ผลของกรดอินโดล-3-บิวทีริกและกรดจิบเบอเรลลิกต่อการเกิดรากพิเศษและการเติบโตของต้นไหลสตรอว์เบอร์รีพันธุ์อะกิฮิเมะ

Effects of Indole-3-Butyric Acid and Gibberellic Acid on Adventitious Root Formation and Growth of 'Akihime' Strawberry Stolon

วีรภัทร ปั้นฉาย[1] เจษฎากร จบแล้ว[2] รวิพล ต่ายคง[4] สุวิทย์ บุญเรือง[3] และ ดรุณี นาพรหม[2*]

Werapat Panchai[1], Jedsadakorn Joblaew[2], Rawipon Taikhong[4], Suwit Boonraeng[3] and Daruni Naphrom[2*]

[1]ศูนย์วิจัย บูรณาการ สาธิตและฝึกอบรมนวัตกรรมการเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ. เชียงใหม่ 50200

[1]Agriculture Innovation Research, Integration, Demonstration and Training Center

Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200, Thailand

[2]ภาควิชาพืชศาสตร์และปฐพีศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ. เชียงใหม่ 50200

[2]Department of Plant and Soil Sciences, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200, Thailand

[3]ภาควิชาเกษตรที่สูงและทรัพยากรธรรมชาติ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ. เชียงใหม่ 50200

[3]Department of Highland Agriculture and Natural Resources,

Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200, Thailand

[4]สถานีเกษตรหลวงปางดะ มูลนิธิโครงการหลวง จ.เชียงใหม่ 50250

[4]Pang Da Royal Agricultural Station; Royal Project Foundation, Chiang Mai 50250, Thailand

[*]Corresponding author: Email: daruni.n@cmu.ac.th

(Received: 4 January 2025; Revised: 28 September 2026 ; Accepted: 29 September 2026)

Abstract: This study aimed to investigate root induction in daughter plants of the 'Akihime' strawberry grown in a modified CMU2S nutrient solution in an evaporative cooling greenhouse at the Faculty of Agriculture, Chiang Mai University. In the first week, the electrical conductivity (EC) of the nutrient solution was maintained at 0.0 mS/cm and gradually increased to 1.0, 1.5, and 2.0 mS/cm in the second, third, and fourth weeks, respectively. The experiment was conducted using a (2×2)+1 factorial arrangements in a completely randomized design (CRD) with seven replications. Factor A consisted of indole-3-butyric acid (IBA) at 0.6 and 1.2 mg/L while Factor B consisted of gibberellic acid (GA_3) at 50 and 150 mg/L. The basal ends of the daughter plants were dipped in the respective treatment solutions for 3 min, with distilled water used as the control. The results revealed an interaction between IBA and GA_3 on the number of roots and chlorophyll content in strawberry daughter plants. All treatments

Copyright @ Journal of Agricultural Research and Communications. All rights reserved.

had a lower number of roots and chlorophyll content than the control, except for the combination of 1.2 mg/L IBA and 50 mg/L GA_3, which showed no significant difference from the control.

Keywords: strawberry daughter plants, root number, root induction

บทคัดย่อ: งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการกระตุ้นการเกิดรากในต้นไหลของสตรอว์เบอร์รีพันธุ์อะกิฮิเมะ (Akihime) ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตรดัดแปลง CMU2S ภายในโรงเรือนควบคุมอุณหภูมิแบบการคายระเหยของน้ำ (Evaporative cooling greenhouse) คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ โดยในสัปดาห์ที่ 1 ให้ค่าการนำไฟฟ้าไฟฟ้า (EC) ของสารละลายปุ๋ย เท่ากับ 0.0 และเพิ่มค่า EC เป็น 1.0, 1.5 และ 2.0 มิลลิซีเมนส์ต่อเซนติเมตร ในสัปดาห์ที่ 2, 3 และ 4 ตามลำดับ วางแผนการทดลองแบบ (2x2)+1 factorial in CRD จำนวน 7 ซ้ำ โดยปัจจัย A คือ กรดอินโดล-3-บิวทีริก (Indole-3-butyric acid; IBA) ที่ระดับความเข้มข้น 0.6 และ 1.2 มิลลิกรัมต่อลิตร และปัจจัย B คือ กรดจิบเบอเรลลิก (Gibberellic acid; GA_3) ที่ระดับความเข้มข้น 50 และ 150 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยจุ่มฐานของต้นไหลสตรอว์เบอร์รีลงในสารละลายแต่ละกรรมวิธีเป็นเวลา 3 นาที เปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุมที่ใช้เพียงน้ำเปล่า ผลการทดลองพบว่า การใช้ IBA ร่วมกับ GA_3 มีปฏิสัมพันธ์กันต่อจำนวนรากและปริมาณคลอโรฟิลล์ของต้นไหลสตรอว์เบอร์รี โดยทุกกรรมวิธีให้จำนวนรากและปริมาณคลอโรฟิลล์ต่ำกว่ากรรมวิธีควบคุม ยกเว้นการใช้ IBA ความเข้มข้น 1.2 มก./ลิตร ร่วมกับ GA_3 ความเข้มข้น 50 มก./ลิตร ซึ่งให้ค่าไม่แตกต่างจากกรรมวิธีควบคุม

