รายงานผลงานเรื่องเต็มการทดลองสิ้นสุดปี 2562

---

1. **แผนงานวิจัย :** วิจัยและพัฒนาพืชสมุนไพรที่ใช้เป็นอาหารและเครื่องเทศ

2. **โครงการวิจัย :** วิจัยและพัฒนาพันธุ์และเทคโนโลยีการผลิตปัญจขันธ์
   กิจกรรม : วิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตปัญจขันธ์

3. **ชื่อการทดลอง การเปรียบเทียบสารละลายธาตุอาหารที่เหมาะสมในการผลิตปัญจขันธ์ในโรงเรือนระบบแอโรโพนิกส์เพื่อเพิ่มคุณภาพผลผลิต**
   Comparison of Plant Nutritional Solution for Production of *Gynostemma pentaphyllun* Makino in The Aeroponic System

4. **คณะผู้ดำเนินงาน**

หัวหน้าการทดลอง ศศิธร วรปิติรังสี [1/]

ผู้ร่วมงาน ทัศนีย์ ดวงแย้ม [1/] อรุณี ใจเถิง [1/]
วีระ วรปิติรังสี [2/] สนอง จรินทร [3/]
ลัดดาวัลย์ อินทร์สังข์ [3/] ศรีสุดา โท้ทอง [3/]

5. **บทคัดย่อ**

การทดลองมีวัตถุประสงค์เพื่อหาสูตรสารละลายธาตุอาหารที่เหมาะสมสำหรับการผลิตปัญจขันธ์ในโรงเรือนระบบแอโรโพนิกส์ ดำเนินการตั้งแต่ตุลาคม 2560 ถึง กันยายน 2562 ที่ศูนย์วิจัยพืชสวนเชียงราย วางแผนการทดลองแบบ Randomize Complete Block Design 5 กรรมวิธี 4 ซ้ำ กรรมวิธีประกอบด้วยสารละลายธาตุอาหารที่มีสัดส่วนของ $N:P_2O_5:K_2O$ จำนวน 5 สัดส่วน ดังนี้ 1) 5:1:4 2) 1:1:1 3) 2:1:1 4) 3:1:2 และ 5) สารละลายธาตุอาหารพื้นฐาน (สารละลาย A และ B ดัดแปลงจาก Hoagland's Solution) ทำการปลูกปัญจขันธ์พันธุ์สิบสองปันนา x พื้นเมืองสันกำแพง จำนวน 4 ครั้ง ผลการทดลองพบว่า ปัญจขันธ์เมื่อได้รับสารละลายธาตุอาหารเพิ่มเติมจากสารละลายธาตุอาหาร A, B ในสัดส่วนของ $N:P_2O_5:K_2O$ 5:1:4 (ยูเรีย 1,100 กรัม 0-52-34 200 กรัม และ 0-0-50 288 กรัม/น้ำ 200 ลิตร) มีการเจริญเติบโตด้านความยาวเถาและจำนวนใบต่อต้นสูงที่สุดแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับการใส่สารละลายธาตุอาหาร A, B เพียงอย่างเดียว โดยมีความยาวเถาเมื่ออายุ 60 วัน 130, 155, 214.8 และ 226.6 ซม. จำนวนใบต่อต้น 34, 71, 52 และ 54 ใบในการปลูกครั้งที่ 1, 2, 3 และ 4 ตามลำดับ ผลผลิตน้ำหนักสด 712.3, 2430 991.3 และ 992.2 กรัม/พื้นที่ 1 ตร.ม. น้ำหนักแห้ง 102.2, 213.0, 104.6 และ 97.1 กรัม/พื้นที่ 1 ตร.ม. แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกรรมวิธีการให้สารละลายธาตุอาหารสัดส่วนอื่นๆ โดยเฉพาะปัญจขันธ์ที่ได้รับสารละลายธาตุอาหาร

พื้นฐานเพียงอย่างเดียวมีน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งต่ำที่สุดจากการปลูกทั้ง 4 ครั้ง ส่วนปริมาณสารซาโปนินในต้นไม่มีความแตกต่างกันเมื่อได้รับสารละลายธาตุอาหารในทุกกรรมวิธี

คำสำคัญ : ปัญจขันธ์, ***Gynostemma pentaphyllun***, สารละลายธาตุอาหาร, ระบบแอโรโพนิกส์

รหัสการทดลอง 01-50-59-02-02-00-03-61

[1/] ศูนย์วิจัยพืชสวนเชียงราย อ.เมือง จ.เชียงราย

[2/] ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรเชียงใหม่ อ.ฝาง จ.เชียงใหม่

[3/] สถาบันวิจัยพืชสวน กรมวิชาการเกษตร จตุจักร กรุงเทพฯ

Abstract

The objective of the study to compare plant nutritional solution for production of Jiaogulan in the aeroponic system. The study during October 2017 to September 2019 at Chiangrai Horticulture Research Center. To compare 5 ratio of $N:P_2O_5:K_2O$ solution 1) 5:1:4 2) 1:1:1 3) 2:1:1 4) 3:1:2 and 5) Standard solution with 4 replications. The result showed that the ratio of $N:P_2O_5:K_2O$ solution 5:1:4 (46-0-0 1,100 , 0-52-34 200 and 0-0-50 288 grams /200 L.) get highest vegetative growth such as plant height and number of leave. Plant height at 60 days after planted was 130, 155, 214.8 and 226.6 cm., number of leave per plant was 34, 71, 52 and 54 for 1, 2, 3 and 4 planted respectively. Fresh yield was 712.3, 2430, 991.3 and 992.2 grams/1sqm^2 and dry yield was 102.2, 213.0, 104.6 and 97.1 grams/1sqm^2 significant in statistic to other treatment. Fresh and dry yield in treatment standard solution was lowest when compare with the ratio of $N:P_2O_5:K_2O$ solution. Total saponin not significant in statistic for all treatment.

6. คำนำ

ปัญหาของการผลิตชาสมุนไพรในระบบแปลงปลูกที่สำคัญคือมักพบสิ่งปนเปื้อนที่ติดมากับผลผลิตเป็นข้อจำกัดในการปลูกในดิน เศษดินที่ติดมากับรากที่อยู่ตามข้อของลำต้นแม้ติดไปเพียงเล็กน้อยส่งผลให้คุณภาพของชาลดต่ำลง การปรับเปลี่ยนมาปลูกในระบบโรงเรือนแอโรโพนิกส์น่าจะแก้ปัญหาเหล่านี้ได้และเป็นการเพิ่มคุณภาพของชาสมุนไพรได้ทางหนึ่ง ซึ่งเป็นการปลูกในสารละลายธาตุอาหารเป็นวิธีการที่ประหยัดทั้งต้นทุนค่าปุ๋ยเคมีและแรงงานในการดูแลรักษาและการก็บเกี่ยว

