

การศึกษาปัญหาและแนวทางแก้ไขปัญหาการติดผลน้อยของฝรั่งกลุ่มไร้เมล็ด



ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาพืชสวน

มหาวิทยาลัยแม่โจ้

พ.ศ. 2568

การศึกษาปัญหาและแนวทางแก้ไขปัญหาการติดผลน้อยของฝรั่งกลุ่มไร้เมล็ด



ฐานิษสรณ์ วรรณศรี

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของความสมบูรณ์ของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาพืชสวน

สำนักบริหารและพัฒนาวิชาการ มหาวิทยาลัยแม่โจ้

พ.ศ. 2568

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยแม่โจ้

การศึกษาปัญหาและแนวทางแก้ไขปัญหาการติดผลน้อยของฝรั่งกลุ่มไร้เมล็ด

ฐานิชสรณ์ วรรณศรี

วิทยานิพนธ์นี้ได้รับการพิจารณาอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของความสมบูรณ์ของการศึกษา

ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาพืชสวน

พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษา

อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก

(รองศาสตราจารย์ ดร.ธีรณัฐ เจริญกิจ)

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

(รองศาสตราจารย์ ดร.สิริวัฒน์ สาครวาสี)

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เฉลิมศรี นนทสวัสดิ์ศรี)

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.

ประธานอาจารย์ผู้รับผิดชอบหลักสูตร

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อรพินธุ์ สฤทธินำ)

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.

สำนักบริหารและพัฒนาวิชาการรับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์ ดร.ชัยยศ สัมฤทธิ์สกุล)

รองอธิการบดี

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.

ชื่อเรื่อง	การศึกษาปัญหาและแนวทางแก้ไขปัญหาการติดผลน้อยของฝรั่งกลุ่มไร้เมล็ด
ชื่อผู้เขียน	นางสาวฐานิชสรณ์ วรรณศรี
ชื่อปริญญา	วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาพืชสวน
อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก	รองศาสตราจารย์ ดร.ธีรณัฐ เจริญกิจ

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาปัจจัยที่มีผลต่อการติดผลน้อยของฝรั่งกลุ่มไร้เมล็ด และหาแนวทางเพิ่มอัตราการติดผล การวิจัยประกอบด้วย 3 ส่วน ได้แก่ การศึกษาความมีชีวิตและการงอกของละอองเกสร การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างสภาพอากาศกับการติดผล และการทดลองการใช้จิบเบอเรลลิน (GA₃) เพื่อเพิ่มการติดผลในฝรั่ง 7 พันธุ์ ได้แก่ กิมจูแดง เต็มขุนวัง กิมจู สาลีทอง น้ำดอกไม้ ไร้เมล็ด และบางกอกแอปเปิ้ล ผลการศึกษาพบว่าฝรั่งแต่ละพันธุ์มีความแตกต่างในคุณภาพของละอองเกสร โดยพันธุ์กิมจูแดงและสาลีทองมีค่าความมีชีวิตและความสามารถในการงอกของละอองเกสรสูง ขณะที่พันธุ์น้ำดอกไม้ ไร้เมล็ด และบางกอกแอปเปิ้ลมีความสามารถในการงอกต่ำในหลายช่วงเดือน โดยเฉพาะช่วงที่มีความชื้นสัมพัทธ์สูง การวิเคราะห์สภาพอากาศพบว่าอุณหภูมิเฉลี่ย 20–28 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 70–90 เปอร์เซ็นต์ และปริมาณฝนไม่เกิน 10 มิลลิเมตรต่อวันในช่วง 1–3 วันหลังดอกบาน เป็นสภาพที่เหมาะสมต่อการติดผล การทดลองการใช้ GA₃ พบว่าการพ่น GA₃ ความเข้มข้น 200–400 มิลลิกรัมต่อลิตรในช่วงดอกบานสามารถเพิ่มอัตราการติดผลได้อย่างมีนัยสำคัญในพันธุ์ที่มีข้อจำกัดด้านคุณภาพละอองเกสร เช่น น้ำดอกไม้และไร้เมล็ด โดยอัตราการติดผลสูงถึง 100 เปอร์เซ็นต์ แม้ในช่วงที่คุณภาพละอองเกสรต่ำ นอกจากนี้ GA₃ ยังช่วยเพิ่มขนาดผลและปรับสมดุลรสชาติของผลในบางพันธุ์ได้ด้วย จากผลการศึกษาสรุปได้ว่า ปัญหาการติดผลน้อยในฝรั่งกลุ่มไร้เมล็ดเกิดจากข้อจำกัดทางพันธุกรรมและปัจจัยแวดล้อมร่วมกัน และการประยุกต์ใช้ GA₃ อย่างเหมาะสมสามารถช่วยเพิ่มอัตราการติดผลได้อย่างมีประสิทธิภาพ เป็นแนวทางที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในระบบการผลิตฝรั่งไร้เมล็ดเชิงพาณิชย์ได้

คำสำคัญ : ฝรั่งกลุ่มไร้เมล็ด, การติดผล, สภาพอากาศ, จิบเบอเรลลิน, คุณภาพของละอองเกสร

Title	STUDY ON CAUSE AND PROMOTION OF FRUIT SETTING FOR SEEDLESS GUAVA
Author	Miss Thanitsorn Wannasri
Degree	Master of Science in Horticulture
Advisory Committee Chairperson	Associate Professor Dr. Theeranuch Jaroenkit

ABSTRACT

This study aimed to identify the factors contributing to the low fruit set in seedless guava group and to explore strategies to enhance fruit set rates. The research comprised three parts: 1) evaluating pollen viability and germination, 2) analyzing the relationship between weather conditions and fruit set, and 3) investigating the effect of gibberellin (GA₃) application on fruit set in seven guava cultivars, namely Kim ju Daeng, Den Khun Wang, Kimju, Salee Thong, Nam Dok Mai, Seedless, and Bangkok Apple.

The results revealed variations in pollen quality among the cultivars. Kimju Daeng and Salee Thong exhibited high pollen viability and germination rates, while Nam Dok Mai, Seedless, and Bangkok Apple showed low pollen germination rates during several months, particularly under high relative humidity conditions. Analysis of weather conditions indicated that average temperatures of 20–28°C, relative humidity of 70–90%, and rainfall below 10 mm per day within 1–3 days after flowering were favorable for fruit set.

The application of GA₃ at concentrations of 200–400 mg/L during full bloom significantly increased the fruit set rates in cultivars with poor pollen quality, such as Nam Dok Mai and Seedless, reaching up to 100% even during periods of low pollen viability. Moreover, GA₃ treatment also enhanced fruit size and improved flavor balance in certain cultivars.

In conclusion, the low fruit set in seedless guava group is caused by a

combination of genetic limitations and environmental factors. Proper application of GA₃ can effectively enhance fruit set rates and offers a practical approach for improving seedless guava production in commercial cultivation systems.

Keywords : Seedless guava group, Fruit set, Weather conditions, Gibberellin, Pollen quality



กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความสามารถและการสนับสนุนจากหลายฝ่าย ผู้วิจัยขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงต่อ รองศาสตราจารย์ ดร.ธีรณัฐ เจริญกิจ อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก สำหรับคำปรึกษา แนะนำแนวทาง และความช่วยเหลืออย่างใกล้ชิดตลอดระยะเวลาการวิจัย รวมถึงการอนุเคราะห์ให้ใช้ ห้องปฏิบัติการสรีรวิทยาหลังการเก็บเกี่ยว ภาควิชาพืชสวน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เพื่อทำการทดลองที่สำคัญ

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.สิริวัฒน์ สาครวาสี และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เฉลิมศรี นนทสวัสดิ์ศรี อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นที่เป็นประโยชน์ต่อการดำเนินงานวิจัย รวมถึงการอนุเคราะห์ให้ใช้ ห้องปฏิบัติการปรับปรุงพันธุ์ไม้ดอกไม้ประดับ ภาควิชาพืชสวน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ สำหรับการทดลองที่สำคัญ

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.ชิตี ศรีตันทิพย์ ประธานกรรมการสอบป้องกันวิทยานิพนธ์ สำหรับข้อเสนอแนะอันทรงคุณค่าที่ช่วยให้วิทยานิพนธ์มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณ โครงการปรับปรุงพันธุ์ไม้ผล ศูนย์พัฒนาพันธุ์พืชจักรพันธ์เพ็ญศิริ มูลนิธิชัยพัฒนา ที่ได้สนับสนุนงบประมาณการวิจัยและความช่วยเหลือในการปฏิบัติงาน ซึ่งเป็นส่วนสำคัญที่ทำให้งานวิจัยนี้ดำเนินไปได้ด้วยดี โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการอนุญาตให้ใช้ แปลงรวบรวมพันธุ์ฝรั่ง ณ ศูนย์พัฒนาพันธุ์พืชจักรพันธ์เพ็ญศิริ กองพลทหารราบที่ 7 จังหวัดเชียงใหม่ เพื่อใช้ในการศึกษา

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ "ทุนนักศึกษาเรียนดี" มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่ได้จัดสรรทุนการศึกษาอันทรงคุณค่า ซึ่งเป็นโอกาสสำคัญในการศึกษาต่อระดับบัณฑิตศึกษาและต่อยอดองค์ความรู้เพื่อประโยชน์แก่สาธารณชน

สุดท้ายนี้ ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ คุณป้าดวงเนตร วรรณศรีและครอบครัว ที่ให้ความรัก ความห่วงใย กำลังใจ และความช่วยเหลือมาโดยตลอด รวมถึงพี่ๆ เพื่อนๆ น้องๆ ทุกท่านที่ไม่ได้กล่าวถึงในที่นี้ ที่ได้ให้ความช่วยเหลือ คำปรึกษา และเป็นกำลังใจที่ดีตลอดระยะเวลาการศึกษา

คุณูปการอันใดที่พึงมีในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอน้อมนำบูชาคุณบิดา มารดา ครู อาจารย์ และผู้มีอุปการคุณทุกท่าน

ฐานิขสรณ์ วรรณศรี

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....ค	
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....ง	
กิตติกรรมประกาศ.....ฉ	
สารบัญ.....ช	
สารบัญตาราง.....ญ	
สารบัญภาพ.....ฎ	
บทที่ 1 บทนำ.....1	
ความสำคัญของปัญหา.....2	
วัตถุประสงค์.....2	
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....2	
ขอบเขตของการวิจัย.....3	
บทที่ 2 การตรวจเอกสาร.....4	
ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของฝรั่ง.....4	
ชนิดและพันธุ์ที่สำคัญของฝรั่ง.....5	
การเกิดผลไม้ที่ไม่มีเมล็ด.....7	
การตรวจสอบความมีชีวิตของละอองเกสร.....8	
โครงสร้างละอองเกสรของฝรั่ง.....12	
ปัจจัยที่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์ความมีชีวิตและความงอกของละอองเกสรฝรั่ง.....12	
งานวิจัยอื่นเกี่ยวกับความมีชีวิตและการงอกของละอองเกสรของฝรั่งหรือพืชในกลุ่มเดียวกัน.....13	
ผลกระทบของอุณหภูมิและสภาพอากาศต่อการงอกของละอองเกสร.....13	
ปัจจัยสภาพอากาศที่มีผลต่อการติดผลของฝรั่ง.....14	

งานวิจัยที่ศึกษาความสัมพันธ์ของสภาพอากาศกับอัตราการติดผลของฝรั่งหรือไม้ผลอื่นๆ	15
กลไกที่สภาพอากาศส่งผลต่อการผสมเกสร การพัฒนาไข่ภายในรังไข่ และการหลุดร่วงของดอก.16	
กลไกของฮอร์โมนจิบเบอเรลลินและบทบาทต่อการเจริญเติบโตของพืช	16
บทบาทของจิบเบอเรลลินต่อการกระตุ้นการติดผลโดยไม่มีการปฏิสนธิในระดับโมเลกุล	17
งานวิจัยเกี่ยวกับการใช้จิบเบอเรลลินกับพืชอื่นๆ ในการเพิ่มอัตราการติดผล	18
การใช้จิบเบอเรลลินเพื่อเพิ่มการติดผลฝรั่งกลุ่มไร้เมล็ด	18
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน	20
พืชทดลอง	20
วิธีการศึกษา	20
การทดลองที่ 1 ศึกษาความมีชีวิตและความงอกของละอองเกสรของฝรั่ง 7 พันธุ์	21
ขั้นตอนการเก็บตัวอย่างและเตรียมเกสร	21
การตรวจสอบความมีชีวิตของละอองเกสรโดยการย้อมสี	21
การตรวจสอบความงอกของละอองเกสรด้วยเทคนิคหยดแขวน	22
การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ	23
การทดลองที่ 2 ศึกษาความสัมพันธ์ของสภาพอากาศกับการติดผลของฝรั่ง 7 พันธุ์	24
การเก็บข้อมูลสภาพอากาศ	24
การบันทึกการติดผลบนต้น	24
การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ	25
การทดลองที่ 3 ศึกษาผลของจิบเบอเรลลินต่อการติดผล และการเจริญเติบโตของฝรั่งกลุ่มไร้เมล็ด.26	
การเตรียมสารละลายจิบเบอเรลลิน	26
วิธีการดำเนินงานวิจัย	26
การบันทึกข้อมูล	27
การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ	28
บทที่ 4 ผลการวิจัยและวิจารณ์	29

การทดลองที่ 1 ศึกษาความมีชีวิตและความงอกของละอองเกสรของฝรั่ง 7 พันธุ์.....	29
ความสอดคล้องและไม่สอดคล้องของความมีชีวิตและความงอก.....	32
การจัดกลุ่มพันธุ์ตามลักษณะการตอบสนอง.....	32
การทดลองที่ 2 ศึกษาความสัมพันธ์ของสภาพอากาศกับการติดผลของฝรั่ง 7 พันธุ์.....	34
การทดลองที่ 3 ศึกษาผลของจิบเบอเรลลินต่อการติดผล และการเจริญเติบโตของฝรั่งกลุ่มไร้เมล็ด.....	43
การติดผล.....	43
การหลุดร่วงของผล	48
ผลของจิบเบอเรลลินต่อคุณภาพผลหลังการเก็บเกี่ยว	50
การวิเคราะห์ผลการทดลองในบริบทของเดือนที่ทำการทดลองการใช้ GA ₃	57
คำแนะนำการใช้ GA ₃ สำหรับฝรั่งแต่ละพันธุ์.....	58
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ.....	59
สรุปผลการทดลอง	59
ข้อเสนอแนะ	60
บรรณานุกรม	62
ประวัติผู้วิจัย	69

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 แสดงเปอร์เซ็นต์ความมีชีวิตของละอองเกสรของฝรั่ง 7 พันธุ์ ในช่วงเวลา 5 เดือน.....	29
ตารางที่ 2 แสดงเปอร์เซ็นต์ความงอกของละอองเกสรของฝรั่ง 7 พันธุ์ ในช่วงเวลา 5 เดือน.....	31
ตารางที่ 3 แสดงเปอร์เซ็นต์การติดผลของฝรั่ง 7 พันธุ์ ในช่วงเวลา 5 เดือน.....	34
ตารางที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างสภาพอากาศกับเปอร์เซ็นต์การติดผลของฝรั่ง 7 พันธุ์.....	35
ตารางที่ 5 ค่าเฉลี่ยของข้อมูลสภาพอากาศ 1-3 วัน นับตั้งแต่วันที่ดอกบานของดอกที่ติดผลของฝรั่ง 7 พันธุ์.....	38
ตารางที่ 6 แสดงเปอร์เซ็นต์การติดผลของฝรั่ง 7 พันธุ์ภายใต้การใช้จิบเบอเรลลิน.....	44
ตารางที่ 7 แสดงวันที่ผลร่วงของฝรั่ง 7 พันธุ์ภายใต้การใช้จิบเบอเรลลิน.....	49
ตารางที่ 8 ผลของจิบเบอเรลลินต่อคุณภาพผลหลังการเก็บเกี่ยวของฝรั่งพันธุ์ไร้เมล็ด.....	53
ตารางที่ 9 ผลของจิบเบอเรลลินต่อคุณภาพผลหลังการเก็บเกี่ยวของฝรั่งพันธุ์เด่นขุนวัง.....	53
ตารางที่ 10 ผลของจิบเบอเรลลินต่อคุณภาพผลหลังการเก็บเกี่ยวของฝรั่งพันธุ์กิมจู.....	54
ตารางที่ 11 ผลของจิบเบอเรลลินต่อคุณภาพผลหลังการเก็บเกี่ยวของฝรั่งพันธุ์สาลี่ทอง.....	54
ตารางที่ 12 ผลของจิบเบอเรลลินต่อคุณภาพผลหลังการเก็บเกี่ยวของฝรั่งพันธุ์บางกอกแอปเปิ้ล.....	55
ตารางที่ 13 ผลของจิบเบอเรลลินต่อคุณภาพผลหลังการเก็บเกี่ยวของฝรั่งพันธุ์น้ำดอกไม้.....	55
ตารางที่ 14 ผลของจิบเบอเรลลินต่อคุณภาพผลหลังการเก็บเกี่ยวของฝรั่งพันธุ์กิมจูแดง.....	56
ตารางที่ 15 ระดับความเข้มข้น GA ₃ ที่แนะนำสำหรับฝรั่ง 7 พันธุ์.....	58

สารบัญภาพ

	หน้า
ภาพที่ 1 ลักษณะผล ใบและช่อดอกของฝรั่ง.....	5
ภาพที่ 2 ผลฝรั่ง.....	7
ภาพที่ 3 การย้อมสีละอองเกสรด้วยวิธีต่างๆ.....	10
ภาพที่ 4 แสดงลักษณะของละอองเกสรที่มีชีวิต จะติดสีแดงเข้ม รูปร่างไม่บิดเบี้ยว และมีขนาดโต..	22
ภาพที่ 5 แสดงลักษณะของละอองเกสรที่งอก โดยพิจารณาจากละอองเกสรที่งอกหลุดละอองเกสรที่มีความยาวมากกว่าเส้นผ่านศูนย์กลางของละอองเกสร.....	23
ภาพที่ 6 กราฟแสดงการเจริญเติบโตของผลจากความกว้างของผล ตั้งแต่หลังดอกบานสัปดาห์ที่ 4 จนถึงระยะเก็บเกี่ยว ของฝรั่งทั้ง 7 สายพันธุ์.....	46
ภาพที่ 7 ผลในระยะเก็บเกี่ยวของฝรั่งทั้ง 7 สายพันธุ์	47

บทที่ 1

บทนำ

ฝรั่งเป็นผลไม้เขตร้อน มีชื่อวิทยาศาสตร์ คือ *Psidium guajava* Linn. อยู่ในวงศ์ Myrtaceae อุดมไปด้วยคุณค่าทางโภชนาการต่างๆ เช่น วิตามินซี ไฟเบอร์ โคลีน และมีน้ำตาลน้อย จึงเป็นผลไม้เพื่อสุขภาพ เหมาะสำหรับการต้องการของผู้บริโภคในยุคปัจจุบันที่ต้องการทานอาหารที่มีรสชาติอร่อยและมีประโยชน์ต่อร่างกาย ฝรั่งจึงเป็นหนึ่งในตัวเลือกที่น่าสนใจโดยเฉพาะฝรั่งกลุ่มไร้เมล็ด ซึ่งได้รับความนิยมเนื่องจากมีลักษณะเด่นคือ เนื้อกรอบ รสชาติหวาน และไม่มีเมล็ดที่เป็นอุปสรรคต่อการบริโภค (Jiménez-Escrig, 2001; สุพี วณิชรากุล, 2543) นอกจากนี้ ยังมีผู้บริโภคบางกลุ่มที่หลีกเลี่ยงการบริโภคฝรั่งที่มีเมล็ด เนื่องจากมีความเชื่อว่าการรับประทานเมล็ดฝรั่งอาจเป็นสาเหตุของไส้ติ่งอักเสบ แม้ว่าจะยังไม่มีหลักฐานทางวิทยาศาสตร์ที่ชัดเจนสนับสนุนข้อสมมติฐานดังกล่าว (เกรียงศักดิ์ ไทยพงษ์, 2553)

ปัจจุบันประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกฝรั่งที่เปลี่ยนแปลงไปตามช่วงเวลา โดยข้อมูลจากกรมส่งเสริมการเกษตรระบุว่า พื้นที่การปลูกฝรั่งในช่วงปี พ.ศ. 2559–2566 มีแนวโน้มลดลงในช่วงหลัง ถึงแม้ว่าจะมีการขยายตัวในปี พ.ศ. 2560 ซึ่งมีพื้นที่ปลูกสูงสุดถึง 64,295.05 ไร่ แต่ต่อมาแนวโน้มพื้นที่ปลูกลดลง โดยในปี พ.ศ. 2562 มีพื้นที่ปลูกทั่วประเทศ 56,534.78 ไร่ และเพิ่มขึ้นเป็น 61,796.01 ไร่ ในปี พ.ศ. 2563 (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2566) อย่างไรก็ตาม ในปี พ.ศ. 2565 (ข้อมูลระหว่างเดือนมกราคม - สิงหาคม) พบว่าพื้นที่ปลูกฝรั่งทั่วประเทศลดลงเหลือ 51,517.51 ไร่ ซึ่งคิดเป็นอัตราการลดลง ร้อยละ 5.72 เมื่อเทียบกับช่วงเวลาเดียวกันของปีก่อนหน้า นอกจากนี้ จำนวนเกษตรกรที่ปลูกฝรั่งยังลดลงอยู่ที่ 11,536 คน ลดลงร้อยละ 1.45 จากปีก่อนหน้า (สำนักงานนโยบายและยุทธศาสตร์การค้า, 2565) และในปี พ.ศ. 2566 พื้นที่ปลูกเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเป็น 51,550 ไร่ โดยพื้นที่ที่สามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตได้จริงอยู่ที่ 30,261 ไร่ (เคหาการเกษตร, 2564) จังหวัดที่มีพื้นที่ปลูกฝรั่งมากที่สุดในช่วงเวลาดังกล่าวยังคงเป็น จังหวัดราชบุรี นครปฐม และสมุทรสาคร โดยในปี พ.ศ. 2563 จังหวัดราชบุรีมีพื้นที่ปลูก 14,456 ไร่ นครปฐม 13,500.62 ไร่ และสมุทรสาคร 8,852 ไร่ (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2566) จากข้อมูลของ เคหาการเกษตร (2564) ได้แบ่งการปลูกฝรั่งในประเทศไทยออกเป็น 3 กลุ่มหลัก ได้แก่ ฝรั่งพันธุ์กิมจู ซึ่งเป็นพันธุ์ที่ได้รับความนิยมสูงสุด มีพื้นที่ปลูกร้อยละ 48.57 รองลงมาคือ ฝรั่งพันธุ์ผลโต เช่น พันธุ์แป้นสีทอง มีพื้นที่ปลูกร้อยละ 25.91 และ ฝรั่งพันธุ์อื่นๆ เช่น ฝรั่งกลุ่มมีเมล็ดน้อยหรือไร้เมล็ด มีพื้นที่ปลูกร้อยละ 25.52 ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่าฝรั่งกลุ่มนี้มีพื้นที่ปลูกน้อยกว่าพันธุ์อื่นๆ

อย่างไรก็ตาม แม้ว่าฝรั่งกลุ่มไร้เมล็ดจะเป็นที่ต้องการของผู้บริโภค แต่การผลิตฝรั่งกลุ่มนี้ในประเทศไทยยังคงเผชิญกับปัญหาสำคัญ โดยเฉพาะปัญหาการติดผลน้อย ซึ่งส่งผลกระทบต่อปริมาณผลผลิตและรายได้ของเกษตรกร ปัจจัยที่อาจเป็นสาเหตุของปัญหาดังกล่าว ได้แก่ ความสมบูรณ์ของละอองเกสร การผสมเกสรที่ไม่สมบูรณ์ และผลกระทบจากสภาพแวดล้อม เช่น อุณหภูมิ ความชื้น

สัมพัทธ์ และปริมาณน้ำฝน (สังคม เตชะวงศ์เสถียร, 2556) นอกจากนี้ พันธุ์ที่ไม่มีเมล็ดมักขาดแหล่งฮอร์โมนในการพัฒนาผล เช่น จิบเบอเรลลิน ซึ่งมีบทบาทสำคัญในการกระตุ้นการติดผลและการพัฒนาคุณภาพผล เกษตร (2564) ซึ่งอาจเป็นอีกหนึ่งสาเหตุที่ทำให้ฝรั่งในกลุ่มนี้ติดผลน้อย

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงต้องการศึกษาปัจจัยที่คาดว่าจะมีผลต่อการติดผลน้อยของฝรั่งกลุ่มไร้เมล็ด เช่น ความมีชีวิตและความงอกของละอองเกสร การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างสภาพอากาศกับการติดผล และการทดลองใช้จิบเบอเรลลินในความเข้มข้นที่แตกต่างกัน เพื่อช่วยให้ฝรั่งกลุ่มไร้เมล็ดติดผลได้ดีขึ้น เพื่อเป็นตัวช่วยตัดสินใจในการวางแผนการผลิตฝรั่งกลุ่มไร้เมล็ดในแต่ละช่วงฤดูกาล อีกทั้งยังช่วยให้เกษตรกรผู้ปลูกฝรั่งสามารถตัดสินใจเลือกใช้สารจิบเบอเรลลินให้เหมาะสมกับฝรั่งกลุ่มไร้เมล็ดแต่ละสายพันธุ์ได้

ความสำคัญของปัญหา

ปัญหาการผลิตฝรั่งกลุ่มไร้เมล็ดในประเทศไทยมีการติดผลน้อยส่งผลกระทบต่อผลผลิตและรายได้ของเกษตรกร ปัจจัยที่ทำให้การติดผลน้อย ได้แก่ ความสมบูรณ์ของละอองเกสร สภาพแวดล้อม และการขาดฮอร์โมนที่ช่วยในการพัฒนาผล เช่น จิบเบอเรลลิน การศึกษาความมีชีวิตและการงอกของละอองเกสร ความสัมพันธ์ระหว่างสภาพอากาศกับการติดผล รวมถึงการทดลองใช้จิบเบอเรลลินในความเข้มข้นต่างๆ จะช่วยเพิ่มอัตราการติดผลและพัฒนาคุณภาพฝรั่งไร้เมล็ด ส่งผลให้เกษตรกรผู้ปลูกฝรั่งสามารถตัดสินใจเลือกใช้สารจิบเบอเรลลินให้เหมาะสมเพิ่มผลผลิตได้อย่างมีประสิทธิภาพ

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาความมีชีวิตและความงอกของละอองเกสรในฝรั่งจำนวน 7 สายพันธุ์
2. เพื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างสภาพอากาศกับการติดผลของฝรั่งแต่ละพันธุ์
3. เพื่อศึกษาผลของสารจิบเบอเรลลินในระดับความเข้มข้นต่างๆ ต่อการติดผลและการเจริญเติบโตของฝรั่งกลุ่มไร้เมล็ด

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้ข้อมูลเกี่ยวกับความมีชีวิตและความงอกของละอองเกสรฝรั่งจำนวน 7 สายพันธุ์ ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญต่อการผสมเกสร
2. ได้ทราบความสัมพันธ์ระหว่างสภาพอากาศที่มีผลต่อการติดผลในแต่ละพันธุ์
3. ได้แนวทางการใช้สารจิบเบอเรลลินเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการติดผลของฝรั่งกลุ่มไร้เมล็ด

ขอบเขตของการวิจัย

1. การวิจัยดำเนินการในแปลงรวบรวมพันธุ์ฝรั่ง ศูนย์พัฒนาพันธุ์พืชจักรพันธ์เพ็ญศิริ จังหวัดเชียงใหม่ ระหว่างเดือนธันวาคม 2563 ถึงเดือนตุลาคม 2565
2. ใช้ฝรั่งจำนวน 7 สายพันธุ์ ได้แก่ พันธุ์กิมจู กิมจูแดง ไร้เมล็ด บางกอกแอปเปิ้ล น้ำดอกไม้ เค้นขุนวัง และสาเลีทอง
3. วิเคราะห์ข้อมูลความสัมพันธ์ของสภาพอากาศ 6 ตัวแปร ได้แก่ อุณหภูมิสูงสุด อุณหภูมิต่ำสุด อุณหภูมิเฉลี่ย ปริมาณหยาดน้ำฟ้า ความชื้นสัมพัทธ์ และปริมาณน้ำฝน โดยใช้ข้อมูลอุณหภูมิสูงสุด อุณหภูมิต่ำสุด อุณหภูมิเฉลี่ย ปริมาณหยาดน้ำฟ้า และความชื้นสัมพัทธ์จากฐานข้อมูล Climate Engine จากดาวเทียม ERA5-Ag พิกัดในพื้นที่แปลงรวบรวมพันธุ์ฝรั่งของศูนย์พัฒนาพันธุ์พืชจักรพันธ์เพ็ญศิริ กองพลทหารราบที่ 7 จังหวัดเชียงใหม่ (ละติจูด $18^{\circ}53'10.9''N$ ลองจิจูด $98^{\circ}57'53.6''E$) และใช้ข้อมูลปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยจากกรมอุตุนิยมวิทยาจังหวัดเชียงใหม่ โดยใช้ค่าเฉลี่ยของข้อมูลสภาพอากาศ 1-3 วัน นับตั้งแต่วันที่ดอกบาน



