วารสารผลิตกรรมการเกษตร
JOURNAL OF AGRICULTURAL PRODUCTION
MJU

ว. ผลิตกรรมการเกษตร 5(2):79-85
J. Agri. Prod. 2023

ผลของธาตุเหล็ก ผงถ่านกัมมันต์ และวุ้น ต่อการเกิดใบเหลือง และการเจริญเติบโตของปทุมมาลูกผสมสายพันธุ์สีม่วง (Violet) ที่เพาะเลี้ยงในสภาพปลอดเชื้อ

Effects of Iron, Activated Charcoal and Agar on Leaf Chlorosis and Growth of *In Vitro* Curcuma hybrid cv. Violet

ธีรนิติ พวงกฤษ* พัชรา ลาภประสานยิ่ง เฉลิมศรี ทองพึ่งสุข และ เฉลิมศรี นนทสวัสดิ์ศรี
Theeraniti Puangkrit* Phatchara Labprasanying Chaloemsri Tongpeungsook and Chalermsri Nontaswatsri

สาขาพืชสวนประดับ คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่ 50290
Division of Ornamental Horticulture, Faculty of Agricultural Production, Maejo University, Chiang Mai 50290

* Corresponding author: theeraniti@yahoo.com

(Received: 1 September 2021; Revised: 28 April 2022; Accepted: 8 September 2022)

Abstract

The effects of iron, activated charcoal, and agar showed against yellowing leaves and growth of *in vitro* curcuma hybrid cv. Violet. The curcuma plantlets were cultured on the MS medium containing 3% sucrose, activated charcoal, iron, and agar at various levels. The concentration of agar affected the occurrence of leaf yellowness and the growth of curcuma. Using iron (2.78 g L^{-1}) in combination with 0.2% activated charcoal and 2.8 g L^{-1} agar in culturing the curcuma hybrid cultivar, Violet, resulted in the lowest level of leaf yellowness and growing well was found.

Keywords: Iron, activated charcoal, agar, leaf chlorosis

บทคัดย่อ

การศึกษาผลของธาตุเหล็ก ผงถ่านกัมมันต์ และวุ้น ต่อการเกิดใบเหลือง และการเจริญเติบโต ของปทุมมาลูกผสมสายพันธุ์สีม่วง (Violet) ในสภาพปลอดเชื้อ โดยเพาะเลี้ยงต้นปทุมมาบนอาหารสังเคราะห์ สูตร MS ที่ประกอบด้วย น้ำตาลซูโครส 3% ผงถ่านกัมมันต์ เหล็ก และวุ้นในระดับต่าง ๆ พบว่า ความเข้มข้นของธาตุเหล็ก ผงถ่านกัมมันต์ และระดับความเข้มข้นของวุ้น มีผลต่อการเกิดใบเหลืองและการเจริญเติบโตของปทุมมาที่แตกต่างกัน การใช้ธาตุเหล็ก 1 เท่า (2.78 g L^{-1}) ร่วมกับผงถ่านกัมมันต์ 0.2% และวุ้น 2.8 g L^{-1} ในการเพาะเลี้ยงปทุมมาสายพันธุ์สีม่วง (Violet) ทำให้มีระดับความเหลืองของใบน้อยที่สุด และมีการเจริญเติบโตดี

คำสำคัญ: ธาตุเหล็ก ผงถ่านกัมมันต์ วุ้น การเกิดใบเหลือง

คำนำ

การขยายพันธุ์ปทุมมาด้วยการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อเป็นการเพิ่มปริมาณพืชเพื่อให้ได้จำนวนมากในเวลาอันรวดเร็ว โดยการเพาะเลี้ยงจากส่วนของช่อดอกอ่อนจากต้นที่ไม่เป็นโรค และยังมีกาบใบห่อหุ้มอยู่ จะช่วยลดการปนเปื้อนจากภายนอก

