



รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ การศึกษาความสัมพันธ์ของระดับปริมาณสารควบคุมการ
เจริญเติบโตภายในพืชกับลักษณะนิสัยการออกดอกของ
พันธุ์มะม่วงไทย

Study on the relationship between level of endogenous
plant growth regulators and flowering habit of Thai
mango (*Mangifera indica* L.) cultivars

โดย ดร. อุษณีย์ พิชกรรม และ ศ. ดร. สุรพันธ์ สุภัทรพันธุ์

กันยายน พ.ศ. 2547

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ การศึกษาความสัมพันธ์ของระดับปริมาณสารควบคุมการเจริญเติบโตภายในพืชกับลักษณะนิสัยการออกดอกของพันธุ์มะม่วงไทย

Study on the relationship between level of endogenous plant growth regulators and flowering habit of Thai mango (*Mangifera indica* L.) cultivars

คณะผู้วิจัย

หัวหน้าโครงการ ดร. อุษณีย์ พิชกรรม
ภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยมหิดล

ที่ปรึกษาโครงการ ศาสตราจารย์ ดร. สุรนนท์ สุภัทรพันธุ์
ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สนับสนุนโดยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	i
บทคัดย่อ	1
Abstract	2
Executive Summary	3
บทนำ	7
วิธีการทดลอง	11
ผลการทดลองและบทวิจารณ์	15
หนังสืออ้างอิง	44

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณหน่วยงานราชการและบุคคลต่อไปนี้ที่ให้การสนับสนุนในทุกๆ ด้าน เพื่อให้โครงการวิจัยนี้สำเร็จลุล่วง ได้แก่

1. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย สำหรับทุนอุดหนุนการวิจัย
2. คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล ที่กระตุ้นและสนับสนุนให้บุคลากรในสังกัดทำงานวิจัย
3. รศ. ฉลองชัย แบบประเสริฐ ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่อนุญาตให้ใช้แปลงทดลองของสถานีวิจัยปากช่อง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ อ.ปากช่อง จ. นครราชสีมา
4. ผศ.ดร. สังคม เตชะวงศ์เสถียร ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่ช่วยเหลือในการเก็บตัวอย่างมะม่วงที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ
5. ผศ.ดร. นพดล จรรย์สัมฤทธิ์ สาขาไม้ผล คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่อนุญาตให้ใช้แปลงทดลองและช่วยเหลือในการเก็บตัวอย่างที่ภาคเหนือ
6. คุณสุมาลี ธรรมศิริ สำหรับการอนุญาตให้ใช้สวนมะม่วงเพื่อทำงานวิจัย
7. คุณกัลยา แซ่เล่า คุณขวัญศิริ บุญเสนอ คุณชนนาถ เกิดคง นักศึกษาปริญญาตรีจากภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน คุณยุวดี แซ่จิ่ง นักศึกษาปริญญาตรีจากภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล คุณระพีพรรณ ประจันตะเสน นักศึกษาปริญญาเอกจากภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น และคุณดวงเดือน ทาฤทธิ์ที่ช่วยเหลือในการเก็บตัวอย่างและการทำงานในห้องปฏิบัติการ
8. ศ.ดร. สรนันต์ สุภัทรพันธุ์ ท่านอาจารย์ผู้มีพระคุณและผู้มีจิตใจอันยิ่งใหญ่ที่ให้ทุกสิ่งทุกอย่างแก่ลูกศิษย์โดยไม่หวังผลตอบแทนใดๆ

บทคัดย่อ

สัญญาเลขที่: PDF / 63 / 2540

ชื่อโครงการ: การศึกษาความสัมพันธ์ของระดับปริมาณสารควบคุมการเจริญเติบโตภายในพืชกับลักษณะนิสัยการออกดอกของพันธุ์มะม่วงไทย

คณะผู้วิจัย: ดร. อุษณีย์ พิชกรรม ม. มหิดล และ ศ.ดร. สุรนต์ สุภัทรพันธุ์ ม. เกษตรศาสตร์

E-mail Address: scaps@mahidol.ac.th

ระยะเวลาที่ทำการวิจัย: 2540-2547

วัตถุประสงค์: เพื่อศึกษาหาความสัมพันธ์ของปริมาณสารควบคุมการเจริญเติบโตภายในต้นกับการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาในระหว่างการเจริญเติบโตและการออกดอกของมะม่วง

ระเบียบวิธีวิจัย: ศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารคล้ายจิบเบอเรลลินและไซโตไคนินภายในกิ่งหรือยอดของพันธุ์มะม่วงไทย 3 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ออกดอกเร็ว (พันธุ์หนองแซง) กลุ่มที่ออกดอกช้า (พันธุ์เขียวเสวย) กลุ่มที่ออกดอกตลอดปี (พันธุ์น้ำดอกไม้ทะวายเบอร์ 4) และศึกษาอิทธิพลของสิ่งแวดล้อมต่อการเจริญเติบโตและลักษณะการออกดอกกับต้นมะม่วงที่ปลูกในแต่ละภาคของประเทศ

ผลการวิจัย: 1) การเปลี่ยนแปลงปริมาณสารควบคุมการเจริญเติบโตภายในต้นของมะม่วง 3 พันธุ์พบว่าปริมาณสารทั้งสองชนิดในกิ่งแตกใหม่และกิ่งอายุ 1 ปีมีทิศทางการเปลี่ยนแปลงที่ไม่บ่งบอกความสัมพันธ์กับการเจริญเติบโตในรอบปีได้ ปริมาณสารคล้ายจิบเบอเรลลินจะลดต่ำลงก่อนการพัฒนาตาดอกในเดือนตุลาคมและมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นก่อนที่จะช่อดอกจะแตกออกมา ส่วนปริมาณสารคล้ายไซโตไคนินจะพบมากในช่วงที่มีการแทงช่อดอกและติดผล 2) การเปลี่ยนแปลงปริมาณสารควบคุมการเจริญเติบโตภายในยอดกับลักษณะการออกดอกของมะม่วงซึ่งปลูกใน 3 ภาค พบว่ามะม่วงในแต่ละภาคมีลักษณะการเจริญเติบโตช่อดอกแตกต่างกัน อิทธิพลของอุณหภูมิมีบทบาทต่อการบานของดอกมาก โดยต้นที่เจริญเติบโตในที่อุณหภูมิค่อนข้างสูงจะใช้เวลาพัฒนาการค่อนข้างสั้นและมีความสมบูรณ์ของช่อดอกต่ำกว่า และไม่พบความสัมพันธ์อย่างชัดเจนกับการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารควบคุมการเจริญเติบโตทั้งสองชนิดในช่วงก่อนการพัฒนาตาดอกของทั้งสามพื้นที่

บทวิจารณ์: ความสัมพันธ์ของปริมาณสารควบคุมการเจริญเติบโตภายในต้นกับลักษณะการออกดอกที่แตกต่างของพันธุ์มะม่วงไทย และการศึกษาในต้นมะม่วงที่เจริญเติบโตในสิ่งแวดล้อมที่แตกต่างกันครั้งนี้ไม่พบความสัมพันธ์ชัดเจน กระบวนการออกดอกจะขึ้นกับการสะสมธาตุอาหารและปัจจัยภายนอกด้วย อย่างไรก็ตามบทบาทของสารควบคุมการเจริญเติบโตมักจะเป็นโดยทางอ้อมและมักพบเสมอว่ามีปริมาณสารภายในต้นต่ำ ทำให้ไม่เห็นความสัมพันธ์กับการแสดงออกต่างๆ อย่างชัดเจน

ข้อเสนอแนะ: การศึกษาเกี่ยวกับปริมาณสารควบคุมการเจริญเติบโตภายในกับต้นพืชในสภาพธรรมชาติที่ไม่สามารถควบคุมสิ่งแวดล้อมต่างๆ ได้จะพบปัญหามาก เพราะความแปรปรวนของบรรยากาศมีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงของสารภายในต้นพืชตลอดเวลา การวิจัยควรจะศึกษาในกลุ่มประชากรขนาดเล็กที่ปลูกอยู่ภายในโรงเรือนควบคุมสภาพแวดล้อม เพื่อลดความแปรปรวนที่จะเกิดขึ้นลงได้

Keywords: gibberellin, cytokinin, flowering, mango, Thai cultivars

Abstract

Contact number: PDF / 63 / 2540

Project title: Study on the relationship between level of endogenous plant growth regulators and flowering habit of Thai mango (*Mangifera indica* L.) cultivars

Investigators: Dr. Aussanee Pichakum, Mahidol University and Prof. Dr. Suranant Subhadrabandhu, Kasetsart University

E-mail Address: scaps@mahidol.ac.th

Period: 1998-2004

Objective: To investigate the relationship between endogenous plant growth regulators content and the physiological changes during vegetative and reproductive growth of Thai mango cultivars.

Methodology: Seasonal changes of endogenous plant growth regulators content in shoot among 3 different flowering characteristics such as early, late and off-season type were detected. Then environmental effect on flowering process of off-season cultivar grown in 3 areas of Thailand such as the central part, north and north-east parts were observed.

Results: The changes of endogenous plant growth regulators; gibberellin (GA) and cytokinin (CK) like activities in current and 1-year old shoots of 3 cultivars did not relate to the seasonal changes of plant characteristics. However, GA content decreased in October that was prior the floral development occurred. Highly CK level appeared during floral emergence and fruit setting stages. Each mango tree grown in 3 parts of Thailand showed clearly the different in flower development process. Temperature strongly affected flowering period. Tree grown at higher temperature area showed shorter floral developing period and lower fertility rate than the one grown at lower degree. However, the relationship between endogenous GA and CK levels and floral development at each location neither did nor clearly occurred.

Discussion: This studied on the relationship among endogenous plant growth regulators content, environmental factors and the physiological changes during reproductive growth of Thai mango cultivars ambiguously occurred. Because the flowering process had to associate with many kinds of internal and external factors, the role of endogenous plant growth regulators was concealed.

Suggestion: The studied concerned with perennial fruit tree under field condition that had to encounter with the varieties of environmental factors should avoid. To study in small population at controlled atmosphere will get the exactly results.

Keywords: gibberellin, cytokinin, flowering, mango, Thai cultivars

Executive Summary

1. สัญญาเลขที่: PDF / 63 / 2540

2. ชื่อโครงการ: การศึกษาความสัมพันธ์ของระดับปริมาณสารควบคุมการเจริญเติบโตภายในพืชกับลักษณะนิสัยการออกดอกของพันธุ์มะม่วงไทย

Study on the relationship between level of endogenous plant growth regulators and flowering habit of Thai mango (*Mangifera indica* L.) varieties

3. คณะผู้วิจัย:

3.1 หัวหน้าโครงการ ดร. อุษณีย์ พิษกรรม
ภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล
กรุงเทพมหานคร 10400
โทรศัพท์ 0-2201-5232
E-mail address: scaps@mahidol.ac.th

3.2 ที่ปรึกษาโครงการ ศ. ดร. สุรนนท์ สุภัทรพันธุ์
ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
กรุงเทพมหานคร 10900

4. สาขาที่ทำการวิจัย Plant Science

5. ระยะเวลาที่ทำการวิจัย: 2540-2547

6. ความสำคัญและที่มาของปัญหา: มะม่วงเป็นไม้ผลเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย และได้ถูกจัดให้เป็นพืชเร่งรัดการส่งออกชนิดหนึ่งตามแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่ 6 ในปี พ.ศ. 2536 มูลค่าการส่งออกมะม่วงสูงถึง 21.6 ล้านบาท ปัจจุบันความก้าวหน้าทางวิทยาการด้านการจัดการสวนไม้ผล และการประยุกต์ใช้สารควบคุมการเจริญเติบโตพืชสามารถชักนำให้มะม่วงออกดอกติดผลได้ตลอดปี แต่เมื่อใช้สารกระตุ้นการออกดอกในหลายๆ ปีติดต่อกัน จะทำให้เกิดผลเสียตามมา คือ อัตราการออกดอกจะไม่สม่ำเสมอ และต้นมะม่วงเหล่านั้นจะมีอัตราการร่วงของผลอ่อนมาก ทำให้ผลผลิตที่ออกสู่ตลาดมีปริมาณลดน้อยลง ราคาซื้อขายจะแพงขึ้น และส่งผลกระทบต่อ การส่งออกผลมะม่วงสดไปยังตลาดต่างประเทศ ในการแก้ปัญหาเหล่านี้ ชาวสวนและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องพยายามจะหาทางแก้ไขเช่นกัน แม้ว่าการใช้สารควบคุมการเจริญเติบโตในประเทศไทยนั้น สามารถเอื้ออำนวยประโยชน์ในแง่การเกษตรอย่างกว้างขวาง แต่การใช้สารดังกล่าวก็เป็นการให้แบบ trial and error ซึ่งไม่ได้มีการศึกษาถึงระดับปริมาณและชนิดของสารควบคุมการเจริญเติบโตภายในต้นที่สัมพันธ์กับขั้นตอนของกระบวนการเจริญเติบโตทางด้าน reproductive อย่างใกล้ชิด จึงทำให้ผลที่ได้ไม่สม่ำเสมอ กล่าวคือในบางครั้งการให้สารดังกล่าวแก่พืชอาจจะได้ผลเป็นที่น่าพอใจ แต่ในบางครั้งกลับได้รับผลตรงข้าม ซึ่งผลที่ได้ไม่สม่ำเสมอเหล่านี้ น่าจะมีสาเหตุมาจากระดับปริมาณของสารควบคุมการเจริญเติบโตที่มีอยู่ภายในต้นมะม่วง เป็น

ปัจจัยที่สำคัญในการควบคุมการตอบสนองของต้นมะม่วง โดยจะแสดงออกให้เห็นเด่นชัดที่การออกดอกและติดผลในแต่ละฤดูปลูก เนื่องจากข้อมูลพื้นฐานที่แสดงความสัมพันธ์ของสารควบคุมการเจริญเติบโตภายในต้นกับการเจริญโตของผลมะม่วงในประเทศไทยยังไม่ค่อยได้รับสนใจจากนักวิจัยและหน่วยงานต่างๆ เท่าที่ควร การศึกษาข้อมูลพื้นฐานเหล่านี้จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของการใช้สารเคมีในการบังคับให้มะม่วงออกดอกนอกฤดูและได้ผลผลิตเพิ่มมากขึ้น นอกจากนี้จะช่วยให้ได้แนวทางการแก้ปัญหาที่ถูกต้องตรงตามประเด็น อันจะก่อให้เกิดประโยชน์อย่างยิ่งต่อเกษตรกรและต่อการส่งเสริมการผลิตเพื่อการส่งออกต่อไป

7. วัตถุประสงค์: เพื่อศึกษาหาความสัมพันธ์ของการเปลี่ยนแปลงของระดับปริมาณสารควบคุมการเจริญเติบโตภายในต้นกับการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาในระหว่างการเจริญเติบโตและการออกดอกของมะม่วง และศึกษาความสัมพันธ์ของสารควบคุมการเจริญเติบโตภายในต้นและปัจจัยภายนอกที่มีอิทธิพลต่อลักษณะการออกดอกของมะม่วงพันธุ์ไทยที่ปลูกในภูมิภาคต่างๆ

8. ระเบียบวิธีวิจัย:

8.1 แนวทางการวิจัยจะแบ่งเป็น

8.1.1 ศึกษาความแตกต่างของระดับปริมาณสารควบคุมการเจริญเติบโตภายในต้นของพันธุ์มะม่วงไทยในกลุ่มต่างๆ ที่แบ่งออกตามลักษณะนิสัยการออกดอกเป็น 1) กลุ่มพันธุ์ที่ออกดอกเร็วหรือพันธุ์เบา คือ พันธุ์หนองแซง 2) กลุ่มพันธุ์ที่ออกดอกช้าหรือพันธุ์หนัก คือ พันธุ์เขียวเสวย 3) กลุ่มพันธุ์ที่ออกดอกตลอดปีหรือพันธุ์ทะวาย คือ พันธุ์น้ำดอกไม้ทะวายเบอร์ 4 ซึ่งมะม่วงสายพันธุ์ต่างๆ เหล่านี้จะมีนิสัยการออกดอกที่แตกต่างกันก็น่าจะมีความแตกต่างของปริมาณสารดังกล่าวภายในต้นเช่นเดียวกัน

8.1.2 ศึกษาปัจจัยของสิ่งแวดล้อมที่มีอิทธิพลต่อนิสัยการออกดอก โดยจะมุ่งเน้นไปที่พันธุ์การค้าเพียง 1 พันธุ์ คือ พันธุ์น้ำดอกไม้ทะวายเบอร์ 4 ที่มีพื้นที่ปลูกกระจายไปในแต่ละภูมิภาคของประเทศไทย จะทำให้ทราบถึงความสัมพันธ์ของสิ่งแวดล้อมกับปริมาณการเปลี่ยนแปลงของสารควบคุมการเจริญเติบโตภายในต้นพืชกับลักษณะการออกดอก

8.2 วิธีวิจัย

ศึกษาข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับการเจริญเติบโตทางลำต้นและทางสืบพันธุ์ ลักษณะการออกดอกของต้นมะม่วง 3 พันธุ์คือ หนองแซง เขียวเสวย และน้ำดอกไม้ทะวายเบอร์ 4 ที่ปลูกอยู่ในบริเวณเดียวกัน และพันธุ์น้ำดอกไม้ทะวายเบอร์ 4 ที่ปลูกอยู่ใน 3 ภูมิภาคของประเทศไทย คือ ภาคกลาง ภาคตะวันออกเฉิยเหนือ และภาคเหนือ โดยในแต่ละพันธุ์ที่ศึกษา และต้นมะม่วงจากแต่ละพื้นที่ปลูกจะคัดเลือกกลุ่มต้นที่มีความสม่ำเสมอและมีลักษณะใกล้เคียงกัน เพื่อลดปัญหาความแปรปรวนลง โดยตลอดการศึกษาจะพยายามให้มีการปฏิบัติดูแลภายในสวนใกล้เคียงกัน แล้วบันทึกข้อมูลการเปลี่ยนแปลงของสิ่งแวดล้อม เช่น อุณหภูมิอากาศ ความชื้นสัมพัทธ์ และปริมาณน้ำฝนในแต่ละพื้นที่ปลูก บันทึกการเจริญเติบโตของต้นและอัตราการออกดอกในแต่ละพันธุ์และในแต่ละพื้นที่ เก็บตัวอย่างใบและยอดเป็นระยะๆ ตลอดทั้งปีของทั้งสองการทดลองย่อย

แล้ววิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของปริมาณสารควบคุมการเจริญเติบโตพืช 2 ชนิด คือ สารคล้ายจิบเบอเรลลินและสารคล้ายไซโตไคนินภายในกิ่งและยอดตลอดช่วงการทดลอง

9. ผลการวิจัย:

9.1 ความสัมพันธ์ของการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารคล้ายจิบเบอเรลลินและสารคล้ายไซโตไคนินภายในกิ่งกับการเจริญเติบโตในรอบปีของมะม่วงสายพันธุ์ไทย 3 พันธุ์ที่เจริญเติบโตภายใต้สิ่งแวดล้อมเดียวกัน พบว่าการเจริญเติบโตทางลำต้นของมะม่วงทุกพันธุ์ในช่วงฤดูฝนจะพบการแตกยอดใหม่ โดยพันธุ์น้ำดอกไม้จะแตกยอดใหม่ 3 ครั้งในขณะที่ยังมี 2 พันธุ์คือ หนองแซง และเขียวเสวยจะแตกยอดออกมาเพียง 2 ครั้งเท่านั้น การเจริญเติบโตทางลำต้นในลักษณะต่างๆ จะเพิ่มขึ้นในช่วงแรกของการเจริญเท่านั้น เมื่อเข้าสู่ช่วงการเจริญเติบโตทาง Reproductive จะไม่มีการเปลี่ยนแปลงของลักษณะดังกล่าวเพิ่มขึ้น จากการวิเคราะห์และคำนวณปริมาณสารคล้ายจิบเบอเรลลินและสารคล้ายไซโตไคนินในกิ่งแตกใหม่และกิ่งอายุ 1 ปี จะพบความผันแปรของปริมาณสารมาก มีทิศทางการเปลี่ยนแปลงที่ไม่สามารถอธิบายความสัมพันธ์กับการเจริญเติบโตในรอบปีได้ นอกจากนี้ไม่พบความแตกต่างอย่างชัดเจนของปริมาณสารทั้งสองชนิดภายในกิ่งต่างๆ ที่ในบางช่วงเวลาที่มีการแตกกิ่งใหม่และลักษณะทางสัณฐานของกิ่งทั้งสองแตกต่างกันก็ตาม หลังจากต้นมะม่วงผลิใบใหม่ครั้งสุดท้ายในรอบปีแล้ว พบว่าปริมาณสารคล้ายจิบเบอเรลลินจะลดต่ำลงก่อนการพัฒนาตาดอกในเดือนตุลาคม และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นก่อนที่จะช่อดอกจะแตกออกมา ส่วนปริมาณสารคล้ายไซโตไคนินจะพบมากในช่วงที่มีการแทงช่อดอกและติดผลในมะม่วงทั้งสามพันธุ์

