



รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

การศึกษасаเหตุและแนวทางการแก้ไข
ปัญหาการออกดอกและติดผลไม่
สม่ำเสมอของมะม่วง

โดย ผศ.ดร.กฤษณา กฤษณพุกต์ และคณะ

ธันวาคม 2546

RECEIVED
15 DEC 2003

BY:.....



รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

การศึกษสาเหตุและแนวทางการแก้ไขปัญหการออกดอกและ
ติดผลไม่สม่ำเสมอของมะม่วง

Causes of Sporadic Flowering and Fruit Set in Mango
(*Mangifera indica* L.) and Resolution

โดย

ผศ.ดร.กฤษณา กฤษณพุกต์ และคณะ

ธันวาคม 2546

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

การศึกษสาเหตุและแนวทางการแก้ไขปัญหการออกดอกและ
ติดผลไม่สม่ำเสมอของมะม่วง

Causes of Sporadic Flowering and Fruit Set in Mango
(*Mangifera indica* L.) and Resolution

คณะผู้วิจัย

1. ผศ.ดร. กฤษณา กฤษณพุกต์
2. ผศ. ดร.ลพ ภาณุตานนท์
ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร กำแพงแสน
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
3. รศ.ดร.คณพล จุฑามณี
คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
4. ผศ.ดร.อุษณีย์ พิชกรรม
คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล

ชุดโครงการไม้ผลและผลิตภัณฑ์จากผลไม้

สนับสนุนโดยสำนักกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)

(ความเห็นในรายงานนี้เป็นของผู้วิจัย สกว. ไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป)

Executive Summary

Project Title Causes of Sporadic Flowering and Fruit Set in Mango (*Mangifera indica* L.) and Resolution

Researcher's, organization, and telephone/fax numbers

1. Krisana Krisanapook
Department of Horticulture, Faculty of Agriculture
Kasetsart University, Kamphaneng Saen, Nakhon Pathom 73140
Tel 034-281-084, 034-281085 Fax 034-281-086
E-mail : agrknk@ku.ac.th
2. Lop Phavaphutanon
Department of Horticulture, Faculty of Agriculture
Kasetsart University, Kamphaneng Saen, Nakhon Pathom 73140
Tel 034-281-084, 034-281085 Fax 034-281-086
E-mail : agrlpv@ku.ac.th
3. Kanapol Jutamanee
Faculty of Liberal Arts and Sciences
Kasetsart University, Kamphaneng Saen, Nakhon Pathom 73140
Tel 034-351-402, 034-351-599 Fax 034-351-402
E-mail address : faaskpj@nontri.ku.ac.th
4. Aussanee Pichakum
Department of Plant Science, Faculty of Science,
Mahidol University, Bangkok
Tel 02-248-5963 Fax 02-248-5963
E-mail : scaps@mahidol.ac.th

Problem statement and importance

Mango is the most important fruit crops in Thailand. Values for both domestic and export have significantly increased. By using a plant growth regulator substance, flowering is controllable independent of season so that mango can be produced all year round. However, sporadic flowering becomes a limiting factor, particularly, when trees have been chemically forced repeatedly. Even though flowering is committed, the other serious problems in mango production are poor fruit set and premature fruit drop that cause low and unpredictable yield. Causes of these problems may vary in different seasons and remain unknown. Efficient methods to improve fruit set, development and retention need to be characterized.

Objectives

1. To study the causes of sporadic flowering in mango and the methods to completely control flowering all year round.

2. To study the causes of poor fruit set and premature fruit drop in mango and the methods to improve fruit set and reduce fruit drop.

Methodology (experimental design, measurement, sampling, analysis, etc.)

Series of experiments will be conducted on selected mango cultivars under both field and laboratory conditions. Proper statistical designs will be utilized according to the nature of experiments. Various forms of carbohydrates and plant growth regulators in different tissues will be analyzed during a production cycle to establish the correlation between sporadic flowering and levels of carbohydrate reserves and certain plant growth regulators. Comparisons will be made among mango trees which flower on season, trees chemically forced to flower off season, and trees with heavy crop load in the previous year. Photosynthetic rate, translocation of current photosynthates and carbohydrate reserve during fruit set and fruit development will be monitored periodically to determine the carbon requirement and characterize carbon competition between developing fruits and other organs. Factors that affect pollination and fertilization such as sex ratio of flowers, anther dehiscence, pollen viability, pollen tube growth, stigma receptivity, and cross pollination with different cultivars will be evaluated in relation to environmental changes, levels of plant growth regulators and some essential elements such as calcium (Ca) and boron (B). Once the causes of problems are clarified, the combination of methods will be tested with field grown mango trees in each production season to ensure uniform flowering and improve fruit set, development and retention. These methods include 1) the application of sugar solution to increase carbohydrate in plant tissues, 2) the application of selected plant growth regulators to modify sex ratio of flowers, increase fruit growth, and prevent fruit drop, 3) the application of Ca and B which are necessary for pollination and fertilization processes and 4) selected cultural practices that modify environmental conditions and enhance photosynthetic capacity.

Outputs

I Flowering process

Two internal factors namely, endogenous hormones (gibberellins and cytokinins) and carbohydrates were determined during flowering process. The results are as the follows.

1. Even gibberellins level in the terminal bud decreased during flowering peak, clear relation between these hormones and flowering could not be found. Meanwhile, cytokinins also increased a little during flowering but still not possible to draw their relation together.
2. Application of plant growth retardants like paclobutrazol, which inhibits gibberellin synthesis, could increase flowering in Mango 'Nam Dok Mai' remarkably whether applied at first year, every one year interval or three years continuously.
3. Carbohydrates level decreased during flowering and increased a little during fruit development then decreased again at harvest time.
4. One important source of carbohydrates for flowering shoot were the leaves on the same shoots since they may be the nearest source.

5. During flowering (and fruit set) which need a lot of food reserve, photosynthetic rate was low which mean that carbohydrate storage inside the trees should be sufficient for flowering and fruit set process.
6. Increasing of carbohydrates could be done by exogenous application of sugars which fructose had highest effect followed by sucrose and glucose. Main carbohydrates that increased was fructose.
7. Paclobutrazol induced off season flowering in Mango 'Nam Dok Mai' without causing undesirable characteristics except suppression of shoot growth and if applied at optimum rate, it could be used continuously.
8. Paclobutrazol did not increase carbohydrates inside mango trees which was different from some previous reports. But it hastended carbohydrates accumulation which resulted to earlier flowering in treated trees.

II Fruit set and fruit development process

1. Percentage of fruit set in mango dropped remarkedly 2-3 week after full bloom.
2. Endogenous hormones were involved in fruit set, fruit retention and fruit development in mango 'Nam Dok Mai'
3. Gibberellins and cytokinins inside fruits especially in the seed part were highest at week 5 after first flower bloom then dropped sharply followed by in creasing of fruit size.
4. Main kinds of polyamines in mango were putrescine, spermidine and spermine respectively. These polyamines levels especially putrescine were high at 1-2 week at first flower bloom then decreased sharply. Thus, these polyamines may be used for fruit growth by increasing of cell numbers.
5. Ethylene also had high level at 1-2 week after first flower bloom which may concern to early fruit drop.
6. During fruit set and fruit development, carbohydrates inside the fruits was high indicated that fruits were the strong sink while no remarked change inside shoots and leaves were found.
7. Pollen tube growth ability varied to mango cultivars but it had no relation with percentage of fruit set.
8. Cross pollination did not increase fruit set in mango 'Nam Dok Mai'.
9. During flower shoot elongation, calcium inside the shoots was insufficient but boron level did not change. Thus, application of calcium from outside could help the lack of this element.
10. Spraying of calcium-boron together with gibberellic acid increased fruit set at the early stage remarkedly.

บทคัดย่อ

ทำการศึกษาปัจจัยบางประการว่ามีความเกี่ยวข้องกับการออกดอกและติดผลของมะม่วงอย่างไร โดยแบ่งการทดลองเป็น 2 ส่วน คือ การออกดอก และการติดผล

ในส่วนของการออกดอก ทำการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของฮอร์โมนพืช 2 ชนิด ได้แก่ จิบเบอเรลลิน และไซโตไคนินภายในตาช่อด โดยทำการเปรียบเทียบระหว่างต้นที่ราดและไม่ได้อาหารสารชะลอการเจริญเติบโตคือ พาโคลบิวทราโซล พบว่าการให้สารทำให้มะม่วงมีการออกดอกเพิ่มขึ้นและเร็วขึ้นกว่าต้นที่ไม่ให้สาร โดยมีผลทำให้เกิดจุดกำเนิดดอกเร็วกว่าต้นที่ไม่ได้อาหารสาร แต่ไม่มีผลชัดเจนต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณจิบเบอเรลลิน ซึ่งสาเหตุหนึ่งอาจมาจากไม่สามารถควบคุมสภาพแวดล้อม โดยเฉพาะในเรื่องความชื้นได้ แต่พบว่าจิบเบอเรลลินมีปริมาณค่อนข้างต่ำในช่วง peak การออกดอกของมะม่วง ทั้งในต้นควบคุมและต้นที่ราดสาร พาโคลบิวทราโซลไม่น่าจะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณไซโตไคนินในต้นมะม่วง และพบว่าไซโตไคนินมีปริมาณสูงในช่วงออกดอกติดผล จึงเป็นไปได้ว่าสารนี้อาจเกี่ยวข้องกับการออกดอกติดผลในมะม่วงด้วย

การเปลี่ยนแปลงของคาร์โบไฮเดรตที่ไม่อยู่ในรูปโครงสร้าง (TNC) ในต้นมะม่วงที่ราดสารไม่แตกต่างจากในต้นที่ไม่ราดสาร คือปริมาณคาร์โบไฮเดรตจะลดลงในช่วงออกดอก โดยการเปลี่ยนแปลงนี้จะพบในใบของกิ่งยอด ซึ่งอาจเป็นแหล่งสำคัญแหล่งหนึ่ง การให้สารพาโคลบิวทราโซลไม่ได้ทำให้ต้นมะม่วงมีการสะสม TNC เพิ่มขึ้นแต่ทำให้การสะสม TNC เร็วขึ้น ดังนั้นการที่ต้นมะม่วงที่ได้รับสารออกดอก อาจไม่ได้ขึ้นกับการสะสม TNC อย่างเดียว การให้น้ำตาลโมเลกุลเล็กคือ 6 และ 12 คาร์บอนอะตอม เช่น กลูโคส ฟรุคโตสและซูโครส สามารถดูดซึมเข้าสู่ต้นมะม่วงทางใบได้ โดยฟรุคโตสจะมีการดูดซึมดีที่สุดรองลงมาคือซูโครสและกลูโคสตามลำดับ และการให้น้ำตาลจากภายนอกจะทำให้ TNC ภายใน โดยเฉพาะฟรุคโตสเพิ่มขึ้น

ในส่วนของการติดผล ได้ทำการศึกษาปัจจัยต่างๆ คือ อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงในระหว่างการออกดอกและติดผลไปจนถึงช่วงพัฒนาการของผล ปริมาณจิบเบอเรลลินไซโตไคนิน โพลีคลอโรฟิลและเอพิกลินภายในผล รวมทั้งปัจจัยอื่นๆ ได้แก่ สัดส่วนเพศดอก การแตกของอับละอองเกสร การงอกของละอองเกสร ตลอดจนผลของแคลเซียม (Ca) โบรอน (B) และน้ำตาชอร์บิทอลและจิบเบอเรลลินแอซิดได้ผลการทดลองดังต่อไปนี้

อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงของมะม่วงน้ำดอกไม้ลดลงในช่วงออกดอก ติดผลและพัฒนาการของผล แต่กลับพบคาร์โบไฮเดรตในปริมาณมากในส่วนช่อดอก และผลมะม่วง ซึ่งเป็นส่วนที่สร้างคาร์โบไฮเดรตได้น้อยมาก ในขณะที่คาร์โบไฮเดรตในกิ่งยอดและใบมีการเปลี่ยนแปลงไม่เด่นชัดในช่วงนี้ ดังนั้นอาหารสะสมในต้นน่าจะต้องมีเพียงพอต่อการเจริญเติบโตและพัฒนาของผล

มะม่วงพันธุ์เขียวเสวย และพันธุ์น้ำดอกไม้มีอัตราการร่วงของผลอ่อนสูงในช่วง 2-3 สัปดาห์ หลังดอกบาน ต่อมาอัตราการติดผลจะคงที่จนถึงระยะเก็บเกี่ยว โดยลักษณะการเจริญเติบโตของมะม่วง ทั้ง 2 พันธุ์ เป็นแบบ Simple Sigmoid curve ซึ่งมีการเจริญเติบโตที่เห็นชัดเจนในช่วงสัปดาห์ที่ 5-8 หลังดอกบาน โดยมีการเพิ่มทั้งขนาดผล น้ำหนักผล และน้ำหนักเมล็ด

จากการศึกษาปริมาณจิบเบอเรลลินและไซโตไคนินภายในเนื้อผลและเมล็ดของผลมะม่วงพันธุ์เขียวเสวย พบว่าปริมาณสารทั้งสองจะเพิ่มขึ้น และมีปริมาณสูงสุดในสัปดาห์ที่ 5 หลังดอกบาน โดยในส่วนของเมล็ดจะมีปริมาณของสารมากกว่าในเนื้อผล ดังนั้นเมล็ดจึงเป็นแหล่งสำคัญของการผลิตสารทั้งสองนี้ และการเปลี่ยนแปลงของสารทั้งสองมีบทบาทต่อการร่วงของผล โดย 4 สัปดาห์หลังดอกบาน ผลขนาดใหญ่และมีเมล็ดจะมีปริมาณสารทั้งสองสูงกว่าผลขนาดเล็กที่ไม่มีเมล็ด และผลขนาดเล็กนี้มีปริมาณสารทั้งสองต่ำมาก และจะหลุดร่วงในช่วงสัปดาห์ต่อมา มีการเพิ่มขึ้นของจิบเบอเรลลินและไซโตไคนินภายในผลก่อนการขยายขนาดของผล ดังนั้นการเพิ่มขึ้นของสารทั้งสองนี้จะชักนำให้เกิดขบวนการเจริญเติบโตของผลตามมา

จากการศึกษาปริมาณโพลีเอมีนภายในเนื้อผลและเมล็ดของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 พบว่า โพลีเอมีนที่พบมากที่สุดคือ putrescine รองลงมาคือ spermidine และ spermidine ตามลำดับ โดยโพลีเอมีนทั้ง 3 ชนิดมีการเปลี่ยนแปลงที่คล้ายกันคือในระยะ 1-2 สัปดาห์หลังดอกแรกบาน โพลีเอมีนจะมีปริมาณสูงมากและลดลงอย่างรวดเร็วและมีปริมาณคงที่ไปจนถึงสัปดาห์ที่ 15 และปริมาณโพลีเอมีนที่เพิ่มสูงขึ้นมีความสัมพันธ์กับการเพิ่มจำนวนเซลล์ของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ ส่วนการเปลี่ยนแปลงปริมาณเอทิลีนในผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้พบว่า เอทิลีนมีปริมาณสูงมากในระยะ 1-2 สัปดาห์หลังดอกแรกบาน ซึ่งน่าจะมีความสัมพันธ์กับการร่วงของผลในระยะนี้ จากนั้นปริมาณ เอทิลีนจะค่อยๆ ลดลงและคงที่ไปจนเก็บเกี่ยว

สัดส่วนดอกเพศผู้ต่อดอกสมบูรณ์เพศของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ที่ออกในฤดูและนอกฤดูเท่ากับ 2.41 : 1 และ 3.04 : 1 ตามลำดับ ส่วนการแตกของอับละอองเกสรของมะม่วงพบว่าแตกต่างไปตามพันธุ์ โดยมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์มีการแตกของอับละอองเกสรเฉลี่ยสูงที่สุดเท่ากับ 74.45% มะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ 20.06% และพันธุ์เขียวเสวย 14.95% การงอกของละอองเกสรบนอาหารวุ้นนั้นอยู่ในช่วง 24-32% แต่มะม่วงน้ำดอกไม้ที่ออกดอกนอกฤดู จะมีการงอกของละอองเกสรเพียง 4.85% และมะม่วงแต่ละพันธุ์ใช้เวลาในการงอกของละอองเกสร ไปจนถึงรังไข่ในเวลาที่แตกต่างกัน โดยพันธุ์โชคอนันต์เขียวเสวยและน้ำดอกไม้ ใช้เวลาในการงอกเท่ากับ 12, 42 และ 48 ชั่วโมงตามลำดับ

ส่วนการติดผลหลังผสมเกสร 15 วัน พบว่า พันธุ์โชคอนันต์มีการติดผลดีที่สุดคือ 72% รองลงมาคือพันธุ์น้ำดอกไม้เท่ากับ 47% ส่วนพันธุ์เขียวเสวยไม่พบการติดผล และการติดผลหลังผสมเกสร 15 วันของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ที่ออกดอกนอกฤดู เท่ากับ 10.7% ซึ่งต่ำกว่าในฤดูระดับแคลเซียม (Ca) ในช่อดอกที่กำลังยึดตัว (7-14 วัน) มีแนวโน้มลดลงและเพิ่มขึ้นเมื่อช่อดอกยึดตัวเต็มที่ ขณะที่โบรอน (B) ไม่

ค่อนข้างมีการเปลี่ยนแปลง การใช้ Ca-B ในรูปสารเคมีและสารการค้า และน้ำตาลซอร์บิทอลมีผลทำให้การติดผลในช่วงแรกของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เพิ่มขึ้น โดยช่วยเพิ่มระดับ Ca ในเนื้อเยื่อต่างๆ ของพืช โดยเฉพาะในช่วงที่ช่อดอกกำลังยึดตัว และยังเพิ่มปริมาณ TNC ในส่วนของเนื้อเยื่อต่างๆ แต่ Ca-B ไม่มีผลต่อการงอกของหลอดละอองเกสร การใช้ Ca-B ร่วมกับ Gibberellic acid มีแนวโน้มในการเพิ่มการติดผลของมะม่วงให้เพิ่มขึ้นกว่า Ca-B เพียงอย่างเดียว

Abstract

Study on some factors that may involved in flowering and fruit set of mango was conducted. The experiment was divided into two parts, flowering and fruit set processes respectively.

In flowering parts, endogenous gibberellins and cytokinins inside terminal buds from paclobutrazol treated and untreated trees were determined. Paclobutrazol induced more flower than untreated trees and treated trees flowered earlier than untreated trees by induce earlier flower primordia. However, this chemical could not changed gibberellin levels which may be caused by environment condition that had high humidity. Gibberellins in both treated and untreated trees had similar patterns that during flowering peak, gibberellins level was low. Meanwhile high level of cytokinins was found during flowering and fruit set, thus cytokinins may involved in flowering and fruit set of mango.

Total nonstructural carbohydrates (TNC) in treated and untreated trees also had same patterns. It decreased during flowering especially in the leaves of terminal shoots which may be the important source for TNC. Paclobutrazol did not increase TNC level but it shifted the accumulation of TNC to occur earlier. Thus, flowering process of mango should not depend on TNC accumulation only. Sugars like glucose, fructose sucrose could be absorbed inside the mango trees via the leaves. Among them, fructose showed best absorption followed by sucrose and glucose respectively. These sugars increased TNC especially in fructose from.

In fruit setting process, some factors like photosynthesis rate, endogenous hormones inside fruits, flower sex ratio, anther dehiscence, pollen viability and pollen tube growth, as well as effects of some elements like calcium (Ca) and boron (B) were determined.

Photosynthesis rate during flowering and fruit set were low. Meanwhile TNC were accumulated in flower and fruit which were strong sink. Thus, TNC storage inside the trees must be enough for fruit growth and development.

Mango 'Khiew Sawoey' and 'Nam Dok Mai' had high fruit drop. 2-3 weeks after full bloom. After that fruit retention remained constant until harvest. Fruit growth in both pattern were simple sigmoidal curve which active growth occurred during 5-8 weeks after full bloom whether in size, fruit and seed weight.

Endogenous gibberellins and cytokinins levels inside the flesh and the seed reached their peaks at 5 weeks after full bloom. Most of the hormones were mainly found in the seeds. Thus, seeds should be the sources of these hormones inside the fruits. Changing of these two hormones inside the fruit may concerned with fruit drops since at 4 weeks after full bloom, two types of fruits could be distinguished. Big fruit with seed contained higher gibberellins and cytokinins than small seedless fruit. The smaller fruits dropped in few days later. Increasing of these two hormones before fruit size increasing may induce the following fruit growth.

Major polyamines in mango 'Nam Dok Mai' are putrescine, spermidine and spermine respectively. These three polyamines had similar patterns, they increased remarkably at 1-2 week after first flower bloom and sharply decreased and maintained at the same levels until week 15. Increasing of polyamines may relate to cell increasing in mango fruit.

Ethylene level inside fruits was also very high at 1-2 week after first flower bloom and may had relation with fruit drop at this time. After that ethylene gradually decreased and remained constant until harvest.

Sex ratio of male flowers and hermaphrodite flowers of mango 'Nam Dok Mai' in and off season were 2.41 : 1 and 3.04 : 1 respectively. Anther dehiscence varied to cultivars which. 'Chok Anant' had highest percentage (74.45%) followed by 'Nam Dok Mai' and 'Khiew Sawoey' which were 20.06% and 14.95% respectively. Pollen tube growth of these three cultivars in the agar media were between 24-32% while pollen tube growth of 'Nam Dok Mai' flower in off season was only 4.85% 'Chok Anant' need 12 h for pollen tube growth to reach the ovary while it took 42 and 48 h for 'Khiew Saweoy' and 'Nam Dok Mai' respectively.

'Chok Anant' also had highest fruit set at 15 days after fertilization (72%) followed by 'Nam Dok Mai' (47%) but in 'Khiew Sawoey' no fruit set occurred. Meanwhile fruit set in off season 'Nam Dok Mai' was very low (10.7%).

Calcium (Ca) level in elongated flower shoot (7-14 days) was low but increased when inflorescence was fully expended. meanwhile, not much change was found in boron (B) level during inflorescence development. Using Ca-B both fine and commercial grades together with sorbitol could increase fruit set at the early stage. They increased Ca level inside plant tissues especially at elongation stage. Besides, TNC also increased. But Ca-B had no effect on pollen tube growth. Foliar spray of Ca-B together with gibberellic acid increased higher fruit set than spray of Ca-B only.

คำนิยม

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณหน่วยงานราชการและบุคคลต่อไปนี้ที่ให้การสนับสนุนในทุกๆ ด้าน เพื่อให้โครงการวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ซึ่งได้แก่

1. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย สำหรับทุนอุดหนุนการวิจัย
2. ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร และ คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ อ.กำแพงแสน จ.นครปฐม ภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล กรุงเทพฯ สำหรับการสนับสนุนและเปิดโอกาสให้คณะผู้วิจัยได้ทำงานวิจัยนี้ รวมทั้งอนุญาตให้ใช้แปลงทดลองและห้องปฏิบัติการเพื่อทำการวิจัย
3. งานวิจัยพืชผลหลังเก็บเกี่ยว ฝ่ายปฏิบัติการวิจัยและเรือนปลูกพืชทดลอง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม ที่ให้ความเอื้อเฟื้อในการใช้เครื่องมือเพื่อวิเคราะห์ปริมาณเอทิลีนในมะม่วง
4. คุณเฟื่องฟ้า จันทนิม เจ้าหน้าที่ศูนย์ปฏิบัติการวิจัยและเรือนปลูกพืชทดลอง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ.นครปฐม ในการให้คำแนะนำในการทำไมโครเทคนิคทางพืช
5. คุณสุมาลี ธรรมศิริ และรต.สมควร พยุง สำหรับการอนุญาตให้คณะผู้วิจัยได้ใช้สวนมะม่วงสำหรับทำการวิจัย
6. นักวิชาการรายเดือนประจำโครงการ บุคลากรของภาควิชาพืชสวน ที่มีส่วนช่วยให้โครงการวิจัยสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี
7. คุณสุปราณี สระทองอ่วม และคุณณัฐยา แสนคำ ที่ช่วยพิมพ์ ตรวจแก้ไข และจัดทำรูปเล่มจนรายงานฉบับนี้สำเร็จลงได้

สารบัญเรื่อง

	หน้า
Executive Summary	i
บทกัดย่อ	iv
Abstract	vii
คำนิยม	ix
สารบัญเรื่อง	x
สารบัญตาราง	xi
สารบัญภาพ	xvi
1. ศึกษาสาเหตุการออกดอกไม่สม่ำเสมอของมะม่วง	1
1.1 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของสารควบคุมการเจริญเติบโตภายในต้นมะม่วง	7
1.2 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของปริมาณคาร์โบไฮเดรตสะสมภายในต้นมะม่วง	32
2. ศึกษาแนวทางควบคุมการออกดอกของมะม่วง	45
2.1 การเพิ่มปริมาณอาหารสะสมในรูปคาร์โบไฮเดรตกับมะม่วงเพื่อแก้ปัญหาการออกดอกไม่สม่ำเสมอ	45
3. ศึกษาสาเหตุการติดผลน้อยของมะม่วง	60
3.1 ศึกษาความต้องการคาร์โบไฮเดรตในการติดผลของมะม่วง	64
3.2 บทบาทของ Plant bioregulators ภายในผลต่อการติดผลและการเจริญเติบโตของผลมะม่วง	80
3.3 ปัจจัยอื่น ๆ ที่มีอิทธิพลต่อการติดผลของมะม่วง	127
3.3.1 สัดส่วนเพศดอก ลำดับการบานของดอกและตำแหน่งดอกเพศผู้และดอกสมบูรณ์เพศ	127
3.3.2 ศึกษาการแตกของอับละอองเกสร ความมีชีวิตและการงอกของละอองเกสรเพศผู้	130
3.3.3 อิทธิพลของการผสมข้ามพันธุ์กับการงอกของละอองเกสร	150
3.3.4 ผลของแคลเซียมและโบรอนต่อการงอกของละอองเกสรและการติดผล	156
3.3.5 ผลของการให้แคลเซียมและโบรอนต่อปริมาณแคลเซียมและโบรอนในเนื้อเยื่อพืช ปริมาณคาร์โบไฮเดรตสะสมและการติดผลของมะม่วงน้ำดอกไม้	164
4. ศึกษาแนวทางควบคุมการติดผลของมะม่วง	183
4.1 ผลของการใช้สารแคลเซียม โบรอน และจิบเบอเรลลิน เพื่อช่วยเพิ่มการติดผลและพัฒนาการของผลมะม่วง	183

สารบัญตาราง

	หน้า	
ตารางที่ 1.1	ลักษณะการเปลี่ยนแปลงของต้นมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ทั้งในต้นควบคุมและต้นที่ได้รับสารพาโคลบิวทราโซล	12
ตารางที่ 1.2	ผลของสารพาโคลบิวทราโซลที่ราดในปี 2540 และ 2541 ต่อความยาวกิ่งยอดมะม่วงน้ำดอกไม้ หลังทำการกระตุ้นให้แตกยอดเพื่อราดสารในปี 2542	13
ตารางที่ 1.3	ผลของสารพาโคลบิวทราโซลที่ราดในปี 2540 และ 2541 ต่อจำนวนใบของกิ่งยอด มะม่วงน้ำดอกไม้ หลังทำการกระตุ้นให้แตกยอดเพื่อราดสารในปี 2542	14
ตารางที่ 1.4	ผลของสารพาโคลบิวทราโซลที่ราดในปี 2540 และ 2541 ต่อเส้นผ่านศูนย์กลางกิ่งยอดมะม่วงน้ำดอกไม้ หลังทำการกระตุ้นให้แตกยอดเพื่อราดสารในปี 2542	15
ตารางที่ 1.5	ผลของสารพาโคลบิวทราโซลที่ราดในปี 2540 และ 2541 ต่อเส้นผ่านศูนย์กลางตายอดมะม่วงน้ำดอกไม้ หลังทำการกระตุ้นให้แตกยอดเพื่อราดสารในปี 2542	16
ตารางที่ 1.6	ผลของการให้สารพาโคลบิวทราโซลในลักษณะต่างๆต่อปริมาณการออกดอกของมะม่วงน้ำดอกไม้ ในปี 2542	17
ตารางที่ 1.7	ช่วงเวลาการเก็บตัวอย่างพืชเพื่อวิเคราะห์ปริมาณคาร์โบไฮเดรตสะสม	35
ตารางที่ 1.8	ระยะเวลาออกดอกของต้นมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ที่ได้รับสารพาโคลบิวทราโซลเป็นครั้งแรกหรือได้รับสารซ้ำเป็นปีที่สอง เปรียบเทียบกับต้นที่ไม่ได้รับสาร	39
ตารางที่ 1.9	การเปลี่ยนแปลงปริมาณคาร์โบไฮเดรตทั้งหมดที่ไม่ใช่โครงสร้าง (total non-structural carbohydrates; TNC) ที่สะสมในกิ่งยอดและใบในระยะก่อนออกดอกของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ที่ได้รับสารพาโคลบิวทราโซลเป็นครั้งแรกหรือได้รับสารซ้ำเป็นปีที่สอง เปรียบเทียบกับต้นที่ไม่ได้รับสาร (เก็บตัวอย่างเมื่อเดือนกันยายน 2541หรือหลังราดสารประมาณ 2 เดือน)	40
ตารางที่ 1.10	การเปลี่ยนแปลงปริมาณคาร์โบไฮเดรตทั้งหมดที่ไม่ใช่โครงสร้าง (total non-structural carbohydrates; TNC) ที่สะสมในกิ่ง ใบ และช่อดอก ในระยะออกดอกของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ที่ได้รับสารพาโคลบิวทราโซลเป็นครั้งแรกหรือได้รับสารซ้ำเป็นปีที่สอง (เก็บตัวอย่าง ตุลาคม 2541) เปรียบเทียบกับต้นที่ไม่ได้รับสาร (เก็บตัวอย่าง ธันวาคม 2541)	40

สารบัญตาราง(ต่อ)

	หน้า
ตารางที่ 1.11 การเปลี่ยนแปลงปริมาณคาร์โบไฮเดรตทั้งหมดที่ไม่ใช่โครงสร้าง (total non-structural carbohydrates; TNC) ที่สะสมในกิ่ง ใบ และช่อดอก ในระยะผลอายุ 30 วันหลังดอกบาน ของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ที่ได้รับสารพาโคลบิวทราโซลเป็นครั้งแรกหรือได้รับสารซ้ำเป็นปีที่สอง เปรียบเทียบกับต้นที่ไม่ได้รับสาร	41
ตารางที่ 1.12 การเปลี่ยนแปลงปริมาณคาร์โบไฮเดรตทั้งหมดที่ไม่ใช่โครงสร้าง (total non-structural carbohydrates; TNC) ที่สะสมในกิ่ง ใบ และผล ในระยะผลอายุ 70 วันหลังดอกบาน ของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ที่ได้รับสารพาโคลบิวทราโซลเป็นครั้งแรกหรือได้รับสารซ้ำเป็นปีที่สอง เปรียบเทียบกับต้นที่ไม่ได้รับสาร	41
ตารางที่ 1.13 การเปลี่ยนแปลงปริมาณคาร์โบไฮเดรตทั้งหมดที่ไม่ใช่โครงสร้าง (total non-structural carbohydrates; TNC) ที่สะสมในกิ่ง ใบ และผลในระยะเก็บเกี่ยวผล (ผลอายุ 110 วันหลังดอกบาน) ของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ที่ได้รับสารพาโคลบิวทราโซลเป็นครั้งแรกหรือได้รับสารซ้ำเป็นปีที่สอง เปรียบเทียบกับต้นที่ไม่ได้รับสาร	42
ตารางที่ 2.1 ผลของการให้สารละลายน้ำตาลโมเลกุลเล็กชนิดต่างๆ ต่อปริมาณ total non-structural carbohydrates (TNC), fructose และ sucrose ในใบมะม่วง	51
ตารางที่ 2.2 ผลของการให้สารละลายน้ำตาลรวมในรูปผลิตภัณฑ์การค้า 2 ชนิดต่อปริมาณ total non-structural carbohydrates (TNC), fructose และ sucrose ในใบมะม่วง	52
ตารางที่ 2.3 ผลของการให้สารละลาย fructose และ sucrose ต่อปริมาณ TNC ในกิ่งและใบ ยอดของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้หลังให้สาร 1, 3 และ 7 วัน	53
ตารางที่ 2.4 ผลของการให้สารละลาย fructose และ sucrose ต่อปริมาณ TNC ในกิ่งและใบ ยอดของมะม่วงพันธุ์แรกหลังให้สาร 1, 3 และ 7 วัน	53
ตารางที่ 3.1 ผลของการให้ปุ๋ย 0-52-34 หรือ ปุ๋ย 0-52-34 ร่วมกับสารละลายน้ำตาลเสริมทางใบในช่วงก่อนออกดอกต่ออัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงของใบมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ในระยะก่อนออกดอก ระยะออกดอกและติดผล ระยะที่ผลมีการเติบโต	73

สารบัญตาราง(ต่อ)

	หน้า
ตารางที่ 3.2 ผลของการให้ปุ๋ย 0-52-34 หรือ ปุ๋ย 0-52-34 ร่วมกับสารละลายน้ำตาลเสริมทางใบในช่วงก่อนออกดอกต่อค่าความต้านทานของปากใบ (stomatal resistance) ของใบมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ในระยะก่อนออกดอก ระยะออกดอกและติดผล ระยะที่ผลมีการเติบโต	74
ตารางที่ 3.3 ผลของการให้ปุ๋ย 0-52-34 หรือ ปุ๋ย 0-52-34 ร่วมกับสารละลายน้ำตาลเสริมทางใบในช่วงก่อนออกดอกต่อปริมาณ total non-structural carbohydrates (TNC) ในใบ กิ่งยอด ช่อดอก ก้านผล และผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ในระยะก่อนออกดอก ระยะออกดอกและติดผล ระยะที่ผลมีการเติบโต	75
ตารางที่ 3.4 ผลของการให้ปุ๋ย 0-52-34 หรือ ปุ๋ย 0-52-34 ร่วมกับสารละลายน้ำตาลเสริมทางใบในช่วงก่อนออกดอกต่อปริมาณ ไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) และ โพแทสเซียม (K) ในใบยอดของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ในระยะก่อนออกดอก ระยะออกดอกและติดผล ระยะที่ผลมีการเติบโต	76
ตารางที่ 3.5 ผลของการให้ปุ๋ย 0-52-34 หรือปุ๋ย 0-52-34 ร่วมกับสารละลายน้ำตาลเสริมทางใบในช่วงก่อนออกดอกต่อเปอร์เซ็นต์การออกดอก เปอร์เซ็นต์การเกิดช่อดอก ปนใบ และจำนวนผลต่อช่อในมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้	77
ตารางที่ 3.6 จำนวนดอกและอัตราส่วนดอกเพศผู้และดอกสมบูรณ์เพศของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ที่ออกดอกทั้งในและนอกฤดู	137
ตารางที่ 3.7 ผลของ NAA, ethephon และ GA ₃ ต่อการเปลี่ยนแปลงเพศดอกในมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้	138
ตารางที่ 3.8 การแตกของอับละอองเกสรของดอกเพศผู้และดอกสมบูรณ์เพศ ในมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้, เชื้อราเสวย และโซคอนันต์	139
ตารางที่ 3.9 ความมีชีวิตของละอองเกสรของดอกเพศผู้และดอกสมบูรณ์เพศ ในมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ เชื้อราเสวย และโซคอนันต์	140
ตารางที่ 3.10 ความมีชีวิตของละอองเกสรของดอกเพศผู้และดอกสมบูรณ์เพศ ในมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ที่ออกดอกนอกฤดูในระยะดอกบาน 50 เปอร์เซ็นต์	141
ตารางที่ 3.11 การงอกของละอองเกสรจากดอกเพศผู้และดอกสมบูรณ์เพศ ในมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ เชื้อราเสวย และโซคอนันต์	142

สารบัญตาราง(ต่อ)

	หน้า
ตารางที่ 3.12 การรอกของละอองเกสรของดอกเพศผู้และดอกสมบูรณ์เพศ ในมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ที่ออกดอกนอกฤดูในระยะดอกบาน 50 เปอร์เซ็นต์	143
ตารางที่ 3.13 ระยะทางในการรอกของละอองเกสรในยอดเกสรเพศเมียจนถึงรังไข่ (หางอกถึงรังไข่ =100%) เมื่อศึกษาที่เวลาต่างๆ กันในมะม่วงน้ำดอกไม้ เขียวสวยและโชคอนันต์	143
ตารางที่ 3.14 ระยะทางในการรอกของละอองเกสรในยอดเกสรเพศเมียจนถึงรังไข่ เมื่อศึกษาที่เวลาต่าง ๆ กันในมะม่วงน้ำดอกไม้ที่ออกดอกนอกฤดู	143
ตารางที่ 3.15 เปอร์เซ็นต์การติดผลของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ เขียวสวย และโชคอนันต์ที่ออกดอกในฤดู	144
ตารางที่ 3.16 เปอร์เซ็นต์การติดผลของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ที่ออกนอกฤดู	144
ตารางที่ 3.17 ผลของแคลเซียม โบรอนและน้ำตาลซอร์บิทอลต่อระยะทางในการรอกของหลอดละอองเกสร ภายในเกสรเพศเมีย	159
ตารางที่ 3.18 ผลของการให้สารละลาย Ca-B ทางใบต่อการเปลี่ยนแปลงระดับ Ca ในใบและกิ่งยอระหว่างการทดลอง ช่วงพัฒนาการทางกิ่งใบ (ส.ค.- ก.ย.) ช่วงออกดอก (ต.ค.) ช่วงเริ่มติดผล (พ.ย.) และช่วงพัฒนาการของผลถึงเก็บเกี่ยว (พ.ย.- ก.พ.)	169
ตารางที่ 3.19 ผลของการให้สารละลาย Ca-B ทางใบต่อการเปลี่ยนแปลงระดับ B ในใบและกิ่งยอระหว่างการทดลอง ช่วงพัฒนาการทางกิ่งใบ (ส.ค.- ก.ย.) ช่วงออกดอก (ต.ค.) ช่วงเริ่มติดผล (พ.ย.) และช่วงพัฒนาการของผลถึงเก็บเกี่ยว (พ.ย.- ก.พ.)	170
ตารางที่ 3.20 ผลของการให้สารละลาย Ca-B อัตราต่างๆ ต่อการเปลี่ยนแปลงระดับ Ca และ B ในช่อดอกที่ระยะ 7 14 21 และ 28 วันหลังแทงช่อดอก	171
ตารางที่ 3.21 ผลของการให้สารละลาย Ca-B ทางใบต่อการเปลี่ยนแปลงระดับ Ca และ B ในผลมะม่วงอายุต่างๆ	172
ตารางที่ 3.22 ผลของการให้สารละลาย Ca-B ทางใบต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณ TNC ในใบและกิ่งยอระหว่างการทดลอง ช่วงพัฒนาการทางกิ่งใบ (ส.ค.- ก.ย.) ช่วงออกดอก (ต.ค.) ช่วงเริ่มติดผล (พ.ย.) และช่วงพัฒนาการของผลถึงเก็บเกี่ยว (พ.ย.- ก.พ.)	173

สารบัญตาราง(ต่อ)

	หน้า
ตารางที่ 3.23 ผลของการให้สารละลาย Ca-B ทางใบต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณ TNC ในช่อดอกที่ระยะ 7 14 21 และ 28 วันหลังแทงช่อดอก	174
ตารางที่ 3.24 ผลของการให้สารละลาย Ca-B ทางใบต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณ TNC ในผลมะม่วงอายุต่างๆ	175
ตารางที่ 3.25 ผลของการให้สารละลาย Ca-B อัตราต่าง ๆ ต่อจำนวนผลต่อช่อ ในช่วงการติดผลระยะแรกและระยะเก็บเกี่ยว	175
ตารางที่ 3.26 ผลของการให้สารละลาย Ca-B อัตราต่าง ๆ ต่อน้ำหนักและขนาดของผลในระยะเก็บเกี่ยว	176
ตารางที่ 4.1 ผลของ Ca-B และ GA ₃ ต่อการติดผลของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ (จากตัวอย่าง 2 ต้น : ทำการวัดผลในระยะเก็บเกี่ยว)	187
ตารางที่ 4.2 ผลของ Ca-B และ GA ₃ ต่อลักษณะทางกายภาพบางประการของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ที่ระยะเก็บเกี่ยว ตัวเลขคือจำนวนผล	187
ตารางที่ 4.3 แสดงจำนวนผลมะม่วงน้ำดอกไม้ขนาดต่าง ๆ ในแต่ละทรีตเมนต์	188
ตารางที่ 4.4 ผลของ Ca-B และ GA ₃ ต่อลักษณะของเมล็ด	188

สารบัญภาพ

	หน้า
ภาพที่ 1.1 ปริมาณสารคล้ายจิบเบอเรลลินในส่วนกิ่งปลายยอดของมะม่วงน้ำดอกไม้ในรอบปี 2542 เปรียบเทียบระหว่างต้นควบคุมและต้นที่บังคับให้ออกดอกนอกฤดู 2 ครั้ง ในปี 2540 และ 2542 และต้นที่ได้รับสารซ้ำ 3 ปี ติดต่อกัน	18
ภาพที่ 1.2 ปริมาณสารคล้ายไซโตไคนินในส่วนกิ่งปลายยอดของมะม่วงน้ำดอกไม้ในรอบปี 2541-2542 เปรียบเทียบระหว่างต้นควบคุมและต้นที่ราดสารพาโคลบิวทราโซล 2 ครั้ง ในปี 2540 และ 2542 ต้นที่ได้รับสารซ้ำ 3 ปี ติดต่อกัน	19
ภาพที่ 1.3 ลักษณะภายนอกของตายอดในระยะต่างๆ ของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ในต้นควบคุม และ ต้นที่ราดสารซ้ำปีเว้นปี ตั้งแต่วันที่ 14 สิงหาคม 2542 ถึงวันที่ 11 กันยายน 2542 (ต้นที่ราดสารเริ่มแทงช่อดอก)	20
ภาพที่ 1.4 ลักษณะภายในตายอดที่ระยะต่างๆ ของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ต้นควบคุม และ ต้นที่ราดสารซ้ำ 2 ปี (ปีเว้นปี) และ 3 ปีติดต่อกัน ตั้งแต่วันที่ 30 มิถุนายน 2542 ถึง 11 กันยายน 2542	21
ภาพที่ 1.5 ลักษณะภายในตายอดที่ระยะต่างๆ ของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ในต้นควบคุม ต้นที่ราดสารปีเว้นปี และต้นที่ราดสาร 3 ปีติดต่อกัน ในวันที่ 2 ตุลาคม และ 11 กันยายน 2542	22
ภาพที่ 3.1 ผลของการให้ปุ๋ย 0-52-34 หรือปุ๋ย 0-52-34 ร่วมกับสารละลายน้ำตาลเสริมทางใบในช่วงก่อนออกดอกต่อการเปลี่ยนแปลงค่า SPAD unit ของใบมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ หน่วยวัน แสดงจำนวนวันหลังจากให้ปุ๋ยหรือปุ๋ยร่วมกับสารละลายน้ำตาลครั้งแรก	73
ภาพที่ 3.2 เปอร์เซ็นต์ช่อดอกที่ติดผลในแต่ละสัปดาห์ของมะม่วงพันธุ์เขียวเสวย	99
ภาพที่ 3.3 การเจริญเติบโตของผลมะม่วงพันธุ์เขียวเสวย ทางด้านความยาว ความกว้าง น้ำหนักผล และน้ำหนักเมล็ด	100
ภาพที่ 3.4 ปริมาณสารคล้ายจิบเบอเรลลินภายในผลมะม่วงพันธุ์เขียวเสวย	101
ภาพที่ 3.5 ปริมาณสารคล้ายไซโตไคนินในผลมะม่วงพันธุ์เขียวเสวย	102
ภาพที่ 3.6 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารคล้ายจิบเบอเรลลินและไซโตไคนินทั้งหมดภายในผลกับการเจริญเติบโตทางด้านน้ำหนักผลของมะม่วงพันธุ์เขียวเสวย	103

สารบัญภาพ (ต่อ)

	หน้า
ภาพที่ 3.7 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารคล้ายจิบเบอเรลลินและไซโตไคนินทั้งหมดภายในผล และการเจริญเติบโตทางด้านน้ำหนักผลของมะม่วงพันธุ์เขียวเสวยสองลักษณะที่อายุ 4 สัปดาห์หลังคอกบาน	104
ภาพที่ 3.8 เปอร์เซ็นต์ช่อดอกที่ติดผลในแต่ละสัปดาห์ของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4	105
ภาพที่ 3.9 จำนวนผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 เฉลี่ยต่อ 1 ช่อดอก ในแต่ละสัปดาห์	106
ภาพที่ 3.10 การเจริญเติบโตของผลมะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์ 4 ทางด้านความยาว ความกว้าง ความหนา และน้ำหนักผล	107
ภาพที่ 3.11 ปริมาณโพลิอามีนชนิดต่าง ๆ ในเนื้อผลระหว่างการเจริญเติบโตของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4	108
ภาพที่ 3.12 ปริมาณโพลิอามีนชนิดต่าง ๆ ในเมล็ดระหว่างการเจริญเติบโตของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4	109
ภาพที่ 3.13 ปริมาณโพลิอามีนทั้งหมด (ในเนื้อผล และเมล็ด) ระหว่างการเจริญเติบโตของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4	110
ภาพที่ 3.14 ปริมาณเอทิลีนในระหว่างการเจริญเติบโตของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4	111
ภาพที่ 3.15 จำนวนดอกสมบูรณ์เพศและดอกเพศผู้ในช่อดอกมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ทางทิศเหนือ	145
ภาพที่ 3.16 จำนวนดอกสมบูรณ์เพศและดอกเพศผู้ในช่อดอกมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ทางทิศใต้	145
ภาพที่ 3.17 การงอกของละอองเกสรมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เขียวเสวย โชคอนันต์ และมันเดือนเก้่า บนยอดเกสรเพศเมียมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้	153
ภาพที่ 3.18 การติดผลของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ที่ได้รับการผสมเกสรจากละอองเกสรพันธุ์น้ำดอกไม้เขียวเสวย โชคอนันต์ และมันเดือนเก้่า	153
ภาพที่ 3.19 ผลของแคลเซียม โบรอน และน้ำตาลซอร์บิทอลต่อการงอกของละอองเกสรของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ (Tr1 = ไม่มีการให้สาร, Tr2 = แคลเซียมและโบรอน (สารการค้า), Tr3 = แคลเซียม, โบรอน (สารการค้า) และซอร์บิทอล 20%, Tr4 = แคลเซียม, โบรอน (สารการค้า) และซอร์บิทอล 40%, Tr5 = แคลเซียมและโบรอน (สารเคมี), Tr6 = แคลเซียม, โบรอน (สารเคมี) และซอร์บิทอล 20%, Tr7 = แคลเซียม, โบรอน (สารเคมี) และซอร์บิทอล 40%)	160

สารบัญภาพ (ต่อ)

	หน้า
ภาพที่ 3.20 ผลของแคลเซียม โบรอน และน้ำตาลซอร์บิทอลต่อการติดผลของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ (Tr1 = ไม่มีการให้สาร, Tr2 = แคลเซียมและโบรอน (สารการค้า), Tr3 = แคลเซียม, โบรอน (สารการค้า) และซอร์บิทอล 20%, Tr4 = แคลเซียม, โบรอน (สารการค้า) และซอร์บิทอล 40%, Tr5 = แคลเซียมและโบรอน (สารเคมี), Tr6 = แคลเซียม, โบรอน (สารเคมี) และซอร์บิทอล 20%, Tr7 = แคลเซียม, โบรอน (สารเคมี) และซอร์บิทอล 40%)	160
ภาพที่ 4.1 แสดงการติดผลของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ในสัปดาห์ที่ 3 หลังดอกแรกบาน	189
ภาพที่ 4.2 แสดงจำนวนผล/ช่อของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ในสัปดาห์ที่ 3 หลังดอกแรกบาน	189
ภาพที่ 4.3 แสดงการติดผลของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้	190
ภาพที่ 4.4 แสดงจำนวนผล/ช่อของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้หลังได้รับสาร Ca-B ร่วมกับ GA ₃	190

1. ศึกษาสาเหตุการออกดอกไม่สม่ำเสมอของมะม่วง

มะม่วงเป็นไม้ผลเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย และถูกจัดให้เป็นพืชเร่งรัดการส่งออกชนิดหนึ่ง ตามแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่ 6 (2530-2534) ทำให้พื้นที่ปลูกมะม่วงเพิ่มขึ้นทุกปี อย่างไรก็ตามพบว่าผลผลิตรวมทั้งประเทศกลับไม่เพิ่มขึ้น ซึ่งน่าจะมาจากสาเหตุสำคัญ 2 ประการ คือ 1) ปัญหาการออกดอกไม่สม่ำเสมอ 2) ปัญหาการติดผลน้อย

ในส่วนการออกดอกของมะม่วงนั้น เป็นที่ทราบกันดีว่าปัจจุบันมีวิทยาการที่ควบคุมการออกดอกของมะม่วงได้ โดยใช้สารควบคุมการเจริญเติบโตในกลุ่มสารชะลอการเจริญเติบโต (plant growth retardants) ทำให้สามารถผลิตมะม่วงนอกฤดู และมีมะม่วงออกมาจำหน่ายได้ตลอดทั้งปี อย่างไรก็ตาม ต้นมะม่วงที่จะบังคับให้สามารถออกดอกด้วยสารเคมีได้นั้น จะต้องมีความสมบูรณ์ของต้นเพียงพอ มิฉะนั้นจะไม่สามารถบังคับให้ออกดอกได้ตามต้องการ โดยเฉพาะเมื่อทำการบังคับต้นเดิมซ้ำในปีต่อๆ มา มักพบว่าการออกดอกไม่สม่ำเสมอ จนถึงไม่ออกดอกเลย และเกิดปัญหาด้านโรคมติดตามมา

การแก้ไขปัญหานั้นที่ผ่านมาจนถึงปัจจุบัน มักจะเน้นวิธีการใช้สารเคมีจากภายนอกและการเกษตรกรรมต่างๆ โดยขาดข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับปัจจัยภายในต้นพืชที่มีผลต่อการออกดอก เช่น ระดับของสารควบคุมการเจริญเติบโตภายในพืช ปริมาณอาหารสะสมในรูปคาร์โบไฮเดรต ซึ่งปัจจัยดังกล่าวนี้ผันแปรไปตามพันธุ์ของมะม่วง ฤดูกาล และสภาพแวดล้อม การใช้สารเคมีเพื่อบังคับให้มะม่วงออกดอกนอกฤดู น่าจะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยเหล่านี้ จึงควรจะมีการศึกษาถึงการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยต่างๆ ภายในต้นมะม่วง และความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยเหล่านี้กับการออกดอก เพื่อให้พบสาเหตุที่แท้จริงของปัญหาการออกดอกไม่สม่ำเสมอของมะม่วง พร้อมทั้งหาแนวทางแก้ไขปัญหานั้นที่ถูกต้องต่อไป

ในกระบวนการออกดอกในไม้ผลทั่วไปนั้น คือการเปลี่ยนแปลงจาก vegetative phase เป็น reproductive phase โดยในระยะก่อนการเปลี่ยนแปลงเหล่านี้ จะมีการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีในพืช ในระยะแรกๆ ที่เรียกว่า floral initiation เป็นช่วงวิกฤตของพืชที่จะเกิดดอก ซึ่งจะมีปัจจัยมาเกี่ยวข้องมากมาย ทั้งปัจจัยภายนอกและปัจจัยภายใน ถ้าปัจจัยต่างๆ เหมาะสม ก็จะทำให้เกิดตาดอกขึ้น ปัจจัยภายในที่มีความสำคัญอย่างหนึ่งคือ ปริมาณและชนิดของสารควบคุมการเจริญเติบโต สารเหล่านี้ส่วนใหญ่จะสร้างขึ้นที่ใบ แล้วเคลื่อนที่ไปสะสมอยู่ตรงส่วนของต้นที่มีการสร้างตาดอกขึ้น (Chacko, 1991) สำหรับงานทดลองในมะม่วง พอจะสรุปได้ว่า มีการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารควบคุมการเจริญเติบโตของมะม่วงในช่วงที่เกิด floral initiation โดยที่สารในกลุ่มออกซิน แอบซิสสิกแอซิด และไซโตไคนิน ในส่วนยอดและใบจะมีปริมาณเพิ่มขึ้น แต่ในทางตรงข้ามจะพบว่าปริมาณจิบเบอเรลลินกลับลดลง (คุณพล, 2532) นอกจากนี้ยังมีรายงานว่า การให้สารจิบเบอเรลลินจากภายนอก จะกระตุ้นการเจริญทางด้าน

กิ่งใบ และยับยั้งการออกดอกหรือทำให้ดอกออกช้ากว่าปกติ (Kachru และคณะ, 1971; Tomer, 1984, Chen, 1985; Chen, 1987) ในสัณนิบาตงานว่า การลดระดับจิบเบอเรลลินมีความจำเป็นสำหรับการเกิดดอก (Goldschmidt และ Monselise, 1970; Guardiola และคณะ, 1982) แต่ในแอปเปิลกลับพบว่าการให้ GA_4 กับแอปเปิลพันธุ์ Golden Delicious หลังดอกบาน 4-7 สัปดาห์ จะส่งเสริมการออกดอกในปีถัดไป (Looney และคณะ, 1985) แสดงให้เห็นว่าจิบเบอเรลลินเป็นสารที่เกี่ยวข้องกับการเกิดดอก

แต่การศึกษายาทบาทของจิบเบอเรลลินในการออกดอกของมะม่วงซึ่งเป็นไม้ผลเขตร้อนนั้น ยังไม่มีงานทดลองทางด้านนี้นัก ทำให้ไม่สามารถทราบแน่ชัดลงไปถึงบทบาทและกลไก ของสารควบคุมการเจริญเติบโตชนิดนี้ ต่อการเกิดและการเจริญเติบโตของดอกมะม่วง จากรายงานที่เคยมีการศึกษาเกี่ยวกับบทบาทของสารชนิดนี้ในมะม่วง พบว่าการให้ GA_3 กับมะม่วงจะยับยั้งการออกดอกได้ 75-90 เปอร์เซ็นต์ (Kachru และคณะ, 1971) และต้นมะม่วงต่างพันธุ์จะตอบสนองต่อสารต่างกัน (Tomer, 1984) Pal และ Ram (1978) พบว่าในมะม่วงพันธุ์ Dashehari ที่ไม่ออกดอก มีปริมาณจิบเบอเรลลินมากกว่าต้นที่ออกดอก และ Chen (1987) พบว่าต้นมะม่วงพันธุ์ Irwin ในช่วงการเกิดตาใบมีปริมาณจิบเบอเรลลินมากกว่าในช่วงการเกิดตาดอก สำหรับชนิดของจิบเบอเรลลินในมะม่วงนั้น Pal และ Ram (1978) รายงานว่าตรวจพบ GA_1 , GA_3 , GA_4 , GA_5 , GA_6 , GA_7 , GA_9 และจิบเบอเรลลินทุกชนิดที่ตรวจพบ มีปริมาณต่ำในช่วงการพัฒนาของตาดอก Chen (1987) พบว่าถ้าระดับจิบเบอเรลลินใน xylem sap ต่ำ จะทำให้มะม่วงออกดอกมากขึ้น

นอกจากนี้ดังที่กล่าวมาแล้วว่าในปัจจุบันการบังคับให้มะม่วงออกดอก สามารถกระทำได้โดยใช้สารในกลุ่มสารชะลอการเจริญเติบโต โดยเฉพาะอย่างยิ่งสารพาโคลบิวทราโซล ซึ่งให้ผลดีในมะม่วง โดยเฉพาะพันธุ์ที่มีแนวโน้มว่าจะออกดอกได้ง่าย เช่น พันธุ์น้ำดอกไม้ ส่วนกลไกในการส่งเสริมให้มะม่วงออกดอกก็โดยไปชะลอการเจริญเติบโตทางด้านกิ่งก้าน (vegetative growth) โดยขัดขวางการสังเคราะห์จิบเบอเรลลิน ในช่วงที่มีการเปลี่ยนจาก ent-kaurene เป็น ent-kaurenoic acid (Anonymous, 1984) ซึ่งตรงกับแนวคิดที่ว่า การให้สารจิบเบอเรลลินจะยับยั้งการออกดอกในไม้ดอกยืนต้นหลายชนิด (Pharis และ King, 1985) ดังนั้นจิบเบอเรลลิน น่าจะเกี่ยวข้องโดยตรงกับการออกดอกในมะม่วง ซึ่งงานวิจัยในเรื่องการใช้สารชะลอการเจริญเติบโตเพื่อบังคับให้มะม่วงออกดอกนอกฤดูนั้นในประเทศไทยได้มีผู้ศึกษาไว้ค่อนข้างมาก (ชยะ และ พีรเดช, 2529; สนั่น, 2529; คณพลและคณะ, 2530; สันติ, 2531; นาถฤดี, 2533) แต่ผลของสารนี้ต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณจิบเบอเรลลินภายในต้นมะม่วงยังมีการศึกษาไว้ค่อนข้างน้อย จึงน่าจะมีการศึกษาในเรื่องนี้เพิ่มเติม

ปริมาณคาร์โบไฮเดรตในต้นมะม่วงก็น่าจะมีบทบาทสำคัญต่อการออกดอกของมะม่วง เนื่องจากการออกดอกและติดผลของมะม่วงเป็นกระบวนการที่ต้องใช้พลังงานมาก ซึ่งพลังงานนี้ได้มาจาก

การสลายสารคาร์โบไฮเดรตที่สะสมอยู่ในใบ ลำต้น และราก และจากคาร์โบไฮเดรตที่พืชผลิตขึ้นในขณะนั้นโดยกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง (Whiley, 1993) คาร์โบไฮเดรตที่ไม่ใช่โครงสร้าง (total nonstructural carbohydrates: TNC) ซึ่งสะสมในกิ่งและใบของมะม่วงมีปริมาณลดลงอย่างเด่นชัดขณะที่มีการแตกใบใหม่ และในระหว่างการออกดอกและติดผล (ศิริชัย, 2524; นาถฤดี, 2533; Pongsomboon, 1991) Chauhan และ Pandey (1984) ทำการป้าย ^{14}C ชูโครสที่ขอมะม่วงและติดตามการเคลื่อนที่ภายในต้น พบว่า 5 วันหลังการให้สาร จะพบ ^{14}C ในส่วนของดอกและผลที่มีการพัฒนาเป็นส่วนใหญ่คือประมาณ 40% ของสารทั้งหมด แสดงว่าดอกและผลอ่อนเป็น sink สำคัญ ขณะเดียวกันในช่อดอกที่มีการเติบโตผิดปกติ และผลอ่อนที่ร่วงจะมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตต่ำ (สมพร, 2524; Usha และคณะ, 1996) อย่างไรก็ตามในขณะนี้ยังไม่ทราบแน่ชัดว่า คาร์โบไฮเดรตสะสมจากแหล่งใดที่มีความสำคัญโดยตรงต่อการออกดอกและติดผล และสัดส่วนความสำคัญระหว่างคาร์โบไฮเดรตสะสมและคาร์โบไฮเดรตที่พืชผลิตขึ้นในขณะที่มีการออกดอกและติดผลนั้นเป็นอย่างไร

ในการใช้สารพาโคลบิวทราโซลเพื่อชักนำให้มะม่วงออกดอกนั้นพบว่า ต้นมะม่วงที่ได้รับสารจะออกดอกได้เร็วขึ้นและมีจำนวนดอกมากกว่าต้นที่ไม่ได้รับสาร เนื่องจากสารพาโคลบิวทราโซลสามารถลดปริมาณจิบเบอเรลลินในยอดของมะม่วงได้ (นาถฤดี, 2533) นอกจากนี้สารพาโคลบิวทราโซลยังเร่งให้มีการสะสมคาร์โบไฮเดรตในกิ่งและใบเพิ่มขึ้นและเร็วขึ้นด้วย (นาถฤดี, 2533) ถ้าต้นมะม่วงมีความสมบูรณ์เพียงพอ การชักนำให้มะม่วงออกดอกด้วยสารพาโคลบิวทราโซลสามารถทำได้โดยไม่ขึ้นกับฤดูกาลแม้ในฤดูฝน ซึ่งตามปกติมะม่วงจะไม่ออกดอกในช่วงนี้ หากการเปลี่ยนแปลงของคาร์โบไฮเดรตสะสมในมะม่วง ซึ่งได้รับสารพาโคลบิวทราโซลยังคงมีรูปแบบดังกล่าวข้างต้นในช่วงนอกฤดูก็แสดงว่า การออกดอกของมะม่วงเกี่ยวข้องกับสองปัจจัยหลักคือ จิบเบอเรลลินในยอดของมะม่วงจะต้องลดลง และต้องมีการสะสมคาร์โบไฮเดรตถึงระดับที่เพียงพอต่อการออกดอก อย่างไรก็ตามการชักนำให้มะม่วงออกดอกด้วยสารเคมีอาจได้ผลไม่แน่นอนถ้าต้นมะม่วงนั้นไม่สมบูรณ์ (บุญถือ, ข้อมูลจากการติดต่อบริษัท)

นอกจากวิธีการเขตกรรมต่างๆเช่น การตัดแต่งกิ่งเพื่อลดการแข่งขันอาหารและเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการสังเคราะห์แสง การปลิดผล และการใส่ปุ๋ยแล้ว การให้คาร์โบไฮเดรตในรูปน้ำตาลโมเลกุลเล็กกับพืช อาจเป็นอีกวิธีหนึ่งในการเพิ่มอาหารสะสมอย่างรวดเร็วในช่วงที่พืชต้องการ ในทุเรียนพบว่า การให้สารละลายน้ำตาลกลูโคสกับผลอ่อน สามารถเพิ่มขนาดผลได้อย่างเด่นชัด (หิรัญ และคณะ, 2539) ซึ่งแสดงว่าน้ำตาลโมเลกุลเล็กสามารถดูดซึมเข้าสู่เนื้อเยื่อพืช และทดแทนหรือเสริมปริมาณคาร์โบไฮเดรตให้กับพืชเพื่อไปใช้ในการเจริญเติบโตได้ ดังนั้นการให้น้ำตาลเสริมแก่มะม่วงในช่วงก่อนออกดอกและระหว่างการติดผล ซึ่งเป็นช่วงที่มีความต้องการคาร์โบไฮเดรตสูง อาจช่วยให้มะม่วงมีการออกดอกสม่ำเสมอและติดผลดีขึ้น ขณะนี้ถึงแม้จะมีน้ำตาลโมเลกุลเล็กจำหน่ายเป็นการค้าเพื่อเพิ่มการ

เจริญเติบโตของพืชในประเทศไทย แต่ยังไม่มียางานเกี่ยวกับประสิทธิภาพในการดูดซึมเข้าสู่พืช การเคลื่อนย้ายในพืช และผลต่อการออกดอกและติดผลของมะม่วง จึงควรมีการทดสอบในเรื่องนี้เพิ่มเติมด้วย

เอกสารอ้างอิง

- คณพล จุฑามณี. 2532. การเปลี่ยนแปลงระดับของสารคล้ายจิบเบอเรลลินในช่วงการเจริญทางกิ่งใบ และการออกดอกของมะม่วงพันธุ์เขียวเสวย. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ
- คณพล จุฑามณี, พีรเดช ทองอำไพ, สายชล เกตุษา และ วิจิตร วังโน. 2530. ผลของ Paclobutrazol ที่มีต่อการเจริญทางกิ่งใบและการออกดอกของมะม่วงพันธุ์ "เขียวเสวย" น. 153 ใน รายงานการประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ 25 สาขาพืช มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 3-6 กุมภาพันธ์ 2530.
- ชยะ หัสดีเสวี และ พีรเดช ทองอำไพ. 2529. ผลของสาร paclobutrazol ที่มีต่อการเจริญทางด้านกิ่งใบ การออกดอกและการติดผลของมะม่วงน้ำดอกไม้ทวายเบอร์ 4 น. 295-302. ใน รายงานการประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ 24 สาขาพืช มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 27-29 มกราคม 2529.
- นาถฤดี ศุภกิจจาร์ภักษ์. 2533. ผลของสารพาโคลบิวทราโซลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารคล้ายจิบเบอเรลลินที่ปลายยอดและการออกดอกของมะม่วงพันธุ์ "เขียวเสวย" วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ
- ศิริชัย กัลยาณรัตน์. 2536. การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณคาร์โบไฮเดรตและไนโตรเจนในใบและกิ่งยอดของมะม่วง (*Mangifera indica* L.) พันธุ์น้ำดอกไม้. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- สันติ ชาญวิจิตร. 2531. ผลของสาร Paclobutrazol ต่อการควบคุมทรงพุ่มและการออกดอกของมะม่วงน้ำดอกไม้ทวายเบอร์ 4 ภายหลังการตัดแต่งกิ่งแบบหนัก. ปัญหาพิเศษปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ

- สนั่น ขำเลิศ. 2529. การใช้สารเคมีเพื่อชะลอการเจริญของกิ่งและการออกดอกของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 ในระบบปลูกละชิด. เอกสารประกอบการสัมมนา ของชมรมผู้พัฒนามะม่วง. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 23 หน้า (โรเนียว)
- สมพร คูเจริญไพศาล. 2524. การเจริญของผล ระดับสารยับยั้งการเจริญเติบโตและคาร์โบไฮเดรตในระยะต่าง ๆ ของการเจริญของผลมะม่วงพันธุ์หนังกลางวัน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- หิรัญ หิรัญประดิษฐ์, เสริมสุข สลักเพชร, อัมพิกา ปูนนจิต, บุญสืบ ศรีสวัสดิ์, สุขวัฒน์ จันทรปรณิก, เสงี่ยม แก้วรัญ, ทรงพล สมศรี และไพโรจน์ ผลประสิทธิ์. 2539. เทคโนโลยีการผลิตทุเรียนให้มีคุณภาพ. เอกสารประกอบการประชุมวิชาการ ประจำปี 2539. 5-8 มีนาคม 2539 ณ โรงแรมเคพี แกรนด์ จ. จันทบุรี ศูนย์วิจัยพืชสวนจันทบุรี. สถาบันวิจัยพืชสวน กรมวิชาการเกษตร.
- Anonymous. 1984. Paclobutrazol plant growth regulator for fruit. Technical Data Sheet of Imperial Chemical Industries. PLC. Surrey. 41 p.
- Chacko, E.K. 1991. Mango flowering-Still an enigma! Acta Horticulturae 80:169-174.
- Chen, W.S., 1985. Flower induction in mango (*Mangifera indica* L.) with plant growth substances. Proc. Natl. Sci. Couns. B. Roc 9:9-12.
- Chen, W.S. 1987. Endogenous growth substances in relation to shoot growth and flower bud development of mango. J. Amer. Soc.Hort.Sci. 112:360-363.
- Chauhan, P.S. and R.M. Pandey. 1984. Relative $^{14}\text{CO}_2$ fixation by leaves and fruits, and translocation of ^{14}C -sucrose in mango. Scientia Horticulturae 22: 121-128.
- Goldschmidt, E.E. and S.P. Monselise. 1970. Hormonal control of flowering in citrus and some other woody perennials, pp.758-765. In J.D. Carr (ed.). Plant Growth Substances. Springer-Verlag, Berlin.
- Guardiola, J.L., C. Monerri and M. Augush. 1982. The inhibitory effect of gibberellin on flowering in citrus. Physiol. Plant. 55:136-142.
- Kachru, R.B., R.N. Singh and E.K. Chacko. 1971. Inhibition of flowering in mango (*Mangifera indica* L.) by gibberellic acid. HortScience 6:140-141.

- Looney, N.E., R.P. Pharis and M. Noma. 1985. Promotion of flowering in apple trees with gibberellin A4 and C-3 epi-gibberellin A1. *Planta* 165:292-294.
- Pal, S. and S. Ram. 1978. Endogenous gibberellin of mango shoot tip and their significance in flowering. *Scientia Horticulturae* 9:369-378.
- Pharis, R.P. and R.W. King. 1985. Gibberellins and reproductive development in seed plants. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 36:517-568.
- Pongsomboon, W. 1991. Effects of temperature and water stress on tree growth, flowering, fruit growth and retention of mango (*Mangifera indica* L.). Ph.D Thesis. Kasetsart University, Bangkok, Thailand.
- Tomer, E. 1984. Inhibition of flowering in mango by gibberellic acid. *Scientia Horticulturae* 24:299-303.
- Usha, K., H.C. Sharma, A.M. Goswami and B. Singh. 1996. Photosynthetic efficiency and Translocation pattern in relation to floral malformation in mango. *Proc. Int. Conference on Tropical Fruits*. Kuala Lumpur, Malaysia. pp 143-148.
- Whiley, A. W. 1993. Environmental effects on phenology and physiology of mango – A review. *Acta Horticulturae* 341 : 165-176.

1.1 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของสารควบคุมการเจริญเติบโตภายในต้นมะม่วง

ศึกษาถึงการเปลี่ยนแปลงของสารควบคุมการเจริญเติบโตที่น่าจะมีส่วนเกี่ยวข้องกับการออกดอกของมะม่วง ได้แก่ จิบเบอเรลลิน (GA) และไซโตไคนิน (CK) โดยเฉพาะจิบเบอเรลลินนั้นเป็นสารควบคุมการเจริญเติบโตที่มีรายงานว่าเป็นสารยับยั้งการออกดอก (antiflowering) โดยพบว่าในช่วงการพัฒนาคอกปริมาณสารจิบเบอเรลลินในยอดและใบจะลดต่ำลง ประกอบกับเมื่อมีการบังคับให้มะม่วงออกดอกโดยใช้สารพาโคลบิวทราโซล พบว่ามีผลในการลดการสร้างจิบเบอเรลลิน เนื่องจากสารนี้มีผลยับยั้งการสร้างจิบเบอเรลลินตรงบริเวณใต้ปลายยอด (subapical meristem) ดังนั้นจึงเป็นไปได้ว่าสารกลุ่มนี้จะมีผลต่อการพัฒนาคอกของมะม่วง อย่างไรก็ตามมักพบปัญหาว่าในต้นที่มีการราดสารอย่างต่อเนื่อง บางครั้งไม่ออกดอกหรือออกดอกไม่สม่ำเสมอเช่นในปีแรกๆ ซึ่งอาจมีสาเหตุมาจากปัจจัยอื่นร่วมด้วย เช่น เรื่องความสมบูรณ์ของดินหรือปริมาณธาตุอาหารภายในต้น หรืออาจเป็นไปได้ว่าการราดสารอย่างต่อเนื่องไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของจิบเบอเรลลินภายในเมื่อทำการใช้สารนี้ติดต่อกัน ซึ่งปัญหานี้เป็นประเด็นสำคัญที่ทำให้การผลิทมะม่วงนอกฤดูได้ผลไม่แน่นอน โดยทำการศึกษาดังนี้

1. ศึกษาความสัมพันธ์ของปริมาณสารคล้ายจิบเบอเรลลินและสารคล้ายไซโตไคนินในตายอดกับการออกดอกของมะม่วง

การทดลองนี้เป็นการมุ่งเน้นไปที่ตายอดโดยเฉพาะเพื่อหาความสัมพันธ์ของสารคล้ายจิบเบอเรลลินและสารคล้ายไซโตไคนินกับการออกดอก เนื่องจากเป็นส่วนที่จะมีการเปลี่ยนแปลงจาก vegetative tissue ไปเป็นคาคอก โดยเปรียบเทียบระหว่างตายอดของต้นมะม่วงที่ไม่ได้ราดสาร ต้นมะม่วงที่ได้รับสารปีเว้นปี และต้นมะม่วงที่ได้รับสารสามปีติดต่อกัน

อุปกรณ์และวิธีการ

ทำการทดลองกับต้นมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ อายุประมาณ 7 ปี ที่สวนของคุณ สุมาลี ธรรมศิริ อำเภอบางใหญ่ จังหวัดนนทบุรี สภาพสวนเป็นระบบร่องกว้าง 3 เมตร ขาวประมาณ 135 เมตร ทำการปลูกโดยใช้ระยะห่างประมาณ 3 เมตร ดินมีลักษณะเป็นดินเหนียว ทำการแบ่งต้นมะม่วงเป็นสามกลุ่ม โดยกลุ่มที่หนึ่งจำนวน 15 ต้น ทำการราดสารพาโคลบิวทราโซล (บริษัท ICI จำกัด) ในอัตรา 6 กรัม ai ต่อต้น ให้สารโดยการผสมน้ำราดโคนต้นในเดือนมิถุนายน 2542 ซึ่งต้นมะม่วงในกลุ่มนี้เคยได้รับสารมาแล้วในอัตราส่วนที่เท่ากันสองปีติดต่อกันคือ พ.ศ. 2540 และ 2541 กลุ่มที่สองคือต้นมะม่วงที่เคยได้รับสารในอัตรา 6 กรัมต่อต้นมาแล้วหนึ่งครั้งในปีพ.ศ.2540 จำนวน 15 ต้น และทำการราดสารอีก

ครั้งในเดือนมิถุนายน 2542 ส่วนกลุ่มที่สามคือต้นควบคุมหรือต้นที่ไม่เคยมีการราดสารเลย 30 ต้น ดังนั้นจะมีทรีทเมนต์ดังนี้

ทรีทเมนต์ที่ 1 ต้นควบคุมไม่เคยมีการราดสารเลย 30 ต้น

ทรีทเมนต์ที่ 2 ต้นมะม่วงที่ได้รับสารในปี 2540 และ 2542 (ปีเว้นปี)จำนวน 15 ต้น

ทรีทเมนต์ที่ 3 ต้นมะม่วงที่ได้รับสารในปี 2540, 2541 และ 2542 (สามปีติดต่อกัน) จำนวน 15 ต้น

การบันทึกข้อมูล

1. ลักษณะการเจริญเติบโต เช่น วันเริ่มออกดอก การแตกกิ่งใบโดยรวมภายในแปลง ตั้งแต่เริ่มราดสารคือในวันที่ 30 มิถุนายน 2542 จนต้นมะม่วงแต่ละต้นออกดอกทั่วต้น
2. การเจริญเติบโตของกิ่งยอด โดยทำการศึกษาในยอดส่วนบนสุดของกิ่ง (ฉัตรที่ 1) ซึ่งเป็นส่วนเดียวกับที่สุ่มมาศึกษาปริมาณสารควบคุมการเจริญเติบโตในส่วนตายอด (ข้อ 4) และการเปลี่ยนแปลงทางกายวิภาค (ข้อ 5) โดยทำการศึกษาดังต่อไปนี้
 - 2.1 ความยาวของกิ่งยอด โดยทำการบันทึกความยาวของยอดที่เก็บมาวิเคราะห์ทุก 2 สัปดาห์โดยเก็บตัวอย่างครั้งแรกหลังจากทำการราดสารหนึ่งสัปดาห์ จนถึงระยะที่มะม่วงออกดอกในแต่ละทรีทเมนต์ (ตั้งแต่ 3 กรกฎาคม – 4 ธันวาคม รวม 18 ครั้ง) โดยทำการเก็บตัวอย่างครั้งละ 20 ยอด นำค่าที่ได้จากแต่ละครั้งมาหาค่าเฉลี่ย เนื่องจากตัวอย่างกิ่งแต่ละครั้งเป็นคนละตัวอย่างกัน
 - 2.2 จำนวนใบต่อกิ่ง โดยใช้จากกิ่งในข้อ 2.1
 - 2.3 เส้นผ่านศูนย์กลางกิ่งยอดโดยใช้กึ่งเดียวกับที่ใช้ศึกษาการยืดยาวของยอดโดยทำการวัดด้วย vernier caliper ที่บริเวณกลางกิ่ง โดยใช้จากกิ่งในข้อ 2.1
 - 2.3 เส้นผ่านศูนย์กลางตายอด โดยใช้กึ่งเดียวกับที่ใช้ศึกษาในข้อ 2.1
3. ปริมาณการออกดอก ในแต่ละทรีทเมนต์ ทำการสุ่มกิ่งและทำเครื่องหมายไว้เพื่อทำการนับจำนวนช่อดอกที่เกิดขึ้น โดยสุ่มทรีทเมนต์ละ 4 ต้น ต้นละ 10 กิ่ง โดยสุ่มเลือกไว้ตั้งแต่วันที่ทำการราดสาร ซึ่งกิ่งเหล่านี้จะไม่มีการตัดออกจากต้น
4. การศึกษาปริมาณ Endogenous plant bioregulators

เริ่มทำการเก็บตัวอย่างตั้งแต่เดือนกรกฎาคม 2542 โดยทำการเก็บตัวอย่างทั้งสองสัปดาห์ จากนั้นในเดือนกันยายนทำการเก็บตัวอย่างสัปดาห์ละครั้ง จนกระทั่งมะม่วงเริ่มแทงช่อดอก โดยเก็บตัวอย่างจากต้นควบคุมครั้งละ 60 ยอด เฉลี่ยต้นละประมาณ 2 ยอด โดยจำนวน 10 ยอด ใช้ศึกษาการพัฒนาโครงสร้าง

สร้างภายในของตาชอด ส่วนอีก 50 ยอด นำไปวิเคราะห์หาปริมาณจิบเบอเรลลิน และไซโตไคนิน ส่วนในต้นที่ทำการราดสารปีเว้นปี และราดสารซ้ำ 3 ปีติดต่อกันจะเก็บตัวอย่างครั้งละ 30 ยอด โดยจำนวน 5 ยอด ใช้ศึกษาการพัฒนาโครงสร้างภายในของตาชอด และอีก 25 ยอด นำไปวิเคราะห์หาปริมาณจิบเบอเรลลิน และไซโตไคนิน โดยการเก็บตัวอย่างแต่ละครั้งจะทำการตัดตัวอย่างจากปลายยอดลงมาประมาณ 1 ซม. บรรจุในถุงพลาสติกที่มีน้ำแข็งแล้วนำไปยังห้องปฏิบัติการ โดยเก็บไว้ที่อุณหภูมิประมาณ -20°C จนกว่าจะนำไปวิเคราะห์ต่อไป

การวิเคราะห์หาจิบเบอเรลลินและไซโตไคนิน

นำตัวอย่างพืชที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิ -20°C มาทำการวิเคราะห์หาจิบเบอเรลลินโดยนำไปสกัดและทำให้บริสุทธิ์โดยดัดแปลงวิธีการของ ขวัญศิริ (2542) และ Okada (1993) และวิเคราะห์หาไซโตไคนินโดยดัดแปลงวิธีการของ Okada (1993) จากนั้นนำไปวิเคราะห์หาปริมาณของสารทั้งสอง โดยชีววิธี (bioassays) ด้วยการวัดความยาวของ secondary leaf sheath ของข้าวแคระพันธุ์ Tan-ginbozu และปริมาณคลอโรฟิลล์ ใน cotyledon ของแตงกวาพันธุ์ บี 52 ตามลำดับ

5. การศึกษาลักษณะทางกายวิภาค

เริ่มทำการเก็บตัวอย่างตั้งแต่เดือนกรกฎาคม 2542 โดยทำการเก็บตัวอย่างทั้งสองสัปดาห์ จากนั้นในเดือนกันยายนทำการเก็บตัวอย่างสัปดาห์ละครั้ง จนกระทั่งมะม่วงเริ่มแทงช่อดอก โดยเป็นตัวอย่างเดียวกับที่อธิบายในข้อที่ 4 เพื่อใช้ศึกษาการพัฒนาโครงสร้างภายในของตาในต้นที่ทำการราดสารปีเว้นปี และราดสารซ้ำ 3 ปีติดต่อกันต่อกัน โดยการเก็บตัวอย่างแต่ละครั้งจะทำการแช่ในสารละลาย FAA เพื่อทำการฆ่าและคงสภาพของเซลล์พืช และใช้วิธีฝังชิ้นส่วนของพืชบนพาราฟิน และตัดแบ่งชิ้นส่วนพืชด้วยเครื่อง microtome เพื่อศึกษาลักษณะทางกายวิภาค โดยดัดแปลงวิธีการของสันติ (2532)

ผลการทดลอง

1. ลักษณะการเจริญเติบโต

ในต้นมะม่วงที่ไม่ได้รับสารพบว่าตั้งแต่เดือนกรกฎาคม-กันยายน 2542 จะพบการแทงช่อดอกออกมาประปรายในบางต้นและมีใบอ่อนออกมาประปรายในบางต้นเช่นกัน และเริ่มมีใบอ่อนมากขึ้นในเดือนตุลาคม 2542 เมื่อเข้าปลายเดือนพฤศจิกายน-ธันวาคม 2542 จะพบช่อดอกมากขึ้นในทุกต้นและมากที่สุดในช่วงปลายเดือนธันวาคม 2542 โดยเริ่มแทงช่อดอกตั้งแต่วันที่ 2 ตุลาคม 2542 ถึงวันที่ 18

ธันวาคม 2542 ใช้เวลาในการแทงช่อดอก 77 วัน ซึ่งการออกดอกของมะม่วงในช่วงนี้ถือว่าการออกดอกในฤดู (ตารางที่ 1.1)

ระหว่างต้นมะม่วงที่ได้รับสารปีเว้นปี และได้รับสารสามปีติดต่อกันจะมีความแตกต่างกันไม่เด่นชัดนัก โดยทั้งสองกลุ่มมีช่อดอกและใบอ่อนเกิดขึ้นประปรายในบางต้นในช่วงเดือนกรกฎาคม-กันยายน 2542 แต่มีปริมาณดอกมากกว่าต้นควบคุม และเริ่มมีช่อดอกมากขึ้นทุกต้นตั้งแต่เดือนตุลาคม 2542 เป็นต้นไป ซึ่งเป็นช่วงที่มีการออกดอกสูงสุด แต่ยังพบว่ามีใบอ่อนแทงออกมาบ้างเล็กน้อย และจะพบการติดผลจากช่อดอกที่เกิดขึ้นในเดือนกรกฎาคม 2542 ด้วย เมื่อเข้าสู่เดือนพฤศจิกายน 2542 จะพบช่อดอกบานทั่วทั้งต้นในทุกต้นในแปลง โดยภาพรวมอาจถือว่าต้นมะม่วงที่ราดสารทั้งสองกลุ่มเริ่มแทงช่อดอกตั้งแต่วันที่ 11 กันยายน 2542 (73 วันหลังราดสาร) ถึงวันที่ 20 พฤศจิกายน 2542 ดังนั้นแปลงที่ให้สารปีเว้นปีและสามปีติดต่อกันจะเริ่มเกิดช่อดอกก่อนต้นที่ไม่ได้ราดสารประมาณ 21 วัน (ตารางที่ 1.1)

2. การเจริญเติบโตของกิ่งยอด

- 1.1 ความยาวกิ่งยอด ทุกช่วงเวลาที่ศึกษาพบว่า ความยาวกิ่งยอดจากต้นควบคุมจะยาวกว่ากิ่งยอดจากต้นมะม่วงจากแปลงที่ราดสารปีเว้นปี และสามปีติดต่อกัน แต่ระหว่างแปลงที่ราดสารทั้งสองวิธีทรีเมนต์ไม่มีความแตกต่างกัน โดยในการเก็บตัวอย่างครั้งสุดท้าย กิ่งยอดของต้นที่ไม่ได้ราดสารจะมีความยาวประมาณสองเท่าของกิ่งจากต้นที่ราดสารทั้งสองกลุ่ม (ตารางที่ 1.2)
- 1.2 จำนวนใบของกิ่งยอด โดยรวมแล้วพบว่าจำนวนใบจากกิ่งยอดในต้นมะม่วงทั้งสามกลุ่มไม่แตกต่างกัน (ตารางที่ 1.3)
- 1.3 เส้นผ่านศูนย์กลางกิ่ง โดยรวมแล้วพบว่าเส้นผ่านศูนย์กลางกิ่งยอดในต้นมะม่วงทั้งสามกลุ่มไม่แตกต่างกันเช่นกัน (ตารางที่ 1.4)
- 1.4 เส้นผ่านศูนย์กลางตายอด โดยรวมแล้วพบว่าเส้นผ่านศูนย์กลางตายอดในต้นมะม่วงทั้งสามกลุ่มไม่แตกต่างกันเช่นกัน (ตารางที่ 1.5)

3. เปอร์เซ็นต์การแทงช่อดอก

จากการศึกษาโดยสุ่มต้นมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ทั้งสามกลุ่ม กลุ่มละ 4 ต้น และทำการสุ่มเลือกกิ่งภายในต้นที่เลือกไว้ ต้นละ 10 กิ่ง ผูกป้ายเป็นเครื่องหมายไว้ที่แต่ละยอด ในปี 2541 ซึ่งเป็นปีก่อนที่จะทำการทดลองก็ได้มีการบันทึกการออกดอกไว้ด้วย พบว่าในต้นที่ราดสารในปี 2540 แต่หยุดราดสารในปี 2541 จะมีการออกดอกไม่แตกต่างจากต้นที่ไม่ได้ราดสาร ส่วนต้นที่ราดสารต่อเนื่องกันทั้ง 2 ปี มีการออกดอกมากกว่าต้นที่ไม่ได้ราดสาร แต่ไม่แตกต่างกันต้นที่ราดสารเพียงครั้งเดียว ส่วนในปี 2542 พบ

ว่า ในต้นควบคุมมีการแทงช่อดอกเป็น 67.5% ซึ่งน้อยกว่าแปลงที่ได้รับสารปีเว้นปี และได้รับสารซ้ำ 3 ปี คือ 80% และ 82.5% ตามลำดับ โดยระหว่างต้นมะม่วงที่ได้รับสารปีเว้นปี และได้รับสารซ้ำ 3 ปีติดต่อกันจะไม่มี ความแตกต่างกัน (ตารางที่ 1.6)

4. ศึกษาปริมาณ endogenous plant bioregulators ภายในตายอด

4.1 การเปลี่ยนแปลงปริมาณสารคล้ายจิบเบอเรลลิน

จากการศึกษาพบว่าในแต่ละช่วงเวลาดังแต่แรดสารจนกระทั่งแทงช่อดอก ปริมาณสารคล้ายจิบเบอเรลลินในมะม่วงทั้งสามกลุ่มไม่มีความแตกต่างกันอย่างเด่นชัด และในบางเวลาทำการเก็บตัวอย่างกลับพบว่าต้นที่ได้รับสารมีปริมาณสารคล้ายจิบเบอเรลลินสูงกว่าต้นควบคุม เช่นในวันที่ 31 กรกฎาคม 2542 ซึ่งเป็นเวลาทำการแรดสารครบหนึ่งเดือน พบว่าต้นที่แรดสารซ้ำ 3 ปีติดต่อกันกลับมีปริมาณจิบเบอเรลลินมากกว่าทรีทเมนต์อื่นรวมทั้งต้นควบคุม แต่หลังจากนั้นปริมาณจิบเบอเรลลินในมะม่วงทั้ง 3 กลุ่มจะมีปริมาณใกล้เคียงกันคือ อยู่ในช่วง 0.4-0.6 $\mu\text{g/Gfw}$ โดยแม้ในช่วงที่แรดสารทั้งสองทรีทเมนต์เริ่มมีการแทงช่อดอก ประมาณ 11 กันยายน 2542 ปริมาณจิบเบอเรลลินในต้นมะม่วงทั้งสองกลุ่มก็ไม่แตกต่างไปจากต้นควบคุม แต่ในช่วง peak ที่ต้นมะม่วงที่แรดสารมีการออกดอกทั้งต้นคือในเดือนตุลาคม พบว่าจิบเบอเรลลินในต้นที่แรดสารจะลดลงกว่าต้นควบคุม (9 ตุลาคม 2542) แต่ก็เพียงระยะสั้นหลังจากนั้นปริมาณจิบเบอเรลลินจะเพิ่มกลับขึ้นมาอีกจนใกล้เคียงกับในต้นควบคุม ส่วนในช่วงเดือนธันวาคมซึ่งเป็นระยะที่ต้นควบคุมมีการออกดอกทั่วต้นมากที่สุด พบว่าปริมาณจิบเบอเรลลินมีการลดลงเมื่อเทียบกับช่วงแรกทำการทดลอง (ภาพที่ 1.1)

4.2 การเปลี่ยนแปลงปริมาณสารคล้ายไซโตไคนิน

จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารคล้ายไซโตไคนินในต้นมะม่วงทั้งสามกลุ่ม พบว่ารูปแบบของการเปลี่ยนแปลงและปริมาณของสารจะไม่แตกต่างกัน โดยสารคล้ายไซโตไคนินในต้นมะม่วงทั้งสามกลุ่มจะมีปริมาณสูงที่สุด ในวันที่ 20 พฤศจิกายน 2542 (142 วัน หลังแรดสาร) ซึ่งในต้นควบคุมจะเป็นช่วงที่พบช่อดอกบาน ส่วนในต้นที่แรดสารจะเป็นช่วงที่ เริ่มติดผลอ่อน (ภาพที่ 1.2)

5 การศึกษาลักษณะทางกายวิภาคในยอดของมะม่วงน้ำดอกไม้

5.1 ลักษณะโครงสร้างภายนอก

ภายหลังการให้สารพาโคลบิวทราโซล 73 วัน (11 กันยายน 2542) ตายอดของต้นที่แรดสารปีเว้นปี และต้นที่แรดสารสามปีติดต่อกันจะเริ่มมีการเปลี่ยนแปลง โดยตายอดเริ่มเจริญขึ้น เซลล์ตรง

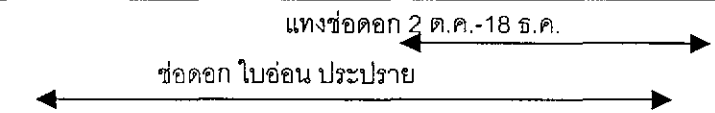
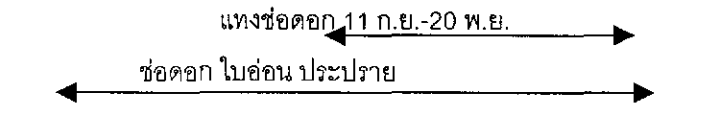
บริเวณด้านในของฐาน bud scale มีการแบ่งตัวเจริญขึ้นโดยมีลักษณะนูนขึ้น (ภาพที่ 1.3.2) ส่วนต้นที่ไม่ได้ราดสารจะยังไม่พบลักษณะดังกล่าว (ภาพที่ 1.3.1) หลังจากนั้นอีกประมาณสามสัปดาห์ ตายอดของต้นที่ไม่ได้ราดสารจึงเริ่มเจริญขึ้น และเซลล์ตรงบริเวณด้านในของฐาน bud scale จะมีการแบ่งตัวเจริญขึ้นโดยมีลักษณะนูนขึ้นเช่นเดียวกับต้นที่ราดสาร

5.2 ลักษณะโครงสร้างภายใน

เมื่อศึกษาโครงสร้างภายในของตายอด พบว่าในระยะแรกๆ ลักษณะของตายอดทั้งสามทริทเมนท์ไม่มีความแตกต่างกัน (ภาพที่ 1.4.1 และ 1.4.2) แต่หลังการให้สารพาโคลบิวทราโซล 73 วัน (11 กันยายน 42) ตายอดของต้นที่ได้รับสารมีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นคือ บริเวณด้านในของฐาน scale จะเริ่มมีการแบ่งเซลล์ และเจริญขึ้นเป็นจุดกำเนิดดอกอย่างชัดเจน (ภาพที่ 1.4.3) ซึ่งถือได้ว่าเป็นจุดเริ่มต้นของการเกิดตาดอก (floral initiation) แสดงให้เห็นว่าภายหลังจากการให้สารแล้ว 73 วัน มะม่วงจะเริ่มสร้างตาดอก ในขณะที่ตายอดของต้นที่ไม่ได้ราดสารไม่เปลี่ยนแปลง แต่จะเริ่มเปลี่ยนแปลงหลังจากตายอดในต้นที่ราดสารพัฒนาไปเป็นตาดอกแล้วประมาณสามสัปดาห์ (2 ตุลาคม 2542) (ภาพที่ 1.4.4)

หลังจากเกิดจุดกำเนิดดอก โครงสร้างภายในมีการแบ่งเซลล์มากขึ้น และยืดยาวขึ้นทำให้ตายอดเจริญขึ้น โดยการเจริญของจุดกำเนิดดอก ซึ่งเป็นกิ่งแขนงย่อยที่ 2 (secondary branch) ของช่อดอก หลังจากนั้นจะมีการเจริญของแขนงย่อยที่ 3 (tertiary branch) ทางด้านข้างของกิ่งแขนงย่อยที่ 2 (ภาพที่ 1.5.1-1.5.5)

ตารางที่ 1.1 ลักษณะการเปลี่ยนแปลงของต้นมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ทั้งในต้นควบคุมและต้นที่ได้รับสารพาโคลบิวทราโซล

	พ.ค. 42	มิ.ย. 42	ก.ค. 42	ส.ค. 42	ก.ย. 42	ต.ค. 42	พ.ย. 42	ธ.ค. 42
ต้นควบคุม	ตัดแต่งกิ่ง							
ราดสาร(ปีเว้นปี และ 3 ปี)	ตัดแต่งกิ่ง	ราดสาร 30 มิ.ย.						

