



ใบรับรองวิทยานิพนธ์
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการจัดการทางดิน)

ปริญญา

วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการจัดการทางดิน

ปฐพีวิทยา

สาขา

ภาควิชา

เรื่อง การใช้ประโยชน์ของแคลเซียมซิลิเกตร่วมกับสภาวะการขาดธาตุเหล็กและสังกะสี
ในระบบการปลูกพืชไม่ใช้ดินต่อการเจริญเติบโตและคุณภาพผลผลิตของพริกหวาน
Utilization of Calcium Silicate with Iron and Zinc Deficiency in Soilless
System on Growth and Yield Quality of Sweet Pepper

นามผู้วิจัย นางสาวกุลินดา แทนจันทร์

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(อาจารย์ศุภชัย อ่ำคา, Ph.D.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(รองศาสตราจารย์ธงชัย มาลา, Ph.D.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(อาจารย์พรไพรินทร์ รุ่งเจริญทอง, Dr.Agr.)

หัวหน้าภาควิชา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์อรรถศิษฐ์ วงศ์มณีโรจน์, วท.ม.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์กัญญา ชีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ เดือน พ.ศ.

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การใช้ประโยชน์ของแคลเซียมซิลิเกตร่วมกับสภาวะการขาดธาตุเหล็กและสังกะสี
ในระบบการปลูกพืชไม่ใช้ดินต่อการเจริญเติบโตและคุณภาพผลผลิตของพริกหวาน

Utilization of Calcium Silicate with Iron and Zinc Deficiency in Soilless System
on Growth and Yield Quality of Sweet Pepper

โดย

นางสาวกุลินดา แทนจันทร์

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการจัดการทางดิน)

พ.ศ. 2558

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กฤตินดา แทนจันทร์ 2558: การใช้ประโยชน์ของแคลเซียมซิลิเกตร่วมกับสภาวะการขาดธาตุเหล็กและสังกะสีในระบบการปลูกพืชไม่ใช้ดินต่อการเจริญเติบโตและคุณภาพผลผลิตของพริกหวาน ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการจัดการทางดิน) สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการจัดการทางดิน ภาควิชาปฐพีวิทยา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: อาจารย์ศุภชัย อ่ำคา, Ph.D. 91 หน้า

การกระตุ้นความงอกเมล็ดพริกหวาน ด้วยแคลเซียมซิลิเกต (CaSiO_3) ความเข้มข้น 0, 1, 2 และ 4 กรัม/ลิตร ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 5 ชั่วโมง เทียบกับดำรับที่ไม่ผ่านการกระตุ้นความงอก วางแผนการทดลองแบบ Complete Randomized Design (CRD) จำนวน 4 ซ้ำ ผลพบว่าเมล็ดพริกหวานที่กระตุ้นความงอกด้วย CaSiO_3 ที่ 2 กรัม/ลิตร มีการเกิดรากได้เร็ว เปอร์เซ็นต์และดัชนีความงอกสูงสุด จากนั้นนำไปศึกษาผลของ CaSiO_3 ต่อต้นกล้าพริกหวานโดยวางแผนการทดลองแบบ 2×6 Factorial in CRD จำนวน 10 ซ้ำ ประกอบด้วย ปัจจัยที่ 1) เมล็ดพันธุ์ คือ เมล็ดพันธุ์ที่ไม่ผ่านและผ่านการกระตุ้นความงอกด้วย CaSiO_3 ที่ 2 กรัม/ลิตร และปัจจัยที่ 2) การฉีดพ่นด้วย CaSiO_3 ที่ความเข้มข้น 0, 1, 2, 4, 8 และ 10 กรัม/ลิตร ที่ 14 วันหลังเพาะเมล็ด พบว่า ต้นกล้าที่ผ่านการกระตุ้นความงอกร่วมกับการฉีดพ่น CaSiO_3 ที่ 4 กรัม/ลิตร มีการเจริญเติบโตของต้นกล้าพริกหวานมากที่สุด และนำต้นกล้าที่ได้ไปปลูกศึกษาปริมาณซิลิกอนที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตและคุณภาพผลผลิตพริกหวานในสารละลายธาตุอาหารพืช โดยวางแผนการทดลองแบบ 2×5 Factorial in RCBD โดยปัจจัยที่ 1) คือ ต้นกล้า (ต้นกล้าจากเมล็ดไม่ผ่าน และผ่านการกระตุ้นความงอกด้วย CaSiO_3 ที่ 2 กรัม/ลิตร) ร่วมกับการฉีดพ่น CaSiO_3 ที่ 4 กรัม/ลิตร และปัจจัยที่ 2) คือ ความเข้มข้นของซิลิกอน (0, 0.01, 0.1, 1.0 และ 10 มก./ลิตร) จำนวน 8 ซ้ำ พบว่า ต้นพริกหวานจากเมล็ดที่ไม่ผ่านการกระตุ้นความงอกและฉีดพ่น CaSiO_3 ร่วมกับความเข้มข้นของซิลิกอน ที่ 1.0 มก./ลิตร มีการเจริญเติบโตและคุณภาพผลผลิตของพริกหวานสูงสุด

นอกจากนั้นศึกษาผลของซิลิกอนร่วมกับการขาดเหล็กและสังกะสีของการปลูกพริกหวานในสารละลายธาตุอาหารพืช โดยวางแผนการทดลองแบบ 2×3 Factorial in RCBD จำนวน 8 ซ้ำ ประกอบด้วย ปัจจัยที่ 1) ซิลิกอนในสารละลาย คือ สารละลายธาตุอาหารที่ไม่มีและมีซิลิกอนที่ความเข้มข้น 1.0 มก./ลิตร และปัจจัยที่ 2) การขาดธาตุอาหาร คือ การขาดธาตุเหล็ก การขาดธาตุสังกะสี และธาตุอาหารครบสูตร ในระยะออกดอกถึงระยะเก็บเกี่ยวผลผลิต พบว่า การใส่ซิลิกอนในสารละลาย ส่งผลต่อความสูง น้ำหนักสดต่อผล และความหนาเนื้อมากกว่าไม่ใส่ซิลิกอนในสารละลายธาตุอาหาร ถึงแม้ขาดธาตุเหล็กและสังกะสี เนื่องจากซิลิกอนส่งเสริมให้พืชที่ขาดเหล็กและสังกะสีมีการเจริญเติบโตผลผลิตและคุณภาพผลเพิ่มขึ้น โดยดำรับที่ให้ธาตุอาหารครบสูตรมีผลผลิตและคุณภาพผลสูงที่สุด

ลายมือชื่อนิสิต

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

Kulinda Thanjun 2015: Utilization of Calcium Silicate with Iron and Zinc Deficiency in Soilless System on Growth and Yield Quality of Sweet Pepper. Master of Science (Soil Science and Management Technology), Major Field: Soil Science and Management Technology, Department of Soil Science. Thesis Advisor: Mr. Suphachai Amkha, Ph.D. 91 pages.

Sweet pepper seeds were primed with calcium silicate (CaSiO_3) at 0, 1, 2 and 4 g/L for 5 hours at room temperature as compared with non-primed seed. The experiment was completely randomized design (CRD) with 4 replications. The results showed that seed primed with CaSiO_3 2 g/L had early root initiation and highest germination index and germination percentage. Follow by, to investigated the effects of CaSiO_3 on sweet pepper seedling by using 2×6 Factorials in CRD experimental design as consist of 1) priming seed: (non-primed and primed seed with CaSiO_3 2 g/L), and 2) foliar application CaSiO_3 0, 1, 2, 4, 8 and 10 g/L on seedling at 14 days after sowing. The result showed that primed seed and applied CaSiO_3 4 g/L was excellent seedling growth. However, the optimum of Silicon (Si) on plant growth and yield quality of sweet pepper were observed. Sweet pepper was grown in nutrient solution system. Experiment was using 2×5 Factorials in Randomized Complete Block Design (RCBD) as consisted of 1) seedling (seedling of non-primed and seedling of primed seed with CaSiO_3 2 g/L + spray CaSiO_3 4 g/L) and 2) Si 0, 0.01, 0.1, 1 and 10 mg/L. The seedling with CaSiO_3 and add Si 1 mg/L into solution was the best of plant growth and yield quality of sweet pepper.

Furthermore, the effects of silicon combined with iron (Fe) and zinc (Zn) deficiency of sweet pepper in nutrient solution system. Experiment was using 2×3 Factorials in RCBD as consisted of 1) Si in solution (with Si 1.0 mg/L and without Si) and 2) nutrient deficiency (Fe deficiency, Zn deficiency and complete nutrient solution). Nutrient deficiency was applied at flowering until harvesting stage. The results showed that solution with Si had highest in plant height, fresh weight and fruit thickness as compared to without Si solution. Si added into solution combined with Fe and Zn deficient had better yield and fruit quality than without Si solution. The result showed the interaction between silicon solution with iron and zinc deficiency was decreased plant stress from nutrient deficiency. Si application with complete nutrient solution was the best yield and quality of sweet pepper.

Student's signature

Thesis Advisor's signature

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์ ดร.ศุภชัย อัมภา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก รองศาสตราจารย์ ดร.ชงชัย มาลา และอาจารย์ ดร.พรไพรินทร์ รุ่งเจริญทอง อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่ช่วยให้คำแนะนำ และให้ความช่วยเหลือในทุกๆ ด้าน ไม่ว่าจะเป็นเรื่องการเรียนรู้ การทำวิทยานิพนธ์ และเรื่องทักษะการแก้ไขปัญหาที่พบในงานวิจัย ตลอดจนการตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้กับข้าพเจ้าเป็นอย่างดี ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชัยสิทธิ์ ทองจุ ประธานการสอบ และรองศาสตราจารย์ ดร.กิตติ บุญเลิศนิรันดร์ ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก ที่ให้คำแนะนำ และตรวจสอบแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอกราบขอบพระคุณ เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ดินและพืช ภาควิชาปฐพีวิทยา และเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการพฤกษศาสตร์ สาขาพฤกษศาสตร์ สายวิทยาศาสตร์ คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม ที่ได้ให้ความช่วยเหลือ และอำนวยความสะดวกในการวิเคราะห์ดินและพืช

ขอขอบคุณบริษัท บริษัทเจียไต๋ จำกัด และวาย.วี.พี เฟอร์ติไลเซอร์ จำกัด ที่เอื้อเฟื้อปุ๋ยเคมี และวัสดุเพาะกล้า สำหรับการวิจัยประกอบวิทยานิพนธ์ ตลอดระยะเวลาวิจัย

สุดท้ายนี้ ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อพนมและคุณแม่เพ็ญศิริ แทนจันทร์ รวมทั้งอีกหลายท่านที่ไม่ได้กล่าวนามมา ณ ที่นี้ ที่เป็นกำลังใจและให้ความช่วยเหลือในการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้ จนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

กุลินดา แทนจันทร์

มกราคม 2558

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(6)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	4
อุปกรณ์และวิธีการ	25
อุปกรณ์	25
วิธีการ	26
ผลและวิจารณ์	35
สรุปผลการทดลอง	82
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	83
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	90

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ปริมาณธาตุอาหารในสารละลาย สูตร Kao Te Chen สำหรับการปลูกพริกหวาน	30
2	ปริมาณสารเคมี สูตร Kao Te Chen ตามระดับความเข้มข้นของซิลิคอน	31
3	ปริมาณสารเคมี สูตร Kao Te Chen เมื่อขาดธาตุเหล็กและสังกะสีในสารละลาย	33
4	จำนวนวันในการเกิดรากของเมล็ดพริกหวานที่ผ่านการกระตุ้นความงอกด้วยสารละลายแคลเซียมซิลิเกตที่เก็บรักษาไว้อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 3 เดือน	36
5	ดัชนีการงอกของเมล็ดพริกหวานที่ผ่านการกระตุ้นความงอกด้วยสารละลายแคลเซียมซิลิเกตที่เก็บรักษาไว้อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 3 เดือน	37
6	ความงอกมาตรฐานของเมล็ดพริกหวานที่ผ่านการกระตุ้นความงอกด้วยสารละลายแคลเซียมซิลิเกตที่เก็บรักษาไว้อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 3 เดือน	38
7	ความสูงของต้นกล้าพริกหวานที่เมล็ดผ่านการกระตุ้นความงอกร่วมกับการให้แคลเซียมซิลิเกตทางใบ ที่อายุ 28 วันหลังเพาะเมล็ด	40
8	จำนวนใบของต้นกล้าพริกหวานที่เมล็ดผ่านการกระตุ้นความงอกร่วมกับการให้แคลเซียมซิลิเกตทางใบ ที่อายุ 28 วันหลังเพาะเมล็ด	41
9	น้ำหนักสดของต้นกล้าพริกหวานที่เมล็ดผ่านการกระตุ้นความงอกร่วมกับการให้แคลเซียมซิลิเกตทางใบ ที่อายุ 28 วันหลังเพาะเมล็ด	42
10	น้ำหนักสดรากของต้นกล้าพริกหวานที่เมล็ดผ่านการกระตุ้นความงอกร่วมกับการให้แคลเซียมซิลิเกตทางใบ ที่อายุ 28 วันหลังเพาะเมล็ด	43
11	น้ำหนักแห้งของต้นกล้าพริกหวานที่เมล็ดผ่านการกระตุ้นความงอกร่วมกับการให้แคลเซียมซิลิเกตทางใบ ที่อายุ 28 วันหลังเพาะเมล็ด	44
12	น้ำหนักแห้งของรากของต้นกล้าพริกหวานที่เมล็ดผ่านการกระตุ้นความงอกร่วมกับการให้แคลเซียมซิลิเกตทางใบ ที่อายุ 28 วันหลังเพาะเมล็ด	45
13	อัตราส่วนเนื้อดินต่อรากของต้นกล้าพริกหวานที่เมล็ดผ่านการกระตุ้นความงอกร่วมกับการให้แคลเซียมซิลิเกตทางใบ ที่อายุ 28 วันหลังเพาะเมล็ด	46
14	ผลของซิลิคอนของในสารละลายที่ความเข้มข้นต่างกันต่อความสูงของต้นพริกหวานที่อายุ 30 วันหลังย้ายปลูก	48

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
15	ผลของซิลิโคนของในสารละลายที่ความเข้มข้นต่างกันต่อความกว้างทรงพุ่มของต้นพริกหวาน ที่อายุ 30 วันหลังย้ายปลูก	49
16	ผลของซิลิโคนของในสารละลายที่ความเข้มข้นต่างกันต่อเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นของต้นพริกหวาน ที่อายุ 30 วันหลังย้ายปลูก	50
17	ผลของซิลิโคนของในสารละลายที่ความเข้มข้นต่างกันต่อความสูงของต้นพริกหวาน ที่อายุ 55 วันหลังย้ายปลูก	51
18	ผลของซิลิโคนของในสารละลายที่ความเข้มข้นต่างกันต่อความกว้างทรงพุ่มของต้นพริกหวาน ที่อายุ 55 วันหลังย้ายปลูก	52
19	ผลของซิลิโคนของในสารละลายที่ความเข้มข้นต่างกันต่อเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นของต้นพริกหวาน ที่อายุ 55 วันหลังย้ายปลูก	53
20	ผลของซิลิโคนของในสารละลายที่ความเข้มข้นต่างกันต่อความสูงของต้นพริกหวานที่อายุ 110 วันหลังย้ายปลูก	54
21	ผลของซิลิโคนของในสารละลายที่ความเข้มข้นต่างกันต่อความกว้างทรงพุ่มของต้นพริกหวาน ที่อายุ 110 วันหลังย้ายปลูก	55
22	ผลของซิลิโคนของในสารละลายที่ความเข้มข้นต่างกันต่อเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นของต้นพริกหวาน ที่อายุ 110 วันหลังย้ายปลูก	56
23	ผลของซิลิโคนของในสารละลายที่ความเข้มข้นต่างกันต่อน้ำหนักสดของต้นพริกหวาน ที่อายุ 110 วันหลังย้ายปลูก	58
24	ผลของซิลิโคนของในสารละลายที่ความเข้มข้นต่างกันต่อน้ำหนักสดของรากของต้นพริกหวาน ที่อายุ 110 วันหลังย้ายปลูก	59
25	ผลของซิลิโคนของในสารละลายที่ความเข้มข้นต่างกันต่อน้ำหนักแห้งของต้นพริกหวาน ที่อายุ 110 วันหลังย้ายปลูก	60
26	ผลของซิลิโคนของในสารละลายที่ความเข้มข้นต่างกันต่อน้ำหนักแห้งของรากของต้นพริกหวาน ที่อายุ 110 วันหลังย้ายปลูก	61
27	ผลของซิลิโคนของในสารละลายที่ความเข้มข้นต่างกันต่ออัตราส่วนเนื้อดินต่อรากของต้นพริกหวาน ที่อายุ 110 วันหลังย้ายปลูก	62

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
28	ผลของซัลลิกอนของในสารละลายที่ความเข้มข้นต่างกันต่อน้ำหนักสคผล ที่เก็บเกี่ยวผลผลิตที่อายุ 110 วันหลังย้ายปลูก	63
29	ผลของซัลลิกอนของในสารละลายที่ความเข้มข้นต่างกันต่อความหนาเนื้อ ที่เก็บเกี่ยวผลผลิตที่อายุ 110 วันหลังย้ายปลูก	64
30	ผลของซัลลิกอนของในสารละลายที่ความเข้มข้นต่างกันต่อความแน่นเนื้อ เก็บเกี่ยวผลผลิตที่อายุ 110 วันหลังย้ายปลูก	65
31	ผลของซัลลิกอนต่อความสูงของต้นพริกหวานในสภาวะขาดธาตุเหล็ก และสังกะสี ที่อายุ 55 วันหลังย้ายปลูก	67
32	ผลของซัลลิกอนต่อความกว้างทรงพุ่มของต้นพริกหวานในสภาวะขาด ธาตุเหล็กและสังกะสี ที่อายุ 55 วันหลังย้ายปลูก	68
33	ผลของซัลลิกอนต่อเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นของต้นพริกหวานในสภาวะ ขาดธาตุเหล็กและสังกะสี ที่อายุ 55 วันหลังย้ายปลูก	69
34	ผลของซัลลิกอนต่อความสูงของต้นพริกหวานในสภาวะขาดธาตุเหล็ก และสังกะสี ที่อายุ 110 วันหลังย้ายปลูก	70
35	ผลของซัลลิกอนต่อความกว้างทรงพุ่มของต้นพริกหวานในสภาวะขาด ธาตุเหล็กและสังกะสี ที่อายุ 110 วันหลังย้ายปลูก	71
36	ผลของซัลลิกอนต่อเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นของต้นพริกหวานในสภาวะ ขาดธาตุเหล็กและสังกะสี ที่อายุ 110 วันหลังย้ายปลูก	72
37	ผลของซัลลิกอนต่อน้ำหนักสคของต้นพริกหวานในสภาวะขาดธาตุ เหล็กและสังกะสี ที่อายุ 110 วันหลังย้ายปลูก	73
38	ผลของซัลลิกอนต่อน้ำหนักสคของรากพริกหวานในสภาวะขาดธาตุเหล็ก และสังกะสี ที่อายุ 110 วันหลังย้ายปลูก	74
39	ผลของซัลลิกอนต่อน้ำหนักแห้งของต้นพริกหวานในสภาวะขาดธาตุเหล็ก และสังกะสี ที่อายุ 110 วันหลังย้ายปลูก	75
40	ผลของซัลลิกอนต่อน้ำหนักแห้งของรากพริกหวานในสภาวะขาดธาตุเหล็ก และสังกะสี ที่อายุ 110 วันหลังย้ายปลูก	76

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่	หน้า
41 ผลของซัลฟิโคนต่ออัตราส่วนเนื้อดินต่อรากของพริกหวานในสภาวะ ขาดธาตุเหล็กและสังกะสี ที่อายุ 110 วันหลังย้ายปลูก	77
42 ผลของซัลฟิโคนต่อน้ำหนักสดของพริกหวานในสภาวะขาดธาตุเหล็ก และสังกะสี	78
43 ผลของซัลฟิโคนต่อความแน่นเนื้อของพริกหวานในสภาวะขาดธาตุเหล็ก และสังกะสี	79
44 ผลของซัลฟิโคนต่อความหนาเนื้อของพริกหวานในสภาวะขาดธาตุเหล็ก และสังกะสี	79

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	เนื้อเยื่อชั้นผิวของใบข้าวแสดงผิวเคลือบคิวทิน (cuticle) ชั้นซิลิกา (silica layer) และผนังเซลล์	14
2	กลไกการกระตุ้นการงอก (seed priming) ในเมล็ดพันธุ์ทั่วไป	15
3	การปลูกพริกหวานในระบบ Deep Water	29
4	ลักษณะต้นและผลพริกหวานที่ปลูกในสารละลายที่ขาดธาตุเหล็กและสังกะสีร่วมกับการให้ซิลิกอน	81

การใช้ประโยชน์ของแคลเซียมซิลิเกตร่วมกับสภาวะการขาดธาตุเหล็กและสังกะสีใน ระบบการปลูกพืชไม่ใช้ดินต่อการเจริญเติบโตและคุณภาพผลผลิตของพริกหวาน

Utilization of Calcium Silicate with Iron and Zinc Deficiency in Soilless System on Growth and Yield Quality of Sweet Pepper

คำนำ

พริกหวานเป็นพืชที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศไทย โดยในปี พ.ศ. 2552-2553 มีพื้นที่เพาะปลูกประมาณ 1,242 ไร่ ผลผลิตรวม 2,512 ตัน มูลค่า 125 ล้านบาท (วิระ และคณะ, 2554) โดยพื้นที่ปลูกพริกหวานที่ใหญ่ที่สุดของไทยตั้งอยู่ที่อำเภอแมริม จังหวัดเชียงใหม่ เมล็ดพันธุ์พริกหวานเป็นเมล็ดพันธุ์ที่มีมูลค่าสูง แต่การเสื่อมคุณภาพก่อนข้างรวดเร็ว ซึ่งสาเหตุการเสื่อมคุณภาพเกิดขึ้นในขั้นตอนการผลิตเมล็ดพันธุ์ การเก็บรักษาและการเสื่อมของเมล็ดตามธรรมชาติ (Basavaraja *et al.*, 1998) จึงส่งผลให้เมล็ดพันธุ์มีความงอกและความแข็งแรงต่ำ และยังทำให้การงอกของเมล็ดไม่สม่ำเสมอ ดังนั้นคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ที่ดี มีเปอร์เซ็นต์ความงอกสูง งอกได้เร็ว สม่ำเสมอและเจริญเติบโตเป็นต้นกล้าที่สมบูรณ์ จึงเป็นปัจจัยที่สำคัญในกระบวนการผลิตพริก ซึ่งการกระตุ้นความงอก (Seed priming) เป็นวิธีการปรับปรุงคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ให้มีความงอกสม่ำเสมอ แต่มีปัจจัยต่างมาควบคุม เช่น พันธุ์พืช อายุของเมล็ดพันธุ์ ระยะเวลาในการแช่เมล็ด อุณหภูมิ ชนิด และความเข้มข้นของสารเคมีที่ใช้แช่เมล็ดพันธุ์ (พจนา และคณะ, 2549) นอกจากนี้วัลลภา (2555) รายงานว่าการกระตุ้นความงอกด้วยสารละลายธาตุอาหารพืชในรูปแคลเซียมซิลิเกตข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 และ ปทุมธานี 80 ส่งผลให้เปอร์เซ็นต์การงอก ความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ของเมล็ดสูงกว่าเมล็ดที่ไม่ผ่านการกระตุ้นความงอก ในขณะที่การกระตุ้นความงอกของเมล็ดพริกหวานด้วย CaCl_2 มีผลทำให้เมล็ดพริกหวานมีความงอกสูงสุดและการเจริญเติบโตต้นกล้าสูงสุด (Saleh *et al.*, 1995) และซิลิโคน มีบทบาทในการส่งเสริมการเจริญเติบโต เพิ่มผลผลิตพืชได้ในสภาวะเครียด (Liang, 2006) อีกทั้งพื้นที่การปลูกพริกหวานอยู่ในภาคเหนือแหล่งน้ำที่มีความเป็นด่างสูง (พงษ์สันต์ และคณะ, 2552) จึงมักทำให้พริกแสดงอาการขาดเหล็กและสังกะสี โดยเฉพาะช่วงฤดูแล้ง การเจริญเติบโตของใบและของผลผิดปกติ และส่งผลกระทบโดยตรงต่อปริมาณและคุณภาพของผลผลิต ซึ่งสอดคล้องกับ Shifriss and Eidelman (1983) รายงานว่าการปลูกพริกพันธุ์ Zehavi ในดินสภาพเนื้อปูน แสดงอาการ Chlorosis ในช่วงฤดูหนาวของอิสราเอล

ดังนั้นจึงมีแนวคิดที่จะนำแคลเซียมซิติเลตมาศึกษาในการกระตุ้นความงอกของเมล็ด และ ซิติลิกอนมาปรับใช้ในสารละลายธาตุอาหารเพื่อบรรเทาความเครียดของพืช ที่ขาดเหล็กและสังกะสี ต่อการเจริญเติบโต ผลผลิตและคุณภาพผลผลิตของพริกหวาน และลักษณะทางสรีรวิทยาของพริก หวาน เพื่อที่สามารถจัดการธาตุอาหารให้เพียงพอต่อความต้องการของพืช และสามารถเพิ่มคุณภาพ ของผลผลิต



วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาปริมาณของแคลเซียมซัลไฟด์ที่เหมาะสมต่อการกระตุ้นความงอกของเมล็ดพันธุ์และการผลิตกล้าพริกหวาน
2. เพื่อศึกษาความเข้มข้นซัลไฟด์ที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตและคุณภาพผลผลิตของพริกหวานในระบบการปลูกพืชในสารละลายธาตุอาหารพืช
3. เพื่อศึกษาผลของซัลไฟด์ร่วมกับสภาวะการขาดธาตุเหล็กและสังกะสีต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของพริกหวาน

การตรวจเอกสาร

1. พริกหวาน

พริกหวาน (Sweet pepper หรือ Bell pepper) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Capsicum annuum* L. เป็นพืชในวงศ์ Solanaceae เช่นเดียวกับ มะเขือเทศ ยาสูบ และมันฝรั่ง มีถิ่นกำเนิดในอเมริกากลาง ได้แก่ ประเทศเม็กซิโก และประเทศใกล้เคียง (นิพนธ์, 2546)

