



ใบรับรองวิทยานิพนธ์
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม)

ปริญญา

วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม

วิทยาลัยสิ่งแวดล้อม

สาขา

ภาควิชา

เรื่อง การใช้เพอร์ไลต์ปลูกผักกาดหอมในระบบปลูกพืชแบบไม่ใช้ดิน

Use of Perlite for Lettuce (*Lactuca sativa* L.) Grown in Soilless Culture

นามผู้วิจัย นางสาวมียดา นาคเอก

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(รองศาสตราจารย์สมบุญ เตชะภิญญาวัฒน์, Ph.D.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(รองศาสตราจารย์นรินทร์ จันทวงศ์, Dr.nat.tech.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์พรสวาท วัฒนกุล, Dr.rer.nat.)

ประธานสาขาวิชา

(ศาสตราจารย์เกษม จันทร์แก้ว, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์กัญญา ชีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ เดือน พ.ศ.

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การใช้เพอร์ไลต์ปลูกผักกาดหอมในระบบปลูกพืชแบบไม่ใช้ดิน

Use of Perlite for Lettuce (*Lactuca sativa* L.) Grown in Soilless Culture

โดย

นางสาวมียดา นานอก

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตรบัณฑิต)

พ.ศ. 2554

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

มียดา นานอก 2554: การใช้เพอร์ไลต์ปลูกผักกาดหอมในระบบปลูกพืชแบบไม่ใช้ดิน
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม) สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม
วิทยาลัยสิ่งแวดล้อม อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: รองศาสตราจารย์สมบุญ เศรษฐินวัฒน์,
Ph.D. 124 หน้า

เพอร์ไลต์ที่ใช้เป็นวัสดุปลูกผักกาดหอมในระบบปลูกพืชแบบไม่ใช้ดินส่วนใหญ่เป็น
เพอร์ไลต์ที่ผ่านกระบวนการเผา อย่างไรก็ตามการทดลองครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ใช้เพอร์ไลต์ที่ยังไม่
ผ่านกระบวนการเผาเพื่อศึกษาผลการเจริญเติบโตของผักกาดหอมร่วมกับการใช้สารละลายธาตุ
อาหารสูตรต่างๆ จากการทดลองพบว่า ผักกาดหอมอายุ 5 สัปดาห์ ซึ่งให้สารละลายธาตุอาหารสูตร
Machlis and Torrey (1965) ในวัสดุปลูกเพอร์ไลต์ 3 มม. ผสมเวอร์มิคูไลต์ลูกเต๋า 3:1 มีจำนวนใบ
ความยาวต้น ขนาดทรงพุ่ม น้ำหนักสด และน้ำหนักแห้งเฉลี่ยเพิ่มขึ้นสูงสุด และเมื่อศึกษา
สารละลายธาตุอาหาร พบว่า ผักกาดหอมที่ให้สารละลายธาตุอาหารสูตร Machlis and Torrey
ระดับความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน 175 มก./ล. อายุ 5 สัปดาห์ มีความสูงต้น ขนาดทรงพุ่ม
ความยาวราก น้ำหนักสด น้ำหนักแห้งสูงสุดเท่ากับ 21.19 ซม. 24.10 ซม. 13.63 ซม. 64.44 กรัม/ต้น
และ 3.31 กรัม/ต้น ตามลำดับ และเมื่อปลูกผักกาดหอมซ้ำในสารละลายธาตุอาหารสูตร Machlis
and Torrey ระดับความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน 175 มก./ล. กับในวัสดุปลูก 7 ชนิด พบว่า
ผักกาดหอมอายุ 5 สัปดาห์ ในวัสดุปลูกเพอร์ไลต์ 3 มม. ผสมเวอร์มิคูไลต์ลูกเต๋า 3:1 มีการ
เจริญเติบโตจำนวนใบ ความสูงต้น ขนาดทรงพุ่ม ความยาวราก น้ำหนักสด และน้ำหนักแห้งดีสุด
16.50 ใบ/ต้น 18.40 ซม. 17.50 ซม. 14.50 ซม. 35.92 กรัม/ต้น และ 3.65 กรัม/ต้น ตามลำดับ ผล
การศึกษารูปได้ว่าการปลูกผักกาดหอมในระบบปลูกพืชแบบไม่ใช้ดินในวัสดุปลูกเพอร์ไลต์ 3 มม.
ผสมเวอร์มิคูไลต์ลูกเต๋า 3:1 และให้สารละลายธาตุอาหารสูตร Machlis and Torrey ระดับความ
เข้มข้นของธาตุไนโตรเจน 175 มก./ล. ทำให้ผักกาดหอมมีผลผลิตสูงสุด อย่างไรก็ตามผลผลิตที่ได้
ได้จากการทดลองดังกล่าวยังต่ำกว่าผลผลิตจากรายงานต่างๆ ก่อนหน้านี้

Miyada Na-Ek 2011: Use of Perlite for Lettuce (*Lactuca sativa* L.) Grown in Soilless Culture. Master of Science (Environmental Science), Major Field: Environmental Science, College of Environment. Thesis Advisor: Associate Professor Sombun Techapinyawat, Ph.D. 124 pages.

From the past, expanded perlite has been used as a substrate for growing lettuce in soilless culture. However, the aim of this research work is to grow lettuce in nutrient solution along with perlite. Five weeks after the culture, there was the highest increase in the number of leaves, shoot length, stem diameter and in the whole plant fresh and dry weight by using 3:1 v/v of mixture between perlite 3.00 mm in diameter and cube vermiculite in Machlis and Torrey (1965). Different concentrations of N-NO_3^- and N-NH_4^+ in Machlis and Torrey as well as Enshi nutrient solutions were studied. The highest growth of shoot length, stem diameter, root length and whole plant fresh and dry weights of lettuce were obtained in Machlis and Torrey nutrient solution with 175 mg/l N-concentration, 21.19 cm, 24.10 cm, 13.63 cm, 64.44 g, and 3.31 g, respectively. Growth of lettuce in Machlis and Torrey nutrient solution with 175 mg/l N-concentration was repeatedly studied with different substrates. The highest number of leaves, shoot length, stem diameter, root length and whole plant fresh and dry weights were found in 3:1 v/v of mixture between perlite 3.00 mm in diameter and cube vermiculite, 16.50 leaves per plant, 18.40 cm, 17.50 cm, 14.50 cm, 35.92 and 3.65 g, respectively. The result indicated that 3:1 v/v of mixture between perlite 3.00 mm in diameter and cube vermiculite in Machlis and Torrey nutrient solution at the N-concentration 175 mg/l was the best substrate and nutrient for the growth of lettuce in soilless culture. However, growth of lettuce from this study is lower than that of previous studies.

Student's signature

Thesis Advisor's signature

กิตติกรรมประกาศ

ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.สมบุญ เตชะกิจญาวัฒน์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ที่ได้สละเวลาในการช่วยเหลือ ให้ความรู้ คำแนะนำ ตลอดจนช่วยแก้ไขในข้อบกพร่องต่างๆ จนมีผลให้วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี นอกจากนี้ยังได้กรุณาให้ข้อคิดต่างๆ และทักษะในการทำงาน ตลอดจนอบรมสั่งสอนการดำเนินชีวิตในสังคมอันเป็นประโยชน์ยิ่งต่อศิษย์

ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.นิรันดร์ จันทวงศ์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พรสวาท วัฒนกุล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำและคำปรึกษา ตลอดจนดูแลแก้ปัญหาและอุปสรรคที่เกิดขึ้นระหว่างการวิจัยด้วยดีตลอดมา รวมทั้งขอขอบคุณสถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่ได้สนับสนุนทุนในการศึกษาวิจัยในครั้งนี้

ขอกราบขอบพระคุณ บิดา-มารดา รวมทั้งครอบครัวที่คอยดูแลอยู่เคียงข้าง ให้กำลังใจ ให้คำปรึกษา ให้โอกาส และสนับสนุนทุกอย่างดียิ่งเสมอมา รวมทั้งเพื่อนๆ พี่ๆ น้องๆ ทุกคนที่ให้กำลังใจ และให้ความช่วยเหลือที่ดีมาโดยตลอด

มียดา นาเอก

พฤษภาคม 2554

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(6)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	4
อุปกรณ์และวิธีการ	25
ผลและวิจารณ์	30
ผล	30
วิจารณ์	57
สรุปและข้อเสนอแนะ	67
สรุป	67
ข้อเสนอแนะ	68
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	69
ภาคผนวก	76
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	124

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	องค์ประกอบทางเคมีของเพอร์ไลต์แหล่งลพบุรี โดยวิธี X-ray fluorescence spectrophotometry	5
2	ปริมาณธาตุอาหาร (มิลลิกรัมต่อลิตร) ในสารละลายธาตุอาหาร	27
ตารางผนวกที่		
1	ปริมาณสารเคมี (มิลลิกรัมต่อลิตร) ที่ใช้ในสารละลายธาตุอาหาร	77
2	เปอร์เซ็นต์การงอก (%) และดัชนีการงอกของเมล็ดพันธุ์ฝักกาดหอม Green Oak ในวัสดุปลูก 12 ชนิด อายุ 10 วัน จำนวน 5 ซ้ำ	78
3	ความสูงต้น (เซนติเมตร) ของฝักกาดหอม Green Oak ในวัสดุปลูก 10 ชนิด ซึ่งให้สารละลายธาตุอาหารสูตร Machlis and Torrey (1965) อายุ 1-5 สัปดาห์ จำนวน 5 ซ้ำ	79
4	จำนวนใบ (ใบต่อต้น) ของฝักกาดหอม Green Oak ในวัสดุปลูก 10 ชนิด ซึ่งให้สารละลายธาตุอาหารสูตร Machlis and Torrey (1965) อายุ 1-5 สัปดาห์ จำนวน 5 ซ้ำ	80
5	ขนาดทรงพุ่ม (เซนติเมตร) ของฝักกาดหอม Green Oak ในวัสดุปลูก 10 ชนิด ซึ่งให้สารละลายธาตุอาหารสูตร Machlis and Torrey (1965) อายุ 2-5 สัปดาห์ จำนวน 5 ซ้ำ	81
6	ความยาวราก (เซนติเมตร) ของฝักกาดหอม Green Oak ในวัสดุปลูก 10 ชนิด ซึ่งให้สารละลายธาตุอาหารสูตร Machlis and Torrey (1965) อายุ 1-5 สัปดาห์ จำนวน 5 ซ้ำ	82
7	น้ำหนักสด (กรัมต่อต้น) ของฝักกาดหอม Green Oak ในวัสดุปลูก 10 ชนิด ซึ่งให้สารละลายธาตุอาหารสูตร Machlis and Torrey (1965) อายุ 4 และ 5 สัปดาห์ จำนวน 5 ซ้ำ	83
8	น้ำหนักแห้ง (กรัมต่อต้น) ของฝักกาดหอม Green Oak ในวัสดุปลูก 10 ชนิด ซึ่งให้สารละลายธาตุอาหารสูตร Machlis and Torrey (1965) อายุ 4 และ 5 สัปดาห์ จำนวน 5 ซ้ำ	84

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่	หน้า
9 ผลของสารละลายธาตุอาหาร 5 สูตร ในวัสดุปลูก 3 ชนิด ที่มีต่อความสูงต้น (เซนติเมตร) ของผักกาดหอม Green Oak อายุ 1 สัปดาห์ จำนวน 5 ซ้ำ	85
10 ผลของสารละลายธาตุอาหาร 5 สูตร ในวัสดุปลูก 3 ชนิด ที่มีต่อความสูงต้น (เซนติเมตร) ของผักกาดหอม Green Oak อายุ 2 สัปดาห์ จำนวน 5 ซ้ำ	86
11 ผลของสารละลายธาตุอาหาร 5 สูตร ในวัสดุปลูก 3 ชนิด ที่มีต่อความสูงต้น (เซนติเมตร) ของผักกาดหอม Green Oak อายุ 3 สัปดาห์ จำนวน 5 ซ้ำ	87
12 ผลของสารละลายธาตุอาหาร 5 สูตร ในวัสดุปลูก 3 ชนิด ที่มีต่อความสูงต้น (เซนติเมตร) ของผักกาดหอม Green Oak อายุ 4 สัปดาห์ จำนวน 5 ซ้ำ	88
13 ผลของสารละลายธาตุอาหาร 5 สูตร ในวัสดุปลูก 3 ชนิด ที่มีต่อความสูงต้น (เซนติเมตร) ของผักกาดหอม Green Oak อายุ 5 สัปดาห์ จำนวน 5 ซ้ำ	89
14 ผลของสารละลายธาตุอาหาร 5 สูตร ในวัสดุปลูก 3 ชนิด ที่มีต่อจำนวนใบ (ใบต่อด้าน) ของผักกาดหอม Green Oak อายุ 1 สัปดาห์ จำนวน 5 ซ้ำ	90
15 ผลของสารละลายธาตุอาหาร 5 สูตร ในวัสดุปลูก 3 ชนิด ที่มีต่อจำนวนใบ (ใบต่อด้าน) ของผักกาดหอม Green Oak อายุ 2 สัปดาห์ จำนวน 5 ซ้ำ	91
16 ผลของสารละลายธาตุอาหาร 5 สูตร ในวัสดุปลูก 3 ชนิด ที่มีต่อจำนวนใบ (ใบต่อด้าน) ของผักกาดหอม Green Oak อายุ 3 สัปดาห์ จำนวน 5 ซ้ำ	92
17 ผลของสารละลายธาตุอาหาร 5 สูตร ในวัสดุปลูก 3 ชนิด ที่มีต่อจำนวนใบ (ใบต่อด้าน) ของผักกาดหอม Green Oak อายุ 4 สัปดาห์ จำนวน 5 ซ้ำ	93
18 ผลของสารละลายธาตุอาหาร 5 สูตร ในวัสดุปลูก 3 ชนิด ที่มีต่อจำนวนใบ (ใบต่อด้าน) ของผักกาดหอม Green Oak อายุ 5 สัปดาห์ จำนวน 5 ซ้ำ	94
19 ผลของสารละลายธาตุอาหาร 5 สูตร ในวัสดุปลูก 3 ชนิด ที่มีต่อขนาดทรงพุ่ม (เซนติเมตร) ของผักกาดหอม Green Oak อายุ 1 สัปดาห์ จำนวน 5 ซ้ำ	95
20 ผลของสารละลายธาตุอาหาร 5 สูตร ในวัสดุปลูก 3 ชนิด ที่มีต่อขนาดทรงพุ่ม (เซนติเมตร) ของผักกาดหอม Green Oak อายุ 2 สัปดาห์ จำนวน 5 ซ้ำ	96
21 ผลของสารละลายธาตุอาหาร 5 สูตร ในวัสดุปลูก 3 ชนิด ที่มีต่อขนาดทรงพุ่ม (เซนติเมตร) ของผักกาดหอม Green Oak อายุ 3 สัปดาห์ จำนวน 5 ซ้ำ	97

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่	หน้า
22 ผลของสารละลายธาตุอาหาร 5 สูตร ในวัสดุปลูก 3 ชนิด ที่มีต่อขนาดทรงพุ่ม (เซนติเมตร) ของผักกาดหอม Green Oak อายุ 4 สัปดาห์ จำนวน 5 ซ้ำ	98
23 ผลของสารละลายธาตุอาหาร 5 สูตร ในวัสดุปลูก 3 ชนิด ที่มีต่อขนาดทรงพุ่ม (เซนติเมตร) ของผักกาดหอม Green Oak อายุ 5 สัปดาห์ จำนวน 5 ซ้ำ	99
24 ผลของสารละลายธาตุอาหาร 5 สูตร ในวัสดุปลูก 3 ชนิด ที่มีต่อความยาวราก (เซนติเมตร) ของผักกาดหอม Green Oak อายุ 1 สัปดาห์ จำนวน 5 ซ้ำ	100
25 ผลของสารละลายธาตุอาหาร 5 สูตร ในวัสดุปลูก 3 ชนิด ที่มีต่อความยาวราก (เซนติเมตร) ของผักกาดหอม Green Oak อายุ 2 สัปดาห์ จำนวน 5 ซ้ำ	101
26 ผลของสารละลายธาตุอาหาร 5 สูตร ในวัสดุปลูก 3 ชนิด ที่มีต่อความยาวราก (เซนติเมตร) ของผักกาดหอม Green Oak อายุ 3 สัปดาห์ จำนวน 5 ซ้ำ	102
27 ผลของสารละลายธาตุอาหาร 5 สูตร ในวัสดุปลูก 3 ชนิด ที่มีต่อความยาวราก (เซนติเมตร) ของผักกาดหอม Green Oak อายุ 4 สัปดาห์ จำนวน 5 ซ้ำ	103
28 ผลของสารละลายธาตุอาหาร 5 สูตร ในวัสดุปลูก 3 ชนิด ที่มีต่อความยาวราก (เซนติเมตร) ของผักกาดหอม Green Oak อายุ 5 สัปดาห์ จำนวน 5 ซ้ำ	104
29 ผลของสารละลายธาตุอาหาร 5 สูตร ในวัสดุปลูก 3 ชนิด ที่มีต่อน้ำหนักสด (กรัมต่อต้น) ของผักกาดหอม Green Oak อายุ 1 สัปดาห์ จำนวน 5 ซ้ำ	105
30 ผลของสารละลายธาตุอาหาร 5 สูตร ในวัสดุปลูก 3 ชนิด ที่มีต่อน้ำหนักสด (กรัมต่อต้น) ของผักกาดหอม Green Oak อายุ 2 สัปดาห์ จำนวน 5 ซ้ำ	106
31 ผลของสารละลายธาตุอาหาร 5 สูตร ในวัสดุปลูก 3 ชนิด ที่มีต่อน้ำหนักสด (กรัมต่อต้น) ของผักกาดหอม Green Oak อายุ 3 สัปดาห์ จำนวน 5 ซ้ำ	107
32 ผลของสารละลายธาตุอาหาร 5 สูตร ในวัสดุปลูก 3 ชนิดที่มีต่อน้ำหนักสด (กรัมต่อต้น) ของผักกาดหอม Green Oak อายุ 4 สัปดาห์ จำนวน 5 ซ้ำ	108
33 ผลของสารละลายธาตุอาหาร 5 สูตร ในวัสดุปลูก 3 ชนิด ที่มีต่อน้ำหนักสด (กรัมต่อต้น) ของผักกาดหอม Green Oak อายุ 5 สัปดาห์ จำนวน 5 ซ้ำ	109
34 ผลของสารละลายธาตุอาหาร 5 สูตร ในวัสดุปลูก 3 ชนิด ที่มีต่อน้ำหนักแห้ง (กรัมต่อต้น) ของผักกาดหอม Green Oak อายุ 1 สัปดาห์ จำนวน 5 ซ้ำ	110

