รายงานโครงการวิจัย

วิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตพืชผักภายใต้การควบคุมสภาพแวดล้อม

Research and Development Technology of Vegetables Production under Controlled Environment

ชื่อหัวหน้าโครงการวิจัย

จีรภา ออสติน

Jirapa Austin

กรมวิชาการเกษตร

ปี พ.ศ. 2564

รายงานโครงการวิจัย

วิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตพืชผักภายใต้การควบคุมสภาพแวดล้อม

Research and Development Technology of Vegetables Production under Controlled Environment

ชื่อหัวหน้าโครงการวิจัย

จีรภา ออสติน

Jirapa Austin

กรมวิชาการเกษตร

ปี พ.ศ. 2564

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	4
ผู้วิจัย	5
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ	6
บทนำ	7
บทคัดย่อ	9
- ผลของสารละลายธาตุอาหารพืชอินทรีย์ต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตบัวบกบนวัสดุปลูกแบบแนวดิ่งในอาคาร	11
- ผลของสารละลายธาตุอาหารพืชต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตบัวบกบนวัสดุปลูกแบบแนวดิ่งในอาคาร	18
- การคัดเลือกพันธุ์บัวบกที่เหมาะสมสำหรับปลูกในอาคาร	25
- การผลิตเมล็ดพันธุ์ไอซ์ แพลนท์ ในอาคาร	32
- การผลิตไอซ์ แพลนท์ด้วยสารละลายธาตุอาหารพืชอินทรีย์บนวัสดุปลูกแบบแนวดิ่งในอาคาร	32
- การผลิตไอซ์ แพลนท์ ด้วยสารละลายธาตุอาหารพืชบนวัสดุปลูกแบบแนวดิ่งในอาคาร	32
บทสรุปและข้อเสนอแนะ	33
บรรณานุกรม	34
ภาคผนวก	36

กรมวิชาการเกษตร

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษารูปแบบการผลิตพืชในแนวดิ่งในอาคารที่ไม่มีการควบคุมอุณหภูมิ โดยลดการใช้เครื่องปรับอากาศ และลดการใช้แสงเทียม เพื่อการเพิ่มผลผลิตต่อพื้นที่ ให้ผลตอบแทนสูงสุด และยังคงคุณภาพผลผลิตที่ดี เน้นการผลิตที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมในการจัดการโรค แมลง และวัชพืช สามารถแนะนำการผลิตสู่ระบบเชิงพาณิชย์ได้ต่อไป ขอขอบคุณทีมผู้วิจัยทุกท่านที่ได้ร่วมทำงานอย่างมีประสิทธิภาพ ทำให้การดำเนินงานของโครงการ สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

กรมวิชาการเกษตร

ผู้วิจัย

จีรภา ออสติน
อารีวรรณ ฉิมทับ
ภัทรพร ศรีวราพันธุ์
วุฒิพล จันทร์สระคู
อรพิน หนูทอง

กรมวิชาการเกษตร

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

$\overline{X}$	หมายถึง ค่าเฉลี่ย
S.D.	หมายถึง ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
NFT	หมายถึง ระบบหมุนเวียนธาตุอาหาร Nutrient film Technique
FW	หมายถึง น้ำหนักสด
EC	หมายถึง ค่าการนำไฟฟ้า (Electrical conductivity)

กรมวิชาการเกษตร

บทนำ

การเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมทำให้การผลิตพืชประสบกับปัญหาต่างๆ การปลูกพืชภายใต้สภาพป้องกันเพื่อป้องกันพืชให้พ้นจากสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมต่างๆ ที่มีผลต่อความเสียหายของผลผลิตทางการเกษตร มีข้อได้เปรียบหลายอย่าง เช่น สามารถป้องกันความเสียหายจากสภาพแวดล้อมธรรมชาติ สามารถกำหนดทิศทางวางแผนการผลิต ปลูกพืชที่มีมูลค่าสูง ปลูกนอกฤดูกาล และผลผลิตมีคุณภาพ เพิ่มผลตอบแทนต่อพื้นที่ให้แก่เกษตรกร การเก็บเกี่ยวเร็ว ระยะการเก็บเกี่ยวนาน ลดการใช้ปุ๋ย รวมถึงเน้นการผลิตที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมในการจัดการโรคแมลงและวัชพืช ปัจจุบันสินค้าด้านการเกษตรมีการแข่งขันที่สูง ผลผลิตที่เป็นที่ต้องการของตลาดและมีความสามารถในการแข่งขัน จะต้องเป็นผลผลิตที่มีคุณภาพ และมีความปลอดภัยอยู่ในระดับมาตรฐาน การผลิตภายใต้สภาพโรงเรือนจึงเป็นสิ่งที่จำเป็น ในปัจจุบันเทคโนโลยีการผลิตพืชภายใต้สภาพโรงเรือน ได้ถูกใช้กันอย่างแพร่หลายในประเทศไทย ในหลายประเทศได้ทำการการปลูกพืชในระบบปิดหรือการปลูกพืชในสภาวะควบคุมสภาพแวดล้อม

โรงงานปลูกพืช (plant factory) เป็นเทคโนโลยีใหม่ของการปลูกเลี้ยงพืชภาพใต้สภาพป้องกัน ที่มีการควบคุมสภาพแวดล้อมภายใน ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้น ก๊าซคาร์บอนไดออไซด์ และแสง สามารถผลิตได้ผลผลิตและคุณภาพสูง แต่ต้นทุนในการดำเนินการสูง ดังนั้นควรเลือกชนิดพืช หรือพันธุ์พืช ที่มีช่วงเวลาการผลิตที่เหมาะสม เพื่อเพิ่มรายได้สูงสุด

ไอซ์แพลนท์ (Ice plant) (*Mesembryanthemum crystallinum*)] เป็นพืชพื้นเมืองจากแอฟริกา ในปัจจุบันมีพบตามแถบชายฝั่งทะเลของประเทศอเมริกา และออสเตรเลีย ในปัจจุบันปลูกเพื่อบริโภคในประเทศญี่ปุ่น และเกาหลี เป็นพืชอวบน้ำ ทนเค็ม และทนแล้ง เป็นพืชสมุนไพร ลดน้ำตาล และไขมันในเลือด ในประเทศเกาหลีใต้ แนะนำให้ปลูกในโรงงานปลูกพืช ราคาจำหน่ายอยู่ระหว่าง 900-1,200 บาทต่อกิโลกรัม (30,000-40,000 วอน) นอกจากนี้ยังนำมาเป็นส่วนประกอบในเครื่องสำอางบำรุงผิวหน้า มีเยื่อใย แคลเซียม คาร์โบไฮเดรต และโปรตีน มากกว่า 1,000 มิลลิกรัม

บัวบก (*Centella asiatica* Linn. Urban) เป็นผักพื้นบ้านที่นิยมรับประทานเป็นผักสด มีประโยชน์ทางสมุนไพรที่มีคุณค่ามากมาย ปัจจุบันมีการเพิ่มมูลค่าใบบัวบก โดยการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์สมุนไพรในรูปแบบต่างๆ แต่การผลิตใบบัวบกในปัจจุบัน ประสบกับปัญหาการตกค้างของสารเคมีกำจัดแมลงบนผลผลิต เห็นได้จากรายงานผลการตรวจวิเคราะห์การตกค้างของสารกำจัดแมลงของสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา กระทรวงสาธารณสุข พบว่า ใบบัวบก ตรวจพบสารพิษตกค้างมากที่สุดเป็นอันดับ 1 มาตั้งแต่ ปี 2553-2559

โรงเรือนปลูกพืชทดลองของมหาวิทยาลัยแห่งชาติเจจู ประเทศเกาหลีใต้ มีสารละลายธาตุอาหารสูตร Wanshi สำหรับปลูกผักใบทั่วไป รวมถึงสารละลายธาตุอาหารสูตร Sum vegetables สำหรับปลูกผักที่นิยมใช้สำหรับห่ออาหารเพื่อรับประทานสดแบบเกาหลี และสารละลายที่ใช้สำหรับปลูกเลี้ยง Ice plant

ดังนั้น จึงได้ศึกษารูปแบบการผลิตพืชในแนวตั้งในอาคารที่ไม่มีการควบคุมอุณหภูมิ โดยการเลือกพืช ไอซ์แพลนท์ ซึ่งเป็นพืชผักที่มีศักยภาพการผลิตในอาคาร และการผลิตใบบัวบก ซึ่งเป็นพืชผักสมุนไพรที่ประสบกับปัญหาการตกค้างของสารเคมี เมื่อสิ้นสุดการทดลองแล้ว สามารถแนะนำเทคโนโลยีสู่เกษตรกร จะเป็นการ

กรมวิชาการเกษตร

พัฒนาการผลิตที่ปลอดภัยจากสารพิษ และเพิ่มความสามารถในการแข่งขันของเกษตรกรผู้ปลูกพืชผักของประเทศต่อไป การดำเนินงานมีวัตถุประสงค์ ดังนี้

1. เพื่อหาสารละลายธาตุอาหารพืชที่เหมาะสม สำหรับการปลูกไอซ์ แพลนท์ (Ice plant) และบัวบกในระบบหมุนเวียนธาตุอาหาร Nutrient film Technique (NFT) และไม่หมุนเวียนธาตุอาหารบนวัสดุปลูกในอาคารที่ไม่มีการควบคุมอุณหภูมิ

2. เพื่อหาสารละลายธาตุอาหารอินทรีย์ที่เหมาะสม สำหรับการปลูกไอซ์ แพลนท์ และบัวบกในระบบหมุนเวียนธาตุอาหาร Nutrient film Technique (NFT) และไม่หมุนเวียนธาตุอาหารบนวัสดุปลูกในอาคารที่ไม่มีการควบคุมอุณหภูมิ

3. เพื่อหาวิธีการที่เหมาะสมสำหรับการผลิตเมล็ดพันธุ์ไอซ์ แพลนท์ในอาคารที่ไม่มีการควบคุมอุณหภูมิ

4. เพื่อให้ได้วิธีการปลูก และพันธุ์บัวบกที่ให้ผลผลิตสูง เหมาะสำหรับบริโภคสด และเหมาะสมสำหรับการปลูกในอาคารที่ไม่มีการควบคุมอุณหภูมิ

โดยมีวิธีดำเนินงานของโครงการ ดังนี้

1.ปลูกไอซ์ แพลนท์ และบัวบก ในสาระลายธาตุอาหารอินทรีย์ 4 ชนิด ได้แก่ สารละลายธาตุอาหารจากมูลไก่หมัก สูตร 1 สารละลายธาตุอาหารจากมูลไก่หมัก สูตร 2 สารละลายธาตุอาหารจากมูลไก่หมัก สูตร 1 ร่วมกับแบคทีเรียสังเคราะห์แสง สารละลายธาตุอาหารจากมูลไก่หมัก สูตร 2 ร่วมกับแบคทีเรียสังเคราะห์แสง โดยมีสารละลายธาตุอาหาร Enshi เป็นกรรมวิธีเปรียบเทียบ ปลูกในระบบบนวัสดุปลูกแบบแนวดิ่งในอาคารปลูกพืช ใช้แกลบดิบผสมขุยมะพร้าวเป็นวัสดุปลูก ใช้แสงเทียม ไม่มีการควบคุมอุณหภูมิ และความชื้น การบันทึกข้อมูล และวิเคราะห์ผลการทดลอง

2. ปลูกไอซ์ แพลนท์ และบัวบก ในสาระลายธาตุอาหารพืช 3 ชนิด ได้แก่ สารละลายธาตุอาหาร Wanshi สารละลายธาตุอาหาร Sum vegetables และ สารละลายธาตุอาหาร Enshi เป็นกรรมวิธีเปรียบเทียบในการปลูกบัวบก และใช้สารละลายธาตุอาหาร Ice plant เป็นกรรมวิธีเปรียบเทียบ ในการปลูกไอซ์ แพลนท์ การบันทึกข้อมูล และวิเคราะห์ผลการทดลอง

3. การคัดเลือกพันธุ์บัวบกที่เหมาะสมสำหรับปลูกในอาคาร โดยการรวบรวมพันธุ์บัวบกจากพื้นที่แปลงเกษตรกรจากแหล่งปลูกเชิงการค้า นำไปปลูกในระบบบนวัสดุปลูกแบบแนวดิ่งในอาคารปลูกพืช ใช้แกลบดิบผสมขุยมะพร้าวเป็นวัสดุปลูกใช้แสงเทียม ไม่มีการควบคุมอุณหภูมิ และความชื้น การบันทึกข้อมูล และวิเคราะห์ผลการทดลอง

กรมวิชาการเกษตร

บทคัดย่อ

การเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมทำให้การผลิตพืชประสบกับปัญหาต่างๆ การปลูกพืชภายใต้สภาพป้องกันเพื่อป้องกันพืชให้พ้นจากสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมที่มีผลต่อความเสียหายของผลผลิตทางการเกษตร มีข้อได้เปรียบหลายอย่าง ในปัจจุบันเทคโนโลยีการผลิตพืชภายใต้สภาพโรงเรือนแพร่หลายในประเทศไทย ในหลายประเทศได้ทำการปลูกพืชในสภาวะควบคุมสภาพแวดล้อม โครงการนี้จึงศึกษารูปแบบการผลิตพืชผักแบบแนวดิ่งในอาคารที่ไม่มีการควบคุมสภาพแวดล้อม เพื่อพัฒนาการผลิตที่ปลอดภัย เพิ่มผลผลิต และลดต้นทุนการผลิต ทำการทดลองที่ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรพังงา และศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรภูเก็ต ระหว่างเดือนตุลาคม 2562 ถึงเดือนกันยายน 2564 ระยะเวลา 2 ปี การศึกษาการผลิตบัวบกด้วยสารละลายธาตุอาหารอินทรีย์ สรุปได้ว่า การปลูกบัวบกด้วยสารละลายธาตุอาหารจากมูลไก่หมักทั้ง 2 สูตร ใช้ร่วมกับแบคทีเรียสังเคราะห์แสงผสมในสารละลายธาตุอาหารอินทรีย์ เหมาะสมสำหรับใช้ปลูกบัวบกได้ การศึกษาการปลูกบัวบกด้วยสารละลายธาตุอาหารที่เหมาะสม พบว่า สารละลายธาตุอาหารพืชที่ใช้ในการทดลองทั้ง 3 ชนิด สามารถใช้ในการปลูกบัวบกได้ โดยสารละลายธาตุอาหารพืช Wanshi เหมาะสำหรับปลูกบัวบกเพื่อการบริโภคสด และสารละลายธาตุอาหาร Enshi และสารละลายธาตุอาหาร Sum vegetables เหมาะสำหรับปลูกบัวบกเพื่อการใช้ประโยชน์ด้านสมุนไพร การคัดเลือกพันธุ์บัวบก พบว่า บัวบกพันธุ์นครศรีธรรมราช (สุภาพ) และพันธุ์นครศรีธรรมราช (พร) เป็นพันธุ์บัวบกที่เหมาะสม สำหรับการปลูกบนวัสดุปลูกแบบแนวดิ่งในอาคารปลูกพืชโดยไม่มีการควบคุมอุณหภูมิ และความชื้น เป็นพันธุ์ที่มีขนาดลำต้นสูงใหญ่ ขนาดใบใหญ่ เถา และใบกรอบ รสชาติดี ไม่ขม เหมาะสำหรับปลูกเพื่อการบริโภคเป็นผักสด ส่วนบัวบกพันธุ์ชุมพร เหมาะสำหรับปลูกเพื่อใช้ประโยชน์ทางสมุนไพร เนื่องจากมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิก และค่ากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุด และการศึกษาการปลูกไอซ์ แพลนท์ ที่เป็นพืชใหม่ มีมูลค่าสูง และเป็นพืชผักที่มีศักยภาพการผลิตในอาคาร ไม่ประสบผลสำเร็จ อาจเป็นผลเนื่องจากเป็นเมล็ดนำเข้าจากประเทศจีน ทำให้ต้นพืชไม่สามารถปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมในห้องปลูกเลี้ยง ที่ไม่มีการควบคุมอุณหภูมิ และความชื้นได้