ธาตุเหล็ก (Iron; Fe) เป็นธาตุอาหารที่กระตุ้นการสร้างคลอโรฟิลล์ ทำให้ใบพืชมีสีเขียว เป็นแหล่งในการสังเคราะห์แสงของพืช เป็นตัวส่งถ่ายอิเล็กตรอนในขบวนการสังเคราะห์แสง และขบวนการหายใจเพื่อให้ได้พลังงานในการดำรงชีวิตของพืช พืชที่ขาดธาตุเหล็กใบจะมีสีเหลืองซีด (บุญยืน, 2544) โดย Vadim *et al*., 2019 รายงานว่าการขาดธาตุเหล็กเป็นสาเหตุหลักที่ทำให้เกิดอาการใบเหลืองของราสเบอร์รีที่เพาะเลี้ยงในสภาพปลอดเชื้อ ในปัจจุบันมีการใช้เหล็กที่อยู่ในรูป Fe-EDTA ซึ่งสะดวกในการเตรียมอาหารเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อมากขึ้น โดยทั่วไปจะใช้ธาตุเหล็กประมาณ 1 ไมโครโมลาร์ (ประสาทพร, 2541)

การเติมผงถ่านกัมมันต์ (Activated Charcoal; AC) ในอาหาร ในปริมาณ 0.5-30 เปอร์เซ็นต์ จะช่วยดูดซับสารที่เนื้อเยื่อพืชปลดปล่อยออกมา (Phenolic Compound) ทำให้เนื้อเยื่อพืชไม่ได้รับอันตรายจากสารเหล่านั้นซึ่ง บุญยืน (2544) ได้กล่าวถึงอิทธิพลของการใส่ผงถ่านกัมมันต์ โดยอาจเกิดขึ้นดังนี้ คือ การดูดซับสารประกอบที่ยับยั้งการเจริญเติบโต (Absorption of Inhibitor Compound) การดูดซับสารเร่งการเจริญจากอาหาร (Absorption of Growth Regulator from Culture Media) หรือการทำให้อาหารมีสีดำ (Darkening of the Medium) ทำให้มองเห็นลักษณะของพืชที่ทำการเพาะเลี้ยงได้ชัดเจนขึ้น การใส่ผงถ่านกัมมันต์อาจช่วยส่งเสริมหรือยับยั้งการเจริญเติบโตของพืช ซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดพืชและปัจจัยอื่น ๆ ร่วมด้วย (ชลธิชา และคณะ, 2558) โดยรายงานของ กรณ์ (2558) พบว่า ผงถ่านกัมมันต์สามารถชักนำให้เกิดรากได้ดีในขมิ้นชัน รากมีการเจริญดี มีรากฝอยจำนวนมาก รากจะไม่กระจายขึ้นข้างบนและมีทิศทางตามแนวแรงโน้มถ่วงของโลก แต่รายงานของชลธิชา และคณะ (2558) กล่าวว่า ผงถ่านกัมมันต์ส่งผลต่อการเกิดยอดและใบของขิง โดยทำให้จำนวนยอดและจำนวนใบลดลง แต่ไม่มีผลกับการสร้างเหง้าของขิง ในบางครั้งพบว่าการใส่ผงถ่านกัมมันต์จะช่วยลดอาการใบเหลืองของพืชได้ (Wu *et al*., 2009)

ปริมาณของวุ้น (Agar) หรือสารเพิ่มความแข็งให้อาหารที่ใช้ในอาหารจะขึ้นอยู่กับความต้องการให้อาหารแข็งมากหรือน้อยเพียงใด วุ้นบางชนิดสามารถทำให้เกิดอาการยอดเหลืองของราสเบอร์รีในการเพาะเลี้ยงในสภาพปลอดเชื้อได้ (Vadim *et al*., 2019) ในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชบางชนิดมีการใช้ KELCOGEL®(Gellan gum) แทนการใช้วุ้น Agar ซึ่ง KELCOGEL®(Gellan gum) เป็นสารให้ความแข็งของอาหารคุณภาพสูงชนิดหนึ่ง ที่มีลักษณะใส สามารถมองเห็นการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ได้ชัดเจน (เทคโนโลยีชีวภาพและพันธุกรรม, 2554) การใช้ KELCOGEL®(Gellan gum) จะต้องปรับปริมาณของประจุบวกที่มักดูจากแคลเซียมกับแมกนีเซียมให้มีปริมาณ 4-8 มิลลิโมลาร์ เพื่อการแข็งตัว หากต่ำกว่าหรือมากกว่า อาหารอาจจะไม่แข็งตัว การใช้ KELCOGEL®(Gellan gum) มักจะพบว่าพืชจะมีอาการฉ่ำน้ำมากกว่าพืชที่เลี้ยงในวุ้น (ประสาทพร, 2541)

