

การเพิ่มศักยภาพการผลิตบัวบกคุณภาพสูงเพื่อเป็นพืชสมุนไพรปลอดสารพิษและโลหะหนัก
 Capability Enhancement in the Production of High-Quality Gotu Kola for Medicinal
 Plants with Nontoxic and Heavy Metal Contamination
 อุทัยวรรณ ทรัพย์แก้ว¹ พงษ์รวี นามวงศ์² เพ็ญจันทร์ สุธานุกูล¹ และไกรสิงห์ ชูดี¹
 Uthaiwan Sapkaew¹ Pongrawee Namwong² Penchan Suthanukool¹ and Kraising Choodee¹

Received: October 10, 2022

Revised: November 4, 2022

Accepted: November 8, 2022

Abstract: Gotu kola (*Centella asiatica* (Linn.) Urban) is an indigenous medicinal plant that has been greatly used for the pharmacological purpose. However, inconstant yield and active ingredients are generally found from crude extract of fresh Gotu kola according to the variation of season and climate. Moreover, the contamination of toxic residues and heavy metals is a critical problem in the traditional production. Therefore, the production of Gotu kola in the greenhouse system and soilless cultivation was studied. The comparison of the types and proportions of planting materials and formula of the nutrient solution were conducted for the production of Gotu kola in the soilless system. The results showed that the application of commercial nutrient solution with planting material of 1:1 v/v coarse sand: coconut coir had the best growth and yield compared to the others. Besides, Asiaticoside and Madecassoside content in this treatment tended to be higher than those in other treatments without statistical significance. A comparison between greenhouse technology under soilless culture conditions and farmers' production was evaluated. The results revealed that the production under greenhouse conditions and soilless system could significantly increase the length of stolon, yield and Asiaticoside and Madecassoside content that showed significantly compared to farmers' production technology. Additionally, the pesticide residue analysis in all processes showed no pesticide residues, whereas the farmers' production had level of heavy metals, iron and lead exceeded the standard level for Gotu kola.

Keywords: Gotu Kola, soilless system, nutrient solution, triterpene

บทคัดย่อ: บัวบก (*Centella asiatica* (Linn.) Urban) เป็นพืชสมุนไพรที่มีการใช้ประโยชน์ทางด้านเภสัชวิทยาอย่างมาก แต่พบว่าปริมาณสารสำคัญ และผลผลิตไม่คงที่เนื่องจากวัตถุดิบบัวบกมีความแปรปรวนจากฤดูกาลผลิต และสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลง รวมทั้งพบสารพิษตกค้าง และโลหะหนักที่ไม่สามารถนำมาใช้เป็นสารสกัดมาตรฐานได้ จึงศึกษาการผลิตบัวบกในระบบโรงเรือนและการปลูกพืชไม่ใช้ดิน โดยการเปรียบเทียบหาชนิดและสัดส่วนของวัสดุปลูก ร่วมกับสูตรสารละลายธาตุอาหารที่เหมาะสมต่อการผลิตบัวบก พบว่า กรรมวิธีสารละลายธาตุอาหารสูตรการค้า ร่วมกับการปลูกในวัสดุปลูก ทราฮายาบ:ขุยมะพร้าว อัตราส่วน 1:1 โดยปริมาตร

¹ ศูนย์วิจัยพืชสวนสุโขทัย ต.ท่าชัย อ.ศรีสัชนาลัย จ.สุโขทัย 64190

Sukhothai Horticulture Research Centre, Si Satchanalai, Sukhothai, 64190, Thailand

² ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมเชียงใหม่ 235 ม.3 ต.แม่เหียะ อ.เมือง จ.เชียงใหม่ 50100

Chiang Mai Agricultural Engineering Research Center, Mueang District, Chiang Mai, 50100, Thailand

*Corresponding author: benmolee@hotmail.com

ทำให้การเจริญเติบโต ปริมาณผลผลิต และปริมาณสาร Asiaticoside และ Madecassoside ของบัวบกมีแนวโน้มสูงกว่ากรรมวิธีอื่นๆ แม้ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และเมื่อเปรียบเทียบเทคโนโลยีที่พัฒนาขึ้นกับการผลิตของเกษตรกร พบว่า การผลิตบัวบกภายใต้สภาพโรงเรือนในระบบปลูกพืชไม่ใช้ดิน บัวบกมีความยาวไหล ปริมาณผลผลิต และปริมาณสาร Asiaticoside และ Madecassoside สูงกว่ากรรมวิธีการผลิตของเกษตรกรอย่างมีนัยสำคัญ อย่างไรก็ตามพบว่าทั้งสองกรรมวิธีไม่พบสารกำจัดศัตรูพืชตกค้าง แต่การผลิตของเกษตรกรพบปริมาณโลหะหนักเหล็ก และตะกั่วเกินเกณฑ์มาตรฐาน

คำสำคัญ: บัวบก ระบบปลูกพืชที่ไม่ใช้ดิน สารละลายธาตุอาหารพืช ไตรเทอร์พีน

คำนำ

บัวบก (*Centella asiatica* (Linn.) Urban) เป็นผักพื้นบ้านที่พบเห็นได้ทั่วไป และมีการใช้ประโยชน์จากบัวบกทางด้านเภสัชวิทยาที่สำคัญ เอกรินทร์ และคณะ (2548) ได้พัฒนาสารสกัดมาตรฐานบัวบก (ECa 233) ที่สามารถกระตุ้นการเรียนรู้และความจำ และสารสกัดมาตรฐานที่มีฤทธิ์สมานแผลได้ แต่พบว่าต้องใช้บัวบกสดที่นำมาสกัดสารมาตรฐานค่อนข้างมากสำหรับการนำไปแปรรูปเป็นสารสกัดสมุนไพร และพบว่าปริมาณสารสำคัญและผลผลิตไม่คงที่เนื่องจากวัตถุดิบบัวบกมีความแปรปรวนจากฤดูกาลผลิต และสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลง Alqahtani *et al.*, (2011) รายงานว่าการเปลี่ยนแปลงฤดูกาล ส่งผลต่อปริมาณสาร phenolic compounds ในบัวบก พบว่าในฤดูหนาวช่วงเดือนมกราคมถึงเดือนกุมภาพันธ์ ส่งผลต่อปริมาณ Triterpenes 4 ชนิด ได้แก่ Madecassoside Asiaticoside Madecassic acid และ Asiatic acid สูงสุด และพบว่าสารต่ำสุดคือช่วงฤดูฝนในเดือนมิถุนายนถึงเดือนตุลาคม จึงส่งผลให้สารสกัดบัวบกภายในประเทศไม่เพียงพอต่อความต้องการของตลาดในปัจจุบัน โดยเฉพาะผลิตภัณฑ์อาหารเสริมและผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง จึงมีความจำเป็นต้องนำเข้าสารสกัดบัวบกในรูปสารสกัดบริสุทธิ์ หรือกึ่งบริสุทธิ์ที่มีราคาค่อนข้างสูง (เอกรินทร์ และคณะ, 2548) การปลูกบัวบกของเกษตรกรปลูกในพื้นที่เดิมซ้ำนานหลายปี โดยไม่ปล่อยให้มีการพักหรือปรับสภาพพื้นที่