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่	หน้า
35 ผลของสารละลายธาตุอาหาร 5 สูตร ในวัสดุปลูก 3 ชนิด ที่มีต่อน้ำหนักแห้ง (กรัมต่อต้น) ของผักกาดหอม Green Oak อายุ 2 สัปดาห์ จำนวน 5 ซ้ำ	111
36 ผลของสารละลายธาตุอาหาร 5 สูตร ในวัสดุปลูก 3 ชนิด ที่มีต่อน้ำหนักแห้ง (กรัมต่อต้น) ของผักกาดหอม Green Oak อายุ 3 สัปดาห์ จำนวน 5 ซ้ำ	112
37 ผลของสารละลายธาตุอาหาร 5 สูตร ในวัสดุปลูก 3 ชนิด ที่มีต่อน้ำหนักแห้ง (กรัมต่อต้น) ของผักกาดหอม Green Oak อายุ 4 สัปดาห์ จำนวน 5 ซ้ำ	113
38 ผลของสารละลายธาตุอาหาร 5 สูตร ในวัสดุปลูก 3 ชนิด ที่มีต่อน้ำหนักแห้ง (กรัมต่อต้น) ของผักกาดหอม Green Oak อายุ 5 สัปดาห์ จำนวน 5 ซ้ำ	114
39 ความสูงต้น (เซนติเมตร) ของผักกาดหอม Green Oak ในวัสดุปลูก 7 ชนิด ซึ่งให้สารละลายธาตุอาหารสูตร Machlis and Torrey ระดับความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน 175 มิลลิกรัมต่อลิตร จำนวน 5 ซ้ำ	115
40 จำนวนใบ (ใบต่อต้น) ของผักกาดหอม Green Oak ในวัสดุปลูก 7 ชนิด ซึ่งให้สารละลายธาตุอาหารสูตร Machlis and Torrey ระดับความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน 175 มิลลิกรัมต่อลิตร จำนวน 5 ซ้ำ	116
41 ขนาดทรงพุ่ม (เซนติเมตร) ของผักกาดหอม Green Oak ในวัสดุปลูก 7 ชนิด ซึ่งให้สารละลายธาตุอาหารสูตร Machlis and Torrey ระดับความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน 175 มิลลิกรัมต่อลิตร จำนวน 5 ซ้ำ	117
42 ความยาวราก (เซนติเมตร) ของผักกาดหอม Green Oak ในวัสดุปลูก 7 ชนิด ซึ่งให้สารละลายธาตุอาหารสูตร Machlis and Torrey ระดับความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน 175 มิลลิกรัมต่อลิตร จำนวน 5 ซ้ำ	118
43 น้ำหนักสด (กรัมต่อต้น) ของผักกาดหอม Green Oak ในวัสดุปลูก 7 ชนิด ซึ่งให้สารละลายธาตุอาหารสูตร Machlis and Torrey ระดับความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน 175 มิลลิกรัมต่อลิตร จำนวน 5 ซ้ำ	119
44 น้ำหนักแห้ง (กรัมต่อต้น) ของผักกาดหอม Green Oak ในวัสดุปลูก 7 ชนิด ซึ่งให้สารละลายธาตุอาหารสูตร Machlis and Torrey ระดับความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน 175 มิลลิกรัมต่อลิตร จำนวน 5 ซ้ำ	120

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1 เปอร์เซ็นต์การงอก (A) และดัชนีการงอก (B) ของเมล็ดพันธุ์ฝักกาดหอม Green Oak อายุ 10 วัน ในวัสดุปลูก 12 ชนิด	31
2 ความสูงต้นฝักกาดหอม Green Oak ที่เพิ่มขึ้นจากสัปดาห์ที่ 1-5 ในวัสดุปลูก 10 ชนิด ซึ่งให้สารละลายธาตุอาหารสูตร Machlis and Torrey (1965)	32
3 จำนวนใบฝักกาดหอม Green Oak ที่เพิ่มขึ้นจากสัปดาห์ที่ 1-5 ในวัสดุปลูก 10 ชนิด ซึ่งให้สารละลายธาตุอาหารสูตร Machlis and Torrey (1965)	33
4 ขนาดทรงพุ่มฝักกาดหอม Green Oak ที่เพิ่มขึ้นจากสัปดาห์ที่ 1-5 ในวัสดุปลูก 10 ชนิด ซึ่งให้สารละลายธาตุอาหารสูตร Machlis and Torrey (1965)	34
5 ความยาวรากฝักกาดหอม Green Oak ที่เพิ่มขึ้นจากสัปดาห์ที่ 1-5 ในวัสดุปลูก 10 ชนิด ซึ่งให้สารละลายธาตุอาหารสูตร Machlis and Torrey (1965)	35
6 น้ำหนักสดฝักกาดหอม Green Oak ที่เพิ่มขึ้นจากสัปดาห์ที่ 4-5 ในวัสดุปลูก 10 ชนิด ซึ่งให้สารละลายธาตุอาหารสูตร Machlis and Torrey (1965)	36
7 น้ำหนักแห้งฝักกาดหอม Green Oak ที่เพิ่มขึ้นจากสัปดาห์ที่ 4-5 ในวัสดุปลูก 10 ชนิด ซึ่งให้สารละลายธาตุอาหารสูตร Machlis and Torrey (1965)	37
8 ความสูงต้นฝักกาดหอม Green Oak ที่เพิ่มขึ้นจากสัปดาห์ที่ 1-5 ซึ่งให้สารละลายธาตุอาหาร 5 สูตร ในวัสดุปลูก 3 ชนิด	40
9 จำนวนใบฝักกาดหอม Green Oak ที่เพิ่มขึ้นจากสัปดาห์ที่ 1-5 ซึ่งให้สารละลายธาตุอาหาร 5 สูตร ในวัสดุปลูก 3 ชนิด	42
10 ขนาดทรงพุ่มฝักกาดหอม Green Oak ที่เพิ่มขึ้นจากสัปดาห์ที่ 1-5 ซึ่งให้สารละลายธาตุอาหาร 5 สูตร ในวัสดุปลูก 3 ชนิด	44
11 ความยาวรากฝักกาดหอม Green Oak ที่เพิ่มขึ้นจากสัปดาห์ที่ 1-5 ซึ่งให้สารละลายธาตุอาหาร 5 สูตร ในวัสดุปลูก 3 ชนิด	46
12 น้ำหนักสดฝักกาดหอม Green Oak ที่เพิ่มขึ้นจากสัปดาห์ที่ 1-5 ซึ่งให้สารละลายธาตุอาหาร 5 สูตร ในวัสดุปลูก 3 ชนิด	48
13 น้ำหนักแห้งฝักกาดหอม Green Oak ที่เพิ่มขึ้นจากสัปดาห์ที่ 1-5 ซึ่งให้สารละลายธาตุอาหาร 5 สูตร ในวัสดุปลูก 3 ชนิด	50

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
14	ความสูงต้นผักกาดหอม Green Oak ที่เพิ่มขึ้นจากสัปดาห์ที่ 1-5 ในวัสดุปลูก 7 ชนิด ซึ่งให้สารละลายธาตุอาหารสูตร Machlis and Torrey ระดับความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน 175 มิลลิกรัมต่อลิตร	51
15	จำนวนใบผักกาดหอม Green Oak ที่เพิ่มขึ้นจากสัปดาห์ที่ 1-5 ในวัสดุปลูก 7 ชนิด ซึ่งให้สารละลายธาตุอาหารสูตร Machlis and Torrey ระดับความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน 175 มิลลิกรัมต่อลิตร	52
16	ขนาดทรงพุ่มผักกาดหอม Green Oak ที่เพิ่มขึ้นจากสัปดาห์ที่ 1-5 ในวัสดุปลูก 7 ชนิด ซึ่งให้สารละลายธาตุอาหารสูตร Machlis and Torrey ระดับความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน 175 มิลลิกรัมต่อลิตร	53
17	ความยาวรากผักกาดหอม Green Oak ที่เพิ่มขึ้นจากสัปดาห์ที่ 1-5 ในวัสดุปลูก 7 ชนิด ซึ่งให้สารละลายธาตุอาหารสูตร Machlis and Torrey ระดับความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน 175 มิลลิกรัมต่อลิตร	54
18	น้ำหนักสดผักกาดหอม Green Oak ที่เพิ่มขึ้นจากสัปดาห์ที่ 1-5 ในวัสดุปลูก 7 ชนิด ซึ่งให้สารละลายธาตุอาหารสูตร Machlis and Torrey ระดับความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน 175 มิลลิกรัมต่อลิตร	55
19	น้ำหนักแห้งผักกาดหอม Green Oak ที่เพิ่มขึ้นจากสัปดาห์ที่ 1-5 ในวัสดุปลูก 7 ชนิด ซึ่งให้สารละลายธาตุอาหารสูตร Machlis and Torrey ระดับความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน 175 มิลลิกรัมต่อลิตร	56
ภาพผนวกที่		
1	การงอกของเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอม Green Oak ในวัสดุปลูก 12 ชนิด และการเจริญเติบโตของผักกาดหอม Green Oak ในวัสดุปลูก 10 ชนิด ซึ่งให้สารละลายธาตุอาหารสูตร Machlis and Torrey (1965)	121

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่

หน้า

- | | | |
|---|--|-----|
| 2 | การเจริญเติบโตของผักกาดหอม Green Oak ซึ่งให้สารละลายธาตุอาหารสูตร Machlis and Torrey ระดับความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน 175 มิลลิกรัมต่อลิตร ในวัสดุปลูกเพอร์ไลต์ 3 มิลลิเมตร ผสมเวอร์มิคูไลต์ลูกเต๋า อัตราส่วน 3:1 ในการทดลองที่ 2 | 122 |
| 3 | การเจริญเติบโตของผักกาดหอม Green Oak ซึ่งให้สารละลายธาตุอาหารสูตร Machlis and Torrey ระดับความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน 175 มิลลิกรัมต่อลิตร ในวัสดุปลูกเพอร์ไลต์ 3 มิลลิเมตร ผสมเวอร์มิคูไลต์ลูกเต๋า อัตราส่วน 3:1 ในการทดลองที่ 3 | 123 |

การใช้เพอร์ไลต์ปลูกผักกาดหอมในระบบปลูกพืชแบบไม่ใช้ดิน

Use of Perlite for Lettuce (*Lactuca sativa* L.) Grown in Soilless Culture

คำนำ

เพอร์ไลต์เป็นหินภูเขาไฟเนื้อแก้วที่มีส่วนประกอบของออกไซด์ของซิลิกาค่อนข้างสูงประมาณร้อยละ 70 หรือมากกว่า มีน้ำเป็นส่วนประกอบประมาณร้อยละ 2-5 จัดอยู่ในจำพวกสารเฉื่อยต่อปฏิกิริยาทางเคมี เนื่องจากไม่ทำปฏิกิริยาทางเคมีกับสารเคมีอื่นๆ ได้ง่ายนัก เนื้อแก้วของเพอร์ไลต์จะเปลี่ยนสภาพแก้วเป็นผลึกเมื่อระยะเวลา (อายุ) ของเพอร์ไลต์มากขึ้น แต่หากถูกเผาที่อุณหภูมิที่เหมาะสม ในเวลาที่รวดเร็วจะขยายตัวออกไปได้ตั้งแต่ 4-20 เท่าของปริมาตรเดิม ทำให้เปลี่ยนสภาพเป็นสารที่มีน้ำหนักเบา มีความพรุนสูง และมีลักษณะคล้ายหินพัมมิส เพอร์ไลต์ที่มีคุณภาพดี สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้นั้น เนื้อแก้วของเพอร์ไลต์จะต้องไม่เปลี่ยนสภาพแก้วเป็นผลึก ซึ่งจะพบได้ในหินภูเขาไฟยุคใหม่ประมาณยุคเทอร์เชียรีขึ้นมา หรือน้อยกว่า 65 ล้านปี (กลุ่มวิศวกรรมและความปลอดภัย, 2547) และจากการศึกษาของพรสวาท และคณะ (2539ก) พบว่าธรณีวิทยาบริเวณจังหวัดลพบุรีปกคลุมไปด้วยกลุ่มภูเขาไฟลำนารายณ์เกิดในยุคเทอร์เชียรี (65-1.65 ล้านปี) ที่มีเพอร์ไลต์เป็นองค์ประกอบอยู่ด้วยนั้น มีองค์ประกอบใกล้เคียงกับเพอร์ไลต์บริเวณเกาะซาร์ดิเนีย ประเทศอิตาลี ซึ่งเป็นเพอร์ไลต์ที่คุณค่าทางเศรษฐกิจ (พรสวาท และคณะ, 2539ข)

เพอร์ไลต์ได้ถูกนำมาศึกษาเพื่อใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ มากมาย เช่น พรณราย (2546) ศึกษาเกี่ยวกับประสิทธิภาพในการกำจัดแคดเมียมของเพอร์ไลต์ ผลปรากฏว่าเพอร์ไลต์ที่ยังไม่ได้ผ่านกระบวนการเผาหรือเพอร์ไลต์ดิบมีประสิทธิภาพในการดูดซับแคดเมียมมากกว่าเพอร์ไลต์ที่ผ่านกระบวนการเผาหรือเพอร์ไลต์เผาที่พีเอช 6 โดยเพอร์ไลต์ดิบสามารถดูดซับแคดเมียมได้ 49 เปอร์เซ็นต์ ในเวลา 1 ชั่วโมง จากนั้นจะค่อยๆ เพิ่มขึ้นจนเข้าสู่สมดุลภายใน 4 ชั่วโมง สำหรับเพอร์ไลต์ดิบขนาด 0.2-0.6 มิลลิเมตร, 5 และ 6 ชั่วโมง สำหรับเพอร์ไลต์ดิบขนาด 0.6-1.0 และ 1.0-1.4 มิลลิเมตรตามลำดับ ส่วนเพอร์ไลต์เผาทุกขนาดมีอัตราการดูดซับแคดเมียมอย่างรวดเร็วในเวลา 2 ชั่วโมง จากนั้นจะค่อยๆ เพิ่มขึ้นเข้าสู่สมดุลภายใน 5 ชั่วโมง กิตติภพ (2547) ซึ่งนำเพอร์ไลต์ที่ยังไม่ผ่านกระบวนการเผาแหล่งลพบุรีมาศึกษาเพื่อปรับปรุงสมบัติทางฟิสิกส์บางประการของดินและการดูดใช้ธาตุอาหารของหอมแบ่ง และพบว่าสมบัติทางฟิสิกส์ของดินที่ผสมเพอร์ไลต์ อันได้แก่ ค่าความชื้นในดินและการนำน้ำขณะดินอิ่มตัวด้วยน้ำ จัดว่าเป็นประโยชน์ในด้านการใช้น้ำที่เป็นประโยชน์แก่พืชและการกักเก็บธาตุอาหารและไออนในรูปต่างๆ และส่งผลดีต่อการตอบสนอง

ของหอมแบ่งในด้านของน้ำหนักพืช ส่วนสูงพืช เปอร์เซ็นต์ความชื้น และการใช้คู่มือในธาตุอาหารของพืช โดยเฉพาะปริมาณของฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมที่พบมากในหอมแบ่ง จึงเสนอแนะให้มีการประยุกต์ใช้เฟอร์ไรต์ควบคู่กับสารละลายในการปลูกพืชแบบไม่ใช้ดิน เนื่องจากเป็นวัสดุปลูกธรรมชาติที่ไม่มีสารพิษเจือปน ทำให้เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมและสามารถกลับคืนสู่ธรรมชาติได้ ซึ่งโดยปกติแล้วระบบธรรมชาติจะมีกลไกในการรองรับสิ่งที่มาจากธรรมชาติ ซึ่งใน พ.ศ. 2548 อารักษ์ ได้นำเฟอร์ไรต์มาศึกษาเพื่อใช้ประโยชน์ในการปลูกพืชแบบไม่ใช้ดิน และรายงานว่าผักกาดหอมซึ่งปลูกในวัสดุปลูกเฟอร์ไรต์ โดยใช้ภาชนะถ้วยเล็กกว่า 4×6 เซนติเมตร มีน้ำหนักสดของผักกาดหอมรวมทั้งต้น 119.16 กรัมต่อต้น แต่ไม่ได้รายงานว่าเป็นเฟอร์ไรต์ที่นำมาใช้ศึกษาเป็นเฟอร์ไรต์จากแหล่งใดและเป็นเฟอร์ไรต์ที่ผ่านกระบวนการเผาหรือไม่ ดังนั้น การศึกษาครั้งนี้จึงนำเฟอร์ไรต์ที่ยังไม่ผ่านกระบวนการเผาจากบริเวณจังหวัดลพบุรี ซึ่งเป็นแหล่งที่พบเฟอร์ไรต์อยู่มากในประเทศไทยและเป็นเฟอร์ไรต์ที่ยังไม่ผ่านกระบวนการเผาแหล่งเดียวกับที่กิตติภพ (2547) นำมาศึกษาเพื่อปรับปรุงสมบัติทางฟิสิกส์บางประการของดินและการคู่มือใช้ธาตุอาหารของหอมแบ่ง มาทำการศึกษาผลการงอกของเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอมและการเจริญเติบโตของผักกาดหอมในวัสดุปลูกเฟอร์ไรต์ในระบบปลูกพืชแบบไม่ใช้ดิน ร่วมกับการศึกษาผลการเจริญเติบโตของผักกาดหอมด้วยการให้สารละลายธาตุอาหารสูตรต่างๆ

วัตถุประสงค์

1. เพื่อทราบผลการงอกของเมล็ดและการเจริญเติบโตของฝักกาดหอมพันธุ์ green oak ในวัสดุปลูกเพอร์ไลต์และเวอร์มิคูไลต์ชนิดต่างๆ
2. เพื่อทราบผลการเจริญเติบโตของฝักกาดหอมพันธุ์ green oak ในสารละลายธาตุอาหารสูตรที่แตกต่างกัน
3. เพื่อทราบผลการเจริญเติบโตของฝักกาดหอมพันธุ์ green oak ในวัสดุปลูกเพอร์ไลต์และเวอร์มิคูไลต์ ซึ่งให้สารละลายธาตุอาหารสูตรที่เหมาะสมจากการทดลองที่ 2

ขอบเขตการศึกษาวิจัย

1. ศึกษาการงอกและเจริญเติบโตของฝักกาดหอมพันธุ์ green oak ในวัสดุปลูกเพอร์ไลต์และเวอร์มิคูไลต์ชนิดต่างๆ
2. เปรียบเทียบการเจริญเติบโตของฝักกาดหอมพันธุ์ green oak ในวัสดุปลูกที่มีการเจริญเติบโตดีที่สุดจากข้อที่ 1 ในสารละลายธาตุอาหารสูตร Enshi, Machlis and Torrey ที่ระดับความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน 105, 125, 150 และ 175 มิลลิกรัมต่อลิตร
3. ศึกษาการเจริญเติบโตของฝักกาดหอมพันธุ์ green oak ในวัสดุปลูกเพอร์ไลต์และเวอร์มิคูไลต์ในสารละลายธาตุอาหารสูตรที่เหมาะสมจากข้อที่ 2

การตรวจเอกสาร

แร่อุตสาหกรรม

แร่อุตสาหกรรม หมายถึง วัสดุทางธรณีวิทยา อันได้แก่ หิน แร่ ของเหลว หรือก๊าซ ซึ่งได้มาจากการทำเหมือง รวมถึงโอโลหะ และน้ำมันเชื้อเพลิงที่ไม่ใช่วัตถุดิบซึ่งมีมูลค่าทางการค้า จำกััดความนี้ถูกกำหนดโดยความเป็นประโยชน์ของวัตถุดิบทางอุตสาหกรรม ซึ่งไม่ได้ขึ้นอยู่กับปัจจัยทางธรณีวิทยาเพียงอย่างเดียว และถึงแม้ว่าแร่โลหะ ถ่านหิน และปิโตรเลียม จะไม่ได้ถูกจัดอยู่ในตระกูลแร่อุตสาหกรรม แต่ก็ต้องคำนึงว่าสิ่งเหล่านี้คือแร่เพื่อประโยชน์ทางเศรษฐกิจ แร่ที่มีสถิติการผลิตระดับชาติ ระดับนานาชาติ หรือเพื่อการค้า (Manning, 1995) ดังนั้น แร่อุตสาหกรรม จึงเป็นแร่เศรษฐกิจที่สำคัญที่สามารถนำไปใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตวัสดุต่างๆ ได้ เช่น วัสดุทนไฟ แก้ว ผงขัด ปูน เป็นต้น (สง่า, 2523)

1. เพอร์ไลต์ (Perlite)

เพอร์ไลต์ เป็นหินภูเขาไฟเนื้อแก้ว มีน้ำเป็นองค์ประกอบร้อยละ 2-5 เนื่องจากเกิดจาก แอสเทลาวาที่เย็นตัวลงอย่างรวดเร็ว จึงมีรอยแตกในเนื้อหินว่าโค้งแบบ perlitic cracks หรือคล้าย เปลือกหัวหอม (onion skin-like structure) เมื่อได้รับความร้อนในช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมขณะที่ เพอร์ไลต์กำลังหลอมหรืออ่อนตัวลง น้ำที่เป็นองค์ประกอบอยู่ในเนื้อหินจะระเหยออกกลายเป็นไอน้ำ ออกไปอย่างรวดเร็ว ทำให้เพอร์ไลต์พองตัวและมีรูพรุนเล็กๆ เต็มไปหมด เป็นผลทำให้มีน้ำหนักเบาลงอย่างมาก (พรสวาท และคณะ, 2539) ซึ่งมีคุณสมบัติดังนี้

