แก่นเกษตร 47 (3) : 459-466 (2562). KHON KAEN AGR. J. 47 (3) : 459-466 (2019). /doi: 10.14456/kaj.2019.44

การขยายพันธุ์มะละกอ (*Carica papaya* L.) สายพันธุ์ฮอลแลนด์ในสภาพปลอดเชื้อ

Propagation of papaya (*Carica papaya* L.) cv. Holland in tissue culture

เพ็ญแข รุ่งเรือง[1*], กิริยา สังข์ทองวิเศษ[2] และ กาญจนา เหลืองสุวาลัย[1]

Penkhae Rungrueng[1*], Kiriya Sungthongwises[2] and Kanjana Luangsuwalai[1]

บทคัดย่อ: มะละกอ (*Carica papaya* L.) เป็นไม้ผลที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของไทย และเป็นไม้ผลที่มีเพศแยกต้น คือ ต้นเพศผู้ ต้นเพศเมีย และต้นสมบูรณ์เพศ โดยมะละกอต้นสมบูรณ์เพศจะให้ผลที่มีลักษณะตรงตามความต้องการของผู้บริโภค คือ เนื้อหนา เมล็ดน้อย โดยต้นมะละกอที่เพาะจากเมล็ดจะให้ต้นสมบูรณ์เพศร้อยละ 70 และต้นเพศเมียร้อยละ 30 ซึ่งมีคำแนะนำในการปลูกมะละกอต้องทำการปลูกต้นกล้า 2 - 3 ต้นต่อหลุม เพื่อคัดเลือกให้ได้ต้นสมบูรณ์เพศ ทำให้เกษตรกรต้องปลูกต้นกล้ามะละกอจำนวนมาก สำหรับการใช้เทคนิคเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อมะละกอ ทำให้สามารถผลิตต้นพันธุ์มะละกอที่มีลักษณะตรงตามพันธุ์เดิมและได้ปริมาณมากในระยะเวลาอันรวดเร็ว ดังนั้นการวิจัยครั้งนี้มีจึงวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของ NAA และ BA ในอาหารสูตร MS ต่อการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อของมะละกอพันธุ์ฮอลแลนด์ โดยใช้ส่วนของตายอดอ่อนเพาะเลี้ยงบนอาหารสูตร MS ที่เติมสารละลาย naphthaleneacetic acid (NAA) ความเข้มข้น 0 - 0.20 มก./ล. ร่วมกับ benzyl amino (BA) ความเข้มข้น 0 - 0.45 มก./ล. เพาะเลี้ยงที่อุณหภูมิ 25 ± 2 oซ ในสภาพให้แสง 16 ชม./วัน เป็นเวลา 60 วัน พบว่า ความเข้มข้นของสารละลาย NAA ร่วมกับ BA ไม่มีอิทธิพลร่วมกันต่อการชักนำการเกิดยอดและความยาวยอด ($P > 0.05$) แต่มีอิทธิพลร่วมกันในการชักนำการเกิดราก จำนวนราก ความยาวราก และจำนวนใบ ($P < 0.01$) โดยการใช้ NAA 0.10 มก./ล. ร่วมกับ BA 0.45 มก./ล. ให้จำนวนยอดมากที่สุดเท่ากับ 4.14 + 0.69 ยอด และ NAA 0.10 มก./ล. ร่วมกับ BA 0.15 มก./ล. ให้จำนวนรากมากที่สุดเท่ากับ 8.71 + 2.21 ราก

คำสำคัญ: การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ, มะละกอ, NAA, BA

ABSTRACT: Papaya (*Carica papaya* L.) is an important economical fruit plants in Thailand. Papaya is trioecious with three basic sex forms: female, male and hermaphrodite on separate plants. The fruit developed from hermaphrodite flower contains more flesh, less seed, and longer fruit shape (pyriform) than female flower. Therefore, only hermaphrodite plant results in a more commercial value for the fruit production. Normally, Papaya from seed provided 70 % hermaphrodite and 30 % of females.

Received September 19, 2018

Accepted December 19, 2018

[1] สาขาวิชาเกษตรศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา กรุงเทพฯ 10600
Kasertsart Program, Faculty of Science and Technology, Bansomdejchaopraya Rajabhat University, Bangkok 10600

[2] สาขาวิชาพืชไร่ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ขอนแก่น 40002
Department of Plant Science and Agricultural Resources (Agronomy section), Faculty of Agriculture, Khon Kaen University, Khon Kaen 40002

* Corresponding author: Penkhae@hotmail.co.th

In papaya planting, 2 - 3 seedlings are planted per hole to obtain a hermaphrodite. A lot of papaya seedlings were used to grow in the field. Propagation by tissue culture tends to produce the original varieties and large quantities papaya trees in a short time. The purpose of this research was to effect of NAA and BA with MS media on tissue culture of papaya a cv. Holland. Shoot tip was cultivated on MS medium supplemented with 0-0.2 mg/l (NAA) and 0 - 0.45 mg/l (BA) in vitro condition at 25 ± 2 oC with light 16 hrs./day for 60 days. The results showed that the MS media with NAA + BA no Influence on the number of shoots and shoot length ($P > 0.05$). But have significantly in the number of roots, root length and number of leave ($P < 0.01$). MS media with NAA 0.10 mg/L + BA 0.45 mg/L gave the highest number of shoots (4.14 + 0.69 shoots) and NAA 0.10 mg/L + BA 0.15 mg/L gave the highest number of roots (8.71 + 2.21).
Keywords: Tissue culture, *Carica papaya*, NAA, BA

