

การประยุกต์ใช้ฮอร์โมนไซโตไคนินร่วมกับสารยับยั้งฮอร์โมนเอทิลีนต่อการชักนำ
การออกดอกในมันสำปะหลัง^{1/}

Application of cytokinin hormone combined with ethylene hormone
inhibitors for flowering induction in cassava^{1/}

ผู้ทำสัมมนา

วัชรภรณ์ จิตรโคตร^{2/}

อาจารย์ที่ปรึกษา

อนนท์ จันทร์เกตุ^{3/}

บทคัดย่อ

การประยุกต์ใช้ฮอร์โมนไซโตไคนิน (BA) ความเข้มข้นต่างกันร่วมกับสารยับยั้งฮอร์โมนเอทิลีน (STS) ส่งผลต่อความสูงของกิ่งแรก จำนวนดอกตัวเมีย จำนวนดอกตัวผู้ และจำนวนช่อดอกต่อต้นของมันสำปะหลัง โดยที่การฉีดพ่น BA 1.0 มิลลิโมลาร์ ร่วมกับ STS ส่งผลทำให้มันสำปะหลังมีจำนวนดอกตัวผู้ และดอกตัวเมียที่อายุ 7 เดือนมากที่สุด การพ่น BA ช่วงระยะการเจริญเติบโตใดก็ตาม (ก่อนระยะออกดอกจนถึงสิ้นสุดการทดลอง, ก่อนออกดอกจนถึงออกดอก (4) ออกดอกจนดอกแรกบาน หรือออกดอก 21 วันจนถึงสิ้นสุดการทดลอง) สามารถเพิ่มจำนวนดอกทั้งหมด จำนวนดอกตัวเมีย จำนวนผล และสัดส่วนของดอกตัวเมียต่อจำนวนดอกทั้งหมดเมื่อเทียบกับกรรมวิธีควบคุม โดยการพ่น BA ก่อนออกดอกจนถึงสิ้นสุดการทดลอง และการพ่น BA ก่อนออกดอกจนถึงระยะออกดอกเป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด และหากมีการพ่น STS ร่วมด้วยจะสามารถเพิ่มจำนวนดอกทั้งหมด จำนวนดอกตัวเมีย และจำนวนผลได้ทุกช่วงเวลาการพ่น และสูงกว่าการพ่น BA เพียงอย่างเดียว สำหรับการศึกษากการประยุกต์ใช้สารกระตุ้นการออกดอกของมันสำปะหลัง พบว่าการพ่น BA ที่ยอดร่วมกับฉีด STS ที่ก้านใบ และพ่น BA ที่ยอดร่วมกับฉีด BA และ STS ที่ก้านใบ เป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดในการเพิ่มจำนวนดอกทั้งหมด จำนวนดอกตัวเมีย และจำนวนผลมากที่สุด และหากทำร่วมกับการตัดแต่งกิ่ง จะสามารถเพิ่มจำนวนดอกทั้งหมด จำนวนดอกตัวเมีย และจำนวนผลสูงได้มากยิ่งขึ้น แต่การใช้แสงสีแดง ร่วมกับ BA เพื่อชักนำการออกดอก เป็นวิธีการที่สามารถเพิ่มได้เฉพาะความสูงของการแตกกิ่งแรก และอัตราส่วนของกิ่งแรกต่อความสูง แต่ไม่ส่งผลต่อจำนวนช่อดอกตัวเมีย จำนวนช่อดอกตัวผู้ และจำนวนช่อดอกทั้งหมดของมันสำปะหลังได้

คำสำคัญ: การชักนำการออกดอก; การแตกกิ่ง; ไซโตไคนิน; ซิลเวอร์ไธโอซัลเฟต

^{1/}เอกสารประกอบรายวิชา 1201 480 สัมมนา

^{2/}นักศึกษาชั้นปีที่ 4 ภาควิชาพืชไร่ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

^{3/}อาจารย์ประจำภาควิชาพืชไร่ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

1. บทนำ

มันสำปะหลัง (*Manihot esculenta* Crantz) เป็นพืชเศรษฐกิจ และพืชอาหารที่สำคัญเป็นอันดับ 5 ของโลก รองจากข้าวสาลี ข้าวโพด ข้าว และมันฝรั่ง พบมากในเขตร้อน และกึ่งร้อนของทวีปแอฟริกา เอเชีย และลาตินอเมริกา มันสำปะหลังเป็นพืชที่มีการใช้ประโยชน์กันอย่างแพร่หลาย ทั้งเป็นอาหารของมนุษย์ อาหารสัตว์ และใช้เป็นพลังงานทดแทน มันสำปะหลังเป็นพืชหนึ่งที่มีความสำคัญต่อเศรษฐกิจของประเทศไทยเป็นอย่างมาก เนื่องด้วยประเทศไทยเป็นผู้ส่งออกมันสำปะหลังเป็นลำดับที่ 1 ของโลก โดยที่มูลค่าการส่งออกผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังในรูปของมันอัดเม็ด มันเส้น แป้งสาคู และแป้งมันสำปะหลังในปี 2566 มากกว่า 148,786 ล้านบาท (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2567) ทั้งนี้ยังไม่รวมมูลค่าในส่วนของอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้อง เช่น การผลิตเอทานอล การผลิตอาหารสัตว์ สารความหวาน ผงชูรส สิ่งทอ กระดาษ และมูลค่าเกี่ยวกับการสร้างงานสร้างรายได้ในระดับไร่นาจนถึงระดับอุตสาหกรรม

ปัจจุบันการผลิตมันสำปะหลังของโลกยังคงเผชิญความท้าทายหลายประการ อาทิ ภัยแล้ง การระบาดของโรคและแมลงศัตรูพืช รวมถึงปัญหาผลผลิตตกต่ำ การแก้ไขปัญหาเหล่านี้สามารถทำได้หลายวิธี เช่น การพัฒนาพันธุ์มันสำปะหลังให้มีลักษณะต่างๆที่ดีขึ้น และการปรับปรุงวิธีการจัดการที่เหมาะสม ในด้านการพัฒนาสายพันธุ์นั้น มีศูนย์วิจัยระดับนานาชาติหลายแห่ง เช่น ศูนย์เกษตรเขตร้อนนานาชาติ (CIAT) ในประเทศโคลัมเบีย และสถาบันเกษตรเขตร้อนนานาชาติ (IITA) ในประเทศไนจีเรีย รวมถึงศูนย์วิจัยพืชไร่ กรมวิชาการเกษตรของประเทศไทย ได้ทำการศึกษาวิจัยและพัฒนาเพื่อปรับปรุงพันธุ์มันสำปะหลังอย่างต่อเนื่องมาเป็นเวลานาน อย่างไรก็ตามการพัฒนาสายพันธุ์จากการผสมพันธุ์ด้วยวิธีการปรับปรุงพันธุ์แบบดั้งเดิม (conventional breeding) จะมีการผสมพันธุ์ดอกที่ได้รับการควบคุมการผสมเกสรของต้นพ่อและแม่ ทั้งนี้การผสมพันธุ์นั้นยังคงประสบปัญหาการไม่ออกดอกของมันสำปะหลังบางสายพันธุ์ เนื่องด้วยการออกดอกของมันสำปะหลังขึ้นอยู่กับปัจจัยอื่นๆอีกหลายประการ เช่น สายพันธุ์ ระดับความสูงจากน้ำทะเล อุณหภูมิเฉลี่ยตอนกลางคืนที่ต่ำ และช่วงแสงที่มันสำปะหลังได้รับ (photoperiod) นอกจากนี้การออกดอกของมันสำปะหลังจะเกิดที่ปลายยอดของกิ่ง หรือรอยต่อของต้นที่มีการแตกกิ่ง (floral branching) ส่งผลให้พันธุ์ที่ไม่แตกกิ่งจะไม่เกิดช่อดอก ฉะนั้นหากมันสำปะหลังที่ต้องการนำมาใช้เป็นพ่อแม่พันธุ์ในการสร้างสายพันธุ์ลูกผสมไม่ออกดอก นักปรับปรุงพันธุ์ก็จะไม่สามารถนำมาใช้ในการสร้างคู่ผสมได้ ซึ่งเป็นอุปสรรคสำคัญในขั้นตอนการปรับปรุงพันธุ์มันสำปะหลัง ด้วยเหตุนี้ การชักนำการออกดอกด้วยฮอร์โมน หรือการใช้แสงสีแดงจึงเป็นวิธีการที่นักปรับปรุงพันธุ์ให้ความสนใจ และอาจเป็นทางเลือกที่มีประสิทธิภาพในการใช้เป็นเครื่องมือสำหรับการปรับปรุงพันธุ์มันสำปะหลังต่อไป

