ผลของไซโตไคนินและออกซินต่อการขยายพันธุ์ของสตรอเบอรี่ พันธุ์พระราชทาน 80 ในสภาพปลอดเชื้อ

Effect of Cytokinins and Auxin on *in vitro* propagation of *Fragaria* x *ananassa* Duch. cv. Pharachatan 80

เยาวรี หน่อนาคำ และ ศิรศาธิญากร จันทร์ขศิราพร*

Yaovaree Nornakhum and Sirasatiyakorn Junkasiraporn*

ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

Biology Department, Faculty of Science, Burapha University

Received : 30 April 2019

Revised : 19 June 2019

Accepted : 23 June 2019

บทคัดย่อ

การศึกษาผลของไซโคไคนินและออกซินต่อการขยายพันธุ์ของสตรอเบอรี่พันธุ์พระราชทาน 80 ในสภาพปลอดเชื้อ โดยทำการเพิ่มจำนวนต้นสตรอเบอรี่บนอาหารเพาะเลี้ยงสูตร MS (1962) เป็นเวลา 6 สัปดาห์ พบว่า ชิ้นส่วนปลายยอดสามารถชักนำให้เกิดยอดและรากได้ 90% จากนั้นนำชิ้นส่วนปลายยอดมาเพาะเลี้ยงบนอาหารสูตร MS ที่เติมสารควบคุมการเจริญเติบโตในกลุ่มไซโตไคนินคือ BAP หรือ Kinetin ความเข้มข้น 0, 0.1, 0.2 และ 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับออกซินคือ IBA ความเข้มข้น 0, 0.05, 0.1 และ 0.2 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นเวลา 6 สัปดาห์ พบว่า ชิ้นส่วนปลายยอดที่เพาะเลี้ยงบนอาหารสูตร MS ที่เติม BAP 0.2 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ IBA 0.2 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถชักนำให้เกิดยอดใหม่ได้มากที่สุด (1.70 ± 0.82 ยอดต่อชิ้นส่วน) และชิ้นส่วนปลายยอดที่เพาะเลี้ยงบนอาหารสูตร MS ที่เติม IBA 0.2 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถชักนำให้เกิดรากได้มากที่สุด (5.40 ± 4.67 รากต่อชิ้นส่วน) ซึ่งจากการศึกษาพบว่า อาหารสูตร MS ที่เติม BAP ร่วมกับ IBA มีผลต่อการชักนำให้เกิดยอดและรากได้ดีกว่าอาหารสูตร MS ที่เติม kinetin ร่วมกับ IBA สำหรับการศึกษาเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตของต้นสตรอเบอรี่ที่ได้จากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อหลังย้ายออกปลูกเป็นเวลา 4 สัปดาห์ พบว่าต้นกล้าที่ปลูกในระบบปลูกพืชไร้ดินที่มีความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารหลักเป็น 1/2 strength Hoagland's solution มีเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิต 100% และมีจำนวนราก ความยาวราก จำนวนใบ และความยาวส่วนเหนือดินมากกว่าวิธีการปลูกอื่นๆ

คำสำคัญ : การชักนำให้เกิดยอดและราก, สตรอเบอรี่, ไซโตไคนิน, ออกซิน

*Corresponding author. E-mail : siripan@go.buu.ac.th

Abstract

The effect of plant growth regulators on *in vitro* propagation of *Fragaria* x *ananassa* Duch. cv. Pharachatan 80 was conducted in sterile conditions. For shoot multiplication, shoot tip were cultured on Murashige and Skoog (MS, 1962) medium for 6 weeks. The results indicated that shoot tips could induce shoots and roots 90%. Then shoot tips were cultured on MS medium supplemented with combination of cytokinin (BAP or Kinetin at 0, 0.1, 0.2 and 0.5 mg /l) and auxin (IBA at 0, 0.05, 0.1 and 0.2 mg/l) for 6 weeks. The results showed that shoot tips cultured on MS medium supplemented with 0.2 mg/l BAP and 0.2 mg/l IBA had the highest number of shoots (1.70 ± 0.82 shoots/explant) and shoots tips that cultured on MS medium supplemented with 0.2 mg/l IBA had the highest number of roots (5.40 ± 4.67 root/explant). From this study, it was found that MS medium supplemented with BAP and IBA gave the best results on shoot and root induction than MS medium supplemented with Kinetin and IBA. For the study of the survival percentage of strawberries obtained from tissue culture after transplanting for 4 weeks, it was found that the seedlings grown in the hydroponics system with the concentration of the main nutrient solution were 1/2 strength Hoagland's solution had the highest survival percentage (100%), root number, root length, leaves number and plant height above the ground than other planting methods.

Keywords: shoot and root induction, *Fragaria* x *ananassa* Duch. cv. Pharachatan 80, cytokinin, auxin

บทนำ

สตรอเบอรี่ (*Fragaria x ananassa* Duch.) อยู่ในวงศ์ Rosaceae เป็นไม้ผลที่มีการปลูกกระจายแทบทุกประเทศตั้งแต่แถบขั้วโลกลงมาถึงพื้นที่ในเขตร้อน ซึ่งมีความแตกต่างกันทั้งสภาพภูมิอากาศและชนิดดินที่ใช้ปลูก รวมทั้งในประเทศไทยก็มีการปลูกสตรอเบอรี่ด้วยเช่นกัน (Samransuk, 2002) สตรอเบอรี่เป็นผลไม้ที่มีรสชาติดีและมีคุณค่าทางอาหาร บริโภคได้ทั้งผลสดและแปรรูปได้ (Eadrelder, 2013) จึงได้รับความนิยมบริโภคกันอย่างหลากหลาย และจัดเป็นพืชเศรษฐกิจที่เป็นที่ต้องการของตลาดทั้งในและต่างประเทศ สามารถทำรายได้ให้กับประเทศและช่วยในเรื่องความเป็นอยู่ของเกษตรกรผู้ปลูกให้ดีขึ้น การขยายพันธุ์ของสตรอเบอรี่นิยมใช้ส่วนของไหลซึ่งเป็นลำต้นพิเศษที่เจริญมาจากตาบริเวณซอกใบ เพราะเป็นวิธีการที่สะดวก แต่วิธีนี้พบว่ามีปัญหาหลายประการ เช่น ปัญหาการระบาดของโรคแมลง รวมทั้งปัญหาการติดเชื้อไวรัสจากต้นแม่เป็นต้น (Phromkhun, 2001) จากปัญหาข้างต้นจึงมีการนำเทคนิคการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชมาช่วยในการแก้ปัญหา เนื่องจากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อสามารถขยายพันธุ์พืชได้จำนวนมากในระยะเวลาอันสั้น และช่วยลดปัญหาเรื่องโรคและการติดเชื้อไวรัส ทำให้ได้พันธุ์พืชที่มีความแข็งแรงสมบูรณ์และมีคุณภาพดี นอกจากนี้ยังพบว่าการขยายพันธุ์สตรอเบอรี่โดยการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อให้ขนาดลำต้น จำนวนไหล ระยะเวลาออกดอก และผลผลิตดีกว่าการขยายพันธุ์โดยใช้ไหล (Karhu & Hakala, 2007; Hasan *et al.,* 2010) ซึ่งในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อนั้นมักมีการเติมสารควบคุมการเจริญเติบโต (growth regulator) ในอาหารเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อซึ่งเป็นปัจจัยที่มีผลต่อการชักนำให้ชิ้นส่วนพืชพัฒนาเป็นต้นพืชที่สมบูรณ์ได้จำนวนมากและรวดเร็วขึ้น (Phetkhong *et al.,* 2010) เช่น การศึกษาของ Ashrafuzzaman *et al.* (2013) ได้รายงานการขยายพันธุ์สตรอเบอรี่ โดยใช้ชิ้นส่วนปลายยอดของไหลสตรอเบอรี่มาเพาะเลี้ยงบนอาหารสูตร MS พบว่า อาหารสูตร MS ที่เติม BAP 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร

สามารถชักนำให้เกิดจำนวนยอดและมีความยาวยอดมากที่สุด ส่วนอาหารสูตร MS ที่เติม IBA 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถชักนำให้เกิดจำนวนรากและมีความยาวรากมากที่สุด รวมทั้งการศึกษาของ Harugade et al. (2014) ที่ได้รายงานการเพาะเลี้ยงชิ้นส่วนข้อของไหลสตรอเบอรี่ สายพันธุ์ sweet charley พบว่า อาหารสูตร MS ที่เติม BA 1.5 มิลลิกรัมต่อลิตรร่วมกับ Kinetin 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถชักนำให้เกิดยอดได้มากที่สุด ส่วนอาหารที่เติม IBA 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถชักนำให้เกิดรากได้มากที่สุด

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมุ่งศึกษาผลของความเข้มข้นของ BAP ร่วมกับ IBA และ Kinetin ร่วมกับ IBA ที่เหมาะสมต่อการขยายพันธุ์ของสตรอเบอรี่ พันธุ์พระราชทาน 80 ซึ่งเป็นพันธุ์ที่ปัจจุบันนิยมปลูกกันมาก เนื่องจากผลสุกมีกลิ่นหอมและมีรสชาติหวานกว่าพันธุ์อื่นๆ และยังต้านทานต่อโรคอีกด้วย รวมถึงศึกษาเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตของต้นสตรอเบอรี่ที่ได้จากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อหลังออกปลูก

วิธีดำเนินการวิจัย

การเตรียมชิ้นส่วนพืชและอาหารเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช

ชิ้นส่วนที่นำมาศึกษาได้มาจากต้นสตรอเบอรี่ พันธุ์พระราชทาน 80 ที่เพาะเลี้ยงในสภาวะปลอดเชื้อ ตัดแยกชิ้นส่วนโดยนำต้นสตรอเบอรี่ปลอดเชื้อมาตัดใบออกให้หมด แล้วใช้เฉพาะปลายยอดขนาด 0.5 เซนติเมตร สำหรับอาหารเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อเตรียมจากสารละลายตามสูตรของ Murashige and Skoog (MS, 1962) และเติมน้ำตาล 30 กรัมต่อลิตร จากนั้นปรับค่าความเป็นกรดด่าง (pH) เท่ากับ 5.8 และเติมผงวุ้น 7 กรัมต่อลิตร แล้วนำไปละลายวุ้นในไมโครเวฟ เทอาหารที่ได้ใส่ขวดเพาะเลี้ยง และนำไปนึ่งด้วยหม้อนึ่งความดันไอ (Autocave) อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 1.05 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร เป็นเวลา 15 นาที

การเพิ่มจำนวนต้นสตรอเบอรี่ในสภาพปลอดเชื้อ

นำชิ้นส่วนปลายยอด ขนาด 0.5 เซนติเมตร มาวางเลี้ยงบนอาหารสูตร MS (Murashige and Skoog, 1962) ขวดละ 1 ชิ้นส่วน จำนวน 3 ซ้ำๆ ละ 10 ขวด จากนั้นนำไปเก็บไว้ในห้องเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อที่อุณหภูมิ 25 ± 2 องศาเซลเซียส ตั้งเวลาให้แสงวันละ 16 ชั่วโมงต่อวัน ความเข้มแสง 3,000 ลักซ์ เป็นเวลา 6 สัปดาห์ บันทึกการเจริญเติบโต

การศึกษาระดับความเข้มข้นของสารควบคุมการเจริญเติบโตในกลุ่มไซโตไคนินร่วมกับออกซินที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของชิ้นส่วนปลายยอด

นำชิ้นส่วนปลายยอด ขนาด 0.5 เซนติเมตรของต้นสตรอเบอรี่มาเพาะเลี้ยงบนอาหารสูตร MS ที่เติม BAP ความเข้มข้น 0, 0.1, 0.2 และ 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ IBA ความเข้มข้น 0, 0.05, 0.1 และ 0.2 มิลลิกรัมต่อลิตร และเพาะเลี้ยงบนอาหารสูตร MS ที่เติม Kinetin ความเข้มข้น 0, 0.1, 0.2 และ 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ IBA ความเข้มข้น 0, 0.05, 0.1 และ 0.2 มิลลิกรัมต่อลิตร ชุดการทดลองละ 10 ซ้ำๆ ละ 1 ชิ้นส่วน จากนั้นนำไปเก็บไว้ในห้องเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อที่อุณหภูมิ 25 ± 2 องศาเซลเซียส ให้ได้รับแสงสว่าง 16 ชั่วโมงต่อวัน ความเข้มแสง 3,000 ลักซ์ เป็นเวลา 6 สัปดาห์ บันทึกการเจริญเติบโต

การศึกษาเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตและการเจริญเติบโตของต้นกล้าสตรอเบอรี่หลังการย้ายปลูก

นำต้นอ่อนของสตรอเบอรี่ที่เพาะเลี้ยงในสภาวะปลอดเชื้อที่เจริญเติบโตได้ดี มีความสูงประมาณ 2-3 เซนติเมตร มาล้างวุ้นที่ติดอยู่ออกด้วยน้ำประปา จากนั้นนำต้นอ่อนมาปรับสภาพในระบบปิด โดยใช้แก้วพลาสติกใส ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 9.5 เซนติเมตร ที่มีพีทมอสแช่น้ำทิ้งไว้ 1 คืน เป็นวัสดุปลูกแล้วปิดด้วยฝาพลาสติกใส เพื่อรักษาความชื้น เป็นเวลา 1 เดือน หลังจากนั้นนำต้นกล้าที่ปรับสภาพแล้วออกปลูกในวัสดุปลูกที่ต่างกันคือ พีทมอส, พีทมอส + เพอร์ไลท์ (1:1) และปลูก

ในระบบการปลูกพืชไร้ดินที่มีความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารหลักที่แตกต่างกัน คือ full strength Hoagland's solution, 1/2 strength Hoagland's solution และ 1/3 strength Hoagland's solution ชุดการทดลอง ๆ ละ 10 ซ้ำ ๆ ละ 1 ต้น จากนั้นนำไปวางไว้ในโรงเรือนเป็นเวลา 4 สัปดาห์ บันทึกการเจริญเติบโต

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยใช้โปรแกรม SPSS version 19.0.0. และนำข้อมูลมาทดสอบค่าความแปรปรวน (ANOVA) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ และถ้ามีความแตกต่างกันในกลุ่มข้อมูล ให้เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของข้อมูลด้วยวิธี DMRT (Duncan's New Multiple Rage Test) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ผลการวิจัย

1. การเพิ่มจำนวนต้นสตรอเบอรี่ในสภาพปลอดเชื้อ

หลังจากนำชิ้นส่วนปลายยอดของสตรอเบอรี่ที่ปลอดเชื้อมาเพาะเลี้ยงบนอาหารสูตร MS เป็นเวลา 6 สัปดาห์ พบว่าสามารถชักนำให้เกิดยอดได้ 90% โดยมีจำนวนยอดเฉลี่ยเท่ากับ 1.60 ± 2.27 ยอดต่อชิ้นส่วน ความยาวยอดเฉลี่ยเท่ากับ 1.42 ± 1.07 เซนติเมตร และสามารถชักนำให้เกิดรากได้ 90% โดยมีจำนวนรากเฉลี่ยเท่ากับ 5.50 ± 3.87 รากต่อชิ้นส่วน ความยาวรากเฉลี่ยเท่ากับ 0.68 ± 0.31 เซนติเมตร (ตารางที่ 1 และภาพที่ 1)

ตารางที่ 1 การเจริญเติบโตของชิ้นส่วนปลายยอดของต้นสตรอเบอรี่เมื่อเพาะเลี้ยงบนอาหารสูตร MS เป็นเวลา 6 สัปดาห์