จากการเปรียบเทียบสารละลายธาตุอาหารที่เหมาะสม สำหรับมันฝรั่งที่ปลูกในโรงเรือนระบบแอโรโพนิกส์ของสนอง (2556) พบว่า การให้สารละลายธาตุอาหาร $N:P_2O_5:K_2O$ ในสัดส่วน 4:1:5 จนต้นมันฝรั่งอายุ 30 วัน เปลี่ยนเป็นสารลายธาตุอาหาร 6:1:15 จนเก็บเกี่ยว ทำให้จำนวนหัวและน้ำหนักหัวต่อพื้นที่สูงสุด ส่วนการใช้ปุ๋ยสารละลายธาตุอาหารในปัญจขันธ์ยังไม่ปรากฏรายงานการวิจัยในช่วงที่ผ่านมา มีเพียงรายงานการใช้ปุ๋ยหมักชีวภาพ ร่วมกับปุ๋ย 16-16-16 (นฤมล, 2552) ในแปลงทดลองเท่านั้น ได้มีการศึกษาเบื้องต้นของศูนย์วิจัยพืชสวนเชียงราย ในปี 2557 ปลูกปัญจขันธ์พันธุ์พื้นเมืองในโรงเรือนระบบแอโรโพนิกส์โดยใช้สารละลายธาตุอาหารที่ใช้กับ

มันฝรั่ง พบว่า ปัญจขันธ์สามารถออกรากได้ภายใน 10 วันและมีการแตกยอดได้ดีภายใต้โรงเรือนที่ไม่มีการพรางแสง จึงมีความเป็นไปได้ที่จะนำระบบการปลูกปัญจขันธ์ในโรงเรือน ระบบแอโรโพนิกส์ โดยการจัดการสารละลายธาตุอาหารซึ่งวิเคราะห์ และปรับจากการปลูกในระบบแปลงทดลองมาใช้ ซึ่งมีข้อดีหลายอย่างได้แก่ สามารถเก็บเกี่ยวได้ง่าย สะดวก ปราศจากสิ่งปนเปื้อนจากดินหรือวัสดุปลูก ใช้ได้ทุกส่วนของพืชรวมทั้งรากประหยัดแรงงานในการดูแล ป้องกันโรคแมลงได้ดี เพื่อให้ได้ข้อมูลสารละลายธาตุอาหารที่เหมาะสมในการปลูกในโรงเรือนแนะนำเกษตรกรผู้ผลิตในเชิงการค้าต่อไป

7. วิธีดำเนินการ

อุปกรณ์

- พันธุ์ปัญจขันธ์พันธุ์สิบสองปันนา x พื้นเมืองสันกำพง
- วัสดุการเกษตร ได้แก่ ปูนขาว ปุ๋ยคอก ปุ๋ยเคมี ตาข่ายพรางแสง ไม้ไผ่ ลวด และอื่นๆ
- โรงเรือนชั่วคราวหลังคาพลาสติกด้านบน ด้านข้างเป็นตาข่าย ส่วนด้านในโรงเรือนด้านบนคลุมด้วยตาข่ายพรางแสง 70 %
- อุปกรณ์และระบบการปลูกพืชแบบ aeroponic ประกอบด้วยตู้ควบคุมเวลา ปั๊มน้ำ ถังสารละลายธาตุอาหาร ท่อน้ำและหัวพ่นฝอย กระบะสำหรับปลูกโดยใช้อิฐบล็อกและเหล็กฉากเป็นตัวยึด แผ่นโฟม และฟองน้ำ

วิธีการ

แบบและวิธีการทดลอง

-กรรมวิธีการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบ RCB 5 กรรมวิธี 4 ซ้ำ

กรรมวิธีที่ 1 สารละลายธาตุอาหารที่มีสัดส่วนของ $N:P_2O_5:K_2O$ 5:1:4 ตามอัตราที่คำนวณจากการวิเคราะห์พืช

กรรมวิธีที่ 2 สารละลายธาตุอาหารที่มีสัดส่วนของ $N:P_2O_5:K_2O$ 1:1:1

กรรมวิธีที่ 3 สารละลายธาตุอาหารที่มีสัดส่วนของ $N:P_2O_5:K_2O$ 2:1:1

กรรมวิธีที่ 4 สารละลายธาตุอาหารที่มีสัดส่วนของ $N:P_2O_5:K_2O$ 3:1:2

กรรมวิธีที่ 5 สารละลายธาตุอาหารพื้นฐานคือสารละลาย A และ B ดัดแปลงจาก Hoagland's Solution (ภาคผนวกที่ 2)

สารละลายธาตุอาหารเพิ่มเติมในกรรมวิธีที่ 1-4 ประกอบด้วยปุ๋ยเคมี 46-0-0 0-52-34 และ 0-0-50

สารละลายธาตุอาหารพื้นฐาน ได้แก่

สารละลาย A ประกอบด้วย แคลเซียมไนเตรท 1.8 กก. และเหล็กคีเลท 120 กรัม/200 ลิตร

สารละลาย B ประกอบด้วย โพแทสเซียมไนเตรท 5 กก. โมโนโพแทสเซียมฟอสเฟต 5 กก. แมกนีเซียมซัลเฟต 6 กก. สังกะสีซัลเฟต 50 กรัม/น้ำ 200 ลิตร และจุลธาตุ 40 กรัม/น้ำ 200 ลิตร