ไซโตไคนิน เป็นสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช มีบทบาทสำคัญในการชักนำการเกิดช่อดอก โดยเฉพาะอย่างยิ่ง 6-Benzyladenine (BA) ซึ่งมีส่วนสำคัญในการกระตุ้นการแบ่งเซลล์

การขยายขนาดของเซลล์ การเจริญของกิ่งใบและลำต้น รวมถึงการเร่งการแตกตาข้าง ส่งผลโดยตรงต่อการชักนำการเกิดช่อดอกของพืช (Bernier *et al.*, 1985) งานวิจัยของ Oluwasanya *et al.* (2021) ได้ศึกษาการใช้ BA ร่วมกับ silver thiosulfate (STS) ในการส่งเสริมการออกดอกของมันสำปะหลัง พบว่า การใช้ BA ความเข้มข้น 0.5 มิลลิโมลาร์ ร่วมกับ STS ความเข้มข้น 2.0 มิลลิโมลาร์ สามารถเพิ่มจำนวนช่อดอก ดอกตัวเมีย และการติดผลของมันสำปะหลังได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยที่ STS เป็นสารเคมีอินทรีย์ที่มีคุณสมบัติพิเศษในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของดอกในพืชหลายชนิด โดยช่วยให้ดอกบานเร็วขึ้นและมีอายุการบานที่ยาวนานขึ้น กลไกการทำงานของ STS คือการยับยั้งการสังเคราะห์สารเอทิลีน โดยไปขัดขวางการทำงานของเอนไซม์ 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid (ACC) synthase และ ACC oxidase ซึ่งส่งผลให้เกิดการชะลอการร่วงหล่นของดอกหลังการออกดอก (Ma *et al.*, 2006) นอกจากการใช้สารเคมี การกระตุ้นการออกดอกของมันสำปะหลังยังสามารถทำได้โดยการใช้แสงสีแดง ซึ่งเป็นเทคนิคที่ช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตและพัฒนาการของพืช อีกทั้งยังอาจช่วยกระตุ้นการผลิตช่อดอกได้อีกด้วย การผสมผสานวิธีการต่างๆ เหล่านี้อาจเป็นแนวทางที่มีประสิทธิภาพในการพัฒนาการออกดอกของมันสำปะหลัง ซึ่งจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการปรับปรุงพันธุ์และการเพิ่มผลผลิตในอนาคต ดังนั้นสมมติฐานนี้จึงได้รวบรวมข้อมูลงานวิจัยเกี่ยวกับการประยุกต์ใช้ฮอร์โมนไซโตไคนนร่วมกับสารยับยั้งฮอร์โมนเอทิลีนต่อการชักนำการออกดอกในมันสำปะหลัง

2. มันสำปะหลังและความสำคัญทางเศรษฐกิจ

มันสำปะหลัง มีชื่อสามัญว่า cassava หรือ tapioca ชื่อวิทยาศาสตร์ *Manihot esculenta* เป็นพืชอยู่ในตระกูล Euphorbiaceae โอบาซ (2563) ได้อธิบายลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของมันสำปะหลังไว้ดังนี้

ราก มันสำปะหลัง มีราก 2 ชนิด คือ รากจริง และรากสะสมอาหาร หรือ หัว รากจริงเป็นระบบรากแบบ adventitious root system รากที่งอกจากท่อนพันธุ์ (cutting) สามารถงอกได้จาก 3 ส่วนคือ รากจากส่วนเนื้อเยื่อ root from cambium รากจากส่วนตา (root from bud) และรากจากส่วนรอยหลุดร่วงของใบ (root from leaf scar) ส่วนหัว (tuber) ของมันสำปะหลัง คือส่วนรากที่ขยายใหญ่เพื่อสะสมอาหารที่เป็นคาร์โบไฮเดรต ในส่วน parenchyma cell รากสะสมอาหารมีปริมาณแป้งประมาณ 15 – 40%

ลำต้น มันสำปะหลังเป็นไม้เนื้อแข็ง ลำต้นตั้งตรง ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2-6 เซนติเมตร สีของลำต้นแตกต่างกันไปตามพันธุ์ ความสูงของต้น 1-5 เมตร ขึ้นกับพันธุ์ โดยพันธุ์ที่ไม่แตกกิ่ง (unbranched) ต้นจะสูง ส่วนพันธุ์ที่แตกกิ่งต้นจะสูงน้อยกว่า การแตกกิ่งของมันสำปะหลังจะแตกออกเป็น 2 กิ่ง (dichotomous branching) หรือ 3 กิ่ง (trichotomous branching) กิ่งที่แตกออก

จากลำต้นหลักเรียกว่า กิ่งชุดแรก (primary branch) ส่วนกิ่งที่แตกออกจาก กิ่งชุดแรก เรียกว่า กิ่งชุดที่สอง (secondary branch) บนลำต้นหรือกิ่งของมันสำปะหลังจะเห็นรอยหลุดร่วงของก้านใบ เรียกว่า รอยแผลใบ (leaf scar) ซึ่งเป็นรอยต่อระหว่างก้านใบกับลำต้นหรือกิ่ง ด้านบนเหนือรอยแผลใบจะมีตา (bud) ซึ่งจะงอกเป็นต้นใหม่เมื่อนำท่อนพันธุ์ไปปลูก

ใบ เป็นแบบใบเดี่ยว (simple leaf) การเกิดของใบจะหมุนเวียนรอบลำต้น (spiral) มีการจัดเรียงตัว (phyllotaxy) ค่อนข้างคงที่แน่นอนคือ 2/5 ก้านใบ (petiole) ต่อยกหว่างลำต้นหรือกิ่งกับตัวแผ่นใบ ก้านใบอาจมีสีเขียวหรือสีแดง ตัวใบหรือแผ่นใบ (lamina) จะเว้าเป็นหยักลึกเป็นแฉก (palmately lobe) จำนวนหยักมีตั้งแต่ 3-9 หยัก ที่โคนก้านใบติดกับลำต้นมีหูใบ (stipule)

ช่อดอก และดอก มันสำปะหลังเป็นพืชที่มีช่อดอกเป็นแบบ panicle คือมีดอกตัวผู้และดอกตัวเมียอยู่บนต้นเดียวกัน (monoecious plant) แต่แยกกันอยู่คนละดอกในช่อเดียวกัน ช่อดอกจะเกิดตรงปลายยอดของลำต้นหรือกิ่ง หรืออาจเกิดตรงรอยต่อที่เกิดการแตกกิ่ง ดอกตัวผู้ (staminate flower) มักเกิดบริเวณส่วนปลายหรือยอดของช่อดอก มีก้านดอก (pedicel) กลีบรองดอก หรือกลีบเลี้ยง (sepal) 5 กลีบ แต่ไม่มีกลีบดอก (petal) ภายในดอกมีเกสรตัวผู้ (stamen) 10 อัน แบ่งเป็น 2 วง ๆ ละ 5 อัน เกสรตัวผู้วงในมีก้านชูเกสรตัวผู้ (filament) สั้นกว่าวงนอก ขณะที่ดอกตัวเมีย (pistillate flower) มีขนาดใหญ่กว่าดอกตัวผู้ มักเกิดอยู่บริเวณส่วนโคนของช่อดอก ไม่มีกลีบดอก แต่มีกลีบรองดอกหรือกลีบเลี้ยง 5 กลีบ เช่นเดียวกับดอกตัวผู้ ตรงกลางจะเป็นเกสรตัวเมีย (pistil) รังไข่ (ovary) มี 3 carpel ภายในแต่ละ carpel มีไข่ (ovule) อยู่ 1 ใบ ในช่อดอกเดียวกันดอกตัวเมียจะบานก่อนดอกตัวผู้ 7-10 วัน การบานของดอกตัวผู้ และดอกตัวเมียจะบานเวลา 11.30-12.30 น.

