห้งก่อนทำการเก็บข้อมูล

#### 4.3 ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ บี และ ปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมด

ทำการวิเคราะห์โดยนำสารสกัดจากผักคะน้าและผักกาดฮ่องเต้ที่สกัดได้โดย acetone ไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง Spectrophotometer (JENWAY 6705 UV/Vis.) ที่ความยาวคลื่น 645, 663 นาโนเมตร

#### 4.4 ข้อมูลปริมาณไนเตรทในพืชที่เสริมไอโอดีตและไอโอดีด

ทำการวิเคราะห์ปริมาณไนเตรทที่สะสมในผักคะน้าและผักกาดฮ่องเต้ที่ได้จากการทดลองด้วยวิธี Spectrophotometer (JENWAY 6705 UV/Vis.)

#### 4.5 ข้อมูลปริมาณไอโอดีนในพืชที่เสริมไอโอดีตและไอโอดีด

วิเคราะห์ปริมาณไอโอดีนในส่วนลำต้นและส่วนรากของคะน้าและผักกาดฮ่องเต้ที่ได้จากการเสริมไอโอดีตและไอโอดีด โดยทำการวิเคราะห์หาปริมาณไอโอดีนด้วยวิธี Spectrophotometer (JENWAY 6705 UV/Vis.)

#### 4.6 วิเคราะห์ปริมาณวิตามินซี

การวิเคราะห์หาปริมาณวิตามินซีในพืชด้วยวิธี Indophenol

### การวิเคราะห์ข้อมูล

วางแผนการทดลองแบบบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design : RCBD) โดยนำข้อมูลค่าเฉลี่ยที่ได้มาวิเคราะห์ค่าความแปรปรวน (Analysis of Variance) และทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของข้อมูลด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

## บทที่ 4

### ผลการวิจัย

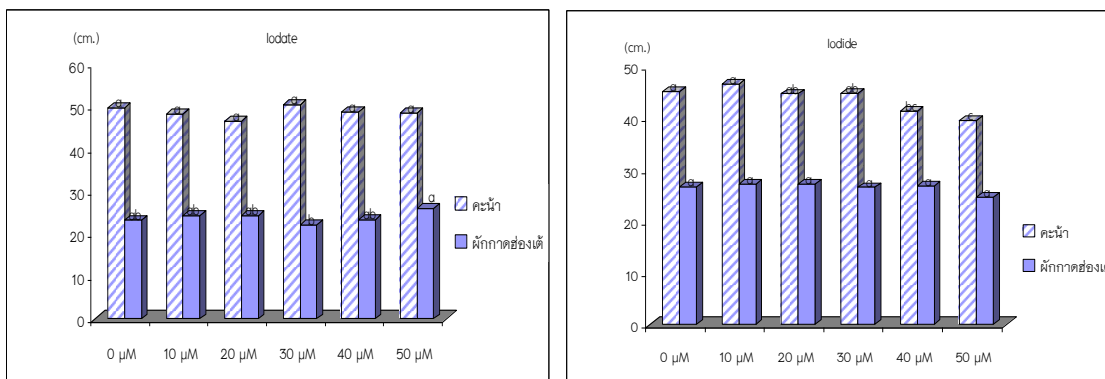
#### การทดลองที่ 1

ผลของไอโอเดตและไอโอไดด์ต่อผลผลิตและคุณภาพของผักคะน้าและผักกาดฮ่องเต้ที่ปลูกในระบบไฮโดรโปนิคส์ โดยการเติมโพแทสเซียมไอโอเดตและโพแทสเซียมไอโอไดด์ลงในสารละลายธาตุอาหารที่ใช้ในการปลูกพืช

##### 1. ผลของไอโอเดตและไอโอไดด์ต่อการเจริญเติบโตของผักคะน้าและผักกาดฮ่องเต้

##### 1.1 ผลของไอโอเดตและไอโอไดด์ต่อความสูงต้นของผักคะน้าและผักกาดฮ่องเต้

การเติมสารละลายโพแทสเซียมไอโอเดตและโพแทสเซียมไอโอไดด์ลงในสารละลายธาตุอาหารพืช พบว่าความเข้มข้นที่เพิ่มขึ้นของสารละลายไอโอเดตไม่มีผลต่อระดับความสูงของต้นผักคะน้าและผักกาดฮ่องเต้เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมที่ไม่มีการเติมสารละลายไอโอเดต ในขณะที่การเติมสารละลายไอโอไดด์ที่ระดับความเข้มข้นเพิ่มขึ้นมีแนวโน้มทำให้ความสูงต้นของผักคะน้าและผักกาดฮ่องเต้ลดลง ดังแสดงในภาพ 2 โดยจะพบว่า การเติมสารละลายไอโอเดตที่ระดับความเข้มข้นทุกระดับทำให้ความสูงของผักคะน้าและผักกาดฮ่องเต้ไม่แตกต่างกันทางสถิติโดยมีความสูงอยู่ระหว่าง 46.60–50.40 และ 22.07–26.03 เซนติเมตรตามลำดับ โดยที่ระดับความเข้มข้น 30 ไมโครโมลาร์ ทำให้ผักคะน้ามีระดับความสูงของต้นมากที่สุดเท่ากับ 50.40 เซนติเมตร ในขณะที่ชุดควบคุมมีค่าเท่ากับ 49.79 เซนติเมตร ส่วนในผักกาดฮ่องเต้พบว่าการเติมไอโอเดตที่ระดับความเข้มข้น 50 ไมโครโมลาร์ ทำให้ผักกาดฮ่องเต้มีความสูงของต้นมากที่สุดเท่ากับ 26.03 เซนติเมตร ในขณะที่ชุดควบคุมมีความสูงต้นเท่ากับ 23.23 เซนติเมตร และการเติมไอโอไดด์พบว่าเมื่อระดับความเข้มข้นเพิ่มมากขึ้นมีผลทำให้ความสูงของต้นลดลง โดยในผักคะน้าพบว่าที่ระดับความเข้มข้น 10 ไมโครโมลาร์ ทำให้คะน้ามีความสูงของต้นมากที่สุดเท่ากับ 46.63 เซนติเมตร ไม่แตกต่างทางสถิติกับชุดควบคุมซึ่งมีความสูงต้นเท่ากับ 45.27 เซนติเมตร ส่วนในผักกาดฮ่องเต้พบว่าการเติมไอโอไดด์ทุกระดับความเข้มข้นทำให้ต้นผักกาดฮ่องเต้มีความสูงไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยมีความสูงของต้นอยู่ระหว่าง 24.70–27.20 เซนติเมตร และการเติมสารละลายไอโอไดด์ที่ระดับความเข้มข้น 10–20 ไมโครโมลาร์ ทำให้ผักกาดฮ่องเต้มีความสูงต้นมากที่สุด



ภาพ 2 แสดงผลของไอโอเดตและไอโอไดด์ต่อความสูงต้นของฝักค่น้ำ และฝักกาดฮ่องเต้

### 1.2 ผลของไอโอเดตและไอโอไดด์ต่อความยาวรากของฝักค่น้ำและฝักกาดฮ่องเต้

การเติมสารละลายโพแทสเซียมไอโอเดตและโพแทสเซียมไอโอไดด์ลงในสารละลายธาตุอาหารพืช พบว่าความเข้มข้นที่เพิ่มขึ้นของสารละลายไอโอเดตไม่มีผลต่อความยาวรากของฝักค่น้ำและฝักกาดฮ่องเต้เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมที่ไม่มีการเติมสารละลายไอโอเดต ส่วนไอโอไดด์ที่ระดับความเข้มข้นเพิ่มขึ้น มีแนวโน้มทำให้ความยาวรากของฝักค่น้ำและฝักกาดฮ่องเต้ลดลง ดังแสดงในตาราง 6 โดยจะพบว่า การเติมสารละลายไอโอเดตที่ระดับความเข้มข้นทุกระดับทำให้ความยาวรากของฝักค่น้ำมีความแตกต่างกันทางสถิติแต่ไม่พบความแตกต่างในฝักกาดฮ่องเต้ โดยที่ระดับความเข้มข้น 10 ไมโครโมลาร์ ทำให้ฝักค่น้ำและฝักกาดฮ่องเต้มีความยาวรากมากที่สุดเท่ากับ 53.17 และ 64.07 เซนติเมตร ตามลำดับ ในขณะที่ชุดควบคุมมีค่าเท่ากับ 45.43 และ 54.18 เซนติเมตร ตามลำดับ และการเติมไอโอไดด์พบว่าเมื่อระดับความเข้มข้นเพิ่มมากขึ้นมีผลทำให้ความยาวรากลดลง ทั้งในฝักค่น้ำและฝักกาดฮ่องเต้พบว่าความยาวรากมีความแตกต่างกันทางสถิติ ซึ่งในชุดควบคุมมีความยาวรากมากที่สุดเท่ากับ 60.90 และ 53.07 เซนติเมตร ตามลำดับ ซึ่งความยาวรากจะลดลงเมื่อระดับความเข้มข้นเพิ่มมากขึ้น และที่ระดับความเข้มข้น 40 ไมโครโมลาร์ ทำให้ฝักค่น้ำและฝักกาดฮ่องเต้มีความยาวรากน้อยที่สุดเท่ากับ 32.03 และ 44.43 เซนติเมตร ตามลำดับ

ตาราง 6 แสดงผลของไอโอเดตและไอโอไดด์ต่อความยาวรากของผักคะน้าและผักกาดฮ่องเต้ (cm.)

ระดับความเข้มข้น (ไมโครโมลาร์)	Iodate		Iodide	
	คะน้า	ผักกาดฮ่องเต้	คะน้า	ผักกาดฮ่องเต้
0	45.43±5.78 <sup>ab1/</sup>	54.18±15.28	60.90±12.11 <sup>a</sup>	53.07±1.01 <sup>a</sup>
10	53.17±1.97 <sup>a</sup>	64.07±18.27	50.80±4.23 <sup>ab</sup>	47.73±3.06 <sup>ab</sup>
20	43.68±6.48 <sup>b</sup>	52.06±3.19	45.97±4.91 <sup>b</sup>	46.96±6.94 <sup>ab</sup>
30	47.00±5.11 <sup>ab</sup>	45.37±11.08	44.67±1.26 <sup>b</sup>	48.07±1.85 <sup>ab</sup>
40	47.63±0.27 <sup>ab</sup>	53.26±0.59	32.03±2.77 <sup>c</sup>	44.43±0.93 <sup>b</sup>
50	41.90±3.16 <sup>b</sup>	57.50±1.49	43.30±4.76 <sup>b</sup>	50.20±2.86 <sup>ab</sup>
t-tast	*	NS	*	*

หมายเหตุ : 1) <sup>1/</sup> หมายถึง ค่าเฉลี่ยตามแนวตั้งที่ตามหลังด้วยตัวอักษรที่ต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

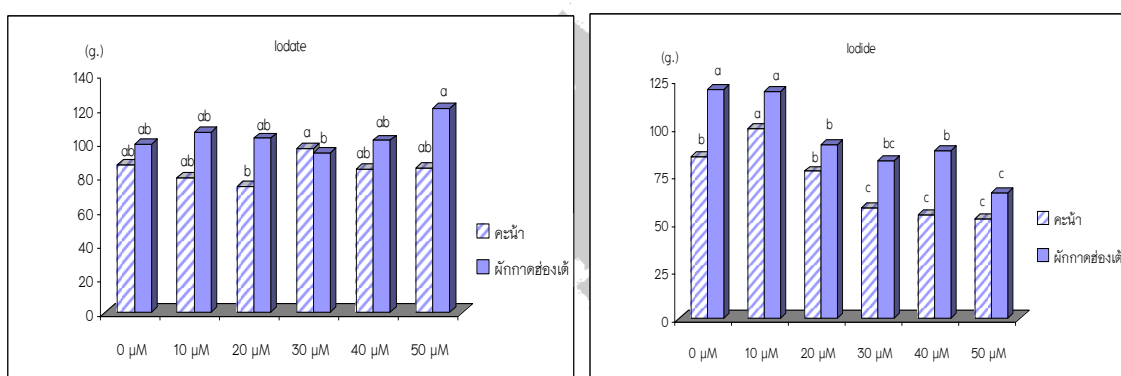
2) ค่าที่แสดงในตารางเป็น ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)

## 2. ผลของไอโอเดตและไอโอไดด์ต่อผลผลิตของผักคะน้าและผักกาดฮ่องเต้

### 2.1 ผลของไอโอเดตและไอโอไดด์ต่อน้ำหนักสดของผักคะน้าและผักกาดฮ่องเต้

การเติมสารละลายโพแทสเซียมไอโอเดตและโพแทสเซียมไอโอไดด์ลงในสารละลายธาตุอาหารพืช พบว่าความเข้มข้นสารละลายไอโอเดตที่เพิ่มขึ้นมีแนวโน้มทำให้ผักคะน้าและผักกาดฮ่องเต้มีน้ำหนักสดเพิ่มมากขึ้น ส่วนไอโอไดด์ที่ระดับความเข้มข้นเพิ่มขึ้นมีผลทำให้น้ำหนักสดของผักคะน้าและผักกาดฮ่องเต้ลดลง ดังแสดงในภาพ 3 โดยพบว่าการเติมสารละลายไอโอเดตทุกระดับความเข้มข้นทำให้น้ำหนักสดของผักคะน้าและผักกาดฮ่องเต้ไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 74.38-96.48 และ 93.91-120.13 กรัม/ต้น ตามลำดับ โดยที่การเติมสารละลายไอโอเดตที่ระดับความเข้มข้น 30 ไมโครโมลาร์ ทำให้น้ำหนักสดของผักคะน้ามากที่สุดเท่ากับ 96.48 กรัม/ต้น ไม่แตกต่างกันทางสถิติกับชุดควบคุมซึ่งมีค่าเท่ากับ 86.83 กรัม/ต้น ในขณะที่การเติมไอโอเดตที่ระดับความเข้มข้น 50 ไมโครโมลาร์ ทำให้นักกาดฮ่องเต้มีน้ำหนักสดมากที่สุดเท่ากับ 120.13 กรัม/ต้น ในขณะที่ชุดควบคุมมีน้ำหนักสดเท่ากับ 99.05 กรัม/ต้น การเติมไอโอไดด์พบว่าเมื่อระดับความเข้มข้นเพิ่มมากขึ้นมีผลทำให้

น้ำหนักสดลดลงทั้งในฝักคะน้าและฝักกาดฮ่องเต้ โดยพบว่าในฝักคะน้าที่ระดับความเข้มข้นของไอโอดีน 10 ไมโครโมลาร์ ทำให้คะน้ามีน้ำหนักสดมากที่สุดเท่ากับ 99.35 กรัม/ต้น แตกต่างทางสถิติกับชุดควบคุมซึ่งมีน้ำหนักสดเท่ากับ 84.79 กรัม/ต้น ส่วนฝักกาดฮ่องเต้พบว่าการเติมไอโอดีนที่ระดับความเข้มข้นเพิ่มขึ้น มีผลทำให้ต้นของฝักกาดฮ่องเต้มีน้ำหนักสดลดลง และมีความแตกต่างกันทางสถิติ ยกเว้นการเติมสารละลายไอโอดีนที่ความเข้มข้น 10 ไมโครโมลาร์ ทำให้ฝักกาดฮ่องเต้มีน้ำหนักสด 119.09 กรัม/ต้น ซึ่งไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับชุดควบคุม และมีค่าเท่ากับ 120.04 กรัม/ต้น



ภาพ 3 แสดงผลของไอโอดีนและไอโอดีนต่อน้ำหนักสดต่อต้นของฝักคะน้าและฝักกาดฮ่องเต้

## 2.2 ผลของไอโอดีนและไอโอดีนต่อน้ำหนักสดรากฝักคะน้าและฝักกาดฮ่องเต้

การเติมสารละลายโพแทสเซียมไอโอดีนและโพแทสเซียมไอโอดีนลงในสารละลายธาตุอาหารพืช พบว่าความเข้มข้นที่เพิ่มขึ้นของสารละลายไอโอดีนมีแนวโน้มทำให้น้ำหนักสดรากเพิ่มขึ้น ส่วนไอโอดีนที่ระดับความเข้มข้นเพิ่มขึ้น มีแนวโน้มทำให้น้ำหนักสดรากของฝักคะน้าและฝักกาดฮ่องเต้ลดลง ดังแสดงในตาราง 7 โดยจะพบว่าการเติมสารละลายไอโอดีนที่ระดับความเข้มข้นเพิ่มขึ้นทำให้ฝักคะน้ามีน้ำหนักสดรากแตกต่างกัน โดยที่ระดับความเข้มข้น 30 ไมโครโมลาร์ ทำให้ฝักคะน้ามีน้ำหนักสดรากมากที่สุดเท่ากับ 3.80 กรัม/ต้น ในขณะที่ชุดควบคุมมีน้ำหนักสดรากเท่ากับ 2.82 กรัม/ต้น ส่วนในฝักกาดฮ่องเต้พบว่าระดับความเข้มข้นของไอโอดีนที่เพิ่มขึ้นจะทำให้น้ำหนักสดรากลดลงแต่ไม่มีแตกต่างกันทางสถิติ โดยที่ระดับความเข้มข้น 10 ไมโครโมลาร์ ทำให้ฝักกาดฮ่องเต้มีน้ำหนักสดรากมากที่สุดเท่ากับ 5.57 กรัม/ต้น ในขณะที่ชุดควบคุมมีค่าเท่ากับ 3.85 กรัม/ต้น และผลของการเติมไอโอดีนพบว่าระดับความเข้มข้นของไอโอดีนที่ 10 ไมโครโมลาร์ ทำให้ฝักคะน้าและฝักกาดฮ่องเต้มีน้ำหนักสดรากมากที่สุดมีค่าเท่ากับ 7.30 และ 5.01 กรัม/ต้น ในขณะที่ชุดควบคุมมีค่าเท่ากับ 6.03

และ 4.55 กรัม/ตัน โดยน้ำหนักสตรากจะมีความแตกต่างกันทางสถิติในผักคะน้า ส่วนในผักกาดฮ่องเต้ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติมีค่าอยู่ระหว่าง 4.09–5.01 กรัม/ตัน

ตาราง 7 แสดงผลของไอโอเดตและไอโอไดด์ต่อน้ำหนักสตรากของผักคะน้าและผักกาดฮ่องเต้ (g.)

