ผลของพาโคลบิวทราโซลและไกลโฟเซตต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต และปริมาณแป้งของมันสำปะหลัง

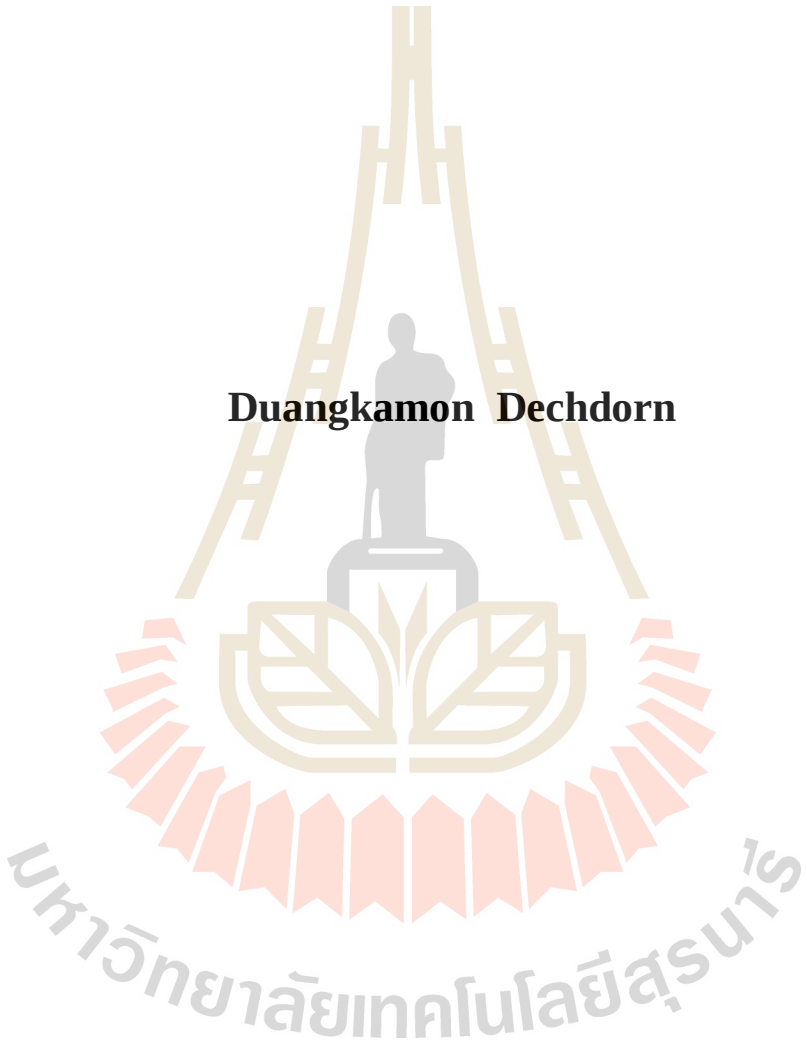
นางสาวดวงกมล เดชดอน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาพืชศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
ปีการศึกษา 2562

EFFECTS OF PACLOBUTRAZOL AND GLYPHOSATE ON GROWTH, YIELD AND STARCH CONTENT OF CASSAVA (*Manihot esculenta* (L.) CRANTZ)

Duangkamon Dechdorn



A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Master of Science Program in Crop Science

Suranaree University of Technology

Academic Year 2019

ผลของพาโคลบิวทราโซลและไกลโฟเซตต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต และปริมาณแป้งของมันสำปะหลัง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

(ศ. ดร.ปิยะดา อลิฌาณ์ ตันตสวัสดิ์)
ประธานกรรมการ

(ผศ. ดร.ฐิติพร มะชิโกวา)
กรรมการ (อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์)

(ผศ. ดร.สุดชล วุ้นประเสริฐ)
กรรมการ

(ผศ. ดร.ธีรยุทธ เกิดไทย)
กรรมการ

(รศ. ร.อ. ดร.กนต์ธร ชำนิประศาสน์)
รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการและพัฒนาความเป็นสากล

(ศ. ดร.หนึ่ง เตียอำรุง)
คณบดีสำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ดวงกมล เดชดอน : ผลของพาโคลบิวทราโซลและไกลโฟเซต ต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต และปริมาณแป้งของมันสำปะหลัง (EFFECTS OF PACLOBUTRAZOL AND GLYPHOSATE ON GROWTH, YIELD AND STARCH CONTENT OF CASSAVA (*Manihot esculenta* (L.) CRANTZ).) อาจารย์ที่ปรึกษา : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ฐิติพร มะชิโกวา, 59 หน้า.

พาโคลบิวทราโซล และไกลโฟเสต เป็นสารที่สามารถชะลอการเจริญเติบโตของพืช และส่งเสริมการสะสมแป้งหรือน้ำตาลในพืชหลายชนิด ดังนั้นงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อศึกษาผลของสารพาโคลบิวทราโซล และไกลโฟเซต ต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต ปริมาณแป้งของมันสำปะหลัง และกิจกรรมของเอนไซม์ใน carbohydrate metabolism และ 2) เพื่อศึกษาอายุของมันสำปะหลัง และความเข้มข้นที่เหมาะสมของพาโคลบิวทราโซล และไกลโฟเซต ในการเพิ่มผลผลิตและแป้งในมันสำปะหลัง ทำการทดลอง ณ ฟาร์มมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ทดสอบใน 2 ฤดู ระหว่างปี 2559–2561 โดยใช้มันสำปะหลัง 2 พันธุ์ (ระยอง 72 และห้วยบง 80) แต่ละพันธุ์วางแผนการทดลองแบบ Split plot จำนวน 3 ซ้ำ โดย Main plot คืออายุมันสำปะหลังที่พ่นสารควบคุมการเจริญเติบโต (6 และ 8 เดือนหลังปลูก) และ Sub–plot คือความเข้มข้นของสารพาโคลบิวทราโซล และไกลโฟเซต โดยมีความเข้มข้นสาร 500 และ 1,000 มก./ลิตร เปรียบเทียบกับการไม่พ่นสาร บันทึกข้อมูลความสูงต้น ความยาวยอด ความเขียวใบ ผลผลิต เปอร์เซ็นต์แป้ง และกิจกรรมของเอนไซม์ Sucrose phosphate synthase (SPS) และ Sucrose synthase (SuS) ซึ่งพบว่าพาโคลบิวทราโซลและไกลโฟเซต ส่งผลให้มันสำปะหลังทั้งสองพันธุ์มีความสูงต้น และความยาวยอดน้อยกว่าการไม่พ่นสาร และการพ่นสารเมื่อมันสำปะหลังอายุ 8 เดือน ส่งผลให้ทั้งพันธุ์ระยอง 72 และห้วยบง 80 มีเปอร์เซ็นต์แป้งสูงกว่าการพ่นที่อายุ 6 เดือน อย่างไรก็ตามผลผลิตของมันสำปะหลังไม่มีความแตกต่างกันเมื่อพ่นสารที่อายุต่างกัน สำหรับการใช้ความเข้มข้นของสารแตกต่างกัน ไม่ทำให้ผลผลิตมันสำปะหลังแตกต่างกัน แต่พาโคลบิวทราโซล 500 มก./ลิตร ทำให้พันธุ์ระยอง 72 มีเปอร์เซ็นต์แป้งสูง นอกจากนี้ยังพบว่าการใช้สารควบคุมการเจริญเติบโตส่งผลให้กิจกรรมเอนไซม์ SuS และ SPS สูงกว่าการไม่พ่นสาร

การทดสอบในฤดูที่ 2 ปลูกมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 72 และห้วยบง 80 โดยวางแผนการทดลองแบบ Split plot ซึ่งมี Main plot คือระยะการพ่นสารทางใบมันสำปะหลังที่อายุ 7, 8 และ 9 เดือนหลังปลูก Sub plot คือความเข้มข้นของพาโคลบิวทราโซล 4 ระดับ (500, 750, 1,000 และ 1,500 มก./ลิตร) และไกลโฟเซต 4 ระดับ (250, 500, 750 และ 1,000 มก./ลิตร) เปรียบเทียบกับการไม่พ่นสาร บันทึกข้อมูลความสูง ความเขียวใบ ผลผลิต และเปอร์เซ็นต์แป้ง ซึ่งพบว่าการพ่นสารเมื่ออายุ 9 เดือนส่งผลให้มันสำปะหลังทั้งสองพันธุ์มีผลผลิต และเปอร์เซ็นต์แป้งสูงที่สุด แต่มีความสูงต้นน้อยที่สุด

สำหรับการใช้ความเข้มข้นสารที่แตกต่างกัน พบว่าในพันธุ์ระยอง 72 มีผลผลิตสูงที่สุดเมื่อใช้พาโคลบิวทราโซล 500 มก./ลิตร แต่พันธุ์ห้วยบง 80 ให้ผลผลิตสูงเมื่อใช้พาโคลบิวทราโซล 500 และ 750 มก./ลิตร ผลการทดลองยังพบว่าการใช้พาโคลบิวทราโซล 500 มก./ลิตร ทำให้พันธุ์ระยอง 72 มีเปอร์เซ็นต์แป้งสูงกว่าความเข้มข้นระดับอื่น ๆ และสูงกว่าการใช้ไกลโฟเซต แต่ในพันธุ์ห้วยบง 80 ไม่พบว่าเปอร์เซ็นต์แป้งต่างกันเมื่อใช้ความเข้มข้นสารต่างกัน

ดังนั้นการใช้สารควบคุมการเจริญเติบโตเป็นแนวทางหนึ่งในการเพิ่มผลผลิต และปริมาณแป้งให้สูงขึ้นได้ โดยการใช้พาโคลบิวทราโซลที่ความเข้มข้น 500 มก./ลิตร เมื่อมันสำปะหลังอายุ 9 เดือน ทำให้ผลผลิตและเปอร์เซ็นต์แป้งในหัวมันสำปะหลังทั้งสองพันธุ์สูงที่สุด

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช ลายมือชื่อนักศึกษา ดวงกมล เดชอุน

ปีการศึกษา 2562 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

DUANGKAMON DECHDORN : EFFECTS OF PACLOBUTRAZOL AND GLYPHOSATE ON GROWTH, YIELD AND STARCH CONTENT OF CASSAVA (*Manihot esculenta* (L.) CRANTZ). THESIS ADVISOR : ASST. PROF. THITIPORN MACHIKOWA, Ph.D., 59 PP.

PLANT GROWTH REGULATORS/TRIAZOLE/HERBICIDE/STARCH/MANIOC

Paclobutrazol (PBZ) and glyphosate can inhibit the growth of plants and enhance the accumulation of starch or sugar in several crops. The aims of this research were (i) to study the effects of PBZ and glyphosate on growth, yield, starch content of cassava and enzyme activity of carbohydrate metabolism and (ii) to identify the optimal application period of cassava and optimal concentration of PBZ and glyphosate. The experiments were conducted at the Suranaree University of Technology farm during 2016–2018 using 2 cultivars (Rayong 72 and Huaybong 80). Each cultivar was laid out in a split plot design with three replications. The main plot was the application period of plant growth regulators (PGRs) which included 6 and 8 months after planting (MAP). The sub–plot was PGRs concentrations which included 500 and 1,000 mg/L of PBZ and glyphosate and control treatment (water application). Plant height, shoot length, storage root yield, starch content and enzyme activity of sucrose phosphate synthase (SPS) and sucrose synthase (SuS) were measured. The results revealed that the PGRs application resulted in lower plant height and shoot length than the control in both cultivars. The application of PGRs at 8 MAP resulted in higher starch content than those applied at 6 MAP in both cultivars. However, the storage root fresh weight was not significantly different between different application periods (6 and 8 MAP). For the concentrations, it was found that PBZ at 500 mg/L enhanced the highest starch content in Rayong 72,

but the storage root fresh weight was not significantly different at all concentrations. In addition, it was found that the application of PGRs was able to increase the enzymes activities of SPS and SuS compared to the control.

In the second season, each cultivar (Rayong 72 and Huaybong 80) was laid out in a split–plot design. The main plot included the foliar application of PGRs at 7, 8 and 9 MAP. The sub–plot included concentrations of 500, 750, 1,000 and 1,500 mg/L of PBZ and 250, 500, 750 and 1,000 mg/L of glyphosate compared with the control (water). Plant height, SPAD values, storage root yield and starch content were recorded. The results showed that the application of PBZ and glyphosate in both cultivars at 9 MAP produced the highest storage root yield and starch content but resulted in the lowest plant height. For the concentrations, it was found that PBZ at 500 mg/L provided the highest storage root weight in Rayong 72, while PBZ 500 and 750 mg/L were responsible for high storage root weight in Huaybong 80. The result also showed that starch content was not significantly different at all concentrations in Rayong 72, but PBZ at 500 mg/L produced higher starch content than other concentrations of PBZ and all concentrations of glyphosate in Huaybong 80.

Therefore, PGRs are alternative methods for improving cassava yield and starch content. The application of PBZ 500 mg/L at 9 MAP produced the highest storage root yield and starch content in both cultivars.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

School of Crop Production Technology Student's Signature Duangkamon

Academic Year 2019 Advisor's Signature

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ บุคคลและกลุ่มบุคคลต่าง ๆ ที่ได้กรุณาให้ความช่วยเหลืออย่างดียิ่ง ทั้งด้านวิชาการและด้านการดำเนินงานวิจัย ดังนี้

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ฐิติพร มะชิโกวา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้โอกาสทางการศึกษา ให้คำแนะนำปรึกษา ช่วยแก้ปัญหา และให้กำลังใจแก่ผู้วิจัยมาโดยตลอด รวมทั้งช่วยตรวจทานและแก้ไขวิทยานิพนธ์เล่มนี้จนเสร็จสมบูรณ์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุดชล วุ้นประเสริฐ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่กรุณาให้คำแนะนำปรึกษาด้านวิชาการ และให้กำลังใจแก่ผู้วิจัยมาโดยตลอด รวมทั้งช่วยตรวจทานและแก้ไขวิทยานิพนธ์เล่มนี้จนเสร็จสมบูรณ์

ขอขอบคุณ คุณนวลปรางค์ อุทัยดา คุณสหรัฐ นภากาศ คุณชญาน์นัทช์ สิริสิทธิกุล และคุณปณิธิ ผลบังเกิด เจ้าหน้าที่ศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ที่ช่วยอำนวยความสะดวก และให้คำแนะนำทางด้านเครื่องมือและอุปกรณ์ในการปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการ

ขอขอบคุณคุณอุทัย ยศจังหรีด และเจ้าหน้าที่ฟาร์มมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ที่ช่วยอำนวยความสะดวกและสนับสนุนการปฏิบัติงานในแปลงทดลอง

ขอขอบคุณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีที่สนับสนุนงบประมาณอุดหนุนโครงการวิจัยเพื่อสนับสนุนการทำวิทยานิพนธ์ในระดับบัณฑิตศึกษา

ขอขอบคุณ คุณสุธิดา รอกกระโทก และเพื่อนพี่น้องสาขาเทคโนโลยีการผลิตพืชทุกท่านที่ช่วยเหลือให้คำปรึกษาในการทำวิจัย และให้กำลังใจมาโดยตลอด

สำหรับคุณงามความดีอันใดที่เกิดจากวิทยานิพนธ์เล่มนี้ ผู้วิจัยขอมอบให้กับบิดา มารดา ซึ่งเป็นที่รักและเคารพยิ่ง ตลอดจนครู อาจารย์ที่เคารพทุกท่าน ที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้และถ่ายทอดประสบการณ์ที่ดีให้แก่ผู้วิจัยตลอดมา จนทำให้ประสบความสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ดวงกมล เดชดอน

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ (ภาษาไทย) ..... ก
บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ) ..... ค
กิตติกรรมประกาศ ..... จ
สารบัญ ..... ฉ
สารบัญตาราง ..... ซ
สารบัญรูป ..... ฌ
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ ..... ฎ

บทที่

1. บทนำ

1.1 ความเป็นมา และความสำคัญของปัญหา 1
1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย 2

2. ปริทัศน์วรรณกรรม และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 3
2.2 พันธุ์มันสำปะหลังที่นิยมปลูกในประเทศไทย 4
2.3 ระยะการเจริญเติบโตของมันสำปะหลัง 7
2.4 การสังเคราะห์น้ำตาลซูโครส การสะสมแป้งในหัวมันสำปะหลัง และการทำงานของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้อง 7
2.5 สารควบคุมการเจริญเติบโตพืช (plant growth regulating chemicals: PGRs) 10

3. วิธีการทดลอง

3.1 ผลของสารควบคุมการเจริญเติบโตสำหรับมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 72 และพันธุ์ห้วยบง 80 (ฤดูที่ 1) 18
3.2 ผลของสารควบคุมการเจริญเติบโตสำหรับมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 72 และพันธุ์ห้วยบง 80 (ฤดูที่ 2) 21

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4. ผลการทดลอง และการอภิปรายผล

4.1 ผลของสารควบคุมการเจริญเติบโตต่อมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 72 และพันธุ์ห้วยบง 80 (ฤดูที่ 1) 23

4.2 ผลของสารควบคุมการเจริญเติบโตต่อมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 72 และพันธุ์ห้วยบง 80 (ฤดูที่ 2) 36

5. บทสรุป 50

รายการอ้างอิง 52

ภาคผนวก 56

ประวัติผู้เขียน 59

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

4.1 ผลของพาโคลบิวทราโซลและไกลโฟเซตต่อความสูงต้นที่เพิ่มขึ้น ความยาวยอดที่เพิ่มขึ้น และค่าความเขียวใบ ของมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 72 (ฤดูที่ 1).....24

4.2 ผลของพาโคลบิวทราโซลและไกลโฟเซตต่อน้ำหนักหัวสด และเปอร์เซ็นต์แป้ง ของมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 72 (ฤดูที่ 1) 27

4.3 ผลของพาโคลบิวทราโซลและไกลโฟเซตต่อความสูงต้นที่เพิ่มขึ้น ความยาวยอดที่เพิ่มขึ้น และค่าความเขียวใบ ของมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 80 (ฤดูที่ 1) 30

4.4 ผลของพาโคลบิวทราโซลและไกลโฟเซตต่อน้ำหนักหัวสด และเปอร์เซ็นต์แป้ง ของมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง (80 ฤดูที่ 1) 32

4.5 ผลของพาโคลบิวทราโซลและไกลโฟเซตต่อความสูงต้นที่เพิ่มขึ้น และค่าความเขียวใบ ของมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 72 (ฤดูที่ 2)..... 37

4.6 ผลของพาโคลบิวทราโซลและไกลโฟเซตต่อน้ำหนักหัวสด และเปอร์เซ็นต์แป้ง ของมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 72 (ฤดูที่ 2)..... 39

4.7 ผลของพาโคลบิวทราโซลและไกลโฟเซตต่อความสูงต้นที่เพิ่มขึ้น และค่าความเขียวใบ ของมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 80 (ฤดูที่ 2)..... 42

4.8 ผลของพาโคลบิวทราโซลและไกลโฟเซตต่อน้ำหนักหัวสด และเปอร์เซ็นต์แป้ง ของมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 80 (ฤดูที่ 2)..... 44

ภาคผนวก

1 การเตรียมสารพาโคลบิวทราโซลเพื่อใช้ในการพ่นมันสำปะหลัง..... 57

2 การเตรียมสารไกลโฟเสตเพื่อใช้ในการพ่นมันสำปะหลัง..... 57

3 การคำนวณต้นทุนสารควบคุมการเจริญเติบโตต่อพื้นที่ 1 ไร่ (ประมาณ 1,300–1,600 ต้น)... 57

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

2.1 Fructose–2, 6–bisphosphate มีบทบาทควบคุมกระบวนการสร้างน้ำตาลซูโครสใน ไซโตซอล ในขั้นตอนปฏิกิริยาการเปลี่ยนแปลงระหว่าง fructose–1, 6–bisphosphate และ fructose–6–phosphate 8

2.2 ตำแหน่งต่าง ๆ ของพืชที่สร้างฮอร์โมน ออกซิน จิบเบอเรลลิน ไซโตไคนิน กรดแอบไซซิก และเอทิลีน ลูกศรแสดงทิศทางที่ฮอร์โมนเคลื่อนย้าย 11

2.3 กลไกการยับยั้งเอนไซม์ EPSP synthase ในกระบวนการ Shikimate pathway 17

4.1 ผลของการพ่นสารพาโคลบิวทราโซลและไกลโฟเซต ต่อความสูงต้น (ก) และความยาวยอด (ข) ของมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 72 (ฤดูที่ 1) 25

4.2 ผลของการพ่นสารพาโคลบิวทราโซลและไกลโฟเซต ต่อน้ำหนักหัวสด (ก) และเปอร์เซ็นต์แป้ง (ข) ของมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 72 (ฤดูที่ 1) 28

4.3 ผลของการพ่นสารพาโคลบิวทราโซลและไกลโฟเซต ต่อความสูงต้น (ก) และความยาวยอด (ข) ของมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 80 (ฤดูที่ 1) 31

4.4 ผลของการพ่นสารพาโคลบิวทราโซลและไกลโฟเซต ต่อน้ำหนักหัวสด (ก) และเปอร์เซ็นต์แป้ง (ข) ของมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 80 (ฤดูที่ 1) 32

4.5 กิจกรรมเอนไซม์ Sucrose synthase (SuS) ในใบมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 72 34

4.6 กิจกรรมเอนไซม์ Sucrose synthase (SuS) ในใบมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 80 34

4.7 กิจกรรมเอนไซม์ Sucrose phosphate synthase (SPS) ในใบมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 72 35

4.8 กิจกรรมเอนไซม์ Sucrose phosphate synthase (SPS) ในใบมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 80 35

4.9 ผลของการพ่นสารพาโคลบิวทราโซลและไกลโฟเซต ต่อความสูงต้น ของมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 72 (ฤดูที่ 2) 38

4.10 ผลของการพ่นสารพาโคลบิวทราโซลและไกลโฟเซต ต่อน้ำหนักหัวสด (ก) และเปอร์เซ็นต์แป้ง (ข) ของมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 72 (ฤดูที่ 2) 40

4.11 ผลของการพ่นสารพาโคลบิวทราโซลและไกลโฟเซต ต่อความสูงต้น ของมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 80 (ฤดูที่ 2) 43

4.12 ผลของการพ่นสารพาโคลบิวทราโซลและไกลโฟเซต ต่อน้ำหนักหัวสด (ก) และเปอร์เซ็นต์แป้ง (ข) ของมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 80 (ฤดูที่ 2) 45

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

ภาคผนวก

1 ข้อมูลอุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุด–ต่ำสุด และปริมาณน้ำฝน ระหว่างเดือนมิถุนายน 2559 ถึงพฤษภาคม 2560 58

2 ข้อมูลอุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุด–ต่ำสุด และปริมาณน้ำฝน ระหว่างเดือนกันยายน 2560 ถึงเดือน สิงหาคม 2561 58

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

CCC	=	สาร Chlorocholine chloride
HEX	=	สาร Hexaconazole
MAP	=	อายุเดือนหลังปลูก (Months after planting)
MAS	=	อายุเดือนหลังการพ่นสารควบคุมการเจริญเติบโต (Months after spray)
PBZ	=	สารพาโคลบิวทราโซล (Paclobutrazol)
PGRs	=	สารควบคุมการเจริญเติบโต (Plant growth regulators)
ppm	=	ความเข้มข้นหนึ่งส่วนในล้านส่วน (Part per million)
SCMR	=	ค่าความเขียวใบ (SPAD chlorophyll meter reading)
SPS	=	เอนไซม์ Sucrose phosphate synthase
SPP	=	เอนไซม์ Sucrose phosphate
SuS	=	เอนไซม์ Sucrose synthase
TDM	=	สาร Triadimefon

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมา และความสำคัญของปัญหา

มันสำปะหลัง (Cassava) *Manihot esculenta* (L.) Crantz เป็นพืชหัวชนิดหนึ่ง มีแหล่งกำเนิดแถบที่ลุ่มเขตร้อน มีพื้นที่ปลูกทั่วไปในเขตร้อน มันสำปะหลังเป็นพืชอาหารของมนุษย์ที่มีความสำคัญเป็นอันดับ 7 มีการใช้ประโยชน์ได้หลายแบบ ได้แก่ เพื่อการรับประทานโดยตรง ใช้เพื่อเป็นอาหารเลี้ยงสัตว์ และใช้ในอุตสาหกรรมอื่น ๆ อุตสาหกรรมอาหารหลายชนิดที่ทำจากแป้งมันสำปะหลัง และอุตสาหกรรมต่อเนื่องหลายชนิดที่ใช้มันสำปะหลังเป็นวัตถุดิบ การใช้มันสำปะหลังสำหรับเลี้ยงสัตว์พบมากที่สุดในประเทศสมาคมเศรษฐกิจยุโรป สำหรับประเทศไทยมันสำปะหลังเป็นพืชที่มีความสำคัญต่อเศรษฐกิจของประเทศ ทำรายได้ให้แก่เกษตรกรปีละกว่า 12,000 ล้านบาท ผลผลิตมันสำปะหลังประมาณ 97 เปอร์เซ็นต์ของผลผลิตจากมันสำปะหลัง (หัวมันสด) ถูกส่งเข้าโรงงานเพื่อทำการแปรสภาพเป็นผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังหลายชนิด โดยจำนวน 70 เปอร์เซ็นต์ของผลผลิตมันสำปะหลังที่ถูกส่งเข้าสู่โรงงานนี้นำไปใช้เป็นส่วนประกอบของอาหารสัตว์ ในปี 2560 ประเทศไทยมีเนื้อที่เก็บเกี่ยว 8.71 ล้านไร่ ผลผลิต 30.50 ล้านตัน และผลผลิต 3,499 กิโลกรัมต่อไร่ พบว่าเนื้อที่เก็บเกี่ยวลดลง 4.26 เปอร์เซ็นต์ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2562) เนื่องจากเกษตรกรปรับเปลี่ยนไปปลูกพืชอื่นทดแทน เช่น อ้อยโรงงาน ประกอบกับราคามันสำปะหลังปรับตัวลดลงอย่างต่อเนื่อง ทั้งนี้อาจเนื่องจากสภาพภูมิอากาศเอื้ออำนวยให้มันสำปะหลังเจริญเติบโตได้อย่างไรก็ตามการปลูกมันสำปะหลังในประเทศไทยมีผลผลิตค่อนข้างต่ำเนื่องจากหลายปัจจัย ได้แก่ ดินในพื้นที่ปลูกมีความอุดมสมบูรณ์ของดินต่ำ ปริมาณน้ำฝนที่ไม่สม่ำเสมอ ลักษณะของพันธุ์มันสำปะหลังบางพันธุ์ไม่เหมาะสมกับบางพื้นที่ และในบางพื้นที่มีการจัดการที่ยังไม่เหมาะสม จึงทำให้ธาตุอาหารในดินไม่สมดุล เช่น เกษตรกรบางรายมีการใส่ปุ๋ยมูลสัตว์ทำให้มีการปริมาณไนโตรเจนสูง แต่ธาตุบางอย่างมีปริมาณน้อยไม่เพียงพอในการเจริญเติบโตให้ผลผลิต และสะสมแป้งในหัวมันสำปะหลัง นอกจากนี้ในบางพื้นที่มีการให้ปุ๋ยไนโตรเจนสูงรวมทั้งในช่วงการสะสมแป้งมีความชื้นในดินสูงจึงอาจทำให้มันสำปะหลังมีการเจริญเติบโตของยอดและใบมากกว่าปกติในระยะการสะสมแป้ง ส่งผลให้ไม่มีการสะสมหัวหรือสะสมแป้งได้น้อยลง ดังนั้นการแก้ปัญหาการเจริญเติบโตทางลำต้นที่มากกว่าปกติในช่วงระยะการสะสมหัวและแป้งที่ส่งผลให้มันสำปะหลังมีการลงหัวน้อยหรือไม่ลงหัว และในบางพันธุ์หากเก็บเกี่ยวเร็วกว่า 12 เดือน

จะทำให้ผลผลิตมันสำปะหลังต่ำ อาจทำได้โดยการควบคุมมันสำปะหลังให้ชะลอการเจริญทางลำต้น ทางกิ่ง ทางใบ ซึ่งจะทำให้อาหารส่งไปสะสมที่หัวและแป้งมากขึ้น สามารถทำได้โดยการใช้สารควบคุมการเจริญเติบโต เนื่องจากเป็นสารที่มีคุณสมบัติในการลดอัตราการเติบโตของพืช ซึ่งสารกลุ่มนี้มีทั้งที่เป็นสารธรรมชาติและสารอินทรีย์ที่มนุษย์สังเคราะห์ขึ้น เพื่อประโยชน์ในทางการเกษตร สารในกลุ่มนี้แต่ละชนิดมีคุณสมบัติแตกต่างกัน สารควบคุมการเจริญเติบโตที่มีคุณสมบัติสำคัญในการลดการเจริญเติบโตของพืช ซึ่งเป็นการควบคุมการเจริญเติบโตทางด้านทรงพุ่ม เช่น สารในกลุ่มไตรอะโซล โดยเฉพาะสารพาโคลบิวทราโซล (Paclobutrazol; PBZ) (Swietlik and Miller, 1985) เป็นสารชะลอการเจริญเติบโตของพืชที่นิยมใช้กับมะม่วง และพืชไร่ ซึ่งยับยั้งการสังเคราะห์จิบเบอเรลลิน ลดการยืดตัวของปล้อง เพิ่มการเจริญเติบโตของราก เร่งให้เกิดดอก โดยสารชนิดนี้สามารถใช้กับพืชได้ด้วยวิธีต่าง ๆ เช่น พ่นทางใบ ให้ทางดิน ฉีดเข้าลำต้น และการทาสารที่ลำต้นตามความเหมาะสมและความสะดวก และนอกจากสารควบคุมการเจริญเติบโตแล้วในทางการเกษตรเป็นที่ทราบกันดีว่าไกลโฟเซต เป็นสารที่อยู่ในกลุ่มกำจัดวัชพืช ซึ่งหากใช้ที่ความเข้มข้นสูงมีคุณสมบัติเป็นสารกำจัดวัชพืช แต่หากใช้ในความเข้มข้นต่ำสามารถชะลอการเจริญเติบโตได้ และเร่งการแก่ (ripener) ของพืชได้ โดยมีตัวอย่างในการใช้เพื่อเพิ่มความหวานในอ้อย (นิรันดร์ จันทวงศ์ และคณะ, 2531) โดยการนำไกลโฟเซตฉีดพ่นทางใบ ดังนั้นการใช้พาโคลบิวทราโซล และไกลโฟเซต เป็นแนวทางที่จะลดการเจริญเติบโตและเร่งการแก่ในช่วงที่มันสำปะหลังเข้าสู่ระยะที่มีการสะสมแป้งเพื่อเพิ่มผลผลิตและปริมาณแป้งของหัวมันสำปะหลังให้สูงขึ้น เนื่องจากมันสำปะหลังบางพันธุ์มีระยะเวลาในการสะสมแป้งช้า แต่เกษตรกรต้องเก็บเกี่ยวเร็วขึ้นอันเนื่องจากสภาพแวดล้อมไม่เหมาะสม รวมทั้งบางพื้นที่มีปัญหาการเจริญเติบโตทางลำต้นสูงโดยไม่มีการสะสมแป้งของมันสำปะหลัง และปัญหาความชื้นสูงในช่วงก่อนการเก็บเกี่ยวซึ่งส่งผลให้มันสำปะหลังมีการเจริญเติบโตทางลำต้นแต่ไม่สะสมแป้ง ดังนั้นต้องมีการศึกษาการใช้สารชะลอการเจริญเติบโตของพืชให้มันสำปะหลังหยุดการเจริญเติบโตทางลำต้น การสร้างใบใหม่ และการแตกกิ่งของส่วนเหนือลำต้น เพื่อเพิ่มผลผลิตและปริมาณแป้งของหัวมันสำปะหลังให้สูงขึ้นในสภาพแปลงและวิธีการให้แก่ต้นพืชที่เหมาะสมต่อไปมากขึ้น