ตารางที่ 1.2 ผลของสารพาโคลบิวทราโซลที่ราดในปี 2540 และ 2541 ต่อความยาวกิ่งยอดมะม่วง
น้ำดอกไม้ หลังทำการกระตุ้นให้แตกยอดเพื่อราดสารในปี 2542

วันที่	ความยาวกิ่งยอด (ซม.) ^{1/}			F-test	cv.
	ไม่ราดสาร	ซ้ำ 2 ปี	ซ้ำ 3 ปี		
3/7/42	16.35a	13.78b	13.25b	*	24.06
17/7/42	22.13a	14.3b	14.2b	**	19.98
31/7/42	19.35a	13.7b	13.85b	**	25.27
14/8/42	17.83a	12.95b	12.75b	**	29.83
28/8/42	18.25a	13.1b	14.9b	**	23.42
11/9/42	17.05a	13.95b	14.05b	*	24.52
18/9/42	15.7	14.3	14.1	ns	28.61
25/9/42	18.7a	15.03b	14.18b	**	19.95
2/10/42	17.7a	15.43b	14.8b	*	19.38
9/10/42	18.65a	15.05b	14.6b	**	23.95
16/10/42	24.03a	18.25b	16.15b	**	19.36
23/10/42	20.35a	16.35b	15.3b	**	23.82
30/10/42	23.45a	16.05b	15.9b	**	22.2
6/11/42	26.95a	17.05b	15.68b	**	26.86
13/11/42	28.45a	16.88b	15.95b	**	24.66
20/11/42	29.85a	18.63b	16.05b	**	24.35
27/11/42	30.04a	17.53b	16.86b	**	20.21
4/12/42	30.65a	17.93b	16.93b	**	24.1

1/ ค่าเฉลี่ยจาก 20 ยอด

ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

* และ ** ค่าเฉลี่ยในแต่ละแถวที่ตามด้วยอักษรที่ต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างทางสถิติวิเคราะห์ความแตกต่างโดยวิธี Duncan's New Multiple Range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และ 99 % ตามลำดับ

ตารางที่ 1.3 ผลของสารพาโคลบิวทราโซลที่ราดในปี 2540 และ 2541 ต่อจำนวนใบของกิ่งยอดมะม่วง น้ำดอกไม้ หลังทำการกระตุ้นให้แตกยอดเพื่อราดสารในปี 2542

วันที่	จำนวนใบ ^{1/}			F-test	cv.
	ไม่ราดสาร	ซ้ำ 2 ปี	ซ้ำ 3 ปี		
3/7/42	17.05a	13.40b	14.00b	**	23.38
17/7/42	19.05a	16.05b	15.15b	*	23.97
31/7/42	16.55	16.50	14.70	ns	25.62
14/8/42	15.10	14.05	12.35	ns	28.26
28/8/42	15.15	15.35	16.10	ns	26.38
11/9/42	17.25	15.90	14.20	ns	27.17
18/9/42	16.05	14.95	13.70	ns	27.6
25/9/42	16.05	14.90	15.55	ns	24.19
2/10/42	17.00	18.60	18.20	ns	13.86
9/10/42	19.70	14.25	18.90	ns	16.68
16/10/42	18.85	17.00	17.60	ns	20.86
23/10/42	17.25	16.05	15.10	ns	19.81
30/10/42	16.25	14.70	16.70	ns	22.53
6/11/42	18.05	16.70	17.30	ns	22.13
13/11/42	16.35	16.00	16.40	ns	23.81
20/11/42	17.35	17.7	17.65	ns	24.26
27/11/42	18.05	18.35	18.00	ns	27.21
4/12/42	17.15	16.45	17.40	ns	24.22

1/ ค่าเฉลี่ยจาก 20 ยอด

ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

* และ ** ค่าเฉลี่ยในแถวที่ตามด้วยอักษรที่ต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างทางสถิติ วิเคราะห์ความแตกต่างโดยวิธี Duncan's New Multiple Range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % และ 99 % ตามลำดับ

ตารางที่ 1.4 ผลของสารพาโคลบิวทราโซลที่ราดในปี 2540 และ 2541 ต่อเส้นผ่านศูนย์กลางกิ่งยอดมะม่วงน้ำดอกไม้ หลังทำการกระตุ้นให้แตกยอดเพื่อราดสารในปี 2542

วันที่	เส้นผ่านศูนย์กลางกิ่งยอด (ซม.) ^{1/}			F-test	cv.
	ไม่ราดสาร	ซ้ำ 2 ปี	ซ้ำ 3 ปี		
3/7/42	0.57	0.63	0.62	ns	20.56
17/7/42	0.62	0.56	0.62	ns	18.7
31/7/42	0.64	0.62	0.62	ns	15.13
14/8/42	0.65	0.59	0.63	ns	20.9
28/8/42	0.67a	0.52b	0.63a	*	21.6
11/9/42	0.58ab	0.53b	0.64a	*	18.9
18/9/42	0.58ab	0.54b	0.64a	*	19.31
25/9/42	0.61ab	0.54b	0.64a	*	19.73
2/10/42	0.61a	0.55b	0.64a	**	13.42
9/10/42	0.61ab	0.57b	0.65a	*	14.6
16/10/42	0.62ab	0.56b	0.64a	*	16.47
23/10/42	0.62	0.57	0.64	ns	18.6
30/10/42	0.63	0.58	0.65	ns	20.43
6/11/42	0.62	0.59	0.66	ns	15.06
13/11/42	0.61	0.58	0.66	ns	17.99
20/11/42	0.62	0.58	0.65	ns	20.11
27/11/42	0.62ab	0.59b	0.65a	*	14.08
4/12/42	0.62ab	0.59b	0.65a	*	17.54

1/ ค่าเฉลี่ยจาก 20 ยอด

ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

* และ ** ค่าเฉลี่ยในแถวที่ตามด้วยอักษรที่ต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างทางสถิติ วิเคราะห์ความแตกต่างโดยวิธี Duncan's New Multiple Range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % และ 99 % ตามลำดับ

ตารางที่ 1.5 ผลของสารพาโคลบิวทราโซลที่ราดในปี 2540 และ 2541 ต่อเส้นผ่านศูนย์กลางตาชอดมะม่วงน้ำดอกไม้ หลังทำการกระตุ้นให้แตกยอดเพื่อราดสารในปี 2542

วันที่	เส้นผ่านศูนย์กลางตาชอด (ซม.) ^{1/}			F-test	cv.
	ไม่ราดสาร	ซ้ำ 2 ปี	ซ้ำ 3 ปี		
3/7/42	0.96	0.99	0.98	ns	18.24
17/7/42	0.98	0.89	0.96	ns	19.52
31/7/42	0.99	0.92	0.98	ns	16.65
14/8/42	0.92	0.91	0.99	ns	13.21
28/8/42	1.02a	0.92b	0.95b	*	10.77
11/9/42	1.04	0.97	1.01	ns	13.23
18/9/42	0.92b	0.91b	1.02a	*	12.89
25/9/42	0.92b	0.99ab	1.02a	*	11.69
2/10/42	0.97	1.02	1.07	ns	16.6
9/10/42	0.96	1.0	1.04	ns	17.17
16/10/42	1.06	0.99	1.04	ns	10.97
23/10/42	0.97	1.02	1.01	ns	13.18
30/10/42	1.05	1.03	1.04	ns	12.76
6/11/42	0.97	1.04	1.07	ns	16.47
13/11/42	1.04	1.07	1.09	ns	16.42
20/11/42	1.05	1.07	1.09	ns	12.13
27/11/42	1.06	1.02	1.09	ns	11.7
4/12/42	1.07	1.05	1.10	ns	12.3

^{1/}ค่าเฉลี่ยจาก 20 ชอด

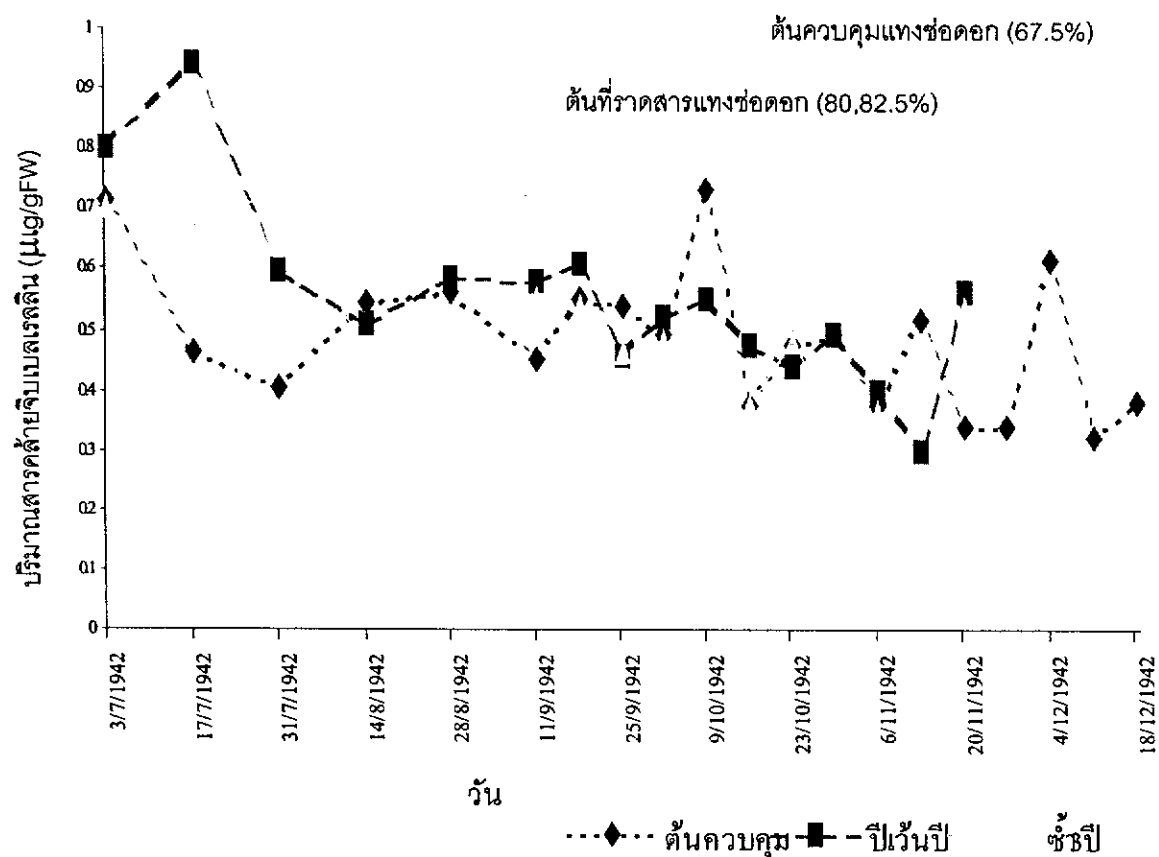
ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

* ค่าเฉลี่ยในแถวที่ตามด้วยอักษรที่ต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างทางสถิติ วิเคราะห์ความแตกต่างโดยวิธี Duncan's New Multiple Range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

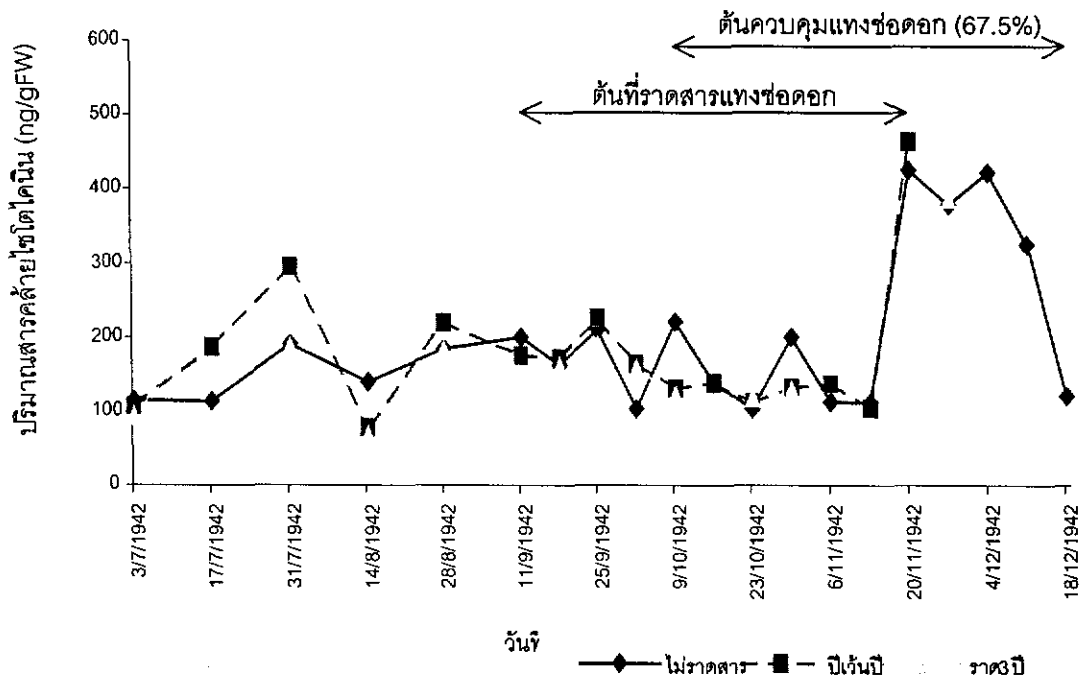
ตารางที่ 1.6 ผลของการให้สารพาโคลบิวทราโซลในลักษณะต่างๆต่อปริมาณการออกดอกของมะม่วง
น้ำดอกไม้ ในปี 2542

สาร paclobutrazol	% การแทงช่อดอก
	<u>ปี 2541</u>
ไม่ราดสาร	65.0 c
ราด 1 ปี (2540)	75.0abc
ซ้ำ 2 ปี (2540, 2541)	77.5ab
	<u>ปี 2542</u>
ไม่ราดสาร	67.5bc
ซ้ำ 2 ปี (ปีเว้นปี) (2540, 2542)	80.0a
ซ้ำ 3 ปี (2540, 2541, 2542)	82.5a
F-test	*
CV.	10.12

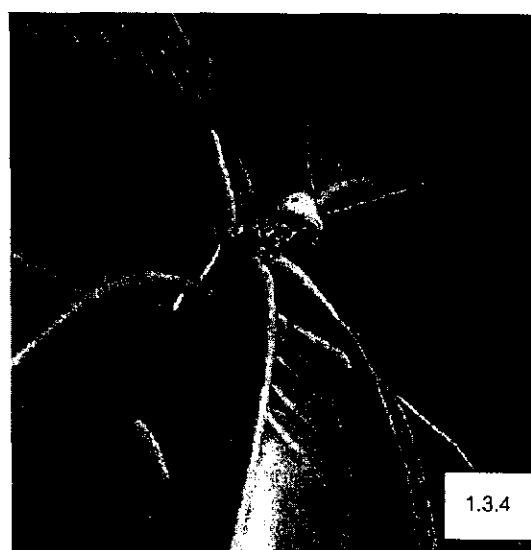
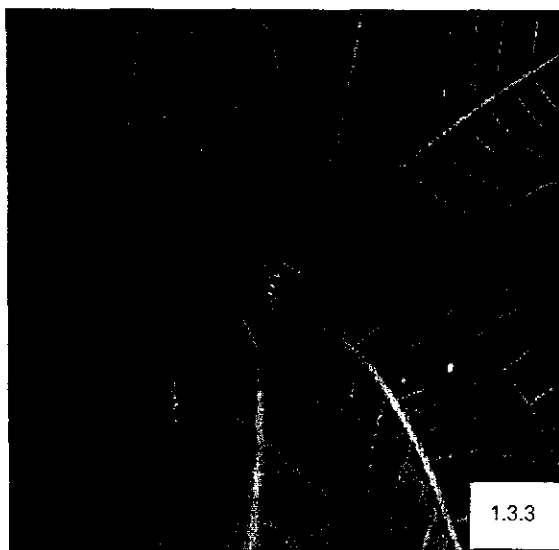
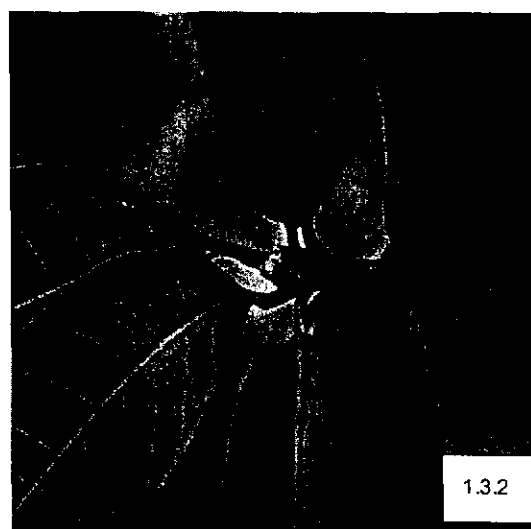
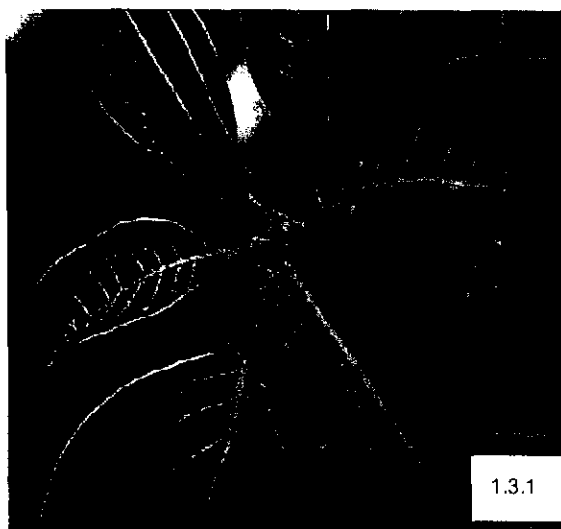
* ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกันในแนวดิ่งมีความแตกต่างทางสถิติ วิเคราะห์ความแตกต่างโดยวิธี
Duncan's New Multiple Range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%



ภาพที่ 1.1 ปริมาณสารคล้ายเบเรลลินในส่วนกิ่งปลายยอดของมะม่วงน้ำดอกไม้ในรอบปี 2542 เปรียบเทียบระหว่างต้นควบคุมและต้นที่บังคับให้ออกดอกนอกฤดู 2 ครั้ง ในปี 2540 และ 2542 และต้นที่ได้รับสารซ้ำ 3 ปี ติดต่อกัน



ภาพที่ 1.2 ปริมาณสารคลอโรฟิลล์ในส่วนของปลายยอดของมะม่วงน้ำดอกไม้ใน
รอบปี 2541-2542 เปรียบเทียบระหว่างต้นควบคุมและต้นที่ราดสารพาโค
บิวทราโซล 2 ครั้ง ในปี 2540 และ 2542 ต้นที่ได้รับสารซ้ำ 3 ปี ติดต่อกัน



ภาพที่ 1.3 ลักษณะภายนอกของตาดอกในระยะต่างๆของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ในต้นคววบคุม และ ต้นที่ราดสารฆ่า
ปีแวนปี ตั้งแต่วันที่ 14 สิงหาคม 2542 ถึงวันที่ 11 กันยายน 2542 (ต้นที่ราดสารเริ่มแทงช่อดอก)

1.3.1 ลักษณะโครงสร้างภายนอกของตาดอกในต้นคววบคุม (28 สิงหาคม 2542)

เห็นตาดอกนูนขึ้น

1.3.2 ลักษณะโครงสร้างภายนอกของตาดอกภายหลังราดสาร 59 วัน (28 สิงหาคม 2542)

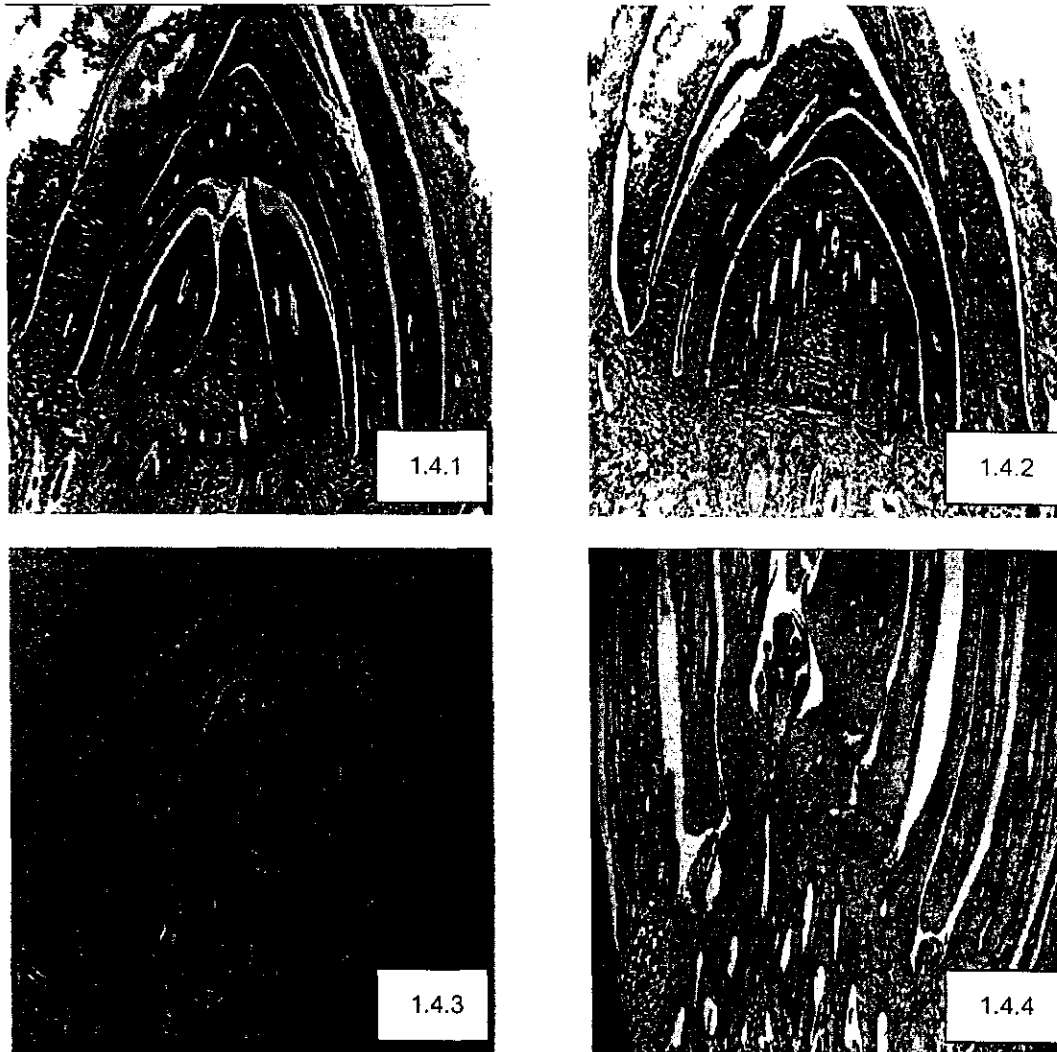
เห็นตาดอกนูนขึ้นชัดเจน

1.3.3 ลักษณะโครงสร้างภายนอกของตาดอกในต้นคววบคุม (11 กันยายน 2542)

ตามีลักษณะนูนเด่นชัดเจน แต่ยังไม่ได้แตกออกมา

1.3.4 ลักษณะโครงสร้างภายนอกของตาดอกภายหลังราดสาร 73 วัน (11 กันยายน 2542)

ตาดอกมีลักษณะอวบอ้วนโค้งงอเล็กน้อย bud scale จะเปิดออกและหลุดร่วงไป



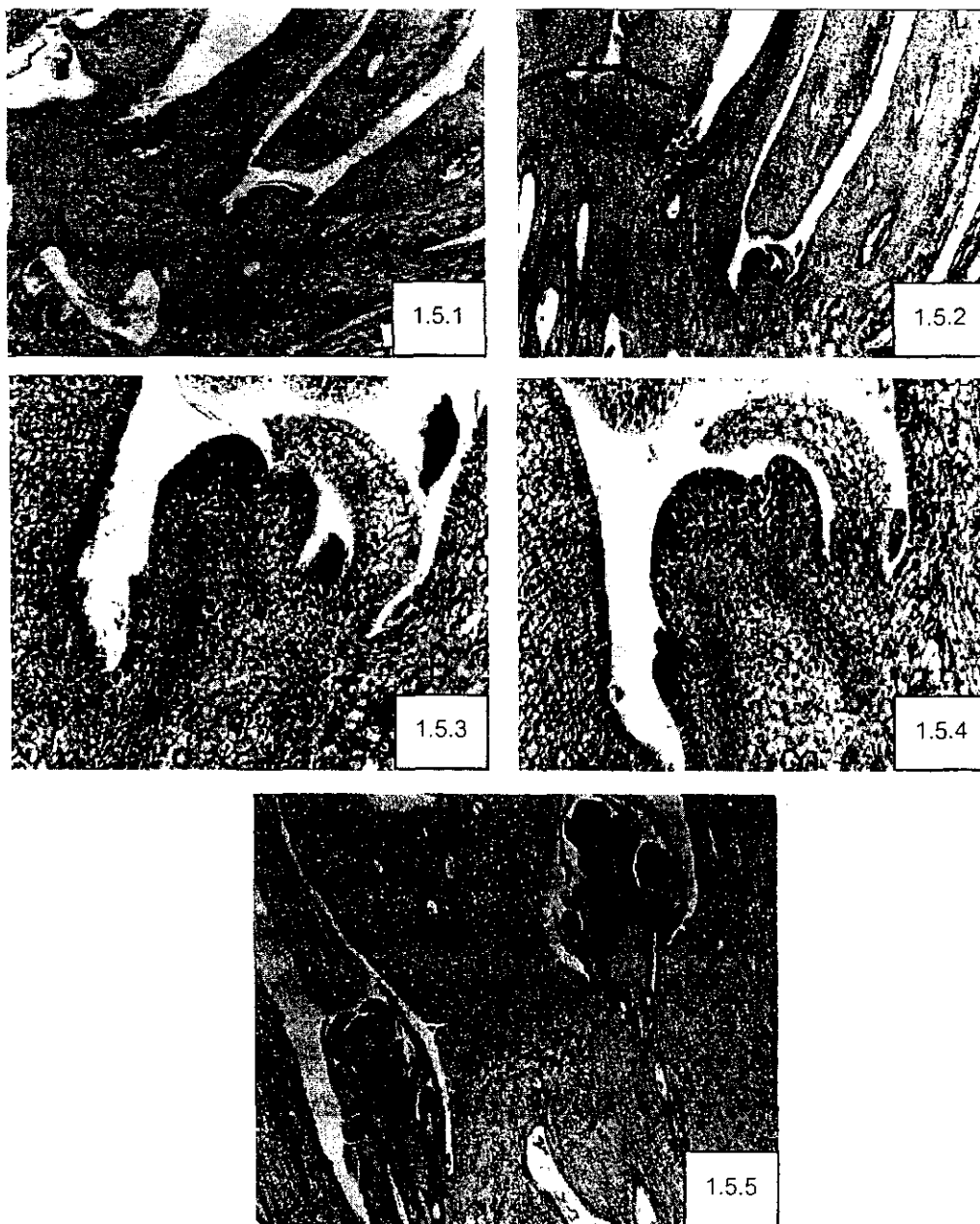
ภาพที่ 1.4 ลักษณะภายในตาออกที่ระยะต่างๆของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ต้นควบคุม และต้นที่ราด

สารฆ่า 2 ปี (ปีเว้นปี) และ 3 ปีติดต่อกัน ตั้งแต่วันที่ 30 มิถุนายน 2542 ถึง 11 กันยายน 2542

1.4.1 และ 1.4.2 median section ของโครงสร้างภายในของตาออกในระยะเริ่มให้สารพอลิบูทราโซล (30 มิถุนายน 2542) apical meristem (am) เจริญออกด้านข้างและแบนราบ ไม่แตกต่างกันทั้งต้นควบคุม ต้นที่ราดสารปีเว้นปี และต้นที่ราดสาร 3 ปีติดต่อกัน (2.5x)

1.4.3 median section ของโครงสร้างภายในของตาออกในต้นควบคุม ในวันที่ 2 ตุลาคม 2542 จะมีจุดกำเนิดดอก (floral primordia)(fp) เกิดขึ้นที่ฐานของ scale ตรงบริเวณด้านฐานของตาออก (1.2x)

1.4.4 median section ของโครงสร้างภายในของตาออกในต้นที่ราดสารปีเว้นปี และ 3 ปี ติดต่อกัน ซึ่งพบว่าไม่มีความแตกต่างกัน โดยในวันที่ 11 กันยายน 2542 (หลังราดสาร 73 วัน) จะมีจุดกำเนิดดอก (floral primordia) (fp) เกิดขึ้นที่ฐานของ scale ตรงบริเวณด้านฐานของตาออก (2.0x)



ภาพที่ 1.5 ลักษณะภายในตายอดที่ระยะต่างๆของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ในต้นควบคุม ต้นที่ราดสารปีเว้นปี และต้นที่ราดสาร 3 ปีติดต่อกัน ในวันที่ 2 ตุลาคม และ 11 กันยายน 2542

- 1.5.1 ภาพขยายจุดกำเนิดดอกในต้นควบคุม (4.0x) ในวันที่ 2 ตุลาคม 2542
- 1.5.2 ภาพขยายจุดกำเนิดดอกในต้นที่ราดสาร (4.0x) ซึ่งอยู่ระหว่าง bud scale (bs) ในวันที่ 11 กันยายน 2542
- 1.5.3 ภาพขยายจุดกำเนิดดอกในต้นควบคุม (20.0x) ในวันที่ 2 ตุลาคม 2542
- 1.5.4 ภาพขยายจุดกำเนิดดอกในต้นที่ราดสาร (20.0x) ในวันที่ 11 กันยายน 2542
- 1.5.5 median section ของ primary branch (pb) และ secondary branch (sb) (4.0x) ในต้นที่ราดสารซ้ำติดต่อกัน ในวันที่ 11 กันยายน 2542

วิจารณ์

1. ลักษณะการเจริญเติบโต

จากการศึกษาผลของสารพอลิบิวทราโซลในปีที่ 3 คือ ปี 2542 ยังคงเห็นผลของสารได้ชัดเจน โดยเฉพาะในการลดการเจริญเติบโตของกิ่งทางด้านความยาว ซึ่งเป็นลักษณะเด่นของสารนี้และมีรายงานที่ให้ผลสอดคล้องในเรื่องนี้หลายฉบับ (Kulkarni, 1988; อรพิน, 2532; นาถฤดี, 2533 และจตุพร, 2533) โดยกิ่งในต้นที่มีการรากสารทั้งสองทรีทเมนต์จะสั้นกว่าในต้นควบคุม ซึ่งกิ่งเหล่านี้ได้รับผลจากการรากสารในปี 2540 ส่วนความยาวกิ่งในต้นที่รากสารทั้งสองทรีทเมนต์ไม่มีความแตกต่างกัน ซึ่งการที่รากสารสามปีติดต่อกันทำให้กิ่งมะม่วงมีการเจริญเติบโตเหมือนกิ่งจากต้นที่มีการรากสารซ้ำปีเว้นปี แสดงว่าปริมาณสารที่ให้ในแต่ละปีไม่ได้สูงเกินไปนัก นอกจากนี้พบว่าต้นควบคุมมีการแตกยอดใหม่ช่วงหลังวันที่ 16 ตุลาคม 2542 ขณะที่ต้นที่รากสารทั้งสอง ทรีทเมนต์จะไม่มีการแตกยอดใหม่ แสดงว่าปริมาณสารที่ให้ค่อนข้างเพียงพอที่จะยับยั้งการเจริญเติบโตที่บริเวณยอดของมะม่วงได้ ส่วนในเรื่องของจำนวนใบ เส้นผ่านศูนย์กลางกิ่งยอดและตายอด พบว่าการให้สารปีเว้นปี และ ซ้ำ 3 ปีติดต่อกัน ให้ผลไม่แตกต่างจากต้นควบคุม เนื่องจากสารพอลิบิวทราโซลมีผลยับยั้งการยืดตัวของเซลล์บริเวณได้ปลายยอด โดยไม่เกี่ยวข้องกับปลายยอดโดยตรงจึงเพียงแต่ทำให้ข้อสั้นลง ซึ่งจำนวนข้อจะเท่าเดิม ดังนั้นจึงไม่น่าจะมีผลต่อใบซึ่งมีจุดกำเนิดใบอยู่ที่ปลายยอด จำนวนใบจึงยังคงไม่เปลี่ยนแปลง รวมทั้งไม่มีผลต่อลักษณะอย่างอื่น (Sterrett, 1985)

2. การพัฒนาเป็นตาดอก

จากการทดลองพบว่าการออกดอกของมะม่วงจะเพิ่มขึ้น เมื่อมีการให้สารพอลิบิวทราโซล ไม่ว่าจะเป็น การให้แบบปีเว้นปี หรือให้ติดต่อกัน โดยการให้ในสองลักษณะทำให้มะม่วงเกิดตาดอกได้ในปริมาณไม่ต่างกัน ซึ่งสำหรับสารนี้ได้มีผู้รายงานว่าชักนำให้ไม้ผลออกดอกได้หลายชนิด เช่น ในลิ้นจี่พันธุ์ฮวงฮวย (สุจริต, 2531) ในทุเรียนพันธุ์ชะนี (กิตติภูมิ, 2533) ส่วนในมะม่วง ที่ประเทศอินเดียมีการใช้สารนี้ชักนำให้มะม่วงพันธุ์ Dashehari และ Bangnapali ออกดอกได้ (Kulkarni, 1988) ส่วนในประเทศไทย สันติ (2532) พบว่าสารนี้สามารถชักนำให้มะม่วงพันธุ์เขียวเสวยออกดอกได้ ส่วน Phavaphutanon และคณะ (1999) ได้ทำการทดลองให้สารนี้แก่มะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เพื่อกระตุ้นให้ออกดอกก่อนฤดูกาลปกติ และพบว่าในต้นที่มีการให้สารจะมีการสะสมปริมาณคาร์โบไฮเดรตในกิ่งและใบ ได้เร็วกว่าในต้นควบคุม ซึ่งน่าจะมีผลต่อการที่ทำให้มะม่วงออกดอกได้เร็วกว่าปกติ และในการ

ทดลองครั้งนี้ พบว่าต้นมะม่วงที่มีการราดสารทั้งสองทริทเมนต์จะเกิดช่อดอกก่อนต้นที่ไม่ได้ราดสารประมาณ 21 วันหรือ 3 สัปดาห์ ซึ่งก็มีรายงานผลการทดลองในมะม่วงพันธุ์อื่นซึ่งให้ผลสอดคล้องกันคือสารนี้สามารถเร่งให้มะม่วงออกดอกเร็วกว่าปกติ โดยระยะเวลาในการออกดอกจะแตกต่างกันไปแล้วแต่พันธุ์และปริมาณของสารที่ให้ (Kulkarni, 1988; Burondkar และ Gunjate, 1991; Tongumpai และคณะ, 1991; Perez-Barraza และคณะ, 1988;)

นอกจากนี้ในการทดลองนี้ยังพบว่าการให้สารแม้ในลักษณะที่ไม่ต่อเนื่องกัน คือการให้แบบปีเว้นปี ก็ยังมีผลทำให้ต้นมะม่วงออกดอกมากกว่าปกติติดต่อกันทุกปีได้ ซึ่งอาจเป็นเพราะว่ายังมีสารตกค้างอยู่ในดินจึงมีผลต่อเนื่องถึงปีถัดไปแม้ไม่ได้ให้สาร ซึ่งในต่างประเทศก็มีการพบในลักษณะเดียวกันคือจากงานทดลองของ Kulkarni (1988) ซึ่งให้สารพาโคลบิวทราโซลแก่มะม่วงพันธุ์ Dashehari และพันธุ์ Bangnapalli ในอัตรา 10 กรัมต่อต้น สามารถเพิ่มการออกดอกของมะม่วงในปีถัดไป ส่วน Burondkar และคณะ (1999) ได้รายงานว่ามีผลเมื่อให้สารพาโคลบิวทราโซลอัตรา 7.5 และ 10 กรัม แก่ต้นมะม่วงพันธุ์ Alphonso ชั่ว 2 ปี สามารถทำให้มะม่วงออกดอกในปริมาณมากขึ้นและเร็วขึ้น และยังพบว่าอีกสองปีต่อมาต้นที่เคยราดสารจะมีการออกดอกได้ดีกว่าและเร็วกว่าต้นควบคุม สำหรับการสลายตัวของสารนี้ มีรายงานของ Jackson และคณะ (1996) ว่าสารนี้สามารถคงอยู่ในดินได้หลายปีและพบว่าจะสลายตัวได้ช้าที่ทุกอุณหภูมิ โดยมีครึ่งชีวิต ($T_{1/2}$) ที่ 25 °C เป็นเวลา 4.5 ปี และที่ 60 °C เป็นเวลา 2.5 ปี ส่วน Early และ Martin (1989) พบว่าสารพาโคลบิวทราโซลจะเคลื่อนที่ผ่านท่อน้ำและจะสลายตัวอย่างรวดเร็วในพืช ในส่วนที่มีกิจกรรมทางสรีระของพืช เช่น ใบ แต่จะยังคงอยู่ในพื้นที่ปลูก

อย่างไรก็ตามจากการทดลองนี้พบว่า สารพาโคลบิวทราโซล ไม่สามารถชักนำให้ยอดมะม่วงทุกยอดพัฒนาไปเป็นตาดอกได้ ซึ่งก็อาจมาจากสาเหตุหลายประการ ได้แก่ ชนิดของกิ่งซึ่งมีหลายลักษณะในต้นเดียวกัน เช่น กิ่งบริเวณด้านบนพุ่มได้รับแสงเต็มที่ มักจะมีลักษณะตั้งตรงและมีการเจริญเติบโตดี ส่วนกิ่งบริเวณชายพุ่มส่วนใหญ่มักจะได้รับแสงไม่เต็มที่เท่ากิ่งบนทรงพุ่ม จะมีการเจริญค่อนข้างเป็นแนวนอนและการเจริญเติบโตไม่ค่อยดี ซึ่งในกิ่งแต่ละชนิดก็อาจมีปริมาณอาหารสะสม รวมทั้งสารควบคุมการเจริญเติบโตชนิดต่างๆแตกต่างกัน ซึ่งส่วนใหญ่มักพบว่ากิ่งบริเวณด้านบนพุ่ม มักจะมีการออกดอกดีกว่า นอกจากนี้เรื่องของกิ่งที่อยู่ในแต่ละทิศได้รับแสงไม่เท่ากันก็อาจมีผลต่อการออกดอกด้วยเช่นกัน รวมทั้งอายุของกิ่งซึ่งอาจแตกต่างกัน โดยทั่วไปกิ่งของมะม่วงที่สามารถออกดอกได้ จะมีอายุประมาณ 4-5 เดือน แต่บางพันธุ์เช่น น้ำดอกไม้ กิ่งที่มีอายุ 2-3 เดือนก็พบว่าสามารถออกดอกได้ (วิจิตร, 2529) นอกจากนี้ยังเป็นเพราะสาเหตุอื่น เช่น การเคลื่อนที่ของสารไปสู่แต่ละกิ่งอาจเร็วช้าแตกต่างกัน จึงเป็นไปได้ว่ากิ่งใดที่มีความเหมาะสมในการสร้างตาดอกมากกว่าจะตอบสนองต่อสารได้เร็วกว่าทำให้มีการสร้างตาดอกได้ก่อน นอกจากนี้สิ่งที่น่าสนใจมีผลมากในการทดลองครั้งนี้คือ สภาพอากาศที่มีความแปรปรวนอย่างมาก โดยมีฝนตกตลอดในช่วงที่กำลังมีการพัฒนาเป็นตาดอก และแทงช่อดอก รวมทั้งสภาพสวนซึ่งเป็น

แบบขร่ง ซึ่งเมื่อเกิดฝนตก มีการระบายน้ำไม่ทัน รอบต้นมะม่วงจึงอึดตัวไปด้วยน้ำ ซึ่งโดยทั่วไป มะม่วงจะออกดอกได้ดีเมื่ออากาศเย็นลง และความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ หากความชื้นสัมพัทธ์สูงเกินไป อาจเป็นสาเหตุทำให้เกิดใบอ่อน และมีการออกดอกที่ไม่สม่ำเสมอ (สัมฤทธิ์, 2531)

ส่วนในเรื่องของการพัฒนาตาดอกพบว่า ส่วนหนึ่งอาจสังเกตได้จากลักษณะภายนอก โดยภายหลัง การให้สาร 73 วัน ตายอดของต้นที่ราดสารทั้งสองทรีทเมนต์เริ่มเจริญขึ้น เซลล์ตรงบริเวณด้านในของ ฐาน bud scale มีการแบ่งตัวเจริญขึ้นโดยมีลักษณะนูนขึ้น ในขณะที่ต้นควบคุมยังไม่พบลักษณะดังกล่าว แต่จะเริ่มพบได้ประมาณ 94 วันหลังการให้สาร หลังจากเกิดจุดกำเนิดดอก โครงสร้างภายในตามี การแบ่งเซลล์มากขึ้นและยืดยาวขึ้น ทำให้ตายอดเจริญขึ้นโดยการเจริญของจุดกำเนิดดอก ซึ่งเป็นกิ่ง แขนงย่อยที่ 2 (secondary branch) ของช่อดอก และมีการเจริญของแขนงย่อยที่ 3 (tertiary branch) ทางด้านข้างของกิ่งแขนงย่อยที่ 2 ซึ่งสอดคล้องกับลักษณะการออกดอกภายนอกของต้นมะม่วง คือใน ต้นที่ราดสารจะมีการพัฒนาที่เร็วกว่า

3. การเปลี่ยนแปลงปริมาณสารควบคุมการเจริญเติบโตในตายอด

จิบเบอเรลลิน เป็นฮอร์โมนพืชที่มีคุณสมบัติในการชักนำการออกดอกในพืชบางชนิด เช่น *Arbiodopsis* และพืชวันสั้น ในทางกลับกัน มีผลในการยับยั้งการออกดอกในพืชอีกหลายชนิด เช่น พืช ดอกที่มีเนื้อไม้ ไม้ยืนต้น (woody angiosperm) และพืชที่ต้องการอากาศเย็นในการออกดอกเช่น ส้ม แอปเปิล รวมทั้งมะม่วง (พีรเดช 2537, Pharis and King, 1985) และในมะม่วงพบว่าการให้จิบเบอเรลลินจากภายนอกจะยับยั้งการแทงช่อดอกของมะม่วงโดยเปลี่ยนให้กลายเป็นช่อดอกอ่อนแทน โดยการเปลี่ยนแปลงจะมากหรือน้อยขึ้นกับระยะเวลาที่ให้รวมทั้งตำแหน่งของยอด (ประภัสสร, 2544 : วัชรพล, 2544 ; Toner *et al.* , 1984) จากการวิเคราะห์หาปริมาณสารคล้ายจิบเบอเรลลินในปลายยอดของกิ่ง มะม่วง ซึ่งเป็นบริเวณที่ยังมีเนื้อเยื่อเจริญ ซึ่งน่าจะเป็นแหล่งการสร้างจิบเบอเรลลินเพื่อใช้ในการเจริญเติบโตในแต่ละฤดู (Jones และ MacMillan, 1989) พบว่าโดยภาพรวม การให้สารพาโคลบิวทราโซล ทั้งสองลักษณะ ไม่ทำให้ปริมาณสารคล้ายจิบเบอเรลลินในปลายยอดเปลี่ยนแปลงไปจากต้นควบคุม อย่างชัดเจน อาจเนื่องมาจาก ตลอดระยะเวลาทำการทดลองมีฝนตกอยู่ตลอดเวลา อีกทั้งลักษณะของสวน มะม่วงเป็นแบบขร่ง มีน้ำขังอยู่ตลอด ทำให้ต้นมะม่วงเกิดใบใหม่ทั้งในต้นควบคุมและต้นที่ราดสาร โดยจะเกิดช่อดอกประปรายทั้งต้นที่ราดสารและต้นควบคุม แต่ต้นที่ราดสารจะมีปริมาณช่อดอกมากกว่า ต้นควบคุม และจากปรากฏการณ์ธรรมชาติที่ฝนตกลงมาแล้วมะม่วงเปลี่ยนสภาพจากดอกเป็นใบ เนื่อง มาจากอิทธิพลของฝนและน้ำ ซึ่งน้ำจะช่วยเพิ่มการละลายของไนโตรเจนในดิน เป็นผลให้คาร์โบไฮเดรต

ที่สะสมอยู่ถูกนำไปใช้ในการสร้างใบ หรืออาจส่งผลเปลี่ยนสัดส่วนฮอร์โมนต่างๆที่ช่วยส่งเสริมการออกดอกของมะม่วง

การทดลองครั้งนี้ให้ผลค่อนข้างแตกต่างจากผลการทดลองที่ผ่านมา เช่น คณพล (2532) ได้ทำการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของสารคลอโรฟิลล์ในมะม่วงพันธุ์เขียวเสวย พบว่าในกิ่งยอดของมะม่วงเขียวเสวยที่ออกดอก จะมีปริมาณสารคลอโรฟิลล์ในสัปดาห์ที่ 14 ก่อนการออกดอก และจะลดลงจนไม่สามารถตรวจพบได้ในสัปดาห์ที่ 6 ก่อนการออกดอก ส่วนในต้นที่ไม่ออกดอกจะพบสารนี้ในปริมาณมากในช่วง 12 สัปดาห์ก่อนแตกใบอ่อน จากนั้นจะลดลง และหลังจาก 6 สัปดาห์ก่อนแตกใบอ่อน ปริมาณสารคลอโรฟิลล์จะเพิ่มขึ้นอีกครั้งหนึ่ง ส่วนชนมาถ (2542) ได้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงในรอบปีของปริมาณสารคลอโรฟิลล์ในมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ซึ่งไม่ได้มีการรื้อสวน พบว่าปริมาณสารคลอโรฟิลล์ในกิ่งยอดจะมีปริมาณสูงในช่วงก่อนการออกดอกและลดต่ำลงในช่วงการเจริญของดอกและผล ซึ่งการที่ผลจากงานทดลองนี้ไม่สอดคล้องกับงานทดลองที่กล่าวมา อาจเป็นเพราะ ความแตกต่างในเรื่องของพันธุ์ โดยในงานทดลองนี้ใช้พันธุ์น้ำดอกไม้ ซึ่งมีนิสัยออกดอกได้ง่าย ดังนั้นอาจเป็นไปได้ว่ามะม่วงพันธุ์นี้อาจสามารถออกดอกได้โดยที่ปริมาณคลอโรฟิลล์ไม่จำเป็นต้องเปลี่ยนแปลงหรือลดลงอย่างเห็นได้ชัด เช่นในพันธุ์เขียวเสวย ซึ่งเป็นพันธุ์ที่ออกดอกได้ยาก ซึ่งความแตกต่างทางพันธุกรรมนี้มีผลต่อการออกดอกและการสร้างคลอโรฟิลล์ในพืช แต่กระบวนการออกดอกเป็นกระบวนการที่ซับซ้อน มีขั้นตอนที่เกี่ยวข้องไม่ต่ำกว่า 50 ขั้นตอน (Van Nocker, 2001) จึงเป็นการยากที่จะทราบว่าขั้นตอนใดที่ควบคุมการออกดอกโดยมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงระดับคลอโรฟิลล์ในพืช อย่างไรก็ตามมีการพบว่า กระบวนการเกิด DNA methylation เป็นสิ่งหนึ่งที่อาจใช้ชี้วัดความสัมพันธ์นี้ได้ โดยมีการศึกษาการให้คลอโรฟิลล์แก่ตาของมะม่วง ปรากฏว่า ตาที่ให้คลอโรฟิลล์จะมีการเกิด DNA methylation ลดลงกว่าต้นที่ไม่ได้รับสาร (ราตรี, 2546) แต่ยังไม่สามารถโยงความสัมพันธ์ที่แท้จริงของ การออกดอก การเกิด DNA methylation และการเปลี่ยนแปลงของคลอโรฟิลล์ได้ เพียงแต่แสดงให้เห็นว่าคลอโรฟิลล์น่าจะมีความเกี่ยวข้องกับการออกดอก โดยไปเปลี่ยนแปลงกระบวนการทางพันธุกรรม และการหาขั้นตอนที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงตาของมะม่วง น่าจะเป็นเรื่องสำคัญที่จะทำให้เข้าใจกระบวนการออกดอกในส่วนที่เกี่ยวข้องกับคลอโรฟิลล์ได้มากขึ้น แต่คงยังต้องอาศัยเวลาอีกสักกระยะหนึ่ง

นอกจากนี้ต้นมะม่วงที่ใช้ก็มีอายุแตกต่างกัน โดยคณพลได้ทดลองกับมะม่วงเขียวเสวยที่มีอายุเพียง 3 ปี ซึ่งยังมีการออกดอกไม่มากนัก แต่มีการเจริญทางกิ่งก้าน (vegetative) เป็นส่วนใหญ่ ระดับของสารคลอโรฟิลล์ในต้นน่าจะค่อนข้างสูง และพบว่าต้นมะม่วงแบ่งได้เป็นสองกลุ่มคือ ไม่ออกดอกเลย และออกดอกบ้าง ดังนั้นความเปลี่ยนแปลงของสารคลอโรฟิลล์จึงค่อนข้างชัดเจน โดยเฉพาะในกลุ่มที่ไม่ออกดอกเลย ในขณะที่การทดลองนี้ ต้นควบคุมก็ยังมีออกดอกเพียงแต่น้อยกว่า ทำให้ไม่เห็นการเปลี่ยนแปลงของสารนี้อย่างชัดเจน สาเหตุอีกประการคือสภาพแวดล้อม โดยเฉพาะเมื่อ

เปรียบเทียบกับงานทดลองของชมนาด(2542) ซึ่งใช้มะม่วงพันธุ์เดียวกัน แต่งานทดลองของชมนาดจะเห็นการเปลี่ยนแปลงได้ชัดเจนกว่า เนื่องจากทดลองกับมะม่วงที่ปลูกในที่ดอน ซึ่งควบคุมน้ำได้ อีกทั้งสภาพอากาศก็แตกต่างกัน

ส่วนการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของสารควบคุมการเจริญเติบโตอีกชนิดหนึ่งคือไซโตไคนิน พบว่าการเปลี่ยนแปลงของสารนี้ในมะม่วงทั้งสามกลุ่มมีลักษณะเดียวกัน และไม่พบความสัมพันธ์ของสารนี้กับการออกดอกอย่างชัดเจน เพียงแต่พบว่าในช่วงที่มะม่วงทุกกลุ่มมีการแทงช่อดอกทั่วต้นปริมาณของสารนี้จะสูงขึ้น ทั้งนี้อาจเนื่องจากไซโตไคนินมีบทบาทในการแบ่งเซลล์ การขยายขนาดของเซลล์ ส่งเสริมการเคลื่อนย้ายธาตุอาหารรวมทั้งทำให้เกิดการสร้างตาขึ้นได้ (รวี, 2537) มีหลายงานทดลองที่ได้พยายามศึกษาความสัมพันธ์ของสารนี้กับการออกดอกในไม้ผล มีงานทดลองพบว่าในต้นลิ้นจี่ที่มีการออกดอก ปริมาณของสารนี้จะเพิ่มขึ้นหลังการเกิดตาออกของลิ้นจี่ ในขณะที่ปริมาณของสารนี้ในต้นที่ไม่ออกดอกจะไม่มีเปลี่ยนแปลง (โรจน์รวี และคณะ, 2540) Chen (1987) วิเคราะห์ปริมาณไซโตไคนินใน xylem sap ของรากของต้นมะม่วง พบว่าปริมาณไซโตไคนินจะพบในช่วงการออกดอก และดอกบานมากกว่าในระยะแตกใบอ่อนและระยะใบแก่ การให้สารนี้แก่ต้นมะม่วงพบว่าทำให้มะม่วงออกดอกได้เร็วกว่าปกติ คือ 1 เดือนหลังให้สาร ขณะที่ต้นที่ไม่ได้รดสารจะใช้เวลาประมาณ 3 เดือน (Chen, 1985) ในขณะเดียวกัน Davenport และ Oslund (1981) ได้ทดลองให้สารนี้แก่ส้ม แต่พบว่ากระตุ้นการเจริญทางกิ่งใบมากกว่าการชักนำให้ออกดอกจากรายงานข้างต้นจะเห็นว่าสารนี้ก็อาจมีผลต่อการออกดอก แต่อาจขึ้นกับปัจจัยหลายอย่าง เช่น ชนิดพืช สภาพแวดล้อม ฯลฯ ส่วนผลของสารพาโคลบิวทราโซลต่อการเปลี่ยนแปลงของสารนี้ภายในพืชก็ไม่ได้มีการศึกษามาก่อน แต่จากงานทดลองครั้งนี้ดูเหมือนสารพาโคลบิวทราโซลจะไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของไซโตไคนิน ซึ่งอาจเป็นเพราะสารพาโคลบิวทราโซลมีผลโดยตรงเฉพาะกับจีบเบอเรลลินเท่านั้น จึงไม่มีผลต่อสารควบคุมการเจริญเติบโตชนิดอื่น

จากการทดลองจะพบว่าการให้สารพาโคลบิวทราโซลแก่ต้นมะม่วงซ้ำมากกว่าหนึ่งปีสามารถชักนำให้เกิดดอกได้มากกว่าไม่ได้รับสารและยังสามารถชักนำให้เกิดดอกได้เร็วกว่าต้นที่ไม่ได้รับสารและการราดสารในลักษณะปีเว้นปี หรือทุกปีติดต่อกันจะให้ผลในลักษณะใกล้เคียงกันหากปริมาณสารที่ให้มากพอ แต่อย่างไรก็ตามไม่พบว่ามีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารคล้ายิบเบอเรลลิน และสารคล้ายไซโตไคนินภายในยอดมะม่วง ทั้งนี้อาจเป็นเรื่องของพันธุ์ และสภาพแวดล้อมที่เข้ามาเกี่ยวข้องอย่างมาก ดังนั้นหากสามารถควบคุมปัจจัยเหล่านี้ได้แน่นอน อาจจะสามารถหาความสัมพันธ์ระหว่างสารพาโคลบิวทราโซลและสารควบคุมการเจริญเติบโตภายในต้นเหล่านี้ได้ชัดเจนยิ่งขึ้น รวมทั้งทำให้สามารถควบคุมการออกดอกของมะม่วงได้อย่างมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น นอกจากนี้ปัจจัยอื่นเช่น เรื่องของอาหารสะสมภายในต้น ก็เป็นปัจจัยที่สำคัญในการออกดอก และอาจจะมากกว่าหรือสำคัญกว่าเรื่องของสารควบคุมการเจริญเติบโต โดยข้อสังเกตหนึ่งคือการราดสารซ้ำเพื่อบังคับให้มะม่วงออกดอกติดต่อกัน

ได้ดีทุกปี ต้นมะม่วงที่ทำการราดสารมักจะเป็นต้นที่สมบูรณ์และได้รับการดูแลเป็นอย่างดี ซึ่งบทบาทของสารพาทโคลชีวพราโกลต่อการสะสมอาหารภายในต้นมะม่วงจะได้มีการกล่าวถึงในหัวข้อต่อไป

ឥរូប

จากการทดลองในข้อ 1.1 และ 1.2 ซึ่งเป็นการให้สารพาโคลบิวทราโซลแก่มะม่วงพันธุ์ น้ำดอกไม้ ในสภาพแปลงปลูกแบบกร่อง โดยมีการให้สารซ้ำทั้งในลักษณะปีเว้นปีและทุกปีติดต่อกัน เพื่อบังคับให้ออกดอกนอกฤดู โดยทำการศึกษการเปลี่ยนแปลงทางการเจริญเติบโตจากภายนอกกาย วิชาของการพัฒนาตาดอก และการเปลี่ยนแปลงสารควบคุมการเจริญเติบโตภายในที่น่าจะเกี่ยวข้องกับการออกดอก ได้แก่ สารคล้ายจิบเบอเรลลิน และสารคล้ายไซโตไคนิน ควบคู่กันไป สามารถสรุปได้ว่า

1. การให้สารพาโคลบิวทราโซลแก่มะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ มีผลทำให้ความยอดกิ่งยอดเจริญช้ากว่าปกติ แต่สารนี้ไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตทางกิ่งก้านในด้านอื่น ไม่ว่าจะเป็น จำนวนใบ เส้นผ่านศูนย์กลาง กิ่งและตายอด
2. การให้สารพาโคลบิวทราโซลซ้ำมากกว่าหนึ่งครั้ง ทั้งในลักษณะปีเว้นปีและสามปีติดต่อกัน มีผลทำให้มะม่วง มีการออกดอกเพิ่มขึ้น เร็วขึ้น และใช้เวลาในการออกดอกทั่วทั้งต้นเร็วกว่าต้นที่ไม่ได้ราดสาร โดยมีผลทำให้เกิดจุดกำเนิดดอกเร็วกว่าต้นที่ไม่ได้ราดสาร
3. การราดสารพาโคลบิวทราโซลทั้งในลักษณะปีเว้นปี และสามปีติดต่อกัน ไม่มีผลชัดเจนต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารคลอโรฟิลล์เบอโรลทิน ในต้นมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ที่ปลูกในสภาพที่ไม่สามารถควบคุมสภาพแวดล้อม โดยเฉพาะในเรื่องความชื้นได้ แต่พบว่าจิบเบอเรลลินจะมีปริมาณค่อนข้างต่ำในช่วง peak การออกดอกของมะม่วงทั้งในต้นควบคุมและต้นที่ราดสารทั้ง 2 ทรีทเมนต์
4. สารพาโคลบิวทราโซลไม่น่าจะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณไซโตไคนินในต้นมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ และพบไซโตไคนินในปริมาณที่สูงในช่วงออกดอกติดผลของมะม่วง จึงเป็นไปได้ว่าสารนี้อาจมีความเกี่ยวข้องกับการออกดอกติดผลในมะม่วงด้วย
5. สภาพของสิ่งแวดล้อมรวมทั้งพันธุ์ของมะม่วงที่ใช้ อาจมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารควบคุมการเจริญเติบโตภายในต้นมะม่วงเป็นอย่างมาก

เอกสารอ้างอิง

- กิตติภูมิ กายวิภาคบรรยาย. 2533. อิทธิพลของ paclobutrazol ต่อการออกดอกติดผลและคุณภาพผลของทุเรียนพันธุ์ชะนี. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- ขวัญศิริ บุญเสนอ. 2542. การเปลี่ยนแปลงในรอบปีของสารคล้ายจิบเบอเรลลินภายในกิ่งมะม่วงพันธุ์เขียวเสวย. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- คณพล จุฑามณี. 2532. การเปลี่ยนแปลงระดับของสารคล้าย Gibberellins ในช่วงการเจริญทางกิ่งใบและการออกดอกของมะม่วงพันธุ์เขียวเสวย. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- จตุรพร รักษ์งาร. 2533. อิทธิพลของสารพาโคลบิวทราโซลที่มีต่อการเจริญเติบโต การเกิดดอกและผลผลิตของบัว. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- ชมนาด เกิดคง. 2542. การเปลี่ยนแปลงปริมาณในรอบปีของสารคล้ายจิบเบอเรลลินภายในยอดมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- ประภัสสร ธิยาพันธุ์. 2544. ผลของการเพิ่มปริมาณ GA₃ ที่ปลายยอดก่อนการออกดอกและตำแหน่งของกิ่งยอดบนทรงพุ่มต่อการออกดอกของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ที่ได้รับสารพาโคลบิวทราโซล. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี. ภาควิชาพืชสวน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- พีรเดช ทองอำไพ. 2537. ฮอร์โมนพืชและสารสังเคราะห์ แนวทางการใช้ประโยชน์ในประเทศไทย. ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ, น. 12-14.
- นาถฤดี ศุภกิจจาร์ภัย. 2533. ผลของสาร paclobutrazol ต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารคล้าย Gibberellins ที่ปลายยอดและการออกดอกของมะม่วงพันธุ์เขียวเสวย. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- รวี เสฐภักดี. 2537. โซโดโคนิน, น. 36-54. ใน เอกสารการฝึกอบรมการใช้สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชทางการเกษตร, 14-18 มีนาคม 2537. สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, กรุงเทพฯ.
- ราตรี บุญเรืองรอด. 2546. การศึกษาระดับ DNA methylation ในการตายยอดของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ทวายเบอร์ 4. ปัญหาพิเศษปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

โรจน์วี ภิรมย์, นคร เหลืองประเสริฐ, นิรันดร์ จันทวงศ์, วรวิทย์ ยี่สวัสดิ์ และ วิสิฐ กิจสมพร. 2540. รายงานการศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารคล้ายไซโตไคนินก่อนการออกดอกในยอด ลิ้นจี่พันธุ์สงขลา. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 18 น.

วิจิตร วังใน. 2529. มะม่วง. บริษัทศรีสมบัติการพิมพ์ จำกัด, กรุงเทพฯ. 301 น.

วัชรพล เสถียรคช. 2544. ระยะเวลาการให้ GA_3 ที่ปลายยอดมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ในช่วงก่อนออกดอกต่อลักษณะของช่อดอกหรือยอดอ่อนที่เกิดขึ้น. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี. ภาควิชาพืชสวน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สัมฤทธิ์ เฟื่องจันทร์. 2521. อิทธิพลของสภาพฟ้าอากาศต่อการออกดอกของมะม่วง. วิทยาสาร เกษตร 11(6): 555-566.

สันติ ชาญวิจิตร. 2532. ผลของสาร paclobutrazol ต่อการเกิดและการพัฒนาช่อดอกของมะม่วงพันธุ์เขียวเสวย. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สุจริต แซ่ตั้ง. 2531. ผลของ paclobutrazol ต่อการออกดอกและการเปลี่ยนแปลงทางสรีระวิทยาบางประการของลิ้นจี่พันธุ์สงขลา. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

อรพิน เกิดชูชื่น. 2532. อิทธิพลของอุณหภูมิ ความเครียดน้ำ พาโคลบิวทราโซล และปุ๋ยทางใบที่มีต่อการออกดอกของลิ้นจี่พันธุ์ค่อมที่ปลูกในแถบภาคกลางของประเทศไทย. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

Burondkar, M.M. and R.T. Gunjate. 1991. Regulation of shoot growth and flowering in Alphoso mango with paclobutrazol. Acta Hort. 291:79-84.

Chen, W.S. 1985. Flower induction in mango (*Mangifera indica* L.) with plant growth substance. Proc. Natl.Sci.Counc.B.Roc. 9:9-12.

Chen, W.S. 1987. Endogenous growth substances in relation to shoot growth and flower bud development of mango. J.Amer.Soc.Hort.Sci. 112:360-363.

Davenport, T.L. and C.R. Oslund. 1981. Cytokinin control of citrus shoot induction. Plant Physiol. 67:101.

Early, J.D. and G.C. Martin. 1989. Transport and accumulation of paclobutrazol in peach seedlings. Acta Hort. 239:73-76.

- Jackson, M.J., M.A. Line and O. Hasan. 1996. Microbial degradation of a recalcitrant plant growth retardant-paclobutrazol (PP333). *Soil Bio. Biochem.* 28:1265-1267.
- Jones, R.L. and J. MacMillan. 1989. Gibberellins. pp.21-52. *In* M.B. Wilkins (ed.). *Advanced Plant Physiology*. English Language Book. Society/Longman. Avon.
- Kulkarni, V.J. 1988. Chemical control of tree vigour and the promotion of flowering in mango (*Mangifera indica* L.) by gibberellic acid. *Hort. Sci.* 6:140-141.
- Okada, K. 1993. Changes of carbohydrate, nitrogen and endogenous hormones contents during growth and development in Japanese pear, MS Thesis, Chiba University, Japan.
- Perez-Barraza, M.H., S. Salaza-Garcia and V. Vazquez-Valdivia. 1999. Delayed inflorescence bud initiation, a clue for the lack of response of the 'Tommy Atkins' mango to promotes of flowering. *Acta Hort.* 509: 567-572.
- Pharis, R.P. and R.W. King. 1985. Gibberellin and Reproduction development in seed plant. *Annu. Rev. of Plant Physiol.* 36 : 517-568.
- Phavaphutanon, L., K. Krisanapook, A. Pichakum and K. Jutamanee. 1999. Changes of total non-structural carbohydrates within shoots of 'Nam Dok Mai' mango after paclobutrazol application. *Acta Hort.* 509:559-565.
- Sterrett, V.P. 1985. Paclobutrazol- a promising growth inhibitor injecting into woody plant. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 110 : 4-8.
- Tongumpai, P., K. Jutamanee and S. Subhadrabandhu. 1991. Effect of paclobutrazol on flowering of mango cv. Khiew Sawoey. *Acta Hort.* 291:105-107.
- Van Nocker, S. 2001. The molecular biology of flowering. *Horticultural Reviews* 27 : 1-39.

1.2 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของปริมาณคาร์โบไฮเดรตสะสมภายในต้นมะม่วง

อาหารสะสมภายในต้นมะม่วงโดยเฉพาะปริมาณคาร์โบไฮเดรต ก็น่าจะเป็นปัจจัยที่สำคัญอย่างหนึ่งต่อการออกดอกของมะม่วง ดังนั้นการศึกษาถึงการเปลี่ยนแปลงของปริมาณคาร์โบไฮเดรตในต้นมะม่วงในช่วงที่มีพัฒนาการต่างกัน น่าจะเป็นสิ่งที่จำเป็น เพื่อให้ทราบถึงความสัมพันธ์หรือเกี่ยวข้องระหว่าง การเปลี่ยนแปลงของคาร์โบไฮเดรตกับกระบวนการสร้างตาดอกในมะม่วง โดยเฉพาะการเปรียบเทียบระหว่างต้นในมะม่วงที่มีการผลิตให้ออกดอกนอกฤดู โดยใช้สารพาโคลบิวทราโซลบังคับกับต้นที่ไม่ให้สารหรือต้นควบคุม

1.2.1 ผลของการให้สารพาโคลบิวทราโซลซ้ำต่อปริมาณคาร์โบไฮเดรตสะสม และการออกดอกของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้

ปัจจุบันมีการใช้สารพาโคลบิวทราโซลกระตุ้นการออกดอกของมะม่วงในช่วงเวลาต่างๆ ของปีอย่างแพร่หลาย อย่างไรก็ตามการให้สารซ้ำกับมะม่วงต้นเดิม เพื่อกระตุ้นการออกดอกในปีต่อมา อาจพบว่าต้นมะม่วงบางส่วนออกดอกไม่สม่ำเสมอเช่นในปีแรกๆ (จุลพิพร, 2530) และบางส่วนมีอาการต้นโทรม กิ่งเลื้อยอ่อนแอ ซึ่งอาจเกี่ยวข้องกับสมดุลฮอร์โมนพืชที่เปลี่ยนแปลงไปเนื่องจากสารพาโคลบิวทราโซลมีฤทธิ์ยับยั้งการสังเคราะห์จีบเบอเรลลินในพืช (Hedden และ Graebe, 1985) จึงยับยั้งการเติบโตทางกิ่งใบ และมีผลยับยั้งการเติบโตของระบบราก (Williamson และคณะ, 1986) ซึ่งทำให้พื้นที่ผิวในการดูดน้ำและธาตุอาหารลดลง การที่ระบบรากของต้นมะม่วงถูกจำกัดการเติบโตเช่น การปลูกในกระถางที่มีปริมาตรจำกัดส่งผลให้อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงลดลง (Schaffer และคณะ, 1977) ซึ่งต้นมะม่วงที่ทำการราดสารก็อาจมีลักษณะเดียวกัน นอกจากนี้ยังมีรายงานว่า พาโคลบิวทราโซลทำให้เอนไซม์ ribulose biphosphate carboxylase เอนไซม์หลักในกระบวนการสังเคราะห์แสงมีกิจกรรมลดลง (Vu และ Yelenosky, 1992) และมีผลต่อทิศทางการเคลื่อนย้ายคาร์โบไฮเดรตที่สร้างขึ้นไปสะสมในส่วนต่างๆ โดยคาร์โบไฮเดรตจะถูกแบ่งและกระจายไปสะสมในส่วนของรากมากขึ้น (Wang และคณะ, 1985) มีรายงานว่าต้นส้มที่ได้รับสารพาโคลบิวทราโซลมีการสะสมคาร์โบไฮเดรตประเภทน้ำตาลในใบน้อยลง (Vu และ Yelenosky, 1992; Okuda และ คณะ, 1996) แต่มีการสะสมในรากเพิ่มขึ้น การเปลี่ยนแปลงดังกล่าวอาจส่งผลกระทบต่อปริมาณคาร์โบไฮเดรตสะสมซึ่งเป็นแหล่งพลังงานสำคัญต่อการเจริญเติบโตและการออกดอกของมะม่วงเช่นกัน จากการศึกษาเบื้องต้นพบว่าพาโคลบิวทราโซล ทำให้ต้นมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้มีการสะสมคาร์โบไฮเดรตในกิ่งและใบยอดเร็วขึ้น และออกดอกได้เร็วขึ้น แต่ระดับคาร์โบไฮเดรตในกิ่ง

และใบยอดไม้แตกต่างจากต้นที่ไม่ได้รับสาร (Phavaphutanon และคณะ, 1999) แต่ยังไม่มีรายงานว่าการให้สารพาโคลบิวทราโซลซ้ำในปีต่อมาจะมีผลต่อการออกดอกและปริมาณคาร์โบไฮเดรตสะสมของมะม่วงอย่างไร

การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ ศึกษาผลของการให้สารพาโคลบิวทราโซลซ้ำเป็นปีที่สองต่อระยะเวลาในการออกดอก และการเปลี่ยนแปลงปริมาณคาร์โบไฮเดรตสะสมในกิ่งยอดและใบซึ่งน่าจะเป็น source ของคาร์โบไฮเดรตในช่วงก่อนออกดอก ระหว่างการออกดอก และช่วงพัฒนาการของผลจนถึงระยะเก็บเกี่ยวของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ โดยเปรียบเทียบผลกับต้นมะม่วงที่ไม่ได้รับสาร หรือได้รับสารพาโคลบิวทราโซลเป็นครั้งแรก

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมต้น

คัดเลือกต้นมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ อายุ 7 ปีบนต้นตอมะม่วงพันธุ์แก้วที่มีความสมบูรณ์ และมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางทรงพุ่ม 4 เมตรสม่ำเสมอ จำนวน 9 ต้นในปี พ.ศ. 2541 ในแปลงทดลองภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม ต้นมะม่วง 3 ต้นในกลุ่มนี้เคยได้รับสารพาโคลบิวทราโซลเป็นครั้งแรกในปีที่ผ่านมา (พ.ศ. 2540) อัตรา 4 กรัม (a.i) ต่อต้น (Cultar® เนื้อสารออกฤทธิ์ 10 %) ต้นมะม่วงอีก 6 ต้นยังไม่เคยได้รับสารพาโคลบิวทราโซล ต้นมะม่วงที่เคยได้รับสารพาโคลบิวทราโซลในปีที่ผ่านมาสามารถแตกยอดใหม่ได้ตามปกติ มีลักษณะการเติบโตทางกิ่งใบ ขนาดใบและความสมบูรณ์ไม่แตกต่างกับต้นที่ยังไม่เคยได้รับสาร

ในเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2541 ทำการกระตุ้นการแตกใบอ่อนชุดใหม่ของมะม่วงทั้ง 9 ต้นโดยการพ่นสารละลายผสมของ ไทโอยูเรีย อัตรา 25 กรัม/น้ำ 20 ลิตร และโพแทสเซียมไนเตรท (13-0-46) อัตรา 200 กรัม/น้ำ 20 ลิตร ทั่วทรงพุ่ม

การให้สารพาโคลบิวทราโซล

ในเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2541 เมื่อใบชุดใหม่ที่กระตุ้นให้เกิดขึ้น เจริญเติบโตเข้าสู่ระยะใบเฟสลาด (อายุใบ 20 วัน) ทำการราดสารพาโคลบิวทราโซล (Cultar® เนื้อสารออกฤทธิ์ 10 %) เพื่อชักนำให้มะม่วงออกดอก ดังนี้

ทริตเมนต์ที่ 1: ต้นควบคุม จำนวน 3 ต้น ไม่ให้สารพาโคลบิวทราโซล

ทริตเมนต์ที่ 2: ให้สารพาโคลบิวทราโซลเป็นครั้งแรกในปี พ.ศ. 2541 จำนวน 3 ต้น

ทริตเมนต์ที่ 3: ให้สารพอลิบิวทราโซลซ้ำเป็นปีที่สอง (ได้รับสารครั้งแรกในปี พ.ศ. 2540 และครั้งที่สอง ในปี พ.ศ. 2541) จำนวน 3 ต้น

ให้สารพอลิบิวทราโซลโดยผสมสารตามอัตราที่กำหนดในน้ำสะอาดปริมาณ 1.5 ลิตรต่อต้น ราดสารที่โคนต้นมะม่วง และให้น้ำต้นมะม่วงอย่างสม่ำเสมอ ต้นมะม่วงในทริตเมนต์ที่ 2 ได้รับสารพอลิบิวทราโซลเป็นครั้งแรกในอัตรา 4 กรัม (a.i.) ต่อต้น ต้นมะม่วงในทริตเมนต์ที่ 3 ได้รับสารพอลิบิวทราโซลซ้ำเป็นปีที่สองในอัตราครึ่งหนึ่งของที่เคยได้รับในปีแรก คืออัตรา 2 กรัม (a.i.) ต่อต้น หลังการให้สาร ต้นมะม่วงทุกทริตเมนต์ที่ไม่มีการแตกยอดใหม่อีกจนกระทั่งออกดอก

ในเดือนกันยายน พ.ศ. 2541 หรือหลังการให้สารพอลิบิวทราโซลประมาณ 2.5 เดือน ทำการกระตุ้นการแทงช่อดอกนอกฤดูของต้นมะม่วงที่ได้รับสาร โดยการพ่นสารละลายผสมของไทโอยูเรีย อัตรา 25 กรัม/น้ำ 20 ลิตร และโพแทสเซียมไนเตรท (13-0-46) อัตรา 200 กรัม/น้ำ 20 ลิตรทั่วทรงพุ่ม รวมทั้งต้นควบคุมด้วย ต้นมะม่วงที่ได้รับสารพอลิบิวทราโซลในทริตเมนต์ที่ 2 และ 3 ออกดอกก่อนฤดูกาลในเดือนตุลาคม พ.ศ. 2541 ส่วนต้นควบคุมซึ่งไม่ได้รับสารพอลิบิวทราโซลออกดอกช้ากว่า คือออกดอกตามฤดูกาลในช่วงปลายเดือนพฤศจิกายน - ธันวาคม พ.ศ. 2541

การบันทึกข้อมูล

การออกดอก บันทึกช่วงเวลาที่ดินมะม่วงมีการออกดอกโดยนับจำนวนวันหลังจากวันที่ให้สารพอลิบิวทราโซลจนกระทั่งต้นมะม่วงแทงช่อดอก และช่อดอกมีอายุ 2 สัปดาห์คืออยู่ในระยะร่วงข้าวสังเกตเห็นเป็นช่อดอกได้ชัดเจน รวมทั้งบันทึกความสม่ำเสมอในการออกดอกภายในต้นจากกิ่งยอดที่ผูกป้ายไว้เป็นตัวแทน 20 กิ่งต่อต้น และความสม่ำเสมอในการออกดอกระหว่างต้น

ปริมาณคาร์โบไฮเดรตสะสมในกิ่งยอดและใบ เนื่องจากต้นมะม่วงกลุ่มที่ได้รับสารพอลิบิวทราโซลและกลุ่มต้นควบคุมที่ไม่ได้รับสาร ออกดอกไม่พร้อมกัน จึงไม่สามารถเก็บตัวอย่างพืชในเวลาเดียวกันได้ ในการศึกษานี้จะเก็บตัวอย่างพืชเพื่อวิเคราะห์ปริมาณคาร์โบไฮเดรตสะสมตามระยะการเติบโตช่วงต่างๆ ของต้นมะม่วง (ตารางที่ 1.7) โดยเก็บตัวอย่างกิ่งยอดในช่วงชั้นใบชุดสุดท้ายซึ่งใบขยายขนาดเต็มที่แล้ว และมีสีเขียวเข้ม จำนวน 3 กิ่งยอดต่อต้น ในระยะก่อนให้สาร ระยะก่อนการออกดอก ระยะออกดอกติดผล และระยะพัฒนาการของผลจนถึงเก็บเกี่ยว แยกส่วนกิ่ง ใบ ช่อดอกทั้งช่อ และผลระยะต่างๆ (1 ผลต่อกิ่งยอดหนึ่งกิ่ง) ออกจากกัน ส่วนของใบที่ใช้เป็นตัวแทนในการศึกษาคือใบลำดับที่ 4 - 6 จากปลายยอด นำตัวอย่างพืชไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 70 °C บดตัวอย่างแห้งให้ละเอียดผ่านตะแกรงขนาด 40 mesh แล้วนำไปวิเคราะห์ปริมาณคาร์โบไฮเดรตทั้งหมดที่ไม่อยู่ในรูปโครงสร้าง (total non-structural carbohydrates; TNC) ด้วยวิธี Nelson's reducing

procedure (Hodge และ Hofreiter, 1962; Smith และคณะ, 1964) รายงานผลปริมาณ TNC ในหน่วย mg D-glucose / g dry weight

วางแผนการทดลองแบบ completely randomized design มี 3 ทรีตเมนต์ คือ 1) ดันควบคุม (control) ไม่ให้สารพอลิฟิวราโซล 2) ให้สารพอลิฟิวราโซลเป็นครั้งแรก และ 3) ให้สารพอลิฟิวราโซลซ้ำเป็นปีที่สอง แต่ละทรีตเมนต์ใช้ต้นมะม่วง 3 ต้น วิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติด้วยวิธี analysis of variance และวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's new multiple range test (SAS Institute, 1988)

ตารางที่ 1.7 ช่วงเวลาการเก็บตัวอย่างพืชเพื่อวิเคราะห์ปริมาณคาร์โบไฮเดรตสะสม

ระยะการเติบโต	ต้นควบคุม	ให้สารพอลิฟิวราโซล	
		ครั้งแรก	ซ้ำในปีที่สอง
1. ก่อนให้สารพอลิฟิวราโซล	←	กรกฎาคม 2541	→
2. ก่อนการออกดอกนอกฤดู	←	กันยายน 2541	→
3. ระยะออกดอก: ดอกในช่อบาน 100 %	ธันวาคม 2541	ตุลาคม 2541	ตุลาคม 2541
4. ระยะติดผล: 30 วันหลังดอกบาน	มกราคม 2542	พฤศจิกายน 2541	พฤศจิกายน 2541
5. ระยะติดผล: 70 วันหลังดอกบาน	กุมภาพันธ์ 2542	ธันวาคม 2541	ธันวาคม 2541
6. ระยะเก็บเกี่ยว: 110 วันหลังดอกบาน	เมษายน 2542	กุมภาพันธ์ 2542	กุมภาพันธ์ 2542

ผลและวิจารณ์

การออกดอก

พบว่าในทุกทรีตเมนต์ปลายยอดที่ถูกป้ายทำเครื่องหมายเป็นตัวแทนในการศึกษาการออกดอกของต้นมะม่วงทรีตเมนต์มีการออกดอกทุกยอด ต้นมะม่วงที่ได้รับสารพาโคลบิวทราโซลเป็นครั้งแรก และได้รับสารซ้ำเป็นปีที่สอง ออกดอกก่อนคือหลังราดสาร 14 และ 13 สัปดาห์ตามลำดับ (ตารางที่ 1.8) ซึ่งตรงกับเดือนตุลาคม 2541 ซึ่งเป็นการออกดอกก่อนฤดูออกดอกตามธรรมชาติ มีการออกดอกที่สม่ำเสมอภายในต้นและระหว่างต้นในทรีตเมนต์เดียวกัน และต้นที่ได้รับสารซ้ำเป็นปีที่สองออกดอกเร็วกว่าต้นที่ได้รับสารเป็นปีแรก 1 สัปดาห์ ส่วนต้นควบคุมซึ่งไม่ได้รับสารออกดอกในฤดูตามธรรมชาติ คือออกดอกช้ากว่าต้นที่ได้รับสารประมาณ 1 เดือน และมีลักษณะการออกดอกไม่สม่ำเสมอ โดยทยอยออกตั้งแต่ช่วงปลายเดือนพฤศจิกายน ถึงปลายเดือนธันวาคม 2541 (ตารางที่ 1.7) หรือใช้เวลาในการออกดอกประมาณ 18 สัปดาห์หลังจากมีการให้สาร ดังนั้นในสภาพที่ต้นมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้มีความสมบูรณ์ เมื่อได้รับสารพาโคลบิวทราโซลเพื่อกระตุ้นการออกดอกซ้ำเป็นปีที่สองในอัตราที่ลดลงครึ่งหนึ่งของอัตราที่เคยใช้ในปีที่ผ่านมา ยังสามารถออกดอกนอกฤดูได้ และมีการออกดอกที่สม่ำเสมอเช่นเดียวกับต้นที่ได้รับสารเป็นครั้งแรก

การเปลี่ยนแปลงปริมาณคาร์โบไฮเดรตสะสมในกิ่งยอด ใบ ช่อดอก และผล

ก่อนการให้สารพาโคลบิวทราโซลในปี พ.ศ. 2541 (กรกฎาคม พ.ศ. 2541) ปริมาณคาร์โบไฮเดรตทั้งหมดที่ไม่อยู่ในรูปโครงสร้าง (total non-structural carbohydrates; TNC) ในกิ่งยอด และใบยอด มีค่าใกล้เคียงกัน คือมีค่าเฉลี่ยปริมาณ TNC เท่ากับ 108.69 และ 118.86 mg D-glucose/g dwt. (ไม่ได้แสดงข้อมูล)

ในช่วงก่อนการออกดอกนอกฤดู หรือหลังจากราดสารประมาณ 2 เดือน (กันยายน พ.ศ. 2541) พบว่าปริมาณ TNC ในกิ่งยอด และใบของต้นที่ได้รับสารพาโคลบิวทราโซลซ้ำเป็นปีที่สอง มีค่ามากกว่าในต้นที่ได้รับสารเป็นครั้งแรก และต้นควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คือมีค่า TNC ในกิ่งยอดและใบ เท่ากับ 120.11 และ 108.07 mg D-glucose/g dwt. ตามลำดับ (ตารางที่ 1.9) ปริมาณ TNC ไม่ได้สะสมเพิ่มขึ้นเด่นชัดเมื่อเปรียบเทียบกับในระยะก่อนให้สารพาโคลบิวทราโซลในเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2541 และค่าที่ได้ต่ำกว่าที่เคยมีรายงานไว้ว่าต้นมะม่วงน้ำดอกไม้ที่ได้รับสารพาโคลบิวทราโซลมีปริมาณ TNC ในช่วงก่อนการออกดอกนอกฤดูมากกว่า 150 mg D-glucose/g dwt. (Phavaphutanon และคณะ, 1999) ซึ่งก็อาจเป็นผลมาจากสภาพต้นที่ต่างกัน อย่างไรก็ตามต้นที่ได้รับสารทั้งสองทรีตเมนต์ออกดอกนอกฤดูได้ในเวลาต่อมา ในขณะที่ต้นควบคุมยังไม่

สามารถออกดอก แม้จะมีปริมาณ TNC ไม่แตกต่างจากต้นที่ได้รับสารพาโคลบิวทราโซล เป็นครั้งแรกก็ตาม