คำนำ

มะละกอ (*Carica papaya* L.) เป็นไม้ผลเขตร้อนที่มีคุณค่าทางอาหารสูง ปลูกง่าย เจริญเติบโตเร็ว และให้ผลผลิตตลอดทั้งปี โดยมีพื้นที่ปลูกมะละกอในเชิงการค้าขนาดใหญ่อยู่ในภาคต่างๆ ทั่วประเทศ การผลิตมะละกอมีทั้งเพื่อการบริโภคภายในประเทศ และเพื่อการส่งออก โดยประเทศไทยส่งออกมะละกอสด จำนวน 1,600 ตัน คิดเป็นมูลค่า 19.40 ล้านบาท และมะละกอบรรจุภาชนะอัดลม 2,348 ตัน มูลค่าการส่งออก 76.10 ล้านบาท (สิริกุล, 2557) การปลูกเป็นมะละกอเพื่อบริโภคในประเทศไทยมีหลายสายพันธุ์ ได้แก่ พันธุ์แขกดำ เป็นพันธุ์ที่นิยมปลูกมากที่สุดคิดเป็น 62 % รองลงมาคือ พันธุ์แขกนวล 18 % พันธุ์ปักไม้ลาย (ฮอลแลนด์) 8 % และพันธุ์อื่นๆ อีก 12 % (สนอง และคณะ, 2557) สำหรับพันธุ์ฮอลแลนด์ และแขกดำ เป็นมะละกอที่นิยมบริโภคผลสุก และเป็นพันธุ์สำหรับส่งออก โดยพันธุ์ฮอลแลนด์ผลสุกจะมีเนื้อสีแดงอมส้ม เนื้อหนา รสหวาน (11 - 13 องศาบริกซ์) เปลือกหนา ทนทานต่อโรค และการขนส่ง เป็นพันธุ์ที่ให้ผลดก และผลมีน้ำหนักดี (สิริกุล, 2557)

การขยายพันธุ์มะละกอ สามารถปฏิบัติได้หลายวิธี ได้แก่ การเพาะเมล็ด การปักชำ การติดตา การตอนกิ่ง และการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ ซึ่งเกษตรกรส่วนใหญ่นิยมใช้วิธีการขยายพันธุ์ด้วยการเพาะเมล็ด เนื่องจากทำได้ง่าย สะดวกรวดเร็ว และประหยัดค่าใช้จ่ายเมื่อเทียบกับผลผลิตที่จะได้รับ ส่วนการขยายพันธุ์ด้วยการปักชำ การติดตา การตอนกิ่ง มักใช้ในกรณีที่ต้องการรักษาพันธุ์ดี และเพื่อเปลี่ยนยอดต้นมะละกอที่มีดอกตัวผู้จำนวนมาก ให้เป็นต้นเพศเมียหรือต้นสมบูรณ์เพศ มะละกอเป็นพืชที่มีเพศแยกต้น คือ ต้นเพศผู้ ต้นเพศเมีย และต้นสมบูรณ์เพศ (หรือกะเทย) (Bruce and Peter, 2008) โดยทั่วไปเมล็ดพันธุ์มะละกอที่เกษตรกรเก็บไว้เอง เมื่อนำมาปลูกมีโอกาสเป็นต้นสมบูรณ์เพศประมาณ 70 % ที่เหลือ 30 % เป็นต้นตัวเมีย (ละไม, 2561) และด้วยสำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ (มก.อช.) (2558) ได้จัดทำมาตรฐานสินค้าเกษตรเรื่องมะละกอเพื่อให้มะละกอของไทยเป็นที่ยอมรับทั้งด้านคุณภาพและความปลอดภัยในระดับชาติและระดับสากล โดย มก.อช. ได้กำหนดมาตรฐานรูปทรงผลมะละกอว่าต้องเป็นผลที่พัฒนามาจากดอกสมบูรณ์เพศชนิด elongata เท่านั้น ซึ่งจัดว่าเป็นผลที่มีรูปทรงปกติไม่บิดเบี้ยว ดังนั้นการปลูกมะละกอต้องปลูกด้วยต้นกล้าจำนวน 2 - 3 ต้นต่อหลุม (ละไม, 2561) เพื่อให้ได้ต้นที่มีเพศที่ต้องการ และจะทราบเพศของต้นมะละกอเมื่อผ่านเข้าสู่ระยะสืบพันธุ์ ประมาณ 5 - 8 เดือนหลังจากทำการปลูก ทำให้เกษตรกรต้องปลูกต้นกล้ามะละกอจำนวนมาก จากปัญหาดังกล่าวทำให้เกษตรกรมีต้นทุนการผลิตสูง เทคนิคการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อมะละกอเป็นวิธีที่ทำให้สามารถผลิตต้นพันธุ์มะละกอที่มีลักษณะตรงตามพันธุ์เดิม และได้ปริมาณมากในระยะเวลาอันรวดเร็ว แต่ความสำเร็จของการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น ส่วนของพืชที่นำมาเพาะเลี้ยง อาหารเพาะเลี้ยง รวมถึงชนิดและความเข้มข้นของสารควบคุมการเจริญเติบโต เป็นต้น (สิรนุช, 2540) Setargie et al. (2015) ศึกษาวิธีการขยายพันธุ์มะละกอต้นสมบูรณ์เพศ โดยใช้ส่วนของตายอดของมะละกอสายพันธุ์ Maradol เพาะเลี้ยงบนอาหารสูตร MS ที่เติมออกซินและไซโตไคนินความเข้มข้นต่างๆ พบว่า อาหารสูตร MS ที่เติม

