

รายงานผลงานเรื่องเต็มการทดลองสิ้นสุดปี 2562

แผนงานวิจัย : วิจัยและพัฒนาพืชสมุนไพรที่ใช้เป็นอาหารและเครื่องเทศ

โครงการวิจัย : วิจัยและพัฒนาพันธุ์และเทคโนโลยีการผลิตปญจชันธุ์

กิจกรรม : วิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตปญจชันธุ์

กิจกรรมย่อย -

ชื่อการทดลอง การเปรียบเทียบสารละลายธาตุอาหารที่เหมาะสมในการผลิตปญจชันธุ์

ในโรงเรือนระบบแอโรโพนิกส์เพื่อเพิ่มคุณภาพผลผลิต

Comparison of Plant Nutritional Solution for Production of Jiaogulan

in The Aeroponic System

คณะผู้ดำเนินงาน

หัวหน้าการทดลอง ศศิธร วรปิตรังสี^{1/}

ผู้ร่วมงาน ทศนีย์ ดวงแยม^{1/} อรุณี ใจเถิง^{1/}

วีระ วรปิตรังสี^{2/} สอนง จรินทร์^{3/}

ลัดดาวัลย์ อินทร์สังข์^{3/} ศรีสุตา โททอง^{3/}

บทคัดย่อ

การทดลองมีวัตถุประสงค์เพื่อหาสูตรสารละลายธาตุอาหารที่เหมาะสมสำหรับการผลิตปญจชันธุ์ในโรงเรือนระบบแอโรโพนิกส์ 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) ทำการปลูกปญจชันธุ์พันธุ์สิบสองปันนา x พื้นเมืองสันกำแพง จำนวน 4 ครั้ง ผลการทดลองพบว่า ปญจชันธุ์เมื่อได้รับสารละลายธาตุอาหารเพิ่มเติมจากสารละลายธาตุอาหาร 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) มีการเจริญเติบโตด้านความยาวเถาและจำนวนใบต่อต้นสูงที่สุดแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้สารละลายธาตุอาหาร 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 โดยเฉพาะปญจชันธุ์ที่ได้รับสารละลายธาตุอาหารพื้นฐานเพียงอย่างเดียวมีน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งต่ำที่สุดจากการปลูกทั้ง 4 ครั้ง ส่วนปริมาณสารซาโปนินในต้นไม่มีความแตกต่างกันเมื่อได้รับสารละลายธาตุอาหารในทุกกรรมวิธี

คำสำคัญ : ปัญจชันร์, เจียวกุลหลาน, สารละลายธาตุอาหาร, ระบบแอโรพอนิกส์

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/1sqm² and dry yield was 102.2, 213.0, 104.6 and 97.1 grams/1sqm² 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.

คำนำ

เจียวกุลหลานหรือปัญจชันร์ เป็นสมุนไพรที่ใช้เป็นยา มีสารสำคัญคือ gypenoside, total saponins, phenolic compound, antioxidant และอื่นๆ มีคุณสมบัติลดระดับน้ำตาลในเลือด ลดคลอเรสเตอรอล เป็นเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพ ได้แก่ ชาสมุนไพร และเป็นส่วนประกอบในเครื่องสำอาง และผลิตภัณฑ์ทำความสะอาด จากการวิเคราะห์ปัญหาพบว่าเกษตรกรผู้ปลูกขาดแคลนพันธุ์ดี และเทคโนโลยีด้านพันธุ์ พันธุ์ที่เกษตรกรปลูกในปัจจุบันคือพันธุ์จีนหรือพันธุ์สิบสองปันนาเป็นพันธุ์จากประเทศจีนมีผลผลิตสูง แต่ปริมาณสารซาโปนินรวมอยู่ในระดับปานกลาง เมื่อนำมาปลูกในประเทศไทยพบปัญหาด้านการเจริญเติบโต และการปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อมในพื้นที่ซึ่งพื้นที่ปลูกควรมีอุณหภูมิระหว่าง 16-28 °C ความชื้นสัมพัทธ์ 60-80% ทำให้พื้นที่ปลูกอยู่ในวงจำกัด จากการปลูกทดสอบพันธุ์ ในปี 2554-2556 พบว่า พันธุ์พื้นเมืองให้ผลผลิตต่ำกว่าพันธุ์สิบสองปันนา แต่ปริมาณสารซาโปนินรวมมีค่าใกล้เคียงกับพันธุ์จีน และในบางพื้นที่และบางช่วงมีสารสูงกว่าพันธุ์จีน ทั้งนี้ปริมาณสารสำคัญในปัญจชันร์มีความแปรปรวนสูง ค่าสารซาโปนินรวม (total saponins) มีค่าตั้งแต่ 4.03-13.32 กรัม/น้ำหนักแห้ง 100 กรัม ในขณะที่ค่ามาตรฐานกำหนดไว้ไม่ต่ำกว่า 8 กรัม/น้ำหนักแห้ง 100 กรัม (เย็นจิตร, 2551) พันธุ์พื้นเมืองพบปริมาณสารซาโปนินรวมสูงกว่าค่าที่กำหนด สามารถปลูกในพื้นที่ที่ไม่มีความหนาวเย็นได้ สำหรับปัญจชันร์พันธุ์พื้นเมืองกรมพัฒนา

