

ผลของการให้ไอโอดีนทางดินและทางใบในระดับความเข้มข้นต่างๆ ต่อปริมาณไอโอดีนสะสมและการเจริญเติบโตของพืชผัก

Effect of Iodine Concentrations in Soil and Foliar Application on Iodine Content and Growth of Vegetables

คำนำ

ไอโอดีนเป็นแร่ธาตุที่จำเป็นต่อการสร้างไทรอยด์ฮอร์โมนในร่างกาย คือ Thyroxine และ Triiodothyronine ซึ่งมีบทบาทสำคัญในการควบคุมกระบวนการต่างๆภายในร่างกาย ควบคุมการเจริญเติบโต และการพัฒนาการของสมองและร่างกาย หากเกิดภาวะที่ร่างกายได้รับสารไอโอดีนไม่เพียงพอกับความต้องการของร่างกาย จะมีผลต่อการสร้างไทรอยด์ฮอร์โมน ความรุนแรงของปัญหานี้พบมากในประชากรที่อาศัยอยู่บนพื้นที่สูง และท้องถิ่นที่ห่างไกลจากทะเล เช่น ในภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ จึงทำให้ประชากรบริเวณนี้มีโอกาสเป็นโรคจากการขาดสารไอโอดีนได้ง่าย และในปัจจุบันภาวะการขาดสารไอโอดีนเป็นปัญหาที่เกิดขึ้นอย่างกว้างขวาง ครอบคลุมพื้นที่เกินกว่า 50 จังหวัด หากคิดเป็นจำนวน ครอบคลุมประชากรมากกว่า 14 ล้านคน หรือประมาณ 1 ใน 4 ของประชากรทั้งประเทศ (กองโภชนาการ, 2539)

โรคจากการขาดสารไอโอดีนเป็นปัญหาระดับประเทศ ประชากรที่เป็นโรคจะมีคุณภาพชีวิตต่ำ เป็นเหตุทำให้การพัฒนาทางเศรษฐกิจ สังคม และความมั่นคงของชาติบ้านเมืองต้องประสบอุปสรรค กระทรวงสาธารณสุขได้ดำเนินการแก้ไขปัญหานี้ โดยการส่งเสริมให้มีการบริโภคเกลือเสริมไอโอดีน แต่การผลิตเกลือเสริมไอโอดีนในแต่ละท้องถิ่นไม่ได้มาตรฐานที่กำหนดไว้ และการกระจายตัวของไอโอดีนในเกลือไม่สม่ำเสมอ รวมทั้งพฤติกรรมการบริโภคเกลือซึ่งโดยทั่วไปใช้ปรุงแต่งรสอาหารเท่านั้น ทำให้ผู้บริโภคใช้ในปริมาณที่น้อย ส่งผลให้ประชาชนบางพื้นที่ได้รับไอโอดีนไม่เพียงพอ กับความต้องการของร่างกาย (ฉัตรชัย, 2542) การบริโภคอาหารชนิดอื่นๆที่เป็นแหล่งของไอโอดีน เป็นสิ่งที่ควรปฏิบัติร่วมกับการบริโภคเกลือเสริมไอโอดีนด้วย โดยเฉพาะพืชผักเป็นอาหารที่นิยมรับประทาน สามารถหาได้ง่าย มีคุณค่าทางโภชนาการสูง และราคาถูก พืชผักที่ปลูกในพื้นที่ที่มีปริมาณไอโอดีนสูงจะทำให้มีปริมาณไอโอดีนในพืชผักสูงขึ้นด้วย (ชัยวัฒน์ และ สมศักดิ์, 2542) ดังนั้นการจัดการเสริมไอโอดีนในพืชผักเป็นแนวทางหนึ่งที่ทำให้คนไทยได้บริโภคพืชผักที่มีคุณค่าทางโภชนาการและมีปริมาณไอโอดีนเข้าสู่ร่างกายเพิ่มขึ้นด้วย

การศึกษาในครั้งนี้จึงมุ่งศึกษาวิธีการและปริมาณที่เหมาะสมในการเพิ่มไอโอดีนสู่ตัวอย่างพืชผัก โดยพืชผักมีการสะสมไอโอดีนเพิ่มขึ้นและมีการเจริญเติบโตตามปกติ เพื่อให้ผู้บริโภคเลือกบริโภคผักที่มีปริมาณไอโอดีนสูง และเป็นแนวทางในการแก้ไขปัญหาโรคขาดสารไอโอดีนในประชากรต่อไปได้

วัตถุประสงค์

1. ศึกษาผลของการใส่สารไอโอดีนลงในดินต่อปริมาณไอโอดีนสะสมและการเจริญเติบโตของพืชผักทดลอง
2. ศึกษาผลของการฉีดพ่นสารละลายไอโอดีนทางใบต่อปริมาณไอโอดีนสะสมและการเจริญเติบโตของพืชผักทดลอง
3. ศึกษาวิธีการเพิ่มปริมาณไอโอดีนในพืชผัก โดยการใส่ลงในดินและการฉีดพ่นทางใบพืชต่อการสะสมไอโอดีนในพืชผัก

การตรวจเอกสาร

1. ความสำคัญโดยทั่วไปของไอโอดีน

ไอโอดีนเป็นธาตุที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ พบมากในวัตถุดิบที่ได้จากสัตว์ทะเลและพืชทะเล ธาตุไอโอดีนมีความสำคัญต่อสุขภาพและคุณภาพชีวิตของมนุษย์ ทั้งทางร่างกาย สติปัญญา พัฒนาการของสมอง และการทำงานของร่างกาย ไอโอดีนเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของไทรอยด์ฮอร์โมน คือ Thyroxine (T4) และ Triiodothyronine (T3) ซึ่งมีบทบาทสำคัญหลายประการ เช่น ควบคุมการเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อต่างๆ ให้เป็นเนื้อเยื่อที่สมบูรณ์ ควบคุมการใช้ออกซิเจน และอัตราการเกิดออกซิเดชันของเซลล์ นอกจากนี้ยังมีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตและการทำงานของกล้ามเนื้อและเซลล์ประสาท ความสมบูรณ์ของระบบสืบพันธุ์ การสร้างและปลดปล่อยความร้อนจากเซลล์ให้กับร่างกาย ควบคุมเมตาบอลิซึมของสารอาหารต่างๆ เช่น คาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน และวิตามิน ควบคุมการเปลี่ยนแคลโรทีนที่ตับให้เป็นวิตามินเอ และกระตุ้นการสร้างเม็ดเลือดแดง เป็นต้น (ลือชา, 2537; นทีทิพย์, 2538; Allan *et al.*, 1986; Hetzel and Maberly, 1986)

ไอโอดีนเป็นแร่ธาตุที่ร่างกายต้องการในปริมาณที่น้อย เมื่อเข้าสู่ร่างกายจะเปลี่ยนเป็นสารประกอบไอโอไดด์ (iodide compounds) โดยทั่วไปในร่างกายมนุษย์มีไอโอดีนประมาณ 25 มิลลิกรัม หรือประมาณร้อยละ 0.0004 ของน้ำหนักตัว ซึ่งประมาณครึ่งหนึ่งของปริมาณไอโอดีนในร่างกายมนุษย์จะเก็บอยู่ในต่อมไทรอยด์ ส่วนที่เหลือจะกระจายอยู่ตามกล้ามเนื้อ ผิวหนัง ขุมขน ต่อมไทรอยด์ ระบบทางเดินอาหาร และกระดูก ในเลือดจะมีไอโอดีนอยู่น้อยมาก คือ มีไม่ถึง 1 ใน 20 ล้านส่วน (สิริพันธุ์, 2541)

2. แหล่งของไอโอดีนในธรรมชาติ

ไอโอดีนมีกระจายอยู่ทั่วไปในธรรมชาติ เช่น ในหิน ดิน น้ำทะเล และสิ่งมีชีวิตต่างๆ แต่มีปริมาณน้อยมาก ในน้ำทะเลมีปริมาณไอโอดีน 0.05 มิลลิกรัมต่อลิตร พื้นผิวโลกมีปริมาณไอโอดีน 0.3 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ไอโอดีนที่พบส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปของสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ นอกจากนี้มีแร่เกือบ 12 ชนิดที่มีไอโอดีนเป็นองค์ประกอบหลักสำคัญ เช่น Lautarite ซึ่งเป็น anhydrous calcium iodate $[Ca(IO_3)_2]$ พบอยู่ใน Chilean nitrate นอกจากนี้ยังพบไอโอดีนมากในสาหร่ายทะเลบางชนิด โดยเฉพาะสาหร่ายที่มีสีน้ำตาล เช่น Fucus และ Laminaria จะพบปริมาณไอโอดีนสูงถึงร้อยละ 0.45 ของน้ำหนักแห้ง (ชัยวัฒน์, 2525; อุดมเกียรติ, 2539)

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณไอโอดีนในอาหารตามธรรมชาติทั่วไปนั้น อาหารทะเลจะมีปริมาณไอโอดีนสูงกว่า โดยสาหร่ายทะเล (seaweed) มีปริมาณไอโอดีนร้อยละ 0.4-0.6 ของน้ำหนักแห้ง สาหร่ายทะเลเคลป์ (kelp) มีปริมาณไอโอดีน 0.8-4.5 กรัมต่อกิโลกรัมของน้ำหนักแห้ง อาหารทะเลจะเป็นแหล่งสำคัญของไอโอดีน โดยหอยนางรม (oyster) มีปริมาณไอโอดีนสูงสุด และปลาแซลมอน (salmon) มีปริมาณไอโอดีนน้อยที่สุดในกลุ่มอาหารทะเล (อุดมเกียรติ, 2539)

ปริมาณไอโอดีนในน้ำดื่มธรรมชาติจะได้อาจมาจากปริมาณไอโอดีนในดิน และหินที่น้ำสัมผัส ในพืชและผักจะได้อาจมาจากไอโอดีนในน้ำ ดิน และปุ๋ย ในเนื้อสัตว์ชนิดต่างๆส่วนใหญ่ได้อาจมาจากน้ำ และอาหารสัตว์ที่มีการเสริมไอโอดีนลงไป พื้นที่ห่างไกลทะเลจะมีปริมาณไอโอดีนในดินและในน้ำต่ำ ส่งผลให้อาหารที่ผลิตได้มีปริมาณไอโอดีนต่ำไปด้วย (อุดมเกียรติ, 2539; ชัยวัฒน์ และ สมศักดิ์, 2542)

ปริมาณไอโอดีนที่มีอยู่ในอาหารประเภทต่างๆจะแตกต่างกันขึ้นอยู่กับแหล่งที่มาของอาหารนั้นและการเติมสารไอโอดีนเสริมลงไป ดังแสดงในตารางที่ 1 (อุดมเกียรติ, 2539)

3. ปริมาณไอโอดีนที่ร่างกายควรได้รับ

ความต้องการปริมาณสารไอโอดีนของมนุษย์ ขึ้นอยู่กับช่วงอายุและสภาพร่างกาย จากข้อกำหนดสารอาหารที่ควรได้รับประจำวันสำหรับคนไทย (Thailand Recommended Daily Dietary Allowance; RDA) ได้กำหนดปริมาณสารไอโอดีนที่ร่างกายควรได้รับใน 1 วัน ดังนี้ (สิริพันธุ์, 2541; กองโภชนาการ, 2536)

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

ตารางที่ 1 ปริมาณไอโอดีนที่มีอยู่ในอาหารประเภทต่าง ๆ

ชนิดของอาหาร	ปริมาณไอโอดีนโดยเฉลี่ย ($\mu\text{g serving}^{-1}$)
1. เครื่องดื่ม เช่น ไวน์ โคล่ากระป๋อง โซดาเมะนาวกระป๋อง ฯลฯ	1
2. ไขมันและซอส เช่น มายองเนส เนยชีอิ้วขาว	1
3. ผลไม้ เช่น แอปเปิ้ล สับปะรด ส้ม แดงไทย ฯลฯ	2
4. น้ำผลไม้ เช่น น้ำส้มกระป๋อง น้ำสับปะรดกระป๋อง	3
5. ผักและผลิตภัณฑ์ เช่น ต้นหอม ผักชี กะหล่ำปลีคอง ข้าวโพดกระป๋อง เห็ดกระป๋อง ฯลฯ	6
6. ขนมทำจากเมล็ดพืช เช่น พายแอปเปิ้ลแซ่แข็ง โดนัท เค้กชอกโกแลต คุกกี้ ฯลฯ	13
7. ผลิตภัณฑ์จากเมล็ดพืช เช่น ขนมปัง ขนมเบื้อง ข้าวโพดคั่ว เส้นก๋วยเตี๋ยวสุก ฯลฯ	20
8. เนื้อสัตว์ เช่น เนื้อหมู เนื้อวัว เนื้อไก่	20
9. ไข่ต้ม ไข่ทอด	32
10. ผลิตภัณฑ์นม เช่น นมข้น นมผง โยเกิร์ตรสตรอเบอร์รี่	60
11. ปลาทูน่ากระป๋อง กุ้งเผา	72
12. นำนมโค	$25-768 \mu\text{g L}^{-1}$
13. นำนมมารดา	$64-178 \mu\text{g L}^{-1}$
14. น้ำ	$1-18 \mu\text{g L}^{-1}$

ที่มา: อุดมเกียรติ (2539)

4. การขาดสารไอโอดีน

ในประเทศไทยได้มีรายงานโรคคอพอกที่เกิดจากการขาดสารไอโอดีนครั้งแรกเมื่อปี พ.ศ. 2496 ส่วนใหญ่พบในผู้ป่วยที่อาศัยอยู่บริเวณภูเขาหรือบริเวณห่างไกลจากทะเล เช่น ทางภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โรคขาดสารไอโอดีนยังก่อให้เกิดความผิดปกติอื่นๆจนเป็นกลุ่มอาการที่เรียกกันในปัจจุบันนี้ว่า Iodine Deficiency Disorders หรือ IDD โรคนี้เป็นผลจากการได้รับสารไอโอดีนในอาหารไม่เพียงพอกับความต้องการของร่างกาย (ปราณีต, 2539)

ลักษณะทางคลินิกของโรคขาดสารไอโอดีน (Iodine Deficiency Disorders) ประกอบด้วย

4.1 คอพอก (goiter) หมายถึง ต่อมไทรอยด์ที่มีขนาดโตมากกว่าปกติ ต่อมไทรอยด์ต้องการไอโอดีนเพื่อนำไปสร้างเป็นไทรอยด์ฮอร์โมน เมื่อขาดไอโอดีนการสร้างไทรอยด์ฮอร์โมนก็ลดลง ระดับไทรอยด์ฮอร์โมนที่ลดลงจะไปกระตุ้นต่อมใต้สมองส่วนหน้าให้หลั่งฮอร์โมนกระตุ้นไทรอยด์ (Thyroid Stimulating Hormone; TSH) ออกมาเพิ่มขึ้น ฮอร์โมนชนิดนี้จะกระตุ้นต่อมไทรอยด์ให้มีขนาดโตขึ้นเพื่อสามารถจับไอโอดีนจากเลือดไปสร้างเป็นไทรอยด์ฮอร์โมนให้เพียงพอ ถ้าขาดไอโอดีนมากและเป็นเวลานาน ต่อมไทรอยด์จะถูกกระตุ้นให้ขยายขนาดใหญ่มากยิ่งขึ้น จนเห็นเป็นคอพอก ถ้าคอพอกมีขนาดใหญ่มากๆจะกดทับหลอดลม ทำให้ไอสำลัก หายใจลำบาก ถ้ากดหลอดอาหารจะกลืนอาหารลำบาก (กองโภชนาการ, 2536)

4.2 อาการพร่องไทรอยด์ฮอร์โมน (hypothyroidism) ผู้ป่วยมีระดับไทรอยด์ฮอร์โมนในเลือดต่ำ ลักษณะทางคลินิกที่ตรวจได้ คือ ผู้ป่วยจะเคลื่อนไหวช้า สลึมสลือ ท้องผูก ผิวหนังแห้งทนต่อความหนาวไม่ได้ ในวัยเด็กจะพบอาการเชื่องช้าทางจิตใจและเขาวนปัญญาาร่วมด้วย หากเป็นในวัยเด็กแรกเกิดจะมีอาการทางสมอง และปัญญาอ่อน สำหรับแม่ที่ขาดสารไอโอดีนขณะตั้งครรภ์ หากขาดสารไอโอดีนในระดับรุนแรงอาจทำให้ทารกตายในครรภ์ หรือแท้ง หรือพิการแต่กำเนิด (ชัยวัฒน์ และ สมศักดิ์, 2542; ปราณีต, 2539)

4.3 อาการครีตินนิซึม (cretinism) เป็นผลกระทบจากการขาดไทรอยด์ฮอร์โมนอย่างรุนแรง ตั้งแต่ระยะที่อยู่ในครรภ์มารดาและหลังคลอดของทารกแรกเกิดจึงทำให้มีการเจริญและพัฒนาการทางด้านจิตใจช้าลงมาก จนไม่สามารถฟื้นฟูกลับคืนให้ดีขึ้นได้ แม้จะให้การรักษาที่ถูกต้อง อาการของครีตินนิซึมมีอยู่ 2 ลักษณะ (ปราณีต, 2539; ชัยวัฒน์ และ สมศักดิ์, 2542) คือ

4.3.1 ลักษณะแรก เด็กมีสติปัญญาดำมาก หูหนวก เป็นใบ้ พบความผิดปกติทางระบบประสาท ตาเหล่ และกล้ามเนื้อทำงานไม่ประสานกัน ซึ่งอาการดังกล่าวประชาชนทางภาคเหนือเรียกว่า โรคเอื้อ

4.3.2 ลักษณะที่สอง เด็กมีสติปัญญาดำมาก ร่างกายเจริญเติบโตไม่เต็มที่ เตี้ยแคระแกร็น ผิวหนังหนาและแห้งเย็น การเคลื่อนไหวช้า

4.4 การเจริญพันธุ์ล้มเหลว (reproductive failure) ในบริเวณที่มีการขาดสารไอโอดีนอย่างรุนแรง จะพบว่าปัญหาการแท้งบุตร ทารกตายก่อนคลอด และปัญหาต่างๆเกี่ยวกับการตั้งครรภ์ และการเจริญพันธุ์มาก เมื่อเปรียบเทียบกับบริเวณที่ไม่มีการขาดสารไอโอดีน (ปราณีต, 2539)

5. สาเหตุของการขาดสารไอโอดีน

การขาดสารไอโอดีนเกิดขึ้น เนื่องจากสาเหตุดังต่อไปนี้ (สิริพันธุ์, 2541)

5.1 บริโภคอาหารที่มีสารไอโอดีนน้อยมาก เช่น คนที่อาศัยอยู่ตามที่สูงและภูเขา ซึ่งอยู่ห่างไกลทะเล ทำให้ไม่สามารถบริโภคอาหารทะเล เช่น ปลา ปู กุ้ง หอย สาหร่ายทะเล

5.2 ร่างกายมีความต้องการไอโอดีนเพิ่มมากขึ้น เช่น ในวัยหนุ่มสาว หญิงตั้งครรภ์ หญิงให้นมบุตร หรือเมื่อมีอาการอักเสบขึ้นในร่างกาย ซึ่งเป็นระยะเวลาที่ต่อมไทรอยด์ทำงานเพิ่มขึ้น จึงต้องการปริมาณไอโอดีนมากขึ้นด้วย

5.3 ไอโอดีนมีประสิทธิภาพลดน้อยลง อันเนื่องมาจากสาเหตุบางประการ ได้แก่

5.3.1 อาหารที่บริโภคมีธาตุแคลเซียมมาก และมีไอโอดีนต่ำ

5.3.2 ถ้าขาดวิตามินเอ และได้รับไอโอดีนน้อย

5.3.3 อาหารที่บริโภคเข้าไปมีสารบางชนิดมากการทำงานของต่อมไทรอยด์ ทั้งๆที่ได้รับไอโอดีนจากอาหารอย่างเพียงพอ ดังเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในประเทศออสเตรเลีย โดยเกิดโรคคอพอกระบาดขึ้นในเด็กนักเรียน จากการสืบค้นพบว่า สาเหตุมาจากนมซึ่งใช้จากเด็กนั้นมีสารก่อคอพอกในอาหาร (goitrogenic compound) ปะปนอยู่ โดยวัวที่ให้นมไปกินหญ้าซึ่งมีสารก่อคอพอกในอาหาร ซึ่งสารนี้เมื่ออยู่ในพืชจะอยู่ในรูปอิสระไม่เป็นพิษ แต่มีน้ำย่อยชนิดหนึ่ง คือ ไทโอไกลโคไซด์ (thyoglycosides) จะเปลี่ยนสารก่อคอพอกในอาหารให้ออกฤทธิ์เป็นพิษได้ และขัดขวางการสร้างไทรอยด์ฮอร์โมน เซลล์ที่ต่อมไทรอยด์จึงแบ่งตัวเพิ่มจำนวนมากขึ้น ดังนั้นการหุงต้มพืชที่มีสารก่อคอพอกด้วยความร้อนก่อนการบริโภค จะช่วยป้องกันการออกฤทธิ์ของสารก่อคอพอกในอาหาร สำหรับพืชที่มีสารก่อคอพอกในอาหาร เช่น หัวผักกาด พืช แพร่ สตรอเบอรี่ แครอท พืชที่

สงสัยว่าอาจมีสารก่อคอพอก ได้แก่ ounge, ขึ้นฉ่าย, พริกสด, ส้มเขียวหวาน, ถั่วลิสง, ถั่วลันเตา, ถั่วฝักยาว, แดงไทย, กะหล่ำปลี

5.4 การได้รับยาที่ไปต่อต้านการทำงานของต่อมไทรอยด์ เช่น ยาพวกไทโอไซยาไนด์ (thiocyanide), อะมิโนไทอะโซล (aminothiasole) โดยไปออกฤทธิ์ทำให้ต่อมไทรอยด์ไม่สามารถใช้ไอโอดีนได้

สิริพันธุ์ (2541) พบว่าโรคคอพอกในประเทศไทยมีผู้ชุกชุมมากในพื้นที่เขตจังหวัดทางภาคเหนือและภาคอีสาน เช่น ลำปาง, เชียงราย, อุตรดิตถ์, แพร่, อุบลราชธานี, อุรธานี โดยส่วนมากคนที่เป็โรคคอพอกมักอาศัยอยู่ในหมู่บ้านใกล้ภูเขาและที่สูง ซึ่งมีการคมนาคมไม่สะดวก และมีฐานะยากจน ทำให้ขาดอาหารทะเลและอาหารโปรตีน นอกจากนี้จากการตรวจวิเคราะห์น้ำ อาหารพืช และผักในหมู่บ้านเหล่านี้ พบว่ามีไอโอดีนต่ำกว่าในหมู่บ้านทั่วๆไปด้วย

6. ภาวะการขาดสารไอโอดีน

ในประเทศต่างๆทั่วโลกมากกว่า 150 ประเทศ ประกอบด้วยจำนวนประชากรมากกว่า 1,000 ล้านคน ได้อาศัยอยู่ในบริเวณที่มีการขาดสารไอโอดีน ซึ่งโดยทั่วไปประชากรมากกว่าร้อยละ 10 เป็นโรคคอพอก เนื่องจากพื้นที่ในบริเวณที่ประชากรเหล่านั้นอาศัยอยู่มีสารไอโอดีนในดินน้อย โดยจำนวนประชากรที่มีอัตราเสี่ยง และมีภาวะโรคขาดสารไอโอดีนตามภูมิภาคต่างๆของโลก แสดงไว้ตามตารางที่ 2 (ปราณีต, 2539)

ตารางที่ 2 อัตราเสี่ยงและภาวะโรคขาดสารไอโอดีนของประชากรตามภูมิภาคต่างๆของโลก

(หน่วย: ล้านคน)

ภูมิภาค	จำนวนประชากร	
	อัตราเสี่ยงต่อการขาดสารไอโอดีน	ภาวะโรคขาดสารไอโอดีน
ทวีปแอฟริกา	150	39
ทวีปอเมริกา	55	30
ทวีปยุโรป	82	14
เมดิเตอร์เรเนียนตะวันออก	33	12
แปซิฟิกตะวันออก	405	30
เอเชียตะวันออกเฉียงใต้	280	100
รวมทั้งหมด	1,005	225

ที่มา: คัดแปลงจากปราณีต (2539)

7. การประเมินภาวะการขาดสารไอโอดีน

การประเมินภาวะโภชนาการของไอโอดีน ประเมินได้โดยใช้ดัชนีชี้วัดทางคลินิก (Clinical indicator) คือ วิธีการคลำขนาดของคอ และใช้ดัชนีชี้วัดทางชีวเคมี (Biochemical indicators) โดยการวัดปริมาณไอโอดีนในปัสสาวะหรือวัดปริมาณไทรอยด์สอร์โมนในเลือด ซึ่งมีวิธีการดังต่อไปนี้ (ปราณีต, 2539)

7.1 อัตราการเป็นคอพอก (goiter rate) จากการคลำคอ หรือการเป็นคอพอกที่ปรากฏให้เห็น แบ่งแยกระดับความรุนแรงตามเกณฑ์มาตรฐานที่ได้กำหนดไว้โดยองค์การอนามัยโลก (ปราณีต, 2539) ผลการประเมินภาวะการขาดสารไอโอดีนมีความแตกต่างในทางเทคนิคการปฏิบัติของแต่ละบุคคล โดยทั่วไปเมื่อมีอาการคอพอกปรากฏให้เห็นชัดเจนจะประเมินได้ง่าย และไม่มีปัญหา ได้มีการนำเอาเครื่องมือ Ultrasonography มาใช้วัดขนาดคอพอกทั้งในเด็กและผู้ใหญ่ ซึ่งเป็นวิธีการที่ต้องเสียค่าใช้จ่ายมาก และสามารถวัดขนาดคอพอกในผู้ใหญ่ได้ดีกว่าในเด็ก

7.2 การวิเคราะห์ปริมาณสารไอโอดีนในปัสสาวะ (Urine iodine content) วิธีการนี้สามารถประเมินได้โดยการเก็บปัสสาวะในรอบ 24 ชั่วโมง เนื่องจากความยุ่งยากในการเก็บรักษาปัสสาวะ ทำให้วิธีการนี้ใช้ไม่ได้ผล ด้วยเหตุนี้จึงต้องหันมาใช้วิธีการเก็บปัสสาวะครั้งเดียว (casual sample) ในกลุ่มบุคคลของชุมชนประมาณ 40 คนจาก 1,200 คน โดยใช้ค่ามัธยฐาน (median) ที่คำนวณปริมาณไอโอดีนเป็นไมโครกรัมในปัสสาวะ 100 มิลลิลิตร เป็นดัชนีบ่งชี้ภาวะการขาดสารไอโอดีนของกลุ่มบุคคล โดยแสดงถึงปริมาณไอโอดีนในปัสสาวะ และระดับความรุนแรงของคอปอก

ปัจจุบันนี้การวิเคราะห์ปริมาณไอโอดีนในปัสสาวะใช้วิธี Perchloric Acid Digestion ตามคำแนะนำของ WHO/UNICEF/ICCIDD (ปราณีต, 2539) ซึ่งมีหลักการโดยย่อดังนี้คือ ไอโอดีนจะถูกย่อยออกเป็นธาตุอิสระโดยปฏิกิริยาของกรด Perchloric และความร้อนสูง เกลือ Arsenic จะเป็นตัวกลางส่งผ่านธาตุไอโอดีนให้มาทำปฏิกิริยากับ Ceric ammonium sulphate น้ำยาจะเปลี่ยนจากสีเหลืองส้มเป็นไม่มีสี ซึ่งจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับปริมาณสารไอโอดีนในปัสสาวะ โดยปริมาณไอโอดีนในปัสสาวะจะไม่มีความสัมพันธ์กับขนาดของคอปอก เนื่องจากคนที่ปัสสาวะเกิดมาจากการขาดไอโอดีนในอดีต บุคคลที่มีปริมาณไอโอดีนในปัสสาวะต่ำในขณะที่ทำการสำรวจ แต่ยังไม่ปรากฏอาการของคอปอก แต่อาจจะเป็นคอปอกได้ในอนาคต ถ้ายังได้รับสารไอโอดีนในปริมาณที่ไม่เพียงพอต่อไปอีก การตรวจปริมาณไอโอดีนในปัสสาวะจึงเป็นดัชนีบ่งชี้ที่มีความเหมาะสมในการใช้ประเมินและติดตามภาวะการขาดสารไอโอดีน และควรจะใช้ร่วมกับดัชนีชี้วัดอื่นๆ เช่น ขนาดของต่อมไทรอยด์

7.3 การวิเคราะห์ปริมาณไทรอยด์ฮอร์โมนชนิดต่างๆ ได้แก่ Thyroid Stimulating Hormone (TSH) คือ Thyroxine (T4), Triiodothyronine (T3) และปริมาณ Thyroglobulin (Tg) การวัดปริมาณ TSH ในเลือดเป็นวิธีที่ใช้ประเมินภาวะการขาดสารไอโอดีนในทารกแรกเกิดโดยการเก็บตัวอย่างเลือดจากทารกขณะที่คลอด และหยดเลือดลงบนกระดาษกรองที่เตรียมไว้แล้วนำตัวอย่างเลือดมาวิเคราะห์หาปริมาณ TSH โดยใช้วิธี Radioimmuno assay ในประเทศไทยได้มีการพัฒนาเทคนิควิธีการวิเคราะห์ TSH และ T4 ในเลือดโดยหน่วยงานเวชศาสตร์นิวเคลียร์ โรงพยาบาลศิริราช กระทรวงสาธารณสุข (ปราณีต, 2539)

การวัดปริมาณ Thyroxine (T4) และ Triiodothyronine (T3) เป็นการประเมินที่ยุ่งยาก ต้องใช้ค่าใช้จ่ายสูง ดังนั้นองค์การอนามัยโลกจึงไม่แนะนำให้ใช้การวัดปริมาณ T4 และ T3 ในการประเมินหรือติดตามภาวะการขาดสารไอโอดีน แต่แนะนำให้วัดปริมาณ TSH ในเลือดของเด็กทารกโดยใช้วิธี Enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA) ทั้งนี้เพราะการทดสอบโดยวิธีนี้ใช้