1.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

ราก (root) เป็นระบบรากแก้ว เจริญในแนวตั้งลึก 90 -120 เซนติเมตร รากแขนงจะแผ่กว้างออกด้านข้างประมาณ 90 เซนติเมตรและรากส่วนใหญ่จะอยู่อย่างหนาแน่นในระดับความลึก 50- 60 เซนติเมตร เป็นพืชไม้พุ่ม ลำต้นตรง แตกกิ่งเป็นแบบ dichotomous คือ ลำต้นเดี่ยว แล้วแตกเป็น 2 กิ่ง และเพิ่มเป็น 4 เป็น 8 ไปเรื่อยๆ ผลผลิตจะขึ้นอยู่กับจำนวนกิ่งและจำนวนผลต่อต้น ในระยะแรกที่กิ่งเจริญจะเป็นกิ่งอ่อน ต่อจากนั้นจะเปลี่ยนเป็นกิ่งที่แข็งเมื่อแก่ เปราะและหักง่าย โดยทั่วไปจะสูง 0.5 - 1.5 เมตร เป็นพืชใบเลี้ยงคู่ ใบเดี่ยว เจริญสลับกัน ดอกแรกเจริญ เมื่อมีใบเจริญ 9-11 ใบ ดอก เป็นดอกเดี่ยว สมบูรณ์เพศ ประกอบด้วยกลีบดอก 5 กลีบ ส่วนใหญ่จะมีสีขาวแต่บางพันธุ์จะมีสีม่วง เกสรตัวผู้แยกกันมีจำนวน 5 อัน อับละอองเกสรจะมีสีม่วง โดยทั่วไปจะเจริญหลังย้ายปลูก 1-2 เดือน ผล เป็นประเภท berry ประกอบด้วยรังไข่ที่เชื่อมกัน แบ่งช่องผล ออกเป็น 2-4 ช่อง ผลมีลักษณะกลมยาว ขนาดใหญ่. ผลมีรูปทรงและขนาดแตกต่างกัน บางพันธุ์อาจจะมีเปลือกผลหนา แต่บางพันธุ์จะบาง มีขนาดความยาว 1-30 เซนติเมตร และกว้าง 1-15 เซนติเมตร (ชวนพิศ, 2552; นิพนธ์, 2548)

1.2 การปลูกและการดูแลรักษา

1. การหยอดเมล็ดลงในแปลงโดยตรง

เป็นวิธีที่สะดวกไม่ต้องการความชำนาญหรือเทคโนโลยีช่วยมากนัก โดยเตรียมดินบริเวณหลุมปลูกให้ละเอียด เพื่อป้องกันไม่ให้เมล็ดพริกตกลงไปในดินลึกเกินไป หยอดเมล็ดหลุมละ 2-3 เมล็ด ใช้เมล็ดประมาณ 100 กรัมต่อไร่ แต่มีข้อเสีย คือใช้แรงงานในการดูแลรักษาค่อนข้างมาก (จำนอง, ม.ป.ป)

2. การเพาะกล้าในถาดหลุมพลาสติก

เป็นวิธีที่สะดวก ปัจจุบันเป็นที่นิยม ใช้ดินผสมเป็นวัสดุเพาะกล้า ซึ่งใช้ดินผสมปุ๋ยหมัก ในอัตรา 1 : 2 โดยปริมาตร หยอดเมล็ดหลุมละ 1-2 เมล็ด ลึก 0.5 เซนติเมตร กลบ ด้วยดินผสม ปุ๋ยหมักบางๆ รดน้ำอย่างสม่ำเสมอวันละ 2 ครั้ง เช้าและบ่าย เมล็ดพริกจะเริ่มงอก ประมาณ 5-7 วัน (สุคนธ์, 2538; จ्ञานอง, ม.ป.ป)

3. วิธีการปลูก

ย้ายต้นกล้าเมื่อมีใบจริง 3-4 ใบ หรือประมาณ 30 วันหลังเพาะเมล็ด โดยหนึ่งสัปดาห์ก่อนย้ายต้นกล้าควรลดการให้น้ำเพื่อให้ต้นกล้าชะงักการเจริญ ทำให้ต้นกล้าแข็งแรงและมีอาหารสำรองสำหรับการเจริญของรากใหม่ การใส่ปุ๋ยจะแบ่งใส่เป็นระยะๆ โดยใส่ปุ๋ยสูตร 15-15-15 อัตรา 30 กิโลกรัมต่อไร่ เป็นปุ๋ยรองพื้นก่อนปลูก ควรใส่พร้อมกับปุ๋ยหมักหรือปุ๋ยคอกอัตรา 1-2 ตันต่อไร่ เมื่อพริกมีอายุ 10-14 วันหลังจากย้ายปลูก ใส่ปุ๋ยสูตร 46-0-0 หรือ 21-0-0 อัตรา 10 หรือ 20 กิโลกรัมต่อไร่ เพื่อเร่งการเจริญเติบโต เมื่อพริกมีอายุ 25-30 วันหลังจากย้ายปลูกเร่งการสร้างตาดอกโดยใช้ปุ๋ยสูตร 12-24-12 อัตรา 30 กิโลกรัมต่อไร่ และสุดท้ายใช้ปุ๋ยสูตร 13-13-21 อัตรา 30 กิโลกรัมต่อไร่ ที่อายุ 50-60 วันหลังจากย้ายปลูกเพื่อความสมบูรณ์ของผล ในช่วงของการเก็บผลพริกควรมีการใส่ปุ๋ยประมาณ 2 สัปดาห์ต่อครั้ง (นิพนธ์, 2546)

4. การให้น้ำ

พริกหวานต้องการน้ำ 400-1,000 มิลลิเมตร ตลอดฤดูปลูก 1 สัปดาห์ก่อนย้ายต้นกล้า ควรลดการให้น้ำเพื่อให้ต้นกล้าชะงักการเจริญ ต้นกล้าจะแข็งแรงและมีอาหารสำรอง สำหรับการเจริญของรากใหม่ ก่อนปลูกควรให้น้ำเพื่อให้มีความชื้นพอเพียง จะทำให้พืชเหี่ยว การปลูกควรปลูกให้ลึกกว่าส่วนโคนเล็กน้อย การเตรียมแปลงปลูกควรให้น้ำอย่างพอเพียงและสม่ำเสมอ ระยะเวลาที่ย้ายปลูกใหม่ ควรให้มีความชื้นอย่างเพียงพอ แต่ถ้าให้มากเกินไป จะทำให้รากเน่าตาย การขาดน้ำจะทำให้พืชชะงักการเจริญและในระยะที่ติดดอก ผล ถ้าหากขาดน้ำและอุณหภูมิสูง จะทำให้ดอกและผลอ่อนร่วงได้ง่าย ในกรณีที่ติดผล จะทำให้ผลมีขนาดเล็กแข็ง ในระยะการพัฒนาของผล ในกรณีที่พืชขาดน้ำและมีอุณหภูมิสูง ผลจะแสดงอาการก้นเน่า (blossom end rot) ได้ง่าย การปลูกในดินทราย ต้องให้น้ำบ่อยกว่าดินเหนียว นอกจากนี้การรดน้ำเข้าตามร่องประมาณหนึ่งในสามของความสูงของแปลงจะดีกว่าการให้แบบพ่นฝอย (นิพนธ์, 2546)

5. การเก็บผลผลิต

การเก็บเกี่ยวพริกหวาน ขึ้นอยู่กับสายพันธุ์และฤดูปลูก โดยทั่วไปจะเก็บเกี่ยวที่อายุ 70-130 วันหลังย้ายปลูก พริกหวานสีเขียวเก็บเกี่ยวเมื่อผลเจริญเต็มที่ ผลแข็ง ผิวเรียบเป็นมัน หลังจากนั้นระยะสุกผลจะเริ่มเปลี่ยนสีเป็นสีม่วง /แดง/เหลือง เก็บเกี่ยวเมื่อเริ่มเปลี่ยนสี 35-60 เปอร์เซ็นต์ การเก็บเกี่ยวจะใช้มีดคมตัดขั้วค้ำที่ติดกับลำต้นไม่ควรบิดผล เนื่องจากจะทำให้ลำต้นฉีกขาด ควรให้มีขั้วติดผล เพื่อป้องกันการเน่าจากการเข้าทำลายของเชื้อสาเหตุโรคที่แผลซึ่งเกิดจากการหลุดของขั้วแต่ควรระวังขั้วอาจจะทำให้ผลอื่น ๆ เกิดแผลในระหว่างการขนส่งหลังเก็บเกี่ยว ควรล้างทำความสะอาดด้วยคลอรีน เข้มข้น 300 มิลลิกรัม/ลิตร และใช้น้ำอุณหภูมิ 53 องศาเซลเซียส เพื่อป้องกันผลเน่า การลดอุณหภูมิที่สะสมอยู่ในผลก่อนระยะเวลาเก็บเกี่ยว โดยใช้ forced air cooling หรือ hydro cooling หรือ vacuum cooling โดยรักษาอุณหภูมิของผลให้อยู่ระหว่าง 9- 10 องศาเซลเซียส การลดอุณหภูมิเฉียบพลัน จะช่วยยืดระยะเวลาการเก็บรักษา แต่หลังจาก hydro cooling ควรใช้พัดลมเป่าให้แห้งเร็วที่สุด เพื่อป้องกันการเข้าทำลายของโรคผลเน่า การเคลือบผิวจะช่วยลดการคายน้ำ ป้องกันผลเหี่ยวและป้องกันการเกิดแผล ระหว่างการขนส่งการห่อผลด้วย moisture- retentive films เช่น perforated polyethylene ช่วยให้เก็บรักษาได้นานกว่าปกติ 1 สัปดาห์ (นิพนธ์, 2546)

การจัดชั้นคุณภาพพริกหวานสามารถแบ่งได้เป็น 3 ชั้น คือ ชั้นที่ 1, 2 และ U (คณัย, 2545) ดังนี้

ชั้นที่ 1 ผลมีน้ำหนัก 200 กรัมขึ้นไป มีสีตรงตามพันธุ์ ผิวเรียบเป็นมัน สีสม่ำเสมอ เป็นสีเขียวทั้งผล มีคุณภาพอย่างน้อยตามคุณภาพขั้นต่ำ (เป็นพริกหวานที่สมบูรณ์ มีก้าน มีรูปร่าง ลักษณะและสีตรงตามพันธุ์ ไม่มีตำหนิจากรอยขีด โรคและแมลง สดสะอาด และปลอดภัยจากสารเคมี)

ชั้นที่ 2 ผลมีน้ำหนัก 120-200 กรัม มีสีตรงตามพันธุ์ ผิวเรียบเป็นมัน ถ้าเป็นสีแดงเหลือง มีสีเขียวปนได้ไม่เกิน 5 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ผิว มีคุณภาพอย่างน้อยตามคุณภาพขั้นต่ำ

ชั้น U น้ำหนักของผลตั้งแต่ 70-120 กรัม มีสีตรงตามพันธุ์ ผิวเรียบเป็นมัน ถ้าเป็นสีแดงเหลือง มีสีเขียวปนได้ไม่เกิน 10 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ผิว มีคุณภาพอย่างน้อยตามคุณภาพขั้นต่ำ

6. โรคและแมลง (นิพนธ์, 2546)

โรคต้นและใบไหม้ เชื้อสาเหตุ *Phytophthora capsici* Leonian

ลักษณะอาการ โรคนี้เกิดกับพริกในทุกระยะของการเจริญ และทุกส่วนของพืช ขึ้นอยู่กับระยะการเจริญ การเข้าทำลายในระยะต้นอ่อน โดยเชื้อสาเหตุจะเข้าทำลายบริเวณโคนต้น แผลจะมีลักษณะคล้ายโคนน้ำร้อนลวก ทำให้ต้นกล้าล้มพับลง และแห้งตาย ส่วนการทำลายในระยะที่ต้นโต จะทำให้เกิดอาการรากเน่า ลำต้น กิ่ง จะเกิดเป็นแผลสะเก็ด ใบไหม้ ผลแห้งหรือเน่า โรคนี้จะระบาดมากในสภาพที่มีความชื้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิสูง อุณหภูมิที่เหมาะสมในการเข้าทำลายของเชื้อสาเหตุอยู่ระหว่าง 8 – 38 องศาเซลเซียส

การป้องกันและกำจัด ควรแช่เมล็ดในน้ำอุ่น 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที หรือ นิดพ่นด้วยสารเคมี เช่น มานีบ ไชเน็บ

โรคเหี่ยวที่เกิดจากเชื้อรา เชื้อสาเหตุ *Fusarium oxysporum*

ลักษณะอาการ เชื้อสาเหตุจะเข้าทำลายรากหรือส่วนของต้นที่อยู่ระดับและอยู่ใต้ดิน เมื่อรากส่วนใหญ่ถูกทำลายพืชจะแสดงอาการ โดยใบที่อยู่ตอนล่างเหลืองและร่วง ทำให้ทรงพุ่มบาง ต่อจากนั้นจะมีอาการเหี่ยวในเวลากลางวันช่วงที่มีแดดร้อนจัดและฟื้นในตอนเช้าสลับกัน 2 – 7 วัน แล้วจะเหี่ยวอย่างถาวร และไม้ฟื้นอีก เชื้อสาเหตุจะระบาดรุนแรงในสภาพอุณหภูมิ 24 ถึง 28 องศาเซลเซียส และความชื้นในดินสูง ถ้าหากต่ำกว่า 17 หรือสูงกว่า 38 องศาเซลเซียส การเจริญจะช้าหรือไม่เจริญเลย

การป้องกันและควรแช่เมล็ดในน้ำอุ่น 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที ควรปรับสภาพดินให้เป็นกลาง เนื่องจากเชื้อสาเหตุจะเจริญได้ดีในดินที่เป็นกรดจัด พร้อมทั้งใส่ปุ๋ยอินทรีย์ เพื่อเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดินและเพื่อให้ดิน ร่วนซุย มีการระบายน้ำดี หรือใช้สารเคมี เช่น เบนเลทผสมแคลเซียมและน้ำ อัตรา 6:6:100 ราดก่อนหลุมก่อนปลูกและราดโคนต้นหลังย้ายปลูก 15 วัน

โรครากเน่าโคนเน่า เชื้อสาเหตุ *Sclerotium rolfsii* Sacc

ลักษณะอาการ โคนต้นจะเน่าเป็นสีน้ำตาล บริเวณพื้นดินใกล้โคนต้นมีเส้นใยราสีขาว และบางส่วนของเจริญขึ้น ไปเกาะอยู่ตามโคนและรากต้นพริก จะสังเกตเห็นเม็คราสีขาว น้ำตาลอ่อนหรือน้ำตาลแก่ ขนาดเท่าเมล็ดผักกาด ปะปนอยู่กับเชื้อราดังกล่าว ต้นที่โรคเข้าทำลาย แสดงอาการใบเหลือง และเหี่ยวตายในที่สุด

การป้องกันและกำจัด ควรแช่เมล็ดในน้ำอุ่น 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที และปลูกพืชหมุนเวียนอย่างน้อย 5 ปี ใช้ปูนขาวคลุมหน้าดิน กั้นหลุมก่อนปลูก หรือใช้สารเคมี เช่น เทอร์ราโคล ราดบริเวณโคนต้น

ไรขาว (Broad mites: *Polyphago tarsonemus* Latus)

ลักษณะการทำลาย ไรขาวทำลายโดยการดูดน้ำเลี้ยงที่ใบ ทำให้เกิดใบม้วนงอหงิก และหัวโก๋ริน (Curly top) โดยใบที่ 4, 5 และ 6 จากยอด แสดงอาการขอบใบหยักเป็นคลื่น โคนใบเรียวยาว ใบที่ 3 และ 4 เรียวยาวและขอบใบม้วนงอลงทั้งสองข้าง ใบที่ 1-2 จากยอด จะเหลืองเรียวยาวเล็กปลายโค้งงอลง และขอบใบม้วนงอเช่นเดียวกัน หลังจากนั้น ใบอ่อนที่ยอดจะร่วงหมด ยอดเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลแห้งตาย หรืออาการหัวโก๋ริน ชะงักการเจริญและไม่ให้ผลผลิตเมื่อนิดพ่นยาแล้ว ยอดจะแตกใหม่ได้อีก แต่จะให้ผลผลิตต่ำ

การป้องกันและกำจัด หมั่นตรวจดูยอดต้นสม่ำเสมอ เมื่อพบไรขาวควรฉีดพ่นด้วยกำมะถันผง ชนิดละลายน้ำได้ให้ทั่วได้ใบ เพราะไรขาวจะอยู่ด้านใต้ใบ โดยเฉพาะใบที่อยู่ส่วนยอด และฉีดวันเว้นวันเมื่อเริ่มระบาด 2-3 ครั้ง และเริ่มฉีดใหม่ เมื่อพบศัตรูระบาด และรักษาแปลงปลูกให้มีความชื้นสูง เนื่องจากไรขาวจะระบาดมากในอุณหภูมิสูงและความชื้นต่ำ ควรฉีดสารเคมี เช่น เคลเทน โคไมท์ วาธาไมท์ ไคโตฟอล อีไทออน หรือ คลอไรเบนซิลเลท เป็นต้น

เพลี้ยไฟ (*Thrips: Thrips tabaci* Lind)

ลักษณะการทำลาย เพลี้ยไฟจะดูดน้ำเลี้ยงและทำให้เกิดอาการยอดหดหรือใบหงิก (Leaf curl) โดยใบอ่อนที่ยอดเรียวยาวและโค้งงอลง ขอบใบงอ ใบมีขนาดเล็กกลวง ผิวใบมีจุดสีน้ำตาลใบเหลืองและแข็งกรอบ เมื่อแตะใบอ่อนเพียงเบาๆ ก็จะหลุดร่วงอย่างง่ายดาย ใบอ่อนจะ

ออกเป็น กระจกอาคารคล้ายเกิดจากการทำลายของไรขาว แต่ใบจะแข็งและกรอบกว่าทำให้ยอดหักไม่ติดผล ถ้าหากกระบาดรุนแรงจะไม่สามารถเก็บผลผลิตได้เลย

การป้องกันและกำจัด ควรฉีดพ่นด้วยสารเคมีประเภทดูดซึม จะให้ผลดีและต้องฉีดพ่นให้ทั่วยอดและใต้ใบ ซึ่งศัตรูชนิดนี้หลบซ่อนตัวอยู่ พริกอาจจะแตกยอดใหม่แต่จะให้ผลผลิตต่ำ การฉีดสารเคมีควรฉีด เวลา 10.00-11.0 นาฬิกา สำหรับในพื้นที่ ที่ปลูกใหม่ อาจจะใช้สารเคมี เช่น เซพวิน 85 บาซูดิน หรือ ไดอะซีโนน ถ้าหากเป็นแหล่งปลูกพริกเก่าควรใช้ เมซูโรล คาร์บามัลท์ หรือ พอร์ส เป็นต้น

เพลี้ยอ่อน (Aphid : *Myzus persicae* Sulz.)

ลักษณะการทำลาย เพลี้ยอ่อนจะดูดน้ำเลี้ยงที่ใบส่วนยอดทำให้ยอดหัก โดยใบพริกจะแสดงอาการ หยักเป็นคลื่นและหัก มีสีใบต่าง ใบมีขนาดเล็กกล่ง พืชจะชะงักการเจริญและผลผลิตต่ำ

การป้องกันและกำจัด ฉีดสารเคมี เช่น เซพวิน 85 มาลาเฟซ ฟอสเด็กซ์ อาโซครอน ฟิริมอร์ หรือฟอสตริน

1.3 สภาพแวดล้อมที่มีผลต่อการเจริญเติบโต

1. แสง

เป็นปัจจัยที่มีบทบาทต่อการเจริญเติบโตของพืชโดยเฉพาะความเข้มแสง (light intensity) ซึ่งมีผลต่ออัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิหรือกระบวนการสร้างอาหารในพืช พืชที่ได้รับความเข้มแสงมากจะทำให้การสังเคราะห์แสงมากขึ้นและทำให้มีอัตราการเจริญเติบโตสัมพัทธ์ (relative growth rate; RGR) มากขึ้น แต่ถ้าความเข้มแสงมากกว่าจุดอิ่มตัวของความเข้มแสง (light saturation point) อาจทำให้ใบไหม้เกรียมได้ (สมบุญ, 2538) สำหรับความเข้มแสงที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพริกหวาน คือ ที่ความเข้มแสง 70 เปอร์เซ็นต์ มีอัตราการเจริญเติบโตของพืช อัตราการเจริญเติบโตสัมพัทธ์ อัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิ และดัชนีพื้นที่ใบ มีค่าสูงสุด (สุชาติพย์, 2540) ต้นกล้าที่ได้รับแสงต่ำใบจะใหญ่และนุ่ม การเจริญเติบโตในส่วนรากน้อยกว่าส่วนลำต้น และความต้องการปุ๋ยไนโตรเจน โมเนียมต่ำและปุ๋ยโพแทสเซียมสูง ขณะที่ได้รับแสงมากเกินไปพืชจะมีอัตรา

การสังเคราะห์แสงมากทำให้พืชดูดใช้ปุ๋ยแอมโมเนียมสูงมีผลทำให้ลำต้นยึด และใบเหี่ยวแห้ง (Steyr and Koranski, 1997)

2. อุณหภูมิ

อุณหภูมิมีบทบาทต่อทุกกระบวนการของพืชทั้งการสังเคราะห์แสง การหายใจและการพัฒนาอวัยวะต่างๆ ของพืช อุณหภูมิที่เหมาะสมทำให้การระเหยน้ำของมวลเพิ่มขึ้น (Erwin and Heins, 1995) อุณหภูมิที่เหมาะสมในการเจริญอยู่ระหว่าง 20 - 25 องศาเซลเซียส อุณหภูมิกลางวันไม่เกิน 20 องศาเซลเซียส ในกรณีที่อุณหภูมิต่ำกว่า 16 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิกลางวันสูงกว่า 32 องศาเซลเซียส จะทำให้ดอกร่วง อุณหภูมิคืนที่เหมาะสมอยู่ระหว่าง 21- 24 องศาเซลเซียส ในกรณีที่อุณหภูมิต่ำกว่า 20 องศาเซลเซียส พืชจะให้ผลผลิตต่ำ โดยเฉพาะอุณหภูมิในคืนที่ 4 นิ้วจะต้องสูงกว่า 16 องศาเซลเซียส หากอุณหภูมิต่ำกว่า 15 องศาเซลเซียส ในอุณหภูมิที่สามารถทำให้ผลเจริญโดยไม่มีเมล็ดหรือมีเมล็ดน้อยอุณหภูมิในระยะก่อนดอกบาน จะมีอิทธิพลต่อการติดของเมล็ดมากกว่าอุณหภูมิหลังดอกบานการปลูกในฤดูหนาวควรควบคุมให้อุณหภูมิอากาศในเรือนโรงสูงกว่าข้างนอก 5 องศาเซลเซียส เพื่อช่วยในการเจริญทรงพุ่มสูง (นิพนธ์, 2546)

3. ความชื้นสัมพัทธ์

ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศในแต่ละช่วงเวลาของวันจะมีความแตกต่างกันทำให้อัตราการคายน้ำของพืชและการระเหยของใบในแต่ละช่วงเวลาแตกต่างกัน ในกรณีที่มีความชื้นสัมพัทธ์ต่ำทำให้ปริมาณน้ำในใบ (leaf water content; LWC) ลดลง เนื่องจากพืชมีการคายน้ำสูงและส่งผลให้การสังเคราะห์แสงลดลง แต่ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความชื้นในดิน คือ ถ้าดินมีความชื้นสูงพืชสามารถดูดน้ำไปใช้แทนที่ได้ทันที ปากใบก็เปิด พืชคายน้ำได้มาก แต่ถ้าดินมีความชื้นสัมพัทธ์ต่ำพืชไม่สามารถดูดเข้าไปแทนที่ได้ทันที พืชจะหุบหรือปิดปากใบเพื่อลดการคายน้ำ ดังนั้นควรให้น้ำอย่างเพียงพอในระยะการเจริญเติบโตทางด้านกิ่งก้านและใบ ในขณะที่ความชื้นสัมพัทธ์สูงมีผลทำให้ปล้องของต้นกล้าขยายยืดยาวออก ลำต้นและใบบางเรียวยาวเล็ก การเจริญของรากน้อย (Styer and Kranski, 1997)

2. บทบาทของธาตุอาหารพืชต่อการเจริญเติบโตของพริกหวาน

2.1 ไนโตรเจน

รากพืชดูดธาตุไนโตรเจนเพื่อนำไปใช้สร้างโมเลกุลของโปรตีน ซึ่งเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของกรดอะมิโน โคเอนไซม์ กรดนิวคลีอิก และคลอโรฟิลล์ นอกจากนี้ยังเป็นส่วนประกอบของ ATP (adenosine triphosphate) ซึ่งเป็นสารให้สารพลังงานแก่พืชในกระบวนการเมแทบอลิซึม (Epstein, 1972) สำหรับพืชในเขตร้อนทั่วไปมักมีไนโตรเจนไม่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตของพืช จึงจำเป็นต้องมีการเพิ่มให้แก่พืชในรูปของปุ๋ย เมื่อพืชได้รับไนโตรเจนในปริมาณที่พอเหมาะ พืชจะมีการเจริญเติบโต มีความแข็งแรงทำให้มีพื้นที่ใบเพิ่มขึ้นสำหรับใช้ในกระบวนการสังเคราะห์แสงมากขึ้น (Yoshida and Caronel, 1976) เช่น ธาตุไนโตรเจนส่งผลให้ผลผลิตของพริกเพิ่มขึ้น (Singh and Srivastara, 1988) และส่งเสริมให้มะเขือเทศมีการออกดอกเร็วขึ้น น้ำหนักเพิ่มขึ้น และแก่เร็วขึ้น (Varis and George, 1985) ในกรณีพริกที่ขาดธาตุไนโตรเจนจะทำให้ได้ผลผลิตเมล็ดต่ำ เมล็ดมีลักษณะผิดปกติ (Harrington, 1960)

2.2 ฟอสฟอรัส

ฟอสฟอรัสมีบทบาทต่อการเจริญเติบโตของพืช โดยเป็นองค์ประกอบของสารฟอสเฟตที่ทำหน้าที่ในการรับช่วงถ่ายทอดพลังงาน ในระบบต่างๆ เช่น ระบบสังเคราะห์แสง ระบบหายใจ การขนย้ายอาหารและน้ำ (คณาจารย์ภาคปฐพีวิทยา, 2541) ฟอสฟอรัสมีบทบาทโดยตรงต่อการส่งเสริมการออกดอกของพริกหวาน โดยเฉพาะการให้ฟอสฟอรัสร่วมกับไนโตรเจนทำให้พืชมีการเจริญเติบโตด้านความสูง จำนวนผลต่อต้น และผลผลิตเมล็ดพันธุ์พริกหวานเพิ่มขึ้น (Gill *et al*, 1974)

