

การเจริญเติบโตของผักกาดหอมพันธุ์ Red Oak ที่ปลูกในระบบไฮโดรโปนิกส์ด้วยสารละลายสูตรต่าง ๆ

Growth of Leaf Lettuce cv. Red Oak Grown in Hydroponics with Different Nutrient Solutions

เยาวพา จิระเกียรติกุล และนิสา แซ่ลิ้ม

ภาควิชาเทคโนโลยีการเกษตร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต ปทุมธานี 12121

บทคัดย่อ

ศึกษาการเจริญเติบโตของผักกาดหอมพันธุ์ Red Oak ที่ปลูกในระบบไฮโดรโปนิกส์แบบสารละลายไม่หมุนเวียน (non - circulating system) ที่เติมออกซิเจน โดยใช้สารละลายที่แตกต่างกัน 4 สูตร ได้แก่ สูตร Lettuce, DTWC1, Resh Tropical Dry Summer และ Enshi วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ จำนวน 5 ซ้ำ จากผลการทดลอง พบว่า ผักกาดหอมพันธุ์ Red Oak ที่ปลูกในสารละลายสูตร Resh Tropical Dry Summer และ Enshi มีความสูงมากกว่าและแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับต้นที่ปลูกในสารละลายสูตร Lettuce และ DTWC1 แต่ความกว้างทรงพุ่ม จำนวนใบ น้ำหนักสดและแห้งของต้นและรากไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทั้ง 4 สูตร อย่างไรก็ตามต้นทุนในการเตรียมสารละลายสูตร Enshi มีราคาสูงที่สุดเท่ากับ 1.57 บาท/ลิตร จึงเหมาะสมที่จะนำมาใช้ปลูกผักกาดหอมพันธุ์ Red Oak

คำสำคัญ: การเจริญเติบโต ผักกาดหอม ไฮโดรโปนิกส์ สารละลายธาตุอาหาร

Abstract

Growth of leaf lettuce cv. Red Oak grown in different nutrient solution using a non – circulating hydroponics system with air pump was investigated. Four different nutrient solutions used were Lettuce nutrient solution, DTWC1 nutrient solution, Resh Tropical Dry Summer nutrient solution and Enshi nutrient solution. The experiment was arranged in Completely Randomized Design with five replicates. The results indicated that the plant heights of leaf lettuce cv. Red Oak grown in the Resh Tropical Dry Summer and in the Enshi solutions were significantly higher than those grown in the Lettuce and in the DTWC1 solutions. There was no significant difference among treatments in plants width, number of leaves, fresh and dry weight of shoot and root. However, the cost for preparing Enshi solution was the cheapest (1.57 bath/liter). Therefore, the Enshi solution is the most appropriate nutrient solution to grow leaf lettuce cv. Red Oak

Keywords: growth, hydroponics, lettuce, nutrient solution

1. บทนำ

ในปัจจุบันอัตราการเพิ่มของประชากรเป็นไปอย่างรวดเร็ว ทำให้ความต้องการอาหารมีเพิ่มขึ้น ในขณะที่พื้นที่ทำการเกษตรมีแนวโน้มลดลง บางพื้นที่ยังมีปัญหาดินขาดความอุดมสมบูรณ์ และปัญหาการสะสมของโรคและแมลง ทำให้ต้องมีการใช้ปุ๋ยเคมีและสารเคมีกำจัดศัตรูพืชมากขึ้น ส่งผลให้เกิดพิษตกค้างในผลผลิตหลังการเก็บเกี่ยว โดยเฉพาะในพืชผัก ผู้บริโภคจึงเริ่มตื่นตัวและสนใจในความปลอดภัยของอาหารมากยิ่งขึ้น ทำให้ผลผลิตทางการเกษตรที่มีความปลอดภัยเป็นที่ต้องการมากขึ้น และมีราคาสูง [1] ที่ผ่านมามีความพยายามในการที่จะผลิตผักและพืชต่างๆ ให้มีความปลอดภัยด้วยวิธีการต่างๆ เช่น การปลูกผักในมุ้ง การปลูกผักในโรงเรือน และปัจจุบันมีการนำวิธีการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินหรือไฮโดรโปนิคส์มาใช้ในการปลูกพืชผักให้มีความปลอดภัย สด สะอาด สามารถผลิตได้ตลอดทั้งปี และใช้ในการผลิตผักบางชนิดเพื่อทดแทนการนำเข้าอีกด้วย [2]