ระดับความเข้มข้น (ไมโครโมลาร์)	Iodate		Iodide	
	คะน้า	ผักกาดฮ่องเต้	คะน้า	ผักกาดฮ่องเต้
0	2.82±0.50 <sup>ab1/</sup>	3.85±0.54 <sup>b</sup>	6.03±0.75 <sup>ab</sup>	4.55±0.27 <sup>ab</sup>
10	2.27±0.67 <sup>b</sup>	5.57±0.80 <sup>a</sup>	7.30±1.01 <sup>a</sup>	5.01±0.35 <sup>a</sup>
20	2.93±0.06 <sup>ab</sup>	3.95±0.41 <sup>b</sup>	4.63±0.48 <sup>bc</sup>	4.09±0.43 <sup>b</sup>
30	3.80±0.88 <sup>a</sup>	4.32±0.74 <sup>ab</sup>	3.60±1.32 <sup>cd</sup>	4.38±0.45 <sup>ab</sup>
40	2.97±0.02 <sup>ab</sup>	4.43±0.03 <sup>ab</sup>	2.87±0.62 <sup>d</sup>	4.44±0.35 <sup>ab</sup>
50	2.08±0.76 <sup>b</sup>	4.52±1.16 <sup>ab</sup>	4.39±0.43 <sup>cd</sup>	4.43±0.39 <sup>ab</sup>
t-tast	*	*	*	*

หมายเหตุ : 1) <sup>1/</sup> หมายถึง ค่าเฉลี่ยตามแนวตั้งที่ตามหลังด้วยตัวอักษรที่ต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

2) ค่าที่แสดงในตารางเป็น ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)

### 2.3 ผลของไอโอเดตและไอโอไดด์ต่อเปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้งของผักคะน้าและผักกาดฮ่องเต้

การเติมสารละลายโพแทสเซียมไอโอเดตและโพแทสเซียมไอโอไดด์ลงในสารละลายธาตุอาหารพืช พบว่าความเข้มข้นที่เพิ่มขึ้นของสารละลายไอโอเดตและไอโอไดด์มีแนวโน้มทำให้เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้งของผักคะน้าและผักกาดฮ่องเต้เพิ่มมากขึ้น ดังแสดงในตาราง 8 โดยจะพบว่าการเติมสารละลายไอโอเดตที่ระดับความเข้มข้นเพิ่มขึ้นทำให้ผักคะน้ามีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้งไม่แตกต่างกันทางสถิติ มีค่าอยู่ระหว่าง 9.43–10.63 เปอร์เซ็นต์ โดยที่ระดับความเข้มข้น 50 ไมโครโมลาร์ ทำให้มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้งมากที่สุดเท่ากับ 10.63 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ชุดควบคุมมีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้งเท่ากับ 9.43 เปอร์เซ็นต์ ส่วนผลในผักกาดฮ่องเต้พบว่าระดับความเข้มข้นของไอโอเดตที่เพิ่มขึ้นจะทำให้เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้งลดลงแตกต่างกันทางสถิติ โดยที่ระดับความเข้มข้น 30 ไมโครโมลาร์ ทำให้ผักกาดฮ่องเต้มี

เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้งมากที่สุดเท่ากับ 5.37 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ชุดควบคุมมีค่าเท่ากับ 5.17 เปอร์เซ็นต์ และผลของการเติมไอโอดีนพบว่าในคะน้ำและผักกาดฮ่องเต้ความเข้มข้นของไอโอดีนที่เพิ่มขึ้นทำให้เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้งต่อต้นของผักทั้งสองชนิดเพิ่มมากขึ้น ส่วนในผักคะน้ำพบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยความเข้มข้นของไอโอดีนที่ 50 ไมโครโมลาร์ ทำให้เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้งมากที่สุดมีค่าเท่ากับ 12.20 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ชุดควบคุมมีค่าเท่ากับ 7.17 เปอร์เซ็นต์ ส่วนในผักกาดฮ่องเต้พบว่าเปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติมีค่าระหว่าง 8.10–9.15 เปอร์เซ็นต์ โดยความเข้มข้นของไอโอดีนที่ 40 ไมโครโมลาร์ มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้งมากที่สุดเท่ากับ 9.15 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ชุดควบคุมมีค่าเท่ากับ 8.10 เปอร์เซ็นต์

ตาราง 8 แสดงผลของไอโอดีนและไอโอดีนต่อเปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้งของต้นผักคะน้ำ และผักกาดฮ่องเต้ (%)

ระดับความเข้มข้น (ไมโครโมลาร์)	Iodate		Iodide	
	คะน้ำ	ผักกาดฮ่องเต้	คะน้ำ	ผักกาดฮ่องเต้
0	9.43±0.90	5.17±0.35 <sup>a1/</sup>	7.17±0.55 <sup>c</sup>	8.10±0.00
10	10.33±0.50	5.33±0.57 <sup>d</sup>	7.93±0.93 <sup>c</sup>	8.40±0.42
20	10.07±0.61	4.70±0.56 <sup>ab</sup>	9.00±0.17 <sup>b</sup>	8.85±0.35
30	9.50±0.95	5.37±0.35 <sup>a</sup>	9.50±0.20 <sup>b</sup>	8.75±0.35
40	9.77±0.06	4.13±0.29 <sup>b</sup>	9.60±0.46 <sup>b</sup>	9.15±0.21
50	10.63±0.42	4.70±0.56 <sup>ab</sup>	12.20±0.20 <sup>a</sup>	8.55±1.06
t-tast	NS	*	*	NS

หมายเหตุ : 1) <sup>1/</sup> หมายถึง ค่าเฉลี่ยตามแนวตั้งที่ตามหลังด้วยตัวอักษรที่ต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

2) ค่าที่แสดงในตารางเป็น ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)

2.4 ผลของไอโอดีนและไอโอดีนต่อเปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้งรากของผักคะน้ำและผักกาดฮ่องเต้

การเติมสารละลายโพแทสเซียมไอโอดีนและโพแทสเซียมไอโอดีนลงในสารละลายธาตุอาหาร พบว่าความเข้มข้นที่เพิ่มขึ้นของสารละลายไอโอดีนและไอโอดีนมี

แนวโน้มทำให้เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้งของรากลดลงทั้งในฝักคะน้ำและฝักกาตฮ่องเต้ ดังแสดงในตาราง 9 โดยพบว่าการเติมสารละลายไอโอเดตที่ระดับความเข้มข้นเพิ่มขึ้นทำให้ฝักคะน้ำและฝักกาตฮ่องเต้มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้งรากไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยในฝักคะน้ำมีค่าอยู่ระหว่าง 15.96–22.07 เปอร์เซ็นต์ โดยระดับความเข้มข้นที่ 20 ไมโครโมลาร์ ทำให้ฝักคะน้ำมีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้งรากมากที่สุดเท่ากับ 22.07 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ชุดควบคุมมีค่าเท่ากับ 20.60 เปอร์เซ็นต์ ส่วนในฝักกาตฮ่องเต้ พบว่าเปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้งรากมีค่าอยู่ระหว่าง 11.67–14.87 เปอร์เซ็นต์ โดยชุดควบคุมทำให้ฝักกาตฮ่องเต้มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้งรากมากที่สุดเท่ากับ 14.87 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่สารละลายไอโอเดตระดับความเข้มข้น 50 ไมโครโมลาร์ มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้งรากน้อยที่สุด และผลของการเติมไอโอไดด์พบว่าระดับความเข้มข้นของไอโอไดด์ที่เพิ่มขึ้นทำให้เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้งรากของฝักทั้งสองชนิดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นแตกต่างกันทางสถิติ ในฝักคะน้ำที่ความเข้มข้นของสารละลายไอโอไดด์ 20 ไมโครโมลาร์ ทำให้เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้งรากมากที่สุดเท่ากับ 17.50 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ชุดควบคุมมีค่าเท่ากับ 11.73 เปอร์เซ็นต์ ส่วนในฝักกาตฮ่องเต้พบว่าเปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้งรากมากที่สุดที่ความเข้มข้น 40 ไมโครโมลาร์ เท่ากับ 19.75 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ชุดควบคุมมีค่าเท่ากับ 12.20 เปอร์เซ็นต์

ตาราง 9 แสดงผลของไอโอเดตและไอโอไดด์ต่อเปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้งรากของฝักคะน้ำและฝักกาตฮ่องเต้ (%)

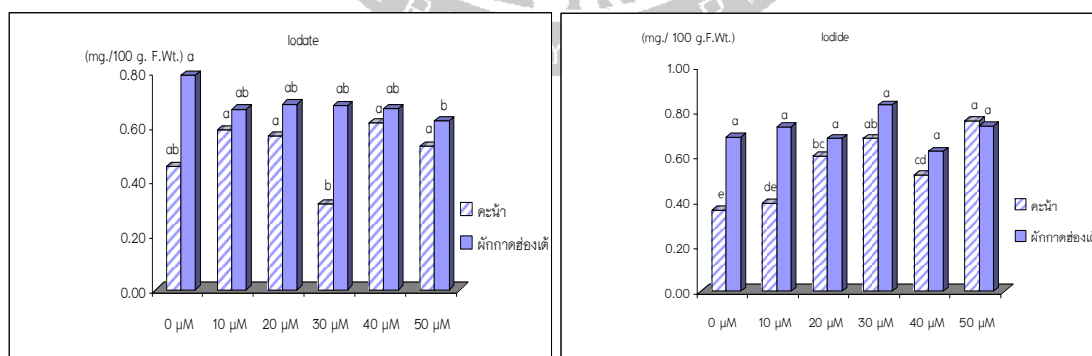
ระดับความเข้มข้น (ไมโครโมลาร์)	Iodate		Iodide	
	คะน้ำ	ฝักกาตฮ่องเต้	คะน้ำ	ฝักกาตฮ่องเต้
0	20.60±7.03	14.87±1.22 <sup>a1/</sup>	11.73±2.50 <sup>c</sup>	12.20±1.56 <sup>cd</sup>
10	15.96±2.51	12.67±0.81 <sup>ab</sup>	16.27±2.79 <sup>ab</sup>	14.20±0.57 <sup>bc</sup>
20	22.07±3.73	14.03±1.16 <sup>ab</sup>	17.50±2.91 <sup>a</sup>	16.30±1.84 <sup>b</sup>
30	17.00±4.59	11.97±1.15 <sup>b</sup>	14.07±1.74 <sup>abc</sup>	16.00±0.85 <sup>b</sup>
40	20.07±2.97	12.33±2.65 <sup>ab</sup>	12.90±0.35 <sup>bc</sup>	19.75±0.07 <sup>a</sup>
50	14.67±4.69	11.67±0.83 <sup>b</sup>	14.87±0.50 <sup>abc</sup>	10.30±0.14 <sup>d</sup>
t-tast	NS	*	*	*

หมายเหตุ : 1) <sup>1/</sup> หมายถึง ค่าเฉลี่ยตามแนวตั้งที่ตามหลังด้วยตัวอักษรที่ต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

2) ค่าที่แสดงในตารางเป็น ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)

## 2.5 ผลของไอโอดีนและไอโอไดด์ต่อปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดของผักคะน้าและผักกาดฮ่องเต้

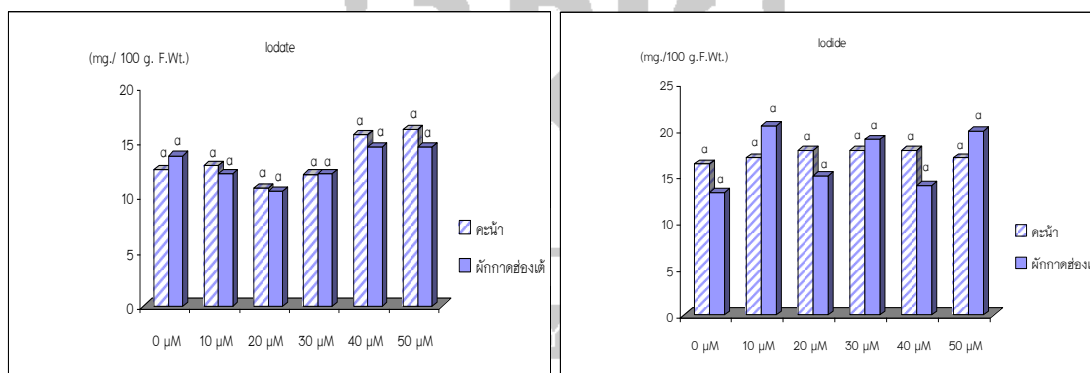
การเติมสารละลายโพแทสเซียมไอโอดีนและโพแทสเซียมไอโอไดด์ลงในสารละลายธาตุอาหารพืช พบว่าความเข้มข้นที่เพิ่มขึ้นของสารละลายไอโอดีนมีแนวโน้มทำให้ปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดในผักคะน้าเพิ่มขึ้น และในผักกาดฮ่องเต้มีผลทำให้ปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดในลดลง ส่วนไอโอไดด์ที่ระดับความเข้มข้นเพิ่มขึ้น มีแนวโน้มทำให้ปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดในผักคะน้าและผักกาดฮ่องเต้นั้นจะเพิ่มขึ้น ดังแสดงในภาพ 4 โดยการเติมสารละลายไอโอดีนที่ระดับความเข้มข้นเพิ่มขึ้นทำให้ปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดของผักคะน้าแตกต่างกันทางสถิติ โดยที่ระดับความเข้มข้น 40 ไมโครโมลาร์ ทำให้ผักคะน้ามีปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดมากที่สุดเท่ากับ 0.61 มิลลิกรัม/100 กรัมน้ำหนักสด ในขณะที่ชุดควบคุมมีค่าเท่ากับ 0.45 มิลลิกรัม/100 กรัมน้ำหนักสด ส่วนในผักกาดฮ่องเต้จะพบว่าการเติมไอโอดีนทำให้ปริมาณคลอโรฟิลล์ไม่แตกต่างกันทางสถิติ และมีค่าอยู่ระหว่าง 0.62–0.79 มิลลิกรัม/100 กรัมน้ำหนักสด โดยที่ผักกาดฮ่องเต้ในชุดควบคุมมีปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดมากที่สุดเท่ากับ 0.79 มิลลิกรัม/100 กรัมน้ำหนักสด และการเติมไอโอไดด์พบว่าระดับความเข้มข้นเพิ่มมากขึ้นมีแนวโน้มทำให้ปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดเพิ่มมากขึ้นทั้งในผักคะน้าและผักกาดฮ่องเต้ โดยในผักคะน้าพบว่าปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดเพิ่มขึ้นแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเข้มข้น 50 ไมโครโมลาร์ ทำให้คะน้ามีปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดมากที่สุดเท่ากับ 0.76 มิลลิกรัม/100 กรัมน้ำหนักสด แตกต่างทางสถิติกับชุดควบคุมซึ่งมีปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดเท่ากับ 0.36 มิลลิกรัม/100 กรัมน้ำหนักสด ส่วนในผักกาดฮ่องเต้พบว่าการเติมไอโอไดด์ทุกระดับความเข้มข้นทำให้ปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 0.62–0.83 มิลลิกรัม/100 กรัมน้ำหนักสด และมีค่ามากที่สุดเมื่อเติมสารละลายไอโอไดด์ 30 ไมโครโมลาร์



ภาพ 4 แสดงผลของไอโอดีนและไอโอไดด์ต่อปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดของผักคะน้าและผักกาดฮ่องเต้

## 2.6 ผลของไอโอเดตและไอโอไดด์ต่อปริมาณวิตามินซีในผักคะน้าและผักกาดฮ่องเต้

การเติมสารละลายโพแทสเซียมไอโอเดตและโพแทสเซียมไอโอไดด์ลงในสารละลายธาตุอาหารพืช พบว่าความเข้มข้นที่เพิ่มขึ้นมีแนวโน้มทำให้ปริมาณวิตามินซีในผักคะน้าและผักกาดฮ่องเต้จะเพิ่มขึ้นไม่แตกต่างกันทางสถิติ ดังแสดงในภาพ 5 โดยการเติมสารละลายไอโอเดตที่ระดับความเข้มข้นเพิ่มขึ้น มีผลทำให้ปริมาณวิตามินซีของพืชทั้งสองชนิดมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 10.73–16.13 และ 10.49–14.52 มิลลิกรัม/100 กรัมน้ำหนักสด โดยระดับความเข้มข้น 50 ไมโครโมลาร์ ทำให้ผักคะน้าและผักกาดฮ่องเต้มีปริมาณวิตามินซีมากที่สุดเท่ากับ 16.13 และ 14.52 มิลลิกรัม/100 กรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ ในขณะที่ชุดควบคุมมีค่าเท่ากับ 10.73 และ 10.49 มิลลิกรัม/100 กรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ และการเติมไอโอไดด์พบว่าเมื่อระดับความเข้มข้นเพิ่มมากขึ้นมีแนวโน้มทำให้ปริมาณวิตามินซีเพิ่มขึ้นทั้งในผักคะน้าและผักกาดฮ่องเต้มีค่าอยู่ระหว่าง 16.29–17.75 และ 13.23–20.41 มิลลิกรัม/100 กรัมน้ำหนักสด ทั้งในคะน้าและผักกาดฮ่องเต้พบว่าไอโอไดด์ที่ระดับความเข้มข้น 50 ไมโครโมลาร์ ทำให้คะน้ามีปริมาณวิตามินซีมากที่สุดเท่ากับ 17.75 และ 20.41 มิลลิกรัม/100 กรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ ในขณะที่ชุดควบคุมของผักคะน้าและผักกาดฮ่องเต้มีปริมาณวิตามินซีเท่ากับ 16.29 และ 13.23 มิลลิกรัม/100 กรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ



ภาพ 5 แสดงผลของไอโอเดตและไอโอไดด์ต่อปริมาณวิตามินซีของผักคะน้าและผักกาดฮ่องเต้

## 2.7 ผลของไอโอเดตและไอโอไดด์ต่อปริมาณไนเตรทในผักคะน้าและผักกาดฮ่องเต้

การเติมสารละลายโพแทสเซียมไอโอเดตและโพแทสเซียมไอโอไดด์ลงในสารละลายธาตุอาหารพืช พบว่าระดับความเข้มข้นของไอโอเดตและไอโอไดด์ที่เพิ่มขึ้นนั้นไม่มีผลต่อปริมาณไนเตรทในผักคะน้าและผักกาดฮ่องเต้ ดังแสดงในตาราง 10 โดยในการเติม

สารละลายไอโอเดตที่ระดับความเข้มข้นเพิ่มขึ้นทำให้ปริมาณไนเตรทของผักคะน้าและผักกาดฮ่องเต้มีค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยซึ่งจะมีค่าอยู่ระหว่าง 0.235–0.281 และ 0.230–0.298 มิลลิกรัม/1 กรัมน้ำหนักสด ในผักคะน้าพบว่าที่ระดับความเข้มข้นของไอโอเดต 50 ไมโครโมลาร์ จะทำให้ผักคะน้ามีปริมาณไนเตรทที่ตกค้างน้อยที่สุดเท่ากับ 0.235 มิลลิกรัม/1 กรัมน้ำหนักสด ในขณะที่ชุดควบคุมมีค่าเท่ากับ 0.243 มิลลิกรัม/1 กรัมน้ำหนักสด ส่วนในผักกาดฮ่องเต้ที่ระดับความเข้มข้นของไอโอเดต 30 ไมโครโมลาร์ มีปริมาณไนเตรทน้อยที่สุดเท่ากับ 0.230 มิลลิกรัม/1 กรัมน้ำหนักสด ในขณะที่ชุดควบคุมมีค่าเท่ากับ 0.242 มิลลิกรัม/1 กรัมน้ำหนักสด และในการเติมไอโอไดด์พบว่าในผักคะน้าเมื่อระดับความเข้มข้นเพิ่มมากขึ้นมีแนวโน้มทำให้ปริมาณไนเตรทที่ตกค้างลดลงแตกต่างกันทางสถิติ โดยที่ระดับความเข้มข้น 20 ไมโครโมลาร์ ทำให้มีปริมาณไนเตรทน้อยที่สุดเท่ากับ 0.190 มิลลิกรัม/1 กรัมน้ำหนักสด ส่วนในผักกาดฮ่องเต้ปริมาณไนเตรทที่ตกค้างมีค่าไม่แตกต่างกันอยู่ระหว่าง 0.232–0.293 มิลลิกรัม/1 กรัมน้ำหนักสด โดยไอโอไดด์ที่ความเข้มข้น 30 ไมโครโมลาร์ จะทำให้คะน้ามีปริมาณไนเตรทน้อยที่สุดเท่ากับ 0.232 มิลลิกรัม/1 กรัมน้ำหนักสด ในขณะที่ชุดควบคุมมีปริมาณไนเตรทเท่ากับ 0.248 มิลลิกรัม/1 กรัมน้ำหนักสด

ตาราง 10 แสดงผลของไอโอเดตและไอโอไดด์ต่อปริมาณไนเตรทของผักคะน้าและผักกาดฮ่องเต้ (mg./1 g.Fw.)

