รายงานผลงานเรื่องเต็มการทดลองที่สิ้นสุด ปี 2563

---

1. แผนงานวิจัย : แผนบูรณาการวิจัยเทคโนโลยีการผลิตเมล็ดพันธุ์สู่การเกษตรที่มั่นคงและยั่งยืน

2. โครงการวิจัย : การวิจัยและพัฒนาระบบการผลิตหัวพันธุ์มันฝรั่ง

3. ชื่อการทดลอง (ภาษาไทย) : ศึกษาการเจริญเติบโตของหัวพันธุ์มันฝรั่ง (G0) โดยการ greening ในระบบแอโรโปนิค

ชื่อการทดลอง (ภาษาอังกฤษ) : The study of greening on growing in G0 seed potato under aeroponic system

รหัสโครงการวิจัยที่ : 01-127-60-01-00-00-02-60

4. คณะผู้ดำเนินงาน

หัวหน้าการทดลอง	: นางสาวอรทัย วงค์เมธา	ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่
ผู้ร่วมงาน	: นายกิตติชัย แซ่ย่าง	ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่
	: นางสาวอรอนงค์ สว่างสุริยวงษ์	ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่
	: นางสาวทิพยาภรณ์ พุทธรักษา	ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่
	: นางสุรัสวดี ปัญญาเพิ่ม	ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่
	: นางสาววีระพรรณ ตันเส้า	ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่
	: นายเสกสรณ์ ย่างกุลไพโรจน์	ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่

กรมวิชาการเกษตร

5. บทคัดย่อ

การศึกษาการเจริญเติบโตของหัวพันธุ์มันฝรั่ง (G0; pre-basic seed) โดยการ greening ในระบบแอโรโปนิค ดำเนินการทดสอบที่ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ (แม่เหียะ) ต.หนองควาย อ.หางดง จ.เชียงใหม่ และศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ (ขุนวาง) ต.แม่วิน อ.แม่วาง จ.เชียงใหม่ ปี 2560-2563 วางแผนการทดลอง Randomized Completely Block Design (RCBD) ประกอบด้วย 4 กรรมวิธีๆ ละ 4 ซ้ำๆ ได้แก่ ไม่มีการ greening หัวพันธุ์มันฝรั่ง (Control) การ greening หัวพันธุ์มันฝรั่ง 3 วัน 6 วัน และ 9 วัน นำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5±1°C เป็นเวลา 8 เดือน (32 สัปดาห์) โดยบันทึกเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของผลผลิต จำนวนตา การงอกของตา และคุณภาพของผลผลิต พบว่าหัวพันธุ์มันฝรั่งที่ผ่านการ greening เป็นเวลา 9 วัน จะมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักเฉลี่ยน้อยที่สุด 11 % และมีจำนวนตาที่งอกน้อยที่สุด 13.8 ตา ภายหลังจาเก็บรักษา 8 เดือน หัวพันธุ์มันฝรั่งที่ผ่านการ greening เป็นเวลา 3 วัน และ ไม่มีการ greening ภายหลังการเก็บรักษา 8 เดือน จะมีขนาดความกว้างของตาอยู่ระหว่าง 2.5-2.6 มิลลิเมตร มีขนาดความยาวของตาเฉลี่ยน้อยที่สุด 3.6 มิลลิเมตร มีปริมาณน้ำตาลซูโครส กลูโคส และฟรุกโตส อยู่ระหว่าง 7.9-8.2, 8.1-8.3 และ 8.3-8.4 % ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับการ greening หัวพันธุ์มันฝรั่ง 9 วัน และมีอายุการเก็บรักษานาน 7-7.5 เดือน ส่วน

มันฝรั่งที่ผ่านการ greening 6 วัน จะทำให้มีปริมาณสาร solanine สูงที่สุด 34.26 µg g^{-1} และ การ greening 9 วัน จะทำให้มีปริมาณสาร chaconine สูงที่สุด 70.14 µg g^{-1} จากนั้นนำหัวพันธุ์มันฝรั่ง G0 ที่ผ่านการ greening ในระยะเวลาที่แตกต่างกันมาปลูกทดสอบในสภาพแปลง (G1; basic seed) เพื่อ**ศึกษาการเจริญเติบโตของหัวพันธุ์มันฝรั่ง (G0) โดยการ greening ในระบบแอโรโปนิคในสภาพแปลง (G1)** ปี 2561-2563 โดยวางแผนการทดลองแบบ Randomized Completely Block Design (RCBD) ประกอบด้วย 4 กรรมวิธีๆ ละ 5 ซ้ำ ประกอบด้วย หัวพันธุ์มันฝรั่ง G0 ไม่มีการ greening (Control) การ greening หัวพันธุ์มันฝรั่ง 3 วัน 6 วัน และ 9 วัน พบว่า การ greening หัวพันธุ์มันฝรั่ง 6 วัน จะทำให้ได้ผลผลิต G1 ที่มีน้ำหนักต่อหลุมมากที่สุด 472.5 กรัม น้ำหนักผลผลิตเฉลี่ยต่อ 20 ตารางเมตร 30.9 กิโลกรัม น้ำหนักผลผลิตเกรด 3 (Ø4.5-5.5 cm) 539 กิโลกรัม และผลผลิตเฉลี่ยต่อไร่มากที่สุด 2,465 กิโลกรัม ซึ่งไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกรรมวิธีอื่นๆ มีเปอร์เซ็นต์แป้งสูงที่สุด 16.7 % และปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (TSS) และปริมาณน้ำตาลกลูโคสในหัวพันธุ์มันฝรั่งน้อยที่สุด 5.7 % ไม่แตกต่างทางสถิติกับกรรมวิธีอื่นๆ และลดเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคใบไหม้ในแปลงลงร้อยละ 24 เมื่อเปรียบเทียบกับการไม่ greening นอกจากนี้การ greening 9 วัน จะมีเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคใบไหม้ในแปลงลงน้อยที่สุด 4.2 % หรือลดการเกิดโรคลงร้อยละ 40 เมื่อเปรียบเทียบกับการไม่ greening ดังนั้นการ greening หัวพันธุ์มันฝรั่ง 3 วัน เหมาะสำหรับการเก็บรักษาหัวพันธุ์มันฝรั่งที่อุณหภูมิ 5±1°C ได้นาน 7-7.5 เดือน ในขณะที่การ greening หัวพันธุ์มันฝรั่ง 6 วัน และ 3 วัน เมื่อนำไปปลูกในสภาพแปลงสามารถให้ผลผลิตหัวพันธุ์มันฝรั่งชั้นรับรอง (G1) ได้มากที่สุด และช่วยลดการเกิดโรคใบไหม้ในแปลงลงได้

คำสำคัญ: การ greening การผลิตหัวพันธุ์ ระบบแอโรโปนิค อายุการเก็บรักษา มันฝรั่ง

Abstract

The study of greening on growing in G0 (pre-basic seed) seed potato under aeroponic system was conducted at the Chiang Mai Royal Agricultural Research Center (CMRARC), Chiang Mai in Meahea and Khunwang sub stations during 2017-2020. The experiment was laid out using a randomized completely block design (RCBD) with four treatments of non-greening (control), 3, 6 and 9 days greening, and four replications after that storage at 5±1°C in 8 months (32 weeks). The weight loss, sprout number, sprout germination and quality attributes after storage were evaluated. Seed potato that treated with 9 days greening after storage 32 weeks were delayed weight loss (11%), sprout germination (13.8 sprouts) after storage 8 months. After storage finishing, the sprout length of seed that treated with 3 days greening and untreated (3.6 mm both) was less than other greening. These greening were in the 2.5-2.6 mm sprout width, 7.9-8.2% sucrose, 8.1-8.3% glucose and 8.3-8.4% fructose which significantly different in 9 days greening and the storage life showed 7-7.5 months. The highest solanine content (34.26 µg g^{-1}) was found in seed

กรมวิชาการเกษตร

that treated with 6 days greening while chaconine content (70.14 µg g^{-1}) was found in 9 days greening. After that, G0 potato seed that treated with all treatments (greening) were conducted a cultivation test in research field for study of G1 (basic seed) growth that planted from G0 greening under aeroponic system in 2018-2020. The experiment was laid out using a randomized completely block design (RCBD) with four treatments of G0 seed from non-greening (control), G0 seed from 3, 6 and 9 days greening, and five replications. The G1 production from 6 days G0 greening was higher weight per plant (472.5 g), weight per 20 m^2 (30.9 kg), weight of grade 3 (Ø4.5-5.5 cm) (539 kg) and yield production (2,465 kg/rai) however did not significantly different than other treatment. In addition, G1 from 6 days greening showed the highest of starch (16.7%), the lowest of glucose (5.7%) but did not significantly different and reduced late blight incidence (24%) in the field when compared with ungreening. However, the percentage of late blight incidence in the field (4.2% or 40% decrease diseases incidence) of G1 from 9 days greening was less than ungreening. In summary, G0 potato that treated with 3 days greening was appropriate technique for prolong the storage life at 5±1°C in 7-7.5 months (28-30 weeks). Whereas, the G1 production from 6 and 3 days G0 greening were represented high yield and reduced late blight incident in the field.

Keywords: Greening, seed production, aeroponic system, storage life, potato

6. คำนำ

มันฝรั่ง (*Solanum tuberosum* L.) อยู่ในวงศ์ *Solanaceae* เป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย การผลิตมันฝรั่งส่วนใหญ่เพื่อเป็นวัตถุดิบสำหรับแปรรูปส่งโรงงาน จากข้อมูลของกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ในปี 2560 มีพื้นที่ 37,858 ไร่ เป็นมันฝรั่งพันธุ์โรงงาน 35,482 ไร่ พันธุ์บริโภคสด 2,376 ไร่ ผลผลิตรวม 107,103 ตัน เป็นมันฝรั่งพันธุ์โรงงาน 101,080 ตัน พันธุ์บริโภค 6,023 ตัน (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2561) ดังนั้นจึงทำให้อุตสาหกรรมมันฝรั่งแปรรูปของประเทศไทยมีมูลค่ามากกว่า 9,000 ล้านบาทต่อปี โดยการส่งเสริมและลงทุนในอุตสาหกรรมแปรรูปมันฝรั่งแผ่นทอดกรอบในประเทศจากภาคเอกชน 3 บริษัท ได้แก่ บริษัท เป๊ปซี่-โคล่า (ไทย) เทรดดิ้ง จำกัด บริษัท เบอร์ลี่ ยุคเกอร์ฟู้ดส์ จำกัด และบริษัท ยูนิแชมป์ จำกัด (สมบัติ, 2556) มีความต้องการมันฝรั่งสดสูงถึง 10,300 ตันต่อเดือนตลอดทั้งปี หรือ 150,000 ตันต่อปี เพื่อใช้ในการแปรรูป (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2557; ชวาลา, 2559) ส่งผลให้เกษตรกรมีความต้องการหัวพันธุ์มันฝรั่งที่มีคุณภาพ ปลอดโรค และราคาถูก มากกว่า 10,000 ตันต่อปี แต่อย่างไรก็ตามผลผลิตของหัวพันธุ์มันฝรั่งภายในประเทศมีไม่เพียงพอ ผู้ประกอบการจึงนำเข้าหัวพันธุ์มันฝรั่งจากต่างประเทศประมาณ 6,500 ตันต่อปี ทำให้สูญเสียเงินตราต่างประเทศคิดเป็นมูลค่ากว่า 227.5 ล้านบาท (อรทัย, 2562) ทำให้ต้นทุนการผลิตมันฝรั่งสูง เนื่องจากค่าแรงและค่าหัวพันธุ์ที่

ศรีวิชาการเกษตร

นำเข้าจากต่างประเทศมีราคาแพง ประกอบกับหัวพันธุ์ที่เกษตรกรเป็นผู้ผลิต และเก็บไว้ใช้เองไม่มีคุณภาพ มีการติดโรคแบคทีเรีย (*Ralstonia solanacearum*) ทำให้ได้ผลผลิตต่อไร่ต่ำ พันธุ์ที่เกษตรกรใช้ปลูกเป็นพันธุ์ Atlantic ที่อ่อนแอต่อโรคใบไหม้ (*Phytophthora infestans*) มีการแพร่ระบาดมากในทุกระยะการปลูก ทำให้ต้นตายก่อนการลงหัว (สุรชาติ และคณะ, 2540)

การเพิ่มคุณภาพการผลิตหัวพันธุ์มันฝรั่ง ด้วยการเสริมสร้างหัวพันธุ์มันฝรั่งให้มีความแข็งแรงภายใต้แสงสว่าง หรือจากแสงฟลูออเรสเซ็นส์ ชักนำให้ผิวเปลือกเปลี่ยนเป็นสีเขียว (greening) เนื่องจากกระบวนการ Metabolic pathways (Tanios *et al*., 2020) ส่งผลให้หัวพันธุ์มีความแข็งแรง มีการเจริญเติบโตดี ช่วยในการป้องกันการเข้าทำลายของแมลงและโรคในมันฝรั่ง โดยบริเวณเปลือกที่เป็นสีเขียวจะมีปริมาณ solanine สะสมอยู่มาก (Cantwell, 1996) เนื่องจากแสงที่ส่องโดยตรงทำให้หัวมันฝรั่งเกิดการสังเคราะห์ Chlorophyll และ glycoalkaloid เกิดจากการตอบสนองของหัวมันฝรั่งต่อแสงที่ส่องโดยตรง และ glycoalkaloid เกิดจาก α-solanine และ α-chaconine (Grunenfelder *et al*., 2006) ซึ่ง α-chaconine ที่ความเข้มข้นสูงมีผลทำให้หัวมันฝรั่งเกิดความขม และเป็นพิษกับมนุษย์ สัตว์ โดยมีผลต่อระบบประสาท ขัดขวางการทำงานของเมมเบรน ส่วน solanine จะทำให้เกิดอาการปวดหัว คลื่นไส้ เมื่อยล้า อาเจียน ปวดท้อง และ ท้องเสีย และสัตว์จะได้รับพิษเมื่อกินมันฝรั่ง 3-10 กรัมซึ่งมีสาร glycoalkaloid อยู่ 100 กรัมเข้าไป (Cantwell, 1996). ดังรายงานของ Naik and Sarkar (1997) พบว่าการใช้แสงชักนำในหัวพันธุ์มันฝรั่งขนาดเล็ก (microtubers) จำนวน 16 สายพันธุ์ ทำให้มีความแข็งแรงระหว่างการเก็บรักษา ช่วยลดการเหี่ยวย่น ลดการสูญเสียน้ำหนัก เพิ่มการงอกของตามันฝรั่ง ซึ่งเป็นไปในทิศทางเดียวกับการศึกษาของ Muthoni *et al*. (2014) ได้รายงานการเก็บรักษาหัวพันธุ์มันฝรั่ง 8 สายพันธุ์ ได้แก่ Asante, Desiree, Dutch Robjin, Kenya Karibu, Kenya Mpya, Kenya Mavuno, Sherekea และ Tigoni ในประเทศเคนย่าภายใต้แสงสว่าง (diffuse light store; DLS) ภายในโรงเรือนเก็บรักษาที่ทำจากไม้และใช้หลังคาสังกะสี หรือผนังทำจากดินเหนียวและใช้หลังคาสังกะสี สามารถเก็บรักษาหัวพันธุ์มันฝรั่งได้นาน 8 เดือน เพื่อใช้ปลูกในฤดูกาลต่อไป หัวพันธุ์มันฝรั่งหลังเก็บรักษานาน 8 เดือนจะมีผิวผลเหี่ยวย่นเพียงเล็กน้อย แต่ยังคงมีอัตราการงอกดี และความแน่นเนื้อดี ส่วน Gachango *et al*. (2008) รายงานการนำมันฝรั่งสายพันธุ์ Tigoni, Asante และ Dutch Robyjn ไปวางไว้ภายใต้ความเข้มแสง 612.2 kW (พรางแสง), 1376 kW (ได้รับแสงโดยตรง) and 8 kW (ในที่มืด) นาน 12 เดือน พบว่าหัวพันธุ์ที่เก็บในที่มืดจะทำให้มีการสูญเสียน้ำหนักน้อยกว่าในที่ได้รับแสงโดยตรง หัวพันธุ์ที่เก็บในที่มืดจะทำให้มีตางอกยาว และมีการชักนำให้เกิดตางอกมากกว่าวิธีการอื่น หลังจากเก็บรักษาหัวพันธุ์ไว้ 12 สัปดาห์ หัวพันธุ์มันฝรั่งจะมีการงอกของตา 100% และหัวพันธุ์ยังคงสภาพดี ไม่เน่าเสีย แต่อย่างไรก็ตามการเก็บรักษาหัวพันธุ์ไว้ในที่มีแสงจะทำให้มีการเข้าทำลายของมอดมันฝรั่งมากกว่าในที่มืด ดังนั้นการเก็บรักษาหัวพันธุ์มันฝรั่งด้วยการพรางแสง (612.2-1,000 kW) จะทำให้มีการชักนำให้เกิดตาขนาดสั้นแข็งแรง และลดการสูญเสียน้ำหนักได้

ปัญหาดังกล่าวเป็นข้อจำกัดต่อการขยายตัวของอุตสาหกรรมแปรรูปมันฝรั่งในประเทศไทย เพื่อแก้ปัญหาการผลิตและการขาดแคลนหัวพันธุ์ปลอดโรค ทำให้ดำเนินการวิจัยพัฒนาระบบการผลิตหัวพันธุ์ที่ไม่ใช้

กรมวิชาการเกษตร

ดินหรือวัสดุปลูก โดยศึกษาการผลิตหัวพันธุ์มันฝรั่ง G0 ในระบบแอโรโปนิค ร่วมกับการผึ่งหัวพันธุ์ (greening) ภายใต้แสงสว่าง ที่มีผลต่อเจริญเติบโตและผลผลิตของหัวพันธุ์มันฝรั่งในรุ่น G1 ซึ่งเป็นวิธีการที่จะทำให้หัวพันธุ์มีความแข็งแรง ผลผลิตสูง และลดปัญหาการติดโรคมากับหัวพันธุ์ เพื่อให้เกษตรกรได้ใช้หัวพันธุ์ที่มีคุณสมบัติในการแปรรูปดี (processing quality) และราคาถูก มีความทนทานต่อโรค และมีสุขภาพที่ดี ทำให้เกษตรกรมีรายได้เพิ่มขึ้น และมีคุณภาพชีวิตที่ดี (ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่, 2556; อรทัย, 2557)

7. วิธีดำเนินการ

- อุปกรณ์

1. วัสดุอุปกรณ์ ได้แก่ ขวดแก้วขนาด 4 ฝา กระบะปลูก ปั๊มน้ำระบบพ่นฝอย ตัวควบคุมตั้งเวลา แผ่นโฟม ใบมีด น้ำยาฆ่าเชื้อดีโซเจิร์มเอสพี ถุงดำ สารละลายปุ๋ยสูตร A สูตร B และ สูตร C สาร NH_4OH Acetic acid Acetonitrile Tetrahydrofuran Solanine Chaconine ชุดตรวจสอบไวรัส ชุดตรวจสอบแบคทีเรีย เครื่อง HPLC เครื่องวัดความแน่นเนื้อ เครื่องวัดปริมาณน้ำตาล (ซูโครส กลูโคส ฟรักโตส TSS) เครื่องวัดกรดมาลิก อุปกรณ์เครื่องแก้ววิทยาศาสตร์ และสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชพันธุ์มันฝรั่ง
2. วัสดุสำนักงาน ได้แก่ กระดาษ ปากกาเมจิก ปากกา ดินสอ ไม้บรรทัด ป้ายแท็กแข็ง
3. วัสดุคอมพิวเตอร์ ได้แก่ หมึกพิมพ์
4. วัสดุโฆษณาเผยแพร่ ได้แก่ กล้องถ่ายรูปดิจิตอล