การแพทย์แผนไทยและการแพทย์ทางเลือก กระทรวงสาธารณสุข (2548) รายงานว่ามีผลผลิตต่ำกว่าพันธุ์จีนแต่พบปริมาณสารซาโปนินใกล้เคียงกันคือ 12.77 และ 13.32 % ตามลำดับ ในปี 2556 ศูนย์วิจัยพืชสวนเชียงราย กรมวิชาการเกษตรได้ดำเนินการปรับปรุงพันธุ์โดยการผสมพันธุ์ระหว่างพันธุ์สิบสองปันนาซึ่งให้ผลผลิตสูงแต่สารซาโปนินอยู่ในระดับปานกลางกับพันธุ์พื้นเมืองสันกำแพงซึ่งมีสารซาโปนินสูง ได้พันธุ์ที่มีผลผลิตและสารซาโปนินสูงจึงได้นำมาทดสอบในโรงเรือนระบบแอโรโพนิกส์

จากการเปรียบเทียบสารละลายธาตุอาหารที่เหมาะสม สำหรับมันฝรั่งที่ปลูกในโรงเรือนระบบแอโรโพนิกส์ของสนอง (2556) พบว่า การให้สารละลายธาตุอาหาร $N:P_2O_5:K_2O$ ในสัดส่วน 4:1:5 จนต้นมันฝรั่งอายุ 30 วัน เปลี่ยนเป็นสารละลายธาตุอาหาร 6:1:15 จนเก็บเกี่ยว ทำให้จำนวนหัวและน้ำหนักหัวต่อพื้นที่สูงสุด ส่วนการใช้ปุ๋ยสารละลายธาตุอาหารในปัญจชันยังไม่มีปรากฏรายงานการวิจัยในช่วงที่ผ่านมา มีเพียงรายงานการใช้ปุ๋ยหมักชีวภาพ ร่วมกับปุ๋ย 16-16-16 (นฤมล, 2552) ในแปลงทดลองเท่านั้น ได้มีการศึกษาเบื้องต้นของศูนย์วิจัยพืชสวนเชียงราย ในปี 2557 ปลูกปัญจชันพันธุ์พื้นเมืองในโรงเรือนระบบแอโรโพนิกส์โดยใช้สารละลายธาตุอาหารที่ใช้กับมันฝรั่ง พบว่า ปัญจชันสามารถออกรากได้ภายใน 10 วันและมีการแตกยอดได้ดีภายใต้โรงเรือนที่ไม่มีการพรางแสง จึงมีความเป็นไปได้ที่จะนำระบบการปลูกปัญจชันในโรงเรือน ระบบแอโรโพนิกส์ โดยการจัดการสารละลายธาตุอาหารซึ่งวิเคราะห์ และปรับจากการปลูกในระบบแปลงทดลองมาใช้ ซึ่งมีข้อดีหลายอย่างได้แก่สามารถเก็บเกี่ยวได้ง่าย สะดวก ปราศจากสิ่งปนเปื้อนจากดินหรือวัสดุปลูก ใช้ได้ทุกส่วนของพืชรวมทั้งรากประหยัดแรงงานในการดูแล ป้องกันโรคแมลงได้ดี เพื่อให้ได้ข้อมูลสารละลายธาตุอาหารที่เหมาะสมในการปลูกในโรงเรือนแนะนำเกษตรกรผู้ผลิตในเชิงการค้าต่อไป

วิธีดำเนินการ

อุปกรณ์

- พันธุ์ปัญจชันพันธุ์สิบสองปันนา x พันธุ์พื้นเมืองสันกำแพง
- วัสดุการเกษตร ได้แก่ ปูนขาว ปุ๋ยคอก ปุ๋ยเคมี ตาข่ายพรางแสง ไม้ไผ่ ลวด และอื่นๆ
- โรงเรือนชั่วคราวหลังคาพลาสติกด้านบน ด้านข้างเป็นตาข่าย ส่วนด้านในโรงเรือนด้านบนคลุมด้วยตาข่ายพรางแสง 70 %

