

บทนำ

ในปัจจุบัน แม้ว่าผู้บริโภคจะตระหนักถึงอันตรายที่เกิดขึ้นจากการบริโภคผักผลไม้ที่มีสารพิษตกค้างจากการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชมากขึ้น และเล็งไปรับประทานผลผลิตที่ปลูกแบบระบบอินทรีย์หรือการปลูกแบบปลอดสารพิษแทน แต่อย่างไรก็ตามเกษตรกรส่วนใหญ่ก็ยังปลูกพืชแบบดั้งเดิม ทำให้ผู้บริโภคมักมีทางเลือกไม่มากนัก จากข้อมูลของสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (2550) พบว่าตลอดเวลา 20 ปีที่ผ่านมาประเทศไทยยังมีการนำเข้าสารเคมีกำจัดศัตรูพืชอย่างต่อเนื่อง และเพิ่มขึ้นเฉลี่ยประมาณ 5.4 ตันต่อปี แสดงให้เห็นถึงปริมาณการใช้ที่มากขึ้นตามไปด้วย

สตรอบเบอร์เป็นผลไม้ขนาดเล็กที่ได้รับความนิยม โดยนำมาบริโภคทั้งในรูปผลสด ตกแต่งอาหารต่างๆ และแปรรูป ในประเทศไทยพื้นที่ปลูกส่วนใหญ่อยู่ทางภาคเหนือ โดยเฉพาะพื้นที่สูงของจังหวัดเชียงรายและเชียงใหม่ โดยส่งออกไปยังประเทศญี่ปุ่นมากที่สุด และส่งออกไปประเทศออสเตรเลียอีกเล็กน้อย (กฐิน และคณะ, 2547) เป็นพืชเศรษฐกิจสำคัญของภาคเหนือที่มีการส่งเสริมให้ปลูกทดแทนฝิ่น แต่ละปีมีพื้นที่ผลิตไม่ต่ำกว่า 3,000 ไร่ ปริมาณผลผลิต 10,000 ตันต่อปี (กองพัฒนาเกษตรที่สูง, 2543) จังหวัดเชียงใหม่เป็นแหล่งปลูกสตรอบเบอร์ที่สำคัญของประเทศ พื้นที่ปลูกประมาณ 70% อยู่ที่อำเภอสะเมิง ซึ่งมีพื้นที่ผลิตสตรอบเบอร์ประมาณ 2,250 ไร่ ซึ่งการผลิตสตรอบเบอร์ในดิน มักพบการเข้าทำลายของโรคทางรากและลำต้น เช่น โรค Verticillium wilt จึงได้มีการนำวิธีการอบดินด้วย methyl bromide และ chloropicrin แต่ทั้งนี้การอบดินมีข้อจำกัดของบางประเทศที่กำหนดกฎหมายสำหรับความปลอดภัยทางมลพิษทางแหล่งน้ำ อีกทั้งการปลูกในดินมีการใช้สารป้องกันกำจัดโรคมากขึ้น ทำให้พบสารพิษตกค้างจำพวกพาราควอต ซึ่งสำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติได้กำหนดปริมาณสารพาราควอตที่มีในผลผลิตได้ไม่เกิน 0.01 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ, 2553) เกษตรกรผู้ปลูกสตรอบเบอร์มีการใช้สารเคมีกันอย่างมาตลอดช่วงการเจริญเติบโตของพืช ตั้งแต่ปลูกจนกระทั่งเก็บเกี่ยว (เอนก, 2549) จากการสำรวจพบว่าเกษตรกรมีความตระหนักรู้ถึงอันตรายที่เกิดจากการใช้สารเคมีระดับปานกลาง (อรุณี, 2552) และเกษตรกรส่วนใหญ่เก็บเกี่ยวผลผลิตก่อนถึงระยะ 7

วันหลังการใช้สารเคมี (เอกรินทร์, 2550) จึงนับเป็นปัญหาสำคัญและมีผลกระทบต่อผู้บริโภคโดยตรง จึงควรพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตสตรอเบอร์รี่เพื่อลดการใช้สารเคมีต่อไป

ในต่างประเทศมีการใช้เทคนิคการปลูกสตรอเบอร์รี่แบบไม่ใช้ดิน เพื่อลดการใช้ปุ๋ยและสารเคมีกำจัดศัตรูพืช เนื่องจากการปลูกพืชแบบไม่ใช้ดิน (hydroponics หรือ soilless culture) เป็นการปลูกพืชเลียนแบบการปลูกในดิน ซึ่งอาจปลูกในวัสดุปลูก (substrate culture) หรือในสารละลาย ซึ่งมีหลายวิธี เช่น NFT, DRF, aeroponics เป็นต้น จึงช่วยลดปัญหาเกี่ยวกับศัตรูพืชที่มาจากดิน ทั้งโรค แมลง และวัชพืช นอกจากนี้ยังเป็นระบบที่มีการใช้ปุ๋ยอย่างมีประสิทธิภาพสูง ไม่สูญเสียไปกับการชะล้างจากดิน จึงช่วยประหยัดต้นทุนในเรื่องนี้อีกด้วย (ดิเรก, 2546; โสระยา, 2544) อย่างไรก็ตามเนื่องจากรายงานผลการวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการปลูกสตรอเบอร์รี่แบบไม่ใช้ดินส่วนใหญ่เป็นงานที่ศึกษาในต่างประเทศ ไม่สามารถนำวิธีการมาใช้ได้กับการผลิตในบ้านเราทั้งหมด เนื่องจากปัจจัยการผลิตและสภาพแวดล้อมมีความแตกต่างกัน เช่น วัตถุดิบในการนำมาทำวัสดุปลูก เป็นต้น จึงมีความจำเป็นต้องศึกษาเทคนิคการผลิตที่เหมาะสมกับสภาพการผลิตในประเทศ

วัตถุประสงค์ของการทำวิจัย

1. เพื่อได้สูตรสารละลายธาตุอาหารและวัสดุปลูกที่เหมาะสมต่อการปลูกสตรอเบอร์รี่แบบไม่ใช้ดิน
2. เพื่อเปรียบเทียบระบบปลูกที่เหมาะสมในการปลูกสตรอเบอร์รี่แบบไม่ใช้ดิน

ตรวจเอกสาร

การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน (Soilless culture)

เป็นวิธีการปลูกพืชในวัสดุปลูกที่ทดแทนการใช้ดิน เช่น สารอินทรีย์ ได้แก่ มะพร้าวสับ แกลบ ฟางข้าว เปลือกถั่ว ชานอ้อย ฯลฯ และวัสดุที่เป็นสารอนินทรีย์ เช่น ทราย กรวด ดินเผา เพอร์ไลต์ เวอร์มิคูไลต์ โยหิน เป็นต้น การปลูกพืชระบบนี้นิยมกันมากในเขตที่มีปริมาณน้ำน้อย และใช้ปลูกพืชที่มีอายุเก็บเกี่ยวยาว สำหรับประเทศไทยนิยมใช้เปลือกมะพร้าวสับ ในการปลูก พริกหวาน มะเขือเทศ และแตงเมลอน เนื่องจากเป็นวัสดุที่หาได้ง่ายและราคาไม่แพง ใช้น้ำได้ดี โปร่งเบา แต่มักมีปัญหาในเรื่องการสะสมของเกลือ จึงควรนำมาแช่น้ำก่อนนำไปเป็นวัสดุปลูก ส่วนในสตรอเบอรี่มีการทดสอบการใช้ วัสดุปลูกผสมได้แก่ ทราย:เวอร์มิคูไลต์ ทราย: ชุยมะพร้าว ทราย:ถ่านแกลบ เวอร์มิคูไลต์: เพอร์ไลต์ และชุยมะพร้าว:ถ่านแกลบ พบว่าต้นที่ ปลูกในวัสดุปลูกผสมระหว่าง เวอร์มิคูไลต์: เพอร์ไลต์ ให้น้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินสูงสุด รองลงมาคือต้นที่ปลูกในวัสดุผสมระหว่าง ชุยมะพร้าว:ถ่านแกลบ (สุรินทร์, 2542)

ประเภทของการปลูกพืชแบบไม่ใช้ดิน

การปลูกพืชแบบไม่ใช้ดินสามารถแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ

1. การปลูกเลี้ยงในสารละลายโดยตรง (water culture) เป็นการปลูกเลี้ยงที่ระบบราก ของพืชสัมผัสกับสารละลายโดยตรง พืชเจริญอยู่ในสารละลายธาตุอาหารที่มีองค์ประกอบของ ธาตุต่างๆ ที่พืชต้องการอย่างเหมาะสม ส่วนวัสดุที่ใช้พยุงลำต้นอาจเป็นตาข่าย หรือโฟม ซึ่งจะ อยู่บริเวณส่วนบนของสารละลาย (Mason, 1990) ระบบการปลูกพืชในสารละลายนี้แบ่งได้เป็น 4 ระบบใหญ่ๆ ได้แก่

- Nutrient Film Technique (NFT) เป็นการปลูกพืชในรางตื้นๆ ที่ติดตั้งให้มีความ ลาดเอียง 1-4 เปอร์เซ็นต์ โดยให้สารละลายไหลผ่านรากพืชเป็นชั้นแผ่นผิวน บางๆ หนาประมาณ 2-3 มิลลิเมตร สารละลายจะไหลหมุนเวียนผ่านราก (อานันท์, 2549)

- Dynamic Root Floating (DRF) เป็นระบบที่ทำให้รากพืชแช่อยู่ในสารละลายส่วนหนึ่งและอีกส่วนหนึ่งลอยอยู่ในอากาศ (อานันท์, 2549) ซึ่งเมื่อรากพืชเจริญมาถึงสารละลายแล้ว จึงลดระดับของสารละลายให้ต่ำลงปล่อยให้มีส่วนว่างของอากาศเพิ่มขึ้น (โสระยา, 2544) เพื่อช่วยในการหายใจทำให้พืชสามารถเจริญในสารละลายที่มีอุณหภูมิสูงได้ดีขึ้น (อานันท์, 2549)
 - Deep Floating Technique (DFT) เป็นระบบที่รากของพืชแช่อยู่ในสารละลายธาตุอาหารตลอดเวลา โดยสารละลายลึก 15- 20 เซนติเมตร (อานันท์, 2549) ใช้วัสดุน้ำหนักเบา เช่น โฟม พยางค์ดำต้นพืชให้ลอยอยู่ในสารละลาย โดยเจาะรูโฟมไว้เพื่อปลูกพืชลงไป สารละลายมีการหมุนเวียนกลับมามาตลอดเวลา (โสระยา, 2544)
 - Aeroponics เป็นการปลูกพืชโดยปล่อยให้รากพืชลอยอยู่ในอากาศ ปราศจากวัสดุยึดเหนี่ยวและมีการฉีดพ่นสารละลายธาตุอาหารให้กับรากเป็นระยะๆ (โสระยา, 2544)
2. การปลูกเลี้ยงในวัสดุที่ไม่ใช้ดิน (substrate culture) รากของพืชเจริญในวัสดุที่ปลูกชนิดต่างๆ ที่เป็นของแข็ง มีการให้สารละลายในรูปของสารละลายหรือปุ๋ยเม็ดก็ได้ วัสดุที่ใช้เป็นวัสดุที่มีธาตุอาหารพืชอยู่น้อยหรือไม่มีเลย ส่วนใหญ่มักเก็บความชื้นได้ดีและระบายน้ำดี มีความคงทนไม่ย่อยสลายง่าย ตัวอย่างเช่น การปลูกในทราย (sand culture) การปลูกในกรวด (gravel culture) การปลูกในใยหิน (rookwool) การปลูกในขี้เลื่อย (sawdust culture) และการปลูกในแผ่นฟองน้ำเป็นวัสดุปลูก (plastoponics) (Mason, 1990)

ความสำคัญของวัสดุปลูก

วัสดุปลูกมีหน้าที่ที่สำคัญคือ เป็นที่ยึดเกาะยึดลำต้นให้ทรงตัวอยู่ได้ เป็นแหล่งสะสมน้ำอากาศ และ อาหารให้แก่พืช แก่พืช (ชัยสิทธิ์, 2549) คุณสมบัติของวัสดุปลูกที่ดีคือ ต้องอุ้มน้ำไว้ได้ในช่องอากาศระหว่างก้อนวัสดุ แต่ความสามารถในการอุ้มน้ำของวัสดุปลูกต้องขึ้นอยู่กับชนิดของวัสดุปลูก ซึ่งมักมีขนาดรูปร่าง คุณภาพของเนื้อวัสดุและความพรุนของวัสดุที่แตกต่างกัน

กันด้วย ในกรณีที่วัสดุปลูกมีขนาดเล็ก วัสดุนี้มีพื้นที่ผิวมากและถ้าความพรุนมากด้วยทำให้ช่วย
อุ้มน้ำไว้ได้มาก ผิววัสดุมีความสำคัญต่อการอุ้มน้ำเช่นเดียวกันวัสดุที่มีผิวเรียบหรือผิวมันจะยึด
โมเลกุลน้ำไว้ได้น้อยกว่าวัสดุที่มีผิวขรุขระหรือผิวหยาบ (โสระยา, 2543 ; นพดล, 2550) วัสดุ
ปลูกที่ใช้ในการทดลองเป็นวัสดุที่สามารถหาได้ง่ายในประเทศไทยได้แก่

- ทราย (sand) เป็นอินทรีย์วัสดุ มีแหล่งกำเนิดจากชายทะเลหรือแม่น้ำ ขนาดที่ใช้เป็น
วัสดุปลูกมีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 0.5 – 2 มิลลิเมตร ความสามารถอุ้มน้ำดีกว่า
กรวดไม่ทำปฏิกิริยาเคมีกับสารละลายธาตุอาหาร มีอายุการใช้งานนาน ความคงทน
ของโครงสร้างดี แต่ความพรุนต่ำ จึงทำให้อัดตัวแน่นอาจมีปัญหการระบายน้ำ และ
อากาศ (โสระยา, 2544) อาจจำเป็นต้องนำทรายหยาบและทรายละเอียดปนกัน
(มณูญ, 2544)
- เปลือกข้าว (rice-hull) เป็นอินทรีย์วัสดุก่อนนำมาใช้ต้องนำไปหมักให้ย่อยสลายก่อน
โดยทั่วไปมักจะนำมาผสมกับวัสดุอื่น เช่น ทราย และถ่านแกลบ (โสระยา, 2544)
- ถ่านแกลบ (rice husk charcoal) เป็นอินทรีย์วัสดุ ได้จากการเผาของโรงสีข้าว เพื่อเป็น
พลังงานส่วนที่เหลือเป็นถ่านแกลบสีดำ คุณสมบัติอุ้มน้ำได้ดี มีความพรุนที่เหมาะสม
และมีความสะอาด เหมาะแก่การนำมาใช้ปลูกพืชไม่ใช้ดินแบบ substrate culture หรือ
เป็นวัสดุในการเพาะกล้า นิยมผสมกับทรายละเอียด (มณูญ, 2544)
- กาบมะพร้าวสับ (coconut chip) เป็นอินทรีย์วัสดุ มีความพรุนสูงจึงมีความสามารถในการ
การระบายน้ำและอากาศได้ดี เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตรของช่องว่างมีขนาดใหญ่ มีความ
เป็นกรดเล็กน้อย (มณูญ, 2544)
- ดินผสมทางการค้า ประกอบด้วยดินเผา 1 ส่วนผสมปุ๋ยอินทรีย์พีช 2 ส่วนและทราย
0.25 ส่วน ซึ่งมีความร่วนซุยและการระบายน้ำที่ดี เหมาะสำหรับการการปลูกพืชทั่วไป

การให้น้ำ

สำหรับวิธีการให้สารละลายกับวัสดุปลูก นิยมใช้การให้น้ำแบบหยด โดยจะติดตั้งท่อพลาสติกหลัก (PVC) และใช้ท่อพีอีที่มีความยืดหยุ่น และมีรูระบายน้ำขนาดเล็กตรงปลายท่อ ต่อไปยังต้นพืชแต่ละต้น มีการวางระบบท่อเป็นแนวยาว มีการให้น้ำครั้งละน้อยๆ แต่บ่อยครั้ง เพื่อให้ความชื้นแก่วัสดุปลูกอยู่เสมอ (อานันท์, 2549)

สารละลายธาตุอาหาร

สูตรสารละลายธาตุอาหารเป็นปัจจัยสำคัญอีกประการหนึ่งในระบบการปลูกพืชแบบไม่ใช้ดิน ประกอบไปด้วยกลุ่มธาตุอาหารที่จำเป็น (essential elements) ซึ่งพืชนำมาใช้ในการเจริญเติบโต ธาตุอื่นๆ ไม่สามารถทดแทนกันได้ และแต่ละธาตุมีบทบาทต่อการเจริญเติบโตของพืชโดยตรง (McNeal *et al.*, 1994) โดยสูตรแต่ละสูตรมีความแตกต่างกันในด้านสัดส่วนปริมาณธาตุอาหารของแต่ละธาตุไม่เท่ากันเพื่อให้เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมที่ปลูกในท้องถิ่นนั้นๆ จึงต้องมีการหาความแตกต่างของธาตุอาหารที่พืชสามารถปรับตัวเข้ากันได้ (ถวัลย์, 2534) สุรินทร์ (2542) ได้ศึกษาผลของสูตรสารละลายอาหาร 3 สูตรคือ สูตรสารละลายของ Hoagland and Arnon, Hewitt และ Steiner ต่อลักษณะภายนอกของผลสตรอเบอรี่พันธุ์พระราชทาน 50 พบว่าต้นที่ปลูกในสูตรสารละลายของ Hoagland and Arnon มีแนวโน้มที่จะได้ผลที่ขนาดใหญ่และคุณภาพสูงกว่าต้นที่ปลูกในสูตรสารละลายอื่นๆ

ลักษณะทั่วไปของสตรอเบอรี่

สตรอเบอรี่เป็นไม้ผลเขตกึ่งร้อนขนาดเล็ก จัดอยู่ในวงศ์ Rosaceae สกุล *Fragaria* มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Fragaria x ananassa* Duch. โดยทั่วไปของสตรอเบอรี่ มีลำต้นสั้น เรียกว่า Crown มีความยาวประมาณ 2 เซนติเมตร มีหูใบ (stipules) ซ้อนกันปกคลุมอยู่บริเวณส่วนนอก เนื้อเยื่อส่วนแกนกลางของลำต้นมีสีขาว ทรงพุ่มสูงประมาณ 20-30 เซนติเมตร กว้างประมาณ 30 เซนติเมตร ใบมี 3 ใบย่อย (trifoliolate) รูปร่างกลม ขอบใบมีลักษณะคล้ายฟันเลื่อย ดอกออกเป็นช่อ มีกลีบเลี้ยงสีเขียว กลีบดอกสีขาว เกสรเพศผู้มีสีเหลืองและเกสรเพศเมียเรียงอยู่บนฐานรองดอก ซึ่งจะพัฒนาต่อไปเป็นเนื้อผล มีเมล็ดอยู่ทั่วทั้งผิวของผล รูปทรงกรวย (conic)

เนื้อผลมีสีแดงสดใส (ชูพงษ์, 2531) สตรอเบอร์รี่พันธุ์พระราชทาน 80 เป็นพันธุ์ลูกผสมจากประเทศญี่ปุ่น ที่ได้ทำการเพาะและปลูกทดสอบโดยโครงการวิจัยของมูลนิธิโครงการหลวง เป็นพันธุ์ที่กำลังได้รับความนิยมมากเพราะเป็นสามารถต้านทานต่อโรคแอนแทรคโนสและราแป้งได้ดี นอกจากนี้ยังมีลักษณะเด่นกว่าพันธุ์อื่นๆ ตรงที่ผลสุกมีกลิ่นหอม และมีรสชาติหวานกว่าเนื้อผลแน่น สีแดงสด รูปร่างของผลสวยงาม โดยทั่วไปเป็นรูปทรงกรวยถึงทรงกลมปลายแหลม ผิวไม่ขรุขระ ราก ลำต้นโตเร็วสมบูรณ์ สตรอเบอร์รี่พันธุ์พระราชทานนั้น พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวทรงพระราชทานให้กับชาวบ้านและเกษตรกร จึงมีชื่อเรียกกันว่าพันธุ์พระราชทาน ปัจจุบันมีสตรอเบอร์รี่พันธุ์ 50 ซึ่งตรงกับปีกาญจนภิกษก พันธุ์พระราชทาน 70 และ 72 ตรงกับปีครบพระชนมายุและพันธุ์พระราชทาน 60 ตรงกับปีทรงครองสิริราชสมบัติสำหรับพันธุ์พระราชทาน 80 ตรงกับปีที่พระองค์ทรงมีพระชนมายุ 80 พรรษา เมื่อปี 2550 (ณรงค์ชัยและคณะ, 2555)