1.1 คุณสมบัติทางฟิสิกส์

เพอร์ไลต์ โดยทั่วไปจะมีสีเทาอ่อนแต่อาจจะพบสีดำ สีน้ำตาล หรือสีเขียว ในเนื้อหิน มักจะมีผลึกแร่ควอตซ์ แร่เฟลด์สปาร์ แร่ไบโอไทต์ แร่ฮอร์นเบลนด์ และมีชิ้นส่วนของเศษหินชนิดอื่นฝังตัวอยู่ มีความแข็งตามมาตรของโมห์ส (Mohs' scale) ระหว่าง 5.5-7.0 ความถ่วงจำเพาะ 2.3-2.8 จุดหลอมตัว 760-1,300 องศาเซลเซียส และค่าดัชนีหักเหแสง 1.490-1.610 (กลุ่มวิศวกรรมและความปลอดภัย, 2547)

1.2 คุณสมบัติทางเคมี

เพอร์ไลต์ มีส่วนประกอบของออกไซด์ของซิลิกาค่อนข้างสูง ประมาณร้อยละ 70 หรือมากกว่า มีน้ำเป็นส่วนประกอบประมาณร้อยละ 2-5 ไม่ทำปฏิกิริยาทางเคมีกับสารเคมีอื่นๆ ได้ง่ายนัก จัดอยู่ในจำพวกสารเฉื่อยต่อปฏิกิริยาทางเคมี เนื้อแก้วของเพอร์ไลต์ จะมีการเปลี่ยนสภาพแก้วเป็นผลึก (devitrification) เมื่อระยะเวลา (อายุ) ของเพอร์ไลต์มากขึ้น ดังนั้น เพอร์ไลต์ที่มีคุณภาพดีสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้นั้น เนื้อแก้วจะต้องไม่เปลี่ยนสภาพแก้วเป็นผลึก ซึ่งจะพบได้ในหินภูเขาไฟยุคใหม่ประมาณยุคเทอร์เทียรีขึ้นมา หรือน้อยกว่า 65 ล้านปี (กลุ่มวิศวกรรมและความปลอดภัย, 2547)

ตารางที่ 1 องค์ประกอบทางเคมีของเพอร์ไลต์แหล่งลพบุรี โดยวิธี X-ray fluorescence spectrophotometry

Sample	KP1 ¹	KP2	KP3	KP4	KP5	KP6
Major element oxide and loss on ignition (LOI) (wt%)						
SiO ₂	70.98	70.12	71.56	70.94	71.72	71.65
TiO ₂	0.34	0.35	0.27	0.26	0.26	0.26
Al ₂ O ₃	13.48	13.79	12.98	12.76	12.79	12.86
Fe ₂ O ₃ (t)	1.36	1.68	1.33	1.35	1.32	1.34
MnO	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
MgO	0.18	0.31	0.21	0.22	0.22	0.22
CaO	0.74	0.89	0.55	0.55	0.54	0.56
Na ₂ O	2.70	3.10	2.93	3.26	3.04	3.17
K ₂ O	6.20	5.48	5.20	5.23	5.17	5.31
P ₂ O ₅	0.05	0.05	0.02	0.15	0.01	0.03
LOI	3.09	3.84	4.25	4.13	4.05	3.90
Total	99.16	99.65	99.34	98.89	99.16	99.34
Trace element (ppm)						
Ni	2	2	2	2	2	2
Cu	7	6	6	5	6	6
As	2	3	3	3	3	3

ตารางที่ 1 (ต่อ)

Sample	KP1 ^{/1}	KP2	KP3	KP4	KP5	KP6
Trace element (ppm)						
Zr	233	284	187	187	180	188
Mo	43	42	42	41	42	42
Pb	15	16	17	18	19	20
Cr	16	1	0	18	18	2
Ba	673	519	420	420	403	414

หมายเหตุ ^{/1} KP = Kasetsart Perlite

ที่มา: คัดแปลงจาก พรสวาท และคณะ (2537)

เพอร์ไลต์สามารถใช้ประโยชน์ได้หลายอย่าง โดยส่วนใหญ่ถูกนำไปใช้ในงานด้านก่อสร้าง เพื่อลดน้ำหนักของสิ่งก่อสร้าง เป็นฉนวนป้องกันความร้อนและความเย็น หรือเป็นผนังป้องกันเสียง นอกจากนี้ ยังได้มีการนำเพอร์ไลต์ไปใช้ในงานด้านต่างๆ ทั้งด้านอุตสาหกรรม ตลอดจนงานทางด้านเกษตร เช่น ใช้เพอร์ไลต์ผสมลงไปในดินเพื่อรักษาและปรับสภาพของดินที่ใช้ในการเกษตร เนื่องจากเพอร์ไลต์มีคุณสมบัติเป็นตัวดูดซึมที่ดีและมีความพรุนในตัวสูง ทำให้สภาพดินเป็นดินร่วน และรักษาความสมดุลระหว่างปริมาณของน้ำและอากาศในดิน จากผลการทดลองของบริษัทผลิตเพอร์ไลต์ของประเทศญี่ปุ่น พบว่า เมื่อผสมเพอร์ไลต์ลงไปในดิน จะทำให้มีปริมาณของก๊าซออกซิเจนในดินเหนียวเพียงพอต่อความต้องการของพืช เนื่องจากเพอร์ไลต์มีความพรุนมากกว่าดินเหนียว 5 เท่า ในดินทรายจะช่วยป้องกันไม่ให้ดินแห้งจนเกินไป เพราะสามารถกักเก็บความชื้นไว้ได้ดีกว่าถึง 4 เท่า จึงรักษาความสมดุลระหว่างปริมาณน้ำและอากาศในดิน ช่วยรักษาอุณหภูมิของดินไม่ให้เปลี่ยนแปลงมาก ทำให้ดินมีความชุ่มชื้น ไม่จับตัวกันแข็ง ช่วยรากพืชในการดูดซึมอาหาร เพอร์ไลต์จัดเป็นพวกสารอนินทรีย์ สามารถผสมกับปุ๋ยเคมีทุกชนิดเนื่องจากมีสภาพเป็นกลาง มีความคงทนต่อปฏิกิริยาทางเคมี และไม่ผุสลายจากจุลินทรีย์ นอกจากนี้ เพอร์ไลต์ยังช่วยดูดซึมสะสมพืชน้ำแมลงยากำจัดวัชพืช และปุ๋ยเคมีต่างๆ ที่เติมลงไปในดินไว้ไม่ให้ซึมหายออกไปจากดินเร็วเกินไป และยังเป็นตัวช่วยลดความเข้มข้นของปุ๋ย และยาฆ่าแมลงที่เติมลงไปในดินสามารถนำไปปรับปรุงบริเวณที่สภาพดินเสื่อม เช่น ดินที่มีความพรุนต่ำไม่สามารถอุ้มน้ำได้ดี (กลุ่มวิศวกรรมและความปลอดภัย, 2547)

กิตติภพ (2547) รายงานว่า เพอร์ไลต์ช่วยเพิ่มสัดส่วนของอนุภาคทรายในวัสดุปลูกหอมแบ่ง ทำให้มีเนื้อดินเป็นดินร่วนเหนียวปนทราย ค่าความชื้นในดินที่มีเพอร์ไลต์ผสมในอัตราส่วน 22.5 กิโลกรัม ต่อดิน 150 กิโลกรัม มีค่าความจุความชื้นสนามและค่าความจุความชื้นที่เป็นประโยชน์ สูงสุดที่ 18.8 และ 8.75 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร ตามลำดับ ค่าการนำน้ำขณะดินอิ่มตัวด้วยน้ำอยู่ใน ค่ามาตรฐานปานกลาง คือ 28.35 เซนติเมตรต่อชั่วโมง ซึ่งให้ผลดีต่อการกักเก็บธาตุอาหารในดินไว้ สำหรับพืช การผสมเพอร์ไลต์ในดินด้วยอัตราส่วนนี้ทำให้มีช่องขนาดเล็กในดินมาก ให้ผลความ หนาแน่นรวม ความหนาแน่นอนุภาค และความพรุนรวมที่เป็นประโยชน์ต่อพืชในระดับปานกลาง ส่วนค่าความจุแลกเปลี่ยนไอออนบวกให้ผลเชิงลบ ทั้งนี้ เนื่องจากอิทธิพลของเพอร์ไลต์ที่มี องค์ประกอบของซิลิกาอยู่สูง จึงทำให้ค่าความจุแลกเปลี่ยนไอออนบวกต่ำ แต่โดยรวมแล้วการ ตอบสนองของหอมแบ่งต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติด้านฟิสิกส์ของดินที่ผสมเพอร์ไลต์มีแนวโน้ม ในทางที่ดีขึ้น

Gul *et al.* (2007) ศึกษาถึงแหล่งธาตุอาหารที่มีต่อแตงกวาในวัสดุปลูกชนิดต่างๆ เพาะปลูก แตงกวาพันธุ์ที่เกสรตัวเมียแข็งแรงและไม่แข็งแรง แหล่งธาตุอาหาร ได้แก่ การใช้สารละลายธาตุ อาหารจากปุ๋ยอินทรีย์และการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ ปัจจัยสุดท้าย คือ วัสดุปลูก ได้แก่ perlite:clinoptilolite อัตราส่วน 3:1, perlite:clinoptilolite อัตราส่วน 1:1, tuff:clinoptilolite อัตราส่วน 3:1 และ tuff:clinoptilolite อัตราส่วน 1:1 โดยปริมาตร พบว่า การใส่ปุ๋ยอินทรีย์เป็น แหล่งธาตุอาหารจะทำให้ผลผลิตโดยรวมลดลง 22.4 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบการใช้สารละลายธาตุ อาหารจากปุ๋ยอินทรีย์ ส่วนการทดลองที่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์ในแตงกวาพันธุ์ที่เกสรตัวเมียแข็งแรง จะ ให้ผลผลิตมากกว่าแตงกวาพันธุ์ที่เกสรตัวเมียไม่แข็งแรง สำหรับการทดลองในฤดูใบไม้ผลิ ปัจจัย ในการทดลองได้ลดลงเหลือเพียง 2 ปัจจัย คือ สารละลายธาตุอาหาร ได้แก่ การใช้สารละลายธาตุ อาหารจากปุ๋ยอินทรีย์ การใส่ปุ๋ยอินทรีย์ และการใช้สารละลายธาตุอาหารจากปุ๋ยอินทรีย์ และ ปัจจัยในเรื่องวัสดุปลูก ในการเพาะเพียงแบบเดียว คือ การใช้แตงกวาพันธุ์ที่เกสรตัวเมียแข็งแรง พบว่า การใช้สารละลายธาตุอาหารจากปุ๋ยอินทรีย์ให้ผลผลิต 10.9 เปอร์เซ็นต์ และ การใส่ปุ๋ย อินทรีย์ให้ผลผลิต 31.3 เปอร์เซ็นต์ ส่วนวัสดุที่ผสมเพอร์ไลต์ จะให้ผลผลิตดีกว่าวัสดุปลูกที่ผสม tuff

นอกจากนี้ พรณราย (2546) รายงานว่าเพอร์ไลต์ดิบและเพอร์ไลต์เผาสามารถกำจัด แคลเมียมได้ดีที่ pH 6 เวลาเข้าสู่สมดุลการดูดซับของเพอร์ไลต์ดิบที่มีอนุภาคขนาด 0.2-0.6 มิลลิเมตร 0.6-1.0 มิลลิเมตร และ 1.0-1.4 มิลลิเมตร เท่ากับ 4, 5 และ 6 ชั่วโมง ตามลำดับ ส่วนเพอร์ไลต์ เผาทุกขนาดจะเข้าสู่สมดุลภายในเวลา 5 ชั่วโมง ในการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการกำจัด แคลเมียมที่สภาวะเดียวกัน พบว่า เพอร์ไลต์ดิบมีประสิทธิภาพในการดูดซับมากกว่า ดังนั้นจึงใช้

เพอร์ไลต์ดิบในการทดลองแบบต่อเนื่อง โดยใช้คอลัมน์ดูดซับที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 2.8 นิ้ว ความสูง 1 เมตร ทำการทดลองที่อัตราการบำบัด 0.3 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม. ซึ่งพบว่า เพอร์ไลต์ดิบที่มีอนุภาคขนาด 0.2-0.6 มิลลิเมตร และความสูงของชั้นเพอร์ไลต์ 80 ซม. มีเวลาการใช้งานและปริมาณน้ำที่บำบัดได้มากที่สุด และค่าใช้จ่ายในการบำบัดถูกกว่าการใช้ถ่านกัมมันต์แบบเกล็ด แม้อายุการใช้งานและปริมาณน้ำที่บำบัดได้มีค่าต่ำกว่าก็ตาม

2. เวอร์มิคูไลต์ (Vermiculite)

เวอร์มิคูไลต์ เป็นแร่ธรรมชาติที่เกิดจากขยายตัวของแร่ไมกาด้วยความร้อนประมาณ 850 องศาเซลเซียส ในทางพืชสวนมี 2 ขนาด คือ ขนาดเล็กมากใช้สำหรับเพาะกล้า และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง $\frac{1}{4}$ นิ้ว ใช้สำหรับปลูกพืชไม่ใช้ดิน น้ำหนักเบา ประมาณ 70-100 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร มีความพรุนประมาณ 96 เปอร์เซ็นต์ สามารถแลกเปลี่ยนประจุไอออนบวกได้สูงประมาณ 65-150 me/110 gm มีค่าดูดซึมน้ำ 300 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ค่าความเป็นกรด-ด่างของเวอร์มิคูไลต์ ขึ้นกับแหล่งแร่ เช่น เวอร์มิคูไลต์ของสหรัฐอเมริกา มีค่าความเป็นกรด-ด่างประมาณ 6.3-7.8 ของแอฟริกามีความเป็นกรด-ด่างประมาณ 9.3-9.7 มีความหนาแน่นรวมประมาณ 0.11 กรัมต่อมิลลิกรัม ไม่มีการเสื่อมสภาพจากผลของสิ่งแวดล้อม เช่น อุณหภูมิ ความชื้น ความเป็นกรด-ด่าง สภาพอากาศ หรือลม ไม่มีผลกระทบต่อคนทั้งในด้านของความเป็นพิษและเรื่องของกลิ่น ไม่เป็นแหล่งสะสมของโรค และแมลง สามารถดูดซับเสียงได้ปานกลาง มีธาตุฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม 5-8 เปอร์เซ็นต์ แมกนีเซียม 9-12 เปอร์เซ็นต์ (ดิเรก, 2550; มนูญ, 2544; โสระยา, 2544 และ Wikipedia, 2008)

เวอร์มิคูไลต์ มีประโยชน์ในด้านอุตสาหกรรมและในเชิงพาณิชย์มากมาย เช่น เป็นวัสดุใช้ทำฉนวนกันความร้อนหรือฉนวนกันไฟ พ่นกันไฟ เป็นวัสดุเก็บเสียง วัสดุห่อกันกระแทก สำหรับสัตว์หรือใส่ไข่ เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการเป่าแก้ว ทำตะเกียง เหล็ก หรือลูกแก้ว ใช้เป็นวัสดุในเครื่องหุงต้ม ใช้ทำถุงมือ และเนื่องจากคุณสมบัติที่มีน้ำหนักเบา เวอร์มิคูไลต์จึงเป็นวัสดุที่ถูกใช้ในด้านวิศวกรรม เช่น ใช้ผสมในปูนฉาบผนัง คอนกรีต ปูนขาว และซีเมนต์ ใช้ทำพื้นสระน้ำ ให้มีความเรียบ นอกจากนี้ เวอร์มิคูไลต์ยังถูกใช้ในงานด้านเกษตรกรรม เช่น ใช้ปรับปรุงดิน ใช้เป็นตัวอุ้มน้ำ เนื่องจากมีคุณสมบัติในการอุ้มน้ำ 300-375 ลิตรต่อลูกบาศก์เมตร สามารถดูดซับธาตุอาหารได้สูง โดยกักเก็บสารเคมีแล้วปล่อยออกมาช้าๆ แต่ไม่ดูดซับ Cl^- , NO_3^- , และ SO_4^{2-} เมื่อถูกใช้นานความพรุนจะหมดจึงนิยมผสมกับเพอร์ไลต์ในการปลูกพืชในกระถาง หรือใช้เป็นวัสดุปลูกสำหรับการปลูกพืชในระบบไฮโดรโปนิคส์ ซึ่งสามารถใช้ได้นานประมาณ 2 ปี เป็นต้น (ดิเรก, 2550; มนูญ, 2544; โสระยา, 2544 และ Wikipedia, 2008)

การปลูกพืชไม่ใช้ดิน

การปลูกพืชไม่ใช้ดิน (Soilless culture) เป็นวิธีการปลูกพืชโดยวิธีใดก็ได้ที่ไม่มีดินมาเกี่ยวข้อง แสดงว่าจะต้องไม่มีอนุภาคของทราย (sand particles) ดินตะกอน (silt particles) และดินเหนียว (clay particles) มารวมกันเป็นองค์ประกอบของดินในวัสดุหรือสารที่ใช้ปลูกพืช ซึ่งมีจุดมุ่งหมายเฉพาะในการผลิตพืชทางการเกษตรสมัยใหม่ให้มีคุณภาพและปลอดสารพิษ (นพดล, 2550)

การปลูกพืชไม่ใช้ดินเพื่อการค้าเกิดขึ้นจากความต้องการในการแก้ปัญหาความไม่เหมาะสมของดินที่ใช้เพาะปลูกพืชในโรงเรือนซึ่งเกิดโรคและแมลงระบาด ดินแน่นทึบหลังการเพาะปลูกเป็นเวลานาน (Resh, 1978) ต่อมาเทคนิคการปลูกพืชไม่ใช้ดินได้ถูกนำไปใช้เพื่อปลูกพืชในสถานที่อื่นๆ ที่มีสภาพไม่เหมาะสมต่อการเพาะปลูก เช่น ดินขาดความอุดมสมบูรณ์ ดินเค็ม หรือดินเปรี้ยว พื้นที่ขาดแคลนน้ำ เป็นต้น ทำให้การปลูกพืชวิธีนี้แพร่หลายและเป็นที่ยอมรับอย่างกว้างขวาง (Douglas, 1988) ธรรมบุญ (2544) ศึกษาความเป็นไปได้สำหรับโครงการลงทุนธุรกิจปลูกพืชไม่ใช้ดิน พบว่า อุปกรณ์ เครื่องมือต่างๆ และวัสดุในการปลูกพืชไม่ใช้ดิน สามารถจัดหาได้ภายในประเทศและปัจจุบันพืชที่ปลูกด้วยระบบนี้ อันได้แก่ พืชตระกูลสัสด ผลผลิตที่ได้ในปัจจุบันยังไม่เพียงพอต่อความต้องการ ผลการวิเคราะห์เชิงปริมาณบ่งชี้ว่า โครงการนี้มีระยะเวลาคืนทุนสั้น มูลค่าปัจจุบันสุทธิมีค่าเป็นบวก อัตราผลตอบแทนภายในสูงกว่าต้นทุนอัตราดอกเบี้ย โครงการนี้มีความเป็นไปได้ในการลงทุน ในขณะที่การปลูกผักระบบไฮโดรโปนิคส์ของ บริษัทเฟรชไฮโดรฟาร์ม จำกัด ซึ่งเป็นกิจการที่ใช้อุปกรณ์การปลูกนำเข้าจากต่างประเทศ และบริษัทแม่กลองพืชผัก จำกัด ซึ่งเป็นกิจการที่ใช้เครื่องมืออุปกรณ์ที่ได้จากการดัดแปลงวัตถุดิบที่มีอยู่ในประเทศ โดยใช้ข้อมูลการเพาะปลูกปี 2543 เพื่อวิเคราะห์ผลตอบแทนทางการเงินในการปลูกผักระบบไฮโดรโปนิคส์ พบว่า มีความเป็นไปได้ในการลงทุนในเชิงธุรกิจ (ธีรินมาศ, 2544)