เครื่องมือไม่ยุ่งยาก มีค่าที่นำเชื่อถือได้ และสามารถเก็บน้ำยาเอาไว้ใช้ทดสอบได้เป็นระยะเวลานานประมาณ 6 เดือน วิธีการเก็บตัวอย่างเลือดอาจจะเก็บโดยใช้การหยดลงบนกระดาษกรองหรือเก็บเป็นซีรัม เมื่อเป็นทารกเกิดใหม่เก็บจากสายรก หรือเก็บจากเส้นเท้าของทารกแรกเกิดหลังจากคลอดมาได้ประมาณ 3 วัน หรือเก็บตัวอย่างจากหญิงมีครรภ์ ในระยะเวลาที่มาฝากครรภ์ หรือเก็บตัวอย่างจากเด็กนักเรียน

ดัชนีบ่งชี้ที่ใช้ในการประเมินผลและติดตามควบคุมโรคขาดสารไอโอดีน ควรใช้ดัชนีบ่งชี้หลายๆชนิดประกอบกัน เพื่อป้องกันการผิดพลาดที่อาจจะเกิดขึ้นได้ และเป็นการตรวจสอบผลการประเมินให้ถูกต้องยิ่งขึ้น นอกจากการใช้เป็นดัชนีชี้วัดเพื่อประเมินความรุนแรงของโรคขาดสารไอโอดีนแล้ว ยังสามารถจัดระดับความรุนแรงของโรคเพื่อใช้เป็นมาตรการในการควบคุมโรคขาดสารไอโอดีน ดังแสดงในตารางที่ 3 (กองโภชนาการ, 2536)

8. แนวทางการควบคุมและป้องกันโรคขาดสารไอโอดีน

แนวทางการควบคุมและป้องกันโรคขาดสารไอโอดีนมีดังนี้ (ภักดี, 2545)

8.1 การเสริมไอโอดีนในเกลือ เป็นมาตรการหลักในการควบคุมโรคขาดสารไอโอดีน กระทรวงสาธารณสุขได้ส่งเสริมให้ผู้ผลิตเกลือบริโภคเสริมไอโอดีนลงในเกลือที่จำหน่าย และได้ออกประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 153/2537 กำหนดให้เกลือบริโภคต้องเสริมไอโอดีนไม่น้อยกว่า 30 ppm เพื่อป้องกันโรคขาดสารไอโอดีน และได้สนับสนุนสารโพแทสเซียมไอโอเดตให้แก่ผู้ผลิตเกลือเสริมไอโอดีนทุกราย พร้อมทั้งได้สนับสนุนเครื่องผสมเกลือไอโอดีนให้แก่ผู้ผลิตเกลือขนาดเล็ก และมีการคิดค้นเครื่องผสมเกลือต้นแบบสำหรับโรงงานผลิตเกลือขนาดกลางด้วย นอกจากส่งเสริมให้ประชาชนใช้เกลือไอโอดีนในการปรุงอาหารแล้ว ยังส่งเสริมให้ใช้เกลือไอโอดีนในการถนอมอาหารทุกชนิด และพัฒนาการต้มเกลือสินเธาว์เสริมไอโอดีนแบบใหม่ โดยวิธีการเติมผงไอโอดีนที่นำไปจับตัวกับสารที่ทำให้ไอโอดีนไม่สลายไปขณะการต้มเกลือ ทำให้ได้เกลือไอโอดีนที่มีปริมาณไอโอดีนกระจายอย่างสม่ำเสมอ

ตารางที่ 3 เกณฑ์การจัดระดับความรุนแรงและมาตรการควบคุมโรคขาดสารไอโอดีน

ระดับความรุนแรง ของโรคขาดสาร ไอโอดีน	อัตราการเกิด โรคคอพอกใน เด็กนักเรียน	ค่าเฉลี่ยของปริมาณ ไอโอดีนในปัสสาวะ (ไมโครกรัมต่อเดซิลิตร)	มาตรการควบคุม โรคขาดสารไอโอดีน
รุนแรงน้อย	ร้อยละ 10-20	5.0-9.9	รณรงค์ให้โภชนศึกษา เกลือเสริมไอโอดีน น้ำเสริมไอโอดีน น้ำปลาเสริมไอโอดีน
รุนแรงปานกลาง	>ร้อยละ 20-30	2.0-4.9	รณรงค์ให้โภชนศึกษา เกลือเสริมไอโอดีน น้ำเสริมไอโอดีน น้ำปลาเสริมไอโอดีน พิจารณาใช้ยาเม็ดไอโอดีน
รุนแรงมาก	>ร้อยละ 30	<2.0	รณรงค์ให้โภชนศึกษา เกลือเสริมไอโอดีน น้ำเสริมไอโอดีน น้ำปลาเสริมไอโอดีน ยาเม็ดไอโอดีนในพื้นที่ที่ ห่างไกลและยากในการใช้ มาตรการอย่างอื่น

ที่มา: กองโภชนาการ (2536)

8.2 การเสริมไอโอดีนในน้ำดื่ม เป็นมาตรการเสริมเพื่อใช้ในพื้นที่ที่มีปัญหาการขาดสารไอโอดีนมากกว่าร้อยละ 5 โดยใช้สารละลายโพแทสเซียมไอโอเดตหยดลงในน้ำดื่มของโรงเรียนหรือครัวเรือนที่มีปัญหาโรคขาดสารไอโอดีน

8.3 การเสริมไอโอดีนในน้ำปลา ทำได้ 2 วิธี คือ

8.3.1 ระดับครัวเรือน เติมสารละลายโพแทสเซียมไอโอเดตที่ใช้หยดในน้ำดื่ม ทำให้น้ำปลา 10 มิลลิลิตร มีไอโอดีน 80 ไมโครกรัม

8.3.2 ระดับโรงงาน เติมสารโพแทสเซียมไอโอเดตความเข้มข้น 4 ppm ก่อนการบรรจุขวดน้ำปลา

8.4 การเสริมสารไอโอดีนในบะหมี่กึ่งสำเร็จรูป โดยเติมสารไอโอดีน วิตามินเอ และธาตุเหล็กลงในช่องเครื่องปรุงรสของบะหมี่ ในปริมาณ 1 ส่วนใน 3 ส่วนของปริมาณสารอาหารที่ควรได้รับประจำวันสำหรับคนไทย (Thailand Recommended Daily Dietary Allowance; RDA) คือ ไอโอดีน 5 ไมโครกรัม, วิตามินเอ 267 ไมโครกรัม และธาตุเหล็ก 5 ไมโครกรัม

8.5 การเสริมสารไอโอดีนในกล้วยตาก โดยเสริมปริมาณต่อหน่วยบริโภค (ประมาณ 3-4 ผล) มีไอโอดีน 100 ไมโครกรัม, วิตามินเอ 15 ไมโครกรัม และธาตุเหล็ก 6 ไมโครกรัม

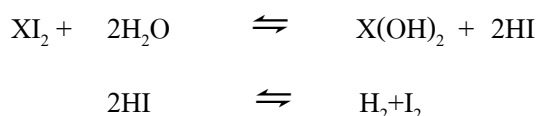
8.6 การเสริมสารไอโอดีนในไข่สด ผลิตไข่สดไอโอดีนออกจำหน่ายตามห้างสรรพสินค้าใหญ่ทั่วประเทศ และตามหมู่บ้านในชนบทที่มีปัญหาโรคขาดสารไอโอดีน ไข่ไอโอดีน 1 ฟองจะมีไอโอดีนประมาณ 150-250 ไมโครกรัม

8.7 การเสริมสารไอโอดีนในซีอิ๊วขาว ปริมาณสารไอโอดีนเข้มข้น 10-20 ppm

9. แหล่งของไอโอดีนในดิน

ไอโอดีนสามารถพบในแร่ปฐมภูมิที่เกิดจากการแทนที่ของแอนไอออนต่างๆ เช่น Silicate (SiO_4^{4-}), Chlorate ($-\text{ClO}_4^-$) และ Carbonate ($-\text{CO}_3^{2-}$) สภาพการละลายที่เกิดจากการผุพังอยู่กับที่ของแร่ต่างๆ ที่มีขนาดเล็กจะควบคุมปริมาณไอโอดีนในดิน (Garrett, 1980)

สมการการเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสและการแตกตัวของกรดไฮโดรไอไดค (hydriodic)



ปฏิกิริยานี้จะแสดงถึงการปลดปล่อยไอโอดีนที่มีปริมาณมาก สู่บรรยากาศและมหาสมุทร ไอโอดีนที่ถูกปลดปล่อยสู่บรรยากาศ จะถูกพัดพาไปโดยลมในรูปของไอ หรือติดไปกับฝุ่นละออง ในอากาศแล้วพัดพาไปทับถมในดิน (Garrett, 1980)

แหล่งที่มาของไอโอดีนส่วนใหญ่ถูกพัฒนามาจากมหาสมุทร ซึ่งเป็นแหล่งหลักที่สำคัญของ ไอโอดีนที่มีอยู่ในโลก ปริมาณความเข้มข้นของไอโอดีนในแต่ละพื้นที่อาจเกิดจากการเผาไหม้ของ ซากพืชและซากสัตว์ จากกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมสาหร่ายทะเล การใช้สาหร่ายทะเล หรือปุ๋ย Chilean nitrate ลงสู่ดินที่ทำการเกษตร และการใช้สารกำจัดวัชพืช ioxynil (3:5-diiodo-4-hydroxybenzonitrile) ซึ่งจะทำให้ความเข้มข้นของไอโอดีนเพิ่มมากขึ้น (Garrett, 1980)

10. รูปของไอโอดีนในดิน

รูปของไอโอดีนที่พบในดินจะอยู่ในรูปดังนี้ (Garrett, 1980)

10.1 ไอโอไดด์ (iodides)

แม้ว่าไอโอดีนมีแนวโน้มที่จะรวมตัวเข้ากับโครงสร้างของแร่ซิลิเกตมากกว่าที่จะแยก ออกอยู่ในรูปของแร่ไอโอไดด์ แต่ก็สามารถพบไอโอดีนในรูปของแร่ไอโอไดด์ได้ ได้แก่ แร่ Marshite (CuI), Miersite (α AgI), Jodargyte (β AgI) และ Coccinite (HgI_2) ปริมาณไอโอดีนในดินค่อนข้างมีน้อย และอาจจะรวมตัวกับตะกั่ว-สังกะสี (Pb-Zn) และทองแดง-เงิน (Cu-Ag) ในกระบวนการ mineralization

10.2 ไอโอเดต (iodates)

ไอโอเดตที่มีอยู่ในดิน พบเฉพาะในดินที่ปฏิกิริยาเป็นกลางหรือเป็นด่างและมีสภาพ ออกซิเดชันสูง แร่ไอโอเดตส่วนใหญ่ที่พบ ได้แก่ Bellingerite [$3\text{Cu}(\text{IO}_3)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$], Salesite [$\text{Cu}(\text{IO}_3)_2 \cdot \text{OH}$], Lauterite [$\text{Ca}(\text{IO}_3)_2$] และ Dietzeite [$7\text{Cu}(\text{IO}_3)_2 \cdot 8\text{CrO}_4$]

10.3 ไอโอดีนในแร่ซิลิเกต

ไอโอดีนอาจจะแทนที่ SiO_4^{4-} (Silication) ในโครงสร้างของแร่ซิลิเกต ซึ่งสามารถพบในแร่ประกอบหินพวก Biotite, Muscovite, Hornblend, Hypersthene, Smoky quartz, Olivine, Sodalite, Ilmenite, Fluorspar และ Apatite นอกจากนั้นไอโอดีนยังพบมากในแร่ที่มีคลอรีนเป็นองค์ประกอบซึ่งไอโอดีนอาจเข้าแทนที่คลอรีน เช่น แร่ Edialite, Sodalite สำหรับแร่ดินเหนียวสามารถตรึงไอโอดีนได้ ซึ่งส่วนใหญ่จะพบการตรึงมากในแร่ Illite แต่การตรึงด้วยแร่ Bentonite และ Kaolinite จะพบในปริมาณน้อย

10.4 สารประกอบเชิงซ้อนไอโอดีน-เซสควิออกไซด์ (iodine-sesquioxide complexes)

ไอโอดีนสามารถถูกดูดซับโดยเซสควิออกไซด์ซึ่งเกิดได้เฉพาะที่ $\text{pH} < 6.0$ เท่านั้น และพบว่าปริมาณไอโอดีนที่ละลายได้มีความสัมพันธ์สูงกับปริมาณ Fe_2O_3 ที่เป็นอิสระ (free Fe_2O_3) และปริมาณ Al_2O_3 ที่เป็นอิสระ (free Al_2O_3)

10.5 ไอโอดีนในดินเหนียว (iodine on clay)

การดูดซับไอโอดีนโดยสารประกอบเชิงซ้อนของฮิวมัส และแร่ดินเหนียว (clay-humus complex) ไอโอดีนถูกดูดซับได้สูงในดินเหนียวที่มีเนื้อละเอียด ไอโอดีนจะถูกดูดซับได้เฉพาะที่ $\text{pH} < 6.9$ เท่านั้น เมื่อค่า $\text{pH} > 6.9$ ไอโอดีนถูกแทนที่ด้วย Hydroxyl ion เมื่อความเป็นกรดของ clay suspension เพิ่มขึ้น การดูดซับไอโอดีนจะเพิ่มขึ้นด้วย

11. การศึกษาไอโอดีนในดินและในพืช

Jopke *et al.* (1996) ศึกษาการใส่ปุ๋ย caliche (ความเข้มข้นไอโอดีน 0.3 กรัมต่อกิโลกรัม) ในปริมาณ 0, 0.3, 0.6, 1.2 และ 2.4 มิลลิกรัมต่อแปลง ลงในดินทดลองและปลูกผักกาดหอม (*Lepidium sativum*) พบว่าการใส่ปุ๋ย caliche ในปริมาณมากขึ้นทำให้ปริมาณไอโอดีนที่สะสมในผักกาดหอมเพิ่มมากขึ้น

Mackowiak and Grossl (1999) ศึกษาผลของไอโอดีนในรูปต่างๆ และความเข้มข้นของไอโอดีนที่มีต่อการเจริญเติบโตของข้าว (*Oryza sativa* L.) โดยเปรียบเทียบไอโอดีนในรูปของไอโอไดด์ (I^-) และไอโอเดต (IO_3^-) พบว่าความเข้มข้นของไอโอเดตที่ระดับ 0.1 และ 1.0 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ไม่มีผลต่อน้ำหนักผลผลิต แต่ความเข้มข้นของไอโอเดต 10.0 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม มีผลต่อน้ำหนักผลผลิตของข้าวลดลงเล็กน้อย และความเข้มข้นของไอโอไดด์ที่ระดับ 1.0 และ 10.0 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม มีผลทำให้น้ำหนักผลผลิตของข้าวลดลง โดยได้รับการทดลองที่ใส่ไอโอเดตจะมีการสะสมไอโอดีนในรากร้อยละ 56 และได้รับการทดลองที่ใส่ไอโอไดด์จะสะสมไอโอดีนที่รากร้อยละ 36 ส่วนใหญ่ความเข้มข้นของไอโอดีนที่สะสมจะพบในใบข้าวมากกว่าในเมล็ด

Zhu *et al.* (2003) ศึกษาการดูดซับ (uptake) ไอโอดีนของผักโขม (*Spinacia oleracea* L.) ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารพืช โดยการศึกษาไอโอดีนในรูปของไอโอเดต (IO_3^-) และไอโอไดด์ (I^-) ที่ระดับความเข้มข้น 0, 0.1, 1.0, 5.0 และ 10.0 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม พบว่าความเข้มข้นของไอโอไดด์ในระดับที่มากกว่าหรือเท่ากับ 1.0 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จะมีผลทำให้การเจริญเติบโตของผักโขมลดลง แต่ความเข้มข้นของไอโอเดตมีผลต่อผลผลิตของผักโขมลดลงเพียงเล็กน้อยเท่านั้น และการเพิ่มความเข้มข้นของไอโอดีนในสารละลายธาตุอาหารพืชจะทำให้ปริมาณไอโอดีนที่สะสมในผักโขมเพิ่มมากขึ้นด้วย

Dai *et al.* (2006) ศึกษาความเป็นประโยชน์ของไอโอไดด์ (I^-) และไอโอเดต (IO_3^-) ที่มีต่อผักโขม (*Spinacia oleracea* L.) ใช้ไอโอดีนในรูปของไอโอไดด์ (I^-) และไอโอเดต (IO_3^-) ที่ความเข้มข้นของไอโอดีน 0, 0.5, 1.0 และ 2.0 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม พบว่าเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของไอโอดีนในดินมากขึ้นไม่ทำให้มวลชีวภาพของผักโขมแตกต่างกัน และปริมาณไอโอดีนที่สะสมในผักโขมจะเพิ่มมากขึ้นเมื่อความเข้มข้นของไอโอดีนที่ใส่ลงในดินเพิ่มมากขึ้นด้วย

Shinonaga *et al.* (2001) ศึกษาการเคลื่อนย้ายไอโอดีนจากดินสู่เมล็ดธัญพืชในพื้นที่ทำการเกษตรของประเทศออสเตรีย โดยทำการศึกษาความเข้มข้นของไอโอดีนในเมล็ดธัญพืชที่ปลูกในพื้นที่การผลิตธัญพืชจำนวน 38 แหล่งในประเทศออสเตรีย และหาค่าปัจจัยการเคลื่อนย้ายจากดินสู่เมล็ดพืช (soil-to-grain transfer factor: TF) พบว่าค่า TF มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับปริมาณไอโอดีนในเมล็ดธัญพืช และค่า TF ขึ้นอยู่กับค่า pH ของดิน และความเข้มข้นของไอโอดีนในเมล็ดธัญพืชทั้ง 38 แหล่ง มีไอโอดีนอยู่ในช่วง 0.002 – 0.03 ไมโครกรัมต่อกกรัม

Pruenglampoo *et al.* (2000) ศึกษาวิธีการเพิ่มไอโอดีนในเมล็ดข้าวโดยการปลูกข้าว ด้วยวิธีการใส่โพแทสเซียมไอโอไดด์อัตรา 1 กิโลกรัมต่อไร่ และใช้โพแทสเซียมไอโอไดด์ปริมาณ 0.05 กรัม ละลายในน้ำ 100 มิลลิลิตร จีดพ่นสารละลายไอโอดีนทางใบข้าว พบว่าการเพิ่มปริมาณไอโอดีนลงในดินและการจีดพ่นสารละลายไอโอดีนทางใบ ไม่ทำให้การเจริญเติบโตของข้าวลดลง และไม่สามารถทำให้ปริมาณไอโอดีนที่สะสมในเมล็ดข้าวเพิ่มมากขึ้น

ศุมาลี (2547) ศึกษาปริมาณไอโอดีนที่ใส่ในดินในรูปของโพแทสเซียมไอโอเดต (KIO_3) ต่อปริมาณไอโอดีนที่สะสมในผักบุ้งจีน พบว่าการเพิ่มปริมาณไอโอดีนที่ใส่ลงในดิน มีผลทำให้ปริมาณไอโอดีนที่สะสมในใบและลำต้นของผักบุ้งจีนเพิ่มมากขึ้น แต่ทำให้น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของผักบุ้งจีนลดลง

ทิมทอง (2548) ศึกษาปริมาณไอโอดีนที่ให้แก่พืชในรูปของโพแทสเซียมไอโอเดต (KIO_3) ต่อปริมาณไอโอดีนที่สะสมในพืชที่มีสารยับยั้งไทรอยด์ฮอร์โมน พบว่าการเพิ่มความเข้มข้นไอโอดีนมีผลทำให้ความสูง น้ำหนักสด และน้ำหนักแห้งของพืชปกติและพืชที่มีสารยับยั้งไทรอยด์ฮอร์โมนมีค่าลดลง และปริมาณไอโอดีนที่สะสมในพืชปกติจะมีมากกว่าพืชที่มีสารยับยั้งไทรอยด์ฮอร์โมน

จิรพัฒน์ และคณะ (2546) ศึกษาปริมาณไอโอดีนในถั่วอาหารสัตว์ในประเทศไทย โดยตรวจสอบค่าไอโอดีนในถั่วอาหารสัตว์จำนวน 26 ชนิด ที่ปลูกอยู่ในแปลงทดสอบพันธุ์พืชอาหารสัตว์ของศูนย์วิจัยอาหารสัตว์ 8 แห่ง พบว่าถั่วอาหารสัตว์ 26 ชนิดมีปริมาณไอโอดีนอยู่ในช่วง 0.34-1.22 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมโดยน้ำหนักแห้ง โดยปริมาณไอโอดีนในดินจากแปลงที่ปลูกถั่วอาหารสัตว์ของศูนย์วิจัยอาหารสัตว์ 8 แห่ง มีค่าระหว่าง 0.25-0.84 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และพบว่าปริมาณไอโอดีนในดินและพืชไม่สัมพันธ์กัน

12. การวิเคราะห์ไอโอดีนในดินและพืช

การวิเคราะห์ปริมาณไอโอดีนที่มีปริมาณต่ำในดินและพืช สามารถใช้วิธีการวิเคราะห์ที่มีความไวสูง (sensitive) ซึ่งวิธีการต่างๆ มีดังนี้ (Jopke *et al.*, 1996)

วิธีการ	ข้อดีและข้อเสีย	ระดับความเข้มข้นที่วัดได้
1. Neutron activation analysis	เป็นวิธีที่มีความไวมาก แต่ค่าใช้จ่ายสูงและต้องใช้ตัวอย่างจำนวนมาก	2.3 ng g^{-1} ตัวอย่าง
2. Photometry with Sandell-Kolthoff reaction	เป็นวิธีที่มีความไว วิธีวิเคราะห์จะขึ้นอยู่กับเวลาและอุณหภูมิของปฏิกิริยา	ng g^{-1} ตัวอย่าง
3. ICP mass spectrometry	เป็นวิธีที่มีความไวมาก	pg
4. Iodine sensitive electrode	เป็นวิธีที่เหมาะสมสำหรับตัวอย่างที่เป็นของเหลว เช่น ปัสสาวะ	μg
5. Ion-Chromatography	ตัวอย่างที่วิเคราะห์ เช่น นม น้ำทะเล อาหาร ซึ่งจำเป็นสำหรับการแยกคลอไรด์	$\mu\text{g g}^{-1}$ ตัวอย่าง
6. X-ray fluorescence spectrometry	เป็นวิธีวิเคราะห์ตัวอย่างที่คำนึงถึงระดับความเข้มข้นของสาร	$0.5 \mu\text{g g}^{-1}$ ตัวอย่าง
7. Atomic absorption spectroscopy	ไม่ใช่วิธีวิเคราะห์โดยตรง มีการขัดขวางของปรอท	$2.5 \mu\text{g g}^{-1}$ ตัวอย่าง
8. Gas chromatography with ECD	เป็นวิธีที่มีความไว รูปที่ใช้วัดต้องอยู่ในรูปไอโอดีน (I_2)	$39 \text{ ngI}_2 \text{ g}^{-1}$ หรือ $11 \text{ ngI} \text{ g}^{-1}$

หมายเหตุ

หน่วยวัดความเข้มข้น	ng	คือ	นาโนกรัม
	pg	คือ	พิกโกกรัม
	μg	คือ	ไมโครกรัม

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. เครื่องมือมาตรฐานที่ใช้ในการเก็บตัวอย่างดินภาคสนาม
2. ตัวอย่างดินที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ ชุดดินกำแพงแสน (Kamphaengsaen series; Typic Haplustalfs) และชุดดินปากช่อง (Pak Chong series; Rhodic Kandustox) ที่ระดับความลึก 0–30 เซนติเมตร
3. เมล็ดพันธุ์พืชผักทดลอง ได้แก่ เมล็ดผักบุ้งจีนพันธุ์เรียวไฟ, เมล็ดผักคะน้าพันธุ์แม่โจ้ 1 และเมล็ดผักกาดเขียวทางตุ้งพันธุ่นาน 1
4. สารโพแทสเซียมไอโอเดต (Potassium Iodate, KIO_3) สำหรับเตรียมสารละลายไอโอดีนมาตรฐานและสารละลายไอโอดีนในการทดลองต่างๆที่กำหนดไว้
5. กระถางพลาสติกชนิดไม่เจาะรูกัน ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 21.5 เซนติเมตร สูง 17.5 เซนติเมตร
6. อุปกรณ์การเก็บตัวอย่างพืชผัก ได้แก่ มีด ถุงกระดาษ
7. เครื่องมือและอุปกรณ์สำหรับการเตรียมตัวอย่างดินและพืช สำหรับการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ
8. เครื่องมือ อุปกรณ์ และสารเคมีสำหรับการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีและทางฟิสิกส์ของดิน
9. เครื่องมือ อุปกรณ์ และสารเคมีสำหรับการวิเคราะห์ปริมาณไอโอดีนในดินและพืช
10. เครื่องมือและอุปกรณ์คอมพิวเตอร์สำหรับวิเคราะห์ผลและเก็บรวบรวมข้อมูล

วิธีการ

1. การวิเคราะห์สมบัติของดิน

วิเคราะห์สมบัติต่างๆ ของดินที่ใช้ก่อนการทดลองตามวิธีการดังต่อไปนี้

1.1 การเตรียมตัวอย่างดิน

นำตัวอย่างดินที่ผึ่งแห้งแล้ว ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 0.5 และ 2.0 มิลลิเมตร เพื่อนำมาวิเคราะห์สมบัติทางเคมีและทางฟิสิกส์ของดินในขั้นตอนต่อไป

1.2 การวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของดิน

วิเคราะห์สมบัติทางเคมีของตัวอย่างดินทดลองดังต่อไปนี้

1.2.1 ค่าปฏิกิริยาดิน (soil reaction) โดยใช้อัตราส่วนดินต่อน้ำเท่ากับ 1: 1 วัดด้วย pH meter (National Soil Survey Center, 1996)

1.2.2 ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (available phosphorous) โดยวิธีสกัดดินด้วยน้ำยาสกัด Bray II แล้ววัดปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ด้วยเครื่อง Spectrophotometer (ทัศนีย์ และ จงรักษ์, 2542)

1.2.3 ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (exchangeable potassium) โดยวิธีสกัดดินด้วย 1 N $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ ที่เป็นกลาง (pH 7.0) แล้ววัดปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer (ทัศนีย์ และ จงรักษ์, 2542)

1.2.4 ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินโดยวิธี Walkley และ Black Titration (ทัศนีย์ และ จงรักษ์, 2542)

1.2.5 ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (total nitrogen) โดยวิธี Kjeldahl method (ทัศนีย์ และ จงรักษ์, 2542)

1.3 การวิเคราะห์สมบัติทางฟิสิกส์ของดิน

1.3.1 การวิเคราะห์การกระจายของอนุภาคดิน (particle size distribution) โดยวิธี Pipette method (Gee and Bauder, 1986) นำผลที่ได้จากการวิเคราะห์มาแจกแจงประเภทของเนื้อดิน (soil textural classes) โดยการเปรียบเทียบตามเกณฑ์ของกระทรวงเกษตรสหรัฐอเมริกา (Soil Survey Staff, 1998)

1.3.2 ระดับความชื้นผึ่งแห้ง (air dry) ทำตัวอย่างดินทดลอง ที่ผึ่งแห้งแล้วชั่งน้ำหนัก และนำไปอบที่อุณหภูมิ 105-110 องศาเซลเซียส เป็นเวลาประมาณ 12-15 ชั่วโมง และนำมาชั่งน้ำหนักดินหลังอบ คำนวณหาความชื้นของดินที่ระดับผึ่งแห้ง (Gardner, 1986)

1.3.3 ระดับความชื้นที่ความจุสนาม (field capacity) ทำตัวอย่างดินให้อิ่มตัวด้วยน้ำ แล้วใช้ความดันอากาศที่ 0.1 บาร์ (bar) ผลักดันน้ำออกจากดินด้วยเครื่อง Pressure Plate Apparatus แล้วนำดินไปอบที่อุณหภูมิ 105-110 องศาเซลเซียส เป็นเวลาประมาณ 12-15 ชั่วโมง และนำมาชั่งน้ำหนักดินหลังอบ คำนวณหาระดับความชื้นที่ความจุสนาม (Cassel and Nielsen, 1982)

1.3.4 ระดับความชื้นที่จุดเหี่ยวถาวร (permanent wilting point) ทำตัวอย่างดินให้อิ่มตัวด้วยน้ำแล้วใช้ความดันอากาศที่ 15 บาร์ (bar) ผลักดันน้ำออกจากดินด้วยเครื่อง Pressure Plate Apparatus แล้วนำดินไปอบที่อุณหภูมิ 105-110 องศาเซลเซียส เป็นเวลาประมาณ 12-15 ชั่วโมง และนำมาชั่งน้ำหนักดินหลังอบ คำนวณหาระดับความชื้นที่จุดเหี่ยวถาวร (Cassel and Nielsen, 1982)

1.4 การวิเคราะห์ปริมาณไอโอดีนในดิน

1.4.1 การเตรียมตัวอย่างดิน

นำตัวอย่างดินทดลองร่อนผ่านตะแกรงขนาด 0.5 มิลลิเมตร ชั่งดินหนัก 100 กรัม ใส่ลงในกระป๋องเติมน้ำกลั่นจนกระทั่งดินอิ่มตัวด้วยน้ำ บันทึกปริมาตรน้ำที่ทำให้ดินอิ่มตัว ปิดด้วยอะลูมิเนียมฟอยล์ บ่มดินทิ้งไว้ 2 สัปดาห์ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ทุกๆ 1-2 วันเปิด อะลูมิเนียมฟอยล์ทิ้งไว้ 1 นาที เมื่อครบ 2 สัปดาห์ นำดินเข้าเครื่อง Suction ที่กรองด้วย Buchner funnel เก็บสารละลายไอโอดีนที่กรองได้ นำไปวิเคราะห์หาปริมาณไอโอดีนในดินในขั้นตอนต่อไป (Yuita, 1992)

1.4.2 การวิเคราะห์ปริมาณไอโอดีน

วิเคราะห์หาปริมาณไอโอดีนในดินด้วยวิธี Colorimetry by ceric sulfate reduction โดยการนำสารละลายไอโอดีนที่กรองได้และสารละลายไอโอดีนมาตรฐานเข้มข้น 0, 0.05, 0.10, 0.15, 0.20, 0.25, 0.30, 0.35 และ 0.40 มิลลิกรัมต่อลิตร นำมาปริมาตร 0.15 มิลลิลิตร ใส่ลงในหลอดทดลอง เติมสารละลาย Arsenious acid ปริมาตร 2 มิลลิลิตร และสารละลาย Ceric ammonium sulfate ปริมาตร 0.4 มิลลิลิตร และนำไปแช่ใน Water bath ที่ปรับอุณหภูมิเป็น 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที หลังจากนั้นเติมสารละลาย Brucine sulfate ปริมาตร 0.2 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน และนำออกจาก Water bath จะได้สารละลายสีส้ม-แดง นำสารละลายที่ได้ไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 410 นาโนเมตร นำมาคำนวณหาปริมาณไอโอดีนในดินโดยเทียบกับกราฟความเข้มข้นของสารละลายไอโอดีนมาตรฐาน (Garry *et al.*, 1993)