บทที่ 2

การตรวจเอกสาร

ฝรั่ง (Guava) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Psidium guajava* Linn. จัดอยู่ในวงศ์ Myrtaceae เป็นพืชผลไม้ที่มีถิ่นกำเนิดในเขตร้อนทางตอนใต้ของทวีปอเมริกาและในอินเดียฝรั่งสามารถเติบโตและให้ผลผลิตได้ดีในพื้นที่เขตร้อนและกึ่งร้อน สามารถเพาะปลูกและดูแลรักษาได้ง่าย ให้ผลผลิตได้ตลอดทั้งปี สามารถปรับตัวเข้ากับสภาพอากาศหลากหลาย ในประเทศไทยฝรั่งถูกนำเข้ามาในช่วงที่มีความสัมพันธ์ทางการทูตกับอเมริกาโดยคณะมิชชันนารีและมีการนำพันธุ์เพิ่มเติมเข้ามาจากจีนอินเดีย และเวียดนาม ทำให้ฝรั่งกลายเป็นผลไม้ที่แพร่หลายในไทยและได้รับความนิยมอย่างกว้างขวาง แหล่งผลิตฝรั่งสำคัญในไทยอยู่โซนภาคกลาง เช่น นครปฐม สมุทรสาคร และราชบุรี

ฝรั่งเป็นผลไม้ที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง อุดมไปด้วยใยอาหารและวิตามินซี และมีลักษณะที่ผู้บริโภคชื่นชอบ ได้แก่ ผลโต เนื้อละเอียด รสชาติหวานกรอบ และมีเมล็ดน้อยหรือไม่มีเมล็ดในระดับสากลฝรั่งได้รับความนิยมทั้งในรูปแบบผลไม้สดและผลิตภัณฑ์แปรรูป โดยประเทศที่ผลิตฝรั่งแปรรูปและฝรั่งคั้นน้ำ ได้แก่ ฮาวาย อินเดีย เม็กซิโก เวเนซุเอลา และบราซิล ส่วนฝรั่งที่ผลิตเพื่อรับประทานสดมีมากในแถบเอเชีย เช่น ไทย มาเลเซีย เวียดนาม และไต้หวัน (เกรียงศักดิ์, 2553; อีรินุช, 2555)

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของฝรั่ง

ฝรั่ง (*Psidium guajava* Linn.) จัดเป็นไม้ยืนต้นขนาดเล็กถึงขนาดกลาง มีความสูงตั้งแต่ 2-9 เมตร ลำต้นแตกกิ่งแขนงบริเวณใกล้โคนต้น เปลือกลำต้นมีสีน้ำตาลอมเขียวหรือแดง และเปลือกจะลอกออกเมื่อแก่ กิ่งอ่อนมีลักษณะเหลี่ยม มีปีกเล็กๆ รอบด้าน เมื่อกิ่งแก่จะมีลักษณะกลมและเหนียว ทนต่อแรงลมได้ดี

ใบของฝรั่งเป็นใบเดี่ยวเรียงเป็นคู่ตรงข้าม ลักษณะของใบมีรูปไข่หรือรี เส้นใบเด่นชัด ใบอ่อนปกคลุมด้วยขนอ่อน ส่วนใบที่เจริญเต็มที่ที่มีความกว้างประมาณ 3-7 เซนติเมตร และยาว 5-15 เซนติเมตร ด้านหลังใบเรียบ ส่วนด้านท้องใบมีขนอ่อน

ดอกฝรั่งเกิดบริเวณตาข้างของกิ่ง อาจออกเป็นดอกเดี่ยวหรือเป็นช่อ ช่อละ 2-3 ดอก ดอกเป็นดอกสมบูรณ์เพศ มีเกสรเพศผู้จำนวนมากและเกสรเพศเมียที่มีก้านเรียวยาว รังไข่แบ่งออกเป็น 4-5 ช่อง กลีบดอกมีสีขาวจำนวน 4-5 กลีบ ดอกจะบานในช่วงเช้าเวลา 5.30-9.30 น. (Sandhu, 2024)

ผลฝรั่งจัดเป็นผลชนิดเบอร์รี่ มีเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ 2.5–10 เซนติเมตร ขึ้นอยู่กับพันธุ์ เมื่อผลแก่ปลายผลยังคงมีกลีบเลี้ยงติดอยู่ ผิวผลมีสีเขียวเข้มและเปลี่ยนเป็นสีเหลืองหรือสีเขียวย่อนเมื่อสุก เนื้อผลมีทั้งสีขาวและสีแดงตามลักษณะเฉพาะของพันธุ์

เมล็ดฝรั่งฝังตัวอยู่ในเนื้อผลชั้นใน ลักษณะเมล็ดมีรูปทรงคล้ายไต ขนาดเล็ก เส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 0.2–0.3 เซนติเมตร สีของเมล็ดมีตั้งแต่เหลืองอ่อนไปจนถึงน้ำตาลเข้ม ทั้งนี้จำนวนเมล็ดมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับพันธุ์ โดยบางพันธุ์อาจไม่มีเมล็ดเลย (อัญชลี, 2546; ชีรนุช, 2555)

ฝรั่งเป็นพืชที่สามารถผสมตัวเองได้ดี เนื่องจากมีเกสรเพศผู้จำนวนมากและอัตราการงอกสูง แต่ในกรณีของฝรั่งไร้เมล็ดซึ่งเป็นพันธุ์ทรูปลอยด์ (triploid) อาจต้องมีการช่วยผสมเกสรหรือปลูกร่วมกับพันธุ์ที่มีเกสรสมบูรณ์เพื่อเพิ่มอัตราการติดผล การติดผลของฝรั่งส่วนใหญ่เกิดจากการผสมตัวเอง แต่การผสมข้ามก็สามารถเกิดขึ้นได้ประมาณร้อยละ 35 โดยมีแมลง เช่น ผึ้ง เป็นตัวช่วยผสมเกสร (ชีรนุช เจริญกิจ, 2555)



ภาพที่ 1 ลักษณะผล ใบและช่อดอกของฝรั่ง
(ilbusca, 2020)

ชนิดและพันธุ์ที่สำคัญของฝรั่ง

ฝรั่งเป็นผลไม้ที่มีความหลากหลายของสายพันธุ์ ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็น 3 กลุ่มหลัก ได้แก่ กลุ่มที่ติดผลดก กลุ่มที่มีผลโต และกลุ่มอื่นๆ เช่น ฝรั่งที่มีเมล็ดน้อยหรือไร้เมล็ด (เคหาการเกษตร, 2564) โดยแต่ละกลุ่มมีลักษณะเด่นที่แตกต่างกัน ดังนี้

1) กลุ่มที่ติดผลดก กลุ่มนี้มีลักษณะเด่นที่ให้ผลผลิตจำนวนมากต่อฤดูกาล ปลูกง่าย และเป็นที่ต้องการของตลาด โดยมีพันธุ์ที่สำคัญ ได้แก่ พันธุ์กิมจู เป็นพันธุ์ที่มีลักษณะพันธุ์ผลไม่กลม มีสันนูน

ไม่สมมาตร เมล็ดน้อย ติดผลตก ผลมีขนาดพอเหมาะประมาณ 400-800 กรัมต่อผล (ภาพที่ 2ก) รสชาติหวานกรอบ เนื้อแน่น เหมาะแก่การบริโภคสด สามารถปลูกได้ทุกพื้นที่ (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2566)

2) กลุ่มที่มีผลโต ฝรั่งในกลุ่มนี้มีลักษณะเด่นที่ผลมีขนาดใหญ่ เนื้อหนา และให้รสชาติหวานกรอบ โดยมีพันธุ์สำคัญ ได้แก่ พันธุ์แป้นสีทอง ผลมีลักษณะกลมแป้น ขนาดใหญ่ ผิวสีเขียว เนื้อหนา และสีขาว (ภาพที่ 2ข) รสชาติหวานกรอบ เป็นพันธุ์ที่นิยมรับประทานผลสด (ประทีป ภูนาศล, 2542)

3) กลุ่มอื่นๆ เช่น ฝรั่งที่มีเมล็ดน้อยหรือไร้เมล็ด โดยฝรั่งในกลุ่มนี้เป็นที่ต้องการของผู้บริโภค เนื่องจากมีความสะดวกในการรับประทานมากกว่าฝรั่งที่มีเมล็ด แต่ฝรั่งกลุ่มนี้มักให้ผลผลิตน้อยและผลมีขนาดเล็กกว่าพันธุ์ที่มีเมล็ด โดยพันธุ์ที่สำคัญ ได้แก่

3.1 พันธุ์ไร้เมล็ด นำพันธุ์เข้ามาจากมาเลเซีย มีลักษณะการออกดอกเป็นพวง ใบหนากว้างใหญ่ ใบมีขนอ่อนทั่วทั้งใบ ปลายใบมน ผลไม่ค่อยดก ผลมีขนาดกลางถึงใหญ่ รูปทรงเป็นรูปแพรวหรือรูปไข่ เนื้อสีขาวหนา (ภาพที่ 2ค) เนื้อแน่น นุ่มหวาน (ภัสยาพร แสงเพชร, 2550)

3.2 พันธุ์บางกอกแอปเปิ้ล เป็นฝรั่งไร้เมล็ดลูกผสมที่เกิดขึ้นในเมืองไทย โดยคุณดำรงศักดิ์ วิจารณ์ ซึ่งผสมระหว่าง พ่อพันธุ์กลมสาส์กับแม่พันธุ์อีแฮ้ว ได้ผลที่ไม่มีเมล็ด นิยมปลูกในประเทศมาเลเซีย อินโดนีเซีย และฟิลิปปินส์ กิ่งอ่อนเห็นเหลี่ยมชัดเจน ใบมนใหญ่ค่อนข้างกลม ขอบใบเป็นคลื่น ผลลักษณะคล้ายลูกแอปเปิ้ล มีขนาดใหญ่ 600-1,100 กรัม/ผล ผิวสีเขียวอ่อนเป็นคลื่น เนื้อหนาแน่นตลอดทั้งผล ไม่มีเมล็ด (ภาพที่ 2ง) เนื้อกรอบ รสชาติอมเปรี้ยวนิดๆ คล้ายสาส์สุกๆ เมื่อสุกเนื้อไม่เละ กิ่งก้านแข็งแรง (ธีรณัฐ เจริญกิจ, 2555)

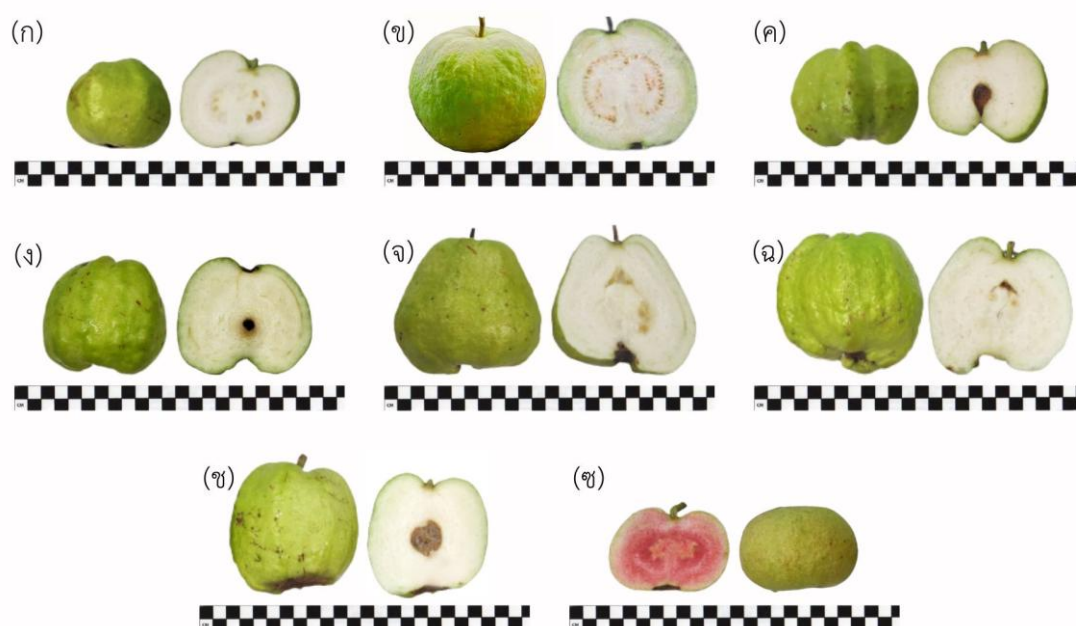
3.3 พันธุ์น้ำดอกไม้ม ผลมีรูปร่างที่ไม่แน่นอน ผิวสีอ่อน เมื่อผ่าด้านในออกมาพบว่า บางผลมีโพรงและบางผลมีเมล็ดน้อย (ภาพที่ 2จ)

3.4 พันธุ์สาส์ทอง เป็นฝรั่งนำเข้ามาจากมาเลเซีย รสชาติหวานกรอบ เนื้อแน่น มีเนื้อสัมผัสที่หยาบกว่าฝรั่งมีเมล็ดพันธุ์แป้นสีทองอย่างชัดเจน (เกรียงศักดิ์ ไทยพงษ์, 2553) ด้านทานต่อโรคแมลง ผลมีขนาดใหญ่ สามารถหนักถึง 1 กิโลกรัม แต่โดยส่วนมากจะหนัก 3 ผลต่อ 1 กิโลกรัม ลักษณะคล้ายผลสาส์ และมีผิวสีเหลืองทอง จึงเป็นที่มาของสาส์ทอง (ภาพที่ 2ฉ) ต้นคล้ายกลมสาส์ จนแยกไม่ออก กิ่งมักหักง่ายเพราะมีผลโตมาก ขยายพันธุ์โดยการตอนได้ผลดีกว่าการชำ (ประเทืองอายุเจริญ, 2542)

3.5 พันธุ์เด่นขุนวัง นำพันธุ์เข้ามาจากไต้หวัน รูปร่างแป้น ขนาดของผลใหญ่ไม่แตกต่างจากฝรั่งแป้นสีทอง แต่ไม่มีเมล็ด (ภาพที่ 2ช) รสชาติหวานกรอบ เนื้อแน่น ไม่เปรี้ยว ปลูกง่าย โตไว

3.6 พันธุ์กิมจูแดง ผลลักษณะค่อนข้างแป้น ผิวภายนอกมีสีเขียว เนื้อข้างในเป็นสีแดง มีเมล็ดน้อย รสชาติหวานฉ่ำ ขนาดของผลใกล้เคียงกับฝรั่งพันธุ์กิมจู (ภาพที่ 2ข)

ฝรั่งกลุ่มที่มีเมล็ดน้อยหรือไร้เมล็ดได้รับความนิยมเพิ่มขึ้น เนื่องจากสามารถรับประทานได้สะดวก และให้ราคาดีกว่าพันธุ์ที่มีเมล็ด แต่มีข้อจำกัดด้านการติดผลที่น้อย รูปทรงผลไม่สมมาตร และมีพื้นที่ปลูกยังไม่มากเมื่อเทียบกับฝรั่งพันธุ์การค้าอื่นๆ (เกรียงศักดิ์ ไทยพงษ์, 2553)



ภาพที่ 2 ผลฝรั่ง

(ก) พันธุ์กิมจู (ข) พันธุ์แป้นสีทอง (ค) พันธุ์ไร้เมล็ด (ง) พันธุ์บางกอกแอปเปิ้ล

(จ) พันธุ์น้ำดอกไม้ (ฉ) พันธุ์สีทอง (ช) พันธุ์เด่นขุนวัง (ซ) พันธุ์กิมจูแดง

แต่ละช่องของสเกลบาร์มีค่าเท่ากับ 1 เซนติเมตร

ที่มา : โครงการปรับปรุงพันธุ์ไม้ผล แปลงรวบรวมพันธุ์ฝรั่ง ศูนย์พัฒนาพันธุ์พืชจักรพันธ์เพ็ญศิริ

การเกิดผลไม้ที่ไม่มีเมล็ด

เกรียงศักดิ์ ไทยพงษ์ (2553) ได้สรุปสาเหตุของการเกิดผลไม้ที่ไร้เมล็ดในไม้ผลส่วนใหญ่ ซึ่งสามารถเกิดขึ้นได้จากหลายสาเหตุด้วยกัน ได้แก่

1. Vegetative parthenocarpy คือ การพัฒนาของผลที่ปราศจากการผสมเกสร โดยรังไข่สามารถเจริญได้เอง เกิดจากการที่รังไข่พัฒนามาเป็นผลโดยปราศจากการผสมเกสรโดยตรง (parthenocarpy) ซึ่งพบได้ในพืชบางชนิดที่สามารถสังเคราะห์ฮอร์โมนภายในรังไข่ได้เอง ทำให้เกิดผลไม้ที่ไม่มีเมล็ด

2. Stimulative parthenocarpy คือ การพัฒนาของผลเนื่องจากรังไข่ได้รับการกระตุ้นเมื่อได้รับละอองเกสร แต่ไม่เกิดการผสมระหว่างเชื้อตัวผู้และไข่ เกิดจากการที่รังไข่ได้รับการกระตุ้นจากการตกค้างของละอองเกสรหรือสัญญาณจากการสัมผัสกับละอองเกสร แม้ว่าจะไม่มีการปฏิสนธิเกิดขึ้นจริง แต่มีผลทำให้รังไข่มีการพัฒนาเป็นผลที่ไม่มีเมล็ด

3. Male or pollen sterility คือ การเป็นหมันของเกสรเพศผู้ส่งผลให้ไม่มีการปฏิสนธิเกิดขึ้น เนื่องจากเกสรไม่สามารถทำหน้าที่ได้เต็มที่ ซึ่งนำไปสู่การพัฒนาผลที่ไม่มีเมล็ดในบางกรณี งานวิจัยของ Firon (2006) ได้ศึกษาลักษณะเซลล์และกลไกที่เกี่ยวข้องกับความเป็นหมันของเกสรในแอปเปิ้ล โดยชี้ให้เห็นว่าการบกพร่องในกระบวนการสังเคราะห์หรือการปล่อยเกสร สามารถส่งผลต่อการปฏิสนธิและการพัฒนาผล

4. Female or ovule sterility คือ การเป็นหมันของไข่ เกิดจากการที่ไข่หรือรังไข่มีความผิดปกติหรือไม่สมบูรณ์ (ovule sterility) ส่งผลให้ไม่สามารถเข้าสู่กระบวนการปฏิสนธิ จึงทำให้เกิดผลที่ไม่มีเมล็ด งานวิจัยของ Zhang (2011) ได้รายงานการศึกษาลักษณะและกลไกของ ovule abortion ในลูกแพร์ พบว่าความผิดปกติในระดับเซลล์ของไข่มีส่วนสำคัญต่อการเกิดผลไม่ไร้เมล็ด

5. Self-incompatibility การผสมตัวเองไม่ติด เป็นปฏิกิริยาที่เชื้อสปีพันธุ์เพศผู้และเพศเมียมีลักษณะทางพันธุกรรมเหมือนกัน เป็นระบบที่ป้องกันการปฏิสนธิระหว่างดอกที่มีลักษณะทางพันธุกรรมเหมือนกัน ภายในพันธุ์เดียวกัน ทำให้การปฏิสนธิถูกยับยั้งและอาจส่งผลให้รังไข่พัฒนาเป็นผลที่ไม่มีเมล็ด

6. Polyploid คือ การที่พืชมีจำนวนโครโมโซมมากกว่า 2 ชุด โดยลักษณะที่ไม่มีเมล็ดของฝรั่งบางพันธุ์เกิดจากการที่มีจำนวนโครโมโซม 3 ชุด เช่น พันธุ์บางกอกแอปเปิ้ล (อัญชลี ศรีสุวรรณ, 2546) นอกจากนี้ งานของ Soost (1985) ได้แสดงให้เห็นว่าการที่มีจำนวนโครโมโซม 3 ชุด (triploidy) มีความเกี่ยวข้องกับการเกิดผลไม่ไร้เมล็ดในส้ม โดยพบว่าส้มพันธุ์ 'Melogold' ที่มีจำนวนโครโมโซม 3 ชุด ซึ่งเป็นลูกผสมระหว่างส้มโอและเกรปฟรุตนั้นมีอัตราการเกิดผลไม่ไร้เมล็ดสูง

โดย สัมฤทธิ์ เพื่องจันทร์ (2526) ให้เหตุผลสนับสนุนว่า ฝรั่งไร้เมล็ดหรือมีเมล็ดน้อยบางส่วนจะเกี่ยวข้องกับชุดโครโมโซมที่ผิดปกติและเกี่ยวข้องกับเพศทำให้เป็นหมัน ส่งผลให้มีการติดผลที่น้อยเนื่องจากเกี่ยวข้องกับฮอร์โมนพืชประเภทออกซินที่เมล็ดจะสร้างขึ้นแล้วขยายตัวกลายเป็นผล โดยเมล็ดจะเป็นแหล่งผลิตฮอร์โมนที่จะกระตุ้นให้ผลโตเป็นปกติหรือติดผลได้

การตรวจสอบความมีชีวิตของละอองเกสร

การตรวจสอบความมีชีวิตของละอองเกสร (Pollen viability test) เป็นกระบวนการที่ใช้ประเมินศักยภาพของละอองเกสรในการเข้าร่วมปฏิสนธิ ซึ่งช่วยให้ทราบถึงความสามารถของละอองเกสรในการเจริญเติบโตและการปฏิสนธิได้สำเร็จ วิธีที่นิยมใช้ในการตรวจสอบความมีชีวิตของละออง

เกสร ได้แก่ การย้อมสีละอองเกสร (Pollen staining) และการทดสอบการงอกของละอองเกสร (Pollen germination test) ซึ่งเป็นเทคนิคที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในการศึกษาทางพฤกษศาสตร์และการปรับปรุงพันธุ์พืช

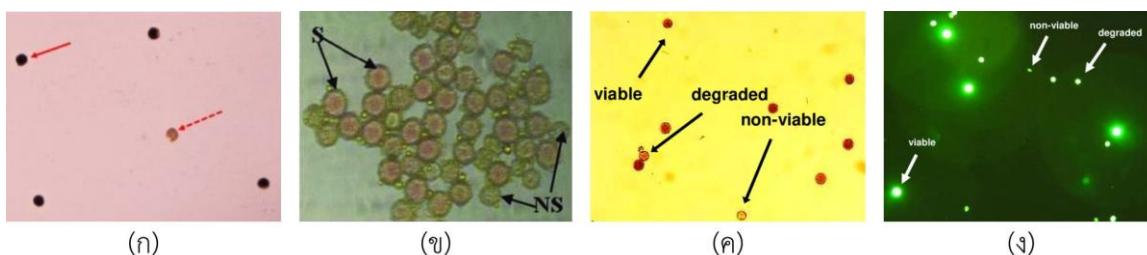
1. การย้อมสีละอองเกสร (Staining Methods) เป็นการตรวจสอบองค์ประกอบภายในของละอองเกสร (ทินน์ พรหมโชติ, 2554) โดยมีเทคนิคและวิธีการย้อมสีละอองเกสรหลายวิธี ได้แก่

1.1 Iodine test เป็นการตรวจสอบเมล็ดแบ่งภายในละอองเกสร ทำได้โดยการหยดสารละลายไอโอดีน (1–2 %: Iodine 1–2 กรัม, Potassium iodine 1 มิลลิลิตร และเติมน้ำให้ครบ 100 มิลลิลิตร) แล้วนำมาส่องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์ ละอองเกสรที่ติดสีม่วงเข้มแสดงว่าเป็นละอองเกสรที่มีชีวิตจึงมีการพัฒนาและสร้างแบ่งขึ้น แต่ถ้ามีเปอร์เซ็นต์ติดสีน้อยหรือไม่มีเลย แสดงว่าละอองเกสรนั้นไม่มีการพัฒนาเกิดขึ้นภายในเมล็ด ถ้าละอองเกสรภายในดอกนั้นย้อมไม่ติดสีเลย เบื้องต้นสันนิษฐานว่าเกสรของพืชนั้นเป็นหมัน (ภาพที่ 3ก) ส่วนจะสรุปว่าเป็นหมันจริงหรือไม่จำเป็นต้องมีการทดสอบซ้ำกับพืชนั้นหลายๆ ตัวอย่าง หลายช่วงการพัฒนา ในสิ่งแวดล้อมที่แตกต่างกัน (Tosun, 2017)

1.2 Acetocarmine test สีของ acetocarmine จะย้อมติดนิวเคลียสเป็นสีชมพูหรือม่วงแดง ส่วนละอองเกสรที่ไม่มีชีวิตจะสีจางและไม่ติดสี โดยคุณสมบัติของ acetocarmine เป็นสารเบสที่มีประจุบวก มีความสามารถในการจับกับกรดนิวคลีอิกในนิวเคลียสและส่วนประกอบอื่นๆ ภายในเซลล์ที่มีประจุลบ ซึ่งในละอองเกสรที่มีชีวิต เซลล์จะรักษาเยื่อหุ้มเซลล์และโครงสร้างภายในให้คงที่ ทำให้ acetocarmine สามารถเข้าสู่เซลล์และจับกับนิวเคลียสได้อย่างมีประสิทธิภาพ ส่งผลให้ละอองเกสรที่มีชีวิตปรากฏสีชมพูหรือม่วงแดงชัดเจน เมื่อเซลล์เสื่อมสภาพหรือเสียชีวิตเยื่อหุ้มเซลล์และเนื้อข้างในจะถูกทำลายหรือสูญเสียความสมบูรณ์ ทำให้สีย้อมไม่ถูกจับหรือคงอยู่ในเซลล์ได้ ส่งผลให้ละอองเกสรที่ไม่มีชีวิตแสดงสีจางหรือไม่ติดสีเลย (ภาพที่ 3ข) (Alexander, 1969; Ganeshan, 2013)

1.3 MTT staining ละอองเกสรที่มีชีวิตจะติดสีม่วงน้ำเงินของ MTT [3(4,5-dimethylthiazolyl-2),5 phenyltetrazoliumbromine] ส่วนละอองเกสรที่ไม่มีชีวิตจะเป็นสีเหลือง (ภาพที่ 3ค) (Rodriguez-Riano, 2000)

1.4 FDA staining test ย้อมละอองเกสรด้วยสี FDA (Fluorescein diacetate) แล้วนำมาส่องดูด้วยกล้อง Fluoromicroscope (UV) จะเห็นละอองเกสรที่มีชีวิตมีสีเขียวเหลืองเป็นประกาย ส่วนละอองเกสรที่ไม่มีชีวิตจะเป็นสีฟ้ามัว (ภาพที่ 3ง) โดยเปอร์เซ็นต์ของละอองเกสรที่ติดสีสามารถบ่งบอกถึงควมมีชีวิตของละอองเกสรได้ (Dafni, 2000)



ภาพที่ 3 การย้อมสีละอองเกสรด้วยวิธีต่างๆ

(ก) Pollen viability with iodine staining: viable (full arrow) and non-viable (dotted)

(Tosun, 2017)

(ข) Pollen viability assessed by stainability (acetocarmine test) of cryopreserved pollen (Ganeshan, 2013)

(ค) Pollen stained with MTT in different extensities depending on their viability

(Rodriguez-Riano, 2000)

(ง) Pollen stained with FDA and excited with UV light glow with different intensity depending on their viability (Dafni, 2000)

2. การตรวจสอบความงอกของละอองเกสรด้วยเทคนิคหยดแขวน (Hanging drop technique)

โดยทั่วไปนิยมใช้อาหารสังเคราะห์สำหรับเลี้ยงละอองเกสรสูตร (Brewbaker, 1963) ที่ประกอบด้วย บอริก 0.01 กรัม แคลเซียมไนเตรด 0.03 กรัม แมกนีเซียมซัลเฟต 0.02 กรัม และ โพแทสเซียมไนเตรด 0.01 กรัม (อมรรัตน์ แก้วคุ้มภัย, 2561) ซึ่งเป็นอาหารสังเคราะห์ที่มีการปรับสภาพให้มีการเข้าออกของน้ำ และแร่ธาตุต่างๆ ให้ใกล้เคียงกับ stigma fluid มากที่สุด โดยใช้ความเข้มข้นของน้ำตาลซูโครส 10 เปอร์เซ็นต์ และทำการตรวจนับเปอร์เซ็นต์ละอองเกสรที่งอก pollen tube ออกมา หลังจากเวลาผ่านไประยะหนึ่ง ซึ่งเปอร์เซ็นต์ความงอกนี้จะบ่งบอกถึงคามมีชีวิตของละอองเกสร

Boonprakob (2005) ได้ทำการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการงอกของละอองเกสรในอาหารสังเคราะห์ และก้านเกสรเพศเมียต่อการติดผลของฝรั่ง 7 สายพันธุ์ ได้แก่ กลมสาละ เป้นสีทองแดงสยาม ฟิลิปปินส์ บางกอกแอปเปิ้ล พจ13-10 และไทย พบว่าปริมาณการงอกของละอองเกสรอยู่ในช่วง 29 – 79 เปอร์เซ็นต์ และอัตราการงอกของหลอดละอองเกสรในการเพศเมียสามารถเจริญถึงรังไข่ภายใน 24 ชั่วโมงหลังจากการผสมเกสร ยกเว้นพันธุ์บางกอกแอปเปิ้ลที่ใช้เวลา 48 ชั่วโมง อีกทั้งฝรั่งพันธุ์บางกอกแอปเปิ้ลยังมีปริมาณการงอกของละอองเกสรต่ำที่สุด ทำให้มีการติดผลน้อยกว่าพันธุ์อื่น

ภัสยาพร แสงเพ็ชร (2550) ได้ทดสอบความมีชีวิตและความงอกของละอองเกสรฝรั่งพันธุ์ไม่มีเมล็ดและมีเมล็ดน้อย ซึ่งในฝรั่งพันธุ์ไม่มีเมล็ด 4 สายพันธุ์ คือ เพชรภูทอง เพชรสุวรรณ สาลีทอง และบางกอกแอปเปิ้ล ส่วนพันธุ์ที่มีเมล็ดน้อยใช้ 3 สายพันธุ์ คือ เด่นขุนวัง เด่นจินดา และอินโดนีเซีย ซิตเลส เปรียบเทียบกับพันธุ์ที่มีจำนวนเมล็ดมาก คือ กลมสาลี พบว่าเปอร์เซ็นต์ความมีชีวิตของฝรั่งพันธุ์เด่นขุนวังมี 82 เปอร์เซ็นต์ และพันธุ์บางกอกแอปเปิ้ลมี 74 เปอร์เซ็นต์ ส่วนในฝรั่งพันธุ์สาลีทอง ไม่พบละอองเกสร ซึ่งสาเหตุน่าจะมาจากการเป็นหมันของเกสรตัวผู้