ส่วนนิรชา (2548) ศึกษาสภาพทั่วไปทางด้านการผลิตและการตลาดผักโดยวิธีไฮโดรโปนิคส์ วิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนของการผลิตผักโดยวิธีไฮโดรโปนิคส์แต่ละชนิดต่อรุ่น เพื่อวิเคราะห์วางแผนการปลูกผักโดยวิธีไฮโดรโปนิคส์ให้ได้กำไรสูงสุดด้วยวิธีโปรแกรมเส้นตรง พบว่า ฟาร์มกรณีศึกษาตัวอย่างมีรายได้เหนือต้นทุนทั้งหมดต่อโตะต่อรุ่นของผักทั้ง 9 ชนิดที่ศึกษา ได้แก่ ผักกาดขาวไดโตเกียวก ผักปวยเล้ง ผักโขมขาว ผักโขมแดง ผักคะน้าเห็ดหอม ผักคะน้าฮ่องกง ผักกวางตุ้งฮ่องเต้ ผักบั้งจีน และผักสลัด นิรชาได้เสนอว่าฟาร์มกรณีศึกษาตัวอย่างควรปลูกผักเพียง 3 ชนิด ซึ่งได้แก่ ผักกาดขาวไดโตเกียวก ผักปวยเล้ง และผักสลัด เนื่องจากทำให้มีรายได้เหนือต้นทุน

ทั้งหมดสูงกว่าการปลูกผัก 9 ชนิด โดยแต่ละชนิดใช้จำนวนโตะปลูกต่อรุ่นเท่ากับ 138, 83 และ 85 ตามลำดับ และมีรอบการปลูกของผักแต่ละชนิดจำนวน 12, 12 และ 10 นอกจากนี้ ยังได้เสนออีกว่า ควรมีการวางแผนการปลูกผักโดยคำนึงถึงขนาดการผลิตเพื่อลดต้นทุนต่อหน่วยและมีการนำสารละลายธาตุอาหารที่หมักนำไปใช้กับพืชชนิดอื่น มีการร่วมมือกันของผู้ปลูกผักโดยวิธีไฮโดรโปนิคส์ด้วยกันในการผลิตและการตลาด

1. ระบบการปลูกพืชไม่ใช้ดิน

การปลูกพืชไม่ใช้ดิน พืชที่ปลูกจะเจริญเติบโตเร็วและให้ผลผลิตต่อหน่วยพื้นที่สูง ทั้งนี้รากจะต้องได้รับออกซิเจนและธาตุอาหารอย่างเพียงพอ (Adams, 1993) ระบบการปลูกพืชไม่ใช้ดินสามารถจัดแบ่งตามวิธีการให้สารละลายธาตุอาหารบริเวณรอบรากพืช ดังนี้

1.1 แบบปลูกในสารละลายธาตุอาหาร (Hydroponics) เป็นแบบที่ได้รับความนิยมมากกว่าแบบอื่นๆ ด้วยการนำรากพืชจุ่มแช่ในสารละลายโดยตรง ทั้งนี้ รากพืชสามารถทำงานได้ 2 หน้าที่ด้วยกัน คือ ดูดออกซิเจนและดูดอาหาร รากส่วนที่ดูดออกซิเจนอยู่บริเวณโคนรากซึ่งจะสัมผัสกับอากาศโดยตรง ส่วนรากที่ดูดอาหารอยู่บริเวณปลายรากซึ่งจะจุ่มแช่อยู่ในสารละลาย การปลูกพืชในสารละลายธาตุอาหารสามารถแบ่งได้เป็น 2 วิธี คือ (นพดล, 2550)

1.1.1 แบบสารละลายไม่หมุนเวียน ทั้งแบบเดิมอากาศและไม่เดิมอากาศ

1.1.2 แบบสารละลายหมุนเวียน โดยใช้ปั๊มในการทำให้สารละลายมีการไหลเวียน เป็นการเพิ่มออกซิเจนแก่รากพืชโดยตรงและช่วยรักษาไม่ให้รากต่างๆ เกิดการตกตะกอน พืชจึงได้รับธาตุอาหารอย่างเต็มที่ ระบบนี้เหมาะสำหรับปลูกพืชเชิงการค้า โดยให้สารละลายไหลผ่านรากพืชอย่างต่อเนื่อง (Deep Flow Technique) หรืออาจจะให้สารละลายไหลผ่านรากพืชเป็นน้ำบางๆ (Nutrient Film Technique)

ชาญวิทย์ (2546) ประยุกต์การจัดวางรางปลูกพืชระบบไฮโดรโปนิคส์ภายในโรงเรือนปรับสภาพแวดล้อม โดยออกแบบและจัดวางรางปลูกให้ระยะห่างระหว่างชุดปลูกมีระยะคงที่ 0.60 เมตร และกำหนดระยะความสูงระหว่างชั้นของรางปลูกคงที่ 1.45 เมตร (แบบ ก) พบว่า การจัดวางชุดปลูกขนาดกลาง 3 ชุด (แบบ 1ก) และจัดวางชุดปลูกขนาดใหญ่ 1 ชุด ขนาดด้วยชุดปลูกขนาดเล็ก 2 ชุด (แบบ 2ก) มีค่าเฉลี่ยของปริมาณรังสีอาทิตย์ที่รางปลูกชั้นล่างได้รับใกล้เคียงกัน แต่การจัดวาง

แบบ 2ก จะมีค่าเฉลี่ยของการรับปริมาณรังสีอาทิตย์สม่ำเสมอว่า ในส่วนของการจัดวางรางโดยกำหนดให้ชุดปลูกมีสัดส่วนความสูงคงที่เป็น 1.732 เท่าของระยะความกว้างของรางปลูกชั้นล่าง (แบบ ข) พบว่า การจัดวางชุดปลูกขนาดใหญ่ 2 ชุด (แบบ 3ข) เป็นแบบที่ให้การวางรางปลูกได้มากที่สุด กรณีโรงเรือนที่มีน้ำหล่อเย็น น้ำหล่อเย็นจะช่วยรักษาระดับอุณหภูมิของอากาศภายในโรงเรือนให้มีความสม่ำเสมอใกล้เคียงกับอุณหภูมิของอากาศภายนอกโรงเรือน และการลดอุณหภูมิของน้ำหล่อเย็นมีส่วนช่วยลดอุณหภูมิของอากาศภายในโรงเรือนได้มากที่สุด

พงพิพัฒน์ (2549) ศึกษาอิทธิพลของความยาวและความลาดเอียงของรางปลูก NFT และอัตราการไหลของสารละลายที่มีต่อการเจริญเติบโตของผักกาดหอมพันธุ์ green oak พบว่า รางปลูกยาว 6 เมตร ความลาดเอียง 2 เปอร์เซ็นต์ อัตราการไหลของสารละลาย 2 ลิตรต่อนาที อุณหภูมิเฉลี่ย 24.0-31.8 องศาเซลเซียส รางปลูกยาว 18 เมตร ความลาดเอียง 3 เปอร์เซ็นต์ อัตราการไหลของสารละลาย 2 ลิตรต่อนาที อุณหภูมิเฉลี่ย 32.0-39.6 องศาเซลเซียส และรางปลูกยาว 18 เมตร ความลาดเอียง 3 เปอร์เซ็นต์ อัตราการไหลของสารละลาย 4 ลิตรต่อนาที อุณหภูมิเฉลี่ย 31.2-36.4 องศาเซลเซียส ทำให้ผักกาดหอมพันธุ์ green oak มีการเจริญเติบโตดีที่สุด

อังคณา และอภิรัฐ (2548) ออกแบบและสร้างชุดไฮโดรโปนิคส์แบบใช้พลังงานจากเซลล์สุริยะ โดยทำการทดสอบประสิทธิภาพของระบบด้วยการทดลองปลูกแตงกวาญี่ปุ่นในวัสดุปลูกเพอร์ไลต์ผสมเวอร์มิคูไลต์ อัตราส่วน 1:1 และขุยมะพร้าวผสมขี้เถ้าแกลบ อัตราส่วน 1:1 พบว่า ระบบสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้เพียงพอตลอดอายุการเจริญเติบโตของพืช กระแสไฟฟ้าที่สามารถผลิตได้สูงสุด คือ 93.09 % ของความสามารถสูงสุดของแผง โดยในรอบวันแผงโซลาร์เซลล์จะผลิตกระแสไฟฟ้าได้สูงสุดในเวลา 12.00 น. ส่วนการเจริญเติบโตของพืชในวัสดุปลูก 2 ชนิด ไม่มีความแตกต่างกัน

1.2 แบบปลูกให้รากลอยอยู่กลางอากาศ (Aeroponics) เป็นการปลูกพืชโดยส่วนของรากลอยอยู่ในอากาศและฉีดสารละลายธาตุอาหารเป็นฝอยไปที่รากพืชโดยตรงเป็นช่วงเวลา รูปร่างของโครงสร้างที่ใช้ในการปลูกพืชระบบนี้อาจมีหลายรูปแบบ เช่น แบบกล่อง แบบกระโจมสามเหลี่ยม เป็นต้น พืชในระบบนี้มีการเจริญเติบโตดี ตั้งแต่วิธีการย้ายปลูก เนื่องจากรากพืชได้รับอากาศเต็มที่ ซึ่งเหมาะกับพืชดินเค็ม เช่น พืชผักต่างๆ ถ้าพืชดินสูงจำเป็นต้องมีการค้ำยันหรือใช้เชือกยึด ระบบนี้เหมาะสำหรับงานวิจัยที่ศึกษาทดลองเกี่ยวกับการเจริญเติบโตหรือปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อราก เพราะเห็นการพัฒนาของรากได้ชัดเจน แต่ต้องลงทุนค่าใช้จ่ายในด้านวัสดุอุปกรณ์ค่อนข้างสูง ถ้าระบบการฉีดพ่นอุดตันจะทำให้รากพืชแห้งตายได้ ไม่เหมาะจะปลูกเป็นการค้า (อารักษ์, 2544)

1.3 แบบปลูกในวัสดุปลูก (Substrate culture) เป็นการปลูกพืชลงบนวัสดุปลูกชนิดต่างๆ แทนดิน พืชได้รับธาตุอาหารทางรากจากการเติมสารละลายธาตุอาหารพืชลงในวัสดุปลูก วัสดุปลูกนอกจากเป็นที่ยึดเกาะของรากสำหรับพยุงลำต้นให้ชูได้แล้ว ควรมีคุณสมบัติเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช เช่น ร่วนโปร่งระบายอากาศดี อุดมน้ำและไม่เป็นพิษต่อพืช (ถวิล, 2546) ซึ่งได้แก่

1.3.1 วัสดุปลูกที่เป็นอินทรีย์สาร อาจเป็นวัสดุที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ เช่น ทราย กรวด หิน ภูเขา วัสดุที่ผ่านกระบวนการโดยใช้ความร้อน เช่น ดินเผา เม็ดดินเผา โยหิน เพอร์ไลต์ เวอร์มิคิวไลต์ หรือเป็นวัสดุที่เหลือจากโรงงานอุตสาหกรรม เช่น เศษอิฐจากการทำอิฐมอญ เศษดินเผาจากโรงงาน เป็นต้น

1.3.2 วัสดุปลูกที่เป็นอินทรีย์สาร มีทั้งวัสดุที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ เช่น ฟางข้าว ขุยมะพร้าว แกลบ ถ่านแกลบ เปลือกถั่ว ฟิน และวัสดุที่เหลือใช้จากโรงงานอุตสาหกรรม เช่น ขานอ้อย กากตะกอนจากโรงงานน้ำตาล เป็นต้น

1.3.3 วัสดุปลูกสังเคราะห์ เช่น เม็ดโฟม แผ่นฟองน้ำ เส้นใยพลาสติก เป็นต้น

วัฒนา (2540) พัฒนาการปลูกพืชด้วยวิธีไฮโดรโปนิคส์ โดยพืชที่ปลูก คือ แคนตาลูป คื่นช่าย ผักกาดหอม มะเขือเทศ และพริกหวาน พบว่า เทคนิค Substrate Culture, NFT และ Liquid Culture, Non-circulating System เป็นเทคนิคที่มีศักยภาพที่จะใช้ปลูกพืชเชิงพาณิชย์ได้ สำหรับสภาพอากาศภายในโรงเรือนมีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยหลังการเจาะหน้าต่าง ในช่วงอากาศร้อนถึงร้อนจัดในตอนกลางวันที่อับลมอุณหภูมิภายในยังสูงกว่าภายนอก 3-5 องศาเซลเซียส หรือสูงกว่า ส่วนความชื้นสัมพัทธ์ยังคงอยู่ในระดับ 40-45 % ของภายนอกโรงเรือน นอกจากนี้ยังพบว่า เทคนิค Substrate Culture เป็นเทคนิคที่ง่ายและลงทุนต่ำสุด เทคนิค NFT ข้อได้เปรียบกว่าเทคนิค Liquid Culture, Non-circulating System เนื่องจากไม่มีปัญหาในเรื่องการขาดออกซิเจน และเทคนิค NFT สามารถปรับเปลี่ยนและพัฒนาารูปแบบได้มากกว่า ในขณะที่อารีย์ (2540) ปลูกพืชโดยวิธีไฮโดรโปนิคส์ 5 เทคนิค คือ Substrate Culture, Liquid Culture แบบ Non-circulating System และ Circulating System, Aeroponics และ Nutrient Film Technique (NFT) ควบคู่กับโรงเรือนปลูกพืชหลังคาพลาสติก 2 แบบ คือ โรงเรือนปลูกพืชแบบหลังคาเพิงหมาแหงน (sloping, slab roof) และแบบหลังคาโค้ง (curve) สองชั้นซ้อนกัน (double roof) โดยใช้แสงแคนตาลูป ผักกาดหอม และผักกาดหอม เป็นพืชทดลอง ณ บริษัท ทีเอบี วิจัยและพัฒนาจำกัด อ.เมือง จ.นครปฐม โดยมีจุดประสงค์เพื่อคัดเลือกเทคนิคและโรงเรือนปลูกพืชที่เหมาะสมและเพื่อผลิตพืช

ปลอดสารพิษเป็นเชิงพาณิชย์ พบว่า ต้นแตงแคนตาลูปที่ปลูกด้วยเทคนิค NFT ภายใต้โรงเรือนปลูกพืชแบบหลังคาเพิงหมาแหงน และต้นที่ปลูกในเทคนิค Substrate Culture หลังคาโค้ง สองชั้นซ้อนกัน ให้ค่าเฉลี่ยน้ำหนักผลสูงที่สุด ผักคะน้าจีนที่ปลูกด้วยเทคนิค Liquid Culture แบบ Non-circulating System และผักกาดหอมที่ปลูกในเทคนิค NFT ให้ค่าเฉลี่ยน้ำหนักสดของต้นสูงที่สุด ต้นแตงแคนตาลูป และผักกาดหอมที่ปลูกด้วยเทคนิค Liquid Culture แบบ Circulating System ตายหมดทั้งสองโรงเรือนในระยะเวลา 6 สัปดาห์ และ 3 สัปดาห์ หลังย้ายปลูกลงสู่กระบะสารละลาย ตามลำดับ

วัสดุปลูกที่ดีจะต้องเป็นที่เกาะยึด ค้ำยันให้กับพืช เป็นแหล่งสะสมน้ำ แหล่งที่ให้อากาศ และเป็นที่ยึดอาหารให้แก่พืช ไม่ก่อให้เกิดพิษต่อต้นพืชที่ปลูก มีระดับความเป็นกรด-ด่างที่เหมาะสม สามารถดูดซับแร่ธาตุที่จำเป็นสำหรับพืช ไม่มีสารทำลายรากพืช สะอาด และสามารถทำความสะอาดได้ง่าย และไม่ก่อให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อม (พันธิ์, 2548)

อภิรักษ์ (2540) ใช้วัสดุอินทรีย์เป็นวัสดุปลูกพืชในระบบการปลูกพืชแบบไม่ใช้ดิน โดยใช้วัสดุปลูก ขุยมะพร้าว กากขานอ้อย ถ่านแกลบหยาบ ขี้เถ้า และถ่านแกลบละเอียด พืชที่ใช้ปลูกคือ ผักกาดหอม และผักกาดกวางตุ้ง พบว่า การเจริญเติบโตและผลผลิตของผักกาดหอมเมื่อปลูกในวัสดุปลูกต่างชนิดกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่ไม่พบว่าความหนาแน่นของวัสดุปลูกมีผลต่อการเจริญเติบโต โดยวัสดุที่ให้ผลผลิตพืชสดเฉลี่ยสูงสุด คือ ขุยมะพร้าว รองลงมา คือ แกลบหยาบ ส่วนการเจริญเติบโตและผลผลิตของผักกาดกวางตุ้ง แตกต่างกันทั้งเมื่อปลูกในวัสดุปลูกต่างชนิดกัน และเมื่อวัสดุมีความหนาแน่นต่างกัน วัสดุที่ให้ผลผลิตพืชสดเฉลี่ยสูงสุด คือ ถ่านแกลบหยาบ รองลงมา คือ ขุยมะพร้าว ส่วนวัสดุที่ให้ผลผลิตต่ำที่สุด คือ วัสดุกลุ่มความหนาแน่นต่างๆ ของขี้เถ้า รองลงมา คือ กากขานอ้อย

อุมาวดี (2546) ศึกษาการเจริญเติบโตของต้นผักกาดหอมพันธุ์ red oak ในวัสดุปลูก 6 ชนิด ได้แก่ ขุยมะพร้าวล้วน ขุยมะพร้าวผสมทราย อัตราส่วน 3:1, 2:1, 1:2, 1:3 และทรายล้วน และสารละลายธาตุอาหารสูตร Machlis and Torrey ภายใต้สภาวะอุณหภูมิสูง พบว่า ผักกาดหอมที่ปลูกในวัสดุปลูกขุยมะพร้าวผสมทราย อัตราส่วน 3:1 มีการเจริญเติบโตทางด้านจำนวนใบมากที่สุด จากนั้นให้สารละลายธาตุไนโตรเจน แคลเซียม และโพแทสเซียมในความเข้มข้นที่ต่างกัน ต้นผักกาดหอมในสารละลายธาตุไนโตรเจนความเข้มข้น 115 มิลลิกรัมต่อลิตร เจริญเติบโตทางด้านจำนวนใบดีที่สุด การให้สารละลายธาตุแคลเซียมความเข้มข้น 90 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับสารละลายธาตุไนโตรเจนความเข้มข้น 115 มิลลิกรัมต่อลิตร ผักกาดหอมเจริญเติบโตทางด้านน้ำหนักสดมากที่สุด และสารละลายธาตุโพแทสเซียมความเข้มข้น 97 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับสารละลายธาตุอาหารไนโตรเจนความเข้มข้น 115 มิลลิกรัมต่อลิตร และสารละลายธาตุอาหาร

แคลเซียมความเข้มข้น 90 มิลลิกรัมต่อลิตร ผักกาดหอมเจริญเติบโตทางด้านน้ำหนักสดมากที่สุด นอกจากนี้ เมื่อปลูกต้นผักกาดหอมในวัสดุปลูกขุยมะพร้าว อัตราส่วน 3:1 และให้สารละลายธาตุอาหารดังกล่าวข้างต้นในกระบอกพลาสติกที่ไม่ได้รับออกซิเจนผักกาดหอมเจริญเติบโตทางด้านน้ำหนักมากกว่าต้นที่ได้รับออกซิเจน ดังนั้น สารแทนนินในขุยมะพร้าวจึงไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตของผักกาดหอมพันธุ์ red oak และในระบบการปลูกต้นปลูกแบบไม่ใช้ดิน โดยวัสดุปลูกได้แก่ ขุยมะพร้าว แกลบดิบ แกลบเผา และหญ้าแฝกสับ พบว่า แกลบเผาเป็นวัสดุปลูกที่มีความเหมาะสมต่อปลูกในระบบปลูกพืชแบบไม่ใช้ดินมากที่สุด (จุฬาลักษณ์, 2547)

