ใบรับรองปัญหาพิเศษปริญญาตรี
ภาควิชาปฐพีวิทยา

เรื่อง

การศึกษาระดับความเข้มข้นของโบรอนที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของผักสลัดฟิลลิซ ไอซ์เบิร์ก

Effect of Different Boron Concentration on Frillice Iceberg Growth

โดย

นางสาวกกกรณ์ เหมทานนท์

นางสาวจิตติรัตน์ ชูชาติ

ได้รับการพิจารณาเห็นชอบโดย

.....

(รศ.ดร. อิทธิสุนทร นันทกิจ)

อาจารย์ที่ปรึกษา

วันที่ 29 เดือน มีนาคม พ.ศ.2550

ภาควิชารับรองแล้ว

.....

(รศ.ดร. สุมิตรา ภู่วโรดม)

หัวหน้าภาควิชาปฐพีวิทยา

วันที่ 29 เดือน มีนาคม พ.ศ. 2550

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

23174

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ห้องสมุดคณะเทคโนโลยีการเกษตร พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ปัญหาพิเศษปริญญาตรี

เรื่อง

การศึกษาระดับความเข้มข้นของโบรอนที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของผักสลัดฟิลลิช ไอซ์เบิร์ก

Effect of Different Boron Concentration on Frillice Iceberg Growth

T099866

โดย

นางสาวกกกรณ์ เหมทานนท์

นางสาวจิตติรัตน์ ชูชาติ

เสนอ

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....
วัน,เดือน,ปี.....

.b.....
.i.....

ภาควิชาปฐพีวิทยา

คณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตร์บัณฑิต (เกษตรศาสตร์)

พุทธศักราช 2549

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทคัดย่อ

ชื่อเรื่อง	การศึกษาระดับความเข้มข้นของโบรอนที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของผักสลัดฟิลลิซ ไอซ์เบิร์ก
ชื่อภาษาอังกฤษ	Effect of Different Boron Concentration on Frillice Iceberg Growth
โดย	นางสาวกกกรณ์ เหมทานนท์ นางสาวจิตติรัตน์ ชูชาติ
ชื่อปริญญา	วิทยาศาสตร์บัณฑิต (เกษตรศาสตร์)
ภาควิชา	ปฐพีวิทยา
คณะ	เทคโนโลยีการเกษตร
อาจารย์ที่ปรึกษา	รศ.ดร. อิทธิสุนทร นันทกิจ

การปลูกผักสลัดฟิลลิซ ไอซ์เบิร์ก ในระบบไฮโดรโพนิกส์แบบให้อากาศเพื่อศึกษาผลของปริมาณโบรอนในสารละลายธาตุอาหารที่มีผลต่อการแสดงอาการขาดและอาการเป็นพิษของโบรอนลักษณะการเจริญเติบโต น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของต้นและราก ความเขียวของใบ และปริมาณธาตุอาหาร โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) มี 6 ตำรับการทดลอง จำนวน 5 ซ้ำ โดยมีระดับความเข้มข้นของโบรอนในสารละลายธาตุอาหาร แต่ละตำรับแตกต่างกัน คือ ตำรับการทดลองที่ 1 มีความเข้มข้นของโบรอน 0 ppm ตำรับการทดลองที่ 2 มีความเข้มข้นของโบรอน 0.4 ppm ตำรับการทดลองที่ 3 มีความเข้มข้นของโบรอน 0.8 ppm ตำรับการทดลองที่ 4 มีความเข้มข้นของโบรอน 1.6 ppm ตำรับการทดลองที่ 5 มีความเข้มข้นของโบรอน 3.2 ppm และตำรับการทดลองที่ 6 มีความเข้มข้นของโบรอน 6.4 ppm จากการศึกษาพบว่าปริมาณโบรอนในสารละลายมีผลต่อการแสดงอาการขาดและความเป็นพิษของโบรอนอย่างชัดเจน ลักษณะการเจริญเติบโต น้ำหนักสด น้ำหนักแห้งของต้นและราก ความเขียวของใบ และปริมาณธาตุอาหารในผักสลัด โดยพบว่าในตำรับการทดลองที่ 3 ซึ่งมีความเข้มข้นของโบรอนในสารละลายธาตุอาหาร 0.8 ppm เป็นตำรับที่มีความเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของผักสลัดเนื่องจากผักสลัดมีการเจริญเติบโตสูงกว่าตำรับอื่นๆ คือมีน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของต้นและรากสูงสุดคือ 148.20,13.45, 5.56 และ 0.60 กรัม ตามลำดับ ความเขียวของใบ สูงกว่าตำรับอื่นๆคือ 21.45 SPAD unit ซึ่งเป็นผลมาจากการดูดใช้ไนโตรเจนในปริมาณที่เพียงพอ นอกจากนี้ยังพบว่าตำรับการทดลองที่ 3 มีผลทำให้ปริมาณของฟอสฟอรัส ทองแดง และสังกะสีสูงกว่าตำรับการทดลองอื่นๆ ในตำรับการทดลองอื่นๆที่มีความเข้มข้นน้อยกว่า 0.8 ppm จะมีการเจริญเติบโตลงตามลำดับ ในตำรับการทดลองที่ 1 ซึ่งมีความเข้มข้นของโบรอน 0 ppm นั้น ผักสลัดแสดงอาการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขาดธาตุโบรอนอย่างชัดเจน โดยจะแสดงอาการที่ยอด ยอดเจริญเติบโตไม่ดี มีสีเหลือง การเจริญของต้นเล็กกว่าปกติ น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของต้นและรากต่ำ ส่วนในตำรับการทดลองที่มีความเข้มข้นของโบรอนในสารละลายธาตุอาหารสูงกว่า 0.8 ppm จะแสดงอาการเป็นพิษเนื่องจากมีปริมาณโบรอนในสารละลายธาตุอาหารมากเกินไป เห็นได้ชัดในตำรับการทดลองที่ 5 และ 6 ซึ่งจะแสดงลักษณะขอบใบไหม้ อาการแสดงออกจากใบล่างและปรากฏชัดเจนเมื่อผักสลัดมีอายุมากขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่าปริมาณโบรอนที่มากเกินไปจะทำให้ผักสลัดดูดใช้ธาตุอื่นๆได้ไม่ดี จากการศึกษาทำให้ทราบถึงระดับความเข้มข้นของโบรอนที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของผักสลัดฟิลลิช ไอซ์เบิร์ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนิยม

ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณอาจารย์ รศ.ดร.อิทธิสุนทร นันทกิจ ที่กรุณาเป็นที่ปรึกษาให้คำแนะนำวิชาความรู้และแนวทางแก้ปัญหาต่างๆตลอดระยะเวลาการทำปัญหาพิเศษ อีกทั้งยังช่วยจัดหาอุปกรณ์ที่จำเป็นในการทดลองครั้งนี้ จนกระทั่งปัญหาพิเศษสำเร็จลุล่วงอย่างสมบูรณ์ด้วยดี

ขอขอบพระคุณอาจารย์ ผศ. ไพรัตน์ พิมพ์ศิริกุล ที่เอื้อเฟื้อสถานที่และอุปกรณ์ในห้องจุลชีววิทยาของดินและคอย ให้ความรู้ตลอดระยะเวลาการทำปัญหาพิเศษ

ขอขอบพระคุณอาจารย์ ผศ. สมเกียรติ สีสนอง ที่เอื้อเฟื้อสถานที่และอุปกรณ์ในห้องระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์และห้องปฏิบัติการระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

ขอขอบพระคุณอาจารย์อนันต์ วิสัยเกษม อาจารย์ ดร.นุกูล ถวิลถึง อาจารย์กรรณ จินดาประเสริฐ อาจารย์ รศ.ดร.อภิศักดิ์ โพปั้น อาจารย์ รศ.ดร.สมิตรา ภู่วโรดม อาจารย์ ผศ. พรทิวา กัญยวงศ์หา อาจารย์ ดร.สุกัญญา แย้มประชา และอาจารย์ประจำภาควิชาปฐพีวิทยาทุกท่านที่ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ในด้านต่างๆ กรุณาให้แนวความคิดให้คำปรึกษาชี้แนะเป็นอย่างดี จนกระทั่งปัญหาพิเศษสำเร็จลุล่วงอย่างสมบูรณ์ด้วยดี

ขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่และบุคลากรในภาควิชาปฐพีวิทยาทุกท่าน ที่คอยให้ความสะดวก ในด้านอุปกรณ์ต่างๆ

ขอขอบพระคุณบิดา มารดา และสมาชิกในครอบครัว ที่ได้ให้กำลังทรัพย์ มีความห่วงใยและเป็นกำลังใจให้แก่ข้าพเจ้าตลอดมาที่ทำให้ข้าพเจ้ามีวันนี้ และขอบคุณพี่ๆ เพื่อนๆ น้องๆ ภาควิชาปฐพีและภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตพืชทุกคนที่คอยช่วยเหลือและเป็นกำลังใจให้ตลอดมาจนงานสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

กกกรณ์ เหมทานนท์

จิตติรัตน์ ชูชาติ

มีนาคม 2550

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
สารบัญ	I
สารบัญตาราง	II
สารบัญภาพ	III
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	2
ตรวจเอกสาร	3
อุปกรณ์และวิธีการทดลอง	
อุปกรณ์และสารเคมี	10
วิธีการทดลอง	11
ผลการทดลอง	15
สรุปผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง	47
เอกสารอ้างอิง	49
ภาคผนวก	51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ผลของปริมาณโบรอนในสารละลายธาตุอาหารในแต่ละตำรับที่มีผลต่อค่าเฉลี่ยน้ำหนักสดของต้นผักสลัดฟิลลิช ไอซ์เบิร์ก (กรัม/ต้น)	30
2	ผลของปริมาณโบรอนในสารละลายธาตุอาหารในแต่ละตำรับที่มีผลต่อค่าเฉลี่ยน้ำหนักสดของรากผักสลัดฟิลลิช ไอซ์เบิร์ก (กรัม/ต้น)	31
3	ผลของปริมาณโบรอนในสารละลายธาตุอาหารในแต่ละตำรับที่มีผลต่อค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งของต้นผักสลัดฟิลลิช ไอซ์เบิร์ก (กรัม/ต้น)	32
4	ผลของปริมาณโบรอนในสารละลายธาตุอาหารในแต่ละตำรับที่มีผลต่อค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งของรากผักสลัดฟิลลิช ไอซ์เบิร์ก (กรัม/ต้น)	33
5	ผลของปริมาณโบรอนในสารละลายธาตุอาหารในแต่ละตำรับที่มีผลต่อปริมาณค่าความเขียวของใบในผักสลัดฟิลลิช ไอซ์เบิร์ก (SPAD unit)	34
6	ผลของปริมาณโบรอนในสารละลายธาตุอาหารในแต่ละตำรับที่มีผลต่อปริมาณโบรอนในผักสลัดฟิลลิช ไอซ์เบิร์ก(ppm)	37
7	ผลของปริมาณโบรอนในสารละลายธาตุอาหารในแต่ละตำรับที่มีผลต่อปริมาณธาตุอาหารหลักไนโตรเจน โพแทสเซียม และฟอสฟอรัสในผักสลัดฟิลลิช ไอซ์เบิร์ก (%)	39
8	ผลของปริมาณโบรอนในสารละลายธาตุอาหารในแต่ละตำรับที่มีผลต่อปริมาณธาตุอาหารรองแคลเซียม และแมกนีเซียมในผักสลัดฟิลลิช ไอซ์เบิร์ก (%)	41
9	ผลของปริมาณโบรอนในสารละลายธาตุอาหารในแต่ละตำรับที่มีผลต่อปริมาณจุลธาตุเหล็ก แมงกานีส ทองแดง และสังกะสีในผักสลัดฟิลลิช ไอซ์เบิร์ก (ppm)	43
10	ผลของปริมาณโบรอนในสารละลายธาตุอาหารในแต่ละตำรับที่มีผลต่อค่า EC, pH และปริมาณความต้องการน้ำผักสลัดฟิลลิช ไอซ์เบิร์ก	45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	แสดงผักสลัดฟิลลิซ ไอซ์เบิร์ก ขณะอยู่ในรางอนุบาล	15
2	แสดงรูปแบบการปลูก	15
3	แสดงผังการปลูก 5 แถว แถวละ 6 กะละมัง ขณะผักสลัดอายุ 7 วัน (การปลูกครั้งที่ 1)	16
4	แสดงผังการปลูก 5 แถว แถวละ 6 กะละมัง ขณะผักสลัดอายุ 45 วัน (การปลูกครั้งที่ 2)	16
5	แสดงการเจริญเติบโตของผักสลัดฟิลลิซ ไอซ์เบิร์กในตำรับที่ 1 (B 0 ppm) ขณะผักสลัดอายุ 20 วัน	17
6	แสดงการเจริญเติบโตของผักสลัดฟิลลิซ ไอซ์เบิร์กในตำรับที่ 2 (B 0.4 ppm) ขณะผักสลัดอายุ 20 วัน	17
7	แสดงการเจริญเติบโตของผักสลัดฟิลลิซ ไอซ์เบิร์กในตำรับที่ 3 (B 0.8 ppm) ขณะผักสลัดอายุ 20 วัน	17
8	แสดงการเจริญเติบโตของผักสลัดฟิลลิซ ไอซ์เบิร์กในตำรับที่ 3 (B 1.6 ppm) ขณะผักสลัดอายุ 20 วัน	18
9	แสดงการเจริญเติบโตของผักสลัดฟิลลิซ ไอซ์เบิร์กในตำรับที่ 4 (B 3.2 ppm) ขณะผักสลัดอายุ 20 วัน	18
10	แสดงการเจริญเติบโตของผักสลัดฟิลลิซ ไอซ์เบิร์กในตำรับที่ 5 (B 3.2 ppm) ขณะผักสลัดอายุ 20 วัน	18
11	แสดงการเจริญเติบโตของผักสลัดฟิลลิซ ไอซ์เบิร์กในตำรับที่ 1 (B 0 ppm) ขณะผักสลัดอายุ 45 วัน	19
12	แสดงการเจริญเติบโตของผักสลัดฟิลลิซ ไอซ์เบิร์กในตำรับที่ 2 (B 0.4 ppm) ขณะผักสลัดอายุ 45 วัน	19
13	แสดงการเจริญเติบโตของผักสลัดฟิลลิซ ไอซ์เบิร์กในตำรับที่ 3 (B 0.8 ppm) ขณะผักสลัดอายุ 45 วัน	19
14	แสดงการเจริญเติบโตของผักสลัดฟิลลิซ ไอซ์เบิร์กในตำรับที่ 4 (B 1.6 ppm) ขณะผักสลัดอายุ 45 วัน	20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ(ต่อ)

ภาพที่		หน้า
15	แสดงการเจริญเติบโตของผักสลัดฟิลลิซ ไอซ์เบิร์กในตำรับที่ 5 (B 3.2 ppm) ขณะผักสลัดอายุ 45 วัน	20
16	แสดงการเจริญเติบโตของผักสลัดฟิลลิซ ไอซ์เบิร์กในตำรับที่ 6 (B 6.4 ppm) ขณะผักสลัดอายุ 45 วัน	20
17	แสดงการเปรียบเทียบขนาดของต้นผักสลัดฟิลลิซ ไอซ์เบิร์ก ระหว่าง ตำรับที่ 1(B 0 ppm)กับตำรับที่ 2 (B 0.4 ppm) ขณะผักสลัดอายุ 45 วัน	21
18	แสดงการเปรียบเทียบขนาดของต้นผักสลัดฟิลลิซ ไอซ์เบิร์ก ระหว่าง ตำรับที่ 1(B 0 ppm)กับตำรับที่ 3 (B 0.8 ppm) ขณะผักสลัดอายุ 45 วัน	21
19	แสดงการเปรียบเทียบขนาดของต้นผักสลัดฟิลลิซ ไอซ์เบิร์ก ระหว่าง ตำรับที่ 1(B 0 ppm)กับตำรับที่ 4 (B 1.6 ppm) ขณะผักสลัดอายุ 45 วัน	21
20	แสดงการเปรียบเทียบขนาดของต้นผักสลัดฟิลลิซ ไอซ์เบิร์ก ระหว่าง ตำรับที่ 1(B 0 ppm)กับตำรับที่ 5 (B 3.2 ppm) ขณะผักสลัดอายุ 45 วัน	22
21	แสดงการเปรียบเทียบขนาดของต้นผักสลัดฟิลลิซ ไอซ์เบิร์ก ระหว่าง ตำรับที่ 1(B 0 ppm)กับตำรับที่ 6 (B 6.4 ppm) ขณะผักสลัดอายุ 45 วัน	22
22	แสดงการเปรียบเทียบขนาดของต้นผักสลัดฟิลลิซ ไอซ์เบิร์ก ทุกตำรับ ขณะผักสลัดอายุ 45 วัน	22
23	แสดงอาการขาดโบรอน ในตำรับที่ 1 (B 0 ppm) ขณะผักสลัดอายุ 45 วัน	23
24	แสดงอาการเป็นพิษของโบรอน ในตำรับที่ 5 (B 3.2 ppm) ขณะผักสลัดอายุ 45 วัน	23
25	แสดงอาการเป็นพิษของโบรอน ในตำรับที่ 6 (B 6.4 ppm) ขณะผักสลัดอายุ 45 วัน	23
26	แสดงการเจริญเติบโตของรากผักสลัดฟิลลิซ ไอซ์เบิร์กในตำรับที่ 1 (B 0 ppm) ขณะผักสลัดอายุ 45 วัน	24
27	แสดงการเจริญเติบโตของรากผักสลัดฟิลลิซ ไอซ์เบิร์กในตำรับที่ 2 (B 0.4 ppm) ขณะผักสลัดอายุ 45 วัน	24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ(ต่อ)

ภาพที่		หน้า
28	แสดงการเจริญเติบโตของรากผักสลัดฟิลลิซ ไอซ์เบิร์กในตำรับที่ 3 (B 0.8 ppm) ขณะผักสลัดอายุ 45 วัน	25
29	แสดงการเจริญเติบโตของรากผักสลัดฟิลลิซ ไอซ์เบิร์กในตำรับที่ 4 (B 1.6 ppm) ขณะผักสลัดอายุ 45 วัน	25
30	แสดงการเจริญเติบโตของรากผักสลัดฟิลลิซ ไอซ์เบิร์กในตำรับที่ 5 (B 3.2 ppm) ขณะผักสลัดอายุ 45 วัน	26
31	แสดงการเจริญเติบโตของรากผักสลัดฟิลลิซ ไอซ์เบิร์กในตำรับที่ 6 (B 6.4 ppm) ขณะผักสลัดอายุ 45 วัน	26
32	แสดงการเปรียบเทียบขนาดของรากผักสลัดฟิลลิซ ไอซ์เบิร์ก ระหว่างตำรับที่ 1(B 0 ppm)กับตำรับที่ 2 (B 0.4 ppm) ขณะผักสลัดอายุ 45 วัน	27
33	แสดงการเปรียบเทียบขนาดของรากผักสลัดฟิลลิซ ไอซ์เบิร์ก ระหว่างตำรับที่ 1(B 0 ppm)กับตำรับที่ 3 (B 0.8 ppm) ขณะผักสลัดอายุ 45 วัน	27
34	แสดงการเปรียบเทียบขนาดของรากผักสลัดฟิลลิซ ไอซ์เบิร์ก ระหว่างตำรับที่ 1(B 0 ppm)กับตำรับที่ 4 (B 1.6 ppm) ขณะผักสลัดอายุ 45 วัน	27
35	แสดงการเปรียบเทียบขนาดของรากผักสลัดฟิลลิซ ไอซ์เบิร์ก ระหว่างตำรับที่ 1(B 0 ppm)กับตำรับที่ 5 (B 3.2 ppm) ขณะผักสลัดอายุ 45 วัน	28
36	แสดงการเปรียบเทียบขนาดของรากผักสลัดฟิลลิซ ไอซ์เบิร์ก ระหว่างตำรับที่ 1(B 0 ppm)กับตำรับที่ 6 (B 6.4 ppm) ขณะผักสลัดอายุ 45 วัน	28
37	แสดงผลของปริมาณโบรอนในแต่ละตำรับการทดลองที่มีต่อค่าเฉลี่ยน้ำหนักสดของต้นผัก สลัดฟิลลิซ ไอซ์เบิร์ก (กรัม/ต้น)	30
38	แสดงผลของปริมาณโบรอนในแต่ละตำรับการทดลองที่มีต่อค่าเฉลี่ยน้ำหนักสดของรากผักสลัดฟิลลิซ ไอซ์เบิร์ก (กรัม/ต้น)	31
39	แสดงผลของปริมาณโบรอนในแต่ละตำรับการทดลองที่มีต่อค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งของต้นผักสลัดฟิลลิซ ไอซ์เบิร์ก (กรัม/ต้น)	32
40	แสดงผลของปริมาณโบรอนในแต่ละตำรับการทดลองที่มีต่อค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งของรากผักสลัดฟิลลิซ ไอซ์เบิร์ก (กรัม/ต้น)	33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ(ต่อ)