นพวรรณ หนองใหญ่ (2558) ได้ทำการศึกษาสัณฐานวิทยา ความมีชีวิตและความงอกของละอองเกสรฝรั่งประดับพันธุ์แคระจำนวน 8 สายพันธุ์ คือ พันธุ์ซึ้นกแคระ เคียวกรีนเบอร์ 1 เคียวโกเมนเบอร์ 1 เคียวโกเมนเบอร์ 2 เคียวโกเมนเบอร์ 3 เคียวโกเมนเบอร์ 5 เคียวโกเมนเบอร์ 6 และเคียวโกเมนเบอร์ 9 เปรียบเทียบกับพันธุ์หวานพิรุณ ซึ่งเป็นพันธุ์การค้าที่มีขนาดต้นปกติ พบว่า ละอองเกสรฝรั่งทุกพันธุ์มี รูปร่างสามเหลี่ยม ขนาดของละอองเกสรมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 22.7 ไมโครเมตร โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 20.01 ไมโครเมตร ถึง 25.54 ไมโครเมตร ความมีชีวิตมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 92.03 เปอร์เซ็นต์ โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 86.55 เปอร์เซ็นต์ ถึง 98.73 เปอร์เซ็นต์ ความงอกมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 44.15 เปอร์เซ็นต์ โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 25.11 - 58.58 เปอร์เซ็นต์

งานวิจัยของสุพิ วนศิริกุล (2543) ได้ดำเนินการศึกษาการเก็บรักษาละอองเกสรฝรั่งในสองพันธุ์ คือ พันธุ์แป้นสีทองและพันธุ์เย็นสอง โดยมุ่งเน้นเปรียบเทียบผลของการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (25 องศาเซลเซียส) กับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ คือ 4 องศาเซลเซียส และ -20 องศาเซลเซียส เพื่อประเมินความมีชีวิตและความสามารถในการงอกของละอองเกสร การประเมินความมีชีวิตดำเนินการด้วยวิธีย้อมสีด้วย acetocarmine 1 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเป็นวิธีที่สามารถระบุเซลล์ที่มีการทำงานทางชีวภาพได้ ในขณะที่ความสามารถในการงอกถูกทดสอบในอาหารสังเคราะห์สูตร Brewbaker (1963) ซึ่งสูตรดังกล่าวเป็นที่ยอมรับอย่างแพร่หลายในงานวิจัยด้านชีววิทยาของพืช ผลการศึกษาพบว่าละอองเกสรไม่สามารถงอกได้หลังจากเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส แสดงให้เห็นว่าแม้อุณหภูมิที่ต่ำจะช่วยรักษาความมีชีวิตของละอองเกสรไว้ได้ แต่ก็อาจมีผลกระทบต่อกระบวนการเมตาบอลิซึมที่จำเป็นสำหรับการงอก จากการศึกษาโดยรวม จึงสามารถสรุปได้ว่าการเก็บรักษาละอองเกสรที่ 4 องศาเซลเซียส เป็นเงื่อนไขที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการรักษาความสามารถในการงอกของละอองเกสรฝรั่งทั้งสองพันธุ์ในระยะยาว เมื่อเทียบกับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องหรือที่ -20 องศาเซลเซียส โดยผลการศึกษานี้ยังช่วยยืนยันความแตกต่างระหว่างวิธีการประเมินความมีชีวิตด้วยการย้อมสีและการทดสอบความสามารถในการงอก ซึ่งมีความสำคัญต่อการประเมินคุณภาพของละอองเกสรในงานวิจัยด้านพืช

โครงสร้างละอองเกสรของฝรั่ง

ละอองเกสรของฝรั่งมีลักษณะเป็น รูปร่างสามเหลี่ยม มีช่องเปิด 3 จุด (Triporate) และผนังบางเรียบ (Psilate) ขนาดของละอองเกสรขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ เฉลี่ยประมาณ 22.7 ไมโครเมตร โดยมีความยาวระหว่าง 20.01 - 25.54 ไมโครเมตร (นพวรรณ หนองใหญ่, 2558) ขนาดของละอองเกสรไม่มีความสัมพันธ์กับขนาดของต้น ซึ่งเป็นลักษณะทั่วไปของพืชที่มีการผสมเกสรโดยอาศัยลมในการเคลื่อนย้ายละอองเกสร อย่างไรก็ตาม คุณภาพของละอองเกสรอาจแตกต่างกันขึ้นอยู่กับปัจจัยอื่นๆ เช่น พันธุ์และสภาพแวดล้อม

ปัจจัยที่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์ความมีชีวิตและความงอกของละอองเกสรฝรั่ง

1. พันธุ์ของฝรั่ง

ฝรั่งพันธุ์ที่มีเมล็ดปกติมีความมีชีวิตของละอองเกสรสูงกว่าฝรั่งพันธุ์ที่มีเมล็ดน้อยจากการศึกษาของ ภัศยาพร แสงเพ็ชร (2550) พบว่าละอองเกสรของฝรั่งพันธุ์กลมสาเลี มีความมีชีวิตอยู่ที่ 92 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ฝรั่งพันธุ์ที่มีเมล็ดน้อยมีความมีชีวิตอยู่ระหว่าง 58-82 เปอร์เซ็นต์ และพบว่าฝรั่งพันธุ์ไม่มีเมล็ด เช่น สาเลีทอง ไม่พบละอองเกสรเลย ซึ่งบ่งชี้ถึงความเป็นหมันของเกสรตัวผู้และอาจเป็นปัจจัยหลักที่ทำให้ฝรั่งพันธุ์นี้ติดผลน้อย ละอองเกสรของฝรั่งทุกพันธุ์มีความมีชีวิตเฉลี่ย 92.03 เปอร์เซ็นต์ โดยมีช่วงอยู่ระหว่าง 86.55-98.73 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่ความงอกของละอองเกสรมีค่าเฉลี่ยเพียง 44.15 เปอร์เซ็นต์ โดยมีค่าระหว่าง 25.11-58.58 เปอร์เซ็นต์ (นพวรรณ หนองใหญ่, 2558) ซึ่งชี้ให้เห็นว่าละอองเกสรที่มีชีวิตอยู่ไม่ได้หมายความว่าสามารถงอกได้ทั้งหมด

2. องค์ประกอบทางเคมีของละอองเกสร

ละอองเกสรบางส่วนอาจไม่สมบูรณ์เพียงพอที่จะงอกได้ แม้ว่าจะสามารถให้ผลบวกในการย้อมสีเพื่อทดสอบความมีชีวิตได้ ซึ่งอาจเกิดจากระดับองค์ประกอบทางเคมีที่สูงแต่ไม่ส่งผลต่อการงอกของละอองเกสรโดยตรง จากการศึกษาของสุพิ วนศิริกุล (2543) พบว่าการเก็บละอองเกสรที่อุณหภูมิต่ำช่วยยืดอายุการมีชีวิตของละอองเกสร แต่การงอกอาจลดลงหรือไม่เกิดขึ้นเลย โดยเฉพาะเมื่อเก็บที่ -20 องศาเซลเซียส ทำให้ไม่สามารถนำไปใช้ในการผสมเกสรได้อย่างมีประสิทธิภาพ

3. สภาพแวดล้อมและปัจจัยภายนอก

ปัจจัยแวดล้อม เช่น อุณหภูมิ ความชื้น และสภาพอากาศ มีผลต่อเปอร์เซ็นต์การงอกของละอองเกสร และระดับความเครียดจากสิ่งแวดล้อม เช่น การขาดน้ำหรือสารอาหาร อาจส่งผลให้ละอองเกสรมีคุณภาพต่ำลงและลดความสามารถในการงอก จากการศึกษาของ Boonprakob (2005) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการงอกของละอองเกสรในอาหารสังเคราะห์และการติดผลของฝรั่ง พบว่าพันธุ์บางกอกแอปเปิ้ลมีเปอร์เซ็นต์การงอกต่ำที่ 29 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งอาจเป็นสาเหตุให้มีอัตราการติดผลต่ำกว่าพันธุ์อื่น

4. ลักษณะทางกายภาพของละอองเกสร

ฝรั่งแต่ละพันธุ์มีแนวโน้มที่จะมีเปอร์เซ็นต์ความมีชีวิตสูงกว่าความงอกของละอองเกสร ซึ่งหมายความว่าความมีชีวิตของละอองเกสรไม่ได้เป็นตัวบ่งชี้โดยตรงว่าละอองเกสรเหล่านั้นสามารถงอกได้และผสมเกสรได้สำเร็จ งานวิจัยของ นพวรรณ หนองใหญ่ (2558) ศึกษาละอองเกสรของฝรั่งพันธุ์ต้นแคระ 8 สายพันธุ์ พบว่าละอองเกสรมีรูปร่างเป็นรูปสามเหลี่ยม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยประมาณ 22.70 ไมโครเมตร โดยมีช่วงระหว่าง 20.01–25.54 ไมโครเมตร

งานวิจัยอื่นเกี่ยวกับความมีชีวิตและการงอกของละอองเกสรของฝรั่งหรือพืชในกลุ่มเดียวกัน

เปอร์เซ็นต์ความมีชีวิตและความงอกของละอองเกสรมีผลโดยตรงต่ออัตราการติดผลของฝรั่งและพืชในกลุ่มเดียวกัน การศึกษาต่างๆ พบว่าละอองเกสรที่มีความมีชีวิตสูงอาจไม่ได้หมายความว่ามีความสามารถในการงอกสูง ซึ่งส่งผลต่อการปฏิสนธิและการติดผลของพืช ตัวอย่างเช่น

งานวิจัยของ Boonprakob (2005) พบว่าฝรั่งพันธุ์บางกอกแอปเปิ้ลมีเปอร์เซ็นต์การงอกต่ำที่สุดและใช้เวลานานกว่าพันธุ์อื่นในการงอกในก้านเกสรเพศเมีย ส่งผลให้อัตราการติดผลต่ำ

ภัสยาพร แสงเพชร (2550) รายงานว่าพันธุ์สาลี่ทองไม่มีละอองเกสรเลย ซึ่งเป็นสาเหตุหลักที่ทำให้พันธุ์นี้มีอัตราการติดผลต่ำ

สุพวี วนศิริกุล (2543) พบว่าการเก็บรักษาละอองเกสรที่อุณหภูมิห้องทำให้ความมีชีวิตและการงอกลดลงอย่างรวดเร็วภายใน 2 วัน และแม้ว่าการเก็บที่ 4 องศาเซลเซียส จะช่วยยืดอายุของละอองเกสรได้ถึง 10 สัปดาห์ แต่ความสามารถในการงอกจะลดลงอย่างมากเมื่อเก็บเกิน 5 สัปดาห์

จากข้อมูลข้างต้น สามารถสรุปได้ว่าความมีชีวิตของละอองเกสรฝรั่งมักจะสูงกว่าความสามารถในการงอก โดยพันธุ์ของฝรั่ง องค์ประกอบทางเคมีของละอองเกสร และปัจจัยแวดล้อมเป็นตัวแปรสำคัญที่มีผลต่อความสามารถในการเจริญของละอองเกสร ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญในการพัฒนาและปรับปรุงพันธุ์ฝรั่งที่มีเมล็ดน้อยหรือไร้เมล็ดให้มีอัตราการติดผลที่ดีขึ้น

ผลกระทบของอุณหภูมิและสภาพอากาศต่อการงอกของละอองเกสร

งานวิจัยของ สุพวี วนศิริกุล (2543) พบว่าการเก็บรักษาละอองเกสรที่อุณหภูมิห้องทำให้ความมีชีวิตและการงอกลดลงอย่างรวดเร็วภายใน 2 วัน และแม้ว่าการเก็บที่ 4 องศาเซลเซียส จะช่วยยืดอายุของละอองเกสรได้ถึง 10 สัปดาห์ แต่ความสามารถในการงอกจะลดลงอย่างมากเมื่อเก็บเกิน 5 สัปดาห์ ในงานวิจัยเกี่ยวกับมะละกอ พบว่าฤดูร้อนส่งผลให้ละอองเกสรไม่สมบูรณ์และติดผลน้อยลง ในขณะที่ฤดูฝนมีความมีชีวิตและการงอกสูงขึ้น (สุพพรพรรณ ศรีมาศ, 2557) งานวิจัยในหม้อข้าวหม้อแกงลิง พบว่าอุณหภูมิสูงส่งผลเสียต่อการงอกของละอองเกสร ซึ่งอุณหภูมิที่สูงกว่า 40 องศาเซลเซียส ทำให้ละอองเกสรเสื่อมสภาพเร็วขึ้นและไม่สามารถงอกได้ (อมรรัตน์ แก้วคุ้มภัย,

2561) และงานวิจัยในข้าว พบว่าข้าวได้รับผลกระทบจากอุณหภูมิสูงในช่วงเจริญพันธุ์ ส่งผลให้เปอร์เซ็นต์ความมีชีวิตของละอองเกสรลดลง และทำให้ผลผลิตลดลง (จารุวรรณ ชื่นมาธูรไพจิตร, 2564) ส่วนงานวิจัยเกี่ยวกับลิ้นจี่ พบว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการงอกของละอองเรณูลิ้นจี่อยู่ที่ 25 องศาเซลเซียส เมื่อต่ำกว่าหรือสูงกว่านี้ การงอกจะลดลงอย่างมีนัยสำคัญ (นิพนธ์ สุขวิบูลย์, 2547; มนตรี แก้วดวง, 2546)

จากงานวิจัยเหล่านี้ สรุปได้ว่าอุณหภูมิและสภาพอากาศมีผลอย่างมีนัยสำคัญต่อความมีชีวิตและการงอกของละอองเกสร การควบคุมอุณหภูมิและสภาพแวดล้อมให้เหมาะสมเป็นสิ่งสำคัญในการเพิ่มอัตราการติดผลของพืช นอกจากนี้ การเก็บรักษาละอองเกสรที่อุณหภูมิต่ำสามารถยืดอายุความมีชีวิตได้ แต่ไม่ได้หมายความว่าละอองเกสรจะสามารถงอกได้ในทุกสภาวะ จึงต้องพิจารณาสภาพอากาศในช่วงออกดอกและปัจจัยภายนอกอื่นๆ ในการจัดการพืชให้ได้ผลผลิตที่ดีขึ้น

ปัจจัยสภาพอากาศที่มีผลต่อการติดผลของฝรั่ง

การติดผลของฝรั่งได้รับอิทธิพลจากปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมหลายประการ ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ปริมาณฝน และปริมาณแสง ซึ่งมีผลโดยตรงต่อการเจริญเติบโต การออกดอก และการติดผลของฝรั่ง

1. *อุณหภูมิ* เป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่ออัตราการติดผลของฝรั่ง งานวิจัยพบว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตและการติดผลของฝรั่งอยู่ระหว่าง 20–28 องศาเซลเซียส โดยอุณหภูมิที่สูงกว่า 30 องศาเซลเซียส อาจส่งผลให้เกิดการหลุดร่วงของดอกและผลอ่อนเพิ่มขึ้น (จักรพงศ์ จิระแพทย์, 2564) ในขณะที่อุณหภูมิต่ำกว่า 15 องศาเซลเซียส อาจทำให้การพัฒนาของดอกและผลล่าช้า งานวิจัยจากต่างประเทศยังระบุว่าฝรั่งสามารถปรับตัวต่ออุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงได้ แต่ในระยะติดผล ความแปรปรวนของอุณหภูมิสามารถส่งผลกระทบต่อคุณภาพของผลผลิต (Afif Hedhly, 2008)

2. *ความชื้นสัมพัทธ์* โดยความชื้นสัมพัทธ์ที่เหมาะสมต่อการติดผลของฝรั่งอยู่ในช่วง 60–80 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเป็นระดับที่ช่วยให้ดอกและผลสามารถพัฒนาได้ดี อย่างไรก็ตามความชื้นสัมพัทธ์ที่สูงเกินไปอาจกระตุ้นการเกิดโรคพืชที่ส่งผลกระทบต่อดอกและผล ขณะที่ความชื้นสัมพัทธ์ที่ต่ำกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ สามารถทำให้ละอองเกสรแห้งเร็ว ส่งผลให้ความมีชีวิตของละอองเกสรลดลงหรืองอกไม่ได้เมื่อตกลงบนยอดเกสรตัวเมีย ซึ่งมีผลต่อการผสมเกสรและการติดผล (จักรพงศ์ จิระแพทย์, 2564)

3. *ปริมาณน้ำฝน* ฝรั่งสามารถเจริญเติบโตได้ดีในพื้นที่ที่มีปริมาณฝนเฉลี่ย 1,000–1,500 มิลลิเมตรต่อปี อย่างไรก็ตามปริมาณฝนที่มากเกินไปในช่วงออกดอกอาจส่งผลให้ละอองเกสรถูกชะล้าง ทำให้การผสมเกสรลดลงและอัตราการติดผลต่ำลง ในทางกลับกันหากปริมาณฝนไม่เพียงพอ

ฝรั่งอาจต้องให้น้ำเสริมเพื่อคงความชื้นที่เหมาะสมสำหรับการพัฒนาดอกและผล (จักรพงษ์ จิระแพทย์, 2564)

4. ปริมาณแสง ฝรั่งเป็นพืชที่ต้องการแสงแดดเต็มที่ โดยการได้รับแสงแดดอย่างเพียงพอสามารถช่วยกระตุ้นการสังเคราะห์แสงและการเจริญเติบโตของต้น รวมถึงเพิ่มโอกาสในการติดผล การศึกษาในประเทศไทยพบว่าช่วงที่มีแสงแดดน้อยในฤดูฝน มักส่งผลให้การออกดอกและติดผลลดลง เนื่องจากกระบวนการสังเคราะห์แสงและการสร้างอาหารถูกจำกัด (จักรพงษ์ จิระแพทย์, 2564)

งานวิจัยที่ศึกษาความสัมพันธ์ของสภาพอากาศกับอัตราการติดผลของฝรั่งหรือไม้ผลอื่นๆ

มีงานวิจัยหลายฉบับที่ศึกษาเกี่ยวกับอิทธิพลของสภาพอากาศต่ออัตราการติดผลของฝรั่งและไม้ผลอื่นๆ โดยพบว่าสภาพอากาศที่เหมาะสมช่วยเพิ่มอัตราการติดผล ในขณะที่สภาพอากาศที่แปรปรวนสามารถลดอัตราการติดผลได้อย่างมีนัยสำคัญ

งานวิจัยเกี่ยวกับฝรั่งพันธุ์กิมจู พบว่าอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยที่เหมาะสมในช่วงติดผลอยู่ที่ 32.7 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิต่ำสุดที่เหมาะสมคือ 24.3 องศาเซลเซียส ขณะที่ปริมาณฝนรวมในช่วงติดผลจนถึงการเก็บเกี่ยวควรอยู่ที่ประมาณ 337.3 มิลลิเมตร (จักรพงษ์ จิระแพทย์, 2564) หากอุณหภูมิสูงเกินไปหรือปริมาณฝนไม่สมดุล จะส่งผลให้ผลฝรั่งร่วงหล่นก่อนครบอายุการเก็บเกี่ยว

งานวิจัยเกี่ยวกับมะละกอ พบว่าฤดูกาลมีผลต่อความมีชีวิตและความงอกของละอองเกสร มะละกอ โดยดอกที่ออกในฤดูฝนมีความมีชีวิตและความงอกของละอองเกสรสูงสุด รองลงมาคือฤดูหนาวและฤดูร้อน (สุพรรณพรณ ศรีมาศ, 2557)

งานวิจัยเกี่ยวกับมะพร้าวน้ำหอม พบว่าอุณหภูมิที่สูงกว่า 27 องศาเซลเซียส ทำให้ความมีชีวิตและความงอกของละอองเกสรลดลง ส่งผลให้การติดผลลดลงตามไปด้วย (พงษ์นารถ นาถวรานันต์, 2563)

กลไกที่สภาพอากาศส่งผลต่อการผสมเกสร การพัฒนาไข่ภายในรังไข่ และการหลุดร่วงของดอก

1. *กระบวนการผสมเกสร* อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์มีผลโดยตรงต่อการผสมเกสรและการติดผล หากอุณหภูมิสูงเกินไป ละอองเกสรอาจสูญเสียความสามารถในการงอกและผสมพันธุ์ได้ยากขึ้น ขณะที่ความชื้นสัมพัทธ์ต่ำจะทำให้ละอองเกสรแห้งเร็ว ลดโอกาสในการปฏิสนธิ (Afif Hedhly, 2008)

2. *การพัฒนาไข่ภายในรังไข่* อุณหภูมิที่ไม่เหมาะสมอาจทำให้การพัฒนาไข่ภายในรังไข่ผิดปกติงานวิจัยเกี่ยวกับมะม่วงพบว่าหากอุณหภูมิสูงเกินไปในช่วงออกดอก จะส่งผลให้การแบ่งตัวของเซลล์ในรังไข่ลดลง ทำให้ผลอ่อนร่วงก่อนการพัฒนา

3. *การหลุดร่วงของดอก* ความผันผวนของอุณหภูมิและปริมาณน้ำฝนสามารถทำให้ดอกร่วงหล่นก่อนที่จะเกิดการปฏิสนธิ

จากงานวิจัยที่กล่าวมาข้างต้น แสดงให้เห็นว่าสภาพอากาศมีบทบาทสำคัญต่อการติดผลของพืช โดยเฉพาะอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และปริมาณน้ำฝน ซึ่งสามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการจัดการการปลูกและเพิ่มผลผลิตฝรั่งในสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม

กลไกของฮอร์โมนจิบเบอเรลลินและบทบาทต่อการเจริญเติบโตของพืช

จิบเบอเรลลิน (Gibberellin) เป็นฮอร์โมนที่พืชสามารถสังเคราะห์ขึ้นได้เอง และมีบทบาทสำคัญในการควบคุมการเจริญเติบโตของพืช โดยเฉพาะในรูปของกรดจิบเบอเรลลิก (Gibberellic Acid; GA_3) ซึ่งเป็นชนิดที่ได้รับความนิยมมากที่สุดในการประยุกต์ใช้ทางการเกษตร (Hedden, 2002)

หนึ่งในหน้าที่หลักของ GA_3 คือ กระตุ้นการยืดยาวของลำต้นและปล้องพืช ซึ่งเกิดขึ้นจากกระบวนการควบคุมการยืดตัวและแบ่งเซลล์ของเนื้อเยื่อเจริญ ส่งผลให้พืชสามารถเจริญเติบโตได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Shinjiro Yamaguchi, 2008) นอกจากนี้ GA_3 ยังมีบทบาทสำคัญในการส่งเสริมการงอกของเมล็ด โดยกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ α -amylase ซึ่งช่วยเปลี่ยนแปลงให้เป็นน้ำตาลทำให้เมล็ดสามารถใช้พลังงานเพื่อการเจริญเติบโตได้ดีขึ้น อีกทั้ง GA_3 ยังมีความสามารถในการทำลายการพักตัวของพืชบางชนิด เช่น องุ่นและมันฝรั่ง ทำให้พืชสามารถเติบโตต่อไปได้แม้อยู่ในสภาวะที่ปกติจะหยุดการเจริญเติบโต (Hedden, 2002)

GA_3 ยังเป็นปัจจัยสำคัญในการ กระตุ้นการติดผลโดยไม่ต้องอาศัยการผสมเกสร หรือที่เรียกว่า ผลลม (parthenocarpy) ซึ่งเป็นกระบวนการที่ช่วยให้พืชสามารถพัฒนาผลโดยไม่มีเมล็ด ตัวอย่างที่เห็นได้ชัดคือ องุ่นไร้เมล็ดและผลไม้ตระกูลส้ม (Hedden, 2002) กลไกนี้เกิดจาก GA_3 ช่วยเพิ่มความยืดหยุ่นของผนังเซลล์ ทำให้เซลล์ขยายตัวและผลไม่มีขนาดใหญ่ขึ้น นอกจากนี้ GA_3 ยังส่งผลต่อ คุณภาพของผลผลิต เช่น ความแน่นของเนื้อผล และปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้

(Total Soluble Solids; TSS) ซึ่งเป็นตัวบ่งชี้ระดับความหวานของผลไม้ หากใช้ GA_3 ในความเข้มข้นที่เหมาะสม จะช่วยปรับปรุงคุณภาพของผลไม้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

จิบเบอเรลลินถูกสังเคราะห์ในหลายส่วนของพืช เช่น ผลอ่อน เมล็ดที่กำลังพัฒนา ยอดอ่อน และราก โดยเฉพาะในเมล็ดอ่อนซึ่งเป็นแหล่งที่มีปริมาณจิบเบอเรลลินสูงที่สุด เนื่องจากเป็นช่วงที่พืชต้องการฮอร์โมนเพื่อส่งเสริมการเจริญเติบโตของต้นกล้า (Shinjiro Yamaguchi, 2008)

สำหรับการเคลื่อนย้ายของจิบเบอเรลลินในพืช พบว่าสามารถแพร่กระจายได้ผ่านทั้งระบบท่อน้ำ (xylem) และท่ออาหาร (phloem) ซึ่งช่วยให้ฮอร์โมนสามารถเคลื่อนย้ายไปยังส่วนต่างๆ ของพืชที่ต้องการ แต่ยังไม่มีการสรุปแน่ชัดเกี่ยวกับกลไกหลักของการเคลื่อนย้ายจิบเบอเรลลิน ซึ่งเป็นหัวข้อที่ยังต้องมีการศึกษาเพิ่มเติมในอนาคต (Hedden, 2002)

บทบาทของจิบเบอเรลลินต่อการกระตุ้นการติดผลโดยไม่มีการปฏิสนธิในระดับโมเลกุล

จิบเบอเรลลิน (Gibberellin; GA_3) เป็นฮอร์โมนพืชสำคัญที่มีบทบาทในการกระตุ้นการติดผลแบบไม่มีการปฏิสนธิ (parthenocarpy) ผ่านการควบคุมชุดของกระบวนการระดับโมเลกุลที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของเซลล์และการแสดงออกของยีนที่เกี่ยวข้องกับการสร้างผล (fruit development genes) (Evan Dorsey, 2009; Juan Carlos Serrani, 2007)

ในพืชปกติ การปฏิสนธิทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงฮอร์โมนภายในรังไข่ โดยมีการเพิ่มขึ้นของฮอร์โมนกลุ่มออกซิน (auxin) และจิบเบอเรลลิน ซึ่งส่งสัญญาณให้รังไข่เริ่มพัฒนาเป็นผล ในกรณีที่ไม่มีการปฏิสนธิ การให้ GA_3 จากภายนอกสามารถเลียนแบบสัญญาณดังกล่าวได้ โดยทำงานในกระบวนการหลัก ดังนี้

1. กระตุ้นการแสดงออกของยีนที่เกี่ยวข้องกับการแบ่งเซลล์และการขยายเซลล์

GA_3 กระตุ้นการแสดงออกของยีนในกลุ่ม cyclins และ cyclin-dependent kinases (CDKs) ซึ่งควบคุมวัฏจักรเซลล์ (cell cycle) ส่งผลให้เซลล์ในรังไข่แบ่งตัวและขยายตัวแม้จะไม่มีการปฏิสนธิ (Jocelyn A. Ozga, 2003)

2. ลดการแสดงออกของยีนที่เกี่ยวข้องกับการยับยั้งการเจริญเติบโตของผล

GA_3 กดการทำงานของยีนกลุ่ม DELLA proteins ซึ่งเป็นตัวกวดการตอบสนองต่อจิบเบอเรลลิน ส่งผลให้สัญญาณการเจริญของผลถูกเปิดใช้งานอย่างเต็มที่ (Juan Carlos Serrani, 2007)

3. ประสานการทำงานร่วมกับฮอร์โมนอื่น ๆ

GA_3 ทำงานร่วมกับฮอร์โมนกลุ่มออกซิน โดยการเพิ่มขึ้นของ GA_3 สามารถเหนี่ยวนำการสังเคราะห์ออกซินในรังไข่ และในทางกลับกัน การเพิ่มระดับออกซินก็สามารถกระตุ้นการสังเคราะห์ GA เพิ่มขึ้นด้วย ส่งเสริมการขยายตัวของรังไข่ (Evan Dorsey, 2009)

4. ปรับสมดุลฮอร์โมนภายในรังไข่เพื่อเอื้อต่อการพัฒนาผล

การให้ GA₃ ยังสัมพันธ์กับการปรับระดับไซโตไคนิน (cytokinin) และเอธิลีน (ethylene) ซึ่งมีบทบาทร่วมในการควบคุมการพัฒนาและการแก่ของผล (Juan Carlos Serrani, 2007)

โดยสรุป จิบเบอเรลลิน (GA₃) มีบทบาทสำคัญในการจำลองสัญญาณการเจริญของผลที่ปกติ จะเกิดจากการปฏิสนธิ ผ่านการควบคุมการแบ่งและขยายตัวของเซลล์ การกดการยับยั้งทางชีวโมเลกุล และการประสานกับฮอร์โมนอื่น เพื่อกระตุ้นให้รังไข่พัฒนาเป็นผลได้โดยไม่ต้องมีการปฏิสนธิ

