



รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

การศึกษасаเหตุและแนวทางการแก้ไข
ปัญหาการออกดอกและติดผลไม่
สม่ำเสมอของมะม่วง

ย ผศ.ดร.กฤษณา กฤษณพุกต์ และคณะ

ธันวาคม 2546

RECEIVED
15 DEC 2003

BY:.....



รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

การศึกษสาเหตุและแนวทางการแก้ไขปัญหาการออกดอกและ
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 และไซโตไคนินภายในตาชอด โดยทำการเปรียบเทียบระหว่างต้นที่ราดและไม่ได้อาหารสารชะลอการเจริญเติบโตคือ พาโคลบิวทราโซล พบว่าการให้สารทำให้มะม่วงมีการออกดอกเพิ่มขึ้นและเร็วขึ้นกว่าต้นที่ไม่ให้สาร โดยมีผลทำให้เกิดจุดกำเนิดดอกเร็วกว่าต้นที่ไม่ได้อาหารสาร แต่ไม่มีผลชัดเจนต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณจิบเบอเรลลิน ซึ่งสาเหตุหนึ่งอาจมาจากไม่สามารถควบคุมสภาพแวดล้อม โดยเฉพาะในเรื่องความชื้นได้ แต่พบว่าจิบเบอเรลลินมีปริมาณค่อนข้างต่ำในช่วง peak การออกดอกของมะม่วง ทั้งในด้านควบคุมและต้นที่ราดสาร พาโคลบิวทราโซลไม่น่าจะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณไซโตไคนินในต้นมะม่วง และพบว่าไซโตไคนินมีปริมาณสูงในช่วงออกดอกติดผล จึงเป็นไปได้ว่าสารนี้อาจเกี่ยวข้องกับการออกดอกติดผลในมะม่วงด้วย

การเปลี่ยนแปลงของคาร์โบไฮเดรตที่ไม่อยู่ในรูปโครงสร้าง (TNC) ในต้นมะม่วงที่ราดสารไม่แตกต่างจากในต้นที่ไม่ราดสาร คือปริมาณคาร์โบไฮเดรตจะลดลงในช่วงออกดอก โดยการเปลี่ยนแปลงนี้จะพบในใบของกิ่งชอด 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 โพลีคอกซิน และเอทิลีนภายในผล รวมทั้งปัจจัยอื่นๆ ได้แก่ สัดส่วนเพศดอก การแตกของอับละอองเกสร การงอกของละอองเกสร ตลอดจนผลของแคลเซียม (Ca) โบรอน (B) และน้ำตาลซอร์บิทอลและจิบเบอเรลลินแอซิดได้ผลการทดลองดังต่อไปนี้

อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงของมะม่วงน้ำดอกไม้ลดลงในช่วงออกดอก ติดผลและพัฒนาการของผล แต่กลับพบคาร์โบไฮเดรตในปริมาณมากในส่วนช่อดอก และผลมะม่วง ซึ่งเป็นส่วนที่สร้างคาร์โบไฮเดรตได้น้อยมาก ในขณะที่คาร์โบไฮเดรตในกิ่งชอดและใบมีการเปลี่ยนแปลงไม่เด่นชัดในช่วงนี้ 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 ส่วนการแตกของอับละอองเกสรของมะม่วงพบว่าแตกต่างกันไปตามพันธุ์ โดยมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์มีการแตกของอับละอองเกสรเฉลี่ยสูงที่สุดเท่ากับ 74.45% มะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ 20.06% และพันธุ์เขียวเสวย 14.95% การงอกของละอองเกสรบนอาหารวุ้นนั้นอยู่ในช่วง 24-32% แต่มะม่วงน้ำดอกไม้ที่ออกดอกนอกฤดู จะมีการงอกของละอองเกสรเพียง 4.85% และมะม่วงแต่ละพันธุ์ใช้เวลาในการงอกของละอองเกสรไปจนถึงรังไข่ในเวลาที่แตกต่างกัน โดยพันธุ์โชคอนันต์เขียวเสวยและน้ำดอกไม้ ใช้เวลาในการงอกเท่ากับ 12, 42 และ 48 ชั่วโมงตามลำดับ

ส่วนการติดผลหลังผสมเกสร 15 วัน พบว่า พันธุ์โชคอนันต์มีการติดผลดีที่สุดคือ 72% รองลงมาคือพันธุ์น้ำดอกไม้เท่ากับ 47% ส่วนพันธุ์เขียวเสวยไม่พบการติดผล และการติดผลหลังผสมเกสร 15 วันของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ที่ออกดอกนอกฤดู เท่ากับ 10.7% ซึ่งต่ำกว่าในฤดูระดับแคลเซียม (Ca) ในช่อดอกที่กำลังยี่ดตัว (7-14 วัน) มีแนวโน้มลดลงและเพิ่มขึ้นเมื่อช่อดอกยี่ดตัวเต็มที่ 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 ในการให้คำแนะนำในการทำไม้โครเทคนิคทางพืช
5. คุณสุมาลี ธรรมศิริ และรต.สมควร พงษ์ สำหรับการอนุญาตให้คณะผู้วิจัยได้ใช้สวนมะม่วงสำหรับทำการวิจัย
6. นักวิชาการรายเดือนประจำโครงการ บุคลากรของภาควิชาพืชสวน ที่มีส่วนช่วยให้โครงการวิจัยสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี
7. คุณสุปราณี สระทองอ่วม และคุณณัฐยา แสนคำ ที่ช่วยพิมพ์ ตรวจแก้ไข และจัดทำรูปเล่มจนรายงานฉบับนี้สำเร็จลงได้

สารบัญเรื่อง

	หน้า
Executive Summary	i
บทคัดย่อ	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
ตารางที่ 1.2	ผลของสารพาโคลบิวทราโซลที่ราดในปี 2540 และ 2541 ต่อความยาวกิ่งยอดมะม่วงน้ำดอกไม้ หลังทำการกระตุ้นให้แตกยอดเพื่อราดสารในปี 2542
ตารางที่ 1.3	ผลของสารพาโคลบิวทราโซลที่ราดในปี 2540 และ 2541 ต่อจำนวนใบของกิ่งยอด มะม่วงน้ำดอกไม้ หลังทำการกระตุ้นให้แตกยอดเพื่อราดสารในปี 2542
ตารางที่ 1.4	ผลของสารพาโคลบิวทราโซลที่ราดในปี 2540 และ 2541 ต่อเส้นผ่านศูนย์กลางกิ่งยอดมะม่วงน้ำดอกไม้ หลังทำการกระตุ้นให้แตกยอดเพื่อราดสารในปี 2542
ตารางที่ 1.5	ผลของสารพาโคลบิวทราโซลที่ราดในปี 2540 และ 2541 ต่อเส้นผ่านศูนย์กลางตายอดมะม่วงน้ำดอกไม้ หลังทำการกระตุ้นให้แตกยอดเพื่อราดสารในปี 2542
ตารางที่ 1.6	ผลของการให้สารพาโคลบิวทราโซลในลักษณะต่างๆต่อปริมาณการออกดอกของมะม่วงน้ำดอกไม้ ในปี 2542
ตารางที่ 1.7	ช่วงเวลาการเก็บตัวอย่างพืชเพื่อวิเคราะห์ปริมาณคาร์โบไฮเดรตสะสม
ตารางที่ 1.8	ระยะเวลาออกดอกของต้นมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ที่ได้รับสารพาโคลบิวทราโซลเป็นครั้งแรกหรือได้รับสารซ้ำเป็นปีที่สอง เปรียบเทียบกับต้นที่ไม่ได้รับสาร
ตารางที่ 1.9	การเปลี่ยนแปลงปริมาณคาร์โบไฮเดรตทั้งหมดที่ไม่ใช่โครงสร้าง (total non-structural carbohydrates; TNC) ที่สะสมในกิ่งยอดและใบในระยะก่อนออกดอกของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ที่ได้รับสารพาโคลบิวทราโซลเป็นครั้งแรกหรือได้รับสารซ้ำเป็นปีที่สอง เปรียบเทียบกับต้นที่ไม่ได้รับสาร (เก็บตัวอย่างเมื่อเดือนกันยายน 2541หรือหลังราดสารประมาณ 2 เดือน)
ตารางที่ 1.10	การเปลี่ยนแปลงปริมาณคาร์โบไฮเดรตทั้งหมดที่ไม่ใช่โครงสร้าง (total non-structural carbohydrates; TNC) ที่สะสมในกิ่ง ใบ และช่อดอก ในระยะออกดอกของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ที่ได้รับสารพาโคลบิวทราโซลเป็นครั้งแรกหรือได้รับสารซ้ำเป็นปีที่สอง (เก็บตัวอย่าง ตุลาคม 2541) เปรียบเทียบกับต้นที่ไม่ได้รับสาร (เก็บตัวอย่าง ธันวาคม 2541)