อุปกรณ์และวิธีการ

ปทุมมาลูกผสมสายพันธุ์สีม่วง (Violet) ที่ได้จากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อในขวดเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อขนาด 8 ออนซ์ คัดเลือกต้นปทุมมาที่มีขนาดเท่ากัน เพื่อใช้ในการทดลอง โดยใช้แผนการทดลองแบบปัจจัยร่วมในสุ่มสมบูรณ์ (2×2×3 Factorial in CRD) โดยมี 3 ปัจจัยหลัก คือ ธาตุเหล็ก (Fe-EDTA) มีความเข้มข้น 2 ระดับ ได้แก่ 2.78 และ 5.56 กรัมต่อลิตร ผงถ่านกัมมันต์ (Activated charcoal) มี 2 ระดับ ได้แก่ 0 เปอร์เซ็นต์ และ 0.2 เปอร์เซ็นต์ และสารเพิ่มความแข็งของอาหาร KELCOGEL®(Gellan gum) มี 3 ระดับ ได้แก่ 2.6, 2.8 และ 3.0 กรัมต่อลิตร โดยทำการทดลอง 3 ซ้ำ ซ้ำละ 5 ต้น

เตรียมอาหารเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อปทุมมาโดยใช้สูตร Murashige and Skoog (1962); MS (Murashige and Skoog, 1962) ทำการเพาะเลี้ยงในห้องควบคุมอุณหภูมิที่ 25 องศาเซลเซียส ให้แสง 16 ชั่วโมงต่อวัน โดยใช้หลอดฟลออเรสเซนต์ ความสว่าง 30 ไมโครโมลาร์ต่อตารางเซนติเมตรต่อวินาที

การบันทึกข้อมูลหลังจากการเพาะเลี้ยงเป็นเวลา 9 สัปดาห์ โดยวัดความสูงต้น (เซนติเมตร) จำนวนใบต่อต้น จำนวนหน่อที่แตกใหม่ต่อต้น ความยาวราก (เซนติเมตร) จำนวนราก และความเหลืองใบ โดยแบ่งระดับความเหลืองของใบ จำนวน 4 ระดับ ดังนี้

ระดับที่ 1 หมายถึง ไม่มีอาการใบเหลือง (Figure 1A)
ระดับที่ 2 หมายถึง เริ่มมีอาการใบเหลือง 1-10 เปอร์เซ็นต์ (Figure 1B)
ระดับที่ 3 หมายถึง มีอาการใบเหลืองอยู่ในระดับปานกลาง 11-30 เปอร์เซ็นต์ (Figure 1C)
ระดับที่ 4 หมายถึง มีอาการใบเหลืองอยู่ในระดับมาก >30 เปอร์เซ็นต์ (Figure 1D)

Figure 1 The level of in *vitro* culture of curcuma leaf yellowness A) leaf yellowness level 1; B) leaf yellowness level 2; C) leaf yellowness level 3; and D) leaf yellowness level 4

ผลการวิจัยและวิจารณ์

จากการศึกษาปัจจัยของธาตุเหล็ก ผงถ่านกัมมันต์ และวุ้น ในการเพาะเลี้ยงปทุมมาลูกผสมสายพันธุ์สีม่วง (Violet) ในสภาพปลอดเชื้อ พบว่า ทั้งสามปัจจัยไม่ส่งผลให้การเจริญเติบโตด้านความสูง จำนวนใบ จำนวนยอด และจำนวนราก มีความแตกต่างทางสถิติ แต่ความยาวรากมีความแตกต่างกัน (Table 1) โดยมีความยาวของรากมากที่สุดเมื่อมีการใช้ผงถ่านกัมมันต์ 0.2 เปอร์เซ็นต์ ลักษณะความเหลืองของใบมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง โดยการใช้เหล็ก 5.56 กรัมต่อลิตร ร่วมกับผงถ่านกัมมันต์ 0.2 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเฉลี่ยระดับความเหลืองใบมากที่สุด เท่ากับ 2.53 และ 3.13 ตามลำดับ ซึ่งการใช้เหล็ก 2.78 กรัมต่อลิตร ร่วมกับผงถ่านกัมมันต์ 0.2 เปอร์เซ็นต์ และการใช้เหล็ก 5.56 กรัมต่อลิตร โดยไม่ใส่ผงถ่านกัมมันต์ มีค่าเฉลี่ยระดับความเหลืองของใบเท่ากับ 1.53 และ 1.40 ตามลำดับ (Table 2)