โรคทั่วไปของสตรอเบอร์รี่ที่พบในดิน

1. โรค Anthracnose เชื้อสาเหตุคือ *Collectotricum fragaria* Brooks., *C. dematium* (Pres:Fr) Grove, *C. acutatum* Simmonds และ *C. gloeosporioides* PenZ การเข้าทำลายที่ผลคือผลจะเน่า มีสีน้ำตาลดำ แผลกลม เนื้อผลยุบลงมักมีสปอร์ปกคลุมอยู่ อาการที่พบบริเวณต้นคือจะมีอาการเหี่ยวทันที เกิดเป็นรอยแผลดำบริเวณก้านดอก ไหล่ ก้านใบและใบ การเข้าทำลายช่วงแรกสาเหตุมาจากการใช้ดินไหลที่นำมาจากแปลงที่เคยมีการระบาดมาก่อน วิธีป้องกันคือการอบดินด้วย Methyl bromide-chlorpicrin และการใช้ยาป้องกันเชื้อรา ได้แก่ Antrocal, Delan, Baycoral, Pomarsol forte, Topsin-MWP และ Merckdelan (ณรงค์ชัย, 2543)

2. โรคเหี่ยวและรากเน่า (Red stele) เชื้อสาเหตุคือ *Phytophthora fragariae* Hickman โดยส่วนต้นที่เหนือตำแหน่งแสดงอาการของโรคมักจะแคระแกร็นและส่วนที่ต่ำกว่ามักจะตาย โดยเฉพาะพื้นที่ที่มีการระบายน้ำไม่ดี ส่งผลให้ดินเล็กใบแก่กว่าจะเหี่ยวแทนที่ด้วยใบเล็ก ผลเล็กลง วิธีป้องกันคือการอบดินด้วย Methyl bromide-chlorpicrin เพื่อลดเชื้อสาเหตุของโรค การใช้ยาป้องกันเชื้อรา Metalaxyl หรือ Redomyl ผสมดินก่อนเตรียมแปลงปลูก และวิธีการใส่ปุ๋ย

ขาวเพื่อเพิ่ม pH เนื่องจาก เชื้อของ Red stele มักจะระบาดในดินที่มีสภาพเป็นกรด (ณรงค์ชัย, 2543)

3. โรค Crown rot และ Leather fruit rot เชื้อสาเหตุคือ *Phytophthora cactorum* (Leb. & Cohn) Schroet ลักษณะอาการคือ ลำต้นกลายเป็นสีน้ำตาลรวมทั้งเนื้อเยื่อข้างในด้วย เหี่ยวและพุ่มลง ส่วนในผลระยะที่ยังเขียวจะทำให้เกิดรอยสีน้ำตาลดำขอบสีน้ำตาล เน่าและขยายตัวออกไปทั้งผล ผลที่สุกจะแห้งแข็งและย่น วิธีป้องกันคือพื้นที่ที่ปลูกควรมีการระบายน้ำที่ดีและมีอากาศถ่ายเท มีการคลุมแปลงเพื่อไม่ให้ผลสัมผัสกับดิน การใช้ยาป้องกันเชื้อราได้แก่ Rovral, Antrocol และ Ososide (ณรงค์ชัย, 2543)

4. โรค Verticillium wilt เชื้อสาเหตุคือ *Verticillium dahliae* Kleb. การเข้าทำลายของโรคจะทำให้การเจริญของใบอ่อนลดลง ต้นแคระแกร็น วิธีป้องกันคือ การอบดินด้วย Methyl bromide-chlorpicrin (ณรงค์ชัย, 2543)

5. โรค Black root rot เชื้อสาเหตุคือ *Ceratobasidium sp.* (*Rhizoctonia fragariae* Husain and McKeen), *Idriella lunata* Nelson et Wilhelm, *Phythium spp.*, *Pyrenochaeta spp.*, *Cylindrocarpon destructans* และ *Fusarium spp.* อาการของโรคคือ รากแขนงถูกทำลาย ระบบรากส่วนใหญ่เป็นสีดำ ความแข็งแรงของต้น และผลผลิตลดลง โรคนี้มักพบในพื้นที่ที่เป็นดินเหนียว วิธีป้องกันคือ การอบดินด้วย Methyl bromide-chlorpicrin (ณรงค์ชัย, 2543)

การวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับการปลูกสตรอเบอร์รี่แบบไม่ใช้ดิน

สตรอเบอร์รี่ (*Fragaria x ananassa* Duch.) จัดอยู่ในสกุล *Fragaria* วงศ์ Rosaceae (ชูพงษ์ , 2531) เป็นไม้ผลขนาดเล็กที่สามารถปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมของไทยได้เป็นอย่างดี วัตถุประสงค์หลักของการปลูกสตรอเบอร์รี่ในไทย คือ การบริโภคภายในประเทศ (กองพัฒนาเกษตรที่สูง, 2543) Recamales et al. (2007) รายงานว่าการปลูกสตรอเบอร์รี่แบบไม่ใช้ดินเปรียบเทียบกับปลูกในดิน มีผลต่อคุณภาพผลผลิต โดยพบว่าผลผลิตที่ได้มีค่าของปริมาณกรดที่โดดเด่นได้ ธาตุอาหาร น้ำตาล แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ การปลูกในดินให้ค่าสูงกว่าการปลูกแบบไม่ใช้ดิน จากการศึกษากการปลูกสตรอเบอร์รี่ในวัสดุปลูกอินทรีย์ที่แตกต่างกัน 4 แบบ คือ 1) ใบสนหมักผสมดิน อัตรา 50:50 2) ใบไค้หมักผสมดิน 50:50 3) ใบ

ไซเพรสผสมดิน อัตรา 50:50 และ 4) วัสดุเหลือทิ้งจากโรงงานสุราผสมดินอัตรา 50:50 ร่วมกับการให้ปุ๋ยเพิ่มและไม่ให้ปุ๋ย พบว่าการใช้วัสดุที่ได้จากของเสียจากโรงงานสุราผสมดิน และไม่ให้ปุ๋ยเพิ่ม ทำให้สตรอเบอร์รี่มีน้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง ปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบสูงกว่ากรรมวิธีอื่น แต่ปริมาณผลผลิตรวมสูงที่สุดเมื่อปลูกในวัสดุอินทรีย์และได้รับปุ๋ยเพิ่ม (Yavari *et al.*, 2009) Gimenez *et al.* (2008) รายงานว่า สามารถปลูกสตรอเบอร์รี่แบบไม่ใช้ดินในถุงพลาสติกหรือกระถาง โดยปลูกสูงจากพื้น 0.8 – 1 เมตร ความหนาแน่น 8 – 12 ต้นต่อตารางเมตร ผลผลิตที่ได้อยู่ที่ 5 – 10 กิโลกรัมต่อตารางเมตร Calvete *et al.* (2007) ศึกษาการผลิตสตรอเบอร์รี่ในระบบท่อแบบตั้งตรง โดยใช้วัสดุปลูก 2 ชนิด คือ Horta 2 และ Tabaco 1 และการให้น้ำ 2 วิธี คือ dripping for props และ self-compensate พบว่าการให้น้ำแบบ dripping for props มีประสิทธิภาพมากกว่า และวัสดุปลูกแบบ Horta 2 มีปริมาณแอนโทไซยานินในผลเพิ่มขึ้น ทั้งนี้ชนิดและความเข้มข้นของปุ๋ยในสารละลายที่ใช้ในระบบการปลูกแบบไม่ใช้ดินมีอิทธิพลต่อผลผลิตสตรอเบอร์รี่ (ณรงค์ชัย, 2543) โดยปริมาณน้ำตาลในผลสูงขึ้นในสภาพที่สารละลายธาตุอาหารมีความเข้มข้นสูงในระยะที่ต้นออกผล (สุรินทร์, 2542) Desmet *et al.* (2009) รายงานว่า การเพิ่มปุ๋ยไนโตรเจนในเดือนกันยายน ทำให้มีจำนวนผลผลิตเพิ่มขึ้น ปริมาณการใช้ไนโตรเจนที่เหมาะสมในฤดูใบไม้ร่วงและฤดูใบไม้ผลิ คือ 120 และ 135 กิโลกรัมต่อเฮกแตร์ Smith (2009) รายงานว่าการให้ปุ๋ยไนโตรเจนแก่สตรอเบอร์รี่ในรูปของแคลเซียมไนเตรท พบการเข้าทำลายของโรค anthracnose crown rot น้อยกว่าการให้ไนโตรเจนในรูปแอมโมเนีย

วิธีดำเนินการวิจัย

แบ่งการศึกษาออกเป็น 3 การทดลองดังนี้

การทดลองที่ 1 ผลของวัสดุปลูกต่อการเจริญเติบโตของสตรอเบอรี่

ปลูกไหลสตรอเบอรี่พันธุ์พระราชทาน 80 ในวัสดุผสมบรรจุลงถุงเพาะขนาด 5"x10" นิ้ว ในโรงเรือนหลังคาพลาสติกกันฝน ด้านข้างล้อมด้วยตาข่ายกันแมลง วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design: CRD) จำนวน 4 กรรมวิธี 4 ซ้ำ ต่อกรรมวิธี (8 ต้นต่อซ้ำ) โดยเมื่อต้นสามารถตั้งตัวได้แข็งแรงแล้ว จึงเริ่มให้พืชได้รับกรรมวิธีต่างๆ ดังนี้

กรรมวิธีที่ 1	ปลูกในวัสดุที่ประกอบด้วยทรายผสมถ่านแกลบอัตรา 1:1 โดยปริมาตร
กรรมวิธีที่ 2	ปลูกในวัสดุที่ประกอบด้วยทรายผสมถ่านแกลบและเปลือกข้าว อัตรา 1:1:1 โดยปริมาตร
กรรมวิธีที่ 3	ปลูกในวัสดุที่ประกอบด้วยเปลือกมะพร้าวสับ
กรรมวิธีที่ 4	ปลูกในดินผสมทางการค้าที่ประกอบด้วยดินเผาผสมปุ๋ยอินทรีย์พืชและทราย อัตรา 1:2:0.25 โดยปริมาตร (กรรมวิธีควบคุม)

ให้พืชได้รับสารละลายธาตุอาหารสูตร Arnon and Hoagland (1940) (Ashari and Gholami, 2010) เท่ากันทุกกรรมวิธีๆ ละ 50 มิลลิลิตร ต่อต้น สัปดาห์ละครั้ง ปรับความเป็นกรด-เบสของสารละลายในช่วง 6.0 – 6.2



ภาพที่ 1 วัสดุปลูกที่ใช้ในการทดลอง A= ทราย: ถ่านแกลบ อัตราส่วน 1:1 B= ทราย:ถ่านแกลบ: เปลือกข้าว อัตราส่วน 1:1:1 C= กาบมะพร้าวสับ และ D= ดินผสมทางการค้า

การทดลองที่ 2 ผลของสูตรสารละลายธาตุอาหารต่อการเจริญเติบโตของสตรอเบอรี่

เตรียมพืชทดลองเช่นเดียวกับการทดลองที่ 1 โดยใช้วัสดุปลูกผสมระหว่างทรายและถ่านแกลบ อัตราส่วน 1:1 และให้พืชได้รับสารละลายธาตุอาหารตามกรรมวิธีต่างๆดังนี้

- | | |
|---------------|--|
| กรรมวิธีที่ 1 | ให้พืชได้รับสูตรสารละลาย Arnon and Hoagland (1940)
(Ashari and Gholami, 2010) |
| กรรมวิธีที่ 2 | ให้พืชได้รับสูตรสารละลายสำหรับสตรอเบอรี่ของเบลเยียม |
| กรรมวิธีที่ 3 | ให้พืชได้รับสูตรสารละลายดัดแปลง CMU#2-S1 |
| กรรมวิธีที่ 4 | ให้พืชได้รับสูตรสารละลายดัดแปลง CMU#2-S2 |

ให้พืชได้รับสารละลายธาตุอาหารทุกกรรมวิธีในอัตรา 50 มิลลิลิตรต่อต้น สัปดาห์ละครั้ง และวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design: CRD) จำนวน 4 กรรมวิธี 4 ซ้ำต่อกรรมวิธี (8 ต้นต่อซ้ำ)



ภาพที่ 2 สตรอเบอรี่ที่ปลูกในโรงเรือนตาข่าย และมีการให้น้ำในระบบน้ำหยด

การทดลองที่ 3 ผลของระบบปลูกต่อการเจริญเติบโตของสตรอเบอร์รี่

นำไหลสตรอเบอร์รี่พันธุ์พระราชทาน 80 มาล้างเอวัสคูปลูปลูกเดิมออกให้สะอาด ตัดส่วนรากให้เหลือประมาณ 1 นิ้ว ก่อนทำการย้ายปลูกลงในระบบต่างๆ ดังนี้

กรรมวิธีที่ 1	ปลูกในระบบ Substrate culture (ทราย:ถ่านแกลบ 1:1)
กรรมวิธีที่ 2	ปลูกในระบบ NFT
กรรมวิธีที่ 3	ปลูกในระบบ DRF
กรรมวิธีที่ 4	ปลูกในระบบ Aeroponics

ให้พืชได้รับสารละลายธาตุอาหารสูตรของ Arnon and Hoagland (1940) ในทุกกรรมวิธี และวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design: CRD) จำนวน 4 กรรมวิธี 3 ซ้ำต่อกรรมวิธี (8 ต้นต่อซ้ำ)



ภาพที่ 3 ต้นสตรอเบอร์รี่ที่ทำการทดสอบปลูกลงระบบต่างๆ

การบันทึกผลการทดลอง

1. บันทึกการเติบโตทุก 4 สัปดาห์ ได้แก่ ความสูงของทรงพุ่ม (เซนติเมตร) วัดจากโคนต้นถึงปลายใบที่สูงที่สุด และจำนวนใบต่อต้น
2. วัดความเข้มข้นของใบ ด้วยเครื่อง Chlorophyll Meter (Minolta SPAD-502)
3. วิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในวัสดุปลูก (Thomas, 1982) ก่อนและหลังทำการทดลอง
4. วิเคราะห์ความเข้มข้นของธาตุอาหารในใบสตรอบเบอรี่ ได้แก่ ธาตุ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม
5. น้ำหนักผลสด น้ำหนักผลแห้ง และผลผลิตรวมเมื่อเก็บเกี่ยว
6. คุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของผลสด ได้แก่
 - ปริมาณกรดที่ไตรเตรทได้
 - ความแน่นเนื้อ
 - ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (Total soluble solids: TSS)
7. วิเคราะห์สถิติโดยใช้โปรแกรม Statistix 8 และเปรียบเทียบความแตกต่างของข้อมูลโดยใช้ค่า Least Significant Difference (LSD) ที่ช่วงความเชื่อมั่น 95%

วัสดุอุปกรณ์

1. วัสดุพันธุ์พืช และวัสดุปลูก

- พันธุ์พืช ไหลสตรอเบอรี่พันธุ์พระราชทาน 80 (ภาพที่ 4)
- วัสดุปลูกได้แก่ ทราย ถ่านแกลบ แกลบดิบ เปลือกมะพร้าวสับ ดินผสมทางการค้า



ภาพที่ 4 ไหลสตรอเบอรี่พันธุ์พระราชทาน 80 ที่ใช้ในการทดลอง

2. วัสดุเคมี

- สารเคมีสำหรับเตรียมสารละลายธาตุอาหาร ได้แก่
 - โมโนแอมโมเนียมฟอสเฟต ($\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$)
 - โพแทสเซียมไนเตรท (KNO_3)
 - โพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต (KH_2PO_4)
 - แคลเซียมคลอไรด์ (CaCl_2)
 - แมกนีเซียมซัลเฟต ($\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$)
 - บอริกแอซิด (H_3BO_3)
 - แมงกานีสซัลเฟต ($\text{MnSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$)
 - ซิงค์ซัลเฟต ($\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$)
 - คอปเปอร์ซัลเฟต ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$)
 - โมลิบดีนัมออกไซด์ ($\text{MoO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)
 - โซเดียมโมลิบเดต ($\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)
 - เหล็กคีเลต (FeEDTA)
- สารเคมีสำหรับการวิเคราะห์ไนโตรเจน ได้แก่
 - กรดซัลฟูริก (H_2SO_4)
 - ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2)
 - โซเดียมคีเลต (EDTA.2Na)
 - โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)
 - เอทานอล ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$)
 - เมทิลเรด (methyl red)
 - โพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต (KH_2PO_4)
 - กรดเบนโซอิก (benzoic acid)
 - โซเดียมไนโตรพรัสไซด์ ($\text{Na}_2[\text{Fe}(\text{CN})_5\text{NO}] \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)
 - ฟีนอล ($\text{C}_6\text{H}_6\text{O}_6$)

- ไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟต (Na_2HPO_4)
- ไตรโซเดียมฟอสเฟต (Na_3PO_4)
- โซเดียมไฮโปคลอไรท์ (NaClO)
- แอมโมเนียมซัลเฟต ($(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$)
- สารเคมีสำหรับการวิเคราะห์ฟอสฟอรัส ได้แก่
 - กรดซัลฟูริก (H_2SO_4)
 - ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2)
 - กรดไฮโดรคลอริก (HCl)
 - แอมโมเนียมโมลิบเดต ($(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24}$)
 - สเทนส์คลอไรด์ (SnCl_2)
 - โพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต (KH_2PO_4)
- สารเคมีสำหรับการวิเคราะห์โพแทสเซียม ได้แก่
 - กรดเปอร์คลอริกเข้มข้น (HClO_4)
 - กรดไนตริก (HNO_3)
 - กรดไฮโดรคลอริก (HCl)
 - โพแทสเซียมคลอไรด์ (KCl)

3. อุปกรณ์

- ถังเพาะสีข้าวขนาด 5"x10" นิ้ว
- ไม้บรรทัด
- เวอร์เนียร์คาร์ลิปเปอร์
- บีกินดูดสารละลายธาตุอาหาร
- ถังขนาด 10 ลิตร (เก็บสารละลายเข้มข้น)
- ถังขนาด 100 ลิตร (เก็บสารละลายธาตุอาหาร)
- เครื่องวัดความเข้มสีของใบ Chlorophyll Meter (Minolta SPAD-502)
- เครื่องวัดค่าความนำไฟฟ้า (EC meter)
- เครื่องวัดความเป็นกรด-ด่าง (pH meter)

- เครื่องชั่งละเอียดแบบทศนิยม 4 ตำแหน่ง
- ถังกระดาษเก็บตัวอย่างพืช
- ตู้อบ
- เครื่องบดตัวอย่างพืช
- เตาหยอตัวอย่างพืชของบริษัท TECHNE รุ่น DB-4
- เครื่องแก้วที่ใช้ในการทดลองทางเคมี
- atomic absorption spectrophotometer ของบริษัท PERKIN ELMER รุ่น 3100
- เครื่องวัดการดูดกลืนแสง (spectrophotometer) ของบริษัท HITACHI รุ่น U-200
- เครื่องวัดความแน่นเนื้อ (fruit hardness tester) รุ่น FHR-1 ของบริษัท NIPPON OPTICAL WORKS ขนาด 1 กิโลกรัม หัววัดรูปทรงกระบอก (cylinder shape) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 มิลลิเมตร ยาว 10 มิลลิเมตร
- เครื่องวัดปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (digital refractometer) รุ่น PR-101 ของบริษัท ATAGO อ่านค่าได้ตั้งแต่ 0-45 เปอร์เซ็นต์
- เครื่องกวนสารเคมีด้วยแท่งแม่เหล็กและให้ความร้อน รุ่น SP-18420-26 ของบริษัท Nuova II ประเทศสหรัฐอเมริกา