- วิธีการ

ขั้นตอนที่ 1 ศึกษาการเจริญเติบโตของหัวพันธุ์มันฝรั่ง (G0) โดยการ greening ในระบบแอโรโปนิคในโรงเรือนแอโรโปนิค (G0)

<u>แผนการทดลอง</u> วางแผนการทดลองแบบ Randomized Completely Block Design (RCBD) ประกอบด้วย 4 กรรมวิธีๆ ละ 4 ซ้ำๆ ละ 3 หัว ดังนี้

กรรมวิธีที่ 1 ไม่มีการ greening หัวพันธุ์มันฝรั่ง (Control)
กรรมวิธีที่ 2 greening หัวพันธุ์มันฝรั่ง 3 วัน
กรรมวิธีที่ 3 greening หัวพันธุ์มันฝรั่ง 6 วัน
กรรมวิธีที่ 4 greening หัวพันธุ์มันฝรั่ง 9 วัน

<u>วิธีการดำเนินงาน</u>

1. เตรียมอุปกรณ์และระบบการปลูกพืชแบบแอโรโปนิค ซึ่งประกอบด้วยกระบะปลูกขนาด (กว้างxยาวxสูง) 60x120x80 ซม. และใช้ปั๊มน้ำระบบพ่นฝอย (1 หัวพ่นให้น้ำปริมาณ 7.5 ลิตรต่อชั่วโมง) และตัวควบคุมตั้งเวลาการพ่นสารละลาย ปิดด้วยแผ่นโฟมขนาด 60x120 ซม. จำนวน 3 แผ่น ที่เจาะรูสำหรับปลูกต้นปักชำมันฝรั่งระยะ 10x10 ซม. (216 ต้น/กรรมวิธี/ซ้ำ)

กรมวิชาการเกษตร

2. เตรียมต้นกล้ามันฝรั่ง โดยตัดชำต้นมันฝรั่งภายหลังปลูกต้นอ่อนปลอดเชื้อที่ได้จากโรงเรือนผลิตต้นแม่พันธุ์ 45 วัน ในเดือนพฤศจิกายน นำยอดของต้นแม่พันธุ์ที่มีใบติดอยู่ 3 ใบ ปักชำลงในแผ่นโฟมซึ่งรองรับต้นกล้าด้วยฟองน้ำ โดยให้ข้ออยู่เหนือแผ่นโฟม 1-2 ข้อ ส่วนน้ำที่จะนำมาผสมสารละลายต้องฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ด้วยโอโซนที่ระดับความเข้มข้น 5 ppm เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ก่อนนำน้ำไปใช้

3. ในสัปดาห์แรกหลักปักชำให้พ่นน้ำเปล่า โดยใช้เวลาพ่นน้ำ 2 นาที หยุด 3 นาที หลังจากนั้นจึงให้ปุ๋ย A ปุ๋ย B และ ปุ๋ย C โดยให้น้ำและสารละลายด้วยระบบพ่นฝอยแก่รากมันฝรั่งที่อยู่ใต้แผ่นโฟม เมื่อต้นมันฝรั่งอายุได้ 1 เดือน ใช้เวลาพ่นสารละลาย 1.30 นาที หยุด 40 นาที ต่อเนื่องกันตลอดเวลาขึ้นอยู่กับฤดูปลูก และช่วงเดือนสุดท้ายก่อนเก็บเกี่ยว ใช้เวลาพ่นสารละลาย 1 นาที 30 วินาที และหยุด 1 ชม. 30 นาที

4. เตรียมสารละลายปุ๋ยสูตร A ได้แก่ แคลเซียมไนเตรท ($Ca(NO_3)_2$) (15-0-0) อัตรา 47.5 กิโลกรัม, เหล็กคีเลท (Fe EDTA) อัตรา 1.1 กิโลกรัม ต่อน้ำ 200 ลิตร ปุ๋ยสูตร B ได้แก่ โพแทสเซียมไนเตรท (KNO_3) (13-0-46) อัตรา 40.5 กิโลกรัม โมโนแอมโมเนียมฟอสเฟต ($NH_4H_2PO_4$) (12-60-0) อัตรา 7.75 กิโลกรัม แมกนีเซียมซัลเฟต ($MgSO_4$) (0-0-0+16) อัตรา 25 กิโลกรัม ต่อน้ำ 200 ลิตร และ ปุ๋ยสูตร C ได้แก่ H_3BO_3 (บอริกแอซิด) อัตรา 140 กรัม ซิงค์ซัลเฟต ($ZnSO_4$) อัตรา 10 กรัม $MnSO_4$ (แมงกานิสซัลเฟต) อัตรา 100 กรัม $CuSO_4$ (คอปเปอร์ซัลเฟต) อัตรา 4 กรัม และ $(NH_4)_6Mo_7O_{24}$ (แอมโมเนียมโมลิปเดต) อัตรา 1 กรัม ต่อน้ำ 200 ลิตร (ดัดแปลงจาก Kim, 2014)

5. ปรับค่า pH ระหว่าง 5.5-6.0 ค่า EC ของความเข้มข้นของปุ๋ยอยู่ระหว่าง 0.2-1.32 ms/cm (ช่วงเริ่มปลูก-ก่อนเก็บเกี่ยว) ขึ้นอยู่กับช่วงระยะเวลาการเจริญเติบโต

6. พ่นสารป้องกันกำจัดโรคและแมลงตามความจำเป็น เมื่อต้นมันฝรั่งอายุได้ 30 วัน และ 60 วัน ตรวจสอบโรคไวรัส ด้วยชุดทดสอบไวรัส (Glift kit-virus) และตรวจสอบโรคแบคทีเรีย ภายหลังเก็บเกี่ยวหัวพันธุ์มันฝรั่ง ด้วยชุดทดสอบแบคทีเรีย (Glift kit-bacteria wilt) และในระหว่างดูแลรักษาหากพบต้นผิดปกติต้องถอนและเผาทำลายทิ้ง

7. เมื่อหัวพันธุ์มันฝรั่งอายุ 90 วัน ให้ปิดระบบน้ำ และทำการเก็บเกี่ยวหัวพันธุ์มันฝรั่งตามแต่ละกรรมวิธี โดย

กรรมวิธีที่ 1 ไม่ต้องเปิดแผ่นโฟมหลังจากปิดระบบน้ำ 7 วัน ให้เก็บเกี่ยวหัวพันธุ์มันฝรั่งเมื่ออายุ 90 วันหลังปลูก

กรรมวิธีที่ 2 เปิดแผ่นโฟมหลังจากปิดระบบน้ำทันที ให้ต้นมันฝรั่งได้รับแสง 3 วัน เก็บเกี่ยวมันฝรั่งเมื่ออายุ 93 วันปลังปลูก

กรรมวิธีที่ 3 เปิดแผ่นโฟมหลังจากปิดระบบน้ำทันที ให้ต้นมันฝรั่งได้รับแสง 6 วัน เก็บเกี่ยวมันฝรั่งเมื่ออายุ 96 วันปลังปลูก

กรรมวิธีที่ 4 เปิดแผ่นโฟมหลังจากปิดระบบน้ำทันที ให้ต้นมันฝรั่งได้รับแสง 9 วัน เก็บเกี่ยวมันฝรั่งเมื่ออายุ 99 วันปลังปลูก

กรมวิชาการเกษตร

8. หลังจาก greening หัวพันธุ์มันฝรั่งโดยใช้แสงธรรมชาติ ต้นและรากมันฝรั่งจะเหี่ยวแห้ง และหัวพันธุ์มันฝรั่งจะมีสีเขียวอ่อน และมีจุดสีน้ำตาลของเลนติเซลเกิดขึ้นซึ่งจะทำให้หัวพันธุ์มีความแข็งแรงทนทานโรค ให้ทำการตัดรากใต้แผ่นโฟมลงมา 1-2 นิ้ว โดยใช้กรรไกรตัดกิ่ง

9. เก็บเกี่ยวหัวพันธุ์มันฝรั่งโดยแยกหัวออกจากรากใส่ในตะกร้าพลาสติก และขนย้ายมาที่โรงคัดขนาดอย่างรวดเร็ว

10. ทำการคัดแยกเกรด โดยแบ่งขนาดเป็น 4 เกรด และให้คัดหัวพันธุ์ที่มีรอยฉ่ำน้ำสีน้ำตาล, รอยตำหนิอื่นๆ รอยหนูกัดแทะ และหัวที่เปลี่ยนเป็นสีเหลืองออกทิ้ง จากนั้นนำไปเก็บที่อุณหภูมิ 5±1°C เพื่อใช้ในการผลิต G1 ต่อไป

11. บันทึกข้อมูล ได้แก่ เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก และคุณภาพผลผลิตระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 8 เดือน

<u>การบันทึกข้อมูล</u>

1. วันที่ทำการทดสอบ ได้แก่ วันที่ปลูก ดูแลรักษา และเก็บเกี่ยว
2. เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของผลผลิต
3. คุณภาพของผลผลิต ได้แก่ จำนวนตา การงอกของตา ความแน่นเนื้อ กรดมาลิก ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (Total soluble solids; TSS) น้ำตาลซูโครส น้ำตาลกลูโคส น้ำตาลฟรุกโตส เปอร์เซ็นต์การเกิดโรค และ ปริมาณสารไกลโคอัลคาลอยด์ (glychoalkaloid)

วิธีการหาปริมาณสารไกลโคอัลคาลอยด์ (glychoalkaloid) ในระหว่างการเก็บรักษา

1) ศึกษาวิธีการสกัดสารไกลโคอัลคาลอยด์

ดำเนินการเปรียบเทียบวิธีการสกัดสารไกลโคอัลคาลอยด์จากเปลือกมันฝรั่ง โดยหาวิธีการสกัดสารให้ได้ปริมาณมากที่สุด จาก 4 วิธีการ ดังนี้

กรรมวิธีที่ 1 การสกัดสารไกลโคอัลคาลอยด์ โดยประยุกต์ใช้วิธีของ Friedman *et al*. (2003) แบบที่ 1

1. ล้างหัวมันฝรั่ง เช็ดให้แห้ง ปอกเปลือกมันฝรั่งหนาประมาณ 1 mm จุ่มลงในไนโตรเจนเหลว แล้วนำไปทำ freeze-dried
2. ชั่งตัวอย่าง 1 g สกัดด้วย 5% acetic acid 40 ml แล้วนำเข้าเครื่อง ultrasonication 10 นาที แล้วกรอง ล้างตะกอน ด้วย 5% acetic acid 30 ml จำนวน 3 ครั้ง
3. นำสารที่กรองได้ทั้งหมดมารวมกันแล้วเติม NH_4OH 10 ml เพื่อตกตะกอน glycoalkaloids นำสารที่ได้ต้มที่อุณหภูมิ 70°C นาน 50 นาที แล้วแช่เย็นข้ามคืน เก็บตะกอนโดยปั่นเหวี่ยงที่ 18,000g 10 นาที ที่ 1°C
4. ล้างตะกอนด้วย 2% NH_4OH จำนวน 2 ครั้ง กรองตะกอนด้วยเครื่อง vacuum pump ทำตะกอนให้แห้งด้วยเครื่อง vacuum drying oven under pressure แบบสูญญากาศ ที่อุณหภูมิ 30°C ล้างตะกอนด้วย

กรมวิชาการเกษตร

ส่วนผสมของ tetrahydrofuran/ acetonitrile/20 mM KH_2PO_4 (50:30:20 v/v) 1 ml แล้วปั่นเหวี่ยงที่ 18,000 g นาน 10 นาที ที่ 1ºC ดูดสารละลายตัวอย่าง 20 µl ไปใช้ในการวิเคราะห์

5. ทำการวิเคราะห์หาสารไกลโคอัลคาลอยด์ (solanine และ chaconine) โดยใช้เครื่อง HPLC ยี่ห้อ Agilent รุ่น 1200 series ณ ห้องปฏิบัติการ HPLC สถาบันบริการตรวจสอบคุณภาพและมาตรฐานผลิตภัณฑ์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เมื่อวันที่ 13 มีนาคม 2562 เงื่อนไขดังนี้
   - UV detector 310 nm
   - Mobile phase : acetonitrile/20 mM KH2PO4 (80:20, v/v)
   - Flow rate 1 mL/Min 20ºC

กรรมวิธีที่ 2 การสกัดสารไกลโคอัลคาลอยด์ โดยประยุกต์ใช้วิธีของ Friedman *et al*. (2013) แบบที่ 2

1. ล้างหัวมันฝรั่ง เช็ดให้แห้ง ปอกเปลือกมันฝรั่งหนาประมาณ 1 mm ชั่งตัวอย่าง 1 g จุ่มลงในไนโตรเจนเหลว แล้วบดในโกร่งให้ละเอียดโดยใช้ไนโตรเจนเหลว
2. สกัดด้วย 5% acetic acid 40 ml ตั้งทิ้งไว้ 10 นาที กรองตะกอนด้วยเครื่อง vacuum pump ที่อุณหภูมิห้อง
3. ละลายตะกอนด้วย 0.2N HCL 40 ml
4. ตกตะกอน glycoalkaloids ด้วย NH_4OH 10 ml แล้วนำไปปั่นเหวี่ยง ที่ 18,000 g นาน 10 นาที ที่ 1ºC
5. ละลายตะกอนด้วย tetrahydrofuran/acetonitrile/20 mM KH_2PO_4 (50:30:20, v/v) 2 ml แล้วนำไปปั่นเหวี่ยงที่ 18,000g นาน 10 นาที ที่ 1ºC ดูดส่วนสารละลายตัวอย่าง 20 µl ไปใช้ในการวิเคราะห์
6. ทำการวิเคราะห์หาสารไกลโคอัลคาลอยด์ (solanine และ chaconine) โดยใช้เครื่อง HPLC ยี่ห้อ Agilent รุ่น 1200 series ณ ห้องปฏิบัติการ HPLC สถาบันบริการตรวจสอบคุณภาพและมาตรฐานผลิตภัณฑ์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เมื่อวันที่ 13 มีนาคม 2562 เงื่อนไขดังนี้
   - UV detector 310 nm
   - Mobile phase : acetonitrile/20 mM KH_2PO_4 (80:20, v/v)
   - Flow rate 1 mL/Min 20 ºC

กรรมวิธีที่ 3 การสกัดสารไกลโคอัลคาลอยด์ โดยประยุกต์ใช้วิธีของ Jin *et al*. (2018)

1. ล้างหัวมันฝรั่ง เช็ดให้แห้ง ปอกเปลือกมันฝรั่งหนาประมาณ 1 mm ชั่งตัวอย่าง 1 g บดในโกร่งจนละเอียดโดยใช้ไนโตรเจนเหลว
2. สกัดด้วย 5% acetic acid 40 ml แล้วนำเข้าเครื่อง ultrasonication 10 นาที
3. ตกตะกอน glycoalkaloids ด้วย NH_4OH
4. ละลายตะกอนด้วย tetrahydrofuran/acetonitrile/20 mM KH_2PO4 (50:30:20, v/v) ปริมาณ 500-1,000 µl แล้วนำไปปั่นเหวี่ยงที่ 18,000g 10 นาที 1 ºC ดูดส่วนสารละลายตัวอย่าง 20 µl ไปใช้ในการวิเคราะห์

ศรีวิชัยการเกษตร

5. ทำการวิเคราะห์หาสารไกลโคอัลคาลอยด์ (solanine และ chaconine) โดยใช้เครื่อง HPLC ยี่ห้อ Agilent รุ่น 1200 series ณ ห้องปฏิบัติการ HPLC สถาบันบริการตรวจสอบคุณภาพและมาตรฐานผลิตภัณฑ์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เมื่อวันที่ 13 มีนาคม 2562 เงื่อนไขดังนี้

   - UV detector 310 nm
   - Mobile phase : acetonitrile/20 mM KH_2PO_4 (80:20, v/v)
   - Flow rate 1 mL/Min 20 ºC

กรรมวิธีที่ 4 การสกัดสารไกลโคอัลคาลอยด์ โดยประยุกต์ใช้วิธีของ Friedman *et al*. (2017)

1. ล้างหัวมันฝรั่ง เช็ดให้แห้ง ล้างหัวมันฝรั่ง เช็ดให้แห้ง ปอกเปลือกมันฝรั่งหนาประมาณ 1 mm จากนั้นนำมาทำ freeze dry แล้วบดให้เป็นผงด้วยเครื่องบด grinder
2. ชั่งตัวอย่าง 1 กรัม สกัดด้วย 5% acetic acid 20 ml แล้วนำเข้าเครื่อง ultrasonication 60 นาที ที่อุณหภูมิห้อง จากนั้นกรองด้วย filter pump ทำการล้างตะกอน 3 ครั้งด้วย 5% acetic acid 20 ml นำส่วนสารละลายที่ได้มารวมกัน เทใส่ flask 100 ml
3. เติม NH_4OH_3 3 ml เพื่อตกตะกอน glycoalkaloids นำหลอดสารละลายที่ได้ต้มในเครื่อง water bath ที่อุณหภูมิ 70 ºC นาน 50 นาที แล้วแช่เย็นข้ามคืน เก็บตะกอนโดยปั่นเหวี่ยงที่ 18,000g (14,100 rpm) 10 นาที ที่ 5 ºC
4. ล้างตะกอนในหลอดเหวี่ยง ด้วย 2% NH_4OH 1-3 ml 2 ครั้ง ดูดสารละลายทิ้ง ทำตะกอนให้แห้งด้วยเครื่อง vacuum drying oven under pressure แบบสุญญากาศ ที่อุณหภูมิ 30ºC ล้างตะกอนด้วยส่วนผสมของ acetonitrile/20 mM KH_2PO_4 (50:30:20, v/v) 2 ml แล้วปั่นเหวี่ยงที่ 18,000 g นาน 10 นาที ที่ 5 ºC ดูดส่วนสารละลายตัวอย่าง 20 µl ไปใช้ในการวิเคราะห์
5. ทำการวิเคราะห์หาสารไกลโคอัลคาลอยด์ (solanine และ chaconine) โดยใช้เครื่อง HPLC ยี่ห้อ Agilent รุ่น 1200 series ณ ห้องปฏิบัติการ HPLC สถาบันบริการตรวจสอบคุณภาพและมาตรฐานผลิตภัณฑ์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เมื่อวันที่ 13 มีนาคม 2562 เงื่อนไขดังนี้

   - UV detector 310 nm
   - Mobile phase : acetonitrile/20 mM KH_2PO_4 (80:20, v/v)
   - Flow rate 1 mL/Min 20 ºC

2) ทดสอบวิธีการสกัดสารไกลโคอัลคาลอยด์

นำวิธีการสกัดสารไกลโคอัลคาลอยด์จากเปลือกมันฝรั่งวิธีที่ 2 นำมาประยุกต์ปรับใช้กับอุปกรณ์ที่มีอยู่ในห้องปฏิบัติการ ศกล.ชม ดังนี้

วิธีการที่ 2 ประยุกต์ใช้วิธีของ Friedman *et al*. (2017)

1. ล้างหัวมันฝรั่งในแต่ละกรรมวิธี เช็ดให้แห้ง ปอกเปลือกมันฝรั่งหนาประมาณ 1 mm จุ่มลงในไนโตรเจนเหลว แล้วบดในโกร่งให้ละเอียดโดยใช้ไนโตรเจนเหลว

