ผลของเมพิควอทคลอไรด์ คลอร์มีควอทคลอไรด์ และพาโคลบิวทราโซลต่อสรีรวิทยาการออกดอก ของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทอง

มะลิวรรณ นาสี

วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

(เกษตรศาสตร์)

สาขาวิชาพืชสวน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

บัณฑิตวิทยาลัย

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ธันวาคม 2557

ผลของเมพิควอทคลอไรด์ คลอร์มีควอทคลอไรด์ และพาโคลบิวทราโซลต่อสรีรวิทยาการออกดอก ของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทอง

มะลิวรรณ นาสี

วิทยานิพนธ์นี้เสนอต่อมหาวิทยาลัยเชียงใหม่เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตาม
หลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์)
สาขาวิชาพืชสวน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
ธันวาคม 2557

ผลของเมพิควอทคลอไรด์ คลอร์มีควอทคลอไรด์ และพาโคลบิวทราโซลต่อสรีรวิทยาการออกดอก ของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทอง

มะลิวรรณ นาสี

วิทยานิพนธ์นี้ได้รับการพิจารณาอนุมัติให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์)
สาขาวิชาพืชสวน

คณะกรรมการสอบ

.....ประธานกรรมการ
(ดร. วินัย วิริยะอลงกรณ์)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ดรุณี นาพรหม)

.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. พิทยา สรวมศิริ)

คณะกรรมการที่ปรึกษา

.....อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ดรุณี นาพรหม)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(รองศาสตราจารย์ ดร. พิทยา สรวมศิริ)

1 ธันวาคม 2557

© ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงลงได้ด้วยความกรุณาของรองศาสตราจารย์ ดร. พิทยา สรวมศิริ กรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผู้ที่ได้ให้ความรู้ คำปรึกษา คำแนะนำ และแนวทางในการดำเนินงานวิจัย ตลอดจนการตรวจสอบแก้ไขให้ถูกต้องและเสร็จสมบูรณ์ ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ดรุณี นาพรหม ประธานกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้ให้ความรู้ คำปรึกษาและแนะนำ ตลอดจนช่วยตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ และ ดร. วินัย วิริยะอลงกรณ์ กรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ช่วยให้คำปรึกษาและแนะนำ ตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องทำให้วิทยานิพนธ์เล่มนี้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณ สำนักงานสงเคราะห์ทหารผ่านศึกเขตลำปาง และบัณฑิตวิทยาลัย ผู้ให้การสนับสนุนในด้านทุนการศึกษา

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่านที่ประสิทธิ์ประสาทวิชา และถ่ายทอดความรู้ประสบการณ์ที่เป็นประโยชน์ให้กับผู้เขียนได้นำไปใช้ในการดำเนินชีวิตต่อไป

ขอขอบคุณ คุณนุดี เจริญกิจ ที่คอยให้ความช่วยเหลือในทุกๆด้าน คอยให้คำปรึกษาและแนะนำตลอดจนการตรวจสอบแก้ไขวิทยานิพนธ์ให้ถูกต้องและเสร็จสมบูรณ์

ขอขอบคุณ เจ้าหน้าที่มูลนิธิโครงการหลวงผลิตภัณฑ์พืชสมุนไพรทุกท่าน ที่คอยช่วยเหลือและสถานที่ในการทำวิทยานิพนธ์ เจ้าหน้าที่ประจำห้องปฏิบัติการภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ และห้องปฏิบัติการกลาง ที่คอยอำนวยความสะดวกให้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบคุณ พี่ๆ เพื่อนๆ น้องๆ บัณฑิตพืชสวน พี่ๆ น้องๆ บ้านพืชอุตสาหกรรม ที่คอยช่วยเหลือทั้งในแปลงทดลองและในห้องปฏิบัติการ ให้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อชุมพล นาสี คุณแม่เปง นาสี พี่ประกิต นาสี คุณพ่อถวัลย์ อินสอาด คุณแม่นันทนา อินสอาด และว่าที่ ร.ต. บุญวัฒน์ อินสอาด ที่ได้ให้ความช่วยเหลือ และคอยเป็นกำลังใจให้ผู้เขียนศึกษาเล่าเรียน และทำวิทยานิพนธ์สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

มะลิวรรณ นาสี

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ผลของเมพิควอทคลอไรด์ คลอร์มีควอทคลอไรด์ และพาโคลบิวทราโซล ต่อสรีรวิทยาการออกดอกของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทอง	
ผู้เขียน	นางสาว มะลิวรรณ นาสี	
ปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์) พืชสวน	
คณะกรรมการที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ดรุณี นาพรหม	อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก
	รองศาสตราจารย์ ดร. พิทยา สรวมศิริ	อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

บทคัดย่อ

การศึกษาผลของเมพิควอทคลอไรด์ คลอร์มีควอทคลอไรด์ และพาโคลบิวทราโซลต่อสรีรวิทยาการออกดอกของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทอง ดำเนินการระหว่างเดือนกรกฎาคม 2555 ถึง เดือนมีนาคม 2556 ณ แปลงเกษตรกร อ.สันทราย จ.เชียงใหม่ วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) โดยกำหนดให้ 10 ต้นเป็น 1 บล็อค รวมทั้งหมด 3 บล็อค จำนวน 5 กรรมวิธี ดังนี้ 1) ชุดควบคุม 2) ราดทางดินด้วยพาโคลบิวทราโซล อัตรา 1 กรัมของสารออกฤทธิ์ต่อตารางเมตรของพื้นที่ใต้ทรงพุ่ม 3) พ่นทางใบด้วยเมพิควอทคลอไรด์ 3,000 มิลลิกรัมต่อลิตร 4) พ่นทางใบด้วยคลอร์มี-ควอทคลอไรด์ 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร และ 5) พ่นทางใบด้วยเมพิควอทคลอไรด์ 3,000 มิลลิกรัมต่อลิตรผสมกับคลอร์มีควอทคลอไรด์ 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่า การใช้สารชะลอการเจริญเติบโตของพืชในทุกกรรมวิธี สามารถชักนำการออกดอกได้เร็วกว่ากรรมวิธีควบคุมเฉลี่ย 87-92 วันหลังทำการทดลอง โดยการราดทางดินด้วยพาโคลบิวทราโซล มีผลทำให้มะม่วงออกดอกมากที่สุดถึง 96.16 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ การพ่นทางใบด้วยเมพิควอทคลอไรด์ 3,000 มิลลิกรัมต่อลิตร คลอร์มีควอทคลอไรด์ 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร และเมพิควอทคลอไรด์ 3,000 มิลลิกรัมต่อลิตรผสมกับคลอร์มีควอทคลอไรด์ 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร มีเปอร์เซ็นต์การออกดอก 65.46-82.13 เปอร์เซ็นต์ โดยในทุกกรรมวิธีมีช่อดอกล้วนเฉลี่ย 67.11-77.54 เปอร์เซ็นต์ และช่อดอกปนใบ 22.46-32.89 เปอร์เซ็นต์ และการราดทางดินด้วยพาโคลบิวทราโซล การพ่นทางใบด้วยเมพิควอทคลอไรด์ผสมกับคลอร์มี-ควอทคลอไรด์ และคลอร์มีควอทคลอไรด์ 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร มีจำนวนดอกต่อช่อมากกว่าการพ่นทางใบด้วยเมพิควอทคลอไรด์ 3,000 มิลลิกรัมต่อลิตร แต่การพ่นทางใบในทุกกรรมวิธีมีผลทำให้ต้นมะม่วงมีเปอร์เซ็นต์การติดผลเฉลี่ยมากกว่าการราดทางดินด้วยพาโคลบิวทราโซล

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาในช่วงก่อนการออกดอก พบว่า การราดทางดินด้วยพาโคลบิวทราโซล อัตรา 1 กรัมของสารออกฤทธิ์ต่อตารางเมตรของพื้นที่ใต้ทรงพุ่ม และการพ่นทางใบด้วยเมพิควอทคลอไรด์ 3,000 มิลลิกรัมต่อลิตรผสมกับคลอร์มีควอทคลอไรด์ 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร มีผลทำให้ตาดอกสร้างจุดกำเนิดของตาดอก ในวันที่ 45 หลังการทดลอง ซึ่งเร็วกว่าการพ่นทางใบด้วยเมพิควอทคลอไรด์ 3,000 มิลลิกรัมต่อลิตร และการพ่นทางใบด้วยคลอร์มีควอทคลอไรด์ 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่เกิดการสร้างจุดกำเนิดของตาดอก ในวันที่ 60 หลังการทดลอง อย่างไรก็ตามการเปลี่ยนแปลงปริมาณ TNC ปริมาณ RS และ ฟอสฟอรัส ในช่วงก่อนการออกดอกของกรรมวิธีที่ออกดอก ทั้ง 4 กรรมวิธี พบว่า มีปริมาณเพิ่มสูงขึ้นในช่วงก่อนการออกดอก ในขณะที่กรรมวิธีควบคุมลดต่ำลง ส่วนปริมาณไนโตรเจน จะลดลงในช่วงการสร้างจุดกำเนิดตาดอก และจะเพิ่มสูงขึ้นก่อนการแทงช่อดอก ส่วนปริมาณโพแทสเซียม จะเพิ่มสูงขึ้นทั้งในระยะการสร้างจุดกำเนิดตาดอกของกรรมวิธีที่ออกดอก และการสร้างตาใบของกรรมวิธีควบคุม ในช่วงวันที่ 15-45 หลังการทดลอง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Thesis Title	Effects of Mepiquat Chloride, Chlormequat Chloride, and Paclobutrazol on Flowering Physiology of Mango cv. Nam Dok Mai Si Thong	
Author	Ms. Maliwan Nasee	
Degree	Master of Science (Agriculture) Horticulture	
Advisory Committee	Asst. Prof. Dr. Daruni Naphrom	Advisor
	Assoc. Prof. Dr. Pittaya Sruamsiri	Co-advisor

ABSTRACT

The study on effect of mepiquat chloride, chlormequat chloride, and paclobutrazol on flowering of mango cv. 'Nam Dok Mai Si Thong' was carried out during July 2012 to March 2013 at Sansai district, Chiang Mai. The experiment was designed based on Randomized Complete Block Design (RCBD) with 5 treatments and 3 blocks (10 trees each); 1) control, 2) soil drench with paclobutrazol 1 g a.i/m^2, 3) foliar spray with mepiquat chloride 3,000 mg/l, 4) foliar spray with chlormequat chloride 1,000 mg/l, and 5) foliar spray with mepiquat chloride 3,000 mg/l mixed with chlormequat chloride 1,000 mg/l**.** The results showed that all growth retardant could induce flowering of mango trees faster than control, which flowered at 87-92 days after treatments. The treatment of soil drench with paclobutrazol 1 g a.i/m^2 gave the highest flowering of 96.16 % whereas foliar spraying with mepiquat chloride 3,000 mg/l and chlormequat chloride 1,000 mg/l and mepiquat chloride 3,000 mg/l plus chlormequat chloride 1,000 mg/l showed lower flowering percentage than paclobutrazol at 65.46-82.13 %. All treatments gave similary flower quality, 67.11-77.54 % of full flower, 22.46-32.89 % of leafy flower. Moreover, paclobutrazol 1 g a.i/m^2, mepiquat chloride 3,000 mg/l plus chlormequat chloride 1,000 mg/l and chlormequat chloride 1,000 mg/l bettes more effect on flower number per panicle than mepiquat chloride 3,000 mg/l. Moreover, all foliar spraying treatments promoted higher percentage of fruit setting than using paclobutrazol.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

For flowering physiology, It was found that soil drench with paclobutrazol 1 g a.i/m^2, spraying with mepiquat chloride 3,000 mg/l plus chlormequat chloride 1,000 mg/l induced flowering bud at 45 days after treatment, whereas treatment with mepiquat chloride 3,000 mg/l, chlormequat chloride 1,000 mg/l showed flowering bud at 60 days after treatment. Total nonstructural carbohydrate content reducing sugar and Phosphorus content was increased before flowering, while the control treatment was decreased. Nitrogen content at floral primodium stage was decreased, after that increased before flowering. Potassium content was increased at floral primodium stage and vegetative growth at 15-45 days after treatment.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สารบัญ

หน้า

กิตติกรรมประกาศ ค

บทคัดย่อภาษาไทย ง

ABSTRACT ฉ

สารบัญ ซ

สารบัญตาราง ฌ

สารบัญภาพ ฐ

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ประวัติความเป็นมา 1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 2

บทที่ 2 การตรวจเอกสาร 3

2.1 สถานการณ์การผลิตมะม่วงทั่วโลก และสถิติการส่งออกมะม่วงของประเทศไทย 3
2.2 กระบวนการเกิดดอก 4
2.3 ปัจจัยที่ควบคุมการออกดอก 5
2.4 ลักษณะช่อดอก และดอก 7
2.5 คาร์โบไฮเดรต 9
2.6 ธาตุอาหารพืช 10
2.7 สารชะลอการเจริญเติบโตของพืช 12
2.8 พาโคลบิวทราโซล 14
2.9 เมพิควอทคลอไรด์ 16
2.10 คลอร์มีควอทคลอไรด์ 17

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.11 การสะสมสารตกค้างของพาโคลบิวทราโซล เมพิควอทคลอไรด์ และคลอร์มีควอทคลอไรด์ 17

บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการ 20

3.1 พืชทดลอง 20
3.2 อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง 20
3.3 สารเคมี 22
3.4 วิธีการทดลอง 23
3.5 การบันทึกข้อมูล 25
3.6 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ 39
3.7 สถานที่ใช้ดำเนินการ และรวบรวมข้อมูล 39
3.8 ระยะเวลาดำเนินการวิจัย 40

บทที่ 4 ผลการทดลอง 41

4.1 การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในช่วงระยะเวลาการทำการทดลอง 41
4.2 ผลของเมพิควอทคลอไรด์ คลอร์มีควอทคลอไรด์ และพาโคลบิวทราโซล ต่อพฤติกรรมการเปลี่ยนแปลงตายอด 43
4.3 การเปลี่ยนแปลงตายอดของมะม่วงในช่วงก่อนการออกดอก 47
4.4 ผลของเมพิควอทคลอไรด์ คลอร์มีควอทคลอไรด์ และพาโคลบิวทราโซลต่อการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาในช่วงก่อนการออกดอกของต้นมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทอง 50

บทที่ 5 วิจารณ์ผลการทดลอง 56

5.1 ผลของเมพิควอทคลอไรด์ คลอร์มีควอทคลอไรด์ และพาโคลบิวทราโซล ต่อการออกดอก และการเปลี่ยนแปลงของสารคาร์โบไฮเดรต และธาตุอาหารสำคัญของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทอง 56
5.2 การเปลี่ยนแปลงปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ไม่ใช่โครงสร้าง น้ำตาลรีดิวซ์ และธาตุอาหารในช่วงก่อนการออกดอกของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทอง 59

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

บทที่ 6 สรุปผลการทดลอง 63

เอกสารอ้างอิง 64

ประวัติผู้เขียน 74

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 ความสัมพันธ์ของปริมาณคาร์โบไฮเดรตและปริมาณไนโตรเจนต่อการออกดอก 9
ตารางที่ 2.2 การกำหนดค่าการตกค้างของสารชะลอการเจริญเติบโตภายในพืช 19

ตารางที่ 3.1 การเตรียมต้นพืชทดลอง 24
ตารางที่ 3.2 การเตรียมสารละลายน้ำตาลมาตรฐาน 31

ตารางที่ 4.1 การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในแต่ละช่วงการพัฒนาตายอด ของแต่ละกรรมวิธี 41
ตารางที่ 4.2 การเปลี่ยนแปลงตายอดหลังการตัดแต่งกิ่ง 43
ตารางที่ 4.3 จำนวนวันที่ออกดอกและเปอร์เซ็นต์การออกดอกของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทอง 44
ตารางที่ 4.4 เปอร์เซ็นต์ลักษณะช่อดอก และขนาดของช่อดอก 45
ตารางที่ 4.5 จำนวนดอกต่อช่อ เปอร์เซ็นต์เพศดอกต่อช่อ และอัตราส่วนเพศดอก 46
ตารางที่ 4.6 เปอร์เซ็นต์การติดผล 47
ตารางที่ 4.7 การเปลี่ยนแปลงตายอดของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองในช่วงก่อนการออกดอก 49

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 2.1 ผลผลิตมะม่วงทั่วโลก 4

ภาพที่ 2.2 ปริมาณการส่งออกมะม่วงรายเดือนของปี 2554- ปี 2556 4

ภาพที่ 2.3 ดอกเพศผู้และดอกสมบูรณ์เพศที่ทำหน้าที่เป็นดอกเพศเมีย 8

ภาพที่ 2.4 แผนผังแสดงขั้นตอนการสังเคราะห์จิบเบอเรลลินและการยับยั้ง โดยสารชะลอการเจริญเติบโต 14

ภาพที่ 2.5 โครงสร้างของสารพาโคลบิวทราโซล 15

ภาพที่ 2.6 โครงสร้างของสารเมพิควอทคลอไรด์ 16

ภาพที่ 2.7 โครงสร้างของสารคลอร์มีควอทคลอไรด์ 17

ภาพที่ 3.1 ลักษณะต้นมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่ใช้ในการทดลอง 20

ภาพที่ 3.2 รูปต้นมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองก่อนการตัดแต่งกิ่งและหลังการตัดแต่งกิ่ง 24

ภาพที่ 3.3 การนับจำนวนยอดที่แตกใบอ่อนหรือออกดอกต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตร 26

ภาพที่ 3.4 ลักษณะของช่อดอกล้วนและช่อดอกปนใบ 27

ภาพที่ 3.5 วิธีการวัดขนาดช่อดอกด้านกว้างที่สุดและยาวจากโคนช่อดอกถึงปลายช่อดอก 27

ภาพที่ 3.6 ขั้นตอนการวิเคราะห์หาปริมาณ TNC และ RS โดยวิธีของ Nelson's redueing sugar procedure (A.O.A.C., 1990) 32

ภาพที่ 3.7 ขั้นตอนการย่อยตัวอย่างพืชเพื่อใช้วิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจน และฟอสฟอรัส โดยวิธี Ohyama *et al*., (1985; 1986) 33

ภาพที่ 3.8 ขั้นตอนการย่อยตัวอย่างพืชเพื่อใช้วิเคราะห์ปริมาณโพแทสเซียม โดยวิธี Mizuleoshi *et al.*, 1994 34

ภาพที่ 3.9 ขั้นตอนการวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจนโดยวิธี Ohyama *et al*. (1991) 36

ภาพที่ 3.10 ขั้นตอนการวิเคราะห์หาปริมาณฟอสฟอรัสโดยวิธี Ohyama *et al*. (1991) 38

ภาพที่ 3.11 ขั้นตอนการวิเคราะห์หาปริมาณโพแทสเซียมโดยวิธี Ohyama *et al*. (1991) 39

ภาพที่ 4.1 ลักษณะการแตกใบอ่อน ใบเพสลาด ใบแก่ และการแทงช่อดอกของมะม่วง พันธุ์น้ำดอกไม้สีทอง 41

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาพที่ 4.2 การเปลี่ยนแปลงปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ไม่ใช่โครงสร้าง และปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ 52
ภาพที่ 4.3 การเปลี่ยนแปลงปริมาณธาตุอาหารหลัก ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ในใบมะม่วง 55

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

บทที่ 1

บทนำ

มะม่วงเป็นพืชที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศไทย โดยผลผลิตส่วนใหญ่ใช้บริโภคภายในประเทศ และแปรรูปสูงถึง 2,911,469 ตันต่อปี ซึ่งมีการส่งออกไปยังต่างประเทศเฉลี่ยปีละ 68,490 ตัน (ข้อมูลระหว่าง ปี 2554 - ปี 2556) (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2556) ในปัจจุบันการผลิตมะม่วงในฤดูกาลมักประสบกับปัญหาการออกดอกติดผลเว้นปี ออกดอกมากแต่ไม่ติดผล คุณภาพของผลผลิตไม่สม่ำเสมอ (พิทยา และคณะ, 2553) และในช่วงระยะการเก็บเกี่ยวผลผลิต มะม่วงจะมีปริมาณมากจนล้นตลาดและจำหน่ายได้ราคาต่ำ (เจนวิทย์, 2548) จึงเป็นสาเหตุที่ทำให้เกษตรหันมาผลิตมะม่วงนอกฤดู และเกิดการกระตุ้นระบบการผลิตมะม่วงตลอดทั้งปีโดยใช้สารพาโคลบิวทราโซล

1.1 ประวัติความเป็นมา/เหตุปัจจัย

ในปัจจุบันเกษตรกรนิยมใช้สารพาโคลบิวทราโซลในการผลิตมะม่วงเป็นจำนวนมาก สารจะมีประสิทธิภาพสูงก็ต่อเมื่อราดทางดิน แต่การใช้ทางดินซ้ำในพื้นที่เดิมและต่อเนื่องยาวนานกว่า 10 ปี จะเกิดการสะสมไว้ในดิน หรืออาจเคลื่อนสู่สภาพแวดล้อมโดยรอบ (ธวัชชัย และรุ่งทิพย์, 2553) เช่นเดียวกับ พิทยา และคณะ (2553) รายงานว่า มีการตกค้างภายในดินเป็นเวลาหลายเดือน ซึ่ง Sharma and Awasthi (2005) พบว่า สารที่ตกค้างในดินอาจเป็นอันตรายต่อมนุษย์ และสิ่งแวดล้อมได้ ดังนั้นในอนาคตอาจมีการกีดกันการส่งออกมะม่วงที่ใช้สารพาโคลบิวทราโซล ด้วยเหตุนี้จึงมีแนวความคิดการทดลองการใช้สารเมพิควอทคลอไรด์ และคลอร์มีควอทคลอไรด์ ที่มีคุณสมบัติคล้ายคลึงกับสารพาโคลบิวทราโซล ในการยับยั้งการสร้างจิบเบอเรลลิน (Rademacher, 2000) ส่งผลให้ต้นพืชหยุดการเจริญเติบโตทางด้านกิ่งใบ และมีการพัฒนาตาดอกขึ้นมาแทน (ธวัชชัย และรุ่งทิพย์, 2553) จากการศึกษาของโสภา (2555) พบว่า การพ่นทางใบด้วยเมพิควอทคลอไรด์ 700 มิลลิกรัมต่อลิตรผสมกับคลอร์มีควอทคลอไรด์ 800 มิลลิกรัมต่อลิตร มีแนวโน้มเพิ่มเปอร์เซ็นต์การออกดอกของมะม่วง และมีลักษณะเป็นช่อดอกล้วนมากที่สุด เท่ากับ 52.67 และ60.55 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับในด้านการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยา ศรัญญา (2554) รายงานว่า การออกดอกของไม้ผลปริมาณคาร์โบไฮเดรตจะสัมพันธ์กับปริมาณไนโตรเจนในเนื้อเยื่อพืช คือ เมื่อพืชมีการสะสมสารประกอบคาร์โบไฮเดรตไว้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

มากจะช่วยส่งเสริมและสนับสนุนการออกดอก รวมถึงปริมาณธาตุฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม หากมีในปริมาณที่สูงต้นพืชก็จะสามารถสะสมอาหารได้มาก และกระตุ้นการสร้างตาดอกได้ (พิทยา, 2555)

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อเปรียบเทียบผลของเมพิควอทคลอไรด์ คลอร์มีควอทคลอไรด์ และพาโคลบิวทราโซล ต่อการออกดอก และการเปลี่ยนแปลงของสารกลุ่มคาร์โบไฮเดรตและธาตุอาหารสำคัญของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทอง

1.2.2 เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ไม่ใช่โครงสร้าง น้ำตาลรีดิวซ์ และธาตุอาหารในช่วงก่อนการออกดอกของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทอง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

บทที่ 2

การตรวจเอกสาร

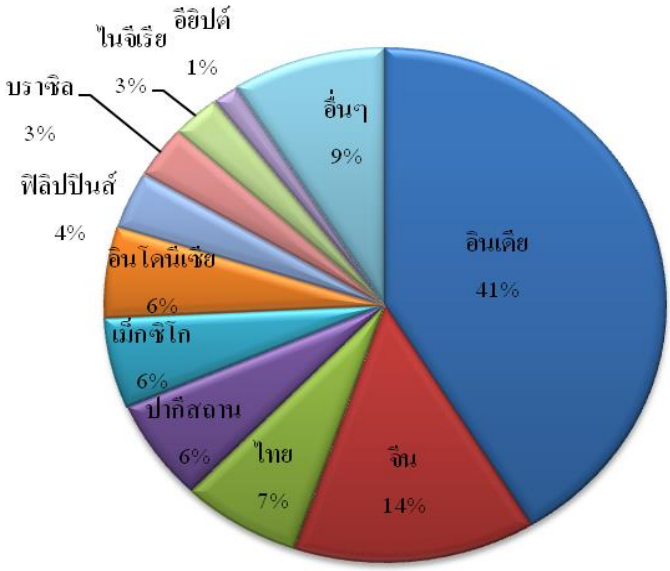
มะม่วง (Mango) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Mangifera indica* L. อยู่ในตระกูล Anacardiaceae ซึ่งเป็นไม้ผลเขตร้อนชื้น มีถิ่นกำเนิดในแถบอินเดีย พม่า และมีการกระจายพันธุ์ไปทั่วโลก (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2551) มะม่วงมีความสำคัญทางเศรษฐกิจ และได้รับความนิยมให้เป็นผลไม้ที่ส่งออกไปยังต่างประเทศ (มนตรี, 2554)

ลักษณะประจำพันธุ์ของมะม่วงน้ำดอกไม้ คือ มีใบป้อมกลางใบ ปลายใบเรียวแหลม ขอบใบเป็นคลื่น (ธวัชชัย และคณะ, 2556) ทรงผลเป็นแบบอูมรี หัวใหญ่ปลายแหลม ผลอ่อน (ดิบ) มีสีเขียวนวล ผลแก่ (สุก) มีสีเหลืองนวลอมส้ม (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2551) มีกลิ่นหอมเฉพาะตัว (ศรัญญา, 2554) ผลมีความกว้างประมาณ 7.29 เซนติเมตร ยาว 14.73 เซนติเมตร น้ำหนักผลประมาณ 340 กรัมต่อผล หลังจากดอกบานถึงผลแก่จะมีอายุประมาณ 100 วัน (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2551)

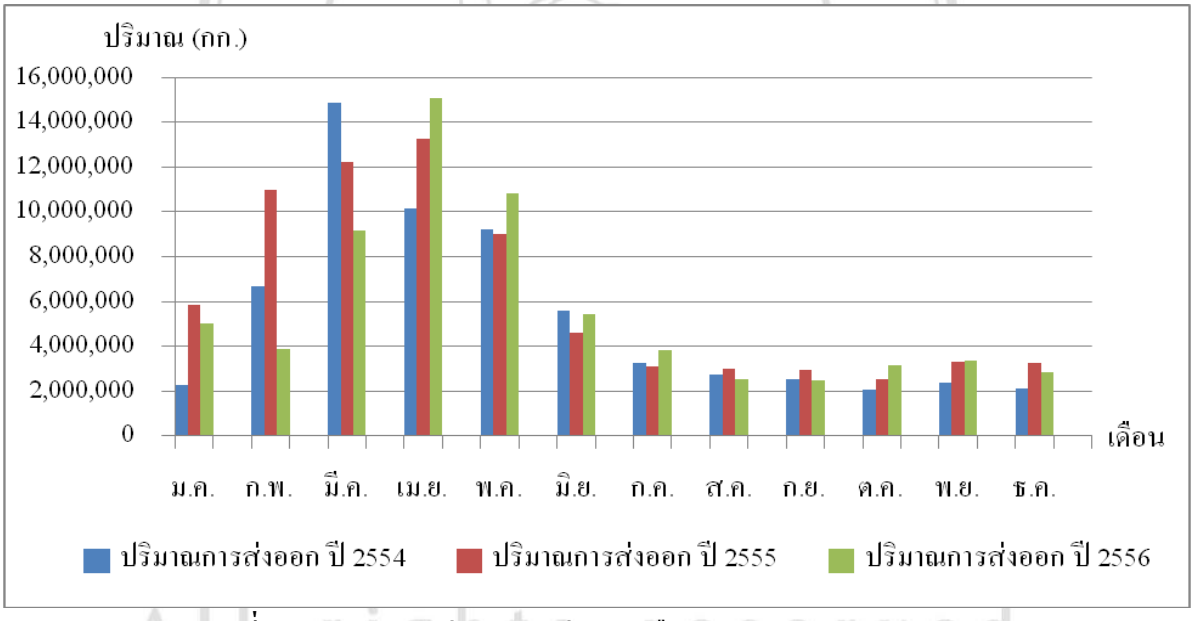
2.1 สถานการณ์การผลิตมะม่วงทั่วโลก และสถิติการส่งออกมะม่วงของประเทศไทย