ขั้นตอนการดำเนินงาน

1. เตรียมอุปกรณ์และระบบการปลูกพืชแบบ aeroponic พร้อมโรงเรือนหลังคาพลาสติกด้านบน ด้านข้างเป็นตาข่าย ส่วนด้านในโรงเรือนด้านบนคลุมด้วยตาข่ายพรางแสง 70 % เตรียมกระบะสำหรับปลูกโดยใช้อิฐบล็อกและเหล็กฉากเป็นตัวยึด
2. ติดตั้งระบบปั๊มน้ำ ระบบพ่นฝอยและตัวควบคุมตั้งเวลาการพ่นสารละลาย โดยตั้งเวลาการพ่นและหยุดต่อเนื่องกันตลอด 24 ชั่วโมง
3. ผลิตต้นแม่พันธุ์ปัญจขันธ์พันธุ์สิบสองปันนา x พื้นเมืองสันกำแพง เมื่ออายุ 2-3 เดือน ตัดกิ่งให้มีข้อ 1-2 ข้อ นำไปปักลงในแผ่นโฟมที่เจาะรูไว้ พยุงต้นด้วยฟองน้ำ ระยะระหว่างแถวxระยะระหว่างต้น 15x20 ซม. ขนาดของแผ่นโฟม 60x120 ซม. หนา 2.5 ซม. จำนวนต้นต่อกระบะ 24 ต้น
4. เตรียมสารละลายปุ๋ยตามกรรมวิธี โดยสารละลายธาตุอาหาร N 1 ส่วน คือปุ๋ย 46-0-0 220 กรัม P_2O_5 1 ส่วน คือปุ๋ย 0-52-34 200 กรัม และ K_2O 1 ส่วน คือปุ๋ย 0-0-50 72 กรัมละลายในน้ำ 200 ลิตร (ได้จากอัตราการประเมินความต้องการธาตุอาหารของปัญจขันธ์) ปรับสารละลายให้มีค่า pH 5.5-6.0 ค่า EC 1.3-1.5 ms/cm เมื่อจะใช้ ใช้ในอัตรา 1:200 ลิตร ส่วนสารละลายพื้นฐาน A และB เตรียมในถัง 200 ลิตรเมื่อจะใช้ ใช้ในอัตรา 1:200 ลิตรเช่นเดียวกัน
5. นำแผ่นโฟมที่มีต้นปัญจขันธ์ไปใส่ไว้ในกระบะ เริ่มให้น้ำหลังปลูกจนเมื่อปัญจขันธ์เริ่มมีรากงอกประมาณ 7 วัน เริ่มให้สารละลายธาตุอาหาร A และ B เพื่อชักนำให้เกิดรากเต็มที่ โดยใช้ระบบพ่นฝอย ตั้งเวลาการพ่นสารละลาย 10 วินาที หยุด 20 วินาที เมื่อต้นปัญจขันธ์อายุ1-2 เดือน ปรับเวลาการพ่นเป็น 20 วินาที หยุด 30 วินาที
6. ให้สารละลายธาตุอาหารตามกรรมวิธีเมื่อปัญจขันธ์อายุ 15 วันหรือเมื่อรากเจริญเต็มที่สัปดาห์ละ 1-2 ครั้ง จนกระทั่งเก็บเกี่ยว
7. ดูแลรักษา ทำการพ่นอาหารเสริมทางใบทุก 2 สัปดาห์ งดการพ่นสารป้องกันกำจัดโรคและแมลงทุกชนิด
8. หยุดให้สารละลายธาตุอาหารก่อนเก็บเกี่ยว 2 สัปดาห์
9. เก็บเกี่ยวปัญจขันธ์ เมื่ออายุ 4 เดือน โดยเก็บเกี่ยวทั้งต้น บันทึกน้ำหนักสด นำไปล้างน้ำให้สะอาด ผึ่งให้สะเด็ดน้ำ หั่นเป็นชิ้นขนาด 1-2 ซม. นำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสเป็นเวลานาน 8 ชั่วโมง
10. บันทึกน้ำหนักแห้งแต่ละกรรมวิธี
11. ทำการปลูกปัญจขันธ์จำนวน 4 ครั้ง ครั้งที่ 1 ปลูกพฤศจิกายน 2560 เก็บเกี่ยวมีนาคม 2561 ครั้งที่ 2 ปลูกมิถุนายนเก็บเกี่ยวตุลาคม 2561 ครั้งที่ 3 ปลูกธันวาคม 2561 เก็บเกี่ยวมีนาคม 2562 และครั้งที่ 4 ปลูกพฤษภาคม 2562 เก็บเกี่ยวกันยายน 2562

การบันทึกข้อมูล

1. วันปฏิบัติการต่างๆ ความยาวเถา จำนวนใบต่อต้นก่อนและหลังให้สารละลาย
2. ต้นทุนการผลิต ค่าโรงเรือน อุปกรณ์การปลูกระบบ aeroponics สารละลายธาตุอาหร
3. ผลผลิตต่อพื้นที่และปริมาณสารสำคัญ
4. วิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในต้นเมื่อเก็บเกี่ยว

เวลาและสถานที่

เริ่มต้น ตุลาคม 2560 สิ้นสุด กันยายน 2562

ดำเนินการที่ ศูนย์วิจัยพืชสวนเชียงราย

8. ผลการทดลองและวิจารณ์

1. ผลของสารละลายธาตุอาหารสูตรต่างๆ ต่อการเจริญเติบโตของต้นปัญจขันธ์ในโรงเรือนระบบแอโรโพนิกส์

จากการปลูกปัญจขันธ์พันธุ์สิบสองปันนา x พื้นเมืองสันกำแพง ครั้งที่ 1 เดือนพฤศจิกายน 2560 เก็บเกี่ยวเดือนมีนาคม 2561 ผลการทดลอง พบว่า การเจริญเติบโตของต้นปัญจขันธ์เมื่ออายุ 7 วันก่อนการให้สารละลายธาตุอาหารมีความยาวเถาทุกกรรมวิธีอยู่ระหว่าง 6.1-9.8 เซนติเมตรไม่แตกต่างกันทางสถิติ ปัญจขันธ์ที่ได้รับสารละลายธาตุอาหารสัดส่วนของ N:P_2O_5:K_2O 5:1:4 ในกรรมวิธีที่ 1 ซึ่งเป็นสัดส่วนที่ได้จากการวิเคราะห์และประเมินความต้องการธาตุอาหารในต้นปัญจขันธ์พบว่า มีการเจริญเติบโตดีที่สุด ความยาวเถาหลังได้รับสารละลายเมื่ออายุ 30 45 และ 60 วัน เท่ากับ 51.0 84.8 และ 130.0 เซนติเมตร ตามลำดับ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับสารละลายธาตุอาหารสัดส่วน 2:1:1 และ 3:1:2 โดยเฉพาะเมื่ออายุ 45 และ 60 วันหลังปลูก จำนวนใบต่อต้น 26 และ 34 ใบ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับสารละลายธาตุอาหารสัดส่วน 2:1:1 (ตารางที่ 1 และ 2)

ครั้งที่ 2 ปลูกเดือนมิถุนายน 2561 เก็บเกี่ยวเดือนตุลาคม 2561 ผลการทดลอง พบว่า การเจริญเติบโตของต้นปัญจขันธ์เมื่ออายุ 7 วันก่อนการให้สารละลายธาตุอาหารมีความสูงต้นทุกกรรมวิธีอยู่ระหว่าง 6.5-8.5 เซนติเมตร ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ปัญจขันธ์ที่ได้รับสารละลายธาตุอาหารสัดส่วนของ N:P_2O_5:K_2O 5:1:4 ในกรรมวิธีที่ 1 มีการเจริญเติบโตดีที่สุด ความยาวเถาหลังได้รับสารละลายเมื่ออายุ 30 45 และ 60 วัน เท่ากับ 31.9 70.8 และ 155.0 เซนติเมตร ตามลำดับ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับสารละลายธาตุอาหาร A, B มีความยาวเถาต่ำที่สุด 89.2 เซนติเมตร โดยเฉพาะเมื่ออายุ 45 และ 60 วันหลังปลูกมีจำนวนใบต่อต้น 25 และ 71 ใบ (ตารางที่ 1 และ 2)

ครั้งที่ 3 ปลูกเดือนธันวาคม 2561 เก็บเกี่ยวเดือนมีนาคม 2562 ผลการทดลอง พบว่า ต้นปัญจขันธ์ที่ได้รับสารละลายธาตุอาหารสัดส่วน 5:1:4 มีความยาวเถาสูงที่สุด 214.8 เซนติเมตร เมื่ออายุ 60 วันหลังปลูก แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับสารลายธาตุอาหาร 3:1:2 และสารละลายธาตุอาหาร A, B มีความยาวเถา 158.4 และ 160.4 เซนติเมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 1)

ครั้งที่ 4 ปลูกเดือนพฤษภาคม 2562 เก็บเกี่ยวเดือนกันยายน 2562 ผลการทดลอง พบว่า ต้นปัญจขันธ์ที่ได้รับสารละลายธาตุอาหารสัดส่วน 5:1:4 มีความยาวเถาสูงที่สุด 226.6 เซนติเมตร เมื่ออายุ 60 วันหลังปลูก แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับสารลายธาตุอาหาร 3:1:2 และสารละลายธาตุอาหาร A, B มีความยาวเถา 178.8 และ 174.8 เซนติเมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 1)

