โครงการ

การเรียนการสอนเพื่อเสริมประสบการณ์

ชื่อโครงการ ผลของไคโทซานและกรดจิบเบอเรลลิกต่อการงอกของเมล็ดและการเติบโตของต้นกล้าพริกหวาน

Effects of chitosan and gibberellic acid on seed germination and seedling growth of bell pepper

ชื่อนิสิต นางสาวศรสวรรค์ เวทมนต์ **เลขประจำตัว** 5832146423

ภาควิชา พฤกษศาสตร์

ปีการศึกษา 2561

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของโครงงานทางวิชาการที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)

เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของโครงงานทางวิชาการที่ส่งผ่านทางคณะที่สังกัด

The abstract and full text of senior projects in Chulalongkorn University Intellectual Repository(CUIR)

are the senior project authors' files submitted through the faculty.

ผลของไคโทซานและกรดจิบเบอเรลลิกต่อการงอกของเมล็ดและการเติบโตของต้นกล้าพริกหวาน

ศรสวรรค์ เวทมนต์

วิทยาปฏิบัตินี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาพฤกษศาสตร์ ภาควิชาพฤกษศาสตร์

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2561

Effects of chitosan and gibberellic acid on seed germination and seedling growth of bell pepper

Sornsawan Vetmol

A Senior Project Submitted in Partial Fulfillment

of the Requirement for the Degree of Bachelor of Science

Botany Program, Department of Botany

Faculty of Science, Chulalongkorn University

Acadamic Year 2017

ชื่อโครงงานวิทยาศาสตร์	ผลของไคโทซานและกรดจิบเบอเรลลิกต่อการงอกของเมล็ดและการเติบโตของต้นกล้าพริกหวาน
ชื่อนิสิต	นางสาวศรสวรรค์ เวทมนต์
สาขาวิชา	พฤกษศาสตร์
ภาควิชา	พฤกษศาสตร์
อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กนกวรรณ เสรีภาพ
อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานร่วม	อาจารย์ ดร.วราลักษณ์ เกษตรานันท์
ปีการศึกษา	2561

ภาควิชาพฤกษศาสตร์อนุมัติให้โครงงานวิทยาศาสตร์นี้เป็นส่วนหนึ่งของภาคการศึกษาตามหลักสูตร ปริญญาวิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาพฤกษศาสตร์

คณะกรรมการสอบโครงงานวิทยาศาสตร์

..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กนกวรรณ เสรีภาพ)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(อาจารย์ ดร.วราลักษณ์ เกษตรานันท์)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บุญธิดา โฆษิตทรัพย์)

ลิขสิทธิ์ของภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ชื่อโครงงานวิทยาศาสตร์ ผลของไคโทซานและกรดจิบเบอเรลลิกต่อการงอกของเมล็ดและการเติบโตของต้นกล้าพริกหวาน

ชื่อนิสิต นางสาวศรสวรรค์ เวทมนต์

สาขาวิชา พฤกษศาสตร์

ภาควิชา พฤกษศาสตร์

อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กนกวรรณ เสรีภาพ

อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานร่วม อาจารย์ ดร.วราลักษณ์ เกษตรานันท์

ปีการศึกษา 2561

บทคัดย่อ

การทดลองศึกษาผลของไคโทซานและกรดจิบเบอเรลลิกต่อการงอกของเมล็ดและการเติบโตของต้นกล้าพริกหวาน โดยการแช่เมล็ดในสารละลายไคโทซานความเข้มข้น 10, 20 และ 30 ppm และสารละลาย GA_3 ความเข้มข้น 100, 150 และ 200 ppm ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส พบว่า การแช่เมล็ดพริกหวานในสารละลายไคโทซานและสารละลาย GA_3 สามารถทำให้เมล็ดพริกหวานมีการงอกมาตรฐานมากขึ้น และมีเวลาเฉลี่ยในการงอกเร็วขึ้น เมื่อเทียบกับเมล็ดที่แช่ในน้ำกลั่น (ชุดการทดลองควบคุม) โดยการแช่เมล็ดในสารละลายไคโทซานความเข้มข้น 20 ppm และสารละลาย GA_3 ความเข้มข้น 150 ppm มีแนวโน้มทำให้เมล็ดมีการงอกในห้องปฏิบัติการสูงสุด (96.00 และ 93.50% ตามลำดับ) และมีเวลาเฉลี่ยในการงอกเร็วที่สุด (8.99 และ 8.95 วัน ตามลำดับ) ในขณะที่เมล็ดที่แช่ในน้ำกลั่น (ชุดการทดลองควบคุม) มีการงอกในห้องปฏิบัติการต่ำที่สุด (83.50%) หลังจากนั้นจึงทดสองใช้สารละลายไคโทซานและสารละลาย GA_3 ความเข้มข้นดังกล่าวเร่งการงอกของเมล็ดร่วมกันโดยแช่เมล็ดที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียสต่อไป ซึ่งพบว่าการแช่เมล็ดในสารละลายไคโทซานความเข้มข้น 20 ppm + GA_3 ความเข้มข้น 150 ppm ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ส่งผลให้เมล็ดมีการงอกในสภาพโรงเรือนสูงที่สุด (92.50 %) ในขณะที่ในชุดการทดลองอื่น การแช่เมล็ดที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสส่งผลให้เมล็ดมีความงอกสูงกว่าเมล็ดที่แช่ในสารละลายที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ผลการศึกษาทั้งหมดนี้สามารถนำไปช่วยกระตุ้นการงอกของเมล็ดพันธุ์พริกหวานได้ต่อไป

Title	Effects of chitosan and gibberellic acid on seed germination and seedling growth of bell pepper
Student name	Sornsawan Vetmol
Program	Botany
Department	Botany
Advisor	Asst. Prof. Dr. Kanogwan Seraypheap
Co-advisor	Dr. Waraluk Kasettranan
Academic year	2018

Abstract

The effects of chitosan and gibberellic acid on seed germination and seedling growth of bell pepper were investigated. Bell pepper seeds were soaked in 10, 20, 30 ppm chitosan solution and 100, 150, 200 ppm GA_3 at room temperature before germination. The results revealed that all chitosan and GA_3 priming treatments enhanced seed germination and germination index when compared with control treatment. Moreover, primed seeds in 20 ppm chitosan and 150 ppm GA_3 tended to stimulate the highest seed germination percentage in laboratory (96.00 and 93.50%, respectively) and the shortest mean time to germination (germination index) (8.99 and 8.95 days, respectively) while primed seeds in water (control) showed the lowest germination percentage in laboratory (83.50%). Hence, the mixture of 20 ppm chitosan and 150 ppm GA_3 was used to further prime seeds at room temperature and 40 $^{\circ}$C. The results revealed that primed seeds in the mixture of 20 ppm chitosan and 150 ppm GA_3 at 40 $^{\circ}$C tended to show the highest germination percentage in greenhouse (92.50%) while primed seeds at room temperature in other treatments tended to show higher seed germination when compared with primed seeds at 40 $^{\circ}$C. The results of this experiments can be helpful in seed priming of bell pepper seeds.

กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กนกวรรณ เสรีภาพ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน และผู้ช่วยศาสตราจารย์ อาจารย์ ดร.วราลักษณ์ เกษตรานันท์ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานร่วม เป็นอย่างยิ่งที่ได้มอบความกรุณา ให้ความช่วยเหลือทั้งคำปรึกษา และกำลังใจตลอดระยะเวลาที่ทำโครงงานวิทยาศาสตร์ฉบับนี้ จนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บุญธิดา โฆษิตทรัพย์ กรรมการสอบที่กรุณาตรวจสอบ และแก้ไขโครงงานฉบับนี้ให้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณฟาร์มพริกหวานอารมณ์ดี ที่เอื้อเฟื้อเมล็ดพริกหวาน สำหรับทำการทดลองในโครงงานนี้

ขอขอบพระคุณภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย สำหรับทุนสนับสนุนโครงการการเรียนการสอนเพื่อเสริมประสบการณ์ ประจำปีการศึกษา 2561 รวมทั้งสถานที่ อุปกรณ์ เครื่องมือ และเคมีภัณฑ์

ขอขอบพระคุณเพื่อน ทั้งเพื่อนร่วมภาคและเพื่อนต่างคณะที่ให้กำลังใจ และความช่วยเหลือในทุกเรื่อง รวมทั้งพี่ในห้องปฏิบัติการ 305 ภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, รุ่นพี่ และรุ่นน้องทุกคนที่ให้คำปรึกษา และกำลังใจ

ขอขอบพระคุณคุณพ่อ คุณแม่ และน้องชายที่เป็นกำลังใจสำคัญ และเชื่อมั่นในตัวผู้เขียนเสมอมา

สุดท้ายนี้ ขอขอบคุณพลังใจของผู้เขียนเองที่ไม่สิ้นหวังกับการงอกของเมล็ดพริกหวานไปเสียก่อน

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
สารบัญ	ช
สารบัญตาราง	ซ
สารบัญภาพ	ฎ
บทนำ	1
วัตถุประสงค์	2
การตรวจเอกสาร	3
วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการดำเนินงาน	13
ผลการทดลอง	20
1. ผลการทดสอบหาความเข้มข้นที่เหมาะสมของสารละลายไคโทซานและกรดจิบเบอเรลลิกในการกระตุ้นการงอกของเมล็ดพริกหวาน	20
2. ผลการทดสอบหาความอุณหภูมิที่เหมาะสมในการแช่สารละลายไคโทซานและกรดจิบเบอเรลลิกในการกระตุ้นการงอกของเมล็ดพริกหวาน	27
3. ผลการการวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของใบต้นกล้าพริกหวาน	35
อภิปรายผลการทดลอง	36
เอกสารอ้างอิง	40
ภาคผนวก ก สูตรที่ใช้ในการคำนวณ	44
ภาคผนวก ข ตารางผลการวิเคราะห์สถิติ IBM SPSS Statistics version22	46
ภาคผนวก ค ตารางบันทึกข้อมูลอื่น ๆ	68

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 ผลของชนิดและความเข้มข้นของสารละลายต่อ ความงอกมาตรฐานและความงอกในสภาพโรงเรือน ของเมล็ดพันธุ์พริกหวาน 21

ตารางที่ 2 ผลของอุณหภูมิในการแช่เมล็ดพริกหวานต่อ ความงอกมาตรฐานและความงอกในสภาพโรงเรือน ของเมล็ดพันธุ์พริกหวาน 28

ตารางที่ 3 ผลการการวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของต้นกล้าพริกหวาน 35

ตารางที่ 4 แสดงค่าสถิติที่ได้จากการวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์การงอกมาตรฐาน ของเมล็ดพริกหวานในชุดการทดลองต่าง ๆ Two-way ANOVA 47

ตารางที่ 5 แสดงค่าสถิติที่ได้จากการเปรียบเทียบความแตกต่างของเปอร์เซ็นต์ การงอกมาตรฐานของเมล็ดพริกหวานในชุดการทดลองต่าง ๆ ด้วย Duncan's Multiple Range Test 48

ตารางที่ 6 แสดงค่าสถิติที่ได้จากการวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์การงอกในสภาพโรงเรือน ของเมล็ดพริกหวานในชุดการทดลองต่าง ๆ Two-way ANOVA 48

ตารางที่ 7 แสดงค่าสถิติที่ได้จากการวิเคราะห์ความเร็วเฉลี่ยในการงอกการงอก มาตรฐานของเมล็ดพริกหวานในชุดการทดลองต่าง ๆ Two-way ANOVA 49

ตารางที่ 8 แสดงค่าสถิติที่ได้จากการวิเคราะห์ความเร็วเฉลี่ยในการงอกการงอก ในสภาพโรงเรือนของเมล็ดพริกหวานในชุดการทดลองต่าง ๆ Two-way ANOVA 49

ตารางที่ 9 แสดงค่าสถิติที่ได้จากการเปรียบเทียบความแตกต่างความเร็วเฉลี่ย ในการงอกในสภาพโรงเรือนของเมล็ดพริกหวานในชุดการทดลอง ต่าง ๆ ด้วย Duncan's Multiple Range Test 50

ตารางที่ 10 แสดงค่าสถิติที่ได้จากการวิเคราะห์น้ำหนักสดของต้นกล้า พริกหวานในชุดการทดลองต่าง ๆ Two-way ANOVA 51

หน้า

ตารางที่ 11 แสดงค่าสถิติที่ได้จากการวิเคราะห์น้ำหนักแห้งของต้นกล้าพริกหวานในชุดการทดลองต่าง ๆ Two-way ANOVA 51

ตารางที่ 12 แสดงค่าสถิติที่ได้จากการวิเคราะห์ความสูงของต้นกล้าพริกหวานในชุดการทดลองต่าง ๆ Two-way ANOVA 52

ตารางที่ 13 แสดงค่าสถิติที่ได้จากการเปรียบเทียบความแตกต่างความสูงของต้นกล้าพริกหวานในชุดการทดลองต่าง ๆ ด้วย Duncan's Multiple Range Test ในชุดการทดลองต่าง ๆ Two-way ANOVA 53

ตารางที่ 14 แสดงค่าสถิติที่ได้จากการวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์การงอกมาตรฐานของเมล็ดพริกหวานในชุดการทดลองต่าง ๆ Two-way ANOVA 54

ตารางที่ 15 แสดงค่าสถิติที่ได้จากการเปรียบเทียบความแตกต่างความงอกมาตรฐานของเมล็ดพริกหวานในชุดการทดลองต่าง ๆ ด้วย Duncan's Multiple Range Test 55

ตารางที่ 16 แสดงค่าสถิติที่ได้จากการวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์การงอกในสภาพโรงเรือนของเมล็ดพริกหวานในชุดการทดลองต่าง ๆ Two-way ANOVA 56

ตารางที่ 17 แสดงค่าสถิติที่ได้จากการเปรียบเทียบความแตกต่างความงอกในสภาพโรงเรือนของเมล็ดพริกหวานในชุดการทดลองต่าง ๆ ด้วย Duncan's Multiple Range Test 57

ตารางที่ 18 แสดงค่าสถิติที่ได้จากการวิเคราะห์ความเร็วเฉลี่ยในการงอกมาตรฐานของเมล็ดพริกหวานในชุดการทดลองต่าง ๆ Two-way ANOVA 58

ตารางที่ 19 แสดงค่าสถิติที่ได้จากการเปรียบเทียบความแตกต่างความเร็วเฉลี่ยในการงอกมาตรฐานของเมล็ดพริกหวานในชุดการทดลองต่าง ๆ ด้วย Duncan's Multiple Range Test 59

ตารางที่ 20 แสดงค่าสถิติที่ได้จากการวิเคราะห์ความเร็วเฉลี่ยในสภาพโรงเรือนของเมล็ดพริกหวานในชุดการทดลองต่าง ๆ Two-way ANOVA 60

หน้า

ตารางที่ 21 แสดงค่าสถิติที่ได้จากการเปรียบเทียบความแตกต่างความเร็วเฉลี่ย ในการงอกในสภาพโรงเรือนของเมล็ดพริกหวานในชุดการทดลองต่าง ๆ ด้วย Duncan's Multiple Range Test 61

ตารางที่ 22 แสดงค่าสถิติที่ได้จากการวิเคราะห์น้ำหนักสดของต้นกล้าพริกหวาน ในชุดการทดลองต่าง ๆ Two-way ANOVA 62

ตารางที่ 23 แสดงค่าสถิติที่ได้จากการเปรียบเทียบน้ำหนักสดของต้นกล้าพริกหวาน ในการงอกในสภาพโรงเรือนของเมล็ดพริกหวานในชุดการทดลองต่าง ๆ ด้วย Duncan's Multiple Range Test 63

ตารางที่ 24 แสดงค่าสถิติที่ได้จากการวิเคราะห์น้ำหนักแห้งของต้นกล้าพริกหวาน ในชุดการทดลองต่าง ๆ Two-way ANOVA 64

ตารางที่ 25 แสดงค่าสถิติที่ได้จากการเปรียบเทียบความแตกต่างของน้ำหนักแห้ง ของต้นกล้าพริกหวานในสภาพโรงเรือนของเมล็ดพริกหวานในชุดการ ทดลองต่าง ๆ ด้วย Duncan's Multiple Range Test 65

ตารางที่ 26 แสดงค่าสถิติที่ได้จากการวิเคราะห์ความสูงของต้นกล้าพริกหวาน ในชุดการทดลองต่าง ๆ Two-way ANOVA 66

ตารางที่ 27 แสดงค่าสถิติที่ได้จากการวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของ ใบต้นกล้าพริกหวานในชุดการทดลองต่าง ๆ Two-way ANOVA 67

ตารางที่ 28 แสดงค่าสถิติที่ได้จากการเปรียบเทียบความแตกต่างค่าสถิติที่ได้ จากการวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของใบต้นกล้าพริกหวาน ในชุดการทดลองต่าง ๆ ด้วย Duncan's Multiple Range Test 67

ตารางที่ 29 ผลของชนิดและความเข้มข้นต่อความงอกมาตรฐาน และความงอกในสภาพโรงเรือนของเมล็ดพันธุ์พริกหวานที่วันที่ 7 69

ตารางที่ 30 ผลของอุณหภูมิของสารละลายต่อความงอกมาตรฐาน และความงอกในสภาพโรงเรือนของเมล็ดพันธุ์พริกหวานที่วันที่ 7 70

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 1 ระยะการดูดน้ำที่มีผลต่อกระบวนการงอกของเมล็ดโดยทั่วไป 4

ภาพที่ 2 แสดงปฏิกิริยาการทดสอบการต้านอนุมูลอิสระโดยใช้ DPPH 12

ภาพที่ 3 ผลของชนิดและความเข้มข้นของสารละลายต่อเวลาเฉลี่ย ในการงอกมาตรฐานของเมล็ดพันธุ์พริกหวาน 22

ภาพที่ 4 ผลของชนิดและความเข้มข้นของสารละลายต่อเวลาเฉลี่ย ในการงอกของเมล็ดพริกหวานในสภาพโรงเรือน 23

ภาพที่ 5 ผลของชนิดและความเข้มข้นของสารละลายต่อน้ำหนักสดของต้นกล้าพริกหวาน 24

ภาพที่ 6 ผลของชนิดและความเข้มข้นของสารละลายต่อน้ำหนักแห้งของต้นกล้าพริกหวาน 25

ภาพที่ 7 ผลของชนิดและความเข้มข้นของสารละลายต่อความสูงของต้นกล้าพริกหวาน 26

ภาพที่ 8 ผลของอุณหภูมิต่อเวลาเฉลี่ยในการงอกมาตรฐานของเมล็ดพริกหวาน 29

ภาพที่ 9 ผลของอุณหภูมิต่อเวลาเฉลี่ยในการงอกของเมล็ดพริกหวานในสภาพโรงเรือน 30

ภาพที่ 10 ผลของอุณหภูมิต่อน้ำหนักสดของต้นกล้าพริกหวาน 32

ภาพที่ 11 ผลของอุณหภูมิต่อน้ำหนักแห้งของต้นกล้าพริกหวาน 33

ภาพที่ 12 ผลของอุณหภูมิต่อความสูงของต้นกล้าพริกหวาน 34

บทนำ

ที่มาและความสำคัญ

พริกหวาน (*Capsicum annuum*) เป็นพืชวงศ์ Solanaceae และเป็นพืชเศรษฐกิจที่มีความสำคัญ มีการเพาะปลูกอย่างแพร่หลาย ได้รับความนิยมจากผู้บริโภคเพิ่มมากขึ้นทั้งในประเทศและต่างประเทศ เนื่องจากสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้หลากหลาย มีคุณค่าทางอาหารสูงและประกอบไปด้วยสารต้านอนุมูลอิสระที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย (กัณฐมณี ทู้ไพเราะ และคณะ, 2556) ในปัจจุบันการขยายพันธุ์พริกหวานสามารถทำได้โดยการใช้เมล็ดซึ่งมีหลายวิธี ได้แก่ การหว่าน หรือการหยอดเมล็ดโดยตรงในแปลงปลูก หรือการเพาะกล้าแล้วย้ายปลูกในแปลงซึ่งเป็นวิธีที่ได้รับความนิยม เพราะได้ต้นกล้าที่แข็งแรงและใช้เมล็ดพันธุ์น้อยกว่าวิธีอื่น ๆ (พิทักษ์ เทพสมบรูณ์, 2540) ดังนั้นการปลูกพริกหวานเพื่อให้ประสบความสำเร็จจึงต้องคำนึงถึงคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ซึ่งเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญ โดยเมล็ดพันธุ์จะต้องมีคุณภาพดีคือ มีความงอกสูง ตรงตามพันธุ์ (Harrington, 1972) สามารถเจริญเป็นต้นกล้าที่แข็งแรงได้ เมล็ดพันธุ์พริกหวานเป็นเมล็ดพันธุ์ที่มีมูลค่าสูง และมักมีการเสื่อมคุณภาพลงอย่างรวดเร็ว ทำให้ปัญหาที่เกษตรกรผู้ปลูกพริกหวานมักพบอยู่เสมอคืออัตราการงอกของเมล็ดต่ำ ต้นกล้าอ่อนแอตายง่าย งอกช้า และงอกไม่สม่ำเสมอ จึงทำให้เกษตรกรผลิตต้นกล้าพริกหวานได้จำนวนน้อยและให้ผลผลิตไม่เพียงพอต่อความต้องการของผู้บริโภค เพื่อให้ได้ต้นกล้าพริกหวานที่มีความแข็งแรงและมีจำนวนมาก การใช้สารชีวภาพและสารเร่งการเจริญเติบโตในการกระตุ้นการงอกของเมล็ดจึงเป็นแนวทางหนึ่งในการแก้ไขปัญหานี้