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างต้นควบคุมและต้นที่ราดสารในระยะการเจริญเติบโตระยะเดียวกัน คือระยะออกดอก ซึ่งดอกในช่อบานเต็มที่ พบว่าต้นควบคุม (ออกดอกในเดือนธันวาคม พ.ศ. 2541) มีปริมาณ TNC ในกิ่งยอดมากกว่าในต้นที่ได้รับสารพาโคลบิวทราโซลเป็นครั้งแรกและได้รับสารซ้ำเป็นปีที่สอง (ออกดอกในเดือนตุลาคม พ.ศ. 2541) ปริมาณ TNC ในกิ่งยอดของต้นควบคุมที่มากกว่านี้อาจเกี่ยวข้องกับการที่ต้นควบคุมมีเวลาในการสะสมคาร์โบไฮเดรตนานกว่าต้นที่ได้รับสาร แต่ก็ไม่ได้ส่งผลให้ต้นควบคุมมีการออกดอกสม่ำเสมอ ส่วนปริมาณ TNC ในใบนั้นไม่มีความแตกต่างกันระหว่างทรีตเมนต์ TNC ในช่อดอกโดยทั่วไปมีปริมาณมากกว่าในส่วนของกิ่งยอดและใบ โดยปริมาณ TNC ในช่อดอกจากต้นที่ได้รับสารพาโคลบิวทราโซลซ้ำเป็นปีที่สองมีค่ามากกว่าในต้นควบคุมและต้นที่ได้รับสารเป็นปีแรกตามลำดับ (ตารางที่ 1.10)

ในระยะแรกของการติดผลคือเมื่อผลมีอายุประมาณ 30 วัน ซึ่งในระยะนี้ยังพบว่าการร่วงของผลอ่อนอยู่ ปริมาณ TNC ในกิ่งยอดและใบของต้นควบคุม (เก็บตัวอย่างในเดือน มกราคม พ.ศ. 2542) มีค่ามากกว่าในต้นที่ได้รับสารพาโคลบิวทราโซลทั้งสองทรีตเมนต์ (เก็บตัวอย่างในเดือน พฤศจิกายน พ.ศ. 2541) ส่วนในผลอ่อนนั้นปริมาณ TNC ในแต่ละทรีตเมนต์ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 1.11)

ในระยะที่ผลกำลังพัฒนา คือมีอายุผลประมาณ 70 วัน ซึ่งในระยะนี้การร่วงของผลมีน้อยมาก ปริมาณ TNC ในกิ่งยอด ใบ และผล ของต้นที่ได้รับสารพาโคลบิวทราโซลทั้งสองทรีตเมนต์ (เก็บตัวอย่างในเดือน ธันวาคม พ.ศ. 2541) มีค่ามากกว่าในต้นควบคุม (เก็บตัวอย่างในเดือน กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2542) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยต้นที่ได้รับสารเป็นครั้งแรก มีปริมาณ TNC ในใบ และในผลมากกว่าในทรีตเมนต์อื่นๆ อย่างเด่นชัด (ตารางที่ 1.12)

ในระยะเก็บเกี่ยวผล คือเมื่อผลแก่มีอายุประมาณ 110 วัน พบว่าปริมาณ TNC ในกิ่งยอด ใบ และผล ของต้นที่ได้รับสารพาโคลบิวทราโซลทั้งสองทรีตเมนต์ (เก็บตัวอย่างในเดือน กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2542) และต้นควบคุม (เก็บตัวอย่างในเดือน เมษายน พ.ศ. 2542) ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 1.13) มีค่าเฉลี่ยปริมาณ TNC ในกิ่งยอด ใบ และผล เท่ากับ 93.30 82.67 และ 182.98 mg D-glucose/g dwt. ตามลำดับ โดยปริมาณ TNC ในผล มีค่ามากกว่าในส่วนของกิ่งยอดและใบเด่นชัด

ต้นมะม่วงที่ได้รับสารพาโคลบิวทราโซลในปีแรก ได้รับสารซ้ำเป็นปีที่ 2 และต้นควบคุมที่ไม่ได้รับสาร มีรูปแบบการเปลี่ยนแปลง TNC ในใบคล้ายคลึงกัน คือมีปริมาณลดลงในช่วงการออกดอก หลังจากนั้นปริมาณ TNC ค่อยๆ เพิ่มขึ้นในช่วงที่ผลมีการพัฒนา และลดลงอีกครั้งในช่วงเก็บ

เกี่ยวผล ส่วนในกิ่งยอดนั้น การเปลี่ยนแปลงปริมาณ TNC ไม่ชัดเจนเช่นในใบ ไม่พบว่า TNC ลดลงชัดเจนในช่วงการออกดอก แต่มีแนวโน้มว่าปริมาณ TNC เพิ่มขึ้นในช่วงพัฒนาการของผลและลดลงอีกครั้งในช่วงเก็บเกี่ยวผล ดอกและผลซึ่งไม่สามารถสร้างคาร์โบไฮเดรตได้ หรือสร้างได้น้อยมากเป็น sink ที่สำคัญ ต้องการคาร์โบไฮเดรตมากในการเติบโตและพัฒนา ทั้งดอกและผลมีปริมาณ TNC สูงกว่าในกิ่งยอดและใบอย่างเด่นชัด ปริมาณ TNC ในผลเพิ่มขึ้นเมื่อผลเข้าสู่ระยะเก็บเกี่ยว

กิ่งยอดและซูดใบที่อยู่ถัดจากช่อดอก และผล เป็น source ของคาร์โบไฮเดรตที่อยู่ใกล้ sink คือช่อดอกและผลที่กำลังพัฒนามากที่สุด Chauhan และ Pandey (1984) ศึกษาการเคลื่อนย้ายคาร์โบไฮเดรตที่ได้จากกระบวนการสังเคราะห์แสงออกจากใบยอดไปสู่ส่วนต่างๆ พบว่า ในช่วงที่ช่อดอกและผลกำลังพัฒนา มีการเคลื่อนย้ายคาร์โบไฮเดรตส่วนใหญ่ไปที่ช่อดอกและผล Shivashankara และ Mathai (2000) รายงานว่าอัตราการสังเคราะห์แสงของมะม่วงจะลดลงในช่วงออกดอก ดังนั้นคาร์โบไฮเดรตที่สร้างขึ้นจากการสังเคราะห์แสงในขณะนั้นอาจจะไม่เพียงพอต่อความต้องการของดอก และผลในการที่จะพัฒนาต่อไป ดอกและผลต้องการคาร์โบไฮเดรตในการเติบโตและพัฒนาการ และเป็นส่วนที่มีปริมาณ TNC ในเนื้อเยื่อสูงเมื่อเทียบกับส่วนกิ่งยอดและใบ (ตารางที่ 1.9-1.13) บทบาทของคาร์โบไฮเดรตสะสมจึงมีความสำคัญมากขึ้น นอกจากนี้ คาร์โบไฮเดรตที่สะสมในเนื้อเยื่อของกิ่งยอดและใบน่าจะสามารถเคลื่อนย้ายมายัง sink ได้เร็วกว่าการเคลื่อนย้ายจาก source อื่นๆ ที่ไกลออกไป ดังนั้นในการทดลองนี้จึงศึกษาระดับคาร์โบไฮเดรตสะสมเฉพาะในส่วนของกิ่งยอดและใบ ไม่ได้ศึกษาใน source แหล่งอื่นๆ และพบว่าคาร์โบไฮเดรตสะสมในใบเท่านั้นที่มีปริมาณลดลงเด่นชัดในช่วงการออกดอก และช่วงเก็บเกี่ยวผล อย่างไรก็ตามในส่วนอื่นๆ ของต้นมะม่วง ก็อาจเป็นแหล่งสะสมคาร์โบไฮเดรตที่สำคัญเช่นกัน โดย Stassen และ van Vuuren (1996) รายงานว่าราก เปลือกลำต้นหลัก และส่วนเนื้อไม้ เป็น source ของคาร์โบไฮเดรตที่สำคัญสำหรับการเติบโตทั้งในระยะ vegetative และ reproductive ของมะม่วงเช่นกัน ดังนั้นหากเป็นไปได้ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมในเรื่องนี้ เพื่อให้เข้าใจถึง sink-source ภายในมะม่วงได้ดีขึ้น

ก่อนที่จะได้รับสารพาโคลบิวทราโซลซ้ำเป็นปีที่สอง ต้นมะม่วงที่เคยได้รับสารในปีที่ผ่านมา ไม่แสดงอาการชะงักการเติบโตทางกิ่งใบ สามารถแตกใบชุดใหม่ได้เป็นปกติเหมือนกับต้นที่ไม่เคยได้รับสารมาก่อน แสดงให้เห็นว่าสารพาโคลบิวทราโซลที่ตกค้างในดินมีปริมาณไม่มากพอที่จะแสดงผลควบคุมการเจริญเติบโตทางกิ่งใบ และการให้สารพาโคลบิวทราโซลซ้ำเป็นปีที่สองกับต้นมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ที่มีความสมบูรณ์ โดยลดอัตราสารที่ให้ลงครึ่งหนึ่งของที่เคยให้ในปีที่ผ่านมา ไม่มีผลกระทบต่อออกดอกในปีที่สอง และสามารถออกดอกได้เร็วกว่าต้นที่ได้รับสารเป็นปีแรก 1 สัปดาห์ และเร็วกว่าต้นที่ไม่ได้รับสารถึง 5 สัปดาห์ ต้นมะม่วงที่ได้รับสารพาโคลบิวทราโซลทั้งสองทรีตเมนต์มีการออกดอกสม่ำเสมอว่าทั้งภายในต้นและระหว่างต้นเมื่อเปรียบเทียบกับต้นควบ

คุม จากการศึกษาครั้งนี้เมื่อเปรียบเทียบตามระยะการเติบโตช่วงก่อนออกดอกและช่วงออกดอก พบว่าการให้สารพาโคลบิวทราโซลไม่ได้ทำให้มะม่วงน้ำดอกไม้มีการสะสมคาร์โบไฮเดรตเพิ่มขึ้นเด่นชัด ดังนั้นการสะสมคาร์โบไฮเดรตจึงอาจไม่ใช่ปัจจัยหลักที่ทำให้ต้นมะม่วงที่ได้รับสารออกดอกเร็วและสม่ำเสมอขึ้น โดยเฉพาะหากพิสูจน์ได้ว่าแหล่งของคาร์โบไฮเดรตที่สำคัญที่สุดต่อการออกดอกและติดผลของมะม่วงคือที่กิ่งยอด แต่หากพบว่าแหล่งของคาร์โบไฮเดรตที่สำคัญอยู่ที่อื่น คาร์โบไฮเดรตก็อาจจะยังมีความสำคัญต่อการออกดอกอยู่มาก แต่จากผลการทดลองทำให้ต้องกลับไปพิจารณาถึงอีกปัจจัยหนึ่งคือ สารควบคุมการเจริญเติบโตโดยเฉพาะจิบเบอเรลลิน เนื่องจากการที่พบว่าสารพาโคลบิวทราโซลลดระดับจิบเบอเรลลินในต้นมะม่วงได้เร็ว ทำให้กิ่งและใบยอดเข้าสู่ระยะบริบูรณ์ (maturity) ซึ่งเป็นสภาพที่ส่งเสริมให้ปลายยอดส่วนใหญ่มีความพร้อมที่จะพัฒนาเป็นช่อดอกเร็วขึ้น (นาถฤดี, 2533; Kachru และคณะ, 1971; Tongumpai และคณะ, 1991) แม้ว่าการทดลองในส่วนแรกจะไม่สามารถพบความสัมพันธ์ที่เด่นชัดระหว่างการเปลี่ยนแปลงปริมาณจิบเบอเรลลินและการออกดอกเช่นกันก็ตาม

ตารางที่ 1.8 ระยะเวลาออกดอกของต้นมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ที่ได้รับสารพาโคลบิวทราโซลเป็นครั้งแรกหรือได้รับสารซ้ำเป็นปีที่สอง เปรียบเทียบกับต้นที่ไม่ได้รับสาร

การให้สารพาโคลบิวทราโซล	เวลา (สัปดาห์) ¹
ต้นควบคุม ไม่ได้รับสาร	18 c ²
ให้สารพาโคลบิวทราโซลครั้งแรก	14 b
ให้สารพาโคลบิวทราโซลซ้ำเป็นปีที่สอง	13 a

¹ ระยะเวลาที่ใช้ช่อดอกเริ่มนับจากวันที่ทำการให้สารพาโคลบิวทราโซลในเดือนกรกฎาคม ถึงวันที่ดอกในช่อบาน 50 เปอร์เซ็นต์

² ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์ที่ตามด้วยอักษรต่างกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ เปรียบเทียบด้วยวิธี Duncan's new multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 1.9 การเปลี่ยนแปลงปริมาณคาร์โบไฮเดรตทั้งหมดที่ไม่ใช่โครงสร้าง (total non-structural carbohydrates; TNC) ที่สะสมในกิ่งยอดและใบในระยะก่อนออกดอกของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ที่ได้รับสารพาโคลบิวทราโซลเป็นครั้งแรกหรือได้รับสารซ้ำเป็นปีที่สอง เปรียบเทียบกับต้นที่ไม่ได้รับสาร (เก็บตัวอย่างเมื่อเดือนกันยายน 2541หรือหลังราดสารประมาณ 2 เดือน)

การให้สารพาโคลบิวทราโซล	ปริมาณ TNC (mg D-glucose/g dwt.)	
	กิ่ง	ใบ
ต้นควบคุม ไม่ได้รับสาร	97.72 b ¹	92.53 b ¹
ให้สารพาโคลบิวทราโซลครั้งแรก	89.78 b	80.72 b
ให้สารพาโคลบิวทราโซลซ้ำเป็นปีที่สอง	120.11 a	108.07 a

¹ ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์ที่ตามด้วยอักษรเหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติเปรียบเทียบด้วยวิธี Duncan's new multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์

ตารางที่ 1.10 การเปลี่ยนแปลงปริมาณคาร์โบไฮเดรตทั้งหมดที่ไม่ใช่โครงสร้าง (total non-structural carbohydrates; TNC) ที่สะสมในกิ่ง ใบ และช่อดอก ในระยะออกดอกของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ที่ได้รับสารพาโคลบิวทราโซลเป็นครั้งแรกหรือได้รับสารซ้ำเป็นปีที่สอง (เก็บตัวอย่าง ตุลาคม 2541) เปรียบเทียบกับต้นที่ไม่ได้รับสาร (เก็บตัวอย่าง ธันวาคม 2541)

การให้สารพาโคลบิวทราโซล	ปริมาณ TNC (mg D-glucose/g dwt.)		
	กิ่ง	ใบ	ช่อดอก
ต้นควบคุม ไม่ได้รับสาร	130.62 a ¹	80.02 ns ²	138.35 ab ¹
ให้สารพาโคลบิวทราโซลครั้งแรก	98.38 b	70.84	125.69 b
ให้สารพาโคลบิวทราโซลซ้ำเป็นปีที่สอง	113.18 ab	79.33	153.65 a

¹ ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์ที่ตามด้วยอักษรเหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติ เปรียบเทียบด้วยวิธี Duncan's new multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์

² ns หมายถึงค่าเฉลี่ยในคอลัมน์ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ตารางที่ 1.11 การเปลี่ยนแปลงปริมาณคาร์โบไฮเดรตทั้งหมดที่ไม่ใช่โครงสร้าง (total non-structural carbohydrates; TNC) ที่สะสมในกิ่ง ใบ และช่อดอก ในระยะผลอายุ 30 วันหลังดอกบาน ของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ที่ได้รับสารพาโคลบิวทราโซลเป็นครั้งแรกหรือได้รับสารซ้ำเป็นปีที่สอง เปรียบเทียบกับต้นที่ไม่ได้รับสาร

การให้สารพาโคลบิวทราโซล	ปริมาณ TNC (mg D-glucose/g dwt.)		
	กิ่ง	ใบ	ผล
ต้นควบคุม ไม่ได้รับสาร	128.92 a ¹	118.24 a ¹	161.44 ns ²
ให้สารพาโคลบิวทราโซลครั้งแรก	108.78 ab	87.94 b	157.03
ให้สารพาโคลบิวทราโซลซ้ำเป็นปีที่สอง	103.77 b	70.24 b	134.22

¹ ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์ที่ตามด้วยอักษรเหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติ เปรียบเทียบด้วยวิธี

Duncan's new multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์

² ns หมายถึงค่าเฉลี่ยในคอลัมน์ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ตารางที่ 1.12 การเปลี่ยนแปลงปริมาณคาร์โบไฮเดรตทั้งหมดที่ไม่ใช่โครงสร้าง (total non-structural carbohydrates; TNC) ที่สะสมในกิ่ง ใบ และผล ในระยะผลอายุ 70 วันหลังดอกบาน ของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ที่ได้รับสารพาโคลบิวทราโซลเป็นครั้งแรกหรือได้รับสารซ้ำเป็นปีที่สอง เปรียบเทียบกับต้นที่ไม่ได้รับสาร

การให้สารพาโคลบิวทราโซล	ปริมาณ TNC (mg D-glucose/g dwt.)		
	กิ่ง	ใบ	ผล
ต้นควบคุม ไม่ได้รับสาร	82.05 c ¹	77.18 b ¹	94.90 c ¹
ให้สารพาโคลบิวทราโซลครั้งแรก	146.67 a	108.90 a	162.18 a
ให้สารพาโคลบิวทราโซลซ้ำเป็นปีที่สอง	116.08 b	105.90 a	130.44 b

¹ ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์ที่ตามด้วยอักษรเหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติ เปรียบเทียบด้วยวิธี

Duncan's new multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์

ตารางที่ 1.13 การเปลี่ยนแปลงปริมาณคาร์โบไฮเดรตทั้งหมดที่ไม่ใช่โครงสร้าง (total non-structural carbohydrates; TNC) ที่สะสมในกิ่ง ใบ และผลในระยะเก็บเกี่ยวผล (ผลอายุ 110 วัน หลังดอกบาน) ของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ที่ได้รับสารพอลิบิวทราโซลเป็นครั้งแรก หรือได้รับสารซ้ำเป็นปีที่สอง เปรียบเทียบกับต้นที่ไม่ได้รับสาร

การให้สารพอลิบิวทราโซล	ปริมาณ TNC (mg D-glucose/g dwt.)		
	กิ่ง	ใบ	ผล
ต้นควบคุม ไม่ได้รับสาร	96.99 ns ¹	89.52 ns ¹	184.40 ns ¹
ให้สารพอลิบิวทราโซลครั้งแรก	94.53	79.30	173.44
ให้สารพอลิบิวทราโซลซ้ำเป็นปีที่สอง	88.39	79.16	191.10

¹ ns หมายถึงค่าเฉลี่ยในคอลัมน์ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

เอกสารอ้างอิง

- ชลีพร แจ่มอุทัย. 2530. ผลของการใช้สารพาโคลบิวทราโซลซ้ำที่เดิมในอัตราต่างๆ ต่อการออกดอกของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ทะวายเบอร์ 4. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ
- นาถฤดี ศุภกิจจารักษ์. 2533. ผลของสารพาโคลบิวทราโซลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารคล้ำยจิบเบอเรลลินที่ปลายยอดและการออกดอกของมะม่วงพันธุ์ "เขียวเสวย". วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ
- Chauhan, P.S. and R.M. Pandey. 1984. Relative $^{14}\text{CO}_2$ fixation by leaves and fruits, and translocation of ^{14}C -sucrose in mango. *Scientia Hort.* 22: 121-128.
- Hedden, P. and J.E. Graebe. 1985. Inhibition of gibberellin biosynthesis by paclobutrazol in cell-free homogenates of *Curcubita maxima* endosperm and *Malus pumila* embryos. *J. Plant Growth Regul.* 4: 111-122.
- Hodge, J.E. and B.T. Hofreiter. 1962. Determination of reducing sugars and carbohydrates, pp. 380-394. *In* R.L. Whistles and M.L. Wolform (eds.). *Methods in Carbohydrate Chemistry*. Vol. 2. Academic Press, New York.
- Kachru, R.B., R.N. Singh, and E.K. Chacko. 1971. Inhibition of flowering in mango (*Mangifera indica* L.) by gibberellic acid. *HortScience* 6: 140-141.
- Okuda, H., T. Kihara, and I. leagaki. 1996. Effects of paclobutrazol application to soil at the beginning of maturation on sprouting, shoot growth, flowering and carbohydrate contents in roots and leaves of satsuma mandarin. *J. Hort. Sci.* 71(5): 785-789.
- Phavaphutanon, L., K. Krisanapook, A. Pichakum, and K. Jutamanee. 1999. Changes of total non-structural carbohydrates within shoots of 'Nam Dok Mai' mango after paclobutrazol application. *Acta Hort.* 509: 559-565.
- SAS Institute Inc. 1988. SAS/STAT™ User's guide, release 6.03 edition. SAS Institute Inc., Cary, North Carolina.
- Schaffer, B., A.W. Whiley, C. Searle, R.J. Nissen. 1997. Leaf gas exchange, dry matter partitioning, and mineral element concentrations in mango as influenced by

- elevated atmospheric carbon dioxide and root restriction. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 122(6): 849-855.
- Shivashankara, K.S. and C.K. Mathai. 2000. Inhibition of photosynthesis by flowering in mango (*Mangifera indica* L.). A study by gas exchange methods. Scientia Hort. 83: 205-212.
- Smith, D., G.M. Paulsen, and C.A. Raguse. 1964. Extraction of total available carbohydrates from grass and legume tissues. Plant Physiol. 39: 960-962.
- Stassen, P.J.C. and B.P.H. Janse van Vuuren. 1996. Storage, redistribution and utilization of starch in young bearing "Sensation" mango trees. Acta Hort. 455: 151-159.
- Tongumpai, P., K. Jutamanee, R. Sethpahdi, and S. Subhadrabandhu. 1991. Variation in level of gibberellin-like substances during vegetative growth and flowering of mango cv. Khiew Sawoey. Acta Hort. 239: 375-378.
- Vu, J.C. and G. Yelenosky. 1992. Growth and photosynthesis of sweet orange plants treated with paclobutrazol. J. Plant Growth Regul. 11: 85-89.
- Wang, S.Y., J.K. Byun, and G.L. Steffens. 1985. Controlling plant growth via the gibberellin-biosynthesis system-II. Biochemical and physiological alterations in apple seedlings. Physiol. Plant. 63: 169-175.
- Williamson, J.G., D.C. Coston, and L.W. Grimes. 1986. Growth responses of peach roots and shoots to soil and foliar-applied paclobutrazol. HortScience 21: 1001-1003.

2. ศึกษาแนวทางควบคุมการออกดอกของมะม่วง

2.1 การเพิ่มปริมาณอาหารสะสมในรูปคาร์โบไฮเดรตกับมะม่วงเพื่อแก้ไขการออกดอกไม่สม่ำเสมอ

จากการศึกษาในไม้ผลยืนต้น เช่น ส้ม และอาโวคาโด พบว่า ความสามารถในการออกดอกและให้ผลผลิตมีความสัมพันธ์กับปริมาณคาร์โบไฮเดรตในเนื้อเยื่อพืช (Goldschmidt และ Golomb, 1982; Monselise และ Goldschmidt, 1982; Scholefield และคณะ, 1985) การสะสมคาร์โบไฮเดรตในส่วนต่างๆ ของพืชยืนต้นในช่วงก่อนที่จะมีการเจริญเติบโตทางด้านกิ่งใบ หรือการออกดอก ติดตามด้วยการคั่งคาร์โบไฮเดรตที่สะสมในส่วนต่างๆ ไปใช้ ทำให้ปริมาณคาร์โบไฮเดรตสะสมลดลงเมื่อมีการเกิดใบใหม่ มีการออกดอก และการติดผล เป็นรูปแบบที่พบได้ในไม้ผลหลายชนิดรวมทั้งมะม่วง (Oliveira และ Priestly, 1988; Stassen และ van Vuuren, 1996; Goldschmidt, 1999) เนื่องจากคาร์โบไฮเดรตมีความสำคัญทั้งในด้านเป็นสารให้พลังงานและเป็นสารพื้นฐานในการนำไปสร้างสารอินทรีย์ต่างๆ ในการเจริญเติบโตของพืช ระดับคาร์โบไฮเดรตสะสมในพืชจึงใช้เป็นดัชนีบอกความสมบูรณ์ของต้นและความพร้อมในการออกดอกและให้ผลผลิตได้ แต่การสะสมคาร์โบไฮเดรตในปริมาณสูงไม่ใช่ปัจจัยเดียวที่ควบคุมการออกดอกและให้ผลผลิตของพืช (Kaiser และ Wolstenholme, 1994)

การทำให้ไม้ผลยืนต้นมีระดับคาร์โบไฮเดรตสูงเพียงพอต่อการพัฒนาการในด้านต่างๆ อาศัยการจัดการที่เหมาะสม เช่น การตัดแต่งกิ่ง และการจัดทรงพุ่มเพื่อลดการแก่งแย่งอาหาร และเพิ่มการรับแสงของใบ การให้น้ำ และการให้น้ำที่เหมาะสม ซึ่งต้องทำล่วงหน้าก่อนที่ต้นพืชจะเข้าสู่ระยะการเติบโตทางกิ่งใบหรือระยะการออกดอกติดผล แต่ในบางกรณีการจัดการดังกล่าวอาจได้ผลไม่เต็มที่เนื่องจากสภาพแวดล้อมไม่อำนวยต่อการจัดการ แนวทางหนึ่งในการเพิ่มปริมาณคาร์โบไฮเดรตให้กับพืชยืนต้นเพื่อให้เพียงพอต่อความต้องการของต้นพืชในขณะนั้น อาจทำได้โดยการให้สารละลายน้ำตาลโมเลกุลเล็กเสริมทางใบ ซึ่งมีการแนะนำให้ใช้เพื่อช่วยฟื้นฟูต้นพืชหลังน้ำท่วมขณะที่รากพืชได้รับความเสียหาย และใบมีประสิทธิภาพในการสังเคราะห์แสงต่ำ (รวี, 2540) และการให้สารละลายน้ำตาลเสริมทางใบสำหรับทุเรียนร่วมกับการให้น้ำปุ๋ยเคมีเพื่อบำรุงต้นให้พร้อมต่อการออกดอก หรือในช่วงติดผลซึ่งมีความต้องการคาร์โบไฮเดรตสูง (หิรัญ และคณะ, 2542) Geigenberger และคณะ (1993) รายงานว่าสารละลายน้ำตาล glucose, fructose และ sucrose สามารถดูดซึมเข้าสู่ใบเลี้ยงของต้นกล้า *Ricinus communis* L. และตรวจพบปริมาณน้ำตาลเพิ่มขึ้นใน phloem sap ภายใน 2 ชั่วโมงหลังจากหยุดให้สารละลายน้ำตาล สำหรับในมะม่วงมีการศึกษาโดยปายสารละลาย ¹⁴C-sucrose ที่ใบยอดของมะม่วงพบว่า sucrose สามารถดูดซึมเข้าสู่ใบมะม่วงและเคลื่อนย้ายออกจากใบนั้นไปยังส่วนอื่นๆ โดย sucrose จะเคลื่อนที่ออกจากใบแบบ acropetal ไปสู่ช่อดอก หรือผลที่

กำลังพัฒนา แต่จะเคลื่อนที่ออกจากใบแบบ basipetal ลงสู่ส่วนล่างของกิ่งขณะที่ตาที่ปลายยอดเริ่มมีการเปลี่ยนแปลงไปเป็นตาดอก (Chauhan และ Pandey, 1984) อย่างไรก็ตามในเรื่องการเคลื่อนย้ายของน้ำตาลจากภายนอกเข้าสู่ภายในต้นมะม่วงยังมีข้อสงสัยว่าจะเป็นไปได้หรือไม่ เนื่องจากใบมะม่วงมีลักษณะหนา มีชั้นใบปกคลุม และยังไม่ทราบแน่ชัดว่าสารละลายน้ำตาลโมเลกุลเล็กที่พ่นให้ทางใบนั้นสามารถดูดซึมเข้าสู่ใบของมะม่วงได้มากน้อยเพียงไร และน้ำตาลต่างชนิดกันอาจดูดซึมเข้าสู่ใบมะม่วงได้ต่างกัน จึงทำการศึกษาโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบว่าการให้สารละลายน้ำตาลโมเลกุลเล็กกับใบมะม่วงที่ตัดออกมาจากต้น และกับใบมะม่วงบนต้นในสภาพแปลง สามารถดูดซึมเข้าสู่ใบได้หรือไม่ และทำให้ปริมาณ fructose sucrose และปริมาณคาร์โบไฮเดรตทั้งหมดที่ไม่อยู่ในรูปโครงสร้าง (total-nonstructural carbohydrates; TNC) ในใบเปลี่ยนแปลงอย่างไร

อุปกรณ์และวิธีการ

แบ่งการทดลองออกเป็น 2 การทดลองย่อยดังนี้

การทดลองย่อยที่ 1 การเปลี่ยนแปลงปริมาณ fructose, sucrose และปริมาณคาร์โบไฮเดรตทั้งหมดที่ไม่อยู่ในรูปโครงสร้าง (total-nonstructural carbohydrates; TNC) ภายในใบมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ หลังจากได้รับสารละลายน้ำตาลโมเลกุลเล็กชนิดต่างๆ ในสภาพห้องปฏิบัติการ

ใช้ต้นมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้อายุ 7 ปีบนต้นตอมะม่วงพันธุ์แก้วในการศึกษา เก็บตัวอย่างใบซึ่งอยู่ในระยะที่ขยายขนาดเต็มที่แล้ว (fully expanded leaves) จากกิ่งยอดที่เกิดขึ้นใหม่หลังการตัดแต่งกิ่ง โดยเลือกเก็บใบในตำแหน่งที่ 3 - 5 จากปลายยอดที่มีขนาดสม่ำเสมอ และเก็บตัวอย่างเฉพาะจากกิ่งยอดทิศตะวันออกของทรงพุ่ม จากนั้นนำมาล้างทำความสะอาดด้วยน้ำประปา 2 ครั้งและล้างด้วยน้ำกลั่นในครั้งสุดท้าย เพื่อกำจัดฝุ่นและสารเคมีที่ผิวใบ แล้วซับให้แห้ง

ทำการให้สารละลายน้ำตาลโมเลกุลเล็กชนิดต่างๆ โดยพ่นสารละลายเป็นละอองให้ทั่วแผ่นใบจนสารละลายส่วนเกินหยดออกจากผิวใบ ส่วนใบควบคุม (control) พ่นด้วยน้ำกลั่น น้ำตาลโมเลกุลเล็กที่ศึกษาอยู่ในรูปเคมีภัณฑ์ และสารละลายน้ำตาลรวมที่เป็นผลิตภัณฑ์การค้า น้ำตาลในรูปเคมีภัณฑ์ได้แก่ น้ำตาล 6 คาร์บอน คือ glucose และ fructose และน้ำตาล 12 คาร์บอน คือ sucrose ส่วนสารละลายน้ำตาลรวม 2 ชนิดได้แก่ ผลิตภัณฑ์ Crop Giant® (บ.โปรครอป จำกัด, กรุงเทพฯ) ประกอบด้วย stachyose 2.03% raffinose < 0.14% sucrose < 0.11% glucose 2.09% maltose < 0.043% galactose < 0.087% fructose 0.42% polysaccharide 58.1% reducing sugar 2.76% total sugar 4.54% (วิเคราะห์โดยห้องปฏิบัติการชีวเคมี สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย กรุงเทพฯ) transferring coenzyme 5% นอกจากนี้ยังมีส่วนประกอบที่

ไม่ใช่สารอินทรีย์คือ P_2O_5 1.4%, K_2O 0.8% และ calcium oxine 12.0% และผลิตภัณฑ์ Moltanic® (บ.โทชิก จำกัด, กรุงเทพฯ) ประกอบด้วย glucose 20%, fructose 10%, monosaccharide อื่นๆ 30% carrier และ coenzyme 6% ทำการทดสอบตามวิธีการดังนี้

ทดสอบการดูดซึมน้ำตาลรูปเคมีภัณฑ์เข้าสู่ใบมะม่วง ประกอบด้วย 10 treatment คือ

1. control (พ่นน้ำกลั่น)
2. glucose 25 mM
3. glucose 50 mM
4. glucose 100 mM
5. fructose 25 mM
6. fructose 50 mM
7. fructose 100 mM
8. sucrose 25 mM
9. sucrose 50 mM
10. sucrose 100 mM

ทดสอบการดูดซึมน้ำตาลรูปผลิตภัณฑ์การค้า 2 ชนิดเข้าสู่ใบมะม่วง ประกอบด้วย 7 treatment คือ

1. control (พ่นน้ำกลั่น)
2. Crop Giant® 1 ml/L
3. Crop Giant® 2 ml/L
4. Crop Giant® 4 ml/L
5. Moltanic® 0.5 ml/L
6. Moltanic® 1 ml/L
7. Moltanic® 2 ml/L

เนื่องจากผลิตภัณฑ์การค้าทั้ง 2 ชนิดมีปริมาณน้ำตาลหลักแตกต่างกัน อัตราของสารที่ใช้ในการทดลองนี้จึงคำนวณให้ได้น้ำตาลหลัก hexose ในปริมาณเท่ากัน และสอดคล้องกับปริมาณน้ำตาลรูปเคมีภัณฑ์ที่ทดสอบ ทำการทดลอง treatment ละ 4 ซ้ำ ใช้ 1 ใบเป็น 1 ซ้ำ

หลังจากให้สารละลายน้ำตาลกับแผ่นใบแล้ว นำใบมะม่วงไปเก็บในกล่องพลาสติก มีความชื้นสัมพัทธ์ภายในมากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ และอุณหภูมิเฉลี่ยภายในกล่อง 28 C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง เพื่อให้ น้ำตาลมีการดูดซึมเข้าสู่แผ่นใบอย่างเต็มที่ เมื่อครบกำหนดเวลา นำใบมะม่วงออกจากกล่อง พ่นด้วยน้ำกลั่นจนทั่วเพื่อล้างน้ำตาลส่วนที่ติดบนผิวใบออก ซับให้แห้ง แล้วนำตัวอย่างใบแช่ในไนโตรเจนเหลวเพื่อหยุดปฏิกิริยาชีวเคมีทั้งหมด นำตัวอย่างไปทำให้แห้งในสภาพอุณหภูมิต่ำ (freeze-dry) บดตัวอย่างเป็นผง แล้วนำไปวิเคราะห์ปริมาณ fructose และ sucrose ตามวิธีการของ van Handel (1967 และ 1968) และปริมาณ TNC (Hodge และ Hofreiter, 1962; Smith และคณะ, 1964) ต่อไป

การศึกษากครั้งนี้ทำกับใบที่เด็ดออกมาจากต้น (detach leaves) เพื่อจัดสภาพที่มีความชื้นสัมพัทธ์สูงและอุณหภูมิคงที่ ให้ใบพืชสามารถดูดซึมสารละลายน้ำตาลที่ให้อย่างเต็มที่ และเพื่อป้องกันการเคลื่อนย้ายของน้ำตาลออกจากใบไปสู่ sink อื่นๆ หรือการเคลื่อนย้ายของน้ำตาลจากแหล่งอื่นเข้ามาที่ใบ นอกจากนี้การทดลองใช้ช่วงเวลาสั้นเพียง 2 ชั่วโมงในการดูดซึมสารละลายน้ำตาล ที่ให้จากภายนอกเพื่อให้การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำตาลในใบเนื่องจากการหายใจ การเติบโต หรือการเปลี่ยนไปเป็นแป้งและสารอื่นๆ เกิดขึ้นน้อยที่สุด โดยมีสมมติฐานว่าถ้า น้ำตาลที่ให้กับแผ่นใบสามารถดูดซึมเข้าสู่ใบได้ ปริมาณน้ำตาลชนิดนั้นในใบน่าจะเพิ่มขึ้น

การทดลองย่อยที่ 2 การเปลี่ยนแปลงปริมาณคาร์โบไฮเดรตทั้งหมดที่ไม่อยู่ในรูปโครงสร้าง (total-nonstructural carbohydrates; TNC) ภายในใบ และกิ่งยอดของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ และพันธุ์แรด หลังจากได้รับสารละลายน้ำตาลโมเลกุลเล็กชนิดต่างๆ ในสภาพแปลง

ใช้ต้นมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ และมะม่วงพันธุ์แรด อายุ 7 ปี บนต้นตอมะม่วงพันธุ์แก้ว ในการศึกษา พ่นสารละลายน้ำตาล fructose และ sucrose ความเข้มข้น 2% และ 5% ให้กับใบมะม่วงบนกิ่งยอดซึ่งมีอายุและขนาดสม่ำเสมอจนสารละลายส่วนเกินหยดจากผิวใบ ส่วนใบควบคุม (control) พ่นด้วยน้ำกลั่น มีการใช้ surfactant ผสมในสารละลายเพื่อช่วยให้สารละลายติดที่ผิวใบดีขึ้น ขณะพ่นสารต้นมะม่วงอยู่ในระยะที่ไม่มีการแตกใบอ่อนบนต้น และไม่มีการออกดอก หลังการให้สาร 1, 3 และ 7 วัน เก็บตัวอย่างกิ่งมะม่วงที่ได้รับสาร มาแยกเป็นส่วนใบ และ กิ่ง ล้างทำความสะอาดผิวนอกด้วยน้ำประปา 2 ครั้งและล้างด้วยน้ำกลั่นในครั้งสุดท้าย เพื่อกำจัดน้ำตาล ผุ่นและสารเคมีที่ผิวใบ แล้วซับให้แห้ง อบตัวอย่างใบและกิ่งให้แห้ง บด และนำไปวิเคราะห์ปริมาณ TNC (Hodge และ Hofreiter, 1962; Smith และคณะ, 1964) ต่อไป แต่ละ treatment ทำการทดลอง 4 ซ้ำ แต่ละซ้ำใช้ตัวอย่างใบ และกิ่ง จาก 1 กิ่งยอด

การศึกษาครั้งนี้ทำกับต้นมะม่วง 2 พันธุ์ในสภาพแปลง ใช้สารละลายน้ำตาลรูปเคมีภัณฑ์ที่มีความเข้มข้นสูงกว่าในการทดลองย่อยที่ 1 เพื่อเพิ่มโอกาสในการดูดซึมสารเข้าสู่ใบพืช เนื่องจากเป็นการทดลองสภาพธรรมชาติที่อุณหภูมิผันแปร มีความชื้นสัมพัทธ์ในบรรยากาศเฉลี่ยต่ำกว่า 70 % และมีอิทธิพลของแสงแดด ลม ซึ่งมีผลต่อการดูดซึมสารเข้าสู่ใบได้

การทดลองย่อยที่ 1 และ 2 ใช้แผนการทดลองแบบ completely randomized design วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลด้วยวิธี analysis of variance และทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's new multiple range test (SAS Institute Inc., 1988)

ผลการทดลอง

การทดลองย่อยที่ 1

การให้สารละลายน้ำตาล glucose, fructose และ sucrose ในรูปเคมีภัณฑ์ กับใบมะม่วงในสภาพควบคุม มีความชื้นสัมพัทธ์สูง มีผลต่อปริมาณ TNC และน้ำตาลในใบมะม่วงแตกต่างกัน (ตารางที่ 1) glucose ทั้งสามระดับความเข้มข้นไม่มีผลต่อปริมาณ TNC fructose และ sucrose ในใบ ขณะที่ fructose ทั้ง 3 ความเข้มข้นทำให้ปริมาณ TNC เพิ่มขึ้นโดยเฉลี่ย 23 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณในใบควบคุม โดย fructose แต่ละระดับทำให้ปริมาณ TNC เพิ่มขึ้นใกล้เคียงกัน การให้ sucrose โดยเฉพาะที่อัตรา 100 mM ทำให้ปริมาณ TNC ในใบมะม่วงเพิ่มขึ้น 14 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณในใบควบคุม แต่ให้ผลไม่เด่นชัดเท่า fructose

การให้สารละลาย fructose และ sucrose ทำให้ปริมาณ fructose ในใบเพิ่มขึ้น แต่มีปริมาณ sucrose ในใบไม่แตกต่างจากใบควบคุม สารละลาย fructose 25 mM ทำให้ปริมาณ fructose ในใบเพิ่มขึ้นถึง 87 เปอร์เซ็นต์ สารละลาย fructose ความเข้มข้นสูงขึ้นคือ 50 และ 100 mM ทำให้ปริมาณ fructose ในใบเพิ่มขึ้นประมาณ 26 เปอร์เซ็นต์ สารละลาย sucrose ที่พ่นให้ทางใบทำให้ปริมาณ fructose เพิ่มขึ้นระหว่าง 46 - 67 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 2.1)

การให้สารละลายน้ำตาลรวมในรูปผลิตภัณฑ์การค้าทั้ง 2 ชนิดกับใบมะม่วงไม่ทำให้ปริมาณ TNC และ sucrose ในใบแตกต่างจากใบควบคุม แต่ทำให้ปริมาณ fructose เพิ่มขึ้น Crop Giant® อัตรา 2 และ 4 ml/L ทำให้ปริมาณ fructose ในใบเพิ่มขึ้น 14 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับใบควบคุม ส่วน Moltanic® ทั้ง 3 อัตราทำให้ปริมาณ fructose ในใบเพิ่มขึ้น 12 - 32 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 2.2) สารละลายน้ำตาลรวมรูปผลิตภัณฑ์การค้าดูดซึมเข้าสู่ใบมะม่วงได้น้อยมากในสภาพที่ทดสอบ

ซึ่งแตกต่างจากการให้น้ำตาลโมเลกุลเล็กในรูปเคมีภัณฑ์ชนิดเดี่ยวๆ แต่ผลที่สอดคล้องกันคือ การให้สารละลายน้ำตาลชนิดต่างๆ ทำให้ปริมาณ fructose เพิ่มขึ้น

การทดลองย่อยที่ 2

การให้สารละลายน้ำตาล fructose และ sucrose รูปเคมีภัณฑ์ อัตรา 2 และ 5 เปอร์เซ็นต์ กับ มะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้พบว่า fructose ทั้ง 2 อัตรา และ sucrose 2 เปอร์เซ็นต์ไม่สามารถทำให้ปริมาณ TNC ในใบและกิ่งยอดเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับ control ในช่วง 1, 3 และ 7 วันหลังการให้สาร ขณะที่ sucrose 5 เปอร์เซ็นต์ ทำให้ TNC ในใบเพิ่มขึ้น 26 เปอร์เซ็นต์ของ control หลังให้สาร 1 วัน แต่หลังจากนั้นปริมาณ TNC ในใบที่ได้รับ sucrose 5 เปอร์เซ็นต์ มีค่าน้อยกว่า control กิ่งยอดที่ได้รับ sucrose 5 เปอร์เซ็นต์ มี TNC มากกว่า control เฉพาะในวันที่ 3 หลังการให้สาร (ตารางที่ 2.3)

ส่วนในมะม่วงพันธุ์แรดพบว่าให้ผลแตกต่างจากพันธุ์น้ำดอกไม้ การให้สารละลายน้ำตาลทั้ง 2 ชนิด ทำให้ปริมาณ TNC ในใบเพิ่มขึ้นในช่วง 1, 3 และ 7 วันหลังการให้สาร โดยในช่วง 1 วันหลังการให้สาร การให้ fructose ทั้ง 2 อัตราทำให้ใบมะม่วงมี TNC เพิ่มขึ้นประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ และการให้ sucrose ทั้ง 2 อัตราทำให้ใบมะม่วงมี TNC เพิ่มขึ้นถึง 21 - 33 เปอร์เซ็นต์เมื่อเปรียบเทียบกับ control แต่ไม่ทำให้ปริมาณ TNC ในกิ่งยอดเพิ่มขึ้น ในช่วง 3 วันหลังการให้สาร การให้ fructose 5 เปอร์เซ็นต์ และการให้ sucrose ทั้ง 2 อัตรา ทำให้ใบมะม่วงมี TNC มากกว่า control ระหว่าง 5 - 14 เปอร์เซ็นต์ แต่ปริมาณ TNC ในกิ่งยอดที่ได้รับน้ำตาลทั้ง 2 ชนิดยังต่ำกว่า control ในช่วงวันที่ 7 หลังการให้สาร ใบที่ได้รับ fructose ทั้ง 2 อัตรา มีปริมาณ TNC เพิ่มขึ้น 34 เปอร์เซ็นต์ของ control และกิ่งยอดมีปริมาณ TNC เพิ่มขึ้น 24 เปอร์เซ็นต์ของ control ส่วนใบที่รับ sucrose ทั้ง 2 อัตรา มีปริมาณ TNC เพิ่มขึ้น 19 - 32 เปอร์เซ็นต์ของ control และกิ่งยอดมีปริมาณ TNC เพิ่มขึ้น 9 - 23 เปอร์เซ็นต์ของ control (ตารางที่ 2. 4)

ตารางที่ 2.1 ผลของการให้สารละลายน้ำตาลโมเลกุลเล็กชนิดต่างๆ ต่อปริมาณ total non-structural carbohydrates (TNC), fructose และ sucrose ในใบมะม่วง

Treatment	TNC (mg D-glucose/g dry weight)	Fructose (mg/g dry weight)	Sucrose (mg/g dry weight)
Control	104.62 c ²	2.82 b ²	3.88 ns ¹
Glucose 25 mM	103.50 c	2.48 b	3.79
50 mM	106.06 c	3.00 ab	3.84
100 mM	104.81 c	2.47 b	3.94
Fructose 25 mM	130.56 a	5.28 a	3.41
50 mM	126.81 a	3.62 ab	3.60
100 mM	128.69 a	3.48 ab	4.31
Sucrose 25 mM	110.19 b	4.67 ab	3.44
50 mM	113.75 b	4.14 ab	3.61
100 mM	118.75 ab	4.80 ab	3.71

¹ ns หมายถึงค่าเฉลี่ยในคอลัมน์ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

² ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์ที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ เปรียบเทียบด้วยวิธี Duncan's new multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์

ตารางที่ 2.2 ผลของการให้สารละลายน้ำตาลรวมในรูปผลิตภัณฑ์การค้า 2 ชนิดต่อปริมาณ total non-structural carbohydrates (TNC), fructose และ sucrose ในใบมะม่วง

Treatment	TNC (mg D-glucose/g dry weight)	Fructose (mg/g dry weight)	Sucrose (mg/g dry weight)
Control	169.81 a ²	3.01 b ²	4.48 ns ¹
Crop Giant 1 ml/L	155.00 ab	2.83 b	4.38
2 ml/L	144.50 ab	3.57 ab	4.46
4 ml/L	149.69 ab	3.58 ab	4.87
Moltanic 0.5 ml/L	133.62 b	4.14 a	4.39
1 ml/L	155.44 ab	3.52 ab	4.60
2 ml/L	162.75 ab	4.10 a	4.54

¹ ns หมายถึงค่าเฉลี่ยในคอลัมน์ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

² ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์ที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ เปรียบเทียบด้วยวิธี Duncan's new multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 2.3 ผลของการให้สารละลาย fructose และ sucrose ต่อปริมาณ TNC ในกิ่งและใบยอด
ของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้หลังให้สาร 1, 3 และ 7 วัน

Treatment	TNC (mg D-glucose/g dry weight)					
	1 วัน		3 วัน		7 วัน	
	กิ่ง	ใบ	กิ่ง	ใบ	กิ่ง	ใบ
Control	99.12 a ¹	76.72 b ¹	94.58 b ¹	83.39 a ¹	127.40 a ¹	121.64 a ¹
Fructose 2 %	67.38 e	68.43 c	71.13 e	78.86 bc	94.31 b	94.82 d
5 %	80.72 c	76.61 b	78.43 d	75.66 c	119.51 b	103.66 c
Sucrose 2 %	86.80 b	62.80 d	82.61 c	83.46 a	99.40 c	110.88 b
5 %	72.20 d	96.57 a	99.16 a	81.66 ab	93.84 d	83.88 e

¹ ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์ที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ เปรียบเทียบด้วยวิธี Duncan's new multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์

ตารางที่ 2.4 ผลของการให้สารละลาย fructose และ sucrose ต่อปริมาณ TNC ในกิ่งและใบยอด
ของมะม่วงพันธุ์แรดหลังให้สาร 1, 3 และ 7 วัน

Treatment	TNC (mg D-glucose/g dry weight)					
	1 วัน		3 วัน		7 วัน	
	กิ่ง	ใบ	กิ่ง	ใบ	กิ่ง	ใบ
Control	115.77 a ¹	73.76 d ¹	108.26 a ¹	88.62 c ¹	101.93 c ¹	88.02 c ¹
Fructose 2 %	82.20 d	80.54 c	73.64 d	87.50 c	124.59 a	115.19 a
5 %	104.09 b	81.16 c	101.21 b	97.30 a	126.38 a	118.78 a
Sucrose 2 %	91.21 c	97.88 a	98.97 b	93.21 b	111.48 b	116.10 a
5 %	78.96 d	89.38 b	94.74 c	100.91 a	125.62 a	104.67 b

¹ ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์ที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ เปรียบเทียบด้วยวิธี Duncan's new multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์

วิจารณ์

จากผลการทดลองย่อยที่ 1 แสดงให้เห็นว่าน้ำตาล 6 คาร์บอน 2 ชนิดที่ทดสอบ คือ glucose และ fructose มีความสามารถในการดูดซึมเข้าสู่พืชได้ต่างกัน fructose สามารถดูดซึมเข้าสู่ใบมะม่วงได้มากกว่า เมื่อพิจารณาจากปริมาณ TNC และ fructose ในใบที่เพิ่มขึ้นภายหลังจากการให้สาร ทั้ง glucose และ fructose เป็นน้ำตาลรีดิคซ์ แตกต่างกันที่หมู่รีดิคซ์ของ glucose เป็น aldehyde และหมู่รีดิคซ์ของ fructose เป็น ketone ตามลำดับ ส่วน sucrose ซึ่งเป็นน้ำตาล 12 คาร์บอน มีขนาดโมเลกุลที่ใหญ่กว่าน้ำตาล 6 คาร์บอน สามารถดูดซึมเข้าสู่ใบมะม่วงได้เช่นกันเมื่อพิจารณาจากปริมาณ TNC ในใบที่เพิ่มขึ้น และมีการดูดซึมได้ดีกว่า glucose อย่างไรก็ตามการให้ sucrose ไม่ทำให้ปริมาณ sucrose ในใบเพิ่มขึ้น แต่กลับทำให้ปริมาณ fructose ในใบเพิ่มขึ้นอย่างเด่นชัด ซึ่งอาจเกิดจาก sucrose ที่ดูดซึมเข้าไปในเซลล์ mesophyll ของใบถูกเปลี่ยนเป็น fructose โดยเอนไซม์ invertase และ/หรือ เอนไซม์ sucrose synthase ที่มีอยู่แล้วในเซลล์ (Schaffer และคณะ, 1987) จากการศึกษาการดูดซึม glucose เข้าสู่ใบเลี้ยงของต้นกล้า *Ricinus communis* L. โดย incubate ใบในสารละลาย glucose 2 ชั่วโมงพบว่า glucose เข้าสู่ใบพืชได้มากและส่วนหนึ่งจะถูกเปลี่ยนเป็น sucrose (Geigengerger และคณะ, 1993) ซึ่งจะทำให้ปริมาณคาร์โบไฮเดรตโดยรวมเพิ่มขึ้น แต่ในการศึกษาครั้งนี้ glucose มีการดูดซึมเข้าสู่ใบมะม่วงน้อยมาก ขณะนี้ยังไม่ทราบแน่ชัดว่ากลไกที่ทำให้การดูดซึมของน้ำตาลโมเลกุลเล็ก 3 ชนิดที่ทดสอบแตกต่างกันเป็นอย่างไร

ปริมาณ fructose ที่เพิ่มขึ้นเด่นชัดในใบหลังจากได้รับ fructose, sucrose หรือสารละลายน้ำตาลผลิตภัณฑ์การค้าทั้ง 2 ชนิดในช่วงเวลาสั้นๆ ไม่น่าจะเกิดจากการดูดซึมน้ำตาลที่ให้เพียงอย่างเดียว แต่น้ำตาลส่วนที่ดูดซึมเข้าไปอาจทำหน้าที่เป็นสัญญาณกระตุ้นให้มีการสร้าง ปลดปล่อย หรือสะสมน้ำตาลภายในพืชเพิ่มขึ้น (Koch, 1996) เมื่อให้น้ำตาล glucose หรือ sucrose กับ cell suspension ของ *Chenopodium rubrum* พบว่า สามารถกระตุ้นการแสดงออกของยีนที่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ invertase และ sucrose synthase (Godt และคณะ, 1995) ซึ่งส่งผลให้มีปริมาณ fructose เพิ่มขึ้นได้ fructose ที่เพิ่มขึ้นจะเป็นประโยชน์ทางสรีรวิทยาของพืชอย่างไร ยังไม่สามารถสรุปได้ และเมื่อให้น้ำตาลกับใบพืชบนต้นซึ่งขยายขนาดเต็มที่และเป็นใบที่ทำหน้าที่สร้างอาหาร (source leaves) น้ำตาลน่าจะถูกเปลี่ยนเป็น sucrose และเคลื่อนย้ายออกจากใบส่งไปยังส่วนอื่นๆ ที่ใช้อาหาร (sink) ต่อไป

สารละลายน้ำตาลผลิตภัณฑ์การค้าประกอบด้วยน้ำตาลโมเลกุลเล็กหลายชนิด อัตราของสารที่ให้คำนวณโดยให้มีความเข้มข้นของน้ำตาล 6 คาร์บอนในสารละลายสอดคล้องกับความเข้มข้นของน้ำตาล glucose และ fructose รูปสารเคมีภัณฑ์ที่ใช้ในการทดลองส่วนแรก น้ำตาลบางชนิดอาจมีผล

ต่อการดูดซึมและเมตาโบลิซึมของพืชมากกว่าน้ำตาลที่เป็นองค์ประกอบชนิดอื่นๆ นอกจากนี้ coenzyme ที่เป็นองค์ประกอบซึ่งทำหน้าที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนย้ายของน้ำตาลน่าจะมีผลต่อการดูดซึมของน้ำตาลเข้าสู่ใบมะม่วงด้วย แต่จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าการดูดซึมของผลิตภัณฑ์การค้ำทั้ง 2 ชนิดมีน้อยมากในการศึกษาครั้งนี้

ผลการให้สารละลายน้ำตาลกับใบมะม่วงในสภาพเปล่งนั้นพบว่าการดูดซึมน้อยกว่าในสภาพห้องปฏิบัติการเมื่อพิจารณาจากระดับ TNC ที่เพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับใบ control แม้ว่าความเข้มข้นของสารละลายน้ำตาลที่ให้จะสูงกว่าก็ตาม สภาพความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ ลม แสงแดด และอุณหภูมิที่ผันแปรในสภาพเปล่ง ทำให้สารละลายแห้งเร็วกว่าในสภาพห้องปฏิบัติการที่จัดให้ใบได้รับความชื้นสัมพัทธ์สูงมากและอุณหภูมิต่ำ ดังนั้นอาจทำให้การดูดซึมเกิดได้ไม่เต็มที่ การเก็บตัวอย่างใบและกิ่งยอดครั้งแรกทำหลังให้สาร 1 วันซึ่งน้ำตาลที่ดูดซึมเข้าสู่ใบส่วนหนึ่งมีโอกาสถูกใช้ไปหรือเปลี่ยนรูปเป็น sucrose เคลื่อนย้ายออกจากใบไปยัง sink ทำให้ปริมาณ TNC ที่ตรวจสอบได้ต่ำกว่าในสภาพห้องปฏิบัติการที่ทดสอบกับใบที่เด็ดมาจากต้นแล้วตรวจสอบปริมาณ TNC และน้ำตาลทันทีหลังจากหยุดการให้สาร

ในการศึกษาครั้งนี้ยังพบว่าใบมะม่วงพันธุ์แรกมีปริมาณ TNC เพิ่มขึ้นมากกว่าพันธุ์น้ำดอกไม้หลังการให้สารละลายน้ำตาล แม้ว่าระดับคาร์โบไฮเดรตในใบมีค่าเริ่มต้นใกล้เคียงกันโดยพิจารณาจากระดับ TNC ในใบ control ของทั้ง 2 พันธุ์ในการเก็บตัวอย่างครั้งแรก และมีแนวโน้มว่าการให้สารละลายน้ำตาลทำให้มีการสะสมคาร์โบไฮเดรตในส่วนของใบและกิ่งยอดมะม่วงพันธุ์แรกเพิ่มขึ้นในเวลาต่อมา แต่ไม่พบแนวโน้มนี้ในมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ ระดับ TNC ที่เพิ่มขึ้นในเวลาต่อมาส่วนหนึ่งเป็นผลจากการให้สารละลายน้ำตาลเสริมทางใบ และคาร์โบไฮเดรตจากการสังเคราะห์ด้วยแสง รวมทั้งคาร์โบไฮเดรตที่เคลื่อนย้ายมาจากแหล่งอื่น ซึ่งมีความซับซ้อนไม่สามารถระบุมาจากแต่ละแหล่งในสัดส่วนเท่าใด การตรวจสอบระดับคาร์โบไฮเดรตในเซลล์ของใบแอปเปิ้ล พบว่าเซลล์ที่แข็งแรง สมบูรณ์ มีความสามารถในการรักษาระดับคาร์โบไฮเดรตให้คงที่อย่างต่อเนื่อง (Oliveira และ Priestley, 1988) ดังนั้นการให้สารละลายน้ำตาลเสริมกับใบพืชที่สมบูรณ์ อาจเห็นการตอบสนองไม่เด่นชัด การตอบสนองต่อสารละลายน้ำตาลที่ให้เสริมทางใบน่าจะเด่นชัดขึ้นทั้งในด้านการดูดซึมและการเพิ่มระดับคาร์โบไฮเดรตในใบเมื่อใบมีระดับคาร์โบไฮเดรตต่ำ เช่น ใบที่อยู่ในร่มเงา หรือใบที่กำลังพัฒนา ผลการศึกษาในครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าใบมะม่วงสามารถดูดซึมน้ำตาลโมเลกุลเล็กที่ให้เสริมทางใบได้ และเป็นแนวทางหนึ่งในการเพิ่มระดับคาร์โบไฮเดรตในมะม่วงโดยเฉพาะในช่วงที่มีความต้องการคาร์โบไฮเดรตสูง เช่น ช่วงเติบโตทางกิ่งใบหลังการเก็บเกี่ยวผลผลิต ช่วงออกดอก และช่วงพัฒนาการของผล ซึ่งควรมีการศึกษาเพิ่มเติมในสภาพเปล่งให้สอดคล้องกับระยะการเจริญเติบโตช่วงต่างๆ และมีการให้สารละลายน้ำตาลเสริมมากกว่า 1 ครั้ง

เอกสารอ้างอิง

- รวี เสฐฐภักดี. 2540. อุทกภัย: ผลกระทบต่อสวนผลไม้และแนวทางแก้ไข. สถาบันวิจัยและพัฒนา
แห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ
- หิรัญ หิรัญประดิษฐ์, สุขวัฒน์ จันทปรณิก, และ เสริมสุข สลักเพชร. 2542. เทคโนโลยีการผลิต
ทุเรียน. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ
- Chauhan, P.S and R.M. Pandey. 1984. Relative $^{14}\text{CO}_2$ fixation by leaves and fruits and
translocation of ^{14}C -sucrose in mango. *Scientia Horticulturae* 22: 121-128.
- Geigenberger P., S. Langenberger, I. Wilke, D. Heineke, H.W. Heldt, M. Stitt. 1993.
Sucrose is metabolised by sucrose synthase and glycolysis within the phloem
complex of *Ricinus communis* L. seedlings. *Planta* 190: 416-453.
- Godt, D.E., A. Riegel, and T. Roitsch. 1995. Regulation of sucrose synthase expression in
Chenopodium rubrum: characterization of sugar induced expression in
photoautotrophic suspension culture and sink tissue specific expression in plants. *J.*
Plant Physiol. 146: 231-238.
- Goldschmidt, E.E. 1999. Carbohydrate supply as a critical factor for citrus fruit
development and productivity. *HortScience* 34: 1020-1024.
- Goldschmidt, E.E. and A. Golomb. 1982. The carbohydrate balance of alternate-bearing
citrus trees and the significance of reserves for flowering and fruiting. *J. Amer. Soc.*
Hort. Sci. 107: 206-208.
- Hodge, J.E. and B.T. Hofreiter. 1962. Determination of reducing sugars and
carbohydrates, pp. 380-394. In R.L. Whistles and M.L. Wolform (eds.). *Methods in*
Carbohydrate Chemistry. Vol. 2. Academic Press, New York.
- Kaiser, C. and B.N. Wolstenholme. 1994. Aspects of delayed harvest of 'Hass' avocado
(*Persea americana* Mill.) fruit in a cool subtropical climate. II. Fruit size, yield,
phenology and whole-tree starch cycling. *J. Hort. Sci.* 69: 447-457.
- Koch, K.E. 1996. Carbohydrate-modulated gene expression in plants. *Ann. Rev. Plant*
Physiol. Plant Mol. Biol. 47: 509-540.
- Monselise, S.P. and E.E. Goldschmidt. 1982. Alternate bearing in fruit trees. *Hort. Rev.* 4:
128-173.

- Oliveira C. M. and C.A. Priestley. 1988. Carbohydrate reserves in deciduous fruit trees. Hort. Rev. 10: 403-430.
- SAS Institute Inc., 1988. SAS/STAT User's Guide, release 6.03 edition. SAS Institute Inc., Cary, North Carolina.
- Schaffer, A.A., O. Sagee, E.E. Goldschmidt, and R. Goren. 1987. Invertase and sucrose synthase activity, carbohydrate status and endogenous IAA levels during *Citrus* leaf development. Physiol. Plant. 69: 151-155.
- Scholefield, P.B., M.Sedgley, and D. McE. Alexander. 1985. Carbohydrate cycling in relation to shoot growth, floral initiation and development and yield in the avocado. Scientia Hort. 25: 99-110.
- Smith, D., G.M. Paulsen and C.A. Raguse. 1964. Extraction of total available carbohydrates from grass and legume tissues. Plant Physiol. 39:960-962.
- Stassen, P.J.C. and B.P.H. Janse van Vuuren. 1996. Storage, redistribution and utilization of starch in young bearing "Sensation" mango trees. Acta Hort. 455: 151-159.
- Van Handel, E. 1967. Determination of fructose and fructose yielding carbohydrates with cold anthrone. Anal. Biochem. 19: 193-194.
- Van Handel, E. 1968. Direct microdetermination of sucrose. Anal. Biochem. 22: 280-283.

สรุป

จากการศึกษาในเรื่องการให้สารพาโคลบิวทราโซล เพื่อบังคับการออกดอกของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ ในลักษณะการให้สารซ้ำติดต่อกันมากกว่าหนึ่งปี ต่อการออกดอกและการเปลี่ยนแปลงของคาร์โบไฮเดรตภายในต้น สรุปได้ว่า

1. การให้สารพาโคลบิวทราโซลแก่ต้นมะม่วงในอัตราที่เหมาะสม จะทำให้ต้นมะม่วงออกดอกได้เร็วกว่าและสม่ำเสมอกว่าต้นมะม่วงที่ไม่ได้ราดสาร เช่นเดียวกับในงานทดลองส่วนแรก (สารควบคุมการเจริญเติบโต)
2. การใช้สารพาโคลบิวทราโซลเพื่อกระตุ้นการออกดอกในมะม่วง สามารถให้สารซ้ำติดต่อกันได้ หากต้นมะม่วงมีสภาพที่สมบูรณ์ โดยการให้สารในปีถัดไป อาจมีการลดอัตราลงจากเดิม ทั้งนี้โดยพิจารณาจากการเจริญเติบโตของมะม่วง
3. รูปแบบการเปลี่ยนแปลงของคาร์โบไฮเดรตภายในต้นมะม่วงที่ราดสาร ไม่แตกต่างจากในต้นควบคุม คือปริมาณคาร์โบไฮเดรตจะลดลงในช่วงออกดอก และเพิ่มขึ้นทีละน้อยในช่วงที่มีการพัฒนาของผล จากนั้นจะลดลงอีกครั้งในช่วงเก็บเกี่ยว โดยการเปลี่ยนแปลงนี้จะพบในส่วนใบของกิ่งยอด ซึ่งอาจเป็น source ที่สำคัญแหล่งหนึ่ง
4. จากการทดลองพบว่า การให้สารพาโคลบิวทราโซลไม่ได้ทำให้ต้นมะม่วงมีการสะสมคาร์โบไฮเดรตเพิ่มขึ้น ดังนั้นการที่ต้นมะม่วงที่ได้รับสารออกดอก จึงอาจไม่ได้ขึ้นกับการสะสมคาร์โบไฮเดรตเพียงอย่างเดียว
5. ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมถึงแหล่งสะสมคาร์โบไฮเดรตหลักของต้นมะม่วงว่าอยู่ที่ใด และการให้สารพาโคลบิวทราโซลไปเปลี่ยนแปลงปริมาณคาร์โบไฮเดรตในบริเวณดังกล่าวหรือไม่ เพื่อพิสูจน์ให้แน่ชัดว่า กลไกสำคัญที่ทำให้สารพาโคลบิวทราโซลกระตุ้นการออกดอกในมะม่วงได้ มาจากการเพิ่มการสะสมคาร์โบไฮเดรตจริงหรือไม่

6. น้ำตาลโมเลกุลเล็ก ทั้ง 6 คาร์บอน ได้แก่ กลูโคส และ ฟรุคโตส และ 12 คาร์บอน ได้แก่ ซูโครส สามารถดูดซึมเข้าสู่ต้นมะม่วงทางใบได้ โดย ฟรุคโตสจะมีการดูดซึมเข้าไปภายในได้ดีที่สุด รองลงมาคือ ซูโครส และกลูโคส ตามลำดับ
7. การให้สารละลายน้ำตาลจากภายนอกแก่ต้นมะม่วง ทำให้ปริมาณคาร์โบไฮเดรตภายในต้น โดย เฉพาะ ฟรุคโตสเพิ่มขึ้น
8. สภาพแวดล้อม และพันธุ์ของมะม่วงน่าจะมีผลต่อการดูดซึมน้ำตาลเข้าสู่ภายในต้นมะม่วง
9. การให้น้ำตาลโมเลกุลเล็กทางใบ ช่วยเพิ่มปริมาณคาร์โบไฮเดรตภายในต้นมะม่วง ซึ่งอาจทำให้ ต้นมะม่วงมีการออกดอกและติดผลดีขึ้น แต่ควรมีการศึกษาถึงวิธีการให้เพื่อให้สอดคล้องกับการ เจริญเติบโตของมะม่วงในระยะต่างๆ เพื่อให้ได้ผลดีมากยิ่งขึ้น

3. ศีกษาสาเหตุการติดผลน้อยของมะม่วง

การที่มะม่วงมีอัตราการติดผลต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณดอกที่เกิดขึ้น โดยเฉพาะมะม่วงที่ทำการผลิตนอกฤดู นับเป็นปัญหาที่สำคัญมากในการผลิตมะม่วง การติดผลน้อยในแต่ละฤดูกาลน่าจะเกิดมาจากสาเหตุที่แตกต่างกัน สำหรับการบังคับให้มะม่วงออกนอกฤดูหรือตามต้องการนั้นต้องใช้ต้นทุนสูง เพื่อเตรียมความพร้อมของต้น และป้องกันรักษาช่อดอกจากการทำลายของศัตรูพืช ดังนั้นหากการติดผลไม่เกิดขึ้น ก็นับว่าเป็นการลงทุนที่สูญเปล่า และต้นมะม่วงจะเสียอาหารไปกับการสร้างดอกโดยไม่ได้ผลผลิต

การที่มะม่วงให้ผลผลิตมากในปีหนึ่งอาจทำให้การออกดอกและติดผลในปีถัดมาน้อยลง (Cull, 1991) ซึ่งอาจเกิดจากการสูญเสียคาร์โบไฮเดรตไปมาก และไม่สามารถสะสมคาร์โบไฮเดรตได้เพียงพอในปีถัดมา ส่วนประเด็นที่ว่าปีที่คาร์โบไฮเดรตไม่เพียงพออาจเป็นเพราะ มีการแย่งอาหารระหว่างส่วนที่จะมีการพัฒนาไปเป็นดอกกับใบก็ไม่น่าจะเป็นสาเหตุสำคัญเนื่องจากการออกดอกของมะม่วงเกิดขึ้นหลังจากที่ใบมีการพัฒนาเต็มที่แล้ว การแก่งแย่งอาหารระหว่างดอกและใบจึงมีน้อย (Whiley, 1993) แต่ภายหลังการผสมเกสรพบว่า ผลอ่อนร่วงเป็นจำนวนมาก ซึ่งนอกจากจะเป็นเพราะการผสมเกสรไม่สมบูรณ์แล้ว ยังอาจเกี่ยวข้องกับการแย่งอาหารระหว่างผลอ่อนที่ติดในรุ่นเดียวกันด้วย (Davies และคณะ, 1995) ดังนั้นการศึกษาค้นคว้าความต้องการคาร์โบไฮเดรตในการพัฒนาของช่อดอก การติดผลเริ่มต้น และการพัฒนาของผลมะม่วง รวมทั้งการหาทางเพิ่มคาร์โบไฮเดรตให้กับต้นมะม่วงเช่น การให้น้ำที่มีสัดส่วนของโพแทสเซียมสูง หรือสารละลายน้ำตาลโมเลกุลเล็กจากภายนอกจะมีทางเป็นไปได้หรือไม่ น่าจะเป็นสิ่งที่ต้องกระทำ

นอกจากนี้ในเรื่องการติดผลและการพัฒนาของผลนั้นพบว่า สารควบคุมการเจริญเติบโตหลายชนิดน่าจะมีส่วนเกี่ยวข้องในเรื่องนี้ ดังจะเห็นได้จากงานทดลองในไม้ผลเขตร้อนหลายชนิด ได้แก่ แอปเปิล ท้อ และ สาลี่ พบว่าปริมาณของ bioactive gibberellins จะสัมพันธ์กับการเจริญเติบโตของกัพพะ (embryo) และการเพิ่มของน้ำหนักสดในเมล็ด นอกจากนี้ในผลแบบ parthenocarpic ก็สามารถชักนำให้เจริญเติบโตไปได้จนกระทั่งเก็บเกี่ยวได้เช่นใน *Prunus sp.* พบว่าการให้จิบเบอเรลลินในช่วงก่อนที่จะเกิดการเจริญเติบโตของผล จะช่วยชักนำให้มีการติดผลแบบ parthenocarpic fruit (Paksasorn, 1995) ส่วนในแตงกวาและมะเขือเทศพบว่า endogenous IAA เป็นสารควบคุมการเจริญเติบโตหลักที่ชักนำให้เกิดการติดผลแบบ parthenocarpic fruit (Bangerth และ Sjut, 1978)

จะเห็นได้ว่าในพืชแต่ละชนิดนั้น การชักนำให้เกิดการติดผลและการเจริญเติบโตของผลจะมีสารควบคุมการเจริญเติบโตหลักที่จะเป็นตัวบ่งชี้ หรือมีอิทธิพลแตกต่างกันออกไป และนอกจากสารควบคุมการเจริญเติบโตหลักแล้ว สารควบคุมการเจริญเติบโตชนิดอื่นก็น่าจะมีบทบาทสำคัญใน

เรื่องนี้เช่นกัน ดังนั้นในการติดผลและการเจริญเติบโตของผล ชนิดและปริมาณของสารควบคุมการเจริญเติบโตต่างๆ น่าจะมีความสัมพันธ์กันตลอดช่วงการเจริญ โดยสารควบคุมการเจริญเติบโตแต่ละกลุ่มจะทำหน้าที่และมีอิทธิพลแตกต่างกัน สำหรับในการวิจัยเกี่ยวกับมะม่วง ยังไม่มีรายงานใดๆกล่าวถึงความสัมพันธ์ในจุดนี้ ซึ่งถ้าสามารถทราบความสัมพันธ์และกลไกอย่างแน่ชัดแล้ว น่าจะเป็นแนวทางที่จะประยุกต์ใช้สารควบคุมการเจริญเติบโต เพื่อเพิ่มผลผลิตของมะม่วงต่อไปได้

นอกจากระดับสารควบคุมการเจริญเติบโตและคาร์โบไฮเดรตจะมีอิทธิพลต่อการติดผลแล้ว การติดผลจะเกิดขึ้นได้จะต้องมีการผสมเกสรและการปฏิสนธิเกิดขึ้น ในเรื่องของผสมเกสรนั้นจะเกิดขึ้นเมื่ออับละอองเกสรแตกออกและละอองเกสรถูกปลดปล่อยออกมา ซึ่งการแตกของอับละอองเกสรขึ้นอยู่กับความชื้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิ (สาวิตรี, 2523) จากการศึกษาของรัตนาวรรณ (2532) ในมะม่วงพันธุ์ดอกไม้พะยอมพบว่าการแตกของอับละอองเกสรจะลดลงเมื่อความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศสูงขึ้น โดยเฉพาะเมื่อความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศสูงกว่า 80% ดังนั้นในการผลิตมะม่วงนอกฤดูโดยเฉพาะในฤดูฝน จึงควรศึกษาถึงสาเหตุของการติดผลน้อยว่า ประการหนึ่งน่าจะเกิดจากการที่อับละอองเกสรไม่แตกหรือไม่ ภายหลังจากอับละอองเกสรแตก ละอองเกสรจะถูกปลดปล่อยและตกลงบนยอดเกสรตัวเมีย จากนั้นจะเกิดการงอกของละอองเกสร ซึ่งละอองเกสรที่งอกได้จะต้องเป็นละอองเกสรที่มีชีวิต จากการศึกษาของศักดิ์ (2536) ในเรื่องของเปอร์เซ็นต์ความมีชีวิตของละอองเกสรจากดอกเพศผู้และดอกสมบูรณ์เพศของมะม่วง 4 พันธุ์ คือ เจริญสวย ฟ้าลั่น มั่นเคื่อนแก้ว และเจ้าคุณทิพย์ พบว่ามีเปอร์เซ็นต์ความงอกอยู่ที่ 72-94 % และจากการศึกษาในมะม่วงพันธุ์ Kensington พบว่าในช่วงที่ละอองเกสรเพศผู้กำลังพัฒนา ถ้าได้รับอุณหภูมิต่ำกว่า 10 นานเกินสิบวันจะทำให้ความมีชีวิตของละอองเกสรลดลงกว่า 50% (Issarakraisila และ Considine, 1994)

นอกจากนี้ธาตุอาหารบางชนิดอาจเกี่ยวข้องกับกระบวนการผสมเกสรและปฏิสนธิ โดยพบว่าแคลเซียม (Ca) และโบรอน (B) เป็นธาตุอาหารที่เกี่ยวข้องกับการสร้างละอองเกสร ความมีชีวิตและการงอกของละอองเกสร การควบคุมทิศทางและประสิทธิภาพในการแทงผ่านของหลอดเกสรเข้าไปในก้านชูเกสรเพศเมีย และเมตาโบลิซึมของคาร์โบไฮเดรตระหว่างการพัฒนาละอองเกสรและปฏิสนธิ (ยงยุทธ, 2543; Obermeyer และคณะ, 1996) ในการทดสอบความงอกของละอองเกสรพบว่า Ca และ B สามารถเพิ่มความงอกของละอองเกสรของมะม่วงบนอาหารวุ้นได้ (วรินทร์, 2536) และจากการวิเคราะห์ปริมาณ Ca และ B ในช่อดอกของมะม่วงระยะต่างๆ พบว่า มีปริมาณต่ำ (0.1 %ของน้ำหนักแห้ง) และลดลงในระยะแทงช่อดอกจนถึงระยะก่อนดอกบาน ซึ่งเป็นช่วงที่ช่อดอกมีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว ส่วน B มีปริมาณต่ำและคงที่โดยตลอด (วรินทร์, 2536) การมีปริมาณ Ca-B ต่ำในช่วงที่ดอกกำลังพัฒนาอาจมีผลต่อการผสมเกสร การติดผล และพัฒนาการของผลในระยะต่อมา ซึ่งสาเหตุที่ปริมาณธาตุทั้งสองนี้ต่ำอาจเนื่องมาจากในดินมีปริมาณธาตุทั้งสองต่ำ โดยเฉพาะในกรณีของ B ในดิน

เขตร้อนชื้น หรือเนื่องจากธาตุทั้งสองเคลื่อนที่ในพืชได้ช้า (Marschner, 1995) แต่ในสวนมะม่วงที่มีการใส่ปุ๋ยอย่างเหมาะสม การขาด Ca และ B ในดินไม่น่าจะเกิดขึ้น (สุรเดช, ดิติดอส่วนตัว) การเคลื่อนที่ของ Ca และ B ไปยังช่อดอกและผลที่กำลังพัฒนาจะสัมพันธ์กับการเคลื่อนที่ของน้ำในต้นพืช หากช่อดอกและผลที่กำลังพัฒนามีการเติบโตอย่างรวดเร็ว แต่มีอัตราการคายน้ำต่ำ การขาด Ca อาจเกิดขึ้นได้ เช่นเดียวกับที่พบในมะเขือเทศที่เกิดอาการก้นผลเน่าเนื่องจากการขาด Ca (Marschner, 1995) และพบว่าสารละลาย Ca-B ให้กับช่อดอกมะม่วงมีแนวโน้มทำให้การติดผลดีขึ้น (วรินทร์, 2536)

เอกสารอ้างอิง

- รัตนาวรรณ วิเศษ. 2532. ปัจจัยบางประการที่มีอิทธิพลต่อการติดผลและการใช้สารควบคุมการติดผลและการหลุดร่วงของผลในมะม่วงน้ำดอกไม้ทะวาย. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ
- วรินทร์ สุทนต์. 2536. อิทธิพลของแคลเซียม-โบรอนต่อการงอกของละอองเกสรและการติดผลของมะม่วง. ปัญหาพิเศษปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ
- ศักรี น้าใจทหาร. 2536. อิทธิพลของการผสมเกสรมะม่วงพันธุ์เขียวเสวยโดยใช้เกสรตัวผู้พันธุ์ต่างๆ ต่อการติดผล. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.
- สาวิตรี มาลัยพันธุ์. 2523. การผสมเกสรมะม่วง รวมเรื่องเกี่ยวกับมะม่วง ชมรมผู้พัฒนามะม่วงแห่งประเทศไทย กรุงเทพฯ โรงพิมพ์รุ่งเรืองธรรม.
- Bangerth, F. and V. Sjut. 1978. Induced parthenocarpy-A tool for investigating hormone regulated physiological process in fruits. *Acta Horticulturae*. 80:169-174.
- Cull, B.W. 1991. Mango crop management. *Acta Horticulturae*. 291:154-173.
- Davies, S.J., Martie van der walt and P.T.J. Stessen. 1995. The energy demand of fruit production and its effect on fruit size in Sensation. S.A. Mango Growers' Accos. Yearbook. 15 : 18-20.
- Issarakraisila, M, and J.A. Considine. 1004. Effects of temperature on pollen viability in mango cv. 'Kensington'. *Ann. Bot.* 73 : 231 – 240.
- Marschner, H. 1996. Mineral Nutrition of Higher Plants. Academic Press New York. 99.
- Obermeyer, G., R. Kriechbaumer, D. Strasser, A. Maschessing and F.W. Bentrup. 1996. Boric acid stimulates the plasma membrane H^+ -ATPase of ungerminated lily pollen grains. *Physiol. Plant.* 98(2) : 281-290.

- Paksasorn, jA. 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.
- Pharis, R.P. and R.W. King. 1985. Gibberellins and reproductive development in seed plants. JAnn. Rev. Plant Physiol. 36 : 517-568.
- Whiley, A.W. 1993. Environmental effects on phenology and physiology of mango-A review. Acta Horticulturae 341:165-176.