ผักกาดหอม (*Lactuca sativa*) เป็นผักชนิดหนึ่งที่นิยมบริโภคส่วนของใบ และนิยมรับประทานสด มีคุณค่าทางโภชนาการสูงประกอบด้วยวิตามินเอ วิตามินซี แคลเซียม เหล็ก โปรตีนและคาร์โบไฮเดรต มีคุณสมบัติทางเภสัชกรรมในด้านระงับความกระวนกระวาย การขับปัสสาวะ และเสมหะ ในผักชนิดนี้ยังประกอบด้วยสาร antioxidant หลายชนิดเช่น folic acid, lutene, beta-carotein เป็นต้น [3] จากการที่เป็นผักที่มีการบริโภคตลอดทั้งปี มีความต้องการสูง และมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น [4] จึงต้องใช้ระบบไฮโดรโปนิคส์ในการผลิตเพื่อให้ได้ผักที่สด สะอาด ปลอดภัย และสามารถผลิตได้ตลอดทั้งปี ซึ่งจะเห็นว่ามีการวิจัยจำนวนมากที่ทำการศึกษารูปการปลูกผักกาดหอมในระบบไฮโดรโปนิคส์ [2; 5; 6; 7] โดยแต่ละงานวิจัยจะใช้สูตรสารละลายที่แตกต่างกัน อารักษ์ [8] ได้กล่าวไว้ว่าสูตรสารละลายที่เหมาะสมขึ้นอยู่กับชนิดพืชปลูก ฤดูปลูก แสง อุณหภูมิในช่วงปลูก สถานที่ปลูก และวัตถุประสงค์ของการปลูก โดยสูตรสารละลายที่ดีต้องเป็นสูตรที่ประหยัดแต่สามารถ

ให้ธาตุอาหารได้เพียงพอกับความต้องการของพืช [2] แนวทางหนึ่งในการที่จะได้มาซึ่งสูตรสารละลายในเวลาสั้นลง ก็คือการนำสูตรสารละลายที่มีผู้ศึกษาไว้ก่อนมาทดสอบในสภาพแวดล้อมที่ต้องการปลูกเพื่อคัดเลือกสูตรสารละลายที่เหมาะสม ดังนั้นงานทดลองนี้จึงได้นำสูตรสารละลายที่ใช้ในการปลูกผักกาดหอมจากงานวิจัยต่างๆ มาทดลองปลูกกับผักกาดหอมพันธุ์ Red Oak โดยปลูกในระบบไฮโดรโปนิคส์แบบสารละลายไม่หมุนเวียนที่เติมออกซิเจน เพื่อให้ได้สูตรสารละลายที่เหมาะสมกับผักกาดหอมพันธุ์ Red Oak และระบบปลูกดังกล่าว

2. อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

เพาะเมล็ดผักกาดหอมพันธุ์ Red Oak ในฟองน้ำที่ชุ่มน้ำขนาด 3 x 3 เซนติเมตร ที่กรีดตรงกลางลึกประมาณ 1 เซนติเมตร นำฟองน้ำมาแช่ในกระเบะพลาสติกขนาด 31 x 46.5 x 18 เซนติเมตร (กว้าง x ยาว x สูง) ที่บรรจุน้ำกลั่นประมาณ 3 ลิตรเป็นเวลา 3 วัน แล้วย้ายต้นกล้ามาเพาะในสารละลาย 4 สูตร คือ Lettuce [7], DTWC1 [9], Resh Tropical Dry Summer [10] และ Enshi [11] โดยแต่ละสูตรมีความเข้มข้นครึ่งเท่า (half strength) เป็นเวลา 4 วัน จากนั้นนำต้นกล้าที่แข็งแรงย้ายลงระบบปลูกที่เติมสารละลายความเข้มข้น 1 เท่า วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) แต่ละสูตรมี 4 ซ้ำ แต่ละซ้ำมี 4 ต้น ใช้ระบบปลูกแบบสารละลายไม่หมุนเวียนที่เติมออกซิเจน ทำการเปลี่ยนสารละลายใหม่เมื่อต้นผักกาดหอมมีอายุ 3 สัปดาห์หลังเพาะเมล็ด

