

บทที่ 3

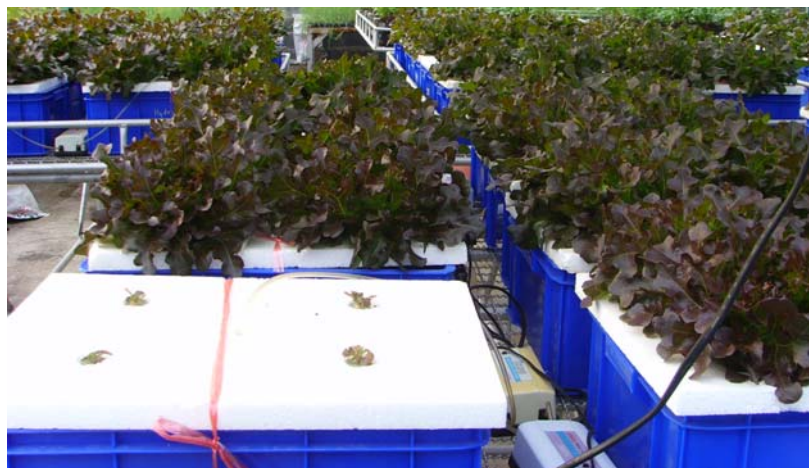
อุปกรณ์และวิธีการ

ระบบปลูก

ระบบปลูกเป็นแบบสารละลาย (solution culture) ที่มีการเติมอากาศ โดยปลูกในกระบะพลาสติกขนาด 31 x 46.5 x 18 เซนติเมตร (กว้าง x ยาว x สูง) การปลูกใช้โฟมและฟองน้ำเป็นวัสดุเกาะยึด ตัดแผ่นโฟมให้มีขนาดเท่ากับกระบะพลาสติก จากนั้นเจาะรูให้เป็นช่องปลูกโดยระยะปลูก 20 x 15 เซนติเมตร (จำนวน 4 ช่อง ต่อ 1 แผ่นปลูก) สำหรับผักกาดหอมพันธุ์ Red Oak (ภาพที่ 3.1) และระยะปลูก 6.5 x 6.5 เซนติเมตร (จำนวน 35 ช่อง ต่อ 1 แผ่นปลูก) สำหรับผักบุ้งจีนพันธุ์ยอดไผ่ 9 นำต้นกล้าที่แข็งแรงใส่ลงในโฟมโดยสอดต้นกล้าจากด้านล่างแผ่นโฟมขึ้นมา เติมสารละลายธาตุอาหารเข้มข้น 1 เท่าจนเกือบเต็มกระบะและนำแผ่นโฟมที่มีต้นกล้าวางบนกระบะ จากนั้นยึดแผ่นโฟมกับกระบะให้ติดกันด้วยเชือกฟาง และเจาะรูขนาดเล็กบริเวณกึ่งกลางแผ่นโฟมเพื่อต่อท่อสายยางปั๊มออกซิเจนลงกระบะ สารละลายเข้มข้น 1 เท่านี้ มี pH เท่ากับ 5.8 ปรับค่าความเป็นกรด-ด่าง ด้วยกรดไนตริกหรือโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ ฉีดพ่นสารสะเดาป้องกันโรคและแมลง สัปดาห์ละ 1 ครั้ง รวมทั้งติดกาวดักแมลงในบริเวณที่ทำการทดลอง

ภาพที่ 3.1

ต้นผักกาดหอมพันธุ์ Red Oak ที่ปลูกในสารละลายที่มีการเติมอากาศ



สูตรสารละลายธาตุอาหาร

ในการปลูกผักกาดหอมพันธุ์ Red Oak ใช้สารละลายธาตุอาหารสูตร Enshi solution (Shinohara, 1988) (ตารางที่ 3.1) ส่วนผักบุ้งจีนพันธุ์ยอดไผ่ 9 ใช้สารละลายธาตุอาหารสูตร Hoagland and Arnon (Hoagland & Arnon, 1950) (ตารางที่ 3.2)