สารละลาย BA 1.0 มก./ล. และ NAA 0.5 มก./ล. ให้จำนวนยอด ความยาวยอด และจำนวนใบมากที่สุด ในขณะที่ Anandan et al. (2011) เพาะเลี้ยงตายอดของมะละกอสายพันธุ์ CO-7 บนอาหารสูตร MS ที่เติมสารละลาย TDZ 0.1-1.0 มก./ล. พบว่า การใช้สารละลาย TDZ 0.5 มก./ล. ให้จำนวนยอดต่อชิ้นเนื้อเยื่อมากที่สุด และการใช้สารละลาย TDZ ที่ระดับความเข้มข้น 1.0 มก./ล. ส่งผลให้ยอดของมะละกอสายพันธุ์ Honey dew แคระ (Bhattachara et al., 2003) Bindu (2017) เพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อมะละกอสายพันธุ์ CO-5 โดยใช้ส่วนตาข้างและตายอดจากต้นกล้าและต้นที่โตเต็มที่ บนอาหารสูตรต่างๆ พบว่า การใช้ BA 0.50 มก./ล. ร่วมกับ NAA 0.10 มก./ล. ให้การเพาะเลี้ยงเริ่มต้นดีที่สุด และการใช้ IBA 3.00 มก./ล. ซูโครส 30 ก./ล.และถ่านกัมมันต์ 0.05 % ให้การเกิดรากดีที่สุด นอกจากนี้จากการศึกษาการใช้ชิ้นส่วนลำต้น ราก และใบ มาเพาะเลี้ยงบนอาหารสูตร MS ที่เติมสารละลาย BA ร่วมกับ NAA ที่ระดับความเข้มข้น 0 - 2.00 มก./ล. พบว่า ชิ้นส่วนลำต้นที่เพาะเลี้ยงบนอาหารสูตร MS ที่เติมสารละลาย BA 2.00 มก./ล. ให้จำนวนยอดสูงที่สุดเท่ากับ 3.800 ± 0.098 ยอด (Radzuan et al., 2018) แสดงให้เห็นว่าสายพันธุ์มะละกอ ชิ้นส่วนพืชที่ใช้และสารควบคุมการเจริญเติบโตที่แตกต่างกันมีผลต่อการชักนำการเกิดยอดและราก สารควบคุมการเจริญเติบโตที่นิยมใช้ในกลุ่มของออกซิน ได้แก่ NAA และ IBA ซึ่งทั้ง 2 ชนิดนี้เป็นออกซินอย่างอ่อนมีพิษต่อพืชน้อย รากที่เกิดขึ้นจากการใช้สาร 2 ชนิดนี้จึงมักไม่มีอาการผิดปกติแต่ถ้าใช้ 2,4-D หรือ 4-CPA ซึ่งมีฤทธิ์ของออกซินสูง จะทำให้รากผิดปกติ คือกุดสั้น รากหนาเป็นกระจุก (พีรเดช, 2529) และสารกลุ่มไซโตไคนิน ได้แก่ BA และ kinetin โดย kinetin เมื่อใช้ที่ระดับความเข้มข้นสูงจะส่งผลให้ยอดแคระแกร็น (Bhattachara et al., 2003) ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของ NAA และ BA ในอาหารสูตร MS ต่อการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อของมะละกอพันธุ์ฮอลแลนด์ เพื่อใช้เป็นสูตรอาหารสำหรับการขยายพันธุ์มะละกอต้นสมบรูณ์เพศ เป็นการลดต้นทุน เพิ่มผลผลิต และลดปัญหาต่างๆ ที่ก่อให้เกิดค่าใช้จ่าย