จากผลการทดลองทั้ง 4 ครั้ง ปัญจขันธ์ที่ได้รับสารละลายธาตุอาหารสัดส่วน 5:1:4 ซึ่งเป็นสัดส่วนที่ได้จากการประเมินความต้องการธาตุอาหารของปัญจขันธ์มีความยาวเถามากกว่าปัญจขันธ์ที่ได้รับสารละลายธาตุอาหารสัดส่วนอื่นๆ ปัญจขันธ์ที่ได้รับสารละลายธาตุอาหาร A, B เพียงอย่างเดียวโดยไม่มีสารละลายธาตุอาหารเพิ่มเติมมี

ความยาวเถาต่ำที่สุด จำนวนใบต่อต้นก็เช่นเดียวกันปัญจขันธ์ที่ได้รับสารละลายธาตุอาหารสัดส่วน 5:1:4 มีจำนวนใบต่อต้นสูงที่สุด 34, 71, 52 และ 54 ใบ ในครั้งที่ 1, 2, 3 และ 4 ตามลำดับเมื่อเปรียบเทียบกับปัญจขันธ์ที่ได้รับสารละลายธาตุอาหาร A, B มีการแตกใบเพียง 27, 40, 40 และ 42 ใบ/ต้นตามลำดับแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 2)

2. ผลของสารละลายธาตุอาหารสูตรต่างๆ ต่อผลผลิตน้ำหนักสด น้ำหนักแห้งและสารซาโปนินรวมในต้นปัญจขันธ์

น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้ง

ครั้งที่ 1 ปัญจขันธ์เมื่อได้รับสารละลายธาตุอาหาร $N:P_2O_5:K_2O$ 5:1:4 ให้น้ำหนักสดสูงที่สุด 712.3 กรัมต่อตารางเมตร น้ำหนักแห้ง 102.2 กรัม/ตารางเมตร แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติกับการให้สารละลายธาตุอาหารสัดส่วนอื่นๆ

ครั้งที่ 2 ปัญจขันธ์เมื่อได้รับสารละลายธาตุอาหาร $N:P_2O_5:K_2O$ 5:1:4 ให้น้ำหนักสดสูงที่สุด 2,430 กรัมต่อตารางเมตร น้ำหนักแห้ง 213 กรัม/ตารางเมตร

ครั้งที่ 3 ปัญจขันธ์ที่ได้รับสารละลายธาตุอาหารสัดส่วน 5:1:4 น้ำหนักสด 991.3 กรัม/ตารางเมตร น้ำหนักแห้ง 104.6 กรัม/ตารางเมตร สูงกว่าสารละลายธาตุอาหารสัดส่วนอื่นๆ (ตารางที่ 3 และ 4)

ครั้งที่ 4 ปัญจขันธ์ที่ได้รับสารละลายธาตุอาหารสัดส่วน 5:1:4 น้ำหนักสด 992.9 กรัม/ตารางเมตร น้ำหนักแห้ง 97.1 กรัม/ตารางเมตร สูงกว่าสารละลายธาตุอาหารสัดส่วนอื่นๆ (ตารางที่ 3 และ 4)

สารซาโปนินรวมในต้น จากการปลูกปัญจขันธ์ครั้งที่ 1 พบว่า ปัญจขันธ์เมื่อได้รับสารละลายธาตุอาหาร $N:P_2O_5:K_2O$ 5:1:4 พบสารซาโปนินสูงที่สุด 11.4 กรัม/น้ำหนักแห้ง 100 กรัม สูงกว่าทุกกรรมวิธี รองลงมาคือสัดส่วน 2:1:1 พบ 6.23 กรัม/น้ำหนักแห้ง 100 กรัม ปัญจขันธ์เมื่อได้รับสารละลายธาตุอาหาร $N:P_2O_5:K_2O$ 1:1:1 พบสารซาโปนินต่ำที่สุด 5.0 กรัม/น้ำหนักแห้ง 100 กรัม การปลูกในครั้งที่ 2, 3 และ 4 พบว่า สารละลายธาตุอาหารสัดส่วนต่างๆไม่มีผลต่อปริมาณสารซาโปนินรวมในต้นในทางสถิติ แต่เป็นที่น่าสังเกตว่าการให้สารละลายธาตุอาหารเพิ่มเติมในสัดส่วนของ $N:P_2O_5:K_2O$ 1:1:1 สารซาโปนินรวมในต้นปัญจขันธ์มีค่าต่ำกว่ากรรมวิธีอื่นๆ (ตารางที่ 5) สารซาโปนินรวมในกรรมวิธีสัดส่วนของ $N:P_2O_5:K_2O$ 5:1:4 พบสูงสุด 11.4 กรัม/น้ำหนักแห้ง 100 กรัม ที่เป็นดังนี้เพราะมีธาตุอาหารไนโตรเจนและโพแทสเซียมในปริมาณตามที่พืชต้องการใช้ในการเจริญเติบโตและให้ผลผลิต ซึ่งค่ามาตรฐานกำหนดไว้ไม่ต่ำกว่า 8 กรัม/น้ำหนักแห้ง 100 กรัม (เย็นจิตร, 2551) นอกจากนี้กระทรวงสาธารณสุข (2548) รายงานว่าพันธุ์พื้นเมืองและพันธุ์จีนพบปริมาณสารซาโปนินสูงถึง 12.77 และ 13.32 กรัม/น้ำหนักแห้ง 100 กรัม

3. ต้นทุนค่าปุ๋ยเคมีที่ใช้ในสารละลายธาตุอาหาร A, B และสารละลายธาตุอาหารเพิ่มเติมในแต่ละกรรมวิธีและผลตอบแทนการผลิตปัญจขันธ์ในโรงเรือนระบบแอโรโพนิกส์

ต้นทุนค่าปุ๋ยเคมีที่ใช้ในสารละลายธาตุอาหาร A, B และสารละลายธาตุอาหารเพิ่มเติมในแต่ละกรรมวิธีที่ใช้ในโรงเรือนขนาด 200 ตารางเมตรในการผสมในถังสารละลาย 200 ลิตรและผลตอบแทนที่ได้หลังหักค่าปุ๋ยเคมีแสดงไว้ในตารางที่ 6 โดยผลผลิตน้ำหนักแห้งจากการปลูกรวมทั้ง 4 ครั้ง ปัญจขันธ์เมื่อได้รับสารละลายธาตุอาหาร $N:P_2O_5:K_2O$ 5:1:4 ให้น้ำหนักแห้งรวมสูงที่สุด 103.38 กิโลกรัม/200 ตารางเมตร ราคาขายปัญจขันธ์แห้ง 1,000

บาท/กิโลกรัม มีรายได้รวม 103,380 บาท ต้นทุนค่าปุ๋ย 8,304 บาท (ตารางภาคผนวกที่ 2 และ 3) ผลตอบแทนหลังหักค่าปุ๋ยเคมี 95,076 บาท ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับการให้สารละลายธาตุอาหาร A และ B เพียงอย่างเดียวโดยไม่มีการให้สารละลายธาตุอาหารเพิ่มเติมมีผลตอบแทนมากกว่าถึง 32,044 บาท/พื้นที่ 200 ตารางเมตรและได้ผลตอบแทนสูงสุดเมื่อเปรียบเทียบกับการให้สารละลายธาตุอาหารเพิ่มเติมในสัดส่วนต่างๆทุกกรรมวิธี