ผล และเมล็ด หลังการผสมเกสรแล้ว รังไข่ก็จะเจริญเติบโตขยายใหญ่กลายเป็นผลแบบ capsule ขนาดโตเต็มที่ที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 1 เซนติเมตร ยาว 1-1.5 เซนติเมตร ภายในมี 3 ช่อง แต่ละช่องมีเมล็ด 1 เมล็ด รูปร่างยาวรี มีสีน้ำตาล และมีลายดำ เมื่อแก่จะแตกติดเมล็ดกระเด็น

ลักษณะพันธุกรรมของมันสำปะหลังเป็นพืช diploid มีโครโมโซม $2n=36$ จึงมีพันธุกรรมแบบ heterozygous แต่มันสำปะหลังเป็นได้ทั้งพืชผสมข้ามและพืชผสมตัวเอง ขึ้นอยู่กับลักษณะการออกดอกและความหนาแน่นของต้นมันสำปะหลังที่ปลูกอยู่บริเวณนั้น ก่อนที่มันสำปะหลังจะมีการออกดอกได้ จะต้องมีการแตกกิ่งก่อนเพื่อรองรับการเกิดของตาดอกที่เรียกว่า floral branching ภายในช่อดอกเดียวกันจะไม่มีการผสมกัน ในการปฏิสนธิเกิดขึ้นเมื่อละอองเกสรของดอกตัวผู้ตกลงบนที่รับละอองเกสรของดอกตัวเมีย จากนั้นจะงอกหลอดละอองเกสรลงไปตามก้านชูเกสรตัวเมียเข้าไปผสมกับไข่จนได้ไซโกต หลังการผสมพันธุ์ลูกผสมที่เกิดขึ้นจะมีอยู่ 2 แบบคือ

1) อินบรีดดิ้ง (inbreeding) หมายถึง การผสมพันธุ์ระหว่างพืชที่มี genotype เหมือนกัน หรือคล้ายคลึงกัน จะได้ genotype ในสภาพ homozygote ในมันสำปะหลัง ทำได้จากการบังคับให้

พืชผสมตัวเองหรือผสมระหว่างต้นที่มีพ่อหรือแม่ร่วมกัน ลูกที่เกิดจากการผสมจะเกิดความเสื่อมถอยทางพันธุกรรม มีผลให้ลูกผสมที่ได้มีลักษณะที่เลวลง

2) เฮตเตอร์โรซิส (heterosis) หมายถึงการผสมพันธุ์ระหว่างพืชที่มี genotype แตกต่างกันได้ genotype ในสภาพ heterozygote ซึ่ง gene จะมีแอลลีล ที่แตกต่างกัน โดยแอลลีลลักษณะเด่นจะข่มแอลลีลลักษณะด้อย ไม่ให้แสดงออกมา เฮตเตอร์โรซิสเกิดขึ้นจากการผสมระหว่างพืชสายพันธุ์แท้เข้าด้วยกัน บางทีอาจถูกเรียกว่า hybrid vigor (โอภาษ, 2563)

ความสำคัญทางเศรษฐกิจ

มันสำปะหลังสามารถใช้ประโยชน์ได้ทั้งเป็นอาหารมนุษย์ อาหารสัตว์ และใช้เป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรม หัวมันสำปะหลังส่วนใหญ่จะเข้าสู่กระบวนการแปรรูปทำแป้ง มันเส้น และมันอัดเม็ด (Maung Aye and Howeler, 2017) แป้งมันสำปะหลังจะนำไปใช้ในอุตสาหกรรมต่างๆ เช่นตัวทำหุ้มคงรูปร่าง เป็นตัวทำให้เป็นผงฝุ่นใช้ในอุตสาหกรรมสิ่งทอ ทำกาบ กระดาษ แป้งเปียก อะซีโตน ยา กลูโคส ผงชูรส และแป้งแปรรูป เป็นต้น นอกจากนี้แป้งในหัวมันสำปะหลัง สามารถนำไปหมักให้เปลี่ยนเป็นแอลกอฮอล์ที่เรียกว่าเอทานอล (ethanol) เมื่อนำไปผสมน้ำมันเบนซินใช้เป็นพลังงานทดแทนได้ อีกทั้งกากที่เหลือจากการทำแป้ง เปลือกของหัว และใบของมันสำปะหลังที่ตากแห้งยังใช้เป็นอาหารสัตว์ได้ (Carretero *et al.*, 2009) มีแร่ธาตุหลายชนิดที่มีความสำคัญต่อร่างกาย เช่น K, Ca, Mg, P, Na, Mn, Fe, Zn และ Cu และมีวิตามิน เช่น วิตามินเอ วิตามินบี 1 วิตามินบี 2 วิตามินบี 3 วิตามินซี และยังมีแคโรทีน (carotene) และกรดอะมิโนบางชนิด (Montagnac *et al.*, 2009)

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร คาดการณ์ผลผลิตมันสำปะหลัง ปี 2566/67 ปริมาณรวม 27.94 ล้านตัน ลดลง 2.79 ล้านตันจากปีก่อน (-9.08%) ในขณะที่ปัจจุบันไทยมีความต้องการใช้ในอุตสาหกรรมมันเส้น แป้งมัน และเอทานอล ปริมาณรวม 42.58 ล้านตัน ซึ่งปริมาณความต้องการใช้มากกว่าปริมาณผลผลิตในประเทศ 14.64 ล้านตัน ทั้งนี้การที่ผลผลิตมันสำปะหลังลดลง แต่ตลาดมีความต้องการที่เพิ่มขึ้น ราคาส่งออกมันสำปะหลังควรจะปรับตัวสูงขึ้น แต่สถานการณ์ปัจจุบันราคาส่งออกกลับไม่ได้ปรับตัวสูงขึ้นตามกลไกของตลาด (กรมการค้าต่างประเทศ กระทรวงพาณิชย์, 2567)

3. การเจริญเติบโตและการออกดอกของมันสำปะหลัง

Alves (2002) ได้แบ่งระยะการเจริญเติบโตของมันสำปะหลังออกเป็น 5 ระยะคือ 1) ระยะแตกตา ช่วงอายุ 5-15 วัน 2) ระยะสร้างเนื้อเยื่อใบ และราก อยู่ระหว่างช่วงอายุ 15 วันถึง 3 เดือน ซึ่งในช่วงหนึ่งเดือนแรกนี้เนื่องจากเนื้อเยื่อใบยังพัฒนาไม่ได้เต็มที่การเจริญเติบโตของมันสำปะหลังในระยะนี้จึงมีชีจากสารสังเคราะห์แสงแต่มาจากอาหารสะสมในส่วนของท่อนพันธุ์มันสำปะหลัง และที่ช่วง 2-3 เดือนจะเริ่มมีการสะสมแป้งในราก 3) ระยะการเจริญทางต้นและใบ ช่วงอายุ 3-6 เดือน

ซึ่งช่วง 4-5 เดือน มันสำปะหลังจะมีพื้นที่ที่จะสังเคราะห์แสงได้เต็มประสิทธิภาพมากที่สุด และการสะสมแป้งที่รากก็ยังคงดำเนินควบคู่กันไป 4) ระยะสะสมอาหารที่หัวช่วงอายุ 6-10 เดือน เนื่องจากไม่มีการเจริญเติบโตทางต้นเพิ่มมากนัก ต้นเริ่มสะสมกลินินทำให้แข็งแรงมากขึ้น ใบล่าง บางส่วนจะร่วงเพื่อลดการสูญเสียน้ำ อัตราการสะสมอาหารที่รากในระยะนี้จะเพิ่มมากขึ้น 5) ระยะพักตัวช่วง 10-12 เดือน ซึ่งจะมีผลผลิตคงที่

4. ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการออกดอกของมันสำปะหลัง

4.1 สภาพแวดล้อม

การออกดอกของมันสำปะหลังขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อม มีความแปรปรวนสูงตั้งแต่อายุ 1-24 เดือน หากมีเงาบังแสงบางเวลาจะมีผลเกี่ยวข้องกับอุณหภูมิเฉลี่ยตอนกลางคืนต่ำและช่วงเวลารับแสงในสภาพแวดล้อมดังกล่าวเหมาะกับการออกดอก ซึ่งสภาพแวดล้อมของประเทศไทยที่เหมาะสมคือ สถานีวิจัยเพชรบูรณ์และสถานีวิจัยกาญจนบุรีของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (โอภาส, 2563)

4.2 ฮอร์โมน

ฮอร์โมนไซโตไคนินชนิด 6-benzyladenine (BA) ได้รับการศึกษาอย่างกว้างขวางเกี่ยวกับผลกระทบต่อการเจริญเติบโตและการพัฒนาของพืช การวิจัยแสดงให้เห็นว่าการใช้ BA สามารถเพิ่มจำนวนดอกตัวเมีย ผลผลิตเมล็ด ความสูงของพืช และจำนวนกิ่ง (Seesangboon *et al.*, 2018) ปัจจุบันมีการประยุกต์ใช้สาร silver thiosulfate (STS) เป็นสารเคมีอินทรีย์ที่มีคุณสมบัติพิเศษในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของดอกในพืชหลายชนิด โดยช่วยให้เพิ่มจำนวนดอก ดอกบานเร็วขึ้นและมีอายุการบานที่ยาวนานขึ้น กลไกการทำงานของ STS คือการยับยั้งการสังเคราะห์สารเอทิลิน โดยไปขัดขวางการทำงานของเอนไซม์ 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid (ACC) synthase และ ACC oxidase ซึ่งส่งผลให้เกิดการชะลอการร่วงหล่นของดอกหลังการออกดอก (Hyde *et al.*, 2020)