การเตรียมสารละลายธาตุอาหาร

ทำการชั่งสารละลายธาตุอาหารที่ใช้ในการทดลองตามตารางที่ 1 จากนั้นทำการปรับค่า pH ของสารละลายธาตุอาหารให้อยู่ในช่วง ประมาณ 6.0- 6.2

ตารางที่ 1 ปริมาณสารเคมีที่ใช้เตรียมสารละลายธาตุอาหารในแต่ละสูตรที่ใช้ในการทดลอง

	Arnon & Hoagland (1940) (mg/L)	Belgium- strawberry (mg/L)	CMU#2-S1 (mg/L)	CMU#2- S2 (mg/L)
KNO ₃	1020	-	920	613
KH ₂ PO ₄	-	178.6	94	62
Ca(NO ₃) ₂	490	672.4	450	300
NH ₄ H ₂ PO ₄	230	-	95	95
MgSO ₄ .7H ₂ O	490	31.2	289	289
H ₃ BO ₃	0.48	1.27	1.2	0.6
MnSO ₄ .4H ₂ O	0.25	1.77	0.5	0.25
ZnSO ₄ .7H ₂ O	0.035	1.18	1.2	0.6
CuSO ₄ .5H ₂ O	0.008	0.2	0.18	0.09
MoO ₃ .2H ₂ O	0.004	-	0.09	0.045
Na ₂ MoO ₄ .2H ₂ O	-	0.123	-	-
FeEDTA	30	9.3	12	12

การวิเคราะห์ความเข้มข้นธาตุอาหารในพืช

การเตรียมตัวอย่างพืช

สุ่มต้นสตรอเบอรี่อายุ 3 เดือน หลังการปลูก จำนวน 4 ซ้ำต่อกรรมวิธี (2 ต้นต่อซ้ำ) นำตัวอย่างที่สุ่มได้มาแยกส่วนต่าง ๆ ออกจากกัน ล้างทำความสะอาดด้วยน้ำประปา 3 ครั้ง น้ำกลั่น 3 ครั้ง ซับให้แห้ง จากนั้นนำไปชั่ง บันทึกน้ำหนักสด แล้วนำไปอบแห้งที่ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน จนกระทั่งน้ำหนักแห้งไม่เปลี่ยนแปลง จึงนำมาชั่ง บันทึกน้ำหนักแห้ง แล้วนำไปบดให้เป็นผงละเอียด เก็บใส่ถุงพลาสติกก่อนนำไปชั่งเพื่อชั่งย่อยและวิเคราะห์ธาตุอาหารต่อไป

การย่อยตัวอย่างพืชด้วยกรด (Wet Acid Digestion)

1. การย่อยตัวอย่างสำหรับการวิเคราะห์ไนโตรเจนและฟอสฟอรัส ดัดแปลงโดย (Ohyama *et al.*, 1985; 1991)

- ชั่งตัวอย่างพืชอบแห้งที่บดละเอียดประมาณ 0.05 กรัม ใส่ลงในหลอดทดลอง จากนั้นเติมกรดซัลฟูริกเข้มข้น (H_2SO_4) 1 มิลลิลิตร ปิดหลอดด้วยพาราฟิล์มทิ้งไว้ 1 คืน วันต่อมานำมาย่อยที่เตาย่อยตัวอย่าง ปรับอุณหภูมิที่ 180 องศาเซลเซียส นาน 10 นาที นำหลอดทดลองขึ้นมาพักทิ้งไว้ให้เย็น แล้วเติมไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) หลอดละ 0.3 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันนำมาย่อยต่อโดยปรับอุณหภูมิ 230 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที หากสารละลายยังไม่ใสให้เติม ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) หลอดละ 0.2 มิลลิลิตร แล้วนำไปย่อยต่อที่อุณหภูมิ 230 องศาเซลเซียส 30 นาที ทำซ้ำเหมือนเดิมจนกระทั่งสารละลายใส หลังจากนั้นทิ้งไว้ให้เย็นแล้วเติมน้ำกลั่น 5 มิลลิลิตร ทิ้งไว้ 1 คืน วันต่อมานำมาปรับปริมาตรเป็น 50 มิลลิลิตร เก็บสารละลายที่ได้ไว้ในขวดพลาสติก เก็บไว้ที่อุณหภูมิห้องสำหรับวิเคราะห์ต่อไป

2. การย่อยตัวอย่างสำหรับการวิเคราะห์โพแทสเซียม (Mizukoshi *et al.*, 1994)

- ชั่งตัวอย่างพืชอบแห้งที่บดละเอียดประมาณ 0.05 กรัม ใส่ลงในหลอดทดลอง เติมกรดเปอร์คลอริกเข้มข้น (HClO_4) 0.4 มิลลิลิตร และกรดไนตริก (HNO_3) 0.5 มิลลิลิตร ตามลำดับ ปั่นให้เข้ากัน ปิดหลอดด้วยพาราฟิล์ม ทิ้งไว้ 1 คืน จากนั้นนำมาย่อยที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เพื่อไล่ควันสีเหลืองของ NO_2^- ออกให้หมด จึงปรับเพิ่มอุณหภูมิเป็น 210 องศาเซลเซียส ทิ้งไว้จนตัวอย่างแห้ง ระวังอย่าให้ไหม้ นำออกมาทิ้งไว้ให้เย็น แล้วเติมสารละลายเจือจาง ($\text{HCl}:\text{H}_2\text{O}$ อัตราส่วน 1:4) หลอดละ 1 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน จากนั้นนำมาตั้งบนเตาที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที เพื่อไล่ Cl^- ทิ้งไว้ให้เย็นแล้วนำมาปรับปริมาตรเป็น 50 มิลลิลิตร เทใส่ขวดพลาสติกเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง สำหรับวิเคราะห์ต่อไป

การวิเคราะห์ไนโตรเจนรวม (Indolphenol Method) (Ohyama *et al.*, 1985; 1991)

1. เตรียมสารละลายที่ใช้ตรวจสอบปริมาณไนโตรเจน จำนวน 4 ชนิด ดังนี้
 - A reagent: ชั่งโซเดียมคีเลต ($\text{EDTA}\cdot 2\text{Na}$) 25 กรัม ละลายในน้ำกลั่น ปรับ pH ให้เป็น 10 โดยใช้ 10 N โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) เป็นตัวปรับ pH จากนั้นเติม สารละลายเมทิลเรด (methylred) 20 มิลลิลิตร (เมทิลเรด 0.05 กรัม + 60% เอทานอล 20 มิลลิลิตร) คนให้เข้ากัน ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้เป็น 1 ลิตร
 - B reagent : ชั่งโพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต (KH_2PO_4) 136.09 กรัม ใส่ปิកเกอร์ 500 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่น 400 มิลลิลิตร จากนั้นชั่งกรดเบนโซอิก (benzoic acid) 2.75 กรัม ใส่ปิกเกอร์ 500 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่น 400 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องคน ปรับอุณหภูมิ 30 – 40 องศาเซลเซียส จนละลายหมดนำมารวมกันแล้วปรับปริมาตรให้เป็น 1 ลิตร
 - C reagent: ชั่งโซเดียมไนโตรพรัสไซด์ (sodium nitroprusside) 0.1 กรัม ใส่ในขวดปรับปริมาตร จากนั้นเติมฟีนอล (phenol) 10.25 มิลลิลิตร

(นำฟีนอลไปอุ่นที่อุณหภูมิ 30– 40 องศาเซลเซียส จะได้ฟีนอลที่เป็นของเหลว) แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้เป็น 1 ลิตร เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ใช้ได้นาน 2 สัปดาห์

- D reagent: ชั่งโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) 10 กรัม ไตโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟต ($\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) 7.06 กรัม และ ไตรโซเดียมฟอสเฟต ($\text{Na}_3\text{PO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$) 31.8 กรัม ละลายในน้ำกลั่น จากนั้นเติมโซเดียมไฮเปอร์คลอไรท์ (sodium hyperchlorite) 10 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นเป็น 1 ลิตร

2. เตรียมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) 1 N (ชั่งโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) 40 กรัม ปรับปริมาตรให้เป็น 1 ลิตร)

3. เตรียมสารละลายมาตรฐานจากแอมโมเนียมซัลเฟต ($(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$) ระดับความเข้มข้น 0, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4 และ 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร เพื่อใช้ทำกราฟมาตรฐาน โดยชั่งแอมโมเนียมซัลเฟต ($(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$) 0.471 กรัม ละลายด้วยกรดซัลฟูริก (H_2SO_4) 0.5 N แล้วปรับปริมาตรในขวดปรับปริมาตร ขนาด 1 ลิตร จนครบปริมาตร จะได้สารละลายมาตรฐานไนโตรเจนความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อลิตร จากนั้นนำสารละลายไปเจือจางตามความเข้มข้นที่ต้องการ โดยกรดซัลฟูริก 0.5 N เตรียมจากกรดซัลฟูริก 13.32 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรเป็น 1 ลิตร

4. ดูดตัวอย่างที่ย่อยได้ ปริมาตร 0.3 – 0.5 มิลลิลิตร (ขึ้นกับส่วนของพืช) เติม A reagent 0.5 มิลลิลิตร และเติม B reagent 0.5 มิลลิลิตรตามลำดับสารละลายเปลี่ยนเป็นสีชมพู แล้วนำมาไตเตรทโดยหยดโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) 1 N ลงไปเขย่าเล็กน้อยให้สารละลายเปลี่ยนเป็นสีเหลือง จากนั้นเติม C reagent 2.5 มิลลิลิตร และ D reagent 2.5 มิลลิลิตรตามลำดับ ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้เป็น 25 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ที่ 30 องศาเซลเซียส นาน 3 ชั่วโมง จนสารละลายเปลี่ยนเป็นสีน้ำเงิน จากนั้นนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง (spectrophotometer) ที่ 625 นาโนเมตร บันทึกผล แล้วนำค่าที่อ่านได้มาเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐาน จากนั้นนำค่าที่คำนวณได้มาคำนวณหาปริมาณไนโตรเจน (มิลลิกรัมต่อส่วนของพืช) โดยใช้สูตรคำนวณดังนี้

ปริมาณไนโตรเจนในตัวอย่างพืช (มิลลิกรัมต่อส่วนของพืช)

$$= \frac{(A \times B \times C) \times 10 \times \text{น้ำหนักแห้งในส่วนของพืชนั้น}}{(D \times E \times 10000)}$$

สาร A = ค่าความเข้มข้นของไนโตรเจนจากกราฟมาตรฐาน (มิลลิกรัมต่อลิตร)

B = ปริมาตรสุดท้ายในปฏิกิริยา Indolphenol (25 มิลลิลิตร)

C = ปริมาตรสุดท้ายของการย่อยตัวอย่างพืช (50 มิลลิลิตร)

D = น้ำหนักแห้งของตัวอย่างที่ใช้ย่อย (กรัม)

E = ปริมาตรของตัวอย่างที่ใช้ในการวิเคราะห์ (มิลลิลิตร)

การวิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัส

โดยการวัดการดูดกลืนแสงของสารที่มีสี (colorimetry) (Ohyama *et. al.*, 1991) ซึ่งได้จากการทำปฏิกิริยาระหว่างฟอสเฟต และอนุมูลโมลิบเดต ดังนี้

1. เตรียมสารละลายที่ใช้ตรวจสอบปริมาณฟอสฟอรัสจำนวน 3 ชนิดดังนี้

- A reagent: ชั่งแอมโมเนียมโมลิบเดต ((NH₄)₆Mo₇O₂₄) 25 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 200 มิลลิลิตร จากนั้นนำมากรอง
- B reagent: เตรียมกรดซัลฟูริก (H₂SO₄) 250 มิลลิลิตร ผสมกับน้ำกลั่น 200 มิลลิลิตร ทิ้งไว้ 1 คืน จากนั้นปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นเป็น 500 มิลลิลิตร
- C reagent: นำ A reagent มาผสม B reagent โดยเท B reagent ลงในบีกเกอร์ ขนาด 1 ลิตร ค่อยๆ เท A reagent ที่ละน้อย อย่างช้าๆ ทิ้งไว้ 1 คืน วันต่อมานำมาปรับปริมาตรให้เป็น 1 ลิตร เก็บไว้ในขวดสีชาตั้งไว้ในที่มืด

2. เตรียมสารละลายสแตนดาร์ด (SnCl₂·2H₂O) โดยชั่งสแตนดาร์ด 0.25 กรัม เติมน้ำกลั่นในขวดสีชา (ควรเตรียมในตู้เย็น) เติมน้ำกลั่นไฮโดรคลอริก 5 มิลลิลิตร ละลายให้หมด จากนั้นเติมน้ำกลั่น 20 มิลลิลิตร ใช้ได้ 3 วัน

3. เตรียมสารละลายมาตรฐานของฟอสฟอรัส จากโพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต (KH₂PO₄) ปรับให้มีความเข้มข้นตามลำดับคือ 0, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8, 1.0, 1.2 มิลลิกรัม

ต่อลิตร เพื่อใช้ทำการหาปริมาณมาตรฐาน โดยชั่งโพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต (KH_2PO_4) 0.716 กรัม ละลายด้วยกรดซัลฟูริก (H_2SO_4) 4 N แล้วปรับปริมาตรในขวดปรับปริมาตร (volumetric flask) ขนาด 1 ลิตร จนครบปริมาตร ได้สารละลายมาตรฐานฟอสฟอรัสความเข้มข้น 500 มิลลิกรัมต่อลิตร จากนั้นนำสารละลายไปเจือจางตามความเข้มข้นที่ต้องการ

4. ดูดสารละลายตัวอย่าง ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ลงในขวดปรับปริมาตรขนาด 25 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่นลงไปเล็กน้อย เติม C reagent ขนาดละ 1 มิลลิลิตร และเติมสแตนดาร์ด 0.2 มิลลิลิตร ตามลำดับ ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้เป็น 25 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ 15 นาที นำมาวัดค่าการดูดกลืนแสง ด้วยเครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง (spectrophotometer) ที่ 660 นาโนเมตร นำค่าที่อ่านได้มาเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานของฟอสฟอรัส จากนั้นนำค่าที่คำนวณได้มาคำนวณหาความเข้มข้นของฟอสฟอรัส (มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง) เช่นเดียวกับการหาความเข้มข้นของไนโตรเจน

การวิเคราะห์ปริมาณโพแทสเซียม

1. เตรียมสารละลายมาตรฐานของโพแทสเซียมที่มีความเข้มข้น 0, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, และ 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร เพื่อใช้ทำการหาปริมาณ
2. เจือจางสารละลายตัวอย่างจากข้อ 1 โดยใช้สารตัวอย่าง 0.5 มิลลิลิตร จากนั้นเจือจางด้วยน้ำกลั่นเป็น 25 มิลลิลิตร
3. นำสารละลายดังกล่าวไปวัดความเข้มข้นของโพแทสเซียม ด้วยเครื่อง Atomic absorption spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 766.5 นาโนเมตร บันทึกผล และนำค่าที่คำนวณได้มาคำนวณหาปริมาณโพแทสเซียม (มิลลิกรัมต่อส่วนของพืช) เช่นเดียวกับการหาปริมาณไนโตรเจน

การวิเคราะห์ข้อมูลหลังการเก็บเกี่ยวของผลสด

การวิเคราะห์ความแน่นเนื้อ (Firmness)

วัดโดยใช้เครื่องวัดความแน่นเนื้อ รุ่น FHR-1 ของบริษัท NIPPON OPTICAL WORKS ขนาด 1 กิโลกรัม หัววัดรูปทรงกระบอก (cylinder shape) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 มิลลิเมตร ยาว 10 มิลลิเมตร

ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (Total Soluble Solids; TSS)

โดยใช้เครื่องวัดปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (digital refractometer) รุ่น PR-101 ของบริษัท ATAGO อ่านค่าได้ตั้งแต่ 0-45 เปอร์เซ็นต์ โดยอ่านค่าจากน้ำของผลสดรอเบอรี่

ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (Titratable Acidity; TA)

1. เตรียมสารเคมีที่ใช้วิเคราะห์ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ โดยชั่งโซเดียมไฮดรอกไซด์ 4.0 กรัม ละลายในน้ำกลั่น แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ครบ 1,000 มิลลิลิตร เพื่อให้ได้ละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (sodium hydroxide, UNIVAR) ความเข้มข้น 0.1 นอร์มัล
2. นำผลสดรอเบอรี่มาชั่งน้ำหนักแล้วบันทึกไว้ จากนั้นบดโดยใช้โกร่งบดจนกระทั่ง สดรอเบอรี่ละเอียดเป็นเนื้อเดียวกัน เติมน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตร 100 มิลลิลิตร แล้วจึงไทเทรตกับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 0.1 นอร์มัล โดยใช้เครื่องวัดความเป็นกรดเป็นด่าง รุ่น CG842 ของบริษัท SCHOTT จนสารละลายมีความเป็น กรดเป็นด่างเท่ากับ 8.2 แล้วจึงคำนวณหาปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ในรูปของกรดซิตริก มีหน่วยเป็น เปอร์เซ็นต์ โดยใช้สูตร

$$\% \text{ TA} = \frac{\text{normality of NaOH (0.1 N)} \times \text{equi.wt. of citric acid (0.070)} \times \text{vol. NaOH} \times 100}{\text{น้ำหนักสดของผลสดรอเบอรี่}}$$

น้ำหนักสดของผลสดรอเบอรี่

ผลการวิจัย

การทดลองที่ 1 ผลของวัสดุปลูกต่อการเจริญเติบโตของสตรอเบอรี่

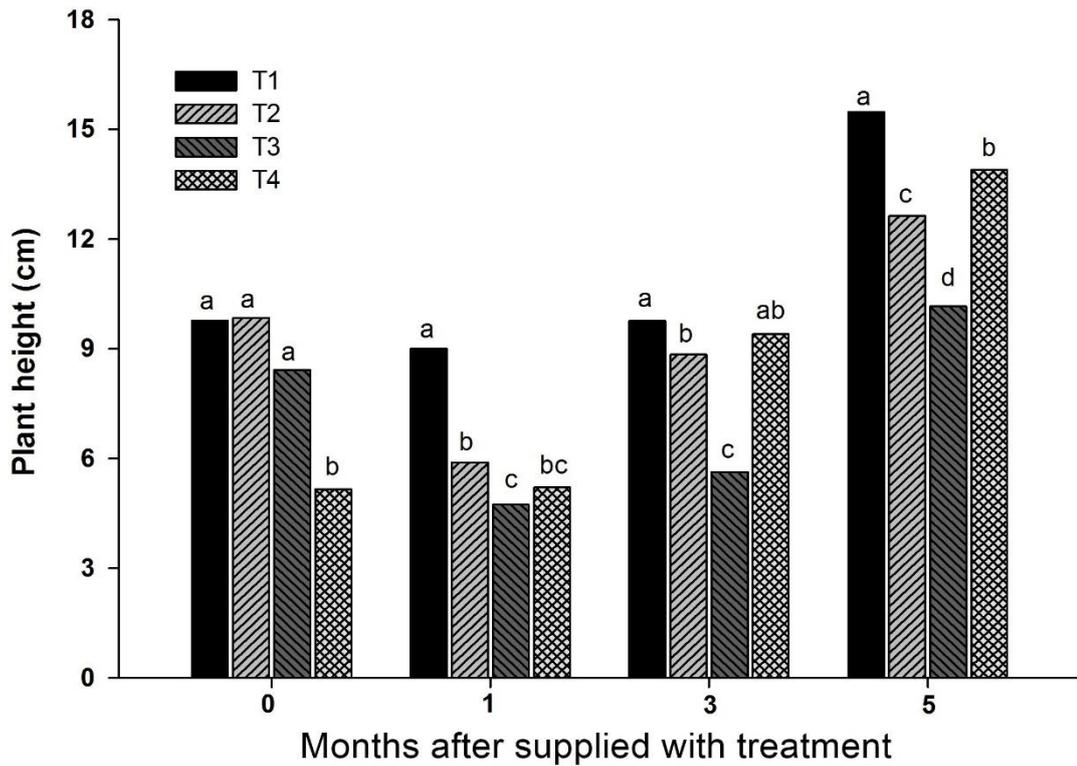
ความสูงทรงพุ่ม (เซนติเมตร)