2.3 โพแทสเซียม

โพแทสเซียมเป็นธาตุอาหารที่มีความสำคัญต่อการเจริญเติบโต โดยทำหน้าที่ควบคุม osmotic pressure ของเซลล์ การเปิด-ปิดปากใบ รักษาระดับ pH ในไซโตรพลาสซึมและคลอโรพลาสต์ รวมถึงการกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ และส่งเสริมการเจริญเติบโตของเยื่อเจริญส่วนปลายยอดหรือราก รวมถึงช่วยในการเพิ่มความแข็งแรงของผนังเซลล์พืช และยังช่วยปรับปรุง

คุณภาพของผลผลิตให้ดีขึ้น เช่น ทำให้น้ำหนักของเมล็ดพริกหวานสูงขึ้น (Campbell and Swingle, 1965)

2.4 เหล็ก

เหล็กเป็นตัวกระตุ้นเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการสร้างคลอโรฟิลล์และเอนไซม์เพอร์ออกซิเดสซ์ เป็นส่วนประกอบของไซโตโครมซึ่งเป็นสารตัวกลางในการถ่ายทอดอิเล็กตรอนทั้งในกระบวนการสังเคราะห์แสง และการหายใจ เป็นส่วนประกอบของเฟอรืดอกซินที่อยู่ในคลอโรพลาสต์ ซึ่งเป็นสารสำคัญในการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนของกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช นอกจากนี้ธาตุเหล็กยังเป็นองค์ประกอบสำคัญของโครงสร้างคลอโรพลาสต์ โดย 75 เปอร์เซ็นต์ของคลอโรพลาสต์จะมีธาตุเหล็กเป็นองค์ประกอบ (Havlin *et al.*, 2005) ปริมาณของคลอโรฟิลล์ในพืชมีความสัมพันธ์อยู่กับปริมาณของธาตุเหล็กที่พืชได้รับ เมื่อพืชได้รับธาตุเหล็กในปริมาณที่เพียงพอจะทำให้กระบวนการสังเคราะห์คลอโรฟิลล์เกิดได้ดีขึ้น และเมื่อพืชเกิดการขาดเหล็กใบของพืชจะหยุดสร้างคลอโรฟิลล์ พริกหวานมีลักษณะอาการ interveinal chlorosis เกิดที่ใบอ่อนก่อน โดยเนื้อสีเหลืองและเส้นใบยังคงเขียว และผลมีรูปร่างผิดปกติ (กุลินดา และคณะ, 2555)

2.5 แมงกานีส

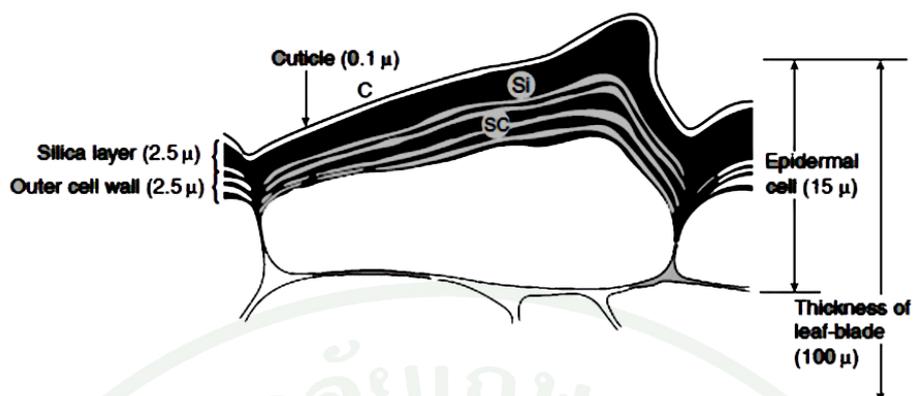
แมงกานีสเกี่ยวข้องกับระบบแคตะลิสต์และเอนไซม์ต่างๆ ในพืชเป็นโคแฟกเตอร์ของเอนไซม์หลายชนิด มีบทบาทในการสังเคราะห์โปรตีน คาร์โบไฮเดรต และลิพิด ช่วยกระตุ้นการถ่ายทอดอิเล็กตรอนในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง กระตุ้นปฏิกิริยาการแตกตัวของน้ำ การปลดปล่อยออกซิเจนในระบบแสง II และเกี่ยวข้องกับการสร้างเมมเบรนของคลอโรพลาสต์ การขาดแมงกานีสมีผลให้โครงสร้างของเยื่อหุ้มไทลาคอยด์ชำรุด และสูญเสียอนุภาคซึ่งเป็นหน่วยทำหน้าที่ของระบบแสง II เมื่อให้แมงกานีสอย่างพอเหมาะ อนุภาคดังกล่าวของเยื่อหุ้มไทลาคอยด์จะกลับคืนสู่สภาพเดิม แมงกานีสมีส่วนเกี่ยวข้องในการสร้างคลอโรฟิลล์ ถ้าขาดแมงกานีสอย่างรุนแรงจะมีผลทำให้ปริมาณคลอโรฟิลล์ลดลง โครงสร้างของเยื่อหุ้มไทลาคอยด์เสียหายมาก แม้จะได้รับแมงกานีสมาเพิ่มอีก หากที่ที่จะซ่อมแซมได้ เนื่องจากมีการยับยั้งการสังเคราะห์ลิพิดและแคโรทีนอยด์แล้วโดยสิ้นเชิง (Polle *et al.*, 1992) เมื่อพริกหวานขาดแมงกานีส แสดงอาการที่ใบอ่อนก่อน โดยใบมีสีเหลืองและเส้นใบสีเขียว มีการแตกพุ่มน้อยและใบอ่อนแห้งตายและหลุดร่วงในที่สุด ผลมีรูปร่างผิดปกติ และผลมีจำนวนช่องผลมากกว่าปกติ (กุลินดา และคณะ, 2555)

2.6 สังกะสี

สังกะสีมีบทบาทสำคัญต่อกระบวนการเมแทบอลิซึมต่างๆ ในพืช เอนไซม์หลายชนิดมีสังกะสีเป็นองค์ประกอบหลักอยู่ในโครงสร้าง เกี่ยวข้องกับการทำงานของเอนไซม์ carbonic anhydrase ซึ่ง 1 โมเลกุลของ carbonic anhydrase มีสังกะสีถึง 6 อะตอม พบเอนไซม์นี้ทั้งในไซโทพลาซึมและ คลอโรพลาสต์ บทบาทที่สำคัญของเอนไซม์นี้ในกระบวนการสังเคราะห์แสง คือ ช่วยในการรักษาสมดุลระหว่าง CO_2 และ HCO_3^- เพื่อให้มี CO_2 ที่ละลายได้ในไซโทซอลของมีโซฟิลล์เพียงพอสำหรับการสังเคราะห์แสง มีบทบาทในเมแทบอลิซึมของคลีเอ็นเอ และอาร์เอ็นเอ ช่วยในการสังเคราะห์โปรตีน มีบทบาทสำคัญในการสังเคราะห์ทริพโทเฟน ซึ่งเป็นสารตั้งต้นของการสังเคราะห์ Indole-3-acetic acid (IAA) เมื่อพืชขาดสังกะสีนอกจากกิจกรรมของเอนไซม์ carbonic anhydrase จะลดลงอย่างมากแล้ว ยังมีผลทำให้กิจกรรมของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับเมแทบอลิซึมของคาร์โบไฮเดรตลดลง นอกจากนี้ สังกะสีมีส่วนเกี่ยวข้องในกระบวนการสร้างคลอโรพลาสต์ ถ้าขาดสังกะสี พริกหวานแสดงลักษณะขาดที่ใบอ่อนก่อน โดยใบมีสีเหลืองและเส้นใบมีสีเขียว พืชจะชะงักการเจริญเติบโต ใบมีขนาดเล็กกลวงและข้อปล้องสั้นลง และผลมีรูปร่างผิดปกติ (กุลินดา และคณะ, 2555)

2.7 ซิลิกอน

ซิลิกอน เป็นธาตุเสริมประโยชน์ (Beneficial elements) ที่มีบทบาทช่วยกระตุ้นการเจริญเติบโตของพืชหลายชนิดและเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของผนังเซลล์พืช การบรรเทาความเครียดจากปัจจัยชีวณะ (biotic stress) และปัจจัยอชีวณะ (abiotic stress) ช่วยให้เซลล์พืชมีความแข็งแรงและมีความต้านทานต่อการเข้าทำลายของเชื้อจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรคและแมลงศัตรูพืชต่างๆ และยังมีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช โดยลดการคายน้ำและเพิ่มปริมาณการสังเคราะห์แสงให้กับพืช อีกทั้งเป็นองค์ประกอบด้วยผลต่อการพัฒนาของราก องค์ประกอบในผนังเซลล์ โดยกรดโมโนซิลิซิกที่รากพืชดูดได้จะเคลื่อนย้ายทางไซเล็มไปยังส่วนเหนือดิน ต่อจากนั้นก็สะสมในผนังเซลล์ของเนื้อเยื่อชั้นผิว มีลักษณะเป็นชั้นบางๆ เรียกว่าชั้นซิลิกา (silica layer) ประกอบด้วยซิลิกอนซิลลูโลส เพกทินและแคลเซียม (ภาพที่ 1) ทำให้ใบพืชมีความแข็งแรง



ภาพที่ 1 เนื้อเยื่อชั้นผิวของใบข้าวแสดงผิวเคลือบคิวทิน (cuticle) ชั้นซิลิกา (silica layer) และผนังเซลล์

ที่มา : ปรับปรุงจาก Yoshida (1975)

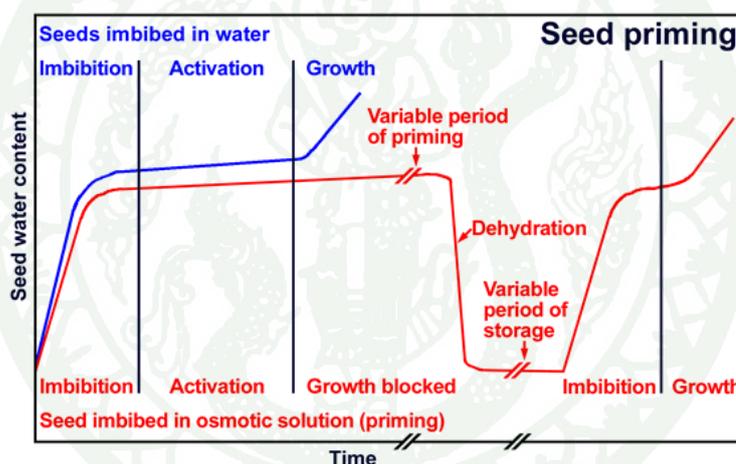
ซิลิกอนเพิ่มความแข็งแรงของผนังเซลล์เนื่องจากการเชื่อมโยงระหว่างธาตุนี้กับองค์ประกอบอื่นๆ ของผนังเซลล์ กล่าวคือ 1) มีชั้นของซิลิกาอสัณฐานร่วมกับเซลลูโลส (silicon – cellulose membrane) ซึ่งเชื่อมโยงกับเพกทินและแคลเซียมด้วย เนื้อเยื่อชั้นผิวของใบจึงมีชั้นของสารที่ปกป้องจำนวน 2 ชั้น 2) ซิลิกอนอาจรวมตัวกับองค์ประกอบของผนังเซลล์ได้สารประกอบเชิงซ้อนซึ่งทนต่อการสลายของเอนไซม์จากเชื้อโรค และ 3) ผนังเซลล์ของเนื้อเยื่อชั้นผิวของใบข้าวซิลิกอนเชื่อมโยงกับสารเชิงซ้อนลิกนิน-คาร์โบไฮเดรตด้วย

ผลด้านสรีระวิทยาของข้าวที่มีต่อธาตุซิลิกอนจะมีการเจริญในระยะการเติบโตและผลผลิตมากกว่าข้าวที่ไม่ได้รับซิลิกอน อย่างไรก็ตามในช่วงการเติบโตแบบวัฏจักรข้าวมีความต้องการซิลิกอนเพียงเล็กน้อย และมีความต้องการปริมาณมากขึ้นในช่วงเจริญพันธุ์หรือข้าวตั้งท้อง ซิลิกอนจะเคลื่อนย้ายไปสะสมในใบธง หากขาดแคลนในช่วงนี้ช่อดอกจะไม่สมบูรณ์ (Ma *et al.*, 1989) และในเมล็ดพันธุ์นั้นซิลิกอนช่วยในการเจริญของเปลือกหุ้มเมล็ดข้าว ซึ่งมีผลต่อคุณภาพของเมล็ดข้าว กล่าวคือ ต้นข้าวและเปลือกเมล็ดมีธาตุซิลิกอนน้อย ส่งผลทำให้เอนโดสเปิร์มภายในเมล็ดจะมีลดลง สำหรับเมล็ดข้าวบาร์เลย์ที่เก็บเกี่ยวจากแปลงที่ให้ปุ๋ยซิลิกอนสูงเมล็ดมีความงอกมากกว่าเมล็ดที่ได้จากแปลงที่มีธาตุซิลิกอนต่ำ นอกจากนี้การให้ปุ๋ยซิลิกอนแก่ต้นสั้ม ช่วยให้ต้นสั้มมีการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้น 30-80 เปอร์เซ็นต์ ผลสุกแก่เร็วขึ้น 2-4 สัปดาห์ และคุณภาพของผลผลิตดีกว่าต้นที่ไม่ใส่ปุ๋ยซิลิกอน (ยงยุทธ, 2552) และจากรายงานของยูพา (2549) ศึกษาบทบาทของซิลิกอนต่อการผลิตสตรอเบอร์รี่ 2 พันธุ์ คือ พันธุ์พระราชทาน 50 และพันธุ์พระราชทาน 72 โดยได้ให้

ซิลิกอน ในระบบการปลูกพืชแบบไร้ดิน คือ 0, 100, 150, 200, 250 และ 300 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่า พันธุ์พระราชทาน 50 ดำรับที่ให้ซิลิกอน 200 มิลลิกรัมต่อลิตร มีพื้นที่ใบมากที่สุด พันธุ์พระราชทาน 72 ที่ให้ซิลิกอน 150 มิลลิกรัมต่อลิตร มีจำนวนและน้ำหนักผลผลิตมากที่สุด

3. การกระตุ้นการงอก (Seed priming)

การกระตุ้นการงอก คือ เทคนิคในการเตรียมความพร้อมให้กับเมล็ดพันธุ์ก่อนที่จะนำไปปลูก โดยการแช่เมล็ดในน้ำหรือสารเคมีบางชนิด ที่อุณหภูมิและระยะเวลาที่เหมาะสม และนำเมล็ดที่ผ่านการกระตุ้นการงอกไปปลูกลงให้เท่ากับหรือใกล้เคียงกับความชื้นเริ่มต้น และเมื่อนำเมล็ดที่ผ่านการกระตุ้นการงอกไปปลูกจะทำให้งอกได้เร็วและสม่ำเสมอ เนื่องจากให้เมล็ดมีกระบวนการทางชีวเคมีเกิดขึ้นเพื่อเตรียมพร้อมสำหรับการงอก (McDonald, 2000)



ภาพที่ 2 กลไกการกระตุ้นการงอก (seed priming) ในเมล็ดพันธุ์ทั่วไป

ที่มา : ปรับปรุงจาก Gerhard (2006)

กระบวนการงอกของเมล็ด แบ่งได้เป็น 3 ระยะ คือ 1) ระยะการดูดน้ำ (imbibition) 2) ระยะกิจกรรมต่างๆ ของเอนไซม์ (activation) มีการซ่อมแซมเซลล์ที่สึกหรอ และ มีการย่อยสลายอาหารสะสมที่อยู่ในเมล็ด และ 3) ระยะที่รากแทงออกมานอกเมล็ดและมีการเจริญเติบโตของต้นกล้า (Growth) ซึ่งการดูดน้ำจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว (Bradford, 1990) แต่การกระตุ้นการงอกของเมล็ดพันธุ์เกิดขึ้นเพียงระยะที่ 1) imbibition และระยะที่ 2) activation เท่านั้น (ภาพที่ 2) โดยเมล็ดจะมีการดูดน้ำเข้าไปในเมล็ด เพื่อใช้น้ำในกระบวนการเคลื่อนย้ายสารที่สะสมอยู่ภายใน และกระตุ้นให้

เกิดกระบวนการทางชีวเคมีภายในเมล็ด ส่วนในระยะ activation เมล็ดยังคงดูดซึมน้ำเข้าสู่ภายในและมีการย่อยสลายสารอาหารที่สะสมอยู่ในเมล็ดเพื่อใช้ในการงอกของเมล็ดพันธุ์ ซึ่งในระยะนี้เมล็ดพันธุ์ยังคงไม่งอก ถือเป็นช่วงสิ้นสุดการกระตุ้นความงอก เพื่อเตรียมความพร้อมให้เมล็ดพร้อมที่จะแทงรากออกมา จากนั้นนำเมล็ดไปลดความชื้น (dehydration) เพื่อยับยั้งการเกิดราก ซึ่งการลดความชื้นเมล็ดลงจะช่วยให้เก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการกระตุ้นนี้ได้ช่วงระยะหนึ่งและเมล็ดจะยังคงความมีชีวิตเมื่อนำไปปลูกเมล็ดพันธุ์ก็จะงอกได้เร็วและสม่ำเสมอ (Taylor *et al.*, 1998; McDonald, 2000; Huang *et al.*, 2002)

การกระตุ้นการงอกของเมล็ดพันธุ์มี 3 วิธี คือ 1) hydropriming เป็นการกระตุ้นการงอกโดยใช้น้ำ 2) osmopriming เป็นการกระตุ้นการงอกโดยใช้สารเคมี เช่น Polyethylene glycol (PEG) สารเคมี หรือ สารละลายธาตุอาหารต่างๆ 3) matricpriming เป็นการกระตุ้นการงอกร่วมกับวัสดุอื่น (McDonald, 2000) จากวิธีการกระตุ้นทั้ง 3 วิธีทำให้เห็นว่า การกระตุ้นการงอกด้วยวิธี hydropriming เป็นวิธีที่ง่ายและประหยัดที่สุด ใช้สารเคมีน้อยและไม่มีพิษตกค้างกับสิ่งแวดล้อมและจึงเป็นที่นิยมอย่างมาก (McDonald, 2000)

Schillinger *et al.*, (2003) ศึกษาการทำ seed priming ของเมล็ดข้าวสาลี 2 พันธุ์ คือพันธุ์ Edwin และ Madsen โดยใช้สารละลาย คือ น้ำ, KCl ความเข้มข้น 2 และ 4%, KH_2PO_4 ความเข้มข้น 0.5 และ 1%, PEG ความเข้มข้น 10 และ 20% และเมล็ดที่ไม่ใช้สารเคมี เป็นเวลา 12, 24 และ 36 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 24 องศาเซลเซียส พบว่า พันธุ์ Edwin ที่กระตุ้นความงอก โดยการแช่สารละลาย PEG ความเข้มข้น 10% เป็นเวลา 36 ชั่วโมง ทำให้เมล็ดมีความงอกสูงสุด และพันธุ์ Madsen กระตุ้นความงอก โดยการแช่สารละลาย น้ำ เป็นเวลา 12 ชั่วโมง ทำให้เมล็ดมีความงอกสูงสุด

Nasimento and Aragao (2004) ศึกษาการทำ seed priming ของเมล็ดพันธุ์แดงเทศ 2 พันธุ์ คือพันธุ์ Mission และ พันธุ์ Top Net โดยการนำเมล็ดมาทำให้เสื่อมคุณภาพในระดับต่างๆ ด้วยการเร่งอายุเมล็ดพันธุ์ที่อุณหภูมิ 43 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 0, 20 และ 40 ชั่วโมง จากนั้นนำเมล็ดไปแช่ในที่มืดด้วยสารละลาย KNO_3 พบว่า ทำให้การงอกของเมล็ดพันธุ์แดงเทศมีความงอกเพิ่มขึ้น

Hussain *et al.*, (2006) ศึกษาการทำ seed priming ของเมล็ดทานตะวันลูกผสม โดยแช่เมล็ดในน้ำเป็นเวลา 24 ชั่วโมง โดยการแช่เมล็ดด้วยสารละลาย 5% KNO_3 และ 0.1% NaCl เป็นเวลา 12 ชั่วโมง พบว่า การแช่ด้วยสารละลาย 0.1% NaCl มีผลให้การงอกของเมล็ดพันธุ์ทานตะวันลูกผสมใช้ระยะเวลาในการงอกน้อยที่สุด และมีผลทำให้เปอร์เซ็นต์การงอกสูงขึ้น

Basra *et al.*, (2006) ศึกษาการทำ seed priming ของเมล็ดพันธุ์ข้าว โดยการแช่ในสารละลายกรด Ascorbic และกรด Salicylic ความเข้มข้น 10 และ 20 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นเวลา 48 ชั่วโมง พบว่า เมล็ดข้าวที่ผ่านการกระตุ้นความงอก มีระยะเวลาในการงอก และมีผลทำให้เปอร์เซ็นต์การงอกสูงกว่าเมล็ดที่ไม่ผ่านการกระตุ้นความงอก

Huang *et al.*, (2002) รายงานว่า เมล็ดแตงโมที่ผ่านการกระตุ้นการงอกและฝังให้แห้งที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ที่ 40% งอกได้เร็วกว่าเมล็ดที่มีการกระตุ้นการงอกโดยไม่มีการทำให้แห้ง โดยที่ระยะเวลาในการแช่นั้นเป็นปัจจัยหนึ่งในการกระตุ้นการงอกของเมล็ด โดยที่เมล็ดพืชแต่ละชนิดต้องการระยะเวลาที่เหมาะสมในการแช่เมล็ดที่แตกต่างกันเนื่องจากโครงสร้างและองค์ประกอบของเมล็ดที่แตกต่างกัน ทำให้ระยะเวลาการดูดน้ำแตกต่างกันไปด้วย ซึ่งสอดคล้องกับ Basu and Pal (1979) กล่าวว่า การแช่เมล็ดข้าวในน้ำเพียง 15 นาที ถึง 6 ชั่วโมง แล้วทำให้แห้งช่วยชะลอการสูญเสียความมีชีวิตและความแข็งแรงของเมล็ดเมื่อนำไปเก็บ แต่การแช่เมล็ดนาน 8 ชั่วโมง ทำให้การเจริญเติบโตของยอดและรากลดลง แม้เปอร์เซ็นต์ความงอกคงที่ก็ตาม และหากแช่นานกว่า 8 ชั่วโมงมีผลทำให้เมล็ดไม่งอก

Goldsworthy *et al.*, (1982) รายงานว่า เมล็ดข้าวสาลีที่แช่น้ำเพียง 5 นาที เมล็ดมีน้ำหนักสูงสุด และปัจจัยของสภาพแวดล้อมในระหว่างการกระตุ้นการงอก โดยมีระยะเวลาในการบ่มเมล็ด (incubation) การบ่มเมล็ดหลังจากการกระตุ้นการงอกมีวัตถุประสงค์ เพื่อให้ขบวนการงอกภายในของเมล็ดสามารถดำเนินไปได้ อย่างสมบูรณ์มากขึ้น เช่น ขบวนการซอมแซมการสร้างดีเอ็นเอ อาร์เอ็นเอ และโปรตีน รวมถึงผนังเยื่อหุ้มเซลล์ของเมล็ด โดยนำเมล็ดที่กระตุ้นแล้วมาบ่มเป็นระยะเวลาหนึ่ง จะช่วยป้องกันการสูญเสียน้ำออกจากเมล็ดที่เร็วเกินไประหว่างการลดความชื้น นอกจากนี้ การบ่มยังช่วยให้เมล็ดมีการงอกสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

Demir and Van De Venter (1999) รายงานว่า การบ่มเมล็ดแคนตาลูปที่อุณหภูมิสูง 38 องศาเซลเซียส ส่งผลให้เมล็ดมีรากปฐมภูมิ (primary root) ที่ยาวกว่าการบ่มเมล็ดที่อุณหภูมิต่ำ 15 และ 25 องศาเซลเซียส และการลดความชื้นเมล็ดหลังจากการกระตุ้นการงอกทำได้หลายวิธี เช่น การฝังให้แห้งในที่ร่มหรือการใช้ลมร้อนเป่า การควบคุมอุณหภูมิความชื้นสัมพัทธ์ เป็นต้น เมล็ดที่ผ่านการกระตุ้นการงอกแล้วเมื่อต้องการเก็บรักษาไว้จะต้องลดความชื้นของเมล็ดให้อยู่ที่ประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งการลดความชื้นของเมล็ดหลังการกระตุ้นการงอกเป็นขั้นตอนที่มีความสำคัญต่ออายุการเก็บรักษา หากวิธีลดความชื้นไม่เหมาะสมจะทำให้เกิดความเสียหายแก่เมล็ดได้ ซึ่งมีผลทำให้เมล็ดเสื่อมสภาพ อายุการเก็บรักษาลดลง เช่น การลดความชื้นเมล็ดพันธุ์ หลังจากการกระตุ้นการ

งอกโดยวิธี solid matrix priming ที่เร็วเกินไปหรือใช้ความร้อนที่สูงมากเกินไปจะเป็นการทำลายเมล็ดทำให้การกระตุ้นการงอกไม่ได้ผล (Kubik *et al.*, 1988) แต่ในการลดความชื้นของเมล็ดพริกที่ความชื้นสัมพัทธ์ 40 เปอร์เซ็นต์ อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 48 ชั่วโมง หลังจากการกระตุ้นการงอกนั้นเมล็ดพริกสามารถเก็บรักษาได้ 9 สัปดาห์ (วิลาสินี, 2547)

Roberts (1972) รายงานว่า การกระตุ้นความงอกโดยใช้สารละลายของธาตุอาหารรอง ที่ดินมักแสดงอาการขาดหรืออยู่ในรูปที่พืชไม่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้และการนำสารเคมีต่างกันจะส่งผลกระทบต่อความงอกของเมล็ดแตกต่างกันด้วย ซึ่งสอดคล้องกับ Kang *et al.*, (1996) ศึกษาวิธีการกระตุ้นการงอกของเมล็ดแตงโมโดยใช้สารเคมีที่แตกต่างกัน ดังนี้ KNO_3 , $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, KH_2PO_4 และ K_3PO_4 ที่ระดับความเข้มข้น 100, 200 และ 300 มิลลิโมล พบว่า ชุดการทดลองที่ใช้ KNO_3 200 มิลลิโมล มีอัตราการงอกของเมล็ดและเปอร์เซ็นต์ความงอกสูงที่สุด นอกจากนี้สารเคมีบางชนิด เช่น สารละลายเกลือ สารประกอบกลุ่มฟีนอล วิตามินและสารประกอบที่ใช้ยับยั้งหรือป้องกันเชื้อโรค ที่ความเข้มข้นประมาณ 10^{-5} – 10^{-3} โมล ยังสามารถเพิ่มความมีชีวิตให้แก่เมล็ดพืชหลายชนิด โดยเฉพาะ sodium chloride และ sodium phosphate นั้นให้ผลอย่างเด่นชัด