รูปและความเข้มข้นของไอโอดีน

ใช้ไอโอดีนในรูปของไอโอไดด์และไอโอเดตที่ 6 ระดับความเข้มข้น 0, 1, 5, 10, 50 และ 100 ไมโครโมลาร์ โดยเติมไอโอดีนจากโพแทสเซียมไอโอไดด์ (KI) และโพแทสเซียมไอโอเดต (KIO_3) ปริมาณที่เติมในแต่ละความเข้มข้นของผักกาดหอมแสดงในตารางที่ 3.1 และของผักบุ้งจีนแสดงในตารางที่ 3.2

แผนการทดลองและการวิเคราะห์ทางสถิติ

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design; CRD) มี 4 ซ้ำ แต่ละซ้ำมี 4 ต้น และ 10 ต้น สำหรับผักกาดหอมพันธุ์ Red Oak และผักบุ้งจีนพันธุ์ยอดไผ่ 9 ตามลำดับ ทำการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance) โดยวิเคราะห์ตามวิธีของการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ ทำการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่มโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 99% สำหรับผักกาดหอม และ 95% หรือ 99% สำหรับผักบุ้งจีน โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ Statistical Analysis System (SAS) เวอร์ชัน 6.2

ตารางที่ 3.1

ปริมาณสารเคมีในสารละลายธาตุอาหารสูตร Enshi Solution สำหรับปลูกผักกาดหอมพันธุ์ Red Oak ที่เติมโพแทสเซียมไอโอไดด์และโพแทสเซียมไอโอเดต 6 ความเข้มข้น โดยแต่ละความเข้มข้นมีไอโอไดด์และไอโอเดตเท่ากับ 0, 1, 5, 10, 50 และ 100 ไมโครโมลาร์

สารเคมี	ปริมาณสารเคมีที่ใช้ (มิลลิกรัมต่อลิตร) เมื่อมีไอโอไดด์ (μM)						ปริมาณสารเคมีที่ใช้ (มิลลิกรัมต่อลิตร) เมื่อมีไอโอเดต (μM)				
	0	1	5	10	50	100	1	5	10	50	100
Ca(NO ₃) ₂ ·4H ₂ O	475.00	475.00	475.00	475.00	475.00	475.00	475.00	475.00	475.00	475.00	475.00
KNO ₃	405.00	404.91	404.51	404.00	399.96	394.91	404.91	404.51	404.00	399.96	394.91
KI	0.0000	0.1660	0.8300	1.6600	8.3000	16.6000	-	-	-	-	-
KIO ₃	-	-	-	-	-	-	0.2140	1.0700	2.1400	10.7000	21.4000
NH ₄ H ₂ PO ₄	77.50	77.50	77.50	77.50	77.50	77.50	77.50	77.50	77.50	77.50	77.50
MgSO ₄ ·7H ₂ O	250.00	250.00	250.00	250.00	250.00	250.00	250.00	250.00	250.00	250.00	250.00
Fe – EDTA	23.60	23.60	23.60	23.60	23.60	23.60	23.60	23.60	23.60	23.60	23.60
ZnSO ₄ ·7H ₂ O	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22
CuSO ₄ ·5H ₂ O	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08
MnSO ₄ ·H ₂ O	1.5380	1.5380	1.5380	1.5380	1.5380	1.5380	1.5380	1.5380	1.5380	1.5380	1.5380
H ₃ BO ₃	2.86	2.86	2.86	2.86	2.86	2.86	2.86	2.86	2.86	2.86	2.86
(NH ₄) ₂ MoO ₄ ·4H ₂ O	0.0178	0.0178	0.0178	0.0178	0.0178	0.0178	0.0178	0.0178	0.0178	0.0178	0.0178

ที่มา : ดัดแปลงจาก Shinohara (1988)

ตารางที่ 3.2

ปริมาณสารเคมีในสารละลายธาตุอาหารสูตร Hoagland and Arnon สำหรับปลูกผักบ่งจีนพันธุ์ยอดไข่ 9 ที่เติมโพแทสเซียมไอโอไดด์และโพแทสเซียมไอโอเดต 6 ความเข้มข้น โดยแต่ละความเข้มข้นมีไอโอไดด์และไอโอเดตเท่ากับ 0, 1, 5, 10, 50 และ 100 ไมโครโมลาร์