ผลการทดลองพบว่า การใช้วัสดุปลูกที่ประกอบด้วยทรายและถ่านแกลบ ทำให้พืชมีความสูงทรงพุ่มมากกว่ากรรมวิธีอื่นตลอดระยะเวลา 5 เดือน ส่วนการปลูกด้วย ดิน (ชุดควบคุม) ทรายผสมถ่านแกลบและเปลือกข้าว และกาบมะพร้าวสับ ให้ความสูงทรงพุ่มที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่เมื่อปลูกได้ 5 เดือน โดยเรียงลำดับความสูงทรงพุ่มจากวัสดุปลูกที่ใช้ได้ดังนี้ ทราย:ถ่านแกลบ (1:1) > ทราย:ถ่านแกลบ:เปลือกข้าว (1:1:1) > กาบมะพร้าวสับ > ดิน (ตารางที่ 2 ภาพที่ 5)

ตารางที่ 2 ความสูงทรงพุ่ม (ซม.) และจำนวนใบหลังจากปลูกในวัสดุต่างๆเป็นเวลา 5 เดือน

กรรมวิธีทดลอง (วัสดุปลูก)	ความสูงทรงพุ่ม (ซม.)	จำนวนใบ
ทราย:ถ่านแกลบ (1:1)	15.17 a	22.79 a
ทราย:ถ่านแกลบ:เปลือกข้าว (1:1:1)	12.63 c	16.37 b
กาบมะพร้าวสับ	10.16 d	10.63 c
ดิน (ชุดควบคุม)	13.90 b	18.53 b
C.V. (%)	10.44	22.22
LSD _{0.05}	0.88	2.45

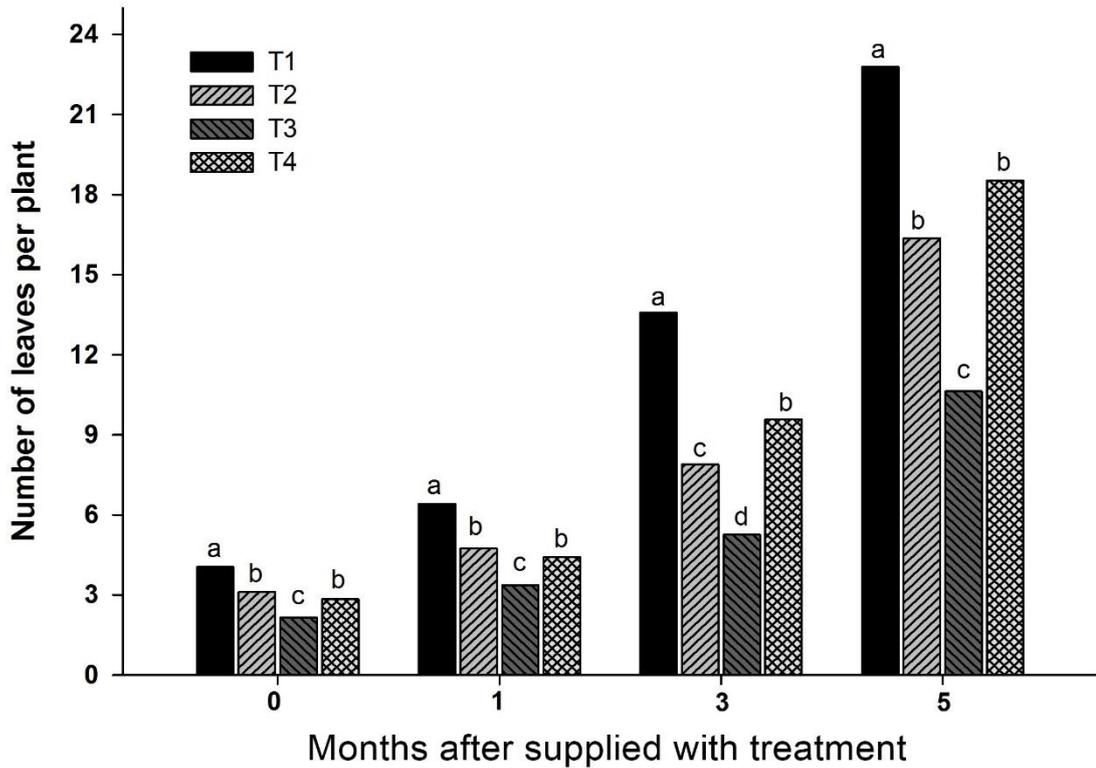
หมายเหตุ ตัวอักษรที่ตามหลังค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่เหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ วิเคราะห์โดยใช้ค่า LSD ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์



ภาพที่ 5 ความสูงทรงพุ่มหลังจากปลูกในวัสดุต่างๆเป็นเวลา 5 เดือน (T1 = ทราย:ถ่านแกลบ (1:1) T2= ทราย:ถ่านแกลบ:เปลือกข้าว (1:1:1) T3= กาบมะพร้าวสับ T4= ดิน)

จำนวนใบต่อต้น

ผลการทดลองพบว่า จำนวนใบต่อต้นของพืชที่ปลูกในวัสดุผสมระหว่างทรายและถ่านแกลบมีจำนวนใบต่อต้นเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว เมื่อเปรียบเทียบกับการปลูกในกากมะพร้าวสับ (ภาพที่ 6) และจากการวิเคราะห์ค่าความแตกต่างทางสถิติ เมื่อ 5 เดือนหลังได้รับการวิธีทดลอง พบว่าการปลูกในกากมะพร้าวสับทำให้พืชมีจำนวนใบต่อต้นน้อยที่สุดเฉลี่ยคือ 10.63 ใบ ส่วนการปลูกโดยใช้ทรายผสมถ่านแกลบ ทำให้พืชมีจำนวนใบต่อต้นมากที่สุดเฉลี่ย 22.79 ใบ ซึ่งมากกว่าการปลูกในดินและในวัสดุผสมระหว่างทราย:ถ่านแกลบ:เปลือกข้าว อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 2)



ภาพที่ 6 จำนวนใบต่อต้นหลังจากปลูกในวัสดุต่างๆเป็นเวลา 5 เดือน (T1 = ทราเย:ถ่านแกลบ (1:1) T2= ทราเย:ถ่านแกลบ:เปลือกข้าว (1:1:1) T3= กาบมะพร้าวสับ T4= ดิน)

ความชื้นสีใบ

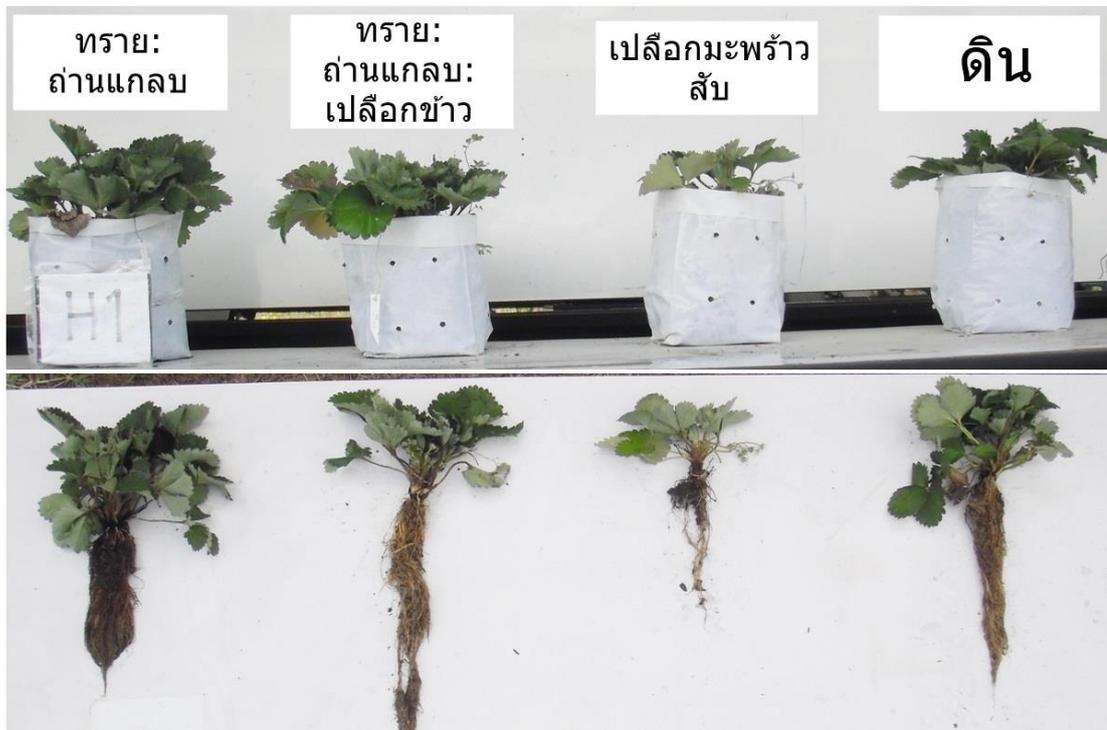
จากผลการทดลองพบว่า การปลูกสตรอเบอร์รี่ในวัสดุปลูกต่างๆ ให้ค่าความชื้นของสีใบที่แตกต่างกัน (ภาพที่ 7) และจากการวิเคราะห์ค่าความแตกต่างทางสถิติ เมื่อ 5 เดือนหลังได้รับการวิธีทดลอง พบว่า พืชที่ปลูกโดยใช้กากมะพร้าวสับ ให้ค่าความชื้นของสีใบน้อยที่สุดเฉลี่ย 31.54 เมื่อ เปรียบเทียบกับการปลูกในวัสดุอื่นๆ ส่วนการปลูกโดยใช้ ทราเยผสมถ่านแกลบ การปลูกโดยใช้ดิน และ ปลูกโดยใช้ทราเยผสมถ่านแกลบผสมเปลือกข้าว ให้ค่าความชื้นของสีใบเฉลี่ย 43.39, 40.86 และ 40.48 ตามลำดับและไม่มี ความแตกต่างทางสถิติ (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 3 ความเข้มของสีใบ (SPAD unit) หลังจากปลูกในวัสดุต่างๆ

กรรมวิธีทดลอง (วัสดุปลูก)	ความเข้มของสีใบ (SPAD unit)	
	เริ่มการทดลอง	5 เดือนหลังปลูก
ทราย:ถ่านแกลบ (1:1)	42.46	43.39 a
ทราย:ถ่านแกลบ:เปลือกข้าว (1:1:1)	43.75	40.48 a
กาบมะพร้าวสับ	42.49	31.54 b
ดิน (ชุดควบคุม)	44.76	40.86 a
C.V. (%)	8.47	12.34
LSD _{0.05}	ns	4.94

หมายเหตุ ตัวอักษรที่ตามหลังค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่เหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ วิเคราะห์โดยใช้ค่า LSD ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ns : ไม่แตกต่างกันทางสถิติ



ภาพที่ 7 การเจริญเติบโตของต้นสตรอเบอรี่หลังจากปลูกในวัสดุต่างๆเป็นเวลา 5 เดือน

น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของต้นและผลสตรอเบอรี่ (กรัม)

จากผลการทดลอง พบว่าเมื่อ 5 เดือนหลังจากปลูกสตรอเบอรี่ด้วยวัสดุทรายผสมกับถ่านแกลบในอัตราส่วน 1:1 ให้ค่าน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของต้น (ภาพที่ 7 ตารางที่ 4) เฉลี่ย 49.86 และ 15.59 กรัม ตามลำดับ ซึ่งมากกว่ากรรมวิธีที่ใช้ดินและกาบมะพร้าวสับเป็นวัสดุปลูกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางที่ 4 น้ำหนักสดน้ำหนักแห้งของต้นสตรอเบอรี่หลังจากปลูกในวัสดุต่างๆเป็นเวลา 5 เดือน

กรรมวิธีทดลอง (วัสดุปลูก)	น้ำหนักสดทั้งต้น (กรัม)	น้ำหนักแห้งทั้งต้น (กรัม)
ทราย:ถ่านแกลบ (1:1)	49.86 a	15.59 a
ทราย:ถ่านแกลบ:เปลือกข้าว (1:1:1)	45.89 ab	12.84 ab
กาบมะพร้าวสับ	15.53 c	5.04 c
ดิน (ชุดควบคุม)	38.94 b	10.70 b
C.V. (%)	31.37	32.34
LSD_{0.05}	10.68	3.24

หมายเหตุ ตัวอักษรที่ตามหลังค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่เหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ วิเคราะห์โดยใช้ค่า LSD ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

สำหรับน้ำหนักผลสดและแห้งของผลหลังปลูกนาน 5 เดือน พบว่าการปลูกในดิน (กรรมวิธีที่ 4) ให้น้ำหนักผลเฉลี่ย 1.9 กรัม ซึ่งน้อยกว่ากรรมวิธีอื่นอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 5) ส่วนน้ำหนักผลแห้งไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 0.29–0.34 กรัม (ตารางที่ 5)

ตารางที่ 5 น้ำหนักสดน้ำหนักแห้งของผลสตรอเบอรี่ที่ปลูกในวัสดุต่างๆ

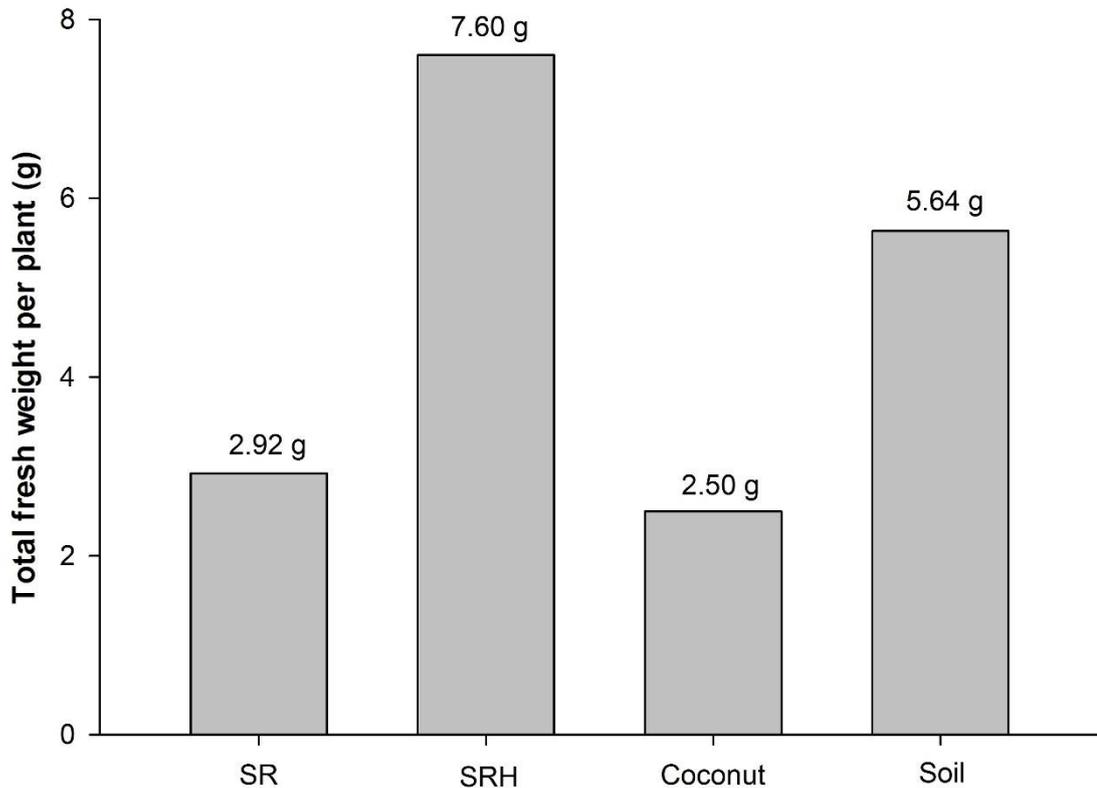
กรรมวิธีทดลอง (วัสดุปลูก)	น้ำหนักผลสด (กรัม/ผล)	น้ำหนักผลแห้ง (กรัม/ผล)
ทราย:ถ่านแกลบ (1:1)	3.19 a	0.29
ทราย:ถ่านแกลบ:เปลือกข้าว (1:1:1)	3.17 a	0.31
กาบมะพร้าวสับ	3.08 ab	0.34
ดิน (ชุดควบคุม)	1.90 b	0.33
C.V. (%)	22.83	11.05
LSD _{0.05}	1.22	ns

หมายเหตุ ตัวอักษรที่ตามหลังค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่เหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ วิเคราะห์โดยใช้ค่า LSD ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ns : ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

น้ำหนักผลผลิตรวม

จากผลการทดลองพบว่า น้ำหนักของผลผลิตรวมตลอดระยะเวลาการเก็บตัวอย่างเป็นเวลา 5 เดือน ของกรรมวิธีที่ใช้ ทรายผสมถ่านแกลบและเปลือกข้าวในอัตรา 1:1:1 ให้น้ำหนักของผลผลิตสะสมรวมต่อต้นที่สูงกว่ากรรมวิธีอื่นๆ (มีค่าเฉลี่ย 7.6 กรัมต่อต้น) ในขณะที่กรรมวิธีที่ปลูกในดินให้ค่าที่รองลงมา (เฉลี่ย 5.64 กรัมต่อต้น) ส่วนกรรมวิธีที่ปลูกด้วยวัสดุทรายผสมถ่านแกลบ กับเปลือกมะพร้าวสับ ให้น้ำหนักผลผลิตรวมต่อต้นที่ใกล้เคียงกัน (เฉลี่ย 2.92 และ 2.50 กรัมต่อต้นตามลำดับ) (ภาพที่ 8)



ภาพที่ 8 น้ำหนักสดผลสตรอเบอร์รี่รวมต่อต้น หลังจากปลูกในวัสดุต่างๆเป็นเวลา 5 เดือน (SR = ทราเย:ถ่านแกลบ (1:1) SRH= ทราเย:ถ่านแกลบ:เปลือกข้าว (1:1:1) Coconut = กาบมะพร้าวสับ Soil= ดิน)

คุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของผลสตรอเบอร์รี่

จากผลการทดลอง พบว่า วัสดุปลูกที่แตกต่างกันมีผลต่อคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของผลสตรอเบอร์รี่ การปลูกโดยใช้ กาบมะพร้าวสับเป็นวัสดุปลูก ให้ค่าของปริมาณกรดที่ไทเตรทได้เฉลี่ย 1.04 ซึ่งน้อยกว่าการปลูกในดิน และการปลูกโดยใช้ทราเย:ถ่านแกลบ:เปลือกข้าว (1:1:1) ทราเย:ถ่านแกลบ:เปลือกข้าว (1:1:1)

สำหรับค่าความแน่นเนื้อ พบว่าสตรอเบอร์รี่ที่ปลูกโดยใช้ ทราเยกับถ่านแกลบมีค่าเฉลี่ย 0.58 นิวตัน (ตารางที่ 6) ซึ่งมากกว่ากรรมวิธีที่ใช้ทราเยผสมถ่านแกลบผสมเปลือกข้าวเป็นวัสดุปลูก แต่ไม่แตกต่างจากกรรมวิธีที่ปลูกโดยใช้กาบมะพร้าวสับ (ค่าความหนาแน่นเฉลี่ย 0.51 นิวตัน) และกรรมวิธีที่ใช้ดินปลูก (ค่าเฉลี่ย 0.49 นิวตัน) (ตารางที่ 6)