Hsu *et al.*, (2005) ศึกษาการกระตุ้นความงอก เมล็ดพริกด้วยสารละลาย -0.8, -0.1 และ -1.2 MPa PEG₆₀₀₀ และ 3% KNO_3 ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5, 7 และ 9 วัน พบว่า การทำ priming ที่ -0.8 และ -1.0 MPa PEG₆₀₀₀ ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 และ 9 วัน ทำให้อัตราการงอกของพริกสูงสุด

Saleh *et al.*, (1996) ศึกษาการกระตุ้นความงอก ของเมล็ดพริกหวานพันธุ์ Gedeon โดยใช้สารละลาย 3% KNO_3 , CaCl_2 , KH_2PO_4 และ K_2SO_4 เป็นเวลา 144 ชั่วโมง พบว่า CaCl_2 และ KNO_3 มีผลทำให้เมล็ดมีการเจริญเติบโตและมีการขยายตัวของต้นกล้าสูงสุด และ CaCl_2 ทำให้เมล็ดพริกหวานมีความงอกสูงสุด

พีระยศ (2546) รายงานว่า การแช่เมล็ดพริกหวานด้วยวิตามินซี เป็นเวลา 12 ชั่วโมง ทำให้ความงอก และดัชนีการงอกของเมล็ดพันธุ์พริกหวานที่เพาะในสภาพโรงเรือนสูงสุด ซึ่งอุณหภูมิมีผลต่อการงอกของเมล็ดพริกหวาน

ประเสริฐ (2542) รายงานว่า การกระตุ้นการงอกของเมล็ดพริกพันธุ์บางช้าง ด้วยวิธี Hydropriming เป็นเวลา 3-5 ชั่วโมง และให้อากาศ 30 นาทีต่อชั่วโมง เป็นวิธีที่เหมาะสมต่อการกระตุ้นการงอกของพริก

วิลาสินี (2547) รายงานว่า การกระตุ้นความงอกของเมล็ดพริกพันธุ์บางช้าง ด้วยวิธี Hydropriming โดยใช้เมล็ดพริก 50 กรัมแช่ในน้ำ 1 ลิตร ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 ชั่วโมง และให้อากาศ 30 นาทีต่อชั่วโมง แล้วจึงนำเมล็ดพริกไปบ่มที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 40 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 2 วัน ทำให้เมล็ดพริกงอกได้เร็วขึ้นและมีดัชนีการงอกสูงที่สุด

พจนนา (2551) ศึกษาผลของการกระตุ้นความงอก ของเมล็ดพริกหวาน โดยใช้สารละลาย Vitamin C, Polyethylene glycol, KH_2PO_4 , KNO_3 , NaCl, KH_2PO_4 , KCl, KNO_3 ร่วมกับ KH_2PO_4 และ สารทางการค้า ที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส พบว่า เมล็ดที่ผ่านการกระตุ้นความงอก ด้วย Vitamin C, KNO_3 และ KNO_3 ร่วมกับ KH_2PO_4 ทำให้มีความงอกของเมล็ดพันธุ์ที่เพาะในห้องปฏิบัติการและ เรือนทดลองมีความงอกสูงสุด

วัลลภา (2555) ศึกษาการกระตุ้นการงอกร่วมกับซิลิกอนในเมล็ดพันธุ์ข้าว โดยใช้ข้าวพันธุ์ ปทุมธานี 1 และ ปทุมธานี 80 ร่วมสารละลายแคลเซียมซิลิเกต ที่ความเข้มข้น 0, 1,000 2,000 3,000 และ 6,000 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยบ่มเป็นเวลา 6, 12 และ 18 ชั่วโมง พบว่า เมล็ดข้าวทั้ง 2 พันธุ์ ที่แช่ เมล็ดเป็นเวลา 6 ชั่วโมง ในสารละลายแคลเซียมซิลิเกตที่ความเข้มข้น 1,000 2,000 และ 3,000 มิลลิกรัมต่อลิตร มีคุณภาพของเมล็ดพันธุ์สูงที่สุด และสารละลายแคลเซียมซิลิเกตที่ความเข้มข้น 6,000 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้เมล็ดข้าวงอกเร็วที่สุด

4. การปลูกพืชแบบไม่ใช้ดิน

การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน “ไฮโดรโปนิกส์” (Hydroponics) หรือ “ซอเลสคัลเจอร์” (Soilless culture) หมายถึง การปลูกพืชโดยใช้วัสดุใดๆ ที่ไม่ใช้ดิน พืชจะได้รับน้ำและอาหารที่ต้องการจากสารละลายธาตุอาหารที่ผู้ปลูกเป็นผู้ให้กับพืชเท่านั้น ดินในที่นี้หมายถึงดินชนิดต่างๆ รวมถึงอินทรีย์วัตถุทั้งหลายที่มีธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์แก่พืช เช่น ปุ๋ยคอก ปุ๋ยหมัก ปุ๋ยพืชสด กากน้ำตาล กากของเสียบางชนิดจากโรงงาน เป็นต้น ส่วนวัสดุที่ไม่ใช้ดิน ได้แก่ วัสดุที่ไม่มีธาตุอาหารใดๆ เจือปนอยู่มีทั้งวัสดุธรรมชาติ เช่น ทราย กรวด น้ำ ขุยมะพร้าว แกลบและวัสดุที่มนุษย์

สร้างขึ้น เช่น แร่ใยหิน (rock wool) พูไมซ์ (pumice) เพอร์ไรท์ (perlite) เวอร์มิคูไลท์ (vermiculite) และเม็ดดินเผา (hydrotron)

ประเภทของการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน

การปลูกพืชแบบไม่ใช้ดินจำเป็นต้องจัดการให้พืชได้รับ น้ำ ธาตุอาหาร ออกซิเจน และที่ยึดเกาะพวงลำต้น จากภายนอกเพื่อทดแทนที่ไม่ได้รับจากดินนั้น ต่อมาจึงได้มีการพัฒนา รูปแบบและวิธีการต่างๆ ในการที่จะให้น้ำ ธาตุอาหารแก่รากพืช ในการเพิ่มออกซิเจนให้แก่ น้ำ และ ในการให้ที่ยึดเกาะแก่ต้นและรากพืช ทำให้เกิดเป็นวิธี การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินในรูปแบบต่างๆ ได้ มากมาย หากจัดกลุ่มประเภทของการปลูกโดยไม่ใช้ดินโดยพิจารณาจากที่อยู่ของรากพืชแล้ว สามารถแบ่งประเภทของการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินออกได้เป็น 3 ประเภทหลัก คือ การปลูกในน้ำ (Water culture) การปลูกในวัสดุปลูก (Substrate culture) และการปลูกในอากาศ (Aeroponics)

1. ประเภทการปลูกในน้ำ (Water culture) หมายถึงลักษณะของการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินที่รากพืชจะต้อง สัมผัสหรือแช่อยู่ในน้ำ ซึ่งก็คือ สารละลายธาตุอาหาร โดยตรงและตลอดเวลา ซึ่งยังสามารถแบ่งย่อยออกเป็นเทคนิคต่างๆตามวิธี ของการให้น้ำสัมผัสกับรากพืชและวิธีการเติมอากาศให้กับน้ำได้อีกหลายวิธี สำหรับเทคนิคที่มีการนำมาใช้ปลูกเป็นการค้าในปัจจุบัน มีดังนี้คือ

1.1 เทคนิคน้ำไหลบาง Nutrient Film Technique (NFT) เป็นเทคนิคการปลูกพืชลงในน้ำ โดยการปล่อยสารละลายธาตุอาหารให้ไหลเป็นแผ่นบางๆ หนาเพียง 2-3 มิลลิเมตร. ไหลผ่านรากพืชที่ ปลูกอยู่บนรางปลูกที่ทำจากวัสดุที่ไม่ทำปฏิกิริยากับสารละลาย เช่น พลาสติก เป็นต้น เทคนิคนี้ไม่ต้องมีการเติมอากาศให้กับสารละลายธาตุอาหารโดยตรง แต่อาศัยการที่น้ำ สารละลายอาหารจะต้องมีการเคลื่อนที่หมุนเวียนอยู่ ระบบเมื่อไหลกลับมากสู่ถังพักจะทำให้เกิด ฟองอากาศแทรกเข้าไปในสารละลายโดยอัตโนมัติ

1.2 เทคนิคการปลูกพืชในน้ำลึกไหลสั้น แบบ Deep Flow Technique (DFT) เป็นการปลูกพืชลงในภาชนะบรรจุน้ำที่มีความลึก 5 –10 เซนติเมตร ภาชนะที่ใช้อาจเป็นกะบะราง หรือรูปทรงอื่นๆ โดยที่ด้านหนึ่งจะมีท่อน้ำไหลเข้าและที่ปลายอีกด้านหนึ่งมีท่อสำหรับน้ำไหลออก ตำแหน่งหรือความสูงของท่อน้ำออกที่เจาะไว้เป็นตัวกำหนดความลึกหรือความสูงของน้ำที่จะขังอยู่ในราง เมื่อน้ำไหลท่วมภาชนะจนสูงเกินกว่าท่อน้ำออก น้ำจะไหลสั้นออกไปสู่ท่อน้ำออก และไหล

สู่ระบบท่อน้ำไหลกลับ เข้าสู่ถังพัก เมื่อตกลงสู่ถังพักจะเกิดฟองอากาศ อากาศจึงถูกเติมลงไปใต้น้ำ โดยอัตโนมัติและน้ำก็จะถูกสูบ กลับเข้าวนเวียนกลับเข้ามาในภาชนะอีกอยู่เช่นนี้ ทำให้เกิดการเคลื่อนที่ไหลวนของน้ำผ่านภาชนะที่รากพืชอาศัยอยู่โดยไม่ต้องมีการเป่าอากาศให้กับน้ำ ในภาชนะนั้นโดยตรงอีก

1.3 เทคนิคการปลูกพืชในน้ำลึก แบบ Dynamic Root Floating Technique (DRFT) เป็นเทคนิคที่คิดแปลงและพัฒนาให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยมีรากปลูกที่กว้างและมีร่องน้ำอยู่บริเวณกลางรางหลายๆร่อง เพื่อบังคับให้สารละลายธาตุอาหารไหลอย่างมีทิศทาง คือ ผ่านร่องจากหัวราง ไปยังปลายรางก่อนที่จะล้นลงสู่ถังพักได้ไ้ตะ ก่อนที่จะถูกดูดกลับขึ้นมาไหลวนอย่างต่อเนื่อง ระดับของสารละลายในรางจะสูงไม่เกินส้นราง คือ ประมาณ 6 เซนติเมตร ด้านบนปิดด้วยแผ่นโฟมที่จะเป็นช่องเพื่อสอดต้นกล้าผักที่เพาะอยู่ในก่อนฟองน้ำ รากผักจะเจริญและทอดตัวอยู่ในร่องน้ำ ได้รับแร่ธาตุอาหารและออกซิเจนจากสารละลายที่ไหลผ่านอย่างต่อเนื่อง เมื่อผักมีอายุมากขึ้นและรากเริ่มยาว ปลายรากไปอยู่ในระดับน้ำที่ลึกลงซึ่งมีปริมาณออกซิเจนที่น้อยลง ก็จะมีการลดระดับของน้ำลง โดยการปรับลดความสูงของท่อค้ำน้ำล้นที่ทำขาง เมื่อระดับน้ำลดลง จะเกิดช่องว่างระหว่างระดับน้ำกับพื้น โฟม เรียกว่า Air gap ที่ช่วยให้รากได้สัมผัสกับอากาศอีกทางหนึ่ง

1.4 เทคนิคการปลูกพืชในน้ำนิ่งแบบต้องเติมอากาศ Deep Water Technique (DWT) เป็นการปลูกพืชในภาชนะที่บรรจุน้ำที่มีความลึก ตั้งแต่ 15 เซนติเมตร (สำหรับผักกินใบ) ขึ้นไป ขึ้นกับขนาดของต้นพืชและรากที่ปลูก รากพืชต้องแช่ตลอดเวลาอยู่ในน้ำสารละลาย จึงต้องมีการเติมอากาศให้กับน้ำตลอดเวลา โดยใช้ปั๊มลม ขนาดของปั๊มอากาศขึ้นกับขนาดของภาชนะและปริมาณน้ำที่ใช้นั่นเอง โดยทั่วไปแล้วควรต้องเติมอากาศให้น้ำสารละลายมีปริมาณออกซิเจนอยู่ไม่น้อยกว่า 6 - 8 มิลลิกรัมต่อลิตร จึงจะเหมาะสมสำหรับกับความ ต้องการของรากพืช โดยทั่วไป ปั๊มอากาศขนาด 45 วัตต์ 220 โวลต์ ความถี่ 50 เฮิร์ตซ์ แรงดันอากาศประมาณ 0.06 Mpa พอสำหรับให้ออกซิเจนแก่ไ้ตะปลูกขนาด 2.50 x 1.75 เมตร ความสูงของน้ำประมาณ 15 เซนติเมตร. ซึ่งบรรจุน้ำปริมาตร 650 ลิตรต่อไ้ตะ

2. การปลูกในวัสดุปลูก (Substrate culture) หมายถึงการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินที่ปลูกพืชลงในวัสดุอื่นๆ แทนที่จะเป็นดิน วัสดุอื่นๆในที่นี้ หมายถึง ทั้งที่เป็นอินทรีย์สารและอนินทรีย์สาร ที่จะต้องไม่มีธาตุอาหารพืชสะสมอยู่ การปลูกพืชลงในวัสดุ ปลูกแบบนี้เป็นการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินที่มีลักษณะใกล้เคียงกับการปลูกพืชในดินที่เป็นการปลูกพืชลงในกระถาง หรือในภาชนะ

โดยใช้น้ำหยดมากที่สุดแตกต่างกันตรงที่ ถ้าปลูกลงในดิน พืชจะได้รับอาหารที่มีอยู่แล้วในดิน หรือจากปุ๋ยที่ใส่ให้แต่ละครั้งและได้รับน้ำจากการให้น้ำแบบน้ำหยด ส่วนถ้าเป็นการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินแบบใช้วัสดุปลูกนี้ พืชจะได้รับธาตุอาหารไปพร้อมๆ กับการให้น้ำหยด เพราะน้ำที่ให้เป็นน้ำสารละลายธาตุอาหารในแบบของการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินนั่นเอง หัวใจสำคัญของวิธี การปลูกพืชในวัสดุปลูกนี้คือการให้สารละลายธาตุอาหารในปริมาณและความถี่ที่ พอเหมาะกับความต้องการของพืช ในแต่ละช่วงอายุการเจริญเติบโต และยังต้องมีวิธีการวางระบบระบายน้ำส่วนเกินออกจากวัสดุปลูกด้วย การปลูกโดยเทคนิคนี้ นิยมใช้กับพืชกินผลที่ต้นพืชมักมีขนาดใหญ่ซึ่งไม่สะดวกในการที่จะปลูกด้วยวิธีการแบบอื่น วัสดุที่เป็นอินทรีย์สาร ได้แก่ กรวด ทราช เม็ดดินเผา (Expanded clay) โยหิน หินภูเขาไฟ เพอร์ไรท์ เวอร์มิคูไลท์ ฯลฯ วัสดุปลูกเหล่านี้จะไม่มีธาตุอาหารให้แก่พืช มีคุณสมบัติที่ร่วน โปร่งและเบาจึงมีอากาศแทรกอยู่เพียงพอต่อความต้องการของรากพืชและมีคุณสมบัติอุ้มความชื้นตั้งแต่ร้อยละ 10 ถึง 20 ข้อดีอีกประการหนึ่งของวัสดุประเภทอินทรีย์สารคือ มักมีความสะอาด ปราศจากเชื้อโรคปนเปื้อนและยังคงทนไม่สลายตัว หรือยุบตัวง่าย ยกเว้นสำหรับเพอร์ไรท์และเวอร์มิคูไลท์ วัสดุที่เป็นอินทรีย์สาร ได้แก่ ขุยมะพร้าว จี้เลื่อย แกลบ ถ่าน แกลบ เปลือกไม้ เปลือกถั่ว ชานอ้อย เหล่านี้เป็นต้น วัสดุเหล่านี้จัดเป็นวัสดุธรรมชาติหาได้ง่ายในท้องถิ่น มีราคาถูก แต่ข้อเสีย คือ มักมีคุณสมบัติในการอุ้มน้ำและระบายอากาศที่ยังไม่สมดุลกันภายในวัสดุตัวเดียวกัน ขุยมะพร้าว เมื่อให้น้ำมากเกินไป จะอุ้มน้ำจนชุ่มและขาดอากาศ ในขณะที่แกลบเพียงอย่างเดียวจะไม่อุ้มน้ำและแห้งเกินไปสำหรับรากพืช เป็นต้น ในการเลือกใช้วัสดุเหล่านี้จึงนิยมนำวัสดุที่อุ้มน้ำมากเกินไปผสมกับวัสดุอื่นๆ เพื่อให้ได้วัสดุผสมที่มีคุณสมบัติอุ้มน้ำและระบายที่ดี

3. การปลูกพืชในอากาศ Aeroponics หมายถึง การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินในลักษณะรากพืชไม่ได้แช่อยู่ในน้ำ หรืออยู่ในวัสดุปลูกใดๆ แต่ปล่อยให้รากเปลือยอยู่ในอากาศ ไม่สัมผัสกับสิ่งใดเลย ดังนั้นจึงต้องมีการจับยึดส่วน โคนของลำต้นพืชให้ตั้งตรงและรากลอยอยู่ในอากาศได้ จากนั้นจะมีการฉีดพ่นสารละลายธาตุอาหารในรูปของละอองน้ำไปที่รากพืชโดยตรงเป็นระยะๆ และต้องมีการกำบังรากไม่ให้ได้รับแสง จึงมักสร้างเป็นภาชนะรูปทรงต่างๆ ภายในกล่องให้เป็นที่อยู่ของรากและระบบพ่นละอองน้ำสารละลาย ส่วนต้นพืชจะเจริญเติบโตตั้งอยู่ด้านบนกล่อง ข้อดีของระบบนี้คือสามารถประหยัดสารละลายธาตุอาหารได้เป็นอย่างดี เหมาะสำหรับการปลูกพืชในที่ที่มีพื้นที่จำกัด และมีน้ำน้อย เช่น ชายคาบ้าน หรือยอดอาคารตึก แต่มีข้อเสียคือค่อนข้างยุ่งยากในการติดตั้งระบบ และสำหรับประเทศในเขตร้อน ยังพบปัญหาการสะสมความร้อนภายในภาชนะที่เป็นที่อยู่ของราก ยิ่งระบบมีขนาดใหญ่ยิ่งมีปัญหาคายความร้อนภายใน

ระบบราก จึงยังไม่เหมาะที่จะทำเป็นระบบใหญ่เพื่อเป็นการค้าในประเทศไทย ยกเว้นในพื้นที่ ที่มีอากาศค่อนข้างเย็น เช่น อ.ภูเรือ จ.เลย เป็นต้น (ธรรมศักดิ์, 2553)

ข้อดีและข้อเสียของการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน

การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินได้รับการพัฒนาขึ้นมา ก็เพราะปัญหาการปลูกพืชในโรงเรือนโดยใช้ดินที่มีความยุ่งยากและสิ้นเปลืองแรงงาน และมีการระบาดของโรคและแมลง ที่เกิดขึ้นในต่างประเทศ ดังนั้นในสถานการณ์หรือสถานที่อันมีความเป็นปกติ การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินจึงอาจไม่มีผลดีหรือคุ้มค่าทางเศรษฐกิจเสมอไป จึงควรต้องพิจารณาตัดสินใจตามสภาพปัญหา ชนิดและราคาของพืชตามความเหมาะสมในแต่ละสถานที่ อย่างไรก็ตามการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินโดยทั่วไปก็มีข้อดีและข้อเสียในตัวเองดังต่อไปนี้

ข้อดี

1. เป็นวิธีการปลูกพืชที่ช่วยให้สามารถปลูกพืชในสถานที่ที่ดินที่อาจไม่เหมาะแก่การปลูกพืช เช่น ดินกรดจัด เค็มจัด ดินเสื่อมโทรมขาดความอุดมสมบูรณ์ หรือแม้แต่ในสถานที่ที่ไม่มีดินเลย
2. เป็นวิธีการปลูกพืชที่ช่วยให้สามารถปลูกพืชได้จำนวนต้นต่อพื้นที่ได้มากขึ้น โดยไม่ต้องคำนึงถึงความอุดมสมบูรณ์ของดิน
3. เป็นวิธีการปลูกพืชที่ทำให้พืชเจริญเติบโตได้อย่างรวดเร็ว เพราะได้รับน้ำและอาหารอย่างพอเพียงและตลอดเวลา ทำให้ได้ผลผลิตต่อหน่วยพื้นที่สูง ดังนั้น ในความต้องการผลผลิตที่เท่าๆ กันจะต้องการพื้นที่ปลูกที่น้อยกว่า
4. เป็นวิธีการปลูกพืชที่ให้โอกาสที่จะได้ผลผลิตที่สะอาดและมีคุณภาพ ทั้งด้านกายภาพ ชีวภาพและเคมี เพราะไม่มีเศษหิน ดิน ทราย ปดอมปน ไม่มีสารเคมีและยาฆ่าแมลงตกค้าง เนื่องจากไม่มีการใช้ดินจึงมี โรคและแมลงเข้าทำลายน้อย การควบคุมกำจัดจึงกระทำได้ง่าย สามารถลดการใช้สารเคมีหรือหลีกเลี่ยงการใช้สารเคมีลงได้
5. เป็นวิธีการปลูกพืชที่ไม่ต้องมีการเตรียมดิน

6. เป็นวิธีการที่ช่วยให้สามารถปลูกพืชได้มากกว่าครั้งขึ้นต่อปี เพราะไม่ต้องมีการเตรียมดินใหม่ จึงทำให้การปลูกพืชรุ่นใหม่ต่อไปได้ทันทีอย่างต่อเนื่อง

7. เป็นวิธีการปลูกพืชที่ช่วยให้มีการใช้ทรัพยากรน้ำและปุ๋ยอย่างประหยัด เพราะสามารถนำวนกลับมาใช้อีกระยะหนึ่ง

ข้อเสีย

1. เป็นวิธีการปลูกที่ต้องลงทุนสูงในตอนเริ่มต้น เพราะต้องการวัสดุอุปกรณ์ทางเทคนิคหลายอย่างชนิดที่มีราคาแพง

2. เป็นวิธีการปลูกที่สิ้นเปลืองพลังงาน เพราะต้องอาศัยพลังงานตลอดเวลา เช่น พลังงานไฟฟ้า เป็นต้น ทำให้มีต้นทุนการผลิตสูงและหากไฟฟ้าขัดข้องเป็นเวลานานเกินไปและไม่มีการสำรอง จะทำให้พืชที่ปลูกขาดน้ำหรือขาดอากาศ ตายได้ในเวลาอันสั้น

3. เป็นวิธีการปลูกที่ต้องการการดูแลรักษาอย่างใกล้ชิด และต้องการบุคลากรที่มีความรู้ความชำนาญและประสบการณ์ ในการดูแลรักษาจึงจะประสบความสำเร็จได้

4. ในกรณีของการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินแบบใช้วัสดุปลูกบางชนิด เช่น แร่ใยหิน เมื่อจะต้องมีการผลิตเปลี่ยนวัสดุปลูกใหม่หลังการเก็บเกี่ยว จะทำให้เกิดปัญหาเกี่ยวกับ การหาสถานที่ ที่จะทิ้งแร่ใยหินนี้ซึ่งไม่สลายตัวง่ายๆ ในธรรมชาติ เกิดเป็นปัญหาทางมลภาวะ แวดล้อมตามมา ซึ่งเกิดขึ้นแล้วกับประเทศในแถบยุโรป (ธรรมศักดิ์, 2553)

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. เมล็ดพริกหวาน พันธุ์เวก้า 1288 ของบริษัทเพื่อนเกษตรกร
2. สารละลายธาตุอาหารสูตร Kao Te Chen solution
3. แคลเซียมซิลิเกต (CaSiO_3) ชื่อการค้า แมกซีแคล ตรากระต่าย (บริษัทเจียไต๋)
4. วัสดุปลูก พีท ตราคลาสแมน ของบริษัททวาย.วี.พี อินเตอร์เทรด
5. กระดาษเพาะเมล็ด
6. ถาดเพาะเมล็ด
7. ฟองน้ำเพาะเมล็ด สีเหลืองลูกบาศก์ขนาด $2.5 \times 2.5 \times 2.5$ ลูกบาศก์เซนติเมตร
8. โหลดูดความชื้น
9. ถังพลาสติกขนาด 20 ลิตร
10. บี้มลม
11. เครื่องวัดความเป็นกรดต่าง
12. เครื่องวัดค่าการนำไฟฟ้า
13. เครื่องวัดความหนาเนื้อ
14. เวอร์เนียร์ แคลลิปเปอร์
15. เครื่องชั่ง
16. เครื่องบดตัวอย่างพืช
17. ปากคีบ

วิธีการ

1. ศึกษาการกระตุ้นความงอกเมล็ดพันธุ์พริกหวานด้วยสารละลายแคลเซียมซิติเกต

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design:CRD)

จำนวน 5 ตำรับการทดลอง 4 ซ้ำ

ตำรับที่ 1 ไม่ผ่านการกระตุ้นความงอก (Control)

ตำรับที่ 2 แช่ในสารละลายแคลเซียมซิติเกต ความเข้มข้น 0 กรัมต่อลิตร

ตำรับที่ 3 แช่ในสารละลายแคลเซียมซิติเกต ความเข้มข้น 1 กรัมต่อลิตร

ตำรับที่ 4 แช่ในสารละลายแคลเซียมซิติเกต ความเข้มข้น 2 กรัมต่อลิตร

ตำรับที่ 5 แช่ในสารละลายแคลเซียมซิติเกต ความเข้มข้น 4 กรัมต่อลิตร

เมล็ดพริกหวาน พันธุ์เวก้า 1288 ปริมาณ 12 กรัม แช่ในสารละลายแคลเซียมซิติเกต 80 มิลลิลิตร ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 5 ชั่วโมง (วิลาลินี, 2547) หลังจากนั้นนำเมล็ดที่ผ่านการกระตุ้นความงอกของเมล็ด มาทำการบ่มที่ความชื้นสัมพัทธ์ 100 เปอร์เซ็นต์ ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 6 ชั่วโมง แล้วจึงนำเมล็ดไปลดความชื้น จากนั้นจึงนำเมล็ดไปทดสอบความงอก