ในปัจจุบันมะม่วงเป็นผลไม้ที่ผู้บริโภคนิยมบริโภคกันอย่างแพร่หลาย โดยมีแหล่งผลิตที่สำคัญอยู่บริเวณแถบเอเชีย เอเชียตะวันออกเฉียงใต้ อเมริกาใต้ และแอฟริกา สำนักงานองค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ (FAO) ได้รายงานอันดับประเทศผู้ผลิตมะม่วงโดยแสดงผลเป็นเปอร์เซ็นต์ (มนตรี, 2554) ดังภาพที่ 2.1 ประเทศผู้ผลิตมะม่วงที่มากที่สุด คือ อินเดีย รองลงมาคือ จีน และไทย สำหรับการผลิตมะม่วงของประเทศไทยที่ส่งออกไปยังต่างประเทศ จากสถิติการส่งออกรายเดือนระหว่างปี 2554 - ปี 2556 (ภาพที่ 2.2) จะเห็นได้ว่าการผลิตมะม่วงสามารถส่งออกได้ตลอดทั้งปี ซึ่งปริมาณการส่งออกจะมีมากในช่วงเดือนมีนาคม ถึงเดือนพฤษภาคม (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2556)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพที่ 2.1 ผลผลิตมะม่วงทั่วโลก (ที่มาข้อมูล: มนตรี, 2554)



ภาพที่ 2.2 ปริมาณการส่งออกมะม่วงรายเดือนของ ปี 2554 – ปี 2556
(ที่มาข้อมูล: สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2556)

All rights reserved

2.2 กระบวนการเกิดดอก

เป็นกระบวนการที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงจากระยะเยาวภาพ (juvenile phase) ไปเป็นระยะเต็มวัย (mature phase) ในสภาวะแวดล้อมที่เหมาะสมพืชก็จะถูกกระตุ้นให้สร้างดอกได้โดยกระบวนการเกิดและพัฒนาการของดอก แบ่งออกเป็น 4 ระยะ ดังนี้ (สมบุญ, 2548)

2.2.1 ระยะการเจริญเต็มวัย (maturation stage) พืชจะสามารถออกดอกได้จะต้องมีความพร้อมของอายุ นอกเหนือจากอาหารสะสมและสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการออกดอก พืชจะตอบสนองต่อปัจจัยที่กระตุ้นการออกดอก แตกต่างกันไปโดยขึ้นอยู่กับชนิดของพืช พันธุ์ ฤดูกาล และสภาพแวดล้อม (สมบุญ, 2548) ในกรณีของมะม่วงพร้อมที่จะออกดอกหลังปลูกจากเมล็ด 4-5 ปี (ธวัชชัย และคณะ, 2556)

2.2.2 ระยะชักนำ (induction stage) เป็นการเปลี่ยนแปลงช่วงแรกของการเกิดดอก โดยแสง อุณหภูมิ อายุของต้น รวมถึงความสมบูรณ์ของต้น จะมีผลต่อการกระตุ้นการสร้างฮอร์โมนเพื่อชักนำให้ออกดอก และลำเลียงไปยังเนื้อเยื่อตาใบที่พร้อมเปลี่ยนเป็นตาดอก (สมบุญ, 2548)

2.2.3 ระยะการเกิดตาดอก (initiation of floral primodial) เป็นระยะที่เริ่มเห็นเซลล์เนื้อเยื่อตรงตาที่จะเจริญไปเป็นดอก (floral primordial) เริ่มขยายตัว ทำให้มีการพองตัวของตาดอก (floral bud) (สมบุญ, 2548)

2.2.4 ระยะการพัฒนาของดอก (floral development) เป็นระยะที่เกิดส่วนประกอบต่างๆ ของดอก มีการสร้างฐานรองดอก (receptacle) กลีบเลี้ยง (sepal) กลีบดอก (petal) เกสรเพศผู้ (stamen) และเกสรเพศเมีย (carpel หรือ pistil) (สมบุญ, 2548) โดยส่วนประกอบต่างๆจะพัฒนาสมบูรณ์จนถึงระยะดอกบาน (anthesis) ถือเป็นขั้นตอนสุดท้ายของการเกิดดอก (ธวัชชัย และคณะ, 2556)

2.3 ปัจจัยที่ควบคุมการออกดอก

2.3.1 ปัจจัยภายใน

1) **พันธุ์** มะม่วงแต่ละพันธุ์ออกดอกไม่พร้อมกันแม้จะอยู่ในสภาพแวดล้อมเดียวกัน (ธวัชชัย และคณะ, 2556) เนื่องจากถูกกำหนดโดยลักษณะทางพันธุกรรม (สมบุญ , 2548) เช่น มะม่วงพันธุ์ฟ้าลั่นจะออกดอกก่อนพันธุ์เขียวเสวย พันธุ์น้ำดอกไม้จะออกดอกต้นฤดู แต่พันธุ์หนังกลางวันจะออกดอกช้ากว่า (พันธุ์หนัก) ในขณะที่พันธุ์โชคอนันต์เป็นพันธุ์ทะวายเป็นต้น (ประเสริฐ, 2548)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2) **อายุ** สัมพันธ์กับขนาดของต้น ความสมบูรณ์ของต้น เพื่อให้พร้อมต่อการออกดอก (ธวัชชัย และคณะ, 2556) เช่น มะม่วงที่ปลูกด้วยกิ่งทาบจะสามารถออกดอกได้เมื่ออายุ 3-4 ปี (ประเสริฐ, 2548) ส่วนมะม่วงที่ปลูกจากเมล็ดจะออกดอกได้เมื่อมีอายุ 4-5 ปี (ธวัชชัย และคณะ, 2556)

3) **การสะสมอาหารในใบ** คือ สะสมคาร์โบไฮเดรตพวกแป้งและน้ำตาล ซึ่งเป็นแหล่งพลังงาน (สมบุญ, 2548) ที่ได้จากการสังเคราะห์แสง จนใบแก่เต็มที่ และมีสีเขียวเข้ม จึงเพียงพอต่อการออกดอก (ธวัชชัย และคณะ, 2556) ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณคาร์โบไฮเดรตกับปริมาณไนโตรเจน (C/N ratio) ถ้า C/N สูง ส่งเสริมให้สร้างตาดอก แต่ถ้า C/N ต่ำ จะสร้างตาใบ (สมบุญ, 2548)

4) **ปริมาณฮอร์โมนในต้น** เกิดการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาภายในต้น ทำให้ออกดอกได้ โดยจะเริ่มออกดอกเมื่อปริมาณจิบเบอเรลลิน (ที่ควบคุมการยืดตัวและแบ่งเซลล์) ลดน้อยลง ทำให้ไม่มีการเจริญเติบโตทางด้านกิ่งใบชั่วคราว ซึ่งปัจจุบันในทางปฏิบัติมีการใช้สารชะลอการเจริญเติบโตพืช (plant growth retardants) เช่น คลอร์มีควอทคลอไรด์ และพาโคลบิวทราโซล เพื่อไปยับยั้งการสร้างจิบเบอเรลลิน (ธวัชชัย และคณะ, 2556) เนื่องจากมะม่วงจะสร้างดอกเมื่อปริมาณจิบเบอเรลลินในพืชมีน้อย และยังมีสารอีกชนิดที่มีบทบาทต่อการออกดอก คือ เอทิลีน พบว่า ในช่วงการสร้างดอก พืชจะสร้างเอทิลีนมากขึ้น ซึ่งเอทิลีนจะกระตุ้นการสร้างดอกได้ (สมบุญ, 2548)

2.3.2 ปัจจัยภายนอก

1) **อุณหภูมิ** มีผลต่อการออกดอกของมะม่วง โดยปกติแล้วอุณหภูมิกลางคืน 8-15 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิกลางวัน ต่ำกว่า 20 องศาเซลเซียส สามารถกระตุ้นให้มะม่วงออกดอกได้ อย่างไรก็ตามการตอบสนองต่ออุณหภูมินั้นขึ้นอยู่กับพันธุ์ แหล่งปลูก และสภาพแวดล้อม (ธวัชชัย และคณะ, 2556) ซึ่งโดยปกติอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต คือ 20-34 องศาเซลเซียส และหากได้รับอุณหภูมิ 15-20 องศาเซลเซียส ต่อเนื่องกันประมาณ 14 วัน จะสามารถกระตุ้นการสร้างตาดอกได้ (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2551) นอกจากนี้อุณหภูมิและความชื้น เป็นปัจจัยที่ช่วยในการผสมเกสร ซึ่งอุณหภูมิในช่วงที่ดอกบาน 16-44 องศาเซลเซียส

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เนื่องจากถ้าต่ำกว่า 16 องศาเซลเซียส หรือสูงกว่า 44 องศาเซลเซียส ละอองเกสรเพศผู้จะตาย และไม่สามารถผสมกับเกสรเพศเมียได้ (ประเสริฐ, 2548)

2) **ความชื้นในดิน** ในกรณีที่อุณหภูมิต่ำไม่เพียงพอ การจำกัดการให้น้ำเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ทำให้มะม่วงเกิดความเครียด ส่งผลให้พืชหยุดการเจริญเติบโตทางด้านลำต้นและออกดอกได้ แต่ความยาวนานของการขาดน้ำนั้นแตกต่างกันตามพันธุ์และสภาพแวดล้อม เช่น อุณหภูมิ (ธวัชชัย และคณะ, 2556) มะม่วงต้องการสภาวะขาดน้ำในช่วงก่อนการออกดอก เพื่อทำให้เกิดการพักตัวและสะสมอาหารไว้ มีผลทำให้ตาที่แตกออกมาเจริญไปเป็นตาดอกได้ แต่ถ้าหากไม่ได้รับสภาวะขาดน้ำ ตาที่แตกออกมาจะเป็นยอดหรือใบ (ประเสริฐ, 2548)

3) **แสง** ความเข้มของแสงมีผลต่อการสังเคราะห์แสง (photosynthesis) ทำให้มีการสะสมอาหารในใบ มีปริมาณคาร์โบไฮเดรตมากกว่าปริมาณไนโตรเจน และทำให้มะม่วงออกดอกได้ (ธวัชชัย และคณะ, 2556) ถ้าแสงแดดน้อยอาหารสะสมไม่เพียงพอ การเจริญเติบโตช้าทำให้ไม่มีการออกดอก (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2551) นอกจากนี้แสงยังมีผลต่อการแตกของอับละอองเกสร โดยปกติดอกจะบานตอนกลางคืนใกล้สว่างที่สุด เมื่อดอกบานเกสรเพศเมียก็พร้อมที่จะผสมเกสร และหลังจากดอกบานพร้อมกับการได้รับแสง 24 ชั่วโมง อับละอองเกสรจะแตกจึงเกิดการผสมเกสร (ประเสริฐ, 2548)

2.4 ลักษณะช่อดอก และดอก

2.4.1 ช่อดอก (inflorescence)

เกิดบริเวณปลายกิ่งของใบแก่ และผ่านการพักตัวแล้ว แต่อาจเกิดจากตาข้าง ตาบริเวณปลายกิ่งพัฒนาเป็นก้านช่อดอกหลัก และมีช่อดอกย่อยแตกแขนง แต่ละก้านช่อดอกย่อยมีการแตกแขนงอีก ก้านช่อดอกมีขนปกคลุม และมักมีสีแดงเรื่อๆ ขนาดช่อดอกแตกต่างกันตามพันธุ์ และสภาพแวดล้อม ในช่วงการออกดอกช่อดอกอาจมีใบอ่อนแซม ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิต่ำว่าเพียงพอสำหรับการชักนำให้เกิดตาดอกที่สมบูรณ์หรือไม่ (ธวัชชัย และคณะ, 2556)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.4.2 ดอก

มะม่วงมีดอกอยู่ 2 ประเภท คือ ดอกเพศผู้ (staminate flower) และดอกสมบูรณ์เพศที่ทำหน้าที่เป็นดอกเพศเมีย (hermaphrodite functioning as female flower) ซึ่งอยู่บนต้นเดียวกัน และมีดอกทั้งสองเพศอยู่บนช่อดอกเดียวกัน (ธวัชชัย และคณะ, 2556)

1) **ดอกเพศผู้** กระจายอยู่บริเวณปลายช่อดอก มีสีเหลืองอ่อน เกสรเพศผู้มี 5 อัน แต่สามารถสืบพันธุ์ได้เพียง 1 อัน ที่เหลือเป็นหมัน (staminode) มีเกสรเพศเมียเป็นหมัน มีอับเรณู 2 พู อยู่บนก้านชูอับเรณู ดอกที่เพิ่งบานอับเรณูจะมีสีชมพูอมแดง และภายในมีเรณู 250 - 650 อัน พอถึงช่วงเวลา 09.00 - 12.00 น. ผนังจะแตกตามยาวและปลดปล่อยเรณูสีเทาฟ้า ในสภาพอุณหภูมิต่ำ ความชื้นสูง แต่ถ้าท้องฟ้ามืดครึ้มจะชะลอการแตกของอับเรณู เรณูรูปร่างยาวรี และเปลี่ยนเป็นกลมรีหรือสามเหลี่ยมเมื่อได้รับความชื้น เรณูมีขนาด 23 - 33 ไมโครเมตร (ธวัชชัย และคณะ, 2556)

2) **ดอกสมบูรณ์เพศที่ทำหน้าที่เป็นดอกเพศเมีย** จะกระจายอยู่บริเวณโคนช่อดอกมียอดเกสรเพศเมีย (stigma) ก้านเกสรเพศเมีย (style) และรังไข่ (Ovary) รังไข่มี 1 ช่อง และภายในมีออวุล 1 อัน ขนาดของส่วนประกอบดอกแตกต่างตามพันธุ์ ฤดูกาล และสภาพแวดล้อม เช่น อุณหภูมิ ถ้าต่ำกว่า 15 องศาเซลเซียส อาจทำให้ก้านเกสรเพศเมียสั้น ยอดเกสรเพศเมียเล็ก บิดงอ และคลี่คล้ายใบ ซึ่งเป็นอุปสรรคต่อการถ่ายเรณูและปฏิสนธิ เพราะพื้นที่รับเรณูจำกัด (ธวัชชัย และคณะ, 2556)

ภาพที่ 2.3 ดอกเพศผู้ (ซ้าย) และดอกสมบูรณ์เพศที่ทำหน้าที่เป็นดอกเพศเมีย (ขวา)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.5 คาร์โบไฮเดรต (Carbohydrates)

เป็นสารอินทรีย์พวกอัลดีไฮด์ คีโตน ที่มีหมู่ไฮดรอกซิล (OH^-) หลายหมู่ในโมเลกุล โดยมีธาตุคาร์บอน โฮโดรเจน และออกซิเจน เป็นองค์ประกอบ (พนม, 2531) คาร์โบไฮเดรตสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท 1) คาร์โบไฮเดรตที่อยู่ในรูปโครงสร้าง (structural carbohydrate) ได้แก่ เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน ทำหน้าที่เป็นโครงสร้างภายในพืช 2) คาร์โบไฮเดรตที่ไม่อยู่ในรูปโครงสร้าง (total nonstructural carbohydrate: TNC) ได้แก่ กลูโคส ฟรุกโตส ซูโครส และเด็กซ์ตริน ทำหน้าที่สะสมอาหาร (Davidson, 2000) คาร์โบไฮเดรต คือ น้ำตาลหรือแป้ง ที่ได้มาจากกระบวนการสังเคราะห์แสง (สมบุญ, 2548) ซึ่งเป็นอาหารสะสม และเป็นแหล่งพลังงานที่สำคัญ (สัมพันธ์, 2526) เช่นเดียวกับ Childers (1983) กล่าวว่า ช่วงการเจริญเติบโตทางการสืบพันธุ์ พืชจะมีความต้องการคาร์โบไฮเดรตและน้ำตาลในปริมาณมาก จะสัมพันธ์กับไนโตรเจนในเนื้อเยื่อพืช ซึ่งพบว่าหากพืชมีการสร้างสารประกอบคาร์โบไฮเดรตไว้มาก จะส่งเสริมและสนับสนุนการออกดอก โดยแบ่งความสมดุลของคาร์โบไฮเดรตและไนโตรเจนในเนื้อเยื่อพืชได้ 4 กลุ่ม

ตารางที่ 2.1 ความสัมพันธ์ของปริมาณคาร์โบไฮเดรตและปริมาณไนโตรเจนต่อการออกดอก

กลุ่ม	ปริมาณ คาร์โบไฮเดรต	ปริมาณ ไนโตรเจน	การเจริญเติบโต ทางด้านกิ่งใบ	การออกดอก
1	ต่ำ	สูง	น้อย	น้อยมาก, ไม่มีเลย
2	ปานกลาง	สูง	มาก	น้อย
3	สูง	ปานกลาง	ปานกลาง	มาก
4	สูงมาก	ต่ำ	น้อย	น้อย

(ที่มาข้อมูล: Childers, 1983 อ้างโดย ศรัญญา, 2554)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ซึ่งในช่วงก่อนการออกดอกของมะม่วง พบว่า ปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ไม่ใช่โครงสร้าง (TNC) ในใบจะสูงขึ้น และจะมีปริมาณลดลงหลังจากที่มะม่วงออกดอกแล้ว ปริมาณ TNC จะสัมพันธ์กับการออกดอกของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ คือ ถ้าปริมาณ TNC ในใบมะม่วงก่อนการออกดอกอยู่ในช่วง 60-90 มิลลิกรัมต่อกรัมของน้ำหนักแห้ง มะม่วงจะสามารถออกดอกได้ แต่การติดผลมีน้อย แล้วถ้าอยู่ในช่วง 100-130 มิลลิกรัมต่อกรัมของน้ำหนักแห้ง มะม่วงจะสามารถติดผลได้ดี แต่ผลจะโตช้า และหากปริมาณ TNC สูงกว่า 130 มิลลิกรัมต่อกรัมของน้ำหนักแห้ง มะม่วงจะออกดอกและติดผลได้ดี (อัศจรรย์ และคณะ, 2543) ซึ่งสอดคล้องกับ ศรัญญา (2554) พบว่า ผลของการตัดแต่งกิ่ง ทำให้

ปริมาณ TNC ในใบสูงขึ้นในระยะที่ตากำลังพักตัว และในเวลาต่อมาปริมาณ TNC จะลดลงเมื่อมะม่วงออกดอก เนื่องจากถูกนำไปใช้ในการส่งเสริมการออกดอก เช่นเดียวกับ ศิริชัย และคณะ (ม.ป.ป.) ที่พบว่า ปริมาณ TNC ในใบมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้จะเพิ่มสูงสุด เป็น 2 ช่วง คือ ช่วงก่อนการผลิยอดใหม่ และช่วงก่อนการแทงช่อดอก ซึ่ง Pongsomboon *et al.* (1997) ได้รายงานว่า ปริมาณ TNC จะมีปริมาณต่ำในช่วงแรกของการพักตัว และหลังจากนั้นจะเพิ่มสูงขึ้นและลดลงอีกครั้งในระยะออกดอก ส่วน Chaitrakulsup (1981) ที่ศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณ TNC ในใบของลิ้นจี่พันธุ์ฮงฮวย พบว่า การสะสมปริมาณ TNC จะมีปริมาณลดต่ำลงเมื่อมีการออกดอก และจากการศึกษาของ ภาวิณี (2553) พบว่า ปริมาณ TNC ในใบลิ้นจี่พันธุ์ฮงฮวย ช่วงก่อนการออกดอก มีปริมาณเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ในวันที่ 49 หลังการควั่นกิ่ง และลดลงเมื่อเริ่มมีการแทงช่อดอก ในวันที่ 56 หลังการควั่นกิ่ง ซึ่งสอดคล้องกับ อรทัย (2555) โดยทำการศึกษาการควั่นกิ่งและการพ่นปุ๋ยทางใบ พบว่า การเปลี่ยนแปลงปริมาณ TNC ในใบลิ้นจี่พันธุ์ฮงฮวย มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องจนกระทั่งแทงช่อดอก

ส่วนปริมาณของน้ำตาลรีดิวซ์ (reducing sugar: RS) จะสูงก่อนการออกดอก แล้วลดลงในช่วงดอกบาน และการเจริญของผล (นิตย์, 2542) จากการทดลองของ ศรัญญา (2554) พบว่า ปริมาณ RS ในใบมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทอง จะมีปริมาณสูงในระยะที่ตากำลังพักตัว และจะลดลงเมื่อมีการออกดอก ส่วนในกีวีฟรุตพันธุ์บรูโน ปริมาณ RS จะสูงสุดเมื่อใบแก่เต็มที่ (สังคม และสุรนันต์, 2533)

2.6 ธาตุอาหารพืช (Plant Nutrient Elements)

ธาตุอาหารพืช คือ สารประกอบทางเคมีที่สิ่งมีชีวิตต้องการในการดำรงชีวิต สารอาหารที่จำเป็นสำหรับพืชชั้นสูงนั้น พืชสามารถนำไปใช้ได้ในรูปของสารอนินทรีย์เท่านั้น การใช้ธาตุเคมีที่ประกอบด้วยอะตอมเพียงชนิดเดียวอะตอมเดียว และไอออน เพื่อนำมาประกอบเป็นสารอาหารและใช้ในการเจริญเติบโตของพืช (อรวรรณ, 2551)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.6.1 ไนโตรเจน (Nitrogen)

ธาตุไนโตรเจนมีบทบาทที่สำคัญต่อกระบวนการเมแทบอลิซึม และการเจริญเติบโตของพืชสวน (พิทยา, 2555) เป็นส่วนประกอบพื้นฐานของรงควัตถุในใบสีเขียวของพืช คือ คลอโรฟิลล์ ซึ่งช่วยในการสังเคราะห์แสง พืชต้องการไนโตรเจนในการสร้างสารประกอบหลายชนิด เช่น กรดนิวคลีอิก กรดอะมิโน โปรตีน น้ำตาล และสารประกอบไนโตรเจน รวมถึงฮอร์โมนที่พืชสังเคราะห์ขึ้นเอง ก็มีไนโตรเจนเป็น

องค์ประกอบ เช่น ออกซินจะกระตุ้นการแบ่งเซลล์ เร่งการขยายขนาดของเซลล์ ยับยั้งการเจริญของตาข้าง และไซโตไคนินเป็นฮอร์โมนที่ส่งเสริมการสร้างและการเจริญของตา และช่วยในการเคลื่อนย้ายธาตุอาหาร (ยงยุทธ, 2543) กรณีการขาดธาตุไนโตรเจนอย่างรุนแรงจะส่งผลให้พืชหยุดกระบวนการเจริญเติบโตและการสืบพันธุ์ (อรวรรณ, 2551)

ปัจจุบันมีการเพิ่มประสิทธิภาพธาตุไนโตรเจน โดยใช้ปุ๋ยโพแตสเซียมไนเตรต (KNO_3) ซึ่งจะให้ธาตุไนโตรเจนในรูปไนเตรต (NO_3^-) 14 เปอร์เซ็นต์ และจะให้ธาตุโพแทสเซียมสูงถึง 44 เปอร์เซ็นต์ ทำให้เป็นที่นิยมใช้ฉีดพ่นทางใบเพื่อกระตุ้นการแตกของตา (พิทยา, 2555) จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในใบและกิ่งยอดของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ในรอบปี ของ ศิริชัย และสุรนันท์ (ม.ป.ป.) พบว่า ปริมาณไนโตรเจนทั้งในใบและกิ่งยอดของมะม่วงน้ำดอกไม้จะมีปริมาณสูงในช่วงก่อนการออกดอกและลดต่ำลงในช่วงที่ดอกบาน ซึ่ง Yeshitela *et al.* (2005) รายงานว่า ไนโตรเจนจะทำงานร่วมกับโพแทสเซียม เช่น โพแทสเซียม-ไนเตรท (KNO_3) และยูเรีย จะช่วยเพิ่มเปอร์เซ็นต์ของตายอดที่จะเป็นดอกให้ดีขึ้น อย่างไรก็ตามจะมีผลต่อการออกดอก การติดผล และคุณภาพของผล นอกจากนี้ยังมีการศึกษาผลของการใช้โพแทสเซียมไนเตรท (KNO_3) กับต้นมะม่วงในเดือนตุลาคม พบว่า สามารถชักนำการออกดอกของมะม่วงได้มากและเร็วกว่า (Sergent 1997; Ferra and Sergent, 1996)

2.6.2 ฟอสฟอรัส (Phosphorus)

ฟอสฟอรัสเป็นส่วนประกอบของเซลล์ที่มีชีวิตทุกเซลล์ เช่น DNA เป็นศูนย์ข้อมูลทางพันธุกรรมพืช และ RNA เกี่ยวกับการสังเคราะห์โปรตีนในเซลล์พืช (พิทยา, 2555) บทบาทหลักของฟอสฟอรัส คือ การกักเก็บและถ่ายทอดพลังงาน เพราะฟอสฟอรัส เป็นส่วนประกอบที่สำคัญของ ATP และ ADP (อรวรรณ, 2551) และยังมีอิทธิพลต่อเมแทบอลิซึมของคาร์โบไฮเดรต และการเคลื่อนย้ายซูโครสเข้าสู่โฟลเอ็มอีกด้วย (ยงยุทธ, 2543) นอกจากนี้ ค่าสัดส่วน P: N ที่สูงจะทำให้พืชออกดอกได้ และการใช้ปุ๋ยฟอสฟอรัสฉีดพ่นทางใบระยะใกล้ออกดอกจะช่วยส่งเสริมการออกดอกของไม้ผลได้ดี (พิทยา, 2555) สำหรับการศึกษาผลของการขาดฟอสฟอรัสในช่วงการออกดอก จะทำให้การพัฒนาของดอกไม่สมบูรณ์จำนวนดอกมีน้อย (พาวิน, 2543) หรือการขาดฟอสฟอรัส

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ในช่วงที่อุณหภูมิสูงสลับกับอุณหภูมิต่ำ อาจเปลี่ยนตาดอกให้เป็นตาใบ และยังมีผลทำให้เกิดการออกดอกที่ล่าช้า และจำนวนผลผลิตลดลง (สมบุญ, 2548) ซึ่งการให้ฟอสฟอรัสร่วมกับไนโตรเจน หรือ โพแทสเซียม ทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น (Samra and Arora, 1997) ส่วน Reddy and Majmutar (1985) รายงานว่า ฟอสฟอรัสที่ความเข้มข้นสูงในยอดสามารถชักนำตาดอกได้

2.6.3 โพแทสเซียม (Potassium)