สำหรับการวิเคราะห์ค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ในผลสตรอบอรี่ พบว่า การใช้วัสดุปลูกที่แตกต่างกันในการทดลองนี้ ให้ค่าที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยกรรมวิธีที่ใช้ดินเป็นวัสดุปลูกให้ค่าเฉลี่ยสูงที่สุดคือ 11.43% ในขณะที่กรรมวิธีที่ใช้ ทราเย:ถ่าน แกลบ:เปลือกข้าว (1:1:1) เป็นวัสดุปลูกให้ค่าของปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ต่ำที่สุดเฉลี่ย 7.70% ส่วนกรรมวิธีที่ใช้ทราเยผสมถ่านแกลบและทราเยผสมถ่านแกลบและเปลือกข้าว (1:1:1) ให้ค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ เฉลี่ย 9.97% และ 9.17% ตามลำดับ (ตารางที่ 6)

ตารางที่ 6 คุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของผลสตรอบอรี่ที่ปลูกในวัสดุต่างๆ

กรรมวิธีทดลอง (วัสดุปลูก)	ปริมาณกรด ที่ไตรเตรทได้ (%)	ความแน่นเนื้อ (นิวตัน)	ปริมาณของแข็ง ที่ละลายน้ำได้ (%)
ทราเย:ถ่านแกลบ (1:1)	1.26 ab	0.58 a	9.97 b
ทราเย:ถ่านแกลบ:เปลือกข้าว (1:1:1)	1.30 a	0.39 b	7.70 c
กาบมะพร้าวสับ	1.04 b	0.51 ab	9.17 b
ดิน (ชุดควบคุม)	1.45 a	0.49 ab	11.43 a
C.V. (%)	15.59	22.40	11.55
LSD_{0.05}	0.24	0.13	0.13

หมายเหตุ ตัวอักษรที่ตามหลังค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่เหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ วิเคราะห์โดยใช้ค่า LSD ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์

ความเข้มข้นธาตุอาหารในใบพืช

จากการวิเคราะห์ความเข้มข้นธาตุอาหารในใบของต้นสตรอเบอรี่ที่ระยะ 3 เดือน หลังจากปลูกในวัสดุปลูกที่แตกต่างกัน ผลการทดลองพบว่า กรรมวิธีที่ปลูกด้วย ทราเย:ถ่าน แกลบ (1:1) กับ ทราเย:ถ่านแกลบ:เปลือกข้าว (1:1:1) มีความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจนรวมในใบ เฉลี่ย 6.82, 6.72 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ ซึ่งสูงกว่ากรรมวิธีที่ให้ กาบมะพร้าว สับ และกรรมวิธีที่ใช้ดิน เป็นวัสดุปลูก (ตารางที่ 7)

สำหรับการวิเคราะห์ความเข้มข้นฟอสฟอรัสในใบพบว่า การปลูกโดยใช้ทราเยผสมกับ ถ่านแกลบ มีความเข้มข้นของธาตุฟอสฟอรัสในใบสูงที่สุด เมื่อเทียบกับการปลูกโดยใช้วัสดุอื่นๆ ส่วนความเข้มข้นของโพแทสเซียม พบว่า ความเข้มข้นของธาตุโพแทสเซียมในใบในแต่ละ กรรมวิธี ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 7)

ตารางที่ 7 ความเข้มข้นธาตุอาหารในใบสตรอเบอรี่หลังจากปลูกในวัสดุต่างๆ เป็นเวลา 3 เดือน

กรรมวิธีทดลอง (วัสดุปลูก)	ความเข้มข้นธาตุอาหาร (มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง)		
	N	P	K
ทราเย:ถ่านแกลบ (1:1)	6.82 a	3.52 a	8.80
ทราเย:ถ่านแกลบ:เปลือกข้าว (1:1:1)	6.72 a	1.71 b	10.71
กาบมะพร้าวสับ	3.67 b	1.26 b	10.71
ดิน (ชุดควบคุม)	3.94 b	1.46 b	11.55
C.V. (%)	17.44	45.37	19.44
LSD _{0.05}	1.42	1.39	ns

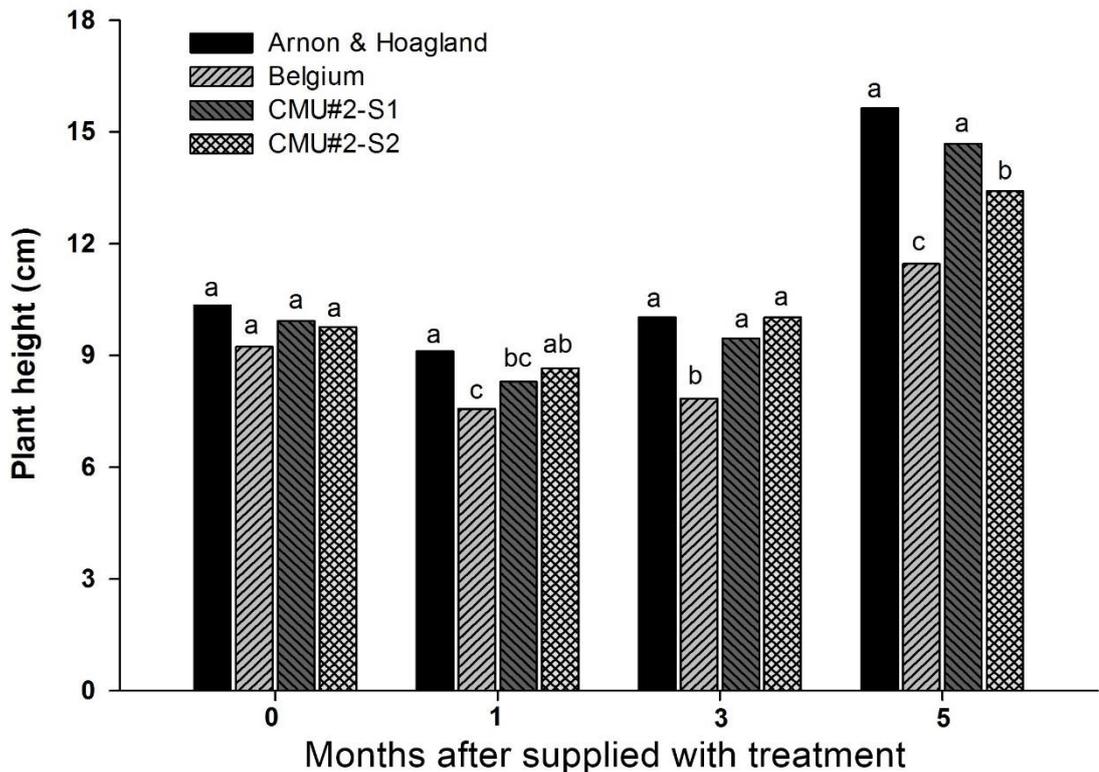
หมายเหตุ ตัวอักษรที่ตามหลังค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่เหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ วิเคราะห์โดยใช้ ค่า LSD ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์

ns : ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

การทดลองที่ 2 ผลของสูตรสารละลายธาตุอาหารต่อการเจริญเติบโต

ความสูงทรงพุ่ม (เซนติเมตร)

จากการทดสอบสูตรของสารละลายธาตุอาหารต่อการเจริญของสตรอเบอร์รี่ พบว่า ตั้งแต่เดือนที่ 1 หลังจากได้รับการวิธีทดลอง ความสูงทรงพุ่มของพืชที่ได้รับสารละลาย สูตร Belgium มีแนวโน้มที่ให้ค่าที่ต่ำอย่างต่อเนื่องจนถึงเดือนที่ 5 เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีอื่นๆ (ภาพที่ 9) ในขณะที่ กรรมวิธีที่ได้รับสารละลายสูตรของ Arnon & Hoagland และสูตรดัดแปลง CMU#2-S1 และ S2 ให้ค่าความสูงทรงพุ่มของต้นสตรอเบอร์รี่ที่ใกล้เคียงกันในแต่ละเดือน และจากการวิเคราะห์ทางสถิติ เมื่อระยะเวลา 5 เดือน หลังจากได้รับสารละลายธาตุอาหารสูตรต่างๆแล้ว พบว่า กรรมวิธีที่ได้รับ สูตร Arnon & Hoagland และสูตรดัดแปลง CMU#2-S1 ให้ค่าความสูงทรงพุ่มเฉลี่ย 15.64 และ 14.68 เซนติเมตร ตามลำดับ ซึ่งมากกว่ากรรมวิธีที่ได้รับ สูตร Belgium กับ สูตรดัดแปลง CMU#2-S2 ที่มีค่าเฉลี่ย 11.46 และ 13.41 เซนติเมตรตามลำดับ (ภาพที่ 9 ตารางที่ 8)

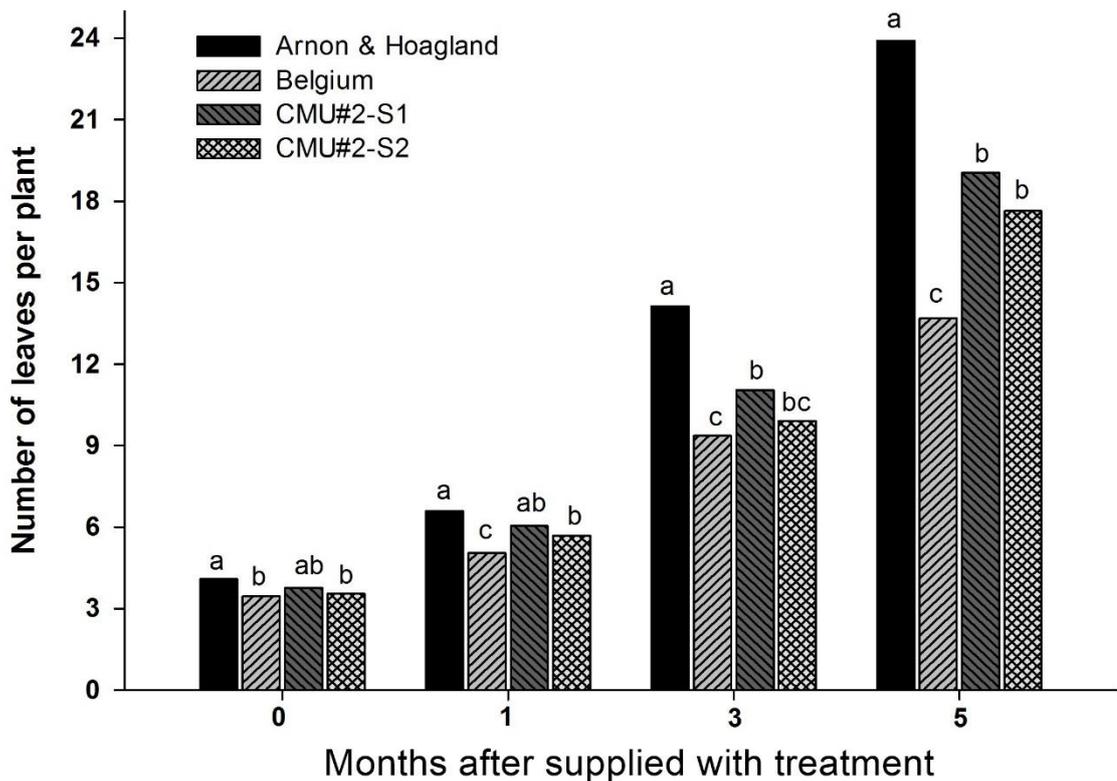


ภาพที่ 9 ความสูงทรงพุ่มหลังได้รับสารละลายสูตรต่างๆเป็นเวลา 5 เดือน

ตารางที่ 8 ความสูงทรงพุ่ม (ซม.) และจำนวนใบของสตรอเบอรี่หลังได้รับสารละลายสูตรต่างๆ นาน 5 เดือน

กรรมวิธีทดลอง (สูตรสารละลายธาตุอาหาร)	ความสูงทรงพุ่ม (ซม.)	จำนวนใบ
สูตร Arnon and Hoagland's solution	15.64 a	23.91 a
สูตร Belgium–Strawberry	11.46 c	13.68 c
สูตรดัดแปลง (CMU#2–S1)	14.68 a	19.05 b
สูตรดัดแปลง (CMU#2–S2)	13.41 b	17.64 b
C.V. (%)	13.01	28.87
LSD _{0.05}	1.08	3.21

หมายเหตุ ตัวอักษรที่ตามหลังค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่เหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ วิเคราะห์โดยใช้ค่า LSD ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์



ภาพที่ 10 จำนวนใบต่อต้นหลังได้รับสารละลายสูตรต่างๆ เป็นเวลา 5 เดือน

จำนวนใบต่อต้น

จากผลการทดลองพบว่า สารละลายธาตุอาหารสูตรต่างๆ มีผลต่อจำนวนใบสตรอเบอรี่ ซึ่งพบว่าในระยะเวลา 5 เดือนจำนวนใบของต้นสตรอเบอรี่มีการเพิ่มขึ้นในทุกเดือน โดยกรรมวิธีที่ได้รับ สูตร Arnon and Hoagland มีการเพิ่มขึ้นของจำนวนใบมากที่สุดในแต่ละเดือนที่ทำการเก็บข้อมูล (ภาพที่ 10) และจากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ เมื่อพืชได้รับการกรรวิธีไปแล้ว 5 เดือน พบว่าจำนวนใบของกรรมวิธีที่ได้รับสารละลายธาตุอาหารสูตร Belgium ให้ค่าจำนวนใบต่อต้นเฉลี่ย 13.68 ใบซึ่งมีค่าน้อยที่สุดในขณะที่กรรมวิธีที่ได้รับสารละลายธาตุอาหารสูตร Arnon and Hoagland ให้ค่าเฉลี่ยจำนวนใบต่อต้นสูงที่สุดคือ 23.91 ใบ ส่วนกรรมวิธีที่ได้รับ สารละลายธาตุอาหารสูตรดัดแปลง CMU#2 ทั้งสองสูตร ทำให้พืชมีจำนวนใบมากกว่าสูตรของ Belgium (ตารางที่ 8)

ความเข้มข้นใบ

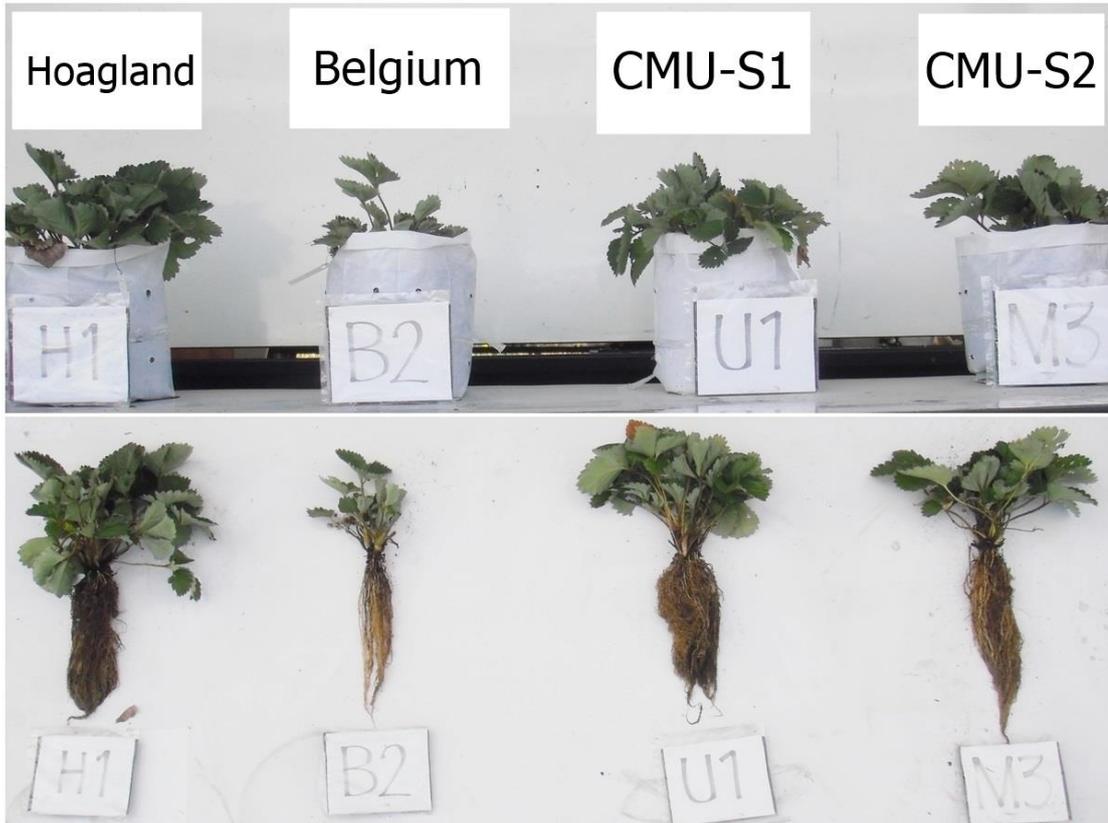
จากผลการทดลองพบว่า ความเข้มข้นของสีใบในแต่ละกรรมวิธีทั้งก่อนและหลังได้รับสูตรสารละลายธาตุอาหารที่แตกต่างกัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติโดยค่าเฉลี่ยของความเข้มข้นใบเมื่อปลูกได้ 5 เดือนอยู่ระหว่าง 40.76–43.39 (ตารางที่ 9)

ตารางที่ 9 ความเข้มข้นของสีใบ (SPAD unit) หลังได้รับสารละลายสูตรต่างๆ

กรรมวิธีทดลอง (สูตรสารละลายธาตุอาหาร)	ความเข้มข้นของสีใบ (SPAD unit)	
	เริ่มการทดลอง	5 เดือนหลังปลูก
สูตร Arnon and Hoagland's solution	42.46	43.39
สูตร Belgium–Strawberry	42.86	41.06
สูตรดัดแปลง (CMU#2–S1)	43.59	40.76
สูตรดัดแปลง (CMU#2–S2)	44.84	41.99
C.V. (%)	7.98	6.29
LSD _{0.05}	ns	ns

หมายเหตุ วิเคราะห์โดยใช้ค่า LSD ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์

ns : ไม่แตกต่างกันทางสถิติ



ภาพที่ 11 การเจริญเติบโตของต้นสตรอเบอรี่หลังได้รับสารละลายสูตรต่างๆเป็นเวลา 5 เดือน

น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของต้นและผลสตรอเบอรี่ (กรัม)

จากผลการทดลอง พบว่า เมื่อพืชได้รับสูตรสารละลายธาตุอาหารที่แตกต่างกันเป็นเวลา 5 เดือน น้ำหนักสดทั้งต้นของกรรมวิธีที่ได้รับสารละลายสูตร Arnon and Hoagland และ สูตร สูตรดัดแปลง (CMU#2-S1, S2) ให้ค่าเฉลี่ย 49.86 และ 42.74 กรัมตามลำดับสูงกว่าการใช้สูตร Belgium ที่มีค่าเฉลี่ยน้ำหนักสดต้น 24.45 กรัมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ภาพที่ 11 ตารางที่ 10)

ส่วนน้ำหนักแห้งของต้นพบว่า การใช้สูตรของ Belgium ทำให้ต้นสตรอเบอรี่มีน้ำหนักแห้งน้อยที่สุด มีค่าเฉลี่ย 7.59 กรัม การใช้สูตร Arnon and Hoagland, CMU#2-S1 และ CMU#2-S2 ให้ต้นที่มีน้ำหนักแห้งไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 11.24–15.59 กรัม (ตารางที่ 10)

อย่างไรก็ตามพบว่า การใช้สารละลายธาตุอาหารทั้ง 4 สูตรข้างต้น ไม่มีผลทำให้ค่าน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของผลสตรอเบอรี่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยพืชมีน้ำหนักผลสดเฉลี่ยอยู่ในช่วง 3.12–5.97 กรัม และน้ำหนักผลแห้งอยู่ในช่วง 0.29–0.45 กรัม (ตารางที่ 11) ตารางที่ 10 น้ำหนักสดน้ำหนักแห้งของต้นสตรอเบอรี่ที่ได้รับสารละลายสูตรต่าง ๆ นาน 5 เดือน

กรรมวิธีทดลอง (สูตรสารละลายธาตุอาหาร)	น้ำหนักสดทั้งต้น (กรัม)	น้ำหนักแห้งทั้งต้น (กรัม)
สูตร Arnon and Hoagland's solution	49.86 a	15.59 a
สูตร Belgium–Strawberry	24.45 b	7.59 b
สูตรดัดแปลง (CMU#2–S1)	42.90 a	12.73 a
สูตรดัดแปลง (CMU#2–S2)	42.74 a	11.24 ab
C.V. (%)	41.25	41.99
LSD _{0.05}	14.96	4.49