กรมวิชาการเกษตร

Abstracts

Climate change affect agricultural production. The growing crop under protected cultivation is to protect them from adverse environmental conditions. It offers several advantages. At present, the technology of plant production under greenhouse conditions has been widely used in Thailand. Nowadays, the cultivation of plants under controlled environments is present in many countries. The objectives were study on vegetables production grown indoor vertical farming which was not controlled environment conditions in order to increase the yield and reduce the production costs. The experiments were conducted at Phang Nga Agricultural Research and Development Center and Phuket Agricultural Research and Development Center during October, 2019-September, 2021 for two-year duration. The study of organic nutrient solution on growth and yield of Pennywort (*Centella asiatica* Linn. Urban) in substrate grown indoor vertical farming was concluded that, both nutrient solutions derived from aqueous extraction of chicken manure compost mixing with Photosynthetic bacteria solution were suitable for Pennywort. The study on the optimum nutrient solution for Pennywort production grown in substrate to increase productivity. According to the results, all nutrient solution formulas can use for growing Pennywort. Wanshi nutrient solution could be recommended for growing as a leafy vegetable. Enshi nutrient solution and Sum vegetables nutrient solution might be suggested for growing Pennywort as a medicinal herb. The study on the optimum variety of Pennywort. Based on the results, Nakhon Si Thammarat (Suprap) and Nakhon Si Thammarat (Porn) varieties are suitable for growing Pennywort. They have a long petiole, large leaf, tender vine and leaves, have good taste, have no bitter taste that recommended for a leafy vegetable production. Chumphon variety is recommended plants for medicinal purposes. Because of their higher content of phenolic compounds and the antioxidant activity. But the studies on the new technologies of Ice plant (*Mesembryanthemum crystallinum*) production which is the new plant with high value and have a potential for indoor vertical farming were not successful. Due to its seeds were imported from China. So that, the plant is unable adapted to the environment conditions in growing room where without controlled temperature and humidity.

กรมวิชาการเกษตร

ผลของสารละลายธาตุอาหารพืชอินทรีย์ต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตบัวบกบนวัสดุปลูกแบบแนวดิ่งในอาคาร

Effect of Organic Nutrient Solution on Growth and Yield of Pennywort (*Centella asiatica* Linn. Urban) in Substrate Grown Indoor Vertical Farming

จีรภา ออสติน [1] อารีวรรณ ฉิมทับ [1] ภัทรพร ศรีวราพันธุ์ [2] วุฒิพล จันทร์สระคู [3] อรพิน หนูทอง [4]

Jirapa Austin [1] Areewan Chimthup [1] Pattaraporn Sriwarapan [2] Wuttiphol Chansrakoo [3] Orapin Noothong [4]

คำสำคัญ : ระบบอินทรีย์ การปลูกพืชในแนวตั้ง โรงงานปลูกพืช บัวบก ปุ๋ยหมักมูลไก่ สารละลายธาตุอาหารอินทรีย์ การปลูกพืชในอาคาร

Key words : Organic system, Vertical farming production, Plant factory, Gotu Kola, Chicken manure compost, Organic nutrient solution, Indoor vertical farming

กรมวิชาการเกษตร

บทคัดย่อ

การทดลองนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการผลิตบัวบกด้วยสารละลายธาตุอาหารอินทรีย์ สำหรับการปลูกแบบแนวดิ่งในอาคารที่ไม่มีการควบคุมสภาพแวดล้อม เพื่อนำไปสู่การเพิ่มผลผลิต และลดต้นทุน ทำการทดลองที่ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรภูเก็ต ระหว่างเดือนตุลาคม 2563 ถึงเดือนกันยายน 2564 ระยะเวลา 1 ปี ผลการทดลองโดยพิจารณาจากองค์ประกอบผลผลิต สรุปได้ว่า การปลูกบัวบกด้วยสารละลายธาตุอาหารจากมูลไก่หมักทั้ง 2 สูตร ใช้ร่วมกับแบคทีเรียสังเคราะห์แสงผสมในสารละลายธาตุอาหารอินทรีย์ สามารถใช้ปลูกบัวบกบนวัสดุปลูกแบบแนวดิ่งในอาคารปลูกพืช โดยไม่มีการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นได้ แต่ควรมีการเติมสารที่ให้ธาตุอาหารแคลเซียม และแมกนีเซียม ในสารละลายธาตุอาหาร หรือในขั้นตอนการทำปุ๋ยมูลไก่หมักจากแหล่งที่เป็นวัสดุอินทรีย์ ในกรณีจะปลูกบัวบกในระบบอินทรีย์

[1] ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรพังงา ต.บางม่วง อ.ตะกั่วป่า จ.พังงา 82190

[2] ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรภูเก็ต ต.เทพกระษัตรี อ.ถลาง จ.ภูเก็ต 83110

[3] ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมสุราษฎร์ธานี ต.คันธุลี อ.ท่าชนะ จ.สุราษฎร์ธานี 84170

[4] สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 7 ต.ท่าอุแท อ.กาญจนดิษฐ์ จ.สุราษฎร์ธานี 84160

Abstracts

The objectives were study on Pennywort (*Centella asiatica* Linn. Urban) production by using organic nutrient solution grown in substrate indoor vertical farming which was not controlled environment conditions in order to increase the yield and reduce the production costs. The experiment was conducted at Phuket Agricultural Research and Development Center in 2021 for 1-year duration. Considering the overall all the parameters, both organic nutrient solution formulas derived from aqueous extraction of chicken manure compost mixing with Photosynthetic Bacteria solution were suitable for Pennywort grown indoor vertical cultivation which were not controlled temperature and humidity. In the case of growing in an organic system, should be add nutrients materials those provide calcium. and magnesium from organic sources in the nutrient solution or in the chicken manure compost.

บทนำ (Introduction)

บัวบก (*Centella asiatica* Linn. Urban) เป็นผักพื้นบ้านชนิดหนึ่ง ซึ่งมีประโยชน์ทางสมุนไพรที่มีคุณค่ามากมาย ได้มีการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์สมุนไพรในรูปแบบต่างๆ แต่การผลิตใบบัวบกในสภาพแปลงปลูก มักประสบกับปัญหาการตกค้างของสารเคมีกำจัดแมลงบนผลผลิต ในปัจจุบันมีการพัฒนาการปลูกบัวบกในสภาพป้องกันในสภาพโรงเรือน รวมถึงในโรงงานปลูกพืชที่มีการควบคุมสภาพแวดล้อมในการปลูก นอกจากนี้ยังมีการศึกษาการปลูกบัวบกในระบบอินทรีย์ทั้งในประเทศและต่างประเทศ ปุ๋ยมูลไก่ไข่ เป็นปุ๋ยอินทรีย์ที่มีธาตุอาหารพืชสูง (Kanto, 2011) และเมื่อนำไปทำเป็นปุ๋ยน้ำจากปุ๋ยมูลไก่ อัตรา ปุ๋ยมูลไก่:น้ำ เท่ากับ 1:5 โดยไม่เติมอากาศ (non-aerated compost teas) จะมีปริมาณธาตุอาหารพืชสูงกว่าที่ทำจากปุ๋ยอินทรีย์ชนิดอื่นๆ (Koné et al., 2010) ดังนั้น จึงได้ศึกษาการปลูกบัวบกโดยนำเทคโนโลยีที่มีการศึกษาทดลองแล้วมาประยุกต์ใช้ให้เหมาะสมในการผลิตบัวบกด้วยสารละลายธาตุอาหารอินทรีย์ สำหรับการปลูกบัวบกแบบแนวตั้งในอาคาร (Indoor Vertical Farming) ที่ไม่มีการควบคุมอุณหภูมิ เพื่อนำไปสู่การเพิ่มผลผลิต และลดต้นทุนต่อไป

ระเบียบวิธีการวิจัย (Research Methodology)

สิ่งที่ใช้ในการทดลอง

1. ต้นพันธุ์บัวบก
2. วัสดุการเกษตร ได้แก่ ปุ๋ยมูลไก่ ปุ๋ยเคมีสูตรต่างๆ potassium hydroxide (KOH) phosphoric acid (H_3PO_4)
3. แบคทีเรียสังเคราะห์แสง
4. วัสดุปลูก ได้แก่ ขุยมะพร้าว แกลบดิบ

กรมวิชาการเกษตร

5. วัสดุสำหรับทำชั้นปลูกพืชทดลอง พร้อมอุปกรณ์

6. อุปกรณ์บันทึกข้อมูล และอุปกรณ์อื่นๆ

แบบและวิธีการทดลอง วางแผนการทดลองแบบ RCB 4 ซ้ำ ประกอบด้วย 5 กรรมวิธี ดังนี้

กรรมวิธีที่ 1 สารละลายธาตุอาหารจากมูลไก่หมัก สูตร 1

กรรมวิธีที่ 2 สารละลายธาตุอาหารจากมูลไก่หมัก สูตร 2

กรรมวิธีที่ 3 สารละลายธาตุอาหารจากมูลไก่หมัก สูตร 1 ร่วมกับแบคทีเรียสังเคราะห์แสง

กรรมวิธีที่ 4 สารละลายธาตุอาหารจากมูลไก่หมัก สูตร 2 ร่วมกับแบคทีเรียสังเคราะห์แสง

กรรมวิธีที่ 5 สารละลายธาตุอาหาร Enshi เป็นกรรมวิธีเปรียบเทียบ

วิธีปฏิบัติการทดลอง ทำการทดลองในอาคาร (ลดการใช้เครื่องปรับอากาศ (ดัดแปลงจาก Choi et al., (2001) และใช้พัดลมเพื่อให้อากาศหมุนเวียนภายในห้อง) ที่ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรภูเก็ต โดยปฏิบัติดังนี้

- การเตรียมสารละลายธาตุอาหารจากมูลไก่หมัก

1. การเตรียมมูลไก่หมักสูตร 1 มูลไก่ไข่ 80 กิโลกรัม ผสมกับรำข้าว 20 กิโลกรัม มูลไก่หมักสูตร 2 มูลไก่ไข่ 80 กิโลกรัม ผสมกับรำข้าว 10 กิโลกรัม และแหนแดงแห้ง 10 กิโลกรัม ผสมให้เข้ากัน ใช้หัวเชื้อจุลินทรีย์ย่อยสลายวัสดุอินทรีย์ 150-200 กรัม ผสมน้ำ 20 ลิตร (กรมวิชาการเกษตร, 2548) ราดบนกองวัสดุ คลุกเคล้าให้เข้ากัน ทิ้งไว้ 10-15 วัน ใช้อัตราส่วนมูลไก่หมัก สูตร 1 : น้ำ เท่ากับ 1:5 ส่วน ผสมหมักเป็นเวลา 14 วัน โดยคนส่วนผสมในวันที่ 7 และ 14 หลังจากนั้น ทิ้งไว้ให้ตกตะกอน แล้วใช้น้ำที่ได้มาใช้ในการปลูกในระบบ [ดัดแปลงจาก Koné et al., (2010)]

2. การเตรียมสารละลายธาตุอาหารจากมูลไก่หมัก สูตร 1 และ สูตร 2 ร่วมกับแบคทีเรียสังเคราะห์แสง ใช้อัตราส่วน มูลไก่หมัก:น้ำ เท่ากับ 1:5 ส่วน ใส่แบคทีเรียสังเคราะห์แสง อัตรา 100 มิลลิลิตรต่อน้ำ 200 ลิตร ผสมหมักเป็นเวลา 14 วัน คนส่วนผสมในวันที่ 7 และ 14 หลังจากนั้น ทิ้งไว้ให้ตกตะกอน แล้วใช้น้ำที่ได้มาใช้ในการปลูกในระบบ

ปลูกโดยใช้ต้นพันธุ์บัวบกที่ปลูกเป็นการค้าในพื้นที่ภาคใต้ นำไปปลูกในระบบบนวัสดุปลูกแบบแนวดิ่งในอาคารปลูกพืช ใช้แกลบดิบผสมขุยมะพร้าว อัตราส่วน 1:1 ส่วน เป็นวัสดุปลูก โดยการใช้แสงเทียม ระดับความเข้มแสง 150 $\mu mol.m^{-2}.s^{-1}$ ระยะเวลาให้แสง 12 ชั่วโมง โดยไม่มีการควบคุมอุณหภูมิ ใช้สารละลายธาตุอาหารพืชอินทรีย์ตามกรรมวิธี และใช้สารละลายธาตุอาหาร Enshi เป็นตัวเปรียบเทียบ ให้ค่า EC 2.0 $dS.m^{-1}$ ค่า pH อยู่ระหว่าง 6.0-6.5 โดยใช้ potassium hydroxide (KOH) หรือ phosphoric acid (H_3PO_4) ในการปรับค่า pH เมื่อต้องการ เก็บเกี่ยวผลผลิต เมื่ออายุ 3 เดือน หลังปลูก

การบันทึกข้อมูล

1.บันทึกข้อมูลการเจริญเติบโต ได้แก่ น้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง ความสูงต้น ความกว้างใบ น้ำหนักต้นแห้ง จำนวนใบ และจำนวนไหล

กรมวิชาการเกษตร

2.การวิเคราะห์ปริมาณไนเตรทในผลผลิต ปริมาณธาตุอาหารพืช คุณค่าทางโภชนาการ และการทดสอบสมบัติการต้านอนุมูลอิสระในบัวบก โดยการหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (total phenolic content) และค่ากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH (DPPH radical scavenging assay)
ระยะเวลาและสถานที่ทำการวิจัย เริ่มต้น ตุลาคม 2563 - กันยายน 2564 ดำเนินการทดลองที่ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรภูเก็ต