โพแทสเซียม มีความจำเป็นต่อปฏิกิริยาชีวเคมีต่างๆให้ดำเนินไปอย่างถูกต้อง การปลุกฤทธิ์ของเอนไซม์ ในกระบวนการผลิต adenosine triphosphate (ATP) ซึ่งทำหน้าที่ในการรักษาสมดุลของประจุไฟฟ้า ณ ตำแหน่งบริเวณที่กำลังมีการผลิต ATP เกิดขึ้น ช่วยรักษาระดับของค่า pH สำหรับกิจกรรมของเอนไซม์ส่วนใหญ่ในพืช ควบคุมกลไกการเปิดปิดปากใบ การรักษาระดับความเข้มข้นของเกลือภายใน cell sap ช่วยให้พืชมีความแข็งแรง เพิ่มความต้านทานโรค และต้านทานความแห้งแล้ง (อรวรรณ, 2551) การขยายขนาดของเซลล์โดยร่วมกับฮอร์โมนพืช เช่น การยืดยาวของเซลล์ในเนื้อเยื่อ ที่กำลังเจริญเติบโต ในหลายกรณีจะมีฮอร์โมนจิบเบอเรลลินเป็นตัวเสริมฤทธิ์ ช่วยเพิ่มดัชนีพื้นที่ใบ เพิ่มอัตราการสังเคราะห์แสง และช่วยเพิ่มการเคลื่อนย้ายน้ำตาลไปยังแหล่งรับ (sink) ทำให้มีการขนส่งคาร์โบไฮเดรตไปยังเนื้อเยื่อพืชที่เสี่ยงจากการเข้าทำลายของโรคพืช (พิทยา, 2555) มีการศึกษาธาตุโพแทสเซียมในส้มพันธุ์สายน้ำผึ้ง พบว่าโพแทสเซียมมีบทบาทในการเคลื่อนย้ายน้ำตาลไปยังดอกที่กำลังพัฒนา และช่วยกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการสร้างแป้ง อ้างโดย จริญญา (2553) และการใช้โพแทสเซียมไนเตรท (KNO_3) ในระยะก่อนการออกดอก พบว่า สามารถส่งเสริมการออกดอก เพิ่มการติดผลได้ (Sergent and Leal, 1989)

2.7 สารชะลอการเจริญเติบโตของพืช (Plant Growth Retardants)

สารกลุ่มนี้เป็นสารที่มนุษย์สังเคราะห์ขึ้นมาโดยเลียนแบบการทำงานของฮอร์โมนพืชเพื่อใช้ทางการเกษตร ในการชะลอการเจริญเติบโตของพืช สารกลุ่มนี้มีมากมายหลายชนิด แต่ที่รู้จักและใช้กันมาก คือ กลุ่มที่ยับยั้งการสังเคราะห์จิบเบอเรลลิน สามารถแบ่งได้ดังนี้ (Rademacher, 2000)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.7.1 สารประกอบโอเนียม

สารกลุ่มนี้ ได้แก่ Chlormequat chloride, Mepiquat chloride, AMO-1618, phosphon D และ piperidium bromide ที่ใช้กันมาก คือ Chlormequat chloride (Cycocel) และ Mepiquat chloride กลไกของการเกิดปฏิกิริยา คือ ยับยั้งการเกิด Cyclization ของ geranylgeranyl pyrophosphate ไปเป็น Copallyl pyrophosphate ทำให้เกิดการยับยั้งการสร้างจิบเบอเรลลิน เมื่อพืชได้รับสารกลุ่มนี้ จะมีปล้องสั้นและใบหนาสีเขียวเข้มกว่าปกติ มีผลทำให้มีการสังเคราะห์แสงเพิ่มขึ้น (Rademacher, 2000)

2.7.2 Heterocycle ที่มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ

สารกลุ่มนี้ที่ใช้กันมาก คือ paclobutrazol, ancymidol และ flurprimidol กลไกของการเกิดปฏิกิริยา คือ ยับยั้ง Cytochrome P-450 ซึ่งควบคุมการเกิด oxidation ของ kaurene ไปเป็น kaurenoic acid ในการสังเคราะห์จิบเบอเรลลิน นอกจากนี้ยังรบกวนการสังเคราะห์ sterol และ Abscissic acid ด้วย สารกลุ่มนี้มีผลน้อยมาก หรือไม่มีเลยต่อกระบวนการสังเคราะห์แสง (Rademacher, 2000)

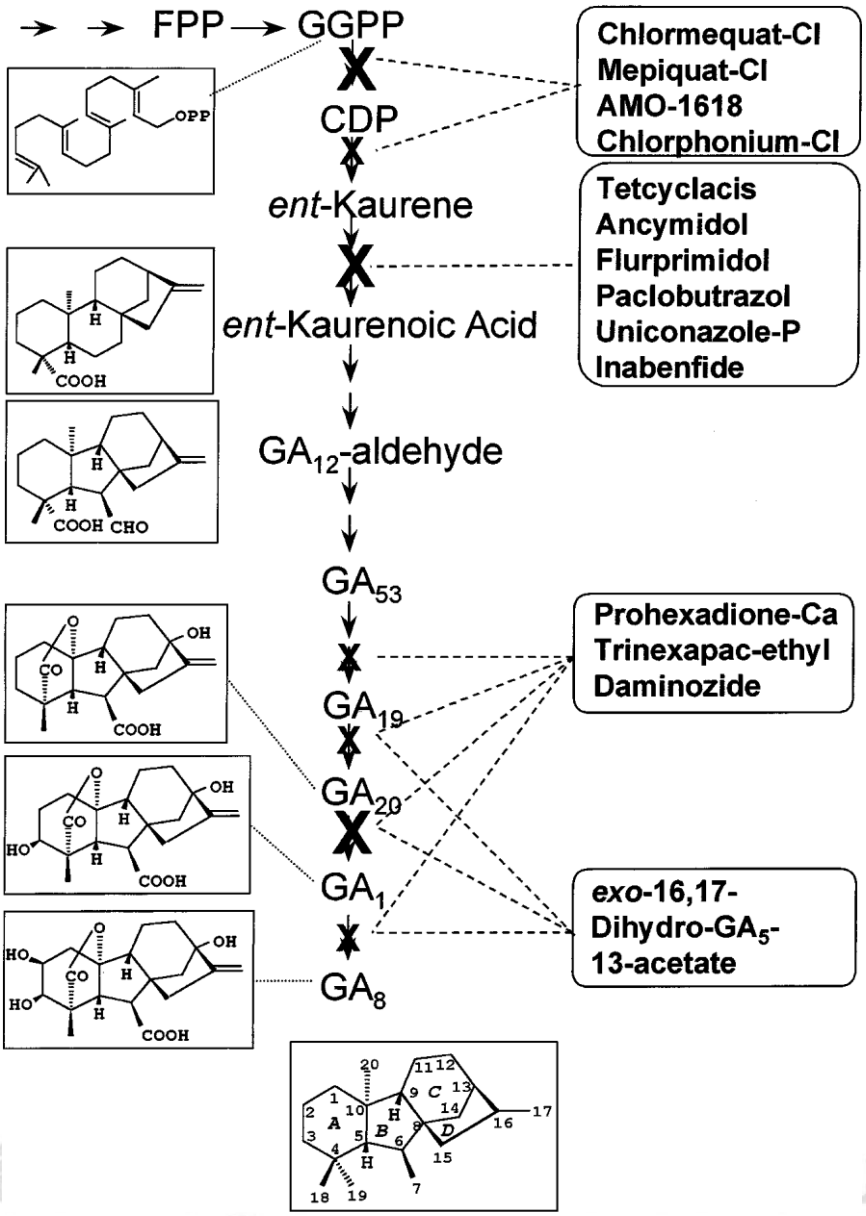
2.7.3 สารประกอบที่มีโครงสร้างคล้าย 2-Oxoglutaric Acid

สารกลุ่มนี้ได้แก่ prohexadione-Ca, trinexapac-ethyl และ dioxygenases กลไกของการเกิดปฏิกิริยา คือ ยับยั้งช่วงท้ายของกระบวนการสังเคราะห์จิบเบอเรลลิน ขั้นตอนหลังจากการสังเคราะห์ GA_{12}-aldehyde โดย Acylcyclohexanediones ซึ่งโครงสร้างจะคล้าย 2-Oxoglutaric acid ที่เป็นสารประกอบร่วมของ dioxygenases (Rademacher, 2000)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.7.4 16,17-Dihydro-GAs

มีโครงสร้างคล้ายจิบเบอเรลลิน กลไกของการเกิดปฏิกิริยา คือ ยับยั้ง dioxygenases คล้ายกับ Acylcyclohexanediones ทำให้ไม่เกิดผลิตภัณฑ์ในกระบวนการสังเคราะห์จิบเบอเรลลิน สามารถเกิดตามธรรมชาติในพืชชั้นสูงหรือเชื้อรา (Rademacher, 2000)



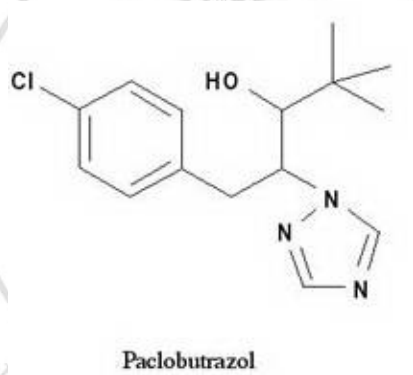
ภาพที่ 2.4 แผนผังแสดงขั้นตอนการสังเคราะห์จิบเบอเรลลิน และการยับยั้งโดยสารชะลอการเจริญเติบโต (Rademacher, 2000)

Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.8 พาโคลบิวทราโซล (Paclobutrazol)

พาโคลบิวทราโซลเป็นสารที่นำมาใช้ประโยชน์กันอย่างแพร่หลาย เนื่องจากมีประสิทธิภาพสูง (สัมฤทธิ์, 2547) โดยมีชื่อทางเคมีว่า (2RS, 3RS) -1- (4-chlorophenyl) -4, 4-dimethyl -2- (1H-1, 2, 4-triazol-1-yl) pentan -3-ol หรือ $C_{15}H_{20}CLN_3O$ (เจนวิทย์, 2548) มีน้ำหนักโมเลกุล เท่ากับ 293.8 กรัมต่อโมล จุดหลอมเหลวละลายประมาณ 164-168 องศาเซลเซียส (Jaradrattanapaiboon, 2008) พาโคลบิวทราโซลเป็น

สารชะลอการเจริญเติบโตของพืช ที่มีคุณสมบัติในการยับยั้งการสร้างจิบเบอเรลลินใช้กันอย่างแพร่หลายในมะม่วง โดยปกติจิบเบอเรลลินเป็นฮอร์โมนที่พืชสร้างขึ้นเพื่อกระตุ้นการยืดตัวของเซลล์ การยืดยาวของกิ่งก้าน โดยการเคลื่อนย้ายคาร์โบไฮเดรตไปใช้ พืชจะได้สะสมแป้งได้ ต้นมะม่วงที่มีจิบเบอเรลลินอยู่มากจะไม่ออกดอก เพราะฉะนั้นเมื่อเราให้สารพาโคลบิวทราโซลกับต้นมะม่วง มีผลทำให้ปริมาณของจิบเบอเรลลินภายในต้นมะม่วงลดน้อยลง ทำให้หยุดการเจริญเติบโตทางด้านกิ่งใบ และพัฒนาตาดอกขึ้นมาแทน โดยสารนี้จะเคลื่อนที่ได้ดีทางท่อน้ำ (xylem) จะถูกดูดซึมจากทางราก แล้วเคลื่อนที่ไปยังยอดยับยั้งการสร้างจิบเบอเรลลินบริเวณยอด กรณีการพ่นสารทางใบ สารจะไม่ค่อยเคลื่อนจากใบแก่ไปยังยอดอ่อน ทำให้ประสิทธิภาพของการราดสารทางดินสูงกว่าการพ่นทางใบ (ธวัชชัย และรุ่งทิพย์, 2553) ปัจจัยที่มีผลต่อการใช้สารพาโคลบิวทราโซล คือ ความแห้งแล้ง และอุณหภูมิต่ำ ผลร่วมของสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมสำหรับสร้างตาดอก



ภาพที่ 2.5 โครงสร้างของสารพาโคลบิวทราโซล

(ที่มา: http://5e.plantphys.net/article.php?ch=t&id=384)

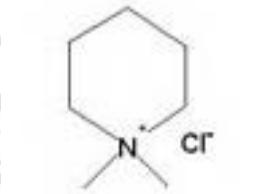
พาโคลบิวทราโซลจะส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณ TNC ปริมาณไนโตรเจน และอัตราส่วนของปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ไม่ใช่โครงสร้างต่อปริมาณไนโตรเจน (C/N ratio) ดังนี้ โดยการราดทางดินด้วยพาโคลบิวทราโซล อัตรา 2 4 และ 8 กรัมต่อตารางเมตรของพื้นที่ใต้ทรงพุ่ม ในมะม่วงพันธุ์เขียวเสวย มีผลทำให้ความยาวของยอด พื้นที่ผิวใบลดลง แต่ช่วยเพิ่มการออกดอก เมื่อศึกษาดูการเปลี่ยนแปลงของปริมาณ TNC ปริมาณไนโตรเจนที่ปลายยอด พบว่า ปริมาณ TNC ในยอด และปริมาณไนโตรเจนในใบมีค่าเพิ่มขึ้น โดยปริมาณ TNC ในใบเพิ่มสูงสุดเมื่อทดลองได้ 76 62 และ 96 วัน ปริมาณ RS ในยอดและในใบเพิ่มมากขึ้น หลังจากการราดสารจนกระทั่งถึงช่วงก่อนการออกดอก แต่เมื่อถึงช่วงเวลาออกดอก พบว่า ปริมาณ TNC และปริมาณไนโตรเจนมีค่าลดลง (Subhadrabandhu *et al*., 1997) สำหรับการทดลองในมะม่วงพันธุ์ Miska และ Mahmoudi พบว่า พาโคลบิวทราโซลช่วยกระตุ้นให้เกิดการออกดอกของมะม่วง หลังจากให้สารไป 90 วัน ในขณะที่ชุดควบคุมไม่มีการออกดอก ซึ่งสารพาโคล-

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

บิวทราโซลจะส่งผลให้ระดับของไซโตไคนินในตาและใบเพิ่มขึ้น แต่ไปลดระดับของจิบเบอเรลลินลง ส่วนปริมาณ TNC และปริมาณ RS ในใบของมะม่วงทั้งสองพันธุ์มีค่าสูงกว่าชุดควบคุม (Abdel Rahim *et al*., 2011) จากการทดลองราดพาโคลบิวทราโซลทางดิน อัตรา 2.5 กรัมต่อเส้นผ่าศูนย์กลางของทรงพุ่ม 1 เมตร ทำให้ส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งออกดอกสูงสุด เท่ากับ 78.6 เปอร์เซ็นต์ (จริญญา, 2553) ส่วนการทดลองให้ปุ๋ย (20N - 8.7P - 16.6K) พาโคลบิวทราโซล และคลอร์มีควอทคลอไรด์ กับสตรอเบอร์รี่ พันธุ์ "Shuksan" และ "Totem" พบว่า พาโคลบิวทราโซล (PPP_{333}) มีผลในการลดจำนวนของไหลสตรอเบอร์รี่ได้มากกว่าการให้ด้วยคลอร์มีควอทคลอไรด์ (CCC) และยังเพิ่มปริมาณของเมล็ด (achenes) ต่อผล แต่ทำให้ผลผลิตมีปริมาณลดลง (McArthur, 1988)

2.9 เมพิควอทคลอไรด์ (Mepiquat chloride)

เมพิควอทคลอไรด์มีชื่อทางเคมีว่า 1, 1-dimethyl-piperdinuim chloride อยู่ในรูปของสารละลาย มีพิษปานกลางต่อคนและสัตว์ ได้จดทะเบียนครั้งแรกที่สหรัฐอเมริกา ในปี 1980 (EPA, 1997) การใช้สารเมพิควอทคลอไรด์ ในการเพิ่มผลผลิตของ แอปเปิล องุ่น และส้ม เป็นต้น (สัมฤทธิ์, 2547) สารเมพิ-ควอทคลอไรด์ เมื่อพ่นสารทางใบจะให้ประสิทธิภาพสูงกว่าการราดสารทางดิน (รัตนาภรณ์, 2539)



Mepiquat chloride

ภาพที่ 2.6 โครงสร้างของสารเมพิควอทคลอไรด์
(ที่มา: http://5e.plantphys.net/article.php?ch=t&id=384)

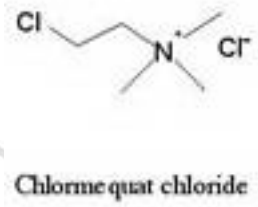
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การพ่นทางใบด้วยเมพิควอทคลอไรด์ 700 มิลลิกรัมต่อลิตรผสมกับคลอร์มีควอทคลอไรด์ 300 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถกระตุ้นการออกดอกของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ได้เร็วกว่าสารพาโคลบิว-ทราโซลและชุดควบคุม และยังมีแนวโน้มให้เพิ่มเปอร์เซ็นต์การออกดอก และคุณภาพของช่อดอก (โสภา, 2555) และยังส่งผลให้มีปริมาณ TNC ในใบมะม่วงมากที่สุด (วีรพงษ์, 2556) สำหรับการศึกษาในทุเรียน พบว่า เมื่อให้เมพิควอทคลอไรด์ (MC) ที่ความเข้มข้น 2,500 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถชะลอการแตกใบอ่อนได้ (Punnachit, 1992) ซึ่งการใช้เมพิควอทคลอไรด์ มีผลในการชักนำให้ต้น

มะนาวพันธุ์แป้นออกดอกได้ โดยมีเปอร์เซ็นต์การออกดอกเพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นของสารที่เพิ่มขึ้น (รัตนา, 2547)

2.10 คลอร์มีควอทคลอไรด์ (Chlormequat chloride)

คลอร์มีควอทคลอไรด์ มีชื่อทางเคมีว่า (2-chloroethyl)-trimethyl-ammonium chloride) จัดอยู่ในกลุ่ม substituted chlorines ชื่อที่รู้จัก คือ CCC Cycocel และ Cycogan สามารถอยู่ในรูปของสารละลายและผลึก ไม่มีสี มีกลิ่นคล้ายคาวปลา ละลายน้ำได้ดี การนำมาใช้ต้องระมัดระวังเนื่องจากมีพิษปานกลาง สามารถช่วยเพิ่มผลผลิตของโกโก้ การติดผลขององุ่น และป้องกันการเกิดไหลของสตรอเบอร์รี่ (สัมฤทธ์, 2547) เนื่องจากคลอร์มีควอทคลอไรด์ มีคุณสมบัติในการยับยั้งจิบเบอเรลลิน ทำให้พืชมีลำต้นแคระ และใบมีสีเขียวเข้มขึ้น ในระยะแรกของการให้สารคลอร์มีควอทคลอไรด์ ใบพืชจะมีสีเหลืองซีด แต่จะกลับอยู่ในสภาพปกติในภายหลัง



Chlormequat chloride

ภาพที่ 2.7 โครงสร้างของสารคลอร์มีควอทคลอไรด์
(ที่มา: http://5e.plantphys.net/article.php?ch=t&id=384)

การใช้คลอร์มีควอทคลอไรด์ในองุ่น พบว่า สามารถเพิ่มการสะสม TNC และ TN ในกิ่งองุ่นได้ ส่งผลให้มีการสร้างช่อดอกมากขึ้น (สุรทิน, 2553) เช่นเดียวกับ Coombe (1967) รายงานว่า เมื่อพ่นสารคลอร์มีควอทคลอไรด์ให้กับต้นองุ่นก่อนดอกบาน จะสามารถเพิ่มการติดผลได้ และมีการสร้างช่อดอกเพิ่มมากขึ้น

2.11 การสะสมสารตกค้างของพาโคลบิวทราโซล เมพิควอทคลอไรด์ และคลอร์มีควอทคลอไรด์

การกำหนดค่าการตกค้างของสารชะลอการเจริญเติบโตที่สะสมอยู่ภายในพืช (ตารางที่ 2.2) โดยในแต่ละประเทศมีมาตรการที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับชนิดของพืช ดังเช่น การใช้พาโคลบิวทราโซลเป็นประจำอย่างต่อเนื่อง มีผลทำให้สิ่งมีชีวิตที่เป็นประโยชน์บริเวณโคนต้นมะม่วงลดลงมากถึง 58

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เปอร์เซ็นต์ (Silva *et al*., 2003) และสะสมอยู่บริเวณหน้าดินลึก 0-15 เซนติเมตร ได้นานกว่า 8 เดือน ในแปลงปลูกมะม่วง และยังเป็นอันตรายต่อคนและสิ่งแวดล้อมเมื่อใช้เป็นเวลานาน (Sharma and Awasthi, 2005) ตกค้าง 20 เดือนในแปลงปลูกเชอรี่ (Jacyna and Doggs, 1999) และ 3 ปีในแปลงปลูกแอพริคอท (Jacyna and Doggs, 1995) ในส่วนของการใช้สารเมพิควอทคลอไรด์ และคลอร์มีควอทคลอไรด์ในมะเขือเทศ สารทั้ง 2 นี้จะค่อย ๆ สลายตัว 99.7 และ 98.8 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ หลังจากให้สารไป 33 วัน (Zhang, 2012) สอดคล้องกับ Xu *et al*. (2009) เมพิควอทคลอไรด์ และคลอร์มีควอทคลอไรด์ ตกค้างในใบมะเขือเทศจะลดลง 96 เปอร์เซ็นต์ ภายใน 35 วัน ส่วนในผลมะเขือเทศลดลง 80 เปอร์เซ็นต์ ภายใน 10 วัน สำหรับการใช้เมพิควอทคลอไรด์ และคลอร์มีควอทคลอไรด์ในฝ้าย พบว่า ค่าครึ่งชีวิตของเมพิควอทคลอไรด์ในฝ้าย 2.51 - 3.83 วัน ในดิน เท่ากับ 7.56 - 10.50 วัน (Wen *et al*., 2012) ส่วนค่าครึ่งชีวิตของคลอร์มีควอทคลอไรด์ในฝ้ายจะอยู่ที่ 4.47 วัน และในดิน 4.34 วัน (Guo *et al*., 2010) ซึ่งการศึกษาของ Hampton (1988) ไม่พบการตกค้างสะสมในดินของสารเมพิควอทคลอไรด์ และคลอร์มีควอทคลอไรด์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 2.2 การกำหนดค่าการตกค้างของสารชะลอการเจริญเติบโตภายในพืช

สาร	MRLs (maximum residue limits) มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม				พืช	อ้างอิง
	สหรัฐอเมริกา	ญี่ปุ่น	จีน	เบลเยียม		
พาโคลบิวทราโซล	0.05-1.0				ผลไม้	Jaradrattanapaiboon, 2008
	0.05				แอปเปิล	Sharma and Awasthi, 2005; Jaradrattanapaiboon, 2008
		0.01			มะม่วง	ชูชาติ และอรุณี, 2550
เมพิควอทคลอไรด์		0.01			มะเขือเทศ	Zhang *et al*., 2012
	5	2	2		ฝ้าย, เมล็ดฝ้าย	Li *et al*., 2012
		2			มะม่วง	ชูชาติ และอรุณี, 2550
คลอร์มีควอทคลอไรด์				1	องุ่น	Peeters *et al*., 2001
	0.5			3	แอปเปิล, ลูกแพร	Zhang *et al*., 2012; Peeters *et al*., 2001
	0.05	0.05	5		มะเขือเทศ	Zhang *et al*., 2012
	0.1		0.5		ฝ้าย, เมล็ดฝ้าย	Guo *et al*., 2010
				2-5	ธัญพืช	Peeters *et al*., 2001
	0.05	0.05			มะม่วง	ชูชาติ และอรุณี, 2550

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All right reserved

บทที่ 3

อุปกรณ์และวิธีการ

3.1 พืชทดลอง

มะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทอง (*Mangifera indica* L. cv. Nam Dok Mai Si Thong) อายุ 15 ปี ของแปลงเกษตรกร อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ (ความสูงจากระดับน้ำทะเล 380 เมตร) ต้นมะม่วงที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้ได้รับการดูแลรักษาตามตารางที่ 3.1

ภาพที่ 3.1 ลักษณะต้นมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่ใช้ในการทดลอง

3.2 อุปกรณ์ และเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

3.2.1 Atomic absorption spectrophotometer (Perkin Elmer Ltd® 3100, USA)

3.2.2 Freezing Microtome (Leica® CM1850, Germany)

3.2.3 Hot air oven (Memmert®, Germany)

3.2.4 เตาย่อยตัวอย่าง (MS Scientific Instrument®, Thailand)

3.2.5 Spectrophotometer (Shimadzu® UV-1601, Japan)

3.2.6 Compound Microscope (Olympus® CX31, Japan)

3.2.7 Water bath (Memmert®, Germany)

3.2.8 Vortex mixer (Scientific Industries®, USA)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3.2.9 เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 4 ตำแหน่ง (Precisa®, Instruments Ltd., Switzerland)

3.2.10 เครื่องชั่ง 500 กรัม (Kitchenscle®)

3.2.11 เครื่องปั่นแยกกาก (Mulinex®)

3.2.12 pH-meter (Sundex®, Taiwan)

3.2.13 หลอดทดลอง (Pyrex®)

3.2.14 บีกเกอร์ (Beaker) ขนาด 25 - 1,000 มิลลิลิตร

3.2.15 กระบอกตวง (Cylinder) ขนาด 10 - 1,000 มิลลิลิตร

3.2.16 Volumetric Flask ขนาด 25 - 2,000 มิลลิลิตร (JSGW®)

3.2.17 ขวดแก้ว (Duran®, Germany)

3.2.18 ปิเปต (Pipettes) ขนาด 1,000 และ 5,000 ไมโครลิตร (RAININ®, USA)

3.2.19 ตะแกรงวางหลอดทดลอง (Rack)

3.2.20 ถุงมือยาง (Sempermed®)

3.2.21 หน้ากากปิดจมูก (Star®)

3.2.22 กระดาษกรอง เบอร์ 1 (Whatman®, England)

3.2.23 Counter (Diamond®, Taiwan)

3.2.24 Parafilm (Parafilm, WI 54952)

3.2.25 Magnetic bar และ Magnetic stirrer

3.2.26 Cuvette Quartz

3.2.27 ช้อนตักสาร และแท่งแก้วคนสาร

3.2.28 กรวยกรอง (Funnel)

3.2.29 ไม้พันสำลี

3.2.30 ตะกร้าสี่เหลี่ยม

3.2.31 Aluminium Foil

3.2.32 ถุงกระดาษเก็บตัวอย่างพืช และถุงพลาสติก

3.2.33 ขวดพลาสติกขนาด 30-60 มิลลิลิตร

3.2.34 กล้องถ่ายรูป (SUMSUNG®)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3.3 สารเคมี

3.3.1 แปลงทดลอง

1) 2-Chloroethylphosphonic acid 48% (ethephon) (World trel®)

2) Monophotassium phosphate (0-52-34)

3) 1, 1-dimethyl-piperdinuim chloride 25% (Mepiquat chloride) (โกรบอนด์®)

4) (2RS, 3RS) -1- (4-chlorophenyl) -4, 4-dimethyl -2- (1H-1, 2, 4-triazol-1-yl) pentan -3-ol 10% (Paclobutrazol) (พาโคลโซล 10®)

5) (2-chloroethyl) -trimethyl-ammonium chloride 72% (Chlormequat chloride) (อัพเดท®)

6) Distilled water (น้ำกลั่น)

7) Tween 20

3.3.2 การวิเคราะห์ทางเคมี

1) Acetic acid glacial ($C_2H_4O_2$) (Merck®, 100063)

2) Ammonium molybdate ($(NH_4)_6Mo_7O_{24}\cdot 4H_2O$) (Merck®, 101182)

3) Ammonium sulphate ($(NH_4)_2SO_4$) (Merck®, AR1015-P)

4) Benzoic acid (C_6H_5COOH) (Rankem®, B0180)

5) Copper (II) sulphate ($CuSO_4\cdot 5H_2O$) (Ajax®, A171)

6) D-Glucose anhydrous ($C_6H_{12}O_6$) (Ajax®, 783)

7) Distilled water (น้ำกลั่น)

8) di-Sodium hydrogen arsenate ($Na_2HAs\cdot 7H_2O$) (Sigma®, S9663)

9) di-Sodium hydrogen phosphate ($Na_2HPO_4\cdot 7H_2O$) (Fisher®, S/4520/53)

10) EDTA disodium salt dihydrate (Rankem®, E0122)

11) Ethanol absolute (Merck®, 100983)

12) Formadehyde 40% (Gamma®, 92-105)

13) Haematoxylin ($C_{16}H_{14}0_6$)

14) Hydrogen peroxide 30% (H_2O_2) (Merck®, B22287)

15) Hydrochloric acid 37% (HCl) (RCI-labscan®, AR1107-G)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