การกระตุ้นการงอกของเมล็ดก่อนปลูกเป็นวิธีที่ได้รับความสนใจมากวิธีหนึ่งที่ทำให้เมล็ดงอกได้เร็วและสม่ำเสมอมากขึ้น (Bradford, 1986) ซึ่งพบว่าไคโทซานและกรดจิบเบอเรลลิกเป็นสารที่มีผลต่อการงอกของเมล็ดและการกระตุ้นการเติบโตของพืชโดยมีรายงานว่าการกระตุ้นการงอกของเมล็ดพันธุ์พริกหวานด้วยไคโทซานความเข้มข้น 2.5 เปอร์เซ็นต์ และแช่เมล็ดที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส ทำให้เมล็ดพันธุ์มีเปอร์เซ็นต์การงอก ความเร็วในการงอกของเมล็ดเพิ่มมากขึ้น และมีความแข็งแรงมากกว่าเมล็ดพันธุ์ที่ไม่ได้ผ่านการกระตุ้นการงอกหลังจากการเร่งอายุเมล็ดพันธุ์เป็นเวลา 10 วัน (บุญมี ศิริ, อรนุช เดียมขุนทด และ พจนา สีขาว, 2556) นอกจากนี้ยังมีรายงานว่าการกระตุ้นการงอกเมล็ดพันธุ์พริกหยวกในสารละลายกรดจิบเบอเรลลิก ที่ความเข้มข้น 0.015 เปอร์เซ็นต์ ทำให้เมล็ดพริกหยวกมีความแข็งแรงมากขึ้นและมีเวลาเฉลี่ยในการงอกเร็วที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้สารละลายชนิดอื่น ๆ (นิติภูมิ เจริญศรีสัมพันธ์, 2555) อย่างไรก็ตาม การศึกษาที่ผ่านมาไม่มีการระบุ

ชนิดของไคโทซานที่ใช้ และยังไม่มีการทดลองใช้สารละลายกรดจิบเบอเรลลิกในการกระตุ้นการงอกของเมล็ดพันธุ์พริกหวาน รวมทั้งการใช้สารทั้งสองชนิดนี้ร่วมกันเพื่อกระตุ้นการงอกและการเติบโตของต้นกล้าพริกหวาน นอกจากนี้ งานวิจัยในครั้งนี้มุ่งทดลองกระตุ้นการงอกของเมล็ดพริกหวานที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียสเปรียบเทียบกับอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เนื่องจากพบว่าอุณหภูมิเป็นอีกหนึ่งปัจจัยที่ส่งผลต่อความงอกของเมล็ด โดยมีรายงานว่า การแช่เมล็ดถั่วเหลืองในน้ำที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส ช่วยลดความหนืดและเพิ่มพลังงานจลน์ของน้ำ ทำให้น้ำสามารถแพร่เข้าสู่เมล็ดได้ดี และยังช่วยกระตุ้นการทำงานของเอมไซม์ต่าง ๆ ภายในเมล็ด ทำให้เมล็ดสามารถงอกได้เร็วขึ้นและมีอัตราการงอกเพิ่มขึ้น (ชุรีพร กิ่งสุคนธ์, 2538)

เนื่องจาก ต้นกล้าพริกหวานอาจเผชิญกับปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมกับการเติบโตของต้นกล้า เช่น อุณหภูมิที่สูงเกินไปอาจทำให้พืชเกิดความเครียดในหลายรูปแบบ ซึ่งความเครียดรูปแบบหนึ่งที่พบบ่อยคือ oxidative stress ทำให้พืชสูญเสียภาวะธำรงดุล (homeostasis) และมีปริมาณ reactive oxygen species (ROSs) หรือ อนุมูลอิสระ (free radical) เช่น superoxide anion และ hydrogen peroxide (H_2O_2) สะสมเป็นปริมาณมาก สารเหล่านี้สามารถสร้างความเสียหายต่อระบบต่าง ๆ ภายในเซลล์ของพืชอย่างรุนแรง พืชจึงมีกลไกการตอบสนองต่อภาวะนี้โดยการเร่งสลาย ROSs โดยการสร้างสารต้านอนุมูลอิสระเพื่อเข้าจับหรือทำลายสารอนุมูลอิสระ ดังนั้นการที่พืชมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่มากขึ้นจะส่งผลให้พืชสามารถต้านทานสภาวะความเครียดและเติบโตได้อย่างเป็นปกติ (Cheruth et al., 2009) โดยมีรายงานว่าการแช่เมล็ดโหระพาในสารละลายไคโทซานก่อนนำไปเพาะปลูกทำให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลและสารประกอบเทอร์พีนเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับการเช่เมล็ดโหระพาในน้ำ (Kim et al., 2005)

ดังนั้น การศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อหาชนิดของสาร ความเข้มข้น และอุณหภูมิที่เหมาะสมที่ใช้ในการแช่สารที่สามารถกระตุ้นการงอกของเมล็ดพริกหวาน ได้แก่ ไคโทซานและกรดจิบเบอเรลลิก รวมทั้งศึกษาผลของสารดังกล่าวต่อการเติบโตของต้นกล้าพริกหวานและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ โดยผลการศึกษาในครั้งนี้จะเป็นแนวทางให้เกษตรกรสามารถนำไปใช้ในการเพิ่มจำนวนต้นกล้าพริกหวานได้อย่างมีประสิทธิภาพต่อไป

วัตถุประสงค์

ศึกษาผลของไคโทซานและกรดจิบเบอเรลลิกต่อการงอกของเมล็ดและการเติบโตของต้นกล้าพริกหวาน

การตรวจเอกสาร

1. พริกหวาน

พริกหวาน (*Capsicum annuum* L.) เป็นพืชวงศ์ Solanaceae ซึ่งเป็นพืชวงศ์เดียวกับมะเขือ มะเขือเทศ มันฝรั่ง และยาสูบ ในทางการค้าส่วนใหญ่นิยมปลูกเป็นพืชฤดูเดียว มีถิ่นกำเนิดในอเมริกากลาง ได้แก่ ประเทศเม็กซิโก และประเทศใกล้เคียง (นิพนธ์ ไชยมงคล, 2548)

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

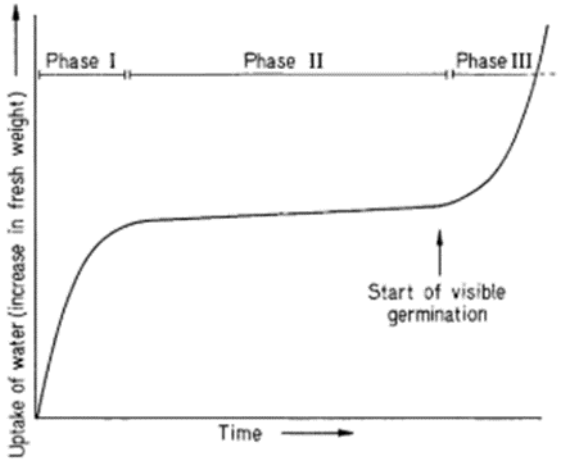
ราก เป็นระบบรากแก้ว เจริญในแนวดิ่งลึก 90-120 เซนติเมตร รากแขนงจะแผ่กว้างออกด้านข้างประมาณ 90 เซนติเมตร เป็นไม้พุ่ม ซึ่งในระยะแรกจะเจริญเป็นลำต้นเดี่ยว จากนั้นจะแตกกิ่งแบบ dichotomous ในแนวตั้งออกเป็นสองกิ่ง และกิ่งแขนงจะเจริญเป็นอีกสองกิ่ง ไปเรื่อย ๆ ทำให้จำนวนกิ่งเพิ่มขึ้นตลอดฤดูกาลเติบโต และผลผลิตจะขึ้นอยู่กับจำนวนกิ่งและจำนวนผลต่อต้น ในระยะแรกที่กิ่งเจริญเป็นกิ่งอ่อน ต่อจากนั้นจะเปลี่ยนเป็นกิ่งที่แข็ง เมื่อแก่เปราะและหักง่าย โดยทั่วไปมักสูง 0.5 – 1.5 เมตร เป็นพืชใบเลี้ยงคู่ ใบเดี่ยวมีขนาดใหญ่ เจริญสลับกัน เมื่อใบเจริญ 9-11 ใบ ดอกแรกจะเจริญ ดอกมีลักษณะเป็นดอกเดี่ยว สมบูรณ์เพศ ประกอบด้วยกลีบดอก 5 กลีบ ส่วนใหญ่มีสีขาวแต่บางพันธุ์มีสีม่วง เกสรตัวผู้ 5 อันแยกกัน อับละอองเกสรมีสีม่วง ยอดเกสรตัวเมียงบางพันธุ์จะอยู่สูงกว่าอับละอองเกสร (นิพนธ์ ไชยมงคล, 2548)

การงอกของเมล็ด

การงอกของเมล็ด เป็นการเริ่มต้นการเจริญ หรือกลับเข้าสู่สภาพการเจริญครั้งใหม่ โดยการงอกของเมล็ดจะเริ่มต้นเมื่อเมล็ดได้รับปัจจัยที่เหมาะสม ซึ่งเริ่มต้นตั้งแต่การดูดน้ำ (imbibition) และสิ้นสุดที่การยืดตัวของต้นอ่อน โดยปกติจะเป็นการยืดตัวของรากแรกเกิด (radical) ในระหว่างการงอกมีกระบวนการต่าง ๆ เกิดขึ้น ได้แก่ การเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างภายในเซลล์ การหายใจ การสังเคราะห์สารโมเลกุลใหญ่ และการยืดตัวของเซลล์ โดยกระบวนการทั้งหมดที่กล่าวมานั้นต่างมีผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงภายในเมล็ด ที่อยู่ในภาวะเงียบ (resting or quiescent embryo) ให้เปลี่ยนแปลงกลายเป็นต้นอ่อนที่มีกระบวนการสร้างและสลายสูง จนกระทั่งมีการเจริญเติบโตปรากฏให้เห็น โดยกระบวนการต่าง ๆ ที่ก่อให้เกิดการงอกของเมล็ดพันธุ์มีรายละเอียดดังนี้ (วันชัย จันทร์ประเสริฐ, 2553)

1. การดูดน้ำของเมล็ด

น้ำเป็นหนึ่งในปัจจัยที่สำคัญต่อการงอกของเมล็ด เนื่องจากน้ำช่วยเพิ่มอัตราการสร้างและสลายต่าง ๆ ที่จำเป็นต่อการงอก ดังนั้นการดูดน้ำของเมล็ดจึงเป็นกระบวนการแรกที่เกิดขึ้นเมื่อเมล็ดได้รับน้ำหรือความชื้น ในระยะแรกโมเลกุลของน้ำจะเข้าสู่เมล็ดโดยการแพร่ (diffusion) แรงจากการดูดน้ำของเมล็ดในระยะนี้เรียกว่า imbibitional force แรงดูดน้ำดังกล่าวจะลดลงเมื่อเมล็ดดูดน้ำเข้าไปมากขึ้น หลังจากนั้นเมล็ดจึงมีการดูดน้ำผ่านกระบวนการออสโมซิส (osmosis) และเรียกแรงดูดน้ำนี้ว่า osmotic force ซึ่งมีผลต่อความชื้นสุดท้ายของเมล็ดขณะสิ้นสุด hydration phase ซึ่งโดยทั่วไปค่าความชื้นในระยะนี้จะแตกต่างกันตามชนิดของพืช ซึ่งอาจแปรผันในช่วง 30-60 เปอร์เซ็นต์ Bewley and Black (1978) ได้อธิบายความสัมพันธ์ของน้ำกับกระบวนการงอกไว้ดัง ภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ระยะการดูดน้ำที่มีผลต่อกระบวนการงอกของเมล็ดโดยทั่วไป

ที่มา : Bewley and Black (1978)

ระยะที่ 1 เป็นระยะที่เมล็ดมีการขยายขนาดใหญ่ขึ้น เพราะมีการดูดซึมน้ำเข้าไปภายในเมล็ด ซึ่งระยะนี้จะเกิดขึ้นได้อย่างรวดเร็ว การดูดน้ำเริ่มแรกในระยะนี้เป็นผลมาจาก matric force ของผนังเซลล์และเซลล์อื่น ๆ ภายในเมล็ด ซึ่งจะเกิดขึ้นได้ทั้งในเมล็ดที่มีการพักตัว เมล็ดที่มีชีวิต และเมล็ดที่ไม่มีชีวิต

ระยะที่ 2 เป็นระยะ “lag phase” ในระยะนี้เมล็ดจะดูดน้ำจนกว่าค่าความต่างศักย์ของน้ำภายในเมล็ดจะสมดุลกับค่าความต่างศักย์ของน้ำจากสภาพแวดล้อม การดูดน้ำในระยะนี้จะใช้

เวลานานกว่าในระยะที่ 1 และในระยะนี้จะมีกระบวนการสร้างและสลายเกิดขึ้น เช่น การสังเคราะห์กรดนิวคลีอิก และเอนไซม์ต่าง ๆ มีการย่อยสลายสารโมเลกุลใหญ่ให้กลายเป็นสารโมเลกุลเล็ก เพื่อเคลื่อนย้ายไปยังจุดต่าง ๆ ที่มีการเจริญ

ระยะที่ 3 เป็นระยะที่เชื่อมต่อกับระยะที่ 2 แต่ระยะนี้จะใช้เวลาน้อยกว่าระยะที่ 2 และเป็นระยะที่เมล็ดเกิดการงอก ซึ่งสามารถมองเห็นการงอกของเมล็ดได้ด้วยตาเปล่า โดยเมล็ดจะมีการแทงทะลุของปลายรากผ่านเปลือกหุ้มเมล็ดออกมา และหลังจากนั้นเมล็ดจะมีการเติบโตต่อไป ซึ่งเมล็ดที่ตายและมีการพักตัวจะไม่สามารถเข้าสู่ระยะนี้ได้

ช่วงเวลาในการดูดน้ำแต่ละระยะขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง เช่น ชนิดของเมล็ดพืช ความสามารถในการดูดซึมน้ำของเปลือกหุ้มเมล็ด ขนาดของเมล็ด และการดูดออกซิเจน ซึ่งโดยทั่วไปการดูดน้ำในระยะที่ 1 มักใช้เวลาสั้นที่สุด ส่วนในระยะที่ 2 อาจใช้เวลายาวนานหลายชั่วโมงหรืออาจนานเป็นวัน และทั้งสองระยะนี้อาจถูกยืดเวลาออกไปอีกในเมล็ดที่มีการพักตัว (วันชัย จันทร์ประเสริฐ, 2553)

2. การย่อยสลายสารอาหารและการหายใจ (digestion and respiration)

หลังจากที่น้ำเข้าสู่เมล็ดอย่างเพียงพอแล้วน้ำจะทำหน้าที่ในการกระตุ้นการทำงานขององค์ประกอบต่าง ๆ และเอนไซม์ที่ทำหน้าที่ในการกระบวนการย่อยสลายอาหารสะสมที่สะสมอยู่ภายในเมล็ด เช่น การย่อยสลายโปรตีนให้กลายเป็นกรดอะมิโน และการย่อยสลายแป้งให้กลายเป็นซูโครสแล้วได้พลังงานออกมา ซึ่งพลังงานเหล่านี้จะถูกใช้ในการเคลื่อนย้ายสารอาหารและใช้ในการงอกต่อไป (วันชัย จันทร์ประเสริฐ, 2553)

3. การเคลื่อนย้ายและขนส่งอาหาร (food mobilization and transportation)

อาหารสะสมที่ถูกย่อยนั้นจะถูกทำให้อยู่ในรูปของสารที่สามารถละลายน้ำได้ (soluble) และสามารถเคลื่อนย้ายได้ (transported form) ซึ่งจะถูกเคลื่อนย้ายผ่านน้ำไปในจุดที่มีการเจริญ และหลังจากนั้นจะมีการสังเคราะห์สารประกอบขึ้นมาใหม่สำหรับใช้ในการเจริญเติบโตของต้นอ่อนต่อไป (วันชัย จันทร์ประเสริฐ, 2553)

4. **กระบวนการสร้างและสลาย** (metabolism)

เมื่อต้นอ่อนภายในเมล็ดได้รับพลังงานจากการสลายโมเลกุลของอาหารสะสมและธาตุอาหารต่าง ๆ จากดิน ต้นอ่อนจะเริ่มมีการสร้างหรือการสังเคราะห์อาหาร และสารประกอบต่าง ๆ ขึ้นมาใหม่เพื่อใช้สำหรับการเจริญเติบโตต่อไป (วันชัย จันทร์ประเสริฐ, 2553)

5. **การเจริญเติบโต** (resumption of growth)

ส่วนของต้นอ่อนจะเกิดการยืดตัว (intrusion) เนื่องจากการแบ่งเซลล์และการยืดตัวของเซลล์ (cell division and elongation) โดยทั่วไปส่วนที่ปรากฏให้เห็นก่อนจะเป็นส่วนของรากอ่อน (radicle) ซึ่งจะโผล่ออกมาจากเปลือกหุ้มเมล็ดผ่านช่องไมโครพายล์ (micropyle) แล้วดันให้เปลือกหุ้มเมล็ดแตกออก และหลังจากนั้นจึงมีการเจริญของยอดอ่อนจนเป็นต้นกล้าที่พร้อมที่จะเจริญเติบโตเป็นต้นพืชที่แข็งแรงต่อไป (วันชัย จันทร์ประเสริฐ, 2553)

ปัจจัยที่เหมาะสมต่อการงอกของเมล็ด

เมล็ดจะยังไม่มีกระบวนการงอกหากอยู่ในสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะต่อการงอก ซึ่งเป็นกลไกที่เรียกว่าการพักตัว (dormancy) ในระยะนี้พืชจะอยู่ในภาวะเงียบ (quiescent state) เพื่อป้องกันอันตรายจากสภาวะแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมและทำให้พืชสามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ (Bareke, 2018) ในสภาวะนี้เมล็ดจะยังมีชีวิตอยู่ เป็นระยะเวลานานนับปี โดยอาจไม่มีกระบวนการสร้างและสลายเกิดขึ้นเลย และสามารถกลับมามีกระบวนการสร้างและสลายได้อีกครั้งเมื่อได้รับปัจจัยที่เหมาะสม (วันชัย จันทร์ประเสริฐ, 2553) โดยปัจจัยที่มีผลต่อการงอกของเมล็ดมี ดังนี้