2. ศึกษาปริมาณไอโอดีนสะสมและการเจริญเติบโตของพืชผักทดลอง (ผักบุ้งจีน, ผักคะน้า และ ผักกาดเขียวทางดั่ง) โดยการปลูกพืชทดลองในดินที่มีปริมาณไอโอดีนระดับความเข้มข้นต่างๆ

2.1 การวางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design; CRD) โดยการปลูกพืชผักทดลอง 3 ชนิด คือ ผักบุ้งจีน, ผักคะน้า และผักกาดเขียวทางดั่ง ในดินทดลองของชุดดินกำแพงแสนและชุดดินปากช่อง โดยใส่สารโพแทสเซียมไอโอเดตลงดินให้มีปริมาณไอโอดีนระดับความเข้มข้นต่างๆ ตามดำรับการทดลอง จำนวน 4 ซ้ำ ดังนี้

ดำรับการทดลองที่ 1 ไม่ใส่สารโพแทสเซียมไอโอเดต (control)

ดำรับการทดลองที่ 2 ใส่สารโพแทสเซียมไอโอเดตให้มีปริมาณไอโอดีน 5 mg kg^{-1} ของดิน

ดำรับการทดลองที่ 3 ใส่สารโพแทสเซียมไอโอเดตให้มีปริมาณไอโอดีน 10 mg kg^{-1} ของดิน

2.2 การเตรียมตัวอย่างดินและการปลูกพืชทดลอง

2.2.1 นำตัวอย่างดินทดลองของชุดดินกำแพงแสนและชุดดินปากช่อง ที่ระดับความลึก 0-30 เซนติเมตร มาผึ่งให้แห้ง และร่อนผ่านตะแกรงขนาด 1 เซนติเมตร

2.2.2 เตรียมสารละลายโพแทสเซียมไอโอเดตให้มีปริมาณความเข้มข้นของไอโอดีน 0, 5 และ 10 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมดิน ละลายในน้ำกลั่นและใส่ลูกเคาะให้กระจายทั่วในดิน 5 กิโลกรัม ปรับความชื้นดินให้อยู่ในระดับความจุสนาม นำดินใส่ลงในกระถางปลูก ปิดด้วยอะลูมิเนียมฟอยล์ที่เจาะรูสำหรับหยอดเมล็ดพันธุ์ผักบุ้งจีน, ผักคะน้าและผักกาดเขียวทางดั่ง

2.2.3 หยอดเมล็ดพันธุ์ผักบุ้งจีนลงในกระถางๆละ 3 หลุมๆละ 2 เมล็ด และเมล็ดพันธุ์ผักคะน้าและผักกาดเขียวทางดั่งกระถางละ 1 หลุมๆละ 2 เมล็ด เมื่อดันกล้ามีอายุครบ 1 สัปดาห์ถอนแยกให้เหลือหลุมละ 1 ต้น

2.2.4 เก็บเกี่ยวพืชทดลองโดยใช้มีดตัดโคนต้น เมื่อพืชทดลองมีอายุครบการเก็บเกี่ยว
ดังนี้

ผักบุ้งจีนอายุการเก็บเกี่ยว	30	วัน
ผักคะน้าอายุการเก็บเกี่ยว	50	วัน
ผักกาดเขียวกวาดต้งอายุการเก็บเกี่ยว	40	วัน

2.2.5 นำตัวอย่างพืชผักสดที่เก็บเกี่ยวได้ชั่งน้ำหนักเพื่อบันทึกน้ำหนักมวลชีวภาพสด

2.2.6 นำตัวอย่างพืชทดลองทั้ง 3 ชนิดมาล้างด้วยน้ำกลั่นให้สะอาด และเตรียมตัวอย่างพืชผักสด (ไม่ผ่านกระบวนการนึ่ง) และพืชผักนึ่งสุกเพื่อวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนในพืชผักสดและพืชผักนึ่งสุกในขั้นตอนต่อไป

2.3 การปฏิบัติดูแลรักษาพืชทดลอง

2.3.1 การให้น้ำ ให้น้ำแบบน้ำหยดโดยรักษาระดับความชื้นของดินที่ความจุสนาม (field capacity)

2.3.2 การใส่ปุ๋ย ใช้ผลการวิเคราะห์ดินเป็นแนวทางในการใส่ปุ๋ยเคมีให้กับพืชผัก โดยการใส่ปุ๋ยครั้งแรกหลังจากพืชผักทดลองแตกใบจริงแล้ว 3-4 วัน จะใส่ปุ๋ยในโตรเจนปริมาณครึ่งหนึ่งของอัตราปุ๋ยที่ใส่ทั้งหมดรวมกับการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสและปุ๋ยโพแทสเซียม และการใส่ปุ๋ยครั้งที่สองหลังจากใส่ปุ๋ยครั้งแรก 15 วัน จะใส่ปุ๋ยในโตรเจนอีกครั้งหนึ่งที่เหลือจากการใส่ครั้งแรก อัตราปุ๋ยแต่ละชนิดที่ใส่ในดินปลูกพืชทดลองของชุดดินกำแพงแสนและชุดดินปากช่อง ดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ปริมาณปุ๋ยเคมีที่ใส่ในพืชผักทดลองที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสนและชุดดินปากช่อง

ชุดดิน	ผลการวิเคราะห์ดิน		อัตราปุ๋ยที่ใส่
กำแพงแสน	อินทรีวัตถุ	1.5-2.5 %	15 kg N/rai
	ฟอสฟอรัส	> 20 mg P/kg	5 kg P ₂ O ₅ /rai
	โพแทสเซียม	60-100 mg K/kg	10 kg K ₂ O/rai
ปากช่อง	อินทรีวัตถุ	>2.5 %	10 kg N/rai
	ฟอสฟอรัส	< 10 mg P/kg	10 kg P ₂ O ₅ /rai
	โพแทสเซียม	60-100 mg K/kg	10 kg K ₂ O/rai

ที่มา: คัดแปลงจากกรมวิชาการเกษตร (2548)

2.4 การเก็บข้อมูลและบันทึกข้อมูลของพืชผักทดลองทั้ง 3 ชนิด

2.4.1 ข้อมูลความสูง

วัดความสูงของพืชผักทดลองโดยผักบุ้งจีนเริ่มวัดความสูงตั้งแต่วันที่ 10 หลังการปลูกและวัดทุกๆ 3 วัน ผักคะน้าเริ่มวัดความสูงตั้งแต่วันที่ 20 หลังการปลูก และวัดทุกๆ 5 วัน และผักกาดเขียวทางตุ้งเริ่มวัดความสูงตั้งแต่วันที่ 16 หลังการปลูกและวัดทุกๆ 4 วัน จนครบอายุการเก็บเกี่ยว

2.4.2 ข้อมูลน้ำหนักมวลชีวภาพสด

ชั่งน้ำหนักมวลชีวภาพสดของพืชผักทดลองหลังจากการเก็บเกี่ยวทันที

2.4.3 ข้อมูลน้ำหนักมวลชีวภาพแห้ง

ชั่งน้ำหนักมวลชีวภาพแห้งของพืชผักทดลองหลังจากอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 72 ชั่วโมงหรือจนกว่าจะแห้งสนิท หรือน้ำหนักแห้งของตัวอย่างพืชผักมีค่าน้ำหนักที่คงที่ (กรมพัฒนาที่ดิน, 2547)

2.4.4 ข้อมูลปริมาณไอโอดีนในพืชผักทดลอง

เก็บข้อมูลปริมาณไอโอดีนในพืชผักทดลองดังต่อไปนี้

ก. ปริมาณไอโอดีนในพืชผักทดลองที่ไม่ผ่านกระบวนการนึ่ง (พืชผักสด)

ข้อมูลปริมาณไอโอดีนที่วิเคราะห์ได้ในพืชผักสด โดยวิธี Colorimetry by ceric sulfate reduction (Garry *et al.*, 1993)

ข. ปริมาณไอโอดีนในพืชผักทดลองที่นึ่งสุก

ข้อมูลปริมาณไอโอดีนที่วิเคราะห์ได้ในพืชผักนึ่งสุกโดยวิธี Colorimetry by ceric sulfate reduction (Garry *et al.*, 1993)

2.5 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วิเคราะห์ข้อมูลความสูง, น้ำหนักมวลชีวภาพสด, น้ำหนักมวลชีวภาพแห้ง และปริมาณไอโอดีนในพืชผักสด (ไม่ผ่านกระบวนการนึ่ง) และพืชผักนึ่งสุก โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance: ANOVA) ในแต่ละดำรับการทดลอง เมื่อผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนในแต่ละดำรับการทดลองพบว่ามีค่าแตกต่างกันทางสถิติ ในขั้นตอนต่อไปจะเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ที่แตกต่างกันด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS for Windows

3. ศึกษาปริมาณไอโอดีนสะสมและการเจริญเติบโตของพืชผักทดลอง (ผักบุ้งจีน, ผักคะน้า และ ผักกาดเขียวทางช้าง) โดยการปลูกพืชทดลองในดิน และทำการฉีดพ่นทางใบด้วยสารละลายไอโอดีน ในความเข้มข้นที่กำหนดตามช่วงระยะเวลาต่างๆของการเจริญเติบโตของพืชผักทดลอง

3.1 การวางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design; CRD) โดยการปลูกพืชผักทดลอง 3 ชนิด คือ ผักบุ้งจีน, ผักคะน้า และผักกาดเขียวทางช้าง ในตัวอย่างดินทดลองของชุดดินกำแพงแสนและชุดดินปากช่อง ฉีดพ่นสารละลายโพแทสเซียมไอโอเดตทางใบที่ระดับความเข้มข้นไอโอดีนต่างๆ ตามดำรับการทดลอง จำนวน 4 ซ้ำ ดังนี้

ดำรับการทดลองที่ 1 ไม่ฉีดพ่นสารละลายโพแทสเซียมไอโอเดต (control)

ดำรับการทดลองที่ 2 ฉีดพ่นสารละลายโพแทสเซียมไอโอเดตที่มีปริมาณไอโอดีน 0.5 mg L^{-1}

ดำรับการทดลองที่ 3 ฉีดพ่นสารละลายโพแทสเซียมไอโอเดตที่มีปริมาณไอโอดีน 5.0 mg L^{-1}

3.2 การเตรียมสารละลายโพแทสเซียมไอโอเดตที่ใช้ฉีดพ่นทางใบพืชผัก

3.2.1 เตรียมสารละลายไอโอดีนเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อลิตร (100 ppm) โดยการชั่งสารโพแทสเซียมไอโอเดตปริมาณ 0.1685 กรัม ละลายในน้ำกลั่นปริมาตร 1 ลิตร

3.2.2 เตรียมสารละลายไอโอดีนเข้มข้น 0.5 และ 5.0 มิลลิกรัมต่อลิตร (0.5 และ 5.0 ppm) โดยใช้สารละลายไอโอดีนเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อลิตร (100 ppm) ที่เตรียมจากข้อ 3.2.1 นำมาปริมาตร 5 และ 50 มิลลิลิตรตามลำดับ แล้วปรับปริมาตรให้เป็น 1 ลิตร จะได้สารละลายไอโอดีนเข้มข้น 0.5 และ 5.0 มิลลิกรัมต่อลิตร สำหรับการฉีดพ่นทางใบให้กับพืชผักทดลองในดำรับการทดลองที่ 2 และ 3 ตามลำดับ

3.3 การเตรียมดินและการปลูกพืชทดลอง

3.3.1 นำตัวอย่างดินทดลองของชุดดินกำแพงแสนและชุดดินปากช่องที่ผึ่งให้แห้ง และร่อนผ่านตะแกรงขนาด 1 เซนติเมตร ชั่งดินหนัก 5 กิโลกรัม ใส่ลงในกระถางปลูก ปรับความชื้นดินให้อยู่ในระดับความจุสนาม

3.3.2 หยอดเมล็ดพันธุ์ผักบุ้งจีนลงในกระถางละ 3 หลุมๆละ 2 เมล็ด และเมล็ดพันธุ์ผักคะน้าและผักกาดเขียววางตั้งกระถางละ 1 หลุมๆละ 2 เมล็ด เมื่อต้นกล้ามีอายุครบ 1 สัปดาห์ถอนแยกให้เหลือหลุมละ 1 ต้น

3.3.3 ฉีดพ่นสารละลายโพแทสเซียมไอโอเดตในความเข้มข้นของไอโอดีนที่กำหนดตามตำราการทดลอง โดยฉีดพ่นสารละลายโพแทสเซียมไอโอเดตให้ทั่วทั้งใบพืชจำนวน 2 ครั้งตามช่วงอายุหลังการปลูกในพืชผักทดลองแต่ละชนิด ดังนี้

พืชผักทดลอง	ช่วงการเจริญเติบโตของพืชผักทดลองในการฉีดพ่นสารละลายไอโอดีน (วันหลังการปลูก)	
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2
ผักบุ้งจีน	18	23
ผักคะน้า	36	43
ผักกาดเขียววางตั้ง	28	33

3.3.4 เก็บเกี่ยวพืชผักทดลองโดยใช้มีดตัดโคนต้น เมื่อพืชทดลองมีอายุครบการเก็บเกี่ยว ดังนี้

ผักบุ้งจีนอายุการเก็บเกี่ยว	30	วัน
ผักคะน้าอายุการเก็บเกี่ยว	50	วัน
ผักกาดเขียววางตั้งอายุการเก็บเกี่ยว	40	วัน

3.3.5 นำตัวอย่างพืชผักสดที่เก็บเกี่ยวได้ ชั่งน้ำหนักเพื่อบันทึกน้ำหนักมวลชีวภาพสด

3.3.6 นำตัวอย่างพืชทดลองทั้ง 3 ชนิดมาล้างด้วยน้ำกลั่นให้สะอาด และเตรียมตัวอย่างพืชผักสด (ไม่ผ่านกระบวนการนึ่ง) และพืชผักนึ่งสุกเพื่อวิเคราะห์ปริมาณไอโอดีนในพืชผักสดและพืชผักนึ่งสุกในขั้นตอนต่อไป

3.4 การปฏิบัติดูแลรักษาพืชทดลอง

3.4.1 การให้น้ำ รดน้ำในระดับความชื้นของดินที่ความจุสนาม (field capacity)

3.4.2 การใส่ปุ๋ย ใช้ผลการวิเคราะห์ดินเป็นแนวทางในการใส่ปุ๋ยเคมีในพืชผักทดลอง ดังข้อที่ 2.3.2 ของวิธีการศึกษานี้

3.5 การเก็บข้อมูลและบันทึกข้อมูลของพืชผักทดลองทั้ง 3 ชนิด

เก็บข้อมูลความสูง, น้ำหนักมวลชีวภาพสด, น้ำหนักมวลชีวภาพแห้ง และปริมาณไอโอดีนในพืชผักสด (ไม่ผ่านกระบวนการนึ่ง) และพืชผักนึ่งสุก ดังข้อที่ 2.4.1-2.4.4 ของวิธีการศึกษานี้

3.6 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วิเคราะห์ข้อมูลความสูง, น้ำหนักมวลชีวภาพสด, น้ำหนักมวลชีวภาพแห้ง และปริมาณไอโอดีนในพืชผักสด (ไม่ผ่านกระบวนการนึ่ง) และพืชผักนึ่งสุกตามวิธีการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ ดังข้อที่ 2.5 ของวิธีการศึกษานี้

4. การศึกษาปริมาณไอโอดีนในพืชผักทดลอง

4.1 การเตรียมตัวอย่างพืชผัก

เตรียมตัวอย่างพืชผักสด (ไม่ผ่านกระบวนการนึ่ง) และตัวอย่างพืชผักนึ่งสุกตามวิธีการดังต่อไปนี้

4.1.1 การเตรียมตัวอย่างพืชผักสด (ไม่ผ่านกระบวนการนึ่ง)

นำตัวอย่างพืชผักสดที่บันทึกน้ำหนักมวลชีวภาพสดแล้ว ล้างด้วยน้ำกลั่นให้สะอาดและผึ่งให้แห้ง นำตัวอย่างพืชผักมาอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 72 ชั่วโมง หรือจนกว่าจะแห้งสนิท หรือน้ำหนักแห้งของตัวอย่างพืชผักมีค่าน้ำหนักที่คงที่ (กรมพัฒนาที่ดิน, 2547) บันทึกน้ำหนักมวลชีวภาพแห้งของพืชผัก และบดตัวอย่างพืชทดลองมวลชีวภาพแห้ง

ด้วยเครื่องบดตัวอย่างพืช เก็บตัวอย่างพืชพักทดลองที่บดแล้วในถุงพลาสติกที่สะอาด ปิดผนึกปากถุงพลาสติกให้สนิท และเก็บในโถดูดความชื้นก่อนนำมาวิเคราะห์ปริมาณไอโอดีนในขั้นตอนต่อไป

4.1.2 การเตรียมตัวอย่างพืชผักนึ่งสุก

นำตัวอย่างพืชผักสดที่บันทึกน้ำหนักมวลชีวภาพสดแล้ว ล้างด้วยน้ำกลั่นให้สะอาดและผึ่งให้แห้ง นำตัวอย่างพืชทดลองมานึ่งด้วยไอน้ำจนกระทั่งพืชผักสุก และนำตัวอย่างพืชผักนึ่งสุกมาอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 72 ชั่วโมง หรือจนกว่าจะแห้งสนิท หรือน้ำหนักแห้งของตัวอย่างพืชผักมีค่าน้ำหนักที่คงที่ (กรมพัฒนาที่ดิน, 2547) บันทึกน้ำหนักมวลชีวภาพแห้งของพืชผัก และบดตัวอย่างพืชทดลองมวลชีวภาพแห้งด้วยเครื่องบดตัวอย่างพืช เก็บตัวอย่างพืชผักที่บดแล้วในถุงพลาสติกที่สะอาด ปิดผนึกปากถุงพลาสติกให้สนิท และเก็บในโถดูดความชื้นก่อนนำมาวิเคราะห์ปริมาณไอโอดีนในขั้นตอนต่อไป

4.2 การวิเคราะห์ปริมาณไอโอดีนในพืชผักทดลองทั้ง 3 ชนิด

4.2.1 การย่อยสลายตัวอย่างพืชผักทดลอง

การย่อยสลายตัวอย่างพืชผักจะใช้วิธีการเผาตัวอย่างพืชผักให้เป็นเถ้าด้วยค่า (alkaline dry ashing) ตามวิธีการของ Jopke *et al.* (1996) โดยนำตัวอย่างพืชผักสด (ไม่ผ่านกระบวนการนึ่ง) และพืชผักนึ่งสุกที่อบแห้งและบดละเอียดแล้ว ปริมาณ 0.5 กรัมใส่ในถ้วยกระบือ (crucible) เติมน้ำละลาย 4 M KOH ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร และสารละลาย 20 % $ZnSO_4$ ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร คนตัวอย่างพืชให้เข้ากัน นำเข้าตู้อบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง และนำเข้าเตาเผาอุณหภูมิสูง (muffle furnace) ที่อุณหภูมิ 300 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 2 ชั่วโมง เปลี่ยนอุณหภูมิเป็น 600 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง จะได้เถ้าเป็นสีขาว-เหลือง หลังจากนั้นละลายเถ้าด้วยน้ำกลั่น ปริมาตร 10 มิลลิลิตร นำสารละลายตัวอย่างไปเขย่าด้วยเครื่องเขย่าเป็นเวลานาน 30 นาที และนำเข้าเครื่องเหวี่ยง (centrifuge) เป็นเวลา 10 นาที เก็บสารละลายใสเพื่อวิเคราะห์ปริมาณไอโอดีนในขั้นตอนต่อไป

4.2.2 การวิเคราะห์ปริมาณไอโอดีนในพืชผักทดลอง

วิเคราะห์หาปริมาณไอโอดีนในตัวอย่างพืชผักทดลองด้วยวิธี Colorimetry by ceric sulfate reduction โดยการนำสารละลายไอของตัวอย่างพืชที่ย่อยสลายแล้วและสารละลายไอโอดีนมาตรฐานเข้มข้น 0, 0.05, 0.10, 0.15, 0.20, 0.25, 0.30, 0.35 และ 0.40 มิลลิกรัมต่อลิตร นำมาปริมาตร 0.15 มิลลิลิตร ใส่ลงในหลอดทดลอง เติมน้ำสารละลาย Arsenious acid ปริมาตร 2 มิลลิลิตร และสารละลาย Ceric ammonium sulfate ปริมาตร 0.4 มิลลิลิตร และนำไปแช่ใน Water bath ที่ปรับอุณหภูมิเป็น 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที หลังจากนั้นเติมน้ำสารละลาย Brucine sulfate ปริมาตร 0.2 มิลลิลิตร แช่ให้เข้ากัน และนำออกจาก Water bath จะได้สารละลายสีส้ม-แดง นำสารละลายที่ได้ไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 410 นาโนเมตร นำมาคำนวณหาปริมาณไอโอดีนในพืชผักโดยเทียบกับกราฟความเข้มข้นของสารละลายไอโอดีนมาตรฐาน (Garry *et al.*, 1993)

5. ศึกษาความสัมพันธ์ของปริมาณไอโอดีนสะสมในพืชผักทดลอง ทั้งพืชผักสดและพืชผักนึ่งสุก กับวิธีการเพิ่มไอโอดีนโดยการใส่สารไอโอดีนลงในดินและการฉีดพ่นสารละลายไอโอดีนทางใบ

5.1 การรวบรวมข้อมูล

รวบรวมข้อมูลปริมาณไอโอดีนที่สะสมในพืชผักสด (ไม่ผ่านกระบวนการนึ่ง) และพืชผักนึ่งสุก จากการวิเคราะห์ปริมาณไอโอดีนในพืชผักทดลองของวิธีการทดลองใส่สารไอโอดีนลงในดินและวิธีการฉีดพ่นสารละลายไอโอดีนทางใบ

5.2 การวิเคราะห์ทางสถิติ

5.2.1 เปรียบเทียบการเจริญเติบโตด้านความสูงเฉลี่ยในวันเก็บเกี่ยว และน้ำหนักสดของพืชผักทดลองของวิธีการทดลองใส่สารไอโอดีนลงในดินและวิธีการฉีดพ่นสารละลายไอโอดีนทางใบ

5.2.2 เปรียบเทียบปริมาณไอโอดีนที่สะสมในพืชผักทดลองที่ปลูกในตัวอย่างดินของชุดดินกำแพงแสนและชุดดินปากช่อง

5.2.3 เปรียบเทียบปริมาณไอโอดีนที่สะสมในพืชผักสด (ไม่ผ่านกระบวนการนึ่ง) และพืชผักนึ่งสุก

5.2.4 เปรียบเทียบปริมาณไอโอดีนที่สะสมในพืชผักทดลองของวิธีการเพิ่มปริมาณไอโอดีนทั้งสองวิธีการทดลอง

การวิเคราะห์สถิติใช้วิธีการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแบบจับคู่ (paired samples) จากโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS for Windows

สถานที่และระยะเวลาในการทดลอง

1. สถานที่ทำการทดลอง

1.1 โรงเรือนปลูกพืชทดลอง (โรงเรือนทดลองที่ 1) ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม

1.2 ห้องปฏิบัติการเคมีและความอุดมสมบูรณ์ของดิน ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม

1.3 ห้องปฏิบัติการฟิสิกส์ของดิน ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม

2. ระยะเวลาในการทดลอง

เริ่มทำการทดลอง เดือน มกราคม 2550

สิ้นสุดการทดลอง เดือน ธันวาคม 2550

ผลการทดลองและวิจารณ์

ผลการทดลอง

1. สมบัติทางฟิสิกส์และทางเคมีบางประการของตัวอย่างดินทดลอง

ผลการวิเคราะห์สมบัติทางฟิสิกส์และทางเคมีของตัวอย่างดินทดลอง ได้แก่ ชูดินกำแพงแสน และชูดินปากช่อง ที่ระดับความลึก 0-30 เซนติเมตร แสดงไว้ในตารางที่ 5 โดยตัวอย่างดินทดลองของชูดินกำแพงแสนมีค่าความชื้นของดินที่ระดับความจุสนามมีค่าเท่ากับร้อยละ 18.24 โดยน้ำหนัก ความชื้นของดินที่จุดเหี่ยวถาวรมีค่าเท่ากับร้อยละ 6.68 โดยน้ำหนัก เนื้อดินเป็นดินร่วนเหนียวปนทราย และปริมาณไอโอดีนในดินก่อนการปลูกมีค่าเท่ากับ 0.37 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตัวอย่างดินทดลองของชูดินปากช่องมีค่าความชื้นของดินที่ระดับความจุสนามมีค่าเท่ากับร้อยละ 30.69 โดยน้ำหนัก ความชื้นของดินที่จุดเหี่ยวถาวรมีค่าเท่ากับร้อยละ 20.8 โดยน้ำหนัก เนื้อดินเป็นดินเหนียว และปริมาณไอโอดีนในดินก่อนการปลูกมีค่าเท่ากับ 0.78 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

เมื่อนำสมบัติดังกล่าวมาประเมินตามเกณฑ์การประเมินคุณภาพที่ดิน (บัณฑิต และ คำรณ, 2539) พบว่า ตัวอย่างดินทดลองของชูดินกำแพงแสนมีค่าปฏิกิริยาดินเป็นกลาง ค่าการนำไฟฟ้าที่ดินอิ่มตัวด้วยน้ำมีค่าต่ำมาก ปริมาณอินทรีย์วัตถุค่อนข้างต่ำ ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดมีค่าต่ำ ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์มีค่าสูงมาก โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้มีค่าปานกลาง ตัวอย่างดินทดลองของชูดินปากช่องมีค่าปฏิกิริยาดินเป็นกรดเล็กน้อย ค่าการนำไฟฟ้าที่ดินอิ่มตัวด้วยน้ำมีค่าต่ำมาก ปริมาณอินทรีย์วัตถุค่อนข้างสูง ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดมีค่าต่ำ ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์มีค่าค่อนข้างต่ำ โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้มีค่าปานกลาง

ตารางที่ 5 สมบัติทางฟิสิกส์และทางเคมีบางประการของตัวอย่างดินทดลอง

สมบัติของดิน	ค่าวิเคราะห์ตัวอย่างดินทดลอง	
	ชุดดินกำแพงแสน (Typic Haplustalfs)	ชุดดินปากช่อง (Rhodic Kandustox)
pH (1:1 H ₂ O)	7.38	6.13
EC _e (dS m ⁻¹)	1.47	0.14
อินทรีย์วัตถุในดิน (%)	1.37	3.02
ไนโตรเจนทั้งหมด (%)	0.05	0.07
ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (mg kg ⁻¹)	68.26	8.02
โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (mg kg ⁻¹)	84.28	78.72
ความชื้นที่ความจุสนาม (FC) (%) โดยน้ำหนัก	18.24	30.69
ความชื้นที่จุดเหี่ยวถาวร (PWP) (%) โดยน้ำหนัก	6.68	20.84
เนื้อดิน	Sandy Clay Loam	Clay
ไออนิออน (mg kg ⁻¹)	0.37	0.78

2. ผลการศึกษาปริมาณไออนิออนสะสมและการเจริญเติบโตของพืชผักทดลอง (ผักบุ้งจีน, ผักคะน้า และ ผักกาดเขียวหลวง) โดยการปลูกพืชผักทดลองในดินที่มีปริมาณไออนิออนระดับความเข้มข้นต่างๆ

2.1 การเจริญเติบโตของพืชผักทดลอง

2.1.1 การเจริญเติบโตของผักบุ้งจีน

ผลการเจริญเติบโตของผักบุ้งจีนที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสนพบว่า ความสูงของต้นผักบุ้งจีนในวันเก็บเกี่ยวของดำรับการทดลองที่ 1, 2 และ 3 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 24.86, 24.18 และ 23.85 เซนติเมตรตามลำดับ (ภาพที่ 1 และตารางที่ 6) น้ำหนักสดของผักบุ้งจีนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 79.82, 76.03 และ 79.90 กรัม และน้ำหนักแห้งของผักบุ้งจีนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 9.63, 8.66 และ 9.65 กรัมตามลำดับ (ตารางที่ 6) การวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า การใส่สารไออนิออนลงในดินที่ระดับความเข้มข้น 0, 5 และ 10 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ของดำรับการทดลองที่ 1, 2 และ 3 ตามลำดับ ไม่ทำให้ความสูงเฉลี่ยในวันเก็บเกี่ยวและน้ำหนักสดเฉลี่ยของผักบุ้งจีนแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แต่ทำให้น้ำหนักแห้งเฉลี่ยของผักบุ้งจีนมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) และเมื่อเปรียบเทียบ

ค่าเฉลี่ยในแต่ละดำรับการทดลองพบว่า การไม่ใส่สารไอโอดีนและใส่สารไอโอดีนลงในดินที่ระดับความเข้มข้น 10 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (ดำรับการทดลองที่ 1 และ 3) มีน้ำหนักแห้งเฉลี่ยไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และการใส่สารไอโอดีนลงในดินที่ระดับความเข้มข้น 5 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (ดำรับการทดลองที่ 2) ทำให้น้ำหนักแห้งเฉลี่ยของผักบุ้งจินต่ำที่สุด และมีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับดำรับการทดลองที่ 1 และ 3 (ตารางที่ 6)

ผลการเจริญเติบโตของผักบุ้งจินที่ปลูกในชุดดินปากช่องพบว่า ความสูงของต้นผักบุ้งจินในวันเก็บเกี่ยวของดำรับการทดลองที่ 1, 2 และ 3 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 21.93, 22.48 และ 22.40 เซนติเมตรตามลำดับ (ภาพที่ 2 และตารางที่ 6) น้ำหนักสดของผักบุ้งจินมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 64.01, 59.11 และ 58.68 กรัม และน้ำหนักแห้งของผักบุ้งจินมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.22, 6.98 และ 6.64 กรัมตามลำดับ (ตารางที่ 6) การวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า การใส่สารไอโอดีนลงในดินที่ระดับความเข้มข้น 0, 5 และ 10 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ของดำรับการทดลองที่ 1, 2 และ 3 ตามลำดับ ไม่ทำให้ความสูงเฉลี่ยในวันเก็บเกี่ยว น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งเฉลี่ยของผักบุ้งจินมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