ภาพที่		หน้า
41	แสดงผลของปริมาณโบรอนในแต่ละตำรับการทดลองที่มีต่อปริมาณค่าความเขียวของใบในผักสลัดฟิลลิซ ไอซ์เบิร์ก (SPAD unit)	34
42	แสดงผลของปริมาณโบรอนในสารละลายธาตุอาหารในแต่ละตำรับที่มีต่อปริมาณโบรอนในผักสลัดฟิลลิซ ไอซ์เบิร์ก(ppm)	37
43	แสดงผลผลของปริมาณโบรอนในสารละลายธาตุอาหารในแต่ละตำรับที่มีต่อปริมาณธาตุอาหารหลักไนโตรเจน โพแทสเซียม และฟอสฟอรัสในผักสลัดฟิลลิซ ไอซ์เบิร์ก(%)	39
44	แสดงผลของปริมาณโบรอนในสารละลายธาตุอาหารในแต่ละตำรับที่มีต่อปริมาณธาตุอาหารรองแคลเซียม และแมกนีเซียมในผักสลัดฟิลลิซ ไอซ์เบิร์ก (%)	41
45	แสดงผลของปริมาณโบรอนในสารละลายธาตุอาหารในแต่ละตำรับที่มีต่อปริมาณจุลธาตุ เหล็ก แมงกานีส ทองแดง และสังกะสีในผักสลัดฟิลลิซ ไอซ์เบิร์ก (ppm)	43
46	แสดงผลของปริมาณโบรอนในสารละลายธาตุอาหารในแต่ละตำรับที่มีต่อค่า EC, pH และปริมาณความต้องการน้ำผักสลัดฟิลลิซ ไอซ์เบิร์ก	45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การศึกษาระดับความเข้มข้นของโบรอนที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของผักสลัดฟิลลิช ไอซ์เบิร์ก

Effect of Different Boron Concentration on Frillice Iceberg Growth

คำนำ

การปลูกผักสลัดในระบบไฮโดรโพนิกส์ การจัดการเรื่องธาตุอาหารมีความสำคัญเป็นอย่างยิ่ง โดยเฉพาะธาตุโบรอน ซึ่งเป็นจุลธาตุชนิดหนึ่งที่มีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของผักสลัด แต่เนื่องจากผักสลัดมีความต้องการโบรอนเพียงเล็กน้อย มีช่วงของการขาดและความเป็นพิษแคบ ซึ่งทำให้บางครั้งการให้ธาตุโบรอนแก่ผักสลัดน้อยเกินไปอาจทำให้แสดงอาการขาดได้ และในทางตรงกันข้ามหากมีการให้ธาตุโบรอนมากเกินไปอาจทำให้แสดงอาการเป็นพิษได้ จึงได้ทำการศึกษาเพื่อหาระดับความเข้มข้นของธาตุโบรอนที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของผักสลัด เพื่อให้ผักสลัดมีการเจริญเติบโตได้อย่างปกติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัตถุประสงค์ของการศึกษา

เพื่อศึกษาระดับความเข้มข้นของโบรอนที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของผักสลัดฟิลลิช ไอซ์เบิร์ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตรวจเอกสาร

การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน

การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน (Hydroponics)เป็นวิธีการปลูกพืชที่ใช้หลักการแบบวิทยาศาสตร์สมัยใหม่ โลกในยุคปัจจุบันหันมาปลูกด้วยวิธีนี้กันมากขึ้น เพราะเป็นการช่วยเพิ่มผลผลิต ลดปัญหาการใช้สารเคมี ป้องกันกำจัดศัตรูพืช สามารถปลูกพืชได้ทุกสถานที่โดยไม่จำกัดขอบเขต ขณะที่ปัจจุบันปัญหาสิ่งแวดล้อมทวีความรุนแรงเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ไม่ว่าจะเป็นฝนไม่ตกต้องตามฤดูกาล การระบาดของโรค แมลงศัตรูพืช ดินเสื่อมคุณภาพและสภาพอุณหภูมิที่เปลี่ยนไป ส่งผลกระทบต่อการผลิตภาคเกษตรกรรมอย่างหนัก ระบบการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินจึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่สามารถแก้ปัญหาเหล่านี้ได้

1. ระบบการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน

จัดแบ่งตามวิธีการให้สารละลายธาตุอาหารบริเวณรอบรากพืชดังนี้

1.1 แบบปลูกในสารละลายธาตุอาหาร

เป็นแบบที่ได้รับความนิยมมากกว่าแบบอื่นๆด้วยการนำรากพืชจุ่มแช่อยู่ในสารละลายโดยตรง การปลูกพืชในสารละลายธาตุอาหารสามารถแบ่งได้เป็น 2 วิธีคือ

1.แบบสารละลายไม่หมุนเวียน

- ไม่เติมอากาศ
- เติมอากาศ

2.แบบสารละลายหมุนเวียน

โดยใช้ปั๊มในการทำให้สารละลายมีการไหลเวียน เป็นการเพิ่มออกซิเจนแก่รากพืชโดยตรงและช่วยรักษามิให้ธาตุต่างๆเกิดการตกตะกอน ต้นพืชจึงได้รับธาตุอาหารอย่างเต็มที่ ระบบนี้เหมาะสำหรับการปลูกพืชเชิงการค้า

- การให้สารละลายไหลผ่านรากพืชอย่างต่อเนื่อง (Deep Flow Technique): DFT
- การให้สารละลายไหลผ่านรากพืชเป็นน้ำบางๆ(Nutrient Film Technique): NFT

1.2 แบบปลูกให้รากลอยอยู่กลางอากาศ (Aeroponics)

เป็นการปลูกพืชโดยส่วนส่วนของ รากลอยอยู่ในอากาศ และฉีดสารละลายธาตุอาหารเป็นฝอยไปที่รากพืชโดยตรงเป็นช่วงเวลา

1.3 แบบปลูกลงในวัสดุปลูก (Substate culture)

เป็นการปลูกโดยใช้วัสดุปลูกทำหน้าที่แทนดิน สำหรับให้รากพืชยึดและค้ำจุนต้นพืช

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ระบบปลูกในสารละลายนิ่งและมีการให้อากาศ

เป็นการปลูกพืชในอ่างพลาสติก โดยในอ่างบรรจุสารละลายธาตุอาหารพืช ปิดฝาอ่างด้วยโฟมและหุ้มด้วยพลาสติกสีขาวอีกชั้นเพื่อป้องกันการระเหยของน้ำ นำขวดสีชาขนาดความจุ 2.5 ลิตร บรรจุสสารละลายธาตุอาหารให้เต็มและคว่ำขวดให้ปากขวดอยู่ที่ผิวของสารละลายในอ่าง เพื่อใช้เติมและรักษาระดับของสารละลายให้คงที่ตลอดเวลาและใช้ดูปริมาณการใช้น้ำของพืช มีการให้อากาศโดยใช้ปั๊มลม (แบบที่ใช้ในตู้ปลา) ตลอด 24 ชั่วโมง

3. ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของพืช

ปัจจัยต่างๆที่เป็นตัวควบคุมการเจริญเติบโตของพืชจำแนกออกได้เป็น 2 ประเภทคือ

3.1 ปัจจัยภายใน ได้แก่ พันธุกรรมและสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช ได้แก่ ฮอร์โมนที่พืชสร้างขึ้นเองและสารสังเคราะห์ที่มนุษย์สร้างขึ้น

3.2 ปัจจัยภายนอก ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้น แสง องค์ประกอบของบรรยากาศ องค์ประกอบของอากาศในน้ำ ความเป็นกรด – ด่างของน้ำ (pH) สิ่งมีชีวิตอื่นๆ และธาตุอาหาร

ปัจจัยดังกล่าวจะมีอิทธิพลร่วมกันโดยพันธุกรรมจะเป็นตัวกำหนดขอบเขตของการเจริญเติบโต ในขณะที่สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช และปัจจัยภายนอกหรือสภาพแวดล้อมจะเป็นตัวกำหนดระดับของการเจริญเติบโตอันเป็นผลทำให้พืชสามารถเจริญเติบโตได้อย่างสมบูรณ์

ผักสลัดฟิลลิช ไอซ์เบิร์ก

1. ชื่อวิทยาศาสตร์ *Lactuca sativa var. crispa L*

เป็นผักสลัดชนิดหนึ่งซึ่งอยู่ในประเภท Leaf lettuce ซึ่งเป็นผักสลัดอยู่ใน Genus Lactuca Family *Asteraceae* เช่นเดียวกับผักสลัดอื่นๆ โดยมีชื่อทางการค้าว่า Iceberg lettuce หรือ Frillice Lettuce เป็นผักสลัดอีกชนิดหนึ่งซึ่งได้รับความนิยมในการบริโภคเนื่องจากมีลักษณะของลำต้นและใบที่กรอบและอวบน้ำมีลักษณะของทรงพุ่มของใบในลักษณะห่อเข้าลำต้นน้ำหนักต่อต้นประมาณ 200-700 กรัมระบบรากตื้นและแผ่กระจายยาวประมาณ 9-12 นิ้ว ปลายขอบใบจะเป็นหยักรอบใบและจะเจริญเติบโตได้ดีในอากาศหนาวหรือบริเวณอากาศอบอุ่น อุณหภูมิที่เหมาะสมในการปลูก 10-20 องศาเซลเซียส แต่ก็สามารถปลูกได้ในเขตที่มีอุณหภูมิช่วง 21-27 องศาเซลเซียส (Roger Phillips และ Martyn Rix, 1995)

2. ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

2.1 ราก มีรากแก้วที่แข็งแรงและเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว โดยเฉพาะเมื่อมีความชื้นที่เพียงพอ แต่รากก็เป็นระบบรากตื้นและแผ่กระจาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 ลำต้นและใบ ลำต้นจะเจริญตั้งตรง มีใบแตกออกจากลำต้นโดยรอบ สีใบมีตั้งแต่เขียวอ่อนจนถึงเขียวปนเหลืองจนถึงเขียวแก่ ใบมีลักษณะกรอบเปราะมีเส้นใบเห็นได้ชัดเจน ขอบใบหยักไม่เรียบ

2.3 ดอกและช่อดอก เป็นช่อดอกที่เรียกว่า panicle ประกอบด้วยดอกที่อยู่เป็นกระจุกตรงยอดแต่ละกระจุกจะประกอบด้วยดอกย่อย 15-25 ดอก หรืออาจมากกว่านั้นก้านช่อดอกจะยาวประมาณ 2 ฟุตช่อดอกอันแรกจะเกิดที่ยอดก่อน จากนั้นจะเกิดช่อดอกตรงข้างมุมใบขึ้นภายหลัง ดอกเป็นดอกสมบูรณ์เพศ กลีบดอกมีสีเหลือง ตรงโคนเชื่อมติดกัน รังไข่มี1 ห้อง เกสรตัวเมียมี 1 อัน มีลักษณะเป็น 2 แฉก มีเกสรตัวผู้ 5 อัน รวมกันเป็นยอดยาวห่อหุ้มก้านเกสรตัวเมียและยอดเกสรตัวเมียไว้ การออกดอกจะแตกต่างตามช่วงการได้รับแสงตะวันโดยจัดอยู่ในกลุ่มพวก quantitative long day คือต้องการช่วงวันยาวในการออกดอกที่อุณหภูมิที่สูงโดยจะออกดอกประมาณ 60-72 วัน

การผสมเกสร โดยธรรมชาติจะเป็นผักที่ผสมตัวเอง การผสมมักเกิดก่อนที่ดอกจะบานเต็มที่ แต่อาจมีการผสมข้ามได้โดยแมลง การบานของดอกแต่ละช่อจะเริ่มทยอยบานจากดอกบนสุดลงมาจะบานอยู่เพียง 1-2 ชั่วโมงเท่านั้นโดยจะบานเต็มที่เวลาแปดโมงเช้า ระยะเวลาตั้งแต่การถ่ายละอองเกสรจนกระทั่งเกิดการผสมเสร็จสมบูรณ์จะใช้เวลาประมาณ 6 ชั่วโมง

2.4 เมล็ด จัดเป็นผลประเภทเมล็ดเดียวเจริญจากรังไข่อันเดียว เมล็ดจะสุกแก่หลังดอกบานประมาณ 12 วัน ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ ถ้าอุณหภูมิสูงเมล็ดจะเร็วกว่าอุณหภูมิต่ำ

3. การเก็บเกี่ยว ระยะเวลาในการปลูกจะใช้เวลาประมาณ 45-50 วันก็สามารถเก็บผลผลิตได้

4. โรคและแมลง

4.1โรคใบด่าง เกิดจากเชื้อไวรัส ทำให้ใบมีลักษณะเป็นลายเหลืองสลับเขียว ถ้าเข้าทำลายในระยะแรกจะทำให้ผักชะงักการเจริญเติบโตถ้าเข้าทำลายหลังจะทำให้มีขนาดเล็กลงโดยมีเพลี้ยไฟเป็นพาหะของโรค

4.2 หนอนคืบกะหล่ำ จะกัดกินใบของผักทำให้ผักเป็นรอย

4.3 โรคเหี่ยวที่เกิดจากเชื้อ *Fusarium* ทำให้ใบเหี่ยว

4.4 โรคราน้ำค้าง (downy mildew) เป็นปัญหาที่สำคัญมากที่สุดในการปลูกผักสลัดและปรากฏได้ในเกือบทุกฤดู เกิดจากเชื้อรา *Bremia lactuca* Regel อาการที่สำคัญของโรคราน้ำค้างคือเป็นแผลในระยะแรกเป็นรูปสี่เหลี่ยม บริเวณแผลจะมีสีเหลืองหรือสีเขียวอ่อนอยู่ระหว่างเส้นใบ จะเห็นเส้นใยเชื้อราอยู่ด้านหลังใบ สามารถสร้างสปอร์และทำให้เกิดอาการไหม้บริเวณแผลบนใบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5 โรคใบจุด เกิดจากเชื้อรา Cercospora *lactucae* Stevenson ในระยะแรกแผลเป็นจุดช้ำ เริ่มจากขอบใบแล้วขยายสู่ส่วนกลางใบ และแผลจะกลายเป็นสีน้ำตาล แผลที่แห้งจะมีเส้นใยและสปอร์ของเชื้อราปรากฏอยู่ (สุเทวี และพวงทอง, 1998)

โบรอน

จัดเป็นธาตุอาหารจุลธาตุที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช จัดเป็นธาตุในหมู่ธาตุเมทาลอยด์ เนื่องจากมีสมบัติอยู่กึ่งกลางระหว่างพวกโลหะกับอโลหะ กรดโบริก [$B(OH)_3$] หรือ (H_3BO_3) เป็นกรดอ่อน และเมื่อสารละลายมี pH ต่ำกว่า 7 จะเป็นโมเลกุลกรดที่ไม่แตกตัว แต่ถ้ามี pH สูงขึ้นกรดนี้จะรับดรอกซิลไอออนจากน้ำกลายเป็นเททราฮีดรอลโบเรตแอนไอออนดังปฏิกิริยา

$$B(OH)_3 + 2H_2O \rightleftharpoons B(OH)^-_4 + H_3O^+$$

ในสารละลายที่มีน้ำเป็นตัวทำละลายและมีโบรอนมีความเข้มข้นต่ำกว่า 25 มิลลิโมลาร์ จะมีรูปโมโนเมอริกได้แก่ $B(OH)_3$ และ $B(OH)^-_4$ เท่านั้น รูปพอลิเมอริกจะไม่มีในพืชยกเว้นในขณะที่พืชเป็นพิษจากโบรอน

1. **การดูดใช้โบรอนของพืช**

โดยปกติปริมาณโบรอนทั้งหมดในระดับที่เพียงพอในพืชคือ 10 - 100 ppm แต่ในบางครั้งอาจจะพบปริมาณโบรอนได้ตั้งแต่น้อยกว่า 5 ppm- 1500 ppm พืชดูดใช้โบรอนในรูปอนุมูลโบเรต (BO_3^{3-}) เมื่ออนุมูลของโบเรตเข้าไปแล้วจะไปรวมตัวกับคาร์โบไฮเดรตเกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนของโบเรตกับคาร์โบไฮเดรต (ศรีสม สุวรรณวงศ์, 2004) ลักษณะการดูดโบรอนของรากเป็นการที่ไอออนในสารละลายเคลื่อนย้ายเข้าสู่ราก จะทำปฏิกิริยากับสารอินทรีย์ที่มีประจุลบในในผนังเซลล์ถึงแม้ปฏิกิริยานี้อาจมีผลต่อการดูดใช้ไอออนในรากพืชแต่ลักษณะการดูดใช้ไอออนเข้าไปสู่รากพืชจะถูกกำหนดโดยเยื่อmembraneที่ไอออนผ่านโดยเฉพาะเยื่อ plasma membrane ทั้งๆที่สมบัติของเยื่อ membrane มีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา แต่สมบัติทางเคมีและทางกายภาพของไอออน โดยเฉพาะขนาดและวาเลนซีของไอออนเป็นตัวกำหนดอัตราการถ่ายเทไอออนผ่านเยื่อmembrane องค์ประกอบของเยื่อ membrane โดยเฉพาะ phospholipids sulfolipids และโปรตีน มีส่วนที่เป็นกลุ่มประจุที่มีไฟฟ้า ฉะนั้นไอออนจึงทำปฏิกิริยากับกลุ่มประจุในเนื้อเยื่อ membrane เหล่านี้ตามตามขนาดและวาเลนซีของไอออน เมื่อพืชดูดใช้โบรอนในรูปของกรดบอริก $B(OH)_3$ หรือ H_3BO_3 เข้าไปในต้นพืช โบรอนจะทำปฏิกิริยากับส่วนที่เป็น cis-diols หรือ cis-hydroxyl group ของสารอินทรีย์ เกิดเป็นสารปะกอบสารประกอยเชิงซ้อนโบเรต (borate complex) ในต้นพืชมีสารหลายชนิดในกลุ่มcis-hydroxyl group เช่นวิตามิน โคเอนไซม์ และพวกโพลีแซ็คคาไรด์ สารประกอบเชิงซ้อนเหล่านี้เกิดขึ้นได้ถ้าหากมีสารประกอบ polyhydroxyl