ระดับความเข้มข้น (ไมโครโมลาร์)	Iodate		Iodide	
	คะน้า	ผักกาดฮ่องเต้	คะน้า	ผักกาดฮ่องเต้
0	0.243±0.04	0.242±0.05	0.231±0.00 <sup>bc1/</sup>	0.248±0.06
10	0.281±0.05	0.298±0.07	0.249±0.02 <sup>ab</sup>	0.293±0.08
20	0.246±0.02	0.244±0.03	0.190±0.01 <sup>d</sup>	0.237±0.02
30	0.238±0.03	0.230±0.01	0.216±0.02 <sup>cd</sup>	0.232±0.02
40	0.270±0.02	0.256±0.01	0.271±0.00 <sup>a</sup>	0.255±0.01
50	0.235±0.00	0.237±0.01	0.195±0.00 <sup>d</sup>	0.236±0.00
t-tast	NS	NS	*	NS

หมายเหตุ : 1) <sup>1/</sup> หมายถึง ค่าเฉลี่ยตามแนวตั้งที่ตามหลังด้วยตัวอักษรที่ต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

2) ค่าที่แสดงในตารางเป็น ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)

2.8 ผลของไอบีเดตและไอบีโดต์ต่อปริมาณไอบีดินในผักคะน้าและผักกาดฮ่องเต้ การเติมสารละลายโพแทสเซียมไอบีเดตและโพแทสเซียมไอบีโดต์ลงในสารละลายธาตุอาหารพืช พบว่าระดับความเข้มข้นของไอบีเดตและไอบีโดต์ที่เพิ่มขึ้นนั้นมีแนวโน้มทำให้ปริมาณไอบีดินเพิ่มมากขึ้นทั้งในผักคะน้าและผักกาดฮ่องเต้ ดังแสดงในตาราง 11 โดยพบว่าการเติมสารละลายไอบีเดตที่ระดับความเข้มข้นเพิ่มขึ้นทำให้มีปริมาณไอบีดินสะสมเพิ่มขึ้นแตกต่างกันทางสถิติ โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 38.89–52.22 และ 39.56–56.88 ไมโครกรัม/100 กรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ ในคะน้าพบว่าที่ระดับความเข้มข้น 30 ไมโครโมลาร์ ทำให้มีปริมาณไอบีดินสะสมมากที่สุดมีค่าเท่ากับ 52.22 ไมโครกรัม/100 กรัมน้ำหนักสด ในขณะที่ชุดควบคุมมีค่าเท่ากับ 38.89 ไมโครกรัม/100 กรัมน้ำหนักสด ส่วนในผักกาดฮ่องเต้พบว่าที่ระดับความเข้มข้น 50 ไมโครโมลาร์ มีผลทำให้ปริมาณไอบีดินสะสมมากที่สุดเท่ากับ 56.88 ไมโครกรัม/100 กรัมน้ำหนักสด ในขณะที่ชุดควบคุมมีค่าเท่ากับ 39.56 ไมโครกรัม/100 กรัม น้ำหนักสด และการเติมไอบีโดต์พบว่าปริมาณไอบีดินที่สะสมไม่แตกต่างกัน ในผักคะน้าที่ระดับความเข้มข้นของไอบีโดต์ 50 ไมโครโมลาร์ มีผลทำให้ปริมาณไอบีดินที่สะสมมีค่ามากที่สุดเท่ากับ 59.55 ไมโครกรัม/100 กรัมน้ำหนักสด ในขณะที่ชุดควบคุมมีค่าเท่ากับ 40.89 ไมโครกรัม/100 กรัม น้ำหนักสด ส่วนในผักกาดฮ่องเต้พบว่าที่ความเข้มข้น 10 ไมโครโมลาร์ ทำให้มีปริมาณไอบีดินสะสมมากที่สุดเท่ากับ 40.56 ไมโครกรัม/100 กรัม น้ำหนักสด ในขณะที่ชุดควบคุมมีค่าเท่ากับ 31.56 ไมโครกรัม/100 กรัม น้ำหนักสด

ตาราง 11 แสดงผลของไอโอเดตและไอโอไดด์ต่อปริมาณไอโอดีนที่สะสมในต้นของ  
ผักคะน้าและผักกาดฮ่องเต้ ( $\mu\text{g./100 g.Fw.}$ )

ระดับความเข้มข้น (ไมโครโมลาร์)	Iodate		Iodide	
	คะน้า	ผักกาดฮ่องเต้	คะน้า	ผักกาดฮ่องเต้
0	38.89±0.01 <sup>d1/</sup>	39.56±0.05 <sup>f</sup>	40.89±1.88 <sup>b</sup>	31.56±2.83
10	48.22±0.03 <sup>b</sup>	50.22±0.02 <sup>e</sup>	48.89±9.43 <sup>ab</sup>	40.56±3.30
20	46.89±0.03 <sup>c</sup>	51.56±0.01 <sup>d</sup>	56.89±1.88 <sup>a</sup>	32.23±1.89
30	52.22±0.03 <sup>a</sup>	52.89±0.01 <sup>c</sup>	56.22±8.49 <sup>a</sup>	36.56±6.13
40	48.22±0.03 <sup>b</sup>	54.22±0.02 <sup>b</sup>	58.22±0.00 <sup>a</sup>	36.89±2.82
50	46.89±0.01 <sup>c</sup>	56.88±0.01 <sup>a</sup>	59.55±1.89 <sup>a</sup>	37.89±2.36
t-tast	*	*	*	NS

หมายเหตุ : 1) <sup>1/</sup> หมายถึง ค่าเฉลี่ยตามแนวตั้งที่ตามหลังด้วยตัวอักษรที่ต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

2) ค่าที่แสดงในตารางเป็น ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)

## การทดลองที่ 2

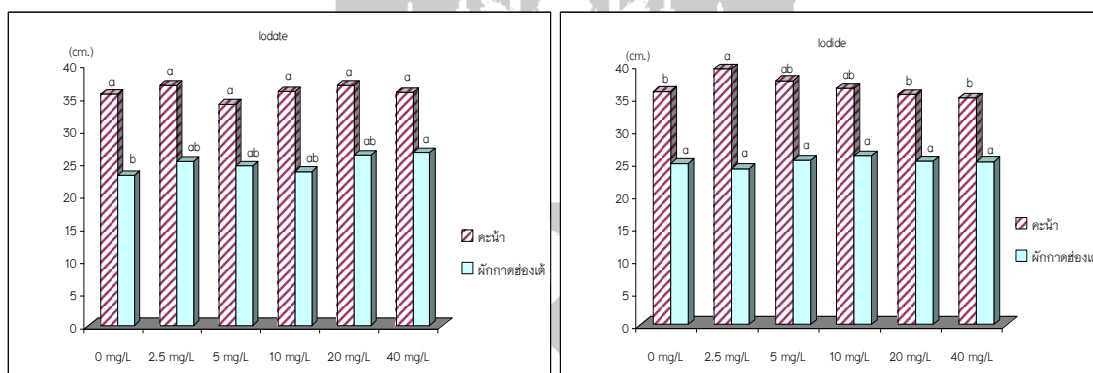
การฉีดพ่นสารละลายไอโอเดตและไอโอไดด์ในระดับความเข้มข้นที่แตกต่างกัน ต่อผลผลิตและคุณภาพของผักคะน้าและผักกาดฮ่องเต้ที่ปลูกในระบบไฮโดรโปนิคส์

1. ผลของการฉีดพ่นไอโอเดตและไอโอไดด์ต่อการเจริญเติบโตของผักคะน้าและผักกาดฮ่องเต้

1.1 ผลของการฉีดพ่นไอโอเดตและไอโอไดด์ต่อความสูงต้นของผักคะน้าและผักกาดฮ่องเต้

การฉีดพ่นสารละลายโพแทสเซียมไอโอเดตและโพแทสเซียมไอโอไดด์ลงบนใบพืช พบว่าความเข้มข้นที่เพิ่มขึ้นของสารละลายไอโอเดตและไอโอไดด์ไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตของผักคะน้าและผักกาดฮ่องเต้ โดยมีค่าความสูงของต้นไม่แตกต่างกัน โดยพบว่าการฉีดพ่นสารละลายไอโอเดตที่ระดับความเข้มข้นทุกระดับทำให้ความสูงของผักคะน้าและผักกาดฮ่องเต้ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ดังแสดงในภาพ 6 โดยจะมีค่าความสูงอยู่ระหว่าง 33.96–36.84 และ

23.00–26.50 เซนติเมตร ตามลำดับ โดยที่ระดับความเข้มข้น 20 มิลลิกรัม/ลิตร ทำให้ผักคะน้า มีความสูงของต้นมากที่สุดเท่ากับ 36.84 เซนติเมตร ในขณะที่ชุดควบคุมมีค่าเท่ากับ 33.96 เซนติเมตร ส่วนในผักกาดฮ่องเต้พบว่า การฉีดพ่นไอโอดีนที่ระดับความเข้มข้น 40 มิลลิกรัม/ลิตร ทำให้ผักกาดฮ่องเต้มีความสูงของต้นมากที่สุดเท่ากับ 26.50 เซนติเมตร ในขณะที่ชุดควบคุมมีความสูงต้นเท่ากับ 23.00 เซนติเมตร และการฉีดพ่นไอโอดีนได้พบว่ามีผลต่อความเข้มข้นเพิ่มมากขึ้นมีผลทำให้ความสูงต่อต้นของผักคะน้าลดลง โดยพบว่าที่ระดับความเข้มข้น 2.5 มิลลิกรัม/ลิตร มีผลทำให้คะน้ามีความสูงต่อต้นมากที่สุดเท่ากับ 39.46 เซนติเมตร ไม่แตกต่างทางสถิติกับชุดควบคุมที่มีความสูงต้นเท่ากับ 35.95 เซนติเมตร ส่วนในผักกาดฮ่องเต้พบว่า การฉีดพ่นไอโอดีนทุกระดับความเข้มข้นทำให้ต้นผักกาดฮ่องเต้มีความสูงไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยมีความสูงอยู่ระหว่าง 24.09–26.00 เซนติเมตร ซึ่งการพ่นสารละลายไอโอดีนที่ 10 มิลลิกรัม/ลิตร ทำให้ผักกาดฮ่องเต้มีความสูงต้นมากที่สุดเท่ากับ 26.03 เซนติเมตร ในขณะที่ชุดควบคุมมีค่าเท่ากับ 24.88 เซนติเมตร



ภาพ 6 แสดงผลของการฉีดพ่นไอโอดีนและไอโอดีนต่อความสูงต้นของผักคะน้าและผักกาดฮ่องเต้

### 1.2 ผลของการฉีดพ่นไอโอดีนและไอโอดีนต่อความยาวรากของผักคะน้าและผักกาดฮ่องเต้

การฉีดพ่นสารละลายโพแทสเซียมไอโอดีนและโพแทสเซียมไอโอดีนลงบนใบพืช พบว่าความเข้มข้นที่เพิ่มขึ้นของสารละลายไอโอดีนและไอโอดีนไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตของผักคะน้าและผักกาดฮ่องเต้ โดยมีค่าความยาวของรากไม่แตกต่างกัน ดังแสดงในตาราง 12 โดยพบว่า การฉีดพ่นสารละลายไอโอดีนที่ระดับความเข้มข้นทุกระดับทำให้ความยาวรากของผักคะน้าและผักกาดฮ่องเต้ไม่แตกต่างกันทางสถิติโดยมีค่าอยู่ระหว่าง 30.96–34.34 และ 31.08–35.71 เซนติเมตร ตามลำดับ โดยที่ระดับความเข้มข้น 20 มิลลิกรัม/ลิตร ทำให้ผักคะน้า

มีความยาวรากมากที่สุดเท่ากับ 34.34 เซนติเมตร ในขณะที่ชุดควบคุมมีค่าเท่ากับ 33.21 เซนติเมตร ส่วนในผักกาดฮ่องเต้พบว่าการฉีดพ่นไอโอดีนที่ระดับความเข้มข้น 2.5 มิลลิกรัม/ลิตร ทำให้ผักกาดฮ่องเต้มีความยาวรากมากที่สุดเท่ากับ 35.71 เซนติเมตร ในขณะที่ชุดควบคุมมีความยาวรากเท่ากับ 31.08 เซนติเมตร และการฉีดพ่นไอโอดีนได้พบว่ามีระดับความเข้มข้นเพิ่มมากขึ้น มีผลทำให้ความยาวรากของผักคะน้ามีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้น โดยจะพบว่าที่ระดับความเข้มข้น 5 มิลลิกรัม/ลิตร ทำให้คะน้ามีความยาวรากมากที่สุดเท่ากับ 40.25 เซนติเมตร ขณะที่ชุดควบคุมมีค่าเท่ากับ 30.42 เซนติเมตร ส่วนในผักกาดฮ่องเต้พบว่าการฉีดพ่นไอโอดีนได้พบทุกระดับความเข้มข้นมีผลทำให้ต้นผักกาดฮ่องเต้มีความยาวรากไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยมีความยาวรากอยู่ระหว่าง 33.54–38.59 เซนติเมตร ซึ่งการฉีดพ่นสารละลายไอโอดีนที่ 10 มิลลิกรัม/ลิตร ทำให้ผักกาดฮ่องเต้มีความยาวรากใกล้เคียงกับชุดควบคุมมากที่สุดเท่ากับ 37.13 เซนติเมตร ในขณะที่ชุดควบคุมมีค่าเท่ากับ 38.59 เซนติเมตร

ตาราง 12 แสดงผลของการฉีดพ่นไอโอดีนและไอโอดีนต่อความยาวรากของผักคะน้า และผักกาดฮ่องเต้ (cm.)

ระดับความ เข้มข้น (mg/L)	Iodate		Iodide	
	คะน้า	ผักกาดฮ่องเต้	คะน้า	ผักกาดฮ่องเต้
0	33.21±7.06	31.08±4.05	30.42±2.23 <sup>b1/</sup>	38.59±4.60
2.5	32.67±3.41	35.71±1.18	35.38±5.64 <sup>ab</sup>	35.08±1.34
5	30.96±5.70	35.55±7.31	40.25±7.63 <sup>a</sup>	33.54±0.19
10	31.67±7.90	31.96±5.03	35.67±4.91 <sup>ab</sup>	37.13±1.75
20	34.34±3.13	34.79±6.04	34.09±3.56 <sup>ab</sup>	36.63±5.07
40	33.38±1.85	34.46±4.92	37.46±2.50 <sup>ab</sup>	35.67±5.36
t-tast	NS	NS	**	NS

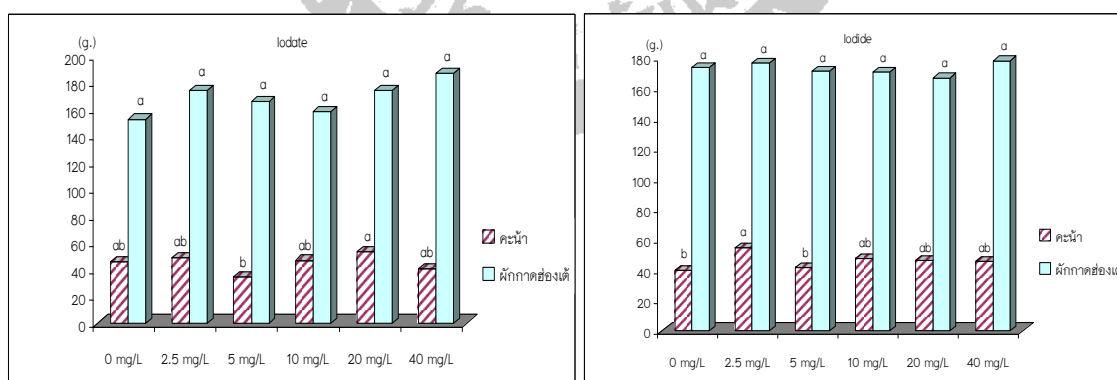
หมายเหตุ : 1) <sup>1/</sup> หมายถึง ค่าเฉลี่ยตามแนวตั้งที่ตามหลังด้วยตัวอักษรที่ต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

2) ค่าที่แสดงในตารางเป็น ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)

## 2. ผลของการฉีดพ่นไอโอเดตและไอโอไดด์ต่อผลผลิตของผักคะน้าและผักกาดฮ่องเต้

### 2.1 ผลของการฉีดพ่นไอโอเดตและไอโอไดด์ต่อน้ำหนักสดของผักคะน้าและผักกาดฮ่องเต้

การฉีดพ่นสารละลายโพแทสเซียมไอโอเดตและโพแทสเซียมไอโอไดด์ลงบนใบพืชจะพบว่าระดับความเข้มข้นที่เพิ่มมากขึ้นของสารละลายไอโอเดตและไอโอไดด์ไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตของผักคะน้าและผักกาดฮ่องเต้ ซึ่งทำให้มีน้ำหนักสดไม่แตกต่างกัน ดังแสดงในภาพ 7 โดยพบว่าการฉีดพ่นสารละลายไอโอเดตที่ระดับความเข้มข้นทุกระดับทำให้น้ำหนักสดของผักคะน้าและผักกาดฮ่องเต้ไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 34.50–53.83 และ 152.84–187.00 กรัม/ต้น ตามลำดับ โดยที่ระดับความเข้มข้น 20 มิลลิกรัม/ลิตร ทำให้ผักคะน้ามีน้ำหนักสดมากที่สุดเท่ากับ 53.83 กรัม/ต้น ในขณะที่ชุดควบคุมมีค่าเท่ากับ 46.00 กรัม/ต้น ส่วนในผักกาดฮ่องเต้พบว่า การฉีดพ่นไอโอเดตที่ระดับความเข้มข้น 40 มิลลิกรัม/ลิตร ทำให้ผักกาดฮ่องเต้มีน้ำหนักสดมากที่สุดเท่ากับ 187.00 กรัม/ต้น ในขณะที่ชุดควบคุมมีน้ำหนักสดเท่ากับ 152.84 กรัม/ต้น และการฉีดพ่นไอโอไดด์ลงบนใบผักคะน้าและผักกาดฮ่องเต้พบว่า มีผลทำให้น้ำหนักสดต้นมีค่าอยู่ระหว่าง 39.75–54.50 และ 166.66–178.00 กรัม/ต้น โดยพบว่าที่ระดับความเข้มข้น 2.5 มิลลิกรัม/ลิตร ทำให้คะน้ามีน้ำหนักสดมากที่สุดเท่ากับ 54.50 กรัม/ต้น ซึ่งแตกต่างกับชุดควบคุมที่มีน้ำหนักสดเท่ากับ 39.75 กรัม/ต้น ส่วนในผักกาดฮ่องเต้จะพบว่า การฉีดพ่นไอโอไดด์ที่ระดับความเข้มข้น 40 มิลลิกรัม/ลิตร ทำให้ต้นผักกาดฮ่องเต้มีน้ำหนักสดมากที่สุดมีค่าเท่ากับ 178.00 กรัม/ต้น ในขณะที่ชุดควบคุมมีค่าเท่ากับ 166.66 กรัม/ต้น