ให้เหมาะสม ทำให้ดินขาดความอุดมสมบูรณ์ มีการสะสมของสารเคมีในดิน ส่งผลให้ดินเป็นกรดหรือด่างมากเกินไป อีกทั้งสภาพอากาศที่เปลี่ยนแปลงในลักษณะปริมาณน้ำฝนที่น้อยลงกว่าปกติ หรือน้ำฝนมากเกินไปจนกระทั่งท่วมขัง และฤดูกาลที่เปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว โรคพืชและแมลงศัตรูพืชเข้าทำลายมากขึ้น พบว่าบัวบกเป็นผักที่มีสารพิษตกค้างอยู่ในอันดับต้นๆ โดยพบสารพิษตกค้างทั้งกลุ่มสารกำจัดแมลง สารกำจัดวัชพืช และโลหะหนัก บัวบกในท้องตลาดทั่วไปจึงไม่สามารถนำไปใช้เป็นแหล่งวัตถุดิบและสารสกัดสมุนไพรที่ได้มาตรฐานได้ (ชำนานู และสุวรรณ, 2548) รวมทั้งกระบวนการจัดการเพื่อผลิตบัวบกแห้งมีขั้นตอนยุ่งยาก เกษตรกรขาดความรู้และความเข้าใจในขั้นตอนการผลิตรวมทั้งต้นทุนในการจัดการทำให้แห้ง การผลิตพืชในระบบโรงเรือนและการปลูกพืชไม่ใช้ดิน เป็นเทคโนโลยีการปลูกพืชปราศจากการใช้สารเคมีเกษตรที่เป็นอันตราย ที่ใช้ปริมาณน้อยและสามารถควบคุมคุณภาพของสารเคมีที่ใช้ได้ ระบบการให้น้ำช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการใช้น้ำ การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินหรือการปลูกพืชในวัสดุอื่นๆ แทน โดยวัสดุต้องมีคุณสมบัติที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช ดังนั้นการผลิตบัวบกในระบบโรงเรือนและการปลูกพืชไม่ใช้ดิน มีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มศักยภาพการผลิตให้บัวบกมีคุณภาพสูง เป็นพืชสมุนไพรสำหรับผลิตสารสกัดมาตรฐาน ที่มีสาร Asiaticoside ไม่ต่ำกว่า 0.5 เปอร์เซ็นต์ ปลอดภัยจากสารพิษตกค้างและโลหะหนัก

อุปกรณ์และวิธีการ

1. เปรียบเทียบวัสดุปลูก และสูตรสารละลายธาตุอาหารที่เหมาะสมต่อการผลิตบัวบกในระบบปลูกพืชที่ไม่ใช้ดิน

วางแผนการทดลอง split-plot จำนวน 4 ซ้ำ โดยจัดวางการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ภายในบล็อก (RCB) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

Main-plot ประกอบด้วย สูตรสารละลายธาตุอาหารสำหรับปลูกพืชที่ไม่ใช้ดิน 3 สูตร ได้แก่ (A) สารละลายธาตุอาหารสูตร Enshi (สูตรผักกึ๋นใบ) (Resh, 1978) (B) สารละลายธาตุอาหารสูตร Hoagland solution (สูตรดีที่สุดของสตรอว์เบอร์รี่ในระบบไฮโดรโปนิคส์) (โสระยา และจำนงค์, 2556) และ (C) สารละลายธาตุอาหารสูตรการค้า (ผักบุ้งจีนคะน้า กวางตุ้ง) (สูตรที่มีระบุปริมาณสารละลายธาตุอาหารของ Stock A และ Stock B) (Table 1)

Sub-plot ประกอบด้วย วัสดุปลูกชนิดต่างๆ ได้แก่ 1. ทราฮายาบ:ถ่านแกลบ อัตราส่วน 1:1 (T1) 2. ทราฮายาบ:ขุยมะพร้าว อัตราส่วน 1:1 (T2) 3. ถ่านแกลบ :ขุยมะพร้าว อัตราส่วน 1:1 (T3) 4. เพอร์ไลท์ (perlite): เวอร์มิคูไลท์ (vermiculite) 2:1 (T4) อ้างอิงคุณสมบัติวัสดุปลูก (สันติ, 2556)

วิธีการดำเนินงาน

1. การออกแบบและติดตั้งโครงสร้างอุปกรณ์

โรงเรือนที่ควบคุมสภาวะบรรยากาศ อุณหภูมิ และความชื้น ความเข้มแสง โดยอ้างอิงข้อมูลจากรายงานการวิจัย Srithongkul *et al.*, (2011) พรางแสงที่ระดับ 50 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งทำให้ได้ความเข้มแสงประมาณ 362.5 ไมโครโมลต่อตารางเมตรต่อวินาที หรือใกล้เคียง ควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ให้อยู่ในช่วง 24-27 องศาเซลเซียส และ 70-80 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ โดยใช้เซนเซอร์เป็นตัววัดค่าความชื้นและอุณหภูมิ และมีชุดควบคุมการเปิดปิดของพัดลมและระบบพ่นหมอกเพิ่มความชื้น ออกแบบพัดลมระบายอากาศสำหรับโรงเรือน โดยเลือกใช้พัดลมสำหรับโรงเรือน ขนาด 36 นิ้ว จำนวน 2 ตัว ด้วยอัตราการไหลของอากาศ 16,000 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง

2. เตรียมต้นพันธุ์บัวบก โดยใช้พันธุ์ในพื้นที่จังหวัดนครปฐมเนื่องจากเป็นพื้นที่ที่เป็นแหล่งผลิดมากที่สุด คือ สายพันธุ์นครปฐม โดยเตรียมกระบะปลูกคลุมด้วยพลาสติก ขนาด กว้าง 1 เมตร x ยาว 2 เมตร x ลึก 0.3 เมตร เตรียมวัสดุปลูกตามกรรมวิธีที่กำหนด นำต้นพันธุ์บัวบกที่เพาะชำไว้ มาปลูกในกระบะระยะปลูก 10 x 10 เซนติเมตร ช่วงเวลาในการปลูก คือ ช่วงเดือนมีนาคม-พฤษภาคม 2564 เตรียมสารละลายธาตุอาหารตามกรรมวิธีที่กำหนด ให้สารละลายธาตุอาหารสัปดาห์ละ 3 วัน (วันเว้นวันต่อสัปดาห์) ให้ครั้งละ 2 นาที่ ใช้ทั้งหมด 14.17 ลิตรต่อแปลงต่อวัน

Table 1 Concentration of different nutrient solution.

Element	Concentration (g/l)		
	Enshi	Hoagland	Commercial
$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	95	65.6	115
KNO_3	81	60.6	70
Fe-EDTA (Iron chelate)	2.5	0.22	3
Fe-DTPA (Iron chelate)	-	-	3
$\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$	15.5	-	10
KH_2PO_4	-	136	15
$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	50	49	50

Table 1 (continued).

Element	Concentration (g/l)		
	Enshi	Hoagland	Commercial
$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	0.016	0.08	-
H_3BO_3	0.572	0.286	-
$\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	0.022	0.22	-
$\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	0.005	0.12	0.1
$\text{H}_2\text{MoO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$	-	0.09	-
$\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	-	0.181	-
Mn-EDTA 13%	-	-	1
Micronutrient fertilizers Nic-spray	-	-	5

(MgO 7.00%, Fe 1.80%, Mn 1.80%, Cu 1.90%, Zn 1.70%, B 1.7%, Mo 0.01%)

2. เปรียบเทียบเทคโนโลยีการผลิตบัวบกคุณภาพภายใต้สภาพโรงเรือนในระบบปลูกพืชไม่ใช้ดินกับเทคโนโลยีการผลิตของเกษตรกร

เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดย t-test จำนวน 10 ซ้ำ เปรียบเทียบ 2 กรรมวิธี ได้แก่

กรรมวิธีที่ 1 เทคโนโลยีการผลิตบัวบกคุณภาพภายใต้สภาพโรงเรือนในระบบปลูกพืชไม่ใช้ดิน จำนวน 10 กระบะ

วิธีการดำเนินงานเช่นเดียวกับการทดลองเปรียบเทียบวัสดุปลูก และสูตรสารละลายธาตุอาหารที่เหมาะสมต่อการผลิตบัวบกในระบบปลูกพืชที่ไม่ใช้ดิน โดยเตรียมวัสดุปลูก และสูตรสารละลายธาตุอาหารที่ดีที่สุดจากการทดลองดังกล่าว ช่วงเวลาในการปลูก คือช่วงเดือนสิงหาคม-ตุลาคม 2564

กรรมวิธีที่ 2 เทคโนโลยีการผลิตบัวบกของเกษตรกร ช่วงเวลาในการปลูก จำนวน 10 แปลง

ทำการเตรียมแปลงปลูกบัวบกที่อยู่ด้านนอกโรงเรือน โดยไถพรวนดินให้ร่วนซุยแล้วตากแดดทิ้งไว้ประมาณ 10 วัน ยกแปลงปลูกกว้าง 3 เมตร x ยาว 2 เมตร ระหว่างแปลงปลูกจัดเป็นร่องน้ำหรือทางเดินกว้าง 50 เซนติเมตร ลึก 15 เซนติเมตร เตรียมพันธุ์โดยการปักชำไหลที่มีต้นอ่อนและมีรากงอก มุ่งหลังคาด้วยวัสดุพรางแสง (ซาแลน)

ความสามารถในการกรองแสง 50 เปอร์เซ็นต์ ปลูกลงหลุมปลูกระยะปลูก 15x15 เซนติเมตร ช่วงเวลาในการปลูก คือช่วงเดือนสิงหาคม-ตุลาคม 2564 ใส่ปุ๋ยดูแลบำรุงรักษา ให้น้ำบัวบกทุกวันเช้า - เย็น

การบันทึกข้อมูล

1. ข้อมูลการเจริญเติบโต ความยาวไหล (เซนติเมตร) โดยวัดจากโคนต้นแม่ถึงส่วนที่ยาวที่สุดของไหลด้วยไม้บรรทัด จำนวนไหลต่อต้น (ไหล) โดยนับจำนวนไหลที่แตกจากต้นแม่ จำนวนต้นต่อไหล โดยนับจำนวนต้นที่เกิดในไหลที่แตกจากต้นแม่ จำนวนใบต่อต้น โดยนับจำนวนใบทั้งหมดของต้นแม่

2. ข้อมูลค่าการนำไฟฟ้าของเกลือในสารละลาย (EC) และค่าความเป็นกรดด่าง (pH) ของสารละลายธาตุอาหาร โดยค่า EC และ pH ที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืชกินใบคือ 1.8-2.4 มิลลิซีเมนต่อเซนติเมตร และค่า pH 5.5-6.5

3. เก็บเกี่ยวบัวบกในส่วนของใบ และก้านใบ เก็บเกี่ยวครั้งแรกที่อายุ 60 วัน (ครั้งที่ 1) และเก็บเกี่ยวครั้งที่ 2 ห่างจากครั้งแรก 30 วัน (ครั้งที่ 2) เก็บข้อมูลผลผลิตในพื้นที่ 2 ตารางเมตรต่อหน่วยการทดลอง และเก็บรวบรวมข้อมูลดังนี้ น้ำหนักสด โดยชั่งน้ำหนักสดต้น ใบ และราก น้ำหนักแห้ง ซึ่งน้ำหนักแห้งต้น ใบและราก ภายหลังจากอบที่อุณหภูมิ