1. **น้ำหรือความชื้น**

น้ำเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้เปลือกหุ้มเมล็ดอ่อนลง ทำให้ออกซิเจนสามารถผ่านเข้าไปในเมล็ดได้สะดวกขึ้น และทำให้เมล็ดมีการหายใจเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ น้ำยังทำหน้าที่เป็นตัวทำละลาย ทำให้กิจกรรมทางชีวเคมีต่าง ๆ ภายในเมล็ดที่เคยหยุดนิ่งหรือเกิดขึ้นช้า ๆ นั้นมีกิจกรรม และมีอัตราเร็วที่เพิ่มขึ้น เช่น การย่อยสารโมเลกุลใหญ่ให้กลายเป็นสารโมเลกุลเล็กทำให้สะดวกต่อการเคลื่อนย้ายและการนำไปใช้ในการสร้างพลังงาน สำหรับการเติบโตและการดำรงชีวิตอีกทั้งพืชยัง

ใช้น้ำในการเคลื่อนย้ายสารอาหารต่าง ๆ ที่เมล็ดเก็บสะสมไว้ให้ถูกนำไปใช้อย่างรวดเร็วยิ่งขึ้น ซึ่งโดยทั่วไปความชื้นประมาณ 30-60 เปอร์เซ็นต์เป็นค่าความชื้นที่เหมาะสมในการงอกของเมล็ดพืช (วันชัย จันทร์ประเสริฐ, 2553)

2. อุณหภูมิ

อุณหภูมิเป็นปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณน้ำในดิน ความชื้น และกิจกรรมทางชีวเคมีภายในเมล็ด อุณหภูมิของดินจะมีความแตกต่างกันในระหว่างวันและในแต่ละวัน ซึ่งจะแปรผันตามฤดูกาล โครงสร้างของดิน ชั้นของดิน สีของดิน และละติจูด (Marshall, Holmes, and Rose, 1996) โดยกระบวนการงอกของเมล็ดจะเกิดขึ้นเมื่อสภาพแวดล้อมมีอุณหภูมิที่เหมาะสม ซึ่งเมล็ดพืชแต่ละชนิดจะมีช่วงของอุณภูมิที่เหมาะต่อการงอกและการเจริญเติบโตแตกต่างกัน (Kigel, 1995) โดยอุณหภูมิสามารถแบ่งได้ 4 ระดับ ดังนี้

2.1 อุณหภูมิที่เหมาะสม (optimum temperature) คือ อุณหภูมิที่เมล็ดงอกได้เร็วที่สุดและมีการงอกสูงที่สุด ซึ่งอุณหภูมิที่เหมาะต่อการงอกของเมล็ดพืชทั่วไปอยู่ระหว่าง 15-35 องศาเซลเซียส โดยเมล็ดพริกจะงอกได้ดีที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส (ISTA, 2010)

2.2 อุณหภูมิต่ำสุด (minimum temperature) คือ อุณภูมิที่ต่ำที่สุดที่เมล็ดจะสามารถงอกได้แต่งอกช้า ซึ่งเมล็ดจะไม่สามารถงอกได้ถ้าหากอุณหภูมิต่ำกว่านี้

2.3 อุณหภูมิสูงสุด (maximum temperature) คือ อุณภูมิสูงที่สุดที่เมล็ดจะสามารถงอกได้แต่งอกช้า และถ้าหากอุณหภูมิสูงกว่านี้เมล็ดจะได้รับอัตรายและไม่มาสามารถงอกได้ โดยทั่วไปเมล็ดที่มีองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นโปรตีนจะมีระดับอุณภูมิสูงสุดในการงอกต่ำกว่าเมล็ดที่มีแป้งและน้ำตาลเป็นองค์ประกอบส่วนใหญ่ ตามลำดับ

2.4 อุณหภูมิที่ทำให้เมล็ดตาย (lethal temperature) คือ ระดับอุณหภูมิที่สูงกว่าอุณหภูมิสูงสุด ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่เมล็ดไม่สามารถงอกได้

3. อากาศ

3.1 ออกซิเจนมีผลต่อกระบวนการทางชีวเคมีภายในเมล็ด เมล็ดใช้ออกซิเจนในการหายใจเพื่อย่อยสลายอาหารสะสมให้ได้พลังงานสำหรับใช้ในการงอก (Meyer and Poljakoff-Mayber, 1989)

โดยทั่วไปปริมาณออกซิเจนในบรรยากาศที่เหมาะสมต่อการงอกอยู่ที่ประมาณ 20 เปอร์เซ็นต์ และเมล็ดจะมีอัตราการงอกเพิ่มมากขึ้นเมื่อมีออกซิเจนในบรรยากาศมากขึ้น

3.2 คาร์บอนไดออกไซด์ คาร์บอนไดออกไซด์ที่ความเข้มข้นต่ำในอากาศจะช่วยในการกระตุ้นกระบวนการงอกของเมล็ด ในบางครั้งอาจมีผลเมื่อใช้ร่วมกับเอทิลีน (Corbineau and Come, 1995)

4. แสง

แสงเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญต่อการงอกของเมล็ดพืชบางชนิด เช่น พริก มะเขือ มะเขือเทศ ยาสูบ ผักกาดหอม ผักโขม ปอกระเจา เป็นต้น (จวงจันทร์ ดวงพัตรา, 2529) แสงมีผลต่อการกระตุ้น หรือยับยั้งการงอกของเมล็ดหลังจากที่เมล็ดมีการดูดน้ำ และแสงสุดท้ายที่เมล็ดได้รับนั้นจะมีผลต่อการกระตุ้นหรือยับยั้งการงอกของเมล็ดการงอกของเมล็ด โดยหากเมล็ดได้รับแสงสีแดง (red light) ที่ความยาวคลื่น 660 นาโนเมตร เป็นแสงสุดท้ายที่เมล็ดได้รับ จะสามารถกระตุ้นให้เมล็ดงอกได้ เนื่องจากแสงสีแดงชักนำให้เกิดการสังเคราะห์จิบเบอเรลลิน (gibberellin) ขึ้นภายในเมล็ดหลังจากนั้นจิบเบอเรลลินจะไปกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ต่าง ๆ เช่น α- และ ß-amylase ผ่านชั้น aleurone layer ทำให้สามารถกระตุ้นการงอกของเมล็ดและทำลายการพักตัวของเมล็ดได้ และถ้าหากเมล็ดได้รับแสง far-red light ความยาวคลื่น 730 นาโนเมตร ซึ่งจะมีผลทำให้ไฟโทโครม (phytochrome) เปลี่ยนรูปจาก Pfr ไปเป็น Pr ซึ่งเป็นรูปที่ไม่แอคทีฟของไฟโทโครม ทำให้มีผลยังยั้งการงอกของเมล็ด และเมล็ดจึงยังคงพักตัว (ชยพร แอคะรัจน์, 2546)

กรดจิบเบอเรลลิก (Gibberellic acid; GA_3)

กรดจิบเบอเรลลิกเป็นฮอร์โมนพืชในกลุ่มจิบเบอเรลลิน (gibberellin) เป็นสารกลุ่มไอโซพรีนอยด์ (isoprenoid) ที่มีโครงสร้างหลักเป็น ent-gibberellane ปัจจุบันพบว่าจิบเบอเรลลินมีมากกว่า 100 ชนิด พบทั้งในเชื้อราและในพืชชั้นสูง จิบเบอเรลลินแต่ละชนิดแตกต่างกันที่ตำแหน่งของพันธะคู่ และหมู่ไฮดรอกซิล (hydroxyl; OH)

ผลของกรดจิบเบอเรลลิกต่อการงอกของเมล็ด

กรดจิบเบอเรลลิกสามารถกระตุ้นการงอกของเมล็ด หรือทำลายการพักตัวของเมล็ดได้ (Desai, Kotecha, and Salunkhe, 1997) โดยสารละลาย GA_3 จะช่วยกระตุ้นกิจกรรมการทำงานของเอนไซม์ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการงอกของเมล็ดบริเวณชั้น aleurone layer เช่น **α**- และ ß- amylase และทำให้เกิดกระบวนการย่อยสลายสารโมเลกุลใหญ่ให้กลายเป็นสารโมเลกุลเล็ก ซึ่งสะดวกต่อการเคลื่อนย้ายและการนำไปสร้างพลังงานสำหรับการงอก (ชยพร แอคะรัจน์, 2546) โดยมีรายงานว่าการกระตุ้นการงอกเมล็ดพันธุ์พริกหยวกในสารละลายกรดจิบเบอเรลลิก ที่ความเข้มข้น 0.015 เปอร์เซ็นต์ ทำให้เมล็ดพริกหยวกมีความแข็งแรงมากขึ้นและมีเวลาเฉลี่ยในการงอกเร็วที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้สารละลายชนิดอื่น ๆ (นิติภูมิ เจริญศรีสัมพันธ์, 2555) นอกจากนี้การแช่เมล็ดพริกในสารละลาย GA_3 ความเข้มข้น 3 mM มีผลทำให้เมล็ดมีการงอกสูงถึง 79 เปอร์เซ็นต์ ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ได้กระตุ้นการงอกซึ่งมีการงอกเพียง 1 เปอร์เซ็นต์ (Carter, 1998)

ไคโทซาน (chitosan)

ไคโทซานเป็นอนุพันธ์ของไคทิน โดยไคทินเป็นสารอินทรีย์ที่สกัดได้จากเปลือกกุ้ง กระดองปู ผนังเซลล์ของสาหร่าย เห็ด รา และยีสต์ เป็นต้น เนื่องจากไคตินเป็นพอลอเมอร์สายยาวที่ไร้ประจุ (non-electrolytic polymer) ทำให้ไคตินไม่สามารถละลายน้ำ ซึ่งหากนำไคทินมาทำปฏิกิริยากำจัดหมู่อะซิทิล (deacetylation) ด้วยด่างเข้มข้น จะทำให้โครงสร้างของไคทินบางส่วนเปลี่ยนไปและได้ไคโทซานซึ่งมีสมบัติทางกายภาพและทางเคมีเป็นพอลิเมอร์สายยาวที่มีประจุบวก ไคโทซานสามารถละลายได้ในกรดอินทรีย์ เช่น กรดแอซิติก กรดแลกติก และกรดฟอร์มิก เป็นต้น (จิราภรณ์ สุขุมาวาสี, 2544)

ผลของไคโทซานต่อการงอกของเมล็ด

ไคโทซานมีคุณสมบัติสำคัญคือ การเป็น elicitor กระตุ้นให้พืชสร้างเอนไซม์บางชนิดที่เกี่ยวข้องกับการสร้าง secondary metabolites บางตัว ซึ่งส่งผลให้พืชสร้างภูมิคุ้มกัน (immune) เพิ่มขึ้นเมื่อพืชอยู่ในสภาพวิกฤต (Ganesh et al., 2002) ไคโทซานเป็นสารไบโอพอลิเมอร์ที่ช่วย

กระตุ้นการงอกและความแข็งแรงของพืชหลายชนิด (Hidalgo et al., 1996) โดยมีรายงานว่าการกระตุ้นการงอกของเมล็ดพันธุ์พริกหวานด้วยไคโทซานความเข้มข้น 2.5 เปอร์เซ็นต์ ที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส ทำให้เมล็ดพันธุ์มีเปอร์เซ็นต์การงอก ความเร็วในการงอกของเมล็ดเพิ่มมากขึ้น และมีความแข็งแรงมากกว่าเมล็ดพันธุ์ที่ไม่ได้ผ่านการกระตุ้นการงอกหลังจากการเร่งอายุเมล็ดพันธุ์เป็นเวลา 10 วัน (บุญมี ศิริ, อรนุช เดียมขุนทด และ พจนา สีขาว, 2556) นอกจากนั้นยังมีรายงานว่า การกระตุ้นความงอกด้วยไคโทซานจะช่วยลดเวลาในการงอกของเมล็ด และเพิ่มความยาวของต้นและราก (Guan, Wang, and Sho, 2009)

ภาวะ oxidative stress

ภาวะ oxidative stress เป็นภาวะที่ทำให้พืชสูญเสียภาวะธำรงดุล (homeostasis) และมีปริมาณอนุมูลอิสระ (free radical) เพิ่มมากขึ้น อนุมูลอิสระคืออะตอมหรือโมเลกุลของสารที่สูญเสียอิเล็กตรอนเดี่ยว หรือมีอิเล็กตรอนเดี่ยวเพิ่มขึ้นทำให้อะตอมหรือโมเลกุลของสารมีอิเล็กตรอนเดี่ยว 1 อิเล็กตรอนหรือมากกว่า อาจเป็นประจุลบ บวก หรือเป็นกลางก็ได้ โดยปกติโมเลกุลจะเสถียรหรือสมดุลเมื่ออิเล็กตรอนอยู่เป็นคู่ แต่ในบางครั้งอาจเกิดเหตุการณ์ที่โมเลกุลสูญเสียอิเล็กตรอนหนึ่งไป ทำให้ขาดคู่อิเล็กตรอน โมเลกุลนั้นจึงไปดึงเอาอิเล็กตรอนจากอะตอมหรือโมเลกุลอื่นมาเข้าคู่เพื่อให้โมเลกุลเกิดความเสถียรมากขึ้น และทำให้อะตอมหรือโมเลกุลที่ถูกดึงอิเล็กตรอนขาดอิเล็กตรอน เกิดเป็นอนุมูลอิสระและไปดึงเอาอิเล็กตรอนจากตะออมหรือโมเลกุลใกล้เคียงต่อ ทำให้เกิดปฏิกิริยาลูกโซ่ (นวลศรี รักอริยธรรม และ อัญชนา เจนวิถีสุข, 2546) ปรากฏการณ์นี้สามารถเกิดขึ้นได้เมื่อพืชได้รับปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมกับการเจริญเติบโต ทำให้พืชเกิดความเครียดในหลายรูปแบบซึ่งความเครียดรูปแบบหนึ่งที่พบบ่อยคือ oxidative stress

oxidative stress นี้สามารถเกิดขึ้นได้กับกับทุกโมเลกุลที่เป็นองค์ประกอบของเซลล์ เช่น ดีเอ็นเอ และ โปรตีนทำให้เกิดความเสียหายต่อระบบต่าง ๆ ภายในเซลล์ของพืชอย่างรุนแรง ส่งผลให้พืชไม่สามารถเติบโตได้ หรือมีการเติบโตที่ผิดปกติ ตัวอย่างของอนุมูลอิสระเช่น superoxide anion radical (O2•) และ ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (hydrogen peroxide; H_2O_2) เป็นต้น (Cheruth et al., 2009)

สารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidants)

สารต้านอนุมูลอิสระคือสารที่ทำหน้าที่ในการยับยั้งหรือชะลอการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันซึ่งเป็นปฏิกิริยาเคมีที่ทำให้เกิดอนุมูลอิสระ ซึ่งในที่นี้รวมถึงสารที่สามารถยับยั้งและควบคุมอนุมูลอิสระไม่ให้ไปกระตุ้นการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันด้วย ตัวอย่างสารต้านอนุมูลอิสระเช่น กรดอะมิโน (amino acid) วิตามินซี (ascorbic acid) และฟลาโวนอยด์ (Flavonoids) โดยทั่วไปสารต้านอนุมูลอิสระสามารถแบ่งเป็น 5 ประเภทใหญ่ๆ ดังนี้

1. primary antioxidant สารส่วนใหญ่ในกลุ่มนี้ ได้แก่ สารประกอบฟีนอลิก (phenolic compounds) ทำหน้าที่หยุดปฏิกิริยาลูกโซ่ของการเกิดอนุมูลอิสระในปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน นอกจากนี้ยังรวมถึงสารโทโคฟีรอลธรรมชาติและสังเคราะห์ (natural and synthesis tocopherol) เช่น alkyl gallate, BHA, BHT, TBHQ และสารอื่น ๆ ซึ่งสารในกลุ่มดังกล่าวทำหน้าที่เป็นตัวให้อิเล็กตรอน

2. oxygen scavenger สารในกลุ่มนี้จะช่วยกำจัดออกซิเจนในระบบปิดได้ โดยการเข้าทำปฏิกิริยากับออกซิเจน ตัวอย่างของสารในกลุ่มนี้ได้แก่ วิตามินซี เป็นต้น

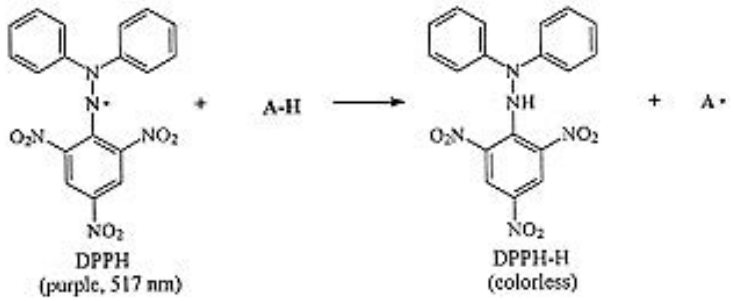
3. secondary antioxidant สารในกลุ่มนี้ทำหน้าที่สลายโมเลกุลของ lipid hydroperoxide ให้เป็นสารที่มีความเสถียร ตัวอย่างสารในกลุ่มนี้ได้แก่ dilauryl thiopropionate และ thiopropionic acid

4. enzymic antioxidant สารในกลุ่มนี้ได้แก่ เอนไซม์ต่าง ๆ ซึ่งแบ่งเป็น primary antioxidant enzyme และ secondary antioxidant enzyme ซึ่งสารในกลุ่มนี้ทำหน้าที่กำจัดออกซิเจนหรืออนุพันธ์ของออกซิเจนโดยเฉพาะ H_2O_2

5. chelating agent หรือ sequestrant สารในกลุ่มนี้ทำหน้าที่จับกับไอออนของโลหะ เช่น สารประกอบเชิงเดี่ยวที่ไม่เสถียร ตัวอย่างของสารกลุ่มนี้ได้แก่ กรดซิตริก กรดอะมิโน เป็นต้น (อัญชนา เจนวิถีสุข, 2544)

การทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ

วิธีในการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระมีด้วยกันหลายวิธี ซึ่งวิธีที่ได้รับความนิยมและมีการใช้อย่างแพร่หลายคือ วิธี DPPH free radical scavenging assay โดยในการทดสอบนี้จะใช้ 1,1-diphenyl-2-picryhydrazyl (DPPH) ซึ่งเป็นอนุมูลอิสระที่เสถียรและสามารถรับอิเล็กตรอนจากโมเลกุลอื่นได้ โดยสารละลาย DPPH เป็นสารละลายที่มีสีม่วงในรูปอนุมูล เมื่อทำปฏิกิริยากับสารต้านอนุมูลอิสระ ในระยะเวลาที่กำหนดสารละลายจะมีการเปลี่ยนแปลงสีจากม่วงเป็นเหลือง และเมื่อวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร พบว่าความสามารถในการดูดกลืนแสงของสารละลายลดลง ซึ่งเป็นการบอกถึงความสามารถของสารต้านอนุมูลอิสระในการต้านอนุมูลอิสระ (กัลยาณี วัฒนธีรางกูร, 2551) ดังภาพที่ 2



Scheme 1 - Structure of DPPH before and after reaction with antioxidant (AH)

ภาพที่ 2 แสดงปฏิกิริยาการทดสอบการต้านอนุมูลอิสระโดยใช้ DPPH
ที่มา : (Halliwell and Gutteridge, 1989)

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีดำเนินงาน

วัสดุ อุปกรณ์ และพืชทดลอง

เมล็ดพริกหวานอินทรีย์ (สวนพริกหวานอารมณ์ดี จังหวัดเชียงใหม่)

เมล็ดพริกหวาน พันธุ์ทันเดอร์ ตราสามเอ (บริษัทฉั่วย่งเซ้งพันธุ์พืช จำกัด)

วัสดุปลูกพีทมอส ตราคลาสแมน (บริษัทวาย.วี.พี.อินเตอร์เทรด จำกัด)

ถาดหลุมสำหรับเพาะเมล็ด

กระดาษเพาะเมล็ด

จานทดลองสำหรับเพาะเมล็ด

เครื่องชั่ง 3 ตำแหน่ง

ตู้อบ

เครื่องหมุนเหวี่ยง

Water bath

Microplate readers (Molecular devices, USA)

Micropipette ขนาด 200 ไมโครลิตร

Micropipette ขนาด 1000 ไมโครลิตร

สารเคมี

สารเคมีสำหรับแช่เมล็ด

0.004 M acetic acid

1000 ppm chitosan O-80

3000 ppm gibberellic acid (GA_3)

สารเคมีในการวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของต้นกล้าพริกหวาน