ตารางที่ 1 ความยาวเถาของปัญจขันธ์พันธุ์สิบสองปันนาxพันธุ์พื้นเมืองสันกำแพง ก่อนและหลังได้รับสารละลายธาตุอาหารสัดส่วนต่างๆ ในโรงเรือนระบบแอโรโพนิกส์ที่ศูนย์วิจัยพืชสวนเชียงราย ปี 2561-2562

$N:P_2O_5:K_2O$	ครั้งที่ 1 พย.60-มีค.61[1/]				ครั้งที่ 2 มิย.61-ตค.61[1/]				ครั้งที่ 3 ธค.61-มีค.62[1/]				ครั้งที่ 4 พค.62-กย.62[1/]			
	7 วัน	30 วัน	45 วัน	60 วัน	7 วัน	30 วัน	45 วัน	60 วัน	7 วัน	30 วัน	45 วัน	60 วัน	7 วัน	30 วัน	45 วัน	60 วัน
5:1:4	9.8	51.0	84.8 a	130.0 a	7.6	31.9	70.8 a	155.0 a	6.9	59.0	122.6	214.8 a	6.8	65.3	152.4	226.6 a
1:1:1	8.8	40.5	58.2 b	128.0 a	8.4	28.0	50.4 b	102.0 ab	7.1	60.8	109.4	180.4 ab	6.6	80.2	128.8	204.8 ab
2:1:1	6.1	39.9	65.0 b	95.0 b	8.5	25.6	48.0 b	109.2 ab	7.2	70.4	126.7	186.8 ab	6.5	74.8	131.8	205.8 ab
3:1:2	6.3	48.0	71.2 ab	98.6 b	6.7	25.2	60.0 ab	119.2 ab	6.1	63.4	111.8	158.4 b	6.3	82.6	128.3	178.8 b
สารละลาย A, B	6.8	48.5	81.3 a	112.6 ab	6.5	25.6	55.2 b	89.2 b	7.3	67.8	112.3	160.4 b	6.4	63.4	130.2	174.8 b
C.V. (%)	18.7	26.9	30.1	16.7	26.2	42.5	34.9	32.0	11.5	22.3	25.6	13.8	16.9	19.5	19.0	13.9

[1/] ตัวเลขที่ตามด้วยอักษรเหมือนกันในแนวตั้งไม่แตกต่างกันทางสถิติโดย DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ตารางที่ 2 จำนวนใบต่อต้นของปัญจขันธ์พันธุ์สิบสองปันนา x พันธุ์พื้นเมืองสันกำแพง ก่อนและหลังได้รับสารละลายธาตุอาหารสัดส่วนต่างๆ ในโรงเรือนระบบแอโรโพนิกส์ที่ศูนย์วิจัยพืชสวนเชียงราย ปี 2561-2562

$N:P_2O_5:K_2O$	ครั้งที่ 1 พย.60-มีค.61[1/]				ครั้งที่ 2 มิย.61-ตค.61[1/]				ครั้งที่ 3 ธค.61-มีค.62[1/]				ครั้งที่ 4 พค.62-กย.62[1/]			
	7 วัน	30 วัน	45 วัน	60 วัน	7 วัน	30 วัน	45 วัน	60 วัน	7 วัน	30 วัน	45 วัน	60 วัน	7 วัน	30 วัน	45 วัน	60 วัน
5:1:4	1	14	26 a	34 a	1	17 a	25	71 a	1	18 a	29 a	52 a	1	15 a	32 a	54 a
1:1:1	1	11	15 b	27 ab	1	12 c	18	49 b	1	14 b	24 ab	35 b	1	19 a	29 ab	50 a
2:1:1	1	10	17 b	20 b	1	13 bc	20	48 b	1	16 ab	28 a	42 b	1	18 ab	28 ab	47 ab
3:1:2	1	13	25 a	29 a	1	15 ab	19	52 b	1	14 b	22 b	42 b	1	18 ab	25 b	42 b
สารละลาย A, B	1	13	22 ab	27 ab	1	13 bc	18	40 b	1	13 b	23 b	40 b	1	14 b	22 b	42 b
C.V. (%)	-	25.9	30.7	27.4	-	15.5	25.1	23.4	-	16.6	21.8	14.7	-	14.5	16.9	11.7

[1/] ตัวเลขที่ตามด้วยอักษรเหมือนกันในแนวตั้งไม่แตกต่างกันทางสถิติโดย DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ค่า C.V. ที่ไม่ปรากฏ = ไม่มีความแปรปรวนของข้อมูล

ตารางที่ 3 น้ำหนักสดของปัญจขันธ์พันธุ์สิบสองปันนา x พันธุ์พื้นเมืองสันกำแพง หลังได้รับสารละลายธาตุอาหารสัดส่วนต่างๆ ในโรงเรือนระบบแอโรโพนิกส์ที่ศูนย์วิจัยพืชสวนเชียงราย ปี 2561-2562 ที่ระยะเก็บเกี่ยวอายุ 4 เดือน

$N:P_2O_5:K_2O$	น้ำหนักสด (กรัม/ตร.ม.)[1/]			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4
5:1:4	712.3 a	2,430 a	991.3 a	992.2 a
1:1:1	295.2 b	1,320 c	838.9 ab	820.6 b
2:1:1	162.5 b	2,060 ab	899.3 ab	755.6 b
3:1:2	534.3 a	1,660 bc	793.0 ab	795.2 b
สารละลาย A, B	235.7 b	1,050 c	669.4 b	799.7 b
C.V. (%)	30.0	25.9	19.5	25.1

[1/] ตัวเลขที่ตามด้วยอักษรเหมือนกันในแนวตั้งไม่แตกต่างกันทางสถิติโดย DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ตารางที่ 4 น้ำหนักแห้งของปัญจขันธ์พันธุ์สิบสองปันนา x พันธุ์พื้นเมืองสันกำแพง หลังได้รับสารละลายธาตุอาหารสัดส่วนต่างๆ ในโรงเรือนระบบแอโรโพนิกส์ที่ศูนย์วิจัยพืชสวนเชียงราย ปี 2561-2562 ที่ระยะเก็บเกี่ยวอายุ 4 เดือน

$N:P_2O_5:K_2O$	น้ำหนักแห้ง (กรัม/ตร.ม.)[1/]			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4
5:1:4	102.2 a	213 a	104.6 a	97.1 a
1:1:1	31.4 b	138 b	91.2 ab	86.0 b
2:1:1	27.7 b	185 ab	99.2 ab	92.2 ab
3:1:2	67.3 ab	182 ab	90.0 ab	84.8 b
สารละลาย A, B	43.5 b	142 b	78.0 b	91.6 ab
C.V. (%)	30.9	25.4	17.1	20.7