4.2.1 ผลของฮอร์โมนไซโตไคนินร่วมกับสารยับยั้งฮอร์โมนเอทิลินต่อความสูงกิ่งแรกและการออกดอกของมันสำปะหลัง

4.2.1.1 ระดับความเข้มข้นของ BA ร่วมกับ STS ที่ต่างกันต่อความสูงของกิ่งแรก และสัดส่วนการแตกกิ่งที่ 1 ต่อความสูงต้น

ธนพล และคณะ (2566) ศึกษาการประเมินการตอบสนองของมันสำปะหลังที่มีต่อลักษณะการเจริญเติบโตและการออกดอกเมื่อได้รับการชักนำด้วยการฉีดพ่น 6-benzyladenine (BA) ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ร่วมกับ STS วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) จำนวน 4 ซ้ำ โดยใช้มันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 80 ซึ่งได้รับการฉีดพ่นด้วย BA ที่ความเข้มข้น 0, 0.5, 1.0 1.5 และ 2.0 มิลลิโมลาร์ ร่วมกับ STS ความเข้มข้น 2.0 มิลลิโมลาร์ จากการศึกษาพบว่า

การฉีดพ่น BA ความเข้มข้นที่ต่างกันร่วมกับ STS ไม่ส่งผลต่อความสูงของกิ่งแรก และอัตราส่วนของกิ่งแรกต่อความสูงรวมของต้นสำปะหลังวัยบง 80 ทุกช่วงอายุการเจริญเติบโต (ที่อายุ 5-8 เดือนหลังปลูก) การปลูกในสภาพธรรมชาติโดยไม่ชักนำด้วยสารใด ๆ ส่งผลให้แนวโน้มค่าความสูงการแตกกิ่งที่แรกของต้นสำปะหลังมากที่สุด โดยที่เมื่อต้นสำปะหลังอายุ 6 และ 7 เดือนหลังปลูก มีค่าเท่ากับ 108.56 และ 118.75 เซนติเมตร ตามลำดับ ในขณะที่ค่าสัดส่วนการแตกกิ่งที่ 1 ต่อความสูงต้น พบว่าเมื่อต้นสำปะหลังอายุ 7 เดือนหลังปลูก การฉีดพ่น BA 1.0 มิลลิโมลาร์ ร่วมกับ STS ส่งผลให้ค่าสัดส่วนการแตกกิ่งมีแนวโน้มมากที่สุด เท่ากับ 0.76 (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 ผลของระดับความเข้มข้นของ BA ที่ต่างกันต่อความสูงของกิ่งแรก (ซม.) และอัตราส่วนของกิ่งแรกต่อความสูงรวมของต้นสำปะหลังวัยบง 80 ที่อายุ 5-8 เดือนหลังปลูก

Treatments	5 เดือน		6 เดือน		7 เดือน		8 เดือน	
	ความสูงกิ่งแรก	สัดส่วนการแตกกิ่งที่ 1 ต่อความสูงต้น	ความสูงกิ่งแรก	สัดส่วนการแตกกิ่งที่ 1 ต่อความสูงต้น	ความสูงกิ่งแรก	สัดส่วนการแตกกิ่งที่ 1 ต่อความสูงต้น	ความสูงกิ่งแรก	สัดส่วนการแตกกิ่งที่ 1 ต่อความสูงต้น
0 BA+STS	105.50	0.71	108.56	0.72	118.75	0.71	107.50	0.62
0.5 BA+STS	100.21	0.71	102.50	0.64	98.75	0.64	96.67	0.55
1.0 BA+STS	99.58	0.77	101.67	0.75	102.50	0.76	104.38	0.72
1.5 BA+STS	108.23	0.75	93.75	0.56	103.02	0.70	107.71	0.69
2.0 BA+STS	110.65	0.74	107.44	0.69	100.00	0.64	107.92	0.66
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV (%)	12.84	11.89	11.94	13.97	12.02	11.48	13.12	13.06

หมายเหตุ: ns หมายถึงไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ที่มา: ธนพล และคณะ (2566)

4.2.1.2 ระดับความเข้มข้นของ BA ที่ต่างกันร่วมกับ STS ต่อจำนวนดอกตัวเมีย จำนวนดอกตัวผู้ และจำนวนช่อดอกต่อต้น

ธนพล และคณะ (2566) ยังได้ประเมินผลของระดับความเข้มข้นของ BA ที่ต่างกันร่วมกับ STS ต่อจำนวนดอกตัวเมีย จำนวนดอกตัวผู้ และจำนวนช่อดอกต่อต้น พบว่าการฉีดพ่น BA ความเข้มข้นที่ต่างกันร่วมกับ STS ไม่ส่งผลต่อลักษณะการออกดอกของต้นสำปะหลัง ได้แก่จำนวนดอกตัวเมีย จำนวนดอกตัวผู้ และจำนวนช่อดอกต่อต้นของต้นสำปะหลังพันธุ์วัยบง 80 ในเดือนที่ 5 และเดือนที่ 6 หลังปลูก ขณะที่การฉีดพ่น BA ความเข้มข้นที่ต่างกันร่วมกับ STS ส่งผลต่อลักษณะการออกดอกของต้นสำปะหลังอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่อายุ 7 และ 8 เดือนหลังปลูก ยกเว้นเพียงจำนวนดอกตัวเมียเมื่อต้นสำปะหลังที่อายุ 8 เดือนหลังปลูก ที่ไม่พบความแตกต่างทางสถิติระหว่างกรรมวิธีที่ฉีดพ่น (ตารางที่ 2)

เมื่อพิจารณาที่มันสำปะหลังอายุ 7 เดือนหลังปลูก พบว่ามีเพียงการฉีดพ่น BA 1.0 มิลลิโมลาร์ ร่วมกับ STS ที่ส่งผลให้มันสำปะหลังออกดอกตัวผู้ และดอกตัวเมียมีจำนวนมากที่สุด เท่ากับ 2.72 และ 13.50 ดอกต่อช่อตามลำดับ และการฉีดพ่น BA 1.0 มิลลิโมลาร์ ร่วมกับ STS ยังมีจำนวนช่อสูงที่สุดอีกด้วยเท่ากับ 1.50 ช่อต่อต้น ขณะที่เมื่อมันสำปะหลังอายุ 8 เดือนหลังปลูก พบว่าการฉีดพ่น BA 1.0 มิลลิโมลาร์ ร่วมกับ STS ที่ส่งผลให้มันสำปะหลังออกดอกตัวผู้และจำนวนช่อต่อต้นมากที่สุดเช่นกัน ซึ่งมีค่าเท่ากับ 7.71 ดอกต่อช่อ และ 1.75 ช่อต่อต้น ตามลำดับ (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 ผลของระดับความเข้มข้นของ BA ที่ต่างกันต่อจำนวนตัวเมียต่อช่อ จำนวนตัวผู้ต่อช่อ และจำนวนช่อดอกต่อต้นของมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 80 ที่ 5, 6, 7 และ 9 เดือนหลังปลูก

Treatments	5 เดือน			6 เดือน			7 เดือน			8 เดือน		
	จำนวน ดอกตัว เมีย	จำนวน ดอกตัว ผู้	จำนวน ช่อดอก	จำนวน ดอกตัว เมีย	จำนวน ดอกตัว ผู้	จำนวน ช่อดอก	จำนวน ดอกตัว เมีย	จำนวน ดอกตัว ผู้	จำนวน ช่อดอก	จำนวน ดอกตัว เมีย	จำนวน ดอกตัว ผู้	จำนวน ช่อดอก
0 BA+STS	0.66	5.00	0.19	0.62	2.70	0.75	0.00 ^b	0.00 ^b	0.00 ^b	1.30	11.68 ^a	5.00 ^a
0.5 BA+STS	0.25	1.50	0.19	0.00	0.00	0.00	0.00 ^b	0.00 ^b	0.00 ^b	0.00	0.00 ^b	0.00 ^b
1.0 BA+STS	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.72 ^a	13.50 ^a	1.50 ^a	0.37	7.71 ^{ab}	1.75 ^{ab}
1.5 BA+STS	0.25	1.50	0.25	0.37	2.87	0.25	0.02 ^b	0.00 ^b	0.00 ^b	0.00	0.00 ^b	0.00 ^b
2.0 BA+STS	0.25	4.83	0.41	1.37	6.62	2.00	0.03 ^b	0.00 ^b	0.00 ^b	0.00	0.00 ^b	0.00 ^b
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	ns	**	**	**	ns	**	**
CV (%)	138.12	145.08	136	210.75	213.91	280.13	267.61	447.21	354.86	260.79	242.51	215.33