ภาพ 7 แสดงผลของการฉีดพ่นไอโอเดตและไอโอไดด์ต่อน้ำหนักสดต่อต้นของผักคะน้าและผักกาดฮ่องเต้

## 2.2 ผลของการฉีดพ่นไอโอเดตและไอโอไดด์ต่อน้ำหนักสตรากของผักคะน้าและผักกาดฮ่องเต้

การฉีดพ่นสารละลายโพแทสเซียมไอโอเดตและโพแทสเซียมไอโอไดด์ลงบนใบพืช พบว่าความเข้มข้นที่เพิ่มขึ้นของสารละลายไอโอเดตและไอโอไดด์ไม่มีผลต่อผลผลิตของผักคะน้าและผักกาดฮ่องเต้ ทำให้มีน้ำหนักสตรากไม่แตกต่างกัน ดังแสดงในตาราง 13 จะพบว่าการฉีดพ่นสารละลายไอโอเดตที่ระดับความเข้มข้นทุกระดับทำให้น้ำหนักสตรากของผักคะน้าและผักกาดฮ่องเต้ไม่แตกต่างกันทางสถิติ มีค่าระหว่าง 1.88–2.92 และ 9.53–12.33 กรัม/ต้น ตามลำดับ โดยที่ระดับความเข้มข้น 2.5 มิลลิกรัม/ลิตร ทำให้ผักคะน้ามีน้ำหนักสตรากมากที่สุดเท่ากับ 2.92 กรัม/ต้น ในขณะที่ชุดควบคุมมีค่าเท่ากับ 2.67 กรัม/ต้น ส่วนในผักกาดฮ่องเต้พบว่าการฉีดพ่นไอโอเดตที่ระดับความเข้มข้น 20 มิลลิกรัม/ลิตร ทำให้ผักกาดฮ่องเต้มีน้ำหนักสตรากมากที่สุดเท่ากับ 12.33 กรัม/ต้น ในขณะที่ชุดควบคุมมีน้ำหนักสตรากเท่ากับ 11.91 กรัม/ต้น และการฉีดพ่นไอโอไดด์ลงบนใบผักคะน้าและผักกาดฮ่องเต้พบว่ามีผลทำให้น้ำหนักสตรากมีค่าระหว่าง 2.00–3.58 และ 7.99–11.28 กรัม/ต้น โดยจะพบว่าที่ระดับของความเข้มข้น 20–40 มิลลิกรัม/ลิตร ทำให้คะน้ามีน้ำหนักสตรากมากที่สุดเท่ากับ 3.58 กรัม/ต้น ซึ่งแตกต่างกับชุดควบคุมที่มีน้ำหนักสตรากเท่ากับ 2.00 กรัม/ต้น ส่วนในผักกาดฮ่องเต้พบว่าการฉีดพ่นไอโอไดด์ที่ระดับความเข้มข้น 2.5 มิลลิกรัม/ลิตร ทำให้มีน้ำหนักสตรากใกล้เคียงกับชุดควบคุม โดยมีค่าเท่ากับ 10.18 และ 11.28 กรัม/ต้น ตามลำดับ

ตาราง 13 แสดงผลของการฉีดพ่นไอโอเดตและไอโอไดด์ต่อน้ำหนักสตราทของผักคะน้า และผักกาดฮ่องเต้ (g.)

ระดับความ เข้มข้น (mg/L)	Iodate		Iodide	
	คะน้า	ผักกาดฮ่องเต้	คะน้า	ผักกาดฮ่องเต้
0	2.67±0.76 <sup>ab1/</sup>	11.91±3.68	2.00±0.50 <sup>b</sup>	11.28±0.97
2.5	2.92±0.58 <sup>a</sup>	11.77±2.59	3.50±0.50 <sup>a</sup>	10.18±2.65
5	1.88±0.54 <sup>b</sup>	11.49±3.93	2.25±0.25 <sup>ab</sup>	8.92±1.69
10	2.33±0.38 <sup>ab</sup>	11.35±1.14	3.33±1.44 <sup>ab</sup>	7.99±0.78
20	2.67±0.14 <sup>ab</sup>	12.33±3.45	3.58±0.95 <sup>a</sup>	8.95±1.75
40	2.17±0.38 <sup>ab</sup>	9.53±0.64	3.58±0.38 <sup>a</sup>	8.23±1.63
t-tast	*	NS	*	NS

หมายเหตุ : 1) <sup>1/</sup> หมายถึง ค่าเฉลี่ยตามแนวตั้งที่ตามหลังด้วยตัวอักษรที่ต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

2) ค่าที่แสดงในตารางเป็น ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)

### 2.3 ผลของการฉีดพ่นไอโอเดตและไอโอไดด์ต่อเปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้งของผักคะน้าและผักกาดฮ่องเต้

การฉีดพ่นสารละลายโพแทสเซียมไอโอเดตและโพแทสเซียมไอโอไดด์ลงในสารละลายธาตุอาหารพืช พบว่าความเข้มข้นที่เพิ่มขึ้นของสารละลายไอโอเดตมีแนวโน้มทำให้เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้งเพิ่มมากขึ้นทั้งในผักคะน้าและผักกาดฮ่องเต้ ดังแสดงในตาราง 14 และการฉีดพ่นไอโอไดด์มีแนวโน้มทำให้เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้งของผักคะน้าเพิ่มขึ้นแต่ไม่มีผลต่อน้ำหนักแห้งของผักกาดฮ่องเต้ โดยพบว่าการฉีดพ่นสารละลายไอโอเดตที่ระดับความเข้มข้นเพิ่มขึ้นทำให้ผักคะน้าและผักกาดฮ่องเต้มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้งเพิ่มขึ้นไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 5.53–9.25 และ 3.28–5.55 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งในผักคะน้าพบว่าที่ระดับความเข้มข้นของไอโอเดต 5 มิลลิกรัม/ลิตร ทำให้ผักคะน้ามีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้งมากที่สุดเท่ากับ 9.25 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ชุดควบคุมที่มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้งเท่ากับ 5.53 เปอร์เซ็นต์ ส่วนในผักกาดฮ่องเต้พบว่าระดับความเข้มข้นของไอโอเดตที่ 20–40 มิลลิกรัม/ลิตร มีค่าน้ำหนักแห้งมากที่สุดเท่ากับ 5.55 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ชุดควบคุมมีค่าเท่ากับ 3.28

เปอร์เซ็นต์ และผลของการฉีดพ่นไอโอไดด์พบว่าในคะน้ำและผักกาดฮ่องเต้ระดับความเข้มข้นของไอโอไดด์ที่เพิ่มขึ้นทำให้เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้งของผักคะน้ำและผักกาดฮ่องเต้ไม่แตกต่างกันทางสถิติ มีค่าอยู่ระหว่าง 8.45–8.95 และ 4.60–6.00 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยพบว่าระดับความเข้มข้นของไอโอไดด์ที่ 5 และ 20 มิลลิกรัม/ลิตร ทำให้เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้งของผักคะน้ำมากที่สุดมีค่าเท่ากับ 8.95 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ชุดควบคุมมีค่าเท่ากับ 8.60 เปอร์เซ็นต์ ส่วนในผักกาดฮ่องเต้พบว่าระดับความเข้มข้นของไอโอไดด์ 20 มิลลิกรัม/ลิตร มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้งมากที่สุดเท่ากับ 6.00 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ชุดควบคุมมีค่าเท่ากับ 5.05 เปอร์เซ็นต์

ตาราง 14 แสดงผลของการฉีดพ่นไอโอเดตและไอโอไดด์ต่อเปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้งของผักคะน้ำและผักกาดฮ่องเต้ (%)

ระดับความเข้มข้น (mg/L)	Iodate		Iodide	
	คะน้ำ	ผักกาดฮ่องเต้	คะน้ำ	ผักกาดฮ่องเต้
0	5.53±6.46 <sup>1/</sup>	3.28±3.85	8.60±0.99	5.05±0.64
2.5	8.55±0.35	5.50±0.42	8.85±0.78	5.50±0.57
5	9.25±0.07	5.50±0.28	8.95±0.49	4.60±0.14
10	8.00±0.28	4.35±0.49	8.45±0.64	4.65±0.21
20	7.60±0.42	5.55±0.21	8.95±0.21	6.00±0.70
40	8.60±0.35	5.55±0.21	8.65±0.49	4.80±0.27
t-tast	NS	NS	NS	NS

หมายเหตุ : 1) <sup>1/</sup> หมายถึง ค่าเฉลี่ยตามแนวตั้งที่ตามหลังด้วยตัวอักษรที่ต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

2) ค่าที่แสดงในตารางเป็น ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)

#### 2.4 ผลของการฉีดพ่นไอโอเดตและไอโอไดด์ต่อเปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้งรากของผักคะน้ำและผักกาดฮ่องเต้

การฉีดพ่นสารละลายโพแทสเซียมไอโอเดตและโพแทสเซียมไอโอไดด์ลงในสารละลายธาตุอาหารพืช พบว่าความเข้มข้นที่เพิ่มขึ้นของสารละลายไอโอเดตไม่มีผลต่อน้ำหนักแห้งของรากทำให้เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้งรากไม่แตกต่างกันทางสถิติทั้งในผักคะน้ำและผักกาดฮ่องเต้ ดังแสดงในตาราง 15 และพบว่าการฉีดพ่นไอโอไดด์มีแนวโน้มทำให้เปอร์เซ็นต์

น้ำหนักแห้งรากของผักคะน้าลดลงแต่ไม่มีผลต่อน้ำหนักแห้งของผักกาดฮ่องเต้ โดยการฉีดพ่นสารละลายไอโอเดตที่ระดับความเข้มข้นเพิ่มขึ้น ทำให้ผักคะน้าและผักกาดฮ่องเต้มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้งรากระหว่าง 10.60–12.00 และ 6.70–10.70 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งในผักคะน้าจะพบว่าที่ระดับความเข้มข้นของไอโอเดต 10 มิลลิกรัม/ลิตร ทำให้ผักคะน้าจะมีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้งรากมากที่สุดเท่ากับ 12.00 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ชุดควบคุมที่มีน้ำหนักแห้งรากเท่ากับ 11.00 เปอร์เซ็นต์ ส่วนในผักกาดฮ่องเต้จะพบว่าระดับความเข้มข้นของไอโอเดตที่ 40 มิลลิกรัม/ลิตร มีค่าน้ำหนักแห้งรากมากที่สุดเท่ากับ 10.70 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ชุดควบคุมมีค่าเท่ากับ 7.20 เปอร์เซ็นต์ และผลของการฉีดพ่นไอโอไดด์พบว่าในผักคะน้าระดับความเข้มข้นของไอโอไดด์ที่เพิ่มขึ้น ทำให้เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้งรากของผักคะน้าลดลงแตกต่างกันทางสถิติโดยมีค่าอยู่ระหว่าง 6.60–10.50 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งที่ระดับความเข้มข้น 5 มิลลิกรัม/ลิตร ทำให้น้ำหนักแห้งรากมีค่าใกล้เคียงกับชุดควบคุมมากที่สุดเท่ากับ 10.00 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ชุดควบคุมมีค่าเท่ากับ 10.50 เปอร์เซ็นต์ และในผักกาดฮ่องเต้พบว่าไอโอไดด์มีแนวโน้มทำให้น้ำหนักแห้งรากเพิ่มมากขึ้นมีค่าอยู่ระหว่าง 7.75–13.65 เปอร์เซ็นต์ โดยระดับความเข้มข้นของไอโอไดด์ที่ 10 มิลลิกรัม/ลิตร มีผลทำให้เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้งรากของผักกาดฮ่องเต้มากที่สุดมีค่าเท่ากับ 13.65 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ชุดควบคุมมีค่าเท่ากับ 7.75 เปอร์เซ็นต์

ตาราง 15 แสดงผลของการฉีดพ่นไอโอเดตและไอโอไดด์ต่อเปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้งรากต่อต้นของผักคะน้าและผักกาดฮ่องเต้ (%)

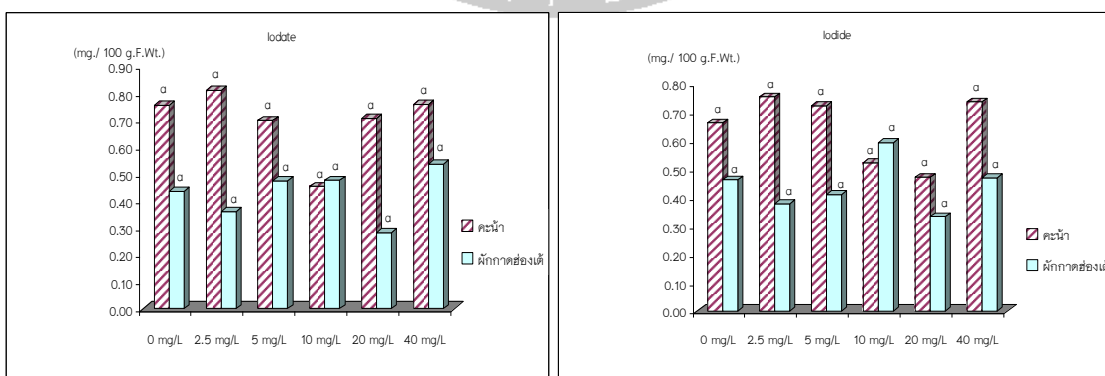
ระดับความเข้มข้น (mg/L)	Iodate		Iodide	
	คะน้า	ผักกาดฮ่องเต้	คะน้า	ผักกาดฮ่องเต้
0	11.00±0.00	7.20±0.14 <sup>b1/</sup>	10.50±0.71 <sup>a</sup>	7.75±0.92
2.5	10.75±0.64	8.70±0.42 <sup>ob</sup>	8.60±0.14 <sup>b</sup>	7.35±0.35
5	11.20±0.00	6.70±0.28 <sup>b</sup>	10.00±0.28 <sup>a</sup>	9.15±0.78
10	12.00±0.00	9.20±0.57 <sup>ob</sup>	7.00±0.28 <sup>c</sup>	13.65±0.07
20	11.10±0.00	9.35±1.90 <sup>ob</sup>	7.20±0.28 <sup>c</sup>	11.70±0.56
40	10.60±0.87	10.70±1.98 <sup>a</sup>	6.60±0.14 <sup>c</sup>	10.10±0.31
t-tast	NS	*	*	NS

หมายเหตุ : 1) <sup>1/</sup> หมายถึง ค่าเฉลี่ยตามแนวตั้งที่ตามหลังด้วยตัวอักษรที่ต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

2) ค่าที่แสดงในตารางเป็น ค่าเฉลี่ย  $\pm$  ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)

2.5 ผลของการฉีดพ่นไอโอเดตและไอโอไดด์ต่อปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดของผักคะน้าและผักกาดฮ่องเต้

การฉีดพ่นสารละลายโพแทสเซียมไอโอเดตและโพแทสเซียมไอโอไดด์ลงบนใบพืช พบว่าความเข้มข้นที่เพิ่มขึ้นของสารละลายไอโอเดตและไอโอไดด์ไม่มีผลต่อปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดในผักคะน้าและผักกาดฮ่องเต้ และไม่แตกต่างกันทางสถิติ ดังแสดงในภาพ 8 โดยพบว่าการเติมสารละลายไอโอเดตที่ระดับความเข้มข้นเพิ่มขึ้นทำให้ปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดของผักคะน้าจะมีค่าอยู่ระหว่าง 0.45–0.81 มิลลิกรัม/100 กรัมน้ำหนักสด โดยที่ระดับความเข้มข้น 2.5 มิลลิกรัม/ลิตร ทำให้ผักคะน้ามีปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดมากที่สุดเท่ากับ 0.81 มิลลิกรัม/100 กรัมน้ำหนักสด ในขณะที่ชุดควบคุมมีค่าเท่ากับ 0.76 กรัม/100 กรัมน้ำหนักสด ส่วนในผักกาดฮ่องเต้พบว่าการฉีดพ่นไอโอเดตทำให้ปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดไม่แตกต่างกันทางสถิติเช่นกันโดยมีค่าอยู่ระหว่าง 0.29–0.54 มิลลิกรัม/100 กรัมน้ำหนักสด ซึ่งที่ระดับความเข้มข้น 40 มิลลิกรัม/ลิตร ทำให้ผักกาดฮ่องเต้มีปริมาณคลอโรฟิลล์มากที่สุดเท่ากับ 0.54 มิลลิกรัม/100 กรัมน้ำหนักสด และการฉีดพ่นไอโอไดด์พบว่าเมื่อระดับความเข้มข้นเพิ่มมากขึ้นมีผลทำให้ปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดไม่แตกต่างกันทั้งในผักคะน้าและผักกาดฮ่องเต้ โดยในผักคะน้าพบว่าปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดมีค่าอยู่ระหว่าง 0.47–0.76 มิลลิกรัม/100 กรัม น้ำหนักสด และที่ระดับความเข้มข้น 2.5 มิลลิกรัม/ลิตร ทำให้คะน้ามีปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดมากที่สุดเท่ากับ 0.76 มิลลิกรัม/100 กรัม น้ำหนักสด แตกต่างทางสถิติกับชุดควบคุมซึ่งมีปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดเท่ากับ 0.67 มิลลิกรัม/100 กรัม น้ำหนักสด ส่วนในผักกาดฮ่องเต้พบว่าปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 0.33–0.59 มิลลิกรัม/ 100 กรัม น้ำหนักสด และมีค่ามากที่สุดที่การเติมสารละลายไอโอไดด์ 30 มิลลิกรัม/ลิตร ในขณะที่ชุดควบคุมมีค่าเท่ากับ 0.46 มิลลิกรัม/100 กรัม น้ำหนักสด

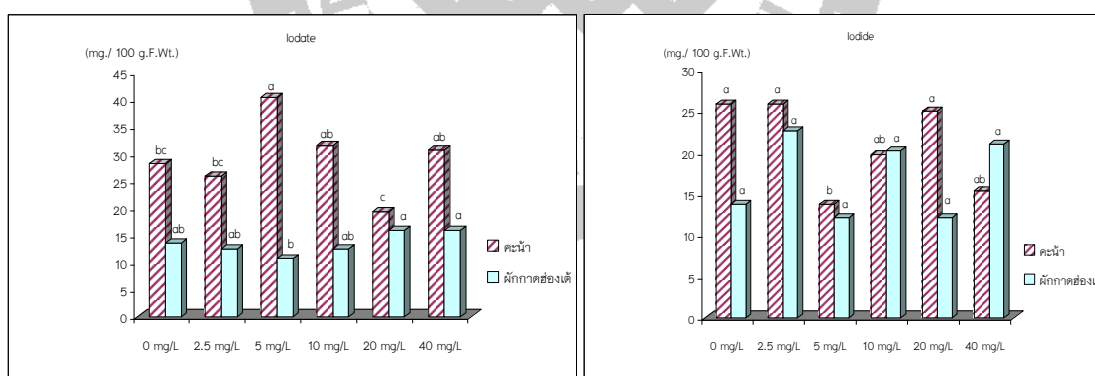


ภาพ 8 แสดงผลของการฉีดพ่นไอโอเดตและไอโอไดด์ต่อปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมด

### ของผักคะน้าและผักกาดฮ่องเต้

2.6 ผลของการฉีดพ่นไอโอเดตและไอโอไดด์ต่อปริมาณวิตามินซีในผักคะน้าและผักกาดฮ่องเต้

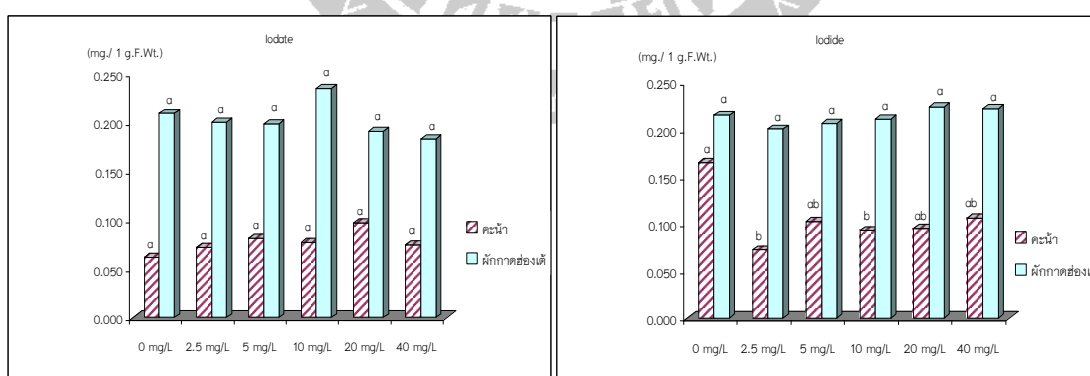
การฉีดพ่นสารละลายโพแทสเซียมไอโอเดตและโพแทสเซียมไอโอไดด์ลงบนใบพืช พบว่าความเข้มข้นที่เพิ่มขึ้นของไอโอเดตมีแนวโน้มทำให้ปริมาณวิตามินซีในผักคะน้าและผักกาดฮ่องเต้เพิ่มขึ้นไม่แตกต่างกันทางสถิติ ดังแสดงในภาพ 9 โดยจะพบว่า การเติมสารละลายไอโอเดตที่ระดับความเข้มข้นเพิ่มขึ้นทำให้ปริมาณวิตามินซีของผักคะน้าและผักกาดฮ่องเต้มีค่าอยู่ระหว่าง 19.35–40.32 และ 10.65–15.80 มิลลิกรัม/100 กรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ โดยที่ระดับความเข้มข้น 5 มิลลิกรัม/ลิตร ทำให้ผักคะน้ามีปริมาณวิตามินซีมากที่สุดเท่ากับ 40.32 มิลลิกรัม/100 กรัมน้ำหนักสด ชุดควบคุมมีค่าเท่ากับ 19.36 มิลลิกรัม/100 กรัมน้ำหนักสด ส่วนในผักกาดฮ่องเต้พบว่าที่ระดับความเข้มข้นของไอโอเดต 20–40 มิลลิกรัม/ลิตร ทำให้ปริมาณวิตามินซีในผักกาดฮ่องเต้มีค่ามากที่สุดเท่ากับ 15.80 มิลลิกรัม/100 กรัมน้ำหนักสด ในขณะที่ชุดควบคุมมีค่าเท่ากับ 10.65 มิลลิกรัม/100 กรัมน้ำหนักสด และในการฉีดพ่นไอโอไดด์พบว่าปริมาณวิตามินซีไม่แตกต่างกันทั้งในผักคะน้าและผักกาดฮ่องเต้มีค่าอยู่ระหว่าง 13.71–25.81 และ 12.10–22.58 มิลลิกรัม/100 กรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ โดยที่การฉีดพ่นไอโอไดด์ที่ระดับความเข้มข้น 2.5 มิลลิกรัม/ลิตร ทำให้คะน้าและฮ่องเต้มีปริมาณวิตามินซีมากที่สุด ในขณะที่ชุดควบคุมมีปริมาณวิตามินซีเท่ากับ 25.81 และ 13.71 มิลลิกรัม/100 กรัมน้ำหนักสดตามลำดับ



ภาพ 9 แสดงผลของการฉีดพ่นไอโอเดตและไอโอไดด์ต่อปริมาณวิตามินซีของผักคะน้าและผักกาดฮ่องเต้

## 2.7 ผลของการฉีดพ่นไอโอเดตและไอโอไดด์ต่อปริมาณไนเตรทในผักคะน้าและผักกาดฮ่องเต้

การฉีดพ่นสารละลายโพแทสเซียมไอโอเดตและโพแทสเซียมไอโอไดด์ลงบนใบพืช พบว่าระดับความเข้มข้นของไอโอเดตและไอโอไดด์ที่เพิ่มขึ้นนั้นไม่มีผลต่อปริมาณไนเตรทในผักคะน้าและผักกาดฮ่องเต้ ดังแสดงในภาพ 10 โดยจะพบว่าการเติมสารละลายไอโอเดตที่ระดับความเข้มข้นเพิ่มขึ้นทำให้ปริมาณไนเตรทของผักคะน้าและผักกาดฮ่องเต้มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 0.061–0.097 และ 0.183–0.235 มิลลิกรัม/1 กรัมน้ำหนักสดในผักคะน้าพบว่าชุดควบคุมทำให้ผักคะน้ามีปริมาณไนเตรทที่ตกค้างน้อยที่สุดเท่ากับ 0.061 มิลลิกรัม/1 กรัมน้ำหนักสด และที่ระดับความเข้มข้น 2.5 มิลลิกรัม/ลิตร ทำให้มีค่าใกล้เคียงกับชุดควบคุมมากที่สุดเท่ากับ 0.074 มิลลิกรัม/1 กรัมน้ำหนักสด ซึ่งในผักกาดฮ่องเต้ที่ระดับความเข้มข้นของไอโอเดต 40 มิลลิกรัม/ลิตร มีปริมาณไนเตรทน้อยที่สุดเท่ากับ 0.183 มิลลิกรัม/1 กรัมน้ำหนักสด ในขณะที่ชุดควบคุมมีค่าเท่ากับ 0.209 มิลลิกรัม/1 กรัมน้ำหนักสด ซึ่งการเติมไอโอไดด์จะพบว่าในผักคะน้าและผักกาดฮ่องเต้เมื่อระดับความเข้มข้นเพิ่มมากขึ้นทำให้ปริมาณไนเตรทที่ตกค้างไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 0.072–0.165 และ 0.201–0.224 มิลลิกรัม/1 กรัมน้ำหนักสด ในผักคะน้าพบว่าระดับความเข้มข้น 2.5 มิลลิกรัม/1 กรัมน้ำหนักสด ทำให้มีปริมาณไนเตรทน้อยที่สุดเท่ากับ 0.072 มิลลิกรัม/1 กรัมน้ำหนักสด ในขณะที่ชุดควบคุมมีค่าเท่ากับ 0.165 มิลลิกรัม/1 กรัมน้ำหนักสด ส่วนในผักกาดฮ่องเต้ พบว่าไอโอไดด์ที่ระดับความเข้มข้น 2.5 มิลลิกรัม/ลิตร ทำให้คะน้ามีปริมาณไนเตรทน้อยที่สุดเท่ากับ 0.201 มิลลิกรัม/1 กรัมน้ำหนักสด ขณะที่ชุดควบคุมมีปริมาณไนเตรทเท่ากับ 0.215 มิลลิกรัม/1 กรัมน้ำหนักสด



ภาพ 10 แสดงผลของการฉีดพ่นไอโอเดตและไอโอไดด์ต่อปริมาณไนเตรทของผักคะน้าและผักกาดฮ่องเต้

## 2.8 ผลของการฉีดพ่นไอโอเดตและไอโอไดด์ต่อปริมาณไอโอดีนในผักคะน้าและผักกาดฮ่องเต้

การฉีดพ่นสารละลายโพแทสเซียมไอโอเดตและโพแทสเซียมไอโอไดด์ลงบนใบพืช พบว่าระดับความเข้มข้นของไอโอเดตและไอโอไดด์ที่เพิ่มขึ้นนั้นมีแนวโน้มทำให้ปริมาณไอโอดีนที่สะสมในเนื้อเยื่อพืชจะเพิ่มมากขึ้นทั้งในผักคะน้าและผักกาดฮ่องเต้ ดังแสดงในตาราง 16 โดยพบว่าการฉีดพ่นสารละลายไอโอเดตลงบนใบคะน้าและผักกาดฮ่องเต้ทำให้มีปริมาณไอโอดีนสะสมเท่ากับ 31.56-34.89 และ 34.89-40.23 ไมโครกรัม/100 กรัมน้ำหนักสด ซึ่งในคะน้าพบว่าที่ระดับความเข้มข้นของไอโอเดต 20 มิลลิกรัม/ลิตร ทำให้มีปริมาณไอโอดีนสะสมมากที่สุดเท่ากับ 34.89 ไมโครกรัม/100 กรัมน้ำหนักสด ในขณะที่ชุดควบคุมมีค่าเท่ากับ 31.56 ไมโครกรัม/100 กรัมน้ำหนักสด ส่วนในผักกาดฮ่องเต้พบว่าที่ระดับความเข้มข้นของไอโอเดต 40 มิลลิกรัม/ลิตร ทำให้มีปริมาณไอโอดีนสะสมมากที่สุดเท่ากับ 40.23 ไมโครกรัม/100 กรัม น้ำหนักสด ในขณะที่ชุดควบคุมมีค่าเท่ากับ 34.89 ไมโครกรัม/100 กรัม น้ำหนักสด การฉีดพ่นสารละลายไอโอไดด์พบว่าในผักคะน้าและผักกาดฮ่องเต้มีปริมาณไอโอดีนที่สะสมมีอยู่ระหว่าง 31.56-36.23 และ 34.89-40.23 ไมโครกรัม/100 กรัม น้ำหนักสด ตามลำดับ ซึ่งที่ระดับความเข้มข้นของไอโอไดด์ 10 มิลลิกรัม/ลิตร ทำให้มีปริมาณไอโอดีนสะสมมากที่สุดทั้งในผักคะน้าและผักกาดฮ่องเต้มีค่าเท่ากับ 36.23 และ 40.23 ไมโครกรัม/100 กรัม น้ำหนักสดตามลำดับ ในขณะที่ชุดควบคุมมีค่าเท่ากับ 31.56 และ 34.89 ไมโครกรัม/100 กรัม น้ำหนักสด ตามลำดับ



ตาราง 16 แสดงผลของการฉีดพ่นไอโอเดตและไอโอไดด์ต่อปริมาณไอโอดีนที่สะสม  
ในต้นของผักคะน้าและผักกาดฮ่องเต้ ( $\mu\text{g./100 g.Fw.}$ )

ระดับความ เข้มข้น (mg/L)	Iodate		Iodide	
	คะน้า	ผักกาดฮ่องเต้	คะน้า	ผักกาดฮ่องเต้
0	31.56±0.00	34.89±4.71 <sup>b1/</sup>	31.56±0.00	34.89±4.71 <sup>a</sup>
2.5	33.56±0.67	36.23±4.72 <sup>a</sup>	32.23±4.72	39.56±1.89 <sup>ab</sup>
5	33.56±2.83	35.56±1.89 <sup>a</sup>	34.23±1.89	36.89±0.00 <sup>ab</sup>
10	32.89±1.88	36.23±4.72 <sup>a</sup>	36.23±4.72	40.23±0.94 <sup>ab</sup>
20	34.89±0.95	36.89±0.00 <sup>a</sup>	31.56±9.43	39.56±0.00 <sup>ab</sup>
40	33.91±3.39	40.23±0.94 <sup>a</sup>	32.22±2.83	41.56±6.92 <sup>b</sup>
t-tast	NS	*	NS	*

หมายเหตุ : 1) <sup>1/</sup> หมายถึง ค่าเฉลี่ยตามแนวตั้งที่ตามหลังด้วยตัวอักษรที่ต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

2) ค่าที่แสดงในตารางเป็น ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)



## บทที่ 5

### บทสรุป

#### สรุปผลการวิจัย

จากการทดลองทำให้สามารถสรุปได้ว่าการใช้สารละลายโพแทสเซียมไอโอเดตและโพแทสเซียมไอโอไดด์เสริมให้แก่พืชทั้งการเติมลงในสารละลายธาตุอาหารพืช และการฉีดพ่นทางใบในผักคะน้าและผักกาดฮ่องเต้พบว่ามีความโน้มทำให้การเจริญเติบโต ผลผลิต และปริมาณไอโอดีนที่สะสมในเนื้อเยื่อพืชเพิ่มขึ้น ทำให้สามารถเพิ่มมูลค่าของผลผลิต จากการเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการ และเป็นทางเลือกในการบริโภคสารไอโอดีนให้แก่ผู้บริโภคได้อีกหนึ่งทางเลือก โดยผลการศึกษาที่ได้สามารถสรุปได้ดังนี้

1. การศึกษาผลของการเติมด้วยสารละลายไอโอเดต และสารละลายไอโอไดด์ ลงในสารละลายธาตุอาหารพืชของผักคะน้า จะพบว่าปริมาณสารละลายไอโอเดตที่เหมาะสมและควรแนะนำ คือ ระดับความเข้มข้น 30 ไมโครโมลาร์ ส่วนความเข้มข้นของสารละลายไอโอไดด์ที่แนะนำ คือ 10 ไมโครโมลาร์ ซึ่งจะมีความเหมาะสมทั้งในด้านการเจริญเติบโต ผลผลิต และปริมาณไอโอดีนที่สะสม

2. การศึกษาผลของการเติมด้วยสารละลายไอโอเดต และสารละลายไอโอไดด์ ลงในสารละลายธาตุอาหารพืชของผักกาดฮ่องเต้ พบว่าปริมาณสารละลายไอโอเดตที่ควรแนะนำ คือ ระดับความเข้มข้นที่ 50 ไมโครโมลาร์ ส่วนระดับความเข้มข้นของสารละลายไอโอไดด์ที่แนะนำ คือ ระดับความเข้มข้นที่ 10 ไมโครโมลาร์ ซึ่งมีความเหมาะสมต่อผักกาดฮ่องเต้ทั้งในด้านการเจริญเติบโต ผลผลิต และปริมาณไอโอดีนที่สะสม

3. การศึกษาผลของการพ่นสารละลายไอโอเดต และไอโอไดด์ลงบนใบของผักคะน้าโดยตรง พบว่าปริมาณสารละลายไอโอเดตที่ควรแนะนำ คือ ระดับความเข้มข้นที่ 20 มิลลิกรัม/ลิตร ส่วนระดับความเข้มข้นของสารละลายไอโอไดด์ที่แนะนำ คือ 2.5 มิลลิกรัม/ลิตร ซึ่งมีความเหมาะสมทั้งในด้านการเจริญเติบโต ผลผลิต และปริมาณไอโอดีนที่สะสม

4. การศึกษาผลของการพ่นสารละลายไอโอเดตและสารละลายไอโอไดด์ลงบนใบของผักกาดฮ่องเต้ พบว่าปริมาณสารละลายทั้งไอโอเดตและไอโอไดด์ที่ควรแนะนำ คือ ระดับความเข้มข้น 40 มิลลิกรัม/ลิตร ซึ่งมีความเหมาะสมทั้งในด้านการเจริญเติบโต ผลผลิต และปริมาณไอโอดีนที่สะสม

### อภิปรายผลการวิจัย

การทดลองที่ 1 ผลของไอโอเดตและไอโอไดด์ต่อผลผลิตและคุณภาพของผักคะน้าและผักกาดฮ่องเต้ที่ปลูกในระบบไฮโดรโปนิคส์โดยการเติมโพแทสเซียมไอโอเดตและโพแทสเซียมไอโอไดด์ลงในสารละลายธาตุอาหารที่ใช้ในการปลูกผัก

จากการศึกษาผลของไอโอเดตและไอโอไดด์ต่อผลผลิตและคุณภาพของผักคะน้าและผักกาดฮ่องเต้ที่ปลูกในระบบไฮโดรโปนิคส์ พบว่าในการเติมสารละลายไอโอเดตให้แก่พืชทั้งสองชนิดให้ผลต่อการเจริญเติบโตไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยพบว่าระดับของไอโอเดตที่เพิ่มขึ้นมีแนวโน้มทำให้การเจริญเติบโต ผลผลิต และปริมาณไอโอดีนที่สะสมเพิ่มมากขึ้น ซึ่งในผักคะน้าพบว่าที่ระดับความเข้มข้นของสารละลายไอโอเดตที่แนะนำ คือ 30 ไมโครโมลาร์ เป็นระดับที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต และปริมาณไอโอดีนที่สะสมของผักคะน้ามากที่สุด ซึ่งมีความสูงต่อต้นเท่ากับ 50.40 เซนติเมตร น้ำหนักสดต่อต้นเท่ากับ 96.48 กรัม/ต้น มีปริมาณไอโอดีนที่สะสมเท่ากับ 52.22 ไมโครกรัม/100 กรัมน้ำหนักสด ส่วนในผักกาดฮ่องเต้จะพบว่าที่ระดับความเข้มข้นของไอโอเดตที่ควรแนะนำ คือ 50 ไมโครโมลาร์ มีความเหมาะสมต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต และปริมาณไอโอดีนที่สะสมของผักกาดฮ่องเต้มากที่สุด ซึ่งมีความสูงต่อต้นเท่ากับ 26.03 เซนติเมตร น้ำหนักสดต่อต้นเท่ากับ 120.13 กรัม/ต้น และมีปริมาณไอโอดีนที่สะสมเท่ากับ 56.88 ไมโครกรัม/100 กรัมน้ำหนัก โดยจะสอดคล้องกับงานวิจัยของ Dai, et al. (2004) ที่เสริมไอโอดีนในรูปของไอโอเดตจากการให้ปุ๋ยโพแทสเซียมไอโอเดตต่อผักที่ปลูกในดินโดยศึกษาในพืชผัก 6 ชนิด คือ ผักกวางตุ้ง ผักบุ้งจีน ผักปวยเล้ง แครอท ผักคีนฉ่าย และหัวหอม พบว่าระดับความเข้มข้นของไอโอดีนที่ 5.0 มิลลิกรัม/กิโลกรัม จะทำให้ผลผลิตส่วนที่กินได้ของผักกวางตุ้ง และปวยเล้งลดลง แต่ในพืชผักชนิดอื่น ๆ พบว่าไม่ได้รับผลกระทบ และการเพิ่มระดับความเข้มข้นของไอโอดีนจะทำให้การสะสมไอโอดีนในเนื้อเยื่อของพืชเพิ่มมากขึ้น

ส่วนการเติมสารละลายไอโอไดด์พบว่ามีผลต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตของพืชทั้งสองชนิดโดยจะมีผลทำให้การเจริญเติบโตและผลผลิตลดลง เนื่องจากธาตุไอโอดีนถ้าพืชดูดซึมเข้าสู่ต้นมากเกินไป ก็จะไปชะงักการเจริญเติบโตของพืชได้ ซึ่งจะมีผลทำให้รากเกิดอาการสีน้ำตาลใน 2-3 วัน หลังจากเติมสารละลายไอโอไดด์แต่ก็จะมีการสร้างรากใหม่ขึ้นมาทดแทน ส่วนปริมาณไอโอดีนที่สะสมพบว่าเพิ่มขึ้นเมื่อระดับความเข้มข้นของสารละลายไอโอไดด์เพิ่มขึ้น ซึ่งในผักคะน้าพบว่าที่ระดับความเข้มข้นของไอโอไดด์ 10 ไมโครโมลาร์ มีความเหมาะสมต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตของผักคะน้าและผักกาดฮ่องเต้มากที่สุด ซึ่งทำให้คะน้ามีความสูงต้นมากที่สุดเท่ากับ 46.63 เซนติเมตร น้ำหนักสดต่อต้นเท่ากับ 99.35 กรัม/ต้น ส่วนปริมาณ