งานวิจัยเกี่ยวกับการใช้จิบเบอเรลลินกับพืชอื่นๆ ในการเพิ่มอัตราการติดผล

Magdalene (2015) ได้ทำการทดลองโดยใช้ GA₃ ความเข้มข้น 30 มิลลิกรัมต่อลิตร ฉีดพ่นก่อนดอกบาน จะช่วยลดการหลุดร่วงของผลในองุ่นพันธุ์ทอมสันไร้เมล็ด สุจริต ส่วนไพโรจน์ (2539) ได้ทำการทดลองโดยใช้สาร GA₃ และสารประกอบแคลเซียมในการช่วยให้ลองกองติดผล โดยพ่นสารระยะเริ่มติดผลจำนวน 4 ครั้งห่างกัน 1 สัปดาห์ พบว่าการใช้ GA₃ ความเข้มข้น 25 ppm จะช่วยเพิ่มเปอร์เซ็นต์การติดผลในสัปดาห์ที่ 7 และ 9 เช่นเดียวกับสารประกอบแคลเซียม นวลปรานค์ ไชยตะขบ (2561) ทำการทดลองโดยใช้สาร GA₃ และเบนซิลอะดีนีน ในการทำให้ต้นองุ่นพันธุ์มารูซิดเลสที่อายุมากและมักจะกลายเป็นองุ่นที่มีเมล็ด โดยจะชักนำให้เกิดการไร้เมล็ด ผลการทดลองพบว่า GA₃ และเบนซิลอะดีนีนช่วยให้คุณภาพผลดีขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับผลที่ไม่ได้รับสาร และ Ziaurrahman (2018) ได้ทำการทดลองโดยใช้สาร GA₃ H₂O₂ และสารฟอกขาว ในการช่วยให้เมล็ดฝรั่งงอกได้ดีขึ้น และผลการทดลองพบว่า GA₃ 300 ppm สามารถช่วยให้เมล็ดฝรั่งมีการงอกสูงที่สุด

การใช้จิบเบอเรลลินเพื่อเพิ่มการติดผลฝรั่งกลุ่มไร้เมล็ด

ฝรั่งกลุ่มไร้เมล็ดมักมีปัญหาการติดผลน้อย ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อผลผลิตโดยรวม งานวิจัยหลายฉบับระบุว่า การใช้ จิบเบอเรลลิน (Gibberellin; GA₃) มีบทบาทสำคัญในการกระตุ้นการติดผลของฝรั่ง โดยเฉพาะเมื่อฉีดพ่นในระยะที่เหมาะสม Nagar (1983) รายงานว่า ระดับของจิบเบอเรลลินในผลฝรั่งที่มีเมล็ดและไม่มีเมล็ดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยผลฝรั่งที่มีเมล็ดมีปริมาณ GA₃ สูงกว่าผลฝรั่งไร้เมล็ดในทุกช่วงของการพัฒนา และพบความเข้มข้นสูงสุดของ GA₃ ในผลฝรั่งทั้งสองประเภทที่ 15 วันหลังการผสมเกสร ก่อนจะลดลงอย่างรวดเร็ว ซึ่งบ่งชี้ว่า GA₃ มีบทบาทสำคัญต่อการพัฒนาผลในระยะแรก

การศึกษาของ Shreef (2016) ได้ทดสอบการใช้ GA₃ ในระดับความเข้มข้น 200 และ 250 ppm เพื่อกระตุ้นการเจริญเติบโตของฝรั่งไร้เมล็ด โดยพ่นสารบนดอกที่ผ่านการตัดเกสรตัวผู้แล้ว

พบว่า GA_3 ช่วยกระตุ้นการพัฒนาของผลฝรั่งได้ดีกว่าสารควบคุมการเจริญเติบโตชนิดอื่น อย่างไรก็ตาม ผลที่ได้ยังไม่แตกต่างกันในระดับที่มีนัยสำคัญ ในขณะที่ Carpenter (2019) ศึกษาการใช้ GA_3 100 ppm ร่วมกับ ยูเรีย 2 เปอร์เซ็นต์ โดยฉีดพ่นจำนวน 2 ครั้ง พบว่าการใช้สารในลักษณะนี้ช่วยให้มีจำนวนผลต่อต้นสูงที่สุด

ในประเทศไทย ธีรบุษ เจริญกิจ (2546) รายงานว่าการใช้ GA_3 ที่ระดับความเข้มข้น 2,000–10,000 ppm สามารถเปลี่ยนฝรั่งที่มีเมล็ดให้เป็นฝรั่งไร้เมล็ดได้ โดยพบว่า การใช้ความเข้มข้นของ GA_3 ที่สูงขึ้นสัมพันธ์กับอัตราการติดผลที่เพิ่มขึ้น และส่งผลให้ขนาดของผลใหญ่ขึ้นตามไปด้วย นอกจากนี้ อาทิตย์ ศรีโสมะสัจจะกุล (2541) ได้ศึกษาผลของ GA_3 ที่ระดับ 25 – 100 ppm โดยฉีดพ่นในฝรั่งพันธุ์บางกอกแอปเปิ้ลหลังดอกบาน 3 และ 5 วัน พบว่าการฉีดพ่น GA_3 สามารถเพิ่มเปอร์เซ็นต์การติดผลตามระดับความเข้มข้นของสารที่เพิ่มขึ้น โดยการฉีดพ่นหลังดอกบาน 5 วันให้ผลดีที่สุดในแง่ของการเพิ่มขนาดผล

ทิพวรรณ ต้นประเสริฐ (2542) ศึกษาอิทธิพลของ GA_3 และสารควบคุมการเจริญเติบโตชนิดอื่น เช่น GA_{4+7} และ $GA_{4+7}+BA$ ต่อการติดผลของฝรั่งกลมสาลี่และฝรั่งพันธุ์บางกอกแอปเปิ้ล พบว่าการฉีดพ่น GA_3 ในช่วง หลังดอกบาน 3 วัน ส่งผลให้จำนวนเมล็ดในผลฝรั่งลดลงเมื่อเทียบกับการฉีดพ่นในระยะก่อนดอกบานและระยะบานเต็มที่ นอกจากนี้ยังพบว่าการฉีดพ่นเพียง 1 ครั้งมีประสิทธิภาพในการเพิ่มเปอร์เซ็นต์การติดผลได้ดีกว่าการฉีดพ่น 2 ครั้ง และการใช้ GA_3 มีแนวโน้มในการเพิ่มน้ำหนักและขนาดของผลฝรั่งพันธุ์บางกอกแอปเปิ้ล

แม้ว่าการใช้ GA_3 จะเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพในการเพิ่มอัตราการติดผลของฝรั่ง แต่มีรายงานว่า การใช้ สารออกซิน (Auxin) เช่น กรดแนฟทาซีนอะซีติก (NAA) สามารถช่วยเพิ่มอัตราการติดผลของฝรั่งได้เช่นกัน โดย Gavandi (2015) ศึกษาผลของ NAA 50 และ 100 ppm ที่ฉีดพ่นทางใบต่อผลผลิตของฝรั่งพันธุ์ชาร์ดาร์ พบว่าการใช้ NAA 100 ppm สามารถช่วยเพิ่มผลผลิตฝรั่งได้มากถึง 23.37 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งแสดงให้เห็นว่า ฮอโมนพืชหลายชนิดสามารถใช้ร่วมกันเพื่อเพิ่มผลผลิตของฝรั่งได้อย่างมีประสิทธิภาพ

จากการทบทวนเอกสารที่ผ่านมา จะเห็นได้ว่าการใช้ GA_3 ในช่วงออกดอกของฝรั่งกลุ่มไร้เมล็ดเป็นแนวทางสำคัญที่ช่วยเพิ่มอัตราการติดผล ลดอาการผลร่วง และเพิ่มขนาดของผล ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญต่อการพัฒนาคุณภาพของผลผลิต อย่างไรก็ตาม ควรมีการกำหนดช่วงเวลาการใช้และความเข้มข้นของ GA_3 ให้เหมาะสมกับพันธุ์ฝรั่งแต่ละชนิดเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่มีประสิทธิภาพสูงที่สุด นอกจากนี้ ยังสามารถพิจารณาใช้สารออกซินควบคู่กันเพื่อเพิ่มอัตราการติดผลในบางสายพันธุ์ของฝรั่ง

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงาน

การศึกษาปัญหาและแนวทางแก้ไขปัญหาการติดผลน้อยของฝรั่งกลุ่มไร้เมล็ด ของฝรั่ง 7 พันธุ์ที่ปลูกในแปลงรวบรวมพันธุ์ฝรั่ง ศูนย์พัฒนาพันธุ์พืชจักรพันธ์เพ็ญศิริ กองพลทหารราบที่ 7 จังหวัดเชียงใหม่ และปฏิบัติการวิเคราะห์คุณภาพผล ณ ห้องปฏิบัติการสรีรวิทยาหลังการเก็บเกี่ยว และห้องปฏิบัติการปรับปรุงพันธุ์ไม้ดอกไม้ประดับของผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เฉลิมศรี นนทสวัสดิ์ศรี ภาควิชาพืชสวน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่ เริ่มศึกษาตั้งแต่เดือนธันวาคม พ.ศ. 2563 ถึงเดือนตุลาคม พ.ศ. 2565

พืชทดลอง

ใช้ต้นฝรั่ง 7 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์กิมจู พันธุ์กิมจูแดง พันธุ์ไร้เมล็ด พันธุ์บางกอกแอปเปิ้ล พันธุ์น้ำดอกไม้ พันธุ์เด่นขุนวัง และพันธุ์สาลีทอง จำนวนพันธุ์ละ 3 ต้น จากแปลงรวบรวมพันธุ์ฝรั่ง ศูนย์พัฒนาพันธุ์พืชจักรพันธ์เพ็ญศิริ กองพลทหารราบที่ 7 จังหวัดเชียงใหม่ ตั้งอยู่ละติจูด $18^{\circ}53'10.9''\text{N}$ ลองจิจูด $98^{\circ}57'53.6''\text{E}$ สูงจากระดับน้ำทะเล 331 เมตร อายุต้น 2 ปี 8 เดือน ความกว้างทรงพุ่ม 2-3 เมตร ความสูง 3-4 เมตร มีการให้น้ำระบบน้ำหยด ปลูกในระบบวงบ่อซีเมนต์ ระยะปลูก 3x3 เมตร

วิธีการศึกษา

การวิจัยครั้งนี้แบ่งการทดลองเป็น 3 การทดลอง คือ 1) ศึกษาความมีชีวิตและความงอกของละอองเกสรของฝรั่ง 7 พันธุ์ 2) ศึกษาความสัมพันธ์ของสภาพอากาศกับการติดผลของฝรั่ง 7 พันธุ์ และ 3) ศึกษาผลของจิบเบอเรลลินต่อการติดผล และการเจริญเติบโตของฝรั่ง 7 พันธุ์

การทดลองที่ 1 ศึกษาความมีชีวิตและความงอกของละอองเกสรของฝรั่ง 7 พันธุ์

การศึกษานี้ใช้ฝรั่ง 7 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์กิมจู พันธุ์กิมจูแดง พันธุ์ไร้เมล็ด พันธุ์บางกอก แอปเปิ้ล พันธุ์น้ำดอกไม้ พันธุ์เด่นขุนวัง และพันธุ์สาเล่ทอง โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (Completely Randomized Design: CRD) แยกการทดลองตามสายพันธุ์ทั้ง 7 พันธุ์ และใช้ช่วงเดือนเป็นปัจจัยทดลอง (treatment) รวม 5 เดือน ได้แก่ เดือนกุมภาพันธ์ เมษายน มิถุนายน สิงหาคม และตุลาคม พ.ศ. 2565 แต่ละพริตเมนต์ทำการทดลอง 5 ซ้ำ โดยเก็บข้อมูลจาก 1 ดอกต่อซ้ำ

ขั้นตอนการเก็บตัวอย่างและเตรียมเกสร

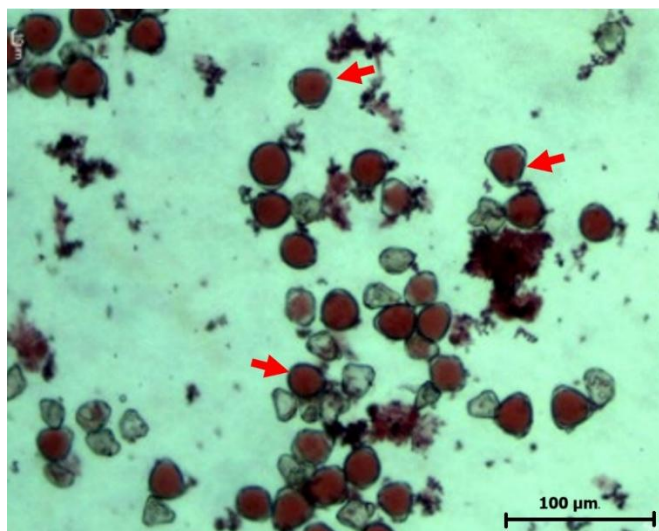
เลือกดอกฝรั่งในระยะก่อนบาน 1 วัน (สังเกตได้จากกลีบเลี้ยงเริ่มแยกออกจนเห็นกลีบดอกสีขาวเล็กน้อย) และคลุมดอกด้วยถุงกระดาษเพื่อป้องกันการปนเปื้อนของละอองเกสรจากพันธุ์อื่น ดอกฝรั่งจะถูกเก็บในวันถัดมา ซึ่งเป็นวันที่ดอกบานเต็มที่ โดยเก็บในช่วงเวลา 5.30–9.30 น. ซึ่งเป็นช่วงที่ดอกเหมาะสมต่อการผสมเกสร (Sandhu, 2024) วันที่เก็บตัวอย่างในแต่ละพันธุ์จะขึ้นอยู่กับระยะเวลาที่ดอกพร้อม (ดอกอยู่ในระยะก่อนบาน 1 วัน) ในช่วงเดือนนั้น โดยจะต้องเก็บดอกฝรั่งให้ครบ 5 ซ้ำในแต่ละช่วงเดือน

หลังการเก็บตัวอย่างในวันเดียวกันนั้น นำดอกฝรั่งเข้าสู่ห้องปฏิบัติการ โดยเคาะเกสรลงบนจานแก้ว (petri dish glass) และใช้ฟู่กันเก็บละอองเกสร แตะแบบกระจายตัวลงบนแผ่นสไลด์ (microscope slides) 2 แผ่นต่อ 1 ดอก สำหรับใช้ศึกษาความมีชีวิตของละอองเกสรด้วยวิธีย้อมสี และศึกษาความงอกของละอองเกสรด้วยเทคนิคหยดแขวน

การตรวจสอบความมีชีวิตของละอองเกสรโดยการย้อมสี

หยดสารละลาย acetocarmine ความเข้มข้น 1% จำนวน 1 หยด ลงบนแผ่นสไลด์ที่มีละอองเกสร ใช้ปากคีบปลายแหลม (forcep) กวนให้ละอองเกสรผสมกับสีย้อม พักไว้ 5 นาที จากนั้นปิดด้วยกระจกปิดสไลด์ (coverslip) นำแผ่นสไลด์ส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์กำลังขยาย 400 เท่า สุ่มนับละอองเกสรตัวผู้ที่มีชีวิตสไลด์ละ 5 บริเวณ ละอองเกสรที่มีชีวิตจะติดสีแดงเข้ม รูปร่างสมบูรณ์ ไม่บิดเบี้ยว และมีขนาดโต (นพวรรณ หนองใหญ่, 2558) (ภาพที่ 4) นับจำนวนละอองเกสรที่มีชีวิตและคำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์ความมีชีวิตตามสูตร

$$\text{เปอร์เซ็นต์ความมีชีวิต} = \frac{\text{จำนวนละอองเกสรที่มีชีวิต}}{\text{จำนวนละอองเกสรทั้งหมด}} \times 100$$

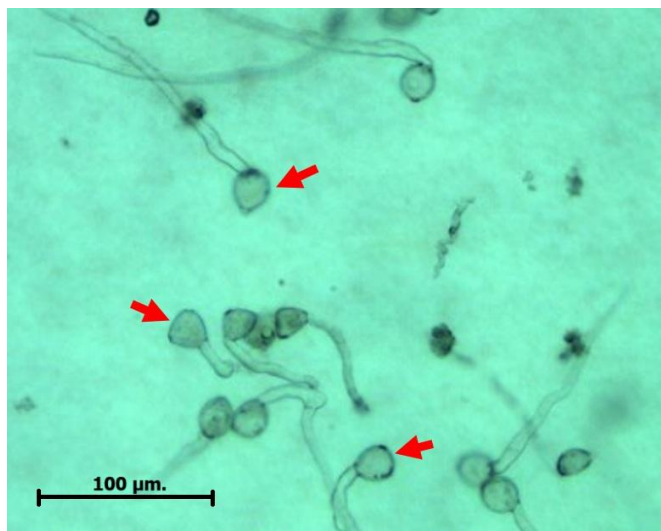


ภาพที่ 4 แสดงลักษณะของละอองเกสรที่มีชีวิต จะติดสีแดงเข้ม รูปร่างไม่บิดเบี้ยว และมีขนาดโต

การตรวจสอบความงอกของละอองเกสรด้วยเทคนิคหยดแขวน

ใช้สูตรอาหารสังเคราะห์สำหรับเลี้ยงละอองเกสรตาม Brewbaker (1963) โดยมี ส่วนประกอบดังนี้ บอริก (H_3BO_3) 0.01 กรัม แคลเซียมไนเตรท ($Ca(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$) 0.03 กรัม แมกนีเซียมซัลเฟต ($MgSO_4 \cdot 7H_2O$) 0.02 กรัม และโพแทสเซียมไนเตรท (KNO_3) 0.01 กรัม ต่อ ปริมาตรอาหาร 100 มิลลิลิตร (อมรรัตน์ แก้วคุ้มภัย, 2561) ใช้ความเข้มข้นของน้ำตาลซูโครส 10% หยดอาหาร 1 หยดลงบนแผ่นสไลด์ที่มีละอองเกสร ใช้ปากคีบปลายแหลมกวนให้ผสมกัน จากนั้นบ่ม ด้วยเทคนิคหยดแขวน (Hanging drop) โดยวางแผ่นสไลด์คว่ำลงในภาชนะบรรจุน้ำ พร้อมลูกยาง เป็นเสาค้ำแผ่นสไลด์ ระดับน้ำในภาชนะต้องต่ำกว่าแผ่นสไลด์เพื่อป้องกันการสัมผัสอาหารกับน้ำ ปิดฝาภาชนะและบ่มที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 1 ชั่วโมง 30 นาที เมื่อครบเวลานำแผ่นสไลด์มาปิดด้วย กระดาษปิดสไลด์ แล้วส่องกล้องจุลทรรศน์กำลังขยาย 400 เท่า สุ่มนับละอองเกสรตัวผู้ที่ยังออกสไลด์ละ 5 บริเวณ โดยพิจารณาละอองเกสรที่งอกหลอดละอองเกสรที่มีความยาวมากกว่าเส้นผ่านศูนย์กลาง ของละอองเกสร (ภาพที่ 5) นับจำนวนละอองเกสรที่งอกและคำนวณเปอร์เซ็นต์ความงอกโดยใช้สูตร

$$\text{เปอร์เซ็นต์ความงอก} = \frac{\text{จำนวนละอองเกสรที่งอก}}{\text{จำนวนละอองเกสรทั้งหมด}} \times 100$$



ภาพที่ 5 แสดงลักษณะของละอองเกสรที่งอก โดยพิจารณาจากละอองเกสรที่งอกหลุดละอองเกสรที่มีความยาวมากกว่าเส้นผ่านศูนย์กลางของละอองเกสร

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

นำข้อมูลเปอร์เซ็นต์ความมีชีวิตและเปอร์เซ็นต์ความงอกที่ได้ไปวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ยแต่ละช่วงเดือนของแต่ละพันธุ์และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS version 26 และสร้างกราฟความมีชีวิตและความงอกของละอองเกสรในแต่ละช่วงเดือนของแต่ละพันธุ์

การทดลองที่ 2 ศึกษาความสัมพันธ์ของสภาพอากาศกับการติดผลของฝรั่ง 7 พันธุ์

การศึกษานี้ใช้ฝรั่ง 7 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์กิมจู พันธุ์กิมจูแดง พันธุ์ไร้เมล็ด พันธุ์บางกอก แอปเปิ้ล พันธุ์น้ำดอกไม้ พันธุ์เด่นขุนวัง และพันธุ์สาเล่ทอง โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (Completely Randomized Design: CRD) แยกการทดลองตามสายพันธุ์ทั้ง 7 พันธุ์ และแยกข้อมูลสภาพอากาศทั้ง 6 ตัวแปร ได้แก่ อุณหภูมิสูงสุด (maximum temperature) อุณหภูมิต่ำสุด (minimum temperature) อุณหภูมิเฉลี่ย (average temperature) ปริมาณหยาดน้ำฟ้า (precipitation) ความชื้นสัมพัทธ์ (relative humidity) และปริมาณน้ำฝน (rainfall) ร่วมกับบันทึกการติดผลของฝรั่ง 7 พันธุ์ โดยใช้ช่วงเดือนเป็นปัจจัยทดลอง (treatment) รวม 5 เดือน ได้แก่ เดือนกุมภาพันธ์ เมษายน มิถุนายน สิงหาคม และตุลาคม พ.ศ. 2565 เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของสภาพอากาศกับการติดผล

การเก็บข้อมูลสภาพอากาศ

ใช้ข้อมูลอุณหภูมิสูงสุด อุณหภูมิต่ำสุด อุณหภูมิเฉลี่ย ปริมาณหยาดน้ำฟ้า และความชื้นสัมพัทธ์จากฐานข้อมูล Climate Engine จากดาวเทียม ERA5-Ag พิกัดในพื้นที่แปลงรวบรวมพันธุ์ฝรั่งของศูนย์พัฒนาพันธุ์พืชจักรพันธ์เพ็ญศิริ กองพลทหารราบที่ 7 จังหวัดเชียงใหม่ (ละติจูด 18°53'10.9''N ลองจิจูด 98°57'53.6''E) และใช้ข้อมูลปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยจากกรมอุตุนิยมวิทยา จังหวัดเชียงใหม่ โดยใช้ค่าเฉลี่ยของข้อมูลสภาพอากาศ 1-3 วัน นับตั้งแต่วันที่ดอกบาน เนื่องจากกระบวนการผสมเกสรของฝรั่งสามารถเกิดขึ้นได้ภายในเวลาไม่กี่ชั่วโมงหลังจากดอกบาน (anthesis) (Singh, 2019) และจะเกิดการปฏิสนธิภายใน 24-72 ชั่วโมงหลังจากการผสมเกสร (Vinod, 2018)

การบันทึกการติดผลบนต้น

ทำการติดป้ายดอกในระยะก่อนดอกบานหนึ่งวัน ของทุกดอกบนต้นในทุกวันของเดือนกุมภาพันธ์ เมษายน มิถุนายน สิงหาคม และตุลาคม ทั้งระยะเวลาไว้ 14 วัน แล้วกลับมาตรวจสอบการร่วงของดอก เพื่อติดตามการติดผลบนต้นในเดือนนั้นๆ เนื่องจากการพัฒนาผลจากกระบวนการปฏิสนธิจะเริ่มพัฒนาให้เห็นได้ภายใน 10-14 วันหลังดอกบาน (Gustafson, 1942) เพื่อตรวจสอบการติดผลที่เกิดจากกระบวนการปฏิสนธิ จึงเริ่มนับจำนวนการติดผลบนต้นเมื่อระยะเวลาผ่านไป 2 สัปดาห์หลังจากวันที่ติดป้ายดอก เก็บข้อมูลโดยนับจำนวนผลที่พัฒนาขึ้นมาและคำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์การติดผล ดังนี้

$$\text{เปอร์เซ็นต์การติดผล} = \frac{\text{จำนวนผลที่พัฒนาขึ้นมา}}{\text{จำนวนดอกทั้งหมดที่ติดป้ายดอก}} \times 100$$

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

นำข้อมูลสภาพอากาศที่ได้มาทดสอบการกระจายและหาความสัมพันธ์กับเปอร์เซ็นต์การติดผลโดยวิธี Pearson's correlation ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS version 26 เพื่อดูว่าฝรั่งแต่ละสายพันธุ์ติดผลมากที่สุดช่วงเดือนไหน และนำข้อมูลค่าเฉลี่ยของข้อมูลสภาพอากาศ 1-3 วัน นับตั้งแต่วันที่ดอกบาน จากช่วงเดือนนั้นมาสรุปเป็นค่าสภาพอากาศที่เหมาะสมกับการติดผลในฝรั่งแต่ละสายพันธุ์



การทดลองที่ 3 ศึกษาผลของจิบเบอเรลลินต่อการติดผล และการเจริญเติบโตของฝรั่งกลุ่มไร้เมล็ด

การศึกษานี้ใช้ฝรั่ง 7 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์กิมจู พันธุ์กิมจูแดง พันธุ์ไร้เมล็ด พันธุ์บางกอก แอปเปิ้ล พันธุ์น้ำดอกไม้ พันธุ์เด่นขุนวัง และพันธุ์สาเล่ทอง โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (Completely Randomized Design: CRD) แยกการทดลองตามสายพันธุ์ทั้ง 7 พันธุ์ และใช้ความเข้มข้นของสารจิบเบอเรลลินเป็นทรีตเมนต์ แต่ละทรีตเมนต์ทำการทดลอง 10 ซ้ำ เก็บข้อมูลจาก 1 ดอกต่อซ้ำ ทำการทดลองในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2564

การเตรียมสารละลายจิบเบอเรลลิน

ใช้สารจิบเบอเรลลิน (Gibberellic Acid: GA₃) ความเข้มข้น 20 เปอร์เซ็นต์ ในรูปแบบเม็ดที่มีน้ำหนัก 5 กรัม ที่สามารถละลายน้ำได้ บดให้ละเอียดด้วยโม่บดสาร (mortar and pestle) จากนั้นชั่งน้ำหนักสารจิบเบอเรลลินด้วยเครื่องชั่งความละเอียดสูง (analytical balances) เพื่อเตรียมสารละลายจิบเบอเรลลินให้ได้ความเข้มข้นที่ 100 200 และ 400 ppm ปริมาตร 100 มิลลิลิตร คำนวณหาน้ำหนักสารจิบเบอเรลลินที่ต้องใช้ ตามสูตรดังนี้

$$\text{น้ำหนักสารจิบเบอเรลลิน (g)} = \frac{\text{ความเข้มข้นของสารละลายจิบเบอเรลลิน (ppm)} \times \text{ปริมาตรสารละลาย (mL)}}{\text{ความเข้มข้นของสารจิบเบอเรลลินในรูปแบบที่ใช้ (\%)} \times 10}$$

เมื่อคำนวณตามสูตร จะได้ปริมาณสารจิบเบอเรลลินที่ต้องใช้ ดังนี้ ความเข้มข้น 100 ppm ใช้ 0.5 กรัม ความเข้มข้น 200 ppm ใช้ 1.0 กรัม และความเข้มข้น 400 ppm ใช้ 2.0 กรัม ผสมสารจิบเบอเรลลินกับน้ำกลั่น (distill water) จนได้ปริมาตรสารละลายรวม 100 มิลลิลิตร จากนั้นบรรจุสารละลายลงในขวดแก้วทึบแสง พร้อมติดป้ายระบุความเข้มข้นและวันที่เตรียม เก็บรักษาสารละลายที่เตรียมเสร็จแล้วในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เพื่อรักษาประสิทธิภาพของสาร

วิธีการดำเนินงานวิจัย

ทำการติดป้ายดอกและฉีดพ่นสารละลายจิบเบอเรลลินความเข้มข้น 0 100 200 และ 400 ppm ด้วยขวดสเปรย์ลงบนดอกฝรั่งขณะที่ดอกบาน ปริมาตร 1 มิลลิลิตรต่อดอก และให้สเปรย์ห่างจากดอกไม้เกิน 5 เซนติเมตร จำนวน 1 ครั้ง โดยพ่นสารในช่วงที่ดอกบานเต็มที่ เวลา 5.30–9.30 น. ทั้งระยะเวลาไว้ 14 วัน แล้วกลับมาตรวจสอบการร่วงของดอก และเริ่มบันทึกข้อมูลจำนวนผลที่ติดหลังดอกบาน 4 สัปดาห์ เพื่อคำนวณเปอร์เซ็นต์การติดผล และเส้นผ่านศูนย์กลางของผล วัดทุกสัปดาห์ด้วยเวอร์เนียคาลิเปอร์จนถึงระยะเก็บเกี่ยว ในระหว่างการเจริญเติบโตของผลฝรั่งบนต้นเมื่อผลมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 2 เซนติเมตร ให้ห่อผลเพื่อป้องกันโรคและแมลง โดยใช้

ถุงพลาสติกใสขนาด 6x14 นิ้ว กรีดด้านล่างของถุงเพื่อระบายน้ำ และเพิ่มชั้นป้องกันด้วยการห่อด้วยกระดาษหนังสือพิมพ์ เมื่อผลฝรั่งถึงระยะเก็บเกี่ยว ประมาณ 15-17 สัปดาห์หลังดอกบาน (ประเมินจากสีและขนาดของผล) ทำการเก็บเกี่ยว และบันทึกข้อมูลเกี่ยวกับคุณลักษณะต่างๆ ได้แก่ ข้อมูลทางกายภาพ เช่น น้ำหนักผล สีผิว วัดความกว้างความยาวผล ความแน่นเนื้อ และความหนาเนื้อ และข้อมูลทางเคมี เช่น ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ปริมาณกรด และอัตราส่วนของของแข็งที่ละลายน้ำได้ต่อกรดที่สามารถไทเทรตได้

การบันทึกข้อมูล

1. ลักษณะทางกายภาพ

1.1 ขนาดผล ใช้เวอร์เนียร์คาลิเปอร์วัดความยาวและความกว้างของผล โดยวัดจากขั้วผลถึงก้นผลและจากส่วนที่กว้างที่สุดของผล