คำสำคัญ: ต้นไหลสตรอว์เบอร์รี จำนวนราก การชักนำการเกิดราก

คำนำ

สตรอว์เบอร์รี (strawberry) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Fragaria × ananassa* อยู่ในวงศ์ *Rosoideae* จัดเป็นไม้ผลกึ่งร้อนที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจชนิดหนึ่ง มีการปลูกกระจายกันแทบทุกประเทศตั้งแต่แถบขั้วโลกลงมาถึงพื้นที่ในเขตร้อน ซึ่งมีความแตกต่างกันทั้งสภาพภูมิอากาศและชนิดดินที่ใช้ปลูก สตรอว์เบอร์รีเป็นผลไม้ที่มีรสชาติอร่อยและเป็นที่รู้จักกันมาหลายร้อยปีมาแล้ว ในช่วงสิบปีที่ผ่านมานี้พบว่าผลผลิตที่ใช้สำหรับบริโภคเป็นผลสดและใช้ในเชิงอุตสาหกรรมแปรรูปได้เพิ่มปริมาณมากขึ้นอย่างรวดเร็วทั่วโลก ทั้งนี้เป็นผลมาจากการผสมพันธุ์ใหม่ที่ให้ผลผลิตยาวนานขึ้น การนำระบบปลูกแบบดูแลอย่างใกล้ชิดมาใช้ ตลอดจนการเลือกพื้นที่ปลูกที่มีความเหมาะสมมากขึ้น สตรอว์เบอร์รีพันธุ์อะกิฮิเมะเป็นพันธุ์ที่ได้รับการปรับปรุงพันธุ์ในจังหวัดชิซุโอกะ ประเทศญี่ปุ่น จากการผสมระหว่างพันธุ์ Kunowase และ Nyoho โดยได้รับการเผยแพร่ในปี ค.ศ. 1992 สตรอว์เบอร์รีพันธุ์อะกิฮิเมะเป็นพืชวันสั้น (short-day cultivar) ที่ต้องการอุณหภูมิต่ำในการกระตุ้นตาดอก ให้ผลผลิตเร็ว (early-maturing cultivar) จึงได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายในประเทศญี่ปุ่นและประเทศแถบเอเชียสำหรับการผลิตในระบบโรงเรือนและการบังคับให้ออกดอกติดผลนอกฤดู ผลมีลักษณะทรงกรวยยาว สีแดงสด เนื้อผลนุ่ม ฉ่ำน้ำ มีปริมาณน้ำตาลสูง มีปริมาณกรดต่ำ มีกลิ่นหอม และมีวิตามินซีสูง จึงเหมาะสำหรับการบริโภคผลสด (Liu *et al.,* 2012). อย่างไรก็ตาม พันธุ์อะกิฮิเมะมีข้อจำกัดคือเนื้อผลค่อนข้างนิ่ม ทำให้เกิดความเสียหายระหว่างการเก็บเกี่ยวและการขนส่งได้ง่าย อีกทั้งยังมีความไวต่อโรคราแป้ง (powdery mildew) นอกจากนี้ต้นกล้าพันธุ์ที่แข็งแรงปลอดโรคยังเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลโดยตรงต่อการเจริญเติบโต การออกดอกติดผล และคุณภาพผลผลิต ดังนั้นการผลิตต้นกล้าพันธุ์ที่มีระบบรากแข็งแรงและปลอดโรคจึงเป็นปัจจัยสำคัญในการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตสตรอว์เบอร์รีพันธุ์อะกิฮิเมะในเชิงการค้าอย่างยั่งยืน การขยายพันธุ์สตรอว์เบอร์รีในเชิงการค้าส่วนใหญ่นิยมใช้การขยายพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศโดยต้นไหล (runner หรือ stolon) เนื่องจากสามารถ

รักษาลักษณะทางพันธุกรรมของพันธุ์ไว้ได้เหมือนต้นแม่ ทำให้ต้นพันธุ์มีความสม่ำเสมอ ให้ผลผลิตเร็ว และสามารถผลิตต้นพันธุ์ได้เป็นจำนวนมากในระยะเวลาอันสั้น จึงเป็นวิธีการหลักในการผลิตต้นพันธุ์เชิงการค้า (Hancock, 2020) อย่างไรก็ตาม คุณภาพของต้นไหลไม่ได้ขึ้นอยู่กับจำนวนต้นไหลที่ผลิตได้เพียงอย่างเดียว แต่ขึ้นอยู่กับความสมบูรณ์ของระบบรากเป็นสำคัญ เนื่องจากรากเป็นอวัยวะที่ทำหน้าที่ดูดน้ำและธาตุอาหาร ยึดเหนี่ยวต้น และสะสมอาหาร ส่งผลโดยตรงต่อการตั้งตัวหลังย้ายปลูก ความสามารถในการดูดใช้ธาตุอาหาร การเจริญเติบโต การออกดอก และผลผลิตของสตรอว์เบอร์รีในระยะต่อไป (Taiz *et al.,* 2015) การกระตุ้นให้ต้นไหลเกิดรากได้อย่างรวดเร็วและมีระบบรากที่แข็งแรงจึงเป็นปัจจัยสำคัญของการผลิตต้นพันธุ์คุณภาพ เนื่องจากต้นไหลที่มีจำนวนรากและความยาวรากที่เหมาะสมจะสามารถตั้งตัวหลังการย้ายปลูกได้รวดเร็ว ลดการสูญเสียต้นพันธุ์ เพิ่มประสิทธิภาพในการดูดน้ำและธาตุอาหาร และส่งผลให้ต้นมีการเจริญเติบโตที่ดี สามารถออกดอกและให้ผลผลิตได้เร็วกว่าต้นที่มีระบบรากไม่สมบูรณ์ นอกจากนี้ระบบรากที่แข็งแรงยังช่วยเพิ่มความสามารถของต้นพืชในการทนต่อสภาวะเครียดจากการย้ายปลูกและการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อม ทำให้การผลิตต้นพันธุ์มีประสิทธิภาพและมีอัตราการรอดสูงขึ้น (Taiz *et al.,* 2015; Hossain and Gony, 2020)