ไอโอดีนจะเพิ่มขึ้นเมื่อระดับของไอโอดีนเพิ่มขึ้น และที่ระดับความเข้มข้นของไอโอดีน 10 ไมโครโมลาร์ จะมีปริมาณไอโอดีนสะสมเท่ากับ 40.89 ไมโครกรัม/100 กรัมน้ำหนักสด และในผักกาดฮ่องเต้พบว่าที่ระดับความเข้มข้นของไอโอดีน 10 ไมโครโมลาร์ มีความสูงต้นมากที่สุดเท่ากับ 27.20 เซนติเมตร น้ำหนักสดต่อต้นเท่ากับ 119.09 กรัม/ต้น และมีปริมาณไอโอดีนสะสมมากที่สุดเท่ากับ 40.56 ไมโครกรัม/100 กรัมน้ำหนักสด ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Zhu, et al. (2004) ศึกษาชนิดของสารไอโอดีนและระดับความเข้มข้นของสารละลายที่มีผลต่อการดูดธาตุไอโอดีนของผักโขมที่ปลูกในระบบไฮโดรโปนิกส์ โดยใช้ไอโอดेट ( $IO_3^-$ ) และไอโอดีน ( $I^-$ ) พบว่าการให้สารละลายไอโอดีนที่ระดับความเข้มข้นมากกว่า 10 ไมโครโมลาร์ ให้ผลที่เป็นอันตรายต่อการเจริญเติบโตของพืช ในขณะที่การให้ไอโอดेटมีผลเพียงเล็กน้อย ส่วนการเพิ่มของระดับไอโอดีนในพืชมีการเพิ่มขึ้นอย่างแตกต่างกันทางสถิติในเนื้อเยื่อพืช ซึ่งสอดคล้องกับ นพดล เรียบเลิศศิริ (2538) ได้อธิบายว่าพืชดูดซึมไอโอดีนเข้าสู่ต้นมากเกินไปจะทำให้พืชชะงักการเจริญเติบโต ซึ่งในสารละลายธาตุอาหารไม่ควรมีธาตุอาหารไอโอดีนเข้มข้นเกิน 0.5 มิลลิกรัม/ลิตร และพืชที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่มีการเติมไอโอดีนในระดับที่เพิ่มขึ้นจะได้รับผลกระทบต่อการเจริญเติบโตมากกว่า อาจเนื่องมาจากพืชสามารถดูดไอโอดีนไปใช้ได้โดยตรง และเกิดการสะสมไอโอดีนปริมาณสูงในเนื้อเยื่อพืช ในขณะที่ไอโอดेटมีการเปลี่ยนรูปไปเป็นไอโอดีนก่อนที่พืชจะดูดไปใช้ ทำให้อัตราการดูดซึมไอโอดีนช้าลง เนื่องจากกระบวนการรีดักชันส่งผลให้ต้นที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่เติมไอโอดेटได้รับผลกระทบเพียงเล็กน้อย (Whitehead, 1975, สืบออนไลน์)

การทดลองที่ 2 การฉีดพ่นสารละลายไอโอดेटและไอโอดีนในระดับความเข้มข้นที่แตกต่างกันต่อผลผลิตและคุณภาพของผักคะน้าและผักกาดฮ่องเต้ที่ปลูกในระบบไฮโดรโปนิกส์

จากการศึกษาผลของการฉีดพ่นไอโอดेटและไอโอดีนต่อผลผลิตและคุณภาพของผักคะน้าและผักกาดฮ่องเต้ที่ปลูกในระบบไฮโดรโปนิกส์ พบว่าในการฉีดพ่นสารละลายทั้งสองชนิดให้แก่พืชนั้นมีแนวโน้มทำให้การเจริญเติบโต ผลผลิต และปริมาณไอโอดีนที่สะสมเพิ่มขึ้น ในผักคะน้าพบว่าที่ระดับความเข้มข้นของไอโอดेटที่เหมาะสมต่อการฉีดพ่นอยู่ที่ 20 มิลลิกรัม/ลิตร ซึ่งทำให้มีความสูงต้นมากที่สุดเท่ากับ 36.84 เซนติเมตร น้ำหนักสดเท่ากับ 53.83 กรัม และมีปริมาณไอโอดีนที่สะสมเท่ากับ 34.89 ไมโครกรัม/100 กรัมน้ำหนักสด ส่วนในผักกาดฮ่องเต้พบว่าระดับของสารละลายไอโอดेटที่เหมาะสมอยู่ที่ 40 มิลลิกรัม/ลิตร ซึ่งทำให้มีความสูงต้นมากที่สุดเท่ากับ 26.50 เซนติเมตร น้ำหนักสดเท่ากับ 187.00 กรัม และมีปริมาณไอโอดีนที่สะสมเท่ากับ 40.23 ไมโครกรัม/100 กรัมน้ำหนักสด สอดคล้องกับการศึกษาของ พงษ์สันต์ สีจันทร์ (2551) ศึกษาการฉีดพ่นสารละลายไอโอดีนทางใบผักคะน้าและผักบุ้ง

โดยผสมสารละลายไฮโอไดน์ให้มีระดับความเข้มข้น 5.0 มิลลิกรัม/ลิตร แล้วฉีดพ่นแบบฝอย ละอองน้ำที่ใบให้เปียกชุ่มทั่วตลอดใบ โดยฉีดพ่นครั้งที่ 1 ก่อนเก็บเกี่ยว 10-15 วันครั้งที่ 2 ก่อนเก็บเกี่ยว 5-7 วัน พบว่าปริมาณไฮโอไดน์ที่สะสมในผักคะน้าและผักบุ้งจากการฉีดพ่น ทางใบของผักบุ้งมีค่ามากที่สุดที่ระดับความเข้มข้นของไฮโอไดน์ 5.0 มิลลิกรัม/ลิตร

ส่วนการฉีดพ่นสารละลายไฮโอไดด์พบว่าในผักคะน้าระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต และปริมาณไฮโอไดน์ที่สะสม ที่แนะนำ คือ 2.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งจะมีผลทำให้ความสูงต้นมีค่ามากที่สุดเท่ากับ 39.46 เซนติเมตร น้ำหนักสดเท่ากับ 54.50 กรัม/ต้น มีปริมาณไฮโอไดน์ที่สะสมเท่ากับ 32.23 ไมโครกรัม/100 กรัมน้ำหนักสด ส่วนในผักกาดฮ่องเต้ ระดับความเข้มข้นของไฮโอไดด์ที่แนะนำ คือ 40 มิลลิกรัม/ลิตร ซึ่งจะมีผลทำให้ความสูงต้นมีค่าเท่ากับ 25.17 เซนติเมตร มีน้ำหนักสดต้นเท่ากับ 178.00 กรัม และมีปริมาณไฮโอไดน์ที่สะสมเท่ากับ 41.56 ไมโครกรัม/100 กรัมน้ำหนักสด สอดคล้องกับการศึกษาของ ชูติมา อัครเสถียร (2543) ที่ได้ทำการศึกษาผลของการจัดการปุ๋ยไนโตรเจน และการฉีดพ่นธาตุ KI ต่อคุณค่าทางโภชนาการของข้าว 2 พันธุ์ ได้แก่ ข้าวพันธุ์แพร์ 1 และ ข้าวพันธุ์คลองหลวง 1 โดยแปรอัตราปุ๋ยไนโตรเจนเป็น 0, 16 และ 32 กิโลกรัม/ไร่ และแปรการฉีดพ่น KI เป็นการไม่ฉีดพ่น KI ฉีดพ่น KI เมื่อข้าวเข้าสู่ระยะแตกหน่อจนถึงก่อนระยะผสมเกสร และการฉีดพ่น KI เมื่อข้าวเข้าสู่ระยะกำเนิดช่อรวงจนถึงระยะผสมเกสร พบว่าการให้ปุ๋ยไนโตรเจนมีผลทำให้ปริมาณไนโตรเจนและปริมาณโปรตีนในข้าว 2 พันธุ์ทั้งข้าวกล้องและข้าวสารเพิ่มขึ้นส่วนการฉีดพ่นธาตุ KI มีผลต่อการเพิ่มปริมาณไนโตรเจนในข้าวกล้องทั้ง 2 สายพันธุ์ และทำให้ปริมาณไฮโอไดน์ในข้าวกล้องเป็น 6.62 ถึง 7.23 ไมโครกรัม/100 กรัมน้ำหนักแห้ง และในข้าวสารมีค่าเป็น 4.89 ถึง 5.04 ไมโครกรัม/100 กรัมน้ำหนักแห้ง โดยพบว่าข้าวพันธุ์คลองหลวง 1 จะมีปริมาณไฮโอไดน์สูงกว่า ข้าวพันธุ์แพร์ 1

### ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

1. การนำผลการวิจัยไปใช้ควรคิดคำนวณปริมาณสารให้ถูกต้อง หรือคิดเป็นอัตราส่วนที่สามารถนำไปใช้งานได้ง่ายต่อเกษตรกร และผู้ที่จะนำไปใช้
2. การใช้สารละลายไฮโอไดน์แต่ละครั้งควรทำในช่วงเวลาที่แสงแดดไม่มากเพื่อป้องกันการเสื่อมสลายของสารไฮโอไดน์



บรรณานุกรม

## บรรณานุกรม

- กรมส่งเสริมการเกษตร. (2551). **คะน้า**. สืบค้นเมื่อ 22 สิงหาคม 2551, จาก <http://www.doae.go.th/LIBRARY/html/detail/kana/kana2.htm>
- กรมอนามัย. (2532). **โรคขาดสารไอโอดีน**. สืบค้นเมื่อ 20 เมษายน 2552, จาก [www.borderesan.com/download/Articles/ขาดสารไอโอดีน.pdf](http://www.borderesan.com/download/Articles/ขาดสารไอโอดีน.pdf)
- กรมอนามัย. (2550). **เตือนขาดไอโอดีนเสี่ยงแท้ง-เอ๋อ-เซ็กซ์หัด**. สืบค้นเมื่อ 23 เมษายน 2552, จาก [www.borderesan.com/download/Articles/ขาดสารไอโอดีน.pdf](http://www.borderesan.com/download/Articles/ขาดสารไอโอดีน.pdf)
- กองโภชนาการ กรมอนามัย. (2540). **รายงานการศึกษาเรื่องการศึกษาความคงตัวของไอโอดีนในเกลือเสริมไอโอดีนและน้ำเสริมไอโอดีน**. สืบค้นเมื่อ 4 มิถุนายน 2552, จาก <http://nutrition.anamai.moph.go.th/temp/main/view.php?group=1&id=327>.
- คู่มือโภชนาการ. (2547). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ใกล้เคียง.
- จารุภัทร ลือชา. (2545). **ผลของความเข้มข้นของไอโอดีนและพันธุ์ข้าวต่อคุณภาพของข้าวกล้องหนึ่งและข้าวเปลือกหนึ่งเสริมไอโอดีน**. กรุงเทพฯ: ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยจุฬาลงกรณ์.
- ชุตินา อัครเสถียร. (2543). **ประสิทธิภาพการเสริมไอโอดีนในข้าว**. วิทยานิพนธ์ วท.บ., มหาวิทยาลัยจุฬาลงกรณ์, กรุงเทพฯ.
- ณรงค์ศักดิ์ อังคะสุวพลา. (2550). **อนามัยเตือนขาดไอโอดีน 1 ช้อนชา ต้นเหตุเอ๋อ-แท้งง่าย-เซ็กซ์เสื่อม**. หนังสือพิมพ์มติชน. สืบค้นเมื่อ 20 เมษายน 2552, จาก [www.giggog.com/social/cat2/news7009/](http://www.giggog.com/social/cat2/news7009/).
- ดิเรก ทองอราม. (2547). **การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน**. ราชบุรี: ธรรมรักษ์การพิมพ์.
- ถวัลย์ พัฒนเสถียรพงศ. (2534). **ปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน (Soiless culture)**. กรุงเทพฯ: พรวนนการพิมพ์.
- ธรรมพ เหล่ากุลดิลก. (2548). **ผลของการเสริมไอโอดีนต่อคุณภาพการสีข้าวและสมบัติทางเคมีกายภาพของเมล็ดข้าว**. วิทยานิพนธ์ วท.ม., มหาวิทยาลัยจุฬาลงกรณ์, กรุงเทพฯ.
- ธรรมศักดิ์ ทองเกต, อัญชนีย์ อุทัยพัฒนาชีพ และวุฒิพงษ์ พิมพ์โคตร. (2545). **การสำรวจเบื้องต้นปริมาณสารไนเตรตตกค้างในผักกาดหอมปลูกโดยไม่ใช้ดินในฤดูกาลต่าง ๆ**.

- ในการประชุมทางวิชาการครั้งที่ 40 (หน้า 67-73). กรุงเทพฯ:  
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
- ธรรมศักดิ์ ทองเกตุ. (2552). **เรื่องราวของ Hydroponics ที่คุณอาจยังไม่รู้**. สืบค้นเมื่อ  
7 ธันวาคม 2554, จาก [http://www.higreenfarm.com/hydrowork/index.php?option=com\\_content&task=view&id=149](http://www.higreenfarm.com/hydrowork/index.php?option=com_content&task=view&id=149).
- นิธิยา รัตนापนนท. (2545). **เคมีอาหาร**. กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.
- นิพนธ์ ไชยมงคล. (2554). **การปลูกผักไร้ดิน**. สืบค้นเมื่อ 7 ธันวาคม 2554, จาก  
[www.vegetweb.com/wpcontent/download/hydroponics.pdf](http://www.vegetweb.com/wpcontent/download/hydroponics.pdf).
- นิสา แซ่ลิ้ม. (2551). **ผลของไอโอไดด์และไอโอเดตต่อการเจริญเติบโตของผักกาดหอมพันธุ์ Red Oak ในระบบปลูกแบบไฮโดรโปนิคส์**. ปทุมธานี. ภาควิชาเทคโนโลยีการเกษตร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต.
- นพดล เรียบเลิศหิรัญ. (2538). **การปลูกพืชไร้ดิน**. กรุงเทพฯ: ไร่เขียว.
- ปราชญ์ บุญยวงศ์วิโรจน์. (23 มีนาคม 2549). การประชุมคณะกรรมการควบคุมโรคขาดสารไอโอดีนแห่งชาติ. **หนังสือพิมพ์ไทยรัฐ**. สืบค้นเมื่อ 21 มีนาคม 2552, จาก  
<http://www.gotoknow.org/blogs/posts/20419>.
- ประไพศรี ศิริจักรวาล. (2551). การบริโภค ไขมัน น้ำตาล และเกลือ\*. **สถาบันวิจัยโภชนาการ มหาวิทยาลัยมหิดล**. สืบค้นเมื่อ 22 เมษายน 2552, จาก <http://www.inmu.mahidol.ac.th/th/knowledge/pdf/232.pdf>
- ฝ่ายปฏิบัติการวิจัยและเรือนปลูกพืชทดลอง. (2554). **อาหารเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ**. สืบค้นเมื่อ  
6 ธันวาคม 2554, จาก <http://pirun.ku.ac.th/~g5174003/page4.html>.
- พงษ์สันต์ สีจันทร์. (2551). **การเพิ่มสารไอโอดีนในห่วงโซ่อาหารและผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร**. นครปฐม: ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตรกำแพงแสน.  
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน.
- เยาวพา จิระเกียรติกุล และนภาพร ยังวิเศษ. (2550). **อิทธิพลของไอโอดีนต่อการเจริญเติบโตและการสะสมในผักโดยการปลูกในสารละลายธาตุอาหาร**. กรุงเทพฯ: คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.
- รัชตะ รัชตะนาวิน. (2548). นักวิทยาศาสตร์ดีเด่นขึ้นชื่อไทยส่อแววเป็นโรคเอชไอวีไทยทุกภาคยังขาดสารไอโอดีน. **สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย**. สืบค้นเมื่อ 20  
เมษายน 2552, จาก [http://www.trf.or.th/News/Contentasp?Art\\_ID=510](http://www.trf.or.th/News/Contentasp?Art_ID=510).

- วิยะดา เจริญศิริวัฒน์. (23 สิงหาคม 2553). **โง่-เข้-ปัญญาอ่อน ประเทศนี้...วิกฤติยิ่ง.**  
**หนังสือพิมพ์ไทยรัฐ.** สืบค้นเมื่อ 20 ธันวาคม 2553, จาก <http://www.thairath.co.th/today/view/105646>.
- วีรัส สีพหกุล, สุภาณี พุทธเดชาคุณ และถนอมขวัญ ทวีบุรณ. (2545). **โภชนศาสตร์ทางการพยาบาล.** กรุงเทพฯ: บุญศิริการพิมพ์.
- วรวิมล เจริญศิริ. (2554). **ไอโอดีน อาหารและโภชนาการไอโอดีน.** กรุงเทพฯ: ศูนย์ข้อมูลสุขภาพ  
 สุขภาพ
- ศูนย์สุขภาพและโภชนาการไทย. (2552). **ไอโอดีน (IODINE).** สืบค้นเมื่อ 20 ธันวาคม 2552,  
 จาก <http://www.nutritionthailand.com/nutrition/เกลือแร่/331-iodine>.
- สารไอโอดีน. (2540). วารสารบทคัดย่อการศึกษาวิทยาศาสตร์คณิตศาสตร์และเทคโนโลยี.  
**มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.** สืบค้นเมื่อ 18 มิถุนายน 2552, จาก [http://web.ku.ac.th/schoolnet/snet4/may11/io\\_din.htm](http://web.ku.ac.th/schoolnet/snet4/may11/io_din.htm)
- สิริพันธุ์ จุลกรังคะ. (2545). **โภชนศาสตร์เบื้องต้น.** กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัย  
 เกษตรศาสตร์.
- สุทิน เกตุแก้ว. (2542). **กินอยู่เพื่อสุขภาพ เล่ม 2 วิตามินและเกลือแร่ (พิมพ์ครั้งที่ 2).**  
 กรุงเทพฯ: สุขภาพใจ.
- เสาวนีย์ จักรพิทักษ์. (2532). **หลักโภชนาการปัจจุบัน.** กรุงเทพฯ: ไทยวัฒนาพานิช.
- เสาวนีย์ จักรพิทักษ์. (2544). **หลักโภชนาการปัจจุบัน (พิมพ์ครั้งที่ 2).** กรุงเทพฯ: ไทยวัฒนา  
 พานิช.
- สำนักโภชนาการ กรมอนามัย. (2554). **แนวทางการดำเนินงานการควบคุมและป้องกันโรค  
 ขาดสารไอโอดีน.** กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.
- อารักษ์ ชีระอำพน. (2544). **การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน.** นครราชสีมา: โชคเจริญमारเก็ตติง.
- อิทธิสุนทร นันทกิจ. (2554). **ค่า EC ต่อผลผลิตพืช.** สืบค้นเมื่อ 7 ธันวาคม 2554, จาก  
[http://www.higreenfarm.com/hydrowork/index.php?option=com\\_content&task=view  
 &id=63&Itemid=36](http://www.higreenfarm.com/hydrowork/index.php?option=com_content&task=view&id=63&Itemid=36)
- อุดมเกียรติ พรรณประเทศ. (2539). สารไอโอดีน: Iodine. **วารสารกรมวิทยาศาสตร์การ  
 แพทย์.** 38(1), 59-68.