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, เขียวเสวย และโชคอนันต์	139
ตารางที่ 3.9 ความมีชีวิตของละอองเกสรของดอกเพศผู้และดอกสมบูรณ์เพศ ในมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ เขียวเสวย และโชคอนันต์	140
ตารางที่ 3.10 ความมีชีวิตของละอองเกสรของดอกเพศผู้และดอกสมบูรณ์เพศ ในมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ที่ออกดอกนอกฤดูในระยะดอกบาน 50 เปอร์เซ็นต์	141
ตารางที่ 3.11 การงอกของละอองเกสรจากดอกเพศผู้และดอกสมบูรณ์เพศ ในมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ เขียวเสวย และโชคอนันต์	142

สารบัญตาราง(ต่อ)

	หน้า
ตารางที่ 3.12 การงอกของละอองเกสรของดอกเพศผู้และดอกสมบูรณ์เพศ ในมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ที่ออกดอกนอกฤดูในระยะดอกบาน 50 เปอร์เซ็นต์	143
ตารางที่ 3.13 ระยะทางในการงอกของละอองเกสรในยอดเกสรเพศเมียจนถึงรังไข่ (หากงอกถึงรังไข่ = 100%) เมื่อศึกษาที่เวลาต่างๆ กันในมะม่วงน้ำดอกไม้ เขียวสวยและโชคอนันต์	143
ตารางที่ 3.14 ระยะทางในการงอกของละอองเกสรในยอดเกสรเพศเมียจนถึงรังไข่ เมื่อศึกษาที่เวลาต่าง ๆ กันในมะม่วงน้ำดอกไม้ที่ออกดอกนอกฤดู	143
ตารางที่ 3.15 เปอร์เซ็นต์การติดผลของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ เขียวสวย และ โชคอนันต์ที่ออกดอกในฤดู	144
ตารางที่ 3.16 เปอร์เซ็นต์การติดผลของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ที่ออกนอกฤดู	144
ตารางที่ 3.17 ผลของแคลเซียม โบรอนและน้ำตาลซอร์บิทอลต่อระยะทางในการงอกของหลอดละอองเกสร ภายในเกสรเพศเมีย	159
ตารางที่ 3.18 ผลของการให้สารละลาย Ca-B ทางใบต่อการเปลี่ยนแปลงระดับ Ca ในใบและกิ่งขยอระหว่างการทดลอง 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 ในใบและกิ่งขยอระหว่างการทดลอง 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 ในใบและกิ่งขยอระหว่างการทดลอง 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 ค่อน้ำหนักและขนาดของผลในระยะเก็บเกี่ยว	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 ลักษณะภายนอกของตาชอดในระยะต่าง ๆ ของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ในต้นควบคุม และ ต้นที่ราดสารซ้ำปีเว้นปี ตั้งแต่วันที่ 14 สิงหาคม 2542 ถึงวันที่ 11 กันยายน 2542 (ต้นที่ราดสารเริ่มแทงช่อดอก)	20
ภาพที่ 1.4 ลักษณะภายในตาชอดที่ระยะต่างๆ ของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ต้นควบคุม และ ต้นที่ราดสารซ้ำ 2 ปี (ปีเว้นปี) และ 3 ปีติดต่อกัน ตั้งแต่วันที่ 30 มิถุนายน 2542 ถึง 11 กันยายน 2542	21
ภาพที่ 1.5 ลักษณะภายในตาชอดที่ระยะต่างๆ 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 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารคล้ายจีบเบอเรลลินและไซโตไคนินทั้งหมดภายในผล และการเจริญเติบโตทางด้านน้ำหนักผลของมะม่วงพันธุ์เขียวเสวยสองลักษณะที่อายุ 4 สัปดาห์หลังดอกบาน	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 ปริมาณโพธิ์อามีนชนิดต่าง ๆ ในเนื้อผลระหว่างการเจริญเติบโตของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4	108
ภาพที่ 3.12 ปริมาณโพธิ์อามีนชนิดต่าง ๆ ในเมล็ดระหว่างการเจริญเติบโตของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4	109
ภาพที่ 3.13 ปริมาณโพธิ์อามีนทั้งหมด (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 โขคอนันต์ และมันเดือนเก้่า บนยอดเกสรเพศเมียมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้	153
ภาพที่ 3.18 การติดผลของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ที่ได้รับการผสมเกสรจากละอองเกสรพันธุ์น้ำดอกไม้เขียวเสวย โขคอนันต์ 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 โดยเฉพาะเมื่อทำการบังคับต้นเดิมซ้ำในปีต่อมา มักพบว่าการออกดอกไม่สม่ำเสมอ จนถึงไม่ออกดอกเลย และเกิดปัญหาด้านโรคมดติดตามมา

การแก้ไขปัญหามาจนถึงปัจจุบัน มักจะเน้นวิธีการใช้สารเคมีจากภายนอกและการเกษตรกรรมต่างๆ โดยขาดข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับปัจจัยภายในต้นพืชที่มีผลต่อการออกดอก เช่น ระดับของสารควบคุมการเจริญเติบโตภายในพืช ปริมาณอาหารสะสมในรูปคาร์โบไฮเดรต ซึ่งปัจจัยดังกล่าวนี้ผันแปรไปตามพันธุ์ของมะม่วง ฤดูกาล และสภาพแวดล้อม การใช้สารเคมีเพื่อบังคับให้มะม่วงออกดอกนอกฤดูน่าจะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยเหล่านี้ จึงควรจะมีการศึกษาถึงการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยต่างๆ ภายในต้นมะม่วง และความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยเหล่านี้กับการออกดอก เพื่อให้พบสาเหตุที่แท้จริงของปัญหาการออกดอกไม่สม่ำเสมอของมะม่วง พร้อมทั้งหาแนวทางแก้ไขปัญหาก็ถูกต้องต่อไป

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

กิ่งใบ และยับยั้งการออกดอกหรือทำให้ดอกออกช้ากว่าปกติ (Kachru และคณะ, 1971; Tomer, 1984, Chen, 1985; Chen, 1987) ในสัณนิบาตงานว่า การลดระดับจิบเบอเรลลินมีความจำเป็นสำหรับการเกิดดอก (Goldschmidt และ Monselise, 1970; Guardiola และคณะ, 1982) แต่ในแอปเปิลกลับพบว่า การให้ 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 ในช่วงการเกิดตาใบมีปริมาณจิบเบอเรลลินมากกว่าในช่วงการเกิดดอก 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 เช่นพันธุ์น้ำดอกไม้ ส่วนกลไกในการส่งเสริมให้มะม่วงออกดอกก็โดยไปชะลอการเจริญเติบโตทางด้านกิ่งก้าน (vegetative growth) โดยขัดขวางการสังเคราะห์จิบเบอเรลลิน ในช่วงที่มีการเปลี่ยนจาก ent-kaurene เป็น ent-kaurenoic acid (Anonymous, 1984) ซึ่งตรงกับแนวคิดที่ว่าสารให้สารจิบเบอเรลลินจะยับยั้งการออกดอกในไม้ดอกยืนต้นหลายชนิด (Pharis และ King, 1985) ดังนั้นจิบเบอเรลลิน น่าจะเกี่ยวข้องโดยตรงกับการออกดอกในมะม่วง ซึ่งงานวิจัยในเรื่องการใช้สารชะลอการเจริญเติบโตเพื่อบังคับให้มะม่วงออกดอกนอกฤดูนั้นในประเทศไทยได้มีผู้ศึกษาไว้ค่อนข้างมาก (ชยะ และ พีรเดช, 2529; สนั่น, 2529; คณพลและคณะ, 2530; สันติ, 2531; นาถฤดี, 2533) แต่ผลของสารนี้ต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณจิบเบอเรลลินภายในต้นมะม่วงยังมีการศึกษาไว้ค่อนข้างน้อย จึงน่าจะมีการศึกษาในเรื่องนี้เพิ่มเติม

ปริมาณคาร์โบไฮเดรตในต้นมะม่วงก็จะมีบทบาทสำคัญต่อการออกดอกของมะม่วง 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 ชูโครสที่ขอดมะม่วงและติดตามการเคลื่อนที่ภายในต้น 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 (บุญลือ, ข้อมูลจากการติดต่อบุคคล)