2. สารละลายธาตุอาหาร

สารละลายธาตุอาหารเป็นองค์ประกอบสำคัญที่สุดอย่างหนึ่งในระบบการปลูกพืชไม่ใช้ดิน การเลือกชนิดสารเคมีที่ใช้ การใช้สูตรสารละลายที่เหมาะสม จึงมีความสำคัญมากทั้งเพื่อประหยัดต้นทุนค่าใช้จ่ายและช่วยให้พืชเจริญเติบโตอย่างเหมาะสม นอกจากนี้ การให้ธาตุอาหารจำเป็นต้องให้สอดคล้องกับสภาพแวดล้อมและความสมดุลของธาตุอาหาร เพื่อที่พืชจะสามารถเจริญเติบโตได้ดี สูตรสารละลายธาตุอาหารจะต้องประกอบด้วยธาตุอาหารหลัก ได้แก่ ไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) โพแทสเซียม (K) แมกนีเซียม (Mg) แคลเซียม (Ca) และกำมะถัน (S) นอกจากนี้ ยังต้องมีธาตุอาหารรอง ได้แก่ แมงกานีส (Mn) เหล็ก (Fe) ทองแดง (Cu) สังกะสี (Zn) โมลิบดีนัม (Mo) โคบอลต์ (Co) และโบรอน (B) อีกด้วย น้ำที่ใช้เตรียมสารละลายจะต้องเป็นน้ำที่มีสิ่งเจือปนอยู่น้อย (โสระยา, 2544; ถวิล, 2546)

จิราวรรณ (2547) ศึกษาพัฒนาสูตรสารละลายสำหรับปลูกผักกาดหอมพันธุ์ grand rapid, red oak และ green oak ในระบบไฮโดรโปนิคส์ พบว่า ความเข้มข้นของแคลเซียม 3 ระดับ ได้แก่ 0, 20 และ 40 ppm ไม่ทำให้น้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง ความสูงยอด ความยาวราก shoot/root ratio ความกว้างใบ ความกว้างทรงพุ่ม พื้นที่ใบ ดัชนีพื้นที่ใบ อัตราการเจริญเติบโตสัมพัทธ์ และอัตราการสะสมน้ำหนักสุทธิของผักกาดหอมทั้ง 3 พันธุ์ แตกต่างกัน ยกเว้น ในสารละลายธาตุอาหารสูตรประยุกต์ Knop's ที่เติมแคลเซียมความเข้มข้น 40 ppm ผักกาดหอมมีการเจริญเติบโตทุกด้านสูงกว่าปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตรประยุกต์ Hoagland and Arnon และพบว่าสารละลายธาตุอาหารสูตรประยุกต์ทั้ง 2 สูตร ที่เติมแคลเซียมทำให้ผักกาดหอมพันธุ์ grand rapid มีการเจริญเติบโตดีกว่าผักกาดหอมพันธุ์ red oak และ green oak ส่วนด้านคุณภาพ แคลเซียมทำให้ผักกาดหอมทั้ง 3 พันธุ์ มีปริมาณคลอโรฟิลล์สูงและสีใบเข้มขึ้น สำหรับแอมโมเนียม-ไนโตรเจนทำให้ผักกาดหอมมีน้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง ความสูงยอด shoot/root ratio พื้นที่ใบ ดัชนีพื้นที่ใบ อัตราการเจริญเติบโต

สัมพัทธ์ และอัตราการสะสมน้ำหนักสุทธิ เจริญเติบโตสูงสุด แต่ถ้าแอมโมเนียม-ไนโตรเจนในสารละลายธาตุอาหารมีมากกว่าร้อยละ 50 ของไนโตรเจนทั้งหมด การเจริญเติบโตของผักกาดหอมจะลดลง และยังพบว่าผักกาดหอมพันธุ์ grand rapid มีการเจริญเติบโตดีกว่าพันธุ์ red oak และ green oak ส่วนด้านคุณภาพ ผักกาดหอมพันธุ์ red oak และ green oak ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหาร $\text{NO}_3 : \text{NH}_4$ เท่ากับ 0 : 100 มีปริมาณ reducing sugar มากที่สุด และเมื่อ NH_4 เพิ่มขึ้น ผักกาดหอมจะมีปริมาณคลอโรฟิลล์เพิ่มขึ้น และมีสีของใบเขียวเข้มขึ้น แต่มีปริมาณไนเตรตและไนไตรต์สะสมลดลง โดยผักกาดหอมพันธุ์ grand rapid และ green oak มีไนเตรตสะสมน้อยที่สุด คุณภาพผักกาดหอมด้านประสาทสัมผัสที่ปลูกในสารละลายที่มี $\text{NO}_3 : \text{NH}_4$ เท่ากับ 75 : 25 ไม่แตกต่างกับผักกาดหอมที่ปลูกในสารละลาย $\text{NO}_3 : \text{NH}_4$ ในอัตราส่วนอื่นๆ

เพ็ญภา (2546) ศึกษาความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน แคลเซียม และโพแทสเซียม ต่อการเจริญเติบโตของผักกาดหอม (*Lactuca sativa* Linn.) พันธุ์ red oak ที่ปลูกในระบบไฮโดรโปนิิกส์ (Nutrient Film Technique) โดยใช้สารละลายธาตุอาหารสูตร Machlis and Torrey (1965) ที่ความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหาร 1.2 mS/cm พบว่า ความเข้มข้นของธาตุอาหารไนโตรเจน 95 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้ผักกาดหอมพันธุ์ red oak มีการเจริญเติบโตทางด้านน้ำหนักสดได้ดีที่สุด การใช้แคลเซียมความเข้มข้น 120 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับไนโตรเจน 95 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้ผักกาดหอมพันธุ์ red oak มีน้ำหนักสดสูงสุด มีใบหนา แข็งแรง ไม่แสดงอาการเหี่ยวในช่วงกลางวัน ที่มีอุณหภูมิสูง และการใช้โพแทสเซียม 117 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับไนโตรเจน 95 มิลลิกรัมต่อลิตร และแคลเซียม 120 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้ผักกาดหอมพันธุ์ red oak เจริญเติบโตเหมาะสมที่สุด ไม่แสดงอาการเหี่ยวในช่วงกลางวันซึ่งมีอุณหภูมิสูง

วุฒิพงษ์ (2546) ศึกษาการเจริญเติบโต การสะสมไนเตรต และการลดไนเตรตก่อนการเก็บเกี่ยวในผักกาดหอม 2 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์ cos และพันธุ์ red oak ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร Enshi โดยใช้ความเข้มข้น 2 ระดับ คือ $\text{EC} = 1.2$ และ 2.4 mS/cm เปรียบเทียบกับการปลูกในถุงพลาสติกด้วยดินผสม (ดินร่วน : ขุยมะพร้าว : แกลบสด : ปุ๋ยคอก อัตราส่วน 2 : 2 : 2 : 1) ที่ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 12-24-12 อัตรา 33.33 กิโลกรัมต่อไร่ ในช่วงฤดูร้อนและฤดูหนาว พบว่า ในช่วงฤดูร้อน ผักกาดหอมมีการเจริญเติบโตที่ต่ำและไม่แตกต่างกัน ผักกาดหอมที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารทั้ง 2 ความเข้มข้น มีการสะสมไนเตรตเพิ่มขึ้นตามอายุปลูกจนถึงการเก็บเกี่ยวในสัปดาห์ที่ 5 และมีค่าเกินระดับความปลอดภัยต่อการบริโภคตามข้อกำหนดของสหภาพยุโรป ส่วนการปลูกในดินผสม มีการสะสมไนเตรตที่ต่ำกว่าการปลูกในสารละลายและลดลงเมื่ออายุปลูกเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่าผักกาดหอมพันธุ์ cos มีการสะสมสารไนเตรตมากกว่าพันธุ์ red oak ในช่วงฤดูหนาว

ผักกาดหอมที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารทั้ง 2 ความเข้มข้น มีการเจริญเติบโตดีกว่าปลูกในดินผสม มีการสะสมสารไนเตรตเพิ่มขึ้นตามอายุปลูกจนสูงสุดในสัปดาห์ที่ 3 จากนั้นจะเริ่มลดลงก่อนการเก็บเกี่ยวในสัปดาห์ที่ 5 ในขณะที่การปลูกในดินผสมจะมีการสะสมสารไนเตรตเริ่มต้นที่สูงและลดลงตามอายุการปลูก ซึ่งทุกวิธีการปลูกในฤดูหนาวไม่พบว่าผักกาดหอมมีการสะสมไนเตรตที่เกินกว่าความปลอดภัยต่อการบริโภค และพบว่าผักกาดหอมพันธุ์ cos มีการสะสมสารไนเตรตสูงกว่าพันธุ์ red oak เสมอเมื่อปลูกในสารละลายธาตุอาหาร ส่วนวิธีการลดสารไนเตรตก่อนการเก็บเกี่ยวทำได้โดยการแทนที่สารละลายด้วยน้ำธรรมดาเป็นเวลา 4 วัน ก่อนการเก็บเกี่ยว ซึ่งไม่ทำให้ผักกาดหอมพันธุ์ red oak ในสารละลายธาตุอาหารความเข้มข้น $EC = 1.2 \text{ mS/cm}$ มีน้ำหนักรากและน้ำหนักแห้งลดลง

สุรชัย (2546) ศึกษาประสิทธิภาพของน้ำสกัดชีวภาพพืชและน้ำสกัดชีวภาพปลาต่อการเจริญเติบโตของผักกาดกวางตุ้ง ผักกาดหอม และพริกยักษ์ ในระบบการปลูกพืชแบบไม่ใช้ดิน น้ำสกัดชีวภาพทั้ง 2 ชนิด มีสมบัติเป็นกรดจัด ค่าการนำไฟฟ้าสูงมาก มีปริมาณธาตุอาหารหลักธาตุอาหารรอง และจุลธาตุในปริมาณต่ำ ซึ่งมีประสิทธิภาพไม่แตกต่างกัน แม้ว่าน้ำสกัดชีวภาพพืชมีความเป็นกรดรุนแรงกว่า และมีธาตุอาหารปริมาณน้อยกว่าน้ำสกัดชีวภาพปลา พืชทดลองแต่ละชนิดก็สามารถตอบสนองต่อการใช้น้ำสกัดชีวภาพทั้ง 2 ชนิด ในทำนองเดียวกัน โดยพบว่าการใช้ น้ำสกัดชีวภาพพืชหรือปลาเพียงอย่างเดียว ทั้งในอัตราส่วนที่เจือจาง 1:1,000 และ 1:500 จะทำให้พืชมีการเจริญเติบโตและการดูดธาตุอาหารน้อยมากและไม่แตกต่างกัน และยังน้อยกว่าการใช้สารละลายที่มีธาตุอาหารครบ แต่ถ้าใช้น้ำสกัดชีวภาพดังกล่าวร่วมกับสารละลายที่มีธาตุอาหารครบ กลับทำให้มีการเจริญเติบโตและการดูดธาตุอาหารเพิ่มขึ้นดีกว่าการใช้สารละลายธาตุอาหารครบเพียงอย่างเดียว ซึ่งอัตราส่วนของน้ำสกัดชีวภาพที่เจือจาง 1:1,000 จะให้ผลการเจริญเติบโตที่ดีกว่าอัตราส่วนที่เจือจาง 1:500 และการใช้น้ำสกัดชีวภาพพืชหรือปลาร่วมกับสารละลายที่มีเฉพาะธาตุอาหาร N-P-K จะทำให้พืชมีการเจริญเติบโตและดูดธาตุอาหารน้อยกว่าการใช้น้ำสกัดชีวภาพร่วมกับสารละลายที่มีธาตุอาหารครบ

ธีระศักดิ์ (2547) ศึกษาการเจริญเติบโตและปริมาณธาตุอาหารของผักกาดหอม 3 ชนิด คือ cos, butter head และ red coral ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่แตกต่างกัน 10 สูตร ได้แก่ Enshi's, Australian's, Hydro-Clonical's, Resh's Tropical Wet Summer, Resh's Tropical Dry Summer, ลาดกระบังดัดแปลง, Dutch's, Cooper's, Knop's และ Steiner's Universal Nutrient ที่ปริมาณธาตุ N ในช่วง 122-355 mg/l P ในช่วง 21-69 mg/l K ในช่วง 150-449 mg/l Ca ในช่วง 62-250 mg/l Mg ในช่วง 12-50 mg/l ที่แตกต่างกัน โดยปลูกในสภาพโรงเรือนเปิดและโรงเรือนปิด พบว่า

ในสภาพโรงเรือนเปิด ผักกาดหอมที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตรที่ 5 (Resh's Tropical Dry Summer) มีการเจริญเติบโตมากที่สุด โดยมีจำนวนใบ พื้นที่ใบ น้ำหนักสด และน้ำหนักแห้งของยอด และรากสูงกว่าของสารละลายธาตุอาหารสูตรอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ผักกาดหอม cos และ butter head มีการเจริญเติบโตที่ไม่แตกต่างกัน แต่ทั้งสองชนิดดีกว่าชนิด red coral อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ปริมาณธาตุอาหารในส่วนยอดของผักกาดหอมที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตรที่ 4 (Resh's Tropical Wet Summer) มีปริมาณ Mg มากที่สุด และสูตรที่ 9 (Knop's Solution) มีปริมาณธาตุอาหาร Ca มากที่สุด ในขณะที่ธาตุ N P และ K ในส่วนยอดของผักกาดหอมที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารทุกสูตรมีปริมาณไม่แตกต่างกันทางสถิติ ในสภาพโรงเรือนปิด พบว่า ผักกาดหอมที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่แตกต่างกัน มีน้ำหนักสดยอด และราก จำนวนใบ และน้ำหนักแห้งยอดไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่ผักกาดหอมที่ปลูกในสารละลายสูตรที่ 10 (Steiner's Universal Nutrient) มีน้ำหนักสดรากมากที่สุด และสูตรที่ 7 (Dutch's Solution) ให้น้ำหนักแห้งรากมากที่สุด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ผักกาดหอมชนิด cos มีการเจริญเติบโตสร้างน้ำหนักแห้งของยอดและรากมากที่สุด ปริมาณธาตุอาหารในส่วนยอดของผักกาดหอม พบว่า ผักกาดหอมที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตรที่ 8 (Cooper's Solution) มีปริมาณธาตุ P มากที่สุด สูตรที่ 10 มีปริมาณธาตุ K มากที่สุด สูตรที่ 5 มีปริมาณธาตุ Ca มากที่สุด ส่วนสูตรที่ 4 และสูตรที่ 8 มีปริมาณธาตุ Mg มากที่สุด โดยแตกต่างจากสารละลายธาตุอาหารสูตรอื่นอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ส่วนปริมาณธาตุ N ในต้นผักกาดหอมที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารทุกสูตรนั้น มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ผักกาดหอมที่ปลูกในระบบไฮโดรโปนิคส์แบบท่อในโรงเรือนหลังคาพลาสติก ยุทธนา (2547) พบว่า การพรางแสงมีผลทำให้อุณหภูมิสารละลายลดลง 1-4 องศาเซลเซียส แต่มีผลทำให้ความสูงยอด shoot/root ratio ความกว้างทรงพุ่ม ปริมาณไนเตรต ปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมด และปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในใบผักกาดหอมสูงขึ้น อิทธิพลของแอมโมเนียมในสารละลายอาหาร โดยเฉพาะสูตรที่ใช้ปุ๋ยแอมโมเนียมต่อไนเตรตอัตราส่วน 33 : 67 มีแนวโน้มทำให้ผักกาดหอมมีการเจริญเติบโตและคุณภาพดีที่สุด และพบว่าผักกาดหอมมีการสะสมไนเตรตสูงสุดเมื่ออายุ 30 วัน และลดลงตามอายุที่เพิ่มขึ้นจนถึงอายุการเก็บเกี่ยวซึ่งไม่เกินค่ามาตรฐาน European Commission Standard (1997) นอกจากนี้ยังพบว่า ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟตมีผลทำให้ผักกาดหอมมีน้ำแห้ง ความสูงยอด พื้นที่ใบ ปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมด ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ ปริมาณฟอสฟอรัส และปริมาณโพแทสเซียมสูงกว่าการใช้ปุ๋ยยูเรียหรือปุ๋ยน้ำอินทรีย์ แต่ปุ๋ยยูเรียมีผลทำให้ปริมาณไนเตรตสะสมสูงสุด ส่วนการผลิตผักกาดหอมไฮโดรโปนิคส์แบบท่อด้วยอุปกรณ์ที่สร้างขึ้นเอง พบว่า ต้นทุนการผลิตทั้งหมดไม่รวมค่าแรง สามารถปรับลงได้เมื่อเพิ่มกำลังการผลิตให้สูงกว่าพื้นที่ในแปลงทดลอง

ปิยะนุช (2548) ศึกษาถึงผลของน้ำปุ๋ยหมักจากผักคะน้าและจากถั่วเหลืองที่มีต่อการเจริญเติบโตของต้นผักกาดหอมในวัสดุปลูกที่ไม่ผสมดิน การปลูกผักกาดหอมในวัสดุผสมชนิดเดียวกัน แต่ให้น้ำปุ๋ยหมักและสารละลายธาตุอาหารที่แตกต่างกัน พบว่า น้ำปุ๋ยหมักช่วยเพิ่มจำนวนใบ แต่น้ำปุ๋ยหมักจากถั่วเหลืองที่ให้ทุก 8 วัน จะให้ขนาดใบ น้ำหนักสดราก น้ำหนักสดรวมต้น และราก น้ำหนักแห้งราก และมวลชีวภาพในการเก็บเกี่ยวครั้งที่ 3 สูงสุด แต่ไม่แตกต่างจากการให้น้ำปุ๋ยหมักจากผักคะน้าที่ทุกระยะของการทดลอง อย่างไรก็ตาม การให้น้ำปุ๋ยหมักจำเป็นต้องให้ควบคู่กับสารละลายธาตุอาหาร นอกจากนี้ ผลของการให้น้ำปุ๋ยหมักและสารละลายธาตุอาหารด้วยการปลูกในวัสดุ 5 ชนิด ได้แก่ ทรายล้วน ขุยมะพร้าวล้วน และทรายผสมขุยมะพร้าว 3 อัตราส่วนผสม (2:1, 1:1 และ 1:2) และให้น้ำปุ๋ยหมักและสารละลายธาตุอาหารที่แตกต่างกัน พบว่า น้ำปุ๋ยหมักช่วยเพิ่มจำนวนใบ น้ำหนักผลผลิตสด น้ำหนักแห้งของส่วนเหนือดิน และมวลชีวภาพของผักกาดหอม แต่มีผลทำให้ปริมาณน้ำภายในต้นผักกาดหอมลดลงในช่วงท้าย และเมื่อพิจารณาสมบัติของวัสดุปลูก พบว่า น้ำปุ๋ยหมักช่วยให้วัสดุทรายล้วนเก็บความชื้นได้มากขึ้น ซึ่งโดยภาพรวมทั้ง 2 การทดลอง มีแนวโน้มว่าการให้น้ำปุ๋ยหมักทุก 8-10 วัน ให้ผลดีต่อการเจริญของผักกาดหอม

การศึกษาอิทธิพลของสารอินทรีย์สกัดจากปลาและพืชผัก สารสกัดจากดินหูลำปำและขุขันธ์สด และสารละลายธาตุอาหาร 4 สูตร ต่อการเจริญเติบโตคุณภาพของผักกาดหอมพันธุ์ red oak (*Lactuca sativa* L.) ภายใต้การปลูกพืชไม่ใช้ดิน 2 ระบบ คือ Dynamic Root Floating Technique (DRFT) และ Nutrient Film Technique (NFT) ราชนทร์ (2548) พบว่า การใช้สารละลายธาตุอาหารสูตร Steiner กับระบบการปลูกแบบ NFT ให้ผลผลิตทั้งเชิงปริมาณและคุณภาพสูงสุด การใช้สารอินทรีย์สกัดจากปลาร่วมกับสารละลายธาตุอาหารสูตร Steiner ในระบบ NFT มีผลต่อการเพิ่มปริมาณน้ำหนักสดและการเพิ่มคุณภาพของผักกาดหอมพันธุ์ red oak และการใช้สารอินทรีย์สกัดจากดินหูลำปำร่วมกับสารละลายธาตุอาหารสูตร Steiner ในระบบ NFT ทำให้ผักกาดหอมพันธุ์ red oak มีอัตราการเจริญเติบโตสูงสุด นอกจากนี้ การใช้สารละลายธาตุอาหารสูตร Steiner ในระบบ NFT ร่วมกับสารอินทรีย์สกัดจากปลาและสารสกัดจากดินหูลำปำ มีผลทำให้ผักกาดหอมพันธุ์ red oak มีผลผลิตเพิ่มขึ้นทั้งปริมาณและคุณภาพ โดยมีต้นทุนการผลิตคลอโรฟิลล์เอ แคโรทีนอยด์ และโปรตีนต่ำที่สุด แต่มีน้ำหนักสดต่ำสุด