- อุปกรณ์และระบบการปลูกพืชแบบ aeroponic ประกอบด้วยตู้ควบคุมเวลา ป้อนน้ำ ถังสารละลายธาตุอาหาร ท่อน้ำและหัวพ่นฝอย กระบะสำหรับปลูกโดยใช้อิฐบล็อกและเหล็กฉากเป็นตัวยึด แผ่นโฟม และฟองน้ำ

วิธีการทดลอง

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. ติดตั้งระบบปั้มน้ำ ระบบพ่นฝอยและตัวควบคุมตั้งเวลาการพ่นสารละลาย โดยตั้งเวลาการพ่นและหยุดต่อเนื่องกันตลอด 24 ชั่วโมง
3. ผลิตต้นแม่พันธุ์ปญจชันธุ์พันธุ์สิบสองปันนา x พันธุ์เมืองสันกำแพง เมื่ออายุ 2-3 เดือน ตัดกิ่งให้มีข้อ 1-2 ข้อ นำไปปักลงในแผ่นโฟมที่เจาะรูไว้ พยุงต้นด้วยฟองน้ำ ระยะระหว่างแถวระยะระหว่างต้น 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 (ได้จากอัตราการประเมินความต้องการธาตุอาหารของปญจชันธุ์) ปรับสารละลายให้มีค่า pH 5.5-6.0 ค่า EC 1.3-1.5 ms/cm เมื่อจะใช้ ใช้ในอัตรา 1:200 ลิตร ส่วนสารละลายพื้นฐาน A และ B เตรียมในถัง 200 ลิตรเมื่อจะใช้ ใช้ในอัตรา 1:200 ลิตรเช่นเดียวกัน
5. นำแผ่นโฟมที่มีต้นปญจชันธุ์ไปใส่ไว้ในกระบะ เริ่มให้น้ำหลังปลูกจนเมื่อปญจชันธุ์เริ่มมีรากออกประมาณ 7 วัน เริ่มให้สารละลายธาตุอาหาร A และ B เพื่อชักนำให้เกิดรากเต็มที่ โดยใช้ระบบพ่นฝอย ตั้งเวลาการพ่นสารละลาย 10 วินาที หยุด 20 วินาที เมื่อต้นปญจชันธุ์อายุ 1-2 เดือน ปรับเวลาการพ่นเป็น 20 วินาที หยุด 30 วินาที
6. ให้สารละลายธาตุอาหารตามกรรมวิธีเมื่อปญจชันธุ์อายุ 15 วันหรือเมื่อรากเจริญเต็มที่สัปดาห์ละ 1-2 ครั้ง จนกระทั่งเก็บเกี่ยว
7. ดูแลรักษา ทำการพ่นอาหารเสริมทางใบทุก 2 สัปดาห์ งดการพ่นสารป้องกันกำจัดโรคและแมลงทุกชนิด
8. หยุดให้สารละลายธาตุอาหารก่อนเก็บเกี่ยว 2 สัปดาห์

9. เก็บเกี่ยวปญจชันร เมื่ออายุ 4 เดือน โดยเก็บเกี่ยวทั้งต้น บันทึกน้ำหนักสด นำไปล้างน้ำให้สะอาด ผึ่งให้ สะเด็ดน้ำ หั่นเป็นชิ้นขนาด 1-2 ซม. นำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสเป็นเวลานาน 8 ชั่วโมง
- 10.บันทึกน้ำหนักแห้งแต่ละกรรมวิธี

การบันทึกข้อมูล

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

เวลาและสถานที่

เริ่มต้น ตุลาคม 2560 สิ้นสุด กันยายน 2562

ดำเนินการที่ ศูนย์วิจัยพืชสวนเชียงราย

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. ผลของสารละลายธาตุอาหารสูตรต่างๆ ต่อการเจริญเติบโตของต้นปญจชันรในโรงเรือนระบบแอโรโพนิคส์