เมื่อต้นผักกาดหอมพันธุ์ Red Oak มีอายุ 14, 21, 28 และ 35 วันหลังเพาะเมล็ด ทำการบันทึกความสูงต้น (เซนติเมตร) โดยรวบใบแล้ววัดจากโคนจนถึง

ปลายที่ยาวที่สุด, ความกว้างทรงพุ่ม (เซนติเมตร) โดยวัดจากปลายใบด้านหนึ่งไปยังอีกด้านหนึ่ง, จำนวนใบนับเฉพาะใบที่กางเต็มที่ และในวันที่เก็บเกี่ยวผลผลิต (35 วันหลังเพาะเมล็ด) บันทึกน้ำหนักสดต้นและราก จากนั้นหั่นชิ้นส่วนพืชเป็นชิ้นเล็กๆ อบด้วยตู้อบแห้ง (hot air oven) อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 72 ชั่วโมง นำมาชั่งน้ำหนักแห้งต้นและราก

3. ผลการทดลอง

3.1 ความสูงต้น

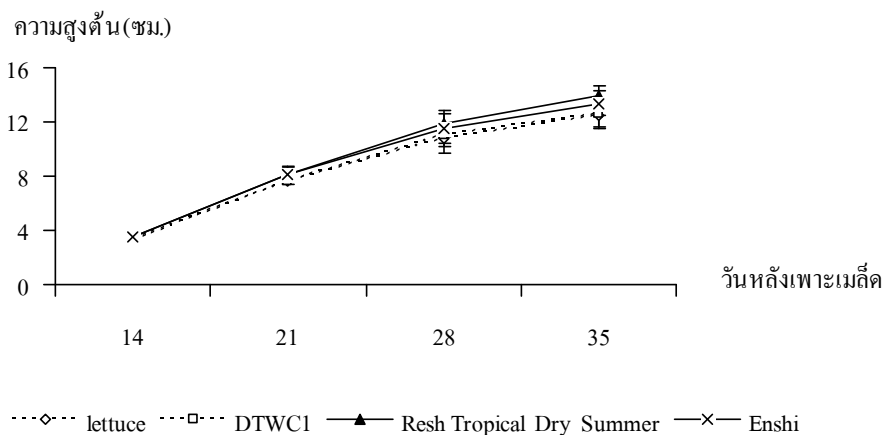
จากการทดลองปลูกผักกาดหอมพันธุ์ Red Oak ในสารละลายธาตุอาหารที่แตกต่างกัน 4 สูตร พบว่า เมื่ออายุ 14, 21 และ 28 วันหลังเพาะเมล็ด ความสูงต้นไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ แต่เมื่ออายุ 35 วันหลังเพาะเมล็ด ต้นที่ปลูกในสารละลายสูตร Resh Tropical Dry Summer มีความสูงต้นมากที่สุดเท่ากับ 14.00 ± 0.69 เซนติเมตร และไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับต้นที่ปลูกในสารละลายสูตร Enshi ที่มีความสูงต้นเท่ากับ 13.35 ± 0.91 เซนติเมตร แต่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับต้นที่ปลูกในสารละลายสูตร Lettuce และสูตร DTWC1 (ภาพที่ 1)

3.2 ความกว้างทรงพุ่ม

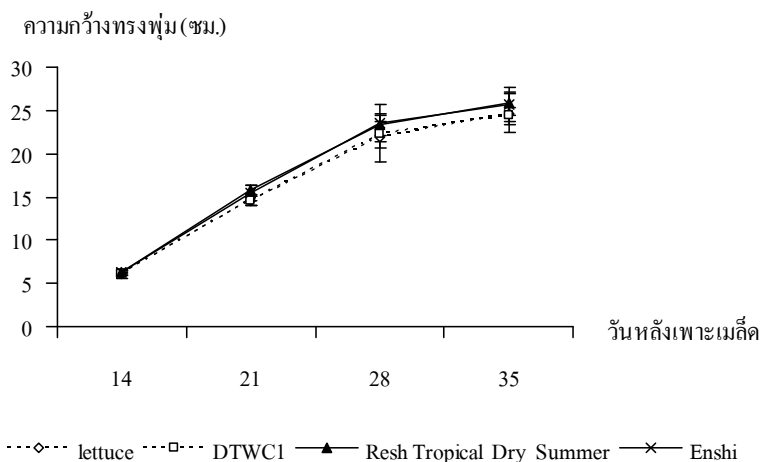
เมื่อต้นมีอายุ 14 วันหลังเพาะเมล็ด พบว่า ความกว้างทรงพุ่มของผักกาดหอมพันธุ์ Red Oak ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ แต่ที่อายุ 21 วันหลังเพาะเมล็ด พบว่า ต้นที่ปลูกในสารละลายสูตร Resh Tropical Dry Summer และสูตร Enshi มีความกว้างทรงพุ่มเท่ากับ 15.76 ± 0.50 และ 15.44 ± 0.93 เซนติเมตร ตามลำดับ ซึ่งมากกว่าและแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับต้นที่ปลูกในสารละลายสูตร Lettuce และสูตร DTWC1 ที่มีความกว้างทรงพุ่มเท่ากับ 14.58 ± 0.50 และ 14.54 ± 0.55 เซนติเมตร ตามลำดับ (ภาพ