ชิ้นส่วน	การเกิดยอด (%)	จำนวนยอดเฉลี่ย	ความยาวยอดเฉลี่ย (cm)	การเกิดราก (%)	จำนวนรากเฉลี่ย	ความยาวรากเฉลี่ย (cm)
ปลายยอด	90	1.60 ± 2.27	1.42 ± 1.07	90	5.50 ± 3.87	0.68 ± 0.31

ภาพที่ 1 การเจริญเติบโตของชิ้นส่วนปลายยอดของต้นสตรอเบอรี่เมื่อเพาะเลี้ยงบนอาหารสูตร MS เป็นเวลา 6 สัปดาห์ (แถบสีดำเท่ากับ 5 มิลลิเมตร)

2. การศึกษาระดับความเข้มข้นของสารควบคุมการเจริญเติบโตในกลุ่มไซโตไคนินร่วมกับออกซินที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของชิ้นส่วนปลายยอด

2.1 ผลของ BAP ร่วมกับ IBA ที่มีต่อการเจริญเติบโตของชิ้นส่วนปลายยอด

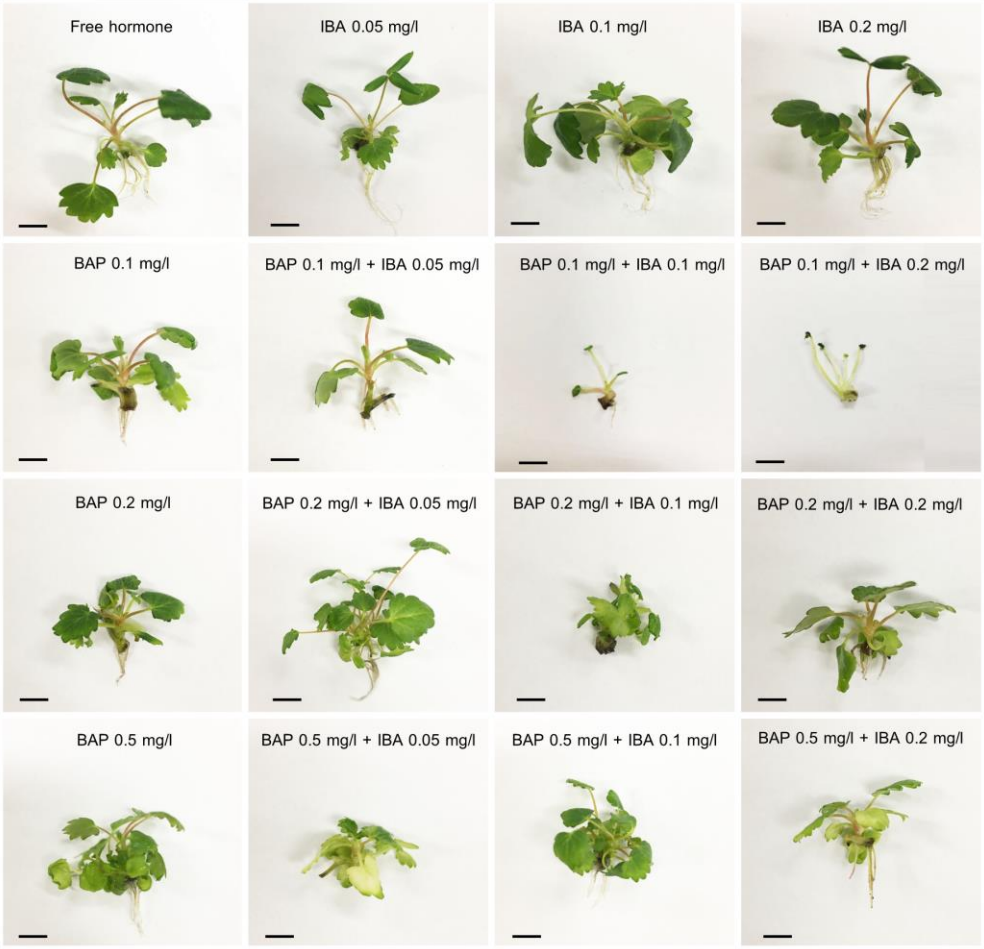
จากการนำชิ้นส่วนปลายยอดมาเพาะเลี้ยงบนอาหารสูตร MS ที่เติม BAP ร่วมกับ IBA ที่ระดับความเข้มข้นแตกต่างกัน เป็นเวลา 6 สัปดาห์ พบว่าอาหารสูตร MS ที่เติม BAP 0.2 ร่วมกับ IBA 0.2 มิลลิกรัมต่อลิตร และอาหารสูตร MS ที่เติม BAP 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ IBA 0.2 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถชักนำให้ชิ้นส่วนปลายยอดเกิดยอดใหม่และมีเปอร์เซ็นต์การเกิดยอดมากที่สุดเท่ากับ 100% และมีจำนวนยอดเฉลี่ยมากที่สุดเท่ากับ 1.70 ± 0.82 และ 1.70 ± 0.68 ยอดต่อชิ้นส่วน ตามลำดับ (ตารางที่ 2 และภาพที่ 2) ในขณะที่ผลการเจริญเติบโตด้านความยาวของยอดที่เกิดใหม่ พบว่า อาหารสูตร MS ที่ไม่เติมสารควบคุมการเจริญเติบโต (ชุดควบคุม) สามารถชักนำให้ชิ้นส่วนปลายยอดมีความยาวยอดเฉลี่ยมากที่สุดเท่ากับ 1.06 ± 0.27 เซนติเมตร ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากชุดการทดลองอื่นๆ (ตารางที่ 2 และภาพที่ 2)

สำหรับการชักนำให้เกิดราก พบว่าอาหารสูตร MS ที่เติม IBA 0.2 มิลลิกรัมต่อลิตร เพียงอย่างเดียว สามารถชักนำให้ชิ้นส่วนปลายยอดเกิดรากและมีเปอร์เซ็นต์การเกิดรากมากที่สุดเท่ากับ 100% มีจำนวนรากเฉลี่ยมากที่สุดเท่ากับ 5.40 ± 4.67 รากต่อชิ้นส่วน ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติจากชิ้นส่วนปลายยอดที่เพาะเลี้ยงบนอาหารสูตร MS ที่ไม่เติมสารควบคุมการเจริญเติบโต (ชุดควบคุม) (5.30 ± 2.11 รากต่อชิ้นส่วน) และชิ้นส่วนปลายยอดที่เพาะเลี้ยงบนอาหารสูตร MS ที่เติม IBA 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร เพียงอย่างเดียว (4.10 ± 3.14 รากต่อชิ้นส่วน) แต่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากชุดการทดลองที่เติม BAP เพียงอย่างเดียว และชุดการทดลองที่เติม BAP ร่วมกับ IBA (ตารางที่ 2 และภาพที่ 2) ส่วนผลการเจริญเติบโตด้านความยาวของราก พบว่า ชิ้นส่วนปลายยอดที่เพาะเลี้ยงบนอาหารสูตร MS ที่ไม่เติมสารควบคุมการเจริญเติบโต (ชุดควบคุม) มีความยาวรากเฉลี่ยมากที่สุดเท่ากับ 1.73 ± 0.79 เซนติเมตร ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากชุดการทดลองอื่นๆ (ตารางที่ 2 และภาพที่ 2)

ตารางที่ 2 ผลของ BAP ร่วมกับ IBA ที่มีต่อการเจริญเติบโตของชิ้นส่วนปลายยอดของสตรอเบอรี่ หลังการเพาะเลี้ยงเป็นเวลา 6 สัปดาห์

