

ผลของวัสดุปลูกและขนาดถุงปลูกต่อการเจริญเติบโตของต้นอ่อนกล้วยหอมทอง

Effect of growing media and bag sizes on growth of 'Hom Thong' banana plantlets

อภิรยา เทพสุคนธ์^{1*}, สุขภา ผาสุข¹, พันธวิทย์ สังข์สมล¹ และ กมลทิพย์ คำเฝ้า¹

Apiraya Thepsukhon^{1*}, Suchada Pasuk¹, Pantawit Sangsumon¹ and Kamonthip Khamfao¹

¹ สาขาพืชศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา น่าน

¹ Plant Science, Faculty of Science and Agricultural Technology, Rajamangala University of Technology Lanna, Nan

บทคัดย่อ: กล้วยหอมทอง (Hom Thong banana) เป็นผลไม้เศรษฐกิจของประเทศไทย มีความต้องการของตลาดต่างประเทศเป็นจำนวนมาก แต่ประเทศไทยยังไม่สามารถผลิตผลผลิตได้เพียงพอต่อความต้องการของตลาด เนื่องจากปริมาณผลผลิตที่ผลิตได้มีความไม่สม่ำเสมอ เพราะหน่อกล้วยหอมทองที่นำไปปลูกมักประสบปัญหาโรคตายพราย และใบจุด เป็นต้น แต่หากใช้ต้นกล้าพันธุ์ที่ได้จากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ จะสามารถช่วยแก้ปัญหาโรคต่างที่ติดมากับหน่อแม่พันธุ์ และให้ผลผลิตที่สามารถเก็บเกี่ยวได้พร้อมกัน จึงทำให้สามารถวางแผนจัดการผลผลิตให้มีปริมาณตามความต้องการของตลาดได้ วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้ เพื่อศึกษาวัสดุปลูกและขนาดของถุงปลูกต่อการเจริญเติบโตของต้นอ่อนกล้วยหอมทองที่ได้จากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์และแบ่งออกเป็น 2 การทดลอง คือ การทดลองที่ 1 ศึกษาผลของวัสดุปลูกที่แตกต่างกันต่อการเจริญเติบโตของต้นอ่อนกล้วยหอมทองในกระถางขนาด 4 นิ้ว โดยใช้วัสดุปลูกที่แตกต่างกัน 4 สูตร ได้แก่ 1) พีทมอส 2) พีทมอส:ทราย (1:1) 3) พีทมอส:ทราย:ถ่านแกลบ (1:1:1) และ 4) พีทมอส:ทราย:ถ่านแกลบ:ขุยมะพร้าว (1:1:1:1) ในอัตราส่วนที่เท่ากันโดยปริมาตร ส่วนการทดลองที่ 2 ศึกษาขนาดถุงปลูกต่อการเจริญเติบโตของต้นอ่อนกล้วยหอมทอง โดยเลือกใช้ถุงปลูก 4 ขนาด ได้แก่ 1) 4x12 นิ้ว 2) 5x10 นิ้ว 3) 5x12 นิ้ว และ 4) 6x12 นิ้ว ผลการทดลองพบว่าในการทดลองที่ 1 วัสดุปลูกทั้ง 4 สูตร ให้ผลการเจริญเติบโตของต้นอ่อนกล้วยหอมทองไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีความสูงต้นสูงสุด คือ 16.80 ซม. ส่วนการทดลองที่ 2 พบว่าขนาดถุงปลูก 6x12, 5x12 และ 5x10 นิ้ว ทำให้ต้นอ่อนกล้วยหอมทองมีการเจริญเติบโตและคุณภาพดีที่กว่าขนาด 4x12 นิ้ว โดยมีความสูงต้น 58.24, 57.13, 56.63 และ 45.33 ซม. ตามลำดับ

คำสำคัญ: กล้วยหอมทอง; วัสดุปลูก; ขนาดถุง; การย้ายต้นอ่อนออกปลูก; พีทมอส

ABSTRACT: Hom Thong Banana is the economic fruit of Thailand which is needed by many overseas markets. However, Thailand still can't produce enough Hom Thong banana to meet the demand of the market. Due to the discontinuous production, the Hom Thong banana shoots are planted that often suffer from Panama disease and leaf spot disease. The Hom Thong plantlet from tissue culture is popularly used in the mother plant for propagation, allowing for easy and efficient production control planning. This research aimed to study the planting materials and the size of planting bags on the growth of the Hom Thong plantlet. A completely randomized design (CRD) was used in this experiment and divided into two trials. Experiment 1 was studied on different planting materials for the growth of the Hom Thong plantlet in 4-inch pots. Four different planting materials were selected: 1) peat moss, 2) peat moss:sand (1:1), 3) peat moss:sand:rice husk charcoal (1:1:1), and 4) peat moss:sand:rice husk charcoal:coconut coir (1:1:1:1). Experiment 2 studied the sizes of planting bags for the growth of the Hom Thong plantlet. Four different planting bags were investigated: 1) 4x12 inch, 2) 5x10 inch, 3) 5x12 inch, and 4) 6x12 inch. In experiment 1, it was

* corresponding author: apiraya@rmutl.ac.th

Received: date; May 24, 2022 Accepted: date; October 28, 2022 Published: date; January 5, 2023

found that all four planting materials showed no statistically significant difference in the growth of the Hom Thong plantlets. The highest plant height is 16.80 cm. In experiment 2, it was found that the bag sizes of 6x12, 5x12, and 5x10 inches showed better growth and quality of the Hom Thong plantlets than the 4x12 inches size, with plant heights of 58.24, 57.13, 56.63, and 45.33 cm, respectively.

Keywords: Hom Thong banana; planting material; bag size; transplanting plantlet; peat moss