80% ethanol

1-diphenyl-2picrylhydrazyl (DPPH)

วิธีการดำเนินงาน

การทดลองที่ 1 การหาความเข้มข้นที่เหมาะสมของสารละลายไคโทซานและกรดจิบเบอเรลลิกในการกระตุ้นการงอกของเมล็ดพริกหวาน

1. เตรียมเมล็ดพริกหวานก่อนเพาะโดยนำเมล็ดพริกหวานอินทรีย์แช่ในน้ำกลั่น กรดแอซิติกความเข้มข้น 0.004 M สารละลายไคโทซาน O-80 ความเข้มข้น 10 20 และ 40 ppm สารละลายกรดจิบเบอเรลลิก (GA_3) ความเข้มข้น 150 200 และ 250 ppm และแช่เมล็ดพริกหวานตราสามเอในน้ำกลั่น แช่เมล็ดทั้งหมดที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24 ชั่วโมง รวม 9 ชุดการทดลอง โดยวางแผนการทดลองแบบ CRD จำนวน 4 ซ้ำ ซ้ำละ 50 เมล็ด ดังนี้

ชุดการทดลองที่ 1 แช่เมล็ดในน้ำกลั่น (ชุดควบคุม)
ชุดการทดลองที่ 2 แช่เมล็ดอินทรีย์ในกรดแอซิติกความเข้มข้น 0.004 M (ชุดควบคุม)
ชุดการทดลองที่ 3 แช่เมล็ดอินทรีย์ในสารละลายไคโทซาน O-80 ความเข้มข้น 10 ppm
ชุดการทดลองที่ 4 แช่เมล็ดอินทรีย์ในสารละลายไคโทซาน O-80 ความเข้มข้น 20 ppm
ชุดการทดลองที่ 5 แช่เมล็ดอินทรีย์ในสารละลายไคโทซาน O-80 ความเข้มข้น 40 ppm
ชุดการทดลองที่ 6 แช่เมล็ดอินทรีย์ในสารละลายกรดจิบเบอเรลลิก (GA_3) ความเข้มข้น 150 ppm
ชุดการทดลองที่ 7 แช่เมล็ดอินทรีย์ในสารละลายกรดจิบเบอเรลลิก (GA_3) ความเข้มข้น 200 ppm
ชุดการทดลองที่ 8 แช่เมล็ดอินทรีย์ในสารละลายกรดจิบเบอเรลลิก (GA_3) ความเข้มข้น 250 ppm

ชุดการทดลองที่ 9 แช่เมล็ดตราสามเอในน้ำกลั่น

2. เพาะเมล็ดพริกหวานที่ผ่านการแช่สารละลายต่าง ๆ ดังข้อ 1 บันทึกผลการงอกและการเติบโตของต้นกล้า ดังนี้

2.1 ความงอกมาตรฐาน (standard germination)

ทดสอบความงอกด้วยวิธีการเพาะเมล็ดที่แช่สารละลายต่าง ๆ ไว้แล้วบนกระดาษแบบ Top of Paper ทั้ง 9 ชุดการทดลอง ชุดการทดลองละ 4 ซ้ำ ซ้ำละ 50 เมล็ด นำไปเพาะที่ห้องควบคุมแสงและอุณหภูมิ 24 องศาเซลเซียส นับครั้งแรก (first count) ในวันที่ 7 หลังจากเพาะเมล็ด และนับครั้งสุดท้าย (final count) ในวันที่ 14 หลังจากเพาะเมล็ด ตรวจนับต้นอ่อนปกติ ต้นอ่อนผิดปกติ เมล็ดสดไม่งอก และเมล็ดตาย ตามหลักการประเมินความงอกของ International Seed Testing Association (ISTA, 2010) จากนั้นคำนวณความงอกของเมล็ดพันธุ์เป็นเปอร์เซ็นต์

$$\text{ความงอก (\%)} = \frac{\text{จำนวนต้นอ่อนปกติที่งอก} \times 100}{\text{จำนวนเมล็ดที่เพาะ}}$$

2.2 ความงอกในสภาพโรงเรือน (greenhouse germination)

ทดสอบความงอกโดยนำเมล็ดที่แช่สารละลายต่าง ๆ ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ทั้ง 9 ชุดการทดลอง ชุดการทดลองละ 4 ซ้ำ ซ้ำละ 50 เมล็ด มาเพาะในโรงเรือน โดยใช้ถาดหลุมพลาสติกและพีทมอสเป็นวัสดุปลูก หลังจากนั้นตรวจนับต้นอ่อนปกติโดยนับครั้งแรก (first count) ในวันที่ 7 หลังจากเพาะเมล็ด และนับครั้งสุดท้าย (final count) ในวันที่ 14 หลังจากเพาะเมล็ด จากนั้นคำนวณความงอกของเมล็ดพันธุ์เป็นเปอร์เซ็นต์

$$\text{ความงอก (\%)} = \frac{\text{จำนวนต้นอ่อนปกติที่งอก} \times 100}{\text{จำนวนเมล็ดที่เพาะ}}$$

2.3 เวลาเฉลี่ยในการงอก (mean germination time; MGT)

เพาะเมล็ดเช่นเดียวกับการทดสอบความงอกของเมล็ด ตรวจนับจำนวนต้นอ่อนปกติที่งอกทุกวัน หลังเพาะเมล็ดเป็นเวลา 14 วัน จากนั้นคำนวณเวลาเฉลี่ยในการงอก (Ellis and Roberts, 1980)

$$\text{เวลาเฉลี่ยในการงอก} = \frac{(G_1 \times D_1) + (G_2 \times D_2) + \ldots + (G_n \times D_n)}{\text{จำนวนต้นอ่อนทั้งหมดที่งอกปกติ}}$$

$G_{1, 2, \ldots, n}$ คือจำนวนต้นอ่อนปกติที่งอกวันที่ 1, 2, …, n (n=14)

$D_{1, 2, \ldots, n}$ คือจำนวนวันที่ 1, 2, …, n (n=14) นับหลังจากวันเพาะเมล็ด

2.4 การเติบโตของต้นกล้า

2.4.1 ความสูงของต้นกล้า วัดความสูงจากตำแหน่งส่วนโคนบริเวณรอยต่อกับส่วนราก จนถึง ปลายยอดของต้นเมื่อต้นกล้าอายุ 14 วัน หลังเพาะเมล็ด

2.4.2 น้ำหนักสดและแห้งของต้นและราก โดยใช้เครื่องชั่งทศนิยม 3 ตำแหน่ง ชั่งน้ำหนักของต้น และรากก่อนอบ หลังจากนั้นนำต้นกล้าและรากไปให้แห้งที่อุณภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็น เวลา 2 วัน ชั่งน้ำหนักต้นกล้าและรากหลังอบ เมื่อต้นกล้าอายุ 14 วัน หลังเพาะเมล็ด

การทดลองที่ 2 การหาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการแช่สารละลายไคโทซานและกรดจิบเบอเรลลิกในการกระตุ้นการงอกของเมล็ดพริกหวาน

1. เตรียมเมล็ดสำหรับเพาะโดยแช่เมล็ดพริกหวานอินทรีย์ในน้ำกลั่น กรดแอซิติกความเข้มข้น 0.004 M สารละลายไคโทซาน O-80 สารละลายกรดจิบเบอเรลลิก (GA_3) ความเข้มข้นที่ดีที่สุดจากการทดลองที่ 1 และแช่เมล็ดพริกหวานตราสามเอในน้ำกลั่น ที่อุณหภูมิ

25 องศาเซลเซียสและอุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24 ชั่วโมง รวม 11 ชุดการทดลอง โดยวางแผนการทดลองแบบ CRD จำนวน 4 ซ้ำ ซ้ำละ 50 เมล็ด ดังนี้

ชุดการทดลองที่ 1 แช่เมล็ดอินทรีย์ในน้ำกลั่น ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส (ชุดควบคุม)

ชุดการทดลองที่ 2 แช่เมล็ดอินทรีย์ในน้ำกลั่น ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส (ชุดควบคุม)

ชุดการทดลองที่ 3 แช่เมล็ดอินทรีย์ในกรดแอซิติกความเข้มข้น 0.004 M ที่อุณภูหมิห้อง (ชุดควบคุม)

ชุดการทดลองที่ 4 แช่เมล็ดอินทรีย์ในกรดแอซิติกความเข้มข้น 0.004 M ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส (ชุดควบคุม)

ชุดการทดลองที่ 5 แช่เมล็ดอินทรีย์ในสารละลายไคโทซานความเข้มข้นที่ดีที่สุดจากการทดลองที่ 1 ที่ อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

ชุดการทดลองที่ 6 แช่เมล็ดอินทรีย์ในสารละลายไคโทซานความเข้มข้นที่ดีที่สุดจากการทดลองที่ 1 ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส

ชุดการทดลองที่ 7 แช่เมล็ดอินทรีย์ในสารละลาย GA_3 ความเข้มข้นที่ดีที่สุดจากการทดลองที่ 1 ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

ชุดการทดลองที่ 8 แช่เมล็ดอินทรีย์ในสารละลาย GA_3 ความเข้มข้นที่ดีที่สุดจากการทดลองที่ 1 ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส

ชุดการทดลองที่ 9 แช่เมล็ดอินทรีย์ในสารละลายไคโทซานความเข้มข้นที่ดีที่สุดจากการทดลองที่ 1 + สารละลาย GA_3 ความเข้มข้น ที่ดีที่สุดจากการทดลองที่ 1 ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

ชุดการทดลองที่ 10 แช่เมล็ดตราสามเอในสารละลาย GA_3 ความเข้มข้นที่ดีที่สุดจากการทดลองที่ 1 ที่ อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

ชุดการทดลองที่ 11 แช่เมล็ดตราสามเอในสารละลาย GA_3 ความเข้มข้นที่ดีที่สุดจากการทดลองที่ 1 ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

2. เพาะเมล็ดพริกหวานที่ผ่านการแช่สารละลายต่าง ๆ ดังข้อ 1 บันทึกผลการงอกและการเติบโต ของต้นกล้า ดังนี้

2.1 ความงอกมาตรฐาน ตามวิธีในข้อ 2.1 (การทดลองที่ 1)

2.2 ความงอกในสภาพโรงเรือน ตามวิธีในข้อ 2.2 (การทดลองที่ 1)

2.3 เวลาเฉลี่ยในการงอก ตามวิธีในข้อ 2.3 (การทดลองที่ 1)

2.4 การเติบโตของต้นกล้า

2.4.1 ความสูงของต้นกล้า ตามวิธีในข้อ 2.4.1 (การทดลองที่ 1)

2.4.2 น้ำหนักสดและแห้งของต้นและราก ตามวิธีในข้อ 2.4.2 (การทดลองที่ 1)

การทดลองที่ 3 การวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของต้นกล้าพริกหวาน

1. เตรียมเมล็ดสำหรับเพาะโดยแช่เมล็ดพริกหวานอินทรีย์ในน้ำกลั่นและสารละลายความเข้มข้นที่ดีที่สุด ที่อุณหภูมิที่กระตุ้นการงอกได้ดีที่สุดจากข้อ 2 เป็นเวลา 24 ชั่วโมง รวม 3 ชุดการทดลอง โดยวางแผนการทดลองแบบ CRD จำนวน 4 ซ้ำ ซ้ำละ 50 เมล็ด ดังนี้

ชุดการทดลองที่ 1 แช่เมล็ดอินทรีย์ในน้ำกลั่นที่อุณหภูมิที่กระตุ้นการงอกได้ดีที่สุดจากข้อ 2 (ชุดควบคุม)

ชุดการทดลองที่ 2 แช่เมล็ดอินทรีย์ในสารละลายและอุณหภูมิที่กระตุ้นการงอกได้ดีที่สุดจากข้อ 2

ชุดการทดลองที่ 3 แช่เมล็ดพันธุ์ทางการค้าในสารละลายและอุณหภูมิที่กระตุ้นการงอกได้ดีที่สุด จากข้อ 2

2. นำเมล็ดที่แช่น้ำกลั่นและสารละลายและอุณหภูมิที่กระตุ้นการงอกได้ดีที่สุดจากข้อ 2 จากชุดการทดลองที่ 1 และ2 มาเพาะในโรงเรือน โดยใช้ถาดหลุมพลาสติกและพีทมอสเป็นวัสดุปลูก ทำการทดลองแบบ CRD ทั้งหมด 4 ซ้ำ ซ้ำละ 50 เมล็ด หลังจากนั้น วิเคราะห์

ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี 1-diphenyl-2picrylhydrazyl (DPPH) (Choi et al., 2006) ตามขั้นตอนดังนี้

2.1 การเตรียมสารสกัดจากต้นกล้าพริกหวาน

เก็บตัวอย่างใบของต้นกล้าพริกหวานเมื่อต้นกล้าพริกหวานมีใบแท้ 1 คู่ บดใบของต้นกล้า 0.25 กรัม ในไนโตรเจนเหลว แล้วละลายในเอทานอล 80% (v/v) 1 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันเป็นเวลา 1 นาที หลังจากนั้น นำไปปั่นเหวี่ยงที่ 9000xg เป็นเวลา 10 นาที ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส แยกส่วนสารสกัดใบพริกหวานเพื่อนำไปวิเคราะห์ต่อไป

3.2 การวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ

วิเคราะห์โดยวิธี DPPH assay ที่ดัดแปลงจากวิธีของ Choi et al. (2006) โดยนำสารสกัดใบต้นกล้าพริกหวาน 25 ไมโครลิตร และสารละลาย DPPH ความเข้มข้น 0.2 mmol/L 175 ไมโครลิตร เขย่าให้เข้ากันและนำสารละลายที่ได้ไปตั้งทิ้งไว้ในที่มืดเป็นเวลา 10 นาที หลังจากนั้นนำมาวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 515 นาโนเมตร โดยมีเอทานอลที่ปราศจาก DPPH radical สารละลายมาตรฐานเป็นชุดควบคุม ทดสอบตัวอย่างละ 3 ครั้ง หลังจากนั้น คำนวณหาร้อยละของฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (Choi et al., 2006) ดังนี้

$$\% \text{ Inhibition} = \frac{\text{Absorbance (control)} - \text{Absorbance (sample)}}{\text{Absorbance (control)}} \times 100$$

การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

วิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance) ตามแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) วิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่มด้วย Duncan's Multiple Range Test (DMRT) โดยใช้โปรแกรมวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้โปรแกรม SPSS 17.0 (IBM Corp., USA)

ผลการทดลอง

1. ผลการทดสอบหาความเข้มข้นที่เหมาะสมของสารละลายไคโทซานและกรดจิบเบอเรลลิกใน การกระตุ้นการงอกของเมล็ดพริกหวาน

1.1ความงอกมารตฐาน (standard germination)

จากผลการทดลองเปรียบเทียบความงอกของเมล็ดพันธุ์พริกหวานในการแช่สารละลายไคโทซานและกรดจิบเบอเรลลิกที่ความเข้มข้นต่าง ๆ (ตารางที่ 1) แสดงให้เห็นว่าค่าความงอกมาตรฐานในทุก ๆ ชุดการทดลองแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ความเชื่อมั่น 95% เมื่อนำผลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวน (One-Way ANOVA) โดยการแช่เมล็ดพันธุ์พริกหวานในสารละลายไคโทซานที่ความเข้มข้น 20 ppm มีผลทำให้ความงอกในห้องปฏิบัติการมีค่าสูงที่สุดคือ 96.00 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือเมล็ดที่แช่ด้วยสารละลายไคโทซานความเข้มข้น 10 ppm โดยมีความงอกมาตรฐานเท่ากับ 95.00 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และพบว่าเมล็ดพริกหวานที่แช่ในสารละลายกรดจิบเบอเรลลิกความเข้มข้น 150 ppm เมล็ดพันธุ์ทางการค้า ไคโทซานความเข้มข้น 40 ppm และ สารละลายกรดจิบเบอเรลลิกที่ความเข้มข้น 200 ppm ทั้ง 4 ชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่เมล็ดที่แช่ด้วยน้ำมีความงอกต่ำที่สุดคือ 83.50 เปอร์เซ็นต์

1.2 ความงอกในสภาพโรงเรือน (greenhouse germination)

จากผลการทดลองเปรียบเทียบความงอกในสภาพโรงเรือนของเมล็ดพันธุ์พริกหวานในการแช่สารละลายไคโทซานและกรดจิบเบอเรลลิกที่ความเข้มข้นต่าง ๆ (ตารางที่ 1) เมื่อนำผลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวน (One-Way ANOVA) พบว่าค่าความงอกมาตรฐานในทุก ๆ ชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 1 ผลของชนิดและความเข้มข้นของสารละลายต่อความงอกมาตรฐานและความงอกในสภาพโรงเรือนของเมล็ดพันธุ์พริกหวาน

ชุดการทดลอง	ความงอกมาตรฐาน (เปอร์เซ็นต์)	ความงอกในสภาพโรงเรือน (เปอร์เซ็นต์)
Water	$83.50^{d} \pm 3.40$	65.00 ± 3.70
Acetic acid 0.004 M	$89.50^{bcd} \pm 1.89$	61.50 ± 4.27
Chitosan 10 ppm	$95.00^{ab} \pm 0.58$	63.50 ± 10.18
Chitosan 20 ppm	$96.00^{c} \pm 0.82$	80.50 ± 4.79
Chitosan 40 ppm	$92.00^{abc} \pm 1.63$	61.50 ± 7.93
GA_3 150 ppm	$93.50^{abc} \pm 1.50$	69.00 ± 10.41
GA_3 200 ppm	$90.50^{abc} \pm 2.87$	69.00 ± 10.79
GA_3 250 ppm	$87.50^{cd} \pm 2.06$	79.00 ± 6.76
Commercial seeds	$93.00^{abc} \pm 1.73$	50.50 ± 2.63
F-test	*	ns

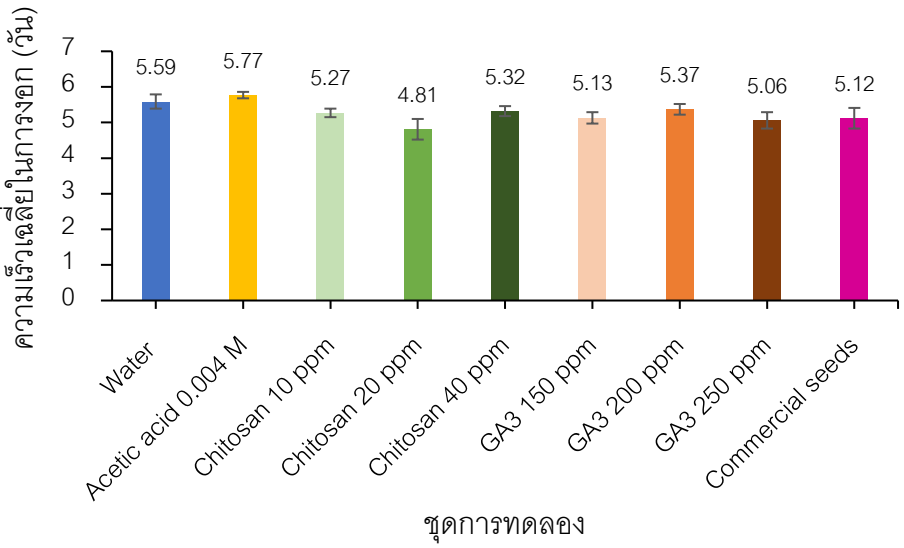
หมายเหตุ ตัวอักษรที่แสดงกันตามแนวตั้ง
แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) จากการวิเคราะห์โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test
* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์
ns ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

1.3 เวลาเฉลี่ยในการงอก (Mean germination time; MGT)

1.3.1 เวลาเฉลี่ยในการงอกมาตรฐาน

จากการทดสอบผลของชนิดและความเข้มข้นของสารละลายต่อเวลาเฉลี่ยในการงอกมาตรฐาน (ภาพที่ 3) พบว่า แต่เมื่อนำผลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวน (One-Way ANOVA)

พบว่าเวลาเฉลี่ยในการงอกมาตรฐานทุก ๆ ชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ความเชื่อมั่น 95%