60 องศาเซลเซียส อย่างน้อย 72 ชั่วโมง จนมวลแห้งคงที่ วิเคราะห์หาปริมาณสารสำคัญกลุ่ม Triterpenes 4 ชนิด ของผลผลิตเก็บเกี่ยวครั้งที่ 2 ได้แก่ Madecassoside, Asiaticoside, Madecassic acid และ Asiatic acid ด้วยเทคนิค High Performance Liquid Chromatography (HPLC) และสารพิษตกค้าง ทั้งหมด 4 กลุ่ม ได้แก่ 1. Organochlorine group 2. Organophosphate group 3. Pyrethroid group และ 4. Carbamate group และโลหะหนัก ได้แก่ เหล็ก (Fe) สารหนู (As) แคดเมียม (Cd) ตะกั่ว (Pb) และปรอท (Hg) วิเคราะห์โดย บริษัท ห้องปฏิบัติการกลาง (ประเทศไทย) จำกัด เวลาและสถานที่การทดลอง เดือนตุลาคม พ.ศ. 2563 ถึงตุลาคม พ.ศ. 2564 ณ ศูนย์วิจัยพืชสวนสุโขทัย

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. ผลของวัสดุปลูก และสูตรสารละลายธาตุอาหารต่อการผลิตบัวบกในระบบปลูกพืชไม่ใช้ดิน

สำหรับการ เจริญเติบโตของบัวบกในช่วงก่อนการเก็บเกี่ยวครั้งที่ 1 (อายุ 60 วันหลังปลูก) พบว่ากรรมวิธีสารละลายธาตุอาหารสูตรการค้ำ ร่วมกับการปลูกในวัสดุปลูก ทราฮายาบ:ขุยมะพร้าว อัตราส่วน 1:1 โดยปริมาตร ส่งผลให้ จำนวนใบและจำนวนไหลเฉลี่ยต่อต้นมีแนวโน้มสูงสุดคือ 12.22 ใบต่อต้น และ 2.67 ไหลต่อต้น ตามลำดับ และพบว่ามีจำนวนต้นเฉลี่ยต่อไหล คือ 2.46 ต้น ซึ่งมีค่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับวัสดุปลูกที่ประกอบด้วย ทราฮายาบ:ถ่านแกลบ อัตราส่วน 1:1 โดยปริมาตร ที่ใช้สารละลายธาตุอาหารชนิดเดียวกันซึ่งมีจำนวนต้นเฉลี่ยต่อไหลเท่ากับ 1.72 ต้น สำหรับความยาวไหลพบว่า การใช้สารละลายธาตุอาหารสูตร Hoagland solution ร่วมกับการปลูกในวัสดุปลูกที่ประกอบด้วย เพอร์ไลท์ (perlite): เวอร์มิคูไลท์ (vermiculite) 2:1 โดยปริมาตร ทำให้ความยาวไหลเฉลี่ยของบัวบกมีแนวโน้มสูงสุด คือ 34.43 เซนติเมตร รองลงมาคือสารละลายธาตุอาหารสูตรการค้ำ ร่วมกับการปลูกในวัสดุปลูกที่ประกอบด้วย เพอร์ไลท์: เวอร์มิคูไลท์ 2:1 โดยปริมาตร ซึ่งมีความยาวไหลเฉลี่ยเท่ากับ 34.35 เซนติเมตร แต่ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับวัสดุปลูกที่

ประกอบด้วย ทราฮายาบ:ขุยมะพร้าว อัตราส่วน 1:1 โดยปริมาตร ซึ่งทำให้บัวบกมีความยาวไหลเฉลี่ยเท่ากับ 34.21 เซนติเมตร และยังคงพบความสัมพันธ์ร่วมกันระหว่างปัจจัยหลักและปัจจัยรองอย่างมีนัยสำคัญ (Table 2) สำหรับผลผลิตบัวบกที่เก็บเกี่ยวรวม 2 ครั้ง พบว่า กรรมวิธีสารละลายธาตุอาหารสูตรการค้ำ ร่วมกับการปลูกในวัสดุปลูกที่ประกอบด้วย ทราฮายาบ:ขุยมะพร้าว 1:1 โดยปริมาตร ส่งผลให้บัวบกมีน้ำหนักสดรวมสูงสุดคือ 2.10 กิโลกรัม/ตารางเมตรซึ่งมีค่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับการใช้วัสดุปลูกที่ประกอบด้วยทราฮายาบ: ถ่านแกลบ อัตราส่วน 1:1 โดยปริมาตร และ ถ่านแกลบ: ขุยมะพร้าว อัตราส่วน 1:1 โดยปริมาตร และพบความสัมพันธ์ร่วมกันระหว่างปัจจัยหลักและปัจจัยรอง (Table 3) ในด้านปริมาณสารสำคัญ พบว่ากรรมวิธีสารละลายธาตุอาหารสูตรการค้ำ ร่วมกับการปลูกในวัสดุปลูก ทราฮายาบ:ขุยมะพร้าว 1:1 โดยปริมาตร ทำให้บัวบกมีสาร Madecassoside 1.41 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแห้ง และ Asiaticoside 1.69 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแห้ง ซึ่งมีแนวโน้มสูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีอื่นๆ แต่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับกับวัสดุปลูกที่ประกอบด้วย ทราฮายาบ:ถ่านแกลบ อัตราส่วน 1:1 โดยปริมาตร บัวบกมีสาร Madecassoside และ Asiaticoside 0.65 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแห้ง และ 0.78 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ (Table 3)

สารละลายธาตุอาหารสูตรการค้ำ ร่วมกับการปลูกในวัสดุปลูก ทราฮายาบ:ขุยมะพร้าว 1:1 โดยปริมาตร มีแนวโน้มให้ผลผลิต และปริมาณสารสำคัญสูงสุด สอดคล้องกับการเจริญเติบโต ทั้งนี้เนื่องจากสารละลายธาตุอาหารสูตรการค้ำ ซึ่งเป็นสูตรที่มีการปรับสูตรที่เหมาะสมกับพืชผักกินใบ เช่น กวางตุ้ง และคะน้า และเมื่อพิจารณาจากสูตรสารละลายธาตุอาหารส่วนใหญ่อัตราส่วนของปุ๋ยไนโตรเจน โพแทสเซียม และฟอสฟอรัส ค่อนข้างสูงกว่าสูตรเปรียบเทียบกับอื่น ซึ่งไนโตรเจนเป็นธาตุที่สำคัญและมีความจำเป็นอย่างยิ่งในการเจริญเติบโตของพืช เพราะไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบของกรดอะมิโน โปรตีน นิวคลีโอไทด์ และคลอโรฟิลล์ ซึ่งสารเหล่านี้เป็นสารประกอบที่สำคัญมากต่อกระบวนการ