นอกจากวิธีการเขตกรรมต่างๆ เช่น 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 สุภกิจจารักษ์. 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 จำเลิศ. 2529. การใช้สารเคมีเพื่อชะลอการเจริญของกิ่งและการออกดอกของมะม่วงพันธุ์ น้ำดอกไม้เบอร์ 4 ในระบบปลูกชิด. เอกสารประกอบสัมมนา ของชมรมผู้พัฒนามะม่วง. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 23 หน้า (โรเนียว)
- สมพร คูเจริญไพศาล. 2524. การเจริญของผล ระดับสารยับยั้งการเจริญเติบโตและคาร์โบไฮเดรตใน ระยะต่าง ๆ ของการเจริญของผลมะม่วงพันธุ์หนังกลางวัน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- หิรัญ หิรัญประดิษฐ์, เสริมสุข สลักเพชร, อัมพิกา ปูนนจิต, บุญสืบ ศรีสวัสดิ์, สุขวัฒน์ จันทรปรณิก, เชวง แก้ววิทย์, ทรงพล สมศรี และไพโรจน์ ผลประสิทธิ์. 2539. เทคโนโลยีการผลิตทุเรียน ให้มีคุณภาพ. 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) ดังนั้นจึงเป็นไปได้ว่าสารกลุ่มนี้น่าจะมีผลต่อการพัฒนาคอกของมะม่วง อย่างไรก็ตามมักพบปัญหาว่าในต้นที่มีการราดสารซ้ำต่อเนื่อง บางครั้งไม่ออกดอกหรือออกดอกไม่สม่ำเสมอเช่นในปีแรกๆ ซึ่งอาจมีสาเหตุมาจากปัจจัยอื่นร่วมด้วย เช่น เรื่องความสมบูรณ์ของดินหรือปริมาณธาตุอาหารภายในต้น หรืออาจเป็นไปได้ว่าการราดสารซ้ำอาจไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของจิบเบอเรลลินภายในเมื่อทำการใช้สารนี้ติดต่อกัน ซึ่งปัญหานี้เป็นประเด็นสำคัญที่ทำให้การผลิتمะม่วงนอกฤดูได้ผลไม่แน่นอน โดยทำการศึกษาดังนี้

1. ศึกษาความสัมพันธ์ของปริมาณสารคล้ายจิบเบอเรลลินและสารคล้ายไซโตไคนินในตายอดกับการออกดอกของมะม่วง

การทดลองนี้เป็นการมุ่งเน้นไปที่ตายอดโดยเฉพาะเพื่อหาความสัมพันธ์ของสารคล้ายจิบเบอเรลลินและสารคล้ายไซโตไคนินกับการออกดอก เนื่องจากเป็นส่วนที่จะมีการเปลี่ยนแปลงจาก vegetative tissue ไปเป็นคาคอก โดยเปรียบเทียบระหว่างตายอดของต้นมะม่วงที่ไม่ได้ราดสาร ต้นมะม่วงที่ได้รับสารปีเว้นปี และต้นมะม่วงที่ได้รับสารสามปีติดต่อกัน

อุปกรณ์และวิธีการ

ทำการทดลองกับต้นมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ อายุประมาณ 7 ปี ที่สวนของคุณ สุมาลี ธรรมศิริ อำเภอบางใหญ่ จังหวัดนนทบุรี สภาพสวนเป็นระบบทรงกว้าง 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) โดยทำการศึกษาสิ่งต่อไปนี้
 - 2.1 ความยาวของกิ่งยอด โดยทำการบันทึกความยาวของยอดที่เก็บมาวิเคราะห์ทุก 2 สัปดาห์โดยเก็บตัวอย่างครั้งแรกหลังจากทำการราดสารหนึ่งสัปดาห์ จนถึงระยะที่มะม่วงออกดอกในแต่ละทรีทเมนต์ (ตั้งแต่ 3 กรกฎาคม – 4 ธันวาคม รวม 18 ครั้ง) โดยทำการเก็บตัวอย่างกิ่งละ 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 โดยทำการเก็บตัวอย่างทุกสองสัปดาห์ จากนั้นในเดือนกันยายนทำการเก็บตัวอย่างสัปดาห์ละครั้ง จนกระทั่งมะม่วงเริ่มแทงช่อดอก โดยเก็บตัวอย่างจากต้นควบคุมครั้งละ 60 ยอด เฉลี่ยต้นละประมาณ 2 ยอด โดยจำนวน 10 ยอด ใช้ศึกษาการพัฒนาโครงสร้าง

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

การวิเคราะห์หาจิบเบอเรลลินและไซโตไคนิน

นำตัวอย่างพืชที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิ -20°C มาทำการวิเคราะห์หาจิบเบอเรลลินโดยนำไปสกัดและทำให้บริสุทธิ์โดยดัดแปลงวิธีการของ ขวัญศิริ (2542) และ Okada (1993) และวิเคราะห์หาไซโตไคนิน โดยดัดแปลงวิธีการของ Okada (1993) จากนั้นนำไปวิเคราะห์หาปริมาณของสารทั้งสอง โดยชีววิธี (bioassays) ด้วยการวัดความยาวของ secondary leaf sheath ของข้าวแคะพันธุ์ Tan-ginbozu และ ปริมาณคลอโรฟิลล์ 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 ซึ่งการออกดอกของมะม่วงในช่วงนี้ถือว่าเป็นการออกดอกในฤดู (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 แต่ระหว่างแปลงที่ราดสารทั้งสองวิธีแทนต์ไม่มีความแตกต่างกัน 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 ลักษณะ โครงสร้างภายใน

เมื่อศึกษาโครงสร้างภายในของตายอด พบว่าในระยะแรกๆ ลักษณะของตายอดทั้งสามทริทเมนต์ไม่มีความแตกต่างกัน (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) แสดงให้เห็นว่าภายหลังจากให้สารแล้ว 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 และ3ปี)	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

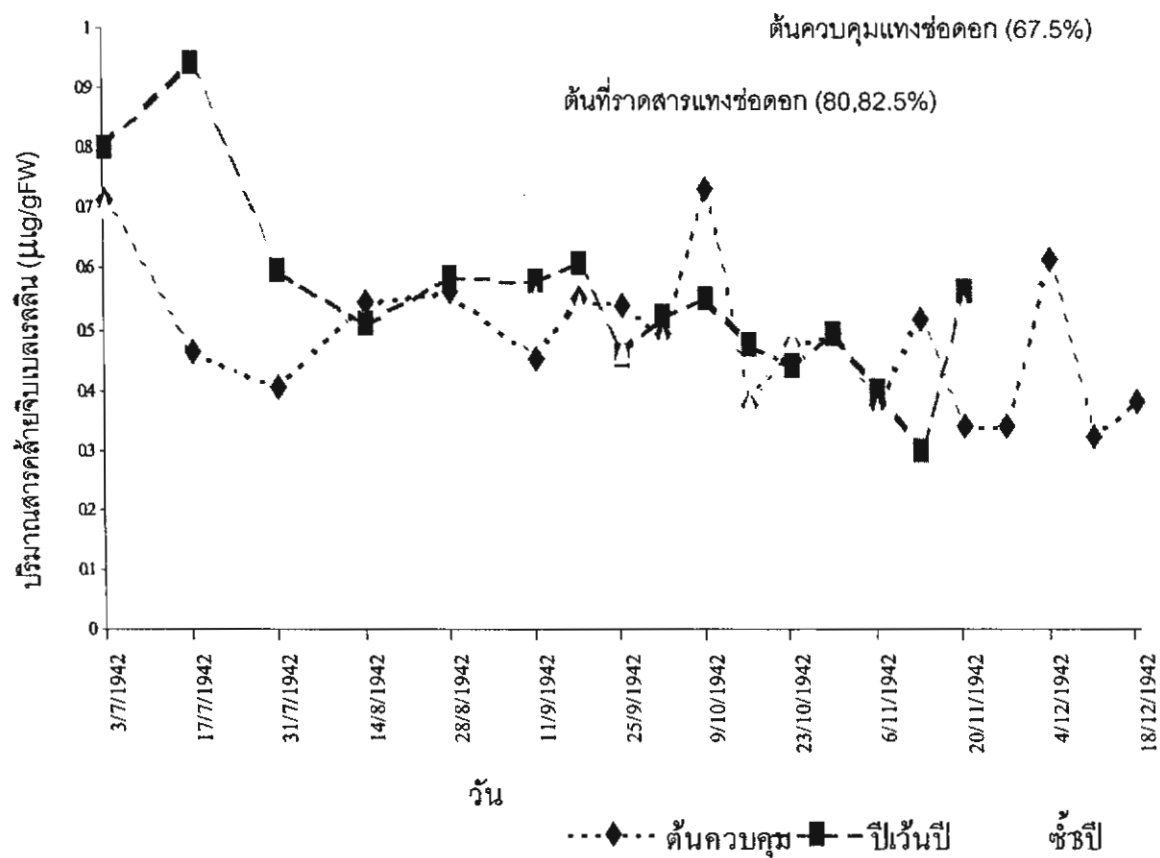
ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