การบันทึกผลการทดลอง

นำเมล็ดที่ผ่านการกระตุ้นความงอก มาทดสอบคุณภาพของเมล็ดโดยการเพาะบนกระดาษ (top of paper) ที่อุณหภูมิห้อง ในกล่องเพาะเมล็ด แล้วทำการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการกระตุ้นความงอกเป็นเวลา 3 เดือน โดยสุ่มตัวอย่างทดสอบความงอกทุกๆ 1 เดือน บันทึกผลการทดลองโดยนับจำนวนเมล็ดที่งอกรากในแต่ละวัน และ จำนวนเมล็ดที่งอกเป็นต้นกล้าปกติ เพื่อใช้คำนวณ

1) ระยะเวลาในการเกิดราก (Day to emergence, DTE; Dhillon, 1995) โดยทำการนับเมล็ดที่สามารถเห็นรากในแต่ละวัน โดยประเมินจากเมล็ดที่มีความยาวของรากอ่อน (radicle) มากกว่า 2 มิลลิเมตร (Yan Li, 2008) แล้วนำมาคำนวณจากสูตร

$$DTE = \frac{\sum(N \times D)}{T}$$

เมื่อ T = จำนวนเมล็ดทั้งหมดที่มี radicle ออกมา
 N = จำนวนเมล็ดทั้งหมดที่มี radicle ในวันที่ D
 D = จำนวนวันหลังเพาะเมล็ด

2) ดัชนีการงอก (Germination Index; ISTA, 2013) โดยนับต้นกล้าปกติทุกวันจนครบ 14 วัน โดยที่ต้นกล้าปกติที่เราทำการประเมินนั้นจะต้องเป็นต้นกล้าที่มีระบบยอดและรากสมบูรณ์ แล้วนำมาคำนวณจากสูตร

$$\text{ดัชนีการงอก (GI)} = \frac{\Sigma(\text{จำนวนต้นกล้าปกติที่งอก})}{\text{จำนวนวันหลังการเพาะ}}$$

3) ค่าความงอกมาตรฐาน (Germination percentage; ISTA, 2013) โดยนับต้นกล้าปกติ ประเมินความงอกครั้งแรก (first count) เมื่ออายุ 7 วัน และประเมินความงอกครั้งสุดท้าย (final count) เมื่ออายุ 14 วัน แล้วนำมาคำนวณจากสูตร

$$\text{ความงอกมาตรฐาน (\%)} = \frac{\text{จำนวนต้นกล้าปกติ}}{\text{จำนวนเมล็ดทั้งหมด}} \times 100$$

2. ทดสอบผลของการฉีดพ่นสารละลายแคลเซียมซลิเกต ที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของต้นกล้า พริกหวานที่ผ่านการกระตุ้นความงอกด้วยสารละลายแคลเซียมซลิเกต

วางแผนการทดลองแบบ 2x6 Factorial in CRD จำนวน 10 ซ้ำ

ปัจจัยที่ 1) เมล็ดพันธุ์ คือ เมล็ดพันธุ์ที่ไม่ผ่านและผ่านการกระตุ้นความงอกด้วยสารละลาย แคลเซียมซลิเกต ที่ความเข้มข้น 2 กรัมต่อลิตร

ปัจจัยที่ 2) การฉีดพ่นด้วยสารละลายแคลเซียมซลิเกตทางใบ ที่ความเข้มข้น 0, 1, 2, 4, 8 และ 10 กรัมต่อลิตร

นำเมล็ดพันธุ์พริกหวานเมล็ดพันธุ์ที่ไม่ผ่านและผ่านการกระตุ้นความงอกด้วยสารละลาย แคลเซียมซลิเกต ที่ความเข้มข้น 2 กรัมต่อลิตร มาเพาะในถาดเพาะที่มีพีทเป็นวัสดุปลูก โดยหยอด 1

เมล็ดต่อหลุมในถาดเพาะ ในโรงเรือน ให้น้ำตามความต้องการของพืช ฉีดพ่นด้วยสารละลายแคลเซียมซลิเกตทางใบ เมื่อต้นกล้าอายุ 14 วันหลังเพาะเมล็ด

การบันทึกผลการทดลอง

2.1 การเจริญเติบโตของต้นกล้า

2.1.1 จำนวนใบ นับจำนวนใบจริงที่มีขนาดมากกว่า 1 เซนติเมตร เมื่อต้นกล้าอายุ 28 วัน หลังเพาะเมล็ด

2.1.2 ความสูงของต้น วัดความสูงจากตำแหน่งของใบเลี้ยงคู่แรกถึงปลายยอดของต้น เมื่อต้นกล้าอายุ 28 วัน หลังเพาะเมล็ด

2.1.3 น้ำหนักสดและแห้งของต้นและราก โดยใช้เครื่องชั่งทศนิยม 3 ตำแหน่ง ชั่งต้นกล้าโดยแยกชั่งน้ำหนักต้นและราก (น้ำหนักก่อนอบ) แล้วอบตัวอย่างให้แห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ชั่งน้ำหนักต้นกล้าและราก (น้ำหนักหลังอบ) เมื่อต้นกล้าอายุ 28 วัน หลังเพาะเมล็ด

2.1.4 อัตราส่วนเนื้อดินต่อราก (Shoot/root ratio) ชั่งน้ำหนักแห้งของต้นและราก เมื่อต้นกล้าอายุ 28 วัน หลังเพาะเมล็ด แล้วนำมาคำนวณจากสูตร

$$\text{อัตราส่วนเนื้อดินต่อราก} = \frac{\text{น้ำหนักแห้งส่วนเนื้อดิน}}{\text{น้ำหนักแห้งส่วนใต้ดิน}}$$

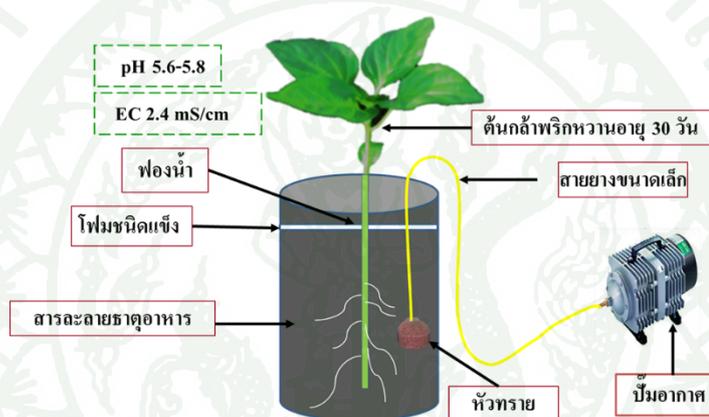
3. ศึกษาระดับความเข้มข้นของซิลิกอนที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตและคุณภาพผลผลิตของพริกหวานในระบบปลูกสารละลายธาตุอาหารพืช

วางแผนการทดลองแบบ 2x5 Factorial in RCBD จำนวน 8 ซ้ำ ประกอบด้วย

ปัจจัยที่ 1) คือ ต้นกล้าพริกหวาน คือ ต้นกล้าที่ไม่มีแคลเซียมซลิเกต และต้นกล้าจากเมล็ดผ่านการกระตุ้นความงอกด้วยสารละลายแคลเซียมซลิเกตที่ความเข้มข้น 2 กรัมต่อลิตรและฉีดพ่นด้วยสารละลายแคลเซียมซลิเกตที่ความเข้มข้น 4 กรัมต่อลิตร (การทดลองที่ 2)

ปัจจัยที่ 2) อัตราความเข้มข้นของซิลิกอน คือ 0, 0.01, 0.1, 1.0 และ 10 มิลลิกรัมต่อลิตร

นำเมล็ดพันธุ์พริกหวานเพาะบนกระดาษ ในกล่องพลาสติก เมื่อเมล็ดเริ่มงอก จึงนำเมล็ดวางในบนฟองน้ำที่ตัดเป็นรูปสี่เหลี่ยมลูกบาศก์ขนาด 2.5x2.5x2.5 ลูกบาศก์เซนติเมตร แล้วจึงเติมสารละลายสูตร Kao Te Chen solution (ตารางที่ 2) เมื่อต้นกล้ามีใบจริง 4-5 ใบ จึงย้ายปลูก (28 วัน หลังเพาะเมล็ด) ลงในระบบปลูกพืชแบบ deep water (ภาพที่ 3) ให้สารละลายธาตุอาหารตามระยะการเจริญเติบโตของพริกหวาน คือ ระยะย้ายกล้า (อายุ 7 วันหลังเพาะเมล็ด) โดยเปลี่ยนสารละลายธาตุอาหารทุก 30 วัน ระยะเริ่มออกดอก (อายุ 30 วันหลังย้ายปลูก) เปลี่ยนทุก 20 วัน และระยะพัฒนาผล จนถึงระยะเก็บเกี่ยวผลผลิต (อายุ 55-110 วัน) เปลี่ยนทุก 7 วัน เมื่อต้นกล้าอายุ 55 และ 110 วันหลังย้ายปลูก



ภาพที่ 3 การปลูกพริกหวานในระบบ Deep Water

ตารางที่ 1 ปริมาณธาตุอาหารในสารละลาย สูตร Kao Te Chen สำหรับการปลูกพริกหวาน

ธาตุ	รูปความเป็นประ โยชน์	ปริมาณธาตุอาหาร (กรัมต่อลิตร)
N	NH^{4+}	18.50
	NO^{3-}	139.89
P	PO_4^{3-}	40.95
K	K^+	234.37
Ca	Ca^{+2}	79.97
Mg	Mg^{+2}	48.52
S	SO_4^{-2}	64.18
Fe	Fe^{+2}	3.83
B	BO^{-3}	0.26
Mn	Mn^{+2}	0.30
Zn	Zn^{+2}	0.02
Cu	Cu^{+2}	0.01
Mo	MoO_4^{-2}	0.02

ตารางที่ 2 ปริมาณสารเคมี สูตร Kao Te Chen ตามระดับความเข้มข้นของซิลิกอน

สารเคมี	ปริมาณสารเคมีที่ใช้ตามระดับความเข้มข้นของซิลิกอน (มก./ลิตร)				
	0	0.01	0.1	1	10
CaSiO ₃	0	0.03	0.27	2.71	27.09
Ca(NO ₃) ₂ ·4H ₂ O	472	471.92	471.16	463.59	387.95
KNO ₃	606	606.07	606.72	613.2	677.98
NH ₄ H ₂ PO ₄	152	152	152	152	152
MgSO ₄	492	492	492	492	492
Fe-EDTA	25	25	25	25	25
H ₃ BO ₃	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
MnSO ₄ ·4H ₂ O	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
ZnSO ₄ ·7H ₂ O	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
CuSO ₄ ·5H ₂ O	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
NaMoO ₄ ·H ₂ O	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04

การบันทึกผลการทดลอง

3.1 การเจริญเติบโต

3.1.1 ความสูงของต้น โดยวัดความสูงจากตำแหน่งของใบเลี้ยงถึงปลายยอด ใน 3 ระยะของการเจริญเติบโต คือ ระยะเริ่มออกดอก (30 วันหลังย้ายปลูก) ระยะพัฒนาผล (55 วันหลังย้ายปลูก) และระยะเก็บเกี่ยวผลผลิต (110 วันหลังย้ายปลูก)

3.1.2 ความกว้างของทรงพุ่ม ใน 3 ระยะของการเจริญเติบโต คือ ระยะเริ่มออกดอก (30 วันหลังย้ายปลูก) ระยะพัฒนาผล (55 วันหลังย้ายปลูก) และระยะเก็บเกี่ยวผลผลิต (110 วันหลังย้ายปลูก)

3.1.3 เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น โดยใช้เวอร์เนียคาลิเปอร์ วัดเส้นผ่านศูนย์กลาง ใน 3 ระยะของการเจริญเติบโต คือ ระยะเริ่มออกดอก (30 วันหลังย้ายปลูก) ระยะพัฒนาผล (55 วันหลังย้ายปลูก) และระยะเก็บเกี่ยวผลผลิตครั้งที่ 1 (110 วันหลังย้ายปลูก)

3.1.4 น้ำหนักสดและแห้งของต้นและราก โดยใช้เครื่องชั่ง ชั่งต้นพริกหวาน โดยแยกชั่งน้ำหนักต้นและราก (น้ำหนักก่อนอบ) แล้วอบตัวอย่างให้แห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ชั่งน้ำหนักต้นและราก (น้ำหนักหลังอบ) เมื่อต้นพริกหวานอายุ 110 วัน หลังย้ายปลูก

3.1.5 อัตราส่วนเนื้อดินต่อราก (Shoot/Root ratio) ชั่งน้ำหนักแห้งของต้นและรากเมื่อต้นพริกหวานอายุ 110 วัน หลังย้ายปลูก แล้วนำมาคำนวณจากสูตร

$$\text{อัตราส่วนเนื้อดินต่อราก} = \frac{\text{น้ำหนักแห้งส่วนเนื้อดิน}}{\text{น้ำหนักแห้งส่วนใต้ดิน}}$$

3.2 ผลผลิตและคุณภาพผลผลิต

เก็บข้อมูล น้ำหนักสดต่อผล ความหนาเนื้อ และความแน่นเนื้อ เมื่อต้นพริกหวานอายุ 110 วัน หลังย้ายปลูก

4. ศึกษาผลของซิลิคอนร่วมกับสภาวะการขาดธาตุเหล็กและสังกะสีของพริกหวานในระบบปลูกพืชสารละลายธาตุอาหารพืช

วางแผนการทดลองแบบ 2x3 Factorial in RCBD จำนวน 8 ซ้ำ ประกอบด้วย

ปัจจัยที่ 1) ซิลิคอนในสารละลาย คือ สารละลายธาตุอาหารที่ไม่มีและมีซิลิคอน ที่ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อลิตร (การทดลองที่ 3)

ปัจจัยที่ 2) การขาดธาตุอาหาร คือ สารละลายธาตุอาหารครบตามที่สูตรกำหนด และขาดธาตุเหล็กและสังกะสี ในระยะจนถึงระยะเก็บเกี่ยวผลผลิต (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 3 ปริมาณสารเคมี สูตร Kao Te Chen เมื่อขาดธาตุเหล็กและสังกะสีในสารละลาย

สารเคมี	Si=0 mg/L			Si=1 mg/L		
	Complete	Deficiency		Complete	Deficiency	
		Fe	Zn		Fe	Zn
CaSiO ₃	-	-	-	2.71	2.71	2.71
Ca(NO ₃) ₂	472	472	472	463.59	463.59	463.59
KNO ₃	606	606	606	613.2	613.2	613.2
NH ₄ H ₂ PO ₄	152	152	152	152	152	152
MgSO ₄	492	492	492	492	492	492
Fe-EDTA	25	-	25	25	-	25
H ₃ BO ₃	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
MnSO ₄ ·4H ₂ O	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
ZnSO ₄ ·7H ₂ O	0.1	0.1	-	0.1	0.1	-
CuSO ₄ ·5H ₂ O	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
NaMoO ₄ ·H ₂ O	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04

การบันทึกผลการทดลอง

4.1 การเจริญเติบโต

4.1.1 ความสูงของต้น ขนาดทรงพุ่ม เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น น้ำหนักสดและแห้งของต้นและราก และอัตราส่วนเหนือดินต่อราก ตามวิธีในข้อ 3.1.1-3.1.5

4.2 ผลผลิตและคุณภาพผลผลิต ตามวิธีในข้อ 3.2

6. การวิเคราะห์ข้อมูล

6.1 วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance : ANOVA) และตรวจสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's multiple range test (DMRT)

โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ R Program (R-language and environment for statistical computing and graphics)

สถานที่ทำการวิจัย

1. โรงเรียนปลูกพืชทดลองภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม
2. ห้องปฏิบัติการพฤกษศาสตร์ สาขาพฤกษศาสตร์ ภาควิชาวิทยาศาสตร์ คณะศิลปศาสตร์ และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม

ระยะเวลาทำการทดลอง

- การทดลองที่ 1 ตั้งแต่เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2556 ถึง เดือนธันวาคม พ.ศ. 2556
- การทดลองที่ 2 ตั้งแต่เดือนกันยายน พ.ศ. 2556 ถึง เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2556
- การทดลองที่ 3 ตั้งแต่เดือนตุลาคม พ.ศ. 2556 ถึง เดือนมีนาคม พ.ศ. 2557
- การทดลองที่ 4 ตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2557 ถึง เดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2557

ผลและวิจารณ์

1. การกระตุ้นความงอกเมล็ดพันธุ์พริกหวานด้วยสารละลายแคลเซียมซลิเกต

คุณภาพเมล็ดพันธุ์

ผลการศึกษาความงอกของเมล็ดพริกหวานพันธุ์เวก้า 1288 ที่ผ่านการกระตุ้นความงอกด้วยสารละลายแคลเซียมซลิเกต ที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นระยะเวลา 3 เดือน พบว่าจำนวนวันในการเกิดราก ของเมล็ดที่เก็บรักษาไว้ 0, 1, 2 และ 3 เดือนหลังกระตุ้นความงอก คุณภาพของเมล็ดพันธุ์มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 4) เมล็ดพันธุ์ที่กระตุ้นความงอกด้วยแคลเซียมซลิเกตที่ความเข้มข้นเพิ่มขึ้นมีแนวโน้มจำนวนวันในการเกิดรากลดลง โดยที่เมล็ดที่ผ่านการกระตุ้นความงอกด้วยสารละลายแคลเซียมซลิเกตที่ความเข้มข้น 2 กรัมต่อลิตรมีจำนวนวันในการเกิดรากน้อยที่สุด และเมื่อความเข้มข้นของสารละลายแคลเซียมซลิเกตที่ 4 กรัมต่อลิตรมีจำนวนวันในการเกิดรากเพิ่มมากขึ้น แสดงถึงความเข้มข้นของแคลเซียมซลิเกตที่มากเกินไปบพบาทในยับยั้งการเกิดรากของเมล็ดพันธุ์พริกหวานที่ผ่านการกระตุ้นความงอก นอกจากนี้ยังพบว่าเก็บรักษาเมล็ดที่ผ่านการกระตุ้นความงอกเป็นเวลา 0, 1 และ 2 เดือน สามารถงอกรากได้เร็วกว่าเมล็ดที่ไม่ผ่านการกระตุ้นความงอก โดยมีจำนวนวันในการเกิดรากน้อยที่สุด แต่เมื่อเก็บรักษาไว้เป็นเวลา 3 เดือนพบว่า เมล็ดที่ผ่านการกระตุ้นความงอกใช้ระยะเวลาในการเกิดรากมากกว่าเมล็ดที่ไม่ผ่านการกระตุ้นความงอก แต่เมล็ดที่กระตุ้นความงอกด้วยน้ำเปล่าใช้ระยะเวลาในการเกิดรากนานกว่าเมล็ดที่ผ่านการกระตุ้นความงอกด้วยสารละลายแคลเซียมซลิเกต

ซึ่งแสดงผลเช่นเดียวกับดัชนีการงอก และความงอกมาตรฐาน (ตารางที่ 5 และ 6) พบว่า เมล็ดที่ผ่านการกระตุ้นความงอกด้วยแคลเซียมซลิเกต 2 กรัมต่อลิตร มีดัชนีการงอกและเปอร์เซ็นต์ความงอกสูงกว่าความเข้มข้นอื่น และที่ความเข้มข้น 4 กรัมต่อลิตร มีแนวโน้มมีดัชนีการงอกและ ความงอกมาตรฐานลดลง จากนั้นนำเมล็ดที่กระตุ้นความงอกมาเก็บรักษาไว้เป็นเวลา 0, 1 และ 2 เดือน มีดัชนีความงอก และ ความงอกมาตรฐานสูงกว่าเมล็ดที่ไม่ผ่านการกระตุ้นความงอกมีค่า จำนวนวันในการเกิดราก ดัชนีการงอก และ เปอร์เซ็นต์ความงอกสูง อาจเนื่องมาจากแคลเซียมหน้าที่เป็นโคแฟกเตอร์ของเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส ที่ช่วยในการย่อยสลายแป้งในเอนโดสเปิร์มของเมล็ดให้มีโมกุลเล็กลง เป็นการส่งเสริมการงอกของเมล็ด (Hanson, 1984) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Saleh (1995) รายงานว่า การกระตุ้นความงอกของเมล็ดพริกหวานลูกผสมสายพันธุ์ Gedeon ด้วยสารละลาย CaCl_2 ทำให้คุณภาพของเมล็ดพันธุ์ดีขึ้น แต่เมื่อเก็บรักษาไว้เป็นเวลา 3

เดือนเมล็ดที่ผ่านการกระตุ้นความงอกมีดัชนีความงอก และ เปอร์เซ็นต์ความงอกลดลง และเมล็ดที่ผ่านการกระตุ้นความงอกด้วยแคลเซียมซลิเกต มีเปอร์เซ็นต์ความงอกสูงกว่าเมล็ดที่ผ่านการกระตุ้นความงอกด้วยน้ำ แสดงว่าสารละลายแคลเซียมซลิเกตสามารถชะลอการเสื่อมสภาพของเมล็ดที่ผ่านการกระตุ้นความงอกของเมล็ด โดยที่ซลิเกตช่วยทำให้เกิด autoxidation ได้ช้ากว่า เนื่องจากการกระตุ้นความงอกของเมล็ดพันธุ์มีผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของเยื่อหุ้มเซลล์และเยื่อหุ้มออร์แกเนลล์ต่างๆ ทำให้เกิดการรั่วไหลของสารต่างๆ และสารพันธุกรรมถูกทำลาย โดยเป็นสาเหตุหลักที่ทำให้เซลล์ถูกทำลาย จึงทำให้อายุการเก็บรักษาลดลง (Bewley, 1986) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ นิตินันท์ (2555) รายงานว่า การเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์พริกหยวกที่ผ่านการกระตุ้นความงอก เป็นระยะเวลา 6 เดือน ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ทำให้คุณภาพของเมล็ดพันธุ์พริกหยวกลดลง และไม่เหมาะสมที่จะนำไปเพาะปลูก

ตารางที่ 4 จำนวนวันในการเกิดรากของเมล็ดพริกหยวกที่ผ่านการกระตุ้นความงอกด้วยสารละลายแคลเซียมซลิเกตที่เก็บรักษาไว้อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 3 เดือน

กระตุ้นความงอกด้วย CaSiO_3 (กรัม/ลิตร)	จำนวนวันในการเกิดราก เมื่อเก็บรักษา(เดือน)			
	0	1	2	3
ไม่กระตุ้นความงอก	9.46 a	9.23 a	9.34 a	9.51 b
0	9.24 ab	9.08 ab	9.21 ab	11.12 a
1	9.16 ab	9.00 ab	9.11 ab	10.66 ab
2	8.77 b	8.54 b	8.68 b	9.98 ab
4	8.94 ab	8.85 ab	8.92 ab	10.35 ab
F-test	**	**	**	**
CV. (%)	2.41	2.38	2.43	4.21

หมายเหตุ ตัวอักษรที่เหมือนกันในสดมภ์เดียวกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

จากข้อมูลแสดงว่าเมล็ดพันธุ์ พริกหวานที่ผ่านการกระตุ้นความงอกด้วยแคลเซียมซัลเฟตอัตรา 2 กรัมต่อลิตร ควรเก็บรักษาไว้ในอุณหภูมิห้องเป็นเวลา 0 ถึง 2 เดือน โดยยังมีจำนวนวันในการเกิดรากเร็ว ดัชนีการงอก และ เปอร์เซ็นต์ความงอกสูงกว่าเมล็ดที่ไม่ผ่านการกระตุ้นความงอก แต่เมื่อเก็บรักษาไว้เป็นเวลา 3 เดือน เมล็ดที่ผ่านการกระตุ้นความงอกด้วยแคลเซียมซัลเฟตสามารถชะลอการเสื่อมคุณภาพของเมล็ดพันธุ์พริกหวาน ใช้ระยะเวลาในการเกิดรากน้อยกว่าการกระตุ้นด้วยน้ำเปล่า แต่ดัชนีการงอก และ เปอร์เซ็นต์ความงอก มากกว่า การกระตุ้นด้วยน้ำ มีระยะเวลาในการเกิดรากได้เร็วกว่า แต่คุณภาพของเมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการกระตุ้นความงอกมีแนวโน้มลดลง

ตารางที่ 5 ดัชนีการงอกของเมล็ดพริกหวานที่ผ่านการกระตุ้นความงอกด้วยสารละลายแคลเซียมซัลเฟตที่เก็บรักษาไว้ในอุณหภูมิห้องเป็นเวลา 3 เดือน

กระตุ้นความงอกด้วย CaSiO_3 (กรัม/ลิตร)	ดัชนีการงอก เมื่อเก็บรักษา(เดือน)			
	0	1	2	3
ไม่กระตุ้นความงอก	4.05 b	4.41 c	4.20 b	4.00 a
0	4.46 ab	4.81 b	4.53 ab	3.36 b
1	4.48 ab	4.87 b	4.63 ab	3.60 ab
2	5.06 a	5.57 a	5.35 a	3.74 ab
4	4.59 ab	4.95 b	4.71 ab	3.64 ab
F-test	**	**	**	**
CV. (%)	5.59	2.68	3.40	3.94

หมายเหตุ ตัวอักษรที่เหมือนกันในสดมภ์เดียวกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 6 ความงอกมาตรฐานของเมล็ดพริกหวานที่ผ่านการกระตุ้นความงอกด้วยสารละลายแคลเซียมซิลิเกตที่เก็บรักษาไว้อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 3 เดือน

กระตุ้นความงอกด้วย CaSiO ₃ (กรัม/ลิตร)	ความงอกมาตรฐาน (%) เมื่อเก็บรักษา(เดือน)			
	0	1	2	3
ไม่กระตุ้นความงอก	80.33 c	81.67 c	80.59 c	79.71 a
0	84.00 b	86.00 b	84.71 b	70.33 b
1	85.33 ab	87.00 ab	85.76 ab	74.69 ab
2	91.67 a	93.33 a	92.11 a	76.62 ab
4	86.00 ab	88.33 ab	86.76 ab	75.32 ab
F-test	**	**	**	**
CV. (%)	3.91	4.45	4.89	5.21

หมายเหตุ ตัวอักษรที่เหมือนกันในสดมภ์เดียวกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

2. ทดสอบผลของการฉีดพ่นสารละลายแคลเซียมซิลิเกตทางใบ ที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของต้นกล้าพริกหวานที่ผ่านการกระตุ้นความงอกแคลเซียมซิลิเกต