หมายเหตุ ตัวอักษรที่ตามหลังค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่เหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ วิเคราะห์โดยใช้ค่า LSD ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์

ตารางที่ 11 น้ำหนักสดน้ำหนักแห้งของผลสตรอเบอรี่ที่ปลูกในสารละลายสูตรต่างๆ

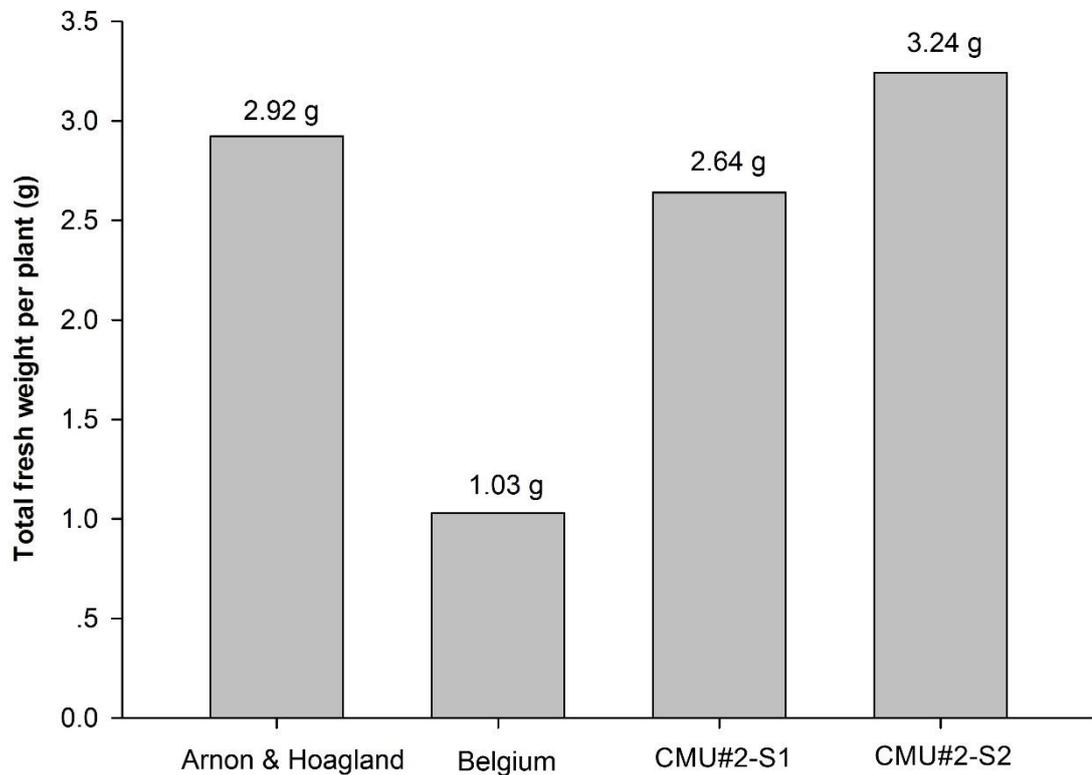
กรรมวิธีทดลอง (สูตรสารละลายธาตุอาหาร)	น้ำหนักผลสด (กรัม/ผล)	น้ำหนักผลแห้ง (กรัม/ผล)
สูตร Arnon and Hoagland's solution	3.19	0.29
สูตร Belgium–Strawberry	3.13	0.33
สูตรดัดแปลง (CMU#2–S1)	3.12	0.29
สูตรดัดแปลง (CMU#2–S2)	5.97	0.45
C.V. (%)	40.03	42.30
LSD _{0.05}	ns	ns

หมายเหตุ วิเคราะห์ความแตกต่างโดยใช้ค่า LSD ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์

ns : ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

น้ำหนักผลผลิตรวม

จากผลการทดลองพบว่า น้ำหนักของผลผลิตรวมตลอดระยะเวลาการเก็บตัวอย่างเป็นเวลา 5 เดือน ของกรรมวิธีที่ได้รับสารละลายธาตุอาหารสูตรดัดแปลง CMU#2-S2 ให้ค่าน้ำหนักของผลผลิตสะสมรวมต่อต้นที่สูงกว่ากรรมวิธีอื่นๆ (3.24 กรัมต่อต้น) ในขณะที่ กรรมวิธีที่ได้รับสารละลายธาตุอาหารสูตร Arnon and Hoagland ให้ค่าที่รองลงมา (2.92 กรัมต่อต้น) ซึ่งมีค่าที่ใกล้เคียงกับปริมาณผลผลิตที่ได้รับจากกรรมวิธีที่ให้ด้วยสารละลายสูตร สูตรดัดแปลง CMU#2-S1 ส่วนกรรมวิธีที่ได้รับสารละลายธาตุอาหารสูตร Belgium ให้ค่าของผลผลิตรวมที่น้อยที่สุดที่ (ภาพที่ 12)



ภาพที่ 12 น้ำหนักสดผลสตรอบเออรี่รวมต่อต้นหลังจากได้รับสูตรสารละลายธาตุอาหารที่แตกต่างกัน นาน 5 เดือน

คุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของผลสตรอเบอรี่

จากผลการทดลองพบว่า สูตรสารละลายธาตุอาหารที่แตกต่างกันไม่มีผลต่อคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของผลสตรอเบอรี่ ในด้านของปริมาณกรดที่ไตรเตรทได้ ความแน่นเนื้อ และปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (ตารางที่ 12)

ตารางที่ 12 คุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของผลสตรอเบอรี่ที่ปลูกในสารละลายสูตรต่างๆ

กรรมวิธีทดลอง (สูตร สารละลายธาตุอาหาร)	ปริมาณกรดที่ ไตรเตรทได้(%)	ความแน่น เนื้อ(นิวตัน)	ปริมาณของแข็งที่ ละลายน้ำได้(%)
สูตร Arnon and Hoagland	1.26	0.58	9.47
สูตร Belgium-Strawberry	1.22	0.45	9.33
สูตรดัดแปลง (CMU#2-S1)	1.21	0.62	9.00
สูตรดัดแปลง (CMU#2-S2)	1.26	0.58	9.83
C.V. (%)	5.4	34.68	12.42
LSD_{0.05}	ns	ns	ns

หมายเหตุ วิเคราะห์ความแตกต่างโดยใช้ค่า LSD ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์

ns : ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ความเข้มข้นธาตุอาหารในใบพืช

จากการวิเคราะห์ความเข้มข้นธาตุอาหารในใบของต้นสตรอเบอรี่ที่ระยะ 3 เดือนหลังจากสารละลายธาตุอาหารในสูตรที่แตกต่างกัน ผลการวิเคราะห์พบว่า กรรมวิธีที่ได้รับสูตรสารละลาย Arnon and Hoagland สูตรดัดแปลง (CMU#2-S1) และ สูตรดัดแปลง (CMU#2-S2) พบความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจนรวมในใบสูงกว่ากรรมวิธีที่ได้รับสารละลายสูตร Belgium สำหรับการวิเคราะห์ความเข้มข้นฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในใบพบว่า การได้รับสารละลายธาตุอาหารในสูตรที่แตกต่างกัน ความเข้มข้นของฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในใบ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติในแต่กรรมวิธี (ตารางที่ 13)

ตารางที่ 13 ความเข้มข้นธาตุอาหารในใบสตรอเบอรี่ที่ระยะ 3 เดือนหลังได้รับสูตรสารละลายที่แตกต่างกัน

กรรมวิธีทดลอง (สูตรสารละลายธาตุอาหาร)	ความเข้มข้นธาตุอาหาร (มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง)		
	N	P	K
สูตร Arnon and Hoagland's solution	6.82 a	3.52	8.80
สูตร Belgium-Strawberry	5.00 b	2.67	8.57
สูตรดัดแปลง (CMU#2-S1)	6.78 a	2.48	7.82
สูตรดัดแปลง (CMU#2-S2)	6.39 a	2.11	7.75
C.V. (%)	9.26	44.43	19.80
LSD_{0.05}	0.89	ns	ns

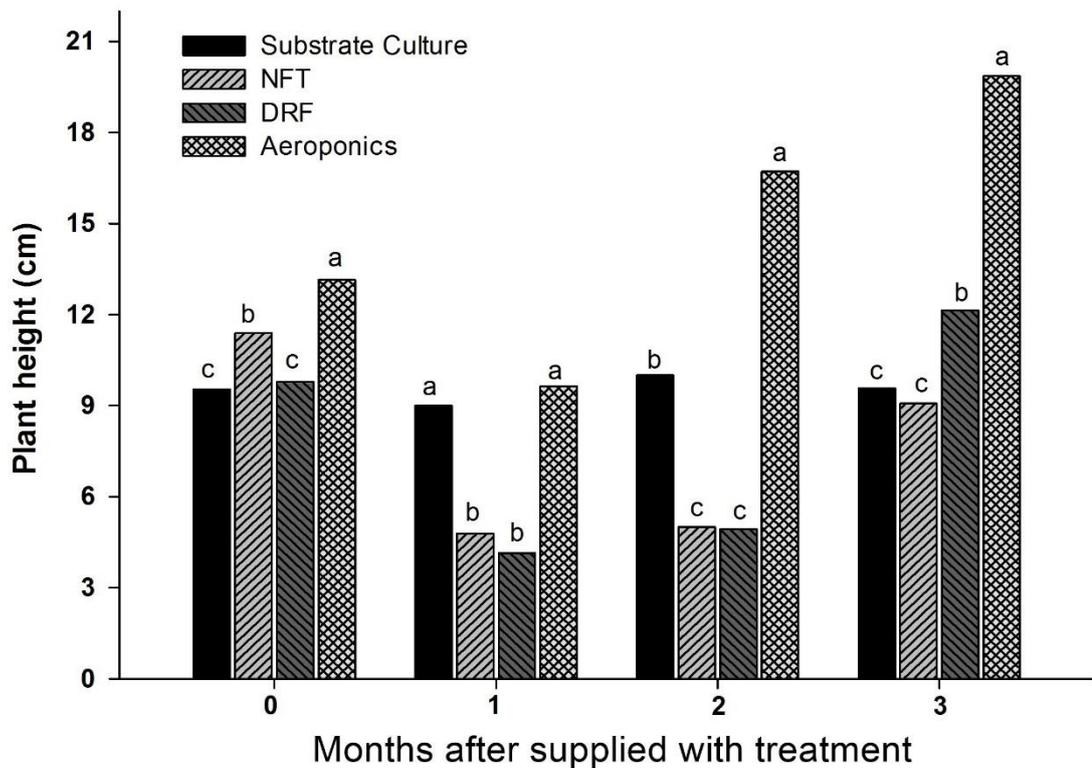
หมายเหตุ ตัวอักษรที่ตามหลังค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่เหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ วิเคราะห์โดยใช้ค่า LSD ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ns : ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

การทดลองที่ 3 ผลของระบบปลูกต่อการเจริญเติบโตของสตรอเบอรี่

ความสูงทรงพุ่ม (เซนติเมตร)

จากการทดสอบระบบการปลูกพืชแบบไฮโดรโปนิคส์ต่อการเจริญของสตรอเบอรี่พบว่า ตั้งแต่เดือนที่ 1 หลังจากได้รับกรรมวิธีทดลอง ความสูงทรงพุ่มของพืชที่ปลูกในระบบ NFT มีแนวโน้มที่ให้ค่าที่ต่ำอย่างต่อเนื่องจนถึงเดือนที่ 3 เมื่อเปรียบเทียบการกรรมวิธีอื่นๆ (ภาพที่ 13) ในขณะที่ กรรมวิธีที่ปลูกโดยใช้วัสดุปลูก (Substrate culture) ให้ค่าความสูงทรงพุ่มของสตรอเบอรี่ที่ใกล้เคียงกันในแต่ละเดือน และจากการวิเคราะห์ทางสถิติ ที่ระยะเวลา 5 เดือน หลังจากทดสอบปลูกสตรอเบอรี่ในระบบต่างๆแล้ว พบว่า กรรมวิธีที่ปลูกในระบบ Aeroponics ให้ค่าความสูงทรงพุ่มที่มากกว่า กรรมวิธีที่ปลูกที่ผลที่ปลูกในระบบ Substrate NFT และ DRF อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ภาพที่ 13 ตารางที่ 14)

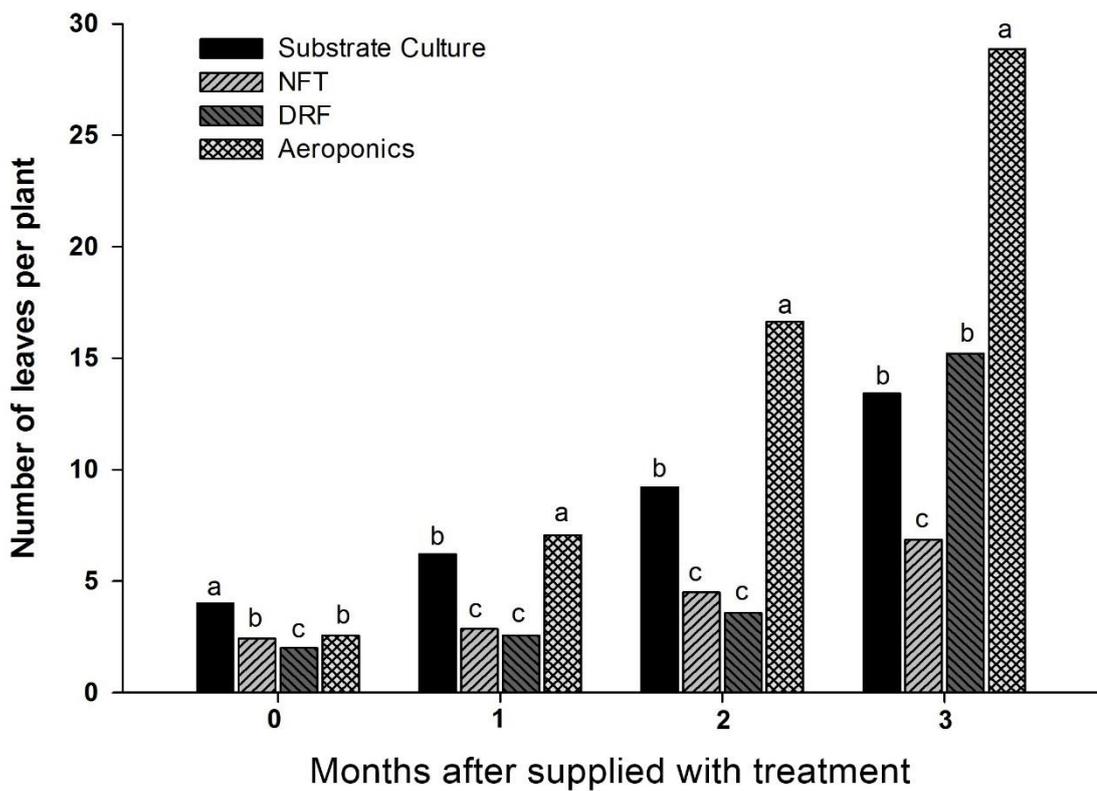


ภาพที่ 13 ความสูงทรงพุ่มหลังจากปลูกในระบบต่างๆ เป็นเวลา 3 เดือน

ตารางที่ 14 ความสูงทรงพุ่ม (ซม.) และจำนวนใบของสตรอเบอรี่หลังจากปลูกในระบบต่างๆ นาน 3 เดือน

กรรมวิธีทดลอง (ระบบปลูก)	ความสูงทรงพุ่ม (ซม.)	จำนวนใบ
Substrate culture	9.57 c	13.43 b
Nutrient Film Technique (NFT)	9.07 c	6.86 c
Dynamic Root Floating (DRF)	12.14 b	15.21 b
Aeroponics	19.86 a	28.86 a
C.V. (%)	23.02	35.49
LSD _{0.05}	2.21	4.33

หมายเหตุ ตัวอักษรที่ตามหลังค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่เหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ วิเคราะห์โดยใช้ค่า LSD ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์



ภาพที่ 14 จำนวนใบต่อต้นหลังจากปลูกในระบบต่างๆ นาน 3 เดือน

จำนวนใบต่อต้น

ผลการทดลองพบว่า จำนวนใบต่อต้นของพืชที่ปลูกในระบบ Aeroponics มีการเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในทุกๆเดือนที่เก็บข้อมูล เมื่อเปรียบเทียบกับการปลูกในระบบ NFT (ภาพที่ 14) จากการวิเคราะห์ค่าความแตกต่างทางสถิติ ที่ 3 เดือนหลังจากพืชได้รับการวิธีทดลอง พบว่าการปลูกระบบ NFT ทำให้พืชมีจำนวนใบต่อต้นน้อยที่สุดเฉลี่ย 6.86 ใบต่อต้น ส่วนการปลูกในระบบ Aeroponics ทำให้พืชมีจำนวนใบต่อต้นสูงที่สุดเฉลี่ย 28.86 ใบ ซึ่งมากกว่าการปลูกแบบใช้วัสดุปลูก การปลูกในระบบ DRF (ตารางที่ 2)

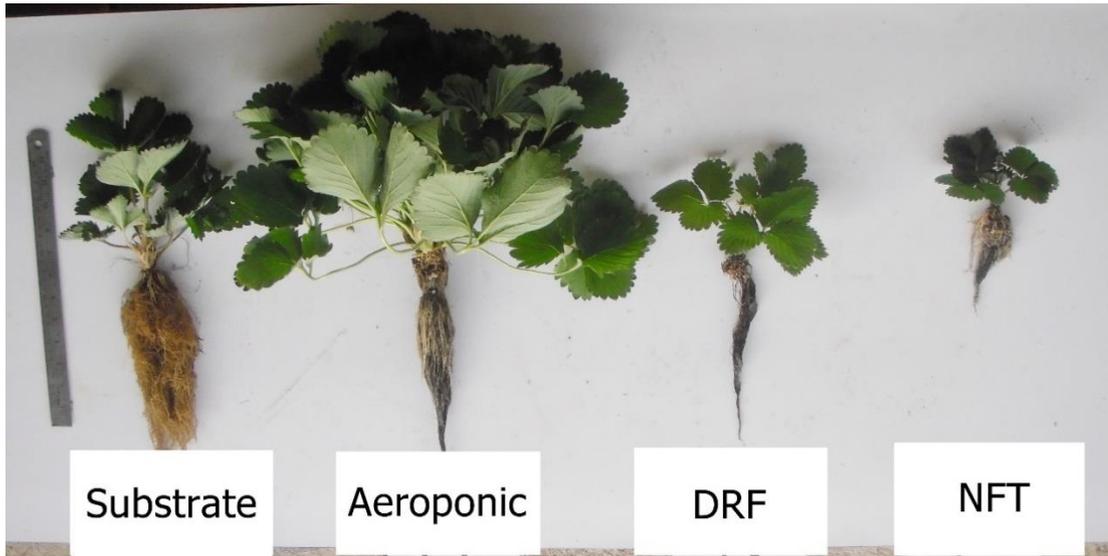
ความเข้มสีใบ

จากผลการทดลองพบว่า การปลูกสตรอเบอรี่ในระบบปลูกที่แตกต่างกันมีผลต่อความเข้มสีใบ การปลูกในระบบ Aeroponic ให้ความเข้มของสีใบที่ 3 เดือนหลังปลูกเฉลี่ย 48.36 มากกว่า การปลูกแบบใช้วัสดุปลูก Substrate Culture (เฉลี่ย 42.46) และระบบ DRF (เฉลี่ย 44.75) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ไม่แตกต่างจากการปลูกในระบบ NFT (เฉลี่ย 47.59) (ตารางที่ 15)

ตารางที่ 15 ความเข้มของสีใบ (SPAD unit) หลังจากปลูกในระบบต่างๆ

กรรมวิธีทดลอง (ระบบปลูก)	ความเข้มของสีใบ (SPAD unit)	
	เริ่มการทดลอง	3 เดือนหลังปลูก
Substrate Culture	43.50 b	42.46 c
Nutrient Film Technique (NFT)	48.70 a	47.59 ab
Dynamic Root Floating (DRF)	45.38 b	44.75 bc
Aeroponics	48.62 a	48.36 a
C.V. (%)	3.73	6.75
LSD _{0.05}	2.33	3.17