3.1 ศึกษาความต้องการคาร์โบไฮเดรตในการติดผลของมะม่วง

ดอกและผลของมะม่วงที่กำลังเติบโตมีความต้องการคาร์โบไฮเดรตสูง จากการศึกษาเบื้องต้น (รายงานฉบับสมบูรณ์ ส่วนที่ 1) พบว่าส่วนดอกและผลมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ไม่อยู่ในรูปโครงสร้าง (total-nonstructural carbohydrates; TNC) สูงกว่าในส่วนกิ่งยอดและใบที่อยู่ถัดลงไปมาก แต่ดอกและผลสร้างคาร์โบไฮเดรตเองได้น้อยมาก จำเป็นต้องดึงคาร์โบไฮเดรตจากส่วนอื่นมาใช้ในการเติบโต (Chauhan และ Pandey, 1984) เช่น คาร์โบไฮเดรตที่ได้จากการสังเคราะห์ด้วยแสงที่ใบซึ่งอยู่ใกล้ และคาร์โบไฮเดรตที่สะสมอยู่ในใบ ในกิ่ง และส่วนอื่นๆ มีรายงานว่าใบและกิ่งมะม่วงมีการสะสมคาร์โบไฮเดรตเพิ่มขึ้นในช่วงก่อนการออกดอก (ศิริชัย, 2524; Pandey, 1989; Stassen และ Janse van Vuuren, 1996) และมีการเสนอสมมติฐานว่าการออกดอกของมะม่วงเกี่ยวข้องกับการเคลื่อนย้ายของคาร์โบไฮเดรตไปสะสมที่ส่วนยอดจนถึงระดับที่เพียงพอในช่วงก่อนการออกดอก (Chacko, 1991; Cull, 1991) และมีรายงานว่า การสะสมคาร์โบไฮเดรตยังส่งเสริมให้มีการติดผลดีขึ้นใน ส้ม (Schaffer และคณะ, 1985; Sanz และคณะ, 1987) ดังนั้นการเตรียมต้นให้สมบูรณ์มีปริมาณคาร์โบไฮเดรตสะสมเพียงพอก่อนที่มะม่วงจะออกดอกจึงมีความสำคัญอย่างยิ่ง อย่างไรก็ตามกิ่งยอดมะม่วงที่มีปริมาณคาร์โบไฮเดรตสะสมสูงและใบอยู่ในระยะบริบูรณ์พร้อมออกดอก อาจแตกตาเป็นยอดใหม่แทนเมื่อได้รับสภาพฝนต่อเนื่อง แสดงว่ายังมีปัจจัยอื่นนอกเหนือจากการสะสมคาร์โบไฮเดรตที่มีผลต่อการออกดอกของมะม่วง

แนวทางในการเพิ่มการสะสมคาร์โบไฮเดรตในส่วนของกิ่ง-ใบก่อนที่มะม่วงจะออกดอกคือการลดการเติบโตทางกิ่งใบโดยให้สารพาโคลบิวทราโซล ร่วมกับการจัดการธาตุอาหาร โดยเฉพาะการลดปริมาณไนโตรเจน และการให้น้ำทางใบที่มีสัดส่วนของธาตุฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมสูง ในโตรเจนต่ำ เช่น ปุ๋ยสูตร 0-52-34 ซึ่งมีผลให้ใบมะม่วงมีสีเขียวเข้มขึ้น ใบหนา และยับยั้งการแตกใบอ่อนชุดใหม่ มีรายงานว่า การให้น้ำทางใบที่มีสัดส่วนของธาตุฟอสฟอรัสและ โพแทสเซียมสูง เช่น สูตร 7-13-34+12.5Zn และ 0-52-34 ช่วยเพิ่มปริมาณ TNC ในกิ่งใบของมะม่วงได้ และช่วยให้มะม่วงมีการออกดอกในฤดูกาลปกติเพิ่มขึ้น (เกษม และ รวี, 2540; วรินทร์ และ รวี, 2540) นอกจากนี้การให้สารละลายน้ำตาลโมเลกุลเล็กเสริมทางใบเป็นอีกวิธีการหนึ่งที่ช่วยเพิ่มปริมาณคาร์โบไฮเดรต Geigenberger และคณะ (1993) รายงานว่า สารละลายน้ำตาลฟรุคโตสที่พ่นให้ทางใบ สามารถดูดซึมเข้าสู่ใบของต้นกล้าถั่ว *Ricinus communis* L. และมีการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีต่อภายในเนื้อเยื่อพืช ส่งผลให้มีปริมาณซูโครสในเนื้อเยื่อพืชเพิ่มขึ้น การพ่นสารละลายน้ำตาลโมเลกุลเล็กร่วมกับปุ๋ยเคมีเป็นอีกวิธีการหนึ่งที่ช่วยเพิ่มปริมาณคาร์โบไฮเดรตในทุเรียนในช่วงที่มีความต้องการคาร์โบไฮเดรตสูงในการเติบโต หรือการฟื้นฟูต้น (หิรัญ และคณะ, 2542)

รายงานเกี่ยวกับอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงของมะม่วงระหว่างการออกดอก การติดผล และช่วงพัฒนาการของผลมีน้อยมาก อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงของมะม่วงอาจแปรผันไปตามสภาพแวดล้อม

ล้อยม เช่น อุณหภูมิ ความชื้นในดิน ปริมาณแสงที่ได้รับ ระดับธาตุอาหารที่ได้รับ การจำกัดการเติบโตของระบบราก รวมทั้งปัจจัยภายในต้นพืชเอง เช่น อายุของใบ ระยะการเจริญเติบโต และความสมบูรณ์ของต้น (เจษฎา, 2540; Schaffer และคณะ, 1994; 1997) เนื่องจากส่วนดอกและผลมีความต้องการคาร์โบไฮเดรตสูง จึงมีสมมติฐานว่าอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงของใบในช่วงที่มีการออกดอก ติดผล และพัฒนาการของผลควรเพิ่มขึ้นตามความต้องการด้วย (Ferree และ Palmer, 1992)

การศึกษาครั้งนี้ประกอบด้วย การศึกษาการเปลี่ยนแปลงของอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงและปริมาณ TNC ในกิ่งยอดและใบ ในช่วงก่อนออกดอก ช่วงออกดอก-ติดผล และช่วงพัฒนาการของผล และศึกษาผลของการให้สารละลายน้ำตาล หรือ ปุ๋ยทางใบที่มีสัดส่วนของธาตุฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมสูงในช่วงก่อนออกดอก ต่ออัตราการสังเคราะห์ด้วยแสง และปริมาณ TNC ในกิ่งยอดและใบ ในช่วงก่อนออกดอก ช่วงออกดอก-ติดผล และช่วงพัฒนาการของผล รวมทั้งความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในเนื้อเยื่อของใบ โดยศึกษากับต้นมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ที่กระตุ้นให้มีการออกดอกก่อนฤดูกาลปกติด้วยสาร paclobutrazol มีวัตถุประสงค์ในการศึกษาดังนี้

1. ศึกษาอัตราการสังเคราะห์แสง (ความสามารถในการสร้างคาร์โบไฮเดรตในขณะนั้น) ในช่วงก่อนออกดอก ช่วงออกดอก-ติดผล และช่วงพัฒนาการของผลซึ่งเป็นช่วงที่มีความต้องการคาร์โบไฮเดรตสูง
2. ศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณ TNC ในกิ่งยอดและใบ (คาร์โบไฮเดรตสะสม) ในช่วงก่อนออกดอก ช่วงออกดอก-ติดผล และช่วงพัฒนาการของผลซึ่งเป็นช่วงที่มีความต้องการคาร์โบไฮเดรตสูง
3. ศึกษาผลของการให้ปุ๋ย 0-52-34 และสารละลายน้ำตาลเสริมทางใบในช่วงก่อนออกดอก ต่ออัตราการสังเคราะห์แสง ปริมาณ TNC ในกิ่งยอดและใบ ปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบ ความเข้มข้นของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในเนื้อเยื่อใบ และการออกดอก-ติดผล

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมต้น

คัดเลือกต้นมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ อายุ 8 ปี บนต้นตอมะม่วงพันธุ์แก้ว ที่มีความสมบูรณ์ และขนาดสม่ำเสมอจำนวน 12 ต้น ให้ปุ๋ยสูตร 15-15-15 ทางดินอัตรา 500 กรัมต่อต้น และให้น้ำตามปกติ จากนั้นกระตุ้นให้ต้นมะม่วงมีการแตกใบอ่อนชุดใหม่พร้อมกันโดยพ่นสารละลายผสมของ thiourea 0.5% + KNO₃ 2.5% ทับทรวงพุ่มในเดือนกรกฎาคม 2542 เมื่อใบอ่อนชุดใหม่อยู่ในระยะใบพวง (อายุใบเฉลี่ย 15 วัน) ทำการราดสาร paclobutrazol (Cultar ®, Zeneca Agrochemicals เนื้อสารออกฤทธิ์ 10 %) อัตรา 4

กรัมสารออกฤทธิ์ต่อต้าน (28 กรกฎาคม 2542) เพื่อกระตุ้นการออกดอกนอกฤดู หลังการราดสารมีการให้ปุ๋ยและสารละลายน้ำตาลเสริมทางใบตาม treatment ที่กำหนด ทำการกระตุ้นให้มีการแทงช่อดอกโดยการพ่นสารละลายผสมของ thiourea 0.5% + KNO_3 2.5% ทิ้งพ่นในวันที่ 29 ตุลาคม 2542 และต้นมะม่วงมีการออกดอกในเดือนพฤศจิกายน 2542 ซึ่งเป็นช่วงก่อนฤดูออกดอกตามปกติของมะม่วง

การให้ปุ๋ยที่มีสัดส่วนของธาตุฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมสูง และสารละลายน้ำตาลเสริมทางใบ

พ่นสารละลายปุ๋ย และสารละลายน้ำตาลเสริมทางใบในช่วงก่อนการออกดอก จำนวน 4 ครั้ง แต่ละครั้งห่างกัน 10 วัน เริ่มพ่นสารละลายครั้งแรกเมื่อใบชุดใหม่ขยายขนาดเต็มที่ (หลังราดสาร paclobutrazol 1 เดือน) การพ่นสารละลายครั้งสุดท้ายเสร็จสิ้นก่อนที่ต้นมะม่วงจะออกดอก

ปุ๋ยที่ใช้คือ ปุ๋ยสูตร 0-52-34 (monopotassium phosphate; MPP) สารละลายน้ำตาลที่ใช้เป็นสารการค้า ชื่อ Crop Giant® (บริษัท โปรครอป จำกัด, กรุงเทพฯ) ประกอบด้วยน้ำตาลโมเลกุลเล็กหลายชนิด คือ monose 1.3%, biose 3.0%, triose 7.0%, tetrose 6.0%, pentose 4.5%, hexose 6.0% และ transferring coenzyme 5.0% (ไม่ระบุชนิดของน้ำตาลที่เฉพาะเจาะจง) โดยจัดการให้สารกับต้นมะม่วงเป็น 3 treatment ดังนี้

- Treatment 1: ไม่ให้สาร (control)
- Treatment 2: ให้ปุ๋ย 0-52-34 อัตรา 5000 ppm
- Treatment 3: ให้ปุ๋ย 0-52-34 อัตรา 5000 ppm ร่วมกับสารละลายน้ำตาล อัตรา 2 ml/l

ข้อมูลที่ใช้การศึกษา

ปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบ

ประเมินปริมาณคลอโรฟิลล์ของใบมะม่วงที่ได้รับปุ๋ยและสารละลายน้ำตาลเสริมทางใบ โดยใช้ SPAD chlorophyll meter (Minolta, Japan) ทำการวัดทั้งสิ้น 7 ครั้ง แต่ละครั้งห่างกัน 10 วัน เริ่มวัดหลังจากให้ปุ๋ยและสารละลายน้ำตาลเสริมทางใบครั้งแรก ต่อเนื่องมาจนถึงช่วงที่มะม่วงเริ่มมีการออกดอก-ติดผลในระยะแรก

อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสง

วัดอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงของใบชุดล่าสุดที่ได้รับแสงเต็มที่ ด้วยเครื่อง Portable Photosynthesis System (LI 6200; Licor, Nebraska) โดยใช้ใบที่ 4-6 จากปลายยอดเป็นตัวแทนในการศึกษา ใบอยู่ในระยะที่ขยายขนาดเต็มที่ มีสีเขียวเข้ม วัดอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงในช่วงที่ใบได้รับแสงมากกว่า light saturation ($> 1100 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) ทำการวัด 5 ครั้งตามระยะการเจริญเติบโตต่างๆ คือ 1) วัน

ที่ 29 ตุลาคม 2542 เป็นระยะก่อนการออกดอก 2) วันที่ 9 ธันวาคม 2542 เป็นระยะที่ดอกในช่อบานเต็มที่ และเริ่มมีการติดผลขนาดเล็ก 3) วันที่ 11 มกราคม 2543 เป็นระยะที่ผลกำลังพัฒนา ผลอายุเฉลี่ย 30 วัน 4) วันที่ 25 กุมภาพันธ์ 2543 เป็นระยะที่ผลมีอายุเฉลี่ย 70 วัน และ 5) วันที่ 18 มีนาคม 2543 เป็นระยะที่ผลมีอายุเฉลี่ย 90 วัน

การวิเคราะห์ปริมาณ TNC ในกิ่งยอด ใบ ดอก และผล

เก็บตัวอย่างกิ่งยอด และใบ ทั้งหมด 5 ครั้ง นำมาวิเคราะห์ปริมาณ TNC ด้วยวิธี Nelson's reducing procedure (Hodge และ Hofreiter, 1962; Smith และคณะ, 1964) การเก็บตัวอย่าง 4 ครั้งแรกทำในวันเดียวกับวันที่วัดอัตราการสังเคราะห์แสง ส่วนครั้งสุดท้ายทำเมื่อผลมีอายุใกล้เก็บเกี่ยว คืออายุเฉลี่ย 110 วัน ในช่วงที่มีการออกดอกและติดผล จะเก็บตัวอย่างส่วนของช่อดอก ก้านช่อดอกที่ผลร่วงไป และส่วนผล มาวิเคราะห์ปริมาณ TNC ด้วย

การวิเคราะห์ปริมาณ N P K ในใบ

การตรวจสอบผลของการให้ปุ๋ย และ สารละลายน้ำตาลเสริมทางใบต่อปริมาณธาตุอาหารหลัก N P และ K ในใบมะม่วง ทำโดยแบ่งตัวอย่างใบยอดที่ใช้วิเคราะห์ปริมาณ TNC จากการเก็บตัวอย่าง 4 ครั้งแรก ไปวิเคราะห์ปริมาณ N P และ K ตามวิธีการของ ทศนีย์ และคณะ (2532)

การออกดอกและติดผล

บันทึกจำนวนกิ่งที่มีการออกดอก และและจำนวนกิ่งที่ออกช่อดอกปนใบ จากกิ่งที่ผูกเครื่องหมายไว้เป็นตัวแทนในการศึกษา จำนวน 20 กิ่งต่อต้นในช่วงที่มีการออกดอกนอกฤดูในเดือนพฤศจิกายน 2542 คำนวณค่าเป็นเปอร์เซ็นต์ หลังจากนั้นเมื่อเริ่มมีการติดผล บันทึกการติดผลเป็นจำนวนผลต่อช่อ จากช่อดอกที่ผูกทำเครื่องหมายเพื่อใช้เป็นตัวแทนในการศึกษา จำนวน 20 ช่อต่อต้น แสดงค่าการติดผลเป็น 2 ระยะคือ 1) ระยะ 6 วันหลังจากดอกในช่อบานทั้งหมด ซึ่งเป็นระยะที่มีจำนวนผลอ่อนในช่อมากที่สุด และมีการร่วงของผลอ่อนอย่างมากในเวลาต่อมา และ 2) ระยะที่ผลอายุ 8 สัปดาห์ ซึ่งเป็นระยะที่ผลขยายขนาดแล้ว มีจำนวนผลในช่อคงที่ ไม่มีการร่วงเพิ่มอีกจนกระทั่งเก็บเกี่ยว

ผลการทดลองและวิจารณ์

ปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบ

ค่า SPAD unit ซึ่งวัดด้วยเครื่อง SPAD chlorophyll meter แสดงความเขียวของใบ และมีความสัมพันธ์โดยตรงกับปริมาณ chlorophyll ในใบมะม่วง ในช่วงก่อนการออกดอกพบว่า ใบมะม่วงมีปริมาณคลอโรฟิลล์เพิ่มขึ้นเล็กน้อย การให้ปุ๋ย 0-52-34 เสริมทางใบในช่วงก่อนการออกดอกมีแนวโน้มให้ใบมีปริมาณคลอโรฟิลล์เพิ่มขึ้น แต่ให้ผลไม่แตกต่างทางสถิติกับปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบของต้นควบคุมในทุกช่วงที่ทำการวัด (ภาพที่ 3.1) และปริมาณคลอโรฟิลล์ที่เพิ่มขึ้นไม่สัมพันธ์กับอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงของใบมะม่วงที่วัดได้ในช่วงที่ทำการศึกษา (ตารางที่ 3.1)

อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสง

อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงในช่วงก่อนออกดอกมีค่าระหว่าง $7.0 - 7.9 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ (ตารางที่ 1) ซึ่งสอดคล้องกับอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ (เจษฎา, 2540) พันธุ์ Turpentine (Schaffer และ Gaye, 1989) พันธุ์ Thotheaduri และ Lagra (Shivashankara และ Mathai, 2000) ที่รายงานมาก่อน แต่ในระยะดอกบานและเริ่มติดผล อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงลดลงประมาณ 40 เปอร์เซ็นต์เมื่อเทียบกับในระยะก่อนออกดอก และเมื่อเข้าสู่ระยะพัฒนาการของผล อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงลดลงมากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับในระยะก่อนออกดอก หลังจากนั้นอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงยังคงมีค่าอยู่ในระดับต่ำจนถึงระยะผลมีอายุประมาณ 90-100 วันซึ่งเป็นระยะพร้อมจะเก็บเกี่ยวได้

ผลการศึกษาในครั้งนี้ แตกต่างจากสมมติฐานเดิมที่คาดว่าอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงของใบมะม่วงเพิ่มขึ้นในช่วงที่ออกดอก-ติดผล และระหว่างที่ผลกำลังพัฒนา เนื่องจากเป็นช่วงที่มีความต้องการพลังงานจากคาร์โบไฮเดรตสูง การที่อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงมีค่าลดลงอย่างเด่นชัดช่วงที่มีการออกดอก-ติดผล และช่วงพัฒนาการของผลส่วนหนึ่งเกี่ยวข้องกับค่าความต้านทานของปากใบ (stomatal resistance) ที่เพิ่มขึ้น จำกัดการแพร่ของ CO_2 เข้าสู่ใบ นอกจากนี้ยังมีข้อสังเกตว่าแม้ความต้านทานของปากใบจะลดลงในช่วงที่ผลมีอายุ 70 วัน เมื่อเปรียบเทียบกับค่าในระยะพัฒนาการของผล แต่อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงก็ไม่ได้เพิ่มขึ้น (ตารางที่ 3.2) ซึ่งแสดงว่าการสังเคราะห์ด้วยแสงที่ต่ำในช่วงนี้ น่าจะเกี่ยวข้องกับประสิทธิภาพของปฏิกิริยา carboxylation ใน chloroplast ที่ลดลงด้วย Shivashankara และ Mathai (2000) ศึกษาอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงของมะม่วงพันธุ์ Thotheaduri และ พันธุ์ Langra อย่างละเอียดที่ระดับ CO_2 ต่างๆ พบการตอบสนองที่คล้ายคลึงกันคือ กิ่งที่มีการออกดอกมีอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงต่ำกว่ากิ่งที่ไม่มีการออกดอก และสรุปว่านอกจากปัจจัยในเรื่องค่าความต้านทานของปากใบแล้วยังเกี่ยวข้องกับประสิทธิภาพของปฏิกิริยา carboxylation ที่ลดลงในกิ่งที่มีการออกดอก

นอกจากนี้ อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงที่ลดลงอาจเกี่ยวข้องกับสภาพอุณหภูมิต่ำ โดยในเดือน ธันวาคม 2542 และ มกราคม 2543 (อุณหภูมิสูงสุดในเวลากลางวันต่ำกว่า 22°C ในวันที่ทำการวัดอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสง) และมีความเข้มแสงสูง ทำให้อัตราการสังเคราะห์แสงของมะม่วงลดลง มะม่วงพันธุ์ Tommy Atkins ในช่วงฤดูหนาวซึ่งมีความเข้มแสงสูง มีอัตราการสังเคราะห์แสงต่ำกว่าในช่วงฤดูร้อนอย่างเด่นชัด รวมทั้งในช่วงนี้ความชื้นสัมพัทธ์ที่ลดลงก็มีผลทำให้อัตราการสังเคราะห์แสงลดลงในลักษณะที่เป็นเส้นตรง (เจษฎา, 2540) ดังนั้นจึงสันนิษฐานได้ว่าอัตราการสังเคราะห์แสงที่ต่ำลงส่วนหนึ่งเกิดจากสภาพแวดล้อมดังกล่าว โดยเฉพาะอุณหภูมิที่มีผลยับยั้งการเติบโตทางกิ่งใบ ลดความต้องการใช้คาร์โบไฮเดรตลง และมีการสะสมคาร์โบไฮเดรตเพิ่มขึ้น ทำให้อัตราการสร้างคาร์โบไฮเดรตลดลงในลักษณะของ end-product inhibition (Schaffer และคณะ, 1994; Whaley และคณะ, 1999) ส่วนอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงในช่วงสุดท้ายในช่วงที่ผลมีอายุ 70 วัน ซึ่งลดลงมากนั้นอาจจะสัมพันธ์กับสภาพอุณหภูมิสูงในช่วงเดือนมีนาคม 2543 (อุณหภูมิขณะวัดอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงกว่า 37°C) โดยมีรายงานว่าเมื่ออุณหภูมิของใบมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สูงกว่า 30°C ทำให้อัตราการสังเคราะห์แสงลดลงตามอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น จนมีค่าเป็นศูนย์ที่อุณหภูมิ 47°C (เจษฎา, 2540) อายุของใบที่เพิ่มขึ้นอาจเป็นสาเหตุหนึ่งที่มีผลต่ออัตราการสังเคราะห์ด้วยแสง ในการทดลองนี้วัดอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงจากใบชุดสุดท้ายที่ปลายยอด เริ่มวัดครั้งแรกเมื่อใบมีอายุ 75 วัน และติดตามการเปลี่ยนแปลงของใบในชุดนี้ต่อไปจนกระทั่งถึงระยะเก็บเกี่ยว แต่มีรายงานว่าใบมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เมื่อเข้าสู่ระยะใบแก่จะมีอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงคงที่ต่อเนื่องไป แม้อายุใบจะมากถึง 200 วัน (เจษฎา, 2540)

ในขณะที่ส่วนดอก และผลกำลังพัฒนา ซึ่งเป็นช่วงที่มีความต้องการคาร์โบไฮเดรตสูง ความสามารถในการสังเคราะห์ด้วยแสงของใบมะม่วงกลับลดลง คาร์โบไฮเดรตที่ได้จากการสังเคราะห์แสงในขณะนั้นจึงไม่อาจจะเพียงพอต่อความต้องการ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่สะสมอยู่ในส่วนต่างๆ มีความสำคัญ และเป็นแหล่งของคาร์โบไฮเดรตที่จะถูกดึงมาใช้ในการเติบโตและการพัฒนาของช่อดอก และผลต่อไป (Rom และ Ferree, 1986; Roper และคณะ, 1988; Shivashankara และ Mathai, 2000)

P และ K มีความสำคัญต่อกระบวนการ carbon dioxide fixation ทั้งทางตรงในด้านที่เกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาชีวเคมีที่เกิดขึ้นใน chloroplast กิจกรรมของเอนไซม์ RUBP carboxylase/oxygenase และปฏิกิริยา photorespiration ในพืช C_3 และยังเกี่ยวข้องทางอ้อมในด้านการควบคุมการปิดเปิดของปากใบอีกด้วย (Marschner, 1986) แต่การให้ปุ๋ยที่มีสัดส่วนของ P และ K สูงในการทดลองนี้ คือปุ๋ย 0-52-34 หรือการให้ปุ๋ย 0-52-34 ร่วมกับสารละลายน้ำตาลเสริมทางใบในช่วงก่อนออกดอกไม่มีผลต่ออัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงของใบมะม่วงในช่วงก่อนออกดอก ช่วงดอกและเริ่มติดผล และช่วงที่ผลกำลังพัฒนา (ตารางที่ 3.1)

ปริมาณ TNC ในกิ่งยอด ใบ ดอก และผล

TNC ในกิ่งยอดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในช่วงที่มีการออกดอกและเริ่มติดผล ในช่วงที่ผลมีการพัฒนาจนกระทั่งถึงระยะผลแก่ ปริมาณ TNC ในกิ่งยอดมีแนวโน้มลดลง การให้ปุ๋ย 0-52-34 หรือปุ๋ย 0-52-34 ร่วมกับสารละลายน้ำตาลเสริมทางใบในช่วงก่อนออกดอก ให้ผลไม่เด่นชัดในการเพิ่มปริมาณ TNC ในกิ่งยอดในช่วงก่อนออกดอก และระหว่างการออกดอก-ติดผล แต่หลังจากนั้นมีแนวโน้มว่าต้นมะม่วงที่ได้รับปุ๋ย 0-52-34 หรือปุ๋ย 0-52-34 ร่วมกับสารละลายน้ำตาลเสริมทางใบ มีปริมาณ TNC ในกิ่งยอดมากกว่าต้น control (ตารางที่ 3.3)

TNC ในใบของต้น control มีปริมาณลดลงเล็กน้อยในระยะที่ผลกำลังพัฒนา และค่อยๆ เพิ่มขึ้นหลังจากนั้น การให้ปุ๋ย 0-52-34 เสริมทางใบในช่วงก่อนออกดอก ให้ผลไม่เด่นชัดในการเพิ่มปริมาณคาร์โบไฮเดรตในใบ แต่การให้ปุ๋ย 0-52-34 ร่วมกับสารละลายน้ำตาลเสริมทางใบในช่วงก่อนออกดอก ส่งผลให้ปริมาณ TNC ในใบมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับต้น control และต้นที่ได้รับปุ๋ย 0-52-34 เพียงอย่างเดียว (ตารางที่ 3.3)

ส่วนของช่อดอกและผลมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตมากกว่าส่วนใบและกิ่งยอดอย่างเด่นชัด นอกจากนี้ส่วนของก้านผลที่เหลืออยู่หลังจากผลที่ติดร่วงไป ก็เป็นส่วนที่มีปริมาณ TNC สูง แสดงให้เห็นว่า ส่วนช่อดอกและผลนั้นเป็น sink ที่สำคัญของคาร์โบไฮเดรต สำหรับต้น control มีแนวโน้มว่าความเข้มข้นของ TNC ในผลลดลงเมื่อผลเติบโตขึ้น ส่วนในต้นที่ได้รับปุ๋ย 0-52-34 หรือปุ๋ย 0-52-34 ร่วมกับสารละลายน้ำตาลเสริมทางใบในช่วงก่อนออกดอก พบว่าความเข้มข้นของ TNC ในผลลดลงในระยะผลอายุประมาณ 70 วันและกลับเพิ่มขึ้นอีกครั้งเมื่อผลอายุ 90-100 วันซึ่งเป็นระยะเก็บเกี่ยว แต่การเพิ่มขึ้นของระดับ TNC นี้ไม่น่าจะเป็นผลจากการให้ปุ๋ยหรือสารละลายน้ำตาล ซึ่งให้ตั้งแต่ช่วงก่อนออกดอก

ระดับคาร์โบไฮเดรตที่ตรวจสอบได้ในการทดลองนี้โดยเฉพาะในช่วงก่อนการออกดอกมีค่าใกล้เคียงกับที่ได้รายงานไปแล้วในรายงานความหน้าจบบ้างก่อนๆ ซึ่งเป็นระดับที่เพียงพอ สิ่งที่แตกต่างกันคือ ในการทดลองนี้ระหว่างการออกดอกและเริ่มติดผล ไม่พบการลดลงของระดับคาร์โบไฮเดรตในกิ่งยอดและใบมะม่วงเช่นในการทดลองที่ผ่านมา และกลับพบว่ามีการสะสมคาร์โบไฮเดรตในส่วนกิ่งยอดเพิ่มขึ้นด้วย ช่วงดังกล่าวเป็นช่วงที่น่าจะต้องการคาร์โบไฮเดรตสูงในการพัฒนาของดอกและผลอ่อน และเป็นช่วงที่อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงลดลง (ตารางที่ 3.1) จึงเป็นไปได้ว่า มีการเคลื่อนย้ายคาร์โบไฮเดรตจากส่วนอื่น เช่น ลำต้น กิ่งขนาดใหญ่ และราก (Stassen และ Janse van Vuuren, 1996) มาเพื่อการพัฒนาของช่อดอกและผลอ่อน การให้ปุ๋ยที่มีสัดส่วนของ P และ K สูงร่วมกับสารละลายน้ำตาลมีผลต่อระดับ TNC ในกิ่ง ใบ ช่อดอก และผลไม่เด่นชัดในการทดลองนี้ ซึ่งขัดแย้งกับรายงานของ เจษฎา และ รวี (2540) และ วรินทร์ และ รวี (2540) ที่พบว่า การให้ปุ๋ยที่มีสัดส่วนของ P และ K สูงช่วยเพิ่มปริมาณ TNC ในกิ่งใบของ

มะม่วงได้ และช่วยให้มะม่วงมีการออกดอกในฤดูกาลปกติเพิ่มขึ้น ความแตกต่างนี้อาจเกิดจาก สภาพแวดล้อมในการทดลองที่ต่างกัน รวมทั้งในการทดลองนี้มะม่วงได้รับสาร paclobutrazol และมีการออกดอกก่อนฤดู ทำให้มีช่วงการสะสมคาร์โบไฮเดรตก่อนออกดอกสั้นกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับต้นมะม่วงที่มีการออกดอกตามฤดูกาลปกติ

ปริมาณ N P K ในใบ

ปริมาณ N และ K ในใบมะม่วงจากระยะก่อนออกดอก ถึงระยะการพัฒนาของผลมีแนวโน้มลดลง ส่วนปริมาณ P ในใบมีค่าค่อนข้างคงที่ในระหว่างที่ทำการศึกษา การให้ปุ๋ย 0-52-34 หรือปุ๋ย 0-52-34 ร่วมกับสารละลายน้ำตาลเสริมทางใบในช่วงก่อนออกดอกไม่มีผลชัดเจนในการเพิ่มปริมาณ N P K ในเนื้อเยื่อของใบมะม่วง (ตารางที่ 3.4) มีสมมติฐานว่าสภาพฝนตกต่อเนื่องก่อนออกดอก จะส่งเสริมให้ต้นมะม่วงมีการดูดธาตุ N มากขึ้น และอาจส่งผลให้เกิดการแตกยอดอ่อน หรือเกิดช่อดอกปนใบมาก แทนที่จะออกดอก ในการทดลองนี้มีฝนตกในช่วงก่อนออกดอกเช่นกัน แต่ไม่พบการเปลี่ยนแปลงของปริมาณ N P K ที่เด่นชัด ปริมาณ N P K ที่วิเคราะห์ได้ในการทดลองนี้มีค่าอยู่ในระดับที่เพียงพอ เมื่อเปรียบเทียบกับช่วงค่าการวิเคราะห์เนื้อเยื่อใบมะม่วงที่มีการรายงานจากการสำรวจสวนที่ต้นมะม่วงมีการเติบโตดี (N 1.0-1.5%, P 0.08-0.25%, K 0.4-1.5%) (Mills และ Benton Jones, 1996)

การออกดอกและติดผล

การให้ปุ๋ย 0-52-34 หรือปุ๋ย 0-52-34 ร่วมกับสารละลายน้ำตาลเสริมทางใบในช่วงก่อนออกดอกช่วยเพิ่มเปอร์เซ็นต์การออกดอก เมื่อเทียบกับการไม่ให้ปุ๋ยเสริม แต่เนื่องจากในช่วงก่อนออกดอกในปี 2542 นี้มีฝนตกมากต่อเนื่องกัน ทำให้พบช่อดอกปนใบมากถึง 15-20 เปอร์เซ็นต์ และการให้ปุ๋ย 0-52-34 หรือปุ๋ย 0-52-34 ร่วมกับสารละลายน้ำตาลเสริมทางใบในช่วงก่อนออกดอก ไม่สามารถลดการเกิดช่อดอกปนใบได้ (ตารางที่ 5) Nunez-Elisea และ Davenport (1992) เสนอว่าขั้นตอนของการแบ่งเซลล์ของตาออกก่อนที่ตาจะแตกออกมาให้เห็น และขั้นตอนที่ตาจะพัฒนาต่อไปเป็นช่อดอก ช่อดอกปนใบ หรือ ยอดอ่อน นั้น เป็นกระบวนการที่เป็นอิสระต่อกัน การปลิดใบยอดทิ้ง หรือการเพิ่มปริมาณจิบเบอเรลลินซึ่งมีคุณสมบัติกระตุ้นการเติบโตทางกิ่งใบให้กับกิ่งยอดมะม่วง จะชักนำให้ตาที่แตกออกมาพัฒนาเป็นช่อดอกปนใบ หรือพัฒนาเป็นยอดอ่อน หรือทำให้มีการแตกตาข้างได้ (Kachru และคณะ, 1971; Nunez-Elisea และ Davenport; 1992) สันนิษฐานว่าสภาพฝนตกต่อเนื่องเป็นสาเหตุให้มีปริมาณจิบเบอเรลลินในส่วนยอดเพิ่มขึ้นและทำให้เกิดช่อดอกปนใบดังกล่าว

ส่วนการติดผลในระยะแรก ทำโดยบันทึกผลจากจำนวนรังไข่ในช่อดอกที่มีการขยายขนาด และมีสีเขียวสด ช่วงที่มีการติดผลมากที่สุด (peak) คือประมาณ 6 วันหลังจากดอกในช่อบานทั้งหมด หลัง

จากนั้นผลอ่อนขนาดเล็กจะร่วงเป็นจำนวนมาก ในการทดลองนี้พบว่าทำให้ปุ๋ย 0-52-34 หรือปุ๋ย 0-52-34 ร่วมกับสารละลายน้ำตาลเสริมทางใบในช่วงก่อนออกดอก ไม่สามารถเพิ่มการติดผลได้ (ตารางที่ 3.5)

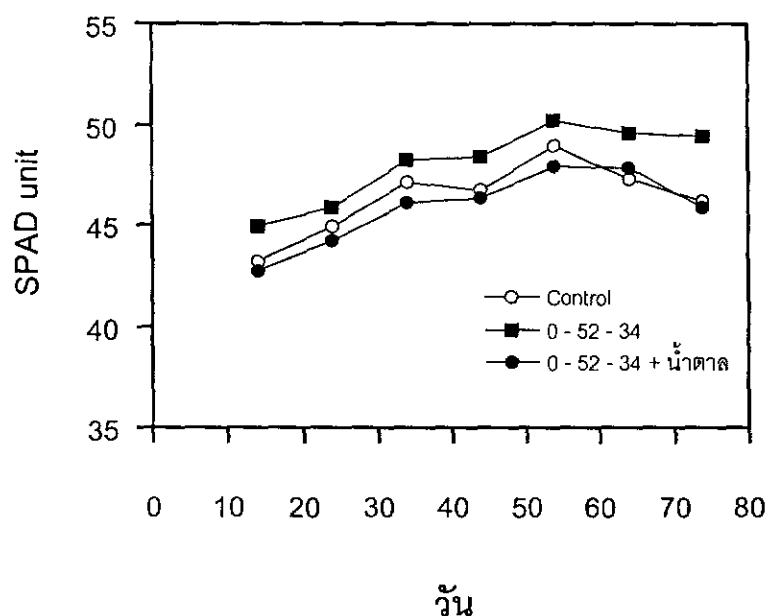
สรุป

การศึกษาการเปลี่ยนแปลงของอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงและปริมาณ TNC ในกิ่งยอดและใบ ในช่วงก่อนออกดอก ช่วงออกดอก-ติดผล และช่วงพัฒนาการของผล และการศึกษาผลของการให้ปุ๋ย สูตร 0 - 52 - 34 หรือ ปุ๋ย 0- 52 - 34 ร่วมกับสารละลายน้ำตาลเสริมทางใบในช่วงก่อนออกดอก ต่ออัตราการสังเคราะห์ด้วยแสง ปริมาณ TNC ในกิ่งยอดและใบในช่วงก่อนออกดอก ช่วงออกดอก-ติดผล และช่วงพัฒนาการของผล รวมทั้งความเข้มข้นของ N P และ K ในเนื้อเยื่อของใบ โดยศึกษากับต้นมะม่วงพันธุ์ น้ำดอกไม้ที่กระตุ้นให้มีการออกดอกก่อนฤดูกาลปกติด้วยสาร paclobutrazol พบว่า

1. อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ลดลงในช่วงออกดอก ติดผล และพัฒนาการของผล สัมพันธ์กับค่าความต้านทานของปากใบที่เพิ่มขึ้น

2. ปริมาณ TNC มีค่าสูงในส่วนของช่อดอก และผลของมะม่วง ซึ่งทั้งสองส่วนนี้เป็นส่วนที่สร้างคาร์โบไฮเดรตเองได้น้อยมาก แสดงว่าช่อดอกและผลเป็น sink ที่แรง และดึงเอาอาหารจากส่วนต่างๆ มาสะสมไว้ ส่วนปริมาณ TNC ในกิ่งยอดและใบมีการเปลี่ยนแปลงไม่เด่นชัดในช่วงการออกดอก ติดผล และพัฒนาการของผล

3. การให้สารละลายปุ๋ยสูตร 0 - 52 -34 หรือ ปุ๋ยสูตร 0 - 52 - 34 ร่วมกับสารละลายน้ำตาลเสริมทางใบในช่วงก่อนการออกดอก มีแนวโน้มเพิ่มปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบ แต่มีผลไม่เด่นชัดต่อ อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสง การเพิ่มปริมาณ TNC สะสมในส่วนของกิ่งยอด ใบ ช่อดอก และผล การออกดอก-ติดผล และปริมาณ N P และ K ในเนื้อเยื่อของใบ มะม่วง



ภาพที่ 3.1 ผลของการให้น้ำปุ๋ย 0-52-34 หรือปุ๋ย 0-52-34 ร่วมกับสารละลายน้ำตาลเสริมทางใบในช่วงก่อนออกดอกต่อการเปลี่ยนแปลงค่า SPAD unit ของใบมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ หน่วยวัน แสดงจำนวนวันหลังจากให้น้ำปุ๋ยหรือปุ๋ยร่วมกับสารละลายน้ำตาลครั้งแรก

ตารางที่ 3.1 ผลของการให้น้ำปุ๋ย 0-52-34 หรือ ปุ๋ย 0-52-34 ร่วมกับสารละลายน้ำตาลเสริมทางใบในช่วงก่อนออกดอกต่ออัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงของใบมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ในระยะก่อนออกดอก ระยะออกดอกและติดผล ระยะที่ผลมีการเติบโต

Treatment	อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสง ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)			
	ระยะก่อนออกดอก	ระยะออกดอก-เริ่มติดผลอ่อน	ระยะพัฒนาการของผล	ระยะผลมีอายุ 70 วัน
Control	7.91	4.81	2.48	1.63
0-52-34	7.00	5.20	1.98	2.19
0-52-34 + น้ำตาล	7.62	4.19	2.21	1.53
F- test	ns	ns	ns	ns

ns หมายถึง ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์ก็ไม่มี ความแตกต่างกันทางสถิติ

ตารางที่ 3.2 ผลของการให้น้ำ 0-52-34 หรือ ปุ๋ย 0-52-34 ร่วมกับสารละลายน้ำตาลเสริมทางใบในช่วงก่อนออกดอกต่อค่าความต้านทานของปากใบ (stomatal resistance) ของใบมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ในระยะก่อนออกดอก ระยะออกดอกและติดผล ระยะที่ผลมีการเติบโต

Treatment	ความต้านทานของปากใบ ($s\ cm^{-1}$)			
	ระยะก่อนออกดอก	ระยะออกดอก-เริ่มติดผลอ่อน	ระยะพัฒนาการของผล	ระยะผลมีอายุ 70 วัน
Control	3.43	5.26	10.70	4.25 b ¹
0-52-34	3.37	5.19	11.13	3.43 b
0-52-34 + น้ำตาล	3.22	5.78	12.46	7.31 a
F-test	ns	ns	ns	*

ns หมายถึง ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

* ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

¹ ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์ที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อวิเคราะห์ด้วยวิธี

Duncan's New Multiple Range Test

ตารางที่ 3.3 ผลของการให้ปุ๋ย 0-52-34 หรือ ปุ๋ย 0-52-34 ร่วมกับสารละลายน้ำตาลเสริมทางใบในช่วงก่อนออกดอกต่อปริมาณ total non-structural carbohydrates (TNC) ในใบ กิ่งยอด ช่อดอก ก้านผล และผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ในระยะก่อนออกดอก ระยะออกดอกและติดผล ระยะที่ผลมีการเติบโต

Treatment	ปริมาณ TNC (mg glucose.g ⁻¹ dry wt.)				
	ระยะก่อนออกดอก	ระยะออกดอก - เริ่มติดผลอ่อน	ระยะพัฒนาการของผล	ระยะผลมีอายุ 70 วัน	ระยะผลมีอายุ 110 วัน
กิ่งยอด					
control	84.2	122.7	107.4 b ¹	112.2 a	85.8 b
0-52-34	96.4	124.1	129.9 a	104.9 ab	91.8 ab
0-52-34 + น้ำตาล	88.9	125.9	112.8 b	97.1 b	99.7 a
F-test	ns	ns	**	*	*
ใบ					
control	96.8 a	97.0	81.9 b	95.60 ab	96.80
0-52-34	103.3 a	93.8	94.7 a	88.80 b	94.68
0-52-34 + น้ำตาล	85.2 b	87.4	91.5 a	98.50 a	106.60
F-test	**	ns	*	**	ns
ช่อดอก/ก้านช่อผล					
control	-	163.8 a	134.7	135.2 ab	126.7 b
0-52-34	-	145.8 b	151.7	124.9 b	133.4 ab
0-52-34 + น้ำตาล	-	163.8 a	136.8	148.3 a	148.6 a
F-test		**	ns	*	*
ผล					
control	-	-	170.5	181.5 a	160.3 b
0-52-34	-	-	180.2	154.7 b	212.6 a
0-52-34 + น้ำตาล	-	-	185.6	154.6 b	227.6 a
F-test			ns	*	**

ns หมายถึง ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์ที่ไม่มีมีความแตกต่างกันทางสถิติ

*, ** ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์ที่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 และ 99 % ตามลำดับ

¹ ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์ที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อวิเคราะห์ด้วยวิธี

Duncan's New Multiple Range Test

ตารางที่ 3.4 ผลของการให้น้ำ 0-52-34 หรือ น้ำ 0-52-34 ร่วมกับสารละลายน้ำตาลเสริมทางใบในช่วงก่อนออกดอกต่อปริมาณ ไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) และ โพแทสเซียม (K) ในใบยอดของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ในระยะก่อนออกดอก ระยะออกดอกและติดผล ระยะที่ผลมีการเติบโต

Treatment	ระยะก่อนออกดอก	ระยะออกดอก-เริ่มติด ผลอ่อน	ระยะผลมีอายุ 70 วัน
N		(%)	
Control	1.42	1.13	1.17
0 - 52 - 34	1.56	1.27	1.22
0 - 52 - 34 + น้ำตาล	1.36	1.06	1.13
F- test	ns	ns	ns
P			
Control	0.10	0.08	0.10 a ¹
0 - 52 - 34	0.10	0.11	0.09 ab
0 - 52 - 34 + น้ำตาล	0.09	0.10	0.08 b
F- test	ns	ns	*
K			
Control	0.99	0.77	0.67
0 - 52 - 34	0.87	0.80	0.64
0 - 52 - 34 + น้ำตาล	0.85	0.82	0.66
F- test	ns	ns	ns

ns หมายถึง ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

* ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

¹ ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์ที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อวิเคราะห์ด้วยวิธี

Duncan's New Multiple Range Test

ตารางที่ 3.5 ผลของการให้ปุ๋ย 0-52-34 หรือปุ๋ย 0-52-34 ร่วมกับสารละลายน้ำตาลเสริมทางใบในช่วงก่อนออกดอกต่อเปอร์เซ็นต์การออกดอก เปอร์เซ็นต์การเกิดช่อดอกปนใบ และจำนวนผลต่อช่อในมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้

Treatment	การออกดอก (%)	ช่อดอกปนใบ (%)	จำนวนผลต่อช่อ	
			Peak ¹	สัปดาห์ที่ 8
Control	68.8	16.3	97.1	0.19
0-52-34	77.5	20.0	90.6	0.20
0-52-34 + สารละลายน้ำตาล	86.3	15.0	87.0	0.20
F- test	ns	ns	ns	ns

ns หมายถึงค่าเฉลี่ยในคอลัมน์ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

¹ คือระยะ 6 วันหลังดอกในช่อบานทั้งหมด เป็นระยะที่มีจำนวนผลต่อช่อมากที่สุด

เอกสารอ้างอิง

- เจษฎา ภัทรเลอพงศ์. 2540. การตอบสนองต่อแสงในการสังเคราะห์แสงที่อายุใบต่างๆ ของมะม่วง 2 พันธุ์. วิทยานิพนธ์. บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ
- เจษฎา ภัทรเลอพงศ์ และ รวี เสฐฐักดิ์. 2540. อิทธิพลของปุ๋ยทางใบที่มีต่ออาหารสะสมในใบมะม่วง. น. 98-110. ใน รายงานการประชุมวิชาการไม้ผลแห่งชาติ ครั้งที่1, สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, กรุงเทพฯ
- ทศนีย์ อัดตะนันท์ จงรักษ์ จันทร์เจริญสุข และสุรเดช จินตกานนท์. 2532. แบบฝึกหัดและคู่มือปฏิบัติการวิเคราะห์ดินและพืช. ภาควิชาปฐพีวิทยา, คณะเกษตร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ
- วิรินทร์ สุทนต์ และ รวี เสฐฐักดิ์. 2540. อิทธิพลของการให้ปุ๋ยทางใบต่อปริมาณธาตุอาหารและการออกดอกของมะม่วง 2 พันธุ์. น. 121-132. ใน รายงานการประชุมวิชาการไม้ผลแห่งชาติ ครั้งที่1, สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, กรุงเทพฯ
- ศิริชัย กลัณณรัตน์. 2524. การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณคาร์โบไฮเดรตและไนโตรเจนในใบและกิ่งยอดที่มีอิทธิพลต่อการออกดอกของมะม่วง (*Mangifera indica* L.) พันธุ์น้ำดอกไม้. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- หิรัญ หิรัญประดิษฐ์, สุขวัฒน์ จันทรปรณิก, และ เสริมสุข สลักเพชร. 2542. เทคโนโลยีการผลิตทุเรียน. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ
- Chacko, E.K. 1991. Mango flowering - still an enigma. *Acta Hort.* 291: 12-21.
- Chauhan, P.S. and R.M. Pandey. 1984. Relative $^{14}\text{CO}_2$ fixation by leaves and fruits, and translocation of ^{14}C -sucrose in mango. *Scientia Hort.* 22: 121-128.
- Cull, B.W. 1991. Mango crop management. *Acta Hort.* 291: 154-173.
- Ferrer, D.C. and J.W. Palmer. 1992. Effect of spur defoliation and ringing during bloom on fruiting, fruit mineral level and net photosynthesis of Golden Delicious apple. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 107: 1182-1186.
- Geigenberger, P., S. Langenberger, I. Wilke, D. Heineke, H.W. Heldt, and M. Stitt. 1993. Sucrose is metabolised by sucrose synthase and glycolysis within the phloem complex of *Ricinus communis* L. seedlings. *Planta* 190: 446-453.
- Hodge, J.E. and B.T. Hofreiter. 1962. Determination of reducing sugars and carbohydrates, pp. 380-394. In R.L. Whistler and M.L. Wolfrom (eds). *Methods in Carbohydrate Chemistry*. Vol. 2. Academic Press, New York.

- Kachru, R.B., R.N. Singh, and E.K. Chacko. 1971. Inhibition of flowering in mango (*Mangifera indica* L.) by gibberellic acid. *HortScience* 6: 140-141.
- Marschner, H. 1986. Mineral Nutrition of Higher Plants. Academic Press, New York.99
- Mills, H.A. and J. Benton Jones, Jr. 1996. Plant Analysis Handbook II. MicroMacro Publishing, Inc. Georgia.
- Nunez-Elisca, R. and T.L. Davenport. 1992. Requirement for mature leaves during floral induction and floral transition in developing shoots of mango. *Acta Hort.* 296: 33-37.
- Pandey, R.M. 1989. Physiology of flowering in mango. *Acta Hort.* 231: 361-380.
- Rom, C.R. and D.C. Ferree. 1986. Influence of fruit on spur photosynthesis and transpiration of Golden Delicious apple. *HortScience* 21: 1026-1029.
- Roper, T.R., J.D. Keller, W.H. Loescher, and C.R. Rom. 1988. Photosynthesis and carbohydrate partitioning in sweet cherry. Fruiting effects. *Plant Physiol.* 72: 42-47.
- Sanz, A., C. Monerri, J. Gonzalez-Ferrer, and J.L. Guardiola. 1987. Changes in carbohydrates and mineral elements in *Citrus* leaves during flowering and fruit set. *Physiol. Plant.* 69: 93-98.
- Schaffer, B.A., E. E. Goldschmidt, R. Goren, and D. Galili. 1985. Fruit set and carbohydrate status in alternate and nonalternate bearing *Citrus* cultivars. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 110: 574-578.
- Schaffer, B.A., A.W. Whiley, and J.H. Crane. 1994. Mango. pp 165-197. *In* B. Scheffer and P.C. Anderson. (eds.). Handbook of Environmental Physiology of Fruit Crops. CRC Press, Florida.
- Schaffer, B.A., A.W. Whiley, C. Searle, and R.J. Nissen. 1997. Leaf gas exchange, dry matter partitioning, and mineral element concentrations in mango as influenced by elevated atmospheric carbon dioxide and root restriction. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 122: 849-855.
- Shivashankara, K.S. and C.K. Mathai. 2000. Inhibition of photosynthesis by flowering in mango (*Mangifera indica* L.). A study by gas exchange methods. *Scientia Hort.* 83: 205-212.
- Smith, D., G.M. Paulsen, and C.A. Raguse. 1964. Extraction of total available carbohydrates from grass and legume tissues. *Plant Physiol.* 39: 960-962.
- Stassen, P.J.C. and B.P.H. Janse van Vuuren. 1996. Storage, redistribution and utilization of starch in young bearing "Sensation" mango trees. *Acta Hort.* 455: 151-159.
- Whiley, A.H., C. Searle, B.A. Schaffer, and B.N. Wolstenholme. 1999. Cool orchard temperatures or growing trees in containers can inhibit leaf gas exchange of avocado and mango. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 124: 46-51.

3.2 บทบาทของ Plant bioregulators ภายในผลต่อการติดผล และการเจริญเติบโตของผลมะม่วง

จากที่ได้กล่าวมาแล้วว่าปัจจุบันมีการใช้สารพาโคลบิวทราโซลซึ่งเป็น Plant bioregulators ชนิดหนึ่งที่บังคับให้มะม่วงออกดอกนอกฤดูได้ แต่เกษตรกรก็ยังประสบกับปัญหาต่าง ๆ อีกหลายด้าน เช่น การออกดอกที่ไม่สม่ำเสมอของมะม่วงในปีต่อมา และยังมีปัญหาต่อเนื่องตามมาหลังจากการใช้สาร คือ ดอกมะม่วงจะออกจำนวนมาก แต่สามารถพัฒนาไปเป็นผลได้น้อย อีกทั้งยังเกิดการร่วงของผลในระยะต่าง ๆ ก่อนการเก็บเกี่ยวเป็นจำนวนมาก โดยเฉพาะในระยะ 3 สัปดาห์แรกหลังดอกบาน (สมพร, 2524) ทำให้มีปริมาณผลผลิตก่อนข้างต่ำหรือไม่ได้ผลผลิตเลย ซึ่งปัญหาล่าช้านี้อาจเกิดจากสาเหตุหลายประการ ทั้งปัจจัยจากสภาพแวดล้อมและปัจจัยจากภายในต้นมะม่วงเอง ซึ่งปัจจัยภายในอันหนึ่งคือ Plant bioregulators โดยเฉพาะที่อยู่ภายในผลก็มีบทบาทต่อการติดผล การหลุดร่วง และการพัฒนาของผล มักพบว่าผลที่พัฒนาขึ้นมาโดยไม่มีเมล็ดเนื่องจากไม่ได้รับการผสมเกสรมักจะร่วงก่อนที่จะถึงเวลาเก็บเกี่ยว ผลดังกล่าวจะขาดเมล็ดซึ่งเป็นแหล่งสำคัญของ Plant bioregulators ได้แก่ ออกซิน จิบเบอเรลลิน และ ไซโตไคนิน (พีรเดช, 2529) นอกจากนี้ เอทิลีนก็เป็น Plant bioregulators ของพืชอีกชนิดหนึ่งที่มีบทบาทต่อการพัฒนาและการหลุดร่วงของผลเป็นอย่างมาก และเอทิลีนยังมีความสัมพันธ์กับโพลีเอมีน ซึ่งเป็นสารที่เกี่ยวข้องกับการติดผลและการเจริญเติบโตของผลด้วย และขณะนี้การศึกษาถึงผลของสารชนิดหลังนี้กันอย่างกว้างขวาง ในไม้ผลหลายชนิดแต่ในมะม่วงยังมีรายงานเกี่ยวกับสารนี้น้อยมาก จากปัญหาที่มะม่วงมีการติดผลน้อยและปัญหาผลร่วงในระหว่างการพัฒนาของผล จึงได้ทำการศึกษาถึงการเปลี่ยนแปลงของ Plant bioregulators ภายในผลมะม่วง ได้แก่ จิบเบอเรลลิน ไซโตไคนิน โพลีเอมีน และเอทิลีนในระหว่างการพัฒนาของผล ตั้งแต่เริ่มติดผลจนกระทั่งผลแก่สามารถเก็บเกี่ยวได้ เพื่อหาความสัมพันธ์ของสารดังกล่าวนี้กับการเจริญเติบโต และการหลุดร่วงของผลในระยะต่าง ๆ

การตรวจเอกสาร

มะม่วงในประเทศไทยส่วนใหญ่จะออกดอกปีละครั้ง ในระหว่างเดือนธันวาคมถึงเดือนกุมภาพันธ์ โดยจะต้องได้รับความแห้งแล้งและอากาศเย็นอย่างเพียงพอเสียก่อนจึงจะออกดอกได้ แต่มะม่วงบางพันธุ์ที่เป็นพันธุ์ทะวายจะออกดอกปีละ 2-3 ครั้ง เช่น พันธุ์น้ำดอกไม้ โชคอนันต์ เป็นต้น ดอกมะม่วงจะออกบริเวณปลายกิ่ง มีลักษณะเป็นช่อดอกซึ่งโดยทั่วไปมีขนาดยาวประมาณ 20-25 ซม. ในช่อดอกหนึ่ง ๆ มีดอก 2 ชนิด คือ ดอกเพศผู้ (staminate flower) และ ดอกสมบูรณ์เพศ (hermaphrodite flower) ปกติแล้วดอกเพศผู้จะมีปริมาณมากกว่าดอกสมบูรณ์เพศ (สนั่น, 2528) มะม่วงจะติดผลระหว่างเดือนมกราคมถึงมีนาคม ซึ่งการติดผลของมะม่วง คือ การเจริญเติบโตของรังไข่ หลังจากได้รับการถ่ายละอองเกสร (pollination) และมีการปฏิสนธิ (fertilization) เกิดขึ้น (Scholefield และ Oag, 1984)

การเจริญเติบโตของผลมะม่วง

ผลมะม่วงจัดเป็นผลแบบ fleshy drupe คือ มีลักษณะเป็นเนื้อที่มีผนังผลชั้นใน (endocarp) แข็ง ผนังผล (pericarp) จะประกอบด้วย ผนังผลชั้นนอก (exocarp) ที่มีลักษณะค่อนข้างเหนียว ผนังผลชั้นกลาง (mesocarp) มีลักษณะเป็นเนื้อและเป็นส่วนของผลที่รับประทานได้ ผนังผลชั้นใน (endocarp) ประกอบด้วยชั้นที่มีลักษณะแข็งด้านนอก และชั้นด้านในมีลักษณะเป็นแผ่นบางใส (papyraceous membrane) (วิจิตร, 2529) ผลมะม่วงมีการเจริญเติบโตแบบ simple sigmoid curve (Ram และ Pal, 1979) ซึ่งต่างจากผลแบบ drupe โดยทั่วไปที่จะมีการเจริญเติบโตแบบ double sigmoid curve เช่น บ๊วย (Japanese apricot) พีช (peach) มะกอกฝรั่ง (olive) (Lavee, 1977) การเจริญของผลมะม่วงสามารถแบ่งได้เป็น 3 ระยะ คือ

ระยะที่ 1 จะเกิดขึ้นใน 2 สัปดาห์แรกหลังจากติดผล โดยจะมีอัตราการเจริญเติบโตเกิดขึ้นอย่างช้า ๆ ระยะนี้ pericarp, nucellus และ integument มีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว แต่ endocarp และ embryo จะมีการเจริญช้ามาก

ระยะที่ 2 อัตราการเจริญเติบโตจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในระหว่างสัปดาห์ที่ 3 ถึง สัปดาห์ที่ 8 หลังติดผล ระยะนี้ pericarp มีการเจริญอย่างช้า ๆ endocarp เริ่มแข็งตัว nucellus และ integument เจริญถึงขีดสูงสุด ระยะนี้ endosperm เจริญเร็วมาก แต่ถูกนำไปใช้โดย embryo จน endosperm หหมดไป และ embryo เจริญเต็มที่

ระยะที่ 3 อัตราการเจริญเติบโตจะเกิดขึ้นช้า ๆ อย่างต่อเนื่องจนกระทั่งผลแก่ (Quintana และคณะ, 1984) เป็นระยะที่ pericarp โดยเฉพาะ exocarp และ mesocarp มีการเจริญอย่างรวดเร็วอีกครั้งหนึ่ง และค่อย ๆ ช้าลงจนสิ้นสุดเมื่อผลบริบูรณ์เต็มที่

ระยะเวลาของทั้ง 3 ระยะนี้จะแตกต่างกันไปตามพันธุ์ และสภาพแวดล้อม (ปวิณ, 2504; ดวงตรา, 2526)

สำหรับการเจริญเติบโตของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ พบว่าเป็นแบบ simple sigmoid curve เช่นกัน (เล็ก, 2526; ดวงตรา, 2526) โดยพบว่า ในสัปดาห์แรกหลังจากมะม่วงเริ่มติดผล (หลังดอกบาน 1 สัปดาห์) ผลจะมีขนาดเล็ก รูปร่างกลมเหมือนเมล็ดดั่วเขียว แต่ละผลจะมีการเจริญเติบโตใกล้เคียงกัน ในช่วงสัปดาห์ที่ 2 ผลเริ่มมีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว โดยมีอัตราการเพิ่มความยาวของผลมากกว่าความกว้างและความหนา ผลเริ่มมีลักษณะยาวรี ช่วงสัปดาห์ที่ 3 เป็นต้นไป ผลจะมีการเจริญทางด้านความยาวเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัด ส่วนอัตราการเพิ่มของความกว้างและความหนาจะน้อยกว่าความยาว แต่จะมีการเจริญเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ในสัปดาห์ที่ 10-13 ขนาดของผลจะเริ่มคงที่ อาจจะมีการเพิ่มความยาวอีกเล็กน้อย จนสัปดาห์ที่ 15-16 ผลจะมีขนาดคงที่ในทุก ๆ ด้าน (เล็ก, 2526) Nanthachai (1982) รายงานว่าผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้จะใช้เวลาการเจริญเติบโตในระยะที่ 1 ประมาณ 10 วัน ระยะที่ 2 ประมาณ 56 วัน และระยะที่ 3 ประมาณ 42 วัน ดังนั้นจึงใช้เวลาทั้งหมดตั้งแต่ดอกบานเต็มที่จนกระทั่งผลแก่ประมาณ 108 วัน ซึ่งใกล้เคียงกับที่วิจิตร (2529) และ จลองชัย (2532) รายงานไว้คือ ประมาณ 110 วัน

การเจริญของเมล็ดมะม่วงก็มีลักษณะคล้ายกับการเจริญและพัฒนาของผล โดยในช่วงสัปดาห์ที่ 3-4 เมล็ดมีการเจริญค่อนข้างช้า และมีลักษณะแบนรี ประมาณสัปดาห์ที่ 7 เมล็ดมีการเจริญทางด้านความยาวมากกว่าความกว้างและความหนา มีขนาดประมาณครึ่งหนึ่งของความยาวผล และมีความหนามากขึ้นเมื่อเทียบกับช่วงสัปดาห์ที่ 3-4 มีการเพิ่มขนาดอย่างรวดเร็ว จนกระทั่งประมาณสัปดาห์ที่ 11-12 เมล็ดจะมีอัตราการเพิ่มขนาดลดลงอย่างเห็นได้ชัด หลังจากสัปดาห์ที่ 13 เมล็ดจะหยุดการเจริญทางด้านความยาว และมีขนาดประมาณ 2 ใน 3 ของความยาวของผล (เล็ก, 2526; วิจิตร, 2529) endocarp ขยายตัวได้เร็วกว่าเมล็ด (seed) ทำให้เกิดช่องว่างภายในรังไข่ จนกระทั่งประมาณสัปดาห์ที่ 10 (ประมาณ 70-75 วันหลังดอกบาน) endocarp จะเริ่มแข็งตัว เป็นขั้นที่มีลักษณะแข็ง เหนียว การแข็งตัวนี้มีความสัมพันธ์โดยตรงกับการหยุดการเจริญเติบโตทันทีของเมล็ดที่กำลังขยายตัวอย่างรวดเร็ว ซึ่งขณะนั้นเมล็ดจะเกิดเต็มช่องว่างใน endocarp พอดี การแข็งตัวของ endocarp นี้ ใช้เวลาประมาณ 7 สัปดาห์สุดท้ายก่อนผลจะแก่ (วิจิตร, 2529)

การหลุดร่วงของผลมะม่วง (Fruit Drop)

การร่วงของผลก่อนที่ผลจะโตเต็มที่นั้น จะเกิดเป็นระยะในแต่ละช่วงของการเจริญเติบโต ซึ่งจะต่างกันไปตามชนิดของมะม่วงและแหล่งปลูก (วิจิตร, 2529) การร่วงในระยะแรกจะเกิดในช่วง 3-4 สัปดาห์หลังดอกบาน เป็นการร่วงของดอกและผลที่ไม่ได้รับการผสมเกสรหรือมีการผสมเกสรไม่สมบูรณ์ ผลที่ร่วงมักมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางน้อยกว่า 4 มิลลิเมตร การร่วงในระยะที่ 2 เป็นการร่วงของ

ผลที่ได้รับการผสมเกสรสมบูรณ์แล้วเป็นส่วนใหญ่ ผลที่ร่วงมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ 4-35 มิลลิเมตร แต่ส่วนใหญ่จะอยู่ระหว่าง 4-15 มิลลิเมตร จะเกิดกับผลที่มีอายุ 3-7 สัปดาห์ ซึ่งจะคาบเกี่ยวกับการร่วงครั้งแรก ระยะนี้เป็นระยะที่มีการร่วงสูงที่สุด สาเหตุของการร่วงน่าจะเกิดจากการแย่งอาหาร และ Plant bioregulators ภายในซ่อที่มีการติดผลเหมือนกัน และอาจเกิดจากสาเหตุอื่นได้อีก เช่น โรคแมลง ความชื้นในดินที่สูงหรือต่ำเกินไป การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอย่างรวดเร็ว การร่วงในระยะที่ 3 เป็นการร่วงของผลที่มีการพัฒนาไปมากแล้ว มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 16-35 มิลลิเมตร ผลมีอายุประมาณ 6-10 สัปดาห์ ระยะนี้จะมีการร่วงของผลค่อนข้างสม่ำเสมอ สาเหตุของการร่วงอาจเกิดจากการแย่งอาหาร น้ำ ตลอดจนสารที่จำเป็นในการเจริญเติบโตของผลระหว่างที่ผลมีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว นอกจากนี้อากาศร้อนและสภาพแล้งที่เกิดในช่วงนี้ ก็มีส่วนทำให้ผลร่วงได้เช่นกัน อย่างไรก็ตามการร่วงในระยะนี้ถือว่าน้อยมากเมื่อเทียบกับระยะอื่น (สนั่น, 2528; วิจิตร, 2529)

การร่วงของผลที่เกิดจากรังไข่ไม่ได้รับการผสมเกสร ทำให้ผลเหล่านี้ไม่สามารถติดอยู่บนต้นจนผลแก่ได้ เนื่องจากขาดเมลลิดซึ่งเป็นแหล่งสร้าง Plant bioregulators ที่สำคัญที่ใช้ในการเจริญเติบโตของผล ได้แก่ ออกซิน จิบเบอเรลลิน และไซโตไคนิน ซึ่งทำหน้าที่ร่วมกันในการแบ่งเซลล์ การยืดตัวของเซลล์ และการขยายขนาดของเซลล์ ในการเจริญเติบโตของผลนั้นจะขาด Plant bioregulators ชนิดใดชนิดหนึ่งไม่ได้ โดยเฉพาะออกซินซึ่งทำหน้าที่ป้องกันการเกิดรอยแยกบริเวณ abscission layer อันเป็นสาเหตุของการร่วง ส่วนไซโตไคนินมีความสำคัญในด้านการสื่อสารอาหารมาสะสมในผล ซึ่ง Plant bioregulators ชนิดนี้จะมีการสร้างมากในเมลลิดและเนื้อผล ถ้าผลมะม่วงเจริญเติบโตขึ้นมาโดยไม่มีเมลลิดในระยะแรกอาจมีการนำไซโตไคนินจากส่วนของเนื้อผลมาใช้ แต่เมื่อเวลาผ่านไประยะหนึ่งปริมาณไซโตไคนินจะลดลงอย่างรวดเร็ว จนผลมีอายุประมาณ 30 วันหลังจากติดผล ไซโตไคนินจะลดลงจนเหลือศูนย์ (Chen, 1983) ได้มีการทดลองใช้สารในกลุ่มออกซินและจิบเบอเรลลินฉีดพ่นให้แก่ผลมะม่วงเพื่อป้องกันการหลุดร่วง พบว่าสามารถช่วยป้องกันการร่วงจากสาเหตุอื่น ๆ ที่ไม่ได้เกิดจากปัญหาการผสมเกสร เช่น การแย่งอาหารและ Plant bioregulators ได้บ้าง แต่ก็ได้ผลไม่ดีเท่าที่ควร (พีรเดช, 2529) นอกจากนี้แล้ว การร่วงของผลอาจเกิดจากความไม่พอดีของธาตุอาหารที่ต้นมะม่วงได้รับ เช่น ถ้าต้นมะม่วงได้รับน้ำมากเกินไป มะม่วงจะได้รับไนโตรเจนมากเกินไปทำให้ผลร่วงได้ (วิจิตร, 2529)

Plant bioregulators กับ การเจริญเติบโตของผล

การพัฒนาของผลโดยทั่วไปเกิดจาก Plant bioregulators ที่ส่วนใหญ่สร้างขึ้นจากเมลลิด และบางส่วนก็สร้างขึ้นภายในเนื้อผลโดยตรง ผลจะมีการแบ่งเซลล์และขยายขนาดของเซลล์เพิ่มขึ้น ในช่วงแรกของการพัฒนาของผลจะมีการแบ่งเซลล์ในรังไข่ ซึ่งมักจะเสร็จสิ้นก่อนดอกบาน จนเมื่อเกิดการปฏิสนธิและเกิดเมลลิด ซึ่งเมลลิดเป็นแหล่งสำคัญของ Plant bioregulators ต่าง ๆ ทำให้เกิดการขยายขนาด

ของเซลล์ ผลจึงมีการเจริญเติบโตอย่างปกติ การที่เมล็ดเป็นแหล่งผลิต Plant bioregulators ที่สำคัญโดยเฉพาะ ออกซิน จิบเบอเรลลิน และไซโตไคนิน ทำให้มีการเคลื่อนที่ของอาหาร ทั้งคาร์โบไฮเดรตและกรดอะมิโนชนิดต่าง ๆ จากส่วนอื่น ๆ มายังเมล็ด ทำให้เนื้อเยื่อที่อยู่รอบเมล็ดได้รับอาหารมากขึ้น และเจริญเติบโตได้อย่างรวดเร็ว (พีรเดช, 2537ข)

Plant bioregulators ที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของผล ได้แก่

1) ออกซิน (Auxins)

ออกซินมีการสร้างมากที่ปลายยอด ปลายราก ตา และเมล็ดของพืช หน้าที่หลักอย่างหนึ่งของสารในกลุ่มออกซิน คือ ป้องกันการร่วงของผล ถ้าผลมีปริมาณออกซินมากพอ ผลนั้นก็จะอยู่ได้จนกระทั่งเก็บเกี่ยว แต่ถ้าผลขาดแหล่งที่สร้างออกซินที่สำคัญ คือ เมล็ด จะทำให้ผลนั้นไม่สามารถเจริญเติบโตต่อจนกระทั่งแก่และเก็บเกี่ยวได้ Pal และคณะ (1979) พบว่าออกซินหลายชนิดช่วยลดการร่วงของผลก่อนการเก็บเกี่ยวได้ในมะม่วงต่างประเทศบางพันธุ์

Hirata และคณะ (1980) ได้ทำการวิเคราะห์ปริมาณ IAA-like substances และ IBA-like substances ซึ่งเป็นสารในกลุ่มออกซิน ในระหว่างการเจริญเติบโตของผลพลับ พบว่า พลับพันธุ์ Fuyu ซึ่งเป็นพันธุ์ที่มีเมล็ด จะมีปริมาณ IAA-like substances และ IBA-like substances บริเวณผนังภายในเนื้อเยื่อของผลสูงมากในระยะที่เซลล์มีการแบ่งตัว (10-12 วันหลังดอกบาน) และ 50-60 วันหลังดอกบานเต็มที่ ส่วนพลับพันธุ์ Hiratanenashi ซึ่งไม่มีเมล็ดจะมีปริมาณ IAA-like substances และ IBA-like substances สูงเฉพาะในระยะที่เซลล์มีการแบ่งตัวเท่านั้น (8-10 วันหลังดอกบาน) ส่วนในพีช (*Prunus persica* L. Batsh) พบว่า ความเข้มข้นของ IAA จะสัมพันธ์กับอัตราการเจริญเติบโตของผลทางด้านขนาด เส้นผ่านศูนย์กลาง ความยาว และน้ำหนักแห้งของเมล็ด และเมื่อปริมาณ IAA สูงขึ้น อัตราการเจริญเติบโตจะสูงขึ้นด้วย นอกจากนี้ยังได้มีการศึกษาความเข้มข้นของ IAA ในเมล็ดพีชพันธุ์ Merpy พบว่า เมื่อเริ่มระยะที่ 3 ของการพัฒนาผล คือประมาณ 50-60 วันหลังจากดอกบาน จะมีความเข้มข้นของ IAA สูงที่สุด ($2.7 \mu\text{g/g FW}$) (Valpuesta และคณะ, 1989)

2) จิบเบอเรลลิน (Gibberellins)

จิบเบอเรลลินที่พบในต้นมะม่วงมีอยู่ 8 ชนิด คือ GA_1 , GA_3 , GA_4 , GA_5 , GA_6 , GA_7 , GA_9 และ GA ที่ยังจำแนกไม่ได้อีก 1 ชนิด GA_3 เป็นชนิดที่มีมากที่สุด การสร้างจิบเบอเรลลินจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับช่วงการเจริญเติบโตของต้นและสภาพแวดล้อม ในช่วงที่มะม่วงมีการเจริญเติบโตทางด้านกิ่งใบมากก็จะมีจิบเบอเรลลินในปริมาณมาก ถ้ามีไนโตรเจนในดินสูง หรือมีน้ำในดินมาก จะทำให้ต้นไม่มีการสร้างจิบเบอเรลลินได้มากขึ้น (พีรเดช, 2533)

จิบเบอเรลลินเป็น Plant bioregulators ที่เกี่ยวข้องกับการยืดตัวของเซลล์ และมีส่วนช่วยสนับสนุน Plant bioregulators ชนิดอื่นในการแบ่งเซลล์ด้วย ดังนั้นถ้าภายในผลมีปริมาณจิบเบอเรลลินมากจะทำให้ผลมีขนาดใหญ่ขึ้นได้ มีการทดลองกับองุ่นพันธุ์ Kishmish Chernyl โดยให้ GA_3 ความเข้มข้น 25 ppm ในระยะดอกบานเต็มที่ และหนึ่งเดือนหลังจากให้ครั้งแรก ทำให้ผลองุ่นมีขนาดและน้ำหนักผลดีขึ้น (Khan และ Singh, 1991) และการให้ GA_3 กับผลส้ม Valencia ที่ยังอ่อนอยู่ พบว่า GA_3 ช่วยรักษาให้ผลส้มคงอยู่บนต้นได้ 29% ของผลที่ได้รับ GA_3 และจะอยู่บนต้นจนกระทั่งผลแก่ เปรียบเทียบกับผลที่ไม่ได้รับ GA_3 ซึ่งจะเหลืออยู่บนต้นเพียง 2% เท่านั้น จากการวิเคราะห์ปริมาณ GA_3 ในเนื้อเยื่อของผลส้มโดยใช้ gas chromatography-mass spectrometry พบว่ามีปริมาณ GA_3 แตกต่างกันมาก ปริมาณ GA_3 ที่แตกต่างกันในผลอ่อนแต่ละผล อาจจะต่างกันถึง 1000 เท่า เป็นไปได้ว่าปริมาณ GA_3 ภายในผลมีความสัมพันธ์กับการคงอยู่บนต้นของผล (Turnbull, 1989)

3) ไซโตไคนิน (Cytokinins)

เป็น Plant bioregulators ที่เกี่ยวข้องกับการเจริญและพัฒนาของผลเช่นเดียวกัน ไซโตไคนินที่พืชสร้างขึ้นเองที่สำคัญได้แก่ Zeatin โดยมีแหล่งสร้างที่สำคัญอยู่ในเมล็ดและราก โดยเฉพาะเมล็ดเป็นแหล่งสร้างไซโตไคนินที่สำคัญ และมีส่วนในการค้ำอาหารจากส่วนอื่น ๆ มายังผลเพื่อช่วยในการเจริญเติบโต ถ้าเมล็ดเจริญมาได้ระยะหนึ่งแล้วตายไป จะทำให้ปริมาณไซโตไคนินลดน้อยลงและเกิดการร่วงของผลได้ Chen (1983) พบว่า ปริมาณไซโตไคนินในเนื้อผลมะม่วงจะเพิ่มมากขึ้นสูงสุดภายใน 5-10 วันหลังดอกบาน หลังจากนั้นปริมาณไซโตไคนินในเนื้อผลจะลดลงอย่างมากเมื่อผลมีอายุ 20 วันขึ้นไป ขณะเดียวกันปริมาณไซโตไคนินในเมล็ดจะค่อยๆ เพิ่มมากขึ้นจนมีปริมาณสูงสุดเมื่อผลมีอายุ 25-30 วัน และจะค่อย ๆ ลดลงเป็นลำดับจนกระทั่งผลแก่ ปริมาณไซโตไคนินที่พบนั้นจะพบในเมล็ดมากกว่าในเนื้อผล แต่ผลที่พัฒนาขึ้นมาโดยไม่ได้รับการผสมเกสรและไม่มีการพัฒนาของเมล็ดนั้น ในช่วงต้นของการติดผลจะมีไซโตไคนินอยู่บ้างเล็กน้อยในเนื้อผล แต่เมื่อผลมีอายุ 30 วัน จะพบว่าปริมาณไซโตไคนินในเนื้อผลเหลือเกือบเท่ากับศูนย์ ซึ่งทำให้มีการร่วงของผลตามมา

4) เอทิลีน (Ethylene)

เอทิลีนเป็น Plant bioregulators กลุ่มเดียวที่เป็นก๊าซ ซึ่งพืชสามารถสร้างขึ้นได้เองในทุกส่วน แต่บริเวณที่มีการสร้างมากคือ ปลายยอด ปลายราก ผล เมล็ด และจะสร้างขึ้นมากกว่าปกติเมื่อผลแก่จัดใกล้จะสุก หรือในช่วงที่ใบ ดอก และผลกำลังจะร่วง และบริเวณที่ได้รับบาดเจ็บ เอทิลีนเป็นสารที่เร่งการชราภาพ (senescence) ของพืช ถ้าต้นมะม่วงได้รับเอทิลีนมากเกินไป หรือสร้างเอทิลีนออกมามาก จะทำให้ใบ ดอก ผล ร่วงได้ (พีรเดช, 2533) จากการศึกษาในผล red raspberry พันธุ์ Glen Clova พบว่า เอทิลีนจะมีการผลิตเพิ่มขึ้นในระหว่างการพัฒนาของผล ในผลอ่อนที่มีสีเขียวจะมีความเข้มข้นของเอทิลีนต่ำ แต่เอทิลีนจะเพิ่มขึ้นเมื่อเกิดการร่วง และการสุกของผล (Burdon และ Sexton, 1991)

5) กรดแอบไซซิก (Absciscic acid ; ABA)

ABA อยู่ในกลุ่มของสารยับยั้งการเจริญเติบโตของพืช ซึ่งสามารถยับยั้งหรือชะลอขบวนการทางสรีรวิทยาหรือขบวนการทางชีวเคมีของพืชได้ ตามธรรมชาติของพืชจำเป็นต้องมีสารยับยั้งการเจริญเติบโตอยู่ด้วยเสมอ เพื่อควบคุมขบวนการต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นภายในพืชไม่ให้เกิดมากเกินไป นอกจากนี้ยังมีหน้าที่ควบคุมขบวนการแก่ของพืช การหลุดร่วงของใบ ดอก และผล รวมทั้งมีผลในการยับยั้งไม่ให้พืชเติบโตในสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมด้วย (พีรเดช, 2537ก) Bains และคณะ (1997) รายงานว่า ผลมะม่วงพันธุ์ Dusheri ที่กำลังจะร่วง มีความเข้มข้นของ IAA และ GA_3 ลดลง ในขณะที่ความเข้มข้นของ ABA เพิ่มขึ้น ทั้งในส่วนของผลอ่อนและ pedicel แสดงว่า การหลุดร่วงของผลอ่อนของมะม่วงพันธุ์นี้อาจมีความสัมพันธ์กับระดับ IAA และ GA_3 ที่ลดต่ำลง และระดับของ ABA ที่เพิ่มสูงขึ้นทั้งในผลอ่อนและ pedicel

6) โพลีเอมีน (Polyamines)

โพลีเอมีนเป็นสารที่พบอยู่ในเซลล์ทุกชนิดทั้ง prokaryotes และ eukaryotes รวมทั้งเซลล์พืชด้วย (Galston และ Kaur-Sawhney, 1995) พบว่าโพลีเอมีนเกี่ยวข้องกับการพัฒนาของพืชหลายขบวนการ เช่น สนับสนุนการเจริญเติบโตของเนื้อเยื่อบางชนิด ชะลอการแก่ของใบ การแบ่งเซลล์ (cell division) การเกิดเอ็มบริโอ (embryogenesis) การสร้างราก (root formation) floral initiation การพัฒนาของดอก (floral development) การพัฒนาของผล (fruit development) และ การสร้างละอองเกสร (pollen formation) (Evans และ Malmberg, 1989; Bagni และ Torrigiani, 1992b)

โพลีเอมีนมีหลายชนิดด้วยกัน แต่ในพืชชนิดที่สำคัญ และรู้จักโดยทั่วไป มีอยู่ 3 ชนิด คือ 1) putrescine (PUT) 2) spermidine (SPD) 3) spermine (SPM) (Bagni และ Pistocchi, 1992)

โพลีเอมีนสังเคราะห์ขึ้นมาจากกรดอะมิโน โดยผ่านกระบวนการ decarboxylation ซึ่งกรดอะมิโนที่เป็นโครงคาร์บอนหลัก (carbon skeleton) ของโพลีเอมีน ได้แก่ arginine, ornithine และ lysine สาร PUT เป็นสารตั้งต้น (precursor) ของ SPD และ SPM ซึ่งการสังเคราะห์ SPD และ SPM จาก PUT และ methionine นี้จะผ่านกระบวนการ decarboxylation ของ S-adenosylmethionine (SAM) (Bagni และ Torrigiani, 1992) SAM ไม่ได้เป็นสารตั้งต้นของ SPD และ SPM เพียงอย่างเดียว แต่ยังเปลี่ยนเป็น 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid (ACC) ซึ่งเป็นสารตั้งต้นของเอทิลีนด้วย ดังนั้นถ้าให้โพลีเอมีนแก่พืชจะสามารถยับยั้งผลของเอทิลีนที่มีต่อขบวนการทางสรีรวิทยาของพืชได้ และเนื่องจาก SAM สามารถสังเคราะห์ต่อไปเป็นโพลีเอมีนหรือเอทิลีนก็ได้ ถ้าพืชสังเคราะห์ endogenous polyamines มาก โอกาสที่จะสังเคราะห์เอทิลีนจะลดลง จึงเป็นไปได้ว่า สารประกอบ 2 ชนิดนี้อาจมีความสัมพันธ์กัน ซึ่งจะมีผลต่อการเจริญเติบโตและการชราภาพของพืช (Galston และ Kaur-Sawhney, 1987) ซึ่งปฏิสัมพันธ์

(interaction) ที่เกิดจากเอทิลีนและโพลีเอมีนมีการใช้ intermediate ร่วมกันนี้ จึงอาจมีการแข่งขันกันใช้ intermediate ชนิดเดียวกัน คือ SAM (Bagini และ Pistocchi, 1992)

Biasi และคณะ (1988) ศึกษาปริมาณโพลีเอมีนในผลแอปเปิลพันธุ์ Golden Delicious ตั้งแต่ระยะดอกบานจนกระทั่งเก็บเกี่ยว โดยใช้ thin layer chromatography พบว่าปริมาณของ free polyamines แสดงอยู่ในหน่วยนาโนโมลต่อกรัมน้ำหนักสด (nmol /g fresh weight) ซึ่งโพลีเอมีนจะมีปริมาณสูงในระยะดอกบาน แล้วค่อย ๆ ลดลงจนกระทั่งเก็บเกี่ยว ปริมาณ PUT จะสูงอยู่ 2 ระยะ คือ ช่วงแรกในระยะดอกบาน ส่วนอีกช่วงจะอยู่ที่ประมาณ 40 วันหลังดอกบานเต็มที่ ส่วนปริมาณ SPD จะสูงเพียงช่วงเดียว คือ วันที่ 20 หลังดอกบานเต็มที่ ซึ่งเป็นขณะเดียวกับที่ PUT มีปริมาณลดลง ส่วนการเปลี่ยนแปลงปริมาณของ SPM มีแนวโน้มคล้ายกับการเปลี่ยนแปลงปริมาณของ PUT ส่วนการศึกษาความเข้มข้นของโพลีเอมีนซึ่งสกัดออกมาจากชั้น mesocarp ของผลอะโวคาโด (*Persea americana* Mill.) พันธุ์ Simmonds โดยใช้ high performance liquid chromatography ในระหว่างการพัฒนาของผลอะโวคาโด ตั้งแต่ระยะดอกบานเต็มที่จนกระทั่งผลพัฒนาเต็มที่ (5 เดือนหลังดอกบานเต็มที่) พบว่าความเข้มข้นของโพลีเอมีนแต่ละชนิดมีความแตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัด ความเข้มข้นของ PUT ในระหว่างการพัฒนาของผลระยะแรกจะต่ำกว่าความเข้มข้นของ SPD และ SPM แต่สูงกว่า agmatine จนเมื่อผลเริ่มมีการขยายขนาด ความเข้มข้นของ PUT จะเพิ่มขึ้นมากกว่า 5 เท่าจากความเข้มข้นเริ่มต้นในระยะดอกบาน ส่วนความเข้มข้นของ SPD เพิ่มขึ้น 1.6 เท่า และความเข้มข้นของ SPM เพิ่มขึ้น 1.4 เท่า ขณะที่ความเข้มข้นของ agmatine เพิ่มขึ้นเพียง 0.8 เท่า หลังจากผลพัฒนาไปแล้ว 2 เดือน ระดับความเข้มข้นของ PUT จะลดลงมาจนเหลือน้อยกว่าความเข้มข้นของ SPD และ SPM เมื่อผลมีการพัฒนาเต็มที่ แล้วความเข้มข้นของโพลีเอมีนจะมีระดับเท่ากับในระยะดอกบานเต็มที่ ในระหว่างการพัฒนาของผล ความเข้มข้นของโพลีเอมีนที่วัดได้จากการไทเทรต (polyamines titer) จะมีรูปแบบการเปลี่ยนแปลงเหมือนกับการเปลี่ยนแปลงของ DNA โดยในระยะแรกของการพัฒนาผลจะมีระดับสูงกว่าระยะหลังของการพัฒนา ซึ่งแสดงให้เห็นว่ามีการสังเคราะห์โพลีเอมีนในระหว่างที่มีการแบ่งเซลล์ (Kushad และคณะ, 1988)

Biasi และคณะ (1988) พบว่า มีความสัมพันธ์ระหว่างการติดผล การเจริญเติบโตของผล และปริมาณโพลีเอมีนภายในผลแอปเปิล โดยในระหว่างสัปดาห์แรกหลังดอกบานเต็มที่ (full bloom) จะมีระดับของ free polyamines สูง จากนั้นจะค่อย ๆ ลดลง และพบว่าถ้าผลมีระดับโพลีเอมีนต่ำหรือลดลง จะมีการหลุดร่วงของผลมาก

นอกจากจะมีการศึกษาเกี่ยวกับชนิดและปริมาณของโพลีเอมีนภายในพืชแล้ว ยังได้มีการศึกษาผลของสารชนิดนี้เมื่อให้จากภายนอกอีกด้วย จากการทดลองฉีดพ่นโพลีเอมีน 3 ชนิด คือ PUT, SPD และ SPM ที่ความเข้มข้นระดับต่าง ๆ (10^{-3} , 10^{-4} , 10^{-5} และ 10^{-6} โมลาร์) ให้กับช่อดอกมะม่วง 2 พันธุ์ คือ Langra และ Dashehari ในระยะก่อนดอกบาน และในระยะดอกบานเต็มที่ เพื่อศึกษาผลของสารโพลี

อามีนเหล่านี้ที่มีต่อการติดผล และการรักษาผลให้คงอยู่บนต้น พบว่า PUT ที่ความเข้มข้น 10^{-4} โมลาร์ สามารถเพิ่มการติดผลได้ในมะม่วงพันธุ์ Dashehari เมื่อฉีดพ่นให้ในระยะก่อนดอกบาน ในขณะที่ SPM ความเข้มข้น 10^{-4} โมลาร์ จะมีผลกระทบทำให้เกิดการติดผลมากขึ้นในพันธุ์ Langra เมื่อฉีดพ่นให้ในระยะดอกบานเต็มที่ การฉีดพ่นโพลีอามีนให้ในระยะดอกบานเต็มที่ จะทำให้สามารถรักษาผลให้อยู่บนต้นได้มากกว่าการฉีดพ่นในระยะก่อนดอกบาน (Singh และ Singh, 1995)

จากที่กล่าวมาจะเห็นได้ว่า Plant bioregulators แต่ละชนิดต่างมีบทบาทในการพัฒนาของผล แต่อย่างไรก็ตามการพัฒนาของผลน่าจะขึ้นกับสมดุลระหว่าง Plant bioregulators ชนิดต่างๆ ในผล มากกว่าจะขึ้นกับบทบาทของ Plant bioregulators ชนิดใดชนิดหนึ่งเพียงอย่างเดียว ซึ่งหากขาด Plant bioregulators ชนิดใดไป อาจทำให้ผลนั้นไม่สามารถเจริญเติบโตจนถึงเก็บเกี่ยวได้ Ram (1992) ได้ศึกษาการเจริญเติบโตของผลมะม่วงพันธุ์ Dashehari, Chausa และ Langra พบจิบเบอเรลลินปริมาณมากเฉพาะในส่วนของเมล็ดเท่านั้น ส่วนใน pericarp พบในปริมาณที่น้อยมาก ซึ่งปริมาณจิบเบอเรลลินในเมล็ดจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วระหว่างการพัฒนาของเมล็ดในระยะแรก และลดลงเมื่อเมล็ดเจริญเต็มที่ ส่วนไซโตไคนินนั้นพบทั้งในเมล็ดและ pericarp โดยความเข้มข้นของไซโตไคนินในผลจะเพิ่มสูงขึ้น 2 ระยะ คือระยะที่ผลมีการแบ่งเซลล์อย่างรวดเร็ว และระยะที่เซลล์มีการขยายขนาดอย่างรวดเร็ว ส่วนระดับของ ABA-like substances มีปริมาณสูงในระหว่าง 21 วันแรกหลังการถ่ายละอองเกสร (pollination) ซึ่งอาจเป็นสาเหตุทำให้ในระยะแรกผลมีการเจริญเติบโตช้า และเกิดการร่วงมาก อัตราการเจริญเติบโตของผลมะม่วงเพิ่มขึ้นเมื่อระดับของ ABA-like substances ลดลง และระดับของสารที่ช่วยสนับสนุนการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้น เมื่อผลแก่ระดับของ Plant bioregulators ภายในผลทั้งหมดจะลดต่ำลง ดังนั้นการขาดไซโตไคนิน จิบเบอเรลลิน และออกซิน รวมทั้งการมีสารยับยั้งการเจริญเติบโตสูงภายในผลจึงน่าจะเป็นสาเหตุหนึ่งของการร่วงของผลมะม่วง

นอกจากนี้จะเห็นได้ว่าโพลีอามีนเป็นสารที่มีบทบาทสำคัญต่อกระบวนการทางสรีรวิทยาของพืชหลายประการ รวมทั้งการพัฒนาของผลด้วย จากการศึกษาทั้งปริมาณ endogenous polyamines และการให้โพลีอามีนจากภายนอกแก่ผลของพืชหลายชนิด พบว่าโพลีอามีนมีบทบาทต่อการติดผลและการเจริญเติบโตของผล ดังนั้นโพลีอามีนจึงอาจจะมีบทบาทต่อการติดผลและการเจริญเติบโตของผลมะม่วงด้วยเช่นเดียวกัน

อุปกรณ์และวิธีการ

1) การศึกษาระดับของสารคลอโรฟิลล์และแคโรทีนอยด์ในผล

อุปกรณ์

ต้นมะม่วงพันธุ์เขียวเสวยอายุ 5 ปีที่ยังไม่ได้รับการให้ Plant bioregulators ใดๆ มาก่อน จำนวน 6 ต้น ที่อำเภอ บางใหญ่ จังหวัดนนทบุรี โดยทำการศึกษาดังแต่ผลมีอายุ 3 สัปดาห์หลังดอกบาน จนกระทั่งถึงระยะเก็บเกี่ยวเมื่ออายุ 12 สัปดาห์หลังดอกบาน

การทดลองที่ 1.1 ศึกษาการติดผลของมะม่วงพันธุ์เขียวเสวย

สุ่มเลือกช่อดอกมะม่วงที่มีขนาดและความยาวใกล้เคียงกันจำนวน 3 ช่อต่อต้น แล้วผูกป้ายพลาสติกไว้ที่กิ่งและหาอัตราการติดผลตั้งแต่วันที่ดอกบานเต็มที่ คือวันที่ 31 มกราคม พ.ศ. 2540 ซึ่งมีจำนวนดอกบานประมาณร้อยละ 60 ของแต่ละช่อดอก ทำการบันทึกจำนวนช่อดอกที่ติดผลและจำนวนผลต่อช่อทุกสัปดาห์ ตั้งแต่สัปดาห์ที่ 1 หลังดอกบาน จนกระทั่งอัตราการติดผลคงที่ในวันที่ 7 มีนาคม พ.ศ. 2540

การทดลองที่ 1.2 ศึกษาการเจริญเติบโตของผลมะม่วงพันธุ์เขียวเสวย

เก็บตัวอย่างผลแบบสุ่มจำนวน 10-15 ผลทุกสัปดาห์ เริ่มเก็บตัวอย่างครั้งแรกเมื่อผลมะม่วงมีอายุ 3 สัปดาห์หลังดอกบาน (วันที่ 15 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2540) จนกระทั่งถึงระยะเก็บเกี่ยวผล (วันที่ 18 เมษายน พ.ศ. 2540) นำตัวอย่างที่เก็บมาบรรจุใส่ถุงพลาสติกแช่ในน้ำแข็ง แล้วรีบนำไปยังห้องปฏิบัติการภาควิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล จากนั้นทำการวัดการเจริญเติบโตของผลมะม่วงโดยวัด 1. ความกว้างผล (ส่วนที่กว้างที่สุดของผลทางด้านแบน) 2. ความยาวผล (ส่วนที่ยาวที่สุดของผล) 3. น้ำหนักผล 4. น้ำหนักเมล็ด

การทดลอง 1.3 ศึกษาปริมาณสารคลอโรฟิลล์และแคโรทีนอยด์ในผลมะม่วงพันธุ์เขียวเสวยที่ระยะต่างๆ

ใช้ตัวอย่างเดียวกันกับการทดลองที่ 1.2 โดยหลังจากวัดการเจริญเติบโตของผลแล้ว แยกส่วนของเมล็ด และเนื้อผลออกจากกัน แล้วเก็บรักษาไว้ในอุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เพื่อรอการวิเคราะห์ต่อไป

การวิเคราะห์หาปริมาณสารคล้ายจิบเบอเรลลิน

แบ่งตัวอย่างที่จะวิเคราะห์เป็น 3 กลุ่ม คือ ก) ตัวอย่างที่ไม่สามารถแยกเมล็ดและเนื้อผลออกจากกันได้ (whole fruit) คือ ตัวอย่างผลมะม่วงเมื่ออายุ 3 และ 4 สัปดาห์หลังดอกบาน ข) ตัวอย่างเมล็ด ค) ตัวอย่างเนื้อผล จะศึกษาเฉพาะส่วนของ mesocarp และ exocarp นำตัวอย่างแต่ละส่วนในแต่ละช่วงเวลามาชั่งน้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น บันทึกผลเก็บไว้ วิเคราะห์หาปริมาณสารคล้ายจิบเบอเรลลินภายในผลมะม่วงพันธุ์เขียวเสวยโดยการสกัดด้วย ethyl acetate ใช้เฉพาะส่วน ethyl acetate phase มาวิเคราะห์ปริมาณสารคล้ายจิบเบอเรลลินแล้ว จึงทำให้บริสุทธิ์ โดยดัดแปลงจากวิธีการของ Ogada (1993) หลังจากนั้น ทดสอบหาปริมาณทางชีววิธีโดยใช้ secondary leaf sheath ของข้าวพันธุ์ Tan-ginbozu dwarf rice เป็นตัวทดสอบด้วยวิธี microdrop method เปรียบเทียบกับ GA₃ standard

การวิเคราะห์หาปริมาณสารคล้ายไซโตไคนิน

ใช้ตัวอย่างเดียวกับการวิเคราะห์ปริมาณจิบเบอเรลลิน โดยการสกัดด้วย ethyl acetate ใช้เฉพาะส่วน water phase มาวิเคราะห์หาปริมาณสารคล้ายไซโตไคนินแล้วจึงทำให้บริสุทธิ์ โดยดัดแปลงจากวิธีการของ Paksasorn (1995) หลังจากนั้นทดสอบหาปริมาณทางชีววิธีโดยใช้ chlorophyll formation ในใบเลี้ยงของแตงกวาพันธุ์ B-52 เป็นตัวทดสอบ โดยเปรียบเทียบกับ BA (6-Benzylamino purine) standard

2) การศึกษาระดับของโพธิ์อามีน และเอทิลีนภายในผล

อุปกรณ์

ต้นมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 อายุประมาณ 8 ปี ที่สมบูรณ์และมีขนาดใกล้เคียงกัน จากสวนมะม่วง อ. สามพราน จ. นครปฐม จำนวน 32 ต้น

การทดลองที่ 2.1 ศึกษาการติดผลของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4

สุ่มเลือกช่อดอกระยะดอกแรกบาน จากต้นมะม่วงที่เลือกไว้จำนวน 63 ช่อ นับจำนวนช่อที่ติดผล และจำนวนผลในแต่ละช่อทุกสัปดาห์ ตั้งแต่เริ่มติดผลจนกระทั่งเก็บเกี่ยว รวม 15 สัปดาห์ แล้วนำมาคำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์ช่อดอกที่ติดผล และจำนวนผลเฉลี่ยต่อ 1 ช่อดอก

การทดลองที่ 2.2 ศึกษาการเจริญเติบโตของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4

คัดเลือกผลมะม่วงจากต้นมะม่วงที่คัดเลือกไว้ ซึ่งเป็นต้นเดียวกับในการทดลองที่ 2.1 สุ่มเลือกผลมะม่วงที่มีอายุเท่า ๆ กัน จำนวน 3 ผล ในแต่ละสัปดาห์ ตั้งแต่เริ่มติดผล (1 สัปดาห์หลังดอกแรก

บาน) จนกระทั่งผลแก่สามารถเก็บเกี่ยวได้ รวม 15 สัปดาห์ นำมาชั่งน้ำหนัก วัดความกว้าง ความยาว และความหนาของผล

การทดลองที่ 2.3 ศึกษาปริมาณโพลิอามีนและเอทิลีนในระหว่างการเจริญเติบโตของผลมะม่วงพันธุ์ น้ำดอกไม้เบอร์ 4

การทดลอง 2.3.1 ศึกษาปริมาณโพลิอามีนในระหว่างการเจริญเติบโตของผล

ใช้ต้นมะม่วงต้นเดียวกันกับการทดลองที่ 2.1 และ 2.2 สุ่มเลือกผลที่มีอายุเท่ากันในแต่ละสัปดาห์จำนวน 2 ผล หรือให้ได้น้ำหนักผลสดอย่างน้อย 3 กรัมทุกสัปดาห์ ตั้งแต่เริ่มติดผล (1 สัปดาห์หลังดอกแรกบาน) จนกระทั่งเก็บเกี่ยว รวม 15 สัปดาห์ นำผลมะม่วงมาเก็บรักษาไว้ในตู้เย็นที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เพื่อรอการวิเคราะห์ต่อไป

การวิเคราะห์หาปริมาณของโพลิอามีนชนิดต่าง ๆ

นำผลมะม่วงที่เก็บไว้ในแต่ละสัปดาห์ มาทำความสะอาด โดยเช็ดเศษฝุ่นและคราบต่าง ๆ ออก ในระยะ 3 สัปดาห์แรกผลมีขนาดเล็กมากไม่สามารถแยกเมล็ดออกจากเนื้อผลได้ จึงนำมาวิเคราะห์ทั้งผล โดยแยกฐานรองดอกออกไม่นำมาวิเคราะห์ เมื่อผลมีอายุ 4 สัปดาห์ขึ้นไป ผลมีขนาดใหญ่ขึ้น และสามารถแยกเมล็ดออกจากเนื้อผลได้จึงทำการแยกเมล็ดและเนื้อผลออกจากกัน เพื่อนำมาวิเคราะห์ปริมาณโพลิอามีนในส่วนของเนื้อผลและเมล็ดต่อไป ชนิดของโพลิอามีนที่ทำการศึกษา ได้แก่ PUT, SPD และ SPM ซึ่งเป็นโพลิอามีนสำคัญที่พบในพืช โดยใช้วิธีการสกัด และทำให้บริสุทธิ์ตามวิธีการของ Smith และ Davies (1985)

การตรวจหาปริมาณของโพลิอามีนด้วย HPLC

นำสารตัวอย่างที่ผ่านการสกัดและทำให้บริสุทธิ์มาผ่าน dansylation แล้วนำมาฉีดเข้าเครื่อง HPLC ที่มี reverse phase เป็น C_{18} ขนาด 25 cm x 4.6 mm ใช้เมทานอลและน้ำกลั่นเป็น mobile phase โดยให้มีการชะล้างสารตัวอย่างผ่าน stationary phase เป็นแบบ simple linear gradient เริ่มจากให้เมทานอลมีความเข้มข้น 60 % (ในน้ำกลั่น) แล้วค่อย ๆ เพิ่มความเข้มข้นของเมทานอลขึ้น จนกระทั่งมีความเข้มข้น 100 % ซึ่งจะใช้เวลาประมาณ 27-28 min โดยให้มีอัตราการไหล (flow rate) ของ mobile phase เป็น 1 ml/min วัดปริมาณ dansylamine ด้วย fluorescence detector ซึ่งมี excitation wavelengths 365 nm และมี emission wavelengths 510 nm วัดค่าความเข้มข้นของสารซึ่งแสดงออกมาในรูปของพื้นที่ใต้กราฟ จากนั้นนำค่าที่ได้มาเทียบกับกราฟมาตรฐาน แล้วนำมาคำนวณเป็นความเข้มข้นของโพลิอามีนต่อ 1 กรัม น้ำหนักสด

การทดลองที่ 2.3.2 ศึกษาปริมาณเอทิลีนในระหว่างการเจริญเติบโตของผล

สุ่มเลือกผลมะม่วงที่มีอายุเท่ากันในแต่ละสัปดาห์ ตั้งแต่เริ่มติดผล (1 สัปดาห์หลังดอกแรกบาน) จนกระทั่งเก็บเกี่ยว (15 สัปดาห์หลังดอกแรกบาน) มาเก็บในขวดโหลที่มีฝาปิดสนิท ขวดละ 2 ผล แต่ในขณะที่ผลมีขนาดเล็กมากจะใช้น้ำหนักเป็นเกณฑ์ โดยให้น้ำหนักของผลมะม่วงในแต่ละขวดเท่ากันหรือใกล้เคียงกัน ปิดฝาไว้นาน 3 ชั่วโมง ดูดก๊าซที่อยู่ในขวดโหลออกมาเก็บไว้ในหลอดสูญญากาศ จากนั้นนำไปวิเคราะห์หาปริมาณเอทิลีนด้วยเครื่อง gas chromatography ซึ่งมีเครื่องตรวจสอบชนิด flame ionization detector จากนั้นนำความเข้มข้นของเอทิลีนที่ได้มาคำนวณความเข้มข้นของเอทิลีนที่ผลมะม่วง 1 กรัม ผลิตออกมาในเวลา 1 ชั่วโมง

สถานที่และระยะเวลาการศึกษา

สถานที่ทำการศึกษา

- สวนมะม่วงของ คุณสุมาลี ธรรมศิริ อ.บางใหญ่ จ.นนทบุรี
- สวนมะม่วงของ ร.ต. สมควร พยุง เลขที่ 91 ม.1 ต. คลองใหม่ อ. สามพราน จ.