ศูนย์วิทยทรัพยากร

2. ชั่งตัวอย่าง 1 g สกัดด้วย 5% acetic acid 40 ml แล้วนำเข้าเครื่อง ultrasonication 10 นาที กรองตะกอนผ่านแผ่นกรองเบอร์ 1 ขนาด 12.5 cm 11 µm ด้วยเครื่อง vacuum pump ที่อุณหภูมิห้อง เก็บกากไว้ทำขั้นตอนที่ 3 และทิ้งสารละลาย
3. ละลายตะกอนด้วย 0.2N HCL 40 ml ด้วยเครื่อง vacuum pump ที่อุณหภูมิห้อง เก็บสารละลายไว้ นำกากทิ้ง
4. ตกตะกอน glycoalkaloids ด้วย NH_4OH 10 ml แล้วนำไปปั่นเหวี่ยง ที่ 15,770 g (12,000 rpm) นาน 10 นาที ที่ 1°C
5. ละลายตะกอนด้วย tetrahydrofuran/acetonitrile/20 mM KH_2PO_4 (50:30:20, v/v) 2 ml แล้วนำไปปั่นเหวี่ยงที่ 15,770 g (12,000 rpm) นาน 10 นาที ที่ 1°C ดูดสารละลายตัวอย่างด้วย Syringe กรองด้วย 0.2 µm Nilon milipore filter ใส่ในขวด Vial ขนาด 2 ml
6. ดูดสารละลายตัวอย่าง 20 µl ไปใช้ในการวิเคราะห์
7. ทำการวิเคราะห์หาสารไกลโคอัลคาลอยด์ (solanine และ chaconine) โดยใช้เครื่อง HPLC ยี่ห้อ Alliance รุ่น e2695 ณ ห้องปฏิบัติการตรวจสอบคุณภาพผลผลิต ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ เมื่อวันที่ 25 ตุลาคม 2562 โดยใช้เงื่อนไข ดังนี้
   - UV detector 280 310 และ 208 nm
   - Mobile phase : acetonitrile/20 mM KH_2PO_4 (80:20, v/v)
   - Flow rate 1 ml Min^{-1} 20 °C

<u>การวิเคราะห์ข้อมูล</u>

ทำการวิเคราะห์ผลทางสถิติ โดยวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล โดยใช้การทดสอบ Analysis of Variance (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของกลุ่มทดลอง โดยใช้ Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ด้วยโปรแกรมทางสถิติ SAS

ขั้นตอนที่ 2 ศึกษาการเจริญเติบโตของหัวพันธุ์มันฝรั่ง (G0) โดยการ greening ในระบบแอโรโปนิคในสภาพแปลง (G1)

<u>แผนการทดลอง</u> วางแผนการทดลองแบบ Randomized Completely Block Design (RCBD) มี 4 กรรมวิธีๆ ละ 5 ซ้ำ ได้แก่

กรรมวิธีที่ 1 ไม่มีการ **greening** หัวพันธุ์มันฝรั่ง (Control)
กรรมวิธีที่ 2 **greening** หัวพันธุ์มันฝรั่ง 3 วัน
กรรมวิธีที่ 3 **greening** หัวพันธุ์มันฝรั่ง 6 วัน
กรรมวิธีที่ 4 **greening** หัวพันธุ์มันฝรั่ง 9 วัน

<u>วิธีการดำเนินงาน</u>

กรมวิชาการเกษตร

1. เตรียมแปลงทดสอบพันธุ์มันฝรั่ง G1 ขนาด 4x5 เมตร โดยทำการหว่านปูนขาวหรือโดโลไมท์ อัตรา 200 กิโลกรัม/ไร่ (ค่า pH 6.0-6.5) และใส่ปุ๋ยคอก อัตรา 100 กิโลกรัม/ไร่ เพื่อปรับสภาพดิน

2. ทำการไถด้วยผาน 7 จำนวน 1 รอบ และไถด้วยโรตารี่ 1 รอบ เพื่อให้ดินละเอียดมีความร่วนซุยก่อนการปลูก 1 เดือน

3. เตรียมหัวพันธุ์มันฝรั่งแอตแลนติก (Atlantic) ที่ผ่านการ greening ตามแต่ละกรรมวิธี ซึ่งมีหน่องอก คัดเลือกหัวพันธุ์ที่มีหน่อแข็งแรงพร้อมที่จะนำไปปลูกลงแปลงในสภาพไร่

4. ทำการใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 100 กิโลกรัม/ไร่ + ปุ๋ยเคมีสูตร 13-13-21 อัตรา 100 กิโลกรัม/ไร่ รองพื้นก่อนปลูก

5. วางหัวพันธุ์บนดินปลูก ใช้ระยะปลูกมันฝรั่ง 20x85 เซนติเมตร (ระยะปลูกระหว่างต้น 20 เซนติเมตร ระหว่างแถว 85 เซนติเมตร) โดยใช้หัวพันธุ์ 10,000 หลุม/ไร่ แล้วพูนโคน สูงประมาณ 30 เซนติเมตร

6. หลังปลูกเสร็จพ่นสารควบคุมการงอกของวัชพืช ได้แก่ Metribuzin 75% (เซ็งคอร์) อัตรา 30 กรัม/น้ำ 20 ลิตร

7. ทำการใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 อัตรา 25 กิโลกรัม/ไร่ หลังปลูก 25-30 วัน

8. ให้น้ำไปตามร่อง/มินิสปริงเกอร์/น้ำหยด ทุก 7-10 วัน หรือตามความเหมาะสม

9. หลังปลูก 1-2 สัปดาห์ ฉีดพ่นสารป้องกันกำจัดโรคและแมลง 1-2 ครั้งต่อสัปดาห์ พ่นตามความจำเป็นหรือเมื่อพบการระบาดของโรค

10. สุ่มเก็บตัวอย่างใบและต้นนำไปตรวจสอบโรคโดยวิธี antiserum (Test kit) 2 ครั้ง เมื่อต้นมันฝรั่งอายุได้ 30 และ 60 วัน สุ่มตรวจไวรัส และ ภายหลังการเก็บเกี่ยวผลผลิตให้สุ่มตรวจแบคทีเรีย ในระหว่างการดูแลรักษามีการเดินตรวจแปลงทุกวัน เมื่อพบต้นที่แสดงอาการเป็นโรคใบไหม้ ไวรัส หรือโรคเหี่ยวจากเชื้อแบคทีเรีย รีบถอนทิ้งนำไปฝังหรือเผาทำลาย เพื่อไม่ให้โรคระบาดไปยังต้นที่ดี

11. ทำการเก็บเกี่ยวผลผลิต 90 วันหลังปลูก หรือเมื่อต้นมันฝรั่งแห้งและต้นล้มในแปลงมันฝรั่ง โดยหยุดให้น้ำก่อนการเก็บเกี่ยว 7-10 วัน และ ใช้แรงงานคนร่วมกับเครื่องขุดมันฝรั่ง

12. ผลผลิตที่ได้นำมาคัดขนาด และตรวจสอบคุณภาพผลผลิต

<u>การบันทึกข้อมูล</u>

1. วันที่ทำการทดสอบ ได้แก่ วันที่ปลูก ดูแลรักษา และเก็บเกี่ยว
2. การเจริญเติบโต ได้แก่ ความสูงของลำต้น (เซนติเมตร) ที่อายุ 60 วัน
3. ผลผลิต และองค์ประกอบผลผลิต ได้แก่ จำนวนหัวต่อต้น น้ำหนักหัวต่อต้น จำนวนหัวต่อ 20 ตารางเมตร น้ำหนักผลผลิตต่อ 20 ตารางเมตร จำนวนหัวต่อ 1 ไร่ และน้ำหนักผลผลิตต่อ 1 ไร่
4. คุณภาพของผลผลิต ได้แก่ ความแน่นเนื้อ กรดมาลิก ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (Total soluble solids; TSS) น้ำตาลซูโครส น้ำตาลกลูโคส น้ำตาลฟรุกโตส เปอร์เซ็นต์แป้งในหัว และ เปอร์เซ็นต์การเกิดโรค

ศรีวิชัยการเกษตร

การวิเคราะห์ข้อมูล

ทำการวิเคราะห์ผลทางสถิติ โดยวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล โดยใช้การทดสอบ Analysis of Variance (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของกลุ่มทดลอง โดยใช้ Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมัน 95% ด้วยโปรแกรมทางสถิติ SAS

- เวลาและสถานที่

ระยะเวลาดำเนินการ เริ่มต้น 2560-สิ้นสุด 2563

สถานที่ทำการทดลอง ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ (แม่เหียะ) ต.หนองควาย อ.หางดง จ.เชียงใหม่

ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ (ขุนวาง) ต.แม่วิน อ.แม่วาง จ.เชียงใหม่

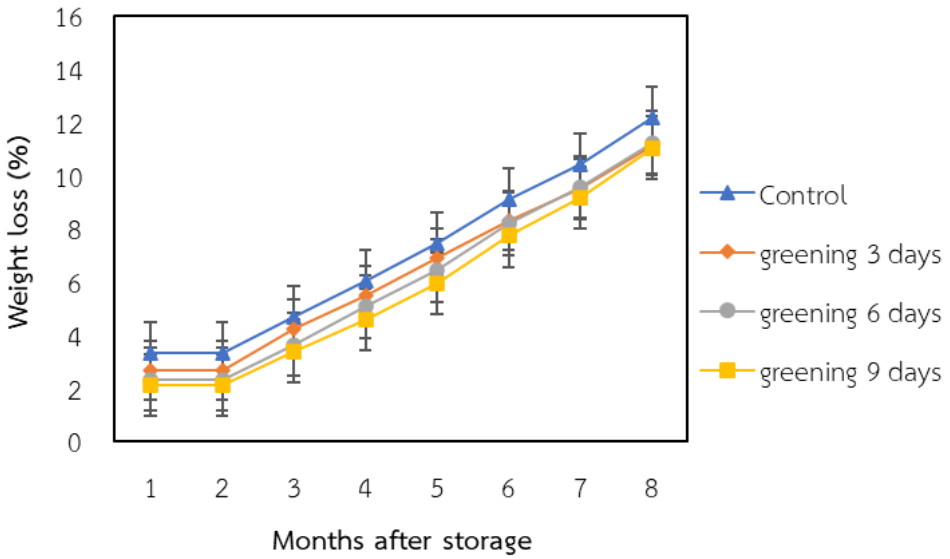
8. ผลการทดลองและวิจารณ์

ขั้นตอนที่ 1 ศึกษาการเจริญเติบโตของหัวพันธุ์มันฝรั่ง (G0) โดยการ greening ในระบบแอโรโปนิคในโรงเรือนแอโรโปนิค (G0)

8.1.1 เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของผลผลิตที่ผ่านการ greening ในระยะเวลาที่แตกต่างกันหลังการเก็บรักษา 8 เดือน

เก็บรักษาหัวพันธุ์มันฝรั่งที่ห้องเย็นอุณหภูมิ 5°C ภายหลังการเก็บรักษาหัวพันธุ์มันฝรั่ง 8 เดือน (32 สัปดาห์) การ greening หัวพันธุ์มันฝรั่ง 9 วัน มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักเฉลี่ยน้อยที่สุด 11 % รองลงมาการ greening นาน 6 3 วัน และ ไม่มีการ greening หัวพันธุ์มันฝรั่ง มีค่าเฉลี่ย 11.3 11.3 และ 12.3 % ตามลำดับ (ภาพที่ 1) ซึ่งไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Naik and Sarkar (1997) ที่รายงานว่าการใช้แสงชักนำให้หัวพันธุ์มันฝรั่งมีความแข็งแรง จะช่วยลดการเหี่ยวย่น และลดการสูญเสียน้ำหนัก นอกจากนี้ Olsen (2005) กล่าวว่าความแตกต่างของลักษณะแสงยังส่งผลให้ค่าการสูญเสียน้ำหนักในหัวมันฝรั่งมีความแตกต่างกัน

กรมวิชาการเกษตร



ภาพที่ 1 การสูญเสียน้ำหนักหัวพันธุ์มันฝรั่งที่ผ่านการ greening ในระยะเวลาที่แตกต่างกัน ภายหลังเก็บรักษา 1-8 เดือน ณ ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ ปี 2561/2562

8.1.2 คุณภาพผลผลิตหลังการเก็บรักษาผลผลิตที่ผ่านการ greening ในระยะเวลาที่แตกต่างกัน หลังการเก็บรักษา 8 เดือน

1) จำนวนตา

จำนวนตาที่งอกภายหลังเก็บรักษาหัวพันธุ์มันฝรั่ง 3 เดือน ตามันฝรั่งจะเริ่มงอกพร้อมกันเฉลี่ย 3.5-4.3 ตา ซึ่งหัวพันธุ์มันฝรั่ง สายพันธุ์ Tigoni, Asante and Dutch Robyjn ที่เก็บในที่มืดจะทำให้มีตางอกยาวและมีการชักนำให้เกิดตางอกมากกว่าการวางไว้ภายใต้การพรางแสง (ความเข้มแสง 612.2 kW) และ ได้รับแสงโดยตรง (1376 kW) หลังจากเก็บรักษาหัวพันธุ์ไว้ 12 สัปดาห์ หัวพันธุ์มันฝรั่งจะมีการงอกของตา 100% และหัวพันธุ์ยังคงสภาพดี ไม่เน่าเสีย (Gachango *et al*., 2008)

เมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษา 8 เดือน การ greening 9 วัน มีจำนวนตาที่เกิดใหม่เฉลี่ยน้อยที่สุด 13.8 ตา รองลงมา ไม่มีการ greening หัวพันธุ์มันฝรั่ง greening 6 วัน และ greening 3 วัน มีค่าเฉลี่ย 14.8 15.3 และ 16 ตา ตามลำดับ (ตารางที่ 1) ซึ่งไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ การงอกของตาเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้คุณภาพของผลผลิตในระหว่างการเก็บรักษาลดลง ซึ่งเกิดจากการสูญเสียแป้ง โปรตีน และ เกิดการเหี่ยวเนื่องจากการสูญเสียน้ำ (Sonnewald and Sonnewald, 2014) นอกจากนี้การงอกของตาเป็นกระบวนการที่มีความซับซ้อน ซึ่งขึ้นอยู่กับปัจจัยหลักหลายประการ ได้แก่ ลักษณะทางพันธุกรรม ระยะการเจริญเติบโตของหัวมันฝรั่ง สิ่งแวดล้อม การจัดการสภาวะระหว่างการเก็บรักษา และรวมถึงหัวแม่พันธุ์มันฝรั่งด้วย นอกจากนี้ อุณหภูมิ ความชื้น การให้น้ำ ระยะเวลาการรับแสงของต้นมันฝรั่งระหว่างเจริญเติบโต ยังเป็นปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมที่ควบคุมการงอกของหัวมันฝรั่ง รวมถึงอุณหภูมิระหว่างการเก็บรักษาและปริมาณแก๊สก็มีผลต่อระยะพักตัวและการงอกเช่นเดียวกัน (Mani and Hannachi, 2015)

กรมวิชาการเกษตร

กรมวิชาการเกษตร

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ยจำนวนตาของหัวพันธุ์มันฝรั่งที่ผ่านการ greening ในระยะเวลาที่แตกต่างกัน ภายหลังเก็บรักษา 3-8 เดือน ณ ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ ปี 2561/2562

กรรมวิธี	หัวพันธุ์มันฝรั่งหลังการเก็บรักษา (เดือน)					
	จำนวนตา					
	3	4	5	6	7	8
ไม่ greening	3.5	5.8	9.3	11.5	12.8 b	14.8
greening 3 วัน	3.8	6.0	10.0	13.0	14.8 b	16.0
greening 6 วัน	4.3	7.8	8.8	10.5	12.5 b	15.3
greening 9 วัน	4.3	7.5	9.5	11.0	11.8 a	13.8
F-test	ns	ns	ns	ns	*	ns
%cv	24.0	22.1	21.4	16.3	8.4	11.3

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่ตามด้วยอักษรเหมือนกันไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT

2) การงอกของตา

ความกว้างของตา

ขนาดความกว้างของตามันฝรั่งหลังนำไปเก็บรักษาที่ห้องควบคุมอุณหภูมิ 5°C ภายหลังเก็บรักษาหัวพันธุ์มันฝรั่ง 8 เดือน ไม่มีการ greening หัวพันธุ์มันฝรั่ง มีค่าเฉลี่ยความกว้างของตาน้อยที่สุด 2.5 มิลลิเมตร ไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับ การ greening หัวพันธุ์มันฝรั่ง 3 วัน มีค่าเฉลี่ย 2.6 มิลลิเมตร แต่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับ การ greening หัวพันธุ์มันฝรั่ง 6 วัน และ 9 วัน ซึ่งมีค่าเฉลี่ย 3.5 และ 3.6 มิลลิเมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 2)

ความยาวของตา

ความยาวของตาภายหลังเก็บรักษาหัวพันธุ์มันฝรั่ง 8 เดือน ไม่มีการ greening หัวพันธุ์มันฝรั่ง และ greening หัวพันธุ์มันฝรั่ง 3 วัน มีความยาวตาเฉลี่ยน้อยที่สุด 3.6 มิลลิเมตร แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับ การ greening 6 วัน และ 9 วัน ซึ่งมีค่าเฉลี่ย 6.7 และ 7.4 มิลลิเมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 2) ตาของหัวมันฝรั่งถ้ามีความยาวตั้งแต่ 3 มิลลิเมตรขึ้นไป จะไม่เหมาะสำหรับจำหน่ายเป็นหัวพันธุ์ทางการค้า แต่ยังคงสามารถใช้ปลูกในแปลงของเกษตรกรได้ (Shibairo *et al*., 2006)

ศูนย์วิจัยเกษตร

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ยขนาดกว้างและความยาวของตาในหัวพันธุ์มันฝรั่งที่ผ่านการ greening ในระยะเวลาที่แตกต่างกัน ภายหลังเก็บรักษา 5-8 เดือน ณ ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ ปี 2561/2562

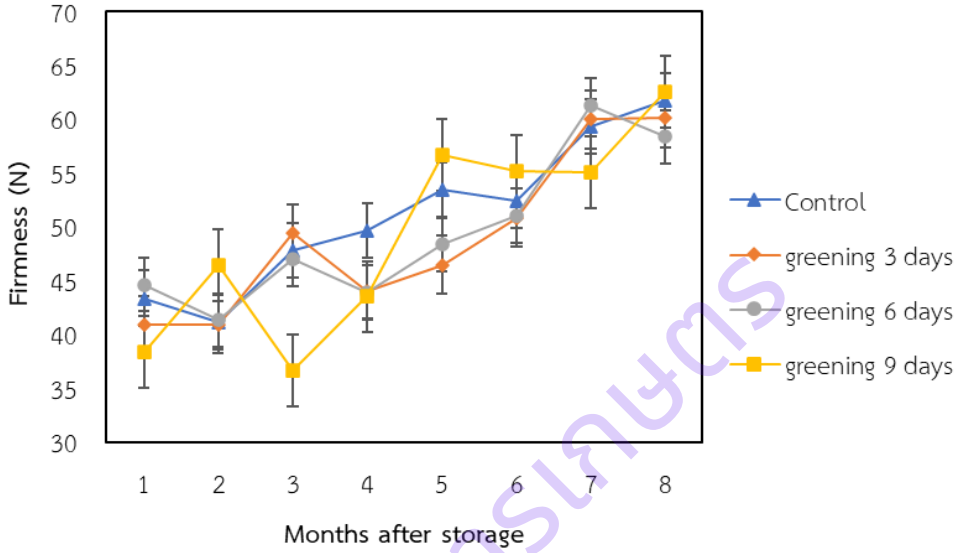
กรรมวิธี	หัวพันธุ์มันฝรั่งหลังการเก็บรักษา (เดือน)						
	ขนาดความกว้างตา (มม.)			ขนาดความยาวตา (มม.)			
	6	7	8	5	6	7	8
ไม่ greening	1.7 ab	2.2 a	2.5 a	0.3 a	1.9 a	2.5 a	3.6 a
greening 3 วัน	1.5 a	1.8 a	2.6 a	0.6 ab	1.7 a	2.3 a	3.6 a
greening 6 วัน	2.2 b	2.9 b	3.5 b	1.3 b	3.1 b	5 b	6.7 b
greening 9 วัน	2.1 ab	3 b	3.6 b	0.9 ab	3.3 b	5.3 b	7.4 b
F-test	*	*	*	*	*	*	*
%cv	19.8	14.9	11.7	19.8	14.9	11.7	14.5