บทนำ

กล้วยหอมทอง (Hom Thong Banana) เป็นผลไม้เศรษฐกิจของประเทศไทย มีการส่งออกไปจำหน่ายต่างประเทศ เช่น ญี่ปุ่น และอังกฤษ (จิระศักดิ์ และคณะ, 2560) โดยในปี 2564 มีปริมาณการส่งออก 7,118.2 ตัน คิดเป็นมูลค่าการส่งออกจำนวน 222.45 ล้านบาท (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2565) กล้วยหอมทองมีคุณค่าทางอาหารสูงและยังเป็นแหล่งของพลังงาน โดยเฉพาะคาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน มีธาตุฟอสฟอรัสและแคลเซียมสูง มีสรรพคุณทางยาประกอบด้วยวิตามินหลายชนิด เช่น เบต้าแคโรทีน วิตามินซี และไนอะซิน เป็นต้น (วารินทร์, 2558; Maharana et al., 2017) การขยายพันธุ์กล้วยหอมทองโดยวิธีการใช้หน่อจะประสบปัญหาเกี่ยวกับโรคพืช เช่น โรคตายพรายและโรคใบจุด เป็นต้น ซึ่งจะติดมากับหน่อเหล่านั้น (เบญจมาศ, 2558) แต่หากใช้ต้นอ่อนกล้วยหอมทองที่ได้จากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อจะสามารถแก้ไขปัญหานี้ได้ เนื่องจากต้นอ่อนกล้วยหอมทองที่ได้จากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อจะปราศจากโรค (pathogen-free) ลักษณะต้นมีความสม่ำเสมอ มีลักษณะพันธุกรรมที่เหมือนกับต้นแม่ทุกประการ และสามารถผลิตได้จำนวนมาก (พิบูล และคณะ, 2562; Daungban et al., 2017) ทำให้ในปัจจุบันการปลูกกล้วยหอมทองจึงนิยมใช้ต้นกล้าพันธุ์ที่ได้จากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ เพื่อสามารถวางแผนการผลิตได้ง่ายและควบคุมได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทำให้ต้องใช้ต้นกล้าจำนวนมากในการเตรียมปลูกเพื่อให้ได้ผลผลิตที่สามารถเก็บเกี่ยวได้พร้อมกัน

งานวิจัยส่วนใหญ่ของกล้วยหอมทองเน้นการศึกษาเกี่ยวกับสรีรวิทยา การเพิ่มปริมาณคุณภาพและผลผลิต มีเพียงส่วนน้อยที่ศึกษาเกี่ยวกับวัสดุปลูกและภาชนะในระยะอนุบาล วัสดุปลูกที่นิยมนำมาใช้ในการอนุบาลต้นอ่อนพืชที่ได้จากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อมีหลายชนิด เช่น พีทมอส หวาย ขุยมะพร้าว กาบมะพร้าวสับ แกลบดิบ และถ่านแกลบ เป็นต้น ส่วนใหญ่นิยมใช้พีทมอสเป็นวัสดุปลูกในการเพาะเลี้ยงอนุบาลต้นอ่อนภายในโรงเรือน เนื่องจากมีอินทรีย์วัตถุสูง พีทมอสได้มาจากการสลายตัวของสแฟกนัม (sphagnum) หรือมอสชนิดอื่น ๆ สามารถอุ้มน้ำได้มาก 15 เท่าของน้ำหนักแห้ง มีความเป็นกรดสูง (นันทิยา, 2553) มีอินทรีย์วัตถุ 98-99% ไนโตรเจน 0.8-1.0% ฟอสฟอรัส 0.01-0.03% โพแทสเซียม 0.01-0.2% แมกนีเซียม 0.1-0.2% และแคลเซียม 0.1-0.25% (Theriault and Hachey Peat Moss Ltd, 2013) นอกจากนี้ยังมีการศึกษาการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชชนิดต่าง ๆ ที่ใช้พีทมอสเป็นวัสดุปลูกในการอนุบาลต้นอ่อน เช่น กล้วยหิน (นุชจรี และคณะ, 2562) สตรอว์เบอร์รี (Wafaa and Wahdan, 2017) หน้าวัว (Keatmetha and Suksa-ard, 2004) และหม้อข้าวหม้อแกงลิง (สุรวิช และคณะ, 2562) เป็นต้น แต่อย่างไรก็ตามพีทมอสจะต้องนำเข้าจากต่างประเทศ เช่น แคนาดา เยอรมนี และไอร์แลนด์ (นันทิยา, 2553) ทำให้มีราคาแพงและไม่สามารถนำกลับมาใช้ซ้ำได้ (Rodríguez et al., 2017) ส่งผลทำให้มีต้นทุนการผลิตเพิ่มสูงขึ้น ดังนั้นหากต้องการลดต้นทุนจึงต้องเลือกใช้วัสดุปลูกที่หาได้ง่ายและราคาไม่แพง ยกตัวอย่างเช่น หวายจะช่วยทำให้วัสดุปลูกโปร่งมากขึ้น ถ่านแกลบช่วยในการอุ้มน้ำ ช่วยรักษาความชื้นให้กับรากพืชได้ และขุยมะพร้าวมีน้ำหนักเบา สามารถอุ้มน้ำได้ดี จากคุณสมบัติดังกล่าวจึงเลือกมาทดแทนการใช้พีทมอสเพียงอย่างเดียว ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงสนใจศึกษาวัสดุปลูกที่เหมาะสมในการอนุบาลต้นอ่อนกล้วยหอมทองที่ได้จากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ และขนาดถุงปลูกที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของต้นอ่อนกล้วยหอมทองเป็นเวลา 3 เดือน ให้พร้อมเพื่อการจำหน่ายเป็นหน่อต้นพันธุ์ได้

วิธีการศึกษา

ต้นพันธุ์และสถานที่ทดลอง

ต้นอ่อนกล้วยหอมทองจากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อภายในห้องปฏิบัติการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อของสาขาพืชศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา น่าน ในช่วงเดือน กันยายน พ.ศ. 2563 ถึงเดือน มีนาคม พ.ศ. 2564

การทดลองที่ 1 ศึกษาผลของวัสดุปลูกที่แตกต่างกันต่อการเจริญเติบโตของต้นอ่อนกล้วยหอมทอง

ย้ายขวดเพาะเลี้ยงต้นอ่อนกล้วยหอมทองในสภาพปลอดเชื้อที่มีอายุประมาณ 3 เดือน มาวางเลี้ยงที่อุณหภูมิห้อง โดยมีอุณหภูมิประมาณ 28 ± 2 °ซ. เป็นเวลา 2 วัน ในระหว่างนั้นทำการให้แสงสีขาวจากหลอดไฟฟลูออเรสเซนต์เป็นเวลา 14 ชม./วัน หลังครบกำหนด คลายฝาขวดเพาะเลี้ยงทิ้งไว้เป็นเวลา 1 วัน ที่อุณหภูมิห้องเฉลี่ย 28 ± 2 °ซ. จากนั้นคัดเลือกต้นอ่อนกล้วยหอมทองที่มีความสูงต้นประมาณ 4 ซม. มีลักษณะต้นและรากที่แข็งแรงสมบูรณ์ แล้วนำต้นอ่อนกล้วยหอมทองมาแช่สารละลายคาเบนดาซิมเพื่อป้องกันเชื้อราเป็นเวลา 10 นาที นำต้นอ่อนกล้วยหอมทองมาปลูกในวัสดุปลูกที่แตกต่างกัน 4 สูตร ได้แก่ 1) พีทมอส 2) พีทมอส:ทราย (1:1 โดยปริมาตร) 3) พีทมอส:ทราย:ถ่านแกลบ (1:1:1 โดยปริมาตร) และ 4) พีทมอส:ทราย:ถ่านแกลบ:ขุยมะพร้าว (1:1:1:1 โดยปริมาตร) นำวัสดุปลูกแต่ละสูตรมาร่อนผ่านตะแกรง แล้วนำมาผสมให้เข้ากันก่อนนำไปบรรจุลงในกระถางพลาสติกสีดำขนาด 4 นิ้ว จากนั้นทำการอนุบาลต้นอ่อนกล้วยหอมทองเป็นเวลา 3 เดือน โดยวางเลี้ยงในโรงเรือนที่มีการพรางแสง 80% วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomized design) เปรียบเทียบผลค่าเฉลี่ยด้วยวิธี least significant difference (LSD) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 จำนวน 12 ซ้ำ เก็บบันทึกข้อมูลความสูงต้น ความยาวใบ ความกว้างใบ จำนวนใบ และทำการถอดกระถางแล้วล้างรากเพื่อเก็บข้อมูลจำนวนราก และความยาวราก ในแต่ละเดือนเป็นเวลา 3 เดือน