9.2 ความสัมพันธ์ของการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารคล้ายจิบเบอเรลลินและสารคล้ายไซโตไคนินภายในกิ่งกับการเจริญเติบโตของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้พะยอมเบอร์ 4 ซึ่งปลูกใน 3 ภูมิภาคของประเทศไทย พบว่าต้นมะม่วงที่ปลูกในภาคกลาง ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคเหนือมีลักษณะการเจริญเติบโตของช่อดอกแตกต่างกัน โดยมีช่วงเวลาที่ดอกบาน ระยะเวลาของการพัฒนาการ ความสมบูรณ์ของช่อดอก และการแตกของอับละอองเกสรแตกต่างกัน นอกจากนี้พบความสัมพันธ์ของการบานของดอกกับอิทธิพลของอุณหภูมิเป็นอย่างมาก โดยต้นมะม่วงที่เจริญเติบโตในภาคกลางซึ่งมีอุณหภูมิค่อนข้างสูงจะใช้เวลาพัฒนาการค่อนข้างสั้น ปรากฏว่าดอกจะบานก่อนแล้วการแตกของอับละอองเกสรจะเกิดขึ้น และมีความสมบูรณ์ของช่อดอกต่ำกว่ามะม่วงที่เจริญเติบโตในภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ การศึกษาความสัมพันธ์ของการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารคล้ายจิบเบอเรลลินและสารคล้ายไซโตไคนินในช่วงก่อนการพัฒนาตาดอกก็ไม่พบความสัมพันธ์ชัดเจนเช่นเดียวกับไม่พบแบบแผนการเปลี่ยนแปลงของสารคล้ายไซโตไคนินก่อนการออกดอกของมะม่วงทั้งสามพื้นที่

10. บทวิจารณ์: การศึกษาความสัมพันธ์ของการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารคล้ายจิบเบอเรลลินและสารคล้ายไซโตไคนินภายในพืชกับลักษณะนิสัยการออกของสายพันธุ์มะม่วงไทยที่มีความแตกต่างกัน ซึ่งเป็นพันธุ์หนัก พันธุ์เบา และพันธุ์พะยอม รวมทั้งการศึกษากับต้นมะม่วงที่เจริญเติบโตในสิ่งแวดล้อมที่แตกต่างกันครั้งนี้ไม่ปรากฏความสัมพันธ์ที่เด่นชัด การแบ่งกลุ่มลักษณะพันธุ์ของมะม่วงซึ่งจะจัดแบ่งพันธุ์เหล่านั้นออกเป็นพวกๆ ตามความสามารถในการออกดอกยากหรือง่าย

เร็วหรือช้าแล้ว การที่พันธุ์หนึ่งจะออกดอกช้ากว่าพันธุ์เบา และพันธุ์เบาช้ากว่าหรือออกดอกยากกว่าพันธุ์ทะวายนั้น เป็นเพราะพันธุ์ที่ออกดอกช้ากว่าต้องการส่วนของธาตุอาหารแบ่งที่มากกว่าพันธุ์ที่ออกดอกอาจเร็วกว่า โดยที่การสะสมธาตุอาหารแบ่งในธรรมชาติจะต้องอาศัยสภาพสิ่งแวดล้อมที่แห้งและเย็นโดยเฉพาะความแห้งของดิน เพื่อให้ต้นพืชหยุดการเจริญทางกิ่งก้านและเกิดตาออก ด้วยเหตุผลดังกล่าวนี้ พันธุ์มะม่วงที่เป็นพันธุ์หนักจึงออกดอกได้ยากและช้ากว่าพันธุ์เบา ส่วนมะม่วงพันธุ์ทะวายดังเช่นพันธุ์น้ำดอกไม้ทะวายเบอร์ 4 นั้นต้องการธาตุอาหารแบ่งน้อยมาก เพียงแต่ถึงที่เจริญออกมาในแต่ละช่วงชะงักการเจริญ เพื่อรอกการแตกใบและยอดใหม่ก็สามารถจะออกดอกได้ แม้ในฤดูฝนเช่นในเดือนกันยายนหรือตุลาคมซึ่งเป็นระยะที่มีฝนตกชุก มะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ทะวายเบอร์ 4 ก็สามารถจะออกดอกและติดผลได้ ด้วยเหตุผลนี้มะม่วงพันธุ์นี้จึงออกดอกไม่เป็นฤดูหรือออกดอกตลอดปี อย่างไรก็ตามจากบทบาทและหน้าที่ของสารควบคุมการเจริญเติบโตมักจะเป็นโดยทางอ้อมและจะแอกทีฟในปริมาณเล็กน้อย ซึ่งจะแตกต่างจากสารอาหารและสารประกอบอื่นๆ ที่มีบทบาททั้งทางตรงและทางอ้อมต่อกระบวนการต่างๆ ของพืช และมักพบเสมอว่าสารกลุ่มนี้ปรากฏภายในต้นพืชในปริมาณต่ำ ทำให้ไม่เห็นความสัมพันธ์กับการแสดงออกต่างๆ อย่างชัดเจน

11. ข้อเสนอแนะ: จากผลการทดลองที่ได้จะพบว่า ลักษณะการออกดอกของมะม่วงในแต่ละพันธุ์ที่มีนิสัยการออกดอกแตกต่างกันไม่ปรากฏความสัมพันธ์ชัดเจนต่อการเปลี่ยนแปลงของสารควบคุมการเจริญเติบโตภายในต้น คือ สารคล้ายจิบเบอเรลลินและไซโตไคนิน รวมถึงการที่มะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ทะวายเบอร์ 4 ที่เจริญเติบโตในแต่ละภาคของประเทศไทย ก็ไม่ปรากฏความสัมพันธ์อย่างชัดเจนเช่นกัน ซึ่งจากการศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาความสัมพันธ์ของการแสดงออกทาง *phelogeny* โดยเฉพาะลักษณะการออกดอกกับการเปลี่ยนแปลงของสารควบคุมการเจริญเติบโตภายในต้น ซึ่งปกติแล้วกระบวนการออกดอกของต้นมะม่วงนั้นจะมีปัจจัยภายในต้นพืชอีกหลายประการที่จะเข้ามามีอิทธิพลต่อขั้นตอนต่างๆ หรือการพัฒนาทางด้านสืบพันธุ์ (Reproductive development) ในรอบปีของต้น จึงควรจะต้องศึกษาในประเด็นอื่นๆ ประกอบด้วย นอกจากนี้การศึกษาเกี่ยวกับสารควบคุมการเจริญเติบโตภายในต้นกับพืชปลูกในสภาพธรรมชาติที่ไม่สามารถควบคุมบรรยากาศหรือสิ่งแวดล้อมใดๆ จะพบปัญหาค่อนข้างมาก เพราะความแปรปรวนขององค์ประกอบต่างๆ ในบรรยากาศจะมีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงของสารประกอบภายในต้นพืชตลอดเวลา ซึ่งอุปสรรคเหล่านี้มักจะทำให้การศึกษาในหัวข้อเหล่านี้ได้รับความสนใจน้อย ประกอบกับการศึกษาครั้งนี้ใช้พืชซึ่งเป็นพืชยืนต้นที่มีอายุหลายปี และมีช่วงเวลาการเจริญเติบโตยาวนานก็ยิ่งจะพบอิทธิพลของสภาพแวดล้อมเข้ามาเกี่ยวข้องมากขึ้น การศึกษาวิจัยในอนาคตควรจะทำการศึกษาโดยมีการควบคุมสภาพแวดล้อมให้ได้มากขึ้น หรือศึกษาในกลุ่มประชากรขนาดเล็กที่ปลูกภายในโรงเรือนที่ควบคุมสภาพแวดล้อมได้ เพื่อลดความแปรปรวนที่จะเกิดขึ้นได้

12. Keywords: gibberellin, cytokinin, flowering, mango, Thai cultivars

บทนำ

มะม่วง (*Mangifera indica* L.) มีถิ่นกำเนิดในเขตติดต่อระหว่างประเทศอินเดียและพม่า เป็นไม้ผลที่นิยมปลูกกันแพร่หลายทั้งในเขตร้อนและกึ่งร้อน (Marks, 1987; วิจิตร, 2529) ในประเทศไทยมีการปลูกกันทุกภาคของประเทศ มะม่วงเป็นผลไม้ที่นิยมบริโภคกันอย่างแพร่หลาย ทั้งชาวไทยและชาวต่างประเทศ นอกจากบริโภคผลสดแล้วยังนำมาแปรรูปได้หลายชนิด เช่น น้ำมะม่วงกระป๋อง แยมมะม่วง ไวน์มะม่วง และผลิตภัณฑ์แปรรูปประเภทอื่นๆ

ปัจจุบันประเทศไทยมีการส่งมะม่วงสดเป็นสินค้าออกขายยังต่างประเทศ เช่น ฮองกง สิงคโปร์ มาเลเซีย และประเทศในแถบยุโรป (ปฐพีชล, 2532) ในประเทศไทยพบว่ามีมะม่วงมากกว่า 170 พันธุ์แต่ที่นิยมปลูกเป็นการค้ามีอยู่ไม่กี่พันธุ์ เช่น น้ำดอกไม้ หนังกกลางวัน และเขียวเสวย (วิจิตร, 2529) พันธุ์มะม่วงที่ใช้สำหรับส่งออกที่สำคัญในปัจจุบัน คือ น้ำดอกไม้ เพราะมีรสชาติดีเป็นที่ต้องการของตลาดต่างประเทศ เป็นมะม่วงรับประทานผลสุกที่มีผู้นิยมปลูกกันมาก มีการเจริญเติบโตดี ออกดอกดกแต่ติดผลได้ปานกลาง ทรงพุ่มโปร่ง ผลกลมยาวปลายแหลม เนื้อมาก เมล็ดเล็ก ผิวเปลือกบาง เมื่อดิบเปรี้ยวจัดผิวสีเขียวนวล เมื่อสุกผิวสีเหลืองเนื้อเหลือง มีกลิ่นหอม รสหวาน (ถวิล, 2525; สนั่น, 2527; ปฐพีชล, 2532; ณะชัย, 2533; นิรนาม, 2538)

มะม่วงพันธุ์หนองแขงเป็นมะม่วงรับประทานดิบ มีถิ่นกำเนิดบริเวณอำเภอหนองแขง จังหวัดธนบุรี ออกดอกและติดผลดี ต้นเจริญเติบโตเร็ว ผลมีรูปร่างคล้ายมะม่วงพันธุ์พิมเสนแต่หนากว่า เมื่อดิบผิวเปลือกมีสีเขียวนวลและสีของเนื้อขาว ลักษณะเนื้อค่อนข้างละเอียดมีเสี้ยนน้อย รสมันตั้งแต่ยังเป็นผลเล็ก เมื่อแก่จัดรสมันและกรอบ เมื่อสุกผิวของเปลือกจะเปลี่ยนเป็นสีเหลือง สีของเนื้อเหลือง เนื้อละเอียด รสหวานจัด (ชาวลูฯ และประเสริฐ, มปป.; ดีพร้อม, 2528) วิจิตร (2529) แบ่งการออกดอกของมะม่วงตามความสามารถในการออกดอกยากง่าย เร็วหรือช้า ได้เป็น 4 พวกคือ พันธุ์หนัก พันธุ์กลาง พันธุ์เบา และพันธุ์ทะวาย มะม่วงพันธุ์หนองแขงจัดอยู่ในพวกพันธุ์กลางเนื่องจากออกดอกได้ไม่ยากแต่ก็ไม่ง่ายนัก ไม่เร็วและไม่ช้า

มะม่วงเขียวเสวยเป็นมะม่วงรับประทานดิบที่ได้รับความนิยมมากที่สุดในปัจจุบัน เนื่องจากมีรสชาติดี ตรงตามความต้องการของคนไทย จึงเป็นพันธุ์หนึ่งที่ได้มีการขยายพื้นที่ปลูกมากที่สุด (นิรนาม, 2538) ด้วยเป็นที่ต้องการของตลาดและขายได้ราคาดี จึงต้องเอาใจใส่ในการคัดเลือกพันธุ์ การจัดการและการตลาดให้มากขึ้น แต่การผลิตมะม่วงพันธุ์เขียวเสวยมีปัญหาต่างๆ มาก เช่น การเจริญเติบโตค่อนข้างช้าและจะแตกกิ่งที่มีขนาดยาว จึงทำให้ทรงพุ่มค่อนข้างใหญ่ และทึบ ซึ่งก่อให้เกิดปัญหาทางโรคและแมลง ลดพื้นที่ในการสังเคราะห์แสง (วิจิตร, 2529) ออกดอกยาก บางปีจะออกดอกมากและจะออกดอกน้อยในปีถัดไป หรือบางต้นเมื่ออายุมากขึ้นจะออกดอกปีเว้นปี (biennial bearing หรือ alternate bearing) (คณพล, 2532) ผลมีลักษณะค่อนข้างกลมเรียวยาวปลายอ่อนเล็กน้อย โดยมีส่วนหัวใหญ่หนาและเรียวยาวสู่ส่วนปลาย ลักษณะของผลสีเขียวเข้ม เนื้อภายในมีสีขาว ลักษณะของเนื้อจะละเอียดกรอบ มีเนื้อมาก เสี้ยนค่อนข้างน้อย เมื่อ

ผลอ่อนจะมีรสเปรี้ยว เปลือกหนาและเหนียวไม่แตกง่าย ผลเมื่อแก่จัดจะมีรสหวานมัน อายุตั้งแต่ ออกดอกจนกระทั่งผลแก่ประมาณ 105 วัน (วัลลภ, มปป.)

โดยทั่วไปมะม่วงจะออกดอกปีละหนึ่งครั้งในระหว่างเดือนธันวาคม-กุมภาพันธ์ ติดผลใน ระหว่างเดือนมกราคม-มีนาคม และเก็บเกี่ยวผลได้ระหว่างเดือนเมษายน-พฤษภาคม การเกิดดอก ในมะม่วงโดยทั่วไปจะเกิดบริเวณปลายกิ่ง โดยมะม่วงจะออกดอกเป็นช่อ มีกิ่งก้าน (branch terminal panicle) ที่มีรูปทรงคล้ายปิรามิดหรือทรงกรวยคว่ำ ขนาดของช่อดอกจะเปลี่ยนแปลงไป ตามพันธุ์และสภาพแวดล้อม ความยาวประมาณ 30-50 ซม. ความกว้าง 5-50 ซม. ต้นมะม่วงที่โต เต็มที่จะให้ช่อดอกประมาณ 600-1,000 ช่อต่อต้น และมีดอกจำนวน 200-4,000 ดอกต่อช่อ (Radhawa และ Damoduran, 1961) มะม่วงมีดอกอยู่ 2 ประเภท คือ ดอกเพศผู้ (staminate flower) และดอกสมบูรณ์เพศ (perfect flower) ในช่อดอกมีดอกเพศผู้เป็นจำนวนมากกว่าถึง 2 เท่าของจำนวนดอกสมบูรณ์เพศ (Mukherjee, 1949) ดอกเพศผู้มักอยู่บริเวณฐานของช่อดอก ส่วนดอกสมบูรณ์เพศมักอยู่ที่ปลายช่อดอก (สุขุมาล, 2541)

การเกิดดอกในไม้ผลทั่วๆ ไปจะสัมพันธ์กับลักษณะการเจริญเติบโตทางกิ่งใบ (vegetative growth) กลุ่มไม้ผลประเภทผลัดใบ (deciduous fruit trees) จะสร้างตาดอกเมื่อใบเจริญเต็มที่และ การเจริญเติบโตทางกิ่งใบหยุดลง แต่ตาดอกที่เกิดขึ้นมานี้มักจะยังคงพักตัวอยู่จนถึงสภาวะที่ เหมาะสม ตาดอกจึงจะเจริญออกมา ส่วนมะม่วงซึ่งเป็นไม้ผลกลุ่มที่ไม่ผลัดใบ (evergreen fruit trees) ตาดอกจะถูกสร้างขึ้นในช่วงที่การเจริญเติบโตทางลำต้นชะงัก หรือช่วงที่มีการเปลี่ยนแปลง อัตราการเจริญเติบโตของต้น ซึ่งเป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงของสภาวะแวดล้อมหรือการปฏิบัติ ในสวน ได้แก่ การโน้มกิ่ง การควั่นกิ่ง การตัดแต่ง การออกดอกในไม้ผลเป็นการเปลี่ยนแปลงทาง สัณฐานจาก asexual phase เป็น sexual phase โดยก่อนจะเกิดการเปลี่ยนแปลงนี้จะมีการ เปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีภายในเซลล์ซึ่งเป็นผลให้มีการเปลี่ยนแปลงทางสรีรในเนื้อเยื่อ และขั้น สุดท้ายคือ การเปลี่ยนสภาพจาก vegetative primordia เป็น floral primordia (สุรนนต์, 2526)

ปัจจุบันการปลูกมะม่วงเป็นการค้าขึ้น ถ้าสามารถควบคุมผลผลิตโดยควบคุมกระบวนการ ออกดอกและการติดผลให้เป็นไปตามความต้องการของตลาด ก็จะทำให้อาชีพการทำสวนมะม่วง พัฒนาไปได้อย่างมั่นคง และได้มีการทดลองหาวิธีการต่างๆ ที่จะชักนำให้มะม่วงออกดอกมากขึ้น เช่น การสูมควัน การปลิดดอกและผล การตัดแต่งกิ่ง การควั่นกิ่ง การสับกิ่งหรือการตัดราก การ ลดการให้น้ำหรือการให้น้ำท่วมราก และการใช้สารเคมี แต่ในบางครั้งพบว่าไม่ประสบ ความสำเร็จ (คณพล, 2532; นาถฤดี, 2533; เกียรติเกษตร, 2535) การแก้ปัญหาเรื่องการออก ดอกของมะม่วงเป็นเรื่องที่สำคัญมาก เนื่องจากปริมาณและคุณภาพผลผลิตขึ้นกับการออกดอก เป็นปัจจัยแรก การออกดอกเป็นกระบวนการที่ซับซ้อนนอกจากจะเกี่ยวข้องกับอาหารที่สะสม ภายในต้นของพืชและระดับสารเมตาโบไลต์ต่างๆ แล้ว ยังเกี่ยวข้องกับชนิดและปริมาณฮอร์โมนที่ มีอยู่ภายในต้นพืช

จีบเบอเรลลินเป็นสารควบคุมการเจริญเติบโตพืชชนิดหนึ่ง ที่มีความสามารถยับยั้งการ ออกดอกในมะม่วง จากการใช้ Gibberellic acid (GA_3) ในช่วงก่อนที่มะม่วงจะแตกตาพบว่า