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่ตามด้วยอักษรเหมือนกันไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT

ภาพที่ 2 การงอกของตาในหัวพันธุ์มันฝรั่งที่ผ่านการ greening ในระยะเวลาที่แตกต่างกัน ภายหลังการเก็บรักษา 8 เดือน ณ ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ ปี 2561/2562

3) ความแน่นเนื้อ

ความแน่นเนื้อจะเพิ่มมากขึ้นในระหว่างการเก็บรักษา การเก็บรักษาผลผลิตที่อายุ 8 เดือน ภายหลังเก็บรักษาหัวพันธุ์มันฝรั่ง 8 เดือน (32 สัปดาห์) มีความแน่นเนื้อเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 58.4-62.5 N โดยหัวพันธุ์ที่ผ่านการ greening 9 วัน มีค่าเฉลี่ยความแน่นเนื้อมากที่สุด 62.5 N ไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับ ไม่มีการ greening การ greening 3 และ 9 วัน ซึ่งมีค่าเฉลี่ย 61.8 60.1 และ 58.4 N ตามลำดับ (ภาพที่ 3) หัวพันธุ์ที่ได้รับแสงเป็นเวลานาน จะทำให้

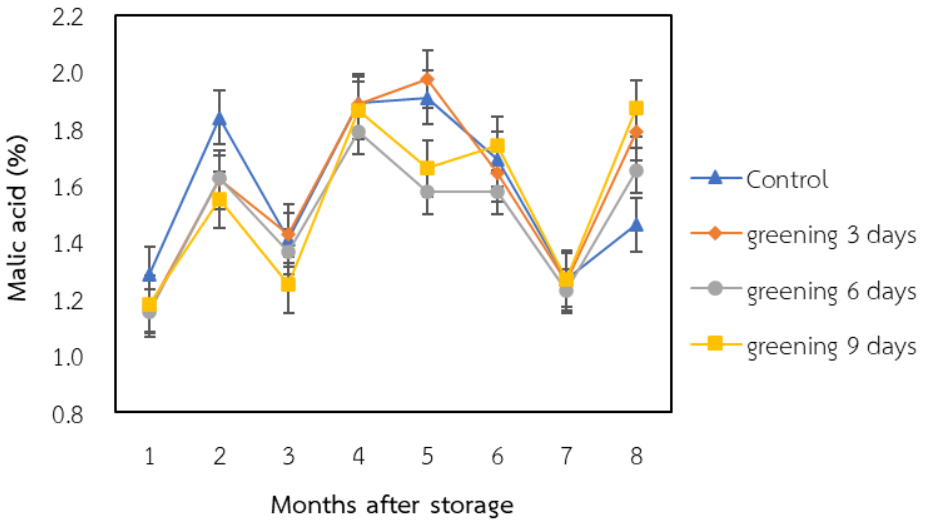


ภาพที่ 3 ความแน่นเนื้อของตาของผลผลิตหัวพันธุ์มันฝรั่งที่ผ่านการ greening ในระยะเวลาที่แตกต่างกัน ภายหลังเก็บรักษา 1-8 เดือน ณ ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ ปี 2561/2562

กรมวิชาการเกษตร

4) กรดมาลิก

ภายหลังเก็บรักษาหัวพันธุ์มันฝรั่ง ในเดือนที่ 5 (20 สัปดาห์) การ greening หัวพันธุ์มันฝรั่ง 3 วัน มีปริมาณกรดมาลิกมากที่สุด 20 % แต่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกรรมวิธีอื่นๆ (ภาพที่ 4) เมื่ออายุการเก็บรักษา 8 เดือน (32 สัปดาห์) การ greening หัวพันธุ์มันฝรั่ง 9 วัน มีปริมาณกรดมาลิกมากที่สุด 1.9 % ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับ การ greening หัวพันธุ์มันฝรั่ง 6 3 วัน และ ไม่มีการ greening หัวพันธุ์มันฝรั่ง ซึ่งมีค่าเฉลี่ย 1.8 1.9 และ 1.5 % ตามลำดับ (ภาพที่ 4) กรดมาลิกคือ กรดอินทรีย์ซึ่งมีบทบาทสำคัญในกระบวนการเมทตาบอลิซึมทั่วไปของผลผลิตภายหลังการเก็บเกี่ยว (Kays, 1991) และอาจเกี่ยวข้องในกระบวนการแคทตาไลท์ที่ทำให้เกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล (Wichrowska *et al*., 2009) และการเปลี่ยนสีของผลผลิตหลังนำมาปรุงอาหาร (Sweeney *et al*., 1969) กรดมาลิกจะเริ่มลดลงในระหว่างการเก็บรักษานาน 6 เดือน อาจเนื่องจากกรดมาลิกเป็นสารที่ได้จากกระบวนการเมทตาบอลิซึมของน้ำตาล และคาดว่ามีบทบาทสำคัญคือมีการหมุนเวียนเพื่อใช้เป็นสารตั้งต้นในกระบวนการสังเคราะห์สารอินทรีย์ต่าง ๆ อีกจำนวนมาก (Wichrowska *et al*., 2009) การ greening จะช่วยรักษาการลดลงของกรดมาลิก

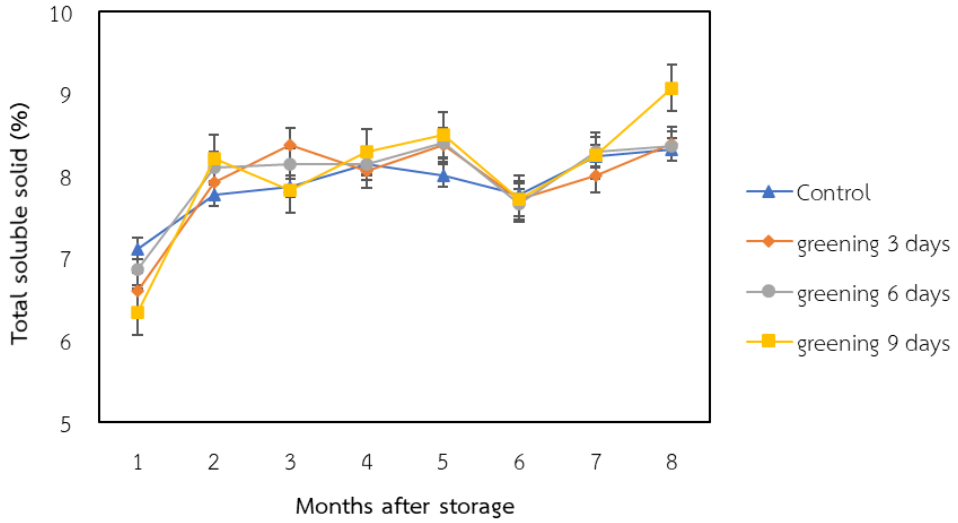


ภาพที่ 4 กรดมาลิกของตาของผลผลิตหัวพันธุ์มันฝรั่งที่ผ่านการ greening ในระยะเวลาที่แตกต่างกัน ภายหลังเก็บรักษา 1-8 เดือน ณ ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ ปี 2561/2562

5) ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (TSS)

ภายหลังเก็บรักษาหัวพันธุ์มันฝรั่ง 8 เดือน (32 สัปดาห์) ไม่มีการ greening หัวพันธุ์มันฝรั่ง มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (TSS) เฉลี่ยน้อยที่สุด 8.3 % แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับ การ greening หัวพันธุ์มันฝรั่ง 9 วัน ซึ่งมีค่าเฉลี่ย 9.1 % แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับ การ greening 3 และ 6 วัน มีค่าเฉลี่ย 8.4 8.4 และ 8.3 % ตามลำดับ (ภาพที่ 5) ปริมาณ TSS จะค่อยๆ เพิ่มขึ้นในระหว่างการเก็บรักษา เนื่องจากเกิดกระบวนการหายใจในหัวมันฝรั่งจะก่อให้เกิดกระบวนการเปลี่ยนแป้งให้กลายเป็นน้ำตาล (Isherwood, 1973) ผลการทดลองดังกล่าวสอดคล้องกับ Rocha *et al*. (2015) พบว่าการเก็บหัวมันฝรั่งที่อุณหภูมิ 25 °C ความชื้น 88% ที่ 21 วัน ในที่มืดของมันฝรั่งสายพันธุ์ Agata จะมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้น้อยที่สุด คือ 6.0% ซึ่งเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับสายพันธุ์ Monalisa ที่มีปริมาณของแข็งน้อยที่สุดเมื่อเก็บไว้ในที่มืดคือ 6.2 %

กรมวิชาการเกษตร

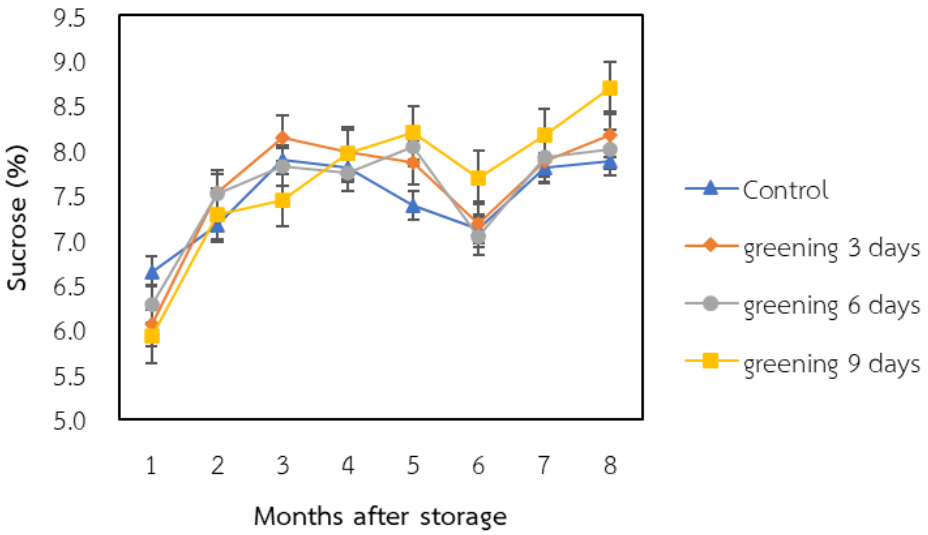


ภาพที่ 5 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของผลผลิตหัวพันธุ์มันฝรั่งที่ผ่านการ greening ในระยะเวลาที่แตกต่างกัน ภายหลังเก็บรักษา 1-8 เดือน ณ ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ ปี 2561/2562

6) น้ำตาล Sucrose

หัวพันธุ์มันฝรั่งที่ไม่ผ่านการ greening ภายหลังเก็บรักษาหัวพันธุ์มันฝรั่ง 8 เดือน (32 สัปดาห์) มีปริมาณน้ำตาล sucrose เฉลี่ยน้อยที่สุด 7.9 % แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับ การ greening หัวพันธุ์มันฝรั่ง 6 3 และ 9 วัน ซึ่งมีค่าเฉลี่ย 8 8.2 และ 8.7 % ตามลำดับ (ภาพที่ 6) ซึ่งแตกต่างจากรายงานวิจัยที่กล่าวว่าซูโคสเป็นน้ำตาลที่มีความจำเป็นในช่วงที่หัวมันฝรั่งเริ่มงอก (Mani and Hannachi, 2015) แต่จากการวิจัยกลับพบว่าการ greening มันฝรั่งที่ 9 วัน ซึ่งมีจำนวนตางอกน้อยที่สุด กลับมีปริมาณน้ำตาลซูโคสสูงที่สุด และ ในระหว่างการเก็บรักษาน้ำตาลซูโคสและน้ำตาลรีดิวซิงค์จะเริ่มมีบทบาทสำคัญ โดยจะเพิ่มสูงขึ้นเมื่อเกิดการงอกของตาในหัวพันธุ์มันฝรั่ง (Benkeblia *et al*., 2008)

กรมวิชาการเกษตร

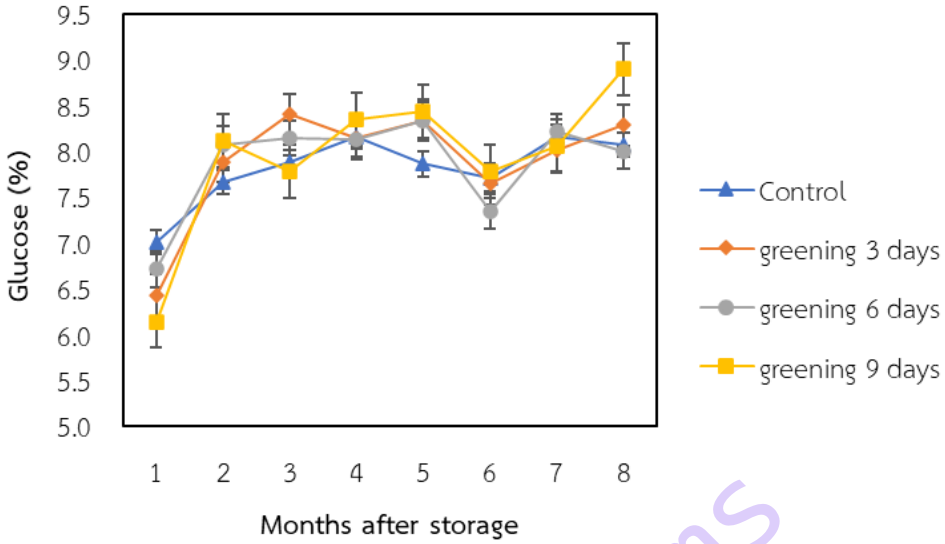


ภาพที่ 6 น้ำตาล Sucrose ของผลผลิตหัวพันธุ์มันฝรั่งที่ผ่านการ greening ในระยะเวลาที่แตกต่างกัน ภายหลังเก็บรักษา 1-8 เดือน ณ ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ ปี 2561/2562

7) น้ำตาล Glucose

การ greening หัวพันธุ์มันฝรั่ง 6 วัน ภายหลังเก็บรักษาหัวพันธุ์มันฝรั่ง 8 เดือน (32 สัปดาห์) มีน้ำตาล glucose เฉลี่ยน้อยที่สุด 8 % ไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับ ไม่มีการ greening และ greening หัวพันธุ์มันฝรั่ง 3 วัน มีค่าเฉลี่ย 8.1 และ 8.3 ตามลำดับ แต่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับ การ greening หัวพันธุ์มันฝรั่ง 9 วัน ซึ่งมีค่าเฉลี่ย 8.9 % (ภาพที่ 7) ผลการทดลองมีความสอดคล้องกับ Abbasi *et al*. (2016) ซึ่งพบว่าระหว่างการเก็บรักษาหัวมันฝรั่งไว้ในที่มืดเป็นระยะเวลา 27 วัน ปริมาณน้ำตาล glucose จะมีค่าเพิ่มสูงขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา และ ระดับความเข้มข้นของน้ำตาลกลูโคสจะเพิ่มสูงขึ้นก่อนหมดระยะการพักตัวหรือก่อนการงอกของตาในหัวมันฝรั่ง (Benkeblia *et al*., 2008)

กรมวิชาการเกษตร

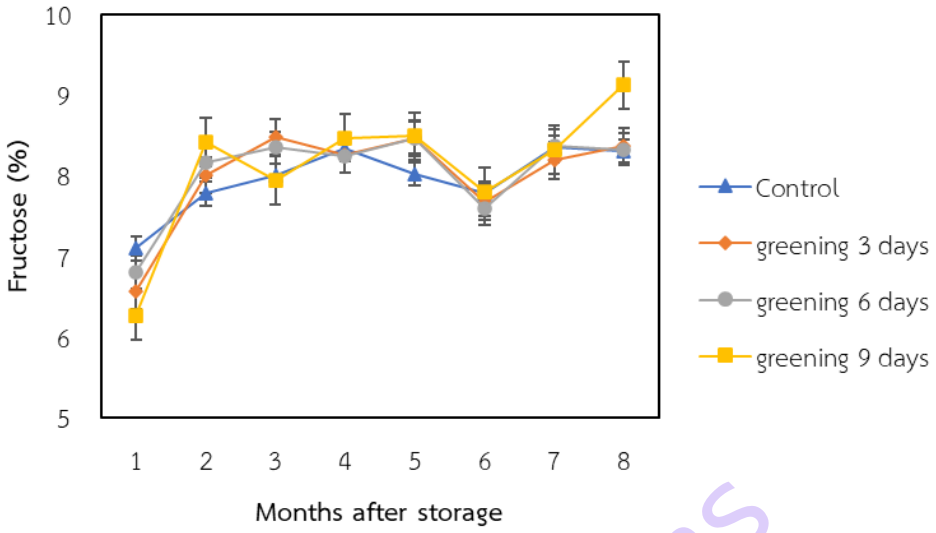


ภาพที่ 7 น้ำตาล Glucose ของผลผลิตหัวพันธุ์มันฝรั่งที่ผ่านการ greening ในระยะเวลาที่แตกต่างกัน ภายหลังเก็บรักษา 1-8 เดือน ณ ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ ปี 2561/2562

8) น้ำตาล Fructose

ภายหลังเก็บรักษาหัวพันธุ์มันฝรั่ง 8 เดือน (32 สัปดาห์) ไม่มีการ greening หัวพันธุ์มันฝรั่ง มีน้ำตาล Fructose เฉลี่ยน้อยที่สุด 8.3 % ไม่แตกต่างทางสถิติกับ การ greening หัวพันธุ์มันฝรั่ง 3 และ 6 วัน มีค่าเฉลี่ย 8.4 % แต่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับ การ greening หัวพันธุ์มันฝรั่ง 9 วัน ซึ่งมีค่าเฉลี่ย 9.1 % (ภาพที่ 8) จะเห็นว่าระดับความเข้มข้นของน้ำตาลฟรุกโตสจะเพิ่มสูงขึ้นก่อนหมดระยะการพักตัวหรือก่อนการงอกของตาในหัวมันฝรั่ง (Benkeblia *et al*., 2008)

กรมวิชาการเกษตร



ภาพที่ 8 น้ำตาล Fructose ของผลผลิตหัวพันธุ์มันฝรั่งที่ผ่านการ greening ในระยะเวลาที่แตกต่างกัน ภายหลังเก็บรักษา 1-8 เดือน ณ ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ ปี 2561/2562