ความเข้มข้น (mg/l)		การเกิดยอด	จำนวนยอด	ความยาวยอด	การเกิดราก	จำนวนราก	ความยาวรากเฉลี่ย
BAP	IBA	(%)	เฉลี่ย	เฉลี่ย (cm)	(%)	เฉลี่ย	(cm)
0	0	100	1.00 ± 0.00^{abcd}	1.06 ± 0.09^{a}	100	5.30 ± 0.67^{a}	1.73 ± 0.25^{a}
	0.05	80	0.80 ± 0.13^{bcd}	0.60 ± 0.14^{bc}	80	3.44 ± 0.91^{abc}	0.93 ± 0.30^{bc}
	0.1	100	1.20 ± 0.13^{abc}	0.56 ± 0.09^{bcd}	100	4.10 ± 0.99^{ab}	0.60 ± 0.08^{bcde}
	0.2	100	1.10 ± 0.10^{abcd}	0.80 ± 0.12^{b}	100	5.40 ± 1.48^{a}	1.06 ± 0.26^{b}
0.1	0	80	0.80 ± 0.13^{bcd}	0.54 ± 0.12^{bcd}	80	2.50 ± 0.82^{bcd}	0.57 ± 0.19^{bcde}
	0.05	100	1.30 ± 0.15^{abc}	0.45 ± 0.07^{cde}	100	0.80 ± 0.53^{d}	0.12 ± 0.08^{d}
	0.1	50	0.40 ± 0.16^{d}	0.36 ± 0.16^{cde}	40	0.60 ± 0.44^{d}	0.19 ± 0.10^{d}
	0.2	40	0.60 ± 0.22^{cd}	0.22 ± 0.08^{e}	30	0.30 ± 0.21^{d}	0.11 ± 0.07^{d}
0.2	0	70	1.60 ± 0.40^{a}	0.28 ± 0.08^{de}	70	1.00 ± 0.67^{cd}	0.29 ± 0.20^{de}
	0.05	100	1.40 ± 0.22^{ab}	0.38 ± 0.05^{cde}	100	1.00 ± 0.60^{cd}	0.19 ± 0.10^{d}
	0.1	90	1.40 ± 0.27^{ab}	0.25 ± 0.03^{de}	0	0.00 ± 0.00^{d}	0.00 ± 0.0^{d}
	0.2	100	1.70 ± 0.26^{a}	0.46 ± 0.08^{cde}	100	1.80 ± 0.63^{bcd}	0.48 ± 0.19^{bcde}
0.5	0	70	1.40 ± 0.43^{ab}	0.30 ± 0.10^{cde}	70	1.80 ± 0.70^{bcd}	0.46 ± 0.22^{bcde}
	0.05	80	1.10 ± 0.28^{abcd}	0.39 ± 0.08^{cde}	80	1.60 ± 0.73^{cd}	0.32 ± 0.17^{cde}
	0.1	100	1.50 ± 0.22^{ab}	0.50 ± 0.10^{cde}	100	2.50 ± 0.78^{bcd}	0.85 ± 0.27^{bcd}
	0.2	100	1.70 ± 0.21^{a}	0.33 ± 0.05^{cde}	100	1.50 ± 0.78^{cd}	0.49 ± 0.23^{bcde}

หมายเหตุ ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็กที่เหมือนกันในแนวตั้ง แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์



ภาพที่ 2 ผลของ BAP ร่วมกับ IBA ที่มีต่อการเจริญเติบโตของชิ้นส่วนปลายยอดของสตรอเบอรี่หลังการเพาะเลี้ยงเป็นเวลา 6 สัปดาห์ (แถบสีดำเท่ากับ 5 มิลลิเมตร)

2.2 ผลของ Kinetin ร่วมกับ IBA ที่มีต่อการเจริญเติบโตของชิ้นส่วนปลายยอด

จากการนำชิ้นส่วนปลายยอดมาเพาะเลี้ยงบนอาหารสูตร MS ที่เติม Kinetin ร่วมกับ IBA ที่ระดับความเข้มข้นแตกต่างกัน เป็นเวลา 6 สัปดาห์ พบว่าอาหารสูตร MS ที่ไม่เติมสารควบคุมการเจริญเติบโต (ชุดควบคุม) สามารถชักนำให้ชิ้นส่วนปลายยอดเกิดยอดใหม่และมีเปอร์เซ็นต์การเกิดยอดมากที่สุดเท่ากับ 100% และมีจำนวนยอดเฉลี่ยมากที่สุดเท่ากับ 1.00 ± 0.00 ยอดต่อชิ้นส่วน แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติจากชิ้นส่วนปลายยอดที่เพาะเลี้ยงบนอาหารสูตร MS ที่เติม IBA 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร และ 0.2 มิลลิกรัมต่อลิตร เพียงอย่างเดียว อาหารสูตร MS ที่เติม Kinetin 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ IBA 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร (0.80 ± 0.42) รวมถึงชิ้นส่วนปลายยอดที่เพาะเลี้ยงบนอาหารสูตร MS ที่เติม Kinetin 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร และ 0.2 มิลลิกรัมต่อลิตร เพียงอย่างเดียว อาหารสูตร MS ที่เติม Kinetin 0.2 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ IBA 0.05 มิลลิกรัมต่อลิตร และอาหารสูตร MS ที่เติม Kinetin 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ IBA 0.2 มิลลิกรัมต่อลิตร (0.70 ± 0.48 ยอดต่อชิ้นส่วน) (ตารางที่ 3 และภาพที่ 3) นอกจากนี้ยังพบว่าชิ้นส่วนปลายยอดที่เพาะเลี้ยงบนอาหารสูตร MS ที่ไม่เติมสารควบคุมการเจริญเติบโต

(ชุดควบคุม) มีความยาวยอดเฉลี่ยมากที่สุดเท่ากับ 0.95 ± 0.31 เซนติเมตร ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากชุดการทดลองอื่นๆ (ตารางที่ 3 และภาพที่ 3)

สำหรับการชักนำให้เกิดราก พบว่าอาหารสูตร MS ที่เติม Kinetin 0.2 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ IBA 0.05 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถชักนำให้ชิ้นส่วนปลายยอดเกิดรากและมีเปอร์เซ็นต์การเกิดรากมากที่สุดเท่ากับ 70% มีจำนวนรากเฉลี่ยมากที่สุดเท่ากับ 3.50 ± 2.99 รากต่อชิ้นส่วน และมีความยาวรากเฉลี่ยมากที่สุดเท่ากับ 0.90 ± 0.78 เซนติเมตร ซึ่งไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากชุดการทดลองที่เติม IBA เพียงอย่างเดียว แต่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากชุดการทดลองอื่นๆ (ตารางที่ 3 และภาพที่ 3)

ตารางที่ 3 ผลของ Kinetin ร่วมกับ IBA ที่มีต่อการเจริญเติบโตของชิ้นส่วนปลายยอดของสตรอเบอรี่ หลังการเพาะเลี้ยงเป็นเวลา 6 สัปดาห์