เมตาโบลิซึมของพืช พืชที่ได้รับไนโตรเจนเพียงพอจะมีการเจริญเติบโตดี ใบมีสีเขียวเข้ม (วรพรรณ และ ศิริปะภา, 2561) ซึ่งบ่งบอกผลผลิตที่ต้องการก็คือส่วนใบและลำต้น ถึงแม้ว่าสูตร Enshi จะมีสูตรสารละลายที่ใกล้เคียงกับสูตรการค้า แต่พบว่าธาตุอาหารรองส่วนใหญ่ของสูตรการค้าสามารถหาซื้อได้ตามท้องตลาด แต่แหล่งของธาตุอาหารรองบางชนิดของสูตรสารละลายอื่นต้องใช้เป็นสารเคมีที่มีความจำเพาะหาซื้อตามท้องตลาดไม่ได้ และราคาค่อนข้างสูง ดังนั้นการเลือกใช้สารละลายธาตุอาหารสูตรการค้าจึงเป็นทางเลือกที่ดีที่สุดสำหรับการนำมาประยุกต์ใช้ในการผลิตบัวบก

การใช้วัสดุปลูก พบว่าวัสดุปลูกที่เหมาะสมคือทรายหยาบ:ขุยมะพร้าว 1:1 โดยปริมาตร ส่งผลให้จำนวนใบ จำนวนไหล จำนวนต้นต่อไหล และสารสำคัญแวนิลินสูงกว่าวัสดุชนิดอื่น ทั้งนี้เนื่องจากทรายหยาบ ไม่ทำปฏิกิริยาทางเคมีกับธาตุอาหารพืชและอายุการใช้งานนาน ถึงแม้จะมีปัญหาการอัดตัวแน่นเมื่อใช้เป็นเวลานาน แต่เมื่อผสมกับขุยมะพร้าวที่มีคุณสมบัติในการอุ้มน้ำได้ดีมาก สามารถระบายน้ำและอากาศ เพราะมีขนาดอนุภาคส่วนใหญ่อยู่ระหว่าง 0.5 ถึง 2.0 มิลลิเมตร มีค่าสัมประสิทธิ์การซาบซึมน้ำ 0.15 เซนติเมตรต่อวินาที ความพรุนทั้งหมด 95.53 เปอร์เซ็นต์และมีกรดเล็กน้อย pH ประมาณ 6.2 (วันเพ็ญ, 2552) ส่งผลให้บัวบกดูดซึมสารละลายธาตุ

อาหารได้อย่างเหมาะสม สอดคล้องกับคุณสมบัติวัสดุปลูกที่เหมาะสมต้องมีอัตราส่วนของน้ำ:อากาศอยู่ประมาณ 50:50 ไม่มีการอัดตัวหรือยุบตัวเมื่อเปียกน้ำหรือเมื่อใช้ระยะเวลานาน และไม่สลายตัวทั้งทางเคมีและทางชีวภาพ รากพืชสามารถแพร่กระจายได้ที่สำคัญต้องมีคุณสมบัติเฉื่อยทางเคมีไม่ทำปฏิกิริยากับสารละลายธาตุอาหาร และกับภาชนะที่ใช้บรรจุ มีความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุต่ำ เพื่อจะได้ไม่มีผลต่อองค์ประกอบสารละลายธาตุอาหารพืชที่อยู่ในวัสดุปลูก ไม่มีสารพิษเจือปน ไม่เป็นแหล่งสะสมโรคและแมลง สามารถกำจัดโรคและแมลงได้ง่าย น้ำหนักเบา ยกเคลื่อนที่ได้ง่าย หาง่าย ราคาถูก (สันติ, 2556) สำหรับวัสดุปลูกที่มีส่วนผสมถ่านแกลบพบปัญหาเมื่อใช้เวลานานจะอัดแน่น โดยเฉพาะผสมกับทรายหยาบยิ่งทำให้วัสดุปลูกไม่สามารถระบายน้ำได้ ทำให้วัสดุอุ้มน้ำเกินไป และแกลบดำมีค่า pH ที่มีความแปรปรวนมากทำให้เกิดปฏิกิริยาทางเคมีกับธาตุอาหารได้ และถ่านแกลบนั่นยากในการกำจัดโรคแมลงเมื่อวัสดุปลูกมีความชื้นเกินไป ส่งผลให้บัวบกเน่าเสียหาย สำหรับวัสดุเพอร์ไลต์:เวอร์มิคูไลต์ 2:1 ซึ่งเป็นหินภูเขาไฟที่มีคุณสมบัติในการอุ้มน้ำได้น้อย ถึงแม้จะมีข้อดีในการไม่มีการแลกเปลี่ยนประจุ มีความพรุนสูง มีความคงทนของโครงสร้างดีมาก แต่มีราคาค่อนข้างสูง (สันติ, 2556)

Table 2 Growth of *Centella asiatica* at 60 days after planting when using different nutrient solutions and different planting media at Sukhothai Horticultural Research Center during summer season in 2021.

TREATMENT (T)	FERTILIZER (F)											
	Enshi				Hoagland				Commercial			
	Number of leaf	Number of stolon	Number Plant/stolon ^{1/}	The length of stolon (cm)	Number of leaf	Number of stolon	Number Plant/stolon	The length of stolon (cm) ^{1/}	Number of leaf	Number of stolon	Number Plant/stolon ^{1/}	The length of stolon (cm)
T1	9.74	2.19	1.93ab	30.27a	9.00	2.33	1.88ab	30.54a	8.21	2.41	1.72b	28.59
T2	9.94	2.27	2.37a	30.80a	9.44	2.25	2.32a	34.11a	12.22	2.67	2.46a	34.21
T3	8.75	2.41	1.70b	22.63b	8.45	2.08	1.37b	19.62b	10.24	2.51	2.23ab	29.31
T4	8.97	2.14	2.34a	33.00a	10.14	1.91	2.40a	34.43a	12.05	2.34	2.25ab	34.35
F-test	ns	ns	*	*	ns	ns	*	*	ns	ns	*	ns

The leaf number /plant CV(a) = 32.1%; CV (b) = 17.0%; The stolon number /plant CV (a) = 33.9%; CV (b) = 19.7%;

The plant number/stolon CV (a) = 44.2%; CV (b) = 27.2%; The length of stolon CV (a) = 15.8%; CV (b) = 27.5%

^{1/} Means follow by different letters in the same column are significantly different according to DMRT (p>0.05); ns = not significant, * = significant.