2.1.2 การเจริญเติบโตของผักคะน้า

ผลการเจริญเติบโตของผักคะน้าที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสนพบว่า ความสูงของต้นผักคะน้าในวันเก็บเกี่ยวของดำรับการทดลองที่ 1, 2 และ 3 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 31.48, 31.17 และ 27.55 เซนติเมตรตามลำดับ (ภาพที่ 3 และตารางที่ 7) น้ำหนักสดของผักคะน้ามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 192.45, 184.02 และ 143.46 กรัม และน้ำหนักแห้งของผักคะน้ามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 18.10, 17.54 และ 14.60 กรัมตามลำดับ (ตารางที่ 7) การวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า การใส่สารไอโอดีนลงในดินที่ระดับความเข้มข้น 0, 5 และ 10 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ของดำรับการทดลองที่ 1, 2 และ 3 ตามลำดับ ทำให้ความสูงเฉลี่ยในวันเก็บเกี่ยว น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งเฉลี่ยของผักคะน้ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.01$) และเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยในแต่ละดำรับการทดลองพบว่า การไม่ใส่สารไอโอดีนและการใส่สารไอโอดีนที่ระดับความเข้มข้น 5 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (ดำรับการทดลองที่ 1 และ 2) มีความสูงเฉลี่ยในวันเก็บเกี่ยว น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งเฉลี่ยไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 และการใส่สารไอโอดีนลงในดินที่ระดับความเข้มข้น 10 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (ดำรับการทดลองที่ 3) ทำให้ความสูงเฉลี่ยในวันเก็บเกี่ยว น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งเฉลี่ยของผักคะน้าต่ำที่สุด และมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง เมื่อเปรียบเทียบกับดำรับการทดลองที่ 1 และ 2 (ตารางที่ 7)

ผลการเจริญเติบโตของผักคะน้าที่ปลูกในชุดดินปากช่อง พบว่าความสูงของต้นผักคะน้าในวันเก็บเกี่ยวของดำรับการทดลองที่ 1, 2 และ 3 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 39.07, 37.35 และ 37.01 เซนติเมตรตามลำดับ (ภาพที่ 4 และตารางที่ 7) น้ำหนักสดของผักคะน้ามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 288.62, 266.12 และ 257.93 กรัม และน้ำหนักแห้งของผักคะน้ามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 24.91, 21.31 และ 21.04 กรัมตามลำดับ (ตารางที่ 7) การวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า การใส่สารไอโอดีนลงในดินที่ระดับความเข้มข้น 0, 5 และ 10 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ของดำรับการทดลองที่ 1, 2 และ 3 ตามลำดับ ทำให้ความสูงเฉลี่ยในวันเก็บเกี่ยวของผักคะน้าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งเฉลี่ยของผักคะน้าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) และเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยในแต่ละดำรับการทดลองพบว่า การไม่ใส่สารไอโอดีนและใส่สารไอโอดีนที่ระดับความเข้มข้น 10 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (ดำรับการทดลองที่ 1 และ 3) มีความสูงเฉลี่ยในวันเก็บเกี่ยวแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และการใส่สารไอโอดีนลงในดินที่ระดับความเข้มข้น 10 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (ดำรับการทดลองที่ 3) ทำให้ความสูงเฉลี่ย น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งเฉลี่ยของผักคะน้าต่ำที่สุด (ตารางที่ 7)

2.1.3 การเจริญเติบโตของผักกาดเขียวกวาดุ้ง

ผลการเจริญเติบโตของผักกาดเขียวกวาดุ้งที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสน พบว่าความสูงของต้นผักกาดเขียวกวาดุ้งในวันเก็บเกี่ยวของดำรับการทดลองที่ 1, 2 และ 3 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 38.94, 36.84 และ 37.13 เซนติเมตรตามลำดับ (ภาพที่ 5 และตารางที่ 8) น้ำหนักสดของผักกาดเขียวกวาดุ้งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 376.85, 360.43 และ 356.48 กรัม และน้ำหนักแห้งของผักกาดเขียวกวาดุ้งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 17.91, 18.72 และ 16.89 กรัมตามลำดับ (ตารางที่ 8) การวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า การใส่สารไอโอดีนลงในดินที่ระดับความเข้มข้น 0, 5 และ 10 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ของดำรับการทดลองที่ 1, 2 และ 3 ตามลำดับ ไม่ทำให้ความสูงเฉลี่ยในวันเก็บเกี่ยว น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งเฉลี่ยของผักกาดเขียวกวาดุ้งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

ผลการเจริญเติบโตของผักกาดเขียวกวาดุ้งที่ปลูกในชุดดินปากช่อง พบว่าความสูงของต้นผักกาดเขียวกวาดุ้งในวันเก็บเกี่ยวของดำรับการทดลองที่ 1, 2 และ 3 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 38.73, 38.23 และ 38.69 เซนติเมตรตามลำดับ (ภาพที่ 6 และตารางที่ 8) น้ำหนักสดของผักกาดเขียวกวาดุ้งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 376.34, 375.05 และ 375.65 กรัม และน้ำหนักแห้งของผักกาดเขียวกวาดุ้งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 22.83, 22.41 และ 23.71 กรัมตามลำดับ (ตารางที่ 8) การวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า การใส่สารไอโอดีนลงในดินที่ระดับความเข้มข้น 0, 5 และ 10 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ของดำรับการทดลองที่ 1, 2 และ 3

ตามลำดับ ไม่ทำให้ความสูงเฉลี่ยในวันเก็บเกี่ยว น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งเฉลี่ยของผักกาดเขียว-
 กวางตุ้งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)



ภาพที่ 1 ความสูงในวันเก็บเกี่ยวของผักบั้งจีนที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสน เมื่อใส่สารไอโอดีน
 ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆลงในตัวอย่างดิน



ภาพที่ 2 ความสูงในวันเก็บเกี่ยวของผักบั้งจีนที่ปลูกในชุดดินปากช่อง เมื่อใส่สารไอโอดีน
 ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆลงในตัวอย่างดิน



ภาพที่ 3 ความสูงในวันเก็บเกี่ยวของผักคะน้าที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสน เมื่อใส่สารไอโอดีนที่ระดับความเข้มข้นต่างๆลงในตัวอย่างดิน



ภาพที่ 4 ความสูงในวันเก็บเกี่ยวของผักคะน้าที่ปลูกในชุดดินปากช่อง เมื่อใส่สารไอโอดีนที่ระดับความเข้มข้นต่างๆลงในตัวอย่างดิน



ตำรับการทดลองที่ 1 ตำรับการทดลองที่ 2 ตำรับการทดลองที่ 3

ภาพที่ 5 ความสูงในวันเก็บเกี่ยวของผักกาดเขียวกวางตั้งที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสน เมื่อใส่สารไอโอดีนที่ระดับความเข้มข้นต่างๆลงในตัวอย่างดิน



ตำรับการทดลองที่ 1 ตำรับการทดลองที่ 2 ตำรับการทดลองที่ 3

ภาพที่ 6 ความสูงในวันเก็บเกี่ยวของผักกาดเขียวกวางตั้งที่ปลูกในชุดดินปากช่อง เมื่อใส่สารไอโอดีนที่ระดับความเข้มข้นต่างๆลงในตัวอย่างดิน

ตารางที่ 6 ความสูงในวันเก็บเกี่ยว น้ำหนักสด และน้ำหนักแห้งของผักบุ้งจีนที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสน และชุดดินปากช่อง เมื่อใส่สารไอโอดีนที่ระดับความเข้มข้นต่างๆลงในตัวอย่างดิน

	ตำรับการ ทดลอง ¹	ความสูง ในวันเก็บเกี่ยว (เซนติเมตร)	น้ำหนักสด (กรัม)	น้ำหนักแห้ง (กรัม)
ชุดดินกำแพงแสน	1	24.86	79.82	9.63b
	2	24.18	76.03	8.66a
	3	23.85	79.90	9.65b
	F-test	ns	ns	*
	%CV	8.50	4.81	6.91
ชุดดินปากช่อง	1	21.93	64.01	7.22
	2	22.48	59.11	6.98
	3	22.40	58.68	6.64
	F-test	ns	ns	ns
	%CV	8.96	8.00	12.28

หมายเหตุ

- ¹ ตำรับการทดลองที่ 1, 2 และ 3 ใส่สารไอโอดีนลงในดินที่ระดับความเข้มข้น 0, 5 และ 10 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ
- ns ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)
- * แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05
- ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้งไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT

ตารางที่ 7 ความสูงในวันเก็บเกี่ยว น้ำหนักสด และน้ำหนักแห้งของผักคะน้าที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสน และชุดดินปากช่อง เมื่อใส่สารไอโอดีนที่ระดับความเข้มข้นต่างๆลงในตัวอย่างดิน

	ตำรับการ ทดลอง ¹	ความสูง ในวันเก็บเกี่ยว (เซนติเมตร)	น้ำหนักสด (กรัม)	น้ำหนักแห้ง (กรัม)
ชุดดินกำแพงแสน	1	31.48b	192.45b	18.10b
	2	31.17b	184.02b	17.54b
	3	27.55a	143.46a	14.60a
	F-test	**	**	**
	%CV	9.12	13.82	10.86
ชุดดินปากช่อง	1	39.07b	288.62b	24.91b
	2	37.35ab	266.12a	21.31a
	3	37.01a	257.93a	21.04a
	F-test	*	**	**
	%CV	5.85	5.77	9.30

หมายเหตุ

¹ ตำรับการทดลองที่ 1, 2 และ 3 ใส่สารไอโอดีนลงในดินที่ระดับความเข้มข้น 0, 5 และ 10 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ

*,** แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และ 0.01 ตามลำดับ
ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวดังนี้ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT เมื่อแยกพิจารณาในแต่ละชุดดิน

ตารางที่ 8 ความสูงในวันเก็บเกี่ยว น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของผักกาดเขียววางดั่งที่ปลูกใน
ชุดดินกำแพงแสนและชุดดินปากช่อง เมื่อใส่สารไอโอดีนที่ระดับความเข้มข้นต่างๆลง
ในตัวอย่างดิน

	ดำรับการ ทดลอง ¹	ความสูง ในวันเก็บเกี่ยว (เซนติเมตร)	น้ำหนักสด (กรัม)	น้ำหนักแห้ง (กรัม)
ชุดดินกำแพงแสน	1	38.94	376.85	17.91
	2	36.84	360.43	18.72
	3	37.13	356.48	16.89
	F-test	ns	ns	ns
	%CV	7.51	3.81	6.96
ชุดดินปากช่อง	1	38.73	376.34	22.83
	2	38.23	375.05	22.41
	3	38.69	375.65	23.71
	F-test	ns	ns	ns
	%CV	6.26	2.11	10.02

หมายเหตุ

¹ ดำรับการทดลองที่ 1, 2 และ 3 ใส่สารไอโอดีนลงในดินที่ระดับความเข้มข้น 0, 5 และ 10 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ

ns ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

2.2 ปริมาณไอยูโอดีนที่สะสมในพืชผักทดลอง

2.2.1 ปริมาณไอยูโอดีนที่สะสมในผักบุ้งจีน

การใส่สารไอยูโอดีนลงในดินที่ระดับความเข้มข้น 0, 5 และ 10 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ของตำรับการทดลองที่ 1, 2 และ 3 ตามลำดับ พบว่าเมื่อปริมาณไอยูโอดีนที่ใส่ลงในดินเพิ่มมากขึ้น ทำให้ปริมาณไอยูโอดีนสะสมในผักบุ้งจีนเพิ่มมากขึ้นเช่นกัน ซึ่งปริมาณไอยูโอดีนสะสมในผักบุ้งจีนที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสนของตำรับการทดลองที่ 1, 2 และ 3 เมื่อคิดโดยน้ำหนักแห้งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 16.23, 394.62 และ 1,045.89 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมตามลำดับ และเมื่อคิดโดยน้ำหนักสดมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.97, 44.47 และ 125.99 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมตามลำดับ สำหรับปริมาณไอยูโอดีนสะสมในผักบุ้งจีนที่ปลูกในชุดดินปากช่องของตำรับการทดลองที่ 1, 2 และ 3 เมื่อคิดโดยน้ำหนักแห้งเท่ากับ 9.76, 60.43 และ 221.35 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมตามลำดับ และเมื่อคิดโดยน้ำหนักสดมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.09, 7.02 และ 24.60 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมตามลำดับ (ตารางที่ 9)

การวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า การใส่สารไอยูโอดีนที่ความเข้มข้นระดับต่างๆลงในดิน ปลูกผักบุ้งจีนของแต่ละตำรับการทดลอง ทำให้ปริมาณไอยูโอดีนที่สะสมในผักบุ้งจีนเพิ่มมากขึ้น โดยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) ทั้งผักบุ้งจีนที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสน และชุดดินปากช่อง โดยการใส่สารไอยูโอดีนลงในดินที่ระดับความเข้มข้น 10 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (ตำรับการทดลองที่ 3) ทำให้มีปริมาณไอยูโอดีนสะสมในผักบุ้งจีนมากที่สุด เมื่อคิดเป็นปริมาณไอยูโอดีนที่สะสมโดยน้ำหนักแห้งและน้ำหนักสด ทั้งผักบุ้งจีนที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสนและชุดดินปากช่อง (ตารางที่ 9)

ตารางที่ 9 ปริมาณไอน์ดินสะสมในผักบั้งจีนที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสนและชุดดินปากช่อง เมื่อใส่สารไอน์ดินที่ระดับความเข้มข้นต่างๆลงในตัวอย่างดินทดลอง

	ตำรับการทดลอง ¹	ปริมาณไอน์ดินที่สะสมในผักบั้งจีน		
		(มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โดยน้ำหนักแห้ง)	(มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โดยน้ำหนักสด)	(ไมโครกรัมต่อ 100 กรัมโดยน้ำหนักสด)
ชุดดินกำแพงแสน	1	16.23a	1.97a	197.18a
	2	394.62b	44.47b	4,446.84b
	3	1,045.89c	125.99c	12,598.78c
	F-test	**	**	**
	%CV	6.48	6.34	6.36
ชุดดินปากช่อง	1	9.76a	1.09a	109.32a
	2	60.43b	7.02b	701.90b
	3	221.35c	24.60c	2,459.90c
	F-test	**	**	**
	%CV	13.86	13.84	13.88

หมายเหตุ

¹ ตำรับการทดลองที่ 1, 2 และ 3 ใส่สารไอน์ดินลงในดินที่ระดับความเข้มข้น 0, 5 และ 10 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ

** แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวดิ่งไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT เมื่อแยกพิจารณาในแต่ละชุดดิน

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณไอโอดีนสะสมในผักบุ้งจีนที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสนและชุดดินปากช่อง พบว่าปริมาณไอโอดีนสะสมในผักบุ้งจีนที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสนและชุดดินปากช่องแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) โดยปริมาณไอโอดีนสะสมในผักบุ้งจีนที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสนมีค่าเฉลี่ยมากกว่าที่ปลูกในชุดดินปากช่องเมื่อคิดเป็นปริมาณไอโอดีนที่สะสมโดยน้ำหนักแห้งและน้ำหนักสดในทุกต่อการทดลอง (ตารางที่ 10)

ตารางที่ 10 เปรียบเทียบปริมาณไอโอดีนสะสมในผักบุ้งจีนที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสนและชุดดินปากช่อง เมื่อใส่สารไอโอดีนที่ระดับความเข้มข้นต่างๆลงในตัวอย่างดินทดลอง

ต่อการทดลอง ¹	ปริมาณไอโอดีนสะสมในผักบุ้งจีนที่ปลูกในตัวอย่างดินทดลอง					
	(หน่วย : มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โดยน้ำหนักแห้ง)		F-test	(หน่วย: มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โดยน้ำหนักสด)		F-test
	ชุดดินกำแพงแสน	ชุดดินปากช่อง		ชุดดินกำแพงแสน	ชุดดินปากช่อง	
1	16.23	9.76	**	1.97	1.09	**
2	394.62	60.43	**	44.47	7.02	**
3	1,045.89	221.35	**	125.99	24.60	**
%CV	6.48	13.86		6.34	13.84	

หมายเหตุ

¹ ต่อการทดลองที่ 1, 2 และ 3 ใส่สารไอโอดีนลงในดินที่ระดับความเข้มข้น 0, 5 และ 10 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ

** แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณไอยูโอดีที่สะสมในผักบั้งจีนผักสด (ไม่ผ่านกระบวนการนึ่ง) และผักบั้งจีนนึ่งสุก พบว่าปริมาณไอยูโอดีที่สะสมในผักบั้งจีนผักสดและผักนึ่งสุกไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($p>0.05$) ทั้งผักบั้งจีนที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสนและชุดดินปากช่องในทุกตำรับการทดลอง (ตารางที่ 11)

ตารางที่ 11 เปรียบเทียบปริมาณไอยูโอดีสะสมในผักบั้งจีนผักสด (ไม่ผ่านกระบวนการนึ่ง) และผักนึ่งสุกที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสนและชุดดินปากช่อง เมื่อใส่สารไอยูโอดีที่ระดับความเข้มข้นต่างๆลงในตัวอย่างดินทดลอง

(หน่วย: มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมโดยน้ำหนักแห้ง)

ตำรับการทดลอง ¹	ปริมาณไอยูโอดีสะสมในผักบั้งจีนที่ปลูกในตัวอย่างดินทดลอง					
	ชุดดินกำแพงแสน		F-test	ชุดดินปากช่อง		F-test
	ผักสด	ผักนึ่งสุก		ผักสด	ผักนึ่งสุก	
1	16.23	17.68	ns	9.76	7.45	ns
2	394.62	388.67	ns	60.43	62.85	ns
3	1,045.89	1,030.64	ns	221.35	210.47	ns
%CV	6.48	7.67		13.86	10.57	

หมายเหตุ

¹ ตำรับการทดลองที่ 1, 2 และ 3 ใส่สารไอยูโอดีลงในดินที่ระดับความเข้มข้น 0, 5 และ 10 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ

ns ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

2.2.2 ปริมาณไออนดินที่สะสมในฝักคะน้า

การใส่สารไออนดินลงในดินที่ระดับความเข้มข้น 0, 5 และ 10 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ของตำรับการทดลองที่ 1, 2 และ 3 ตามลำดับ พบว่าเมื่อปริมาณไออนดินที่ใส่ลงในดินเพิ่มมากขึ้น ทำให้ปริมาณไออนดินสะสมในฝักคะน้าเพิ่มมากขึ้นเช่นกัน ซึ่งปริมาณไออนดินสะสมในฝักคะน้าที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสนของตำรับการทดลองที่ 1, 2 และ 3 เมื่อคิดโดยน้ำหนักแห้งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 12.07, 77.48 และ 327.81 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมตามลำดับ และเมื่อคิดโดยน้ำหนักสดมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.26, 7.56 และ 34.49 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมตามลำดับ ปริมาณไออนดินสะสมในฝักคะน้าที่ปลูกในชุดดินปากช่องของตำรับการทดลองที่ 1, 2 และ 3 เมื่อคิดโดยน้ำหนักแห้งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 11.43, 44.53 และ 103.35 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมตามลำดับ และเมื่อคิดโดยน้ำหนักสดมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.05, 3.71 และ 8.93 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมตามลำดับ (ตารางที่ 12)

การวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า การใส่สารไออนดินที่ความเข้มข้นระดับต่างๆลงในดินปลูกฝักคะน้าในแต่ละตำรับการทดลอง ทำให้ปริมาณไออนดินที่สะสมในฝักคะน้ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p < 0.01$) ทั้งฝักคะน้าที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสนและชุดดินปากช่อง โดยการใส่สารไออนดินลงในดินที่ระดับความเข้มข้น 10 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (ตำรับการทดลองที่ 3) ทำให้มีปริมาณไออนดินที่สะสมในฝักคะน้ามากที่สุด เมื่อคิดเป็นปริมาณไออนดินที่สะสมโดยน้ำหนักแห้งและน้ำหนักสด ทั้งฝักคะน้าที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสนและชุดดินปากช่อง (ตารางที่ 12)

ตารางที่ 12 ปริมาณไออนินสะสมในผักคะน้าที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสนและชุดดินปากช่อง เมื่อใส่สารไออนินที่ระดับความเข้มข้นต่างๆลงในตัวอย่างดินทดลอง

	ตำรับการทดลอง ¹	ปริมาณไออนินสะสมในผักคะน้า		
		(มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โดยน้ำหนักแห้ง)	(มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โดยน้ำหนักสด)	(ไมโครกรัมต่อ 100 กรัมโดยน้ำหนักสด)
ชุดดินกำแพงแสน	1	12.07a	1.26a	126.17a
	2	77.48b	7.56b	755.82b
	3	327.81c	34.49c	3,449.21c
	F-test	**	**	**
	%CV	5.17	12.95	12.96
ชุดดินปากช่อง	1	11.43a	1.05a	104.66a
	2	44.53b	3.71b	370.60b
	3	103.35c	8.93c	893.34c
	F-test	**	**	**
	%CV	7.06	10.31	10.32

หมายเหตุ

¹ ตำรับการทดลองที่ 1, 2 และ 3 ใส่สารไออนินลงในดินที่ระดับความเข้มข้น 0, 5 และ 10 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ

** แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวดิ่งไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT เมื่อแยกพิจารณาในแต่ละชุดดิน

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณไอโอดีนสะสมในผักคะน้าที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสนและชุดดินปากช่อง พบว่าเมื่อใส่สารไอโอดีนลงในดินที่ระดับความเข้มข้น 5 และ 10 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (ดำเนินการทดลองที่ 2 และ 3) ทำให้ปริมาณไอโอดีนสะสมในผักคะน้าที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสนและชุดดินปากช่องแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) โดยปริมาณไอโอดีนสะสมในผักคะน้าที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสนมีค่าเฉลี่ยมากกว่าที่ปลูกในชุดดินปากช่อง สำหรับการไม่ใส่สารไอโอดีนลงในดิน (ดำเนินการทดลองที่ 1) ไม่ทำให้ปริมาณไอโอดีนสะสมในผักคะน้าที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสนและชุดดินปากช่องมีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อคิดเป็นปริมาณไอโอดีนที่สะสมโดยน้ำหนักแห้งและโดยน้ำหนักสด (ตารางที่ 13)

ตารางที่ 13 เปรียบเทียบปริมาณไอโอดีนสะสมในผักคะน้าที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสนและชุดดินปากช่อง เมื่อใส่สารไอโอดีนที่ระดับความเข้มข้นต่างๆลงในตัวอย่างดินทดลอง

ดำเนินการทดลอง ¹	ปริมาณไอโอดีนสะสมในผักคะน้าที่ปลูกในตัวอย่างดินทดลอง					
	(หน่วย : มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โดยน้ำหนักแห้ง)		F-test	(หน่วย: มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โดยน้ำหนักสด)		F-test
	ชุดดินกำแพงแสน	ชุดดินปากช่อง		ชุดดินกำแพงแสน	ชุดดินปากช่อง	
1	12.07	11.43	ns	1.26	1.05	ns
2	77.48	44.53	**	7.56	3.71	**
3	327.81	103.35	**	34.49	8.93	**
%CV	5.17	7.06		12.95	10.31	

หมายเหตุ

- ¹ ดำเนินการทดลองที่ 1, 2 และ 3 ใส่สารไอโอดีนลงในดินที่ระดับความเข้มข้น 0, 5 และ 10 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ
- ns ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)
- ** แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณไอยูโอดีที่สะสมในผักคะน้าผักสด (ไม่ผ่านกระบวนการนึ่ง) และผักคะน้านึ่งสุก พบว่าปริมาณไอยูโอดีที่สะสมในผักคะน้าผักสดและผักนึ่งสุกไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) ทั้งผักคะน้าที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสนและชุดดินปากช่องในทุกการทดลอง (ตารางที่ 14)

ตารางที่ 14 เปรียบเทียบปริมาณไอยูโอดีสะสมในผักคะน้าผักสด (ไม่ผ่านกระบวนการนึ่ง) และผักนึ่งสุกที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสนและชุดดินปากช่อง เมื่อใส่สารไอยูโอดีที่ระดับความเข้มข้นต่างๆลงในตัวอย่างดินทดลอง

(หน่วย: มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมโดยน้ำหนักแห้ง)

การ ทดลอง ¹	ปริมาณไอยูโอดีสะสมในผักคะน้าที่ปลูกในตัวอย่างดินทดลอง					
	ชุดดินกำแพงแสน		F-test	ชุดดินปากช่อง		F-test
	ผักสด	ผักนึ่งสุก		ผักสด	ผักนึ่งสุก	
1	12.07	12.70	ns	11.43	10.90	ns
2	77.48	75.27	ns	44.53	44.52	ns
3	327.81	325.76	ns	103.35	98.44	ns
%CV	5.17	2.48		7.06	7.51	

หมายเหตุ

¹ การทดลองที่ 1, 2 และ 3 ใส่สารไอยูโอดีลงในดินที่ระดับความเข้มข้น 0, 5 และ 10 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ

ns ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

2.2.3 ปริมาณไออนดินที่สะสมในผักกาดเขียวทางดั่ง

การใส่สารไออนดินลงในดินที่ระดับความเข้มข้น 0, 5 และ 10 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ของตำรับการทดลองที่ 1, 2 และ 3 ตามลำดับ พบว่าเมื่อปริมาณไออนดินที่ใส่ลงในดินเพิ่มมากขึ้น ทำให้ปริมาณไออนดินสะสมในผักกาดเขียวทางดั่งเพิ่มมากขึ้นเช่นกัน ซึ่งปริมาณไออนดินสะสมในผักกาดเขียวทางดั่งที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสนของตำรับการทดลองที่ 1, 2 และ 3 เมื่อคิดโดยน้ำหนักแห้ง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 25.71, 55.45 และ 99.18 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมตามลำดับ และเมื่อคิดโดยน้ำหนักสดมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.29, 3.04 และ 5.06 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมตามลำดับ ปริมาณไออนดินสะสมในผักกาดเขียวทางดั่งที่ปลูกในชุดดินปากช่องของตำรับการทดลองที่ 1, 2 และ 3 เมื่อคิดโดยน้ำหนักแห้ง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 40.78, 75.78 และ 91.40 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมตามลำดับ และเมื่อคิดโดยน้ำหนักสดมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.61, 4.69 และ 6.04 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมตามลำดับ (ตารางที่ 15)

การวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า การใส่สารไออนดินที่ความเข้มข้นระดับต่างๆลงในดิน ปลูกผักกาดเขียวทางดั่งในแต่ละตำรับการทดลอง ทำให้ปริมาณไออนดินที่สะสมในผักกาดเขียวทางดั่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) ทั้งผักกาดเขียวทางดั่งที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสน และชุดดินปากช่อง โดยการใส่สารไออนดินลงในดินที่ระดับความเข้มข้น 10 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (ตำรับการทดลองที่ 3) ทำให้มีปริมาณไออนดินสะสมในผักกาดเขียวทางดั่งมากที่สุด เมื่อคิดเป็นปริมาณไออนดินที่สะสมโดยน้ำหนักแห้งและน้ำหนักสด ทั้งผักกาดเขียวทางดั่งที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสนและชุดดินปากช่อง (ตารางที่ 15)

ตารางที่ 15 ปริมาณไอน์โอดินสะสมในผักกาดเขียววางตุ้งที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสนและชุดดินปากช่อง เมื่อใส่สารไอน์โอดินที่ระดับความเข้มข้นต่างๆลงในตัวอย่างดินทดลอง

	ตำรับการทดลอง ¹	ปริมาณไอน์โอดินสะสมในผักกาดเขียววางตุ้ง		
		(มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โดยน้ำหนักแห้ง)	(มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โดยน้ำหนักสด)	(ไมโครกรัมต่อ 100 กรัมโดยน้ำหนักสด)
ชุดดินกำแพงแสน	1	25.71a	1.29a	128.81a
	2	55.45b	3.04b	304.10b
	3	99.18c	5.06c	506.05c
	F-test	**	**	**
	%CV	14.90	18.02	18.00
ชุดดินปากช่อง	1	40.78a	2.61a	261.10a
	2	75.78b	4.69b	468.93b
	3	91.40c	6.04c	604.01c
	F-test	**	**	**
	%CV	13.30	15.68	15.68

หมายเหตุ

- ¹ ตำรับการทดลองที่ 1, 2 และ 3 ใส่สารไอน์โอดินลงในดินที่ระดับความเข้มข้น 0, 5 และ 10 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ
- ** แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.01
- ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวดิ่งไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT เมื่อแยกพิจารณาในแต่ละชุดดิน

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณไอโอดีนสะสมในผักกาดเขียววางตั้งที่ปลูกในชุดดิน
กำแพงแสนและชุดดินปากช่อง พบว่าเมื่อใส่สารไอโอดีนลงในดินที่ระดับความเข้มข้น 5 และ 10
มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (ต่อการทดลองที่ 2 และ 3) ไม่ทำให้ปริมาณไอโอดีนที่สะสมในผักกาดเขียว-
วางตั้งที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสนและชุดดินปากช่องมีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยการไม่ใส่
สารไอโอดีนลงในดิน (ต่อการทดลองที่ 1) ทำให้ปริมาณไอโอดีนที่สะสมในผักกาดเขียววางตั้ง
ที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสนและชุดดินปากช่องมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$)
ทั้งนี้ปริมาณไอโอดีนที่สะสมในผักกาดเขียววางตั้งที่ปลูกในชุดดินปากช่องมีค่าเฉลี่ยมากกว่าที่ปลูก
ในชุดดินกำแพงแสน เมื่อคิดเป็นปริมาณไอโอดีนที่สะสมโดยน้ำหนักแห้งและน้ำหนักสด (ตารางที่ 16)

ตารางที่ 16 เปรียบเทียบปริมาณไอโอดีนสะสมในผักกาดเขียววางตั้งที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสน
และชุดดินปากช่อง เมื่อใส่สารไอโอดีนที่ระดับความเข้มข้นต่างๆในตัวอย่างดินทดลอง

ตำรับการ ทดลอง ¹	ปริมาณไอโอดีนสะสมในผักกาดเขียววางตั้งที่ปลูกในตัวอย่างดินทดลอง					
	(หน่วย : มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โดยน้ำหนักแห้ง)		F-test	(หน่วย: มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โดยน้ำหนักสด)		F-test
	ชุดดินกำแพงแสน	ชุดดินปากช่อง		ชุดดินกำแพงแสน	ชุดดินปากช่อง	
1	25.71	40.78	*	1.29	2.61	*
2	55.45	75.78	ns	3.04	4.69	ns
3	99.18	91.40	ns	5.06	6.04	ns
%CV	14.90	13.30		18.02	15.68	