1.2 ความแน่นเนื้อ ใช้เครื่องมือวัดความแน่นเนื้อ Fruit Pressure Tester model FT 327 ของ TR-Tuoni จากอิตาลี โดยการวัดความแน่นจากการกดเครื่องมือที่กลางผลทั้งสองด้าน คำนวณเป็นหน่วยนิวตันจากค่าที่วัดได้

1.3 ความหนาเนื้อ ทำการผ่าผลฝรั่งตามขวางแล้ววัดความกว้างของผลและไส้ผล โดยใช้เวอร์เนียร์คาลิเปอร์แล้วคำนวณตามสูตร

$$\text{ความหนาเนื้อ} = (\text{ความกว้างผล} - \text{ความกว้างไส้})/2$$

2. คุณภาพผลทางเคมี

2.1 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (TSS) ใช้เครื่อง digital refractometer รุ่น CR-10 จากบริษัท Atago ประเทศญี่ปุ่น วัดค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ในน้ำฝรั่งที่คั้นไว้ โดยแสดงเป็นองศาบริกซ์ (°Brix)

2.2 ปริมาณกรดที่ไทเทรต (TA) ปิเปตน้ำฝรั่งที่คั้นแล้ว 5 มิลลิลิตร ใส่ขวดขนาด 100 มิลลิลิตร แล้วเติมฟีนอล์ฟทาลีน 1% จำนวน 2 หยด เป็นอินดิเคเตอร์ จากนั้นไทเทรตด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) 0.1 N จนสารละลายเริ่มเปลี่ยนสีเป็นชมพู เพื่อหาปริมาณกรดที่ไทเทรต โดยคำนวณตามสูตร

$$TA = (\text{มิลลิลิตรของน้ำคั้นที่ใช้} \times N.\text{Base} \times V.\text{Base} \times \text{meq.wt. ของกรดซิตริก}) \times 1000$$

ค่าคงที่: N.Base = สมมูลของ NaOH, V.Base = ปริมาตร NaOH ที่ใช้, meq.wt. ของกรดซิตริก = 0.06404

2.3 อัตราส่วน TSS/TA คำนวณจากการหารปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้และปริมาณกรดที่ไทเทรต เพื่อหาค่าอัตราส่วน TSS/TA ที่บ่งชี้ถึงความสมดุลระหว่างรสหวานและรสเปรี้ยวของผลฝรั่ง

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

นำข้อมูลเส้นผ่านศูนย์กลางของผลในแต่ละสัปดาห์มาหาค่าเฉลี่ย และสร้างกราฟการเจริญเติบโตของผลจนถึงระยะเก็บเกี่ยวด้วยโปรแกรม Excel ในส่วนของข้อมูลน้ำหนักผล สีผิว วัดความกว้างความยาวผล ความแน่นเนื้อ ความหนาเนื้อ ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ปริมาณกรด และอัตราส่วนของของแข็งที่ละลายน้ำได้ต่อกรดที่สามารถไทเทรตได้ นำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ยของแต่ละกรรมวิธีในแต่ละพันธุ์ และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS version 26



บทที่ 4

ผลการวิจัยและวิจารณ์

การทดลองที่ 1 ศึกษาความมีชีวิตและความงอกของละอองเกสรของฝรั่ง 7 พันธุ์

จากผลการทดลองพบว่าเปอร์เซ็นต์ความมีชีวิตและเปอร์เซ็นต์ความงอกของละอองเกสรฝรั่งทั้ง 7 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์กิมจู พันธุ์กิมจูแดง พันธุ์ไร้เมล็ด พันธุ์บางกอกแอปเปิ้ล พันธุ์น้ำดอกไม้ พันธุ์เด่นขุนวัง และพันธุ์สาเลีทอง ในช่วงเวลา 5 เดือน ได้แก่ เดือนกุมภาพันธ์ เมษายน มิถุนายน สิงหาคม และตุลาคม พ.ศ. 2565 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในแต่ละช่วงเวลา โดยสามารถสังเกตแนวโน้มที่น่าสนใจได้ดังนี้

ตารางที่ 1 แสดงเปอร์เซ็นต์ความมีชีวิตของละอองเกสรของฝรั่ง 7 พันธุ์ ในช่วงเวลา 5 เดือน

เดือน	พันธุ์						
	ไร้เมล็ด	เด่นขุนวัง	กิมจู	สาเลีทอง	บางกอกแอปเปิ้ล	น้ำดอกไม้	กิมจูแดง
กุมภาพันธ์ 2565	55.91 c	57.80 b	89.60 ab	92.01	80.12 c	41.67 ab	94.11
เมษายน 2565	65.14 b	53.57 b	80.37 b	91.40	92.11 a	34.24 b	87.26
มิถุนายน 2565	59.53 bc	47.99 b	91.99 ab	89.50	88.43 ab	9.52 c	82.71
สิงหาคม 2565	74.89 a	67.70 a	93.16 ab	-	86.00 abc	45.90 a	80.37
ตุลาคม 2565	62.07 bc	76.07 a	97.16 a	84.36	84.42 bc	46.53 a	87.90
F-test	**	**	*	ns	*	**	ns
CV%	9.71	12.23	11.97	7.54	3.87	11.86	13.29

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

เปรียบเทียบโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT.)

ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

* = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95% ($p < 0.05$)

** = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 99% ($p < 0.01$)

- = ไม่ได้รับการตรวจ (เนื่องจากไม่มีดอกในช่วงเดือนนั้น)

จากตารางที่ 1 พบว่าพันธุ์ฝรั่งที่มีเปอร์เซ็นต์ความมีชีวิตของละอองเกสรสูงสม่ำเสมอในหลายเดือน คือ พันธุ์กิมจูแดง (87.90–94.11%) และพันธุ์สาลีทอง (84.36–92.01%) ขณะที่พันธุ์น้ำดอกไม้แสดงค่าความมีชีวิตต่ำ โดยเฉพาะในเดือนมิถุนายน (9.52%) ก่อนจะเพิ่มขึ้นในเดือนถัดมา (45.90–46.53%)

จากการศึกษาพบว่า แนวโน้มโดยรวมของหลายพันธุ์ เช่น พันธุ์ไร่เมล็ด เด่นขุนวัง และกิมจู พบเปอร์เซ็นต์ความมีชีวิตลดลงในเดือนเมษายนถึงมิถุนายน และเพิ่มสูงขึ้นในเดือนสิงหาคมถึงตุลาคม ซึ่งเป็นช่วงปลายฤดูฝนถึงต้นฤดูหนาวที่อุณหภูมิเริ่มลดลงและมีความชื้นสัมพัทธ์สูงขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของสุพรรณพร ศรีมาศ (2557) ซึ่งศึกษาผลของฤดูกาลต่อความมีชีวิตและความงอกของละอองเกสรมะละกอ พบว่าฤดูฝนที่มีความชื้นสัมพัทธ์สูงส่งผลให้ละอองเกสรมีความมีชีวิตและความสามารถในการงอกสูงสุด นอกจากนี้ การศึกษาของ Niimi (1994) พบว่าการเก็บละอองเกสรลีลลีที่อุณหภูมิต่ำและความชื้นสัมพัทธ์ที่เหมาะสมสามารถยืดอายุความมีชีวิตของละอองเกสรได้ถึง 12 เดือน ซึ่งอาจอธิบายเหตุผลที่ค่าเฉลี่ยในเดือนสิงหาคมถึงตุลาคมสูงขึ้นในหลายพันธุ์ของงานวิจัยนี้ งานวิจัยของ ภัสยาพร แสงเพชร (2550) ศึกษาความมีชีวิตของละอองเกสรฝรั่งพันธุ์กลมสาลี พบเปอร์เซ็นต์ความมีชีวิตเฉลี่ยอยู่ที่ 92% ซึ่งสอดคล้องกับผลของพันธุ์สาลีทองในงานวิจัยนี้ โดยเฉพาะในเดือนกุมภาพันธ์–เมษายน (91.40–92.01%) ในพันธุ์ฝรั่งที่มีเมล็ดน้อย พบว่าความมีชีวิตของละอองเกสรมีค่าต่ำอยู่ในช่วง 58–70% ซึ่งใกล้เคียงกับผลของพันธุ์ไร่เมล็ดในงานวิจัยนี้ (55.91–59.53%)

ตารางที่ 2 แสดงเปอร์เซ็นต์ความงอกของละอองเกสรของฝรั่ง 7 พันธุ์ ในช่วงเวลา 5 เดือน

เดือน	พันธุ์						
	ไร่เมล็ด	เด่นขุนวัง	гимจู	สาละทอง	บางกอก แอปเปิ้ล	น้ำดอกไม้	гимจูแดง
กุมภาพันธ์ 2565	1.10	0.72 c	19.86 c	9.68 c	0.71 c	0.26 b	27.00 a
เมษายน 2565	3.59	3.25 b	4.60 d	70.45 a	32.68 a	1.00 b	30.69 a
มิถุนายน 2565	2.25	0.65 c	50.81 b	66.62 a	30.40 a	1.00 b	32.06 a
สิงหาคม 2565	3.71	3.53 b	55.39 ab	-	0.97 c	3.41 a	4.60 b
ตุลาคม 2565	3.48	6.47 a	65.91 a	48.82 b	13.51 b	3.33 a	31.70 a
F-test	ns	**	**	**	**	*	**
CV%	90.71	61.58	26.20	18.46	30.80	65.55	27.37

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

เปรียบเทียบโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT.)

ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

* = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95% ($p < 0.05$)

** = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 99% ($p < 0.01$)

- = ไม่ได้รับการตรวจ (เนื่องจากไม่มีดอกในช่วงเดือนนั้น)

ตารางที่ 2 แสดงถึงเปอร์เซ็นต์ความงอก พบว่า พันธุ์гимจูและพันธุ์สาละทองมีศักยภาพในการงอกของละอองเกสรสูงอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะในเดือนตุลาคมซึ่งมีค่าความงอกสูงสุดที่ 65.91% และ 48.82% ตามลำดับ ขณะที่พันธุ์บางกอกแอปเปิ้ลและพันธุ์น้ำดอกไม้แสดงค่าความงอกต่ำมากในเกือบทุกเดือน ยกเว้นเดือนเมษายน-มิถุนายนที่บางกอกแอปเปิ้ลมีค่าพุ่งสูงถึง 32.68-30.40%

พันธุ์гимจูแดงให้ค่าความงอกสูงสุดในเดือนกุมภาพันธ์ (27.00%) ซึ่งไม่สอดคล้องกับพันธุ์อื่นในช่วงเวลาเดียวกัน เช่น พันธุ์ไร่เมล็ด (1.10%) และพันธุ์เด่นขุนวัง (0.72%) อาจอธิบายได้ว่า พันธุ์гимจูแดงมีลักษณะทางสรีรวิทยาที่ทนทานต่ออุณหภูมิต่ำในช่วงปลายฤดูหนาว ซึ่งแสดงถึงศักยภาพในการให้ผลผลิตในช่วงต้นปีได้ หากมีการออกดอกในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ถึงมีนาคม การลดลงของค่าความงอกในบางพันธุ์ เช่น gimจูแดง (จาก 32.06% ในเดือนมิถุนายน เหลือ 4.60% ในสิงหาคม) อาจมีสาเหตุจากความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศที่สูงเกินไปในช่วงกลางฤดูฝน ซึ่งส่งผลให้หลอดละอองเกสรไม่สามารถเจริญเติบโตได้ดี ทั้งนี้ การใช้สูตรอาหารเลี้ยงละอองเกสรตาม

(Brewbaker, 1963) ซึ่งศึกษาสูตรอาหารสำหรับการเจริญของหลอดละอองเกสร พบว่าการมีไอออนแคลเซียมเป็นองค์ประกอบสำคัญในการกระตุ้นการงอก และความเข้มข้นของน้ำตาลซูโครสที่เหมาะสมมีผลต่อความยาวของหลอดละอองเกสร การที่พันธุ์ต่างๆ มีค่าความงอกต่างกัน อาจเกิดจากการตอบสนองของหลอดละอองเกสรต่อสูตรอาหารแม้จะใช้มาตรฐานเดียวกัน

นอกจากนี้ยังมีแนวโน้มที่น่าสนใจหลายประการ ดังนี้

ความสอดคล้องและไม่สอดคล้องของควมมีชีวิตและความงอก

ตามหลักการแล้ว ละอองเกสรที่มีชีวิตควรมีศักยภาพในการงอก แต่จากผลการทดลองพบว่า ฝรั่งบางพันธุ์แสดงความไม่สอดคล้องระหว่างค่าทั้งสอง เช่น พันธุ์น้ำดอกไม้ในเดือนกุมภาพันธ์ มีเปอร์เซ็นต์ ความมีชีวิตอยู่ที่ 41.67% แต่ความงอกต่ำมากเพียง 0.26% ขณะที่พันธุ์บางกอกแอปเปิ้ลในเดือนเดียวกัน มีความมีชีวิตสูงถึง 80.12% แต่ความงอกเพียง 0.71% ซึ่งอาจพบได้บ่อยในพันธุ์ที่มีการคัดเลือกสายพันธุ์เพื่อให้มีลักษณะไร้เมล็ดหรือมีเมล็ดน้อย ส่งผลให้การพัฒนาโครงสร้างหลอดเกสรไม่สมบูรณ์เต็มที่ เช่นเดียวกับที่รายงานโดยภัสยาพรแสงเพชร (2550) ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่าหลอดเกสรอาจยังไม่เข้าสู่ระยะสุกแก่ทางสรีรวิทยาที่เหมาะสม หรือมีความไวต่อสภาพแวดล้อมของอาหารเลี้ยงที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ ปรากฏการณ์ดังกล่าวสอดคล้องกับการศึกษาของ กรณ์ กรภัทรชัยกุล (2558) ที่พบว่าเรณูของพืชบางชนิดมีเปอร์เซ็นต์ความมีชีวิตสูงแต่ไม่สามารถงอกได้ในสารละลายซูโครส ซึ่งแสดงให้เห็นว่าความมีชีวิตของเรณูไม่สัมพันธ์กับความสามารถในการงอกเสมอไป นอกจากนี้ การศึกษาของ นพวรรณ หนองใหญ่ (2558) ในพืชไม้ดอกบางชนิดยังแสดงให้เห็นว่า เรณูของแต่ละชนิดมีความสามารถในการงอกแตกต่างกันอย่างชัดเจนเมื่อใช้สูตรอาหารเลี้ยงเรณูชนิดเดียวกัน ซึ่งอาจอธิบายได้ว่าทำไมสูตร Brewbaker and Kwack ที่ใช้ร่วมกันในหลายชนิดพืช อาจไม่สามารถรองรับพันธุ์ที่มีความต้องการเฉพาะด้านแร่ธาตุหรือน้ำตาลได้ดีเท่ากันทั้งหมด

การจัดกลุ่มพันธุ์ตามลักษณะการตอบสนอง

จากผลการทดลองสามารถจำแนกพันธุ์ฝรั่งออกเป็นกลุ่มตามลักษณะการตอบสนองของคุณภาพเกสรที่มีแนวโน้มสัมพันธ์กับศักยภาพในการติดผลบนต้น ดังนี้

1. กลุ่มพันธุ์ที่มีความเสถียรสูง ได้แก่ กิมจูแดง และสาเล่ทอง ซึ่งสามารถให้หลอดเกสรที่มีชีวิตและสามารถงอกได้ในช่วงเดือนหลากหลาย สะท้อนถึงความพร้อมในการผสมเกสรตามธรรมชาติที่สูง และมีแนวโน้มส่งผลให้เกิดการติดผลที่สม่ำเสมอทั้งในฤดูแล้งและปลายฤดูฝน

2. กลุ่มพันธุ์ที่ตอบสนองจำเพาะฤดูกาล เช่น กิมจู (ความงอกสูงเด่นในเดือนตุลาคม) บางกอกแอปเปิ้ล (ความงอกสูงในเมษายน-มิถุนายน) ควรวางแผนให้มีการออกดอกช่วงที่เหมาะสมกับความสามารถในการงอกของละอองเกสร เพื่อเพิ่มอัตราการติดผล

3. กลุ่มพันธุ์ที่มีศักยภาพต่ำในการงอกของละอองเกสร เช่น น้ำดอกไม้ ซึ่งแม้บางเดือนจะมีความมีชีวิตในระดับปานกลางแต่ความสามารถในการงอกต่ำมากตลอดช่วงทดลอง อาจส่งผลโดยตรงต่ออัตราการผสมติดและติดผลต่ำ โดยเฉพาะในแปลงที่ปลูกแบบเดี่ยวหรือไม่มีพันธุ์อื่นร่วม

จากการวิเคราะห์ดังกล่าวชี้ให้เห็นว่า การประเมินคุณภาพของละอองเกสรโดยพิจารณาทั้งความมีชีวิตและความสามารถในการงอกในแต่ละเดือน เป็นข้อมูลที่มีคุณค่าอย่างยิ่งต่อการคาดการณ์การติดผลของฝรั่งในสภาพแปลง และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการวางแผนการจัดการแปลง การกำหนดช่วงออกดอก และการเลือกช่วงเวลาผสมเกสรที่เหมาะสมของแต่ละพันธุ์ โดยเฉพาะในพันธุ์ไร้เมล็ดหรือพันธุ์ที่มีความสามารถในการติดผลต่ำตามธรรมชาติ

สรุปได้ว่าความแตกต่างของค่าความมีชีวิตและความงอกในแต่ละพันธุ์ในแต่ละช่วงเดือนสะท้อนให้เห็นถึงความหลากหลายทางสรีรวิทยาของพันธุ์ฝรั่ง ซึ่งส่งผลต่อศักยภาพการผสมติดโดยตรง การจัดการแปลงและการเลือกพันธุ์จึงควรคำนึงถึงคุณภาพของละอองเกสรควบคู่กับช่วงฤดูกาล เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและลดความสูญเสียจากการติดผลต่ำในพันธุ์ที่มีข้อจำกัด โดยเฉพาะอย่างยิ่ง เมื่อพิจารณาในการนำไปใช้จริงจะเห็นได้ว่า การประเมินความมีชีวิตและความงอกของละอองเกสร ควบคู่กันนั้นเป็นสิ่งสำคัญ ไม่ควรอ้างอิงจากค่าใดค่าหนึ่งเพียงลำพัง เนื่องจากละอองเกสรที่มีชีวิตแต่ไม่สามารถงอกได้ ย่อมไม่สามารถผสมติดได้จริงในสภาพแปลง นอกจากนี้ ควรพิจารณาปรับสูตรอาหารเลี้ยงละอองเกสรหรือสภาพแวดล้อมในการทดลองให้เหมาะสมกับแต่ละพันธุ์ เพื่อให้ได้ข้อมูลที่สะท้อนถึงความสามารถที่แท้จริงของละอองเกสรในการงอกและเจริญได้ภายใต้สภาพแวดล้อมที่เหมาะสม

การทดลองที่ 2 ศึกษาความสัมพันธ์ของสภาพอากาศกับการติดผลของฝรั่ง 7 พันธุ์

จากข้อมูลผลการทดลองในตารางที่ 3 พบว่า อัตราการติดผลของฝรั่ง 7 พันธุ์ มีความแตกต่างกันตามช่วงเดือนและพันธุ์ โดยพันธุ์กิมจูแดง น้ำดอกไม้ กิมจู และไร้เมล็ด มีอัตราการติดผลสูงที่สุดในเดือนสิงหาคม (98.15%, 91.67%, 72.91% และ 56.54% ตามลำดับ) ขณะที่พันธุ์เด่นขุนวังและสาเลีทองแสดงอัตราการติดผลสูงในเดือนตุลาคม (71.43% และ 58.76% ตามลำดับ) และพันธุ์บางกอกแอปเปิ้ล พบอัตราการติดผลสูงในเดือนเมษายน (42.77%) และเดือนมิถุนายน (40.00%) จากการศึกษาพบว่าฝรั่งพันธุ์ไร้เมล็ด กิมจู และกิมจูแดง มีอัตราการติดผลสูงที่สุดในช่วงเดือนสิงหาคม สอดคล้องกับแนวโน้มที่พบว่าการติดผลของฝรั่งมีแนวโน้มสัมพันธ์กับช่วงเวลาที่มีความชื้นสัมพัทธ์สูง (83–93%) อุณหภูมิเฉลี่ยอยู่ในช่วง 27–28 องศาเซลเซียส และปริมาณน้ำฝนปานกลาง (5–10 มิลลิเมตร/วัน) (ตารางที่ 5)

ตารางที่ 3 แสดงเปอร์เซ็นต์การติดผลของฝรั่ง 7 พันธุ์ ในช่วงเวลา 5 เดือน

เดือน	พันธุ์						
	ไร้เมล็ด	เด่นขุนวัง	กิมจู	สาเลีทอง	บางกอกแอปเปิ้ล	น้ำดอกไม้	กิมจูแดง
กุมภาพันธ์ 2565	0.00 d	0.54 d	17.48 e	0.00 c	0.00 c	5.04 c	11.26 d
เมษายน 2565	27.30 b	35.96 c	52.98 c	45.70 b	42.77 a	13.53 c	25.70 c
มิถุนายน 2565	1.52 d	0.00 d	26.46 d	2.72 c	40.00 a	7.4 c	8.87 d
สิงหาคม 2565	56.54 a	51.48 b	72.91 a	-	31.20 b	91.67 a	98.15 a
ตุลาคม 2565	20.00 c	71.43 a	66.18 b	58.76 a	0.00 c	50.00 b	87.83 b
F-test	**	**	**	**	**	**	**
CV%	18.92	18.06	5.39	8.85	9.02	19.30	11.33

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

เปรียบเทียบโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT.)

ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

* = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95% ($p < 0.05$)

** = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 99% ($p < 0.01$)

- = ไม่ได้รับการตรวจ (เนื่องจากไม่มีดอกในช่วงเดือนนั้น)

ตารางที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างสภาพอากาศกับเปอร์เซ็นต์การติดผลของฝรั่ง 7 พันธุ์

พันธุ์	ค่าเฉลี่ยของข้อมูลสภาพอากาศ 1-3 วัน นับตั้งแต่วันที่ดอกบาน					
	อุณหภูมิสูงสุด (องศาเซลเซียส)	อุณหภูมิต่ำสุด (องศาเซลเซียส)	อุณหภูมิเฉลี่ย (องศาเซลเซียส)	ความชื้นสัมพัทธ์ (ร้อยละ)	ปริมาณน้ำฝน (มิลลิเมตร/วัน)	ปริมาณหยาดน้ำฟ้า (มิลลิเมตร/วัน)
ไร้เมล็ด	r	0.044	0.206	0.238*	0.246*	0.383**
	Sig	0.697	0.065	0.032	0.027	0.000
เด่นขุนวัง	r	0.216	0.295*	0.303**	0.296*	0.322**
	Sig	0.067	0.011	0.009	0.011	0.006
กิมจู	r	-0.224*	-0.009	-0.033	0.302**	0.147
	Sig	0.013	0.925	0.718	0.001	0.106
สลีทอง	r	0.100	0.104	0.200	0.165	0.108
	Sig	0.341	0.323	0.055	0.115	0.304
บางกอกแอปเปิ้ล	r	0.052	0.381**	0.248	0.343**	0.457**
	Sig	0.705	0.004	0.066	0.010	0.000
น้ำดอกไม้	r	0.125	0.232	0.223	0.223	0.346**
	Sig	0.325	0.065	0.076	0.064	0.005
กิมจูแดง	r	-0.137	0.231*	0.077	0.449**	0.282**
	Sig	0.198	0.044	0.473	0.000	0.007

หมายเหตุ * และ ** แสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05 และ 0.01 ตามลำดับ โดยใช้การวิเคราะห์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน (Pearson's correlation)

การวิเคราะห์ความสัมพันธ์จากตารางที่ 4 พบว่า ความชื้นสัมพัทธ์มีความสัมพันธ์เชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับอัตราการติดผลในพันธุ์ไรเมล็ด เต้นขุนวัง กิมจู บางกอกแอปเปิ้ล และกิมจูแดง ขณะที่พันธุ์กิมจูมีความสัมพันธ์ทางลบกับอุณหภูมิสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญ ($r = -0.224$, $p < 0.05$) แสดงว่าพันธุ์กิมจูมีความไวต่ออุณหภูมิสูง ส่วนบางกอกแอปเปิ้ลมีแนวโน้มติดผลได้ในหลายช่วงเดือน แม้ว่าสภาพอากาศจะมีความแตกต่างกัน แสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิสูงอาจส่งผลกระทบต่ออัตราการติดผลของบางพันธุ์ แต่ความชื้นสัมพัทธ์ ปริมาณน้ำฝน และหยาดน้ำฟ้ามีแนวโน้มเป็นปัจจัยสนับสนุนการติดผลที่สำคัญ

แนวโน้มดังกล่าวสอดคล้องกับงานวิจัยของ ภัสยาพร แสงเพ็ชร (2550) ซึ่งระบุว่าความชื้นสัมพัทธ์ในระดับสูงส่งผลส่งเสริมการงอกของหลอดละอองเกสรในฝรั่งพันธุ์ไรเมล็ด เช่นเดียวกับรายงานของ สุพี วณศิริกุล (2543) ที่พบว่าการงอกของหลอดเกสรเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเมื่อความชื้นสัมพัทธ์สูงกว่า 85% นอกจากนี้ ผลการศึกษาของ (พงษ์นาถ นาถวรานันต์, 2563) ในมะพร้าวน้ำหอม ยังชี้ว่าเปอร์เซ็นต์การงอกของหลอดเกสรสูงสุดเกิดขึ้นในเดือนที่มีค่าความชื้นเฉลี่ยประมาณ 87% ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดที่ว่าความชื้นสัมพัทธ์ระดับสูง (มากกว่า 90%) เป็นปัจจัยสำคัญที่ช่วยสนับสนุนกระบวนการผสมเกสรและการติดผลในพืชเขตร้อนรวมถึงฝรั่งด้วย

นอกจากนั้น ปริมาณน้ำฝนในระดับปานกลาง (5–10 มิลลิเมตร/วัน) มีแนวโน้มช่วยส่งเสริมการติดผลโดยไม่ส่งผลกระทบในทางลบต่อกระบวนการผสมเกสร ในขณะที่ปริมาณน้ำฝนที่สูงกว่า 20 มิลลิเมตร/วัน อาจก่อให้เกิดผลกระทบในทางลบ โดยฝนตกหนักไม่เพียงแต่สามารถชะล้างหลอดเกสรออกจากยอดเกสรตัวเมีย ลดประสิทธิภาพการทำงานของแมลงผสมเกสร แต่ยังอาจทำให้หลอดเกสรแตกเสียหายจากการดูดซึมน้ำที่มากเกินไป รวมถึงทำลายความสมบูรณ์ของดอก อันจะลดโอกาสในการปฏิสนธิและส่งผลให้การติดผลลดลง (นิพนธ์ สุขวิบูลย์, 2547)

นอกจากนี้ ปริมาณหยาดน้ำฟ้าซึ่งรวมถึงปรากฏการณ์หมอกหรือละอองน้ำในช่วงเช้าก็มีบทบาทสำคัญต่อความสำเร็จของกระบวนการผสมเกสรในฝรั่ง เนื่องจากดอกฝรั่งมักบานในช่วงเช้า ซึ่งเป็นช่วงที่หลอดเกสรเปิดรับการปฏิสนธิ ความชื้นจากหยาดน้ำฟ้าในระดับพอเหมาะสามารถช่วยเพิ่มโอกาสการจับตัวของหลอดเกสรกับยอดเกสรตัวเมีย และส่งเสริมการงอกของหลอดละอองเกสรได้ อย่างไรก็ตาม หากความชื้นในบรรยากาศสูงจนเกินไป หรือเกิดฝนตกในช่วงเดียวกัน อาจส่งผลในทางลบต่อการผสมเกสร โดยทำให้หลอดเกสรถูกชะล้างและลดประสิทธิภาพในการปฏิสนธิลงได้

เมื่อนำผลการทดลองที่ 2 มาเปรียบเทียบกับผลการทดลองที่ 1 ซึ่งศึกษาคุณภาพของหลอดเกสร พบว่าพันธุ์ที่มีความมีชีวิตและความสามารถในการงอกสูง เช่น กิมจูแดง เต้นขุนวัง และกิมจูมีอัตราการติดผลสูงในช่วงเดือนที่สภาพอากาศเหมาะสม สะท้อนให้เห็นว่าคุณภาพของหลอดเกสรในระยะสุกแก่ทางสรีรวิทยา ร่วมกับสภาพแวดล้อมภายหลังดอกบาน เป็นปัจจัยที่ส่งผลโดยตรงต่อโอกาสการติดผลบนต้น

อย่างไรก็ตาม ในบางพันธุ์ เช่น น้ำดอกไม้ แม้แสดงค่าความสามารถในการงอกของละอองเกสรต่ำในช่วงเดือนสิงหาคม แต่ยังคงแสดงอัตราการติดผลสูงในช่วงเวลาดังกล่าว ซึ่งอาจสะท้อนถึงบทบาทของกลไกการผสมข้ามพันธุ์ (cross-pollination) จากพันธุ์ใกล้เคียงที่มีคุณภาพละอองเกสรดีกว่า โดยกลไกนี้พบได้ในพืชไร่เมล็ดหลายชนิด เช่น ส้ม องุ่น และฝรั่งบางสายพันธุ์ (Stösser, 1982)