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

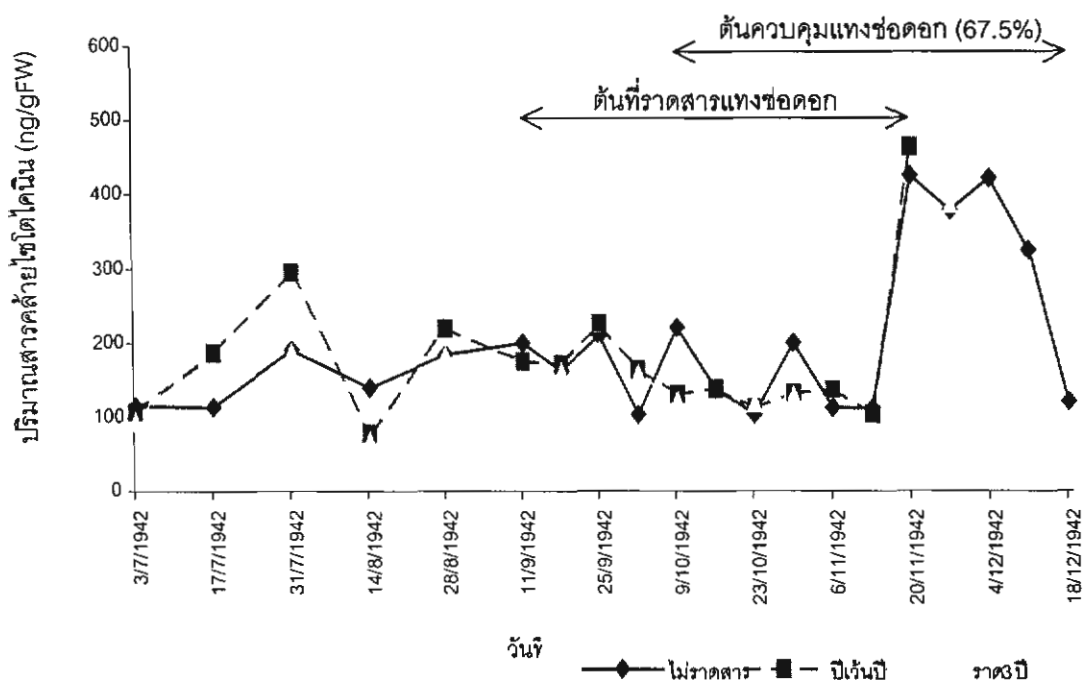
ตารางที่ 1.6 ผลของการให้สารพาโคลบิวทราโซลในลักษณะต่างๆต่อปริมาณการออกดอกของมะม่วง
น้ำดอกไม้ ในปี 2542

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

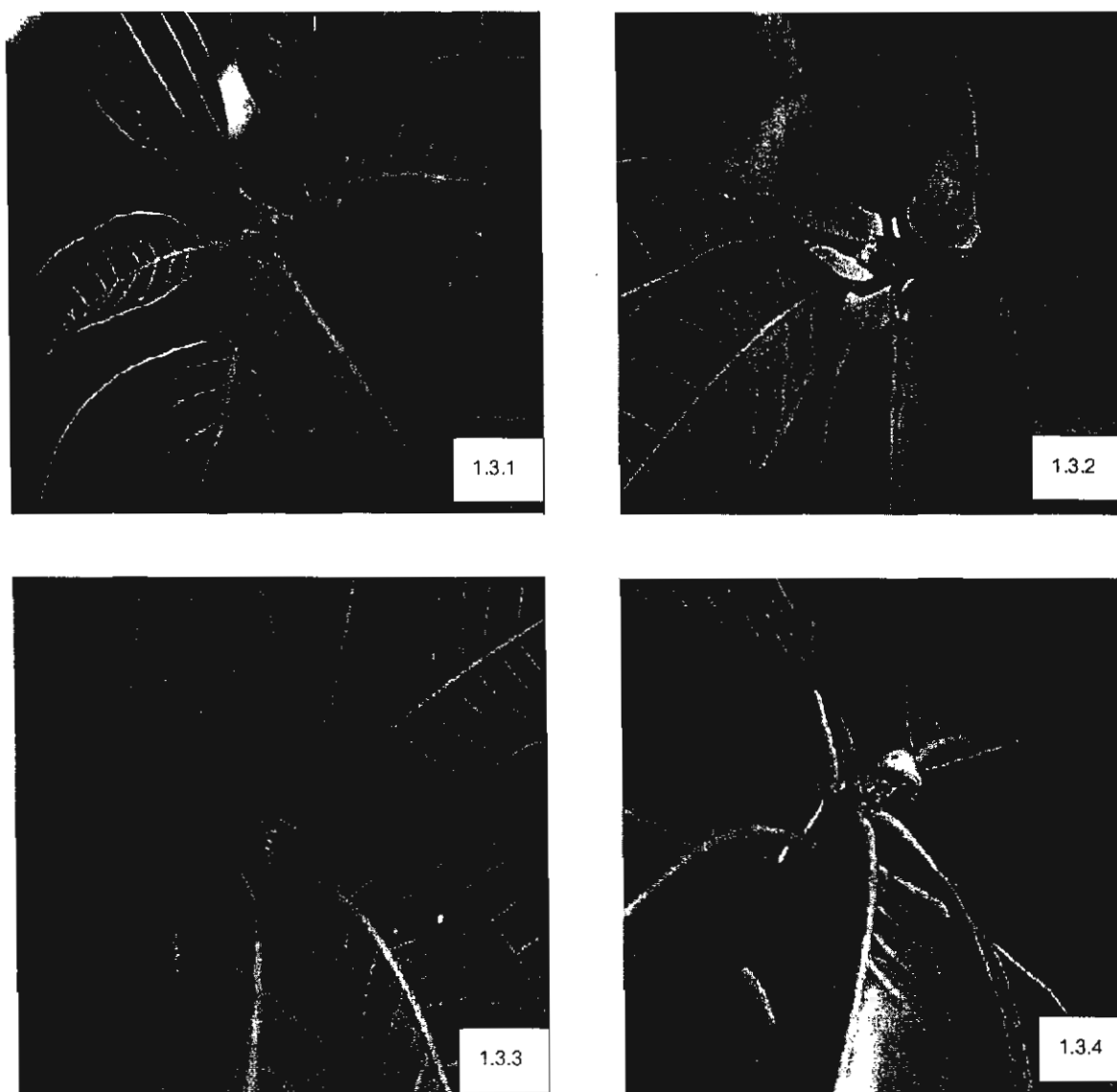
* ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างทางสถิติ วิเคราะห์ความแตกต่างโดยวิธี
Duncan's New Multiple Range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%



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

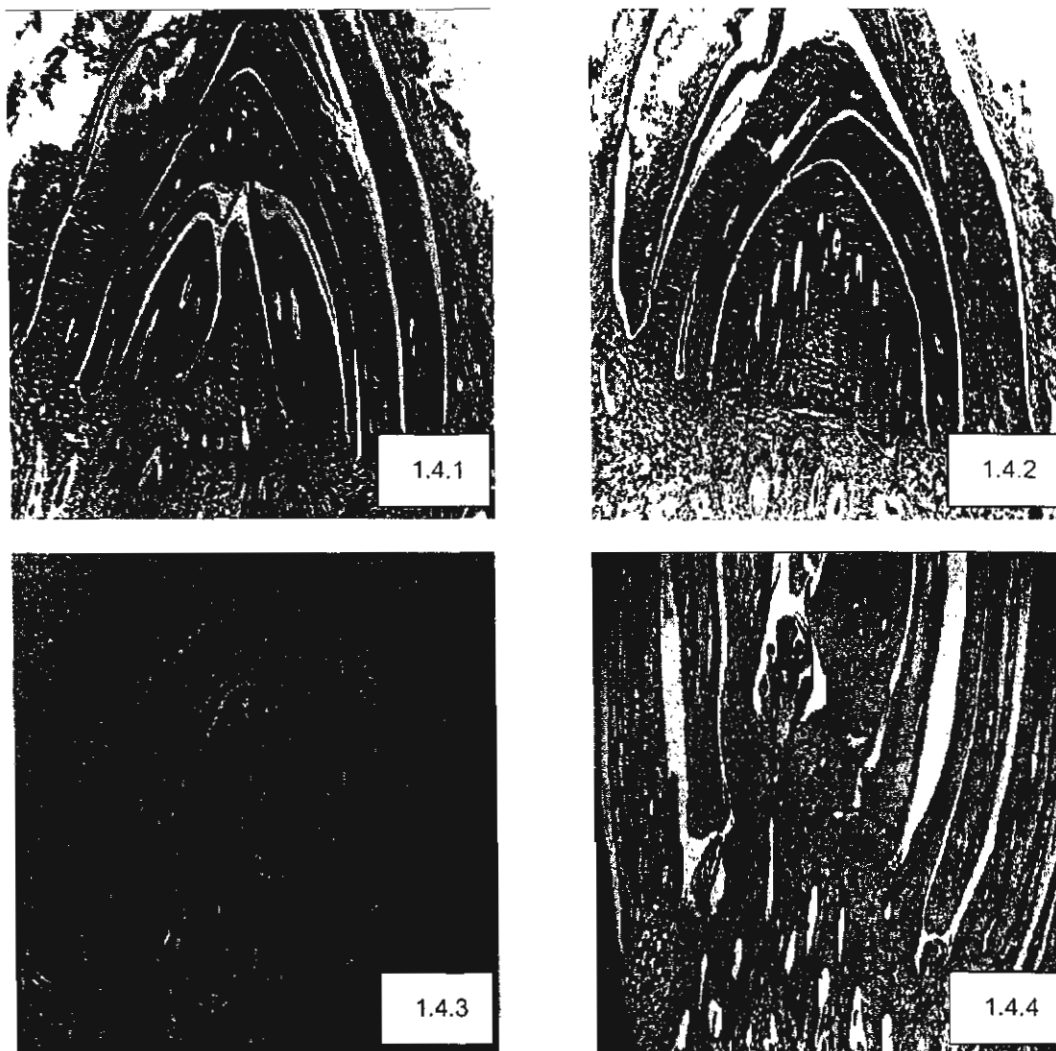


ภาพที่ 1.2 ปริมาณสารคลอโรฟิลล์เอในส่วนของปลายยอดของมะม่วงน้ำดอกไม้ใน
รอบปี 2541-2542 เปรียบเทียบระหว่างต้นควบคุมและต้นที่ราดสารพาคโล
บิวทราโซล 2 ครั้ง ในปี 2540 และ 2542 ต้นที่ได้รับสารซ้ำ 3 ปี ติดต่อกัน