หมายเหตุ

- ¹ ต่อการทดลองที่ 1, 2 และ 3 ใส่สารไอโอดีนลงในดินที่ระดับความเข้มข้น 0, 5
 และ 10 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ
- ns ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)
- * แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณไอยูโอดีที่สะสมในผักกาดเขียววางตั้งผักสด (ไม่ผ่านกระบวนการนึ่ง) และผักกาดเขียววางตั้งนึ่งสุก พบว่าปริมาณไอยูโอดีที่สะสมในผักกาดเขียววางตั้งผักสดและผักนึ่งสุกไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) ทั้งผักกาดเขียววางตั้งที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสนและชุดดินปากช่องในทุกคำรับการทดลอง (ตารางที่ 17)

ตารางที่ 17 เปรียบเทียบปริมาณไอยูโอดีสะสมในผักกาดเขียววางตั้งผักสด (ไม่ผ่านกระบวนการนึ่ง) และผักนึ่งสุกที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสนและชุดดินปากช่อง เมื่อใส่สารไอยูโอดีที่ระดับความเข้มข้นต่างๆลงในตัวอย่างดินทดลอง

(หน่วย: มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมโดยน้ำหนักแห้ง)

คำรับการทดลอง ¹	ปริมาณไอยูโอดีสะสมในผักกาดเขียววางตั้งที่ปลูกในตัวอย่างดินทดลอง					
	ชุดดินกำแพงแสน		F-test	ชุดดินปากช่อง		F-test
	ผักสด	ผักนึ่งสุก		ผักสด	ผักนึ่งสุก	
1	25.71	28.22	ns	40.78	50.27	ns
2	55.45	52.61	ns	75.78	66.33	ns
3	99.18	114.61	ns	91.40	96.47	ns
%CV	14.90	13.31		15.30	15.17	

หมายเหตุ

¹ คำรับการทดลองที่ 1, 2 และ 3 ใส่สารไอยูโอดีลงในดินที่ระดับความเข้มข้น 0, 5 และ 10 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ

ns ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

3. ผลการศึกษาปริมาณไออนดินสะสมและการเจริญเติบโตของพืชผักทดลอง (ผักบุ้งจีน, ผักคะน้า และผักกาดเขียวกวาวตุ้ง) โดยการปลูกพืชทดลองในดิน และทำการฉีดพ่นทางใบด้วยสารละลายไออนดินในระดับความเข้มข้นที่กำหนดตามช่วงระยะเวลาการเจริญเติบโตของพืชผักทดลอง

3.1 การเจริญเติบโตของพืชผักทดลอง

3.1.1 การเจริญเติบโตของผักบุ้งจีน

ผลการเจริญเติบโตของผักบุ้งจีนที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสน พบว่าความสูงของต้นผักบุ้งจีนในวันเก็บเกี่ยวของดำรับการทดลองที่ 1, 2 และ 3 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 23.21, 22.94 และ 22.97 เซนติเมตรตามลำดับ (ภาพที่ 7 และตารางที่ 18) น้ำหนักสดของผักบุ้งจีนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 94.16, 94.41 และ 97.97 กรัม และน้ำหนักแห้งของผักบุ้งจีนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 9.43, 9.21 และ 9.73 กรัมตามลำดับ (ตารางที่ 18) การวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า การฉีดพ่นสารละลายไออนดินทางใบตามช่วงระยะเวลาการเจริญเติบโตของผักบุ้งจีนที่กำหนดไว้ในระดับความเข้มข้น 0, 0.5 และ 5.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ของดำรับการทดลองที่ 1, 2 และ 3 ตามลำดับ ไม่ทำให้ความสูงเฉลี่ยในวันเก็บเกี่ยว, น้ำหนักสด และน้ำหนักแห้งเฉลี่ยของผักบุ้งจีนมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$)

ผลการเจริญเติบโตของผักบุ้งจีนที่ปลูกในชุดดินปากช่อง พบว่าความสูงของต้นผักบุ้งจีนในวันเก็บเกี่ยวของดำรับการทดลองที่ 1, 2 และ 3 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 20.49, 20.49 และ 21.78 เซนติเมตรตามลำดับ (ภาพที่ 8 และตารางที่ 18) น้ำหนักสดของผักบุ้งจีนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 79.87, 82.63 และ 90.66 กรัม และน้ำหนักแห้งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.66, 7.85 และ 8.60 กรัมตามลำดับ (ตารางที่ 18) การวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า การฉีดพ่นสารละลายไออนดินทางใบตามช่วงระยะเวลาการเจริญเติบโตของผักบุ้งจีนที่กำหนดไว้ในระดับความเข้มข้น 0, 0.5 และ 5.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ของดำรับการทดลองที่ 1, 2 และ 3 ตามลำดับ ไม่ทำให้ความสูงเฉลี่ยในวันเก็บเกี่ยว, น้ำหนักสด และน้ำหนักแห้งเฉลี่ยของผักบุ้งจีนมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$)



ภาพที่ 7 ความสูงในวันเก็บเกี่ยวของผักบุ้งจีนที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสน เมื่อนิคมสารละลาย
ไอโอดีนทางใบในระดับความเข้มข้นต่างๆตามช่วงระยะเวลาการเจริญเติบโตของผักบุ้งจีน



ภาพที่ 8 ความสูงในวันเก็บเกี่ยวของผักบุ้งจีนที่ปลูกในชุดดินปากช่อง เมื่อนิคมสารละลาย
ไอโอดีนทางใบในระดับความเข้มข้นต่างๆตามช่วงระยะเวลาการเจริญเติบโตของผักบุ้งจีน

ตารางที่ 18 ความสูงในวันเก็บเกี่ยว น้ำหนักสด และน้ำหนักแห้งของผักบุ้งจีนที่ปลูกในชุดดิน
 กำแพงแสนและชุดดินปากช่อง เมื่อนิโคตินาละลายไอโอดีนทางใบในระดับความ
 เข้มข้นต่างๆตามช่วงระยะเวลาการเจริญเติบโตของผักบุ้งจีนที่กำหนดไว้

	ดำรับการ ทดลอง ¹	ความสูง ในวันเก็บเกี่ยว (เซนติเมตร)	น้ำหนักสด (กรัม)	น้ำหนักแห้ง (กรัม)
ชุดดินกำแพงแสน	1	23.21	94.16	9.43
	2	22.94	94.41	9.21
	3	22.97	97.97	9.73
	F-test	ns	ns	ns
	%CV	11.49	8.24	8.32
ชุดดินปากช่อง	1	20.49	79.87	7.66
	2	20.49	82.63	7.85
	3	21.78	90.66	8.60
	F-test	ns	ns	ns
	%CV	11.85	8.26	8.71

หมายเหตุ

- ¹ ดำรับการทดลองที่ 1, 2 และ 3 นิโคตินาละลายไอโอดีนทางใบในระดับความ
 เข้มข้น 0, 0.5 และ 5.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ
- ns ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

3.1.2 การเจริญเติบโตของผักคะน้า

ผลการเจริญเติบโตของผักคะน้าที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสน พบว่าความสูงของต้นผักคะน้าในวันเก็บเกี่ยวของดำรับการทดลองที่ 1, 2 และ 3 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 32.53, 32.40 และ 32.62 เซนติเมตรตามลำดับ (ภาพที่ 9 และตารางที่ 19) น้ำหนักสดของผักคะน้ามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 179.22, 170.68 และ 171.44 กรัม และน้ำหนักแห้งของผักคะน้ามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 17.51, 17.03 และ 16.25 กรัมตามลำดับ (ตารางที่ 19) การวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า การฉีดพ่นสารละลายไอโอดีนทางใบตามช่วงระยะเวลาการเจริญเติบโตของผักคะน้าที่กำหนดไว้ในระดับความเข้มข้น 0, 0.5 และ 5.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ของดำรับการทดลองที่ 1, 2 และ 3 ตามลำดับ ไม่ทำให้ความสูงเฉลี่ยในวันเก็บเกี่ยว, น้ำหนักสด และน้ำหนักแห้งเฉลี่ยของผักคะน้ามีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$)

ผลการเจริญเติบโตของผักคะน้าที่ปลูกในชุดดินปากช่อง พบว่าความสูงของต้นผักคะน้าในวันเก็บเกี่ยวของดำรับการทดลองที่ 1, 2 และ 3 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 39.28, 39.17 และ 39.20 เซนติเมตรตามลำดับ (ภาพที่ 10 และตารางที่ 19) น้ำหนักสดของผักคะน้ามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 284.75, 279.43 และ 275.59 กรัม และน้ำหนักแห้งของผักคะน้ามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 21.22, 22.48 และ 21.56 กรัมตามลำดับ (ตารางที่ 19) การวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า การฉีดพ่นสารละลายไอโอดีนทางใบตามช่วงระยะเวลาการเจริญเติบโตของผักคะน้าที่กำหนดไว้ในระดับความเข้มข้น 0, 0.5 และ 5.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ของดำรับการทดลองที่ 1, 2 และ 3 ตามลำดับ ไม่ทำให้ความสูงเฉลี่ยในวันเก็บเกี่ยว, น้ำหนักสด และน้ำหนักแห้งเฉลี่ยของผักคะน้ามีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$)



ภาพที่ 9 ความสูงในวันเก็บเกี่ยวของผักคะน้าที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสน เมื่อทดลองฉีดพ่นสารละลาย ไอโอดีนทางใบในระดับความเข้มข้นต่างๆตามช่วงระยะเวลาการเจริญเติบโตของผักคะน้า



ภาพที่ 10 ความสูงในวันเก็บเกี่ยวของผักคะน้าที่ปลูกในชุดดินปากช่อง เมื่อทดลองฉีดพ่นสารละลาย ไอโอดีนทางใบในระดับความเข้มข้นต่างๆตามช่วงระยะเวลาการเจริญเติบโตของผักคะน้า

ตารางที่ 19 ความสูงในวันเก็บเกี่ยว น้ำหนักสด และน้ำหนักแห้งของฝักคะน้าที่ปลูกในชุดดิน
กำแพงแสนและชุดดินปากช่อง เมื่อนิคมสารละลายไอโอดีนทางใบในระดับความ
เข้มข้นต่างๆตามช่วงระยะเวลาการเจริญเติบโตของฝักคะน้าที่กำหนดไว้

	ดำรับการ ทดลอง ¹	ความสูง ในวันเก็บเกี่ยว (เซนติเมตร)	น้ำหนักสด (กรัม)	น้ำหนักแห้ง (กรัม)
ชุดดินกำแพงแสน	1	32.53	179.22	17.51
	2	32.40	170.68	17.03
	3	32.62	171.44	16.25
	F-test	ns	ns	ns
	%CV	5.58	3.61	7.43
ชุดดินปากช่อง	1	39.28	284.75	21.22
	2	39.17	279.43	22.48
	3	39.20	275.59	21.56
	F-test	ns	ns	ns
	%CV	2.88	2.09	5.85

หมายเหตุ

- ¹ ดำรับการทดลองที่ 1, 2 และ 3 นิคมสารละลายไอโอดีนทางใบในระดับความ
เข้มข้น 0, 0.5 และ 5.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ
- ns ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

3.1.3 การเจริญเติบโตของผักกาดเขียวกวางตั้ง

ผลการเจริญเติบโตของผักกาดเขียวกวางตั้งที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสน พบว่า ความสูงของต้นผักกาดเขียวกวางตั้งในวันเก็บเกี่ยวของดำรับการทดลองที่ 1, 2 และ 3 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 34.26, 34.78 และ 34.68 เซนติเมตรตามลำดับ (ภาพที่ 11 และตารางที่ 20) น้ำหนักสดของผักกาดเขียวกวางตั้งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 378.09, 360.68 และ 350.48 กรัม และน้ำหนักแห้งของผักกาดเขียวกวางตั้งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 18.83, 19.38 และ 18.22 กรัมตามลำดับ (ตารางที่ 20) การวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า การฉีดพ่นสารละลายไอโอดีนทางใบตามช่วงระยะเวลาการเจริญเติบโตของผักกาดเขียวกวางตั้งที่กำหนดไว้ในระดับความเข้มข้น 0, 0.5 และ 5.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ของดำรับการทดลองที่ 1, 2 และ 3 ตามลำดับ ไม่ทำให้ความสูงเฉลี่ยในวันเก็บเกี่ยว, น้ำหนักสด และน้ำหนักแห้งเฉลี่ยของผักกาดเขียวกวางตั้งมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$)

ผลการเจริญเติบโตของผักกาดเขียวกวางตั้งที่ปลูกในชุดดินปากช่อง พบว่าความสูงของต้นผักกาดเขียวกวางตั้งในวันเก็บเกี่ยวของดำรับการทดลองที่ 1, 2 และ 3 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 37.30, 36.20 และ 37.35 เซนติเมตรตามลำดับ (ภาพที่ 12 และตารางที่ 20) น้ำหนักสดของผักกาดเขียวกวางตั้งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 364.84, 371.15 และ 376.13 กรัม และน้ำหนักแห้งของผักกาดเขียวกวางตั้งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 21.22, 24.58 และ 24.05 กรัมตามลำดับ (ตารางที่ 20) การวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า การฉีดพ่นสารละลายไอโอดีนทางใบตามช่วงระยะเวลาการเจริญเติบโตของผักกาดเขียวกวางตั้งที่กำหนดไว้ในระดับความเข้มข้น 0, 0.5 และ 5.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ของดำรับการทดลองที่ 1, 2 และ 3 ตามลำดับ ไม่ทำให้ความสูงเฉลี่ยในวันเก็บเกี่ยว, น้ำหนักสด และน้ำหนักแห้งเฉลี่ยของผักกาดเขียวกวางตั้งมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$)



ภาพที่ 11 ความสูงในวันเก็บเกี่ยวของผักกาดเขียวทางตุ้งที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสน เมื่อนิโคตติน สารละลายไอโอดีนทางใบในระดับความเข้มข้นต่างๆตามช่วงระยะเวลาการเจริญเติบโต ของผักกาดเขียวทางตุ้ง



ภาพที่ 12 ความสูงในวันเก็บเกี่ยวของผักกาดเขียวทางตุ้งที่ปลูกในชุดดินปากช่อง เมื่อนิโคตติน สารละลายไอโอดีนทางใบในระดับความเข้มข้นต่างๆตามช่วงระยะเวลาการเจริญเติบโต ของผักกาดเขียวทางตุ้ง

ตารางที่ 20 ความสูงในวันเก็บเกี่ยว น้ำหนักสด และน้ำหนักแห้งของผักกาดเขียวทางตั้งที่ปลูกใน
ชุดดินกำแพงแสนและชุดดินปากช่อง เมื่อนิพ่นสารละลายไอโอดีนทางใบในระดับความ
เข้มข้นต่างๆตามช่วงระยะเวลาการเจริญเติบโตของผักกาดเขียวทางตั้งที่กำหนดไว้

	ดำรับการ ทดลอง ¹	ความสูง ในวันเก็บเกี่ยว (เซนติเมตร)	น้ำหนักสด (กรัม)	น้ำหนักแห้ง (กรัม)
ชุดดินกำแพงแสน	1	34.26	378.09	18.83
	2	34.78	360.68	19.38
	3	34.68	350.48	18.22
	F-test	ns	ns	ns
	%CV	4.12	4.90	5.05
ชุดดินปากช่อง	1	37.30	364.84	21.22
	2	36.20	371.15	24.58
	3	37.35	376.13	24.05
	F-test	ns	ns	ns
	%CV	7.28	1.91	9.58

หมายเหตุ

- ¹ ดำรับการทดลองที่ 1, 2 และ 3 นิพ่นสารละลายไอโอดีนทางใบในระดับความ
เข้มข้น 0, 0.5 และ 5.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ
- ns ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

3.2 ปริมาณไอโอดีนที่สะสมในพืชผักทดลอง

3.2.1 ปริมาณไอโอดีนที่สะสมในผักบุ้งจีน

การฉีดพ่นสารละลายไอโอดีนทางใบตามช่วงระยะเวลาการเจริญเติบโตของผักบุ้งจีนที่กำหนดไว้ในระดับความเข้มข้น 0, 0.5 และ 5.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ของตำรับการทดลองที่ 1, 2 และ 3 ตามลำดับ พบว่าการเพิ่มระดับความเข้มข้นสารละลายไอโอดีนที่ฉีดพ่นทางใบมากขึ้นทำให้ปริมาณไอโอดีนที่สะสมในผักบุ้งจีนเพิ่มมากขึ้นด้วย ซึ่งปริมาณไอโอดีนสะสมในผักบุ้งจีนที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสนของตำรับการทดลองที่ 1, 2 และ 3 เมื่อคิดโดยน้ำหนักแห้งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 14.86, 23.91 และ 49.34 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมตามลำดับ และเมื่อคิดโดยน้ำหนักสดมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.57, 2.43 และ 4.99 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมตามลำดับ สำหรับปริมาณไอโอดีนสะสมในผักบุ้งจีนที่ปลูกในชุดดินปากช่องของตำรับการทดลองที่ 1, 2 และ 3 เมื่อคิดโดยน้ำหนักแห้งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 12.20, 21.22 และ 55.43 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมตามลำดับ และเมื่อคิดโดยน้ำหนักสดมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.13, 2.01 และ 5.26 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมตามลำดับ (ตารางที่ 21)

การวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า การฉีดพ่นสารละลายไอโอดีนที่ระดับความเข้มข้นต่างๆในแต่ละตำรับการทดลอง ทำให้ปริมาณไอโอดีนสะสมในผักบุ้งจีนที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสนมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p < 0.01$) เมื่อคิดเป็นปริมาณไอโอดีนที่สะสมโดยน้ำหนักแห้งและน้ำหนักสด สำหรับปริมาณไอโอดีนสะสมในผักบุ้งจีนที่ปลูกในชุดดินปากช่องมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p < 0.01$) เมื่อคิดเป็นปริมาณไอโอดีนที่สะสมโดยน้ำหนักแห้ง แต่วิธีการไม่ฉีดพ่นสารละลายไอโอดีนและการฉีดพ่นสารละลายไอโอดีนที่ระดับความเข้มข้น 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร (ตำรับการทดลองที่ 1 และ 2) ไม่ทำให้ปริมาณไอโอดีนสะสมในผักบุ้งจีนที่ปลูกในชุดดินปากช่องมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) เมื่อคิดเป็นปริมาณไอโอดีนที่สะสมโดยน้ำหนักสด โดยการฉีดพ่นสารละลายไอโอดีนที่ระดับความเข้มข้น 5 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้มีปริมาณไอโอดีนสะสมในผักบุ้งจีนมากที่สุดเมื่อคิดเป็นปริมาณไอโอดีนที่สะสมโดยน้ำหนักแห้งและน้ำหนักสด ทั้งผักบุ้งจีนที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสนและชุดดินปากช่อง (ตารางที่ 21)

ตารางที่ 21 ปริมาณไอโอดีนสะสมในผักบุงเงินที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสนและชุดดินปากช่อง
เมื่อนิตพ่นสารละลายไอโอดีนทางใบในระดับความเข้มข้นต่างๆตามช่วงระยะเวลา
การเจริญเติบโตของผักบุงเงิน

	ตำรับการ ทดลอง ¹	ปริมาณไอโอดีนสะสมในผักบุงเงิน		
		(มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โดยน้ำหนักแห้ง)	(มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โดยน้ำหนักสด)	(ไมโครกรัมต่อ 100 กรัมโดยน้ำหนักสด)
ชุดดินกำแพงแสน	1	14.86a	1.57a	156.56a
	2	23.91b	2.43b	243.34b
	3	49.34c	4.99c	499.06c
	F-test	**	**	**
	%CV	10.01	10.19	10.15
ชุดดินปากช่อง	1	12.20a	1.13a	113.23a
	2	21.22b	2.01a	201.01a
	3	55.43c	5.26b	525.96b
	F-test	**	**	**
	%CV	15.11	14.47	14.46

หมายเหตุ

¹ ตำรับการทดลองที่ 1, 2 และ 3 นิตพ่นสารละลายไอโอดีนทางใบในระดับความเข้มข้น 0, 0.5 และ 5.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ

** แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.01
ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้งไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT เมื่อแยกพิจารณาในแต่ละชุดดิน

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณไอโอดีนสะสมในผักบั้งจีนที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสน และชุดดินปากช่อง พบว่าเมื่อฉีดพ่นสารละลายไอโอดีนทางใบที่ระดับความเข้มข้น 0.5 และ 5.0 มิลลิกรัมต่อลิตร (ดำรับการทดลองที่ 2 และ 3) ตามช่วงระยะเวลาการเจริญเติบโตของผักบั้งจีนที่กำหนดไว้ ไม่ทำให้ปริมาณไอโอดีนสะสมในผักบั้งจีนที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสนและชุดดินปากช่อง มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) และการไม่ฉีดพ่นสารละลายไอโอดีนทางใบ (ดำรับการทดลองที่ 1) ทำให้ปริมาณไอโอดีนสะสมในผักบั้งจีนที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสนและชุดดินปากช่องมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยปริมาณไอโอดีนสะสมในผักบั้งจีนที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสนมีค่าเฉลี่ยมากกว่าปริมาณไอโอดีนสะสมในผักบั้งจีนที่ปลูกในชุดดินปากช่อง เมื่อคิดเป็นปริมาณไอโอดีนที่สะสมโดยน้ำหนักแห้งและน้ำหนักสด (ตารางที่ 22)

ตารางที่ 22 เปรียบเทียบปริมาณไอโอดีนสะสมในผักบั้งจีนที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสนและชุดดินปากช่อง เมื่อฉีดพ่นสารละลายไอโอดีนทางใบในระดับความเข้มข้นต่างๆตามช่วงระยะเวลาการเจริญเติบโตของผักบั้งจีน

ดำรับการทดลอง ¹	ปริมาณไอโอดีนสะสมในผักบั้งจีนที่ปลูกในตัวอย่างดินทดลอง					
	(หน่วย : มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โดยน้ำหนักแห้ง)		F-test	(หน่วย: มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โดยน้ำหนักสด)		F-test
	ชุดดินกำแพงแสน	ชุดดินปากช่อง		ชุดดินกำแพงแสน	ชุดดินปากช่อง	
1	14.86	12.20	*	1.57	1.13	*
2	23.91	21.22	ns	2.43	2.01	ns
3	49.34	55.43	ns	4.99	5.26	ns
%CV	10.01	15.11		10.19	14.47	

หมายเหตุ

- ¹ ดำรับการทดลองที่ 1, 2 และ 3 ฉีดพ่นสารละลายไอโอดีนทางใบในระดับความเข้มข้น 0, 0.5 และ 5.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ
- ns ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)
- * แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณไออ์ดินที่สะสมในผักบั้งจีนผักสด (ไม่ผ่านกระบวนการนึ่ง) และผักบั้งจีนนึ่งสุก พบว่าปริมาณไออ์ดินที่สะสมในผักบั้งจีนผักสดและผักนึ่งสุกไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) ทั้งผักบั้งจีนที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสนและชุดดินปากช่องในทุกการทดลอง (ตารางที่ 23)

ตารางที่ 23 เปรียบเทียบปริมาณไออ์ดินที่สะสมในผักบั้งจีนผักสด (ไม่ผ่านกระบวนการนึ่ง) และผักนึ่งสุกที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสนและชุดดินปากช่อง เมื่อฉีดพ่นสารละลายไออ์ดินทางใบในระดับความเข้มข้นต่างๆตามช่วงระยะเวลาการเจริญเติบโตของผักบั้งจีน

(หน่วย: มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมโดยน้ำหนักแห้ง)

การทดลอง ¹	ปริมาณไออ์ดินสะสมในผักบั้งจีนที่ปลูกในตัวอย่างดินทดลอง					
	ชุดดินกำแพงแสน		F-test	ชุดดินปากช่อง		F-test
	ผักสด	ผักนึ่งสุก		ผักสด	ผักนึ่งสุก	
1	14.86	15.31	ns	12.20	10.93	ns
2	23.91	23.34	ns	21.22	23.39	ns
3	49.34	54.41	ns	55.43	50.26	ns
%CV	10.01	14.55		15.11	12.68	

หมายเหตุ

- ¹ การทดลองที่ 1, 2 และ 3 ฉีดพ่นสารละลายไออ์ดินทางใบในระดับความเข้มข้น 0, 0.5 และ 5.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ
- ns ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

3.2.2 ปริมาณไอโอดีนที่สะสมในผักคะน้า

การฉีดพ่นสารละลายไอโอดีนทางใบตามช่วงระยะเวลาการเจริญเติบโตของผักคะน้าที่กำหนดไว้ในระดับความเข้มข้น 0, 0.5 และ 5.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ของตำรับการทดลองที่ 1, 2 และ 3 ตามลำดับ พบว่าการเพิ่มระดับความเข้มข้นสารละลายไอโอดีนที่ฉีดพ่นทางใบมากขึ้นทำให้ปริมาณไอโอดีนที่สะสมในผักคะน้าเพิ่มมากขึ้นเช่นกัน ซึ่งปริมาณไอโอดีนสะสมในผักคะน้าที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสนของตำรับการทดลองที่ 1, 2 และ 3 เมื่อคิดโดยน้ำหนักแห้งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 11.32, 12.85 และ 16.74 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมตามลำดับ และเมื่อคิดโดยน้ำหนักสดมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.09, 1.30 และ 1.61 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมตามลำดับ สำหรับปริมาณไอโอดีนสะสมในผักคะน้าที่ปลูกในชุดดินปากช่องของตำรับการทดลองที่ 1, 2 และ 3 เมื่อคิดโดยน้ำหนักแห้งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 12.51, 15.75 และ 18.49 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมตามลำดับ เมื่อคิดโดยน้ำหนักสดมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.99, 1.34 และ 1.54 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมตามลำดับ (ตารางที่ 24)

การวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า การฉีดพ่นสารละลายไอโอดีนทางใบที่ระดับความเข้มข้นต่างๆในแต่ละตำรับการทดลอง ทำให้ปริมาณไอโอดีนสะสมในผักคะน้าที่ปลูกในชุดดินปากช่องมีแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p < 0.01$) สำหรับการไม่ฉีดพ่นสารละลายไอโอดีนทางใบและการฉีดพ่นสารละลายไอโอดีนทางใบที่ระดับความเข้มข้น 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร (ตำรับการทดลองที่ 1 และ 2) ไม่ทำให้ปริมาณไอโอดีนสะสมในผักคะน้าที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสนมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยการฉีดพ่นสารละลายไอโอดีนทางใบที่ระดับความเข้มข้น 5 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้ปริมาณไอโอดีนที่สะสมในผักคะน้ามากที่สุดเมื่อคิดเป็นปริมาณไอโอดีนที่สะสมโดยน้ำหนักแห้งและน้ำหนักสด ทั้งผักคะน้าที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสนและชุดดินปากช่อง (ตารางที่ 24)

ตารางที่ 24 ปริมาณไอโอดีนสะสมในผักคะน้าที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสนและชุดดินปากช่อง
เมื่อนิพ่นสารละลายไอโอดีนทางใบในระดับความเข้มข้นต่างๆตามช่วงระยะเวลา
การเจริญเติบโตของผักคะน้า

	ตำรับการ ทดลอง ¹	ปริมาณไอโอดีนสะสมในผักคะน้า		
		(มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โดยน้ำหนักแห้ง)	(มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โดยน้ำหนักสด)	(ไมโครกรัมต่อ 100 กรัมโดยน้ำหนักสด)
ชุดดินกำแพงแสน	1	11.32a	1.09a	109.34a
	2	12.85a	1.30a	130.37a
	3	16.74b	1.61b	161.35b
	F-test	**	**	**
	%CV	9.49	10.13	10.07
ชุดดินปากช่อง	1	12.51a	0.99a	99.46a
	2	15.75b	1.34b	133.60b
	3	18.49c	1.54c	153.54c
	F-test	**	**	**
	%CV	4.86	9.12	9.16

หมายเหตุ

¹ ตำรับการทดลองที่ 1, 2 และ 3 นิพ่นสารละลายไอโอดีนทางใบในระดับความเข้มข้น 0, 0.5 และ 5.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ

** แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.01
ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้งไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT เมื่อแยกพิจารณาในแต่ละชุดดิน

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณไอโอดีนสะสมในผักคะน้าที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสน และชุดดินปากช่อง พบว่าเมื่อฉีดพ่นสารละลายไอโอดีนทางใบที่ระดับความเข้มข้น 0.5 และ 5.0 มิลลิกรัมต่อลิตร (ดำรับการทดลองที่ 2 และ 3) ตามช่วงระยะเวลาการเจริญเติบโตของผักคะน้าที่กำหนดไว้ ทำให้ปริมาณไอโอดีนสะสม (ปริมาณไอโอดีนที่สะสมโดยน้ำหนักแห้ง) ในผักคะน้าที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสนและชุดดินปากช่องมีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่ปริมาณไอโอดีนสะสมเมื่อคิดเป็นปริมาณไอโอดีนสะสมโดยน้ำหนักสดที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสนและชุดดินปากช่องไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ และการไม่ฉีดพ่นสารละลายไอโอดีนทางใบ (ดำรับการทดลองที่ 1) ไม่ทำให้ปริมาณไอโอดีนสะสมในผักคะน้าที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสนและชุดดินปากช่องมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) เมื่อคิดเป็นปริมาณไอโอดีนที่สะสมโดยน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้ง (ตารางที่ 25)

ตารางที่ 25 เปรียบเทียบปริมาณไอโอดีนสะสมในผักคะน้าที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสนและชุดดินปากช่อง เมื่อฉีดพ่นสารละลายไอโอดีนทางใบในระดับความเข้มข้นต่างๆตามช่วงระยะเวลาการเจริญเติบโตของผักคะน้า

ดำรับการทดลอง ¹	ปริมาณไอโอดีนสะสมในผักคะน้าที่ปลูกในตัวอย่างดินทดลอง					
	(หน่วย : มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โดยน้ำหนักแห้ง)		F-test	(หน่วย: มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โดยน้ำหนักสด)		F-test
	ชุดดินกำแพงแสน	ชุดดินปากช่อง		ชุดดินกำแพงแสน	ชุดดินปากช่อง	
1	11.32	12.51	ns	1.09	0.99	ns
2	12.85	15.75	*	1.30	1.34	ns
3	16.74	18.49	**	1.61	1.54	ns
%CV	9.49	4.86		10.13	9.12	