การทดลองที่ 2 ศึกษาผลของขนาดถุงปลูกต่อการเจริญเติบโตของต้นอ่อนกล้วยหอมทอง

ทำการอนุบาลต้นอ่อนจากขวดเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ โดยปลูกเลี้ยงในโรงเรือนที่มีการพรางแสง 80% เป็นระยะเวลา 2 เดือน จากนั้นทำการคัดเลือกต้นอ่อนที่มีความสูงประมาณ 7 ซม. จากต้นอ่อนที่ได้รับการอนุบาลไว้มาทำการทดลองปลูกลงในถุงปลูกขนาดแตกต่างกัน แล้วทำการย้ายไปอนุบาลในโรงเรือนที่มีการพรางแสง 50% วัสดุปลูกพีทมอส:ทราย:ถ่านแกลบ:ขุยมะพร้าว ในอัตราส่วน 1:1:1:1 โดยปริมาตร เป็นเวลา 2 เดือน จากนั้นคัดเลือกต้นที่มีความสูงประมาณ 7 ซม. ย้ายปลูกลงในถุงปลูก 4 ขนาด ได้แก่ 1) 4x12 นิ้ว 2) 5x10 นิ้ว 3) 5x12 นิ้ว และ 4) 6x12 นิ้ว โดยใช้วัสดุปลูกเป็น ดินร่วน:แกลบดิบ:ถ่านแกลบ:ปุ๋ยคอก ในอัตราส่วน 1:1:1:0.5 โดยปริมาตร และใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 ในปริมาณ 3.5 กรัมต่อต้น เดือนละ 2 ครั้ง เป็นเวลา 3 เดือน วางเลี้ยงภายในโรงเรือนที่มีการพรางแสง 50 เปอร์เซ็นต์ วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomized design) เปรียบเทียบผลค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธี least significant difference (LSD) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 จำนวน 12 ซ้ำ เก็บข้อมูลความสูงต้น ความยาวใบ ความกว้างใบ จำนวนใบ เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นเทียม และทำการถอดกระถางแล้วล้างรากเพื่อเก็บข้อมูลจำนวนราก และความยาวราก ในแต่ละเดือนเป็นเวลา 3 เดือน

ผลการศึกษา

การทดลองที่ 1 ศึกษาผลของวัสดุปลูกที่แตกต่างกันต่อการเจริญเติบโตของต้นอ่อนกล้วยหอมทอง

การเจริญเติบโตของต้นอ่อนกล้วยหอมทอง หลังจากทำการย้ายอนุบาลต้นอ่อนลงในวัสดุปลูกที่แตกต่างกัน เป็นระยะเวลา 3 เดือน พบว่าในเดือนที่ 1 มีผลการเจริญเติบโตทางลำต้นไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ยกเว้นจำนวนใบ และความกว้างใบ (Table 1, Table 2 and Figure 1) การใช้วัสดุปลูกพีทมอส:ทราย:ถ่านแกลบ:ขุยมะพร้าว มีจำนวนใบสูงที่สุด คือ 4.33 ใบ ส่วนการใช้วัสดุปลูก พีทมอส:ทราย:ถ่านแกลบ ให้ความกว้างใบมากที่สุด คือ 1.80 ซม. ในเดือนที่ 2 หลังจากทำการย้ายอนุบาลต้นอ่อนกล้วยหอมทอง พบว่าการใช้วัสดุปลูกที่แตกต่างกันทั้ง 4 สูตร ต้นอ่อนกล้วยหอมทองมีความสูงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ การใช้วัสดุปลูกพีทมอส:ทราย:ถ่านแกลบ:ขุยมะพร้าว ทำให้ต้นอ่อนมีความสูงต้นสูงที่สุด คือ 12.58 ซม. รองลงมาได้แก่ การใช้วัสดุปลูกพีทมอส:ทราย:ถ่านแกลบ ทำให้ต้นอ่อนมีความสูงต้น 9.39 ซม. ส่วนการใช้วัสดุปลูกพีทมอสเพียงอย่างเดียว ทำให้ต้นอ่อนมีความสูงต้นน้อยที่สุด คือ 7.18 ซม. (Table 1) หลังจากทำการย้ายอนุบาล 3 เดือน พบว่าการใช้วัสดุปลูกต่างชนิดกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ไม่ว่าจะเป็นการเจริญเติบโตทางลำต้น (Table 1 and Table 2) และรากของต้นอ่อนกล้วยหอมทอง (Table 3) แต่เมื่อเปรียบเทียบความสูงของต้น พบว่าการใช้วัสดุปลูกพีทมอสมีความสูงต้นสูงที่สุด คือ 16.80 ซม. รองลงมาได้แก่ การใช้วัสดุปลูกพี

ทมอส:ทราย:ถ่านแกลบ และพีทมอส:ทราย:ถ่านแกลบ:ขุยมะพร้าว มีความสูงต้น 16.18 และ 15.59 ซม. ตามลำดับ ส่วนการใช้วัสดุปลูกพีทมอส:ทราย ให้ความสูงต้นน้อยที่สุด คือ 13.58 ซม.