16) Methyl red ($C_{15}H_{15}N_3O_2$) (Rankem®, M0220)

17) Nitric acid 65% AR. (HNO_3) (RCI-Labscan®, AR1133-G)

18) Perchloric acid 70% AR. ($HClO_4$) (QRec®, P1005-1-251)

19) Permount

20) Phenol (C_6H_6O) (Rankem®, P0130)

21) Potassium dihydrogen Phosphate (KH_2PO_4) (Rankem®, P0320)

22) Potassium sodium tartrate ($KNaC_4H_4O_6 \cdot 4H_2O$) (Fisher®, P/6880/53)

23) Sulfuric acid 98% (H_2SO_4) (RCI-Labscan®, AR1193-G)

24) Sodium nitroprusside AR. ($Na_2[Fe(CN)_5NO] \cdot 2H_2O$) (Ajax®, 494)

25) Sodium hypochlorite 10%

26) Sodium chloride AR. (NaCl) (RCI-Labscan®, AR·1166-P)

27) Stanous chloride ($SnCl_2 \cdot 2H_2O$) (Fisher®, T/1654/50)

28) Sodium hydroxide 97% (NaOH) (RCI-Labscan®, AR1171-P)

29) Sodium phosphate anhydrous (Na_2HPO_4) (Rankem®, S0246)

30) Sodium sulphate anhydrous (Na_2SO_4) (RCI-Labscan®, AR1176-P)

31) Sodium carbonate anhydrous (Na_2CO_3) (Ajax®, 463)

32) Sodium bicarbonate (Na_2HCO_3) (Merek®, 106329)

33) tri-Sodium orthophosphate ($Na_3PO_4 \cdot 12H_2O$) (Ajax®, 2220)

34) Tissue freezing medium (Jung®, 08838)

35) Xylene (Lab-scan®)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3.4 วิธีการทดลอง

3.4.1 การเตรียมพืชทดลอง

คัดเลือกต้นมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทอง อายุ 15 ปี จำนวน 30 ต้น ทำการตัดแต่งกิ่งออกประมาณ 70 เปอร์เซ็นต์ (ภาพที่ 3.2) โดยเน้นตัดปลายกิ่งเพื่อเร่งการแตกยอดใหม่ และเพิ่มความสมบูรณ์ของต้น ดังตารางที่ 3.1

ภาพที่ 3.2 ต้นมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองก่อนการตัดแต่งกิ่ง (ซ้าย) และหลังการตัดแต่งกิ่ง (ขวา)

ตารางที่ 3.1 การเตรียมต้นพืชทดลอง

การเตรียมต้นพืช	วันที่								
	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
ตัดแต่งกิ่ง 70 เปอร์เซ็นต์	9								
แตกใบอ่อน									
● แตกใบอ่อนครั้งที่ 1		7							
● แตกใบอ่อนครั้งที่ 2				10					
ใส่ปุ๋ย									
● 46-0-0 : 15-15-15 (อัตรา 1 : 2)		5		10					
พ่นสารเคมี									
● พ่น 0-52-34 1% +เอทิฟอน 800 มก./ล.				31	5, 10				
● สารฆ่าศัตรูพืชและสัตว์				26		5,16			
● ไทโอยูเรีย เพื่อกระตุ้นการแตกใบอ่อน		27		23					
ดำเนินการทดลองในแต่ละกรรมวิธี									
● ราดทางดินด้วยพาโคลบิวทราโซล				31					
● พ่นทางใบด้วย เมพิควอทคลอไรด์ และคลอร์มีควอทคลอไรด์				31	5, 10				

เมื่อใบอ่อนชุดที่ 2 เริ่มเข้าสู่ระยะใบเพสลาด ให้พ่นทางใบด้วย 0-52-34 ความเข้มข้น 1% ผสมกับเอทิฟอน 800 มิลลิกรัมต่อลิตร จำนวน 3 ครั้ง ห่างกันครั้งละ 5 วัน เพื่อเพิ่มความสมบูรณ์ให้แก่ต้นมะม่วงก่อนการดำเนินการทดลองในแต่ละกรรมวิธี

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

3.4.2 ดำเนินการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) กำหนดให้ 10 ต้นเป็น 1 บล็อก ทั้งหมด 3 บล็อก โดยในแต่ละบล็อกประกอบด้วย 5 กรรมวิธี ดังนี้

กรรมวิธีที่ 1 กรรมวิธีควบคุม

กรรมวิธีที่ 2 ราดทางดินด้วยพาโคลบิวทราโซลอัตรา 1 กรัมของสารออกฤทธิ์ต่อตารางเมตรของพื้นที่ใต้ทรงพุ่ม

กรรมวิธีที่ 3 พ่นทางใบด้วยเมพิควอทคลอไรด์ 3,000 มิลลิกรัมต่อลิตร

กรรมวิธีที่ 4 พ่นทางใบด้วยคลอร์มีควอทคลอไรด์ 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร

กรรมวิธีที่ 5 พ่นทางใบด้วยเมพิควอทคลอไรด์ 3,000 มิลลิกรัมต่อลิตรผสมกับคลอร์มีควอทคลอไรด์ 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร

ดำเนินการทดลองตามแต่ละกรรมวิธี (ตารางที่ 3.1) โดยราดทางดินด้วยพาโคลบิวทราโซลรอบโคนต้น 1 ครั้ง (วันที่ 31 กรกฎาคม 2555) หรือพ่นทางใบด้วยเมพิควอทคลอ-ไรด์ และคลอร์มีควอทคลอไรด์ จำนวน 3 ครั้งห่างกันครั้งละ 5 วัน (เริ่มฉีดพ่นวันที่ 31 กรกฎาคม 2555) ก่อนปล่อยให้ต้นพืชออกดอก

3.5 การบันทึกข้อมูล

3.5.1 การเปลี่ยนแปลงตายอด

ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของตายอดมะม่วงหลังเริ่มทำการทดลองจนกระทั่งแทงช่อดอก ดังนี้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

1) วันที่ออกดอก และแตกใบอ่อน

สังเกตการเปลี่ยนแปลงตายอดตั้งแต่เริ่มทำการทดลองจนกระทั่งเริ่มสังเกตเห็นต้นมะม่วงเริ่มแทงช่อดอกหรือแตกใบอ่อนโดยแสดงผลการบันทึกเป็นจำนวนวัน

2) เปอร์เซ็นต์การแตกใบอ่อน และเปอร์เซ็นต์การออกดอก

เมื่อต้นมะม่วงเริ่มแทงช่อดอกหรือแทงใบอ่อน ทำการเก็บข้อมูลโดยแบ่งต้นเป็น 5 ส่วน (1.ทิศเหนือ 2.ทิศใต้ 3.ทิศตะวันออก 4.ทิศตะวันตก และ 5.ด้านบนของ

ต้นมะม่วง) นับจำนวนยอดที่แตกใบอ่อนหรือออกดอกต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตร (ภาพที่ 3.3) จากนั้นแสดงผลเป็นเปอร์เซ็นต์ ดังสมการต่อไปนี้

$$\text{เปอร์เซ็นต์การแตกใบอ่อน} = \frac{\text{จำนวนยอดที่แตกใบอ่อนต่อพื้นที่ 1ตรม.}}{\text{จำนวนยอดทั้งหมดต่อพื้นที่ 1ตรม.}} \times 100$$

$$\text{เปอร์เซ็นต์การออกดอก} = \frac{\text{จำนวนยอดที่ออกดอกต่อพื้นที่ 1ตรม.}}{\text{จำนวนยอดทั้งหมดต่อพื้นที่ 1ตรม.}} \times 100$$

ภาพที่ 3.3 การนับจำนวนยอดที่แตกใบอ่อนหรือออกดอกต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตร

3) คุณภาพช่อดอก

เมื่อช่อดอกมะม่วงยืดยาวเต็มที่แล้ว ทำการบันทึกคุณภาพของช่อดอกในแต่ละกรรมวิธี ดังนี้

3.1) ลักษณะช่อดอก

แบ่งลักษณะช่อดอกออกเป็น 2 ลักษณะ คือ ช่อดอกล้วน และช่อดอกปนใบ (ดังภาพ) จากนั้นแสดงผลเป็นเปอร์เซ็นต์ ดังสมการ

$$\text{เปอร์เซ็นต์ช่อดอกล้วน} = \frac{\text{จำนวนช่อดอกล้วนต่อต้น}}{\text{จำนวนช่อดอกทั้งหมดต่อต้น}} \times 100$$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

$$\text{เปอร์เซ็นต์ช่อดอกปนใบ} = \frac{\text{จำนวนช่อดอกปนใบต่อต้น}}{\text{จำนวนช่อดอกทั้งหมดต่อต้น}} \times 100$$

ภาพที่ 3.4 ลักษณะของช่อดอกล้วน (ซ้าย) และช่อดอกปนใบ (ขวา)

3.2) ขนาดช่อดอก

ทำการวัดขนาดของช่อดอกทั้งด้านกว้างและด้านยาว หน่วยเป็นเซนติเมตร โดยทำการสุ่มวัดช่อดอกในแต่ละกรรมวิธี กรรมวิธีละ 30 ช่อ รวมทั้งสิ้น 150 ช่อ

ภาพที่ 3.5 วิธีวัดขนาดช่อดอกด้านกว้างที่สุด (ซ้าย) และยาวจากโคนช่อดอกถึงปลายช่อดอก (ขวา)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3.3) จำนวนดอกต่อช่อ และเพศดอก

นับจำนวนดอกมะม่วงทั้งหมดในแต่ละช่อดอกของแต่ละกรรมวิธี หน่วยเป็นดอกต่อช่อ จากนั้นแยกลักษณะเพศดอกที่พบในช่อดอก เป็น 2 ชนิด คือ ดอกเพศผู้ และดอกสมบูรณ์เพศ และคำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์ ดังนี้

$$\text{เปอร์เซ็นต์ดอกเพศผู้} = \frac{\text{จำนวนดอกเพศผู้ต่อช่อ}}{\text{จำนวนดอกทั้งหมดต่อช่อ}} \times 100$$

$$\text{เปอร์เซ็นต์ดอกสมบูรณ์เพศ} = \frac{\text{จำนวนดอกสมบูรณ์เพศต่อช่อ}}{\text{จำนวนดอกทั้งหมดต่อช่อ}} \times 100$$

$$\text{อัตราส่วนเพศดอก} = \frac{\text{จำนวนดอกสมบูรณ์เพศ}}{\text{จำนวนดอกสมบูรณ์เพศ}} : \frac{\text{จำนวนดอกเพศผู้}}{\text{จำนวนดอกสมบูรณ์เพศ}}$$

3.4) เปอร์เซ็นต์การติดผล

เมื่อช่อดอกเริ่มติดผลจนหมดทั้งช่อ ทำการนับจำนวนผลต่อช่อและคำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์ โดยใช้ฐานจากดอกสมบูรณ์เพศ

$$\text{เปอร์เซ็นต์การติดผล} = \frac{\text{จำนวนผลต่อช่อ}}{\text{จำนวนดอกสมบูรณ์เพศต่อช่อ}} \times 100$$

3.5.2 การศึกษากายวิภาคของตายอด

ศึกษาพัฒนาการของตายอดด้วยวิธีการตัดเนื้อเยื่อ โดยวิธี Frozen section (Johansen, 1940) และ ดัดแปลงโดย นริสรา (2551) มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1) เก็บตัวอย่างตายอดมะม่วงทุก 15 วัน โดยนับวันที่เริ่มทำการทดลองเป็นวันที่ 0 รวม 7 ครั้ง ได้แก่วันที่ 0 15 30 45 60 75 และ 90 วัน
2) นำตายอดแช่ในน้ำยารักษาสภาพ (formalin-acetic acid alcohol, FAA) ทันที
3) จากนั้นนำชิ้นส่วนของปลายยอดฝังลงใน tissue freezing medium เพื่อยึดเนื้อเยื่อกับ แท่นยึด และตัดภายใต้อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส ด้วยเครื่อง freezing microtome

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4) ยอมสีด้วย Delafield's hematoxylin ปิด cover slip ทำสไลด์ถาวร permount แล้วปิดด้วยกระจกสไลด์

5) บันทึกภาพใต้กล้องจุลทรรศน์ รุ่น Olympus® CX31

3.5.3 การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงทางเคมีช่วงก่อนการออกดอก

เก็บตัวอย่างใบมะม่วงทุก 15 วัน โดยนับวันที่เริ่มทำการทดลองเป็นวันที่ 0 ได้แก่วันที่ 0 15 30 45 60 75 และ 90 วัน จากนั้นนำตัวอย่างใบไปล้างทำความสะอาดด้วยน้ำกลั่น แล้วนำไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส บดละเอียดเก็บใส่ถุงกระดาษที่สะอาดเพื่อรอการนำไปวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงทางเคมีช่วงก่อนการออกดอก ดังนี้

1) การวิเคราะห์ปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ไม่ใช่โครงสร้าง (Total nonstructural carbohydrate; TNC)

2) การวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (Reducing sugar; RS) แบ่งเป็น 2 ขั้นตอน คือ

2.1) การสกัดตัวอย่างพืช

2.1.1) การสกัด TNC จากตัวอย่างพืช โดยวิธีของ Smith *et al*. (1964) และดัดแปลงโดยสุจริต (2531)

ชั่งตัวอย่างใบพืชที่บดละเอียดแล้ว 0.05 กรัม เติม 0.2 N H_2SO_4 40 มิลลิลิตร ปิดปากหลอดทดลองด้วยอลูมิเนียมฟอยด์ แล้วอบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ใน hot air oven จากนั้นทิ้งไว้ให้เย็น แล้วจึงปรับ pH ให้เป็นกลางด้วย 0.1 1 และ 2 N NaOH และ 0.5 และ 5 เปอร์เซ็นต์ H_2SO_4 ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นเป็น 50 มิลลิลิตร แล้วกรองด้วยกระดาษกรอง Whatman® เบอร์ 1 เก็บสารละลายใส่ขวดพลาสติกขนาด 60 มิลลิลิตร

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.1.2) การสกัด Reducing sugar (RS) โดยวิธีของ (Yemm, 1935)

ชั่งตัวอย่างใบพืชที่บดละเอียดแล้ว 0.05 กรัม เติม ethanol 85 เปอร์เซ็นต์ 20 มิลลิลิตร ปิดปากหลอดทดลองด้วยอลูมิเนียมฟอยด์ อบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง เขย่าทุกครึ่งชั่วโมง จากนั้นปรับปริมาตรเป็น 50 มิลลิลิตร แล้วกรองด้วยกระดาษกรอง Whatman® เบอร์ 1 เก็บใส่ขวดพลาสติกขนาด 60 มิลลิลิตร

2.2) การวิเคราะห์หาปริมาณ TNC และ RS โดยวิธีของ Nelson's reducing sugar procedure (A.O.A.C., 1990)

2.2.1) การเตรียมสารละลาย Nelson's

1) เตรียมสารละลาย Nelson's reagent A

1.1) anhydrous sodium carbonate 25 กรัม
1.2) sodium potassium tartrate 25 กรัม
1.3) sodium bicarbonate 20 กรัม
1.4) anhydrous sodium sulfate 200 กรัม
ปรับปริมาตรสุดท้ายด้วยน้ำกลั่นเป็น 1 ลิตร

2) เตรียมสารละลาย Nelson's reagent B

2.1) copper sulphate 15 กรัม ลงในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร
2.2) เติมกรด sulfuric เข้มข้น 2 หยด คนจนกระทั่ง copper sulphate ละลายจนหมด ปรับปริมาตรสุดท้ายด้วยน้ำกลั่นเป็น 1 ลิตร

3) เตรียมสารละลาย Nelson's alkaline copper reagent

นำ Nelson's reagent A จำนวน 20 มิลลิลิตร ผสมกับ Nelson's reagent B จำนวน 8 มิลลิลิตร ผสมเขย่าให้เข้ากัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

(การใช้ Nelson's alkaline copper reagent ควรเตรียมใหม่เสมอ)

4) เตรียมสารละลาย Arsenomolybdic acid reagent

4.1) ละลาย ammonium molybdate 25 กรัม ในน้ำกลั่น 450 มิลลิลิตร เติมกรด sulfuric เข้มข้น 21 มิลลิลิตร

4.2) ละลาย disodium hydrogen arsenate 3 กรัม ในน้ำกลั่น 25 มิลลิลิตร

4.3) นำสารละลายจากข้อ 4.2 ผสมลงไปในสารละลายข้อ 4.1 เขย่าให้เข้ากัน แล้วเก็บไว้ในขวดสีชาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 2 วัน (ก่อนนำมาใช้สารละลายที่ได้ต้องเป็นสีเหลืองเท่านั้น)

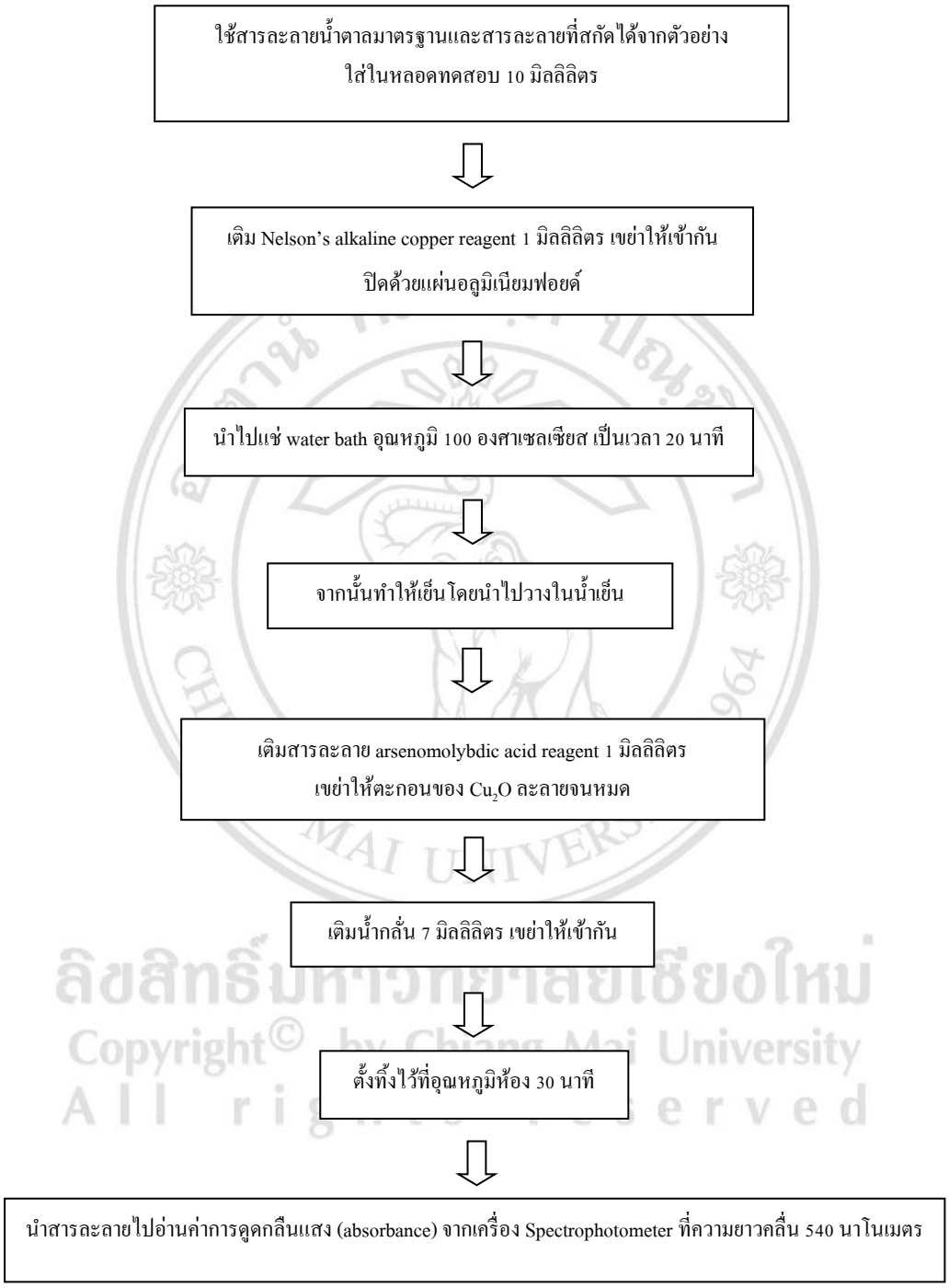
2.2.2) การเตรียมสารละลายน้ำตาลมาตรฐาน

ตารางที่ 3.2 การเตรียมสารละลายน้ำตาลมาตรฐาน (วิทยา, 2537)

การเตรียมสารละลายน้ำตาลมาตรฐาน	**ระดับความเข้มข้นของสารละลายน้ำตาลมาตรฐาน (มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร)**									
	0.025	**0.050**	**0.075**	**0.100**	**0.125**	**0.150**	**0.175**	**0.200**	**0.225**	**0.250**
สารละลาย D-glucose เข้มข้น 0.25 mg/ml (ml)	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
น้ำกลั่น (ml)	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5	0.4	0.3	0.2	0.1	-
ปริมาตรสุดท้าย (ml)	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.2.3) การวิเคราะห์หาปริมาณ TNC และ RS



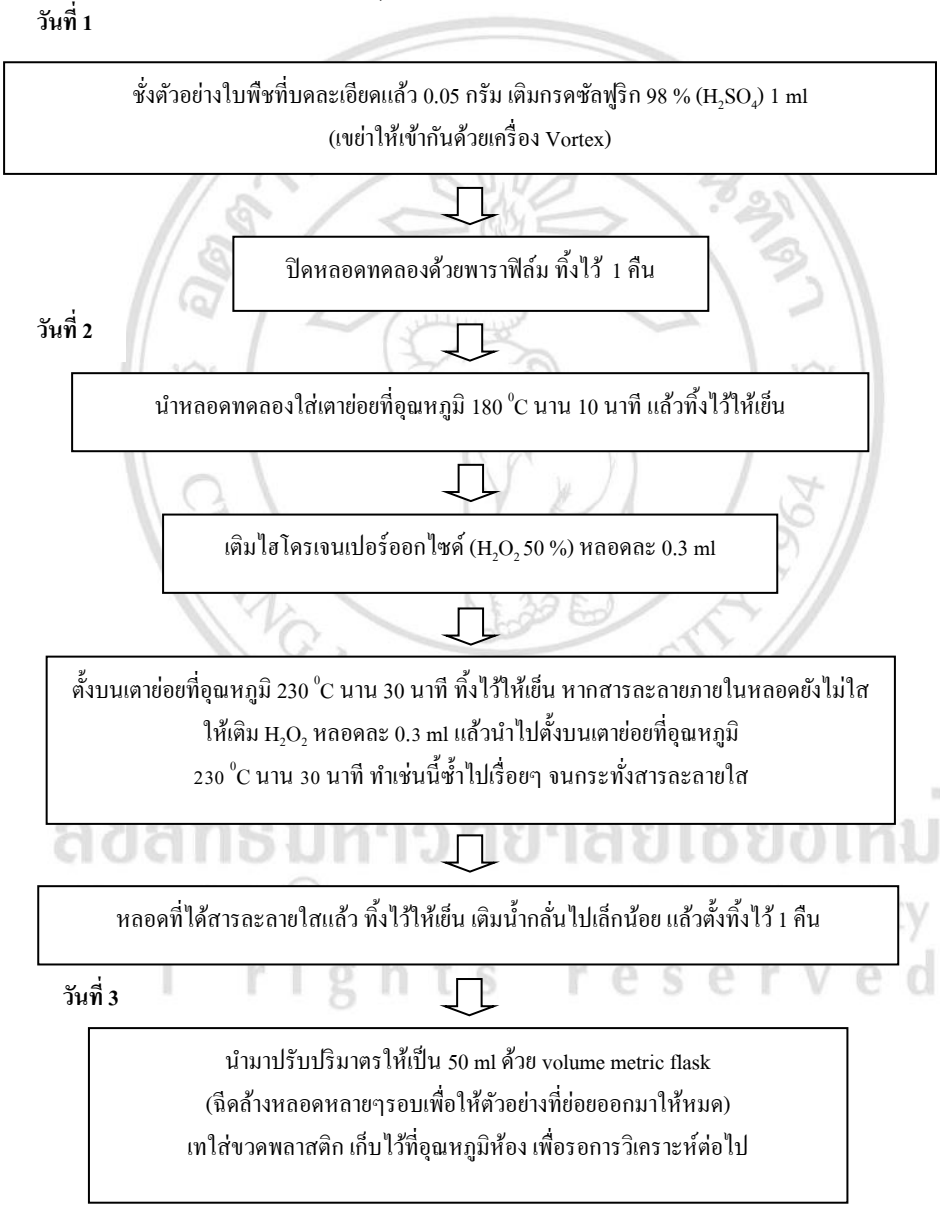
ภาพที่ 3.6 ขั้นตอนการวิเคราะห์หาปริมาณ TNC และ RS โดยวิธีของ Nelson's reducing sugar procedure (A.O.A.C., 1990)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3) การวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารหลัก

3.1) การย่อยตัวอย่างพืช

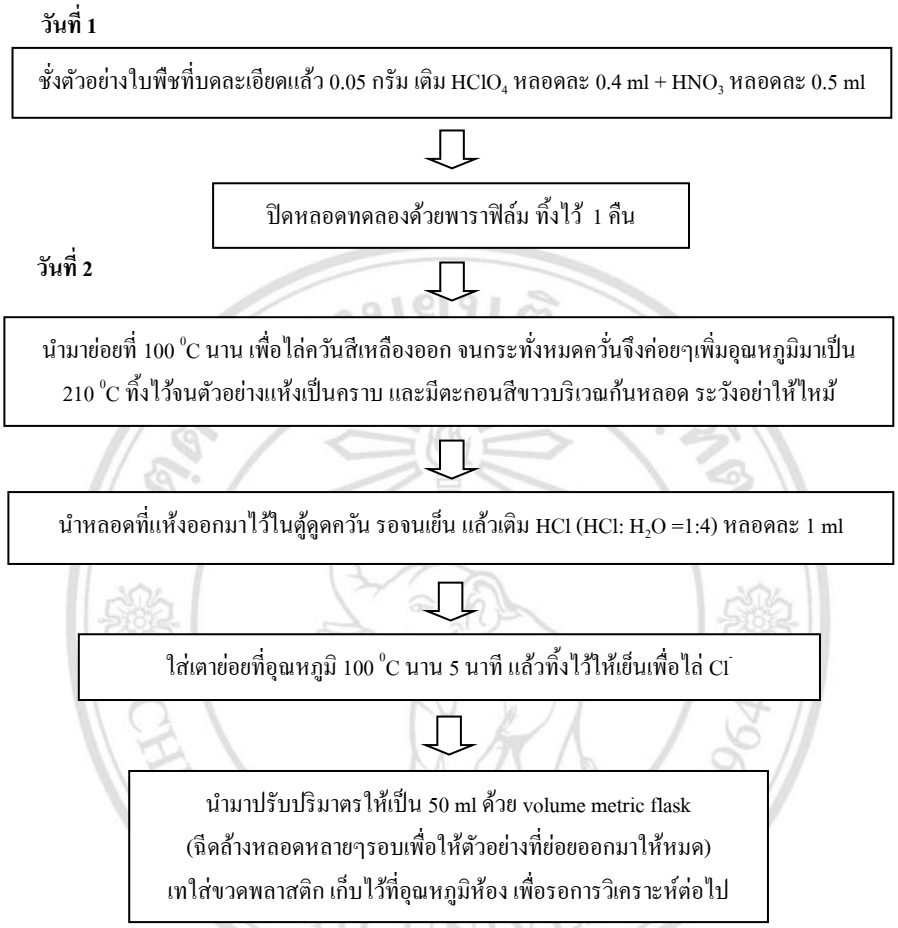
3.1.1) การย่อยตัวอย่างเพื่อใช้สำหรับการวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัส โดยวิธีของ Ohyama *et al*., (1985; 1986) ดังภาพที่



ภาพที่ 3.7 ขั้นตอนการย่อยตัวอย่างพืชเพื่อใช้วิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจน และฟอสฟอรัส โดยวิธี Ohyama *et al*., (1985; 1986)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
All rights reserved