หมายเหตุ ตัวอักษรที่ตามหลังค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่เหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ วิเคราะห์โดยใช้ค่า LSD ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์



ภาพที่ 15 การเจริญเติบโตของต้นสตรอเบอรี่หลังจากปลูกในระบบต่างๆ นาน 3 เดือน

ตารางที่ 16 น้ำหนักสดน้ำหนักแห้งของต้นสตรอเบอรี่หลังจากปลูกในระบบต่างๆ นาน 3 เดือน

กรรมวิธีทดลอง (ระบบปลูก)	น้ำหนักสดทั้งต้น (กรัม)	น้ำหนักแห้งทั้งต้น (กรัม)
Substrate Culture	31.99 b	8.11 b
Nutrient Film Technique (NFT)	14.70 b	3.98 b
Dynamic Root Floating (DRF)	23.27 b	5.71 b
Aeroponics	114.03 a	29.15 a
C.V. (%)	46.49	40.19
LSD _{0.05}	40.26	8.88

หมายเหตุ ตัวอักษรที่ตามหลังค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่เหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ วิเคราะห์โดยใช้ค่า LSD ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

น้ำหนักสด น้ำหนักแห้งของต้นและผลสตรอเบอรี่ (กรัม)

จากผลการทดลอง พบว่า น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งทั้งต้นของกรรมวิธีที่ปลูกในระบบ Aeroponics ให้ค่าที่สูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยมีค่าเฉลี่ย 114.03 และ 29.15 กรัม ตามลำดับ (ภาพที่ 15 ตารางที่ 16) และพบว่าน้ำหนักสด น้ำหนักแห้งของผลสตรอเบอรี่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ระหว่างกรรมวิธีทดลอง การปลูกในระบบ NFT และ DRF ให้ค่าเฉลี่ย น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของผลไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่มากกว่าค่าน้ำหนักสด น้ำหนักแห้งของผลที่ปลูกในระบบ Substrate culture และ Aeroponics (ตารางที่ 17)

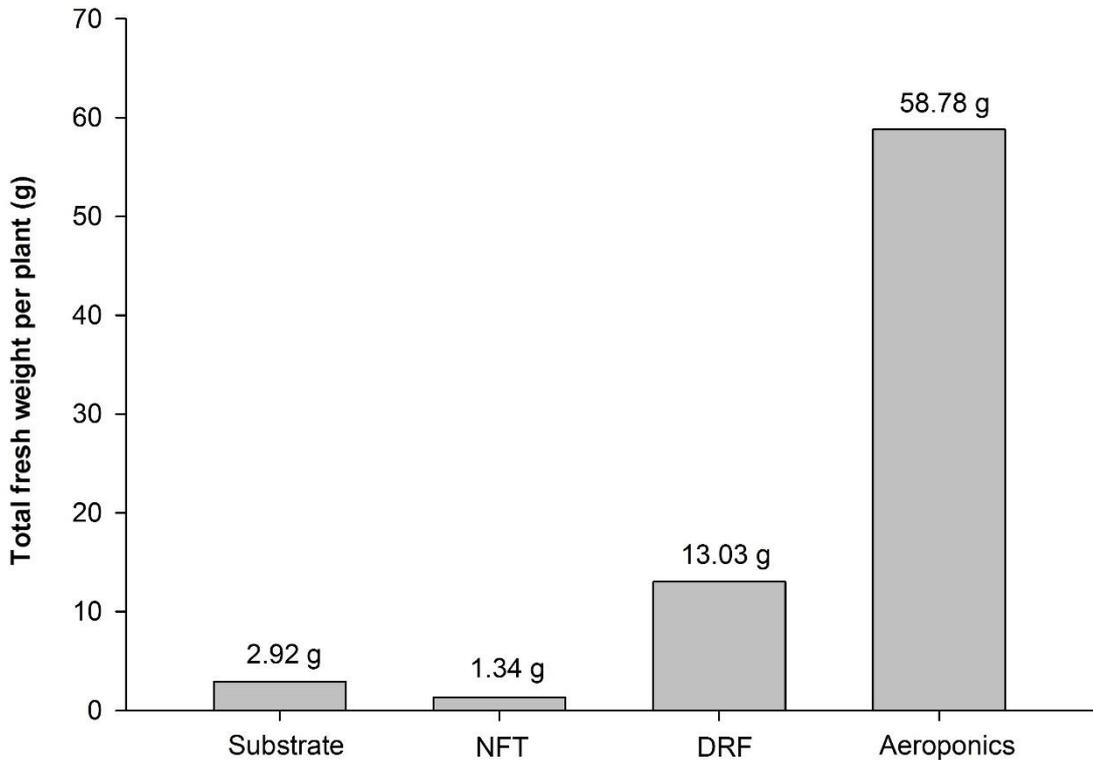
ตารางที่ 17 น้ำหนักสดน้ำหนักแห้งของผลสตรอเบอรี่ที่ปลูกในระบบต่างๆ

กรรมวิธีทดลอง (ระบบปลูก)	น้ำหนักผลสด (กรัม/ผล)	น้ำหนักผลแห้ง (กรัม/ผล)
Substrate culture	3.19 b	0.29 b
Nutrient Film Technique (NFT)	4.61 a	0.56 a
Dynamic Root Floating (DRF)	4.86 a	0.48 a
Aeroponics	4.13 ab	0.33 b
C.V. (%)	15.92	11.76
LSD _{0.05}	1.26	0.092

หมายเหตุ ตัวอักษรที่ตามหลังค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่เหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ วิเคราะห์โดยใช้ค่า LSD ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

น้ำหนักผลผลิตรวม

จากผลการทดลองพบว่า น้ำหนักของผลผลิตรวมตลอดระยะเวลาการเก็บตัวอย่างเป็นเวลา 3 เดือน ของกรรมวิธีที่ปลูกในระบบ Aeroponics ให้ค่าน้ำหนักของผลผลิตสะสมรวมต่อต้นที่สูงกว่ากรรมวิธีอื่นๆ (58.78 กรัมต่อต้น) ในขณะที่ กรรมวิธีที่ปลูกในระบบ DRF ให้ค่าที่รองลงมา (13.03 กรัมต่อต้น) ส่วนกรรมวิธีที่ปลูกในระบบ NFT ให้ค่าของผลผลิตรวมที่น้อยที่สุด (ภาพที่ 16)



ภาพที่ 16 น้ำหนักสดผลสตรอเบอรี่รวมต่อต้นหลังจากปลูกในระบบต่าง ๆ นาน 3 เดือน

คุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของผลสตรอเบอรี่

จากผลการทดลองพบว่า ระบบการปลูกที่แตกต่างกันมีผลต่อคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของผลสตรอเบอรี่ การปลูกในระบบ Aeroponics ให้ค่าของปริมาณกรดที่ไตรเทอร์ทได้ น้อยกว่าการปลูกในระบบ NFT และ DRF สำหรับค่าความแน่นเนื้อ พบว่าสตรอเบอรี่ที่ปลูกโดยใช้วัสดุปลูก (Substrate culture) ให้ค่าความแน่นเนื้อที่สูงกว่า การปลูกในระบบ NFT DRF และ Aeroponics สำหรับการวิเคราะห์ค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ในผลสตรอเบอรี่พบว่า แต่ละระบบปลูกที่ใช้ในการทำการทดลอง ให้ค่าที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยกรรมวิธีที่ใช้วัสดุปลูกให้ค่าที่สูงที่สุด ในขณะที่กรรมวิธีที่ปลูกในระบบ Aeroponics ให้ค่าของปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ต่ำที่สุด (ตารางที่ 18)

ตารางที่ 18 คุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของผลสตรอเบอร์รี่ที่ปลูกในระบบที่ต่างกัน

กรรมวิธีทดลอง (ระบบปลูก)	ปริมาณกรด ที่ไตรเตรท ได้(%)	ความแน่น เนื้อ (นิวัตน์)	ปริมาณ ของแข็งที่ ละลายน้ำได้(%)
Substrate culture	1.26 bc	0.58 a	9.97 a
Nutrient Film Technique (NFT)	1.73 a	0.14 b	8.50 bc
Dynamic Root Floating (DRF)	1.47 ab	0.23 b	9.67 ab
Aeroponics	1.17 c	0.20 b	8.33 c
C.V. (%)	16.37	45.6	10.67
LSD_{0.05}	0.28	0.156	1.17

หมายเหตุ ตัวอักษรที่ตามหลังค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่เหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ วิเคราะห์โดยใช้ค่า LSD ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ความเข้มข้นธาตุอาหารในใบพืช

จากการวิเคราะห์ความเข้มข้นธาตุอาหารในใบของต้นสตรอเบอร์รี่ที่ระยะ 3 เดือนหลังจากปลูกในระบบปลูกที่แตกต่างกัน ผลการวิเคราะห์พบว่า กรรมวิธีที่ปลูกด้วย ระบบ Aeroponics พบความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจนรวมในใบสูงกว่ากรรมวิธีที่ปลูกในระบบ NFT และ DRT แต่ไม่มีความแตกต่างกับระบบปลูกที่ปลูกโดยใช้วัสดุปลูก สำหรับการวิเคราะห์ความเข้มข้นฟอสฟอรัสในใบพบว่ากรรมวิธีที่ปลูกในระบบปลูกแบบใช้วัสดุปลูก กับระบบปลูกแบบ NFT ให้ค่าความเข้มข้นของธาตุฟอสฟอรัสในใบที่มากกว่าการปลูกในระบบ DRF และ Aeroponics สำหรับความเข้มข้นของธาตุโพแทสเซียมในใบในแต่ละกรรมวิธีนั้น พบว่า การปลูกในระบบ Aeroponics และ DRT มีความเข้มข้นธาตุโพแทสเซียมสะสมในใบมากกว่ากรรมวิธีที่ปลูกในระบบ NFT อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 19)

ตารางที่ 19 ความเข้มข้นธาตุอาหารในใบพืชหลังจากปลูกในระบบต่างๆ นาน 3 เดือน

กรรมวิธีทดลอง (ระบบปลูก)	ความเข้มข้นธาตุอาหาร (มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง)		
	N	P	K
Substrate culture	6.82 ab	3.52 a	8.80 ab
Nutrient Film Technique (NFT)	5.53 c	3.28 a	7.22 b
Dynamic Root Floating (DRF)	6.04 bc	0.61 b	9.97 a
Aeroponics	7.22 a	1.12 b	10.98 a
C.V. (%)	9.05	34.7	16.0
LSD_{0.05}	0.893	1.139	2.278

หมายเหตุ ตัวอักษรที่ตามหลังค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่เหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ วิเคราะห์โดยใช้ค่า LSD ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

วิจารณ์ผลการวิจัย

การทดลองที่ 1 ผลของวัสดุปลูกต่อการเจริญเติบโตของสตรอเบอรี่

จากการทดลองปลูกสตรอเบอรี่ในวัสดุปลูกที่แตกต่างกัน 4 ชนิด ได้แก่ 1) ทราเย:ถ่านแกลบ ในอัตราส่วน 1:1 2) ทราเย: ถ่านแกลบ: เปลือกข้าว อัตราส่วน 1:1:1 3) กาบมะพร้าวสับ และ 4) ดินผสมที่มีจำหน่ายเป็นการค้า ผลการทดลองพบว่า ต้นสตรอเบอรี่มีการเจริญเติบโตที่ดีที่สุด ในด้านของความสูงทรงพุ่ม และจำนวนใบ เมื่อใช้ทราเยผสมถ่านแกลบเป็นวัสดุปลูก ในขณะที่การเจริญเติบโตของต้นน้อยที่สุดเมื่อใช้กากมะพร้าวสับเป็นวัสดุปลูก ทั้งนี้เนื่องจาก ทราเยผสมถ่านแกลบ ที่อัตราส่วน 1:1 เป็นวัสดุที่มีคุณสมบัติเหมาะสมต่อการปลูกสตรอเบอรี่ เพราะเมื่อนำวัสดุปลูกมาวิเคราะห์ดูความหนาแน่นรวม (bulk density) (ตารางที่ 20) พบว่าทราเยกับถ่านแกลบมีความหนาแน่นที่มากที่สุด (1.05 กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร) เมื่อเปรียบเทียบกับวัสดุอื่นๆ ส่วน กาบมะพร้าวสับ ให้ความหนาแน่นรวมที่น้อยที่สุด (0.13 กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร) ความหนาแน่นรวม บอกให้ทราบถึงน้ำหนักของวัสดุปลูกแห้งต่อหนึ่งหน่วยปริมาตรรวมของวัสดุปลูกทั้งหมด (ปริมาตรของส่วนที่เป็นของแข็ง+ปริมาตรของส่วนที่เป็นช่องว่างของวัสดุปลูก) และดินที่เหมาะสมต่อการปลูกพืชโดยทั่วไปควรมีความหนาแน่นรวมอยู่ระหว่าง 1.0-1.8 กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร ซึ่งอยู่ในช่วงเดียวกับความหนาแน่นรวมของวัสดุผสมระหว่างทราเยและถ่านแกลบในการทดลองนี้ ทำให้รากของพืชสัมผัสกับผิวของวัสดุได้มากขึ้น จึงอาจทำให้สามารถดูดน้ำและธาตุอาหารได้มากกว่าวัสดุที่มีความหนาแน่นรวมน้อยกว่า ดังนั้นจึงอาจเป็นสาเหตุให้ต้นสตรอเบอรี่ที่ปลูกด้วยทราเยผสมถ่านแกลบเจริญเติบโตได้ดีกว่าการปลูกในกากมะพร้าวสับ

ตารางที่ 20 ความหนาแน่นรวม (Bulk density) ของวัสดุปลูกแต่ละชนิด

กรรมวิธีทดลอง (วัสดุปลูก)	ความหนาแน่นรวม (กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร)
ทราเย:ถ่านแกลบ (1:1)	1.05
ทราเย:ถ่านแกลบ:เปลือกข้าว (1:1:1)	0.79
กากมะพร้าวสับ	0.13
ดิน (ชุดควบคุม)	0.95

นอกจากค่าความหนาแน่นรวมแล้ว คุณสมบัติต่างๆของวัสดุปลูกที่แตกต่างกัน อาจเป็นปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลให้ต้นสตรอเบอร์รี่มีการเจริญเติบโตได้แตกต่างกัน เช่นปริมาณธาตุอาหารที่มีอยู่ในวัสดุปลูกแต่ละชนิด จากผลการทดลองพบว่า น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของต้นสตรอเบอร์รี่ ที่ปลูกในกรรมวิธีที่ใช้ กาบมะพร้าวสับ กับกรรมวิธีที่ใช้ดินเป็นวัสดุปลูก ให้ค่าความสูงทรงพุ่ม จำนวนใบ น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งทั้งต้น และน้ำหนักผลสดที่น้อยกว่า กรรมวิธีที่ปลูกในทรายผสมถ่านแกลบ (ตารางที่ 2, 4) ทั้งนี้อาจเป็นเพราะปริมาณธาตุอาหารที่สะสมอยู่ในวัสดุปลูก ซึ่งจากการวิเคราะห์ ปริมาณธาตุอาหารในวัสดุปลูกก่อน และหลัง การทำการทดลอง (ตารางที่ 21) พบว่า ปริมาณธาตุโพแทสเซียม ในวัสดุปลูกที่เป็นกาบมะพร้าวสับกับดิน มีปริมาณที่สูงมากทั้งก่อนและหลังทำการทดลอง เมื่อเทียบกับ วัสดุปลูกที่เป็นทรายผสมถ่านแกลบ หรือทรายผสมถ่านแกลบผสมเปลือกข้าว และด้วยปริมาณโพแทสเซียมที่มากเกินไป พืชจึงอาจเกิดอาการเป็นพิษเนื่องจากได้รับธาตุโพแทสเซียมมากเกินไป เพราะโพแทสเซียมเป็นธาตุที่พืชดูดซึมได้ในรูปของประจุบวก (K^+) เมื่อมีมากเกินไปจะส่งผลให้เกิดการแข่งขันกันในระหว่างไอออนประจุบวกด้วยกันเอง ซึ่งพบว่า พืชจะขาดธาตุ Ca^{2+} Mg^{2+} และ Na^+ เมื่อมีการใส่ปุ๋ย K^+ มาก (พิทยา, 2555) และอาจด้วยเหตุผลนี้จึงทำให้การทดลองที่ปลูกด้วยกาบมะพร้าวสับ ต้นเกิดอาการใบเหลือง และแคะแกระริน รากสั้น เมื่อเปรียบเทียบการกรรมวิธีอื่นๆ (ภาพที่ 7) และเมื่อทำการวิเคราะห์ความเข้มข้นของสีใบ โดยใช้เครื่องคลอโรฟิลล์มิเตอร์ ที่ระยะเวลา 5 เดือน หลังปลูกลงวัสดุ ก็พบว่า ความเข้มข้นสีใบของกรรมวิธีที่ปลูกในกาบมะพร้าวสับให้ค่าที่น้อยที่สุด (เฉลี่ย 31.45 ตารางที่ 3) ซึ่งแตกต่างจากกรรมวิธีอื่นๆอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เป็นการชี้ให้เห็นว่า อาการของพืชที่ปรากฏให้เห็น น่าจะเกิดการได้รับธาตุอาหารไม่สมดุลอันเนื่องมาจากได้รับธาตุโพแทสเซียมมากเกินไป เช่นเดียวกับที่ Mary and Michelle (2013) ได้รายงานไว้ว่าอาการขาดธาตุแมกนีเซียมในสตรอเบอร์รี่มีสาเหตุหลักอยู่สองปัจจัยด้วยกัน ได้แก่ ความเหมาะสมของค่าความเป็นกรด-ด่างของวัสดุปลูก และการได้รับปริมาณธาตุโพแทสเซียมที่มากเกินไป ซึ่งสามารถป้องกันได้โดยการจัดการอัตราส่วนระหว่างธาตุโพแทสเซียมต่อธาตุแมกนีเซียมให้น้อยกว่า 5 (K/Mg ratio < 5)

ตารางที่ 21 ความเข้มข้นธาตุอาหารในวัสดุปลูกก่อนและหลังทำการทดลอง

วัสดุปลูก	ธาตุอาหาร		
	N (เปอร์เซ็นต์)	P (มิลลิกรัม/ กิโลกรัม)	K (มิลลิกรัม/ กิโลกรัม)
ก่อนทำการทดลอง			
ทราย:ถ่านแกลบ (1:1)	0.04	206.50	154.53
ทราย:ถ่านแกลบ:เปลือกข้าว (1:1:1)	0.09	197.43	346.46
กาบมะพร้าวสับ	0.544	244.29	15600.39
ดิน	0.36	300.98	6003.94
หลังทำการทดลอง			
ทราย:ถ่านแกลบ (1:1)	0.04	326.68	154.53
ทราย:ถ่านแกลบ:เปลือกข้าว (1:1:1)	0.14	244.29	316.93
กาบมะพร้าวสับ	0.88	196.67	10925.20
ดิน	0.36	367.50	1903.54

สำหรับคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของผลสตรอเบอรี่ในเรื่องของ ปริมาณกรดที่ ไตรเตรทได้ ค่าความแน่นเนื้อ และ ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ซึ่งจากผลการทดลองพบว่า สตรอเบอรี่ที่ปลูกในวัสดุที่แตกต่างกัน มีผลทำให้คุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของผลสตรอเบอรี่มีความแตกต่างกันด้วย จากผลการทดลองพบว่า กรรมวิธีที่ปลูกใน ทรายผสมถ่านแกลบ ให้ปริมาณกรดที่ไตรเตรทได้น้อย มีความแน่นเนื้อและปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ในปริมาณที่สูง แสดงให้เห็นว่าผลสตรอเบอรี่มีความเปรี้ยวน้อย มีความแน่นของเนื้อและมีความหวานที่สูง เพราะปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (total soluble solids; TSS) ประกอบด้วย กรดอินทรีย์ แร่ธาตุ และน้ำตาล แต่ส่วนใหญ่เป็นน้ำตาล เมื่อวัดค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้จึงเป็นค่าประมาณการของน้ำตาลในผลไม้ ทั้งนี้อาจเนื่องจากเมื่อพืชเจริญเติบโตในวัสดุปลูกที่เหมาะสม ทำให้ระบบรากเจริญเติบโตได้ดี สามารถดูดธาตุอาหารได้อย่างเหมาะสม ซึ่งมีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช และขบวนการเมตาโบลิซึมในพืช โดยเฉพาะอย่างยิ่งการเคลื่อนย้ายน้ำตาล หรือการสะสมของน้ำตาลไปยังผล (Dinar and Stevens, 1981) เช่นเดียวกับ