Table 1 Effect of growing media on plant height and leaf number of Hom Thong Banana plantlets at 1, 2 and 3 months

Planting materials	Plant height (cm)			Leaves number (leaves)		
	month			month		
	1	2	3	1	2	3
Peat moss	5.70	7.18 ^b	16.80	3.33 ^{ab}	4.67	7.00
Peat moss: Sand (1:1)	5.39	8.69 ^{ab}	13.58	4.00 ^{ab}	5.00	6.33
Peat moss: Sand: Rice husk charcoal (1:1:1)	5.72	9.39 ^{ab}	16.18	2.33 ^b	6.33	6.67
Peat moss: Sand: Rice husk charcoal: Coconut coir (1:1:1:1)	6.28	12.58 ^a	15.59	4.33 ^a	5.67	5.67
F-test	ns	*	ns	*	ns	ns
CV%	21.29	28.94	28.25	28.57	22.61	13.50

* Mean with in the column with different superscript letters differ significant ($p < 0.05$)

ns = Nonsignificant ($P > 0.05$)

Table 2 Effect of growing media on leaves length and leaves width of Hom Thong Banana plantlets at 1, 2 and 3 months

Planting materials	Leaf length (cm)			Leaf width (cm)		
	month			month		
	1	2	3	1	2	3
Peat moss	2.58	5.29	9.59	1.33 ^{ab}	2.19	4.29
Peat moss: Sand (1:1)	2.97	5.25	9.29	1.12 ^b	1.98	3.69
Peat moss: Sand: Rice husk charcoal (1:1:1)	3.44	5.59	9.39	1.80 ^a	2.06	3.86
Peat moss: Sand: Rice husk charcoal: Coconut coir (1:1:1:1)	2.98	6.15	9.23	1.19 ^b	2.29	3.89
F-test	ns	ns	ns	*	ns	ns
CV%	20.76	15.06	9.73	22.95	17.55	14.78

* Mean with in the column with different superscript letters differ significant ($p < 0.05$)

ns = Nonsignificant ($P > 0.05$)

Table 3 Effect of planting medias on root length and root number of Hom Thong Banana plantlets at 1, 2 and 3 months

Planting materials	Root length (cm)			Root number (root)		
	month			month		
	1	2	3	1	2	3
Peat moss	5.19	7.16	21.24	3.38	7.69	14.69
Peat moss: Sand (1:1)	5.39	10.66	30.87	4.69	10.39	16.68
Peat moss: Sand: Rice husk charcoal (1:1:1)	6.68	13.24	22.56	5.69	11.69	17.57
Peat moss: Sand: Rice husk charcoal: Coconut coir (1:1:1:1)	5.38	13.96	22.32	4.39	9.52	13.69
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV%	29.14	28.17	35.02	26.94	22.69	17.39

ns = Nonsignificant ($P>0.05$)

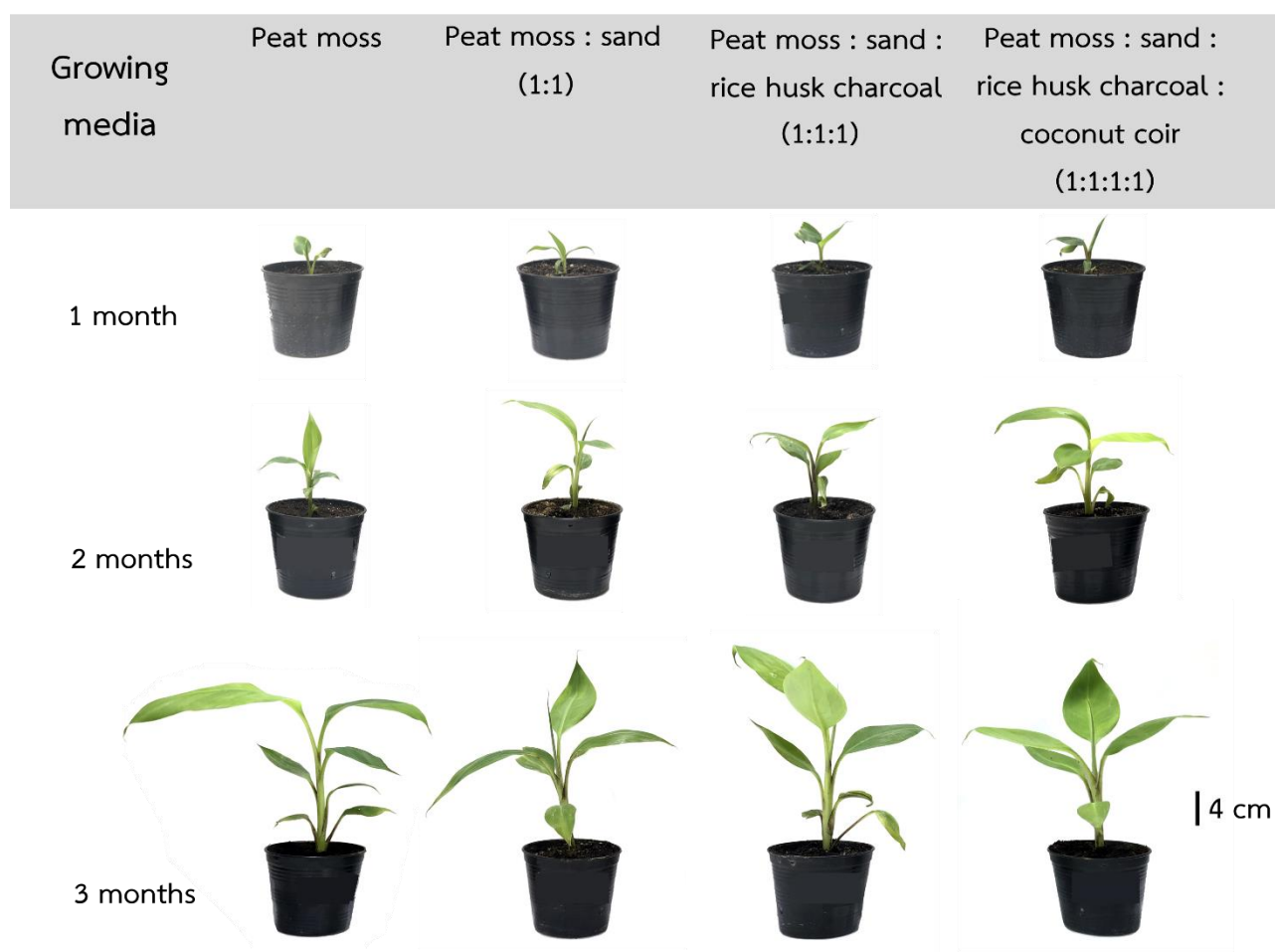


Figure 1 Morphological developments of Hom Thong Banana plantlets with different planting medias after transplanting seedlings at 1, 2 and 3 months