นครปฐม

- ห้องปฏิบัติการภาควิชาพฤกษศาสตร์ และศูนย์เครื่องมือรวม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล กรุงเทพมหานคร
- หน่วยวิจัยพืชผลหลังเก็บเกี่ยว ฝ่ายปฏิบัติการวิจัยและเรือนปลูกทดลอง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ. นครปฐม

ระยะเวลาการศึกษา

เริ่มทำการศึกษาดังแต่เดือนพฤศจิกายน 2540 และสิ้นสุดการศึกษาในเดือนธันวาคม 2541

ผลการทดลอง

1) การศึกษาระดับสารคลอโรฟิลล์และโปรตีนภายในผล

การทดลองที่ 1.1 ศึกษาการติดผลของมะม่วงพันธุ์เขียวเสวย

การศึกษการติดผลของมะม่วงพันธุ์เขียวเสวย โดยให้สัปดาห์ที่ 1 เป็นสัปดาห์ที่มีจำนวนดอกบานมากที่สุด มีอัตราการติดผลเริ่มต้น คือ 60% ต่อมาในช่วงสัปดาห์ที่ 2 และ 3 หลังดอกบาน พบว่าอัตราการติดผลลดลงอย่างชัดเจนเป็น 53.18% และ 24.39% ตามลำดับ ต่อมาอัตราการติดผลจะเริ่มคงที่ (7.44%) หลังจากสัปดาห์ที่ 6 จนกระทั่งถึงระยะเก็บเกี่ยวในสัปดาห์ที่ 12 หลังดอกบาน (ภาพที่ 3.2)

การทดลองที่ 1.2 ศึกษาการเจริญเติบโตของผลมะม่วงพันธุ์เขียวเสวย

การเจริญเติบโตของผลมะม่วงพันธุ์เขียวเสวย ทั้งด้านขนาด (ความกว้าง และความยาว) น้ำหนักผล และน้ำหนักเมล็ดเป็นแบบ Simple Sigmoid Curve คือ ตั้งแต่สัปดาห์ที่ 3 หลังดอกบาน ผลจะเพิ่มขนาดด้านความยาวมากกว่าความกว้าง และในช่วงสัปดาห์ที่ 5 และ 8 จะมีการเพิ่มด้านความยาวและความกว้างอย่างเด่นชัด คือความยาวผลเฉลี่ยจาก 3.81 เซนติเมตร เป็น 12.70 เซนติเมตร และความกว้างผลเฉลี่ยจาก 1.97 เซนติเมตร เป็น 5.94 เซนติเมตร ต่อมาในช่วงสัปดาห์ที่ 9 ความยาวและความกว้างผลจะเพิ่มขนาดขึ้นเล็กน้อยและเริ่มคงที่จนกระทั่งถึงระยะเก็บเกี่ยว (ภาพที่ 3.3)

ส่วนการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักผลและน้ำหนักเมล็ดนั้น ในช่วงสัปดาห์ที่ 7 และ 8 พบการเพิ่มขึ้นของน้ำหนักทั้งส่วนของผลและเมล็ดอย่างรวดเร็ว คือ น้ำหนักผลเฉลี่ย 66.89 กรัม ในสัปดาห์ที่ 7 เป็น 174.84 กรัม ในสัปดาห์ที่ 8 โดยเฉพาะในส่วนของน้ำหนักเมล็ดเพิ่มจาก 3.26 กรัม ในสัปดาห์ที่ 7 เป็น 11.35 กรัม ในสัปดาห์ที่ 8 หลังจากสัปดาห์ที่ 8 เป็นต้นไปน้ำหนักผลยังคงเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนกระทั่งถึงระยะเก็บเกี่ยวในสัปดาห์ที่ 12 ในขณะที่น้ำหนักเมล็ดค่อนข้างจะคงที่ (ภาพที่ 3.3)

การทดลองที่ 1.3 ศึกษาปริมาณสารคลอโรฟิลล์และโปรตีน ในระหว่างการเจริญเติบโตของผลมะม่วงพันธุ์เขียวเสวย

จากการวิเคราะห์หาปริมาณสารคลอโรฟิลล์ภายในของผลมะม่วงโดยวิธี พบว่าเมื่อผลอายุ 3 และ 4 สัปดาห์หลังดอกบาน ผลขนาดเล็กที่ไม่สามารถแยกส่วนเมล็ดออกจากเนื้อผลได้นั้น จะมีปริมาณสารคลอโรฟิลล์ภายในเป็น 10.32 ng/gFW และ 16.64 ng/gFW ตามลำดับ ต่อมาใน

สัปดาห์ที่ 5 ปริมาณสารคลอโรฟิลล์เบอโรลลินภายในเมล็ด มีปริมาณเพิ่มขึ้นสูงที่สุด คือ 92.72 ng/gFW จากนั้นจะลดลงในสัปดาห์ที่ 6 อย่างเด่นชัด และเริ่มคงที่ในสัปดาห์ที่ 7 ที่ระดับปริมาณ 5.4 ng/gFW ในส่วนของเนื้อผล พบว่ามีปริมาณสารคลอโรฟิลล์เบอโรลลินภายในสูงเมื่ออายุผลยังน้อย คือที่อายุ 4 สัปดาห์หลังดอกบานจะมีปริมาณสูงที่สุดเป็น 8.3 ng/gFW และปริมาณสารคลอโรฟิลล์เบอโรลลินภายในจะลดลงเมื่อผลมีอายุมากขึ้น และคงที่ที่ระดับปริมาณเฉลี่ย 2.5 ng/gFW ในผลมะม่วงเมื่ออายุ 3 สัปดาห์หลังดอกบานมีปริมาณสารคลอโรฟิลล์เบอโรลลินภายในทั้งหมดคือ 10.9 ng/gFW แล้วเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วจนมีปริมาณสูงสุดคือ 96.6 ng/gFW ในสัปดาห์ที่ 5 ต่อมาในสัปดาห์ที่ 6 ปริมาณสารจะลดลงอย่างรวดเร็วเช่นกัน และเริ่มคงที่ในสัปดาห์ที่ 7 ที่ระดับปริมาณเฉลี่ย 7.4 ng/gFW (ภาพที่ 3.4)

ส่วนปริมาณสารคลอโรฟิลล์โคโรนินภายในเมื่อผลอายุ 3 และ 4 สัปดาห์หลังดอกบาน คือ 0.89 ng/gFW และ 1.55 ng/gFW ตามลำดับ ต่อมาในสัปดาห์ที่ 5 ปริมาณสารคลอโรฟิลล์โคโรนินภายในเมล็ดจะมีปริมาณเพิ่มขึ้นสูงที่สุด คือ 20.53 ng/gFW จากนั้นจะลดลงในสัปดาห์ที่ 6 อย่างเด่นชัด และมีปริมาณคงที่ในสัปดาห์ที่ 7 ที่ระดับ 1.60 ng/gFW ในส่วนของเนื้อผล พบว่ามีปริมาณสารคลอโรฟิลล์โคโรนินภายในตั้งแต่สัปดาห์ที่ 5 จนกระทั่งสัปดาห์ที่ 12 มีปริมาณคงที่ตลอดช่วงเวลาดังกล่าว คือ 0.34-1.86 ng/gFW ในผลมะม่วงเมื่ออายุ 3 สัปดาห์หลังดอกบานมีปริมาณสารคลอโรฟิลล์โคโรนินภายในทั้งหมดคือ 0.89 ng/gFW แล้วเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วจนมีปริมาณสูงสุดคือ 21.22 ng/gFW ในสัปดาห์ที่ 5 ต่อมาปริมาณสารจะลดลงอย่างรวดเร็วเช่นกัน และเริ่มคงที่ในสัปดาห์ที่ 7 จนกระทั่งถึงระยะเก็บเกี่ยว (ภาพที่ 3.5)

ดังนั้นผลมะม่วงเมื่ออายุ 5 สัปดาห์หลังดอกบานจะเป็นช่วงเวลาที่ปริมาณสารคลอโรฟิลล์เบอโรลลินและคลอโรฟิลล์โคโรนินภายในทั้งหมดสูงที่สุด ปริมาณสารคลอโรฟิลล์เบอโรลลินและคลอโรฟิลล์โคโรนินภายในผลมีความสัมพันธ์กับการเจริญเติบโตของผลอย่างเด่นชัด พบว่าปริมาณสารคลอโรฟิลล์เบอโรลลินและคลอโรฟิลล์โคโรนินภายในผลเพิ่มสูงขึ้นก่อนที่ผลจะเริ่มมีอัตราการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว กล่าวคือ ในสัปดาห์ที่ 3 และ 4 หลังดอกบาน ปริมาณสารคลอโรฟิลล์เบอโรลลินและคลอโรฟิลล์โคโรนินทั้งหมดภายในผลจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว และมีปริมาณสูงสุดในสัปดาห์ที่ 5 ซึ่งขณะนั้นการเจริญเติบโตของผลยังไม่ปรากฏมากนัก ต่อมาในสัปดาห์ที่ 6 เมื่อปริมาณสารคลอโรฟิลล์เบอโรลลินและคลอโรฟิลล์โคโรนินภายในผลลดลงแล้ว จึงพบว่าการเจริญเติบโตของผลเริ่มปรากฏให้เห็น หลังจากนั้นในสัปดาห์ที่ 7 ปริมาณสารคลอโรฟิลล์เบอโรลลินและคลอโรฟิลล์โคโรนินภายในผลเริ่มคงที่ในระดับต่ำ แต่การเจริญเติบโตของผลยังคงเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง (ภาพที่ 3.6)

นอกจากนี้ยังพบว่าเมื่อผลมีอายุ 4 สัปดาห์หลังดอกบาน จะมีการเจริญเติบโตของผลที่แตกต่างกัน สามารถแบ่งได้เป็น 2 กลุ่ม คือผลขนาดเล็ก มีน้ำหนักผลเฉลี่ยเป็น 0.51 กรัม ขณะที่ผลขนาดใหญ่มีน้ำหนักเฉลี่ยถึง 7 กรัม กลุ่มผลขนาดเล็กนั้นยังไม่สามารถแยกส่วนเมล็ดออกจากเนื้อผลได้ แต่ในผลขนาดใหญ่จะสามารถแยกส่วนเนื้อออกจากส่วนเมล็ดได้แล้ว และผลที่มีขนาดใหญ่จะมีปริมาณสารคลอโรฟิลล์เบอโรลลินและคลอโรฟิลล์โคโรนินภายในผลสูงกว่า กล่าวคือ ผลขนาดใหญ่มีปริมาณสารคลอโรฟิลล์เบอโรลลินและคลอโรฟิลล์โคโรนินภายในผลสูงกว่า (ภาพที่ 3.6)

เรลทินและไซโตไคนินภายในผลสูงถึง 30.3 ng/gFW และ 12.79 ng/gFW ตามลำดับ ในขณะที่ผลขนาดเล็กมีปริมาณสารคล้ายจิบเบอเรลลินและไซโตไคนินภายในผลเพียง 16.64 ng/gFW และ 1.55 ng/gFW ตามลำดับ (ภาพที่ 3.7)

2) การศึกษาระดับสารโพลีเอมีนและเอทิลีน

การทดลองที่ 2.1 ศึกษาการติดผลของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4

การศึกษากการติดผลของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 จากเปอร์เซ็นต์ช่อดอกที่ติดผล พบว่า ในสัปดาห์ที่ 1 หลังจากดอกแรกบาน มะม่วงพันธุ์นี้มีการติดผลทุกช่อ (100 %) ต่อมาในสัปดาห์ที่ 2 ยังมีเปอร์เซ็นต์ช่อดอกที่ติดผลที่ค่อนข้างสูง คือ 93.65 % แต่หลังจากนั้นเปอร์เซ็นต์ช่อดอกที่ติดผลจะลดลงอย่างรวดเร็ว และลดลงต่อเนื่องไปจนถึงสัปดาห์ที่ 5 หลังดอกแรกบาน จากนั้นเปอร์เซ็นต์ช่อดอกที่ติดผลจะค่อนข้างคงที่ไปจนกระทั่งสัปดาห์ที่ 11 หลังดอกแรกบาน แล้วจึงลดลงอีกครั้ง จนเหลือเพียง 1.59 % ในสัปดาห์สุดท้ายก่อนเก็บเกี่ยว คือสัปดาห์ที่ 15 หลังดอกแรกบาน (ภาพที่ 3.8)

จำนวนผลมะม่วงเฉลี่ยต่อช่อดอก พบว่า ในสัปดาห์แรกหลังดอกแรกบาน มีจำนวนผลเฉลี่ยต่อช่อสูงที่สุด (74.76 ผลต่อ 1 ช่อดอก) แต่ในสัปดาห์ที่ 2 และ 3 มีการร่วงของผลเกิดขึ้นอย่างมาก ทำให้จำนวนผลเฉลี่ยต่อช่อดอกลดลงอย่างรวดเร็ว โดยเหลือ 38.25 และ 8.04 ผลต่อ 1 ช่อดอก ตามลำดับ และจำนวนผลเฉลี่ยต่อช่อดอกจะค่อนข้างคงที่ไปจนกระทั่งเก็บเกี่ยว ซึ่งจะเหลือผลประมาณ 1-2 ผลต่อ 1 ช่อดอก (ภาพที่ 3.9)

การทดลองที่ 2.2 ศึกษาการเจริญเติบโตของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4

การเจริญเติบโตของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 ทั้งด้านขนาด (ความกว้าง ความยาว และความหนาของผล) และน้ำหนักผลเป็นแบบ Simple Sigmoid Curve คือในระหว่าง 1 ถึง 2 สัปดาห์แรก ผลมีการเจริญเติบโตอย่างช้า ๆ และเริ่มเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วในสัปดาห์ที่ 3 ถึง 9 จากนั้นอัตราการเจริญเติบโตลดลง จนกระทั่งเก็บเกี่ยวในสัปดาห์ที่ 15 การเจริญเติบโตของผลมะม่วงทางด้านขนาดนั้น พบว่า ในสัปดาห์แรกหลังจากดอกแรกบาน ผลมีลักษณะกลม เส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 0.25 เซนติเมตร และในช่วงสัปดาห์แรกจนถึงสัปดาห์ที่ 2 ผลยังคงมีความกว้าง ความยาว และความหนาของผลไม่แตกต่างกันมากนัก การเจริญเติบโตทางด้านความยาวเริ่มเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในสัปดาห์ที่ 3 หลังดอกแรกบาน ส่วนความกว้างและความหนายังคงใกล้เคียงกัน ต่อมาจะเริ่มสังเกตเห็นความแตกต่างระหว่าง

ความกว้าง และความหนาได้บ้างในสัปดาห์ที่ 4 หลังดอกแรกบาน อย่างไรก็ตามผลมะม่วงพันธุ์นี้จะมีการเจริญเติบโตด้านความกว้างและความหนาใกล้เคียงกันไปตลอดจนกระทั่งผลแก่เก็บเกี่ยวได้ แต่จะมีการเจริญเติบโตทางด้านความยาวมากกว่าความกว้าง และความหนาอย่างเห็นได้ชัด (ภาพที่ 3.10)

ส่วนการเจริญเติบโตทางด้านน้ำหนักผล มีรูปแบบ Simple Sigmoid Curve เช่นเดียวกับการเจริญเติบโตทางด้านขนาด คือในช่วง 4 สัปดาห์แรกของการเจริญเติบโต น้ำหนักผลมีการเปลี่ยนแปลงไม่มากนัก แต่จะเริ่มมีการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักผลอย่างรวดเร็วในสัปดาห์ที่ 5 ถึงสัปดาห์ที่ 12 จากนั้นอัตราการเปลี่ยนแปลงจะค่อย ๆ ลดลงในสัปดาห์ที่ 13 จนกระทั่งเก็บเกี่ยวผลได้ในสัปดาห์ที่ 15 (ภาพที่ 3.10)

การทดลองที่ 2.3 ศึกษาปริมาณโพลิอามีนและเอทิลีนในระหว่างการเจริญเติบโตของผลมะม่วง พันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4

ชนิดของโพลิอามีนที่พบมากที่สุดภายในเนื้อผลของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ คือ PUT รองลงมาคือ SPD และ SPM ตามลำดับ (ภาพที่ 3.11) ปริมาณโพลิอามีนทั้ง 3 ชนิด ในเนื้อผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ เบอร์ 4 นี้ มีลักษณะการเปลี่ยนแปลงที่คล้ายคลึงกัน คือ มีปริมาณสูงในช่วง 1-2 สัปดาห์หลังดอกแรกบาน และปริมาณจะค่อนข้างคงที่ในสัปดาห์ที่ 3 ไปจนกระทั่งสัปดาห์ที่ 14 หลังดอกแรกบาน และปริมาณจะเพิ่มสูงขึ้นอีกครั้งในสัปดาห์ที่ 15 หลังดอกแรกบาน

เมื่อดูปริมาณของโพลิอามีนแต่ละชนิดพบว่า ปริมาณ PUT ในเนื้อผลเมื่ออายุ 1 สัปดาห์หลังดอกแรกบาน จะมีค่าสูงสุด คือ $158.38 \mu\text{mol/gFW}$ จากนั้นปริมาณ PUT จะลดลงเหลือ $51.51 \mu\text{mol/gFW}$ และ $38.07 \mu\text{mol/gFW}$ ในสัปดาห์ที่ 2 และ 3 หลังดอกแรกบานตามลำดับ ในช่วงที่ผลมีอายุ 4-14 สัปดาห์หลังดอกแรกบาน PUT จะมีปริมาณค่อนข้างคงที่ และจะมีปริมาณเพิ่มสูงขึ้นอีกครั้งในเมื่อผลมีอายุ 15 สัปดาห์หลังดอกแรกบาน ($121.26 \mu\text{mol/gFW}$)

ปริมาณ SPD ในเนื้อผลที่อายุผล 1 สัปดาห์หลังดอกแรกบาน จะมีปริมาณเท่ากับ $3.15 \mu\text{mol/gFW}$ จากนั้นจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วจนมีปริมาณสูงสุดในสัปดาห์ที่ 2 หลังดอกแรกบาน คือ $21.58 \mu\text{mol/gFW}$ หลังจากนั้นปริมาณจะลดลง และมีปริมาณค่อนข้างคงที่ในช่วง $1.67-3.45 \mu\text{mol/gFW}$ จนถึงสัปดาห์ที่ 14 หลังดอกแรกบาน จากนั้นจึงมีปริมาณสูงขึ้นอีกครั้งในสัปดาห์ที่ 15 หลังดอกแรกบาน ($12.77 \mu\text{mol/gFW}$)

ส่วนปริมาณ SPM ในเนื้อผลนั้น มีการเปลี่ยนแปลงคล้ายกับ PUT คือ มีปริมาณสูงสุดเมื่อผลมีอายุ 1 สัปดาห์หลังดอกแรกบาน ($14.64 \mu\text{mol/gFW}$) และปริมาณจะลดลงอย่างรวดเร็วในสัปดาห์ที่ 2

โดยเหลือเพียง 5.47 $\mu\text{mol/gFW}$ จากนั้นเมื่อผลมีอายุอยู่ในช่วง 3-14 สัปดาห์หลังดอกแรกบาน SPM จะมีปริมาณค่อนข้างคงที่ โดยอยู่ในช่วง 0.61-3.57 $\mu\text{mol/gFW}$ แล้วปริมาณจะเพิ่มสูงขึ้นอีกครั้งเป็น 11.67 $\mu\text{mol/gFW}$ เมื่อผลมีอายุ 15 สัปดาห์หลังดอกแรกบาน (ภาพที่ 3.11)

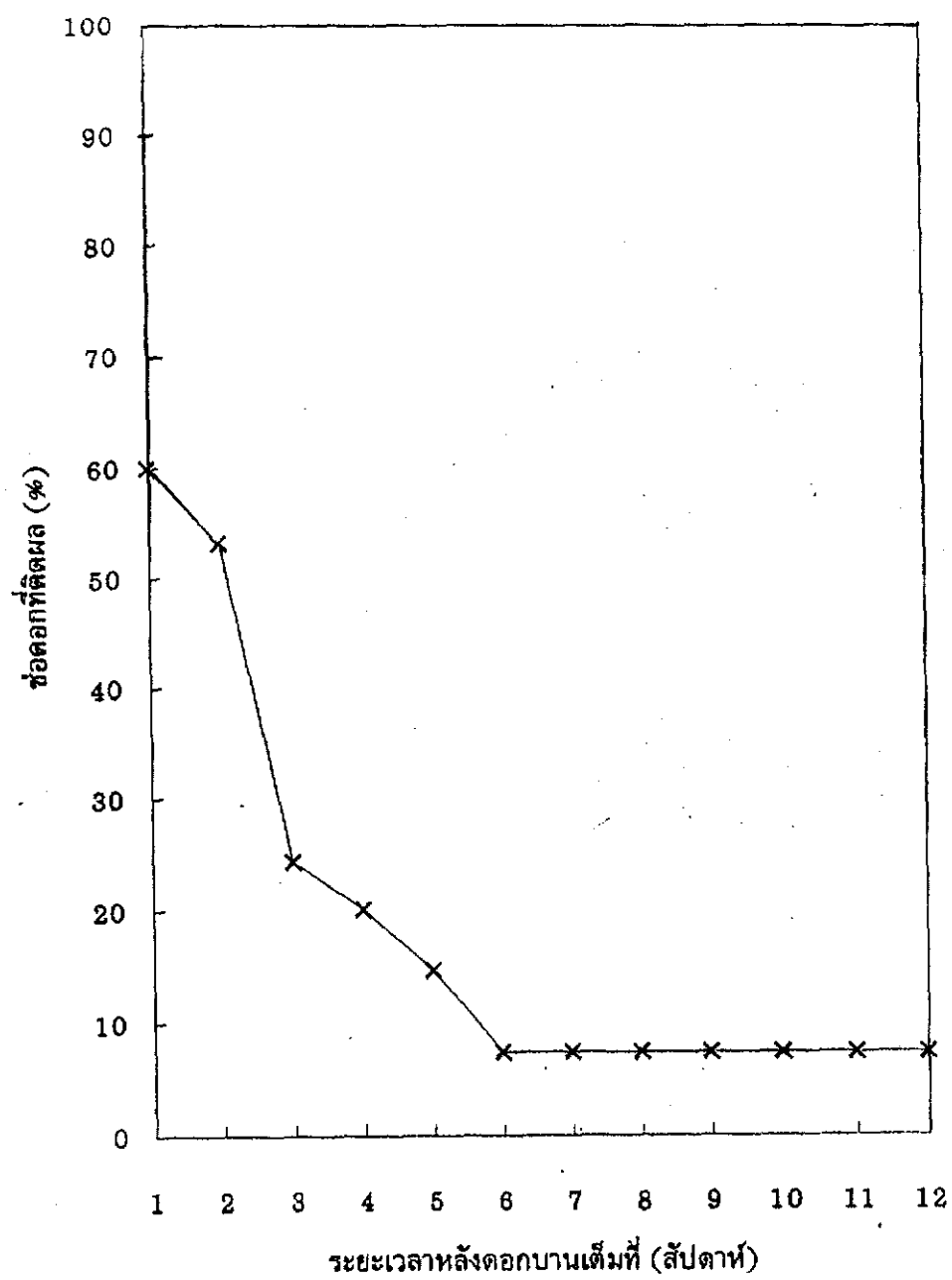
สำหรับปริมาณโพลีเอมีนในเมล็ดของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 สามารถศึกษาได้เมื่อผลมีอายุ 4 สัปดาห์ขึ้นไป เนื่องจากขนาดของเมล็ดในผลอายุ 1-3 สัปดาห์แรก มีขนาดเล็กมาก หรือไม่มีเลย จึงไม่สามารถนำมาวิเคราะห์ได้ จากการศึกษา พบว่า ชนิดของโพลีเอมีนที่พบมากที่สุดคือ PUT รองลงมาคือ SPD และ SPM ตามลำดับ เช่นเดียวกับในเนื้อผล (ภาพที่ 3.12) และพบว่า ปริมาณ PUT ในเมล็ดของผลมะม่วงอายุ 4 สัปดาห์หลังดอกแรกบาน มีปริมาณ 33.47 $\mu\text{mol/gFW}$ และลดลงเรื่อย ๆ ไปจนกระทั่งสัปดาห์ที่ 8 หลังดอกแรกบาน แต่จะมีปริมาณเพิ่มสูงขึ้นในเมล็ดของผลอายุ 9 สัปดาห์หลังดอกแรกบาน (22.16 $\mu\text{mol/gFW}$) และมีปริมาณสูงสุดในสัปดาห์ที่ 11 หลังดอกแรกบาน (81.55 $\mu\text{mol/gFW}$) จากนั้นปริมาณ PUT จะลดลง แล้วเพิ่มขึ้นอีกครั้งในสัปดาห์ที่ 15 หลังดอกแรกบาน (29.14 $\mu\text{mol/gFW}$)

แบบแผนการเปลี่ยนแปลงปริมาณ SPD ในเมล็ดของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 นี้ มีลักษณะใกล้เคียงกับการเปลี่ยนแปลงปริมาณ PUT มาก โดยในเมล็ดอายุ 4 สัปดาห์หลังดอกแรกบาน มีปริมาณ SPD ค่อนข้างสูง คือ 5.07 $\mu\text{mol/gFW}$ จากนั้นปริมาณจะค่อย ๆ ลดลง แล้วเพิ่มสูงขึ้นอีกครั้งในสัปดาห์ที่ 11 หลังดอกแรกบาน (11.87 $\mu\text{mol/gFW}$) แล้วจึงมีปริมาณลดลงในสัปดาห์ที่ 12 และ 13 หลังดอกแรกบาน จากนั้นในสัปดาห์ที่ 14 และ 15 หลังดอกแรกบาน ปริมาณ SPD เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว จนมีปริมาณเท่ากับ 12.51 $\mu\text{mol/gFW}$ และ 18.04 $\mu\text{mol/gFW}$ ตามลำดับ

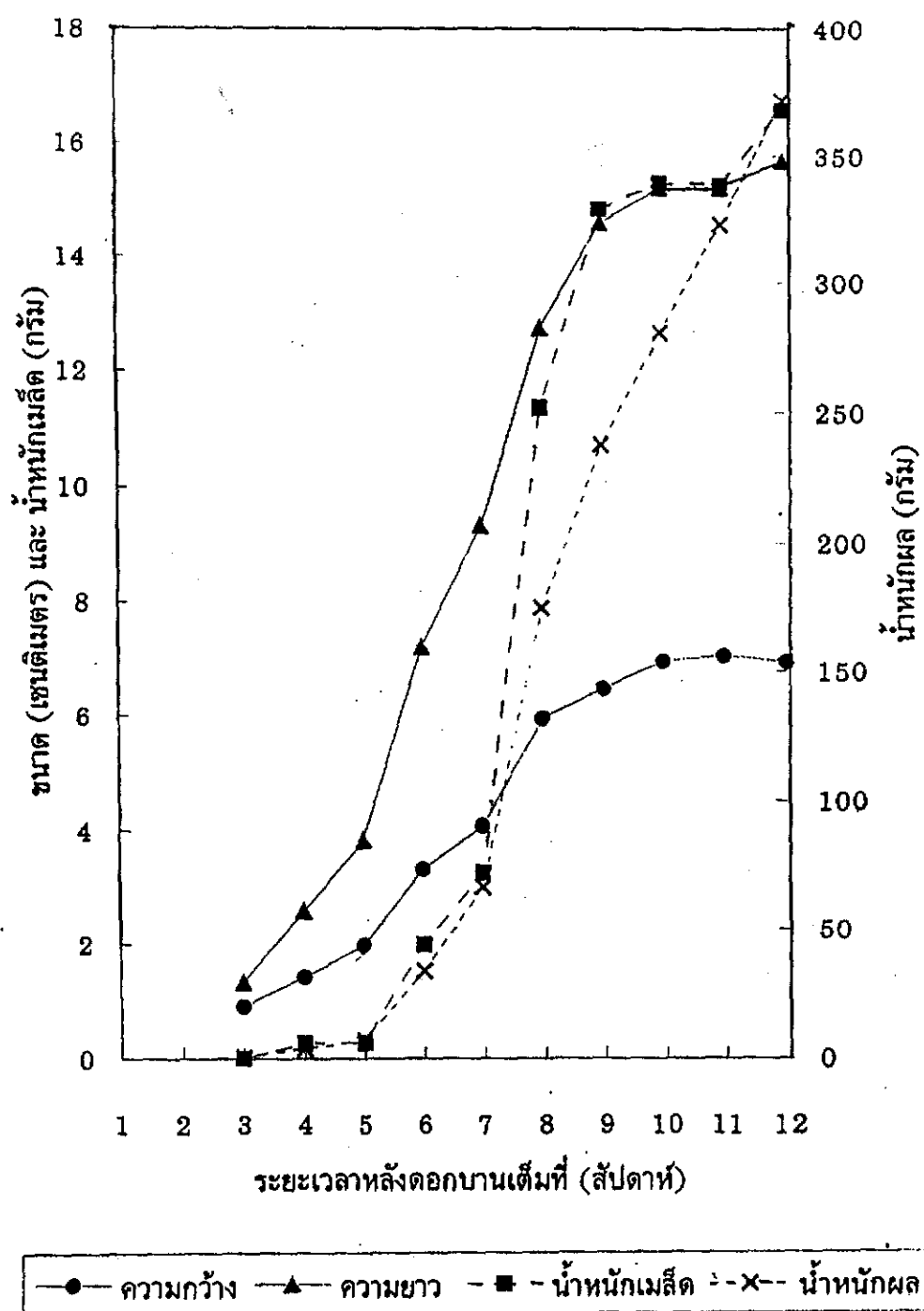
ส่วนปริมาณ SPM ในเมล็ดของมะม่วงพันธุ์นี้ พบว่า เมล็ดที่มีอายุ 4-10 สัปดาห์หลังดอกแรกบาน มีปริมาณ SPM ค่อนข้างคงที่ แล้วจึงมีปริมาณเพิ่มสูงขึ้นในสัปดาห์ที่ 11 และ 12 หลังดอกแรกบาน (1.56 $\mu\text{mol/gFW}$ และ 2.34 $\mu\text{mol/gFW}$ ตามลำดับ) ปริมาณ SPM ในเมล็ดจะต่ำสุดเมื่อผลมีอายุ 13 สัปดาห์หลังดอกแรกบาน (0.06 $\mu\text{mol/gFW}$) แต่จะมีปริมาณเพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็วอีกครั้งในสัปดาห์ที่ 14 และ 15 หลังดอกแรกบาน (7.56 $\mu\text{mol/gFW}$ และ 10.75 $\mu\text{mol/gFW}$ ตามลำดับ) (ภาพที่ 3.12)

เมื่อนำปริมาณโพลีเอมีนทั้งในเนื้อผลและเมล็ดมารวมกัน พบว่า โพลีเอมีนทั้ง 3 ชนิดมีรูปแบบการเปลี่ยนแปลงค่อนข้างใกล้เคียงกัน คือ ในระยะ 1-2 สัปดาห์หลังดอกแรกบาน โพลีเอมีนทั้ง 3 ชนิดจะมีปริมาณสูงมาก จากนั้น ปริมาณจะลดลงในสัปดาห์ที่ 3 หลังดอกแรกบาน และมีปริมาณคงที่ไปจนกระทั่งสัปดาห์ที่ 11 หลังดอกแรกบาน จึงมีปริมาณสูงขึ้น จากนั้นปริมาณจะลดลง แล้วปริมาณโพลีเอมีนทั้ง 3 ชนิดจะเพิ่มสูงขึ้นอีกครั้งในสัปดาห์ที่ 14-15 หลังดอกแรกบาน (ภาพที่ 3.13)

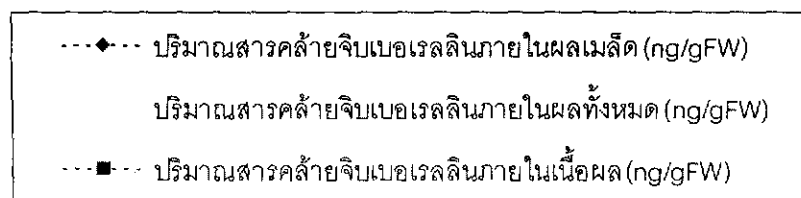
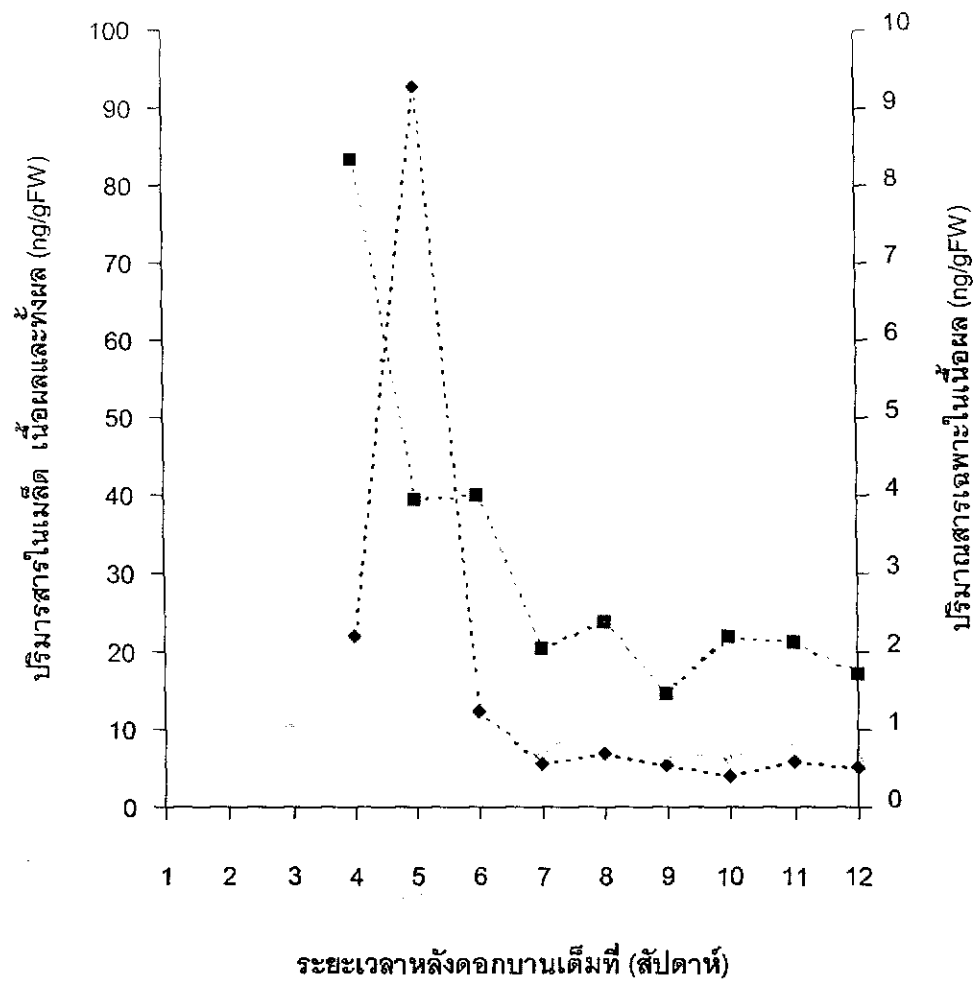
จากการศึกษาปริมาณเอทิลีนในระหว่างการเจริญเติบโตของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 โดยใช้ระบบปิด พบว่า ในสัปดาห์แรกหลังดอกแรกบาน ผลมะม่วงผลิตเอทิลีนออกมาในปริมาณที่ค่อนข้างสูง คือ 5.51 nL/g·h และผลิตเอทิลีนเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว จนมีปริมาณเอทิลีนสูงที่สุดในสัปดาห์ที่ 2 หลังดอกแรกบาน (14.50 nL/g·h) จากนั้นผลมะม่วงพันธุ์นี้จะมีการผลิตเอทิลีนลดลงอย่างต่อเนื่องในสัปดาห์ที่ 3-8 หลังดอกแรกบาน แล้วจึงมีปริมาณค่อนข้างคงที่ในสัปดาห์ที่ 9 หลังดอกแรกบาน ไปจนกระทั่งเก็บเกี่ยวในสัปดาห์ที่ 15 หลังดอกแรกบาน (ภาพที่ 3.14)



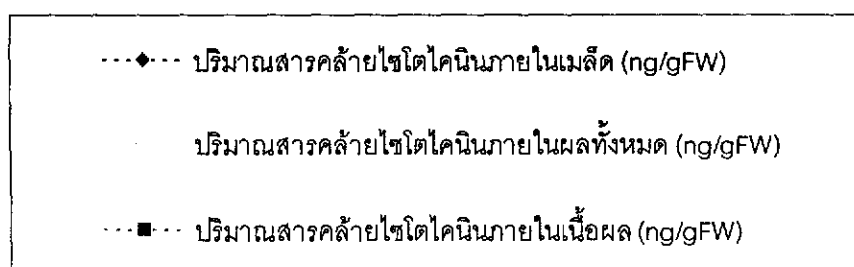
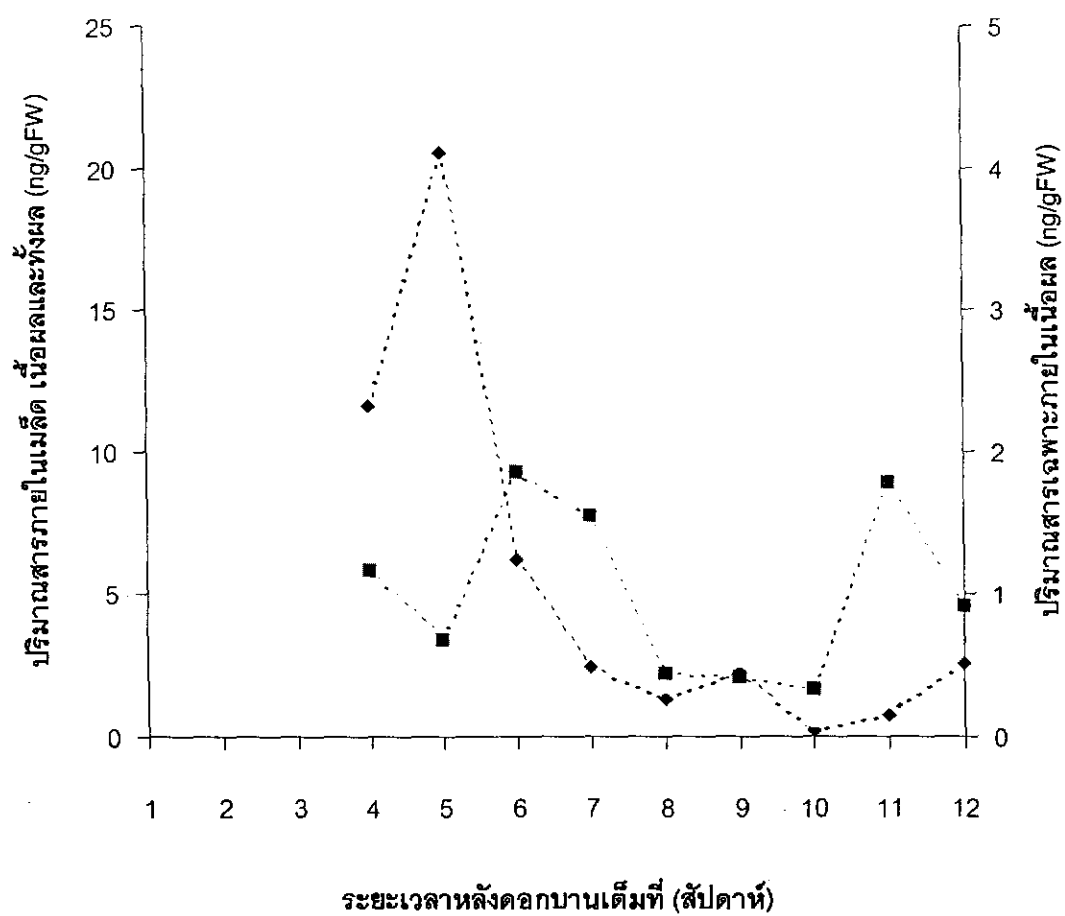
ภาพที่ 3.2 เปอร์เซนต์ข้อดอกที่ติดผลในแต่ละสัปดาห์ของมะม่วงพันธุ์เขียวเสวย



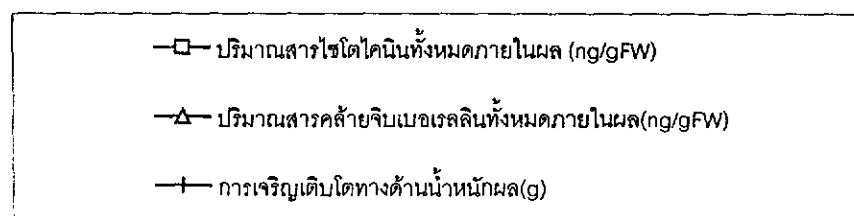
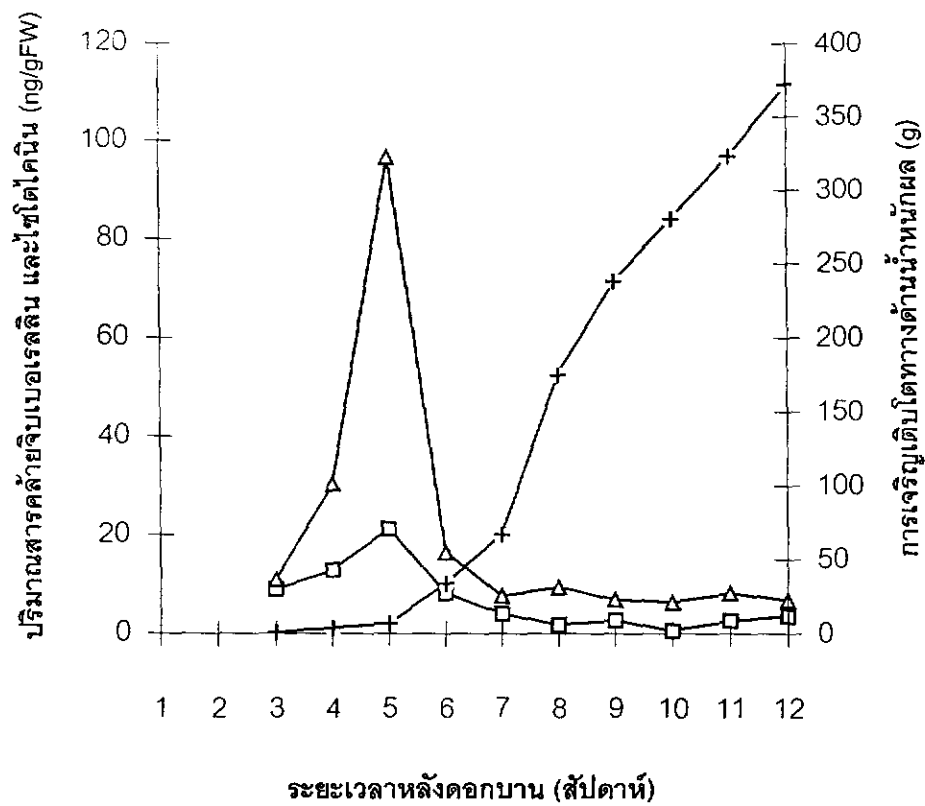
ภาพที่ 3.3 การเจริญเติบโตของผลมะม่วงพันธุ์เขียวเสวย ทางด้านความยาว ความกว้าง น้ำหนักผล และน้ำหนักเมล็ด



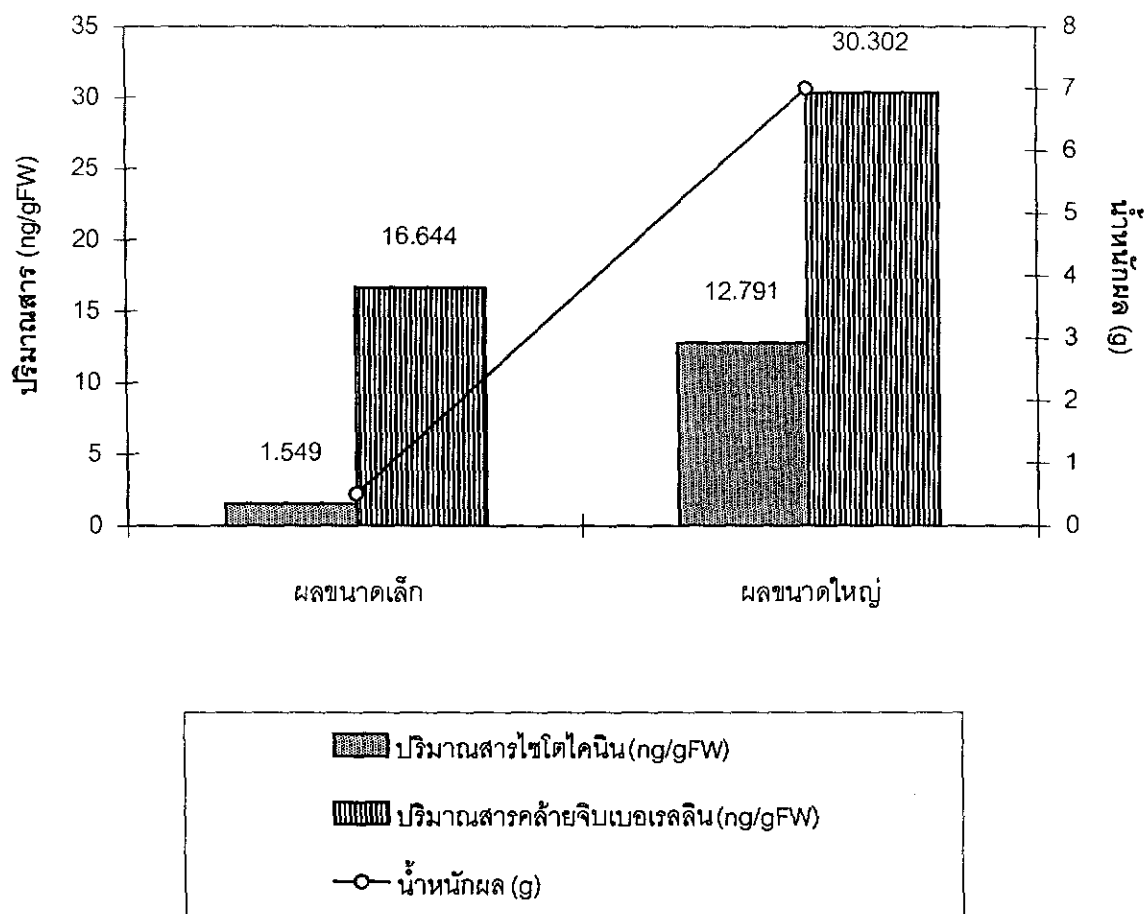
ภาพที่ 3.4 ปริมาณสารคลอโรฟิลล์ในผลมะม่วงพันธุ์เขียวเสวย



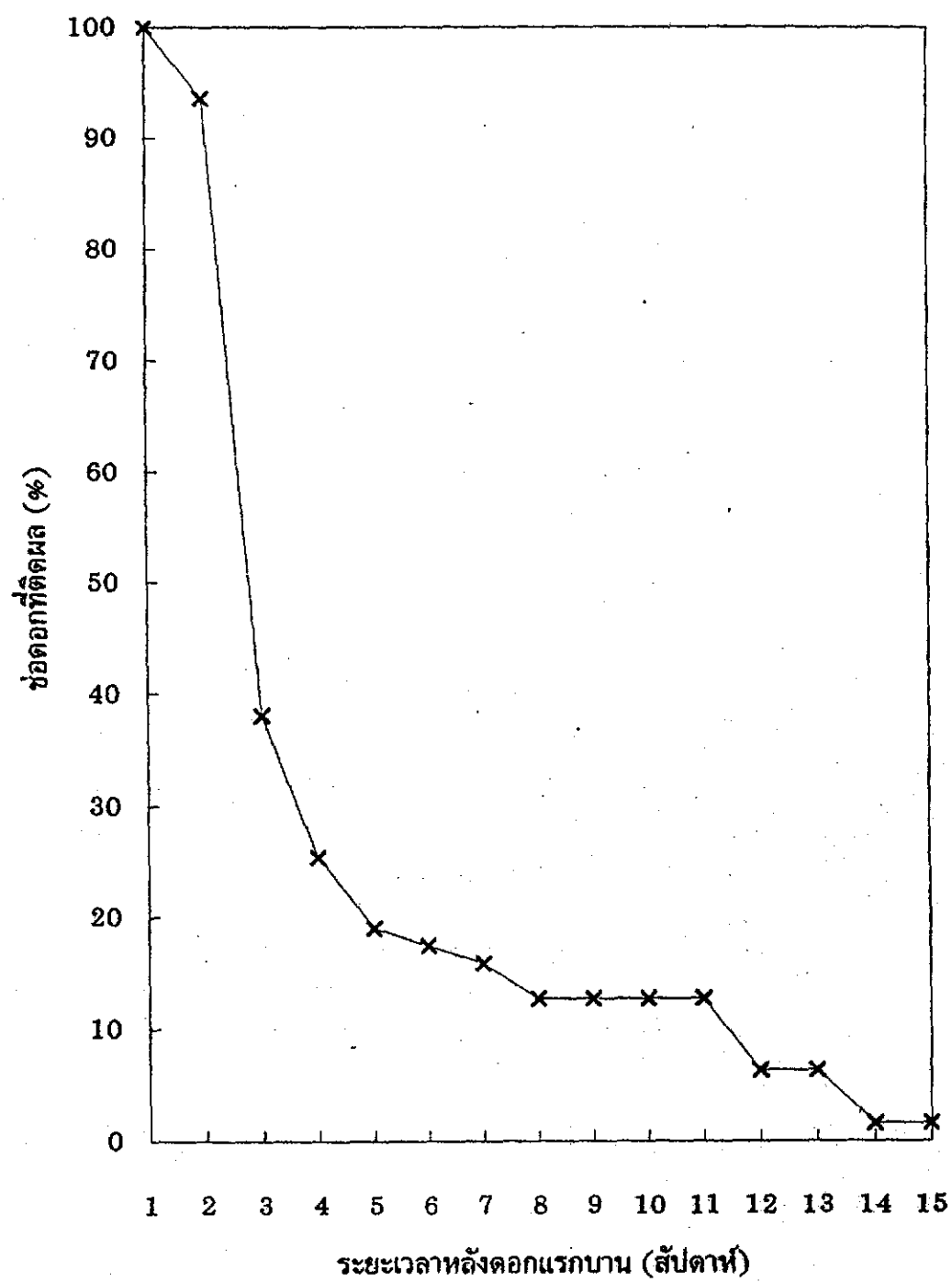
ภาพที่ 3.5 ปริมาณสารคล้ายไซโตไคนนในผลมะม่วงพันธุ์เขียวเสวย



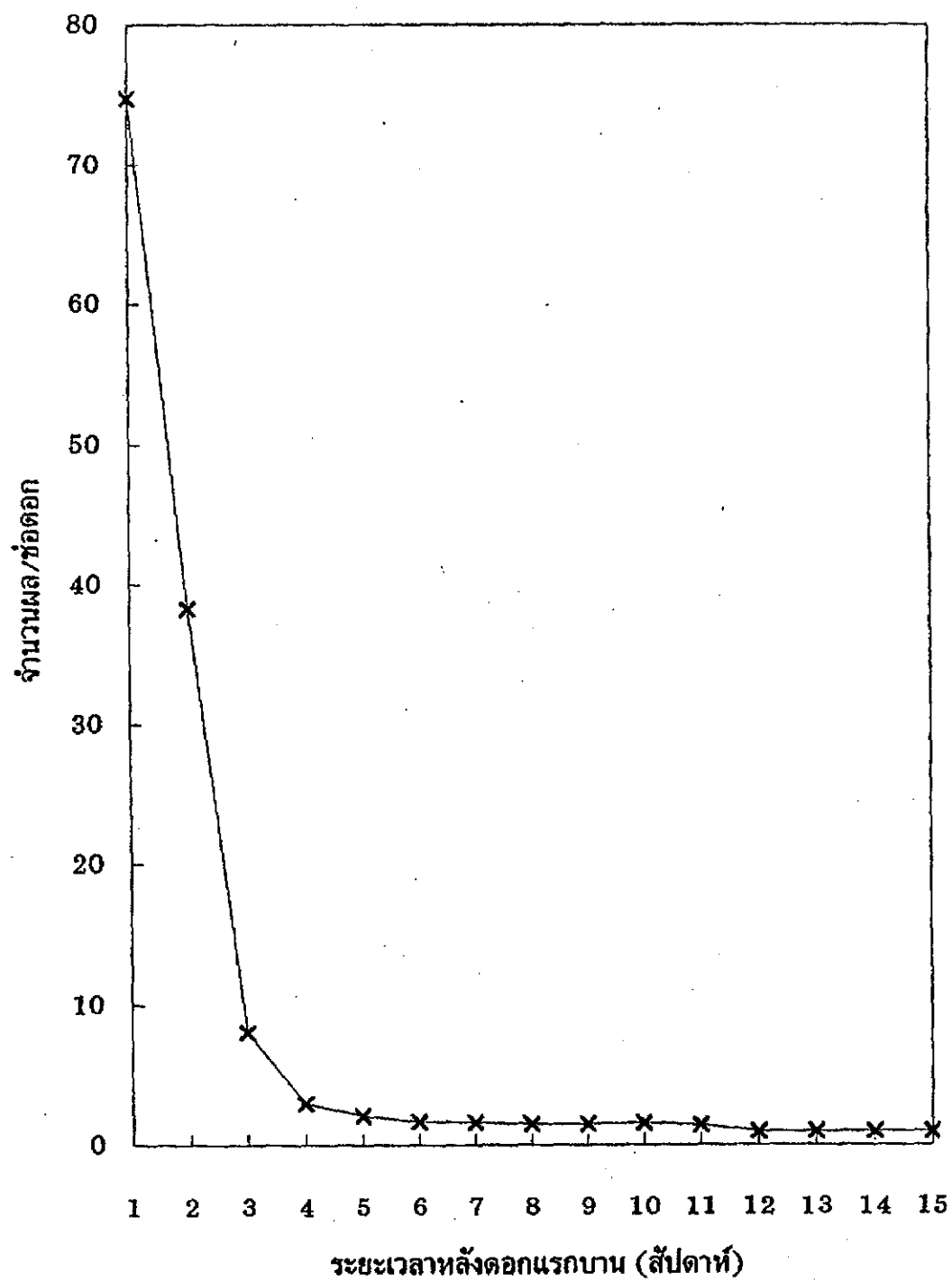
ภาพที่ 3.6 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารคลอโรฟิลล์และแคโรทีนอยด์ทั้งหมดในผลกับการเจริญเติบโตทางด้านน้ำหนักผลของมะม่วงพันธุ์เขียวเสวย



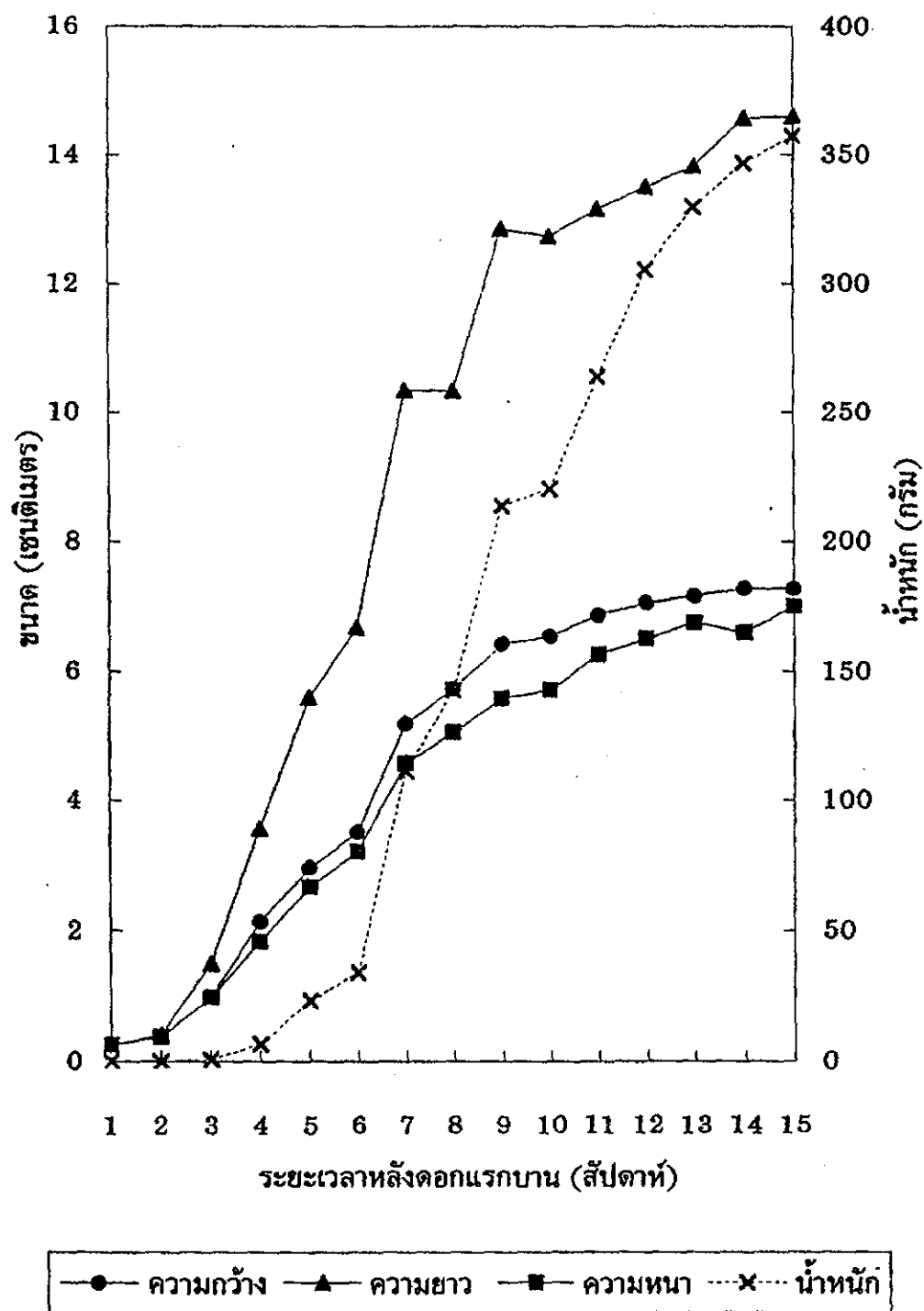
ภาพที่ 3.7 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารคลอโรฟิลล์และคลอโรฟิลล์ฟลูออเรสเซนซ์ทั้งหมดภายในผล และการเจริญเติบโตทางด้านน้ำหนักผลของมะม่วงพันธุ์เขียวเสวยสองลักษณะที่อายุ 4 สัปดาห์หลังดอกบาน



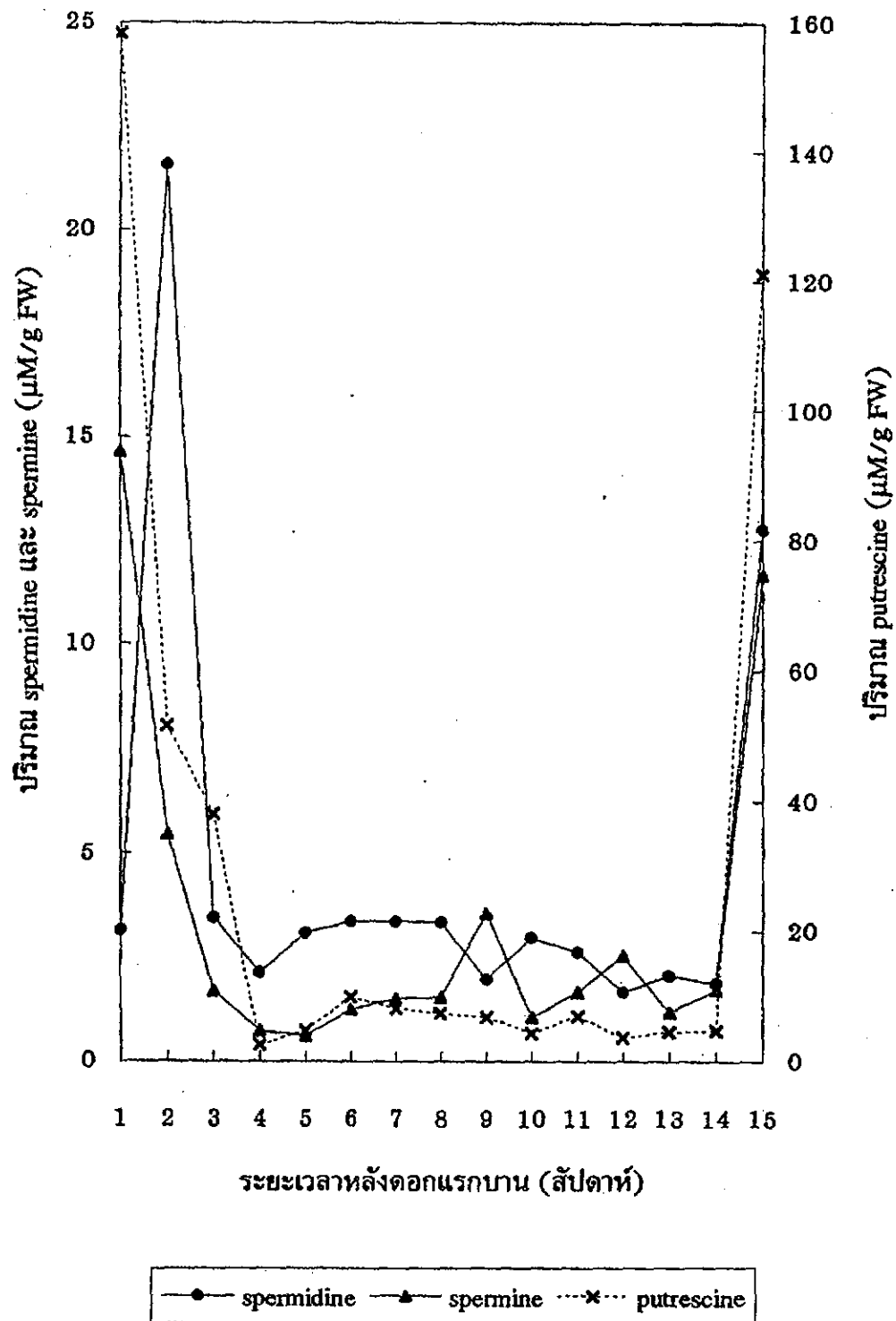
ภาพที่ 3.8 เปอร์เซนต์ข้อดอกที่ติดผลในแต่ละสัปดาห์ของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4



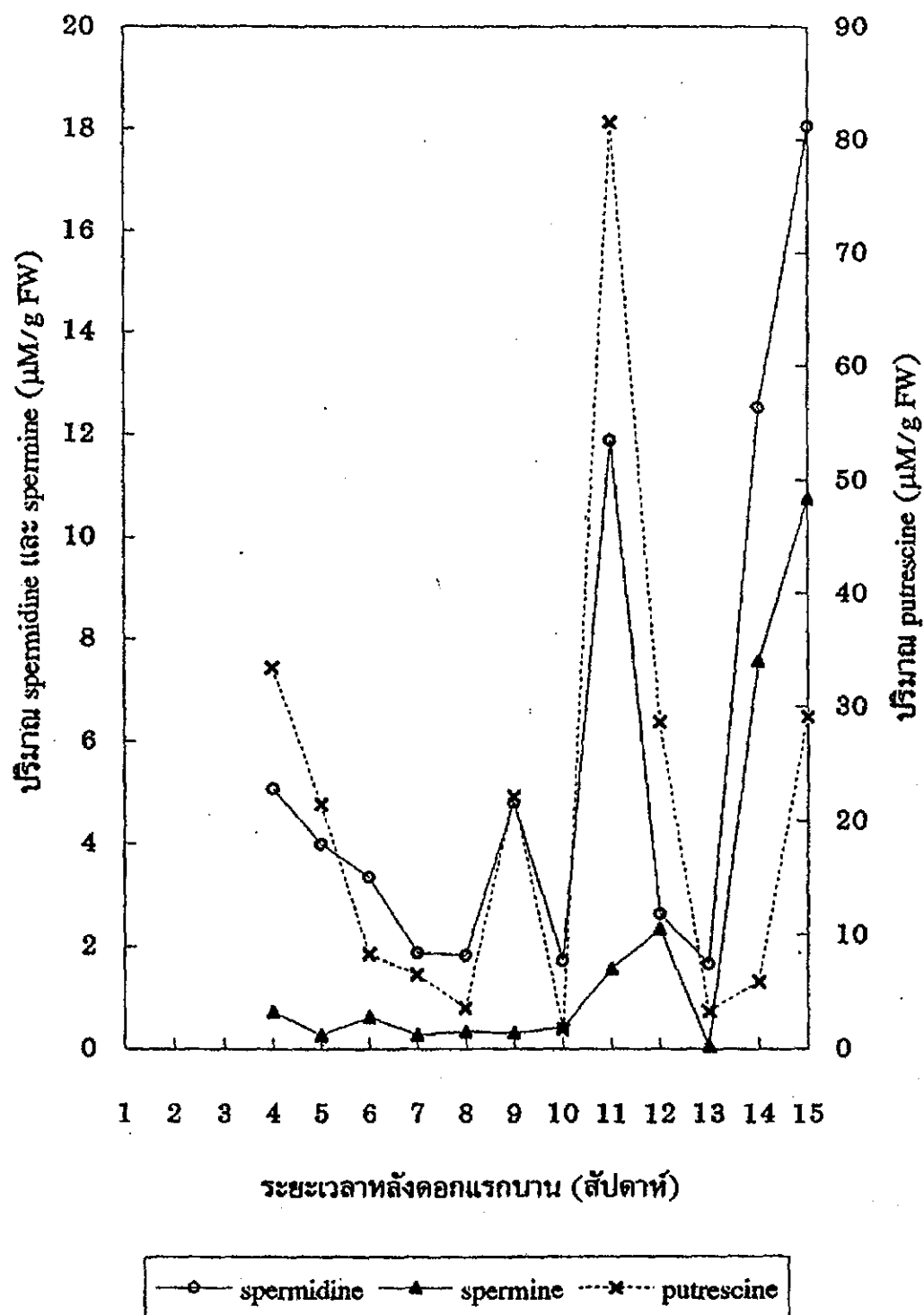
ภาพที่ 3.9 จำนวนผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 เฉลี่ยต่อ 1 ช่อดอก ในแต่ละสัปดาห์



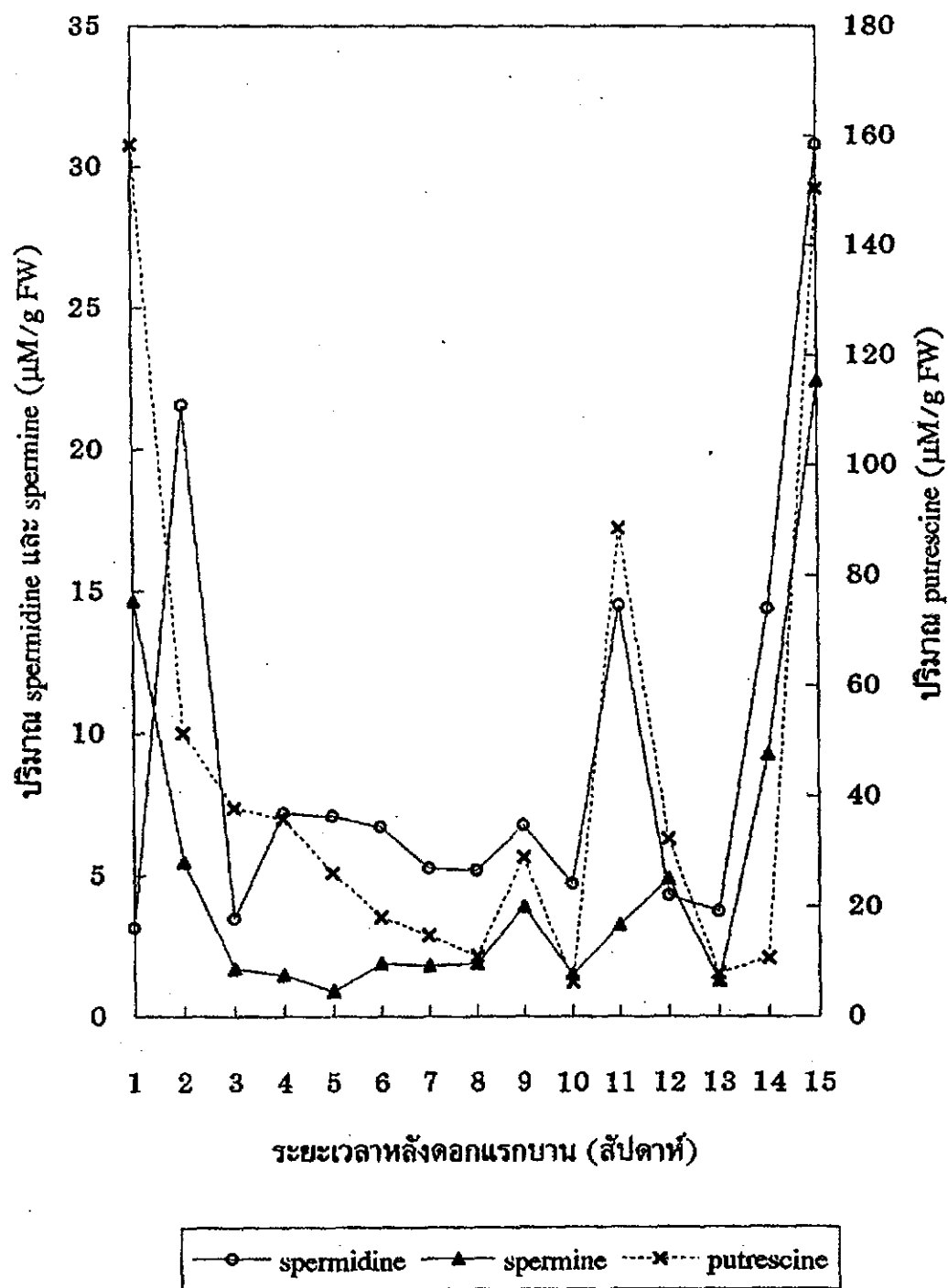
ภาพที่ 3.10 การเจริญเติบโตของผลมะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์ 4 ทางด้านความยาว ความกว้าง ความหนา และน้ำหนักผล



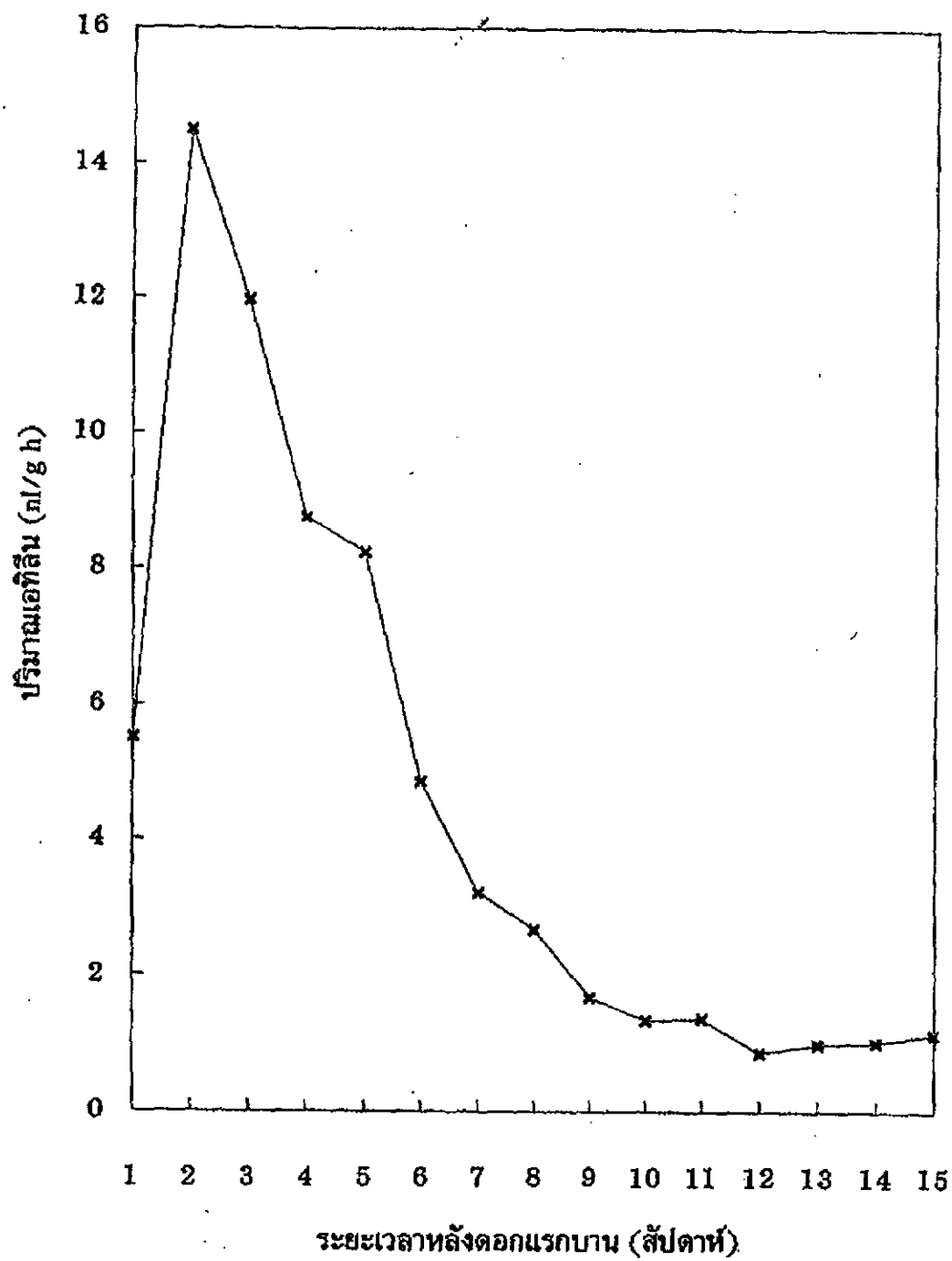
ภาพที่ 3.11 ปริมาณโพลีเอมีนชนิดต่าง ๆ ในเนื้อผลระหว่างการเจริญเติบโตของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4



ภาพที่ 3.12 ปริมาณโพลีเอมีนชนิดต่าง ๆ ในเมล็ดระหว่างการเจริญเติบโตของผล
มะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4



ภาพที่ 3.13 ปริมาณโพลีเอมีนทั้งหมด (ในเนื้อผล และเมล็ด) ระหว่างการเจริญเติบโตของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4



ภาพที่ 3.14 ปริมาณเอทิลีนในระหว่างการเจริญเติบโตของผลมะม่วงพันธุ์
น้ำดอกไม้เบอร์ 4

วิจารณ์

จากการศึกษาอัตราการติดผลของมะม่วงพันธุ์เขียวเสวยและพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 พบว่าในช่วงสัปดาห์ที่ 2-3 หลังดอกบานเต็มที่ (full bloom) ของพันธุ์เขียวเสวย จะมีอัตราการร่วงของดอกและผลอ่อนมากที่สุด ต่อมาอัตราการติดผลจะคงที่จนกระทั่งถึงระยะเก็บเกี่ยว ส่วนการติดผลของพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 แสดงให้เห็นว่า ในระหว่าง 1-2 สัปดาห์หลังดอกแรกบานหรือช่วงระยะ full bloom มะม่วงจะติดผลมากในทุกช่อดอก แต่หลังจากนั้นแล้วผลอ่อนจะหลุดร่วงเป็นจำนวนมากเช่นเดียวกัน นอกจากนี้การหลุดร่วงยังเกิดขึ้นอีกเล็กน้อยในช่วงท้ายของการเจริญเติบโตไปจนกระทั่งถึงระยะเวลาเก็บเกี่ยว จึงทำให้มะม่วงมีเปอร์เซ็นต์ช่อดอกที่ติดผลต่ำมาก ซึ่งการหลุดร่วงของผลมะม่วงในระยะแรกนั้น อาจมีสาเหตุจาก ดอกมะม่วงไม่ได้รับการผสมเกสร หรือได้รับการผสมเกสรแต่ไม่สมบูรณ์ รังไข่สามารถขยายขนาดได้แค่ระยะหนึ่งจากนั้นจึงหลุดร่วงไป ซึ่งสาเหตุที่ดอกมะม่วงไม่ได้รับการผสมเกสรนั้นอาจเนื่องมาจากปัจจัยต่างๆ หลายประการด้วยกัน ได้แก่ ไม่มีแมลงช่วยผสมเกสร ละอองเกสรไม่แข็งแรง หรือความมีชีวิตและความงอกของละอองเกสรต่ำ (วิจิตร, 2529)

การหลุดร่วงของผลมะม่วงในระยะต่อมา อาจเกิดจากการแก่งแย่งอาหารระหว่างผล (Garcia-Luis และคณะ, 1990) และการขาด Plant bioregulators เช่น ออกซิน จิบเบอเรลลิน และไซโตไคนิน (Cuevas และคณะ, 1996) นอกจากนี้อาจเกิดจากสภาพแวดล้อม เช่น ลมที่ค่อนข้างแรงจะทำให้ผลถูกกิ่งเสียดสีจึงเกิดการหลุดร่วงในที่สุด หรือการเข้าทำลายของแมลงศัตรูพืช เช่น แมลงวันทองเข้าเจาะทำลายผลทำให้ผลเน่าและหลุดร่วงไป ซึ่งมักจะเกิดขึ้นในช่วงที่ผลมะม่วงใกล้จะเก็บเกี่ยวได้ ปัจจัยต่างๆ เหล่านี้เป็นสาเหตุของการร่วงของผลมะม่วงที่เกิดขึ้นโดยทั่วไปในประเทศไทย (ฉลองชัย, 2533)

จากการศึกษาการเจริญเติบโตของผลมะม่วงพันธุ์เขียวเสวยและพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 พบว่าเป็นผลแบบ fleshy drupe มี endocarp และ pericarp ซึ่งประกอบด้วย exocarp มีลักษณะค่อนข้างเหนียว และ mesocarp ซึ่งเป็นเนื้อผลที่รับประทานได้ ส่วน endocarp ประกอบด้วยชั้นที่มีลักษณะแข็งด้านนอก และชั้นในเป็นแผ่นบางใส (papyraceous membrane) (วิจิตร, 2529) การเจริญเติบโตของผลมะม่วงพันธุ์เขียวเสวยและพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 มีรูปแบบลักษณะการเจริญเติบโตแบบ Simple Sigmoid Curve คือมีการเพิ่มขึ้นของอัตราการเติบโตแบบ exponential (สุรนันต์, 2526) โดยเพิ่มขึ้นทั้งขนาดผล น้ำหนักผล และน้ำหนักเมล็ดอย่างเด่นชัดในระยะที่ 1 คือ ช่วง 2 สัปดาห์แรกหลังจากติดผลนั้น ผลมะม่วงมีการเจริญเติบโตอย่างช้า ๆ ระยะนี้ในส่วน pericarp มีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว แต่ endocarp และ embryo มีการเจริญเติบโตช้ามาก ต่อมาระยะที่ 2 ผลมีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว endocarp เริ่มแข็งและ embryo เจริญเต็มที่ และในระยะที่ 3 ผลมีอัตราการเจริญเติบโตช้าลงจนกระทั่งสิ้นสุดการเจริญเติบโตเมื่อผลแก่เต็มที่ ซึ่งในการเจริญเติบโตทางกายภาพของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 ทั้งทางด้าน

ขนาดและน้ำหนักนั้น เป็นผลมาจากการขยายขนาดของเซลล์ และการเพิ่มจำนวนเซลล์ของผลมะม่วง (อุษา, 2542)

จากการวิเคราะห์หาปริมาณสารคล้ายจีบเบอเรลลินและไซโตไคนินภายในผลมะม่วงพันธุ์เขียวเสวย โดยเปรียบเทียบระหว่างส่วนเนื้อผลและส่วนเมล็ด เมื่อผลมีอายุ 5 สัปดาห์หลังดอกบาน พบว่าในส่วนของเมล็ดมีสารคล้ายจีบเบอเรลลินและไซโตไคนินอยู่สูงถึง 92.72 ng/gFW และ 20.53 ng/gFW ตามลำดับ ในขณะที่ส่วนของเนื้อผลมีสารคล้ายจีบเบอเรลลินและไซโตไคนินอยู่เพียง 3.94 ng/gFW และ 0.70 ng/gFW ตามลำดับ จะเห็นว่าส่วนเมล็ดมีปริมาณสารทั้งสองมากกว่าส่วนเนื้อผล ซึ่งให้ผลสอดคล้องกับงานทดลองของ Ram(1992) ที่ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของจีบเบอเรลลิน ภายในมะม่วงอินเดียหลายพันธุ์ระหว่างการเจริญเติบโต พบว่ามีจีบเบอเรลลินปริมาณมากในส่วนของเมล็ดแต่พบจีบเบอเรลลินในส่วน of pericarp เป็นปริมาณน้อย แต่การทดลองของ Ram ไม่ได้ศึกษาถึงการเปลี่ยนแปลงของระดับไซโตไคนินภายในผล

จากการทดลองนี้พบว่าแบบแผนการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารทั้งสองนี้ จะเป็นไปในทิศทางเดียวกันตลอดช่วงการเจริญเติบโต โดยมีปริมาณสูงสุดในสัปดาห์ที่ 5 แล้วลดลงในสัปดาห์ที่ 6-7 ต่อมาจะมีปริมาณต่ำลงที่ตลอดระยะเวลาการเจริญเติบโตของผลจนกระทั่งผลแก่

ในผลมะม่วงที่มีอายุ 4-5 สัปดาห์หลังดอกบาน พบว่ามีปริมาณสารคล้ายจีบเบอเรลลินและไซโตไคนินภายในเพิ่มขึ้นอย่างมาก แต่การเจริญเติบโตของผลยังไม่เพิ่มขึ้น ในระยะต่อมาผลจึงจะเริ่มมีการเจริญเติบโตโดยเพิ่มขึ้นทั้งขนาดผล น้ำหนักผล และน้ำหนักเมล็ด กล่าวได้ว่าการเพิ่มขึ้นของปริมาณสารคล้ายจีบเบอเรลลินและไซโตไคนินภายในผล จะปรากฏให้เห็นก่อนที่จะมีการพัฒนาและเจริญเติบโตของผลมะม่วง หรือสารทั้งสองนี้มีบทบาททำให้การเจริญเติบโตของผลมะม่วงเกิดตามมาภายหลัง นอกจากนี้ยังพบว่าปริมาณสารคล้ายจีบเบอเรลลินและไซโตไคนินภายในเพิ่มขึ้นสูงสุด ก่อนถึงจุดสูงสุดของอัตราการเจริญเติบโตของผล แสดงให้เห็นว่าสารทั้งสองชนิดน่าจะมีส่วนเกี่ยวข้องโดยตรงต่อการเจริญเติบโตของเมล็ดและผล

ในผลมะม่วงที่ได้รับการผสมเกสรตามปกติ มักจะสามารถเจริญเติบโตได้จนกระทั่งผลแก่ แต่ถ้าผลที่ไม่ได้รับการผสมเกสรหรือเมล็ดไม่พัฒนานั้น จะสังเกตได้จากร่องอกของผลจะยุบลง และหลุดร่วงไปในที่สุด ถ้าผ่าผลตามยาวเพื่อเปรียบเทียบการพัฒนาของเมล็ด จะเห็นได้ว่าผลที่ได้รับการผสมเกสรจะมีขนาดใหญ่กว่าและมีเมล็ดภายในเกิดขึ้น แต่ผลที่ไม่ได้รับการผสมเกสรหรือเมล็ดไม่พัฒนาจะมีขนาดเล็กกว่าและไม่มีเมล็ดภายใน (พิรเดช, 2529) จากการวิเคราะห์หาปริมาณสารคล้ายจีบเบอเรลลินและไซโตไคนินภายในผลอายุ 4 สัปดาห์หลังดอกบานเต็มทีของมะม่วงพันธุ์เขียวเสวย ซึ่งมีขนาดของผลแตกต่างกันอย่างเด่นชัด สามารถแบ่งผลเป็น 2 กลุ่มคือ ผลขนาดใหญ่ และผลขนาดเล็ก พบว่าผลขนาดใหญ่มีปริมาณสารคล้ายจีบเบอเรลลินภายในสูง 30.3 ng/gFW และสารคล้ายไซโตไคนินภายใน

ในสูง 12.79 ng/gFW ส่วนผลขนาดเล็กจะมีปริมาณสารคล้ายจิบเบอเรลลินและไซโตไคนินภายในต่ำกว่า (16.64 ng/gFW และ 1.55 ng/gFW ตามลำดับ) จะเห็นได้ว่าผลขนาดใหญ่มีปริมาณสารคล้ายจิบเบอเรลลินภายในมากกว่าผลขนาดเล็ก 1.8 เท่า และมีปริมาณสารคล้ายไซโตไคนินภายในมากกว่า 8.3 เท่า ต่อมาผลขนาดเล็กเหล่านี้จะหลุดร่วงไปหมด เหลือเฉพาะผลขนาดใหญ่เท่านั้นที่สามารถเจริญเติบโตต่อไปได้ แสดงให้เห็นว่าผลขนาดเล็กอาจไม่ได้รับการผสมเกสรหรือเมล็ดไม่พัฒนาต่อไป จึงไม่มีแหล่งสำคัญในการสร้าง Plant bioregulators

โดยทั่วไปเมล็ดคือแหล่งสำคัญของการผลิตสาร Plant bioregulators โดยเฉพาะอย่างยิ่งสารคล้ายจิบเบอเรลลินและไซโตไคนิน (Crane, 1969) สารในกลุ่มจิบเบอเรลลินจะมีบทบาทสำคัญต่อการยืดตัวของเซลล์ การพัฒนาของผลและเมล็ด นอกจากนี้ยังมีผลต่อกระบวนการร่วง ในขณะที่สารในกลุ่มไซโตไคนินก็มีบทบาทสำคัญต่อกระบวนการแบ่งเซลล์ ในการศึกษาครั้งนี้จะพบว่าผลขนาดเล็กเหล่านี้จะไม่มีเมล็ด ผลจึงไม่สามารถเจริญเติบโตต่อไปได้และหลุดร่วงไปในที่สุด จะเห็นได้ว่าปริมาณสารคล้ายจิบเบอเรลลินและไซโตไคนินภายในผลมีความสัมพันธ์กับกระบวนการเจริญเติบโตของผล และกระบวนการร่วงของผลมะม่วง ถ้าผลมะม่วงขาดสารทั้งสองชนิดนี้ ผลจะไม่สามารถเจริญเติบโตไปจนบริบูรณ์ได้ และจะหลุดร่วงภายในช่วงแรกของการพัฒนา

ส่วนปริมาณโพลีเอมีนชนิดต่าง ๆ ในเนื้อผลและเมล็ดของผลมะม่วงนั้น เมื่อเปรียบเทียบกับ plant bioregulators ชนิดอื่นแล้ว จะเห็นว่าโพลีเอมีนมีปริมาณสูงกว่ามาก โดยพบว่า โพลีเอมีนมีปริมาณอยู่ในระดับไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักสด ขณะที่ Plant bioregulators ชนิดอื่นมีปริมาณอยู่ในระดับนาโนกรัมต่อกรัมน้ำหนักสด (Mamat และ Wahab, 1992; Bains และคณะ, 1997; Bangerth, 1997)

โพลีเอมีนชนิดที่มีปริมาณมากที่สุดทั้งในส่วนเนื้อผลและเมล็ดของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 คือ putrescine (PUT) รองลงมาคือ spermidine (SPD) และ spermine (SPM) ตามลำดับ เช่นเดียวกับที่พบในผลแอปเปิลพันธุ์ Topred (Biasi และคณะ, 1991) และตาตอกของแอปเปิลพันธุ์ Anna (Wang และ Faust, 1994) ปริมาณโพลีเอมีนแต่ละชนิดในพืชอื่นๆ อาจมีปริมาณเล็กน้อยแตกต่างกันไป ดังเช่น ในเนื้อของผลอะโวคาโด (Apelbaum, 1986) และบ๊วย (Japanese apricot) (Paksasorn และคณะ, 1995) พบว่าชนิดของโพลีเอมีนที่มีปริมาณมากที่สุดคือ SPD รองลงมาคือ PUT และ SPM ตามลำดับ

จากผลการวิเคราะห์ปริมาณโพลีเอมีนในแต่ละช่วงการเจริญเติบโตของผลมะม่วง พบว่าภายในผลจะมีปริมาณโพลีเอมีนสูงในระยะแรกของการเจริญเติบโต เช่นเดียวกับที่พบในผลไม้หลายชนิด เช่น แอปเปิล (Baisi และคณะ, 1988) zucchini, squash (Tatsumi และคณะ, 1995) บ๊วย (Paksasorn และคณะ, 1995) และสตอเบอรี่ (Ponappa และ Miller, 1996) ดังนั้นอาจมีความสัมพันธ์กันระหว่างปริมาณโพลีเอมีนภายในผลและการเจริญเติบโตของผลในระยะแรก ซึ่งเป็นระยะที่มีการแบ่งเซลล์เกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว

เมื่อนำปริมาณโพลีเอมีนชนิดต่างๆ มาเปรียบเทียบกับค่าการเจริญเติบโตของผลมะม่วง ทั้งด้านความกว้าง ความยาว ความหนา และน้ำหนักผล พบว่า ในระยะ 1-2 สัปดาห์หลังดอกแรกบานนั้น โพลีเอมีนในผลมีปริมาณสูงมาก แต่ในระยะนี้การเจริญเติบโตของผลยังมีการขยายขนาดช้า ซึ่งผลที่มีการเจริญเติบโตแบบ Simple Sigmoid Curve นั้น ระยะแรกที่มีการเจริญเติบโตช้า (lag phase) มักเป็นระยะที่มีการแบ่งเซลล์เกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว (รวิ, 2537) โพลีเอมีนอาจเข้ามามีบทบาทในระยะนี้ เนื่องจากมีรายงานว่าโพลีเอมีนเข้าไปเกี่ยวข้องกับกระบวนการพัฒนาต่างๆ ของพืช (Evans และ Malmberg, 1989; Bagni และ Torrigiani, 1992) โดยเฉพาะกระบวนการแบ่งเซลล์ มีผลการศึกษาถึงความสัมพันธ์ระหว่างโพลีเอมีนกับกระบวนการแบ่งเซลล์เป็นจำนวนมาก อาทิเช่น Aribaud และ Martin Tanguy (1994) รายงานว่ากิจกรรมของเอนไซม์ที่ใช้ในการสังเคราะห์โพลีเอมีน ได้แก่ arginine decarboxylase (ADC), ornithine decarboxylase (ODC) และ diamine oxidase (DAO) จะเพิ่มขึ้น รวมทั้งปริมาณโพลีเอมีน (free และ conjugated polyamines) ก็เพิ่มขึ้นในช่วงที่มีการเพิ่มจำนวนเซลล์อย่างรวดเร็วด้วย หลังจากนั้นปริมาณสารเหล่านี้จะลดลงอย่างรวดเร็วพร้อมกับมีอัตราการแบ่งเซลล์ลดลง และเกิดกระบวนการ differentiation ขึ้นแทน และมีรายงานในใบยาสูบ พบว่าในบริเวณที่มีการแบ่งเซลล์มาก เช่น บริเวณปลายยอด ขั้ว ใบอ่อน และรังไข่ มีปริมาณโพลีเอมีนที่จับกับโปรตีน (polyamines binding protein) อยู่สูงกว่าส่วนที่มีการขยายขนาดเต็มที่แล้ว (Kaur-Sawhney และ Applewhite, 1993) หลังจากระยะนี้แล้ว ผลจะมีการขยายขนาดอย่างรวดเร็ว อันเกิดจากการขยายขนาดของเซลล์ (cell enlargement) และการเพิ่มช่องว่างระหว่างเซลล์ (intercellular space) (รวิ, 2537) ซึ่งในระยะนี้โพลีเอมีนจะมีปริมาณต่ำ และค่อนข้างคงที่ อาจเนื่องมาจากโพลีเอมีนไม่มีส่วนเกี่ยวข้องกับกระบวนการนี้มากนัก มีรายงานว่าโพลีเอมีนมีบทบาทสำคัญในการแบ่งเซลล์ แต่ไม่ชักนำให้เกิดการยืดตัวของเซลล์ (cell elongation) (Bagni, 1986; Evans และ Malmberg, 1989; Bagni และ Torrigiani, 1992) และจากผลการศึกษาการเพิ่มจำนวนชั้นเซลล์ของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 (อุษา, 2542) พบว่า ผลมะม่วงมีอัตราการเพิ่มจำนวนชั้นเซลล์สูงขึ้น ในช่วงที่ปริมาณโพลีเอมีนสูงขึ้น ดังนั้น ปริมาณโพลีเอมีนที่เพิ่มสูงขึ้นในช่วงนี้อาจมีความสัมพันธ์กับการเพิ่มจำนวนเซลล์ของมะม่วงพันธุ์นี้

ในสัปดาห์ที่ 14-15 หลังดอกแรกบาน โพลีเอมีนมีปริมาณเพิ่มสูงขึ้นอีกครั้งซึ่งการเพิ่มสูงขึ้นของโพลีเอมีนในระยะนี้ไม่มีความสัมพันธ์กับการขยายขนาดของผล เนื่องจากในระยะนี้ผลมะม่วงมีการขยายขนาดเต็มที่แล้ว แต่อาจมีความสัมพันธ์กับกระบวนการสุกแก่ของผลมะม่วง เนื่องจากในระยะนี้จะมีการเปลี่ยนแปลงต่างๆ เกิดขึ้นมากมาย เช่น การสังเคราะห์เม็ดสี (pigment) และการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ เพื่อการเปลี่ยนแปลงสีผิวของผลมะม่วง (Lizada, 1993) มีรายงานว่าในสภาพที่มีแสงโพลีเอมีนจะส่งเสริมการสลายคลอโรฟิลล์ (Shih และคณะ, 1982) สารเหล่านี้เป็นสารที่อยู่ในกระบวนการหายใจ ซึ่งระหว่างกระบวนการสุกของผลมะม่วงที่เป็น climacteric fruit นั้น จะมีช่วงที่มีอัตราการหายใจ

เพิ่มสูงขึ้น (จริงแท้, 2538) ดังนั้นจึงอาจมีความสัมพันธ์กับปริมาณโพลีเอมีนที่เพิ่มขึ้นในช่วงก่อนระยะเก็บเกี่ยว เนื่องจากโพลีเอมีนอาจเป็นสารตั้งต้นของสารที่ใช้ในกระบวนการหายใจ นอกจากนี้ในกระบวนการสุกจะมีการสังเคราะห์เอนไซม์ต่างๆ ขึ้นมากมาย เพื่อใช้ในการเปลี่ยนแปลงเป็นน้ำตาล (carbohydrate metabolism) และการทำให้เกิดการอ่อนนุ่มของผล ขบวนการเหล่านี้จะต้องมีการสังเคราะห์ DNA และ RNA เพิ่มขึ้น มีรายงานว่า โพลีเอมีนสามารถช่วยเพิ่มการสังเคราะห์โปรตีน RNA และ DNA ของ protoplast ได้ (Kaur-Sawhney และ คณะ, 1980) ส่วน Sakai และ Cohen (1976) รายงานว่า โพลีเอมีนสามารถเพิ่ม DNA replication, DNA transcription และ mRNA translation ได้ในหลอดทดลอง (*in vitro*) ดังนั้นปริมาณโพลีเอมีนที่เพิ่มสูงขึ้นในระยะนี้ อาจจะเกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์ DNA และ RNA เหล่านี้ได้ นอกจากนี้มีรายงานในผล zucchini และ squash พบว่า ปริมาณ PUT สูงขึ้นในระยะผลแก่เช่นเดียวกัน ดังนั้นปริมาณโพลีเอมีนที่เพิ่มสูงขึ้นในระยะนี้จึงอาจจะเป็นตัวบ่งชี้ว่าผลไม่มีความสุกแก่ทางสรีรวิทยาเกิดขึ้น (physiological maturity) (Tatsumi และคณะ, 1995)

สำหรับการเปลี่ยนแปลงของเอทิลีนในระหว่างการเจริญเติบโตของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 นั้น พบว่าผลมะม่วงมีการผลิตเอทิลีนสูงที่สุดในระยะ 2 สัปดาห์หลังดอกแรกบาน จากนั้นผลจะมีการผลิตเอทิลีนลดลง และคงที่ไปจนกระทั่งเก็บเกี่ยว การผลิตเอทิลีนของผลมะม่วงนี้ คล้ายคลึงกับที่พบในแอปเปิล (Walsh และ Solomos, 1987) อะโวคาโด (Akamine และ Goo, 1973) และมีลักษณะเดียวกับการผลิตเอทิลีนในมะม่วงพันธุ์ Caraboa (Mendoza, 1981) และพันธุ์ Haden (Akamine และ Goo, 1973) ที่ได้มีการศึกษาไว้ก่อนหน้านี้ Abeles และคณะ (1992) รายงานว่า ผลไม้จะมีอัตราการผลิตเอทิลีนสูง 2 ช่วง คือ ในระยะแรกของการเจริญเติบโตของผล ซึ่งเกี่ยวข้องกับการแบ่งเซลล์และการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วของผล และการเพิ่มขึ้นของเอทิลีนอีกครั้งนั้นจะเกิดขึ้นในระยะสุดท้ายของการเจริญเติบโตของผล ซึ่งเกี่ยวข้องกับการสุกของผล รวมทั้งการอ่อนตัวของเนื้อเยื่อผลและการหลุดร่วงด้วย แต่ในการศึกษาในผลมะม่วงในครั้งนี้พบว่า ผลมะม่วงผลิตเอทิลีนสูงในระยะแรกของการเจริญเติบโตของผลเท่านั้น ยังไม่พบการเพิ่มของเอทิลีนที่เกี่ยวข้องกับการสุก เนื่องจากการศึกษาในครั้งนี้ได้ศึกษาการผลิตเอทิลีนของผลมะม่วงจนถึงระยะเก็บเกี่ยวทางการค้าเท่านั้น ซึ่งในระยะนี้ผลมะม่วงยังไม่มีขบวนการสุกปรากฏให้เห็น โดยปกติแล้วในทางการค้านั้นจะไม่นิยมนำผลมะม่วงสุกอยู่กับนต้น แต่จะเก็บผลแก่มาบ่มให้สุกด้วยสารปลดปล่อยเอทิลีนต่างๆ (พีรเดช, 2537ข; จริงแท้, 2538) ดังนั้นในการศึกษานี้จึงไม่พบว่ามีปริมาณเอทิลีนเพิ่มขึ้นในระยะสุดท้ายของการเจริญเติบโตของผล

เมื่อพิจารณาการสังเคราะห์โพลีเอมีนและเอทิลีน (Galston และ Kaur-Sawhney, 1995) และจากรายงานต่างๆ (Mattoo และ White, 1991; Bagni และ Torrigiani, 1992; Toumadje และ Richardson, 1994) จะเห็นว่าโพลีเอมีนและเอทิลีนมีการแข่งขันกันใช้สารตั้งต้นชนิดเดียวกัน คือ SAM ดังนั้นโพลีเอมีนและเอทิลีนจึงไม่ควรที่จะมีปริมาณสูงในระยะเวลาเดียวกันได้ แต่ในการศึกษานี้ จะเห็นว่าสารทั้ง

สองชนิดมีปริมาณสูงขึ้นในระยะเวลาที่ใกล้เคียงกัน อาจเนื่องมาจาก putrescine (PUT) ซึ่งเป็นโพลีเอมีนชนิดที่พบว่าปริมาณสูงมากในเวลาเดียวกับที่การผลิตเอทิลีนมีปริมาณสูงนั้น เป็นสารที่สามารถสังเคราะห์มาจาก ornithine หรือ arginine ก็ได้ โดยไม่ต้องผ่าน SAM จึงทำให้ทั้ง PUT และเอทิลีนมีปริมาณเพิ่มสูงขึ้นพร้อมกันได้

เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเอทิลีนและเปอร์เซ็นต์ช่อดอกที่ติดผล พบว่าในสัปดาห์ที่ 1 หลังดอกแรกบาน ผลมะม่วงมีการผลิตเอทิลีนเท่ากับ 5.51 nL/g.h ส่งผลให้เปอร์เซ็นต์ช่อดอกที่ติดผลลดลงจาก 100% ในสัปดาห์แรกเหลือเพียง 96.65% ในสัปดาห์ที่ 2 หลังดอกแรกบาน ซึ่งในสัปดาห์ที่ 2 นี้ปริมาณเอทิลีนได้เพิ่มขึ้นสูงสุดเป็น 14.50 nL/g.h ทำให้เปอร์เซ็นต์ช่อดอกที่ติดผลลดลงอย่างมากจนเหลือเพียง 38.10% ในสัปดาห์ที่ 3 จากนั้นในสัปดาห์ที่ 3-8 หลังดอกแรกบานปริมาณเอทิลีนลดลงอย่างต่อเนื่องเช่นเดียวกับเปอร์เซ็นต์ช่อดอกที่ติดผล และในสัปดาห์ที่ 9-15 หลังดอกแรกบานเอทิลีนมีปริมาณค่อนข้างคงที่พร้อมกับเปอร์เซ็นต์ช่อดอกที่ติดผลค่อนข้างคงที่ด้วยเช่นกัน แสดงให้เห็นว่าปริมาณเอทิลีนมีความสัมพันธ์โดยตรงกับการหลุดร่วงของผลมะม่วง ซึ่งสอดคล้องกับรายงานว่าเอทิลีนเป็นสาเหตุหนึ่งของการหลุดร่วงของส่วนต่างๆ ของพืช รวมทั้งผลด้วย (Burg, 1968)

แม้ว่าเปอร์เซ็นต์ช่อดอกที่ติดผลและปริมาณเอทิลีนที่ผลมะม่วงพันธุ์นี้ผลิตขึ้น มีการเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางเดียวกันก็ตาม แต่มีความเป็นไปได้ว่าเอทิลีนไม่ได้เป็นสาเหตุสำคัญของการหลุดร่วงของผลมะม่วงในระยะแรก (1-2 สัปดาห์หลังดอกแรกบาน) Suzuki และคณะ (1990) รายงานว่า การผลิตเอทิลีนของผลพลับพ้านธุ์ Matsumotowase Fuyu และ Hiratanenashi ไม่มีความสัมพันธ์กับการหลุดร่วงของผล (physiological fruit drop) ในระยะ 3-4 สัปดาห์หลังดอกแรกบาน นอกจากนี้สาเหตุของการหลุดร่วงของผลอาจเกิดจากการแก่งแย่งอาหาร และการขาด Plant bioregulators ของผลชนิดต่างๆ ดังที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น ซึ่งโดยปกติแล้วมะม่วงจะติดผลมากในระยะแรก แต่หลังจากนั้นแต่ละผลจะแย่งกันแย่งอาหาร และ Plant bioregulators ต่างๆ เข้าสู่ผลเพื่อใช้ในการเจริญเติบโตของผล หากผลใดไม่มีเมล็ด เมล็ดไม่สมบูรณ์ หรือเป็นผลที่มีขนาดเล็กเนื่องจากติดผลช้ากว่าผลอื่น ทำให้ไม่มีความสามารถพอที่จะดึงอาหารเพื่อใช้ในการพัฒนาผลเองได้ ผลนั้นก็หลุดร่วงไป จึงเหลือเพียงผลที่แข็งแรงเท่านั้นที่จะสามารถพัฒนาต่อไปจนกระทั่งผลแก่ได้ นอกจากนี้สาเหตุที่เอทิลีนมีปริมาณสูงมากในระยะแรกนั้น อาจไม่ได้เกิดจากส่วนของผลเท่านั้น แต่อาจเกิดจากส่วนประกอบของดอก เช่น กลีบดอก กลีบเลี้ยง และฐานดอก ซึ่งเกิดการหลุดร่วงในระยะนี้ด้วยเช่นกัน

จากการศึกษาครั้งนี้พบว่า โพลีเอมีนเป็นสารอีกชนิดหนึ่งที่น่าจะมียับยั้งสำคัญต่อการเจริญเติบโตของผลมะม่วงโดยเกี่ยวข้องกับการแบ่งเซลล์ของผลมะม่วง ในการเจริญเติบโตระยะแรกสำหรับปริมาณเอทิลีนที่ผลมะม่วงผลิตขึ้น พบว่ามีความสัมพันธ์กับการหลุดร่วงในระยะแรกของผลอ่อน กล่าวคือ ในระยะแรกที่พบปริมาณเอทิลีนสูงจะเป็นช่วงเดียวกับที่มีเปอร์เซ็นต์การร่วงของผล

สูงเช่นกัน แต่ขณะนี้ยังไม่สามารถพิสูจน์ได้ว่า ปริมาณเอทิลินที่สูงขึ้นในระยะนี้ส่งผลให้เกิดการหลุดร่วงของผลโดยตรง หรือเอทิลินเป็นเพียงปัจจัยหนึ่งเท่านั้น ซึ่งต้องมีการศึกษาหรือหาสาเหตุที่แท้จริงของการหลุดร่วงต่อไปอีก ในแง่ความสัมพันธ์ระหว่างโพลีเอมีนและเอทิลินในระหว่างการเจริญเติบโตของผลมะม่วงก็เช่นเดียวกัน การศึกษาครั้งนี้ยังไม่สามารถแสดงถึงความสัมพันธ์อย่างเด่นชัดระหว่างฮอร์โมนพืชสองชนิดนี้ออกมาได้ จึงควรได้มีการศึกษาเพิ่มเติมจากนี้ต่อไป

สรุป

1. จากการศึกษาอัตราการติดผลของมะม่วงพันธุ์เขียวเสวย และพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 พบว่ามีอัตราการร่วงของผลอ่อนสูงในช่วง 2-3 สัปดาห์หลังดอกบาน ต่อมาอัตราการติดผลจะคงที่จนกระทั่งถึงระยะเก็บเกี่ยวโดยมีอัตราการติดผลประมาณ 7%
2. ลักษณะการเจริญเติบโตของมะม่วงพันธุ์เขียวเสวย และพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 เป็นแบบ Simple Sigmoid Curve ซึ่งมีการเจริญเติบโตปรากฏให้เห็นชัดเจนในช่วงสัปดาห์ที่ 5-8 หลังดอกบาน โดยมีการเพิ่มทั้งขนาดผล น้ำหนักผล และน้ำหนักเมล็ด
3. จากการศึกษาปริมาณสารคลอโรฟิลล์และโซโตไคนินภายในเนื้อผลและเมล็ดของผลมะม่วงพันธุ์เขียวเสวย พบว่า ปริมาณสารทั้งสองจะเพิ่มขึ้น และมีปริมาณสูงสุดในสัปดาห์ที่ 5 หลังดอกบาน ในส่วนของเมล็ดจะมีปริมาณของสารมากกว่าในส่วนเนื้อผล ดังนั้น เมล็ดจึงเป็นแหล่งสำคัญของการผลิตสารทั้งสองนี้
4. การเปลี่ยนแปลงปริมาณสารคลอโรฟิลล์และโซโตไคนินภายใน มีบทบาทต่อกระบวนการร่วงของผลมะม่วงพันธุ์เขียวเสวย เมื่อเวลา 4 สัปดาห์หลังดอกบานนั้น ผลที่มีขนาดใหญ่และมีเมล็ดจะมีปริมาณสารทั้งสองสูงกว่าผลขนาดเล็กที่ไม่มีเมล็ด และผลขนาดเล็กที่มีปริมาณสารทั้งสองต่ำมาก จะหลุดร่วงในช่วงสัปดาห์ต่อมา
5. การเพิ่มขึ้นของปริมาณสารคลอโรฟิลล์และโซโตไคนินภายในผล จะปรากฏให้เห็นก่อนที่การขยายขนาดของผลจะเกิดขึ้น ดังนั้นการเพิ่มขึ้นของสารทั้งสองนี้จะชักนำให้เกิดกระบวนการเจริญเติบโตของผลมะม่วงพันธุ์เขียวเสวยตามมา
6. จากการศึกษาปริมาณโพลีเอมีนสามชนิดในเนื้อผลและเมล็ดของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 พบว่าโพลีเอมีนชนิดที่พบมากที่สุดคือ putrescine รองลงมาคือ spermidine และ spermine ตามลำดับ
7. การเปลี่ยนแปลงปริมาณโพลีเอมีนทั้งสามชนิดในเนื้อผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 มีลักษณะคล้ายกัน คือ ในระยะ 1-2 สัปดาห์หลังดอกแรกบาน โพลีเอมีนมีปริมาณสูงมาก จากนั้นปริมาณจะลดลงอย่างรวดเร็วและมีปริมาณคงที่ไปจนกระทั่งสัปดาห์ที่ 15 หลังดอกแรกบาน ปริมาณจึงเพิ่มสูงขึ้นอีกครั้ง
8. การเปลี่ยนแปลงปริมาณโพลีเอมีนทั้งสามชนิดในเมล็ดของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 ที่ได้ทำการศึกษาเมื่อเมล็ดมีอายุ 4 สัปดาห์หลังดอกแรกบานไปจนกระทั่งเก็บเกี่ยวผลในระยะ 15 สัปดาห์หลังดอกแรกบาน พบว่า ปริมาณ putrescine และ spermidine มีรูปแบบการเปลี่ยนแปลงคล้ายกัน

คือ ในระยะ 4-6 สัปดาห์หลังดอกแรกบาน เมล็ดมีปริมาณสารทั้งสองชนิดค่อนข้างสูง ส่วน spermine มีปริมาณต่ำและค่อนข้างคงที่ในระยะนี้ (4-10 สัปดาห์หลังดอกแรกบาน) ในสัปดาห์ที่ 11 หลังดอกแรกบาน putrescine และ spermidine มีปริมาณเพิ่มสูงขึ้น และลดต่ำลงในสัปดาห์ที่ 12 หลังดอกแรกบาน ขณะที่ spermine เริ่มมีปริมาณเพิ่มขึ้นในสัปดาห์ที่ 11 และเพิ่มสูงสุดในสัปดาห์ที่ 12 หลังดอกแรกบาน ในสัปดาห์ที่ 14-15 หลังดอกแรกบาน โพลีเอมีนทั้งสามชนิดจึงมีปริมาณเพิ่มสูงขึ้นอีกครั้ง

9. การเปลี่ยนแปลงปริมาณเอทิลีนที่ผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 ผลิตขึ้นในระหว่างการเจริญเติบโต พบว่า เอทิลีนมีปริมาณสูงมากในระยะแรกของการเจริญเติบโต (1-2 สัปดาห์หลังดอกแรกบาน) จากนั้นปริมาณจะค่อย ๆ ลดลงและคงที่ไปจนกระทั่งเก็บเกี่ยว (15 สัปดาห์หลังดอกแรกบาน)

10. ปริมาณเอทิลีนที่ผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 ผลิตขึ้นในระหว่างการเจริญเติบโต น่าจะมีความสัมพันธ์กับการหลุดร่วงของผลอ่อนในระยะแรก

เอกสารอ้างอิง

- จริงแท้ ศิริพานิช. 2538. สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้. โรงพิมพ์ศูนย์ส่งเสริมและฝึกอบรมการเกษตรแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, นครปฐม. 396 น.
- ฉลองชัย แบบประเสริฐ. 2532. เอกสารวิชาการมะม่วง. ศิริภัณฑ์ออฟเซ็ท, ขอนแก่น. 50 น.
- _____. 2533. การปฏิบัติบำรุงสวนมะม่วง, น. 47-65. ใน ไพบุลย์ ไพรีพ่ายฤทธิ์ (ผู้รวบรวม). การทำสวนมะม่วง. โครงการคู่มือประกอบอาชีพสำหรับประชาชน สำนักส่งเสริมและฝึกอบรม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, นครปฐม.
- ดวงตรา กสานติกุล. 2526. การศึกษาการเจริญเติบโต การเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมี และดัชนีการเก็บเกี่ยวของผลมะม่วง (*Mangifera indica* L.) พันธุ์น้ำดอกไม้. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- ปวิณ ปุณศรี. 2504. การเจริญเติบโตของผลมะม่วงพันธุ์แก้วแดง. วารสารเกษตรศาสตร์ 1 : 11-18.
- พีรเดช ทองอำไพ. 2529. การติดผลของมะม่วง, น. 54-56. ใน เอกสารประกอบการฝึกอบรมหลักสูตร “มะม่วง”. ฝ่ายฝึกอบรม สถาบันวิจัยพืชสวน กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ.
- _____. 2533. สารควบคุมการเจริญเติบโต, น. 191-203. ใน ไพบุลย์ ไพรีพ่ายฤทธิ์ (ผู้รวบรวม). การทำสวนมะม่วง โครงการคู่มือประกอบอาชีพสำหรับประชาชน สำนักส่งเสริมและฝึกอบรม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, นครปฐม.
- _____. 2537ก. สารยับยั้งการเจริญเติบโต, น. 69-73. ใน การฝึกอบรมการใช้สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชทางการเกษตร. คณะอนุกรรมการประสานงานวิจัยฮอโมนพืชและสารที่เกี่ยวข้อง, สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ และกรมการฝึกหัดครู กระทรวงศึกษาธิการ. 14-18 มีนาคม 2537, กรุงเทพฯ.
- _____. 2537ข. ฮอโมนพืชและสารสังเคราะห์ แนวทางการใช้ประโยชน์ในประเทศไทย. วิจัยการพิมพ์, กรุงเทพฯ. 196 น.
- รวี เสฐภักดี. 2537. Fruit set, fruit growth and fruit development, น. 119-139. ใน การฝึกอบรมการใช้สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชทางการเกษตร. คณะอนุกรรมการประสานงานวิจัยฮอโมนพืชและสารที่เกี่ยวข้อง, สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ และกรมการฝึกหัดครู กระทรวงศึกษาธิการ. 14-18 มีนาคม 2537, กรุงเทพฯ.

- เล็ก พิสิฐพรสกุล. 2526. การศึกษาการเจริญเติบโต และการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีบางอย่างของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้. ปัญหาพิเศษปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- วิจิตร วังโน. 2529. มะม่วง. ศรีสมบัติการพิมพ์, กรุงเทพฯ. 301 น.
- สนั่น จำเลิศ. 2528. การสร้างสวนมะม่วง, น. 9-68. ใน โรงเรียนสอนบุตรเกษตรกร เอกสารประกอบการสอน รุ่นที่ 5 หลักสูตรการทำสวนมะม่วง, 21-25 พฤศจิกายน 2528. สำนักส่งเสริมและฝึกอบรมการเกษตรแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, นครปฐม.
- สมพร ภูเจริญไพศาล. 2524. การเจริญของผล ระดับสารยับยั้งการเจริญและการโบไฮเดรทในระยะต่างๆของการเจริญของผลมะม่วง (*Mangifera indica* L.) พันธุ์หนังกลางวัน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- สุนันต์ สุภัทรพันธุ์. 2526. เอกสารคำสอนเรื่องสรีรวิทยาของการเจริญเติบโตพืชสวน. ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- อุษา หวังวัฒนา. 2542. การศึกษาการเจริญเติบโตของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4. ปัญหาพิเศษปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- Abeles, F. B., P. W. Morgan and M. E. Saltveit, Jr. 1992. Ethylene in Plant Biology, 2nd ed., Academic Press, Inc., New York. 414 p.
- Akamine, E. K. and T. Goo. 1973. Respiration and ethylene production during ontogeny of fruit. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 98(4) : 381-383.
- Apelbaum, A. 1986. Polyamine involvement in development and ripening of avocado fruit. Acta Horticulturae 179 : 779-785.
- Aribaud, M. and J. Martin-Tanguy. 1994. Polyamine metabolism, floral initiation and floral development in Chrysanthemum (*Chrysanthemum morifolium* Ramat.). Plant Growth Regulation 15 : 23-31.
- Bagni, N. 1986. The function and metabolism of polyamines in plant. Acta Horticulturae 179 : 95-103.
- Bagni, N. and P. Torrigiani. 1992. Polyamines : A new class of growth substances, pp. 264-275. In C. M. Karssen, L. C. van Loon and D. Vreugdenhil (eds.). Progress in Plant Growth Regulation. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.

- Bagni, N. and R. Pistocchi. 1992. Polyamine metabolism and compartmentation in plant cell, pp. 229-248. *In* K. Mengel and D. J. Pilbeam (eds.). Nitrogen Metabolism of Plants. Clarendon Press, Oxford.
- Bains, K. S., G. S. Bajwa and Z. Singh. 1997. Abscission of mango fruitlets I. In Relation to endogenous concentrations of indole-3-acetic acid, gibberellic acid and abscisic acid in pedicels and fruitlets. *Fruits* 52(3) : 159-165.
- Bangerth, F. K. 1997. Can regulatory mechanism in fruit growth and development be elucidated through the study of endogenous hormone concentrations? *Acta Horticulturae* 463: 77-87.
- Biasi, R., N. Bagni and G. Costa. 1988. Endogenous polyamines in apple and their relationship to fruit set and fruit growth. *Physiol. Plant.* 73 : 201-205.
- Biasi, R., G. Costa and N. Bagni. 1991. Polyamine metabolism as related to fruit set and growth. *Plant Physiol. Biochem.* 29(5) : 497-506.
- Burdon, J. N. and R. Sexton. 1991. The role of ethylene in the shedding of red raspberry fruit. *Plant Growth Reg. Abstr.* 17(2) : 77.
- Burg, S. P. 1968. Ethylene, plant senescence and abscission. *Plant Physiol.* 43 : 1503-1511.
- Chen, W. S. 1983. Cytokinins of the developing mango fruit. *Plant Physiol.* 71 : 356-361.
- Crane, J.C. 1969. The role of hormones in fruit set and development. *HortScience* 4 : 108-111.
- Cuevas, J., H. F. Rapoport and L. Rallo. 1996. Relationships among reproductive processes and fruitlet abscission in 'Arbequina' olive. *Hort. Abstr.* 66(1) : 108.
- Evans, P. T. and R. Malmberg. 1989. Do polyamines have role in plant development ?. *Annu. Rev. Plant. Physiol.* 40 : 235-269.
- Galston, A. W. and R. Kaur-Sawhney. 1987. Polyamines as endogenous growth regulators, pp. 280-295. *In* P. J. Davies (ed.). *Plant Hormones and Their Role in Plant Growth and Development*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.
- _____. 1995. Polyamines as endogenous growth regulators, pp. 158-178. *In* P. J. Davies (ed.). *Plant Hormones and Their Role in Plant Growth and Development*. 2nd ed., Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.

- Garcia-Luis, A., F. Forné's and J. L. Guardiola. 1990. Competition and fruitlet abscission in satsuma mandarin. Hort. Abstr. 60(6) : 550.
- Hirata, N., S. Hayashi and K. Tanabe. 1980. Physiological studies of developing and ripening fruit of Japanese persimmon 5 relationship of fruit growth to changes in auxin, gibberellin, cytokinin, abscisic acid and ethylene contents of fruit. Plant Growth Reg. Abstr. 6(1) : 1.
- Kaur-Sawhney, R. and P. B. Applewhite. 1993. Endogenous protein-bound polyamines : correlation with regions of cell division in tobacco leaves, internodes and ovaries. Plant Growth Regulation 12 : 223-227.
- Kaur-Sawhney, R., H. E. Flores and A. W. Galston. 1980. Polyamine-induced DNA synthesis and mitosis in oat leaf protoplasts. Plant Physiol. 65(2) : 368-371.
- Khan, F. U. and C. N. Singh. 1991. Effect of gibberellic acid (GA₃) on the bunch and berry size of Kishmish Charni grapes. Plant Growth Reg. Abstr. 17(3) : 108.
- Kushad, M. M., G. Yelenosky and R. Knight. 1988. Interrelationship of polyamine and ethylene biosynthesis during avocado fruit development and ripening. Plant Physiol. 87 : 463-467.
- Lavee, S. 1977. The growth potential of olive (*Olea europaea*) fruit mesocarp *in vitro*. Acta Horticulturae 78 : 115-?
- Lizada, C. 1993. Mango, pp. 255-271. In G. B. Seymour, J. E. Taylor and G. A. Tucker (eds.). Biochemistry of Fruit Ripening. Chapman & Hall, London.
- Mamat, A. S. and A. A. Wahab. 1992. Gibberellins in the developing flower and fruit of *Durio zibethinus* Murr. Acta Horticulturae 292 : 101-106.
- Matoo, A. K. and W. B. White. 1991. Regulation of ethylene biosynthesis, pp. 21-42. In A. K. Matoo and J. C. Suttle (eds.). The Plant Hormone Ethylene. CRC Press, Florida.
- Mendoza, D. B. 1981. Developmental physiology of 'Carabao' mango (*Mangifera indica* L.) fruits. Ph.D. Thesis, University of the Philippines, College, Laguna, Philippines. Cited by D. B. Mendoza and R. B. H. Wills. Mango : Fruit Development, Postharvest Physiology and Marketing. ASEAN Food Handling Bureau, Kuala Lumpur. 111 p.
- Nanthachai, P. 1982. Fruit morphology and development in mango (*Mangifera indica* L.), pp. 92-95. In Proceeding Workshop on Mango and Rambutan. Cited by D. B. Mendoza and R. B. H.

- Wills. Mango : Fruit Development, Postharvest Physiology and Marketing. ASEAN Food Handling Bureau, Kuala Lumpur. 111 p.
- Ogata, K. 1993. Changes of carbohydrate, nitrogen and endogenous hormones content during growth development in Japanese pear. M.S. Thesis. Chiba University, Japan.
- Paksakorn, 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.
- Paksasorn, A., T. Hayasaka, H. Matsui, H. Ohara and N. Hirata. 1995. Relationship of polyamine content to ACC content and ethylene evolution in Japanese apricot fruit. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 63(4) : 761-766.
- Pal, R. N., M. R. K. Rao and K. L. Chadha. 1979. Effect of growth retardants and other plant growth regulators for the control of fruit drop in mango. Indian J. Hort. 36 : 318.
- Ponappa, T. and A. R. Miller. 1996. Polyamines in normal and auxin-induced strawberry fruit development. Physiol. Plant. 98 : 447-454.
- Quintana, E. G., P. Nanthachai, H. Hiranpradit, D. B. Mendoza, Jr. and S. Ketsa. 1984. Changes in mango during growth and maturation, pp. 21-27. In D. B. Mendoza and R. B. H. Wills (eds.). Mango : Fruit Development, Postharvest Physiology and Marketing. ASEAN Food Handling Bureau, Kuala Lumpur.
- Ram, S. 1992. Naturally occurring hormones of mango and their role in growth and drop of the fruit. Acta Horticulturae 321 : 400-411.
- Ram, S. and S. Pal. 1979. Studies on the naturally occurring gibberellins in mango (*Mangifera indica* L.) fruit. J. Hort. Sci. 54(3) : 209-215.
- Sakai, T. T. and S. S. Cohen. 1976. Effects of polyamines on the structure and reactivity of tRNA. Prog. Nucleic Acid Res. Mol. Biol. 17 : 15-42. Cited by N. Bagni. The function and metabolism of polyamines in plant. Acta Horticulturae 179 : 95-103.
- Suzuki, A., H. Iwanaga, Y. Murakami and T. Maotani. 1990. Relationship between changes in ethylene evolution and physiological drop of persimmon fruit. Hort. Abstr. 60 (8):778.

- Scholefield, P. B. and D. R. Oag. 1984. Flowering and fruit set of six cultivars of mango, pp. 96-99. *In* Proceeding of First Australian Mango Research Workshop. 26-30 Nov. 1984 Cairns, Australia.
- Shih, L. M., R. Kaur-Sawhney, J. Fuhrer, S. Samanta and A. W. Galston. 1982. Effects of exogenous 1,3-diaminopropane and spermidine on senescence of oat leaves. *Plant Physiol.* 70 : 1592-1596.
- Singh, Z. and L. Singh. 1995. Increased fruit set and retention in mango with exogenous application of polyamines. *HortSci.* 70(2) : 271-277.
- Smith, M. A. and P. J. Davies. 1985. Separation and quantitation of polyamines in plant-tissue by high-performance liquid chromatography of their dansyl derivatives. *Plant Physiol.* 79 : 400-405.
- Tatsumi, Y., I. Kimura and K. Sumata. 1995. Relation between chilling sensitivity and polyamine content in several maturity stages of zucchini squash. *Acta Horticulturae* 398 : 215-221.
- Toumadje, A. and D. G. Richardson. 1994. Polyamines and ethylene biosynthesis enzymes in pear fruit : Changes in S-adenosyl methionine decarboxylase and ACC synthase activities in chilling satisfies ripening Packham's Triumph pear fruits. *Acta Horticulturae* 367 : 434-438.
- Turnbull, C. G. N. 1989. Gibberellins and control of fruit retention and seedlessness in Valencia orange. *Acta Horticulturae* 239 : 335-339.
- Valpuesta, V., M. A. Quesada, C. Sanchez-Roldan, H. A. Tigier, A. Heredia and M. J. Bukovac. 1989. Changes in indole-3-acetic acid, indole-3-acetic acid oxidase, and peroxidase isozymes in the seeds of developing peach fruit. *Plant Growth Regulation* 8(4) : 255-261.
- Walsh, C. S. and T. Solomos. 1987. Ethylene evolution by apple fruits during their early season growth and development. *Scientia Hort.* 32 : 203-211.
- Wang, S. Y. and M. Faust. 1994. Changes in polyamine content during dormancy in flower buds of 'Anna' apple. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 119(1) : 70-73.

3.3 ปัจจัยอื่นๆ ที่มีอิทธิพลต่อการติดผลของมะม่วง

3.3.1 สัดส่วนเพศดอก ลำดับการบานของดอกและตำแหน่งดอกเพศผู้และดอกสมบูรณ์เพศ

การติดผลของมะม่วงจะเกิดขึ้นได้ต้องมีการผสมเกสรและการปฏิสนธิเกิดขึ้น ในบางครั้งพบว่ามะม่วงออกดอกมากแต่ติดผลต่ำหรืออาจไม่ติดเลย ดังนั้นการศึกษาปัจจัยทางสรีรวิทยาของดอกมะม่วง ได้แก่เรื่อง สัดส่วนเพศดอก, ความสามารถในการแตกของอับละอองของเกสร ความมีชีวิตของละอองเกสร การงอกของละอองเกสร (pollen germination) การงอกของละอองเกสรบนยอดเกสรเพศเมีย (pollen tube growth on stigma) น่าจะทำให้ทราบถึงปัญหาการที่มะม่วงออกดอกมากแต่ติดผลน้อย และสามารถใช้เป็นแนวทางในการแก้ปัญหาเรื่องการติดผลต่อไป

ตามธรรมชาติมะม่วงจะออกดอกบริเวณปลายยอด และออกดอกเป็นช่อแบบมีกิ่งก้าน (branched terminal panicle) ในช่อดอกหนึ่งๆ ประกอบด้วยดอก 2 ชนิด คือดอกเพศผู้ (staminate flower) และดอกสมบูรณ์เพศ (hermaphrodite flower) โดยดอกเพศผู้มีจำนวนมากว่าดอกสมบูรณ์เพศ และมักอยู่บริเวณฐานช่อดอก จำนวนดอกเพศผู้และดอกสมบูรณ์เพศจะแตกต่างกันไปตามพันธุ์และสภาพแวดล้อมในช่วงที่มะม่วงกำลังออกดอก (Coetzer และคณะ, 1995) ในสภาพธรรมชาติดอกสมบูรณ์เพศที่ไม่ได้รับการผสมเกสรจะทยอยร่วงหมดภายในหนึ่งสัปดาห์ ส่วนในดอกที่ได้รับการผสมเกสรพบว่ารังไข่จะเปลี่ยนเป็นสีเขียวและมีขนาดใหญ่ขึ้น (ดวงตรา, 2526) ดังนั้นการที่มะม่วงออกดอกและมีดอกสมบูรณ์เพศต่อดอกเพศผู้ในอัตราส่วนที่เหมาะสมก็จะทำให้มีโอกาสเกิดการผสมเกสรและติดผลที่ดี ในช่วงที่มะม่วงออกดอกพบว่าในแต่ละช่อจะมีดอกประมาณ 200-400 ดอก แต่ในบางพันธุ์อาจมีดอกมากถึง 7,000 ดอก (Gangolly และคณะ, 1957) Singh และคณะ (1966) พบว่าอุณหภูมิในช่วงการพัฒนาในดอกมีผลต่อสัดส่วนเพศดอก คือถ้าช่อดอกเจริญในขณะที่อุณหภูมิต่ำเกินไปจะทำให้เกิดดอกเพศผู้มาก และดอกสมบูรณ์เพศน้อย นอกจากนี้ยังมีปัจจัยอื่น ได้แก่ สารควบคุมการเจริญเติบโตบางชนิดซึ่งพบว่ามีบทบาทต่อการเปลี่ยนเพศดอกของพืช เช่น พบว่าในพืชตระกูลแตง การให้ออกซิน หรือ เอทิลีนจะชักนำให้เกิดดอกเพศเมีย ในขณะที่จิบเบอเรลลินจะเพิ่มปริมาณดอกเพศผู้ (คณพล, 2537) ในไม้ผลก็มีการนำสารเหล่านี้มาเปลี่ยนแปลงเพศดอกเช่นกัน เช่น การใช้ NAA เพิ่มดอกเพศผู้ในเงาะ (พีรเดช และคณะ, 2523) รวมทั้งในมะม่วงพบว่าการทดลองใช้สาร NAA เพื่อช่วยเพิ่มปริมาณดอกสมบูรณ์เพศ แต่ยังไม่ได้ผลดีจนนำมาปฏิบัติเป็นการค้าได้ (พินิจ, 2516)

ดอกมะม่วงเริ่มบานเวลาเช้าตรู่และยอดเกสรเพศเมีย (stigma) พร้อมทั้งจะรับการผสมทันที (McGreger, 1976) การผสมเกสรเกิดขึ้นโดยอับละอองเกสรจะแตกออกและปลดปล่อยละอองเกสรซึ่งอยู่ภายในออกมาตกลงบนยอดเกสรเพศเมีย ซึ่งนำไปสู่กระบวนการผสมเกสร การแตกของอับละอองเกสร

ของมะม่วงเกิดขึ้นเนื่องจากมีผนังเซลล์ชั้นนอกสุดเป็น epidermis ถัดเข้ามาเป็นเซลล์ที่เรียงตัวหนึ่งชั้น เรียก endothecium บริเวณที่เป็นรอยแตกตามธรรมชาติเพื่อปลดปล่อยละอองเกสรเรียกว่า stomium การแตกของอับละอองเกสรเกิดขึ้นเนื่องจากการสูญเสียน้ำออกจาก endothecial cell ทำให้เซลล์เหี่ยวลงผนังของอับละอองเกสรเริ่มแห้งทำให้เกิดแรงดึงขึ้นทุกๆ จุดบนผนังด้านนอกของอับละอองของเกสรทำให้เซลล์บริเวณ stomium ฉีกขาดออกจากกัน (Fahn, 1982) ความสามารถในการแตกของอับละอองเกสรขึ้นกับความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศโดยเมื่อความชื้นในอากาศสูงขึ้น การสูญเสียน้ำออกจากเซลล์เกิดได้น้อยลง การแตกของอับละอองเกสรจึงเกิดขึ้นได้ยาก การแตกของอับละอองเกสรในมะม่วงสามารถสังเกตได้ด้วยตาเปล่าคืออับละอองเกสรที่ยังไม่แตกจะมีสีม่วงอมชมพูเข้ม ส่วนอับละอองเกสรที่แตกแล้วจะมีลักษณะฟูเป็นสีเทา เมื่อละอองเกสรตกลงบนยอดเกสรเพศเมีย ละอองเกสรที่มีชีวิตและสามารถงอกได้เท่านั้น จึงจะทำให้มีการผสมเกสรเกิดขึ้น อุณหภูมิมีผลต่อความมีชีวิตและความงอกของละอองเกสรเพศผู้ อุณหภูมิที่สูงหรือต่ำเกินไปจะมีผลทำให้การงอกของเกสรลดลง หรือทำให้ละอองเกสรตาย ถ้าอุณหภูมิต่ำลงถึง 16 องศาเซลเซียส หรือสูงถึง 40 องศาเซลเซียส เกสรตัวผู้จะตายหมดและไม่สามารถงอกได้ (Young, 1956) สาเหตุที่การงอกของละอองเกสรขึ้นอยู่กัอุณหภูมิ เนื่องจากขณะที่ละอองเกสรงอกนั้น มีกระบวนการที่ต้องอาศัยการทำงานของเอนไซม์เพื่อการสังเคราะห์ RNA และโปรตีนเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ทำให้มีการหายใจสูงขึ้นและเกิดการสังเคราะห์สารประกอบต่างๆ (Leopold และ Kreidemann, 1975)

การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับดอกมะม่วงทางด้านสรีรวิทยา ได้แก่ การแสดงเพศดอก รวมทั้งบทบาทของสารควบคุมการเจริญเติบโตบางชนิดต่อการแสดงเพศดอก ลำดับการบานของดอก ความมีชีวิตของละอองเกสร การงอกของละอองเกสร การงอกของละอองเกสรบนยอดเกสรเพศเมีย โดยศึกษาเปรียบเทียบในพันธุ์ที่ออกดอก-ติดผลยากและออกดอก-ติดผลง่ายในช่วงการออกดอกทั้งในและนอกฤดู เพื่อให้ทราบข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับการติดผลในช่วงแรก (early fruit set) ของมะม่วงได้ชัดเจนยิ่งขึ้น

อุปกรณ์และวิธีการ

การทดลองที่ 1. การศึกษาสัดส่วนเพศดอกของมะม่วง

การทดลองที่ 1.1 การศึกษาสัดส่วนเพศดอกของมะม่วงน้ำดอกไม้มาก่อนออกดอกในฤดู

มะม่วงที่ใช้ในการทดลองได้แก่มะม่วงน้ำดอกไม้มาก่อนอายุ 3 ปี จำนวน 5 ต้นที่ปลูกอยู่ในกระถาง พลาสติกขนาด 15 นิ้ว และมีทรงพุ่มขนาดประมาณ 1 เมตร ที่แปลงทดลอง 1 ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม ทำการรดสารพาโคลบิวท

ราโซล (paclobutrazol) รอบโคนต้นในอัตรา 0.5 กรัม ai ในเดือนสิงหาคม 2541 เพื่อบังคับให้มะม่วงออกดอก หลังจากนั้นในเดือนตุลาคม 2541 พ่นสารไทโอยูเรียความเข้มข้น 0.5% เพื่อบังคับให้มะม่วงออกดอกพร้อมกันในช่วงปลายเดือนตุลาคม เลือกช่อดอกมะม่วงที่มีขนาดใกล้เคียงกันและดอกยังไม่บานจำนวนต้นละ 1 ช่อ ใช้ถุงตาข่ายพลาสติกคลุมไว้ ศึกษาปริมาณดอกเพศผู้และดอกสมบูรณ์เพศตลอดระยะการบานตั้งแต่ดอกแรกถึงดอกสุดท้ายของดอกแต่ละประเภท

ระยะเวลาในการทำการทดลองตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน 2541 ถึง เดือนกุมภาพันธ์ 2542

การทดลองที่ 1.2 การศึกษาลำดับการบานของดอกมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ที่ออกดอกในฤดู

มะม่วงที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ มะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ อายุ 6 ปี จำนวน 5 ต้น ซึ่งปลูกอยู่ในแปลงทดลอง 2 ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม เมื่อมะม่วงออกดอกองตามธรรมชาติในระหว่างเดือนพฤศจิกายน ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2539 เลือกช่อดอกมะม่วงจากต้นมะม่วงจำนวน 2 ต้น ต้นละ 2 ช่อ คือทางทิศเหนือ 1 ช่อและทิศใต้ 1 ช่อ ศึกษาการบานของดอกเพศผู้และดอกสมบูรณ์เพศตั้งแต่ดอกแรกบานจนถึงดอกสุดท้ายบาน

ระยะเวลาในการทดลองตั้งแต่เดือน พฤศจิกายน 2539 ถึง เดือนธันวาคม 2539

การทดลองที่ 1.3 การศึกษาสัดส่วนเพศดอกของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ที่ออกดอกนอกฤดู

มะม่วงที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ มะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ อายุ 6 ปี จำนวน 5 ต้น ซึ่งปลูกในกระถางพลาสติกขนาด 15 นิ้ว บริเวณแปลงทดลอง 1 ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม ต้นมะม่วงมีทรงพุ่มขนาดประมาณ 1 เมตร ทำการรดสารพาโคลบิวทราโซล (paclobutrazol) รอบโคนต้นในอัตรา 0.5 กรัม ai ในเดือนเมษายน 2543 เพื่อบังคับให้มะม่วงออกดอก หลังจากนั้นในเดือนมิถุนายนพ่นไทโอยูเรียความเข้มข้น 0.5% เพื่อบังคับให้มะม่วงออกดอกพร้อมกันในช่วงต้นเดือนกรกฎาคม เลือกช่อดอกมะม่วงที่มีขนาดใกล้เคียงกันและดอกยังไม่บานจำนวนต้นละ 1 ช่อ ใช้ถุงตาข่ายพลาสติกคลุมไว้ ศึกษาปริมาณดอกเพศผู้และดอกสมบูรณ์เพศตลอดระยะการบานตั้งแต่ดอกแรกถึงดอกสุดท้ายของดอกแต่ละประเภท

ระยะเวลาในการทำการทดลอง ตั้งแต่เดือน กรกฎาคม 2543 ถึง เดือนกันยายน 2543

การทดลองที่ 1.4 ผลของ NAA, ethephon และ GA₃ ต่อการเปลี่ยนแปลงเพศดอก

มะม่วงที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ มะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ อายุ 5 ปี ซึ่งปลูกในกระถางพลาสติกขนาด 15 นิ้ว บริเวณแปลงทดลอง 1 ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม ต้นมะม่วงมีทรงพุ่มขนาดประมาณ 1 เมตร เมื่อมะม่วงออกดอกสุ่มเลือกช่อดอกที่มีขนาดใกล้เคียงกัน จำนวน 1 ช่อต่อต้น ทำการทดลองทั้งหมด 4 ซ้ำโดยใช้จำนวนต้นมะม่วงเป็นซ้ำ วางแผนการทดลองแบบ randomized completely block design และมีทรีตเมนต์ ดังนี้

ทรีตเมนต์ 1	ไม่พ่นสาร (control)
ทรีตเมนต์ 2	พ่น NAA ความเข้มข้น 50 ppm
ทรีตเมนต์ 3	พ่น NAA ความเข้มข้น 100 ppm
ทรีตเมนต์ 4	พ่น NAA ความเข้มข้น 200 ppm
ทรีตเมนต์ 5	พ่น ethephon ความเข้มข้น 25 ppm
ทรีตเมนต์ 6	พ่น ethephon ความเข้มข้น 50 ppm
ทรีตเมนต์ 7	พ่น GA ₃ ความเข้มข้น 10 ppm
ทรีตเมนต์ 8	พ่น GA ₃ ความเข้มข้น 25 ppm
ทรีตเมนต์ 9	พ่น GA ₃ ความเข้มข้น 50 ppm

และมี 4 block ดังนี้

- block ที่ 1 พ่นสารทุกทรีตเมนต์ ในวันที่ 3 มกราคม 2542
- block ที่ 2 พ่นสารทุกทรีตเมนต์ ในวันที่ 6 มกราคม 2542
- block ที่ 3 พ่นสารทุกทรีตเมนต์ ในวันที่ 12 มกราคม 2542
- block ที่ 4 พ่นสารทุกทรีตเมนต์ ในวันที่ 15 มกราคม 2542

การพ่นสารจะพ่นในระยะที่เริ่มเห็นตาดอกมีความยาวไม่เกิน 3 เซนติเมตร และการพ่นสารจะพ่นทั่วทั้งต้น ศึกษาปริมาณดอกเพศผู้และดอกสมบูรณ์เพศตลอดระยะการบานตั้งแต่ดอกแรกถึงดอกสุดท้ายของดอกแต่ละประเภท

ระยะเวลาในการทำการทดลอง ตั้งแต่เดือน พฤศจิกายน 2541 ถึงวันที่ 19 กุมภาพันธ์ 2542

3.3.2 ศึกษาการแตกของอับละอองเกสร ความมีชีวิตและการงอกของละอองเกสรเพศผู้

การทดลองที่ 2 การศึกษาความสามารถในการแตกของอับละอองเกสรมะม่วง

มะม่วงที่ใช้ในการทดลองได้แก่ มะม่วงพันธุ์เขียวเสวยและน้ำดอกไม้ อายุ 7 ปี ซึ่งปลูกอยู่ในแปลงทดลอง 2 ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม และมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์ อายุ 4 ปี ซึ่งปลูกอยู่ในแปลงเกษตรกรรมของชุมชน ผุขหนองโพธิ์ ตำบลทุ่งลูกนก อำเภอกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม เมื่อมะม่วงทั้ง 3 พันธุ์เริ่มออกดอก คัดเลือกช่อดอกที่มีความสม่ำเสมอจำนวน 3 ช่อต่อต้น พันธุ์ละ 4 ต้น เพื่อศึกษาการแตกของอับละอองเกสร ในระยะดอกบาน 20, 50 และ 90 เปอร์เซ็นต์ โดยในระยะดอกบาน 20 เปอร์เซ็นต์ พิจารณาจากระยะที่ดอกเริ่มบานได้ประมาณครึ่งช่อจากโคนของช่อดอก และบริเวณปลายช่อยังไม่มีดอกบาน ระยะดอกบาน 50

เปอร์เซ็นต์ พิจารณาจากดอกกลางของช่อดอกย่อยบริเวณทั่วทั้งช่อดอกบานเกือบหมดแล้ว ที่ระยะดอกบาน 90 เปอร์เซ็นต์ พิจารณาจากดอกเกือบทุกดอกในช่อได้บานแล้ว ก่อนทำการทดลองในแต่ละการบานของดอก ทำการเด็ดดอกที่บานแล้วในแต่ละช่อทิ้ง เหลือไว้แต่ดอกที่จะบานในวันที่ทำการทดลองเท่านั้น โดยสังเกตจากดอกที่กำลังจะบานในวันรุ่งขึ้นจะมีลักษณะตูม ปลายยอดมีสีขาวอมเหลืองของกลีบดอกโผล่ให้เห็นเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ทำการบันทึกผลในช่วง 8.00 – 10.00 น. โดยนับจำนวนอับละอองเกสรที่แตกคิดเทียบเป็นเปอร์เซ็นต์ของจำนวนอับละอองเกสรทั้งหมด ลักษณะของเกสรที่แตกแล้วจะมีลักษณะของละอองเกสรที่ฟูมีสีเทาเข้ม ส่วนอับละอองเกสรที่ยังไม่แตกจะเป็นสีม่วงเข้ม

ระยะเวลาในการทำการทดลอง ตั้งแต่เดือนธันวาคม 2540 ถึงเดือนมกราคม 2541

การทดลองที่ 3 การศึกษาความมีชีวิตของละอองเกสรในมะม่วง

การทดลองที่ 3.1 การศึกษาความมีชีวิตของละอองเกสรมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เขียวสวย และโชคอนันต์ ที่ออกดอกในฤดู

มะม่วงที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ มะม่วงที่ใช้ในการทดลองที่ 2 เรื่องการแตกของอับละอองเกสร เริ่มการทดลองโดยสุ่มเลือกช่อดอกที่มีความสม่ำเสมอทั้งจำนวน 3 ช่อดอกต้น พันธุ์ละ 4 ต้น ศึกษาความมีชีวิตที่ระยะดอกบาน 20, 50 และ 90 เปอร์เซ็นต์ เริ่มการทดลองโดยเลือกดอกเพศผู้ และดอกสมบูรณ์เพศที่เริ่มบานแต่อับละอองเกสรยังไม่แตกอย่างละ 3 ดอกต่อช่อ เก็บดอกมะม่วงทั้ง 3 พันธุ์ในเวลา 8.00 – 9.00 น. นำดอกที่เก็บได้มาแยกเพศดอก แล้วใส่ใน Petri dish ที่มีกระดาษกรองวางรองไว้ นำไปผึ่งแดด เมื่ออับละอองเกสรแตกนำไปย้อมสีตามวิธี Fluorochromatic reaction test (Shivana และ Rangaswamy, 1992) ที่ห้องวิจัยสาขาพฤกษศาสตร์ คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม สังเกตการเรืองแสงของละอองเกสรที่มีชีวิตโดยละอองเกสรที่มีชีวิตจะเรืองแสงสีเขียว (bright green) ตรวจสอบละอองเกสร 3 บริเวณ microscopic field แล้วนำมาคำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์ความมีชีวิต

ระยะเวลาในการทำการทดลอง ตั้งแต่เดือน ธันวาคม 2540 ถึงเดือนมกราคม 2541

การทดลองที่ 3.2 การศึกษาความมีชีวิตของละอองเกสรมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ที่ออกดอกนอกฤดู

มะม่วงที่ใช้ในการทดลองได้แก่มะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้อายุ 6 ปี มีทรงพุ่มขนาดประมาณ 1 เมตร จำนวน 5 ต้น ซึ่งปลูกในกระถางพลาสติกขนาด 15 นิ้ว ทำการรดสารพาโคลบิวทราโซล (paclobutrazol) รอบโคนต้นในอัตรา 1 กรัม (ai) / ต้น ในเดือนเมษายน 2543 เพื่อบังคับให้มะม่วงออกดอกในเดือนกรกฎาคม เมื่อมะม่วงออกดอก เลือกเก็บดอกเพศผู้ และดอกสมบูรณ์เพศ อย่างละ 5 ดอกต่อช่อดอกต้น นำไปตรวจสอบความมีชีวิต ตามวิธีการในการทดลองย่อยที่ 3.1

ระยะเวลาในการทำการทดลอง ตั้งแต่เดือนกรกฎาคม 2543 ถึงเดือนกันยายน 2543

การทดลองที่ 4 การศึกษาความสามารถในการงอกของละอองเกสรในมะม่วง

การทดลองย่อยที่ 4.1 ความสามารถในการงอกของละอองเกสรของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เขียวสวย และโศคนันต์ที่ออกดอกในฤดู

พันธุ์มะม่วงที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ มะม่วงที่ใช้ในการทดลองที่ 2 เริ่มการทดลองโดยสุ่มเลือกช่อดอกที่มีความสม่ำเสมอทั้งจำนวน 3 ช่อต่อดัน พันธุ์ละ 4 ดัน ศึกษาความมีชีวิตโดยใช้ช่อดอกที่มีระยะดอกบาน 20, 50 และ 90 เปอร์เซ็นต์ เริ่มการทดลองโดยเลือกดอกเพศผู้และดอกสมบูรณ์เพศที่เริ่มบานแต่ยังไม่ออกละอองเกสรยังไม่แตกอย่างละ 3 ดอกต่อช่อ เก็บดอกมะม่วงทั้ง 3 พันธุ์ในเวลา 8.00 - 9.00 น. นำดอกมะม่วงที่เก็บได้มาแยกเพศดอกแล้วนำไปใส่ใน Petridish ที่มีกระดาษกรองวางรองไว้นำไปฟุ้งแดด เมื่ออับละอองเกสรแตกนำมาทดสอบหาความงอกของละอองเกสร ที่ห้องวิจัยสาขาพฤกษศาสตร์ คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม โดยนำละอองเกสรมาเลี้ยงในอาหารสูตร Brewbaker และ Kwack (1964) โดยใช้น้ำตาลที่ความเข้มข้น 30 เปอร์เซ็นต์ และทดลองโดยใช้วิธี hanging drop จากนั้นนำแผ่นสไลด์มาไว้ที่อุณหภูมิห้องประมาณ 5 ชั่วโมง บันทึกข้อมูล โดยนับจำนวนละอองเกสรที่งอกภายใต้กล้องจุลทรรศน์กำลังขยาย 40X จำนวน 3 บริเวณ ละอองเกสรที่งอกจะตัดสินจากละอองเกสรนั้นจะต้องงอกหลอดละอองเกสร (pollen tube) ยาวเท่ากับหรือมากกว่าขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของละอองเกสร จากนั้นนำมาคิดเทียบเป็นเปอร์เซ็นต์จำนวนละอองเกสรทั้งหมด

ระยะเวลาในการทำการทดลอง ตั้งแต่เดือนธันวาคม 2540 ถึงเดือนมกราคม 2541

การทดลองย่อยที่ 4.2 ความสามารถในการงอกของละอองเกสรของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ที่ออกดอกนอกฤดู

มะม่วงที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ มะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ อายุ 5 ปี ซึ่งปลูกในกระถางพลาสติกขนาด 15 นิ้ว และมีทรงพุ่มขนาดประมาณ 1 เมตร จำนวน 5 ดัน ทำการรดสารพาโคลบิวทราโซล (paclobutrazol) รอบโคนต้นในอัตรา 0.5 กรัม ai ในเดือนเมษายน 2543 เพื่อบังคับให้มะม่วงออกดอกในเดือนกรกฎาคมในปีเดียวกัน เมื่อมะม่วงออกดอก เลือกเก็บดอกเพศผู้และดอกสมบูรณ์เพศ อย่างละ 5 ดอกต่อช่อต่อดัน นำไปตรวจสอบความงอกของละอองเกสรตามวิธีการในการทดลองย่อยที่ 4.1

ระยะเวลาในการทำการทดลองตั้งแต่เดือน กรกฎาคม 2543 ถึง เดือนกันยายน 2543

การทดลองที่ 5 การศึกษาความสามารถในการงอกของละอองเกสรบนยอดเกสรเพศเมียในมะม่วง

การทดลองที่ 5.1 ความสามารถในการงอกของละอองเกสรบนยอดเกสรเพศเมียของมะม่วงพันธุ์ น้ำดอกไม้เขียวสวย และโชคอนันต์ที่ออกดอกในฤดู

มะม่วงที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ มะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เขียวสวย และโชคอนันต์ ที่มีอายุ 4 ปี ซึ่งปลูกในกระถางพลาสติกขนาด 15 นิ้ว และมีทรงพุ่มขนาดประมาณ 1 เมตร ประมาณเดือนพฤศจิกายนเมื่อมะม่วงมีตาดอก ใช้สารไทโอยูเรีย (thiourea) ความเข้มข้น 1% พ่นเพื่อทำลายการพักตัวของตาดอกและดึงให้มะม่วงแทงช่อดอกออกมาพร้อมกัน เมื่อมะม่วงอยู่ในระยะดอกบาน 20-50 เปอร์เซ็นต์ เลือกดอกสมบูรณ์เพศที่ดอกเพิ่งเริ่มบานจำนวน 32 ดอก ทำการผสมเกสรด้วยมือโดยใช้เกสรเพศผู้พันธุ์เดียวกัน กับต้นที่ใช้ทดลอง เมื่อผสมเกสรเสร็จครอบดอกด้วยซองกระดาษไข เก็บดอกจำนวน 4 ดอก ที่ระยะเวลา 6, 12, 18, 24, 30, 36, 42 และ 48 ชั่วโมงภายหลังการผสมเกสร แล้วนำมาติดการงอกของหลอดละอองเกสรบนยอดเกสรตัวเมียโดยวิธี Aniline blue fluorescence (Shivana และ Rangaswamy, 1992) บันทึกข้อมูลโดยวัดความยาวของหลอดละอองเกสร ให้ความยาวจากปลายยอดเกสรตัวเมียจนถึงรังไข่เทียบกับ 100 เปอร์เซ็นต์ หากหลอดละอองเกสรงอกจากปลายยอดเกสรตัวเมียไปไม่ถึงรังไข่ก็ให้วัดระยะทางและคำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์เช่นกัน เช่น หากหลอดละอองเกสรงอกไปได้ครึ่งทาง ระยะทางในการงอกของหลอดละอองเกสรจะเท่ากับ 50% เป็นต้น โดยทำการวัดที่ระยะเวลา 6, 12, 18, 24, 30, 36, 42 และ 48 ชั่วโมงภายหลังการผสมเกสร

ระยะเวลาในการทำการทดลอง ตั้งแต่เดือน พฤศจิกายน 2542 ถึงเดือนกุมภาพันธ์ 2543

การทดลองย่อยที่ 5.2 ความสามารถในการงอกของละอองเกสรบนยอดเกสรเพศเมียของมะม่วงพันธุ์ น้ำดอกไม้ที่ออกดอกนอกฤดู

มะม่วงที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ มะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ อายุ 6 ปี ซึ่งปลูกในกระถางพลาสติก ขนาด 15 นิ้ว และมีทรงพุ่มขนาดประมาณ 1 เมตร จำนวน 5 ต้น ทำการรดสารพาโคลบิวทราโซล (paclobutrazol) รอบโคนต้นในอัตรา 1 กรัม (a.i.) / ต้น ในเดือนเมษายน เพื่อบังคับให้มะม่วงออกดอกในเดือนกรกฎาคม เมื่อมะม่วงอยู่ในระยะดอกบาน 20-50 เปอร์เซ็นต์ เลือกดอกเพศผู้ที่ดอกเพิ่งเริ่มบานจำนวน 32 ดอก ทำการผสมเกสรด้วยมือ โดยใช้เกสรเพศผู้พันธุ์เดียวกัน เมื่อผสมเกสรเสร็จครอบดอกด้วยซองกระดาษไข เก็บดอกจำนวน 5 ดอก ที่ระยะเวลา 6, 12, 18, 24, 30, 36, 42 และ 48 ชั่วโมง ภายหลังการผสมเกสร แล้วนำมาศึกษาการงอกของหลอดละอองเกสรบนยอดเกสรตัวเมียโดยวิธี Aniline blue fluorescence (Shivana และ Rangaswamy, 1992) บันทึกข้อมูลโดยวัดความยาวของหลอดละอองเกสร โดยให้ความยาวจากปลายยอดเกสรตัวเมียถึงรังไข่ เทียบเท่ากับ 100 เปอร์เซ็นต์ ที่ระยะเวลา 6, 12, 18, 24, 30, 36, 42 และ 48 ชั่วโมง

ระยะเวลาในการทำการทดลองตั้งแต่เดือน กรกฎาคม 2543 ถึงเดือน กันยายน 2543

การทดลองที่ 6 ความสามารถในการติดผลของมะม่วง

การทดลองย่อยที่ 6.1 ความสามารถในการติดผลของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้, เขียวเสวย และโชคอนันต์ ที่ออกดอกในฤดู

คัดเลือกมะม่วงพันธุ์เขียวเสวย น้ำดอกไม้และโชคอนันต์ ซึ่งเป็นมะม่วงที่ใช้ในการทดลองย่อยที่ 5.1 อีกพันธุ์ละ 5 ต้น ในเดือนพฤศจิกายน 2542 เมื่อมะม่วงเกิดตาดอก ใช้สารไทโอยูเรีย (thiourea) ความเข้มข้น 1% พ่นเพื่อทำลายการพักตัวของตาดอกและดึงให้มะม่วงแทงช่อดอกออกมาพร้อมกัน เมื่อมะม่วงอยู่ในระยะดอกบาน 20-50 เปอร์เซ็นต์ เลือกดอกสมบูรณ์เพศที่อับละอองเกสรกำลังจะแตก จำนวน 150 ดอกต่อต้น ผสมเกสรด้วยมือโดยใช้เกสรตัวผู้พันธุ์เดียวกัน ครอบดอกด้วยซองกระดาษไข บันทึกการติดผลทุก 3 วัน เป็นเวลา 15 วันหลังการผสมเกสร เพื่อศึกษาการหลุดร่วงของผลในระยะแรก แล้วนำมาคิดเป็นเปอร์เซ็นต์การติดผล

ระยะเวลาในการทดลองตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน 2542 ถึงเดือนกุมภาพันธ์ 2543

การทดลองที่ 6.2 ความสามารถในการติดผลของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ที่ออกดอกนอกฤดู

คัดเลือกต้นมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ ซึ่งเป็นมะม่วงที่ใช้ในการทดลองย่อยที่ 5.2 อีก 5 ต้น ทำการรดสารพาโคลบิวทราโซล (paclobutrazol) รอบโคนต้นในอัตรา 0.5 กรัม ai ในเดือนเมษายน 2543 เพื่อบังคับให้มะม่วงออกดอกในเดือนกรกฎาคมในปีเดียวกัน เมื่อดอกมะม่วงอยู่ในระยะดอกบาน 20-50 เปอร์เซ็นต์ เลือกดอกสมบูรณ์เพศที่อับละอองเกสรกำลังจะแตกจำนวน 45 ดอกต่อต้น ผสมเกสรด้วยมือโดยใช้เกสรตัวผู้พันธุ์เดียวกัน ครอบดอกด้วยซองกระดาษไข บันทึกการติดผลทุก 3 วัน เป็นเวลา 15 วันหลังการผสมเกสร เพื่อศึกษาการหลุดร่วงของผลในระยะแรกแล้วนำมาคิดเป็นเปอร์เซ็นต์การติดผล

ระยะเวลาในการทดลอง ตั้งแต่เดือน กรกฎาคม 2543 ถึง เดือนกันยายน 2543

ผลการทดลอง

1. ลัดส่วนเพศดอก

ต้นมะม่วงน้ำดอกไม้ที่ออกดอกในฤดูมีจำนวนดอกเฉลี่ยทั้งดอกเพศผู้และดอกสมบูรณ์เพศมากกว่าต้นที่ออกนอกฤดูอย่างเด่นชัด (ตารางที่ 3.6) อย่างไรก็ตามพบว่ามะม่วงที่ออกดอกทั้งในและนอกฤดูมีอัตราส่วนดอกเพศผู้ต่อดอกสมบูรณ์เพศที่ค่อนข้างใกล้เคียงกันคือ มะม่วงที่ออกดอกในฤดูมีอัตราส่วนดอกเพศผู้ต่อดอกสมบูรณ์เพศเท่ากับ 2.41:1 และมะม่วงที่ออกดอกนอกฤดูมีอัตราส่วนเท่ากับ 3.04:1 (ตารางที่ 3.6) เมื่อศึกษาลำดับการบานของดอกเพศผู้และดอกสมบูรณ์เพศ พบว่าในช่อดอกทางทิศเหนือ 5 วันแรกของการบานจะพบดอกสมบูรณ์เพศบานมากกว่าดอกเพศผู้ ในช่วงวันที่ 6-8 พบว่าดอกเพศผู้เริ่มบานมากขึ้น ในช่วงวันที่ 9 และ 12 พบว่าจำนวนดอกสมบูรณ์เพศและดอกเพศผู้มีจำนวนลดลงและเพิ่มขึ้นในช่วงวันที่ 10 ของการบาน ช่วงวันที่ 13 จำนวนดอกเพศผู้เพิ่มมากขึ้นและลดลงในช่วงวันที่ 15 ส่วนดอกสมบูรณ์เพศจะเพิ่มขึ้นเล็กน้อยจนดอกบานหมดช่อ ในช่อดอกทางทิศใต้พบว่าดอกสมบูรณ์เพศจะบานก่อนเช่นกันและมากกว่าดอกเพศผู้ในช่วง 6 วันแรกของการบานหลังจากนั้นจำนวนดอกเพศผู้เพิ่มมากขึ้นมากกว่าดอกสมบูรณ์เพศจนดอกบานหมดช่อ (ภาพที่ 3.15 และ 3.16)

การใช้สารควบคุมการเจริญเติบโต 3 ชนิดคือ NAA, ethephon และ GA₃ เพื่อเปลี่ยนแปลงเพศดอก พบว่าสารทั้ง 3 ชนิดไม่สามารถเปลี่ยนแปลงเพศดอกของมะม่วงได้อย่างชัดเจน โดยต้นมะม่วงที่ไม่ได้รับสารจะมีดอกเพศผู้ 2664.3 ดอก และดอกสมบูรณ์เพศ 265.5 ดอก ต้นมะม่วงที่ได้รับสาร NAA ที่ระดับความเข้มข้น 50, 100 และ 200 ppm จะมีดอกเพศผู้อยู่ระหว่าง 1366.5 – 2502 ดอก และมีดอกสมบูรณ์เพศอยู่ระหว่าง 179.0 – 225.5 ดอก ต้นมะม่วงที่ได้รับสาร ethephon ที่ความเข้มข้น 25 และ 50 ppm พบว่าจะมีดอกเพศผู้อยู่ระหว่าง 1217.1 – 3283.0 ดอก และมีดอกสมบูรณ์เพศอยู่ระหว่าง 117.8 – 250.5 ดอก ต้นมะม่วงที่ได้รับสาร GA₃ ที่ระดับความเข้มข้น 10, 25 และ 50 ppm. จะมีดอกเพศผู้อยู่ระหว่าง 1782.5 – 2348.3 ดอก และมีดอกสมบูรณ์เพศอยู่ระหว่าง 198.0 – 249.8 ดอก (ตารางที่ 3.7)

2. การแตกของอับละอองเกสร

จากการศึกษาการแตกของอับละอองเกสรในมะม่วงทั้ง 3 พันธุ์ที่มีการติดผลที่แตกต่างกัน พบว่ามะม่วงพันธุ์โชคอนันต์มีการแตกของอับละอองเกสรเฉลี่ยสูงที่สุด คือ 74.45% โดยมีเปอร์เซ็นต์การแตกของอับละอองเกสรในดอกเพศผู้ 63.94% และในดอกสมบูรณ์เพศ 84.96% ในมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้มีการแตกของอับละอองเกสรเฉลี่ย 20.06% โดยมีเปอร์เซ็นต์การแตกของอับละอองเกสรในดอกเพศผู้ 18.85% และในดอกสมบูรณ์เพศ 21.26% นอกจากนี้ยังพบว่าเปอร์เซ็นต์การแตกของอับละอองเกสรในดอกสมบูรณ์เพศและดอกเพศผู้ที่ระยะดอกบาน 90% ลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับ การแตกของอับละอองของเกสรของดอกทั้ง 2 เพศที่ระยะดอกบาน 20% และ 50% ในมะม่วงพันธุ์เขียวเสวยพบ

ว่ามีการแตกของอับละองเกสรเฉลี่ย 14.95% โดยมีเปอร์เซ็นต์การแตกของอับละองเกสรในดอกเพศผู้ 15.36% และในดอกสมบูรณ์เพศ 14.53% (ตารางที่ 3.8)

3. ความมีชีวิตของละองเกสร

จากการศึกษาความมีชีวิตของละองเกสรมะม่วง 3 พันธุ์คือ น้ำดอกไม้, เชียวสวย และโชคอนันต์ที่ออกดอกในฤดูพบว่า มะม่วงทั้ง 3 พันธุ์มีความมีชีวิตของละองเกสรที่ใกล้เคียงกัน โดยมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้มีความมีชีวิตของละองเกสร 81.92% พันธุ์เชียวสวยเท่ากับ 88.94% และพันธุ์โชคอนันต์เท่ากับ 84.98% นอกจากนี้ยังพบว่าละองเกสรที่ได้จากดอกเพศผู้และดอกสมบูรณ์เพศ มีชีวิตของละองเกสรที่ใกล้เคียงกัน (ตารางที่ 3.9) และจากการตรวจสอบความมีชีวิตของละองเกสรมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ที่ออกดอกนอกฤดู พบว่าทั้งดอกเพศผู้และดอกสมบูรณ์เพศมีความมีชีวิตของละองเกสร 81.00% (ตารางที่ 3.10) ซึ่งใกล้เคียงกับความมีชีวิตของละองเกสรมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ที่ออกดอกในฤดู

4. การงอกของละองเกสรในอาหารเลี้ยงเชื้อ

มะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้, เชียวสวย และโชคอนันต์ที่ออกดอกในฤดูมีการงอกของละองเกสรเฉลี่ยที่ใกล้เคียงกันคือ 32.51%, 24.10% และ 29.65% ตามลำดับ เมื่อพิจารณาการงอกของละองเกสรในแต่ละพันธุ์พบว่า ในพันธุ์น้ำดอกไม้การงอกของละองเกสรที่เก็บจากดอกเพศผู้และดอกสมบูรณ์เพศมีค่าใกล้เคียงกัน แต่เมื่อพิจารณาตามระยะดอกบานพบว่าการงอกของละองเกสรเฉลี่ยมีแนวโน้มลดลงเมื่อช่อดอกมีระยะการบานที่เพิ่มขึ้น สำหรับในพันธุ์เชียวสวยพบว่า การงอกของละองเกสรดอกเพศผู้และดอกสมบูรณ์เพศมีค่าใกล้เคียงกัน และพบว่าที่ระยะดอกบาน 50% เป็นระยะที่ละองเกสรของดอกทั้ง 2 เพศ มีการงอกของละองเกสรสูงที่สุด ในมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์พบว่าดอกเพศผู้และดอกสมบูรณ์เพศมีการงอกของละองเกสรที่ใกล้เคียงกัน และระยะดอกบานไม่มีผลต่อการงอกของละองเกสรเฉลี่ย (ตารางที่ 3.11) และเมื่อตรวจสอบการงอกของละองเกสรมะม่วงน้ำดอกไม้ที่ออกดอกนอกฤดู พบว่ามีเปอร์เซ็นต์การงอกที่ต่ำมากเท่ากับ 4.85% โดยดอกเพศผู้และดอกสมบูรณ์เพศมีเปอร์เซ็นต์การงอกเท่ากับ 5.44% และ 4.25% ตามลำดับ (ตารางที่ 3.12)

5. การงอกของละองเกสรบนยอดเกสรตัวเมีย

จากการศึกษาระยะทางที่ละองเกสรงอกผ่านยอดเกสรเพศเมียของมะม่วง 3 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์น้ำดอกไม้, เชียวสวย และโชคอนันต์ที่ออกดอกในฤดูพบว่ามะม่วงพันธุ์โชคอนันต์มีการงอกของละองเกสรได้เร็วที่สุด โดยในระยะเวลา 12 ชั่วโมงมีเปอร์เซ็นต์การงอกของละองเกสรเท่ากับ 78.5% และเพิ่มขึ้นจนครบ 100.0% หรือสามารถงอกได้ถึงรังไข่ในเวลา 18 ชั่วโมงภายหลังการผสมเกสร (ตารางที่ 3.13) ในมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้พบว่า การงอกของละองเกสรเท่ากับ 30.0% ในระยะเวลา 24 ชั่วโมง

โมงและเพิ่มขึ้นจนมีเปอร์เซ็นต์การงอกของละอองเกสรเท่ากับ 97.0% ในระยะเวลา 48 ชั่วโมง (ตารางที่ 3.13) และในมะม่วงพันธุ์เขียวเสวยพบว่าที่เวลา 30 ชั่วโมงมีการงอกของละอองเกสรเท่ากับ 42.0% และการงอกมีเปอร์เซ็นต์ที่เพิ่มขึ้นจนครบ 100.0% ในเวลา 42 ชั่วโมง (ตารางที่ 3.13) จากการศึกษาการงอกของละอองเกสรบนยอดเกสรเพศเมียในมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ที่ออกดอกนอกฤดูพบว่ามีเปอร์เซ็นต์การงอกของละอองเกสรใกล้เคียงกับการทดลองในฤดู กล่าวคือที่เวลา 24 ชั่วโมง พบการงอกของละอองเกสรเท่ากับ 23.04% และการงอกมีเปอร์เซ็นต์ที่เพิ่มขึ้นจนครบ 100.0% ในระยะเวลา 48 ชั่วโมงภายหลังการผสมเกสร (ตารางที่ 3.14)

7. การติดผล

การศึกษาดังกล่าวในระยะแรกในมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ เขียวเสวย และโชคอนันต์ที่ออกดอกในฤดูพบว่า มะม่วงพันธุ์โชคอนันต์มีเปอร์เซ็นต์จำนวนผลที่ติด (fruit retention) สูงที่สุดคือ 72.0% ในวันที่ 15 ภายหลังการผสมเกสร (ตารางที่ 3.15) ในมะม่วงพันธุ์เขียวเสวยมีเปอร์เซ็นต์การติดผลลดลงอย่างรวดเร็ว จนกระทั่งไม่มีการติดผล (การติดผลเท่ากับ 0%) ในวันที่ 15 ภายหลังการผสมเกสร (ตารางที่ 3.15) ในมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้พบว่ามีการติดผลที่ลดลงประมาณครึ่งหนึ่ง ในวันที่ 15 คือมีเปอร์เซ็นต์การติดผลเท่ากับ 47.0% (ตารางที่ 3.15) แต่เมื่อพิจารณาถึงการติดผลของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ที่ออกดอกนอกฤดูเทียบกับการออกดอกในฤดู พบว่ามีเปอร์เซ็นต์การติดผลที่ลดลงอย่างมาก โดยมีเปอร์เซ็นต์การติดผลในวันที่ 15 เท่ากับ 10.7% (ตารางที่ 3.16)

ตารางที่ 3.6 จำนวนดอกและอัตราส่วนดอกเพศผู้และดอกสมบูรณ์เพศของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ที่ออกดอกทั้งในและนอกฤดู

เพศดอก	ดอกที่ออกในฤดู	ดอกที่ออกนอกฤดู
	จำนวน	จำนวน
ดอกเพศผู้	1860.17±330.96 ^{1/}	754.40±382.18
ดอกสมบูรณ์เพศ	729.00±334.73	247.80±103.25
อัตราส่วนเพศดอก	2.41 : 1	3.04 : 1

^{1/} ค่าเฉลี่ย ± S.E

ตารางที่ 3.7 ผลของ NAA, ethephon และ GA₃ ต่อการเปลี่ยนแปลงเพศดอกในมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้

ทรีตเมนต์	ประเภทดอก		อัตราส่วนเพศดอก	จำนวนดอกทั้งหมด
	ดอกเพศผู้	ดอกสมบูรณ์เพศ		
ไม่พ่นสาร (control)	2664.25	265.5	10.03:1	2929.8
NAA 50 ppm	2507.0	214.0	11.71:1	2721.0
NAA 100 ppm	2207.8	179.0	12.32:1	2386.8
NAA 200 ppm	1366.5	225.5	6.06:1	1592.0
ethephon 25 ppm	3283.0	250.5	13.11:1	3533.5
ethephon 50 ppm	1217.1	117.8	10.33:1	1334.9
GA ₃ 10 ppm	2042.8	249.8	8.18:1	2292.6
GA ₃ 25 ppm	2348.3	198.0	11.86:1	2546.3
GA ₃ 50 ppm	1782.5	241.0	7.39:1	2023.8
F-test	ns ^{1/}	ns		ns

1/ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตารางที่ 3.8 การแตกของอับละองเกสรของดอกเพศผู้และดอกสมบูรณ์เพศ ในมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้, เชียวเสวย และโชคอนันต์

พันธุ์น้ำดอกไม้				
เพศดอก	ระยะดอกบาน			เฉลี่ย
	20%	50%	90%	
ดอกเพศผู้	27.50 ± 29.33 ^{1/}	21.75 ± 21.92	7.31 ± 8.02	18.85
ดอกสมบูรณ์เพศ	20.92 ± 26.27	29.59 ± 29.09	3.27 ± 3.77	21.26
เฉลี่ย	21.21 ^{2/}	25.67 ^a	5.29 ^b	20.06
พันธุ์เขียวเสวย				
เพศดอก	ระยะดอกบาน			เฉลี่ย
	20%	50%	90%	
ดอกเพศผู้	5.82 ± 1.31	19.39 ± 16.83	20.87 ± 2.19	15.36
ดอกสมบูรณ์เพศ	11.08 ± 3.72	15.20 ± 10.27	17.42 ± 11.55	14.53
เฉลี่ย	8.45	17.29	19.15	14.95
พันธุ์โชคอนันต์				
เพศดอก	ระยะดอกบาน			เฉลี่ย
	20%	50%	90%	
ดอกเพศผู้	52.45 ± 18.22	65.42 ± 22.62	79.96 ± 25.42	63.94
ดอกสมบูรณ์เพศ	75.80 ± 26.10	88.24 ± 11.18	90.85 ± 12.06	84.96
เฉลี่ย	64.13	76.83	82.41	74.45

F-test จาก analysis of variance

ระยะดอกบานของพันธุ์น้ำดอกไม้ **

ระยะดอกบานของพันธุ์เขียวเสวยและโชคอนันต์ ns

ค่า regression ของระยะดอกบานในพันธุ์น้ำดอกไม้ linear ** quadratic ns

1/ ค่าเฉลี่ย ± standard error

2/ ค่าเฉลี่ยในแนวนอนที่ตามด้วยอักษรต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95

เปอร์เซ็นต์ เปรียบเทียบ โดย Duncan's new multiple range test

ตารางที่ 3.9 ความมีชีวิตของละอองเกสรของดอกเพศผู้และดอกสมบูรณ์เพศ ในมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้
เขียวเสวย และโชคอนันต์

พันธุ์น้ำดอกไม้				
เพศดอก	ระยะดอกบาน			เฉลี่ย
	20%	50%	90%	
ดอกเพศผู้	83.62 ± 4.19 ^{1/}	88.48 ± 6.60	89.86 ± 10.07	87.32
ดอกสมบูรณ์เพศ	70.71 ± 23.71	76.28 ± 11.04	82.58 ± 12.08	76.52
เฉลี่ย	77.16	82.38	86.22	81.92
พันธุ์เขียวเสวย				
เพศดอก	ระยะดอกบาน			เฉลี่ย
	20%	50%	90%	
ดอกเพศผู้	80.42 ± 11.32	91.38 ± 6.66	92.14 ± 6.22	86.81
ดอกสมบูรณ์เพศ	89.68 ± 15.79	89.52 ± 8.51	90.49 ± 9.18	91.07
เฉลี่ย	85.05	90.45	91.14	88.94
พันธุ์โชคอนันต์				
เพศดอก	ระยะดอกบาน			เฉลี่ย
	20%	50%	90%	
ดอกเพศผู้	70.57 ± 22.49	83.59 ± 23.02	97.43 ± 3.52	87.13
ดอกสมบูรณ์เพศ	80.6 ± 11.00	83.86 ± 8.67	93.17 ± 8.09	82.83
เฉลี่ย	75.47	83.91	95.3	84.98

F-test จาก analysis of variance

ระยะดอกบานของมะม่วงทั้ง 3 พันธุ์ ns

1/ ค่าเฉลี่ย ± standard error

ตารางที่ 3.10 ความมีชีวิตของละอองเกสรของดอกเพศผู้และดอกสมบูรณ์เพศ ในมะม่วงพันธุ์
น้ำดอกไม้ที่ออกดอกนอกฤดูในระยะดอกบาน 50 เปอร์เซ็นต์

เพศดอก	ความมีชีวิตของละอองเกสร (%)
ดอกเพศผู้	78.60 ± 7.93^1
ดอกสมบูรณ์เพศ	83.40 ± 4.16
เฉลี่ย	81.00

1/ ค่าเฉลี่ย $\pm$ standard error

ตารางที่ 3.11 การรอกของละอองเกสรจากดอกเพศผู้และดอกสมบูรณ์เพศ ในมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้
เขียวเสวย และโชคอนันต์

พันธุ์น้ำดอกไม้				
เพศดอก	ระยะดอกบาน			เฉลี่ย
	20%	50%	90%	
ดอกเพศผู้	36.33 ± 5.32 ^{1/}	40.80 ± 3.34	26.36 ± 3.19	34.50
ดอกสมบูรณ์เพศ	31.24 ± 4.36	37.09 ± 2.69	23.21 ± 4.23	30.51
เฉลี่ย	33.79 ^{a2/}	38.95 ^a	24.79 ^b	32.51
พันธุ์เขียวเสวย				
เพศดอก	ระยะดอกบาน			เฉลี่ย
	20%	50%	90%	
ดอกเพศผู้	22.77 ± 15.46	28.61 ± 1.99	24.10 ± 2.28	25.16
ดอกสมบูรณ์เพศ	23.86 ± 2.32	25.99 ± 1.63	19.27 ± 2.00	23.04
เฉลี่ย	23.32 ^{b2/}	27.30 ^a	21.69 ^b	24.10
พันธุ์โชคอนันต์				
เพศดอก	ระยะดอกบาน			เฉลี่ย
	20%	50%	90%	
ดอกเพศผู้	31.41 ± 7.60	31.66 ± 1.29	27.37 ± 0.94	30.15
ดอกสมบูรณ์เพศ	30.54 ± 3.93	28.96 ± 3.56	27.96 ± 2.23	29.15
เฉลี่ย	30.98	30.31	27.67	29.65

F-test จาก analysis of variance

ระยะดอกบานของพันธุ์น้ำดอกไม้ **

ค่า regression ของระยะดอกบานในพันธุ์น้ำดอกไม้ linear ns quadratic **

ระยะดอกบานของพันธุ์เขียวเสวย *

ค่า regression ของระยะดอกบานในพันธุ์เขียวเสวย linear ns quadratic **

ระยะดอกบานของพันธุ์โชคอนันต์ ns

1/ ค่าเฉลี่ย ± standard error

2/ ค่าเฉลี่ยในแนวนอนที่ตามด้วยอักษรเหมือนกัน แสดงว่าไม่มีความแตกต่างของสถิติที่ระดับความ

เชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ เปรียบเทียบโดย Duncan's new multiple range test

ตารางที่ 3.12 การงอกของละอองเกสรของดอกเพศผู้และดอกสมบูรณ์เพศ ในมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ที่
ออกดอกนอกฤดูในระยะดอกบาน 50 เปอร์เซ็นต์

เปอร์เซ็นต์ความงอกของละอองเกสรที่ระยะดอกบาน 50%		เฉลี่ย
ดอกเพศผู้	ดอกสมบูรณ์เพศ	
5.44 ± 1.60^1	4.25 ± 0.83	4.85

1/ ค่าเฉลี่ย $\pm$ standard error

ตารางที่ 3.13 ระยะทางในการงอกของละอองเกสรในยอดเกสรเพศเมียจนถึงรังไข่ (หากงอกถึงรังไข่
=100%) เมื่อศึกษาที่เวลาต่างๆ กันในมะม่วงน้ำดอกไม้เขียวและโชคอนันต์

พันธุ์	ระยะเวลาภายหลังการผสมเกสร (ชั่วโมง)						
	12	18	24	30	36	42	48
น้ำดอกไม้	- ^{1/}	-	30.0 ± 5.07^2	56.5 ± 9.32	79.5 ± 8.90	94.0 ± 5.75	97.0 ± 4.47
เขียวเสวย	-	-	-	42.0 ± 25.82	82.5 ± 8.29	100 ± 0.00	100 ± 0.00
โชคอนันต์	78.5 ± 7.82	100 ± 0.00	100 ± 0.00	100 ± 0.00	100 ± 0.00	100 ± 0.00	100 ± 0.00

1/ ตรวจไม่พบการงอก

2/ ค่าเฉลี่ย $\pm$ standard error

ตารางที่ 3.14 ระยะทางในการงอกของละอองเกสรในยอดเกสรเพศเมียจนถึงรังไข่ เมื่อศึกษาที่เวลาต่าง
ๆ กันในมะม่วงน้ำดอกไม้ที่ออกดอกนอกฤดู

พันธุ์	ระยะเวลาภายหลังการผสมเกสร (ชั่วโมง)						
	12	18	24	30	36	42	48
น้ำดอกไม้	- ^{1/}	-	23.04 ± 6.23^2	54.28 ± 8.86	76.44 ± 4.39	96.51 ± 2.63	100 ± 0.00

1/ ตรวจไม่พบการงอก

2/ ค่าเฉลี่ย $\pm$ standard error

ตารางที่ 3.15 เปอร์เซ็นต์การติดผลของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เขียวเสวย และ โชคอนันต์ที่ออกดอกในฤดู

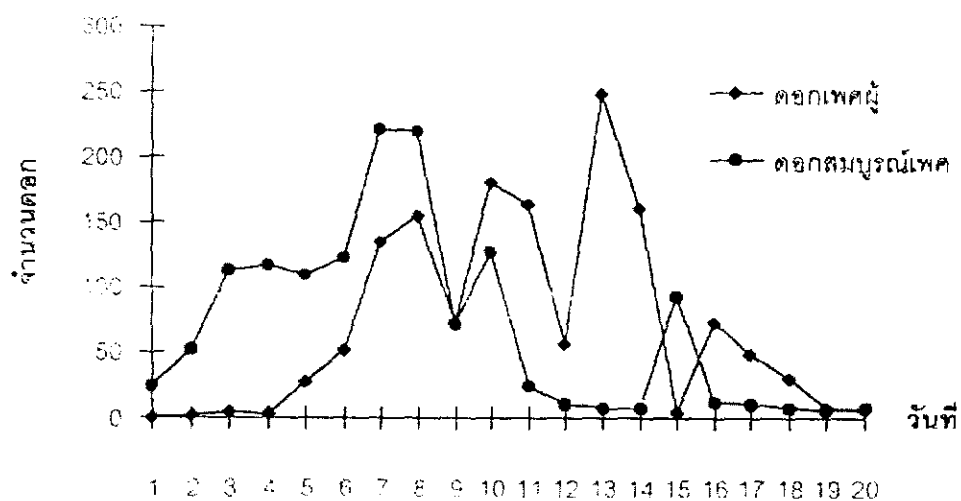
พันธุ์	ระยะเวลาหลังการผสมเกสร (วัน)				
	3	6	9	12	15
น้ำดอกไม้	$100 \pm 0.00^{1/}$	99.0 ± 2.23	95.0 ± 5.00	$75.0 \pm .91$	47.0 ± 75.2
เขียวเสวย	100 ± 0.00	54.0 ± 4.18	22.0 ± 4.47	4.0 ± 4.18	0.0 ± 0.00
โชคอนันต์	$100 \pm .00$	99.0 ± 2.24	96.3 ± 4.47	76.0 ± 6.52	72.0 ± 9.70

1/ ค่าเฉลี่ย $\pm$ standard error

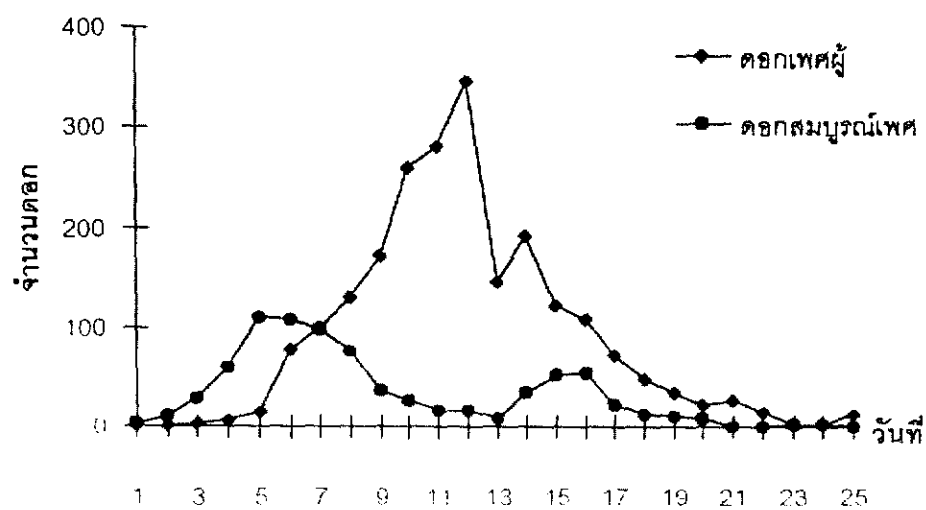
ตารางที่ 3.16 เปอร์เซ็นต์การติดผลของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ที่ออกนอกฤดู

พันธุ์	ระยะเวลาหลังการผสมเกสร (วัน)				
	3	6	9	12	15
น้ำดอกไม้	$100 \pm 0.00^{1/}$	43.3 ± 22.9	28.0 ± 13.86	11.3 ± 13.2	10.7 ± 12.8

1/ ค่าเฉลี่ย $\pm$ standard error



ภาพที่ 3.15 จำนวนดอกสมบุรณ์เทศและดอกเทศผู้ในช่อดอกมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ทางทิศเหนือ



ภาพที่ 3.16 จำนวนดอกสมบุรณ์เทศและดอกเทศผู้ในช่อดอกมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ทางทิศใต้

วิจารณ์

การศึกษาในครั้งนี้เป็นการศึกษาเพื่อหาสาเหตุที่ทำให้มะม่วงมีการติดผลที่แตกต่างกัน โดยศึกษา 2 กรณี คือ กรณีแรกเป็นการทดลองในสภาพการออกดอกในฤดู เป็นการเปรียบเทียบการติดผลของมะม่วงที่มีลักษณะการติดผลที่แตกต่างกันจำนวน 3 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์น้ำดอกไม้ พันธุ์เขียวเสวย และพันธุ์โชคอนันต์ กรณีที่ 2 เป็นการศึกษาในสภาพการออกดอกนอกฤดู โดยเป็นการศึกษาสาเหตุการติดผลของมะม่วงน้ำดอกไม้ที่บังคับให้ออกดอกนอกฤดูเปรียบเทียบกับมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ที่ออกดอกได้เองในฤดู

มะม่วงพันธุ์เขียวเสวยเป็นพันธุ์ที่ออกดอกในฤดูได้ยาก แต่สามารถบังคับให้ออกดอกในฤดูได้ และมีการติดผลที่ต่ำในฤดู สำหรับมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์เป็นพันธุ์ที่ออกดอกได้ง่ายและสามารถออกดอกได้เองตลอดปี มีการติดผลที่ดีทั้งในและนอกฤดู ในมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้พบว่าพันธุ์ที่สามารถออกดอกได้เองในฤดูและสามารถบังคับให้ออกดอกนอกฤดูได้ มีการติดผลอยู่ในช่วงปานกลางถึงค่อนข้างต่ำสำหรับการผลิตในฤดู และมีการติดผลที่ค่อนข้างต่ำสำหรับการผลิตนอกฤดู

จากการศึกษาในเรื่องการติดผลในฤดูพบว่า มะม่วงพันธุ์โชคอนันต์ซึ่งเป็นพันธุ์ที่ออกดอกได้ง่ายตลอดปี มีเปอร์เซ็นต์เป็นการติดผลในช่วงแรก (early fruit set) ในวันที่ 15 สูงสุดเท่ากับ 72.0% (ตารางที่ 3.15) ในขณะที่มะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ซึ่งเป็นมะม่วงที่ออกดอกง่ายในฤดู และสามารถบังคับให้ออกดอกนอกฤดูได้ มีเปอร์เซ็นต์การติดผลในวันที่ 15 เท่ากับ 47.0% (ตารางที่ 3.15) และสำหรับมะม่วงเขียวเสวยซึ่งเป็นมะม่วงที่ต้องบังคับให้ออกดอกทั้งในและนอกฤดูจึงจะออกดอกได้ มีเปอร์เซ็นต์การติดผลในวันที่ 15 เท่ากับ 0% (ตารางที่ 3.15) และเมื่อพิจารณาถึงปัจจัยต่างๆ ที่มีผลทำให้มะม่วงทั้ง 3 พันธุ์ติดผลที่แตกต่างกันพบว่ามะม่วงพันธุ์โชคอนันต์มีการแตกของอับละอองเกสรเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 74.45% ในขณะที่มะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้และเขียวเสวยมีการแตกของอับละอองเกสรเท่ากับ 20.06% และ 14.95% ตามลำดับ (ตารางที่ 3.8) ดังนั้นการที่มะม่วงพันธุ์โชคอนันต์มีการแตกของอับละอองเกสรที่ดีกว่ามะม่วงอีก 2 พันธุ์ ละอองเกสรจึงน่าจะมีโอกาสถูกปลดปล่อยและเกิดกระบวนการผสมเกสรได้มากกว่ามะม่วงพันธุ์เขียวเสวยและน้ำดอกไม้ แต่อย่างไรก็ตามในกระบวนการผสมเกสรต้องการละอองเกสรที่สามารถงอกผ่านยอดเกสรตัวเมีย และปฏิสนธิจนสามารถเกิดการติดผลเพียง 1 ละอองเกสรเท่านั้น ดังนั้นกระบวนการแตกของอับละอองเกสรจึงอาจเป็นปัจจัยที่มีผลต่อการติดผลของมะม่วง แต่อาจไม่ใช่ปัจจัยที่มีผลโดยตรงต่อการติดผลของมะม่วง

เมื่อพิจารณาถึงควมมีชีวิตของละอองเกสรในมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ เขียวเสวย และโชคอนันต์ พบว่ามีค่าเท่ากับ 81.92%, 88.94% และ 84.98% ตามลำดับ (ตารางที่ 4) แสดงว่าละอองเกสรของมะม่วงทั้ง 3 พันธุ์มีความมีชีวิตที่ใกล้เคียงกันและมีเปอร์เซ็นต์ที่สูง จากการศึกษาของ Isarakraisila และ Considine (1998) พบว่าในช่วงการพัฒนาของละอองเกสรถ้าได้รับอุณหภูมิที่ต่ำกว่า 10°C จะทำให้ควมมีชีวิตลดลง และอุณหภูมิที่ทำให้ละอองเกสรมีชีวิตสูงสุดจะอยู่ในช่วง $15 - 33^{\circ}\text{C}$ จากการทดลองครั้งนี้

พบว่ามะม่วงที่ทำการทดลองออกดอกในช่วงเดือนธันวาคม 2540 ดังนั้นการพัฒนาของละอองเกสรจึงเกิดในช่วงเดือน พฤศจิกายน และเมื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลสภาพอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดในขณะนั้น พบว่าอุณหภูมิในช่วงเวลาดังกล่าวไม่มีผลทำให้ความมีชีวิตของละอองเกสรลดลง ดังนั้นความมีชีวิตของละอองเกสรจึงไม่ใช่ปัจจัยที่ทำให้มะม่วงทั้ง 3 พันธุ์ติดผลแตกต่างกัน

จากการตรวจสอบความสามารถในการงอกของละอองเกสร ซึ่งได้ทำการตรวจ 2 แบบคือการงอกของละอองเกสรบนอาหารวุ้น (*in vitro* pollen germination) และการงอกของละอองเกสรบนยอดเกสรเพศเมีย (*in vivo* pollen tube growth) พบว่าการงอกของละอองเกสรบนอาหารวุ้น (pollen germination) ของพันธุ์น้ำดอกไม้ เขียวสวย และโชคอนันต์ มีเปอร์เซ็นต์การงอกของละอองเกสรเท่ากับ 32.51%, 24.10% และ 29.65% ตามลำดับ ดังนั้นปัจจัยเรื่องการงอกของละอองเกสรจึงไม่น่าใช่ปัจจัยที่ทำให้มะม่วงทั้ง 3 พันธุ์ ติดผลที่แตกต่างกัน แต่อย่างไรก็ตามเป็นที่สังเกตว่าการงอกของละอองเกสรในมะม่วงทั้ง 3 พันธุ์ค่อนข้างต่ำ ดังนั้นถ้าสามารถเพิ่มการงอกของละอองเกสรของมะม่วงทั้ง 3 พันธุ์ให้สูงขึ้นได้ ก็อาจจะทำให้การติดผลของมะม่วงทั้ง 3 พันธุ์มากขึ้น การตรวจสอบการงอกของละอองเกสรบนยอดเกสรตัวเมีย (*in vivo* pollen tube growth) พบว่าในพันธุ์น้ำดอกไม้ และเขียวสวยมีระยะทางในการงอกของละอองเกสรจนถึงบริเวณรังไข่ภายในเวลา 48 ชั่วโมงเท่ากับ 97% และ 100% ตามลำดับ (ตารางที่ 3.13) ในขณะที่ละอองเกสรของมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์สามารถงอกถึงบริเวณรังไข่ภายในเวลาเพียง 18 ชั่วโมง (ตารางที่ 3.13) ดังนั้นการที่มะม่วงพันธุ์โชคอนันต์มีการติดผลที่มากน่าจะเกิดจากละอองเกสรงอกถึงบริเวณรังไข่ในเวลาค่อนข้างเร็ว ในขณะที่พันธุ์น้ำดอกไม้และเขียวสวยนั้น ละอองเกสรต้องใช้เวลาในการงอกจนถึงบริเวณรังไข่เท่ากับ 48 ชั่วโมง ดังนั้นปัจจัยด้านการงอกของละอองเกสรบนยอดเกสรตัวเมียจึงน่าจะเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้มะม่วงทั้ง 3 พันธุ์มีการติดผลที่แตกต่างกัน

เมื่อนำข้อมูลการติดผลในช่วง 15 วันแรก ของมะม่วงน้ำดอกไม้ที่ออกดอกในฤดูและนอกฤดูมาเปรียบเทียบกันจะพบว่า มะม่วงน้ำดอกไม้ที่ออกดอกนอกฤดูมีการติดผลที่ต่ำกว่ามะม่วงน้ำดอกไม้ที่ออกดอกในฤดู และเมื่อพิจารณาถึงปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อการติดผลพบว่าการงอกของละอองเกสรบนอาหารวุ้นของละอองเกสรมะม่วงที่ออกดอกนอกฤดูมีเปอร์เซ็นต์การงอกที่ต่ำมาก แต่พบว่าการงอกของละอองเกสรบนยอดเกสรเพศเมียของดอกที่ออกนอกฤดูและในฤดูไม่แตกต่างกัน การที่ละอองเกสรมีการงอกบนอาหารวุ้นที่ต่ำน่าจะเกิดจากอุณหภูมิในธรรมชาติในช่วงเวลาก่อนการตรวจสอบการงอก (ประมาณ 5 ชั่วโมง) สูงกว่าอุณหภูมิในช่วงการออกดอกในฤดู ดังนั้นจึงเป็นไปได้ว่าการที่มะม่วงที่ออกดอกนอกฤดูติดผลต่ำน่าจะมีสาเหตุส่วนหนึ่งมาจากอุณหภูมิที่สูงในช่วงเดือนกรกฎาคม ทำให้ละอองเกสรสามารถงอกได้เพียงเล็กน้อย แต่ถ้าทำการผสมเกสรพบว่าละอองเกสรจะสามารถงอกไปตามยอดเกสรเพศเมียได้โดยใช้เวลาที่ไม่แตกต่างกับการงอกของละอองเกสรบนยอดเกสรเพศเมียในสภาพการออกดอกในฤดู ดังนั้นการผลิตมะม่วงนอกฤดูจึงควรหาวิธีการเพิ่มการผสมเกสรให้มะม่วงซึ่งน่าจะทำให้มะม่วงมีการติดผลสูงขึ้น

สรุป

การศึกษาลักษณะและกระบวนการทางสรีรวิทยาของดอกบางประการที่เกี่ยวข้องกับการติดผลในมะม่วง ได้ผลดังนี้

1. มะม่วงน้ำดอกไม้ที่ออกดอกในฤดูและนอกฤดูมีส่วนดอกผู้ต่อดอกสมบูรณ์เพศเท่ากับ 2.41:1 และ 3.04:1 ตามลำดับ
2. การให้สาร NAA ที่ระดับความเข้มข้น 50, 100 และ 200 ppm, ethephon ที่ระดับความเข้มข้น 25 และ 50 ppm, และ GA₃ ที่ระดับความเข้มข้น 10, 25 และ 50 ppm ในระยะที่ตาดอกมีความยาวไม่เกิน 3 เซนติเมตรเพื่อเปลี่ยนแปลงเพศดอก พบว่าสารทั้ง 3 ชนิดไม่สามารถเปลี่ยนแปลงเพศดอกของมะม่วงได้
3. การศึกษาการแตกของอับละอองเกสรของมะม่วงที่ออกดอกในฤดูพบว่า มะม่วงโชคอนันต์มีการแตกของอับละอองเกสรเฉลี่ยสูงที่สุดเท่ากับ 74.45% มะม่วงน้ำดอกไม้ไม่มีการแตกของอับละอองเกสรเฉลี่ยสูงที่สุดเท่ากับ 20.06% และมะม่วงพันธุ์เขียวเสวยมีการแตกของอับละอองเกสรเฉลี่ยสูงที่สุดเท่ากับ 14.95%
4. การศึกษาความมีชีวิตของละอองเกสรมะม่วง 3 พันธุ์คือ น้ำดอกไม้, เขียวเสวย และโชคอนันต์ ที่ออกดอกในฤดูพบว่ามะม่วงทั้ง 3 พันธุ์มีความมีชีวิตของละอองเกสรที่ใกล้เคียงกันโดยมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้มีความมีชีวิตของละอองเกสร 81.92% พันธุ์เขียวเสวยเท่ากับ 88.94% และพันธุ์โชคอนันต์เท่ากับ 84.98% สำหรับมะม่วงน้ำดอกไม้ที่ออกดอกนอกฤดูมีความมีชีวิตของละอองเกสรเท่ากับ 81.00%
5. มะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ เขียวเสวย และโชคอนันต์ที่ออกดอกในฤดูมีการงอกของละอองเกสรบนอาหารวุ้นเฉลี่ยที่ใกล้เคียงกันคือ 32.51% 24.01% และ 29.65% ตามลำดับในขณะที่มะม่วงน้ำดอกไม้ที่ออกดอกนอกฤดูมีการงอกของละอองเกสรบนอาหารวุ้นต่ำกว่าคือเฉลี่ยเท่ากับ 4.85%
6. มะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้, เขียวเสวย และโชคอนันต์ ที่ออกดอกในฤดูมีเวลาในการงอกของละอองเกสรบนยอดเกสรเพศเมียจนถึงบริเวณรังไข่ที่แตกต่างกันคือ มะม่วงโชคอนันต์ใช้เวลาในการงอกเท่ากับ 18 ชั่วโมง มะม่วงเขียวเสวยใช้เวลาในการงอกเท่ากับ 42 ชั่วโมง และมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ใช้เวลาในการงอกเท่ากับ 48 ชั่วโมง สำหรับมะม่วงน้ำดอกไม้ที่ออกดอกนอกฤดูพบว่ามีเวลาในการงอกของละอองเกสรที่ใกล้เคียงกับในฤดูคือเท่ากับ 48 ชั่วโมง
7. มะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ เขียวเสวย และโชคอนันต์ ที่ออกดอกในฤดูมีการติดผลในช่วงแรก (ระยะเวลา 15 วันหลังการผสมเกสร) ที่แตกต่างกันคือ มะม่วงโชคอนันต์มีเปอร์เซ็นต์การติดผลสูงที่สุดคือ 72.0% ในมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เปอร์เซ็นต์การติดผลเท่ากับ 47.0 % และในมะม่วงพันธุ์เขียวเสวยไม่พบการติดผล สำหรับมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ที่ออกดอกนอกฤดู มีเปอร์เซ็นต์การติดผลในระยะเวลา 15 วันเท่ากับ 10.7%

เอกสารอ้างอิง

- คณพล จุฑามณี. 2537. การแสดงเพศดอกและการเปลี่ยนเพศดอก. น. 112-118. ใน เอกสารการฝึกอบรมการใช้สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชทางการเกษตร 14-18 มีนาคม พ.ศ. 2537. สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ. กรุงเทพฯ.
- พินิจ จิรภิญโญ. 2516. ผลของ planofix และ NAA ต่อการเกิดเพศดอกของลำไยพันธุ์ใบดำ. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี ภาควิชาพืชสวน. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.
- พีรเดช ทองอำไพ, รวี เสฐฐักดิ์ และ เบญจมาศ ศิลาชัย. 2523. ผลของสารควบคุมการเจริญเติบโตบางชนิดที่มีต่อการแสดงเพศของดอกเงาะพันธุ์สีชมพู. วารสารพืชสวน. 15(1): 30-38.
- ดวงตรา กสานติกุล. 2526. การศึกษาการเจริญเติบโต การเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีและดัชนีการเก็บเกี่ยวของผลมะม่วง (*Mangifera indica* L.) พันธุ์น้ำดอกไม้. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ
- Brewbaker, J.L. and B.H. Kwack. 1964. The calcium ion and substance influencing pollen growth, p. 143-151. In H.F. Linskens (ed.). Pollen Physiology and Fertilization. North-Holland Publishing Co., Amsterdam, The Netherlands.
- Coetzer, L.A., S.A. Oosthuysen, D.L. Wishart and P.J. Robbertse. 1995. Influence of pruning on the flower sex ratio in some mango cultivars. South Africa Mango Growers Assoc. Yearbook 15: 26-30
- Fahn, A. 1982. Plant Anatomy. 3rd ed., Pergamon Press, Oxford. 544 p.
- Gangolly, S.R., R. Singh, S.L. Kathal and D. Singh. 1957. The Mango. ICAR, New Delhi. 530 p.
- Issarakraisila, M. and J.A. Considine. 1998. Effects of temperature on pollen viability in mango cv. 'Kensington'. Ann. Bot. 73:231-240.
- Leopold, A.C. and P.E. Kreidemann. 1975. Plant Growth and Development. 2nd ed, Tata McGraw-Hill, New Delhi. 545 p.
- McGreger, S.E. 1976. Insect Pollination of Cultivated Crop Plants. Agriculture Handbook No. 496. Agricultural Research Service, United States Department of Agriculture. 860 p.
- Sivanna, R.N. and N.S. Rangaswamy. 1992. Pollen Biology. Springer-Verlag, Berlin.
- Singh, R.N., P.K. Majumder and Shanna. 1966. Self-incompatability in mango (*Mangifera indica* L.). Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 67:287-289.
- Young, T.W. 1956. Influence of temperature on growth of mango pollen. Proc. Fla. State. Hort. Soc. 68: 308-313.

3.3.3 อิทธิพลของการผสมข้ามพันธุ์กับการงอกของละอองเกสร

จากการทดลองเพื่อศึกษาสาเหตุที่ทำให้มะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ไม่ติดผลต่ำ พบว่าสาเหตุประการหนึ่งเกิดจากระบบการงอกของละอองเกสรบนยอดเกสรเพศเมีย กล่าวคือเมื่อทำการผสมเกสรมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้โดยใช้เกสรเพศผู้จากพันธุ์น้ำดอกไม้ในต้นเดียวกับพบว่า ละอองเกสรเพศผู้ต้องใช้เวลาประมาณ 48 ชั่วโมงจึงจะเดินทางถึงบริเวณรังไข่ได้ ดังนั้นถ้าสามารถเพิ่มความเร็วในการเดินทางของละอองเกสรจากยอดเกสรเพศเมียจนถึงรังไข่ได้ ก็น่าจะทำให้การผสมเกสรได้ผลดียิ่งขึ้น ซึ่งน่าจะส่งผลให้มะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สามารถติดผลที่ดีขึ้น สำหรับมะม่วงพันธุ์อื่น เช่น พันธุ์เขียวเสวยก็พบว่าหากปลูกเป็นแปลงในลักษณะแปลงใหญ่เพียงพันธุ์เดียว จะมีปัญหาเรื่องการติดผลที่ค่อนข้างต่ำ โดยศักรี (2536) พบว่ามะม่วงพันธุ์เขียวเสวยมีแนวโน้มเป็นพืชที่ผสมตัวเองไม่ได้ คือเมื่อมีการถ่ายละอองเกสรเกิดขึ้น ละอองเกสรจะสามารถงอกผ่านก้านเกสรเพศเมียได้เพียงระยะหนึ่งก็จะเกิดการแตกหรือสลายไปของละอองเกสรก่อนที่จะเข้าผสมกับไข่ภายในรังไข่ ซึ่งในลักษณะนี้เรียกว่า gametophytic self-incompatibility (Newbigin และคณะ, 1993) สาเหตุเกิดจากเมื่อเกสรเพศเมียได้รับละอองเกสรที่เข้ากันไม่ได้จะเริ่มสะสมสารประกอบแคลโลส (callose) บนผนังด้านในของเกสรเพศเมีย และสร้างสารประกอบไฟโตเล็กซ์ซิน (phytoalexin) ขึ้นมาขัดขวางการเจริญของละอองเกสรเพศผู้ที่กำลังงอก ทำให้สารประกอบทางพันธุกรรมจากละอองเกสรไม่สามารถเข้าไปผสมกับไข่ในรังไข่ได้

การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาวิธีการเพิ่มการติดผลในมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ โดยใช้การผสมข้ามจากละอองเกสรเพศผู้พันธุ์ต่างๆ เพื่อศึกษาว่าวิธีนี้จะสามารถเพิ่มการติดผลได้หรือไม่

อุปกรณ์และวิธีการ

การทดลองที่ 1 ศึกษาความสามารถในการผสมเกสรของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้กับละอองเกสรจากมะม่วงพันธุ์ต่างๆ

มะม่วงที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ มะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้, เขียวเสวย, โชคอนันต์ และมันเดือนเก๋าว์ที่มีอายุ 6 ปี และปลูกอยู่ในแปลงเกษตรกร เริ่มการทดลองโดยเมื่อมะม่วงออกดอกกำหนดให้มะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เป็นพันธุ์ที่จะศึกษาความสามารถในการงอกของละอองเกสร เลือกช่อดอกมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ 4 ช่อโดยให้แต่ละช่อเป็นทรีตเมนต์ โดยมีทรีตเมนต์ ดังนี้

ทรีตเมนต์ที่ 1	ผสมด้วยละอองเกสรพันธุ์น้ำดอกไม้
ทรีตเมนต์ที่ 2	ผสมด้วยละอองเกสรพันธุ์เขียวเสวย
ทรีตเมนต์ที่ 3	ผสมด้วยละอองเกสรพันธุ์โชคอนันต์
ทรีตเมนต์ที่ 4	ผสมด้วยละอองเกสรพันธุ์มันเดือนเก๋าว์

ศึกษาการงอกของละอองเกสรมะม่วงพันธุ์ต่างๆ บนยอดเกสรเพศเมียของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ จำนวน 5 ต้น ผสมเกสรด้วยมือทรีตเมนต์ละ 32 ดอกต่อช่อต่อต้น หลังการผสมเกสรเก็บดอกจำนวน 4 ดอกต่อช่อที่ระยะเวลา 6, 12, 18, 24, 30, 36, 42 และ 48 ชั่วโมง ศึกษาการงอกของเกสรบนยอดเกสรเพศเมีย โดยวิธี aniline blue fluorescence (Shivanna และ Rangaswamy, 1992)

การทดลองที่ 2 การติดผลของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ โดยใช้วิธีการผสมเกสรจากละอองเกสรมะม่วงพันธุ์ต่างๆ

ต้นมะม่วงที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ มะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ เชื้อขาว, โชคอนันต์ และมันเดือนเก้ ซึ่งเป็ต้นไม้ที่ใช้ในการทดลองที่ 1 กำหนดให้มะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เป็นพันธุ์ที่จะศึกษาการติดผลโดยใช้เกสรของดอกมะม่วงพันธุ์ต่างๆ มาผสมเกสร ทำการทดลองโดยเลือกช่อดอกมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้จำนวน 4 ช่อ โดยให้แต่ละช่อเป็นทรีตเมนต์ ทำการผสมเกสรโดยใช้ละอองเกสรของมะม่วงพันธุ์ต่างๆ ได้แก่พันธุ์น้ำดอกไม้, เชื้อขาว, โชคอนันต์ และมันเดือนเก้ จำนวน 10 ดอกต่อช่อ บันทึกเปอร์เซ็นต์การติดผลทุกๆ 3 วันเป็นเวลา 15 วัน เพื่อศึกษาการหลุดร่วงของผล แล้วนำมาคิดเป็นเปอร์เซ็นต์การติดผล

ผลการทดลอง

1. การงอกของละอองเกสรจากมะม่วงพันธุ์ต่าง ๆบนยอดเกสรเพศเมียของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้

1.1 กลุ่มสมระหว่างพันธุ์น้ำดอกไม้และพันธุ์น้ำดอกไม้

การศึกษาระยะทางการงอกของละอองเกสรเพศผู้พันธุ์น้ำดอกไม้บนยอดเกสรเพศเมียพันธุ์น้ำดอกไม้ พบว่าที่เวลา 18 ชั่วโมงหลังการผสมเกสรเริ่มพบระยะทางในการงอกของละอองเกสรเท่ากับ 5.00% ที่เวลา 24 และ 30 ชั่วโมงหลังการผสมเกสรและพบว่าระยะทางในการงอกของละอองเกสรเพิ่มขึ้นเป็น 15.00% และ 30.76% ตามลำดับ การงอกของละอองเกสรเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วภายหลังเวลา 30 ชั่วโมง โดยพบว่าที่เวลา 36 ชั่วโมง การงอกของละอองเกสรมีระยะทางเท่ากับ 81.66% จากนั้นการงอกของละอองเกสรเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ โดยระยะทางการงอกของละอองเกสรที่เวลา 42 และ 48 ชั่วโมง เท่ากับ 91.66% และ 100.00% ตามลำดับ (ภาพที่ 3.17)

1.2 กลุ่มสมระหว่างพันธุ์น้ำดอกไม้และพันธุ์เชื้อขาว

การศึกษาระยะทางการงอกของละอองเกสรเพศผู้พันธุ์เชื้อขาวบนยอดเกสรเพศเมียพันธุ์น้ำดอกไม้ พบว่าที่เวลา 18 ชั่วโมงหลังการผสมเกสรพบการงอกของละอองเกสรเท่ากับ 6.00% ที่เวลา 24 ชั่วโมง พบว่าระยะทางในการงอกของละอองเกสรเท่ากับ 18.88% หลังจากนั้นการงอกของละอองเกสรเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว โดยพบว่าที่เวลา 30 และ 36 ชั่วโมง ระยะทางในการงอกของละอองเกสรเท่ากับ 72.72% และ 94.11% ตามลำดับ ภายหลังเวลา 42 ชั่วโมงเป็นต้นไป ระยะทางในการงอกของละอองเกสรเท่ากับ 100% (ภาพที่ 3.17)

1.3 กลุ่มสมระหว่างพันธุ์น้ำดอกไม้ และโชคอนันต์

การศึกษาระยะทางการงอกของละอองเกสรเพศผู้พันธุ์โชคอนันต์บนยอดเกสรเพศเมียพันธุ์น้ำดอกไม้ พบว่า ระยะทางในการงอกของละอองเกสรที่เวลา 12 ชั่วโมงเท่ากับ 7.22% ที่ระยะเวลา 18 และ 24 ชั่วโมง ระยะทางในการงอกของละอองเกสรเพิ่มขึ้นเป็น 40.76% และ 65.00% ตามลำดับ ตั้งแต่เวลา 30 ชั่วโมงเป็นต้นไปจนถึงเวลา 48 ชั่วโมง พบระยะทางในการงอกของละอองเกสรอยู่ในช่วง 96.05% - 100% (ภาพที่ 3.17)

1.4 กลุ่มสมระหว่างพันธุ์น้ำดอกไม้และมันเดือนกัา

การศึกษาระยะทางการงอกของละอองเกสรเพศผู้พันธุ์มันเดือนกัาบนยอดเกสรเพศเมียพันธุ์น้ำดอกไม้ พบว่า ระยะทางในการงอกของละอองเกสรที่เวลา 6 ชั่วโมงเท่ากับ 6.66% ที่ระยะเวลา 12 และ 18 ชั่วโมง ระยะทางในการงอกของละอองเกสรเพิ่มเป็น 41.47% และ 43.42% ตามลำดับ ตั้งแต่เวลา 24 ชั่วโมงเป็นต้นไป พบว่าระยะทางในการงอกของละอองเกสรเท่ากับ 100% ซึ่งนับว่าละอองเกสรใช้เวลาในการงอกไปจนถึงรังไข่ร้อยละน้อยที่สุด(ภาพที่ 3.17)

2. การติดผลของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ที่เกิดจากผสมเกสรจากละอองเกสรเพศผู้พันธุ์ต่างๆ

2.1 กลุ่มสมระหว่างพันธุ์น้ำดอกไม้และพันธุ์น้ำดอกไม้

การติดผลของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ที่เกิดจากการผสมเกสรโดยใช้ละอองเกสรมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้พบว่า 3 วันหลังการผสมเกสรมีเปอร์เซ็นต์การติดผลเท่ากับ 76.00% หลังจากนั้นเปอร์เซ็นต์การติดผลลดลงตามลำดับโดยในวันที่ 6, 9, 12, 15 หลังการผสมเกสร มีเปอร์เซ็นต์การติดผลเท่ากับ 66.00%, 58.00%, 52.00% และ 48.00% ตามลำดับ (ภาพที่ 3.18)

2.2 กลุ่มสมระหว่างพันธุ์น้ำดอกไม้และพันธุ์เขียวเสวย

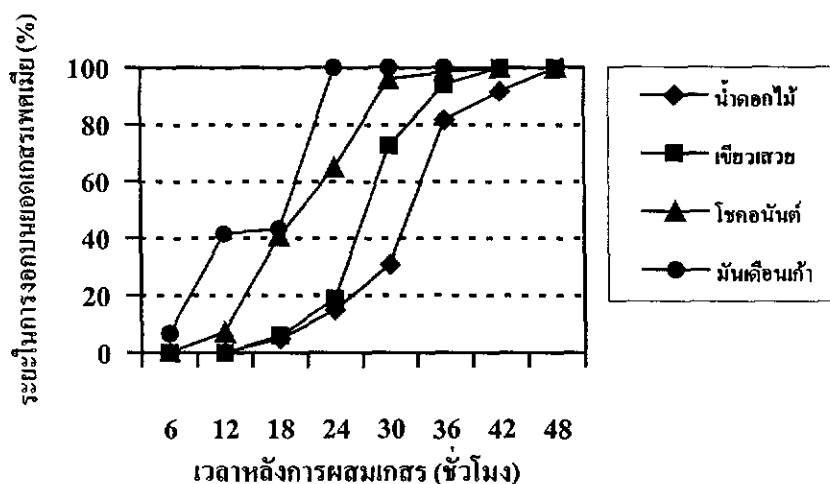
การติดผลของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ที่เกิดจากการผสมเกสรโดยใช้ละอองเกสรมะม่วงพันธุ์เขียวเสวยพบว่า 3 วันหลังการผสมเกสรมีเปอร์เซ็นต์การติดผลเท่ากับ 72.00% หลังจากนั้นเปอร์เซ็นต์การติดผลลดลงตามลำดับโดยในวันที่ 6, 9, 12 และ 15 หลังการผสมเกสร มีเปอร์เซ็นต์การติดผลเท่ากับ 57.00%, 46.00%, 42.00% และ 35.00% ตามลำดับ (ภาพที่ 3.18)

2.3 กลุ่มสมระหว่างพันธุ์น้ำดอกไม้และพันธุ์โชคอนันต์

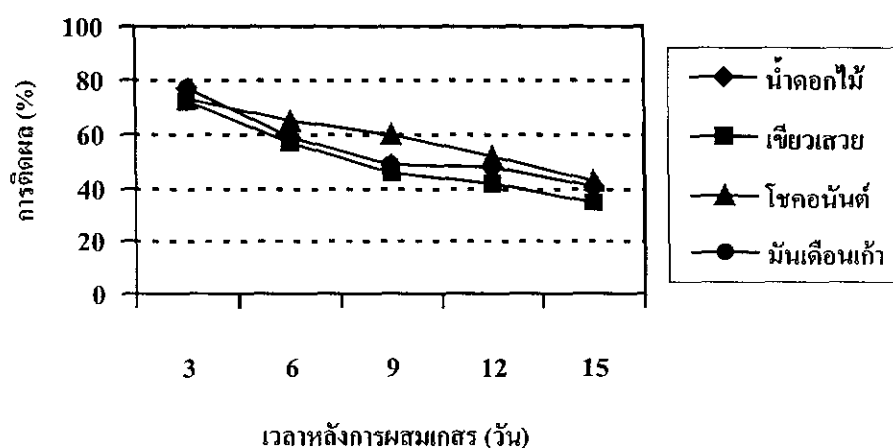
การติดผลของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ที่เกิดจากการผสมเกสรโดยใช้ละอองเกสรจากมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์ พบว่าวันที่ 3 หลังการผสมเกสรมีเปอร์เซ็นต์การติดผลเท่ากับ 73.00% หลังจากนั้นเปอร์เซ็นต์การติดผลลดลงตามลำดับ โดยในวันที่ 6, 9, 12 และ 15 หลังการผสมเกสรมีเปอร์เซ็นต์การติดผลเท่ากับ 65.00%, 60.00%, 52.00% และ 43.00% ตามลำดับ (ภาพที่ 3.18)

2.4 กลุ่มสมระหว่างพันธุ์น้ำดอกไม้และพันธุ์มันเดือนกึ่ง

การติดผลของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ที่เกิดจากการผสมเกสรโดยใช้ละอองเกสรจากมะม่วงพันธุ์มันเดือนกึ่ง พบว่าวันที่ 3 หลังการผสมเกสรมีเปอร์เซ็นต์การติดผลเท่ากับ 77.00% หลังจากนั้นเปอร์เซ็นต์การติดผลลดลงตามลำดับ โดยในวันที่ 6, 9, 12 และ 15 หลังการผสมเกสรมีเปอร์เซ็นต์การติดผลเท่ากับ 59.00%, 49.00%, 48.00% และ 41.00% ตามลำดับ (ภาพที่ 3.18)



ภาพที่ 3.17 การออกของละอองเกสรมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ ขียวเสวย โชคอนันต์ และมันเดือนกึ่ง บนยอดเกสรเพศเมียมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้



ภาพที่ 3.18 การติดผลของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ที่ได้รับการผสมเกสรจากละอองเกสรพันธุ์น้ำดอกไม้ ขียวเสวย โชคอนันต์ และมันเดือนกึ่ง

วิจารณ์

จากสมมติฐานที่ว่าสาเหตุประการสำคัญที่ทำให้มะม่วงน้ำดอกไม้ติดผลต่ำคือ ระยะเวลาการงอกของละอองเกสรพันธุ์น้ำดอกไม้จนถึงบริเวณรังไข่มะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ใช้เวลาประมาณ 42-48 ชั่วโมง (ภาพที่ 3.17) ดังนั้นการเพิ่มความเร็วในการงอกของละอองเกสรน่าจะเป็นวิธีการหนึ่งที่ช่วยเพิ่มการติดผลของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ให้ดีขึ้น วิธีการหนึ่งคือการใช้ละอองเกสรจากพันธุ์อื่นมาช่วยในการผสมเกสร ซึ่งวิธีนี้ประสบความสำเร็จในการเพิ่มการติดผลของทุเรียนในประเทศไทย และในการผลิตมะเฟือง (*Averrhoa carambola* L.) -ของประเศมาเลเซีย (Wong, 1996) แต่อย่างไรก็ตามจากการทดลองครั้งนี้ซึ่งได้ทดลองผสมพันธุ์มะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ โดยใช้ละอองเกสรจากมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้และมะม่วงอีก 3 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์เขียวเสวย, โชคอนันต์ และมันเดือนเก้ พบว่าในกลุ่มผสมที่ใช้ละอองเกสรจากมะม่วงพันธุ์มันเดือนเก้มีการงอกของละอองเกสรที่เร็วขึ้นโดยมีระยะเวลาเท่ากับ 24 ชั่วโมงพบการงอกถึงบริเวณรังไข่ (ภาพที่ 3.17) แต่อย่างไรก็ตามเมื่อศึกษาถึงความสามารถในการติดผลพบว่าในกลุ่มผสมมะม่วงทั้ง 3 พันธุ์ไม่สามารถเพิ่มการติดผลได้เมื่อเปรียบเทียบกับความผสมตัวเอง (ภาพที่ 3.18) ดังนั้นการที่มะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้จะติดผลได้ดีขึ้น จึงอาจขึ้นกับปัจจัยอื่นๆ อีกนอกจากความเร็วในการงอกของละอองเกสร

การศึกษาในครั้งนี้แสดงให้เห็นว่า ไม่สามารถเพิ่มการติดผลของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้โดยใช้วิธีการผสมเกสรโดยใช้ละอองเกสรจากมะม่วงพันธุ์ต่างๆ

สรุป

การศึกษาแนวทางการเพิ่มการติดผลของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ โดยใช้การผสมเกสรจากเกสรตัวผู้พันธุ์ต่างๆ สามารถสรุปผลได้ดังนี้

1. ความเร็วในการงอกของละอองเกสรมะม่วงพันธุ์ต่าง ๆ จากยอดเกสรเพศเมียถึงรังไข่ของดอกมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ มีความแตกต่างกัน โดยละอองเกสรมะม่วงพันธุ์มันเดือนเก้จะมีการงอกที่เร็วที่สุด คือใช้เวลาประมาณ 24 ชั่วโมงจึงงอกจนถึงรังไข่
2. การติดผลของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ ที่เกิดจากการผสมเกสรโดยใช้ละอองเกสรจากมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้, เขียวเสวย, โชคอนันต์ และมันเดือนเก้ พบว่ามีลักษณะใกล้เคียงกันคือ เปอร์เซ็นต์การติดผลมีแนวโน้มลดลงในช่วงตั้งแต่ 3 วันแรกหลังการผสมเกสรจนถึงวันที่ 15 หลังการผสมเกสร จะมีการติดผลเหลือในช่วง 35-48%
3. การใช้ละอองเกสรจากดอกมะม่วงพันธุ์อื่นในการผสมเกสร ไม่สามารถเพิ่มการติดผลในมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ได้

เอกสารอ้างอิง

- ศักดิ์กริ น้ำใจทหาร. 2536. อิทธิพลของการผสมเกสรมะม่วงพันธุ์เขียวเสวยโดยใช้เกสรตัวผู้ต่างๆ ต่อการติดผล. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ
- Newbiggin, E., M. A. Anderson, and A. E. Clarke. 1993. Gametophytic self-incompatibility systems. *Plant Cell*. 5:1315-1324.
- Sivanna. R.N. and N.S. Rangaswamy. 1992. *Pollen Biology*. Springer-Verlag, Berlin.
- Wong, K.C. 1996. Physiological studies on heteromorphic self-incompatibility system of Carambora (*Averhoa carambora* L.) Pro. Con. Tropical Fruits, Kuala Lumpur Malaysia. 23-26 July 1996 Volume II p. 155-160.

3.3.4 ผลของแคลเซียมและโบรอนต่อการงอกของละอองเกสรและการติดผล

จากการศึกษาลักษณะและกระบวนการทางสรีรวิทยาของดอกบางประการที่มีผลต่อการติดผลของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ และอิทธิพลของการผสมข้ามพันธุ์ของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ โดยใช้ละอองเกสรมะม่วงพันธุ์ต่างๆ พบว่ายังไม่สามารถเพิ่มการติดผลของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ได้ ดังนั้นจึงต้องหาวิธีการอื่นๆ เพิ่มเติมเพื่อเพิ่มการติดผลของมะม่วงพันธุ์นี้ Brewbaker และ Kwack (1964) รายงานว่าการใช้แคลเซียมและโบรอนช่วยในการงอกของหลอดละอองเกสร (pollen tube) ที่ทำการเพาะเลี้ยงในสภาพปลอดเชื้อ คณพลและคณะ (2541) ได้รายงานว่าการใช้แคลเซียมและโบรอนทำให้การงอกของหลอดละอองเกสรของมะม่วงในสภาพธรรมชาติดีขึ้น และยังสามารถเพิ่มผลผลิตของมะม่วงที่ออกในฤดูด้วยแคลเซียมเป็นธาตุอาหารที่มีบทบาทต่อพืชหลายประการคือ แคลเซียมจะจับกับเพกติน (pectin) เพื่อสร้างมิดเดิลลามลลา (middle lamella) ซึ่งอยู่ระหว่างเซลล์เพื่อยึดเซลล์ให้ติดกัน และเพิ่มความแข็งแรงของผนังเซลล์ (ยงยุทธ, 2543; Mengel และ Kirkby, 1987) แคลเซียมยังจำเป็นสำหรับการสร้างไมโครทิวบูล (microtubule) ในสายใยสปินเดิล (spindle fiber) และยังจำเป็นสำหรับการทำงานของเมมเบรนอีกด้วย (วงจันทร์, 2535) นอกจากนี้แคลเซียมยังมีคุณสมบัติเป็น chemotropic factor สำหรับละอองเกสรของพืช ซึ่งเหนี่ยวนำให้หลอดละอองเกสรยึดตัวตามทิศทางการเพิ่มความเข้มข้นของแคลเซียม (ยงยุทธ, 2535) สำหรับโบรอนมีบทบาทส่งเสริมการงอกของละอองเกสรและการเจริญของหลอดละอองเกสรในพืชชนิดต่างๆ เช่นเดียวกัน โดยมีผลต่อกระบวนการเมแทบอลิซึมของคาร์โบไฮเดรตและการใช้ออกซิเจนในการหายใจ ตลอดจนการสังเคราะห์สารเพกติน (วรินทร์, 2536) การขาดโบรอนส่งผลให้เปอร์เซ็นต์ความมีชีวิตของละอองเกสร รวมทั้งการงอกของละอองเกสรต่ำ และอัตราการงอกของหลอดละอองเกสรลดลง (Nyomora และ Brown, 1997) นอกจากนี้ยังมีปัจจัยอื่นๆ ที่น่าจะมีส่วนเกี่ยวข้องในการงอกของละอองเกสร ได้แก่ คาร์โบไฮเดรต Bhadula และ Sawhney (1989) รายงานว่าความบกพร่องในกระบวนการเมแทบอลิซึมของคาร์โบไฮเดรตภายในอับละอองเกสรจะทำให้เกิดปัญหาการพัฒนาของละอองเกสรที่ไม่ปกติในพืชหลายชนิด ซอร์บิทอล (sorbitol) เป็นคาร์โบไฮเดรตรูปหนึ่งที่พบว่าสามารถเคลื่อนย้ายได้ในพืชหลายชนิด (Taiz และ Zeiger, 1991) ซอร์บิทอลจะไปจับกับโบรอนเกิดเป็นโบรอน-ซอร์บิทอลคอมเพล็กซ์ (boron-sorbitol complex) ซึ่งมีบทบาทในการส่งเสริมกระบวนการเมแทบอลิซึม การดูดซึมและเคลื่อนย้ายของน้ำตาลในละอองเกสร และการสังเคราะห์เพกติน ซึ่งเป็นส่วนประกอบของผนังเซลล์ของละอองเกสรที่กำลังงอก (Nyomora และ Brown, 1997; Vasil, 1964) ในช่วงที่ช่อดอกยึดตัวจะมีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว ทำให้ไม่สามารถดึงแคลเซียมและโบรอนจากดินไปใช้ได้ทัน ดังนั้นการให้แคลเซียมและโบรอนจากภายนอกโดยการฉีดพ่นแก่ช่อดอกโดยตรงน่าจะเป็นวิธีการที่เหมาะสม ที่จะช่วยให้ต้นมะม่วงได้รับธาตุอาหารทั้งสองอย่างนี้เพียงพอ (Callan และคณะ 1978; Hanson, 1991)

วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาผลของแคลเซียม, โบรอน และน้ำตาลซอร์บิทอลต่อการผสมเกสรและการติดผลในระยะแรกของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้

อุปกรณ์และวิธีการ

คัดเลือกต้นมะม่วงน้ำดอกไม้อายุ 2 ปี ต่อบนต้นตอแก้วที่มีขนาดใกล้เคียงกัน จำนวน 35 ต้น ซึ่งปลูกในกระถางพลาสติกขนาด 15 นิ้ว โดยต้นมะม่วงที่ใช้ในการทดลองจะมีขนาดทรงพุ่มประมาณ 1 เมตร ทำการราดสารพาโคลบิวทราโซล (paclobutrazol) รอบโคนต้นในอัตรา 0.5 กรัม a.i./ต้น ในเดือนกรกฎาคม 2542 เพื่อกระตุ้นการสร้างตาออก หลังจากนั้นทำการฉีดพ่นไทโอยูเรียความเข้มข้น 1% ในเดือนกันยายน 2542 เพื่อให้มะม่วงแทงช่อดอก เมื่อช่อดอกมะม่วงมีความยาวประมาณ 5 ซม. ทำการพ่นสารแคลเซียมและโบรอนทั้งในรูปสารที่เป็นการค้า (commercial grade) และรูปสารเคมีที่ใช้ในห้องทดลอง (laboratory grade จาก $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ และ H_3BO_3) รวมทั้งน้ำตาลซอร์บิทอลในรูปสารบริสุทธิ์ที่ความเข้มข้นระดับต่างๆ โดยทำการพ่นให้ชุ่มทั่วต้น ซึ่งวิธีทดลองทั้งหมดมี 7 วิธีดังนี้

ทรีตเมนต์ที่ 1 ไม่มีการให้สาร (control)

ทรีตเมนต์ที่ 2 แคลเซียม 0.06% และ โบรอน 0.02% (สารการค้า)

ทรีตเมนต์ที่ 3 แคลเซียม 0.06% และ โบรอน 0.02% (สารการค้า) และซอร์บิทอล 20%

ทรีตเมนต์ที่ 4 แคลเซียม 0.06% และ โบรอน 0.02% (สารการค้า) และซอร์บิทอล 40%

ทรีตเมนต์ที่ 5 แคลเซียม 0.06% และ โบรอน 0.02% (สารเคมี)

ทรีตเมนต์ที่ 6 แคลเซียม 0.06% และ โบรอน 0.02% (สารเคมี) และซอร์บิทอล 20%

ทรีตเมนต์ที่ 7 แคลเซียม 0.06% และ โบรอน 0.02% (สารเคมี) และซอร์บิทอล 40%

แต่ละทรีตเมนต์ประกอบด้วยต้นมะม่วงจำนวน 5 ต้น เมื่อมะม่วงอยู่ในระยะดอกบานประมาณ 50% ทำการศึกษาข้อมูลต่อไปนี้

1. การงอกของละอองเกสร (Pollen germination)

เก็บดอกมะม่วงเพศผู้และดอกสมบูรณ์เพศอย่างละ 15 ดอกต่อช่อ จากนั้นนำละอองเกสรจากดอกมะม่วงทั้งสองเพศไปวางในอาหารสูตรดัดแปลงของ Brewbaker และ Kwacks (1964) โดยใช้ซูโครส 30% ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ทำการบันทึกการงอกของหลอดละอองเกสรหลังจากนำละอองเกสรมาเลี้ยงในอาหารดังกล่าวเป็นเวลา 6 ชั่วโมง บันทึกผลการทดลองโดยถือว่าละอองเกสรที่งอกหลอดออกมายาวเกินขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของหลอดละอองเกสรจัดเป็นละอองเกสรที่มีการงอก

2. การงอกของหลอดละอองเกสรภายในเกสรเพศเมีย (Pollen tube growth)

เมื่อดอกมะม่วงบานประมาณ 50% ได้ทำการผสมเกสรด้วยมือ โดยใช้ละอองเกสรจากดอกเพศผู้มาผสมกับดอกสมบูรณ์เพศภายในต้นเดียวกันจำนวน 24 ดอก ทำการครอบดอกที่ได้รับการผสมเกสรด้วยถุงพลาสติกขนาดเล็ก หลังจากนั้นทุกๆ 6 ชั่วโมง ทำการสุ่มเก็บดอกมาศึกษาการงอกของหลอดละอองเกสรจนถึงชั่วโมงที่ 48 โดยวิธีศึกษาการงอกของหลอดละอองเกสรภายในก้านเกสรเพศเมีย (style) ซึ่งดัดแปลงจากวิธีการของ Shivanna และ Rangaswamy (1992) โดยนำเกสรเพศเมีย (pistil) มาแช่ใน 4N NaOH และย้อมสีด้วย aniline blue 0.1% เพื่อให้เห็นการงอกของหลอดละอองเกสรภายในก้านเกสรเพศเมีย ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ฟลูออเรสเซนซ์ (fluorescence microscope) โดยให้ละอองเกสรที่มีการงอกหลุดจากยอดเกสรเพศเมียจนถึงรังไข่มีการงอกเท่ากับ 100% ส่วนหลอดละอองเกสรที่ยังงอกไม่ถึงก็คิดเป็นอัตราส่วนระยะทางไปตามลำดับ

3. การติดผล

ทำการคัดเลือกช่อดอกที่มีลักษณะสมบูรณ์ต้นละ 1 ช่อในแต่ละทรีตเมนต์ รวม 5 ช่อ ต่อทรีตเมนต์ จากนั้นทำการผสมเกสร โดยใช้เกสรจากดอกเพศผู้ในต้นเดียวกัน โดยแต่ละช่อจะทำการผสม 30 ดอก และทำการคลุมช่อดอกด้วยถุงดำขุ่นในลอน จากนั้นทำการบันทึกการติดผลของดอกมะม่วงที่ได้รับการผสมเหล่านี้ ทุกๆ 3 วัน จนถึงวันที่ 45 หลังทำการผสมเกสร

ผลการทดลอง

1. การงอกของหลอดละอองเกสร

การให้แคลเซียม, โบรอน ทั้งในรูปสารเคมีและสารการค้า ไม่มีผลต่อการงอกของหลอดละอองเกสร โดยมีเปอร์เซ็นต์การงอกอยู่ระหว่าง 44.52-47.75% อย่างไรก็ตามพบว่าการให้น้ำตาลซอร์บิทอลร่วมในทุกทรีตเมนต์ ทำให้การงอกของหลอดละอองเกสรเพิ่มขึ้นเล็กน้อย (ภาพที่ 3.19)

2. การงอกของหลอดละอองเกสรภายในเกสรเพศเมีย

ภายใน 6-12 ชั่วโมงแรกหลังจากทำการผสมเกสร พบว่า ละอองเกสรจากดอกมะม่วงที่ได้รับการให้แคลเซียม โบรอน และน้ำตาลซอร์บิทอลจะมีการงอกหลอดละอองเกสรภายในเกสรเพศเมียดีกว่าละอองเกสรจากดอกที่ไม่ได้รับสาร (ตารางที่ 3.17) แต่อย่างไรก็ตามพบว่าเมื่อเวลาผ่านไป 24 ชั่วโมง การงอกของหลอดละอองเกสรในทุกวิธีการทดลองจะมีค่าใกล้เคียงกัน โดยส่วนใหญ่จะสามารถงอกถึงรังไข่ได้ภายในเวลา 36 ชั่วโมง

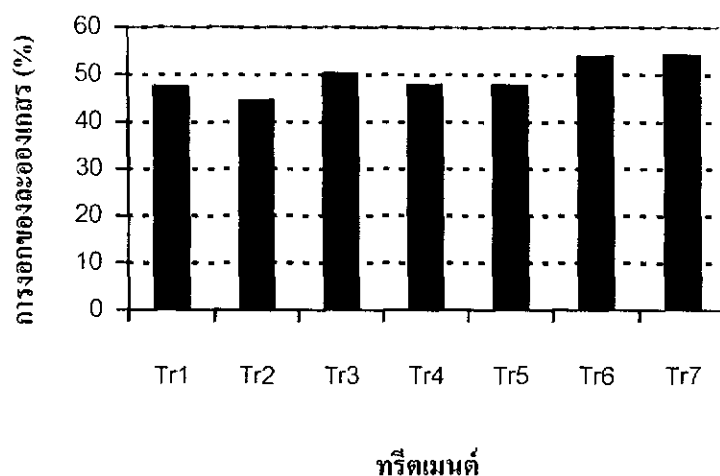
3. การติดผล

หลังจากทำการผสมเกสร 1-2 สัปดาห์แรก จะพบว่าผลมะม่วงในทุกลูกการทดลองจะมีการร่วงเป็นจำนวนมาก (ภาพที่ 3.20) แต่จะเห็นได้ว่าผลมะม่วงในการทดลองที่มีการให้แคลเซียม โบรอน และ ซอร์บิทอลทุกลูกการทดลองจะมีการติดผลในระยะแรกนี้ดีกว่าในต้นที่ไม่ได้รับสารอย่างเห็นได้ชัด โดยจะเห็นผลไปจนถึงประมาณสัปดาห์ที่ 4 หลังจากผสมเกสร โดยการให้แคลเซียมและโบรอนทั้งรูปสารการค้า และรูปสารเคมีที่ใช้ในท้องตลาด ร่วมกับน้ำตาลซอร์บิทอล 40% มีแนวโน้มจะให้ผลดีที่สุด อย่างไรก็ตามหลังจาก 45 วันหลังการผสมเกสร การติดผลของมะม่วงในทุกลูกการทดลอง จะมีอัตราการติดผลที่ต่ำ (ไม่ได้แสดงข้อมูล)

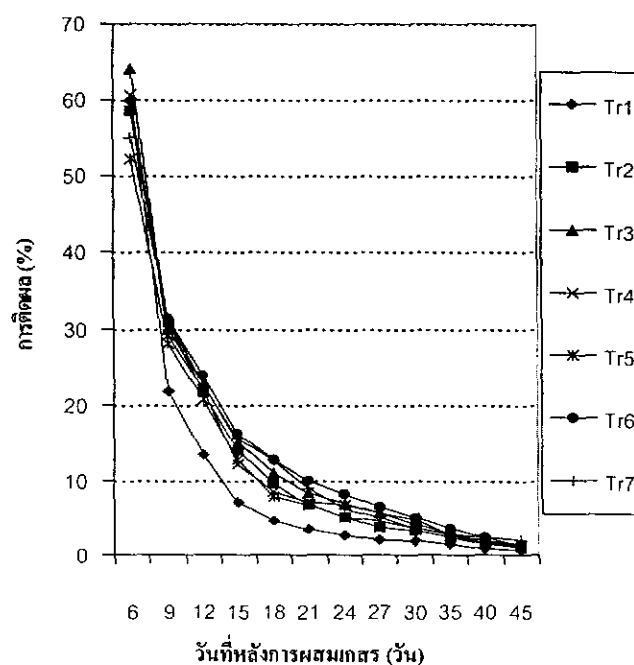
ตารางที่ 3.17 ผลของแคลเซียม โบรอนและน้ำตาลซอร์บิทอลต่อระยะทางในการงอกของหลอดละอองเกสร ภายในเกสรเพศเมีย

พรีติเมนต์	ระยะทางในการงอกของหลอดละอองเกสรที่ระยะเวลาต่าง ๆ (%)					
	6 ชม.	12 ชม.	18 ชม.	24 ชม.	30 ชม.	36 ชม.
ไม่มีการให้สาร	42.82 b ¹	64.92 y	78.84	92.00	95.00	100.00
แคลเซียมและโบรอน (สารการค้า)	66.54 ab	67.61 y	93.33	100.00	100.00	100.00
แคลเซียม, โบรอน (สารการค้า) และซอร์บิทอล 20%	72.00 a	87.44 x	95.00	100.00	100.00	100.00
แคลเซียม, โบรอน (สารการค้า) และซอร์บิทอล 40%	74.88 a	90.00 x	92.50	100.00	100.00	100.00
แคลเซียมและโบรอน (สารเคมี)	52.41 b	61.91 y	93.33	100.00	100.00	100.00
แคลเซียม, โบรอน (สารเคมี) และซอร์บิทอล 20%	78.31 a	92.50 x	100.00	100.00	100.00	100.00
แคลเซียม, โบรอน (สารเคมี) และซอร์บิทอล 40%	79.04 a	88.33 x	90.00	100.00	100.00	100.00

¹ค่าเฉลี่ยในแต่ละคอลัมน์ที่ตามด้วยอักษรเดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อวิเคราะห์ทางสถิติด้วย Duncan's Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%



ภาพที่ 3.19 ผลของแคลเซียม โบรอน และน้ำตาลซอร์บิทอลต่อการออกของละอองเกสรของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ (Tr1 = ไม่มีการให้สาร, Tr2 = แคลเซียมและโบรอน (สารการค้า), Tr3 = แคลเซียม, โบรอน (สารการค้า) และซอร์บิทอล 20%, Tr4 = แคลเซียม, โบรอน (สารการค้า) และซอร์บิทอล 40%, Tr5 = แคลเซียมและโบรอน (สารเคมี), Tr6 = แคลเซียม, โบรอน (สารเคมี) และซอร์บิทอล 20%, Tr7 = แคลเซียม, โบรอน (สารเคมี) และซอร์บิทอล 40%)



ภาพที่ 3.20 ผลของแคลเซียม โบรอน และน้ำตาลซอร์บิทอลต่อการติดผลของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ (Tr1 = ไม่มีการให้สาร, Tr2 = แคลเซียมและโบรอน (สารการค้า), Tr3 = แคลเซียม, โบรอน (สารการค้า) และซอร์บิทอล 20%, Tr4 = แคลเซียม, โบรอน (สารการค้า) และซอร์บิทอล 40%, Tr5 = แคลเซียมและโบรอน (สารเคมี), Tr6 = แคลเซียม, โบรอน (สารเคมี) และซอร์บิทอล 20%, Tr7 = แคลเซียม, โบรอน (สารเคมี) และซอร์บิทอล 40%)

วิจารณ์

การทดลองในครั้งนี้พบว่าแคลเซียมและโบรอนทั้งในรูปสารการค้าและสารเคมี ไม่สามารถเพิ่มการงอกของหลอดงอกเกอร์ได้ แต่เมื่อให้แคลเซียมและโบรอนร่วมกับน้ำตาลซอร์บิทอลทำให้การงอกของหลอดงอกเกอร์เพิ่มขึ้นเล็กน้อย (ภาพที่ 3.19) นอกจากนี้ยังพบว่าการงอกของหลอดงอกเกอร์ภายในเกอร์เพศเมียของทรีตเมนต์ที่มีการใช้แคลเซียม, โบรอนร่วมกับน้ำตาลซอร์บิทอล สามารถเพิ่มการงอกของหลอดงอกเกอร์ภายในเกอร์เพศเมียได้ดีกว่าดอกที่ได้รับแคลเซียม โบรอน และดอกที่ไม่ได้รับสารตามลำดับภายในเวลา 6-12 ชั่วโมงภายหลังการผสมเกสร อย่างไรก็ตามพบว่าเมื่อเวลาผ่านไปหลัง 24 ชั่วโมงภายหลังการผสมเกสร หลอดงอกเกอร์ของทุกทรีตเมนต์สามารถงอกได้ใกล้เคียงกันและสามารถงอกจนถึงรังไข่ภายในเวลา 36 ชั่วโมง (ตารางที่ 3.17) และเมื่อพิจารณาการติดผลพบว่าการใช้แคลเซียม โบรอน และน้ำตาลซอร์บิทอลในทุกการทดลองสามารถเพิ่มการติดผลในช่วง 30 วันแรกภายหลังการผสมเกสรได้ดีกว่าดอกที่ไม่ได้รับสาร ดังนั้นจึงอาจเป็นไปได้ว่าแคลเซียม, โบรอน และน้ำตาลซอร์บิทอลอาจช่วยส่งเสริมการติดผลของมะม่วงโดยไม่ได้เพิ่มเปอร์เซ็นต์การงอกของหลอดงอกเกอร์ให้สูงขึ้น ปัจจัยที่มีผลต่อการติดผลมีหลายปัจจัย การเพิ่มการสะสมของคาร์โบไฮเดรตเป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้การติดผลมากขึ้น (Davie และคณะ, 1999) การปลีซอดอกในต้นมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ที่มีช่อดอกมากจนเกินไปออก ทำให้มะม่วงสามารถสะสมคาร์โบไฮเดรตได้มากขึ้น (Nartvaranant และคณะ, 1999) สุภัทร์ (2543) แสดงให้เห็นว่าการให้แคลเซียมโบรอนในช่วงที่ต้นมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้กำลังออกดอก อาจจะช่วยเพิ่มการสะสมของคาร์โบไฮเดรตในกิ่งและทำให้มะม่วงพันธุ์นี้ติดผลดีขึ้น อย่างไรก็ตามจากงานทดลองนี้ ไม่ได้ทำการวิเคราะห์ปริมาณคาร์โบไฮเดรตสะสมในกิ่ง จึงยังไม่สามารถสรุปได้ว่าการติดผลที่ดีขึ้นเนื่องจากการใช้แคลเซียม, โบรอน และน้ำตาลซอร์บิทอลเกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงของคาร์โบไฮเดรตสะสมอย่างไร แต่จากการทดลองพบว่าทั้งแคลเซียม โบรอน และน้ำตาลซอร์บิทอลสามารถเพิ่มการติดผลในมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ได้โดยไม่เกี่ยวข้องกับการเพิ่มความสามารถในการงอกของหลอดงอกเกอร์ในยอดเกอร์เพศเมีย

สรุป

การศึกษาผลของแคลเซียม โบรอน และน้ำตาลซอร์บิทอลต่อการงอกของหลอดงอกเกอร์ และการติดผลของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ ได้ผลดังนี้

1. แคลเซียม โบรอนทั้งในรูปสารเคมีและสารการค้า และน้ำตาลซอร์บิทอล ไม่มีผลต่อการงอกของหลอดงอกเกอร์ของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้
2. การใช้แคลเซียม โบรอนทั้งในรูปสารเคมีและสารการค้า และน้ำตาลซอร์บิทอลมีผลทำให้การติดผลในช่วงแรกของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สูงกว่าการไม่ใช้สาร

เอกสารอ้างอิง

- คณพล จุฑาภรณ์, วันเพ็ญ เหล่าศรีไพบูลย์ และสุทิน พรหมโชติ. 2541. ความสัมพันธ์ของแคลเซียมและโบรอนต่อการงอกของละอองเกสร การติดผล และระดับของแคลเซียมและโบรอนในช่วงการพัฒนาดอกของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ทวายเบอร์ 4. วารสารวิทยาศาสตร์ มก. 16:14-31
- ขงยุทธ โอสดสภา. 2535. แคลเซียม-โบรอนในดินและพืช. เอกสารประกอบการสัมมนาทางวิชาการ เรื่องปุ๋ยทางใบกับไม้ผลเศรษฐกิจ. จัดโดย สมาคมดินและปุ๋ยแห่งประเทศไทย กรมวิชาการ เกษตร, กรุงเทพฯ. ในวันที่ 8 ธันวาคม 2535.. 25 น.
- ขงยุทธ โอสดสภา. 2543. ธาตุอาหารพืช. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 424 หน้า.
- วงจันทร์ วงศ์แก้ว. 2535. หลักสรีรวิทยาของพืช. ภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 17-20 น.
- วรินทร์ สุทนต์. 2536. อิทธิพลของแคลเซียม-โบรอน ต่อการงอกของละอองเกสรและการติดผลของมะม่วง. ปัญหาพิเศษปริญญาโท. ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ
- สุภัทร อิศรางกูร ณ อยุธยา. 2543. อิทธิพลของแคลเซียม-โบรอนต่อคาร์โบไฮเดรตสะสม โปรตีน และการติดผลของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ทวาย. วิทยานิพนธ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ
- Bhadula, S.K. and V.K. Sawhnev. 1989. Amylolytic activity and carbohydrate levels during the stamen ontogeny of a male fertile, and a "gibberellin-sensitivity" male sterile mutant of tomato (*Lycopersicon esculentum*). J. Exp. Bot. 40: 789-794.
- Brewbaker, J.L. and B.H. Kwack. 1964. The calcium ion and substance influencing pollen growth, p. 143-151. In H.F. Linskens (ed.). Pollen Physiology and Fertilization. North-Holland Publishing Co., Amsterdam, The Netherlands.
- Callan, N.W., M.M. Thompson, M.H. Chaplin, R.L. Stebbins and M.N. Westwood. 1978. Fruit set of "Italian" prune following fall foliar and spring boron sprays. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 103:252-257.
- Davie, S.J., P.J.C. Stassen and H.C. Grove. 1999. Starch reserves in the mango tree. Acta Hort. 509:335-346.
- Hanson, E.J. 1991. Sour cherry trees respond to foliar boron applications. HortScience 26:1142-1145.
- Mengel, K. and E.A. Kirkby. 1987. Principles of Plant Nutrition. 4th Edition. International Potash Institute. Bern Switzerland. 687 p.

- Nartvaranant P., P. Tongumpai and K. Jutamanee. 1999a. Effects of inflorescence thinning on shoot, leaf and bark carbohydrate content and fruit retention of mango (*Mangifera indica* L.) cv. Nam Dok Mai. Thai J. Agric. Sci. 32:85-93.
- Nyomora, A.M.S. and P.H. Brown. 1997. Fall foliar-applied boron increases tissue boron concentration and nut set of almond. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 122(3): 405-410.
- Shivanna, K.R. and N.S. Rangaswamy. 1992. Pollen Biology. A Laboratory Manual. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg. 119 p.
- Taiz, L, and E. Zeiger. 1991. Plant Physiology. The Benjamin/Cummings Publishing Company, Inc. California. 559 P.
- Vasil, I.K. 1964. Effect of boron on pollen germination and pollen tube growth, p. 107-119. *In* H.F. Linskens (ed.). Pollen Physiology and Fertilization. North-Holland Co., Amsterdam, The Netherlands.

3.3.5 ผลของการให้แคลเซียมและโบรอนต่อปริมาณแคลเซียมและโบรอนในเนื้อเยื่อพืช ปริมาณคาร์โบไฮเดรตสะสม และการติดผลของมะม่วงน้ำดอกไม้

แคลเซียม (Ca) และโบรอน (B) เป็นธาตุอาหารที่สำคัญต่อกระบวนการงอกของละอองเกสร ความพร้อมรับการผสมของยอดเกสรตัวเมีย การติดผล พัฒนาการของผล และเมแทบอลิซึมของคาร์โบไฮเดรตระหว่างการถ่ายละอองเกสรและปฏิสนธิ เนื่องจากธาตุทั้งสองชนิดนี้เคลื่อนย้ายได้น้อยในพืช อาการขาดธาตุ Ca และ B อาจเกิดขึ้นได้แม้ในดินจะมีปริมาณธาตุทั้งสองอยู่เพียงพอ โดยเฉพาะในส่วนของเนื้อเยื่อที่มีพัฒนาการอย่างรวดเร็วแต่มีอัตราการคายน้ำต่ำ เช่น ช่อดอก และผลอ่อน (Marschner, 1986) พืชหลายชนิดมีความต้องการปริมาณ B สำหรับการเติบโตด้าน reproductive มากกว่าการเติบโตด้าน vegetative อย่างเด่นชัด (Loomis และ Durst, 1992)

Ca ในเนื้อเยื่อช่อดอกมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้มีระดับลดต่ำหลังการแทงช่อดอก ขณะที่ช่อดอกกำลังมีการยึดตัวอย่างรวดเร็ว และมีระดับเพิ่มขึ้นภายหลังเมื่อช่อดอกยึดตัวเต็มที่ ในขณะที่ B ในช่อดอกที่กำลังพัฒนามีระดับค่อนข้างต่ำ และคงที่ (วรินทร์, 2536; ทศนัศว์, 2540) การมีระดับของ Ca และ B ต่ำระหว่างที่ช่อดอกมีการพัฒนาอย่างรวดเร็วอาจเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้มีการติดผลน้อย โดยเฉพาะการติดผลนอกฤดูในช่วงที่มีความชื้นในบรรยากาศสูง และพืชมีอัตราการคายน้ำต่ำ สุรัสวดี (2542) รายงานว่าผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ที่มีพัฒนาการผิดปกติ มีอาการก้นผลป้าน หรือผลบิดเบี้ยว มีระดับ Ca ในเนื้อเยื่อผลต่ำกว่าในผลปกติมาก การทดลองพ่นสารละลายของ Ca และ B ให้มะม่วงในระยะที่ดอกกำลังพัฒนา มีแนวโน้มที่จะเพิ่มการติดผลของมะม่วงได้ (วรินทร์, 2536)

การทดลองครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงระดับ Ca และ B ในเนื้อเยื่อของใบ กิ่งยอด และผลในระหว่างที่มะม่วงมีการออกดอก และติดผล เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างระดับของ Ca และ B ในเนื้อเยื่อพืช และระดับ Ca และ B ในดินกับการติดผลของมะม่วง 2) ศึกษาผลของการให้สารละลาย Ca - B ทางใบอย่างค่อยเป็นค่อยไปกับต้นมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ ตั้งแต่ระยะที่มีการเติบโตทางกิ่งใบ จนกระทั่งถึงระยะก่อนเก็บเกี่ยว ผลต่อการเปลี่ยนแปลงระดับ Ca และ B และปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ไม่อยู่ในรูปโครงสร้าง (total nonstructural carbohydrates; TNC) ในเนื้อเยื่อส่วนใบ กิ่งยอด ช่อดอก และผล และความสัมพันธ์ระหว่างผลของการให้สารละลาย Ca และ B กับการติดผลของมะม่วง ซึ่งบังคับให้มีการออกดอกนอกฤดูด้วยสารเคมี

อุปกรณ์และวิธีการ

คัดเลือกต้นมะม่วงน้ำดอกไม้ อายุ 15 ปีบนต้นตอมะม่วงแก้ว ที่มีขนาดทรงพุ่มใกล้เคียงกัน (เส้นผ่าศูนย์กลาง 5 เมตร) จำนวน 24 ต้นในแปลงทดลอง ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม วางแผนการทดลองแบบ completely randomized design มี 4 treatment คือการให้สารละลาย Ca-B 4 อัตรา แต่ละ treatment ประกอบด้วย ต้นมะม่วงจำนวน 6 ต้น วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลที่ศึกษาด้วยวิธี Analysis of Variance และวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (SAS, 1988)

การเตรียมต้น และการบังคับการออกดอก

ทำการราดสารพาโคลบิวทราโซล (คัลทาร์®) เนื้อสารออกฤทธิ์ 10 %) ให้กับต้นมะม่วงที่ใช้ในการศึกษา อัตรา 1 กรัมเนื้อสารออกฤทธิ์ต่อขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางทรงพุ่ม 1 เมตร ในเดือนสิงหาคม 2541 ในขณะที่ใบอ่อนชุดใหม่บนต้นมีอายุ 14 วัน เพื่อชักนำให้เกิดการออกดอก ต้นมะม่วงเริ่มมีการออกดอกในเดือน ตุลาคม 2541 หลังจากการราดสารประมาณ 2.5 เดือน ซึ่งถือเป็นการออกดอกก่อนฤดูตามปกติ

การพ่นสารละลาย Ca และ B

ทำการพ่นสารละลายผสมของ Ca และ B ในรูป $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ และ H_3BO_3 อัตราต่างๆ ให้กับมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ทั่วทั้งทรงพุ่ม ทุกๆ 2 สัปดาห์ ใช้สารละลาย 3 ลิตรต่อต้น เริ่มให้สารเมื่อใบอ่อนชุดใหม่มีอายุ 1 เดือน (หลังการราดสารพาโคลบิวทราโซล 16 วัน) ต่อเนื่องจนกระทั่งก่อนระยะเก็บเกี่ยวผลประมาณ 1 สัปดาห์ ส่วนต้นควบคุม (control) พ่นด้วยน้ำเปล่า อัตราของ Ca - B ที่ใช้มี 4 อัตราดังนี้

Treatment 1	:	Control (พ่นน้ำเปล่า)
Treatment 2	:	Ca 50 ppm + B 1.5 ppm
Treatment 3	:	Ca 50 ppm + B 3.0 ppm
Treatment 4	:	Ca 50 ppm + B 6.0 ppm

จากคำแนะนำของสารเคมีเกษตร Ca - B ที่มีจำหน่ายเป็นการค้า ซึ่งผสมมาสำเร็จในสัดส่วน 10Ca : 1B และจากรายงานวิจัยการใช้ Ca และ B กับมะม่วงและพืชอื่นๆ เพื่อเพิ่มการติดผลนั้น จะให้สารเฉพาะช่วงออกดอก เพียง 1 - 2 ครั้ง ระดับความเข้มข้นของ Ca ที่ได้ผลอยู่ที่ 50 ppm จึงเลือกความเข้มข้นนี้ในการทดลอง ส่วนความเข้มข้นของ B นั้นผันแปรอยู่ที่ระดับต่ำคือ 1.5 ถึง 6 ppm เนื่องจากการทดลองนี้ เป็นการพ่นสารต่อเนื่องตั้งแต่ระยะที่เป็นกิ่งใบ ออกดอก ติดผล จนกระทั่งก่อนเก็บเกี่ยว หากให้ B ในระดับความเข้มข้นที่สูงกว่านี้อาจทำให้เกิดความเป็นพิษได้ ในการทดลองนี้ต้นมะม่วงได้รับสารละลาย Ca - B รวมทั้งหมด 6 ครั้งก่อนที่จะมีการออกดอก

การบันทึกข้อมูล

ระดับ Ca B และ pH ของดินในพื้นที่ทดลอง เก็บตัวอย่างดินบริเวณห่างจากโคนต้นมะม่วง 50 ซม. ตันละ 2 จุดในตำแหน่งตรงข้ามกัน แยกส่วนเป็นดินชั้นบน (15 ซม. จากผิวดิน) และดินชั้นล่าง (40 ซม. จากผิวดิน) เมื่อเริ่มต้นการทดลอง นำไปวิเคราะห์ระดับ Ca และ B และตรวจสอบ pH ตามวิธีการของทัศนีย์ และคณะ (2532) เพื่อให้ทราบระดับ Ca และ B ในพื้นที่ทดลองและประเมินจากค่ามาตรฐานว่าเพียงพอต่อความต้องการของพืชหรือไม่

ระดับ Ca และ B ในเนื้อเยื่อพืช เก็บตัวอย่างใบ กิ่งยอด ช่อดอก และผล มาอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 65°C เป็นเวลา 72 ชั่วโมง บดตัวอย่างผ่านตะแกรงร่อนขนาด 40 mesh และนำไปวิเคราะห์ระดับ Ca และ B ตามวิธีการของทัศนีย์ และคณะ (2532) โดยส่วนใบและกิ่งยอดนั้น เก็บตัวอย่างจากยอดชุดสุดท้ายที่ปลายกิ่ง ครึ่งละ 2 กิ่งต่อต้นทุกเดือนตลอดการทดลอง แยกวิเคราะห์ธาตุอาหารส่วนของใบ และกิ่งยอด สำหรับส่วนของช่อดอกนั้น ทำการเก็บตัวอย่าง 4 ครั้งจากยอดชุดสุดท้ายที่ปลายกิ่งซึ่งออกดอก ระหว่างที่ช่อดอกกำลังพัฒนา คือ ระยะช่อดอกอายุ 7 14 21 และ 28 วันหลังแทงช่อดอก ซึ่งครอบคลุมพัฒนาการของช่อดอกในช่วงที่มีความยาวเฉลี่ย 8 ซม. จนกระทั่งช่วงที่ดอกในช่อบานเต็มที่ ระยะละ 2 ช่อดอกต่อต้น แยกส่วนของช่อดอก ใบและกิ่งยอดออกเพื่อวิเคราะห์ระดับธาตุอาหารต่อไป สำหรับส่วนของผล เก็บตัวอย่างเมื่อผลอายุ 10 40 70 และ 100 วัน (ระหว่างเดือนพฤศจิกายน 2541 - กุมภาพันธ์ 2542) แต่ละอายุผลเก็บตัวอย่าง 2 ผลต่อต้น

ปริมาณ total nonstructural carbohydrates (TNC) ในเนื้อเยื่อพืช วิเคราะห์ปริมาณ TNC ในส่วนของใบ กิ่งยอด ช่อดอก และผล จากตัวอย่างพืชชุดเดียวกับที่ใช้ศึกษาระดับ Ca-B ด้วยวิธี Nelson's reducing procedure (Hodge และ Hofreiter, 1962; Smith และคณะ, 1964)

การติดผลและขนาดผล ใช้ช่อดอกจำนวน 20 ช่อดอกต้นเป็นตัวแทนในการศึกษาการติดผลโดยบันทึกจำนวนผลที่ติดต่อช่อในระยะแรกคือระยะดอกบาน 50 เปอร์เซ็นต์ และบันทึกการติดผลอีกครั้งในระยะเก็บเกี่ยว และคำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์ช่อดอกที่มีการติดผล และเมื่อผลมะม่วงแก่จัดพร้อมเก็บเกี่ยว เก็บตัวอย่างผลมะม่วงจำนวน 5 ผลต่อต้น เป็นตัวแทนในการศึกษาน้ำหนักและขนาดความกว้างความยาวของผล

ผลการทดลอง

ระดับ Ca B และ pH ของดินในพื้นที่ทดลอง

ระดับ Ca ของดินในพื้นที่ทดลองมีค่าระหว่าง 0.215 - 0.229 เปอร์เซ็นต์ ในดินชั้นบน และ 0.186 - 0.188 เปอร์เซ็นต์ ในดินชั้นล่าง ส่วนระดับของ B มีค่าระหว่าง 0.613 - 0.667 ppm ในดินชั้นบน และ 0.130 - 0.184 เปอร์เซ็นต์ในดินชั้นล่าง ซึ่งเป็นระดับที่เพียงพอต่อการเติบโตของพืช ค่า

pH ของดินชั้นบนอยู่ในช่วง 6.66 - 6.95 และ 6.82 - 7.02 ในดินชั้นล่าง ซึ่งเป็นระดับที่ไม่มีปัญหาต่อการเติบโตของพืชและไม่พบความแตกต่างของระดับ Ca - B และ pH ใน treatment ต่างๆ

ระดับ Ca และ B ในเนื้อเยื่อพืชส่วนต่างๆ

ระดับ Ca ในใบและกิ่งยอด ขณะที่ต้นมะม่วงมีพัฒนาการทางกิ่งใบระหว่างเดือนสิงหาคม ถึงตุลาคม ระดับ Ca ในใบและกิ่งยอดเพิ่มขึ้น และมีแนวโน้มลดลงระหว่างการออกดอกและติดผลระยะแรก ในระยะผลกำลังเติบโตจนกระทั่งเก็บเกี่ยว ระดับ Ca จะเพิ่มขึ้นอีก โดยทั่วไประดับ Ca ในใบมากกว่าในกิ่งยอดเล็กน้อย การให้สารละลาย Ca 50 ppm + B 6.0 ppm ทำให้ระดับ Ca ในใบเพิ่มขึ้นเด่นชัดแตกต่างจากในต้นควบคุม (control) ในเดือนกันยายน (ใบชุดใหม่มีอายุ 2 เดือน) และเดือนมกราคม (ระยะผลเติบโต) การให้สารละลายในอัตรานี้ทำให้กิ่งยอดมีระดับ Ca เพิ่มขึ้นเด่นชัดเฉพาะในเดือนพฤศจิกายน (ระยะเริ่มติดผล) ส่วนการให้สารละลาย Ca-B ในอัตราอื่นๆ ให้ผลไม่ต่างจาก control (ตารางที่ 3.18)

ระดับ B ในใบและกิ่งยอด B ในใบมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นระหว่างที่ต้นมะม่วงมีพัฒนาการทางกิ่งใบระหว่างเดือน สิงหาคม ถึงกันยายน และมีระดับค่อนข้างคงที่ในช่วงออกดอกและติดผลระยะแรก จากนั้นระดับ B ในใบเพิ่มสูงขึ้นจนกระทั่งเข้าสู่ระยะเก็บเกี่ยวผลได้ ส่วนระดับ B ในกิ่งยอดมีค่าค่อนข้างสูงในช่วงแรกของการพัฒนาการทางกิ่งใบในเดือนสิงหาคม หลังจากนั้นระดับ B ในกิ่งยอดลดลงเล็กน้อย และคงที่อยู่ที่ระดับนั้นจนสิ้นสุดการทดลอง การให้สารละลาย Ca 50 ppm + B 6.0 ppm ทำให้ระดับ B ในใบเพิ่มขึ้นเด่นชัด มีค่าแตกต่างทางสถิติจากในต้น control ในช่วงการเติบโตทางกิ่งใบ (สิงหาคม - กันยายน) และช่วงที่ผลกำลังพัฒนาจนถึงระยะเก็บเกี่ยว (พฤศจิกายน - กุมภาพันธ์) การให้สารละลายในอัตรานี้ทำให้กิ่งยอดมีระดับ B เพิ่มขึ้นเด่นชัด และมีค่ามากกว่าในต้นควบคุม และ treatment อื่นๆ เกือบทุกช่วงการเจริญเติบโตที่ศึกษา ส่วนการให้สารละลาย Ca-B ในอัตราอื่นๆ ให้ผลไม่ต่างจาก control (ตารางที่ 3.19)

ระดับ Ca และ B ในช่อดอกที่กำลังพัฒนา ในต้น control ระดับ Ca ในช่อดอกที่กำลังยึดตัว (7-14 วัน) มีแนวโน้มลดลง และจะเพิ่มขึ้นเมื่อช่อดอกยึดตัวเต็มที่ การให้สารละลาย Ca - B ทุกอัตราทำให้ระดับ Ca ในช่อดอกเพิ่มขึ้นในทุกระยะการเติบโตของช่อดอกเมื่อเปรียบเทียบกับ control (ตารางที่ 3) ระดับ B ในช่อดอกไม่ค่อยเปลี่ยนแปลงในระหว่างที่ช่อดอกกำลังยึดตัว การให้สารละลาย Ca 50 ppm + B 6.0 ppm ทำให้ระดับ B ในช่อดอกเพิ่มมากขึ้นกว่าใน treatment อื่นๆ ในช่วงช่อดอกอายุ 7 วัน ส่วนการให้สารละลายในอัตราอื่นมีผลต่อระดับ B ในช่อดอกไม่เด่นชัด (ตารางที่ 3.20)

ระดับ Ca และ B ในผล ระหว่างที่ผลมีการเติบโต พบว่าระดับ Ca ในเนื้อเยื่อผลลดลงอย่างเด่นชัด การให้สารละลาย Ca-B ทุกอัตราไม่มีผลต่อระดับของ Ca ในผล ส่วน B พบว่ามีการเปลี่ยน

แปลงน้อยในผลอายุ 10 ถึง 70 วัน หลังจากนั้นระดับของ B ในเนื้อเยื่อผลลดลง การให้สารละลาย Ca 50 ppm + B 6.0 ppm ทำให้ระดับ B ในเนื้อเยื่อผลมากกว่าใน treatment อื่นๆ (ตารางที่ 3.21)

ปริมาณ TNC ในเนื้อเยื่อพืชส่วนต่างๆ

ปริมาณ TNC ในใบและกิ่งยอด การให้สารละลาย Ca-B ทุกอัตราทำให้ปริมาณ TNC ในใบเพิ่มขึ้นในช่วงที่มีการเติบโตทางกิ่งใบ (สิงหาคม - กันยายน) เมื่อเปรียบเทียบกับต้น control ส่วนในช่วงออกดอก TNC ในใบของทุก treatment มีค่าลดลงและมีค่าใกล้เคียงกัน ยกเว้นใน treatment ที่ให้สารละลาย Ca 50 ppm + B 6.0 ppm ซึ่งค่า TNC ในใบต่ำกว่า treatment อื่นๆ ในเดือน มกราคม (ตารางที่ 3.22) การให้สารละลาย Ca-B ทุกอัตราทำให้ปริมาณ TNC ในกิ่งเพิ่มขึ้นเช่นกัน โดยเฉพาะในช่วงที่มีการเติบโตทางกิ่งใบ (สิงหาคม - กันยายน) และช่วงออกดอก (ตุลาคม) เมื่อเปรียบเทียบกับต้น control ส่วนในช่วงผลเติบโตจนถึงช่วงเก็บเกี่ยว TNC ในกิ่งยอดในแต่ละ treatment ไม่ค่อยแตกต่างกันมากเหมือนช่วงที่ผ่านมา (ตารางที่ 3.22)

ปริมาณ TNC ในช่อดอกและผล ปริมาณ TNC ในช่อดอกของต้น control มีค่าลดลงระหว่างที่ช่อดอกกำลังยืดตัว (อายุ 14 วัน) และเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเมื่อช่อดอกยืดตัวเต็มที่ (21 - 28 วัน) การให้สารละลาย Ca 50 ppm + B 6.0 ppm ทำให้ปริมาณ TNC ในช่อดอกเพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับต้น control (ตารางที่ 3.23) ส่วนในผลพบว่า ปริมาณ TNC ลดลงเมื่อผลมีอายุเพิ่มขึ้น ในช่วงผลอายุ 10 - 40 วัน ไม่พบความแตกต่างของปริมาณ TNC ใน treatment ต่างๆ ในช่วงผลอายุ 70 และ 100 วัน พบว่าการให้สารละลาย Ca-B ทุกอัตราทำให้ปริมาณ TNC ในผลมากกว่า ผลจากต้น control (ตารางที่ 2.24)

การติดผลและขนาดผล

พบว่า การให้สารละลาย Ca-B ทุกอัตราทำให้เปอร์เซ็นต์ช่อดอกที่มีการติดผลเพิ่มขึ้นอย่างเด่นชัด เมื่อเปรียบเทียบกับ control (ตารางที่ 3.25) โดยการติดผลในระยะแรก (ระยะช่อดอก 28 วัน คือช่อดอกในช่อบานเต็มที่) จำนวนผลต่อช่อในต้น control เฉลี่ยประมาณ 20 ผล/ช่อ ในขณะที่ให้ Ca-B จำนวนผล/ช่อ จะอยู่ในช่วง 32-35 ผล แต่หลังจากนั้นการติดผลจะลดลงอย่างเห็นได้ชัด โดยเมื่อถึงระยะเก็บเกี่ยว จำนวนผล/ช่อ เฉลี่ยในต้น control จะเหลือประมาณ 0.3 ผล ในขณะที่ให้ Ca-B จะอยู่ในช่วง 0.7-0.9 ผล/ช่อ นอกจากนี้การให้สารละลาย Ca-B ทุกอัตรายังทำให้ น้ำหนักผล และขนาดของผลเพิ่มขึ้นมากกว่าในต้น control (ตารางที่ 3.26)

ตารางที่ 3.18 ผลของการให้สารละลาย Ca-B ทางใบต่อการเปลี่ยนแปลงระดับ Ca ในใบและกิ่งยอด ระหว่างการทดลอง ช่วงพัฒนาการทางกิ่งใบ (ส.ค.- ก.ย.) ช่วงออกดอก (ต.ค.) ช่วงเริ่มติดผล (พ.ย.) และช่วงพัฒนาการของผลถึงเก็บเกี่ยว (พ.ย.- ก.พ.)

Treatment	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.
ใบ Ca (%)							
control	0.64	0.88 b	1.08	0.88ab	0.72b	1.09b	1.25
Ca 50 ppm + B 1.5 ppm	0.56	0.82 b	0.94	0.81b	0.80ab	1.13ab	1.28
Ca 50 ppm + B 3.0 ppm	0.64	0.86 b	0.99	0.89ab	0.86a	1.16ab	1.27
Ca 50 ppm + B 6.0 ppm	0.61	1.05 a	1.02	0.95a	0.85a	1.22a	1.36
F-test	ns	**	ns	*	*	*	ns
กิ่ง Ca (%)							
control	0.69	0.76	0.91	0.78b	0.66	0.97	1.10
Ca 50 ppm + B 1.5 ppm	0.58	0.64	0.91	0.76b	0.65	1.01	1.07
Ca 50 ppm + B 3.0 ppm	0.64	0.60	0.90	0.82b	0.64	0.96	1.02
Ca 50 ppm + B 6.0 ppm	0.60	0.69	0.99	0.95a	0.71	1.10	1.19
F-test	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns

*, ** แสดงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 และ 99 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ
ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่ต่างกันในแต่ละช่วงมีความแตกต่างกันทางสถิติ เปรียบเทียบโดยวิธี
Duncan's new multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์
ns = ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ตารางที่ 3.19 ผลของการให้สารละลาย Ca-B ทางใบต่อการเปลี่ยนแปลงระดับ B ในใบและกิ่งยอด ระหว่างการทดลอง ช่วงพัฒนาการทางกิ่งใบ (ส.ค.- ก.ย.) ช่วงออกดอก (ต.ค.) ช่วงเริ่มติดผล (พ.ย.) และช่วงพัฒนาการของผลถึงเก็บเกี่ยว (พ.ย.- ก.พ.)

treatment	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.
ใบ B (ppm)							
control	15.90	17.45b	19.86	20.02ab	19.76b	23.01b	28.03b
Ca 50 ppm + B 1.5 ppm	15.31	19.99ab	19.01	17.79b	19.58b	24.10b	25.51b
Ca 50 ppm + B 3.0 ppm	14.80	17.48b	18.66	17.21b	17.49b	21.51b	23.56b
Ca 50 ppm + B 6.0 ppm	16.02	22.31a	22.14	23.46a	24.74a	27.88a	33.19a
F-test	ns	*	ns	**	**	**	**
กิ่ง B (ppm)							
control	17.41bc	14.44b	16.66	16.11ab	16.68b	15.86ab	15.02ab
Ca 50 ppm + B 1.5 ppm	16.79c	17.22a	18.07	16.14ab	16.30b	16.12ab	15.25ab
Ca 50 ppm + B 3.0 ppm	18.78b	17.13a	17.44	15.18b	16.60b	15.32b	14.38b
Ca 50 ppm + B 6.0 ppm	20.25a	17.38a	18.57	16.38a	18.04a	16.59a	16.00a
F-test	**	*	ns	*	*	*	*

*, ** แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 และ 99 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ
 ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่ต่างกันในแนวดิ่งมีความแตกต่างกันทางสถิติ เปรียบเทียบโดยวิธี
 Duncan's new multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์
 ns = ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ตารางที่ 3.20 ผลของการให้สารละลาย Ca-B อัตราต่างๆ ต่อการเปลี่ยนแปลงระดับ Ca และ B ใน
ช่อดอกที่ระยะ 7 14 21 และ 28 วันหลังแทงช่อดอก

Treatments	ระยะช่อดอก			
	ยาว 8 ซม. (7 วัน)	ยาว 15 ซม. (14 วัน)	ยาว 30 ซม. (21 วัน)	ดอกบานเต็มที่ (28 วัน)
Ca(%)				
Control	0.18b	0.16b	0.19	0.23
Ca 50 ppm + B 1.5 ppm	0.19b	0.22a	0.20	0.24
Ca 50 ppm + B 3.0 ppm	0.23a	0.22a	0.20	0.26
Ca 50 ppm + B 6.0 ppm	0.26a	0.22a	0.21	0.25
F-test	*	*	ns	ns
B(ppm)				
Control	22.81b	24.10	22.95	24.86
Ca 50 ppm + B 1.5 ppm	23.84ab	25.97	23.28	24.69
Ca 50 ppm + B 3.0 ppm	23.40ab	23.67	23.53	24.60
Ca 50 ppm + B 6.0 ppm	24.38a	25.02	23.50	24.75
F-test	*	ns	ns	ns

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95เปอร์เซ็นต์

ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่ต่างกันในแนวดิ่งมีความแตกต่างกันทางสถิติ เปรียบเทียบโดยวิธี

Duncan's new multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ns = ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ตารางที่ 3.21 ผลของการให้สารละลาย Ca-B ทางใบต่อการเปลี่ยนแปลงระดับ Ca และ B ในผลมะม่วงอายุต่างๆ

Treatments	อายุผล (วัน)			
	10	40	70	100
Ca (%)				
Control	0.34	0.15	0.12	0.09
Ca 50 ppm + B 1.5 ppm	0.38	0.15	0.13	0.08
Ca 50 ppm + B 3.0 ppm	0.33	0.16	0.12	0.08
Ca 50 ppm + B 6.0 ppm	0.35	0.16	0.14	0.09
F-test	ns	ns	ns	ns
B(ppm)				
Control	14.44	15.14b	14.18b	10.55b
Ca 50 ppm + B 1.5 ppm	15.16	14.90b	13.90b	10.55b
Ca 50 ppm + B 3.0 ppm	14.94	15.07b	13.72b	10.35b
Ca 50 ppm + B 6.0 ppm	15.58	16.30a	15.18a	11.54a
F-test	ns	*	*	**

*, ** แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 และ 99 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ
ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่ต่างกันในแนวดิ่งมีความแตกต่างกันทางสถิติ เปรียบเทียบโดยวิธี
Duncan's new multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์
ns = ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ตารางที่ 3.22 ผลของการให้สารละลาย Ca-B ทางใบต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณ TNC ในใบและกิ่ง
 ยอดระหว่างการพัฒนาทางกิ่งใบ (ส.ค.- ก.ย.) ช่วงออกดอก (ต.ค.)
 ช่วงเริ่มติดผล (พ.ย.) และช่วงพัฒนาการของผลถึงเก็บเกี่ยว (พ.ย.- ก.พ.)

Treatment	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.
ใบ TNC (mg/g dwt.)							
Control	103.91b	131.70b	127.46	136.30c	132.44	137.65a	122.39b
Ca 50 ppm + B 1.5 ppm	122.44a	142.20a	130.55	157.44a	132.03	136.24a	140.53a
Ca 50 ppm + B 3.0 ppm	127.95a	141.30a	123.35	146.17b	139.90	139.94a	128.66b
Ca 50 ppm + B 6.0 ppm	119.99a	147.62a	122.78	140.67bc	132.36	115.88b	126.68b
F-test	**	**	ns	**	ns	**	**
กิ่ง TNC (mg/g dwt.)							
Control	119.44b	154.02c	141.25c	176.40	184.23b	166.75	157.17
Ca 50 ppm + B 1.5 ppm	152.55a	172.21ab	175.89a	190.48ab	195.60a	164.99	154.76
Ca 50 ppm + B 3.0 ppm	145.59a	181.22a	175.69a	191.47a	194.73ab	174.78	146.93
Ca 50 ppm + B 6.0 ppm	143.37a	165.89b	158.37b	183.22ab	164.51c	173.36	165.27
F-test	**	**	**	*	**	ns	ns

*, ** แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 และ 99 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ
 ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่ต่างกันในแต่ละแถวมีความแตกต่างกันทางสถิติ เปรียบเทียบโดยวิธี
 Duncan's new multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 3.23 ผลของการให้สารละลาย Ca-B ทางใบต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณ TNC ในช่อดอกที่
ระยะ 7 14 21 และ 28 วันหลังแทงช่อดอก

Treatments	ระยะช่อดอก			
	ยาว 8 ซม. (7 วัน)	ยาว 15 ซม. (14 วัน)	ยาว 30 ซม. (21 วัน)	ดอกบานเต็มที่ (28 วัน)
	TNC (mg/g dwt.)			
Control	225.44b	183.34c	206.37	203.25c
Ca 50 ppm + B 1.5 ppm	234.11ab	187.81c	200.30	218.61bc
Ca 50 ppm + B 3.0 ppm	234.86ab	204.77b	200.43	227.17b
Ca 50 ppm + B 6.0 ppm	243.40a	221.37a	207.27	243.94a
F-test	**	**	ns	**

** แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 และ 99 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ
ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่ต่างกันในแนวดิ่งมีความแตกต่างกันทางสถิติ เปรียบเทียบโดยวิธี
Duncan's new multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 3.24 ผลของการให้สารละลาย Ca-B ทางใบต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณ TNC ในผลมะม่วง
อายุต่างๆ

Treatments	อายุผล (วัน)			
	10	40	70	100
	TNC (mg/g dwt.)			
Control	228.58	239.35	198.61b	175.85b
Ca 50 ppm + B 1.5 ppm	300.69	236.63	226.47a	188.27ab
Ca 50 ppm + B 3.0 ppm	286.40	244.36	215.50ab	211.01a
Ca 50 ppm + B 6.0 ppm	285.81	234.37	232.85a	212.20a
F-test	ns	ns	*	*

* แสดงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์

ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่ต่างกันในแนวดิ่งมีความแตกต่างกันทางสถิติ เปรียบเทียบ โดยวิธี

Duncan's new multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์

ns = ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ตารางที่ 3.25 ผลของการให้สารละลาย Ca-B อัตราต่าง ๆ ต่อจำนวนผลต่อช่อ ในช่วงการติดผล
ระยะแรกและระยะเก็บเกี่ยว

ทรีตเมนต์	จำนวนผลต่อช่อ		ช่อดอกที่ติดผล(%)
	ระยะแรก	ระยะเก็บเกี่ยว	
Control	20.3 c	0.39 b	36.7 b
Ca 50 ppm + B 1.5 ppm	32.5 b	0.91 a	60.8 a
Ca 50 ppm + B 3.0 ppm	35.1 a	0.73 a	61.7 a
Ca 50 ppm + B 6.0 ppm	34.9 a	0.90 a	65.0 a

เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's new multiple range ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 3.26 ผลของการให้สารละลาย Ca-B อัตราต่าง ๆ ต่อน้ำหนักและขนาดของผลในระยะเก็บเกี่ยว

ทรีตเมนต์	น้ำหนักสด(กรัม)	ความกว้าง(ซม.)	ความยาว (ซม.)
Control	316.0 b	6.5 b	12.2 b
Ca 50 ppm + B 1.5 ppm	381.9 a	7.0 a	13.3 a
Ca 50 ppm + B 3.0 ppm	380.8 a	6.9 a	13.3 a
Ca 50 ppm + B 6.0 ppm	386.6 a	7.0 a	13.5 a

เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's new multiple range ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

วิจารณ์

เนื่องจากยังไม่มีรายงานความต้องการ Ca และ B ในช่วงระยะการเจริญเติบโตต่างๆ ของมะม่วง ในการทดลองนี้จึงให้สารละลาย Ca-B อัตราต่างๆ หลายครั้ง ตั้งแต่ระยะก่อนออกดอก ต่อเนื่องกันจนกระทั่งก่อนเก็บเกี่ยวผลผลิต ครอบคลุมช่วงพัฒนาการที่สำคัญคือช่วงออกดอกและติดผลในระยะแรก ความเข้มข้นของ Ca ที่ 50 ppm เป็นระดับที่มีรายงานว่าช่วยเพิ่มการติดผลในพืชอื่นๆ ส่วนความเข้มข้นของ B ผันแปรที่ระดับระหว่าง 1.5 - 6 ppm เพื่อป้องกันความเป็นพิษที่อาจเกิดขึ้นเมื่อให้สารต่อเนื่อง สัดส่วนระหว่าง Ca และ B ในสารละลายที่ใช้มีค่าไม่เกิน 10:1 สอดคล้องกับสัดส่วน Ca-B ที่มีจำหน่ายเป็นการค้าในรูปสารเคมีเกษตร

Ca ในดินชั้นบน ซึ่งรากมะม่วงส่วนใหญ่เติบโตอยู่ มีค่าระหว่าง 0.215 - 0.229 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเพียงพอต่อการเติบโตของพืชทั่วไป อัสจรรย์ และคณะ (2542) รายงานว่า ในดินชั้นบนของสวนมะม่วงที่มีการดูแลดี ให้ผลผลิตสูง ใสปุ๋ยเคมีในปริมาณสูงทุกปี และต้นพืชไม่แสดงอาการขาดธาตุอาหารใดๆ มีระดับ Ca เฉลี่ย 0.162 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งต่ำกว่าที่ตรวจสอบพบในการทดลองนี้ ส่วน B ในดินชั้นบนของการทดลองนี้มีค่าในช่วง 0.61 - 0.67 ppm ซึ่งจัดว่าเพียงพอเช่นกัน ขงบุทร (2535) รายงานว่าระดับ B ที่เป็นประโยชน์ในดินมีค่าในช่วง 0.38 - 4.67 ppm แสดงให้เห็นว่าปริมาณ Ca และ B ในเนื้อเยื่อที่ลดต่ำลงในบางช่วงของระยะการเติบโต เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนย้ายของธาตุทั้งสองในพืชไม่ทันต่อความต้องการ มากกว่าเกิดจากการที่ดินขาดธาตุอาหารดังกล่าว

อัสจรรย์ และคณะ (2542) รายงานว่าใบมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ที่ขยายขนาดเต็มที่ และ ไม่แสดงอาการขาดธาตุอาหารพืช มีระดับ Ca ในช่วง 0.59 - 3.53 เปอร์เซ็นต์ ส่วนในมะม่วงพันธุ์

Dashehari มีระดับ Ca ในใบระหว่าง 1.16 - 2.30 เปอร์เซ็นต์ (Singh และคณะ, 1991) ในการทดลองนี้ ระดับ Ca ในใบอยู่ในช่วง 0.56 - 1.36 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งอยู่ในช่วงที่เพียงพอต่อการเติบโต สอดคล้องกับ รายงานที่ผ่านมา อย่างไรก็ตาม ระดับ Ca ในใบมะม่วงพันธุ์อื่นๆ ที่มีรายงานมีค่าระหว่าง 2.0 - 3.5% (Reuter และคณะ, 1997) และระหว่าง 2.0 - 5.0% (Mills และ Jones, 1996) ซึ่งมีความมากกว่าที่วัดได้ในการทดลองนี้ การให้สารละลาย Ca 50 ppm + B 6.0 ppm ทำให้ระดับ Ca ในเนื้อเยื่อใบและกิ่งยอด เพิ่มขึ้นอย่างเด่นชัดในช่วงของการเติบโต ขณะที่การให้สารละลาย Ca-B ที่ระดับ B ต่ำกว่า 6 ppm ให้ผลไม่เด่นชัด อาจเนื่องมาจากปริมาณ B ที่เพิ่มขึ้นส่งเสริมการดูดซึม Ca เข้าสู่เนื้อเยื่อ เพราะ B มีบทบาทสำคัญต่อการควบคุม membrane permeability (Blevins และ Lukaszewski, 1998)

ในระยะออกดอกและติดผลอ่อน พบว่าระดับของ Ca ในใบลดลงเล็กน้อย และสัมพันธ์กับการเพิ่มขึ้นของ Ca ในช่อดอกและผลอ่อนอายุ 10 วัน ระดับ Ca ที่เพิ่มขึ้นในช่อดอกและผลอ่อน อาจเป็นผลจากการให้สารละลาย Ca-B ส่วนการเคลื่อนย้าย Ca จากใบและกิ่งยอดไปยัง ดอก และผลอ่อนนั้น ยังไม่สามารถยืนยันได้ เนื่องจากปกติ Ca เคลื่อนที่ได้น้อยมากในท่อน้ำอาหาร (Marschner, 1986)

อัครชัย และคณะ (2542) รายงานว่าระดับ B เหลือในใบมะม่วงน้ำดอกไม้มีค่า 22.2 ppm ส่วนในมะม่วงพันธุ์ Deshehari มีระดับ B เหลือในใบเท่ากับ 20 ppm (Singh และคณะ, 1991) Mills และ Jones (1996) รายงานระดับของ B ที่เพียงพอในใบมะม่วงระหว่าง 25 - 150 ppm ระดับ B ในใบ ซึ่งพบในการทดลองนี้ ต่ำกว่าที่มีรายงานไว้ แต่มีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้นในช่วงท้ายของการศึกษา อย่างไรก็ตามการให้สารละลาย Ca 50 ppm + B 6.0 ppm ทำให้ระดับ B ในใบเพิ่มขึ้นอย่างเด่นชัด และอยู่ในระดับที่เพียงพอต่อการเติบโต ขณะที่ B ในอัตราที่ต่ำกว่า 6.0 ppm ให้ผลไม่ต่างจาก control อัตราของ B ที่ใช้ในการทดลองนี้เป็นอัตราต่ำเพื่อป้องกันความเป็นพิษ เนื่องจากการให้สารหลายครั้ง ต่อเนื่อง ซึ่งอาจเป็นอัตราที่ยังไม่เหมาะสม ในการทดลองกับไม้ผลชนิดอื่น เช่น almond พบว่ามีการพ่นสารละลาย B ในอัตราสูงถึง 250 - 500 ppm เพื่อแก้การขาดธาตุ B

จากผลการวิเคราะห์ดินในการทดลองนี้ยืนยันว่าปริมาณ Ca ในดินมีเพียงพอ ปัญหาการมี Ca ต่ำในเนื้อเยื่อ โดยเฉพาะในช่วงออกดอกและติดผล อาจเกิดจากรากมีการดูดซึม Ca ช้าหรือเกิดจากปัญหา Ca เคลื่อนย้ายได้ช้าในพืช ไม่ทันต่อความต้องการของเนื้อเยื่อที่มีการพัฒนาอย่างรวดเร็ว และมีอัตราการคายน้ำต่ำ (Marschner, 1986) การให้สารละลาย Ca-B เสริมเป็นวิธีหนึ่งที่ช่วยเพิ่มระดับ Ca ในช่อดอก แม้ในการทดลองนี้ การให้สารละลาย Ca-B ไม่มีผลต่อระดับ B ในช่อดอกโดยตรง อาจเป็นเพราะใช้อัตราต่ำไป แต่ก็ช่วยให้มะม่วงมีการติดผลดีขึ้นเด่นชัด

การให้สารละลาย Ca 50 ppm + B 6.0 ppm ส่งเสริมให้มีปริมาณ TNC ในใบและกิ่งยอด เพิ่มขึ้นในช่วงของการเติบโต และมีปริมาณ TNC เพิ่มขึ้นในช่อดอก B มีบทบาทสำคัญเกี่ยวกับเมแทบอลิซึมของคาร์โบไฮเดรตในพืช ชักนำให้เกิดการสะสม TNC ซึ่งเป็นสารให้พลังงานที่สำคัญ

และจำเป็นต่อกระบวนการออกดอก-ติดผล นอกจากนี้คาร์โบไฮเดรตยังเป็นโครงสร้างหลักที่สำคัญของสารประกอบคาร์บอนที่จะถูกนำไปสร้างเป็นสารอินทรีย์ที่จำเป็นอื่นๆ ต่อไป ในการทดลองนี้พบว่าระดับ TNC ในใบของมะม่วงมีค่าใกล้เคียงกับที่ตรวจสอบได้ในมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ที่มีความสมบูรณ์สูงจากสวนของเกษตรกร (129.9 mg /g) (อัสจรรย์ และคณะ, 2542) ช่อดอกเป็น sink ที่ต้องการคาร์โบไฮเดรตมากแต่ไม่สามารถสร้างคาร์โบไฮเดรตได้เอง คาร์โบไฮเดรตที่ได้รับส่วนหนึ่งเคลื่อนที่มาจากใบและกิ่งยอด ดังนั้นการให้สารละลาย Ca-B เสริมซึ่งช่วยเพิ่มปริมาณ TNC ในช่อดอกจึงน่าจะเป็นผลดี ปริมาณ TNC ในช่อดอกจากการทดลองนี้ มีค่าใกล้เคียงกับปริมาณ TNC ในช่อดอกมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ ระยะช่อยาวประมาณ 8 ซม. ที่พ่งน้ำตาล (2540) รายงานไว้

การให้สารละลาย Ca-B ทุกอัตราช่วยเพิ่มการติดผลได้เมื่อเปรียบเทียบกับต้น control โดยเฉพาะในช่วงแรกของการติดผล แม้ว่าต่อมากจะมีผลร่วงเป็นจำนวนมากก็ตาม โดยจำนวนช่อดอกที่มีการติดผลมีค่ามากกว่า 60 เปอร์เซ็นต์ (ระยะเก็บเกี่ยว) แสดงว่าใน 5 ช่อดอกจะมีการติดผลได้ถึง 3 ช่อดอก ซึ่งถือว่าเป็นการติดผลที่ดี เพราะโดยทั่วไปนั้น ใน 5 ช่อดอกหากมีการติดเป็นผลเพียง 1 ช่อดอกก็นับว่ามีการติดผลที่ดีแล้ว (บุญลือ, ติดต่อส่วนตัว) และการให้สารละลาย Ca-B ยังช่วยเพิ่มจำนวนผลต่อช่ออย่างชัดเจน

การติดผลที่เพิ่มขึ้นเกี่ยวข้องข้องกับการเพิ่มระดับ Ca ในช่อดอกระยะที่กำลังพัฒนา รวมทั้งการเพิ่มปริมาณ TNC ในช่อดอก ทั้ง Ca และ B จำเป็นต่อการงอกของละอองเกสรตัวผู้ Ca ช่วยในการแบ่งเซลล์ขณะเกิดการผสมเกสร ทำให้หลอดละอองเกสร (pollen tube) เติบโตอย่างรวดเร็ว แข็งแรง และ Ca ยังมีบทบาทเป็น chemotropic factor กำหนดทิศทางการยึดตัวของ pollen tube ในการเข้าผสมกับไข่ เมื่อผลพัฒนาแล้ว Ca ยังมีบทบาทควบคุมฮอร์โมนเอทิลิน เนื้อเยื่อที่มีระดับ Ca ต่ำมีโอกาสสร้างเอทิลินมากขึ้นและทำให้ผลร่วงได้ (ยงยุทธ, 2535) Ca ยังมีบทบาทเพิ่มความแข็งแรงของผนังเซลล์บริเวณข้าวผล (Ferguson และ Drobak, 1988) ช่วยให้การติดผลดีขึ้น B มีบทบาทส่งเสริมการงอกของละอองเกสร ช่วยสร้างผนังของ pollen tube และมีส่วนควบคุมการสังเคราะห์ฮอร์โมนออกซิน ซึ่งมีผลโดยตรงต่อการพัฒนาการของเซลล์ผล (Blevins และ Lukaszewski, 1998) วรินทร์ (2536) รายงานว่า ละอองเกสรเพศผู้ของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ที่เพาะในอาหารวุ้น งอกได้ดีเมื่อได้รับ B 2.5 ppm และการพ่นสารละลาย B ความเข้มข้นนี้ให้กับช่อดอกในระยะเริ่มแทงช่อดอก ช่วยเพิ่มการติดผลของมะม่วงได้ และเนื่องจากการให้สารละลาย Ca-B มีส่วนช่วยทำให้ปริมาณ TNC ในช่อดอกและผลเพิ่มขึ้น จึงส่งเสริมให้มีการติดผลและพัฒนาการของผลที่ดีขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับต้น control สมพร (2524) รายงานว่าผลมะม่วงที่ร่วงระหว่างการพัฒนามีปริมาณคาร์โบไฮเดรตในเนื้อและในเมล็ดต่ำกว่าในผลที่ติดอยู่บนต้น

การให้สารละลาย Ca-B ทุกอัตราทำให้ผลมะม่วงมีขนาดผลและน้ำหนักผลเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับต้น control (ตารางที่ 9) การขาด Ca ทำให้ผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้มีพัฒนาการผิดปกติ

ปกติ ขยายขนาดผลได้น้อย เกิดอาการผลบิดเบี้ยวและก้นผลป้านได้ (สุรัสวดี, 2542) B มีส่วนเกี่ยวข้องกับโครงสร้างของ primary cell wall ซึ่งกำหนดทั้งรูปร่างและขนาดของเซลล์ที่กำลังเติบโต (Blevins และ Lukaszewski, 1998) นอกจากนี้การเติบโตของผลที่เพิ่มขึ้นอาจเนื่องจาก Ca และ B ส่งเสริมการสะสม TNC ในผลในช่วงสุดท้ายของพัฒนาการที่ผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ยังคงมีอัตราการเติบโตมาก (70 วัน) อยู่ (ดวงตรา, 2526)

สรุป

ศึกษาการเปลี่ยนแปลงระดับ Ca และ B ในเนื้อเยื่อของใบ กิ่งยอด และผลในระหว่างที่มะม่วงมีการออกดอก และติดผล เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างระดับของ Ca และ B ในเนื้อเยื่อพืช และระดับ Ca และ B ในดินกับการติดผลของมะม่วง และ ศึกษาผลของการให้สารละลาย Ca - B ทางใบอย่างต่อเนื่องกับต้นมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ ตั้งแต่ระยะที่มีการเติบโตทางกิ่งใบ จนกระทั่งถึงระยะก่อนเก็บเกี่ยวผล ต่อการเปลี่ยนแปลงระดับ Ca และ B และ ปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ไม่อยู่ในรูปโครงสร้าง (total nonstructural carbohydrates; TNC) ในเนื้อเยื่อส่วนใบ กิ่งยอด ช่อดอก และผล และ ความสัมพันธ์ระหว่างผลของการให้สารละลาย Ca และ B กับการติดผลของมะม่วง ซึ่งบังคับให้มีการออกดอกนอกฤดูด้วยสารเคมี พบว่า

1. ในขณะที่ระดับ Ca และ B ในดินมีเพียงพอต่อการเติบโตของต้นมะม่วง ระดับ Ca และ B ในใบและกิ่งยอดเพิ่มขึ้นในช่วงพัฒนาการทางกิ่งใบ Ca ลดลงในช่วงออกดอก-ติดผล ขณะที่ B ลดลงเล็กน้อยและคงที่อยู่ในระดับหนึ่ง ในช่วงออกดอก-ติดผล ระดับ Ca ในใบและกิ่งยอดและ B ในใบเพิ่มขึ้นอีกครั้งเมื่อผลเข้าสู่ระยะเก็บเกี่ยว ขณะที่ B ในกิ่งไม่เพิ่มขึ้น
2. ระดับ Ca ในช่อดอกที่กำลังยืดอก (7-14 วัน) มีแนวโน้มลดลง และจะเพิ่มขึ้นเมื่อช่อดอกยืดอกเต็มที่ ขณะที่ระดับ B ในช่อดอกไม่ค่อยเปลี่ยนแปลงในระหว่างที่ช่อดอกกำลังยืดอก
3. การที่ระดับ Ca ในเนื้อเยื่อลดลงไม่เกี่ยวข้องกับการที่ดินมี Ca ไม่เพียงพอ แต่น่าจะเกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ของ Ca ภายในพืชไม่ทันต่อความต้องการของเนื้อเยื่อที่กำลังพัฒนาอย่างรวดเร็ว
4. การให้สารละลาย Ca 50 ppm + B 6.0 ppm ต่อเนื่องช่วยเพิ่มระดับ Ca และ B ในเนื้อเยื่อพืชส่วน ใบ กิ่งยอดและช่อดอกในบางช่วงการเจริญเติบโต โดยเฉพาะการเพิ่มระดับ Ca ในช่อดอกที่กำลังยืดอก (7-14 วัน) แต่ไม่สามารถเพิ่มปริมาณ B ในช่อดอกได้ สารละลาย Ca-B ที่มี B อัตราต่ำกว่า 6.0 ppm ให้ผลไม่ต่าง จากต้น control
5. การให้สารละลาย Ca 50 ppm + B 6.0 ppm ต่อเนื่องช่วยเพิ่มปริมาณ TNC ในเนื้อเยื่อพืชส่วนใบ กิ่งยอด และช่อดอก
6. การให้สารละลาย Ca-B ทุกอัตราส่งเสริมให้มะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้มีการติดผลดีขึ้น ผลที่ได้มีขนาดและน้ำหนักเพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับต้น control

เอกสารอ้างอิง

- ดวงตา กสานติกุล. 2526. การศึกษาการเจริญเติบโต การเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมี และดัชนีการเก็บเกี่ยวของผลมะม่วง (*Mangifera indica* L.) พันธุ์น้ำดอกไม้. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ
- ทศน์ศรี รัตนแก้ว. 2540. การเปลี่ยนแปลงแคลเซียมและโบรอนในช่อดอกกระยะต่างๆ ของมะม่วง พันธุ์น้ำดอกไม้หะวาย. ภาควิชาพืชสวน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- ทัศนีย์ อัดตะนันท์, จงรักษ์ จันทร์เจริญสุข และสุรเดช จินตกานนท์. 2532. แบบฝึกหัดและคู่มือปฏิบัติการวิเคราะห์ดินและพืช. ภาควิชาปฐพีวิทยา, คณะเกษตร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- พงษ์นาด นาวรอนันต์. 2540. ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณคาร์โบไฮเดรตสะสมในส่วนต่างๆ ของต้นมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ต่อการติดผล. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ
- ยงยุทธ โอสดสภา. 2535. แคลเซียม-โบรอนในดินและพืช: แนวคิดการใช้ปุ๋ยทางใบกับไม้ผล. ดินและปุ๋ย 14(4): 298-314.
- วรินทร์ สุทนต์. 2536. อิทธิพลของแคลเซียม-โบรอนต่อการงอกของละอองเกสรและการติดผลของมะม่วง. ปัญหาพิเศษปริญญาโท. ภาควิชาพืชสวน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- สมพร คูเจริญไพศาล. 2524. การเจริญของผล ระดับสารยับยั้งการเจริญเติบโตและคาร์โบไฮเดรตในกระยะต่างๆ ของการเจริญเติบโตของผลมะม่วง (*Mangifera indica* L.) พันธุ์หนังกลางวัน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ
- สุรัสวดี พรหมอยู่. 2542. ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแคลเซียมและโบรอนในผลกับอาการบิดเบี้ยวของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี. ภาควิชาพืชสวน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- อัศจรรย์ สุขธรรมรงค์, นันทกร บุญเกิด และเรณู ขำเลิศ. 2542. การจัดการธาตุอาหารเพื่อการเพิ่มผลผลิตและควบคุมคุณภาพของมะม่วง. สาระไม้ผล ปีที่ 4 ฉบับที่ 1:1-3.
- Blevins, D.G. and K.M. Lukaszewski. 1998. Boron in plant structure and function. Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol. 49:481-500.
- Ferguson, L.B. and B.K. Drobak. 1988. Ca and the regulation of plant growth and senescence. HortScience 23:262-266.

- Hodge, J.E. and B.T. Hofreiter. 1962. Determination of reducing sugars and carbohydrates, pp. 380-394. In R.L. Whistles and M.L. Wolform (eds.). *Methods in Carbohydrate Chemistry*. Vol. 2. Academic Press, New York.
- Loomis, W.D. and R.W. Durst. 1992. Chemistry and biology of boron. *Biofactors* 3:229-239.
- Marschner, H. 1986. *Mineral Nutrition of Higher Plants*. Academic Press. New York.
- Mills, H.A. and J. Benton Jones, Jr. 1996. *Plant Analysis Handbook II*. MicroMacro Publising, Inc., Athens, Georgia, USA.
- Reuter, D.J., J.B. Robinson and C. Dutkiewicz. 1997. *Plant Analysis. An Interpretation Manual*. 2nd Edition. CSIRO Publishing, Collingwood, Victoria, Australia.
- Singh, Z., B.S. Dhillon and C.L. Arora. 1991. Nutrient levels in mulformed and healthy tissues of mango (*Mangifera indica* L.). *Plant and Soil* 133:9-15.
- Smith, D., G.M. Paulsen and C.A. Raguse. 1964. Extraction of total available carbohydrates from grass and legume tissues. *Plant Physiol.* 39:960-962.

4. ศึกษาแนวทางควบคุมการติดผลของมะม่วง

4.1 ผลของการใช้สารแคลเซียม โบรอน และ จิบเบอเรลลิน เพื่อช่วยเพิ่มการติดผลและ พัฒนาการของผลมะม่วง

จากข้อมูลที่ได้จากการศึกษาเบื้องต้นคือ การใช้แคลเซียม (Ca) และ โบรอน (B) จะช่วยให้การติดผลของมะม่วงดีขึ้น ซึ่งโดยปกติเกษตรกรมักนิยมฉีดพ่น Ca-B ให้กับมะม่วงตั้งแต่เริ่มแทงช่อดอก จนติดผลประมาณ 5-6 ครั้ง แต่จากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่า ปริมาณแคลเซียมในช่อดอกจะลดต่ำลงเฉพาะในช่วงที่กำลังยี่ดตัว แต่จะเพิ่มขึ้นเมื่อช่อดอกยี่ดตัวเต็มที่ และการให้แคลเซียมจากภายนอกในช่วงที่ปริมาณแคลเซียมในช่อดอกลดลง จะช่วยทำให้ปริมาณแคลเซียมในช่อดอกเพิ่มขึ้นได้ ดังนั้นจึงอาจเป็นไปได้ว่าการให้แคลเซียมจากภายนอก อาจไม่จำเป็นต้องให้ติดต่อกันหลายครั้ง เพียงแต่ให้ในช่วงที่พืชต้องการเท่านั้นก็น่าจะเป็นการเพียงพอ ซึ่งหากเป็นดังนั้นก็จะเป็นการใช้สาร Ca-B เพื่อเพิ่มการติดผลอย่างมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น รวมทั้งยังเป็นการลดต้นทุนการผลิตมะม่วงด้วย และนอกจาก Ca-B สารควบคุมการเจริญเติบโตหลายชนิดเช่น จิบเบอเรลลิน ก็น่าจะมีส่วนช่วยเพิ่มการติดผลได้ หากทำการให้สารในเวลาและความเข้มข้นที่เหมาะสม โดยได้มีรายงานการใช้จิบเบอเรลลินเพื่อช่วยเพิ่มการติดผลและ พัฒนาการของผลไม้หลายชนิดรวมทั้งมะม่วง (กานดา, 2535; กานดา และ รวี, 2540; กิตติโชติ และ รวี, 2540; ชีรวุฒิ, 2540; พรพันธุ์, 2527; สุรศักดิ์ และคณะ, 2539; Tamamura และคณะ, 1989) และจากรายงานความก้าวหน้าครั้งที่ 5 ของโครงการนี้ (หัวข้อ 2.8) ได้ศึกษาผลของการให้สารจิบเบอเรลลินจากภายนอกที่ความเข้มข้นต่างๆ ต่อการติดผลและการเจริญเติบโตของผล ปรากฏว่าจิบเบอเรลลินที่ความเข้มข้นในช่วง 25-50 ppm น่าจะเป็นความเข้มข้นที่เหมาะสม ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้ จึงได้ทำการทดลองให้สาร Ca-B ร่วมกับจิบเบอเรลลินเพื่อศึกษาผลของสารเหล่านี้ต่อการติดผลรวมทั้ง พัฒนาการของผลมะม่วงด้วย

วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาอิทธิพลของ Ca-B และจิบเบอเรลลิน ต่อการติดผล ขนาดของผล และการพัฒนาของผล

อุปกรณ์และวิธีการ

เลือกต้นมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้อายุประมาณ 7 ปี จำนวน 30 ต้นที่มีทรงพุ่มและลักษณะการเจริญเติบโตใกล้เคียงกัน โดยต้นมะม่วงเหล่านี้ทำการ ทาบกิ่งบนต้นคอมะม่วงแก้ว ต้นมะม่วงที่ทำการทดลองในครั้งนี้ปลูกในสวนเกษตรกร อำเภอกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม ทำการราดสารพาโคลบิวทรา

โซลในอัตรา 3 กรัม a.i./ ต้น เมื่อเดือนกันยายน 2542 เพื่อบังคับให้มะม่วงออกดอกในเดือนพฤศจิกายน 2542 ต้นมะม่วงได้รับการปฏิบัติดูแลรักษาตามวิธีการปฏิบัติของสวนมะม่วงโดยทั่วไป และอยู่ในสภาพที่สมบูรณ์ เมื่อต้นมะม่วงออกดอกในเดือนพฤศจิกายน ทำการสุ่มช่อดอกจากกิ่งที่มีขนาดใกล้เคียงกันและอยู่ในระยะเดียวกัน ทำการให้สาร Ca-B และจิบเบอเรลลินตาม(GA) ทรีตเมนต์ดังต่อไปนี้

- | | |
|----------------|-----------------------------------|
| ทรีตเมนต์ที่ 1 | Control คือไม่ได้ฉีดพ่นสาร |
| ทรีตเมนต์ที่ 2 | ให้สาร Ca-B 0.5 ml/L |
| ทรีตเมนต์ที่ 3 | ให้สาร Ca-B 0.5 ml/L + GA 25 mg/L |
| ทรีตเมนต์ที่ 4 | ให้สาร Ca-B 1.0 ml/L |
| ทรีตเมนต์ที่ 5 | ให้สาร Ca-B 1.0 ml/L + GA 25 mg/L |
| ทรีตเมนต์ที่ 6 | ให้สาร Ca-B 2.0 ml/L |
| ทรีตเมนต์ที่ 7 | ให้สาร Ca-B 2.0 ml/L + GA 25 mg/L |

ฉีดพ่น Ca-B โดยใช้สารการค้าคือ Sorba Spray (เนื้อสารออกฤทธิ์ Ca 5% และ B 0.5%) ทำการให้สาร 3 ครั้งห่างกันครั้งละ 1 สัปดาห์ โดยให้สารครั้งแรกเมื่อวันที่ 16 พฤศจิกายน 2542 (ช่อดอกระยะเดียวใกล้) ครั้งที่ 2 วันที่ 23 พฤศจิกายน 2542 (ระยะรวงข้าว) และครั้งที่ 3 เมื่อวันที่ 30 พฤศจิกายน 2542 (ระยะดอกบานประมาณ 50 %) ส่วนจิบเบอเรลลินใช้สารการค้าคือลองจิบ (เนื้อสารออกฤทธิ์ GA₃ 3.2%) ทำการให้สาร 2 ครั้ง โดยครั้งแรกให้สารในวันที่ 16 ธันวาคม 2542 (หนึ่งสัปดาห์หลังดอกบาน) และครั้งที่ 2 ในวันที่ 23 ธันวาคม 2542 การให้สารทั้ง 2 ชนิดใช้วิธีฉีดพ่นทั่วทั้งต้นและผสมสารจับใบ (สารการค้า นูโจ 1 มล.ต่อสารละลาย 20 ลิตร) ด้วยทุกครั้ง โดยในทรีตเมนต์ที่ 1 ใช้ต้นมะม่วงจำนวน 6 ต้น ส่วนในทรีตเมนต์ที่ 2-7 ใช้ต้นมะม่วงทรีตเมนต์ละ 4 ต้น โดยแต่ละต้นจะทำการสุ่มช่อดอกประมาณ 19-44 ช่อ/ต้น นอกจากนี้ทำการเลือกต้นมะม่วงที่มีขนาดใกล้เคียงกันจำนวน 4 ต้น แยกมาทำการทดลองต่างหาก เพื่อเสริมการทดลองแรก แบ่งต้นมะม่วงเป็นต้นควบคุมไม่มีการให้สาร 2 ต้น ส่วนอีก 2 ต้นทำการฉีดพ่น Ca-B และ GA₃ เช่นเดียวกับทรีตเมนต์ที่ 5 ในการทดลองแรก เพื่อดูว่าโดยภาพรวม การให้สารเหล่านี้สามารถเพิ่มผลผลิตของมะม่วงได้หรือไม่

การบันทึกผล

1. การติดผล โดย

- 1.1 นับจำนวนช่อที่คัดเลือกไว้ว่ามีการติดผลทั้งหมดกี่ช่อ โดยคำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์
- 1.2 ทำการนับจำนวนผลในแต่ละช่อ โดยทำการบันทึกผลเมื่อผลมีอายุ 3 และ 6 สัปดาห์หลังดอกแรกบาน เพื่อศึกษาเฉพาะผลของ Ca-B และหลังจากนั้นทำการวัดผลต่อเนื่องทุกสัปดาห์ไปจนกระทั่ง

เก็บเกี่ยว ส่วนงานทดลองเสริมที่ทำในต้นมะม่วงอีก 4 ต้น จะทำการบันทึกจำนวนช่อดอกทั้งหมด/ต้น หลังจากให้สารทั้งสองชนิดแล้ว จากนั้นทำการวัดจำนวนช่อดอกทั้งหมดที่ติดผลถึงช่วงเก็บเกี่ยวอีกครั้งหนึ่ง การพัฒนาของขนาดผล โดยวัดความกว้างและความยาวจากผลที่สุ่มเลือกไว้บนต้น 4 ผล/ต้น รวม 24 ผล ในต้นควบคุม และ 16 ผลในทรีตเมนต์ที่ 2-7 ทำการวัดผลทุกสัปดาห์ ตั้งแต่ผลอายุได้ 6 สัปดาห์หลังดอกแรกบานไปจนกระทั่งเก็บเกี่ยว แต่เนื่องจากช่อดอกที่สุ่มเลือกไว้ในทรีตเมนต์ที่ 1 (ต้นควบคุม) มีการติดผลน้อยมากจนไม่สามารถเก็บข้อมูลในเรื่องการพัฒนาของผลได้ จึงทำการสุ่มช่อดอกที่มีอายุเท่ากับที่ใช้ในงานทดลองเพิ่มขึ้นจากต้นเดิมในสัปดาห์ที่ 4 หลังดอกแรกบาน เพื่อวัดการพัฒนาของผลเปรียบเทียบกับทรีตเมนต์ที่มีการราดสาร

2. น้ำหนักผลเมื่อทำการเก็บเกี่ยว โดยสุ่มวัดจากผลจำนวน 42-118 ผล/ทรีตเมนต์ ทำการหาน้ำหนักผลเฉลี่ยในแต่ละทรีตเมนต์ รวมทั้งมีการแบ่งมะม่วงตามขนาดผลคือ 1) น้ำหนักน้อยกว่า 200 กรัม 2) น้ำหนัก 200-350 กรัม และ 3) น้ำหนักมากกว่า 350 กรัม

3. บันทึกจำนวนผลปกติ ได้แก่ผลที่มีคัพพะ (embryo) เจริญตามปกติ และผลที่ไม่มีคัพพะ หรือมีคัพพะผิดปกติ ได้แก่ คัพพะที่มีลักษณะแห้งดำ ลีบเป็นแผ่นแบน

ผลการทดลอง

1. ลักษณะการติดผล

1.1 เปอร์เซ็นต์การติดผล

ในสัปดาห์ที่ 3 หลังการให้ Ca-B ทุกความเข้มข้น ทำให้ต้นมะม่วงที่ได้รับสารมีเปอร์เซ็นต์การติดผลสูงกว่าต้นควบคุมอย่างเห็นได้ชัด (ภาพที่ 4.1) โดยช่อดอกที่ทำการสุ่มไว้ในต้นควบคุมมีการติดผลเพียง 16.9% ในขณะที่การให้ Ca-B ทุกอัตราทำให้มีเปอร์เซ็นต์การติดผลอยู่ในช่วง 60-80% รวมทั้งทำให้จำนวนผล/ช่อเพิ่มขึ้นด้วย (ภาพที่ 4.2) และหลังทำการฉีดพ่น GA₃ พบว่าต้นที่ได้รับ Ca-B ร่วมกับ GA₃ มีเปอร์เซ็นต์การติดผลสูงกว่าต้นควบคุม และต้นที่ได้รับ Ca-B เพียงอย่างเดียวในทุกอัตรา (ภาพที่ 4.3) โดยการให้ Ca-B 2.0 ml/L + GA₃ 25 mg/L มีจำนวนผล/ช่อ สูงที่สุดอย่างเห็นได้ชัด (ภาพที่ 4.4) ส่วนในการทดลองที่ได้แยกศึกษาการติดผลของต้นมะม่วงที่ไม่ได้ให้สาร เปรียบเทียบกับต้นที่มีการให้ Ca-B 2.0 ml/L + GA₃ 25 mg/L โดยใช้ต้นมะม่วงจำนวน 2 ต้นในแต่ละทรีตเมนต์ และทำการนับจำนวนช่อดอกทั้งหมดในต้นที่มีการติดผล เพื่อเปรียบเทียบกัน พบว่าต้นที่ให้สารมีจำนวนช่อดอกที่ติดผลจนถึงเก็บเกี่ยว 52.6% ในขณะที่ต้นที่ไม่ได้ให้สารมีจำนวนช่อดอกที่ติดผลจนถึงเก็บเกี่ยวได้ 26.8 % (ตารางที่ 4.1)

หมายเหตุ

ก่อนเริ่มทำการให้สาร GA₃ พบว่าช่อดอกมะม่วงที่สุ่มไว้ในต้นควบคุมมีการร่วงเป็นจำนวนมาก จึงได้ทำการสุ่มช่อดอกเพิ่มเติม ก่อนทำการให้สาร GA₃ จึงทำให้ข้อมูลการติดผลในภาพที่ 4.3 และภาพที่ 4.4 ในต้นควบคุมมีค่าเริ่มต้นสูงกว่าในภาพที่ 4.1 และ 4.2 การที่ทำการสุ่มเพิ่มเติมเนื่องจากต้องการ

ศึกษาถึงผลของสารทั้งสองชนิดในด้านของขนาดและคุณภาพผลด้วย หากไม่ส้มเพิ่มเติมคาดว่าจะไม่สามารถเก็บตัวอย่างเพื่อบันทึกผลในลักษณะดังกล่าวได้

2. ขนาดของผล

พบว่าการพัฒนาของขนาดของผลมะม่วงทั้งในด้านความกว้างและความยาวของผล ตลอดจนระยะการเจริญเติบโตมีลักษณะใกล้เคียงกันในทุกทรีตเมนต์ (ตารางที่ 4.2) โดยได้ทำการวิเคราะห์ขนาดของผลมะม่วงทางสถิติหลังทำการเก็บเกี่ยว พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 4.2)

3. น้ำหนักผล

พบว่าน้ำหนักเฉลี่ยของผลมะม่วงในทุกทรีตเมนต์ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 4.2) ส่วนการกระจายตัวของขนาดของผลมะม่วง พบว่าในทุกทรีตเมนต์จะมีผลมะม่วงซึ่งมีน้ำหนักอยู่ในช่วง 200-350 กรัมมากที่สุด (ตารางที่ 4.3)

4. ลักษณะผลปกติ และไม่ปกติ

พบผลที่ไม่มีคัพพะ ในทุกทรีตเมนต์ยกเว้นทรีตเมนต์ที่ 6 คือ Ca-B 2.0 ml/L ส่วนผลที่มีคัพพะไม่ปกตินั้น สามารถพบได้ทุกทรีตเมนต์ (ตารางที่ 4.4) โดยผลที่มีลักษณะผิดปกติเหล่านี้จะเป็นผลขนาดเล็กน้ำหนักไม่ถึง 200 กรัม ผลเหล่านี้จะพบทั้งที่ติดรวมกับผลที่สมบูรณ์เป็นปกติภายในช่อเดียวกัน โดยจะติดอยู่บนช่อจนกระทั่งเก็บเกี่ยว แต่ไม่มีการพัฒนานั้นเป็นผลใหญ่ และช่อที่มีแต่ผลขนาดเล็กเพียงอย่างเดียว

ตารางที่ 4.1 ผลของ Ca-B และ GA₃ ต่อการติดผลของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ (จากตัวอย่าง 2 ต้น : ทำการวัดผลในระยะเก็บเกี่ยว)

ทรีตเมนต์	จำนวน (ช่อ)		ช่อดอกที่ติดผล (เปอร์เซ็นต์)
	ช่อดอกทั้งหมด	ช่อที่ติดผลทั้งหมด	
Control	508	136	26.8
Ca-B1.0ml/L+GA ₃ 25 ppm	494	260	52.6

ตารางที่ 4.2 ผลของ Ca-B และ GA₃ ต่อลักษณะทางกายภาพบางประการของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ที่ระยะเก็บเกี่ยว ตัวเลขคือจำนวนผล

ทรีตเมนต์	จำนวนผล	ความกว้างผล	ความยาวผล	น้ำหนักผล
		(ซม.)	(ซม.)	(กรัม)
Control	71	7.0	14.3	324.5
Ca-B 0.5 ml/L	44	6.6	13.5	268.1
Ca-B 0.5 ml/L + GA ₃ 25 ppm	77	7.0	14.6	324.4
Ca-B 1.0 ml/L	42	6.9	14.1	293.9
Ca-B 1.0 ml/L + GA ₃ 25 ppm	87	6.8	14.6	312.0
Ca-B 2.0 ml/L	29	7.0	14.7	326.2
Ca-B 2.0 ml/L + GA ₃ 25 ppm	118	6.9	14.5	309.0
		ns	ns	ns

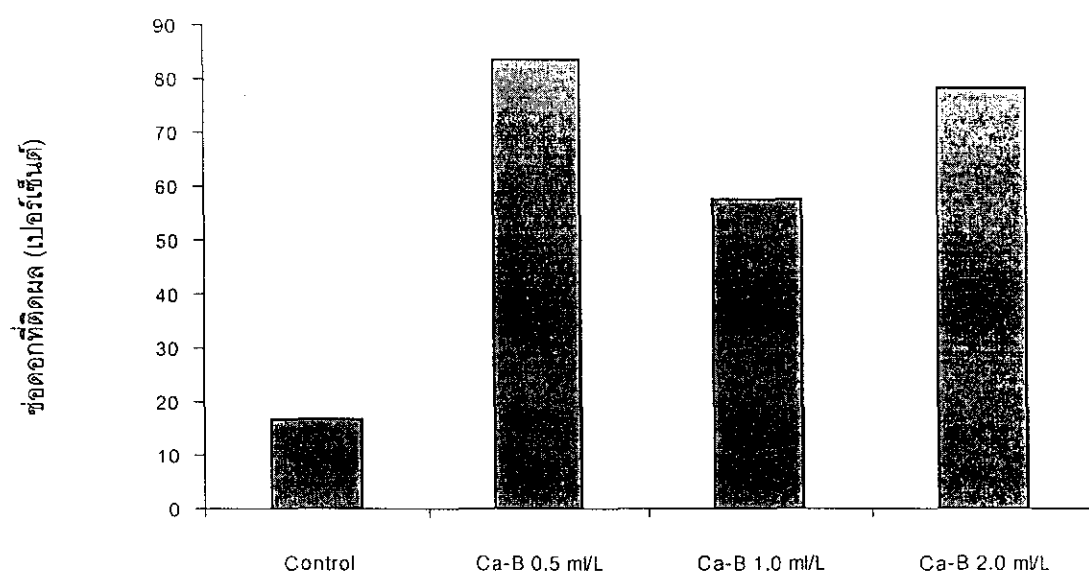
เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's new multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%, ns=ค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ตารางที่ 4.3 แสดงจำนวนผลมะม่วงน้ำดอกไม้ขนาดต่าง ๆ ในแต่ละทรีตเมนต์

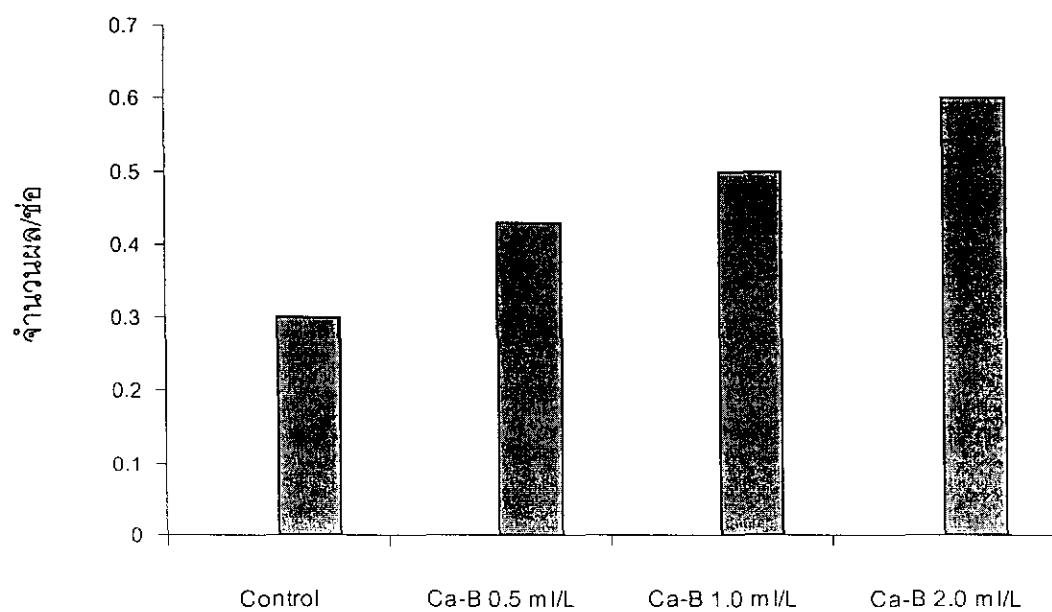
ทรีตเมนต์	จำนวนผล	เปอร์เซ็นต์ของผลที่มีน้ำหนัก		
		น้อยกว่า 200 กรัม	200 – 350 กรัม	มากกว่า 350 กรัม
Control	71	9.9	53.5	36.6
Ca-B 0.5 ml/L	44	15.9	75.0	9.1
Ca-B 0.5 ml/L + GA ₃ 25 ppm	77	3.9	67.5	28.6
Ca-B 1.0 ml/L	42	4.8	88.1	7.1
Ca-B 1.0 ml/L + GA ₃ 25 ppm	87	11.5	57.5	31.0
Ca-B 2.0 ml/L	29	0	93.1	6.9
Ca-B 2.0 ml/L + GA ₃ 25 ppm	118	7.6	77.1	15.3

ตารางที่ 4.4 ผลของ Ca-B และ GA₃ ต่อลักษณะของเมล็ด

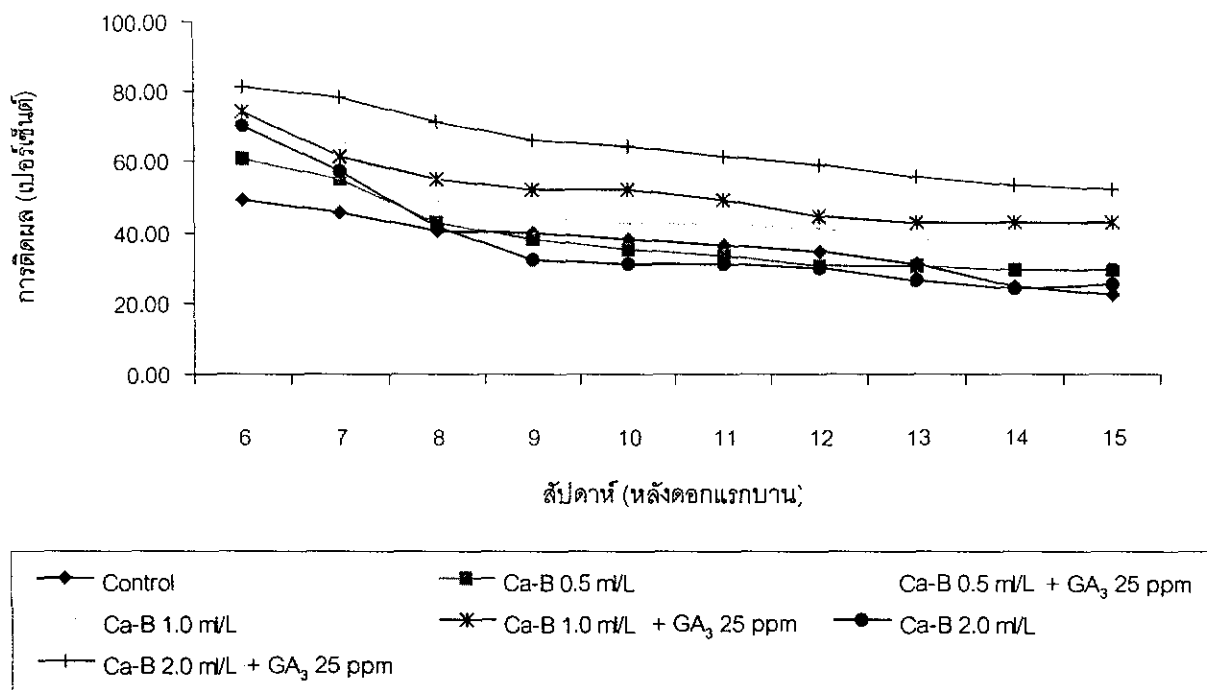
ทรีตเมนต์	จำนวนผล	จำนวนผลที่ ปกติ(%)	จำนวนผลที่ไม่ปกติ	
			ไม่มีคัพทะ (%)	คัพทะผิดปกติ(%)
Control	53	75.9	16.5	7.6
Ca-B 0.5 ml/L	43	75.8	9.1	15.1
Ca-B 0.5 ml/L + GA ₃ 25 ppm	74	71.6	14.8	13.6
Ca-B 1.0 ml/L	42	64.7	19.6	15.7
Ca-B 1.0 ml/L + GA ₃ 25 ppm	87	72.9	21.9	5.2
Ca-B 2.0 ml/L	27	93.1	0	6.9
Ca-B 2.0 ml/L + GA ₃ 25 ppm	116	76.3	18.7	5.0



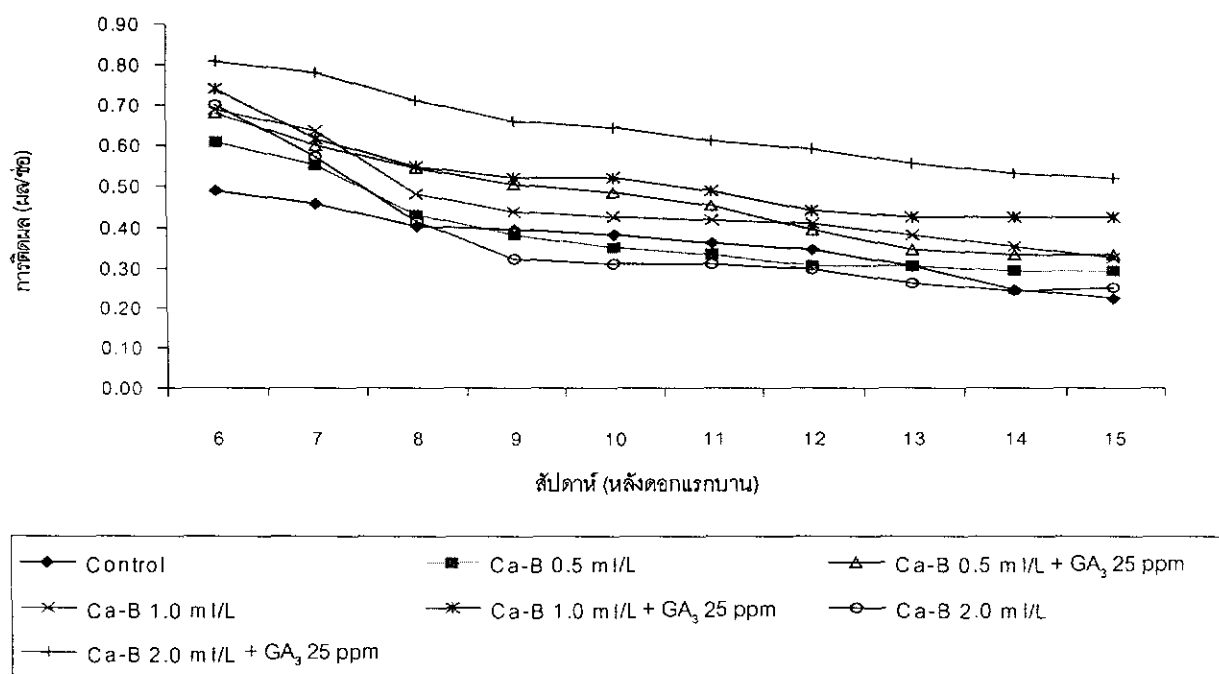
ภาพที่ 4.1 แสดงการติดผลของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ในสัปดาห์ที่ 3 หลังดอกแรกบาน



ภาพที่ 4.2 แสดงจำนวนผล/ช่อของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ในสัปดาห์ที่ 3 หลังดอกแรกบาน



ภาพที่ 4.3 แสดงการติดผลของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้



ภาพที่ 4.4 แสดงจำนวนผล/ช่อของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้หลังได้รับสาร Ca-B ร่วมกับ GA₃

วิจารณ์

จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่า Ca-B ช่วยเพิ่มการติดผลในมะม่วงอย่างชัดเจน โดยเฉพาะในระยะแรก ทั้งนี้อาจมีสาเหตุที่เกี่ยวข้องได้หลายประการ เช่น Ca-B มีผลต่อการงอกของหลอดละอองเกสร โดยเป็น chemotropic factor (Brewbaker และ Kwack, 1964) ซึ่งการงอกของหลอดละอองเกสรภายในก้านเกสรเพศเมียเป็นส่วนหนึ่งของการเกิดการปฏิสนธิ (fertilization) โดยหากหลอดละอองเกสรเพศผู้งอกไปผสมกับไข่ในรังไข่ได้สำเร็จ ก็จะทำให้มีการปฏิสนธิและรังไข่มีการพัฒนาต่อไป ส่งผลให้มีการติดผลได้ ซึ่งในการทดลองนี้ก็ได้ทำการให้ Ca-B ตั้งแต่ช่วงก่อนที่จะมีการผสมเกสรครอบคลุมไปจนถึงช่วงที่มีการผสมเกสร จึงทำให้ต้นมะม่วงในทรีตเมนต์ที่มีการให้ Ca-B มีการติดผลดีขึ้น Marschner (1986) รายงานไว้เช่นกันว่า Ca-B มีความสำคัญต่อการงอกของหลอดละอองเกสรเพศผู้ ความพร้อมรับของยอดเกสรตัวเมีย แต่เป็นธาตุที่เคลื่อนย้ายได้น้อยในพืช โดยอาจถือว่าปกติไม่มีการเคลื่อนย้ายไปท่ออาหาร (phloem) ดังนั้นพืชจึงอาจขาดธาตุนี้ได้แม้ในดินจะมีธาตุนี้เพียงพอ โดยส่วนของเนื้อเยื่อที่จะแสดงอาการขาดธาตุเหล่านี้ได้ง่ายคือ เนื้อเยื่อที่กำลังเติบโตอย่างรวดเร็ว และมีอัตราการคายน้ำที่ต่ำ เช่น ช่อดอกที่กำลังพัฒนา ผลอ่อน ใบอ่อน ฯลฯ สำหรับในมะม่วงนั้นก็พบว่า Ca ในเนื้อเยื่อช่อดอกมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้มีปริมาณลดลงหลังแทงช่อดอก ในขณะที่ช่อดอกมีการยึดตัวอย่างรวดเร็ว และ Ca มีปริมาณเพิ่มขึ้นอีกครั้งภายหลังเมื่อช่อดอกมีการยึดตัวเต็มที่ (วรินทร์ , 2536; ทศนัสว, 2540) ซึ่งจากรายงานความก้าวหน้าฉบับที่ 5 ก็ได้รายงานตรงกับรายงานดังกล่าว ส่วน B นั้น พบว่ามีปริมาณต่ำในส่วนของช่อดอก และปริมาณจะคงที่ตลอดการพัฒนาของช่อดอก

ความเป็นไปได้อีกประการหนึ่งของบทบาทของ Ca-B ต่อการติดผลคือ พบว่าการให้ธาตุเหล่านี้ทำให้ปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ไม่ได้อยู่ในรูปโครงสร้าง (total nonstructural carbohydrates: TNC) ในส่วนต่างๆของช่อดอกเพิ่มขึ้น ซึ่งได้มีการรายงานไว้ในรายงานความก้าวหน้าฉบับที่ 5 เช่นกัน ซึ่งการที่ภายในต้นมะม่วงมี TNC สะสมภายในต้นมาก น่าจะมีส่วนช่วยในการสร้างดอกและติดผล เนื่องจากช่อดอกเป็น sink ที่ต้องการคาร์โบไฮเดรตมาก และไม่สามารถสร้างคาร์โบไฮเดรตเองได้ หากช่อดอกมีคาร์โบไฮเดรตเพียงพอต่อความต้องการ ก็น่าจะช่วยส่งเสริมให้มีการติดผลเพิ่มขึ้น

จากการทดลองนี้ยังพบว่า การให้ GA_3 ร่วมกับ Ca-B ทำให้การติดผลเพิ่มขึ้นกว่าการให้ Ca-B อย่างเดียว และการให้ GA_3 ทำให้จำนวนผลต่อช่อเพิ่มขึ้นด้วย ทิรวุฒิ (2540) ก็ได้รายงานว่า การพ่นสารละลายจิบเบอเรลลินความเข้มข้น 25 และ 100 มิลลิกรัมต่อลิตร ให้กับช่อดอกมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ ในระยะหลังดอกแรกบาน 16 วัน สามารถชะลอการร่วงของผลมะม่วงในระยะแรกได้ แม้ในภายหลังต้นมะม่วงที่ได้รับและไม่ได้รับสารจะมีการติดผลใกล้เคียงกัน นอกจากนี้ยังมีรายงานของ Rajput และ Singh (1989) ว่าเมื่อทำการพ่น GA_3 ที่ระดับความเข้มข้น 0 15 และ 30 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับยูเรียที่ระดับความเข้มข้น 0 3 และ 6 มิลลิกรัมต่อลิตร ให้กับมะม่วงพันธุ์ Dashehari 2 ครั้งก่อนการออกดอก สามารถ

นอกจากนี้จากผลการทดลองจะสังเกตได้ว่า ในทรีตเมนต์ที่มีการให้จิบเบอเรลลินจะมีจำนวนผล ช่อสูงกว่าการให้ Ca-B อย่างเดียวที่ทุกความเข้มข้น โดยลักษณะผลในช่อ บางครั้งจะพบทั้งผลใหญ่ และผลเล็กรวมกัน ในช่อเดียวหรือบางช่อมีแต่ผลขนาดเล็ก ซึ่งอาจเป็นไปได้ว่าจิบเบอเรลลินอาจช่วยให้ผล ที่ไม่ได้รับการผสม หรือผสมเกสร ไม่สมบูรณ์ สามารถพัฒนาต่อไปได้ถึงระยะเก็บเกี่ยว แม้ริวคิ (2540) จะรายงานว่าการให้จิบเบอเรลลินแก่มะม่วงพันธุ์ฟ้าลั่นและน้ำดอกไม้จะมีแนวโน้มทำให้ผลมะม่วงมี ขนาดใหญ่ขึ้น โดยเฉพาะในด้านความยาว เนื่องจากจิบเบอเรลลินมีผลต่อการส่งเสริมให้มีการสังเคราะห์ DNA ใน G1 Phase ให้เร็วขึ้นชักนำให้เซลล์มีการยืดตัวได้ อันเป็นกระบวนการทางชีวเคมีและกระบวนการทางชีวภาพ (Taiz, 1984) แต่ผลการทดลองก็ยังไม่ชัดเจนนัก ส่วนผลของการศึกษาในครั้งนี้ก็ไม่พบผล ของจิบเบอเรลลินต่อการเพิ่มขนาดของมะม่วงที่ชัดเจนนักเช่นกัน อย่างไรก็ตามจากรายงานหลายฉบับ แสดงให้เห็นว่า จิบเบอเรลลินมีผลต่อการเพิ่มขนาดของไม้ผลหลายชนิด โดยเฉพาะในด้านความยาว (เกษศิณี, 2542; Halbrooks และ Mortensen, 1988; Biswas และ คณะ, 1990; Khan และ Singh, 1991) สำหรับในการทดลองครั้งนี้ใช้จิบเบอเรลลินในความเข้มข้นที่ไม่สูงนักคือเพียง 25 มิลลิกรัม/ลิตร และทำ การฉีดพ่นเพียงสองครั้ง จึงอาจไม่เห็นผลในเรื่องนี้อย่างชัดเจน หากเพิ่มความเข้มข้นของสารให้เพิ่มขึ้น รวมทั้งเพิ่มจำนวนครั้งที่ทำการให้สารให้มากขึ้น ก็อาจจะมีผลต่อขนาดของผลมะม่วงได้เด่นชัดขึ้น นอกจากนี้ในด้านของน้ำหนักผลพบว่าจิบเบอเรลลินไม่มีผลต่อการเพิ่มน้ำหนักผลของมะม่วงเช่นกัน

จากที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้นว่า จิบเบอเรลลินสามารถชักนำให้ผลมีการพัฒนาแบบ parthenocarp คือ เจริญเติบโตได้แม้ไม่ได้รับการผสมเกสร โดยผลเหล่านี้จะไม่มีเมล็ดหรือเมล็ดมีลักษณะ ผิดปกติ Tamamura และคณะ (1989) รายงานว่าการใช้ $GA_{4+7} + BA$ ความเข้มข้น 50 มิลลิกรัมต่อลิตร มี แนวโน้มชักนำให้พลับพลาพันธุ์ Fuyu และ Saijo เกิดผลที่ไม่มีเมล็ดได้ นอกจากนี้ยังพบว่าการใช้ GA_3 ที่ ระดับความเข้มข้น 50 ppm ฉีดพ่นที่ช่อดอกก่อนขณะดอกบานจนถึงหลังดอกบาน 7 วัน สามารถทำให้ ผลอ่อนมีการพัฒนาไปเป็นผลที่ไม่มีเมล็ดได้ 98-100% (รวิวรรณ, 2537) และจากรายงานความก้าวหน้า ฉบับที่ 5 ซึ่งได้มีการทดสอบให้ GA_3 ที่ความเข้มข้น 25 50 และ 100 มิลลิกรัมต่อลิตร ในระยะ 10 และ 20 วันหลังดอกแรกบาน พบว่าในทุกทรีตเมนต์ที่มีการให้สาร จะพบผลมะม่วงที่เมล็ดมีขนาดผิดปกติ คือ เมล็ดมีขนาดเล็กผิดปกติ ส่วนในต้นควบคุม (control) ไม่พบอาการดังกล่าว อย่างไรก็ตามสำหรับผลการ ทดลองในครั้งนี้ไม่พบว่า จิบเบอเรลลินมีผลต่อการชักนำให้ผลมีลักษณะที่มีลักษณะผิดปกติ และแม้ในต้น ควบคุมก็พบว่า มีอาหารที่ผลมีเมล็ดผิดปกติเช่นกัน ทั้งนี้อาจเป็นไปได้ว่าความเข้มข้นของสารที่ให้ไม่สูง นัก และระยะเวลาที่ให้ก็ช้ากว่าในงานทดลองครั้งที่ผ่านมา ทำให้มะม่วงส่วนใหญ่มีการผสมเกสรก่อนที่จะ ได้รับสารจิบเบอเรลลิน จิบเบอเรลลินจึงไม่ค่อยมีผลไปทำให้ลักษณะแสดงอาการผิดปกติ

แม้ว่าผลการทดลองครั้งนี้พบว่าการใช้สาร Ca-B ร่วมกับจิบเบอเรลลิน จะช่วยเพิ่มการติดผล ของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ให้สูงขึ้นก็ตาม แต่จะได้ผลดีมากในระยะแรก ส่วนในระยะหลังพบว่าผล มะม่วงยังมีการร่วงอีกเป็นจำนวนมาก จึงน่าจะทำการทดสอบหาวิธีที่จะช่วยเพิ่มการติดผลให้สูงขึ้นไปอีก

โดยอาจจะศึกษาเพิ่มเติมต่อไปในเรื่องของความเข้มข้นของสารที่เหมาะสมที่สุด รวมทั้งเวลาที่ทำการให้สาร เช่น สำหรับ Ca-B นั้น อาจมีความจำเป็นเฉพาะช่วงวิกฤติช่วงสั้นๆ สำหรับการพัฒนาของช่อดอกมะม่วง ดังนั้นการให้สารเป็นจำนวนหลายๆครั้งอาจไม่จำเป็น จึงอาจที่จะลดจำนวนครั้งที่ทำการให้สารลงไปอีก เช่น อาจลดเหลือเพียงครั้งเดียวก็อาจเพียงพอ ส่วนการให้จิบเบอเรลลิน ก็อาจจะต้องพยายามหาช่วงเวลาที่เหมาะสมที่สุด โดยศึกษาจากระดับการเปลี่ยนแปลงของสารจิบเบอเรลลินภายในผล (รายงานความก้าวหน้าฉบับที่ 3) ก็อาจจะช่วยให้การติดผลเพิ่มขึ้นอีก รวมทั้งการทดลองใช้สารอื่นๆที่อาจมีผลช่วยในการติดผล เช่น สารควบคุมการเจริญเติบโตชนิดอื่น ปุ๋ยทางใบหรือน้ำตาล รวมทั้งการเขตกรรมต่างๆ เช่น การให้น้ำ การปลิดช่อดอก รวมทั้งการปลูกมะม่วงในสภาพปกป้อง (protected environment) ซึ่งหากได้วิธีการผสมผสานที่เหมาะสม ก็น่าจะช่วยเพิ่มการติดผลของมะม่วงให้สูงขึ้นและสม่ำเสมอขึ้น

เอกสารอ้างอิง

- กานดา ดันติขวงศ์. 2535. ผลของจิบเบอเรลลินแอซิดต่อการพัฒนาตาดอกและการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของดอกและผลของลองกอง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ
- กานดา ดันติขวงศ์ และ รวี เสฐฐักดิ์. 2540. ผลของ GA ต่อการติดผลและคุณภาพของผลลองกอง. ใน รายงานการประชุมวิชาการไม้ผลแห่งชาติครั้งที่ 1. สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ. 2540: 214-217.
- กิตติโชติ จันทร์ศรีตระกูล และ รวี เสฐฐักดิ์. 2540. ผลของ GA และ NAA ต่อคุณภาพของผลลำไยพันธุ์อีดอ ใน รายงานการประชุมวิชาการไม้ผลแห่งชาติครั้งที่ 1. สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ 2540 : 203-213.
- เกษินี สิทธิวงศ์. 2542. ผลของ GA_3 ต่อการเติบโตและคุณภาพผลชมพูพันธุ์เพชรสามพราน. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- ทศน์สวัสดิ์ รัตนแก้ว. 2540. การเปลี่ยนแปลงแคลเซียมและโบรอนในช่อดอกกระยะต่างๆของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ทะวาย. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ
- ธีรวุฒิ มาประชา. 2540. อิทธิพลของสาร GA_3 , GA_{4+7} และ $GA_{4+7} + BA$ ต่อการเจริญเติบโตของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้และฟ้าลั่น. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- พรพันธ์ กิตินันท์ประการ. 2527. ผลของ GA และ 2,4-D ต่อการติดผลของส้มเขียวหวาน, ปัญหาพิเศษปริญญาตรี ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- รวี เสฐฐักดิ์. 2537. จิบเบอเรลลิน, น. 13-35, ใน การฝึกอบรมการใช้สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชทางเกษตร. 14-18 มีนาคม 2537. สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, กรุงเทพฯ.
- รวีวรรณ บุวรรณศิริ. 2537. ผลของจิบเบอเรลลินแอซิดที่มีต่อการพัฒนาของเมล็ดงุ่นพันธุ์ไวท์มะละกาที่ปลูกบนดอยอินทนนท์ จังหวัดเชียงใหม่. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- วรินทร์ สุทนต์. 2536. อิทธิพลของแคลเซียม-โบรอน ต่อการงอกของละอองเกสรและการติดผลของมะม่วง. ปัญหาพิเศษปริญญาโท. ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ
- สุนันต์ สุภัทรพันธุ์. 2526. เอกสารคำสอนเรื่อง สรีรวิทยาของการเจริญเติบโตพืชสวน ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

- สุรศักดิ์ นิลนนท์, รวีวรรณ ขววรรณศิริ, ชูพงษ์ สุขุมลันนท์, ประศาสตร์ เกื้อมณี. 2539. ผลของจิบเบอเรลลินแอซิด ที่มีต่อการพัฒนาเมล็ดและผลอ่อนพันธุ์ไวท์มาตะกา ที่ปลูกบนคอกอินทนนท์ จังหวัดเชียงใหม่. วิทยาศาสตร์เกษตร. 30: 157-162.
- Biswas, B., S.K. Ghosh, B.Ghosh and S.K. Mitra. 1990. Effect of growth substances on fruit weight, size and quality of guava cv. L-49. Plant Growth Reg. Abstr. 16:130.
- Brewbaker, J.L. and B.H. Kwack. 1964. The calcium ion and substance influencing pollen growth, p. 143-151. In H.F. Linskens (ed.). Pollen Physiology and Fertilization. North-Holland Publishing Co., Amsterdam, The Netherlands.
- Faust, M. 1989. Physiology of Temperate Zone Fruit Trees. John Wiley & Sons, Inc., New York. 338 p.
- Halbrooks, M.C. and J.A. Mortensen. 1988. Effects of gibberellic acid on berry and seed development in 'Orlando Seedless' grape. HortScience 23:409.
- Khan, F.U. and C.N. Singh. 1991. Effect of gibberellic acid (GA_3) on the bunch and berry size of 'Kismish Charni' grapes. Plant Growth Reg. Abstr. 17:108.
- Krisanapook, K., A. Pichakum, V. Kaewladdakorn, L. Phavaphutanon and K. Jutamanee. 1999. Studies on fruit growth, levels of GA-like substances and CK-like substances in fruit of mango cv. Khiew Sawoey. Acta Horticulturae 509:697-704.
- Marschener, H. 1986. Mineral Nutrition of Higher Plants. Academic Press, New York.
- Taiz, L. 1984. Plant cell expansion: regulation of cell wall mechanical properties. Annu. Rev. Plant Physiol. 35:585-657.
- Tamamura, H., K. Matsui and T. Matsumoto. 1989. Effect of gibberellins on fruit set and flower bud formation in unpollinated persimmon (*Diospyros kaki*). Plant Growth Reg. Abstr. 15:189.
- Oothuyse, S.A. 1994. Effect of spray application of KNO_3 , urea and growth regulators on the yield of 'Tommy Atkins' mango. Acta Horticulturae 64:110-114.
- Rajput, C.B.S. and J.N. Singh. 1989. Effect of urea and GA_3 sprays on the growth flowering and fruiting characters of mango. Acta Horticulturae 231:301-305.