สารเคมี	ปริมาณสารเคมีที่ใช้ (มิลลิกรัมต่อลิตร) เมื่อมีไอโอไดด์ (μM)						ปริมาณสารเคมีที่ใช้ (มิลลิกรัมต่อลิตร) เมื่อมีไอโอเดต (μM)				
	0	1	5	10	50	100	1	5	10	50	100
Ca(NO ₃) ₂ ·4H ₂ O	656.00	475.00	475.00	475.00	475.00	475.00	475.00	475.00	475.00	475.00	475.00
KNO ₃	606.00	605.90	605.50	604.99	600.95	595.90	605.90	605.50	604.99	600.95	595.90
KI	0.0000	0.1660	0.8300	1.6600	8.3000	16.6000	-	-	-	-	-
KIO ₃	-	-	-	-	-	-	0.2140	1.0700	2.1400	10.7000	21.4000
NH ₄ H ₂ PO ₄	345.00	345.00	345.00	345.00	345.00	345.00	345.00	345.00	345.00	345.00	345.00
MgSO ₄ ·7H ₂ O	490.00	490.00	490.00	490.00	490.00	490.00	490.00	490.00	490.00	490.00	490.00
Fe – EDTA	2.20	2.20	2.20	2.20	2.20	2.20	2.20	2.20	2.20	2.20	2.20
ZnSO ₄ ·7H ₂ O	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22
CuSO ₄ ·5H ₂ O	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08
MnCl ₂ ·H ₂ O	1.81	1.81	1.81	1.81	1.81	1.81	1.81	1.81	1.81	1.81	1.81
H ₃ BO ₃	2.86	2.86	2.86	2.86	2.86	2.86	2.86	2.86	2.86	2.86	2.86
H ₂ MoO ₄ ·H ₂ O	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09

ที่มา : ดัดแปลงจาก Hoagland and Arnon (1950)

การทดลองที่ 1 ผลของไอโอไดด์และไอโอเดตต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตของผักกาดหอมและผักบั้งจีน

การทดลองที่ 1.1 ผักกาดหอมพันธุ์ Red Oak

เพาะเมล็ดผักกาดหอมพันธุ์ Red Oak ในฟองน้ำที่ชุ่มน้ำขนาด 3x3 เซนติเมตร ที่กรีดตรงกลางลึกประมาณ 1 เซนติเมตร ใส่ 1 เมล็ดต่อช่อง นำฟองน้ำไปแช่ในกระบะพลาสติกที่บรรจุน้ำกลั่นปริมาตร 3 ลิตร เป็นเวลา 3 วัน แล้วย้ายต้นกล้ามาเพาะในสารละลายธาตุอาหารความเข้มข้นครึ่งเท่าที่เติมโพแทสเซียมไอโอไดด์และโพแทสเซียมไอโอเดต 5 ความเข้มข้น เป็นเวลา 4 วัน จากนั้นนำต้นกล้าที่แข็งแรงย้ายลงระบบปลูกดั่งที่กล่าวมาแล้วข้างต้น โดยปลูกในสารละลายธาตุอาหารความเข้มข้น 1 เท่า ที่มีโพแทสเซียมไอโอไดด์และไอโอเดตความเข้มข้นเดียวกับที่เพาะกล้า ทำการเปลี่ยนสารละลายใหม่เมื่อต้นผักกาดหอมมีอายุ 3 สัปดาห์หลังย้ายลงในสารละลายความเข้มข้น 1 เท่า