1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาผลของสารพาโคลบิวทราโซล และไกลโฟเซต ต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต ปริมาณแป้งของมันสำปะหลัง และกิจกรรมของเอนไซม์ใน carbohydrate metabolism

1.2.2 เพื่อศึกษาระยะเวลา (อายุ) ของมันสำปะหลัง และความเข้มข้นที่เหมาะสมของสารพาโคลบิวทราโซล และไกลโฟเซต ในการฉีดพ่นแก่มันสำปะหลัง

บทที่ 2
ปริทัศน์วรรณกรรม และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

มันสำปะหลัง เป็นพืชที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศไทย เนื่องจากเป็นประเทศที่มีพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังเป็นอันดับที่ 3 ของโลก รองจากประเทศไนจีเนียและคองโก ประเทศไทยเป็นผู้ส่งออกผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังเป็นอันดับหนึ่งของโลกมายาวนาน สามารถสร้างรายได้เข้าประเทศมากกว่าปีละ 3 หมื่นล้านบาท (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2560) เนื่องจากมันสำปะหลังเป็นพืชที่ปลูกง่ายมีปัญหาในการผลิตน้อย ทนต่อความแห้งแล้งเมื่อเปรียบเทียบกับพืชไร่ชนิดอื่น ปรับตัวได้ดีแม้ดินจะไม่ดี พบปัญหาโรคแมลงเกิดน้อย การขุดเก็บเกี่ยวไม่ขึ้นกับฤดูกาล สามารถชะลอการเก็บเกี่ยวได้ และหัวสดมีตลาดรองรับแน่นอน ในอดีตถึงแม้พื้นที่ของการปลูกมันสำปะหลังของประเทศไทยลดลง และมีผลผลิตหัวสดรวมเพิ่มขึ้น แต่ผลผลิตที่ได้ยังไม่เพียงพอกับความต้องการของตลาด โดยความต้องการใช้แป้งจากมันสำปะหลังที่สูงมากขึ้นทำให้ราคาที่เกษตรกรจำหน่ายผลผลิตหัวสดสูงเป็นประวัติการณ์ (ปี 2554) แต่ในปัจจุบันราคาหัวมันสำปะหลังสดที่เกษตรกรขายได้กลับมีราคาต่ำลงมาก ปี 2559 และปี 2560 ราคาที่เกษตรกรขายได้เท่ากับ 1.84 และ 1.51 บาท/กิโลกรัม ตามลำดับ เนื่องจากการขยายพื้นที่ปลูกเพิ่มไม่ได้มากนัก ในหลายพื้นที่การผลิตมันสำปะหลังส่วนใหญ่ทราบจากการบอกเล่าหรือลองผิดลองถูก ทำให้การผลิตมันสำปะหลังมีต้นทุนสูงทั้งผลผลิตต่อพื้นที่ยังต่ำ การผลิตมันสำปะหลังจึงขาดทุน และส่งผลต่อความสมดุลของธาตุอาหารในดิน รวมทั้งไม่มีความยั่งยืนในการผลิตมันสำปะหลัง

มันสำปะหลังอยู่ในวงศ์ Euphorbiaceae มีระบบรากเป็นแบบรากฝอย (fibrous root system) รากเกิดจากข้อของลำต้นที่ใช้ปลูกและขยายใหญ่เป็นหัว ลำต้นมีลักษณะตั้งตรงเป็นไม้เนื้อแข็งสูง 1–5 เมตร มีการแตกกิ่ง กิ่งที่แตกจากลำต้นหลักเรียกว่า กิ่งชุดแรก (primary branch) และกิ่งที่แตกจากกิ่งชุดแรกเรียกว่า กิ่งชุดที่สอง (secondary branch) มันสำปะหลังจะแตกกิ่งเป็นแบบ 2 กิ่ง (dichotomous branching) หรือ 3 กิ่ง (trichotomous branching) ใบเป็นใบเดี่ยวเกิดเวียนสลับรอบลำต้น (spiral) แผ่นใบเว้าลึกเป็นแฉก (lobe) แบบ palmate ใบมีก้านใบ (petiole) ที่โคนก้านใบติดกับลำต้นมีหูใบ (stipule) สำหรับช่อดอกมีช่อดอกตัวผู้และช่อดอกตัวเมียอยู่บนต้นเดียวกัน แต่อยู่คนละตำแหน่ง เรียกว่า monoecious plant ผลเป็นแบบ capsule เมล็ดมีสีน้ำตาลลายดำคล้ายเมล็ดละหุ่งแต่เล็กกว่า ในหัวมันสำปะหลังมีน้ำอยู่ประมาณ 60–65 เปอร์เซ็นต์ และส่วนประกอบส่วนใหญ่ คือ แป้ง

หรือคาร์โบไฮเดรตประมาณ 20–35 เปอร์เซ็นต์ หัวมันสำปะหลังจึงเป็นแหล่งคาร์โบไฮเดรตที่ให้พลังงานในอาหารของคนและสัตว์ แต่มีปริมาณโปรตีนและไขมันน้อยมาก

2.2 พันธุ์มันสำปะหลังที่นิยมปลูกในประเทศไทย

พันธุ์มันสำปะหลังที่นิยมปลูกในประเทศไทยมีหลายพันธุ์ หากแบ่งตามการใช้ประโยชน์สามารถแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ 1) ชนิดหวาน เป็นมันสำปะหลังที่ใช้เพื่อการบริโภคมีปริมาณกรดไฮโดรไซยานิกต่ำ ไม่มีรสขม สามารถใช้หัวสดทำอาหารได้โดยตรง เช่น นำไปนึ่ง เชื่อม หรือทอด ได้แก่ พันธุ์พิรุณ 2 พันธุ์ระยอง 2 และพันธุ์ห้านาที เป็นต้น 2) ชนิดขม เป็นมันสำปะหลังที่มีรสขม ไม่เหมาะสำหรับนำมาบริโภค หรือใช้หัวสดเลี้ยงสัตว์โดยตรง เนื่องจากมีปริมาณกรดไฮโดรไซ–ยานิกสูงและมีความเป็นพิษต่อร่างกาย ต้องนำไปแปรรูปเป็นมันอัดเม็ดหรือมันเส้น จึงนำไปเลี้ยงสัตว์ได้ โดยแต่ละชนิดพันธุ์มันสำปะหลังที่นิยมปลูกมีอยู่หลากหลาย ซึ่งพันธุ์ที่นิยมปลูกในประเทศไทย ได้แก่ ระยอง 5 ระยอง 60 ระยอง 72 ระยอง 90 ระยอง 7 ระยอง 9 เกษตรศาสตร์ 50 ห้วยบง 60 และห้วยบง 80 เป็นต้น โดยขอยกตัวอย่างพันธุ์ที่สำคัญ ดังนี้

1) พันธุ์ระยอง 5 เป็นพันธุ์ที่ได้จากการผสมระหว่างพันธุ์ 27–77–10 กับพันธุ์ระยอง 3 มีลักษณะประจำพันธุ์ คือ ยอดอ่อนสีม่วง ใบสีเขียวเข้ม ก้านใบสีแดงเข้ม ต้นเขียวอมน้ำตาล มีการแตกกิ่ง 2–3 ระดับที่ความสูง 1.00–1.20 เมตร ความสูงของต้นประมาณ 1.70 เมตร เก็บเกี่ยวได้เมื่ออายุ 12 เดือน หัวมีลักษณะอ้วน เปลือกหัวสีน้ำตาลอ่อนและมีเนื้อสีขาว ผลผลิตหัวสด 4.42 ตัน/ไร่ ในฤดูฝนมีเปอร์เซ็นต์แป้ง 23 เปอร์เซ็นต์ และในฤดูแล้ง 26 เปอร์เซ็นต์ ฤดูปลูกที่เหมาะสม ต้นฤดูฝนในช่วงเดือนพฤษภาคมถึงมิถุนายน และปลายฤดูฝนในช่วงเดือนกันยายนถึงตุลาคม ปลูกได้ดีทั้งในภาคตะวันออกและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มีข้อควรระวัง คือ เป็นโรคใบไหม้ได้ง่ายกว่าพันธุ์อื่น ๆ

2) พันธุ์ระยอง 60 เป็นพันธุ์ที่ได้จากการผสมระหว่างพันธุ์ MCol 1684 กับพันธุ์ระยอง 1 ลักษณะประจำพันธุ์ คือ ยอดอ่อนสีเขียวอมม่วง ใบสีเขียว ก้านใบสีเขียวปนแดง ลำต้นสีน้ำตาลอ่อน มีการแตกกิ่ง 2 ระดับเมื่อสูง 1.70 เมตร ความสูงของต้นประมาณ 2.75 เมตร หัวเป็นกระจุกรวมกันแน่นที่โคนต้นทำให้ง่ายต่อการขุด เปลือกหัวสีน้ำตาลอ่อนและมีเนื้อสีขาวครีม ให้ผลผลิตหัวสด 4.42 ตัน/ไร่ ในฤดูฝนมีเปอร์เซ็นต์แป้งแป้ง 20 เปอร์เซ็นต์แป้ง และในฤดูแล้ง 25 เปอร์เซ็นต์ มีความต้านทานต่อโรคใบไหม้ปานกลาง แนะนำให้ปลูกในภาคตะวันออก ฤดูปลูกที่เหมาะสม คือ ต้นฤดูฝนในช่วงเดือนพฤษภาคมถึงมิถุนายน และปลายฤดูฝนในช่วงเดือนกันยายนถึงตุลาคม สะสมน้ำหนักเร็ว เหมาะกับเกษตรกรที่ต้องการเก็บเกี่ยวอายุต่ำกว่า 12 เดือน การปลูกในภาคตะวันออกให้ผลผลิตสูงกว่าภาคอื่น ข้อควรระวัง คือ หากเก็บเกี่ยวในฤดูฝน เปอร์เซ็นต์แป้งต่ำ เนื้อมีสีครีม และให้ผลผลิตไม่สูงนัก

3) พันธุ์ระยอง 90 เป็นพันธุ์ที่ได้จากการผสมระหว่างพันธุ์ CMC 76 กับพันธุ์ V 43 มีลักษณะประจำพันธุ์ คือยอดอ่อนสีเขียวอ่อน ใบสีเขียวเข้ม ก้านใบสีเขียวอ่อน ต้นสีน้ำตาลอ่อน ลำต้นโค้งสูงประมาณ 1.75 เมตร มี 2–3 ลำต่อต้น เก็บเกี่ยวได้เมื่ออายุ 12 เดือน หัวมีลักษณะเรียวยาว มีหัวต่อกอมากเปลือกหัวสีน้ำตาลเข้มและมีเนื้อสีขาว ให้ผลผลิตหัวสด 3.96 ตัน/ไร่ ในฤดูฝนมีเปอร์เซ็นต์แป้ง 25 เปอร์เซ็นต์ ในฤดูแล้ง 30 เปอร์เซ็นต์ มีความต้านทานต่อโรคใบไหม้ ฤดูปลูกที่เหมาะสม ต้นฤดูฝนในช่วงเดือนพฤษภาคมถึงมิถุนายน ถ้าปลูกปลายฤดูฝนในดินที่สูญเสียความชื้นง่าย อาจมีปัญหาจำนวนท่อนพันธุ์หรือต้นต่ำกว่า 80 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งจะทำให้ผลผลิตต่ำ ปลูกได้ทั้งภาคตะวันออกและภาคตะวันออกเฉียงเหนือที่มีดินค่อนข้างดี ข้อควรระวัง คือ ไม่เหมาะกับพื้นที่ที่มีแมลงหวี่ขาวระบาดและต้นพันธุ์เสื่อมคุณภาพเร็วให้ผลผลิตไม่สูงนัก

4) พันธุ์ระยอง 7 เป็นพันธุ์ที่ได้จากการผสมระหว่างพันธุ์ CMR 30–72–25 กับพันธุ์ OMR 29–20–18 มีลักษณะประจำพันธุ์ ยอดอ่อนสีเขียวอ่อน ใบสีเขียวอ่อน ก้านใบสีเขียวอ่อน ต้นสีน้ำตาลอ่อน มีการแตกกิ่ง 0.1 ระดับ ความสูงของต้นประมาณ 1.83 เมตร เก็บเกี่ยวได้เมื่ออายุ 10–16 เดือน เปลือกหัวสีครีมและมีเนื้อสีขาว ให้ผลผลิตหัวสด 6.30 ตัน/ไร่ ในฤดูฝนมีเปอร์เซ็นต์แป้ง 27.2 เปอร์เซ็นต์ ในฤดูแล้ง 27.6 เปอร์เซ็นต์ ปลูกได้ดีในทุกแหล่งปลูกมันสำปะหลังศักยภาพในการให้ผลผลิตขึ้นอยู่กับสภาพพื้นที่และการดูแลรักษา มีข้อควรระวัง คือ เมื่อปลูกในดินที่สมบูรณ์ต่ำและแล้งยาวนานจะเกิดการแตกตามลำต้น ทำให้ได้ท่อนพันธุ์สำหรับปลูกลดลง

5) พันธุ์ระยอง 9 เป็นพันธุ์ดีที่เหมาะสมในการผลิตเอทานอลเป็นพันธุ์ที่ได้จากการผสมระหว่างพันธุ์ CMR 31–19–23 กับพันธุ์ OMR 29–20–118 มีลักษณะประจำพันธุ์คือ ลำต้นสีน้ำตาลอมเหลือง ไม่ค่อยแตกกิ่ง เมื่ออายุ 1 ปี สูง 2.35 เมตร ก้านใบสีเขียวอ่อนชมพูแฉกใบกลางเป็นรูปหอกใยและยอดอ่อนสีเขียวอ่อน หัวสีน้ำตาลอ่อน เนื้อของหัวสีขาว ให้ผลผลิตหัวสด 4.49 ตัน/ไร่ และให้ผลผลิตมันแห้ง 2.11 ตัน/ไร่ การให้เอทานอลเมื่อเก็บเกี่ยวอายุ 8 เดือน 191 ลิตรต่อตันหัวสด อายุ 12 เดือนมีเอทานอล 208 ลิตร/ตันหัวสด อายุ 18 เดือนมีเอทานอล 194 ลิตร/ตันหัวสด ปลูกได้ดีในทุกแหล่งปลูก (ศักยภาพในการให้ผลผลิตขึ้นอยู่กับสภาพพื้นที่และการดูแลรักษา) มีข้อควรระวัง คือ ควรเก็บเกี่ยวเมื่ออายุ 1 ปี เนื่องจากมีเปอร์เซ็นต์แป้งสูงแต่สะสมน้ำหนักช้า และหากเก็บเกี่ยวเร็วจะให้ผลผลิตหัวสดต่ำกว่าพันธุ์มาตรฐานอื่น ๆ

6) พันธุ์ห้วยบง 60 เป็นพันธุ์ที่ได้จากการผสมระหว่างพันธุ์ระยอง 5 กับพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 มีลักษณะประจำพันธุ์ คือ ยอดอ่อนสีม่วง ใบสีเขียวปนม่วง ก้านใบสีเขียวอมม่วง ลำต้นสีเขียวเงิน ความสูงของการแตกกิ่ง 90–140 เซนติเมตร (ซม.) ความสูงต้น 1.80–2.50 เมตร เปลือกนอกของหัวสีน้ำตาลอ่อน เนื้อสีขาว ให้ผลผลิตหัวสด 5.75 ตัน/ไร่ ผลผลิตมันแห้ง 2.14 ตัน/ไร่ เปอร์เซ็นต์แป้ง 25.4 เปอร์เซ็นต์ มีความต้านทานต่อโรคจุดปานกลาง มีข้อควรระวัง คือ เมื่อเก็บเกี่ยวที่อายุน้อยกว่า 10 เดือน จะทำให้ผลผลิตต่ำ

7) พันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 เป็นพันธุ์ที่ได้จากการผสมระหว่างพันธุ์ระยอง 1 กับระยอง 90 เป็นพันธุ์ที่ให้ผลผลิตหัวสด และเปอร์เซ็นต์แป้งสูง จึงเป็นพันธุ์ที่ต้องการของเกษตรกร และโรงงานแปรรูปมันสำปะหลัง สามารถปลูกได้ทั่วประเทศ ท่อนพันธุ์งอกดี ลำต้นสูงใหญ่ หัวดกและหัวมีลักษณะเป็นกลุ่ม สามารถเก็บเกี่ยวสะดวกโดยแรงงานคนหรือเครื่องขุด มีข้อควรระวัง คือ ท่อนพันธุ์มีความงอกดีและเก็บรักษาได้นานจึงทำให้ในบางท้องที่แตกกิ่งสูง ส่งผลให้ผลผลิตไม่สูง

8) พันธุ์ระยอง 72 เป็นพันธุ์ที่ได้จากการผสมระหว่างพันธุ์ระยอง 1 กับระยอง 5 มีลักษณะประจำพันธุ์ คือ ลำต้นสีเขียวเงิน ใบแก่สีเขียวเข้ม ก้านใบสีแดงเข้ม ยอดอ่อนสีม่วง เปลือกนอกของหัวสีขาวนวล เนื้อสีขาว ผลผลิตหัวสด 5.09 ตัน/ไร่ เปอร์เซ็นต์แป้ง 20.9 เปอร์เซ็นต์ มีความต้านทานโรคใบจุดและโรคใบไหม้ปานกลาง ฤดูปลูกที่เหมาะสม คือ ปลูกได้ทั้งต้นฤดูฝนในช่วงเดือนพฤษภาคมถึงมิถุนายน และปลายฤดูฝนในช่วงเดือนกันยายนถึงตุลาคม เหมาะมากสำหรับปลูกในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ข้อควรระวัง คือ ไม่ควรเก็บเกี่ยวในฤดูฝน เพราะอาจทำให้มีเปอร์เซ็นต์แป้งต่ำ

9) พันธุ์ห้วยบง 80 เป็นพันธุ์ใหม่ที่พัฒนาขึ้นใหม่ โดยมีลักษณะเด่นคือ มีแป้งเฉลี่ยสูงถึง 27.3 เปอร์เซ็นต์ เปอร์เซ็นต์ความงอก และความอยู่รอดสูง มีลักษณะทรงต้นสูง แตกกิ่งน้อย สะดวกต่อการเก็บเกี่ยวและเก็บต้นพันธุ์ เพื่อใช้ในการปลูกต่อไป และเหมาะกับการใช้แปรรูปทำมันเส้นแป้งและเอทานอล นอกจากนี้ยังเป็นพันธุ์ที่ให้ผลผลิตค่อนข้างสูง ข้อควรระวัง คือ ไม่ควรเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังอายุน้อยกว่า 10 เดือน จะทำให้ได้ผลผลิตต่ำ

ภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังประมาณ 4.6 ล้านไร่ ถือเป็นพื้นที่สำคัญที่มีการปลูกมันสำปะหลัง (สมาคมโรงงานผู้ผลิตมันสำปะหลังภาคตะวันออกเฉียงเหนือ, 2562) ซึ่งพันธุ์มันสำปะหลังที่เหมาะสมในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ คือ พันธุ์ระยอง 72 เนื่องจากเป็นพันธุ์ที่เหมาะสมในดินทราย แต่พันธุ์นี้มีข้อจำกัด คือหากปลูกแล้วเก็บเกี่ยวในฤดูฝนมักให้เปอร์เซ็นต์แป้งต่ำ (กรมวิชาการเกษตร, 2559) ซึ่งมีพื้นที่ปลูกที่มักเก็บเกี่ยวในฤดูฝน เพื่อหลีกเลี่ยงหัวเน่า สำหรับพันธุ์ห้วยบง 80 เป็นพันธุ์ที่มีพื้นที่ปลูกทั่วประเทศ โดยพบปลูกมากที่สุดในจังหวัดชัยภูมิ (ระบบสารสนเทศการผลิตทางด้านเกษตร Online กรมส่งเสริมการเกษตร, 2560) เนื่องจากเป็นพันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูง เมื่อเปรียบเทียบกับพันธุ์อื่น ๆ (วิจารณ์ วิชชุกิจ และคณะ, 2553) แต่หากเก็บเกี่ยวก่อนอายุ 12 เดือน มักให้ผลผลิตและเปอร์เซ็นต์แป้งต่ำ นอกจากนี้ไม่เพียงแต่พันธุ์ระยอง 72 และห้วยบง 80 เท่านั้นที่มีข้อจำกัดในการเก็บเกี่ยวในฤดูฝนที่มีความชื้นสูง และการเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังที่อายุน้อยกว่า 12 เดือน ยังมีมันสำปะหลังพันธุ์อื่น ๆ เช่น พันธุ์ระยอง 60 ระยอง 9 ระยอง 11 และห้วยบง 60 ซึ่งพันธุ์เหล่านี้มีพื้นที่ปลูกจำนวนมาก ดังนั้นจำเป็นต้องหาวิธีการที่ทำให้การผลิตมันสำปะหลังในพื้นที่ที่กล่าวมาแล้วมีผลผลิตและแป้งในหัวมันสำปะหลังสูงขึ้น

2.3 ระยะการเจริญเติบโตของมันสำปะหลัง

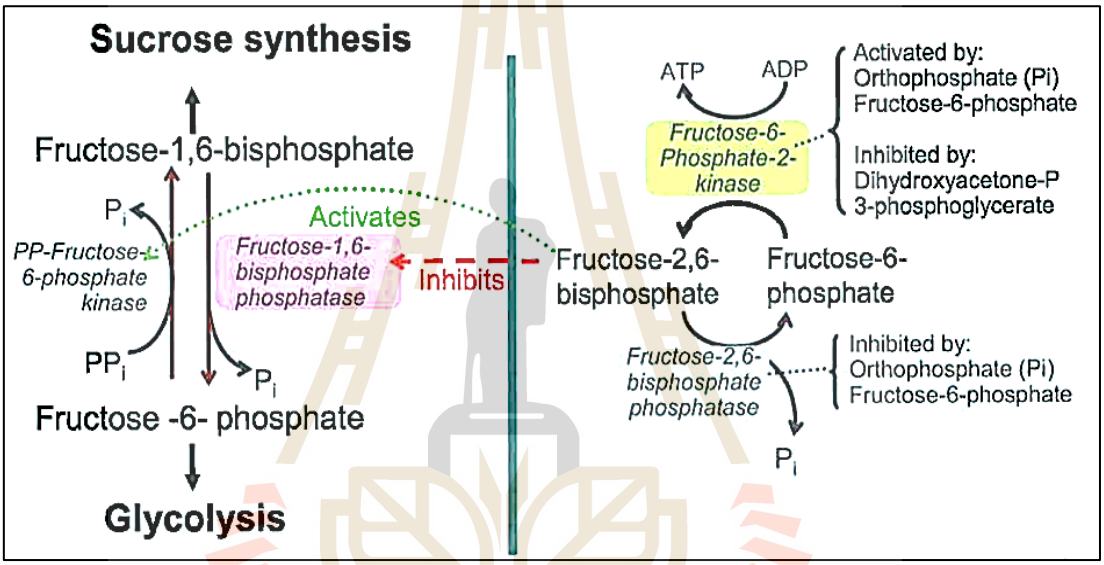
ระยะการเจริญเติบโตมันสำปะหลังสามารถแบ่งเป็น 5 ระยะดังนี้ ระยะที่ 1 ระยะท่อนพันธุ์งอกและตั้งตัว อยู่ในช่วงระยะเวลา 2–3 สัปดาห์หลังปลูก ระยะที่ 2 ระยะพัฒนาทรงพุ่ม เป็นระยะที่เริ่มแตกกิ่งก้านและสร้างใบ เริ่มต้นตั้งแต่เดือนที่ 2 ระยะที่ 3 ระยะพัฒนารากและสะสมอาหาร ระยะนี้มันสำปะหลังจะลำเลียงแป้งไปสะสมไว้ที่หัวตั้งแต่เดือนที่ 3 เป็นต้นไป ระยะที่ 4 ระยะพักตัว เป็นช่วงที่มันสำปะหลังชะงักการเจริญเติบโต และมีการทิ้งใบ หลังจากเดือนที่ 14 และระยะที่ 5 ระยะฟื้นตัว มันสำปะหลังจะนำเอาอาหารจากหัวขึ้นมาสร้างใบใหม่ การปลูกมันสำปะหลังไม่ควรปล่อยให้มันสำปะหลังเจริญเติบโตส่วนเหนือดินจนถึงระยะที่ 4 ควรเก็บเกี่ยวหัวมันสำปะหลังในช่วงอายุ 10–14 เดือน อย่างไรก็ตามในบางพื้นที่หรือในบางสภาพแวดล้อมการปลูก เช่นในช่วงเก็บเกี่ยวมีความชื้นสูง ซึ่งมักพบปัญหามันสำปะหลังมีการเจริญเติบโตทางลำต้น นอกจากนี้มันสำปะหลังบางพันธุ์ไม่ควรเก็บเกี่ยวในฤดูฝน เนื่องจากจะทำให้ปริมาณแป้งต่ำ และการเก็บเกี่ยวที่ไม่เหมาะสมของเกษตรกร นอกจากนี้มันสำปะหลังบางพันธุ์ที่มีอายุการเก็บเกี่ยวมากกว่า 10 เดือนหลังปลูก จึงควรเร่งการสุกแก่โดยใช้สารควบคุมการเจริญเติบโตในช่วงหลังจากระยะที่ 3 และก่อนเข้าสู่ระยะการเจริญเติบโตที่ 4 เพื่อชะลอการเจริญเติบโตของมันสำปะหลังทางลำต้นส่วนเหนือดิน และเร่งให้มีการสะสมแป้งในหัว ซึ่งจะส่งผลให้มันสำปะหลังมีผลผลิตและปริมาณแป้งในหัวสูงขึ้น

2.4 การสังเคราะห์น้ำตาลซูโครส การสะสมแป้งในหัวมันสำปะหลัง และการทำงานของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้อง

มันสำปะหลังเป็นพืชที่สำคัญชนิดหนึ่งที่เป็นแหล่งคาร์โบไฮเดรต เป็นพืชที่เก็บสะสมอาหารในรูปของคาร์โบไฮเดรตหรือแป้งไว้ในราก นอกจากการใช้บริโภคในครัวเรือนแล้วยังสามารถใช้ประโยชน์แป้งมันสำปะหลังทั้งแป้งดิบและแป้งดัดแปร นอกจากนี้สามารถนำแป้งมันสำปะหลังไปใช้เป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมต่าง ๆ ได้ โดยอุตสาหกรรมที่ใช้แป้งมันสำปะหลังมากที่สุด คืออุตสาหกรรมอาหาร ผงชูรส สารให้ความหวาน สิ่งทอ และกระดาษ

น้ำตาลซูโครสเป็นรูปแบบของคาร์โบไฮเดรตหลักที่พืชเคลื่อนย้ายออกจากแหล่งผลิตไปยังส่วนต่าง ๆ ของพืช เพื่อนำไปใช้ในเมแทบอริซึมและเป็นวัตถุดิบเริ่มต้นในการสร้างสารต่าง ๆ ที่จำเป็นสำหรับการเจริญเติบโตและพัฒนาการของพืช ซึ่งน้ำตาลซูโครสเป็นผลผลิตที่ถูกสังเคราะห์ขึ้นจากกระบวนการสังเคราะห์แสงของพืช กระบวนการสังเคราะห์น้ำตาลซูโครสในพืช มีการควบคุมกระบวนการสร้างน้ำตาลซูโครสที่เอนไซม์ sucrose phosphate synthesis เป็น allosteric enzyme ซึ่งถูกกระตุ้นด้วย sucrose–6–phosphate และถูกยับยั้งด้วย P_i ซึ่งเป็นปัจจัยที่ควบคุมสัดส่วนการสร้างแป้งในคลอโรพลาสต์ต่อการสร้างน้ำตาลในไซโตซอลจากสารประกอบคาร์บอนที่พืชได้จากกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง (รูปที่ 2.1) โดยในปฏิกิริยาการสังเคราะห์น้ำตาลซูโครสในพืช พบว่ามีเอนไซม์หลัก

อย่างน้อย 2 ชนิด ที่มีบทบาทในการเร่งปฏิกิริยาเพื่อให้เกิดการสร้างน้ำตาลซูโครส คือ Sucrose phosphate synthase (SPS) และ sucrose synthase (SuS) (เอนไซม์ SPS เป็นอีกเอนไซม์ในการสังเคราะห์น้ำตาล ซึ่งน้ำตาลเป็นแหล่งอาหารในการขนส่งเพื่อไปสังเคราะห์แป้ง) การสังเคราะห์น้ำตาลซูโครสในพืช ส่วนใหญ่เกิดขึ้นจากการทำงานของเอนไซม์ SPS โดยกลูโครสจาก UDP–glucose จะถูกเคลื่อนย้ายไปยัง fructose–6–phosphate จากนั้นเอนไซม์ sucrose phosphase (SPP) จะตัดหมู่ Pi ออก ได้ซูโครสอิสระเป็นผลผลิตสุดท้าย ส่วน SuS จัดเป็นเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการย่อยสลายซูโครส (บุษรินทร์ ตานะ, 2558)



รูปที่ 2.1 Fructose–2, 6–bisphosphate มีบทบาทควบคุมกระบวนการสร้างน้ำตาลซูโครสในไซโตซอลในขั้นตอนปฏิกิริยาการเปลี่ยนแปลงระหว่าง fructose–1, 6–bisphosphate และ fructose–6–phosphate

ที่มา: มูลนิธิส่งเสริมโอลิมปิกวิชาการ และพัฒนามาตรฐานวิทยาศาสตร์ศึกษา ในพระอุปถัมภ์สมเด็จพระเจ้าพี่นางเธอ เจ้าฟ้ากัลยาณิวัฒนา กรมหลวงนราธิวาสราชนครินทร์ (2556: 98)

สำหรับการใช้สารพาโคลบิวทราโซลส่งผลให้พืชมีการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยา และกระบวนการทางชีวเคมีเกิดขึ้น (Steffens and Wang, 1986) มีผลทำให้การเจริญเติบโต และการขยายตัวของเซลล์ลดลง โดยมีการศึกษาผลของการใช้พาโคลบิวทราโซลมีผลต่อกิจกรรมของเอนไซม์ดังกล่าว เช่น การใช้พาโคลบิวทราโซลช่วงอายุที่เหมาะสมทำให้ลดความสูงของคาโนลาได้ โดยการใช้พาโคลบิวทราโซล เมื่อมีลำต้นสูงเท่ากับ 10, 20, 30, 40 และ 50 ซม. ที่ความเข้มข้น 100 ไมโคลโมล/ลิตร เมื่อเทียบกับความสูงควบคุม (0 ซม.) การใช้พาโคลบิวทราโซลกับต้นคาโนลา