อุปกรณ์และวิธีการ

นำเมล็ดมะละกอสายพันธุ์ฮอลแลนด์ ฟอกฆ่าเชื้อด้วยโซเดียมไฮโปคลอไรท์ 1 % เป็นเวลา 10 นาที จากนั้นล้างด้วยน้ำนึ่งฆ่าเชื้อจำนวน 3 ครั้ง นำเยื่อหุ้มเมล็ดออก และเพาะเลี้ยงบนอาหารสูตร MS (Murashige and Skoog, 1962) เมื่อเมล็ดงอกและต้นกล้ามีอายุประมาณ 25 วันหลังงอก (ต้นกล้าจะมีใบเลี้ยงและเริ่มเห็นใบจริง) นำต้นกล้ามาตัดบริเวณใต้ใบเลี้ยงขนาดประมาณ 0.5 ซม. และตัดใบเลี้ยงออก เพาะเลี้ยงบนอาหารสูตร MS ที่เติมสารละลาย NAA 0, 0.10 และ 0.20 มก./ล. ร่วมกับสารละลาย BA 0, 0.15, 0.25, 0.35 และ 0.45 มก./ล. เป็นเวลา 60 วัน อุณหภูมิ 25 ± 2 oซ ความเข้มแสง 30 ไมโครโมลต่อตารางเมตรต่อวินาที ด้วยแสงจากหลอดฟลูออเรสเซนต์ (LED Top Light T8) เป็นเวลา 16 ชั่วโมงต่อวัน บันทึกผลจำนวนยอด ความยาวยอด (ซม.) (วัดความยาวจากยอดที่สมบูรณ์และยาวที่สุด) ด้วยเวอร์เนียคาลิปเปอร์ จำนวนใบ (นับจำนวนใบทั้งหมด) จำนวนราก ความยาวราก (ซม.) และการเกิดแคลลัส วางแผนการทดลองแบบ Factorial in CRD ประกอบด้วย 2 ปัจจัย คือ ปัจจัยที่ 1 ความเข้มข้นของ NAA 3 ระดับ ได้แก่ 0, 0.10 และ 0.20 มก./ล. ปัจจัยที่ 2 คือ ความเข้มข้นของ BA 5 ระดับ ได้แก่ 0, 0.15, 0.25, 0.35 และ 0.45 มก./ล. ทำการทดลอง 3 ซ้ำๆ วิเคราะห์ความแปรปรวนและเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธีของ Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป

ผลการศึกษาและวิจารณ์

การชักนำการเกิดยอดมะละกอโดยใช้ส่วนยอดของต้นกล้าที่มีอายุประมาณ 25 วันหลังงอก บนอาหารสูตร MS ที่เติมสารละลาย NAA ความเข้มข้น 0 - 0.20 มก./ล. ร่วมกับสารละลาย BA ความเข้มข้น 0 - 0.45 มก./ล. พบว่า การใช้สารละลาย NAA ร่วมกับ BA ระดับความเข้มข้นต่างๆ ไม่มีอิทธิพลร่วมกันต่อจำนวนยอด และความยาวยอด ($P > 0.05$) แต่การใช้สารละลาย NAA และ BA เพียงอย่างเดียวที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ มีผลต่อจำนวนยอด และความยาวยอด อย่างมีนัย

สำคัญยิ่งทางสถิติ (P < 0.01) โดยการใช้สารละลาย BA ที่ความเข้มข้น 0.35 และ 0.45 มก./ล. ให้จำนวนยอดเฉลี่ย 2.95 + 1.39 และ 3.09 + 1.26 ยอด การใช้สารละลาย NAA ที่ความเข้มข้น 0.10 และ 0.20 มก./ล. ให้จำนวนยอดเฉลี่ย 2.86+1.37 และ 2.66 + 1.49 ยอด (Table 1) แม้ว่าการใช้สารละลาย NAA ร่วมกับ BA ร่วมกันจะไม่มีผลต่อจำนวนยอดและความยาวยอด แต่จากการทดลองพบว่า การใช้สารละลาย NAA 0.10 มก./ล. ร่วมกับ BA 0.45 มก./ล. ให้จำนวนยอดมากที่สุดเท่ากับ 4.14 + 0.69 ยอด ซึ่งสอดคล้องกับงานทดลองของ Mumo et al. (2013) ที่พบว่า การใช้สารละลาย NAA 0.10 มก./ล. ร่วมกับ BA 0.50 มก./ล. สามารถชักนำการเกิดยอดมะละกอจากชิ้นส่วนยอดได้มากที่สุด และสอดคล้องกับ Anandan et al. (2011), Setargie et al. (2015), Bhattacharya et al. (2003) และ Bindu and Podikunju (2017) ที่พบว่า การใช้สารละลาย NAA ร่วมกับ BA ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ สามารถชักนำการเกิดยอดจากชิ้นส่วนตายอด และตาข้าง ของมะละกอสายพันธุ์ CO-5, CO-7 และ Honey dew ได้ โดยความเข้มข้นของสารละลายที่ใช้ขึ้นอยู่กับชิ้นส่วน และสายพันธุ์ของมะละกอ ในส่วนของความยาวยอด พบว่าการใช้สารละลาย NAA 0.10 มก./ล. ร่วมกับสารละลาย BA 0.15 มก./ล. ให้ความยาวยอดมากที่สุดเท่ากับ 3.77 + 3.17 ซม. ซึ่งสอดคล้องกับงานทดลองของ Mumo et al. (2013) ที่พบว่าการใช้สารละลาย BA 0.10 มก./ล. ร่วมกับ NAA 0.05 มก./ล. ให้ความยาวยอดมากที่สุด เท่ากับ 3.25 + 0.08 ซม. ขณะที่งานทดลองของ Bhattaharya et al. (2003) และ Anandan et al. (2011) ใช้วิธีชักนำให้เกิดยอดจำนวนมากแล้วหลังจากนั้นจึงนำยอดดังกล่าวมาเพาะเลี้ยงในอาหารสูตร MS ที่เติมสารละลาย GA3 เพื่อชักนำให้ยอดยาวขึ้น

Table1. Effect of different concentrations of NAA combined with BA on average number of shoot and Shoot length of *Carica papaya* L. at 60 days.