Table 1 The effects of iron (Fe-EDTA), activated charcoal (AC), and agar on curcuma hybrid cv. Violet height, leaf numbers, new shoots number, leaf yellowness level, root length, and the root number after culturing on MS medium for 9 weeks

Factors			Plant Height (cm)	Leaf No.	Shoot No.	Leaf yellowness	Root No.	Root length (cm)
Fe	AC (%)	Agar (g L^{-1})						
(2.78 g L^{-1})	0.2	2.6	13.04	3.2	0.2	1.0^{c}	6.0	4.90^{c}
		2.8	14.32	2.6	0.6	2.2^{bc}	7.4	8.30^{ab}
		3.0	12.72	3.2	0.2	1.4^{c}	6.4	5.36^{c}
	0	2.6	12.98	2.6	0.4	2.6^{ab}	6.2	6.34^{bc}
		2.8	12.78	3.4	0.4	2.2^{bc}	7.2	6.22^{bc}
		3.0	13.24	3.0	0.8	2.8^{ab}	8.2	5.12^{c}
(5.56 g L^{-1})	0.2	2.6	13.80	3.2	0.0	3.2^{a}	7.0	5.72^{c}
		2.8	13.46	3.0	0.8	3.2^{a}	7.4	5.84^{c}
		3.0	14.26	3.0	0.2	3.0^{a}	7.0	9.26^{a}
	0	2.6	12.32	3.0	0.4	1.8^{bc}	5.2	5.84^{c}
		2.8	12.28	3.0	0.6	1.0^{c}	6.8	5.20^{c}
		3.0	12.66	3.0	0.4	1.4^{c}	6.8	5.34^{c}
F-Test			ns	ns	ns	**	ns	**
C.V.%			12.46	16.61	17.09	52.21	24.61	27.92

Remarks: Mean values follow by different letters in column indicate significant differences by Duncan's new multiple range test, the alpha level of $p<0.05$
** = significant differences at the confidence level 99%
ns = non-significant differences

ปฏิสัมพันธ์ระหว่างการใช้ธาตุเหล็กร่วมกับผงถ่านกัมมันต์ มีอิทธิพลต่อระดับความเหลืองของใบ ซึ่งการใช้ธาตุเหล็ก 5.56 กรัมต่อลิตร โดยไม่ใส่ผงถ่านกัมมันต์ ทำให้มีค่าเฉลี่ยระดับความเหลืองของใบน้อยที่สุดเท่ากับ 1.40 (Table 2) โดยปกติธาตุเหล็กเป็นธาตุอาหารที่กระตุ้นการสร้างคลอโรฟิลล์ เป็นแหล่งในการสังเคราะห์แสงของพืช เป็นตัวส่งถ่ายอิเล็กตรอนในขบวนการสังเคราะห์แสง ทำให้ใบพืชมีสีเขียว (บุญยืน, 2544) ซึ่งการรายงานของ Vadim *et al*. (2019) ได้กล่าวว่า การขาดธาตุเหล็ก คือสาเหตุหลักของอาการใบเหลืองที่พบในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช การเพิ่มความเข้มข้นของธาตุเหล็กเป็น 2 เท่าในอาหารสังเคราะห์เพื่อลดการเกิดใบเหลืองในราสเบอร์รีที่เพาะเลี้ยงในสภาพปลอดเชื้อ (Wu *et al*., 2009) ซึ่งในการทดลองการเพาะเลี้ยงปทุมมาลูกผสมสายพันธุ์ (Violet) ในอาหารสังเคราะห์ที่มีการเพิ่มปริมาณธาตุเหล็กขึ้นเป็น 5.56 กรัมต่อลิตรนั้น สามารถทำให้มีค่าเฉลี่ยระดับความเหลืองของใบลดลง เมื่อเทียบกับอาหารสังเคราะห์ที่มีการใช้ธาตุเหล็กเพียง 2.78 กรัมต่อลิตร ปริมาณธาตุเหล็กที่เพิ่มขึ้นจึงมีส่วนช่วยให้พืชสังเคราะห์แสงได้ดี ทำให้ใบพืชมีสีเขียว และจากการทดลองยังพบอีกว่า การใช้ธาตุเหล็ก 5.56 กรัมต่อลิตร ร่วมกับผงถ่านกัมมันต์ 0.2 เปอร์เซ็นต์ ทำให้ใบมีค่าเฉลี่ยระดับความเหลืองของใบน้อยที่สุดเช่นกัน (Table 2) ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Wu *et al*. (2009) ที่กล่าวว่า การใส่ผงถ่านกัมมันต์สามารถช่วยส่งเสริมเจริญเติบโตของหน่อและสามารถลดการเกิดใบเหลืองของราสเบอร์รีที่เพาะเลี้ยงในสภาพปลอดเชื้อได้ โดยปกติการเติมผงถ่าน