ข้อสังเกตเพิ่มเติมที่น่าสนใจในพันธุ์น้ำดอกไม้ คือ ลักษณะของผลที่ได้มีความแปรปรวน โดยบางผลพบว่ามีเมล็ดจำนวนน้อย ขณะที่บางผลไม่มีเมล็ดเลย ซึ่งอาจสนับสนุนสมมติฐานเรื่องการปฏิสนธิไม่สมบูรณ์ (incomplete fertilization) อย่างไรก็ดี เนื่องจากการทดลองนี้ยังไม่ได้ดำเนินการตรวจสอบพันธุ์กรรมหรือศึกษาการเคลื่อนที่ของแมลงผสมเกสรในแปลงโดยตรงเพื่อยืนยันกลไกดังกล่าวอย่างชัดเจน จึงยังไม่สามารถสรุปได้อย่างแน่ชัด จำเป็นต้องมีการศึกษาต่อยอดเพื่อยืนยันกลไกดังกล่าวในอนาคต



ตารางที่ 5 ค่าเฉลี่ยของข้อมูลสภาพอากาศ 1-3 วัน นับตั้งแต่วันที่ตอกบานของดอกที่ติดผลของฝรั่ง 7 พันธุ์

พันธุ์	ช่วงเดือน	ค่าเฉลี่ยของข้อมูลสภาพอากาศ 1-3 วัน นับตั้งแต่วันที่ตอกบาน					
		อุณหภูมิสูงสุด (องศาเซลเซียส)	อุณหภูมิต่ำสุด (องศาเซลเซียส)	อุณหภูมิเฉลี่ย (องศาเซลเซียส)	ความชื้นสัมพัทธ์ (ร้อยละ)	ปริมาณน้ำฝน (มิลลิเมตร/วัน)	ปริมาณหยาดน้ำฟ้า (มิลลิเมตร/วัน)
ไร่เมล็ด	เมษายน 2565	38±2.5	21±1.3	29±1.3	82±5.4	2±3.5	9±18.1
	มิถุนายน 2565	31.9	23.1	27.1	90.6	0.2	18.9
	สิงหาคม 2565	34±1.2	22±1.2	28±0.9	93±2.2	7±8.0	18±10.9
	ตุลาคม 2565	33±0.5	21±2.6	27±1.1	88±2.6	0	3±4.5
	ค่าเฉลี่ย	36±2.7	21±1.6	28±1.3	87±6.7	3±6.0	12±15.1
เด่นขุนวัง	กุมภาพันธ์ 2565	34.4	13.8	21.1	77.2	0	0.2
	เมษายน 2565	37±2.7	21±1.5	28±1.7	82±5.5	4±12.9	10±16.9
	สิงหาคม 2565	34±1.4	22±1.1	28±0.8	93±2.8	9±10.7	24±18.4
	ตุลาคม 2565	33±0.5	22±1.0	27±0.3	88±2.2	0	1±0.5
	ค่าเฉลี่ย	36±2.7	21±2.0	28±1.9	85±6.4	5±11.6	11±17.4
กิมจู	กุมภาพันธ์ 2565	38±2.0	18±2.3	26±2.7	69±9.5	2±7.4	2±4.3
	เมษายน 2565	37±2.7	21±1.4	28±1.6	82±4.7	3±12.0	8±15.5
	มิถุนายน 2565	32±1.0	23±0.9	27±0.5	90±1.8	1±1.0	19±11.8
	สิงหาคม 2565	35±1.6	22±1.1	28±0.9	92±3.4	7±7.7	16±13.6
	ตุลาคม 2565	34±0.9	20±3.0	27±1.2	87±5.0	1±2.0	2±2.4
	ค่าเฉลี่ย	36±2.8	21±2.6	28±1.8	83±10.4	3±8.3	9±13.2

ตารางที่ 5 ค่าเฉลี่ยของข้อมูลสภาพอากาศ 1-3 วัน นับตั้งแต่วันที่ดอกบานของดอกที่ติดผลของฝรั่ง 7 พันธุ์ (ต่อ)

พันธุ์	ช่วงเดือน	ค่าเฉลี่ยของข้อมูลสภาพอากาศ 1-3 วัน นับตั้งแต่วันที่ดอกบาน					
		อุณหภูมิสูงสุด (องศาเซลเซียส)	อุณหภูมิต่ำสุด (องศาเซลเซียส)	อุณหภูมิเฉลี่ย (องศาเซลเซียส)	ความชื้นสัมพัทธ์ (ร้อยละ)	ปริมาณน้ำฝน (มิลลิเมตร/วัน)	ปริมาณหยาดน้ำฟ้า (มิลลิเมตร/วัน)
สาละทอง	เมษายน 2565	37±2.9	21±1.5	28±1.7	82±4.8	5±13.8	10±18.0
	มิถุนายน 2565	32±0.0	23±0.9	27±0.2	92±0.6	0±0.3	23±0.7
	ตุลาคม 2565	33±0.8	20±3.1	27±1.3	86±4.5	1±1.8	2±2.8
	ค่าเฉลี่ย	35±2.8	20±2.5	28±1.7	84±5.4	7±14.4	3±10.4
บางกอก แอปเปิ้ล	เมษายน 2565	39±1.5	20±1.1	29±1.3	78±4.8	15±30.0	4±5.6
	มิถุนายน 2565	32±1.2	24±0.1	28±0.4	90±0.0	27±22.5	1±1.5
	สิงหาคม 2565	35±1.3	22±1.2	28±0.8	92±2.5	6±6.6	12±7.7
	ค่าเฉลี่ย	36±2.7	22±1.6	28±1.1	88±7.1	8±17.7	11±12.2
น้ำดอกไม้	กุมภาพันธ์ 2565	38±2.1	18±1.0	27±1.3	68±8.7	11±15.9	8±7.2
	เมษายน 2565	37±2.25	21±1.5	28±1.4	83±5.1	3±8.8	11±19.0
	มิถุนายน 2565	32±0.8	23±0.6	27±0.5	89±2.4	1±0.5	21±4.2
	สิงหาคม 2565	35±0.2	23±0.4	29±0.2	91±0.3	5±0.4	14±1.4
	ตุลาคม 2565	33±0.3	22±0.5	27±0.6	88±3.0	3±3.5	2±2.2
	ค่าเฉลี่ย	36±2.8	21±1.9	28±1.4	83±7.9	4±9.1	11±15.9

ตารางที่ 5 ค่าเฉลี่ยของข้อมูลสภาพอากาศ 1-3 วัน นับตั้งแต่วันที่ตอกบานของดอกที่ติดผลของฝรั่ง 7 พันธุ์ (ต่อ)

พันธุ์	ช่วงเดือน	ค่าเฉลี่ยของข้อมูลสภาพอากาศ 1-3 วัน นับตั้งแต่วันที่ตอกบาน					
		อุณหภูมิสูงสุด (องศาเซลเซียส)	อุณหภูมิต่ำสุด (องศาเซลเซียส)	อุณหภูมิเฉลี่ย (องศาเซลเซียส)	ความชื้นสัมพัทธ์ (ร้อยละ)	ปริมาณน้ำฝน (มิลลิเมตร/วัน)	ปริมาณหยาดน้ำฟ้า (มิลลิเมตร/วัน)
กิมจูแดง	กุมภาพันธ์ 2565	38±2.3	18±2.1	27±2.6	68±10.1	4±11.2	3±5.7
	เมษายน 2565	37±2.4	20±1.5	28±1.8	81±3.2	1±1.4	5±9.1
	มิถุนายน 2565	32±0.9	23±0.4	27±0.7	90±0.5	1±1.1	26±13.4
	สิงหาคม 2565	35±1.5	22±1.1	28±0.9	92±3.3	8±8.5	12±8.3
	ตุลาคม 2565	33±0.9	21±1.9	27±0.9	88±2.8	1±2.3	2±1.47
	ค่าเฉลี่ย	36±2.7	21±2.2	28±1.6	84±9.5	4±7.3	8±10.4

เมื่อพิจารณาในภาพรวม ลักษณะการตอบสนองต่ออุณหภูมิและความชื้นของฝรั่งในงานวิจัยนี้มีแนวโน้มสอดคล้องกับพืชเขตร้อนชนิดอื่น เช่น มะละกอ และ มะพร้าว ที่การติดผลขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมในช่วงผสมเกสรอย่างชัดเจน โดยมะละกามีอุณหภูมิที่เหมาะสมอยู่ระหว่าง 23.9–33.5 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ระหว่าง 62–96% (สุพรรณพรณ ศรีมาศ, 2557) ขณะที่มะพร้าวมีอุณหภูมิที่เหมาะสมประมาณ 28 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 87.24% (พงษ์นารถ นาถวรานันต์, 2563) สภาพแวดล้อมที่เหมาะสมในช่วง 1–3 วันแรกหลังดอกบาน (Singh, 2019) เป็นช่วงวิกฤติที่สำคัญของกระบวนการผสมเกสรและการปฏิสนธิ (Vinod, 2018) จึงมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการติดผล

นอกจากนี้ การใช้ข้อมูลสภาพอากาศระดับพิกัดรายวัน ช่วยสะท้อนให้เห็นถึงความสัมพันธ์ของสภาพอากาศต่อการปฏิสนธิและการติดผล ซึ่งสามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการบริหารจัดการแปลง เช่น การตัดแต่งกิ่งล่วงหน้าประมาณ 2–3 เดือนก่อนฤดูดอกบาน โดยตัดกิ่งออกประมาณ 20 เซนติเมตร เพื่อกระตุ้นการออกดอกและการติดผลในช่วงที่สภาพอากาศเหมาะสม (Adhikari, 2015) เพื่อให้ได้ผลผลิตสูงสุดในสภาพแวดล้อมที่เอื้อต่อการผสมเกสรและการติดผลอย่างมีประสิทธิภาพ

นอกจากนี้ ฝรั่งแต่ละพันธุ์ยังแสดง ลักษณะการตอบสนองต่อฤดูกาลและสภาพอากาศที่แตกต่างกัน ดังนี้

- 1) พันธุ์กิมจูแดง ตอบสนองได้ดีในช่วงฤดูฝนปลายถึงต้นฤดูหนาว (สิงหาคม–ตุลาคม) ภายใต้สภาพความชื้นสัมพัทธ์สูง (88–92%) และอุณหภูมิต่ำสุดไม่น้อยกว่า 21–22 องศาเซลเซียส
- 2) พันธุ์เด่นขุนวัง ติดผลได้ดีในเดือนตุลาคม ซึ่งมีความชื้นสัมพัทธ์สูง (88%) และอุณหภูมิเริ่มลดลงจากฤดูร้อน (อุณหภูมิเฉลี่ย 27 องศาเซลเซียส) เหมาะสำหรับปลูกในฤดูฝนปลายถึงต้นฤดูหนาว
- 3) พันธุ์กิมจู ติดผลได้ดีในช่วงสิงหาคม–ตุลาคม แต่มีความไวต่ออุณหภูมิสูง (ไม่เกิน 35 องศาเซลเซียส) ต้องระวังไม่ให้โดนความร้อนจัดในช่วงดอกบาน
- 4) พันธุ์น้ำดอกไม้ ติดผลได้ดีในเดือนสิงหาคมเมื่อความชื้นสัมพัทธ์สูงมาก (มากกว่า 90%) ปริมาณน้ำฝนปานกลาง (5 มิลลิเมตร/วัน) แม้คุณภาพละอองเกสรจะไม่สูงเด่น ต้องอาศัยสภาพแวดล้อมขึ้นมากเพื่อเสริมกระบวนการผสมเกสร และอาจมีการผสมข้ามพันธุ์ร่วมด้วย
- 5) พันธุ์ไร่เมล็ด มีการติดผลสูงในช่วงปลายฤดูฝน (สิงหาคม) โดยความชื้นสัมพัทธ์สูง (93%) และปริมาณน้ำฝนปานกลาง (7 มิลลิเมตร/วัน) ส่งผลดีต่ออัตราการติดผล
- 6) พันธุ์บางกอกแอปเปิ้ล ตอบสนองได้ดีในเดือนเมษายน–มิถุนายน ซึ่งสภาพอากาศมีฝนตก (ปริมาณน้ำฝน 15–27 มิลลิเมตร/วัน) อุณหภูมิเฉลี่ย 28–29 องศาเซลเซียส และมีความชื้นสัมพัทธ์ 78–90%

7) พันธุ์สาเลีทอง ติดผลได้ในหลากหลายช่วงฤดู รวมถึงในสภาพอากาศที่ความชื้นปานกลาง (84%) และอุณหภูมิเฉลี่ย 28 องศาเซลเซียส แสดงถึงศักยภาพในการทนทานต่อความแปรปรวนของสภาพอากาศ

พันธุ์สาเลีทองและบางกอกแอปเปิ้ลแสดงลักษณะการติดผลได้ดีภายใต้สภาพอากาศที่มีอุณหภูมิสูงและความชื้นสัมพัทธ์ปานกลางถึงสูง บ่งชี้ถึงความสามารถในการปรับตัวทางสรีรวิทยา (phenotypic plasticity) ต่อความแปรปรวนของสภาพแวดล้อม ซึ่งหมายถึงความสามารถของพืชในการปรับเปลี่ยนลักษณะการแสดงออกทางฟีโนไทป์ เช่น การติดผล หรือการเจริญเติบโต เพื่อตอบสนองต่อสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน ทั้งนี้ phenotypic plasticity เป็นลักษณะสำคัญที่เอื้อต่อการดำรงอยู่ของพืชในระบบเกษตรกรรมเขตร้อน ซึ่งมีสภาพอากาศแปรปรวนสูงและฤดูกาลไม่แน่นอน

จากผลการทดลองนี้สรุปได้ว่า การติดผลของฝรั่งแต่ละพันธุ์ขึ้นอยู่กับปัจจัยร่วมระหว่างคุณภาพของละอองเกสร สภาพแวดล้อมภายหลังดอกบาน และศักยภาพในการผสมข้ามพันธุ์ในฝรั่งบางพันธุ์ การเลือกพันธุ์ปลูกที่เหมาะสมกับสภาพแวดล้อม และการวางแผนจัดการแปลงตามข้อมูลสภาพอากาศอย่างละเอียด จึงมีบทบาทสำคัญต่อการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตในทางปฏิบัติ

การทดลองที่ 3 ศึกษาผลของจิบเบอเรลลินต่อการติดผล และการเจริญเติบโตของฝรั่งกลุ่มไร้เมล็ด

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินผลของการใช้สารจิบเบอเรลลิน (GA₃) ในระดับความเข้มข้น 0 100 200 และ 400 มิลลิกรัม/ลิตร ต่อการติดผลและการเจริญเติบโตของฝรั่งกลุ่มไร้เมล็ด โดยทำการทดลองแยกในแต่ละพันธุ์ จำนวน 7 พันธุ์ ได้แก่ กิมจู กิมจูแดง ไร้เมล็ด บางกอก แอปเปิ้ล น้ำดอกไม้ เต็มขุนวัง และสาลี่ทอง โดยทำการทดลองช่วงเดือนมกราคมถึงเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2564

การติดผล

จากผลการทดลอง (ตารางที่ 6) พบว่าสารจิบเบอเรลลิน (GA₃) สามารถกระตุ้นการติดผลของฝรั่งกลุ่มไร้เมล็ดได้ โดยมีการตอบสนองที่แตกต่างกันไปในแต่ละพันธุ์ เมื่อพิจารณาในแต่ละพันธุ์ที่ศึกษาพบว่าพันธุ์ไร้เมล็ด บางกอกแอปเปิ้ล น้ำดอกไม้ เต็มขุนวัง และสาลี่ทอง มีเปอร์เซ็นต์การติดผลสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อได้รับการพ่น GA₃ ที่ความเข้มข้น 200–400 มิลลิกรัม/ลิตร สำหรับพันธุ์กิมจูและกิมจูแดง ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในการติดผล แม้จะสังเกตเห็นแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของขนาดผลหลังการพ่นสาร

พันธุ์ไร้เมล็ดแสดงเปอร์เซ็นต์การติดผลสูงสุดที่ 69.44% เมื่อใช้ GA₃ ความเข้มข้น 200 มิลลิกรัม/ลิตร ขณะที่บางกอกแอปเปิ้ลมีเปอร์เซ็นต์การติดผลสูงสุดถึง 83.33% ที่ความเข้มข้น 400 มิลลิกรัม/ลิตร อย่างไรก็ตาม การเพิ่มความเข้มข้นจาก 200 เป็น 400 มิลลิกรัม/ลิตร ไม่ได้ทำให้เปอร์เซ็นต์การติดผลเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องในทุกพันธุ์ สะท้อนแนวโน้มการตอบสนองแบบอัมตั่วต่อการใช้สาร

ผลการทดลองนี้สอดคล้องกับแนวคิดที่ว่า การขาดสัญญาณฮอร์โมนจากเมล็ดหลังการปฏิสนธิเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้ฝรั่งกลุ่มไร้เมล็ดมีอัตราการติดผลต่ำ และการให้จิบเบอเรลลินจากภายนอกสามารถทดแทนสัญญาณดังกล่าว เพื่อกระตุ้นการติดต้นผลแบบ parthenocarpy ได้ (Stösser, 1982)

นอกจากนี้ ความแตกต่างของผลที่ได้ในแต่ละพันธุ์ แสดงให้เห็นว่าฝรั่งแต่ละสายพันธุ์มีลักษณะทางสรีรวิทยาที่ไม่เหมือนกัน โดยพันธุ์กิมจูและกิมจูแดงอาจมีความไวต่อจิบเบอเรลลินต่ำกว่าพันธุ์อื่น อันเนื่องมาจากความแตกต่างทางพันธุกรรมหรือลักษณะโครงสร้างของดอกที่เกี่ยวข้องกับการรับสัญญาณฮอร์โมน

โดยสรุป การใช้จิบเบอเรลลินที่ความเข้มข้น 200–400 มิลลิกรัม/ลิตร มีประสิทธิภาพในการกระตุ้นการติดผลของฝรั่งกลุ่มไร้เมล็ดได้อย่างมีนัยสำคัญในหลายพันธุ์ อย่างไรก็ตาม ควรพิจารณาเลือกความเข้มข้นที่เหมาะสมกับพันธุ์ เพื่อลดความเสี่ยงจากการใช้สารเกินความจำเป็น

ตารางที่ 6 แสดงเปอร์เซ็นต์การติดผลของฝรั่ง 7 พันธุ์ภายใต้การใช้จิบเบอเรลลิน

ความเข้มข้น ของสาร จิบเบอเรลลิน (มิลลิกรัม/ลิตร)	พันธุ์						
	กิมจู	กิมจูแดง	ไร่เมืง	บางกอก แอปเปิ้ล	น้ำดอกไม้	เด่นขุนวัง	สาละทอง
0	50.00	21.43	5.56 b	16.67 b	43.89 b	47.92 b	0.00 b
100	49.44	36.51	26.79 ab	50 ab	78.33 a	64.58 ab	18.75 ab
200	80.56	52.38	69.44 a	50 ab	100.00 a	93.75 a	43.75 ab
400	83.33	61.90	51.67 ab	83.33 a	100.00 a	66.66 ab	62.50 a
F-test	ns	ns	**	**	**	**	**

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

เปรียบเทียบโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT.)

ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

** = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 99% ($p < 0.01$)

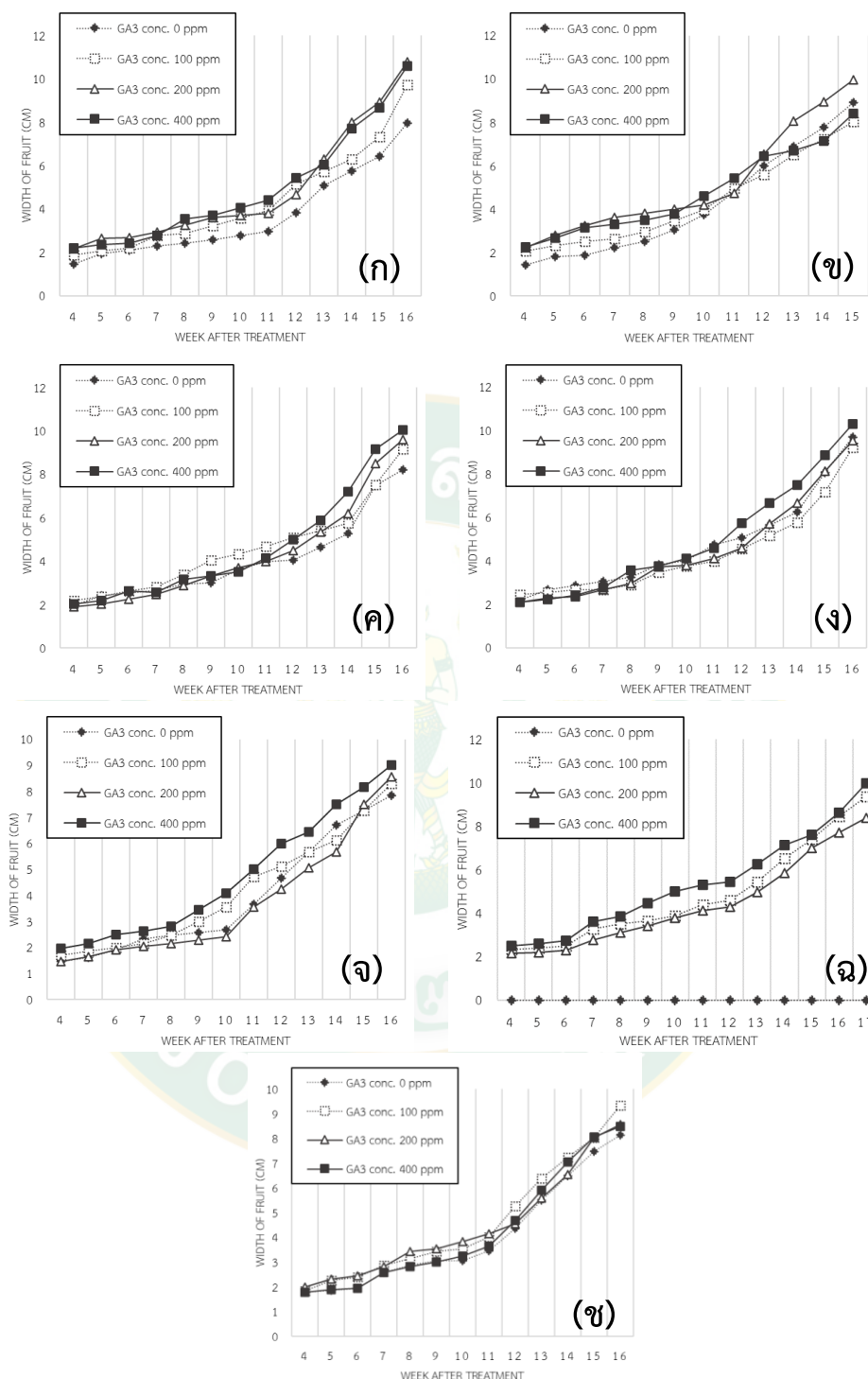
จากการติดตามการเจริญเติบโตของผลโดยวัดความกว้างของผลตั้งแต่หลังดอกบานสัปดาห์ที่ 4 จนถึงระยะเก็บเกี่ยว (ภาพที่ 6) พบว่าการพ่นสารจิบเบอเรลลิน (GA_3) ส่งผลต่อการขยายขนาดผลในทุกพันธุ์ที่ศึกษา โดยความกว้างของผลมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องตลอดช่วงการเจริญเติบโต และพันธุ์ที่ได้รับการพ่น GA_3 ที่ความเข้มข้น 200–400 มิลลิกรัม/ลิตร แสดงการเพิ่มขึ้นของขนาดผลได้สูงกว่ากลุ่มที่ไม่ได้รับการพ่นอย่างชัดเจน

โดยเฉพาะในพันธุ์ไร้มล็ด บางกอกแอปเปิ้ล น้ำดอกไม้ และเด่นขุนวัง พบว่าการตอบสนองต่อ GA_3 ในด้านการเพิ่มขนาดผลมีความชัดเจนมากที่สุด โดยกราฟการเจริญเติบโตแสดงความชันของเส้นที่สูงขึ้นกว่ากลุ่มควบคุมอย่างต่อเนื่องจนถึงระยะเก็บเกี่ยว ขณะที่พันธุ์กิมจูและกิมจูแดงมีการเพิ่มขึ้นของขนาดผลจากการพ่น GA_3 เช่นกัน แต่ไม่เด่นชัดเท่าพันธุ์อื่น

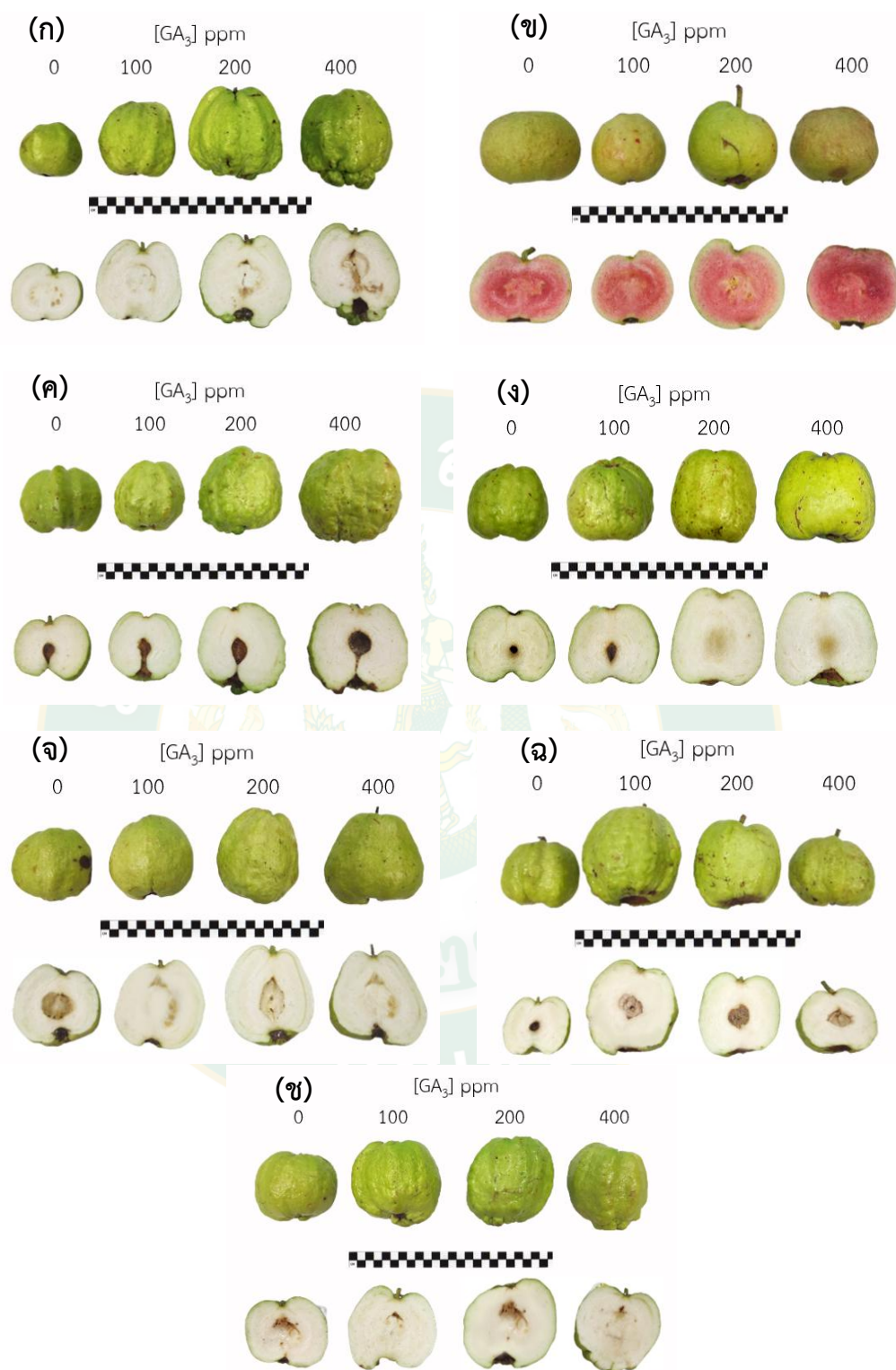
ผลการทดลองนี้สอดคล้องกับกลไกทางสรีรวิทยาของพืชที่จิบเบอเรลลินมีอิทธิพลต่อการพัฒนาผล โดยจิบเบอเรลลินจะกระตุ้นทั้งการแบ่งเซลล์ (cell division) ในระยะแรก และการยืดตัวของเซลล์ (cell elongation) ในระยะต่อมา ส่งผลให้ผลมีขนาดใหญ่ขึ้น (Sponsel, 2010) โดยเฉพาะอย่างยิ่ง การกระตุ้นของ GA_3 พบว่ามีผลเด่นชัดที่สุดในช่วงกลางถึงปลายของการเจริญเติบโตผล ซึ่งเป็นกลไกสำคัญที่ทำให้ผลไม่มีขนาดและน้ำหนักเพิ่มขึ้น และสอดคล้องกับการนำ GA_3 ไปใช้ประโยชน์ในทางการเกษตรเพื่อเพิ่มผลผลิตและคุณภาพของผลไม้

สำหรับภาพถ่ายผลในระยะเก็บเกี่ยว (ภาพที่ 7) พบว่า การพ่น GA_3 ส่งผลให้ผลมีขนาดใหญ่ขึ้นอย่างเห็นได้ชัดในทุกพันธุ์เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม อย่างไรก็ตาม พบว่าผลในบางพันธุ์ เช่น ไร้มล็ดและสาเลีทอง ที่ได้รับ GA_3 ที่ความเข้มข้นสูง มีลักษณะรูปร่างผิดปกติ เช่น ผลบิดเบี้ยว หรือ ผิวขรุขระ ซึ่งอาจเกิดจากการดูดซึ่มสารไม่สม่ำเสมอในระยะการขยายตัวของผล