ชะลอการออกดอกได้ (Kachru และคณะ, 1971) การออกดอกจะลดลงเมื่อมีการให้ GA_3 ซึ่งผสมใน lanonin ที่ตายอด โดยจะเกิดการแตกตาเป็นตาใบขึ้น แต่ Tomer (1984) พบว่าจะชะลอการแตกตาของกิ่งข้างได้เมื่อใช้ GA_3 ในความเข้มข้นสูง และการใช้ GA_3 ความเข้มข้น 250 ppm จะชะลอการเกิดยอดเป็นเวลานาน ผลตอบสนองของ GA_3 จะขึ้นอยู่กับพันธุ์ สภาพการเจริญเติบโต และระยะเวลาในการใช้ (Tomer, 1984; Turabull และคณะ, 1996) ซึ่งผลตอบสนองของต้นพืชต่อการให้จิบเบอเรลลินมักจะเกี่ยวข้องกับปริมาณจิบเบอเรลลินที่อยู่ภายในต้นในช่วงของการให้หรือช่วงที่มีการเปลี่ยนแปลงของตาดอก ทั้งนี้จะขึ้นกับตำแหน่งที่ให้และอายุของตาดอกด้วย Chen (1987) พบว่าปริมาณจิบเบอเรลลินจะสูงที่สุดในช่วงที่มีการเปลี่ยนแปลงของใบมะม่วงจากระยะใบอ่อนเป็นใบแก่เต็มที่ และจะต่ำสุดในช่วงที่แทงช่อดอกและดอกบาน Tongumpai และคณะ (1991) พบว่าปริมาณจิบเบอเรลลินจะลดลงต่ำ 30 วันก่อนเกิด flower bud formation จนถึงช่วง flower bud formation นอกจากนี้การให้ GA_3 กับมะม่วงสามารถกระตุ้นการเจริญเติบโตทางกิ่งใบและชะลอการออกดอกของมะม่วงให้ช้าออกไป (มณูญ, 2531; Shawky และคณะ, 1978) ในการวิเคราะห์หาปริมาณจิบเบอเรลลินภายในต้นพืชในปัจจุบันมีการทดสอบได้หลายวิธี เช่น วิธีทางชีววิธี (bioassay method) หรือวิธีทาง physiochemical method Pal และ Ram (1978) พบว่าปริมาณจิบเบอเรลลินของมะม่วงพันธุ์ Dashehari จะสูงในส่วนของปลายยอดของต้นในปีที่ไม่ออกดอก (off-year) มากกว่าในปีที่ออกดอก (on-year) โดยการทดสอบทางชีววิธีด้วย lettuce hypocotyl test

โรจนรวิ และคณะ (2540) วิเคราะห์สารคล้ายไซโตไคนินและทดสอบด้วยวิธี soybean hypocotyl callus bioassay พบว่าในยอดลั่นจีของต้นที่ออกดอกและไม่ออกดอก มีปริมาณสารคล้ายไซโตไคนินไม่แตกต่างกัน โดยในยอดลั่นจีของต้นที่ออกดอกมีปริมาณสารคล้ายไซโตไคนินเพิ่มขึ้นในสัปดาห์ที่ 2 (31 ธันวาคม พ.ศ. 2539) และสัปดาห์ที่ 4 (15 มกราคม พ.ศ. 2540) หลังเกิดตาดอก ส่วนในยอดลั่นจีของต้นที่ไม่ออกดอกปริมาณสารคล้ายไซโตไคนินไม่มีการเปลี่ยนแปลง และจากการศึกษาหาปริมาณของไซโตไคนินด้วยเครื่อง High Performance Liquid Chromatography ในส่วนปลายยอดที่แตกใบอ่อน ยอดที่ออกดอก ช่อดอก และผลอ่อนอายุ 2 สัปดาห์ ปรากฏว่ายังไม่พบปริมาณสารคล้ายไซโตไคนิน Chen (1990) พบไซโตไคนินใน xylem sap ของลั่นจีเพิ่มขึ้นจนมีปริมาณมากที่สุดในช่วง flower bud formation และ full bloom ส่วน Paulas และ Shanmugavelu (1988) พบว่าไซโตไคนินจะมีปริมาณสูงที่สุดในช่วงตาดอกและช่วงแทงตาดอกมะม่วง และจะพบน้อยที่สุดในช่วงติดผล โดยช่วงออกดอกจะมีปริมาณสูงกว่าช่วงติดผลแต่ยังน้อยกว่าช่วงตาดอกและแทงตาดอก ในพืชบางชนิดการให้ไซโตไคนินจากภายนอกสามารถกระตุ้นการเกิดตาดอกได้โดย Chen (1985) ให้ BA (6-benzylaminopurine) กับยอดมะม่วงในช่วงก่อนการแตกตา และช่วงออกดอกในเดือนตุลาคม พบว่า สามารถทำให้ต้นมะม่วงออกดอก 1 เดือนหลังการให้สาร ส่วนต้นที่ไม่ได้ให้ BA ปรากฏว่าอีก 3 เดือนจึงจะออกดอก

สารควบคุมการเจริญเติบโตพืชเหล่านี้ น่าจะมีบทบาทสำคัญในการควบคุมการออกดอกของมะม่วงจากที่กล่าวมาแล้วข้างต้น แต่ปัจจุบันไม่ทราบแน่ชัดว่าการเปลี่ยนแปลงระดับของสาร

ควบคุมการเจริญเติบโตในรอบปีในต้นมะม่วงของสายพันธุ์ไทย โดยเฉพาะช่วงก่อนที่มะม่วงจะออกดอกเป็นอย่างไร และต้องเพิ่มขึ้นหรือลดลงถึงระดับใดจึงจะทำให้มะม่วงออกดอกได้ นอกจากนี้ประสิทธิภาพของการใช้สารควบคุมการเจริญเติบโตพืชยังขึ้นอยู่กับพันธุกรรมของต้นพืช และสภาพแวดล้อมอีกด้วย การวิจัยครั้งนี้จึงได้ทำการศึกษาหาความสัมพันธ์ของสารคล้ายจิบเบอเรลลินและสารคล้ายไซโตไคนินภายในกิ่งมะม่วง ในช่วงการเจริญทางกิ่งใบและการออกดอกในรอบปีของมะม่วงพันธุ์เขียวเสวย น้ำดอกไม้ และหนองแซง โดยศึกษาในต้นมะม่วงที่ปล่อยให้มีการเจริญโตตามธรรมชาติ เพื่อดูว่าปริมาณการเปลี่ยนแปลงของสารควบคุมการเจริญเติบโตภายในต้นเหล่านี้มีผลต่อการออกดอกของมะม่วงหรือไม่อย่างไร และศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณของสารควบคุมการเจริญเติบโตทั้งสองกลุ่มในมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ที่ปลูกในพื้นที่ต่างกัน เพื่อเป็นแนวทางในการควบคุมการออกดอกของมะม่วงให้มีประสิทธิภาพขึ้น

วิธีการทดลอง

การทดลองที่ 1 ความสัมพันธ์ของการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารคลอโรฟิลล์และสารคลอโรฟิลล์ไฮโดรคาร์บอนในกิ่งกับการเจริญเติบโตของมะม่วง 3 พันธุ์

1. การเก็บตัวอย่างพืช

เลือกต้นมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ 7 ต้น พันธุ์หนองแซง 5 ต้น และพันธุ์เขียวเสวย 4 ต้นที่มีอายุประมาณ 30 ปี ซึ่งปลูกอยู่ที่สถานีวิจัยปากช่อง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ อำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา ต้นมะม่วงมีการเจริญเติบโตตามสภาพแวดล้อมทางธรรมชาติ และมีความสมบูรณ์ใกล้เคียงกันไว้เพื่อการศึกษา

ในวันที่ 24 พฤศจิกายน พ.ศ. 2540 เริ่มเลือกกิ่งยอดที่สังเกตเห็นระยะการเจริญเติบโตสองช่วงอย่างเด่นชัด คือช่วงปลายยอดซึ่งเป็นช่วงที่เพิ่งแตก (current shoot) และช่วงถัดลงไปซึ่งเป็นกิ่งอายุ 1 ปี (1-year old shoot) โดยกระจายเลือกกิ่งตัวแทนให้อยู่บริเวณรอบทรงพุ่ม แล้วเลือกเก็บกิ่งเฉพาะที่มีตายอดมาศึกษา นำตัวอย่างที่ตัดจากต้น บรรจุถุงพลาสติกใสในกระติกที่มีน้ำแข็งเพื่อรักษาอุณหภูมิให้ต่ำลง แล้วนำไปยังห้องปฏิบัติการภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล เก็บไว้ในตู้อุณหภูมิต่ำประมาณ -20°C เพื่อนำไปวิเคราะห์ปริมาณสารคลอโรฟิลล์และสารคลอโรฟิลล์ไฮโดรคาร์บอนต่อไป

2. การศึกษาลักษณะการเจริญเติบโตภายนอก โดยทำการศึกษาลักษณะต่างๆ เฉพาะในกิ่งยอดที่แตกใหม่ (current shoot) ดังนี้

2.1 การยืดยาวของกิ่งยอด สุ่มเลือกกิ่งยอดรอบทรงพุ่มจำนวน 20 ยอด จากยอดทั้งหมดที่เก็บมาจากต้นมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ หนองแซง และเขียวเสวย ทำการวัดความยาวของยอดที่มีความสมบูรณ์จากจุดที่เกิดยอดใหม่จากปีที่แล้วจนถึงตำแหน่งตายอด

2.2 เส้นผ่านศูนย์กลางกิ่งยอด โดยการวัดเส้นผ่านศูนย์กลางกิ่งยอดบริเวณที่เกิดยอดใหม่จากปีที่แล้วด้วย vernier caliper ซึ่งยอดที่ทำการวัดเป็นยอดเดียวกับที่ใช้ศึกษาการยืดยาวของกิ่งยอด

2.3 จำนวนใบทั้งหมดต่อยอด โดยการนับจำนวนใบทั้งหมดของยอดที่เกิดใหม่ มีหน่วยเป็นใบ ซึ่งใบที่ทำการนับจะเป็นใบของยอดเดียวกับที่ใช้ศึกษาการขยายตัวของเส้นผ่านศูนย์กลางยอด

2.4 น้ำหนักใบทั้งหมดต่อยอด โดยการชั่งน้ำหนักใบทั้งหมดของยอดที่เกิดใหม่ด้วยเครื่องชั่ง ซึ่งใบที่ทำการชั่งเป็นใบเดียวกับที่ใช้ศึกษาจำนวนใบทั้งหมดต่อยอด

2.5 น้ำหนักกิ่งยอด โดยการชั่งน้ำหนักยอดด้วยเครื่องชั่ง ซึ่งยอดที่ทำการชั่งเป็นยอดเดียวกับที่ใช้ศึกษาการยืดยาวของกิ่งยอด

2.6 บันทึกลักษณะการเจริญเติบโตของต้นดังที่กล่าวมาแล้วทุก 3 สัปดาห์ เป็นระยะเวลา 1 ปี เพื่อบอกว่าต้นมะม่วงอยู่ในระยะการเจริญเติบโตทางด้านกิ่งใบหรือการเจริญเติบโตทางด้านสืบพันธุ์

3. บันทึกสภาพฟ้าอากาศ บริเวณที่ทำการศึกษา

ได้แก่ ปริมาณน้ำฝน ความชื้นสัมพัทธ์ของบรรยากาศ และอุณหภูมิอากาศ ของบริเวณสถานีวิจัยปากช่อง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ อำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา ในระหว่างเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2540 – พ.ศ. 2541

4. การวิเคราะห์ปริมาณสารคลอโรฟิลล์และสารคลอโรฟิลล์ในกิ่ง

เก็บตัวอย่างกิ่งมะม่วงที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.0 - 1.5 ซม. จากต้นมะม่วงทั้งสามพันธุ์มาเก็บรักษาไว้เพื่อรอการวิเคราะห์หาปริมาณสารคลอโรฟิลล์และสารคลอโรฟิลล์ในกิ่ง ตามวิธีของ Okada (1993) และ Paksasorn (1995) กิ่งมะม่วงที่นำมาศึกษาประกอบด้วยส่วนปลายยอดที่เจริญเติบโตในปี (current year shoot) และส่วนที่เติบโตในปีที่ผ่านมา (1-year old shoot)

การทดลองที่ 2 ความสัมพันธ์ของการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารคลอโรฟิลล์และสารคลอโรฟิลล์ในกิ่งกับการเจริญเติบโตของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้พะยอมเบอร์ 4 ซึ่งปลูกในสามภูมิภาค

ต้นมะม่วงที่ใช้ในการทดลองนี้ คือพันธุ์น้ำดอกไม้พะยอมเบอร์ 4 ที่มีอายุประมาณ 6-7 ปี มีการเจริญเติบโตตามสภาพแวดล้อมทางธรรมชาติ ซึ่งปลูกอยู่ใน 3 พื้นที่ของประเทศไทย คือ

1. บริเวณภาคกลาง จากสวนคุณสุมาลี ธรรมชาติ ที่อำเภอบางใหญ่ จังหวัดนนทบุรี จำนวน 40 ต้น

2. บริเวณภาคตะวันออกเฉียงเหนือ จากแปลงทดลองภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น จำนวน 4 ต้น

3. บริเวณภาคเหนือ จากแปลงทดลองสาขาไม้ผล คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่ จำนวน 5 ต้น

1. การศึกษาการเจริญเติบโตของดอก ดังนี้

1.1 สุ่มช่อดอกที่ต้องการศึกษา โดยติดป้ายพลาสติกที่กิ่งยอดซึ่งคาดว่าจะเจริญเติบโตเป็นช่อดอก โดยในแต่ละพื้นที่จะติดป้ายดังนี้ ต้นมะม่วงที่จังหวัดนนทบุรีติดป้ายจำนวน 145 กิ่ง ต้นที่จังหวัดขอนแก่นติดป้ายจำนวน 60 กิ่ง และต้นที่จังหวัดเชียงใหม่ติดป้ายจำนวน 60 กิ่ง

1.2 บันทึกความสมบูรณ์ของแต่ละช่อ เมื่อดอกพัฒนาเต็มช่อแล้ว

1.3 บันทึกวันที่ดอกแรกของแต่ละช่อดอกบาน

หลังจากนั้นจะแบ่งกลุ่มช่อดอกออกเป็น 2 ชุดโดยชุดที่ 1 จะใช้ศึกษาอัตราส่วนเพศดอก ส่วนชุดที่ 2 จะใช้ศึกษาการแตกของอับละอองเกสร ความมีชีวิตของละอองเกสร และการงอกของหลอดละอองเกสร

2. การศึกษาอัตราส่วนเพศดอก

โดยนับจำนวนดอกสมบูรณ์เพศและดอกเพศผู้ของแต่ละช่อ ตั้งแต่วันที่ดอกแรกของช่อบานจนถึงดอกบานหมดทั้งช่อ โดยจะนับวันเว้นวัน ซึ่งแต่ละวันที่ศึกษาต้องเด็ดดอกที่นับแล้วทิ้งเพื่อป้องกันความซ้ำซ้อน

3. การศึกษาการแตกของอับละอองเกสร

อายุของดอกที่ศึกษา คือ ระยะดอกบาน 20% ของดอกทั้งสองเพศ โดยพิจารณาจากช่วงเวลาที่มีจำนวนดอกบานได้ประมาณครึ่งช่อจากโคน และบริเวณปลายช่อยังไม่พบดอกบานเลย ดอกที่ใช้ศึกษาจะเป็นดอกที่บานในวันที่ศึกษาเท่านั้น ซึ่งสังเกตจากลักษณะของกลีบดอกจะมีสีเหลืองสด ถ้าดอกที่บานไปแล้วจะพบว่ากลีบดอกจะเริ่มเหี่ยวและเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลแดง นับจำนวนดอกที่อับละอองเกสรแตก และเปรียบเทียบเป็นเปอร์เซ็นต์กับจำนวนดอกทั้งหมดที่บานในวันที่ศึกษา ซึ่งสามารถนำมาคำนวณได้ ดังนี้

$$\text{เปอร์เซ็นต์การแตกของอับละอองเกสร} = \frac{\text{จำนวนอับละอองเกสรที่แตก} \times 100}{\text{จำนวนอับละอองเกสรทั้งหมด}}$$

นำค่าที่ได้มาเปรียบเทียบเป็นเปอร์เซ็นต์การแตกของอับละอองเกสรในช่อดอกของทั้งสามพื้นที่ ลักษณะที่สังเกตได้ในการศึกษาการแตกของอับละอองเกสร คือ อับละอองเกสรที่ยังไม่แตกจะมีสีม่วงอมชมพูเข้ม ส่วนอับละอองเกสรที่แตกแล้วจะมีลักษณะฟูและเปลี่ยนเป็นสีเทา

4. การทดสอบความมีชีวิตละอองเกสร

ทำการศึกษาที่ระยะดอกบาน 50% โดยพิจารณาจากช่วงที่ดอกตำแหน่งกลางของช่อดอกย่อยบริเวณปลายช่อบานเกือบทั่วทั้งช่อ ทดสอบโดยดูการติดสีย้อมของละอองเกสรดังนี้ เชียะละอองเกสรลงบนแผ่นสไลด์ชนิดธรรมดา แล้วหยดสีย้อม propio-carmines ความเข้มข้น 1% จากนั้นปิด cover slip นำไปนับจำนวนละอองเกสรที่ติดสี ซึ่งส้อมนับภายใต้กล้องจุลทรรศน์กำลังขยาย 10 เท่าจำนวน 3 บริเวณต่อ 1 แผ่นสไลด์ และเปรียบเทียบกับจำนวนละอองเกสรทั้งหมดซึ่งสามารถนำมาคำนวณดังนี้

$$\text{เปอร์เซ็นต์การติดสีของละอองเกสร} = \frac{\text{จำนวนละอองเกสรที่ติดสี} \times 100}{\text{จำนวนละอองเกสรทั้งหมด}}$$

ทำการตรวจสอบจำนวน 30 สไลด์และนำค่าที่ได้ทั้งหมดมาหาค่าเฉลี่ย โดยใช้เกณฑ์ตัดสินความมีชีวิตของละอองเกสร คือ ละอองเกสรที่ติดสีแดงเข้ม

5. การทดสอบความงอกของหลอดละอองเกสร

ทำการศึกษาที่ระยะดอกบาน 50% โดยคัดเลือกดอกที่เริ่มบานแต่อับละอองเกสรยังไม่แตก จากนั้นนำดอกมะม่วงใส่จานแก้ว ผึ่งไว้ที่อุณหภูมิห้อง เมื่ออับละอองเกสรแตกออก จึงนำมาทดสอบความงอกของละอองเกสร โดยนำละอองเกสรมาเลี้ยงในอาหารสูตร Brawbaker และ Kwack (1963) โดยวิธี hanging drop จากนั้นนำแผ่นสไลด์ชนิดหลุมไปวางไว้ในกล่องพลาสติกที่มีความชื้นสูงและอยู่ในอุณหภูมิห้อง นานประมาณ 6 ชั่วโมง แล้วบันทึกข้อมูลโดยนับจำนวนหลอดละอองเกสรที่งอกซึ่งสุมนับภายใต้กล้องจุลทรรศน์กำลังขยาย 10 เท่าจำนวน 3 บริเวณ โดยใช้ความยาวของหลอดละอองเกสรที่งอกยาวเท่ากับหรือมากกว่าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของละอองเกสรเป็นเกณฑ์ และเทียบเป็นเปอร์เซ็นต์กับจำนวนละอองเกสรทั้งหมด นำมาคำนวณดังนี้

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

6. นำข้อมูลที่ได้ทั้งหมดคือ วันที่ดอกแรกบาน อัตราส่วนเพศดอก การแตกของอับละอองเกสร ความมีชีวิตของละอองเกสร และการงอกของหลอดละอองเกสรของทั้งสามพื้นที่ มาศึกษาความสัมพันธ์กับข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยา คือ อุณหภูมิเฉลี่ย ($^{\circ}\text{C}$) ปริมาณน้ำฝน (mm) ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย (%) ซึ่งได้มาจากการมอุตุนิยมวิทยา ศูนย์วิจัยพืชไร่จังหวัดขอนแก่น และสถานีอากาศเกษตรแม่โจ้ ศูนย์วิจัยพืชไร่จังหวัดเชียงใหม่ เพื่อหาความสัมพันธ์ของอิทธิพลของสิ่งแวดล้อมชนิดต่าง ๆ ที่มีต่อลักษณะนิสัยการออกดอก

7. การศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารคลอโรฟิลล์และสารคลอโรฟิลล์ในดา ยอดมะม่วง

เก็บตัวอย่างกิ่งมะม่วงที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.0-1.5 ซม. จากต้นมะม่วงที่เจริญเติบโตอยู่ในสามพื้นที่ทดลอง นำเฉพาะดายอดที่มีความยาวจากปลายยอด 1.5 ซม. มาเก็บรักษาไว้ในอุณหภูมิ -20°C เพื่อรอการวิเคราะห์ปริมาณสารคลอโรฟิลล์และสารคลอโรฟิลล์ในดา โคนินเช่นเดียวกับการทดลองที่ 1

ผลการทดลองและบทวิจารณ์

1. ความสัมพันธ์ของการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารคลอโรฟิลล์และสารคลอโรฟิลล์ในกิ่งกับการเจริญเติบโตของมะม่วง 3 พันธุ์