[1/] ตัวเลขที่ตามด้วยอักษรเหมือนกันในแนวตั้งไม่แตกต่างกันทางสถิติโดย DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ตารางที่ 5 Total saponins ในต้นปัญจขันธ์พันธุ์สิบสองปันนา x พันธุ์พื้นเมืองสันกำแพง หลังได้รับสารละลายธาตุอาหารสัดส่วนต่างๆ ในโรงเรือนระบบแอโรโพนิกส์ที่ศูนย์วิจัยพืชสวนเชียงราย ปี 2561-2562 ที่ระยะเก็บเกี่ยวอายุ 4 เดือน

$N:P_2O_5:K_2O$	Total saponins (g/100g dry wt)[1/]			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4
5:1:4	11.40	5.49	4.79	5.24
1:1:1	5.00	4.41	4.50	4.83
2:1:1	6.23	4.61	5.07	5.12
3:1:2	5.73	5.35	5.29	5.82
สารละลาย A, B	5.11	6.77	5.52	5.28

[1/] วิเคราะห์โดยศูนย์บริการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ โดยวิธี Gravimetric method (เย็นจิตร และคณะ, 2551)

ตารางที่ 6 ต้นทุนค่าสารละลายธาตุอาหารพื้นฐาน A และ B ปุ๋ยเคมีเพิ่มเติมตามกรรมวิธีและผลตอบแทนที่ได้ในการผลิตปัญจขันธ์ในโรงเรือนระบบแอโรโพนิกส์ดำเนินการที่ศูนย์วิจัยพืชสวนเชียงราย ปี 2561-2562 ผลผลิตน้ำหนักแห้งรวม 4 ครั้ง

$N:P_2O_5:K_2O$	น้ำหนักแห้ง		ราคาขาย (บาท)	ต้นทุนค่าปุ๋ย (บาท)	ผลตอบแทน (บาท)	ผลต่างจากกรรมวิธีสารละลาย A, B
	กรัม/ตร.ม.	กก./200ตร.ม.				
5:1:4	516.9	103.38	103,380	8,304	95,076	+32,044
1:1:1	346.6	69.32	69,320	8,144	61,176	-1,856
2:1:1	404.1	80.82	80,820	8,156	72,664	+9,632
3:1:2	424.1	84.82	84,820	8,204	76,616	+13,584
สารละลาย A, B	355.1	71.02	71,020	7,988	63,032	-

9. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

1. สารละลายธาตุอาหารสัดส่วนของ $N:P_2O_5:K_2O$ 5:1:4 โดยใส่ในรูปของปุ๋ยเคมี 46-0-0 อัตรา 1,100 กรัม 0-52-34 200 กรัม และ 0-0-50 288 กรัม ในถังสารละลาย 200 ลิตร ในอัตราสารละลายต่อน้ำ 1:200 เพิ่มเติมจากการใส่สารละลายธาตุอาหาร A, B ให้กับปัญจขันธ์ที่ปลูกในโรงเรือนระบบแอโรโพนิกส์มีความยาวเถาสูงสุด 226.6 เซนติเมตรเมื่ออายุ 60 วันหลังปลูกและมีจำนวนใบต่อต้นมากที่สุดแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับการให้สารละลายธาตุอาหารพื้นฐาน A และ B เพียงอย่างเดียว
2. สารละลายธาตุอาหารสัดส่วนของ $N:P_2O_5:K_2O$ 5:1:4 ให้น้ำหนักสดปัญจขันธ์สูงกว่ากรรมวิธีอื่นๆในการปลูกทั้ง 4 ครั้งโดยมีน้ำหนักสด 712.3 , 2,430, 991.3 และ 992.2 กรัม/ตารางเมตร น้ำหนักแห้ง 102.2, 213, 104.6 และ 97.1 กรัม/ตารางเมตร แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับการให้สารละลายธาตุอาหาร A, B เพียงอย่างเดียว
3. ต้นทุนค่าปุ๋ยเคมีเพิ่มเติมและสารละลายธาตุอาหาร A, B ในทุกกรรมวิธีมีค่าใกล้เคียงกันคืออยู่ระหว่าง 7,988-8,304 บาทในการปลูกรวม 4 ครั้ง โดยสารละลาย A, B มีต้นทุนต่ำที่สุด 7,988 บาท ส่วนสารละลายสัดส่วน 5:1:4 มีต้นทุนสูงสุด 8,304 บาท เมื่อเปรียบเทียบน้ำหนักแห้งและรายได้ที่ได้พบว่า มีผลตอบแทนสูงสุด 95,076 บาท สูงกว่ากรรมวิธีให้สารละลาย A, B 32,044 บาท/200 ตารางเมตร
4. สารละลายธาตุอาหารที่แนะนำสำหรับการปลูกปัญจขันธ์ในโรงเรือนระบบแอโรโพนิกส์คือสารละลายธาตุอาหารสัดส่วนของ $N:P_2O_5:K_2O$ 5:1:4 เพิ่มเติมจากการใส่สารละลายธาตุอาหาร A, B เริ่มให้เมื่อปัญจขันธ์อายุ 7-10 วันหรือเริ่มออกรากโดยใส่ในรูปของปุ๋ยเคมี 46-0-0 อัตรา 1,100 กรัม 0-52-34 200 กรัม และ 0-0-50 288 กรัมละลายในถังสารละลาย 200 ลิตร ในอัตราปุ๋ยสารละลายต่อน้ำ 1:200 สัปดาห์ละ 1-2 ครั้ง จนถึงก่อนเก็บเกี่ยว 2 สัปดาห์

10. การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

จากผลการทดลองปลูกปัญจขันธ์ในโรงเรือนระบบแอโรโพนิกส์ ทั้ง 4 ครั้ง เกษตรกรผู้ปลูกปัญจขันธ์ในเขต จ.เชียงรายสามารถนำไปเป็นแนวทางการจัดการสารละลายธาตุอาหารแก่ปัญจขันธ์ในพื้นที่ จ.เชียงรายได้เพื่อให้ได้ผลผลิตที่สูงและมีคุณภาพและลดการให้ปุ๋ยมากเกินจำเป็น ขณะที่เกษตรกรผู้ปลูกสมุนไพรอื่นๆ สามารถนำไปเป็นแนวทางในการวางแผนการจัดการปุ๋ยที่เหมาะสมกับสภาพพื้นที่อื่นๆ ได้

11. เอกสารอ้างอิง

กรมพัฒนาการแพทย์แผนไทยและการแพทย์ทางเลือก. กระทรวงสาธารณสุข. 2548. การศึกษาเปรียบเทียบคุณภาพของปัญจขันธ์พันธุ์พื้นเมืองและพันธุ์จีน. *ใน* วารสารการแพทย์แผนไทยและการแพทย์ทางเลือก ปีที่ 3 ฉบับที่ 2 กุมภาพันธ์ – พฤษภาคม 2548. หน้า 52-69.

นฤมล มงคลชัยภักดิ์, ธิดารัตน์ บุญรอด ปภาวดี สุฉันทบุตร สมจิตร์ เนียมสกุล ปราณี ชวลิตธำรง กัลยา อนุลักขณาปกรณ์ และบุษราวรรณ ศรีวรรธนะ. 2552. การศึกษาปัญจขันธ์จากเนื้อเยื่อเพาะเลี้ยง. ในวารสารการแพทย์แผนไทย และการแพทย์ทางเลือก ปีที่ 7 ฉบับที่ 1 มกราคม – เมษายน

2552. หน้า 32-38.