Concentrations of BA (mg/L)	Concentrations of NAA (mg/L)							
	0	0.1	0.2	Mean	0	0.1	0.2	Mean[1/]
	Number of shoot				Shoot length (cm±SD.)			
0	1.00±0.00	2.14±1.21	1.71±1.88	1.62±1.32[b]	1.48±0.28	2.20±0.86	1.50±0.91	1.72±0.78[b]
0.15	1.14±0.37	2.28±1.38	2.42±1.39	1.67±1.06[b]	2.45±2.27	3.77±3.17	2.80±0.53	3.01±2.23[a]
0.25	1.14±0.37	1.57±0.97	3.00±1.29	2.19±1.32[b]	2.55±1.34	2.42±0.63	3.00±0.90	2.66±0.98[a]
0.35	1.71±0.95	3.28±1.25	3.85±1.06	2.95±1.39[a]	1.80±0.40			
0.45	2.00±1.15	4.14±0.69	3.14±0.89	3.09±1.26[a]	1.72±0.32	3.21±0.79	3.22±1.38	2.74±1.13[a]
						2.75±0.62	2.52±0.89	2.34±0.77[ab]
Mean[1/]	1.40±0.77[b]	2.86±1.37[a]	2.66±1.49[a]		2.00±1.21[b]	2.87±1.57[a]	2.61±1.09[a]	
F-test (NAA)	**				**			
F-test (BA)	**				**			
F-test (BA*NAA)	ns				ns			
CV (%)	43.16				41.00			

สำหรับการเกิดรากและความยาวราก พบว่าการใช้สารละลาย NAA ร่วมกับ BA ระดับความเข้มข้นต่างๆ มีอิทธิพลร่วมกันต่อจำนวนรากและความยาวราก (P < 0.01) (Table 2) โดยพบว่าการใช้สารละลาย NAA 0.10 มก./ล. เพียงอย่างเดียวให้จำนวนรากและความยาวรากเฉลี่ยมากที่สุด เท่ากับ 5.14 + 2.41 ราก และ 4.48 + 1.84 ซม. โดยรากที่เกิดในแต่ละทรีทเมนต์จะเกิดที่ต้นแม่หรือชิ้นส่วนเริ่มต้นเท่านั้น ระดับความเข้มข้นของสารละลาย NAA ที่ใช้จึงอาจไม่เหมาะสมสำหรับการชักนำการเกิดราก ดังนั้นเมื่อขยายพันธุ์เพิ่มปริมาณ ได้จำนวนยอดมากแล้ว

Table 2. Effect of different concentrations of NAA combined with BA on average number of root and root length of *Carica papaya* L. at 60 days.

Concentrations of BA (mg/L)	Concentrations of NAA (mg/L)							
	0	0.1	0.2	Mean	0	0.1	0.2	Mean[1/]
	Number of root				Root length (cm±SD.)			
0	0	5.14±2.41	0.14±0.37	1.76±2.79[c]	0	4.48±1.84	0.42±0.12	1.63±2.30[a]
0.15	1.28±0.48	8.71±2.21	1.85±0.37	3.39±3.68[a]	2.14±1.57	1.34±0.82	0.57±0.34	1.35±1.18[a]
0.25	1.71±0.48	1.28±0.75	1.57±0.53	1.52±0.60[c]	1.54±1.28	1.14±0.69	1.35±0.74	1.34±0.91[a]
0.35	1.28±0.75	3.00±1.41	3.14±1.21	2.47±1.40[b]	1.21±0.56	0.78±0.26	3.65±1.66	1.88±1.61[a]
0.45	0.14±0.37	3.14±0.37	0	1.09±1.51[c]	0.28±0.06	1.75±0.91	0	0.68±0.93[b]
Mean[1/]	0.88±0.83[b]	4.25±3.00[a]	1.34±1.32[b]		1.03±1.19[b]	1.90±1.66[a]	1.20±1.53[b]	
F-test (NAA)	**				**			
F-test (BA)	**				**			
F-test (BA*NAA)	**				**			
CV (%)	36.35				52.72			

[1/] Means with the same letter within row and column are not significant by the DMRT at P < 0.01