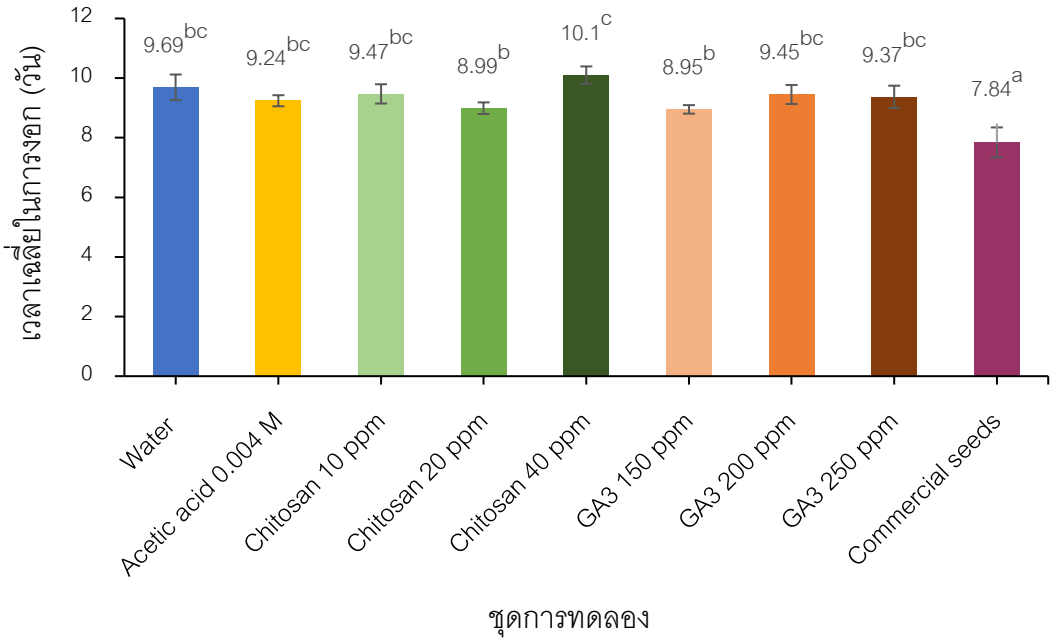


ภาพที่ 3 ผลของชนิดและความเข้มข้นของสารละลายต่อเวลาเฉลี่ยในการงอกมาตรฐานของเมล็ดพันธุ์พริกหวาน

1.3.2 เวลาเฉลี่ยในการงอกในสภาพโรงเรือน

จากการศึกษาผลของชนิดและความเข้มข้นของสารละลายต่อเวลาเฉลี่ยในการงอกในสภาพโรงเรือนของเมล็ดพริกหวาน (ภาพที่ 4) แสดงให้เห็นว่า เมล็ดพันธุ์ทางการค้ามีเวลาเฉลี่ยในการงอกในสภาพโรงเรือนเร็วที่สุด คือ 7.84 วัน รองลงมาคือเมล็ดที่แช่ในสารละลายกรดจิเบอเรลลิกความเข้มข้น 150 ppm และสารละลายไคโทซานความเข้มข้น 20 ppm โดยมีเวลาเฉลี่ยในการงอกในสภาพโรงเรือนคือ 8.95 และ 8.99 วัน ตามลำดับ ซึ่งไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับ เมล็ดที่แช่ในน้ำ กรดแอซิติก 0.004 M สารละลายไคโทซานความเข้มข้น 10 ppm สารละลายกรดจิบเบอเรลลิกความเข้มข้น 200 และ 250 ppm ในขณะที่เมล็ดที่แช่ในสารละลายไคโทซานความเข้มข้น 40 ppm มีเวลาเฉลี่ยในการงอกในสภาพโรงเรือนช้าที่สุด เท่ากับ 10.1 วัน ตามลำดับ เมื่อนำผลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวน (One-Way ANOVA) พบว่าเวลาเฉลี่ยใน

สภาพโรงเรือนทุก ๆ ชุดการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ความเชื่อมั่น 95%



หมายเหตุ ตัวอักษรที่แสดงบอกถึงความแตกต่างทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95% จากการวิเคราะห์โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test

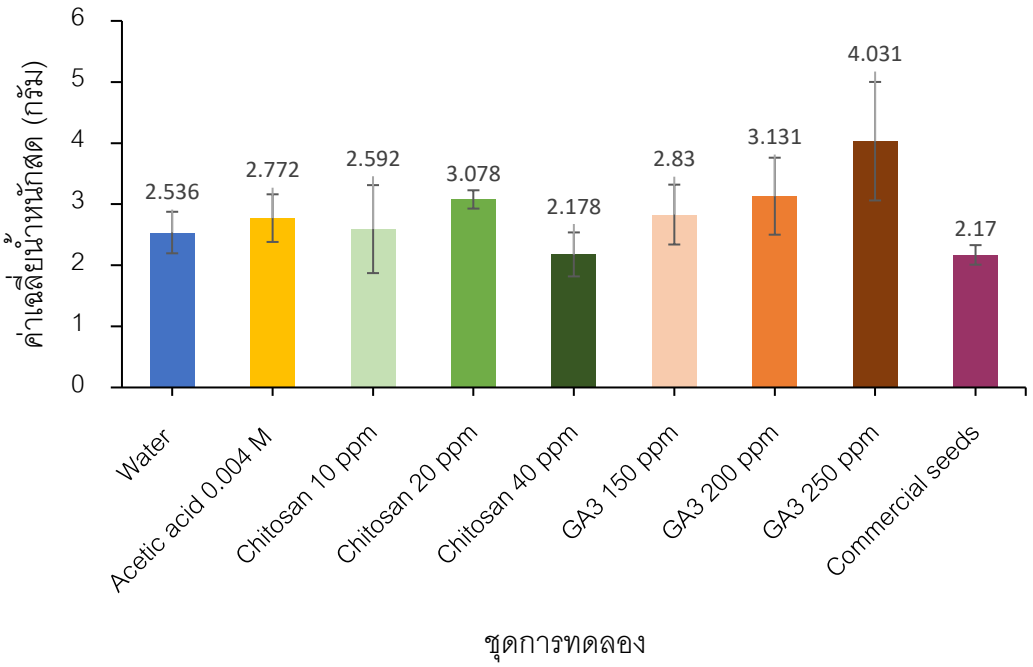
ภาพที่ 4 ผลของชนิดและความเข้มข้นของสารละลายต่อเวลาเฉลี่ยในการงอกของเมล็ดพริกหวานในสภาพโรงเรือน

1.4 การเติบโตของต้นกล้า

1.4.1 น้ำหนักสดของต้นกล้าพริกหวาน

จากการศึกษาผลของชนิดและความเข้มข้นของสารละลายต่อน้ำหนักสดของต้นกล้าพริกหวานที่ปลูกเป็นเวลา 14 วัน (ภาพที่ 5) เมื่อนำผลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวน (One-Way

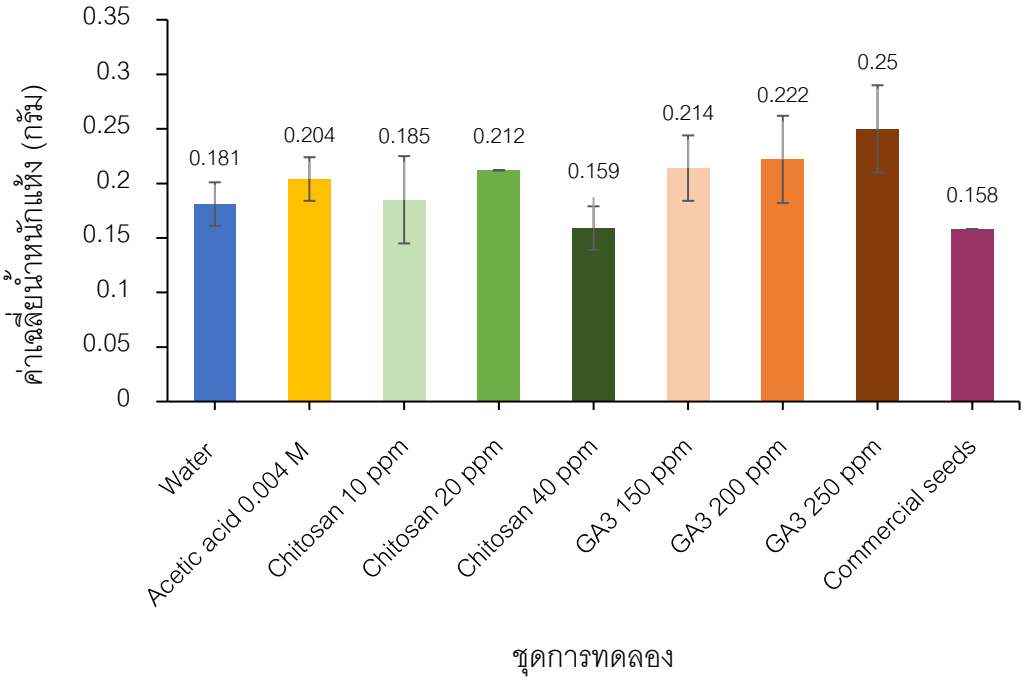
ANOVA) พบว่าเวลาเฉลี่ยในสภาพโรงเรือนทุก ๆ ชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ความเชื่อมั่น 95%



ภาพที่ 5 ผลของชนิดและความเข้มข้นของสารละลายต่อน้ำหนักสดของต้นกล้าพริกหวาน

1.4.2 น้ำหนักแห้งของต้นกล้า

จากการศึกษาผลของชนิดและความเข้มข้นของสารละลายต่อน้ำหนักแห้งของต้นกล้าพริกหวานที่ปลูกเป็นเวลา 14 วัน (ภาพที่6) เมื่อนำผลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวน (One-Way ANOVA) พบว่าเวลาเฉลี่ยในสภาพโรงเรือนทุก ๆ ชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ความเชื่อมั่น 95%



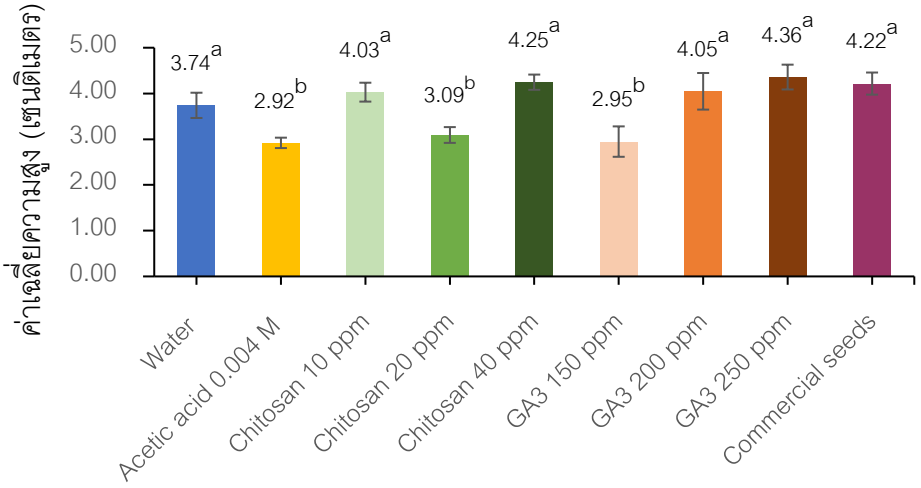
ภาพที่ 6 ผลของชนิดและความเข้มข้นของสารละลายต่อน้ำหนักแห้งของต้นกล้าพริกหวาน

1.4.2 ความสูงของต้นกล้า

1.4.2 ความสูงของต้นกล้า

จากการศึกษาผลของอุณหภูมิในการแช่เมล็ดพริกหวานต่อความสูงของต้นกล้าพริกหวานที่ปลูกเป็นเวลา 14 วัน (ภาพที่ 7) พบว่าเวลาเฉลี่ยในสภาพโรงเรือนทุก ๆ ชุดการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ความเชื่อมั่น 95% เมื่อนำผลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวน (One-Way ANOVA) โดยสามารถแบ่งได้เป็น 2 กลุ่มคือ ต้นกล้าของเมล็ดพริกหวานที่แช่ในน้ำ สารละลายไคโทซานความเข้มข้น 10 และ 40 ppm สารละลายกรดจิบเบอเรลลิกความเข้มข้น 200 และ 250 ppm และ เมล็ดพริกพันธุ์ทางการค้า ทำให้ต้นกล้าพริกหวานมีค่าเฉลี่ยความสูงในช่วง 3.74 – 4.36 เซนติเมตร ซึ่งสูงกว่าในกลุ่มที่ 2 คือ เมล็ดพริกหวานที่แช่ในสารละลายแอซิ

ติก 0.004 M ไคโทซานความเข้มข้น 20 ppm และกรดจิบเบอเรลลิกความเข้มข้น 150 ppm ซึ่งมีค่าเฉลี่ยความสูงในช่วง 2.92 – 3.09 เซนติเมตร



หมายเหตุ ตัวอักษรที่แสดงบอกถึงความแตกต่างทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95% จากการวิเคราะห์โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test

ภาพที่ 7 ผลของชนิดและความเข้มข้นของสารละลายต่อความสูงของต้นกล้าพริกหวาน

ดังนั้นการแช่เมล็ดพริกหวานในสารละลายความกรดจิบเบอเรลลิกเข้มข้น 150 ppm และสารละลายไคโทซานความเข้มข้น 20 ppm ทำให้เมล็ดพริกหวานมีความงอกสูงที่สุด และใช้เวลาเฉลี่ยในการงอกเร็วที่สุด จึงเป็นความเข้มข้นที่เหมาะสมที่จะสามารถนำไปใช้ในการทดลองที่ 2 ต่อไป

2. ผลการทดสอบหาความอุณหภูมิที่เหมาะสมในการแช่สารละลายไคโทซานและกรดจิบเบอเรลลิกในการกระตุ้นการงอกของเมล็ดพริกหวาน

2.1 ความงอกมาตรฐาน (Standard germination)

จากการศึกษาผลของอุณหภูมิในการแช่เมล็ดพริกหวานต่อความงอกของเมล็ด (ตารางที่ 2) พบว่าความงอกมาตรฐานในทุก ๆ ชุดการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95% เมื่อนำผลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวน (One-Way ANOVA)

โดยที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เมล็ดที่แช่ในสารละลายไคโทซานความเข้มข้น 20 ppm และ สารละลายไคโทซานความเข้มข้น 20 ppm ร่วมกับ สารละลาย GA_3 ความเข้มข้น 150 ppm มีความงอกมาตรฐานสูงที่สุด โดยมีความงอกมาตรฐานเท่ากับ 87.50 และ 86.50 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับเมล็ดที่แช่ในน้ำ สารละลายกรดแอซิติก 0.004 M และ เมล็ดที่แช่ในสารละลายกรดจิบเบอเรลลิกความเข้มข้น 150 ppmและมีความงอกสูงกว่าเมล็ดพันธุ์ทางการค้า

เมื่อพิจารณาที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส พบว่า เมล็ดที่แช่ในสารละลายกรดแอซิติกความเข้มข้น 0.004 M มีความงอกมาตรฐานเท่ากับ 62.00 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งความงอกมาตรฐานลดลงอย่างมากเมื่อเปรียบเทียบกับที่ 25 องศาเซลเซียส ในขณะที่เมล็ดที่แช่ในสารละลายกรดจิบเบอเรลลิกความเข้มข้น 150 ppm เมล็ดยังคงมีความงอกไม่แตกต่างจากที่อุณภูมิ 25 องศาเซลเซียส โดยมีความงอกมาตรฐานเท่ากับ 84.50 เปอร์เซ็นต์

2.2 ความงอกในสภาพโรงเรือน (Greenhouse germination)

จากการศึกษาผลของอุณหภูมิในการแช่เมล็ดพริกหวานต่อความงอกของเมล็ด (ตารางที่ 2) พบว่าเวลาเฉลี่ยในสภาพโรงเรือนทุก ๆ ชุดการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ความเชื่อมั่น 95% เมื่อนำผลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวน (One-Way ANOVA)

โดยที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เมล็ดพันธุ์ทางการค้า และเมล็ดที่แช่ในสารละลายกรดจิบเบอเรลลิกความเข้มข้น 150 ppm มีความงอกสูงที่สุดซึ่งมีค่าเท่ากันคือ 91.00 เปอร์เซ็นต์

เมื่อพิจารณาที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส พบว่าที่เมล็ดที่แช่ใน สารละลายไคโทซานความเข้มข้น 20 ppm ร่วมกับสารละลายกรดจิบเบอเรลลิกความเข้มข้น 150 ppm มีความงอก

สูงขึ้น คือ 92.50 เปอร์เซ็นต์ เมล็ดที่แช่ในสารละลายไคโทซานความเข้มข้น 20 ppm และกรดจิบเบอเรลลิกความเข้มข้น 150 ppm มีความงอกไม่ต่างจากอุณภูมิ 25 องศาเซลเซียส คือ 83.00 และ 90.00 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่เมล็ดเมล็ดพันธุ์ทางการค้ามีความงอกที่ต่ำลงคือ 83.50 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 2 ผลของอุณหภูมิในการแช่เมล็ดพริกหวานต่อความงอกมาตรฐานและความงอกในสภาพโรงเรือนของเมล็ดพันธุ์พริกหวาน

ชุดการทดลอง	ความงอกมาตรฐาน (เปอร์เซ็นต์)		ความงอกในสภาพโรงเรือน (เปอร์เซ็นต์)	
	25 °C	40 °C	25 °C	40 °C
Water	$80.50^{abc} \pm 2.36$	$64.50^{de} \pm 7.27$	$84.00^{ab} \pm 7.07$	$68.50^{bc} \pm 10.44$
Acetic acid 0.004 M	$81.00^{ab} \pm 4.80$	$62.00^{e} \pm 3.92$	$76.50^{ab} \pm 10.31$	$48.50^{c} \pm 5.06$
Chitosan 20 ppm	$87.50^{a} \pm 3.86$	$68.50^{cde} \pm 1.71$	$89.50^{ab} \pm 5.25$	$83.00^{ab} \pm 9.68$
GA_3 150 ppm	$85.00^{ab} \pm 1.91$	$84.50^{ab} \pm 1.71$	$91.00^{a} \pm 3.51$	$90.00^{ab} \pm 3.92$
Chitosan 20 ppm + GA_3 150 ppm	$86.50^{a} \pm 1.89$	$78.00^{abcd} \pm 4.55$	$88.50^{ab} \pm 2.63$	$92.50^{a} \pm 3.86$
Commercial seeds	$73.50^{bcde} \pm 3.30$	$66.50^{de} \pm 5.32$	$91.00^{a} \pm 3.42$	$83.50^{ab} \pm 6.95$
F-test	*	*	*	*

หมายเหตุ ตัวอักษรที่แตกต่างกันตามแนวตั้ง แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) จากการวิเคราะห์โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test

* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

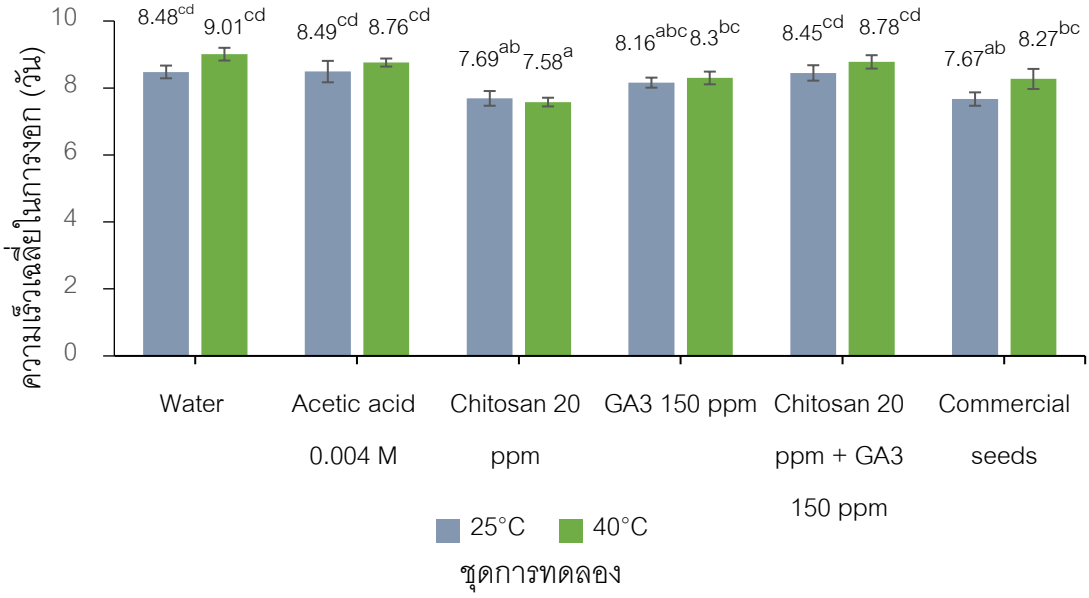
2.3 เวลาเฉลี่ยในการงอก (Mean germination time; MGT)