จากการปลูกปญจชันรพันธุ์สิบสองปันนา x พื้นเมืองสันกำแพง ครั้งที่ 1 เดือนพฤศจิกายน 2560 เก็บเกี่ยวเดือนมีนาคม 2561 ผลการทดลอง พบว่า การเจริญเติบโตของต้นปญจชันรเมื่ออายุ 7 วันก่อนการให้ สารละลายธาตุอาหารมีความยาวเถาทุกกรรมวิธีอยู่ระหว่าง 6.1-9.8 เซนติเมตรไม่แตกต่างกันทางสถิติ ปญจชันร ที่ได้รับสารละลายธาตุอาหารสัดส่วนของ $N:P_2O_5:K_2O$ 5:1:4 ในกรรมวิธีที่ 1 ซึ่งเป็นสัดส่วนที่ได้จากการวิเคราะห์ และประเมินความต้องการธาตุอาหารในต้นปญจชันรพบว่า มีการเจริญเติบโตดีที่สุด ความยาวเถาหลังได้รับ สารละลายเมื่ออายุ 30 45 และ 60 วัน เท่ากับ 51.0 84.8 และ 130.0 เซนติเมตร ตามลำดับ แตกต่างอย่างมี นัยสำคัญทางสถิติกับสารละลายธาตุอาหารสัดส่วน 2:1:1 และ 3:1:2 โดยเฉพาะเมื่ออายุ 45 และ 60 วันหลังปลูก จำนวนใบต่อต้น 26 และ 34 ใบ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับสารละลายธาตุอาหารสัดส่วน 2:1:1 (ตาราง ที่ 1 และ 2)

ครั้งที่ 2 ปลูกเดือนมิถุนายน 2561 เก็บเกี่ยวเดือนตุลาคม 2561 ผลการทดลอง พบว่า การเจริญเติบโต ของต้นปญจชันรเมื่ออายุ 7 วันก่อนการให้สารละลายธาตุอาหารมีความสูงต้นทุกกรรมวิธีอยู่ระหว่าง 6.5-8.5 เซนติเมตร ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ปญจชันรที่ได้รับสารละลายธาตุอาหารสัดส่วนของ $N:P_2O_5:K_2O$ 5:1:4 ใน กรรมวิธีที่ 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 ต้นปญจชันรที่ ได้รับสารละลายธาตุอาหารสัดส่วน 5:1:4 มีความยาวเถาสูงที่สุด 214.8 เซนติเมตร เมื่ออายุ 60 วันหลังปลูก

แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับสารละลายธาตุอาหาร 3:1:2 และสารละลายธาตุอาหาร A, B มีความยาวเถา 158.4 และ 160.4 เซนติเมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 1)

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

จากผลการทดลองทั้ง 4 ครั้ง ปญจชันธุ์ที่ได้รับสารละลายธาตุอาหารสัดส่วน 5:1:4 ซึ่งเป็นสัดส่วนที่ได้จากการประเมินความต้องการธาตุอาหารของปญจชันธุ์มีความยาวเถามากกว่าปญจชันธุ์ที่ได้รับสารละลายธาตุอาหารสัดส่วนอื่นๆ ปญจชันธุ์ที่ได้รับสารละลายธาตุอาหาร A, B เพียงอย่างเดียวโดยไม่มีสารละลายธาตุอาหารเพิ่มเติมมีความยาวเถาต่ำที่สุด จำนวนใบต่อต้นก็เช่นเดียวกันปญจชันธุ์ที่ได้รับสารละลายธาตุอาหารสัดส่วน 5:1:4 มีจำนวนใบต่อต้นสูงที่สุด 34, 71, 52 และ 54 ใบ ในครั้งที่ 1, 2, 3 และ 4 ตามลำดับเมื่อเปรียบเทียบกับปญจชันธุ์ที่ได้รับสารละลายธาตุอาหาร A, B มีการแตกใบเพียง 27, 40, 40 และ 42 ใบ/ต้นตามลำดับแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 2)

2. ผลของสารละลายธาตุอาหารสูตรต่างๆ ต่อผลผลิตน้ำหนักราก น้ำหนักแห้งและสารชาโปนินรวมในต้นปญจชันธุ์

น้ำหนักรากและน้ำหนักแห้ง

ครั้งที่ 1 ปญจชันธุ์เมื่อได้รับสารละลายธาตุอาหาร $N:P_2O_5:K_2O$ 5:1:4 ให้น้ำหนักรากสูงที่สุด 712.3 กรัม ต่อตารางเมตร น้ำหนักแห้ง 102.2 กรัม/ตารางเมตร แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับการให้สารละลายธาตุอาหารสัดส่วนอื่นๆ

ครั้งที่ 2 ปญจชันธุ์เมื่อได้รับสารละลายธาตุอาหาร $N:P_2O_5:K_2O$ 5:1:4 ให้น้ำหนักรากสูงที่สุด 2,430 กรัม ต่อตารางเมตร น้ำหนักแห้ง 213 กรัม/ตารางเมตร