Note: T1; Coarse sand: Rice husk charcoal, ratio 1:1 T2; Coarse sand: Coconut coir ratio 1:1 T3; Rice husk charcoal: Coconut coir ratio 1:1 T4; Perlite: Vermiculite ratio 2:1

Table 3 Total fresh weight (kg/m²) and triterpenes content (%DW) of 4 types of *Centella asiatica* at the second harvest when different nutrient solution formulations were used with different planting media at Sukhothai Horticultural Research Center during summer season in 2021.

TREAT MENT (T)	FERTILIZER (F)														
	Enshi					Hoagland					Commercial				
	Total fresh weight (kg/m ²)	Made casso side (%DW)	Asiati co side (%DW)	Made cassic acid (%DW)	Asia tic acid (%DW)	Total fresh weight (kg/m ²) ^{1/}	Made casso side (%DW)	Asiati co side (%DW)	Made cassic acid (%DW)	Asia tic acid (%DW)	Total fresh weight (kg/m ²)	Made casso side (%DW)	Asiati co Side (%DW)	Made cassic acid (%DW)	Asia tic acid (%DW)
T1	1.09	0.98bc	1.35ab	0.28a	0.20a	0.75b	0.90c	1.04bc	0.13b	0.11b	1.90	0.65b	0.78b	0.42a	0.24a
T2	1.35	1.09b	1.51a	0.14b	0.10b	1.89a	1.28a	1.28a	0.11b	0.08c	2.10	1.41a	1.69a	0.35a	0.21b
T3	1.16	0.84c	0.99b	0.11b	0.09b	0.74b	0.93c	0.95c	0.36a	0.21a	1.88	1.33a	1.12a	0.35a	0.16c
T4	1.50	1.26a	1.58a	0.11b	0.08b	1.54a	1.10b	1.18ab	0.14b	0.09bc	2.09	1.22a	1.13a	0.24b	0.14c
F-test	ns	*	*	*	*	*	*	*	*	*	ns	*	*	*	*

Yield CV (a) = 15.0%; CV (b) = 26.4%; Madecassoside CV (b) = 6.9%; Asiaticoside CV (b) = 6.4%; Madecassic acid CV (b) = 9.0%; Asiatic acid CV (b) = 14.2%

^{1/} Means follow by different letters in the same column are significantly different according to DMRT (p>0.05); ns = not significant, * = significant.

Note: T1; Coarse sand: Rice husk charcoal, ratio 1:1 T2; Coarse sand: Coconut coir ratio 1:1 T3; Rice husk charcoal: Coconut coir ratio 1:1 T4; Perlite: Vermiculite ratio 2:1

2. การเปรียบเทียบเทคโนโลยีการผลิตบัวบกคุณภาพภายใต้สภาพโรงเรือนในระบบปลูกพืชไม่ใช้ดินกับเทคโนโลยีการผลิตของเกษตรกร

เปรียบเทียบการเจริญเติบโตของบัวบกที่อายุ 8 สัปดาห์ พบว่ากรรมวิธีเทคโนโลยีการผลิตบัวบกคุณภาพภายใต้สภาพโรงเรือนในระบบปลูกพืชไม่ใช้ดินกรรมวิธีที่ดีที่สุดจากการทดลองที่ 1 คือ กรรมวิธีสารละลายธาตุอาหารสูตรการค้ำร่วมกับการใช้วัสดุปลูกที่ประกอบด้วยทรายหยาบ: ขุยมะพร้าว อัตราส่วน 1:1 โดยปริมาตร (กรรมวิธีทดสอบ) ซึ่งทำให้บัวบกมีการเจริญเติบโตทุกด้านมากกว่ากรรมวิธีการผลิตบัวบกของเกษตรกร (กรรมวิธีของเกษตรกร) โดยมีจำนวนใบเฉลี่ยต่อต้น 11.32 ใบ และมีความยาวใบเฉลี่ยเท่ากับ 59.02 เซนติเมตร แตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกรรมวิธีของเกษตรกร ซึ่งมีจำนวนใบเฉลี่ยต่อต้น 9.37 ใบ และความยาวใบเฉลี่ย 36.12 เซนติเมตร (Table 4) และสำหรับการเก็บเกี่ยวผลผลิตรวม 2 ครั้ง พบว่า กรรมวิธีทดสอบบัวบกให้ผลผลิตน้ำหนักสดรวม 2.49 กิโลกรัมต่อตารางเมตร และน้ำหนักแห้งรวม 0.36 กิโลกรัมต่อตารางเมตร มากกว่ากรรมวิธีของเกษตรกรซึ่งได้ผลผลิตน้ำหนักสดรวม 1.30 กิโลกรัมต่อตารางเมตร และน้ำหนักแห้งรวม 0.19 กิโลกรัมต่อตารางเมตร อย่างมีนัยสำคัญ (Table 4) ทั้งนี้เนื่องจากกรรมวิธีทดสอบใบมีขนาด

ค่อนข้างใหญ่และยืดยาว เพราะได้รับสารละลายธาตุอาหารที่เหมาะสม รวมทั้งระบบปลูกในโรงเรือนที่สามารถควบคุมสภาพแวดล้อมลดผลกระทบจากสภาพภายนอก ซึ่งในช่วงการผลิตเป็นช่วงฤดูฝนพบโรคพืชเข้าทำลายค่อนข้างมากในกรรมวิธีการผลิตของเกษตรกรจนทำให้ผลผลิตได้น้อยกว่ากรรมวิธีทดสอบ