ที่ความสูง 10 ซม. มีการแตกกิ่งเพิ่มขึ้น ซึ่งมีส่วนในการเพิ่มผลผลิต ปริมาณสารละลายน้ำตาลทั้งหมด ปริมาณน้ำตาลซูโครส และปริมาณแป้งในส่วนลำต้น ใบ และตาข้าง เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิต ในขณะที่การพ่นสารที่ระยะเริ่มต้นออกดอกทำให้การสังเคราะห์น้ำตาลเพิ่มขึ้น โดยเอนไซม์ SPP เช่นเดียวกับการเร่งปฏิกิริยาผ่านการสังเคราะห์ซูโครส โดยเฉพาะอย่างยิ่งเอนไซม์ invertase ทำให้ปริมาณคาร์โบไฮเดรตในรากลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติหลังจากได้รับพาโคลบิวทราโซล (Hua et al., 2014) การใช้พาโคลบิวทราโซล และ CCC พบว่ามีผลให้ลดปริมาณ GA แต่มีผลเพิ่มปริมาณ IAA ในหัวของลิลลี่ ซึ่งอาจส่งผลต่อการกระตุ้นการสะสมของแป้ง สำหรับการทดสอบ Triadimefon (TDM) และ Hexaconazole (HEX) ในมันเทศขาวโดยใช้ TDM ความเข้มข้น 15 มก./ลิตร และ HEX ความเข้มข้น 10 มก./ลิตร โดยการราดบนดินที่เปียกเมื่ออายุ 10, 20 และ 30 วันหลังปลูก จากนั้นสุ่มเก็บตัวอย่างใบและราก (หัว) ที่ 45, 60, 75 และ 90 วันหลังปลูก เพื่อวิเคราะห์ปริมาณแป้งและน้ำตาล และการทำงานของ α–amylases, ß–amylases, SPP, SuS และเอนไซม์ invertase พบว่า TDM และ HEX ยับยั้งการทำงาน α–amylases, ß–amylases และเพิ่มผลผลิตสดและแห้ง ปริมาณแป้ง ปริมาณน้ำตาล ปริมาณน้ำตาลซูโครส และมีกิจกรรม SPP, SuS และเอนไซม์ invertase สูงขึ้นในหัวมันเทศขาว

สำหรับผลของการใช้สารไกลโฟเซตซึ่งเร่งการแก่ มีดังนี้คือ การใช้ไกลโฟเซตในอ้อยที่ปลูกในโรงเรือนโดยใช้ความเข้มข้น 72, 18, 36, 72, 360 และ 720 กรัมสารออกฤทธิ์/เฮกตาร์ เปรียบเทียบกับอ้อยที่ไม่ได้รับไกลโฟเซต บันทึกข้อมูลปริมาณของกรด shikimic กรด quinic, shikimate–3–phosphate, glyphosate, α–amino–3 – hydroxy–5 – methyl–4 – isoxazolepropionic acid (AMPA), phenylalanine, tyrosine และ tryptophan พบว่าความเข้มข้นที่ 72 กรัมสารออกฤทธิ์/เฮกตาร์ สามารถเพิ่มระดับกรด shikimic, quinic acid และ shikimate–3–phosphate โดยในช่วงแรกไกลโฟเซตทำให้มีการเพิ่มขึ้นของ phenylalanine และ tyrosine (Carbonari et al., 2014) และการใช้สารชะลอการเติบโตในกลุ่มไตรอะโซล คือสาร triadimefon (TDM) และสาร hexaconazole (HEX) ส่งผลต่อกิจกรรมของเอนไซม์ใน carbohydrate metabolism ของมันสำปะหลัง โดยการพ่นสารทางใบโดยสาร TDM มีความเข้มข้น 20 มก./ลิตร และสาร HEX เข้มข้น 15 มก./ลิตร และเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังเมื่ออายุแตกต่างกัน พบสารในกลุ่มนี้มีผลทำให้ปริมาณแป้ง ปริมาณคาร์โบไฮเดรต และกิจกรรมของเอนไซม์ใน carbohydrate metabolism ของมันสำปะหลังเพิ่มสูงขึ้น (Gomathinayagam et al., 2007)

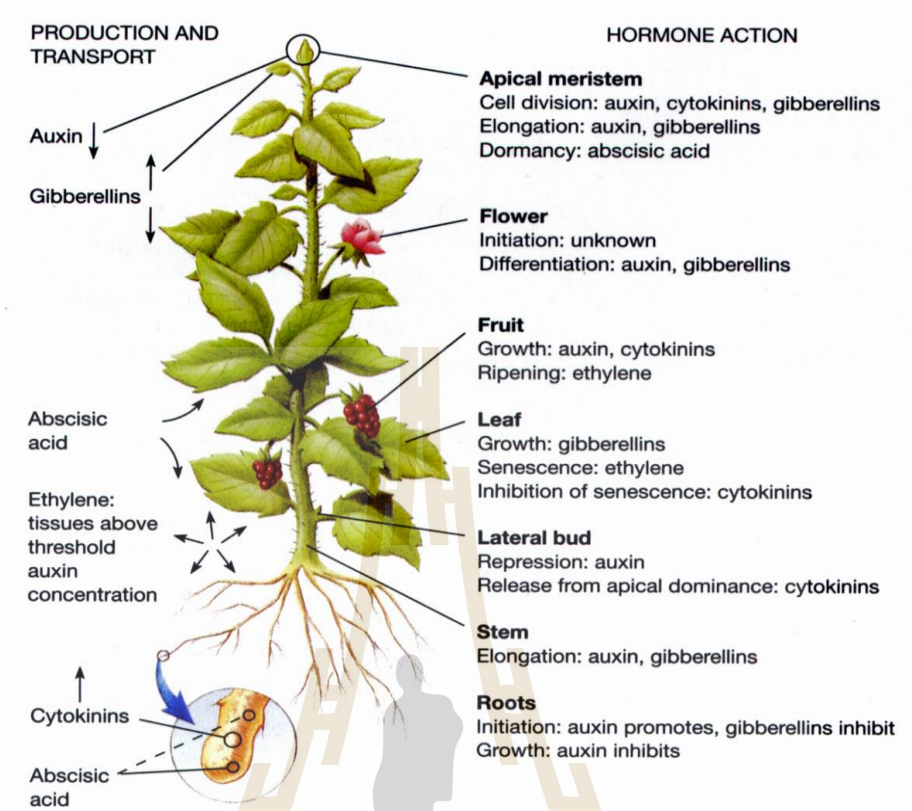
พืชมีลักษณะที่สำคัญอย่างหนึ่ง คือ สามารถสร้างอาหารเอง โดยการสังเคราะห์แสงจากแหล่งผลิต (source) เช่น บริเวณใบ แล้วส่งไปยังบริเวณเนื้อเยื่อที่ไม่สามารถสังเคราะห์แสงได้ (sink) เพื่อใช้ในการเจริญเติบโต และการพัฒนาการของพืช เช่นส่วนปลายยอด ปลายราก และส่วนที่ทำหน้าที่ในการเก็บสะสมอาหาร เช่น หัว และเมล็ด โดยทั่วไปแล้วน้ำตาลซูโครสจะเคลื่อนย้ายจาก Source ไปสู่ Sink อย่างไรก็ตามการเพิ่ม Sink ให้กับต้น เช่น เพิ่มจำนวนฝักของข้าวโพด โดยในมันสำปะหลังนั้นน้ำตาลจะถูกขนส่งและเก็บสะสมในรูปของแป้ง ดังนั้นการใช้น้ำตาลซูโครสเพื่อเป็น

แหล่งคาร์บอนและพลังงานในกระบวนการเมแทบอลิซึมรวมถึงการเคลื่อนย้ายน้ำตาลไปยังส่วนต่าง ๆ ของพืชขึ้นอยู่กับการย่อยสลายน้ำตาลซูโครสให้เป็นน้ำตาลเฮกโซส (hexose) โดยอาศัยการทำงานของเอนไซม์ที่แตกต่างกัน เช่น เอนไซม์ SuS (บุษรินทร์ ตานะ, 2558) พืชมีอวัยวะที่เป็น sink มี 2 แบบ คือ เนื้อเยื่อที่กำลังเจริญ และเนื้อเยื่อเก็บอาหาร ซึ่งการเคลื่อนย้ายอาหารจากแหล่งสร้างไปยัง sink มีความจำเป็นต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตของพืช เมื่อลดแหล่งใช้และแหล่งสะสมในส่วนเหนือดินลง จึงเป็นสาเหตุให้มีการเคลื่อนย้ายอาหารที่สร้างขึ้นมาเพื่อไปสะสมในส่วนของหัวหรือส่วนที่อยู่ใต้ดินมากขึ้น เช่น การตัดยอดระยะออกดอก 50% ซึ่งเป็นการลดแหล่งใช้และแหล่งสะสมอาหารในรูปของดอก (บุญธรรม ศรีหล้า, 2559) ทั้งนี้การพ่นสารควบคุมการเจริญเติบโตให้กับมันสำปะหลังทางใบในระยะที่มันสำปะหลังมีการสะสมอาหารที่ราก เพื่อหวังที่จะทำให้ส่วนรากเป็น sink ที่แรงกว่าส่วนยอดและใบแก่ที่ต้องการอาหารอยู่ Zheng et al. (2012) ศึกษาการใช้พาโคลบิวทราโซล และ chlorocholine chloride (CCC) พ่นทางใบของลิลลี่ที่ความเข้มข้น 300 มก./ลิตร เมื่ออายุ 6 สัปดาห์หลังปลูก พบว่า CCC มีผลทำให้ biomass ของใบและลำต้นเพิ่มขึ้น ซึ่งอาจเป็นไปได้ว่ามีการผลิต photoassimilates มากขึ้น เพื่อใช้ในการขนส่งและใช้ประโยชน์ นอกจากนี้การใช้พาโคลบิวทราโซลมีผลในการยับยั้งการเจริญเติบโตของพืช และสนับสนุนการขนส่ง photoassimilates ไปยังส่วนหัว การงอกและการเกิดดอกตูมในสารสองชนิดเกิดได้ล่าช้า

สำหรับปัญหาการปลูกมันสำปะหลังในบางพื้นที่ พบมันสำปะหลังในช่วงระยะใกล้เก็บเกี่ยวหรือเป็นช่วงระยะที่มันสำปะหลังเข้าสู่การสะสมอาหารมักมีความชื้นสูง หรือดินมีความอุดมสมบูรณ์สูง ทำให้มีการดูดธาตุอาหารโดยเฉพาะไนโตรเจนจากดินมาก และไปสร้างการเจริญเติบโตในทางลำต้นและใบ ทำให้ไม่มีการสะสมอาหารมากพอ จึงทำให้ผลผลิตและปริมาณแป้งในหัวต่ำ จึงมีการนำสารควบคุมการเจริญเติบโตมาใช้เพื่อแก้ปัญหาต่าง ๆ ในทางการเกษตร เช่น ควบคุมทรงพุ่มอาจเพื่อเพิ่มผลผลิต และปริมาณแป้งของพืช เป็นต้น

2.5 สารควบคุมการเจริญเติบโตพืช (plant growth regulators: PGRs)

สารควบคุมการเจริญเติบโต เป็นสารอินทรีย์ที่พืชสร้างขึ้นเองในปริมาณน้อยมากแต่มีผลในด้านการส่งเสริมหรือยับยั้งการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาภายในต้นพืชนั้น ๆ โดยไม่รวมพวกน้ำตาลหรือสารอาหารที่เป็นอาหารพืชโดยตรง จัดเป็นกลุ่มของสารที่นำมาใช้ประโยชน์ในการเร่งการติดผล ชะลอการสุกแก่ ควบคุมการขยายตัวของเซลล์ การเติบโตของใบ การติดผล การเกิดราก และเกี่ยวข้องกับกระบวนการอื่น ๆ อีกมากมาย ซึ่งลักษณะต่าง ๆ เหล่านี้ถูกควบคุมโดยสารแต่ละชนิดแตกต่างกันไป สารควบคุมการเจริญเติบโตแต่ละชนิดมีคุณสมบัติแตกต่างกันไปซึ่งสามารถแบ่งออกได้เป็น 7 กลุ่ม โดยตำแหน่งต่าง ๆ ของพืชที่สร้าง และทิศทางการเคลื่อนย้ายแสดงดังรูปที่ 2.2 และมีรายละเอียดดังนี้



รูปที่ 2.2 ตำแหน่งต่าง ๆ ของพืชที่สร้างฮอร์โมน ออกซิน จิบเบอเรลลิน ไซโตไคนิน กรดแอบไซซิก และเอทิลีน ลูกศรแสดงทิศทางที่ฮอร์โมนเคลื่อนย้าย ที่มา: พิณทิพย์ กรรณสูตร (2559:6)

1) ออกซิน (auxins) เป็นกลุ่มของสารที่มีหน้าที่เกี่ยวข้องกับการขยายขนาดของเซลล์ (cell division) การแบ่งตัวของเซลล์ในแคมเบียม การขยายขนาดของใบ การเกิดราก การขยายขนาดของผลป้องกันการหลุดร่วงของใบ ดอก ผล ยับยั้งการแตกตาข้าง ฮอร์โมนที่พืชสร้างขึ้นคือ IAA โดยสร้างมากที่บริเวณปลายยอด ปลายราก ผลอ่อน และบริเวณที่มีเนื้อเยื่อเจริญ (meristematic tissue) อยู่มาก สารสังเคราะห์ที่จัดอยู่ในกลุ่มออกซินที่ใช้มาก ได้แก่ NAA, IBA, 4–CPA และ 2, 4–D เป็นต้น

2) จิบเบอเรลลิน (gibberellins) เป็นสารที่เกี่ยวข้องกับการยืดตัวของเซลล์ (cell elongation) ทำลายการพักตัวของพืช กระตุ้นการออกดอกของพืชบางชนิด และยับยั้งการออกดอกของพืชบางชนิด สารกลุ่มนี้มีทั้งที่พืชสร้างขึ้นเอง และเชื้อราบางชนิดสร้างขึ้น

3) ไซโตไคนิน (cytokinins) เป็นสารที่เกี่ยวข้องกับการแบ่งเซลล์ของพืช ชะลอการแก่ชรา และกระตุ้นการแตกตาข้าง พบมากในบริเวณเนื้อเยื่อเจริญและในคัพภะ (embryo) ส่วนใหญ่แล้วไซโตไคนินมีการเคลื่อนย้ายน้อย แต่มีคุณสมบัติสำคัญในการดึงสารอาหารต่าง ๆ มายังแหล่งที่มีไซโตไคนินสะสมอยู่ ฮอร์โมนที่พบในพืช ได้แก่ ซีอะติน ส่วนสารสังเคราะห์ที่อยู่ในกลุ่มไซโตไคนิน ได้แก่ 6–Benzylaminopurine (BA) และไคเนติน

4) เอทิลีนและสารปลดปล่อยเอทิลีน (ethylene and ethylene releasing compounds) เอทิลีนเป็นก๊าซซึ่งจัดเป็นฮอร์โมนพืชสร้างมากในส่วนของพืชที่กำลังเข้าสู่ระยะ Senescence พืชสร้างขึ้นมาโดยมีผลควบคุมการแก่ชรา การหลุดร่วงของใบ การออกดอก ผล การเหลืองของใบ การสุกแก่ของผล รวมทั้งการออกดอกของพืชบางชนิด การงอกของหัวพืช และเมล็ดพืชบางชนิด เนื่องจากสารนี้เป็นก๊าซจึงมีความยุ่งยากในการใช้และไม่สามารถควบคุมความเข้มข้นได้อย่างแน่นอน โดยเฉพาะการใช้ในแปลงปลูกพืช

5) สารยับยั้งการเจริญเติบโต (plant growth inhibitors) สารกลุ่มนี้มีหน้าที่ในการถ่วงดุลกับสารเร่งการเติบโตพวกออกซิน จิบเบอเรลลิน และไซโตไคนิน ส่วนใหญ่มีหน้าที่ยับยั้งการแบ่งเซลล์ในบริเวณปลายยอด หรืออาจกล่าวได้ว่ามีผลทำลายตายอด และยับยั้งการเติบโตของเซลล์ ทำให้เกิดการพักตัว (dormancy) และเกี่ยวข้องกับการหลุดร่วงของอวัยวะพืช จึงทำให้ออกซินไม่สามารถสร้างขึ้นที่ปลายยอดได้ และการนำไปใช้ประโยชน์ในบางกรณี เช่น การใช้มาเลอิกไฮดราไซด์ ยับยั้งการงอกของหอมหัวใหญ่ และมันฝรั่ง ประโยชน์ของสารกลุ่มนี้ยังมีน้อยมากเมื่อเทียบกับกลุ่มอื่น ๆ

6) สารอื่น ๆ เป็นสารที่มีคุณสมบัติผิดแปลกออกไปจนไม่อาจชี้เฉพาะลงไปได้ แต่มีการใช้สารในกลุ่มนี้เพิ่มผลผลิตพืชหลายชนิดเช่นกัน ได้แก่ การใช้เออร์โกสติมในการเพิ่มขนาดผลส้ม และการใช้เพิ่มน้ำตาลในอ้อย

7) สารชะลอการเจริญเติบโตของพืช (plant growth retardants) สารกลุ่มนี้ไม่ได้สร้างขึ้นมาในพืชตามธรรมชาติ แต่เป็นสารที่มนุษย์สังเคราะห์ขึ้นมาโดยเลียนแบบการทำงานของฮอร์โมนพืช มีคุณสมบัติยับยั้งการสร้างหรือยับยั้งการทำงานของฮอร์โมนจิบเบอเรลลินในพืช จึงมีผลลดการยืดตัวของเซลล์ ทำให้ปล้องสั้น ใบหนา เขียวเข้ม ทำให้ต้นเตี้ย กะทัดรัด จึงมีประโยชน์มากในการผลิตไม้กระถางประดับเพื่อให้มีทรงพุ่มสวยงาม และยังมีประโยชน์สำหรับการผลิตไม้ผลโดยระบบปลูกชิดช่วยกระตุ้นการออกดอกของพืชบางชนิด นอกจากนี้ยังมีคุณสมบัติอื่น ๆ ได้แก่ ทำให้พืชทนทานต่อสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม เช่น ร้อนจัด เย็นจัด ดินแห้ง ดินเกลือ เพิ่มผลผลิตพืชบางชนิดจึงอาจใช้เพิ่มผลผลิตพืชบางชนิดที่ปลูกในสภาพดังกล่าวได้

เนื่องจากพืชสร้างฮอร์โมนในปริมาณที่น้อยมาก และการสกัดสารฮอร์โมนออกมาจากต้นพืชเพื่อใช้ประโยชน์จึงเป็นเรื่องยากและไม่คุ้มค่า จึงได้มีการค้นคว้าและสังเคราะห์สารต่าง ๆ ที่มีคุณสมบัติคล้ายฮอร์โมนธรรมชาติขึ้นมาใช้ประโยชน์แทน โดยการใช้สารสังเคราะห์ที่มีคุณสมบัติคล้ายฮอร์โมนฉีดพ่นให้กับต้นพืชเป็นการเปลี่ยนระดับความสมดุลของฮอร์โมนภายใน ทำให้ต้นพืชแสดงลักษณะต่าง ๆ ออกมานอกเหนือการควบคุมของธรรมชาติ ตัวอย่างสารสังเคราะห์ที่สำคัญ เช่น แอนซิมิดอล (ancymidol) คลอมีควอท (chlormequat) แดมิโนไซด์ (daminozide) และพาโคลบิวทราโซล (paclobutrazol)

2.5.1 สารชะลอการเจริญเติบโตของพืชที่ยับยั้งการสังเคราะห์จิบเบอเรลลิน (gibberellin biosynthesis inhibitors)

1) กลุ่มโอเนียม (Onium compounds) สารกลุ่มนี้มีหลายตัวได้แก่ chlormequat chloride Cycocel, mepiquat chloride, phosphon D และ piperidium bromide ที่ใช้กันมากคือ Cycocel และ mepiquat chloride กลไกแรกของการเกิดปฏิกริยาของสารกลุ่มโอเนียม คือยับยั้งการเกิด Cyclization ของ geranylgeranyl pyrophosphate ไปเป็น copallyl pyrophosphate ทำให้เกิดการยับยั้งการสร้างจิบเบอเรลลิน พืชที่ได้รับสารกลุ่มโอเนียมจะมีปล้องสั้นและใบหนาสีเขียวเข้มกว่าปกติ

2) กลุ่มไพริดีน (Pyridines) สารกลุ่มนี้สองตัวที่ใช้กันมาก คือ ancymidol และ flurprimidol กลไกการเกิดปฏิกิริยาแรกของสารกลุ่มนี้คือ ยับยั้ง cytochrome P–450 ซึ่งควบคุมการเกิด oxidation ของ kaurene ไปเป็น kaurenoic acid ในการสังเคราะห์จิบเบอเรลลิน นอกจากนั้นยังรบกวนการสังเคราะห์ sterol และกรดแอบไซสิก สารกลุ่มนี้มีผลน้อยมากหรือไม่มีเลยต่อกระบวนการสังเคราะห์แสง แต่มีให้พืชใช้น้ำลดลง

3) กลุ่มไตรอะโซล (Triazoles) สารกลุ่มนี้มีความสามารถในการชะลอการเจริญเติบโตของพืชสูงมาก สารกลุ่มนี้ที่รู้จักกันดีได้แก่ paclobutazol, uniconazol, และ triapenthenol เป็นต้น สารกลุ่มไตรอะโซลสามารถลดการเจริญเติบโตของพืชโดยการยับยั้ง microsomal oxidation ของ kaurene, kaurenol and kaurenal ซึ่งจะถูกกระตุ้นโดย kaurene oxidase (cytochrome P–450 oxidase) ในการสังเคราะห์จิบเบอเรลลิน นอกจากนั้นยังยับยั้งการสังเคราะห์ sterol ลดปริมาณของกรดแอบไซซิก เอทธิลีน และ IAA แล้วไปเพิ่มปริมาณไซโทไคนิน ถึงแม้จะพบการเพิ่มจำนวนคลอโรฟิลล์ในพืชที่ได้รับสารไตรอะโซล แต่ก็มีผลโดยตรงต่อการสังเคราะห์แสงเพียงเล็กน้อย และพบว่ามีผลทางอ้อมต่อปฏิกิริยาการสังเคราะห์แสง

4) สารกลุ่มอื่น ๆ ได้แก่ กลุ่ม tetcyclacis เป็นสาร derivative ของ norbornenodia–zetine สารนี้จะไปลดการสังเคราะห์จิบเบอเรลลิน โดยไปขัดขวาง microsomal oxidation ของ kaurene ไปเป็น kaurenoic acid สาร tetcyclacis ยังยับยั้งการสังเคราะห์ sterol และโดยทั่วไปจะมีผลเหมือนกับสารกลุ่มไตรอะโซล กลุ่ม prohexadione calcium มีผลชะลอการเจริญเติบโตของพืช โดยไปยับยั้ง 3b–hydroxylation ของ GA20 ไปเป็น GA1 และยับยั้ง 2B hydroxylation ของ GA1 ไปเป็น GA8 และกลุ่ม inabenfide เป็นสาร anilide derivative ของ isonicotinic acid ยับยั้งการสังเคราะห์จิบเบอเรลลิน โดยไปขัดขวาง oxidative conversion ของ kaurene ไปเป็น kaurenoic acid

สารชะลอการเจริญเติบโตของพืชที่ยับยั้งการสังเคราะห์จิบเบอเรลลิน ในกลุ่มไตรอะโซลถูกนำมาใช้เพื่อชะลอการเจริญเติบโตของพืชอย่างแพร่หลาย ซึ่งพาโคลบิวทราโซลเป็นสารเคมีที่จัดอยู่ในกลุ่มนี้เช่นกัน

2.5.2 สารชะลอการเจริญเติบโตของพืชที่ไม่ได้ยับยั้งการสังเคราะห์จิบเบอเรลลิน (growth retarding compounds not inhibiting gibberellin biosynthesis)

1) กลุ่มมอร์เฟคติน (morphactins) เป็นกลุ่มของสารชะลอการเจริญเติบโตของพืชที่ประกอบด้วยสาร fluorine, fluorene–9–carboxylic acid และ chlorflurenol สารกลุ่มนี้มีผลต่อการเกิดรูปร่าง (morphologically active substances) จึงได้ชื่อว่า morphactins

2) สารไดก์กูเลค (dikegulac) การตอบสนองประการแรกของสารนี้คือ การชะลอการเกิดของ ตายอด (apical dorminance) ทำให้เกิดการแตกตาข้าง พบว่าเซลที่กำลังแบ่งตัวจะอ่อนแอต่อสารนี้ แต่เซลล์ที่หยุดนิ่ง (stationary cell) จะได้รับผลกระทบน้อยกว่า

3) สารมาลีอิกไฮดราไซด์ (maleic hydrazide) เป็นสารชะลอการเจริญเติบโตของพืชที่ไปขัดขวางการแบ่งเซลล์ โดยไปรบกวนการสร้าง uracil

4) สารเมฟลูอิไดด์และอมิโดคลอร์ (mefluidide and amidochlor) เป็นสารอนุพันธ์ของ acetamide มีการนำมาใช้ยับยั้งการเจริญเติบโตของหญ้าสนาม

5) สารซิเมทาคาร์บ (cimetacarb) สามารถชะลอการเจริญเติบโตของหญ้าสนามได้

6) สารอนุพันธ์ของกรดไขมัน (fatty acid derivatives) เช่น fatty alcohols, methyl esters สารเหล่านี้ก็สามารถลดความสูงของพืช โดยกลไกที่ยังไม่ทราบแน่ชัด สารผสมของ methyl esters ของกรดไขมัน

2.5.3 การใช้สารควบคุมการเจริญเติบโตในการผลิตพืช

มีการนำสารควบคุมการเจริญเติบโตมาใช้ในการผลิตพืชหลายจุดประสงค์ เช่น การควบคุมทรงพุ่มพืชมีการนำสารกลุ่มชะลอการเจริญเติบโตของพืช โดยเฉพาะในไม้ดอกไม้ประดับสารนี้ช่วยลดความสูงของต้นได้ เช่น คาร์เนชั่น คริสต์มาส พิทูเนีย ดาวเรือง สารที่นิยมใช้ในการลดความสูงของต้นไม้ดอกไม้ประดับ คือ แอนซิมิดอล ในประเทศไทยเคยมีการใช้แดมิโนไซด์ และแอนซิมิดอลเพื่อลดความสูงของต้นดาวเรือง ดาวกระจาย พิทูเนีย ที่ปลูกในกระถาง พบว่าได้ผลดีโดยต้นที่ได้รับสารจะมีปล้องสั้นลง รูปทรงกะทัดรัด แต่ขนาดดอก และจำนวนดอกไม่ได้ลดลง

สำหรับสารกลุ่มแดมิโนไซด์ สามารถเพิ่มผลผลิตพืชผักหลายชนิด เช่น การใช้แดมิโนไซด์กับแครอท แรดิช ผักกาดขาวปลี กะหล่ำปลี ผักกาดเขียวปลี กะหล่ำดาว (Brussel sprout) อย่างไรก็ตามการใช้สารนี้อาจมีผลทำให้ผลผลิตของพืชบางชนิดลดลงเนื่องมาจากการใช้สาร เช่น กะหล่ำดอก แตงกวา ผักกาดหอม เป็นต้น เนื่องจากสารเหล่านี้มีผลยับยั้งการเจริญเติบโตโดยตรง อย่างไรก็ตามการทดลองดังกล่าวนี้ทำขึ้นในต่างประเทศทั้งสิ้น ซึ่งสารแดมิโนไซด์อาจใช้ไม่ได้ในภาพแวดล้อมของประเทศไทย

สำหรับคลอมีควอท (chlormequat) เป็นสารที่ใช้กันมาก โดยใช้ในการผลิตไม้ผล และป้องกันการหักล้มของต้นธัญพืช เช่น ข้าว ข้าวสาลี และเพิ่มผลผลิตมันสำปะหลัง การให้สารคลอมีควอท

แก่พืชทำได้โดยการราดสารละลายลงดิน หรือพ่นบนใบพืชโดยตรง การให้สารทางใบอาจก่อให้เกิดอาการเหลืองซีดของใบในระยะแรก แต่สามารถกลับเป็นปกติได้ในภายหลัง

สารกลุ่มชะลอการเจริญเติบโตมีอยู่หลายกลุ่ม ซึ่งสารชะลอการเจริญเติบโตที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในการควบคุมทรงพุ่ม คือ สารพาโคลบิวทราโซล

2.5.4 สารพาโคลบิวทราโซล (paclobutrazol; PBZ) มีชื่อทางเคมีว่า (2RS, 3RS)–1–(4–chlorphenyl)–4,4–dimethyl–2–(1H–1,2,4–triazol–1–yl)pentan–3–ol จัดเป็นสารกลุ่มชะลอการเจริญเติบโตของพืชที่ยับยั้งการสังเคราะห์จิบเบอเรลลินนิยมใช้กับมะม่วง และพืชไร่ ทั้งยังเป็นสารกำจัดเชื้อรากลุ่มไตรอะโซล ทำให้ออกลูกเร็วและเพิ่มการผลิตเมล็ดในพืช มีการใช้แช่เมล็ดเพื่อลดการงอกและการเจริญของต้นกล้า ได้มีการใช้ในการจัดสวนเพื่อลดการเจริญเติบโตของยอด ซึ่งใช้ได้ผลดีกับไม้พุ่มและไม้ยืนต้นให้มีความต้านทานต่อเชื้อราและแบคทีเรียเพิ่มขึ้น และยังเพิ่มการพัฒนาของราก การตอบสนองของพืชต่อพาโคลบิวทราโซลบริเวณที่ได้รับสารส่วนใหญ่คือบริเวณยอดอ่อน ส่วนใบแก่และลำต้นพืชจะได้รับสารน้อยมาก (Shearing and Jones, 1986) สารพาโคลบิวทราโซลเคลื่อนที่ได้ดีในท่อน้ำ (xylem) ไม่เคลื่อนย้ายในท่ออาหาร (phloem) เมื่อพืชได้รับพาโคลบิวทราโซลจะมีการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางสรีรวิทยา และกระบวนการทางชีวเคมีเกิดขึ้น (Steffens and Wang, 1986) มีผลทำให้การเจริญเติบโตและการขยายตัวของเซลล์ลดลง ซึ่งเกิดการยับยั้งการแบ่งเซลล์ที่บริเวณใต้ปลายยอด (subapical meristem) และมีผลทำให้ชะลอการยืดตัวของลำต้น และกลไกการทำงานของสารชะลอการเจริญเติบโตมีผลต่อการยับยั้งการสังเคราะห์สารจิบเบอเรลิน โดยเข้าไปขัดขวางหรือยับยั้งกระบวนการสังเคราะห์จิบเบอเรลลินของพืชในขั้นตอนต่าง ๆ คือ ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาให้สารเจอรานิลเจอรานิออล ไพโรฟอสเฟต ไปเป็นสารโคพาลิลไพโรฟอสเฟต และขัดขวางออกซิเดชั่นในกระบวนการสังเคราะห์จิบเบอเรลลิน เข้าไปยับยั้งการออกซิเดชั่นสารครูรีนไปเป็นสารครูรีโนอิกแอซิด (kaurenoic acid) ในกระบวนการสังเคราะห์จิบเบอเรลลิน (สมพร ณ นคร, 2548) สารพาโคลบิวทราโซลสามารถให้แก่ต้นพืชได้ด้วยวิธีต่าง ๆ เช่น การพ่นทางใบ ให้ทางดิน ฉีดเข้าลำต้น และการทาสารที่ลำต้น ซึ่งการเลือกใช้วิธีการในการให้แก่พืชขึ้นกับความเหมาะสมและความสะดวกต่อไป สำหรับการให้สารโดยวิธีการรดลงดินนั้น พืชสามารถดูดซึมสารได้ดี โดยรากพืชจะดูดซึมสารไปพร้อม ๆ กับน้ำและธาตุอาหารต่าง ๆ ไปสู่ส่วนบนของต้นพืช (พีรเดช ทองอำไพ, 2537) สำหรับ Panyapruek et al. (2015) ศึกษาการใช้พาโคลบิวทราโซลที่ระยะการเจริญเติบโต และระดับความเข้มข้นต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต และคุณภาพแป้งในมันสำปะหลัง โดยการราดบนพื้นดินที่มีความชื้น พบว่าการใช้พาโคลบิวทราโซลที่ความเข้มข้น 10, 20 และ 30 ppm ไม่ทำให้คุณภาพแป้งในหัวมันสำปะหลังแตกต่างกันเมื่อเทียบกับไม่ให้พาโคลบิวทราโซล แต่การใช้พาโคลบิวทราโซลราดบนพื้นดินที่ระยะการเจริญเติบโต 210 วันหลังปลูก ทำให้ผลผลิตหัวมันสำปะหลัง และคุณภาพแป้งสูงกว่าที่ระยะการเจริญเติบโตที่ 90 และ