ความเข้มข้น (mg/l)		การเกิดยอด	จำนวนยอด	ความยาวยอด	การเกิดราก	จำนวนราก	ความยาวราก
Kinetin	IBA	(%)	เฉลี่ย	เฉลี่ย (cm)	(%)	เฉลี่ย	เฉลี่ย (cm)
0	0	100	1.00 ± 0.0^{a}	0.95 ± 0.10^{a}	70	3.00 ± 0.77^{a}	0.85 ± 0.21^{a}
	0.05	60	0.60 ± 0.16^{abcd}	0.21 ± 0.06^{cd}	60	2.40 ± 0.73^{a}	0.43 ± 0.14^{bc}
	0.1	80	0.80 ± 0.13^{ab}	0.67 ± 0.08^{b}	70	2.80 ± 0.80^{a}	0.64 ± 0.20^{ab}
	0.2	80	0.80 ± 0.13^{ab}	0.63 ± 0.09^{b}	70	3.40 ± 0.82^{a}	0.88 ± 0.23^{a}
0.1	0	70	0.70 ± 0.15^{abc}	0.16 ± 0.05^{cd}	0	0.00 ± 0.0^{b}	0.00 ± 0.0^{d}
	0.05	60	0.60 ± 0.16^{abcd}	0.29 ± 0.03^{c}	20	0.20 ± 0.13^{b}	0.06 ± 0.04^{cd}
	0.1	80	0.80 ± 0.13^{ab}	0.22 ± 0.05^{cd}	20	0.20 ± 0.13^{b}	0.14 ± 0.10^{cd}
	0.2	10	0.10 ± 0.10^{d}	0.03 ± 0.03^{e}	0	0.00 ± 0.0^{b}	0.00 ± 0.0^{d}
0.2	0	70	0.70 ± 0.15^{abc}	0.14 ± 0.03^{cd}	0	0.00 ± 0.0^{b}	0.00 ± 0.0^{d}
	0.05	70	0.70 ± 0.15^{abc}	0.25 ± 0.07^{cd}	70	3.50 ± 0.95^{a}	0.90 ± 0.25^{a}
	0.1	50	0.50 ± 0.17^{bcde}	0.13 ± 0.04^{cd}	0	0.00 ± 0.0^{b}	0.00 ± 0.0^{d}
	0.2	20	0.20 ± 0.13^{de}	0.03 ± 0.02^{e}	0	0.00 ± 0.0^{b}	0.00 ± 0.0^{d}
0.5	0	50	0.50 ± 0.17^{bcde}	0.09 ± 0.03^{cd}	0	0.00 ± 0.0^{b}	0.00 ± 0.0^{d}
	0.05	30	0.30 ± 0.15^{bcde}	0.03 ± 0.02^{e}	0	0.00 ± 0.0^{b}	0.00 ± 0.0^{d}
	0.1	40	0.40 ± 0.16^{bcde}	0.05 ± 0.02^{de}	0	0.00 ± 0.0^{b}	0.00 ± 0.0^{d}
	0.2	70	0.70 ± 0.15^{abc}	0.10 ± 0.03^{cd}	20	0.20 ± 0.13^{b}	0.11 ± 0.09^{cd}

หมายเหตุ ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็กที่เหมือนกันในแนวตั้ง แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ภาพที่ 3 ผลของ Kinetin ร่วมกับ IBA ที่มีต่อการเจริญเติบโตของชิ้นส่วนปลายยอดของสตรอเบอรี่หลังเพาะเลี้ยงเป็นเวลา 6 สัปดาห์ (แถบสีดำเท่ากับ 5 มิลลิเมตร)

3. การศึกษาเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตและการเจริญเติบโตของต้นกล้าสตรอเบอรี่หลังการย้ายปลูก

เมื่อนำต้นกล้าสตรอเบอรี่ที่ได้จากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อที่ปรับสภาพในระบบปิด เป็นเวลา 1 เดือน มาย้ายออกปลูกในวัสดุปลูกที่แตกต่างกันและระบบการปลูกพืชไร้ดินที่มีความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารหลักที่แตกต่างกันเป็นเวลา 4 สัปดาห์ พบว่าต้นกล้าสตรอเบอรี่ที่ปลูกในสารละลาย 1/2 strength Hoagland's solution มีเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตสูงที่สุดเท่ากับ 100% รองลงมาคือ ต้นกล้าที่ปลูกในพีทมอส+เพอร์ไลท์ (1:1) (90%) ต้นกล้าที่ปลูกในพีทมอสและต้นกล้าที่ปลูกในสารละลาย full strength Hoagland's solution (80%) และต้นกล้าที่ปลูกในสารละลาย 1/3 full strength Hoagland's solution (70%) ตามลำดับ (ตารางที่ 4 และภาพที่ 4) ส่วนผลการเจริญเติบโตของต้นกล้าสตรอเบอรี่ พบว่า ต้นกล้าที่ปลูกในสารละลาย 1/2 strength Hoagland's solution มีจำนวนรากเฉลี่ยมากที่สุดเท่ากับ 5.60 ± 1.58 รากต่อต้น มีความยาวรากเฉลี่ยมากที่สุดเท่ากับ 2.13 ± 0.68 เซนติเมตร มีจำนวนใบเฉลี่ยมากที่สุดเท่ากับ 4.90 ± 1.10 ใบต่อต้น มีความกว้างใบเฉลี่ยมากที่สุดเท่ากับ 1.49 ± 0.33 เซนติเมตร ซึ่งไม่มีความแตกต่างทางสถิติจากต้นกล้าที่ปลูกในพีทมอส, พีทมอส+เพอร์ไลท์ (1:1) และ full strength

Hoagland's solution และยังพบว่า ต้นกล้าที่ปลูกในสารละลาย 1/2 strength Hoagland's solution มีความยาวส่วนเหนือดินเฉลี่ยมากที่สุดเท่ากับ 4.35 ± 1.47 เซนติเมตร ซึ่งไม่มีความแตกต่างทางสถิติจากต้นกล้าที่ปลูกในสารละลาย full strength Hoagland's solution แต่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิตจากชุดการทดลองอื่นๆ (ตารางที่ 4 และภาพที่ 4)

ตารางที่ 4 ผลของการศึกษาเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตและการเจริญเติบโตของต้นกล้าสตรอเบอรี่หลังการย้ายปลูก เป็นเวลา 4 สัปดาห์

วัสดุปลูก	การรอดชีวิต (%)	จำนวนราก เฉลี่ย	ความยาวราก เฉลี่ย (cm)	จำนวนใบ เฉลี่ย	ความกว้างใบ เฉลี่ย (cm)	ความยาวส่วน เหนือดิน (cm)
พีทมอส	80	5.10 ± 0.31^{ab}	1.56 ± 0.15^{ab}	4.30 ± 0.40^{ab}	1.16 ± 0.25^{ab}	2.45 ± 0.61^{b}
พีทมอส+เพอร์ไลท์ (1:1)	90	5.20 ± 0.71^{ab}	1.73 ± 0.26^{ab}	4.20 ± 0.63^{ab}	1.49 ± 0.10^{a}	2.31 ± 1.02^{b}
full strength Hoagland's solution	80	4.50 ± 0.89^{ab}	1.43 ± 0.32^{ab}	4.40 ± 0.78^{ab}	0.78 ± 0.22^{b}	4.04 ± 2.71^{a}
1/2 strength Hoagland's solution	100	5.60 ± 0.50^{a}	2.13 ± 0.22^{a}	4.90 ± 0.35^{a}	1.36 ± 0.16^{ab}	4.35 ± 1.47^{a}
1/3 strength Hoagland's solution	70	3.20 ± 0.74^{b}	1.25 ± 0.31^{b}	2.80 ± 0.68^{b}	1.28 ± 0.19^{ab}	2.32 ± 1.48^{b}

หมายเหตุ ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็กที่เหมือนกันในแนวตั้งแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ภาพที่ 4 ลักษณะการเจริญเติบโตของต้นกล้าสตรอเบอรี่หลังการย้ายปลูกเป็นเวลา 4 สัปดาห์ (ก) ปลูกในพีทมอส (ข) ปลูกในพีทมอส+เพอร์ไลท์ (1:1) (ค) ปลูกในสารละลาย full strength Hoagland's solution (ง) ปลูกในสารละลาย 1/2 strength Hoagland's solution (จ) ปลูกในสารละลาย 1/3 strength Hoagland's solution (แถบสีดำเท่ากับ 5 มิลลิเมตร)