3.1.2) การย่อยตัวอย่างพืชเพื่อใช้วิเคราะห์ปริมาณโพแทสเซียม โดยวิธี Mizuleoshi *et al.*, 1994



ภาพที่ 3.8 ขั้นตอนการย่อยตัวอย่างพืชเพื่อใช้วิเคราะห์ปริมาณโพแทสเซียมโดยวิธี Mizuleoshi *et al.* (1994)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3.2) การวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจนโดยวิธี Ohyama *et al.* (1991)

3.2.1) เตรียมสารละลายที่ใช้ตรวจสอบปริมาณไนโตรเจน

1) **A reagent :** ชั่ง EDTA.2Na 25 กรัม ละลายด้วยน้ำกลั่น 800 มิลลิลิตร แล้วปรับ pH ให้เป็น 10 (ใช้ 10 N NaOH เป็นตัวปรับ pH) จากนั้นเติมสารละลาย methylred 20 มิลลิลิตร (methylred 0.05 กรัม + 60 % เอทานอล 20 มิลลิลิตร) คนให้เข้ากัน ปรับปริมาตรสุดท้ายด้วยน้ำกลั่นให้เป็น 1 ลิตร

2) **B reagent :** ชั่ง KH_2PO_4 136.09 กรัม ใส่บีกเกอร์ 500 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่น 400 มิลลิลิตร จากนั้นชั่ง benzoic acid 2.75 กรัม ใส่บีกเกอร์ 500 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่น 400 มิลลิลิตร คนโดยใช้ magnetic stirrer ปรับอุณหภูมิที่ 30 - 40 องศาเซลเซียส จนละลายหมด นำมาเทรวมกันแล้วปรับปริมาตรสุดท้ายให้เป็น 1 ลิตร

3) **C reagent :** ชั่ง sodium nitroprusside 0.1 กรัม ละลายด้วยน้ำกลั่น เทใส่ volumetric flask จากนั้นเติมน้ำกลั่น 500 มิลลิลิตร เติม phenol 10.25 มิลลิลิตร (นำ phenol ไปอุ่นที่อุณหภูมิ 30-40 องศาเซลเซียส จะได้ phenol ที่เป็นของเหลว) แล้วปรับปริมาตรสุดท้ายด้วยน้ำกลั่นให้เป็น 1 ลิตร เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ใช้ได้นาน 2 สัปดาห์

4) **D reagent :** ชั่ง NaOH 10 กรัม $Na_2HPO_4.7H_2O$ 7.06 กรัม และ $Na_3PO_4.12H_2O$ 31.8 กรัม ละลายในน้ำกลั่นจนหมด จากนั้นเติม sodium hyperchlorite 10 มิลลิลิตร คนให้เข้ากัน แล้วปรับปริมาตรสุดท้ายด้วยน้ำกลั่นเป็น 1 ลิตร

3.2.2) เตรียมสารละลายมาตรฐานไนโตรเจน

1) **เตรียมสารละลายไนโตรเจนมาตรฐาน 100 ส่วนต่อล้าน** ชั่ง $(NH_4)_2SO_2$ 99.5 % มา 0.474 กรัม ปรับปริมาตรด้วย H_2SO_4 0.5 N ให้เป็น 1 ลิตร (H_2SO_4 13.32 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรสุดท้ายด้วยน้ำกลั่น เป็น 1 ลิตร)

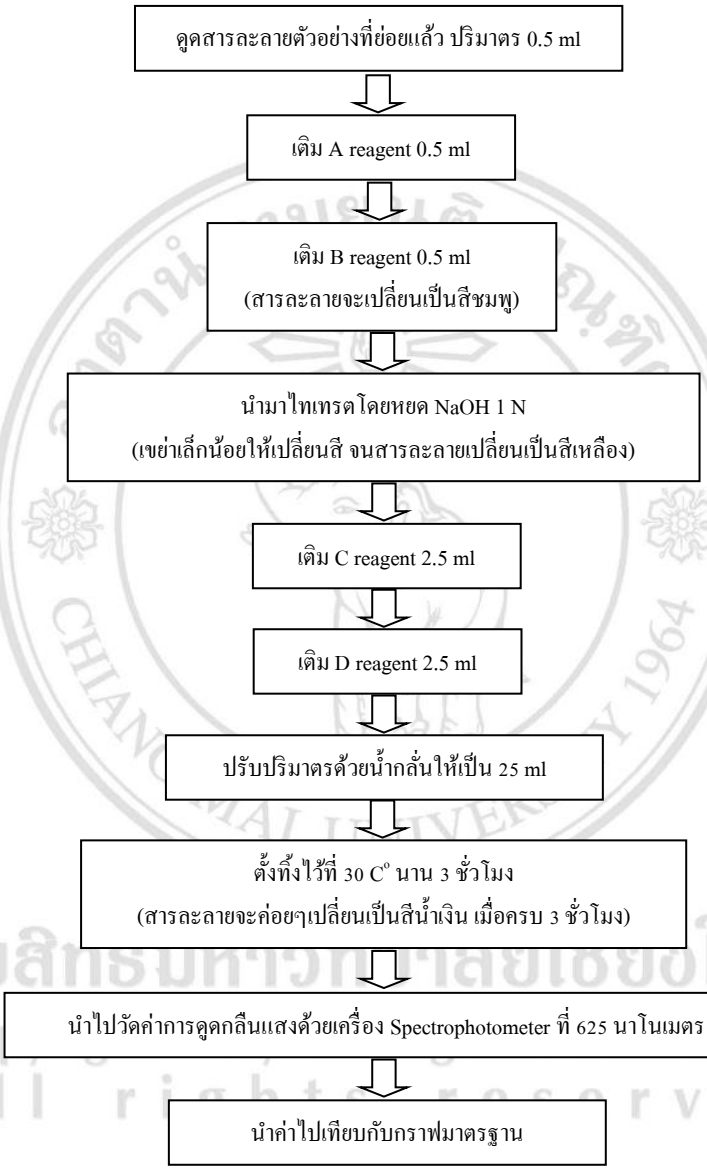
2) **เตรียมสารละลายไนโตรเจนมาตรฐาน 5 ส่วนต่อล้าน** ดูดสารละลายไนโตรเจน 100 ส่วนต่อล้าน 2.5 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร

3) **เตรียมสารละลายมาตรฐาน** ดูดสารละลายจากไนโตรเจนมาตรฐาน 5 ส่วนต่อล้าน มา 0 0.5 1 1.5 2 2.5 3 และ 3.5 มิลลิลิตร ใส่ Volumetric Flask ขนาด 25 มิลลิลิตร เติมน้ำ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

กลั่นให้มีปริมาตรสุดท้าย 25 มิลลิลิตร จะได้สารละลายมาตรฐาน 0 0.1 0.2 0.3 0.4 0.5 0.6 และ 0.7 ส่วนต่อล้าน

3.2.3) ขั้นตอนการวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจน



ภาพที่ 3.9 ขั้นตอนการวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจนโดยวิธี Ohyama *et al*. (1991)

3.2.4) การคำนวณหาปริมาณไนโตรเจนจากกราฟมาตรฐาน

$$\text{ปริมาณไนโตรเจนในตัวอย่างพืช (\%)} = \frac{A \times B \times C}{D \times E \times 1000}$$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สาร A = ค่าความเข้มข้นของไนโตรเจนจากกราฟมาตรฐาน (มิลลิกรัมต่อลิตร)

B = ปริมาตรสุดท้ายในปฏิกิริยา Indolphenol (25 มิลลิลิตร)

C = ปริมาตรสุดท้ายของการย่อยตัวอย่างพืช (50 มิลลิลิตร)

D = น้ำหนักแห้งของตัวอย่างที่ใช้ย่อย (กรัม)

E = ปริมาตรของตัวอย่างที่ใช้ในการวิเคราะห์ (มิลลิลิตร)

3.3) การวิเคราะห์หาปริมาณฟอสฟอรัส โดยวิธี Ohyama *et al*. (1991)

3.3.1) การเตรียมสารละลายที่ใช้ตรวจสอบปริมาณฟอสฟอรัส

1) เตรียมสารละลาย A reagent ชั่ง $(NH_4)_6Mo_7O_{24}\cdot 4H_2O$ 25 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 200 มิลลิลิตร กรองโดยใช้ Vacuum

2) เตรียมสารละลาย B reagent น้ำกลั่น 200 มิลลิลิตร ในบีกเกอร์แก้ว ค่อยๆ เทกรดซัลฟูริก 250 มิลลิลิตรลงไป ทิ้งไว้ 1 คืน จากนั้นปรับปริมาตรเป็น 500 มิลลิลิตร แล้วจึงค่อยๆ เท A reagent ลงใน B reagent ที่อยู่ในบีกเกอร์ ทิ้งไว้ 1 คืน แล้ววันต่อมาปรับปริมาตรให้เป็น 1 ลิตร เก็บไว้ในขวดสีชา ตั้งทิ้งไว้ในที่มืด

3) Stanous chloride ชั่ง Stanous chloride 0.25 กรัม ในขวดสีชา (เตรียมในตู้ควัน) เติม HCl 5 มิลลิลิตรละลายให้หมด เติมน้ำกลั่น 20 มิลลิลิตร ใช้ได้ 2 วัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

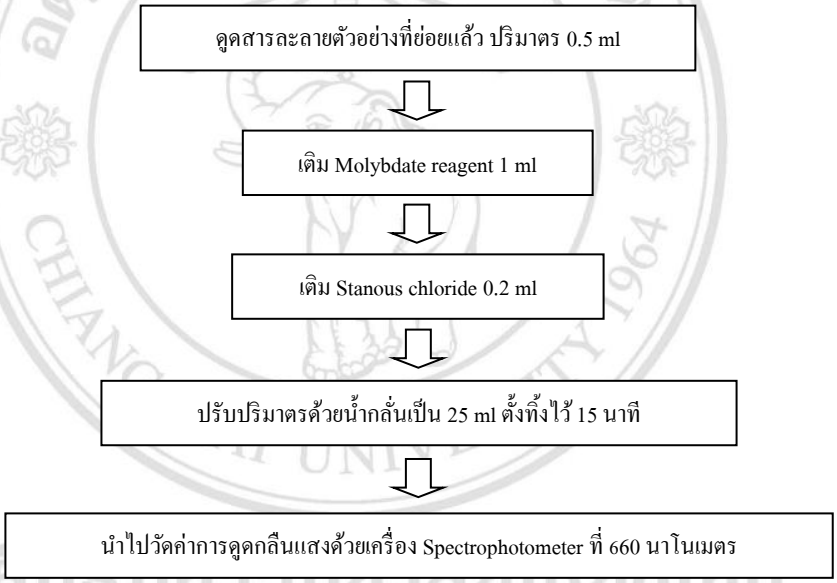
3.3.2) เตรียมสารละลายมาตรฐานฟอสฟอรัส

1) เตรียมสารละลายฟอสฟอรัสมาตรฐาน 500 ส่วนต่อล้าน ชั่ง KH_2PO_4 0.7165 กรัม ปรับปริมาตรด้วย H_2SO_4 ให้เป็น 25 มิลลิลิตร (H_2SO_4 5 มิลลิลิตร: น้ำกลั่น 1 มิลลิลิตร)

2) **เตรียมสารละลายฟอสฟอรัสมาตรฐาน 5 ส่วนต่อล้าน** ดูดสารละลายฟอสฟอรัสมาตรฐาน 500 ส่วนต่อล้าน 0.5 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรสุดท้ายด้วยน้ำกลั่นเป็น 50 มิลลิลิตร

3) **เตรียมสารละลายมาตรฐาน** ดูดสารละลายฟอสฟอรัสมาตรฐาน 5 ส่วนต่อล้าน มา 0 0.5 1 1.5 2 2.5 3 และ 3.5 มิลลิลิตร ใส่ Volumetric Flask ขนาด 25 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่นให้มีปริมาตรสุดท้าย 25 มิลลิลิตร จะได้สารละลายมาตรฐาน 0 0.1 0.2 0.3 0.4 0.5 0.6 และ 0.7 ส่วนต่อล้าน

3.3.3) ขั้นตอนการวิเคราะห์หาปริมาณฟอสฟอรัส



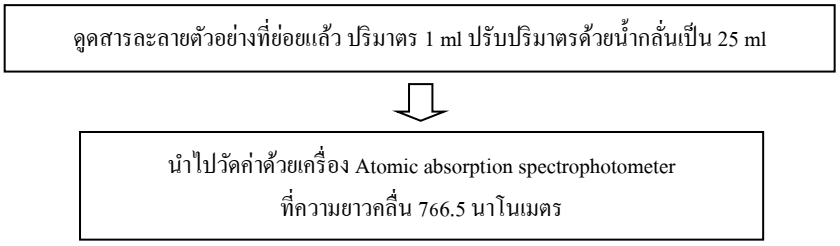
ภาพที่ 3.10 ขั้นตอนการวิเคราะห์หาปริมาณฟอสฟอรัสโดยวิธี Ohyama *et al*. (1991)

3.4) การวิเคราะห์หาปริมาณโพแทสเซียม โดยวิธี Ohyama *et al*. (1991)

3.4.1) เตรียมสารละลายมาตรฐานโพแทสเซียม ใช้สารละลายมาตรฐานโพแทสเซียม นำมาปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้มีความเข้มข้นเท่ากับ 0 0.5 1 1.5 และ 2 ส่วนต่อล้าน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3.4.2) ขั้นตอนการวิเคราะห์หาปริมาณโพแทสเซียม



ภาพที่ 3.11 ขั้นตอนการวิเคราะห์หาปริมาณโพแทสเซียมโดยวิธี Ohyama *et al.* (1991)

3.5.4. บันทึกข้อมูลอากาศ

ทำการบันทึกข้อมูลอากาศในช่วงระหว่างการทดลองเดือนกรกฎาคม 2555 ถึงมีนาคม 2556 โดยใช้แหล่งข้อมูลอากาศจากศูนย์วิจัยพืชไร่เชียงใหม่

3.6 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้โปรแกรม Statistix 8.0 โดยใช้ least significant difference test (LSD) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของแต่ละกรรมวิธี ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

3.7 สถานที่ใช้ดำเนินการ และรวบรวมข้อมูล

3.7.1) แปลงปลูกมะม่วงของเกษตรกร อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่

3.7.2) ห้องปฏิบัติการสรีรวิทยาสาขาวิชาพืชสวน ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

3.7.3) ห้องปฏิบัติการกลาง คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

3.7.4) ห้องปฏิบัติการพืชอุตสาหกรรม ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3.8 ระยะเวลาดำเนินการวิจัย

เดือนกรกฎาคม 2555 ถึงมีนาคม 2556

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1 การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในช่วงระยะเวลาทำการทดลอง

ตารางที่ 4.1 การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในแต่ละช่วงการพัฒนาตายอดของแต่ละกรรมวิธี

	จำนวนวันหลังจากดำเนินการตามกรรมวิธี						
	0 (31/7/55)	15 (1-15/8/55)	30 (16-31/8/55)	45 (1-15/9/55)	60 (16-30/9/55)	75 (1-15/10/55)	90 (16-31/10/55)
การเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศ							
1. อุณหภูมิ (°C)							
1) สูงสุด	31.6	32.1	32.8	31.5	33.0	32.5	34.0
2) ต่ำสุด	21.1	21.0	20.8	20.1	19.9	19.1	17.2
3) เฉลี่ย	26.4	26.6	26.8	25.8	26.5	25.8	25.6
2. ความชื้นสัมพัทธ์ (%)	76	79	79	82	79	80	71.1
3. ปริมาณน้ำฝนสะสม	0.0	71.7	93.5	179.4	4.3	19.5	17.5
พฤติกรรมการเปลี่ยนแปลงตายอด							
1) Control	เพสลาด	ใบแก่	ใบแก่	ใบแก่	แตกใบอ่อน	เพสลาด	ใบแก่
2) PBZ 1 g ai/m^2	เพสลาด	ใบแก่	ใบแก่	ใบแก่	ใบแก่	ใบแก	แทงช่อดอก
3) MC 3,000 mg/l	เพสลาด	ใบแก่	ใบแก่	ใบแก่	ใบแก	ใบแก่	แทงช่อดอก
4) CCC 1,000 mg/l	เพสลาด	ใบแก่	ใบแก่	ใบแก่	ใบแก่	ใบแก่	แทงช่อดอก
5) MC 3,000 mg/l + CCC 1,000 mg/l	เพสลาด	ใบแก่	ใบแก่	ใบแก่	ใบแก่	ใบแก่	แทงช่อดอก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University

ภาพที่ 4.1 ลักษณะการแตกใบอ่อน ใบเพสลาด ใบแก่ และการแทงช่อดอก ของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทอง

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในแต่ละช่วงการพัฒนาตายอดของแต่ละกรรมวิธี แสดงในตารางที่ 4.1 พบว่า ในวันที่ 0 (31 กรกฎาคม 2555) ซึ่งเป็นวันที่เริ่มทำการทดลอง ลักษณะตายอดของทุกกรรมวิธีอยู่ในระยะเพสลาด (ภาพที่ 4.1) โดยในช่วงวันดังกล่าวมีอุณหภูมิต่ำสุด สูงสุด และเฉลี่ย เท่ากับ 21.1, 31.6 และ 26.4 องศาเซลเซียส ตามลำดับ มีปริมาณความชื้นสัมพัทธ์เท่ากับ 76 เปอร์เซ็นต์ จากนั้นการเปลี่ยนแปลงตายอดในช่วง 15 วัน หลังการทดลอง (1-15 สิงหาคม 2555) พบว่า ลักษณะตายอดของทุกกรรมวิธีเริ่มเข้าสู่ระยะใบแก่ (ภาพที่ 4.1) โดยอุณหภูมิสูงสุด ต่ำสุด และเฉลี่ย อยู่ในช่วง 32.1, 21.0 และ 26.6 องศาเซลเซียส ตามลำดับ มีปริมาณน้ำฝนสะสม 71.7 มิลลิเมตร และมีความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 79 เปอร์เซ็นต์ เช่นเดียวกับการเปลี่ยนแปลงตายอดในช่วงวันที่ 30 (16-31 สิงหาคม 2555) และวันที่ 45 (1-15 กันยายน 2555) ที่พบว่า ลักษณะตายอดของทุกกรรมวิธียังคงอยู่ในระยะใบแก่ โดยในช่วงวันดังกล่าวมีอุณหภูมิใกล้เคียงกัน คืออุณหภูมิต่ำสุด 20.8-20.1องศาเซลเซียส อุณหภูมิสูงสุด 32.8-31.5 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิเฉลี่ย 26.8-25.8 องศาเซลเซียส และมีความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 79-82 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ในช่วงวันที่ 30 และ 45 หลังการทดลอง เป็นช่วงที่มีปริมาณน้ำฝนสะสมมากที่สุดเมื่อเทียบกับช่วงเวลาอื่น คือ 93.5 และ 179.4 มิลลิเมตร ตามลำดับ จึงส่งผลให้ลักษณะตายอดในชุดควบคุมแทงใบอ่อน (ภาพที่ 4.1)ในวันที่ 60 (16-30 กันยายน 2555) หลังการทดลอง ในขณะที่กรรมวิธีราดทางดินด้วยพาโคลบิวทราโซล กรรมวิธีพ่นทางใบด้วยเมพิควอทคลอไรด์ และคลอร์มีควอทคลอไรด์ ยังคงอยู่ในระยะใบแก่ โดยอุณหภูมิสูงสุด 33 องศาเซลเซียส อุณหภูมิต่ำสุด 19.9 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิเฉลี่ย 26.5 องศาเซลเซียส และมีความชื้นสัมพัทธ์ 79 เปอร์เซ็นต์ ส่วนปริมาณน้ำฝนสะสมลดลงอย่างมากคงเหลือ 4.3 มิลลิเมตร นอกจากนี้ในวันที่ 75 หลังการทดลอง (1-15 ตุลาคม 2555) พบว่า อุณหภูมิเริ่มลดต่ำลงโดยอุณหภูมิสูงสุด 32.5 องศาเซลเซียส อุณหภูมิต่ำสุด 19.1 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิเฉลี่ย 25.8 องศาเซลเซียสมีความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 80 เปอร์เซ็นต์ แต่ปริมาณน้ำฝนสะสม 19.5 มิลลิเมตร โดยในช่วงเวลานี้ลักษณะตายอดของกรรมวิธีควบคุมเริ่มเข้าสู่ระยะใบเพสลาด ในขณะที่ลักษณะตายอดของกรรมวิธีราดทางดินด้วยพาโคลบิวทราโซล และกรรมวิธีพ่นทางใบด้วยเมพิควอทคลอไรด์ผสมกับคลอร์มีควอทคลอไรด์ ยังคงอยู่ในระยะใบแก่ ด้วยเหตุนี้ในวันที่ 90 หลังการทดลอง (16-31 ตุลาคม 2555) กรรมวิธีราดทางดินด้วยพาโคลบิวทราโซล และกรรมวิธีพ่นทางใบด้วยเมพิควอทคลอไรด์ และคลอร์มีควอทคลอไรด์ เริ่มแทงช่อดอก (ภาพที่ 4.1) ซึ่งในช่วงเวลาดังกล่าวอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยลดลงมากที่สุด คือ 17.2 องศาเซลเซียส อุณหภูมิสูงสุด 34 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิเฉลี่ย 25.6 องศาเซลเซียส รวมทั้งปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ที่ลดลงเท่ากับ 71.1 เปอร์เซ็นต์ เช่นเดียวกับปริมาณน้ำฝนสะสม เท่ากับ 17.5 มิลลิเมตร ในขณะที่ตายอดในชุดควบคุมเริ่มเข้าสู่ระยะใบแก่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.2 ผลของเมพิควอทคลอไรด์ คลอร์มีควอทคลอไรด์ และพาโคลบิวทราโซลต่อพฤติกรรมการเปลี่ยนแปลงตายอด

4.2.1 การเปลี่ยนแปลงตายอดหลังการตัดแต่งกิ่ง

ทำการตัดแต่งกิ่งต้นมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ เมื่อวันที่ 9 เมษายน 2555 จากนั้นมะม่วงจะเริ่มแตกใบอ่อนชุดที่ 1 วันที่ 29 เมษายน 2555 (หลังการตัดแต่งกิ่ง 20 วัน) จากนั้นอีก 30 วันมะม่วงจะแตกใบอ่อนชุดที่ 2 (29 พฤษภาคม 2555) สำหรับกรรมวิธีควบคุมที่ไม่ออกดอกจะแตกใบอ่อนครั้งที่ 3 วันที่ 29 กันยายน 2555 และสามารถออกดอกตามธรรมชาติ วันที่ 26 ธันวาคม 2555 (ใช้เวลาในการออกดอกหลังจากการตัดแต่งกิ่ง 260 วัน) ส่วนกรรมวิธีที่ให้สารชะลอการเจริญเติบโตจะออกดอก วันที่ 26 ตุลาคม 2555 (ใช้เวลา 199 วัน หลังการตัดแต่งกิ่ง) แสดงในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 พฤติกรรมการเปลี่ยนแปลงตายอดหลังการตัดแต่งกิ่ง

พฤติกรรมการเปลี่ยนแปลงของตายอดมะม่วง	จำนวนวันหลังตัดแต่งกิ่ง
1) ต้นได้รับการตัดแต่งกิ่ง	0 วัน (9 เมษายน 2555)
2) แตกใบอ่อนครั้งที่ 1	20 วัน (29 เมษายน 2555)
3) แตกใบอ่อนครั้งที่ 2	50 วัน (29 พฤษภาคม 2555)
4) แตกใบอ่อนครั้งที่ 3 (เฉพาะกรรมวิธีควบคุม)	172 วัน (29 กันยายน 2555)
5) แทงช่อดอก	
1) ออกดอกตามธรรมชาติ	260 วัน (26 ธันวาคม 2555)
2) ออกดอกโดยการกระตุ้นด้วยสารชะลอการเจริญเติบโต	199 วัน (26 ตุลาคม 2555)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.2.2 การออกดอก

ผลของการใช้เมพิควอทคลอไรด์ คลอร์มีควอทคลอไรด์ และพาโคลบิวทราโซล พบว่ากรรมวิธีราดทางดินด้วยพาโคลบิวทราโซล ดังตารางที่ 4.3 มีผลทำให้ต้นมะม่วงออกดอกเร็วที่สุด คือ 87 วัน หลังจากเริ่มทำการทดลองเมื่อวันที่ 31 กรกฎาคม พ.ศ. 2555 และมีเปอร์เซ็นต์การออกดอกมากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เท่ากับ 96.16 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่กรรมวิธีพ่นทางใบด้วยเมพิควอทคลอไรด์ และกรรมวิธีพ่นทางใบด้วยคลอร์มีควอทคลอไรด์ เริ่มแทงช่อดอกเมื่อ 92 วันหลังการทดลอง และมีเปอร์เซ็นต์

การออกดอก เท่ากับ 82.13 และ 81.40 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อทำการผสมเมพิควอท-คลอไรด์ร่วมกับคลอร์มีควอทคลอไรด์ ต้นมะม่วงเริ่มแทงช่อดอกเมื่อ 92วัน เช่นเดียวกับกรรมวิธีการพ่นทางใบด้วยเมพิควอทคลอไรด์ และคลอร์มีควอทคลอไรด์เพียงอย่างเดียว แต่มีผลทำให้เปอร์เซ็นต์การออกดอกลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เท่ากับ 65.46 เปอร์เซ็นต์ อย่างไรก็ตามกรรมวิธีควบคุมที่ปล่อยให้ออกดอกตามธรรมชาติไม่พบการออกดอกในช่วงระยะเวลาเดียวกัน และจะเริ่มแทงช่อดอกประมาณวันที่ 26 ธันวาคม พ.ศ. 2555 หรือ 148 วันหลังการทดลอง

ตารางที่ 4.3 จำนวนวันที่ออกดอก และเปอร์เซ็นต์การออกดอกของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทอง

กรรมวิธี	จำนวนวันที่ใช้ในการออกดอก[1/]	เปอร์เซ็นต์การออกดอก
1) ชุดควบคุม	ไม่ออกดอก	ND[2/]
2) พาโคลบิวทราโซล 1 กรัม/ตรม.	87	96.16 a[3/]
3) เมพิควอทคลอไรด์ 3,000 มก./ลิตร	92	82.13 b
4) คลอร์มีควอทคลอไรด์ 1,000 มก./ลิตร	92	81.40 b
5) เมพิควอทคลอไรด์ 3,000 มก./ลิตร+ คลอร์มีควอทคลอไรด์ 1,000 มก./ลิตร	92	65.46 c
Significant	-	*

[1/] จำนวนวันหลังการราดพาโคลบิวทราโซลและการพ่นทางใบด้วยกรรมวิธี

[2/] No data

[3/] ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยอักษรต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.2.3 ลักษณะช่อดอก และขนาดของช่อดอก

ด้านลักษณะช่อดอก (ตารางที่ 4.4) พบว่า ทั้งกรรมวิธีราดทางดินด้วยพาโคลบิวทราโซล และกรรมวิธีพ่นทางใบด้วยเมพิควอทคลอไรด์ และคลอร์มีควอทคลอไรด์ ไม่มีผลต่อลักษณะช่อดอกโดยมีลักษณะช่อดอกล้วนเฉลี่ย 67.11-77.54 เปอร์เซ็นต์ และลักษณะช่อดอกปนใบเฉลี่ย 22.46-32.89 เปอร์เซ็นต์ ส่วนขนาดของช่อดอก พบว่า ในทุกกรรมวิธีมีความกว้างและความยาวของช่อดอกไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีความกว้างของช่อดอกเฉลี่ย 12.15-15.41 เซนติเมตร และมีความยาวของช่อดอกเฉลี่ย 24.47-29.21 เซนติเมตร