- Dai J.L., Yong-Guan Zhu, Min Zhang and Yi-Zhong Huang. (2004). **Selecting iodine-enriched vegetables and the residual effect of iodate application to soil.** Biological Trace Element Research. 101:265–276
- Herrett R.A., H.H. Hatfield Jr., D.G. Crosby and A.J. Vlitos. (1962). **Leaf abscission induced by the iodine ion.** Plant Physiology. 37:358–363.
- Kaori Gonda. (2007). **Effects of Iodine on Growth and Iodine Absorption of Hydroponically Grown Tomato and Spinach.** Horticultural Research (Japan).
- Lehr J.J., Wybenga J.M. and Rosanow M. (1958). **Iodine As a Micronutrient for Tomatoes.** Plant Nutrition Research Laboratory of The Chilean Nitrate Agriculture Service.
- Mackowiak C.L. and Grossl P.R.. (1999). **Iodate and iodine effect on iodine uptake and partition in rice (*Oryza sativa* L.) grown in solution culture.** Plant and Soil. 212:135–143.
- Webmaster. (1999). **Iodine.** Bradley Hydroponics Available. <http://www.hydrogen.com/gardens/nutrients/iodine.htm>. June 11, 2011.
- Weng h.x., Ai-Lan Yan, Chun-Lai Hong, Lin-Li Xie, Ya-Chao Qin, Charles Q. Cheng. (2008). **Uptake of different species of iodine by water spinach and its effect to growth.** Biological Trace Element Research. Plant and Soil 266:115–119
- Whitehead DC. (1975). **Uptake by perennial ryegrass of iodide, elemental iodide, and iodate added to soil as influenced by various amendments.** J Sci Food Agric 26:361–7.
- Zhu Y.G., Huang Y.Z., Hu Y., Liu Y.X. and Christie P. (2004). **Interactions between selenium and iodine uptake by spinach (*Spinacia oleracea* L.) in solution culture.** Plant and Soil 261:99–105.



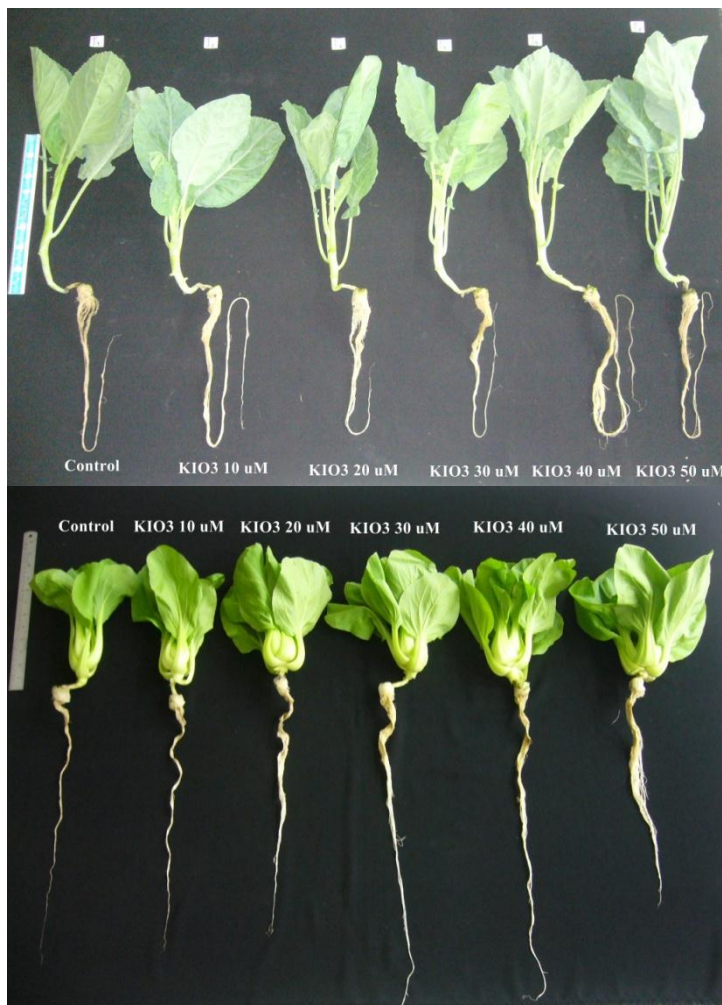
ภาคผนวก ก แสดงภาพผลผลิตที่ได้จากการวิจัย



ภาพ 11 แสดงผลผลิตที่ได้จากการเติมสารละลายโพแทสเซียมไอโอไดด์ลงในสารละลายธาตุอาหาร



ภาพ 12 แสดงผลของการเติมสารละลายไอโอดีนต่อการเกิดสีน้ำตาลของรากและการสร้างรากใหม่



ภาพ 13 แสดงผลผลิตที่ได้จากการเติมสารละลายโพแทสเซียมไอโอเดตลงใน  
สารละลายธาตุอาหาร



ภาพ 14 แสดงผลผลิตจากการฉีดพ่นสารละลายโพแทสเซียมไอโอเดตและไอโอไดด์



ภาพ 15 แสดงผลผลิตจากการฉีดพ่นสารละลายโพแทสเซียมไอโอเดตและไอโอไดด์



## ภาคผนวก ข วิธีวิเคราะห์ข้อมูล

### 1. การเตรียมสารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์

#### 1.1 การวิเคราะห์ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ บี และ ปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมด

สารละลายอะซิโตน (acetone) ที่มีความเข้มข้น 80 เปอร์เซ็นต์ เตรียมโดยตวงอะซิโตนมา 800 มิลลิลิตร จากนั้นเติมน้ำกลั่นลงไปแล้วปรับปริมาตรให้ครบ 1,000 มิลลิลิตร

#### 1.2 การวิเคราะห์ปริมาณไนเตรทในพืชที่เสริมไอโอดีนและไอโอดีน

1.2.1 เอทานอลความเข้มข้น 80 เปอร์เซ็นต์ โดยเตรียมจากเอทานอลความเข้มข้น 95 เปอร์เซ็นต์ 842.1 มิลลิลิตรแล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ครบ 1,000 มิลลิลิตร

1.2.2 สารละลายมาตรฐานของไนเตรทโดยโซเดียมไนเตรท (Sodium nitrate:  $\text{NaNO}_3$ ) ความเข้มข้น 5 มิลลิโมลเตรียมโดยชั่งสารโซเดียมไนเตรท 0.425 กรัมละลายในน้ำกลั่นแล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ครบ 1,000 มิลลิลิตร

1.2.3 กรดซาลิไซลิก (Salicylic acid :  $\text{HO}_2\text{C}_6\text{H}_4\text{COOH}$ ) ความเข้มข้น 5 เปอร์เซ็นต์ เตรียมโดยทำการชั่งกรดซาลิไซลิก 5 กรัมละลายในกรดซัลฟิวริก (Sulfuric acid) จากนั้นปรับปริมาตรด้วยกรดซัลฟิวริกให้ครบ 100 มิลลิลิตร

1.2.4 สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (Sodium hydroxide) ที่มีความเข้มข้น 2 นอร์มัล เตรียมโดยชั่งสารละลายโซเดียม 80 กรัมละลายในน้ำกลั่นแล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ครบ 1,000 มิลลิลิตร

#### 1.3 การวิเคราะห์ปริมาณไอโอดีนในพืชที่เสริมไอโอดีนและไอโอดีน

การเตรียมสารเคมี

1.3.1. สารละลายโพแทสเซียมคาร์บอเนต ( $\text{K}_2\text{CO}_3$ ) ความเข้มข้นร้อยละ 30 โดยน้ำหนัก/ปริมาตร เตรียมโดยละลายโพแทสเซียมคาร์บอเนต ( $\text{K}_2\text{CO}_3$ ) จำนวน 30 กรัม ด้วยน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตร 100 มิลลิลิตร

1.3.2 สารละลายซิงค์ซัลเฟต ( $\text{ZnSO}_4$ ) ความเข้มข้นร้อยละ 10 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร เตรียมโดยละลายซิงค์ซัลเฟต ( $\text{ZnSO}_4$ ) จำนวน 10 กรัม ด้วยน้ำกลั่น แล้วปรับให้ได้ปริมาตร 100 มิลลิลิตร

1.3.3 สารละลายโพแทสเซียมไทโอไซยาเนต (KSCN) ความเข้มข้นร้อยละ 0.023 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร เตรียมโดยละลายโพแทสเซียมไทโอไซยาเนต (KSCN) จำนวน 0.23 กรัม ด้วยน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตร 1 ลิตร

1.3.4 สารละลายโซเดียมไนไตรท์ ( $\text{NaNO}_2$ ) ความเข้มข้นร้อยละ 2.07 โดยน้ำหนัก/ปริมาตร เตรียมโดยละลายโซเดียมไนไตรท์ ( $\text{NaNO}_2$ ) จำนวน 2.07 กรัม ด้วยน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตร 100 มิลลิลิตร และไม่ควรเก็บไว้นานเกิน 1 วัน

1.3.5 สารละลายแอมโมเนียมไอร์รอนซัลเฟต ( $\text{NH}_4\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ ) เตรียมโดยละลายแอมโมเนียมไอร์รอนซัลเฟต ( $\text{NH}_4\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ ) จำนวน 77 กรัม ด้วยน้ำกลั่นประมาณ 400 มิลลิลิตร จากนั้นเติมกรดไนตริก ( $\text{HNO}_3$ ) เข้มข้น (ความถ่วงจำเพาะ 1.42) ปริมาตร  $167 \pm 1$  มิลลิลิตร แล้วเติมน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตร 1 ลิตร คนสารละลายให้เข้ากัน

#### 1.3.6 การเตรียมสารละลายไอโอดีนมาตรฐาน

1) การเตรียมสารละลายไอโอดีนมาตรฐานที่ความเข้มข้น 4 กรัม/ลิตร เตรียมโดยใช้สารละลายโพแทสเซียมไอโอไดด์ที่อบแห้งแล้ว ( $100 \pm 5$  องศาเซลเซียส) และทำให้เย็นในโถดูดความชื้นจำนวน 0.5232 กรัม ละลายด้วยน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตร 100 มิลลิลิตร ไม่ควรเก็บไว้นานเกิน 1 เดือน

2) การเตรียมสารละลายไอโอดีนมาตรฐานที่มีความเข้มข้น 40 มิลลิกรัม/ลิตร เตรียมโดยนำสารละลายไอโอดีนมาตรฐานที่ความเข้มข้น 4 กรัม/ลิตร ที่เตรียมไว้มา 10 มิลลิลิตร ละลายด้วยน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตร 1000 มิลลิลิตร ไม่ควรเก็บไว้เกิน 1 เดือน

3) การเตรียมสารละลายไอโอดีนมาตรฐานที่ความเข้มข้น 200 นาโนกรัม/มิลลิลิตร เตรียมโดยนำสารละลายไอโอดีนมาตรฐานที่มีความเข้มข้น 40 มิลลิกรัม/ลิตร ที่เตรียมไว้มา 5 มิลลิลิตร ละลายด้วยน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตร 1000 มิลลิลิตร แล้วเก็บในขวดสีชาเพื่อป้องกันแสงและไม่ควรเก็บไว้นานเกิน 1 เดือน

4) การเตรียมสารละลายไอโอดีนมาตรฐานเพื่อใช้เป็น Working Standard  
เตรียมโดยนำสารละลายไอโอดีนมาตรฐานที่ความเข้มข้น 200 นาโนกรัม/มิลลิลิตร มา 0, 2, 4, 6, 8 และ 10 มิลลิลิตร ตามลำดับ ในขวดปรับปริมาตร 100 มิลลิลิตร แล้วเติมสารละลายโพแทสเซียมคาร์บอเนต ( $\text{K}_2\text{CO}_3$ ) ความเข้มข้นร้อยละ 30 โดยน้ำหนัก/ปริมาตร จำนวน 1 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตร 100 มิลลิลิตร จะได้สารละลายไอโอดีนที่มีความเข้มข้น 0, 4, 8, 12, 16 และ 20 นาโนกรัม/มิลลิลิตร เก็บไว้ในขวดสีชาเพื่อป้องกันแสงและไม่ควรเก็บไว้นานเกิน 1 เดือน

#### 1.4 การวิเคราะห์ปริมาณวิตามินซี

1.4.1 กรดออกซาลิก (Oxalic acid :  $\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) ความเข้มข้น 0.4 เปอร์เซ็นต์ เตรียมโดยชั่งกรดออกซาลิก 4.0 กรัม ละลายในน้ำกลั่น แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ครบ 1,000 มิลลิลิตร

1.4.2 2,6-ไดคลอโรฟีนอล-อินโดฟีนอล (2,6-Dichlorophenol-indophenol :  $C_{12}H_6Cl_2NO_2Na$ ) ระดับความเข้มข้น 0.04 เปอร์เซ็นต์ เตรียมโดยชั่ง 2,6-ไดคลอโรฟีนอล-อินโดฟีนอล 0.4 กรัม ละลายน้ำกลั่น แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ครบ 1,000 มิลลิลิตร แลวนำมา กรองผ่านกระดาษกรอง Whatman No. 1 เก็บไว้ในขวดสีชาที่อุณหภูมิต่ำ

1.4.3 กรดแอสคอร์บิกมาตรฐาน (L-Ascorbic acid:  $C_6H_8O_6$ ) ชั่งกรดแอสคอร์บิก 0.05 กรัม ละลายในกรดออกซาลิกความเข้มข้น 0.4 เปอร์เซ็นต์ ปรับปริมาตรด้วยกรดออกซาลิกให้ครบ 50 มิลลิลิตร (ความเข้มข้น 1 มิลลิลิตร/มิลลิลิตร) ปะดัดมา 1 มิลลิลิตร แลวนำไปไทเทรตกับสารละลาย 2,6-ไดคลอโรฟีนอล-อินโดฟีนอล ความเข้มข้น 0.04 เปอร์เซ็นต์ จนถึงจุดยุติ (สารละลายเปลี่ยนชมพู) แลวนับที่ปริมาตรของ 2,6-ไดคลอโรฟีนอล-อินโดฟีนอล ที่ใช้ไป โดยทำ 3 ครั้ง แลวนำค่าเฉลี่ย เพื่อเป็นมาตรฐานในการคำนวณหาปริมาณวิตามินซี

## 2. การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

### 2.1 ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ บี และ ปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมด

ทำการวิเคราะห์ปริมาณคลอโรฟิลล์ โดยนำสารสกัดจากพืชวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง Spectrophotometer (JENWAY 6705 UV/Vis.) ที่ความยาวคลื่น 645, 663 นาโนเมตร โดยการนำส่วนของใบผักที่เป็นสีเขียวมาชั่งน้ำหนัก 1 กรัม แล้วบดในโถรงบดขณะบดเติมสารละลายอะซิโตนความเข้มข้นที่ 80 เปอร์เซ็นต์ ลงไปเล็กน้อยเมื่อบดละเอียดแล้วกรองด้วยกระดาษกรอง Whatman No.1 ปรับปริมาตรด้วยสารละลายอะซิโตน ให้ได้ปริมาตรสุดท้าย 20 มิลลิลิตร นำสารละลายที่ได้ไปวัดค่าการดูดกลืนแสง (optical density, OD) ที่ความยาวคลื่น 645 และ 663 นาโนเมตร วัดโดยใช้เครื่อง Spectrophotometer (JENWAY 6705 UV/Vis.) และใช้สารละลายอะซิโตนความเข้มข้น 80 เปอร์เซ็นต์ เป็น blank บันทึกค่าที่ได้แล้วนำไปคำนวณปริมาณคลอโรฟิลล์ในรูปของปริมาณคลอโรฟิลล์มีหน่วยเป็นมิลลิกรัม/100 กรัม น้ำหนักสด

วิธีการคำนวณ

$$\text{ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ} = [12.7 (OD_{663}) - 2.69 (OD_{645})] \times \frac{V}{(1,000 \times W)}$$

$$\text{ปริมาณคลอโรฟิลล์บี} = [22.9 (OD_{645}) - 4.68 (OD_{663})] \times \frac{V}{(1,000 \times W)}$$

$$\text{ปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมด} = [20.2 (OD_{645}) + 8.02 (OD_{663})] \times \frac{V}{(1,000 \times W)}$$

โดยกำหนดให้ V คือ ปริมาตรสุดท้ายของสารละลายที่นำมาหาปริมาณคลอโรฟิลล์

W คือ น้ำหนักของผักกาดหอมที่นำมาสกัดคลอโรฟิลล์

OD คือ ค่าการดูดกลืนแสงที่อ่านได้จากเครื่อง Spectrophotometer

ตามความยาวคลื่นที่กำหนด

## 2.2 ปริมาณไนเตรทในพืชที่เสริมไอโอดีนและไอโอไดด์

ทำการวิเคราะห์ปริมาณไนเตรทในค่น้ำและผักกาดฮ่องเต้ ที่ได้จากการเสริมไอโอดีนและไอโอไดด์ ด้วยวิธี Spectrophotometer (JENWAY 6705 UV/Vis.)