ดังนั้น การใช้จิบเบอเรลลินในการเพิ่มขนาดผลฝรั่งกลุ่มไร้มล็ดสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตได้จริง แต่ควรระมัดระวังการเลือกความเข้มข้นและเทคนิคการพ่นสาร เพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาเกี่ยวกับรูปร่างของผลที่อาจกระทบต่อคุณภาพทางการค้าของผลผลิต



ภาพที่ 6 กราฟแสดงการเจริญเติบโตของผลจากความกว้างของผล ตั้งแต่หลังดอกบานสัปดาห์ที่ 4 จนถึงระยะเก็บเกี่ยว ของฝรั่งทั้ง 7 สายพันธุ์
 ดังนี้ (ก) พันธุ์กิมจู (ข) พันธุ์กิมจูแดง (ค) พันธุ์ไร่เมลิ็ด (ง) พันธุ์บางกอกแอปเปิ้ล
 (จ) พันธุ์น้ำดอกไม้ (ฉ) พันธุ์เด่นขุนวัง และ (ช) พันธุ์สาละทอง



ภาพที่ 7 ผลในระยะเก็บเกี่ยวของฝรั่งทั้ง 7 สายพันธุ์

ดังนี้ (ก) พันธุ์กิมจู (ข) พันธุ์กิมจูแดง (ค) พันธุ์ไร่เม็ต (ง) พันธุ์บางกอกแอปเปิ้ล (จ) พันธุ์น้ำดอกไม้
(ฉ) พันธุ์เด่นขุนวัง และ (ช) พันธุ์สาละทอง แต่ละช่องของสเกลบาร์มีค่าเท่ากับ 1 เซนติเมตร

การหลุดร่วงของผล

จากผลการทดลอง (ตารางที่ 7) พบว่า การพ่นสารจิบเบอเรลลิน (GA_3) มีผลต่อระยะเวลาการร่วงของผลฝรั่งกลุ่มไร้เมล็ดในบางพันธุ์ โดยทั่วไป การใช้ GA_3 ที่ความเข้มข้น 200–400 มิลลิกรัม/ลิตร มีแนวโน้มช่วยยืดระยะเวลาจนผลร่วงออกไป เมื่อเปรียบเทียบกับกรณีไม่พ่นสารหรือการพ่นที่ความเข้มข้นต่ำกว่า

ในพันธุ์ไร้เมล็ดและน้ำดอกไม้ พบว่าผลที่ได้รับการพ่น GA_3 มีระยะเวลาดังแต่พ่นสารจนถึงการร่วงนานกว่าผลที่ไม่ได้รับสารอย่างมีนัยสำคัญ เช่น ผลของพันธุ์ไร้เมล็ดที่พ่น GA_3 ความเข้มข้น 200 มิลลิกรัม/ลิตร มีอายุเฉลี่ยยาวกว่าผลที่ไม่พ่นประมาณ 10–12 วัน ขณะที่พันธุ์กิมจูและกิมจูแดงไม่พบความแตกต่างอย่างชัดเจนระหว่างการพ่นและไม่พ่น

การที่ GA_3 สามารถช่วยยืดอายุผลก่อนการร่วงได้ อาจอธิบายได้จากบทบาทของจิบเบอเรลลินในการชะลอกระบวนการแก่ (senescence) ของเซลล์และเนื้อเยื่อ โดยจิบเบอเรลลินจะเข้าไปรบกวนกระบวนการส่งสัญญาณที่เกี่ยวข้องกับการสร้างเอทิลีน (ethylene) ซึ่งเป็นฮอร์โมนพืชที่กระตุ้นการแก่และการร่วง นอกจากนี้ GA ยังยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการหลุดร่วงโดยตรง เช่น เอนไซม์เซลลูเลส (cellulase) และโพลีกลาแลคตูโรเนส (polygalacturonase) ซึ่งมีบทบาทสำคัญในการย่อยสลายผนังเซลล์ที่บริเวณชั้นหลุดร่วง (abscission zone) ทำให้โครงสร้างของเซลล์ยังคงแข็งแรงและผลยึดติดกับพืชได้นานขึ้น (Sexton, 1982)

อย่างไรก็ตาม ผลของ GA_3 ต่อการยืดอายุผลมีความแตกต่างกันในแต่ละพันธุ์ แสดงถึงลักษณะเฉพาะทางสรีรวิทยาในการตอบสนองต่อฮอร์โมนภายนอกของฝรั่งแต่ละสายพันธุ์ โดยพันธุ์กิมจูและกิมจูแดงมีแนวโน้มตอบสนองต่อ GA_3 ต่ำกว่าพันธุ์อื่น ซึ่งสอดคล้องกับแนวโน้มการตอบสนองด้านการติดผลที่พบในตารางที่ 6 การใช้จิบเบอเรลลินนอกจากจะกระตุ้นการติดผลแล้วยังมีแนวโน้มช่วยยืดระยะเวลาการหลุดร่วงของผลในพันธุ์ที่ตอบสนองได้ดี ซึ่งมีประโยชน์ในการเพิ่มอายุการเก็บเกี่ยว และเสริมโอกาสในการเพิ่มคุณภาพของผลผลิตในระบบการผลิตฝรั่งเชิงการค้า

ตารางที่ 7 แสดงวันที่ผลร่วงของฝรั่ง 7 พันธุ์ภายใต้การใช้จิบเบอเรลลิน

ความเข้มข้น ของสาร จิบเบอเรลลิน (มิลลิกรัม/ลิตร)	พันธุ์						
	กิมจู	กิมจูแดง	ไรเมลิต	บางกอก แอปเปิ้ล	น้ำดอกไม้	เด่นขุนวัง	สาละทอง
0	22.00 b	17.67	15.33	27.33	21.00	22.00	21.00 b
100	25.67 b	26.00	23.67	31.00	28.33	24.00	31.33 a
200	32.00 a	23.00	22.67	30.00	-	22.00	37.00 a
400	27.00 ab	25.00	21.33	26.00	-	19.00	31.67 a
F-test	*	ns	ns	ns	ns	ns	**
CV%	12.05	17.22	22.00	35.83	24.21	15.54	13.99

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

เปรียบเทียบโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT.)

ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

* = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95% ($p < 0.05$)

** = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 99% ($p < 0.01$)

- = ไม่ได้รับการตรวจ (เนื่องจากไม่มีผลที่ร่วง)

ผลของจิบเบอเรลลินต่อคุณภาพผลหลังการเก็บเกี่ยว

1. ระยะเวลาเก็บเกี่ยว

การพ่นสารจิบเบอเรลลิน (GA_3) มีแนวโน้มช่วยยืดระยะเวลาเก็บเกี่ยวของฝรั่งกลุ่มไร้เมล็ดออกไปในหลายพันธุ์ โดยเฉพาะในพันธุ์ไร้เมล็ด เค้นขุนวัง และน้ำดอกไม้ ซึ่งผลที่ได้รับ GA_3 มีอายุยาวนานกว่าผลที่ไม่ได้พ่น โดยเฉลี่ยนานขึ้น 3–10 วัน ขึ้นอยู่กับระดับความเข้มข้นของสาร

แนวโน้มดังกล่าวสอดคล้องกับข้อมูลจากการเก็บสถิติวันหลุดร่วงของผล (ตารางที่ 7) ซึ่งพบว่าในพันธุ์ที่ตอบสนองดี เช่น ไร้เมล็ดและน้ำดอกไม้ ผลที่ได้รับ GA_3 มีแนวโน้มร่วงช้ากว่ากลุ่มควบคุมอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะที่ระดับความเข้มข้น 200–400 มิลลิกรัม/ลิตร แสดงให้เห็นว่า GA_3 อาจมีบทบาทในการยับยั้งการพัฒนาของชั้นหลุดร่วง (abscission zone) ซึ่งมีผลให้ผลสามารถคงอยู่บนต้นได้นานขึ้น และเอื้อต่อการขยายระยะเวลาเก็บเกี่ยวในเชิงปฏิบัติ (Sexton, 1982)

2. ขนาดผล (ความกว้างและความยาว)

ฝรั่งเกือบทุกพันธุ์แสดงการเพิ่มขึ้นของขนาดผลอย่างชัดเจนหลังการพ่น GA_3 โดยเฉพาะที่ความเข้มข้น 200–400 มิลลิกรัม/ลิตร พันธุ์เค้นขุนวัง น้ำดอกไม้ และไร้เมล็ด แสดงการตอบสนองที่ดีที่สุด โดยมีขนาดผลเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งด้านความกว้างและความยาว

แนวโน้มดังกล่าวสอดคล้องกับผลการติดตามการเจริญเติบโตของผลที่วัดความกว้างตั้งแต่หลังดอกบานสัปดาห์ที่ 4 จนถึงระยะเก็บเกี่ยว (ภาพที่ 6) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าในพันธุ์ที่ตอบสนองดี เช่น ไร้เมล็ดและน้ำดอกไม้ กลุ่มที่ได้รับ GA_3 มีอัตราการขยายตัวของผลสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะในช่วงกลางถึงปลายของระยะพัฒนา ซึ่งเป็นช่วงที่ GA_3 มีบทบาทสูงที่สุดในการส่งเสริมการยืดตัวของเซลล์ กลไกการเพิ่มขนาดผลสัมพันธ์กับบทบาทของ GA_3 ที่ส่งเสริมการแบ่งเซลล์และการยืดเซลล์ (Sponsel, 2010) อย่างไรก็ตามในบางพันธุ์ เช่น กิมจูและกิมจูแดง การเพิ่มขนาดไม่เด่นชัดนัก อาจสะท้อนถึงความแตกต่างในการไวต่อฮอร์โมนระหว่างพันธุ์

3. ความแน่นเนื้อ

ผลของ GA_3 ต่อความแน่นเนื้อแสดงแนวโน้มที่แตกต่างกันระหว่างพันธุ์ โดยพันธุ์ไร้เมล็ดและบางกอกแอปเปิ้ลมีค่าความแน่นเนื้อลดลงเล็กน้อยหลังการพ่น GA_3 ซึ่งอาจเกิดจากการที่เซลล์ผลยืดตัวมากขึ้นจนโครงสร้างผนังเซลล์หลวมลงเล็กน้อย ขณะที่พันธุ์กิมจู

แสดงค่าความแน่นเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะที่ความเข้มข้น 400 มิลลิกรัม/ลิตร ซึ่งอาจสะท้อนถึงการแบ่งเซลล์ที่มีประสิทธิภาพมากกว่าการยืดเซลล์เพียงอย่างเดียว

ลักษณะความแน่นเนื้อของผลที่ลดลงในบางพันธุ์มีความสอดคล้องกับลักษณะรูปร่างของผลที่พบในภาพที่ 7 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าผลในบางพันธุ์ เช่น ไร้เมล็ดและสาเลีทอง ที่ได้รับ GA₃ ในระดับความเข้มข้นสูง มีลักษณะผิวขรุขระหรือบิดเบี้ยวชัดเจน ซึ่งอาจเป็นผลจากการดูดซึ่มสารไม่สม่ำเสมอระหว่างผิวผล หรือจากการขยายตัวของเซลล์อย่างไม่สมดุล ซึ่งอาจส่งผลต่อโครงสร้างเนื้อผลทำให้ค่าความแน่นเนื้อโดยรวมลดลงในบางกลุ่มทดลอง

4. ความหนาเนื้อ

แม้การพ่น GA₃ จะช่วยเพิ่มขนาดผลโดยรวมในฝรั่งหลายพันธุ์ แต่ไม่พบการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในค่าความหนาเนื้อของผลในทุกพันธุ์ที่ศึกษา ความหนาเนื้อเฉลี่ยในแต่ละกลุ่มทดลองมีค่าค่อนข้างคงที่ แม้ในกลุ่มที่มีผลใหญ่ขึ้นอย่างเด่นชัด เช่น ไร้เมล็ดและน้ำดอกไม้ แสดงให้เห็นว่าการขยายขนาดของผลจากการใช้ GA₃ อาจเกิดจากการขยายตัวด้านอื่น เช่น ปริมาตรโพรงกลางผลมากกว่าการสะสมเนื้อผลโดยตรง

อย่างไรก็ตาม การที่ความหนาเนื้อไม่ได้เพิ่มขึ้น อาจสะท้อนข้อจำกัดของความเข้มข้นของ GA₃ ที่ใช้ในงานวิจัยนี้ ซึ่งอยู่ในช่วง 100–400 มิลลิกรัม/ลิตร ในขณะที่งานของธีรณัฐ เจริญกิจ (2546) รายงานว่าการใช้ GA₃ ที่ความเข้มข้นสูงถึง 2,000–10,000 มิลลิกรัม/ลิตร สามารถเปลี่ยนฝรั่งมีเมล็ดให้กลายเป็นฝรั่งไร้เมล็ดได้ และยังส่งผลให้ขนาดผลเพิ่มขึ้นควบคู่กับความหนาเนื้อที่สูงขึ้นในบางกรณี

นอกจากนี้ อาทิตย์ ศรีโสมะสังจะกุล (2541) ศึกษาผลของ GA₃ ที่ระดับ 25–100 มิลลิกรัม/ลิตร โดยฉีดพ่นในฝรั่งพันธุ์บางกอกแอปเปิ้ลหลังดอกบาน พบว่าการพ่น GA₃ หลังดอกบาน 5 วันสามารถเพิ่มเปอร์เซ็นต์การติดผลและขนาดผลได้ชัดเจน ซึ่งย้ำให้เห็นว่าทั้งช่วงเวลาและความเข้มข้นของ GA₃ ล้วนเป็นปัจจัยที่อาจมีผลต่อความหนาเนื้อ

5. ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (TSS)

จากผลการทดลองพบว่า การพ่นสาร GA₃ ไม่มีผลอย่างมีนัยสำคัญต่อค่าของแข็งที่ละลายน้ำได้ (TSS) ในฝรั่งทุกพันธุ์ โดยค่าที่ได้เฉลี่ยอยู่ในช่วง 8–10 องศาบริกซ์ ซึ่งใกล้เคียงกับกลุ่มควบคุมในแต่ละพันธุ์ แม้ในพันธุ์ที่มีขนาดผลเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน เช่น น้ำดอกไม้และไร้เมล็ด ค่าความหวานก็ยังคงอยู่ในระดับเดิม

กลไกทางสรีรวิทยาอธิบายว่า GA₃ มีบทบาทสำคัญในด้านการขยายขนาดผลผ่านการกระตุ้นการแบ่งเซลล์และการยืดเซลล์ (cell division and elongation) แต่ไม่ได้เกี่ยวข้องโดยตรงกับการสะสมน้ำตาลหรือการเปลี่ยนแปลงเมแทบอลิซึมของคาร์โบไฮเดรตในผล (Yuan, 2004) ดังนั้น การที่ผลมีขนาดใหญ่ขึ้นโดยที่ค่าความหวานไม่เปลี่ยนแปลงจึงเป็นผลที่สอดคล้องกับกลไกของฮอร์โมนนี้

6. ความเป็นกรดที่ไทเทรตได้ (TA)

ในด้านความเป็นกรด (TA) การพ่น GA₃ ไม่มีผลชัดเจนต่อค่า TA ในฝรั่งเกือบทุกพันธุ์ โดยค่าความเป็นกรดส่วนใหญ่คงที่ และอยู่ในระดับต่ำที่เหมาะสมกับการบริโภคผลสด อย่างไรก็ตาม พบแนวโน้มลดลงของ TA เล็กน้อยในบางพันธุ์ เช่น น้ำดอกไม้และไร่เมล็ด

ในเชิงกลไก ความเป็นกรดของผลขึ้นอยู่กับการสะสมและการสลายของกรดอินทรีย์ เช่น malic acid และ citric acid ซึ่งอาจได้รับอิทธิพลจากกระบวนการหายใจของผล (respiration) มากกว่าจาก GA₃ โดยตรง ดังนั้น แม้ GA₃ จะไม่ได้เปลี่ยนแปลง TA อย่างชัดเจน แต่การเพิ่มอัตราการเจริญของผลอาจมีผลกระทบทางอ้อมต่อสมดุลของกรดในผลในระยะหลังเก็บเกี่ยว

7. อัตราส่วน TSS/TA

แม้การพ่น GA₃ จะไม่ส่งผลชัดเจนต่อค่า TSS และ TA อย่างมีนัยสำคัญ แต่พบว่า อัตราส่วน TSS/TA มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อยในหลายพันธุ์ โดยเฉพาะในน้ำดอกไม้เด่นขุนวัง และไร่เมล็ด ซึ่งบ่งชี้ถึงการเปลี่ยนแปลงของสมดุลรสชาติของผลที่อาจทำให้รสหวานโดดเด่นขึ้น แม้ในทางวิเคราะห์จะแสดงค่า TSS และ TA ใกล้เคียงเดิม

อัตราส่วน TSS/TA เป็นตัวบ่งชี้สำคัญด้านคุณภาพรสชาติในไม้ผล โดยค่าสูงมักสัมพันธ์กับรสหวานกลมกล่อมและเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค แนวโน้มที่อัตราส่วนนี้เพิ่มขึ้นหลังการพ่น GA₃ อาจเกิดจากการลดลงของความเป็นกรดเล็กน้อยในขณะที่ความหวานคงที่ จึงส่งผลดีต่อความรู้สึกทางรสชาติของผลผลิต แม้ไม่มีการเปลี่ยนแปลงทางเคมีที่ตรวจวัดได้ อย่างมีนัยสำคัญ

ตารางที่ 8 ผลของจิบเบอเรลลินต่อคุณภาพผลหลังการเก็บเกี่ยวของฝรั่งพันธุ์ไร้เมล็ด

ความ เข้มข้นของ สารจิบเบอ เรลลิน (มก./ลิตร)	ระยะเวลา เก็บเกี่ยว (วัน)	คุณภาพผลหลังการเก็บเกี่ยวของฝรั่งพันธุ์ไร้เมล็ด						
		ความ กว้างผล (ซม.)	ความยาว ผล (ซม.)	ความแน่น เนื้อ (นิวตัน)	ความหนา เนื้อ (ซม.)	ปริมาณ ของแข็งที่ ละลายน้ำได้ (°Brix)	ปริมาณ กรดที่ ไทเทรต (เปอร์เซ็นต์)	อัตราส่วน TSS/TA
0	112.67	7.85 b	7.70 b	78.96	3.50	9.70	0.58	16.74
100	116.67	8.34 b	9.16 ab	88.08	3.48	8.10	0.47	17.25
200	113.33	9.19 ab	10.53 a	70.93	3.67	8.87	0.46	19.76
400	116.67	10.05 a	11.16 a	71.75	4.16	9.95	0.49	20.65
F-test	ns	*	*	ns	ns	ns	ns	ns
CV%	3.30	7.83	11.51	18.47	11.59	11.72	12.60	19.51

หมายเหตุ ข้อมูลเป็นค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 3 ตัวอย่าง/กรรมวิธี

ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

เปรียบเทียบโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT.)

ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

* = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95% ($p < 0.05$)

ตารางที่ 9 ผลของจิบเบอเรลลินต่อคุณภาพผลหลังการเก็บเกี่ยวของฝรั่งพันธุ์เด่นขุนวัง

ความ เข้มข้นของ สารจิบเบอ เรลลิน (มก./ลิตร)	ระยะเวลา เก็บเกี่ยว (วัน)	คุณภาพผลหลังการเก็บเกี่ยวของฝรั่งพันธุ์เด่นขุนวัง						
		ความ กว้างผล (ซม.)	ความยาว ผล (ซม.)	ความแน่น เนื้อ (นิวตัน)	ความหนา เนื้อ (ซม.)	ปริมาณ ของแข็งที่ ละลายน้ำได้ (°Brix)	ปริมาณ กรดที่ ไทเทรต (เปอร์เซ็นต์)	อัตราส่วน TSS/TA
0	118.67 b	8.94	7.98	91.88 a	3.25	1.51 a	1.51 a	5.44 b
100	121.67 ab	9.10	9.43	77.67 ab	3.25	0.82 b	0.82 b	13.63 a
200	117.00 b	8.69	8.90	67.95 b	3.19	0.77 b	0.77 b	13.92 a
400	126.33 a	8.28	7.89	66.15 b	2.97	0.70 b	0.70 b	14.67 a
F-test	*	ns	ns	*	ns	**	**	**
CV%	2.19	8.79	11.10	12.05	6.78	6.41	14.07	20.65

หมายเหตุ ข้อมูลเป็นค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 5 ตัวอย่าง/กรรมวิธี

ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

เปรียบเทียบโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT.)

ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

* = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95% ($p < 0.05$)

** = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 99% ($p < 0.01$)

ตารางที่ 10 ผลของจิบเบอเรลลินต่อคุณภาพผลหลังการเก็บเกี่ยวของฝรั่งพันธุ์กิมจู

ความ เข้มข้นของ สารจิบเบอ เรลลิน (มก./ลิตร)	ระยะเวลา เก็บเกี่ยว (วัน)	คุณภาพผลหลังการเก็บเกี่ยวของฝรั่งพันธุ์กิมจู						
		ความ กว้างผล (ซม.)	ความยาว ผล (ซม.)	ความแน่น เนื้อ (นิวตัน)	ความหนา เนื้อ (ซม.)	ปริมาณ ของแข็งที่ ละลายน้ำได้ (°Brix)	ปริมาณ กรดที่ ไทเทรต (เปอร์เซ็นต์)	อัตราส่วน TSS/TA
0	113.00	7.73 b	6.57 c	71.27 b	2.50	9.96	0.51	19.82
100	115.60	9.07 a	9.34 b	75.37 b	3.04	9.00	0.43	20.96
200	119.20	10.86 a	10.06 ab	90.65 ab	3.15	9.82	0.50	19.70
400	120.20	9.81 a	10.64 a	108.97 a	3.18	9.98	0.54	18.52
F-test	ns	*	**	**	ns	ns	ns	ns
CV%	5.45	10.80	9.21	18.98	15.26	13.66	14.00	12.91

หมายเหตุ ข้อมูลเป็นค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 5 ตัวอย่าง/กรรมวิธี

ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

เปรียบเทียบโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT.)

ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

* = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95% ($p < 0.05$)

** = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 99% ($p < 0.01$)

ตารางที่ 11 ผลของจิบเบอเรลลินต่อคุณภาพผลหลังการเก็บเกี่ยวของฝรั่งพันธุ์สาลีทอง

ความ เข้มข้นของ สารจิบเบอ เรลลิน (มก./ลิตร)	ระยะเวลา เก็บเกี่ยว (วัน)	คุณภาพผลหลังการเก็บเกี่ยวของฝรั่งพันธุ์สาลีทอง						
		ความ กว้างผล (ซม.)	ความยาว ผล (ซม.)	ความแน่น เนื้อ (นิวตัน)	ความหนา เนื้อ (ซม.)	ปริมาณ ของแข็งที่ ละลายน้ำได้ (°Brix)	ปริมาณ กรดที่ ไทเทรต (เปอร์เซ็นต์)	อัตราส่วน TSS/TA
0	111.20	8.51	7.37	57.30	2.68	9.86	0.46	21.38
100	115.40	9.61	8.76	77.21	2.85	9.49	0.44	21.60
200	114.20	8.73	8.53	72.19	2.83	8.96	0.39	24.84
400	113.00	8.35	8.68	65.21	2.83	9.20	0.42	21.95
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV%	4.27	10.49	18.11	15.97	16.90	15.50	27.30	18.95

หมายเหตุ ข้อมูลเป็นค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 5 ตัวอย่าง/กรรมวิธี

เปรียบเทียบโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT.)

ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตารางที่ 12 ผลของจิบเบอเรลลินต่อคุณภาพผลหลังการเก็บเกี่ยวของฝรั่งพันธุ์บางกอกแอปเปิ้ล

ความ เข้มข้นของ สารจิบเบอ เรลลิน (มก./ลิตร)	ระยะเวลา เก็บเกี่ยว (วัน)	คุณภาพผลหลังการเก็บเกี่ยวของฝรั่งพันธุ์บางกอกแอปเปิ้ล						
		ความ กว้างผล (ซม.)	ความยาว ผล (ซม.)	ความแน่น เนื้อ (นิวตัน)	ความหนา เนื้อ (ซม.)	ปริมาณ ของแข็งที่ ละลายน้ำได้ (°Brix)	ปริมาณ กรดที่ ไทเทรต (เปอร์เซ็นต์)	อัตราส่วน TSS/TA
0	110.00 b	9.40 a	8.90	65.06	4.14	10.66 a	0.76	14.29 b
100	120.50 a	9.39 a	9.50	63.47	3.48	8.50 b	0.68	12.63 b
200	102.67 b	7.56 b	7.34	63.37	3.51	8.57 b	0.62	13.78 b
400	106.00 b	9.25 a	9.65	60.53	3.76	10.93 a	0.52	21.35 a
F-test	*	**	ns	ns	ns	*	ns	**
CV%	4.98	6.39	10.57	10.36	9.00	8.83	13.90	13.87

หมายเหตุ ข้อมูลเป็นค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 3 ตัวอย่าง/กรรมวิธี

ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

เปรียบเทียบโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT.)

ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

* = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95% ($p < 0.05$)

** = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 99% ($p < 0.01$)

ตารางที่ 13 ผลของจิบเบอเรลลินต่อคุณภาพผลหลังการเก็บเกี่ยวของฝรั่งพันธุ์น้ำดอกไม้

ความ เข้มข้นของ สารจิบเบอ เรลลิน (มก./ลิตร)	ระยะเวลา เก็บเกี่ยว (วัน)	คุณภาพผลหลังการเก็บเกี่ยวของฝรั่งพันธุ์น้ำดอกไม้						
		ความ กว้างผล (ซม.)	ความยาว ผล (ซม.)	ความแน่น เนื้อ (นิวตัน)	ความหนา เนื้อ (ซม.)	ปริมาณ ของแข็งที่ ละลายน้ำได้ (°Brix)	ปริมาณ กรดที่ ไทเทรต (เปอร์เซ็นต์)	อัตราส่วน TSS/TA
0	114.80	7.95	7.92 b	66.84	2.29 b	10.26	0.47	22.42
100	111.80	7.48	7.47 b	59.58	2.57 ab	10.74	0.46	23.45
200	110.60	8.50	9.46 a	59.98	2.78 a	7.84	0.39	19.84
400	110.20	8.50	9.46 a	64.14	2.76 a	9.40	0.46	21.24
F-test	ns	ns	**	ns	*	ns	ns	ns
CV%	4.61	9.98	11.32	16.81	10.18	21.87	21.30	22.36

หมายเหตุ ข้อมูลเป็นค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 5 ตัวอย่าง/กรรมวิธี

ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

เปรียบเทียบโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT.)

ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

* = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95% ($p < 0.05$)

** = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 99% ($p < 0.01$)

ตารางที่ 14 ผลของจิบเบอเรลลินต่อคุณภาพผลหลังการเก็บเกี่ยวของฝรั่งพันธุ์กิมจูแดง

ความ เข้มข้นของ สารจิบเบอ เรลลิน (มก./ลิตร)	ระยะเวลา เก็บเกี่ยว (วัน)	คุณภาพผลหลังการเก็บเกี่ยวของฝรั่งพันธุ์กิมจูแดง						
		ความ กว้างผล (ซม.)	ความยาว ผล (ซม.)	ความแน่น เนื้อ (นิวตัน)	ความหนา เนื้อ (ซม.)	ปริมาณ ของแข็งที่ ละลายน้ำได้ (°Brix)	ปริมาณ กรดที่ ไทเทรต (เปอร์เซ็นต์)	อัตราส่วน TSS/TA
0	106.33	8.65	6.97 b	47.37	2.54	9.23	0.55	19.3
100	109.33	9.04	8.76 a	44.10	3.40	11.07	0.44	28.44
200	106.67	9.19	8.74 a	56.35	3.02	10.33	0.51	20.24
400	101.50	7.78	7.17 ab	70.56	2.50	10.05	0.37	29.67
F-test	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns
CV%	5.41	10.30	10.46	29.67	14.18	17.28	31.91	39.88

หมายเหตุ ข้อมูลเป็นค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 3 ตัวอย่าง/กรรมวิธี

ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

เปรียบเทียบโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT.)

ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

* = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95% ($p < 0.05$)

การวิเคราะห์ผลการทดลองในบริบทของเดือนที่ทำการทดลองการใช้ GA₃

แม้ว่าการทดลองที่ 3 การใช้ GA₃ จะดำเนินการต่างปีกันจากการทดลองที่ 1 และ 2 แต่เมื่อพิจารณาในมุมของเดือนที่ทำการทดลอง พบว่ามีความเชื่อมโยงที่น่าสนใจ โดยเดือนกุมภาพันธ์ เป็นเดือนที่อุณหภูมิค่อนข้างสูง ความชื้นสัมพัทธ์อยู่ในระดับปานกลาง และมีความชื้นจากหมอกยามเช้าในบางพื้นที่ ซึ่งส่งผลจำกัดต่อการงอกของละอองเกสรในบางพันธุ์ ตามที่พบในการทดลองที่ 1 ว่าพันธุ์น้ำดอกไม้และไร่เมลิ็ดมีค่าความงอกของละอองเกสรต่ำในเดือนดังกล่าว

อย่างไรก็ตาม การทดลองที่ 3 แสดงให้เห็นว่า เมื่อพ่น GA₃ ในเดือนกุมภาพันธ์ พันธุ์น้ำดอกไม้สามารถติดผลได้สูงถึง 100 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่พันธุ์ไร่เมลิ็ดและเด่นขุนวังก็แสดงผลตอบสนองเชิงบวกอย่างชัดเจน แสดงว่า GA₃ มีบทบาทสำคัญในการกระตุ้นการติดผลโดยไม่ต้องพึ่งพากระบวนการปฏิสนธิแบบสมบูรณ์ ซึ่งช่วยลดข้อจำกัดจากคุณภาพละอองเกสรและสภาพอากาศในช่วงเวลาดังกล่าว

การเปรียบเทียบนี้แม้จะอยู่ต่างปี แต่แสดงให้เห็นถึงศักยภาพของ GA₃ ในการเสริมประสิทธิภาพการติดผลในฝรั่งไร่เมลิ็ดภายใต้เงื่อนไขที่ละอองเกสรด้อยคุณภาพและสภาพอากาศไม่เอื้ออำนวย

คำแนะนำการใช้ GA₃ สำหรับฝรั่งแต่ละพันธุ์

จากผลการทดลองที่ 3 แสดงให้เห็นว่า การใช้ GA₃ ในระดับความเข้มข้น 200–400 มิลลิกรัม/ลิตร มีประสิทธิภาพสูงในการกระตุ้นการติดผลและเพิ่มขนาดผลในฝรั่งกลุ่มไร้เมล็ด โดยควรเลือกใช้ความเข้มข้นตามความเหมาะสมของแต่ละพันธุ์

สำหรับพันธุ์ที่ตอบสนองดี เช่น ไร้เมล็ด น้ำดอกไม้ และเด่นขุนวัง ควรใช้ในระดับ 200 มิลลิกรัม/ลิตร เพื่อให้ได้ผลผลิตที่ดีโดยลดความเสี่ยงจากการใช้สารเกินความจำเป็น ส่วนพันธุ์ที่ต้องการการกระตุ้นมากขึ้น เช่น บางกอกแอปเปิ้ล และสาเลทอง สามารถใช้ที่ 400 มิลลิกรัม/ลิตร เพื่อเพิ่มอัตราการติดผลและขนาดผลอย่างมีนัยสำคัญ ขณะที่พันธุ์ กิมจูและกิมจูแดง แสดงการตอบสนองต่อ GA₃ ต่ำ อาจไม่จำเป็นต้องใช้ GA₃ เพื่อกระตุ้นการติดผล และควรพิจารณาใช้ในระดับต่ำหรือหลีกเลี่ยงการใช้ในสายพันธุ์เหล่านี้ หากไม่มีปัญหาการติดผลในแปลงผลิต ดังตารางที่ 15

ตารางที่ 15 ระดับความเข้มข้น GA₃ ที่แนะนำสำหรับฝรั่ง 7 พันธุ์

พันธุ์ฝรั่ง	ความเข้มข้น GA ₃ ที่แนะนำ (มิลลิกรัม/ลิตร)	เหตุผล
ไร้เมล็ด	200	เพิ่มการติดผลได้สูงสุด (69.44%) โดยไม่มีผลข้างเคียง
น้ำดอกไม้	200–400	ติดผล 100% ผลใหญ่ TSS/TA ดีขึ้น
เด่นขุนวัง	200–400	ติดผลสูง (มากกว่า 90%) ผลใหญ่ แน่นเนื้อดี
บางกอกแอปเปิ้ล	400	ติดผลสูงสุด (83.33%)
สาเลทอง	400	ตอบสนองดีทั้งการติดผลและขนาด
กิมจู	ไม่จำเป็นต้องใช้ หรือ 400 (ถ้าต้องการเพิ่มขนาด)	การติดผลไม่เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ แต่ขนาดผลดีขึ้นเล็กน้อย
กิมจูแดง	ไม่จำเป็นต้องใช้	การติดผลตอบสนองต่ำ และไม่เด่นในคุณภาพผล

โดยสรุป การทดลองที่ 3 แสดงให้เห็นว่า การใช้จิบเบอเรลลิน (GA₃) สามารถช่วยเพิ่มการติดผล ส่งเสริมการเจริญเติบโตของผล และยืดระยะเวลาเก็บเกี่ยวของฝรั่งกลุ่มไร้เมล็ดได้อย่างชัดเจน โดยเฉพาะในพันธุ์ที่มีปัญหาเรื่องละอองเกสรไม่แข็งแรงหรือไวต่อสภาพอากาศ การเลือกใช้ GA₃ ในปริมาณที่เหมาะสมกับแต่ละพันธุ์จึงเป็นแนวทางที่มีประสิทธิภาพ และสามารถนำไปใช้จริงในการผลิตเชิงพาณิชย์

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

สรุปผลการทดลอง

การศึกษานี้เริ่มต้นจากข้อสังเกตในภาคปฏิบัติว่า ฝรั่งกลุ่มไร้เมล็ดมักมีอัตราการติดผลน้อยกว่าพันธุ์ทั่วไป แม้ว่าจะเป็นพันธุ์ที่ได้รับความนิยมในตลาดเนื่องจากรับประทานง่ายและไม่มีเมล็ด การวิจัยจึงมุ่งหาคำตอบว่า ปัจจัยใดเป็นสาเหตุของปัญหาการติดผลน้อย และจะมีแนวทางแก้ไขที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในระบบการผลิตได้หรือไม่

สมมติฐานแรกคือ อัตราการติดผลน้อยอาจมีสาเหตุจาก คุณภาพของละอองเกสรที่ไม่สมบูรณ์ จึงได้ดำเนินการศึกษาความมีชีวิตและความสามารถในการงอกของละอองเกสรในฝรั่ง 7 พันธุ์ที่มีเมล็ดน้อยหรือไร้เมล็ด พบว่า พันธุ์กิมจูแดง และ สาลี่ทอง มีค่าความมีชีวิตและความสามารถในการงอกของละอองเกสรในระดับสูงตลอดทั้งปี ขณะที่พันธุ์ ไร้เมล็ด น้ำดอกไม้ และ บางกอกแอปเปิ้ล มีค่าความสามารถในการงอกต่ำในหลายช่วงเดือน โดยบางเดือนต่ำกว่า 10–20 เปอร์เซ็นต์ โดยเฉพาะในช่วงที่มีความชื้นสัมพัทธ์สูง ข้อมูลนี้สะท้อนให้เห็นว่า แม้ฝรั่งทั้ง 7 พันธุ์จะอยู่ในกลุ่มที่มีเมล็ดน้อยหรือไร้เมล็ด แต่ยังมี ความแตกต่างทางสรีรวิทยาของละอองเกสรระหว่างพันธุ์ ซึ่งอาจเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อโอกาสในการติดผลที่แตกต่างกัน

นอกจากนี้ ฝรั่งยังเป็นพืชที่ออกดอกได้หลายครั้งต่อปี และมีการติดผลที่แปรผันตามฤดูกาล จึงตั้งสมมติฐานเพิ่มเติมว่า สภาพแวดล้อมภายหลังดอกบานอาจเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อการติดผล จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างสภาพอากาศ 6 ปัจจัยกับอัตราการติดผลในแต่ละพันธุ์ พบว่า สภาพอากาศที่เหมาะสมต่อการติดผล ได้แก่ อุณหภูมิเฉลี่ยระหว่าง 20–28 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 70–90 เปอร์เซ็นต์ และปริมาณฝนไม่เกิน 10 มิลลิเมตรต่อวัน ในช่วง 1–3 วันหลังดอกบาน โดยพันธุ์ที่ตอบสนองต่อฤดูกาลได้ดี เช่น กิมจูแดง เค้นขุนวัง และ กิมจู แสดงอัตราการติดผลสูงในช่วงเดือนตุลาคม–พฤศจิกายน ขณะที่พันธุ์ที่มีข้อจำกัด เช่น น้ำดอกไม้ และ ไร้เมล็ด ซึ่งมีคุณภาพละอองเกสรต่ำและไวต่อสภาพอากาศ แสดงอัตราการติดผลดีเฉพาะในบางช่วงของปี เช่น สิงหาคม–ตุลาคม เท่านั้น

เมื่อพบว่า ทั้งปัจจัยด้านคุณภาพของละอองเกสรและปัจจัยด้านสภาพแวดล้อม เช่น อุณหภูมิ ความชื้น และปริมาณน้ำฝน ล้วนมีส่วนทำให้ฝรั่งกลุ่มไร้เมล็ดมีอัตราการติดผลน้อย จึงนำไปสู่คำถามว่า จะสามารถใช้แนวทางใดในการช่วยให้ฝรั่งกลุ่มนี้ติดผลได้ดีขึ้นในทางปฏิบัติ จึงได้ดำเนินการทดลองที่ 3 โดยใช้จิบเบอเรลลิน (GA₃) ซึ่งเป็นฮอร์โมนพืชที่มีบทบาทกระตุ้นการติดผลโดยไม่จำเป็นต้องมีการปฏิสนธิสมบูรณ์

ผลการทดลองพบว่า การพ่น GA₃ ที่ระดับความเข้มข้น 200–400 มิลลิกรัมต่อลิตร ช่วยเพิ่มอัตราการติดผลในพันธุ์ที่มีข้อจำกัดด้านคุณภาพละอองเกสรอย่างชัดเจน เช่น น้ำดอกไม้ และไร้เมล็ด โดยมีอัตราการติดผลสูงถึง 100 เปอร์เซ็นต์ แม้ในเดือนที่คุณภาพละอองเกสรต่ำ ส่วนพันธุ์เด่นขุนวัง ตอบสนองได้ดีทั้งด้านอัตราการติดผลและขนาดผล ขณะที่พันธุ์กิมจูแดง ซึ่งมีคุณภาพเกสรดีอยู่แล้ว กลับไม่ตอบสนองต่อ GA₃ ในด้านการเพิ่มการติดผล นอกจากนี้ GA₃ ยังส่งผลดีต่อคุณภาพผลในหลายด้าน ได้แก่ การเพิ่มขนาดผล การยืดอายุการเก็บเกี่ยว และการปรับสมดุลรสชาติในบางพันธุ์ โดยเฉพาะการเพิ่มขึ้นของอัตราส่วน TSS/TA ซึ่งแสดงถึงสมดุลระหว่างความหวานและความเปรี้ยวของผล ส่งผลให้รสชาติของฝรั่งมีความกลมกล่อมมากขึ้น แม้ค่า TSS และ TA ไม่เปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญ

จากการทดลองทั้งสามส่วน สามารถสรุปปัจจัยที่มีผลต่อการติดผลของฝรั่งกลุ่มไร้เมล็ดได้อย่างชัดเจนว่า ปัญหาการติดผลน้อยในฝรั่งกลุ่มไร้เมล็ดเป็นปัญหาที่มีสาเหตุหลายประการร่วมกันทั้งด้านคุณภาพของละอองเกสรและปัจจัยด้านสภาพแวดล้อม ซึ่งแสดงผลแตกต่างกันตามพันธุ์ อย่างไรก็ตาม ผลการวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่า การประยุกต์ใช้จิบเบอเรลลินในพันธุ์ที่มีข้อจำกัดเด่นชัดสามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการติดผลได้อย่างมีนัยสำคัญ จึงไม่เพียงแต่ตอบคำถามที่ตั้งไว้ในช่วงเริ่มต้นของการศึกษา แต่ยังเสนอแนวทางที่สามารถนำไปใช้จริงได้ในการผลิตฝรั่งกลุ่มไร้เมล็ดในเชิงพาณิชย์อย่างมีประสิทธิภาพและยั่งยืน

ข้อเสนอแนะ

1) ด้านการจัดการพันธุ์ฝรั่ง ควรเลือกใช้พันธุ์ที่มีความสามารถในการผลิตละอองเกสรที่มีชีวิตและสามารถออกได้ดี เช่น กิมจูแดง และสาเลทอง สำหรับใช้เป็นพันธุ์หลักหรือพันธุ์ช่วยในการปลูกแบบผสมหลายสายพันธุ์ในแปลง สำหรับพันธุ์ที่มีข้อจำกัดด้านคุณภาพละอองเกสร เช่น น้ำดอกไม้ ไร้เมล็ด และบางกอกแอปเปิ้ล ควรมีการจัดการให้เหมาะสมกับฤดูกาล และอาจพิจารณาปลูกร่วมกับพันธุ์ที่มีคุณภาพเกสรสูงในแปลงเดียวกัน เพื่อเพิ่มโอกาสการผสมข้ามพันธุ์

2) ด้านการวางแผนการผลิตตามฤดูกาล ควรเลือกช่วงการออกดอกให้สอดคล้องกับฤดูกาลที่มีสภาพอากาศเหมาะสมต่อการติดผล เช่น อุณหภูมิ 20–28 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 70–90 เปอร์เซ็นต์ และปริมาณฝนไม่เกิน 10 มิลลิเมตรต่อวัน โดยเฉพาะในพันธุ์ที่ไวต่อสิ่งแวดล้อม เช่น น้ำดอกไม้ และไร้เมล็ด การตัดแต่งกิ่งหรือกระตุ้นให้ออกดอก ควรวางแผนล่วงหน้าเพื่อให้ผลผลิตออกในช่วงฤดูที่เหมาะสมที่สุดกับพันธุ์นั้นๆ

3) ด้านการประยุกต์ใช้จิบเบอเรลลิน (GA₃) โดยมีประสิทธิภาพในการเพิ่มอัตราการติดผลในฝรั่งพันธุ์ที่มีข้อจำกัด เช่น ไร้เมล็ด น้ำดอกไม้ และเด่นขุนวัง โดยควรพ่นในช่วงดอกบานด้วยความ

เข้มข้นที่เหมาะสม 200 มิลลิกรัมต่อลิตร สำหรับพันธุ์ที่ตอบสนองดี เช่น ไร้เมล็ด น้ำดอกไม้ เด่นขุนวัง และความเข้มข้น 400 มิลลิกรัมต่อลิตร สำหรับพันธุ์ที่ต้องการการกระตุ้นมากขึ้น เช่น บางกอกแอปเปิ้ล และสาลี่ทอง และไม่แนะนำให้ใช้ GA₃ ในพันธุ์ที่ไม่ตอบสนอง เช่น กิมจูแดง เว้นแต่ใช้เพื่อเพิ่มขนาดผล ควรหลีกเลี่ยงการพ่น GA₃ ในช่วงที่มีฝนตกหนักเพื่อลดการชะล้างสาร หากต้องการคุณภาพผลที่ดี ควรศึกษาต่อในเรื่องปริมาณเนื้อผล ลักษณะผลบิดเบี้ยว และคุณภาพรสชาติ เพื่อหาความเข้มข้นที่เหมาะสมที่สุด

4) สำหรับการวิจัยในอนาคต ควรมีการศึกษารูปแบบการพ่น GA₃ ที่หลากหลาย เช่น การพ่นก่อนหรือหลังดอกบานในช่วงเวลาต่างกัน ควรศึกษาผลของ GA₃ ต่อคุณภาพทางสรีรวิทยา หลังการเก็บเกี่ยว เช่น ความคงทนของเนื้อผล อายุการเก็บรักษา ควรมีการวิเคราะห์ทางโมเลกุลใน พันธุ์ที่สงสัยว่ามีการผสมข้ามพันธุ์ เพื่อยืนยันสมมติฐานด้านกลไกการติดผลในพันธุ์ไร้เมล็ดที่พบว่า ผลมีทั้งแบบมีเมล็ดและไม่มีเมล็ดในพันธุ์เดียวกัน



บรรณานุกรม

- Adhikari, S. a. K., T.P. (2015). Effect of time and level of pruning on vegetative growth, flowering, yield, and quality of guava. *International Journal of Fruit Science.*, 15(3), 290-301.
- Afif Hedhly, Jose' I. Hormaza and Mari'a Herrero. (2008). Global warming and sexual plant reproduction. *Trends in Plant Science*, 14(1), 30-36.
- Alexander, M. P. (1969). Differential staining of aborted and nonaborted pollen. *Stain Technology*, 44(3), 117-122.
- Boonprakob, K. T. a. U. (2005). Genetic and environmental variance components in guava fruit qualities. *Scientia Horticulturae*, 104(2005), 37-47.
- Brewbaker, J. L., & Kwack, B. H. (1963). The essential role of calcium ion in pollen germination and pollen tube growth. *American Journal of Botany*, 50(9), 859-865.
- Carpenter, S., Jain, M. C., Singh, J., Bhatnagar, P., & Arya, C. K. (2019). Effect of foliar spray of gibberellic acid and urea on yield and quality of guava (*Psidium guajava* L.) cv. L-49. *International Journal of Chemical Studies*, 7(1), 205-207.
- Dafni, A., & Firmage, D. (2000). Pollen viability and longevity: practical, ecological and evolutionary implications. *Plant Systematics and Evolution*, 222, 113-132.
- Eavan Dorcey, Cristina Urbez, Miguel A. Bla' zquez, Juan Carbonell and Miguel A. Perez-Amador. (2009). Fertilization-dependent auxin response in ovules triggers fruit development through the modulation of gibberellin metabolism in *Arabidopsis*. *The Plant Journal*, 58, 318-332.
- Firon, N., Nepi, M., and Pacini, E. (2006). Water status and associated processes mark critical stages in pollen development and functioning. *Plant Biology*, 8(4), 421-432.
- Ganeshan, S., Rajashekar, P., and Lakshmi, J. (2013). Cryopreservation of pollen: A comprehensive review. *Journal of Horticultural Sciences*, 8(1), 1-13.
- Gavandi, R. (2015). Effect of foliar application of NAA on yield and quality of guava (*Psidium guajava* L.) cv. Sardar. *International Journal of Agricultural Sciences*,

11(1), 180-182.

Gustafson, F. G. (1942). Parthenocarpy: natural and artificial. *The Botanical Review*, 8(5), 599-654.

Hedden, P. (2002). Gibberellin Metabolism and Its Regulation *Journal of Plant Growth Regulation*, 20, 317-318.

ilbusca. (2020). *Antique botany illustration: Psidium guajava*
<https://www.gettyimages.com/detail/illustration/antique-botany-illustration-psidium-guajava-royalty-free-illustration/1207063021>

Jiménez-Escrig, A., Rincón, M., Pulido, R., & Saura-Calixto, F. (2001). Guava fruit (*Psidium guajava* L.) as a new source of antioxidant dietary fiber. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49(11), 5489-5493.

Jocelyn A. Ozga, Jody Yu, and Dennis M. Reinecke. (2003). Pollination-, Development-, and Auxin-Specific Regulation of Gibberellin 3-Hydroxylase Gene Expression in Pea Fruit and Seeds. *Plant Physiol*, 131, 1137-1146.

Juan Carlos Serrani, Rafael Sanjua'n, Omar Ruiz-Rivero, Mariano Fos, and Jose' Luis Garcí'a-Martí'nez. (2007). Gibberellin Regulation of Fruit Set and Growth in Tomato. *Plant Physiology*, 145, 246-257.

Magdalene, K., E. Zioziou, A. Pantazaki, N. Nikolaou and D. Kyriakidis. (2015). Effects of Gibberellic Acid and Putrescine on 'Thompson Seedless' Grapes. *American International Journal of Biology*, 3(2), 19-29.

Nagar, P. K. a. T. R. R. (1983). Endogenous auxins in seeded and seedless fruits of guava. *Scientia Horticulturae.*, 18(4), 323-331.

Niimi, Y., and Shiokawa, T. (1994). Effects of temperature and humidity on viability of lily pollen. *Scientia Horticulturae*, 59(3-4), 227-234.

Rodriguez-Riano, T., & Dafni, A. (2000). A new procedure to assess pollen viability. *Sexual Plant Reproduction*, 12, 241-244.

Sandhu, M. S., Kaur, R., & Bal, J. S. (2024). Studies on floral bud development and flowering behaviour of guava (*Psidium guajava* L.). *International Journal for Multidisciplinary Research*, 6(1), 1-11.

Sexton, R., & Roberts, J. A. (1982). Cell biology of abscission. *Annual Review of Plant Physiology*, 33, 133-162.

- Shinjiro Yamaguchi. (2008). Gibberellin Metabolism and its Regulation. *Annual Review of Plant Biology*, 59, 225-251.
- Shreef, M., M.N. Hasan, S.M.Y. Ali, R.A. Ripa and M.G. Hossain. (2016). Effect of Plant Growth Regulators on Fruit-set and Quality of Guava. *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*, 4(12), 1088-1091.
- Singh, G., Sahare, H., & Deep, M. (2019). Recent trends in guava propagation – a review. *Biosciences Biotechnology Research Asia*, 16(1), 143-154.
- Soost, R. K., and Cameron, J. W. (1985). 'Melogold', a triploid pommelo-grapefruit hybrid. *HortScience*, 20(6), 1134-1135.
- Sponsel, V. M., & Hedden, P. (2010). Gibberellin biosynthesis and inactivation. *In Plant Hormones*, 63-94.
- Stösser, R., and Anvari, A. (1982). The role of ovules and seeds in fruit development of sweet cherry (*Prunus avium* L.). *Scientia Horticulturae*, 16(4), 365-371.
- Tosun, M., Ercisli, S., and Aksoy, A. (2017). In vitro pollen viability and pollen germination in cherry laurel (*Prunus laurocerasus* L.). *cta Scientiarum Polonorum, Hortorum Cultus*, 16(2), 85-93.
- Vinod, M., & Sattagi, H. N. (2018). Foraging activity of pollinators in guava under organic and conventional farming systems. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 6(5), 865-872.
- Yuan, R., Huang, H., & Xu, Q. (2004). Gibberellins and seed development in horticultural crops. *Plant Growth Regulation*, 44(1), 1-10.
- Zhang, X., Zhang, M., Han, Y., Xu, X., Wang, Q., and Fang, J. (2011). Characteristics and mechanisms of ovule abortion in pear (*Pyrus bretschneideri* Rehd.). *Scientia Horticulturae*, 129(4), 743-749.
- Ziaurrahman, H., M.I. Sadat, M.G. Raghib, A.H. Zerak and K. Fitrat. (2018). Effect of different concentrations of GA3, H2O2 and bleach solutions on seed germination of guava (*Psidium guajava* L.). *International Journal of Chemical Studies*, 6(5), 2679-2681.
- กรณ์ กรภัทรชัยกุล, ไชยรัตน์ ยูโษะ, ทิพวรรณ คงอินทร์ และ รุชีลา สะลุโวะ. (2558). สันฐานวิทยา ความมีชีวิต และการออกของเรณูพืชดอก 15 ชนิด. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 23(4), 622-632.

กรมส่งเสริมการเกษตร. (2566). ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อการเกษตร
<https://geoplots.doae.go.th/ssmap>

เกรียงศักดิ์ ไทยพงษ์. (2553). ผลไม้ไร้เมล็ด เปี่ยมด้วยคุณค่า. วารสารแก่นเกษตร, 38(1), 77-84.

เคหการเกษตร. (2564). เทคนิคการผลิตฝรั่งพันธุ์หังเป่าสือให้ติดผลดีและมีคุณภาพ
https://www.kehakaset.com/newsactivities_details.php?view_item=618&fbclid=IwAR0J9q4TniXieHAyo2j9o0L2g7BvKyktqHe61m2GPXF5W7IOmyxhWiC1Y9w#view_newsactivity_detail

จักรพงษ์ จิระแพทย์, ธนกฤต ใจดี และสุดาร์ตน์ พูลเทพ. (2564). อุณหภูมิและปริมาณน้ำฝนต่อการเจริญเติบโตและการพัฒนาการของฝรั่งพันธุ์กิมจู. วารสารมหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์, 13(2), 386-399.

จรรุวรรณ ชื่นมาธูรไพจิตร, ชเนษฎ์ ม้าลำพอง ชัยสิทธิ์ ทองจุ คัทลียา ฉัตรเที่ยง และ จุฑามาศ ร่มแก้ว. (2564). ผลของอุณหภูมิสูงในระยะเจริญพันธุ์ที่มีต่อการติดเมล็ดผลผลิต และองค์ประกอบผลผลิตของข้าว. วารสารวิชาการ มทร.สุวรรณภูมิ, 9(1), 1-13.

ทินน์ พรหมโชติ. (2554). ความมีชีวิตและการงอกของละอองเกสรส้มโอพันธุ์ “ขาวใหญ่” เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ. ฐานข้อมูลโครงสร้างพื้นฐานภาครัฐด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีกระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

ทิพวรรณ ต้นประเสริฐ. (2542). ปัจจัยที่มีผลต่อการติดผลของฝรั่งพันธุ์กลมสาเล่และบางกอกแอปเปิลวิทยานิพนธ์ปริญญาโท [มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์]. นครปฐม.

ธีรณัฐ เจริญกิจ. (2555). เอกสารประกอบการสอน บทที่ 8 การผลิตฝรั่ง
<http://lms.mju.ac.th/courses/121/locker/8%E0%B8%9D%E0%B8%A3%E0%B8%B1%E0%B9%88%E0%B8%87.doc>

ธีรณัฐ เจริญกิจ, และ ธวัชชัย จันทน์น้อย. (2546). อิทธิพลของ GA₃ ต่อการพัฒนาผลฝรั่งไร้เมล็ดพันธุ์แป้นสีทอง. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 34, 211-214.

นพวรรณ หนองใหญ่, ตรุณี ถาวรเจริญ และเกรียงศักดิ์ ไทยพงษ์. (2558). สันฐานวิทยา ความมีชีวิตและความงอกของละอองเกสรฝรั่งพันธุ์ต้นแคระ. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 46(3), 117-120.

นวลปรานค์ ไชยตะขบ, บุญร่วม จันทน์ชื่น และ นวรัตน์ พิลาก. (2561). ผลของจิบเบอเรลลินแอซิดและเบนซิลอะดีนีนที่มีต่อการพัฒนาของเมล็ดและผลของพันธุ์มารูซิดเลส. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 1, 438-445.

นิพนธ์ สุขวิบูลย์, และ มนตรี ทศานนน. (2547). อิทธิพลของแสงและอุณหภูมิต่อการงอกของละอองเรณูลิ้นจี่. วารสารวิชาการเกษตร, 22(128-135).

ประทีป ภูมาศ. (2542). ท่องโลกพืชสวน. กรุงเทพฯ.

ประเทือง อายุเจริญ. (2542). สาลี่ทองฝรั่งไร้เมล็ด. เมืองเกษตรแมกกาซีน, มกราคม, 34-41.

พงษ์นารถ นาววรานันต์, และ เสาวณี คงศรี. (2563). ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และการเปลี่ยนแปลงฤดูกาล ต่อความงอกและความมีชีวิตของละอองเกสรมะพร้าว น้ำหอม. วารสารวิชา มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช, 39(2), 101-115.

ภัสยาพร แสงเพ็ชร, อุณารุจ บุญประกอบ และเกรียงศักดิ์ ไทยพงษ์. (2550). การประเมินความมีชีวิต และความงอกของละอองเกสรฝรั่งพันธุ์ไม่มีเมล็ดและมีเมล็ดน้อย. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 38(5), 389-395.

มนตรี แก้วดวง, และ อุณารุจ บุญประกอบ. (2546). ความสัมพันธ์ระหว่างการงอกของละอองเกสรใน อาหารสังเคราะห์และก้านเกสรเพศเมียต่อการติดผลของฝรั่ง. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 34, 181-184.

สังคม เตชะวงศ์เสถียร. (2556). เอกสารประกอบการสอน วิชาสรีรวิทยาของพืชสวน. ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์.

สัมฤทธิ์ เฟื่องจันทร์, และ จินดา จันทร์อ่อน. (2526). ฝรั่งไม่มีเมล็ด (Seedless Guava). นิตยสาร หนังสือพิมพ์กสิกร, 176-177.

สำนักงานนโยบายและยุทธศาสตร์การค้า. (2565). วิเคราะห์สถานการณ์สินค้าภูมิภาค ประจำเดือน สิงหาคม ค.ศ. 2022. https://uploads.tps.go.th/08_2565_bthwiekhraahsthaankaarnsinkhaaphuumiphaakh_singh.pdf

สุจิตต์ ส่วนโพธิ์จัน, และมนูญ ศิริพงษ์. (2539). ผลของกรดจิบเบอเรลลิกและสารประกอบแคลเซียม ต่อการติดผลของลองกอง รายงานการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 34 สาขาพืช ประมง, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 30 มกราคม – 1 กุมภาพันธ์. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สุพรรณพรณ ศรีมาศ, กฤษณี เอี่ยมจัด สิริกุล วะสี และ เกรียงศักดิ์ ไทยพงษ์. (2557). ผลของฤดูกาลต่อ ความมีชีวิตและความงอกของละอองเกสรมะละกอ. แก่นเกษตร, 42, 174-179.

สุพิ วนศิริกุล. (2543). การศึกษาความมีชีวิตของละอองเกสรฝรั่งพันธุ์ ‘แป้นสีทอง’ และ ‘เย็นสอง’ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 °C และ -20 °C. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี ภาควิชาพืชสวน, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อมรรัตน์ แก้วคุ้มภัย, สราวุธ อ่อนสนธิ เยาวพรรณ สนธิกุล ชีร ศรีสวัสดิ์ และสุรพล ฐิติธนากุล. (2561). วิธีการที่เหมาะสมในการตรวจสอบความมีชีวิตและความงอกของละอองเกสร หม้อข้าวหม้อแกงลิง. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 49, 181-184.

อัญชลี ศรีสุวรรณ. (2546). จำนวนโครโมโซมของฝรั่งกลุ่มรับประทานผลสด กลุ่มแปรรูป และลูกผสม.
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อาทิตย์ ศรีโสมะสัจจะกุล. (2541). ผลของ GA₃ ต่อการติดผลและการเจริญเติบโตของฝรั่งพันธุ์บางกอก
แอปเปิ้ล. [มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์]. ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร.



ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล

ฐานิขสรณ์ วรรณศรี

เกิดเมื่อ

6 พฤษภาคม 2541

ประวัติการศึกษา

2559 - 2562 วิทยาศาสตร์บัณฑิต(พืชสวน) มหาวิทยาลัยแม่โจ้

ประวัติการทำงาน

2566-ปัจจุบัน นักวิชาการเกษตร 3 แผนกพัฒนาและฝึกอบรม กองประสาน
นโยบายและวิชาการ การยางแห่งประเทศไทยจังหวัดแพร่