การทดลองที่ 2 ศึกษาผลของขนาดถุงปลูกต่อการเจริญเติบโตของต้นอ่อนกล้วยหอมทอง

การเจริญเติบโตของต้นอ่อนกล้วยหอมทอง หลังจากนำต้นอ่อนที่ผ่านการเพาะเลี้ยงอนุบาลภายในโรงเรือนเป็นเวลา 2 เดือน ย้ายปลูกลงในถุงปลูกที่มีขนาดแตกต่างกัน 4 ขนาด แล้วเลี้ยงในโรงเรือนที่มีการพรางแสง 50% เป็นเวลา 3 เดือน (Figure 2) พบว่าในเดือนที่ 1 ต้นอ่อนกล้วยหอมทองให้ค่าความสูงต้นและเส้นผ่าศูนย์กลางลำต้นเทียม (pseudostem) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 4 and Table 5) การใช้ขนาดถุงปลูก 5x12 นิ้ว มีความสูงต้นสูงที่สุด คือ 10.53 ซม. และการใช้ขนาดถุงปลูก 5x10 นิ้ว มีเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นเทียมมากที่สุด คือ 0.87 ซม. ในเดือนที่ 2 การเจริญเติบโตของต้นอ่อนกล้วยหอมทองให้ผลการทดลองแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ยกเว้นความกว้างใบ ความยาวราก และจำนวนราก (Table 4 and Table 5) การใช้ขนาดถุงปลูก 6x12 นิ้ว ให้ความสูงต้น ความยาวใบ และเส้นผ่าศูนย์กลางลำต้นเทียมดีที่สุด คือ 31.33, 33.08 และ 2.36 ซม. ตามลำดับ ผลการทดลองในเดือนที่ 3 พบว่าการเจริญเติบโตของต้นอ่อนกล้วยหอมทองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ยกเว้นจำนวนใบ และความยาวราก (Table 4 and Table 5) การใช้ขนาดถุงปลูก 6x12 นิ้ว ให้ผลการเจริญเติบโตทางลำต้นดีที่สุด โดยมีความสูงต้น 58.27 ซม. ความยาวใบ 59.44 ซม. ความกว้างใบ 24.90 ซม. เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นเทียม 4.10 ซม. และจำนวนราก 31.06 ราก ซึ่งให้ผลการเจริญเติบโตที่ดีกว่าการใช้ขนาดถุงปลูกอื่น ๆ ส่วนการใช้ขนาดถุงปลูก 4x12 นิ้ว ให้ผลการเจริญเติบโตทางลำต้นและรากน้อยที่สุด โดยมีความสูงต้น 45.33 ซม. และความยาวราก 50.90 ซม.

Table 4 Effect of bag sizes on plant height, leaves length, leaves width and leaves number of Hom Thong Banana plantlets after transplanting seedlings

bag sizes (inch)	Plant height (cm)			Leaves length (cm)			Leaves width (cm)			Leaves number (leaves)		
	month			month			month			month		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
4x12	9.33 ^{ab}	22.67 ^c	45.33 ^b	9.89	26.98 ^b	46.94 ^b	3.65	12.73	21.04 ^b	5.33	7.67 ^b	11.47
5x10	10.50 ^{ab}	27.83 ^b	56.63 ^a	9.70	31.27 ^{ab}	51.66 ^b	3.88	14.00	22.43 ^b	6.67	8.33 ^{ab}	11.53
5x12	10.53 ^a	26.32 ^b	57.13 ^a	10.46	30.06 ^{ab}	52.11 ^b	4.16	13.72	21.89 ^b	5.33	9.67 ^a	12.33
6x12	9.17 ^b	31.33 ^a	58.27 ^a	8.93	33.08 ^a	59.44 ^a	3.26	15.00	24.90 ^a	4.64	9.33 ^{ab}	12.07
F-test	*	*	*	ns	*	*	ns	ns	*	ns	*	ns
CV%	10.83	5.17	9.89	13.65	7.62	6.53	14.55	9.19	5.29	24.62	10.43	7.35

^{a b c} Mean with in the column with different superscript letters differ significant ($p < 0.05$)

ns = Nonsignificant ($p > 0.05$)

Table 5 Effect of bag sizes on pseudostem diameter, root length and root number of Hom Thong Banana plantlets after transplanting seedlings

bag sizes (inch)	Pseudostem diameter (cm)			Root length (cm)			Root number (root)		
	month			month			month		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
4x12	0.79 ^{ab}	1.88 ^b	3.02 ^b	19.33	44.07	50.90	11.67	16.67	22.83 ^b
5x10	0.87 ^a	2.15 ^{ab}	3.72 ^a	26.67	40.63	52.13	13.33	19.67	28.88 ^a
5x12	0.78 ^{ab}	1.84 ^b	3.78 ^a	20.47	41.77	55.67	10.67	17.33	28.89 ^a
6x12	0.73 ^b	2.36 ^a	4.10 ^a	24.17	42.86	56.33	14.00	18.67	31.06 ^a
F-test	*	*	*	ns	ns	ns	ns	ns	*
CV%	8.41	8.20	5.71	21.00	14.55	12.65	18.01	9.31	12.94

^{a b c} Mean with in the column with different superscript letters differ significant ($P < 0.05$)

ns = Nonsignificant ($P > 0.05$)

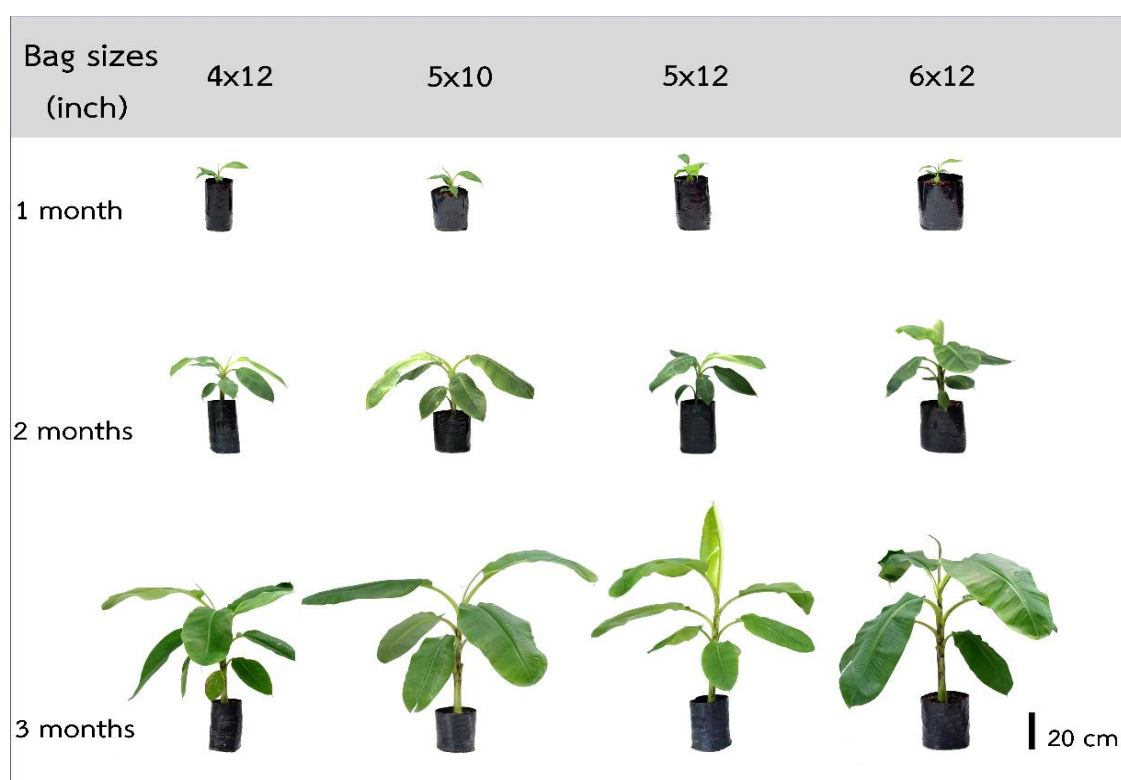


Figure 2 Morphological development of Hom Thong Banana plantlet with different bag sizes after transplanting seedlings at 1, 2 and 3 months