วิจารณ์ผลการวิจัย

การเพิ่มจำนวนต้นสตรอเบอรี่บนอาหารเพาะเลี้ยงสูตร MS เป็นเวลา 6 สัปดาห์ พบว่าชิ้นส่วนปลายยอดสามารถชักนำให้เกิดยอดและรากได้ 90% ทั้งนี้เนื่องจากชิ้นส่วนปลายยอดเป็นเนื้อเยื่อเจริญที่สามารถชักนำให้เกิดต้นและรากที่สมบูรณ์ได้ง่าย (Ministry of Agriculture and Cooperatives, 2003) เพราะบริเวณปลายยอดมีการสร้างสารควบคุมการเจริญเติบโตในกลุ่มไซโตไคนินและออกซินซึ่งทำหน้าที่ควบคุมการแบ่งเซลล์ และการขยายขนาดของเซลล์ ทำให้ส่วนของพืชมีการเจริญเติบโตยืดยาวขึ้น (Techapinyawat, 2005) และออกซินที่พืชสร้างสามารถเคลื่อนย้ายจากส่วนปลายยอดไปสู่ส่วนด้านฐานบริเวณปลายรากได้ จึงไปมีผลกระตุ้นการยืดยาวและการพัฒนาของราก สามารถชักนำให้ชิ้นส่วนเกิดรากได้ (Kaveeta *et al.,* 2013) จากผลการทดลองครั้งนี้สอดคล้องกับการศึกษาการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อส่วนต่างๆ ของบอนสี *(Caladium bicolor* Vent.*)* ซึ่งพบว่า ชิ้นส่วนของบอนสีที่มีความสามารถในการเกิดยอดใหม่ได้ดีที่สุดคือ ส่วนปลายยอด (Madeeyah *et al.,* 2017) เช่นเดียวกับการศึกษาการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อใบอ่อนและปลายยอดของมะระขี้นก พบว่าปลายยอดที่เพาะเลี้ยงบนอาหารสูตร MS ที่ไม่เติมสารควบคุมการเจริญเติบโตสามารถชักนำให้เกิดยอดได้ดีที่สุด (U-Kong *et al.,* 2012) และการศึกษาการเพาะเลี้ยงชิ้นส่วนปลายยอดของ *Kalanchoe tomentosa* พบว่า ชิ้นส่วนปลายยอดถูกชักนำให้เกิดรากได้ดีเมื่อเลี้ยงบนอาหารสูตร MS ที่ไม่เติมสารควบคุมการเจริญเติบโต (Khan *et al.,* 2006)

สำหรับการศึกษาระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมของสารควบคุมการเจริญเติบโตในกลุ่มของไซโตไคนินร่วมกับออกซิน คือ BAP ร่วมกับ IBA และ Kinetin ร่วมกับ IBA ที่มีผลต่อการเพิ่มปริมาณต้นใหม่ การชักนำให้เกิดยอดและราก หลังการเพาะเลี้ยงบนอาหารสูตร MS เป็นเวลา 6 สัปดาห์ พบว่าอาหารสูตร MS ที่เติม BAP ร่วมกับ IBA สามารถชักนำชิ้นส่วนปลายยอดให้เกิดยอดใหม่ได้ดี คือ อาหารสูตร MS ที่เติม BAP 0.2 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ IBA 0.2 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยสามารถชักนำให้เกิดยอดได้ 100% มีจำนวนยอดและความยาวยอดเฉลี่ยสูงที่สุด ในขณะที่การเพาะเลี้ยงชิ้นส่วนปลายยอดบนอาหารสูตร MS ที่เติม BAP เพียงอย่างเดียวและเติม IBA เพียงอย่างเดียวชักนำให้เกิดยอดได้น้อยกว่า ดังนั้นจากการศึกษาจะเห็นได้ว่าการเติมสารควบคุมการเจริญเติบโตร่วมกันให้ผลดีกว่าการเติมสารควบคุมการเจริญเติบโตเพียงอย่างเดียว ซึ่ง BAP เป็นสารควบคุมการเจริญเติบโตในกลุ่มไซโตไคนิน ช่วยส่งเสริมการแบ่งเซลล์และชักนำให้เกิดยอดจำนวนมาก ส่วน IBA เป็นสารควบคุมการเจริญเติบโตในกลุ่มออกซิน ช่วยกระตุ้นให้พืชออกรากและเพิ่มขนาดของเซลล์ (Deeying, 2007) ดังนั้นการใช้ไซโตไคนินร่วมกับออกซินจะช่วยส่งเสริมการเกิดยอดของเนื้อเยื่อให้เพิ่มขึ้น (Branca *et al.,* 1991; U-Kong *et al.,* 2012) และกระตุ้นการแตกกิ่งข้างในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อร่วมกัน เนื่องจากเนื้อเยื่อและชิ้นส่วนพืชจะเปลี่ยนแปลงและพัฒนาเป็นอวัยวะ โดยผ่านกระบวนการกำเนิดอวัยวะ ถ้าได้รับสารควบคุมการเจริญเติบโตในกลุ่มออกซินและไซโตไคนินในอัตราส่วนที่เหมาะสม (Kaveeta, 2013) ซึ่งการทดลองนี้สอดคล้องกับการศึกษาการเพาะเลี้ยงชิ้นส่วนลำต้นของสตรอเบอรี่บนอาหารสูตร MS ที่เติม BAP ร่วมกับ IBA พบว่า สามารถชักนำให้เกิดยอดได้จำนวนมาก (Moradi *et al.,* 2011) เช่นเดียวกับการศึกษาการชักนำให้เกิดยอดของอัญชัน (*Clitoria ternatea* L.) โดยการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อบนอาหารที่เติมสารควบคุมการเจริญเติบโตชนิดต่างๆ พบว่า อาหารสูตร MS ที่เติม BAP 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ IBA 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถชักนำให้เกิดยอดได้สูงที่สุด 59.1% และมีจำนวนยอดเฉลี่ยเท่ากับ 4.3 ยอดต่อชิ้นส่วน (Rency *et al.,* 2018) ส่วนการศึกษาการชักนำให้เกิดรากจากการเพาะเลี้ยงชิ้นส่วนปลายยอดของสตรอเบอรี่ในครั้งนี้ พบว่า สูตรอาหารเพาะเลี้ยงที่สามารถชักนำชิ้นส่วนปลายยอดให้เกิดรากได้ดีที่สุดคือ อาหารสูตร MS ที่เติม IBA 0.2 มิลลิกรัมต่อลิตร เพียงอย่างเดียว สามารถชักนำให้เกิดรากได้ 100% มีจำนวนรากเฉลี่ยและความยาวรากเฉลี่ยมากที่สุด ทั้งนี้เนื่องจาก IBA เป็นสารควบคุมการเจริญเติบโตในกลุ่มออกซินที่ช่วยกระตุ้นการแบ่งเซลล์

และเร่งการเกิดรากได้ (Ministry of Agriculture and Cooperatives, 2003) ดังนั้นเมื่อเติมลงในอาหารเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช จะช่วยเพิ่มจำนวนรากได้ (Mereti *et al*., 2002) ในขณะที่อาหารสูตร MS ที่เติม BAP ร่วมกับ IBA สามารถชักนำให้เกิดรากได้น้อยลง ทั้งนี้เนื่องจากชิ้นส่วนปลายยอดอาจได้รับไซโตไคนินความเข้มข้นสูงเกินไปโดยเกิดจาก การที่ชิ้นส่วนปลายยอดสร้างขึ้นเองและได้รับการเติมจากภายนอกเข้าไป โดยถ้ารากได้รับไซโตไคนินความเข้มข้นสูงเกินไปอาจมีผลไปยับยั้งการยืดยาวของเซลล์และการสร้างรากได้ (Daengsawat, 2001) เนื่องจาก BAP จัดเป็นสารควบคุมการเจริญเติบโตในกลุ่มไซโตไคนินที่ออกฤทธิ์ค่อนข้างแรง (strong cytokinin) จึงมีผลไปยับยั้งการสร้างราก (Neera *et al.,* 2014) ซึ่งจากผลการทดลองในครั้งนี้สอดคล้องกับการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อชิ้นส่วนข้อของไหลสตรอเบอรี่สายพันธุ์ Sweet charley พบว่า อาหารที่เติม IBA ความเข้มข้น 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถชักนำให้เกิดรากได้ดีที่สุด (Harugade *et al.,* 2014) เช่นเดียวกับการศึกษาใน *Ipomoea sepiaria* Roxb. ที่พบว่า อาหารสูตร MS ที่เติม IBA 2.0 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถชักนำให้เกิดรากได้สูงที่สุด (Cheruvathur *et al.,* 2015)