กัมมันต์ในอาหารสังเคราะห์สำหรับเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช จะช่วยดูดซับสารพิษ (Phenolic compound) ที่เนื้อเยื่อพืชปลดปล่อยออกมา ทำให้เนื้อเยื่อพืชไม่ได้รับอันตรายจากสารพิษเหล่านั้น (อรุณี, 2559) อาจช่วยส่งเสริมหรือยับยั้งการเจริญเติบโตของพืช ซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดพืชและปัจจัยอื่น ๆ ร่วมด้วย (ชลธิชา และคณะ, 2558)

Table 2 The effects of interaction between iron (Fe-EDTA) and activated charcoal (AC) on leaf yellowness of curcuma hybrid cv. Violet

Factor	Average of leaf yellowness
2.78 g L^{-1} Fe-EDTA + 0.2% AC	1.53^{c}
2.78 g L^{-1} Fe-EDTA + 0% AC	2.53^{b}
5.56 g L^{-1} Fe-EDTA + 0.2% AC	3.13^{a}
5.56 g L^{-1} Fe-EDTA + 0% AC	1.40^{c}

Remarks: Mean values follow by different letters in column indicate significant differences by Duncan's new multiple range test, the alpha level of $p<0.05$

นอกจากนี้การใช้เหล็ก 2.78 กรัมต่อลิตร ร่วมกับวุ้น 2.8 กรัมต่อลิตร และการใช้เหล็ก 5.56 กรัมต่อลิตร ร่วมกับวุ้น 3.0 กรัมต่อลิตร มีค่าเฉลี่ยความยาวรากมากที่สุด เท่ากับ 7.26 และ 7.30 เซนติเมตร ตามลำดับ ซึ่งมากกว่าการใช้เหล็ก 2.78 กรัมต่อลิตร ร่วมกับวุ้น 2.6 กรัมต่อลิตร (Table 3) ปฏิสัมพันธ์ระหว่างผงถ่านกัมมันต์กับวุ้น (Table 4) พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยการใช้ผงถ่านกัมมันต์ 0.2 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับวุ้น 2.8 กรัมต่อลิตร และการใช้ผงถ่านกัมมันต์ 0.2 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับวุ้น 3.0 กรัมต่อลิตร มีค่าเฉลี่ยความยาวรากมากที่สุด เท่ากับ 7.07 และ 7.31 เซนติเมตร ตามลำดับ รองลงมาคือ การใช้วุ้น 2.6 กรัมต่อลิตร โดยไม่ใส่ผงถ่านกัมมันต์ และการใช้วุ้น 2.8 กรัมต่อลิตร โดยไม่ใส่ผงถ่านกัมมันต์มีค่าเฉลี่ยความยาวราก เท่ากับ 6.09 และ 5.71 เซนติเมตร ตามลำดับ

Table 3 The effect of interaction between iron (Fe-EDTA) and agar on root length of curcuma hybrid cv. Violet

Factor	Average root length (cm)
2.78 g L^{-1} Fe-EDTA + 2.6 g L^{-1} Agar	5.62^{b}
2.78 g L^{-1} Fe-EDTA + 2.8 g L^{-1} Agar	7.26^{a}
2.78 g L^{-1} Fe-EDTA + 3.0 g L^{-1} Agar	5.24^{b}
5.56 g L^{-1} Fe-EDTA + 2.6 g L^{-1} Agar	5.78^{b}
5.56 g L^{-1} Fe-EDTA + 2.8 g L^{-1} Agar	5.52^{b}
5.56 g L^{-1} Fe-EDTA + 3.0 g L^{-1} Agar	7.30^{a}