ที่ 2) เมื่อพักกาดหอมพันธุ์ Red Oak อายุ 28 และ 35 วันหลังเพาะเมล็ด ไม่พบความแตกต่างอย่างมี

นัยสำคัญของความกว้างทรงพุ่มในทุกสูตรสารละลาย



รูปที่ 1 ความสูงต้น (เซนติเมตร) ของพักกาดหอมพันธุ์ Red Oak ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ต่างกัน 4 สูตร เมื่ออายุ 14, 21, 28 และ 35 วันหลังเพาะเมล็ด



รูปที่ 2 ความกว้างทรงพุ่ม (เซนติเมตร) ของพักกาดหอมพันธุ์ Red Oak ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ต่างกัน 4 สูตร เมื่ออายุ 14, 21, 28 และ 35 วันหลังเพาะเมล็ด

3.3 จำนวนใบ

จำนวนใบของต้นพักกาดหอมพันธุ์ Red oak ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารแต่ละสูตรนั้นไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่อายุ 14 วันหลังเพาะ

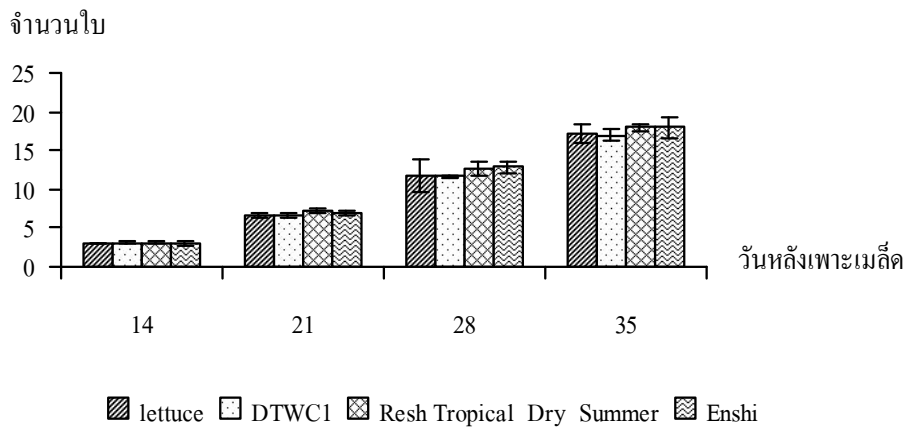
เมล็ด แต่พบความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญเมื่อต้นอายุ 21 วันหลังเพาะเมล็ด (รูปที่ 3) โดยต้นที่ปลูกในสารละลายสูตร Resh Tropical Dry Summer มีจำนวนใบมากที่สุดเท่ากับ 7.20 ± 0.21 ใบ ซึ่งแตกต่างกับต้น

ที่ปลูกในสารละลายสูตร Lettuce และ DTWC1 ที่มีจำนวนใบน้อยที่สุดคือ 6.70 ± 0.27 และ 6.65 ± 0.29 ใบ ตามลำดับ และเมื่อต้นผักกาดหอมมีอายุ 28 และ 35 วันหลังเพาะเมล็ด พบว่า จำนวนใบไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ โดยต้นที่ปลูกในสารละลายสูตร Resh Tropical Dry Summer และสูตร Enshi มีจำนวนใบ (18.00 ± 0.47 และ 18.00 ± 1.41 ใบ ตามลำดับ) มากกว่าต้นที่ปลูกในสารละลายสูตร Lettuce และ DTWC1 (16.92 ± 1.18 และ 16.93 ± 0.80 ใบ ตามลำดับ) ที่อายุ 35 วันหลังเพาะเมล็ด