150 วันหลังปลูก นอกจากนี้การศึกษาการเจริญเติบโต และผลผลิตของมันสำปะหลังเมื่อได้รับสารพาโคลบิวทราโซลโดยการพ่นสารทางใบ (อรุณี พรมคำบุตร และคณะ, 2557) พบว่าการพ่นสารพาโคลบิวทราโซลความเข้มข้น 1,000 ppm เพียงอย่างเดียวที่อายุ 30 และ 60 วันหลังปลูก โดยเมื่อเก็บเกี่ยวอายุ 90, 120, 150 และ 180 วันหลังปลูก มีแนวโน้มทำให้น้ำหนักหัวสดเพิ่มขึ้น 49.4, 38.9, 26.1 และ 26.9 เปอร์เซ็นต์ การศึกษาผลของ CCC และพาโคลบิวทราโซล ต่อการเจริญเติบโต และคุณภาพผลผลิตของมันสำปะหลัง โดยการพ่นสารทางใบอายุ 46 วันหลังปลูก พบว่าทั้ง CCC และพาโคลบิวทราโซล ทำให้ต้นพืชมีความยาวกิ่งแรกลดลง น้ำหนักต้นสด จำนวนหัวมันสำปะหลัง และน้ำหนักหัวสดลดลง และยังพบว่าฮอร์โมนทั้งสองมีผลทำให้ปริมาณแป้งเพิ่มขึ้นเล็กน้อยที่ความเข้มข้น 45 ppm (Gomathinayagam et al., 2007; Medina et al., 2012)

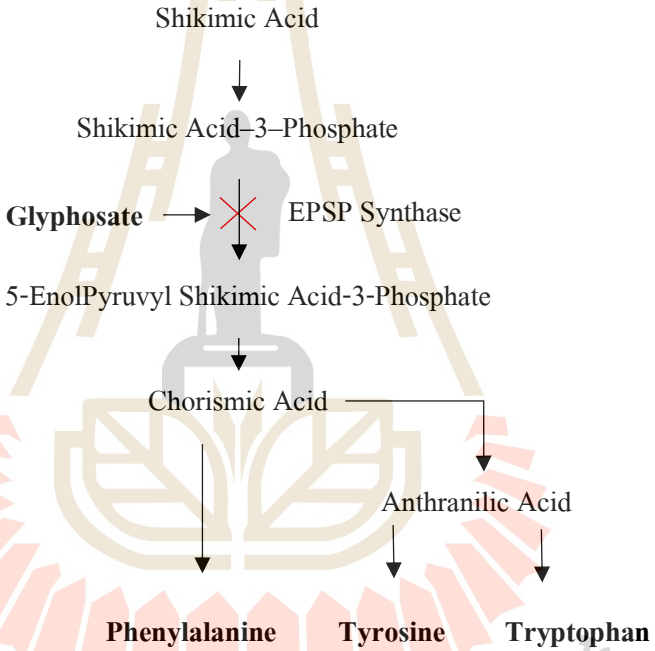
2.5.5 ไกลโฟเซต (glyphosate)

สำหรับสารกำจัดวัชพืชในหลายกลุ่มหากใช้ในประมาณที่มีความเข้มข้นต่ำจะเป็นสารที่สามารถเร่งการเจริญเติบโตของพืชได้ แต่หากใช้ในปริมาณที่ไม่สูงมากเกินไปก็สามารถชะลอ หรือหยุดการเจริญเติบโตทางใบและลำต้นได้ ซึ่งสารกำจัดวัชพืชที่นิยมใช้ในสำหรับควบคุมการเจริญเติบโตของสวนหย่อม คือ ไกลโฟเซต

ไกลซีน เป็นสารเคมีที่อยู่ในกลุ่มสารกำจัดวัชพืช (herbicide) (ปัจจุบันเป็นสารที่ถูกจัดเป็นวัตถุอันตรายให้ใช้มาตรการจำกัดการใช้ตามมติคณะวัตถุอันตราย (ผู้จัดการออนไลน์, 2562)) โดยมีชื่อทางการค้าต่างๆ เช่น ราวด์อัพ สารออกฤทธิ์หลักของไกลโฟเซตอยู่ในรูปของเกลือไอโซโพรพิลเอมีน (isopropylamine salt) โดยเป็นสารที่มีบทบาทในการยับยั้งการเจริญเติบโตของพืช ผ่านการเข้าแทรกแซงในกระบวนการสังเคราะห์กรดอะมิโนฟีนิลอะลานิน (phenylalanine) ไทโรซิน (tyrosine) และทริปโตเฟน (tryptophan) โดยไปยับยั้งเอนไซม์ 5–enolpyruvyl shikimic acid–3–phosphate (EPSP) synthase ในกระบวนการ Shikimate pathway แสดงดังรูปที่ 2.3 (Dill, 2005) มีผลทำให้ส่วนยอดของต้นพืชหยุดชะงัก แต่มีการเคลื่อนย้ายคาร์บอนที่เป็นองค์ประกอบของน้ำตาลเพิ่มมากขึ้น (ปรีชา สุริยพันธ์ และนงลักษณ์ รัตนารักษ์, 2535) ซึ่งมีการนำไกลโฟเซตมาฉีดพ่นทางใบเพื่อเร่งการแก่ของพืช และการเพิ่มความหวานในลำต้นพืชได้ การเพิ่มน้ำตาลในอ้อยมีรายงานว่า เมื่อใช้ไกลโฟเซตที่นำมาฉีดพ่นทางใบ สามารถทำให้อ้อยมีน้ำตาลเพิ่มมากถึง 15.92 เปอร์เซ็นต์ โดยปริมาณน้ำตาลซูโครสที่เพิ่มขึ้นไม่ได้มีผลมาจากปริมาณน้ำในต้นพืชที่ลดลง (นิรันดร์ จันทวงศ์ และคณะ, 2531) การทดลองของ Kirubakaran et al., 2013 ทำการใช้ไกลโฟเซตที่ความเข้มข้น 200 ppm เป็นความเข้มข้นที่เหมาะสมในการเพิ่มผลผลิตอ้อย อย่างไรก็ตามการให้ไกลโฟเซตที่ความเข้มข้นสูงเกินไป (400 ppm) มีผลทำให้จำนวนปล้องลดลงอย่างมาก สำหรับการทดสอบในพืชอื่น ๆ เช่นการให้ไกลโฟเซตกับข้าวฟ่างหวานในอัตรา 0, 500 และ 1,000 ppm ไม่ส่งผลต่อผลผลิตน้ำหนักสด แต่การ

ใช้ในอัตราที่เหมาะสมคือ 1,000 ppm ทำให้ความหวานของข้าวฟ่างหวานสูงกว่าการให้ที่อัตราอื่น ๆ (อรรนพ แสนเมือง และสมยศ เดชภิรัตนมงคล, 2552)

จากการตรวจเอกสารผลของสารควบคุมการเจริญเติบโต และสารเร่งการแก่ (ไกลโฟเซต) ดังได้กล่าวมาแล้ว พบว่ามีผลยับยั้งการเจริญเติบโตของพืช และยังมีผลต่อกิจกรรมของเอนไซม์ที่มีผลในการสะสมแป้ง ซึ่งส่งผลต่อการให้ผลผลิต และคุณภาพผลผลิต ดังนั้นการประยุกต์ใช้สารควบคุมการเจริญเติบโต โดยเฉพาะพาโคลบิวทราโซล และการใช้ไกลโฟเสต ที่ระดับความเข้มข้นที่เหมาะสม รวมทั้งการใช้ในระยะหรืออายุพืชที่เหมาะสม จะสามารถเพิ่มผลผลิต และปริมาณแป้งในหัวมันสำปะหลังได้



รูปที่ 2.3 กลไกการยับยั้งเอนไซม์ EPSP synthase ในกระบวนการ Shikimate pathway

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 3
วิธีการทดลอง

3.1 ผลของสารควบคุมการเจริญเติบโตสำหรับมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 72 และพันธุ์ห้วยบง 80 (ฤดูที่ 1)

3.1.1 วิธีการทดลอง ทำการทดลองในแปลงทดลองฟาร์มมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ระหว่างเดือนมิถุนายน 2559 ถึงพฤษภาคม 2560 ปลูกมันสำปะหลัง 2 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์ระยอง 72 และพันธุ์ห้วยบง 80 ในดินร่วนเหนียวปนทราย การเตรียมดินทำโดยไถตากหน้าดินไว้อย่างน้อย 14 วัน แล้วไถย่อยหน้าดิน จากนั้นยกร่องปลูกมันสำปะหลัง โดยระยะร่องปลูกห่างกัน 100 ซม. จากนั้นเตรียมท่อนพันธุ์โดยใช้ต้นพันธุ์ที่มีอายุ 10 เดือน ตัดให้ท่อนพันธุ์มีความยาว 25 ซม. ปักลงไปในดินลึก 15 ซม. ระยะระหว่างต้น 100 ซม. เมื่อปลูกเสร็จแล้วทำการติดตั้งระบบน้ำหยดและให้น้ำทันทีหลังปลูก ทำการกำจัดวัชพืชหลังปลูกที่อายุ 30 วัน และ 60 วัน พร้อมทั้งใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินตามคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตร

การทดสอบผลของสารควบคุมการเจริญเติบโต โดยวางแผนการทดลองแบบ split–plot จำนวน 3 ซ้ำ ประกอบด้วยปัจจัย 2 ปัจจัยได้แก่

Main–plot คือ อายุของมันสำปะหลังที่ทำการพ่นทางใบในช่วงเวลา 06.30–10.00 น. ใช้ถังพ่นยาแบบสะพายหลัง โดยการทดลองนี้ได้ทดสอบการพ่นสารควบคุมฯ ที่ระยะการเจริญเติบโตต่าง ๆ ของมันสำปะหลัง ได้แก่ ที่อายุ 6 และ 8 เดือนหลังปลูก Sub–plot คือ สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช 2 ชนิด ได้แก่ พาโคลบิวทราโซล และไกลโฟเซตที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน ดังนี้

1. ไม่พ่นสาร (Control)
2. พาโคลบิวทราโซลความเข้มข้น 500 มก./ลิตร
3. พาโคลบิวทราโซลความเข้มข้น 1,000 มก./ลิตร
4. ไกลโฟเซตความเข้มข้น 500 มก./ลิตร
5. ไกลโฟเซตความเข้มข้น 1,000 มก./ลิตร

3.1.2 การเก็บข้อมูล ทำการบันทึกข้อมูลความสูง ความยาวยอด ค่าความเขียวใบของมันสำปะหลังทั้งสองพันธุ์ก่อนและหลังพ่นสาร (พาโคลบิวทราโซล และไกลโฟเซต) และสุ่มวัดผลผลิตและเปอร์เซ็นต์แป้งในหัวมันสำปะหลัง โดยมีรายละเอียด ดังนี้

(1) ความสูงต้นของมันสำปะหลัง บันทึกข้อมูลก่อนพ่นสารควบคุมการเจริญเติบโต และหลังพ่นสารควบคุมการเจริญเติบโต 1 และ 2 เดือน โดยวัดจากพื้นดินจนถึงปลายยอดทำการสุ่มวัด 5 ต้นต่อซ้ำ แล้วหาค่าเฉลี่ย

(2) ความยาวยอดของต้นมันสำปะหลัง บันทึกข้อมูลก่อนพ่นสารควบคุมการเจริญเติบโต และหลังพ่นสารควบคุมการเจริญเติบโต 1 และ 2 เดือน โดยวัดจากกิ่งที่มีการแตกกิ่งไปถึงยอด ทำการสุ่มวัด 5 ต้นต่อซ้ำ แล้วหาค่าเฉลี่ย

(3) ค่าความเขียวใบของมันสำปะหลังด้วย SPAD chlorophyll meter reading (SCMR) บันทึกข้อมูลก่อนพ่นสารควบคุมการเจริญเติบโต และหลังพ่นสารควบคุมการเจริญเติบโต 1 และ 2 เดือน โดยวัดใบที่ 3–5 นับจากใบที่เจริญเต็มที่ของมันสำปะหลัง วัดตรงกลางใบที่มีการแผ่ขยายเต็มที่จากเครื่อง Chlorophyll meter (SPAD–502) ทำการเก็บข้อมูลโดยการสุ่มวัด 5 ต้นต่อซ้ำ แล้วหาค่าเฉลี่ย

(4) ผลผลิต และเปอร์เซ็นต์แป้ง ในหัวของมันสำปะหลัง ทำการวัดผลผลิตของมันสำปะหลังที่อายุ 11 และ 12 เดือนหลังปลูก ทำการศึกษาผลผลิตและเปอร์เซ็นต์แป้งดังต่อไปนี้

– ผลผลิต (น้ำหนักหัวสดต่อไร่) โดยสุ่มเก็บข้อมูลพื้นที่ 10 ตารางเมตรต่อทรีตเมนต์ จากนั้นคำนวณเป็นน้ำหนักผลผลิตต่อไร่

– เปอร์เซ็นต์แป้งในหัวมันสำปะหลัง โดยสุ่มเก็บมันสำปะหลังแล้ววัดหาเปอร์เซ็นต์แป้ง โดยชั่งด้วยเครื่องชั่ง จากนั้นวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์แป้งตามกรรมวิธีของ Reiman scale Balance (Panyapruek, 2015) แสดงหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์

3.1.3 วิเคราะห์ผลการทดลอง วิเคราะห์วาเรียนซ์ และเปรียบเทียบความแตกต่างของลักษณะต่าง ๆ โดยใช้โปรแกรม SPSS V.16 ได้แก่ ลักษณะความสูง ความยาวยอด ความเขียวใบ ผลผลิต และเปอร์เซ็นต์แป้งของมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 72 และพันธุ์ห้วยบง 80 เมื่อใช้อัตราการพ่นสารควบคุมการเจริญเติบโตที่ระดับต่างกัน

3.1.4 ผลของสารควบคุมการเจริญเติบโตต่อกิจกรรมของเอนไซม์ใน carbohydrate metabolism ในใบมันสำปะหลัง

1) วิธีการเตรียมตัวอย่างพืชที่ใช้ในการทดลอง ปลูกมันสำปะหลัง 2 พันธุ์ คือ พันธุ์ระยอง 72 และห้วยบง 80 ในแปลงทดลอง โดยแต่ละพันธุ์ทำการพ่นสารควบคุมการเจริญเติบโตเมื่อมันสำปะหลังอายุ 8 เดือน พ่นสาร 2 ชนิด คือ พาโคลบิวทราโซล และไกลโฟเซตที่ความเข้มข้น ดังนี้

1. ไม่พ่นสาร
2. พาโคลบิวทราโซลความเข้มข้น 500 มก./ลิตร
3. พาโคลบิวทราโซลความเข้มข้น 1,000 มก./ลิตร
4. ไกลโฟเซตความเข้มข้น 500 มก./ลิตร

5. ไกลโฟเซตความเข้มข้น 1,000 มก./ลิตร

เก็บตัวอย่างจากส่วนของใบ หลังฉีดพ่นสารควบคุมการเจริญเติบโต 5 วัน โดยเก็บใบที่ 3–5 นับจากใบที่คลี่เต็มที่ จากนั้นนำตัวอย่างใบไปใช้เพื่อศึกษากิจกรรมของเอนไซม์ Sucrose phosphate synthase (SPS) และ Sucrose synthase (SuS)

2) การวิเคราะห์กิจกรรมของเอนไซม์ใน carbohydrate metabolism

- **กิจกรรมของเอนไซม์ Sucrose phosphate synthase**

การศึกษากิจกรรมของเอนไซม์ SPS ดัดแปลงตามวิธีของ Huang (2007) โดยนำตัวอย่างใบมันสำปะหลังจำนวน 2 กรัม บดตัวอย่างให้เป็นผงละเอียดด้วยไนโตรเจนเหลว จากนั้นเติมสารละลาย extraction buffer 3 ml ประกอบด้วย Tris–HCl (pH 7.2) 100 mmol/L, $MgCl_2$ 10 mmol/L, NaEDTA 1 mmol/L, ß–mercaptoethanal 10 mmol/L, 2% ethylene glycol และ 1% polyvinylpyrrolidone จากนั้นล้างด้วยสารละลาย extraction buffer 1 ml จำนวน 2 รอบ แล้วนำไปเก็บในหลอด centrifuge แล้วปั่นเหวี่ยง 12,000 rpm เป็นเวลา 15 นาที ที่อุณหภูมิ 4°C แล้วนำสารละลายส่วนใส 2.5 ml ใส่ใน dialysis tube แล้วแยกสารในสารละลาย dialysis buffer 200 ml ซึ่งประกอบด้วย Tris–HCl (pH 7.2) 20 mmol/L, $MgCl_2$ 2.5 mmol/L, NaEDTA 1 mmol/L, ß–mercaptoethanal 5 mmol/L และ 1% ethylene glycol ที่อุณหภูมิ 4°C เป็นเวลา 12 ชั่วโมง หลังจากการแยกสารแล้ว เติม 2 mol/L NaOH 0.2 ml ในหลอด blank และใส่เอนไซม์ที่สกัดได้ 0.2 ml จากนั้นเติม reaction solution ประกอบด้วย Tris–HCl (pH 7.2) 100 mmol/L, $MgCl_2$ 10 mmol/L, UDPG (Uridine diphosphate glucose) 5 mmol/L และ 6–P–fructose 10 mmol/L ในแต่ละหลอด แล้วบ่มสารในน้ำอุณหภูมิ 30°C เป็นเวลา 30 นาที จากนั้นหยุดปฏิกิริยาโดยนำไปใส่ในน้ำเดือด 5 นาที แล้วเติม 2 mol/L NaOH 0.2 ml ผสมให้เข้ากัน นำไปบ่มในน้ำเดือด 10 นาทีอีกครั้งทิ้งไว้ให้เย็น เติม 0.1% m–dihydroxyhezene 1 ml และ 30% HCl 3.5 ml แล้วผสมให้เข้ากัน นำไปบ่มในน้ำอุณหภูมิ 80°C เป็นเวลา 10 นาที หลังจากทิ้งไว้ให้เย็นแล้ววัดโดยใช้เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง (spectrophotometer) ที่ 480 nm แล้วคำนวณจากหน่วย U เป็นหน่วย µmol sucrose/gFW·h

- **กิจกรรมของเอนไซม์ Sucrose synthase**

การสกัดเอนไซม์ SuS โดยดัดแปลงตามวิธี Huang (2007) นำตัวอย่างใบมันสำปะหลังจำนวน 2 กรัม บดตัวอย่างให้เป็นผงละเอียดด้วยไนโตรเจนเหลว จากนั้นเติมสารละลาย extraction buffer 3 ml ซึ่งประกอบด้วย Tris–HCl (pH 7.2) 100 mmol/L, $MgCl_2$ 10 mmol/L, NaEDTA 1 mmol/L, ß–mercaptoethanal 10 mmol/L, 2% ethylene glycol และ 1% polyvinylpyrrolidone จากนั้นล้างด้วยสารละลาย extraction buffer 1 ml จำนวน 2 รอบ แล้วนำไปเก็บในหลอด centrifuge แล้วปั่นเหวี่ยง 12,000 rpm เป็นเวลา 15 นาที ที่อุณหภูมิ 4°C นำสารละลายส่วนใส 2.5 ml ใส่ใน dialysis tube แล้วนำไปแยกสารในสารละลาย dialysis buffer 200 ml ประกอบด้วย Tris–HCl (pH 7.2) 20

mmol/L, $MgCl_2$ 2.5 mmol/L, NaEDTA 1 mmol/L, ß–mercaptoethanal 5 mmol/L และ 1% ethylene glycol ที่อุณหภูมิ 4°C เป็นเวลา 12 ชั่วโมง หลังจากการแยกสารให้เติม 2 mol/L NaOH 0.2 ml ในหลอด Blank และใส่เอนไซม์ที่สกัดได้ 0.2 ml จากนั้นใส่ reation solution ประกอบด้วย Tris–HCl (pH 7.2) 100 mmol/L, $MgCl_2$ 10 mmol/L, UDPG (Uridine diphosphate glucose) 1 mmol/L และ D–fructose 10 mmol/L แล้วบ่มสารในน้ำอุณหภูมิ 30°C ให้ปฏิกิริยาดำเนินไป 30 นาที จากนั้นหยุดปฏิกิริยาโดยนำไปใส่ในน้ำเดือด 5 นาที แล้วเติม 2 mol/L NaOH 0.2 ml ผสมให้เข้ากัน นำไปบ่มในน้ำเดือด 10 นาทีอีกครั้งทิ้งไว้ให้เย็น เติม 0.1% m–dihydroxyhezene 1 ml และ 30% HCl 3.5 ml แล้วผสมให้เข้ากันนำไปบ่มในน้ำอุณหภูมิ 80°C เป็นเวลา 10 นาที หลังจากทิ้งไว้ให้เย็นแล้ววัดโดยใช้เครื่อง spectrophotometer ที่ 480 nm แล้วคำนวณจากหน่วย U เป็นหน่วย µmol sucrose/gFW·h

3) วิเคราะห์ผลการทดลอง

วิเคราะห์วาเรียนซ์ และเปรียบเทียบความแตกต่างของกิจกรรมของเอนไซม์ SPS และ SuS ในมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 72 และพันธุ์ห้วยบง 80 เมื่อใช้อัตราการพ่นสารพาโคลบิวทราโซลและไกลโฟเสตที่ระดับต่างกัน โดยใช้โปรแกรม SPSS V.16

3.2 ผลของสารควบคุมการเจริญเติบโตต่อมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 72 และพันธุ์ห้วยบง 80 (ฤดูที่ 2)

3.2.1 วิธีการทดลอง ทำการทดลองในแปลงทดลองฟาร์มมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี เดือนกันยายน 2560 ถึงสิงหาคม 2561 ปลูกมันสำปะหลัง 2 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์ระยอง 72 และพันธุ์ห้วยบง 80 ในดินร่วนเหนียวปนทราย การเตรียมดินทำโดยไถตากหน้าดินไว้อย่างน้อย 14 วัน และไถย่อยหน้าดิน แล้วยกร่องปลูกมันสำปะหลัง โดยระยะร่องปลูกห่างกัน 100 ซม. จากนั้นเตรียมท่อนพันธุ์โดยใช้ต้นพันธุ์ที่มีอายุ 10 เดือน ตัดให้ท่อนพันธุ์มีความยาว 25 ซม. ปักลงไปในดินลึก 15 ซม. ระยะระหว่างต้น 100 ซม. เมื่อปลูกเสร็จแล้วทำการติดตั้งระบบน้ำหยดและให้น้ำทันทีหลังปลูก ทำการกำจัดวัชพืชหลังปลูกที่อายุ 30 วัน และ 60 วัน พร้อมทั้งใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินตามคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตร

การทดสอบผลของสารควบคุมการเจริญเติบโต โดยวางแผนการทดลองแบบ split–plot จำนวน 3 ซ้ำ ประกอบด้วย 2 ปัจจัย ได้แก่

Main–plot คือ อายุของมันสำปะหลังที่ทำการพ่นทางใบในช่วงเวลา 06.30–10.00 น. ใช้ถังพ่นยาแบบสะพายหลัง โดยการทดลองนี้ได้ทดสอบการพ่นสารควบคุมฯ ที่ระยะการเจริญเติบโตต่าง ๆ ของมันสำปะหลัง ได้แก่ ที่อายุ 7, 8 และ 9 เดือนหลังปลูก Sub–plot คือ สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช 2 ชนิด ได้แก่ พาโคลบิวทราโซล และไกลโฟเซตที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน ดังนี้

1. ไม่พ่นสาร (Control)
2. พาโคลบิวทราโซลความเข้มข้น 500 มก./ลิตร
3. พาโคลบิวทราโซลความเข้มข้น 750 มก./ลิตร
4. พาโคลบิวทราโซลความเข้มข้น 1,000 มก./ลิตร
5. พาโคลบิวทราโซลความเข้มข้น 1,500 มก./ลิตร
6. ไกลโฟเซตความเข้มข้น 250 มก./ลิตร
7. ไกลโฟเซตความเข้มข้น 500 มก./ลิตร
8. ไกลโฟเซตความเข้มข้น 750 มก./ลิตร
9. ไกลโฟเซตความเข้มข้น 1,000 มก./ลิตร

3.2.2 การเก็บข้อมูล

ทำการบันทึกข้อมูลความสูง ค่าความเขียวใบของมันสำปะหลังทั้งสองพันธุ์ ก่อนและหลังพ่นสาร (พาโคลบิวทราโซล และไกลโฟเซต) และสุ่มวัดผลผลิต และเปอร์เซ็นต์แป้งในหัวมันสำปะหลัง โดยมีรายละเอียด ดังนี้

(1) ความสูงต้นของต้นมันสำปะหลัง บันทึกข้อมูลก่อนพ่นสารควบคุมการเจริญเติบโต และหลังพ่นสารควบคุมการเจริญเติบโต 1 และ 2 เดือน โดยวัดจากพื้นดินจนถึงปลายยอด ทำการสุ่มวัด 5 ต้นต่อซ้ำ แล้วหาค่าเฉลี่ย

(2) ค่าความเขียวใบของมันสำปะหลังด้วย SCMR บันทึกข้อมูลก่อนพ่นสารควบคุมการเจริญเติบโต และหลังพ่นสารควบคุมการเจริญเติบโต 1 และ 2 เดือน โดยวัดใบที่ 3–5 นับจากใบที่เจริญเต็มที่ของมันสำปะหลัง โดยใช้เครื่อง Chlorophyll meter (SPAD–502) ทำการเก็บข้อมูลโดยการสุ่มวัด 5 ต้นต่อซ้ำ แล้วหาค่าเฉลี่ย

(3) ผลผลิต และเปอร์เซ็นต์แป้งในหัวมันสำปะหลัง ทำการวัดเมื่อมันสำปะหลังอายุ 12 เดือนหลังปลูก ทำการศึกษาผลผลิตและเปอร์เซ็นต์แป้ง ดังต่อไปนี้

– ผลผลิต (น้ำหนักหัวสดต่อไร่) โดยสุ่มเก็บข้อมูลพื้นที่ 10 ตารางเมตรต่อทรีตเมนต์ จากนั้นคำนวณเป็นน้ำหนักผลผลิตต่อไร่

– เปอร์เซ็นต์แป้งในหัวมันสำปะหลัง โดยสุ่มเก็บมันสำปะหลังแล้ววัดเปอร์เซ็นต์แป้ง จากนั้นวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์แป้งตามกรรมวิธีของ Reiman scale Balance (Panyapruek, 2015) แสดงหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์

3.2.3 การวิเคราะห์ผลการทดลอง

– วิเคราะห์วาเรียนซ์ และเปรียบเทียบความแตกต่างของลักษณะต่าง ๆ โดยใช้โปรแกรม SPSS V.16 ได้แก่ ลักษณะความสูง ความเขียวใบ ผลผลิต และเปอร์เซ็นต์แป้งของมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 72 และพันธุ์ห้วยบง 80 เมื่อใช้อัตราการพ่นสารควบคุมการเจริญเติบโตที่ระดับต่างกัน

บทที่ 4
ผลการทดลอง และการอภิปรายผล

4.1 ผลของสารควบคุมการเจริญเติบโตต่อมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 72 และพันธุ์ห้วยบง 80 (ฤดูที่ 1)

การทดสอบได้ทำในมันสำปะหลัง 2 พันธุ์ (พันธุ์ระยอง 72 และพันธุ์ห้วยบง 80) แต่ละพันธุ์ทดสอบ 2 ปัจจัย โดยมีปัจจัยหลัก (Main–plot) คือการพ่นสารควบคุมการเจริญเติบโตเมื่อมันสำปะหลังอายุ 6 และ 8 เดือนหลังปลูก และปัจจัยรอง (Sub–plot) คือการพ่นสารควบคุมการเจริญเติบโตสองชนิด ได้แก่ สารพาโคลบิวทราโซล และสารไกลโฟเซตที่ความเข้มข้น 500 และ 1,000 มก./ลิตร และมีทรีตเมนต์เปรียบเทียบคือการไม่พ่นสาร โดยมีผลการทดลองแสดงดังนี้

4.1.1 ผลของสารควบคุมการเจริญเติบโตต่อมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 72

จากการพ่นสารควบคุมการเจริญเติบโตให้มันสำปะหลังที่อายุ 6 และ 8 เดือนหลังปลูก โดยใช้ความเข้มข้นที่แตกต่างกันพบว่ามีผลต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต และเปอร์เซ็นต์แป้ง ดังนี้

1) ความสูง การพ่นสารควบคุมการเจริญเติบโตที่มันสำปะหลังอายุแตกต่างกัน ไม่มีผลให้ความสูงต้นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยการพ่นสารเมื่อมันสำปะหลังอายุ 6 เดือน มีแนวโน้มให้ต้นมันสำปะหลังยังมีความสูงเพิ่มขึ้นเฉลี่ย 24.4 และ 46.7 ซม. (หลังพ่นสาร 1 และ 2 เดือน ตามลำดับ) (ตารางที่ 4.1) ซึ่งความสูงต้นที่เพิ่มขึ้นมากกว่าการพ่นสารที่มันสำปะหลังอายุ 8 เดือน (20.2 และ 40.8 ซม. หลังฉีดพ่นสาร 1 และ 2 เดือน ตามลำดับ) และการพ่นสารเมื่อมันสำปะหลังอายุ 6 และ 8 เดือน มีผลให้ความสูงต้นน้อยกว่าการไม่พ่นสาร (33.7–34.1%) ดังแสดงในรูปที่ 4.1 (ก)

เมื่อเปรียบเทียบความสูงต้นมันสำปะหลังระหว่างความเข้มข้นของสารควบคุมการเจริญเติบโตแตกต่างกัน (sub–plot) พบว่าความเข้มข้นของสารมีผลให้ความสูงต้นมันสำปะหลังแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 4.1) การพ่นพาโคลบิวทราโซลความเข้มข้น 1,000 มก./ลิตร ทำให้ความสูงต้นที่เพิ่มขึ้นน้อยกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ (18.4 ซม. หลังพ่นสาร 1 เดือน) ในขณะที่การไม่พ่นสาร (Control) มันสำปะหลังยังมีการเจริญเติบโตได้เรื่อย ๆ โดยมีความสูงต้นเพิ่มขึ้นมากที่สุด (29.1 และ 53.6 ซม. หลังพ่นสาร 1 และ 2 เดือน ตามลำดับ) อย่างไรก็ตามการทดลองนี้ไม่พบปฏิกิริยาสัมพันธ์ (interaction) ของอายุมันสำปะหลังและความเข้มข้นของสารควบคุมการเจริญเติบโต