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

compound ที่มีส่วนของโครงสร้างเป็น cis-diol สารประกอบเหล่านี้ได้แก่พวกน้ำตาล โดยเฉพาะ manitol ,mannan และ polymanuronic acid และ derivatives เช่น sugar alcohol และ uronic acid สารประกอบเหล่านี้เป็นองค์ประกอบของ hemicellulose ที่อยู่ในผนังเซลล์ซึ่งรวมถึงผนังเซลล์ของรากพืชด้วย ส่วนสารประกอบพวก glucose , fructose และ galactose และ derivative ของสารประกอบเหล่านี้เช่น sucrose ไม่มีส่วนที่เป็น cis-diol ในโครงสร้าง ฉะนั้นจึงไม่เกิดสารประกอบเชิงซ้อนกับโบเรต สารประกอบ o-diphenolics บางตัวเช่น caffeic acid และ hydroxyferulic acid ซึ่งเป็นสารประกอบตั้งต้นในการสังเคราะห์ lignin ในพืชใบเลี้ยงคู่ สารประกอบเหล่านี้มีส่วนของโครงสร้างเป็น cis-diol จึงก่อให้เกิดสารแระกอบเชิงซ้อนของโบเรตที่มีความเสถียรได้ ด้วยเหตุนี้โบรอนจึงเป็นธาตุอาหารที่ไม่เคลื่อนย้ายในใบแก่ไปยังใบอ่อน (เพิ่มพูน กีรติกสิกร,2003)

2. บทบาทของโบรอนโบรอนในผนังเซลล์

กรดโบริกมีสมบัติพิเศษสามารถรวมกับสารประกอบที่มีหมู่ซีส-ไฮดรอกซิล (cis-hydroxyl group)สองหมู่หรือที่เรียกว่า ซีส-ไดออล(cis-diols) ได้สารประกอบเชิงซ้อนซึ่งมีเสถียรภาพ สารประกอบหลายอย่างในเซลล์พืชมีโครงสร้างแบบซีส-ไดออล (cis-diol configuration) ซึ่งทำปฏิกิริยาได้สารโบเรตเชิงซ้อน สารประกอบดังกล่าวได้แก่ 1) น้ำตาลและอนุพันธ์ เช่น แอลกอฮอล์และกรดยูโรนิก(uronic acids) 2) o-diphnolics เช่น caffeic acids และ hydroxyferulic acid) ผนังเซลล์เป็นส่วนซึ่งสะสมสารที่มีโครงสร้างแบบซีส-ไดออลไว้มากจึงพบโบรอนอยู่ในผนังเซลล์เป็นส่วนใหญ่ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อพืชขาดธาตุโบรอน เช่นผนังเซลล์ของแครอทมีโบรอนมากกว่า 90% ของที่มีทั้งหมดในเซลล์โบรอนในผนังเซลล์เกือบทั้งหมดรวมอยู่กับสารเพกติก (ยงยุทธ, 2002)

3. บทบาทของโบรอนต่อการยืดตัวของเซลล์

โบรอนมีความสัมพันธ์อย่างใกล้ชิดกับการเจริญของ meristem โดยเฉพาะส่วนปลายยอด การขาดโบรอนทำให้กระบวนการแบ่งเซลล์ไม่ดำเนินไปจนเสร็จสมบูรณ์ นั่นคือ เซลล์ที่เกิดใหม่ไม่แยกออกจากกันโดยเด็ดขาด มีผลทำให้ผนังเซลล์ด้านยาวสั้น การเจริญเติบโตของพืชด้านความสูงหรือความยาวหยุดชะงัก ต้นมีปล้องสั้น ใบเจริญเติบโตผิดปกติ ใบบิดเบี้ย โค้งงอ ส่วนปลายยอดของลำต้นหยุดชะงักการเจริญเติบโตหรือตาย (เพิ่มพูน กีรติกสิกร, 2003)

4. บทบาทของโบรอนในการควบคุมบูรณภาพของเนื้อเยื่อ

บูรณภาพของเนื้อเยื่อ (membrane integirity) หมายถึงสภาพเนื้อเยื่อของสิ่งมีชีวิตที่มีโครงสร้างสมบูรณ์ต่อเนื่องเป็นอันหนึ่งอันเดียวกันและทำหน้าที่ได้อย่างเหมาะสม โบรอนเป็นธาตุหนึ่งที่มีความสำคัญในเรื่องนี้คือ เมื่อพืชขาดโบรอนจะมีผลให้ฟลักซ์ของไอออนผิดเพี้ยนไปอย่างรวดเร็ว เช่นอัตราการดูดรูบิเดียมของถั่วปากอ้าจะลดลงรากดูดฟอสเฟตน้อยลงแต่เมื่อได้รับโบรอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะมีการดูดธาตุนี้เพิ่มขึ้น การขับโปรตอนและศักย์เยื่อ โดยพืชที่ขาดโบรอนจะมีกิจกรรมของ ATPase ที่เยื่อหุ้มเซลล์ต่ำลงเมื่อได้รับโบรอนอย่างเพียงพอก็กลับสูงขึ้น โดยอธิบายในเรื่องของกลไกการดูดไอออนว่า การขับโปรตอนด้วย ATPase ที่เนื้อเยื่อเป็นการสร้างความต่างศักย์ของไฟฟ้าระหว่างด้านทั้งสองของเนื้อเยื่อและทำให้เซลล์ดูดไอออนได้โดยโบรอนจะกระตุ้นกิจกรรมของ H^+-ATPaseได้เมื่อมีออกซินในทางตรงกันข้ามกันออกซินจะกระตุ้นการขับโปรตอนออกมาเพื่อให้ผนังเซลล์เกิดความยืดหยุ่นและพร้อมสำหรับการขยายขนาดเซลล์เมื่อมีโบรอนอยู่ด้วย และจากการศึกษาพบว่าโบรอนช่วยควบคุมฟลักซ์ขาออกของโพแทสเซียมและอินทรียสารโดยพบว่าพืชที่ขาดโบรอนรุนแรงนั้นจะมีฟลักซ์ขาออกสุทธิของโพแทสเซียมสูงกว่าในพืชปกติ 35 เท่า ซูโครส 45 เท่า และสารฟีนอลิกและกรดอะมิโน 7 เท่า แต่เมื่อมีการให้โบรอนสภาพให้ซึมได้ของเยื่อหุ้มเซลล์ก็กลับเป็นปกติ และโบรอนก็สามารถทำปฏิกิริยากับอินทรียสารที่เป็นองค์ประกอบของเนื้อเยื่อ เช่น ไกลโคโปรตีน และไกโคลิพิด ซึ่งมีหมู่ซีส-ไดออลทำให้เนื้อเยื่อมีความมั่นคงแข็งแรง (ยงยุทธ, 2002)

5. บทบาทของโบรอนเกี่ยวกับการสังคราะห์แสงและโฟโตออกซิชั่น

โบรอนมีบทบาทเกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์แสงเนื่องจากเมื่อพืชขาดธาตุนี้จะมีผลกระทบคือ การปลดปล่อยออกซิเจนปฏิกิริยาฮิลล์ลดลง การเคลื่อนย้ายพลังงานระหว่างระบบแสง 2 ไปยังระบบแสง 1 ลดลงอัตราการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ในปฏิกิริยามืดลดลง ในปฏิกิริยาโฟโตออกซิเดชั่นเมื่อพืชขาดโบรอนและได้รับความเข้มของแสงสูงจะมีการผิดปกติเร็วกว่าที่มีความเข้มของแสงต่ำอาการจะมีค่าความเขียวของใบในใบลดลงใบเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลและส่วนปลายยอดตาย (ยงยุทธ, 2002)

6. อาการขาดโบรอนในพืช

ลักษณะโดยทั่วไปของพืชที่ขาดโบรอนคือการขาดโบรอนทำให้ยอดอ่อนหยุดชะงักการเจริญเติบโต ทั้งนี้เนื่องจากโบรอนไม่สามารถเคลื่อนย้ายจากใบแก่หรือส่วนที่แก่ไปยังส่วนที่อ่อนหรือยอดได้ การขาดโบรอนในพืชจะทำให้ใบอ่อนของพืชมีการชีดจาง มีอาการปลายใบเหลืองลำต้นมีลักษณะสั้นความยาวน้อยลงใบหนาและทึบผิวใบมีสีเขียวเข้มมากเป็นน้ำเงินแกมเขียวผิวใบแห้งและด้าน ส่วนภายในลำต้นการขาดโบรอนจะทำให้เกิดการสะสมของออกซิน ฟีนอล และเพิ่มความเข้มข้นของ RNAase ในต้นพืช พืชที่ขาดโบรอนมีโพแทสเซียมรั่วไหลออกจากใบได้สูงกว่าพืชที่มีโบรอนเพียงพอ (เพิ่มพูน กีรติกสิกร, 2003) และจากการศึกษาพบว่าในใบของมะเขือเทศที่ขาดโบรอนจะมีปริมาณของโพแทสเซียมในใบต่ำลงเมื่อใบมีอายุมากขึ้นแต่เมื่อมีการให้โบรอนอย่างเพียงพอก็ทำให้รักษาปริมาณของโพแทสเซียมในใบไว้ได้ (Jeanine และคณะ, 2003)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. อาการความเป็นพิษของโบรอน

อาการเป็นพิษของโบรอนในต้นพืชที่ได้รับโบรอนมากเกินไปหรือมีโบรอนสะสมอยู่มาก โดยทั่วไปความเป็นพิษของโบรอนจะไม่ค่อยปรากฏแต่ถ้าหากมีการใช้ปุ๋ยโบรอนมากเกินไปก็อาจทำให้เกิดความเป็นพิษได้ ลักษณะความเป็นพิษของโบรอนเบื้องต้นโดยทั่วไปได้แก่ ขอบใบและปลายใบเหลืองและค่อยๆเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลแห้งตาย และร่วงหล่นไปในที่สุด ใบที่เกิดการเป็นพิษของโบรอนในเริ่มแรกเป็นใบที่อยู่ในส่วนล่างของลำต้น พืชแต่ละชนิดจะมีความทนต่อความเข้มข้นของโบรอนที่ระดับต่างๆ กัน ค่าความเข้มข้นสูงสุดที่พืชชนิดหนึ่งๆจะทนอยู่ได้โดยไม่แสดงอาการเป็นพิษให้เห็นหรือไม่ทำให้ผลผลิตลดลง และได้ทำการศึกษาความทนของของพืชต่อความเข้มข้นของโบรอนในสารละลายพบว่า ผักสลัดในตระกูล Lettuce สามารถทนต่อความเข้มข้นของโบรอนโดยไม่แสดงอาการเป็นพิษได้ในช่วงของความเข้มข้น 2.0 - 4.0 ppm (Mass, 1984)

ค่ามาตรฐานของธาตุอาหารพืชในผักสลัด (*Lettuce sativa* L.)

ธาตุอาหาร	ต่ำ	พอเพียง	สูง
		%	
ไนโตรเจน	3.60-3.79	3.80-5.0	>5.0
ฟอสฟอรัส	0.38-0.44	0.45-0.6	>0.6
โพแทสเซียม	6.00-6.59	6.60-9.0	>9.0
แคลเซียม	1.30-1.49	1.50-2.25	>2.25
แมกนีเซียม	0.25-0.35	0.36-0.5	>0.5
		ppm	
โบรอน	15-22	23-50	>50
ทองแดง	5-6	7-25	>25
เหล็ก	40-49	50-100	>100
แมงกานีส	20-24	25-250	>250
สังกะสี	20-24	25-250	>250

(J.Benton Jones, Jr , Benjamin Wolf, Harry A. Mills, 1991)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์และสารเคมี

อุปกรณ์

1. ผักสลัด ได้แก่ Frillice Iceberg
2. อ่างพลาสติกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 45 เซนติเมตร
3. ระบบให้อากาศ
   - ปั๊มอากาศ
   - สายยาง
   - หัวทราย (กระจายอากาศในน้ำ)
4. แผ่นโฟมสำหรับปลูกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 45 เซนติเมตร
5. วัสดุปลูก
   - Perlite
   - ถ้วยปลูก
6. ขวดน้ำสำหรับวัดปริมาตรขนาด 1.25 ลิตร
7. pH meter
8. EC meter
9. ธาตุอาหารพืช
   1. Calcium nitrate ($Ca(NO_3)_2$)
   2. Fe-DTPA
   3. Potassium nitrate (KNO_3)
   4. Monopotassium phosphate (KH_2PO_4)
   5. Magnesium sulfate ($MgSO_4$)
   6. Zinc sulfate ($ZnSO_4$)
   7. Copper sulfate ($CuSO_4$)
   8. Manganese sulfate ($MnSO_4$)
   9. Ammonium Molybdate ($(NH_4)_67O_{24}$)
   10. Boric acid (H_3BO_3)
   11. สารเคมีสำหรับวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบ CRD 6 ตำรับการทดลอง 5 ซ้ำ

สูตรสารละลาย

สารละลาย A ปริมาตร 6 ลิตร

- $Ca(NO_3)_2.4H_2O$ 898 g.
- Fe-DTPA 36 g.

สารละลาย B ปริมาตร 6 ลิตร

- Potassium nitrate (KNO_3) 607.2 g.
- Monopotassium phosphate (KH_2PO_4) 109.2 g.
- Magnesium sulfate ($MgSO_4$) 298.8 g.
- Zinc sulfate ($ZnSO_4$) 1.4268 g.
- Copper sulfate ($CuSO_4$) 0.3048 g.
- Manganese sulfate ($MnSO_4$) 3.1932 g.
- Ammonium Molybdate ($(NH_4)_6 7O_{24}$) 0.1032 g.
- Monoammonium phosphate ($NH_4H_2PO_4$) 73.2 g.

ตำรับในการทดลอง

1. ตำรับการทดลองที่ 1 : สารละลาย A + B (ไม่ใส่โบรอน)
2. ตำรับการทดลองที่ 2 : สารละลาย A + B + โบรอน 0.4701 g. (B 0.4 ppm)
3. ตำรับการทดลองที่ 3 : สารละลาย A + B + โบรอน 0.9403 g. (B 0.8 ppm)
4. ตำรับการทดลองที่ 4 : สารละลาย A + B + โบรอน 1.8805 g. (B 1.6 ppm)
5. ตำรับการทดลองที่ 5 : สารละลาย A + B + โบรอน 3.761 g. (B 3.2 ppm)
6. ตำรับการทดลองที่ 6 : สารละลาย A + B + โบรอน 7.522 g. (B 6.4 ppm)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผังการปลูก

ผังการปลูกครั้งที่ 1

T_1R_3	T_4R_2	T_5R_3	T_4R_4	T_5R_5
T_5R_1	T_6R_2	T_6R_3	T_2R_4	T_1R_5
T_2R_1	T_1R_1	T_2R_3	T_6R_4	T_4R_5
T_6R_1	T_3R_2	T_4R_3	T_1R_4	T_3R_5
T_4R_1	T_5R_2	T_3R_3	T_5R_4	T_2R_5
T_3R_1	T_2R_2	T_1R_3	T_3R_4	T_6R_5

ผังการปลูกครั้งที่ 2

T_1R_1	T_4R_1	T_5R_1	T_6R_1	T_4R_5
T_2R_1	T_2R_2	T_4R_2	T_5R_2	T_6R_1
T_3R_1	T_1R_2	T_2R_3	T_4R_3	T_5R_3
T_6R_3	T_3R_2	T_1R_3	T_2R_4	T_4R_4
T_5R_4	T_6R_4	T_3R_3	T_1R_4	T_2R_5
T_3R_5	T_5R_5	T_6R_5	T_3R_4	T_1R_5

T_1= non Boron
T_2= Boron 0.4 ppm
T_3= Boron 0.8 ppm
T_4= Boron 1.6 ppm
T_5= Boron 3.2 ppm
T_6= Boron 6.4 ppm

วิธีทำ

1. วางแผนและทำการทดลองแบบสุ่ม มี 6 ตำรับการทดลอง 5 ซ้ำ
2. เพาะเมล็ดผักสลัดฟิลลิช ไอซ์เบิร์กในถ้วยปลูกที่มี Perlite เป็นวัสดุปลูก
3. เมื่อผักสลัดมีอายุครบ 1 สัปดาห์ ทำการย้ายมาปลูกในอ่างพลาสติกที่บรรจุสารละลายธาตุอาหารตามตำรับการทดลองต่างๆที่กล่าวมา พ่นอากาศลงในสารละลายโดยใช้ปั๊มอากาศ
4. ปรับ EC ให้อยู่ในช่วง 1.6 -2.0 $mS.cm^{-1}$ pH 6
5. ทำการวัดและปรับ EC , pH 2 วัน/ครั้ง
6. วัดปริมาณการใช้น้ำและสังเกตการเจริญเติบโต
7. เมื่อผักสลัดมีอายุครบ 45 วัน นำไปชั่งหาน้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง จากนั้นนำไปบดเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ธาตุอาหารต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวิเคราะห์โบรอนในพืช

อุปกรณ์

1. Fused silica crucible with cover ขนาดประมาณ 30 มล.
2. Muffle furnace
3. Beaker พลาสติก ชนิด PE หรือ PP ขนาด 30 – 50 มล.
4. Centrifuge tube, PPCO พร้อมฝาปิด ขนาด 50 มล.
5. Volumetric flask ขนาด 50 มล.
6. Pipet
7. Spectrophotometer

สารเคมี

1. 0.2 % Curcumin ($C_{21}H_{20}O_8$) ใน acetic acid glacial (CH_3COOH) เตรียมโดยชั่ง Curcumin 0.2 กรัม ใส่ในพลาสติก เติม glacial acetic acid 100 มล. คนละลายให้เข้ากัน ถ้าละลายช้าให้นำไปอุ่นบน hot plate ที่อุณหภูมิประมาณ 45 – 50 °C
2. 10 % 2–Ethyl–1,3–hexanediol100 มล. เจือจางด้วย Chloroform ให้เป็น 1,000 มล.
3. 5N Hydrochloric acid (HCl)
4. 3N Hydrochloric acid
5. Sulfuric acid (H_2SO_4)
6. Standard boron (5 mg/l.)
7. 95 % Ethyl alcohol

วิธีการ

1. นำตัวอย่างพืชที่บดและอบแห้งแล้ว ชั่งด้วยเครื่องชั่งละเอียด (analytical balance) ประมาณ 0.5–1 กรัม ใส่ใน crucible ปิดฝา
2. นำ crucible ที่ใส่ตัวอย่างไปเผาใน muffle furnace ที่อุณหภูมิประมาณ 300 °C เป็นเวลาประมาณ 1–2 ชั่วโมง จากนั้นค่อยๆเพิ่มอุณหภูมิถึง 550 °C ใช้เวลาประมาณ 4 – 6 ชั่วโมง หรือจนตัวอย่างพืชไหม้จนสมบูรณ์ จากนั้นปิด muffle furnace ทิ้งไว้ให้เย็น
3. นำตัวอย่างออกจาก Furnace ค่อยๆเติม deionized H_2O ลงไปที่เถ้าตะกอน 1.0 มล. จากนั้นค่อยเติม 5N HCl ลงไป 5 มล. อย่างระมัดระวัง เขย่า crucible เล็กน้อยให้กรดละลายตัวอย่าง ตั้งทิ้งไว้ประมาณ 10 นาที
4. ค่อยๆเติม deionized H_2O ลงไปอีก 4 มล. จากนั้นคนให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้จนตะกอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตกหมด

5. ดูดชั้นน้ำใส 5 มล. ใส่ใน Centrifuge tube ที่มีฝาปิด เติม deionized H_2O ลงไปอีก 5 มล. เติม 3N HCl 10 มล. เติม 10 มล. ของ 10 % 2–Ethyl–1,3 hexanediol ปิดฝาให้สนิท จากนั้นเขย่าแรงๆประมาณ 1–2 นาที ตั้งทิ้งไว้ให้แยกชั้น
6. ใช้ Pipet (auto – pipet) ดูดสารละลายชั้น chloroform (ชั้นล่าง) 1 มล. โดยระวังไม่ให้มีน้ำติดมา ใส่ใน plastic beaker ขนาด 30–50 ml. ตั้งทิ้งไว้ประมาณ 5–10 นาที
7. เติมสารละลาย 0.2 % Curcumin ลงไป 1.0 มล. เติม Conc. Sulfuric acid 0.3 ml.
8. เขย่าสารละลายให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ประมาณ 15–20 นาที เพื่อให้เกิดสารประกอบเชิงซ้อนของโบรอน (rosocyanin)
9. สารละลายที่ได้มาเจือจางด้วย 95 % Ethyl alcohol แล้วถ่ายลงใน Volumetric flask จากนั้นปรับปริมาตรเป็น 50 มล.
10. นำสารละลายที่ได้ไปวัดหาปริมาณด้วยเครื่อง Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 550 nm โดยเทียบกับ Standard โดยดูด Std. B (5 mg. /l.) มา 0 1 2 3 4 และ 5 ตามลำดับ ลงใน Centrifuge tube 50 มล. เติม deionized H_2O 10 9 8 7 6 และ 5 มล. ตามลำดับ จากนั้นเติม 10 มล. ของ 10 % 2–Ethyl–1, 3–hexanediol ปิดฝาเขย่า และดูดสารละลายชั้นล่างมา 1.0 มล. และทำเช่นเดียวกับตัวอย่างข้างต้น

การวิเคราะห์

1. ทำการประเมินการเจริญเติบโตของผักสลัด
2. ย่อยสลายพืชด้วยวิธี acid mixture digestion ที่ อุณหภูมิ 207 องศาเซลเซียส วิเคราะห์หา K, Ca, Mg, Fe, Zn, Mn, Cu โดยใช้ Atomic absorbtion spectrophotome และ P โดยใช้เครื่อง spectrophotometer
3. วิเคราะห์ N ด้วยวิธี Kjeldahl
4. วิเคราะห์ B ด้วยวิธี Curcumin

การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ผลทางสถิติ และเปรียบเทียบความแตกต่างโดยใช้โปรแกรม spss ver. 10.0 ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลอง

ภาพที่ 1 แสดงผักสลัดฟิลลิช ไอซ์เบิร์ก ขณะอยู่ในรางอนุบาล

ภาพที่ 2 แสดงรูปแบบการปลูก

(โดยปลูกในกะละมังขนาด 20 ลิตร แต่ละกะละมังปลูกผักสลัดฟิลลิช ไอซ์เบิร์ก 4 ต้น ใช้ขวดน้ำขนาด 1.25 ลิตร คว่ำไว้ตรงกลางเพื่อวัดปริมาณการใช้น้ำ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 3 แสดงผังการปลูก 5 แถว แถวละ 6 กะละมัง ขณะผักสลัดอายุประมาณ 7 วัน (การปลูกครั้งที่ 1)

ภาพที่ 4 แสดงผังการปลูก 5 แถว แถวละ 6 กะละมัง ขณะผักสลัดอายุ 45 วัน (การปลูกครั้งที่ 2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

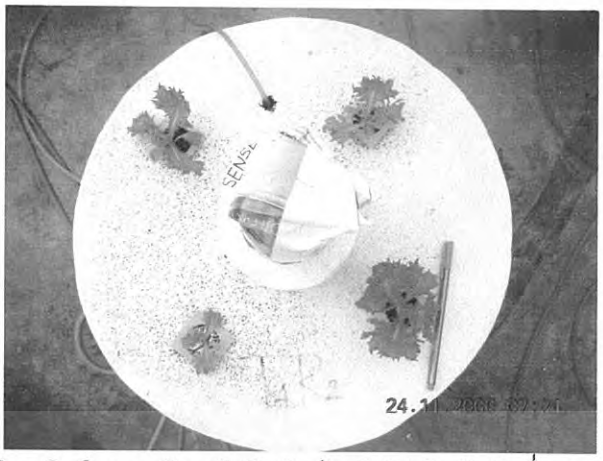
ภาพที่ 5 แสดงการเจริญเติบโตของผักสลัดฟิลลิช ไอซ์เบิร์กในตำรับที่ 1 (B 0 ppm) ขณะผักสลัดอายุ 20 วัน

ภาพที่ 6 แสดงการเจริญเติบโตของผักสลัดฟิลลิช ไอซ์เบิร์กในตำรับที่ 2 (B 0.4 ppm) ขณะผักสลัดอายุ 20 วัน

ภาพที่ 7 แสดงการเจริญเติบโตของผักสลัดฟิลลิช ไอซ์เบิร์กในตำรับที่ 3 (B 0.8 ppm) ขณะผักสลัดอายุ 20 วัน

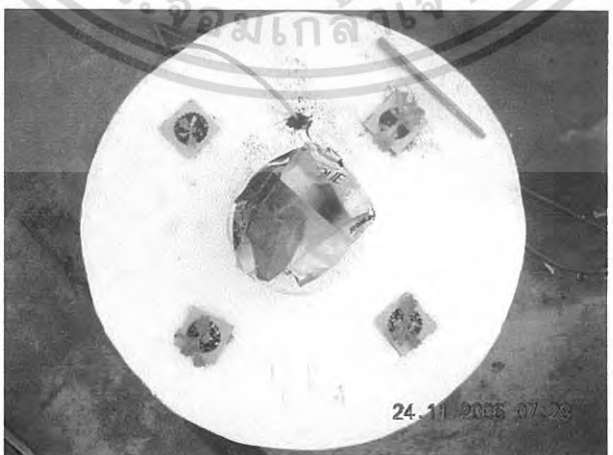
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

99860



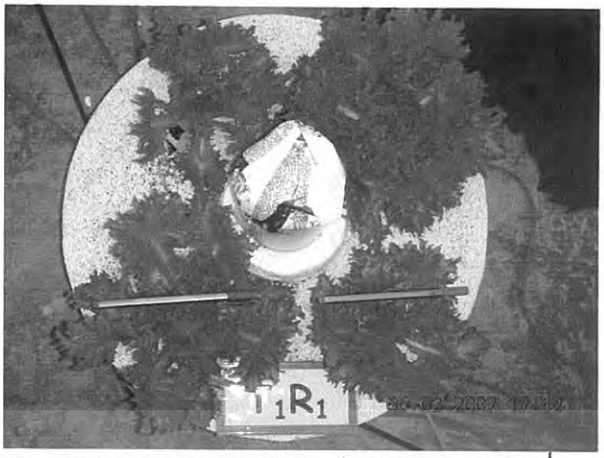
ภาพที่ 8 แสดงการเจริญเติบโตของผักสลัดฟิลลิช ไอซ์เบิร์กในตำรับที่ 3 (B 1.6 ppm) ขณะผักสลัดอายุ 20 วัน

ภาพที่ 9 แสดงการเจริญเติบโตของผักสลัดฟิลลิช ไอซ์เบิร์กในตำรับที่ 4 (B 3.2 ppm) ขณะผักสลัดอายุ 20 วัน

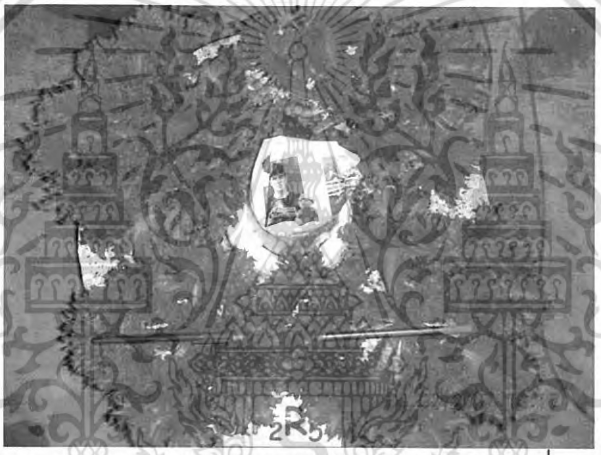


ภาพที่ 10 แสดงการเจริญเติบโตของผักสลัดฟิลลิช ไอซ์เบิร์กในตำรับที่ 5 (B 3.2 ppm) ขณะผักสลัดอายุ 20 วัน

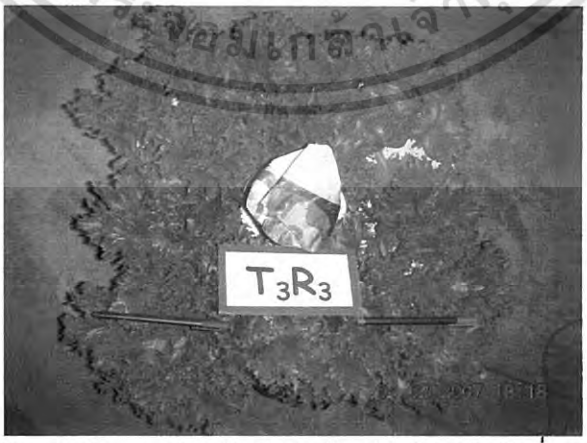
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 11 แสดงการเจริญเติบโตของผักสลัดฟิลลิช ไอซ์เบิร์กในตำรับที่ 1 (B 0 ppm) ขณะผักสลัดอายุ 45 วัน

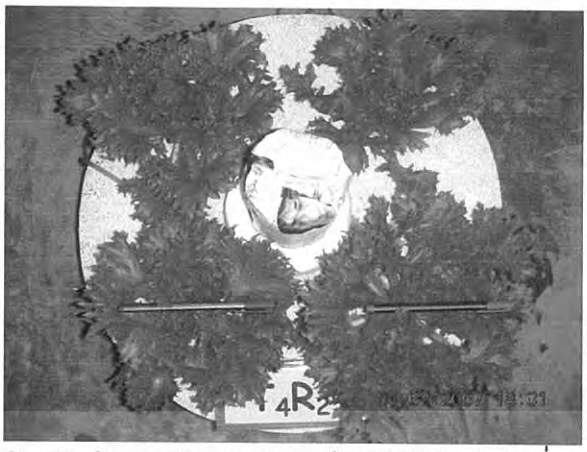


ภาพที่ 12 แสดงการเจริญเติบโตของผักสลัดฟิลลิช ไอซ์เบิร์กในตำรับที่ 2 (B 0.4 ppm) ขณะผักสลัดอายุ 45 วัน



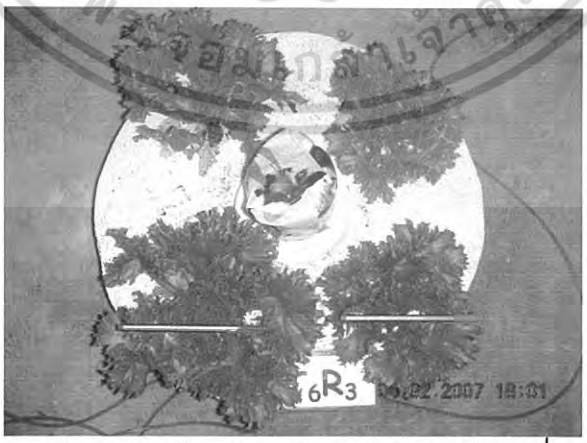
ภาพที่ 13 แสดงการเจริญเติบโตของผักสลัดฟิลลิช ไอซ์เบิร์กในตำรับที่ 3 (B 0.8 ppm) ขณะผักสลัดอายุ 45 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



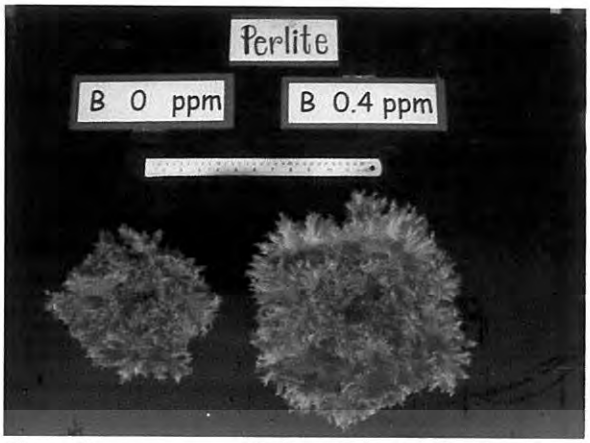
ภาพที่ 14 แสดงการเจริญเติบโตของผักสลัดฟิลลิช ไอซ์เบิร์กในตำรับที่ 4 (B 1.6 ppm) ขณะผักสลัดอายุ 45 วัน

ภาพที่ 15 แสดงการเจริญเติบโตของผักสลัดฟิลลิช ไอซ์เบิร์กในตำรับที่ 5 (B 3.2 ppm) ขณะผักสลัดอายุ 45 วัน



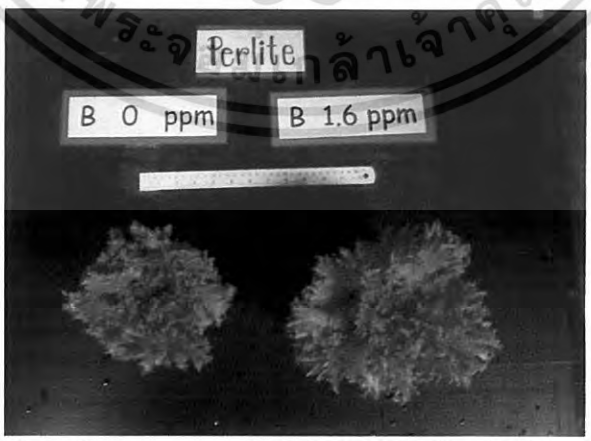
ภาพที่ 16 แสดงการเจริญเติบโตของผักสลัดฟิลลิช ไอซ์เบิร์กในตำรับที่ 6 (B 6.4 ppm) ขณะผักสลัดอายุ 45 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



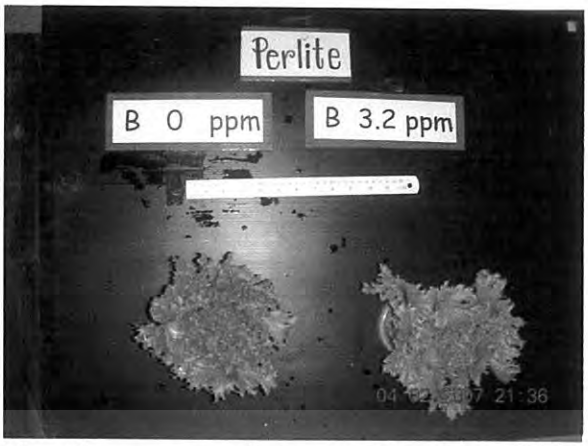
ภาพที่ 17 แสดงการเปรียบเทียบขนาดของต้นผักสลัดฟิลลิซ ไอซ์เบิร์ก ระหว่าง ตำรับที่ 1(B 0 ppm)กับตำรับที่ 2 (B 0.4 ppm) ขณะผักสลัดอายุ 45 วัน

ภาพที่ 18 แสดงการเปรียบเทียบขนาดของต้นผักสลัดฟิลลิซ ไอซ์เบิร์ก ระหว่าง ตำรับที่ 1(B 0 ppm)กับตำรับที่ 3 (B 0.8 ppm) ขณะผักสลัดอายุ 45 วัน



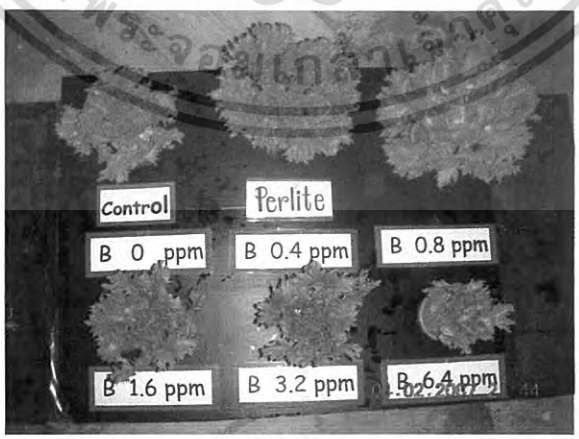
ภาพที่ 19 แสดงการเปรียบเทียบขนาดของต้นผักสลัดฟิลลิซ ไอซ์เบิร์ก ระหว่าง ตำรับที่ 1(B 0 ppm)กับตำรับที่ 4 (B 1.6 ppm) ขณะผักสลัดอายุ 45 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 20 แสดงการเปรียบเทียบขนาดของต้นผักสลัดฟิลลิซ ไอซ์เบิร์ก ระหว่าง ตำรับที่ 1(B 0 ppm)กับตำรับที่ 5 (B 3.2 ppm) ขณะผักสลัดอายุ 45 วัน

ภาพที่ 21 แสดงการเปรียบเทียบขนาดของต้นผักสลัดฟิลลิซ ไอซ์เบิร์ก ระหว่าง ตำรับที่ 1(B 0 ppm)กับตำรับที่ 6 (B 6.4 ppm) ขณะผักสลัดอายุ 45 วัน



ภาพที่ 22 แสดงการเปรียบเทียบขนาดของต้นผักสลัดฟิลลิซ ไอซ์เบิร์ก ทุกตำรับ ขณะผักสลัดอายุ 45 วัน

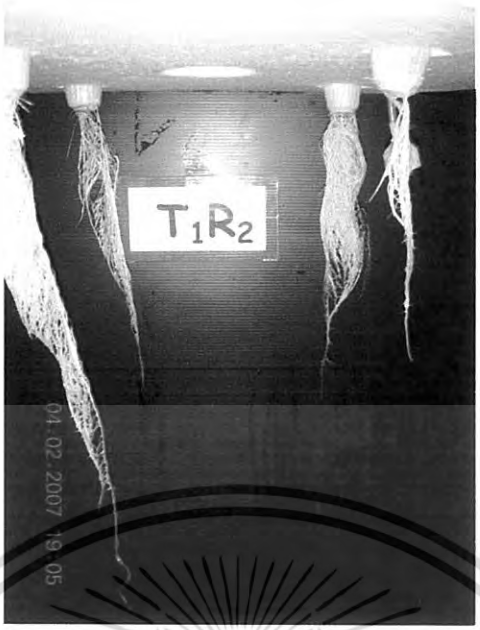
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 23 แสดงอาการขาดโบรอน ในตำรับที่ 1 (B 0 ppm)
ขณะผักสลัดอายุ 45 วัน (ยอดเจริญเติบโตไม่ดี ต้นมีขนาดเล็ก)

ภาพที่ 24 แสดงอาการเป็นพิษของโบรอน ในตำรับที่ 5 (B 3.2 ppm)
ขณะผักสลัดอายุ 45 วัน

ภาพที่ 25 แสดงอาการเป็นพิษของโบรอน ในตำรับที่ 6 (B 6.4 ppm)
ขณะผักสลัดอายุ 45 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 26 แสดงการเจริญเติบโตของรากผักสลัดฟิลลิซ ไอซ์เบิร์กในตำรับที่ 1 (B 0 ppm) ขณะผักสลัดอายุ 45 วัน