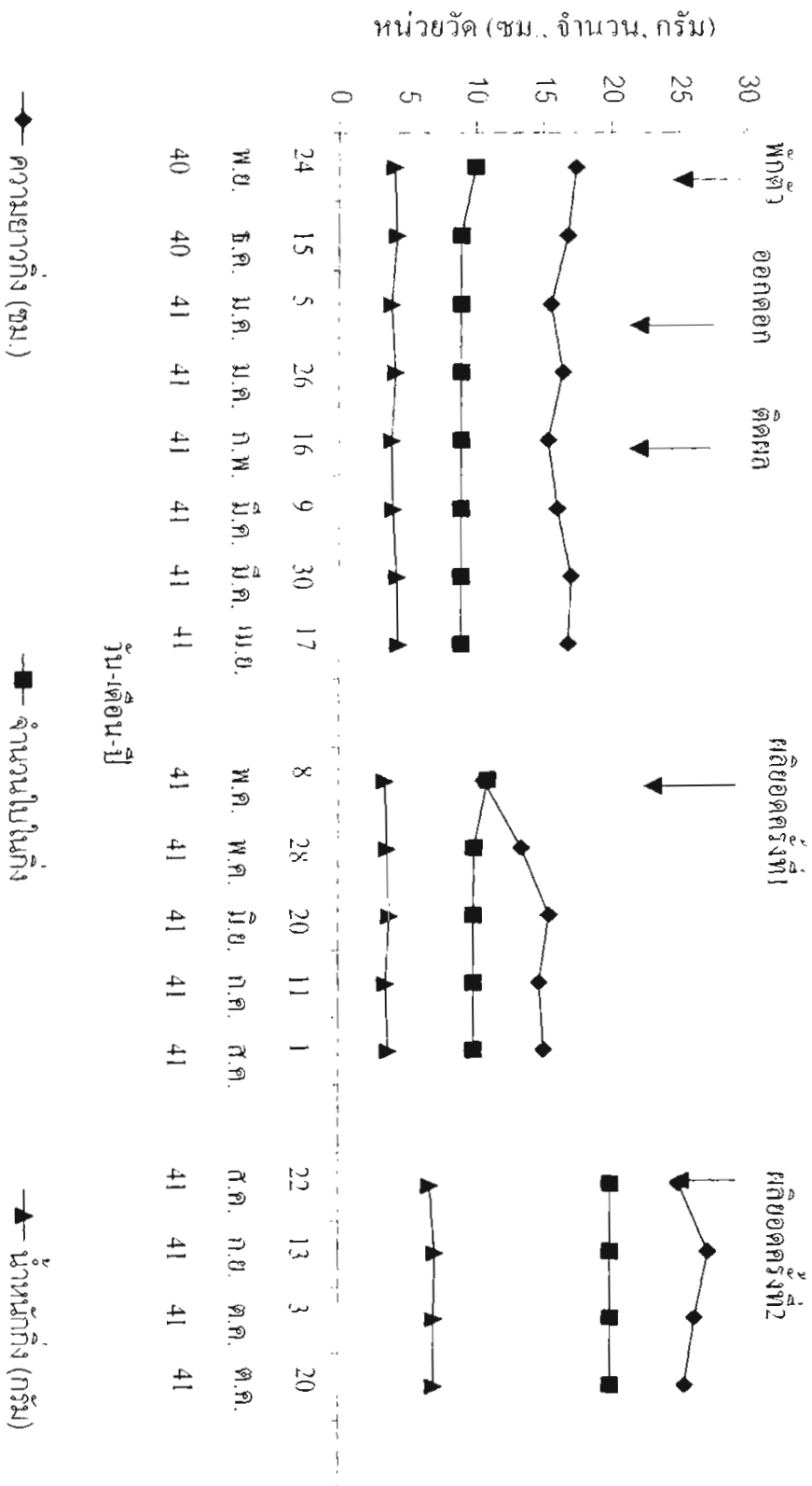
จากการศึกษาการเจริญเติบโตทางลำต้นของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ เขียวเสวย และหนองแขง ตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2540 - เดือนตุลาคม พ.ศ. 2541 พบว่า มะม่วงพันธุ์เขียวเสวย และหนองแขงมีการผลิยอดใหม่ 2 ครั้ง คือ เดือนพฤษภาคมและเดือนกันยายน พ.ศ. 2541 ในขณะที่พันธุ์น้ำดอกไม้จะมีการผลิยอดใหม่ 3 ครั้ง โดยจะผลิใบและยอดใหม่ครั้งที่ 1 ก่อน ในช่วงที่กำลังมีการติดผลระหว่างเดือนมีนาคม 2541 แล้วผลิยอดใหม่ครั้งที่ 2 และครั้งที่ 3 ในช่วงเวลาเดียวกับพันธุ์เขียวเสวยและพันธุ์หนองแขง แม้ว่ามะม่วงทั้งสามพันธุ์เจริญเติบโตอยู่ในสภาพแวดล้อมเดียวกันก็ตาม (ภาพที่ 1-3) แต่ลักษณะหรือความสามารถในการแตกยอดใหม่นั้นจะแปรผันตามพันธุ์หรือพันธุ์กรรม ลักษณะของกิ่งมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ที่แตกออกมาในช่วงแรกนั้นเป็นกิ่งที่ไม่ต้องการ (unwanted vegetative flush) ส่วนกิ่งที่แตกออกมาในครั้งที่ 2 และ 3 ของพันธุ์น้ำดอกไม้ และกิ่งแตกใหม่ 2 ครั้งของพันธุ์หนองแขงและเขียวเสวยเป็นกิ่งในกลุ่ม postharvest vegetative flush ที่จะพัฒนาไปเป็นดอกต่อไป (Crane และคณะ, 1997) ลักษณะของกิ่งที่แตกออกมานั้น จะเป็นกิ่งที่มีแต่ใบเพียงอย่างเดียวเรียกว่า vegetative shoot types (Davenport และ Nunez-Elisea, 1997) กิ่งที่ยืดยาวออกมานี้จะมีสีเขียว หลังจากกิ่งเจริญเติบโตเต็มที่แล้วจะดูได้จากสีกิ่งที่เปลี่ยนเป็นสีเขียวแก่ การพัฒนาของ vegetative shoot หลังจากช่วง initiation จนเจริญเติบโตเต็มที่ใช้เวลา 3-6 สัปดาห์ ขึ้นกับพันธุ์และสภาพแวดล้อม (Whiley และคณะ 1991)

ในระหว่างที่ผลมะม่วงกำลังเจริญเติบโตอยู่นั้น จะมีฝนตกปริมาณเล็กน้อยช่วงเดือนมีนาคม (ภาพที่ 4) ทำให้ยอดบางส่วนของต้นมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ที่ไม่มีผลติดอยู่บนต้นสามารถดูดน้ำขึ้นไปใช้ได้ และช่วยเพิ่มปริมาณไนโตรเจน ส่งผลทำให้คาร์โบไฮเดรตสะสมถูกนำไปใช้ในการสร้างใบ จึงทำให้ผลิใบและยอดใหม่ออกมา แต่ในพันธุ์เขียวเสวยและหนองแขง จะไม่พบลักษณะการเจริญเติบโตเช่นนี้ ซึ่งมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้โดยส่วนใหญ่จะมีลักษณะการแตกยอดใบใหม่เร็วกว่าพันธุ์เขียวเสวยอยู่แล้ว มะม่วงเป็นพืชที่ต้องการน้ำสม่ำเสมอสำหรับการเจริญเติบโตเว้นแต่ในช่วงที่มะม่วงมีการพักตัว คือระหว่างเดือนพฤศจิกายนถึงกลางเดือนธันวาคม ซึ่งเป็นช่วงที่ต้นมะม่วงไม่ต้องการน้ำมาก และในช่วงนี้หากมีน้ำมากเกินไปจะเร่งให้มะม่วงแตกใบอ่อนแทนที่จะเป็นการสร้างดอก การเจริญของมะม่วงในแต่ละช่วงจะมีความสัมพันธ์เกี่ยวกันเป็นลูกโซ่ ถ้าช่วงใดช่วงหนึ่งเกิดการติดขัดจะมีผลกระทบต่อช่วงต่อไป (นิรนาม, 2538)

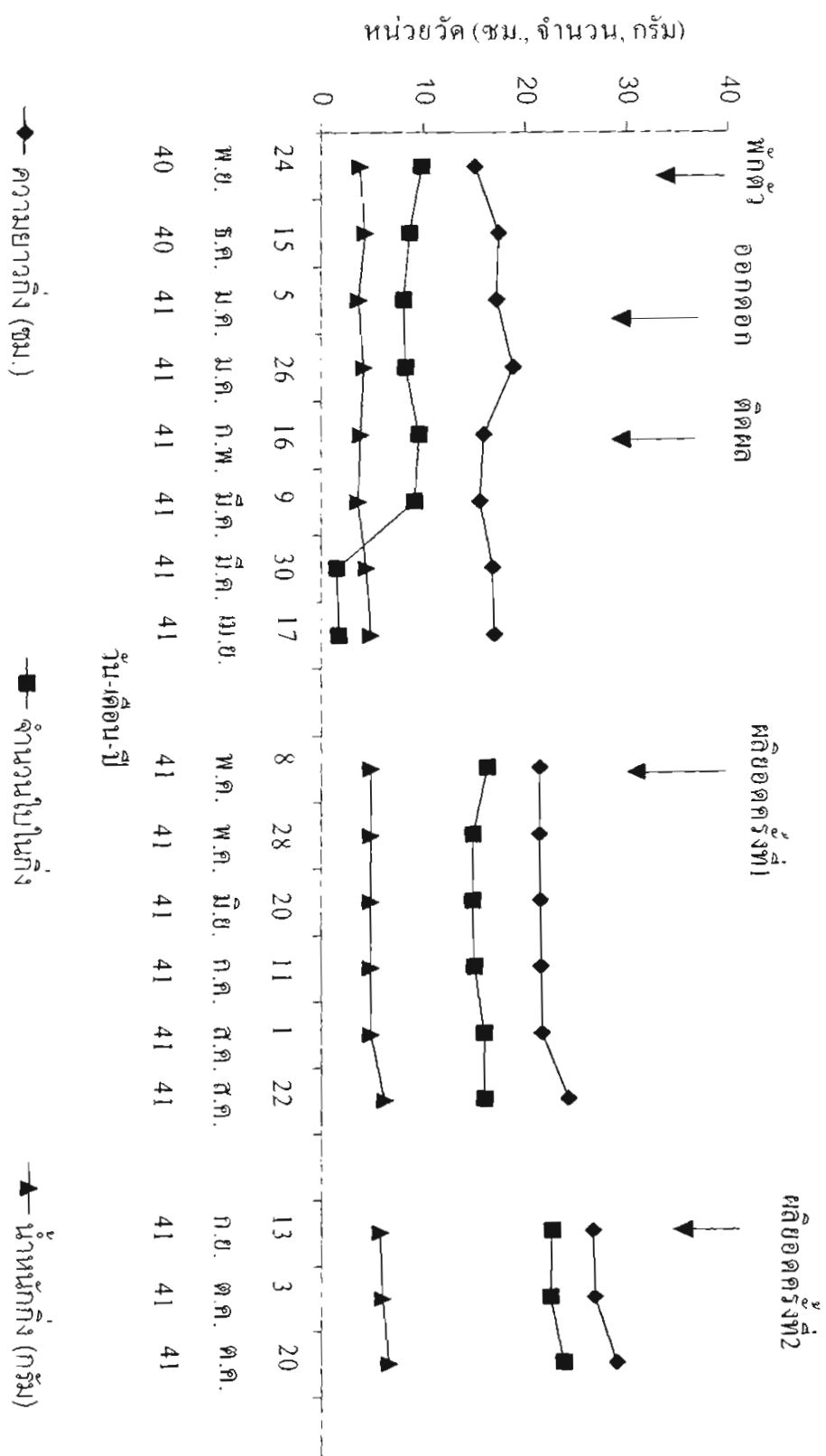
การเจริญเติบโตทางด้านกิ่งใบของมะม่วงทั้งสามพันธุ์มีลักษณะเช่นเดียวกัน กล่าวคือ ในระยะแรกที่พบการแตกกิ่งใหม่ ความยาวกิ่ง เส้นผ่านศูนย์กลางกิ่งยอด จำนวนใบเฉลี่ยต่อยอด น้ำหนักสดใบเฉลี่ย น้ำหนักสดยอดแตกใหม่เฉลี่ย จะเพิ่มขึ้นอย่างมากในช่วงแรกที่มีการผลิยอด

ใหม่ ต่อจากนั้นอัตราการเจริญเติบโตจะคงที่ ส่วนในระยะที่มีการออกดอก การเพิ่มขึ้นของลักษณะต่างๆ ที่กล่าวมาจะพบน้อยมาก และในบางลักษณะจะไม่พบการเปลี่ยนแปลงเลย (ภาพที่ 1-3)

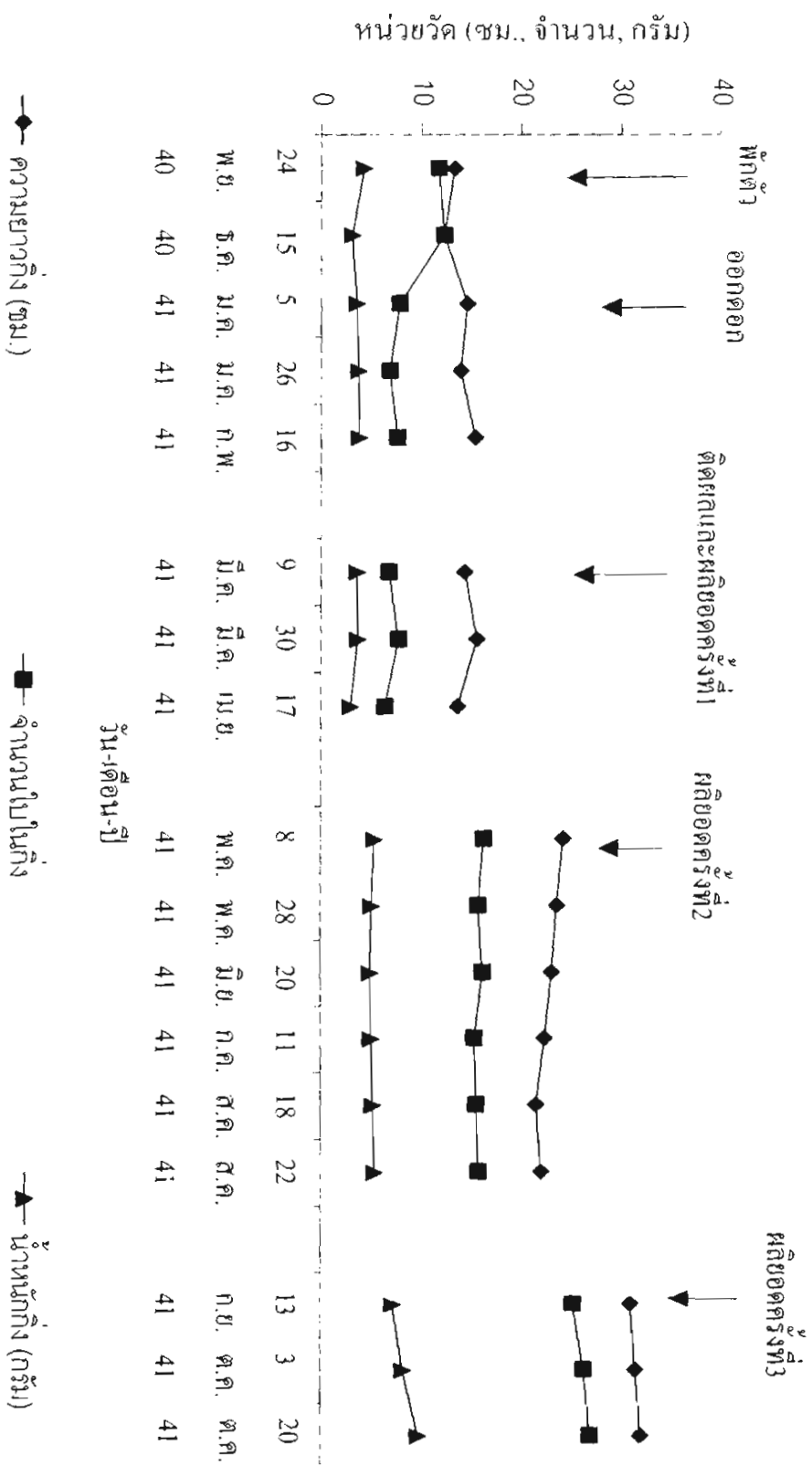
จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางลำดับในลักษณะต่างๆ ของยอดมะม่วงทั้ง 5 ลักษณะ พบว่าความยาวยอดมีการเจริญเติบโตสัมพันธ์กับจำนวนใบในกิ่งที่แตกใหม่ และน้ำหนักสดยอด กล่าวคือ เมื่อความยาวยอดเพิ่มขึ้นจะมีผลทำให้น้ำหนักสดยอดเพิ่มขึ้น และจำนวนใบใหม่ในกิ่งจะเพิ่มขึ้นตามจำนวนครั้งที่แตกยอด นอกจากนี้ยังพบว่าจำนวนใบและการขยายตัวของใบมีการเจริญเติบโตสัมพันธ์กับน้ำหนักสดใบ กล่าวคือ เมื่อจำนวนใบและการขยายตัวของใบเพิ่มขึ้นจะมีผลทำให้น้ำหนักกิ่งสดเพิ่มขึ้นด้วย ส่วนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางกิ่งและน้ำหนักใบสด พบว่าค่อนข้างคงที่ตลอดช่วงการเจริญเติบโตของมะม่วงทั้งสามพันธุ์ (ภาพที่ 1-3 และตารางที่ 1)



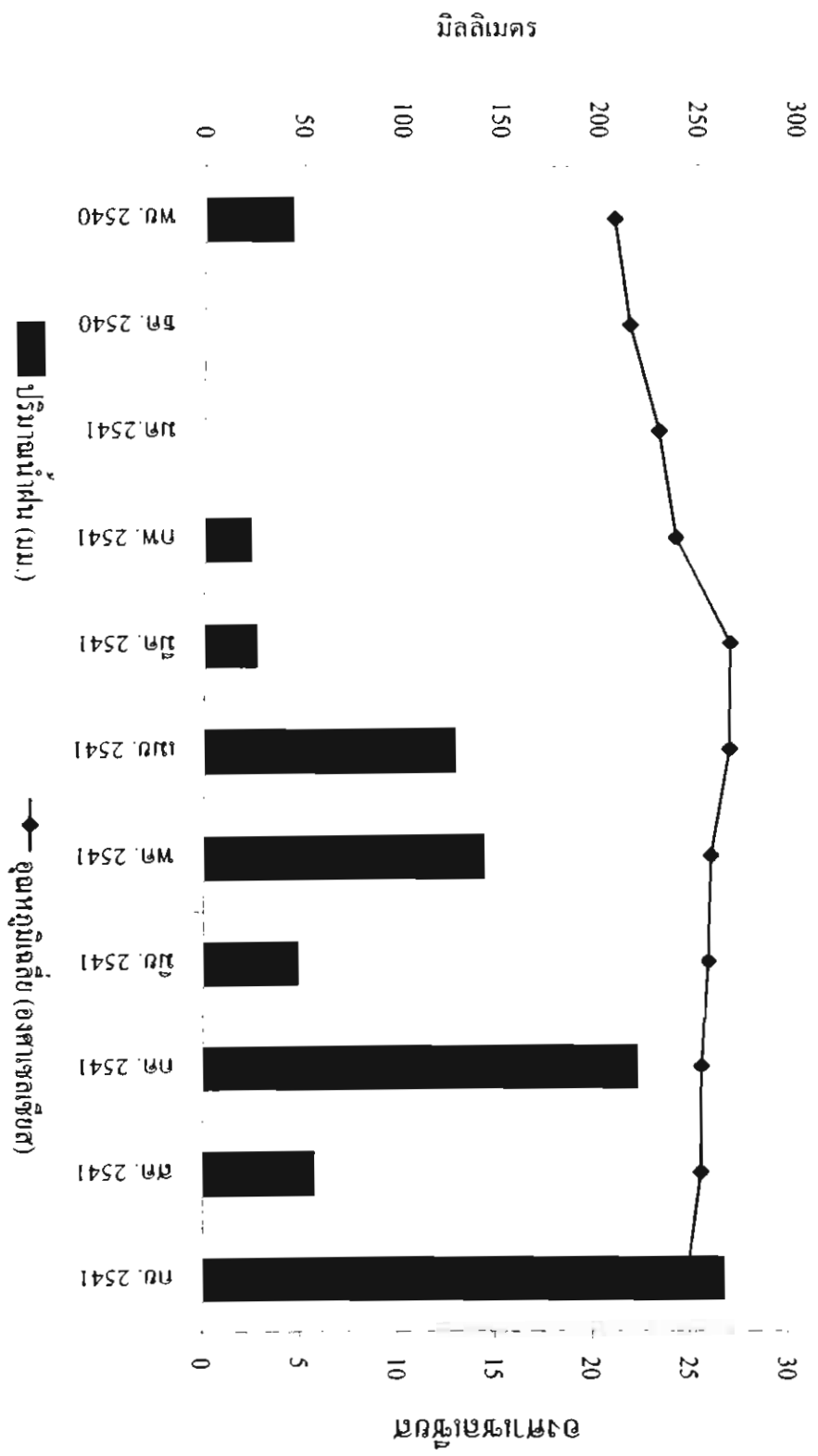
ภาพที่ 1 การเจริญเติบโตทางลำต้นในรอบปีของมะม่วงพันธุ์เขียวเสวย