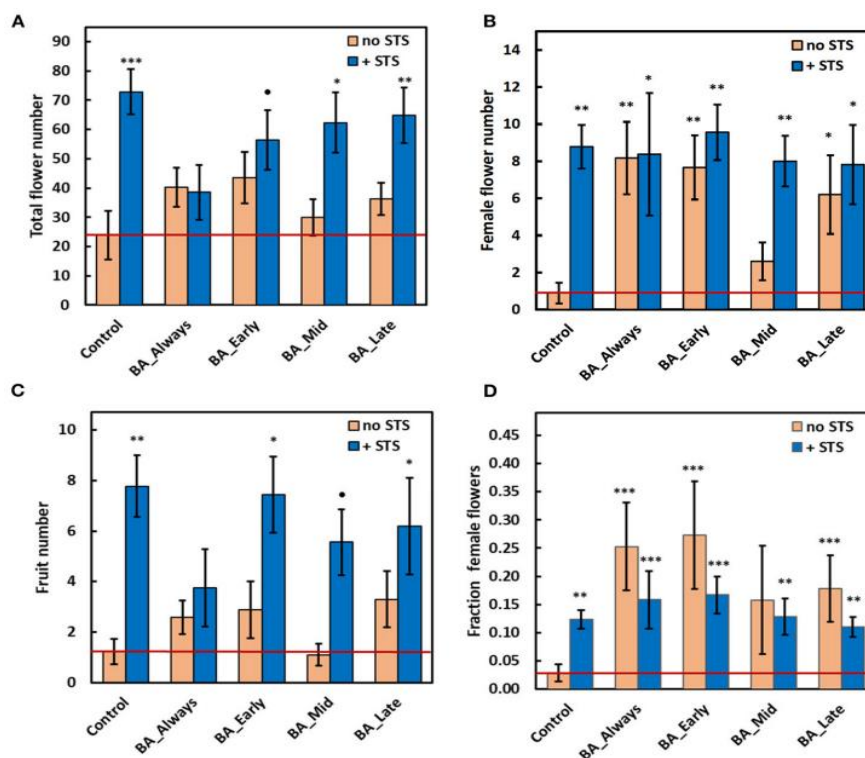
หมายเหตุ: ตัวอักษรที่เหมือนกันในคอลัมน์เดียวกัน แสดงถึงไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ด้วยวิธี LSD ** หมายถึงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 % และ ns หมายถึงไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ที่มา: ธนพล และคณะ (2566)

4.2.1.3 ช่วงเวลาการพ่น BA ร่วมกับ STS ที่ต่างกันต่อจำนวนดอกทั้งหมด จำนวนดอกตัวเมีย จำนวนผล และสัดส่วนช่อดอกตัวเมีย

Oluwasanya *et al.* (2021) ได้ศึกษาผลของช่วงเวลาการพ่น BA ร่วมกับ STS ที่ต่างกันต่อจำนวนดอกทั้งหมดจำนวนดอก ตัวเมีย จำนวนผล และสัดส่วนช่อดอกตัวเมีย วางแผนการทดลองแบบ split-plot design ปัจจัยหลัก คือ ช่วงเวลาการพ่น BA ที่แตกต่างกัน 5 ช่วงเวลา ได้แก่ (1) พ่นด้วยน้ำทดลองการทดลองที่ปลายยอด (2) พ่น BA ตั้งแต่ก่อนระยะออกดอกจนสิ้นสุดการทดลอง (3) พ่นด้วย BA ก่อนออกดอกจนถึงระยะออกดอก (4) พ่นด้วย BA เมื่อออกดอกจนดอกแรกบาน และ (5) พ่นด้วย BA หลังออกดอก 21 วันจนสิ้นสุดการทดลอง และปัจจัยรอง คือ การใช้ STS ที่ต่างกัน 2 ระดับ ได้แก่ ใช้ STS และไม่ใช้ STS ร่วมด้วย จากการศึกษาพบว่าช่วงเวลาการพ่น BA ที่ต่างกันส่งผลต่อจำนวนดอกทั้งหมด จำนวนดอกตัวเมีย จำนวนผล และสัดส่วนของดอกตัวเมียต่อจำนวนดอกทั้งหมดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ และการใช้ STS ที่ต่างกันส่งผลต่อจำนวนดอก

ทั้งหมด จำนวนดอกตัวเมีย จำนวนผล และสัดส่วนของดอกตัวเมียต่อจำนวนดอกทั้งหมดแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญ โดยพบว่า การพ่น BA ระยะการเจริญเติบโตใดก็ได้ก็สามารถเพิ่มจำนวนดอกทั้งหมด จำนวนดอกตัวเมีย จำนวนผล และสัดส่วนของดอกตัวเมียต่อจำนวนดอกทั้งหมดเมื่อเทียบกับกรรมวิธี ควบคุมโดยช่วงพ่น BA ก่อนระยะออกดอกจนถึงสิ้นสุดการทดลอง และการพ่น BA ก่อนระยะออกดอก จนถึงระยะออกดอกส่งผลให้จำนวนดอกทั้งหมด จำนวนดอกตัวเมีย จำนวนผล และสัดส่วนของดอก ตัวเมียต่อจำนวนดอกทั้งหมดมากที่สุด และเมื่อพ่น STS ร่วมด้วยสามารถเพิ่มจำนวนดอกทั้งหมด จำนวนดอกตัวเมีย และจำนวนผลได้ทุกช่วงเวลาการพ่น BA แม้กระทั่งการพ่น STS ร่วมกับน้ำเพียง อย่างเดียวก็สามารถเพิ่มได้เช่นกัน ขณะที่การฉีดพ่น BA เพียงอย่างเดียว มีผลทำให้สัดส่วนของดอก ตัวเมียต่อจำนวนดอกทั้งหมดสูงกว่าการใช้ BA ร่วมกับ STS ในทุกช่วงเวลาการพ่น (ภาพที่ 1)

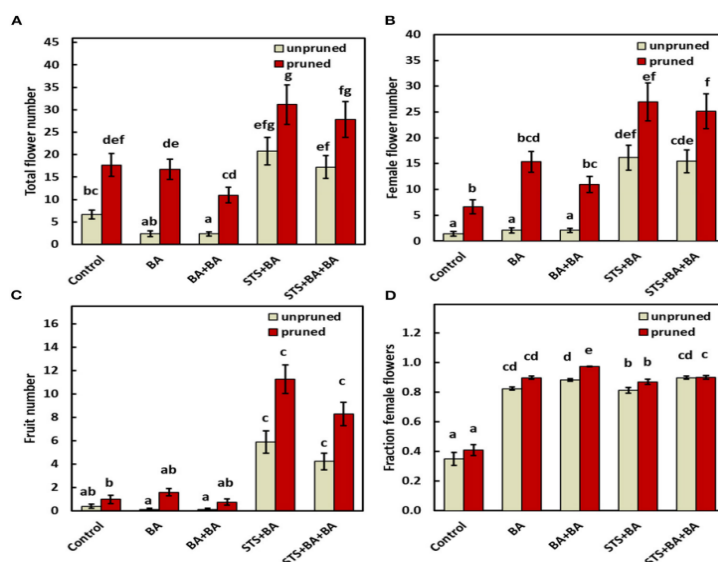


ที่มา: Oluwasanya *et al.* (2021)

ภาพที่ 1 ผลของช่วงเวลาการพ่น BA ที่แตกต่างกันร่วมกับการใช้ STS ที่ต่างกันต่อจำนวนดอก ทั้งหมด จำนวนดอกตัวเมีย จำนวนผล และสัดส่วนของดอกตัวเมียต่อจำนวนดอกทั้งหมด

4.2.1.4 การตัดแต่งกิ่งและวิธีการพ่น BA ร่วมกับ STS ต่อจำนวนดอกทั้งหมด จำนวนดอกตัวเมีย จำนวนผล และสัดส่วนดอกตัวเมียกับดอกทั้งหมด