กรมวิชาการเกษตร

8.1.3 อายุการเก็บรักษา

อายุการเก็บรักษาของหัวพันธุ์มันฝรั่งขึ้นอยู่กับการงอกของตามันฝรั่งในระหว่างการเก็บรักษา ภายหลังเก็บรักษาได้ 3 เดือน (9 สัปดาห์) ที่อุณหภูมิ 5±1 °C หัวพันธุ์มันฝรั่งที่ไม่ผ่านการ greening และผ่านการ greening เริ่มเกิดการงอกของตาพร้อมกันเฉลี่ย 3.5-4.3 ตา แต่ยังวัดขนาดไม่ได้ เนื่องจากตาที่งอกมีขนาดเล็ก ภายหลังเก็บรักษา 7 เดือน หัวพันธุ์มันฝรั่งที่มีการ greening 9 วัน จะมีการงอกของตาน้อยที่สุด แต่มีขนาดตากว้าง และยาวมากที่สุด แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับ การ greening หัวพันธุ์มันฝรั่ง 3 วัน และ ไม่มีการ greening หัวพันธุ์มันฝรั่ง ซึ่งมีความยาวของตาเฉลี่ย 2.3 และ 2.5 มิลลิเมตร ตามลำดับ ในขณะที่หัวพันธุ์ที่ผ่านการ greening 6 และ 9 วัน มีการงอกของตายาวเฉลี่ย 5 และ 5.3 มิลลิเมตร ตามลำดับ เมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษา 8 เดือน (32 สัปดาห์) การ greening หัวพันธุ์มันฝรั่งทุกกรรมวิธี และไม่มีการ greening มีความยาวตาเกิน 3 มิลลิเมตร ส่งผลให้หัวพันธุ์มันฝรั่งเริ่มมีคุณภาพการเก็บรักษาลดลง ซึ่งถ้าตางอกยาวเกิน 3 มิลลิเมตร ไม่สามารถใช้จำหน่ายในเชิงการค้าได้ (Shibairo *et al*., 2006) ดังนั้น อายุการเก็บรักษาหัวพันธุ์มันฝรั่งที่ไม่มีการ greening และ greening หัวพันธุ์มันฝรั่ง 3 วัน จะมีอายุการเก็บรักษา 7 เดือน แต่ไม่เกิน 8 เดือน ในขณะที่หัวพันธุ์มันฝรั่งที่ผ่านการ greening 6 และ 9 วัน มีอายุการเก็บรักษา 5 เดือน ไม่เกิน 6 เดือน

8.1.4 ความเสียหายของผลผลิตระหว่างการเก็บรักษา

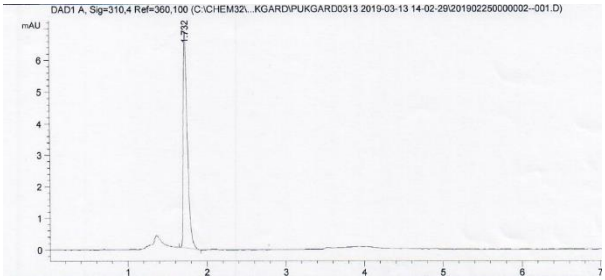
หัวพันธุ์มันฝรั่งที่ไม่ผ่านการ greening และผ่านการ greening ไม่พบการเน่าเสียและการเกิดโรคที่มีสาเหตุจากเชื้อรา ไวรัส และแบคทีเรีย เนื่องจากภายใต้สภาพอุณหภูมิการเก็บรักษาต่ำที่ 5±1 °C จะช่วยลดอัตราการหายใจ ลดการคายน้ำ และกระบวนการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมีต่าง ๆ ในเซลล์ เช่น คาร์โบไฮเดรท แป้ง โปรตีน เป็นต้น ประกอบกับการเก็บรักษามันฝรั่งในที่มืด จึงช่วยชะลอความเสียหายที่เกิดจากการเน่าเสีย และการเกิดโรค (กนกพร, 2558) นอกจากนี้สาร solanine ที่มีการผลิตในหัวมันฝรั่งยังมีคุณสมบัติเป็นพิษต่อเชื้อราและแมลงศัตรูพืช ซึ่งเป็นกระบวนการป้องกันในพืชตามธรรมชาติ (Shin *et al*., 2014) ซึ่งอาจสามารถช่วยลดความเสียหายของหัวพันธุ์มันฝรั่งได้ นอกจากนี้ Sakhare (2014) ได้ทดลองสกัดสาร solanine จากใบของต้นมันฝรั่งพบว่ามีคุณสมบัติในการยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรียแกรมบวก คือ *Bacillus subtilis* และ *Staphylococcus aureus* ได้

8.1.5 สกัดหาสารไกลโคอัลคาลอยด์ (glychoalkaloid) เบื้องต้นในหัวพันธุ์มันฝรั่งที่ผ่านการ greening ในระยะเวลาที่แตกต่างกัน ในระบบแอโรโปนิค

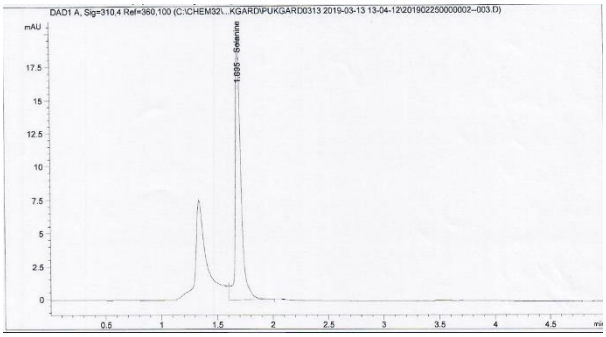
1) ศึกษาวิธีการสกัดสารไกลโคอัลคาลอยด์

สารไกลโคอัลคาลอยด์ที่พบในหัวมันฝรั่งจะปรากฏในรูปแบบของ α-solanine และ α-chaconine บริเวณใต้ชั้นผิวของหัวมัน และการมีสารดังกล่าวในปริมาณมากส่งผลต่อราคาผลผลิตและความปลอดภัยในการนำมันฝรั่งมาบริโภค (Abbasi *et al*., 2016) ปริมาณสาร solanine ที่ได้จากการสกัดสารไกลโคอัลคาลอยด์จากเปลือกมันฝรั่ง พบว่าวิธีการสกัดโดยประยุกต์ใช้วิธีของ Friedman *et al*. (2013) แบบที่ 2 ทำให้มีปริมาณสาร solanine สูงที่สุด 69.00 µg g^{-1} รองลงมาคือ ประยุกต์ใช้วิธีของ Jin *et al*. (2018) Friedman

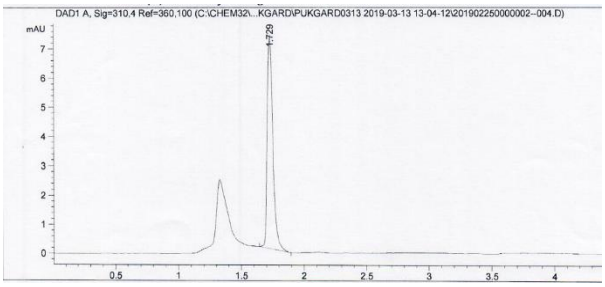
et al. (2003) แบบที่ 1 และ Friedman *et al*. (2017) มีปริมาณสาร 24.26, 22.65 และ 13.90 µg g^{-1} ตามลำดับ (ภาพที่ 9)



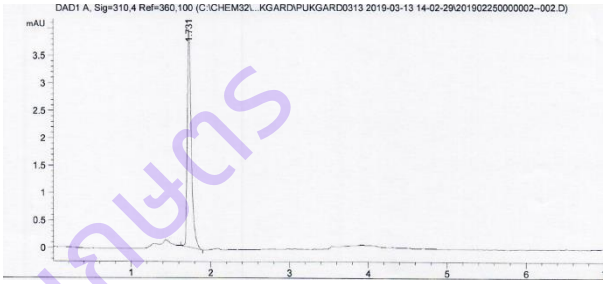
(ก) ประยุกต์ใช้วิธีของ Friedman *et al*. (2003) แบบที่ 1



(ข) ประยุกต์ใช้วิธีของ Friedman *et al*. (2013) แบบที่ 2



(ค) ประยุกต์ใช้วิธีของ Jin *et al*. (2018)



(ง) ประยุกต์ใช้วิธีของ Friedman *et al*. (2017)

ภาพที่ 9 ปริมาณสาร Solanine ที่สกัดได้จากหัวพันธุ์มันฝรั่งด้วยวิธีการที่แตกต่างกัน ด้วยเครื่อง HPLC ที่ UV detector 310 nm ที่ ห้องปฏิบัติการ HPLC สถาบันบริการตรวจสอบคุณภาพและมาตรฐานผลิตภัณฑ์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ปี 2562 (ก-ง)

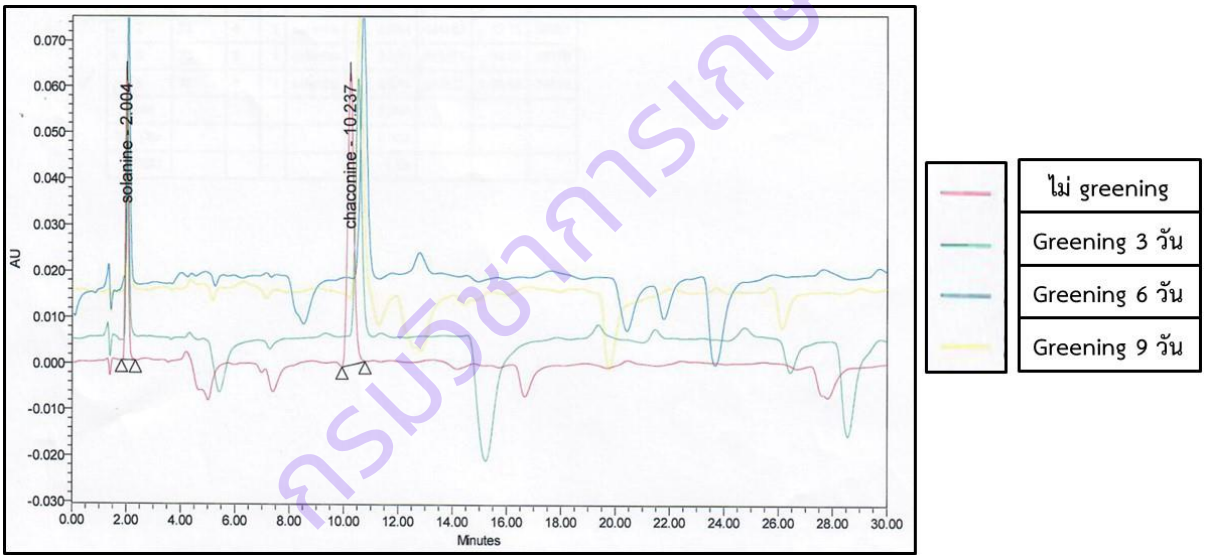
ศูนย์วิทยทรัพยากร

2) ทดสอบวิธีการสกัดสารไกลโคอัลคาลอยด์

การเปลี่ยนแปลงสีของหัวมันฝรั่งภายหลังการเก็บเกี่ยว จากผิวสีขาวเหลืองน้ำตาลเปลี่ยนเป็นสีเขียว เนื่องมาจากการได้รับแสงระหว่างการเจริญเติบโตหรือระหว่างการเก็บรักษา สีเขียวเกิดขึ้นจากสารรงควัตถุที่เรียกว่าคลอโรฟิลล์ ซึ่งมันฝรั่งแต่ละสายพันธุ์มีความไวต่อแสงแตกต่างกัน โดยทั่วไปพันธุ์ที่มีเปลือกสีขาวจะมีแนวโน้มเปลี่ยนเป็นสีเขียวง่ายกว่าพันธุ์ที่มีผิวเปลือกสีแดงหรือสีน้ำตาลปนแดง อย่างไรก็ตามคลอโรฟิลล์เป็นสารรงควัตถุซึ่งมีตามธรรมชาติในพืช ไม่มีรสชาติและไม่มีอัตราย แต่คลอโรฟิลล์เป็นสารที่มีความสัมพันธ์กับการสร้างสาร solanine ซึ่งจะเกิดการผลิตขึ้นเมื่อส่วนใดส่วนหนึ่งของหัวมันฝรั่งสัมผัสกับแสง (Robinson *et al*., 2015) จากการหาปริมาณสาร solanine ที่ได้จากการสกัดสารไกลโคอัลคาลอยด์จากเปลือกมันฝรั่ง โดยประยุกต์ใช้วิธีของ Friedman *et al*. (2017) พบว่าการสกัดสาร solanine จากหัวพันธุ์มันฝรั่ง G0 ที่ทำการ greening 6 วัน จะทำให้มีปริมาณสารสูงที่สุด 34.26 µg g^{-1} รองลงมาคือ หัวพันธุ์มันฝรั่ง G0 ที่ทำการ greening 3 วัน ไม่มีการ greening และ greening 9 วัน มีปริมาณสาร 32.75 30.92 และ 29.86 µg g^{-1} ตามลำดับ (ภาพที่ 10) ปริมาณสาร chaconine ที่ได้จากการสกัดสารไกลโคอัลคาลอยด์จากเปลือกมันฝรั่ง โดยประยุกต์ใช้วิธีของ Friedman *et al*. (2017) พบว่าการสกัดสาร chaconine จากหัวพันธุ์มันฝรั่ง G0 ที่ทำการ greening 9 วัน จะทำให้มีปริมาณ

สารสูงที่สุด 70.14 μg g^{-1} รองลงมาคือ หัวพันธุ์มันฝรั่ง G0 ที่ไม่มีการ greening มีการ greening 3 วัน และ 6 วัน มีปริมาณสาร 69.08 67.25 และ 65.74 μg g^{-1} (ภาพที่ 10)

Machado *et al*. (2007) ได้ทดสอบผลของแสงและอุณหภูมิในการเก็บรักษาหัวมันฝรั่ง พบว่า การเก็บหัวมันฝรั่งไว้ภายใต้แสงฟลูออเรสเซ็นต์เป็นระยะเวลานาน 14 วัน จะมีปริมาณของสารไกลโคอัลคาลอยด์โดยรวมสูงที่สุด และพบมากในหัวมันฝรั่งที่มีขนาดเล็ก โดยการทดลองพบว่ามีปริมาณสารต่ำกว่า 200 mg kg^{-1} ซึ่งเป็นระดับที่ยังคงปลอดภัยหากมีการนำมาบริโภค Okamoto *et al*. (2020) ทำการตรวจสอบปริมาณสาร **α**-solanine และ **α**-chaconine ในหัวมันฝรั่ง KE ภายใต้แสง far-red, Blue, Red, white light และในที่มืด ที่อุณหภูมิ 18°C เป็นระยะเวลา 1, 4 และ 7 วัน พบว่าการเก็บรักษาหัวมันฝรั่งไว้ในที่มืดมีปริมาณสารทั้งสองชนิดน้อยที่สุด และการเก็บไว้ภายใต้แสง far-red ให้ผลไม่แตกต่างจากการเก็บไว้ในที่มืด แต่การเก็บไว้ภายใต้แสง Blue, Red และ white light กลับส่งผลให้มีปริมาณของสารทั้งสองชนิดมากกว่าการเก็บไว้ในที่มืด และเมื่อเปรียบเทียบปริมาณสารพบว่ามีปริมาณของ **α**-chaconine มากกว่า **α**-solanine ซึ่งการทดลองพบว่ามีปริมาณสารวิเคราะห์สอดคล้องกับงานวิจัยดังกล่าว



ภาพที่ 10 ปริมาณสาร Solanine ที่สกัดได้จากหัวพันธุ์มันฝรั่ง G0 ที่ทำการ greening ที่วันแตกต่างกัน โดยประยุกต์ใช้วิธีของ Friedman *et al*. (2017) ด้วยเครื่อง HPLC ที่ UV detector 280 nm ณ ห้องปฏิบัติการตรวจสอบคุณภาพผลผลิต ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ (แม่เหียะ) ปี 2562 (ก-ง)

กรมวิชาการเกษตร

ขั้นตอนที่ 2 ศึกษาการเจริญเติบโตของหัวพันธุ์มันฝรั่ง (G0) โดยการ greening ในระบบแอโรโปนิคในสภาพแปลง (G1)

8.2.1 การเจริญเติบโตด้านความสูงมันฝรั่ง ที่อายุ 60 วัน

การเจริญเติบโตของต้นมันฝรั่งที่อายุ 60 วัน การ greening หัวพันธุ์มันฝรั่ง 6 วัน มีการเจริญเติบโตเฉลี่ยสูงที่สุด 52.7 เซนติเมตร ไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับ greening หัวพันธุ์มันฝรั่ง 3 วัน การไม่มี greening และ greening หัวพันธุ์มันฝรั่ง 9 วัน มีค่าเฉลี่ย 52.1 51.6 และ 51.6 เซนติเมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 3) ดังนั้นการ greening ไม่มีผลต่อการเจริญด้านความสูงของต้นมันฝรั่ง G1

8.2.2 ผลผลิตและองค์ประกอบของผลผลิต

1) จำนวนหัวต่อหลุม

ไม่ greening หัวพันธุ์มันฝรั่ง มีจำนวนหัวเฉลี่ยรวมต่อหลุมมากที่สุด 12 หัว ไม่แตกต่างทางสถิติกับ การ greening หัวพันธุ์มันฝรั่ง 3 ซึ่งมีค่าเฉลี่ย 11 หัว แต่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับ การ greening หัวพันธุ์มันฝรั่ง 6 และ 9 วัน มีจำนวนหัวเฉลี่ยรวมต่อหลุม 10 หัว (ตารางที่ 3)

โดยหัวพันธุ์มันฝรั่งที่ไม่ผ่านการ greening มีจำนวนหัวพันธุ์มันฝรั่งเกรด 1 (Ø<3.5 cm) เฉลี่ยมากที่สุด 3 หัว/หลุม รองลงมา การ greening 3 6 และ 9 วัน มีค่าเฉลี่ยจำนวนหัว 3 2 และ 2 หัว/หลุม ตามลำดับ ซึ่งไม่มีความแตกต่างทางสถิติ หัวพันธุ์มันฝรั่งเกรด 2 (Ø3.5-4.5 cm) ไม่ greening และ greening 3 วัน มีจำนวนหัวพันธุ์เฉลี่ยมากที่สุด 3 หัว/หลุม ไม่แตกต่างทางสถิติกับ การ greening หัวพันธุ์ที่ 6 และ 9 วัน ซึ่งมีค่าเฉลี่ย 2 หัว/หลุม และหัวพันธุ์มันฝรั่งเกรด 3 (Ø4.5-5.5 cm) ไม่มีการ greening มีจำนวนหัวเฉลี่ยต่อหลุมมากที่สุด 3 หัว/หลุม แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับ การ greening 3 6 และ 9 วัน มีค่าเฉลี่ยจำนวนหัว 2 หัว/หลุม ส่วนเกรด 4 (Ø>5.5-6.5 cm) ทุกกรรมวิธี มีจำนวนหัวเฉลี่ย 3 หัว ซึ่งไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 3)

2) น้ำหนักต่อหลุม

การ greening หัวพันธุ์มันฝรั่ง 6 วัน มีน้ำหนักหัวเฉลี่ยรวมต่อหลุมมากที่สุด 472.5 กรัม รองลงมา การ greening หัวพันธุ์มันฝรั่ง 3 วัน 9 วัน และไม่ greening หัวพันธุ์มันฝรั่ง มีค่าเฉลี่ย 463.6 455.3 และ 446.3 กรัม/หลุม ตามลำดับ (ตารางที่ 3) ซึ่งไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังนั้นการ greening ไม่มีผลต่อน้ำหนักต่อหลุมของผลผลิต G1