ภาพที่ 2 การเจริญเติบโตทางลำต้นในรอบปีของมะม่วงพันธุ์หนองแซง



ภาพที่ 3 การเจริญเติบโตทางลำต้นในรอยปีของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้



ภาพที่ 4 การเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมในรอบปีที่ผ่านมาของ อ. ปากช่อง จ. นครราชสีมา

ตารางที่ 1 การเปลี่ยนแปลงในรอบปีของเส้นผ่านศูนย์กลางกึ่งและน้ำหนักใบของมะม่วง 3 พันธุ์ที่ปลูก ณ สถานีวิจัยปากช่อง อ. ปากช่อง จ. นครราชสีมา

วัน-เดือน-ปี	พันธุ์เขียวเสวย		พันธุ์หนองแซง		พันธุ์น้ำดอกไม้	
	เส้นผ่านศูนย์กลางกึ่ง (ซม.)	น้ำหนักใบ (กรัม)	เส้นผ่านศูนย์กลางกึ่ง (ซม.)	น้ำหนักใบ (กรัม)	เส้นผ่านศูนย์กลางกึ่ง (ซม.)	น้ำหนักใบ (กรัม)
24 พ.ย. 2540	5.4	1.3	5.4	1.4	5.3	1.6
15 ธ.ค. 2540	5.5	1.4	5.2	1.4	5.2	1.6
5 ม.ค. 2541	5.4	1.4	5.3	1.2	5.3	1.4
26 ม.ค. 2541	5.6	1.5	5.7	1.4	5.3	1.5
16 ก.พ. 2541	5.5	1.4	5.6	1.4	5.7	1.4
9 มี.ค. 2541	5.4	1.3	5.0	1.2	4.9	1.3
30 มี.ค. 2541	5.5	1.4	5.1	0.8	5.7	1.3
17 เม.ย. 2541	5.4	1.4	5.2	1.0	5.2	1.3
8 พ.ค. 2541	5.3	1.3	3.1	0.6	4.3	1.1
28 พ.ค. 2541	5.4	1.3	3.2	0.7	4.4	1.1
20 มิ.ย. 2541	5.4	1.4	3.2	0.7	4.3	1.0
11 ก.ค. 2541	5.5	1.4	3.1	0.7	4.3	1.0
18 ส.ค. 2541	5.6	1.4	3.2	0.8	4.8	1.1
22 ส.ค. 2541	5.2	1.3	3.4	1.1	4.8	1.2
13 ก.ย. 2541	5.4	1.3	3.8	0.6	5.0	1.3
3 ต.ค. 2541	5.5	1.3	4.7	0.9	5.3	1.3
20 ต.ค. 2541	5.5	1.3	4.8	1.1	5.2	1.5

จากการวิเคราะห์และคำนวณปริมาณสารคล้ายจิบเบอเรลลินในกิ่งแตกใหม่ (current shoot) และในกิ่งมะม่วงที่มีอายุ 1 ปี (1-year old shoot) ในระยะการเจริญเติบโตต่างๆ ของมะม่วงทั้งสามพันธุ์ พบว่าปริมาณสารคล้ายจิบเบอเรลลินที่วิเคราะห์ได้นั้นมีความผันแปรมาก ไม่สามารถนำมาอธิบายความสัมพันธ์กับช่วงการเจริญเติบโตได้อย่างชัดเจน (ภาพที่ 5-7)

ในกิ่งมะม่วงอายุ 1 ปีและกิ่งใหม่หลังจากแตกออกมาแล้วนั้น กิ่งทั้งสองประเภทจะอยู่ติดต่อเนื่องกันพบว่า ปริมาณสารคล้ายจิบเบอเรลลินภายในกิ่งแต่ละประเภทไม่มีความแตกต่างกัน แม้ในระหว่างที่มีการเจริญเติบโตของกิ่งใหม่ ซึ่งกำลังเปลี่ยนจากกิ่งสีเขียวอ่อนกลายเป็นสีเขียวเข้มนั้น ตลอดช่วงเวลาดังกล่าว ปริมาณสารคล้ายจิบเบอเรลลินภายในกิ่งใหม่อยู่ในระดับปริมาณคงที่และมีปริมาณใกล้เคียงกับกิ่งอายุ 1 ปี ถึงแม้ว่าส่วนยอดของกิ่งใหม่ที่นำมาศึกษาจะมี apical meristem อยู่ด้วยก็ตามที่ หรือแม้แต่ระยะที่พบการผลิยอดใหม่ก็ตาม ปริมาณสารคล้ายจิบเบอเรลลินในกิ่งทั้งสองก็ไม่แตกต่างกันอย่างชัดเจน ทั้งนี้เป็นผลมาจาก dilution effect ของสารที่กระจายตัวอยู่ภายในกิ่ง ซึ่งปริมาณสารคล้ายจิบเบอเรลลินจะมีมากเพียงเฉพาะบริเวณส่วนปลายยอดเท่านั้น

ส่วนการศึกษาปริมาณสารคล้ายไซโคโคนินภายในกิ่งอายุ 1 ปี และกิ่งแตกใหม่ของมะม่วงทั้งสามพันธุ์ก็พบแบบแผนการเปลี่ยนแปลงในรอบปีที่ไม่แตกต่างกันอย่างชัดเจนเช่นเดียวกับการเปลี่ยนแปลงของปริมาณสารคล้ายจิบเบอเรลลิน (ภาพที่ 8-10) โดยสารคล้ายไซโคโคนินภายในกิ่งทั้งสองชนิดมีปริมาณไม่แตกต่างกัน แม้ว่าลักษณะสัณฐานวิทยาภายนอกของกิ่งทั้งสองชนิดจะแตกต่างกันก็ตาม

ในระหว่างเดือนธันวาคม – เดือนมกราคมที่ต้นมะม่วงทั่วไปจะออกดอกนั้น ในการศึกษาครั้งนี้พบว่า มะม่วงพันธุ์หนองแซงออกดอกค่อนข้างน้อย มีปริมาณช่อดอกแตกออกมาไม่มากนัก ในขณะที่พันธุ์น้ำดอกไม้และเขียวเสวยสามารถออกดอกติดผลตามปกติ อย่างไรก็ตามแบบแผนการเปลี่ยนแปลงของปริมาณสารภายในทั้งสองชนิดที่พบในกิ่งทั้งสองชนิดในมะม่วงแต่ละสายพันธุ์ก็ยังคงปรากฏลักษณะเช่นเดียวกัน

มะม่วงทั้งพันธุ์น้ำดอกไม้ซึ่งมีลักษณะการแตกใบมากถึง 3 ครั้งและพันธุ์เขียวเสวยหรือหนองแซงที่มีการแตกใบเพียง 2 ครั้งจะพบว่าหลังจากผลิยอดครั้งสุดท้ายแล้ว ปริมาณสารคล้ายจิบเบอเรลลินจะลดต่ำลงก่อนการพัฒนาตาดอกในเดือนตุลาคม และเริ่มมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นก่อนที่จะช่อดอกจะแตกออกมา และหลังจากผลิยอดครั้งที่ 1 แล้วปริมาณสารคล้ายจิบเบอเรลลินทั้งหมดจะเพิ่มมากขึ้นตามช่วงการเจริญเติบโตของกิ่งใบใหม่ที่แตกออกมา ส่วนสารคล้ายไซโคโคนินจะมีปริมาณมากในช่วงที่มีการแทงของช่อดอกและติดผลในทั้งสามพันธุ์ Pongsomboon และคณะ (1997) ทำการศึกษาปริมาณสารคล้ายจิบเบอเรลลินในมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้พบว่า จะมีปริมาณสูง ($1.5-1.7 \mu\text{g GA}_3 \text{ equivalent} / \text{g FW}$) ในช่วงเริ่มต้นของการพักตัว แต่จะลดลงประมาณ 50% ในช่วงปลายเดือนพฤศจิกายน และเพิ่มขึ้นจนคงที่ในช่วงสัปดาห์ที่ 2 ของเดือนธันวาคมก่อนจะลดลงอีก ($0.6 \mu\text{g GA}_3 \text{ equivalent} / \text{g FW}$) ในกลางเดือนธันวาคม และในปลายเดือนธันวาคมปริมาณจะค่อยๆ เพิ่มขึ้นกระทั่งแทงช่อดอก Paulas และ Shanmugavelu (1988)

ศึกษาในมะม่วง 3 พันธุ์พบว่า จิบเบอเรลลินในช่วงแทงตาดอกจะมีปริมาณต่ำที่สุด ($2.86 \mu\text{g} / \text{g}$ FW) ในขณะที่ช่วงออกดอกจะมีปริมาณจิบเบอเรลลินสูงที่สุด ($5.56 \mu\text{g} / \text{g}$ FW) และช่วงติดผลจะมีปริมาณมากกว่าช่วงแทงตาดอก ส่วนช่วงที่ตาดักตัวปริมาณจิบเบอเรลลินไม่แตกต่างจากช่วงของการออกดอกและติดผล

2. ความสัมพันธ์ของการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารคล้ายจิบเบอเรลลิน และสารคล้ายไซโตไคนินภายในกับการเจริญเติบโตของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ทะวายเบอร์ 4 ซึ่งปลูกในสามภูมิภาค

จากการศึกษาการเจริญเติบโตของดอกมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ทะวายเบอร์ 4 ที่ปลูกในบริเวณภาคกลาง (จังหวัดนนทบุรี) ภาคเหนือ (จังหวัดเชียงใหม่) และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (จังหวัดขอนแก่น) โดยดูจากระยะเวลาที่ดอกบาน อัตราส่วนเพศดอก การแตกของอับละอองเกสร ความมีชีวิตของละอองเกสร และการงอกของหลอดละอองเกสรได้ผลดังนี้

ระยะเวลาที่ดอกแรกของช่อดอกบานของต้นมะม่วงซึ่งปลูกที่จังหวัดนนทบุรี ขอนแก่น และเชียงใหม่มีความแตกต่างกัน คือ ระหว่างวันที่ 6-20 มกราคม พ.ศ. 2543 (15 วัน) วันที่ 12-29 มกราคม พ.ศ. 2543 (18 วัน) และ วันที่ 7 มกราคม - 7 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2543 (31 วัน) ตามลำดับ โดยที่จังหวัดนนทบุรีนั้น ในระหว่างวันที่ 6-11 มกราคม พ.ศ. 2543 มีการบานของช่อดอกไปแล้วประมาณ 15% ของช่อดอกทั้งหมด และช่อดอกมีการบานสูงสุดในวันที่ 16-17 มกราคม พ.ศ. 2543 คือประมาณ 45% ของช่อดอกทั้งหมด ส่วนมะม่วงซึ่งปลูกที่จังหวัดขอนแก่นพบว่าช่อดอกมีการบานอย่างต่อเนื่อง และพบเปอร์เซ็นต์การบานสูง 2 ช่วงเวลา คือ ในระหว่างวันที่ 17-19 มกราคม และวันที่ 22-25 มกราคม พ.ศ. 2543 โดยมีช่อดอกที่พบดอกแรกบานแล้วประมาณ 63% ของช่อดอกทั้งหมด ส่วนมะม่วงซึ่งปลูกที่จังหวัดเชียงใหม่ ช่อดอกมีการบาน 2 ช่วงอย่างเด่นชัด คือ ช่วงแรกระหว่างวันที่ 7-13 มกราคม พ.ศ. 2543 มีช่อดอกบานไปแล้ว 19% และช่วงที่สองระหว่างวันที่ 21 มกราคม – 7 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2543 โดยช่อดอกมีการบานสูงสุดในช่วงวันที่ 27-31 มกราคม พ.ศ. 2543 คือประมาณ 45% ของช่อดอกทั้งหมด และลักษณะการบานจะไม่ต่อเนื่อง (ภาพที่ 11)

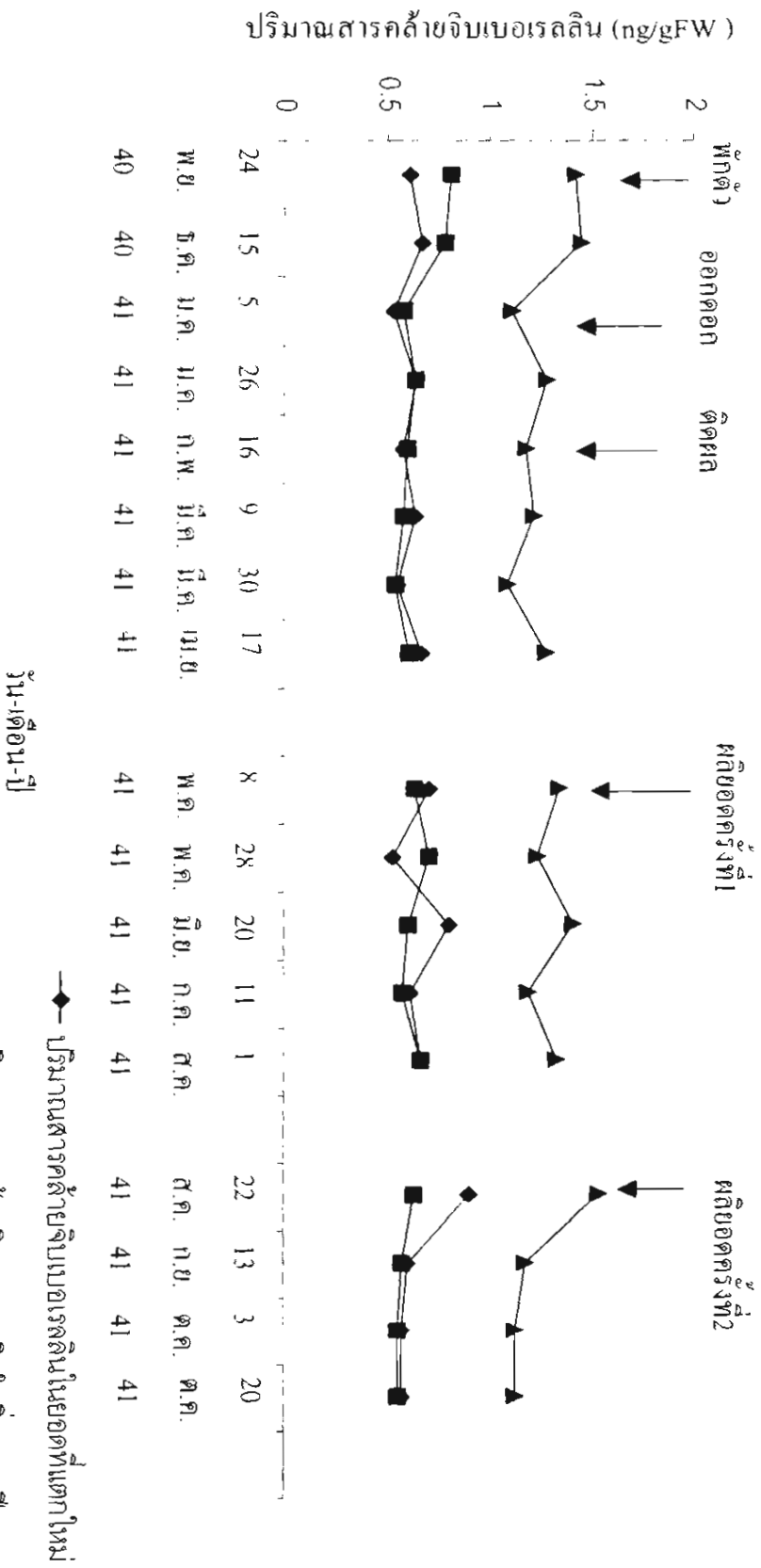
เมื่อศึกษาระยะเวลาการพัฒนาของช่อดอกของทั้งสามพื้นที่ ตั้งแต่ระยะดอกแรกบานจนกระทั่งดอกร่วงหมดทั้งช่อ พบว่า มะม่วงซึ่งปลูกที่จังหวัดนนทบุรี ขอนแก่น และเชียงใหม่มีระยะเวลาพัฒนาการแตกต่างกันคือ 7 วัน 14 วัน และ 19 วันตามลำดับ และเมื่อช่อดอกพัฒนาเต็มที่ได้อาศัยความสมบูรณ์ของช่อดอกพบว่า มะม่วงซึ่งปลูกที่จังหวัดนนทบุรีมีความสมบูรณ์ของช่อดอกต่ำที่สุดคือ 50% ส่วนที่จังหวัดขอนแก่นและเชียงใหม่ ช่อดอกมีความสมบูรณ์สูงถึง 81% และ 83% ตามลำดับ

หลังจากดอกแรกบานจะเริ่มนับจำนวนดอกทั้งสองเพศพบว่า อัตราส่วนดอกสมบูรณ์เพศต่อดอกเพศผู้ของต้นมะม่วงที่จังหวัดนนทบุรี ขอนแก่น และเชียงใหม่คือ 1:4 1:13.7 และ 1:2 ตามลำดับ และทั้งสามพื้นที่มีจำนวนดอกเฉลี่ยต่อข้อ คือ 844 ดอก 1,222 ดอกและ 964 ดอกตามลำดับ

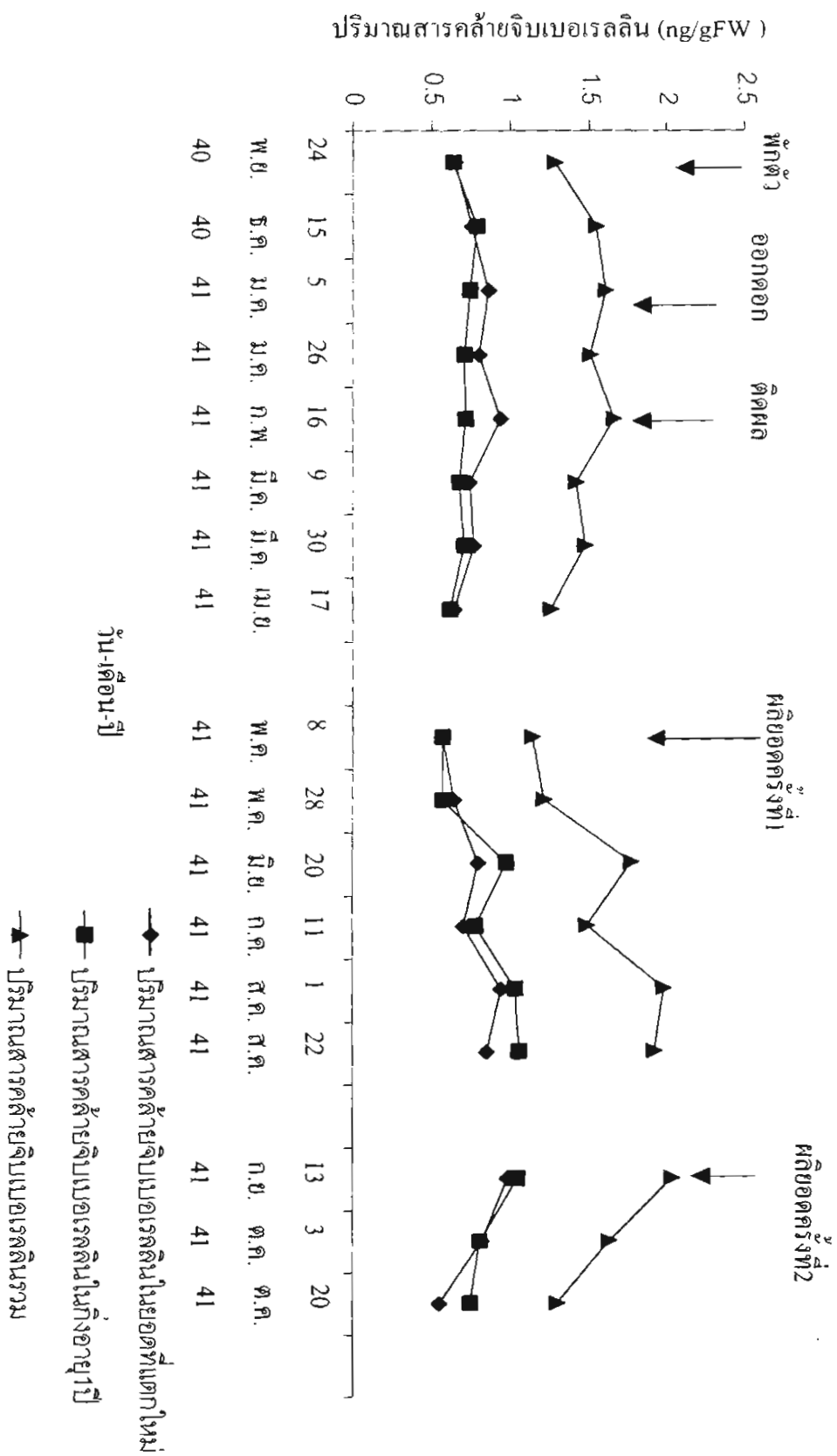
เมื่อช่อดอกบานในระยะ 20% ได้ศึกษาการแตกของอับละอองเกสรพบว่า มะม่วงซึ่งปลูกที่จังหวัดเชียงใหม่มีเปอร์เซ็นต์การแตกของอับละอองเกสรของดอกสมบูรณ์เพศและดอกเพศผู้สูงสุดคือ 81.5% และ 74.4% ในขณะที่จังหวัดขอนแก่น และนนทบุรีมีเปอร์เซ็นต์การแตกอับละอองเกสรของดอกสมบูรณ์เพศ คือ 60.2% และ 59.5% และมีเปอร์เซ็นต์การแตกของอับละอองเกสรเพศผู้คือ 50.5% และ 41.7% ตามลำดับ