Figure 3 Plant growth and root development morphology of Hom Thong Banana plantlet with different bag sizes after transplanting seedlings at 1, 2 and 3 months

วิจารณ์

การทดลองที่ 1 ศึกษาผลของวัสดุปลูกที่ต่างกันต่อการเจริญเติบโตของต้นอ่อนกล้วยหอมทอง

โดยปกติดินเป็นวัสดุปลูกที่นิยมใช้ในการปลูกพืช แต่ในดินจะมีจุลินทรีย์ก่อโรคมามาก หากนำมาใช้เป็นวัสดุปลูกสำหรับต้นอ่อนที่ได้จากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่ออาจส่งผลกระทบต่อต้นอ่อนได้ จึงนิยมใช้พีทมอส ซึ่งพีทมอสเป็นวัสดุปลูกที่มีความอุดมสมบูรณ์สูงสามารถใช้แทนดินในการอนุบาลต้นอ่อนได้ แต่พีทมอสมีราคาแพง จึงต้องการเลือกวัสดุปลูกที่มีราคาถูก และสามารถหาได้ง่ายมาใช้ผสมรวมเป็นวัสดุปลูก การใช้กระถางพลาสติกสีดำขนาด 4 นิ้ว สำหรับปลูกเลี้ยงเป็นระยะเวลา 3 เดือน เป็นภาชนะและระยะเวลาที่เหมาะสม เนื่องจากต้นอ่อนกล้วยหอมทอง มีการเจริญเติบโตเร็ว และรากมีจำนวนมาก หากปลูกเลี้ยงไว้นานกว่า 3 เดือน จะทำให้รากเจริญอัดแน่นอยู่ในกระถาง และมีบางส่วนเจริญออกมานอกกระถาง จึงต้องมีการเปลี่ยนภาชนะปลูกให้มีขนาดใหญ่ขึ้นอีกครั้งก่อนนำไปปลูกลงแปลงได้ จากการศึกษาวัสดุปลูกในการอนุบาลต้นอ่อนกล้วยหอมทอง หลังจากย้ายต้นอ่อนลงปลูกในกระถางพลาสติกสีดำขนาด 4 นิ้ว เป็นระยะเวลา 3 เดือน จากผลการทดลองการเลือกใช้วัสดุปลูกชนิดอื่นมาผสมกับพีทมอสในการอนุบาลต้นอ่อนกล้วยหอมทอง สามารถให้ผลการเจริญเติบโตทางด้านลำต้น และรากไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังนั้นการเลือกใช้วัสดุปลูก ได้แก่ ทราย ถ่านแกลบ และขุยมะพร้าว นำมาเป็นวัสดุปลูกผสมกับพีทมอสในการเพาะเลี้ยงอนุบาลต้นอ่อนกล้วยหอมทองได้ ซึ่งสามารถใช้ทดแทนการใช้วัสดุปลูกพีทมอสเพียงอย่างเดียว เนื่องจากทราย, ถ่านแกลบ และขุยมะพร้าวเป็นวัสดุปลูกที่หาง่าย มีราคาไม่แพง เมื่อคำนวณราคาวัสดุปลูกต่อกระถางขนาด 4 นิ้ว ที่แตกต่างกันทั้ง 4 สูตร ได้แก่ 1) พีทมอส 2) พีทมอส:ทราย (1:1 โดยปริมาตร) 3) พีทมอส:ทราย:ถ่านแกลบ (1:1:1 โดยปริมาตร) และ 4) พีทมอส:ทราย:ถ่านแกลบ:ขุยมะพร้าว (1:1:1:1 โดยปริมาตร) ทำให้ทราบว่าวัสดุปลูกแต่ละสูตรมีราคาเท่ากับ 3.22, 1.73, 1.49 และ 1.29 บาท/กระถาง ตามลำดับ ดังนั้นการเลือกใช้ ทราย, ถ่านแกลบ และขุยมะพร้าว มาผสมในวัสดุปลูกเพื่อจะช่วยลดปริมาณการใช้พีทมอส และช่วยลดต้นทุนของราคาวัสดุปลูกได้ ซึ่งวัสดุปลูกแต่ละชนิดมีคุณสมบัติที่ต่างกัน โดยทรายมีอนุภาคขนาดใหญ่ มีความคงตัวสูงช่วยเพิ่มความโปร่ง จึงช่วยเพิ่มความโปร่ง เพิ่มช่องว่างของอากาศและช่วยระบายน้ำได้ดี (Hartmann et al., 2002; Kumar, 2015) ส่วนถ่านแกลบเป็นวัสดุที่ได้จากการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ของเปลือกข้าว

(แกลบดิบ) จึงเป็นวัสดุปลูกที่สะอาด มีน้ำหนักเบาเนื่องจากมีรูพรุนมาก ช่วยเพิ่มความร่วนซุย ความโปร่งของดินและสามารถอุ้มน้ำได้ดี นอกจากนี้แกลบยังมีแร่ธาตุโพแทสเซียม, แคลเซียม, แมกนีเซียม และทองแดง เป็นต้น (Singh, et al., 2019; Mot et al., 2021) สำหรับขุยมะพร้าวมีน้ำหนักเบา สามารถอุ้มน้ำได้ดีทำให้เก็บความชื้นไว้ได้นาน สามารถดูดซับน้ำได้รวดเร็ว มีความยืดหยุ่นตัวดี ไม่อัดแน่นง่าย มีส่วนประกอบของธาตุฟอสฟอรัสและโพแทสเซียม (Abad et al., 2002; Kumar, 2015) จากคุณสมบัติของวัสดุชนิดต่าง ๆ ที่นำมาผสมรวมกับพีทมอสจะทำให้วัสดุผสมของแต่ละสูตรมีความโปร่งมากขึ้น แต่ยังคงสามารถในการอุ้มน้ำและรักษาความชื้นให้รากของต้นอ่อนได้ ถึงแม้ว่าจะมีธาตุอาหารน้อยกว่าพีทมอส ซึ่งจากผลการเจริญเติบโตของต้นอ่อนในเดือนที่ 2 การใช้วัสดุพีทมอส:ทราย:แกลบดิบ:ขุยมะพร้าวทำให้ต้นอ่อนกล้วยหอมทองมีการเจริญเติบโตดีกว่าวัสดุปลูกสูตรอื่น แต่เมื่อทำการอนุบาลในระยะเวลา 3 เดือน ต้นอ่อนกล้วยหอมทองมีการเจริญเติบโตน้อยกว่าการใช้พีทมอสเพียงอย่างเดียว แสดงว่าธาตุอาหารในวัสดุปลูกลดลงไม่เพียงพอต่อการเจริญเติบโต ดังนั้นหากทำการอนุบาลต้นกล้วยหอมทองในระยะเวลาสั้นขึ้น ต้องใส่ปุ๋ยเพิ่มเติม ซึ่งสอดคล้องกับการใช้พีทมอส:เพอร์ไลต์ (2:1 โดยปริมาตร) เป็นวัสดุปลูกในการเพาะเลี้ยงอนุบาลต้นอ่อนอโณไมา เป็นเวลา 1 เดือน ทำให้ต้นอ่อนอโณไมามีการเจริญเติบโตด้านความสูงต้น และจำนวนใบมากกว่าการใช้พีทมอสเป็นวัสดุปลูกเพียงอย่างเดียว เนื่องจากพีทมอสเป็นวัสดุปลูกที่สามารถอุ้มน้ำได้มาก แต่มีความโปร่งน้อยจึงทำให้มีช่องว่างของอากาศในวัสดุปลูกน้อย (Barakat and Gaber, 2018) ดังนั้นการใช้พีทมอสผสมกับวัสดุปลูกอื่นที่ช่วยเพิ่มความโปร่งให้มากขึ้น จึงช่วยให้พืชมีการเจริญเติบโตของต้นและรากได้ดีกว่าการใช้พีทมอสเพียงอย่างเดียว