ผลการวิจัย (Results)และอภิปรายผล (Discussion)

การเจริญเติบโต และผลผลิตบัวบก

ผลจากการศึกษา พบว่า การปลูกบัวบกด้วยสารละลายธาตุอาหาร Enshi มีการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตบัวบกมากที่สุด โดยให้น้ำหนักสดต่อต้น เท่ากับ 5.21 กรัม มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ น้ำหนักแห้งต่อต้น 0.75 กรัม มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ความสูงต้น 10.44 เซนติเมตร มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ความกว้างใบ 5.23 เซนติเมตร มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ จำนวนใบ 6.65 ใบ มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ และจำนวนไหล 1.25 ไหล มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ การปลูกบัวบกด้วยสารละลายธาตุอาหารอินทรีย์ทั้ง 4 ชนิด มีการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตบัวบก ไม่แตกต่างกัน แต่จะเห็นได้ว่า การปลูกด้วยสารละลายธาตุอาหารจากมูลไก่หมัก สูตร 1 ร่วมกับแบคทีเรียสังเคราะห์แสง ให้น้ำหนักสดต่อต้น น้ำหนักแห้งต่อต้น และจำนวนไหลมากกว่าการปลูกด้วยสารละลายอินทรีย์ชนิดอื่น เท่ากับ 2.09 กรัม 0.33 กรัม และ 0.35 ไหล ตามลำดับ (ตารางที่ 1) แต่จากการทดลองจะพบว่า การปลูกบัวบกด้วยสารละลายธาตุอาหารอินทรีย์ทั้ง 4 ชนิด บัวบกจะมีอาการใบเหลือง จากการขาดธาตุแคลเซียม และแมกนีเซียม ซึ่งจากผลการวิเคราะห์ธาตุอาหารพืชในสารละลายธาตุอาหารอินทรีย์ทั้ง 4 ชนิด ไม่พบว่ามีธาตุแคลเซียม และแมกนีเซียม (ตารางภาคผนวก 1) ดังนั้น จึงควรมีการเติมสารที่ให้ธาตุอาหารแคลเซียม และแมกนีเซียม จากแหล่งที่เป็นวัสดุอินทรีย์ ในกรณีจะปลูกบัวบกในระบบอินทรีย์

ปริมาณไนเตรทของผลผลิตบัวบก

จากผลการวิเคราะห์ จากกลุ่มพัฒนาการตรวจสอบพืชและปัจจัยการผลิต สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 7 กรมวิชาการเกษตร โดยวิธี Salicylic Acid Method พบว่า ผลผลิตบัวบกที่ปลูกด้วยสารละลายธาตุอาหาร Enshi ที่เป็นวิธีการเปรียบเทียบ มีปริมาณไนเตรทมากที่สุด เท่ากับ 1,771.88 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้ง รองลงมา คือ การปลูกด้วยสารละลายธาตุอาหารจากมูลไก่หมัก สูตร 1 สารละลายธาตุอาหารจากมูลไก่หมัก สูตร 1 ร่วมกับแบคทีเรียสังเคราะห์แสง และสารละลายธาตุอาหารจากมูลไก่หมัก สูตร 2 เท่ากับ 748.68 581.08 และ 557.04 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ และการปลูกด้วยสารละลายธาตุอาหารจากมูลไก่หมัก สูตร 2 ร่วมกับแบคทีเรียสังเคราะห์แสง มีปริมาณไนเตรทน้อยที่สุด เท่ากับ 464.36 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้ง ผลวิเคราะห์จากศูนย์บริการวิชาการเกษตรและอาหารอันดามัน คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต โดยวิธีเดียวกัน พบว่า ปริมาณไนเตรทของผลผลิตบัวบกที่ปลูกด้วยการปลูกด้วยสารละลายธาตุอาหารจากมูลไก่หมัก สูตร 1 มีปริมาณไนเตรทมากที่สุด เท่ากับ 438.52 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักสด รองลงมา คือ

กรมวิชาการเกษตร

การปลูกด้วยสารละลายธาตุอาหาร Enshi สารละลายธาตุอาหารจากมูลไก่หมัก สูตร 2 ร่วมกับแบคทีเรียสังเคราะห์แสง และสารละลายธาตุอาหารจากมูลไก่หมัก สูตร 2 เท่ากับ 414.55 316.00 และ 296.31 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ และสารละลายธาตุอาหารจากมูลไก่หมัก สูตร 1 ร่วมกับแบคทีเรียสังเคราะห์แสง มีปริมาณไนเตรทน้อยที่สุด เท่ากับ 293.53 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักสด (ตารางที่ 2)

ปริมาณสารประกอบฟีนอลิคทั้งหมด และค่ากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของบัวบก

จากผลการวิเคราะห์ พบว่า การปลูกบัวบกด้วยสารละลายธาตุอาหาร Enshi ที่เป็นวิธีการเปรียบเทียบ มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกมากที่สุด เท่ากับ 69.46 รองลงมา คือ การปลูกด้วยสารละลายธาตุอาหารจากมูลไก่หมัก สูตร 2 และ.สารละลายธาตุอาหารจากมูลไก่หมัก สูตร 1 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก เท่ากับ 68.49 และ 68.28 ตามลำดับ การปลูกบัวบกด้วยสารละลายธาตุอาหารจากมูลไก่หมัก สูตร 2 ค่ากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระสูงสุด เท่ากับ 12.75 รองลงมา คือ การปลูกด้วยสารละลายธาตุอาหารจากมูลไก่หมัก สูตร 1 ร่วมกับแบคทีเรียสังเคราะห์แสง และสารละลายธาตุอาหารจากมูลไก่หมัก สูตร 2 ร่วมกับแบคทีเรียสังเคราะห์แสง เท่ากับ 11.78 และ 9.03 ตามลำดับ (ตารางที่ 3)

ปริมาณธาตุอาหารของผลผลิตบัวบก

ผลการวิเคราะห์ พบว่า การปลูกบัวบกด้วยสารละลายธาตุอาหารอินทรีย์ทั้ง 4 ชนิด มีปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมมากกว่าการปลูกด้วยสารละลายธาตุอาหาร Enshi โดยผลผลิตบัวบกที่ปลูกด้วยสารละลายธาตุอาหารจากมูลไก่หมัก สูตร 2 ร่วมกับแบคทีเรียสังเคราะห์แสง มีปริมาณไนโตรเจนและโพแทสเซียมมากที่สุด เท่ากับ 1.62 และ 3.40 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ การปลูกด้วยสารละลายธาตุอาหารจากมูลไก่หมัก สูตร 2 มีปริมาณฟอสฟอรัสมากที่สุด เท่ากับ 1.76 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแห้ง การปลูกด้วยสารละลายธาตุอาหารจากมูลไก่หมัก สูตร 1 มีปริมาณแคลเซียมมากที่สุด เท่ากับ 0.62 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแห้ง และการปลูกด้วยสารละลายธาตุอาหารจากมูลไก่หมัก สูตร 1 ร่วมกับแบคทีเรียสังเคราะห์แสง ปริมาณแมกนีเซียมมากที่สุด เท่ากับ 0.25 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแห้ง (ตารางที่ 4)

ผลจากการทดลองจะพบว่า การปลูกบัวบกด้วยสารสารละลายธาตุอาหารจากปุ๋ยเคมี บัวบกจะมีการเจริญเติบโตดี ให้ผลผลิตสูง และมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิคทั้งหมดสูง แต่จะมีปริมาณไนเตรทสูงกว่าการปลูกด้วยสารละลายอินทรีย์ และพบว่า การปลูกบัวบกด้วยสารละลายธาตุอาหารอินทรีย์ทั้ง 4 ชนิด มีค่ากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระสูง มีปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมมากกว่าการปลูกด้วยสารละลายธาตุอาหารจากปุ๋ยเคมี จากการทดลองไม่ได้วิเคราะห์ปริมาณสาร Asiaticoside ซึ่งเป็นสาระสำคัญที่มีอยู่ในบัวบกตัวหนึ่ง บุษบาและรักเกียรติ (2560) ได้ศึกษาการให้ปุ๋ยอินทรีย์และเคมีในการปลูกบัวบกในดินทรายร่วน โดยใส่ปุ๋ยมูลไก่ผสมแกลบก่อนปลูกและหลังย้ายปลูก 1 เดือน อัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ต่อครั้ง จะทำให้บัวบกมีการเจริญเติบโตทางด้านลำต้นสูงที่สุด แต่กลับพบว่าการให้ปุ๋ยอินทรีย์ร่วมกับปุ๋ยเคมีทำให้มีปริมาณ Asiaticoside ในส่วนแผ่นใบของบัวบกสูงที่สุด แต่จากรายงานของ ภาวิณี และคณะ (2562) ได้วิเคราะห์สารประกอบฟีนอลิกรวมทั้งหมด และค่ากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระและปริมาณสารเอเชียติโคไซด์ของบัวบกที่

กรมวิชาการเกษตร

ปลูกในระบบปลูกแบบอินทรีย์และเคมีในสภาพแปลง พบว่า ที่ระยะเวลาการเก็บเกี่ยวผลผลิตที่ 4 สัปดาห์ บัวบกมีปริมาณสารเอเชียติโคไซด์ สารประกอบฟีนอลิกรวมทั้งหมด และค่ากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุด ในขณะที่ชนิดของปุ๋ยไม่ส่งผลต่อปริมาณสารเอเชียติโคไซด์ สารประกอบฟีนอลิกรวมทั้งหมด และค่ากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ อย่างไรก็ดี ผลจากการทดลองครั้งนี้ โดยพิจารณาจากองค์ประกอบผลผลิตต่างๆ พบว่า การปลูกบัวบกด้วยสารละลายธาตุอาหารจากมูลไก่หมักทั้ง 2 สูตร ร่วมกับการใช้แบคทีเรียสังเคราะห์แสงผสมในสารละลายธาตุอาหารอินทรีย์ สามารถใช้ปลูกบัวบกบนวัสดุปลูกแบบแนวดิ่งในอาคารปลูกพืช โดยไม่มีการควบคุมอุณหภูมิและความชื้น ควรมีการเติมสารที่ให้ธาตุอาหารแคลเซียม และแมกนีเซียม จากแหล่งที่เป็นวัสดุอินทรีย์ในสารละลายธาตุอาหาร หรือในการทำปุ๋ยมูลไก่หมัก ในกรณีจะปลูกบัวบกในระบบอินทรีย์

ตารางที่ 1 น้ำหนักสดต่อต้น น้ำหนักแห้งต่อต้น ความสูงต้น ความกว้างใบ จำนวนใบ และจำนวนไหลของบัวบกที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารอินทรีย์ชนิดต่างๆ

กรรมวิธี	น้ำหนักสดต่อต้น (กรัม)	น้ำหนักแห้งต่อต้น (กรัม)	ความสูงต้น (ซม.)	ความกว้างใบ (ซม.)	จำนวนใบ	จำนวนไหล
1.สารละลายธาตุอาหารจากมูลไก่หมัก สูตร 1	1.90b	0.28b	8.28b	4.17b	3.35b	0.25c
2.สารละลายธาตุอาหารจากมูลไก่หมัก สูตร 2	1.94b	0.27b	8.47b	4.43b	3.85b	0.30b
3.สารละลายธาตุอาหารจากมูลไก่หมัก สูตร 1 ร่วมกับ	2.09b	0.33b	8.34b	3.83b	3.40b	0.35b
4.สารละลายธาตุอาหารจากมูลไก่หมัก สูตร 2 ร่วมกับ	1.98b	0.28b	8.10b	4.11b	3.05b	0.25bc
5.สารละลายธาตุอาหาร Ensh	5.21a	0.75a	10.44a	5.23a	6.65a	1.25a
F-test	**	**	ns	**	**	**
CV (%)	35.72	34.27	12.66	9.4	16.68	32.27

ในสดมภ์เดียวกัน ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % โดยวิธี DMRT

ตารางที่ 2 ปริมาณสารไนเตรทในผลผลิตบัวบกที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารอินทรีย์ชนิดต่างๆ

กรรมวิธี	ครั้งที่ 1 (มก./กก.นน.แห้ง)	ครั้งที่ 2 (มก./กก.นน.สด)
1.สารละลายธาตอาหารจากมลไก่หมัก สตร 1	748.68	438.52
2.สารละลายธาตุอาหารจากมูลไก่หมัก สูตร 2	557.04	296.31
3.สารละลายธาตุอาหารจากมูลไก่หมัก สูตร 1 ร่วมกับแบคทีเรียสังเคราะห์แสง	581.08	293.53
4.สารละลายธาตุอาหารจากมูลไก่หมัก สูตร 2 ร่วมกับแบคทีเรียสังเคราะห์แสง	464.36	316.00
5.สารละลายธาตุอาหาร Enshi	1,178.88	414.55

หมายเหตุ ครั้งที่ 1 ผลวิเคราะห์จากกลุ่มพัฒนาการตรวจสอบพืชและปัจจัยการผลิต สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 7 กรมวิชาการเกษตร โดยวิธี Salicylic Acid Method ครั้งที่ 2 ผลวิเคราะห์จากศูนย์บริการวิชาการเกษตรและอาหารอันดามัน คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต โดยวิธี Salicylic Acid Method

กรมวิชาการเกษตร

ตารางที่ 3 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิคทั้งหมด และค่ากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของบัวบกที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารอินทรีย์ชนิดต่างๆ

กรรมวิธี	สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (microgram GAE/g FW)	ค่ากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ (microgram Vitamin C/g FW)
1.สารละลายธาตุอาหารจากมูลไก่หมัก สูตร 1	68.28	3.84
2.สารละลายธาตุอาหารจากมูลไก่หมัก สูตร 2	68.49	12.75
3.สารละลายธาตุอาหารจากมูลไก่หมัก สูตร 1 ร่วมกับแบคทีเรียสังเคราะห์แสง	64.41	11.78
4.สารละลายธาตุอาหารจากมูลไก่หมัก สูตร 2 ร่วมกับแบคทีเรียสังเคราะห์แสง	64.09	9.03
5.สารละลายธาตุอาหาร Enshi	69.46	8.10

หมายเหตุ ผลวิเคราะห์จากศูนย์บริการวิชาการเกษตรและอาหารอันดามัน คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต

ตารางที่ 4 ปริมาณธาตุอาหารของผลผลิตบัวบกที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารอินทรีย์ชนิดต่างๆ