โดยหัวพันธุ์ที่ผ่านการ greening 3 วัน มีน้ำหนักหัวพันธุ์มันฝรั่งเกรด 1 (Ø<3.5 cm) เฉลี่ยมากที่สุด 30.8 กรัม/หลุม ไม่แตกต่างทางสถิติกับ ไม่ greening หัวพันธุ์มันฝรั่ง greening 6 วัน และ greening 9 วัน ซึ่งมีค่าเฉลี่ย 30.5 29.4 และ 21.5 กรัม/หลุม ตามลำดับ การ greening หัวพันธุ์มันฝรั่ง 3 วัน มีน้ำหนักหัวพันธุ์มันฝรั่งเกรด 2 (Ø3.5-4.5 cm) เฉลี่ยมากที่สุด 80.7 กรัม/หลุม รองลงมา ไม่ greening หัวพันธุ์มันฝรั่ง greening 6 วัน และ greening 9 วัน ซึ่งมีค่าเฉลี่ย 76 73.4 และ 68.1 กรัม/หลุม ตามลำดับ ซึ่งไม่มีความแตกต่างทางสถิติ และการ greening หัวพันธุ์มันฝรั่ง 3 วัน มีน้ำหนักหัวพันธุ์มันฝรั่งเกรด 3 (Ø4.5-5.5 cm) เฉลี่ยมากที่สุด 114.6

กรมวิชาการเกษตร

กรัม/หลุม ไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับ ไม่มีการ greening หัวพันธุ์มันฝรั่ง ซึ่งมีค่าเฉลี่ย 104 กรัม/หลุม แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับ การ greening หัวพันธุ์มันฝรั่ง 6 และ 9 วัน มีค่าเฉลี่ย 101.1 และ 82.9 กรัม/หลุม ตามลำดับ ส่วนเกรด 4 (Ø>5.5-6.5 cm) การ greening 9 วัน มีน้ำหนักเฉลี่ยมากที่สุด 282.9 กรัม/หลุม ไม่แตกต่างทางสถิติกับ การ greening 6 9 วัน และไม่ greening หัวพันธุ์มันฝรั่ง ซึ่งมีค่าเฉลี่ย 269.5 237.4 และ 235.8 กรัม/หลุม ตามลำดับ (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 3 ค่าเฉลี่ยการเจริญเติบโตที่อายุ 30 วัน จำนวนหัวต่อหลุม และน้ำหนักต่อหลุม ของมันฝรั่ง G1 ที่ปลูกในสภาพแปลง จากหัวพันธุ์ G0 ที่ผ่านการ greening ในระยะเวลาที่แตกต่างกัน ที่ ศกล.ชม. (ขุนวาง) ช่วงฤดูหนาว (พ.ย.-ก.พ.) ปี 2561-2563

กรรมวิธี	ความสูง 60 วัน (ซม.)	จำนวนหัว/หลุม (หัว)					น้ำหนัก/หลุม (กรัม)				
		รวม	เกรด 1	เกรด 2	เกรด 3	เกรด 4	รวม	เกรด 1	เกรด 2	เกรด 3	เกรด 4
ไม่ greening	51.6	12 a	3	3	3 a	3	446.3	30.5	76.0	104 ab	235.8
greening 3 วัน	52.1	11 a	3	3	2 b	3	463.6	30.8	80.7	114.6 a	237.4
greening 6 วัน	52.7	10 b	2	2	2 b	3	472.5	29.4	73.4	100.1 b	269.5
greening 9 วัน	51.6	10 b	2	2	2 b	3	455.3	21.5	68.1	82.9 c	282.9
F-test	ns	*	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns	*	ns
%cv	4.4	9.6	26.9	26.4	17.6	23.4	9.1	27.4	15.5	9.2	14.4

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่ตามด้วยอักษรเหมือนกันไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT

: การแบ่งขนาดหัวพันธุ์มันฝรั่งออกเป็น 4 เกรด ได้แก่ เกรด 1 = เส้นผ่านศูนย์กลาง น้อยกว่า 3.5 เซนติเมตร, เกรด 2 = เส้นผ่านศูนย์กลาง 3.5-4.5 เซนติเมตร, เกรด 3 = เส้นผ่านศูนย์กลาง 4.5-5.5 เซนติเมตร และ เกรด 4 = เส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่า 5.5 เซนติเมตร (ไม่เกิน 6.5 เซนติเมตร)

กรมวิชาการเกษตร

3) จำนวนหัวต่อ 20 ตารางเมตร

หัวพันธุ์มันฝรั่ง G0 ที่ผ่านการ greening 6 วัน มีค่าเฉลี่ยจำนวนหัวรวมต่อ 20 ตารางเมตร มากที่สุด 597 หัว รองลงมา greening หัวพันธุ์มันฝรั่ง 9 3 วัน และไม่ greening หัวพันธุ์มันฝรั่ง ซึ่งมีค่าเฉลี่ย 593 577 และ 575 หัว ตามลำดับ ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 4)

โดยหัวพันธุ์ที่ผ่านการ greening 3 วัน มีจำนวนหัวพันธุ์มันฝรั่งเกรด 1 (Ø<3.5 cm) เฉลี่ยต่อ 20 ตารางเมตร มากที่สุด 137 หัว ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับ ไม่ greening หัวพันธุ์มันฝรั่ง greening 6 และ 9 วัน ซึ่งมีค่าเฉลี่ย 127 121 และ 113 หัว ตามลำดับ หัวพันธุ์มันฝรั่งที่ไม่ผ่านการ greening จะมีจำนวนหัวในเกรด 2 (Ø3.5-4.5 cm) เฉลี่ยมากที่สุด 142 หัว ไม่แตกต่างทางสถิติกับ การ greening หัวพันธุ์มันฝรั่ง 6 และ 3 วัน ซึ่งมีค่าเฉลี่ย 135 และ 121 หัว ตามลำดับ แต่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับ การ greening หัวพันธุ์มันฝรั่ง 9 วัน มีค่าเฉลี่ย 95 หัว หัว การ greening หัวพันธุ์มันฝรั่ง 9 วัน มีจำนวนหัวเกรด 3 (Ø4.5-5.5 cm) เฉลี่ยมากที่สุด 126 หัว รองลงมา การ greening หัวพันธุ์มันฝรั่ง 6 3 และไม่ greening หัวพันธุ์มันฝรั่ง มีค่าเฉลี่ย

122 102 และ 98 หัว ตามลำดับ ซึ่งไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และ การ greening หัวพันธุ์มันฝรั่ง 9 วัน มีจำนวนหัวเกรด 4 (Ø>5.5-6.5 cm) เฉลี่ยมากที่สุด 259 หัว ไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับ การ greening หัวพันธุ์มันฝรั่ง 6 greening 3 วัน และ ไม่ greening มีค่าเฉลี่ย 219 218 และ 208 หัว/พื้นที่ 20 ตารางเมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 4)

4) น้ำหนักผลผลิตต่อ 20 ตารางเมตร

หัวพันธุ์มันฝรั่ง G0 ที่ผ่านการ greening 6 วัน มีน้ำหนักผลผลิตเฉลี่ยต่อ 20 ตารางเมตร มากที่สุด 30.9 กิโลกรัม รองลงมา greening หัวพันธุ์มันฝรั่ง 3 9 วัน และ ไม่ greening หัวพันธุ์มันฝรั่ง มีค่าเฉลี่ย 28.2 27.8 และ 27.6 กิโลกรัม ตามลำดับ ซึ่งไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 4) ดังนั้นการ greening ไม่มีผลต่อน้ำหนักต่อ 20 ตารางเมตรของผลผลิต G1

โดยการ greening หัวพันธุ์มันฝรั่ง 9 วัน มีน้ำหนักหัวเฉลี่ยเกรด 1 (Ø<3.5 cm) ต่อพื้นที่ 20 ตารางเมตร มากที่สุด 2.3 กิโลกรัม ไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับ การ greening 3 วัน ไม่ greening หัวพันธุ์มันฝรั่ง และ greening หัวพันธุ์มันฝรั่ง 6 วัน ซึ่งมีค่าเฉลี่ย 2.1 2 และ 1.9 กิโลกรัม ตามลำดับ ไม่มีการ greening หัวพันธุ์มันฝรั่ง และ greening 6 วัน มีน้ำหนักหัวเกรด 2 (Ø3.5-4.5 cm) เฉลี่ยมากที่สุด 5.4 กิโลกรัม ไม่มีความแตกต่างทาสถิติกับ การ greening 9 และ 3 วัน ซึ่งมีค่าเฉลี่ย 5.1 และ 4.8 กิโลกรัม ตามลำดับ การ greening หัวพันธุ์มันฝรั่ง 6 วัน มีน้ำหนักหัวเกรด 3 (Ø4.5-5.5 cm) เฉลี่ยต่อ 20 ตารางเมตร มากที่สุด 6.7 กิโลกรัม รองลงมา greening หัวพันธุ์มันฝรั่ง 3 วัน และ ไม่ greening หัวพันธุ์มันฝรั่ง มีค่าเฉลี่ย 5.5 และ 5.2 กิโลกรัม ตามลำดับ ซึ่งไม่มีความแตกต่างทางสถิติ แต่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับ การ greening หัวพันธุ์มันฝรั่ง 3 วัน มีค่าเฉลี่ย 5 กิโลกรัม และ การ greening หัวพันธุ์มันฝรั่ง 6 วัน มีน้ำหนักหัวเกรด 4 (Ø>5.5-6.5 cm) เฉลี่ยต่อ 20 ตารางเมตร มากที่สุด 16.9 กิโลกรัม ไม่แตกต่างทางสถิติกับ greening หัวพันธุ์มันฝรั่ง 3 วัน การ greening หัวพันธุ์มันฝรั่ง 9 วัน และไม่ greening หัวพันธุ์มันฝรั่ง มีค่าเฉลี่ย 15.9 15.4 และ 15 กิโลกรัม ตามลำดับ (ตารางที่ 4)

ตารางที่ 4 ค่าเฉลี่ยจำนวนหัว และน้ำหนักผลผลิตต่อ 20 ตารางเมตร ของมันฝรั่ง G1 ที่ปลูกในสภาพแปลง จากหัวพันธุ์ G0 ที่ผ่านการ greening ในระยะเวลาที่แตกต่างกัน ที่ ศกล.ชม. (ขุนวาง) ช่วงฤดูหนาว (พ.ย.-ก.พ.) ปี 2561-2563

กรรมวิธี	จำนวนหัว/20 ตร.ม. (หัว)					น้ำหนัก/20 ตร.ม. (กก.)				
	รวม	เกรด 1	เกรด 2	เกรด 3	เกรด 4	รวม	เกรด 1	เกรด 2	เกรด 3	เกรด 4
ไม่ greening	575	127	142 a	98	208	27.6	2.0	5.4	5.2 ab	15.0
greening 3 วัน	577	137	121 ab	102	218	28.2	2.1	4.8	5.5 ab	15.9
greening 6 วัน	597	121	135 a	122	219	30.9	1.9	5.4	6.7 a	16.9
greening 9 วัน	593	113	95 b	126	259	27.8	2.3	5.1	5 b	15.4

กรมวิชาการเกษตร

F-test	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns
%cv	8.5	26.5	18.8	19.7	23.0	9.5	21.3	19.1	19.1	13.3

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่ตามด้วยอักษรเหมือนกันไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT

: การแบ่งขนาดหัวพันธุ์มันฝรั่งออกเป็น 4 เกรด ได้แก่ เกรด 1 = เส้นผ่านศูนย์กลาง น้อยกว่า 3.5 เซนติเมตร, เกรด 2 = เส้นผ่านศูนย์กลาง 3.5-4.5 เซนติเมตร, เกรด 3 = เส้นผ่านศูนย์กลาง 4.5-5.5 เซนติเมตร และ เกรด 4 = เส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่า 5.5 เซนติเมตร (ไม่เกิน 6.5 เซนติเมตร)

5) จำนวนหัวต่อ 1 ไร่

หัวพันธุ์มันฝรั่ง G0 ที่ผ่านการ greening 6 วัน มีค่าเฉลี่ยจำนวนหัวรวมต่อไร่มากที่สุด 47,675 หัว รองลงมา greening หัวพันธุ์มันฝรั่ง 9 3 วัน และไม่ greening หัวพันธุ์มันฝรั่ง ซึ่งมีค่าเฉลี่ย 47,386 46,072 และ 45,942 หัว/ไร่ ตามลำดับ ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 5) ดังนั้นการ greening ไม่มีผลต่อจำนวนหัวต่อไร่ของผลผลิต G1

โดยการ greening หัวพันธุ์มันฝรั่ง 3 วัน มีจำนวนหัวเกรด 1 (Ø<3.5 cm) เฉลี่ยต่อไร่มากที่สุด 10,896 หัว ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับ ไม่ greening หัวพันธุ์มันฝรั่ง greening 6 และ 9 วัน ซึ่งมีค่าเฉลี่ย 10,164 9,671 และ 9,006 หัว/ไร่ ตามลำดับ ไม่มีการ greening หัวพันธุ์มันฝรั่ง มีจำนวนหัวเกรด 2 (Ø3.5-4.5 cm) เฉลี่ยมากที่สุด 11,336 หัว/ไร่ ไม่แตกต่างทางสถิติกับ การ greening หัวพันธุ์มันฝรั่ง 6 และ 3 วัน ซึ่งมีค่าเฉลี่ย 10,784 และ 9,632 หัว/ไร่ ตามลำดับ แต่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับ การ greening หัวพันธุ์มันฝรั่ง 9 วัน มีค่าเฉลี่ย 7,596 หัว/ไร่ การ greening หัวพันธุ์มันฝรั่ง 9 วัน มีจำนวนหัวเกรด 3 (Ø4.5-5.5 cm) เฉลี่ยมากที่สุด 10,056 หัว/ไร่ รองลงมา การ greening หัวพันธุ์มันฝรั่ง 6 3 และไม่ greening หัวพันธุ์มันฝรั่ง มีค่าเฉลี่ย 9,716 8,112 และ 7,832 หัว/ไร่ ตามลำดับ ซึ่งไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และการ greening หัวพันธุ์มันฝรั่ง 9 วัน มีจำนวนหัวเกรด 4 (Ø>5.5-6.5 cm) เฉลี่ยมากที่สุด 20,728 หัว/ไร่ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับ การ greening หัวพันธุ์มันฝรั่ง 6 greening 3 วัน และ ไม่ greening มีค่าเฉลี่ย 17,504 17,432 และ 16,610 หัว/ไร่ ตามลำดับ (ตารางที่ 5)

6) น้ำหนักผลผลิตต่อ 1 ไร่

หัวพันธุ์มันฝรั่ง G0 ที่ผ่านการ greening 6 วัน มีน้ำหนักผลผลิตเฉลี่ยต่อพื้นที่ 1 ไร่ มากที่สุด 2,465กิโลกรัม รองลงมา greening หัวพันธุ์มันฝรั่ง 3 9 วัน และ ไม่ greening หัวพันธุ์มันฝรั่ง มีค่าเฉลี่ย 2,255 2,223 และ 2,200 กิโลกรัม ตามลำดับ ซึ่งไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 5) ดังนั้นการ greening ไม่มีผลต่อน้ำหนักผลผลิตต่อไร่ของผลผลิต G1

โดยการ greening หัวพันธุ์มันฝรั่ง 9 วัน มีน้ำหนักหัวเกรด 1 (Ø<3.5 cm) เฉลี่ยต่อไร่ มากที่สุด 182 กิโลกรัม ไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับ การ greening 3 วัน greening หัวพันธุ์มันฝรั่ง 6 วัน และไม่ greening หัวพันธุ์มันฝรั่ง ซึ่งมีค่าเฉลี่ย 171 149 และ 145 กิโลกรัม/ไร่ ตามลำดับ ไม่มีการ greening หัวพันธุ์มันฝรั่ง มีน้ำหนักหัวเกรด 2 (Ø3.5-4.5 cm) เฉลี่ยมากที่สุด 437 กิโลกรัม/ไร่ ไม่มีความแตกต่างทาสถิติกับ การ

กรมวิชาการเกษตร

greening 6 9 และ 3 วัน ซึ่งมีค่าเฉลี่ย 429 411 และ 384 กิโลกรัม/ไร่ ตามลำดับ การ greening หัวพันธุ์มันฝรั่ง 6 วัน มีน้ำหนักหัวเกรด 3 (Ø4.5-5.5 cm) เฉลี่ยต่อไร่ มากที่สุด 539 กิโลกรัม/ไร่ ไม่แตกต่างทางสถิติกับ การ greening หัวพันธุ์มันฝรั่ง 3 วัน มีค่าเฉลี่ย 425 กิโลกรัม/ไร่ แต่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับ ไม่มีการ greening หัวพันธุ์มันฝรั่ง และ greening หัวพันธุ์มันฝรั่ง 3 วัน ซึ่งมีค่าเฉลี่ย 417 และ 396 กิโลกรัม/ไร่ และ การ greening หัวพันธุ์มันฝรั่ง 6 วัน มีน้ำหนักหัวเกรด 4 (Ø>5.5-6.5 cm) เฉลี่ยต่อไร่มากที่สุด 1,348 กิโลกรัม/ไร่ ไม่แตกต่างทางสถิติกับ greening หัวพันธุ์มันฝรั่ง 3 วัน การ greening หัวพันธุ์มันฝรั่ง 9 วัน และไม่ greening หัวพันธุ์มันฝรั่ง มีค่าเฉลี่ย 1,275 1,234 และ 1,201 กิโลกรัม/ไร่ ตามลำดับ (ตารางที่ 5)

ตารางที่ 5 ค่าเฉลี่ยจำนวนหัว และน้ำหนักผลผลิตต่อไร่ ของมันฝรั่ง G1 ที่ปลูกในสภาพแปลง จากหัวพันธุ์ G0 ที่ผ่านการ greening ในระยะเวลาที่แตกต่างกัน ที่ ศกล.ชม. (ขุนวาง) ช่วงฤดูหนาว (พ.ย.-ก.พ.) ปี 2561-2563

กรรมวิธี	จำนวนหัว/ไร่ (หัว)					น้ำหนัก/20 ตร.ม. (กก.)				
	รวม	เกรด 1	เกรด 2	เกรด 3	เกรด 4	รวม	เกรด 1	เกรด 2	เกรด 3	เกรด 4
ไม่ greening	45,942	10,164	11,336 a	7,832	16,610	2,200	145	437	417 b	1,201
greening 3 วัน	46,072	10,896	9,632 ab	8,112	17,432	2,255	171	384	425 ab	1,275
greening 6 วัน	47,675	9,671	10,784 a	9,716	17,504	2,465	149	429	539 a	1,348
greening 9 วัน	47,386	9,006	7,596 b	10,056	20,728	2,223	182	411	396 b	1,234
F-test	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns
%cv	8.5	26.4	18.9	19.8	23.0	9.4	22.0	19.3	18.8	13.3

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่ตามด้วยอักษรเหมือนกันไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT

: การแบ่งขนาดหัวพันธุ์มันฝรั่งออกเป็น 4 เกรด ได้แก่ เกรด 1 = เส้นผ่านศูนย์กลาง น้อยกว่า 3.5 เซนติเมตร, เกรด 2 = เส้นผ่านศูนย์กลาง 3.5-4.5 เซนติเมตร, เกรด 3 = เส้นผ่านศูนย์กลาง 4.5-5.5 เซนติเมตร และ เกรด 4 = เส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่า 5.5 เซนติเมตร (ไม่เกิน 6.5 เซนติเมตร)

กรมวิชาการเกษตร

8.2.3 คุณภาพผลผลิต

1) เปอร์เซ็นต์แป้ง

ไม่ greening หัวพันธุ์มันฝรั่ง greening หัวพันธุ์มันฝรั่ง 6 และ 9 วัน มีเปอร์เซ็นต์แป้งเฉลี่ยมากที่สุด 16.7 % ไม่แตกต่างทางสถิติกับ การ greening หัวพันธุ์มันฝรั่ง 3 วัน มีค่าเฉลี่ย 16.6 % (ตารางที่ 6) ดังนั้น การ greening ไม่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์แป้งของผลผลิต G1