สารควบคุมการเจริญเติบโตกลุ่มของออกซินสังเคราะห์มีคุณสมบัติในการเร่งการเจริญเติบโต กระตุ้นการขยายขนาดของเซลล์ การยืดตัวของเซลล์ และกระตุ้นการเกิดราก รวมถึงมีคุณสมบัติในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของส่วนต่าง ๆ ของพืช จึงมีการนำไปใช้ประโยชน์ทางการเกษตรในการเพิ่มขนาดของผลผลิต และนำไปใช้ในการเร่งการเจริญของรากในการขยายพันธุ์พืชแบบไม่อาศัยเพศ เช่น การปักชำ การตอนกิ่ง และมีคุณภาพดีตอบสนองความต้องการของตลาดได้ (Stern *et al.,* 2007) ซึ่งการใช้ในปริมาณเพียงเล็กน้อยสามารถกระตุ้นหรือยับยั้งกระบวนการทางสรีรวิทยาของพืชได้ (Techapinyawat,1993) Ashrafuzzaman *et al.* (2013) พบว่า การใช้ IBA ที่ความเข้มข้น 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่งผลให้มีอัตราการสร้างรากของสตรอว์เบอร์รีสูงถึง 91–96% และจำนวนรากเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 4–9 รากต่อต้น จากรายงานของ Thongrod (1990) ศึกษาผลของกรดจิบเบอเรลริก (GA_3) ที่มีผลต่อการผลิตต้นไหลและการเจริญเติบโตของสตรอว์เบอร์รีพันธุ์ไทโอก้า โดยพ่น GA_3 ระดับความเข้มข้น 5, 10, 20, 40 และ 80 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่า GA_3 มีผลส่งเสริมการเกิดต้นไหลและการเจริญเติบโตของต้นสตรอว์เบอร์รี เมื่อเปรียบเทียบกับต้นที่ไม่ได้รับสาร GA_3 นอกจากนี้ยังมีผลทำให้การผลิตต้นไหลและจำนวนต้นไหลต่อต้นแม่เพิ่มขึ้นเมื่อได้รับระดับความเข้มข้น GA_3 10 มิลลิกรัมต่อลิตรขึ้นไป ซึ่ง GA_3 ที่ระดับความเข้มข้น 40 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับการให้ 6 ครั้ง และระดับความเข้มข้น 80 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับการให้ 9 ครั้ง ส่งผลให้จำนวนต้นไหลสตรอว์เบอร์รีต่อต้นแม่สูงสุด นอกจากนี้ Hossain and Gony (2020) พบว่า การใช้ IBA ที่ระดับความเข้มข้น 100 และ 200 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้ต้นไหลสตรอว์เบอร์รีมีการพัฒนาการเกิดรากและยอดมากที่สุด แม้ว่าจะมีรายงานการใช้สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชเพื่อส่งเสริมการเกิดรากและการผลิตต้นไหลของสตรอว์เบอร์รีหลายพันธุ์ แต่ผลของการใช้สารแต่ละชนิดขึ้นอยู่กับพันธุ์ ความเข้มข้น วิธีการใช้ และสภาพแวดล้อมในการปลูก เนื่องจาก IBA มีบทบาทสำคัญในการกระตุ้นการเกิดรากพิเศษ ขณะที่ GA_3 ส่งเสริมการแบ่งและการยืดตัวของเซลล์ ซึ่งช่วยกระตุ้นการเจริญเติบโตของต้น อย่างไรก็ตาม ยังมีข้อมูลจำกัดเกี่ยวกับการใช้ IBA ร่วมกับ GA_3 เพื่อส่งเสริมการเกิดรากและการเจริญเติบโตของต้นไหลสตรอว์เบอร์รีพันธุ์อะกิฮิเมะ รวมถึงยังไม่มีข้อมูลที่ชัดเจนเกี่ยวกับความเข้มข้นที่เหมาะสมของสารทั้งสองชนิดสำหรับการผลิตต้นพันธุ์คุณภาพ ดังนั้น การศึกษาครั้งนี้จึงมุ่งเน้นการศึกษาผลของสารควบคุมการเจริญเติบโตในกลุ่มออกซินและกรดจิบเบอเรลลิกต่อการเกิดรากของสตรอว์เบอร์รีพันธุ์อะกิฮิเมะ (Akihime) เพื่อเป็นแนวทางในการกระตุ้นการเกิดราก ให้สามารถผลิตต้นไหลสตรอว์เบอร์รีได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น และเป็นฐานข้อมูลในการศึกษาสำหรับผู้ที่สนใจผลิตต้นไหลสตรอว์เบอร์รีต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