กรรมวิธี	% โดยน้ำหนักแห้ง				
	ไนโตรเจน	ฟอสฟอรัส	โพแทสเซียม	แคลเซียม	แมกนีเซียม
1.สารละลายธาตุอาหารจากมูลไก่หมัก สูตร 1	1.59	1.60	3.31	0.62	0.23
2.สารละลายธาตุอาหารจากมูลไก่หมัก สูตร 2	1.57	1.76	3.35	0.56	0.23
3.สารละลายธาตุอาหารจากมูลไก่หมัก สูตร 1 ร่วมกับแบคทีเรียสังเคราะห์แสง	1.59	1.47	3.22	0.54	0.25
4.สารละลายธาตุอาหารจากมูลไก่หมัก สูตร 2 ร่วมกับแบคทีเรียสังเคราะห์แสง	1.62	1.45	3.40	0.56	0.23
5.สารละลายธาตุอาหาร Enshi	1.60	1.49	3.28	0.59	0.23

หมายเหตุ ผลวิเคราะห์จากกลุ่มพัฒนาการตรวจสอบพืชและปัจจัยการผลิต สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตร เขตที่ 7 กรมวิชาการเกษตร * ทดสอบโดยวิธี 1. In-house method based on AOAC INTERNATIONAL 2016, 2. In-house method based on OMAF, 1987 3. กลุ่มวิจัยเกษตรเคมี สำนักวิจัยและพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร, 2551

ND = Not Detected (LOD = 0.0002% Ca, 0.0001%Mg)

กรมวิชาการเกษตร

สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ (Conclusion and Suggestion)

ผลจากการทดลอง โดยพิจารณาจากองค์ประกอบผลผลิตต่างๆ สรุปได้ว่า การปลูกบัวบกด้วยสารละลายธาตุอาหารจากมูลไก่หมักสูตร 1 ที่ใช้มูลไก่ไข่ 80 กิโลกรัม ผสมกับรำข้าว 20 กิโลกรัม และสูตร 2 ใช้มูลไก่ไข่ 80 กิโลกรัม ผสมกับรำข้าว 10 กิโลกรัม และแหนแดงแห้ง 10 กิโลกรัม ร่วมกับการใช้แบคทีเรียสังเคราะห์แสงผสมในสารละลายธาตุอาหารอินทรีย์ทั้ง 2 สูตร สามารถใช้ปลูกบัวบกบนวัสดุปลูกแบบแนวดิ่งในอาคารปลูกพืช โดยไม่มีการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นได้ แต่ควรมีการเติมสารที่ให้ธาตุอาหารแคลเซียม และแมกนีเซียม จากแหล่งที่เป็นวัสดุอินทรีย์ ในกรณีจะปลูกบัวบกในระบบอินทรีย์

ผลของสารละลายธาตุอาหารพืชต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตบัวบกบนวัสดุปลูกแบบแนวดิ่งในอาคาร

Effect of Nutrient Solution on Growth and Yield of Pennywort (*Centella asiatica* Linn. Urban) in Substrate Grown Indoor Vertical Farming

จีรภา ออสติน [1] อารีวรรณ ฉิมทับ [1] ภัทรพร ศรีวราพันธุ์ [2] วุฒิพล จันทร์สระคู [3] อรพิน หนูทอง [4]

Jirapa Austin [1] Areewan Chimthup [1] Pattaraporn Sriwarapan [2] Wuttiphol Chansrakoo [3] Orapin Noothong [4]

คำสำคัญ : การปลูกพืชในแนวตั้ง โรงงานปลูกพืช บัวบก สารละลายธาตุอาหาร การปลูกพืชในอาคาร

Key words : Vertical farming productin, Plant factory, Gotu Kola, Nutrient solution, Indoor vertical farming

บทคัดย่อ

การทดลองนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการผลิตบัวบกด้วยสารละลายธาตุอาหารที่เหมาะสม สำหรับการปลูกแบบแนวตั้งในอาคารที่ไม่มีการควบคุมสภาพแวดล้อม เพื่อเพิ่มผลผลิต ทำการทดลองที่ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรภูเก็ต ระหว่างเดือนตุลาคม 2563 ถึงเดือนกันยายน 2564 ระยะเวลา 1 ปี ผลการทดลอง สรุปได้ว่า สารละลายธาตุอาหารพืชที่ใช้ในการทดลองทั้ง 3 ชนิด สามารถใช้ในการปลูกบัวบกแบบแนวตั้งในอาคาร ที่ไม่มีการควบคุมอุณหภูมิ และความชื้นได้ โดยสารละลายธาตุอาหารพืช Wanshi เหมาะสำหรับปลูกบัวบกเพื่อการบริโภคสด และสารละลายธาตุอาหาร Enshi และสารละลายธาตุอาหาร Sum vegetables เหมาะสำหรับปลูกบัวบกเพื่อการใช้ประโยชน์ด้านสมุนไพร

กรมวิชาการเกษตร

[1] ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรพังงา ต.บางม่วง อ.ตะกั่วป่า จ.พังงา 82190

[2] ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรภูเก็ต ต.เทพกระษัตรี อ.ถลาง จ.ภูเก็ต 83110

[3] ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมสุราษฎร์ธานี ต.คันธุลี อ.ท่าชนะ จ.สุราษฎร์ธานี 84170

[4] สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 7 ต.ท่าอุแท อ.กาญจนดิษฐ์ จ.สุราษฎร์ธานี 84160

Abstracts

The objectives of this experiment were to study on the suitable nutrient solution for Pennywort (*Centella asiatica* Linn. Urban) production grown in substrate indoor vertical farming which was not controlled environment conditions to increase productivity. The experiment was conducted at Phuket Agricultural Research and Development Center in 2021 for 1-year duration. According to the results, all nutrient solution formulas can use for growing Pennywort in the vertical cultivation inside a building without controlled temperature and humidity. The use of "Wanshi" nutrient solution could be recommended for growth productivity of Pennywort as a leafy vegetable. "Enshi" nutrient solution and "Sum vegetables" nutrient solution might be suggested for growing Pennywort as a medicinal herb.

บทนำ (Introduction)

การพัฒนาการปลูกพืชในระบบไฮโดรโปนิกส์ในปัจจุบันนี้ กำลังมุ่งเน้นการปลูกเลี้ยงในระบบปิดโดยการหมุนเวียนสารละลายธาตุอาหารพืชแบบอัตโนมัติ เนื่องจากในระบบไฮโดรโปนิกส์ในระบบปิด พืชมีการใช้น้ำอย่างมีประสิทธิภาพ ผลผลิตมีคุณภาพ มีค่ากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระสูง มีรสชาติ และสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพสูง ให้ผลผลิตมากในเวลาที่น้อยกว่าเดิม คุณภาพดี ส่งผลกำไรแก่เกษตรกรได้มากขึ้น พืชไม่มีโรคที่เกิดในดิน ไม่มีวัชพืช มีการใช้น้ำน้อยมาก ประมาณ 90 เปอร์เซ็นต์ของการปลูกพืชทั่วไป โรงเรือนปลูกพืชทดลองของมหาวิทยาลัยแห่งชาติเจจู ประเทศเกาหลีใต้ มีสารละลายธาตุอาหารสูตร Wanshi สำหรับปลูกผักใบทั่วไป รวมถึงสารละลายธาตุอาหารสูตร "Sum" vegetables สำหรับปลูกผักใบหลายชนิด ที่นิยมใช้สำหรับห่ออาหารเพื่อรับประทานสดแบบเกาหลี ดังนั้น การทดลองนี้จึงได้เลือกบัวบก มาใช้ในการทดลอง ซึ่งนอกจากนิยมรับประทานเป็นผักสดแล้ว ยังเป็นพืชสมุนไพรที่มีการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์สมุนไพรในรูปแบบต่างๆ ผลผลิตจึงเป็นที่ต้องการของตลาด แต่ในปัจจุบัน มีปัญหาการตกค้างของสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชบนผลผลิต จึงนำเทคโนโลยีที่มีการศึกษาทดลองแล้วมาประยุกต์ใช้ให้เหมาะสมในการผลิต โดยศึกษาการใช้สารละลายธาตุอาหารพืชที่เหมาะสมสำหรับการปลูกบัวบกในแนวตั้งในอาคาร (Indoor Vertical Farming) ที่ไม่มีการควบคุมอุณหภูมิ เพื่อลดต้นทุนการผลิตต่อไป

ระเบียบวิธีการวิจัย (Research Methodology)

สิ่งที่ใช้ในการทดลอง

1. ต้นพันธุ์บัวบก
2. วัสดุการเกษตร ได้แก่ ปุ๋ยเคมีชนิดต่าง potassium hydroxide (KOH) phosphoric acid (H_3PO_4)
3. วัสดุปลูก ได้แก่ ขุยมะพร้าว แกลบดิบ
4. วัสดุสำหรับทำชั้นปลูกพืชทดลอง พร้อมอุปกรณ์

5. อุปกรณ์บันทึกข้อมูล และอุปกรณ์อื่นๆ

แบบและวิธีการทดลอง วางแผนการทดลองแบบ RCB 8 ซ้ำ ประกอบด้วย 3 กรรมวิธี ดังนี้

กรรมวิธีที่ 1 สารละลายธาตุอาหาร Wanshi

กรรมวิธีที่ 2 สารละลายธาตุอาหาร Sum vegetables

กรรมวิธีที่ 3 สารละลายธาตุอาหาร Enshi เป็นกรรมวิธีเปรียบเทียบ

วิธีปฏิบัติการทดลอง ทำการทดลองในอาคาร (ลดการใช้เครื่องปรับอากาศ (ดัดแปลงจาก Choi et al., (2001) และใช้พัดลมเพื่อให้อากาศหมุนเวียนภายในห้อง) ที่ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรภูเก็ต โดยปฏิบัติดังนี้

ปลูกโดยใช้ต้นพันธุ์บัวบกที่ปลูกเป็นการค้าในพื้นที่ภาคใต้ นำไปปลูกในระบบบนวัสดุปลูกแบบแนวดิ่งในอาคารปลูกพืช ใช้แกลบดิบผสมขุยมะพร้าว อัตราส่วน 1:1 ส่วน เป็นวัสดุปลูก โดยการใช้แสงเทียม ระดับความเข้มแสง 150 $\mu mol.m^{-2}.s^{-1}$ ระยะเวลาให้แสง 12 ชั่วโมง โดยไม่มีการควบคุมอุณหภูมิ ใช้สารละลายธาตุอาหารพืชอินทรีย์ตามกรรมวิธี และใช้สารละลายธาตุอาหาร Enshi เป็นตัวเปรียบเทียบ ให้ค่า EC 2.0 $dS.m^{-1}$ ค่า pH อยู่ระหว่าง 6.0-6.5 โดยใช้ potassium hydroxide (KOH) หรือ phosphoric acid (H_3PO_4) ในการปรับค่า pH เมื่อต้องการ เก็บเกี่ยวผลผลิต เมื่ออายุ 3 เดือน หลังปลูกทำการทดลอง 2 ครั้ง

การบันทึกข้อมูล

1.บันทึกข้อมูลการเจริญเติบโต ได้แก่ น้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง ความสูงต้น ความกว้างใบ น้ำหนักต้นแห้ง จำนวนใบ และจำนวนไหล

2.การวิเคราะห์ปริมาณไนเตรทในผลผลิต ปริมาณธาตุอาหารพืช คุณค่าทางโภชนาการ และการทดสอบสมบัติการต้านอนุมูลอิสระในบัวบก โดยการหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (total phenolic content) และค่ากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH (DPPH radical scavenging assay)

ระยะเวลาและสถานที่ทำการวิจัย เริ่มต้น ตุลาคม 2563 - กันยายน 2564 ดำเนินการทดลองที่ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรภูเก็ต

กรมวิชาการเกษตร

ผลการวิจัย (Results) และอภิปรายผล (Discussion)

การเจริญเติบโต และผลผลิตบัวบก

ผลการศึกษา การปลูกครั้งที่ 1 เก็บผลผลิต 28 เมษายน 2564 พบว่า การปลูกบัวบกด้วยสารละลายธาตุอาหาร Wanshi มีการเจริญเติบโต และให้ผลผลิตบัวบกมากที่สุด โดยให้น้ำหนักสดต่อต้น เท่ากับ 9.26 กรัม มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ น้ำหนักแห้งต่อต้น 0.87 กรัม ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ความสูงต้น 18.04 เซนติเมตร มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ความกว้างใบ 6.28 เซนติเมตร ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ จำนวนใบ 7.55 ใบ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ และจำนวนไหล 1.65 ไหล ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ รองลงมา คือ การปลูกบัวบกด้วยสารละลายธาตุอาหาร Sum vegetables โดยให้น้ำหนักสดต่อต้น เท่ากับ 7.03 กรัม น้ำหนักแห้งต่อต้น 0.78 กรัม ความสูงต้น 16.14 เซนติเมตร ความกว้างใบ 5.76 เซนติเมตร จำนวนใบ 7.30 ใบ และจำนวนไหล 1.58 ไหล (ตารางที่ 1)

การปลูกครั้งที่ 2 เก็บผลผลิต 10 พฤศจิกายน 2564 พบว่า ผลการทดลองสอดคล้องกันกับการทดลองครั้งที่ 1 โดยการปลูกบัวบกด้วยสารละลายธาตุอาหาร Wanshi มีการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตบัวบกมากที่สุด โดยให้น้ำหนักสดต่อต้น เท่ากับ 9.62 กรัม มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ น้ำหนักแห้งต่อต้น 1.05 กรัม ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ความสูงต้น 18.56 เซนติเมตร มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ความกว้างใบ 6.50 เซนติเมตร ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ และมีจำนวนไหลเท่ากันกับการปลูกบัวบกด้วยสารละลายธาตุอาหาร Sum vegetables เท่ากับ 1.78 ไหล ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ การปลูกบัวบกด้วยสารละลายธาตุอาหาร Sum vegetables มีจำนวนใบมากที่สุด เท่ากับ 8.13 ใบ (ตารางที่ 2)

ปริมาณไนเตรทของผลผลิตบัวบก

จากผลการวิเคราะห์ จากกลุ่มพัฒนาการตรวจสอบพืชและปัจจัยการผลิต สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 7 กรมวิชาการเกษตร โดยวิธี Salicylic Acid Method พบว่า ผลผลิตบัวบกที่ปลูกด้วยสารละลายธาตุอาหาร Enshi มีปริมาณไนเตรทมากที่สุด เท่ากับ 1,711.08 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้ง รองลงมา คือ การปลูกด้วยสารละลายธาตุอาหาร Sum vegetables และสารละลายธาตุอาหาร Wanshi เท่ากับ 1,689.32 และ 1,474.36 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ ผลวิเคราะห์จากศูนย์บริการวิชาการเกษตรและอาหารอันดามัน คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต โดยวิธี Salicylic Acid Method พบว่า ผลวิเคราะห์จากศูนย์บริการวิชาการเกษตรและอาหารอันดามัน คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต โดยวิธีเดียวกัน พบว่า ผลผลิตบัวบกที่ปลูกด้วยสารละลายธาตุอาหาร Enshi มีปริมาณไนเตรทมากที่สุด เท่ากับ 347.67 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักสด รองลงมา คือ การปลูกด้วยสารละลายธาตุอาหาร Sum vegetables และสารละลายธาตุอาหาร Wanshi เท่ากับ 308.61และ 307.01 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักสด (ตารางที่ 3)