ตารางที่ 4.1 ผลของพาโคลบิวทราโซลและไกลโฟเซตต่อความสูงต้นที่เพิ่มขึ้น ความยาวยอดที่เพิ่มขึ้น และค่าความเขียวใบ ของมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 72 (ฤดูที่ 1)

ทรีตเมนต์	ความสูงที่เพิ่มขึ้น (ซม.)		ความยาวยอดที่เพิ่มขึ้น (ซม.)		ค่าความเขียวใบ (SCMR)[3]	
	1 MAS[2]	2 MAS	1 MAS	2 MAS	1 MAS	2 MAS
อายุมันสำปะหลัง (A)						
6 เดือน	24.4	46.7	24.6a[1]	47.3a	39.1	40.8
8 เดือน	20.2	40.8	20.6b	41.8b	40.1	39.9
สารควบคุมการเจริญเติบโต (B)						
ไม่พ่นสาร (Control)	29.1a	53.6a	29.8a	53.4a	39.7	40.8
พาโคลบิวทราโซล 500 มก./ลิตร	23.4ab	46.9b	23.5b	46.9b	39.0	39.7
พาโคลบิวทราโซล 1,000 มก./ลิตร	18.4b	37.6c	18.6c	40.3cd	39.6	40.1
ไกลโฟเซต 500 มก./ลิตร	22.1b	43.0b	22.3b	43.1c	39.8	41.0
ไกลโฟเซต 1,000 มก./ลิตร	18.5b	37.4c	18.8c	39.0d	39.9	40.1
A	ns	ns	*	*	ns	ns
B	*	**	**	**	ns	ns
A×B	ns	ns	*	ns	ns	ns
CV (%)	18.0	7.2	4.0	4.8	2.0	3.1

*, **, ns = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับ 0.05, 0.01 และไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ตามลำดับ

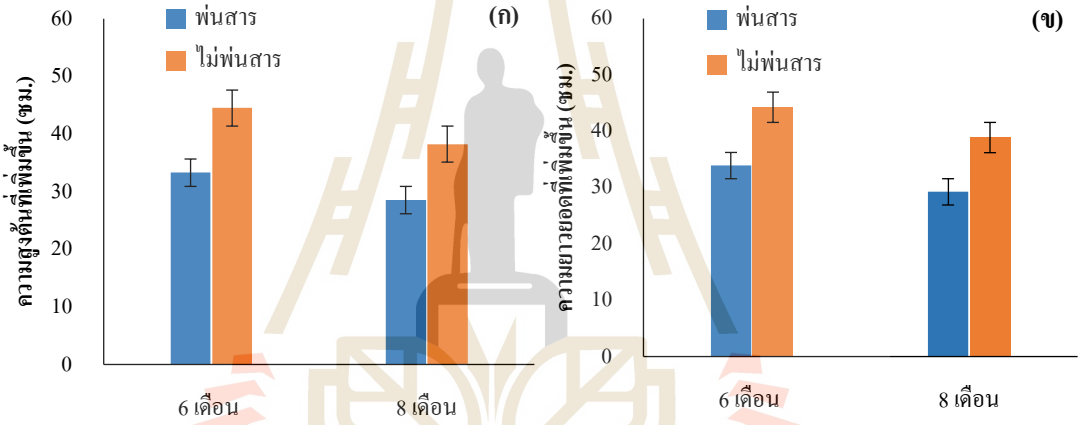
[1] ตัวเลขในแนวตั้งที่ตามด้วยตัวอักษรที่ต่างกันมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับ 0.05 จากการเปรียบเทียบโดยวิธี DMRT (Duncan's Multiple Range Test)

[2] MAS: อายุเดือนหลังการพ่นสารควบคุมการเจริญเติบโต (Months after spray)

[3] SCMR: ค่าความเขียวใบ (SPAD chlorophyll meter reading)

2) ความยาวยอด หลังการพ่นสารควบคุมการเจริญเติบโตเมื่อมันสำปะหลังอายุแตกต่างกัน (6 และ 8 เดือนหลังปลูก) ส่งผลให้ความยาวยอดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยการพ่นสารทั้งสองชนิดเมื่อมันสำปะหลังอายุ 6 เดือน พบว่าต้นมันสำปะหลังมีความยาวยอดเพิ่มขึ้นเฉลี่ย 24.6 ซม. หลังการพ่นสาร 1 เดือน และมีความยาวยอด 47.3 ซม. หลังพ่นสาร 2 เดือน (ตารางที่ 4.1) ซึ่งความยาวยอดเพิ่มขึ้นมากกว่าการพ่นสารเมื่อมันสำปะหลังอายุ 8 เดือน (มีความยาวยอด 20.6 และ 41.8 ซม. หลังพ่นสาร 1 และ 2 เดือน ตามลำดับ) และการพ่นสารทั้งสองชนิดเมื่อมัน–สำปะหลังอายุ 6 และ 8 เดือน มีความยาวยอดน้อยกว่าการไม่พ่นสาร 30.53–32.97% ดังแสดงในรูปที่

4.1 (ข) เมื่อเปรียบเทียบความยาวยอดต้นมันสำปะหลังระหว่าง sub–plot ได้แก่ พาโคลบิวทราโซล และไกลโฟเซตที่ความเข้มข้นต่างกัน พบว่าสารส่งผลให้ความยาวยอดของมันสำปะหลังแตกต่างกันในทางสถิติ (ตารางที่ 4.1) โดยการใช้พาโคลบิวทราโซลและไกลโฟเซตความเข้มข้น 1,000 มก./ลิตร ส่งผลให้มันสำปะหลังมีความยาวยอดเพิ่มขึ้น (มีความยาวยอด 18.6–18.8 ซม. หลังพ่นสาร 1 เดือน และความยาวยอดเพิ่มขึ้น 39.0–40.3 ซม.หลังพ่นสาร 2 เดือน) ซึ่งน้อยกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ ในขณะที่การไม่พ่นสารกับมันสำปะหลังมีความยาวยอดมากที่สุด (29.8 และ 53.4 ซม. หลังพ่นสาร 1 และ 2 เดือน ตามลำดับ) นอกจากนี้ยังพบ interaction ของอายุมันสำปะหลังและระดับความเข้มข้นของสารควบคุมการเจริญเติบโตต่อความยาวยอดของมันสำปะหลัง (หลังจากพ่นสาร 1 เดือน) ซึ่งบ่งชี้ว่าการใช้สารแต่ละชนิดความเข้มข้นที่แตกต่างกันมีผลต่อความยาวยอดของมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 72



รูปที่ 4.1 ผลของการพ่นสารพาโคลบิวทราโซลและไกลโฟเซต ต่อความสูงต้น (ก) และความยาวยอด (ข) ของมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 72 (ฤดูที่ 1)

3) ค่าความเขียวใบด้วย SPAD chlorophyll meter reading (SCMR) การพ่นสารควบคุมการเจริญเติบโตในมันสำปะหลังที่อายุแตกต่างกัน (6 และ 8 เดือนหลังปลูก) หลังจากพ่นสาร 1 เดือนแล้วทำการบันทึกความเขียวใบ พบว่าการพ่นสารเมื่อมันสำปะหลังอายุ 8 เดือน มีค่าความเขียวใบ (40.1) ซึ่งมากกว่าการพ่นสารที่อายุ 6 เดือน (39.1) อย่างไรก็ตามเมื่อวัดค่าความเขียวใบหลังจากพ่นสาร 2 เดือน ค่าความเขียวใบของมันสำปะหลังไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ (ตารางที่ 4.1)

เมื่อเปรียบเทียบความเขียวใบระหว่างระดับความเข้มข้นและชนิดของสารควบคุมการเจริญเติบโต พบว่าการใช้สารที่ระดับความเข้มข้นต่างกันไม่ทำให้ความเขียวใบแตกต่างกันในทางสถิติ อย่างไรก็ตามการใช้พาโคลบิวทราโซลที่ความเข้มข้น 500 มก./ลิตร มีแนวโน้มให้ค่าความเขียวใบน้อยกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ (39.0 และ 39.7 หลังพ่นสาร 1 และ 2 เดือน ตามลำดับ) ส่วนไกลโฟเซต

ความเข้มข้น 1,000 มก./ลิตร หลังการพ่นสาร 1 เดือนมีแนวโน้มทำให้มันสำปะหลังมีค่าความเขียวใบมากกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ (39.9) แต่หลังพ่นสาร 2 เดือน ไกลโฟเซตความเข้มข้น 500 มก./ลิตร มีแนวโน้มให้ค่าความเขียวใบมากกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ (41.0) สำหรับความเขียวใบไม่พบ interaction ของอายุมันสำปะหลังที่พ่นสารและระดับความเข้มข้นของสาร

4) ผลผลิต การวัดผลผลิตสำปะหลังวัดโดยวัดจากน้ำหนักหัวสดต่อไร่ พบว่าการพ่นสารควบคุมการเจริญเติบโตเมื่อมันสำปะหลังอายุแตกต่างกัน ไม่ทำให้ผลผลิตมีความแตกต่างกันในทางสถิติ (ตารางที่ 4.2) อย่างไรก็ตามการพ่นสารเมื่อมันสำปะหลังอายุ 8 เดือน มีแนวโน้มให้ผลผลิตสูงกว่าการพ่นที่อายุ 6 เดือน โดยพบว่ามีผลผลิต 10,088 และ 10,176 กก./ไร่ เมื่อเก็บเกี่ยวที่อายุ 11 และ 12 เดือน ตามลำดับ ซึ่งมากกว่าการพ่นสารเมื่อมันสำปะหลังอายุ 6 เดือน (9,219 กก./ไร่ ที่อายุ 11 เดือน และ 9,516 กก./ไร่ เมื่อมันสำปะหลังอายุ 12 เดือน) และการพ่นสารเมื่อมันสำปะหลังอายุ 6 และ 8 เดือน มีผลให้ผลผลิตสูงกว่าการไม่พ่นสาร 14.6 และ 9.7% ตามลำดับ แสดงดังรูปที่ 4.2 (ก)

การเปรียบเทียบระดับความเข้มข้นของสารทั้งสองชนิด พบว่าระดับความเข้มข้นไม่มีผลต่อผลผลิตมันสำปะหลัง แต่การใช้พาโคลบิวทราโซลความเข้มข้น 500 มก./ลิตร มีแนวโน้มให้มันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 72 มีผลผลิตมากกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ (10,260 และ 10,570 กก./ไร่ ที่อายุ 11 และ 12 เดือน ตามลำดับ) (ตารางที่ 4.2) ในขณะที่การไม่พ่นสาร มีแนวโน้มทำให้มันสำปะหลังให้ผลผลิตน้อยที่สุด (8,748 กก./ไร่ เมื่ออายุ 11 และ 9,040 กก./ไร่ เมื่ออายุ 12 เดือน) และผลจากการทดลองนี้ไม่พบ interaction ระหว่างอายุมันสำปะหลังที่พ่นสารและความเข้มข้นของสารควบคุมการเจริญเติบโตต่อผลผลิตมันสำปะหลัง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4.2 ผลของพาโคลบิวทราโซลและไกลโฟเซตต่อน้ำหนักหัวสด และเปอร์เซ็นต์แป้งของมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 72 (ฤดูที่ 1)

ทรีตเมนต์	น้ำหนักหัวสด (กก./ไร่)		เปอร์เซ็นต์แป้ง (%)	
	11 เดือน	12 เดือน	11 เดือน	12 เดือน
อายุมันสำปะหลัง (A)				
6 เดือน	9,219	9,516	27.1b[1]	27.3b
8 เดือน	10,088	10,176	27.5a	28.0a
สารควบคุมการเจริญเติบโต (B)				
ไม่พ่นสาร (Control)	8,748	9,040	26.5c	27.0c
พาโคลบิวทราโซล 500 มก./ลิตร	10,260	10,570	27.7a	28.5a
พาโคลบิวทราโซล 1,000 มก./ลิตร	10,040	10,280	27.3b	27.4b
ไกลโฟเซต 500 มก./ลิตร	9,920	9,960	27.6a	27.7ab
ไกลโฟเซต 1,000 มก./ลิตร	9,300	9,380	27.3b	27.6b
A	ns	ns	**	*
B	ns	ns	**	**
A×B	ns	ns	ns	ns
CV (%)	11.8	11.3	0.5	0.7

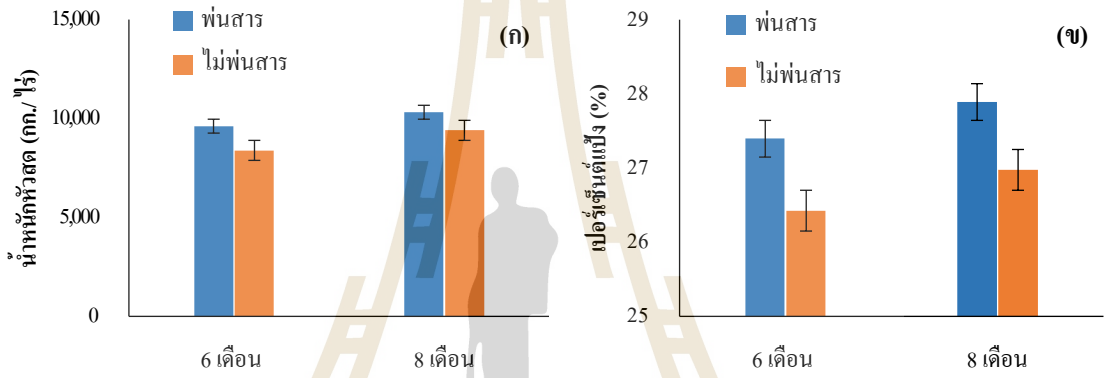
*, **, ns = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับ 0.05, 0.01 และไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ตามลำดับ

[1] ตัวเลขในแนวตั้งที่ตามด้วยตัวอักษรที่ต่างกันมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับ 0.05 จากการเปรียบเทียบโดยวิธี DMRT (Duncan's Multiple Range Test)

5) เปอร์เซ็นต์แป้ง การพ่นสารควบคุมการเจริญเติบโตทั้งสองชนิดเมื่อมันสำปะหลังอายุแตกต่างกัน (6 และ 8 เดือนหลังปลูก) ส่งผลให้เปอร์เซ็นต์แป้งแตกต่างกันในทางสถิติ โดยการพ่นสารแก่มันสำปะหลังที่อายุ 8 เดือน มีเปอร์เซ็นต์แป้ง 27.5 และ 28.0% เมื่อวัดที่อายุ 11 และ 12 เดือนตามลำดับ (ตารางที่ 4.2) ซึ่งสูงกว่าการพ่นสารที่อายุ 6 เดือน ที่ให้เปอร์เซ็นต์แป้ง 27.1 และ 27.3% ที่อายุ 11 และ 12 เดือนตามลำดับ และยังพบว่าการเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือน มีเปอร์เซ็นต์–แป้งสูงกว่าที่อายุ 11 เดือน ประมาณ 0.2–0.5% และเมื่อเปรียบเทียบการพ่นสารที่อายุ 6 และ 8 เดือน มีผลให้เปอร์เซ็นต์แป้งสูงกว่าการไม่พ่นสาร 3.67 และ 3.39% ตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 4.2 (ข)

สำหรับการใช้ความเข้มข้นของสารควบคุมการเจริญเติบโตต่างกันพบว่าส่งผลให้มันสำปะหลังมีเปอร์เซ็นต์แป้งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 4.2) โดยพาโคลบิวทราโซลความเข้มข้น

500 มก./ลิตร ส่งผลให้มันสำปะหลังอายุ 11 เดือน มีเปอร์เซ็นต์แป้ง (27.7%) มากกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ แต่ระดับความเข้มข้นนี้ พบว่ามีเปอร์เซ็นต์แป้งไม่แตกต่างจากการใช้ไกลโฟเซตความเข้มข้น 500 มก./ลิตร (27.6%) ในขณะที่การไม่พ่นสารให้เปอร์เซ็นต์แป้งน้อยที่สุด (26.5%) นอกจากนี้เมื่อมันสำปะหลังอายุ 12 เดือน พบเช่นกันว่าการใช้พาโคลบิวทราโซลความเข้มข้น 500 มก./ลิตร ทำให้มันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 72 มีเปอร์เซ็นต์แป้งมากกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ (28.5%) ส่วนการไม่พ่นสารพบว่ามีเปอร์เซ็นต์แป้งน้อยที่สุด (27.0%) นอกจากนี้ไม่มี interaction ระหว่างอายุมันสำปะหลังที่พ่นสารและความเข้มข้นของสารควบคุมการเจริญเติบโต



รูปที่ 4.2 ผลของการพ่นสารพาโคลบิวทราโซลและไกลโฟเซต ต่อน้ำหนักหัวสด (ก) และเปอร์เซ็นต์แป้ง (ข) ของมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 72 (ฤดูที่ 1)

4.1.2 ผลของสารควบคุมการเจริญเติบโตต่อมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 80

1) ความสูง เมื่อพ่นสารควบคุมการเจริญเติบโตทั้งสองชนิดกับมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 80 ที่อายุแตกต่างกัน (6 และ 8 เดือนหลังปลูก) ส่งผลให้ความสูงต้นแตกต่างกันทางสถิติ โดยการพ่นสารเมื่อมันสำปะหลังอายุ 6 เดือน พบว่าต้นมันสำปะหลังยังมีความสูงเพิ่มขึ้น ซึ่งมีความสูงต้นเพิ่มขึ้นเฉลี่ย 22.7 และ 43.8 ซม. หลังพ่นสาร 1 และ 2 เดือน ตามลำดับ (ตารางที่ 4.3) และความสูงต้นที่เพิ่มขึ้นมากกว่าการพ่นสารที่อายุ 8 เดือน (18.2 ซม. หลังพ่นสาร 1 เดือน และมีความสูง 38.4 ซม. หลังพ่นสาร 2 เดือน) และเมื่อพ่นสารเมื่อมันสำปะหลังอายุ 6 และ 8 เดือน ส่งผลให้ความสูงต้น น้อยกว่าการไม่พ่นสาร (รูปที่ 4.3 (ก))

เมื่อเปรียบเทียบความสูงต้นมันสำปะหลังระหว่างความเข้มข้นของสารแตกต่างกัน (sub–plot) พบว่ามีผลทำให้ความสูงต้นมันสำปะหลังแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 4.3) โดยการพ่นไกลโฟเซตความเข้มข้น 1,000 มก./ลิตร ส่งผลให้ความสูงน้อยกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ โดยพบความสูงต้นที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ย 17.2 และ 36.3 ซม. หลังพ่นสาร 1 และ 2 เดือน ตามลำดับ ในขณะที่

การไม่พ่นสารมันสำปะหลังยังมีการเจริญเติบโตอยู่เรื่อย ๆ โดยมีความสูงต้นมากที่สุด มีความสูงต้นเพิ่มขึ้นเฉลี่ย 26.2 ซม. หลังพ่นสาร 1 เดือน อย่างไรก็ตามจากการทดลองนี้ไม่พบ interaction ระหว่างอายุที่ฉีดพ่นสารและความเข้มข้นต่อความสูงต้น

2) ความยาวยอด เมื่อพ่นสารควบคุมการเจริญเติบโตในมันสำปะหลังที่อายุแตกต่างกัน (6 และ 8 เดือนหลังปลูก) ส่งผลให้ความยาวยอดแตกต่างกันในทางสถิติ โดยการพ่นสารเมื่อมันสำปะหลังอายุ 6 เดือน ส่งผลให้มีความยาวยอดเพิ่มขึ้นเฉลี่ย 22.9 ซม. (หลังพ่นสาร 1 เดือน) และมีความยาวยอด 47.0 ซม. หลังพ่นสาร 2 เดือน (ตารางที่ 4.3) ซึ่งอัตราเพิ่มขึ้นของความสูงต้นมากกว่าการพ่นสารเมื่อมันสำปะหลังอายุ 8 เดือน ที่พบว่ามีความยาวยอดเพิ่มขึ้น 18.6 และ 39.7 ซม. (หลังพ่นสาร 1 และ 2 เดือน ตามลำดับ) และเมื่อเปรียบเทียบพ่นสารเมื่อมันสำปะหลังอายุ 6 และ 8 เดือน พบว่าการใช้พาโคลบิวทราโซลและไกลโฟเซตส่งผลให้ความยาวยอดน้อยกว่าการไม่พ่นสาร 22.9–25.23% (รูปที่ 4.3 (ข))

สำหรับความยาวยอดมันสำปะหลังเมื่อใช้ความเข้มข้นของสารระดับต่างกัน พบว่าไกลโฟเซตความเข้มข้น 1,000 มก./ลิตร ทำให้ความยาวยอดที่เพิ่มขึ้นน้อยที่สุด (17.6 ซม. หลังพ่น 1 เดือน และ 39.1 ซม. หลังพ่น 2 เดือน) และการไม่พ่นสารมันสำปะหลังมีความยาวยอดเพิ่มขึ้นมากที่สุด (26.3 และ 49.9 ซม. หลังพ่นสาร 1 และ 2 เดือน ตามลำดับ) จากผลการทดลองนี้ไม่พบ interaction ระหว่างอายุที่ฉีดพ่นสารและความเข้มข้นของสารควบคุมการเจริญเติบโตต่อความยาวยอดของมันสำปะหลัง

3) ค่าความเขียวใบด้วย SPAD chlorophyll meter reading (SCMR) การพ่นสารควบคุมการเจริญเติบโตเมื่อมันสำปะหลังอายุแตกต่างกัน (6 และ 8 เดือนหลังปลูก) ไม่มีผลให้ความเขียวใบแตกต่างกันในทางสถิติ (ตารางที่ 4.3) โดยมันสำปะหลังมีค่าความเขียวใบระหว่าง 39.1–40.1 หลังพ่นสาร 1 และ 2 เดือน

เมื่อเปรียบเทียบค่าความเขียวใบระหว่างความเข้มข้นที่แตกต่างกัน พบเช่นกันว่าไม่มีผลให้ความเขียวใบแตกต่างกันในทางสถิติ อย่างไรก็ตามไกลโฟเซตที่ความเข้มข้น 500 มก./ลิตร มีแนวโน้มทำให้ความเขียวใบมากกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ (มีความเขียวใบ 40.3 และ 40.4 หลังพ่นสาร 1 และ 2 เดือน ตามลำดับ) ซึ่งสอดคล้องกับอรุณี พรมคำบุตร และคณะ (2557) ที่รายงานว่าการใช้สารพาโคลบิวทราโซล ไม่ส่งผลให้ใบมันสำปะหลังมีความเขียวเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามในการทดลองนี้ไม่พบ interaction ระหว่างอายุที่ฉีดพ่นสารและความเข้มข้นของสารควบคุมการเจริญเติบโตต่อค่าความเขียวใบ

ตารางที่ 4.3 ผลของพาโคลบิวทราโซลและไกลโฟเซตต่อความสูงต้นที่เพิ่มขึ้น ความยาวยอดที่เพิ่มขึ้น และค่าความเขียวใบ ของมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 80 (ฤดูที่ 1)

ทรีตเมนต์	ความสูงที่เพิ่มขึ้น (ซม.)		ความยาวยอดที่เพิ่มขึ้น (ซม.)		ค่าความเขียวใบ (SCMR)[3]	
	1 MAS[2]	2 MAS	1 MAS	2 MAS	1 MAS	2 MAS
อายุมันสำปะหลัง (A)						
6 เดือน	22.7a[1]	43.8	22.9a	47.0a	40.0	40.1
8 เดือน	18.2b	38.4	18.6b	39.7b	39.9	39.1
สารควบคุมการเจริญเติบโต (B)						
ไม่พ่นสาร (Control)	26.2a	47.2	26.3a	49.6a	39.5	39.1
พาโคลบิวทราโซล 500 มก./ลิตร	21.5ab	43.2	21.3b	45.2b	40.0	39.9
พาโคลบิวทราโซล 1,000 มก./ลิตร	18.2b	38.8	18.8cd	40.7cd	39.7	39.8
ไกลโฟเซต 500 มก./ลิตร	19.2b	39.9	19.6bc	42.3c	40.3	40.4
ไกลโฟเซต 1,000 มก./ลิตร	17.2b	36.3	17.6d	39.1d	40.1	38.6
A	*	ns	*	*	ns	ns
B	*	ns	**	**	ns	ns
A×B	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV (%)	16.5	11.3	5.3	2.8	1.5	3.2

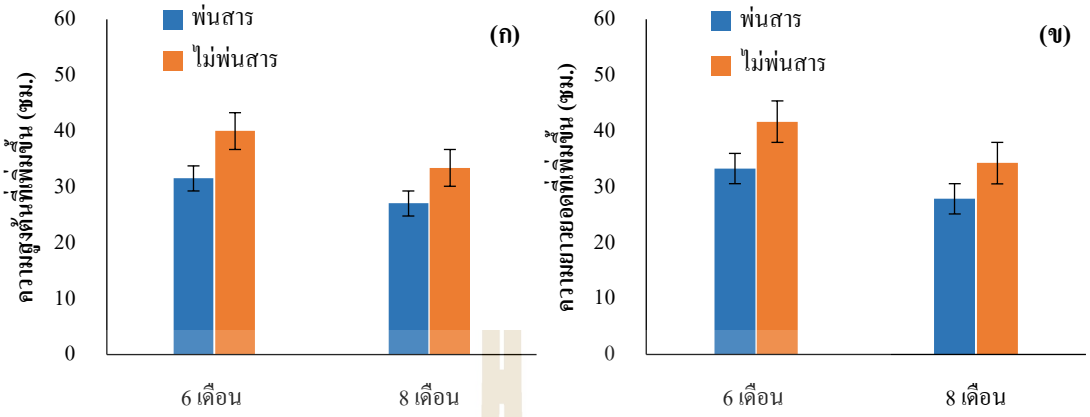
*, **, ns = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับ 0.05, 0.01 และไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ตามลำดับ

[1] ตัวเลขในแนวตั้งที่ตามด้วยตัวอักษรที่ต่างกันมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับ 0.05 จากการเปรียบเทียบโดยวิธี DMRT (Duncan's Multiple Range Test)

[2] MAS: อายุเดือนหลังการพ่นสารควบคุมการเจริญเติบโต (Months after spray)

[3] SCMR: ค่าความเขียวใบ (SPAD chlorophyll meter reading)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



รูปที่ 4.3 ผลของการพ่นสารพาโคลบิวทราโซลและไกลโฟเซต ต่อความสูงต้น (ก) และความยาวยอด (ข) ของมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 80 (ฤดูที่ 1)

4) ผลผลิต จากผลการวัดผลผลิตสำปะหลังโดยใช้น้ำหนักหัวสดต่อไร่ พบว่าเมื่อพ่นสารควบคุมการเจริญเติบโตกับมันสำปะหลังอายุแตกต่างกัน เมื่อเก็บเกี่ยวผลผลิตมันสำปะหลังที่อายุ 11 เดือน โดยการพ่นสารควบคุมการเจริญเติบโตอายุแตกต่างกันส่งผลให้ผลผลิตแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ พบว่าการพ่นสารกับมันสำปะหลังอายุ 8 เดือน ให้ผลผลิต 6,604 กก./ไร่ ซึ่งมากกว่าการพ่นสารที่อายุ 6 เดือน (5,802 กก./ไร่) (ตารางที่ 4.4) อย่างไรก็ตามการเก็บเกี่ยวมัน–สำปะหลังที่อายุ 12 เดือน ไม่มีผลต่อการให้ผลผลิตแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และเมื่อเปรียบเทียบการพ่นสารทั้งสองชนิด (เมื่อมันสำปะหลังอายุ 6 และ 8 เดือน) กับการไม่พ่นสาร พบว่าการพ่นสารทำให้มันสำปะหลังมีผลผลิตเพิ่มขึ้น 16.34–27.90% ซึ่งสูงกว่าการไม่พ่นสาร (รูปที่ 4.4 (ก))

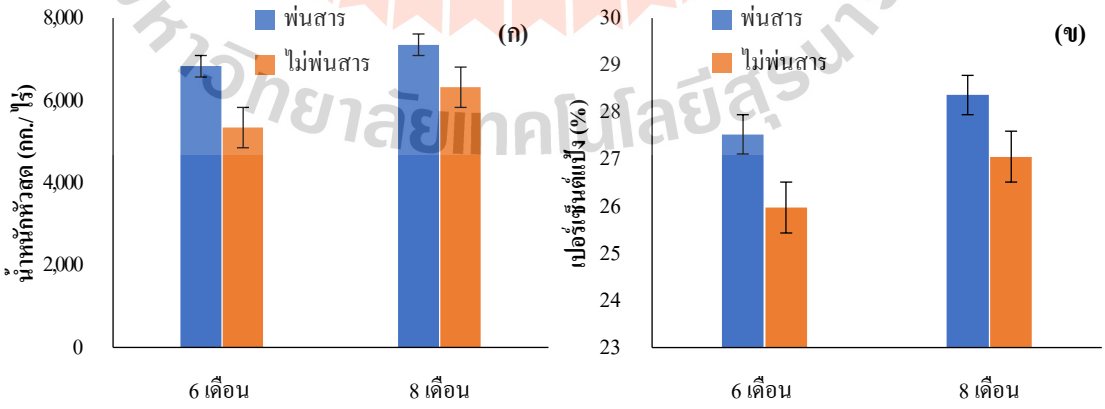
การเปรียบเทียบผลผลิตมันสำปะหลังเมื่อใช้สารความเข้มข้นแตกต่างกัน มีผลให้ผลผลิตมันสำปะหลังแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 4.4) ซึ่งพาโคลบิวทราโซลความเข้มข้น 500 มล./ กก. ส่งผลให้มันสำปะหลังอายุ 11 เดือน มีผลผลิตสูงที่สุด (6,836 กก./ไร่) ในขณะที่การไม่พ่นสารพบว่ามันสำปะหลังให้ผลผลิตน้อยที่สุด (5,310 กก./ไร่) ซึ่งผลผลิตไม่แตกต่างกับการใช้ไกลโฟเซตที่ความเข้มข้น 1,000 มก./ลิตร (5,970 กก./ไร่) เมื่อเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือน พบว่าสารควบคุมการเจริญเติบโตทุกความเข้มข้นส่งผลให้มันสำปะหลังผลผลิตไม่แตกต่างกัน แต่มากกว่าการไม่พ่นสาร โดยผลผลิตสูงกว่าการไม่พ่นสาร 19.21–24.70 % อย่างไรก็ตามจากการทดลองนี้ไม่พบ interaction ระหว่างอายุที่ฉีดพ่นสารและความเข้มข้นของสารควบคุมการเจริญเติบโตต่อผลผลิต

ตารางที่ 4.4 ผลของพาโคลบิวทราโซลและไกลโฟเซตต่อน้ำหนักหัวสด และเปอร์เซ็นต์แป้งของมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 80 (ฤดูที่ 1)

ทรีตเมนต์	น้ำหนักหัวสด (กก./ไร่)		เปอร์เซ็นต์แป้ง (%)	
	11 เดือน	12 เดือน	11 เดือน	12 เดือน
อายุมันสำปะหลัง (A)				
6 เดือน	5,802b[1]	7,262	26.7b	27.7b
8 เดือน	6,604a	7,688	27.9a	28.3a
สารควบคุมการเจริญเติบโต (B)				
ไม่พ่นสาร (Control)	5,310c	6,350b	26.1c	26.9c
พาโคลบิวทราโซล 500 มก./ลิตร	6,836a	7,920a	27.6ab	28.5a
พาโคลบิวทราโซล 1,000 มก./ลิตร	6,360ab	7,860a	27.6ab	28.2b
ไกลโฟเซต 500 มก./ลิตร	6,540ab	7,674a	28.1a	28.3ab
ไกลโฟเซต 1,000 มก./ลิตร	5,970bc	7,570a	27.1b	28.2b
A	*	ns	**	*
B	**	**	**	**
A×B	ns	ns	ns	ns
CV (%)	21.7	18.6	1.8	0.4