### 2.2.1 การสกัดตัวอย่างพืชและการวิเคราะห์ไนเตรท

1) ชั่งตัวอย่างพืช 4 กรัม นำมาบดในโกร่งบดให้ละเอียดพร้อมกับเติมเอทานอลที่มีความเข้มข้น 80 เปอร์เซ็นต์ จำนวน 5 มิลลิลิตร บดจนละเอียดและปรับปริมาตรด้วยเอทานอลความเข้มข้น 80 เปอร์เซ็นต์ ให้ครบ 14.4 มิลลิลิตร

2) นำสารละลายตัวอย่างที่ได้ใส่ในหลอดทดลองที่มีฝาปิด แล้วนำไปต้มที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที

3) จากนั้นนำสารละลายตัวอย่างที่ได้ไปทำการตกตะกอนด้วยเครื่อง Centrifuge (Centrifuge Bench Top CENTRI-5000 (HIQ-LAB)) ด้วยความเร็วรอบ 10,000 รอบ/นาที ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที

4) ดูดสารละลายตัวอย่างส่วนที่ใสมาปรับปริมาตรด้วยเอทานอลความเข้มข้น 80 เปอร์เซ็นต์ ให้ครบ 25 มิลลิลิตร

### 2.2.2 การวิเคราะห์หาปริมาณไนเตรทโดยวิธี Calorimetric

1) นำสารละลายมาตรฐานของไนเตรท (โซเดียมไนเตรท) ความเข้มข้น 5 มิลลิโมล ใส่ลงในหลอดทดลองจำนวน 0, 10, 20, 30, 40 และ 50 ไมโครลิตร ตามลำดับ

2) ปรับปริมาตรของสารละลายมาตรฐาน ด้วยน้ำกลั่นให้ครบ 50 ไมโครลิตร ตามลำดับ

3) ดูดสารสกัดตัวอย่างส่วนที่ใสมาจำนวน 40 ไมโครลิตร ปรับปริมาตรให้ครบ 50 ไมโครลิตร โดยเติมน้ำกลั่น 10 ไมโครลิตร (ตัวเปรียบเทียบเอทานอลความเข้มข้น 80 เปอร์เซ็นต์จำนวน 40 ไมโครลิตร และเติมน้ำกลั่น 10 ไมโครลิตร)

4) เติมกรดซาลิซิลิกความเข้มข้น 5 เปอร์เซ็นต์ จำนวน 200 ไมโครลิตร ลงในหลอด standard และ sample ส่วนหลอด blank เติมกรดซัลฟิวริก 200 ไมโครลิตร

5) เขย่าให้เข้ากันด้วยเครื่องเขย่าสารตั้งทิ้งไว้นาน 20 นาที ที่อุณหภูมิห้อง

6) เติมน้ำสารละลายไซโตเดียมไฮดรอกไซด์ที่มีความเข้มข้น 2 นอร์มัล จำนวน 5 มิลลิลิตร ทุกหลอด

7) เขย่าให้เข้ากันด้วยเครื่องเขย่าสารทิ้งไว้ประมาณ 20 นาที ที่อุณหภูมิห้อง

8) นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสง (Absorbance) ที่ความยาวคลื่น 410 นาโนเมตร

### 2.2.3 วิธีการหาปริมาณไนเตรท

1) ค่าที่วิเคราะห์ได้เป็นค่า Absorbance

2) ทำกราฟมาตรฐานความเข้มข้นของไนเตรทจะได้สมการเส้นตรง และค่า

$R^2 \geq 0.99$

3) แทนค่า Absorbance ของตัวอย่างที่วัดได้ลงในสมการ  $Y = ax + b$

4) หลักการคำนวณตามกฎของ Beer-Lambert's Law

วิธีการคำนวณ

$$\text{ตัวอย่างแห้งหรือสด X กรัม มี NO}^{-3} = \frac{(\text{สาร A ppm}) \times B \times C}{10,000 \times \text{น้ำหนักสด}}$$

$$\text{ปริมาณ NO}^{-3} = N \%$$

โดยกำหนดให้ B = ปริมาตรสุดท้าย (5.250 มิลลิลิตร)

ปริมาตรสารตัวอย่างที่ใช้วิเคราะห์

C = ปริมาตรสารละลายที่ได้จากการสกัดตัวอย่าง  
(25 มิลลิลิตร)

ดังนั้น

$$\text{สารละลาย 100 กรัม มี NO}^{-3} = N \times 1,000 \text{ มิลลิกรัม}$$

$$\text{สารละลาย 1 กรัม มี NO}^{-3} = \frac{(N \times 1,000)}{100 \text{ มิลลิกรัม}}$$

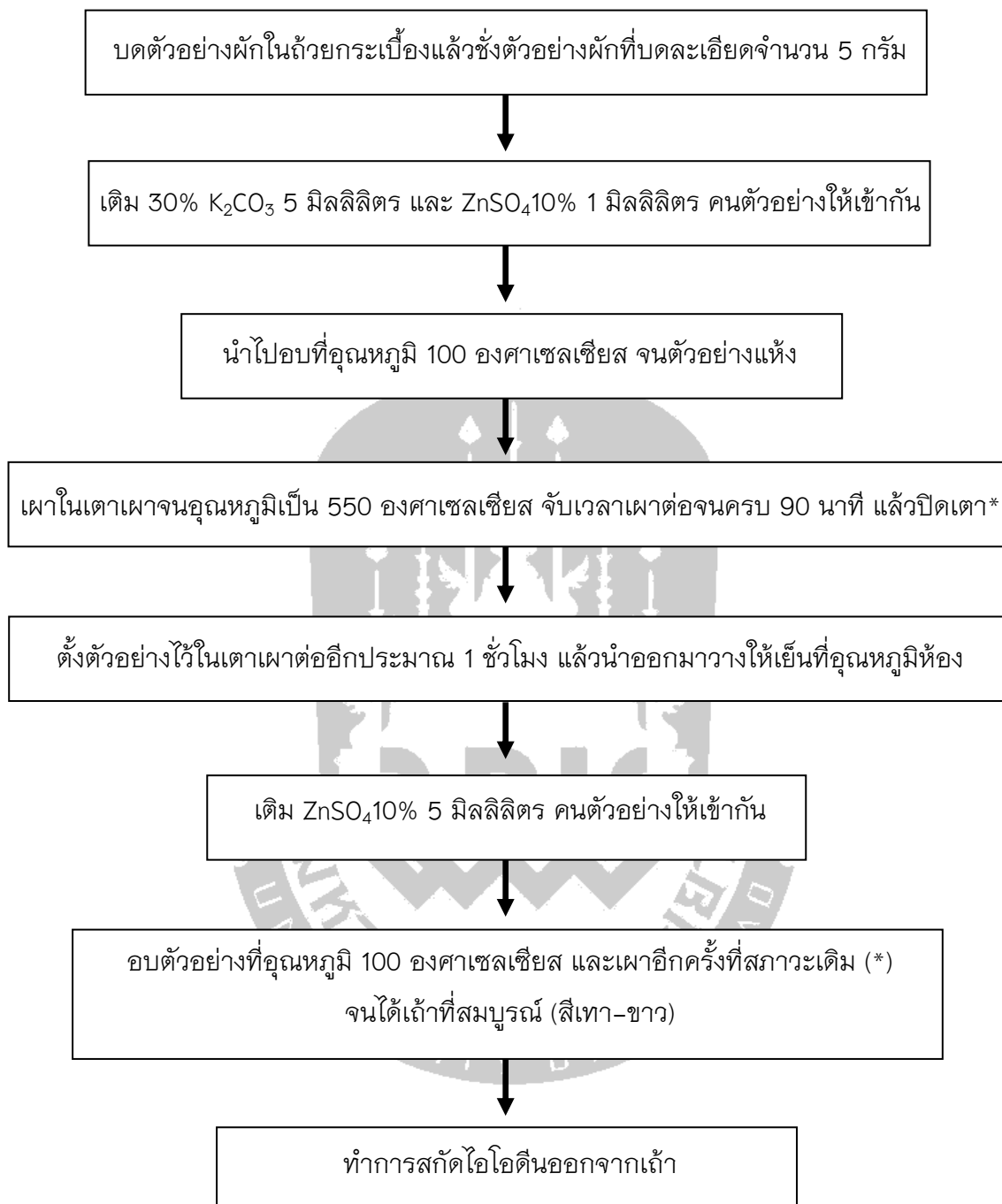
$$= N \times 10 \text{ มิลลิกรัม}$$

$$= N \times 10 \text{ มิลลิกรัม/น้ำหนักสด 1 กรัม}$$

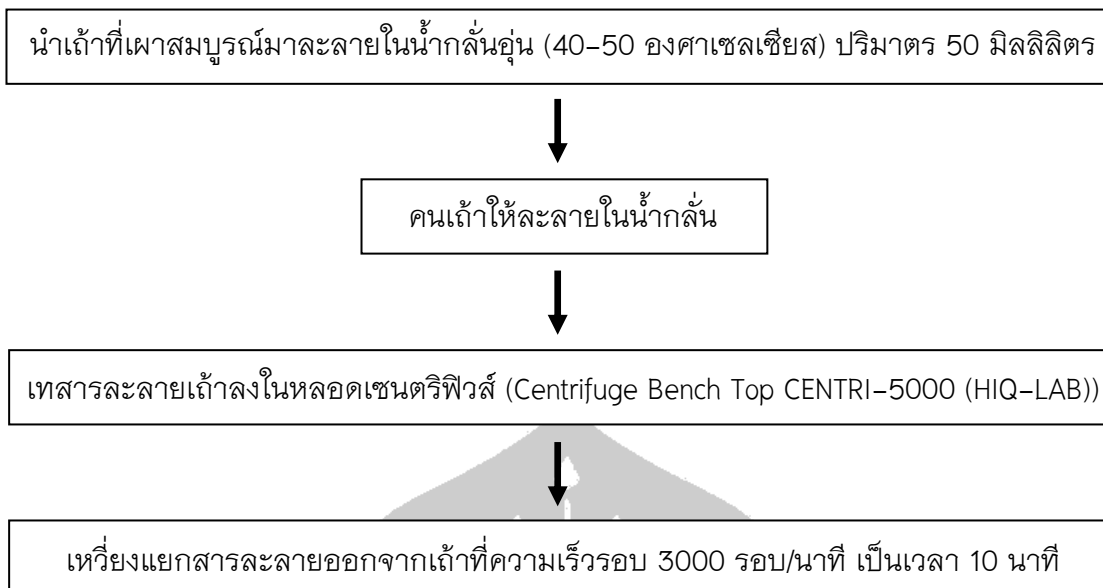
### 2.3 ข้อมูลปริมาณไนโตรเจนในพืชที่เสริมไอโอเดตและไอโอไดด์

ทำการวิเคราะห์ไนโตรเจนแบบ Macro Scale วิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนในส่วนลำต้นและส่วนรากของคะน้าและผักกาดฮ่องเต้ ที่ได้จากการเสริมไอโอเดตและไอโอไดด์ โดยทำการวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจนด้วยวิธี Spectrophotometry (JENWAY 6705 UV/Vis.)

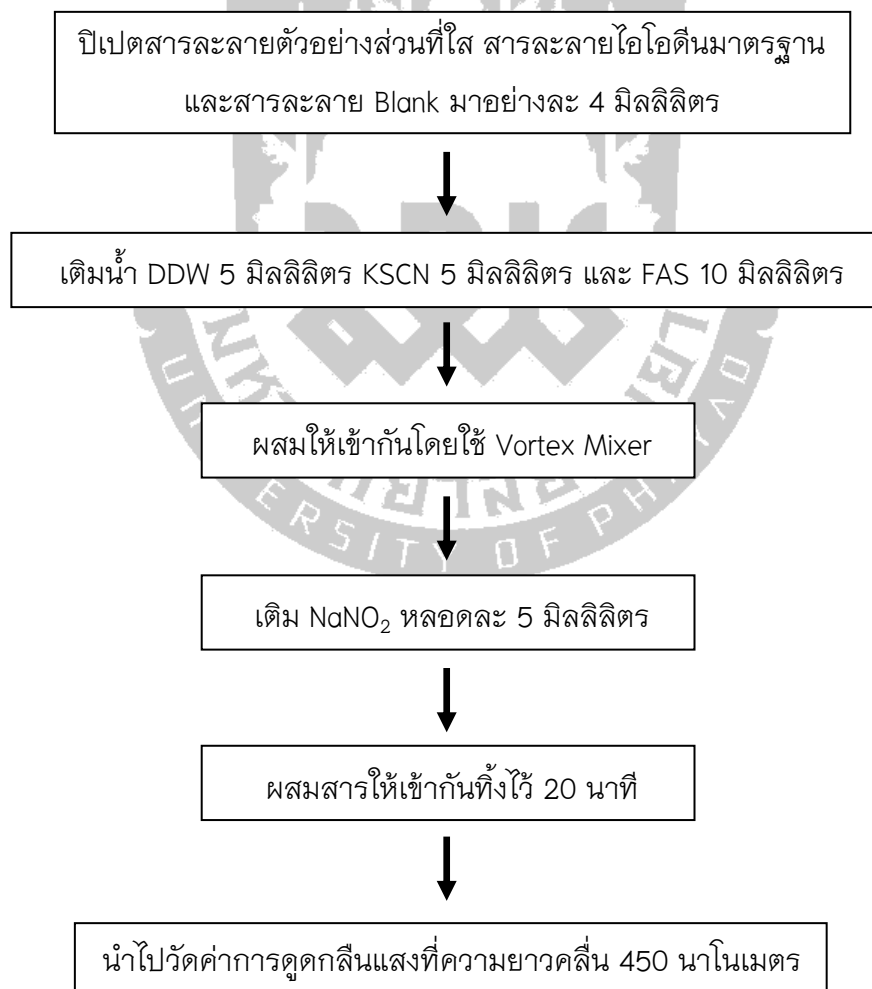
## 2.3.1. การเตรียมตัวอย่างผัก



### 2.3.2 การสกัดไอโอดีนออกจากถ้ำ



### 2.3.3 การวิเคราะห์ไอโอดีน



### 2.3.4 การคำนวณปริมาณไอโอดีนในตัวอย่างอาหาร

$$\text{ปริมาณไอโอดีนในตัวอย่างอาหาร (ไมโครกรัมต่อ 100 กรัม)} = \frac{(C-B) \times 5}{W}$$

โดยกำหนดให้ C = ปริมาณไอโอดีนในสารละลายตัวอย่างอาหาร (นาโนกรัม/มิลลิกรัม) ที่อ่านได้จากกราฟมาตรฐาน

หรือคำนวณได้จาก

$$C = [(Y\text{-intercept}) - OD] / \text{slop}$$

โดยกำหนดให้ Y-intercept = ค่าดูดกลืนแสงที่ตัดแกน Y (ng/ml)

OD = ค่าดูดกลืนแสงของสารละลายตัวอย่าง (ng/ml)

Slop =  $\frac{\text{ผลต่างของค่าดูดกลืนแสงในแนวแกน Y}}{\text{ผลต่างของความเข้มข้นในแนวแกน X}}$

B = ค่าเฉลี่ยปริมาณไอโอดีนในสารละลาย Blank

W = น้ำหนักของตัวอย่างอาหาร

### 2.4 วิเคราะห์ปริมาณวิตามินซี

การวิเคราะห์หาปริมาณวิตามินซีในพืชด้วยวิธี Indophenol โดยนำตัวอย่างผักที่ปั่นได้มา 10 กรัม แล้วเติมด้วยกรดออกซาลิกความเข้มข้น 0.4 เปอร์เซ็นต์ ปรับให้ได้ปริมาตรเท่ากับ 100 มิลลิลิตร กรองด้วยกระดาษกรอง Whatman No.1 นำสารละลายที่กรองได้มา 10 มิลลิลิตร แล้วจึงนำไปไทเทรตกับ 2,6-ไดคลอโรฟีนอล-อินโดฟีนอล ความเข้มข้น 0.04 เปอร์เซ็นต์ จนถึงจุดยุติซึ่งสารละลายมีสีชมพูประมาณ 15 วินาที แล้วคำนวณหาปริมาณวิตามินซีโดยใช้ปริมาณ 2,6-ไดคลอโรฟีนอล-อินโดฟีนอล ที่ใช้ไทเทรตสารตัวอย่างเทียบกับ 2,6-ไดคลอโรฟีนอล-อินโดฟีนอล ที่ใช้กับวิตามินซีมาตรฐาน โดยคำนวณตามสูตร ดังนี้

คำนวณจากวิตามินซีมาตรฐาน

ปริมาตร indophenol dye ที่ใช้ไป a มิลลิลิตร มี ascorbic acid = 1 มิลลิกรัม

คำนวณจากสารละลายตัวอย่าง

ปริมาตร indophenol dye ที่ใช้ไป b มิลลิลิตร มี ascorbic acid = (1×b)/a

มิลลิกรัม = c มิลลิกรัม

เมื่อ สารละลายตัวอย่าง 10 มิลลิลิตร มี ascorbic acid = c มิลลิกรัม

ดังนั้น สารละลายตัวอย่าง 100 มิลลิลิตร มี ascorbic acid = (c×100)/10

มิลลิกรัม = d มิลลิกรัม

เพราะฉะนั้น

ปริมาณตัวอย่าง 10 กรัม มี ascorbic acid = d มิลลิกรัม

ถ้าปริมาณตัวอย่าง 100 กรัม มี ascorbic acid =  $(d \times 100) / 10$  มิลลิกรัม  
= e มิลลิกรัม/100 กรัมน้ำหนักสด





ประวัติผู้วิจัย

## ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ นามสกุล กานต์พิชชา ปัญญา  
วัน เดือน ปี เกิด 23 กันยายน 2526  
ที่อยู่ปัจจุบัน บ้านเลขที่ 95 หมู่ 2 ตำบลศรีค้ำ อำเภอแม่จัน  
จังหวัดเชียงราย 57110

### ประสบการณ์การทำงาน

- พ.ศ. 2549-2551 บริษัท โพรเพลชั่นแนล ไฮโดร จำกัด อำเภอบ้านฉาง  
จังหวัดระยอง ตำแหน่ง หัวหน้าฝ่ายผลิต
- พ.ศ. 2554-2555 ผู้ช่วยโครงการ “การถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตหอมแดง  
ปลอดภัยเพื่อการพึ่งพาตนเองอย่างยั่งยืนของชุมชน”  
ผู้ช่วยวิจัยโครงการ “อนุรักษ์พันธุกรรมพืชอันเนื่องมาจาก  
พระราชดำริสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราช  
กุมารี พื้นที่ปกป้องพันธุกรรมพืชเขื่อนสิริกิติ์ จังหวัดอุตรดิตถ์”  
ผู้ช่วยวิจัยโครงการ “อนุรักษ์พันธุกรรมพืชอันเนื่องมาจาก  
พระราชดำริสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราช  
กุมารี พื้นที่ปกป้องพันธุกรรมพืชเขื่อนภูมิพล จังหวัดตาก  
ระยะที่ 2”  
ผู้ช่วยวิจัยโครงการ “การผลิตฟิล์มคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส  
จากผักตบชวา”

### ประวัติการศึกษา

- พ.ศ. 2544 มัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนแม่จันวิทยาคม อำเภอแม่จัน  
จังหวัดเชียงราย
- พ.ศ. 2548 ปริญญาตรี สาขาวิชาพืชศาสตร์ (วท.บ. (เกษตรศาสตร์))  
มหาวิทยาลัยนเรศวร วิทยาเขตสารสนเทศพะเยา  
อำเภอเมือง จังหวัดพะเยา

### ผลงานตีพิมพ์

- ที่เกี่ยวข้องกับวิทยานิพนธ์  
กานต์พิชชา ปัญญา, บุญร่วม คิตต้า และวาสนา พิทักษ์พล. (12-13 มกราคม 2555).  
ผลของไอโอเดตต่อผลผลิตและการสะสมไอโอดีนของผักกาดฮ่องเต้ที่ปลูกใน

ระบบไฮโดรโปนิกส์. ใน **การประชุมวิชาการพะเยาวิจัย ครั้งที่ 1** (หน้า 189 ).  
มหาวิทยาลัยพะเยา: อาคารเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร.

วาสนา พิทักษ์พล และกานต์พิชชา ปัญญา. (2555). ผลของการฉีดพ่นไอโอไดด์ต่อ  
ผลผลิตและการสะสมไอโอดีนในผักคะน้าและผักกาดฮ่องเต้. **วารสารแก่น  
เกษตร (ฉบับพิเศษ)**. 40, 437-442.

กานต์พิชชา ปัญญา และวาสนา พิทักษ์พล. (30-31 กรกฎาคม 2553). ผลของไอโอ  
ไดด์และไอโอเดตต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของผักคะน้าที่ปลูกในระบบ  
ไฮโดรโปนิกส์. ใน **การประชุมวิชาการ งานเกษตรนเรศวร ครั้งที่ 8** (หน้า 6).  
มหาวิทยาลัยนเรศวร: คณะเกษตรศาสตร์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.

กานต์พิชชา ปัญญา, วาสนา พิทักษ์พล และบุญร่วม คัดค้า. (25 สิงหาคม 2553).  
ผลของไอโอไดด์ต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตในผักกาดหอมบัตเตอร์เฮดที่  
ปลูกในระบบไฮโดรโปนิกส์. ใน **การประชุมวิชาการ วิทยาศาสตร์ เกษตร  
วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ครั้งที่ 2** (หน้า 49-54). มหาวิทยาลัยพะเยา.

ผลงานตีพิมพ์อื่น ๆ

วาสนา พิทักษ์พล, ณัฐชยา ใจดี, ศรีบุญ บุญต่อ และ กานต์พิชชา ปัญญา.  
(12-13 มกราคม 2555). ผลของคลอรีน กรดแอสคอร์บิก และโคโตซานต่อ  
คุณภาพและอายุการเก็บรักษาลิ้นจี่. ใน **การประชุมวิชาการพะเยาวิจัย  
ครั้งที่ 1** (หน้า 192). มหาวิทยาลัยพะเยา: อาคารเทคโนโลยีสารสนเทศและ  
การสื่อสาร.