2.3.1 เวลาเฉลี่ยในการงอกมาตรฐาน

จากการศึกษาผลของอุณหภูมิในการแช่เมล็ดพริกหวานต่อต่อเวลาเฉลี่ยในการงอกมาตรฐานของเมล็ดพริกหวาน (ภาพที่ 8) แสดงให้เห็นว่าเวลาเฉลี่ยมาตรฐานทุก ๆ ชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ความเชื่อมั่น 95% เมื่อวิเคราะห์ผลความแปรปรวน (One-Way ANOVA)

โดยที่อุณภูมิ 25 องศาเซลเซียส เมล็ดพันธุ์ทางการค้า และเมล็ดที่แช่ในสารละลายไคโทซานความเข้มข้น 20 ppm ทำให้เมล็ดพริกหวานมีเวลาเฉลี่ยในการงอกมาตรฐานเร็วที่สุดคือ 7.67 และ 7.69 วัน ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียสพบว่า เมล็ดพริกหวานที่แช่ในสารละลายไคโทซานความเข้มข้น 20 ppm มีเวลาเฉลี่ยในการงอกเร็วขึ้นคือ 7.58 วัน ในขณะที่เมล็ดพันธุ์ทางการค้ามีเวลาเฉลี่ยในการงอกช้าลง คือ 8.27 วัน

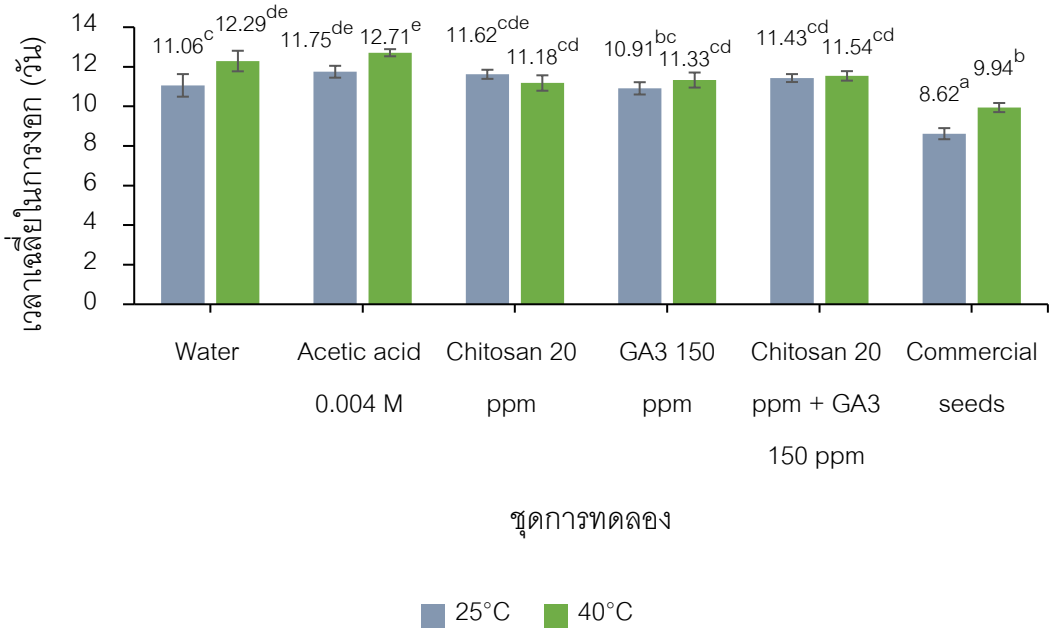


หมายเหตุ ตัวอักษรที่แสดงบอกถึงความแตกต่างทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95% จากการวิเคราะห์โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test

ภาพที่ 8 ผลของอุณหภูมิต่อเวลาเฉลี่ยในการงอกมาตรฐานของเมล็ดพริกหวาน

2.3.2 เวลาเฉลี่ยในการงอกในสภาพโรงเรือน

จากการศึกษาผลของอุณหภูมิในการแช่เมล็ดพริกหวานต่อเวลาเฉลี่ยในการงอกในสภาพโรงเรือนของเมล็ดพริกหวาน (ภาพที่ 9) แสดงให้เห็นว่า เมล็ดพันธุ์ทางการค้าที่แช่ในอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส และ 40 องศาเซลเซียส ทำให้เมล็ดพริกหวานมีเวลาเฉลี่ยในการงอกในสภาพโรงเรือนเร็วสุดคือ 8.62 และ 9.94 วัน ตามลำดับ ซึ่งเมล็ดพันธุ์ทางการค้าที่แช่ในอุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียสมีค่าความงอกที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับค่าความงอกของเมล็ดที่แช่ในสารละลายกรดจิบเบอเรลลิกความเข้มข้น 150 ppm ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ในขณะที่เมล็ดที่แช่ในสารละลายกรดแอซิติก 0.004 M อุณหภูมิ 40องศาเซลเซียส และเมล็ดที่แช่ในน้ำ ที่อุณหภูมิ 40องศาเซลเซียส มีเวลาเฉลี่ยในการงอกในสภาพโรงเรือนช้าที่สุด เท่ากับ 12.71 และ 12.29 วัน ตามลำดับแต่เมื่อนำผลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวน (One-Way ANOVA) พบว่าเวลาเฉลี่ยในสภาพโรงเรือนทุก ๆ ชุดการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95%



หมายเหตุ ตัวอักษรที่แสดงบอกถึงความแตกต่างทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95% จากการวิเคราะห์โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test

ภาพที่ 9 ผลของอุณหภูมิต่อเวลาเฉลี่ยในการงอกของเมล็ดพริกหวานในสภาพโรงเรือน

1.4 การเติบโตของต้นกล้า

1.4.1 น้ำหนักสดของต้นกล้า

จากการศึกษาผลของอุณหภูมิในการแช่เมล็ดพริกหวานต่อน้ำหนักสดของต้นกล้าพริกหวานที่ปลูกเป็นเวลา 14 วัน (ภาพที่ 10) พบว่าเวลาเฉลี่ยในสภาพโรงเรือนทุก ๆ ชุดการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ความเชื่อมั่น 95% เมื่อนำผลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวน (One-Way ANOVA)

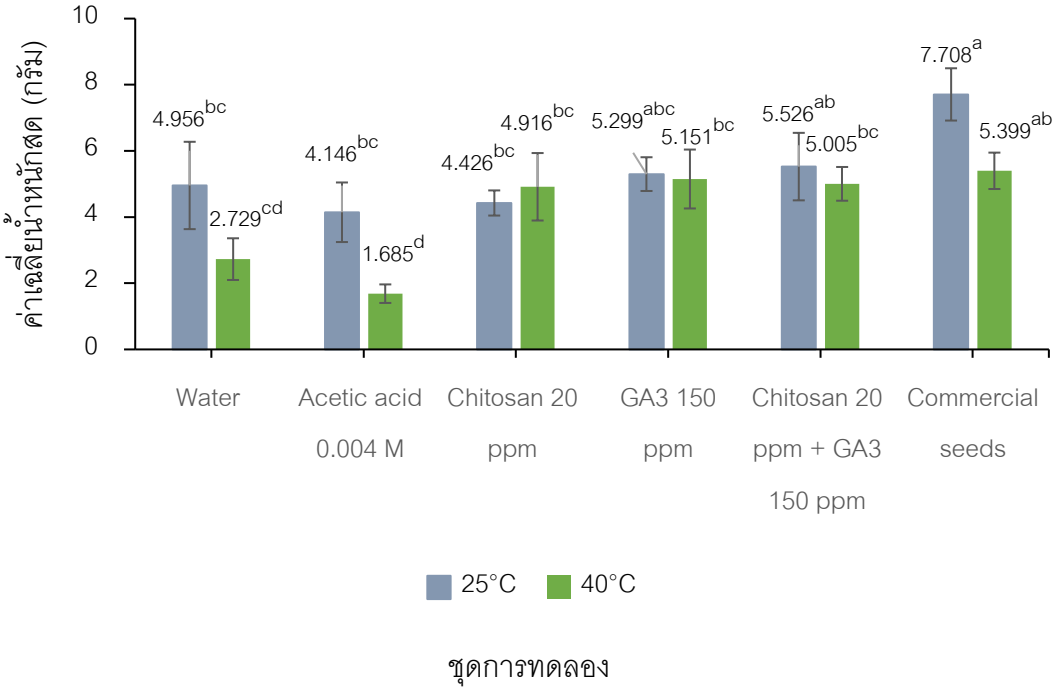
โดยที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ต้นกล้าของเมล็ดพริกหวานทางการค้า และเมล็ดพริกหวานที่แช่ในสารละลายไคโทซาน 20 ppm ร่วมกับสารละลายกรดจิบเบอเรลลิก 150 ppm มีค่าเฉลี่ยน้ำหนักสดมากที่สุดคือ 7.708 และ 5.526 กรัม ตามลำดับ และเมื่อแช่เมล็ดที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียสพบว่า เมล็ดพันทางการค้ามีค่าเฉลี่ยน้ำหนักสดมากที่สุด คือ 5.399 กรัม

1.4.1 น้ำหนักแห้งของต้นกล้า

จากการศึกษาผลของอุณหภูมิในการแช่เมล็ดพริกหวานต่อน้ำหนักแห้งของต้นกล้าพริกหวานที่ปลูกเป็นเวลา 14 วัน (ภาพที่ 11) พบว่าเวลาเฉลี่ยในสภาพโรงเรือนทุก ๆ ชุดการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ความเชื่อมั่น 95% เมื่อนำผลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวน (One-Way ANOVA)

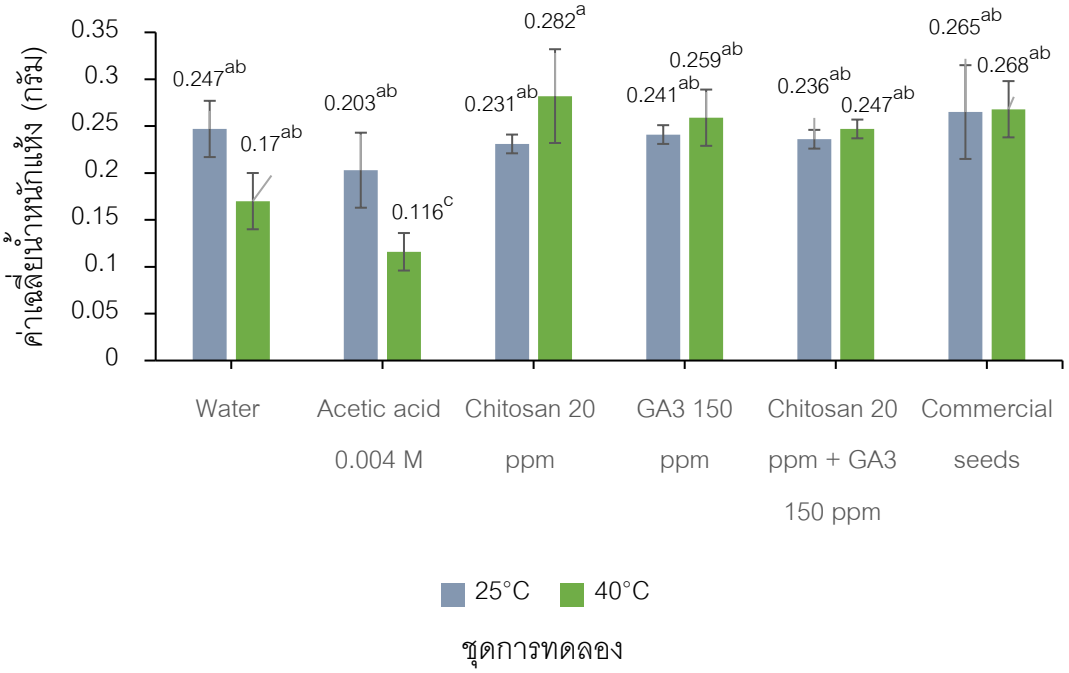
โดยที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส น้ำหนักแห้งของต้นกล้าของเมล็ดพริกหวานในทุก ๆ ชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

แต่เมื่อพิจารณาที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส พบว่า ต้นกล้าของเมล็ดพริกหวานที่แช่ในสารละลายไคโทซานความเข้มข้น 20 ppm ที่ มีค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งมากที่สุดคือ 0.282 กรัม และน้ำหนักแห้งของต้นกล้าพริกหวานของเมล็ดที่แช่ในน้ำ สารละลายกรดจิบเบอเรลลิกความเข้มข้น 150 ppm สารละลายไคโทซานความเข้มข้น 20 ppm ร่วมกับสารละลายกรดจิบเบอเรลลิกความเข้มข้น 150 ppm และเมล็ดพันธุ์ทางการค้า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่ต้นกล้าของเมล็ดพริกหวานที่แช่ในสารละลายแอซิติก 0.004 M และเมล็ดที่แช่ใน มีค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งน้อยที่สุดคือ 0.17 กรัม ตามลำดับ



หมายเหตุ ตัวอักษรที่แสดงบอกถึงความแตกต่างทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95% จากการวิเคราะห์โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test

ภาพที่ 10 ผลของอุณหภูมิต่อน้ำหนักสดของต้นกล้าพริกหวาน

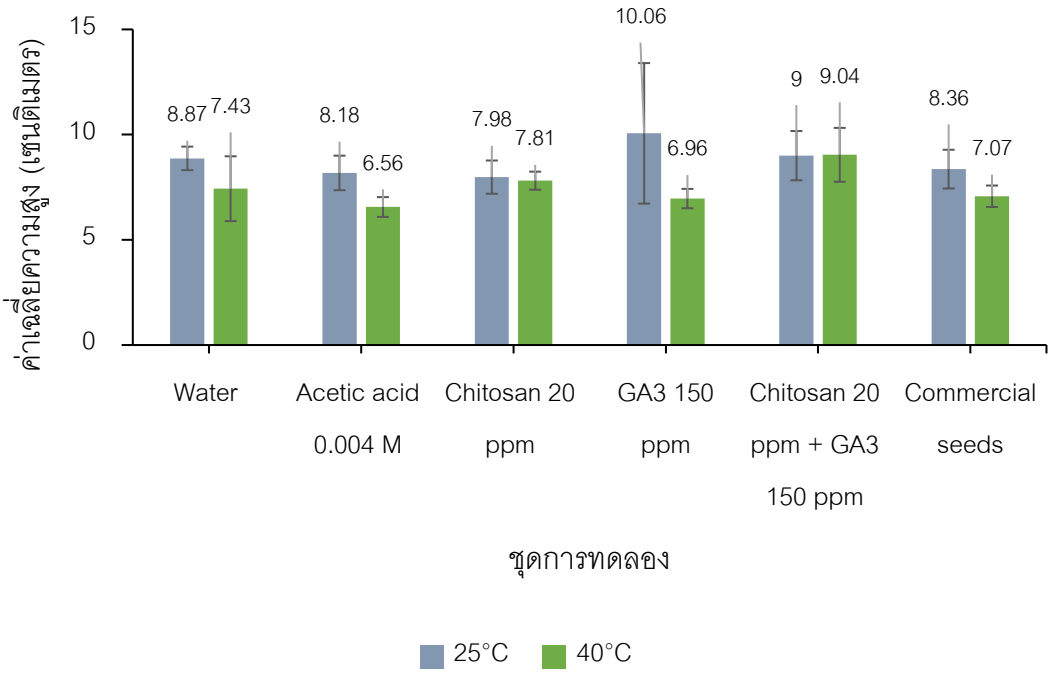


หมายเหตุ ตัวอักษรที่แสดงบอกถึงความแตกต่างทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95% จากการวิเคราะห์โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test

ภาพที่ 11 ผลของอุณหภูมิต่อน้ำหนักแห้งของต้นกล้าพริกหวาน

1.4.2 ความสูงของต้นกล้า

จากการศึกษาผลของอุณหภูมิในการแช่เมล็ดพริกหวานต่อความสูงของต้นกล้าพริกหวานที่ปลูกเป็นเวลา 14 วัน (ภาพที่ 12) เมื่อนำผลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวน (One-Way ANOVA) พบว่าเวลาเฉลี่ยในสภาพโรงเรือนทุก ๆ ชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ความเชื่อมั่น 95%



ภาพที่ 12 ผลของอุณหภูมิต่อความสูงของต้นกล้าพริกหวาน

จากการทดลองที่ 2 พบว่า ชุดการทดลองที่แช่เมล็ดในสารละลายไคโทซานความเข้มข้น 20 ppm ร่วมกับกรดจิบเบอเรลลิกเข้มข้น 150 ppm ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส และ แช่เมล็ดในสารละลายไคโทซานความเข้มข้น 20 ppm ทำให้เมล็ดพริกหวานมีความงอกสูงที่สุด และใช้เวลาเฉลี่ยในการงอกเร็วที่สุด ชุดการทดลองดังกล่าวจึงเหมาะสมที่จะสามารถนำไปใช้ในการทดลองที่ 3 ต่อไป

3. ผลการการวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของใบต้นกล้าพริกหวาน

จากการวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของใบต้นกล้าพริกหวานโดยรายงานเป็น % inhibition (ตางรางที่ 3) พบว่า พบว่าฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระทุก ๆ ชุดการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ความเชื่อมั่น 95% เมื่อนำผลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวน (One-Way ANOVA)

โดยใบของต้นกล้าพริกหวานมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (% inhibition) สูงที่สุด คือ ใบของต้นกล้าจากเมล็ดพันธุ์ทางการค้าที่แช่เมล็ดที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส และใบของต้นกล้าที่มีการแช่เมล็ดในสารละลายไคโทซานความเข้มข้น 20 ppm ร่วมกับสารละลายกรดจิบเบอเรลลิกความเข้มข้น 150 ppm ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ซึ่งมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ คือ 56.27 และ 49.15 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งทั้ง 2 ชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่เมล็ดพริกหวานที่แช่ในน้ำ ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ น้อยที่สุด คือ 31.29 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของต้นกล้าพริกหวาน

ชุดการทดลอง	ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (เปอร์เซ็นต์)
Water (25°C)	31.29[b]
20 ppm Chitosan (25°C)	42.38[ab]
20 ppm Chitosan+150 ppm GA_3 (40°C)	49.15[a]
Commercial (25°C)	56.27[a]
F-test	*

หมายเหตุ ตัวอักษรที่แตกต่างกันตามแนวตั้ง แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) จากการวิเคราะห์โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test

* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

อภิปราย และสรุปผลการทดลอง

1. ผลการทดสอบหาความเข้มข้นที่เหมาะสมของสารละลายไคโทซานและกรดจิบเบอเรลลิกในการกระตุ้นการงอกของเมล็ดพริกหวาน

จากการศึกษาผลของชนิดของสารละลายและความเข้มข้นที่มีผลต่อความงอกของเมล็ดพริกหวาน พบว่า เมล็ดพริกหวานที่แช่ในสารละลายไคโทซานความเข้มข้น 20 ppmและสารละลายกรดจิบเบอเรลลิกความเข้มข้น 150 ppm ทำให้เมล็ดมีความงอกมาตรฐานมากที่สุดคือ 96.00 เปอร์เซ็นต์ และ 93.50 เปอร์เซ็นต์ และมีเวลาเฉลี่ยในการงอกในสภาพโรงเรือนเร็วที่สุดคือ 8.99 วัน และ 8.95 วัน ตามลำดับ โดยเมื่อนำผลการทดสอบมาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติพบว่าค่าความงอกมาตรฐานในทุก ๆ ชุดการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดสอบความงอกในสภาพโรงเรือนโดยเมล็ดที่แช่ในสารละลายไคโทซานความเข้มข้น 20 ppm มีความงอกในสภาพโรงเรือนสูงที่สุดคือ 80.50 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้น ในการคัดเลือกชนิดของสารละลายและความเข้มข้นที่เหมาะสมในการแช่เมล็ดพริกหวานจึงพิจารณาเฉพาะความงอกมาตรฐานและเวลาเฉลี่ยในการงอกในสภาพโรงเรือนเท่านั้น ทำให้ได้ชนิดและความเข้มข้นของสารละลายที่เหมาะสมในการแช่เมล็ดพริกหวาน คือ สารละลายความกรดจิบเบอเรลลิกความเข้มข้น 150 ppm และ สารละลายไคโทซานความเข้มข้น 20 ppm