Remarks: Mean values follow by different letters in column indicate significant differences by Duncan's new multiple range test, the alpha level of $p<0.05$

Table 4 The effect of interaction between activated charcoal (AC) and agar on root length of curcuma hybrid cv. Violet

Factor	Average root length (cm)
0.2% AC + 2.6 g L^{-1} Agar	5.31[c]
0.2% AC + 2.8 g L^{-1} Agar	7.07[a]
0.2% AC + 3.0 g L^{-1} Agar	7.31[a]
0% AC + 2.6 g L^{-1} Agar	6.09[b]
0% AC + 2.8 g L^{-1} Agar	5.71[bc]
0% AC + 3.0 g L^{-1} Agar	5.23[c]

Remarks: Mean values follow by different letters in column indicate significant differences by Duncan's new multiple range test, the alpha level of $p<0.05$

จากการรายงานของ รัฐภัทร์ และคณะ (2553) ที่ได้ทำการเพาะเลี้ยงใบอ่อนของรากดำใบยาว โดยมีการเติมผงถ่านกัมมันต์ในอาหารสังเคราะห์ พบว่าอาหารสังเคราะห์สูตร MS ที่เติมผงถ่านกัมมันต์ระดับความเข้มข้น 1.0 กรัมต่อลิตร ทำให้เพิ่มจำนวนใบอ่อนและจำนวนรากได้มากที่สุด และใบอ่อนที่เกิดขึ้นใหม่ไม่แสดงลักษณะอาการบวมหรือ อวบน้ำ หรือแสดงอาการขาดธาตุอาหาร เช่น อาการใบเหลือง บุญยืน (2544) ได้กล่าวว่า ผงถ่านกัมมันต์มีความสามารถในการดูดซับสารบางตัวออกจากอาหารได้ เนื่องจากผงถ่านมีช่องว่างที่ละเอียดมาก มีพื้นที่ผิวในช่องว่างสูง มักใช้ในความเข้มข้น 0.2-3.0 เปอร์เซ็นต์ ในอาหารสังเคราะห์สำหรับการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ จึงใช้ผงถ่านในการดูดซับสารพิษ นอกจากนี้อาจใช้ผงถ่านในระยะที่เกิดรากเพื่อลดปริมาณการได้รับแสงบริเวณราก และทำให้รากเจริญเติบโตได้ดี ผงถ่านจึงสำคัญต่อการสร้างเป็นต้นใหม่ ซึ่งสามารถชักนำให้เกิดรากได้ดีในขมิ้นชัน (กรณ์ และคณะ, 2560) และในบางครั้งการใส่ผงถ่านกัมมันต์ก็อาจยับยั้งการเจริญเติบโตของพืชได้ ดังรายงานของ ชลธิชา และคณะ (2558) กล่าวว่า ผงถ่านกัมมันต์ส่งผลต่อการเกิดยอดและใบของขิง โดยทำให้จำนวนยอดและจำนวนใบลดลงแต่ไม่มีผลกับการสร้างเหง้าของขิง

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาการผลของธาตุเหล็ก ผงถ่านกัมมันต์ และวุ้น ต่อการเกิดใบเหลือง และการเจริญเติบโตของปทุมมาลูกผสมสายพันธุ์สีม่วง (Violet) ที่เพาะเลี้ยงในสภาพปลอดเชื้อ เมื่อเปรียบเทียบทั้ง 3 ปัจจัย พบว่าความเข้มข้นของธาตุเหล็ก ผงถ่านกัมมันต์ และระดับความเข้มข้นของวุ้น มีผลต่อการเกิดใบเหลืองและการเจริญเติบโตของปทุมมาลูกผสมสายพันธุ์สีม่วง (Violet) การใช้ธาตุเหล็ก 2.78 กรัมต่อลิตร ร่วมกับผงถ่านกัมมันต์ 0.2 เปอร์เซ็นต์ และวุ้น 2.8 กรัมต่อลิตร ทำให้มีระดับใบเหลืองน้อยที่สุด และมีการเจริญเติบโตที่ดี อย่างไรก็ตาม ควรมีการศึกษาเปรียบเทียบจำนวนชุดตัวอย่าง ปัจจัยที่ทำให้เกิดใบเหลืองและระดับความเข้มข้นที่หลากหลายมากขึ้น เพื่อให้ได้ผลที่ชัดเจนมากขึ้น

เอกสารอ้างอิง

กรณ์ กรภัทร์ชัยกุล. 2558. การขยายพันธุ์ขมิ้นชัน (*Curcuma Longa* L.) ด้วยตายอดจากเหง้าอ่อน. วารสารวิทยาศาสตร์ มศว 31(1): 175-188.