ตารางที่ 4.4 เปอร์เซ็นต์ลักษณะช่อดอก และขนาดของช่อดอก

กรรมวิธี	ลักษณะช่อดอก (%)		ขนาดช่อดอก (cm)	
	ดอกล้วน	ดอกปนใบ	ความกว้าง	ความยาว
1) ชุดควบคุม	ND [1/]	ND [1/]	ND [1/]	ND [1/]
2) พาโคลบิวทราโซล 1 กรัม/ตรม.	76.06	23.94	12.15	29.21
3) เมพิควอทคลอไรด์ 3,000 มก./ลิตร	67.11	32.89	15.41	24.47
4) คลอร์มีควอทคลอไรด์ 1,000 มก./ลิตร	77.54	22.46	15.19	25.20
5) เมพิควอทคลอไรด์ 3,000 มก./ลิตร+ คลอร์มีควอทคลอไรด์ 1,000 มก./ลิตร	68.65	31.35	14.42	25.23
Significant	ns	ns	ns	ns

[1/] No data

ns ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

4.2.4 จำนวนดอกต่อช่อ เปอร์เซ็นต์เพศดอกต่อช่อ และอัตราส่วนเพศดอก

ด้านจำนวนดอกต่อช่อ (ตารางที่ 4.5) พบว่า กรรมวิธีราดทางดินด้วยพาโคลบิวทราโซล มีจำนวนดอกต่อช่อ เท่ากับ 791.27 ดอกต่อช่อ ซึ่งไม่แตกต่างกับกรรมวิธีพ่นทางใบด้วยเมพิควอท-คลอไรด์ผสมกับคลอร์มีควอทคลอไรด์ และกรรมวิธีพ่นทางใบด้วยคลอร์มีควอทคลอ-ไรด์ ที่มีจำนวนดอกต่อช่อเท่ากับ 778.94 และ 682.83 ดอกต่อช่อ ตามลำดับ ส่วนกรรมวิธีพ่นทางใบด้วยเมพิควอทคลอไรด์เพียงอย่างเดียว มีจำนวนดอกต่อช่อน้อยที่สุดเท่ากับ 537.44 ดอกต่อช่อ แต่อย่างไรก็ตาม กรรมวิธีราดทางดินด้วยพาโคลบิวทราโซล และกรรมวิธีพ่นทางใบ ทั้ง 3 กรรมวิธี มีเปอร์เซ็นต์ดอกเพศผู้ และเปอร์เซ็นต์ดอกสมบูรณ์เพศไม่แตกต่างกัน คือ 87.59 - 90.24 และ 9.76 - 12.41 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนอัตราส่วนเพศดอก (ดอกเพศผู้: ดอกสมบูรณ์เพศ) พบว่า กรรมวิธีราดทางดินด้วยพาโคลบิวทราโซล และกรรมวิธีพ่นทางใบด้วยเมพิควอทคลอไรด์ มีแนวโน้มดอกเพศผู้: ดอกสมบูรณ์เพศ เท่ากับ 9: 1 ซึ่งมากกว่า กรรมวิธีพ่นทางใบด้วยคลอร์มีควอทคลอไรด์ และกรรมวิธีพ่นทางใบด้วยเมพิควอทคลอไรด์ผสมกับคลอร์มี-ควอทคลอไรด์ มีสัดส่วนดอกเพศผู้: ดอกสมบูรณ์เพศ เท่ากับ 7: 1

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.5 จำนวนดอกต่อช่อ เปอร์เซ็นต์เพศดอกต่อช่อ และอัตราส่วนเพศดอก

กรรมวิธี	จำนวนดอกต่อช่อ	เพศดอก (%)		อัตราส่วนเพศดอก (เพศผู้: สมบูรณ์เพศ)
		เพศผู้	สมบูรณ์เพศ	
1) ชุดควบคุม	ND[1/]	ND[1/]	ND[1//]	ND[1/]
2) พาโคลบิวทราโซล 1 กรัม/ตรม.	791.27 a[2/]	90.15	9.85	9:1
3) เมพิควอทคลอไรด์ 3,000 มก./ลิตร	537.44 b	90.24	9.76	9:1
4) คลอร์มีควอทคลอไรด์ 1,000 มก./ลิตร	682.83 ab	87.96	12.04	7:1
5) เมพิควอทคลอไรด์ 3,000 มก./ลิตร+ คลอร์มีควอทคลอไรด์ 1,000 มก./ ลิตร	778.94 a	87.59	12.41	7:1
Significant	*	ns	ns	-

[1/] No data

[2/]ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยอักษรต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
ns ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

4.2.5 การติดผล

จำนวนผลต่อช่อ และเปอร์เซ็นต์การติดผล (ตารางที่ 4.6) พบว่า จำนวนการติดผลต่อช่อในทุกกรรมมีไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ส่วนกรรมวิธีพ่นทางใบด้วยเมพิควอทคลอไรด์ผสมกับคลอร์มีควอทคลอไรด์ กรรมวิธีการพ่นทางใบด้วยคลอร์มีควอทคลอไรด์ และกรรมวิธีการพ่นทางใบด้วยเมพิควอทคลอไรด์ มีเปอร์เซ็นต์การติดผลเท่ากับ 66.51 56.64 และ 46.66 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในขณะที่กรรมวิธีราดทางดินด้วยพาโคลบิวทราโซล มีเปอร์เซ็นต์การติดผล เท่ากับ 22.26 เปอร์เซ็นต์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.6 จำนวนผลต่อช่อ และเปอร์เซ็นต์การติดผล

กรรมวิธี	จำนวนผลต่อช่อ	การติดผล (%)
1) ชุดควบคุม	ND [1/]	ND [1/]
2) พาโคลบิวทราโซล 1 กรัม/ตรม.	21.34	22.26 b [2/]
3) เมพิควอทคลอไรด์ 3,000 มก./ลิตร	16.86	46.66 ab
4) คลอร์มีควอทคลอไรด์ 1,000 มก./ลิตร	28.10	56.64 a
5) เมพิควอทคลอไรด์ 3,000 มก./ลิตร+ คลอร์มีควอทคลอไรด์ 1,000 มก./ลิตร	25.93	66.51 a
Significant	ns	*

[1/] No data

[2/] ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยอักษรต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
ns ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

4.3 การเปลี่ยนแปลงตายอดของมะม่วงในช่วงก่อนการออกดอก

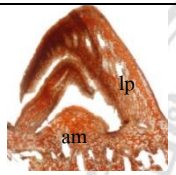
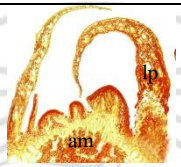
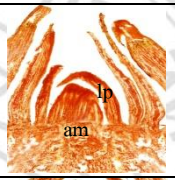
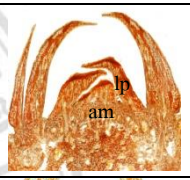
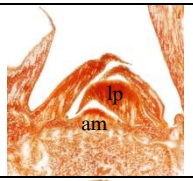
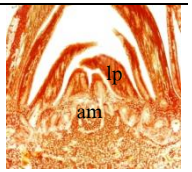
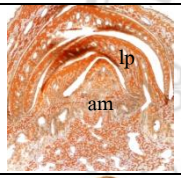
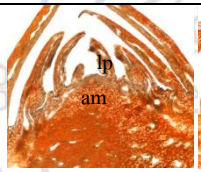
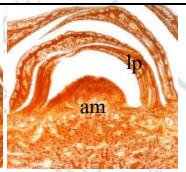
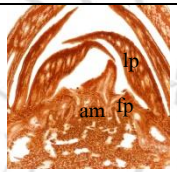
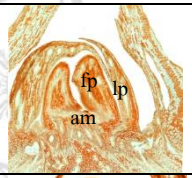
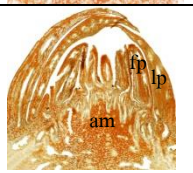
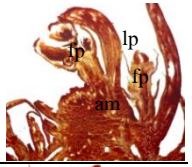
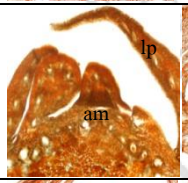
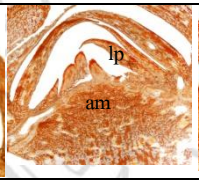
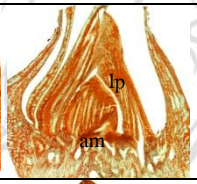
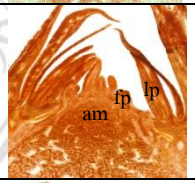
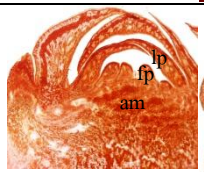
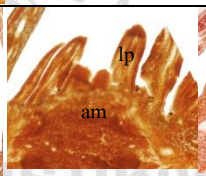
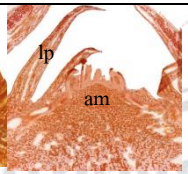
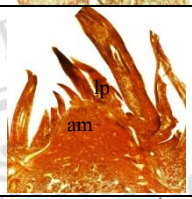
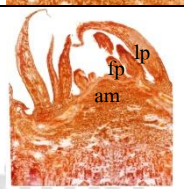
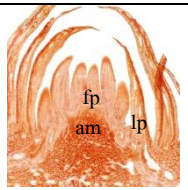
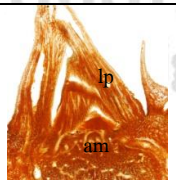
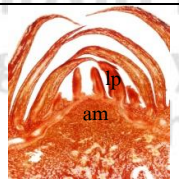
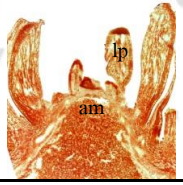
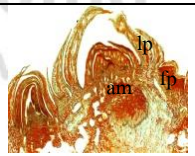
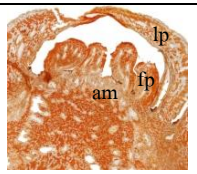
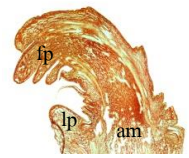
การศึกษาการเปลี่ยนแปลงตายอดของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองในช่วงก่อนการออกดอก โดยกรรมวิธี Freezing Microtome Section (ตารางที่ 4.7) พบว่า ตายอดใน วันที่ 0 ที่เริ่มทำการทดลอง (วันที่ 31/7/2555) ถึงวันที่ 30 หลังการทดลอง ในทุกกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างกัน คือบริเวณปลายยอดมีลักษณะโค้งนูนเป็นรูปโดมแหลม จากนั้นในวันที่ 45 หลังกรรมวิธีราดทางดินด้วยพาโคลบิว-ทราโซล และกรรมวิธีพ่นทางใบด้วยเมพิควอทคลอไรด์ผสมกับคลอร์มีควอทคลอไรด์ เริ่มพัฒนาจุดกำเนิดตาดอก (floral primodium) และในวันที่ 60 ตายอดของกรรมวิธีพ่นทางใบด้วยเมพิ-ควอทคลอไรด์ และกรรมวิธีพ่นทางใบด้วยคลอร์มีควอทคลอไรด์ เริ่มสร้างจุดกำเนิดตาดอกเช่นกัน โดยลักษณะของโดมจะกว้างขึ้น และมีการแบ่งเซลล์ด้านข้างของโดม ทั้ง 2 ข้าง หลังจากนั้นบริเวณ apical meristem จะเกิดการแบ่งเซลล์และขยายตัวให้ปลายยอดยืดยาวเจริญไปเป็นช่อดอกย่อย จากนั้นจุดกำเนิดตาดอกของกรรมวิธีราดทางดินด้วยพาโคลบิวทราโซล กรรมวิธีพ่นทางใบด้วยเมพิควอทคลอไรด์ กรรมวิธีพ่นทางใบด้วยคลอร์มีควอทคลอไรด์ และกรรมวิธีพ่นทางใบด้วยเมพิควอทคลอไรด์ผสมกับคลอร์มีควอทคลอไรด์ จะพัฒนาไปเป็นช่อดอกโดยแทงออกมาในวันที่ 90 หลังการทดลอง ส่วนกรรมวิธีควบคุมจะเห็นได้ว่าไม่มีการ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สร้างจุดกำเนิดตาดอก จึงไม่พบการออกดอก แต่พบการแตกใบอ่อนแทน อย่างไรก็ตามจากตารางที่ 4.7 กรรมวิธีที่ราดทางดินด้วยพาโคลบิวทราโซล และกรรมวิธีพ่นทางใบด้วยเมพิควอท-คลอไรด์ผสมกับคลอร์มีควอทคลอไรด์ มีผลทำให้ตายอดสร้างจุดกำเนิดตาดอกได้เร็วกว่ากรรมวิธีพ่นทางใบด้วยเมพิควอทคลอไรด์ และกรรมวิธีพ่นทางใบด้วยคลอร์มีควอทคลอไรด์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.7 การเปลี่ยนแปลงตายอดของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองในช่วงก่อนการออกดอก

กรรมวิธี	จำนวนวันหลังจากดำเนินการตามกรรมวิธี						
	0	15	30	45	60	75	90
1) ชุดควบคุม							
2) พาโคลบิวทราโซล 1 กรัม/ตรม.							
3) เมพิควอทคลอไรด์ 3,000 มก./ลิตร							
4) คลอร์มีควอทคลอไรด์ 1,000มก./ลิตร							
5) เมพิควอทคลอไรด์ 3,000 มก./ลิตร+คลอร์มีควอทคลอไรด์ 1,000 มก./ลิตร							

หมายเหตุ : lp คือ leaf primordial am คือ apical meristem fp คือ floral primordial

4.4 ผลของเมพิควอทคลอไรด์ คลอร์มีควอทคลอไรด์ และพาโคลบิวทราโซลต่อการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาในช่วงก่อนการออกดอกของต้นมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทอง

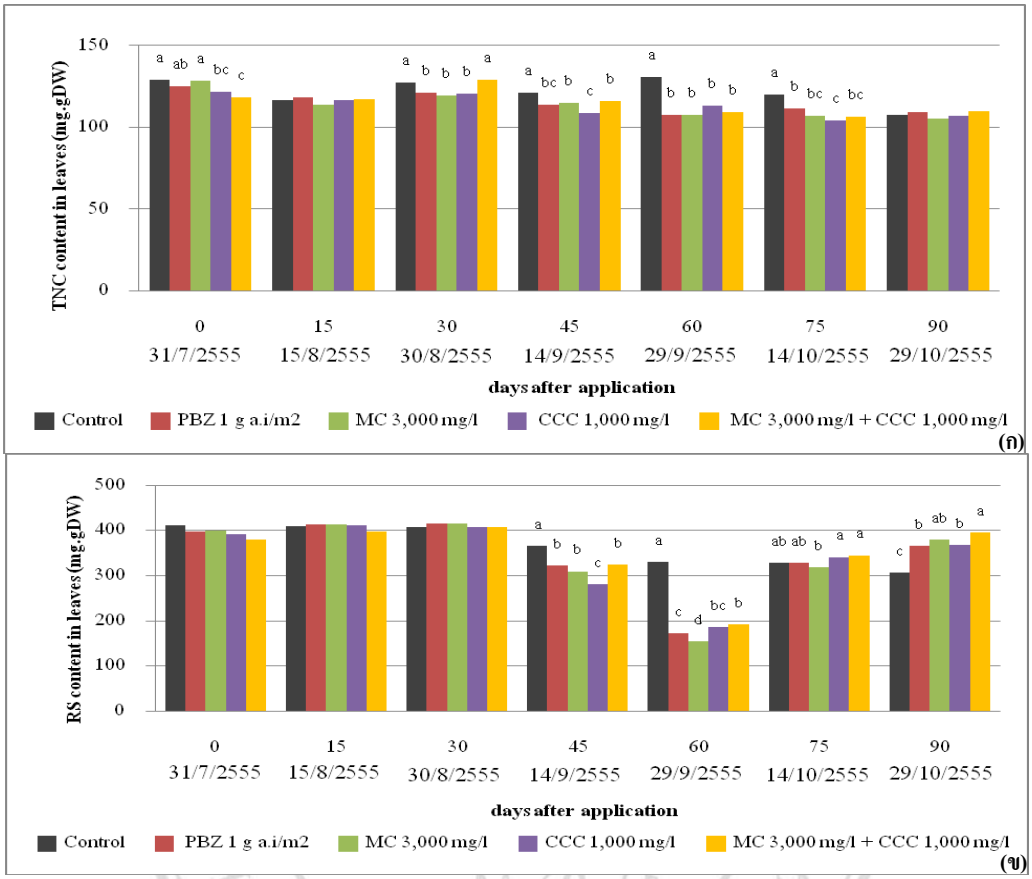
4.4.1 การเปลี่ยนแปลงปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ไม่ใช่โครงสร้าง (Total non-structural carbohydrate; TNC) และปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (Reducing sugar; RS) ในใบมะม่วง

การเปลี่ยนแปลงปริมาณ TNC ในใบของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองในช่วงก่อนการออกดอก พบว่า ปริมาณ TNC ในวันที่ 0 (31/7/2555) ซึ่งเป็นวันที่เริ่มทำการทดลอง โดยระยะใบของทุกกรรมวิธีอยู่ในระยะใบเพสลาด พบว่า กรรมวิธีราดทางดินด้วยพาโคล-บิวทราโซล กรรมวิธีพ่นทางใบด้วยคลอร์มีควอทคลอไรด์ และกรรมวิธีพ่นทางใบด้วยเมพิควอทคลอไรด์ผสมกับคลอร์มีควอทคลอไรด์ มีปริมาณ TNC ลดลงกว่าชุดควบคุม และกรรมวิธีพ่นทางใบด้วยเมพิควอทคลอไรด์ จากนั้นวันที่ 15 หลังการทดลอง (15/8/2555) ต้นมะม่วงในทุกกรรมวิธีเริ่มเข้าสู่ระยะใบแก่ มีผลทำให้ปริมาณ TNC ของทุกกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างกัน จากนั้นในวันที่ 30 (30/8/2555) ทุกกรรมวิธียังคงอยู่ในระยะใบแก่ และปริมาณ TNC มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น โดยกรรมวิธีพ่นทางใบด้วยเมพิควอทคลอไรด์ กรรมวิธีพ่นทางใบด้วยคลอร์มีควอทคลอไรด์ และกรรมวิธีราดทางดินด้วยพาโคลบิวทราโซล มีปริมาณ TNC ลดต่ำลงอย่างมีนัยสำคัญ เช่นเดียวกับ วันที่ 45 หลังการทดลอง (14/9/2555) ที่ปริมาณ TNC ของกรรมวิธีราดทางดินด้วยพาโคลบิวทราโซล กรรมวิธีพ่นทางใบด้วยเมพิควอทคลอไรด์ และกรรมวิธีพ่นทางใบด้วยเมพิควอทคลอไรด์ผสมกับคลอร์มีควอทคลอไรด์ ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเทียบกับชุดควบคุม ถึงแม้ว่าระยะการพัฒนาของตายอดจะอยู่ในระยะใบแก่เหมือนกัน จากนั้นปริมาณ TNC ของกรรมวิธีที่ให้สารชะลอการเจริญเติบโตทุกกรรมวิธีลดลงอย่างต่อเนื่องอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อเทียบกับกรรมวิธีควบคุม ที่เริ่มแตกใบอ่อนในวันที่ 60 หลังการทดลอง (29/9/2555) ในขณะที่กรรมวิธีที่ให้สารชะลอการเจริญเติบโตยังคงอยู่ในระยะใบแก่ โดยการเปลี่ยนแปลงเช่นนี้จะต่อเนื่องไปถึงวันที่ 75 หลังการทดลอง (14/10/2555) จนกระทั่งวันที่ 90 หลังการทดลอง (29/10/2555) พบว่า ปริมาณ TNC ของทุกกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างกัน โดยในช่วงดังกล่าวกรรมวิธีควบคุมเริ่มเข้าสู่ระยะใบแก่ ส่วนต้นมะม่วงในกรรมวิธีที่ให้สารชะลอการเจริญเติบโตเริ่มแทงช่อดอก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การเปลี่ยนแปลงปริมาณ RS ในใบมะม่วง ในช่วงวันที่ 0-30 หลังการทดลอง (31/7/2555 - 30/8/2555) ต้นมะม่วงของทุกกรรมวิธีพัฒนาจากใบเพสลาดเข้าสู่ระยะใบแก่ โดยพบว่า ปริมาณ RS ในใบของทุกกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จากนั้นในวันที่ 45 หลังการทดลอง (14/9/2555) ระยะใบของกรรมวิธีที่ให้สารชะลอการเจริญเติบโตทุกกรรมวิธีอยู่ในระยะใบแก่ และมีปริมาณ RS เริ่มลดต่ำลง เมื่อเทียบกับกรรมวิธีควบคุม โดยเฉพาะอย่างยิ่งกรรมวิธีพ่นทางใบด้วยคลอร์มีควอทคลอไรด์ที่ลดต่ำลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จากนั้นในวันที่ 60 หลังการทดลอง (29/9/2555) ระยะใบของกรรมวิธีที่ให้สารชะลอการเจริญเติบโตทุกกรรมวิธีอยู่ในระยะใบแก่ และมีปริมาณ RS ลดลงอย่างมาก เมื่อเทียบกับกรรมวิธีควบคุม โดยเฉพาะอย่างยิ่งกรรมวิธีราดทางดินด้วยพาโคลบิวทราโซล ในขณะที่กรรมวิธีควบคุม มีปริมาณ RS มากที่สุด เริ่มแตกใบอ่อน อย่างไรก็ตามในวันที่ 75 หลังการทดลอง (14/10/2555) ปริมาณ RS ของกรรมวิธีพ่นทางใบด้วยเมพิควอทคลอไรด์ผสมกับคลอร์มีควอทคลอไรด์ กรรมวิธีพ่นทางใบด้วยคลอร์มีควอทคลอไรด์ และกรรมวิธีราดทางดินด้วยพาโคลบิวทราโซล และชุดควบคุมเพิ่มสูงขึ้นและไม่มีความแตกต่างกัน จากนั้นในวันที่ 90 หลังการทดลอง (29/10/2555) ระยะใบของกรรมวิธีควบคุมเริ่มเข้าสู่ระยะใบแก่ มีปริมาณ RS ในใบลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเทียบกับกรรมวิธีราดทางดินด้วยพาโคลบิวทราโซล กรรมวิธีพ่นทางใบด้วยคลอร์มีควอทคลอไรด์ และกรรมวิธีพ่นทางใบด้วยเมพิควอทคลอไรด์ ที่มีปริมาณ RS เพิ่มสูงขึ้นกว่ากรรมวิธีควบคุม และกรรมวิธีพ่นทางใบด้วยเมพิควอทคลอไรด์ผสมกับคลอร์มีควอทคลอไรด์ เพิ่มสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพที่ 4.2 การเปลี่ยนแปลงปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ไม่ใช่โครงสร้าง (ก) และปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (ข) (ตัวอักษรที่แตกต่างกันแสดงถึงความแตกต่างกันทางสถิติ $P \leq 0.05$)

4.4.2 การเปลี่ยนแปลงปริมาณธาตุอาหารหลัก ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในใบมะม่วง

เมื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณธาตุอาหารภายในใบมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองหลังจากดำเนินการตามกรรมวิธี (ภาพที่ 4.3)

ไนโตรเจน

การเปลี่ยนแปลงปริมาณไนโตรเจนในช่วง วันที่ 0 (31/7/2555) ซึ่งเป็นวันที่เริ่มทำการทดลอง พบว่า ปริมาณไนโตรเจนในใบของชุดควบคุมมีปริมาณน้อยที่สุด เมื่อเทียบกับกรรมวิธีพ่นทางใบด้วยเมพิควอทคลอไรด์ กรรมวิธีพ่นทางใบด้วยคลอร์มีควอทคลอ-ไรด์ และกรรมวิธีพ่นทางใบด้วยเมพิควอทคลอไรด์ผสมกับคลอร์มีควอทคลอไรด์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

จากนั้นในวันที่ 15 หลังการทดลอง (15/8/2555) ปริมาณไนโตรเจนของกรรมวิธีราดทางดินด้วยพาโคลบิวทราโซล ชุดควบคุม และกรรมวิธีพ่นทางใบด้วยเมพิควอทคลอไรด์ผสมกับคลอร์มีควอทคลอไรด์ มีปริมาณไนโตรเจนมากกว่ากรรมวิธีพ่นทางใบด้วยคลอร์มีควอทคลอไรด์ และกรรมวิธีพ่นทางใบด้วยเมพิควอทคลอไรด์ ที่ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยระยะใบของทุกกรรมวิธีอยู่ในระยะใบแก่ จากนั้นวันที่ 30 (30/8/2555)ปริมาณไนโตรเจนของกรรมวิธีควบคุมเพิ่มสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่กรรมวิธีอื่นลดลงอย่างมีนัยสำคัญ จากนั้นในวันที่ 45 หลังการทดลอง (14/9/2555) ปริมาณไนโตรเจนในทุกกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างกันจนกระทั่งในวันที่ 60 และ 75 กรรมวิธีพ่นทางใบด้วยเมพิควอทคลอไรด์ผสมกับคลอร์มีควอทคลอไรด์ กรรมวิธีราดทางดินด้วยพาโคลบิวทราโซล กรรมวิธีพ่นทางใบด้วยเมพิควอทคลอไรด์ และกรรมวิธีพ่นทางใบด้วยคลอร์มีควอทคลอไรด์ มีปริมาณไนโตรเจนเพิ่มสูงขึ้น ในขณะที่ชุดควบคุมที่พบการแตกใบอ่อน มีปริมาณไนโตรเจนน้อยที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ อย่างไรก็ตามในวันที่ 90 (29/10/2555) ซึ่งเป็นวันที่พบการแทงช่อดอกของกรรมวิธีที่ให้สารชะลอการเจริญเติบโต พบว่าปริมาณไนโตรเจนของกรรมวิธีราดทางดินด้วยพาโคลบิวทราโซล เพิ่มขึ้นสูงกว่ากรรมวิธีพ่นทางใบด้วยเมพิควอทคลอไรด์ กรรมวิธีพ่นทางใบด้วยคลอร์มีควอทคลอไรด์ และกรรมวิธีพ่นทางใบด้วยเมพิควอทคลอไรด์ผสมกับคลอร์มีควอทคลอไรด์ แต่ไม่แตกต่างกับชุดควบคุม

ฟอสฟอรัส

ส่วนการเปลี่ยนแปลงปริมาณฟอสฟอรัสในใบมะม่วง พบว่า ในวันที่ 0 (31/7/2555) และ 15 หลังการทดลอง (15/8/2555) พบว่า ทุกกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างกัน โดยในวันที่ 30 (30/8/2555) ปริมาณฟอสฟอรัสในใบของกรรมวิธีพ่นทางใบด้วยคลอร์มีควอทคลอไรด์ กรรมวิธีพ่นทางใบด้วยเมพิควอทคลอไรด์ และกรรมวิธีราดทางดินด้วยพาโคลบิวทราโซล มีปริมาณฟอสฟอรัสมากกว่าเมื่อเทียบกับกรรมวิธีควบคุม และกรรมวิธีพ่นทางใบด้วยเมพิควอทคลอไรด์ผสมกับคลอร์มีควอทคลอไรด์ แต่ปริมาณฟอสฟอรัสในใบจะเพิ่มสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อวันที่ 45 หลังการทดลอง (14/9/2555)ในกรรมวิธีพ่นทางใบด้วยเมพิควอทคลอไรด์ กรรมวิธีพ่นทางใบด้วยคลอร์มีควอทคลอไรด์ และกรรมวิธีพ่นทางใบด้วยเมพิควอทคลอไรด์ผสมกับ