การที่สารละลายความเข้มข้นดังกล่าวมีแนวโน้มทำให้เมล็ดพริกหวานมีความงอกมาตรฐานสูงและเวลาในการงอกในสภาพโรงเรือนเร็วที่สุดนั้น อาจเป็นผลมาจากไคโทซานซึ่งเป็นสารไบโอพอลิเมอร์ซึ่งในสภาพแวดล้อมปกติไคโทซานช่วยกระตุ้นความงอกและความแข็งแรงของพืชหลายชนิด (Hidalgo et al., 1996) และช่วยในการควบคุมการดูดน้ำของเมล็ด (Michel and Kaufmann, 1998) โดยจากการทดสอบพบว่าเมล็ดที่แช่ในสารละลายไคโทซานทั้ง 3 ความเข้มข้น คือ 10 20 และ40 ppm มีผลทำให้ความงอกมาตรฐานเพิ่มขึ้นและที่ความเข้มข้น 10 และ 20 ppm มีเวลาเฉลี่ยในการงอกในสภาพโรงเรือนที่เร็วกว่าเมื่อเทียบกับเมล็ดที่แช่ในน้ำ และ สารละลายกรดแอซิติกความเข้มข้น 0.004 M ซึ่งเป็นชุดการทดลองควบคุม แต่ทั้งนี้อาจเนื่องจากไคโทซานที่ความเข้มข้น 20 ppm เป็นความเข้มข้นที่เหมาะสมที่สุดที่จะช่วยในการควบคุมการดูดน้ำของ

เมล็ดพริกหวานทำให้เมล็ดได้รับน้ำเพียงพอต่อการงอก จึงมีความงอกมาตรฐานสูงและมีเวลาเฉลี่ยในการงอกในสภาพโรงเรือนเร็วที่สุดเมื่อเปรียบกับทุกชุดการทดลอง ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองของ Photchanachai, Singkeaw and Thamthong (2006) ที่พบว่าการแช่เมล็ดพริกในสารละลายไคโทซานที่ความเข้มข้น 0.2-0.8 เปอร์เซ็นต์ ทำให้เมล็ดพริกมีการงอกเพิ่มขึ้น

ส่วนเมล็ดที่แช่ในสารละลายกรดจิบเบอเรลลิกที่ความเข้มข้น 150 ppm ทำให้เมล็ดมีความงอกสูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับการแช่เมล็ดในน้ำและสารละลายกรดแอซิติกซึ่งเป็นชุดการทดลองควบคุม และสารละลายกรดจิบเบอเรลลิกที่ความเข้มข้นอื่น ๆ ทั้งนี้อาจเป็นผลมาจากกรดจิบเบอเรลลิก ช่วยในการกระตุ้นการสังเคราะห์เอนไซม์ hydrolase ที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์น้ำตาลภายในเมล็ด และกรดจิบเบอเรลลิกยังมีผลต่อการย่อยสลายพันธะเปปไทด์ ทำให้มีกิจกรรมของเอนไซม์ protease สูงขึ้น ทำให้มีกรดอะมิโนอิสระเพิ่มมากขึ้น โดยกรดอะมิโนเหล่านี้มีส่วนช่วยในการเจริญเติบโตของต้นกล้า ทำให้เมล็ดมีความงอกสูงขึ้น (Plus and Lambeth, 1974) ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองการกระตุ้นการงอกเมล็ดพันธุ์พริกหยวกในสารละลายกรดจิบเบอเรลลิกความเข้มข้น 0.015 เปอร์เซ็นต์ พบว่าทำให้เมล็ดพริกหยวกมีความแข็งแรงมากขึ้นและมีเวลาเฉลี่ยในการงอกเร็วที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้สารละลายชนิดอื่น ๆ (นิติภูมิ เจริญศรีสัมพันธ์, 2555) โดยกรดจิบเบอเรลลิกความเข้มข้น 150 ppm เป็นความเข้มข้นที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการแช่เมล็ดพริกหวานจึงทำให้เมล็ดมีความงอกสูงและมีเวลาเฉลี่ยในการงอกในสภาพโรงเรือนที่เร็วกว่ากรดจิบเบอเรลลิกที่ความเข้มข้นอื่น ๆ

2. ผลการทดสอบหาความอุณหภูมิที่เหมาะสมในการแช่สารละลายไคโทซานและกรดจิบเบอเรลลิกในการกระตุ้นการงอกของเมล็ดพริกหวาน

จากการศึกษาผลของผลการทดสอบหาความอุณหภูมิที่เหมาะสมในการแช่สารละลายไคโทซานและกรดจิบเบอเรลลิกในการกระตุ้นการงอกของเมล็ดพริกหวาน พบว่า เมล็ดพริกหวานที่แช่ในสารละลายไคโทซานความเข้มข้น 20 ppm ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส และสารละลายไคโทซาน 20 ppm ร่วมกับสารละลายกรดจิบเบอเรลลิก 150 ppm ที่อุณภูมิห้อง ทำให้เมล็ดพริกหวาน มีความงอกมาตรฐานสูงสุดคือ 87.50 เปอร์เซ็นต์ และ 86.50 เปอร์เซ็นต์ โดยเมื่อนำผลการทดลอบมาวิเคราะห์ข้อมูลถางสถิติพบว่าค่าความงอกมาตรฐานในทุก ๆ ชุดการทดลอง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งต่างจากใน

การทดลองความงอกในสภาพโรงเรือนซึ่งพบว่า เมล็ดที่แช่ในสารละลายไคโทซานความเข้มข้น 20 ppm ร่วมกับสารละลายกรดจิบเบอเรลลิก 150 ppm ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส มีความงอกสูงที่สุดคือ 92.50 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อนำผลการทดสอบไปวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติพบว่าค่าความงอกในสภาพโรงเรือนในทุก ๆ ชุดการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ แต่ในทางกลับกันต้นกล้าของเมล็ดพริกหวานทางการค้า ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส และเมล็ดพริกหวานที่แช่ในสารละลายไคโทซาน 20 ppm ร่วมกับสารละลายกรดจิบเบอเรลลิก 150 ppm ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส มีค่าเฉลี่ยน้ำหนักสดมากที่สุดคือ 7.708 และ 5.526 กรัม ตามลำดับ และการแช่เมล็ดพริกหวานที่แช่ในสารละลายไคโทซานความเข้มข้น 20 ppm ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส และเมล็ดพริกหวานทางการค้าทำให้เมล็ดมีค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งมากที่สุดคือ 0.282 และ 0.265 กรัม ตามลำดับ และเมื่อนำผลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวน (One-Way ANOVA) พบว่าค่าเฉลี่ยน้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง ในสภาพโรงเรือนทุก ๆ ชุดการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ความเชื่อมั่น 95%

ในการคัดเลือกชนิดของสารละลายและอุณภูมิในการแช่ที่เหมาะสมในการแช่เมล็ดพริกหวานจึงพิจารณาเฉพาะความงอกมาตรฐาน และเวลาเฉลี่ยในการงอกในสภาพโรงเรือนเท่านั้น ทำให้ได้ชนิดและอุณหภูมิในการแช่ของสารละลายที่เหมาะสมในการแช่เมล็ดพริกหวาน คือ สารละลายไคโทซานความเข้มข้น 20 ppm ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส และสารละลายไคโทซานความเข้มข้น 20 ppm ร่วมกับสารละลายความกรดจิบเบอเรลลิกความเข้มข้น 150 ppm ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส

ทั้งนี้เนื่องจากอุณภูมิมีผลต่อกิจกรรมทางชีวเคมีภายในเมล็ด หากนำเมล็ดไปเพาะที่ระดับอุณหภูมิที่สูงกว่าจุดสูงสุดที่เมล็ดสามารถงอกได้ (supra maximum temperature) จะพบว่าที่อุณหภูมิดังกล่าวนอกจากเมล็ดไม่สามารถงอกได้ ยังส่งผลให้เกิดอันตรายกับเมล็ดอีกด้วย อุณหภูมิที่เหมาะสมที่สุดในการงอกของเมล็ด (optimum temperature) เป็นอุณหภูมิที่เมล็ดพันธุ์จะงอกได้เร็วในระยะเวลาที่สั้นที่สุด (วสุ อมฤตสุทธิ์, 2549) การแช่เมล็ดที่อุณภูมิที่สูงจึงมีผลทำให้เมล็ดพริกหวานมีความงอกลดลง โดยอุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียสอาจสูงเกินไปซึ่งเป็นอุณหภูมิที่ไม่เหมาะสมต่อการกระตุ้นการงอกของเมล็ดพริกหวาน แม้ว่าจะแช่เมล็ดพริกหวานในสารกระตุ้นการงอกก็ไม่สามารถทำให้เมล็ดมีความงอกเพิ่มขึ้นได้

ส่วนเมล็ดพริกหวานที่แช่ในสารละลายไคโทซานความเข้มข้น 20 ppm ร่วมกับสารละลายกรดจิบเบอเรลลิกความเข้มข้น 150 ppm ที่อุณภูมิ 40 องศาเซลเซียสนั้นสามารถกระตุ้นการงอกของเมล็ดพริกหวานในสภาพโรงเรือนได้ดีที่สุดอาจเป็นผลมาจากการทำงานร่วมกันของไคโทซานและกรดจิบเบอเรลลิกโดยในสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมต่อการงอกไคโทซานซึ่งมีคุณสมบัติสำคัญคือ การเป็น elicitor จะกระตุ้นให้พืชสร้างเอนไซม์บางชนิดที่เกี่ยวข้องกับการสร้าง secondary metabolites บางตัว ซึ่งส่งผลให้พืชสร้างภูมิคุ้มกัน (immune) เพิ่มขึ้นเมื่อพืชอยู่ในสภาพวิกฤต จึงทำให้เมล็ดมีการงอกสูง (Ganesh et al., 2002) และกรดจิบเบอเรลลิกมีคุณสมบัติในการกระตุ้นการงอกของเมล็ด โดยจะช่วยกระตุ้นกิจกรรมการทำงานของเอนไซม์ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการงอกของเมล็ดบริเวณชั้น aleurone layer เช่น α- และ ß-amylase และทำให้เกิดกระบวนการย่อยสลายสารโมเลกุลใหญ่ให้กลายเป็นสารโมเลกุลเล็กซึ่งสะดวกต่อการเคลื่อนย้ายและการนำไปสร้างพลังงานสำหรับการงอก (ชยพร แอคะรัจน์, 2546)

3. ผลการการวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของใบต้นกล้าพริกหวาน

จากการทดลองการวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของใบต้นกล้าพริกหวานพบว่า ชุดการทดลองที่มีค่าฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระมากที่สุดคือ เมล็ดพันธุ์ทางการค้า และรองลงมา คือ ชุดการทดลองที่มีการแช่เมล็ดในสารละลายไคโทซานความเข้มข้น 20 ppm ร่วมกับสารละลายกรดจิบเบอเรลลิกความเข้มข้น 150 ppm ซึ่งมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ คือ 56.27 และ 49.15 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ

ภาวะ oxidative stress เป็นภาวะที่ทำให้พืชสูญเสียภาวะธำรงดุล (homeostasis) และมีปริมาณอนุมูลอิสระ (free radical) เพิ่มมากขึ้น การแช่เมล็ดในสารละลายชีวภาพตัวอย่างเช่น ไคโทซานและสารละลายกรดจิบเบอเรลลิก มีส่วนช่วยให้พืชสร้างสารต้านอนุมูลอิสระ เพื่อยับยั้งไม่ให้เกิดความเสียหายต่อระบบต่าง ๆ ภายในเซลล์ของพืชอย่างรุนแรง ส่งผลให้พืชสามารถเติบโตเป็นปกติได้ โดยมีรายงานว่า การแช่เมล็ดถั่วลันเตาในสารละลายกรดซาลิซิลิกความเข้มข้น 1000 µM สามรถทำให้เมล็ดถั่วลันเตามีประสิทธิภาพสูงสุดในการเพิ่มศักยภาพรวมในการต้านอนุมูลอิสระของต้นอ่อนถั่วลันเตาได้ (Junmatong, 2016)

เอกสารอ้างอิง

กัณฐมณี ทู้ไพเราะ, กัลยารัตน์ เครือวัลย์, วรางคณา ศรีจำนงค์, สมศรี เจริญเกียรติกุล และ อุทัยวรรณ สุทธิศันสนีย์. 2556. การหาปริมาณของสารประกอบฟีนอลิกรวมและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากพริกหวานโดยใช้ตัวทาละลายที่มีขั้วแตกต่างกัน. *วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร* 44 ฉบับพิเศษ 2 : 293-296.

กัลยาณี วัฒนธีรางกูร. 2551. *ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระจากกากเมล็ดสบู่ดำ*. ปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต, สาขาวิชาเคมีสำหรับครู, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

จิราภรณ์ สุขุมาวาสี. 2554. “ไคติน”. *วิทยาศาสตร์สำหรับเยาวชน เทคโนโลยีชีวภาพใกล้ตัว*, 62-63. กรุงเทพมหานคร : สถาบันวิจัยวิทยาศสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย.

จวงจันทร์ ดวงพัตรา. 2529. *เทคโนโลยีเมล็ดพันธุ์*. กรุงเทพมหานคร : กลุ่มหนังสือเกษตร.

ชยพร แอคะรัจน์. 2546. วิทยาการเมล็ดพันธุ์. นนทบุรี : ฐานเกษตรกรรม.

ชุรีพร กิ่งสุคนธ์, 2538. *ผลของการแช่เมล็ดในน้ำร้อนต่อการงอกและการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาบางประการขณะงอกของเมล็ดถั่วเหลือง (Glycine max (L.) Merr) พันธุ์เชียงใหม่ 60*. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาการสอนชีววิทยา ภาควิชาชีววิทยา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

นิติภูมิ เจริญศรีสัมพันธ์. 2555. *ผลของการกระตุ้นความงอกด้วยสารเคมีต่อการงอกของเมล็ดพันธุ์พริก*. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาพืชสวน ภาควิชาพืชสวน บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

นิพนธ์ ไชยมงคล. 2548. การปลูกพริกหวานหรือพริกยักษ์. กรุงเทพมหานคร : กรมส่งเสริมการเกษตร กลุ่มสื่อส่งเสริมการเกษตร สำนักพัฒนาถ่ายทอดเทคโนโลยี.

นวลศรี รักอริยะธรรม และอัญชนา เจนวิถีสุข. 2546. *แอนติออกซิเดนท์ สารต้านมะเร็งในผักสมุนไพรไทย*. เชียงใหม่ : นพบุรีการพิมพ์.

บุญมี ศิริ, อรนุช เดียมขุนทด และพจนา สีขาว. 2556. การตรวจสอบความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์พริกหวานที่ผ่านการกระตุ้นการงอก โดยวิธีการเร่งอายุ. *แก่นเกษตร* 41 ฉบับพิเศษ 1 : 250-256.

พิทักษ์ เทพสมบรูณ์. 2540. การปลูกพริก. อักษรสยามการพิมพ์. กรุงเทพมหานคร.

วสุ อมฤตสุทธิ์. 2549. *วิทยาการเมล็ดพันธุ์*. คณะเกษตรศาสตร์. อุบลราชธานี : มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

วันชัย จันทร์ประเสริฐ. 2553. *สรีรวิทยาเมล็ดพันธุ์*. กรุงเทพมหานคร : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อัญชนา เจนวิถีสุข. 2544. *การตรวจหาและบ่งชี้ชนิดสารต้านอนุมูลอิสระจากผักพื้นบ้านและสมุนไพรไทย*. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะอุสาหกรรมเกษตร, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

Bewley, J.D. and Black, M. 1978. Physiology and Biochemistry of Seeds in Relation to Germination. Vol I. *Development, Germination and Growth*. Berlin : Springer.

Bareke, T. 2018. Biology of seed development and germination physiology. *Advances in Plants & Agriculture Research* 8(4) : 336-346.

Bradford, K.J. 1986. Manipulation of seed water relation via osmotic priming to improve germination under stress condition. *HortScience* 21 : 1105-1112.

Carter, A.K. 1998. Using ethephon and GA_3 to overcome thermoinhibition in 'Jalapeno M.' pepper seeds. *Hortscience* 33(6) : 1026-1027.

Cheruth, A.J., et al. 2009. Antioxidant defense responses: physiological plasticity in higher plants under abiotic constraints. *Acta Physiologiae Plantarum* 31 : 427–436.

Choi, Y., Lee, S.M., Chun, J., Lee, H.B., and Lee, J., 2006. Influence of heat treatment on the antioxidant activities and polyphenolic compounds of Shiitake (*Lentinus edodes*) mushroom. *Food Chemistry* 99 : 381-387.

Corbineau, F., and Come, D. 1995. Control of seed germination and dormancy by the gaseous environment. In Kigel, J. and Galili, G. (eds.), *Seed Development and Germination*. pp.397-424. New York : Marcel Dekker.

Desai, B.B., Kotecha, P.M., and Salunkhe, D.K., 1997. *Seed Handbook Biology. Production, Processing and storage.* New York : Marcel Dekker.

Ellis, R.H., and Robert, D.J. 1980. Improved equation for the prediction of seed longevity. *Annals of Botany* 45 : 13-30.

Ganesh, K.A., Randeep, R., Shigeru, T., Masami, Y., Akihiro, K., and Hikaru, S. 2002. Chitosan activates defense/stress response(s) in the leaves of *Oryza sativa* seedling. *Plant Physiology and Biochemistry* 40 : 1061-1069.

Guan, J., Hu, J. Wang, X., and Shao, C. 2009. Seed priming with chitosan improves maize germination and seedling growth in relation to physiological changes under low temperature stress. *Journal of Zhejiang University SCIENCE B.* 10 : 427-433.

Halliwell, B., and Gutteridge, J.M.C. 1989. *Free radicals in Biology and Medicine.* Fourth Edition. United Kingdom : Oxford University Press.

Harrington, J.F. 1972. Seed storage and longevity. In T.T. Kozlowski (ed.), *Seed Biology* 3, pp. 147-245. New York : Academic Press.

Hidalgo, L., Argelles, W., Peniche, C., Pino delos, M., and Terry, E,. 1996. Effect of chitosan in seed treatment of tomato. *Revista de Protection Vegeta* 11: 37-39.

ISTA (International Seed Testing Association). 2010. *International Rules for Seed Testing.* Switzerland : Zurich.

Kigel J. 1995. Seed germination in arid and semiarid regions. In Kigel, J. and Galili G, (eds.), *Seed development and germination*. pp.645-697. New York : Marcel Dekker.

Kim, H., Chen, F., Wang, X., and Rajapakses, N.C. 2005. Effect of chitosan on the biological properties of sweet basil (*Ocimum basilicum* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 53 : 3696-3701.

Marshall, T.J., Holmes, J.W., and Rose, C.W. 1996. *Soil physics*, third edition. 469 pp. Cambridge : Cambridge University Press.

Mayer, A.M., and Poljakoff-Mayber, A. 1989. *The Germination of Seeds*. Fourth Edition. Oxford : Pergamon Press.

Michel, B.E., and Kaufmann. M.R. 1983. The osmotic potential of polyethylene glycol 6000. *Plant Physiol*. 51 : 914-916.

Photchanachai, S., Singkaew, J., and Thamthong, J. 2006. Effect of chitosan seed treatment on *Colletrichum* sp. And seedling growth of chill cv. 'jinda'. *Acta Horticulturae*. 712(2) : 585-590.