กรณ์ กรภัทร์ชัยกุล ศักดิ์ชัย กรรมารางกูร และจีรนันท์ กล่อมนรา แก้วรักษา. 2560. การเกิดต้นจากการเพาะเลี้ยงแคลลัสของขมิ้นชันในหลอดทดลอง. วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา 22: 1-13.

เกษตรชูไทย. ม.ป.ป. เทคนิคการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช (ออนไลน์). แหล่งข้อมูล https://sites.google.com/site/kasetchoothai/karkestr/-tissue-culture/-thekhnikh-kar-leiyng-neuxyeux-phuch (21 สิงหาคม 2562).

ชลธิชา ใจมาแก้ว ศิวาพร ธรรมดี และจามจุรี โสตถิกุล. 2558. ผลของน้ำตาลซูโครส ถ่านกัมมันต์ และระยะเวลาการให้แสงต่อการสร้างเหง้าของขิงในสภาพปลอดเชื้อ. วารสารเกษตร 32(1): 9-17.

เทคโนโลยีชีวภาพและพันธุกรรม. 2554. อาหารเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช (ออนไลน์). แหล่งข้อมูล https://vittayasat.blogspot.com/2011/07/blogpost_4478.html?fbclid=IwAR2kqu4e3jjNf5i36QErsEx0VvCXCD4Pb3E9XAiZh2dJmCca5KrCZ-mTct4 (9 พฤศจิกายน 2562).

บุญยืน กิจวิจารณ์. 2544. เทคโนโลยีการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช. พิมพ์ครั้งที่ 2. ขอนแก่น: โรงพิมพ์คลังนานาวิทยา.

ประสาทพร สมิตะมาน. 2541. การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ: เทคนิคและการประยุกต์ใช้. เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

รังสฤษฎ์ กาวีต๊ะ. 2545. การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

รัฐภัทร์ ประดิษฐ์สรรพ์ กาญจนรี พงษ์ฉวี และวรรณดา พิพัฒน์เจริญชัย. 2553. การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อรากดำใบยาว *Microsorium pteropus* (Blume) Ching, 1933. สถาบันวิจัยสัตว์น้ำสวยงามและพรรณไม้น้ำ.

อนุพันธ์ กงบังเกิด และวีระชน ยานะฝั่น. 2548. ผลของแสง น้ำตาล และสารชะลอการเจริญเติบโตต่อการชักนำให้เกิดเหง้าจิ๋วของขมิ้นชันในหลอดทดลอง. NU Science Journal 2(1): 73-86.

อรุณี ม่วงแก้วงาม. 2559. การขยายพันธุ์ดาหลาขาวด้วยวิธีการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ. ว.พืชศาสตร์สงขลานครินทร์ 3(ฉบับพิเศษ 2): 8-11.

Chae, W.B., G.W. Choi and I.S. Chung. 2004. Plant Regeneration Depending on Explant Type in Chrysanthemum coronarium L. J. Plant Biotechnol. 6(4): 253-258.

Lebedev, V., M. Arkaev, M. Dremova, I. Pozdniakov, and K. Shestibratov. 2018. Effects of Growth Regulators and Gelling Agents on Ex Vitro Rooting of Raspberry. Pushchino: Russia.

Murashige, T. and F. Skoog. 1962. A revised medium for rapid growth and bio-rassays with Tobacco tissue culture. Physiology Plant. 15: 473-474.

Vadim L., M. Arkaev, M. Dremova, I. Pozdniakov, and K. Shestibratov. 2019. Effects of Growth Regulators and Gelling Agents on *Ex Vitro* Rooting of Raspberry. Plants. 8(3).

Wu, J.-H., S.A. Miller, H.K. Hall and P.A. Mooney. 2009. Factors affecting the eficiency of micropropagation from lateral buds and shoot tips of Rubus. J. 8(3): 1-10.