Ao et al. (2007) เปรียบเทียบน้ำสกัดจากวัสดุปลูก 6 ชนิด ได้แก่ พีทมอส เปลือกข้าวโพดไหม้ ปุ๋ยไก่ ขี้เลื่อย แพนหญา และถ่านหิน พบว่า สารสกัดธาตุอาหารพื้นฐานที่อยู่ในสารละลายธาตุอาหารมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญระหว่างวัสดุปลูก โดยพิจารณาจากความเข้มข้นของ

ประจุไฟฟ้า ในระยะเวลา 36-108 ชั่วโมง หลังการเริ่มทำการทดลอง ปริมาณของประจุไฟฟ้าในสารสกัดสารละลายธาตุอาหารที่ไม่เท่ากันขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของประจุไฟฟ้าที่มีอยู่ในน้ำสกัดสารละลายธาตุอาหาร โดยพบไนโตรเจนและฟอสฟอรัสมากที่สุดใต้น้ำสกัดสารละลายธาตุอาหารจากวัสดุปลูกปุ๋ยไก่

การปลูกผักกาดหอมในสารละลายสูตร Resh Tropical Dry Summer ดัดแปลง ในสภาพอากาศร้อนและอากาศเย็น ปริชาติ (2550) พบว่า ผักกาดหอม cos อายุตั้งแต่หลังย้ายปลูกจนถึงอายุ 2 สัปดาห์หลังย้ายปลูก ในสภาพอากาศร้อน ความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหาร 1.75 mS/cm ร่วมกับระดับความเป็นกรด-ด่าง 6.0 ทำให้การเจริญเติบโตของผักกาดหอม cos ดีที่สุด ผักกาดหอม cos อายุตั้งแต่ 2 สัปดาห์ จนถึงอายุ 4 สัปดาห์หลังย้ายปลูก ในสภาพอากาศร้อน เมื่อลดความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารเป็น 1.00 mS/cm ร่วมกับระดับความเป็นกรด-ด่าง 6.0 ทำให้การเจริญเติบโตของผักกาดหอม cos ดีที่สุด และสามารถดูได้ในไนโตรเจนสูงที่สุด ส่วนผักกาดหอม cos อายุตั้งแต่หลังย้ายปลูกจนถึงอายุ 2 สัปดาห์หลังย้ายปลูก ในสภาพอากาศเย็น ความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหาร 1.50 mS/cm ร่วมกับระดับความเป็นกรด-ด่าง 6.0 ทำให้การเจริญเติบโตของผักกาดหอม cos ดีที่สุด ผักกาดหอม cos อายุตั้งแต่ 2 สัปดาห์ จนถึงอายุ 4 สัปดาห์หลังย้ายปลูก ในสภาพอากาศเย็น เพิ่มความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารเป็น 1.75 mS/cm ร่วมกับระดับความเป็นกรด-ด่าง 6.0 ทำให้การเจริญเติบโตของผักกาดหอม cos ดีที่สุด และสามารถดูได้ในไนโตรเจนสูงที่สุด แต่เมื่อความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารสูงขึ้น ทั้ง 2 สภาพอากาศจะทำให้เกิดอาการปลายยอดไหม้ (Tip burn) เพิ่มขึ้น ผักกาดหอม cos ที่ปลูกในสารละลายที่ไม่มีการควบคุมระดับความเป็นกรด-ด่าง มีค่าเพิ่มขึ้นอยู่ในช่วงระหว่าง 5.8 ถึง 6.38 มีการเจริญเติบโตไม่แตกต่างจากการควบคุมระดับความเป็นกรด-ด่าง 5.8 ยกเว้น อายุ 16 และ 18 วันหลังย้ายปลูก

Yang *et al.* (2008) ศึกษาปริมาณของไนเตรตบริสุทธิ์ในระบบปลูกแบบไฮโดรโปนิคส์ โดยมีการเปลี่ยนแปลงและการสลายตัวของไนโตรเจนภายใน 3, 2 และ 1 โดยจะทำการวัดค่า COD, ไนโตรเจนรวม ฟอสฟอรัสรวม $\text{NO}_x\text{-N}$ และ $\text{NH}_3\text{-N}$ พบว่า $\text{NO}_x\text{-N}$ มีการสลายตัวออกไป 91 เปอร์เซ็นต์ 97 เปอร์เซ็นต์ และ 71 เปอร์เซ็นต์ ในระยะเวลา 3, 2 และ 1 วัน ตามลำดับ มีค่า COD 17-47 mgL^{-1} ไนโตรเจนรวม 31-64 เปอร์เซ็นต์ และฟอสฟอรัส 8-15 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสอดคล้องกับค่าความเข้มข้นของ DO ที่พบ (ต่ำกว่า 0.7 mgL^{-1}) และทำให้เห็นการเปลี่ยนแปลงและการสลายตัวของไนโตรเจน $\text{NH}_3\text{-N}$ และ $\text{NO}_x\text{-N}$

ผักกาดหอมที่ปลูกโดยไม่ใช้ดินด้วยเทคนิคปล่อยให้สารละลายไหลผ่านรากพืชเป็นแผ่นฟิล์มในฤดูฝนและฤดูหนาว กิตติ (2548) พบว่า ฤดูกาลไม่มีผลต่อผลผลิต ปริมาณไนเตรต

และขนาดของต้นผักกาดหอม การพรางแสงทำให้ความสูงและความกว้างพุ่มมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น แต่จำนวนใบและพื้นที่ใบลดลง ซึ่งทำให้ผลผลิตไม่แตกต่างกับการไม่พรางแสง ผักกาดหอมพันธุ์ โอโกยามาที่ระดับการพรางแสง 60 เปอร์เซ็นต์ มีผลผลิตสูงและขนาดต้นใหญ่สุด สำหรับปริมาณ ไนเตรตตกค้างในผลผลิต พบว่า ทุกพันธุ์ตอบสนองต่อการพรางแสงในทำนองเดียวกัน คือ เมื่อเพิ่มระดับการพรางแสงก็ทำให้ปริมาณไนเตรตเพิ่มขึ้น แต่อยู่ระดับที่ปลอดภัยต่อผู้บริโภค ส่วนปฏิริยาสัมพันธ์ระหว่างฤดูกาลกับการพรางแสง และปฏิริยาสัมพันธ์ระหว่างระดับการพรางแสงกับพันธุ์ ไม่มีนัยสำคัญ

ผักกาดหอมที่ปลูกโดยไม่ใช้ดินด้วยเทคนิคปล่อยให้สารละลายไหลเป็นแผ่นฟิล์ม (NFT) โดยให้ความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหาร 1.8 mS/cm ตลอดการปลูกเป็นวิธีการควบคุม แล้วปรับลดเหลือ 0.9 mS/cm ก่อนการเก็บเกี่ยว 2 และ 4 วัน และให้น้ำเปล่าก่อนการเก็บเกี่ยว 2 และ 4 วัน พบว่า ผักกาดหอมมีสารไนเตรตตกค้างในผลผลิตไม่เกินค่ามาตรฐานสูงสุดที่ยอมให้มีได้ การให้น้ำเปล่าก่อนการเก็บเกี่ยว 4 วัน สามารถลดปริมาณไนเตรตตกค้างจากกรรมวิธีควบคุมได้เช่นกัน อีกทั้ง ยังสามารถเก็บเกี่ยวผักกาดหอมได้โดยผลผลิตไม่ลดลง และมีขนาดต้นไม่แตกต่างกันอีกด้วย (กิตติ และคณะ, 2549)

ฐิติพันธุ์ (2542) ศึกษาคุณภาพและต้นทุนการผลิตขึ้นฉ่ายและผักสลัด 4 ชนิด ได้แก่ red oak, green oak, butter head และ asconia ภายใต้การควบคุมสภาพแวดล้อมในสารละลายธาตุอาหารพืช ด้วยวิธีไฮโดรโปนิคส์ พบว่า ต้นทุนการผลิต butter head ต่ำที่สุดแต่ให้ผลตอบแทนสูงที่สุด และพบว่าการปลูกขึ้นฉ่ายจะให้ผลตอบแทนสูงกว่าแต่ต้นทุนการผลิตสูงกว่าการปลูกด้วยวิธีดั้งเดิม ส่วนสูตรสารละลายธาตุอาหารที่เหมาะสม คือ สารละลายสูตร Knop's 1865 ที่เพิ่มแคลเซียมไนเตรตร้อยละ 50 ทำให้ขึ้นฉ่ายเจริญเติบโตในส่วนยอดทั้ง shoot growth และ shoot growth rate ดีที่สุด นอกจากนี้ ยังพบว่าสารละลายสูตร Knop's 1865 ที่เพิ่มแคลเซียมไนเตรตอีกร้อยละ 50 ทำให้ crop growth rate (CGR), relative growth rate (RGR), leaf area index (LAI), specific leaf area (SLA) และ net assimilation rate (NAR) น้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง พื้นที่ใบ และปริมาณน้ำคั้นของผักสูงสุด ส่วนคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของผลผลิตขึ้นฉ่ายด้านประสาทสัมผัส พบว่า ขึ้นฉ่ายที่ปลูกในสารละลายสูตร Knop's 1865 ที่เพิ่มแคลเซียมไนเตรตอีกร้อยละ 50 มีคุณภาพเป็นที่ยอมรับจากผู้บริโภคมากที่สุด และเมื่อเก็บรักษาหลังการเก็บเกี่ยวที่อุณหภูมิห้องและในตู้เย็น 3 และ 5 วัน พบว่า ไม่มีความแตกต่างกัน แต่การยอมรับจากผู้บริโภคมีแนวโน้มลดลง

ผักกาดหอม

ผักกาดหอม จัดอยู่ในวงศ์ Compositae มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Lactuca sataiva* L. และชื่อสามัญว่า ผักกาดขี หรือผักสลัด มีถิ่นกำเนิดในทวีปเอเชียและยุโรป และมีปลูกในประเทศไทยมานานแล้ว ผักกาดหอมเป็นผักที่มีคุณค่าทางอาหารสูง นิยมบริโภคกันแพร่หลายที่สุดในบรรดาผักสลัด โดยส่วนใหญ่ นิยมรับประทานสดและนำมาประกอบอาหารหลายชนิด นำมาตกแต่งอาหารให้มีสีสันสวยงามน่ารับประทานมากยิ่งขึ้น หรือใช้เป็นพืชสมุนไพร ผักกาดหอมที่ปลูกและใช้บริโภคกันในปัจจุบันสามารถจำแนกออกได้เป็น 3 ประเภทใหญ่ๆ ได้แก่ (ศูนย์สารสนเทศ กรมส่งเสริมการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, ม.ป.ป.)

1. ผักกาดหอมหัว (Head lettuce)

เป็นผักกาดหอมที่ใบห่อเป็นหัว ซึ่งเกิดจากการที่ใบเรียงซ้อนกันหนาแน่น มีทั้งชนิดห่อหัวแน่น (Crisp head) ใบบาง กรอบ เปราะง่าย เห็นเส้นกลางใบชัดเจน ใบจะห่อเป็นหัวแน่นแข็งคล้ายกะหล่ำปลี นิยมกันมากในทางการค้าเพราะสามารถขนส่งได้สะดวก ซึ่งได้แก่ พันธุ์เกรทเลก (Great lake) นิวยอร์ก (New york) อิมพีเรียล (Imperial) โปรกริสส์ (Progress) เป็นต้น ชนิดห่อหัวไม่แน่น (Butter head) ห่อเป็นหัวหลวมๆ ใบจะอ่อนนุ่มและผิวใบมัน ใบไม่กรอบเหมือนชนิดห่อหัวแน่น ใบที่ซ้อนอยู่ข้างในจะมีลักษณะเหมือนถูกเคลือบด้วยน้ำมันหรือเนย อ่อนนุ่มและเป็นเมือกลิ้นๆ ใบข้างในซ้อนทับกันแน่นพอประมาณ สีเหลืองอ่อนคล้ายเนย ชอบอากาศหนาวเย็น อายุการเก็บเกี่ยวเร็วกว่าชนิดห่อหัวแน่น พันธุ์ที่นิยมได้แก่ พันธุ์บิก บอสตัน (Big Boston) ไวท์ บอสตัน (White Boston) เป็นต้น และชนิดห่อหัวหลวมค่อนข้างยาว ใบห่อเป็นรูปกลมยาวหรือรูปกรวย ลักษณะหัวคล้ายผักกาดขาวปลี ใบแข็ง มีลักษณะยาวและแคบ นิยมกันมากในทวีปยุโรป แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ พันธุ์ที่มีหัวขนาดใหญ่ ได้แก่ พันธุ์ปารีส ไวท์ (Paris White), ไวท์ ฮีท (White Heart) เป็นต้น และพันธุ์ที่มีหัวขนาดเล็ก ได้แก่ พันธุ์ลิทเติล เจม (Little Gem)

2. ผักกาดหอมใบ (Leaf lettuce)

เป็นผักกาดหอมที่ใบไม่ห่อเป็นหัว นิยมปลูกกันทั่วไปในประเทศไทย ใบกว้างใหญ่และหยิก เจริญเติบโตออกไปทางด้านบนและด้านข้าง ต้นเป็นพุ่มเตี้ย ทนต่ออากาศร้อนได้ดีกว่าประเภทอื่นๆ ได้แก่ ชนิดที่มีสีเขียวทั้งต้น เช่น พันธุ์ Grand Rapids, Simpson's Curled, Boston Curled และ Slobott และชนิดที่มีสีน้ำตาลทั้งต้น เช่น พันธุ์ Prize Head เป็นต้น

3. ผักกาดหอมต้น (Stem lettuce)

เป็นผักกาดหอมที่ปลูกเพื่อใช้ลำต้นรับประทานเท่านั้น มีลักษณะลำต้นอวบ ลำต้นสูง ใบจะเกิดขึ้นต่อๆ กันไปจนถึงยอดหรือช่อดอก ใบจะมีลักษณะคล้ายผักกาดหอมใบ แต่ใบจะเล็ก หนา และสีเข้มกว่า มีทั้งชนิดกลมและยาว ไม่ห่อหุ้ม โดยทั่วไปไม่ค่อยนิยมปลูกกัน ได้แก่ พันธุ์ Celtuce

การปลูกพืชไม่ใช้ดินและสิ่งแวดล้อม

การผลิตพืชเชิงธุรกิจ เช่น การทำไร่ ทำนา ทำสวนผัก หรือการทำสวนไม้ผล ใช้วิธีหรือระบบการผลิตแบบใดก็ตาม ต่างมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากน้อยแตกต่างกันไป ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับวิธีการและการจัดการในกระบวนการผลิตเป็นหลัก การปลูกพืชไม่ใช้ดินก็มีทั้งผลดี-ผลเสียทั้งทางตรงและทางอ้อมต่อสิ่งแวดล้อม เช่น การช่วยแก้ปัญหาอากาศเสียและปัญหาเรื่องกลิ่นภายในอาคารที่ทำการ การไม่ย่อยสลายของวัสดุปลูก การตกค้างของไนเตรตในพืช ปัญหาจากสารอาหารพืชที่ทำให้ดินและน้ำเสีย ผลกระทบจากการใช้สารเคมีในการป้องกันกำจัดศัตรูพืชต่อผู้ผลิตและผู้บริโภค หรือการใช้เป็นพืชบำบัด (ดิเรก, 2550) เช่น

Sasirat (2007) ปลูกพืชระบบไม่ใช้ดินแบบ NFT ด้วยสารละลายธาตุอาหารสูตร Hoagland ครั้งหนึ่งรวมกับการใส่ฟลูออไรด์เข้มข้น 5 mg/l พบว่า เฟอร์รอนแวนแกวสามารถดูดซึมฟลูออไรด์ได้ดีที่สุด ตามด้วยเฟอร์รอนหลังเงิน ผักกาดขาวปลี และบวบ โดยมีอัตราความเข้มข้นสะสมในพืช 51, 50, 27 และ 13 ตามลำดับ นอกจากนี้ ยังพบความเข้มข้นในรากมากกว่าส่วนต้นกล้าในพืชทุกชนิด หลังจากนั้นนำแวนแกวปลูกในสารละลายที่มีฟลูออไรด์ความเข้มข้น 5, 10 และ 15 mg/l พบว่า พืชในแต่ละชนิดไม่มีลักษณะหรือความแตกต่างในเรื่องมวลชีวภาพเมื่อเปรียบเทียบกับตัวควบคุม ชนิดที่มีการสะสมมากที่สุด คือ ชนิดที่ใช้ฟลูออไรด์เข้มข้น 15 mg/l โดยจะสะสมอยู่ในรากประมาณ 1,730 mg/l ของน้ำหนักแห้ง สัปดาห์ที่ 7 หลังการทดลอง มีอัตราความเข้มข้นสะสมประมาณ 150 ซึ่งส่วนใหญ่การกำจัดฟลูออไรด์จากสารละลายโดยพืชนั้นสามารถกำจัดได้เพียง 1-2 เปอร์เซ็นต์ของฟลูออไรด์ที่อยู่ในระบบ ฟลูออไรด์ทั้งหมดที่ถูกดูดซึม 7 สัปดาห์ หลังการทดลอง ได้แก่ 60, 110 และ 250 mg/l ของน้ำหนักแห้ง ในชนิดความเข้มข้นของฟลูออไรด์ 5, 10 และ 15 mg/l ตามลำดับ

Jeyakumar (2006) ศึกษาศักยภาพของແໜປັດในการตรึงไนโตรเจนในอากาศและการปลดปล่อยไนโตรเจน และการใช้ในโตรเจนเป็นปุ๋ยของผักกาดหอมที่ปลูกในระบบไม่ใช้ดิน

โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 2 การทดลอง คือ 1.การศึกษาปริมาณของไนโตรเจนจากแหล่งเปิด 5 ชนิดและตัวควบคุมไม่มีแหล่งเปิด พบว่า ปริมาณของแอมโมเนียมและไนเตรตมีความเข้มข้นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญอย่างยิ่งในแหล่งเปิดแต่ละชนิด โดยจะมีการเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนกระทั่งวันที่ 21 ปริมาณไนโตรเจนก็จะลดลง 2.การศึกษาการปลูกผักกาดหอมด้วยการใช้แหล่งเปิดเป็นตัวให้ไนโตรเจนในสารละลายธาตุอาหารและตัวควบคุมที่ไม่มีแหล่งเปิด พบว่า ความเข้มข้นของไนโตรเจนจากแหล่งเปิดใน 20 วัน มีปริมาณ 95.95 mg ในอัตราการให้สารละลาย 200 l/hr และ 121.87 mg ในอัตราการให้สารละลาย 300 l/hr และความเข้มข้นไนโตรเจนอยู่ในช่วงระหว่าง 87.5-111.0 kg/ha/yr แสดงว่าการใช้แหล่งเปิดเป็นตัวให้ไนโตรเจนในสารละลายธาตุอาหารนั้นมีประโยชน์ต่อผลผลิตของผักกาดหอมในระบบปลูกพืชไม่ใช้ดิน