ภาพที่ 27 แสดงการเจริญเติบโตของรากผักสลัดฟิลลิซ ไอซ์เบิร์กในตำรับที่ 2 (B 0.4 ppm) ขณะผักสลัดอายุ 45 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 28 แสดงการเจริญเติบโตของรากผักสลัดฟิลลิซ ไอซ์เบิร์กในตำรับที่ 3 (B 0.8 ppm) ขณะผักสลัดอายุ 45 วัน

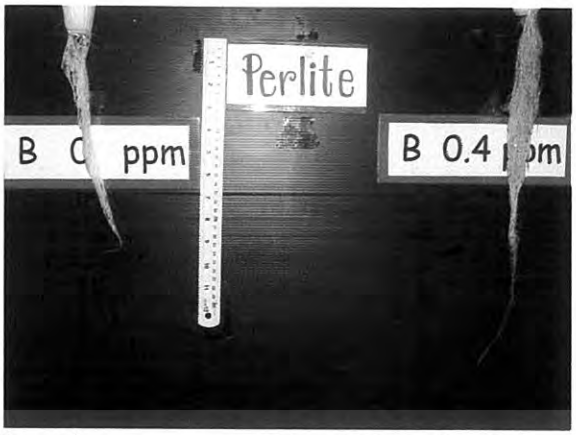
ภาพที่ 29 แสดงการเจริญเติบโตของรากผักสลัดฟิลลิซ ไอซ์เบิร์กในตำรับที่ 4 (B 1.6 ppm) ขณะผักสลัดอายุ 45 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

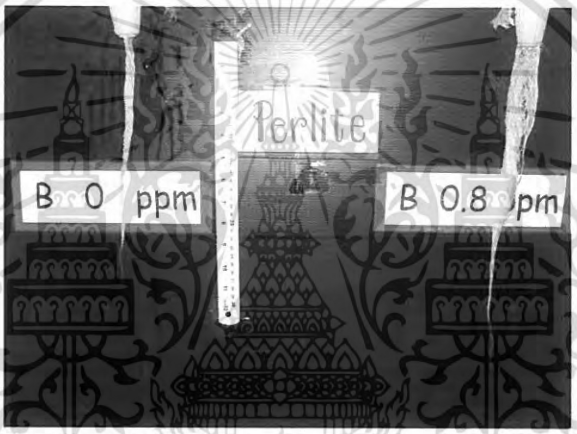
ภาพที่ 30 แสดงการเจริญเติบโตของรากผักสลัดฟิลลิซ ไอซ์เบิร์กในตำรับที่ 5 (B 3.2 ppm) ขณะผักสลัดอายุ 45 วัน

ภาพที่ 31 แสดงการเจริญเติบโตของรากผักสลัดฟิลลิซ ไอซ์เบิร์กในตำรับที่ 6 (B 6.4 ppm) ขณะผักสลัดอายุ 45 วัน

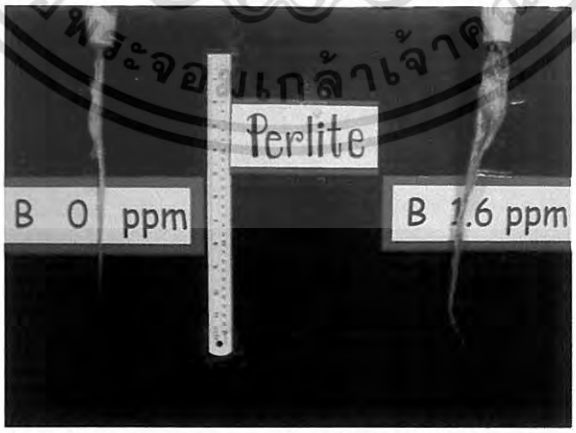
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 32 แสดงการเปรียบเทียบขนาดของรากผักสลัดฟิลลิช ไอซ์เบิร์ก ระหว่าง ตำรับที่ 1(B 0 ppm)กับตำรับที่ 2 (B 0.4 ppm) ขณะผักสลัดอายุ 45 วัน

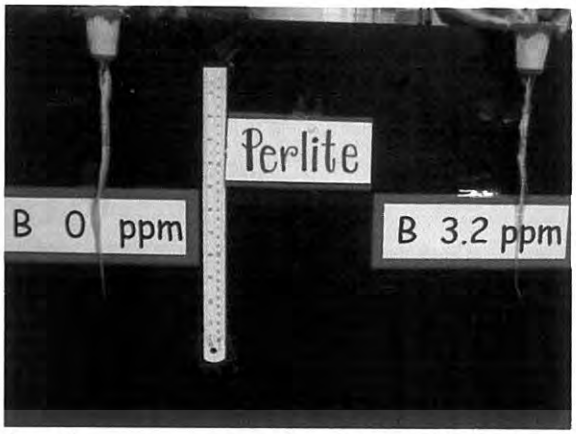


ภาพที่ 33 แสดงการเปรียบเทียบขนาดของรากผักสลัดฟิลลิช ไอซ์เบิร์ก ระหว่าง ตำรับที่ 1(B 0 ppm)กับตำรับที่ 3 (B 0.8 ppm) ขณะผักสลัดอายุ 45 วัน

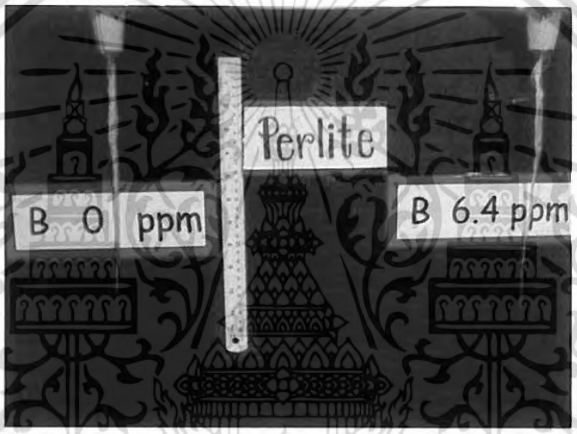


ภาพที่ 34 แสดงการเปรียบเทียบขนาดของรากผักสลัดฟิลลิช ไอซ์เบิร์ก ระหว่าง ตำรับที่ 1(B 0 ppm)กับตำรับที่ 4 (B 1.6 ppm) ขณะผักสลัดอายุ 45 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 35 แสดงการเปรียบเทียบขนาดของรากผักสลัดฟิลลิช ไอซ์เบิร์ก ระหว่าง ตำรับที่ 1(B 0 ppm)กับตำรับที่ 5 (B 3.2 ppm) ขณะผักสลัดอายุ 45 วัน



ภาพที่ 36 แสดงการเปรียบเทียบขนาดของรากผักสลัดฟิลลิช ไอซ์เบิร์ก ระหว่าง ตำรับที่ 1(B 0 ppm)กับตำรับที่ 6 (B 6.4 ppm) ขณะผักสลัดอายุ 45 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลอง

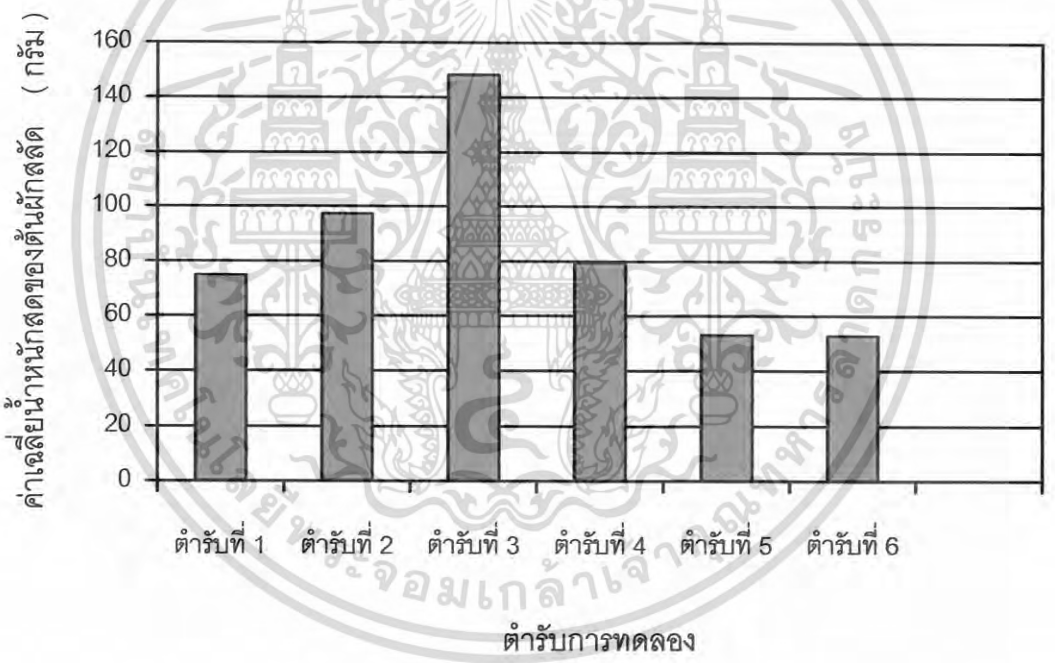
ผลของปริมาณโบรอนในแต่ละตำรับการทดลองต่อการเจริญเติบโตของผักสลัดฟิลลิซ ไอซ์เบิร์ก จากภาพที่ 5-10 พบว่าปริมาณโบรอนในสารละลายธาตุอาหารพืช จะมีผลต่อการเจริญเติบโตของผักสลัดเมื่อมีอายุ 20 วัน ยังไม่ปรากฏอาการเด่นชัด แต่เมื่อดูการเจริญเติบโตจากภาพที่ 11-21 เมื่อผักสลัดมีอายุได้ 45 วัน จะเห็นความแตกต่างของการเจริญเติบโตและขนาดของต้นอย่างชัดเจน โดยในตำรับการทดลองที่ 1 ตำรับการทดลองที่ 5 และตำรับการทดลองที่ 6 มีขนาดของต้นเล็กกว่าตำรับการทดลองที่ 2 ตำรับการทดลองที่ 3 และตำรับการทดลองที่ 4 ทั้งนี้เนื่องจากในตำรับการทดลองที่ 1 มีปริมาณโบรอนในสารละลายธาตุอาหารน้อยเกินไป ส่วนในตำรับการทดลองที่ 5 และ 6 ก็มีปริมาณโบรอนในสารละลายธาตุอาหารมากเกินไป ส่งผลให้ต้นมีขนาดเล็ก เมื่อเปรียบเทียบขนาดของต้นจะพบว่าขนาดของต้นในตำรับการทดลองที่ 3 มีขนาดใหญ่สุด และจากภาพที่ 23 ผักสลัดในตำรับการทดลองที่ 1 แสดงอาการขาดโบรอน พบว่าต้นจะมีขนาดเล็กกว่าปกติ ยอดมีสีเหลืองอ่อน จากภาพที่ 24-25 ในตำรับการทดลองที่ 5 และตำรับการทดลองที่ 6 ผักสลัดแสดงความเป็นพิษที่เกิดจากระดับความเข้มข้นของโบรอน ซึ่งมีความเข้มข้น 3.2 และ 6.4 ppm ตามลำดับ อาการที่แสดงให้เห็นจะมีลักษณะของขอบใบไหม้ จากใบล่าง

จากภาพที่ 26-36 แสดงให้เห็นว่าปริมาณโบรอนในแต่ละตำรับการทดลองมีผลต่อการเจริญเติบโตของราก ในตำรับการทดลองที่ 1 ผักสลัดแสดงการขาดโบรอน รากมีขนาดเล็กและสั้นกว่าตำรับการทดลองที่ 2, 3 และ 4 ซึ่งรากมีการเจริญเติบโตดี มีสีขาวอวบ ส่วนในตำรับการทดลองที่ 5 และ 6 พบว่ารากมีขนาดเล็ก สีค่อนข้างเป็นสีน้ำตาล เนื่องมาจากได้รับผลจากการมีความเข้มข้นของโบรอนในสารละลายมากเกินไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1 ผลของปริมาณโบรอนในสารละลายธาตุอาหารในแต่ละตำรับที่มีต่อค่าเฉลี่ยน้ำหนักสดของ ต้นผักสลัดฟิลลิซ ไอซ์เบิร์ก (กรัม/ต้น)

ตำรับการทดลอง	น้ำหนักสดของต้นผักสลัด (กรัม/ต้น)
ตำรับที่ 1 โบรอน 0 ppm	74.78 bc
ตำรับที่ 2 โบรอน 0.4 ppm	97.21 b
ตำรับที่ 3 โบรอน 0.8 ppm	148.20 a
ตำรับที่ 4 โบรอน 1.6 ppm	79.46 bc
ตำรับที่ 5 โบรอน 3.2 ppm	52.95 c
ตำรับที่ 6 โบรอน 6.4 ppm	52.61 c
%CV	33.45

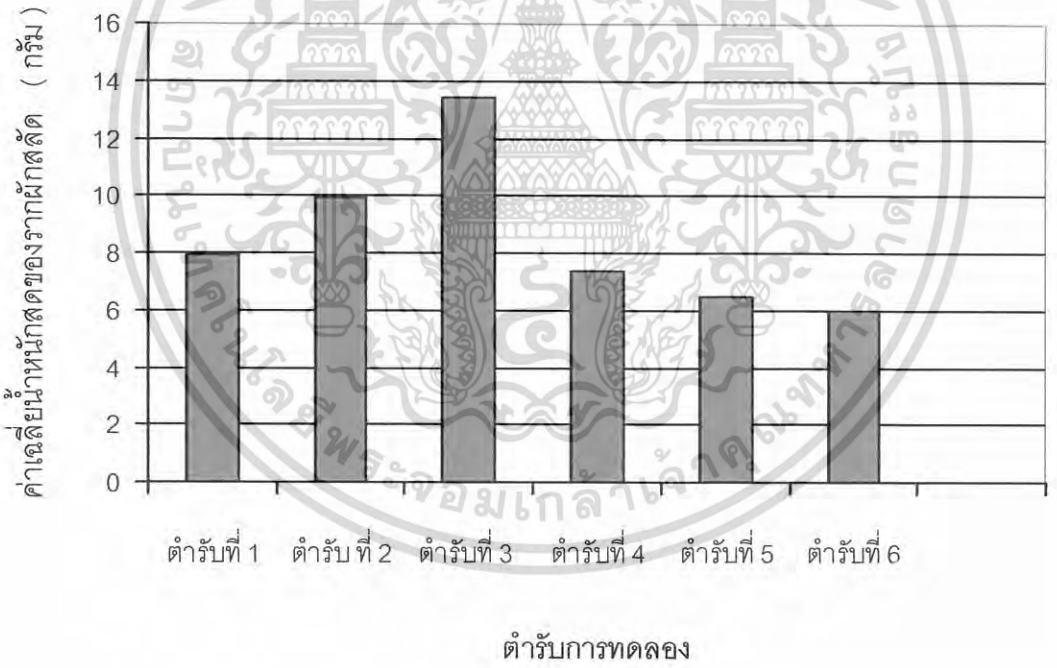


ภาพที่ 37 แสดงผลของปริมาณโบรอนในแต่ละตำรับการทดลองที่มีต่อค่าเฉลี่ยน้ำหนักสดของต้นผักสลัดฟิลลิซ ไอซ์เบิร์ก (กรัม/ต้น)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2 ผลของปริมาณโบรอนในสารละลายธาตุอาหารในแต่ละตำรับที่มีต่อค่าเฉลี่ยน้ำหนักสดของ รากผักสลัดฟิลลิช ไอซ์เบิร์ก (กรัม/ต้น)

ตำรับการทดลอง	น้ำหนักสดของรากผักสลัด (กรัม/ต้น)
ตำรับที่ 1 โบรอน 0 ppm	7.91 b
ตำรับที่ 2 โบรอน 0.4 ppm	9.92 ab
ตำรับที่ 3 โบรอน 0.8 ppm	13.45 a
ตำรับที่ 4 โบรอน 1.6 ppm	7.40 b
ตำรับที่ 5 โบรอน 3.2 ppm	6.48 b
ตำรับที่ 6 โบรอน 6.4 ppm	6.01 b
%CV	35.90

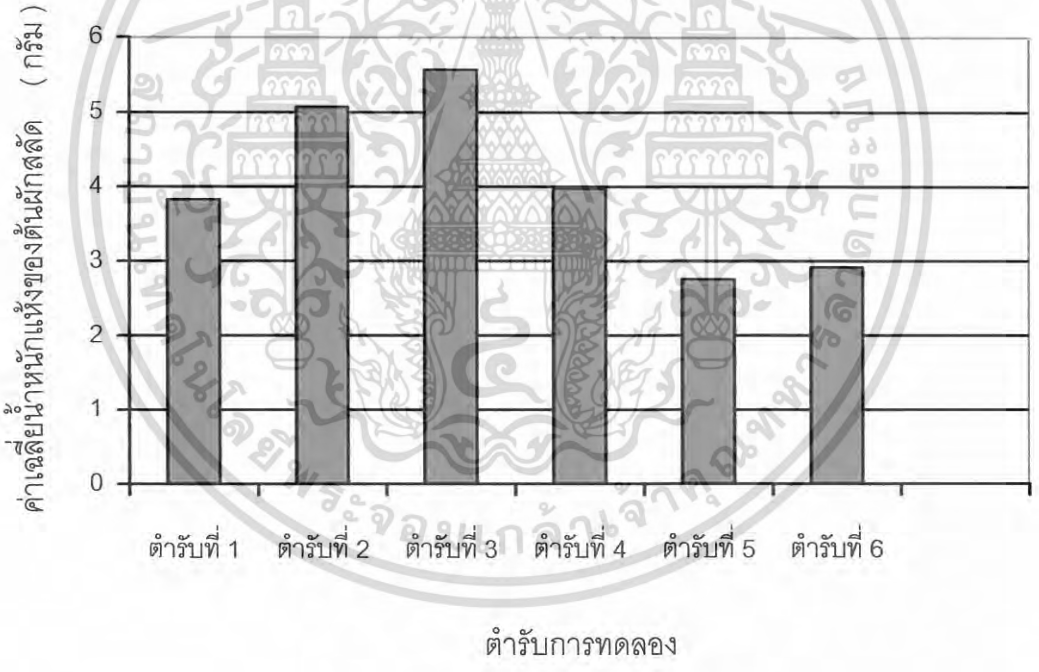


ภาพที่ 38 แสดงผลของปริมาณโบรอนในแต่ละตำรับการทดลองที่มีต่อค่าเฉลี่ยน้ำหนักสดของรากผักสลัดฟิลลิช ไอซ์เบิร์ก (กรัม/ต้น)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3 ผลของปริมาณโบรอนในสารละลายธาตุอาหารในแต่ละตำรับที่มีต่อค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งของ ต้นผักสลัดฟิลลิซ ไอซ์เบิร์ก (กรัม/ต้น)

ตำรับการทดลอง	ค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งของต้นผักสลัด (กรัม/ต้น)
ตำรับที่ 1 โบรอน 0 ppm	3.83 ab
ตำรับที่ 2 โบรอน 0.4 ppm	5.07 a
ตำรับที่ 3 โบรอน 0.8 ppm	5.56 a
ตำรับที่ 4 โบรอน 1.6 ppm	3.97 ab
ตำรับที่ 5 โบรอน 3.2 ppm	2.75 b
ตำรับที่ 6 โบรอน 6.4 ppm	2.91 b
%CV	33.77