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

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

สารชาโปนินรวมในต้น จากการปลูกปญจชันธุ์ครั้งที่ 1 พบว่า ปญจชันธุ์เมื่อได้รับสารละลายธาตุอาหาร $N:P_2O_5:K_2O$ 5:1:4 พบสารชาโปนินสูงที่สุด 11.4 กรัม/น้ำหนักแห้ง 100 กรัม สูงกว่าทุกกรรมวิธี รองลงมาคือสัดส่วน 2:1:1 พบ 6.23 กรัม/น้ำหนักแห้ง 100 กรัม ปญจชันธุ์เมื่อได้รับสารละลายธาตุอาหาร $N:P_2O_5:K_2O$ 1:1:1 พบสารชาโปนินต่ำที่สุด 5.0 กรัม/น้ำหนักแห้ง 100 กรัม การปลูกในครั้งที่ 2, 3 และ 4 พบว่า สารละลายธาตุอาหารสัดส่วนต่างๆไม่มีผลต่อปริมาณสารชาโปนินรวมในต้นในทางสถิติ แต่เป็นที่น่าสังเกตว่าการให้สารละลายธาตุอาหารเพิ่มเติมในสัดส่วนของ $N:P_2O_5:K_2O$ 1:1:1 สารชาโปนินรวมในต้นปญจชันธุ์มีค่าต่ำกว่ากรรมวิธีอื่นๆ (ตารางที่ 5)

3. ต้นทุนค่าปุ๋ยเคมีที่ใช้ในสารละลายธาตุอาหาร A, B และสารละลายธาตุอาหารเพิ่มเติมในแต่ละกรรมวิธี และผลตอบแทนการผลิตปญจชันรในโรงเรือนระบบแอโรโพนิคส์

ต้นทุนค่าปุ๋ยเคมีที่ใช้ในสารละลายธาตุอาหาร A, B และสารละลายธาตุอาหารเพิ่มเติมในแต่ละกรรมวิธีที่ใช้ในโรงเรือนขนาด 200 ตารางเมตรในการผสมในถังสารละลาย 200 ลิตรและผลตอบแทนที่ได้หลังหักค่าปุ๋ยเคมีแสดงไว้ในตารางที่ 6 โดยผลผลิตน้ำหนักแห้งจากการปลูกรวมทั้ง 4 ครั้ง ปญจชันรเมื่อได้รับสารละลายธาตุอาหาร $N:P_2O_5:K_2O$ 5:1:4 ให้น้ำหนักแห้งรวมสูงสุด 103.38 กิโลกรัม/200 ตารางเมตร ราคาขายปญจชันรแห้ง 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 ความยาวของปัญจชั้นพันธุ์สับสองปีนาพันธุ์พื้นเมืองสันกำแพง ก่อนและหลังได้รับสารละลายธาตุอาหารสัดส่วนต่างๆ ในโรงเรือนระบบแอโรโพนิกส์ที่ศูนย์วิจัยพืชสวนเชียงราย ปี 2561-2562 ปลุก 4 ครั้ง ครั้งที่ 1 ปลุกพฤศจิกายน 2560 เก็บเกี่ยวมีนาคม 2561 ครั้งที่ 2 ปลุกมิถุนายนเก็บเกี่ยวตุลาคม 2561 ครั้งที่ 3 ปลุกธันวาคม 2561 เก็บเกี่ยวมีนาคม 2562 และครั้งที่ 4 ปลุกพฤษภาคม 2562 เก็บเกี่ยวกันยายน 2562

N:P ₂ O ₅ :K ₂ O	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
CV (%)	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/} ตัวเลขที่ตามด้วยอักษรเหมือนกันในแนวดังไม่แตกต่างกันทางสถิติโดย DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ตารางที่ 2 จำนวนใบต่อต้นของปุ๋ยจันท์พันธุ์สิบสองปันนา x พันธุ์พื้นเมืองสันกำแพง ก่อนและหลังได้รับสารละลายธาตุอาหารสัปดาห์ต่างๆ ในโรงเรือน
ระบบแอโรโพนิกส์ที่ศูนย์วิจัยพืชสวนเชียงราย ปี 2561-2562 ปลุก 4 ครั้ง ครั้งที่ 1 ปลุกพฤศจิกายน 2560 เก็บเกี่ยวมีนาคม 2561 ครั้งที่ 2 ปลุก
มิถุนายนเก็บเกี่ยวตุลาคม 2561 ครั้งที่ 3 ปลุกธันวาคม 2561 เก็บเกี่ยวมีนาคม 2562 และครั้งที่ 4 ปลุกพฤษภาคม 2562 เก็บเกี่ยวกันยายน 2562

N:P ₂ O ₅ :K ₂ O	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
CV (%)	-	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 %