วิธีดำเนินการทดลอง

การศึกษาผลของกรดอินโดล-3-บิวทีริกและกรดจิบเบอเรลลิกต่อการเกิดรากและการเจริญเติบโตของสตรอว์เบอร์รีพันธุ์อะกิฮิเมะ ณ โรงเรือนควบคุมอุณหภูมิด้วยการระเหยของน้ำ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ ระหว่างเดือนมกราคม พ.ศ. 2565 ถึง เดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2565 โดยวางแผนการทดลองแบบ (2x2)+1 factorial in CRD จำนวน 7 ซ้ำ โดย ปัจจัย A คือ กรดอินโดล-3-บิวทีริก (Indole-3-butyric acid; IBA) (Sigma-Aldrich, USA) ที่ระดับความเข้มข้น 0.6 และ 1.2 มิลลิกรัมต่อลิตร และปัจจัย B คือ กรดจิบเบอเรลลิก (Gibberellic acid; GA_3) (Sigma-Aldrich, USA) ที่ 2 ระดับความเข้มข้น ได้แก่ 50 และ 150 มิลลิกรัมต่อลิตร และชุดควบคุม (น้ำกลั่น) ทั้งหมด 5 กรรมวิธี โดยนำต้นไหลที่ตัดออกมาจากต้นแม่พันธุ์ที่มีขนาดและอายุใกล้เคียงกัน ทำการจุ่มฐานของต้นไหลสตรอว์เบอร์รีลงในสารละลายของแต่ละกรรมวิธีเป็นเวลา 3 นาที โดยจุ่ม 2 ครั้ง ในสัปดาห์ที่ 1 และสัปดาห์ที่ 2 ของการปลูก เปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุมที่ใช้น้ำกลั่น จากนั้นนำต้นไหลสตรอว์เบอร์รีปลูกในโรงเรือนควบคุมอุณหภูมิด้วยการระเหยของน้ำ โดยเตรียมกระบะใส่น้ำ ขนาด 16 ลิตร (39 x 53 x 12 ซม.) นำต้นไหลสตรอว์เบอร์รีมาใส่กระถางขนาด 1 นิ้ว จากนั้นนำกระถางใส่ในแผ่นโฟมที่เจาะรู แล้ววางลงในกระบะน้ำ การให้น้ำโดยเติมน้ำลงในกระบะ 4,000 มิลลิลิตร และเปลี่ยนสารละลายธาตุอาหารทุก 7 วัน โดยในแต่ละสัปดาห์ใช้สารละลายปริมาตรรวม 4,000 มิลลิลิตรต่อชุดทดลอง สัปดาห์แรกใช้น้ำเปล่าปริมาตร 4,000 มิลลิลิตร หลังจากนั้นในสัปดาห์ที่ 2 เตรียมสารละลายธาตุอาหารสูตร CMUS2 modified โดยใช้น้ำ 3,000 มิลลิลิตร ผสมกับสารละลายธาตุอาหาร A และ B อย่างละ 500 มิลลิลิตร ให้มีปริมาตรรวม 4,000 มิลลิลิตร สารละลายมีค่าการนำไฟฟ้า (EC) เท่ากับ 1.0 mS/cm สัปดาห์ที่ 3 เตรียมสารละลายโดยใช้น้ำ 2,500 มิลลิลิตร ผสมกับสารละลายธาตุอาหาร A และ B อย่างละ 750 มิลลิลิตร ให้มีปริมาตรรวม 4,000 มิลลิลิตร สารละลายมีค่า EC เท่ากับ 1.5 mS/cm ส่วนสัปดาห์ที่ 4 เตรียมสารละลายโดยใช้น้ำ 2,000 มิลลิลิตร ผสมกับสารละลายธาตุอาหาร A และ B อย่างละ 1,000 มิลลิลิตร ให้มีปริมาตรรวม 4,000 มิลลิลิตร สารละลายมีค่า EC เท่ากับ 2.0 mS/cm ทั้งนี้ปรับค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของสารละลายให้อยู่ในช่วง 5.5-6.5 ก่อนนำไปใช้ทุกครั้ง

การบันทึกผลการทดลอง

หลังการย้ายปลูกต้นไหลสตรอว์เบอร์รี ทำการบันทึกผลการทดลองทุก 7 วัน เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ แต่ละกรรมวิธีประกอบด้วยต้นไหลสตรอว์เบอร์รีจำนวน 7 ซ้ำ ซ้ำละ 1 ต้น โดยบันทึกข้อมูลตามลำดับ ดังนี้ จำนวนราก โดยนับจำนวนรากทั้งหมดที่เกิดจากโคนต้น ความยาวราก (เซนติเมตร) วัดจากโคนต้นถึงปลายรากที่ยาวที่สุดโดยใช้เวอร์เนียคาลิปเปอร์ (1108-150, INSIZE, China) เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น (เซนติเมตร) วัดบริเวณโคนต้นเหนือคอราก จำนวนใบ โดยนับเฉพาะใบที่คลี่สมบูรณ์ ความสูงต้น (เซนติเมตร) วัดจากโคนต้นถึงปลายใบที่ยาวที่สุด และความเขียวของใบ วัดด้วยเครื่อง Chlorophyll meter (SPAD-502, Konica Minolta, Japan) โดยวัดจากใบที่เจริญเต็มที่ของแต่ละต้น ๆ ละ 3 ใบ ระหว่างการทดลองมีการควบคุมสภาพแวดล้อมภายในโรงเรือน ได้แก่ อุณหภูมิอากาศอยู่ในช่วงระหว่าง 25-30 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์อยู่ในช่วงระหว่าง 60-90%

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วิเคราะห์ความแปรปรวนตามแผนการทดลองแบบ (2x2)+1 factorial in CRD และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Least Significant Difference (LSD) ด้วยโปรแกรมวิเคราะห์ทางสถิติ