การทดลองที่ 2 ศึกษาผลของขนาดถุงปลูกต่อการเจริญเติบโตของต้นอ่อนกล้วยหอมทอง

จากผลการทดลองที่ 1 ทำให้ทราบว่า การใช้วัสดุปลูกพีทมอส:ทราย:แกลบดิบ:ขุยมะพร้าว ในอัตราส่วน 1:1:1:1 โดยปริมาตร ให้ผลการเจริญเติบโตของต้นอ่อนกล้วยหอมทองดีที่สุดหลังจากการอนุบาลต้นอ่อนเป็นระยะเวลา 2 เดือน ดังนั้นจึงเลือกวัสดุปลูกนี้มาใช้ในการอนุบาลต้นอ่อนก่อนที่จะเริ่มทำการทดลองที่ 2 สำหรับการเจริญเติบโตของต้นอ่อนกล้วยหอมทองที่ปลูกเลี้ยงภายในโรงเรือนที่มีการพรางแสง 50% หลังจากทำการย้ายลงถุง 4 ขนาด ที่แตกต่างกันเป็นเวลา 3 เดือน พบว่าต้นอ่อนที่เพาะเลี้ยงในขนาดถุงใหญ่จะมีการเจริญเติบโตที่เพิ่มขึ้น ทั้งในส่วนของการเจริญเติบโตทางด้านลำต้นและราก (Figure 3, Table 4 and Table 5) โดยต้นอ่อนที่ปลูกลงในถุงขนาด 5x10, 5x12 และ 6x12 นิ้ว มีความสูงต้น, เส้นผ่านศูนย์กลางของลำต้น และจำนวนรากแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับถุงปลูกขนาด 4x12 นิ้ว ซึ่งสอดคล้องกับการรายงานผลของ Poorter et al. (2012) พบว่าการเพิ่มขนาดของภาชนะที่ใช้ปลูกพืชเป็น 2 เท่า ทำให้พืชเพิ่มการผลิตชีวมวลขึ้น 43% เนื่องจากภาชนะปลูกขนาดเล็กทำให้ความสามารถในการอุ้มน้ำลดลงทำให้วัสดุปลูกแห้งได้อย่างรวดเร็ว (Tschaplinski and Blake, 1985) และทำให้พืชมีความเครียดเพิ่มขึ้น (Ray and Sinclair, 1998) จึงส่งผลให้พืชมีการเจริญเติบโตลดลงด้วย มีพื้นที่ใบน้อยและนำไปสู่การสังเคราะห์แสงของพืชที่น้อยกว่าพืชปกติ ดังนั้นต้นอ่อนกล้วยหอมทองที่ย้ายปลูกลงในถุงปลูกขนาด 4x12 นิ้ว ซึ่งเป็นขนาดถุงเล็กที่สุดในการทดลองนี้จึงมีขนาดต้นที่เล็ก และจำนวนรากน้อยกว่าถุงปลูกที่ขนาดใหญ่กว่าทั้ง 3 ขนาด ซึ่งให้ผลการทดลองเหมือนกันทั้ง 3 เดือน การนำพืชที่มีต้นขนาดใหญ่มาปลูกลงในภาชนะที่มีขนาดเล็กกว่าจะส่งผลทำให้ที่รากพืชเจริญเติบโตเป็นก้อนขมวดกันอยู่ที่พื้นของภาชนะบรรจุ ทำให้ความสามารถในการดูดน้ำ สารอาหาร และแร่ธาตุต่างๆ ลดลง (Herold and Mcneil, 1979) โดยการเลือกขนาดถุงปลูกควรคำนึงถึงความเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืชด้วย เพื่อเป็นการลดต้นทุนการผลิตต่าง ๆ เช่น ค่าวัสดุปลูก ค่าแรงงาน และค่าน้ำ เป็นต้น (Adu-Berko et al., 2011) ดังนั้นขนาดถุงปลูกที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของต้นอ่อนกล้วยหอมทองจึงควรเลือกใช้ถุงปลูกขนาด 5x10 นิ้ว เพื่อช่วยในการประหยัดต้นทุนการผลิตเนื่องจากให้ผลการเจริญเติบโตทางด้านลำต้นและรากไม่แตกต่างกันกับการใช้ถุงปลูกขนาด 5x12 และ 6x12 นิ้ว

สรุป

วัสดุปลูกชนิดต่าง ๆ ที่นำมาผสมกับพีทมอส ทำให้ผลการเจริญเติบโตของต้นอ่อนกล้วยหอมทองไม่แตกต่างกัน ดังนั้นการใช้พีทมอส:ทราย:แกลบดิบ:ขุยมะพร้าว ในอัตราส่วน 1:1:1:1 เป็นวัสดุปลูกจะช่วยลดปริมาณการใช้พีทมอส จึงช่วยลดต้นทุนการผลิตได้มากที่สุด โดยมีต้นทุนค่าวัสดุปลูก 1.29 บาทต่อกระถาง สำหรับขนาดถุงปลูกต้นอ่อนกล้วยหอมทองที่มีขนาดใหญ่ขึ้นจะทำให้ต้นอ่อน