ปริมาณสารประกอบฟีนอลิคทั้งหมด และค่ากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของบัวบก

จากผลการวิเคราะห์ พบว่า การปลูกบัวบกด้วยสารละลายธาตุอาหาร Enshi มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกสูงสุด เท่ากับ 0.259 รองลงมา คือ การปลูกด้วยสารละลายธาตุอาหาร Sum vegetables และสารละลายธาตุอาหาร Wanshi ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก เท่ากับ 0.252 และ 0.236 ตามลำดับ การปลูกบัวบกด้วยสารละลายธาตุอาหาร Sum vegetables มีค่ากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระสูงสุด เท่ากับ 0.061 รองลงมา คือ การปลูกด้วยสารละลายธาตุอาหาร Wanshi และสารละลายธาตุอาหาร Enshi เท่ากับ 0.046 และ 0.039 ตามลำดับ (ตารางที่ 4)

ปริมาณธาตุอาหารของผลผลิตบัวบก

ผลการวิเคราะห์ พบว่า ผลผลิตบัวบกที่ปลูกด้วยสารละลายธาตุอาหาร Sum vegetables มีปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมมากที่สุด เท่ากับ 2.02 1.71 และ 6.01 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ แต่มีปริมาณแคลเซียม และแมกนีเซียมน้อยที่สุด เท่ากับ 0.89 และ 0.30 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ การปลูกด้วยสารละลายธาตุอาหาร Enshi มีปริมาณแคลเซียมมากที่สุด เท่ากับ 1.02 เปอร์เซ็นต์โดย

กรมวิชาการเกษตร

น้ำหนักแห้ง และการปลูกด้วยสารละลายธาตุอาหาร Wanshi มีปริมาณแมกนีเซียมมากที่สุด เท่ากับ 0.34 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแห้ง (ตารางที่ 5)

ผลจากการทดลองจะพบว่า การปลูกบัวบกด้วยสารละลายธาตุอาหาร Wanshi มีการเจริญเติบโต และให้ผลผลิตบัวบกมากที่สุดทั้ง 2 ครั้ง มีปริมาณไนเตรทต่ำกว่าการปลูกด้วยสารละลายธาตุอาหาร Enshi และ สารละลายธาตุอาหาร Sum vegetables มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิคทั้งหมดน้อยที่สุด และมีค่ากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระสูงเป็นอันดับที่ 2 จากรายงานการปลูกบัวบกในระบบไฮโดรโปรนิกส์ เป็นครั้งแรกในวารสารวิชาการ Industrial Crops and Products โดย Prasad et al. (2012) ได้ทำการปลูกบัวบกในสารละลาย Hogland and Arnon's ดัดแปลง ปรับค่า pH 6.2 ± 0.4. ให้ผลผลิตบัวบกสดต่อต้น เท่ากับ 0.847 ± 0.521 กรัม และให้น้ำหนักแห้ง เท่ากับ 0.1943 ± 0.007 กรัม นอกจากนี้ยังแนะนำไว้ว่า การปลูกบัวบกเพื่อใช้ประโยชน์ทางด้านสมุนไพร ให้ได้ผลผลิตสะอาด และมีคุณภาพดี ควรปลูกในระบบไฮโดรโปรนิกส์ สารละลายธาตุอาหารพืชที่ใช้ในการทดลองทั้ง 3 ชนิด สามารถใช้ปลูกบัวบกในระบบไฮโดรโปรนิกส์ในอาคารได้ โดยบัวบกที่ปลูกด้วยสารละลายธาตุอาหารพืช Wanshi เหมาะสำหรับปลูกบัวบกเพื่อการบริโภคสด เนื่องจากมีปริมาณสารไนเตรทตกค้างในผลผลิตต่ำที่สุด ส่วนสารละลายธาตุอาหาร Enshi และสารละลายธาตุอาหาร Sum vegetables เหมาะสำหรับปลูกบัวบกเพื่อการใช้ประโยชน์ด้านสมุนไพร เนื่องจากมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิคทั้งหมด และค่ากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระสูง

ตารางที่ 1 น้ำหนักสดต่อต้น น้ำหนักแห้งต่อต้น ความสูงต้น ความกว้างใบ จำนวนใบ และจำนวนไหลของบัวบกที่ปลูกในวัสดุปลูกด้วยสารละลายธาตุอาหารพืชชนิดต่างๆ ปลูกครั้งที่ 1 เก็บผลผลิต 28 เมษายน 2564

กรรมวิธี	น้ำหนักสดต่อต้น (กรัม)	น้ำหนักแห้งต่อต้น (กรัม)	ความสูงต้น (ซม.)	ความกว้างใบ (ซม.)	จำนวนใบ	จำนวนไหล
1. สารละลายธาตุอาหาร Wanshi	9.26a	0.87	18.04a	6.28	7.55	1.65
2. สารละลายธาตุอาหาร Sum vegetables	7.03b	0.78	16.14ab	5.76	7.30	1.58
3. สารละลายธาตุอาหาร Enshi	6.32b	0.65	14.07b	5.65	6.35	1.48
F-test	*	ns	**	ns	ns	ns
CV (%)	27.21	31.51	12.04	13.08	23.40.	32.77

ในสดมภ์เดียวกัน ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % โดยวิธี DMRT

กรมวิชาการเกษตร

ตารางที่ 2 น้ำหนักสดทั้งหมด น้ำหนักสดต่อต้น น้ำหนักแห้งต่อต้น และความสูงต้นของบัวบกที่ปลูกในวัสดุปลูกด้วยสารละลายธาตุอาหารพืชชนิดต่างๆ ปลูกครั้งที่ 2 เก็บผลผลิต 10 พฤศจิกายน 2564

กรรมวิธี	น้ำหนักสดต่อต้น (กรัม)	น้ำหนักแห้งต่อต้น (กรัม)	ความสูงต้น (ซม.)	ความกว้างใบ (ซม.)	จำนวนใบ	จำนวนไหล
1. สารละลายธาตุอาหาร Wanshi	9.62a	1.05	18.56a	6.50	7.70	1.78
2. สารละลายธาตุอาหาร Sum vegetables	8.17ab	1.00	17.00a	5.94	8.13	1.78
3. สารละลายธาตุอาหาร Enshi	7.07b	0.83	14.47b	5.91	7.40	1.68
F-test	**	ns	**	ns	ns	ns
CV (%)	16.95	19.13	9.33	6.50	7.70	1.78

ในสดมภ์เดียวกัน ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % โดยวิธี DMRT

ตารางที่ 3 ปริมาณสารไนเตรทในผลผลิตบัวบกที่ปลูกในวัสดุปลูกด้วยสารละลายธาตุอาหารพืชชนิดต่างๆ

กรรมวิธี	ครั้งที่ 1 มก./กก.นน.แห้ง)	ครั้งที่ 2 (มก./กก.นน.สด)
1. สารละลายธาตุอาหาร Wanshi	1,474.36	307.01
2. สารละลายธาตุอาหาร Sum vegetables	1,689.32	308.61
3. สารละลายธาตุอาหาร Enshi	1,711.08	347.67

หมายเหตุ ครั้งที่ 1 ผลวิเคราะห์จากกลุ่มพัฒนาการตรวจสอบพืชและปัจจัยการผลิต สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 7 กรมวิชาการเกษตร โดยวิธี Salicylic Acid Method ครั้งที่ 2 ผลวิเคราะห์จากศูนย์บริการวิชาการเกษตรและอาหารอันดามัน คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต โดยวิธี Salicylic Acid Method

ตารางที่ 4 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิคทั้งหมด และค่ากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของบัวบกที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารพืชชนิดต่างๆ

กรรมวิธี	สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (microgram GAE/g FW)	ค่ากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ (microgram Vitamin C/g FW)
1. สารละลายธาตุอาหาร Wanshi	0.236	0.046
2. สารละลายธาตุอาหาร Sum vegetables	0.252	0.061
3. สารละลายธาตุอาหาร Enshi	0.259	0.039

หมายเหตุ ผลวิเคราะห์จากศูนย์บริการวิชาการเกษตรและอาหารอันดามัน คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต

กรมวิชาการเกษตร

ตารางที่ 5 ปริมาณธาตุอาหารของผลผลิตบัวบกที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารพืชชนิดต่างๆ

กรรมวิธี	% โดยน้ำหนักแห้ง				
	ไนโตรเจน	ฟอสฟอรัส	โพแทสเซียม	แคลเซียม	แมกนีเซียม
1. สารละลายธาตุอาหาร Wanshi	2.01	1.31	5.74	1.01	0.34
2. สารละลายธาตุอาหาร Sum vegetables	2.02	1.71	6.01	0.89	0.30
3. สารละลายธาตุอาหาร Enshi	1.99	1.46	5.95	1.02	0.33

หมายเหตุ ผลวิเคราะห์จากกลุ่มพัฒนาการตรวจสอบพืชและปัจจัยการผลิต สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตร เขตที่ 7 กรมวิชาการเกษตร * ทดสอบโดยวิธี 1. In-house method based on AOAC INTERNATIONAL 2016

2. In-house method based on OMAF, 1987

3.กลุ่มวิจัยเกษตรเคมี สำนักวิจัยและพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร, 2551

ND = Not Detected (LOD = 0.0002% Ca, 0.0001%Mg)

สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ (Conclusion and Suggestion)

จากผลการทดลอง หลังพิจารณาจากองค์ประกอบผลผลิตต่างๆ แล้ว สรุปได้ว่า สารละลายธาตุอาหารพืชที่ใช้ในการทดลองทั้ง 3 ชนิด สามารถใช้ในการปลูกบัวบกแบบแนวตั้งในอาคาร ที่ไม่มีการควบคุมอุณหภูมิ และความชื้นได้ โดยสารละลายธาตุอาหารพืช Wanshi เหมาะสำหรับปลูกบัวบกเพื่อการบริโภคสด เนื่องจากมีปริมาณสารไนเตรทตกค้างในผลผลิตต่ำที่สุด ส่วนสารละลายธาตุอาหาร Enshi และสารละลายธาตุอาหาร Sum vegetables เหมาะสำหรับปลูกบัวบกเพื่อการใช้ประโยชน์ด้านสมุนไพร เนื่องจากมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิคทั้งหมด และค่ากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระสูง

กรมวิชาการเกษตร

การคัดเลือกพันธุ์บัวบกที่เหมาะสมสำหรับปลูกในอาคาร

Pennywort (*Centella asiatica* Linn. Urban) Variety Selection for Indoor Vertical Farming

จีรภา ออสติน [1] อารีวรรณ ฉิมทับ [1] ภัทรพร ศรีวราพันธุ์ [2] วุฒิพล จันทร์สระคู [3] อรพิน หนูทอง [4]

Jirapa Austin [1] Areewan Chimthup [1] Pattaraporn Sriwarapan [2] Wuttiphol Chansrakoo [3]

Orapin Noothong [4]

คำสำคัญ : การปลูกพืชในแนวตั้ง โรงงานปลูกพืช บัวบก

Key words : Vertical Farming productin, Plant factory, Gotu Kola

บทคัดย่อ

การทดลองนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อทำการคัดเลือกพันธุ์บัวบกที่ให้ผลผลิตสูง เหมาะสำหรับบริโภคสด และเหมาะสมสำหรับการปลูกบนวัสดุปลูกแบบแนวดิ่งในอาคารปลูกพืช โดยไม่มีการควบคุมอุณหภูมิและความชื้น เพื่อลดต้นทุนการผลิต ทำการทดลองที่ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรภูเก็ต ระหว่างเดือนตุลาคม 2562 ถึงเดือนกันยายน 2564 ระยะเวลา 2 ปี ผลการทดลองสรุปได้ว่า บัวบกพันธุ์นครศรีธรรมราช (สุภาพ) และพันธุ์นครศรีธรรมราช (พร) เป็นพันธุ์บัวบกที่เหมาะสมสำหรับการปลูกบนวัสดุปลูกในแนวดิ่งในอาคารปลูกพืช และไม่มีการควบคุมอุณหภูมิ เป็นพันธุ์ที่มีขนาดลำต้นสูงใหญ่ ขนาดใบใหญ่ เถา และใบกรอบ รสชาติดี ไม่ขม เหมาะสำหรับปลูกเพื่อการบริโภคเป็นผักสด ส่วนบัวบกพันธุ์ชุมพร เหมาะสำหรับปลูกเพื่อใช้ประโยชน์ทางสมุนไพร เนื่องจากมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิก และค่ากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุด

กรมวิชาการเกษตร

[1] ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรพังงา ต.บางม่วง อ.ตะกั่วป่า จ.พังงา 82190

[2] ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรภูเก็ต ต.เทพกระษัตรี อ.ถลาง จ.ภูเก็ต 83110

[3] ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมสุราษฎร์ธานี ต.คันธุลี อ.ท่าชนะ จ.สุราษฎร์ธานี 84170

[4] สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 7 ต.ท่าอุแท อ.กาญจนดิษฐ์ จ.สุราษฎร์ธานี 84160

Abstracts

The objectives were study on the suitable variety of Pennywort (*Centella asiatica* Linn. Urban) for fresh vegetable and grown in substrate indoor vertical farming which was not controlled temperature and humidity to reduce production cost. The experiment was conducted at Phuket Agricultural Research and Development Center in 2020 for 1-year duration. Based on the results, Nakhon Si Thammarat (Suprap) and Nakhon Si Thammarat (Porn) varieties are suitable for grown in substrate indoor vertical farming without controlled condition. They have a long petiole, large leaf, tender vine and leaves, have good taste, have no bitter taste that recommended for fresh vegetable production. Chumphon variety is recommended plants for medicinal purposes. Due to their higher content of phenolic compounds and the antioxidant activity.