การเจริญเติบโต

จากการศึกษาการเจริญเติบโตของต้นกล้าพริกหวาน พันธุ์เวก้า 1288 ที่ผ่านการกระตุ้นความงอกด้วยสารละลายแคลเซียมซิลิเกตความเข้มข้น 2 กรัมต่อลิตร และฉีดพ่นด้วยสารละลายแคลเซียมซิลิเกต ที่ต้นกล้าอายุ 14 วันหลังเพาะเมล็ด พบว่า เมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการกระตุ้นความงอกด้วยสารละลายแคลเซียมซิลิเกตอัตรา 2 กรัมต่อลิตร (ตารางที่ 7 และ 8) มีการเจริญเติบโตด้านความสูงและจำนวนใบที่ 28 วันหลังเพาะเมล็ด มากกว่าเมล็ดที่ไม่ผ่านการกระตุ้นความงอก ส่วนความเข้มข้นของแคลเซียมซิลิเกตที่ให้ทางใบ มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยการให้แคลเซียมซิลิเกตทางใบมีการเจริญเติบโตมากกว่าที่ไม่ได้ให้แคลเซียมซิลิเกต โดยการให้แคลเซียมซิลิเกตในอัตรา 4 กรัมต่อลิตร มีการเจริญเติบโต ด้านความสูงและจำนวนใบสูงที่สุด และเมื่อให้ความเข้มข้นเพิ่มขึ้นมีแนวโน้มการเจริญเติบโตลดลง ขณะที่เมล็ดที่ไม่ได้ผ่านการกระตุ้น

ความงอก ต้องให้แคลเซียมซัลเฟตทางใบ 8 กรัมต่อลิตร จึงมีการเจริญเติบโตสูงแต่ก็ยังน้อยกว่าเมล็ดที่ผ่านการกระตุ้นความงอก

เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างการเตรียมเมล็ดพันธุ์ และอัตราแคลเซียมซัลเฟตทางใบ พบว่า มีความแตกต่างกันทางสถิติ ต้นกล้าจากเมล็ดที่ผ่านการกระตุ้นความงอกด้วยสารละลายแคลเซียมซัลเฟต ที่ 2 กรัมต่อลิตร ร่วมกับการฉีดพ่นด้วยสารละลายแคลเซียมซัลเฟต มีการเจริญเติบโต มากกว่าเมล็ดที่ไม่ผ่านการกระตุ้นความงอก โดยเมล็ดที่ผ่านการกระตุ้นความงอก มีความต้องการแคลเซียมซัลเฟต ที่ 4 กรัมต่อลิตร ให้การเจริญเติบโตด้านความสูงและจำนวนใบสูงที่สุด ขณะที่ถ้าเมล็ดที่ไม่กระตุ้นความงอก มีความต้องการแคลเซียมซัลเฟตในอัตรา 8 กรัมต่อลิตร ให้การเจริญเติบโตด้านความสูงและจำนวนใบสูงที่สุด แต่ความเข้มข้นของแคลเซียมซัลเฟตที่มากเกินไป ก็มีแนวโน้มทำให้การเจริญเติบโตลดลง แสดงให้เห็นว่า การกระตุ้นความงอกด้วยสารละลายแคลเซียมซัลเฟต หรือการให้ในระยะเวลาต้นกล้า สามารถส่งเสริมให้ต้นกล้าพริกหวานการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้น โดยเมล็ดที่ผ่านการกระตุ้นความงอกด้วยแคลเซียมซัลเฟตมีความต้องการแคลเซียมซัลเฟตในระยะเวลาต้นกล้า(4 กรัมต่อลิตร) น้อยกว่า เมล็ดที่ไม่ผ่านการกระตุ้นความงอก(8 กรัมต่อลิตร) แต่อย่างไรก็ตามถ้ามีการให้แคลเซียมซัลเฟตในการกระตุ้นความงอก และในระยะเวลาต้นกล้า สามารถเพิ่มการเจริญเติบโตของพริกหวานได้เช่นกัน

ตารางที่ 7 ความสูงของต้นกล้าพริกหวานที่เมล็ดผ่านการกระตุ้นความงอกร่วมกับการให้แคลเซียม
ซีลีเกตทางใบ ที่อายุ 28 วันหลังเพาะเมล็ด

CaSiO ₃ ทางใบ (กรัม/ลิตร)	ความสูงของเมล็ดที่ผ่านการกระตุ้นความงอกด้วย CaSiO ₃ (ซม.)		
	ไม่กระตุ้นความงอก	กระตุ้นความงอก	Average (B)
0	10.7 f	13.8 c	12.3 C
1	12.0 e	13.8 c	12.9 B
2	12.0 e	14.0 b	13.0 B
4	12.5 d	15.6 a	14.1 A
8	12.7 cd	14.4 ab	13.6 AB
10	12.2 ed	14.1 b	13.2 B
Average (A)	12.0 X	14.3 Y	
F-test ; A		**	
B		**	
A*B		**	
CV. (%)		4.46	

หมายเหตุ ตัวอักษรที่เหมือนกันในสดมภ์เดียวกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ
โดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 8 จำนวนใบของต้นกล้าพริกหวานที่เมล็ดผ่านการกระตุ้นความงอกร่วมกับการให้แคลเซียมซัลเฟตทางใบ ที่อายุ 28 วันหลังเพาะเมล็ด

CaSiO ₃ ทางใบ (กรัม/ลิตร)	จำนวนใบของเมล็ดที่ผ่านการกระตุ้นความงอกด้วย CaSiO ₃		
	ไม่กระตุ้นความงอก	กระตุ้นความงอก	Average (B)
0	3 c	3 c	3 C
1	3 c	4 b	4 B
2	3 c	4 b	4 B
4	4 b	5 a	5 A
8	4 b	4 b	4 B
10	3 c	4 c	4 B
Average (A)	3 X	4 Y	
F-test ; A		**	
B		**	
A*B		**	
CV. (%)		4.37	

หมายเหตุ ตัวอักษรที่เหมือนกันในสดมภ์เดียวกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

น้ำหนักรากและแห้งของต้นและราก และอัตราส่วนเนื้อดินต่อราก

น้ำหนักรากและแห้งของต้นและราก และอัตราส่วนเนื้อดินต่อราก ก็แสดงผลเช่นเดียวกับการเจริญเติบโต พบว่า เมล็ดที่ผ่านการกระตุ้นความงอกด้วยแคลเซียมซัลเฟต 2 กรัมต่อลิตร และฉีดพ่นด้วยสารละลายแคลเซียมซัลเฟต เมื่อต้นกล้าอายุ 14 วันหลังเพาะเมล็ด จากนั้นนำต้นกล้าอายุ 28 วันมาทำการศึกษา พบว่า ต้นกล้าพริกมีการสะสมน้ำหนักรากและแห้งของต้นและราก และอัตราส่วนเนื้อดินต่อราก มากกว่าเมล็ดที่ไม่ผ่านการกระตุ้นความงอก (ตารางที่9-13) และการให้แคลเซียมซัลเฟตทางใบสามารถเพิ่มการเจริญเติบโตได้เช่นเดียวกัน โดยการให้แคลเซียมซัลเฟตที่ 4 กรัมต่อลิตร มีการสะสมน้ำหนักรากสูงสุด และมีแนวโน้มว่าการให้แคลเซียมซัลเฟตทางใบมีการสะสมน้ำหนักรากมากกว่าไม่ให้ อีกทั้งการให้มากเกินไปจะทำให้การสะสมน้ำหนักรากลดลง

และเมื่ออธิบาย ระหว่างการความสัมพันธ์ระหว่างการเตรียมเมล็ดพันธุ์ และอัตราแคลเซียมซิติลิกเตทางใบ พบว่า เมล็ดที่ไม่ผ่านการกระตุ้นความงอกต้องให้แคลเซียมซิติลิกเตทางใบในอัตรา 8 กรัมต่อลิตร มากกว่าเมล็ดที่ผ่านการกระตุ้นความงอกด้วยแคลเซียมซิติลิกเตมีความต้องการเพียง 4 กรัมต่อลิตร ทำให้มีการสะสมน้ำหนัสดของต้น น้ำหนัสดของราก น้ำหนักแห้งของต้นและ ราก อัตราส่วนเนื้อดินต่อรากสูงที่สุด เนื่องจากเมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการกระตุ้นความงอกจะงอกได้เร็วกว่าปกติและมีความสม่ำเสมอในการงอกสูง (McDonald, 2000) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Korhmaz (2005) รายงานว่าการกระตุ้นความงอก เมล็ดพันธุ์พริกหวานด้วย KNO_3 ร่วมกับ 0.1 mM acetylsalicylic acid ทำให้อัตราการเจริญเติบโตของต้นกล้าดีกว่าเมล็ดที่ไม่ผ่านการกระตุ้นความงอก และ พจนา และ บุญมี (2549) ได้ศึกษาการกระตุ้นความงอกของเมล็ดพันธุ์พริกหวาน พบว่า น้ำหนัสดแห้งของต้นกล้าเพิ่มขึ้น

ตารางที่ 9 น้ำหนัสดของต้นกล้าพริกหวานที่เมล็ดผ่านการกระตุ้นความงอกร่วมกับการให้แคลเซียมซิติลิกเตทางใบ ที่อายุ 28 วันหลังเพาะเมล็ด

CaSiO ₃ ทางใบ (กรัม/ลิตร)	น้ำหนัสดของต้นกล้าที่ผ่านการกระตุ้นความงอกด้วย CaSiO ₃ (กรัม)		
	ไม่กระตุ้นความงอก	กระตุ้นความงอก	Average (B)
0	0.867 d	1.467 b	1.167 C
1	1.033 cd	1.500 b	1.267 BC
2	1.033 cd	1.567 b	1.300 B
4	1.133 cd	2.000 a	1.567 A
8	1.200 c	1.600 b	1.400 AB
10	1.067 cd	1.600 b	1.333 BC
Average (A)	1.056 X	1.622 Y	
F-test ; A		**	
B		**	
A*B		**	
CV. (%)		8.21	

หมายเหตุ ตัวอักษรที่เหมือนกันในสดมภ์เดียวกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซนต์

จากการทดลองนี้สามารถแนะนำให้ทำการกระตุ้นความงอกของเมล็ดพันธุ์ด้วยแคลเซียมซัลเฟตที่ความเข้มข้น 2 กรัมต่อลิตร ร่วมกับการฉีดพ่นสารละลายแคลเซียมซัลเฟตในระยะต้นกล้าที่ความเข้มข้น 4 กรัมต่อลิตร หรือ การฉีดพ่นสารละลายแคลเซียมซัลเฟตในระยะต้นกล้าที่ความเข้มข้น 8 กรัมต่อลิตร จะทำให้ ให้การเจริญเติบโต ด้านความสูง จำนวนใบ น้ำหนักสด และแห้งของต้นและราก และอัตราส่วนเหนือดินต่อราก ของต้นกล้าพริกหวานดีที่สุด

ตารางที่ 10 น้ำหนักสดรากของต้นกล้าพริกหวานที่เมล็ดผ่านการกระตุ้นความงอกร่วมกับการให้แคลเซียมซัลเฟตทางใบ ที่อายุ 28 วันหลังเพาะเมล็ด

CaSiO ₃ ทางใบ (กรัม/ลิตร)	น้ำหนักสดรากของเมล็ดที่ผ่านการกระตุ้นความงอกด้วย CaSiO ₃ (กรัม)		
	ไม่กระตุ้นความงอก	กระตุ้นความงอก	Average (B)
0	0.321 e	0.671 bc	0.496 D
1	0.362 d	0.676 bc	0.519 C
2	0.417 cd	0.756 b	0.587 BC
4	0.424 cd	1.037 a	0.731 A
8	0.607 c	0.818 ab	0.713 AB
10	0.420 cd	0.786 b	0.603 B
Average (A)	0.425 X	0.791 Y	
F-test ; A		**	
B		**	
A*B		**	
CV. (%)		7.51	

หมายเหตุ ตัวอักษรที่เหมือนกันในสดมภ์เดียวกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 11 น้ำหนักแห้งของต้นกล้าพริกหวานที่เมล็ดผ่านการกระตุ้นความงอกร่วมกับการให้แคลเซียมซิลิเกตทางใบ ที่อายุ 28 วันหลังเพาะเมล็ด

CaSiO ₃ ทางใบ (กรัม/ลิตร)	น้ำหนักแห้งของต้นที่ผ่านการกระตุ้นความงอกด้วย CaSiO ₃ (กรัม)		
	ไม่กระตุ้นความงอก	กระตุ้นความงอก	Average (B)
0	0.123 h	0.461 d	0.292 E
1	0.200 g	0.595 c	0.397 D
2	0.284 f	0.761 b	0.523 C
4	0.344 e	1.138 a	0.741 A
8	0.423 de	0.800 b	0.611 B
10	0.358 e	0.775 b	0.566 BC
Average (A)	0.289 X	0.755 Y	
F-test ; A		**	
B		**	
A*B		**	
CV. (%)		7.64	

หมายเหตุ ตัวอักษรที่เหมือนกันในสดมภ์เดียวกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 12 น้ำหนักแห้งของรากของต้นกล้าพริกหวานที่เมล็ดผ่านการกระตุ้นความงอกร่วมกับการให้แคลเซียมซิติเกตทางใบ ที่อายุ 28 วันหลังเพาะเมล็ด

CaSiO ₃ ทางใบ (กรัม/ลิตร)	น้ำหนักแห้งของรากของเมล็ดที่ผ่านการกระตุ้นความงอกด้วย CaSiO ₃ (กรัม)		
	ไม่กระตุ้นความงอก	กระตุ้นความงอก	Average (B)
0	0.027 h	0.071 d	0.049 E
1	0.039 g	0.086 c	0.062 D
2	0.050 f	0.104 b	0.077 C
4	0.056 e	0.144 a	0.100 A
8	0.066 de	0.108 b	0.087 B
10	0.058 e	0.106 b	0.082 BC
Average (A)	0.049 X	0.103 Y	
F-test ; A		**	
B		**	
A*B		**	
CV. (%)		5.31	

หมายเหตุ ตัวอักษรที่เหมือนกันในสดมภ์เดียวกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 13 อัตราส่วนเนื้อดินต่อรากของต้นกล้าพริกหวานที่เมล็ดผ่านการกระตุ้นความงอก
รวมกับการให้แคลเซียมซิติเกตทางใบ ที่อายุ 28 วันหลังเพาะเมล็ด

CaSiO ₃ ทางใบ (กรัม/ลิตร)	อัตราส่วนเนื้อดินต่อรากของต้นที่เมล็ดที่ผ่านการกระตุ้นความงอกด้วย CaSiO ₃		
	ไม่กระตุ้นความงอก	กระตุ้นความงอก	Average (B)
0	4.613 e	6.609 bc	5.611 D
1	5.219 de	7.001 b	6.110 C
2	5.739 d	7.352 ab	6.546 BC
4	6.128 cd	7.885 a	7.007 A
8	6.440 c	7.394ab	6.918 AB
10	6.208 cd	7.367ab	6.787 B
Average (A)	5.725 X	7.268 Y	
F-test ; A		**	
B		**	
A x B		**	
CV. (%)		9.05	

หมายเหตุ ตัวอักษรที่เหมือนกันในสดมภ์เดียวกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ
โดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซนต์

3. ศึกษาระดับความเข้มข้นของซิลิกอนที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตและคุณภาพผลผลิตของ พริกหวานในระบบปลูกแบบไฮโดรโปนิกส์

การเจริญเติบโต

จากการศึกษาการเจริญเติบโตและคุณภาพผลผลิตของพริกหวานในระบบปลูก
แบบไฮโดรโปนิกส์ โดยการเตรียมต้นกล้าพริก ที่ได้จากการกระตุ้นความงอกของเมล็ดด้วย
สารละลายแคลเซียมซิติเกต ความเข้มข้น 2 กรัมต่อลิตร ร่วมกับฉีดพ่นด้วยสารละลายแคลเซียมซิติ
เกตความเข้มข้น 4 กรัมต่อลิตร เมื่อต้นกล้าพริกหวาน อายุ 14 วันหลังปลูก และต้นกล้าที่ไม่ให้
แคลเซียมซิติเกต โดยนำต้นกล้าพริกหวานปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตรเกาทีเงินที่มีความ

เข้มข้นของซัลโคคอนที่แตกต่างกัน พบว่า การเจริญเติบโต เช่น ความสูง ความกว้างทรงพุ่ม เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น ที่อายุ 30, 55 และ 110 วันหลังย้ายปลูก มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 14-22) กล่าวคือการเจริญเติบโต ด้านความสูง ความกว้างทรงพุ่ม และเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น ของพริกหวานที่ได้จากต้นกล้าจากเมล็ดที่ผ่านการกระตุ้นความงอกร่วมกับการฉีดพ่นด้วยสารละลายแคลเซียมซัลเฟต มีการเจริญเติบโตมากกว่าต้นกล้าปกติที่ไม่ได้ผ่านกระบวนการดังกล่าว ในขณะที่การเพิ่มซัลโคคอนในสารละลายธาตุอาหารที่ความเข้มข้น 10 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้การเจริญเติบโต ด้านความสูง ความกว้างทรงพุ่ม และเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น ที่อายุ 30 วันหลังย้ายปลูก ดีที่สุด แต่สำหรับที่อายุ 55 และ 110 วันหลังย้ายปลูก การให้เพิ่มซัลโคคอนในสารละลายที่ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้การเจริญเติบโต ด้านความสูง ความกว้างทรงพุ่ม และเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นมากที่สุด

เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างอัตราความเข้มข้นของซัลโคคอนในสารละลาย และวิธีการเตรียมต้นกล้าที่ต่างกัน พบว่า ต้นกล้าจากเมล็ดที่ผ่านการกระตุ้นความงอกด้วยสารละลายแคลเซียมซัลเฟต พร้อมทั้งฉีดพ่นด้วยสารละลายแคลเซียมซัลเฟต ร่วมกับความเข้มข้นของซัลโคคอนในสารละลาย ที่ 10 มิลลิกรัมต่อลิตร เมื่ออายุ 30 วันหลังย้ายปลูก และ 1 มิลลิกรัมต่อลิตร เมื่อต้นพริกหวานอายุ 55 และ 110 วันหลังย้ายปลูก ทำให้การเจริญเติบโต ด้านความสูง ความกว้างทรงพุ่ม และเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นดีที่สุด แสดงว่าซัลโคคอนส่งเสริมการเจริญเติบโตของต้นพริกหวาน โดยที่ในแต่ละระยะการเจริญเติบโตมีความต้องการซัลโคคอนแตกต่างกัน

ตารางที่ 14 ผลของซิลิโคนของในสารละลายที่ความเข้มข้นต่างกันต่อความสูงของต้นพริกหวาน
ที่อายุ 30 วันหลังย้ายปลูก

ซิลิโคน (มก./ลิตร)	ความสูงของต้นกล้าที่เตรียม(ซม.)		Average (B)
	ไม่มีแคลเซียมซิลิเกต	มีแคลเซียมซิลิเกต	
0	29.4 d	31.1 c	30.3 C
0.01	31.9 c	33.2 bc	32.6 AB
0.1	31.8 c	35.6 b	33.7 AB
1	36.4 b	40.1 ab	38.3 B
10	39.0 ab	43.6 a	41.3 A
Average (A)	33.8 X	36.8 Y	
F-test ; A		**	
B		**	
A*B		**	
CV. (%)		8.51	

หมายเหตุ ตัวอักษรที่เหมือนกันในสดมภ์เดียวกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ
โดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 15 ผลของซิลิโคนของในสารละลายที่ความเข้มข้นต่างกันต่อความกว้างทรงพุ่ม
ของต้นพริกหวาน ที่อายุ 30 วันหลังย้ายปลูก

ซิลิโคน (มก./ลิตร)	ความกว้างทรงพุ่มของต้นกล้าที่เตรียม (ซม.)		
	ไม่มีแคลเซียมซิลิเกต	มีแคลเซียมซิลิเกต	Average (B)
0	27.6 e	33.2 d	30.4 E
0.01	33.4 d	36.7 c	35.1 D
0.1	36.8 c	37.3 c	37.0 C
1	37.7 c	41.6 b	39.7 B
10	38.7 c	44.9 a	41.8 A
Average (A)	35.0 X	38.8 Y	
F-test ; A		**	
B		**	
A*B		**	
CV. (%)		3.35	

หมายเหตุ ตัวอักษรที่เหมือนกันในสดมภ์เดียวกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ
โดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 16 ผลของซิลิโคนของในสารละลายที่ความเข้มข้นต่างกันต่อเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น
ของต้นพริกหวาน ที่อายุ 30 วันหลังย้ายปลูก

ซิลิโคน (มก./ลิตร)	เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นของต้นกล้าที่เตรียม (มม.)		
	ไม่มีแคลเซียมซิลิเกต	มีแคลเซียมซิลิเกต	Average (B)
0	8.06 g	8.44 f	8.25 D
0.01	8.78 ef	9.30 de	9.04 C
0.1	9.01 e	9.56 d	9.29 C
1	9.70 d	10.98 b	10.34 B
10	10.30 c	11.89 a	11.09 A
Average (A)	9.19 X	10.06 Y	
F-test ; A		**	
B		**	
A*B		**	
CV. (%)		3.14	

หมายเหตุ ตัวอักษรที่เหมือนกันในสดมภ์เดียวกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ
โดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซนต์

ตารางที่ 17 ผลของซิลิคอนของในสารละลายที่ความเข้มข้นต่างกันต่อความสูงของต้นพริกหวาน
ที่อายุ 55 วันหลังย้ายปลูก

ซิลิคอน (มก./ลิตร)	ความสูงของต้นกล้าที่เตรียม(ซม.)		
	ไม่มีแคลเซียมซิลิเกต	มีแคลเซียมซิลิเกต	Average (B)
0	41.6 e	46.9 d	44.2 E
0.01	45.1 d	51.2 cd	48.1 D
0.1	48.1 d	54.7 c	51.4 C
1	59.7 b	69.0 a	64.3 A
10	54.9 c	60.0 b	57.5 B
Average (A)	49.9 X	56.5 Y	
F-test ; A		**	
B		**	
A*B		**	
CV. (%)		5.31	

หมายเหตุ ตัวอักษรที่เหมือนกันในสดมภ์เดียวกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ
โดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 18 ผลของซิลิโคนของในสารละลายที่ความเข้มข้นต่างกันต่อความกว้างทรงพุ่ม
ของต้นพริกหวาน ที่อายุ 55 วันหลังย้ายปลูก

ซิลิโคน (มก./ลิตร)	ความกว้างทรงพุ่มของต้นกล้าที่เตรียม(ซม.)		
	ไม่มีแคลเซียมซิลิเกต	มีแคลเซียมซิลิเกต	Average (B)
0	40.7 f	42.9 f	41.8 E
0.01	49.2 e	52.1 d	50.6 D
0.1	54.3 c	57.2 bc	55.8 C
1	61.6 b	71.2 a	66.4 A
10	59.4 bc	63.9 b	61.7 B
Average (A)	53.3 X	57.7 Y	
F-test ; A		**	
B		**	
A*B		**	
CV. (%)		3.93	

หมายเหตุ ตัวอักษรที่เหมือนกันในสดมภ์เดียวกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ
โดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 19 ผลของซิลิโคนของในสารละลายที่ความเข้มข้นต่างกันต่อเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นของต้นพริกหวาน ที่อายุ 55 วันหลังย้ายปลูก

ซิลิโคน (มก./ลิตร)	เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นของต้นกล้าที่เตรียม(มม.)		
	ไม่มีแคลเซียมซิลิเกต	มีแคลเซียมซิลิเกต	Average (B)
0	9.79 h	10.53 g	10.16 E
0.01	10.66 f	10.80 ef	10.73 D
0.1	11.04 e	11.40 d	11.22 C
1	11.95 c	13.86 a	12.91 A
10	11.90 c	12.40 b	12.15 B
Average (A)	11.09 X	11.80 Y	
F-test ; A		**	
B		**	
A*B		**	
CV. (%)		1.66	

หมายเหตุ ตัวอักษรที่เหมือนกันในสดมภ์เดียวกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 20 ผลของซิลิคอนของในสารละลายที่ความเข้มข้นต่างกันต่อความสูงของต้นพริกหวาน
ที่อายุ 110 วันหลังย้ายปลูก

ซิลิคอน (มก./ลิตร)	ความสูงของต้นกล้าที่เตรียม(ซม.)		
	ไม่มีแคลเซียมซิลิเกต	มีแคลเซียมซิลิเกต	Average (B)
0	60.4 f	62.3 ef	61.3 E
0.01	64.7 e	70.5 d	67.6 D
0.1	69.4 d	73.8 cd	71.6 C
1	77.4 c	88.9 a	83.1 A
10	74.1 cd	80.1 b	77.1 B
Average (A)	69.3 X	75.3 Y	
F-test ; A		**	
B		**	
A*B		**	
CV. (%)		3.99	

หมายเหตุ ตัวอักษรที่เหมือนกันในสดมภ์เดียวกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ
โดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 21 ผลของซิลิโคนของในสารละลายที่ความเข้มข้นต่างกันต่อความกว้างทรงพุ่ม
ของต้นพริกหวาน ที่อายุ 110 วันหลังย้ายปลูก

ซิลิโคน (มก./ลิตร)	ความกว้างทรงพุ่มของต้นกล้าที่เตรียม(ซม.)		
	ไม่มีแคลเซียมซิลิเกต	มีแคลเซียมซิลิเกต	Average (B)
0	47.4 h	55.0 g	51.2 E
0.01	61.6 f	65.9 e	63.8 D
0.1	69.3 de	73.2 d	71.3 C
1	79.4 bc	90.7 a	85.0 A
10	76.3 c	82.2 b	79.2 B
Average (A)	67.2 X	73.7 Y	
F-test ; A		**	
B		**	
A*B		**	
CV. (%)		3.79	

หมายเหตุ ตัวอักษรที่เหมือนกันในสดมภ์เดียวกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ
โดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 22 ผลของซิลิโคนของในสารละลายที่ความเข้มข้นต่างกันต่อเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น
ของต้นพริกหวาน ที่อายุ 110 วันหลังย้ายปลูก

ซิลิโคน (มก./ลิตร)	เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นของต้นกล้าที่เตรียม(มม.)		
	ไม่มีแคลเซียมซิลิเกต	มีแคลเซียมซิลิเกต	Average (B)
0	11.00 h	11.74 g	11.37 E
0.01	11.93 fg	12.02 f	11.98 D
0.1	12.31 e	12.66 d	12.49 C
1	13.19 c	15.11 a	14.15 A
10	13.10 c	13.65 b	13.38 B
Average (A)	12.33 X	13.04 Y	
F-test ; A		**	
B		**	
A*B		**	
CV. (%)		1.50	

หมายเหตุ ตัวอักษรที่เหมือนกันในสดมภ์เดียวกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ
โดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