เย็นจิตร เตชะดำรงสิน. 2551. คุณภาพทางเคมีของปัญจขันธ์. ในสมุนไพรน่ารู้(2) : ปัญจขันธ์. ISBN 978-974-442-427-9. สถาบันวิจัยสมุนไพร กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์. กระทรวงสาธารณสุข. นนทบุรี .โรงพิมพ์สำนักงานพระพุทธศาสนาแห่งชาติ. หน้า 38-73.

สนอง จรินทร ทัศนีย์ ดวงแย้ม มานพ หาญเทวี ไว อินต๊ะแก้ว สมพงษ์ คูตระกูล และวิวัฒน์ ภานุอำไพ. 2556. การเปรียบเทียบสารละลายธาตุอาหารที่เหมาะสมสำหรับการผลิตหัวพันธุ์มันฝรั่ง Go ในระบบแอโรโปนิก. รายงานผลงานเรื่องเต็มการทดลองที่สิ้นสุด ปี 2556. อยู่ระหว่างการตีพิมพ์รวมเล่มของศูนย์วิจัยพืชสวนเชียงราย สถาบันวิจัยพืชสวน กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 14 หน้า.

12. ภาคผนวก

ภาคผนวกที่ 1 วิธีการหาปริมาณสารสกัดชนิดหยาบของซาโปนินรวม (total saponins) ในปัญจขันธ์ โดยวิธี Gravimetric method (เย็นจิตร และคณะ, 2551)

1. นำผงสมุนไพรที่ผ่านแร่งเบอร์ 180 จำนวน 0.5 กรัม (ชั่งโดยเครื่องชั่งละเอียดทศนิยม 4 ตำแหน่ง) บันทึกน้ำหนักผงสมุนไพรที่ชั่ง
2. นำผงสมุนไพรใส่ในขวดก้นกลมขนาด 250 มิลลิลิตร ใส่น้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร
3. นำไปสกัดด้วยวิธีรีฟลักซ์นาน 2 ชั่วโมง กรอง ล้างกากด้วยน้ำร้อนปริมาตรพอเหมาะ รวมสารละลายที่กรองได้และน้ำล้างกากเข้าด้วยกัน
4. ทิ้งให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง ใส่ในขวดปรับปริมาตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ได้ 100 มิลลิลิตร
5. นำสารละลายดังกล่าวจำนวน 20 มิลลิลิตร ใส่ลงในกรวยแยกขนาด 100 มิลลิลิตร สกัดด้วยบิวทานอลจำนวน 3 ครั้งๆ ละ 10 มิลลิลิตร
6. รวมสารละลายชั้นบิวทานอลเข้าด้วยกัน ล้างด้วยน้ำ 2 ครั้งๆ ละ 10 มิลลิลิตร
7. นำสารละลายชั้นบิวทานอลใส่ในขวดแก้วที่ทราบน้ำหนักแน่นอน ระเหยจนแห้งโดยใช้เครื่องระเหยระบบสูญญากาศ
8. นำไปอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส จนได้น้ำหนักคงที่
9. คำนวณหาร้อยละของปริมาณสารสกัดชนิดหยาบของซาโปนินรวมที่ได้จากน้ำหนักของผงสมุนไพรที่ปราศจากความชื้น

ภาคผนวกที่ 2 สูตรสารละลายธาตุอาหารของ Hoagland and Arnon สูตรที่ 1 ไม่ผสมแอมโมเนียม (Hoagland's Solution) Hoagland and Arnon, 1938

ชื่อสาร	สูตรเคมี	ความเข้มข้น	ความเข้มข้น ppm

แคลเซียมไนเตรต	$Ca(NO_3)_2.4H_2O$	5 mmole/L	210
ไอรอนทาร์เทรต	$FeC_4H_4O_6$. nH_2O	1 - 5 mg-Fe/L	5
โพแทสเซียมไนเตรต	KNO_3	5 mmole/L	231
โพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต	KH_2PO_4	1 mmole/L	31
แมกนีเซียมซัลเฟต	$MgSO_4.7H_2O$	2 mmole/L	48
ซิงค์ซัลเฟต	$ZnSO_4.7H_2O$	0.05 mg-Zn/L	0.06
กรดโบริค	H_3BO_3	0.5 mg-B/L	1.5
แมงกานีสคลอไรด์	$MnCl_2$.$4H_2O$	0.5 mg-Mn/L	2
คอปเปอร์ซัลเฟต (จุนสี)	$CuSO_4.5H_2O$	0.02 mg-Cu/L	0.06
กรดโมลิบดิค	$H_2MoO_4.H_2O$	0.01 mg-Mo/L	0.007

ที่มา: ดิเรก ทองอร่าม. (2546). การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน หลักการจัดการการผลิตและเทคโนโลยีการผลิตเชิงธุรกิจในประเทศไทย. หน้า 142. http://agri.wu.ac.th/msomsak/Soilless/Chapter05/NutSolution.htm

ตารางภาคผนวกที่ 1 ผลวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในต้นปัญจขันธพันธุ์สิบสองปันนา x พันธุ์พื้นเมืองสันกำแพง ปลูกในระบบแอโรโพนิกส์ที่ศูนย์วิจัยพืชสวนเชียงราย อายุ 4 เดือน ปี 2561

$N:P_2O_5:K_2O$	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn	Cu	B
	----------%----------					----------มิลลิกรัม/กิโลกรัม----------				
5:1:4	4.27	0.64	3.73	1.57	0.70	78.8	67.9	62.2	11.9	14.6
1:1:1	4.19	0.59	3.97	1.31	0.83	74.0	53.5	46.4	10.3	13.8
2:1:1	4.49	0.69	3.76	1.69	0.91	82.4	66.3	59.5	13.4	14.4
3:1:2	4.48	0.54	3.32	2.42	0.74	73.4	92.2	65.0	14.2	12.2
สารละลาย A, B	2.83	0.37	2.09	2.73	0.64	71.0	133.0	58.2	9.23	10.4

ตารางภาคผนวกที่ 2 ปริมาณและต้นทุนค่าปุ๋ยสารละลาย A และ B ที่ใช้กับปัญจขันธ์ทุกกรรมวิธีในถังสารละลาย 200 ลิตร ในการปลูก 1 ครั้งระยะเวลาปลูก-เก็บเกี่ยว นาน 4 เดือน ปี 2561

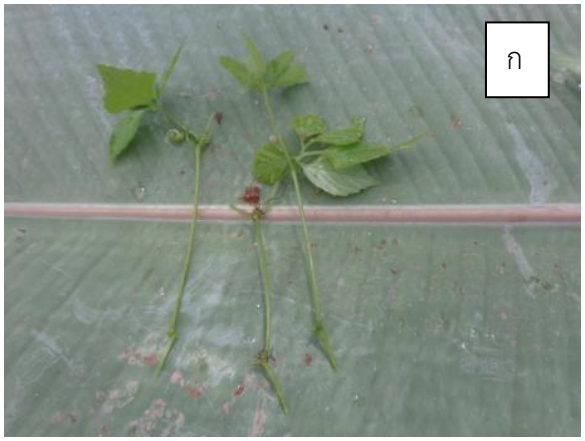
สารละลาย	ปุ๋ย/สารเคมี	ปริมาณ	ราคา	หมายเหตุ