** = significant difference at P < 0.01

ควรตัดชิ้นส่วนยอดมาชักนำการเกิดรากในอาหารสูตรอื่นๆ ซึ่งในงานทดลองของ Setargie et al. (2015), Mumo et al. (2013) และ Bhattaharya et al. (2003) จะชักนำการเกิดรากบนอาหารสูตร MS ที่เติมสารละลาย IBA หรือการใช้ IBA 3.00 มก./ล. ร่วมกับการเติมผงถ่านกัมมันต์ 0.05 % (Bindo, 2017) นอกจากนี้ยังพบการเกิดแคลลัสบริเวณรอยตัดของเนื้อเยื่อในทุกทรีทเมนต์ ยกเว้นการเพาะเลี้ยงบนอาหารสูตร MS ที่ไม่เติมสารควบคุมการเจริญเติบโต (Table 3) โดยแคลลัสที่ได้มีลักษณะใส เกาะกันแบบหลวม (friable callus) (Figure 2) ซึ่งการเกิดแคลลัสเกิดจากความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของไซโตไคนิน และออกซิน หากความเข้มข้นของออกซินสูงกว่าไซโตไคนิน แคลลัสจะพัฒนาไปเป็นราก และถ้าความเข้มข้นของไซโตไคนินสูงกว่าออกซิน แคลลัสจะพัฒนาไปเป็นยอด (Graystona et al., 1998; Soliman et al. (2010) แสดงว่าสัดส่วนความเข้มข้นของสารละลาย NAA และ BA ที่ใช้ยังไม่เหมาะสมจึงเกิดเป็นแคลลัสมากกว่าที่จะพัฒนาไปเป็นยอดและราก ซึ่งการเกิดแคลลัสเป็นข้อดีในการขยายพันธุ์เพิ่มปริมาณ เช่น ในข้าวจะชักนำให้เกิดเป็นแคลลัสบนอาหารสูตร LS ที่เติมผงถ่านกัมมันต์ ร่วมกับ 2,4-D ความเข้มข้นต่างๆ เมื่อได้แคลลัสปริมาณเพียงพอแล้ว จึงชักนำให้เกิดยอดและราก (สมดังใจ และคณะ, 2554) หรือการขยายพันธุ์โมกมัน ที่พบว่า การเพาะเลี้ยงโมกมันบนอาหารสูตร MS ที่เติม BA กระตุ้นให้แคลลัสเจริญเติบโตขึ้นบริเวณรอยตัดอย่างรวดเร็ว ทำให้บริเวณลำต้นบวมพอง หลังจาก 4 สัปดาห์ไปแล้ว แคลลัสเหล่านี้สามารถพัฒนายอดขึ้นมาได้

โดยไม่ต้องย้ายเลี้ยงไปบนอาหารใหม่ (กรณ์ และลัดดาวัลย์, 2558) สำหรับจำนวนใบ พบว่า การใช้สารละลาย NAA ร่วมกับ BA ระดับความเข้มข้นต่างๆ มีอิทธิพลร่วมกันต่อจำนวนใบ ($P < 0.01$) (Table 3) โดยการใช้สารละลาย NAA 0.10 มก./ล. ร่วมกับ BA 0.45 มก./ล. ให้จำนวนใบมากที่สุดเท่ากับ 13.00 + 2.94 ใบ และพบว่า การใช้สารละลาย BA 0.25 และ 0.35 มก./ล. เพียงอย่างเดียว หรือการใช้สารละลาย NAA 0.10 มก./ล. ร่วมกับ BA 0.15 หรือ 0.35 มก./ล. ทำให้ใบร่วง ซึ่งอาจเป็นผลจากปริมาณออกซินไม่เพียงพอ ทำให้เนื้อเยื่อบริเวณใบกับลำต้นเกิดการแยกตัวออกจากกัน ใบจึงร่วง (สังคม, ม.ป.ป.)

สรุปผลการทดลอง

Table 3. Effect of different concentrations of NAA combined with BA on average number of leave and percent callus of *Carica papaya* L. at 60 days

Concentrations of BA (mg/L)	Concentrations of NAA (mg/L)						
	0	0.1	0.2	Mean	0	0.1	0.2
	Number of leave				% callus		
0	2.14±0.37	5.85±1.34	2.71±0.95	3.57±1.91[c]	-	+++	+
0.15	5.28±1.60	6.85±2.19	7.28±1.70	6.47±1.98[b]	+	+++	+++
0.25	3.85±1.06	8.00±2.23	9.14±2.26	7.00±2.96[b]	++	+++	+++
0.35	3.85±2.79	10.57±2.07	12.14±2.96	8.85±4.45[a]	++	+++	+++
0.45	5.00±2.58	13.00±2.94	7.57±1.98	8.52±4.17[a]	+	+++	+++
Mean	4.02±2.12[c]	8.85±3.36[a]	7.77±3.67[b]				
F-test (NAA)	**						
F-test (BA)	**						
F-test (BA*NAA)	**						
CV (%)	28.16						

- = no callus, + = 25 % callus, ++ = 50 % callus, +++ = 75 % callus and ++++ = 100 % callus[1/] Means with the same letter within row and column are not significant by the DMRT at $P < 0.01$** = significant difference at $P < 0.01$