ผลการศึกษาและวิจารณ์

จากผลการศึกษาการใช้สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช IBA และ GA_3 ต่อต้นไหลสตรอว์เบอร์รีพันธุ์อะกิฮิเมะเป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ พบว่าปฏิสัมพันธ์ระหว่างการใช้ IBA ร่วมกับ GA_3 มีผลต่อจำนวนรากของสตรอว์เบอร์รี โดยจำนวนรากของทุกกรรมวิธีมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการทดลอง

ซึ่งพบว่า กรรมวิธีควบคุม (น้ำเปล่า) ให้จำนวนรากสูงที่สุดตลอดการทดลอง โดยเพิ่มจาก 12.42 รากต่อต้น ในสัปดาห์ที่ 1 เป็น 20.51 รากต่อต้น ในสัปดาห์ที่ 4 ขณะที่การใช้ IBA ร่วมกับ GA_3 ทุกกรรมวิธีให้จำนวนรากต่ำกว่ากรรมวิธีควบคุมในทุกสัปดาห์ (Figure 1a)

สำหรับลักษณะของความยาวราก เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น จำนวนใบ และความสูงต้น พบปฏิสัมพันธ์ระหว่างการใช้ IBA ร่วมกับ GA_3 ในบางช่วงของการทดลอง โดยความยาวรากพบปฏิสัมพันธ์ในสัปดาห์ที่ 1 ขณะที่จำนวนใบพบปฏิสัมพันธ์ในสัปดาห์ที่ 2 และความสูงต้นพบปฏิสัมพันธ์ในสัปดาห์ที่ 1 และ 2 ส่วนเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นไม่พบปฏิสัมพันธ์ระหว่างการใช้ IBA และ GA_3 ในทุกสัปดาห์ อย่างไรก็ตาม เมื่อสิ้นสุดการทดลองในสัปดาห์ที่ 4 ไม่พบความแตกต่างทางสถิติในทุกกรรมวิธี โดยในสัปดาห์ที่ 4 พบว่า ความยาวรากอยู่ในช่วง 6.75-8.12 เซนติเมตร (Figure 1b) เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นอยู่ในช่วง 0.73-0.77 เซนติเมตร (Figure 1c) จำนวนใบอยู่ในช่วง 3.71-4.14 ใบต่อต้น (Figure 1d) และความสูงต้นอยู่ในช่วง 17.50-19.65 เซนติเมตร (Figure 1e) ส่วนปริมาณคลอโรฟิลล์ของใบ (SPAD) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามอายุของต้นในทุกกรรมวิธี และพบปฏิสัมพันธ์ระหว่างการใช้ IBA และ GA_3 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในทุกสัปดาห์ โดยในสัปดาห์ที่ 4 กรรมวิธีที่ใช้ IBA ความเข้มข้น 1.2 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ GA_3 ความ-เข้มข้น 50 มิลลิกรัมต่อลิตร มีแนวโน้มจะส่งผลให้ค่าปริมาณคลอโรฟิลล์สูงที่สุดเท่ากับ 48.65 แต่ไม่แตกต่างทางสถิติจากกรรมวิธีควบคุมซึ่งมีค่าเท่ากับ 48.05 ขณะที่กรรมวิธีที่ใช้ IBA ความเข้มข้น 0.6 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ GA_3 ความเข้มข้น 150 มิลลิกรัมต่อลิตร ให้ค่าปริมาณคลอโรฟิลล์ต่ำที่สุดเท่ากับ 45.42 (Figure 1f)

จากผลการทดลองพบว่า การใช้ IBA ร่วมกับ GA_3 ในทุกกรรมวิธีทำให้ต้นไหลสตรอว์เบอร์รีมีจำนวนรากน้อยกว่ากรรมวิธีควบคุม Frick and Strader (2018) อธิบายกลไกการทำงานของออกซินชนิด IBA ว่าเป็นออกซินสังเคราะห์ที่ช่วยส่งเสริมการเกิดรากพิเศษ การแบ่งเซลล์ และการพัฒนาของระบบราก โดย IBA ถูกเปลี่ยนเป็น Indole-3-acetic acid (IAA) ซึ่งเป็นออกซินที่ออกฤทธิ์ภายในพืชและมีบทบาทสำคัญต่อการสร้างรากและขนราก ซึ่งช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการดูดซึมน้ำและธาตุอาหารของพืช (Iyer-Pascuzzi and Benfey, 2009; Zhao *et al.*, 2021) นอกจากนี้ De Rybel *et al.* (2012) รายงานว่า การเปลี่ยน IBA เป็น IAA สามารถกระตุ้นการแบ่งตัวและการยืดตัวของเซลล์บริเวณปลายราก ส่งผลให้เกิดการสร้างรากและขนรากเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตาม ความเข้มข้นของ IBA ที่เหมาะสมแตกต่างกันไปตามชนิดพืช พันธุ์ และวิธีการใช้สาร โดย Ashrafuzzaman *et al.* (2013) รายงานว่า การใช้ IBA ความเข้มข้น 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถเพิ่มอัตราการเกิดรากของต้นไหลสตรอว์เบอร์รีได้อย่างมีประสิทธิภาพ ขณะที่ Hossain and Gony (2020) พบว่า การใช้ IBA ที่ความเข้มข้น 100 และ 200 มิลลิกรัมต่อลิตร ช่วยส่งเสริมการเกิดรากและการเจริญของยอดได้ดีกว่าชุดควบคุม อย่างไรก็ตาม การศึกษาดังกล่าวเป็นการใช้ IBA เพียงชนิดเดียว ขณะที่การศึกษาครั้งนี้ใช้ IBA ร่วมกับ GA_3 จึงอาจเกิดปฏิสัมพันธ์ระหว่างฮอร์โมนทั้งสองชนิด ส่งผลให้ประสิทธิภาพของ IBA ในการกระตุ้นการเกิดรากลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ IBA เพียงชนิดเดียว นอกจากนี้ หากพืชได้รับออกซินในระดับที่สูงเกินความเหมาะสม อาจกระตุ้นการสังเคราะห์เอทิลีนผ่านการเพิ่มการแสดงออกของยีน ACC synthase (ACS) ซึ่งเอทิลีนมีบทบาทในการยับยั้งการเกิดรากพิเศษ (Ivanchenko *et al.*, 2010; Edelmann, 2022) ขณะที่ GA_3 เป็นฮอร์โมนที่ส่งเสริมการแบ่งเซลล์และการยืดตัวของเซลล์ รวมทั้งการเจริญของส่วนเหนือดิน โดยลดการทำงานของออกซินบริเวณตาข้างและส่งเสริมการเจริญของยอดร่วมกับไซโทไคนิน (Nishii *et al.*, 2012) เช่นเดียวกับ Zhang *et al.* (2021) ที่รายงานว่าการใช้ GA_3 ทำให้จำนวนรากและเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นลดลง เนื่องจากรบกวนกระบวนการสร้างรากพิเศษ ผลการทดลองในครั้งนี้ยังแสดงให้เห็นว่า การใช้ IBA ร่วมกับ GA_3 ในทุกระดับความเข้มข้นให้จำนวนรากต่ำกว่ากรรมวิธีควบคุม ซึ่งอาจเกิดจากปฏิสัมพันธ์ (interaction) ระหว่างฮอร์โมนทั้งสองชนิด โดยการเกิดรากพิเศษต้องอาศัยความสมดุลของฮอร์โมนภายในพืช โดยเฉพาะออกซินและจิบเบอเรลลิน การได้รับ IBA และ GA_3 พร้อมกันอาจรบกวนการลำเลียงและการตอบสนองต่อออกซินบริเวณโคนต้น รวมถึงการทำงานร่วมกันของฮอร์โมน