2) ความแน่นเนื้อ

การ greening หัวพันธุ์มันฝรั่ง 9 วัน มีความแน่นเนื้อเฉลี่ยมากที่สุด 53.2 นิวตัน รองลงมา การ greening 6 วัน ไม่ greening หัวพันธุ์มันฝรั่ง และ greening หัวพันธุ์มันฝรั่ง 3 วัน มีค่าเฉลี่ย 52.5 51.8 และ

51 นิวตัน ตามลำดับ ซึ่งไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 6) ดังนั้นการ greening ไม่มีผลต่อความแน่นเนื้อของผลผลิต G1

3) กรดมาลิก

หัวพันธุ์มันฝรั่ง G0 ที่ไม่ผ่านการ greening และผ่านการ greening 3 วัน และ 6 วัน มีเปอร์เซ็นต์กรดมาลิกเฉลี่ยสูงที่สุด 1.8 % ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับ การ greening หัวพันธุ์มันฝรั่ง 9 ซึ่งมีค่าเฉลี่ยกรดมาลิก 1.7 % (ตารางที่ 6) ดังนั้นการ greening ไม่มีผลต่อกรดมาลิกของผลผลิต G1

4) ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (Total soluble solids; TSS)

หัวพันธุ์มันฝรั่ง G0 ที่ผ่านการ greening 6 วัน มีน้ำตาล TSS เฉลี่ยน้อยที่สุด 5.7 % รองลงมาหัวพันธุ์มันฝรั่งที่ผ่านการ greening วัน ไม่มีการ greening และ greening 9 วัน มีน้ำตาล TSS เฉลี่ย 5.8 5.9 และ 5.6 % ตามลำดับ ซึ่งไม่มีความแตกต่างทางสถิต (ตารางที่ 6) ดังนั้นการ greening ไม่มีผลต่อ TSS ของผลผลิต G1

5) น้ำตาล Sucrose

หัวพันธุ์มันฝรั่ง G0 ที่ผ่านการ greening 3 วัน มีน้ำตาล Sucrose เฉลี่ยน้อยที่สุด 5.4 % ไม่แตกต่างทางสถิติกับ ไม่ greening หัวพันธุ์มันฝรั่ง greening 6 วัน และ greening 9 วัน ซึ่งมีค่าเฉลี่ย 5.5 5.5 และ 5.6 % ตามลำดับ (ตารางที่ 6) ดังนั้นการ greening ไม่มีผลต่อน้ำตาล sucrose ของผลผลิต G1

6) น้ำตาล Glucose

หัวพันธุ์มันฝรั่ง G0 ที่ผ่านการ greening 3 วัน และ 6 วัน มีน้ำตาล Glucose เฉลี่ยน้อยที่สุด 5.7 % ไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับ ไม่ greening หัวพันธุ์มันฝรั่ง และ greening หัวพันธุ์มันฝรั่ง 9 วัน ซึ่งมีค่าเฉลี่ย 5.8 % (ตารางที่ 6) ดังนั้นการ greening ไม่มีผลต่อน้ำตาล glucose ของผลผลิต G1

7) น้ำตาล Fructose

หัวพันธุ์มันฝรั่ง G0 ที่ผ่านการ greening 3 วัน และ 9 วัน มีน้ำตาล Fructose เฉลี่ยมากที่สุด 5.8 % ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับ ไม่ greening หัวพันธุ์มันฝรั่ง และ greening 6 วัน ซึ่งมีค่าเฉลี่ย 5.9 % (ตารางที่ 6) ดังนั้นการ greening ไม่มีผลต่อน้ำตาล fructose ของผลผลิต G1

8) การเกิดโรคใบไหม้

การ greening หัวพันธุ์มันฝรั่ง 9 วัน มีเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคใบไหม้น้อยที่สุด 4.2 % รองลงมาคือ การ greening หัวพันธุ์มันฝรั่ง 6 วัน และ 3 วัน มีเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคเฉลี่ย 5.3 และ 5.8 % แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับ ไม่มีการ greening หัวพันธุ์มันฝรั่ง มีเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคเฉลี่ยสูงที่สุด 7 % (ตาราง

ศรีวิชาการเกษตร

ที่ 6) โดยใช้เกณฑ์การประเมินความรุนแรงของโรคใบไหม้ในสภาพไร่ ตามการประเมินของ International Potato Center (CIP) (ดัดแปลงจาก Henfling, 1987 และ Fry, 2014)

ตารางที่ 9 ค่าเฉลี่ยคุณภาพผลผลิต (เปอร์เซ็นต์แป้ง ความแน่นเนื้อ กรดมาลิก น้ำตาล TSS น้ำตาลซูโครส น้ำตาลกลูโคส น้ำตาลฟรุกโตส) และเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคใบไหม้ ของหัวพันธุ์มันฝรั่ง G1 ที่ปลูกในสภาพแปลง จากหัวพันธุ์ G0 ที่ผ่านการ greening ในระยะเวลาที่แตกต่างกัน ที่ ศกล.ชม. (ขุนวาง) ช่วงฤดูหนาว (พ.ย.-ก.พ.) ปี 2561-2563

กรรมวิธี	เปอร์เซ็นต์แป้ง (%)	ความแน่นเนื้อ (N)	กรดมาลิก (%)	(TSS) (%)	Sucrose (%)	Glucose (%)	Fructose (%)	การเกิดโรคใบไหม้ (%)
ไม่ greening	16.7	51.8	1.8	5.9	5.5	5.8	5.9	7 c
greening 3 วัน	16.6	51.0	1.8	5.8	5.4	5.7	5.8	5.8 b
greening 6 วัน	16.7	52.5	1.8	5.7	5.5	5.7	5.9	5.3 b
greening 9 วัน	16.7	53.2	1.7	5.9	5.6	5.8	5.8	4.2 a
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*
%cv	1.4	4.4	11.7	3.3	3.9	3.8	2.6	13.0

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่ตามด้วยอักษรเหมือนกันไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT

ภาพที่ 11 ลักษณะการเกิดโรคใบไหม้บนใบมันฝรั่ง G1 ณ ศกล.ชม (ขุนวาง) ฤดูหนาว ปี 2561-2563

9. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

การศึกษาการเจริญเติบโตของหัวพันธุ์มันฝรั่ง (G0) โดยการ greening ในระบบแอโรโปนิค ภายหลังการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5±1°C เป็นเวลา 8 เดือน (32 สัปดาห์) การ greening หัวพันธุ์มันฝรั่ง 3 วัน และไม่มีการ greening จะช่วยลดขนาดความกว้าง และความยาวของตามันฝรั่งลง รักษาความแน่นเนื้อ ปริมาณ TSS และปริมาณน้ำตาลซูโครส กลูโคส และฟรุกโตส ไม่ให้เพิ่มขึ้น มีการสร้างสาร solanine เพิ่มมากขึ้น และมีอายุการเก็บรักษานาน 7-7.5 เดือน โดยไม่มีการงอกของตา และเมื่อนำหัวพันธุ์มันฝรั่ง (G0) ที่ได้จากการ greening ในระบบแอโรโปนิคไปปลูกในสภาพแปลง หัวพันธุ์มันฝรั่ง G1 ที่ผ่านการ greening 6 วัน มีจำนวนหัว (597 หัว) น้ำหนัก

ผลผลิตเฉลี่ยต่อพื้นที่ 20 ตารางเมตร (30.9 กิโลกรัม) และผลผลิตเฉลี่ยต่อไร่มากที่สุด (2,465 กิโลกรัม) และลดเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคใบไหม้ในแปลงลงร้อยละ 24 เมื่อเปรียบเทียบกับการไม่ greening รองลงมาคือ การ greening 3 วัน จะทำให้ได้น้ำหนักผลผลิตต่อหลุม (463.6 กรัม) น้ำหนักผลผลิตเกรด 3 (Ø4.5-5.5 cm) (114.6 กรัม) น้ำหนักผลผลิตเฉลี่ยต่อพื้นที่ 20 ตารางเมตร (28.2 กิโลกรัม) และผลผลิตเฉลี่ยต่อไร่มากที่สุด (2,255 กิโลกรัม) และลดเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคใบไหม้ในแปลงลงร้อยละ 17 เมื่อเปรียบเทียบกับการไม่ greening

10. การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

ผลงานวิจัยที่คาดว่าจะนำไปใช้ประโยชน์ นำไปใช้ประโยชน์ทางด้านเศรษฐกิจ ทำให้เกษตรกรในพื้นที่ภาคเหนือและตะวันออกเฉียงเหนือ ได้ใช้หัวพันธุ์มันฝรั่งที่มีคุณภาพ ราคาถูก และปลอดโรค รวมทั้งยังเป็นการพัฒนาด้านการเกษตร ช่วยส่งเสริมการผลิตหัวพันธุ์มันฝรั่งเพื่อลดการนำเข้า

กลุ่มเป้าหมายคือ เกษตรกร สหกรณ์ผู้ปลูกมันฝรั่ง บริษัทผู้ผลิตหัวพันธุ์มันฝรั่ง ผู้ประกอบการแปรรูปมันฝรั่ง นักวิชการเกษตร นักวิชาการส่งเสริมการเกษตร นักวิจัย นักเรียน นักศึกษา และผู้สนใจในการผลิตหัวพันธุ์มันฝรั่ง

11. คำขอบคุณ

งานวิจัยการศึกษาการเจริญเติบโตของหัวพันธุ์มันฝรั่ง (G0) โดยการ greening ในระบบแอโรโปนิค สำเร็จได้ด้วยความช่วยเหลือของฝ่ายบริหาร ที่อำนวยความสะดวกในการดำเนินงานวิจัย รวมทั้งทีมงานวิจัยมันฝรั่ง และเจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้องของศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ ที่ช่วยปฏิบัติงานวิจัยดังกล่าวจนสำเร็จลงได้ด้วยดี

12. เอกสารอ้างอิง

Shibairo S.I., P. Demo, J.N. Kabira, P. Gildemacher, E. Gachango, M. Menza, R.O. Nyankanga, G.N. Chemining`wa and R.D. Narla. 2006. Effects of gibberellic acid (GA3) on sprouting and quality of potato seed tubers in diffused light and pit storage conditions. *Journal of Biological Sciences* 6(4): 723-733.

กนกพร บุญญะอติชาติ. 2558. การจัดการหลังการเก็บเกี่ยวและปัจจัยที่มีผลต่อการสูญเสียปริมาณ และคุณภาพของผักรับประทานใบ. วารสารมหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์ 7(3): 147-158.

ชวาลา วงศ์ใหญ่. 2559. อุตสาหกรรมแปรรูปมันฝรั่งแผ่นทอดกรอบและโอกาสการขยายการตลาดมันฝรั่งแปรรูปสู่ภูมิภาคอาเซียน. เอกสารวิชาการ เทคโนโลยีการผลิตมันฝรั่งโรงงานคุณภาพ. กลุ่มงานพืชผัก สถาบันวิจัยพืชสวน กรมวิชาการเกษตร. 99 หน้า.

ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่. 2556. โครงการผลิตหัวพันธุ์มันฝรั่งเพื่อทดแทนการนำเข้า เสนอเพื่อขอสนับสนุนงบประมาณจากกองทุนปรับโครงสร้างการผลิต (FTA). สถาบันวิจัยพืชสวน กรมวิชาการเกษตร. 25 หน้า.

สมบัติ ห.เพียรเจริญ. 2556. โครงการส่งเสริมการปลูกมันฝรั่งพันธุ์โรงงาน. สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 5 หน้า.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2557. สถิติการค้าสินค้าเกษตรไทยกับต่างประเทศ ปี 2556. ศูนย์สารสนเทศการเกษตร สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 156 หน้า.

กรมวิชาการเกษตร

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2561. สถานการณ์สินค้าเกษตรที่สำคัญและแนวโน้ม ปี 2561. สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 227 หน้า.

สุรชาติ คูอาริยะกุล วิวัฒน์ ภาณุอำไพ และบุญแถม ถาคำฟู. 2540. ปฏิกิริยาของมันฝรั่งบางพันธุ์ต่อโรคใบไหม้. หน้า 216-223. ใน รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2540 ศูนย์วิจัยพืชสวนเชียงราย สถาบันวิจัยพืชสวน กรมวิชาการเกษตร.

อรทัย วงค์เมธา, 2562. ระบบการผลิตหัวพันธุ์มันฝรั่งปลอดโรค. ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ สถาบันวิจัยพืชสวน กรมวิชาการเกษตร. 129 หน้า.

อรทัย วงค์เมธา. 2557. ยกร่างแผนยุทธศาสตร์งานวิจัยและพัฒนามันฝรั่ง ปี พ.ศ. 2559-2563. ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ สถาบันวิจัยพืชสวน กรมวิชาการเกษตร. 17 หน้า.

Abbasi, K.S., T. Masud, A. Qayyum, A. Ahmad, A. Mehmood, Y. Bibi and A. Sher. 2016. Photo-induced changes in quality attributes of potato tubers during storage. Journal of Applied Botany and Food Quality 89: 315-321.

Benkeblia, N., A.A. Alexopoulos and H.C. Passam. 2008. Physiological and biochemical regulation of dormancy and sprouting in potato tubers (*Solanum tuberosum* L.). *Fruit, Vegetable and Cereal Science and Biotechnology* 2 (Special Issue 1): 54-68.

Cantwell, M. 1996. A Review of Important Facts about Potato Glycoalkaloids. Perishables Handling Newsletter. 87: 26-27.

Friedman, M. 2013. Anticarcinogenic, Cardioprotective, and Other Health Benefits of Tomato Compounds Lycopene, α-Tomatine, and Tomatidine in Pure Form and in Fresh and Processed Tomatoes. Journal of Agricultural and Food Chemistry 61(40): 9534–50.

Friedman, M., J.N. Roitman and N. Kozukue. 2003. Glycoalkaloid and calystegine contents of eight potato cultivars. Journal of Agricultural and Food Chemistry 51(10): 2964-2973.

Friedman, M., N. Kozukue, H.J. Kim, S.H. Choi and M. Mizuno. 2017. Glycoalkaloid, phenolic, and flavonoid content and antioxidative activities of conventional nonorganic and organic potato peel powders from commercial gold, red, and Russet potatoes. Journal of Food Composition and Analysis 62: 69-75.

Fry, W.E. 2008. *Phytophthora infestans*, the plant and R gene destroyer. *Mol. Plant Pathol*. 9: 385-402.

Gachango, E., S.I. Shibairo, J.N. Kabira, G.N. Chemining'wa and P. Demo. 2008. Effects of light intensity on quality of potato seed tubers. African Journal of Agricultural Research 3(10): 732-739.

กรมวิชาการเกษตร

Grunenfelder, L.A., L.O. Knowles, L.K. Hiller and N.R. Knowles. 2006. Glycoalkaloid development during greening of fresh market potatoes (Solanum tuberosum L.). J Agric Food Chem. 54(16): 5847-54.

Henfling, J.W. 1987. *Late blight of potato: Phytophthora infestans*. Technical Information Bulletin 4 (second edition revised) CIP, Lima Peru: 25 p.

Isherwood, F.A. 1973. Starch-sugar interconvension in *Solanum tuberosum*. *Phytochemistry* 12(11): 2579-2591.

Jin, C.Y., H. Liu, D. Xu, F.K. Zeng, Y.C. Zhao, H. Zhang, G. Liu. 2018. Glycoalkaloids and phenolic compounds in three commercial potato cultivars grown in Hebei, China. Food Science and Human Wellness 7(2): 156-162.

Kays, S.J. 1991. Postharvest physiology of perishable plant products. Van Nostrand Reinhold Inc. New York, USA. 532 p.

Kim, Tae-Gyun. 2014. Effect of stem cutting type and transplanting time on plant growth and minituber formation in potato hydroponics. Ph.D. Thesis. Department of Horticulture, Graduate School, JeJu National University.

Machado, R.M.D., M.C.F. Toledo, L.C. Garcia. 2007. Effect of light and temperature on the formation of glycoalkaloids in potato tubers. Food Control 18(5): 503-508.

Mani, F. and C. Hannachi. 2015. Physiology of potato sprouting. Journal of New Science, Agriculture and Biotechnology 17(2): 591-602.

Muthoni, J. J.N. Kabira, D. Kipkoech, G.O. Abong and J.H. Nderitu. 2014. Feasibility of low-cost seed potato storage in Kenya: The case of diffused light storage in Nyandarua county. Journal of Agricultural Science 6(1):59-65.

Naik, P.S. and D. Sarkar. 1997. Influence of light-induced greening on storage of potato microtubers. Biologia Plantarum 39(1): 31-34.

Okamoto, H., L.J.M. Ducreux, J.W. Allwood, P.E. Hedley, A. Wright, V. Gururajan, M.J. Terry and M.A. Taylor. 2020. Light regulation of chlorophyll and glycoalkaloid biosynthesis during tuber greening of potato *S. tuberosum*. Frontiers in Plant Science 11: 753.

Olsen N. 2005. The affect of light source on greening and other quality attributes of 'Russet Burbank' potatoes. Online available: https://www.uidaho.edu/-/media/UIdaho-Responsive/Files/cals/programs/potatoes/Storage/impact-of-light-source-on-tuber-greening.pdf?la=en&hash=370D44FC6185892EC75425060A20E22468F8AEB4 (25 December 2020).

ศูนย์วิทยทรัพยากร

Robinson, A., J. Garden-Robinson, J. Boe and A. Dhuyvetter. 2015. From garden to table: my potatoes turned green Now why?. Online available: https://www.ag.ndsu.edu/publications/lawns-gardens-trees/from-garden-to-table-my-potatoes-turned-green-now-what/a1768 .pdf. (2 February 2021)

Rocha, A.B.O., S.L. Honório, C.L. Messias, M. Otónb, P.A. Gómez. 2015. Effect of UV-C radiation and fluorescent light to control postharvest soft rot in potato seed tubers. Scientia Horticulturae 181: 174-181.

Sakhare, A.V. 2014. Isolation of solanine from potato leaves and evaluation of its antimicrobial activity. International Journal of Science and Research 3(11): 2052-5056.

Shibairo S.I., P. Demo, J.N. Kabira, P. Gildemacher, E. Gachango, M. Menza, R.O. Nyankanga, G.N. Chemining`wa and R.D. Narla. 2006. Effects of gibberellic acid (GA3) on sprouting and quality of potato seed tubers in diffused light and pit storage conditions. *Journal of Biological Sciences* 6(4): 723-733.

Shin, M., C. Umezawa and T. Shin. 2014. Natural anti-microbial systems | antimicrobial compounds in plants. In: Encyclopedia of Food Microbiology (second edition) pp. 920-929.

Sonnewald, S. and U. Sonnewald. 2014. Regulation of potato tuber sprouting. Planta 239: 27-38.

Sweeney, J.P., P.A. Hepner and S.Y. Libeck. 1969. Organic acid, amino acid, and ascorbic acid content of potatoes as affected by storage conditions. *American Potato Journal* 46(12): 463-469.