ส่วนช่วงเวลาการแตกอับละอองเกสรในรอบวันของมะม่วงซึ่งปลูกที่จังหวัดนนทบุรี ขอนแก่น และเชียงใหม่พบว่า การแตกของอับละอองเกสรเกิดขึ้นมากที่สุดระหว่างเวลา 9.00 น. 11.00 น. และ 13.30 น. ตามลำดับ

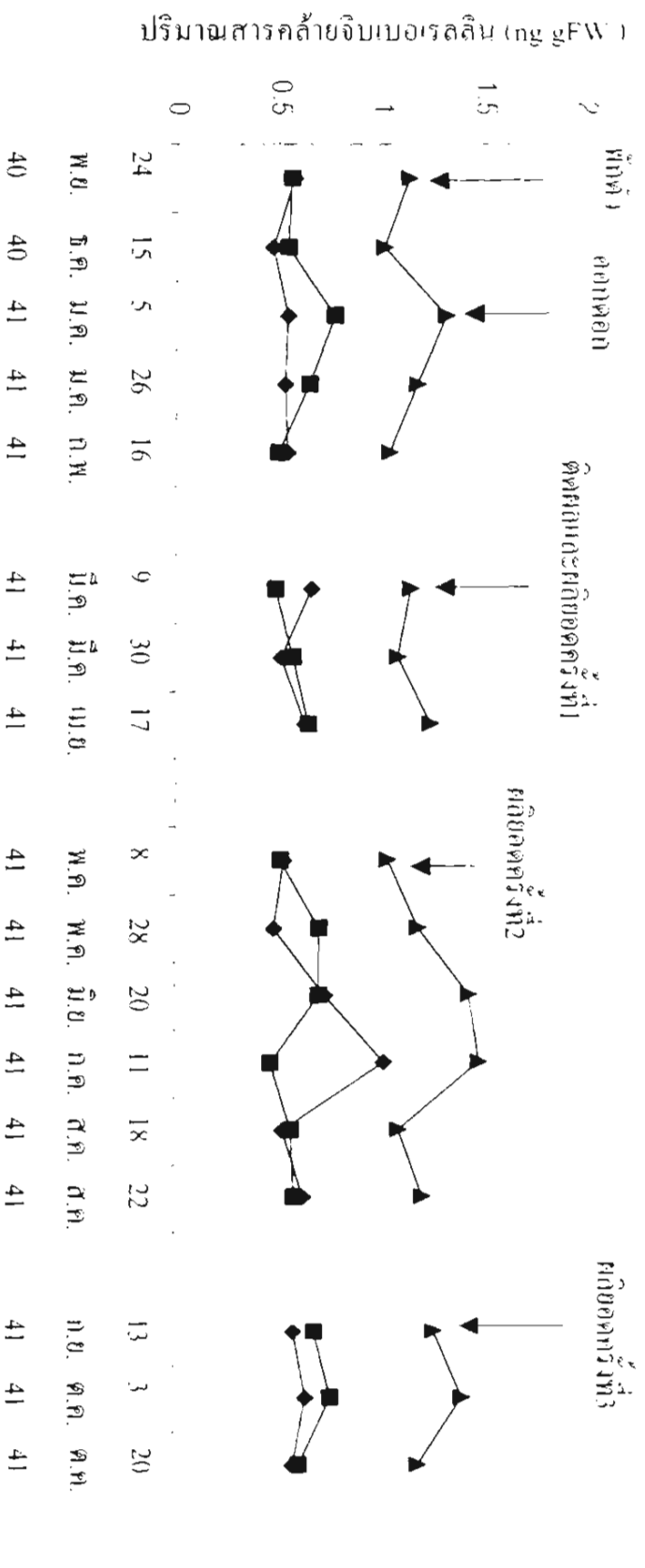
ต่อมาเมื่อช่อดอกบานในระยะ 50% ได้ศึกษาความมีชีวิตของละอองเกสรพบว่า เปอร์เซ็นต์ความมีชีวิตของละอองเกสรของดอกมะม่วงที่จังหวัดเชียงใหม่ คือ 99.5% รองลงมาคือ จังหวัดขอนแก่น (99.2%) และมะม่วงที่จังหวัดนนทบุรีมีเปอร์เซ็นต์ความมีชีวิตของละอองเกสรต่ำที่สุด คือ 93.2% ส่วนการงอกของหลอดละอองเกสรของมะม่วงซึ่งปลูกที่จังหวัดนนทบุรีมีการงอกของหลอดละอองเกสรสูงสุดคือ 54.8% รองลงมาคือที่จังหวัดเชียงใหม่ (45.4%) และมะม่วงที่จังหวัดขอนแก่นมีการงอกของหลอดละอองเกสรต่ำสุดคือ 35.5% (ตารางที่ 2)



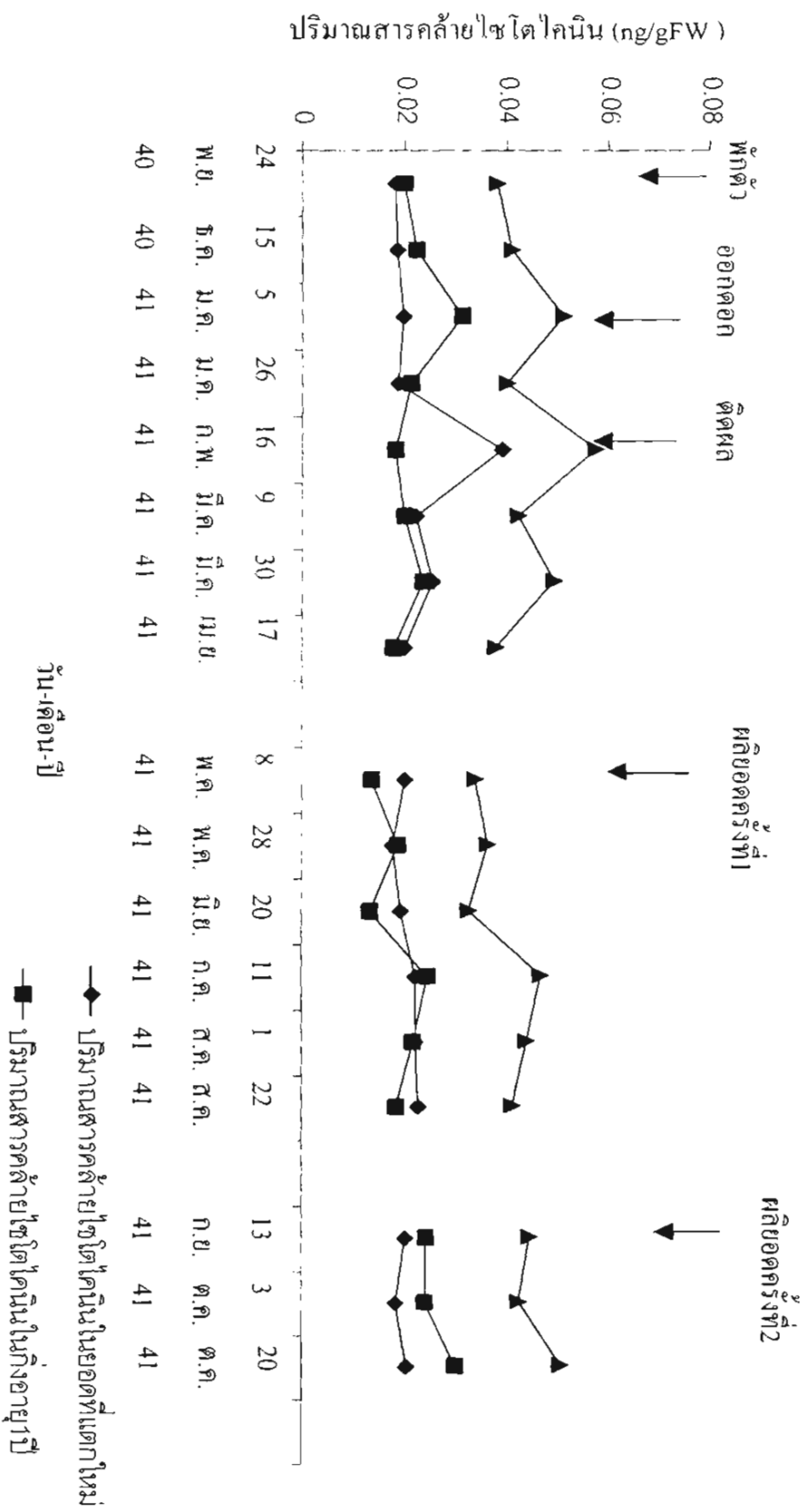
ภาพที่ 5 การเปลี่ยนแปลงของปริมาณสารคล้ายจิตเบอเรลลินในกิ่งมะม่วงพันธุ์เขียวเสวยในรอบปี



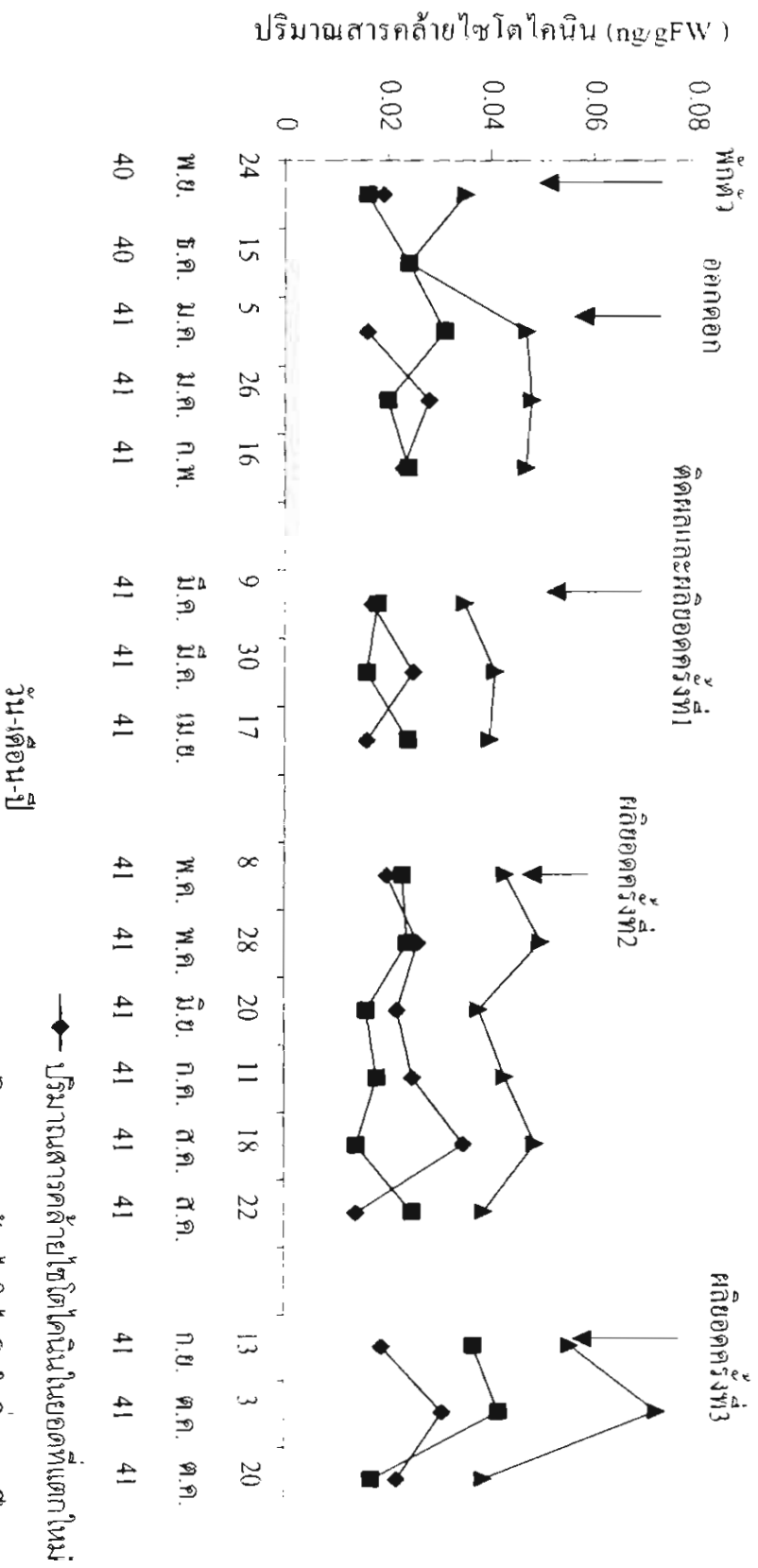
ภาพที่ 6 การเปลี่ยนแปลงของปริมาณสารคล้ายจิตเบอเรลลินในกิ่งมะม่วงพันธุ์หนองแซงในรอบปี



ภาพที่ 7 การเปลี่ยนแปลงของปริมาณสารคล้ำยิเบอเรลลินในกิ่งมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ในรอนปี



ภาพที่ 9 การเปลี่ยนแปลงของปริมาณสารคล้ำยไซโตไคนนในกิ่งมะม่วงพันธุ์หนองแซงในรอบปี



ภาพที่ 10 การเปลี่ยนแปลงของปริมาณสารคล้ำยไซโตไคนินในกิ่งมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ในรอบปี

ตารางที่ 2 ลักษณะการออกดอกของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ทะวาย เบอร์ 4 ที่ปลูกในจังหวัดนนทบุรี ขอนแก่น และเชียงใหม่ ระหว่างเดือนมกราคม – เดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2543

พื้นที่ปลูก ลักษณะ	จังหวัดนนทบุรี	จังหวัดขอนแก่น	จังหวัดเชียงใหม่
ความสมบูรณ์ของช่อดอก(%)	50	81	83
จำนวนดอกเฉลี่ย/ช่อ	844	1,222	964
อัตราส่วนดอกสมบูรณ์เพศต่อ ดอกเพศผู้	1:4	1:13.7	1:2
การแตกของอับล่องเกสร(%)			
- ดอกสมบูรณ์เพศ	89.5± 5.1*	60.2± 4.7	81.5± 2.86
- ดอกเพศผู้	41.7± 3.7	50.5± 6.2	74.4± 5.38
ความมีชีวิตของล่องเกสร(%)	93.2± 1.5	99.2± 0.22	99.5± 0.28
การงอกของล่องเกสร(%)	54.8± 1.78	35.5± 2.73	45.4± 3.72

* หมายถึง standard error

เมื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงของข้อมูลทางด้านสิ่งแวดล้อม คือ อุณหภูมิเฉลี่ย ปริมาณน้ำฝน และความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยของทั้งสามภูมิภาคพบว่า อุณหภูมิเฉลี่ยระหว่างเดือนมกราคม พ.ศ. 2542 – เดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2543 ที่จังหวัดนนทบุรีมีค่าสูงสุด รองลงมาคือจังหวัดขอนแก่นและเชียงใหม่ตามลำดับ โดยในช่วงเดือนมกราคม – เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2542 อุณหภูมิจะคงที่อยู่ระหว่าง $25-30^{\circ}\text{C}$ หลังจากนั้นในเดือนธันวาคม พ.ศ. 2542 อุณหภูมิของทั้งสามพื้นที่จะลดต่ำลงมาอยู่ที่ระหว่าง $20-25^{\circ}\text{C}$ และต่อมาอุณหภูมิจะเริ่มสูงขึ้นประมาณ $3-5^{\circ}\text{C}$ ในช่วงเดือนมกราคม พ.ศ. 2543 เป็นต้นไป (ภาพที่ 12) ปริมาณน้ำฝนของทั้งสามพื้นที่พบว่า มีปริมาณลดต่ำลงจนไม่สามารถวัดได้ในช่วงปลายเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2542 - เดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2543 โดยที่จังหวัดเชียงใหม่ปริมาณน้ำฝนมีแนวโน้มเริ่มลดลงตั้งแต่เดือนกันยายน พ.ศ. 2542 ส่วนอีกสองพื้นที่ปริมาณน้ำฝนในเดือนตุลาคม พ.ศ. 2542 ยังคงมีปริมาณมาก แต่หลังจากนั้นจะลดต่ำลงอย่างรวดเร็ว และปริมาณน้ำฝนตลอดทั้งปีของทั้งสามพื้นที่อยู่ในช่วง 1,100-1,300 mm (ภาพที่ 13) ส่วนความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยของทั้งสามพื้นที่ในช่วง 50-90% โดยทั้งสามภูมิภาคไม่มีความแตกต่างมากนัก โดยเฉพาะเดือนธันวาคม พ.ศ. 2542 ความชื้นสัมพัทธ์ของทั้งสามพื้นที่ลดต่ำลง (ภาพที่ 14)

การออกดอกของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ทะวายเบอร์ 4 ที่ปลูกในสามภูมิภาคของประเทศไทยจะเกิดขึ้นหลังจากที่ปริมาณน้ำฝนลดลงอย่างต่อเนื่อง ตั้งแต่ช่วงหลังจากเดือนตุลาคม จนกระทั่งไม่สามารถวัดปริมาณน้ำฝนได้เลยในระหว่างเดือนธันวาคม พ.ศ. 2542 – กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2543 สอดคล้องกับปราณี (2526) ที่พบว่า การออกดอกทะวายของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 สัมพันธ์กับปริมาณน้ำฝนในทางลบ คือในช่วงที่ปริมาณน้ำฝนต่ำ เปอร์เซ็นต์การออกดอกจะสูงขึ้น นอกจากนี้ปริมาณน้ำฝนไม่น่าจะเกี่ยวข้องกับการพัฒนาขึ้นต่างๆ หลังจากระยะดอกบาน เนื่องจากขั้นตอนของพัฒนาการหลังจากระยะดอกบานของมะม่วงที่ปลูกทั้งสามพื้นที่มีความแตกต่างกัน ในขณะที่ปริมาณน้ำฝนระหว่างเวลานั้นของทั้งสามพื้นที่มีค่าเท่ากับศูนย์เหมือนกัน ดังนั้นบทบาทของอุณหภูมิน่าจะเกี่ยวข้องกับการพัฒนาของช่อดอกมากกว่า เพราะเมื่ออุณหภูมิเฉลี่ยมีค่าลดลงและเริ่มสูงขึ้นอีกครั้ง ช่อดอกจะเริ่มพัฒนาและสัมพันธ์กับช่วงระยะเวลาการบานของดอกทั้งสามภูมิภาค นอกจากนี้พื้นที่ทั้งสามมีช่วงเวลาการพัฒนาของช่อดอกแตกต่างกัน ในขณะที่มีอุณหภูมิเฉลี่ยก็แตกต่างกันด้วย ในระหว่างการศึกษาครั้งนี้พบว่า ต้นมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ทะวายเบอร์ 4 ที่ปลูกในจังหวัดเชียงใหม่ใช้เวลาในการพัฒนาช่อดอกนานที่สุด และเป็นบริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำที่สุด เช่นเดียวกับที่โสภณพรรณ (2532) ได้ศึกษาการบานของดอกมะม่วงเขียวเสวยพบว่า ดอกจะมีการบานลดลงเมื่ออุณหภูมิลดต่ำลงมากกว่า 17°C ซึ่งการพัฒนาช่อดอกที่ยืดยาวนานนี้จะส่งผลทำให้ขั้นตอนอื่นๆ ที่เกิดขึ้นหลังจากนี้ล่าช้าออกไปด้วย รวมถึงกระบวนการติดผลและการเก็บเกี่ยวผลผลิต ซึ่งตามปกติแล้วมะม่วงที่ปลูกบริเวณภาคกลางของประเทศไทย ผลจะแก่เก็บเกี่ยวได้ประมาณเดือนเมษายน - เดือนพฤษภาคม ส่วนภาคเหนือฤดูกาลเก็บเกี่ยวจะล่าช้าไปอีกประมาณ 1 เดือน (วัลลภ, มปป)