งานวิจัยของ Tariq *et al.* (2013) ที่ศึกษาผลของระยะปลูก (15 x 30 เซนติเมตร และ 30 x 60 เซนติเมตร) และวัสดุปลูก (ดินตะกอน: ทราาย: ปุ๋ยคอก อัตราส่วน 1:1:1, กาบมะพร้าว, และพีทมอส) ต่อการเจริญเติบโตและคุณภาพผลผลิตของสตรอเบอรี่ ผลการทดลองพบว่าผลสตรอเบอรี่ที่ปลูกโดยใช้ ดินตะกอน:ทราาย:ปุ๋ยคอก อัตราส่วน 1:1:1 ทั้งสองระยะปลูก มีค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (total soluble solids; TSS) สูงกว่า สตรอเบอรี่ที่ปลูกโดยใช้กาบมะพร้าวหรือพีทมอส เป็นวัสดุปลูก

การทดลองที่ 2 ผลของสูตรสารละลายธาตุอาหารต่อการเจริญเติบโต

การศึกษาค่าผลของสารละลายธาตุอาหารสูตรต่างๆที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของสตรอเบอรี่ จำนวน 4 สูตร ได้แก่ สูตร 1) สูตร Arnon and Hoagland 2) สูตร Belgium 3) สูตรดัดแปลง CMU#2-S1 และ 4) สูตรดัดแปลง CMU#2-S2 ผลการทดลองพบว่า การเจริญเติบโตในด้าน ความสูงทรงพุ่ม และจำนวนใบพบว่า กรรมวิธีที่ได้รับสูตร Arnon and Hoagland กับสูตร CMU#2-S1 ให้ค่าที่สูงกว่า กรรมวิธีที่ได้รับ สูตร Belgium กับ สูตร CMU#2-S2 (ตารางที่ 8) ทั้งนี้อาจเป็นเพราะว่าความเข้มข้นของธาตุอาหารที่มีในแต่ละสูตรมีความแตกต่างกัน (ตารางที่ 22) โดยเฉพาะธาตุไนโตรเจน ซึ่งเป็นธาตุที่พืชมีความต้องการมากและมีบทบาทสำคัญในพืชหลายอย่าง พิทยา (2555) กล่าวว่า การให้ไนโตรเจนจำนวนมากจะทำให้มีการแตกใบอ่อนได้มาก และใบมีขนาดใหญ่ พื้นที่ใบรวมของทรงพุ่มมาก ในการทดลองนี้ กรรมวิธี Arnon and Hoagland และ CMU#2-S1 ให้ความเข้มข้นของไนโตรเจนที่ 253 และ 216 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ ซึ่งสูงกว่า กรรมวิธี Belgium-Strawberry และ CMU#2-S2 ที่ให้ความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจนที่ 115 และ 148 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ จึงอาจเป็นสาเหตุให้ ความสูงทรงพุ่ม และจำนวนใบของกรรมวิธีที่ให้ด้วย สูตร Arnon and Hoagland และ สูตร CMU#2-S1 สูงกว่า กรรมวิธีที่ให้ด้วยสูตร Belgium กับ CMU#2-S2 อย่างไรก็ตามข้อมูลในส่วนความเข้มข้นของสีใบพบว่าไม่มีความแตกต่างกัน ทั้งนี้อาจเป็นเพราะว่า ทุกกรรมวิธีการทดลองยังได้รับธาตุไนโตรเจนที่มีอยู่ในสูตรแต่ละสูตร ถึงแม้ความเข้มข้นจะไม่เท่ากัน แต่ก็ยังไม่ถึง ระดับที่ขาดแคลน (Deficiency level) ดังนั้นค่าความเข้มของสีใบในแต่ละกรรมวิธีจึงไม่มีความแตกต่างกัน

ตารางที่ 22 ความเข้มข้นของธาตุอาหารหลักในแต่ละสูตรสารละลายธาตุอาหาร

สูตรสารละลายธาตุอาหาร	ความเข้มข้นของธาตุอาหาร (มิลลิกรัม/ลิตร)					
	N	P	K	Ca	Mg	S
Arnon and Hoagland	253	62	394	120	48	64
Belgium-Strawberry	115	48	61	164	3	4
CMU#2-S1	216	47	383	110	29	38
CMU#2-S2	148	40	255	73	29	38

จากข้อมูลในส่วนของน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้ง ของต้นสตรอเบอรี่หลังจากที่ได้รับกรรมวิธีทดลองนาน 5 เดือน พบว่า ต้นที่ได้รับสูตร Belgium ให้ค่าน้ำหนักสดและแห้งของน้อยที่สุด ทั้งนี้อาจจะเป็นผลมาจากความเข้มข้นของธาตุอาหารในสูตร Belgium ที่มีค่าค่อนข้างน้อยเมื่อเทียบกับสูตรอื่นๆที่ใช้ในการทดลอง พี่จึงได้รับธาตุอาหารที่น้อยกว่า ส่งผลให้การเจริญเติบโตและน้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง มีค่าน้อยกว่าตามมา โดยเฉพาะธาตุไนโตรเจน เพราะจากการวิเคราะห์ธาตุอาหารในใบสตรอเบอรี่ พบว่า สูตร Belgium มีการสะสมธาตุไนโตรเจนน้อยกว่าสูตรอื่นๆอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อย่างไรก็ตามพบว่าน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของผลรวมถึง คุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของผลสตรอเบอรี่ที่ได้รับสารละลายธาตุอาหารสูตรต่างๆ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่ถ้าพิจารณาในด้านของผลผลิตรวมพบว่าสตรอเบอรี่ที่ได้รับสูตร CMU#2-S2 มีแนวโน้มให้ค่าผลผลิตรวมสูงสุด รองลงมาได้แก่สูตร Arnon and Hoagland และสูตร CMU#2-S1 ตามลำดับ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะว่าระดับธาตุในสูตร CMU#2-S2 มีความเหมาะสมการเพิ่มปริมาณ ผลผลิตของผลสตรอเบอรี่ มากกว่าสูตร Arnon and Hoagland และสูตร CMU#2-S1 เพราะตัวธาตุหลักๆ ในสูตรทั้งสาม ที่มีความแตกต่างกันอย่างชัดเจน คือธาตุไนโตรเจน กับ โพแทสเซียม (ตารางที่ 22) ซึ่งจะพบว่าสูตร CMU#2-S2 มีค่าของความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน กับ โพแทสเซียม ที่น้อยกว่า สูตร Arnon and Hoagland และสูตร CMU#2-S1 แต่ข้อมูลในส่วนน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของต้นไม่มีความแตกต่างกัน ในขณะที่ปริมาณผลผลิตรวมของ CMU#2-S2 ให้ค่าที่สูงกว่า ดังนั้น ความเข้มข้นของธาตุโพแทสเซียม ที่ 255 มิลลิกรัม/ลิตร อาจเป็นความเข้มข้นที่เหมาะสมต่อการออกดอกติดผลของสตรอเบอรี่ มากกว่า

ที่ความเข้มข้นสูงๆ ในสูตร Arnon and Hoagland และสูตร CMU#2-S1 (394 และ 383 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ)

การทดลองที่ 3 ผลของระบบปลูกต่อการเจริญเติบโตของสตรอเบอรี่

จากการทดสอบระบบปลูกพืชแบบไม่ใช้ดินที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของสตรอเบอรี่ 4 ระบบ ได้แก่ 1) Substrate culture 2) NFT 3) DRF และ 4) Aeroponics จากผลการทดลองพบว่า การปลูกโดยใช้ระบบ Aeroponics ให้ความสูงทรงพุ่ม จำนวนใบ ความเข้มข้นใบ น้ำหนักสด-แห้ง ทั้งต้นของสตรอเบอรี่ และปริมาณผลผลิตที่สูงกว่าทุกๆระบบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้ อาจเป็นเพราะว่า ด้วยหลักการของการปลูกแบบ Aeroponics ที่เป็นการปลูกพืชโดยปล่อยให้รากพืชลอยอยู่ในอากาศ ปราศจากวัสดุยึดเหนี่ยวและมีการฉีดพ่นสารละลายธาตุอาหารให้กับรากเป็นระยะๆ (โสระยา, 2544) ด้วยเหตุนี้รากพืชจึงมีโอกาสได้รับอากาศ มากกว่าการปลูกในระบบอื่นๆ ต้นสตรอเบอรี่จึงมีการเจริญเติบโตได้ดีกว่าระบบอื่นๆ คล้ายกับงานวิจัยของ Kang *et al.* (1996) ที่ได้ทำการทดสอบปลูกมันฝรั่งในระบบ Aeroponics และได้พบว่า ความสูงต้น ความยาวของก้านและไหลของต้นมันฝรั่ง ให้ค่าที่สูงกว่า ที่ปลูกในระบบ NFT



รูปที่ 17 รากของต้นสตรอเบอรี่ที่ปลูกในระบบ Aeroponics

สรุปและข้อเสนอแนะ

การศึกษาการปลูกสตรอเบอรี่ในระบบไฮโดรโปนิคส์ จำนวน 3 การทดลองเกี่ยวกับวัสดุปลูกที่เหมาะสม สูตรสารละลายธาตุอาหารที่เหมาะสม และระบบปลูกที่เหมาะสม ซึ่ง จากผลการทดลองพบว่า วัสดุปลูกที่เหมาะสมต่อการปลูกสตรอเบอรี่แบบไม่ใช้ดินได้แก่ ทราวยผสม ถ่านแกลบ ในอัตราส่วน 1:1 ในขณะที่การทดลองสูตรสารละลายที่เหมาะสมสำหรับสตรอเบอรี่ ผลการทดลองค่อนข้างมีความใกล้เคียงกันในแต่ละสูตร แต่สูตรที่ไม่เหมาะสมชัดเจน สำหรับการปลูกสตรอเบอรี่ในไทย คือ สูตร Belgium สำหรับสูตรที่แนะนำสำหรับการปลูกเพื่อเพิ่มผลผลิตนั้นได้แก่สูตรดัดแปลง CMU#2 –S2 เพราะให้ผลผลิตรวมที่สูงอีกทั้งยังใช้ธาตุอาหารในปริมาณที่น้อยกว่าสูตร Arnon and Hoagland และสูตร CMU#2 –S1 ส่วนระบบปลูกที่แนะนำสำหรับการปลูกสตรอเบอรี่ในระบบไฮโดรโปนิคส์ได้แก่ระบบการปลูกแบบ Aeroponics เพราะให้การเจริญเติบโตที่ดี และผลผลิตมีปริมาณสูง อย่างไรก็ตามควรมีการศึกษาเพื่อยืนยันผลซ้ำอีกครั้งหนึ่ง และปรับสูตรสารละลายให้พืชมีการเจริญเติบโตได้มากขึ้นต่อไป

บรรณานุกรม

- กฐิน ศรีมงคล ณรงค์ชัย พิพัฒน์ธนวงศ์ อุดม พรหมตัน วิสิษฐ กิจสมพร เวช เต้จ๊ะ และสมพล วงศ์กิติ. 2547. รายงานโครงการวิจัยปัจจัยที่มีผลต่อการปฏิบัติในการปลูกสตร-รอบเบอรี่ของเกษตรกรบนพื้นที่สูงของมูลนิธิโครงการหลวง, เชียงใหม่. 114 น. กองพัฒนา เกษตรที่สูง. 2543.
- กองพัฒนาเกษตรที่สูง. 2543. การปลูกสตรอบเบอรี่. สำนักงานปลัดกระทรวงเกษตรและ สหกรณ์. 91 น.
- ชัยสิทธิ์ ชินวัตร. 2549. การปลูกผักไร้ดิน ผักปลอดภัย 100%. สำนักพิมพ์ ยูทีไลซ์ จำกัด, กรุงเทพฯ 107 น.
- ชูพงษ์ สุกมลนันท์. 2531. สตรอบเบอรี่. โอ.เอส.พริ้นติ้งเฮ้าส์. กรุงเทพฯ. 216 หน้า.
- ณรงค์ชัย พิพัฒน์ธนวงศ์ ฮิโรชิ อาคากิ เวช เต้จ๊ะ และเบ็ญจารัตต ทองยี่น. 2555. "สตรอบเบอรี่พันธุ์พระราชทาน80". [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา:
http://www.rdi.ku.ac.th/kasetresearch53/group06/narongchai/index_04.html
- ณรงค์ชัย พิพัฒน์ธนวงศ์. 2543. สตรอบเบอรี่ พืชเศรษฐกิจใหม่. สำนักพิมพ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 158 น.
- ดิเรก ทองอร่าม. 2546. การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน. ชรรมภ์การพิมพ์. ราชบุรี. 640 หน้า.
- ถวัลย์ พัฒนเสถียรพงศ์. 2534. การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน. กรุงเทพฯพรวนการพิมพ์, กรุงเทพฯ. 127 น.
- นพดล เรียบเลิศศิริ. 2550. การปลูกพืชไร้ดิน. ภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 169 น.
- พิทยา สรวมศิริ. 2555. ธาตุอาหารในการผลิตพืชสวน. คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. เชียงใหม่ 326 หน้า
- ภาควิชาปฐพีวิทยา. (ไม่ระบุปีที่พิมพ์). โปรแกรมคำนวณสารละลายธาตุอาหารพืช ภาควิชา ปฐพีวิทยา คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง กรุงเทพฯ. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา:
<http://www.kmitl.ac.th/soilkmitl/download.html> (1 ตุลาคม 2555).

- มณูญ ศิริบุษย์. 2544. การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินสู่การปฏิบัติในประเทศไทย. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี, ปัตตานี. 90 น.
- สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ. 2553. ค่ามาตรฐานปริมาณสารพิษตกค้างสูงสุด. [ระบบออนไลน์]. แหล่งข้อมูล:
http://www.acfs.go.th/showMRL.php?Product100&Residue=0&out_style=by+Commodity.
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2550. ข้อมูลเศรษฐกิจการเกษตร: ปัจจัยการผลิต. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา: <http://www.oae.go.th/main.php?filename=index>
- สุรินทร์ นิลสำราญจิต. 2542. การพัฒนาระบบการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินของสตรอเบอรี่, เชียงใหม่. 59 น.
- โสระยา ร่วมรังษี. 2543. การผลิตพืชส่วนแบบไม่ใช้ดิน. ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 73 น.
- โสระยา ร่วมรังษี. 2544. การผลิตพืชสวนแบบไม่ใช้ดิน. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์. 80 หน้า.
- อรุณี จันไชยชนะ. 2552. พฤติกรรมการป้องกันการสัมผัสสารเคมีกำจัดศัตรูพืชและปัจจัยที่เกี่ยวข้องในเกษตรกรที่ปลูกสตรอเบอรี่. วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาโท (พยาบาลศาสตรมหาบัณฑิต). บัณฑิตวิทยาลัย. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- อานัฐ ตันโซ. 2549. การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน (ไฮโดรโปนิกส์). สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ, ปทุมธานี. 66 น.
- เอกนรินทร์ ปินทะมา. 2550. ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับความสำเร็จในการปลูกสตรอเบอรี่ในตำบลป่อแก้ว อำเภอสะเมิง จังหวัดเชียงใหม่. วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาโท (วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต) บัณฑิตวิทยาลัย. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- เอนก จอมมูล. 2549. การปฏิบัติของเกษตรกรในการใช้สารเคมีเกษตรสำหรับการผลิตสตรอเบอรี่ในอำเภอสะเมิง จังหวัดเชียงใหม่. วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาโท (วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต) บัณฑิตวิทยาลัย. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- Ashari, M.E., and M. Gholami. 2010. The effect of increase chloride (Cl⁻) content in nutrient solution on yield and quality of strawberry (*Fragaria ananassa* Duch.) fruits. J. Fruit and Ornamental Plant Research. 18(1): 37-44.

- Calvete, E.O., A.A. Nienow, C.D.L. Wesp, L. Cestonaro, F. Mariani, I. Fioreze, D. Cecchetti, and T. Castilhos. 2007. Hydroponic strawberry production in vertical columns system under protected cultivation. *Revista Brasileira de Fruticultura*. 29 (3): 524 – 529.
- Desmet, E.M., L. Verbraeken, and W. Baets. 2009. Optimisation of nitrogen fertilization prior to and during flowering process on performance of short day strawberry 'Elsanta'. *Acta Hort*. 842: 675 – 678.
- Dinar, M., and M.A. Stevens. 1981. The relationship between starch accumulation and soluble solids content of tomato fruits. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 106: 415–418.
- Gimenez, G., J. Andriolo, and R. Godoi. 2008. Strawberry soilless cultivation. *Ciencia Rural*. 38 (1): 273 – 279.
- Kang, J.G., S.Y. Yang, and S.Y. Kim. 1996. Effects of nitrogen levels on the plant growth, tuberization and quality of potatoes grown in aeroponics. *J. Korean Soc. Hort. Sci.* 37: 761–766.
- Mary, K., and M. Michelle. 2013. Production guide for organics strawberries. NYS IPM Publication number 226. New York. 62 p.
- Mason, J. 1990. *Commercial Hydroponics*. Australia, Kangaroo Press. 172 p.
- McNeal, B.L., F. Tardieu, H.V. Keulen, and D.V. Vleck. 1994. *Soilless culture management*. Jerusalem College of Technology, Israel. 200 p.
- Mizukoshi, K., T. Nishiwaki, N. Ohtake, R. Minagawa, K. Kobayashi, T. Ikarashi, and T. Ohyama. 1994. Determination of tungstate concentration in plant materials by $\text{HNO}_3\text{-HClO}_4$ digestion and colorimetric method using thiocyanate. *Bull. Fac. Agric., Niigata Univ.* 46: 51 – 56.
- Ohyama, T., M. Ito, K. Kobayashi, S. Araki, S. Yasuyoshi, O. Sasaki, T. Yamazaki, K. Soyama, R. Tanemura, Y. Mizuno, and T. Ikarashi. 1991. Analytical procedures of

- N, P, K content in plant and manure materials using H₂SO₄-H₂O₂ Kjeldahl digestion method. Bull. Fac. Agric., Niigata Univ. 43: 111 – 120.
- Ohyama, T., T. Ikarashi, and A. Baba. 1985. Nitrogen accumulation in the roots of tulip plants (*Tulipa gesneriana*). Soil Sci. Plant Nutr. 31: 581 – 588.
- Recameles, A.F., J.L. Medina, and D. Hernanz. 2007. Physicochemical characteristics and mineral content of strawberries grown in soil and soilless system. Journal of Food Quality. 30: 837–853.
- Smith, B. J. 2009. Influence of nitrogen, phosphorus, and potassium on the severity of strawberry anthracnose crown rot. Acta Hort. 842: 235 – 238.
- Tariq, R., K. M. Qureshi, I. Hassan, M. Rasheed, and U.S. Qureshi. 2013. Effect of planting density and growing media on growth and yield of strawberry. Pakistan J. Agri. Res. 26(2): 113–126.
- Thomas, G.W. 1982. Exchange Cations Method 9–3.1, pp.159–165. In A. L. (ed.) Methods of soil analysis. Part 2. Chemical and microbiological properties, 2nd Ed., ASA, SSA, Madison, WI 53711.
- Yavari, S., Eshghi, S., Tafazoli, E. and Karimian, N. 2009. Mineral Elements Uptake and Growth of Strawberry as Influenced by Organic Substrates. Journal of Plant Nutrition, 32: 1498–1512.