ตารางที่ 3 น้ำหนักสดของปฏิกิริยาพันธุ์สับสองปันนา x พันธุ์พื้นเมืองสันกำแพง หลังได้รับสารละลายธาตุอาหารสัปดาห์ต่างๆ ในโรงเรือนระบบแอโรโพนิคส์ที่ศูนย์วิจัยพืชสวนเชียงราย ปี 2561-2562 ที่ระยะเก็บเกี่ยว 4 เดือน ปลุก 4 ครั้ง ครั้งที่ 1 ปลุกพฤศจิกายน 2560 เก็บเกี่ยวมีนาคม 2561 ครั้งที่ 2 ปลุกมิถุนายนเก็บเกี่ยวตุลาคม 2561 ครั้งที่ 3 ปลุกธันวาคม 2561 เก็บเกี่ยวมีนาคม 2562 และครั้งที่ 4 ปลุกพฤษภาคม 2562 เก็บเกี่ยวกันยายน 2562

N:P ₂ O ₅ :K ₂ O	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 น้ำหนักแห้งของปฏิกิริยาพันธุ์สับสองปันนา x พันธุ์พื้นเมืองสันกำแพง หลังได้รับสารละลายธาตุอาหารสัปดาห์ต่างๆ ในโรงเรือนระบบแอโรโพนิคส์ที่ศูนย์วิจัยพืชสวนเชียงราย ปี 2561-2562 ที่ระยะเก็บเกี่ยว 4 เดือน ปลุก 4 ครั้ง ครั้งที่ 1 ปลุกพฤศจิกายน 2560 เก็บเกี่ยวมีนาคม 2561 ครั้งที่ 2 ปลุกมิถุนายนเก็บเกี่ยวตุลาคม 2561 ครั้งที่ 3 ปลุกธันวาคม 2561 เก็บเกี่ยวมีนาคม 2562 และครั้งที่ 4 ปลุกพฤษภาคม 2562 เก็บเกี่ยวกันยายน 2562

N:P ₂ O ₅ :K ₂ O	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 ในต้นปัญจชันธุ์พันธุ์สิบสองปันนา x พันธุ์พื้นเมืองสันกำแพง หลังได้รับสารละลายธาตุอาหารสัดส่วนต่างๆ ในโรงเรือนระบบแอโรโพนิกส์ที่ศูนย์วิจัยพืชสวนเชียงราย ปี 2561-2562 ที่ระยะเก็บเกี่ยว 4 เดือน ปลุก 4 ครั้ง ครั้งที่ 1 ปลุกพฤศจิกายน 2560 เก็บเกี่ยว มีนาคม 2561 ครั้งที่ 2 ปลุกมิถุนายนเก็บเกี่ยวตุลาคม 2561 ครั้งที่ 3 ปลุกธันวาคม 2561 เก็บเกี่ยวมีนาคม 2562 และครั้งที่ 4 ปลุกพฤษภาคม 2562 เก็บเกี่ยวกันยายน 2562

N:P ₂ O ₅ :K ₂ O	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 ปุ๋ยเคมีเพิ่มเติมตามกรรมวิธีและผลตอบแทนที่ได้ในการผลิตปัญจชันธุ์ในโรงเรือนระบบแอโรโพนิกส์ดำเนินการที่ศูนย์วิจัยพืชสวนเชียงราย ปี 2561-2562 ผลผลิตน้ำหนักแห้งรวม 4 ครั้ง

N:P ₂ O ₅ :K ₂ O	น้ำหนักแห้ง		ราคาขาย (บาท)	ต้นทุนค่าปุ๋ย (บาท)	ผลตอบแทน (บาท)	ผลต่างจาก กรรมวิธี สารละลาย 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	355.1	71.02	71,020	7,988	63,032	-

A, B						
------	--	--	--	--	--	--

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 ให้กับปัจจัยชั้นที่ปลูกในโรงเรือนระบบแอร์โพนิกส์มีความยาวเถาสูงสุด 226.6 เซนติเมตรเมื่ออายุ 60 วันหลังปลูกและมีจำนวนใบต่อดันมากที่สุดแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับการให้สารละลายธาตุอาหารพื้นฐาน A และ B เพียงอย่างเดียว
2. สารละลายธาตุอาหารสัดส่วนของ $N:P_2O_5:K_2O$ 5:1:4 ให้น้ำหนักสดปัจจัยชั้นสูงกว่ากรรมวิธีอื่นๆในการปลูกทั้ง 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 เมื่อเปรียบเทียบน้ำหนักแห้งและรายได้ที่ไดพบว่า มีผลตอบแทนสูงสุด 95,076 บาท สูงกว่ากรรมวิธีให้สารละลาย A, B 32,044 บาท/200 ตารางเมตร
4. สารละลายธาตุอาหารที่แนะนำสำหรับการปลูกปัจจัยชั้นในโรงเรือนระบบแอร์โพนิกส์คือสารละลายธาตุอาหารสัดส่วนของ $N:P_2O_5:K_2O$ 5:1:4 เพิ่มเติมจากการใส่สารละลายธาตุอาหาร A, B เริ่มให้เมื่อปัจจัยชั้นอายุ 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

การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

จากผลการทดลองปลูกปัจจัยชั้นในโรงเรือนระบบแอร์โพนิกส์ ทั้ง 4 ครั้ง เกษตรกรผู้ปลูกปัจจัยชั้นในเขต จ.เชียงรายสามารถนำไปเป็นแนวทางการจัดการสารละลายธาตุอาหารแก่ปัจจัยชั้นในพื้นที่ จ.เชียงรายได้ เพื่อให้ได้ผลผลิตที่สูงและมีคุณภาพและลดการให้ปุ๋ยมากเกินไปจนจำเป็น ขณะที่เกษตรกรผู้ปลูกสมุนไพรอื่นๆ สามารถนำไปเป็นแนวทางในการวางแผนการจัดการปุ๋ยที่เหมาะสมกับสภาพพื้นที่อื่นๆ ได้

เอกสารอ้างอิง

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

นฤมล มงคลชัยภักดิ์, อติรัตน์ บุญรอด ปภาวดี สุฉันทบุตร สมจิตร เนียมสกุล ปราณี ขวลิขิตดำรง

กัลยา อนุลักขณาปกรณ และบุษราวรรณ ศรีวรรณะ. 2552. การศึกษาปัญจจันท์จากเนื้อเยื่อ
เพาะเลี้ยง. ในวารสารการแพทย์แผนไทย และการแพทย์ทางเลือก ปีที่ 7 ฉบับที่ 1 มกราคม – เมษายน
2552. หน้า 32-38.

เย็นจิตร เตชะดำรงสิน. 2551. คุณภาพทางเคมีของปัญจจันท์. ในสมุนไพรน่ารู้(2) : ปัญจจันท์. ISBN 978-974-
442-427-9. สถาบันวิจัยสมุนไพร กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์. กระทรวงสาธารณสุข. นนทบุรี .โรงพิมพ์
สำนักงานพระพุทธศาสนาแห่งชาติ. หน้า 38-73.

สนอง จรินทร์ ทศนีย์ ดวงแยม มานพ หาญเทวี ไว อินตะแก้ว สมพงษ์ คุณระกูล และวิวัฒน์ ภาณุอำไพ. 2556.
การเปรียบเทียบสารละลายธาตุอาหารที่เหมาะสมสำหรับการผลิตหัวพันธุ์มันฝรั่ง Go ในระบบ
แอโรโปนิค. รายงานผลงานเรื่องเต็มการทดลองที่สิ้นสุด ปี 2556. อยู่ระหว่างการตีพิมพ์รวมเล่มของ
ศูนย์วิจัยพืชสวนเชียงราย สถาบันวิจัยพืชสวน กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
14 หน้า.

ภาคผนวก

ภาคผนวกที่ 1 วิธีการหาปริมาณสารสกัดชนิดหยาบของซาโปนินรวม (total saponins) ในปัญจจันท์

โดยวิธี Gravimetric method (เย็นจิตร และคณะ, 2551)

1. นำผงสมุนไพรที่ผ่านร่อนเบอร์ 180 จำนวน 0.5 กรัม (ซึ่งโดยเครื่องชั่งละเอียดทศนิยม 4 ตำแหน่ง) บันทึก
น้ำหนักผงสมุนไพรที่ชั่ง
2. นำผงสมุนไพรใส่ในขวดก้นกลมขนาด 250 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร
3. นำไปสกัดด้วยวิธีฟลักซ์ชัน 2 ชั่วโมง กรอง ล้างกากด้วยน้ำร้อนปริมาตรพอเหมาะ รวมสารละลายที่กรองได้
และน้ำล้างกากเข้าด้วยกัน
4. ทิ้งให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง ใส่ในขวดปริมาตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ได้ 100 มิลลิลิตร
5. นำสารละลายดังกล่าวจำนวน 20 มิลลิลิตร ใส่ลงในกรวยแยกขนาด 100 มิลลิลิตร สกัดด้วยบิวทานอล
จำนวน 3 ครั้งๆ ละ 10 มิลลิลิตร
6. รวมสารละลายชั้นบิวทานอลเข้าด้วยกัน ล้างด้วยน้ำ 2 ครั้งๆ ละ 10 มิลลิลิตร
7. นำสารละลายชั้นบิวทานอลใส่ในขวดแก้วที่ทราบน้ำหนักแน่นอน ระเหยจนแห้งโดยใช้เครื่องระเหยระบบ
สุญญากาศ
8. นำไปอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส จนได้น้ำหนักคงที่
9. คำนวณหาร้อยละของปริมาณสารสกัดชนิดหยาบของซาโปนินรวมที่ได้จากน้ำหนักของผงสมุนไพรที่ปราศจาก
ความชื้น