หมายเหตุ

¹ ดำรับการทดลองที่ 1, 2 และ 3 ฉีดพ่นสารละลายไอโอดีนทางใบในระดับความเข้มข้น 0, 0.5 และ 5.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ

ns ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

*,** แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และ 0.01 ตามลำดับ

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณไอโอดีนที่สะสมในผักคะน้าผักสด (ไม่ผ่านกระบวนการนึ่ง) และผักคะน้านึ่งสุก พบว่าปริมาณไอโอดีนที่สะสมในผักคะน้าผักสดและผักนึ่งสุกไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) ทั้งผักคะน้าที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสนและชุดดินปากช่องในทุกตำรับการทดลอง (ตารางที่ 26)

ตารางที่ 26 เปรียบเทียบปริมาณไอโอดีนที่สะสมในผักคะน้าผักสด (ไม่ผ่านกระบวนการนึ่ง) และผักนึ่งสุกที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสนและชุดดินปากช่อง เมื่อนิพ่นสารละลายไอโอดีนทางใบในระดับความเข้มข้นต่างๆตามช่วงระยะเวลาการเจริญเติบโตของผักคะน้า

(หน่วย: มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมโดยน้ำหนักแห้ง)

ตำรับการทดลอง ¹	ปริมาณไอโอดีนสะสมในผักคะน้าที่ปลูกในตัวอย่างดินทดลอง					
	ชุดดินกำแพงแสน		F-test	ชุดดินปากช่อง		F-test
	ผักสด	ผักนึ่งสุก		ผักสด	ผักนึ่งสุก	
1	11.32	10.73	ns	12.51	12.11	ns
2	12.85	11.93	ns	15.75	15.43	ns
3	16.74	15.83	ns	18.49	18.30	ns
%CV	9.49	11.32		4.86	9.85	

หมายเหตุ

- ¹ ตำรับการทดลองที่ 1, 2 และ 3 นิพ่นสารละลายไอโอดีนทางใบในระดับความเข้มข้น 0, 0.5 และ 5.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ
- ns ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

3.2.3 ปริมาณไอโอดีนที่สะสมในผักกาดเขียวแกวต่าง

การฉีดพ่นสารละลายไอโอดีนทางใบในระดับความเข้มข้นต่างๆตามช่วงระยะเวลาการเจริญเติบโตของผักกาดเขียวแกวต่างในระดับความเข้มข้น 0, 0.5 และ 5.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ของการทำการทดลองที่ 1, 2 และ 3 ตามลำดับ พบว่าการเพิ่มระดับความเข้มข้นสารละลายไอโอดีนที่ฉีดพ่นทางใบมากขึ้นทำให้ปริมาณไอโอดีนที่สะสมในผักกาดเขียวแกวต่างเพิ่มมากขึ้นเช่นกัน ซึ่งปริมาณไอโอดีนสะสมในผักกาดเขียวแกวต่างที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสนของการทำการทดลองที่ 1, 2 และ 3 เมื่อคิดโดยน้ำหนักแห้งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 22.46, 42.59 และ 66.05 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมตามลำดับ และเมื่อคิดโดยน้ำหนักสดมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.17, 2.23 และ 3.55 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมตามลำดับ สำหรับปริมาณไอโอดีนสะสมในผักกาดเขียวแกวต่างที่ปลูกในชุดดินปากช่องของการทำการทดลองที่ 1, 2 และ 3 เมื่อคิดโดยน้ำหนักแห้งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 42.25, 60.99 และ 67.47 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมตามลำดับ และเมื่อคิดโดยน้ำหนักสดมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.55, 4.43 และ 4.60 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมตามลำดับ (ตารางที่ 27)

การวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า การฉีดพ่นสารละลายไอโอดีนทางใบที่ระดับความเข้มข้นต่างๆในแต่ละการทำการทดลอง ทำให้ปริมาณไอโอดีนที่สะสมในผักกาดเขียวแกวต่างมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) ทั้งผักกาดเขียวแกวต่างที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสนและชุดดินปากช่อง และการฉีดพ่นสารละลายไอโอดีนทางใบที่ระดับความเข้มข้น 5.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้ปริมาณไอโอดีนที่สะสมในผักกาดเขียวแกวต่างมากที่สุด เมื่อคิดเป็นปริมาณไอโอดีนที่สะสมโดยน้ำหนักแห้งและน้ำหนักสด ทั้งผักกาดเขียวแกวต่างที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสนและชุดดินปากช่อง (ตารางที่ 27)

ตารางที่ 27 ปริมาณไอน์โอดินสะสมในผักกาดเขียววางตั้งที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสนและชุดดินปากช่อง เมื่อนิพ่นสารละลายไอน์โอดินทางใบในระดับความเข้มข้นต่างๆตามช่วงระยะเวลาการเจริญเติบโตของผักกาดเขียววางตั้ง

	ตำรับการทดลอง ¹	ปริมาณไอน์โอดินสะสมในผักกาดเขียววางตั้ง		
		(มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โดยน้ำหนักแห้ง)	(มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โดยน้ำหนักสด)	(ไมโครกรัมต่อ 100 กรัมโดยน้ำหนักสด)
ชุดดินกำแพงแสน	1	22.46a	1.17a	117.10a
	2	42.59b	2.23b	222.87b
	3	66.05c	3.55c	354.82c
	F-test	**	**	**
	%CV	11.31	12.64	12.62
ชุดดินปากช่อง	1	42.25a	2.55a	255.13a
	2	60.99b	4.43b	443.15b
	3	67.47c	4.60c	460.43c
	F-test	**	**	**
	%CV	11.33	16.58	16.57

หมายเหตุ

¹ ตำรับการทดลองที่ 1, 2 และ 3 นิพ่นสารละลายไอน์โอดินทางใบในระดับความเข้มข้น 0, 0.5 และ 5.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ

** แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.01
ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้งไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT เมื่อแยกพิจารณาในแต่ละชุดดิน

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณไอโอดีนสะสมในผักกาดเขียววางดั่งที่ปลูกในชุดดิน
 กำแพงแสนและชุดดินปากช่อง พบว่าเมื่อไม่ฉีดพ่นสารละลายไอโอดีนทางใบ (ดำรับการทดลองที่ 1)
 และฉีดพ่นสารละลายไอโอดีนที่ระดับความเข้มข้น 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร (ดำรับการทดลองที่ 2)
 ตามช่วงระยะเวลาการเจริญเติบโตของผักกาดเขียววางดั่งที่กำหนดไว้ทำให้ปริมาณไอโอดีนสะสม
 ในผักกาดเขียววางดั่งที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสนและชุดดินปากช่องมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ
 ทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยปริมาณไอโอดีนที่สะสมในผักกาดเขียววางดั่งที่ปลูกในชุดดินปากช่องมีค่าเฉลี่ย
 มากกว่าปริมาณไอโอดีนที่สะสมในผักกาดเขียววางดั่งที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสน และเมื่อฉีดพ่น
 สารละลายไอโอดีนทางใบที่ระดับความเข้มข้น 5.0 มิลลิกรัมต่อลิตร (ดำรับการทดลองที่ 3) ไม่ทำให้
 ปริมาณไอโอดีนที่สะสมในผักกาดเขียววางดั่งมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) เมื่อคิดเป็น
 ปริมาณไอโอดีนที่สะสมโดยน้ำหนักแห้งและน้ำหนักสด (ตารางที่ 28)

ตารางที่ 28 เปรียบเทียบปริมาณไอโอดีนสะสมในผักกาดเขียววางดั่งที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสน
 และชุดดินปากช่อง เมื่อฉีดพ่นสารละลายไอโอดีนทางใบในระดับความเข้มข้นต่างๆ
 ตามช่วงระยะเวลาการเจริญเติบโตของผักกาดเขียววางดั่ง

ดำรับการ ทดลอง ¹	ปริมาณไอโอดีนสะสมในผักกาดเขียววางดั่งที่ปลูกในตัวอย่างดินทดลอง					
	(หน่วย : มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โดยน้ำหนักแห้ง)			(หน่วย: มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โดยน้ำหนักสด)		
			F-test			F-test
	ชุดดินกำแพงแสน	ชุดดินปากช่อง		ชุดดินกำแพงแสน	ชุดดินปากช่อง	
1	22.46	42.25	*	1.17	2.55	*
2	42.59	60.99	*	2.23	4.43	*
3	66.05	67.47	ns	3.55	4.60	ns
%CV	11.31	11.33		12.64	16.58	

หมายเหตุ

- ¹ ดำรับการทดลองที่ 1, 2 และ 3 ฉีดพ่นสารละลายไอโอดีนทางใบในระดับความ
 เข้มข้น 0, 0.5 และ 5.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ
- ns ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)
- * แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณไอโอดีนที่สะสมในผักกาดเขียววางตั้งผักสด (ไม่ผ่านกระบวนการนึ่ง) และผักกาดเขียววางตั้งนึ่งสุก พบว่าปริมาณไอโอดีนที่สะสมในผักกาดเขียววางตั้งผักสดและผักนึ่งสุกไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) ทั้งผักกาดเขียววางตั้งที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสนและชุดดินปากช่องในทุกดํารับการทดลอง (ตารางที่ 29)

ตารางที่ 29 เปรียบเทียบปริมาณไอโอดีนที่สะสมในผักกาดเขียววางตั้งผักสด (ไม่ผ่านกระบวนการนึ่ง) และผักนึ่งสุกที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสนและชุดดินปากช่อง เมื่อนิพ่นสารละลายไอโอดีนทางใบในระดับความเข้มข้นต่างๆตามช่วงระยะเวลาการเจริญเติบโตของผักกาดเขียววางตั้ง

(หน่วย: มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมโดยน้ำหนักแห้ง)

ดํารับการทดลอง ¹	ปริมาณไอโอดีนสะสมในผักกาดเขียววางตั้งที่ปลูกในตัวอย่างดินทดลอง					
	ชุดดินกำแพงแสน		F-test	ชุดดินปากช่อง		F-test
	ผักสด	ผักนึ่งสุก		ผักสด	ผักนึ่งสุก	
1	22.46	21.22	ns	42.25	38.06	ns
2	42.59	37.76	ns	60.99	53.75	ns
3	66.05	66.92	ns	67.47	66.92	ns
%CV	11.31	10.12		11.33	6.79	

หมายเหตุ

- ¹ ดํารับการทดลองที่ 1, 2 และ 3 นิพ่นสารละลายไอโอดีนทางใบในระดับความเข้มข้น 0, 0.5 และ 5.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ
- ns ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

4. การเจริญเติบโตของพืชผักทดลองทั้งสามชนิดกับวิธีการเพิ่มไอน์ได้นโดยการใส่สารไอน์ได้นลงในดินและการฉีดพ่นสารละลายไอน์ได้นทางใบ

4.1 การเจริญเติบโตของผักบุ้งจีน

4.1.1 ความสูงของผักบุ้งจีน

เมื่อเปรียบเทียบความสูงของผักบุ้งจีนที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสนและชุดดินปากช่องของวิธีการใส่สารไอน์ได้นลงในดิน (การทดลองที่ 1) และวิธีการฉีดพ่นสารละลายไอน์ได้นทางใบ (การทดลองที่ 2) พบว่าการไม่ใส่สารไอน์ได้นลงในดินกับการไม่ฉีดพ่นสารละลายไอน์ได้นทางใบ และการใส่สารไอน์ได้นลงในดินที่ระดับความเข้มข้น 5 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม กับการฉีดพ่นสารละลายไอน์ได้นทางใบที่ระดับความเข้มข้น 5 มิลลิกรัมต่อลิตร ไม่ทำให้ความสูงเฉลี่ยในวันเก็บเกี่ยวของผักบุ้งจีนมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) ทั้งนี้วิธีการใส่สารไอน์ได้นลงในดินจะทำให้ความสูงในวันเก็บเกี่ยวของผักบุ้งจีนมีค่าเฉลี่ยสูงกว่าวิธีการฉีดพ่นสารละลายไอน์ได้นทางใบ (ตารางที่ 30)

4.1.2 น้ำหนักสดของผักบุ้งจีน

เมื่อเปรียบเทียบน้ำหนักสดของผักบุ้งจีนที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสนและชุดดินปากช่องของวิธีการใส่สารไอน์ได้นลงในดิน (การทดลองที่ 1) และวิธีการฉีดพ่นสารละลายไอน์ได้นทางใบ (การทดลองที่ 2) พบว่าการใส่สารไอน์ได้นลงในดินที่ระดับความเข้มข้น 5 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม กับการฉีดพ่นสารละลายไอน์ได้นทางใบที่ระดับความเข้มข้น 5 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้น้ำหนักสดของผักบุ้งจีนมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) สำหรับการไม่ใส่สารไอน์ได้นลงในดินกับการไม่ฉีดพ่นสารละลายไอน์ได้นทางใบไม่ทำให้น้ำหนักสดของผักบุ้งจีนมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) ทั้งนี้วิธีการฉีดพ่นสารละลายไอน์ได้นทางใบจะทำให้ความสูงในวันเก็บเกี่ยวของผักบุ้งจีนมีค่าเฉลี่ยสูงกว่าวิธีการใส่สารไอน์ได้นลงในดิน (ตารางที่ 31)

ตารางที่ 30 เปรียบเทียบความสูงในวันเก็บเกี่ยวของผักบุ้งจีนที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสนและชุดดินปากช่องของวิธีการใส่สารไอโอดีนลงในดิน (การทดลองที่ 1) และการฉีดพ่นสารละลายไอโอดีนทางใบ (การทดลองที่ 2) ในระดับความเข้มข้นต่างๆ

(หน่วย: เซนติเมตร)

	ระดับความเข้มข้น ของไอโอดีน (ppm)	ความสูงในวันเก็บเกี่ยวของผักบุ้งจีน		F-test
		การทดลองที่ 1	การทดลองที่ 2	
ชุดดินกำแพงแสน	0	24.86	23.21	ns
	5	24.18	22.97	ns
ชุดดินปากช่อง	0	21.93	20.49	ns
	5	22.48	21.78	ns

หมายเหตุ

การทดลองที่ 1	วิธีการใส่สารไอโอดีนลงในดิน
การทดลองที่ 2	วิธีการฉีดพ่นสารละลายไอโอดีนทางใบ
ns	ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

ตารางที่ 31 เปรียบเทียบน้ำหนักสดของผักบั้งจีนที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสนและชุดดินปากช่องของวิธีการใส่สารไอโอดีนลงในดิน (การทดลองที่ 1) และการฉีดพ่นสารละลายไอโอดีนทางใบ (การทดลองที่ 2) ในระดับความเข้มข้นต่างๆ

(หน่วย: กรัม)

	ระดับความเข้มข้น ของไอโอดีน (ppm)	น้ำหนักสดของผักบั้งจีน		F-test
		การทดลองที่ 1	การทดลองที่ 2	
ชุดดินกำแพงแสน	0	79.82	94.16	ns
	5	76.03	97.97	**
ชุดดินปากช่อง	0	64.01	79.87	ns
	5	59.11	90.66	**

หมายเหตุ

การทดลองที่ 1	วิธีการใส่สารไอโอดีนลงในดิน
การทดลองที่ 2	วิธีการฉีดพ่นสารละลายไอโอดีนทางใบ
ns	ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)
**	แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

4.2 การเจริญเติบโตของผักคะน้า

4.2.1 ความสูงของผักคะน้า

เมื่อเปรียบเทียบความสูงของผักคะน้าที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสนของวิธีการใส่สารไอโอดีนลงในดิน (การทดลองที่ 1) และวิธีการฉีดพ่นสารละลายไอโอดีนทางใบ (การทดลองที่ 2) พบว่าการไม่ใส่สารไอโอดีนลงในดินกับการไม่ฉีดพ่นสารละลายไอโอดีนทางใบ และการใส่สารไอโอดีนลงในดินที่ระดับความเข้มข้น 5 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม กับการฉีดพ่นสารละลายไอโอดีนทางใบที่ระดับความเข้มข้น 5 มิลลิกรัมต่อลิตร ไม่ทำให้ความสูงเฉลี่ยในวันเก็บเกี่ยวของผักคะน้าแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) ทั้งนี้วิธีการฉีดพ่นสารละลายไอโอดีนทางใบจะทำให้ความสูงในวันเก็บเกี่ยวของผักคะน้ามีค่าเฉลี่ยมากกว่าวิธีการใส่สารไอโอดีนลงในดิน (ตารางที่ 32)

เมื่อเปรียบเทียบความสูงของผักคะน้าที่ปลูกในชุดดินปากช่องของวิธีการใส่สารไอโอดีนลงในดิน (การทดลองที่ 1) และวิธีการฉีดพ่นสารละลายไอโอดีนทางใบ (การทดลองที่ 2) พบว่าการใส่สารไอโอดีนลงในดินที่ระดับความเข้มข้น 5 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม กับการฉีดพ่นสารละลายไอโอดีนทางใบที่ระดับความเข้มข้น 5 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้ความสูงเฉลี่ยในวันเก็บเกี่ยวของผักคะน้ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) สำหรับการไม่ใส่สารไอโอดีนลงในดิน กับการไม่ฉีดพ่นสารละลายไอโอดีนทางใบ ไม่ทำให้ความสูงเฉลี่ยในวันเก็บเกี่ยวของผักคะน้าแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) ทั้งนี้วิธีการฉีดพ่นสารละลายไอโอดีนทางใบจะทำให้ความสูงในวันเก็บเกี่ยวของผักคะน้ามีค่าเฉลี่ยมากกว่าวิธีการใส่สารไอโอดีนลงในดิน (ตารางที่ 32)

4.2.2 น้ำหนักสดของผักคะน้า

เมื่อเปรียบเทียบน้ำหนักสดของผักคะน้าที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสนของวิธีการใส่สารไอโอดีนลงในดิน (การทดลองที่ 1) และวิธีการฉีดพ่นสารละลายไอโอดีนทางใบ (การทดลองที่ 2) พบว่าการไม่ใส่สารไอโอดีนลงในดินกับการไม่ฉีดพ่นสารละลายไอโอดีนทางใบ และการใส่สารไอโอดีนลงในดินที่ระดับความเข้มข้น 5 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม กับการฉีดพ่นสารละลายไอโอดีนทางใบที่ระดับความเข้มข้น 5 มิลลิกรัมต่อลิตร ไม่ทำให้น้ำหนักสดของผักคะน้ามีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางที่ 33)

เมื่อเปรียบเทียบน้ำหนักสดของผักคะน้าที่ปลูกในชุดดินปากช่องของวิธีการใส่สารไอโอดีนลงในดิน (การทดลองที่ 1) และวิธีการฉีดพ่นสารละลายไอโอดีนทางใบ (การทดลองที่ 2) พบว่าการใส่สารไอโอดีนลงในดินที่ระดับความเข้มข้น 5 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม กับการฉีดพ่นสารละลายไอโอดีนทางใบที่ระดับความเข้มข้น 5 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้น้ำหนักสดของผักคะน้ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) สำหรับการไม่ใส่สารไอโอดีนลงในดินกับการไม่ฉีดพ่นสารละลายไอโอดีนทางใบ ไม่ทำให้น้ำหนักสดของผักคะน้าแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) (ตารางที่ 33)

ตารางที่ 32 เปรียบเทียบความสูงในวันเก็บเกี่ยวของผักคะน้าที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสนและชุดดินปากช่องของวิธีการใส่สารไอโอดีนลงในดิน (การทดลองที่ 1) และการฉีดพ่นสารละลายไอโอดีนทางใบ (การทดลองที่ 2) ในระดับความเข้มข้นต่างๆ

(หน่วย: เซนติเมตร)

	ระดับความเข้มข้น ของไอโอดีน (ppm)	ความสูงในวันเก็บเกี่ยวของผักคะน้า		F-test
		การทดลองที่ 1	การทดลองที่ 2	
ชุดดินกำแพงแสน	0	31.48	32.53	ns
	5	31.17	32.62	ns
ชุดดินปากช่อง	0	39.07	39.28	ns
	5	37.35	39.20	*

หมายเหตุ

การทดลองที่ 1	วิธีการใส่สารไอโอดีนลงในดิน
การทดลองที่ 2	วิธีการฉีดพ่นสารละลายไอโอดีนทางใบ
ns	ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)
*	แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ตารางที่ 33 เปรียบเทียบน้ำหนักสดของผักคะน้าที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสนและชุดดินปากช่อง
ของวิธีการใส่สารไอโอดีนลงในดิน (การทดลองที่ 1) และการฉีดพ่นสารละลาย
ไอโอดีนทางใบ (การทดลองที่ 2) ในระดับความเข้มข้นต่างๆ

(หน่วย: กรัม)

	ระดับความเข้มข้น ของไอโอดีน (ppm)	น้ำหนักสดของผักคะน้า		F-test
		การทดลองที่ 1	การทดลองที่ 2	
ชุดดินกำแพงแสน	0	192.45	179.22	ns
	5	184.02	171.44	ns
ชุดดินปากช่อง	0	288.62	284.75	ns
	5	266.12	275.59	*

หมายเหตุ

การทดลองที่ 1	วิธีการใส่สารไอโอดีนลงในดิน
การทดลองที่ 2	วิธีการฉีดพ่นสารละลายไอโอดีนทางใบ
ns	ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)
*	แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

4.3 การเจริญเติบโตของผักกาดเขียวทางดั่ง

4.3.1 ความสูงของผักกาดเขียวทางดั่ง

เมื่อเปรียบเทียบความสูงของผักกาดเขียวทางดั่งที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสนและชุดดินปากช่องของวิธีการใส่สารไอโอดีนลงในดิน (การทดลองที่ 1) และวิธีการฉีดพ่นสารละลายไอโอดีนทางใบ (การทดลองที่ 2) พบว่าการไม่ใส่สารไอโอดีนลงในดินกับการไม่ฉีดพ่นสารละลายไอโอดีนทางใบ และการใส่สารไอโอดีนลงในดินที่ระดับความเข้มข้น 5 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม กับ การฉีดพ่นสารละลายไอโอดีนทางใบที่ระดับความเข้มข้น 5 มิลลิกรัมต่อลิตร ไม่ทำให้ความสูงเฉลี่ยในวันเก็บเกี่ยวของผักกาดเขียวทางดั่งมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) โดยความสูงเฉลี่ยของผักกาดเขียวทางดั่งในวิธีการใส่สารไอโอดีนลงในดินจะมีค่ามากกว่าวิธีการฉีดพ่นสารละลายไอโอดีนทางใบ (ตารางที่ 34)

ตารางที่ 34 เปรียบเทียบความสูงในวันเก็บเกี่ยวของผักกาดเขียวทางดั่งที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสนและชุดดินปากช่องของวิธีการใส่สารไอโอดีนลงในดิน (การทดลองที่ 1) และการฉีดพ่นสารละลายไอโอดีนทางใบ (การทดลองที่ 2) ในระดับความเข้มข้นต่างๆ

(หน่วย: เซนติเมตร)

	ระดับความเข้มข้น ของไอโอดีน (ppm)	ความสูงในวันเก็บเกี่ยวของ ผักกาดเขียวทางดั่ง		F-test
		การทดลองที่ 1	การทดลองที่ 2	
ชุดดินกำแพงแสน	0	38.94	34.26	ns
	5	36.84	34.68	ns
ชุดดินปากช่อง	0	38.73	37.30	ns
	5	38.23	37.35	ns

หมายเหตุ

- การทดลองที่ 1 วิธีการใส่สารไอโอดีนลงในดิน
 การทดลองที่ 2 วิธีการฉีดพ่นสารละลายไอโอดีนทางใบ
 ns ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

4.3.2 น้ำหนักสดของผักกาดเขียววางตุ้ง

เมื่อเปรียบเทียบน้ำหนักสดของผักกาดเขียววางตุ้งที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสน และชุดดินปากช่องของวิธีการใส่สารไอโอดีนลงในดิน (การทดลองที่ 1) และวิธีการฉีดพ่นสารละลายไอโอดีนทางใบ (การทดลองที่ 2) พบว่าการไม่ใส่สารไอโอดีนลงในดินกับการไม่ฉีดพ่นสารละลายไอโอดีนทางใบ และการใส่สารไอโอดีนลงในดินที่ระดับความเข้มข้น 5 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม กับการฉีดพ่นสารละลายไอโอดีนทางใบที่ระดับความเข้มข้น 5 มิลลิกรัมต่อลิตร ไม่ทำให้น้ำหนักสดเฉลี่ยของผักกาดเขียววางตุ้งมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางที่ 35)

ตารางที่ 35 เปรียบเทียบน้ำหนักสดของผักกาดเขียววางตุ้งที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสนและชุดดินปากช่องของวิธีการใส่สารไอโอดีนลงในดิน (การทดลองที่ 1) และการฉีดพ่นสารละลายไอโอดีนทางใบ (การทดลองที่ 2) ในระดับความเข้มข้นต่างๆ

(หน่วย: กรัม)

	ระดับความเข้มข้น ของไอโอดีน (ppm)	น้ำหนักสดของผักกาดเขียววางตุ้ง		F-test
		การทดลองที่ 1	การทดลองที่ 2	
ชุดดินกำแพงแสน	0	376.85	378.09	ns
	5	360.43	350.48	ns
ชุดดินปากช่อง	0	376.34	364.84	ns
	5	375.05	376.13	ns

หมายเหตุ

การทดลองที่ 1	วิธีการใส่สารไอโอดีนลงในดิน
การทดลองที่ 2	วิธีการฉีดพ่นสารละลายไอโอดีนทางใบ
ns	ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

5. ปริมาณไออนิดินที่สะสมในพืชผักทดลองทั้งสามชนิดกับวิธีการเพิ่มไออนิดินโดยการใส่สารไออนิดินลงในดินและการฉีดพ่นสารละลายไออนิดินทางใบ

5.1 ปริมาณไออนิดินที่สะสมในผักบุ้งจีน

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณไออนิดินสะสมในผักบุ้งจีนที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสนของวิธีการใส่สารไออนิดินลงในดิน (การทดลองที่ 1) และวิธีการฉีดพ่นสารละลายไออนิดินทางใบ (การทดลองที่ 2) พบว่าการใส่สารไออนิดินลงในดินที่ระดับความเข้มข้น 5 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมกับการฉีดพ่นสารละลายไออนิดินทางใบที่ระดับความเข้มข้น 5 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้ปริมาณไออนิดินที่สะสมในผักบุ้งจีนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) โดยปริมาณไออนิดินที่สะสมในผักบุ้งจีนด้วยวิธีการใส่สารไออนิดินลงในดินมีค่าเฉลี่ยมากกว่าวิธีการฉีดพ่นสารละลายไออนิดินทางใบ สำหรับการไม่ใส่สารไออนิดินลงในดินกับการไม่ฉีดพ่นสารละลายไออนิดินทางใบไม่ทำให้ปริมาณไออนิดินที่สะสมในผักบุ้งจีนมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) เมื่อคิดเป็นปริมาณไออนิดินที่สะสมโดยน้ำหนักแห้งและน้ำหนักสด (ตารางที่ 36)

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณไออนิดินสะสมในผักบุ้งจีนที่ปลูกในชุดดินปากช่องของวิธีการใส่สารไออนิดินลงในดิน (การทดลองที่ 1) และวิธีการฉีดพ่นสารละลายไออนิดินทางใบ (การทดลองที่ 2) พบว่าการไม่ใส่สารไออนิดินลงในดินกับการไม่ฉีดพ่นสารละลายไออนิดินทางใบและการใส่สารไออนิดินลงในดินที่ระดับความเข้มข้น 5 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมกับการฉีดพ่นสารละลายไออนิดินทางใบที่ระดับความเข้มข้น 5 มิลลิกรัมต่อลิตร ไม่ทำให้ปริมาณไออนิดินที่สะสมในผักบุ้งจีนมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยปริมาณไออนิดินที่สะสมในผักบุ้งจีนด้วยวิธีการใส่สารไออนิดินลงในดินมีค่าเฉลี่ยมากกว่าวิธีการฉีดพ่นสารละลายไออนิดินทางใบ เมื่อคิดเป็นปริมาณไออนิดินที่สะสมโดยน้ำหนักแห้งและน้ำหนักสด (ตารางที่ 36)

ตารางที่ 36 เปรียบเทียบปริมาณไอโอดีนสะสมในผักบั้งจีนที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสนและชุดดินปากช่องของวิธีการใส่สารไอโอดีนลงในดิน (การทดลองที่ 1) และการฉีดพ่นสารละลายไอโอดีนทางใบ (การทดลองที่ 2) ในระดับความเข้มข้นต่างๆ

(หน่วย: มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โดยน้ำหนักแห้ง)

	ระดับความเข้มข้น ของไอโอดีน (ppm)	ปริมาณไอโอดีนที่สะสมในผักบั้งจีน		F-test
		การทดลองที่ 1	การทดลองที่ 2	
ชุดดินกำแพงแสน	0	16.23	14.86	ns
	5	394.62	49.34	**
ชุดดินปากช่อง	0	9.76	12.20	ns
	5	60.43	55.43	ns

(หน่วย: มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โดยน้ำหนักสด)

	ระดับความเข้มข้น ของไอโอดีน (ppm)	ปริมาณไอโอดีนที่สะสมในผักบั้งจีน		F-test
		การทดลองที่ 1	การทดลองที่ 2	
ชุดดินกำแพงแสน	0	1.97	1.57	ns
	5	44.47	4.99	**
ชุดดินปากช่อง	0	1.09	1.13	ns
	5	7.02	5.26	ns

หมายเหตุ

- การทดลองที่ 1 วิธีการใส่สารไอโอดีนลงในดิน
- การทดลองที่ 2 วิธีการฉีดพ่นสารละลายไอโอดีนทางใบ
- ns ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)
- ** แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

5.2 ปริมาณไอน์ไดน์ที่สะสมในผักคะน้า

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณไอน์ไดน์สะสมในผักคะน้าทั้งที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสนและชุดดินปากช่องของวิธีการใส่สารไอน์ไดน์ลงในดิน (การทดลองที่ 1) และวิธีการฉีดพ่นสารละลายไอน์ไดน์ทางใบ (การทดลองที่ 2) พบว่าการใส่สารไอน์ไดน์ลงในดินที่ระดับความเข้มข้น 5 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม กับการฉีดพ่นสารละลายไอน์ไดน์ทางใบที่ระดับความเข้มข้น 5 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้ปริมาณไอน์ไดน์ที่สะสมในผักคะน้าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) โดยปริมาณไอน์ไดน์ที่สะสมในผักคะน้าด้วยวิธีการใส่สารไอน์ไดน์ลงในดินมีค่าเฉลี่ยมากกว่าวิธีการฉีดพ่นสารละลายไอน์ไดน์ทางใบ สำหรับการไม่ใส่สารไอน์ไดน์ลงในดินกับการไม่ฉีดพ่นสารละลายไอน์ไดน์ทางใบไม่ทำให้ปริมาณไอน์ไดน์ที่สะสมในผักคะน้ามีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) เมื่อคิดเป็นปริมาณไอน์ไดน์ที่สะสมโดยน้ำหนักแห้งและน้ำหนักสด (ตารางที่ 37)

5.3 ปริมาณไอน์ไดน์ที่สะสมในผักกาดเขียววางตั้ง

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณไอน์ไดน์สะสมในผักกาดเขียววางตั้งทั้งที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสนและชุดดินปากช่องของวิธีการใส่สารไอน์ไดน์ลงในดิน (การทดลองที่ 1) และวิธีการฉีดพ่นสารละลายไอน์ไดน์ทางใบ (การทดลองที่ 2) พบว่าการไม่ใส่สารไอน์ไดน์ลงในดินกับการไม่ฉีดพ่นสารละลายไอน์ไดน์ทางใบ และการใส่สารไอน์ไดน์ลงในดินที่ระดับความเข้มข้น 5 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม กับการฉีดพ่นสารละลายไอน์ไดน์ทางใบที่ระดับความเข้มข้น 5 มิลลิกรัมต่อลิตร ไม่ทำให้ปริมาณไอน์ไดน์ที่สะสมในผักกาดเขียววางตั้งมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) เมื่อคิดเป็นปริมาณไอน์ไดน์ที่สะสมโดยน้ำหนักแห้งและน้ำหนักสด (ตารางที่ 38)

ตารางที่ 37 เปรียบเทียบปริมาณไอโอดีนที่สะสมในผักคะน้าที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสนและชุดดินปากช่องของวิธีการใส่สารไอโอดีนลงในดิน (การทดลองที่ 1) และการฉีดพ่นสารละลายไอโอดีนทางใบ (การทดลองที่ 2) ในระดับความเข้มข้นต่างๆ

(หน่วย: มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โดยน้ำหนักแห้ง)

	ระดับความเข้มข้น ของไอโอดีน (ppm)	ปริมาณไอโอดีนที่สะสมในผักคะน้า		F-test
		การทดลองที่ 1	การทดลองที่ 2	
ชุดดินกำแพงแสน	0	12.07	11.32	ns
	5	77.48	16.74	**
ชุดดินปากช่อง	0	11.43	12.51	ns
	5	44.53	16.46	**

(หน่วย: มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โดยน้ำหนักสด)

	ระดับความเข้มข้น ของไอโอดีน (ppm)	ปริมาณไอโอดีนที่สะสมในผักคะน้า		F-test
		การทดลองที่ 1	การทดลองที่ 2	
ชุดดินกำแพงแสน	0	1.26	1.09	ns
	5	7.56	1.61	**
ชุดดินปากช่อง	0	1.05	0.99	ns
	5	3.71	1.54	**

หมายเหตุ

- การทดลองที่ 1 วิธีการใส่สารไอโอดีนลงในดิน
- การทดลองที่ 2 วิธีการฉีดพ่นสารละลายไอโอดีนทางใบ
- ns ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)
- ** แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

ตารางที่ 38 เปรียบเทียบปริมาณไอโอดีนที่สะสมในผักกาดเขียววางดั่งที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสน และชุดดินปากช่องของวิธีการใส่สารไอโอดีนลงในดิน (การทดลองที่ 1) และการฉีดพ่นสารละลายไอโอดีนทางใบ (การทดลองที่ 2) ในระดับความเข้มข้นต่างๆ

(หน่วย: มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โดยน้ำหนักแห้ง)

	ระดับความเข้มข้น ของไอโอดีน (ppm)	ปริมาณไอโอดีนที่สะสมใน ผักกาดเขียววางดั่ง		F-test
		การทดลองที่ 1	การทดลองที่ 2	
ชุดดินกำแพงแสน	0	25.71	22.46	ns
	5	55.45	66.05	ns
ชุดดินปากช่อง	0	40.78	42.25	ns
	5	75.78	67.47	ns

(หน่วย: มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โดยน้ำหนักสด)

	ระดับความเข้มข้น ของไอโอดีน (ppm)	ปริมาณไอโอดีนที่สะสมใน ผักกาดเขียววางดั่ง		F-test
		การทดลองที่ 1	การทดลองที่ 2	
ชุดดินกำแพงแสน	0	1.29	1.17	ns
	5	3.04	3.55	ns
ชุดดินปากช่อง	0	2.61	2.55	ns
	5	4.69	4.60	ns

หมายเหตุ

- การทดลองที่ 1 วิธีการใส่สารไอโอดีนลงในดิน
- การทดลองที่ 2 วิธีการฉีดพ่นสารละลายไอโอดีนทางใบ
- ns ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

วิจารณ์ผลการทดลอง

1. การใส่สารไอโอดีนลงในดินและการฉีดพ่นสารละลายไอโอดีนทางใบต่อการเจริญเติบโตของพืชผักทดลอง

การใส่สารไอโอดีนลงในดินที่ระดับความเข้มข้น 5 และ 10 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตทางด้านความสูงและน้ำหนักสดของผักบั้งจีนและผักกาดเขียวทางตั้ง เพราะปริมาณไอโอดีนที่ใส่ลงในดินยังไม่เป็นระดับที่เป็นพิษต่อการเจริญเติบโตของผักบั้งจีนและผักกาดเขียวทางตั้ง ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Dai *et al.* (2006) พบว่าความเข้มข้นของไอโอดีนที่ใส่เพิ่มลงในดิน (ความเข้มข้นของไอโอดีน 0, 0.5, 1.0 และ 2.0 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ไม่ทำให้น้ำหนักมวลชีวภาพสดของผักโขม (*Spinacia oleracea* L.) แตกต่างกัน และ Mackowiak and Grossl (1999) พบว่าความเข้มข้นของไอโอดีนที่ใช้ในรูปของไอโอเดตที่ระดับ 0.1 และ 1.0 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ไม่มีผลต่อน้ำหนักผลผลิตของข้าว

แต่ในการศึกษาครั้งนี้เมื่อใส่สารไอโอดีนลงในดินที่ระดับความเข้มข้น 5 และ 10 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ทำให้การเจริญเติบโตทางด้านความสูงและน้ำหนักสดของผักคะน้าลดลง เนื่องจากการใส่สารไอโอดีนลงในดินที่ระดับความเข้มข้นดังกล่าว อาจเป็นระดับที่เป็นพิษต่อผักคะน้า จึงส่งผลให้ความสูงและน้ำหนักสดของผักคะน้าลดลง Zhu *et al.* (2003) พบว่าความเข้มข้นของไอโอดีนในระดับที่มากกว่าหรือเท่ากับ 1.0 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จะมีผลต่อการเจริญเติบโตของผักโขมทำให้ผลผลิตลดลง Mackowiak and Grossl (1999) พบว่าความเข้มข้นของไอโอดีนที่ใช้ในรูปของไอโอไคด์ที่ระดับความเข้มข้น 1.0 และ 10.0 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม มีผลทำให้น้ำหนักผลผลิตของข้าวลดลง สุมาลี (2547) พบว่าการเพิ่มปริมาณไอโอดีนที่ใส่ลงในดินในรูปของโพแทสเซียมไอโอเดต (ปริมาณไอโอดีนที่ระดับความเข้มข้น 0, 5, 10, 15 และ 20 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ทำให้น้ำหนักสดของผักบั้งจีนลดลง โดยการใส่สารไอโอดีนลงในดินที่ระดับความเข้มข้น 20 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จะมีผลทำให้น้ำหนักสดของผักบั้งจีนมีค่าต่ำที่สุด ทั้งนี้ระดับของไอโอดีนที่เป็นพิษต่อพืชอาจเนื่องมาจากรูปของไอโอดีนในสารละลายดิน โดยปกติไอโอดีนในรูปของไอโอไคด์ (I_2) จะเป็นพิษต่อพืชมากกว่าไอโอเดต (IO_3^-) และพืชสามารถเปลี่ยนรูปของไอโอไคด์ไปเป็นโมเลกุลของไอโอดีน (I_2) ซึ่งจะไปยังยังกระบวนการสังเคราะห์แสง จึงทำให้การเจริญเติบโตหรือผลผลิตของพืชลดลง การใส่สารไอโอดีนลงในดินปลูกข้าวที่ปริมาณสูง พบอาการเป็นพิษของไอโอดีนโดยต้นข้าวจะมีสีน้ำตาลแดงและใบแห้ง เรียกอาการนี้ว่า reclamation akagare (Mackowiak and Grossl, 1999) และจากการศึกษารูปของไอโอดีนในดินของ Yuita (1992) พบว่าส่วนใหญ่รูปของไอโอดีนในดินนั้นน้ำจะอยู่ในรูป

ของไอโอไดด์ ถ้าในดินนํ้ายังมีปริมาณไอโอดีนสูงจะทำให้มีปริมาณไอโอไดด์สูงขึ้นด้วยจึงทำให้เป็นพิษต่อข้าวได้

การฉีดพ่นสารละลายไอโอดีนทางใบที่ระดับความเข้มข้น 0.5 และ 5 มิลลิกรัมต่อลิตร ไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตทางด้านความสูงและน้ำหนักสดของผักบุ้งจีน ผักคะน้า และผักกาดเขียวทางดั่งเนื่องจากความเข้มข้นของสารละลายไอโอดีนที่ฉีดพ่นทางใบพืชยังไม่เป็นระดับที่เป็นพิษต่อพืช จึงทำให้การเจริญเติบโตของพืชผักทดลองเป็นปกติ ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Pruenglampoo *et al.* (2000) โดยพบว่าวิธีการเพิ่มไอโอดีนในเมล็ดข้าวด้วยวิธีการปลูกข้าวและฉีดพ่นสารละลายไอโอดีนทางใบข้าวโดยใช้โพแทสเซียมไอโอไดด์ปริมาณ 0.05 กรัมละลายในน้ำ 100 มิลลิลิตร (เข้มข้น 0.05 g %) พบว่าการฉีดพ่นสารละลายไอโอดีนทางใบไม่ทำให้การเจริญเติบโตของข้าวลดลง

2. ผลของการใส่สารไอโอดีนลงในดินและการฉีดพ่นสารละลายไอโอดีนทางใบต่อปริมาณไอโอดีนที่สะสมในพืชผักทดลอง

การเพิ่มความเข้มข้นของสารไอโอดีนที่ใส่ลงในดินและสารละลายไอโอดีนที่ฉีดพ่นทางใบมากขึ้น จะมีผลทำให้ปริมาณไอโอดีนสะสมในพืชผักเพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ สุมาลี (2547); ทิมทอง (2548) Jopke *et al.* (1996); Mackowiak and Grossl (1999); Zhu *et al.* (2003); Dai *et al.* (2006) และ Pruenglampoo *et al.* (2000) พบว่าการใส่สารไอโอดีนลงในดินและการฉีดพ่นสารละลายไอโอดีนทางใบพืช เมื่อเพิ่มปริมาณไอโอดีนที่ใส่ลงในดินและการเพิ่มความเข้มข้นของสารละลายไอโอดีนที่ฉีดพ่นทางใบมากขึ้น ทำให้ปริมาณไอโอดีนที่สะสมในพืชเพิ่มมากขึ้นด้วย

การใส่สารไอโอดีนลงในดินทำให้ปริมาณไอโอดีนสะสมในผักบุ้งจีนมากที่สุด รองลงมาคือ ผักคะน้า และผักกาดเขียวทางดั่งตามลำดับ เมื่อคิดเป็นปริมาณไอโอดีนที่สะสมโดยน้ำหนักแห้งและน้ำหนักสด ทั้งพืชผักที่ปลูกในตัวอย่างดินทดลองของชุดดินกำแพงแสนและชุดดินปากช่อง สอดคล้องกับการศึกษาของทิมทอง (2548) พบว่าปริมาณไอโอดีนที่ให้แก่พืชต่อปริมาณไอโอดีนที่สะสมในพืชที่มีสารยับยั้งไทรอยด์ฮอร์โมน (คะน้า) และพืชปกติ (ผักบุ้งจีน) ปริมาณไอโอดีนที่สะสมในพืชปกติมีปริมาณมากกว่าพืชที่มีสารยับยั้งไทรอยด์ฮอร์โมน สิริพันธุ์ (2541) อธิบายสาเหตุของการขาดสารไอโอดีนในพืชตระกูลกะหล่ำ (Cruciferae) ซึ่งในการทดลองครั้งนี้ คือ ผักคะน้าและผักกาดเขียวทางดั่ง ที่มีสาร goitrogenic compound (สารก่อคอพอก) ทำให้พืชที่มีสารยับยั้งไทรอยด์ฮอร์โมนมีปริมาณไอโอดีนสะสมน้อยกว่าในพืชปกติ สำหรับปริมาณไอโอดีนที่สะสมในผักบุ้งจีนและผักคะน้าที่ปลูกในตัวอย่างดินทดลองของชุดดินกำแพงแสนมีค่ามากกว่าที่ปลูกในชุดดิน

ปากช่อง เนื่องจากสมบัติของดินที่แตกต่างกัน ได้แก่ ชนิดของแร่ดินเหนียว ความจุในการแลกเปลี่ยนแคตไอออน เป็นต้น ดังนั้นทำให้ปริมาณไอโอดีนที่สะสมในผักบุงจีนและผักคะน้าที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสนมีค่ามากกว่าที่ปลูกในชุดดินปากช่อง โดย Mackowiak and Grossl (1999) และ Johanson (2000) อธิบายว่าการดูดซับ (uptake) ไอโอดีนของพืชขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ ได้แก่ พันธุกรรม ชนิดของพืช และปัจจัยทางด้านสิ่งแวดล้อมต่างๆ และยังขึ้นกับปริมาณและรูปของไอโอดีนที่บริเวณรากพืช

การฉีดพ่นสารละลายไอโอดีนทางใบทำให้ปริมาณไอโอดีนสะสม (ปริมาณไอโอดีนที่สะสมโดยน้ำหนักแห้ง) ในผักกาดเขียวกวาดสูงมากที่สุด รองลงมาคือ ผักบุงจีน และผักคะน้าตามลำดับ ทั้งพืชผักที่ปลูกในตัวอย่างดินทดลองของชุดดินกำแพงแสนและชุดดินปากช่อง ปริมาณไอโอดีนที่สะสมในพืชผักแต่ละชนิดมีความแตกต่างกัน เนื่องมาจากความแตกต่างของช่วงการเจริญเติบโตของพืชผักในการฉีดพ่นสารละลายไอโอดีนทางใบ พื้นที่ใบ และความหนาของไขเคลือบผิวใบ (cuticle) ของพืชผักแต่ละชนิด ปริมาณไอโอดีนที่สะสมในผักคะน้ามีปริมาณน้อยที่สุด เนื่องจากในใบผักคะน้ามีไขเคลือบผิวใบและผิวเคลือบคิวทินหนามากกว่าในผักบุงจีนและผักกาดเขียวกวาดสูง ส่วนในผักกาดเขียวกวาดสูงมีพื้นที่ใบมากกว่าผักบุงจีน จึงทำให้ปริมาณไอโอดีนที่สะสมในผักกาดเขียวกวาดสูงมากที่สุด Mackowiak and Grossl (1999) และ Johanson (2000) อธิบายว่าไอโอดีนสามารถเคลื่อนที่จากบรรยากาศโดยตรงสู่ใบและผ่านเข้าสู่พืชทางปากใบ และการดูดซับไอโอดีนทางใบจะเกิดขึ้นมากในเวลาที่ปากใบเปิด โดยไอโอดีนจะเคลื่อนที่ผ่านทางท่อลำเลียงน้ำในพืช (xylem) และมีเพียงส่วนน้อยเท่านั้นที่สามารถเคลื่อนที่ได้ในท่อลำเลียงอาหาร (phloem)

สำหรับปริมาณไอโอดีนที่สะสมในพืชผักสด (ไม่ผ่านกระบวนการนึ่ง) และพืชที่ผักนึ่งสุกไม่มีความแตกต่างกัน เนื่องจากความร้อนของไอน้ำจากกระบวนการนึ่งไม่ทำให้ไอโอดีนที่อยู่ในองค์ประกอบของพืชสูญเสียไปได้ ดังนั้นปริมาณไอโอดีนที่สะสมในพืชผักสดและพืชผักนึ่งสุกจึงมีปริมาณไอโอดีนที่สะสมไม่แตกต่างกัน

3. ปริมาณไอโอดีนที่สะสมในพืชผักทดลองต่อความต้องการไอโอดีนของร่างกายมนุษย์

การเพิ่มปริมาณไอโอดีนที่ใส่ลงในดินและการเพิ่มความเข้มข้นของสารละลายไอโอดีนที่ฉีดพ่นทางใบมากขึ้น ทำให้ปริมาณไอโอดีนที่สะสมในพืชผักทดลอง (ผักบั้งจีน ผักคะน้า และ ผักกาดเขียวกวาดตุง) เพิ่มขึ้นด้วย ทั้งพืชผักที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสนและชุดดินปากช่อง

การใส่สารไอโอดีนลงในดินที่ระดับความเข้มข้น 0, 5 และ 10 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ทำให้ปริมาณไอโอดีนสะสมในพืชผักทดลอง (ปริมาณไอโอดีนที่สะสมโดยน้ำหนักสด) ทั้งที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสนและชุดดินปากช่อง โดยปริมาณไอโอดีนสะสมในผักบั้งจีนอยู่ในช่วง 100-197, 700-4,446 และ 2,460-12,598 ไมโครกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสดตามลำดับ (ตารางที่ 9) ปริมาณไอโอดีนสะสมในผักคะน้าอยู่ในช่วง 104-126, 370-755 และ 893-3,450 ไมโครกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสดตามลำดับ (ตารางที่ 12) ปริมาณไอโอดีนสะสมในผักกาดเขียวกวาดตุงอยู่ในช่วง 128-261, 304-469 และ 506-604 ไมโครกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสดตามลำดับ (ตารางที่ 15)

การฉีดพ่นสารละลายไอโอดีนทางใบที่ระดับความเข้มข้น 0, 0.5 และ 5.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้ปริมาณไอโอดีนสะสมในพืชผักทดลอง (ปริมาณไอโอดีนที่สะสมโดยน้ำหนักสด) ทั้งที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสนและชุดดินปากช่อง โดยปริมาณไอโอดีนสะสมในผักบั้งจีนอยู่ในช่วง 113-156, 201-243 และ 499-526 ไมโครกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสดตามลำดับ (ตารางที่ 21) ปริมาณไอโอดีนสะสมในผักคะน้าอยู่ในช่วง 99-109, 130-133 และ 153-161 ไมโครกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสดตามลำดับ (ตารางที่ 24) ปริมาณไอโอดีนสะสมในผักกาดเขียวกวาดตุงอยู่ในช่วง 117-255, 222-443 และ 354-460 ไมโครกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสดตามลำดับ (ตารางที่ 27)

จะเห็นว่าการเพิ่มระดับความเข้มข้นของสารไอโอดีนที่ใส่ลงในดินและสารละลายไอโอดีนที่ฉีดพ่นทางใบเพิ่มมากขึ้นทำให้ปริมาณสะสมในพืชผักทดลองทั้ง 3 ชนิดเพิ่มมากขึ้นด้วยและมีปริมาณไอโอดีนเพียงพอต่อความต้องการของร่างกายมนุษย์ในแต่ละวัน

จากข้อกำหนดสารอาหารที่ควรได้รับประจำวันสำหรับคนไทย (Thailand Recommended Daily Dietary Allowance; RDA) ได้กำหนดปริมาณสารไอโอดีนที่ร่างกายควรได้รับใน 1 วันสำหรับผู้ใหญ่ควรได้รับในปริมาณ 150 ไมโครกรัม (สิริพันธุ์, 2541; กองโภชนาการ, 2536) ดังนั้นเมื่อคิดปริมาณไอโอดีนที่สะสมในพืชผักทดลอง (ปริมาณไอโอดีนที่สะสมโดยน้ำหนักสด) ในพืชผักที่มีการเสริมไอโอดีนลงในดินที่ระดับความเข้มข้น 5 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ผู้บริโภคจะบริโภคผักบั้งจีน

ผักคะน้า และผักกาดเขียวทางตั้ง ปริมาณ 3.37-21.42, 19.86-40.54 และ 31.98-49.34 กรัมตามลำดับ การเสริมไอโอดีนลงในดินที่ระดับความเข้มข้น 10 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จะบริโภคน้ำผักบ่งจิ้น, ผักคะน้า และผักกาดเขียวทางตั้ง ปริมาณ 1.20-6.10, 4.35-16.80 และ 24.83-29.64 กรัมตามลำดับ และในพืชผักที่เสริมไอโอดีนโดยการฉีดพ่นสารละลายไอโอดีนทางใบที่ระดับความเข้มข้น 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร จะบริโภคน้ำผักบ่งจิ้น ผักคะน้า และผักกาดเขียวทางตั้ง ปริมาณ 61.73-74.63, 112.78-115.38 และ 33.86-67.57 กรัมตามลำดับ การฉีดพ่นสารละลายไอโอดีนทางใบที่ระดับความเข้มข้น 5.0 มิลลิกรัมต่อลิตร จะบริโภคน้ำผักบ่งจิ้น ผักคะน้า และผักกาดเขียวทางตั้ง ปริมาณ 28.52-30.06, 93.17-98.04 และ 32.61-42.37 กรัมตามลำดับ ซึ่ง จะเห็นว่าเมื่อบริโภคพืชที่มีการเสริมไอโอดีนในปริมาณการบริโภคตามปกติของแต่ละวันก็ยังสามารถทำให้ผู้บริโภคได้รับปริมาณไอโอดีนที่เพียงพอต่อความต้องการของร่างกายได้ (ปริมาณสารไอโอดีน 150 ไมโครกรัมต่อวัน) และจากการศึกษาปริมาณไอโอดีนที่สะสมในพืชผักสด (ไม่ผ่านกระบวนการนึ่ง) และพืชผักนึ่งสุกมีปริมาณไอโอดีนที่สะสมไม่แตกต่างกัน แสดงให้เห็นว่าการประกอบอาหารจำพวกพืชผักโดยการนึ่งด้วยไอน้ำหรือความร้อนไม่ทำให้ไอโอดีนที่อยู่ในองค์ประกอบของพืชสูญเสียไปได้ ทำให้ผู้บริโภคสามารถเลือกบริโภคอาหารได้ทั้งแบบผักสดหรือผักที่นึ่งสุกแล้ว จึงเป็นแนวทางในการป้องกันและแก้ไขปัญหาโรคขาดสารไอโอดีนที่เหมาะสมกับวิถีการดำรงชีวิตอย่างปกติทั่วไปได้

4. วิธีการและปริมาณไอโอดีนที่เหมาะสมในการเพิ่มปริมาณไอโอดีนสะสมในพืชผัก

วิธีการเพิ่มปริมาณไอโอดีนในพืชผักโดยการใส่สารไอโอดีนลงในดินที่ระดับความเข้มข้น 5 และ 10 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และการฉีดพ่นสารละลายไอโอดีนทางใบที่ระดับความเข้มข้น 0.5 และ 5 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้ปริมาณไอโอดีนที่สะสมในพืชผักเพิ่มมากขึ้น การใส่สารไอโอดีนลงในดินทำให้ปริมาณไอโอดีนที่สะสมในผักบ่งจิ้นและผักคะน้ามีปริมาณมากกว่าการฉีดพ่นสารละลายไอโอดีนทางใบ โดยการใส่สารไอโอดีนลงในตัวอย่างดินของชุดดินกำแพงแสน ทำให้ปริมาณไอโอดีนสะสมในผักบ่งจิ้นและผักคะน้ามากกว่าที่ปลูกในชุดดินปากช่อง และปริมาณไอโอดีนที่สะสมในผักบ่งจิ้นซึ่งเป็นพืชผักกลุ่มปกติมีปริมาณไอโอดีนสะสมมากกว่าผักคะน้าและผักกาดเขียวทางตั้งซึ่งเป็นพืชผักที่มีสารยับยั้งไทรอยด์ฮอร์โมน การเพิ่มปริมาณไอโอดีนทั้งสองวิธีการไม่ทำให้ปริมาณไอโอดีนสะสมในผักกาดเขียวทางตั้งมีความแตกต่างกันทั้งที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสนและชุดดินปากช่อง

การเพิ่มปริมาณไอโอดีนในพืชผักทั้งสองวิธีการทำให้ปริมาณไอโอดีนที่สะสมในพืชผักเพิ่มมากขึ้น โดยวิธีการที่ทำให้ปริมาณไอโอดีนที่สะสมในพืชผักมากที่สุดคือ การใส่สารไอโอดีนลงในดิน และปลูกพืชผักในกลุ่มปกติคือ ผักบ่งจิ้น แต่วิธีการฉีดพ่นสารละลายไอโอดีนทางใบพืชมีความ

เหมาะสมและสามารถเป็นแนวทางในการปฏิบัติเพื่อเพิ่มปริมาณไอโอดีนในพืชผัก เนื่องจากเป็นวิธีการที่มีขั้นตอนในการปฏิบัติที่ไม่ยุ่งยาก สะดวก รวดเร็ว และวิธีการฉีดพ่นสารละลายไอโอดีนทางใบไม่มีผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของพืชผัก รวมทั้งทำให้ปริมาณไอโอดีนที่สะสมในพืชผักเพิ่มมากขึ้น และมีปริมาณไอโอดีนเพียงพอตามความต้องการของร่างกายมนุษย์ในแต่ละวัน

สรุปผลการทดลอง

1. การใส่สารไอโอดีนลงในดินในทุกระดับความเข้มข้นของไอโอดีนของการศึกษาครั้งนี้ (5 และ 10 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตทางด้านความสูงและน้ำหนักสดของผักบุ้งจีนและผักกาดเขียวแกวตั้ง แต่มีผลต่อความสูงและน้ำหนักสดของผักคะน้า โดยการใส่สารไอโอดีนลงในดินในปริมาณความเข้มข้นระดับสูง (10 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ทำให้ความสูงและน้ำหนักสดของผักคะน้าลดลง ส่วนวิธีการฉีดพ่นสารละลายไอโอดีนทางใบในทุกระดับความเข้มข้นของสารละลายไอโอดีนในการศึกษาครั้งนี้ (0.5 และ 5.0 มิลลิกรัมต่อลิตร) ไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตทางด้านความสูงและน้ำหนักสดของผักบุ้งจีน ผักคะน้า และผักกาดเขียวแกวตั้ง
2. การเพิ่มความเข้มข้นของสารไอโอดีนที่ใส่ลงในดินและความเข้มข้นของสารละลายไอโอดีนที่ฉีดพ่นทางใบมากขึ้น ทำให้ปริมาณไอโอดีนที่สะสมในผักบุ้งจีน ผักคะน้า และผักกาดเขียวแกวตั้งเพิ่มมากขึ้นด้วย
3. การประกอบอาหารจำพวกพืชผักโดยการนึ่งด้วยไอน้ำหรือความร้อนไม่ทำให้ไอโอดีนที่อยู่ในองค์ประกอบของพืชสูญเสีย
4. วิธีการเพิ่มปริมาณไอโอดีนในพืชผักโดยการใส่สารไอโอดีนลงในดินทำให้ปริมาณไอโอดีนสะสมในผักบุ้งจีนและผักคะน้ามากกว่าวิธีการฉีดพ่นสารละลายไอโอดีนทางใบ แต่ปริมาณไอโอดีนที่สะสมในผักกาดเขียวแกวตั้งของวิธีการเพิ่มปริมาณไอโอดีนทั้งสองวิธีการไม่มีความแตกต่างกัน
5. การเพิ่มปริมาณไอโอดีนทั้งสองวิธีการทำให้ปริมาณไอโอดีนที่สะสมในพืชผักเพิ่มมากขึ้น โดยวิธีการที่ทำให้ปริมาณไอโอดีนที่สะสมในพืชผักมากที่สุดคือ การใส่สารไอโอดีนลงในดิน และปลูกพืชผักในกลุ่มปกติคือ ผักบุ้งจีน

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กรมพัฒนาที่ดิน. 2547. คู่มือการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน น้ำ ปุ๋ย ปิษ วัสดุปรับปรุงดิน และการวิเคราะห์ เพื่อตรวจรับรองมาตรฐานสินค้า เล่มที่ 2. สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน, กรุงเทพฯ.

กรมวิชาการเกษตร. 2548. คำแนะนำการใช้ปุ๋ยกับพืชเศรษฐกิจ. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

กองโภชนาการ. 2536. แนวทางการควบคุมและป้องกันโรคขาดสารไอโอดีน. กองโภชนาการ กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข, กรุงเทพฯ. 54 น.

กองโภชนาการ. 2539. รายงานภาวะการขาดสารไอโอดีนปี 2539. กองโภชนาการ กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข, กรุงเทพฯ. 52 น.

จิรพัฒน์ วงศ์พัฒน์, กฤษณา ศรีสรรพกิจ และศศิพร คุณาพงษ์กิติ. 2546. การศึกษาปริมาณไอโอดีน ในถั่วอาหารสัตว์ในประเทศไทย, น. 243-254. ใน รายงานผลงานประจำปี 2546 กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ

ฉัตรชัย เจนการวิช. 2542. การศึกษาผลของไอโอดีนที่ระดับต่างๆในอาหารไก่ไข่ต่อปริมาณไอโอดีน ในฟองไข่และสมรรถภาพการผลิตของไก่ไข่. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน.

ชัยวัฒน์ เจนวาณิชย์. 2525. สารานุกรมธาตุ. โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ. 689 น.

ชัยวัฒน์ วามวรรธน์ และสมศักดิ์ กระจายกลิ่น. 2542. ภาวะการเลี้ยงทางสุขภาพและสวัสดิภาพของ บุคคลวัยต่างๆ น. 106. ใน สุขชาติ โสมประยูร, บรรณาธิการ. สุขภาพเพื่อชีวิต. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ทัศนีย์ อัดตะนันท์ และจรงค์ จันทร์เจริญสุข. 2542. แบบฝึกหัดและคู่มือปฏิบัติการ: การวิเคราะห์ดินและพืช. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ทิมทอง ครุณสนธยา. 2548. การศึกษาปริมาณไอโอดีนที่ให้แก่พืชต่อปริมาณไอโอดีนที่สะสมในพืชที่มีสารยับยั้งไทรอยด์ฮอร์โมนและพืชปกติ. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน.