3.4 น้ำหนักสดและแห้งของต้นและราก

น้ำหนักสดและแห้งของต้นและราก พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ โดยต้นที่ปลูกในสารละลายสูตร Resh Tropical Dry Summer และ

Enshi มีน้ำหนักสดต้นมากที่สุดเท่ากับ 69.98 ± 8.06 และ 69.90 ± 11.00 กรัม ตามลำดับ และมีน้ำหนักแห้งต้นมากที่สุดเช่นกันคือ 3.47 ± 0.30 และ 3.33 ± 0.50 กรัม ตามลำดับ ส่วนต้นที่ปลูกในสารละลายสูตร Lettuce มีน้ำหนักสดและแห้งต้นน้อยที่สุด เท่ากับ 60.44 ± 15.23 และ 3.03 ± 0.66 กรัม ตามลำดับ (ภาพที่ 4 และ 5) ในส่วนของราก พบว่า ต้นที่ปลูกในสารละลายสูตร Enshi มีน้ำหนักสดและแห้งรากมากที่สุดคือ 10.35 ± 1.52 และ 0.31 ± 0.04 กรัม ตามลำดับ ส่วนต้นที่ปลูกในสารละลายสูตร Resh Tropical Dry Summer มีน้ำหนักสดและแห้งรากน้อยที่สุด เท่ากับ 9.78 ± 1.14 และ 0.27 ± 0.03 กรัม ตามลำดับ



รูปที่ 3 จำนวนใบของผักกาดหอมพันธุ์ Red Oak ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่แตกต่างกัน 4 สูตร เมื่ออายุ 14, 21, 28 และ 35 วันหลังเพาะเมล็ด

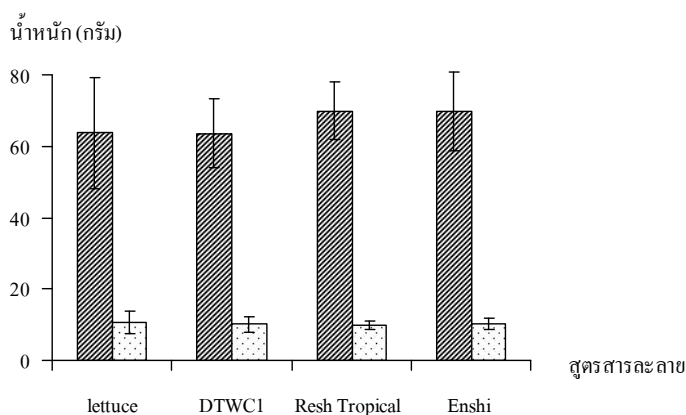
4. วิจารณ์ผลการทดลอง

จากการทดลอง พบว่า ผักกาดหอมพันธุ์ Red Oak ที่ปลูกด้วยระบบไฮโดรโปนิคส์สามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตได้เร็วที่ระยะเวลาเพียง 35 วัน ซึ่งโดยทั่วไปผักกาดหอมที่ปลูกลงดินจะมีอายุการเก็บเกี่ยวที่ 40 - 50 วันหลังหว่านเมล็ดลงแปลง [3] โดย

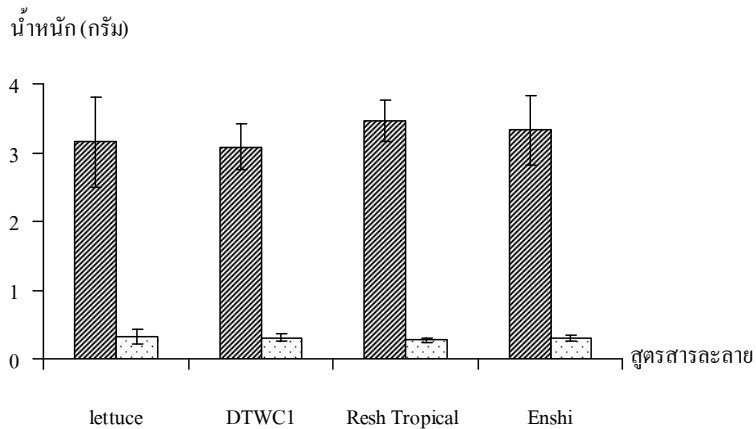
การปลูกพืชด้วยระบบไฮโดรโปนิคส์พืชจะเจริญเติบโตได้รวดเร็วและให้ผลผลิตได้มาก เนื่องจากสามารถควบคุมสารอาหารได้ดีกว่าการปลูกในดิน และพืชยังได้ใช้ปุ๋ยในรูปอนินทรีย์โดยตรง จึงสามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตได้เร็วขึ้น [12] เมื่อพิจารณาการเจริญเติบโต พบว่า ต้นผักกาดหอมพันธุ์ Red Oak