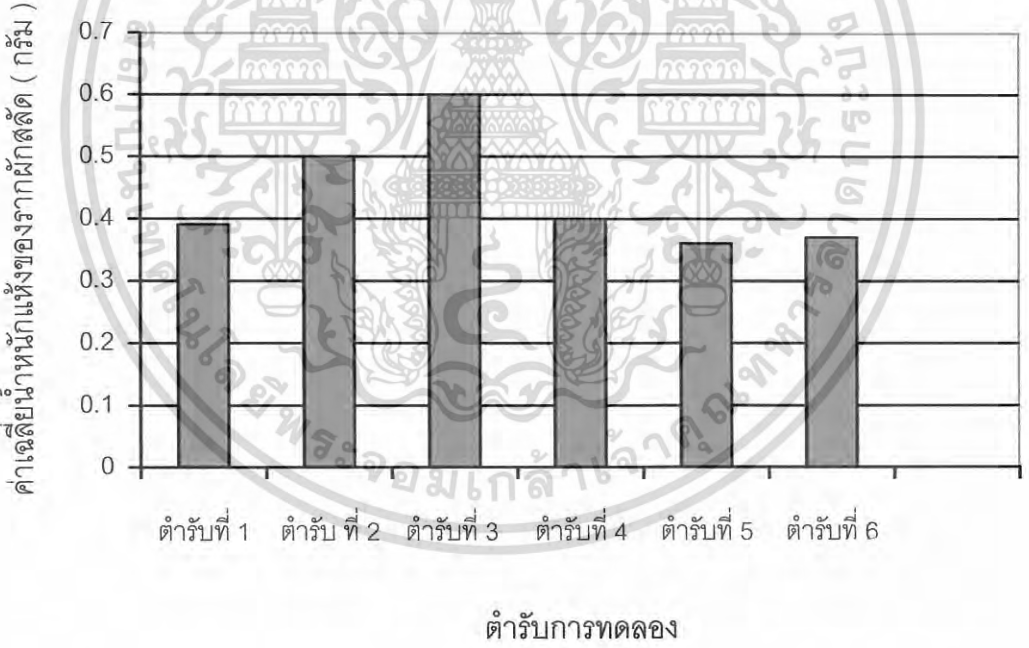


ภาพที่ 39 แสดงผลของปริมาณโบรอนในแต่ละตำรับการทดลองที่มีต่อค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งของต้นผักสลัดฟิลลิซ ไอซ์เบิร์ก (กรัม/ต้น)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4 ผลของปริมาณโบรอนในสารละลายธาตุอาหารในแต่ละตำรับที่มีต่อค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งของรากผักสลัดฟิลลิช ไอซ์เบิร์ก (กรัม)

ตำรับการทดลอง	น้ำหนักแห้งของรากผักสลัด (กรัม/ต้น)
ตำรับที่ 1 โบรอน 0 ppm	0.39 b
ตำรับที่ 2 โบรอน 0.4 ppm	0.50 ab
ตำรับที่ 3 โบรอน 0.8 ppm	0.60 a
ตำรับที่ 4 โบรอน 1.6 ppm	0.40 ab
ตำรับที่ 5 โบรอน 3.2 ppm	0.36 b
ตำรับที่ 6 โบรอน 6.4 ppm	0.37 b
%CV	34.20

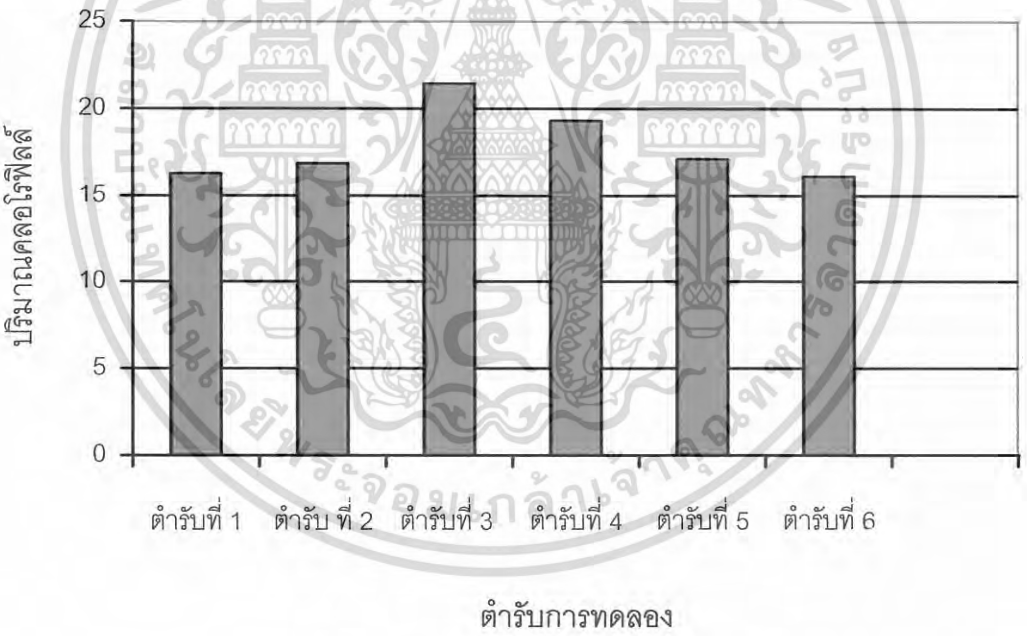


ภาพที่ 40 แสดงผลของปริมาณโบรอนในแต่ละตำรับการทดลองที่มีต่อค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งของรากผักสลัดฟิลลิช ไอซ์เบิร์ก (กรัม/ต้น)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5 ผลของปริมาณโบรอนในสารละลายธาตุอาหารในแต่ละตำรับที่มีต่อปริมาณค่าความเขียวของใบในผักสลัดฟิลลิช ไอซ์เบิร์ก (SPAD unit)

ตำรับการทดลอง	ค่าความเขียวของใบ (SPAD unit)
ตำรับที่ 1 โบรอน 0 ppm	16.27 c
ตำรับที่ 2 โบรอน 0.4 ppm	16.87 bc
ตำรับที่ 3 โบรอน 0.8 ppm	21.45 a
ตำรับที่ 4 โบรอน 1.6 ppm	19.33 ab
ตำรับที่ 5 โบรอน 3.2 ppm	17.10 bc
ตำรับที่ 6 โบรอน 6.4 ppm	16.12 c
%CV	11.57



ภาพที่ 41 แสดงผลของปริมาณโบรอนในแต่ละตำรับการทดลองที่มีต่อปริมาณค่าความเขียวของใบในผักสลัดฟิลลิช ไอซ์เบิร์ก (SPAD unit)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้ำหนักสดของต้นผักสลัด

ผลของปริมาณโบรอนในแต่ละตำรับการทดลองต่อน้ำหนักสดของต้นผักสลัดที่มีอายุการเก็บเกี่ยว 45 วัน จากตารางที่ 1 และภาพที่ 37 พบว่าค่าเฉลี่ยของน้ำหนักสดต่อต้นในตำรับการทดลองที่ 3 ที่มีความเข้มข้นของโบรอนในสารละลายธาตุอาหาร 0.8 ppm มีค่าเฉลี่ยของน้ำหนักสดต่อต้นสูงสุดคือ 148.20 กรัม ซึ่งแตกต่างจากตำรับอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในตำรับการทดลองที่ 1 ที่มีความเข้มข้นของโบรอน 0 ppm ตำรับการทดลองที่ 2 ที่มีความเข้มข้นของโบรอน 0.4 ppm และตำรับการทดลองที่ 4 ที่มีความเข้มข้นของโบรอน 1.6 ppm มีค่าเฉลี่ยน้ำหนักสดของต้นใกล้เคียงกันคือ 74.85 , 97.21 และ 79.46 กรัม ตามลำดับ ส่วนในตำรับการทดลองที่ 5 และตำรับการทดลองที่ 6 ซึ่งมีระดับความเข้มข้นของโบรอน 3.2 และ 6.4 ppm มีค่าเฉลี่ยน้ำหนักสดต่อต้นน้อยลงตามลำดับคือ 52.96 และ 52.61กรัมตามลำดับ และมีแนวโน้มว่าเมื่อความเข้มข้นของโบรอนเพิ่มขึ้นจะทำให้น้ำหนักสดของต้นลดลง

น้ำหนักสดของราก

ผลของปริมาณโบรอนในแต่ละตำรับการทดลองที่มีต่อน้ำหนักสดของรากผักสลัด จากตารางที่ 3 และภาพที่ 39 พบว่า ตำรับการทดลองที่ 2 และตำรับการทดลองที่ 3 มีความเข้มข้นของโบรอน 0.4 และ 0.8 ppm มีค่าเฉลี่ยของน้ำหนักสดของรากใกล้เคียงกันคือ 9.92 และ 13.45 กรัม ตามลำดับ แต่เมื่อเทียบตำรับการทดลองที่ 3 กับตำรับการทดลองอื่นๆ พบว่าตำรับการทดลองที่ 3 ให้ค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งของรากแตกต่างจากตำรับการทดลองที่ 1, 4, 5 และ 6 อย่างมีนัยสำคัญ และจากภาพที่ 2 พบว่าเมื่อความเข้มข้นของโบรอนมากขึ้น จะทำให้น้ำหนักสดของรากลดลงตามลำดับ

น้ำหนักแห้งของต้นผักสลัด

ผลของปริมาณโบรอนในแต่ละตำรับการทดลองที่มีต่อน้ำหนักแห้งของต้นผักสลัดที่มีอายุการเก็บเกี่ยว 45 วัน จากตารางที่ 2 และภาพที่ 38 พบว่าค่าเฉลี่ยของน้ำหนักแห้งของต้นผักสลัดในตำรับการทดลองที่ 3 ที่มีความเข้มข้นของโบรอนในสารละลายธาตุอาหาร 0.8 ppm มีค่าเฉลี่ยของน้ำหนักแห้งของต้นคือ 5.56 กรัม ซึ่งมีค่าสูงสุดแต่ก็มีค่าใกล้เคียงกับตำรับการทดลองที่ 1 ตำรับการทดลองที่ 2 และตำรับการทดลองที่ 4 ซึ่งมีค่าเฉลี่ยของน้ำหนักแห้งคือ 3.83 , 5.07 และ 3.97 กรัม ตามลำดับ และเมื่อเปรียบเทียบกับตำรับการทดลองที่ 5 และตำรับการทดลองที่ 6 ซึ่งมีความเข้มข้นของโบรอน 3.2 และ 6.4 ppm พบว่าตำรับการทดลองที่ 5 และตำรับการทดลองที่ 6 ที่มีความเข้มข้นของโบรอนสูงขึ้นจะมีค่าเฉลี่ยของน้ำหนักแห้งของต้นลดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้ำหนักแห้งของรากผักสลัด

ผลของปริมาณโบรอนในสารละลายธาตุอาหารในแต่ละตำรับการทดลองที่มีต่อน้ำหนักแห้งของราก จากตารางที่ 4 และภาพที่ 40 พบว่า ค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งของรากในตำรับการทดลองที่ 2 ตำรับการทดลองที่ 3 และตำรับการทดลองที่ 4 มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่ค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งของรากมีแนวโน้มสูงกว่าตำรับการทดลองที่ 1 และตำรับการทดลองที่ 6

ค่าความเขียวของใบ

ผลของปริมาณโบรอนในสารละลายธาตุอาหารในแต่ละตำรับการทดลองที่มีต่อปริมาณค่าความเขียวของใบ จากตารางที่ 5 พบว่าปริมาณค่าความเขียวของใบมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยในตำรับการทดลองที่ 3 และตำรับการทดลองที่ 4 จะมีปริมาณค่าความเขียวของใบสูงกว่าตำรับการทดลองอื่นๆ และจากภาพที่ 41 พบว่าปริมาณค่าความเขียวของใบจะลดลงเมื่อความเข้มข้นของโบรอนในสารละลายธาตุอาหารมากกว่าความเข้มข้นของโบรอนในสารละลายธาตุอาหารในตำรับการทดลองที่ 3

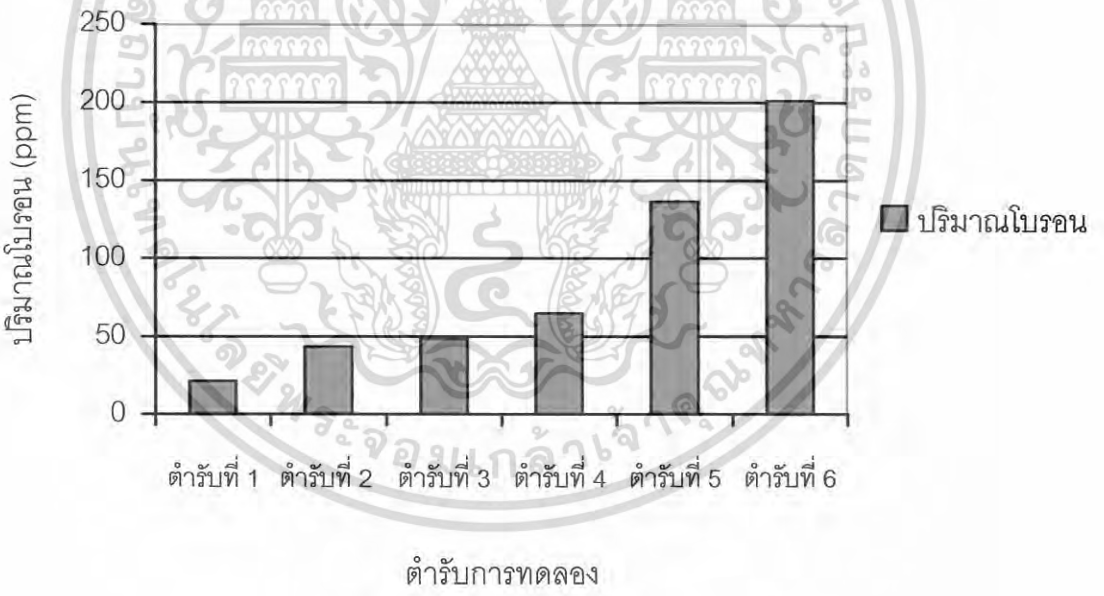
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลจากความเข้มข้นของโบรอนที่มีต่อปริมาณธาตุอาหารในผักสลัดฟิลลิช ไอซ์เบิร์ก

ตารางที่ 6 ผลของปริมาณโบรอนในสารละลายธาตุอาหารในแต่ละตำรับที่มีต่อปริมาณโบรอนในผักสลัดฟิลลิช ไอซ์เบิร์ก(ppm)

ตำรับการทดลอง	ปริมาณโบรอนในผักสลัด (ppm)
ตำรับที่ 1 โบรอน 0 ppm	21.1333 d
ตำรับที่ 2 โบรอน 0.4 ppm	43.4545 cd
ตำรับที่ 3 โบรอน 0.8 ppm	48.5852 cd
ตำรับที่ 4 โบรอน 1.6 ppm	64.4780 c
ตำรับที่ 5 โบรอน 3.2 ppm	136.5514 b
ตำรับที่ 6 โบรอน 6.4 ppm	201.4802 a
%CV	25.33



ภาพที่ 42 แสดงผลของปริมาณโบรอนในสารละลายธาตุอาหารในแต่ละตำรับที่มีต่อปริมาณโบรอนในผักสลัดฟิลลิช ไอซ์เบิร์ก(ppm)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

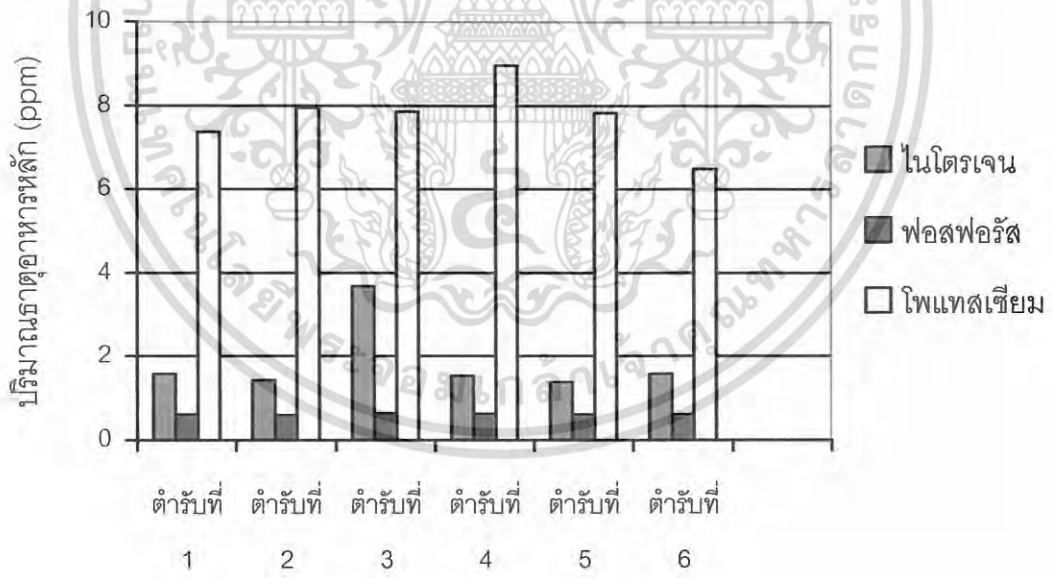
โบรอน

ผลของปริมาณโบรอนในแต่ละตำรับการทดลองที่มีต่อปริมาณโบรอนในตัวอย่างผักสลัด จากตารางที่ 6 พบว่าตำรับการทดลองที่ 1 ตำรับการทดลองที่ 2 และตำรับการทดลองที่ 3 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และพบว่าตำรับที่ 2 ตำรับการทดลองที่ 3 และตำรับการทดลองที่ 4 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนตำรับการทดลองที่ 5 และ 6 แตกต่างจากตำรับการทดลองอื่นๆอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และจากภาพที่ 42 พบว่าปริมาณโบรอนมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อความเข้มข้นของโบรอนในสารละลายเพิ่มขึ้นตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 7 ผลของปริมาณโบรอนในสารละลายธาตุอาหารในแต่ละตำรับที่มีต่อปริมาณธาตุอาหารหลักไนโตรเจน โพแทสเซียม และฟอสฟอรัสในผักสลัดฟิลลิช ไอซ์เบิร์ก (%)

ตำรับการทดลอง	ปริมาณธาตุอาหารหลัก		
	ไนโตรเจน	ฟอสฟอรัส	โพแทสเซียม
	(%)		
ตำรับที่ 1 โบรอน 0 ppm	1.5732 b	0.6129 bc	7.3716 ab
ตำรับที่ 2 โบรอน 0.4 ppm	1.4316 b	0.5959 c	7.9500 ab
ตำรับที่ 3 โบรอน 0.8 ppm	3.8023 a	0.6339 a	7.8614 ab
ตำรับที่ 4 โบรอน 1.6 ppm	1.5337 b	0.6209 ab	8.9540 a
ตำรับที่ 5 โบรอน 3.2 ppm	1.3899 b	0.6092 bc	7.8292 ab
ตำรับที่ 6 โบรอน 6.4 ppm	1.0580 b	0.6069 bc	6.4889 b
%CV	20.43	23.86	15.00



ภาพที่ 43 แสดงผลผลของปริมาณโบรอนในสารละลายธาตุอาหารในแต่ละตำรับที่มีต่อปริมาณธาตุอาหารหลักไนโตรเจน โพแทสเซียม และฟอสฟอรัสในผักสลัดฟิลลิช ไอซ์เบิร์ก(%)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไนโตรเจน

ผลของปริมาณโบรอนในสารละลายธาตุอาหารในแต่ละตำรับการทดลองที่มีต่อปริมาณไนโตรเจน จากตารางที่ 7 และภาพที่ 43 พบว่า ในตำรับการทดลองที่ 3 ซึ่งมีความเข้มข้นของโบรอนในสารละลายธาตุอาหาร 0.8 ppm จะมีค่าเฉลี่ยของปริมาณไนโตรเจนสูงสุดคือ 3.8023% ซึ่งแตกต่างจากตำรับอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญ ในขณะที่ตำรับอื่นๆนั้นมีปริมาณไนโตรเจนใกล้เคียงกันได้แก่ตำรับที่ 1 ตำรับที่ 2 ตำรับที่ 4 ตำรับที่ 5 และตำรับที่ 6 มีปริมาณไนโตรเจน 1.5732, 1.4316, 1.5337, 1.3899 และ 1.0580 % ตามลำดับ จากภาพที่ 43 พบว่าปริมาณไนโตรเจนมีแนวโน้มลดลงเมื่อปริมาณโบรอนในสารละลายมากกว่า 0.8 ppm

ฟอสฟอรัส

ผลของปริมาณโบรอนในสารละลายธาตุอาหารในแต่ละตำรับการทดลองที่มีต่อปริมาณธาตุฟอสฟอรัส จากตารางที่ 7 และภาพที่ 43 พบว่าปริมาณฟอสฟอรัสมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่ปริมาณฟอสฟอรัสในตำรับการทดลองที่ 3 ซึ่งมีความเข้มข้นของโบรอน 0.8 ppm มีแนวโน้มว่ามีปริมาณมากกว่าตำรับการทดลองอื่นๆ และปริมาณฟอสฟอรัสจะค่อยๆลดลงเมื่อมีความเข้มข้นของโบรอนในสารละลายธาตุอาหารน้อยกว่าหรือมากกว่า 0.8 ppm ซึ่งเป็นความเข้มข้นของโบรอนในสารละลายธาตุอาหารในตำรับการทดลองที่ 3

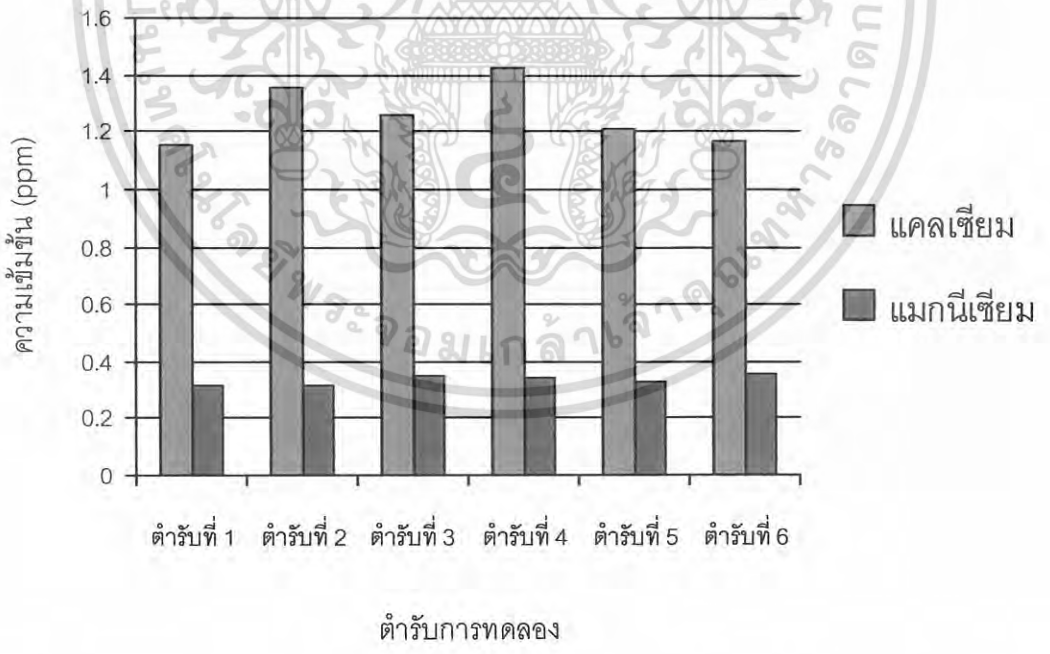
โพแทสเซียม

ผลของปริมาณโบรอนในสารละลายธาตุอาหารในแต่ละตำรับการทดลองที่มีต่อปริมาณธาตุโพแทสเซียม จากตารางที่ 7 และภาพที่ 43 พบว่าปริมาณโพแทสเซียมมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติแต่ปริมาณโพแทสเซียมในตำรับการทดลองที่ 4 ซึ่งมีความเข้มข้นของโบรอน 1.6 ppm มีแนวโน้มว่ามีปริมาณมากกว่าตำรับการทดลองอื่นๆ และปริมาณโพแทสเซียมจะค่อยๆลดลงเมื่อมีความเข้มข้นของโบรอนในสารละลายธาตุมากกว่า 1.6 ppm ซึ่งเป็นความเข้มข้นของโบรอนในสารละลายธาตุอาหารในตำรับการทดลองที่ 4 เมื่อความเข้มข้นของโบรอนเพิ่มขึ้นในปริมาณที่เหมาะสม ปริมาณโพแทสเซียมในผักสลัดจะเพิ่มขึ้น แต่เมื่อถึงจุดหนึ่งที่ปริมาณโบรอนมากเกินไปในตำรับการทดลองที่ 5 และตำรับการทดลองที่ 6 ปริมาณโพแทสเซียมจะค่อยๆลดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 8 ผลของปริมาณโบรอนในสารละลายธาตุอาหารในแต่ละตำรับที่มีต่อปริมาณธาตุอาหารรองแคลเซียม และแมกนีเซียมในผักสลัดฟิลลิซ ไอซ์เบิร์ก (%)

ตำรับการทดลอง	ปริมาณธาตุอาหารรอง	
	แคลเซียม	แมกนีเซียม
	(%)	
ตำรับที่ 1 โบรอน 0 ppm	1.1549 b	0.3173 b
ตำรับที่ 2 โบรอน 0.4 ppm	1.3572 b	0.3177 b
ตำรับที่ 3 โบรอน 0.8 ppm	1.2567 b	0.3506 ab
ตำรับที่ 4 โบรอน 1.6 ppm	2.4241 a	0.3414 ab
ตำรับที่ 5 โบรอน 3.2 ppm	1.2117 b	0.3310 ab
ตำรับที่ 6 โบรอน 6.4 ppm	1.1663 b	0.3590 a
%CV	8.78	9.40



ภาพที่ 44 แสดงผลของปริมาณโบรอนในสารละลายธาตุอาหารในแต่ละตำรับที่มีต่อปริมาณธาตุอาหารรองแคลเซียม และแมกนีเซียมในผักสลัดฟิลลิซ ไอซ์เบิร์ก (%)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แมกนีเซียม

ผลของปริมาณโบรอนในสารละลายธาตุอาหารในแต่ละตำรับการทดลองที่มีต่อปริมาณแมกนีเซียม จากตารางที่ 8 และภาพที่ 44 พบว่าทุกตำรับการทดลองมีปริมาณแมกนีเซียมไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

แคลเซียม

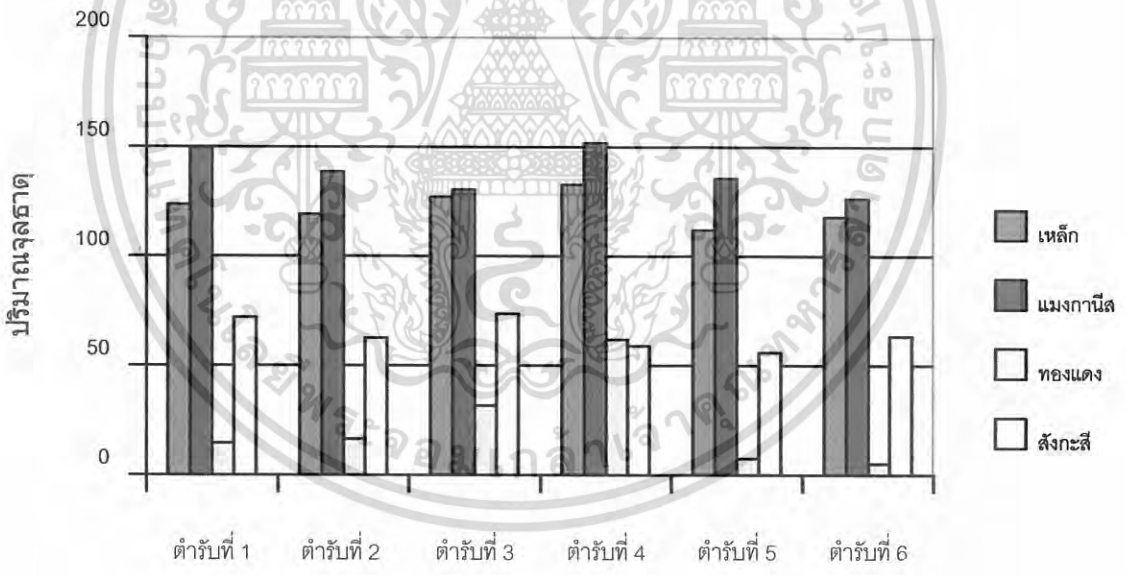
ผลของปริมาณโบรอนในสารละลายธาตุอาหารในแต่ละตำรับการทดลองที่มีต่อปริมาณแคลเซียม จากตารางที่ 8 และภาพที่ 44 พบว่า ในตำรับการทดลองที่ 4 มีปริมาณแคลเซียมสูงสุด คือ 2.4241% ซึ่งแตกต่างจากตำรับการทดลองอื่นๆอย่างมีนัยสำคัญ และจากภาพที่ 16 พบว่าปริมาณของแคลเซียมจะลดลงเมื่อมีความเข้มข้นของโบรอนมากกว่าความเข้มข้นของโบรอนในตำรับการทดลองที่ 4 ซึ่งมีความเข้มข้นของโบรอน 1.6 ppm

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 9 ผลของปริมาณโบรอนในสารละลายธาตุอาหารในแต่ละตำรับที่มีต่อปริมาณจุลธาตุ เหล็ก แมงกานีส ทองแดง และสังกะสีในผักสลัดฟิลลิช ไอซ์เบิร์ก (ppm)

ตำรับการทดลอง	ปริมาณจุลธาตุ			
	เหล็ก	แมงกานีส	ทองแดง	สังกะสี
	(ppm)			
ตำรับที่ 1 โบรอน 0 ppm	124.2	149.2	14.5 b	72.0 ab
ตำรับที่ 2 โบรอน 0.4 ppm	119.6	138.6	16.4 b	62.8 bc
ตำรับที่ 3 โบรอน 0.8 ppm	127.4	130.8	31.8 a	73.6 a
ตำรับที่ 4 โบรอน 1.6 ppm	133.0	152.0	6.2 c	59.0 c
ตำรับที่ 5 โบรอน 3.2 ppm	112.2	135.6	7.2 c	55.8 c
ตำรับที่ 6 โบรอน 6.4 ppm	118.4	126.6	5.2 c	63.4 bc
%CV	14.77	18.20	23.54	21.80



ภาพที่ 45 แสดงผลของปริมาณโบรอนในสารละลายธาตุอาหารในแต่ละตำรับที่มีต่อปริมาณจุลธาตุ เหล็ก แมงกานีส ทองแดง และสังกะสีในผักสลัดฟิลลิช ไอซ์เบิร์ก (ppm)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เหล็ก

ผลของปริมาณโบรอนในสารละลายธาตุอาหารในแต่ละตำรับการทดลองที่มีต่อปริมาณเหล็ก จากตารางที่ 9 และภาพที่ 45 พบว่าปริมาณเหล็กในทุกตำหรับการทดลองไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

แมงกานีส

ผลของปริมาณโบรอนในสารละลายธาตุอาหารในแต่ละตำรับการทดลองที่มีต่อปริมาณแมงกานีส จากตารางที่ 9 และภาพที่ 45 พบว่า ปริมาณแมงกานีสในทุกตำรับการทดลองไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่จากภาพที่ 45 จะมีแนวโน้มว่าปริมาณแมงกานีสจะลดลงเมื่อความเข้มข้นของโบรอนในสารละลายธาตุอาหารเพิ่มขึ้น

ทองแดง

ผลของปริมาณโบรอนในสารละลายธาตุอาหารในแต่ละตำรับการทดลองที่มีต่อปริมาณทองแดง จากตารางที่ 9 พบว่า ปริมาณทองแดงในตำรับการทดลองที่ 3 มีปริมาณสูงสุดคือ 31.8 ppm ซึ่งแตกต่างจากการทดลองอื่นๆอย่างมีนัยสำคัญ และในตำรับการทดลองที่ 1 ซึ่งมีโบรอน 0 ppm และตำรับการทดลองที่ 2 ซึ่งมีโบรอน 0.4 ppm มีปริมาณของแมงกานีสไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งจะมีปริมาณโบรอนต่ำกว่าตำรับการทดลองที่ 3 คือมีปริมาณแมงกานีส 14.5 และ 16.4 ppm ตามลำดับ ส่วนในตำรับการทดลองที่ 4 ตำรับการทดลองที่ 5 และตำรับการทดลองที่ 6 มีปริมาณแมงกานีสน้อยมากซึ่งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติคือ 6.2 ,7.2 และ 5.2 ppm ตามลำดับ และจากภาพที่ 45 พบว่า เมื่อความเข้มข้นของโบรอนเพิ่มขึ้นมากจะทำให้ปริมาณทองแดงลดลงเป็นอย่างมาก

สังกะสี

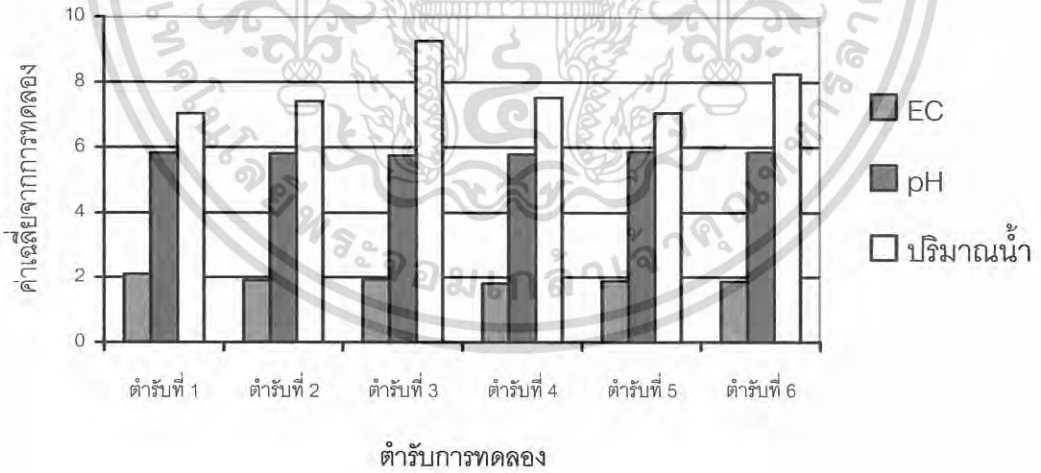
ผลของปริมาณโบรอนในสารละลายธาตุอาหารในแต่ละตำรับการทดลองที่มีต่อปริมาณสังกะสี จากตารางที่ 9 พบว่า ตำรับการทดลองที่ 3 มีปริมาณสังกะสีมากกว่าตำรับการทดลองอื่นแต่ไม่แตกต่างจากตำรับการทดลองที่ 1 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนในตำรับการทดลองที่ 2 ไม่แตกต่างจากตำรับการทดลองที่ 4 ตำรับการทดลองที่ 5 และตำรับการทดลองที่ 6 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จากภาพที่ 45 จะเห็นได้ว่า ผลของโบรอนในแต่ละตำรับการทดลองให้ปริมาณสังกะสีไม่แตกต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 10 ผลของปริมาณโบรอนในสารละลายธาตุอาหารในแต่ละตำรับที่มีต่อค่า EC, pH และปริมาณความต้องการน้ำของผักสลัดฟิลลิซ ไอซ์เบิร์ก

ตำรับการทดลอง	ผลของโบรอนที่มีต่อค่า EC pH และปริมาณการใช้น้ำของผักสลัด		
	EC ($mS.cm^{-1}$)	pH	ปริมาณน้ำ (ลิตร)
ตำรับที่ 1 โบรอน 0 ppm	2.10 a	5.84 bc	7.04
ตำรับที่ 2 โบรอน 0.4 ppm	1.89 bc	5.82 bc	7.42
ตำรับที่ 3 โบรอน 0.8 ppm	1.91 b	5.76 b	9.26
ตำรับที่ 4 โบรอน 1.6 ppm	1.80 c	5.80 bc	7.54
ตำรับที่ 5 โบรอน 3.2 ppm	1.88 bc	5.87 a	7.06
ตำรับที่ 6 โบรอน 6.4 ppm	1.85 bc	5.85 bc	8.26
%CV	7.04	1.20	23.07

หมายเหตุ อักษรที่แตกต่างกันในคอลัมน์ หมายถึง แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % (Duncan)



ภาพที่ 46 ผลของปริมาณโบรอนในสารละลายธาตุอาหารในแต่ละตำรับที่มีต่อค่า EC, pH และปริมาณความต้องการน้ำผักสลัดฟิลลิซ ไอซ์เบิร์ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

EC

ผลของปริมาณโบรอนในสารละลายธาตุอาหารในแต่ละตำรับการทดลองที่มีต่อค่า EC **จากตารางที่ 10 และภาพที่ 46 พบว่า เมื่อทำการปลูกผักสลัดฟิลลิซ ไอซ์เบิร์ก แต่ละตำรับการ**ทดลองลงในระบบ พบว่าค่า EC ของสารละลายธาตอาหาร จะมีค่าลดลงเมื่อความเข้มข้นของโบรอนในสารละลายธาตุอาหารลดลง แต่ไม่แตกต่างกันมากนัก โดยในตำรับการทดลองที่ 1 มีค่า EC สูงสุดคือ 2.10 $mS.cm^{-1}$ ส่วนในตำรับการทดลองอื่นๆ ค่า EC ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

pH

ผลของปริมาณโบรอนในสารละลายธาตุอาหารในแต่ละตำรับการทดลองที่มีต่อค่า pH ของสารละลายธาตุอาหารพบว่า เมื่อทำการปลูกผักสลัดฟิลลิซ ไอซ์เบิร์ก โดยให้ pH เริ่มต้นของสารละลายธาตุอาหารทุกตำรับการทดลองมีค่าเท่ากับ 6.0 เมื่อปลูกผักไประยะหนึ่งจะทำให้ pH ของสารละลายเปลี่ยนแปลงไป โดยทุกตำรับ pH จะลดลง แต่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ปริมาณน้ำ