มะม่วงที่ปลูกในจังหวัดเชียงใหม่ พบว่ามีความแตกต่างระหว่างปริมาณดอกสมบูรณ์เพศ และดอกเพศผู้ย่อยที่สุด อาจทำให้อัตราการติดผลดีกว่ามะม่วงซึ่งเจริญเติบโตในอีกสองพื้นที่ เนื่องมาจากอัตราส่วนเพศดอกเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีอิทธิพลในการควบคุมปริมาณผลผลิตของมะม่วง ในประเทศไทย เพราะดอกสมบูรณ์เพศนี้จะเป็นดอกที่สามารถเจริญต่อไปเป็นผลได้ (ศิริชัย, 2521) และเมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ของอัตราส่วนเพศดอกกับสภาพแวดล้อมทั้งสามพื้นที่จะไม่พบความสัมพันธ์ที่ชัดเจน กล่าวคืออุณหภูมิเฉลี่ยที่จังหวัดเชียงใหม่มีค่าต่ำสุด และต้นมะม่วงที่จังหวัดเชียงใหม่เองก็พบอัตราส่วนเพศดอกที่แตกต่างกันน้อยสุด ในขณะที่จังหวัดนนทบุรีมีอุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุดแต่กลับไม่ได้มีอัตราส่วนเพศดอกสูงที่สุด เมื่อพิจารณาถึงปริมาณน้ำฝนในช่วงที่ทำการศึกษพบว่า พื้นที่ทั้งสามไม่มีความแตกต่างกันของปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย ในขณะที่อัตราส่วนเพศดอกมะม่วงของทั้งสามพื้นที่กลับมีความแตกต่างกัน ทั้งนี้อาจมีปัจจัยสิ่งแวดล้อมชนิดอื่นเข้ามาเกี่ยวข้อง เช่น ทิศทางและตำแหน่งของช่อดอกบนต้น หรือสารควบคุมการเจริญเติบโตภายในต้น (ศิริชัย, 2521) ซึ่งสิ่งแวดล้อมเหล่านี้อาจเป็นปัจจัยโดยอ้อมที่มีอิทธิพลก็เป็นไปได้ (พีรเดช, 2529; นพดล, 2537)

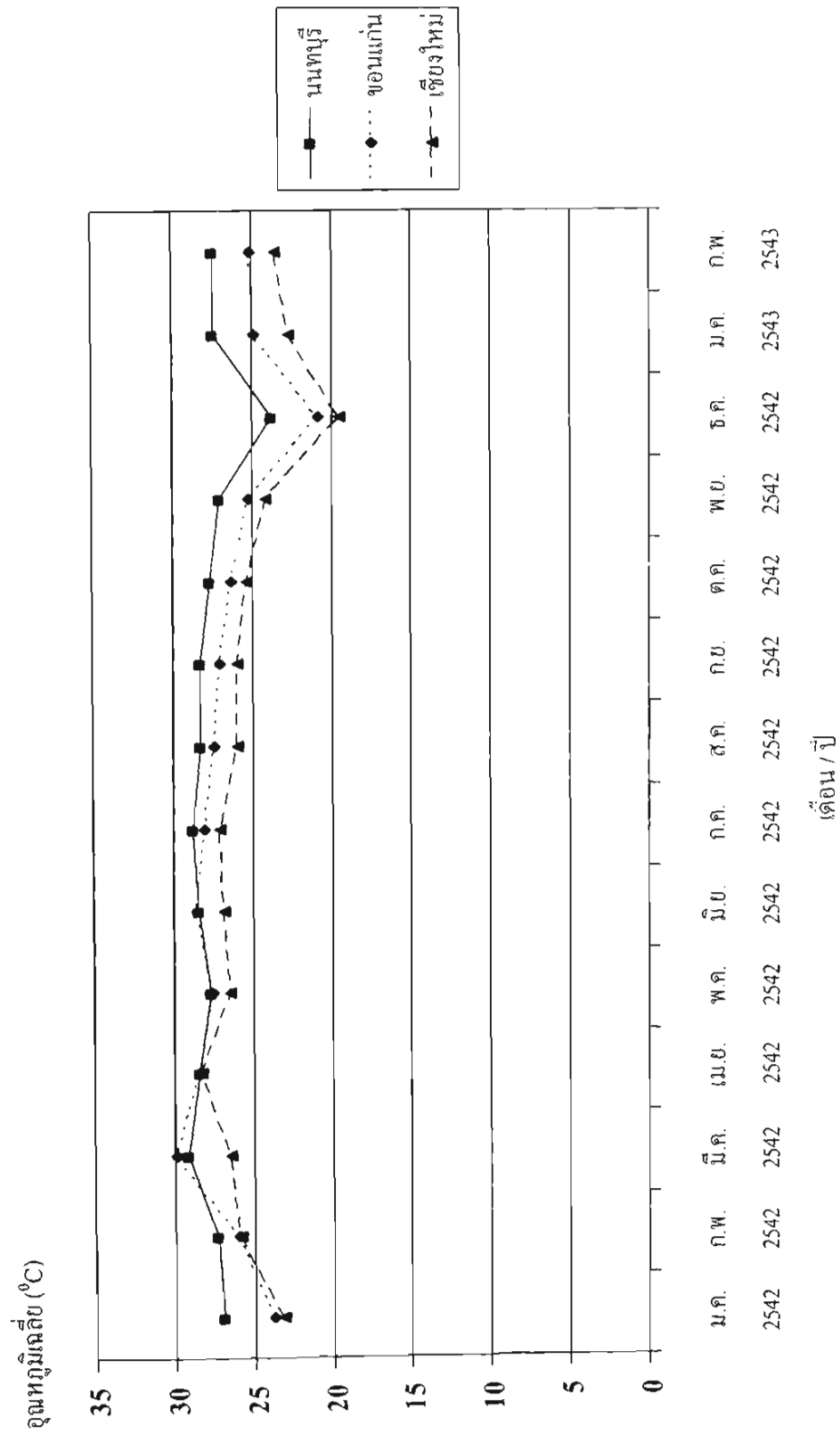
หลังจากดอกมะม่วงบานแล้ว อับละอองเกสรจะแตกและปล่อยละอองเกสรออกพร้อมที่จะผสมเกสรได้ การแตกของอับละอองเกสรจะเร็วหรือช้าขึ้นกับสภาพสิ่งแวดล้อม ได้แก่ อุณหภูมิและความชื้น (สาวิตรี, 2523) ซึ่งในการศึกษครั้งนี้พบว่า ต้นมะม่วงทั้งสามพื้นที่ปลูกมีระยะเวลาการแตกของอับละอองเกสรแตกต่างกัน โดยมะม่วงที่จังหวัดนนทบุรีพบการแตกของอับละอองเกสรเกิดขึ้นเร็วที่สุด รองลงมาคือจังหวัดขอนแก่นและจังหวัดเชียงใหม่ตามลำดับ ซึ่งเมื่อพิจารณาพร้อมกับข้อมูลสิ่งแวดล้อมก็ปรากฏว่า อุณหภูมิเป็นปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่มีบทบาทเกี่ยวข้อง กล่าวคือถ้าอุณหภูมิสูงขึ้นจะทำให้อับละอองเกสรแตกเร็วขึ้น ประกอบกับสภาพภูมิอากาศในช่วงเช้าทางภาคเหนือมักมีหมอกลงจัด ทำให้ความชื้นสัมพัทธ์สูง ส่งผลให้การแตกของอับละอองเกสรเกิดขึ้นล่าช้า ดังเช่นงานทดลองของประเสริฐ (2540) พบว่า ที่ระดับความชื้นสัมพัทธ์สูงกว่า 80% การแตกของอับละอองเกสรของมะม่วงจะเกิดขึ้นน้อย แต่เมื่ออับละอองเกสรแตกแล้วพบว่า อับละอองเกสรของต้นมะม่วงที่จังหวัดเชียงใหม่มีจำนวนอับละอองเกสรแตกมากที่สุดเช่นกัน ส่วนจำนวนอับละอองเกสรที่แตกของดอกทั้งสองเพศพบว่าไม่มีความแตกต่างกันนัก

เมื่อพิจารณาเปอร์เซ็นต์ความมีชีวิตของละอองเกสร พบว่ามีค่าใกล้เคียงกันและมีค่าสูงมาก ซึ่งบ่งบอกว่าละอองเกสรมีอัตราความมีชีวิตสูง โดยในระหว่างการพัฒนาของละอองเกสรที่อุณหภูมิอยู่ในช่วง $15-30^{\circ}\text{C}$ จะทำให้ความมีชีวิตของละอองเกสรมีค่ามากกว่า 90% แต่ถ้าช่วงเวลาดังกล่าวนั้นมีอุณหภูมิลดต่ำประมาณ 10°C จะมีผลกระทบต่อการพัฒนาการของละอองเกสรในช่วงระยะ prevacuolate ของการแบ่งตัวแบบ meiosis จนถึงระยะ microsporogenesis โดยจะทำให้ความมีชีวิตของละอองเกสรลดต่ำลง (มัธนา, 2542) ซึ่งอุณหภูมิเฉลี่ยของทั้งสามภูมิภาคมีค่ามากกว่า 10°C ดังนั้นจึงไม่มีผลต่อความมีชีวิตของละอองเกสร

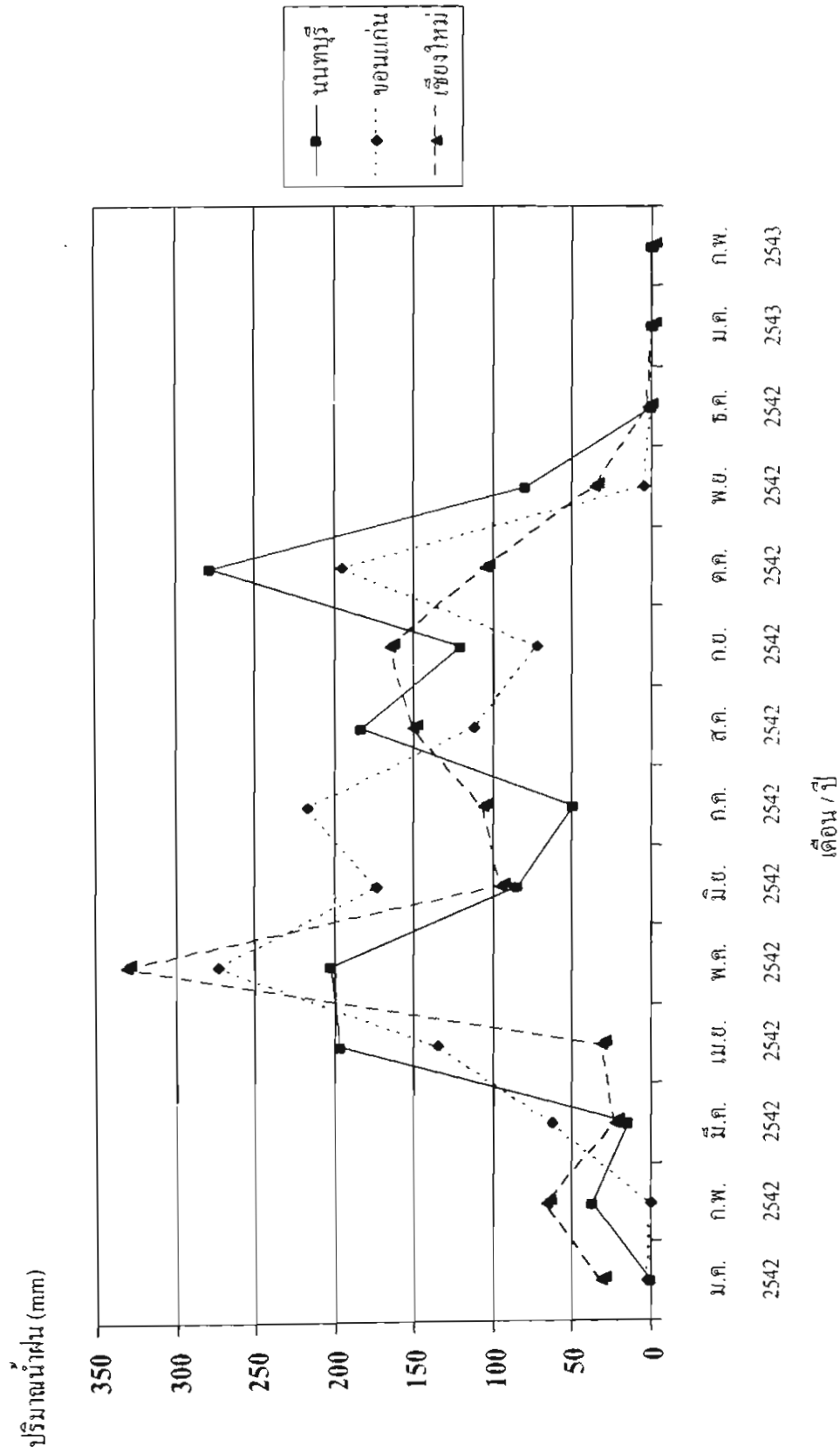
โดยปกติอัตราการงอกของหลอดละอองเกสรของมะม่วงค่อนข้างต่ำมาก ทั้งนี้อาจเกี่ยวข้องกับสาเหตุหลายประการ เช่น ระดับขององค์ประกอบของสารเคมีในหลอดเกสร อุณหภูมิ ความชื้น สภาพทางสรีรวิทยาของปลายยอดเกสรตัวเมีย และการฉีดพ่นสารเคมีที่มีผลยับยั้งการงอกของหลอดเกสรในระหว่างที่มีการงอกของหลอดเกสร (จิรัชญา, 2542) จากผลการศึกษาพบว่า มะม่วงที่จังหวัดนนทบุรีมีเปอร์เซ็นต์การงอกของหลอดละอองเกสรสูงที่สุด รองลงมาคือ จังหวัดเชียงใหม่และจังหวัดขอนแก่นตามลำดับ ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับการทดสอบของจิรัชญา (2542) และไม่พบความสัมพันธ์ของการงอกของหลอดละอองเกสรและความมีชีวิตของหลอดเกสร กับสิ่งแวดล้อม จะสังเกตเห็นว่า การงอกของหลอดละอองเกสรที่ได้นั้นอยู่ในเกณฑ์ต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับที่เคยมีผู้ตรวจสอบการงอกของหลอดเกสรในมะม่วงน้ำดอกไม้ไม่ได้ถึง 74.6% ซึ่งอาจส่งผลต่ออัตราการติดผลต่อไป แต่จะต้องพิจารณาปัจจัยอื่นประกอบด้วย เช่น ความอุดมสมบูรณ์ของดิน สัดส่วนเพศดอก แผลงที่ช่วยผสมเกสร การเข้าทำลายของโรคและแมลง ความสามารถในการผสมเกสร การหลุดร่วงของดอกหลังการผสมเกสร และอุณหภูมิที่สูงหรือต่ำเกินไป ดังเช่นจากการที่อุณหภูมิสูงมากกว่า 45°C หรือต่ำกว่า 15°C มีผลทำให้เกสรตัวผู้ตายได้ (รัตนวรรณ, 2532) และหลอดเกสรเมื่อเจอสภาพสิ่งแวดล้อมที่เลวร้ายจะได้รับความเสียหาย นอกจากนี้ผลโดยอ้อมของลมแรงหรือฝนตกหนักจะจำกัดกิจกรรมของผึ้ง ซึ่งเป็นพาหะในการผสมเกสร อาจนำไปสู่ความล้มเหลวในการผสมเกสร (วิจิตร, 2529)

นอกจากปัจจัยสิ่งแวดล้อมภายนอกที่มีผลต่อลักษณะการออกดอกของมะม่วงแล้วยังขึ้นกับปัจจัยอื่น เช่น ความสมบูรณ์ของดิน พันธุ์ อัตราส่วนของสารประกอบคาร์โบไฮเดรตและไนโตรเจน (C/N ratio) สารควบคุมการเจริญเติบโตภายในต้น ซึ่งปัจจัยเหล่านี้เป็นตัวแปรสำคัญต่อผลผลิต (วิจิตร, 2529; วัลลภ, มปป)

จากผลการศึกษาการเจริญเติบโตทางลำต้นของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ทะวายเบอร์ 4 ตั้งแต่เดือนกรกฎาคม พ. ศ. 2542 - เดือน มกราคม พ. ศ. 2543 ที่เจริญเติบโตในบริเวณ 3 ภูมิภาคของประเทศพบว่า ในช่วงเดือนตุลาคม พ.ศ. 2542 ต้นมะม่วงทั้งสามพื้นที่จะมีการเจริญเติบโตของยอดใหม่อีกครั้ง ก่อนจะมีการพัฒนาตาดอกในช่วงเดือนพฤศจิกายน ทำให้ความยาวของกิ่งที่วัดได้เพิ่มมากกว่าช่วงก่อนหน้านี้ (ตารางที่ 3) ประกอบกับระยะเวลาดังกล่าวเป็นช่วงที่มีปริมาณน้ำฝนค่อนข้างสูง และเป็นช่วงสุดท้ายของฤดูฝนที่จะมีปริมาณฝนตกมาก (ตารางที่ 4) ซึ่งการเจริญเติบโตของต้นมะม่วงทั้งสามพื้นที่มีความยาวกิ่งที่แตกต่างกันนั้น อาจเป็นผลมาจากการปฏิบัติดูแลรักษาที่แตกต่างกันด้วย



ภาพที่ 12 อุณหภูมิเฉลี่ยของทั้งสามจังหวัดระหว่างเดือนมกราคม 2542 - เดือนกุมภาพันธ์ 2543



ภาพที่ 13 ปริมาณน้ำฝนของทั้งสามจังหวัดระหว่างเดือนมกราคม 2542- เดือนกุมภาพันธ์ 2543

ตารางที่ 3 การเจริญเติบโตของกิ่งยอด (ซม.) มะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ทะวายเบอร์ 4 ที่ปลูกใน
จังหวัดนนทบุรี ขอนแก่น และเชียงใหม่ ระหว่างเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2542 – เดือนมกราคม
พ.ศ. 2543

พื้นที่ปลูก เดือน-ปี	จังหวัดนนทบุรี	จังหวัดขอนแก่น	จังหวัดเชียงใหม่
กลางเดือน ก.ค. 2542	17.7	21.4	12.5
ต้นเดือน ก.ย. 2542	18.3	29.6	18.9
ต้นเดือน ต.ค. 2542	19.3	29.9	19.5
ต้นเดือน พ.ย. 2542	23.5	33.8	25.8
ต้นเดือน ธ.ค. 2542	30.0	33.9	26.4
ต้นเดือน ม.ค. 2543	30.7	31.7	28.6

ตารางที่ 4 ข้อมูลอุณหภูมิเฉลี่ย ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย และความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยของ 3 จังหวัด ระหว่างเดือนมกราคม พ.ศ. 2542 - เดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2543