ส่วนการเพาะเลี้ยงชิ้นส่วนปลายยอดของสตรอเบอรี่บนอาหารสูตร MS ที่เติมสารควบคุมการเจริญเติบโตในกลุ่ม Kinetin ร่วมกับ IBA พบว่า อาหารสูตร MS ที่ไม่เติมสารควบคุมการเจริญเติบโต สามารถชักนำให้ชิ้นส่วนปลายยอดเกิดยอดได้สูงที่สุด 100% มีจำนวนยอดและความยาวยอดเฉลี่ยสูงที่สุด แต่เมื่อมีการเติม kinetin ในระดับความเข้มข้นที่สูงขึ้น พบว่ามีผลให้ชิ้นส่วนปลายยอดเกิดยอดได้น้อยลง ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากสารควบคุมการเจริญเติบโตที่เติมลงไปทำให้เกิดการยับยั้งการเกิดยอด ซึ่งโดยปกติชิ้นส่วนปลายยอดที่เป็นเนื้อเยื่ออ่อนๆ จะมีการสร้างสารควบคุมการเจริญเติบโตได้เอง เมื่อได้รับจากภายนอกเข้าไปอีก ทำให้มีปริมาณสูงเกินไปจึงส่งผลยับยั้งการเกิดยอด ดังนั้นเมื่อนำชิ้นส่วนปลายยอดมาเพาะเลี้ยงบนอาหารสูตร MS ที่ไม่มีการเติมสารควบคุมการเจริญเติบโตจึงทำให้เกิดยอดได้ดีกว่าอาหารที่เติมสารควบคุมการเจริญเติบโต จากการทดลองในครั้งนี้สอดคล้องกับการศึกษาการเจริญเติบโตและการชักนำยอดของเนื้อเยื่อใบแก้วมังกรในสภาพปลอดเชื้อ พบว่าอาหารสูตร MS ที่ไม่เติม kinetin จะให้ความยาวยอดสูงที่สุด (Kachonpadungkitti & Jala, 2015) และการศึกษาการชักนำให้เกิดรากจากการเพาะเลี้ยงชิ้นส่วนปลายยอดของสตรอเบอรี่ในครั้งนี้ พบว่าอาหารสูตร MS ที่เติม kinetin 0.2 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ IBA 0.05 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถชักนำให้ชิ้นส่วนปลายยอดมีการสร้างรากใหม่ได้ดี โดยมีเปอร์เซ็นต์การเกิดราก 70% มีจำนวนรากและความยาวรากเฉลี่ยสูงที่สุด ส่วนอาหารสูตร MS ที่เติม kinetin เพียงอย่างเดียว โดยไม่มีการเติม IBA ร่วมด้วย ไม่พบการพัฒนาของชิ้นส่วนปลายยอดไปเป็นราก ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากในรากนั้นต้องการทั้งออกซินและไซโตไคนินในการกระตุ้นให้เกิดเซลล์ในราก โดยเร่งการแบ่งเซลล์ให้เพิ่มมากขึ้นและเร่งการขยายตัวของเซลล์ (Daengsawat, 2001) อีกทั้ง kinetin จัดเป็นสารควบคุมการเจริญเติบโตในกลุ่มไซโตไคนินที่มีฤทธิ์อ่อน (weak cytokinin) จึงสามารถชักนำให้ชิ้นส่วนที่เพาะเลี้ยงได้ทั้งต้นและราก (Neera *et al.,* 2014) จึงทำให้เมื่อนำชิ้นส่วนปลายยอดมาเพาะเลี้ยงบนอาหารสูตร MS ที่เติมทั้งออกซินและไซโตไคนินร่วมกันจึงสามารถชักนำให้เกิดรากได้ ซึ่งจากการทดลองนี้สอดคล้องกับงานวิจัยที่ศึกษาการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อของ *Ceropegia candelabrum* พบว่า อาหารสูตร MS ที่เติม kinetin ร่วมกับ IBA สามารถชักนำให้เกิดรากได้ดีกว่าอาหารที่ไม่เติมสารควบคุมการเจริญเติบโต (Beena *et al.,* 2003)

หลังจากการนำต้นสตรอเบอรี่ที่ได้จากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อมาย้ายปลูกลงในวัสดุปลูกและระบบปลูกพืชไร้ดินที่มีความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารหลักที่แตกต่างกัน พบว่าต้นกล้าของสตรอเบอรี่อายุ 4 สัปดาห์หลังการย้ายปลูกในระบบปลูกพืชไร้ดินที่มีความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารหลักเป็น 1/2 strength Hoagland's solution มีเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตสูงที่สุด 100% มีจำนวนรากเฉลี่ย ความยาวรากเฉลี่ย จำนวนใบเฉลี่ย ความกว้างใบเฉลี่ย และความยาวส่วน

เหนือดินเฉลี่ยสูงที่สุด โดยที่จำนวนรากเฉลี่ย ความยาวรากเฉลี่ย และจำนวนใบเฉลี่ย ไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับการปลูกในพีทมอสเพียงอย่างเดียว พีทมอส+เพอร์ไลท์ (1:1) และสารละลาย full strength Hoagland's solution แต่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับต้นกล้าที่ปลูกในสารละลาย 1/3 strength Hoagland's solution ทั้งนี้เนื่องจากระบบการปลูกพืชไร้ดินโดยการปลูกในสารละลาย (hydroponics) เป็นวิธีการปลูกที่พืชได้รับสารอาหารอย่างเพียงพอจากสารละลายธาตุอาหารที่มีน้ำผสมกับธาตุอาหารที่พืชต้องการจากทางรากพืชและมีการควบคุมสภาพแวดล้อมให้เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช (Thongaram, 2004) และพืชที่ปลูกในระบบปลูกพืชไร้ดินจะมีภาวะเครียดน้อยกว่าพืชที่ปลูกในดิน เนื่องจากพืชอยู่ในสภาพการเจริญเติบโตที่เหมาะสมตลอดเวลา (Treftz & Omaye, 2015) สอดคล้องกับการศึกษาของ Manasseri (2008) ที่ศึกษาการเจริญเติบโตของกล็อกซิเนียในระบบการปลูกพืชไร้ดิน พบว่า กล็อกซิเนียที่ปลูกในระบบปลูกพืชไร้ดินมีจำนวนใบ ความกว้างใบ ความยาวใบ ขนาดทรงพุ่มดีกว่าวัสดุปลูกชนิดอื่นๆ อีกทั้งความเข้มข้นของสารละลายแบบ 1/2 strength Hoagland's solution เป็นความเข้มข้นที่มีธาตุอาหารที่พืชต้องการในปริมาณที่เหมาะสม จึงส่งผลให้พืชเจริญเติบโตได้ดี สอดคล้องกับการศึกษาของ Phantong (2017) ที่เปรียบเทียบการเจริญเติบโตและการตอบสนองทางสรีรวิทยาของ *Globba marantina* L. และ *G. schomburgkii* Hook. f. ในวัสดุปลูกและระบบไฮโดรโปนิกส์ พบว่า การปลูกในระบบไฮโดรโปนิกส์โดยใช้สารละลายธาตุอาหารสูตร Hoagland ให้ความยาวของใบ พื้นที่ใบ และเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นมากกว่าปลูกในวัสดุปลูกอื่น ๆ และการศึกษาการเจริญเติบโตของ *Populus trichocarpa x deltoides* cv. ซึ่งปลูกโดยใช้สารละลาย 1/2 strength Hoagland's solution (Taghavi *et al.,* 2005) เช่นเดียวกับการศึกษาการเจริญเติบโตของผักต่างๆ ก็ปลูกโดยใช้สารละลาย 1/2 strength Hoagland's solution (Zayed *et al.,* 1998) เช่นกัน