*, **, ns = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับ 0.05, 0.01 และไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ตามลำดับ

[1] ตัวเลขในแนวตั้งที่ตามด้วยตัวอักษรที่ต่างกันมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับ 0.05 จากการเปรียบเทียบโดยวิธี DMRT (Duncan's Multiple Range Test)



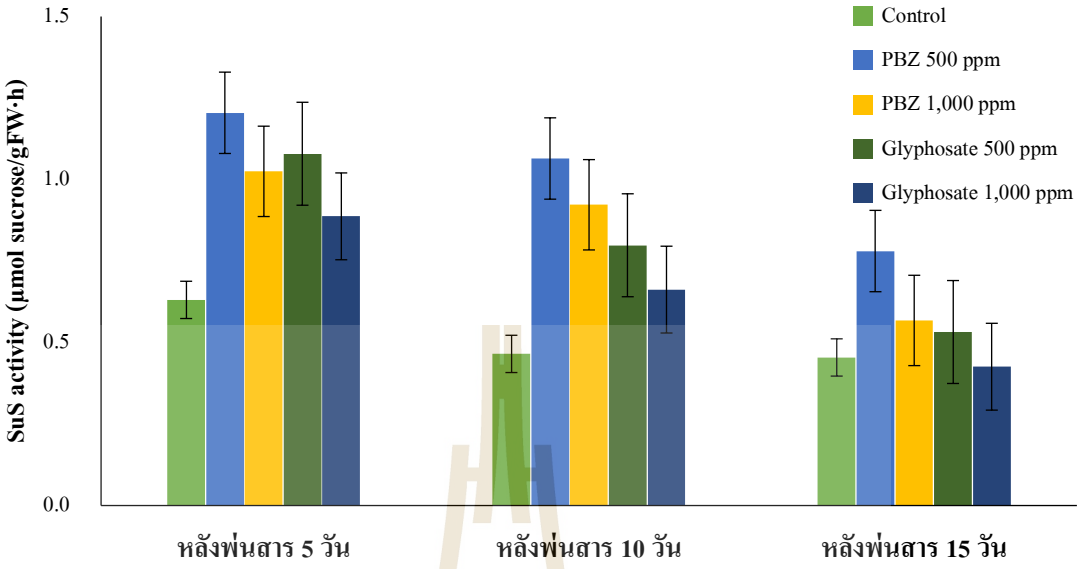
รูปที่ 4.4 ผลของการพ่นสารพาโคลบิวทราโซลและไกลโฟเซต ต่อน้ำหนักหัวสด (ก) และเปอร์เซ็นต์แป้ง (ข) ของมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 80 (ฤดูที่ 1)

5) เปอร์เซ็นต์แป้ง การพ่นสารควบคุมการเจริญเติบโตเมื่อมันสำปะหลังอายุแตกต่างกัน (6 และ 8 เดือนหลังปลูก) ส่งผลให้เปอร์เซ็นต์แป้งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยการพ่นสารเมื่อมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 80 ที่อายุ 8 เดือน ส่งผลให้มีเปอร์เซ็นต์แป้งมากที่สุด (27.9% เมื่อเก็บเกี่ยวที่อายุ 11 เดือน และ 28.3% ที่อายุ 12 เดือน) (ตารางที่ 4.4) ซึ่งมีเปอร์เซ็นต์–แป้งมากกว่าการพ่นสารให้กับมันสำปะหลังอายุ 6 เดือน (26.7 และ 27.7% เมื่อเก็บเกี่ยวที่อายุ 11 และ 12 เดือน ตามลำดับ) และเมื่อพ่นสารแก่มันสำปะหลังที่อายุ 6 และ 8 เดือน ส่งผลให้เปอร์เซ็นต์–แป้งมากกว่าการไม่พ่นสาร (4.8–6.0%) ซึ่งแสดงดังรูปที่ 4.4 (ข) สำหรับเปอร์เซ็นต์แป้งเมื่อใช้ระดับความเข้มข้นของสารแตกต่างกัน พบว่าส่งผลให้มันสำปะหลังมีเปอร์เซ็นต์แป้งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 4.4) โดยเมื่อเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังที่อายุ 11 เดือน พบว่าไกลโฟเซตความเข้มข้น 500 มก./ลิตร ส่งผลให้มันสำปะหลังมีเปอร์เซ็นต์แป้งมากกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ (28.1 %) ในขณะที่การไม่พ่นสารให้เปอร์เซ็นต์แป้งน้อยที่สุด (26.1%) และการเก็บเกี่ยวผลผลิตที่อายุ 12 เดือน พบเช่นกันว่าการพ่นสารควบคุมการเจริญเติบโตทุกระดับความเข้มข้นให้เปอร์เซ็นต์แป้งในหัวมันสำปะหลังมากกว่าการไม่พ่นสาร (มีเปอร์เซ็นต์แป้งมากกว่าการไม่พ่นสาร 1.3–1.6%) อย่างไรก็ตามการทดลองนี้ไม่พบ interaction ระหว่างอายุมันสำปะหลังที่ฉีดพ่นสารและความเข้มข้นของสารควบคุมการเจริญเติบโต

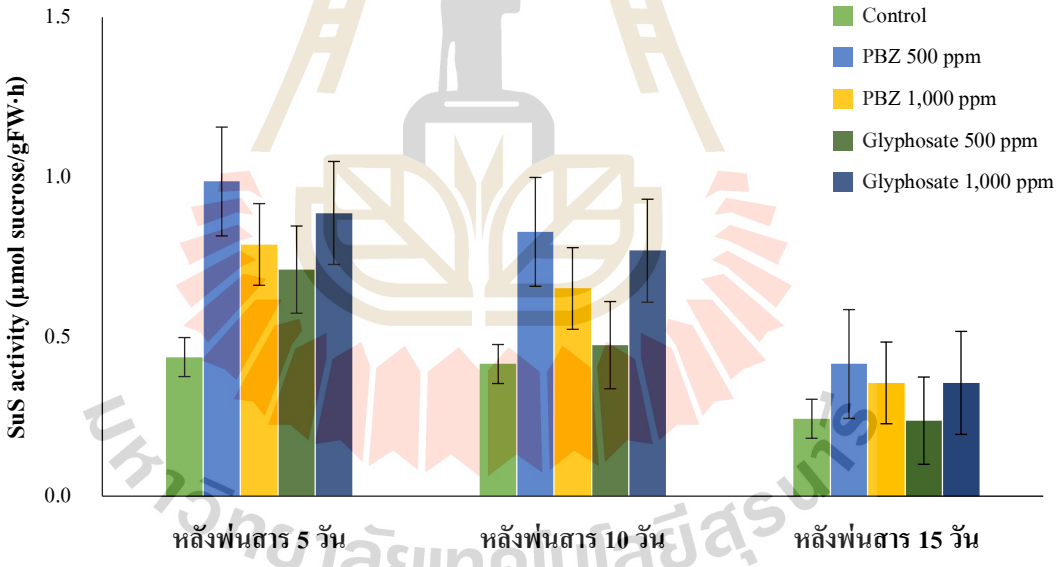
4.1.3 ผลของสารควบคุมการเจริญเติบโตต่อกิจกรรมของเอนไซม์ใน carbohydrate metabolism ในมันสำปะหลัง

การทดลองผลของสารควบคุมการเจริญเติบโตต่อกิจกรรมของเอนไซม์ใน carbohydrate metabolism ในใบมันสำปะหลังหลัง ที่อายุ 5, 10 และ 15 วันหลังพ่นสาร โดยวัดกิจกรรมของเอนไซม์ Sucrose synthase (SuS) และ Sucrose phosphate synthase (SPS) มีผลดังนี้ คือ

1) กิจกรรมเอนไซม์ Sucrose synthase หลังการใช้สารพาโคลบิวทราโซลและไกลโฟเซต พบว่าการใช้สารทั้งสองชนิดที่ความเข้มข้น 500 มก./ลิตร ส่งผลให้กิจกรรมเอนไซม์ SuS มีค่าสูงกว่าการไม่พ่นสาร โดยพาโคลบิวทราโซลความเข้มข้น 500 มก./ลิตร มีแนวโน้มให้กิจกรรมเอนไซม์ SuS ในพันธุ์ระยอง 72 มีระดับสูงที่สุด (1.20, 1.06 และ 0.78 µmol sucrose/gFW·h หลังพ่นสาร 5, 10 และ 15 วัน ตามลำดับ) (รูปที่ 4.5) ส่วนพันธุ์ห้วยบง 80 พบเช่นกันว่าพาโคลบิวทราโซลความเข้มข้น 500 มก./ลิตร มีค่ากิจกรรมของเอนไซม์สูงที่สุด (0.99, 0.83 และ 0.41 µmol sucrose/gFW·h หลังพ่นสาร 5, 10 และ 15 วัน ตามลำดับ) (รูปที่ 4.6) โดยมันสำปะหลังทั้งสองพันธุ์พบระดับของกิจกรรมเอนไซม์มีค่าสูงหลังจากพ่นสาร 5 วัน ในขณะที่หลังพ่นสาร 10 และ 15 วัน พบกิจกรรมของเอนไซม์ SuS ลดลงเรื่อย ๆ



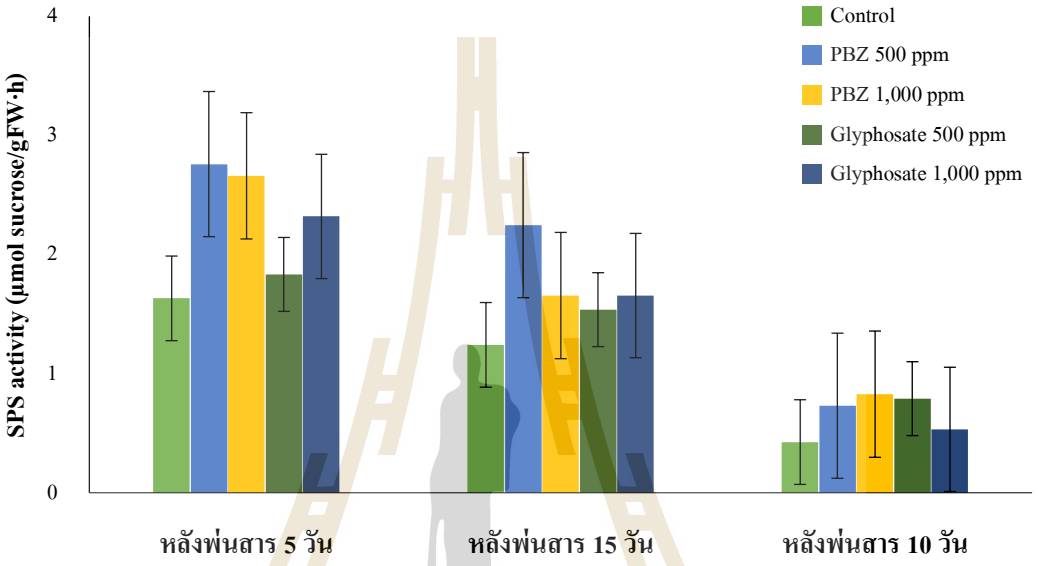
รูปที่ 4.5 กิจกรรมเอนไซม์ Sucrose synthase (SuS) ในใบมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 72



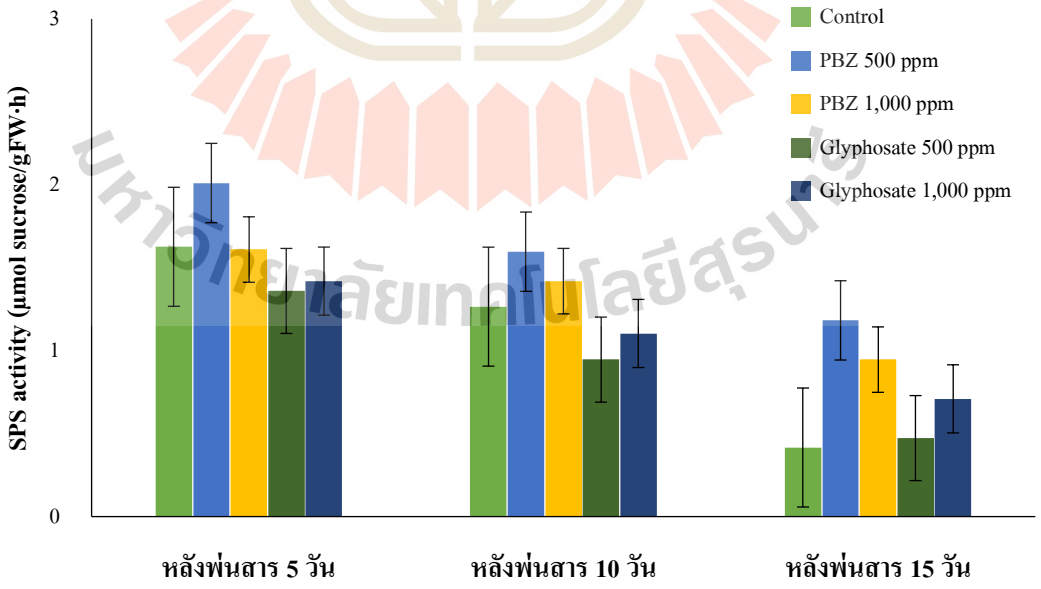
รูปที่ 4.6 กิจกรรมเอนไซม์ Sucrose synthase (SuS) ในใบมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 80

2) กิจกรรมเอนไซม์ Sucrose phosphate synthase เมื่อพ่นสารพาโคลบิวทราโซล และไกลโฟเซตที่ความเข้มข้น 500 มก./ลิตร แก่มันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 72 พบว่าส่งผลให้กิจกรรมเอนไซม์ SPS มีระดับสูงกว่าที่ความเข้มข้นอื่น และสูงกว่าการใช้ไกลโฟเซต และยังพบว่าการพ่นสารทุกทรีตเมนต์มีกิจกรรมของเอนไซม์ SPS สูงกว่าการไม่พ่นสาร โดยพาโคลบิวทราโซลความเข้มข้น 500 มก./ลิตร มีแนวโน้มให้กิจกรรมเอนไซม์ SPS ในพันธุ์ระยอง 72 มีระดับสูงที่สุด (2.76 และ 2.25

µmol sucrose/gFW·h หลังพ่นสาร 5 และ 10 วัน ตามลำดับ) ส่วนหลังพ่นสาร 15 วัน พบว่าทุกทรีตเมนต์มีระดับกิจกรรมของเอนไซม์ไม่แตกต่างกัน(รูปที่ 4.7) สำหรับพันธุ์ห้วยบง 80 พบว่าการพ่นพาโคล–บิวทราโซลมีผลทำให้ค่ากิจกรรมของเอนไซม์สูงที่สุด (2.01, 1.60 และ 1.18 µmol sucrose/gFW·h หลังพ่นสาร 5, 10 และ 15 วัน ตามลำดับ) (รูปที่ 4.8) และพบเช่นเดียวกันกับกิจกรรมของเอนไซม์ SuS คือกิจกรรมของเอนไซม์มีระดับสูงสุดหลังพ่น 5 วัน และลดลงเรื่อย ๆ หลังพ่นสาร 10 และ 15 วัน



รูปที่ 4.7 กิจกรรมเอนไซม์ Sucrose phosphate synthase (SPS) ในใบมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 72



รูปที่ 4.8 กิจกรรมเอนไซม์ Sucrose phosphate synthase (SPS) ในใบมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 80

สำหรับการทดลองที่ 1 นั้นผลการทดลองเป็นแนวทางในการศึกษาผลของสารควบคุมการเจริญเติบโตต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต และเปอร์เซ็นต์แป้งของมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 72 และพันธุ์ห้วยบง 80 ซึ่งข้อมูลที่ได้จากการทดลองเป็นแนวทางหนึ่งในการศึกษาการพ่นสารในระยะการเจริญเติบโต และความเข้มข้นของสารที่แตกต่างกันเพื่อเพิ่มผลผลิตและเปอร์เซ็นต์แป้งในพันธุ์ดังกล่าว และพันธุ์อื่น ๆ ได้ต่อไป

4.2 ผลของสารควบคุมการเจริญเติบโตต่อมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 72 และพันธุ์ห้วยบง 80 (ฤดูที่ 2)

การทดสอบพ่นสารควบคุมการเจริญเติบโตในมันสำปะหลัง 2 พันธุ์ (พันธุ์ระยอง 72 และพันธุ์ห้วยบง 80) แต่ละพันธุ์ทดสอบ 2 ปัจจัย โดยมีปัจจัยหลัก (Main plot) คือการพ่นสารควบคุมการเจริญเติบโตเมื่อมันสำปะหลังอายุ 7, 8 และ 9 เดือนหลังปลูก และปัจจัยรอง (Sub–plot) คือระดับความเข้มข้นของสารควบคุมการเจริญเติบโตสองชนิด ได้แก่ พาโคลบิวทราโซลความเข้มข้น 500, 750, 1,000 และ 1,500 มก./ลิตร และไกลโฟเซตความเข้มข้น 250, 500, 750 และ 1,000 มก./ลิตร และมีทรีตเมนต์เปรียบเทียบ คือการไม่พ่นสาร ได้ผลการทดลองดังนี้

4.2.1 ผลของสารควบคุมการเจริญเติบโตต่อมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 72

1) ความสูง การพ่นสารพาโคลบิวทราโซลและไกลโฟเซต เมื่อมันสำปะหลังอายุแตกต่างกัน (7, 8 และ 9 เดือนหลังปลูก) ส่งผลให้ความสูงต้นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยการพ่นสารทั้งสองชนิดเมื่อมันสำปะหลังอายุ 7 เดือน พบว่าต้นมันสำปะหลังยังมีความสูงที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ย 19.8 และ 39.8 ซม. หลังพ่นสาร 1 และ 2 เดือน ตามลำดับ (ตารางที่ 4.5) ซึ่งความสูงที่เพิ่มขึ้นสูงกว่าการพ่นสารเมื่อมันสำปะหลังอายุ 8 และ 9 เดือน สำหรับการพ่นสารเมื่อมัน–สำปะหลังอายุ 9 เดือน มีความสูงต้นเพิ่มขึ้นน้อยที่สุด มีความสูงต้นเพิ่มขึ้นเฉลี่ย 18.9 ซม. หลังพ่นสาร 1 เดือน และ 38.6 ซม. หลังพ่นสาร 2 เดือน และพบว่าการพ่นสารเมื่อมันสำปะหลังอายุ 7, 8 และ 9 เดือน ส่งผลให้ความสูงต้นน้อยกว่าการไม่พ่นสาร (10.24, 7.01 และ 9.45% ตามลำดับ) (รูปที่ 4.9)

เมื่อเปรียบเทียบความสูงต้นมันสำปะหลังระหว่างความเข้มข้นที่แตกต่างกันของสารพาโคลบิวทราโซลและไกลโฟเซต มีผลให้ความสูงต้นมันสำปะหลังแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 4.5) โดยการพ่นไกลโฟเซตความเข้มข้น 1,000 มก./ลิตร ทำให้ต้นมันสำปะหลังความสูงเพิ่มขึ้นน้อยกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ มีความสูงต้นเพิ่มขึ้นเฉลี่ย 16.6 ซม. หลังจากพ่นสาร 1 และมีความสูงต้น 37.0 ซม. หลังจากพ่นสาร 2 เดือน อย่างไรก็ตามการไม่พ่นสาร มันสำปะหลังยังมีการเจริญเติบโตได้เรื่อย ๆ โดยที่อายุ 8 และ 9 เดือนมีความสูงเพิ่มขึ้นมากที่สุดเฉลี่ย 21.4 และ 42.0 ซม.

ตามลำดับ จากการทดลองนี้ไม่พบ interaction ระหว่างอายุที่ฉีดพ่นสารควบคุมการเจริญเติบโตและความเข้มข้นของสารทั้งสองชนิด

ตารางที่ 4.5 ผลของพาโคลบิวทราโซลและไกลโฟเซตต่อความสูงต้นที่เพิ่มขึ้น และค่าความเขียวใบของมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 72 (ฤดูที่ 2)

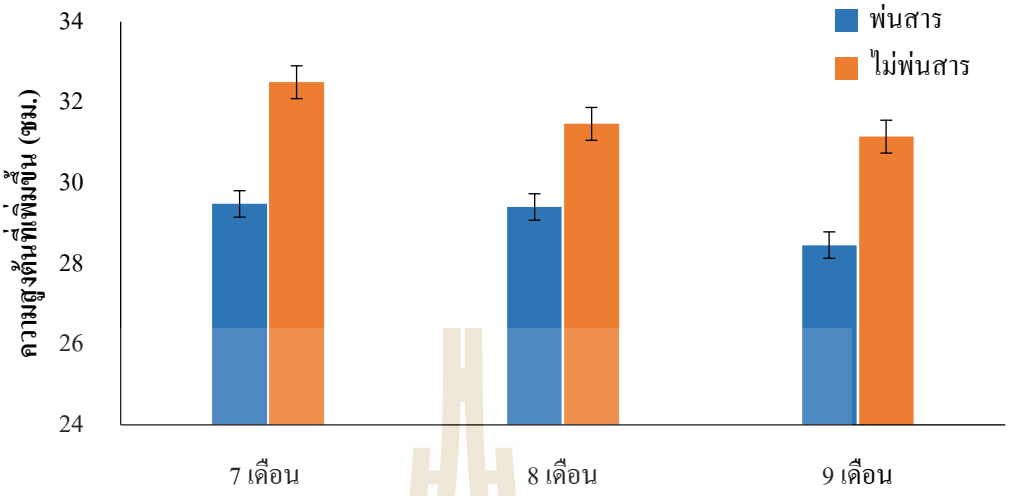
ทรีตเมนต์	ความสูงที่เพิ่มขึ้น (ซม.)		ค่าความเขียวใบ (SCMR)[3]	
	1 MAS[2]	2 MAS	1 MAS	2 MAS
เดือนหลังปลูก (A)				
7 เดือน	19.8a[1]	39.8a	39.1b	40.0b
8 เดือน	19.2b	39.2b	40.0a	41.0a
9 เดือน	18.9c	38.6c	39.8a	40.7a
สารควบคุมการเจริญเติบโต (B)				
ไม่พ่นสาร (Control)	21.4a	42.0a	40.6	41.3
พาโคลบิวทราโซล 500 มล./ลิตร	20.6b	40.5b	39.4	40.6
พาโคลบิวทราโซล 750 มล./ลิตร	20.1b	39.7bc	39.8	40.4
พาโคลบิวทราโซล 1,000 มล./ลิตร	19.4c	38.9cd	40.0	40.8
พาโคลบิวทราโซล 1,500 มล./ลิตร	17.7e	37.3ef	39.5	40.8
ไกลโฟเซต 250 มล./ลิตร	20.2b	40.2b	39.7	40.4
ไกลโฟเซต 500 มล./ลิตร	19.4c	39.1c	39.5	40.5
ไกลโฟเซต 750 มล./ลิตร	18.3d	38.1de	39.1	40.2
ไกลโฟเซต 1,000 มล./ลิตร	16.6f	37.0f	39.3	40.0
A	*	*	*	*
B	**	**	ns	ns
A×B	ns	ns	ns	ns
CV (%)	2.3	1.9	2.1	1.7

*, **, ns = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับ 0.05, 0.01 และไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ตามลำดับ

[1] ตัวเลขในแนวตั้งที่ตามด้วยตัวอักษรที่ต่างกันมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับ 0.05 จากการเปรียบเทียบโดยวิธี DMRT (Duncan's Multiple Range Test)

[2] MAS: อายุเดือนหลังการพ่นสารควบคุมการเจริญเติบโต (Months after spray)

[3] SCMR: ค่าความเขียวใบ (SPAD chlorophyll meter reading)



รูปที่ 4.9 ผลของการพ่นสารพาโคลบิวทราโซลและไกลโฟเซต ต่อความสูงต้น ของมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 72 (ฤดูที่ 2)

2) ค่าความเขียวใบด้วย SPAD chlorophyll meter reading (SCMR) เมื่อพ่นสารทั้งสองชนิดกับมันสำปะหลังอายุแตกต่างกัน (7, 8 และ 9 เดือนหลังปลูก) ส่งผลให้ค่าความเขียวใบแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยการพ่นสารทั้งสองชนิดเมื่อมันสำปะหลังอายุ 8 และ 9 เดือน มีค่าความเขียวใบระหว่าง 39.8–41.0 (ตารางที่ 4.5) ซึ่งมากกว่าการพ่นสารเมื่อมันสำปะหลังอายุ 7 เดือน

เมื่อเปรียบเทียบความเขียวใบที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ ของสารทั้งสองชนิด ไม่พบว่ามีผลทำให้ค่าความเขียวใบแตกต่างกันในทางสถิติ อย่างไรก็ตามไกลโฟเซตความเข้มข้น 1,000 มก./ลิตร มีแนวโน้มทำให้มันสำปะหลังมีความเขียวใบต่ำกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ (40.0 หลังพ่นสารควบคุมการเจริญเติบโต 1 เดือน) อย่างไรก็ตามค่าความเขียวใบไม่พบ interaction ระหว่างอายุมันสำปะหลังที่พ่นสารควบคุมการเจริญเติบโตและความเข้มข้นของสารที่แตกต่างกัน

3) ผลผลิต การวัดผลผลิตมันสำปะหลังวัดโดยใช้น้ำหนักสดต่อไร่ การพ่นสารทั้งสองชนิดเมื่อมันสำปะหลังอายุแตกต่างกันมีผลทำให้ผลผลิตแตกต่างกันในทางสถิติ โดยการพ่นสารเมื่อมันสำปะหลังอายุ 9 เดือน พบว่าพันธุ์ระยอง 72 ให้ผลผลิตสูงที่สุด ซึ่งที่อายุ 11 เดือน ให้ผลผลิต 6,899 กก./ไร่ และให้ผลผลิต 10,286 กก./ไร่ เมื่ออายุ 12 เดือน ซึ่งมากกว่าการพ่นสารเมื่อมันสำปะหลังอายุ 7 และ 8 เดือน อย่างไรก็ตามการพ่นสารเมื่ออายุ 7 เดือน มันสำปะหลังให้ผลผลิตน้อยที่สุด (5,349 และ 9,081 กก./ไร่ เมื่อเก็บเกี่ยวที่อายุ 11 และ 12 เดือน) (ตารางที่ 4.6) เมื่อเปรียบเทียบผลผลิตมันสำปะหลังระหว่างระดับความเข้มข้นที่แตกต่างกันของพาโคลบิวทราโซลและไกลโฟเซต พบว่าส่งผลให้มีผลผลิตแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 4.6) โดยมันสำปะหลังอายุ 11 และ 12 เดือน พบว่าพาโคลบิวทราโซลความเข้มข้น 500 มก./ลิตร ส่งผลให้

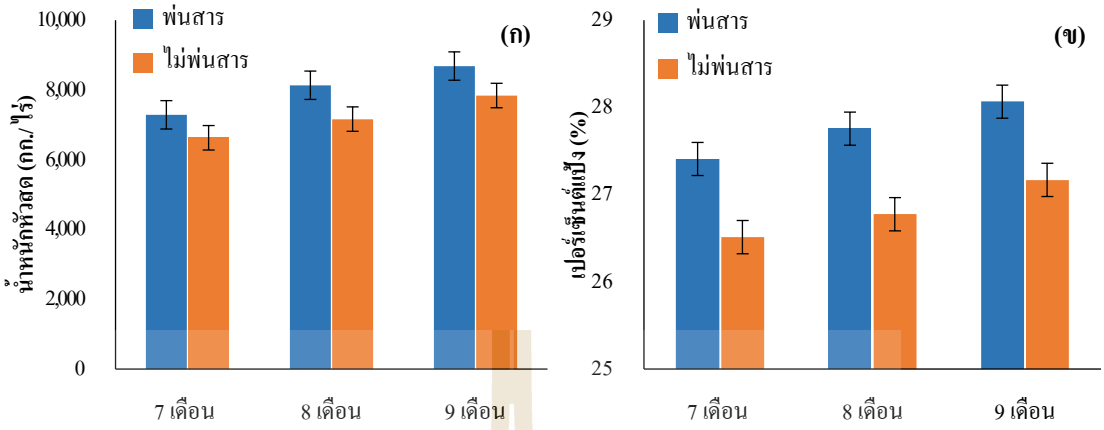
มันสำปะหลังได้ผลผลิต 6,804 และ 10,380 กก./ไร่ เก็บเกี่ยวอายุ 11 และ 12 เดือน ตามลำดับ ซึ่งผลผลิตสูงกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ อย่างไรก็ตามการไม่พ่นสารมีผลผลิตน้อยที่สุด (5,587 และ 8,838 กก./ไร่ เมื่ออายุ 11 และ 12 เดือน ตามลำดับ) และเมื่อพ่นสารที่อายุ 7, 8 และ 9 เดือน การพ่นสารทั้งสองชนิดให้ผลผลิตสูงกว่าการไม่พ่นสาร 9.92–13.5% (รูปที่ 4.10 (ก)) นอกจากนี้ผลผลิตมันสำปะหลังพันธุ์นี้ไม่พบปฏิกิริยาสัมพันธ์ ระหว่างอายุที่พ่นสารควบคุมการเจริญเติบโตและความเข้มข้นของสารที่แตกต่างกัน

ตารางที่ 4.6 ผลของพาโคลบิวทราโซลและไกลโฟเซตต่อน้ำหนักหัวสด และเปอร์เซ็นต์แป้งของมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 7 2 (ฤดูที่ 2)

ทรีตเมนต์	น้ำหนักหัวสด (กก./ไร่)		เปอร์เซ็นต์แป้ง (%)	
	11 เดือน	12 เดือน	11 เดือน	12 เดือน
อายุมันสำปะหลัง (A)				
7 เดือน	5,349c	9,081c	27.3b	27.3c
8 เดือน	6,523b	9,533b	27.6a	27.7b
9 เดือน	6,899a	10,286a	27.9a	28.0a
สารควบคุมการเจริญเติบโต (B)				
ไม่พ่นสาร (Control)	5,587c	8,838e	26.8c	26.9c
พาโคลบิวทราโซล 500 มก./ลิตร	6,804a	10,380a	28.0a	28.1a
พาโคลบิวทราโซล 750 มก./ลิตร	6,505ab	10,053ab	27.9a	28.0a
พาโคลบิวทราโซล 1,000 มก./ลิตร	6,412ab	9,740bc	27.8a	27.9a
พาโคลบิวทราโซล 1,500 มก./ลิตร	6,160abc	9,534bcd	27.8a	27.8a
ไกลโฟเซต 250 มก./ลิตร	6,448ab	9,935ab	27.7ab	27.8ab
ไกลโฟเซต 500 มก./ลิตร	6,367ab	9,933ab	27.7ab	27.7ab
ไกลโฟเซต 750 มก./ลิตร	6,097bc	9,169cde	27.5ab	27.6ab
ไกลโฟเซต 1,000 มก./ลิตร	5,933bc	9,119de	27.2bc	27.3bc
A	*	**	*	**
B	*	**	**	**
A×B	ns	ns	ns	ns
CV (%)	7.8	5.0	1.7	1.4

*, **, ns = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับ 0.05, 0.01 และไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ตามลำดับ

[1] ตัวเลขในแนวตั้งที่ตามด้วยตัวอักษรที่ต่างกันมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับ 0.05 จากการเปรียบเทียบโดยวิธี DMRT (Duncan's Multiple Range Test)