เดือน / ปี	อุณหภูมิเฉลี่ย (°C)			ปริมาณน้ำฝน (mm)			ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย (%)		
	นนทบุรี	ขอนแก่น	เชียงใหม่	นนทบุรี	ขอนแก่น	เชียงใหม่	นนทบุรี	ขอนแก่น	เชียงใหม่
ม.ค. 2542	26.9	23.7	23.1	0	2.5	31.7	70	66	67
ก.พ. 2542	27.3	25.9	25.8	37.0	0	66.4	75	60	56
มี.ค. 2542	29.1	29.8	26.4	14.5	62.2	22.6	76	56	53
เม.ย. 2542	28.4	28.4	28.3	196.1	134.3	31.3	85	75	65
พ.ค. 2542	27.6	27.5	26.4	202.5	273.3	330.8	87	82	78
มิ.ย. 2542	28.4	28.5	26.8	84.7	173.5	94.9	83	77	80
ก.ค. 2542	28.8	28.0	27.0	49.4	216.5	105.8	69	80	78
ส.ค. 2542	28.3	27.4	25.9	183.2	122.2	150.4	76	81	86
ก.ย. 2542	28.3	27.0	25.9	120.8	72.1	164.9	80	84	87
ต.ค. 2542	27.6	26.3	25.3	278.2	194.9	104.4	87	81	85
พ.ย. 2542	27.1	25.2	24.1	79.0	4.3	35.7	77	75	79
ธ.ค. 2542	23.7	20.8	19.5	0	T	2.6	66	63	66
ม.ค. 2543	27.4	24.9	22.7	0	0	0	74	80	64
ก.พ. 2543	27.4	25.1	23.5	0	0.2	0	-	76	62

- หมายถึง ไม่มีข้อมูล

T หมายถึง ปริมาณน้ำฝนต่ำกว่า 0.05 mm

ส่วนความสัมพันธ์ของปริมาณสารคล้ายจิบเบอเรลลินและสารคล้ายไซโตไคนินภายในกิ่ง กับลักษณะการออกดอกของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ทะวายเบอร์ 4 ซึ่งเจริญเติบโตในบริเวณ 3 ภูมิภาคของประเทศไทยนั้น จากการนำเฉพาะส่วนปลายยอดของกิ่งใหม่ (current shoot) มาวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงปริมาณสารคล้ายจิบเบอเรลลินและสารคล้ายไซโตไคนินภายในของแต่ ละช่วงเวลาก่อนการออกดอกพบว่า มีแบบแผนการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารนั้นไม่เด่นชัด กล่าวคือ สารคล้ายจิบเบอเรลลินที่วัดได้จากทั้งสามพื้นที่ที่มีปริมาณค่อนข้างคงที่ และในแต่ละพื้นที่ ปริมาณสารที่วิเคราะห์ได้โดยรวมก็ไม่แตกต่างกันอย่างชัดเจนเช่นกัน ในกลุ่มของต้นมะม่วงจาก จังหวัดเชียงใหม่และขอนแก่นจะมีปริมาณสารค่อนข้างต่ำกว่าจากนนทบุรี (ตารางที่ 5) ซึ่งอาจ เนื่องมาจากบริเวณเหล่านี้อยู่ไกลจากสถานที่วิเคราะห์ (กรุงเทพมหานคร) ทำให้ต้องใช้เวลาใน การเดินทางค่อนข้างมาก ปริมาณสารอาจสูญหายไปในระหว่างการเดินทาง และการเปลี่ยนแปลง ของสารคล้ายไซโตไคนินก็จะปรากฏผลการศึกษาเช่นเดียวกับของสารคล้ายจิบเบอเรลลิน (ตาราง ที่ 6) บทบาทของไซโตไคนินต่อการออกดอกของมะม่วงนั้นยังสรุปได้ค่อนข้างจะไม่ชัดเจน ผลการ ทดลองที่ปรากฏออกมามีความแตกต่างมากทั้งในเรื่องของการสุ่มตัวอย่างส่วนของพืชที่นำมา ทดสอบ หรือในช่วงเวลาที่เปรียบเทียบกันไม่ได้ หรือสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน จากผลงานของ Chen (1985; 1987) ที่อ้างโดย Davenport และ Nunez-Elisea (1997) พอกกล่าวได้ว่าไซโตไคนิน มีบทบาทกับการออกดอกของมะม่วง ซึ่งการตอบสนองนี้น่าจะเกี่ยวข้องกับการกระตุ้นการแตกตา มากกว่าการออกดอก การศึกษาพัฒนาการของ phenological stage กับการเปลี่ยนแปลงของสาร คล้ายไซโตไคนินในกิ่งครั้งนี้ ไม่พบลักษณะความสัมพันธ์ปรากฏชัดเจนดังที่กล่าวมาแล้วนั้น ปัจจัยการศึกษาดังกล่าวนี้อาจมีอิทธิพลของสิ่งแวดล้อมภายนอกเข้ามามีบทบาทมาก แม้จะพยายาม เลือกกิ่งที่ลักษณะเช่นเดียวกันก็ตามที่ แต่พบว่าความแปรปรวนของกิ่งในแต่ละช่วงการศึกษา ยังคงมีมาก การใช้วิธีทดสอบทางชีววิทยาเพื่อตรวจวัดปริมาณสารโดยเฉพาะสารคล้ายจิบเบอ เรลลิน จะพบปัญหาค่อนข้างมากเพราะมีการปะปนของสารพวก non-resolved compounds ค่อนข้างมาก ซึ่งจะทำให้การวัดปริมาณผิดพลาดได้ จากผลการศึกษาหลายเรื่องพบว่า ปริมาณ ของจิบเบอเรลลินในช่วง 6 เดือนก่อนการออกดอกในตายอดมะม่วงค่อนข้างสูงในปีที่ไม่ติดผลและ มากกว่าปีที่ติดผล (Pal และ Ram, 1978) และยังพบว่า ปริมาณของจิบเบอเรลลินภายใน xylem sap จะมีมากในช่วง leaf differentiation และลดต่ำในช่วงพักตัว ช่วงการแตกช่อดอก (panicle emergence) และช่วงออกดอก นอกจากนี้พบว่า บทบาทของฮอร์โมนพืชหลายชนิดมีส่วนสำคัญ ต่อ shoot initiation และ shoot induction ซึ่งจะเกี่ยวข้องับระดับของสารเหล่านี้ภายในตาและใบ กับลักษณะทางสรีรวิทยาที่จะปรากฏให้เห็นตามมา อย่างไรก็ตามการวิเคราะห์ปริมาณสารภายใน พืชคงต้องคำนึงถึงวิธีการสกัด การทำให้บริสุทธิ์ รวมทั้งการใช้เทคนิควิธีการวิเคราะห์ที่เหมาะสม เพียงพอที่จะสามารถบ่งชี้ปริมาณที่แน่นอนและแม่นยำมากขึ้นด้วย

ตารางที่ 5 ปริมาณสารคล้ายจีบเบอเรลลิน (ng / g FW) ภายในตายอดของกิ่งยอดมะม่วงพันธุ์ น้ำดอกไม้ทะวายเบอร์ 4 ที่ปลูกในจังหวัดนนทบุรี ขอนแก่น และเชียงใหม่ ระหว่างเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2542 – เดือนมกราคม พ.ศ. 2543

พื้นที่ปลูก เดือน-ปี	จังหวัดนนทบุรี	จังหวัดขอนแก่น	จังหวัดเชียงใหม่
กลางเดือน ก.ค. 2542	0.46	0.40	-
ต้นเดือน ก.ย. 2542	0.56	0.36	0.39
ต้นเดือน ต.ค. 2542	0.49	0.40	0.38
ต้นเดือน พ.ย. 2542	0.59	0.41	0.38
ต้นเดือน ธ.ค. 2542	0.45	0.39	0.40
ต้นเดือน ม.ค. 2543	0.45	0.38	0.35

- หมายถึง ไม่มีข้อมูล

ตารางที่ 6 ปริมาณสารคล้ายไซโตไคนิน (ng / g FW) ภายในตายอดของกิ่งยอดมะม่วงพันธุ์ น้ำดอกไม้ทะวายเบอร์ 4 ที่ปลูกในจังหวัดนนทบุรี ขอนแก่น และเชียงใหม่ ระหว่างเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2542 – เดือนมกราคม พ.ศ. 2543

พื้นที่ปลูก เดือน-ปี	จังหวัดนนทบุรี	จังหวัดขอนแก่น	จังหวัดเชียงใหม่
กลางเดือน ก.ค. 2542	0.11	0.30	-
ต้นเดือน ก.ย. 2542	0.18	0.32	0.08
ต้นเดือน ต.ค. 2542	0.10	0.30	0.08
ต้นเดือน พ.ย. 2542	0.11	0.33	0.07
ต้นเดือน ธ.ค. 2542	0.42	0.26	0.06
ต้นเดือน ม.ค. 2543	0.32	0.27	0.07

- หมายถึง ไม่มีข้อมูล

นอกจากนี้ในการศึกษาครั้งนี้สังเกตพบว่า การเกิดดอกของมะม่วงในต้นเดียวกันจะไม่ปรากฏขึ้นพร้อมกันทุกตายอด อาจมีสาเหตุมาจากหลายประการ เช่น ชนิดของกิ่ง หรือตำแหน่งของกิ่งบนต้น ในมะม่วงต้นหนึ่งๆ บริเวณด้านบนพุ่มจะมีกิ่งตั้งตรงและเจริญเติบโตดี ส่วนกอบริเวณด้านชายพุ่มมักจะมีลักษณะขนานไปในแนวราบและมีกิ่งนอน ซึ่งกิ่งทั้งสองชนิดอาจมีความสมบูรณ์หรือความพร้อมในการออกดอกแตกต่างกันไปบ้าง ส่วนทิศของกิ่ง ถ้าอยู่ในส่วนที่ไม่ถูกบังแสงจะสามารถสังเคราะห์แสงได้ดีกว่าทำให้มีอาหารสะสมเพียงพอสำหรับการออกดอกได้ อีกทั้งอายุของยอดก็มีส่วนสำคัญ โดยในกิ่งที่สามารถออกดอกได้จะมีอายุประมาณ 4-5 เดือน มะม่วงบางพันธุ์ เช่น น้ำดอกไม้กิ่งที่มีอายุเพียง 2-3 เดือนก็สามารถออกดอกได้ (วิจิตร, 2529) และการเคลื่อนที่ของสารอาหารไปสู่แต่ละจุดของกิ่งอาจจะเร็วช้าต่างกัน จึงเป็นไปได้ว่ากิ่งใดมีความเหมาะสมในการสร้างตาดอกมากกว่าจะตอบสนองโดยการสร้างพัฒนาตาดอกได้ก่อน ส่วนกิ่งที่ยังไม่เหมาะสมต่อการสร้างตาดอกจะต้องใช้ระยะเวลามากกว่า ประกอบกับถ้าสภาพแวดล้อมแปรปรวนอย่างมากโดยมีฝนตกตลอดช่วงระยะเวลาก่อนการเกิดดอกและระหว่างการออกดอกตามปกติมะม่วงมักจะออกดอกเมื่อความชื้นสัมพัทธ์ต่ำลง อากาศเย็นลง ถ้าความชื้นในดินสูงจะเป็นสาเหตุทำให้เกิดใบอ่อนเกิดขึ้น (สัมฤทธิ์, 2521) ทำให้ตลอดการศึกษานี้จะพบต้นมะม่วงออกดอกไม่สม่ำเสมอ

หนังสืออ้างอิง

- เกียรติเกษตร กาญจนพิสุทธ์. 2535. มะม่วงทวาย. พิมพ์ครั้งที่ 3. ฐานเกษตรกรรม, นนทบุรี. 62 น.
- คณพล จุฑามณี. 2532. การเปลี่ยนแปลงระดับของสารคล้ายจิบเบอเรลลินในช่วงการเจริญทางกิ่งใบและการออกดอกของมะม่วงพันธุ์เขียวเสวย. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- จิรัชญา ช่อมะม่วง. 2542. การศึกษาความงอกของละอองเกสรในมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ทวายเบอร์ 4 เขียวเสวยและโชคอนันต์. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี. ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- ชวาลวุฒ ไชยนิติ และ ประเสริฐ หมวดมณี. มปป. รายงานการสำรวจสภาพการทำสวนมะม่วงในเขตอำเภอบางคล้า จังหวัดฉะเชิงเทรา. กรมส่งเสริมการเกษตร, กรุงเทพฯ.
- ดีพร้อม ไชยวงศ์เกียรติ. 2528. ชุมทางเกษตร ฉบับมะม่วง. อักษรการพิมพ์, กรุงเทพฯ.
- ถวิล ข่ายสุวรรณ. 2525. การปลูกมะม่วงในปัจจุบัน. พิมพ์ครั้งที่ 1. เจ็ดสยามการพิมพ์, กรุงเทพฯ. 99 น.
- ธนะชัย พันธุ์เกษมสุข. 2533. มะม่วง. ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 124 น.
- นาถฤดี ศุภกิจจาร์ภัก. 2533. ผลของสาร paclobutrazol ต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารคล้าย Gibberellins ที่ปลายยอดและการออกดอกของมะม่วงพันธุ์เขียวเสวย. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- นิรนาม. 2538. เทคนิคการปลูกมะม่วงนอกฤดู. พิมพ์ครั้งที่ 1. โครงการหนังสือเกษตรชุมชน, กรุงเทพมหานคร. 72 น.
- นพดล จรัสสัมฤทธิ์. 2537. ฮอร์โมนพืชและสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช. พิมพ์ครั้งที่ 1. สหมิตรออฟเซต, กรุงเทพมหานคร.
- ปฐพีชล วายุอัคคี. 2532. แนวคิดและแนวปฏิบัติการปลูกมะม่วงในปัจจุบัน. ฐานเกษตรกรรม, กรุงเทพฯ.
- ประเสริฐ ประภานภสินธุ์. 2540. อิทธิพลของความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศที่มีต่อการแตกของอับละอองเกสรของมะม่วงพันธุ์ต่างๆ. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี. ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- พีรเดช ทองอำไพ. 2529. ฮอร์โมนพืชและสารสังเคราะห์ แนวทางการใช้ประโยชน์ในประเทศไทย. พิมพ์ครั้งที่ 1. ไคนามิคการพิมพ์, กรุงเทพมหานคร.
- มัธนา เข้มทอง. 2542. การศึกษาความมีชีวิตของละอองเกสรในดอกเพศผู้และดอกสมบูรณ์เพศของมะม่วงพันธุ์เขียวเสวย โชคอนันต์ และน้ำดอกไม้เบอร์ 4. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี. ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

- มนูญ ศิริบุหงส์ . 2531. ผลของสาร gibberellic acid ต่อการออกดอกของมะม่วงน้ำดอกไม้หวาย เบอร์ 4 . ปัญหาพิเศษปริญญาตรี. ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- รัตนวรรณ วิเศษ. 2532. การศึกษาปัจจัยบางประการที่มีอิทธิพลต่อการติดผล และการใช้สารเคมีควบคุมการติดผลและการหลุดร่วงของผลมะม่วงน้ำดอกไม้หวาย. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี. ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- โรจน์วี ภิรมย์, นคร เหลืองประเสริฐ, นิรันดร์ จันทวงศ์, วรวิทย์ ยี่สวัสดิ์ และ วิสิฐ กิจสมพร. 2540. รายงานการศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารคลอโรฟิลล์ก่อนการออกดอกในยอดลิ้นจี่พันธุ์ฮงฮวย. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 18 น.
- วัลลภ ยกสมาคม. มปป. คู่มือการปลูกมะม่วง. พิมพ์ครั้งที่ 1. โครงการหนังสือเกษตรชุมชน, กรุงเทพมหานคร.
- วิจิตร วังใน. 2529. มะม่วง. ศรีสมบัติการพิมพ์, กรุงเทพมหานคร. 301 น.
- ศิริชัย กัลยาณรัตน์ และ สุรนนท์ สุภัทรพันธุ์. 2521. การศึกษาอัตราส่วนเพศดอกของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้หวายเบอร์ 4. วารสารวิทยาศาสตร์. 35(2): 176-82.
- สาวิตรี มาลัยพันธุ์. 2523. รวมเรื่องเกี่ยวกับมะม่วง. ชมรมผู้พัฒนามะม่วงแห่งประเทศไทย, กรุงเทพมหานคร.
- สนั่น ขำเลิศ. 2527. มะม่วงในระยะปลูกชิด. อักษรพิทยา, กรุงเทพฯ. 293 น.
- สัมฤทธิ์ เฟื่องจันทร์. 2521. อิทธิพลของสภาพฟ้าอากาศต่อการออกดอกของมะม่วง. วิทยาศาสตร์เกษตร. 11(6): 555-556.
- สุรนนท์ สุภัทรพันธุ์. 2526. สรีรวิทยาการเจริญเติบโตของพืชสวน. ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 135 น.
- โสภภาพรณ จุ้ยเจริญ. 2532. ผลของ GA₃ ต่อการเปลี่ยนแปลงเพศดอกและอิทธิพลของอุณหภูมิต่ำต่อการบานของดอกมะม่วงพันธุ์เขียวเสวย. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี. ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- Brawbaker, J.L. and B.H. Kwack. 1963. The essential role of calcium ion in pollen germination and pollen tube growth. Amer. J. Bot. 50: 859-865.
- Chen, W.S. 1985. Flower induction in mango (*Mangifera indica* L.) with plant growth substance. Proc. Natl. Sci. Counc. B. Roc. 9: 9-12.
- _____. 1987. Endogenous growth substances in relation to shoot growth and flower bud development of mango. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 112: 360-363.
- _____. 1990. Endogenous growth substances in xylem and shoot tip diffusate of lychee in relation to flowering. Hort. Sci. 25(3): 314-315.

- Crane ,J.H., I.S.E. Bally, R.V. Mosqueda-Vazquez and E. Tomer. Crop production. p. 203-256. In R.E. Litz (ed). The Mango Botany Production and Uses. CAB International, New York.
- Davenport, T.L. and R. Nunez-Elisea. 1997. Reproductive physiology. p. 69-146. In R.E. Litz (ed). The Mango Botany Production and Uses. CAB International, New York.
- Kachru, R.B., R.B. Singh and E.K. Chacko. 1971. Inhibition of flowering in mango (*Mangifera indica* L.) by gibberellic acid. Hort. Sci. 6: 140-141.
- Marks, N. 1987. Marketing Queensland mangoes: where next ?. J. Queensland Agr. 133(4): 219-220.
- Mukherjee, S.K. 1949. The taxonomic value of the anatomical structure of inflorescence axis of *Mangifera*. Indian Bot. 28: 162-171.
- Okada, K. 1993. Change of carbohydrates, nitrogen and endogenous hormones content during growth and development in Japanese pear. MS. Thesis. Chiba University. Japan.
- Paksasorn, A. 1995. Studies on bloom delay, induction of parthenocarpic fruit growth and control of fruit ripening in Japanese apricot. (*Prunus mume* Sieb. et Zucc.). Ph.D. Thesis. Chiba University. Japan.
- Pal, S. and S. Ram. 1978. Endogenous gibberellin of mango shoot tip and their significance in flowering. Scientia Hort. 9: 369-378.
- Paulus, D. and K.G. Shanmugavelu. 1988. Physiological and biochemical changes in the leaf tissue from quiescent to fruiting stage of mango. Acta Hort. 231: 394-398.
- Pongsomboon, W., S. Subhadrabandhu and R.A. Stephenson. 1997. Some aspects of ecophysiology of flowering intensity of mango (*Mangifera indica* L.) cv. Nam Dok Mai in a semi-tropical monsoon Asian climate. Scientia Hort. 70: 45-56.
- Randhawa, G.S. and V.K. Damoduran. 1961. Studies on floral biology and sex ratio in mango. Indian J. Hort. 18: 1-29.
- Shawky, J., Z. Zidan, A. El-Tomi and D.I. Dashan. 1978. Effects of GA₃ sprays on time of blooming and flowering malformation in Tomour mango. Egypt J. Hort. 5: 125-132.
- Tomer, E. 1984. Inhibition of flowering in mango by gibberellic acid. Scientia Hort. 24: 299-303.
- Tongumpai, P., K. Jutamanee, R. Sethapakdi and S. Subhadrabandhu. 1991. Variation in level of gibberellin-like substances during vegetative growth and flowering of mango cv. Kiew Sawoey. Acta Hort. 291: 105-107.

- Turabull, G.C.N., K.L. Anderson and E.C. Winston. 1996. Influence of gibberellin treatment on flowering and fruiting patterns in mango. *Aust. J. Exp. Agri.* 36: 603-611.
- Whiley, A.W., T.S. Rasmussen, B.N. Wolstenholme, J.B. Saranah and B.W.Cull. 1991. Interpretation of growth responses of some mango cultivars grown under controlled temperature. *Acta Hort.* 291: 22-31.