		(กรัม)	(บาท)	
A	แคลเซียมไนเตรท (15-0-0)	1,800	32	17.80 บาท/กก.
	เหล็กคีเลท	120	252	AR grade 2,100 บาท/กก.
B	โพแทสเซียมไนเตรท (13-0-46)	5,000	600	120 บาท/กก.
	โมโนโพแทสเซียมฟอสเฟต (0-52-34)	5,000	650	130 บาท/กก.
	แมกนีเซียมซัลเฟต	6,000	270	45 บาท/กก.
	สังกะสีซัลเฟต	50	41	AR grade 820 บาท/กก.
	จุลธาตุ	40	152	95 บาท/25 กรัม
		รวมทั้งสิ้น	1,997	

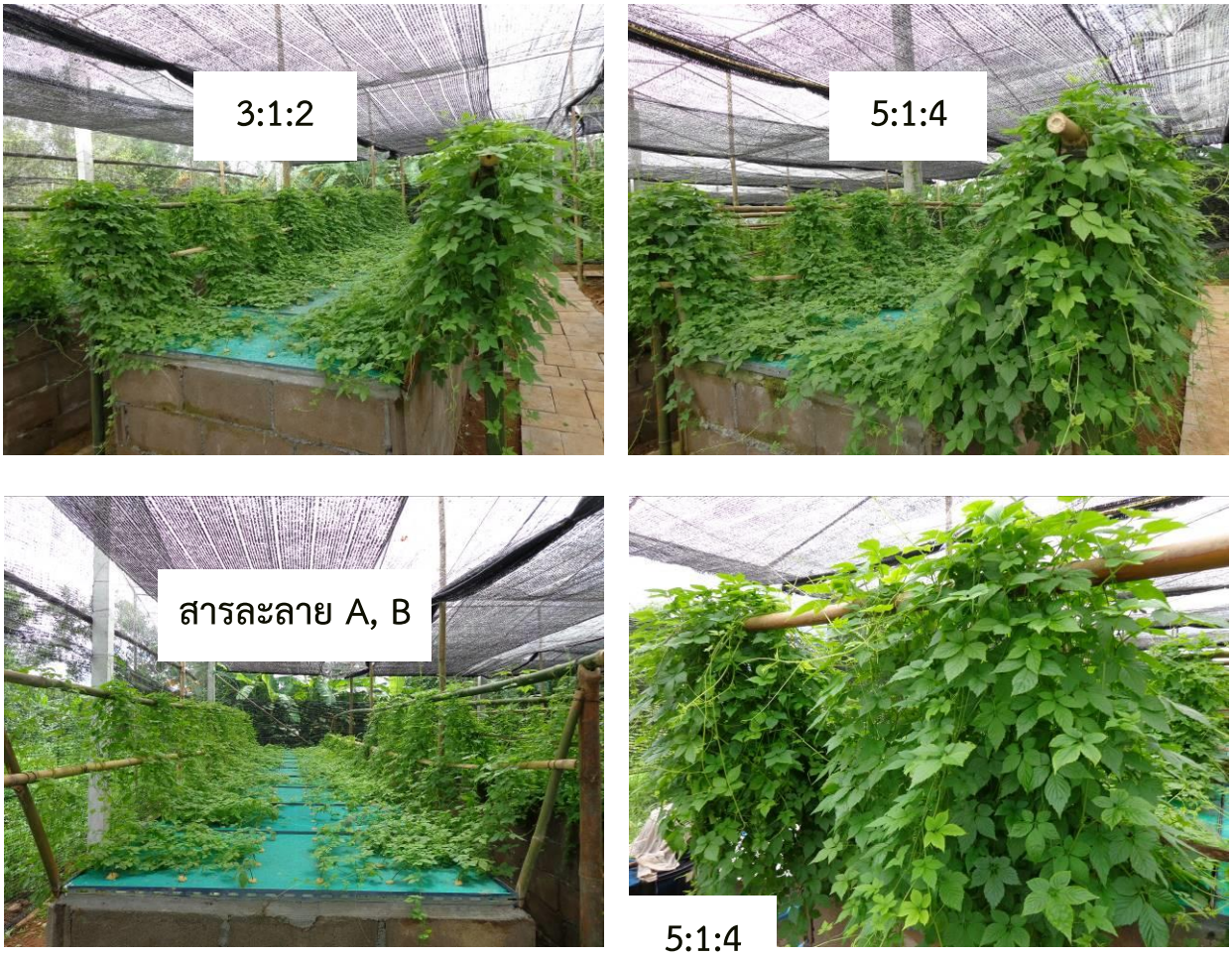
ตารางภาคผนวกที่ 3 ปริมาณและต้นทุนค่าปุ๋ยเพิ่มเติมแต่ละกรรมวิธีการให้สารละลายธาตุอาหารแก่ปัญจขันธ์ในระบบแอโรโพนิกส์ในถังสารละลายขนาด 200 ลิตร ปี 2561

$N:P_2O_5:K_2O$	ปริมาณปุ๋ยเคมี (กรัม)			ราคาปุ๋ย (บาท)			รวมต้นทุน[1/]
	46-0-0	0-52-34	0-0-50	46-0-0 (12บาท/กก.)	0-52-34 (130บาท/กก.)	0-0-50 (130บาท/กก.)	ค่าปุ๋ย (บาท)
5:1:4	1,100	200	288	15	26	38	79
1:1:1	200	200	72	3	26	10	39
2:1:1	400	200	72	6	26	10	42
3:1:2	600	200	144	9	26	19	54
สารละลาย A, B	-	-	-	-	-	-	-

ภาพที่ 1 ระบบแอโรโพนิกส์ที่ศูนย์วิจัยพืชสวนเชียงราย ปี 2561-2562 ประกอบด้วยโรงเรือนชั่วคราวคลุมด้วยพลาสติก (ก) กระบะปลูกพร้อมหัวพ่นฝอย (ข) ถังใส่สารละลายธาตุอาหารและน้ำ (ค) ปั๊มน้ำ (ง) และตู้ควบคุมเวลาการพ่นและหยุดสารละลาย (จ)



ภาพที่ 2 การปลูกปัญจขันธ์ระบบแอโรโพนิกส์ที่ศูนย์วิจัยพืชสวนเชียงราย ปี 2561-2562 โดยเตรียมต้นตัดชำ (ก) แผ่นโฟมเจาะรูสำหรับปลูก (ข) กระบะปลูก (ค) และต้นปัญจขันธ์งอกรากเมื่อได้รับน้ำและสารละลายธาตุอาหารอายุ 9 วันหลังปลูก (ง)



ภาพที่ 3 การเจริญเติบโตของปัญจขันธ์พันธุ์สิบสองปันนาx พื้นเมืองสันกำแพง เมื่อได้รับสารละลายธาตุอาหาร $N:P_2O_5:K_2O$ สัดส่วนต่างๆ เปรียบเทียบกับสารละลาย A และ B อายุ 4 เดือนหลังปลูกในโรงเรือนระบบแคโรโพนิกส์ที่ศูนย์วิจัยพืชสวนเชียงราย ปี 2561-2562