การชักนำการเกิดยอดและรากของมะละกอ สายพันธุ์ฮอลแลนด์ โดยนำส่วนยอดของต้นอ่อนเพาะเลี้ยงในสภาพปลอดเชื้อ บนอาหารสูตร MS ที่เติมสารละลาย NAA ความเข้มข้น 0 - 0.10 มก./ล. ร่วมกับ BA ความเข้มข้น 0 - 0.45 มก./ล. พบว่า อาหารสูตรต่างๆ ให้จำนวนยอด และความยาวยอดไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่ให้จำนวนราก ความยาวราก และจำนวนใบ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยการใช้สารละลาย NAA 0.10 มก./ล. ร่วมกับ BA 0.45 มก./ล. ให้จำนวนยอดมากที่สุด และสารละลาย NAA 0.10 มก./ล. ร่วมกับ BA 0.15 มก./ล. ให้จำนวนรากมากที่สุด

คำขอบคุณ

คณะผู้วิจัย ขอขอบคุณสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา ที่ให้ทุนสนับสนุนงานวิจัยครั้งนี้ และขอขอบคุณสาขาวิชาเกษตรศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ให้ความอนุเคราะห์สถานที่การทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

กรณ์ กรภัทร์ชัยกุล และลัดดาวัลย์ รักษ์ธรรม. 2558. การขยายพันธุ์โมกมัน [Wrijhtia arborea (Dennst.) Mabb.] ในหลอดทดลอง.

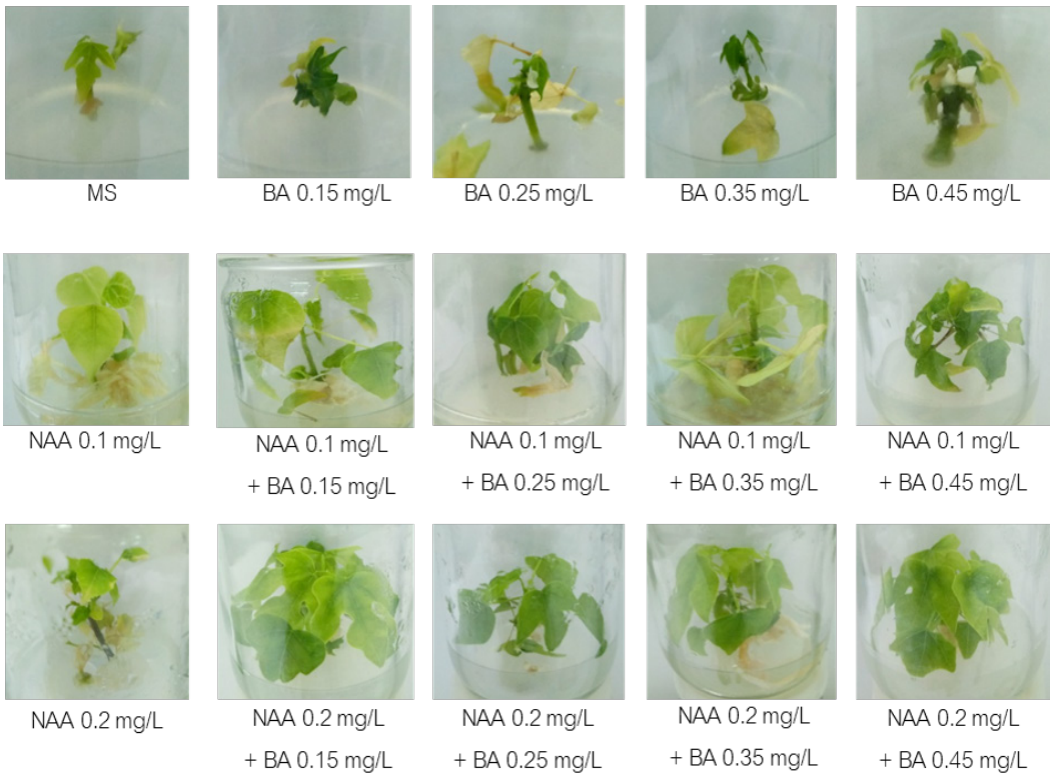

Figure 1. Shoot regenerated from shoot buds of Carica papaya L. cv. Holland on MS medium with NAA 0 - 0.2 mg/L and BA 0 – 0.45 mg/L

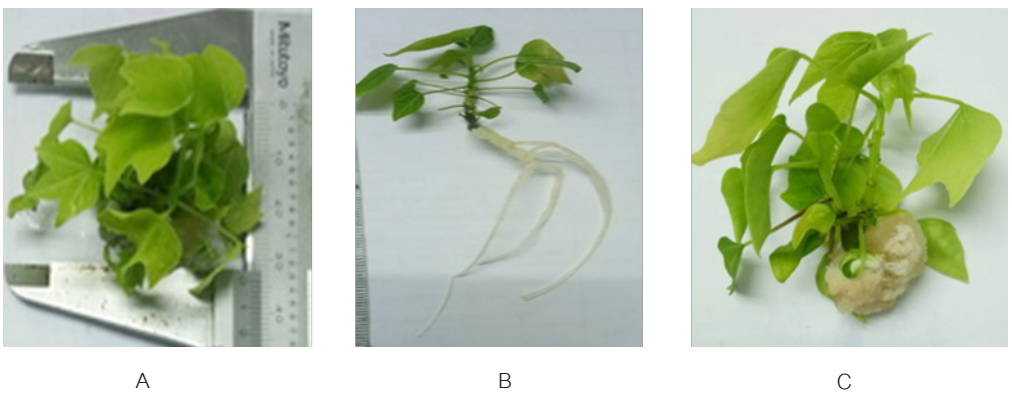

Figure 2. A) Multiple shoot induction on MS medium with NAA 0.1 and BA 0.45 mg/L B) Shoot and root induction and C) Friable callus of Carica papaya L.