บันทึกผลการทดลอง

- ความสูงของต้น (เซนติเมตร) เมื่อต้นอายุ 14, 21, 28, 35 และ 42 วันหลังเพาะเมล็ด โดยรวบต้นแล้ววัดจากโคนจนถึงปลายที่ยาวที่สุด
- ความกว้างทรงพุ่ม (เซนติเมตร) โดยวัดจากปลายไปด้านหนึ่งไปยังอีกด้านหนึ่ง เมื่อต้นอายุ 14, 21, 28, 35 และ 42 วันหลังเพาะเมล็ด
- จำนวนใบนับเฉพาะใบที่กางเต็มที่เมื่ออายุ 14, 21, 28, 35 และ 42 วันหลังเพาะเมล็ด
- ความยาวราก (เซนติเมตร) เมื่ออายุ 42 วันหลังเพาะเมล็ด
- น้ำหนักสดต้นและรากในวันที่เก็บเกี่ยวผลผลิต (42 วันหลังเพาะเมล็ด)
- น้ำหนักแห้งต้นและราก โดยหั่นชิ้นส่วนพืชเป็นชิ้นเล็กๆ นำไปอบในตู้อบแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 72 ชั่วโมง

การทดลองที่ 1.2 ผักบุงจีนพันธุ์ยอดไผ่ 9

ก่อนเพาะเมล็ด นำเมล็ดผักบุงจีนพันธุ์ยอดไผ่ 9 แช่น้ำเดือด (100 องศาเซลเซียส) นาน 30 วินาที จากนั้นแช่น้ำที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 24 ชั่วโมง เพื่อกระตุ้นให้เกิดการงอก เลือกเมล็ดที่ดูดีน้ำและพองมาเพาะในฟองน้ำที่ชุ่มน้ำขนาด 3x3 เซนติเมตร ที่กรีดตรงกลางลึกประมาณ 1 เซนติเมตร ใส่ 2 เมล็ดต่อช่อง นำฟองน้ำไปแช่ในกระบะพลาสติกที่บรรจุน้ำกลั่นปริมาตร 3 ลิตร เป็นเวลา 3 วัน คัดเลือกต้นกล้าที่มีขนาดใกล้เคียงกันโดยให้เหลือต้นกล้าเพียง 1 ต้นต่อช่อง แล้วย้ายต้นกล้ามาเพาะในสารละลายธาตุอาหารความเข้มข้นครึ่งเท่าที่เต็มโพแทสเซียมไอโอไดด์และโพแทสเซียมไอโอเดต 5 ความเข้มข้น เป็นเวลา 4 วัน นำต้นกล้าที่แข็งแรงย้ายลงระบบปลูกดั่งที่กล่าวมาแล้วข้างต้น โดยปลูกในสารละลายธาตุอาหารความเข้มข้น 1 เท่า ที่มีโพแทสเซียมไอโอไดด์และไอโอเดตความเข้มข้นเดียวกับที่เพาะกล้า เป็นระยะเวลา 2 สัปดาห์

บันทึกผลการทดลอง

- ความสูงของต้น (เซนติเมตร) เมื่อต้นอายุ 13, 17 และ 21 วันหลังเพาะเมล็ด โดยวัดจากโคนจนถึงปลายยอด
- เส้นผ่าศูนย์กลางลำต้น (มิลลิเมตร) โดยใช้เวอร์เนียวัดลำต้นบริเวณเหนือใบเลี้ยง เมื่อต้นอายุ 13, 17 และ 21 วันหลังเพาะเมล็ด
- จำนวนใบนับเฉพาะใบที่กางเต็มที่แล้วเมื่ออายุ 13, 17 และ 21 วันหลังเพาะเมล็ด
- ความยาวราก (เซนติเมตร) เมื่ออายุ 21 วันหลังเพาะเมล็ด
- น้ำหนักสดต้นและรากในวันที่เก็บเกี่ยวผลผลิต (21 วันหลังเพาะเมล็ด)
- น้ำหนักแห้งต้นและราก โดยหั่นชิ้นส่วนพืชเป็นชิ้นเล็กๆ นำไปอบในตู้อบแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 72 ชั่วโมง