Puls, E.E,, and Lambeth, V.N. 1974. Chemical stimulation of germination rate in aged tomato seed. *Journal of the American Society of Horticultural Science* 99 : 9-12.

ภาคผนวก ก

สูตรที่ใช้ในการคำนวณ

สูตรที่ใช้ในการคำนวณ

ความงอกของเมล็ดพันธุ์

$$\text{ความงอก (\%)} = \frac{\text{จำนวนต้นอ่อนปกติที่งอก } \mathbf{x\ 100}}{\text{จำนวนเมล็ดที่เพาะ}}$$

เวลาเฉลี่ยในการงอก (Ellis and Roberts, 1980)

$$\text{ความเร็วเฉลี่ยในการงอก (วัน)} = \frac{(\mathbf{G1 \times D1}) + (\mathbf{G2 \times D2}) + \cdots + (\mathbf{Gn \times Dn})}{\text{จำนวนต้นอ่อนทั้งหมดที่งอก}}$$

G1, 2, …, n คือจำนวนต้นอ่อนปกติที่งอกวันที่ 1, 2, …, n (n=14)

D1, 2, …, n คือจำนวนวันที่ 1, 2, …, n (n=14) นับหลังจากวันเพาะเมล็ด

คำนวณหาเปอร์เซ็นต์ของฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ

$$\text{\% Inhibition} = \frac{\mathbf{Absorbance\ (control) - Absorbance\ (sample)}}{\mathbf{Absorbance\ (control)}} \times 100$$

ภาคผนวก ข

ตารางผลการวิเคราะห์สถิติ IBM SPSS Statistics version22

การทดลองที่ 1

ตารางที่ 4 แสดงค่าสถิติที่ได้จากการวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์การงอกมาตรฐานของเมล็ดพริกหวานในชุดการทดลองต่าง ๆ Two-way ANOVA

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	.275[a]	8	.034	3.610	.006
Intercept	48.777	1	48.777	5121.635	.000
treatment	.275	8	.034	3.610	.006
Error	.257	27	.010		
Total	49.309	36			
Corrected Total	.532	35			

ตารางที่ 5 แสดงค่าสถิติที่ได้จากการเปรียบเทียบความแตกต่างของเปอร์เซ็นต์การงอกมาตรฐานของเมล็ดพริกหวานในชุดการทดลองต่าง ๆ ด้วย Duncan's Multiple Range Test

Treatments		N	Subset			
			1	2	3	4
Duncan[a,b]	water	4	.996375			
	GA_3 250 ppm	4	1.070625	1.070625		
	acetic acid	4	1.113325	1.113325	1.113325	
	GA_3 200 ppm	4		1.152300	1.152300	1.152300
	chitosan 40 ppm	4		1.174775	1.174775	1.174775
	commercial seeds	4		1.203400	1.203400	1.203400
	GA_3 150 ppm	4		1.218700	1.218700	1.218700
	chitosan 10 ppm	4			1.254800	1.254800
	chitosan 20 ppm	4				1.291775
	Sig.		.120	.068	.080	.085

ตารางที่ 6 แสดงค่าสถิติที่ได้จากการวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์การงอกในสภาพโรงเรือนของเมล็ดพริกหวานในชุดการทดลองต่าง ๆ Two-way ANOVA

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	.640[a]	8	.080	1.181	.346
Intercept	21.022	1	21.022	310.335	.000
treatment	.640	8	.080	1.181	.346
Error	1.829	27	.068		
Total	23.491	36			
Corrected Total	2.469	35			

ตารางที่ 7 แสดงค่าสถิติที่ได้จากการวิเคราะห์ความเร็วเฉลี่ยในการงอกการงอกมาตรฐานของเมล็ดพริกหวานในชุดการทดลองต่าง ๆ Two-way ANOVA

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	2.691[a]	8	.336	2.099	.072
Intercept	1000.668	1	1000.668	6243.046	.000
treatment	2.691	8	.336	2.099	.072
Error	4.328	27	.160		
Total	1007.687	36			
Corrected Total	7.019	35			

ตารางที่ 8 แสดงค่าสถิติที่ได้จากการวิเคราะห์ความเร็วเฉลี่ยในการงอกการงอกในสภาพโรงเรือนของเมล็ดพริกหวานในชุดการทดลองต่าง ๆ Two-way ANOVA

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	12.723[a]	8	1.590	3.713	.005
Intercept	3069.160	1	3069.160	7165.292	.000
treatment	12.723	8	1.590	3.713	.005
Error	11.565	27	.428		
Total	3093.448	36			
Corrected Total	24.288	35			

ตารางที่ 9 แสดงค่าสถิติที่ได้จากการเปรียบเทียบความแตกต่างความเร็วเฉลี่ยในการงอกในสภาพโรงเรือนของเมล็ดพริกหวานในชุดการทดลองต่าง ๆ ด้วย Duncan's Multiple Range Test

treatments		N	Subset		
			1	2	3
Duncan[a,b]	commercial seeds	4	7.8350		
	GA_3 150 ppm	4		8.9575	
	chitosan 20 ppm	4		8.9875	
	acetic acid	4		9.2425	9.2425
	GA_3 250 ppm	4		9.3650	9.3650
	GA_3 200 ppm	4		9.4450	9.4450
	chitosan 10 ppm	4		9.4700	9.4700
	water	4		9.6925	9.6925
	chitosan 40 ppm	4			10.1050
	Sig.		1.000	.178	.111

ตารางที่ 10 แสดงค่าสถิติที่ได้จากการวิเคราะห์น้ำหนักสดของต้นกล้าพริกหวานในชุดการทดลองต่าง ๆ Two-way ANOVA

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	2.691[a]	8	.336	2.099	.072
Intercept	1000.668	1	1000.668	6243.046	.000
treatment	2.691	8	.336	2.099	.072
Error	4.328	27	.160		
Total	1007.687	36			
Corrected Total	7.019	35			

ตารางที่ 11 แสดงค่าสถิติที่ได้จากการวิเคราะห์น้ำหนักแห้งของต้นกล้าพริกหวานในชุดการทดลองต่าง ๆ Two-way ANOVA

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	.030[a]	8	.004	1.227	.322
Intercept	1.417	1	1.417	471.310	.000
treatment	.030	8	.004	1.227	.322
Error	.081	27	.003		
Total	1.528	36			
Corrected Total	.111	35			

ตารางที่ 12 แสดงค่าสถิติที่ได้จากการวิเคราะห์ความสูงของต้นกล้าพริกหวานในชุดการทดลองต่าง ๆ Two-way ANOVA

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	9.194[a]	8	1.149	4.372	.002
Intercept	524.563	1	524.563	1995.504	.000
treatment	9.194	8	1.149	4.372	.002
Error	7.098	27	.263		
Total	540.854	36			
Corrected Total	16.291	35			

ตารางที่ 13 แสดงค่าสถิติที่ได้จากการเปรียบเทียบความแตกต่างความความสูงของต้นกล้าพริกหวานในชุดการทดลองต่าง ๆ ด้วย Duncan's Multiple Range Test

treatment		N	Subset	
			1	2
Duncan[a,b]	acetic acid	4	2.9200	
	GA_3 150 ppm	4	2.9500	
	water	4		3.7400
	Chitosan 20 ppm	4		3.8450
	Chitosan 10 ppm	4		4.0300
	GA_3 200 ppm	4		4.0500
	commercial seeds	4		4.2175
	Chitosan 40 ppm	4		4.2450
	GA_3 250 ppm	4		4.3575
	Sig.		.935	.149

การทดลองที่ 2 การทดสอบหาความอุณหภูมิที่เหมาะสมในการแช่สารละลายไคโทซานและกรดจิบเบอเรลลิกในการกระตุ้นการงอกของเมล็ดพริกหวาน

ตารางที่ 14 แสดงค่าสถิติที่ได้จากการวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์การงอกมาตรฐานของเมล็ดพริกหวานในชุดการทดลองต่าง ๆ Two-way ANOVA

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	.919[a]	11	.084	5.241	.000
Intercept	38.008	1	38.008	2385.218	.000
treatment	.919	11	.084	5.241	.000
Error	.574	36	.016		
Total	39.501	48			
Corrected Total	1.492	47			

ตารางที่ 15 แสดงค่าสถิติที่ได้จากการเปรียบเทียบความแตกต่างความงอกมาตรฐานของเมล็ดพริกหวานในชุดการทดลองต่าง ๆ ด้วย Duncan's Multiple Range Test

treatment		N	Subset				
			1	2	3	4	5
Duncan[a,b]	acetic acid-40	4	.6717				
	water-40	4	.7130	.7130			
	commercial-40	4	.7344	.7344			
	chitosan-40	4	.7554	.7554	.7554		
	commercial-r	4	.8298	.8298	.8298	.8298	
	chitosanGA3-40	4		.9064	.9064	.9064	.9064
	water-r	4			.9388	.9388	.9388
	acetic acid-r	4				.9586	.9586
	GA3-40	4				1.0090	1.0090
	GA3-r	4				1.0191	1.0191
	chitosan+GA3-r	4					1.0495
	chitosan-r	4					1.0927
	Sig.		.122	.059	.067	.069	.077

ตารางที่ 16 แสดงค่าสถิติที่ได้จากการวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์การงอกในสภาพโรงเรือนของเมล็ดพริกหวานในชุดการทดลองต่าง ๆ Two-way ANOVA

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	1.901[a]	11	.173	3.024	.006
Intercept	50.599	1	50.599	885.280	.000
treatment	1.901	11	.173	3.024	.006
Error	2.058	36	.057		
Total	54.558	48			
Corrected Total	3.959	47			

ตารางที่ 17 แสดงค่าสถิติที่ได้จากการเปรียบเทียบความแตกต่างความงอกในสภาพโรงเรือนของเมล็ดพริกหวานในชุดการทดลองต่าง ๆ ด้วย Duncan's Multiple Range Test

treatment		N	Subset		
			1	2	3
Duncan[a,b]	acetic acid-40	4	.5092		
	water-40	4	.7850	.7850	
	acetic acid-r	4		.9088	.9088
	commercial-40	4		1.0247	1.0247
	chitosan-40	4		1.0323	1.0323
	water-r	4		1.0467	1.0467
	chitosan+GA3-r	4		1.0989	1.0989
	chitosan-r	4		1.1438	1.1438
	GA3-40	4		1.1491	1.1491
	GA3-r	4		1.1725	1.1725
	commercial-r	4			1.2030
	chitosanGA3-40	4			1.2468
	Sig.		.112	.057	.098

ตารางที่ 18 แสดงค่าสถิติที่ได้จากการวิเคราะห์ความเร็วเฉลี่ยในการงอกมาตรฐานของเมล็ดพริกหวานในชุดการทดลองต่าง ๆ Two-way ANOVA

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	9.396[a]	11	.854	4.720	.000
Intercept	3309.210	1	3309.210	18284.825	.000
treatment	9.396	11	.854	4.720	.000
Error	6.515	36	.181		
Total	3325.122	48			
Corrected Total	15.912	47			

ตารางที่ 19 แสดงค่าสถิติที่ได้จากการเปรียบเทียบความแตกต่างความเร็วเฉลี่ยในการงอกมาตรฐานของเมล็ดพริกหวานในชุดการทดลองต่าง ๆ ด้วย Duncan's Multiple Range Test

treatments		N	Subset			
			1	2	3	4
Duncan[a,b]	chitosan-40	4	7.5775			
	commercial-r	4	7.6725	7.6725		
	chitosan-r	4	7.6925	7.6925		
	GA_3-r	4	8.1575	8.1575	8.1575	
	commercial-40	4		8.2650	8.2650	
	GA_3-40	4		8.2975	8.2975	
	chitosan+ GA_3-r	4			8.4500	8.4500
	water-r	4			8.4850	8.4850
	acetic acid-r	4			8.4850	8.4850
	acetic acid-40	4			8.7650	8.7650
	chitosan GA_3-40	4			8.7775	8.7775
	water-40	4				9.0125
	Sig.		.085	.070	.084	.108

ตารางที่ 20 แสดงค่าสถิติที่ได้จากการวิเคราะห์ความเร็วเฉลี่ยในสภาพโรงเรือนของเมล็ดพริกหวานในชุดการทดลองต่าง ๆ Two-way ANOVA

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	49.889[a]	11	4.535	9.800	.000
Intercept	6021.792	1	6021.792	13012.334	.000
treatment	49.889	11	4.535	9.800	.000
Error	16.660	36	.463		
Total	6088.341	48			
Corrected Total	66.549	47			

ตารางที่ 21 แสดงค่าสถิติที่ได้จากการเปรียบเทียบความแตกต่างความเร็วเฉลี่ยในการงอกในสภาพโรงเรือนของเมล็ดพริกหวานในชุดการทดลองต่าง ๆ ด้วย Duncan's Multiple Range Test

treatment		N	Subset				
			1	2	3	4	5
Duncan[a,b]	commercial-r	4	8.6225				
	commercial-40	4		9.9400			
	GA3-r	4		10.9150	10.9150		
	water-r	4			11.0650		
	chitosan-40	4			11.1850	11.1850	
	GA3-40	4			11.3275	11.3275	
	chitosan+GA3-r	4			11.4350	11.4350	
	chitosanGA3-40	4			11.5425	11.5425	
	chitosan-r	4			11.6200	11.6200	
	acetic acid-r	4			11.7550	11.7550	11.7550
	water-40	4				12.2900	12.2900
	acetic acid-40	4					12.7100
	Sig.		1.000	.050	.142	.052	.067

ตารางที่ 22 แสดงค่าสถิติที่ได้จากการวิเคราะห์น้ำหนักสดของต้นกล้าพริกหวานในชุดการทดลองต่าง ๆ Two-way ANOVA

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	97.281[a]	11	8.844	3.557	.002
Intercept	1081.044	1	1081.044	434.794	.000
treatment	97.281	11	8.844	3.557	.002
Error	89.508	36	2.486		
Total	1267.833	48			
Corrected Total	186.789	47			

ตารางที่ 23 แสดงค่าสถิติที่ได้จากการเปรียบเทียบน้ำหนักสดของต้นกล้าพริกหวานในการงอกในสภาพโรงเรือนของเมล็ดพริกหวานในชุดการทดลองต่าง ๆ ด้วย Duncan's Multiple Range Test

treatments		N	Subset			
			1	2	3	4
Duncan[a,b]	acetic acid-40	4	1.68575			
	water-40	4	2.72850	2.72850		
	acetic acid-r	4		4.14575	4.14575	
	chitosan-r	4		4.42550	4.42550	
	chitosan-40	4		4.91650	4.91650	
	water-r	4		4.95625	4.95625	
	chitosan+GA_3-40	4		5.00525	5.00525	
	GA_3-40	4		5.15100	5.15100	
	GA_3-r	4		5.29875	5.29875	5.29875
	commercial-40	4			5.39950	5.39950
	chitosan+GA_3-r	4			5.52775	5.52775
	commercial-r	4				7.70800
	Sig.		.356	.053	.299	.054

ตารางที่ 24 แสดงค่าสถิติที่ได้จากการวิเคราะห์น้ำหนักแห้งของต้นกล้าพริกหวานในชุดการทดลองต่าง ๆ Two-way ANOVA

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	.097[a]	11	.009	2.255	.033
Intercept	2.548	1	2.548	648.941	.000
treatment	.097	11	.009	2.255	.033
Error	.141	36	.004		
Total	2.786	48			
Corrected Total	.239	47			

ตารางที่ 25 แสดงค่าสถิติที่ได้จากการเปรียบเทียบความแตกต่างของน้ำหนักแห้งของต้นกล้าพริกหวานในสภาพโรงเรือนของเมล็ดพริกหวานในชุดการทดลองต่าง ๆ ด้วย Duncan's Multiple Range Test

Treatments		N	Subset		
			1	2	3
Duncan[a,b]	acetic acid-40	4	.1156		
	water-40	4	.1698	.1698	
	acetic acid-r	4	.2035	.2035	.2035
	chitosan-r	4		.2309	.2309
	chitosan+GA_3-r	4		.2363	.2363
	GA_3-r	4		.2409	.2409
	chitosan GA_3--40	4		.2468	.2468
	water-r	4		.2470	.2470
	GA_3--40	4		.2588	.2588
	commercial-r	4		.2652	.2652
	commercial-40	4		.2678	.2678
	chitosan-40	4			.2821
	Sig.		.068	.068	.141

ตารางที่ 26 แสดงค่าสถิติที่ได้จากการวิเคราะห์ความสูงของต้นกล้าพริกหวานในชุดการทดลองต่าง ๆ Two-way ANOVA

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	1420.768[a]	11	129.161	1.056	.421
Intercept	4684.069	1	4684.069	38.300	.000
treatment	1420.768	11	129.161	1.056	.421
Error	4402.831	36	122.301		
Total	10507.667	48			
Corrected Total	5823.599	47			

การทดลองที่ 3 การวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของใบต้นกล้าพริกหวาน

ตารางที่ 27 แสดงค่าสถิติที่ได้จากการวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของใบต้นกล้าพริกหวานในชุดการทดลองต่าง ๆ Two-way ANOVA

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	.178[a]	3	.059	5.329	.014
Intercept	3.527	1	3.527	317.409	.000
treatment	.178	3	.059	5.329	.014
Error	.133	12	.011		
Total	3.838	16			
Corrected Total	.311	15			

ตารางที่ 28 แสดงค่าสถิติที่ได้จากการเปรียบเทียบความแตกต่างค่าสถิติที่ได้จากการวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของใบต้นกล้าพริกหวานในชุดการทดลองต่าง ๆ ด้วย Duncan's Multiple Range Test

treatments		N	Subset	
			1	2
Duncan[a,b]	water	4	.3185	
	chitosan 20 ppm	4	.4377	.4377
	chitosan 20 ppm+ GA3 150 ppm	4		.5169
	commercial	4		.6050
	Sig.		.136	.053

ภาคผนวก ค

ตารางบันทึกข้อมูลอื่น ๆ

ตารางที่ 29 ผลของชนิดและความเข้มข้นของสารละลายต่อความงอกของเมล็ดพันธุ์พริกหวานที่วันที่7

ชุดการทดลอง	ความงอกมาตรฐาน (เปอร์เซ็นต์)	ความงอกในสภาพโรงเรือน (เปอร์เซ็นต์)
Water	71.50 ± 0.04	4 ± 2.45
0.004 M Acetic acid	77.00 ± 0.02	4 ± 2.45
10 ppm Chitosan	83.00 ± 0.06	7.5 ± 2.5
20 ppm Chitosan	86.00 ± 0.12	4.5 ± 2.87
40 ppm Chitosan	78.50 ± 0.04	2.5 ± 1.5
150 ppm GA_3	87.00± 0.09	5.5 ± 1.89
200 ppm GA_3	82.50 ± 0.02	10.5 ± 1.89
250 ppm GA_3	75.00 ± 0.07	2 ± 1.41
Commercial	78.50 ± 0.11	48.5 ± 10.14

ตารางที่ 29 ผลของชนิดและความเข้มข้นของสารละลายต่อความงอกมาตรฐานของเมล็ดพันธุ์พริกหวานที่วันที่ 7

ชุดการทดลอง	ความงอกมาตรฐาน (เปอร์เซ็นต์)	ความงอกในสภาพโรงเรือน (เปอร์เซ็นต์)
Water	27 ± 1.91	0 ± 0.00
Water (40°C)	19 ± 3.11	0 ± 0.00
0.004 M Acetic acid	34 ± 2.16	0 ± 0.00
0.004 M Acetic acid (40°C)	22 ± 2.45	0 ± 0.00
20 ppm Chitosan	43 ± 3.70	0 ± 0.00
20 ppm Chitosan (40°C)	34 ± 2.31	0 ± 0.00
150 ppm GA_3	39.5 ± 0.96	0 ± 0.00
150 ppm GA_3 (40°C)	34.5 ± 4.79	1 ± 0.04
20 ppm Chitosan+150 ppm GA_3	33.5 ± 1.71	0 ± 0.00
20 ppm Chitosan+150 ppm GA_3 (40°C)	25 ± 2.65	0 ± 0.00
Commercial	38.5 ± 3.59	22.5 ± 10.52
Commercial (40°C)	27.5 ± 2.63	1 ± 4.36