Oluwasanya *et al.* (2021) ยังได้มีการศึกษาผลต่อการตัดแต่งกิ่งและวิธีการพ่น BA ร่วมกับ STS ต่อการออกดอกของมะนสำปะหลัง ปัจจัยหลักเป็นวิธีการใช้สารกระตุ้นการออกดอกของมะนสำปะหลัง 5 วิธี ได้แก่ (1) ไม่ใช้สารกระตุ้นการออกดอก (2) พ่น BA ที่ปลายยอด (3) พ่น BA ที่ปลายยอดร่วมกับฉีด BA ที่ก้านใบ (4) พ่น BA ที่ปลายยอดร่วมกับฉีด STS ที่ก้านใบ และ (5) พ่น BA ที่ปลายใบร่วมกับฉีด BA และ STS ที่ก้านใบ และปัจจัยรอง คือวิธีการตัดแต่งกิ่งที่แตกต่างกัน 2 วิธี ได้แก่ การตัดแต่งกิ่ง และการไม่ตัดแต่งกิ่ง จากการศึกษาพบว่า วิธีการใช้สารกระตุ้นการออกดอกที่แตกต่างกันส่งผลต่อจำนวนดอกทั้งหมด จำนวนดอกตัวเมีย จำนวนผล และสัดส่วนของดอกตัวเมียต่อจำนวนดอกทั้งหมดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยการพ่น BA ที่ยอดร่วมกับฉีด STS ที่ก้านใบ และพ่น BA ที่ยอดร่วมกับฉีด BA และ STS ที่ก้านใบ ส่งผลทำให้จำนวนดอกทั้งหมด จำนวนดอกตัวเมีย และจำนวนผลมากที่สุด และการตัดแต่งกิ่งสามารถเพิ่มจำนวนดอกทั้งหมด จำนวนดอกตัวเมีย จำนวนผล และสัดส่วนของดอกตัวเมียต่อจำนวนดอกทั้งหมดในทุกวิธีการใช้สารกระตุ้นการออกดอกอย่างมีนัยสำคัญ โดยใช้ BA ที่ยอดร่วมกับฉีด STS ที่ก้านใบ และพ่น BA ที่ยอดร่วมกับฉีด BA และ STS ที่ก้านใบ ร่วมกับการตัดแต่งกิ่งส่งผลทำให้จำนวนดอกทั้งหมด จำนวนดอกตัวเมีย และจำนวนผลสูงที่สุด ขณะที่การใช้พ่น BA ที่ยอดร่วมกับฉีด BA ที่ก้านใบ ส่งผลทำให้สัดส่วนของดอกตัวเมียต่อจำนวนดอกทั้งหมดสูงกว่าวิธีการอื่นทั้งมีการตัดแต่งกิ่งและไม่มีการตัดแต่งกิ่ง (ภาพที่ 2)



ที่มา: Oluwasanya *et al.* (2021)

ภาพที่ 2 ผลของวิธีการใช้สารกระตุ้นการออกดอกของมะนสำปะหลังที่ต่างกันร่วมกับวิธีการตัดแต่งกิ่ง ต่อจำนวนดอกทั้งหมด จำนวนดอกตัวเมีย จำนวนผล และสัดส่วนของดอกตัวเมีย ต่อจำนวนดอกทั้งหมด

4.2.2 ผลของการใช้แสงสีแดงต่อการออกดอกของมันสำปะหลัง

4.2.2.1 ความสูงของการแตกกิ่งแรกและค่าสัดส่วนการแตกกิ่งที่ 1 ต่อความสูงต้น

ธนพล และคณะ (2564) ศึกษาผลของการใช้แสงสีแดง และ 6-benzyladenine (BA) ต่อความสูงของการแตกกิ่งแรกและค่าสัดส่วนการแตกกิ่งที่ 1 ต่อความสูงต้น วางแผนการทดลองแบบ Split plot in RCBD จำนวน 4 ซ้ำ โดยปัจจัยหลัก คือ วิธีการชักนำการออกดอกสำปะหลังพันธุ์ 4 วิธี ได้แก่ (1) กลุ่มควบคุม (2) การใช้ฮอร์โมน BA (3) การใช้ฮอร์โมน BA ร่วมกับแสงสีแดง และ (4) การใช้แสงสีแดงเพียงอย่างเดียว ปัจจัยรอง คือ พันธุ์มันสำปะหลัง 5 พันธุ์ ได้แก่ ADIRA 4, ห้วยบง 90, เกษตรศาสตร์ 50, ระยอง 9 และ TME3 พบว่า วิธีการชักนำการออกดอกมันสำปะหลังที่ต่างกันส่งผลต่อความสูงของการแตกกิ่งแรก และอัตราส่วนของกิ่งแรกต่อความสูงรวมทุกช่วงการเจริญเติบโต โดยพบว่า วิธีการชักนำการออกดอกด้วยการฉีดพ่น BA ร่วมกับแสงสีแดงมีค่าสูงที่สุดในทุกเดือนที่ศึกษาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ขณะที่วิธีการชักนำการออกดอกด้วยการให้แสงสีแดงเพียงอย่างเดียว ส่งผลต่อความแตกต่างของอัตราส่วนของกิ่งแรกต่อความสูงรวมในทุกเดือนที่ศึกษา และส่งผลต่อความสูงของการแตกกิ่งแรกเพียงเดือนที่ 4 ทั้งนี้พันธุ์ส่งผลต่อความสูงของการแตกกิ่งแรก และอัตราส่วนของกิ่งแรกต่อความสูงรวมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ พบว่า พันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ส่งผลต่อความสูงของการแตกกิ่งแรก และอัตราส่วนของกิ่งแรกต่อความสูงรวมในเดือนที่ 4 ขณะที่พันธุ์ระยอง 9 ส่งผลต่อความสูงของการแตกกิ่งแรก และอัตราส่วนของกิ่งแรกต่อความสูงรวมในเดือนที่ 5 และ 9 และยังพบปฏิกริยาสัมพันธ์ระหว่างวิธีการชักนำการออกดอกและพันธุ์มันสำปะหลัง (ตารางที่ 3)

เนื่องจากมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างวิธีการชักนำการออกดอกและพันธุ์มันสำปะหลังที่มีต่อความสูงของการแตกกิ่งแรก และอัตราส่วนของกิ่งแรกต่อความสูงรวม จึงได้มีการวิเคราะห์หือทธิพลของปัจจัยร่วม (combination treatment) โดยเมื่อพิจารณาลักษณะความสูงของการแตกกิ่งแรก พบว่าเมื่ออายุ 4 เดือน การใช้ BA ร่วมกับแสงสีแดง ส่งผลให้มันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 90 มีความสูงกิ่งแรกมากที่สุด รองลงมาคือการชักนำด้วยแสงสีแดงส่งผลให้มันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 90 และเกษตรศาสตร์ 50 ส่วนกลุ่มควบคุมและการใช้ BA ส่งผลให้พันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 มีความสูงกิ่งแรกต่ำกว่าการชักนำด้วยแสงสีแดง เมื่ออายุ 5 เดือนวิธีการชักนำการออกดอกมันสำปะหลังทั้ง 4 วิธี ส่งผลให้พันธุ์ระยอง 9 มีความสูงกิ่งแรกมากที่สุด และเมื่ออายุ 9 เดือน ส่งผลให้พันธุ์ ระยอง 9 มีความสูงการแตกกิ่งมากที่สุดแต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ส่วนพันธุ์ TME3 การชักนำด้วยการใช้ BA และ BA ร่วมกับแสงสีแดงส่งผลให้ความสูงกิ่งแรกแตกต่างกับวิธีการควบคุมและการใช้แสงสีแดงเพียงอย่างเดียว จะเห็นได้ว่าในช่วง 4 และ 5 เดือนหลังปลูก (ภาพที่ 3)

การชักนำด้วยการใช้ BA ร่วมกับแสงสีแดง และแสงสีแดงเพียงอย่างเดียว ส่งผลให้พันธุ์ห้วยบง 90 กับพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ไม่แตกต่างทางสถิติ ในขณะที่วิธีการชักนำการออกดอกทั้ง

4 วิธี ไม่ส่งผลให้มันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 9 ไม่มีการแตกกิ่ง เช่นเดียวกับวิธีควบคุมและการใช้ BA ในพันธุ์ห้วยบง 90 จึงไม่มีค่าสัดส่วนความสูงกิ่งแรกต่อความสูงรวม เมื่ออายุ 5 เดือน วิธีการชักนำการออกดอกทั้ง 4 วิธี ส่งผลให้มันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 9 กับพันธุ์ TME 3 มีสัดส่วนกิ่งแรกต่อความสูงรวมมากที่สุด แต่ไม่แตกต่างทางสถิติ ส่วนวิธีการควบคุมและ การใช้ BA ไม่ส่งผลให้มันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 90 มีการแตกกิ่ง เมื่ออายุ 9 เดือน มันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 9 มีแนวโน้มต่อสัดส่วนความสูงกิ่งแรกต่อความสูงรวมมากที่สุดใน 4 วิธี การชักนำการออกดอก (ภาพที่ 4)

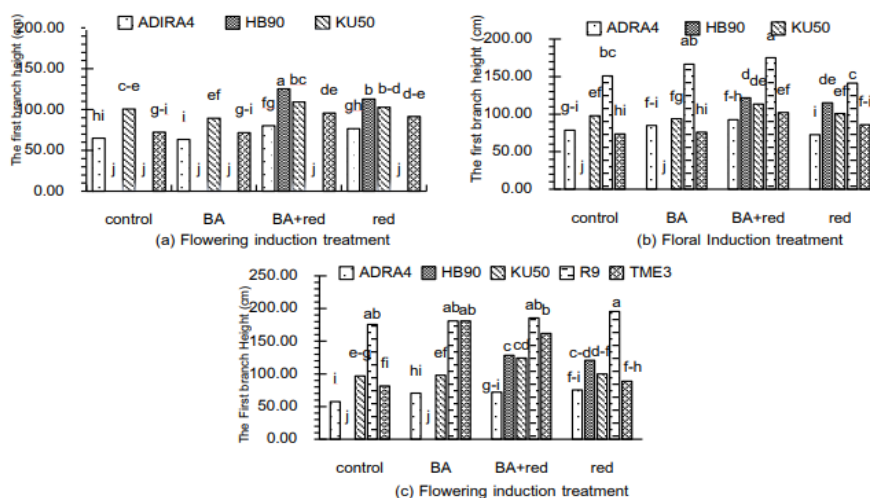
ตารางที่ 3 ความสูงของการแตกกิ่งแรก (ซม.) และอัตราส่วนของกิ่งแรกต่อความสูงรวมที่ของมันสำปะหลัง 5 พันธุ์ ที่มีวิธีการชักนำการออกดอกที่ต่างกัน

	4 เดือน		5 เดือน		9 เดือน	
	FBH	RBTH	FBH	RBTH	FBH	RBTH
Treatments (T)						
Control	47.61 ^b	0.41 ^b	80.26 ^c	0.51 ^b	82.27 ^d	0.50 ^c
BA	44.98 ^b	0.43 ^b	84.32 ^c	0.53 ^b	106.10 ^c	0.57 ^b
BA + Red	82.21 ^a	0.69 ^a	121.03 ^a	0.72 ^a	134.38 ^a	0.64 ^a
Red	76.70 ^a	0.66 ^a	103.15 ^b	0.65 ^a	116.12 ^b	0.69 ^a
F-test	**	**	**	**	**	**
Varieties (V)						
ADRA4	71.40 ^c	0.66 ^c	82.19 ^c	0.57 ^c	68.99 ^d	0.41 ^d
HB90	59.55 ^d	0.47 ^b	59.24 ^d	0.36 ^d	62.32 ^d	0.33 ^e
KU50	100.47 ^a	0.88 ^a	101.64 ^b	0.71 ^b	104.69 ^c	0.63 ^c
R9	0.00 ^e	0.00 ^e	158.50 ^a	0.80 ^a	184.30 ^a	0.86 ^a
TME3	82.94 ^b	0.73 ^b	84.39 ^c	0.57 ^c	128.30 ^b	0.78 ^b
F-test	**	**	**	**	**	**
T x V	**	**	**	**	**	**

หมายเหตุ: ตัวอักษรที่เหมือนกันในคอลัมน์เดียวกัน แสดงถึงไม่แตกต่างกันทางสถิติด้วยวิธี DMRT

** หมายถึงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 %

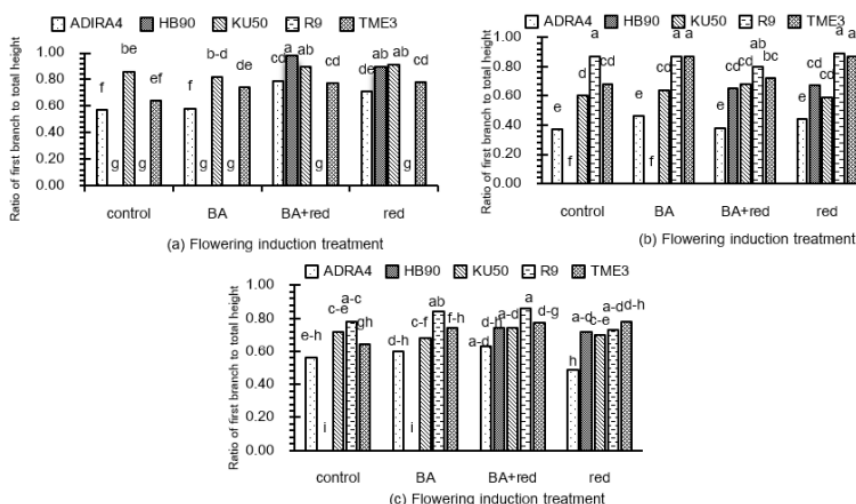
ที่มา: ธนพล และคณะ (2564)



ที่มา: ธนพล และคณะ (2564)

ภาพที่ 3 ปฏิสัมพันธ์ระหว่างการชักนำการออกดอกและพันธุ์ไม้ป่าหลังต่อความสูงกิ่งแรก (ชม.)

ที่อายุ 4 (a) 5 (b) และ 9 (c) เดือนหลังปลูก



ที่มา: ธนพล และคณะ (2564)

ภาพที่ 4 ปฏิสัมพันธ์ระหว่างการชักนำการออกดอกกับพันธุ์ไม้ป่าหลังในอัตราส่วนกิ่งแรกต่อความสูงรวม (ชม.) ที่อายุ 4 (a) 5 (b) และ 9 (c) เดือนหลังปลูก

4.2.2.2 จำนวนช่อดอกตัวเมีย จำนวนช่อดอกตัวผู้ และจำนวนช่อดอกทั้งหมด

ธนพล และคณะ (2564) ศึกษาผลของการใช้แสงสีแดง และ 6-benzyladenine (BA) ต่อจำนวนช่อดอกตัวเมีย จำนวนช่อดอกตัวผู้ และจำนวนช่อดอกทั้งหมดโดยวางแผนการทดลองแบบ Split plot in RCBD จำนวน 4 ซ้ำ 2 ปัจจัย โดยปัจจัยหลัก คือ วิธีการชักนำการออกดอกสำหรับพันธุ์ 4 วิธี ได้แก่ (1) กลุ่มควบคุม (2) การใช้ฮอร์โมน BA (3) การใช้ฮอร์โมน BA ร่วมกับแสงสีแดง

และ (4) การใช้แสงสีแดงเพียงอย่างเดียว ปัจจัยรอง คือ พันธุ์มันสำปะหลัง 5 พันธุ์ พบว่า วิธีการชักนำการออกดอกไม่ส่งผลต่อจำนวนช่อดอกตัวเมีย จำนวนช่อดอกตัวผู้ทุกเดือนที่ศึกษา ยกเว้นเพียงจำนวนช่อดอกทั้งหมดที่อายุ 7 เดือนหลังปลูก ที่พบว่าวิธีการกลุ่มควบคุม และใช้ BA ร่วมกับแสงสีแดง ส่งผลให้จำนวนช่อดอกทั้งหมดเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 4) ทั้งนี้พันธุ์ส่งผลต่อจำนวนช่อดอกตัวเมีย และจำนวนช่อดอกทั้งหมดที่อายุ 5 เดือนหลังปลูก และจำนวนช่อดอกตัวเมีย จำนวนช่อดอกตัวผู้ และจำนวนช่อดอกทั้งหมดที่อายุ 7 เดือนหลังปลูก โดยที่มันสำปะหลังพันธุ์พันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 และระยอง 9 จะมีค่าดังกล่าวสูงที่สุด

ตารางที่ 4 จำนวนช่อดอกตัวเมีย (NF) จำนวนช่อดอกตัวผู้ (NM) และจำนวนช่อดอกทั้งหมด (NB) 5, 6, 7 และ 9 เดือนหลังปลูก (MAP) ของมันสำปะหลัง 5 พันธุ์ภายใต้วิธีการชักนำการออกดอกที่แตกต่างกัน

Treatments (T)	5 เดือน			6 เดือน			7 เดือน			9 เดือน		
	NF	NM	NB	NF	NM	NB	NF	NM	NB	NF	NM	NB
Control	3.10	18.41	1.10	0.78	3.12	1.80	0.51	3.28	1.10 ^a	0.00	0.00	0.00
BA	1.63	9.47	0.45	0.67	3.41	1.60	0.00	0.00	0.00 ^b	0.00	0.00	0.00
BA + Red	0.16	0.00	0.20	0.00	0.00	0.00	0.24	4.65	0.80 ^{ab}	0.00	0.00	0.00
Red	0.57	2.65	0.25	0.48	2.71	0.40	0.00	0.00	0.00 ^b	0.20	1.08	0.90
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns
Varieties (V)												
ADRA4	1.22 ^b	3.84	0.87 ^{ab}	0.00	0.00	0.00	0.00 ^b	0.00 ^b	0.00 ^b	0.00	0.00	0.00
HB90	0.37 ^b	16.25	0.62 ^c	0.00	0.00	0.00	0.00 ^b	0.00 ^b	0.00 ^b	0.00	0.00	0.00
KU50	4.44 ^a	18.08	1.43 ^a	0.85	1.25	2.37	0.42 ^a	2.54 ^{ab}	1.12 ^a	0.25	1.35	1.12
R9	0.81 ^b	0.00	0.12 ^{bc}	1.24	7.18	1.25	0.52 ^a	7.38 ^a	1.25 ^a	0.00	0.00	0.00
TME3	0.00 ^b	0.00	0.00 ^c	0.31	3.12	1.12	0.00 ^b	0.00 ^b	0.00 ^b	0.00	0.00	0.00
F-test	**	ns	**	ns	ns	ns	**	*	**	ns	ns	ns
T x V	ns	ns	ns	ns	ns	ns	**	*	**	ns	ns	ns

หมายเหตุ: ตัวอักษรที่เหมือนกันในคอลัมน์เดียวกัน แสดงถึงไม่แตกต่างกันทางสถิติด้วยวิธี DMRT ** หมายถึงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 % * หมายถึงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % และ ns หมายถึงไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ที่มา: ธนพล และคณะ (2564)

5.สรุป

การศึกษาวิธีการชักนำการออกดอกมันสำปะหลังจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการปรับปรุงพันธุ์และการเพิ่มผลผลิตในอนาคต สำหรับการศึกษาการประยุกต์ใช้ฮอร์โมนไซโตไคนิน (BA) ความเข้มข้นต่างกันร่วมกับสารยับยั้งฮอร์โมนเอทิลีน (STS) พบว่าฮอร์โมน BA ความเข้มข้นที่ต่างกันส่งผลต่อความสูงของกิ่งแรก จำนวนดอกตัวเมีย จำนวนดอกตัวผู้ และจำนวนช่อดอกต่อต้นของมันสำปะหลัง โดยที่การฉีดพ่น BA 1.0 มิลลิโมลาร์ ร่วมกับ STS ส่งผลทำให้มันสำปะหลังมีจำนวน

ดอกตัวผู้ และดอกตัวเมียที่อายุ 7 เดือนมากที่สุด การพ่น BA ช่วงระยะการเจริญเติบโตได้ก็ตาม (ก่อนระยะออกดอกจนถึงสิ้นสุดการทดลอง, ก่อนออกดอกจนถึงออกดอก, ออกดอกจนดอกแรกบาน หรือออกดอก 21 วันจนถึงสิ้นสุดการทดลอง) สามารถเพิ่มจำนวนดอกทั้งหมด จำนวนดอกตัวเมีย จำนวนผล และสัดส่วนของดอกตัวเมียต่อจำนวนดอกทั้งหมดเมื่อเทียบกับกรรมวิธีควบคุม โดยการพ่น BA ก่อนออกดอกจนถึงสิ้นสุดการทดลอง และการพ่น BA ก่อนออกดอกจนถึงระยะออกดอกเป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด และหากมีการพ่น STS ร่วมด้วยจะสามารถเพิ่มจำนวนดอกทั้งหมด จำนวนดอกตัวเมีย และจำนวนผลได้ทุกช่วงระยะเวลาการพ่น สำหรับการศึกษาการประยุกต์ใช้สารกระตุ้นการออกดอกของมันสำปะหลัง พบว่าการพ่น BA ที่ยอตร่วมกับฉีด STS ที่ก้านใบ และพ่น BA ที่ยอตร่วมกับฉีด BA และ STS ที่ก้านใบ เป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดในการเพิ่มจำนวนดอกทั้งหมด จำนวนดอกตัวเมีย และจำนวนผลมากที่สุด และหากทำร่วมกับการตัดแต่งกิ่งจะสามารถเพิ่มจำนวนดอกทั้งหมด จำนวนดอกตัวเมีย และจำนวนผลสูงได้มากยิ่งขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่าการใช้แสงสีแดง ร่วมกับ BA เพื่อชักนำการออกดอก เป็นวิธีการที่สามารถเพิ่มได้เฉพาะความสูงของการแตกกิ่งแรก และอัตราส่วนของกิ่งแรกต่อความสูง แต่ไม่ส่งผลต่อจำนวนช่อดอกตัวเมีย จำนวนช่อดอกตัวผู้ และจำนวนช่อดอกทั้งหมดได้ ทั้งนี้จำนวนช่อดอกตัวเมีย จำนวนช่อดอกตัวผู้ และจำนวนช่อดอกจะแตกต่างกันขึ้นอยู่กับปัจจัยพันธุมันสำปะหลังพันธุ์

7.เอกสารอ้างอิง

- กรมการค้าต่างประเทศ กระทรวงพาณิชย์. 2567. แสดงรายละเอียด ข่าวกรมการค้าต่างประเทศ. แหล่งที่มา: <https://www.dft.go.th/th-th/NewsList/News-DFT/Description-News-DFT/ArticleId/27639/27639>. สืบค้นเมื่อวันที่ 25 กรกฎาคม 2567.
- ธนพล แพร่งกระโทก, เฉลิมพล ภูมิไชย์ และภัสจิ คงศีล. 2566. ผลของ 6-Benzyladenine ร่วมกับ silver thiosulfate ต่อลักษณะการเจริญเติบโตและ การชักนำการออกดอกในมันสำปะหลัง. วารสารเกษตรพระจอมเกล้า 41(1): 1–8.
- ธนพล แพร่งกระโทก, เฉลิมพล ภูมิไชย์ และภัสจิ คงศีล. 2564. ผลของการใช้แสงสีแดง และ 6-Benzyladenine ต่อการแตกกิ่ง และการออกดอกในมันสำปะหลัง. วิทยาศาสตร์ชีวภาพ. 10(3): 264–275.
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2567. ติดตามสถานการณ์มันสำปะหลังและอ้อยโรงงาน ปี 2566/67 ระบุผลผลิตลด เหตุกระทบแล้งและน้ำท่วม ด้านราคายังอยู่ในเกณฑ์ดี. แหล่งที่มา: <https://www.oae.go.th/view>. สืบค้นเมื่อวันที่ 25 กรกฎาคม 2567.
- โอภาส บุญเส็ง. 2563. มันสำปะหลังไทย ชีววิทยา การผลิตและการแปรรูป. ศูนย์หนังสือมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

- Alves, A. A. C. 2002. Chapter 5. Cassava botany and physiology. Pp. 67–89. In R.J. Hillocks, J. M. Thresh and A. C. Bellotti, eds. Cassava: Biology, production and utilization CAB International.
- Aye, M., and R. Howeler. 2017. Integrated crop management for cassava cultivation in Asia. Integrated crop management for cassava cultivation in Asia. 1–29.
- Bernier, G., J. M. Kinit, and R. M. Sachs. 1985. The Physiology of Flowering (Vol. 2nd). Transition to Reproductive Growth. Florida: CRC Press.
- Carretero, C. L., M. Cantos, J. L. García, R. Azcon, and A. Troncoso. 2009. Growth responses of micropropagated cassava clones as affected by *Glomus intraradices* colonization. Journal of Plant Nutrition 32(2):261–273.
- Ma, N., H. Tan, X. Liu, J. Xue, Y. Li, and J. Gao. 2006. Transcriptional regulation of ethylene receptor and CTR genes involved in ethylene-induced flower opening in cut rose (*Rosa hybrida*) cv. Samantha. Journal of Experimental Botany 57(11):2763–2773.
- Montagnac, J. A., C. R. David, and S. A. Tanumihardjo. 2009. Nutritional value of cassava for use as a staple food and recent advances for improvement. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety 8:181–194.
- Hyde, P. T., X. Guan, V. Abreu, and T. L. Setter. 2020. The anti-ethylene growth regulator silver thiosulfate (STS) increases flower production and longevity in cassava (*Manihot esculenta* Crantz). Plant Growth Regulation 90:441–453.
- Oluwasanya, D., O. Esan, P. T. Hyde, P. Kulakow, and T. L. Setter. 2021. Flower development in cassava is feminized by cytokinin, while proliferation is stimulated by anti-ethylene and pruning: transcriptome responses. Journal Frontiers in plant science 12(1):1–17.
- Seesangboon, A., T. Pokawattana, P. D. Eungwanichayapant, J. Tovanont, and S. Popluechai. 2018. Effects of 6-Benzyladenine on jatropha gene expression and flower development. Russian Journal of Plant Physiology 65(3):345–356.