การทดลองที่ 2 ปริมาณไอโอไดต์และไอโอเดตในต้นและราก ของผักกาดหอมและผักบั้งจีน

การทดลองที่ 2.1 ผักกาดหอมพันธุ์ Red Oak

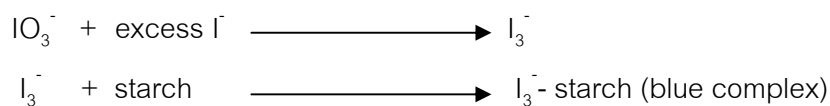
นำต้นและรากที่ผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 72 ชั่วโมง จากการทดลองที่ 1.1 มาบดตัวอย่างแห้งให้ละเอียดแล้วร่อนผ่านตะแกรงขนาด 50 เมช (mesh) นำมาวิเคราะห์หาปริมาณไอโอไดต์และไอโอเดต

1. หาปริมาณไอโอไดต์ในต้นและรากด้วยวิธี Potentiometry ร่วมกับ Ion Selective Electrode (ISE)

ชั่งตัวอย่างต้นและราก 0.1 กรัม เติม double distilled water ปริมาตร 25.0 มิลลิลิตร นำไป sonicate ด้วยเครื่อง sonication เป็นเวลา 15 นาที แล้วกรอง นำสารละลายที่ได้จากการกรองปริมาตร 10 มิลลิลิตร เติม NaNO_2 ความเข้มข้น 1 โมลาร์ ปริมาตร 1.5 มิลลิลิตร และ phosphate buffer pH 4 ปริมาตร 12.5 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรเป็น 25 มิลลิลิตร ด้วย double distilled water นำส่วนผสมดังกล่าวไปวัดค่าศักย์ไฟฟ้าหรือค่า E มีหน่วยวัดเป็น mV ด้วยวิธี Potentiometry ร่วมกับ Ion Selective Electrode โดยใช้ Iodide Combination Electrode นำค่า E (mV) ที่ได้เทียบกับสารละลายมาตรฐานของโพแทสเซียมไอโอไดต์ที่มีความเข้มข้น 0.1, 0.5, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 10, 20, 30, 40, 50, 100, 150 และ 200 ไมโครโมลาร์ โดยสร้างกราฟมาตรฐานของ E (mV) เทียบกับ $\log(I^-)$

2. หาปริมาณไอโอเดตในต้นและรากด้วยวิธี Flow Injection Analysis (FIA)

ชั่งตัวอย่างต้นและราก 0.1 กรัม เติม double distilled water ปริมาตร 25.0 มิลลิลิตร นำไป sonicate ด้วยเครื่อง sonication เป็นเวลา 15 นาที แล้วกรอง นำสารละลายที่ได้จากการกรอง มาทำการวิเคราะห์หาปริมาณไอโอเดต (IO_3^-) โดยฉีดเข้าระบบ Flow Injection Analysis โดยอาศัยไอโอไดต์ (I^-) ที่มากเกินไปและน้ำแป้งเป็นรีเอเจนต์ทำปฏิกิริยากับไอโอเดตได้เป็นสารสีน้ำตาล ดังปฏิกิริยานี้



ซึ่งสารสีน้ำเงินนี้สามารถดูดกลืนแสงที่มีความยาวคลื่น 600 นาโนเมตร ตรวจวัดสีที่เกิดขึ้นโดย spectrometer วัดสัญญาณเป็น mV เทียบกับสารละลายมาตรฐานของโพแทสเซียมไอโอเดตที่ความเข้มข้น 1.5, 2.0, 2.5, 5.0, 7.5, 10.0, 20.0 และ 40 ไมโครโมลาร์ และสร้างกราฟมาตรฐานระหว่างสัญญาณ (mV) กับความเข้มข้น (μM)

การทดลองที่ 2.2 ผักบุ้งจีนพันธุ์ยอดไข่ 9

นำต้นและรากที่ผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 72 ชั่วโมง จากการทดลองที่ 1.2 มาวิเคราะห์หาปริมาณไอโอไดด์และไอโอเดตเช่นเดียวกันกับการทดลองที่ 2.1

สถานที่ทำการทดลอง

โรงเรียนทดลองของภาควิชาเทคโนโลยีการเกษตร และห้องปฏิบัติการทางเคมีวิเคราะห์ของภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต อ. คลองหลวง จ. ปทุมธานี

ระยะเวลาทำการทดลอง

เดือนธันวาคม 2550 ถึงเดือนมิถุนายน 2551