ปริมาณสารสำคัญของบัวบกภายใต้สภาพโรงเรือนในระบบปลูกพืชไม่ใช้ดินโดยเฉพาะสาร Asiaticoside สูงถึง 2.05% โดยน้ำหนักแห้ง และสาร Madecassoside 1.73% โดยน้ำหนักแห้ง ซึ่งมีค่าสูงกว่ากรรมวิธีของเกษตรกร (0.45% โดยน้ำหนักแห้ง สำหรับสาร Asiaticoside และ 0.35% โดยน้ำหนักแห้ง สำหรับสาร Madecassoside ตามลำดับ) ทั้งนี้เนื่องจาก Asiaticoside และ Madecassoside เป็นสารประกอบประเภทไตรเทอร์พีนอยด์ไกลโคไซด์ ซึ่งพบอยู่ในส่วนของช่องว่างภายในเซลล์ ในส่วนต่างๆ ของพืช เป็นสารที่ถูกสร้างขึ้นเพื่อประโยชน์ในกระบวนการเจริญเติบโตและการขยายพันธุ์ของพืชแต่ละชนิด ดังนั้นปริมาณการสร้างสารสำคัญของพืชจะขึ้นอยู่กับปริมาณธาตุอาหารชนิดต่างๆ ที่พืชได้รับ (Murshidul *et al.*, 2004) โดยผลการทดลองนี้สอดคล้องกับ Siddiqui *et al.*, (2011) ที่พบว่าการใช้ปุ๋ยอินทรีย์น้ำหมักความเข้มข้น 50 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 1 ลิตร ร่วมกับ

ป้วยเคมี 50 เปอร์เซ็นต์ ทำให้สารสำคัญในบัวบกที่ปลูกในประเทศมาเลเซีย ได้แก่ Asiaticoside, Madecassoside และ Asiatic acid ในส่วนของใบก้านใบและรากมีค่าสูงสุด ทั้งนี้จะเกี่ยวข้องกับจุลธาตุ และสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ ที่มีอยู่ในป้วยอินทรีย์น้ำหมัก ซึ่งร่วมกับมหาธาตุที่มีอยู่ในป้วยเคมี จึงทำให้บัวบกที่ได้รับป้วยอินทรีย์น้ำหมักร่วมกับป้วยเคมีมีสารสำคัญสูงสุด และการปลูกพืชในโรงเรือนสภาพแวดล้อมทั้งอุณหภูมิที่สูง การพรางแสงที่ 50 เปอร์เซ็นต์ พืชเกิดสภาวะเครียด มีการลดอัตราการหายใจ การเพิ่มพื้นที่ใบ ปรับลักษณะพื้นฐานวิทยาของใบส่วนใหญ่ให้มีขนาดใหญ่ และที่สำคัญมีการสร้างสารทุติยภูมิที่สำคัญไว้สำหรับการปรับตัวให้เข้ากับสภาวะเครียดจากร่มเงา (นวรรตน์, 2558)

ผลการตรวจสอบของสารพิษตกค้าง และโลหะหนักในใบบัวบก พบว่าทั้งสองกรรมวิธี และแปลงเกษตรกร อ.บางเลน ไม่พบสารพิษตกค้างทั้ง 4 กลุ่ม (Table 5) เมื่อสัมภาษณ์เกษตรกร พบว่าใน

ช่วงฤดูฝนจะพบปัญหาโรคพืชเข้าทำลายจึงใช้สารป้องกันกำจัดโรคพืชค่อนข้างมาก หากแต่เกษตรกรพ่นก่อนเก็บเกี่ยวผลผลิต 7-10 วัน จึงอาจเป็นไปได้ว่าด้วยวิธีการปฏิบัติดังกล่าวนี้ เมื่อนำตัวอย่างไปตรวจวิเคราะห์ก็ไม่พบสารพิษตกค้าง ส่วนผลตรวจวิเคราะห์โลหะหนักในใบบัวบก พบว่ากรรมวิธีของเกษตรกร มีปริมาณของเหล็กค่อนข้างสูง คือ 132 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม เกินมาตรฐานที่กำหนดโดย Thai Herbal Pharmacopoeia, Vol1-2 ซึ่งกำหนดให้ไม่เกิน 100 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (ชำนาญ และ สุวรรณ, 2548) และตะกั่วที่ค่า 0.13 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งมีค่าเกินค่ามาตรฐานที่กำหนดให้ไม่เกิน 0.1 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (ประกาศกระทรวงสาธารณสุข, 2563) (Table 6) ทั้งนี้เนื่องจากการปนเปื้อนโลหะหนักจากดิน และน้ำของแหล่งปลูกที่ไม่สามารถควบคุมการปนเปื้อนได้เหมือนกับกรรมวิธีทดสอบ

Table 4 Growth and yield of *Centella asiatica* at 60 days after planting compared between 2 production technologies at Sukhothai Horticultural Research Center during rainy season in 2021.

TREATMENT (T)	Growth of <i>Centella asiatica</i>				Yield	
	Number of leaf	Number of stolon	Number Plant/stolon	The length of stolon (cm)	Total dry weight (kg/m ²)	Total fresh weight (kg/m ²)
T1	11.32	2.49	2.64	59.02	0.36	2.49
T2	9.37	2.46	2.45	36.12	0.19	1.30
t-test	*	ns	ns	*	*	*

ns = not significant, *=significant.

Table 5 Triterpenes content (%DW) of 4 types of *Centella asiatica* at the second harvest compared between 2 production technologies at Sukhothai Horticultural Research Center during rainy season in 2021.

TREATMENT (T)	Madecassoside (%DW)	Asiaticoside (%DW)	Madecassic acid (%DW)	Asiatic acid (%DW)
T1	1.73	2.05	0.71	0.32
T2	0.35	0.45	0.47	0.23
t-test	*	*	*	ns
Farmer plot ^{1/}	0.44	0.35	0.67	0.42

ns = not significant, *=significant.

Table 6 Pesticide residues and heavy metals of *Centella asiatica* at the second harvest compared between 2 production technologies at Sukhothai Horticultural Research Center during rainy season in 2021.