รูปที่ 4.10 ผลของการพ่นสารพาโคลบิวทราโซลและไกลโฟเซต ต่อน้ำหนักหัวสด (ก) และเปอร์เซ็นต์แป้ง (ข) ของมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 72 (ฤดูที่ 2)

4) เปอร์เซ็นต์แป้ง หลังพ่นสารควบคุมการเจริญเติบโตทั้งสองชนิดกับมันสำปะหลังอายุแตกต่างกัน (7, 8 และ 9 เดือนหลังปลูก) ส่งผลให้เปอร์เซ็นต์แป้งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยการพ่นสารเมื่ออายุ 9 เดือน มันสำปะหลังมีเปอร์เซ็นต์แป้งมากที่สุด (27.9 และ 28.0% เมื่อเก็บเกี่ยวที่อายุ 11 และ 12 เดือน ตามลำดับ) (ตารางที่ 4.6) โดยเมื่อมันสำปะหลังอายุ 12 เดือน พบว่าการพ่นสารทั้งสองชนิดกับมันสำปะหลังอายุ 7 เดือน มีเปอร์เซ็นต์แป้ง 27.3% ซึ่งน้อยกว่าการพ่นสารในมันสำปะหลังอายุ 8 และ 9 เดือน และการใช้สารเมื่อมันสำปะหลังอายุ 7, 8 และ 9 เดือน ส่งผลให้มีเปอร์เซ็นต์แป้งสูงกว่าการไม่พ่นสาร 3.38, 3.66 และ 3.30% ตามลำดับ แสดงดังรูปที่ 4.10 (ข) เมื่อเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์แป้งระหว่างความเข้มข้นของสารควบคุมการเจริญเติบโต พบว่าความเข้มข้นระดับต่างกันส่งผลให้เปอร์เซ็นต์แป้งมันสำปะหลังแตกต่างกันในทางสถิติ (ตารางที่ 4.6) โดยเมื่อมันสำปะหลังอายุ 11 และ 12 เดือน พบว่าพาโคลบิวทราโซลความเข้มข้น 500, 750, 1,000 และ 1,500 มก./ลิตร ทำให้มันสำปะหลังมีเปอร์เซ็นต์แป้ง 27.8–28.1 % ซึ่งมากกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ และการไม่พ่นสารที่ให้เปอร์เซ็นต์แป้งน้อยที่สุด (26.8 และ 26.9% เมื่อเก็บเกี่ยวที่อายุ 11 และ 12 เดือน ตามลำดับ) ซึ่งการไม่พ่นสารมีเปอร์เซ็นต์แป้งไม่แตกต่างกับการใช้ไกลโฟเซตความเข้มข้น 1,000 มก./ลิตร (27.2 และ 27.3% เมื่อมันสำปะหลังอายุ 11 และ 12 เดือน ตามลำดับ) นอกจากนี้ไม่พบว่ามี interaction ระหว่างอายุที่พ่นสารควบคุมการเจริญเติบโตและความเข้มข้นของสารที่แตกต่างกัน

4.2.2 ผลของสารควบคุมการเจริญเติบโตต่อมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 80

1) ความสูง การพ่นสารทั้งสองชนิดเมื่อมันสำปะหลังอายุแตกต่างกัน (7, 8 และ 9 เดือนหลังปลูก) ส่งผลให้ความสูงต้นมันสำปะหลังแตกต่างกันในทางสถิติ โดยการพ่นสารทั้งสองชนิดกับมันสำปะหลังอายุ 7 เดือน พบว่าต้นมันสำปะหลังยังมีการเจริญเติบโตของความสูงต้นเพิ่มขึ้น โดยมีความสูงเพิ่มขึ้นเฉลี่ย 19.0 และ 39.8 ซม. หลังพ่นสาร 1 และ 2 เดือน ตามลำดับ (ตารางที่ 4.7) ซึ่งความสูงที่เพิ่มขึ้นสูงกว่าการพ่นสารกับมันสำปะหลังที่อายุ 8 และ 9 เดือน อย่างไรก็ตามการพ่นสารให้มันสำปะหลังอายุ 9 เดือน ทำให้พันธุ์ห้วยบง 80 มีความสูงต้นเพิ่มขึ้นน้อยที่สุด (17.4 และ 38.5 ซม. หลังพ่นสาร 1 และ 2 เดือน ตามลำดับ) และพบว่าการพ่นสารเมื่อมันสำปะหลังอายุ 7, 8 และ 9 เดือน ส่งผลให้ความสูงต้นน้อยกว่าการไม่พ่นสาร 12.82, 12.55 และ 11.37% ตามลำดับ (รูปที่ 4.11) เมื่อเปรียบเทียบความสูงต้นมันสำปะหลังระหว่างสารพาโคลบิวทราโซลและไกลโฟเซต ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน ส่งผลให้ความสูงต้นมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 4.7) โดยพาโคลบิวทราโซลความเข้มข้น 1,500 มก./ลิตร และไกลโฟเซตความเข้มข้น 1,000 มก./ลิตร ทำให้ความสูงต้นมันสำปะหลังเพิ่มขึ้นน้อยกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ โดยมีความสูงเพิ่มขึ้นเฉลี่ย 15.5–37.1 ซม. ส่วนการไม่พ่นสารมันสำปะหลังมีความสูงต้นเพิ่มขึ้นมากที่สุด (21.5 ซม. หลังพ่นสาร 1 เดือน และเพิ่มขึ้น 41.9 ซม. หลังพ่นสาร 2 เดือน)

2) ค่าความเขียวใบด้วย SPAD chlorophyll meter reading (SCMR) หลังการพ่นสารทั้งสองชนิดกับมันสำปะหลังอายุแตกต่างกัน (7, 8 และ 9 เดือนหลังปลูก) ส่งผลให้ค่าความเขียวใบแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 4.7) โดย การพ่นสารให้กับมันสำปะหลังอายุ 8 และ 9 เดือน เมื่อวัดค่าความเขียวใบหลังจากพ่นสาร 1 เดือน (40.1 และ 39.8) พบว่ามีค่ามากกว่าการพ่นสารในมันสำปะหลังอายุ 7 เดือน สำหรับค่าความเขียวใบหลังพ่นสาร 2 เดือน พบว่าการพ่นสารทั้งสองชนิดให้มันสำปะหลังอายุ 7 และ 8 เดือน พบค่าความเขียวใบ (40.7 และ 40.8) มากกว่าการฉีดพ่นสารควบคุมการเจริญเติบโตกับมันสำปะหลังอายุ 9 เดือน

เมื่อเปรียบเทียบค่าความเขียวใบมันสำปะหลังระหว่างสารพาโคลบิวทราโซลและไกลโฟเซต ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน โดยหลังพ่นสาร 1 เดือน ไม่มีผลให้ค่าความเขียวใบแตกต่างกันในทางสถิติ (ตารางที่ 4.7) อย่างไรก็ตามค่าความเขียวใบหลังพ่นสาร 2 เดือน พบว่าระดับความเข้มข้นส่งผลให้ค่าความเขียวใบมันสำปะหลังแตกต่างกันในทางสถิติ โดยพาโคลบิวทราโซลที่ความเข้มข้น 1,500 มก./ลิตร ทำให้ค่าความเขียวใบ (39.5) น้อยกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ และการไม่พ่นสารมีความเขียวใบสูงที่สุด (42.1)

ตารางที่ 4.7 ผลของพาโคลบิวทราโซลและไกลโฟเซตต่อความสูงต้นที่เพิ่มขึ้น และค่าความเขียวใบของมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 80 (ฤดูที่ 2)

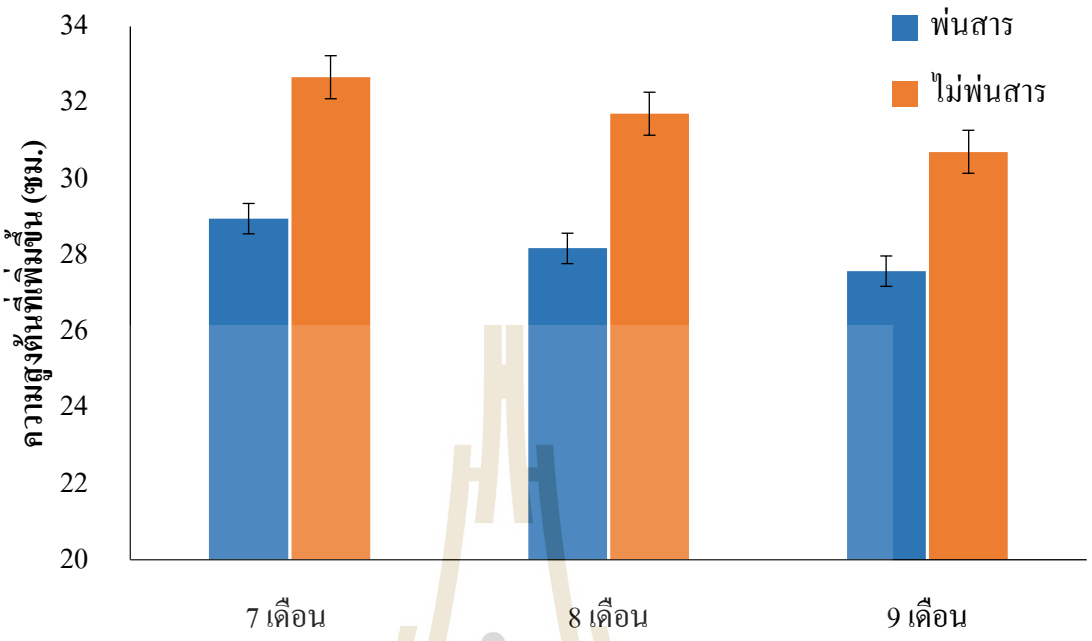
ทรีตเมนต์	ความสูงที่เพิ่มขึ้น (ซม.)		ค่าความเขียวใบ (SCMR)[3]	
	1 MAS[2]	2 MAS	1 MAS	2 MAS
อายุมันสำปะหลัง (A)				
7 เดือน	19.0a[1]	39.8a	39.4b	40.7a
8 เดือน	18.0b	39.1b	40.1a	40.8a
9 เดือน	17.4c	38.5c	39.8a	39.9b
สารควบคุมการเจริญเติบโต (B)				
ไม่พ่นสาร (Control)	21.5a	41.9a	40.3a	42.1a
พาโคลบิวทราโซล 500 มก./ลิตร	19.9b	40.7b	40.1ab	40.9b
พาโคลบิวทราโซล 750 มก./ลิตร	18.8c	39.9bc	39.7ab	40.5bc
พาโคลบิวทราโซล 1,000 มก./ลิตร	17.2e	38.6de	39.5b	40.2bcd
พาโคลบิวทราโซล 1,500 มก./ลิตร	15.8f	37.1f	40.1ab	39.5d
ไกลโฟเซต 250 มก./ลิตร	19.6b	40.0bc	39.5b	40.7bc
ไกลโฟเซต 500 มก./ลิตร	18.0d	39.2cd	39.5b	40.3bc
ไกลโฟเซต 750 มก./ลิตร	16.8e	38.0e	39.6ab	40.1cd
ไกลโฟเซต 1,000 มก./ลิตร	15.5f	36.7f	39.4b	40.1bcd
A	*	*	*	*
B	**	**	*	**
A×B	ns	ns	ns	ns
CV (%)	2.2	1.7	1.4	1.5

*, **, ns = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับ 0.05, 0.01 และไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ตามลำดับ

[1] ตัวเลขในแนวตั้งที่ตามด้วยตัวอักษรที่ต่างกันมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับ 0.05 จากการเปรียบเทียบโดยวิธี DMRT (Duncan's Multiple Range Test)

[2] MAS: อายุเดือนหลังการพ่นสารควบคุมการเจริญเติบโต (Months after spray)

[3] SCMR: ค่าความเขียวใบ (SPAD chlorophyll meter reading)



รูปที่ 4.11 ผลของการพ่นสารพาโคลบิวทราโซลและไกลโฟเซต ต่อความสูงต้น ของมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 80 (ฤดูที่ 2)

3) ผลผลิต ผลผลิตสำปะหลังวัดโดยใช้น้ำหนักหัวสดต่อไร่ โดยการพ่นสารควบคุมการเจริญเติบโตกับมันสำปะหลังอายุแตกต่างกันมีผลต่อการให้ผลผลิต เนื่องจากการพ่นสารทั้งสองชนิดกับมันสำปะหลังอายุ 9 เดือน ให้ผลผลิตสูงที่สุด (6,359 และ 7,215 กก./ไร่ ที่อายุ 11 และ 12 เดือน ตามลำดับ) ส่วนการพ่นสารเมื่อมันสำปะหลังอายุ 7 เดือน ให้ผลผลิตมันสำปะหลังน้อยที่สุด (4,969 และ 5,971 กก./ไร่ ที่อายุ 11 และ 12 เดือน ตามลำดับ) ดังแสดงในตารางที่ 4.8 และยังพบว่าการพ่นสารที่อายุ 7, 8 และ 9 เดือน ให้ผลผลิตสูงกว่าการไม่พ่นสาร 10.6–15.9% แสดงดังรูปที่ 4.12 (ก) เมื่อเปรียบเทียบผลผลิตมันสำปะหลังระหว่างความเข้มข้นของสารควบคุมการเจริญเติบโตที่แตกต่างกัน พบว่าส่งผลให้ผลผลิตมันสำปะหลังแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 4.8) โดยพาโคลบิวทราโซลที่ความเข้มข้น 500 และ 750 มก./ลิตร มันสำปะหลังให้ผลผลิตมากที่สุด (ให้ผลผลิต 6,093 และ 6,064 กก./ไร่ เมื่ออายุ 11 เดือน และผลผลิต 7,095 และ 6,958 กก./ไร่ เมื่ออายุ 12 เดือน) อย่างไรก็ตามการไม่พ่นสารให้ผลผลิตมันสำปะหลังน้อยที่สุด (5,136–5,918 กก./ไร่) และไม่แตกต่างกับการใช้ไกลโฟเซตความเข้มข้น 1,000 มก./ลิตร ซึ่งให้มีผลผลิต 5,489 และ 6,206 กก./ไร่ เมื่อเก็บเกี่ยวที่อายุ 11 และ 12 เดือน ตามลำดับ

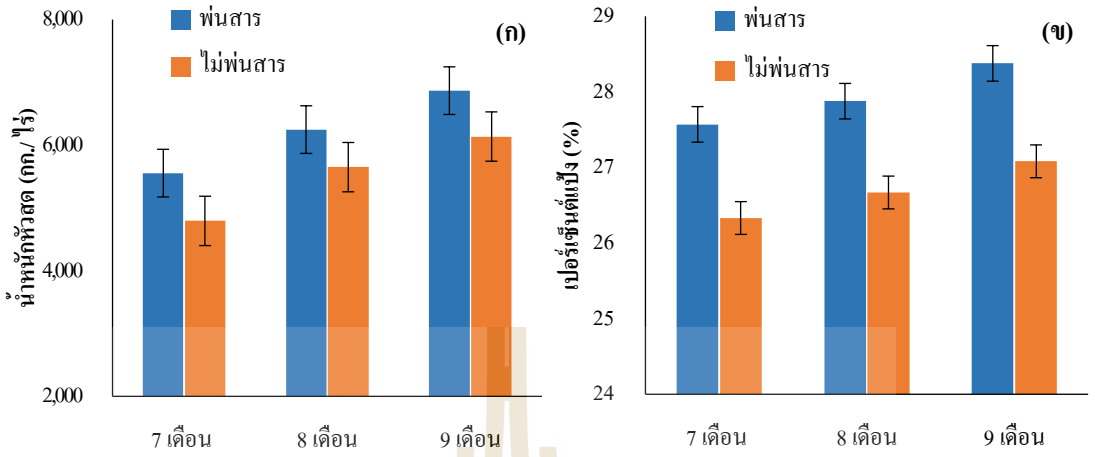
ตารางที่ 4.8 ผลของพาโคลบิวทราโซลและไกลโฟเซตต่อน้ำหนักหัวสด และเปอร์เซ็นต์แป้งของมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 80 (ฤดูที่ 2)

ทรีตเมนต์	น้ำหนักหัวสด (กก./ไร่)		เปอร์เซ็นต์แป้ง (%)	
	11 เดือน	12 เดือน	11 เดือน	12 เดือน
อายุมันสำปะหลัง (A)				
7 เดือน	4,969c	5,971c[1]	27.3c	27.6c
8 เดือน	5,821b	6,542b	27.6b	27.9b
9 เดือน	6,359a	7,215a	28.1a	28.3a
สารควบคุมการเจริญเติบโต (B)				
ไม่พ่นสาร (Control)	5,136c	5,918f	26.6e	26.8e
พาโคลบิวทราโซล 500 มก./ลิตร	6,093a	7,095a	28.3a	28.5a
พาโคลบิวทราโซล 750 มก./ลิตร	6,064a	6,958a	28.1ab	28.3ab
พาโคลบิวทราโซล 1,000 มก./ลิตร	5,760ab	6,831abc	28.0abc	28.1bc
พาโคลบิวทราโซล 1,500 มก./ลิตร	5,637b	6,695bcd	27.5cd	27.9cd
ไกลโฟเซต 250 มก./ลิตร	5,808ab	6,635bcd	27.9abcd	28.3ab
ไกลโฟเซต 500 มก./ลิตร	5,735ab	6,486cde	27.8bcd	28.0c
ไกลโฟเซต 750 มก./ลิตร	5,725ab	6,358de	27.5cd	27.9cd
ไกลโฟเซต 1,000 มก./ลิตร	5,489bc	6,206ef	27.4d	27.7d
A	**	*	**	**
B	**	**	**	**
A×B	ns	ns	ns	ns
CV (%)	5.3	4.2	1.2	0.7

*, **, ns = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับ 0.05, 0.01 และไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ตามลำดับ

[1] ตัวเลขในแนวตั้งที่ตามด้วยตัวอักษรที่ต่างกันมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับ 0.05 จากการเปรียบเทียบโดยวิธี DMRT (Duncan's Multiple Range Test)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



รูปที่ 4.12 ผลของการพ่นสารพาโคลบิวทราโซลและไกลโฟเซต ต่อน้ำหนักหัวสด (ก) และเปอร์เซ็นต์แป้ง (ข) ของมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 80 (ฤดูที่ 2)

4) เปอร์เซ็นต์แป้ง การใช้สารควบคุมการเจริญเติบโตในมันสำปะหลังอายุต่างกัน (7, 8 และ 9 เดือนหลังปลูก) ส่งผลให้เปอร์เซ็นต์แป้งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเมื่อมันสำปะหลังอายุ 11 และ 12 เดือน พบว่าการพ่นสารควบคุมการเจริญเติบโตในมันสำปะหลังอายุ 9 เดือน ส่งผลให้ให้เปอร์เซ็นต์แป้งมากที่สุด (28.1–28.3%) (ตารางที่ 4.8) อย่างไรก็ตามการพ่นสารเมื่อมันสำปะหลังอายุ 7 เดือน มีเปอร์เซ็นต์แป้งน้อยที่สุด (27.3 และ 27.6% ที่อายุ 11 และ 12 เดือน ตามลำดับ) นอกจากนี้การใช้สารที่อายุ 7, 8 และ 9 เดือน ส่งผลให้มีเปอร์เซ็นต์แป้งสูงกว่าการไม่พ่นสาร 4.5–4.8% แสดงดังรูปที่ 4.12 (ข) และเมื่อเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์แป้งระหว่างสารพาโคลบิวทราโซลและไกลโฟเซตที่ระดับความเข้มข้นแตกต่างกัน ส่งผลให้มันสำปะหลังเมื่ออายุ 11 และ 12 เดือนมีเปอร์เซ็นต์แป้งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 4.8) โดยพาโคลบิวทราโซลความเข้มข้น 500 มก./ลิตร ทำให้มันสำปะหลังมีเปอร์เซ็นต์แป้งมากกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ (28.3–28.5%) ในขณะที่การไม่พ่นสารมีเปอร์เซ็นต์แป้ง 26.6 และ 26.8% เมื่อเก็บเกี่ยวที่อายุ 11 และ 12 เดือน ตามลำดับ ซึ่งมีเปอร์เซ็นต์แป้งน้อยที่สุด อย่างไรก็ตามการทดลองนี้ไม่พบปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างอายุที่พ่นสารควบคุมการเจริญเติบโตและความเข้มข้นของสารควบคุมการเจริญเติบโตทั้งสองชนิด

วิจารณ์ผลการทดลอง

จากผลการทดลองเพื่อทดสอบผลของสารพาโคลบิวทราโซล และไกลโฟเซต ต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต และปริมาณแป้ง ของมันสำปะหลัง 2 พันธุ์ (ระยอง 72 และห้วยบง 80) โดยมีการพ่นสารที่ระยะการเจริญเติบโตแตกต่างกัน และใช้ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ ของสารทั้ง 2 ชนิด ผลการทดลองพบว่าสารทั้งสองชนิดส่งผลให้มันสำปะหลังมีความสูงต้น และความยาวยอดน้อยกว่าการไม่พ่นสาร นั่นคือสารทั้งสองชนิดมีผลยับยั้งการเจริญเติบโตของมันสำปะหลัง ซึ่งการที่ความสูงต้นและความยาวยอดลดลง เนื่องจากสารพาโคลบิวทราโซลเป็นสารในกลุ่มไตรอะโซล สารในกลุ่มนี้ ได้แก่ พาโคลบิวทราโซล, chlorocholine chloride (CCC), Triadimefon (TDM) และ Hexaconazole (HEX) เป็นต้น มีผลในการยับยั้งการสร้างจิบเบอเรลลิน และเอทิลีน แต่ส่งเสริมการสร้างไซโตไคนิน และกรดแอบไซซิก (Kamountis et al., 1999; จาวภา ศิริการ และชนิดา รมะณีย์, 2562) ซึ่งส่งผลให้ต้นและยอดของมันสำปะหลังลดการยืดยาว และลดการแบ่งตัวของเซลล์ส่วนเหนือดิน การทดลองของ Medina et al. (2012) ได้พบว่าการพ่นพาโคลบิวทราโซลทางใบในมันสำปะหลังส่งผลให้ความสูง และการเจริญเติบโตส่วนเหนือดินลดลง โดยเฉพาะเมื่อใช้ความเข้มข้นสูงจะมีผลให้การเจริญเติบโตลดลงมาก ซึ่งมีหลายงานทดลองที่พบว่าการใช้สารพาโคลบิวทราโซลที่ความเข้มข้น 500 และ 1,000 มก./ต้น ส่งผลให้ความสูงต้นของมันสำปะหลังลดลง (Li et al., 2008; อรุณี พรมคำบุตร และคณะ, 2557; จาวภา ศิริการ และชนิดา รมะณีย์, 2562) สำหรับผลของไกลโฟเซต ซึ่งเป็นสารในกลุ่มเร่งการแก่ มีรายงานว่ามีบทบาทในการยับยั้งการเจริญเติบโตของพืชเช่นกัน โดยไกลโฟเซตไปยับยั้งเอนไซม์ 5–enolpyruvyl shikimic acid–3–phosphate (EPSP) synthase ในกระบวนการ Shikimate pathway ส่งผลให้ส่วนยอดของต้นพืชหยุดชะงัก แต่มีการเคลื่อนย้ายคาร์บอนที่เป็นองค์ประกอบของน้ำตาลเพิ่มมากขึ้น จึงมีการนำไกลโฟเซตมาใช้เพื่อเร่งการแก่ของพืช และการเพิ่มความหวานในลำต้นพืชได้ (ปรีชา สุริยพันธ์ และนงลักษณ์ รัตนารักษ์, 2535)

จากการทดลองครั้งนี้สารควบคุมการเจริญเติบโตนอกจากสามารถลดการเจริญเติบโต ซึ่งส่งผลต่อการให้ผลผลิต และเปอร์เซ็นต์แป้งของมันสำปะหลังทั้งสองพันธุ์สูงขึ้น โดยพันธุ์ระยอง 72 เมื่อพ่นสารทั้งสองชนิดที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ มันสำปะหลังให้ผลผลิตระหว่าง 9,300–10,380 กก./ไร่ ซึ่งสูงกว่าการไม่พ่นสารที่ให้ผลผลิตประมาณ 8,748–8,838 กก./ไร่ และการใช้พาโคลบิว–ทราโซลความเข้มข้น 500 มก./ลิตร ให้ผลผลิตสูงที่สุด (10,260–10,380 กก./ไร่) สำหรับพันธุ์ห้วยบง 80 พบเช่นกันว่าเมื่อพ่นสารทั้งสองชนิดที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ ให้ผลผลิตระหว่าง 5,970–7,095 กก./ไร่ ซึ่งมีแนวโน้มสูงกว่าการไม่พ่นสาร (5,310–5,918 กก./ไร่) และการใช้พาโคลบิวทราโซลความเข้มข้น 500 และ 750 มก./ลิตร ให้ผลผลิตสูงที่สุด (6,836–7,920 กก./ไร่) สำหรับเปอร์เซ็นต์แป้งเมื่อพ่นสาร พบว่ามีปริมาณสูงขึ้นเช่นเดียวกับผลผลิต โดยพันธุ์ระยอง 72 พบว่ามีเปอร์เซ็นต์แป้งระหว่าง 27.3–28.1% ซึ่งสูงกว่าการไม่พ่นสาร (26.5–26.9%) และในพันธุ์ห้วยบง 80 พบเช่นกันว่ามี

เปอร์เซ็นต์แป้งระหว่าง 27.1–28.5% ซึ่งสูงกว่าการไม่พ่นสาร (26.1–26.8%) และการใช้พาโคลบิวทราโซล ความเข้มข้น 500 มก./ลิตร ให้ปริมาณแป้งสูงที่สุดในทั้งสองพันธุ์ (27.6–28.5%) การที่มันสำปะหลังมีผลผลิตและเปอร์เซ็นต์แป้งสูงขึ้น เนื่องจากสารควบคุมการเจริญเติบโตมีอิทธิพลต่อกิจกรรมของเอนไซม์ใน carbohydrate metabolism โดยเฉพาะการสังเคราะห์น้ำตาลซูโครสในพืช พบว่ามีเอนไซม์ที่เข้ามาเร่งปฏิกิริยา คือ Sucrose phosphate synthase (SPS) และ Sucrose synthase (SuS) โดย SuS มีบทบาทหลักในการเปลี่ยนน้ำตาลซูโครสให้อยู่ในรูปของ UDP–glucose+fructose โดย UDP–glucose ได้จากการทำงานของ SuS (บุษรินทร์ ตานะ, 2558) นอกจากนี้สารควบคุมการเจริญเติบโตมีผลกระตุ้นฮอร์โมน cytokinin และ ABA ทำให้กิจกรรม invertase enzyme เพิ่มขึ้น ซึ่ง invertase enzyme มีบทบาทในการขนส่ง sucrose เพื่อส่งไปยังแหล่งเก็บ (sink) และมีผลต่อการเพิ่มของกิจกรรม carbohydrate metabolizing enzymes เช่น starch phosphorylase หรือเอนไซม์ SuS (อรุณี พรมคำบุตร และคณะ, 2557) ส่งผลให้เกิดการสร้างและสะสมแป้งในหัวมันสำปะหลังเร็วขึ้น จากการทดลองนี้การใช้สารควบคุมการเจริญเติบส่งผลให้กิจกรรมเอนไซม์ SuS และ SPS มีค่าสูงกว่าการไม่พ่นสาร ซึ่งสอดคล้องกับ Gomathinayagam et al. (2007) ได้รายงานว่าการราดสารชะลอการเจริญเติบโต ได้แก่ TDM และ HEX ให้กับมันสำปะหลังที่อายุแตกต่างกัน (25, 45, 65 และ 100 วันหลังปลูก) พบว่าการราดสารทั้งสองชนิดมีกิจกรรมของเอนไซม์ SuS สูงกว่าการไม่ใช้สาร และมีผลให้ความสูงต้นและพื้นที่ใบลดลง แต่ส่งผลให้ปริมาณแป้ง ปริมาณคาร์โบไฮเดรต และกิจกรรมของเอนไซม์ใน carbohydrate metabolism ของมันสำปะหลังเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งการพ่นสารควบคุมการเจริญเติบโตในช่วงเวลาดังกล่าวมีผลต่อการกระตุ้นให้มีการ partitioning จากส่วนเหนือดิน คือลำต้นและใบไปยังหัวได้มากกว่า (อรุณี พรมคำบุตร และคณะ, 2557) เพื่อเป็นการทำให้ส่วนรากเป็น sink ที่แรงกว่าที่ส่วนยอดและใบแก่ที่ต้องการอาหารอยู่ มีรายงานว่าเมื่อราดพาโคลบิลทราโซลความเข้มข้น 500 มก./ต้น มีผลทำให้ผลผลิตหัวสดต่อไร่เพิ่มสูงขึ้นกว่าการไม่ราดสาร 23% (จาวภา ศิริการ และชนิดา รมะณีย์, 2562) และ Panyapruek et al. (2015) พบเช่นกันว่าการราดพาโคล–บิวทราโซลที่ความเข้มข้น 10, 20 และ 30 ppm ทำให้ผลผลิตมันสำปะหลังสูงกว่าไม่ราดสาร สำหรับผลของไกลโฟเซตมีผลในการเพิ่มสะสมน้ำตาลและแป้งเช่นกัน สำหรับตัวอย่างงานทดลองในการใช้เพิ่มความหวานในอ้อย เมื่อพ่นสารไกลโฟเซตทางใบ พบว่าส่งผลให้อ้อยมีน้ำตาลเพิ่มมากถึง 15.92 เปอร์เซ็นต์ (นิรันดร์ จันทวงศ์ และคณะ, 2531) โดยไกลโฟเซตที่ความเข้มข้น 200 ppm เป็นความเข้มข้นที่เหมาะสมในการเพิ่มผลผลิตอ้อย อย่างไรก็ตามการให้ไกลโฟเซตที่ความเข้มข้นสูงเกินไป มีผลทำให้จำนวนปล้องลดลงอย่างมาก (Kirubakaran et al., 2013) นอกจากนี้มีการทดลองใช้เพิ่มความหวานในข้าวฟ่างหวาน (อรรนพ แสนเมือง และสมยศ เดชภิรัตนมงคล, 2552) โดยใช้ไกลโฟเซตในอัตรา 0, 500 และ 1,000 ppm ซึ่งพบว่าไกลโฟเซตอัตรา 1,000 ppm ทำให้ความหวานของข้าวฟ่างหวานสูงกว่าการให้ที่อัตราอื่น ๆ แต่การพ่นสารไม่ส่งผลให้น้ำหนักสดสูงขึ้น