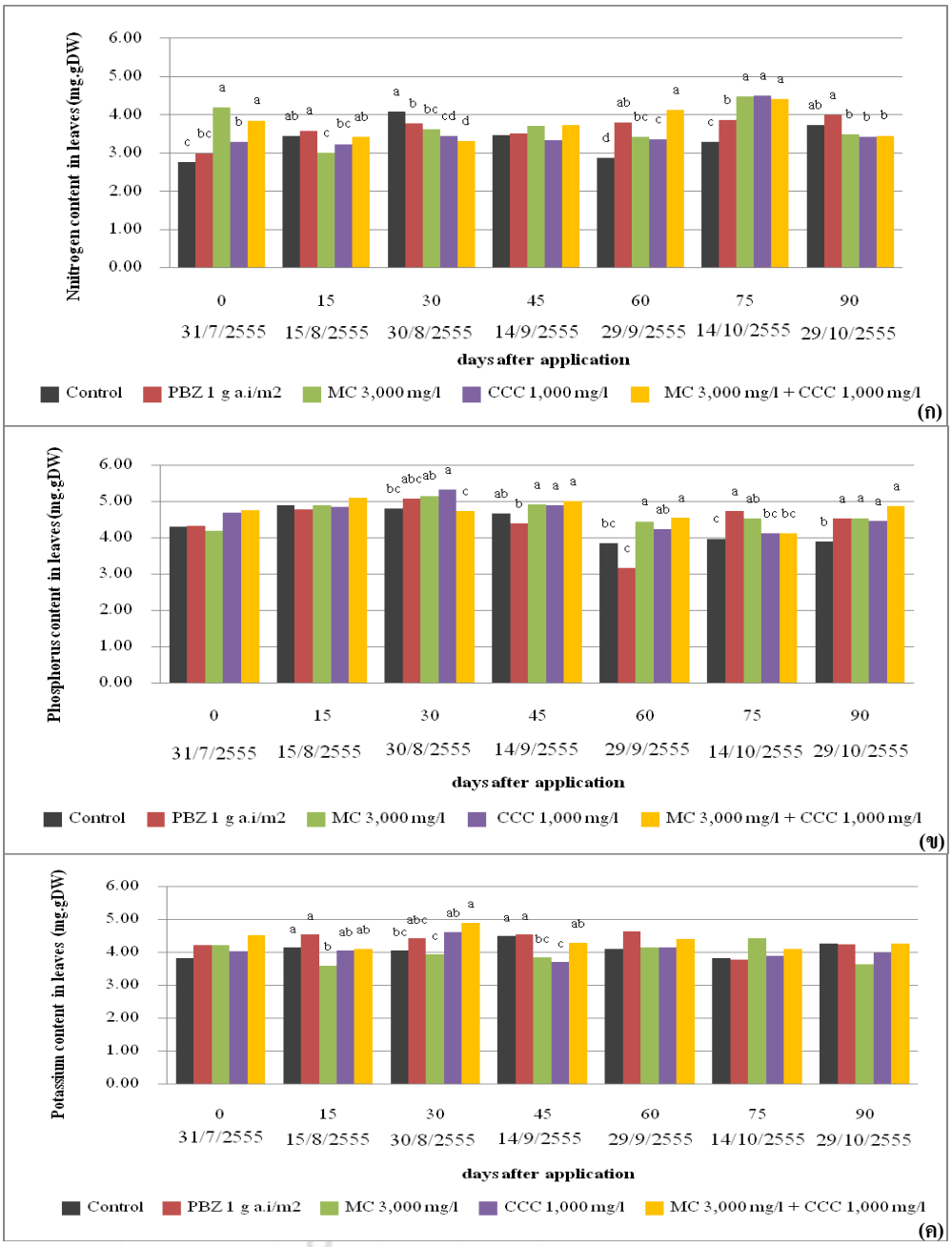
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

คลอร์มีควอทคลอไรด์ ในขณะที่ชุดควบคุมมีปริมาณลดลง จากนั้นวันที่ 60 หลังการทดลอง (29/9/2555) ปริมาณฟอสฟอรัสในใบของกรรมวิธีราดทางดินด้วยพาโคลบิวทราโซล ลดต่ำลงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกระทั่งในวันที่ 75 (14/10/2555) และ 90 (29/10/2555) กรรมวิธีราดทางดินด้วยพาโคลบิวทราโซล กรรมวิธีพ่นทางใบด้วยเมพิควอทคลอไรด์ กรรมวิธีพ่นทางใบด้วยคลอร์มีควอทคลอ-ไรด์ และกรรมวิธีพ่นทางใบด้วยเมพิควอทคลอไรด์ผสมกับคลอร์มีควอทคลอไรด์ มีปริมาณฟอสฟอรัสเพิ่มสูงขึ้น โดยเมื่อเทียบกับชุดควบคุมที่แตกใบอ่อน มีปริมาณฟอสฟอรัสลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

โพแทสเซียม

ปริมาณโพแทสเซียมในใบมะม่วงของ วันที่ 0 ที่เริ่มทำการทดลอง ในทุกกรรมวิธีพบว่า ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ จากนั้นในวันที่ 15 (15/8/2555) ปริมาณโพแทสเซียมในใบของชุดควบคุม และกรรมวิธีการราดทางดินด้วยพาโคลบิวทราโซล มีปริมาณเพิ่มสูงขึ้น แต่ไม่แตกต่างกับกรรมวิธีพ่นทางใบด้วยคลอร์มีควอทคลอไรด์ และกรรมวิธีการพ่นทางใบด้วยเมพิควอทคลอไรด์ผสมกับคลอร์มีควอทคลอไรด์ ในขณะที่กรรมวิธีการพ่นทางใบด้วยเมพิควอทคลอไรด์ มีปริมาณโพแทสเซียมลดต่ำลงกว่ากรรมวิธีอื่น จากนั้นวันที่ 30 วัน หลังการทดลอง (ระยะใบแก่) ปริมาณโพแทสเซียมในใบของกรรมวิธีพ่นทางใบด้วยเมพิควอทคลอไรด์ผสมกับคลอร์มีควอทคลอไรด์เพิ่มสูงขึ้น แต่ไม่แตกต่างกับกรรมวิธีการราดทางดินด้วยพาโคลบิวทราโซล และกรรมวิธีพ่นทางใบด้วยคลอร์มีควอทคลอไรด์ ในขณะที่กรรมวิธีพ่นทางใบด้วยเมพิควอทคลอไรด์ ยังคงมีปริมาณโพแทสเซียมน้อยที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เช่นเดียวกับชุดควบคุม และในวันที่ 45 หลังการทอลอง (14/9/2555) ปริมาณโพแทสเซียมในใบของกรรมวิธีควบคุม กรรมวิธีการราดทางดินด้วยพาโคลบิวทราโซลเพิ่มสูงอย่างมีนัยสำคัญ แต่ไม่แตกต่างกับกรรมวิธีพ่นทางใบด้วยเมพิควอทคลอไรด์ผสมกับคลอร์มีควอทคลอไรด์ ส่วนกรรมวิธีพ่นทางใบด้วยเมพิควอทคลอไรด์ มีปริมาณโพแทสเซียมลดต่ำลง และลดลงอย่างมีนัยสำคัญในกรรมวิธีพ่นทางใบด้วยคลอร์มีควอทคลอไรด์ จากนั้นในวันที่ 60-90 หลังกรรมวิธี (29/9/2555 - 29/10/2555) ปริมาณโพแทสเซียมในทุกกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จนกระทั่งแทงช่อดอก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพที่ 4.3 การเปลี่ยนแปลงปริมาณธาตุ ไนโตรเจน (ก) ฟอสฟอรัส (ข) และโพแทสเซียม (ค) ในใบมะม่วง (ตัวอักษรที่แตกต่างกันแสดงถึงความแตกต่างกันทางสถิติ $P \leq 0.05$)

บทที่ 5

วิจารณ์ผลการทดลอง

5.1 ผลของเมพิควอทคลอไรด์ คลอร์มีควอทคลอไรด์ และพาโคลบิวทราโซลต่อการออกดอก และการเปลี่ยนแปลงของสารคาร์โบไฮเดรต และธาตุอาหารสำคัญของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทอง

5.1.1 ผลของเมพิควอทคลอไรด์ คลอร์มีควอทคลอไรด์ และพาโคลบิวทราโซลต่อการออกดอก

จากการศึกษา พบว่า สารชะลอการเจริญเติบโตทั้ง 3 ชนิด สามารถชักนำให้ต้นมะม่วงออกดอกได้เร็วกว่าต้นควบคุม 55 วัน โดยสอดคล้องกับโสภา (2555) ที่พบว่า ต้นมะม่วงที่ใช้สารเมพิควอทคลอไรด์ คลอร์มีควอทคลอไรด์ และพาโคลบิวทราโซล สามารถออกดอกได้เร็วกว่าชุดควบคุม 22-25 วัน โดยกรรมวิธีราดทางดินด้วยพาโคลบิวทราโซล สามารถชักนำให้ออกดอกได้เร็ว และมีเปอร์เซ็นต์การออกดอก เท่ากับ 96.16 เปอร์เซ็นต์ โดยเมื่อเทียบกับการพ่นทางใบด้วยเมพิควอทคลอไรด์ และคลอร์มีควอทคลอไรด์ จากทฤษฎีสารพาโคลบิวทราโซล เมพิควอทคลอไรด์ และคลอร์มีควอทคลอไรด์ เป็นสารชะลอการเจริญเติบโตของพืชที่อยู่ในกลุ่มเดียวกัน มีคุณสมบัติยับยั้งการสังเคราะห์จิบเบอเรลลินเหมือนกัน แต่เป็นสารประกอบต่างกลุ่มกัน โดยสารพาโคลบิวทราโซลเป็นสารชะลอการเจริญเติบโตของพืชในกลุ่ม Triazoles ที่มีผลยับยั้งกระบวนการออกซิเดชั่นของ ent-kaurene ไปเป็น ent-kaurenoic acid ที่กระตุ้นโดย P450 monooxygenases ในกระบวนการสังเคราะห์ GA_3 ระยะที่ 2 ทำให้ไม่มีการสร้าง GA_{12}-aldehyde (Lalit, 2002) ในขณะที่เมพิควอทคลอไรด์ และคลอร์มีควอทคลอไรด์ เป็นกลุ่มสารประกอบพวก Onium ซึ่งมีผลยับยั้งกระบวนการสร้าง GA_s ขั้นตอนการเปลี่ยน geranylderanyl pyrophosphate (GGPP) ไปเป็น ent-kaurene โดยยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ copalyl diphosphate synthase และ ent-kaurene synthase (Lalit, 2002) ซึ่งในช่วงที่มะม่วงเริ่มสร้างตาดอก และออกดอก นอกจากจิบเบอเรลลินที่ลดลงแล้ว ยังมีฮอร์โมนไซโตไคนิน ซึ่ง Chen (1990) พบว่า จะเพิ่มมากขึ้นเมื่อมะม่วงเริ่มสร้างตาดอก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

และออกดอก นอกจากนี้อาจเป็นไปได้ว่า พาโคลบิวทราโซลมีคุณสมบัติเคลื่อนที่ในระบบรากเข้าสู่ท่อลำเลียงได้ดีกว่าการดูดซึมทางปากใบ (พีรเดช, 2542) และได้รับการยืนยันจาก ธวัชชัย และรุ่งทิพย์ (2553) ว่า การใช้ทางดินจะเคลื่อนที่ได้ดีกว่าการพ่นทางใบ เนื่องจากสารจะไม่ค่อยเคลื่อนย้ายจากใบแก่ไปยังยอดอ่อน จึงทำให้การราดพาโคลบิวทราโซลชักนำให้ต้นมะม่วงออกดอกได้เร็วกว่า และมากกว่าการพ่นทางใบด้วยเมพิควอทคลอไรด์ และคลอร์มีควอทคลอไรด์ จริญญา (2553) กล่าวว่า การราดสารทางดินจะมีประสิทธิภาพการยับยั้งการเกิดใบอ่อนได้ดีกว่าวิธีการพ่นทางใบ อย่างไรก็ตามจากคุณสมบัติดังกล่าว มีผลทำให้ต้นมะม่วงสามารถยับยั้งการแตกใบอ่อนได้นานจนกระทั่งออกดอกในวันที่ 90 ถึงแม้ว่าในช่วงวันที่ 1 สิงหาคม 2555 ถึง 15 กันยายน 2555 (ช่วงระหว่าง 15-45 วันหลังการทดลอง) จะเป็นช่วงที่มีปริมาณน้ำฝนสะสมสูงถึง 344.6 มิลลิเมตร ต้นมะม่วงที่ได้รับสารทั้ง 3 ชนิด ก็ยังคงอยู่ในระยะใบแก่ และสามารถพัฒนาเป็นช่อดอกได้โดยได้รับอุณหภูมิต่ำเฉลี่ย 19.6 องศาเซลเซียส (ตารางที่ 4.1) กรมส่งเสริมการเกษตร (2551) กล่าวว่า โดยปกติต้นมะม่วงที่ได้รับอุณหภูมิ 15-20 องศาเซลเซียส ติดต่อกันนาน 14 วัน จะสามารถชักนำให้เกิดตาดอกได้ เช่นเดียวกับ ดรุณี (2004) กล่าวว่า ต้นมะม่วงเมื่อได้รับอุณหภูมิสูงกว่า 25 องศาเซลเซียส จะส่งเสริมให้แตกใบอ่อน ในทางตรงกันข้ามหากได้รับอุณหภูมิต่ำประมาณ 13 องศาเซลเซียส จะส่งเสริมให้ออกดอกภายใน 85 - 90 วัน ดังนั้นจะเห็นได้ว่า สารชะลอการเจริญเติบโตทั้ง 3 ชนิด มีผลต่อการชักนำการออกดอกได้ดีในสภาวะฝนตกชุก และอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยเพียง 19.6 องศาเซลเซียส ในขณะที่ต้นควบคุมแตกใบอ่อน (ตารางที่ 4.1)

นอกจากนี้การใช้พาโคลบิวทราโซล เมพิควอทคลอไรด์ และคลอร์มีควอทคลอไรด์ ไม่มีผลต่อลักษณะช่อดอก ขนาดช่อดอก และเพศดอก แต่มีผลต่อจำนวนดอกต่อช่อ โดยกรรมวิธีราดทางดินด้วยพาโคลบิวทราโซล กรรมวิธีพ่นทางใบด้วยเมพิควอทคลอไรด์ผสมกับคลอร์มีควอทคลอไรด์ และการพ่นทางใบด้วยคลอร์มีควอทคลอไรด์ มีผลส่งเสริมให้ต้นมะม่วงมีจำนวนดอกต่อช่อมากกว่ากรรมวิธีพ่นทางใบด้วยเมพิควอทคลอไรด์ ซึ่งจากการทดลองของ สุรทิน (2553) พบว่า การให้สารคลอร์มีควอทคลอไรด์ มีแนวโน้มให้ปริมาณช่อดอกของอุ่นเพิ่มมากขึ้น ส่วน Olsen and Andersen (1995) พบว่า จำนวนของดอกเพิ่มมากขึ้นตามความเข้มข้นของสารชะลอการเจริญเติบโตที่เพิ่มขึ้น เช่นเดียวกับ Yeshitela (2004) พบว่า การพ่นพาโคลบิวทราโซลจะช่วยเพิ่มจำนวนช่อดอกต่อต้นตามความเข้มข้นที่เพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบจากการพ่นที่ความ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เข้มข้น 500 และ 2,000 มิลลิกรัมต่อลิตร แต่จากผลการทดลอง พบว่า กรรมวิธีราดทางดินด้วยพาโคลบิวทราโซล มีผลทำให้ต้นมะม่วงมีเปอร์เซ็นต์การติดผลน้อยกว่าการใช้เมพิควอทคลอไรด์ผสมคลอร์มีควอทคลอไรด์ และคลอร์มีควอทคลอไรด์ ซึ่งสอดคล้องกับ Coombe (1967) ที่พบว่า เมื่อพ่นสารคลอร์มีควอทคลอไรด์ให้กับต้นองุ่นก่อนดอกบาน จะสามารถเพิ่มการติดผลได้ แต่ไม่สอดคล้องกับ Chutichudet *et al*. (2006) กล่าวว่า เมื่อพ่นพาโคลบิวทราโซลกับมะม่วงพันธุ์แก้วที่ความเข้มข้นเพิ่มขึ้นในระยะที่ช่อดอกยืดออกประมาณ 1 เซนติเมตร ช่วยลดการหลุดร่วงของผลได้ดี และการพ่นพาโคลบิวทราโซลที่ความเข้มข้น 3,000 มิลลิกรัมต่อลิตร ในระยะที่ช่อดอกยืดออกประมาณ 5 เซนติเมตร ให้ผลผลิตมากที่สุด ซึ่งจากการศึกษาของ ศรัญญา (2554) กลับพบว่า การตัดแต่งกิ่งในเดือนสิงหาคมถึงตุลาคม และการใช้สารพาโคลบิวมราโซล ไม่มีผลต่อจำนวนดอกต่อช่อ

5.1.2 ผลของเมพิควอทคลอไรด์ คลอร์มีควอทคลอไรด์ และพาโคลบิวทราโซลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณคาร์โบไฮเดรต และธาตุอาหารหลักของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทอง

จากที่กล่าวมาแล้วข้างต้น พบว่า กรรมวิธีที่ให้สารชะลอการเจริญเติบโตทั้ง 3 ชนิด สามารถชักนำการออกดอกได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง กรรมวิธีราดทางดินด้วยพาโคลบิว-ทราโซล ที่แทงช่อดอกได้เร็วที่สุด จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงตายอด ด้วยวิธี Freezing Microtome Section พบว่า กรรมวิธีราดทางดินด้วยพาโคลบิวทราโซล กรรมวิธีพ่นทางใบด้วยเมพิควอทคลอไรด์ผสมกับคลอร์มีควอทคลอไรด์ พบการสร้างจุดกำเนิดตาดอก (floral primodial) ในวันที่ 45 หลังการทดลอง (วันที่ 14/9/2555) และกรรมวิธีพ่นทางใบด้วยเมพิควอทคลอไรด์ และกรรมวิธีพ่นทางใบด้วยคลอร์มีควอท-คลอไรด์ พบจุดกำเนิดตาดอก ในวันที่ 60 หลังการทดลอง (วันที่ 29/9/2555) ซึ่ง Perez-Barraza *et al*. (2009) ได้กล่าวว่า การพัฒนาตาดอกของมะม่วงพันธุ์ Tommy Atkins จะสามารถแบ่งการพัฒนาไปเป็นตาดอกได้ 4 ระยะ คือ 1) ระยะการเจริญเติบโตของตาโดยตายอดมีลักษณะเป็นโดมแหลม 2) ระยะการเกิดช่อดอก เริ่มมีการแบ่งเซลล์และขยายขนาด 3) ระยะเริ่มมีการเปลี่ยนแปลง เริ่มเห็นลักษณะเป็นช่อดอกเล็กๆ และ 4) ระยะการพัฒนาช่อดอก มีการยืดยาวของช่อดอก และมีส่วนประกอบของดอกครบ จากการเปลี่ยนแปลงตายอดจะเห็นได้ว่ามีความสอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงสาร

คาร์โบไฮเดรต กล่าวคือ สารชะลอการเจริญเติบโตทั้ง 3 ชนิด มีผลทำให้ปริมาณ TNC เริ่มลดลงในวันที่ 30 และปริมาณ RS ลดลงในวันที่ 45 หลังการทดลอง ซึ่งตรงกับช่วงการสร้างจุดกำเนิดตาดอกวันที่ 45-60 หลังการทดลอง เช่นเดียวกับการเปลี่ยนแปลงปริมาณธาตุอาหาร โดยสารชะลอการเจริญเติบโตทั้ง 3 ชนิด มีผลทำให้ปริมาณไนโตรเจนลดลงในวันที่ 30 หลังการทดลอง ซึ่งตรงกันข้ามกับปริมาณฟอสฟอรัสที่มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นในวันที่ 30 ก่อนการสร้างจุดกำเนิดตาดอก ในขณะที่กรรมวิธีพ่นทางใบด้วยเมพิควอทคลอไรด์ผสมกับคลอร์มีควอทคลอไรด์ และกรรมวิธีราดทางดินด้วยพาโคลบิวทราโซล จะมีผลต่อการเพิ่มปริมาณโพแทสเซียมในใบในช่วงก่อนการสร้างจุดกำเนิดตาดอก เช่นเดียวกับ นริสรา (2551) พบว่า ตายอดมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์เริ่มพัฒนาไปเป็นตาดอกในวันที่ 72 หลังการราดสาร ให้ผลเช่นเดียวกับ Protacio (2009) พบว่า การใช้พาโคลบิวทราโซลกับมะม่วงพันธุ์ Carabao แล้วดูภายใต้กล้องจุลทรรศน์ พบว่า มีการพัฒนาตาดอกหลังจากการให้พาโคลบิวทราโซล 120 วัน สำหรับการทดลองให้สารคลอร์มีควอทคลอไรด์กับคาร์เนชั่น พบว่า สามารถชักนำการพัฒนาของตาดอกได้(เมื่อดูตายอดภายใต้กล้องจุลทรรศน์) หลังจากสเปรย์ครั้งแรก 16 วัน (El-Fouly, 1977)

5.2 การเปลี่ยนแปลงปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ไม่ใช่โครงสร้าง น้ำตาลรีดิวซ์ และธาตุอาหารในช่วงก่อนการออกดอกของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทอง

5.2.1 การเปลี่ยนแปลงปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ไม่ใช่โครงสร้าง (TNC) และน้ำตาลรีดิวซ์ (RS) ในใบมะม่วง

จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณ TNC และ RS ในใบมะม่วงก่อนการออกดอก พบว่า ปริมาณ TNC ในกรรมวิธีที่ออกดอกจะมีปริมาณ TNC เพิ่มสูงขึ้นในวันที่ 30 หลังการทดลอง และจะลดลงวันที่พบการสร้างจุดกำเนิดตาดอก คือ วันที่ 45 และ 60 ในขณะที่กรรมวิธีควบคุมไม่ออกดอก มีปริมาณ TNC เพิ่มสูงขึ้นจนกระทั่งแตกใบอ่อน ในวันที่ 60 หลังการทดลอง ซึ่งสอดคล้องกับ ศรัญญา (2554) พบว่า ปริมาณ TNC ในใบมะม่วงจะเพิ่มสูงขึ้นในระยะที่ตากำลังพักตัว และต่อมาปริมาณ TNC จะลดลงเมื่อมะม่วงออกดอก เนื่องจากอาจถูกนำไปใช้ในการส่งเสริมการออกดอก เช่นเดียวกับการศึกษาของ ธันยวีร์ (2553) พบว่า ปริมาณ TNC ในใบมะม่วงจะคงที่ในช่วงแรกของการทดลอง และจะมีแนวโน้มลดลงเมื่อมีการสร้างตาดอก ทั้งนี้การสร้าง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาดอกในไม้ผลจะมีความสัมพันธ์กับปริมาณของคาร์โบไฮเดรต ซึ่งในขณะที่พืชเริ่มสร้างตาดอก บริเวณยอดจะมีการสะสมคาร์โบไฮเดรต โพลีแซคคาไรด์ (polysaccharide) และโปรตีนไนโตรเจน (protein nitrogen) มาก แต่ปริมาณไนโตรเจนรวมลดลง (นิตย์, 2542) ปริมาณ TNC มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นก่อนการออกดอก เนื่องจากพาโคลบิวทราโซลจะชักนำให้เกิดการสะสม ปริมาณ TNC ในระยะการเจริญเติบโตทางด้านกิ่งใบ และปริมาณ TNC ในใบจะลดลง เมื่อนำไปใช้เพื่อการชักนำให้ออกดอกในมะม่วง (Lop *et al*., 2000) เช่นเดียวกับตระกูล และเสริมสกุล (2542) ที่พบว่าในช่วง 1 สัปดาห์ก่อนการออดดอกของมะม่วงทะวายจะมีปริมาณ TNC ลดต่ำลง เนื่องจากมีการนำไปใช้ในการออกดอกและพัฒนาช่อดอก โดย วันทนา และธนะชัย (2544) กล่าวว่า ปริมาณ TNC จะคงที่ในช่วงแรก (สัปดาห์ที่ 8 และ6 ก่อนการออกดอก) และจะเพิ่มสูงในสัปดาห์ที่ 4 ก่อนการออกดอก จากนั้นจะลดลงในสัปดาห์ที่ 2 ก่อนการออกดอก ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาครั้งนี้ นอกจากนี้ รัชนีวรรณ และมงคล (2548) พบว่า เมื่อพ่นสารพาโคลบิว-ทราโซลที่ระดับความเข้มข้น 1,000 และ 2,000 มิลลิกรัมต่อลิตรแก่ส้มจุก ส่วนการทดลองในต้นอ่อนของ สุรทิน (2553) พบว่า การใช้สารพาโคลบิวทราโซลและคลอร์มี-ควอทคลอไรด์ สามารถเพิ่มการสะสมปริมาณ TNC และ TN ในกิ่งของอ่อนได้มากกว่าการไม่ใช้สาร

ส่วนปริมาณ RS ในใบมะม่วง พบว่า มีการเปลี่ยนแปลงเช่นเดียวกับ ปริมาณ TNC กล่าวคือ ปริมาณ RS ในใบของกรรมวิธีที่ออกดอก ทั้ง 4 กรรมวิธี ลดลงในวันที่พบการสร้างจุดกำเนิดตาดอก ในขณะที่ปริมาณ RS ในใบของกรรมวิธีควบคุมเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับ Subhadrabandhu *et al*. (1997) พบว่า ปริมาณ RS ในใบของมะม่วงพันธุ์เขียวเสวย จะเพิ่มมากขึ้นในช่วงก่อนการออกดอกและลดลงอย่างรวดเร็วเมื่อมีการออกดอก ศรัญญา (2554) กล่าวว่า ปริมาณ RS ในระยะที่พืชมีการพักตัวจะมีปริมาณ RS ในใบค่อนข้างสูง และจะลดลงเมื่อมะม่วงมีการออกดอก ทั้งนี้การเพิ่มขึ้นของปริมาณ RS แสดงให้เห็นถึงการสลายตัวของแป้ง ซึ่งจะถูกนำไปใช้อย่างรวดเร็ว โดยเฉพาะจากใบในช่วงก่อนการเริ่มกระบวนการในระยะต่างๆ และจะลดลงระหว่างการพัฒนาตาดอก ดอกกำลังบาน และการเจริญเติบโตของผล (นิตย์, 2542)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

5.2.2 การเปลี่ยนแปลงปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในใบมะม่วง

จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณไนโตรเจนก่อนการออกดอกของมะม่วง พบว่า ปริมาณไนโตรเจนจะลดลงในช่วงก่อนการสร้างจุดกำเนิดตาดอก (วันที่ 30 หลังการทดลอง; 30/8/2555) และจะเพิ่มสูงขึ้นก่อนการแทงช่อดอก (วันที่ 75 หลังการทดลอง) สอดคล้องกับ ศรัญญา (2554) รายงานว่า ปริมาณไนโตรเจนในใบของมะม่วงจะลดต่ำลงในระยะก่อนการออกดอก ซึ่งการออกดอกในไม้ผลมีความสัมพันธ์กับปริมาณคาร์โบไฮเดรตและไนโตรเจนในเนื้อเยื่อพืช ซึ่งพบว่า หากพืชสร้างสารประกอบคาร์โบไฮเดรตมากจะส่งเสริม และสนับสนุนการออกดอก ในขณะที่มีปริมาณไนโตรเจนในพืชสูง จะมีผลต่อการลดหรือยับยั้งการพัฒนาด้านการสืบพันธุ์ และส่งเสริมการเจริญเติบโตทางกิ่งใบแทน (Childers, 1983) อย่างไรก็ตามการเพิ่มขึ้นของปริมาณไนโตรเจน ในวันที่ 60 หลังการทดลอง ของกรรมวิธีที่ออกดอก อาจเนื่องมาจากไนโตรเจนมีบทบาทในการกระตุ้นการแบ่งเซลล์ การขยายขนาดของเซลล์และยืดยาวของเซลล์ (พิทยา, 2555) เพื่อใช้ในการแทงช่อดอก ทั้งนี้ไนโตรเจนเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของกรดนิวคลีอิก กรดอะมิโน โปรตีน น้ำตาล รวมทั้งเป็นองค์ประกอบในฮอร์โมนพืช (ยงยุทธ, 2543) ซึ่งหากขาดไนโตรเจนในช่วงเวลาดังกล่าวอาจไปมีผลต่อการยืดออกของตาดอกได้ (วิจิตร, 2550)