มีการเจริญเติบโตที่ไม่แตกต่างกัน อาจเนื่องจากสูตรสารละลายที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้เป็นสูตรสารละลายที่เหมาะสมในการปลูกผักกาดหอมจากงานวิจัยต่างๆ [2; 5; 6; 7] จึงมีปริมาณธาตุอาหารต่างๆ ที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของผักกาดหอมพันธุ์ Red Oak นอกจากนี้ Steiner [13] ได้กล่าวไว้ว่า ผักกาดหอมมีความสามารถในการหาและดูดใช้ธาตุอาหารต่างๆ ในสัดส่วนที่พืชต้องการได้ แม้จะอยู่ในสารละลายที่อาจมีส่วนของธาตุอาหารที่แตกต่างกัน แต่จะกระทบต่อผลผลิตหรือไม่ขึ้นขึ้นอยู่กับสัดส่วนในสารละลายธาตุอาหารนั้นยังอยู่ในเกณฑ์ที่ใกล้เคียงกับสัดส่วนที่พืชต้องการมากน้อยเพียงใด ซึ่งจากการทดลองจะเห็นได้ว่าต้นที่ปลูกในสารละลายสูตร Resh Tropical Dry Summer และ Enshi มีแนวโน้มให้การเจริญเติบโตที่ดีและผลผลิตสูงกว่าสูตร Lettuce และ DTWC1 โดยผลการทดลองนี้สอดคล้องกับการทดลองของธีระศักดิ์ [2] ที่พบว่าสารละลายสูตร Resh Tropical Dry Summer และ Enshi เหมาะสมในการใช้ปลูกผักกาดหอมในสภาพโรงเรือนเปิด โดยมีสัดส่วนของธาตุอาหารประจวบคือ $K^+ : Ca^{2+} : Mg^{2+}$ เท่ากับ

41.2 : 51.4 : 7.4 และ 60.0 : 30.8 : 9.2 ตามลำดับ และธาตุอาหารประจวบคือ $NO_3^- : H_2PO_4^- : SO_4^{2-}$ เท่ากับ 67.4 : 12.3 : 20.4 และ 75.4 : 9.9 : 14.8 ซึ่งอยู่ในช่วงที่มีรายงานว่าเหมาะสมสำหรับผักกาดหอม คือ $K^+ : Ca^{2+} : Mg^{2+}$ เท่ากับ 22 - 66 : 22 - 66 : 6 - 18 และ $NO_3^- : H_2PO_4^- : SO_4^{2-}$ เท่ากับ 60 - 80 : 5 - 15 : 10 - 30 [9] แสดงให้เห็นว่าสูตร Resh Tropical Dry Summer และ Enshi มีสัดส่วนของธาตุอาหารเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของผักกาดหอมพันธุ์ Red Oak ที่ใช้ระบบปลูกแบบสารละลายไม่หมุนเวียนที่เติมออกซิเจน โดยมีการเจริญเติบโตที่ดีและให้ผลผลิตสูงและเมื่อพิจารณาจากต้นทุนการผลิตของสารละลายแต่ละสูตร พบว่า สูตร Enshi มีต้นทุนการผลิตต่ำที่สุดคือ 1.57 บาท/ลิตร ส่วนสูตร Lettuce, DTWC1 และ Resh Tropical Dry Summer มีต้นทุนในการผลิตเท่ากับ 2.30, 4.04 และ 3.06 บาทตามลำดับ ดังนั้นสารละลายสูตร Enshi จึงมีความเหมาะสมที่จะนำไปเพาะปลูกเชิงการค้ามากที่สุดทั้งด้านต้นทุนและผลผลิตที่ได้รับ



รูปที่ 4 น้ำหนักสดต้น (■) และราก (□) ผักกาดหอมพันธุ์ Red Oak เมื่อเก็บเกี่ยวผลผลิต (35 วันหลังเพาะเมล็ด) ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่แตกต่างกัน 4 สูตร