กล้วยหอมทองที่มีการเจริญเติบโตและคุณภาพดีขึ้น โดยถุงปลูกขนาด 5x10 นิ้ว เหมาะสำหรับการปลูกลูกต้นอ่อนกล้วยหอมทองมากที่สุด เพราะให้ผลการเจริญเติบโตของลำต้นและรากไม่แตกต่างกับถุงปลูกขนาด 5x12 และ 6x12 นิ้ว

เอกสารอ้างอิง

- จิระศักดิ์ วิชาสวัสดิ์, ประสาทพร กอวยชัย และปิยนุช จันทรมพร. 2560. ผลของ BAP และ IAA ที่มีต่อการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อกล้วยหอมทอง. น. 17-23. ใน: ประชุมวิชาการประจำปี 2560. 7-8 ธันวาคม 2560. มหาวิทยาลัยแม่โจ้, เชียงใหม่.
- นันทยา วรรณะภุติ. 2553. การขยายพันธุ์พืช. พิมพ์ครั้งที่ 4. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ.
- นุชจรี ทัดเศษ, การันต์ ผึ้งบรรหาร และลลิตา อุดธา. 2562. ผลของ BA และ NAA ต่อการเจริญเติบโตและการพัฒนาของกล้วยหินในสภาพปลอดเชื้อ และผลของวัสดุปลูกต่อการเจริญเติบโตในสภาพธรรมชาติ. เกษตรพระจอมเกล้า. 37(2): 262-273.
- เบญจมาศ ศิลาอ้อย. 2558. กล้วย. พิมพ์ครั้งที่ 4. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.
- พิกุล เดชพะละ, ฐิติพร พิทยาวิจิตร และวิบูล เป็นสุข. 2562. อิทธิพลของน้ำมะพร้าวและ BA ต่อการชักนำให้เกิดหน่อกล้วยน้ำว้าพันธุ์มะลิอ่อนในสภาพปลอดเชื้อ. ผลิตรกรรมเกษตร. 1(1): 69-76.
- วารินทร์ งามการุญ. 2558. แผนธุรกิจกล้วยหอมทองในประเทศไทยเพื่อการส่งออกต่างประเทศญี่ปุ่นให้มีความสามารถในการแข่งขันอย่างยั่งยืน. การค้นคว้าอิสระ. มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์. 94 น.
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2565. กล้วยหอม. แหล่งข้อมูล: <http://mis-app.oae.go.th/product/กล้วยหอม>. ค้นเมื่อ 18 สิงหาคม 2565.
- สุรวิษ วรรณไกรโรจน์, ปิยานุช จุลกะ, วสันต์ หนูหนัง และเจนวิทย์ สมอคร. 2562. วัสดุทดแทนพีทมอสในระยะอนุบาลของการผลิตต้นหม้อข้าวหม้อแกงลิง (*Nepenthes ampullaria*) เป็นไม้กระถาง. แก่นเกษตร. 47(1): 169-176.
- Abad, M., P. Noguera, R. Puchades, A. Maquieira, and V. Noguera. 2002. Physico-chemical and chemical properties of some coconut coir dusts for use as a peat substitute for containerised ornamental plants. *Bioresource Technology*. 82: 241-245.
- Adu-Berko, F., I. A. Idun, and F. M. Amoah. 2011. Influence of the size of nursery bag on the growth and development of Cashew (*Anacardium occidentale*) seedlings. *American Journal of Experimental Agriculture*. 1 (4): 440-449.
- Barakat, A.A., and M.K. Gaber. 2018. Micropropagation and *ex vitro* acclimatization of aglaonema plants. *Middle East Journal of Applied Sciences*. 8(4): 1425-1436.
- Daungban, S., P. Pumitapong, and N. Topoonyanont. 2017. Effects of Explants Division by Cutting, Concentrations of TDZ and Number of Sub-culture Cycles on Propagation of 'Kluai Hom Thong' Banana in a Temporary Immersion Bioreactor System. *Thai Journal of Science and Technology*. 6(1): 89-99.
- Hartmann, H.T., D.E. Kester, F.T. Davies, and R.L. Geneve. 2002. *Hartmann and Kester's Plant Propagation Principles and Practices*. 7th ed. Pearson Education, Upper Saddle.
- Herold, A., and P.H. McNeil. 1979. Restoration of photosynthesis in pot-bound tobacco plants. *Journal of Experimental Botany*. 30: 1187-1194.
- Keatmetha, W., and P. Suksa-ard. 2004. Effects of Rooting substrates on *In vitro* rooting of *Anthurium andraeanum* L. cv. Avanti. *Walailak Journal of Science and Technology*. 1(2): 49-55.
- Kumar, V. 2015. Growing media for healthy seedling production. *Van Sangyan*. 2(9): 19-28.
- Maharana K., P.S. Munsia, and S. Beura. 2017. Studies on hardening of in vitro plantlets of banana (*Musa acuminata*) CV. Amritpani. *Journal in Science, Agriculture & Engineering*. 7(24): 247-249.

- Mot, S., S. Khin, V. Peuo, P. Pok, and P. Srean. 2021. Rice husk ash incorporation in container substrates effect on romaine lettuce plant growth. *Journal of Agricultural Sciences*. 4(1): 30-37.
- Poorter, H., J. Bühler, D. van Dusschoten, J. Climent, and J.A. Postma. 2012. Pot size matters: a meta-analysis of the effects of rooting volume on plant growth. *Functional Plant Biology*. 39: 839-850.
- Ray, J.D., and T.R. Sinclair. 1998. The effect of pot size on growth and transpiration of maize and soybean during water deficit stress. *Journal of Experimental Botany*. 49: 1381-1386.
- Rodríguez, A.H., L.R. Hernández, D.O. Barrios, J.P. Luévano, A.C.G. Franco, and V.G. Prieto. 2017. Semicompost and Vermicompost Mixed with peat moss enhance seed germination and development of lettuce and tomato seedlings. *Interciencia*. 42(11): 774-779.
- Singh, R., P. Srivastava, P. Singh, A.K. Sharma, H. Singhe, and A.S. Raghubanshi. 2019. Impact of rice-husk ash on the soil biophysical and agronomic parameters of wheat crop under a dry tropical ecosystem. *Ecological Indicators*. 105: 505-515.
- Therhault and Hachey Peat Moss Ltd. 2013. Analytical Detail of Professional Grades of Peat Moss. Available: <http://thpeat.com/wp-content/uploads/2019/08/Peat-Moss-composition-basic-5-chunks.pdf>. Accessed Apr.20, 2022.
- Tschaplinski, T.J., and T.J. Blake. 1985. Effects of root restriction on growth correlations, water relations and senescence of alder seedlings. *Physiologia Plantarum*. 64: 167-176.
- Wafaa, A.F, and H.M. Wahdan. 2017. Influence of substrates on in vitro rooting and acclimatization of micropropagated strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.). *Middle East Journal of Agriculture*. 6(3): 682-691.