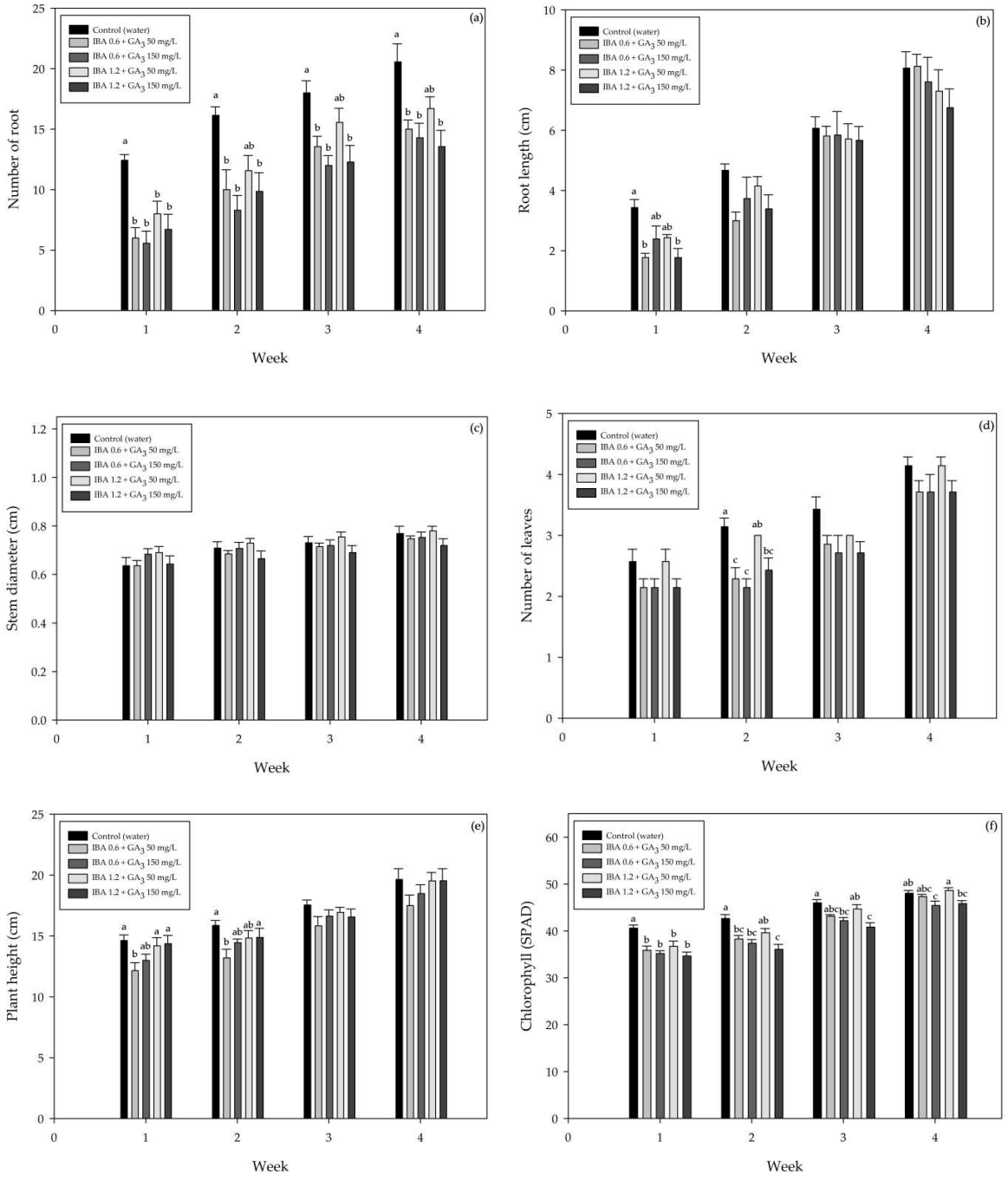


Figure 1. Effects of IBA and GA_3 on the growth and development of strawberry daughter plants over 4 weeks: (a) number of root, (b) root length (cm), (c) stem diameter (cm), (d) number of leaves, (e) plant height (cm), and (f) chlorophyll content (SPAD).