ผลของปริมาณโบรอนในสารละลายธาตุอาหารในแต่ละตำรับการทดลองที่มีต่อค่าปริมาณการใช้น้ำ จากตารางที่ 10 พบว่า ผลของโบรอนในแต่ละตำรับการทดลองที่มีต่อปริมาณการใช้น้ำไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการวิเคราะห์หาปริมาณโบรอนในผักสลัดพบว่าตำรับการทดลองที่ 1 ซึ่งมีระดับความเข้มข้นของโบรอนในสารละลายธาตุอาหาร 0 ppm จะมีปริมาณโบรอนในเนื้อเยื่อต่ำสุดคือ 21.1333 ppm ซึ่งเป็นปริมาณโบรอนที่อยู่ในระดับที่พืชจะแสดงอาการขาดได้ ส่วนตำรับการทดลองที่ 2 และตำรับการทดลองที่ 3 มีปริมาณโบรอน 43.4545 และ 48.5852 ppm ตามลำดับ ซึ่งถือว่าเป็นระดับที่พอเพียงในผักสลัด ส่วนตำรับการทดลองที่ 4 ตำรับการทดลองที่ 5 และตำรับการทดลองที่ 6 มีปริมาณโบรอน 64.4780, 136.5514 และ 201.4802 ppm ตามลำดับ ซึ่งอยู่ในระดับที่สูงเกินไปในเนื้อเยื่อพืช

(J.Benton Jones, Jr, Benjamin Wolf, Harry A. Mills, 1991)

จากการศึกษาผลของปริมาณโบรอนในสารละลายธาตุอาหารในแต่ละตำรับการทดลองที่มีต่อการเจริญเติบโตของผักสลัดฟิลลิช ไอซ์เบิร์ก พบว่า ปริมาณของโบรอนในสารละลายธาตุอาหารในตำรับการทดลองที่ 3 ซึ่งมีความเข้มข้นของโบรอน 0.8 ppm เหมาะสำหรับการเจริญเติบโตของผักสลัด เนื่องจากมีค่าเฉลี่ยของน้ำหนักสด น้ำหนักแห้งของต้นและรากสูงสุด คือมีค่าเฉลี่ยของน้ำหนักสดของต้น 148.20 กรัม ซึ่งแตกต่างจากตำรับการทดลองอื่นๆอย่างมีนัยสำคัญ มีค่าเฉลี่ยน้ำหนักสดของราก น้ำหนักแห้งของต้น น้ำหนักแห้งของรากคือ 13.45, 5.56 และ 0.60 กรัม ตามลำดับ และจากการศึกษายังพบอีกว่าตำรับการทดลองที่ 2 และ 4 มีการเจริญเติบโตของผักสลัดใกล้เคียงกับตำรับการทดลองที่ 3 ส่วนในตำรับการทดลองที่ 1 ตำรับการทดลองที่ 5 และตำรับการทดลองที่ 6 มีค่าเฉลี่ยน้ำหนักสดของต้นและราก น้ำหนักแห้งของต้นและรากต่ำ ทั้งนี้เนื่องมาจากระดับความเข้มข้นของโบรอนในสารละลายธาตุอาหาร โดยในตำรับการทดลองที่ 1 มีความเข้มข้นของโบรอน 0 ppm ผักสลัดมีอาการขาดโบรอนทำให้มีการเจริญเติบโตผิดปกติ ต้นมีขนาดเล็ก ยอดมีการเจริญเติบโตไม่ดีและมีสีออกสีเหลือง ส่วนในตำรับการทดลองที่ 5 และตำรับการทดลองที่ 6 ค่าเฉลี่ยน้ำหนักสดของต้นและรากต่ำ เนื่องมาจากระดับความเข้มข้นของโบรอนในสารละลายธาตุอาหารที่มีมากเกินไป ซึ่งทำให้พืชแสดงอาการเป็นพิษของโบรอน โดยปรากฏลักษณะขอบใบไหม้ และพบว่าขนาดของลำต้นเล็ก ใบล่างจะค่อยๆเหลืองและหลุดร่วง การเจริญเติบโตของรากจะสั้นและมีสีเหลืองออกน้ำตาล ในขณะที่ตำรับการทดลองที่ 3 รากมีการเจริญเติบโตดี มีสีขาวและค่อนข้างอวบ เมื่อศึกษาปริมาณของค่าความเขียวของใบในตำรับการทดลองที่ 3 จะมีปริมาณค่าความเขียวของใบสูงสุดคือ 21.45 SPAD unit และเมื่อนำตัวอย่างผักสลัดไปวิเคราะห์หาปริมาณธาตุต่างๆในห้องปฏิบัติการ พบว่ามีปริมาณของไนโตรเจนในปริมาณที่เพียงพอ ในขณะที่ตำรับการทดลองอื่นๆมีการขาดไนโตรเจน ด้วยเหตุนี้จึงส่งผลต่อค่าความเขียวของใบ เนื่องจากโบรอนในอัตราที่เหมาะสมจะส่งเสริมให้มีการดูดใช้ไนโตรเจนได้ดีขึ้น โดยใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตำรับการทดลองที่ 1 ผักสลัดมีการขาดโบรอนทำให้ผักสลัดมีการเจริญเติบโตผิดปกติ ส่วนในตำรับการทดลองที่ 5 และ 6 มีปริมาณโบรอนมากเกินไปจึงส่งผลให้ผักสลัดดูดใช้ธาตุไนโตรเจนได้น้อยเช่นกัน ในขณะเดียวกันนี้จากการศึกษาธาตุอื่นๆพบว่า ปริมาณฟอสฟอรัสในเนื้อเยื่อพืชอยู่ในระดับที่เพียงพอแต่มีแนวโน้มว่าปริมาณฟอสฟอรัสจะลดลงเมื่อความเข้มข้นของโบรอนในสารละลายธาตุอาหารเพิ่มขึ้น ในขณะที่ปริมาณโพแทสเซียมในเนื้อเยื่อของผักสลัดที่ปลูกในตำรับการทดลองที่ 1 – 5 มีปริมาณโพแทสเซียมเพียงพอในเนื้อเยื่อ แต่ตำรับการทดลองที่ 6 มีปริมาณโพแทสเซียมในเนื้อเยื่อต่ำมากเป็นผลมาจาก มีความเข้มข้นของโบรอนมากเกินไป และเมื่อศึกษาปริมาณของแคลเซียมและแมกนีเซียม พบว่าเมื่อความเข้มข้นของโบรอนในสารละลายธาตุอาหารเพิ่มขึ้นปริมาณแคลเซียมและแมกนีเซียมจะลดลง เห็นได้ชัดในตำรับการทดลองที่ 5 และ 6 ซึ่งมีปริมาณของแคลเซียมและแมกนีเซียมต่ำมาก ซึ่งเป็นผลมาจากสภาวะปฏิปักษ์ระหว่างโบรอนกับธาตุไนโตรเจน โพแทสเซียมและแคลเซียม โดยเมื่อความเข้มข้นของโบรอนในสารละลายธาตุอาหารสูงจะทำให้ผักสลัดดูดใช้ธาตุเหล่านี้ได้น้อย (ยงยุทธ,2546) เมื่อศึกษาปริมาณของเหล็กแมงกานีส ทองแดงและสังกะสีในเนื้อเยื่อพืชพบว่าทุกตำรับการทดลองจะมีปริมาณแมงกานีสและสังกะสีในปริมาณที่เพียงพอในขณะที่ตำรับการทดลองที่ 4, 5 และ 6 มีปริมาณทองแดงต่ำมากเนื่องมาจากมีความเข้มข้นของโบรอนสูง ส่วนปริมาณเหล็กพบว่าทุกตำรับการทดลองจะทีปริมาณเหล็กสูงกว่าระดับที่เพียงพอเล็กน้อย เนื่องจากในสารละลายธาตุอาหารมีความเป็นกรดเล็กน้อย ผักสลัดจึงสามารถดูดใช้เหล็กได้ในปริมาณมาก แต่ก็มีแนวโน้มว่าเมื่อความเข้มข้นของโบรอนในสารละลายธาตุอาหารมากขึ้น ปริมาณเหล็กในเนื้อเยื่อพืชจะลดลง

จากการศึกษาสามารถทราบถึงระดับความเข้มข้นของโบรอนที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของผักสลัด คืออยู่ในช่วง 0.8 – 1.6 ppm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

กนิษฐา วงษ์หาญ , พรพรรณ เหลืองอาภรณ์เลิศ. 2548. การเปรียบเทียบชนิดของเหล็กคีเลตที่มีผลต่อ ปริมาณไนเตรทและผลผลิตของผักสลัดที่ปลูกในระบบไฮโดรโพนิกส์แบบให้อากาศ.ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.กรุงเทพฯ.

ดิเรก ทองอร่าม. 2546. การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน หลักการจัดการการผลิตและเทคโนโลยีการผลิตเชิง ธุรกิจในประเทศไทย.สาขาวิชาส่งเสริมการเกษตรและสหกรณ์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

พวงทอง ยินอัศวพรรณ, สุเทวี ศุขปราการ. 2536. การผลิตเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอม. กองขยายพันธุ์พืช กรมส่งเสริมการเกษตร. กรุงเทพฯ.

เพิ่มพูน กีรติกสิกร.2546. โบรอน-จุลธาตุอาหารพืช.ภาควิชาทรัพยากรที่ดินและสิ่งแวดล้อม คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ยงยุทธ โอสถสภา. 2546. ธาตุอาหารพืช.ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาตร์.กรุงเทพฯ.

สุมิตรา ภู่วโรดม. 2549. การวิเคราะห์ปัญหาการขาดธาตุรองและจุลธาตุในดินกับพืชสวน-ไม้ยืนต้นและแนวทางแก้ไข. วารสารดินและปุ๋ย 28 : 135 -141.

สุรชัย มัจฉาชีพ. 2535. พืชเศรษฐกิจในประเทศไทย. กรุงเทพฯ.

อารักษ์ ธีรอำพน. 2544. เอกสารวิชาการเรื่องการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน. สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช สำนักวิชาเ ทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

อิทธิสุนทร นันทกิจ. การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.กรงเทพฯ.

อิทธิสุนทร นันทกิจ. 2549. เอกสารประกอบการอบรมหลักสูตรการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน รุ่นที่ 8 . กรุงเทพฯ: ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

J.Benton Jones, Jr, Benjamin Wolf, Harry A. Mills. 1991. PLANT ANALYSIS HAND BOOK. USA.

Jeanine M. Davis,Douglas C.Sanders, Paul V.Nelson, Laura Leangnick, and Wade J. Sperry. 2003. Boron Improves Growth, Yield, Quality, and Nutrient Content of Tomato.J. Amer. Soc. Hort. Sci. 128 (3):441-446.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Jin-Sheng Huang and S.S. Snapp. 2004. The Effect of Boron, Calcium, and Surface Moisture on Shoulder Check, a Quality Defect in Fresh-market Tomato. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 129(4):599-607.

Larkom, Joy. 1987. The salad Garden. London.

MacClement, JK. 1982. How to grow vegetables & berries. The united states.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
น้ำหนักสด ต้น	Between Groups	31735.217	5	6347.043	8.005	.000
	Within Groups	19029.243	24	792.885		
	Total	50764.460	29			
น้ำหนักสด ราก	Between Groups	185.856	5	37.171	3.998	.009
	Within Groups	223.138	24	9.297		
	Total	408.995	29			
น้ำหนักแห้ง ต้น	Between Groups	31.920	5	6.384	3.472	.017
	Within Groups	44.133	24	1.839		
	Total	76.053	29			
น้ำหนักแห้ง ราก	Between Groups	.232	5	.046	2.068	.105
	Within Groups	.539	24	.022		
	Total	.771	29			
ค่าความ เขียวของใบ	Between Groups	110.955	5	22.191	5.191	.002
	Within Groups	102.601	24	4.275		
	Total	213.557	29			

น้ำหนักสดต้น

Duncan[a]

TRT	N	Subset for alpha = .05		
		1	2	3
6.00	5	52.6090		
5.00	5	52.9450		
1.00	5	74.7830	74.7830	
4.00	5	79.4610	79.4610	
2.00	5		97.0270	
3.00	5			148.2040
Sig.		.180	.250	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
a Uses Harmonic Mean Sample Size = 5.000.

น้ำหนักสดราก

Duncan[a]

TRT	N	Subset for alpha = .05	
		1	2
6.00	5	6.0990	
5.00	5	6.4770	
4.00	5	7.4040	
1.00	5	7.9070	
2.00	5	9.6220	9.6220
3.00	5		13.4500
Sig.		.113	.059

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
a Uses Harmonic Mean Sample Size = 5.000.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้ำหนักแห้งต้น

Duncan[a]

TRT	N	Subset for alpha = .05	
		1	2
5.00	5	2.7470	
6.00	5	2.9050	
1.00	5	3.8300	3.8300
4.00	5	3.9740	3.9740
2.00	5		5.0680
3.00	5		5.5640
Sig.		.203	.075

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
a Uses Harmonic Mean Sample Size = 5.000.

น้ำหนักแห้งราก

Duncan[a]

TRT	N	Subset for alpha = .05	
		1	2
5.00	5	.3590	
6.00	5	.3690	
1.00	5	.3870	
4.00	5	.4070	.4070
2.00	5	.5010	.5010
3.00	5		.6050
Sig.		.192	.058

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
a Uses Harmonic Mean Sample Size = 5.000.

ค่าความเขียวของใบ

Duncan[a]

TRT	N	Subset for alpha = .05		
		1	2	3
6.00	5	16.1200		
1.00	5	16.2700		
2.00	5	16.8700	16.8700	
5.00	5	17.1000	17.1000	
4.00	5		19.3300	19.3300
3.00	5			21.4540
Sig.		.501	.087	.117

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
a Uses Harmonic Mean Sample Size = 5.000.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	118859.862	5	23771.972	50.139	.000
Within Groups	11378.869	24	474.120		
Total	130238.731	29			

โบรอน

Duncan

trt	N	Subset for alpha = .05			
		1	2	3	4
1.00	5	21.133340			
2.00	5	43.454480	43.454480		
3.00	5	48.585240	48.585240		
4.00	5		64.478040		
5.00	5			136.5514	
6.00	5				201.4802
Sig.		.070	.161	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
a Uses Harmonic Mean Sample Size = 5.000.

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
N	Between Groups	22.584	5	4.517	34.098	.000
	Within Groups	3.179	24	.132		
	Total	25.763	29			
P	Between Groups	.004	5	.001	3.980	.009
	Within Groups	.005	24	.000		
	Total	.009	29			
K	Between Groups	16.208	5	3.242	2.354	.071
	Within Groups	33.047	24	1.377		
	Total	49.256	29			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไนโตรเจน

Duncan[a]

trt	N	Subset for alpha = .05	
		1	2
6.00	5	1.058020	
5.00	5	1.389860	
2.00	5	1.431620	
4.00	5	1.533740	
1.00	5	1.573200	
3.00	5		3.802260
Sig.		.053	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
a Uses Harmonic Mean Sample Size = 5.000.

ฟอสฟอรัส

Duncan[a]

trt	N	Subset for alpha = .05		
		1	2	3
2.00	5	.595882		
6.00	5	.606904	.606904	
5.00	5	.609218	.609218	
1.00	5		.616882	.616882
4.00	5		.620914	.620914
3.00	5			.633888
Sig.		.186	.179	.094

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
a Uses Harmonic Mean Sample Size = 5.000.

โพแทสเซียม

Duncan[a]

trt	N	Subset for alpha = .05	
		1	2
6.00	5	6.488880	
1.00	5	7.371620	7.371620
5.00	5	7.829180	7.829180
3.00	5	7.861440	7.861440
2.00	5	7.949980	7.949980
4.00	5		8.954040
Sig.		.089	.066

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
a Uses Harmonic Mean Sample Size = 5.000.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Ca	Between Groups	6.391	5	1.278	85.237	.000
	Within Groups	.360	24	.015		
	Total	6.751	29			
Mg	Between Groups	.007	5	.001	2.062	.106
	Within Groups	.017	24	.001		
	Total	.025	29			

แคลเซียม

Duncan[a]

trt	N	Subset for alpha = .05	
		1	2
1.00	5	1.154860	
2.00	5	1.157220	
6.00	5	1.166320	
5.00	5	1.211740	
3.00	5	1.256740	
4.00	5		2.424080
Sig.		.251	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
a Uses Harmonic Mean Sample Size = 5.000.

แมกนีเซียม

Duncan[a]

trt	N	Subset for alpha = .05	
		1	2
1.00	5	.317260	
2.00	5	.317660	
5.00	5	.331020	.331020
4.00	5	.341440	.341440
3.00	5	.350640	.350640
6.00	5		.359040
Sig.		.089	.143

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
a Uses Harmonic Mean Sample Size = 5.000.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Mn	Between Groups	2527.600	5	505.520	.792	.566
	Within Groups	15327.200	24	638.633		
	Total	17854.800	29			
Fe	Between Groups	1342.267	5	268.453	.820	.547
	Within Groups	7855.200	24	327.300		
	Total	9197.467	29			
Zn	Between Groups	997.042	5	199.408	1.087	.393
	Within Groups	4402.992	24	183.458		
	Total	5400.034	29			
Cu	Between Groups	2531.360	5	506.272	49.660	.000
	Within Groups	244.672	24	10.195		
	Total	2776.032	29			

เหล็ก

Duncan[a]

trt	N	Subset for alpha = .05
		1
5.00	5	112.2000
6.00	5	118.4000
2.00	5	119.6000
1.00	5	124.2000
3.00	5	127.4000
4.00	5	133.000
Sig.		.120

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
a Uses Harmonic Mean Sample Size = 5.000.

สังกะสี

Duncan[a]

trt	N	Subset for alpha = .05
		1
5.00	5	55.800000
1.00	5	58.140000
4.00	5	59.000000
2.00	5	62.800000
6.00	5	63.400000
3.00	5	73.600000
Sig.		.077

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
a Uses Harmonic Mean Sample Size = 5.000.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทองแดง

Duncan[a]

trt	N	Subset for alpha = .05		
		1	2	3
6.00	5	5.200000		
4.00	5	6.200000		
5.00	5	7.200000		
1.00	5		14.560000	
2.00	5		16.400000	
3.00	5			31.800000
Sig.		.360	.371	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
a Uses Harmonic Mean Sample Size = 5.000.

แมงกานีส

Duncan[a]

trt	N	Subset for alpha = .05
		1
6.00	5	126.6000
3.00	5	130.8000
5.00	5	135.6000
2.00	5	138.6000
1.00	5	149.2000
4.00	5	152.0000
Sig.		.173

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
a Uses Harmonic Mean Sample Size = 5.000.

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
pH	Between Groups	.037	5	.007	1.651	.185
	Within Groups	.108	24	.005		
	Total	.146	29			
EC	Between Groups	.271	5	.054	10.805	.000
	Within Groups	.121	24	.005		
	Total	.392	29			
water	Between Groups	18.362	5	3.672	1.144	.365
	Within Groups	77.028	24	3.210		
	Total	95.390	29			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

EC

Duncan[a]

trt	N	Subset for alpha = .05		
		1	2	3
4.00	5	1.8040		
6.00	5	1.8480	1.8480	
5.00	5	1.8760	1.8760	
2.00	5	1.8860	1.8860	
3.00	5		1.9100	
1.00	5			2.1040
Sig.		.106	.218	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
a Uses Harmonic Mean Sample Size = 5.000.

pH

Duncan[a]

trt	N	Subset for alpha = .05	
		1	2
3.00	5	5.7600	
4.00	5	5.8080	5.8080
2.00	5	5.8220	5.8220
1.00	5	5.8440	5.8440
6.00	5	5.8520	5.8520
5.00	5		5.8680
Sig.		.062	.218

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
a Uses Harmonic Mean Sample Size = 5.000.

ปริมาณน้ำ

Duncan[a]

trt	N	Subset for alpha = .05
		1
1.00	5	7.0400
5.00	5	7.0600
2.00	5	7.4200
4.00	5	7.5400
6.00	5	8.2600
3.00	5	9.2600
Sig.		.095

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
a Uses Harmonic Mean Sample Size = 5.000.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้