TREATMENT (T)	Pesticide residues 4 group	Iron (mg/kg)	Lead (mg/kg)	Arsenic (mg/kg)	Cadmium (mg/kg)	Mercury (mg/kg)
T1	Not Detected	15	< 0.050	0.036	< 0.018	Not Detected
T2	Not Detected	132	0.13	0.67	0.085	< 0.018
Farmer plot ^{1/}	Not Detected	28.2	< 0.050	0.057	0.025	< 0.018

T1: The production technology under greenhouse conditions in a soilless system

T2: The production technology of farmers

^{1/}Farmers plot, Bang Len District, Nakhon Pathom Province

สรุป

การผลิตบัวบกในสารละลายธาตุอาหารสูตรการดำร่วมกับการปลูกในวัสดุปลูก ทราวยหยาบ:ขุยมะพร้าว 1:1 โดยปริมาตร ส่งผลให้การเจริญเติบโต ปริมาณผลผลิต และปริมาณสาร Asiaticoside และ Madecassoside ของบัวบกมีแนวโน้มสูงกว่ากรรมวิธีอื่นๆ แม้ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และเมื่อเปรียบเทียบระบบการผลิตบัวบก พบว่าการผลิตบัวบกภายใต้สภาพโรงเรือนในระบบปลูกพืชไม่ใช้ดิน บัวบกมีการเจริญเติบโตแนวโน้มสูงกว่าระบบการผลิตของเกษตรกร และในด้านผลผลิต ปริมาณสาร Asiaticoside และ Madecassoside พบว่ามีค่าสูงกว่าระบบการผลิตของเกษตรกรอย่างมีนัยสำคัญ และทั้งสองกรรมวิธีไม่พบสารพิษตกค้าง แต่ระบบการผลิตของเกษตรกรพบปริมาณโลหะหนักเหล็ก และตะกั่วเกินเกณฑ์มาตรฐาน

กิตติกรรมประกาศ

ได้รับทุนอุดหนุนการพัฒนาศึกษาวิจัยการเกษตร จากสำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (องค์การมหาชน) ปีงบประมาณ พ.ศ. 2563 และศูนย์วิจัยพืชสวนสุโขทัย สถาบันวิจัยพืชสวน กรมวิชาการเกษตร รวมทั้งคณะกรรมการที่ปรึกษาวิจัยและผู้ทรงคุณวุฒิในการให้คำปรึกษา แนะนำแนวทางดำเนินงานและแก้ไขปัญหา ตลอดจนเจ้าหน้าที่พนักงานราชการที่มีส่วนเกี่ยวข้องช่วยเหลือทำงานวิจัยสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- ชำนาญ ภัทรพานิช และสุวรรณ เหลืองชลธาร. 2548. การศึกษาเพื่อกำหนดมาตรฐานของสมุนไพรบัวบก และสิ่งสารสกัดที่มีฤทธิ์ทางยา. รายงานการวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์นาและเครื่องสำอางที่มีมาตรฐานจากสมุนไพรบัวบกสู่การผลิตระดับอุตสาหกรรม. ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากงบประมาณแผ่นดิน ปีงบประมาณ 2546-2548. 100 หน้า.
- นวรรตน์ อุดมประเสริฐ. 2558. สรีรวิทยาของพืชภายใต้สภาวะเครียด. สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพมหานคร. 237 หน้า.
- ประกาศกระทรวงสาธารณสุข. 2563. มาตรฐานอาหารที่มีสารปนเปื้อน. ราชกิจจานุเบกษา เล่ม 137 ตอนพิเศษ 118 ง วันที่ 20 พฤษภาคม 2563. หน้า 18.
- วรพรรณ กรานกุล และศิริประภา ภูมิ. 2561. ผลของสารละลายธาตุอาหารที่ต่างกันต่อการเจริญเติบโตของผักสลัดพันธุ์กรีนโอ๊ค และพันธุ์เรดโอ๊คที่ปลูกในระบบไฮโดรโปนิคส์. ปัญหาพิเศษ. สาขาวิชาเกษตรศาสตร์ (เทคโนโลยีการผลิตพืช) คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม. มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์. 77 หน้า.

- วันเพ็ญ สุขการณ์. 2552. สูตรสารละลายและวัสดุปลูกที่เหมาะสมสำหรับการปลูกแคนตาลูปโดยไม่ใช้ดินในภาคใต้ของประเทศไทย. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิตสาขาวิทยาศาสตร์การเกษตร (พืชศาสตร์). มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์. 99 หน้า.
- ไสระยา ร่วมรังษี และจำนงค์ อุทัยบุตร. 2556. การปลูกสตรอเบอร์รี่ในระบบไฮโดรโปนิกส์. รายงานฉบับสมบูรณ์. ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากงบประมาณแผ่นดิน ปีงบประมาณ 2556. 61 หน้า.
- สันติ ช่างเจรจา. 2556. การปลูกพืชในวัสดุปลูก (Substrate Culture). โครงการหมู่บ้านแม่ข่ายวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี "การปลูกพืชไร้ดินต้นทุนต่ำเชิงการค้าในชุมชน". สถาบันวิจัยเทคโนโลยีเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา และกระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 38 หน้า.
- เอกรินทร์ สายฟ้า มยุรี ดันติสิริระ บุญยงค์ ดันติสิริระ ชำนาญ ภัทรพานิช รุทธ์ สุทธิศรี และสุวรรณ เหลืองชลธาร. 2548. การวิจัยและพัฒนาสารสกัดมาตรฐานบัวบก อีซีเอ 233: จากต้นน้ำสู่ปลายน้ำ. รายงานการวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์และเครื่องสำอางที่มีมาตรฐานจากสมุนไพรบัวบกสู่การผลิตระดับอุตสาหกรรม. ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากงบประมาณแผ่นดิน ปีงบประมาณ 2546-2548. 22 หน้า.
- Alqahtani A., W. Tongkao-on, K.M. Li, V. Razmovski-Naumovski, K. Chana and G.Q. Lia. 2014. Seasonal variation of triterpenes and phenolic compounds in australian *Centella asiatica* (L.) Urb. Phytochemical analysis 26:436-443.
- Murshidul, H., H. Ajwa, and B. Mou. 2004. Nitrogen, phosphorus, and potassium fertilizer effects on nutritional composition of lettuce. 101st Annual international conference of the American society for Horticultural Science, Austin, Texas. Horticultural Science 39(4): 872.
- Resh, M.H. 1978. Hydroponics for Food Production, Woodbridge Press Publishing Company, California., 277 p.
- Siddiqui, Y., T.M. Islam, Y. Naidu and S. Meon. 2011. The conjunctive use of compost tea and inorganic fertilizer on the growth, yield and terpenoid content of *Centella asiatica* (L.) Urban. Scientia Horticulturae 130: 289-295.
- Srithongkul, J., S. Kanlayanarat, V.Srilaong, A. Uthairatanakij and P. Chalermglin. 2011. Effects of light intensity on growth and accumulation of triterpenoids in three accessions of Asiatic pennywort (*Centella asiatica* (L.) Urb.). Journal of Food, Agriculture & Environment 9(1): 360-363.