ส่วนการเปลี่ยนแปลงปริมาณฟอสฟอรัสในใบมะม่วง พบว่า ปริมาณฟอสฟอรัส จะมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นในช่วงก่อนการสร้างจุดกำเนิดตาดอก และจะเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจนกระทั่งแทงช่อ ซึ่งสอดคล้องกับ ศิริชัย และสุรนันต์ (2527) กล่าวว่า การเปลี่ยนแปลงปริมาณฟอสฟอรัสในใบและกิ่งยอดของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ในรอบปีจะมีปริมาณฟอสฟอรัสสูงในช่วงก่อนการออกดอก และจะลดต่ำลงเมื่อดอกบาน เช่นเดียวกับพัชรินทร์ (2552) พบว่า ปริมาณฟอสฟอรัสในใบของลำไย จะเพิ่มสูงขึ้นในช่วงก่อนการออกดอก โดย วิจิตร (2550) กล่าวว่า ธาตุฟอสฟอรัสมีความสำคัญต่อการพัฒนาของระบบสืบพันธุ์ การออกดอกและพัฒนาการของดอก ทั้งนี้ฟอสฟอรัสเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของกระบวนการเมแทบอลิซึมของพลังงานโดยเฉพาะ ATP ADP และ NADP ซึ่งการขาดฟอสฟอรัสในช่วงการออกดอกจะส่งผลให้การพัฒนาตาดอกไม่สมบูรณ์ มีจำนวนดอกน้อย (พาวิน, 2543) พิทยา (2555) จึงได้ทำการศึกษา การฉีดพ่น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ปุ๋ยที่มีฟอสฟอรัส สูงแก่ต้นพืชในช่วงระยะใกล้ออกดอกของไม้ผล พบว่า สามารถส่งเสริมการออกดอกของได้ดี

ส่วนการเปลี่ยนแปลงปริมาณโพแทสเซียม พบว่า ปริมาณโพแทสเซียมมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น ในช่วงก่อนการสร้างจุดกำเนิดตาดอก และหลังจากนั้นจนกระทั่งแทงช่อดอก จะไม่มีความแตกต่างกันกับต้นที่ไม่ออกดอก ซึ่งจากผลการทดลอง จะเห็นได้ว่าโพแทสเซียมมีความสำคัญทั้งต่อการพัฒนาตาดอกของกรรมวิธีที่ออกดอก และการแตกใบอ่อนของกรรมวิธีควบคุม ทั้งนี้โพแทสเซียมมีบทบาทในการเคลื่อนย้ายน้ำตาลไปยังยอดที่กำลังพัฒนาตาดอก หรือตาใบ และช่วยกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการสร้างแป้ง อ้างโดย จริญญา (2553)

จากที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้นจะเห็นได้ว่า การใช้สารเมพิควอทคลอไรด์ และคลอร์มีควอทคลอไรด์ สามารถกระตุ้นให้ต้นมะม่วงออกดอกได้ดีเทียบเท่ากับการใช้พาโคลบิวทราโซล แต่จะส่งเสริมให้ต้นมะม่วงติดผลดีกว่าพาโคลบิวทราโซล นอกจากนี้ในกรณีสารตกค้างจะเห็นได้ว่าเมพิควอทคลอไรด์ และคลอร์มีควอทคลอไรด์มีการสลายตัวได้เร็วกว่าพาโคบิวทราโซล จึงไม่พบการตกค้างทั้งในดินและในต้นพืช จึงไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม อย่างไรก็ตามการส่งเสริมการใช้เมพิควอทคลอไรด์ และคลอร์มีควอท-คลอไรด์แทนการใช้พาโคลบิวทราโซลเพื่อการผลิตมะม่วงนอกฤดู จึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่มีความเป็นไปได้สูงในอนาคต

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

บทที่ 6

สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษา พบว่า การราดทางดินด้วยพาโคลบิวทราโซล การพ่นทางใบด้วยเมพิควอทคลอไรด์ การพ่นทางใบด้วยคลอร์มีควอทคลอไรด์ และการพ่นทางใบด้วยเมพิควอทคลอไรด์ผสมกับคลอร์มีควอทคลอไรด์ มีผลในการชักนำให้ต้นมะม่วงออกดอกได้เร็วกว่ากรรมวิธีควบคุม เมื่อพิจารณาถึงเปอร์เซ็นต์การออกดอก พบว่า การพ่นทางใบด้วยเมพิควอทคลอไรด์ และคลอร์มีควอทคลอไรด์มีเปอร์เซ็นต์การออกดอกได้ใกล้เคียงกับการราดทางดินด้วยพาโคลบิวทราโซล และการพ่นทางใบด้วยเมพิควอทคลอไรด์ และคลอร์มีควอทคลอไรด์ ยังให้เปอร์เซ็นต์การติดผลที่มากกว่าการราดทางดินด้วยพาโคลบิวทราโซล ซึ่งการใช้สารทั้ง 3 ไม่มีผลต่อลักษณะช่อดอกและขนาดของช่อดอกของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทอง สามารถยืนยันการออกดอกของมะม่วงได้จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงตายอดภายใต้กล้องจุลทรรศน์ในช่วงก่อนการออกดอก พบว่า การราดทางดินด้วยพาโคลบิวทราโซล และการพ่นทางใบด้วยเมพิควอทคลอไรด์ผสมกับคลอร์มีควอทคลอไรด์ มีผลทำให้ตาดอกสร้างจุดกำเนิดของตาดอก ในวันที่ 45 (14/9/2555) หลังการทดลอง ซึ่งเร็วกว่าการพ่นทางใบด้วยเมพิควอทคลอไรด์ และการพ่นทางใบด้วยคลอร์มีควอทคลอไรด์สร้างจุดกำเนิดของตาดอก ในวันที่ 60 (29/9/2555) หลังการทดลอง นอกจากนี้สารชะลอการเจริญเติบโตทั้ง 3 ชนิด มีผลทำให้ปริมาณ TNC ปริมาณ RS และไนโตรเจนลดลงก่อนการสร้างจุดกำเนิดตาดอก ในวันที่ 45 และ 60 หลังการทดลอง และมีผลต่อการเพิ่มปริมาณ ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียม ก่อนการสร้างจุดกำเนิดตาดอก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เอกสารอ้างอิง

กรมส่งเสริมการเกษตร. 2551. คู่มือนักวิชาการส่งเสริมการเกษตร มะม่วง. สำนักส่งเสริมและจัดการสินค้าเกษตร กรมส่งเสริมการเกษตร, กรุงเทพฯ. 35 น.

จริญญา ปัญญาแก้ว และ ดรุณี นาพรหม. 2553. ผลของสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชต่อการออกดอกนอกฤดูและคุณภาพผลของส้มพันธุ์สายน้ำผึ้ง. วารสารเกษตร 26(ฉบับพิเศษ): 117-125.

จริญญา ปัญญาแก้ว. 2554. ผลของสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชต่อการออกดอกนอกฤดูและคุณภาพผลของส้มพันธุ์สายน้ำผึ้ง. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์) ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 92 น.

เจนวิทย์ พิชิตพันธ์. 2548. เทคนิคการผลิตมะม่วงนอกฤดู. อักษรสยามการพิมพ์, กรุงเทพฯ. 103 น.

ชูชาติ วัฒนวรรณ และ อรุณี วัฒนวรรณ. 2550. ยกระดับการผลิตมะม่วงไทยเพื่อการส่งออก. กลุ่มวิชาการ สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 6 กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, จันทบุรี. 64 น.

ตระกูล ตันสุวรรณ และ เสริมสกุล พจนการุณ. 2542. อิทธิพลของต้นตอมะม่วงทะวายต่อลักษณะนิสัยการเจริญเติบโตของมะม่วง. คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 150 น.

ธวัชชัย รัตน์ชเลศ และ รุ่งทิพย์ อุทุมพันธ์. 2553. พัฒนามะม่วงไทยก้าวไกลสู่มะม่วงโลก. วนิดาการพิมพ์, เชียงใหม่. 148 น.

ธวัชชัย รัตน์ชเลศ วิลาวัลย์ คำปวน และ ธีรนุช เจริญกิจ. 2556. มะม่วง การผลิตและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว. วนิดาการพิมพ์, เชียงใหม่. 836 น.

ธันยวีร์ ซาวคำเขตร์. 2553. ผลของสารชะลอการเจริญเติบโตต่อสารชีวเคมี และการออกดอกของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทอง. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์) ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 62 น.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

นริสรา ดอกสันเทียะ. 2551. ผลของพาโคลบิวทราโซลต่อการพัฒนาของตาดอกและการเปลี่ยนแปลงไอเอเอ และเอทิลีนในยอดและใบของมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์) ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 55 น.

นิตย์ ศกุนรักษ์. 2541. สรีรวิทยาของพืช. ภาควิชาพืชไร่ คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้, เชียงใหม่. 237 น.

ประเสริฐ ศรีสาธร. 2548. การทำสวนมะม่วง. อักษรสยามการพิมพ์, กรุงเทพฯ. 192 น.

พนม ฟูตระกูล. 2531. สารชีวโมเลกุล. ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 264 น.

พัชรินทร์ จงรักไทย. 2551. ผลของโพแทสเซียมคลอเรตต่อการเปลี่ยนแปลงฮอร์โมนในยอดและใบของลำไยพันธุ์ดอในระยะใบอ่อน. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์) ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 105 น.

พาวิน มะโนชัย. 2543. ลำไย. สาขาไม้ผล ภาควิชาพืชสวน คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้, เชียงใหม่. 115 น.

พิทยา สรวมศิริ พาวิน มะโนชัย กนกวรรณ ศรีงาม และ ติณณา เจริญกิจ. 2553. โครงการสรีรวิทยาของไม้ผลและการพัฒนาต้นแบบการผลิตผลไม้นอกฤดูบนพื้นที่สูงจังหวัดเชียงใหม่ภายใต้เงื่อนไขการปลูกระยะชิด : กรณีศึกษาลำไย ลิ้นจี่ และมะม่วง. รายงานฉบับสมบูรณ์. คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 192 น.

พิทยา สรวมศิริ. 2555. ธาตุอาหารในการผลิตพืชสวน. วนิดาการพิมพ์, เชียงใหม่. 326 น.

พีรเดช ทองอำไพ. 2542. งานวิจัยมะม่วงนอกฤดูในประเทศไทย. เอกสารประกอบการสัมมนาเรื่องฮอร์โมนพืชเพื่อการผลิตไม้ผลนอกฤดูกาล. สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ คณะกรรมการประสานงานวิจัย และพัฒนาสารเคมีเกษตร, จันทบุรี. 121-141.

ภาวิณี ตาจุมปา. 2553. ผลของการควั่นกิ่งที่มีต่อการออกดอกนอกฤดู ปริมาณคาร์โบไฮเดรตและธาตุอาหารของลิ้นจี่พันธุ์ฮงฮวย. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี สาขาวิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 56 น.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

มนตรี แสนสุข. 2554. มะม่วงพืชวิถีชีวิตไทย สร้างรายได้ร้อยพันล้าน. ปราชญ์สำนักพิมพ์, กรุงเทพฯ. 208 น.

ยงยุทธ โอสถสภา. 2543. ธาตุอาหารพืช. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 424 น.

รัชนีวรรณ ชูเชิด และ มงคล แซ่หลิม. 2548. ผลของการใช้สารพาโคลบิวทราโซลและสภาพเครียดน้ำที่มีต่อการออกดอกของส้มจุก. วารสารเกษตรศาสตร์ (วิทย.) 36 5-6 (พิเศษ): 300-303.

รัตนา ถาวร. 2547. ผลของเมพิควอทคลอไรด์และสภาพความเครียดน้ำต่อการออกดอกของมะนาวพันธุ์แป้น. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร วิทยาเขตกำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. นครปฐม. น.

วันทนา ทองเล่ม และ ธนะชัย พันธ์เกษมสุข. 2544. การเปลี่ยนแปลงปริมาณของเอทิลีนและคาร์โบไฮเดรตที่ไม่ใช่โครงสร้างในช่วงก่อนการออกดอกของยอดลำไยพันธ์ดอ. วารสารเกษตร. 17: 1-10.

วิจิตร วังใน. 2550. ธาตุอาหารกับการผลิตพืชผล. คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 371 น.

วิชชุดา ตองอ่อน. 2555. ผลของการให้เอทิฟอนและโมโนโพแทสเซียมฟอสเฟตร่วมกับโพแทสเซียมคลอเรตในฤดูฝนต่อการออกดอกนอกฤดูของลำไยพันธุ์ดอ. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์) ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 61 น.

วิทยา ศิลปสมบูรณ์. 2537. อิทธิพลของภูมิอากาศ ศักย์ของน้ำในใบและปุ๋ยที่ให้ทางใบต่อปริมาณธาตุอาหารและการออกดอกของลิ้นจี่พันธุ์ฮงฮวย. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

วีระพงษ์ ปาลี. 2556. ผลของเมพิควอทคลอไรด์ คลอมิควอทคลอไรด์ต่อการออกดอกนอกฤดู และปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ไม่ใช่โครงสร้างในตายอดของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ขณะออกดอก. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี สาขาวิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 30 น.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ศรัญญา ใจพะยัก. 2554. ผลของการตัดแต่งกิ่งต่อการออกดอกและติดผลของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เพื่อการเก็บเกี่ยวล่าฤดู. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์) ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 119 น.

ศิริชัย กัลยาณรัตน์ และ สุรนันต์ สุภัทรพันธุ์. 2527. การเปลี่ยนแปลงปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในใบ และกิ่งยอดของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ในรอบปี. วารสารเกษตรศาสตร์ (วิทย.) 18: 61-67.

ศิริชัย กัลยาณรัตน์ สุรนันต์ สุภัทรพันธุ์ และ ฉลองชัย แบบประเสริฐ. ม.ป.ป.. ปริมาณคาร์โบไฮเดรทและไนโตรเจนในใบและกิ่งยอดของมะม่วง (*Mangifera indica* L.) พันธุ์น้ำดอกไม้ ในรอบ 1 ปี ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 41-50.

สมบุญ เตชะภิญญาวัฒน์. 2548. สรีรวิทยาของพืช. จามจุรีโปรดักท์, กรุงเทพฯ. 252 น.

สังคม เตชะวงศ์เสถียร และ สุรนันต์ สุภัทรพันธุ์. 2533. การเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลของปริมาณคาร์โบไฮเดรต และไนโตรเจนในกิ่งและใบของต้นกีวีฟรุตพันธุ์บรูโน. วารสารเกษตรศาสตร์ (วิทย.) 24: 136-144.

สัมพันธ์ คัมภิรานนท์. 2526. สรีรวิทยาของพืช. ภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 54 น.

สัมฤทธิ์ เศรษฐวงศ์. 2547. ฮอร์โมนและการใช้ฮอร์โมนกับไม้ผล. อักษรสยามการพิมพ์, กรุงเทพฯ. 144 น.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2556. สถิติการส่งออก (Export) มะม่วง (รวม) ปริมาณและมูลค่าการส่งออกรายเดือน. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล: http://www.oae.go.th/oae_report/export_import/export_result_printout.php?value=591x2554x 2556. (5 พฤษภาคม 2557).

สุจริต แซ่ตั้ง. 2531. ผลของพาโคลบิวทราโซลต่อการออกดอกและการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของลิ้นจี่พันธุ์ฮงฮวย. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 70 น.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สุรทิน ใจดี. 2553. ผลของสารควบคุมการเจริญเติบโตต่อผลผลิตและคุณภาพขององุ่นรับประทานผลสดในเขตร้อนชื้น. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, นครราชสีมา. 60 น.

โสภา หมวกไสว. 2555. ผลของเมพิควอทคลอไรด์ คลอมิควอทคลอไรด์ และพาโคลบิวทราโซลต่อการออกดอกของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ที่ปลูกบนพื้นที่สูง. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี สาขาวิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 32 น.

อรทัย ธนัญชัย. 2555. ผลของการควั่นกิ่งและการพ่นปุ๋ยต่อการออกดอกของลิ้นจี่พันธุ์ฮงฮวยและจักรพรรดิ. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์) ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 64 น.

อรวรรณ ฉัตรสีรุ้ง. 2551. ความอุดมสมบรูณ์ของดิน (Soil Fertility) ภาควิชาปฐพีศาสตร์และอนุรักษศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 253 น.

อัศจรรย์ สุขธำรงค์ เรณู ขำเลิศ นันทกร บุณเกิด สัมฤทธ์ เฟื่องจันทร์ อรพินท์ สุริยพันธ์ ประเทือง ลักษณะวิมล และ จิระพงษ์ ประสิทธ์เขตร. 2543. การจัดการธาตุอาหารพืชเพื่อเพิ่มผลผลิตและคุณภาพของมะม่วง. สาระไม้ผล 5(5): 1-3.

Abdel Rahim, A.O.S., O.M. Elamin and F.K. Bangerth. 2011. Effects of paclobutrazol (PBZ) on floral induction and associated hormonal and metabolic changes of biennially bearing mango (*Mangifera indica* L.) cultivars during off year. ARPN (Asian Research Publishing Network) Journal of Agricultural and Biological Science Vol.6 (2): 55-67.

Association of Official Analytical Chemists (A.O.A.C.) 1990. Official Methods of Analytical. Association of Offical Analytical Chemists. Inc., Virginia. 1298 p.

Chaitrakulsup, T. 1981. Seasonal Changes in Total Nitrogen and Total Nonstructural Carbohydrate Content in Leaves and Stem Apices of *Litchi chinensis* Sonn. var. 'Hong Huay'. M.S. Thesis in Horticulture. Kasetsart University, Bangkok. 72 p.

Childers, N.F. 1983. Modern Fruit Science. Horticultural Pub. Florida. 583 p.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Chutichudet, B., P. Chutichudat., K. Boontiang and T. Chanaboon. 2006. Effect of Chemical Paclobutrazol on Fruit Development, Quality and Fruit Yield of Kaew mango (*Mangifera indica* L.) in Northeast Thailand. Pakistan Journal of Biological Sciences. 9(4): 717-722.

Coombe, B.G. 1967. Effects of Growth Retardants on Vitis vinifera L. Vitis 6: 278-287.

Davidson, J. L. 2000. Comparison between root and stem total nonstructural carbohydrate concentrations in three woody plant species. B. S. Thesis, Texas Tech University, Texas, U.S.A. 57 p.

El-Fouly, M.M., B.R. Mohamed and A.F.A. Fawzi. 1977. Chlormequat (CCC) induced enhancement of flowering in carnation in relation to changes in carbohydrate metabolism. Scientia Horticulturae, 6: 241-249.

EPA. 1997. Mepiquat Chloride United States Environmental Protection Adency. 10 p.

Feng, S. and J. D. Wang. 2011. Determination of Chlorocholine Chloride and Mepiquat Chloride in Soil and Water Using SPE/UPLC-MS/MS Technique. Journal of Instrumental Analysis. 30(4): 439-443.

Ferrari, D. and E. Sergent. 1996. Promocion de la floracion y fructification del mango (*Mangifera indica* L.) cv Haden, con nitrato de potasio. Rev. Fac. Agron. (Maracay). 22: 1-8.

Guo, X., Y. Xu, F. Zhang, S. Yu, L. Han and S. Jiang. 2010. Chlormequat residues and dissipation rates in cotton crops and soil. Ecotoxicology and Environmental Safety. 73: 642-646.

Hampton, J. G. 1988. Effect of growth retardant soil residues on succeeding agricultural crops. NewZealand Journal of Experimental Agriculture. Vol.16: 167-172.

Jacyna, T. and K. G. Dodds. 1995. Some effects of soil applied paclobutrazol on performance of 'Sundrop' apricot (*Prunus armeniaca* L.) trees and on residue in the soil. NewZealand Journal of Crop and Horticultural Science. 23 (3), 323-329.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Jacyna, T. and K. G. Dodds.1999. Effect of method of application of paclobutrazol in high density sweet cherry orchards on tree performance and apparent soil residue. Journal of Horticultural Science and Biotechnology. 74 (2), 213-214.

Jaradrattanapaiboon, A. 2008. Residue of Paclobutrazol in Soil and Mango Fruit Produced Off-season. Ph.D. dissertation in Horticulture Chiang Mai University, Chiang Mai. 229 p.

Johansen, D.A. 1940. Plant microtechnique. New York: McGraw-Hill. pp: 523.

Kumar, M., V. Ponnuswami, P. Jeya Kumar and S. Saraswathy. 2014. Influence of season affecting flowering and physiological parameters in mango. Academic Journals. Vol. 9 (1), pp. 1-6.

Lalit, M. S. 2002. Plant Growth and Development Hormones and Environment. Academic Press, California. 772 p.

Li, W.X., M. Chen., W.T. Chen., C.K. Qiao., M.H. Li. and L.J. Han. 2012. Determination of mepiquat chloride in cotton crops and soil and its dissipation rates. Ecotoxicology and Environmental Safety. 85: 137-143.

Lop, P., K. Krisanapook, A. Pichakum and K. Jutamanee. 2000. Changes of total non-structural carbohydrates within shoots of 'Nam Dok Mai' mango after paclobutrazol application. Acta Horticulturae. 509: 559-565.

McArthur, D.A.J. and G.W. Eaton. 1988. Strawberry yield response to fertilizer, paclobutrazol and chlormequat. Scientia Hoticulturae, 34: 33-45.

Mizukoshi, K. T., Noshiwaki, N. Ohtake, R. Minagawa, K. Kobayashi, T. Ikarashi and T. Qhyama. 1994. Determination of tungstage concentration in plant materials by HNO_3-$HClO_4$ digestion and colorimetric method using thiocyanate. Bull. Fac. Agric. Niigata Univ. 46: 51-56.

Naphrom, D. 2004. Effect of cool temperater and GA_S-biosynthesis inhibitors on flower induction and related hormonal chandes in mango (*Mangifera indica* L.) trees. Ph.D. Dissertation, The University of Hohenheim, Stuttgart, Germany.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Ohyama, T., M. Ito, K. Kobayashi, S. Araki, S. Yasuyoshi, O. Sasaki, T. Yamazaki, K. Sayoma, R. Tamemura, Y. izuno and T. Ikarashi. 1991. Analytical procedures of N P K content in plant and manure materials using H_2SO_4-H_2O_2 Kjeldahi digestion Method. Bull. Fac. Agric. Niigata Univ. 43: 111-120.

Ohyama, T., T. Ikarashi and A. Baba. 1985. Nitrogen accumulation in the roots of tulip plant (Tulip gesneriana). Soil Sci. Plant Nutr. 57: 119-125.

Ohyama, T., T. Ikarashi and A. Baba. 1986. Analysis of the reserve carbohydrate in bulb scales of autumn planting bulb plant. Jpn. J. soil Sci. plant Nutr. 57: 119-125.

Olsen, W.W. and A.S. Andersen. 1995. The influence of five growth retardants on growth and postproduction qualities of *Osteospermum ecklonis* cv. "Calyso". Scientia Horticulturae. 62: 263-270.

Peeters, M.C., I. Defloor, J. Coosemans, J.A. Drlcour, L. Ooms, R. Deliever and D.D. Vos. 2001. Simple ion chromatographic method for the determination of chlormequat residues in pears. Journal of Chromatopraphy A. 920: 255-259.

Perez-Barraza, M.H., V. Vazquez-Valdivia and J.A. Osuna-Garcia. 2009. Floral Bud Development of 'Tommy Atkins' Mango under Tropical Condition in Nayarit, Mexico. Acta Horticulturae. 820: 197-204.

Pongsomboon W., S. Subhadrabandhu and R.A. Stephenson. 1997. Some aspects of the ecophysiology of flowering intensity of mango (*Mangifera indica* L.) cv. Nam Dok Mai in a semi-tropical monsoon Asian climate. Scientia Horticulturae. 70: 45-56.

Protacio, C.M., J.E. Quinto, E.P. Serrano, I.P. Marquez and F.M. Rodriguez. 2009. Unravelling the Mechanism of Mango Flowering. Acta Horticulturae. 820: 259-270.

Punnachit, U., C. Kwangthong and S. Chandraparnik. 1992. Effect of plant growth regulators and fertilizer on leaf flushing and quality of durian. Acta Horticulturae. 321: 343-347.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Rademacher, W. 2000. Growth Retardants: Effects on Gibberellin Biosynthesis and Other Metabolic Pathways. Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology. 51: 501-531.

Reddy, S.E. and A.M. Majmudar. 1985. Tracking phosphorus patterns in mango (*Mangifera indica* L.) and possible relations to floral induction. Nutrient Cycling in Agroecosystems 6: 225-234.

Samra, J.S. and Y.K. Arora. 1997. Mineral nutrition. In: Litz, R.E. (ed.) The Mango: Botany, Production and Uses. CAB International, Wallingford, UK. pp. 175-201.

Sergent, E. 1997. El cultivo del mango: Botanica, Manejo, Comercializacion. Trabajo de ascenso. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomia Maracay. 312 pp.

Sergent, E. and F. Leal. 2000. Potassium Thiosulphate, Urea and Potassium Nitrate Applications on Vegetative and Floral Growth in Mango "Haden". Acta Hoticulturae. 653-659.

Sergent, E. and F. Leal. 1989. Flowering induction in mango (*Mangifera indica* L.) with KNO_3. Revista de la Facultad de Agronomia, Universidad Central de Venezuela. 15: 17-32.

Sharma, D. and M.D. Awasthi. 2005. Uptake of soil applied paclobutrazol in mango (*Mangifera indica* L.) and its persistence in fruit and soil. Chemosphere. 60: 164-169.

Silva, C.M.M.S., R. F. Vieira and G. Nicolella. 2003. Paclobutrazol effects on soil microorganisms. Applied Soil Ecology. 22 (1): 79-86.

Smith, D. G.M. Paulsen and C.A. Raguse. 1964. Extraction of total available carbohydrate from grass and legume tissues. Plant Physiol. 39: 960-962.

Subhadrabandhu, S., P. Tongumpai, S. Ketsa and N. Suppakitjarak. 1997. Study of paclobutrazol on mango (*Mangifera indica* L.) cv. 'Khiew Sawoey'. II. Effect on total nonstructural carbohydrates reducing sugar and total nitrogen content in terminal shoots. Thai Journal of Agricultural Science 30 (3): 269-282.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Xu, R., X. Liu, H. Cui and X. H Li. 2009. Study on the residues change of chlormequat and mepiquat chloride in the tomato plant process. (online). Available: http://en.cnki.com.cn/Article_en/CJFDTOTAL-FJFC200902007.htm. (5 May 2014).

Yemm, E.W. 1935. The respiration of barley plants. I. Methods for the determination of carbohydrate in leaves. Proceedings of the Royal Society of London. (seies B.) 177: 483-504.

Yeshitela, T., P.J. Robbertse and P.J.C. Stassen. 2005. Potassium nitrate and urea sprays affect flowering and yields of 'Tommy Atkins' (*Mangifera indica*) mango in Ethiopia. South African Journal of Plant and Soil. 22: 28-32.

Yeshitela, T.B. 2004. Effects of various inductive periods and chemicals on flowering and vegetative growth of Tommy Atkins and Keitt mango cultivars. NewZealand. Journal of Crop and Horticultural Science. 32: 209-215.

Zhang, H., F. Li, X. Li, Xu. Li and W. Yao. 2012. Determination of Chlormequat and Mepiquat Residues in Tomato Plants Using Accelerated Solvent Extraction-Ultra-Performance Liquid Chromatography-Tandem Mass Spectrometry. Advances in Natural Science. pp. 34-40.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล นางสาว มะลิวรรณ นาสี

วัน เดือน ปี เกิด 31 สิงหาคม พ.ศ. 2530

ประวัติการศึกษา

ปี 2545 สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนอัสสัมชัญลำปาง ตำบลสบตุ๋ย อำเภอเมือง จังหวัดลำปาง

ปี 2548 สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนอัสสัมชัญลำปาง ตำบลสบตุ๋ย อำเภอเมือง จังหวัดลำปาง

ปี 2552 สำเร็จการศึกษา ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (วท.บ.) (เกษตรศาสตร์) สาขาวิชาพืชสวน มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่

ประวัติการทำงาน

นักศึกษาช่วยงานโครงการการพัฒนาและถ่ายทอดเทคโนโลยีการจัดการสวนไม้ผลฯ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
by Chiang Mai University
All rights reserved