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

ชื่อสาร	สูตรเคมี	ความเข้มข้น	ความเข้มข้น ppm
---------	----------	-------------	-----------------

แคลเซียมไนเตรต	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	5 mmole/L	210
ไอรอนทาร์เทรต	$\text{FeC}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot n\text{H}_2\text{O}$	1 - 5 mg-Fe/L	5
โพแทสเซียมไนเตรต	KNO_3	5 mmole/L	231
โพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต	KH_2PO_4	1 mmole/L	31
แมกนีเซียมซัลเฟต	$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	2 mmole/L	48
ซิงค์ซัลเฟต	$\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	0.05 mg-Zn/L	0.06
กรดโบริก	H_3BO_3	0.5 mg-B/L	1.5
แมงกานีสคลอไรด์	$\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	0.5 mg-Mn/L	2
คอปเปอร์ซัลเฟต (จุนสี)	$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	0.02 mg-Cu/L	0.06
กรดโมลิบดีค	$\text{H}_2\text{MoO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$	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 ผลวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในต้นปญจขันธพันธุ์สิบสองปันนา x พันธุ์พื้นเมืองสันกำแพง ปลูกในระบบแอโรโพนิคส์ที่ศูนย์วิจัยพืชสวนเชียงราย อายุ 4 เดือน ปี 2561

N:P ₂ O ₅ :K ₂ O	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 ที่ใช้กับปญจขันธทุกกรรมวิธีในถังสารละลาย 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.
	เหล็กคี่เลท	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	

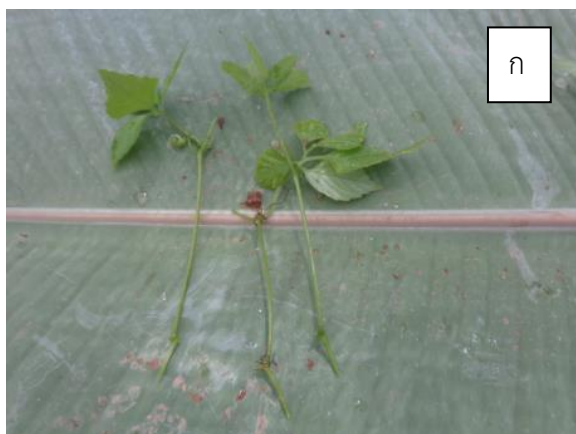
ตารางภาคผนวกที่ 3 ปริมาณและต้นทุนค่าปุ๋ยเพิ่มเติมแต่ละกรรมวิธีการให้สารละลายธาตุอาหารแก่
 ปัญญาชนในระบบแอโรโพนิกส์ในถังสารละลายขนาด 200 ลิตร ปี 2561

N:P ₂ O ₅ :K ₂ O	ปริมาณปุ๋ยเคมี (กรัม)			ราคาปุ๋ย (บาท)			รวมต้นทุน ^{1/} ค่าปุ๋ย (บาท)
	46-0-0	0-52-34	0-0-50	46-0-0 (12บาท/ กก.)	0-52-34 (130บาท/ กก.)	0-0-50 (130บาท/ กก.)	
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) กระบะปลูกพร้อมหัวฟ่นฝอย (ข) ถังใส่สารละลายธาตุอาหารและน้ำ (ค) ปั๊มน้ำ (ง) และตู้ควบคุมเวลาการพ่นและหยุดสารละลาย (จ)





ภาพที่ 2 การปลูกปัญญาจันทร์ระบบแอโรโพนิกส์ที่ศูนย์วิจัยพืชสวนเชียงราย ปี 2561-2562 โดยเตรียมต้น
ตัดชำ (ก) แผ่นโพลีเอทิลีนสำหรับปลูก (ข) กระบะปลูก (ค) และต้นปัญญาจันทร์งอกรากเมื่อ
ได้รั้งน้ำและสารละลายธาตุอาหารครบ 9 วันหลังปลูก (ง)





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