ในปัจจุบัน ประชาชนก็ได้หันมาใส่ใจในสุขภาพกันมากขึ้น มีการเลือกสินค้าที่มีความปลอดภัยต่อการบริโภค ดังเช่น นภเขต (2548) ศึกษาความคิดเห็นในการตัดสินใจซื้อผักปลอดสารพิษ ในจังหวัดสุพรรณบุรี พบว่า พฤติกรรมการบริโภคผักปลอดสารพิษของกลุ่มตัวอย่าง 1 ใน 3 ของกลุ่มตัวอย่าง บริโภคผักปลอดสารพิษนานๆ ครั้ง เนื่องจากห่วงใยสุขภาพ ชนิดของผักปลอดสารพิษที่นิยม ได้แก่ ผักบุ้งจีน และผักคะน้า โดยมีวิธีการเลือกซื้อผักปลอดสารพิษจากการพิจารณาตรารับรองของหน่วยงาน สถานที่ที่นิยมซื้อผักปลอดสารพิษ ได้แก่ ห้างสรรพสินค้า และผู้บริโภคตัดสินใจซื้อด้วยตนเอง ปัจจัยที่กลุ่มตัวอย่างให้ความสำคัญมากที่สุด ได้แก่ ด้านการส่งเสริมการตลาด ส่วนด้านผลิตภัณฑ์ กลุ่มตัวอย่างให้ความสำคัญน้อยที่สุด เมื่อศึกษาปัจจัยที่มีต่อการตัดสินใจซื้อผักปลอดสารพิษ พบว่า ปัจจัยด้านอายุ สถานภาพสมรส ระดับการศึกษา และอาชีพ มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจซื้อผักปลอดสารพิษอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ 0.05 ส่วนปัจจัยด้านเพศและระดับรายได้ไม่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจซื้อผักปลอดสารพิษ พฤติกรรมและเหตุผลในการเลือกซื้อผักปลอดสารพิษในกรุงเทพมหานคร คือ คำนึงถึงเรื่องสุขภาพ ผู้ที่อิทธิพลมากที่สุดในการบริโภคผักปลอดสารพิษ คือ ตัวผู้บริโภค มีความถี่ในการซื้อผักปลอดสารพิษ 3-4 ครั้ง/เดือน ซึ่งระดับราคาที่ยอมรับได้ไม่ควรสูงเกินราคาผักทั่วไปที่ 10 บาท/กิโลกรัม โดยผู้บริโภคได้ให้ความสำคัญเกี่ยวกับผักปลอดสารพิษในด้านชื่อเสียงของสถานที่จำหน่าย ปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกซื้อผักปลอดสารพิษ มากที่สุด คือ ปัจจัยด้านช่องทางการจัดการจำหน่ายและปัจจัยด้านราคา (ปิยพงษ์, 2549)

กรรณา (2545) ปลูกผักกาดหอมขนาด 1 ไร่ ในจังหวัดเชียงใหม่โดยไม่ใช้ดิน พบว่า มีการลงทุนในปีแรกสูงกว่าแบบใช้ดินค่อนข้างมาก เนื่องจากต้องลงทุนระบบแปลงเพาะปลูกแบบไม่ใช้ดิน ระบบควบคุมสารละลายธาตุอาหาร โครงสร้างตาข่าย ถังน้ำขนาดใหญ่ แต่ผลตอบแทนจากการลงทุน

ในระยะเวลา 5 ปี การปลูกแบบไม่ใช้ดินให้ผลตอบแทนสูงกว่า โดยมีอัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน (B/C) 1.43 เทียบกับ 1.24 และ 1.17 ของการปลูกแบบใช้ดินที่ไม่รวมต้นทุนสิ่งแวดล้อมและรวมต้นทุนสิ่งแวดล้อม ตามลำดับ

นิภาพร (2548) ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการกำหนดพฤติกรรมการบริโภคผักไฮโดรโปนิคส์ของกลุ่มคนในกรุงเทพฯ พบว่า กลุ่มผู้บริโภคส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง ซึ่งเลือกที่จะบริโภคผักไฮโดรโปนิคส์เนื่องจากห่วงใยในเรืองสุขภาพของตนเองและสมาชิกครอบครัว แหล่งซื้อที่สำคัญคือ ซูเปอร์มาร์เก็ต เช่น ท็อป โฮมเฟรชมาร์ท ฟู้ดแลนด์ เป็นต้น เพราะราคาถูกกว่าที่อื่น และบุคคลที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจซื้อ คือ สมาชิกในครอบครัว นอกจากนี้ ปัจจัยส่วนบุคคลด้านอายุ อาชีพ จำนวนสมาชิกในครอบครัว และปัจจัยทางการตลาดด้านผลิตภัณฑ์ ราคา แหล่งจำหน่าย มีความสัมพันธ์กับการกำหนดพฤติกรรมการบริโภคของกลุ่มตัวอย่างเช่นกัน ดังนั้น การปลูกพืชไม่ใช้ดินจึงเป็นวิธีการเพื่อให้ได้มาซึ่งผลผลิตแบบก้าวหน้า อันเป็นสิ่งจำเป็นต่อสังคมและทำให้คุณภาพชีวิตดีขึ้น ในขณะที่ยังคงความยั่งยืนของสิ่งแวดล้อม

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การเตรียมวัสดุเพาะปลูก

วัสดุที่นำมาใช้เพาะปลูกในการทดลอง คือ เพอร์ไลต์และเวอร์มิคูไลต์

1.1 เพอร์ไลต์ วัสดุปลูกเพอร์ไลต์ขนาดต่างๆ 4 ขนาด ได้แก่ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4.75, 3, 2 และ 1 มิลลิเมตร

1.2 เวอร์มิคูไลต์ วัสดุปลูกเวอร์มิคูไลต์ที่ใช้ 2 ชนิด คือ ชนิดลูกเต๋า และชนิดแผ่นเกล็ด

2. การเตรียมต้นกล้าและการเพาะปลูกผักกาดหอม

เพาะเมล็ดผักกาดหอมพันธุ์ Green Oak ในถ้วยพลาสติกสำหรับเพาะปลูกที่ใส่วัสดุปลูกต่างๆ ถ้วยละ 1 เมล็ด จำนวน 5 ซ้ำ ซ้ำละ 10 เมล็ด โดยหยอดเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอมลงในถ้วยปลูกลึกประมาณ 1 เซนติเมตร นำถ้วยปลูกไปวางไว้ในกระบะ เติมน้ำสะอาด (น้ำประปา) ลงในกระบะสูงประมาณ 1 เซนติเมตร เพาะเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอมจนกระทั่งอายุ 10 วัน วัดอัตราการงอก หลังจากนั้นจึงย้ายลงรางปลูก

3. การวางแผนการทดลอง

3.1 การทดลองที่ 1 ทดสอบการงอกและการเจริญเติบโตของผักกาดหอมพันธุ์ green oak ในวัสดุปลูกเพอร์ไลต์และเวอร์มิคูไลต์ ให้สารละลายธาตุอาหารสูตร Machlis and Torrey (1965) ที่ความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหาร (EC) 1.2 mS/cm ในสัปดาห์ที่ 1 แล้วจึงเพิ่มเป็น 1.4, 1.8, 2.0 และ 2.0 mS/cm ในสัปดาห์ที่ 2, 3, 4 และ 5 ตามลำดับ ระดับความเป็นกรด-ด่าง (pH) 5.5-6.0 วางแผนการทดลองแบบ Complete Randomized Design (CRD) มีหน่วยการทดลองทั้งหมด 12 ทริตเมนต์ จำนวน 5 ซ้ำ ซ้ำละ 10 เมล็ด ดังนี้

ทริตเมนต์ 1	เพอร์ไลต์ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4.75 มิลลิเมตร
ทริตเมนต์ 2	เพอร์ไลต์ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 มิลลิเมตร
ทริตเมนต์ 3	เพอร์ไลต์ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 มิลลิเมตร
ทริตเมนต์ 4	เพอร์ไลต์ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 มิลลิเมตร

- ทรีตเมนต์ 5 เวอร์มิคูไลต์ลูกเต๋า
- ทรีตเมนต์ 6 เวอร์มิคูไลต์แผ่นเกล็ด
- ทรีตเมนต์ 7 เพอร์ไลต์ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 มิลลิเมตร ผสมเวอร์มิคูไลต์ลูกเต๋า อัตราส่วน 1:3 โดยปริมาตร
- ทรีตเมนต์ 8 เพอร์ไลต์ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 มิลลิเมตร ผสมเวอร์มิคูไลต์ลูกเต๋า อัตราส่วน 1:2 โดยปริมาตร
- ทรีตเมนต์ 9 เพอร์ไลต์ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 มิลลิเมตร ผสมเวอร์มิคูไลต์ลูกเต๋า อัตราส่วน 1:1 โดยปริมาตร
- ทรีตเมนต์ 10 เพอร์ไลต์ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 มิลลิเมตร ผสมเวอร์มิคูไลต์ลูกเต๋า อัตราส่วน 2:1 โดยปริมาตร
- ทรีตเมนต์ 11 เพอร์ไลต์ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 มิลลิเมตร ผสมเวอร์มิคูไลต์ลูกเต๋า อัตราส่วน 3:1 โดยปริมาตร
- ทรีตเมนต์ 12 ฟองน้ำ

3.2 การทดลองที่ 2 ทดสอบการเจริญเติบโตของผักกาดหอมพันธุ์ green oak ในสารละลายธาตุอาหารที่แตกต่างกัน โดยเลือกวัสดุปลูกที่มีอัตราการงอกและการเจริญเติบโตของผักกาดหอม 3 ทรีตเมนต์ จากการทดลองที่ 1 ที่ให้ผลดี ให้สารละลายธาตุอาหารที่ความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหาร (EC) 1.2 mS/cm ในสัปดาห์ที่ 1 แล้วจึงเพิ่มเป็น 1.4, 1.8, 2.0 และ 2.0 mS/cm ในสัปดาห์ที่ 2, 3, 4 และ 5 ตามลำดับ ระดับความเป็นกรด-ด่าง (pH) 5.5-6.0 วางแผนการทดลองแบบ Split-Plot Design โดย Main plot คือ สารละลายธาตุอาหาร และ Sub-plot คือ วัสดุปลูก จำนวน 5 ซ้ำ ซ้ำละ 10 เมล็ด ดังนี้

Main plot สารละลายธาตุอาหาร ได้แก่

- สูตร Enshi
- สูตร Machlis and Torrey ระดับความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน 105 มิลลิกรัมต่อลิตร
- สูตร Machlis and Torrey ระดับความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน 125 มิลลิกรัมต่อลิตร
- สูตร Machlis and Torrey ระดับความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน 150 มิลลิกรัมต่อลิตร
- สูตร Machlis and Torrey ระดับความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน 175 มิลลิกรัมต่อลิตร

ตารางที่ 2 ปริมาณธาตุอาหาร (มิลลิกรัมต่อลิตร) ในสารละลายธาตุอาหาร

ธาตุอาหาร	สูตรสารละลายธาตุอาหาร				
	Enshi	M&T ¹ 105	M&T 125	M&T 150	M&T 175
N	122	105	125	150	175
P	21	15.5	15.5	15.5	15.5
K	156	117	117	117	117
Ca	80	100.2	100.2	100.2	100.2
Mg	24	24.3	24.3	24.3	24.3
S	32	32	32	32	32
Fe	3.5	1.12	1.12	1.12	1.12
Mn	0.5	0.25	0.25	0.25	0.25
Cu	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01
Zn	0.1	0.26	0.26	0.26	0.26
B	0.5	0.25	0.25	0.25	0.25
Mo	0.01	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005

หมายเหตุ ¹ M&T = ความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน (มิลลิกรัมต่อลิตร) ในสารละลายธาตุอาหาร สูตร Machlis and Torrey

ที่มา: Machlis and Torrey (1965); Pimkote (2003)

Sub-plot วัสดุปลูก ได้แก่

- เพอร์ไลต์ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 มิลลิเมตร
- เพอร์ไลต์ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 มิลลิเมตร ผสมเวอร์มิคูไลต์ลูกเต๋า อัตราส่วน 3:1 โดยปริมาตร
- เพอร์ไลต์ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 มิลลิเมตร ผสมเวอร์มิคูไลต์แผ่นเกล็ด อัตราส่วน 3:1 โดยปริมาตร

3.3 การทดลองที่ 3 ทดสอบการเจริญเติบโตของผักกาดหอมพันธุ์ green oak ในวัสดุปลูกชนิดต่างๆ โดยให้สารละลายธาตุอาหารสูตรที่ดีที่สุดจากการทดลองที่ 2 ที่ความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหาร (EC) 1.2 mS/cm ในสัปดาห์ที่ 1 แล้วจึงเพิ่มเป็น 1.4, 1.8, 2.0 และ 2.0 mS/cm ในสัปดาห์ที่ 2, 3, 4 และ 5 ตามลำดับ ระดับความเป็นกรด-ด่าง (pH) 5.5-6.0 วางแผนการทดลองแบบ Complete Randomized Design (CRD) มีหน่วยการทดลองทั้งหมด 7 ทรีตเมนต์ จำนวน 5 ซ้ำ ซ้ำละ 10 เมล็ด ดังนี้

ทรีตเมนต์ 1	เพอร์ไลต์ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 มิลลิเมตร
ทรีตเมนต์ 2	เพอร์ไลต์ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 มิลลิเมตร
ทรีตเมนต์ 3	เวอร์มิคูไลต์ลูกเต๋า
ทรีตเมนต์ 4	เพอร์ไลต์ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 มิลลิเมตร ผสมเวอร์มิคูไลต์ลูกเต๋า อัตราส่วน 1:2 โดยปริมาตร
ทรีตเมนต์ 5	เพอร์ไลต์ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 มิลลิเมตร ผสมเวอร์มิคูไลต์ลูกเต๋า อัตราส่วน 1:1 โดยปริมาตร
ทรีตเมนต์ 6	เพอร์ไลต์ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 มิลลิเมตร ผสมเวอร์มิคูไลต์ลูกเต๋า อัตราส่วน 2:1 โดยปริมาตร
ทรีตเมนต์ 7	เพอร์ไลต์ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 มิลลิเมตร ผสมเวอร์มิคูไลต์ลูกเต๋า อัตราส่วน 3:1 โดยปริมาตร

4. การวัดผลการทดลอง

4.1 วัดปริมาณการงอกของเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอมทุกวัน ทั้งหมด 10 วัน ก่อนย้ายปลูก และนำไปคำนวณดัชนีการงอกของเมล็ด (วิลาลินี, 2547)

$$\text{ดัชนีการงอก} = \frac{\text{ผลรวมของ (จำนวนต้นอ่อนสมบูรณ์ที่งอก)}}{\text{(จำนวนวันหลังเพาะ)}}$$

4.2 วัดการเจริญเติบโตของผักกาดหอม โดยนับจำนวนใบ วัดขนาดทรงพุ่ม ความสูงต้น ความยาวราก ชั่งน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของผักกาดหอม ล้างวัสดุปลูกออกให้หมดก่อนชั่งน้ำหนัก สัปดาห์ละ 1 ครั้ง ทั้งหมด 5 สัปดาห์

สถานที่และระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย

สถานที่ ห้องปฏิบัติการและเรือนเพาะชำภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน กรุงเทพมหานคร

ระยะเวลา ดำเนินการทดลองระหว่างเดือนกันยายน 2551 – มีนาคม 2553



ผลและวิจารณ์

ผล

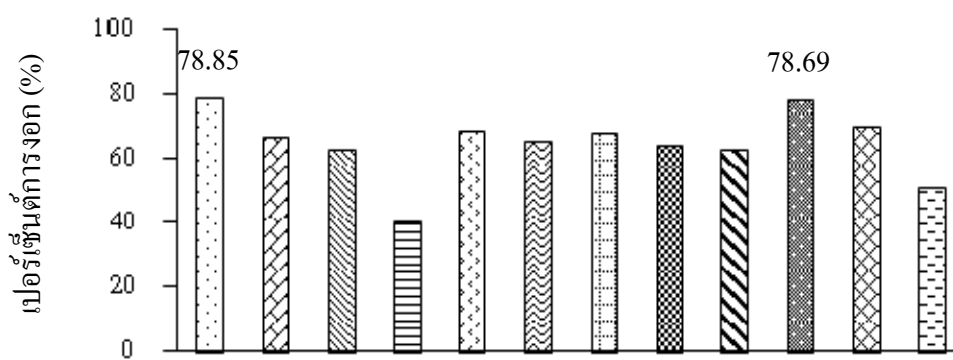
1. ผลของวัสดุปลูกเพอร์ไลต์ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4.75 มิลลิเมตร, 3 มิลลิเมตร, 2 มิลลิเมตร, 1 มิลลิเมตร เวิร์มมูลไส้เดือนและแผ่นเกลือ เพอร์ไลต์ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 มิลลิเมตร ผสม เวิร์มมูลไส้เดือน อัตราส่วน 1:3, 1:2, 1:1, 2:1, 3:1 โดยปริมาตร และฟองน้ำ ซึ่งให้สารละลายธาตุอาหารสูตร Machlis and Torrey (1965) ต่อการงอกและการเจริญเติบโตของผักกาดหอม Green Oak

1.1 การงอกของเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอม

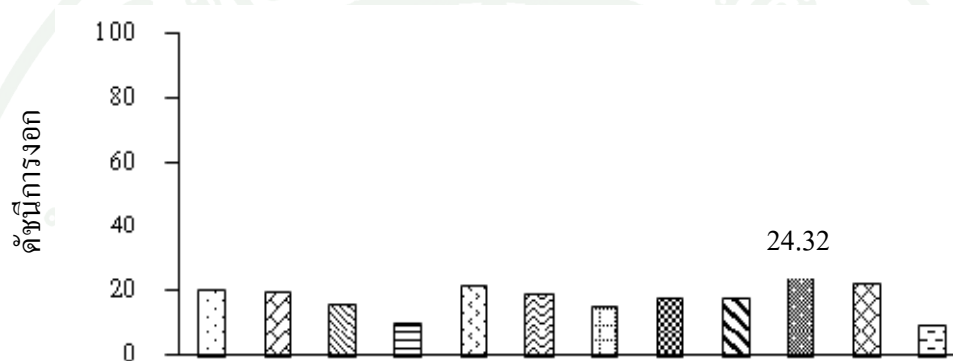
เปอร์เซ็นต์การงอกของผักกาดหอมที่เพาะในวัสดุปลูกต่างชนิด อายุ 10 วัน มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) ผักกาดหอมที่เพาะในวัสดุปลูกเพอร์ไลต์ 4.75 มิลลิเมตร มีเปอร์เซ็นต์การงอกดีที่สุด 78.85% และมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติกับผักกาดหอมที่เพาะในวัสดุปลูกเพอร์ไลต์ 3 มิลลิเมตร ผสมเวิร์มมูลไส้เดือน อัตราส่วน 2:1 ซึ่งมีเปอร์เซ็นต์การงอก 78.69% (ภาพที่ 1, ตารางผนวกที่ 2)

ดัชนีการงอกของผักกาดหอมที่เพาะในวัสดุต่างชนิด อายุ 10 วัน มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) ผักกาดหอมที่เพาะในวัสดุปลูกเพอร์ไลต์ 3 มิลลิเมตร ผสมเวิร์มมูลไส้เดือน อัตราส่วน 2:1 มีดัชนีการงอกดีที่สุดเท่ากับ 24.32 โดยผักกาดหอมที่เพาะในวัสดุปลูกเพอร์ไลต์ 3 มิลลิเมตร ผสมเวิร์มมูลไส้เดือน อัตราส่วน 3:1 มีดัชนีการงอกรองลงมาเท่ากับ 21.92 (ภาพที่ 1, ตารางผนวกที่ 2)

ส่วนผักกาดหอมที่เพาะในวัสดุปลูกฟองน้ำ อายุ 10 วัน มีเปอร์เซ็นต์การงอก (50.98%) และดัชนีการงอก (9.70) ต่ำสุด (ภาพที่ 1, ตารางผนวกที่ 2)



(A)



(B)