น้ำหนักสดและแห้งของต้นและราก และอัตราส่วนเหนือดินต่อราก

จากการศึกษาการเจริญเติบโตและคุณภาพผลผลิตของพริกหวานในระบบปลูกแบบไฮโดรโปนิกส์ จากต้นกล้าพริกหวาน พันธุ์เวก้า 1288 ที่มาจากการกระตุ้นความงอกของเมล็ดด้วยสารละลายแคลเซียมซลิเกต ที่ความเข้มข้น 2 กรัมต่อลิตร พร้อมทั้งฉีดพ่นด้วยสารละลายแคลเซียมซลิเกต ที่ความเข้มข้น 4 กรัมต่อลิตร เมื่ออายุ 14 วันหลังปลูก ร่วมกับอัตราความเข้มข้นของซลิคอนที่ต่างกัน ในสารละลายสูตรเกาทีเงิน พบว่า ต้นกล้าพริกหวานที่ไม่ให้แคลเซียมซลิเกต และต้นกล้าจากเมล็ดที่ผ่านการกระตุ้นความงอก ร่วมกับการฉีดพ่นด้วยสารละลายแคลเซียมซลิเกต น้ำหนักสดและแห้งของต้นและราก มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 23-27) โดยที่น้ำหนักสดและแห้งของต้นและรากของต้นกล้าที่มีแคลเซียมซลิเกต มากกว่าต้นกล้าที่ไม่มีแคลเซียมซลิเกต โดยที่ ขณะที่ต้นกล้าที่ปลูกในสารละลายที่มีซลิคอนเพิ่มขึ้นส่งเสริมการเจริญเติบโตของพริก จึงมีการสะสมน้ำหนักเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับไม่ให้ซลิคอน โดยการให้ซลิคอนในสารละลายที่ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้น้ำหนักสดและแห้งของต้นและรากมากที่สุด และอัตราส่วนเหนือดินต่อรากน้อยที่สุด เมื่อต้นพริกหวานที่อายุ 110 วันหลังย้ายปลูก

เมื่อพิจารณาปฏิสัมพันธ์ระหว่างอัตราความเข้มข้นของซลิคอนในสารละลายและวิธีการเตรียมต้นกล้าที่ต่างกัน พบว่า ต้นกล้าที่มีแคลเซียมซลิเกตมีการสะสมน้ำหนักมากกว่าต้นกล้าที่ไม่มีแคลเซียมซลิเกต มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยต้นกล้าจากการเตรียมทั้ง 2 วิธี เมื่อให้สารละลายซลิคอนเพิ่มขึ้นมีแนวโน้มการสะสมน้ำหนักเพิ่มขึ้น และเมื่อให้ซลิคอนกับต้นกล้าพริก ในอัตรา 1 มิลลิกรัมต่อลิตร มีการสะสมน้ำหนัก โดยน้ำหนักสดและแห้งของต้นและรากสูงที่สุด และอัตราส่วนเหนือดินต่อรากน้อยที่สุด ดังนั้นการปลูกต้นกล้าพริกหวานในสารละลาย เกาทีเงิน ควรให้ซลิคอนในอัตรา 1 มิลลิกรัมต่อลิตร จะส่งผลต่อการเจริญเติบโตดีที่สุด

ตารางที่ 23 ผลของซิลิโคนของในสารละลายที่ความเข้มข้นต่างกันต่อน้ำหนักสด
ของต้นพริกหวาน ที่อายุ 110 วันหลังย้ายปลูก

ซิลิโคน (มก./ลิตร)	น้ำหนักสดของต้นกล้าที่เตรียม (กรัม)		
	ไม่มีแคลเซียมซิลิเกต	มีแคลเซียมซิลิเกต	Average (B)
0	336.9 f	363.5 e	350.2 D
0.01	385.6 de	403.8 d	394.7 CD
0.1	419.5 d	463.7 cd	441.6 C
1	684.3 b	909.7 a	797.0 A
10	491.6 c	620.3 b	556.0 B
Average (A)	463.6 X	552.2 Y	
F-test ; A		**	
B		**	
A*B		**	
CV. (%)		9.23	

หมายเหตุ ตัวอักษรที่เหมือนกันในสดมภ์เดียวกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ
โดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 24 ผลของซิลิโคนของในสารละลายที่ความเข้มข้นต่างกันต่อน้ำหนักสดของรากของต้นพริกหวาน ที่อายุ 110 วันหลังย้ายปลูก

ซิลิโคน (มก./ลิตร)	น้ำหนักสดของรากต้นกล้าที่เตรียม (กรัม)		
	ไม่มีแคลเซียมซิลิเกต	มีแคลเซียมซิลิเกต	Average (B)
0	60.1 g	69.4 e	64.7 D
0.01	74.5 de	80.0 d	77.3 C
0.1	86.6 c	88.8 c	87.7 B
1	104.4 b	147.6 a	126.0 A
10	93.9 bc	99.1 bc	96.5 B
Average (A)	83.9 X	97.0 Y	
F-test ; A		**	
B		**	
A*B		**	
CV. (%)		6.57	

หมายเหตุ ตัวอักษรที่เหมือนกันในสดมภ์เดียวกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 25 ผลของซิลิคอนของในสารละลายที่ความเข้มข้นต่างกันต่อน้ำหนักแห้ง
ของต้นพริกหวาน ที่อายุ 110 วันหลังย้ายปลูก

ซิลิคอน (มก./ลิตร)	น้ำหนักแห้งของต้นกล้าที่เตรียม (กรัม)		
	ไม่มีแคลเซียมซิลิเกต	มีแคลเซียมซิลิเกต	Average (B)
0	110.3 e	120.0 de	115.2 D
0.01	129.3 d	133.3 cd	131.3 C
0.1	141.3 cd	137.3 cd	139.3 C
1	198.0 b	229.0 a	213.5 A
10	147.3 c	183.0 b	165.2 B
Average (A)	145.3 X	160.5 Y	
F-test ; A		**	
B		**	
A*B		**	
CV. (%)		5.52	

หมายเหตุ ตัวอักษรที่เหมือนกันในสดมภ์เดียวกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ
โดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 26 ผลของซิลิโคนของในสารละลายที่ความเข้มข้นต่างกันต่อน้ำหนักแห้งของราก
ของต้นพริกหวาน ที่อายุ 110 วันหลังย้ายปลูก

ซิลิโคน (มก./ลิตร)	น้ำหนักแห้งของรากของต้นกล้าที่เตรียม (กรัม)		
	ไม่มีแคลเซียมซิลิเกต	มีแคลเซียมซิลิเกต	Average (B)
0	9.6 f	13.3 e	11.4 E
0.01	13.3 e	17.3 d	15.3 D
0.1	18.9 d	20.5 c	19.7 C
1	26.4 b	39.9 a	33.2 A
10	21.9 c	24.3 bc	23.1 B
Average (A)	18.0 X	23.1 Y	
F-test ; A		**	
B		**	
A*B		**	
CV. (%)		7.50	

หมายเหตุ ตัวอักษรที่เหมือนกันในสดมภ์เดียวกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ
โดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 27 ผลของซิลิกอนของในสารละลายที่ความเข้มข้นต่างกันต่ออัตราส่วนเนื้อดินต่อรากของต้นพริกหวาน ที่อายุ 110 วันหลังย้ายปลูก

ซิลิกอน (มก./ลิตร)	อัตราส่วนเนื้อดินต่อรากของต้นกล้าที่เตรียม		
	ไม่มีแคลเซียมซิลิเกต	มีแคลเซียมซิลิเกต	Average (B)
0	6.3 a	5.3 b	5.8 A
0.01	5.6 ab	4.6 c	5.1 B
0.1	4.6 c	4.3 d	4.5 C
1	4.0 d	3.7 e	3.8 D
10	4.3 d	4.1 d	4.2 CD
Average (A)	4.9 X	4.4 Y	
F-test ; A		**	
B		**	
A*B		**	
CV. (%)		7.30	

หมายเหตุ ตัวอักษรที่เหมือนกันในสดมภ์เดียวกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ผลผลิตและคุณภาพผลผลิต

จากการศึกษาการเจริญเติบโตและคุณภาพผลผลิตของพริกหวานในระบบปลูกแบบไฮโดรโปนิกส์ จากต้นกล้าพริกหวานพันธุ์เวก้า 1288 ที่มาจากต้นกล้าที่ไม่มีแคลเซียมซิลิเกต และมีแคลเซียมซิลิเกต (การกระตุ้นความงอกของเมล็ดด้วยสารละลายแคลเซียมซิลิเกต ที่ความเข้มข้น 2 กรัมต่อลิตร พร้อมทั้งฉีดพ่นด้วยสารละลายแคลเซียมซิลิเกต ที่ความเข้มข้น 4 กรัมต่อลิตร เมื่อต้นกล้าพริกหวาน อายุ 14 วันหลังปลูก) ร่วมกับอัตราความเข้มข้นของซิลิกอนที่ต่างกัน ในสารละลายสูตรเกาหลีเงิน พบว่า ผลผลิตและคุณภาพผลพริกมีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 28-30) โดยน้ำหนักสดผล ความแน่นเนื้อ และความหนาเนื้อ มีคุณภาพผลผลิตของต้นกล้าที่มีแคลเซียมซิลิเกต สูงกว่าต้นกล้าที่ไม่มีแคลเซียมซิลิเกต และการให้สารละลายซิลิกอนช่วยเพิ่มน้ำหนักผลผลิต ความหนาเนื้อ และความแน่นเนื้อพริกหวานทั้งจากต้นกล้าที่มี และไม่มีแคลเซียมซิลิเกต

ลิเกด โดยที่ใส่ซิลิโคนในสารละลายเพิ่มขึ้นส่งเสริมปริมาณผลผลิตและคุณภาพเพิ่มขึ้น และที่ใส่ซิลิโคนในอัตรา 1 มิลลิกรัมต่อลิตร มีน้ำหนักผล ความหนาเนื้อ และความแน่นเนื้อสูงที่สุด เมื่อเก็บเกี่ยวผลผลิตที่อายุ 110 วันหลังย้ายปลูก

ตารางที่ 28 ผลของซิลิโคนของในสารละลายที่ความเข้มข้นต่างกันต่อน้ำหนักสดผลที่เก็บเกี่ยวผลผลิตที่อายุ 110 วันหลังย้ายปลูก

ซิลิโคน (มก./ลิตร)	น้ำหนักผลสดของต้นกล้าที่เตรียม (กรัม/ผล)		
	ไม่มีแคลเซียมซิลิเกต	มีแคลเซียมซิลิเกต	Average (B)
0	149.50 c	153.00 c	151.25 C
0.01	164.00 bc	172.00 b	168.00 BC
0.1	175.00 b	186.00 d	180.50 B
1	218.00 ab	228.00 a	223.00 A
10	204.50 ab	215.50 ab	210.00 AB
Average (A)	182.2 X	190.9 Y	
F-test ; A		**	
B		**	
A*B		**	
CV. (%)		1.84	

หมายเหตุ ตัวอักษรที่เหมือนกันในสดมภ์เดียวกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 29 ผลของซิลิโคนของในสารละลายที่ความเข้มข้นต่างกันต่อความหนาเนื้อที่เก็บเกี่ยว
ผลผลิตที่อายุ 110 วันหลังย้ายปลูก

ซิลิโคน (มก./ลิตร)	ความหนาเนื้อของต้นกล้าที่เตรียม (มิลลิเมตร)		
	ไม่มีแคลเซียมซิลิเกต	มีแคลเซียมซิลิเกต	Average (B)
0	5.18 b	6.23 ab	5.71 B
0.01	6.15 ab	6.55 a	6.35 AB
0.1	6.38 ab	6.80 a	6.59 AB
1	6.73 a	7.05 a	6.89 A
10	6.30 ab	6.75 a	6.53 AB
Average (A)	6.15 X	6.68 Y	
F-test ; A		**	
B		**	
A*B		**	
CV. (%)		5.39	

หมายเหตุ ตัวอักษรที่เหมือนกันในสดมภ์เดียวกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ
โดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 30 ผลของซิลิคอนของในสารละลายที่ความเข้มข้นต่างกันต่อความแน่นเนื้อที่เก็บเกี่ยว
ผลผลิตที่อายุ 110 วันหลังย้ายปลูก

ซิลิคอน (มก./ลิตร)	ความแน่นเนื้อของผลที่ได้ต้นกล้าที่เตรียม (นิวตัน)		
	ไม่มีแคลเซียมซิลิเกต	มีแคลเซียมซิลิเกต	Average (B)
0	3.38 b	3.70 ab	3.54 B
0.01	3.50 ab	3.83 a	3.67 AB
0.1	3.58 ab	3.85 a	3.72 AB
1	3.85 a	3.99 a	3.93 A
10	3.75 ab	3.88 a	3.82 AB
Average (A)	3.61 X	3.83 Y	
F-test ; A		**	
B		**	
A*B		**	
CV. (%)		3.05	

หมายเหตุ ตัวอักษรที่เหมือนกันในสดมภ์เดียวกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ
โดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

จากการศึกษาการเจริญเติบโตและคุณภาพผลผลิตของพริกหวานในระบบปลูกแบบไฮโดรโปนิคส์ จากต้นกล้าพริกหวานพันธุ์เวก้า 1288 ที่ไม่ให้แคลเซียมซิลิเกตและให้แคลเซียมซิลิเกต (จากการกระตุ้นความงอกของเมล็ดด้วยสารละลายแคลเซียมซิลิเกต ที่ความเข้มข้น 2 กรัมต่อลิตร พร้อมทั้งฉีดพ่นด้วยสารละลายแคลเซียมซิลิเกต ที่ความเข้มข้น 4 กรัมต่อลิตร เมื่อต้นกล้าพริกหวาน อายุ 14 วันหลังปลูก) ร่วมกับอัตราความเข้มข้นของซิลิคอนที่ต่างกันในสารละลายสูตรเกาทีเงิน พบว่าต้นกล้าพริกหวานที่ไม่มีแคลเซียมซิลิเกต และมีแคลเซียมซิลิเกตมีการเจริญเติบโตเพิ่มมากขึ้นเมื่อปลูกในสารละลายเกาทีเงินที่มีการเพิ่มซิลิคอน และในแต่ละช่วงการเจริญเติบโตพริกหวานมีความต้องการซิลิคอนไม่เท่ากัน โดยที่อายุ 30 วันหลังย้ายปลูก มีปริมาณความต้องการซิลิคอนในปริมาณที่มากที่สุด 10 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้การเจริญเติบโตของต้นพริกหวานมากที่สุด แต่สำหรับที่อายุ 55 และ 110 วันหลังย้ายปลูก ต้นกล้ามีความต้องการซิลิคอนลดลงที่ 1 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้มีการเจริญเติบโตสูงสุด เนื่องจากต้นพริกหวานอาจสะสมซิลิคอนในต้นพืช

และเมื่ออายุ 55 และ 110 วัน จึงมีความต้องการซิลิกอนลดลง และในส่วนผลผลิตและคุณภาพผลผลิต พบว่าต้นกล้าที่ไม่มีแคลเซียมซิลิเกตและแคลเซียมซิลิเกต มีปริมาณผลผลิตและคุณภาพสูงเมื่อปลูกในสารละลายที่ซิลิกอน 1 มิลลิกรัมต่อลิตร แต่ทำให้อัตราส่วนเนื้อดินต่อรากน้อยที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Gong *et al.*, (2003) พบว่า ซิลิกอนมีบทบาทในการช่วยเพิ่มความสูงของข้าวสาลี และวันเพ็ญ(2551) รายงานว่าการให้ซิลิกอน ในรูป Na_2SiO_3 ในอัตรา 9.54 มิลลิกรัม/ลิตร ในสารละลายสูตร WU_NS05 พบว่า ทำให้แคนตาลูป มีความหนาเนื้อและน้ำหนักผลผลิตมากที่สุด อาจเป็นเพราะว่า ซิลิกอนมีผลต่อการพัฒนาของราก (Synder *et al.*, 2007) จึงส่งผลทำให้อัตราส่วนเนื้อดินต่อรากน้อยลงไปด้วย

4. ศึกษาอิทธิพลของซิลิกอนที่มีต่อสภาวะการขาดธาตุเหล็กและสังกะสีของพริกหวานในระบบปลูกแบบไฮโดรโปนิคส์

การเจริญเติบโตในสภาวะขาดเหล็กและสังกะสี

ผลของซิลิกอนที่มีต่อสภาวะการขาดธาตุเหล็กและสังกะสีของพริกหวานในระบบปลูกแบบไฮโดรโปนิคส์ พบว่า การปลูกพืชในสารละลายที่มีซิลิกอนมี เจริญเติบโต ความสูง ความกว้างทรงพุ่ม เส้นผ่านศูนย์กลางต้น มากกว่า ในสารละลายที่ไม่มีซิลิกอน มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 31-42) ในขณะที่การขาดธาตุสังกะสี การขาดธาตุเหล็ก และธาตุอาหารครบตามสูตร มีผลทำให้การเจริญเติบโตของพริกหวานที่อายุ 55 และ 110 วันหลังย้ายปลูก มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยตำรับที่ขาดธาตุเหล็กและขาดธาตุสังกะสีมีการเจริญเติบโตน้อยกว่า ตำรับควบคุมที่ให้ธาตุอาหารครบตามที่สูตรกำหนด เนื่องจากเมื่อขาดธาตุเหล็กมีผลต่อการเจริญของใบ จำนวนเซลล์ พื้นที่ใบ และจำนวนของคลอโรพลาสต์ในเซลล์ (Hewitt and Watson, 1980) ทำให้ต้นพริกหวานชะงักการเจริญเติบโต ส่วนเมื่อพืชขาดธาตุสังกะสีมีผลทำให้ต้นแกร็น ขนาดของใบเล็กลง (Marschner, 2012) เมื่อพืชขาดธาตุเหล็กและธาตุสังกะสีจึงมีผลทำให้การเจริญเติบโตลดลง

เมื่อพิจารณาถึงความสัมพันธ์ระหว่างสารละลายที่มีซิลิกอนและไม่มีส่วนร่วมกับการขาดธาตุอาหารพืช พบว่าพริกที่ปลูกในสารละลายที่มีซิลิกอนถึงแม้ว่าอยู่ในสภาวะขาด เหล็กและสังกะสี มีการเจริญเติบโตมากกว่าปลูกในสารละลายที่ไม่มีซิลิกอน แต่การเจริญเติบโตก็ยังน้อยกว่าธาตุอาหารครบสูตร และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างการขาดเหล็กและสังกะสี พบว่าการขาดสังกะสีมีการเจริญเติบโตน้อยที่สุด(ตารางที่ 31-42) แสดงถึงการให้ซิลิกอนสามารถส่งเสริมการเจริญเติบโต

ในตำรับที่สารละลายขาดธาตุเหล็กและธาตุสังกะสี เมื่อเทียบกับสารละลายไม่มีซิลิกอน อาจเนื่องมาจาก ซิลิกอนมีบทบาทในชะลอหรือบรรเทาภาวะขาดธาตุอาหารพืช (ยงยุทธ, 2552)

ตารางที่ 31 ผลของซิลิกอนต่อความสูงของต้นพริกหวานในสภาวะขาดธาตุเหล็กและสังกะสี ที่อายุ 55 วันหลังย้ายปลูก

การขาดธาตุอาหาร	ความสูงของต้นพริกในสารละลาย (ซม.)		
	ไม่มีซิลิกอน	มีซิลิกอน	Average (B)
ตำรับควบคุม	42.0 c	59.7 a	50.9 A
ธาตุเหล็ก	44.5 c	51.8 a	48.2 B
ธาตุสังกะสี	43.3 c	52.4 a	47.9 B
Average (A)	43.3 X	54.6 Y	
F-test ; A		**	
B		**	
A*B		**	
CV. (%)		8.20	

หมายเหตุ ตัวอักษรที่เหมือนกันในสดมภ์เดียวกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 32 ผลของซิลิคอนต่อความกว้างทรงพุ่มของต้นพริกหวานในสภาวะขาดธาตุเหล็กและสังกะสี ที่อายุ 55 วันหลังย้ายปลูก

การขาดธาตุอาหาร	กว้างทรงพุ่มของต้นพริกในสารละลาย (ซม.)		
	ไม่มีซิลิคอน	มีซิลิคอน	Average (B)
ดำรับควบคุม	42.8 c	62.1 a	52.1 A
ธาตุเหล็ก	44.0 c	53.6 b	49.1 B
ธาตุสังกะสี	40.6 c	53.0 b	48.2 B
Average (A)	42.5 X	62.6 Y	
F-test ; A		**	
B		**	
A*B		**	
CV. (%)		7.24	

หมายเหตุ ตัวอักษรที่เหมือนกันในสดมภ์เดียวกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 33 ผลของซิลิโคนต่อเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นของต้นพริกหวานในสภาวะขาดธาตุเหล็กและสังกะสี ที่อายุ 55 วันหลังย้ายปลูก

การขาดธาตุอาหาร	เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นของต้นพริกในสารละลาย (มม.)		
	ไม่มีซิลิโคน	มีซิลิโคน	Average (B)
ตำรับควบคุม	9.81 b	11.95 a	10.88
ธาตุเหล็ก	9.84 b	10.62 a	10.23
ธาตุสังกะสี	9.90 b	10.84 a	10.37
Average (A)	9.85 X	11.10 Y	
F-test ; A		**	
B		**	
A*B		**	
CV. (%)		6.45	

หมายเหตุ ตัวอักษรที่เหมือนกันในสดมภ์เดียวกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 34 ผลของซิลิกอนต่อความสูงของต้นพริกหวานในสภาวะขาดธาตุเหล็กและสังกะสี
ที่อายุ 110 วันหลังย้ายปลูก

การขาดธาตุอาหาร	ความสูงของต้นพริกในสารละลาย (ซม.)		
	ไม่มีซิลิกอน	มีซิลิกอน	Average (B)
ตำรับควบคุม	60.7 c	77.4 a	69.1 A
ธาตุเหล็ก	50.9 d	69.3 b	60.1 B
ธาตุสังกะสี	46.5 d	68.5 b	57.5 B
Average (A)	52.7 b	71.7 a	
F-test ; A		**	
B		**	
A*B		**	
CV. (%)		8.93	

หมายเหตุ ตัวอักษรที่เหมือนกันในสดมภ์เดียวกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ
โดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 35 ผลของซิลิกอนต่อความกว้างทรงพุ่มของต้นพริกหวานในสภาวะขาดธาตุเหล็ก และสังกะสี ที่อายุ 110 วันหลังย้ายปลูก

การขาดธาตุอาหาร	ความกว้างทรงพุ่มของต้นพริกในสารละลาย (ซม.)		
	ไม่มีซิลิกอน	มีซิลิกอน	Average (B)
ตำรับควบคุม	52.3 c	79.4 a	65.8 A
ธาตุเหล็ก	45.5 d	69.6 b	57.6 B
ธาตุสังกะสี	42.8 d	66.1 b	54.4 B
Average (A)	46.8 X	71.7 Y	
F-test ; A		**	
B		**	
A*B		**	
CV. (%)		8.12	

หมายเหตุ ตัวอักษรที่เหมือนกันในสดมภ์เดียวกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 36 ผลของชนิดคอนต่อเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นของต้นพริกหวานในสภาวะขาดธาตุเหล็กและสังกะสี ที่อายุ 110 วันหลังย้ายปลูก

การขาดธาตุอาหาร	เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นของต้นพริกในสารละลาย(มม.)		
	ไม่มีชนิดคอน	มีชนิดคอน	Average (B)
ตำรับควบคุม	11.29 b	13.19 a	12.24 A
ธาตุเหล็ก	10.12 c	12.18 b	11.15 B
ธาตุสังกะสี	10.07 c	12.16 b	11.12 B
Average (A)	10.50 X	12.51 Y	
F-test ; A		**	
B		**	
A*B		**	
CV. (%)		6.11	

หมายเหตุ ตัวอักษรที่เหมือนกันในสดมภ์เดียวกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 37 ผลของซิลิคอนต่อน้ำหนักสดของต้นพริกหวานในสภาวะขาดธาตุเหล็กและสังกะสี ที่อายุ 110 วันหลังย้ายปลูก

การขาดธาตุอาหาร	น้ำหนักสดของต้นพริกในสารละลาย (กรัม)		
	ไม่มีซิลิคอน	มีซิลิคอน	Average (B)
ตำรับควบคุม	336.90 c	684.30 a	510.60 A
ธาตุเหล็ก	266.00 d	523.40 b	394.70 B
ธาตุสังกะสี	233.40 d	477.50 b	355.50 B
Average (A)	278.80 X	561.80 Y	
F-test ; A		**	
B		**	
A*B		**	
CV. (%)		6.04	

หมายเหตุ ตัวอักษรที่เหมือนกันในสดมภ์เดียวกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 38 ผลของชนิดคอนต่อน้ำหนักสดของรากพริกหวานในสภาวะขาดธาตุเหล็กและสังกะสี ที่อายุ 110 วันหลังย้ายปลูก

การขาดธาตุอาหาร	น้ำหนักสดของรากพริกในสารละลาย (กรัม)		
	ไม่มีชนิดคอน	มีชนิดคอน	Average (B)
ตำรับควบคุม	60.05 c	104.40 a	82.20 A
ธาตุเหล็ก	51.05 d	94.02 b	72.54 B
ธาตุสังกะสี	46.39 d	89.68 b	68.04 B
Average (A)	52.50 X	96.02 Y	
F-test ; A		**	
B		**	
A*B		**	
CV. (%)		4.07	

หมายเหตุ ตัวอักษรที่เหมือนกันในสดมภ์เดียวกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 39 ผลของซิลิโคนต่อน้ำหนักแห้งของต้นพริกหวานในสภาวะขาดธาตุเหล็กและสังกะสี ที่อายุ 110 วันหลังย้ายปลูก

การขาดธาตุอาหาร	น้ำหนักแห้งของต้นพริกในสารละลาย (กรัม)		
	ไม่มีซิลิโคน	มีซิลิโคน	Average (B)
ตำรับควบคุม	110.30 c	198.00 a	154.20 A
ธาตุเหล็ก	83.67 d	166.30 b	125.00 B
ธาตุสังกะสี	82.00 d	153.00 b	117.50 B
Average (A)	92.00 X	172.40 Y	
F-test ; A		**	
B		**	
A*B		**	
CV. (%)		5.41	

หมายเหตุ ตัวอักษรที่เหมือนกันในสดมภ์เดียวกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 40 ผลของชนิดคอนต่อน้ำหนักแห้งของรากพริกหวานในสภาวะขาดธาตุเหล็กและสังกะสี ที่อายุ 110 วันหลังย้ายปลูก

การขาดธาตุอาหาร	น้ำหนักแห้งของรากพริกในสารละลาย(กรัม)		
	ไม่มีชนิดคอน	มีชนิดคอน	Average (B)
ดำรับควบคุม	9.55 c	26.38 a	17.96 A
ธาตุเหล็ก	7.20 d	18.83 b	13.01 B
ธาตุสังกะสี	6.40 d	17.46 b	11.93 B
Average (A)	7.71 X	20.89 Y	
F-test ; A		**	
B		**	
A*B		**	
CV. (%)		5.63	

หมายเหตุ ตัวอักษรที่เหมือนกันในสดมภ์เดียวกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 41 ผลของซิลิกอนต่ออัตราส่วนเนื้อดินต่อรากของพริกหวานในสภาวะขาดธาตุเหล็ก และสังกะสี ที่อายุ 110 วันหลังย้ายปลูก