(hormonal cross-talk) ส่งผลให้การแบ่งเซลล์และการพัฒนาของรากลดลง (Guan *et al.,* 2015; Lakehal and Bellini, 2019) จึงอาจเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้การใช้ IBA ร่วมกับ GA_3 ในการศึกษาครั้งนี้ให้ผลด้อยกว่ากรรมวิธีควบคุม (Figure 2)

ทั้งนี้ การตอบสนองของออกซินจะขึ้นกับความเข้มข้น (dose-dependent response) โดยความเข้มข้นที่เหมาะสมสามารถกระตุ้นการเกิดรากพิเศษ (adventitious roots) ได้ แต่เมื่อได้รับในระดับที่สูงเกินไปอาจยับยั้งการพัฒนาและการยืดตัวของราก (De Klerk *et al.,* 1999) ทั้งนี้ Lakehal and Bellini (2019) รายงานว่า การเกิดรากพิเศษจำเป็นต้องอาศัยการรักษาสมดุลของออกซิน (auxin homeostasis) รวมถึงการลำเลียงและการส่งสัญญาณของออกซินที่เหมาะสมร่วมกับ



Figure 2. Vegetative and root growth of "Akihime" strawberry daughter plants 30 days after treatment with different concentrations of Indole-3-Butyric Acid (IBA) and Gibberellic Acid (GA_3) of stem cutting

การทำงานสัมพันธ์ของฮอร์โมนพืชชนิดต่าง ๆ โดยการรบกวนสมดุลของออกซินและปฏิสัมพันธ์ระหว่างฮอร์โมนอาจส่งผลให้ประสิทธิภาพการเกิดรากลดลง สอดคล้องกับ Bai *et al.* (2020) ที่รายงานว่า การได้รับ IBA ในระดับที่สูงหรือเป็นระยะเวลานาน แม้ว่าจะช่วยกระตุ้นการเกิดรากในระยะแรก แต่กลับยับยั้งการยืดตัวและการพัฒนาของรากในระยะต่อมา อันเป็นผลจากปฏิสัมพันธ์ระหว่างออกซินกับเอทิลีน อย่างไรก็ตาม แม้ว่าการใช้ IBA ร่วมกับ GA_3 ส่วนใหญ่ทำให้จำนวนรากลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุม แต่กรรมวิธีที่ใช้ IBA ความเข้มข้น 1.2 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ GA_3 ความเข้มข้น 50 มิลลิกรัมต่อลิตร มีแนวโน้มจะส่งผลให้ค่าปริมาณคลอโรฟิลล์ของใบ (SPAD) สูงที่สุด แต่ไม่แตกต่างทางสถิติกับกรรมวิธีควบคุม จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าการตอบสนองของปริมาณคลอโรฟิลล์อาจขึ้นอยู่กับชนิดและความเข้มข้นของสารควบคุมการเจริญเติบโตที่ใช้ร่วมกัน โดยเฉพาะ GA_3 มีบทบาทในการส่งเสริมการเจริญของใบ รักษาความสมบูรณ์ของคลอโรพลาสต์ และชะลอการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ อาจส่งผลให้ประสิทธิภาพการสังเคราะห์แสงและการสะสมคลอโรฟิลล์เพิ่มขึ้น สอดคล้องกับ Islam *et al.* (2020) ที่รายงานว่าการใช้ IBA ร่วมกับ GA_3 ช่วยเพิ่มปริมาณคลอโรฟิลล์ของใบในมะเขือเทศ นอกจากนี้ Tripathi *et al.* (2025) รายงานว่า GA_3 ช่วยส่งเสริมการสังเคราะห์และรักษาปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบ ดังนั้น การศึกษาในอนาคตควรประเมินการใช้ IBA และ GA_3 ในระดับความเข้มข้นที่ต่ำกว่า 0.6 มิลลิกรัมต่อลิตร หรือศึกษาการให้ฮอร์โมนทั้งสองชนิดแบบแยกช่วงเวลา รวมทั้งประเมินอัตราส่วนของ IBA ต่อ GA_3 ที่เหมาะสม เพื่อหลีกเลี่ยงผลของปฏิสัมพันธ์ระหว่างฮอร์โมนและเพิ่มประสิทธิภาพการเกิดรากของต้นไหลสตรอว์เบอร์รีพันธุ์อะกิฮิเมะ

สรุป

ผลการทดลองพบว่า การใช้ IBA ร่วมกับ GA_3 มีปฏิสัมพันธ์กันต่อจำนวนรากและปริมาณคลอโรฟิลล์ของต้นไหลสตรอว์เบอร์รี โดยทุกกรรมวิธีให้จำนวนรากและปริมาณคลอโรฟิลล์ต่ำกว่ากรรมวิธีควบคุม ยกเว้นการใช้ IBA ความเข้มข้น 1.2 มก./ลิตร ร่วมกับ GA_3 ความเข้มข้น 50 มก./ลิตร ซึ่งให้ค่าไม่แตกต่างจากกรรมวิธีควบคุม

เอกสารอ้างอิง

Ashrafuzzaman, M., S.M. Faisal, D. Yadav, D. Khanam and F. Raihan. 2013. Micropropagation of strawberry (*Fragaria x ananassa*) through runner culture. Bangladesh Journal of Agricultural Research 38(3): 467-472.