บทนำ (Introduction)

บัวบก (*Centella asiatica* Linn. Urban) เป็นผักพื้นบ้านที่นิยมรับประทานเป็นผักสด มีประโยชน์ทางสมุนไพรที่มีคุณค่ามากมาย แต่การผลิตใบบัวบกในปัจจุบัน ประสบกับปัญหาการตกค้างของสารเคมีกำจัดแมลงบนและสารโลหะหนักในผลผลิต ในต่างประเทศได้มีการพัฒนาการปลูกเลี้ยงบัวบกในโรงเรือน (Choi *et al.,* 2020) หรือการปลูกในโรงงานปลูกพืช (Plant factory) ที่มีการใช้แสงเทียม และการควบคุมคุมสภาพแวดล้อม นอกจากนี้ยังพบว่า สายพันธุ์บัวบกในประเทศไทย ในแต่ละพื้นที่มีความแตกต่างกัน ทั้งขนาดของใบ ลักษณะขอบใบ และสีของก้านใบ (ณัฐพงค์ และคณะ, 2019) ได้มีการคัดเลือกพันธุ์บัวบกที่ให้ผลผลิตและสาระสำคัญสูงในภาคเหนือ และภาคกลาง โดยบัวบกที่ให้ผลผลิตมากที่สุด คือ สายพันธุ์ตราด รองลงมา ได้แก่ สายพันธุ์เชียงราย พะเยา เพชรบุรี นครปฐม ราชบุรี ระยองและจันทบุรี บัวบกที่มีปริมาณสาร Asiaticcoside สูงที่สุด คือ สายพันธุ์ระยอง มีสาร Asiaticcoside เฉลี่ย 0.59 เปอร์เซ็นต์ (ประนอม, 2556) ดังนั้น จึงได้ทำการศึกษาคัดเลือกพันธุ์บัวบกที่ให้ผลผลิตสูง เหมาะสำหรับบริโภคสด และเหมาะสมสำหรับการปลูกในอาคารในแนวดิ่งที่ไม่มีการควบคุมอุณหภูมิ โดยลดการใช้เครื่องปรับอากาศ เพื่อลดการใช้พลังงานแสงจากไฟฟ้า จะลดต้นทุนการผลิต เมื่อสิ้นสุดการทดลองแล้ว สามารถแนะนำเทคโนโลยีสู่เกษตรกรต่อไป

ระเบียบวิธีการวิจัย (Research Methodology)

สิ่งที่ใช้ในการทดลอง

1. ต้นพันธุ์บัวบกจากแหล่งปลูก 4 แหล่งปลูก
2. วัสดุการเกษตร ได้แก่ ปุ๋ยเคมีชนิดต่างๆ potassium hydroxide (KOH) phosphoric acid (H_3PO_4)
3. วัสดุปลูก ได้แก่ ขุยมะพร้าว แกลบดิบ
4. วัสดุสำหรับทำชั้นปลูกพืชทดลอง พร้อมอุปกรณ์

กรมวิชาการเกษตร

5. อุปกรณ์บันทึกข้อมูล และอุปกรณ์อื่นๆ

แบบและวิธีการทดลอง วางแผนการทดลองแบบ RCB 5 ซ้ำ ประกอบด้วย 4 กรรมวิธี ดังนี้

กรรมวิธีที่ 1 พันธุ์บัวบก จากชุมพร

กรรมวิธีที่ 2 พันธุ์บัวบก จากนครศรีธรรมราช (พร)

กรรมวิธีที่ 3 พันธุ์บัวบก จากนครศรีธรรมราช (สุภาพ)

กรรมวิธีที่ 4 พันธุ์บัวบก จากนครศรีธรรมราช (3)

วิธีปฏิบัติการทดลอง ทำการทดลองในอาคาร (ลดการใช้เครื่องปรับอากาศ (ดัดแปลงจาก Choi et al., (2001) และใช้พัดลมเพื่อให้อากาศหมุนเวียนภายในห้อง) ที่ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรภูเก็ต โดยปฏิบัติดังนี้

รวบรวมพันธุ์บัวบกจากพื้นที่แปลงเกษตรกรจากแหล่งปลูกต่างๆ นำไปปลูกในระบบบนวัสดุปลูกแบบแนวดิ่งในอาคารปลูกพืช ใช้แกลบดิบผสมขุยมะพร้าว อัตราส่วน 1:1 ส่วน เป็นวัสดุปลูก โดยการใช้แสงเทียม ระดับความเข้มแสง 150 $\mu mol.m^{-2}.s^{-1}$ ระยะเวลาให้แสง 12 ชั่วโมง โดยไม่มีการควบคุมอุณหภูมิ ใช้สารละลายธาตุอาหาร Enshi ในการทดลองครั้งที่ 1 ปี 2563 และปี 2564 ใช้สารละลายธาตุอาหาร Wanshi .ในการทดลองครั้งที่ 2 ปี 2564 ให้ค่า EC 2.0 $dS.m^{-1}$ ค่า pH อยู่ระหว่าง 6.0-6.5 โดยใช้ potassium hydroxide (KOH) หรือ phosphoric acid (H_3PO_4) ในการปรับค่า pH เมื่อต้องการ เก็บเกี่ยวผลผลิต เมื่ออายุ 3 เดือน

การบันทึกข้อมูล

1.บันทึกข้อมูลการเจริญเติบโต ได้แก่ น้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง ความสูงต้น ความกว้างใบ น้ำหนักต้นแห้ง จำนวนใบ และจำนวนไหล

2.การวิเคราะห์ปริมาณไนเตรทในผลผลิต ปริมาณธาตุอาหารพืช คุณค่าทางโภชนาการ และการทดสอบสมบัติการต้านอนุมูลอิสระในบัวบก โดยการหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (total phenolic content) และค่ากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH (DPPH radical scavenging assay)

ระยะเวลาและสถานที่ทำการวิจัย เริ่มต้น ตุลาคม 2563 - กันยายน 2564 ดำเนินการทดลองที่ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรภูเก็ต

กรมวิชาการเกษตร

ผลการวิจัย (Results)และอภิปรายผล (Discussion)

การเจริญเติบโต และผลผลิตบัวบก

ผลจากการศึกษา ปี 2563 ปลูกบัวบกทั้ง 4 สายพันธุ์ ด้วยสารละลายธาตุอาหาร Enshi พบว่า บัวบกพันธุ์นครศรีธรรมราช (3) ให้น้ำหนักสดต่อต้น และน้ำหนักต้นแห้งสูงสุด เท่ากับ 11.85 กรัม และ 1.42 กรัม ตามลำดับ มีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 2.15 และ 0.46 ตามลำดับ บัวบกพันธุ์นครศรีธรรมราช (สุภาพ) มีความสูงต้นมากที่สุด เท่ากับ 11.9 เซนติเมตร มีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 2.16 บัวบกพันธุ์นครศรีธรรมราช (3) มีความกว้างใบมากที่สุด เท่ากับ 6.02 เซนติเมตร มีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.59 บัวบกพันธุ์ชุมพร มีจำนวนใบมากที่สุด เท่ากับ 13.8 ใบ มีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 5.17 บัวบกพันธุ์นครศรีธรรมราช (สุภาพ) มีจำนวนไหลมากที่สุด เท่ากับ 1.4 ไหล มีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 1.14 (ตารางที่ 1)

ผลจากการศึกษา ปี 2564 ครั้งที่ 1 ปลูกบัวบกทั้ง 4 สายพันธุ์ ด้วยสารละลายธาตุอาหาร Enshi พบว่า บัวบกพันธุ์นครศรีธรรมราช (สุภาพ) ให้น้ำหนักสดต่อต้นสูงสุด เท่ากับ 13.15 กรัม มีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 4.86 บัวบกพันธุ์นครศรีธรรมราช (พร) ให้น้ำหนักต้นแห้งสูงสุด เท่ากับ 1.67 กรัม มีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.59 บัวบกพันธุ์นครศรีธรรมราช (สุภาพ) มีความสูงต้น และความกว้างใบมากที่สุด เท่ากับ 18.28 เซนติเมตร และ 7.06 เซนติเมตร ตามลำดับ มีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.98 และ 0.47 ตามลำดับ บัวบกพันธุ์นครศรีธรรมราช (พร) มีจำนวนใบมากที่สุด เท่ากับ 15 ใบ มีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 3.87 บัวบกพันธุ์นครศรีธรรมราช (สุภาพ) และพันธุ์นครศรีธรรมราช (พร) มีจำนวนไหลมากที่สุด เท่ากับ 2.4 ไหล มีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 1.67 และ 0.55 ตามลำดับ (ตารางที่ 2)

ผลจากการศึกษา ปี 2564 ครั้งที่ 2 ปลูกบัวบกทั้ง 4 สายพันธุ์ ด้วยสารละลายธาตุอาหาร Wanshi พบว่า บัวบกพันธุ์นครศรีธรรมราช (สุภาพ) ให้น้ำหนักสดต่อต้น และน้ำหนักต้นแห้งสูงสุด เท่ากับ 8.34 กรัม และ 1.17 กรัม ตามลำดับ มีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 1.95 และ 0.31 ตามลำดับ บัวบกพันธุ์นครศรีธรรมราช (พร) มีความสูงต้น และความกว้างใบมากที่สุด เท่ากับ 11.94 เซนติเมตร และ 5.68 เซนติเมตร ตามลำดับ มีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 1.72 และ 0.78 ตามลำดับ บัวบกพันธุ์นครศรีธรรมราช (สุภาพ) มีจำนวนใบ และจำนวนไหลมากที่สุด เท่ากับ 11 ใบ และ 1.60 ไหล ตามลำดับ มีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 3.46 และ 1.14 ตามลำดับ (ตารางที่ 3)

ปริมาณไนเตรทของผลผลิตบัวบก

จากผลการวิเคราะห์ จากกลุ่มพัฒนาการตรวจสอบพืชและปัจจัยการผลิต สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 7 กรมวิชาการเกษตร โดยวิธี Salicylic Acid Method พบว่า ผลผลิตบัวบกพันธุ์ชุมพร มีปริมาณไนเตรทมากที่สุด เท่ากับ 2,393.20 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้ง รองลงมา คือ พันธุ์นครศรีธรรมราช (3) และ พันธุ์นครศรีธรรมราช (พร) เท่ากับ 1,992.40 และ 1,396.36 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ และผลผลิตบัวบกพันธุ์นครศรีธรรมราช (สุภาพ) มีปริมาณไนเตรทน้อยที่สุดเท่ากับ 1,346.76 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้ง ผลวิเคราะห์จากศูนย์บริการวิชาการเกษตรและอาหารอันดามัน คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต โดยวิธีเดียวกัน พบว่า ผลผลิตบัวบกพันธุ์ชุมพร มีปริมาณไนเตรทมากที่สุด เท่ากับ 285.50 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักสด รองลงมา คือ พันธุ์นครศรีธรรมราช (3) และ พันธุ์นครศรีธรรมราช (พร) เท่ากับ 251.15 และ 169.61 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ และผลผลิตบัวบกพันธุ์นครศรีธรรมราช (สุภาพ) มีปริมาณไนเตรทน้อยที่สุดเท่ากับ 48.37 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักสด (ตารางที่ 4)

คุณค่าทางโภชนาการของบัวบก

ผลวิเคราะห์จากศูนย์บริการวิชาการเกษตรและอาหารอันดามัน คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต พบว่า บัวบกพันธุ์ชุมพร มีความชื้นต่ำสุด ร้อยละ 91.08 ± 0.49 แต่มีคาร์โบไฮเดรตสูงที่สุด ร้อยละ 5.93 บัวบกพันธุ์นครศรีธรรมราช (พร) มีความชื้น และโปรตีนสูงสุด ร้อยละ 93.34 ± 0.29 และ 1.68 ± 0.01

กรมวิชาการเกษตร

ตามลำดับ บัวบกพันธุ์นครศรีธรรมราช (สุภาพ) มีเถ้าสูงสุด ร้อยละ 1.00 ± 0.04 และบัวบกพันธุ์นครศรีธรรมราช (3) มีไขมัน และเยื่อใยทั้งหมดสูงสุด ร้อยละ 0.44 ± 0.01 และ 1.76 ± 0.57 ตามลำดับ (ตารางที่ 5)

ปริมาณสารประกอบฟีนอลิคทั้งหมด และค่ากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของบัวบก

ผลการวิเคราะห์ พบว่า บัวบกพันธุ์ชุมพร มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิก และค่ากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระสูงสุด เท่ากับ 0.492 และ 0.141 ตามลำดับ รองลงมา คือ บัวบกพันธุ์นครศรีธรรมราช (พร) พันธุ์นครศรีธรรมราช (สุภาพ) และพันธุ์นครศรีธรรมราช (3) ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก เท่ากับ 0.366 0.315 และ 0.297 ตามลำดับ มีค่ากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ เท่ากับ 0.010 0.046 และ 0.047 ตามลำดับ (ตารางที่ 6)

ผลการทดลองจะเห็นว่า บัวบกทั้ง 4 สายพันธุ์ มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิคทั้งหมด และค่ากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระแตกต่างกันมาก ซึ่งผลการทดลองสอดคล้องกับการศึกษาของ ลลิตาและคณะ (2564) ที่รวบรวมพันธุ์บัวบกจาก 6 สถานที่ พบว่า บัวบกแต่ละตัวอย่างมีปริมาณสารไตรเทอร์ปีน สารประกอบฟีนอลิค และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระแตกต่างกัน ซึ่งเป็นข้อมูลหนึ่งมาประกอบการพิจารณาการคัดลือกพันธุ์บัวบก

ปริมาณธาตุอาหารของผลผลิตบัวบก

ผลการวิเคราะห์ พบว่า ผลผลิตบัวบกพันธุ์นครศรีธรรมราช (3) มีปริมาณไนโตรเจน แคลเซียม และแมกนีเซียมมากที่สุด เท่ากับ 2.09 0.86 และ 0.43 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ แต่มีปริมาณฟอสฟอรัสน้อยที่สุด เท่ากับ 0.94 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแห้ง บัวบกพันธุ์นครศรีธรรมราช (พร) มีปริมาณไนโตรเจนน้อยที่สุด เท่ากับ 2.04 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแห้ง แต่มีปริมาณฟอสฟอรัสมากที่สุด เท่ากับ 1.23 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแห้ง บัวบกพันธุ์ชุมพร มีปริมาณโพแทสเซียมมากที่สุด เท่ากับ 5.22 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแห้ง (ตารางที่ 7)

ณัฐพงค์ และคณะ (2019) ได้จัดกลุ่มบัวบกตามขนาดใบได้ 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่มีใบขนาดเล็ก และกลุ่มที่มีใบขนาดใหญ่มากกว่า 5 เซนติเมตร มีใบขนาดใหญ่จะมีความยาวก้านใบ ราก การแตกไหล และความยาวของก้านดอกที่มากกว่ากลุ่มใบที่มีขนาดเล็ก จากการทดลองจะเห็นว่า พันธุ์บัวบกจากจังหวัดนครศรีธรรมราช จัดอยู่ในกลุ่มที่มีใบขนาดใหญ่ และพันธุ์ชุมพรจัดอยู่ในกลุ่มที่มีใบขนาดเล็ก จากการทดลองชิมรสชาติ ยังพบว่าพันธุ์บัวบกจากจังหวัดนครศรีธรรมราช นอกจากจะมีขนาดลำต้นสูงใหญ่ และขนาดใบใหญ่แล้ว ในส่วนของเถา และใบกรอบ ไม่เหนียว รสชาติดี ไม่มีรสขม โดยบัวบกพันธุ์นครศรีธรรมราช (สุภาพ) และพันธุ์นครศรีธรรมราช (พร) มีคุณค่าทางโภชนาการ ปริมาณสารประกอบฟีนอลิคทั้งหมด และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระสูง และผลผลิตจะมีปริมาณไนเตรทต่ำกว่าบัวบกพันธุ์ชุมพรและพันธุ์นครศรีธรรมราช (3) ซึ่งเหมาะสำหรับปลูกเพื่อการบริโภคเป็นผักสด ส่วนบัวบกพันธุ์ชุมพร เหมาะสำหรับปลูกเพื่อใช้ประโยชน์ทางสมุนไพร เนื่องจากมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและค่ากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุด

กรมวิชาการเกษตร

ตารางที่ 1 น้ำหนักต้นสด น้ำหนักต้นแห้ง ความสูงต้น ความกว้างใบ จำนวนใบ และจำนวนไหล ในผลผลิตบัวบก ปี 2563

กรรมวิธี		น้ำหนักต้นสด (กรัม)	น้ำหนักต้นแห้ง (กรัม)	ความสูงต้น (ซม.)	ความกว้างใบ (ซม.)	จำนวนใบ	จำนวนไหล
ชุมพร	$\bar{X}$	7.88	0.74	11.02	4.84	13.8	1.2
	S.D.	2.45	0.33	0.98	0.38	5.17	0.45
นครศรีธรรมราช	$\bar{X}$	10.37	0.87	11.40	4.98	13.20	0.80
(พร)	S.D.	5.04	0.81	1.74	0.94	3.96	0.84
นครศรีธรรมราช	$\bar{X}$	8.12	0.71	11.90	5.76	9.40	1.40
(สุภาพ)	S.D.	1.96	0.29	2.16	0.63	1.82	1.14
นครศรีธรรมราช	$\bar{X}$	11.85	1.42	11.82	6.02	12.60	1.00
(3)	S.D.	2.15	0.46	1.31	0.59	0.89	0.00

ตารางที่ 2 น้ำหนักต้นสด น้ำหนักต้นแห้ง ความสูงต้น ความกว้างใบ จำนวนใบ และจำนวนไหล ในผลผลิตบัวบก ปี 2564 ครั้งที่ 1

กรรมวิธี		น้ำหนักต้นสด (กรัม)	น้ำหนักต้นแห้ง (กรัม)	ความสูงต้น (ซม.)	ความกว้างใบ (ซม.)	จำนวนใบ	จำนวนไหล
ชุมพร	$\bar{X}$	4.70	0.60	12.82	5.1	9.80	1.80
	S.D.	0.84	0.15	2.47	0.7	1.64	1.30
นครศรีธรรมราช	$\bar{X}$	10.89	1.67	12.28	6.8	15.00	2.40
(พร)	S.D.	4.03	0.59	1.08	0.55	3.87	0.55
นครศรีธรรมราช	$\bar{X}$	13.15	1.63	18.28	7.06	11.00	2.40
(สุภาพ)	S.D.	4.86	0.84	0.98	0.47	6.20	1.67
นครศรีธรรมราช	$\bar{X}$	10.14	1.38	13.04	6.70	10.00	2.00
(3)	S.D.	5.70	0.82	3.38	0.70	5.57	1.22

ตารางที่ 3 น้ำหนักต้นสด น้ำหนักต้นแห้ง ความสูงต้น ความกว้างใบ จำนวนใบ และจำนวนไหลในผลผลิตบัวบก ปี 2564 ครั้งที่ 2

กรรมวิธี		น้ำหนักต้นสด (กรัม)	น้ำหนักต้นแห้ง (กรัม)	ความสูงต้น (ซม.)	ความกว้างใบ (ซม.)	จำนวนใบ	จำนวนไหล
ชุมพร	$\bar{X}$	4.32	0.44	11.24	4.40	19.00	2.00
	S.D.	1.13	0.21	4.08	4.40	7.00	1.00
นครศรีธรรมราช	$\bar{X}$	5.59	0.77	11.94	5.68	7.80	1.40
(พร)	S.D.	1.64	0.32	1.72	0.78	3.27	1.14
นครศรีธรรมราช	$\bar{X}$	8.34	1.17	10.45	5.10	11.00	1.60
(สุภาพ)	S.D.	1.95	0.31	2.15	0.70	3.46	1.14
นครศรีธรรมราช	$\bar{X}$	4.88	0.65	11.62	5.12	7.40	1.00
(3)	S.D.	1.17	0.19	2.30	0.65	1.14	0.71

กรมวิชาการเกษตร

ตารางที่ 4 ปริมาณสารไนเตรทในผลผลิตบัวบก 4 สายพันธุ์ ปี 2563 และ ปี 2564

ตัวอย่าง	ปี 2563	ปี 2564	
	(มก./กก.โดย นน.แห้ง)	ครั้งที่ 1 (มก./กก.โดย นน.แห้ง)	ครั้งที่ 2 (มก./กก.โดย นน.สด)
ชุมพร	3,223.45	2,393.20	48.37
นครศรีธรรมราช (พร)	1,020.19	1,396.36	169.61
นครศรีธรรมราช (สุภาพ)	873.39	1,346.76	285.50
นครศรีธรรมราช (3)	1,261.5	1,992.40	251.15

หมายเหตุ ปี 2563 และปี 2564 ครั้งที่ 1* ผลวิเคราะห์จากกลุ่มพัฒนาการตรวจสอบพืชและปัจจัยการผลิต สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 7 กรมวิชาการเกษตร โดยวิธี Salicylic Acid Method

ปี 2564 ครั้งที่ 2* ผลวิเคราะห์จากศูนย์บริการวิชาการเกษตรและอาหารอันดามัน คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต โดยวิธี Salicylic Acid Method

ตารางที่ 5 คุณค่าทางโภชนาการในผลผลิตบัวบก 4 สายพันธุ์

กรรมวิธี	ความชื้น	เถ้า	โปรตีน	ไขมัน	คาร์โบไฮเดรต	เยื่อใยทั้งหมด
ชุมพร	91.08 ± 0.49	0.98 ± 0.07	1.66 ± 0.01	0.35 ± 0.02	5.93	1.48 ± 0.45
นครศรีธรรมราช (พร)	93.34 ± 0.29	0.80 ± 0.05	1.68 ± 0.01	0.37 ± 0.02	3.81	1.54 ± 0.40
นครศรีธรรมราช (สุภาพ)	92.02 ± 0.50	1.00 ± 0.04	1.39 ± 0.02	0.36 ± 0.05	5.23	1.42 ± 0.11
นครศรีธรรมราช (3)	92.86 ± 1.05	0.96 ± 0.04	1.31 ± 0.01	0.44 ± 0.01	4.43	1.76 ± 0.57

หมายเหตุ หน่วย ร้อยละโดยน้ำหนัก (ฐานน้ำหนักสด) ผลวิเคราะห์จากศูนย์บริการวิชาการเกษตรและอาหารอันดามัน คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต

ตารางที่ 6 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิคทั้งหมด และค่ากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของบัวบก 4 สายพันธุ์

กรรมวิธี	สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (microgram GAE/g FW)	ค่ากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ (microgram Vitamin C/g FW)
ชุมพร	0.492	0.141
นครศรีธรรมราช (พร)	0.366	0.010
นครศรีธรรมราช (สุภาพ)	0.315	0.046
นครศรีธรรมราช (3)	0.297	0.047

กรมวิชาการเกษตร

ตารางที่ 7 ปริมาณธาตุอาหารของผลผลิตบัวบก 4 สายพันธุ์

กรรมวิธี	% โดยน้ำหนักแห้ง				
	ไนโตรเจน	ฟอสฟอรัส	โพแทสเซียม	แคลเซียม	แมกนีเซียม
ชุมพร	2.06	1.11	5.22	0.73	0.32
นครศรีธรรมราช (พร)	2.04	1.23	5.07	0.63	0.34
นครศรีธรรมราช (สุภาพ)	2.08	1.11	4.82	0.79	0.30
นครศรีธรรมราช (3)	2.09	0.94	4.06	0.86	0.43

หมายเหตุ_ผลวิเคราะห์จากกลุ่มพัฒนาการตรวจสอบพืชและปัจจัยการผลิต สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 7 กรมวิชาการเกษตร * ทดสอบโดยวิธี

1.In-house method based on AOAC INTERNATIONAL 2016 2.In-house method based on OMAF, 1987

3.กลุ่มวิจัยเกษตรเคมี สำนักวิจัยและพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร, 2551

ND = Not Detected (LOD = 0.0002% Ca, 0.0001%Mg)

สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ (Conclusion and Suggestion)

จากผลการวิจัยสรุปได้ว่า บัวบกพันธุ์นครศรีธรรมราช (สุภาพ) และพันธุ์นครศรีธรรมราช (พร) เป็นพันธุ์บัวบกที่เหมาะสำหรับปลูกบนวัสดุปลูกแบบแนวดิ่งในอาคารปลูกพืช ที่ไม่มีการควบคุมอุณหภูมิและความชื้น เป็นพันธุ์ที่มีขนาดลำต้นสูงใหญ่ ขนาดใบใหญ่ เถา และใบกรอบ รสชาติดี ไม่ขม เหมาะสำหรับปลูกเพื่อการบริโภคเป็นผักสด ส่วนบัวบกพันธุ์ชุมพร เหมาะสำหรับปลูกเพื่อใช้ประโยชน์ทางสมุนไพร เนื่องจากมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิก และค่ากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุด

การผลิตเมล็ดพันธุ์ไอซ์ แพลนท์ ในอาคาร

การผลิตไอซ์ แพลนท์ด้วยสารละลายธาตุอาหารพืชอินทรีย์บนวัสดุปลูกแบบแนวดิ่งในอาคาร

การผลิตไอซ์ แพลนท์ ด้วยสารละลายธาตุอาหารพืชบนวัสดุปลูกแบบแนวดิ่งในอาคาร

ไอซ์ แพลนท์ ที่เป็นพืชใหม่ มีมูลค่าสูง และเป็นพืชผักที่มีศักยภาพการผลิตในอาคาร จากผลการดำเนินงานทั้ง 3 การทดลอง พบว่า การเพาะกล้า ในวัสดุเพาะกล้าที่ผสมพีสมอสกับเพอร์ไลท์ ต้นกล้างอกดี แต่เมื่องอกไปได้ระยะหนึ่ง จะทยอยเหี่ยวตายไป จึงได้ดำเนินการเพาะกล้าในวัสดุเพาะกล้า Rockwool ต้นกล้างอกดี แต่เหี่ยวตายไปอีกครั้ง จึงได้ย้ายกล้าที่เหลือลงวัสดุปลูก ก็ทยอยตายไป อาจเป็นผลเนื่องจากเมล็ดพันธุ์เป็นเมล็ดนำเข้าจากประเทศจีน ทำให้ต้นพืชไม่สามารถปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมในห้องปลูกเลี้ยง ที่ไม่มีการควบคุมอุณหภูมิ และความชื้นได้

กรมวิชาการเกษตร

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

การศึกษารูปแบบการผลิตพืชผักแบบแนวดิ่งในอาคารที่ไม่มีการควบคุมสภาพแวดล้อม เพื่อพัฒนาการผลิตพืชผักที่ปลอดภัย เพิ่มผลผลิต และลดต้นทุนการผลิต โดยการศึกษาการปลูกบัวบกด้วยสารละลายธาตุอาหารจากมูลไก่หมักสูตร 1 ที่ใช้มูลไก่ไข่ 80 กิโลกรัม ผสมกับรำข้าว 20 กิโลกรัม และสูตร 2 มูลไก่ไข่ 80 กิโลกรัม ผสมกับรำข้าว 10 กิโลกรัม และแหนแดงแห้ง 10 กิโลกรัม ร่วมกับการใช้แบคทีเรียสังเคราะห์แสงผสมในสารละลายธาตุอาหารอินทรีย์ทั้ง 2 สูตร สามารถใช้ปลูกบัวบกบนวัสดุปลูกแบบแนวดิ่งในอาคารปลูกพืช โดยไม่มีการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นได้ แต่ควรมีการเติมสารที่ให้ธาตุอาหารแคลเซียม และแมกนีเซียม จากแหล่งที่เป็นวัสดุอินทรีย์ ในกรณีจะปลูกบัวบกในระบบอินทรีย์ การศึกษาการปลูกบัวบกด้วยสารละลายธาตุอาหารพืช 3 ชนิด สามารถใช้ในการปลูกบัวบกแบบแนวตั้งในอาคาร ที่ไม่มีการควบคุมอุณหภูมิ และความชื้นได้ โดยสารละลายธาตุอาหารพืช Wanshi เหมาะสำหรับปลูกบัวบกเพื่อการบริโภคสด เนื่องจากมีปริมาณสารไนเตรทตกค้างในผลผลิตต่ำที่สุด ส่วนสารละลายธาตุอาหาร Enshi และสารละลายธาตุอาหาร Sum vegetables เหมาะสำหรับปลูกบัวบกเพื่อการใช้ประโยชน์ด้านสมุนไพร เนื่องจากมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิคทั้งหมด และค่ากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระสูง การคัดเลือกพันธุ์บัวบก ได้พันธุ์บัวบก 2 สายพันธุ์ ที่เหมาะสมสำหรับปลูกเพื่อการบริโภคเป็นผักสด คือ พันธุ์นครศรีธรรมราช (สุภาพ) และพันธุ์นครศรีธรรมราช (พร) เป็นพันธุ์ที่มีขนาดลำต้นสูงใหญ่ ขนาดใบใหญ่ เถาและใบกรอบ รสชาติดี ไม่ขม ส่วนพันธุ์ชุมพร เหมาะสำหรับปลูกเพื่อใช้ประโยชน์ทางสมุนไพร เนื่องจากมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิก และค่ากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุด เมื่อเกษตรกรนำผลงานที่ได้รับ ได้แก่ สารละลายธาตุอาหารพืชอินทรีย์ สารละลายธาตุอาหารพืช พันธุ์บัวบกที่เหมาะสม รวมถึงรูปแบบการผลิตพืชในแนวดิ่งในอาคาร ที่ไม่มีการควบคุมอุณหภูมิ โดยลดการใช้เครื่องปรับอากาศ และลดการใช้แสงเทียม ไปใช้ประโยชน์ในการผลิตพืช เพื่อป้องกันความเสียหายจากสภาพแวดล้อมธรรมชาติ ช่วยลดการตกค้างของสารเคมีและโลหะหนักในผลผลิต และเกษตรสามารถนำไปปรับใช้เพื่อให้เข้าระบบการผลิตแบบอินทรีย์ได้ต่อไป นอกจากนี้เกษตรกรที่ปลูกพืชในระบบไฮโดรโปนิกส์ สามารถลดต้นทุนได้ เนื่องจากสารละลายธาตุอาหารพืชที่ได้จากการทดลองมีต้นทุนต่ำกว่าสูตรปุ๋ยที่เกษตรกรใช้ในการผลิตในปัจจุบัน และควรมีการศึกษาเพิ่มเติมในการปลูกบัวบกในระบบอินทรีย์ในระบบปิด เพื่อใช้ประโยชน์ในด้านสมุนไพร เพื่อลดการตกค้างของสารเคมี และสารโลหะหนักในผลผลิต

ศูนย์วิทยทรัพยากร

บรรณานุกรม

ก.ผลของสารละลายธาตุอาหารพืชอินทรีย์ต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตบัวบกบนวัสดุปลูกแบบแนวดิ่งในอาคาร

กรมวิชาการเกษตร. 2548. ปุ๋ยอินทรีย์ การผลิต การใช้ มาตรฐานและคุณภาพ. ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด กรุงเทพ. 87 หน้ากรมพัฒนาที่ดิน. 2550. ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงสูตรกรมพัฒนาที่ดินโดยใช้สารเร่ง พด.เอกสารเพื่อการถ่ายทอดเทคโนโลยี ชุดความรู้และเทคโนโลยีการพัฒนาที่ดิน. สืบค้นจากhttp://www.ldd.go.th/menu_Dataonline/G1/G1_20.pdf. [กรกฎาคม2561].