นทีทิพย์ กฤษณามระ. 2538. ฮอร์โมนกลไกและการออกฤทธิ์ร่วม. ภาควิชาสรีรวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล, กรุงเทพฯ. 321 น.

บัณฑิต ดันศิริ และคำณ ไพโรฟก. 2539. คู่มือการประเมินคุณภาพที่ดินสำหรับพืชเศรษฐกิจ. เอกสารทางวิชาการฉบับที่ 2/2539 กองวางแผนการใช้ที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ. 62 น.

ปราณีต ผ่องแผ้ว. 2539. โภชนศาสตร์ชุมชน: ในสังคมที่มีการเปลี่ยนแปลงภาวะเศรษฐกิจอย่างรวดเร็ว. ลิฟวิ่ง ทรานส์มีเดีย, กรุงเทพฯ. 490 น.

ภักดี โพธิศิริ. 2545. สภาพปัญหาการขาดสารไอโอดีนของคนไทยและการแก้ไขโดยใช้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. ว. การส่งเสริมสุขภาพและอนามัยสิ่งแวดล้อม 25(2): 46-53.

ลือชา วรรัตน์. 2537. การผลิตและกระจายเกลือเสริมไอโอดีนในระดับชุมชนและอุตสาหกรรมครัวเรือน. กองโภชนาการ กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข, กรุงเทพฯ. 12 น.

สิริพันธุ์ จุลกรังคะ. 2541. โภชนศาสตร์เบื้องต้น. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 282 น.

สุมาลี พบบ่อเงิน. 2547. การศึกษาปริมาณไอโอดีนที่ใส่ในดินในรูปของโพแทสเซียมไอโอเดต (KIO_3) ต่อปริมาณไอโอดีนที่สะสมในผักบุ้งจีน. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน.

อุดมเกียรติ พรรณประเทศ. 2539. สารไอโอดีน. ว. กรมวิทย. พ. 38(1) : 59-68.

Allan, G.G., A.W. Luxton and B.R. Bhavnani. 1986. Endocrine disorder, pp. 304-318. *In* G.G. Allan (ed.). **Applied Biochemistry of Clinical Disorder**. 2nd ed., Lippincott Company, East Washington Square. Philadelphia, Pennsylvania.

Cassel, D.K. and D.R.Nielsen. 1982. Field capacity and available water capacity, pp. 901-926. *In* A. Klute (ed.). **Method of Soil Analysis Part 1- Physical and Mineralogical Method**. 2nd ed., Madison Wisconsin.

Dai, J.L., Y.G. Zhu, Y.Z.Huang, M. Zhang and J.L. Song. 2006. Availability of iodate to spinach (*Spinacia oleracea* L.) in relation to total iodine in soil solution. **Plant Soil** 289: 301-308.

Gardner, W.H. 1986. Water content, pp. 493-544. *In* A. Klute (ed.). **Method of Soil Analysis Part 1- Physical and Mineralogical Method**. 2nd ed., Madison Wisconsin.

Garrett, A. 1980. Essential Micronutrients II : Iodine and Selenium, pp. 199-215 *In* B. E. Davies (ed.). **Applied Soil Trace Element**. John Wiley & Sons Ltd.

Garry, P.J, D. Wayne Lashley and G.M. Owen. 1993. Automated measurement of urinary iodine. **Clin Chem** 19: 950-953.

Gee, G.W. and J.W. Bauder. 1986. Particle-size analysis, pp. 383-411. *In* A. Klute (ed.). **Method of Soil Analysis Part 1- Physical and Mineralogical Method**. 2nd ed., Madison. Wisconsin , United States of America.

Hetzel, B.S. and G.F. Maberly. 1986. Iodine, pp. 139-208. *In* W. Mertz (ed.). **Trace Element in Human and Animal Nutrition**. 5 th ed., Academic Press Inc. London.

- Johanson, K.J. 2000. **Iodine in Soil**. Department of Forest Mycology and Pathology. The Swedish University of Agricultural science, Uppsala.
- Jopke, P., M. Bahadir, J. Fleckenstein and E. Schnug. 1996. Iodine determination in plant material. **Soil Sci. Plant Anal** 27: 741-751.
- Mackowiak, CL. and P.R. Grossl. 1999. Iodate and iodine effect on iodine uptake and partitioning in rice (*Oryza sativa* L.) grown in solution culture. **Plant and Soil** 212: 135-143.
- National Soil Survey Center. 1996. **Soil Survey Laboratory Method Manual**. Soil Survey Investigation. Report No. 42, Version 3.0 National Resources Conservation Service, United States Department of Agriculture.
- Pruenglampoo, S., P. Leelapat, T. Kamrin, A. Silprasert, S. Limpisara and S. Jongkaewwattana. 2000. Study of method for increasing iodine level in rice grain by planting. *In* **The 18th Annual Health Science Meeting**. Research Institute for Health Sciences. Chiang Mai University, Thailand.
- Shinonaga, T., M.H. Gerzabek, F. Strebl and Y. Muramatsu. 2001. Transfer of iodine from soil to cereal grains in areas of Austria. **The Science of the Total Environment** 267: 33-40.
- Soil Survey Staff. 1998. **Key to Soil Taxonomy, 8th ed** Natural Resources Conservation Service. United States Department of Agriculture.
- Yuita, K. 1992. Dynamic of iodine, bromine and chlorine in soil. II. Chemical forms of iodine in soil solution. **Soil Sci. Plant Nutr** 38: 281-287.
- Zhu, Y.G., Y.Z. Huang, Y. Hu and Y.X. Liu. 2003. Iodine uptake by spinach (*Spinacia oleracea* L.) plants grown in solution culture: effects of iodine species and solution concentrations. **Environment International** 29: 33-37.

ภาคผนวก

ตารางผนวกที่ 1 ความสูงเฉลี่ยของผักบุ้งจีนที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสน (Ks) และชุดดินปากช่อง (Pc) เมื่ออายุต่างๆ ของวิธีการใส่สารไอโอดีนลงในดิน (การทดลองที่ 1) และการฉีดพ่นสารละลายไอโอดีนทางใบ (การทดลองที่ 2)

(หน่วย: เซนติเมตร)

การทดลอง ที่	ชุดดิน	การ ทดลอง	ความสูงของผักบุ้งจีน							
			10 วัน	13 วัน	16 วัน	19 วัน	22 วัน	25 วัน	28 วัน	30 วัน
1	Ks	1	1.96	5.02	7.12	10.55	13.89	17.03	21.30	24.86
		2	1.82	4.42	6.25	9.90	14.08	16.70	21.55	24.18
		3	1.76	4.68	6.32	10.04	13.61	16.15	20.89	23.85
	Pc	1	0.70	3.88	5.40	8.62	11.93	14.13	18.60	21.93
		2	0.65	4.07	5.88	8.92	12.10	14.00	19.62	22.48
		3	0.65	3.94	5.51	9.03	12.50	14.65	19.83	22.40
2	Ks	1	2.88	5.42	6.73	10.21	14.29	17.91	21.07	23.21
		2	2.77	5.69	7.38	9.98	13.91	17.83	20.87	22.94
		3	3.07	6.07	7.53	10.55	14.69	18.47	20.85	22.97
	Pc	1	1.78	3.95	5.57	8.90	13.25	15.13	18.07	20.49
		2	1.78	3.75	5.68	9.75	12.79	15.05	18.41	20.49
		3	1.91	4.52	5.80	10.03	14.20	16.18	19.65	21.78

หมายเหตุ

- การทดลองที่ 1 ใส่สารไอโอดีนลงในดินที่ระดับความเข้มข้น 0, 5 และ 10 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ในตำรับการทดลองที่ 1, 2 และ 3 ตามลำดับ
- การทดลองที่ 2 ฉีดพ่นสารละลายไอโอดีนทางใบในระดับความเข้มข้น 0, 0.5 และ 5 มิลลิกรัมต่อลิตร ในตำรับการทดลองที่ 1, 2 และ 3 ตามลำดับ

ตารางผนวกที่ 2 ความสูงเฉลี่ยของผักกระฉ่ำที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสน (Ks) และชุดดินปากช่อง (Pc) เมื่ออายุต่างๆ ของวิธีการใส่สารไอโอดีนลงในดิน (การทดลองที่ 1) และการฉีดพ่นสารละลายไอโอดีนทางใบ (การทดลองที่ 2)

(หน่วย: เซนติเมตร)

การทดลองที่	ชุดดิน	การทดลอง	ความสูงของผักกระฉ่ำ						
			20 วัน	25 วัน	30 วัน	35 วัน	40 วัน	45 วัน	50 วัน
1	Ks	1	7.82	10.23	12.70	16.32	21.42	29.23	32.53
		2	7.48	10.49	12.06	15.71	20.89	28.56	32.40
		3	7.43	10.16	11.95	15.83	20.88	28.54	32.62
	Pc	1	5.98	9.33	15.09	22.11	30.11	34.84	39.07
		2	6.08	9.38	15.20	21.27	29.15	34.13	37.35
		3	5.93	9.00	13.78	20.78	28.47	33.23	37.01
2	Ks	1	7.82	10.23	12.70	16.32	21.42	29.23	32.53
		2	7.48	10.49	12.06	15.71	20.89	28.56	32.40
		3	7.43	10.16	11.95	15.83	20.88	28.54	32.62
	Pc	1	6.93	10.95	15.88	21.03	27.73	34.28	39.28
		2	6.38	10.30	15.63	20.64	27.51	34.13	39.17
		3	6.37	9.97	15.41	20.48	28.23	33.83	39.20

หมายเหตุ

- การทดลองที่ 1 ใส่สารไอโอดีนลงในดินที่ระดับความเข้มข้น 0, 5 และ 10 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ในตำรับการทดลองที่ 1, 2 และ 3 ตามลำดับ
- การทดลองที่ 2 ฉีดพ่นสารละลายไอโอดีนทางใบในระดับความเข้มข้น 0, 0.5 และ 5 มิลลิกรัมต่อลิตร ในตำรับการทดลองที่ 1, 2 และ 3 ตามลำดับ

ตารางผนวกที่ 3 ความสูงเฉลี่ยของผักกาดเขียวแกวตั้งที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสน (Ks) และชุดดินปากช่อง (Pc) เมื่ออายุต่างๆ ของวิธีการใส่สารไอโอดีนลงในดิน (การทดลองที่ 1) และการฉีดพ่นสารละลายไอโอดีนทางใบ (การทดลองที่ 2)

(หน่วย: เซนติเมตร)

การทดลองที่	ชุดดิน	การทดลอง	ความสูงของผักกาดเขียวแกวตั้ง						
			16 วัน	20 วัน	24 วัน	28 วัน	32 วัน	36 วัน	40 วัน
1	Ks	1	7.14	8.03	10.98	17.88	24.58	31.04	38.94
		2	7.26	8.98	11.96	16.99	24.28	28.60	36.84
		3	6.68	7.76	10.28	16.58	23.52	28.81	37.13
	Pc	1	9.74	12.26	17.23	23.74	32.11	36.74	38.73
		2	10.05	12.70	17.82	23.56	32.49	36.70	38.23
		3	9.28	11.84	16.08	23.19	30.60	36.95	38.69
2	Ks	1	7.07	11.81	16.04	19.00	22.72	26.76	34.26
		2	7.08	11.94	16.03	19.10	23.53	27.23	34.78
		3	6.84	11.42	14.32	18.82	22.13	26.40	34.68
	Pc	1	7.07	11.81	16.04	19.00	22.72	26.76	34.26
		2	7.08	11.94	16.03	19.10	23.53	27.23	34.78
		3	6.84	11.42	14.32	18.82	22.13	26.40	34.68

หมายเหตุ

- การทดลองที่ 1 ใส่สารไอโอดีนลงในดินที่ระดับความเข้มข้น 0, 5 และ 10 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ในตำรับการทดลองที่ 1, 2 และ 3 ตามลำดับ
- การทดลองที่ 2 ฉีดพ่นสารละลายไอโอดีนทางใบในระดับความเข้มข้น 0, 0.5 และ 5 มิลลิกรัมต่อลิตร ในตำรับการทดลองที่ 1, 2 และ 3 ตามลำดับ

ตารางผนวกที่ 4 ความสูงเฉลี่ยในวันเก็บเกี่ยวของพืชผักทดลองที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสน (Ks) และชุดดินปากช่อง (Pc) ของการใส่สารไอโอดีนที่ระดับความเข้มข้นต่างๆในดิน

(หน่วย: เซนติเมตร)

ชุดดิน	ความเข้มข้น ของไอโอดีนที่ ใส่ลงในดิน (ppm)	ซ้ำที่	ความสูงในวันเก็บเกี่ยวของพืชผักทดลอง		
			ผักบุ้งจีน	ผักคะน้า	ผักกาดเขียวทางช้าง
Ks	1	1	26.08	31.57	37.93
		2	24.00	29.00	39.77
		3	23.75	31.77	38.90
		4	25.60	33.57	39.17
	2	1	24.12	29.70	38.20
		2	24.33	31.73	37.33
		3	23.55	31.43	35.17
		4	24.72	31.80	36.67
	3	1	23.67	25.33	36.23
		2	22.80	27.63	38.00
		3	24.95	28.67	38.37
		4	24.00	28.57	35.90
Pc	1	1	20.33	39.33	38.90
		2	21.32	39.93	39.57
		3	24.05	38.00	37.77
		4	22.00	39.00	38.70
	2	1	21.83	38.30	37.57
		2	22.75	37.07	39.23
		3	22.92	36.83	37.70
		4	22.40	37.20	38.43
	3	1	22.30	38.17	37.30
		2	22.82	35.27	39.13
		3	22.92	37.93	38.57
		4	21.58	36.67	39.77

ตารางผนวกที่ 5 ความสูงเฉลี่ยในวันเก็บเกี่ยวของพืชผักทดลองที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสน (Ks) และชุดดินปากช่อง (Pc) ของการฉีดพ่นสารละลายไอโอดีนทางใบในระดับความเข้มข้นต่างๆ ตามช่วงระยะเวลาการเจริญเติบโตของพืชผักทดลองที่กำหนด

(หน่วย: เซนติเมตร)

ชุดดิน	ความเข้มข้น สารละลายไอโอดีน ที่ฉีดพ่นทางใบ (ppm)	ซ้ำที่	ความสูงในวันเก็บเกี่ยวของพืชผักทดลอง		
			ผักบุ้งจีน	ผักคะน้า	ผักกาดเขียวกวาวงตั้ง
Ks	0	1	23.93	32.40	34.93
		2	22.83	31.73	34.73
		3	22.73	33.63	32.77
		4	23.35	32.33	34.60
	0.5	1	21.53	34.97	35.20
		2	22.63	32.30	35.30
		3	24.88	31.33	34.63
		4	23.18	31.00	33.97
	5.0	1	21.45	33.73	33.40
		2	23.15	30.30	35.83
		3	25.17	33.40	34.93
		4	22.10	33.03	34.57
Pc	0	1	19.78	39.17	37.33
		2	20.67	39.17	33.83
		3	21.88	40.00	40.27
		4	19.63	38.80	37.77
	0.5	1	19.05	39.90	36.67
		2	19.87	38.40	36.33
		3	22.52	38.90	35.67
		4	20.52	39.47	36.13
	5.0	1	21.75	39.57	36.63
		2	21.92	40.13	38.73
		3	22.70	38.10	36.33
		4	20.75	39.00	37.70

ตารางผนวกที่ 6 น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของพืชผักทดลองที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสน (Ks) และชุดดินปากช่อง (Pc) ของการใส่สารไอโอดีนลงในดินที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ

(หน่วย: กรัม)

ชุดดิน	ความเข้มข้นของไอโอดีนที่ใส่ลงในดิน (ppm)	ซ้ำที่	ผักบุ้งจีน		ผักคะน้า		ผักกาดเขียวทางช้าง	
			น้ำหนักสด	น้ำหนักแห้ง	น้ำหนักสด	น้ำหนักแห้ง	น้ำหนักสด	น้ำหนักแห้ง
Ks	0	1	84.66	9.88	198.92	19.67	375.85	18.73
		2	79.52	9.96	190.27	17.04	374.80	16.00
		3	78.31	9.70	182.22	18.65	375.16	17.98
		4	76.77	8.98	198.37	17.05	381.58	18.92
	5	1	78.80	9.25	178.02	17.17	357.66	18.84
		2	75.07	8.83	188.54	17.54	384.05	19.84
		3	69.62	7.79	193.91	17.78	349.04	18.16
		4	80.64	8.78	175.61	17.68	350.95	18.04
	10	1	79.95	9.35	151.62	14.68	358.81	17.54
		2	82.66	9.99	155.32	15.34	370.89	17.62
		3	78.87	9.79	135.71	13.19	351.01	15.52
		4	78.13	9.48	131.20	15.20	345.19	16.87
Pc	0	1	66.27	7.54	287.61	26.34	364.63	23.29
		2	68.05	8.98	302.50	24.93	381.84	24.98
		3	58.73	6.35	286.87	23.99	377.10	22.64
		4	62.97	6.01	277.50	24.40	381.79	20.42
	5	1	57.23	7.05	275.21	20.46	381.56	25.51
		2	58.92	7.05	263.94	21.63	382.78	21.79
		3	61.42	7.29	265.69	21.81	364.27	23.84
		4	58.85	6.51	259.64	21.36	371.59	18.50
	10	1	65.20	7.34	248.67	22.45	367.27	22.93
		2	62.40	6.86	253.85	19.56	368.50	20.77
		3	56.69	6.72	260.74	20.07	386.15	25.01
		4	50.41	5.63	268.45	22.07	380.68	26.13

ตารางผนวกที่ 7 น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของพืชผักทดลองที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสน (Ks) และชุดดินปากช่อง (Pc) ของการฉีดพ่นสารละลายไอโอดีนทางใบในระดับความเข้มข้นต่างๆ ตามช่วงระยะเวลาการเจริญเติบโตของพืชผักทดลองที่กำหนด

(หน่วย: กรัม)

ชุดดิน	ความเข้มข้น		ผักบุ้งจีน		ผักคะน้า		ผักกาดเขียวทางช้าง	
	สารละลายไอโอดีนที่ฉีดพ่นทางใบ (ppm)	ซ้ำที่	น้ำหนักรสด		น้ำหนักรแห้ง		น้ำหนักรสด	
			สด	แห้ง	สด	แห้ง	สด	แห้ง
Ks	0	1	95.00	9.51	175.62	17.53	396.76	19.12
		2	80.01	7.91	180.26	15.89	374.56	17.61
		3	107.36	10.54	181.08	18.58	368.21	19.69
		4	94.26	9.76	179.92	18.04	372.82	18.88
	0.5	1	93.23	8.99	168.84	16.48	349.74	19.14
		2	99.82	9.77	163.68	16.34	377.31	20.10
		3	83.53	8.10	177.95	18.46	351.96	18.29
		4	101.07	9.96	172.25	16.83	363.69	20.01
	5.0	1	92.76	9.20	162.02	16.60	370.92	19.51
		2	94.73	9.69	172.52	14.87	357.13	18.10
		3	100.93	9.94	174.07	18.29	329.16	18.08
		4	103.44	10.08	177.16	15.22	344.69	17.20
Pc	0	1	77.60	7.28	289.05	19.15	366.69	20.74
		2	75.90	6.92	291.72	21.46	361.96	20.40
		3	89.65	9.11	280.23	22.01	356.60	21.92
		4	76.31	7.32	277.98	22.27	374.12	21.82
	0.5	1	86.58	8.04	278.54	21.08	371.30	24.05
		2	76.17	7.70	284.84	21.67	362.77	21.15
		3	89.03	8.02	279.15	22.55	373.94	26.30
		4	78.72	7.63	275.17	24.62	376.59	26.83
	5.0	1	91.80	8.14	279.75	21.94	372.47	25.39
		2	85.62	8.61	272.63	22.01	378.84	23.55
		3	94.39	8.96	275.45	21.64	376.35	25.12
		4	90.82	8.69	274.52	20.65	376.85	22.14

ตารางผนวกที่ 8 ปริมาณไอโอดีนสะสมโดยน้ำหนักมวลชีวภาพแห้งในพืชผักสดและผักนึ่งสุกที่ปลูก
ในชุดดินกำแพงแสน (Ks) และชุดดินปากช่อง (Pc) ของการใส่สารไอโอดีนที่ระดับ
ความเข้มข้นต่างๆลงในดิน

(หน่วย: มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โดยน้ำหนักแห้ง)

ชุด ดิน	ความเข้มข้น ของไอโอดีน ที่ใส่ลงในดิน (ppm)	ซ้ำ ที่	ปริมาณไอโอดีนที่สะสมในพืชผักทดลอง					
			ผักบุ้งจีน		ผักคะน้า		ผักกาดเขียวทางช้าง	
			ผักสด	ผักนึ่งสุก	ผักสด	ผักนึ่งสุก	ผักสด	ผักนึ่งสุก
Ks	0	1	15.30	18.79	12.51	12.55	24.63	30.98
		2	17.23	18.17	10.65	12.74	24.65	26.94
		3	14.95	15.47	13.97	12.34	24.48	29.81
		4	17.45	18.29	11.14	13.17	29.08	25.15
	5	1	396.85	426.85	77.41	79.25	49.58	47.59
		2	358.60	383.40	76.19	73.55	58.02	45.95
		3	385.28	348.85	77.48	73.62	62.52	58.20
		4	437.74	395.59	78.84	74.66	51.69	58.71
	10	1	1,077.98	959.47	332.54	325.04	68.43	99.84
		2	1,050.79	999.43	325.15	330.50	107.27	118.36
		3	1,055.08	1,057.78	321.02	325.43	92.94	98.56
		4	999.72	1,105.89	332.54	322.09	128.08	141.68
Pc	0	1	7.81	6.96	10.38	12.68	32.40	55.41
		2	12.46	7.65	10.55	9.85	48.62	59.33
		3	8.58	6.72	11.17	10.91	36.54	50.37
		4	10.18	8.46	13.63	10.15	45.56	35.97
	5	1	54.25	67.31	44.16	44.68	76.89	57.60
		2	62.28	66.98	42.71	46.34	68.92	55.00
		3	57.14	59.47	44.98	43.17	70.17	70.75
		4	68.04	57.63	46.27	43.90	87.15	81.95
	10	1	196.92	187.45	102.74	93.02	78.15	91.08
		2	239.54	185.61	99.68	95.09	97.36	91.62
		3	242.81	238.04	110.35	109.84	98.77	99.61
		4	206.14	230.79	100.63	95.79	91.35	103.57

ตารางผนวกที่ 9 ปริมาณไอโอดีนสะสมโดยน้ำหนักมวลชีวภาพสดในพืชผักสดและผักนึ่งสุกที่ปลูก
ในชุดดินกำแพงแสน (Ks) และชุดดินปากช่อง (Pc) ของการใส่สารไอโอดีนที่ระดับ
ความเข้มข้นต่างๆลงในดิน

(หน่วย: มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โดยน้ำหนักสด)

ชุด ดิน	ความเข้มข้น ของไอโอดีน ที่ใส่ลงในดิน (ppm)	ซ้ำ ที่	ปริมาณไอโอดีนที่สะสมในพืชผักทดลอง					
			ผักบุ้งจีน		ผักคะน้า		ผักกาดเขียวหวานตุ้ง	
			ผักสด	ผักนึ่งสุก	ผักสด	ผักนึ่งสุก	ผักสด	ผักนึ่งสุก
Ks	0	1	1.75	2.24	1.51	0.98	1.28	1.47
		2	2.16	2.27	1.01	1.07	1.12	1.07
		3	1.88	1.89	1.56	1.14	1.24	1.34
		4	2.10	2.08	0.96	1.13	1.50	1.19
	5	1	47.94	48.69	7.25	7.86	2.77	2.35
		2	44.13	43.10	7.48	6.48	3.28	2.15
		3	44.57	37.66	7.40	6.47	3.43	2.86
		4	41.24	48.87	8.10	7.36	2.68	2.99
	10	1	125.36	112.85	34.05	29.70	3.51	4.64
		2	126.83	120.87	32.73	32.04	5.44	5.24
		3	130.68	131.69	32.38	30.41	4.33	4.13
		4	121.08	134.40	38.81	37.05	6.96	6.16
Pc	0	1	0.88	0.85	1.11	0.98	2.22	3.28
		2	1.26	0.81	0.92	0.76	3.42	3.59
		3	0.89	0.75	0.97	0.88	2.32	2.85
		4	1.19	0.97	1.18	0.90	2.49	1.88
	5	1	6.45	8.59	3.38	3.23	5.21	3.80
		2	7.29	8.19	3.67	3.61	3.81	3.23
		3	6.99	6.86	3.96	3.28	5.03	4.19
		4	7.35	6.52	3.82	3.60	4.72	3.73
	10	1	20.79	22.38	9.49	8.20	5.31	5.20
		2	25.03	21.40	7.24	7.75	5.47	5.18
		3	30.23	26.83	9.60	7.34	6.88	5.97
		4	22.34	26.47	9.41	6.77	6.50	6.84

ตารางผนวกที่ 10 ปริมาณไอโอดีนสะสมโดยน้ำหนักมวลชีวภาพแห้งในพืชผักสดและผักนึ่งสุกที่ปลูกใน
ชุดดินกำแพงแสน (Ks) และชุดดินปากช่อง (Pc) ของการฉีดพ่นสารละลายไอโอดีนทางใบ
ในระดับความเข้มข้นต่างๆตามช่วงระยะเวลาการเจริญเติบโตของพืชผักทดลองที่กำหนด

(หน่วย: มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โดยน้ำหนักแห้ง)

ชุด ดิน	ความเข้มข้น		ปริมาณไอโอดีนที่สะสมในพืชผักทดลอง					
	สารละลาย ไอโอดีนที่ฉีด พ่นทางใบ (ppm)	ซ้ำ ที่	ผักบุ้งจีน		ผักคะน้า		ผักกาดเขียวทางช้าง	
			ผักสด	ผักนึ่งสุก	ผักสด	ผักนึ่งสุก	ผักสด	ผักนึ่งสุก
Ks	0	1	13.81	11.16	10.69	9.64	25.53	20.25
		2	14.81	16.05	12.34	10.48	26.77	19.26
		3	15.47	18.97	10.32	11.63	15.94	24.58
		4	15.33	15.05	11.92	11.17	21.61	20.77
	0.5	1	18.94	21.01	10.91	12.98	44.11	33.45
		2	23.40	27.25	11.98	13.05	45.37	34.29
		3	27.52	24.72	13.81	11.40	37.52	39.56
		4	25.76	20.38	14.70	10.28	43.35	43.71
	5.0	1	45.25	52.46	15.55	17.45	67.56	61.99
		2	47.43	50.79	17.96	18.19	65.73	70.77
		3	55.98	53.00	16.13	13.86	68.49	70.60
		4	48.71	61.38	17.31	13.81	62.40	64.29
Pc	0	1	11.34	8.69	11.92	11.67	43.05	42.27
		2	12.53	10.37	11.52	14.20	34.74	37.09
		3	10.78	10.79	14.24	12.41	45.03	37.40
		4	14.15	13.85	12.36	10.16	46.19	35.50
	0.5	1	21.66	24.32	15.52	17.25	52.90	47.56
		2	15.89	21.35	15.84	16.12	59.90	54.94
		3	24.51	21.48	16.26	14.08	69.60	55.83
		4	22.80	26.42	15.40	14.28	61.58	56.67
	5.0	1	46.97	51.13	18.51	16.74	77.36	62.19
		2	56.14	45.45	18.62	18.92	60.55	69.41
		3	67.01	55.06	17.86	18.49	65.31	68.09
		4	51.61	49.39	18.97	19.06	66.66	68.01

ตารางผนวกที่ 11 ปริมาณไอโอดีนสะสมโดยน้ำหนักมวลชีวภาพสดในพืชผักสดและผักนึ่งสุกที่ปลูกใน
ชุดดินกำแพงแสน (Ks) และชุดดินปากช่อง (Pc) ของการฉีดพ่นสารละลายไอโอดีนทางใบ
ในระดับความเข้มข้นต่างๆตามช่วงระยะเวลาการเจริญเติบโตของพืชผักทดลองที่กำหนด

(หน่วย: มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โดยน้ำหนักสด)

ชุด ดิน	ความเข้มข้น		ปริมาณไอโอดีนที่สะสมในพืชผักทดลอง					
	สารละลาย ไอโอดีนที่ฉีด พ่นทางใบ (ppm)	ซ้ำ ที่	ผักบุ้งจีน		ผักคะน้า		ผักกาดเขียวทางช้าง	
			ผักสด	ผักนึ่งสุก	ผักสด	ผักนึ่งสุก	ผักสด	ผักนึ่งสุก
Ks	0	1	1.45	1.06	1.04	0.99	1.32	0.91
		2	1.52	1.52	1.10	0.91	1.30	0.87
		3	1.60	1.76	1.05	1.20	0.90	1.24
		4	1.69	1.46	1.19	1.13	1.16	0.99
	0.5	1	1.87	1.97	1.08	1.25	2.34	1.89
		2	2.38	2.56	1.15	1.35	2.33	1.90
		3	2.79	2.29	1.43	1.19	1.83	2.18
		4	2.69	1.88	1.56	0.92	2.42	2.37
	5.0	1	4.56	5.12	1.67	1.70	3.81	3.03
		2	5.12	4.91	1.56	1.55	3.50	3.41
		3	5.38	5.34	1.73	1.43	3.78	3.85
		4	4.90	5.79	1.49	1.18	3.10	3.22
Pc	0	1	1.02	0.85	0.89	0.92	2.37	2.45
		2	1.14	0.95	0.90	0.99	2.08	1.96
		3	1.07	1.13	1.16	0.93	2.93	2.16
		4	1.31	1.38	1.03	0.78	2.82	1.97
	0.5	1	2.06	2.20	1.25	1.22	3.79	2.75
		2	1.58	2.19	1.25	1.18	3.82	2.90
		3	2.26	1.89	1.41	1.05	5.44	3.50
		4	2.14	2.64	1.44	1.22	4.67	3.79
	5.0	1	4.24	4.46	1.45	1.31	5.59	3.98
		2	5.54	4.66	1.69	1.34	3.99	4.05
		3	6.38	5.21	1.52	1.33	4.80	4.08
		4	4.88	4.78	1.48	1.38	4.03	3.88