การขาดธาตุอาหาร	อัตราส่วนเนื้อดินต่อรากของพริกในสารละลาย		
	ไม่มีซิลิกอน	มีซิลิกอน	Average (B)
ค่ารับควบคุม	6.31 b	3.96 d	5.14 B
ขาดเหล็ก	7.09 a	5.02 c	6.06 A
ขาดสังกะสี	7.25 a	5.13 c	6.19 A
Average (A)	6.89 X	4.70 Y	
F-test ; A		**	
B		**	
A*B		**	
CV. (%)		5.00	

หมายเหตุ ตัวอักษรที่เหมือนกันในสดมภ์เดียวกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ผลผลิตและคุณภาพผลผลิต

จากศึกษาผลของซิลิกอนที่มีต่อสภาวะการขาดธาตุเหล็กและสังกะสีของพริกหวานในระบบปลูกแบบไฮโดรโปนิกส์ พบว่า น้ำหนักสดและคุณภาพผลผลิต เช่น ความหนาเนื้อและความแน่นเนื้อ ของพริกหวานมากกว่าค่ารับสารละลายที่ไม่มีซิลิกอนและมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 42-44) ในขณะที่การขาดธาตุอาหารพืชที่แตกต่างกัน คือ การขาดธาตุสังกะสี การขาดธาตุเหล็ก และธาตุอาหารครบตามสูตร มีผลทำให้น้ำหนักสดและความหนาเนื้อของพริกหวานที่ระยะเก็บเกี่ยวผลผลิตมีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยค่ารับที่ขาดธาตุเหล็กและขาดธาตุสังกะสีมีน้ำหนักสด ความหนาเนื้อและความแน่นเนื้อ น้อยกว่าค่ารับควบคุมที่ให้ธาตุอาหารครบตามที่สูตรกำหนด การขาดธาตุเหล็กส่งผลให้ได้ผลผลิตลดลง (Pestana *et al.*, 2004) และการขาดธาตุสังกะสีส่งผลต่อการเจริญเติบโตและการพัฒนาของผล รวมทั้งการสร้างน้ำตาลในผลลดลง กิจกรรมของเอนไซม์ในกระบวนการสร้างน้ำตาล รวมทั้งกรดอินทรีย์ในพืชต่างๆ ลดลงด้วย (ยงยุทธ, 2552)

เมื่อพิจารณาอันตรกิริยาระหว่างซิลิโคนในสารละลายกับการขาดธาตุอาหารพืช (ตารางที่ 42-44) กล่าวคือ การให้สารละลายซิลิโคนในสารละลาย หรือไม่ให้ซิลิโคนในสารละลาย ร่วมกับการขาดธาตุเหล็ก ขาดธาตุสังกะสีและธาตุอาหารครบตามสูตรที่กำหนด มีน้ำหนักสดและความหนาเนื้อที่ระยะเก็บเกี่ยวผลผลิตมีความแตกต่างกันทางสถิติ ซึ่งดำรับที่ให้ซิลิโคนในสารละลาย และให้ธาตุอาหารครบตามที่สูตรกำหนด ให้น้ำหนักสด ความหนาเนื้อและความแน่นเนื้อ ของพริกหวานมากที่สุด และดำรับที่ให้ซิลิโคนในสารละลาย ซึ่งขาดธาตุเหล็กและธาตุสังกะสี มีน้ำหนักสด ความหนาเนื้อและความแน่นเนื้อ น้อยกว่าดำรับควบคุมที่ให้ธาตุอาหารครบ แต่ให้น้ำหนักสด ความหนาเนื้อและความแน่นเนื้อ มากกว่าดำรับควบคุมที่ไม่ให้ซิลิโคนในสารละลาย แสดงว่าซิลิโคนในสารละลายอาจมีผลในการบรรเทาความเครียดจากการขาดธาตุอาหารของพืช

ตารางที่ 42 ผลของซิลิโคนต่อน้ำหนักสดของพริกหวานในสภาวะขาดธาตุเหล็กและสังกะสี

การขาดธาตุอาหาร	น้ำหนักผลสดของพริกในสารละลาย (กรัม)		
	ไม่มีซิลิโคน	มีซิลิโคน	Average (B)
ดำรับควบคุม	149.5 c	218.0 a	183.8 A
ธาตุเหล็ก	116.5 d	190.0 b	153.2 B
ธาตุสังกะสี	102.5 d	186.0 b	144.2 B
Average (A)	122.8 X	198.0 Y	
F-test ; A		**	
B		**	
A*B		**	
CV. (%)		4.09	

หมายเหตุ ตัวอักษรที่เหมือนกันในสดมภ์เดียวกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซนต์

ตารางที่ 43 ผลของซิลิโคนต่อความแน่นเนื้อของพริกหวานในสภาวะขาดธาตุเหล็กและสังกะสี

การขาดธาตุอาหาร	ความแน่นเนื้อของพริกในสารละลาย (นิวตัน)		
	ไม่มีซิลิโคน	มีซิลิโคน	Average (B)
ค่ารับควบคุม	3.38 ab	3.75 a	3.56 A
ธาตุเหล็ก	2.68 b	3.28 ab	2.98 B
ธาตุสังกะสี	2.59 b	3.11 ab	2.85 B
Average (A)	2.88 X	3.38 Y	
F-test ; A		**	
B		**	
A*B		**	
CV. (%)		6.20	

หมายเหตุ ตัวอักษรที่เหมือนกันในสดมภ์เดียวกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 44 ผลของซิลิโคนต่อความหนาเนื้อของพริกหวานในสภาวะขาดธาตุเหล็กและสังกะสี

การขาดธาตุอาหาร	ความหนาเนื้อของพริกในสารละลาย (มล.)		
	ไม่มีซิลิโคน	มีซิลิโคน	Average (B)
ค่ารับควบคุม	5.18 b	6.30 a	5.74 A
ธาตุเหล็ก	4.44 c	5.74 ab	5.09 B
ธาตุสังกะสี	4.29 c	5.62 ab	4.96 B
Average (A)	4.63 X	5.89 Y	
F-test ; A		**	
B		**	
A*B		**	
CV. (%)		4.10	

หมายเหตุ ตัวอักษรที่เหมือนกันในสดมภ์เดียวกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ลักษณะอาการขาดธาตุอาหารที่ปรากฏขึ้นกับต้นพริกหวาน

ซึ่งลักษณะอาการขาดธาตุอาหารที่ปรากฏขึ้นกับต้นพริกหวาน พบว่า ต้นที่ขาดธาตุเหล็กและสังกะสีมีลักษณะอาการ interveinal chlorosis เกิดที่ใบอ่อนก่อน โดยเนื้อสีเหลืองและเส้นใบยังคงเขียว และผลมีรูปร่างผิดปกติ (ภาพที่ 4) สำหรับอาการขาดธาตุเหล็กและสังกะสีในตำรับที่ไม่มีซิลิกอน พบว่า มีลักษณะอาการที่รุนแรงกว่าตำรับที่มีซิลิกอนในสารละลาย และตำรับที่ขาดธาตุสังกะสี พบว่า มีแนวโน้มว่าลักษณะอาการขาดธาตุอาหารรุนแรงกว่าธาตุเหล็ก เนื่องจากสังกะสีมีส่วนสำคัญในการเคลื่อนย้ายคาร์โบไฮเดรตและกระตุ้นการใช้น้ำตาลในพืชและช่วยเสริมสร้างการสุกแก่ให้กับผลไม้ และช่วยในการขยายขนาดของเซลล์พืช (เกษมศรี, 2541) สอดคล้องกับการศึกษาของ กุลินดาและคณะ (2555) รายงานว่า การปลูกพริกหวานในวัสดุปลูกเมื่อให้ขาดธาตุเหล็กและสังกะสีในระยะเริ่มออกดอก พบว่า มีลักษณะอาการ interveinal chlorosis ทำให้การเจริญเติบโตและพัฒนาของส่วนลำต้น ซึ่งส่งผลให้ผลผลิตและคุณภาพผลผลิตลดลง

ตำรับ	สารละลายที่ไม่มีซัลฟอน	สารละลายที่มีซัลฟอน		
ตำรับ ควบคุม				
ขาดธาตุ เหล็ก				
ขาดธาตุ สังกะสี				

ภาพที่ 4 ลักษณะต้นและผลพริกหวานที่ปลูกในสารละลายที่ขาดธาตุเหล็กและสังกะสีร่วมกับการให้ซัลฟอน

สรุปผลการทดลอง

แคลเซียมซิติเกต สามารถส่งเสริมการงอกของเมล็ด และการเจริญเติบโตของต้นกล้า ปริมาณผลผลิตและคุณภาพผลผลิตพริกหวาน โดย

1. การกระตุ้นความงอกด้วยสารละลายแคลเซียมซิติเกต ที่ความเข้มข้น 2 กรัมต่อลิตร ส่งผลต่อความงอกและคุณภาพของเมล็ดพันธุ์พริกหวานสูงที่สุด
2. การเตรียมต้นกล้าสามารถทำได้ 2 วิธี เพื่อให้ได้การเจริญเติบโตสูงสุด 1) เมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการกระตุ้นความงอกด้วยแคลเซียมซิติเกต ร่วมกับการฉีดพ่นแคลเซียมซิติเกตทางใบ ความเข้มข้น 4 กรัมต่อลิตร และ 2) เมล็ดพันธุ์ที่ไม่ผ่านการกระตุ้นความงอก มีความต้องการแคลเซียมซิติเกตทางใบความเข้มข้น 8 กรัมต่อลิตร
3. การให้ซิติคอนในสารละลายธาตุอาหาร ที่ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่งผลต่อการเจริญเติบโต ผลผลิตและคุณภาพผลผลิตของพริกหวานดีที่สุด และยังสามารถบรรเทาอาการขาดธาตุเหล็กและสังกะสีในต้นพริกหวานเมื่อเทียบกับสารละลายที่ไม่มีซิติคอน

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

เกษมศรี ชับช้อน. 2541. **ปลูฟิวทยา**. นานาสั่งพิมพ์, กรุงเทพมหานคร. 286 หน้า.

กุลินดา แทนจันทร์, ศุภชัย อ่ำคา และ พรไพรินทร์ รุ่งเจริญทอง. 2555. **ผลของการขาดธาตุอาหารเสริมต่อผลผลิตและคุณภาพของพริกหวานในวัสดุปลูก**. การประชุมวิชาการแห่งชาติมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ครั้งที่ 9. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม. 1288 - 1296. หน้า

คณาจารย์ภาควิชาปลูฟิวทยา. 2541. **ปลูฟิวทยาเบื้องต้น**. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 547 หน้า.

จำนอง โสมกุล. ม.ป.ป. **เอกสารแนะนำการปลูพริก**. ศูนย์วิจัยและพัฒนาพืชผักเขตร้อน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กำแพงแสน, นครปฐม.

ชวนพิศ อรุณรังสิกุล. 2552. **พริก: พืชนำพิศวง**. งานเทคโนโลยีเมล็ดพันธุ์พืช ฝ่ายปฏิบัติการวิจัยและเรือนปลูพืชทดลอง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน: นครปฐม [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา <http://km.doae.go.th/admin/uploadfile/chil.htm> (2 สิงหาคม 2556)

ดนัย บุญเกียรติ. 2545. **คู่มือการจัดการชั้นคุณภาพผัก**. คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.

ธรรมศักดิ์ ทองเกตุ. 2553. **การปลูพืชโดยไม่ใช้ดิน**. โรงพิมพ์สำนักส่งเสริมและฝึกอบรม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, นครปฐม. 24 หน้า

นิพนธ์ ไชยมงคล. 2548. **การปลูพริกหวานหรือพริกยักษ์**. กรมส่งเสริมการเกษตร กลุ่มสื่อส่งเสริมการเกษตร สำนักพัฒนาการถ่ายทอดเทคโนโลยี, กรุงเทพฯ.

นิติภูมิ เจริญศรีสัมพันธ์. 2555. **ผลของการกระตุ้นความงอกด้วยสารเคมีต่อความงอกของเมล็ดพันธุ์พริก**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ประเสริฐ ประภานภินธุ์. 2542. การกระตุ้นการงอกของเมล็ดพริกด้วยวิธีการ **Hydropriming** และ **Osmoconditioning**. ปัญหาพิเศษปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

พีระยศ แจ่มจัน. 2546. การเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมี และคุณภาพเมล็ดในระหว่างการเร่งอายุและการใช้สารเคมีเพื่อชะลอการเสื่อมและปรับปรุงคุณภาพของเมล็ดพันธุ์พริกหวาน. วิทยานิพนธ์ปริญญาเอก มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

พจนา สีขาว, ชินานาตย์ ไกรนารถ และ บุญมี ศิริ. 2551. การเปลี่ยนแปลงคุณภาพเมล็ดพันธุ์พริกหวานหลังการกระตุ้นความงอกด้วยวิธี **seed priming**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

พจนา สีขาว และ บุญมี ศิริ. 2549. ผลของการคัดแยกโดยใช้ของเหลวและการกระตุ้นการงอกของเมล็ดเปียกด้วยสารเคมีต่างชนิดต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพเมล็ดพันธุ์พริกหวาน. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร. 37 (พิเศษ):177-180

พงษ์สันต์ สีจันทร์, ปุญญา ตระกูลยิ่งเจริญ, นภาพร วงษ์โพธิ์หอม, พิบูลย์ กังแฮ, ศุภชัย อำคา, สุชาดา กรุณา และเรีชร วิทวารากุล. 2552. สภาพธาตุอาหารพืชและปัจจัยทางดินเพื่อการฟื้นฟูทรัพยากรดินและการใช้ประโยชน์ที่ดินอย่างยั่งยืนในพื้นที่เกษตรกรรมโครงการหลวง. รายงานฉบับสมบูรณ์โครงการวิจัย 3070-3815 มุลนิธิโครงการหลวง. เชียงใหม่.

ยุพา ชันคำ. 2549. บทบาทซิลิกอนและแคลเซียมต่อการผลิตสตรอเบอร์รี่. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยแม่โจ้.

ขงยุทธ โอสดสภา. 2552. ธาตุอาหารพืช. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. 424 หน้า.

วันเพ็ญ สุขการณ์, สมศักดิ์ มณีพงศ์, และ มนตรีอิสราไกรศีล. 2551. การทดลองสารละลายสำหรับการปลูกแคนตาลูปโดยไม่ใช้ดินในภาคใต้ของประเทศไทย. ว. วิทย. กษ. 39(3) (พิเศษ) :209-212.

- วัลลภา เข้มศรี. 2555. การกระตุ้นการงอกด้วยวิธี **Hydropriming** ร่วมกับซิลิกอนในเมล็ดพันธุ์ข้าว. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- วิลาสินี รามันท์. 2547. การกระตุ้นการงอกเมล็ดพริกโดยวิธี **Hydropriming**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
- วีระ ภาคอุทัย, ธนาภรณ์ กระสวยทอง, พรทิพย์ แผงจันทร์ และไพฑูรย์ กัษมาตย์. 2554. ยุทธศาสตร์การผลิตและการตลาดพริกและผลิตภัณฑ์ประเทศไทย ระยะที่ 1 และติดตามการขยายเครือข่ายและการจัดการห่วงโซ่อุปทานพริกสดปลอดภัยจังหวัดชัยภูมิ. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย
- สุคนธ์ แสงแก้ว. 2538. ผลของวัสดุปลูกและอัตราปุ๋ยต่อการเจริญเติบโตของต้นกล้าพริกหวาน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- สุรชาติพิ์ การรักษา. 2540. อิทธิพลของความเข้มแสงที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของพริกหวาน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- สมบุญ เตชะภิญญาวัฒน์. 2538. **สรীরวิทยาพืช**. ภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 215 น.
- Basavaraja, P.K., A. Nagaraja, R.C. Jagadeesha, H.S. Yogeesha and H. Junathaiah. 1998. Effect of copper ore tailings on fruit yield and seed quality of chilli. Kanataka . **J. Agri. Sci.** 11 : 815-817.
- Basra, S.M.A., M. Farooq, A. Wahid and M.B. Khan. 2006. Rice seed invigoration by hormonal and vitamin priming. **Seed Sci. and Technol.** 34:753-758.
- Basu, R. N. and P. Pal. 1979. Physiological control of seed deterioration in rice. **India J. Agric. Sci.** 49(1): 1-6.

- Bewley, J.D. 1986. Membrane changes in seed as related to germination and the perturbations resulting from deteriorating in storage, in *Physiology of Seed Deterioration*. *Crop Sci.* 27:47.
- Bradford, K. 1990. A water relation analysis of seed germination rates. *Plant Physiol.* 94:840-849.
- Campbell, G.M. and H.D. Swingle. 1965. N-K teamwork peeps up sweet pepper yields. *Bett. Crop* 49(6) :30-32
- Demir, I. and H.A. Van de Venter. 1999. The effect of priming treatment on the performance of watermelon (*Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum. & Nakai) seeds under temperature and osmotic stress. *Seed Sci. and Technol.* 27: 871-875.
- Dhillon, N.P.S. 1995. Seed priming of male sterile muskmelon (*Cucurmis melo* L.). *Seed Sci. & Technol.* 23: 881-884.
- Epstein, E. 1972. **Mineral nutrition of plant. Principles and Perspectives** Johe Wiley & Sons, Inc., New York. 250 p.
- Erwin, J.E. and R.D. Heins. 1995. Thermomorphogenic responses in stem and leaf development. *HortScience* 30(5):940-949.
- Gill, H.S., P.C. Thakur and T.C. Thakur. 1974. Effect of nitro and phosphorus application on seed yield of sweet pepper. *Indian J. Hort.* 31(1) : 74-78.
- Goldsworthy, A., J.L. Fielding and M.B.J. Dover. 1982. Flash imbibition: a method for the re-invigoration of aged wheat seed. *Seed Sci. & Technol.*10: 55-65.
- Hewitt, E.J. and E.F. Watson. 1980. The production of micronutrient element deficiencies in plants grown in recirculated nutrient film (NFT) system. *Acta Hort.* 98:179-189.

- Hanson, J.B. 1984. The function of calcium in plant nutrition. In **Advances in Plant Nutrition** (P.B. Tinker and A. Louchli eds.) Praeger Publishers. New York. pp. 149-207.
- Harrington, J.F. 1960. Germination of seeds from carrot, lettuce and pepper plants grown under severe nutrient deficiencies. **Hilgardia** 30: 219-235.
- Havlin, J., James Beaton, S. Tisdale, and W. Nelson. 2005. **Soil Fertility and Fertilizers** 7th edition. Pearson-Prentice Hall, New Jersey.
- Hewitt, E.J. and E.F. Watson. 1980. The production of micronutrient element deficiencies in plants grown in recirculated nutrient film (NFT) system. **Acta Hort.** 98:179-189.
- Hsu S.T., P.Y Lia Huang, C.H. Hong and M.H. Leu. 2005. Effect of PEG₆₀₀₀ and KNO₃ Priming and water absorption on the water content and germination of hot pepper (*Capsicum annuum* L.) seed. Journal of National Chiayi University 76: 1-13. ISTA. 2008. **International Rule for Seed Testing. Supplement to Seed Sci and Technol.** 27:1-333.
- Huang, R., S. Sukprakarn, T. Thongket and S. Juntakool. 2002. Effect of hydropriming and redrying on the germination of triploid watermelon seeds. **Kasetsart J. (Nat. Sci.)**.36: 219-224.
- Hussain, J., and Martin L. 2005. **New Asian entrepreneurship:exploring finance and innovation**, paper presented at the 27th ISBE Conference, Blackpool, 1–3 November
- ISTA. 2013. International Rules for Seed Testing, Edition 2013. **International Seed Testing Association**. Zurich. Switzerland
- Kang, J. and J. Cho. 1996. Effect of germinability of watermelon (*Citrullus vulgaris shrad*) seed and seedling growth. Journal of Korean Society for Horticultural Science. 37: 1, 12-18; 34.

- Kubik, K.K., J.A. Eastin and K.M. Eskridge. 1988. Solid matrix priming of tomato and pepper. Proceedings of International Conference StandEst. Hortic. Crops Amer. **Soc. Hort. Sci. Lancaster**, PA, pp. 86-96.
- Liang, Y., H. Hua, Y. G. Zhu, J. Zhang, C. Cheng and V. Romheld. 2006. Importance of plant species and external silicon concentration to active silicon uptake and transport. **New Phytologist** 172 : 63-72
- Ma, J., K. Nishimura and E. Takahashi. 1989. Effect of silicon on the growth of rice plant at different growth stages. **Soil Sci. Plant Nutr.** **38(3)**: 347-356.
- Marschner, H. 2012. **Mineral nutrition of higher plants**. 3nd ed . Academic Press, New York.
- McDonald, M.B. 2000. Seed priming, pp. 287-325. In B. Michael and J.D. Bewley, eds. Seed Technology and its Biological Basis. Sheffield Academic Press, England. Gerhard, F. 2006. **The seed biology place**. Available Source: <http://www.seedbiology.de/seedtechnology.asp>, Dec. 20, 2012.
- Pestana, M., A.E. Faria , and De A. Varennes. 2004. Lime-induced iron chlorosis in fruit tree. Ed., Dris, R and S, Mohan Jain. In Production practice and quality Assessment of food crop V2. **Plant mineral nutrition and pesticide management. Springer Netherland**, 171-215 p.
- Polle, A, K Chakrabarti, S. Chakrabarti, F. Schramel and H. Rennenberg. 1992. Antioxidants and manganese deficiency in needles of Norway spruce trees. **Plant Physiology** 99: 1084-1089.
- Robert, E.H. 1972. Cytological, genetical metabolic changes associated with loss of viability, pp. 253-306. **In E.H. Robert (ed.). Viability of Seeds. Chapman and Hall**, London.

- Saleh, M.M., A.F. Abou-Hadid and A.S. El-Belteg. 1995. Sweet pepper emergence and seedling growth after seed pre-germination. **ISHS Acta Hort.** 434:335–340.
- Shifriss, C and E. Eidelman. 1983. Iron deficiency chlorosis in peppers. **J. Plant Nutri.** 6:699-704.
- Singh, K. and B.K. Srivastara. 1988. Effect of various levels of nitrogen and phosphorus on growth and yield of chilli (*Capsicum annuum* L.). **Indian J. Hort.** 45(3-4) : 319-324.
- Styer, R.C. and D.S. Koranski. 1997. **Plug and Transplant Production. A grower's Guide.** Ball Publishing, Batavia, Illinois, USA.
- Snyder, G.H., V.V. Martichenkov and L.E. Datnoff. 2007. Silicone. *In: Handbook of Plant Nutrition*, Barker, A.V. and D.J. Pilbean (Eds.). CRC Taylor and Francis, New York, USA., pp: 551-568.
- Taylor, A.G., D.E. Klein and T.H. Whitlow. 1998. SMP: solid matrix priming of seeds. **Scientia Hort.** 37: 1-11.
- Varis, S. and R. A. T. Gorge. 1985. The influence of mineral nutrition on fruit yield, seed yield and quality in tomato. **J. Hort. Sci.** 60(3): 373-376.
- Yan, L. 2008. Effect of salt stress on seed germination and seedling growth of three salinity plants. **Pakistan J. Bio. Sci.** 11:1268-1272.
- Yoshida, S. 1975. The physiology of silicon in rice. Technical Bulletin No.25. **Food and Fert Tech Centr.** Taipei, Taiwan.
- Yoshida, S, and V. Coronel. 1976. Nitrogen nutrition, leaf resistance, and leaf photosynthetic rate of the rice plant. **Soil Sci. Plant Nutr.** 22:207-211.

ประวัติการศึกษาและการทำงาน

ชื่อ-นามสกุล	นางสาวกุลินดา แทนจันทร์
วัน เดือน ปี ที่เกิด	9 มีนาคม พ.ศ. 2531
สถานที่เกิด	จังหวัดพัทลุง
ประวัติการศึกษา	วิทยาศาสตรบัณฑิต (เกษตรศาสตร์) คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม
ผลงานทางวิชาการ	1. กุลินดา แทนจันทร์, ศุภชัย อ่ำคา และ พรไพรินทร์ รุ่งเจริญทอง. 2555. ผลของการขาดจุลธาตุต่อผลผลิตและคุณภาพของพริกหวานในวัสดุปลูก, น. 1288 - 1296. ใน การประชุมวิชาการแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ครั้งที่ 9 (สาขาพืชและเทคโนโลยีชีวภาพ). ณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม. 2. กุลินดา แทนจันทร์, ชงชัย มาลา, พรไพรินทร์ รุ่งเจริญทอง และ ศุภชัย อ่ำคา. 2556. ผลของแคลเซียมชิลิเกตที่มีต่อการกระตุ้นความงอกของเมล็ดพันธุ์และการผลิตกล้าพริกหวาน, น. 2341 – 2351. ใน การประชุมวิชาการแห่งชาติมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ครั้งที่ 10 (สาขาพืชและเทคโนโลยีชีวภาพ). ณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม. 3. กุลินดา แทนจันทร์, ชงชัย มาลา, พรไพรินทร์ รุ่งเจริญทอง และ ศุภชัย อ่ำคา. 2557. การใช้ประโยชน์ของแคลเซียมชิลิเกตต่อการเจริญเติบโตและคุณภาพผลผลิตของพริกหวานในระบบไฮโดรโปนิคส์.

วารสารแก่นเกษตร 42(3) (พิเศษ): 887 – 893.

4. กุลินดา แทนจันทร์, ชงชัย มาลา, พรไพรินทร์ รุ่งเจริญทอง และ ศุภชัย อ่ำคา. 2557. ผลของปุ๋ยชิลิคอนร่วมกับการขาดธาตุเหล็กและสังกะสีของพริกหวานในระบบปลูกแบบไฮโดรโปนิคส์ต่อการเติบโตและผลผลิต, น. 2341 – 2351. ใน การประชุมวิชาการแห่งชาติมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ครั้งที่ 11 (สาขาพืชและเทคโนโลยีชีวภาพ). ณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม.

ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน

สถานที่ทำงานปัจจุบัน

ผลงานดีเด่นและรางวัลทางวิชาการ

-
-
รางวัลยอดเยี่ยม กลุ่มวิจัยด้านผัก ใน การประชุมวิชาการพืชสวนแห่งชาติครั้งที่ 13 เรื่อง การใช้ประโยชน์ของแคลเซียมชิลิเกตต่อการเจริญเติบโตและคุณภาพผลผลิตของพริกหวานในระบบไฮโดรโปนิคส์ ณ โรงแรม เซ็นทาราแอนด์คอนเวนชันเซ็นเตอร์ จังหวัดขอนแก่น

ทุนการศึกษาที่ได้รับ

ได้รับทุนผู้ช่วยสอนจากบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (พ.ศ.2555)