ภาวิณี อารีศรีสม นรินทร์ ท้าวแก่นจันทร์ เทิดศักดิ์ โทณลักษณ์ กอบลาภ อารีศรีสม และสัตยา มั่นคง. 2562. ผลของระยะเวลาการเก็บเกี่ยวต่อค่ากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระและปริมาณสารเอเชียติโคไซด์ในระบบปลูกแบบอินทรีย์และเคมีของบัวบก. ว.วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 27(5): 904-914.

บุษบา บัวคำ และรักเกียรติ แสนประเสริฐ. 2560. การเปรียบเทียบการเจริญเติบโตและผลผลิตบัวบก (*Centella asiatica* (L.) Urb.) ที่ปลูกโดยใช้ปุ๋ยเคมีและปุ๋ยอินทรีย์. ว.วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี 19(1): 101-110.

Kanto, U. 2011. An integrated animal-plant agriculture system in Thailand in response to climate change. J.ISSAAS 17(1):8-16

Koné, S.B., A. Dionne, R.J. Tweddell, H. Antoun and T.J. Avis. 2010 Suppressive effect of non-aerated compost teas on foliar fungal pathogens of tomato. *Biol Control J.* 52. 167–173

Choi, H.K., S.M., Park and C.S., Jeong. 2001. Comparison of quality changes in soil and hydroponic cultured muskmelon fruits. Journal of the Korean Society for Horticultural Science 2001 42(3):264-270

ข.ผลของสารละลายธาตุอาหารพืชต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตบัวบกบนวัสดุปลูกแบบแนวดิ่งในอาคาร

Choi, H.K., S.M., Park and C.S., Jeong. 2001. Comparison of quality changes in soil and hydroponic cultured muskmelon fruits. Journal of the Korean Society for Horticultural Science 2001 42(3):264-270

Jang Nam Choi, Hee Jung Lee, Yun Ji Lee, Jin Tae Jeong, Jeong Hoon Lee, Jae Ki Chang and Chun Geon Park. 2020. Growth Characteristics and Asiaticoside Content, and Antioxidant Activities in *Centella asiatica* by Cultivation and Irrigation Methods. Korean J. Medicinal Crop Sci. 28(4): 254 – 259

Prasad, A., V.S., Pragadheesh, A., Mathur, N.K., Srivastava, M., Singh and A.K. Mathur. 2012. Growth and centelloside production in hydroponically established medicinal plant-*Centella asiatica* (L.). Industrial Crops and Products 35 (2012) 309– 312

กรมวิชาการเกษตร

Vaibhav Kolatkar, Uday Chhatre, Vaibhav Jawalekar. 2015. Effect of red, blue and uv light on constituents of *Centella asiatica* L. urban grown under controlled environment. IJMRD 2015; 2(2): 671-674

ค.การคัดเลือกพันธุ์บัวบกที่เหมาะสมสำหรับปลูกในอาคาร

ประนอม ใจอ้าย แสงมณี ชิงดวง มณทิรา ภูติวรนาถ พรรณพิมล สุริยะพรหมชัย คณิศร มนุษย์สม สากล มีสุข. 2556. การคัดเลือกพันธุ์บัวบกที่ให้ผลผลิตและสารสำคัญสูงในพื้นที่ภาคเหนือ และภาคกลาง. รายงานโครงการวิจัยวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตบัวบก กรมวิชาการเกษตร.

ภาวิณี อารีศรีสม นรินทร์ ท้าวแก่นจันทร์ เทิดศักดิ์ โทณลักษณ์ กอบลาภ อารีศรีสม และสัตยา มั่นคง. 2562. ผลของระยะเวลาการเก็บเกี่ยวต่อค่ากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระและปริมาณสารเอเชียติโคไซด์ในระบบปลูกแบบอินทรีย์และเคมีของบัวบก. ว.วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 27(5): 904-914.

ณัฐพงค์ จันจุฬา อนันต์ พิริยะภัทรกิจ พรกมล รูปเลิศ และกนกอร อัมพรายน์ (2019) การศึกษาลักษณะสัณฐานวิทยาของบัวบกสายพันธุ์ต่าง ๆ. Thai Journal of Science and Technology, 8(1), 64-65.

ลลิตา เจริญทรัพย์ เยาวพา จิระเกียรติกุล ภาณุมาศ ฤทธิไชย และพรชัย หาระโคตร. 2564. ปริมาณไตรเทอร์ปีนสารประกอบฟีนอลิคและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระในบัวบก. ว.วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 29(3): 904-914. 469-482

Choi, H.K., S.M., Park and C.S., Jeong. 2001. Comparison of quality changes in soil and hydroponic cultured muskmelon fruits. Journal of the Korean Society for Horticultural Science 2001 42(3):264-270

กรมวิชาการเกษตร

ภาคผนวก

ตารางภาคผนวกที่ 1 ปริมาณธาตุอาหารในสารละลายธาตุอาหารพืช 5 ชนิด

รายการทดสอบ	สารละลายธาตุอาหารจากมูลไก่หมัก สูตร 1	สารละลายธาตุอาหารจากมูลไก่หมัก สูตร 2	สารละลายธาตุอาหารจากมูลไก่หมัก สูตร 1 ร่วมกับแบคทีเรียสังเคราะห์แสง	สารละลายธาตุอาหารจากมูลไก่หมัก สูตร 2 ร่วมกับแบคทีเรียสังเคราะห์แสง	Enshi	วิธีทดสอบ*
1. pH	7.6	7.7	7.4	7.5	5.8	2(6.1.1)
2. Total Nitrogen (%)	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	1(2.4.03)
3. Total Phosphorus, as P_2O_5 (%)	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	1(2.3.02)
4. Total Potassium, as K_2O (%)	< 0.1	< 0.1	0.1	< 0.1	< 0.1	2(4.3.3)
5. Total Calcium (%)	ND	ND	ND	ND	<0.1	1(2.6.01)
6. Total Magnesium (%)	ND	ND	ND	ND	<0.1	1(2.6.01)
7. Sodium (%)	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	1(2.6.26)
8. Electrical Conductivity (dS/m)	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	3(33)

ตารางภาคผนวกที่ 2 ปริมาณธาตุอาหารในสารละลายธาตุอาหารพืช 3 ชนิด

รายการทดสอบ	สารละลายธาตุอาหาร Enshi	สารละลายธาตุอาหาร Wanshi	สารละลายธาตุอาหาร Sum vegetables
1. pH	6.1	6.1	6
2. Total Nitrogen (%)	< 0.1	< 0.1	< 0.1
3. Total Phosphorus, as P_2O_5 (%)	0.1	0.1	0.1
4. Total Potassium, as K_2O (%)	< 0.1	< 0.1	< 0.1
5. Total Calcium (%)	<0.1	<0.1	<0.1
6. Total Magnesium (%)	<0.1	<0.1	<0.1
7. Sodium (%)	<0.1	<0.1	<0.1
8. Electrical Conductivity (dS/m)	0.2	0.2	0.2

กรมวิชาการเกษตร

ตารางภาคผนวกที่ 3 เปรียบเทียบต้นทุนสารละลายธาตุอาหารพืชที่แนะนำกับของเกษตรกรกลุ่มส่งเสริมอาชีพการเกษตรกลุ่มปลูกผักบ้านท่าดินแดง ต.ลำแก่น อ.ท้ายเหมือง จ.พังงา

	ปุ๋ยเคมี	Wanshi	เกษตรกร	Wanshi	เกษตรกร
Solution A	$Ca(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$ (Calcium Nitrate, Tetrahydrate)	944	8,500	26.43	221
	KNO_3 (Potassium nitrate)	404		16.97	
	Fe-EDTA (Iron chelate)	23.1	300	8.09	105
Solution B	KNO_3 (Potassium nitrate)	404	6,000	16.97	282
	$NH_4H_2PO_4$ (Ammonium dihydrogen phosphate)	149.5	1,000	7.77	56
	$MgSO_4.7H_2O$ (Magnesium sulphate)	462	3,800	7.85	76
	$CuSO_4.5H2O$ (Copper Sulfate Pentahydrate)	0.08		0.01	
	H_3BO_3 (Boric acid)	2.9		0.17	
	$MnSO_4.5H_2O$ (Manganese Sulfate Pentahydrate)	2.11		0.13	
	$ZnSO_4.7H_2O$ (Zinc Sulfate Heptahydrate)	0.22		0.01	
	$NaMoO_4$ (Sodium molybdate)	0.03		0.15	
	โมโนโปแตสเซียมฟอสเฟต		**1000**		**78**
	นิคสเปร์		**200**		**82**
		ต้นทุน/10ลิตร		84.55	225

ตารางภาคผนวกที่ 4 เปรียบเทียบต้นทุนสารละลายธาตุอาหารพืชที่แนะนำกับของเกษตรกรกลุ่มเศรษฐกิจพอเพียงในชุมชน ต.กะปง จ.พังงา และ Young smart farmer ต.เหมาะ จ.พังงา

	ปุ๋ยเคมี	Wanshi	เกษตรกร	Wanshi	เกษตรกร
Solution A	$Ca(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$ (Calcium Nitrate, Tetrahydrate)	9,440	12,000	245.44	312
	KNO_3 (Potassium nitrate)	4,040		189.88	0
	Fe-EDTA (Iron chelate)	231	700	80.85	245
Solution B	KNO_3 (Potassium nitrate)	4,040	7,000	189.88	329
	$NH_4H_2PO_4$ (Ammonium dihydrogen phosphate)	1,495	0	83.72	0
	$MgSO_4.7H_2O$ (Magnesium sulphate)	4,620	5,500	92.40	110
	$CuSO_4.5H2O$ (Copper Sulfate Pentahydrate)	0.8		0.06	0
	H_3BO_3 (Boric acid)	2.9		0.17	0
	$MnSO_4.5H_2O$ (Manganese Sulfate Pentahydrate)	21.1	120	1.27	7.2
	$ZnSO_4.7H_2O$ (Zinc Sulfate Heptahydrate)	2.2		0.10	0
	$NaMoO_4$ (Sodium molybdate)	0.3	15	1.50	75
	โมโนโปแตสเซียมฟอสเฟต		3,500		273
	นิคสเปร์		500		205
	นิเกิลซัลเฟต		10		22
		ต้นทุน/100ลิตร		**885.27**	**1,578.20**

กรมวิชาการเกษตร

กรรมวิธีที่ 3 สารละลายธาตุอาหารจากมูลไก่หมัก สูตร 1 ร่วมกับแบคทีเรียสังเคราะห์แสง

กรรมวิธีที่ 5 สารละลายธาตุอาหาร Enshi

กรมวิชาการเกษตร

ภาพภาคผนวกที่ 1 ผลผลิตบัวบกที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารอินทรีย์จากมูลไก่หมัก สูตร 1 ร่วมกับแบคทีเรียสังเคราะห์แสง และปลูกในสารละลายธาตุอาหาร Enshi ในรูปแบบการผลิตพืชในแนวดิ่งในอาคาร ที่ไม่มีการควบคุมอุณหภูมิและความชื้น

ภาพภาคผนวกที่ 2 การเจริญเติบโตของบัวบกที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารพืชชนิดต่างๆ ในรูปแบบการผลิตพืชในแนวดิ่งในอาคาร ที่ไม่มีการควบคุมอุณหภูมิและความชื้น

ภาพภาคผนวกที่ 3 ผลผลิตบัวบกที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารพืชชนิดต่างๆ ในรูปแบบการผลิตพืชในแนวดิ่งในอาคาร ที่ไม่มีการควบคุมอุณหภูมิและความชื้น ครั้งที่ 1

ภาพภาคผนวกที่ 4 ผลผลิตบัวบกที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารพืชชนิดต่างๆ ในรูปแบบการผลิตพืชในแนวดิ่งในอาคาร ที่ไม่มีการควบคุมอุณหภูมิและความชื้น ครั้งที่ 2

ภาพภาคผนวกที่ 5 การเจริญเติบโตของบัวบกสายพันธุ์ต่างๆ ที่ปลูกในรูปแบบการผลิตพืชในแนวดิ่งในอาคาร ที่ไม่มีการควบคุมอุณหภูมิและความชื้น

กรมวิชาการเกษตร

ภาพภาคผนวกที่ 6 การเจริญเติบโตและผลผลิตของบัวบกสายพันธุ์ต่างๆ ที่ปลูกในรูปแบบการผลิตพืชในแนวดิ่งในอาคาร ที่ไม่มีการควบคุมอุณหภูมิและความชื้น

ภาพภาคผนวกที่ 6 การเพาะกล้า ไอซ์ แพลนท์ สำหรับเตรียมปลูกในรูปแบบการผลิตพืชในแนวดิ่งในอาคาร ที่ไม่มีการควบคุมอุณหภูมิและความชื้น

ภาพภาคผนวกที่ 7 ขยายผลการใช้สารละลายธาตุอาหารพืชทั้งการใช้ปุ๋ยเคมี และการใช้ปุ๋ยอินทรีย์สู่กลุ่มส่งเสริมอาชีพการเกษตรกลุ่มปลูกผักบ้านท่าดินแดง ต.ลำแก่น อ.ท้ายเหมือง จ.พังงา

ภาพภาคผนวกที่ 8 ขยายผลการใช้สารละลายธาตุอาหารพืชแบบใช้ปุ๋ยเคมีสู่กลุ่มเศรษฐกิจพอเพียงในชุมชน ต.กะปง จ.พังงา และ Young smart farmer ต.เหมาะ จ.พังงา