Bai, T., Z. Dong, X. Zheng, S. Song, J. Jiao, M. Wang and C. Song. 2020. Auxin and its interaction with ethylene control adventitious root formation and development in apple rootstock. Frontiers in Plant Science 11: 574881, doi: 10.3389/fpls.2020.574881.

De Klerk, G.J., W. Van Der Krieken, and J.C. de Jong. 1999. Review the formation of adventitious roots: new concepts, new possibilities. *In Vitro* Cellular & Developmental Biology-Plant 35(3): 189-199.

De Rybel, B., D. Audenaert, W. Xuan, P. Overvoorde, L.C. Strader and S. Kepinski. 2012. A role for the root cap in root branching revealed by the non-auxin probe naxillin. Nature Chemical Biology 8(9): 798-805.

Edelmann, H.G. 2022. Plant root development is the classical theory for auxin-regulated root growth false?. Protoplasma 259(3): 823-832.

Frick, E.M. and L.C. Strader. 2018. Roles for IBA-derived auxin in plant development. Journal of Experimental Botany 69(2): 169-177.

Guan, L., A.S. Murphy, W.A. Peer, L. Gan, Y. Li. and Z.M. Cheng. 2015. Physiology and molecular regulation of adventitious root formation. Critical Reviews in Plant Sciences 34(5): 506-521.

Hancock, J.F. 2020. Strawberries (2nd ed.). CABI Publishing, Wallingford, Oxfordshire, United Kingdom 287 p.

Hossain, M.M. and O. Gony. 2020. Influence of indole butyric acid on root induction in daughter plants of strawberry. Journal of Applied Horticulture 22(3): 209-214.

Islam, M.S., M.A. Hoque, S.A. Sumi, M. Jony, S.A.R Kamrunnahar and M. Shamsuzzaman. 2020. Effects of foliar application of indole butyric acid (IBA), gibberellic acid (GA_3) and zinc (Zn) on yield and quality of tomato. International Journal of Plant and Soil Science 32(1): 1-9.

Ivanchenko, M.G., S. Napsucialy-Mendivil and J.G. Dubrovsky. 2010. Auxin-induced inhibition of lateral root initiation contributes to root system shaping in *Arabidopsis thaliana*. The Plant Journal 64(5): 740-752.

Iyer-Pascuzzi, A.S. and P.N. Benfey. 2009. Transcriptional networks in root cell fate specification. Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-Gene Regulatory Mechanisms 1789(4): 315-325.

Lakehal, A. and C. Bellini. 2019. Control of adventitious root formation: insights into synergistic and antagonistic hormonal interactions. Physiologia plantarum 165(1): 90-100.

Liu, H.J., K.Q. Tao, T.H. Shen, D.L. Song and C.Y. Wang. 2012. Semi-forcing cultivation of'Akihime'strawberry in Heilongjiang Province, China. In VII International Strawberry Symposium 1049 (pp. 517-520).

Nishii, K., C.N. Wang, A. Spada, T. Nagata and M. Möller. 2012. Gibberellin as a suppressor of lateral dominance and inducer of apical growth in the unifoliate *Streptocarpus wendlandii* (Gesneriaceae). New Zealand Journal of Botany 50(3): 267-287.

Stern, R.A., M. Flaishman, S. Applebaum and R. Ben-Arie. 2007. Effect of synthetic auxins on fruit development of 'Bing'cherry (*Prunus avium* L.). Scientia Horticulturae 114(4): 275-280.

Taiz, L., E. Zeiger, I.M. Møller and A. Murphy. 2015. Plant Physiology and Development (6^{th}ed.). Sinauer Associates. Sunderland, CT. 761 p.

Techapinyawat, S. 1993. Plant Physiology. Amarin Long Ting Group, Bangkok. 222 p. (in Thai)

Thongrod, N. 1990. Effect of gibberellin on rune production and growth of Tioga strawberry. M.S.Thesis, Kasetsart University, Bangkok. 46 p. (in Thai)

Tripathi, J.M., B.R Khan, R. Gaur, D. Yadav, K.K. Verma and R. Gupta. 2025. Gibberellic acid improves photosynthetic electron transport and stomatal function in crops that are adversely affected by salinity exposure. Plants 14(21): 3388, doi: 10.3390/plants14213388.

Zhang, J., T. Zhou, C. Zhang, W. Zheng, J. Li, W. Jiang, C. Xiao, D. Wei, C. Yang, R. Xu, A. Gong and Y. Bi. 2021. Gibberellin disturbs the balance of endogenesis hormones and inhibits adventitious root development of *Pseudostellaria*

heterophylla through regulating gene expression related to hormone synthesis. Saudi Journal of Biological Sciences 28(1): 135-147.

Zhao, H., Y. Wang, S. Zhao, Y. Fu and L. Zhu. 2021. HOMEOBOX PROTEIN 24 mediates the conversion of indole-3-butyric acid to indole-3-acetic acid to promote root hair elongation. New Phytologist 232(5): 2057-2070.