ว. วิทยาศาสตร์ละเทคโนโลยี. 23(5): 833 - 845.

พีรเดช ทองอำไพ. 2529. ฮอร์โมนพืชและสารสังเคราะห์ แนวทางการใช้ประโยชน์ในประเทศไทย. กรุงเทพฯ : หจก.

ไดนามิคการพิมพ์. ละไม ยะปะนัน. 2561. ไปดูมะละกอพันธุ์ใหม่ “ส้มตำ 90” ต้นกะเทย 90 % ทนไวรัส ดก เตี้ย เนื้อกรอบ-ศรแดงทำได้. แหล่งข้อมูล: https://www.kasetvoice.com/post/4401 ค้นเมื่อ 1 พฤศจิกายน 2561.

สนอง เศษโม้, รภัสสา จันทาศรี, เกรียงศักดิ์ ไพรวรรณ และ พนิดา อะริมัตทสึ. 2557. การเปรียบเทียบพันธุ์มะละกอสำหรับบริโภคผลดิบ 4 พันธุ์ ในจังหวัดมหาสารคาม. ว. เกษตรพระวรุณ. 11(2): 117-126.

สมดังใจ สายสิงห์ทอง สงวนศักดิ์ ธนาพรพูนหงษ์ และสุชาดา เวียร์ศิลป์. 2554. ผลของผงถ่านกัมมันต์และ 2,4-D ต่อการเกิดแคลลัสของข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1. ว. เกษตร. 27(2): 175 - 185.

สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ. 2558. มาตรฐานสินค้าเกษตรมะละกอ. กรุงเทพฯ: สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

สิรนุช ลามศรีจันทร์. 2540. การกลายพันธุ์. พิมพ์ครั้งที่ 2. ภาควิชารังสีประยุกต์และไอโซโทป คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

สิริกุล วะสี. 2557. มะละกอ...พืชความหวังใหม่ของเกษตรกร. agriculture@risk เล่มที่ 8. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย.

สังคม เตชะวงศ์เสถียร. ม.ป.ป. สรีรวิทยาผลิตพืช: ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและพัฒนาของพืช. สาขาพืชสวน

ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรการเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. ขอนแก่น.

Anandan, R., S. Thirugnanakumar, D. Sudhakar, and P. Balasubramanian. 2011. In vitro organogenesis and plantlet regeneration of (Carica papaya L.). J. Agric tech. 7(5): 1339 - 1348.

Bhattacharya, J., N.N. Renukdas, S.S. Khuspe, and S.K. Rawal. 2003. Multiple shoot regeneration from immature embryo explants of papaya. Biol Plantarum. 47(3): 327 - 331.

Bindu, B. and B. Podikunju. 2017. Tissue culture protocol for in-vitro propagation of papaya (*Carica papaya* L.). J Krishi Vigyan. 6(1): 205 - 212.

Bruce, S. and C.A. Peter, 2008. Handbook of Environmental Physiology of Fruit Crops. 1st Ed. pp: 217.

Graystona, S.J., S. Wangb, C.D. Campbella, and Edwards, A.C. 1998. Selevtive influence of plant species on microbial diversity in the rhizosphere. Soil Biol and Biochem. 30(3): 369 - 378.

Mumo, N. N., F. K. Rimberia, G. E. Mamati, and A. W. Kihurani. 2013. In vitro regeneration of selected Kenyan papaya (Carica papaya L.) lines through shoot tip culture. Afr. J. Biotechnol. 12(49): 6826 - 6832.

Murashige, T. and F. Skoog. 1962. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue culture. Physiol. Plant. 15: 473 - 497.

Radzuan, N.S., N.A. Hasbullah, F.K.A. Patah, H. Idris, and M. M. Lassim. 2018. Effects of plant growth regulators on shoot regeneration and callus induction of Carica papaya L. 32 - 35. In 12th Int’l Conference on Advances in Agricultural, Chemical, Biological & Medical Sciences (AACBMS-18) August 6-8, 2018 Pattaya (Thailand).

Setargie, A., F. Mekbib, and E. Abraha. 2015. In vitro propagation of papaya (Carica papaya L.). WORLD J. Agric Sci 11(2): 84 - 88.

Soliman, H.I., M. Gabr, and N.A. Abdallah, (2010). Efficient transformation and regeneration of fig (Ficus carica L.) via somatic embryogenesis. GM Crops. 1(1): 40 - 51.