นอกจากผลของสารและระดับความเข้มข้นของสารแล้ว การพ่นสารที่อายุมันสำปะหลังต่างกัน มีผลต่อการให้ผลผลิตและปริมาณแป้งในมันสำปะหลังด้วย โดยการทดลองนี้พบว่าการพ่นสารในมันสำปะหลังที่อายุ 9 เดือน ส่งผลให้ผลผลิตและเปอร์เซ็นต์แป้งของพันธุ์ระยอง 72 และห้วยบง 80 สูงกว่าการพ่นที่ระยะอื่น ๆ เนื่องจากมันสำปะหลังที่อายุ 9 เดือน เป็นช่วงที่มันสำปะหลังอยู่ในระยะการสะสมแป้ง (ช่วงสำคัญในการให้ผลผลิต) ซึ่งโดยทั่วไปมันสำปะหลังมีการสะสมแป้งตั้งแต่เดือนที่ 3 ขึ้นไป ในช่วงดังกล่าวอาจยังมีการเจริญเติบโตทางลำต้นอยู่ จึงทำให้สารอาหารอาจยังมีการเคลื่อนย้ายสะสมที่หัวน้อยกว่าระยะ 7–9 เดือน และเมื่ออายุเพิ่มขึ้นอาหารสะสมจะถูกเคลื่อนย้ายออกจากท่อนพันธุ์ ลำต้น และใบ ไปสะสมไว้ในหัวมากขึ้น ซึ่งการให้สารควบคุมการเจริญเติบโตในช่วงเวลาดังกล่าวมีผลต่อการกระตุ้นให้มีการ partitioning จากส่วนเหนือดิน คือลำต้นและใบไปยังหัวได้มากกว่า (อรุณี พรมคำบุตร และคณะ, 2557) เพื่อเป็นการทำให้ส่วนรากเป็น sink ที่แรงกว่าที่ส่วนยอดและใบแก่ที่ต้องการอาหารอยู่ ได้มีการศึกษาการใช้พาโคลบิวทราโซลราดที่หลายระยะการเจริญเติบโตของมันสำปะหลัง พบว่าการราดสารในมันสำปะหลังอายุ 7 เดือนหลังปลูกส่งผลให้ผลผลิต และคุณภาพแป้งหัวมันสำปะหลังสูงกว่าที่อายุ 3 และ 5 เดือนหลังปลูก (Panyapruek et al., 2015) นอกจากนี้ยังมีรายงานการใช้พาโคลบิวทราโซลในพืชหัวอื่น ๆ เช่นในมันฝรั่ง โดยการพ่นพาโคลบิวทราโซลให้มันฝรั่งที่อายุแตกต่างกัน (28, 35 และ 42 วันหลังปลูก) พบว่าการพ่นสารที่อายุ 28 วันหลังปลูก ส่งผลให้ปริมาณแป้งและผลผลิตมันฝรั่งเพิ่มสูงขึ้นกว่าอายุอื่น ๆ และสูงกว่าการไม่พ่นสาร (Mabvongwe et al., 2016) การใช้สารควบคุมการเจริญเติบโตแล้วส่งผลให้ผลผลิตมันสำปะหลังสูงขึ้น อาจเป็นผลมาจากสารเหล่านี้มีผลในการเร่งการแก่ โดยยับยั้งการส่งแป้ง ที่ได้จากการสังเคราะห์แสงไปสร้างใบและกิ่งใหม่ เพื่อให้สารอาหารเคลื่อนย้ายไปเก็บไว้ที่รากและสะสมน้ำหนักในหัวสูงขึ้น จึงทำให้มันสำปะหลังมีผลผลิตสูงกว่าการไม่พ่นสาร โดยทั่วไปพันธุ์ระยอง 72 หากปลูกแล้วเก็บเกี่ยวในฤดูฝนมักให้เปอร์เซ็นต์แป้งต่ำ (กรมวิชาการเกษตร, 2559) โดยการทดลองนี้เมื่อพ่นสารกับมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 72 แม้ในสภาพที่มีความชื้นมีเปอร์เซ็นต์แป้ง 27.3–28.1% ซึ่งสูงกว่าการไม่พ่นสาร (3.02–4.46%) ซึ่งการพ่นสารควบคุมการเจริญเติบโต หากเปรียบเทียบกับการปลูกมันสำปะหลังปกติและเก็บเกี่ยวในฤดูฝนมีเปอร์เซ็นต์แป้งเพียง 20–22% และหากเก็บเกี่ยวในฤดูแล้งได้เปอร์เซ็นต์แป้ง 24% (ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร กรมวิชาการเกษตร, มปป) ดังนั้นในสภาพการปลูกที่ไม่เหมาะสมอาจใช้สารควบคุมการเจริญเติบโตเพื่อเพิ่มเปอร์เซ็นต์แป้งในหัวได้ สำหรับพันธุ์ห้วยบง 80 เป็นพันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูง แต่ต้องเก็บเกี่ยวเมื่ออายุ 12 เดือน หากเก็บเกี่ยวก่อนอายุ 12 เดือน มักให้ผลผลิตและเปอร์เซ็นต์แป้งต่ำ (วิจารณ์ วิชชุกิจ และคณะ, 2553) ดังนั้นการใช้สารควบคุมการเจริญเติบโตเป็นแนวทางหนึ่งในการเร่งการแก่ และส่งผลให้เพิ่มผลผลิตและปริมาณแป้งในหัวมันสำปะหลังสูงขึ้นได้ ดังผลจากการทดลองนี้ที่พบว่าเมื่อเก็บเกี่ยวที่อายุ 11 เดือน พันธุ์ห้วยบง 80 มีผลผลิตสูงกว่าการไม่พ่นสาร 6.3–18.6% และ

เปอร์เซ็นต์แป้งสูงกว่าการไม่พ่นสาร 3.0–6.4% และยังพบว่าเมื่อพ่นสารทำให้มันสำปะหลังพันธุ์นี้มีผลผลิตและเปอร์เซ็นต์แป้งไม่แตกต่างจากการเก็บเกี่ยวที่ 12 เดือน

บทที่ 5
บทสรุป

ผลของสารควบคุมการเจริญเติบโตต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต และเปอร์เซ็นต์แป้งของมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 72 และห้วยบง 80

การใช้สารพาโคลบิวทราโซล และไกลโฟเซตที่ความเข้มข้นของสารต่างกันในมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 72 และพันธุ์ห้วยบง 80 โดยพ่นสารเมื่อมันสำปะหลังทั้งสองพันธุ์มีอายุต่างกันตั้งแต่ 6–8 เดือน ซึ่งหลังจากพ่นสาร 1 และ 2 เดือน แล้วบันทึกข้อมูลความสูงต้น และความยาวยอดของมันสำปะหลังทั้งสองพันธุ์ พบว่าการพ่นพาโคลบิวทราโซล และไกลโฟเซตที่ทุกความเข้มข้นส่งผลให้ความสูงต้น และความยาวยอดลดลง เมื่อเปรียบเทียบกับการไม่พ่นสาร และยังพบว่าพันธุ์มันสำปะหลังทั้งสองพันธุ์มีการตอบสนองต่อพาโคลบิวทราโซลและไกลโฟเสตใกล้เคียงกัน โดยเมื่อพ่นสารที่อายุ 9 เดือน มีความสูงต้นเพิ่มขึ้นน้อยที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับการพ่นสารเมื่ออายุ 7 และ 8 เดือน เนื่องจากสารพาโคลบิวทราโซลมีผลในการยับยั้งการสร้างจิบเบอเรลลิน และเอทิลีน แต่ส่งเสริมการสร้างไซโตไคนิน และกรดแอบไซซิก ซึ่งส่งผลให้ลำต้นและยอดของมันสำปะหลังลดการยืดยาว และลดการแบ่งตัวของเซลล์ส่วนเหนือดิน เช่นเดียวกับเมื่อใช้ไกลโฟเสตซึ่งมีบทบาทในการยับยั้งการเจริญเติบโตของพืช โดยไปยับยั้งเอนไซม์ในกระบวนการ Shikimate pathway ส่งผลให้ส่วนยอดของต้นหยุดชะงักการเจริญเติบโต อย่างไรก็ตามไม่พบปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างอายุที่พ่นสารควบคุมการเจริญเติบโตและความเข้มข้นของสารควบคุมการเจริญเติบโตทั้งสองชนิด

เมื่อวัดกิจกรรมของเอนไซม์ SuS และ SPS หลังพ่นสาร 5, 10 และ 15 วัน ในมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 72 และห้วยบง 80 พบว่าการใช้สารทั้งสองชนิดทุกความเข้มข้น ส่งผลให้กิจกรรมของเอนไซม์ SuS และ SPS สูงกว่าการไม่พ่นสาร โดยการใช้พาโคลบิวทราโซลความเข้มข้น 500 มก./ลิตร ส่งผลให้กิจกรรมเอนไซม์มีค่าสูงกว่าไกลโฟเซต นอกจากนี้ระดับของกิจกรรมเอนไซม์สูงสุดหลังพ่น 5 วัน และลดลงเรื่อย ๆ หลังพ่นสาร 10 และ 15 วัน

สำหรับการใช้ระดับความเข้มข้นของพาโคลบิวทราโซลและไกลโฟเสต มีแนวโน้มทำให้มันสำปะหลังมีผลผลิต และเปอร์เซ็นต์แป้งของมันสำปะหลังทั้งสองพันธุ์สูงกว่าการไม่พ่นสาร ซึ่งการใช้พาโคลบิวทราโซลและไกลโฟเสตในมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 72 มีแนวโน้มให้ผลผลิตสูงกว่าการไม่พ่นสารระหว่าง 6.31–17.45% โดยพาโคลบิวทราโซลความเข้มข้น 500 มก./ลิตร

ทำให้มันสำปะหลังมีผลผลิตสูงที่สุด ส่วนในพันธุ์ห้วยบง 80 เมื่อพ่นสารทั้งสองชนิดมีผลให้ผลผลิตสูงกว่าการไม่พ่นสารระหว่าง 12.43–19.89% โดยการใช้พาโคลบิวทราโซลความเข้มข้น 500 และ 750 มก./ลิตร มีแนวโน้มให้ผลผลิตสูงที่สุด สำหรับเปอร์เซ็นต์แป้งในพันธุ์ระยอง 72 เมื่อพ่นสารมีเปอร์เซ็นต์แป้งสูงกว่าการไม่พ่นสารระหว่าง 3.01–4.46% ส่วนพันธุ์ห้วยบง 80 มีปริมาณแป้งสูงกว่าการไม่พ่นสารระหว่าง 3.83–6.34% โดยการใช้พาโคลบิวทราโซลความเข้มข้น 500 มก./ลิตร มีแนวโน้มให้ปริมาณแป้งสูงที่สุดทั้งสองพันธุ์ ดังนั้นการใช้สารในความเข้มข้นที่เหมาะสมจะช่วยเพิ่มผลผลิต และเปอร์เซ็นต์แป้ง เนื่องจากสารมีผลในการยับยั้งการเจริญเติบโตในช่วงเวลาที่มีการสะสมแป้ง และยังส่งเสริมกิจกรรมเอนไซม์ใน carbohydrate metabolism ที่เกี่ยวข้องการขนส่ง sucrose เพื่อส่งไปยังแหล่งเก็บ (หัวมันสำปะหลัง) สารควบคุมการเจริญเติบโตมีผลต่อการกระตุ้นให้มีการ partitioning จากส่วนเหนือดิน คือลำต้นและใบไปยังหัวได้มากกว่า เพื่อเป็นการทำให้ส่วนรากเป็น sink ที่แรงกว่าที่ส่วนยอดและใบแก่ที่ต้องการอาหารอยู่ ส่งผลให้เกิดการสร้างและสะสมแป้งในหัวมันสำปะหลังเร็วขึ้นแต่หากใช้ที่ระดับความเข้มข้นสูงเกินไปจะส่งผลให้ผลผลิต และเปอร์เซ็นต์แป้งลดลง

เมื่อเปรียบเทียบผลของสารพาโคลบิวทราโซล และไกลโฟเซต ต่อผลผลิตและปริมาณแป้งในมันสำปะหลังแล้วสารพาโคลบิวทราโซลยังมีแนวโน้มในการส่งเสริมให้มันสำปะหลังผลผลิตสูงและมีปริมาณแป้งสูงกว่าทั้งในสภาพการปลูกที่ต้องเก็บเกี่ยวผลผลิตในฤดูที่มีความชื้นในดินสูงหรือสภาพที่มีการเจริญเติบโตทางลำต้นในช่วงที่มีการสะสมแป้งในหัว นอกจากนี้การใช้พาโคลบิวทราโซลในมันสำปะหลังพันธุ์ที่สะสมแป้งในหัวช้า ซึ่งในการทดลองนี้ใช้พันธุ์ห้วยบง 80 ซึ่งพบว่ามีการสะสมแป้งและผลผลิตสูงกว่าการไม่พ่นสาร ดังนั้นการใช้พาโคลบิวทราโซลเป็นแนวทางหนึ่งในการเพิ่มผลผลิต และปริมาณแป้งในมันสำปะหลังให้สูงขึ้นได้ โดยการใช้สารที่ความเข้มข้น 500 มก./ลิตร เมื่อมันสำปะหลังอายุ 9 เดือน ทำให้ผลผลิตและเปอร์เซ็นต์แป้งในหัวมันสำปะหลังทั้งสองพันธุ์สูงที่สุด

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

รายการอ้างอิง

กรมวิชาการเกษตร. (2551). **เรียนรู้สู้ภัยเพลี้ยแป้งมันสำปะหลัง**. [ออนไลน์]. ได้จาก: http://www.doa.go.th/oard5/wp-content/uploads/2019/03/km59.pdf

กรมวิชาการเกษตร. (2559). **เทคโนโลยีการผลิตมันสำปะหลังในพื้นที่ภาคกลางและภาคตะวันตก**. [ออนไลน์]. ได้จาก: http://at.doa.go.th/mealybug/index.htm

จาวภา ศิริการ และชนิดา รมะณีย์. (2562). ผลของอัตราสารควบคุมการเจริญเติบโตพาโคลบิวทราโซลต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต และปริมาณแป้งของมันสำปะหลังที่ปลูกโดยอาศัยน้ำฝน. **วารสารสำนักบริการวิชาการ มหาวิทยาลัยขอนแก่น**. 27(2): 15–23.

นิรันดร์ จันทวงศ์, สุมน มาสุธน, วัลลภ อารีรบ และมาลี ณ นคร. (2531). ผลของไกลโฟเซตต่อการเติบโต และปริมาณซูโครสของอ้อยพันธุ์ เอฟ 140. ใน **รายงานการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์** (หน้า 237–241). กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

บุญธรรม ศรีหล้า, สกุลกานต์ สิมล, สุรศักดิ์ บุญแต่ง และพัชรี สิริตระกูลศักดิ์. (2559). ผลของการตัดยอดที่ระยะพัฒนาการต่างกันต่อผลผลิตหัวสดของแก่นตะวัน 3 พันธุ์. **ว.วิทย์ มมส**. 35(4): 405–412.

บุษรินทร์ ตานะ. (2558). การศึกษาการสะสมน้ำตาลซูโครส และกิจกรรมของเอนไซม์อินเวอร์เทสในอ้อย. **วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีชีวภาพเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์**. 79 หน้า

ปรีชา สุริยพันธ์ และนงลักษณ์ รัตนารักษ์. (2535). ผลของไกลโฟเซตและซีอีพีเอต่อการเพิ่มผลผลิตและความหวานของอ้อย. ใน **รายงานการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์** (หน้า 525–530). กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

พิณทิพย์ กรรณสูตร. (2559). **ฮอร์โมนพืช (Plant hormones).** [ออนไลน์]. ได้จาก: http://35.167.76.121/ppt–presentation/plant–hormones–204914

พีรเดช ทองอำไพ. (2537). **ฮอร์โมนพืชและสารสังเคราะห์ แนวทางการใช้ประโยชน์ในประเทศไทย.** ครั้งที่ 4. กรุงเทพมหานครฯ: วิชัยการพิมพ์.

มูลนิธิส่งเสริมโอลิมปิกวิชาการ และพัฒนามาตรฐานวิทยาศาสตร์ศึกษา ในพระอุปถัมภ์สมเด็จพระเจ้าพี่นางเธอ เจ้าฟ้ากัลยาณิวัฒนา กรมหลวงนราธิวาสราชนครินทร์. (2556). **ชีววิทยา 2**. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ: บริษัทด่านสุทธาการพิมพ์จำกัด.

ระบบสารสนเทศการผลิตทางด้านเกษตร Online กรมส่งเสริมการเกษตร. (2560). **มันสำปะหลังโรงงาน**. [ออนไลน์]. ได้จาก: http://www.agriinfo.doae.go.th/year60/plant/rortor/agronomy/cassava.var/hb80.pdf

วิจารณ์ วิชชุกิจ, เจริญศักดิ์ โรจนฤทธิ์พิเชษฐ์, เอ็จ สโรบล, จำลอง เจียมจำนรรจา, ประภาส ช่างเหล็ก, กล้าณรงค์ ศรีรอต, เกื้อกูล ปิยะจอมขวัญ, วัชรี เลิศมงคล, จำลักษณ์ ศรีปัญญา และสุภาวดี บุญมา. (2553). **มันสำปะหลังพันธุ์ใหม่ ห้วยบง 80**. [ออนไลน์]. ได้จาก: http://www3.rdi.ku.ac.th/exhibition/53/group06/vicharn/index_04.html

ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร กรมวิชาการเกษตร. (ม.ป.ป.). **พันธุ์มันสำปะหลังของกรมวิชาการเกษตร: ระยอง 72**. [ออนไลน์]. ได้จาก: http://at.doa.go.th/cassvar/varR72.html

สมพร ณ นคร. (2548). **เอกสารคำสอนวิชาสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช**. คณะเกษตรศาสตร์ สาขาวิชาพืชศาสตร์: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตนครศรีธรรมราช.

สมาคมโรงงานผู้ผลิตมันสำปะหลัง ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. (2562). ใน **รายงานผลการสำรวจภาวะการผลิตและการค้ามันสำปะหลัง ฤดูการผลิตปี 2562/63**. [ออนไลน์]. ได้จาก: http://www.nettathai.org/index.php/2012–01–18–08–26–35.html

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. (2560). สถานการณ์การผลิตมันสำปะหลังโรงงาน. ใน **รายงานสถิติการเกษตรของประเทศไทย** (หน้า 20–25). กรุงเทพมหานคร: สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. (2562). สถานการณ์การผลิตมันสำปะหลังโรงงาน. ใน **สถิติการเกษตรของประเทศไทยปี 2561** (หน้า 16–19). กรุงเทพมหานคร: สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

อรรนพ แสนเมือง และสมยศ เดชภิรัตนมงคล. (2552). **ผลของไกลโฟเซตที่มีต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวฟ่างหวาน** [ออนไลน์]. ได้จาก: http://www.lib.ku.ac.th/kuconf/data53/kc4801049.pdf

อรุณี พรมคำบุตร, บุปผา สิมมา และอนันต์ พลธานี. (2557). อิทธิพลของสารพาโคลบิวทราโซลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตมันสำปะหลัง. **ว. แก่นเกษตร**. 42(1): 485–492.

Bandara, M.S., Tanino, K.K. and Waterer, D.R. (1998). Effect of pot size and timing of plant growth regulator treatments on growth and tuber yield in greenhouse–grown Norland and Russet Burbank potatoes. **J Plant Growth Regul**. 17(2): 75–79.

Carbonari, C.A., Gomes, G.L.G.C., Velini, E.D., Machado, R.F., Simões, P.S. and de Castro Macedo, G. (2014). Glyphosate effects on sugarcane metabolism and growth. **Am J Plant Sci**. 5: 3585–3593.

Chang, C.B. and Chang, C.C. (2009). Refractory cardiopulmonary failure after glyphosate surfactant intoxication. **J Occup Med Toxicol.** 4(2): 1–4.

Dill M. G. (2005). Glyphosate–resistant crops: history, status and future. **Pest Manag Sci.** 61: 219–224.

Gibbs, M. and Turner, J.F. (1964) **Enzymes of glycolysis.** 7: 521–545. Question in: Linskens, H.F. Sanwal, B. D. and Tracey, M. V. (Eds.). (1964). **Modern methods of plant analysis**. Springer–Verlag OHG. Berlin. 522–523.

Glavier, V., Perez–Alfocea, F., Bourgeais–Chaillou, P. and Guerrier, G. (1991). Influence of cotyledon upon sucrose metabolism in axis of germinating pea. **J Plant Physiol.** 138: 421–428.

Henshaw, T.L., Gilbert, R.A., Scholberg, J.M.S. and Sinclair, T.R. (2007). Soya Bean (*Glycine max* (L.) Merr.) genotype response to early–season flooding: II. Aboveground growth and biomass. **J Agron Crop Sci.** 193: 189–197.

Hua, S., Zhang, Y., Yu, H., Lin, B., Ding, H., Zhang, D., Ren, Y. and Fang, Z. (2014). Paclobutrazol application effects on plant height, seed yield and carbohydrate metabolism in canola. **Int J Agric Biol.** 16: 471–479.

Huang, H., Luo, Y., Huang, Q., Tian, Y. and Li, H. (2017). Time course of starch biosynthesis enzymes activity and root tuber starch of four cassava cultivars. **J aging Stud.** 5(1): 103–113.

Kamoutsis, A.P., Chronopoulou–Sereli, A.G. and Paspatis, E.A. (1999). Paclobutrazol affects growth and flower bud production in gardenia under different light regimes. **HortScience**. 34(4): 674–675.

Kirubakaran, R., Venkataramana, S. and Mohamed, J.M.S. (2013). Effect of ethrel and glyphosate on the ripening of sugar cane. **Int J ChemTech Res.** 5(4): 1927–1938.

Li, Y., Chen, Z., Zou, G., Wang, Q. and Cheng, W. (2008). Effects of paclobutrazol on the yield and starch content of cassava**. Guangxi Agricultural Sciences**. 2008: 3.

Mabvongwe, O., Manenji, B.T., Gwazane, M. and Chandiposha, M. (2016). The effect of paclobutrazol application time and variety on growth, yield, and quality of potato (*Solanum tuberosum* L.). **Advances in Agriculture.** 2016: 1–5.

Medina, R., Burgos (ex aequo), A., Difranco, V., Mroginski, L. and Cenóz, P. (2012). Effects of chlorocholine chloride and paclobutrazol on cassava (*Manihot esculenta* Crantz cv. Rocha) plant growth and tuberous root quality. **Agriscientia.** 209: 51–58.

Panyapruek, S., Sinsiri, W., Sinsiri, N., Arimatsu, P. and Polthanee, A. (2016). Effect of paclobutrazol growth regulator on tuber production and starch quality of cassava (*Manihot esculenta* Crantz). **Asian J Plant Sci.** 15: 1–7.

Schaffer, A.A., Sagee, O., Goldschmidt, E.E. and Goren, R. (1987). Invertase and sucrose synthase activity carbohydrate status an endogenous IAA levels during citrus leaf development. **Physiol**. 69: 151–155.

Shearing, S. J. and Jones, T. (1986). Fruit tree growth control with cultar– which method of application. **Acta Hort.** 179: 505–512.

Steffens, G. L. and Wang, S. Y. (1986). Biochemical and physiological alterations in apple trees caused by a gibberellin biosynthesis inhibitor, paclobutrazol. **Acta Hort.** 179: 433–442.

Swietlik, D. and Miller, S. S. (1985). The effect of paclobutrazol on mineral nutrition of apple seedlings. **J Plant Nutr.** 8: 369–382.

Zheng, R.R., Wu, Y. and Xia, Y.P. (2012). Chlorocholine chloride and paclobutrazol treatments promote carbohydrate accumulation in bulbs of *Lilium* Oriental hybrids 'Sorbonne'**. J Zhejiang Univ Sci B**. 13(2):136–44

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ภาคผนวก

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางภาคผนวกที่ 1 การเตรียมสารพาโคลบิวทราโซลเพื่อใช้ในการพ่นมันสำปะหลัง

ลำดับ	ความเข้มข้นของสาร	ปริมาณสาร (กรัม/ลิตร)[1]	ปริมาณสารต่อไร่ (กรัม/ 80 ลิตร)
1	500 ppm	3.33	266.6
2	750 ppm	5.00	400.0
3	1,000 ppm	6.67	533.4
4	1,500 ppm	10.00	800.0

[1] การเตรียมสารปริมาตร 1 ลิตร สามารถพ่นมันสำปะหลังจำนวน 20 ต้น

ตารางภาคผนวกที่ 2 การเตรียมสารไกลโฟเสตเพื่อใช้ในการพ่นมันสำปะหลัง

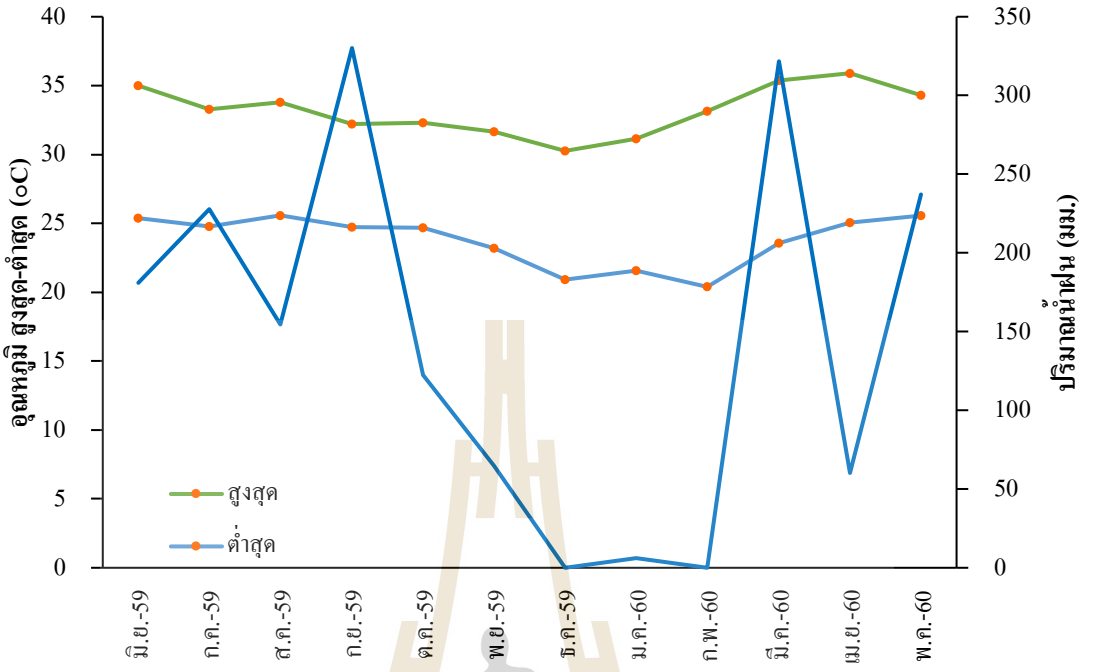
ลำดับ	ความเข้มข้นของสาร	ปริมาณสาร (มล./ลิตร)	ปริมาณสารต่อไร่ (กรัม/น้ำ 80 ลิตร)
1	250 ppm	0.52	41.7
2	500 ppm	1.04	83.3
3	750 ppm	1.56	125.0
4	1,000 ppm	2.08	166.7

ตารางภาคผนวกที่ 3 การคำนวณต้นทุนสารควบคุมการเจริญเติบโตต่อพื้นที่ 1 ไร่ (ประมาณ 1,300–1,600 ต้น)

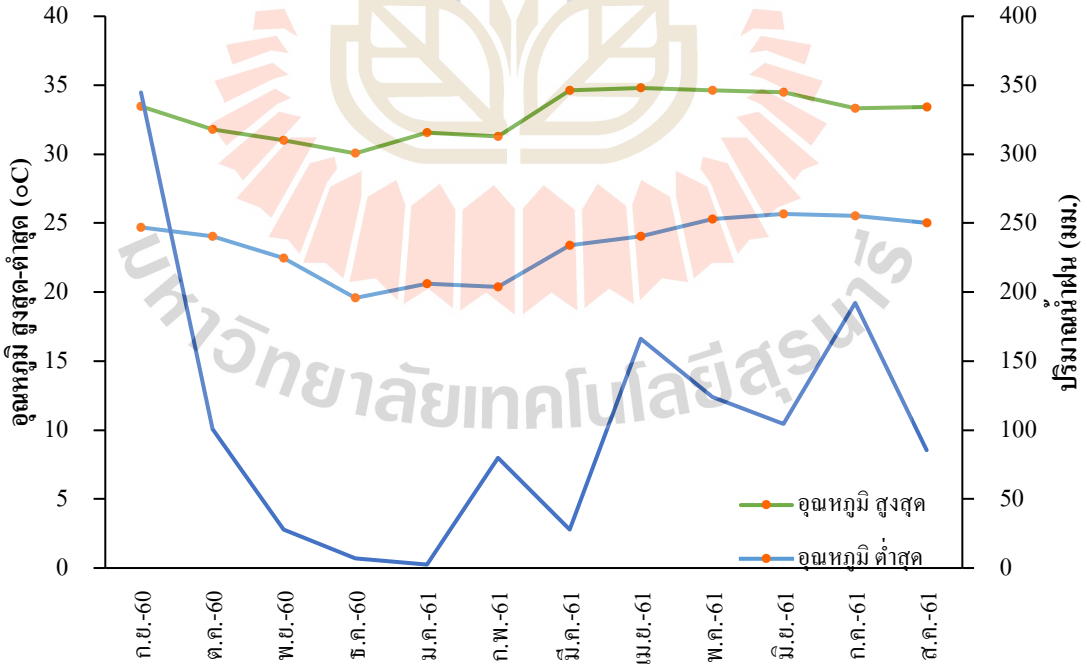
ความเข้มข้นของสาร	ปริมาณสารต่อไร่	ราคา (บาท)
พาโคลบิวทราโซล		
– 500 ppm	266.6 กรัม	71
– 750 ppm	400.0 กรัม	106
– 1,000 ppm	533.4 กรัม	141
– 1,500 ppm	800.0 กรัม	212
ไกลโฟเซต		
– 250 ppm	41.7 มล.	11
– 500 ppm	83.3 มล.	22
– 750 ppm	125.0 มล.	33
– 1,000 ppm	166.7 มล.	44

หมายเหตุ: – ราคาพาโคลบิวทราโซลกิโลกรัมละ 265 บาท (ข้อมูล ณ เว็บไซต์ ร้านโยการเกษตร)
– ราคาไกลโฟเสตลิตรละ 220 บาท (ข้อมูล ณ เว็บไซต์ ร้าน บ้านป่าป๊า หม่ามี๊)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



รูปภาคผนวกที่ 1 ข้อมูลอุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุด–ต่ำสุด และปริมาณน้ำฝน ระหว่างเดือนมิถุนายน 2559 ถึงพฤษภาคม 2560



รูปภาคผนวกที่ 2 ข้อมูลอุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุด–ต่ำสุด และปริมาณน้ำฝน ระหว่างเดือนกันยายน 2560 ถึงเดือนสิงหาคม 2561

ประวัติผู้เขียน

นางสาวดวงกมล เดชดอน เกิดเมื่อวันที่ 22 พฤศจิกายน 2536 ณ จังหวัดนครราชสีมา เริ่มศึกษาชั้นประถมศึกษาปีที่ 1–6 ที่โรงเรียนแหลมรวกบำรุง ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1–6 ที่โรงเรียนปักธงชัยประชานิรมิต จังหวัดนครราชสีมา และเมื่อปี พ.ศ. 2559 ได้สำเร็จการศึกษาปริญญา–วิทยาศาสตรบัณฑิต (เทคโนโลยีการผลิตพืช) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัดนครราชสีมา

ในปี พ.ศ. 2559 ได้ศึกษาต่อในระดับปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ในขณะศึกษาได้รับทุน (OROG) ระดับบัณฑิตศึกษา และได้รับทุนอุดหนุนโครงการวิจัยเพื่อทำวิทยานิพนธ์ระดับบัณฑิตศึกษา โดยระหว่างการศึกษาได้เข้าร่วมประชุมเสนอผลงานภาคโพสเตอร์ เรื่อง Effects of Paclobutrazol and Glyphosate on Growth, Yield and Starch Content of Cassava (*Manihot esculenta* Crantz.) ในการประชุมวิชาการ the Universal Academic Cluster International Spring Conferences, 2019 ระหว่างวันที่ 3–5 เมษายน 2562 ณ infoRooms Tokyo เมืองโตเกียว ประเทศญี่ปุ่น

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี