

การปลดปล่อยสารระเหยของมันเทศต่อการตอบสนองของด้วงมันเทศ^{1/}
Emissions of Sweet Potato Defense Responses to Sweet Potato Weevils^{1/}

ผู้ทำสัมมนา
อาจารย์ที่ปรึกษา

นางสาวอิสรรา วุฒิชัย^{2/}
อาจารย์ ดร.ภัทรลดา สุธรรมวงศ์^{3/}

บทคัดย่อ



มันเทศเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญอันดับเจ็ดในผลผลิตพืชทั้งหมดในประเทศไทย เนื่องจากสามารถปลูกได้ง่ายและผลผลิตมีพลังงานมากกว่าพืชอาหารหลัก แต่มันเทศประสบปัญหาทางด้านผลผลิตที่ลดลงเนื่องจากการถูกรบกวนจากด้วงมันเทศ เมื่อพืชอยู่ภายใต้ความเครียดทางชีวภาพที่แตกต่างกันโดยเฉพาะอย่างยิ่งแมลงที่กินพืชเป็นอาหาร ดังนั้นการทำสัมมนาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อรวบรวมรายงานการปลดปล่อยสารระเหยของมันเทศต่อการตอบสนองของด้วงมันเทศ พบว่า จากการทดลองกลุ่มกรดจัสโมเนตเพิ่มขึ้น (0.130 ng/g FW) กลุ่มไขมันไม่อิ่มตัวเพิ่มขึ้น (5.5 m/z) และกลุ่มกรดคลอโรจีนิกเพิ่มขึ้น (380.20 μ g/g) เมื่อด้วงมันเทศเข้าไปทำลายส่วนใบของมันเทศทำให้เกิดบาดแผล จากการทดลองแสดงให้เห็นว่าพืชมีการผลิตและการปล่อยสารระเหยจากพืชที่กระตุ้นโดยศัตรูพืช สารระเหยจากใบสีเขียวหรืออนุพันธ์ของกรดไขมัน สามารถดึงดูดแมลงศัตรูพืชหรือปรสิตของสัตว์กินพืชการผลิตและการปล่อย HIPV นี้ควบคุมโดยฮอร์โมนพืชมีบทบาทสำคัญในการควบคุมการป้องกันพืช

คำสำคัญ: มันเทศ, ด้วงมันเทศ, กรดจัสโมเนต, ไขมันไม่อิ่มตัว, กรดคลอโรจีนิก

1/เอกสารประกอบรายวิชา 1201 480 สัมมนาทางพืชไร่

2/นักศึกษาระดับปีที่ 4 ภาควิชาพืชไร่ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

3/อาจารย์ประจำภาควิชาพืชไร่ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

อธิษฐา
Putham wong.

บทนำ

มันเทศ (*Ipomoea batatas* (L.) Lam. เป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญอันดับเจ็ดในแง่ของผลผลิต ธัญพืชทั้งหมด (Laurie et al. 2015) มันเทศได้รับความนิยมมากขึ้นทั่วโลกเนื่องจากสามารถปลูกได้ง่าย โดยไม่มีข้อกำหนดด้านสิ่งแวดล้อมที่เข้มงวดและผลผลิตมีพลังงานมากกว่าพืชอาหารหลัก เช่น ข้าวและข้าวสาลี ผลผลิตนี้ช่วยลดความหิวโหยในประเทศและภูมิภาคที่ขาดการพัฒนา เมื่อเทียบกับพืชอาหารหลายชนิดมันเทศมีสารอาหารต่างๆที่มนุษย์ต้องการ เช่น บีตา-แคโรทีน และวิตามินเอ ดังนั้นจึงเป็นประโยชน์ในการป้องกันการขาดธาตุอาหารโดยเฉพาะในพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากความยากจน (Whitmee et al. 2015) มันเทศสามารถปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมที่ รุนแรง เช่น ดินขาดน้ำหรือธาตุอาหาร ความแห้งแล้ง อุณหภูมิสูง ผลผลิตและคุณภาพของมันเทศได้รับผลกระทบจากแมลงศัตรูพืช ตัวอย่าง เช่น การเข้าทำลายโดยแมลงศัตรูพืชสามารถลดผลผลิตมันเทศได้ถึง 80% (Braun and Van De Fliert 1999) ตัวมันเทศทั่วโลก (*Cylas formicarius* (Fab.)) (Coleoptera: Brentidae) เป็นศัตรูพืช รุกรานที่อันตรายที่สุดที่ส่งผลกระทบต่อมันเทศ ตัวมันเทศเป็นศัตรูพืชที่พบได้ทั่วไป มันกัดกินลำต้น ใบ ราก และยังวางไข่ที่ราก จึงทำให้ผลผลิตและคุณภาพของมันเทศลดลงในระยะก่อนเก็บเกี่ยวและหลังเก็บเกี่ยว (Liao et al. 2020) การควบคุมสารเคมีและมาตรการทางการเกษตรสามารถปกป้องมันเทศจากตัวมันเทศได้ อย่างไรก็ตามมาตรการเหล่านี้ยังเป็นอันตรายต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม หรือมีค่าใช้จ่ายสูง อาจยังไม่มีประสิทธิภาพมากนัก (Braun and Van De Fliert 1999) ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีกลยุทธ์ใหม่ในการจัดการศัตรูพืชเหล่านี้

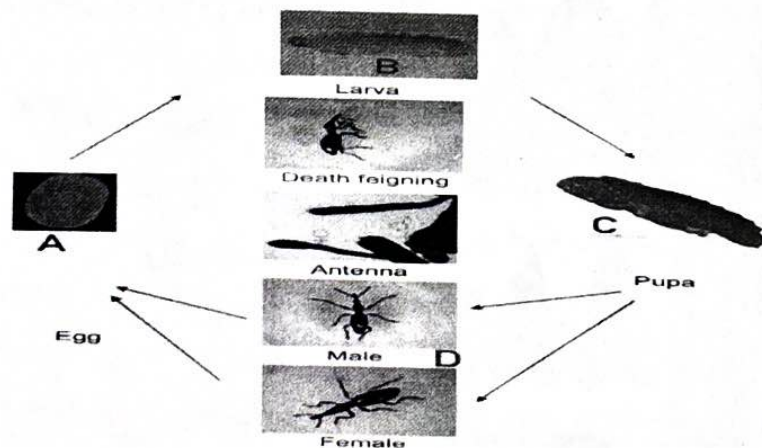
เมื่อพืชได้รับความเครียดจากแมลง สามารถสังเคราะห์และปล่อยสารระเหยของพืช (HIPVs) ที่เกิดจากตัวมันเทศหลายชนิด เช่น สารระเหยจากใบเขียว (GLVs) สารกลุ่มเทอร์พีนอยด์ (terpenoids) และอนุพันธ์ของฟีนิลโพรพานอยด์ (phenylpropanoid derivatives) ผ่านทางวิถีต่างๆ (Dudareva et al. 2006) มีรายงานว่าสารระเหยของพืชที่เกิดจากตัวมันเทศสามารถขับไล่แมลงศัตรูพืชและยับยั้งการเจริญเติบโตของแมลงได้ ในขณะเดียวกันก็ดึงดูดศัตรูตามธรรมชาติของแมลงศัตรูพืชเหล่านี้ด้วย (Liao et al. 2021) บทบาทของ HIPVs เป็นโมเลกุลส่งสัญญาณที่เป็นสื่อกลางในการสื่อสารระหว่างพืช ได้รับความสนใจเพิ่มมากขึ้นเมื่อเร็วๆนี้ (Engelberth et al. 2004) HIPVs จึงอาจเป็นประโยชน์สำหรับการพัฒนาการจัดการศัตรูพืชแบบครอบคลุมใหม่ ซึ่งสามารถปกป้องพืชผลผลิตได้อย่างปลอดภัยจากการรบกวนของแมลง (Wang and Kays 2002) ดังนั้นการทำสัมมนาครั้งนี้ เพื่อรวบรวมรายงานการ

ปลดปล่อยสารระเหยของมดต่อการตอบสนองของด้วงมด เพื่อเป็นแนวทางในการจัดการควบคุม ด้วงมด

ด้วงมด

ระยะการเจริญเติบโตของด้วงมด

หลังจากผสมพันธุ์ได้ไม่นานด้วงมดตัวเมียจะวางไข่บนหัวมดหรือบนใบมด ไข่ฟักเป็น ตัวภายใน 5-14 วัน และตัวอ่อนมีอายุ 10-35 วัน ระยะดักแด้มีอายุ 7-28 วัน โดยทั่วไปแล้วการพัฒนา ทั้งหมดจะเสร็จสิ้นภายใน 33 วัน ระยะเวลาของแต่ละระยะในวงจรชีวิตขึ้นอยู่กับอุณหภูมิเป็นหลัก อากาศร้อนและแห้งเอื้อต่อการพัฒนาของด้วงมด (Rajamma and Padmaja, 1981; Palaniswami *et al.*, 1990; Bhat, 1996) ด้วงตัวเต็มวัยสามารถอยู่ได้นานถึง 94 วัน วงจรชีวิตของด้วงมด แสดงใน รูปที่ 1 ระยะเวลาการพัฒนาของด้วงเฉลี่ย 26 วัน ที่อุณหภูมิ 30°C และ 31 วัน ที่อุณหภูมิ 25°C (Rajamma and Pillai, 1985) ตัวอ่อนกินและพัฒนามนลำต้นของเถาไม้ทำให้เกิดความหนาและ รูปร่างผิดปกติ ทั้งตัวอ่อนและตัวเต็มวัยสร้างความเสียหายแก่หัวโดยการสร้างโพรงที่เต็มไปด้วยตัวอ่อน ทำให้ไม่เหมาะสำหรับการบริโภค (Rajasekhara Rao Korada *et al.*, 2010)



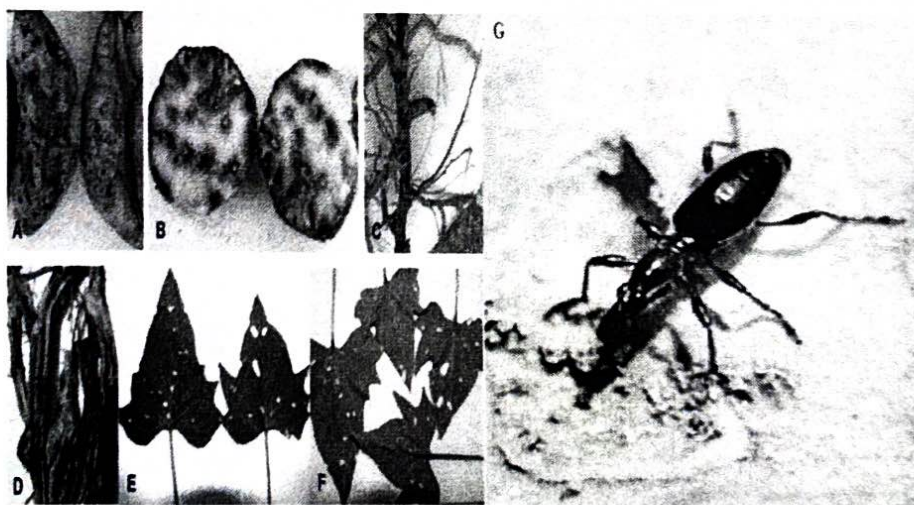
ที่มา: HUA Jin-feng *et al.* (2023)

รูปที่ 1. วงจรชีวิตของด้วงมด *Cylas formicarius* A. ระยะไข่ 5-14 วัน; B. ตัวอ่อน 10-35 วัน; C. ดักแด้ 7-28 วัน; D. ตัวเต็มวัย 20-94 วัน

กลไกการเข้าทำลายของด้วงมันเทศ

โดยทั่วไป ด้วงจะทำลายราก เถา ลำต้น และใบของมันเทศอย่างรุนแรงตลอดวงจรชีวิตของมันเทศ เริ่มตั้งแต่ระยะไข่ไปจนถึงระยะตัวเต็มวัย หลังจากผสมพันธุ์แล้ว ตัวเมียจะวางไข่ สร้างโพรงในรูภายในรากใต้ผิวดิน ไข่ที่ถูกวางจะมีสีเข้ม การฟักไข่จะเกิดขึ้น 1 สัปดาห์หลังจากการตกไข่ โพรงหลายแห่งถูกสร้างขึ้นภายในรากและกัดกินอยู่ภายในเป็นวงกลม โดยตัวอ่อนที่ฟักออกมาจะขับสิ่งปฏิกูลลงในท่อภายในมันเทศ ตัวอ่อนกัดกินอย่างต่อเนื่องส่งผลให้เกิดกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์บนมันเทศและกลิ่นเทอร์พีน ทำให้มนุษย์หรือสัตว์ไม่สามารถบริโภคได้

การเกิดขึ้นของสารเทอร์พีนน้อยทำให้มูลค่าตลาดและคุณภาพของรากลดลง ลักษณะทางกายภาพของหัวมันเทศจะมีลักษณะอ่อนนุ่ม มีสีเข้ม และเต็มไปด้วยโพรงที่เกิดจากการขุดของตัวอ่อนภายในมันเทศซึ่งเป็นสาเหตุหลักของความเสียหายต่อมันเทศ ดังรูปที่ 2



ที่มา: Kyereko WT *et al.* (2019)

รูปที่ 2. ด้วงกัดกินทำลายราก ลำต้น และใบของมันเทศ

การปล่อยสารระเหยของม้นเทศต่อการเข้าทำลายของด้วงม้นเทศ

กลุ่มกรดจัสโมเนท

จัสโมเนท (Jasmonate) เป็นกลุ่มของสารประกอบ cyclopentanone ซึ่งมีปฏิกิริยาเหมือนกับ jasmonic acid หรือสาร methylester ของกรดจัสโมนิก ปัจจุบันพบว่ากรดจัสโมนิกมีอยู่ทั่วไปในพืช และสามารถเพิ่มการแสดงออกของยีนที่ควบคุมบางลักษณะของพืชรวมถึงการตอบสนองต่อการเกิดบาดแผล ส่วนของพืชที่มีจัสโมเนทมากที่สุดคือ ส่วนปลายยอด ใบอ่อน ผลอ่อนและปลายราก จัสโมเนทเกี่ยวข้องกับการตอบสนองทางสรีรวิทยาหลายประการในพืช เช่น ส่งเสริมการเสื่อมตามอายุ การร่วงของก้านใบ การสร้างราก การพันของมือจับ (tendrils) การสร้างเอทิลีน และการสร้างเบตาแคโรทีน นอกจากนี้ยังมีผลยับยั้งการงอกของเมล็ด การเจริญของแคลลัส การเจริญของราก การสร้างคลอโรพลาสต์ รวมถึงการงอกของละอองเรณูอีกด้วย ระดับของกรดจัสโมนิกภายในต้นพืชสามารถเพิ่มขึ้นในทางการตอบสนองต่อสิ่งเร้าภายนอก เช่น บาดแผล แรงที่มากกระทบ สารที่ปลดปล่อยออกมาเนื่องจากการเข้าทำลายของโรคพืช และความเครียดออกซิเดติก (Demole et al. 1962)

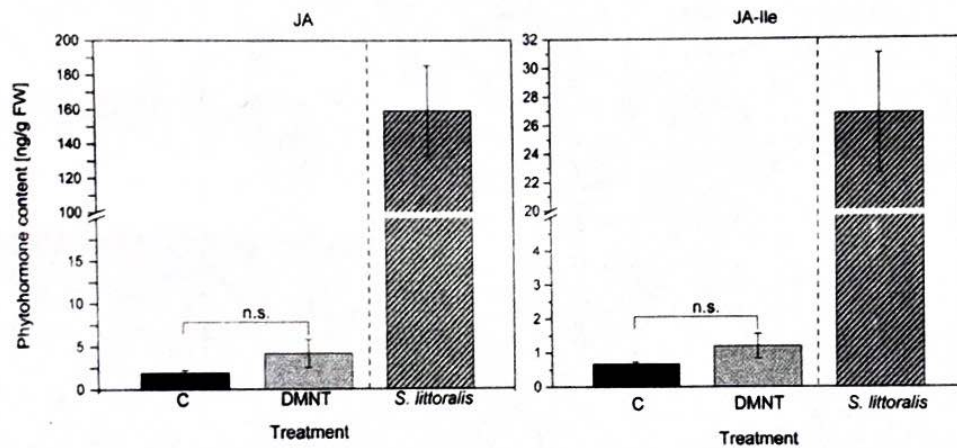
พืชอยู่ภายใต้ความเครียดทางชีวภาพที่แตกต่างกัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งแมลงที่กินพืชเป็นอาหาร ถือเป็นภัยคุกคามที่สำคัญเนื่องจากความหลากหลายของการเข้าทำลายพืช ผลที่ตามมาอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ของศัตรูพืชคือการทำให้เนื้อเยื่อเสียหายพร้อมกับการนำสารประกอบส่งสัญญาณจากสิ่งมีชีวิตที่กัดกินซึ่งพืชสามารถรับรู้ได้เพื่อเริ่มปฏิกิริยาการป้องกันที่เหมาะสม โดยเฉพาะอย่างยิ่งแมลงที่มีปากแบบกัดกิน Lepidoptera และ Coleoptera สามารถทำให้เนื้อเยื่อเสียหายอย่างรุนแรงแต่ในขณะเดียวกันก็กระตุ้นเส้นทางการส่งสัญญาณที่เกี่ยวข้องกับการป้องกันที่แตกต่างกันในพืช โดยทั่วไปกลไกการป้องกันในพืชแบ่งออกเป็นทางตรงหรือทางอ้อม กลไกการป้องกันโดยตรงมักจะขึ้นอยู่กับสารประกอบที่เป็นพวกขับไล่หรือต่อต้านสารอาหารที่เป็นประโยชน์กับพืชโดยตรงการป้องกันทางอ้อมอธิบายถึงการมีส่วนร่วมของระดับโภชนาการเพิ่มเติมนอกจากโฮสต์และแมลงที่กัดกิน ตัวอย่าง เช่น การผลิตและการปล่อยสารระเหยจากพืชที่กระตุ้นโดยศัตรูพืช (HIPV) เช่น เทอร์พีนอยด์หรืออนุพันธ์ของกรดไขมัน (สารระเหยจากใบสีเขียว) สามารถดึงดูดผู้ล่าหรือปรสิตของสัตว์กินพืชและลดการแพร่กระจายการผลิต การปล่อย HIPV ควบคุมโดยฮอร์โมนพืชโดยเฉพาะ Jasmonate โดยทั่วไปฮอร์โมนพืชมีบทบาทสำคัญในการควบคุมระหว่างการป้องกันพืชนอกเหนือจาก jasmonates เช่น กรด jasmonic acid (JA) และรูปแบบที่ใช้งาน

ของ jasmonic isoleucine (JA-Ile) กรดซาลิไซลิก (SA) กรดอะบิสิก (ABA) และเอทิลีน ถูกระบุว่าเป็นโมเลกุลของสัญญาณสื่อสารและการป้องกันการเข้าทำลายของเชื้อโรคและสัตว์กินพืช

การปล่อยสารระเหยที่มีลักษณะเฉพาะของพันธุ์มันเทศมีบทบาทสำคัญในการดึงดูดศัตรูพืช อย่างไรก็ตาม นี่ไม่ใช่การป้องกันของพืช แต่ความดึงดูดของด้วงมันเทศ (*Cylas formicarius*) ทำให้ด้วงมันเทศอ่อนแอหรือต้อยมากขึ้น การปล่อยสารระเหยที่เกิดจากพืชนั้นเกี่ยวข้องกับการสื่อสารภายในและระหว่างพืชด้วย HIPV สามารถรับรู้และกำหนดเนื้อเยื่อพืชที่ได้รับเพื่อตอบสนองที่รวดเร็วเมื่อมีการบาดเจ็บและการเข้าทำลายของแมลงตามมา เป็นที่ทราบกันดีว่าสารระเหยจากใบเขียว (GLV) บางชนิดมีฤทธิ์ในการเตรียมพืชหลายชนิด เช่น ข้าวโพด อะราบิดอพซิส มะเขือเทศ และข้าวสาลี นอกจากนี้ การศึกษาล่าสุดของข้าวโพดแสดงให้เห็นว่า การปรับสภาพสามารถเพิ่มผลผลิตได้ ความเสียหายของ JA-Ile, ABA และสารระเหยบางชนิดแสดงถึงตัวอย่างอื่นที่กระตุ้น จากการศึกษา ถั่ว Lima (*Phaseolus lunatus*) พบว่าสารผสมระเหยที่ปล่อยออกมาหลังจากใบด่างติดเชื้อ เช่นเดียวกับสารประกอบ GLV และ DMNT สามารถกระตุ้นบางส่วนพันธุกรรมที่เกี่ยวข้องกับการป้องกันของพืชใกล้เคียง นอกจากการเหนี่ยวนำแล้วการควบคุมพฤติกรรมป้องกันโดยตรงที่ชัดเจนในพืชใกล้เคียง โดยสัญญาณระเหยไม่เคยปรากฏมาก่อนสำหรับพืชผล ตัวอย่างเดียวสำหรับการป้องกันโดยตรงคือ β -ocimene ที่ปล่อยออกมาจากพืช *Brassica pekinensis* ที่รบกวน *Myzus persicae* พืชแสดงให้เห็นว่ากระตุ้นกลูโคซิโนเลตในพืชที่ติดเชื้อเป็นไปได้ที่จะปรับการป้องกันด้วยสารอินทรีย์ระเหยง่ายเพียงอย่างเดียวในใบมันเทศ นอกจากนี้ยังแสดงให้เห็นว่าไม่เกี่ยวข้องกับการสะสมของ jasmonate (รูปที่ 3)

วิธีการและวัสดุปลูก สภาพการเจริญเติบโตกิ่งพันธุ์มันเทศ (*Ipomoea batatas* Lam.; พันธุ์ Tainong 57 และ Tainong 66) ปลูกในวัสดุผสม (KlasmannTS1 200 ลิตร ผสมกับ Klasmann Tonsubstrat, Klasmann-Deilmann ประเทศเยอรมนี 70 ลิตร) ในกระถางทรงกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 ซม. ภายใต้สภาวะกลางวันยาวนาน (16 ชม. แสง:มืด 8 ชม.) ที่ 28 °C (กลางวัน) และ 25 °C (กลางคืน) และความชื้นสัมพัทธ์ 70 % เป็นเวลา 3 สัปดาห์ โดยใช้แสงสว่างในการเจริญเติบโต ในเครื่องดูดความชื้นแบบแก้ว 2.4 ลิตร เป็นเวลา 1 ชั่วโมง (แถบสีเทาอ่อน n=10) แถบสีดำแสดงตัวอย่างการควบคุมที่ได้รับการรักษาด้วย dichloromethan (n=7) *S. littoralis* (สีเทาอ่อนมีแถบ) ใช้เป็นตัวควบคุมเชิงบวกสำหรับการเหนี่ยวนำกรด jasmonate กราฟแสดงค่าเฉลี่ย SEM ของ JA และ JA-Ile ที่ตรวจพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ (n.s. = ไม่มีนัยสำคัญ) ระหว่างกลุ่มที่ได้รับการรักษาและกลุ่ม

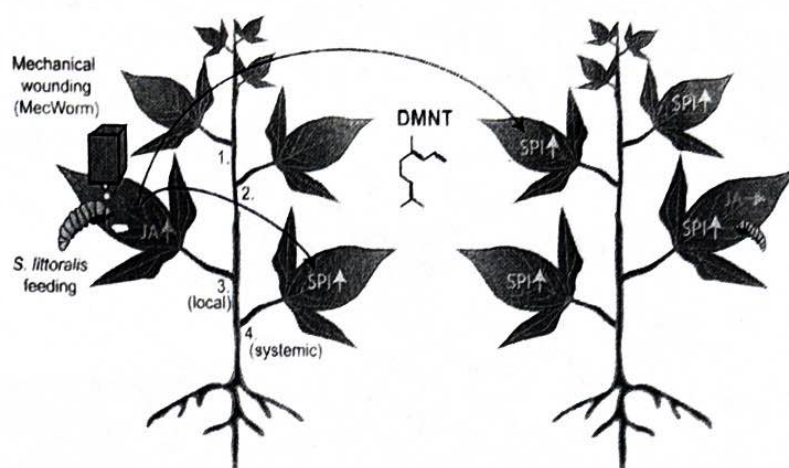
ควบคุมที่สอดคล้องกันถูกกำหนดโดยใช้การทดสอบภาวะปกติของ Shapiro-Wilk และการทดสอบ
ผลรวมอันดับ Mann-Whitney ที่ตามมาสำหรับการรักษาและการควบคุมที่เกี่ยวข้อง (ns = ไม่มี
นัยสำคัญ); $p_{JA} (C \times DMNT) = 0.130$; $p_{JA-Ile} (C \times DMNT) = 0.661$ ห้องถูกรักษาไว้ที่ $100 \mu\text{mol m}^{-2}$
 s^{-1}



ที่มา: Anja K et al. (2019)

รูปที่ 3. DMNT (dimethyl naphthaltriene) ไม่กระตุ้นการผลิต jasmonate (JA) อย่างเป็นระบบ
ระดับ JA และ JA-Ile ของ single l.batatas ที่ป่นด้วย DMNT $1.41 \mu\text{g}$ ละลายในไดคลอโรมีเทน

การศึกษานี้ แสดงให้เห็นถึงความจำเพาะขึ้นอยู่กับพันธุ์ของการป้องกันสารระเหยในมันเทศที่มี
DMNT เป็นสารประกอบสัญญาณที่สามารถกระตุ้นกลไกการป้องกันสำหรับการต้านทานต่อสัตว์กินพืช
ในพืช conspecific ที่ไม่ถูกโจมตี (รูปที่ 4) ต่อไปมีความจำเป็นที่จะต้องศึกษาว่า dimethyl
naphthaltriene (DMNT) และ VOCs อื่นๆทำงานอย่างไรในระดับโมเลกุลดังที่แสดงไว้สำหรับสารระเหย
โดยที่ฮิสโตนอะซิเตชันในบริเวณโปรโมเตอร์ของยีนป้องกันทำให้ระดับ RNA เพิ่มขึ้น ความสามารถในการ
การปล่อย DMNT รวมกับความสามารถในการรับรู้สารระเหยที่สอดคล้องกันเน้นความเกี่ยวข้องของสาร
ส่งสัญญาณนี้สำหรับการป้องกันในสายพันธุ์ TN57 ส่วนทางสัณฐานวิทยาที่อยู่ติดกันของพืชชนิดเดียวกัน
อาจมีปฏิกิริยาได้ตอบผ่านสารระเหย



ที่มา: Anja K et al. (2019)

รูปที่ 4. แบบจำลองการปล่อย DMNT ที่กระตุ้นให้เกิดการปรับปรุงความต้านทานที่ขึ้นกับ SPI เนื่องจากผลกระทบทางกลไกและแมลง (Spodoptera) ซึ่งกินพืชเป็นอาหารเมื่อมีผลกระทบทางกลไก (MecWorm) ของสัตว์กินพืช (*S.littoralis*) การให้อาหาร jasmonates (JA) จะถูกควบคุมเฉพาะที่ในใบ ที่ผ่านการรักษาแล้ว Sporamin protease inhibitor (SPI) ได้รับการควบคุมอย่างเป็นระบบเป็นส่วน ใหญ่ในแบบคู่ขนาน (E)-4,8-dimethyl-nonatriene (DMNT) ถูกปล่อยสู่สิ่งแวดล้อมและกระตุ้นการ สร้าง SPI ในใบของมันเทศ ที่อยู่ใกล้เคียงที่ไม่ได้รับการรักษาโดยไม่มีการเปลี่ยนแปลงในระดับ JA เป็นผล ให้พืชเหล่านี้แสดงความต้านทานที่สูงขึ้นต่อการให้อาหารตัวอ่อนแมลง (Spodoptera)

ดังนั้นจึงไม่ส่งสัญญาณไปตามการเชื่อมต่อของท่อลำเลียงภายในพืช สารที่ระเหยได้ดังกล่าวอาจ แสดงถึงกลไกการป้องกันที่มีประสิทธิภาพเพื่อเพิ่มความต้านทานของพืชต่อผู้โจมตี อย่างไรก็ตาม โดยเฉพาะอย่างยิ่งการส่งสัญญาณอย่างเป็นระบบ ภายในอวัยวะทั้งระบบท่อลำเลียงและสารระเหย ความสัมพันธ์ DMNT-SPI ที่แสดงให้เห็นในมันเทศสามารถใช้เป็นแบบจำลองที่มีแนวโน้มสำหรับการ สื่อสารระหว่างพืชกับพืช อย่างไรก็ตามในอนาคตอันใกล้จำเป็นต้องได้รับข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับ กระบวนการส่งสัญญาณ sys temic ในมันเทศระหว่างพืชกับพืช เพื่อปรับปรุงความต้านทานต่อแมลง ศัตรูพืชการระบุและการสร้างสายพันธุ์ที่มีระดับการปล่อยมลพิษตามธรรมชาติสูงกว่าของ DMNT อาจมี ประโยชน์ในการเสริมสร้างความต้านทานโดยรวมของพืชชนิดนี้ในฟลด์

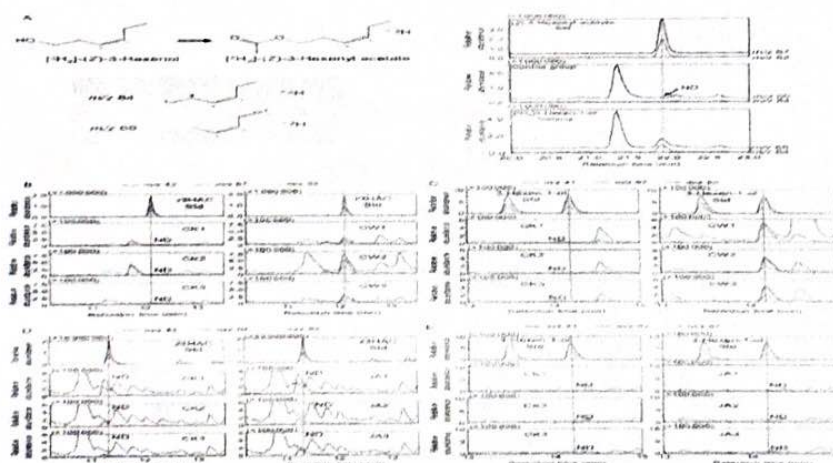
กลุ่มกรดไขมันไม่อิ่มตัว

กรดไขมันอิ่มตัว (Saturated fatty acids) เป็นกรดไขมันที่มีโซ่คาร์บอนสายสั้นและยาวและ ไม่มีพันธะคู่ (Double bond) จึงทำให้มีจุดหลอมเหลวสูง (กรดไขมันอิ่มตัวที่มีโซ่คาร์บอนยาวบางชนิดอาจมีจุดหลอมเหลวมากกว่า 60 องศาเซลเซียส) ดังนั้นกรดไขมันชนิดนี้จึงแข็งตัวที่อุณหภูมิห้อง และกรดอะซิติก (Acetic, CH_3COOH) เป็นต้นกำเนิดของการสังเคราะห์กรดไขมันอิ่มตัวโดยขบวนการ Elongation คือ การเพิ่มจำนวนคาร์บอนเข้าไปครั้งละ 2 อะตอม น้ำมันที่มีกรดไขมันอิ่มตัวเป็นองค์ประกอบอยู่มากจะอยู่ในสภาพที่เป็นไขและมีสภาพแข็งตัวเมื่ออุณหภูมิต่ำ หรือในฤดูหนาว เช่น น้ำมันหมู น้ำมันวัว เป็นต้น กรดไขมันอิ่มตัวที่พบ เป็นองค์ประกอบในน้ำมันทั่วไป เช่น กรดไขมันไมริสติก (Myristic acid, $\text{C}_{14:0}$), กรดไขมันปาล์มิติก (Palmitic acid, $\text{C}_{16:0}$) และกรดไขมันสเตียริก (Stearic acid, $\text{C}_{18:0}$)

กรดไขมันไม่อิ่มตัว (Unsaturated fatty acids) เป็นกรดไขมันที่มีโซ่คาร์บอนยาว (16-22 อะตอม) และมีพันธะคู่ตั้งแต่ 1-6 กรดไขมันกลุ่มนี้ มีจุดหลอมเหลวต่ำ โดยจุดหลอมเหลวของกรดไขมันแต่ละชนิดขึ้นอยู่กับจำนวนคาร์บอนอะตอม จำนวนพันธะคู่ในโมเลกุลและตำแหน่งของพันธะคู่โดยทั่วไป กรดไขมันไม่อิ่มตัวอยู่ในสภาพที่เป็นของเหลวที่อุณหภูมิห้อง และบางชนิดยังเป็นของเหลวที่จุดเยือกแข็ง เช่น กรดไขมันไลโนเลนิก (Linolenic acid, $\text{C}_{18:3n3}$) ซึ่งมีจุดหลอมเหลวที่ -11 องศาเซลเซียส ในขณะที่กรดไขมัน อีทิก (Eicosapentaenoic acid, $\text{C}_{20:5n3}$) มีโซ่คาร์บอนโมเลกุลยาวถึง 20 โมเลกุล มีพันธะคู่ 5 คู่ จึงทำให้กรดไขมันชนิดนี้มีจุดหลอมเหลวต่ำคือ -54 องศาเซลเซียส เป็นต้น กรดไขมันไม่อิ่มตัวพบเป็นองค์ประกอบอยู่มากในน้ำมันพืชและน้ำมันจากสัตว์ (พัชรี บุญศิริ, เปรมใจ อารีจิตรานุสรณ์ และอุบล ขาอ่อน, 2551) สารระเหยของพืชที่เกิดจากสัตว์กินพืชสามารถขับไล่แมลงศัตรูพืชและยับยั้งการเจริญเติบโตของแมลงได้ในขณะเดียวกันก็ดึงดูดศัตรูตามธรรมชาติของแมลงศัตรูพืชเหล่านี้ด้วย (Liao *et al.* 2021) ใบของมันเทศ ปล่อยปริมาณ (E)-4,8-dimethyl-1,3,7-nonene (DMNT) เป็นจำนวนมากเพื่อตอบสนองต่อการรบกวนของแมลง ซึ่งต่อมาส่งเสริมกิจกรรมของสารยับยั้งโปรตีน sporamin ในต้นมันเทศใกล้เคียงเพื่อเพิ่มความต้านทานต่อแมลง (Meents *et al.* 2019)

ในพืช ยีน z3HAC ถูกสังเคราะห์โดยหลักผ่านทางวิถี lipoxygenase เพื่อระบุเส้นทางที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์ z3HAC ในมันเทศ ทำการทดลองการติดตามไอโซโทปที่เสถียรโดยใช้ $[\text{}_2\text{H}^2]$ (Z)-3-hexen-1-ol (รูปที่ 5 A) หลังจากการป้อนเป็นเวลา 12 ชั่วโมง $[\text{}_2\text{H}^2]$ z3HAC สะสมอย่างรวดเร็วในยอดมันเทศ ในขณะที่ $[\text{}_2\text{H}^2]$ z3HAC ตรวจไม่พบในการควบคุม ดังนั้น z3HAC ในใบมันเทศได้มาจาก (Z)-3-

hexen-1-ol การรบกวนของแมลงสามารถทำลายพืชได้ ซึ่งนำไปสู่การเหนี่ยวนำเส้นทางการส่งสัญญาณของ JA (Liao *et al.* 2020) เกี่ยวกับผลกระทบของการเสียหายต่อเนื่องต่อการสังเคราะห์ z3HAC การบาดเจ็บทางกลต่อเนื่อง 3 ชั่วโมง สามารถกระตุ้นการปลดปล่อย (Z)-3-hexen-1-ol และ z3HAC (รูปที่ 5 B และ C) อย่างไรก็ตาม ภายใต้การรักษา JA ทั้ง (Z)-3-hexen-1-ol และ z3HAC ตรวจไม่พบ ซึ่งหมายความว่า z3HAC ไม่ได้รับการควบคุมโดยเส้นทางการส่งสัญญาณ JA ในการศึกษาปัจจุบัน (รูปที่ 5 D และ E) ดังนั้น ความเสียหายของพืชที่เกิดจากการเข้าทำลายของแมลงจึงเพิ่มปริมาณ (Z)-3-hexen-1-ol และส่งเสริมการสะสมของ z3HAC (รูปที่ 5)



ที่มา: XIAO Yang-yang *et al.* (2023)

รูปที่ 5. ผลของตัวมันเทศต่อการก่อตัวของ (Z)-3-hexenyl acetate (z3HAC) A การอธิบายเส้นทางการสังเคราะห์ทางชีวภาพของ (Z)-3-hexenyl acetate โดยใช้การทดลองติดตามไอโซโทป * หมายถึงอะตอม 2H B และ C, ผลของการรักษาบาดแผลอย่างต่อเนื่องต่อการปลดปล่อยของ (Z)-3-hexenyl acetate hexen -1-ol. D และ E ผลของการรักษากรดแจสโมนิกต่อการปลดปล่อย (Z)-3-hexenyl acetate และ (Z)-3-hexen-1-ol. CK, กลุ่มควบคุมที่เกี่ยวข้อง; CW, กลุ่มรักษาบาดแผลต่อเนื่อง; JA, กลุ่มรักษากรดจัสโมนิก; ND ตรวจไม่พบ; มาตรฐาน, มาตรฐาน

สารระเหยจากใบไม้เขียวจัดอยู่ในกลุ่มของแอลกอฮอล์ อัลดีไฮด์ และอนุพันธ์ของเอสเทอร์ที่มีโครงสร้าง C6 ที่มาจากกรดไขมันไม่อิ่มตัวสายยาว เช่น กรดไลโนเลอิกและกรดไลโนเลนิก พวกมันถูกผลิตขึ้นในปฏิกิริยาที่เร่งปฏิกิริยาตามลำดับ โดยชุดของเอนไซม์ Lipoxygenase (LOX) และ Hydroperoxide lyase (HPL) เป็นเอนไซม์หลัก 2 ตัวในกระบวนการสังเคราะห์ GLV โดยเฉพาะอย่างยิ่ง LOX เร่ง

ปฏิกิริยาการเปลี่ยนกรดไขมันไม่อิ่มตัวเป็น ไฮโดรเปอร์ออกไซด์ของกรดไขมันไม่อิ่มตัว ซึ่ง HPL นำมาแยกส่วนเพื่อผลิตส่วนประกอบ C6 เช่น (Z)-3-hexen-1-al ซึ่งผ่านกระบวนการเพิ่มเติมโดยแอลกอฮอล์ดีไฮโดรจีเนส (ADH) และแอลกอฮอล์อะเซทิลทรานสเฟอเรส (AAT) เพื่อผลิต z3HAC (Xu *et al.* 2019) กลุ่ม C12 ที่เหลือที่ผลิตโดย HPL จะถูกแปลงเป็นฮอโมนภายนอกในพืช เช่น JA, เมทิลจัสโมเนตและจัสโมเนต-โฮลิซิน z3HAC โดยทั่วไปสังเคราะห์จาก (Z)-3-hexen-1-ol ใน ปฏิกิริยาที่เร่งปฏิกิริยาโดย AAT ในการศึกษาปัจจุบัน การทดลองการติดตามไอโซโทปที่เสถียรได้ยืนยันการมีอยู่ของเส้นทางการสังเคราะห์แบบเดียวกันในมันเทศ แอลกอฮอล์อะเซทิลทรานสเฟอเรสเป็นสมาชิกของตระกูล BAHD acetyltransferase (D'Auria *et al.* 2007) ความหลากหลายในลำดับของสมาชิกเหล่านี้อาจเกี่ยวข้องกับ ความจำเพาะของวัสดุในวงกว้างของเอนไซม์ซึ่งสามารถกระตุ้นการควบแน่นของแพคตีแอลกอฮอล์และฟีนอลต่างๆด้วย ปัจจัยร่วมของเอซิล-โคเอ็นไซม์ A (CoA) ที่แตกต่างกันเพื่อผลิตไขมันระเหยและ สารประกอบอื่นๆ (D'Auria *et al.* 2007) นอกจากนี้ยังตรวจพบ AATs ในผลไม้และดอกไม้หลายชนิด เช่น แอปเปิ้ล สตรอว์เบอร์รีและมะลิ ซึ่งมีส่วนทำให้เกิดกลิ่นเฉพาะตัว acetyl CoA (Z)-3-hexen-1-ol acetyltransferase (CHAT) ที่มีความจำเพาะสูงได้รับการระบุใน A ทาเลียนา (D'Auria *et al.* 2007) ในปัจจุบัน AtCHAT ใช้ลำดับเพื่อคัดกรองยีนมันเทศที่สอดคล้องกัน อย่างไรก็ตามยีนที่ระบุมีความคล้ายคลึงกันของลำดับต่ำ และโปรตีนที่เข้ารหัสไม่ได้เร่งปฏิกิริยาการเปลี่ยนแปลงของ (Z)-3-hexen-1-ol เป็น z3HAC ดังนั้นจึงจำเป็นต้องระบุยีนเข้ารหัส CHAT ของมันเทศ การศึกษาภายในอนาคต (Joo *et al.* 2018) จังหวะทางชีวภาพ LHY มีส่วนเกี่ยวข้องในการควบคุมการปล่อยศัตรูพืชที่เหนียวน้ำ (Z)-3-hexen-1-ol. ในเวลากลางวันและกลางคืนต่ำ ดังนั้น การสังเคราะห์ที่สอดคล้องกันของสารตั้งต้น (Z)-3-hexen-1-ol. อาจนำไปสู่การหมุนเวียนเป็นจังหวะสม่ำเสมอของการปลดปล่อย z3HAC

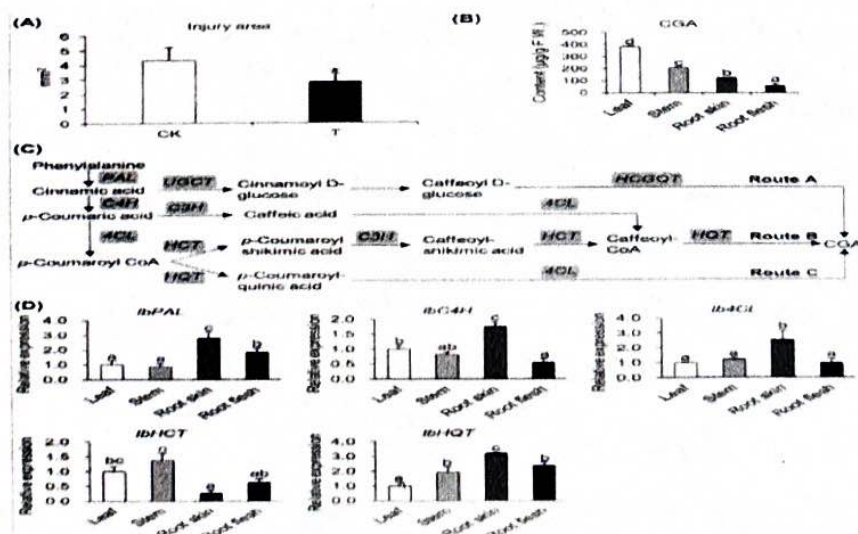
กลุ่มกรดคลอโรจีนิก

กรดคลอโรจีนิก (chlorogenic acid) เป็นสารกลุ่มหนึ่งที่ให้รสขมและฝาดจัดอยู่ใน polyphenol compounds เกิดจากปฏิกิริยา esterification ระหว่างกรดควินิก (quinic acid) และ กรดคาเฟอิก (caffeic acid) เนื่องจากเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่มีประสิทธิภาพ ซึ่งสามารถป้องกันโรคมีฤทธิ์ด้านการอักเสบ ยับยั้งการเกิดมะเร็ง ลดความเสี่ยงการเป็นเบาหวาน มีฤทธิ์ต้านไวรัสและแบคทีเรีย

ผลกระทบของด่างมันเทศในกรดคลอโรจีนิก (CGA) ของใบมันเทศตรวจพบว่าระดับกรดคาเฟอิก (CAF) และ CGA เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญในใบมันเทศที่สัมผัสกับด่างมันเทศเป็นเวลา 24 ชั่วโมง (รูปที่

5A) การโจมตีของด้วงมันเทศยังกระตุ้นการปรับ IbPAL, IbHCT และ IbHQT (รูปที่ 5B) ไฟโตฮอร์โมนเป็นตัวควบคุมต้นมันเทศที่สำคัญที่สุด นอกจากนี้ยังมีการตรวจสอบการตอบสนองต่อการกินอาหารของแมลง โดยมีกรดซาลิไซลิก (SA) กรดแอบซิก (ABA) และกรดจัสโมนิก (JA) เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญหลังการรักษา 24 ชั่วโมง (รูปที่ 5C) พืชมีระบบป้องกันที่ซับซ้อนเพื่อป้องกันตัวเองจากสัตว์กินพืช เมื่อแมลงโจมตีพืชจะระดมการก่อตัวของสารป้องกันทุติยภูมิ ขั้นตอนที่พืชดำเนินการตั้งแต่การถูกโจมตีไปจนถึงการตอบสนอง ได้แก่ การรับรู้ถึงความเสียหายเชิงกลไกลหรือตัวกระตุ้นแมลง ปฏิกริยาของเอนไซม์ฟอสโฟริเลชัน/ดีฟอสโฟริเลชัน การรับสัญญาณการส่งสัญญาณฮอร์โมนพืช และสุดท้ายคือการผลิตสารกระตุ้นการต้านทานไฟโตฮอร์โมนเป็นสัญญาณควบคุมหลักที่สำคัญต่อการตอบสนองของการป้องกันของพืชต่อสัตว์กินพืช JA เป็นผู้ควบคุมดูแลหลัก

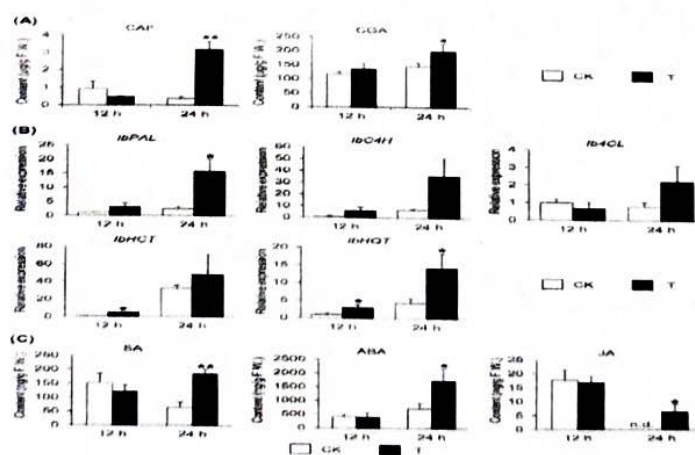
การตอบสนองต่อความเครียดมีหน้าที่ในการป้องกันพืชหลายชนิดทั้งทางกายภาพ (ไทรโครม) และเคมี (ฟีนอลิกและโกลิโกไลต์) ฮอร์โมนพืชอื่นๆ เช่น SA และ ABA มีส่วนร่วมในกระบวนการป้องกันด้วยเช่นกัน เพื่อทำความเข้าใจการป้องกันพืชการวิเคราะห์ที่ครอบคลุมของฮอร์โมนพืชหลายชนิด จึงมีความจำเป็นในกรณีส่วนใหญ่ JA, SA และ ABA ได้รับการชี้วัดในการศึกษานี้จากผลการวิจัย สรุปได้ว่าด้วงมันเทศกระตุ้นให้ไฟโตฮอร์โมน (JA, SA และ ABA) เพิ่มขึ้นในใบมันเทศ (รูปที่ 5 D) ไฟโตฮอร์โมนย่อยตามลำดับเป็นสื่อกลางในการควบคุมยีนการป้องกัน



ที่มา: Yinyin Liao et al. (2020)

รูปที่ 5. การประเมินความต้านทานแมลงของการใช้กรดคลอโรจีนิกในใบมันเทศกับด้วงมันเทศ (A) การกระจายของกรดคลอโรจีนิกในส่วนต่างๆของมันเทศ (B) ภาพรวมแผนผังของเส้นทางการสังเคราะห์กรดคลอโรจีนิก (C) ตลอดจนการแสดงออกของยีนสังเคราะห์ทางชีวภาพของกรดคลอโรจีนิกในส่วนต่างๆของต้นมันเทศ (D),(A) การทดสอบปริมาณความเสียหายของใบมันเทศที่ถูกด้วงมันเทศโจมตีโดยใช้ Image J (1.52a) CK,กรดที่ไม่ใช่คลอโรจีนิก กลุ่มที่ได้รับการรักษา T,กลุ่มพรีทรีตด้วยกรดคลอโรจีนิก ข้อมูลทั้งหมดแสดงเป็นค่าเฉลี่ย $\pm$ SD (n=5) ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างกลุ่ม CK และ T แสดงเป็น (* $p \leq 0.05$ และ ** $p \leq 0.01$) กำหนดโดยตัวอย่าง t-test (B และ D) Ib,Ipomoea batatas ข้อมูลทั้งหมดแสดงเป็นค่าเฉลี่ย $\pm$ SD (n=3) ความแตกต่างที่สำคัญระหว่างส่วนต่างๆของมันเทศแสดงเป็นตัวอักษรต่างกัน (ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรเดียวกันไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ r ($p \leq 0.05$, Duncan's test))

ทั้ง z3HAC และ allo-ocimene สามารถป้องกันมันเทศจากด้วงวงมันเทศผ่านการส่งสัญญาณการป้องกันพืชที่เริ่มโดย HIPV มักเกี่ยวข้องกับการส่งสัญญาณควบคุมฮอร์โมนป้องกัน JA และ SA ดังนั้นวัดปริมาณฮอร์โมนไฟโตฮอร์โมนในยอดมันเทศที่เตรียมด้วย z3HAC และอัลโลโอซิมีน เนื้อหา JA เพิ่มขึ้นหลังจากการรมยา allo-ocimene (รูปที่ 5-A) การปรับสภาพทั้งสองยังเพิ่มระดับของกรดคาเฟอิก (รูปที่ 5-B) ซึ่งเป็นสารตั้งต้นของกรดคลอโรจีนิก ซึ่งก่อนหน้านี้ได้รับการระบุว่าเป็นสารประกอบที่เกี่ยวข้องกับการต้านทานแมลงในพืช (Liao et al. 2020)



ที่มา: Yinyin Liao et al. (2020)

รูปที่ 6. ผลของการโจมตีของด้วงมันเทศ (เป็นเวลา 12 ชั่วโมงและ 24 ชั่วโมง) ต่อกรดฟีนอลิก (A) ระดับการถอดรหัสของยีนที่สอดคล้องกันในการสังเคราะห์กรดคลอโรจีนิก (B) และสารไฟโตฮอร์โมน (C) ในใบมันเทศ nd ตรวจไม่พบการระบุเวลาการรักษา CK กลุ่มที่ไม่ได้รับการรักษาด้วยแมลง T ด้วงวงมันเทศ กลุ่มที่ได้รับการรักษาข้อมูลทั้งหมดแสดงเป็นค่าเฉลี่ย $\pm$ SD (n=3) ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างกลุ่ม CK และ T แสดงเป็น (*p 0.05 และ **p 0.01) โดยกำหนดด้วย t-test

เนื้อเยื่อพืชที่แข็งแรงโดยทั่วไปจะปล่อย GLV และสารเทอร์พีนระเหยได้เพียงเล็กน้อย ในขณะที่การผลิตสารประกอบเหล่านี้เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วหลังจากที่เนื้อเยื่อพืชได้รับความเสียหายจากเชื้อโรคหรือสัตว์กินพืช (Zeng et al. 2019) สารระเหยเหล่านี้จะถูกส่งเป็นโมเลกุลส่งสัญญาณไปยังส่วนปลายของพืช แต่พืชข้างเคียงก็รับรู้ด้วย ซึ่งจะกระตุ้นกิจกรรมการป้องกันที่ให้การป้องกันจากเชื้อโรค/หรือแมลงศัตรูพืช ในระหว่างการสื่อสารระหว่างพืชกับพืช เซลล์ในพืชที่อยู่ถัดจากพืชที่สัมผัสกับ z3HAC และ sesquiterpenes จะเกิดการสลับโพลาริเซชันของเยื่อหุ้มเซลล์อย่างรวดเร็ว ซึ่งจากนั้นจะกระตุ้นปฏิกิริยาต่อเนื่องในพืชเจ้าบ้าน (Zebelo et al. 2012) แม้ว่าโปรตีนตัวรับก๊าซในพืชยังไม่ได้มีการจำแนก แต่ตัวติดตามไอโซโทปที่เสถียรได้ยืนยันว่า HIPV สามารถดูดซึมโดยพืชที่แข็งแรงเพื่อเปิดใช้งานการป้องกันระบบ ตัวอย่างเช่น การศึกษาการติดตามไอโซโทปก่อนหน้านี้พิสูจน์ว่า (Z)-3-hexen-1-ol สามารถกระตุ้นการสังเคราะห์ JA และเมแทบอลิต์ด้านแมลง (Z)-3-hexen-1-ol glycoside ในต้นชา (Dudareva et al. 2549) การตรวจสอบอื่นๆ แสดงให้เห็นว่า z3HAC สามารถส่งเสริมการสะสมของ JA และการรักษาร่วมกับอินโดลสามารถเพิ่มการส่งสัญญาณของ JA ได้อย่างมีนัยสำคัญ (Engelberth et al. 2004 ;Hu et al. 2019) การรวมกันของสารระเหยที่แตกต่างกันจะส่งผลต่อกิจกรรมการป้องกันที่แตกต่างกัน ดังนั้นควรศึกษาผลกระทบร่วมกันของสารระเหยที่มีต่อวิถีทางต่างๆ การเหนี่ยวนำการสังเคราะห์ JA โดย z3HAC อาจเกี่ยวข้องกับการเพิ่มขึ้นในการสังเคราะห์สารตั้งต้นของกรดไขมันกรดไลโนเลนิก (LNA) และการแสดงออกของยีนที่เข้ารหัสอัลลีนออกไซด์ซินเทส (AOS) และ lipoxygenase 1 (LOX1) (Frost et al. 2551) มีรายงานด้วยว่าระดับของ JA ในพืชที่สัมผัสกับ z3HAC ไม่แตกต่างจากในพืชควบคุม ในขณะที่ jasmonoyl-isoleucine (JA-Ile) เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ (Jing et al. 2021a) ในการศึกษาปัจจุบัน การปรับสภาพด้วย z3HAC ไม่ได้กระตุ้นการสังเคราะห์ JA สิ่งนี้แสดงให้เห็นว่า JA-Ile อาจเป็นสัญญาณที่กระตุ้นพืชได้ และการปรับสภาพ z3HAC อาจกระตุ้นการสังเคราะห์ JA-Ile เช่นเดียวกับการเปิดใช้งานเส้นทางการส่งสัญญาณฮอร์โมนพืช z3HAC ยังสามารถกระตุ้นการสังเคราะห์

สารอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับการดื้อยาเพื่อปรับปรุงการป้องกันของพืช ในต้นอ่อนข้าวโพด การปรับสภาพ α -z3HAC จะเพิ่มการผลิต sesquiterpenes ที่ระเหยง่ายที่เกี่ยวข้องกับการต้านทานของแมลงเพื่อตอบสนองต่อการบาดเจ็บเชิงกลและการเข้าทำลายของหนอนผีเสื้อ (Liao et al. 2020) ผลรวมของ α มีรายงาน 3HAC และอินโดลเพื่อส่งเสริมการสังเคราะห์ทางชีวภาพของเบนซอกซาซินอยด์ ซึ่งเป็นสารต้านแบคทีเรียในพืช (Hu et al. 2019) α -z3HAC ยังสามารถควบคุมการแสดงออกของยีนป้องกันจำนวนมากใน *A. thaliana* เช่น AtCHS, AtDGK1, AtCOMT, AtGST1 และ AtLOX2 (Kishimoto et al. 2006) การรักษาด้วย allo-ocimene ยังสามารถปรับการแสดงออกของยีนป้องกันหลายตัว เช่น AtCHS, AtDGK1, AtCOMT, AtGST1 และ AtLOX2 (Kishimoto et al. 2006) ในขณะเดียวกันก็เปิดใช้งานการแสดงออกของ ยีน PR ที่เกี่ยวข้องที่ปลายน้ำของเส้นทาง SA ใน A ทาเลียนาซึ่งท้ายที่สุดจะนำไปสู่การต่อต้าน B ที่เพิ่มขึ้น ซิเนเรีย (Kishimoto et al. 2006 ;Chen et al. 2019) กรดฟีนอลมีบทบาทสำคัญในการเป็นสารต่อต้านอาหารและสารพิษในการป้องกันสารเคมีของพืช การศึกษาก่อนหน้าของเราพบว่ากรดคลอโรเจนิกเป็นสารป้องกันหูดิพที่มีอยู่ในมันเทศ และระดับของกรดจะเพิ่มขึ้นตามการบุกรุกของแมลง (Liao et al. 2020) กรดคลอโรจีนิกถูกสังเคราะห์โดยการควบแน่นของกรดคาเฟอิกและกรดตี-ควินิก ในการศึกษาปัจจุบัน กรดคลอโรเจนิกในมันเทศไม่ได้รับอิทธิพลจาก α -z3HAC หรืออัลโลโอซิมีน ในขณะที่กรดคาเฟอิกซึ่งเป็นสารตั้งต้นที่จำเป็นของกรดคลอโรจีนิกนั้นเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้นจึงเป็นการเตรียมพืชสำหรับความท้าทายที่ตามมา การศึกษาในปัจจุบันได้เปิดเผยว่า-ocimene เปิดใช้งานการสังเคราะห์ JA และการสะสมกรดคาเฟอิก ดังนั้นจึงเป็นสารที่เกี่ยวข้องกับการป้องกันที่ช่วยปกป้องพืชจากแมลงศัตรูพืช ผลลัพธ์เหล่านี้ชี้ให้เห็นว่า α -z3HAC และ allo-ocimene ถูกปล่อยออกมาหลังจากการรบกวนของแมลงหรือการบาดเจ็บทางกลไกระดับระบบการป้องกันของต้นมันเทศที่แข็งแรง

สรุป

ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตมันเทศมีหลายกรรมวิธี การเจริญเติบโตยังขึ้นอยู่กับศัตรูพืชคือ ดั้วมันเทศที่เข้าไปทำลายส่วนของใบทำให้เกิดความเสียหาย DMNT ยังเป็นสารสังเคราะห์มันเทศ อีกทั้งภายในใบยังมีสารระเหยมากมายเช่น กลุ่มกรดจัสโมเนต (Jasmonate), กลุ่มไขมันไม่อิ่มตัว และกลุ่มกรดคลอโรจีนิก (chlorogenic acid) ซึ่งจากผลการทดลองกลุ่มจัสโมเนตแสดงให้เห็นว่า จัสโมเนตเป็นโมเลกุลส่งสัญญาณที่เป็นสื่อกลางประสานการป้องกันการเข้าทำลายของสัตว์กินพืช อีกทั้งกลุ่มกรดไขมันไม่อิ่มตัว จากการทดลองด้วยวิธีไอโซโทปบ่งบอกการรักษาบาดแผลของมันเทศ พบว่า Control และ $[2H^2]$ z3HAC รักษาบาดแผลของมันเทศในระยะเวลาไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ผลกระทบจากการรักษาบาดแผลของมันเทศ $[2H^2]$ z3HAC และ (Z)-3-hexen-1-ol พบว่าทั้งสองไม่มีความแตกต่างกัน และกลุ่มคลอโรจีนิกของใบมันเทศตรวจพบว่า ดั้วมันเทศกระตุ้นให้ไฟโตฮอร์โมนควบคุมการตอบสนองของการป้องกันของพืชต่อสัตว์กินพืช (JA, SA และ ABA) เพิ่มขึ้น ยังกระตุ้น (SA, ABA และ JA) ตามลำดับเป็นสื่อกลางในการควบคุมยับยั้งการป้องกัน

เอกสารอ้างอิง

- Braun, A. R., & Van De Fliert, E. (1999). Evaluation of the impact of sweetpotato weevil (*Cylas formicarius*) and of the effectiveness of *Cylas* sex pheromone traps at the farm level in Indonesia. *International Journal of Pest Management*, 45(2), 101-110.
- Dudareva, N., Negre, F., Nagegowda, D. A., & Orlova, I. (2006). Plant volatiles: recent advances and future perspectives. *Critical reviews in plant sciences*, 25(5), 417-440.
- Engelberth, J., Alborn, H. T., Schmelz, E. A., & Tumlinson, J. H. (2004). Airborne signals prime plants against insect herbivore attack. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 101(6), 1781-1785.
- Korada, R. R., Misra, S., Naskar, S. K., Bhaktavatsalam, N., Prasad, A. R., Sinha, K., ... & Mukherjee, A. (2013). Plant volatile organic compounds as chemical markers to identify resistance in sweet potato against weevil *Cylas formicarius*. *Current Science*, 1247-1253.
- Korada, R. R., Naskar, S. K., Palaniswami, M. S., & Ray, R. C. (2010). Management of sweet potato weevil [*Cylas formicarius* (Fab.)]: An overview. *Journal of Root Crops*, 36(1), 14-26.
- Hua, J. F., Zhang, L., Han, Y. H., Gou, X. W., Chen, T. Y., Huang, Y. M., ... & Li, Z. Y. (2023). Chromosome-level genome assembly of *Cylas formicarius* provides insights into its adaptation and invasion mechanisms. *Journal of Integrative Agriculture*, 22(3), 825-843.

- Kyereko, W. T., Hongbo, Z., Amoanimaa-Dede, H., Meiwei, G., & Yeboah, A. (2019). The major sweet potato weevils; management and control: A review. *Entomol Ornithol Herpetol*, 8(218), 2161-0983.
- Laurie, S., Faber, M., Adebola, P., & Belete, A. (2015). Biofortification of sweet potato for food and nutrition security in South Africa. *Food Research International*, 76, 962-970.
- Liao, Y., Tan, H., Jian, G., Zhou, X., Huo, L., Jia, Y., ... & Yang, Z. (2021). Herbivore-induced (Z)-3-Hexen-1-ol is an airborne signal that promotes direct and indirect defenses in tea (*Camellia sinensis*) under light. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 69(43), 12608-12620.
- Liao, Y., Zeng, L., Rao, S., Gu, D., Liu, X., Wang, Y., ... & Yang, Z. (2020). Induced biosynthesis of chlorogenic acid in sweetpotato leaves confers the resistance against sweetpotato weevil attack. *Journal of Advanced Research*, 24, 513-522.
- Meents, A. K., Chen, S. P., Reichelt, M., Lu, H. H., Bartram, S., Yeh, K. W., & Mithöfer, A. (2019). Volatile DMNT systemically induces jasmonate-independent direct anti-herbivore defense in leaves of sweet potato (*Ipomoea batatas*) plants. *Scientific Reports*, 9(1), 17431.
- Rajamma, P., & Pillai, K. S. (1984). Studies on sweet potato weevil (All India Coordinated Project). *Annual Report*, 88-89.
- Rao, K. R. (2002). Induced host plant resistance in the management of sucking insect pests of groundnut. *Annals of Plant Protection Sciences*, 10(1), 45-50.

Wang, Y., & Kays, S. J. (2002). Sweetpotato volatile chemistry in relation to sweetpotato weevil (*Cylas formicarius*) behavior. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 127(4), 656-662.

Whitmee, S., Haines, A., Beyrer, C., Boltz, F., Capon, A. G., de Souza Dias, B. F., ... & Yach, D. (2015). Safeguarding human health in the Anthropocene epoch: report of The Rockefeller Foundation–Lancet Commission on planetary health. *The lancet*, 386(10007), 1973-2028.

XIAO, Y. Y., QIAN, J. J., HOU, X. L., ZENG, L. T., Xu, L. I. U., MEI, G. G., & LIAO, Y. Y. (2023). Diurnal emission of herbivore-induced (Z)-3-hexenyl acetate and allo-ocimene activates sweet potato defense responses to sweet potato weevils. *Journal of Integrative Agriculture*, 22(6), 1782-1796.

เฉลิมชัย วงศ์วัฒน์ 2547. ฮอโมนพืช (Plant Hormones) หนังสือคำสอน.แหล่งที่มา:
<http://thesis.swu.ac.th/swuebook/h228720.pdf> สืบค้นเมื่อวันที่ 14 สิงหาคม 2566.

ชัชฌา เมฆโหรา 2558. กาแฟเพื่อสุขภาพ Coffee for health. วารสารอาหาร. ปีที่ 45 ฉบับที่ 4 (ต.ค.-ธ.ค. 2558) หน้า 15-21 แหล่งที่มา:
https://kukr.lib.ku.ac.th/kukr_es/index.php?/BKN_FRPD/search_detail/result/20000661
สืบค้นเมื่อวันที่ 14 สิงหาคม 2566.

ณิชา สิรินนท์ธนา และคณะ 2558 คักยภาพของจุลินทรีย์ทะเล: แหล่งกรดไขมันชนิดจำเป็น แหล่งที่มา:
https://buuir.buu.ac.th/bitstream/1234567890/1549/1/2559_067.pdf สืบค้นเมื่อวันที่ 14 สิงหาคม 2566.

วชิราพรณ บวรชาติ,พรพิมล ม่วงไทย 2560 การประเมินปริมาณกรดคลอโรจีนิก กรดคาเฟอิก กรดเฟอร์รูลิก และกรด พาราควมาริก ในเครื่องดื่มน้ำสมุนไพร.วารสารมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี) ปีที่ 9 ฉบับที่ 17 มกราคม - มิถุนายน 2560 แหล่งที่มา:
<https://ejournals.swu.ac.th/index.php/SWUJournal/article/view/9007/7752> สืบค้นเมื่อวันที่ 14 สิงหาคม 2566.

อนุสรณ์ เชิดทอง ลิขิตและกรดไขมัน Lipids and Fatty แห้วที่นา;

Acids<https://ag2.kku.ac.th/eLearning/137748/Doc%5CChapter%204%20Lipid%20and%20Fatty%20acid.pdf> สืบค้นเมื่อวันที่ 14 สิงหาคม 2566.