รูปที่ 5 น้ำหนักแห้งต้น (▨) และราก (▤) ผักกาดหอมพันธุ์ Red Oak เมื่อเก็บเกี่ยวผลผลิต (35 วันหลังเพาะเมล็ด) ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่แตกต่างกัน 4 สูตร

5. สรุปผลการทดลอง

สารละลายสูตร Resh Tropical Dry Summer และสูตร Enshi เป็นสูตรสารละลายที่เหมาะสมต่อการปลูกผักกาดหอมพันธุ์ Red Oak โดยมีการเจริญเติบโตที่ดีและให้ผลผลิตสูง

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ ผศ.ดร. ภาณุมาศ ฤทธิ์ไชย ที่ให้ความช่วยเหลือ แนะนำและแก้ไขงานวิจัยฉบับนี้ให้ดี และสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] ชัยฤกษ์ สุวรรณรัตน์, ความอุดมสมบูรณ์ของดิน, ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัย เกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ, 177 หน้า, 2536.
- [2] ชีระศักดิ์ พงษาอนุทิน, การเจริญเติบโตและปริมาณธาตุอาหารของผักกาดหอมที่ปลูกในสารละลายสูตรต่างๆ, วิทยานิพนธ์ปริญญา

วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ, 70 หน้า, 2547.

- [3] สุนทร เรืองเกษม, ผักกินใบ, ไม่ปรากฏสถานที่พิมพ์, 88 หน้า, 2540.
- [4] สัมฤทธิ์ เฟื่องจันทร์, แร่ธาตุอาหารพืชสวน, โรงพิมพ์ศิริกัณฑ์ออฟเซ็ท, ขอนแก่น, 604 หน้า, 2538.
- [5] อุดมพงษ์ ดวงประยงค์, การศึกษาการเจริญเติบโตและการใช้ธาตุไนโตรเจนของผักกาดหอม (*Lactuca sativa* L.) ที่ปลูกโดยไม่ใช้ดินด้วยเทคนิค Deep Water Culture ด้วยความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารที่แตกต่างกัน, ปัญหาพิเศษนักศึกษาปริญญาตรี ภาควิชาพืชสวน มหาวิทยาลัย เกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ, 20 หน้า, 2543.
- [6] ปรียารัฐ ภูสุวรรณ, การศึกษาการงอกของเมล็ดและการเจริญเติบโตของผักกาดหอม (*Lactuca sativa* L.) ที่ปลูกในวัสดุต่างชนิดในการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินด้วยเทคนิค NFT,

- ปัญหาพิเศษนักศึกษาระดับปริญญาตรี ภาควิชาพืชสวน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ, 16 หน้า, 2543.
- [7] กัญญา เข็มใจ, การศึกษาอิทธิพลของโอลิโกไคโตซานที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของผักกาดหอม (*Lactuca sativa* L.) ในระบบการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน, ปัญหาพิเศษนักศึกษาระดับปริญญาตรี ภาควิชาเทคโนโลยีการเกษตร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, กรุงเทพฯ, 41 หน้า, 2546.
- [8] อารักษ์ ธีรอำพน, การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน, พิมพ์ครั้งที่ 2, ฝ่ายปรับปรุงและถ่ายทอดเทคโนโลยี เทคโนโลยี นานี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, นครราชสีมา, 128 หน้า, 2544.
- [9] ดิเรก ทองอร่าม, การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน หลักการจัดการการผลิตและเทคโนโลยีการผลิตเชิงธุรกิจในประเทศไทย, กรมการค้าพืช, กรุงเทพฯ, 724 หน้า, 2547.
- [10] Resh, M.H., Hydroponics for Food Production, Woodbridge Press Publishing Company, California., 277 p., 1978.
- [11] Shinohara, Y. and Suzuki Y., Quality Improvement hydroponically Grown Leaf Vegetable, Acta Hort, Vol. 230, pp. 279 - 286, 1988.
- [12] ถวัลย์ พัฒนเสถียรพงศ์, การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน, พรานนกการพิมพ์, กรุงเทพฯ, 125 หน้า, 2534.
- [13] Steiner, A.A., The Selective Capacity of Plants for Ions and Its Improve for the Composition and Treatment of the Nutrient Solution, Acta Hort, Vol 98, pp. 87 - 97, 1980.