Tanios, S., A. Eyles, R. Corkrey, R.S.Tegg, T. Thangavel and C.R. Wilson. 2020. Quantifying risk factors associated with light-induced potato tuber greening in retail stores. PloS one 15(9): e0235522. Online available: https://doi.org/10.1371/journal.pone.0235522. (3 February 2021)

Wichrowska, D., I. Rogozi**ń**ska and E. Pawelzik. 2009. Concentration of some organic acids in potato tubers depending on weed control method, cultivar and storage conditions. *Polish Journal of Environmental Studies* 18(3): 487-491.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

13. ภาคผนวก

ภาคผนวกผลการทดลอง ขั้นตอนที่ 1

ตารางผนวกที่ 1 ค่าเฉลี่ยการสูญเสียน้ำหนักผลผลิต G0 ที่ผ่านการ greening ในระยะเวลาที่แตกต่างกัน ภายหลังเก็บรักษา 1-8 เดือน ณ ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ ปี 2561/2562

กรรมวิธี	การสูญเสียน้ำหนักหัว (%)							
	1	2	3	4	5	6	7	8
ไม่ greening	0	3.3 a	4.8	6.0	7.5	9.0	10.3	12.3
greening 3 วัน	0	2.8 ab	4.3	5.5	6.8	8.3	9.5	11.3
greening 6 วัน	0	2.5 ab	3.5	5.3	6.3	8.0	9.5	11.3
greening 9 วัน	0	2 b	3.5	4.5	6.0	7.8	9.3	11.0
F-test	-	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns
%cv	0.0	22.9	23.6	22.2	16.1	17.1	17.1	13.7

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่ตามด้วยอักษรเหมือนกันไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT

ตารางผนวกที่ 2 ค่าเฉลี่ยความแน่นเนื้อของตาของผลผลิต G0 ที่ผ่านการ greening ในระยะเวลาที่แตกต่างกัน ภายหลังเก็บรักษา 1-8 เดือน ณ ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ ปี 2561/2562

กรรมวิธี	ความแน่นเนื้อ (N)							
	1	2	3	4	5	6	7	8
ไม่ greening	43.4 ab	41.1	47.8 a	49.6	53.5	52.5	59.4	61.8
greening 3 วัน	40.9 ab	41.0	49.4 a	44.0	46.5	50.9	60.0	60.1
greening 6 วัน	44.6 a	41.3	47 a	43.9	48.4	51.1	61.4	58.4
greening 9 วัน	38.1 b	46.4	36.7 b	43.5	56.7	55.3	55.1	62.5
F-test	*	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns
%cv	7.3	14.4	11.2	12.7	12.0	7.4	10.8	7.0

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่ตามด้วยอักษรเหมือนกันไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT

ตารางผนวกที่ 3 ค่าเฉลี่ยกรดมาลิกของตาของผลผลิต G0 ที่ผ่านการ greening ในระยะเวลาที่แตกต่างกัน ภายหลังเก็บรักษา 1-8 เดือน ณ ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ ปี 2561/2562

กรรมวิธี	กรดมาลิก (%)							
	1	2	3	4	5	6	7	8
ไม่ greening	1.3 a	1.9 a	1.4 a	1.9	1.9	1.7	1.3	1.5
greening 3 วัน	1.2 b	1.6 ab	1.5 a	1.9	2.0	1.7	1.3	1.8
greening 6 วัน	1.2 b	1.6 ab	1.4 a	1.8	1.6	1.6	1.2	1.7

กรมวิชาการเกษตร

greening 9 วัน	1.2 ab	1.5 b	1.3 b	1.9	1.7	1.7	1.3	1.9
F-test	*	*	*	ns	ns	ns	ns	ns
%cv	5.9	10.8	5.2	5.3	18.9	12.0	14.7	13.1

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่ตามด้วยอักษรเหมือนกันไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT

ตารางผนวกที่ 4 ค่าเฉลี่ยปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของผลผลิต G0 ที่ผ่านการ greening ในระยะเวลาที่แตกต่างกัน ภายหลังเก็บรักษา 1-8 เดือน ณ ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ ปี 2561/2562

กรรมวิธี	**ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (%)**							
	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**
ไม่ greening	7.1 c	7.8 a	7.9 ab	8.1	8.0	7.8	8.3	8.3 a
greening 3 วัน	6.8 ab	7.9 ab	8.4 b	8.1	8.4	7.7	8.0	8.4 a
greening 6 วัน	6.9bc	8.1 ab	8.2 ab	8.2	8.4	7.7	8.3	8.4 a
greening 9 วัน	6.3 a	8.3 b	7.9 a	8.3	8.5	7.7	8.3	9.1 b
F-test	*	*	*	ns	ns	ns	ns	*
%cv	4.2	3.6	3.6	3.1	4.9	2.8	3.4	2.7

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่ตามด้วยอักษรเหมือนกันไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT

ตารางผนวกที่ 5 ค่าเฉลี่ยน้ำตาล Sucrose ของผลผลิต G0 ที่ผ่านการ greening ในระยะเวลาที่แตกต่างกัน ภายหลังเก็บรักษา 1-8 เดือน ณ ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ ปี 2561/2562

กรรมวิธี	**น้ำตาล Sucrose (%)**							
	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**
ไม่ greening	6.7 b	7.2	7.9 ab	7.8	7.4 a	7.2	7.8	7.9 a
greening 3 วัน	6.1 a	7.5	8.1 b	8.0	7.9 ab	7.2	7.9	8.2 b
greening 6 วัน	6.3 ab	7.5	7.8 ab	7.8	8 b	7.1	7.9	8 bc
greening 9 วัน	5.9 a	7.3	7.5 a	8.0	8.2 b	7.7	8.2	8.7 c
F-test	*	ns	*	ns	*	ns	ns	*
%cv	5.0	4.3	4.6	3.7	3.8	6.0	3.2	2.0

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่ตามด้วยอักษรเหมือนกันไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT

ตารางผนวกที่ 6 ค่าเฉลี่ยน้ำตาล Glucose ของผลผลิต G0 ที่ผ่านการ greening ในระยะเวลาที่แตกต่างกัน ภายหลังเก็บรักษา 1-8 เดือน ณ ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ ปี 2561/2562

กรรมวิธี	**น้ำตาล Glucose (%)**							
	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**

ศูนย์วิทยทรัพยากร

ไม่ greening	7 c	7.7	7.9 ab	8.2	7.9	7.7	8.2	8.1 a
greening 3 วัน	6.4 ab	7.9	8.4 b	8.2	8.3	7.6	8.0	8.3 a
greening 6 วัน	6.7 bc	8.1	8.2 ab	8.1	8.3	7.4	8.2	8 a
greening 9 วัน	6.2 a	8.1	7.8 a	8.4	8.4	7.8	8.1	8.9 b
F-test	*	ns	*	ns	ns	ns	ns	*
%cv	4.9	5.0	4.2	3.2	5.3	3.4	3.8	2.5

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่ตามด้วยอักษรเหมือนกันไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT

กรมวิชาการเกษตร

ตารางผนวกที่ 7 ค่าเฉลี่ยน้ำตาล Fructose ของผลผลิต G0 ที่ผ่านการ greening ในระยะเวลาที่แตกต่างกันภายหลังเก็บรักษา 1-8 เดือน ณ ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ ปี 2561/2562

กรรมวิธี	น้ำตาล Fructose (%)							
	1	2	3	4	5	6	7	8
ไม่ greening	7.1 b	7.8 a	8.0	8.3	8.0	7.8	8.4	8.3 a
greening 3 วัน	6.6 ab	8 ab	8.5	8.3	8.5	7.7	8.2	8.4 a
greening 6 วัน	6.8 b	8.2 ab	8.4	8.2	8.5	7.6	8.4	8.4 a
greening 9 วัน	6.3 a	8.4 b	8.0	8.5	8.5	7.8	8.3	9.1 b
F-test	*	*	ns	ns	ns	ns	ns	
%cv	5.0	4.3	4.2	3.2	4.7	2.9	3.4	3.9

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่ตามด้วยอักษรเหมือนกันไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT

รูปภาพผนวกการทดลอง ขั้นตอนที่ 1

ก) ปลูกต้นอ่อนมันฝรั่งในโรงเรือนแม่พันธุ์

(ข) ต้นมันฝรั่งอายุ 1 สัปดาห์ หลังย้ายปลูก

(ค) ต้นแม่พันธุ์มันฝรั่งอายุ 1 เดือน

(ง) ต้นแม่พันธุ์มันฝรั่งอายุ 1 เดือน สำหรับตัดชำ

กรมวิชาการเกษตร

(จ) ตัดชำยอดมันฝรั่ง 2-3 ข้อ

(ฉ) เตรียมหลุมปลูกยอดปักชำมันฝรั่ง

(ช) ทำการตัดแต่งยอดมันฝรั่ง

(ซ) ลักษณะยอดมันฝรั่งที่ทำการตัดปักชำ

(ฌ) ปลูกลงระบบแอโรโปนิค

(ญ) ระยะปลูกขนาด 10x10 เซนติเมตร

(ฎ) กษณะต้นมันฝรั่ง อายุ 20 วัน หลังย้ายปลูก

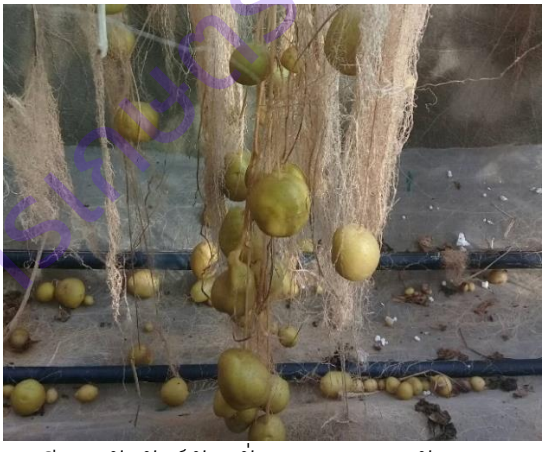
(ฏ) ลักษณะต้นมันฝรั่ง อายุ 60 วัน หลังย้ายปลูก

ภาพผนวกที่ 1 การปลูกและดูแลรักษาหัวพันธุ์มันฝรั่ง (G0) โดยการ greening ในระบบแอโรโปนิค ปี 2560-2562 (ก-ฏ)

(ก) เปิดแผ่นโฟมให้หัวพันธุ์มันฝรั่งได้รับแสง

(ข) สีของหัวพันธุ์มันฝรั่งที่ไม่ผ่านการ greening

(ค) สีของหัวพันธุ์มันฝรั่ง greening 3 วัน



(ง) สีของหัวพันธุ์มันฝรั่ง greening 6 วัน

(จ) สีของหัวพันธุ์มันฝรั่ง greening 9 วัน

(ฉ) เก็บเกี่ยวผลผลิต

กรมวิทยาศาสตร์

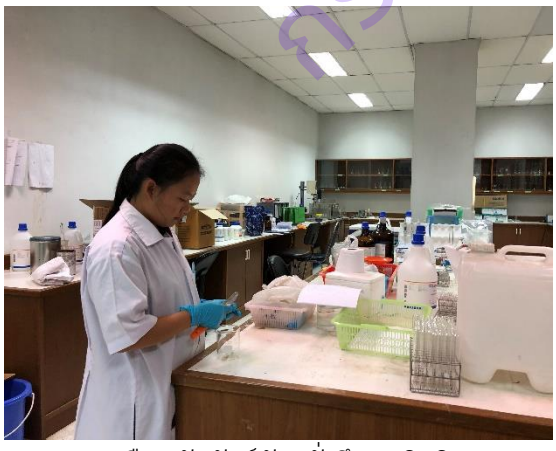
(ช) คัดขนาดเกรดหัวพันธุ์มันฝรั่ง

(ซ) วัดเปอร์เซ็นต์แป้งหัวพันธุ์มันฝรั่ง

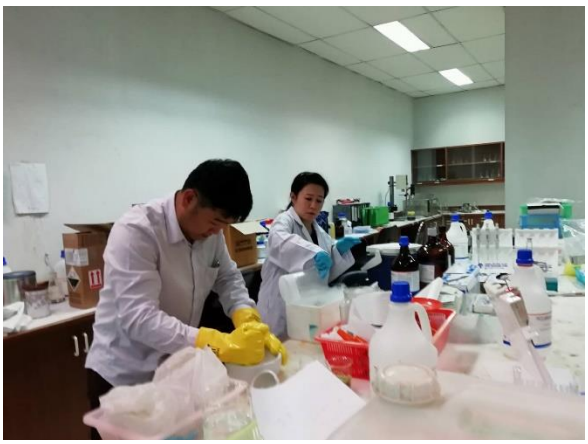
(ฌ) วัดความแน่นเนื้อหัวพันธุ์มันฝรั่ง

(ญ) วัดเปอร์เซ็นต์กรดมาลิก และน้ำตาลในหัวพันธุ์มันฝรั่ง

ภาพผนวกที่ 2 การเก็บเกี่ยวผลผลิต และเก็บข้อมูลคุณภาพหัวพันธุ์มันฝรั่งหลังเก็บเกี่ยว ณ ศกล.ชม. (ขุนวาง) และ ศกล.ชม. (แม่เหียะ) ปี 2560-2562 (ก-ญ)



(ก) ปอกเปลือกหัวพันธุ์มันฝรั่งลึก 1 มิลลิเมตร

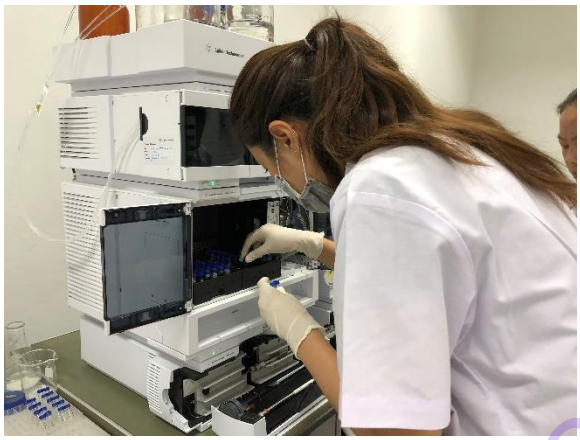


(ข) บดให้ละเอียดด้วยไนโตรเจนเหลว

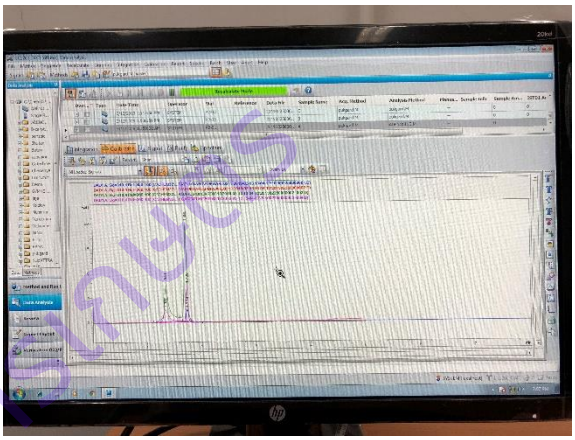
กรมวิชาการเกษตร

(ค) เตรียมสารสกัด และ mobile phase

(ง) ทำให้แห้งด้วย vacuum oven ภายใต้สูญญากาศ



(จ) โหลดสารเพื่อหาปริมาณสาร Solanine



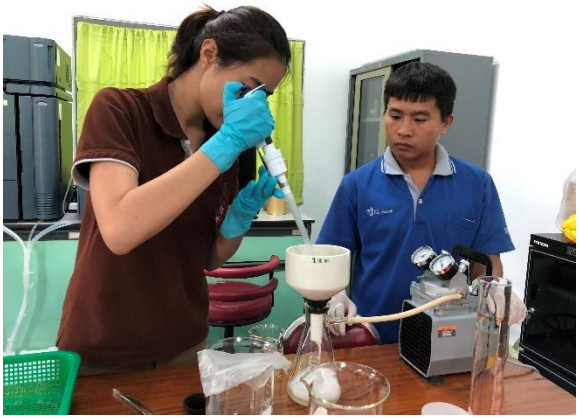
(ฉ) ปริมาณสารที่ได้จากการสกัดในแต่ละกรรมวิธี

ภาพผนวกที่ 3 วิธีการสกัดสารไกลโคอัลคาลอยด์ (solanine และ chaconine) จากหัวพันธุ์มันฝรั่งด้วยวิธีที่แตกต่างกัน ด้วยเครื่อง HPLC ที่ UV detector 310 nm ณ ห้องปฏิบัติการ HPLC สถาบันบริการตรวจสอบคุณภาพและมาตรฐานผลิตภัณฑ์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ปี 2562 (ก-ฉ)

(ก) บดเปลือกมันฝรั่งให้ละเอียดด้วยไนโตรเจนเหลว

(ข) สกัดสารตัวอย่าง

กรมวิชาการเกษตร



(ค) ตกตะกอน glycoalkaloids ด้วย NH_4OH

(ง) นำสารละลายตัวอย่างใส่หลอด centrifuge

(จ) เตรียม mobile phase

(ฉ) วิเคราะห์ปริมาณสารที่ได้จากการสกัดในแต่ละกรรมวิธีด้วยเครื่อง HPLC

ภาพผนวกที่ 4 วิธีการสกัดสารไกลโคอัลคาลอยด์ (solanine และ chaconine) จากหัวพันธุ์มันฝรั่ง G0 ที่ทำการ greening ที่วันแตกต่างกัน โดยประยุกต์ใช้วิธีของ Friedman *et al.* (2017) ด้วยเครื่อง HPLC ที่ UV detector 280 nm ณ ห้องปฏิบัติการตรวจสอบคุณภาพผลผลิต ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ (แม่เหียะ) ปี 2562 (ก-ฉ)

รูปภาพผนวกการทดลองขั้นตอนที่ 2

กรมวิชาการเกษตร

(ก) การเตรียมแปลงปลูกมันฝรั่ง

(ข) วางหัวพันธุ์มันฝรั่งระยะห่าง 20x85 เซนติเมตร

(ค) รองพื้นก่อนปลูกด้วย ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 และ ปุ๋ยเคมีสูตร 13-13-21 อัตรา 100 กก./ไร่

(ง) พูนโคน สูงประมาณ 30 ซม.

(จ) ลักษณะแปลงหลังปลูก

(ฉ) อายุต้นมันฝรั่ง 15 วัน หลังปลูก

(ช) ต้นมันฝรั่งอายุ 45 วัน

(ซ) พ่นสารป้องกันโรคและแมลงมันฝรั่ง

ภาพผนวกที่ 5 การปลูกและดูแลรักษาต้นมันฝรั่งที่ปลูกในสภาพแปลง จากหัวพันธุ์ G0 ที่ผ่านการ greening ในระยะเวลาที่แตกต่างกัน ณ ศกล.ชม. (ขุนวาง) ฤดูหนาว ปี 2561-2563 (ก-ซ)

(ก) เก็บเกี่ยวผลผลิตต่อหลุม

(ข) จำนวนหัวพันธุ์มันฝรั่งต่อหลุม

(ค) น้ำหนักต่อหลุม

(ง) เก็บเกี่ยวผลผลิตโดยใช้รถขุด

(จ) เก็บผลผลิตของแต่ละกรรมวิธี

(ฉ) น้ำหนักผลผลิตของแต่ละกรรมวิธี

ภาพผนวกที่ 6 การเก็บเกี่ยวผลผลิต ณ ศกล.ชม. (ขุนวาง) ปี 2561-2563 (ก-ฉ)

(ก) วัดเปอร์เซ็นต์แป้งหัวพันธุ์มันฝรั่ง

(ข) วัดความแน่นเนื้อหัวพันธุ์มันฝรั่ง

(ค) วิเคราะห์คุณภาพผลผลิต

(ง) เครื่องวัดปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (TSS)

(จ) เครื่องวัดปริมาณน้ำตาลซูโครส

(ฉ) เครื่องวัดปริมาณน้ำตาลกลูโคส

กรมวิชาการเกษตร

(ช) เครื่องวัดปริมาณน้ำตาลฟรักโทส

(ซ) เครื่องวัดปริมาณกรดมาลิก

ภาพผนวกที่ 6 การข้อมูลคุณภาพหัวพันธุ์มันฝรั่งหลังเก็บเกี่ยว ณ ศกล.ชม. (แม่เหียะ) ปี 2561-2563 (ก-ซ)

กรมวิชาการเกษตร