ภาพที่ 1.3 ลักษณะภายนอกของตาดอดในระยะเวลาต่างๆของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ในต้นควบคู่ และ ต้นที่ราดสารฆ่า
ปีเว้นปี ตั้งแต่วันที่ 14 สิงหาคม 2542 ถึงวันที่ 11 กันยายน 2542 (ต้นที่ราดสารเริ่มแทงช่อดอก)

- 1.3.1 ลักษณะโครงสร้างภายนอกของตาดอดในต้นควบคู่ (28 สิงหาคม 2542)
เห็นตาดอดนูนขึ้น
- 1.3.2 ลักษณะโครงสร้างภายนอกของตาดอดภายหลังราดสาร 59 วัน (28 สิงหาคม 2542)
เห็นตาดอดนูนขึ้นชัดเจน
- 1.3.3 ลักษณะโครงสร้างภายนอกของตาดอดในต้นควบคู่ (11 กันยายน 2542)
ตาดอดมีลักษณะนูนเด่นชัด แต่ยังไม่แตกออกมา
- 1.3.4 ลักษณะโครงสร้างภายนอกของตาดอดภายหลังราดสาร 73 วัน (11 กันยายน 2542)
ตาดอดมีลักษณะอวบอ้วนโค้งงอเล็กน้อย bud scale จะเปิดออกและหลุดร่วงไป



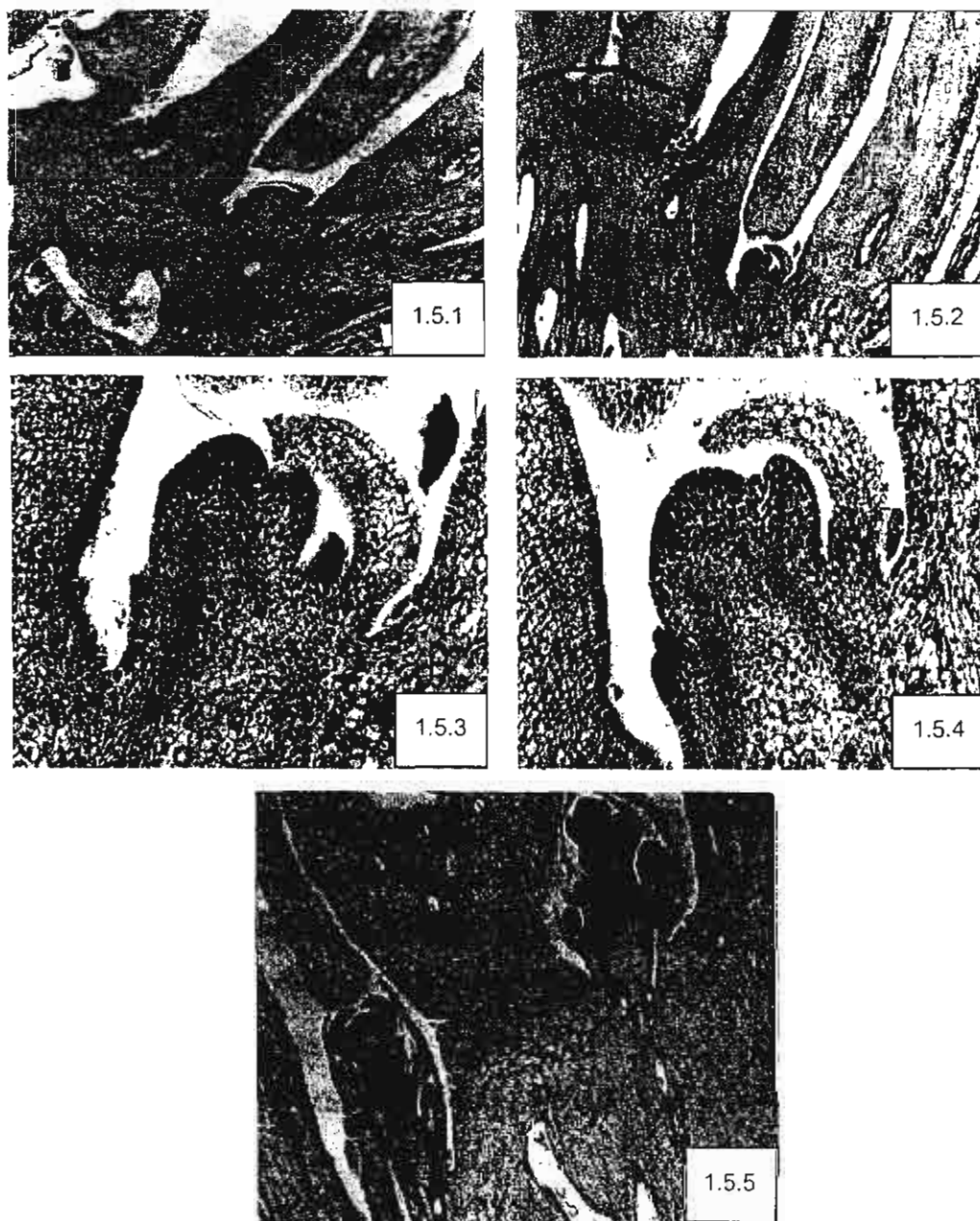
ภาพที่ 1.4 ลักษณะภายในตาขอดที่ระยะต่างๆของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ต้นควบคุม และต้นที่ราด

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

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

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

1.4.4 median section ของโครงสร้างภายในของตาขอดในต้นที่ราดสารปีเว้นปี และ 3 ปี ติดต่อกัน ซึ่งพบว่าไม่มีความแตกต่างกัน โดยในวันที่ 11 กันยายน 2542 (หลังราดสาร 73 วัน) จะมีจุดกำเนิดดอก (floral primordia) (fp) เกิดขึ้นที่ฐานของ scale ตรงบริเวณด้านฐานของตาขอด (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

จากการศึกษาผลของสารพาโคลบิวทราโซลในปีที่ 3 คือ ปี 2542 ยังคงเห็นผลของสารได้ชัดเจน โดยเฉพาะในการลดการเจริญเติบโตของกิ่งทางด้านความยาว ซึ่งเป็นลักษณะเด่นของสารนี้และมีรายงานที่ให้ผลสอดคล้องในเรื่องนี้หลายฉบับ (Kulkarni, 1988; อรพิน, 2532; นาถฤดี, 2533 และจตุพร, 2533) โดยกิ่งในต้นที่มีการราดสารทั้งสองทรีทเมนต์จะสั้นกว่าในต้นควบคุม ซึ่งกิ่งเหล่านี้ได้รับผลจากการราดสารในปี 2540 ส่วนความยาวกิ่งในต้นที่ราดสารทั้งสองทรีทเมนต์ไม่มีความแตกต่างกัน ซึ่งการที่ราดสารสามปีติดต่อกันทำให้กิ่งมะม่วงมีการเจริญเติบโตเหมือนกิ่งจากต้นที่มีการราดสารซ้ำปีเว้นปี แสดงว่าปริมาณสารที่ให้ในแต่ละปีไม่ได้สูงเกินไปนัก นอกจากนี้พบว่าต้นควบคุมมีการแตกยอดใหม่ช่วงหลังวันที่ 16 ตุลาคม 2542 ขณะที่ต้นที่ราดสารทั้งสอง ทรีทเมนต์จะไม่มีการแตกยอดใหม่ แสดงว่าปริมาณสารที่ให้ค่อนข้างเพียงพอที่จะยับยั้งการเจริญเติบโตที่บริเวณยอดของมะม่วงได้ ส่วนในเรื่องของจำนวนใบ เส้นผ่านศูนย์กลางกิ่งยอดและตายอด พบว่าการให้สารปีเว้นปี และ ซ้ำ 3 ปีติดต่อกัน ให้ผลไม่แตกต่างจากต้นควบคุม เนื่องจากสารพาโคลบิวทราโซลมีผลยับยั้งการยืดตัวของเซลล์บริเวณได้ปลายยอด โดยไม่เกี่ยวข้องกับปลายยอดโดยตรงจึงเพียงแต่ทำให้ข้อสั้นลง ซึ่งจำนวนข้อจะเท่าเดิม ดังนั้นจึงไม่น่าจะมีผลต่อใบซึ่งมีจุดกำเนิดใบอยู่ที่ปลายยอด จำนวนใบจึงยังคงไม่เปลี่ยนแปลง รวมทั้งไม่มีผลต่อลักษณะอย่างอื่น (Sterrett, 1985)

2. การพัฒนาเป็นตาดอก

จากการทดลองพบว่าการออกดอกของมะม่วงจะเพิ่มขึ้น เมื่อมีการให้สารพาโคลบิวทราโซล ไม่ว่าจะเป็น การให้แบบปีเว้นปี หรือให้ติดต่อกัน โดยการให้ในสองลักษณะทำให้มะม่วงเกิดตาดอกได้ในปริมาณไม่ต่างกัน ซึ่งสำหรับสารนี้ได้มีผู้รายงานว่าชักนำให้ไม้ผลออกดอกได้หลายชนิด เช่น ในลิ้นจี่พันธุ์ฮงฮวย (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 พบว่าต้นมะม่วงที่มีการราดสารทั้งสองทรีทเมนต์จะเกิดช่อดอกก่อนต้นที่ไม่ได้ราดสาร ประมาณ 21 วันหรือ 3 สัปดาห์ ซึ่งก็มีรายงานผลการทดลองในมะม่วงพันธุ์อื่นซึ่งให้ผลสอดคล้องกัน คือสารนี้สามารถเร่งให้มะม่วงออกดอกเร็วกว่าปกติ โดยระยะเวลาในการออกดอกจะแตกต่างกันไปแล้วแต่พันธุ์และปริมาณของสารที่ให้ (Kulkarni, 1988; Burondkar และ Gunjate, 1991; Tongumpai และคณะ, 1991; Perez-Barraza และคณะ, 1988;)

นอกจากนี้ในการทดลองนี้ยังพบว่าการให้สารแม้ในลักษณะที่ไม่ต่อเนื่องกัน คือการให้แบบปีเว้นปี ก็ยังมีผลทำให้ต้นมะม่วงออกดอกมากกว่าปกติติดต่อกันทุกปีได้ ซึ่งอาจเป็นเพราะว่ายังมีสารตกค้างอยู่ในดินจึงมีผลต่อเนื่องถึงปีถัดไปแม้ไม่ได้ให้สาร ซึ่งในต่างประเทศก็มีการพบในลักษณะเดียวกัน คือจากงานทดลองของ Kulkarni (1988) ซึ่งให้สารพาโคลบิวทราโซลแก่มะม่วงพันธุ์ Dashehari และพันธุ์ Bangnapalli ในอัตรา 10 กรัมต่อต้น สามารถเพิ่มการออกดอกของมะม่วงในปีถัดไป ส่วน Burondkar และคณะ (1999) ได้รายงานว่เมื่อให้สารพาโคลบิวทราโซลอัตรา 7.5 และ 10 กรัม แก่ต้นมะม่วงพันธุ์ Alphonso ช้า 2 ปี สามารถทำให้มะม่วงออกดอกในปริมาณมากขึ้นและเร็วขึ้น และยังพบว่าอีกสองปีต่อมาต้นที่เคยราดสารจะมีการออกดอกได้ดีกว่าและเร็วกว่าต้นควบคุม สำหรับการสลายตัวของสารนี้ มีรายงานของ Jackson และคณะ (1996) ว่าสารนี้สามารถคงอยู่ในดินได้หลายปีและพบว่า จะสลายตัวได้ช้าที่ทุกอุณหภูมิ 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 ส่วนกิ่งบริเวณชายพุ่มส่วนใหญ่มักจะได้รับแสงไม่ดีเท่ากิ่งบนทรงพุ่ม จะมีการเจริญค่อนข้างเป็นแนวนอน และการเจริญเติบโตไม่ค่อยดี 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 โดยภายหลังการให้สาร 73 วัน ตายอดของต้นที่ราดสารทั้งสองทริทเมนต์เริ่มเจริญขึ้น เซลล์ตรงบริเวณด้านในของฐาน bud scale มีการแบ่งตัวเจริญขึ้นโดยมีลักษณะนูนขึ้น ในขณะที่ต้นควบคุมยังไม่พบลักษณะดังกล่าว แต่จะเริ่มพบได้ประมาณ 94 วันหลังการให้สาร หลังจากเกิดจุดกำเนิดดอก โครงสร้างภายในตามีการแบ่งเซลล์มากขึ้นและยืดยาวขึ้น ทำให้ตายอดเจริญขึ้นโดยการเจริญของจุดกำเนิดดอก ซึ่งเป็นกิ่งแขนงย่อยที่ 2 (secondary branch) ของช่อดอก และมีการเจริญของแขนงย่อยที่ 3 (tertiary branch) ทางด้านข้างของกิ่งแขนงย่อยที่ 2 ซึ่งสอดคล้องกับลักษณะการออกดอกภายนอกของต้นมะม่วง คือในต้นที่ราดสารจะมีการพัฒนาที่เร็วกว่า

3. การเปลี่ยนแปลงปริมาณสารควบคุมการเจริญเติบโตในตายอด

จิบเบอเรลลิน เป็นฮอร์โมนพืชที่มีคุณสมบัติในการชักนำการออกดอกในพืชบางชนิด เช่น *Arbidopsis* และพืชวันสั้น ในทางกลับกัน มีผลในการยับยั้งการออกดอกในพืชอีกหลายชนิด เช่น พืชดอกที่มีเนื้อไม้ ไม้ยืนต้น (woody angiosperm) และพืชที่ต้องการอากาศเย็นในการออกดอกเช่น ส้มแอปเปิล รวมทั้งมะม่วง (พีรเดช 2537, Pharis and King, 1985) และในมะม่วงพบว่าการให้จิบเบอเรลลินจากภายนอกจะยับยั้งการแทงช่อดอกของมะม่วง โดยเปลี่ยนให้กลายเป็นยอดอ่อนแทน โดยการเปลี่ยนแปลงจะมากหรือน้อยขึ้นกับระยะเวลาที่ให้รวมทั้งตำแหน่งของยอด (ประภัสสร, 2544 : วัชรพล, 2544 ; Toner et al. , 1984) จากการวิเคราะห์หาปริมาณสารคล้ายจิบเบอเรลลินในปลายยอดของกิ่งมะม่วง ซึ่งเป็นบริเวณที่ยังมีเนื้อเยื่อเจริญ ซึ่งน่าจะเป็นแหล่งการสร้างจิบเบอเรลลินเพื่อใช้ในการเจริญเติบโตในแต่ละฤดู (Jones และ MacMillan, 1989) พบว่าโดยภาพรวม การให้สารพาโคลบิวทราโซลทั้งสองลักษณะ ไม่ทำให้ปริมาณสารคล้ายจิบเบอเรลลินในปลายยอดเปลี่ยนแปลงไปจากต้นควบคุมอย่างชัดเจน อาจเนื่องมาจาก ตลอดระยะเวลาทำการทดลองมีฝนตกอยู่ตลอดเวลา อีกทั้งลักษณะของสวนมะม่วงเป็นแบบขร่ง มีน้ำขังอยู่ตลอด ทำให้ต้นมะม่วงเกิดใบใหม่ทั้งในต้นควบคุมและต้นที่ราดสาร โดยจะเกิดช่อดอกประปรายทั้งต้นที่ราดสารและต้นควบคุม แต่ต้นที่ราดสารจะมีปริมาณช่อดอกมากกว่าต้นควบคุม และจากปรากฏการณ์ธรรมชาติที่ฝนตกลงมาแล้วมะม่วงเปลี่ยนสภาพจากดอกเป็นใบ เนื่องมาจากอิทธิพลของฝนและน้ำ ซึ่งน้ำจะช่วยเพิ่มการละลายของไนโตรเจนในดิน เป็นผลให้คาร์โบไฮเดรต

ที่สะสมอยู่ถูกนำไปใช้ในการสร้างใบ หรืออาจส่งผลเปลี่ยนสัดส่วนฮอร์โมนต่างๆที่ช่วยส่งเสริมการออกดอกของมะม่วง

การทดลองครั้งนี้ให้ผลค่อนข้างแตกต่างจากผลการทดลองที่ผ่านมา เช่น คณพล (2532) ได้ทำการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของสารคลอโรฟิลล์ในมะม่วงพันธุ์เขียวเสวย พบว่าในกิ่งยอดของมะม่วงเขียวเสวยที่ออกดอก จะมีปริมาณสารคลอโรฟิลล์ในสัปดาห์ที่ 14 ก่อนการออกดอก และจะลดลงจนไม่สามารถตรวจพบได้ในสัปดาห์ที่ 6 ก่อนการออกดอก ส่วนในต้นที่ไม่ออกดอกจะพบสารนี้ในปริมาณมากในช่วง 12 สัปดาห์ก่อนแตกใบอ่อน จากนั้นจะลดลง และหลังจาก 6 สัปดาห์ก่อนแตกใบอ่อน ปริมาณสารคลอโรฟิลล์จะเพิ่มขึ้นอีกครั้งหนึ่ง ส่วนชมนาด (2542) ได้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงในรอบปีของปริมาณสารคลอโรฟิลล์ในมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ซึ่งไม่ได้มีการรื้อถอน 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 ปริมาณของสารนี้จะเพิ่มขึ้นหลังการเกิดตาดอกของลิ้นจี่ 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 แต่อาจขึ้นกับปัจจัยหลายๆอย่าง เช่น ชนิดพืช สภาพแวดล้อม ฯลฯ ส่วนผลของสารพาโคลบิวทราโซลต่อการเปลี่ยนแปลงของสารนี้ภายในพืชก็ไม่ได้มีการศึกษามาก่อน แต่จากงานทดลองครั้งนี้ดูเหมือนสารพาโคลบิวทราโซลจะไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของไซโตไคนิน ซึ่งอาจเป็นเพราะสารพาโคลบิวทราโซลมีผลโดยตรงเฉพาะกับจิบเบอเรลลินเท่านั้น จึงไม่มีผลต่อสารควบคุมการเจริญเติบโตชนิดอื่น

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

ได้ดีทุกปี ต้นมะม่วงที่ทำการราดสารมักจะเป็นต้นที่สมบูรณ์และได้รับการดูแลเป็นอย่างดี ซึ่งบทบาทของสารพลาโคลบิวทราโซลต่อการสะสมอาหารภายในต้นมะม่วงจะได้มีการกล่าวถึงในหัวข้อต่อไป

สรุป

จากการทดลองในข้อ 1.1 และ 1.2 ซึ่งเป็นการให้สารพลาโคลบิวทราโซลแก่มะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ ในสภาพแปลงปลูกแบบกร่อง โดยมีการให้สารซ้ำทั้งในลักษณะปีเว้นปีและทุกปีติดต่อกัน เพื่อบังคับให้ออกดอกนอกฤดู โดยทำการศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางการเจริญเติบโตจากภายนอก วิทยาของการพัฒนาตาดอก และการเปลี่ยนแปลงสารควบคุมการเจริญเติบโตภายในที่น่าจะเกี่ยวข้องกับการออกดอก ได้แก่ สารคลอโรฟิลล์เบอโรลลิน และสารคลอโรฟิลล์โคโรนิน ควบคู่กันไป สามารถสรุปได้ว่า

1. การให้สารพลาโคลบิวทราโซลแก่มะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ มีผลทำให้ความช่อดกช่อดกเจริญช้ากว่าปกติ แต่สารนี้ไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตทางกิ่งก้านในด้านอื่น ไม่ว่าจะเป็น จำนวนใบ เส้นผ่านศูนย์กลางกิ่งและตาดอก
2. การให้สารพลาโคลบิวทราโซลซ้ำมากกว่าหนึ่งครั้ง ทั้งในลักษณะปีเว้นปีและสามปีติดต่อกัน มีผลทำให้มะม่วง มีการออกดอกเพิ่มขึ้น เร็วขึ้น และใช้เวลาในการออกดอกทั่วทั้งต้นเร็วกว่าต้นที่ไม่ได้ราดสาร โดยมีผลทำให้เกิดจุดกำเนิดดอกเร็วกว่าต้นที่ไม่ได้ราดสาร
3. การราดสารพลาโคลบิวทราโซลทั้งในลักษณะปีเว้นปี และสามปีติดต่อกัน ไม่มีผลชัดเจนต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารคลอโรฟิลล์เบอโรลลิน ในต้นมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ที่ปลูกในสภาพที่ไม่สามารถควบคุมสภาพแวดล้อม โดยเฉพาะในเรื่องความชื้นได้ แต่พบว่าคลอโรฟิลล์เบอโรลลินจะมีปริมาณค่อนข้างต่ำในช่วง peak การออกดอกของมะม่วงทั้งในต้นควบคุมและต้นที่ราดสารทั้ง 2 ทรีทเมนต์
4. สารพลาโคลบิวทราโซลไม่น่าจะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณคลอโรฟิลล์โคโรนินในต้นมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ และพบคลอโรฟิลล์โคโรนินในปริมาณที่สูงในช่วงออกดอกติดผลของมะม่วง 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 รักษ์การ. 2533. อิทธิพลของสารพอลิบิวทราโซลที่มีต่อการเจริญเติบโต การเกิดดอกและผลผลิตของบัว. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- ชนนาถ เกิดคง. 2542. การเปลี่ยนแปลงปริมาณในรอบปีของสารคล้ายจิบเบอเรลลินภายในยอดมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- ประภัสสร ธิยาพันธุ์. 2544. ผลของการเพิ่มปริมาณ GA₃ ที่ปลายยอดก่อนการออกดอกและตำแหน่งของกิ่งยอดบนทรงพุ่มต่อการออกดอกของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ที่ได้รับสารพอลิบิวทราโซล. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี. ภาควิชาพืชสวน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- พีรเดช ทองอำไพ. 2537. ฮอร์โมนพืชและสารสังเคราะห์ แนวทางการใช้ประโยชน์ในประเทศไทย. ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ, น. 12-14.
- นาถฤดี สุกกิจจารักษ์. 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 ที่ปลายยอดมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ในช่วงก่อนออก ดอกต่อลักษณะของช่อดอกหรือยอดอ่อนที่เกิดขึ้น. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี. ภาควิชาพืชสวน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

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

สันติ ชาญวิจิตร. 2532. ผลของสาร paclobutrazol ต่อการเกิดและการพัฒนาตาดอกของมะม่วงพันธุ์ เขียวเสวย. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สุจริต แซ่ตั้ง. 2531. ผลของ paclobutrazol ต่อการออกดอกและการเปลี่ยนแปลงทางสรีระวิทยาบาง ประการของลิ้นจี่พันธุ์สงขลา. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

อรพิน เกิดชูชื่น. 2532. อิทธิพลของอุณหภูมิ ความเครียดน้ำ พาโคลบิวทราโซล และปุ๋ยทางใบที่มี ต่อ การออกดอกของลิ้นจี่พันธุ์ค่อมที่ปลูกในแถบภาคกลางของประเทศไทย. วิทยานิพนธ์ปริญญา โท. 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 เพื่อให้ทราบถึงความสัมพันธ์หรือเกี่ยวข้องระหว่างการเปลี่ยนแปลงของคาร์โบไฮเดรตกับกระบวนการสร้างตาดอกในมะม่วง โดยเฉพาะการเปรียบเทียบระหว่างต้นในมะม่วงที่มีการผลิตให้ออกดอกนอกฤดู โดยใช้สารพาโคลบิวทราโซลบังคับกับต้นที่ไม่ให้สารหรือต้นควบคุม

1.2.1 ผลของการให้สารพาโคลบิวทราโซลต่อปริมาณคาร์โบไฮเดรตสะสม และการออกดอกของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้

ปัจจุบันมีการใช้สารพาโคลบิวทราโซลกระตุ้นการออกดอกของมะม่วงในช่วงเวลาต่างๆ ของปีอย่างแพร่หลาย อย่างไรก็ตามการให้สารร่วมกับมะม่วงต้นเดิม เพื่อกระตุ้นการออกดอกในปีต่อๆ มา อาจพบว่าต้นมะม่วงบางส่วนออกดอกไม่สม่ำเสมอเช่นในปีแรกๆ (จุลพิร, 2530) และบางส่วนของอาการต้นโทรม กิ่งเลื้อยอ่อนแอ ซึ่งอาจเกี่ยวข้องกับสมดุลฮอร์โมนพืชที่เปลี่ยนแปลงไปเนื่องจากสารพาโคลบิวทราโซลมีฤทธิ์ยับยั้งการสังเคราะห์จีบเบอเรลลินในพืช (Hedden และ Graebbe, 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) แต่ยังไม่มียางานว่าการให้สารพาโคลบิวทราโซลซ้ำในปีต่อมามีผลต่อการออกดอกและปริมาณคาร์โบไฮเดรตสะสมของมะม่วงอย่างไร

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 เจริญเติบโตเข้าสู่ระยะใบเพสลาด (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

ทรีตเมนต์ที่ 3: ให้สารพาโคลบิวทราโซลซ้ำเป็นปีที่สอง (ได้รับสารครั้งแรกในปี พ.ศ. 2540 และครั้งที่สอง ในปี พ.ศ. 2541) จำนวน 3 ต้น

ให้สารพาโคลบิวทราโซลโดยผสมสารตามอัตราที่กำหนดในน้ำสะอาดปริมาณ 1.5 ลิตรต่อต้น ราดสารที่โคนต้นมะม่วง และให้น้ำต้นมะม่วงอย่างสม่ำเสมอ ต้นมะม่วงในทรีตเมนต์ที่ 2 ได้รับสารพาโคลบิวทราโซลเป็นครั้งแรกในอัตรา 4 กรัม (a.i.) ต่อต้น ต้นมะม่วงในทรีตเมนต์ที่ 3 ได้รับสารพาโคลบิวทราโซลซ้ำเป็นปีที่สองในอัตราครึ่งหนึ่งของที่เคยได้รับในปีแรก คืออัตรา 2 กรัม (a.i.) ต่อต้น หลังการให้สาร ต้นมะม่วงทุกทรีตเมนต์ที่ไม่มีการแตกยอดใหม่อีกจนกระทั่งออกดอก

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

การบันทึกข้อมูล

การออกดอก บันทึกช่วงเวลาที่ดินมะม่วงมีการออกดอกโดยนับจำนวนวันหลังจากวันที่ให้สารพาโคลบิวทราโซลจนกระทั่งต้นมะม่วงแทงช่อดอก และช่อดอกมีอายุ 2 สัปดาห์คืออยู่ในระยะร่วงข้าวสังเกตเห็นเป็นช่อดอกได้ชัดเจน รวมทั้งบันทึกความสม่ำเสมอในการออกดอกภายในต้นจากกิ่งยอดที่ผูกป้ายไว้เป็นตัวแทน 20 กิ่งต่อต้น และความสม่ำเสมอในการออกดอกระหว่างต้น

ปริมาณคาร์โบไฮเดรตสะสมในกิ่งยอดและใบ เนื่องจากต้นมะม่วงกลุ่มที่ได้รับสารพาโคลบิวทราโซลและกลุ่มต้นควบคุมที่ไม่ได้รับสาร 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) ต้นควบคุม (control) ไม่ให้สารพอลิเมอร์ 2) ให้สารพอลิเมอร์เป็นครั้งแรก และ 3) ให้สารพอลิเมอร์ซ้ำเป็นปีที่สอง แต่ละทรีตเมนต์ใช้ต้นมะม่วง 3 ต้น วิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติด้วยวิธี analysis of variance และวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's new multiple range test (SAS Institute, 1988)

ตารางที่ 1.7 ช่วงเวลาการเก็บตัวอย่างพืชเพื่อวิเคราะห์ปริมาณคาร์โบไฮเดรตสะสม

ระยะการเติบโต	ให้สารพอลิเมอร์		
	ต้นควบคุม	ครั้งแรก	ซ้ำในปีที่สอง
1. ก่อนให้สารพอลิเมอร์	←	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

พบว่าในทุกทรีตเมนต์ปลายยอดที่ผูกปายทำเครื่องหมายเป็นตัวแทนในการศึกษาการออกดอกของต้นมะม่วงทรีตเมนต์มีการออกดอกทุกยอด 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 คือมีค่าเฉลี่ยประมาณ 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) ซึ่งก็อาจเป็นผลมาจากสภาพดินที่ต่างกัน อย่างไรก็ตามต้นที่ได้รับสารทั้งสองทรีตเมนต์ออกดอกนอกฤดูได้ในเวลาต่อมา ในขณะที่ต้นควบคุมยังไม่

สามารถออกดอก แม้จะมีปริมาณ TNC ไม่แตกต่างจากต้นที่ได้รับสารพาโคลบิวทราโซล เป็นครั้งแรกก็ตาม

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างต้นควบคุมและต้นที่ราดสารในระยะเวลาเจริญเติบโตระยะเดียวกัน 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 ต้นมะม่วงที่ได้รับสารพาโคลบิวทราโซลทั้งสองทรีตเมนต์มีการออกดอกสม่ำเสมอทั้งภายในต้นและระหว่างต้นเมื่อเปรียบเทียบกับต้นควบ

คุม จากการศึกษาครั้งนี้เมื่อเปรียบเทียบตามระยะการเติบโตช่วงก่อนออกดอกและช่วงออกดอก พบว่าการให้สารพาโคลบิวทราโซลไม่ได้ทำให้มะม่วงน้ำดอกไม้มีการสะสมคาร์โบไฮเดรตเพิ่มขึ้นเด่นชัด ดังนั้นการสะสมคาร์โบไฮเดรตจึงอาจไม่ใช่ปัจจัยหลักที่ทำให้ต้นมะม่วงที่ได้รับสารออกดอกเร็วและสม่ำเสมอขึ้น โดยเฉพาะหากพิสูจน์ได้ว่าแหล่งของคาร์โบไฮเดรตที่สำคัญที่สุดต่อการออกดอกและติดผลของมะม่วงคือที่กิ่งยอด แต่หากพบว่าแหล่งของคาร์โบไฮเดรตที่สำคัญอยู่ที่อื่นคาร์โบไฮเดรตก็อาจจะยังมีความสำคัญต่อการออกดอกอยู่มาก 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) ของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ที่ได้รับสารพาโคลบิวทราโซลเป็นครั้งแรก หรือได้รับสารซ้ำเป็นปีที่สอง เปรียบเทียบกับต้นที่ไม่ได้รับสาร

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

¹ ns หมายถึงค่าเฉลี่ยในคอลัมน์ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

เอกสารอ้างอิง

- สุสิทธิ์ แจ่มอุทัย. 2530. ผลของการใช้สารพาโคลบิวทราโซลซ้ำที่เดิมในอัตราต่างๆ ต่อการออกดอกของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ทะวายเบอร์ 4. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ
- นาถฤดี ศุภกิจจาร์ภย์. 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. 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.
- Okuda, H., T. Kihara, and I. Ieagaki. 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/STATTM User's guide, release 6.03 edition. SAS Institute Inc., Cary, North Carolina.
- Schaffer, B., A.W. Whaley, 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 ของพืชขึ้นต้นในช่วงก่อนที่จะมีการเจริญเติบโตทางด้านกิ่งใบ 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 แนวทางหนึ่งในการเพิ่มปริมาณคาร์โบไฮเดรตให้กับพืชขึ้นต้นเพื่อให้เพียงพอต่อความต้องการของต้นพืชในขณะนั้น อาจทำได้โดยการให้สารละลายน้ำตาลโมเลกุลเล็กเสริมทางใบ ซึ่งมีการแนะนำให้ใช้เพื่อช่วยฟื้นฟูดินพืชหลังน้ำท่วมขณะที่รากพืชได้รับความเสียหาย และใบมีประสิทธิภาพในการสังเคราะห์แสงต่ำ (รวี, 2540) และการให้สารละลายน้ำตาลเสริมทางใบสำหรับทุเรียนร่วมกับการให้น้ำปุ๋ยเคมีเพื่อบำรุงดินให้พร้อมต่อการออกดอก 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 มีชั้นไขปกคลุม 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 ปีบนต้นค่อมะม่วงพันธุ์แก้วในการศึกษา 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.โทซิก 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 ชับน้ำให้แห้ง 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

การศึกษาครั้งนี้ทำกับใบที่เด็ดออกมาจากต้น (detach leaves) เพื่อจัดสภาพที่มีความชื้นสัมพัทธ์สูงและอุณหภูมิคงที่ ให้ใบพืชสามารถดูดซึมสารละลายน้ำตาลที่ให้อย่างเต็มที่ และเพื่อป้องกันการเคลื่อนย้ายของน้ำตาลออกจากใบไปสู่ sink อื่นๆ หรือการเคลื่อนย้ายของน้ำตาลจากแหล่งอื่นเข้ามาที่ใบ นอกจากนี้การทดลองใช้ช่วงเวลาสั้นเพียง 2 ชั่วโมงในการดูดซึมสารละลายน้ำตาล ที่ให้จากภายนอกเพื่อให้การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำตาลในใบเนื่องจากการหายใจ การเติบโต หรือการเปลี่ยนไปเป็นแป้งและสารอื่นๆ เกิดขึ้นน้อยที่สุด โดยมีสมมติฐานว่าถ้าน้ำตาลที่ให้กับแผ่นใบสามารถดูดซึมเข้าสู่ใบได้ ปริมาณน้ำตาลชนิดนั้นในใบน่าจะเพิ่มขึ้น

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

ใช้ต้นมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ และมะม่วงพันธุ์แรด อายุ 7 ปี บนดินตอมะม่วงพันธุ์แก้ว 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 แล้วชับน้ำให้แห้ง 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 เนื่องจากเป็น การทดลองสภาพธรรมชาติที่อุณหภูมิผันแปร 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 กับใบมะม่วงใน สภาพควบคุม มีความชื้นสัมพัทธ์สูง มีผลต่อปริมาณ TNC และน้ำตาลในใบมะม่วงแตกต่างกัน (ตารางที่ 1) glucose ทั้งสามระดับความเข้มข้นไม่มีผลต่อปริมาณ TNC fructose และ sucrose ในใบ ขณะที่ fructose ทั้ง 3 ความเข้มข้นทำให้ปริมาณ TNC เพิ่มขึ้นโดยเฉลี่ย 23 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณ ในใบควบคุม โดย fructose แต่ละระดับทำให้ปริมาณ TNC เพิ่มขึ้นใกล้เคียงกัน การให้ sucrose โดยเฉพาะที่อัตรา 100 mM ทำให้ปริมาณ TNC ในใบมะม่วงเพิ่มขึ้น 14 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณในใบ ควบคุม แต่ให้ผลไม่เด่นชัดเท่า fructose

การให้สารละลาย fructose และ sucrose ทำให้ปริมาณ fructose ในใบเพิ่มขึ้น แต่มีปริมาณ sucrose ในใบไม่แตกต่างจากใบควบคุม สารละลาย fructose 25 mM ทำให้ปริมาณ fructose ในใบ เพิ่มขึ้นถึง 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