สรุปผลการวิจัย

การศึกษาผลของสารควบคุมการเจริญเติบโตต่อการขยายพันธุ์ของสตรอเบอรี่ พันธุ์พระราชทาน 80 ในสภาพปลอดเชื้อ พบว่า ชิ้นส่วนปลายยอดสามารถชักนำให้เกิดต้นใหม่ได้ดี และอาหารสูตร MS ที่เติม BAP 0.2 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ IBA 0.2 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถชักนำให้เกิดยอดใหม่ได้ดีที่สุด ส่วนอาหารสูตร MS ที่เติม IBA 0.2 มิลลิกรัมต่อลิตร เพียงอย่างเดียว สามารถชักนำให้เกิดรากได้ดีที่สุด และต้นกล้าสตรอเบอรี่มีเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตสูงที่สุด เมื่อปลูกในระบบปลูกพืชไร้ดินที่มีความเข้มข้นของสารละลาย 1/2 strength Hoagland's solution

เอกสารอ้างอิง

Ashrafuzzaman, M., Faisal, S. M., Yadav, D., Khanam, D., & Raihan, F. (2013). Micropropagation of strawberry (*Fragaria ananassa*) through runner culture. *Bangladesh Journal Agril. Re*s, *38*(3), 467-472.

Beena, M. R., Martin, K. P., Kirti, P. B., & Hariharum, M. (2003). Rapid *in vitro* propagation of medicinally important *Ceropegia candelabrum*. *Plant Cell*, *Tissue and Organ Culture, 72*, 285-289.

Branca, C., Bucci, G., Domiano, P., Ricci, A., Torelli, A., & Bassi, M. (1991). Auxin structure and activity on tomato morphogenesis. *Plant cell Tissue and Organ culture, 24*(2), 105-114.

Cheruvathur, M. K., Abraham, J., & Thomas, D. (2015). *In vitro* micropropagation and flowering in *Ipomoea sepiaria* Roxb. An important ethanomedicinal plant. *Asian Pacific Journal of Reproduction, 4*(1), 49-53.

Daengsawat, C. (2001). *Plant physiology*. (2nd ed.). Bangkok: Development of education. (in Thai)

Deeying, S. (2007). *Plant Growth Regulators*. Bangkok: Faculty of Science and Technology Rajabhat Rajanagarindra University. (in Thai)

Eadrelder, A. M. (2013). An Effective Protocol for *in vitro* Storage and *ex vitro* Re-Growth of Strawberry Capsules. *Journal of Chemistry & Biochemistry*, *1*(2), 30–38.

Harugade, S., Tabe, R.H., & Chaphalkar, S. (2014). Micropropagation of Strawberry (*Fragaria X ananassa* Duch.). *International Journal of Current Microbiology and Applied Science*, *3*(3), 344-347.

Hasan, M.N., Nigar, S., Rabbi, M.A.K., Mizan, S.B., & Rahman, M.S. (2010). Micropropagation of Strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.). *International Journal Sustain. Crop Prod, 5*(4), 36-41.

Kachonpadungkitti, Y., & Jala, A. (2015). Influence of BA, IAA, 2,4-D and Kinetin on Micropropagation of *Hylocereus undatus* from Segments of Hypocotyl and True Leaf. *Thai Journal of Science and Technology, 4*(2), 147-154. (in Thai)

Karhu, S., & Hakala, K. (2007). Micropropagated Strawberries on the field. *Acta Horticultura*e, *567*, 321-324.

Kaveeta, L., Nakhorn, N.M., Suwanwong, S., Tantiwiwat, S., & Wongkantharakorn, N. (2013). *Plant physiology*. (3rd ed.). Bangkok: Kasetsart University. (in Thai)

Khan, S., Naz, S., Ali, K., & Zaidi, S. (2006). Direct organogenesis of *Kalanchoe tomentosa* (Crassulaceae) from shoot tip. *Pakistan Journal of Botany*, *38*(4), 977-981.

Madeeyah, N., Peeya, R., & Sahoh, S. (2017). Effects of Cytokynins and Concentrations on Development and Number of Multiple Shoots of *in vitro* Culture of *Caladium bicolor* Vent. *YRU Journal of Science and Technology*, *2*(2), 57-65. (in Thai)

Manasseri, S. (2008). *Planting Gloxinia in the soilless system*. Research report, Faculty of Agricultural Technology, Songkhla Rajabhat University. (in Thai)

Meretia, M., Grigoriadoua, K., & Nanos, G. D. (2002). Micropropagation of the strawberry tree, *Arbutus unedo* L. *Scientia Horticulturae*, *93*(2), 143-148.

Ministry of Agriculture and Cooperatives. (2003). *Horticulture Tissue Technology*. Bangkok: The Agricultural Cooperative Federation of Thailand. Limited. (in Thai)

Moradi, K., Otroshy, M., & Azimi, M.R. (2011). Micropropagation of strawberry by multiple shoots regeneration tissue cultures. *Journal of Agricultural Technology*, *7*(6), 1755-1763.

Murashige, T., & Skoog, F. (1962). A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. *Physiologia Plantarum*, *15*, 473–497.

Neera, S., Soonthorn, W., Mongkolpun, P., & Hongpukdee, P. (2014). Effect of cytokinins and coconut water on *in vitro* shoot induction of Kaentawan (*Helianthus tuberous* L.). *Khon kaen Agricultural Journal, 42*(3), 328-334. (in Thai)

Phantong, P. (2017). *Comparison of growth and physiological responses of Globba marantina L.and G. schomburgkii Hook. f. in growing substrate and hydroponic systems.* Master of Science, Program in Environmental Biology, Faculty of Science, Suranaree University of Technology, Nakonratchasima. (in Thai)

Phetkhong, S., Sumochitraporn, S., & Makkasab, C. (2010). Surface sterlization study and growth regulators effect in tissue culture of aquatic plant *Cryptocoryne albida*. *In technical paper No.9/2010*. Pathumthani: Aquaculture animal genetics Research and Development Institute. (in Thai)

Phromkhun, A. (2001). *Propagation of 4 varieties of strawberries of In Vitro Culture*. Master of Science, Program in Agricultural Technolog, Faculty of Science, Valaya Alongkorn Rajabhat University, Pathumthani. (in Thai)

Rency, A.S., Pandian, S., & Ramesh, M. (2018). Influence of adenine sulphate on multiple shoot induction in *Clitoria ternatea* L. and analysis of phyto-compounds in *in vitro* grown plants. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology, 16,* 181-191.

Samransuk, Y. (2002). *The classification of strawberry varieties by DNA analysis method*. Master of Science, Program in Biotechnology, Faculty of Science, Chiang Mai University, Chiang Mai. (in Thai)

Taghavi, S., Barac, T., Greenberg, B., Borremans, B., Vangronsveld, J., & Lelie, D. (2005). Horizontal Gene Transfer to Endogenous Endophytic Bacteria from Poplar Improves Phytoremediation of Toluene. *Applied and environmental microbiology*, *71*(12), 8500-8505.

Techapinyawat, S. (2005). *Plant physiology*. Bangkok : Kasetsart University. (in Thai)

Thongaram, D. (2004). *Hydroponics.* Ratchaburi : Thammarak Printing. (in Thai)

Treftz, C., & Omaye, S.T. (2015). Comparision between hydroponic and soil systems for growing strawberries in a greenhouse. *International Journal of Agriculture Extension*, *3*(3), 195-200.

U-Kong, W., Chundet, R., & Buddharak, P. (2012). *In vitro* culture of *Momordica charantia* L. *Thai Agriculture Research Journa, 30*(2), 198-206. (in Thai)

Zayed, A., Lytle, C. M., Qian, J. Hong., & Terry, N. (1998). Chromium accumulation, translocation and chemical speciation in vegetable crops. *Planta*, *206,* 293-299.