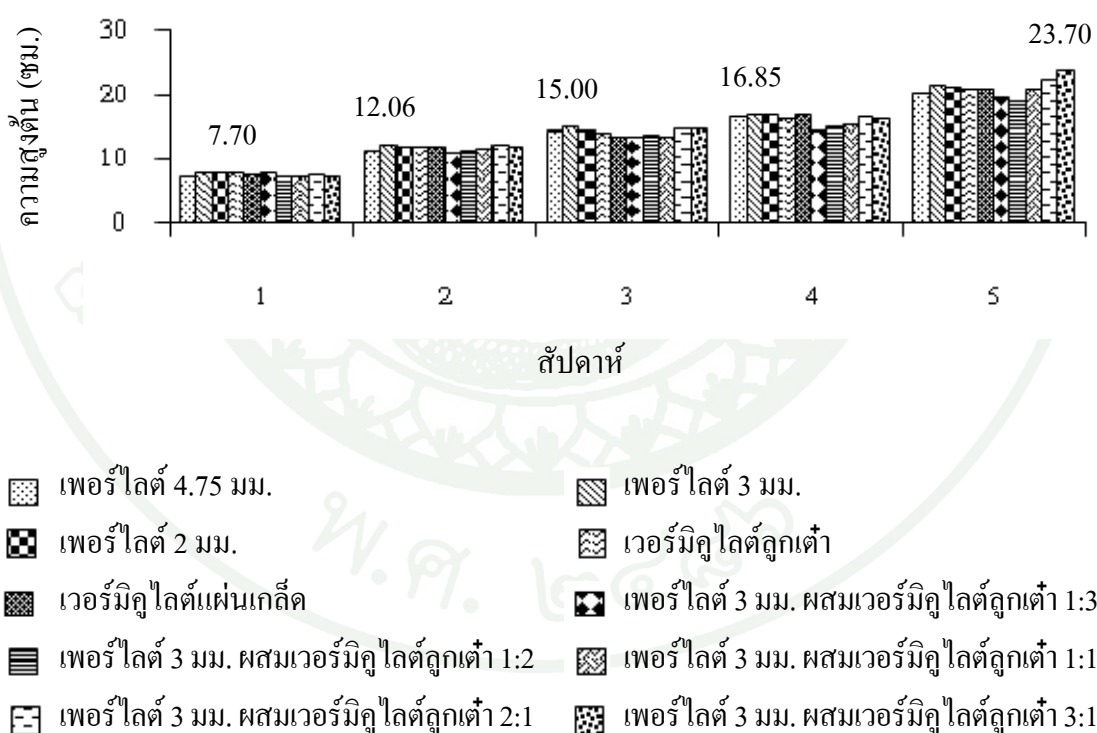
- | | |
|---|---|
| ■ เพอร์ไลต์ 4.75 มม. | ■ เพอร์ไลต์ 3 มม. |
| ■ เพอร์ไลต์ 2 มม. | ■ เพอร์ไลต์ 1 มม. |
| ■ เวอร์มิคูไลต์ลูกเต๋า | ■ เวอร์มิคูไลต์แผ่นเกล็ด |
| ■ เพอร์ไลต์ 3 มม. ผสมเวอร์มิคูไลต์ลูกเต๋า 1:3 | ■ เพอร์ไลต์ 3 มม. ผสมเวอร์มิคูไลต์ลูกเต๋า 1:2 |
| ■ เพอร์ไลต์ 3 มม. ผสมเวอร์มิคูไลต์ลูกเต๋า 1:1 | ■ เพอร์ไลต์ 3 มม. ผสมเวอร์มิคูไลต์ลูกเต๋า 2:1 |
| ■ เพอร์ไลต์ 3 มม. ผสมเวอร์มิคูไลต์ลูกเต๋า 3:1 | ■ ฟองน้ำ |

ภาพที่ 1 เปอร์เซ็นต์การงอก (A) และดัชนีการงอก (B) ของเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอม Green Oak อายุ 10 วัน ในวัสดุปลูก 12 ชนิด พบว่า เพอร์ไลต์ 4.75 มม. มีเปอร์เซ็นต์การงอกมากที่สุด และเพอร์ไลต์ 3 มิลลิเมตร ผสมเวอร์มิคูไลต์ลูกเต๋า อัตราส่วน 2:1 มีดัชนีการงอกสูงสุด

1.2 การเจริญเติบโตของผักกาดหอม

1.2.1 ความสูงต้น

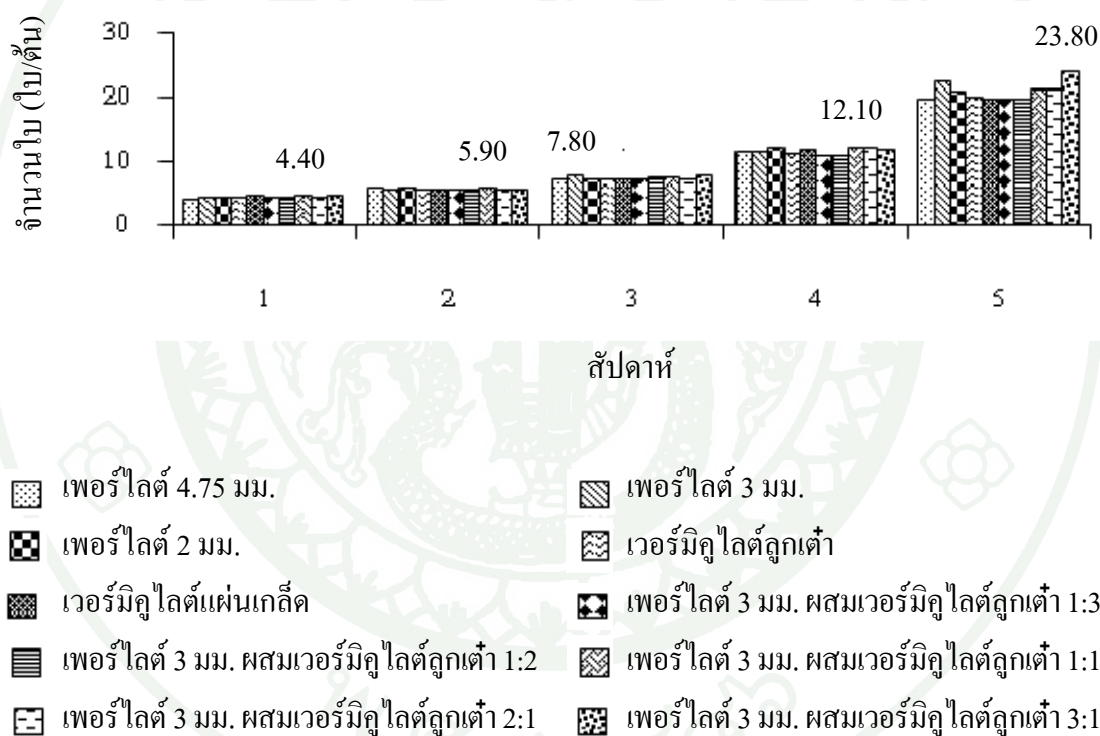
ความสูงต้นของผักกาดหอมในวัสดุปลูก 10 ชนิด ในสัปดาห์ที่ 1, 2 และ 4 มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ทั้งนี้ ผักกาดหอมมีความสูงต้นเฉลี่ย 7.35 ± 0.92 , 11.51 ± 1.19 และ 15.95 ± 2.21 เซนติเมตร ตามลำดับ ส่วนในสัปดาห์ที่ 3 และ 5 ผักกาดหอมซึ่งมีความสูงต้นเฉลี่ย 13.97 ± 1.35 และ 20.92 ± 2.98 เซนติเมตร ตามลำดับ มีค่าความสูงต้นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยในสัปดาห์ที่ 3 ผักกาดหอมในวัสดุปลูกเพอร์ไลต์ 3 มิลลิเมตร มีความสูงต้นเท่ากับ 15.00 เซนติเมตร มากกว่าผักกาดหอมที่ปลูกในวัสดุชนิดอื่น ส่วนในสัปดาห์ที่ 5 ผักกาดหอมที่ปลูกในวัสดุปลูกเพอร์ไลต์ 3 มิลลิเมตร ผสมเวอร์มิคูไลต์ลูกเต๋า อัตราส่วน 3:1 มีความสูงต้นสูงสุดเท่ากับ 23.70 เซนติเมตร (ภาพที่ 2, ตารางผนวกที่ 3)



ภาพที่ 2 ความสูงต้นผักกาดหอม Green Oak ที่เพิ่มขึ้นจากสัปดาห์ที่ 1-5 ในวัสดุปลูก 10 ชนิด ซึ่งให้สารละลายธาตุอาหารสูตร Machlis and Torrey (1965) พบว่า ในสัปดาห์ที่ 5 ผักกาดหอมในวัสดุปลูกเพอร์ไลต์ 3 มม. ผสมเวอร์มิคูไลต์ลูกเต๋า อัตราส่วน 3:1 มีความสูงต้นสูงสุด

1.2.2 จำนวนใบ

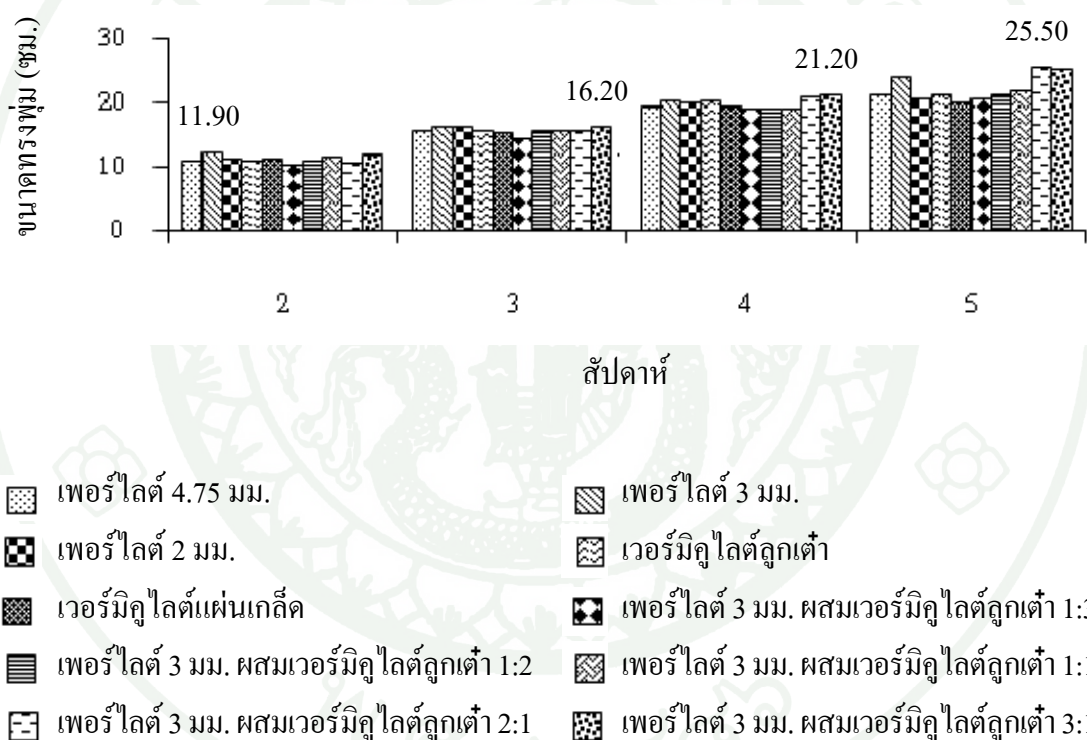
จำนวนใบของผักกาดหอมในวัสดุปลูกทั้ง 10 ชนิด ช่วงอายุ 1, 2, 3 และ 4 สัปดาห์ มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ จำนวนใบเฉลี่ยของผักกาดหอมเพิ่มขึ้นจาก 4.22 ± 0.42 ใบต่อต้น ในสัปดาห์ที่ 1 เป็น 5.64 ± 0.67 , 7.20 ± 0.96 และ 11.49 ± 2.27 ใบต่อต้น ในสัปดาห์ที่ 2, 3 และ 4 ตามลำดับ ส่วนในสัปดาห์ที่ 5 ผักกาดหอมซึ่งมีจำนวนใบเฉลี่ย 20.70 ± 2.90 ใบต่อต้น มีค่าจำนวนใบแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) โดยผักกาดหอมที่ปลูกในวัสดุปลูกเพอร์ไลต์ 3 มิลลิเมตร ผสมเวอร์มิคูไลต์ลูกเต๋า อัตราส่วน 3:1 มีจำนวนใบมากที่สุดเท่ากับ 23.80 ใบต่อต้น (ภาพที่ 3, ตารางผนวกที่ 4)



ภาพที่ 3 จำนวนใบผักกาดหอม Green Oak ที่เพิ่มขึ้นจากสัปดาห์ที่ 1-5 ในวัสดุปลูก 10 ชนิด ซึ่งให้สารละลายธาตุอาหารสูตร Machlis and Torrey (1965) พบว่า ในสัปดาห์ที่ 5 ผักกาดหอมในวัสดุปลูกเพอร์ไลต์ 3 มิลลิเมตร ผสมเวอร์มิคูไลต์ลูกเต๋า อัตราส่วน 3:1 มีจำนวนใบมากที่สุด

1.2.3 ขนาดทรงพุ่ม

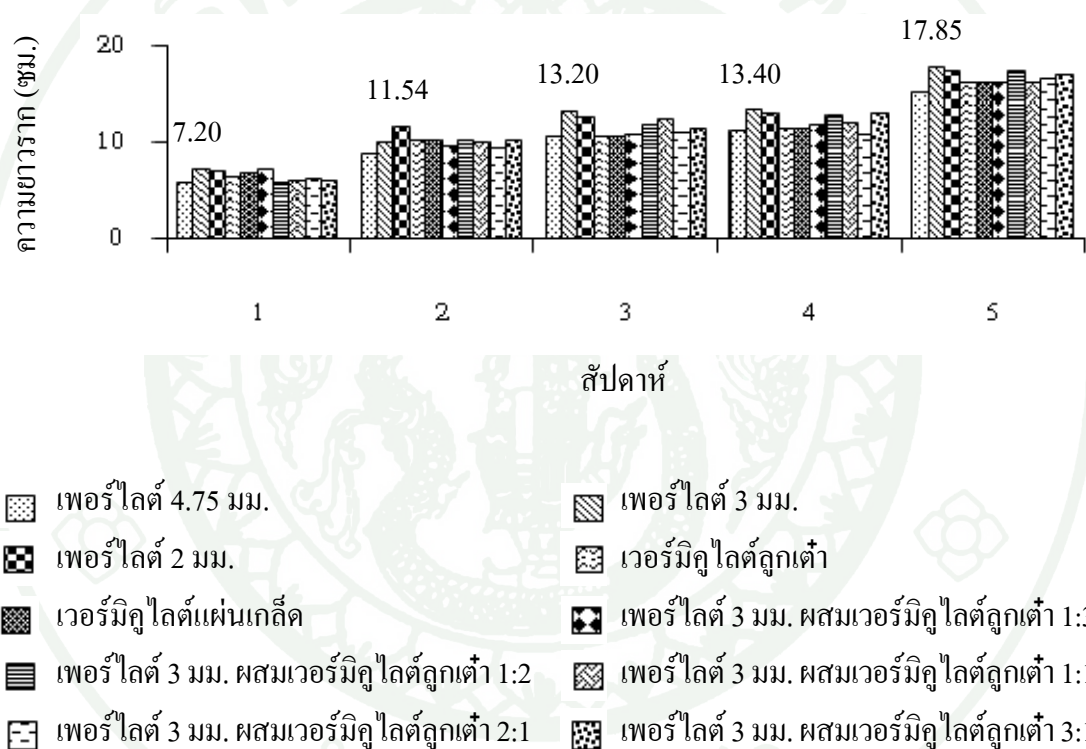
ขนาดทรงพุ่มของผักกาดหอมในวัสดุปลูก 10 ชนิด ช่วงอายุ 2, 3 และ 4 สัปดาห์ มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยผักกาดหอมอายุ 2 สัปดาห์ มีขนาดทรงพุ่มเฉลี่ย 11.06 ± 1.85 เซนติเมตร หลังจากนั้นขนาดทรงพุ่มเฉลี่ยเพิ่มขึ้นเป็น 15.54 ± 2.44 และ 19.75 ± 2.43 เซนติเมตร ในสัปดาห์ที่ 3 และ 4 ตามลำดับ สำหรับผักกาดหอมอายุ 5 สัปดาห์ที่ ซึ่งมีขนาดทรงพุ่มเฉลี่ย 22.07 ± 2.95 เซนติเมตร มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) โดยผักกาดหอมในวัสดุปลูกเพอร์ไลต์ 3 มิลลิเมตร ผสมเวอร์มิคูไลต์ลูกเต๋า อัตราส่วน 2:1 และอัตราส่วน 3:1 มีขนาดทรงพุ่มใหญ่สุดเท่ากับ 25.50 และ 22.25 เซนติเมตร ตามลำดับ (ภาพที่ 4, ตารางผนวกที่ 5)



ภาพที่ 4 ขนาดทรงพุ่มผักกาดหอม Green Oak ที่เพิ่มขึ้นจากสัปดาห์ที่ 2-5 ในวัสดุปลูก 10 ชนิด ซึ่งให้สารละลายธาตุอาหารสูตร Machlis and Torrey (1965) พบว่า ในสัปดาห์ที่ 5 ผักกาดหอมในวัสดุปลูกเพอร์ไลต์ 3 มิลลิเมตร ผสมเวอร์มิคูไลต์ลูกเต๋า อัตราส่วน 2:1 มีขนาดทรงพุ่มใหญ่สุด

1.2.4 ความยาวราก

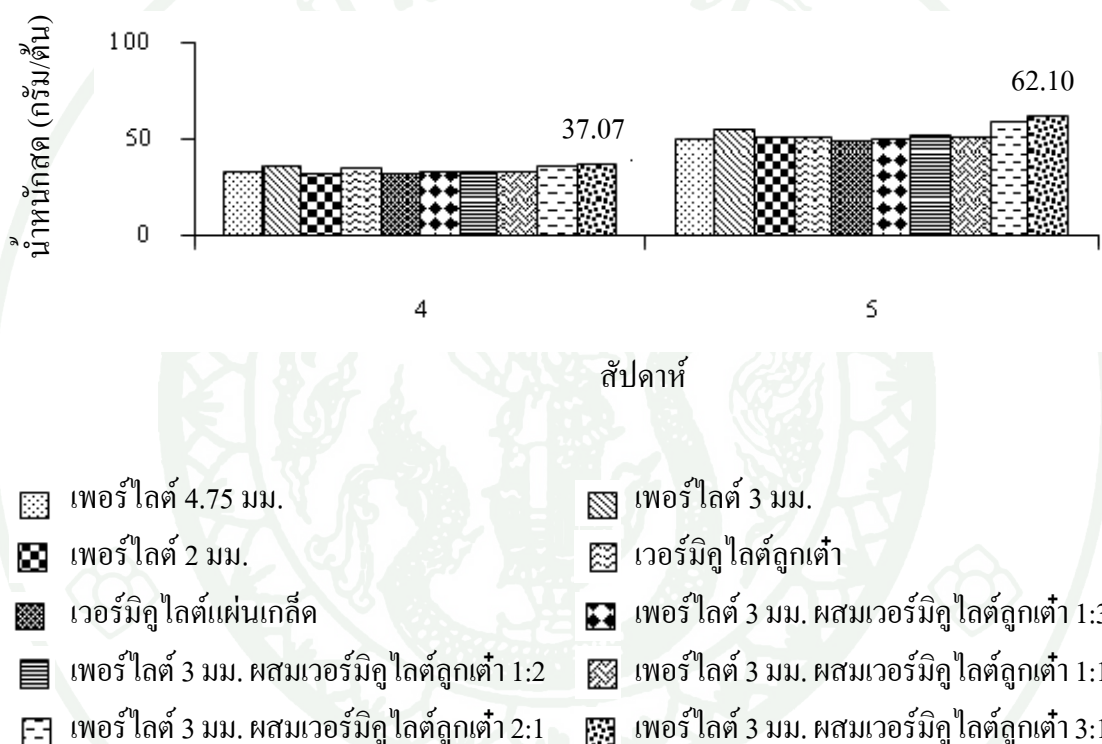
ผักกาดหอมในวัสดุปลูก 10 ชนิด ตั้งแต่สัปดาห์ที่ 1 ถึง 5 พบว่า มีค่าความยาวรากไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยผักกาดหอมในสัปดาห์ที่ 1, 2, 3, 4 และ 5 มีความยาวรากเฉลี่ย 6.40 ± 1.97 , 9.94 ± 2.71 , 11.47 ± 3.02 , 12.10 ± 2.89 และ 16.59 ± 2.45 เซนติเมตร ตามลำดับ ทั้งนี้ ผักกาดหอมในวัสดุปลูกเพอร์ไลต์ 3 มิลลิเมตร อายุ 1, 3, 4 และ 5 สัปดาห์ มีแนวโน้มให้ค่าความยาวรากมากกว่าการใช้วัสดุปลูกชนิดอื่นเท่ากับ 7.20, 13.20, 13.40 และ 17.85 เซนติเมตร ตามลำดับ (ภาพที่ 5, ตารางผนวกที่ 6)



ภาพที่ 5 ความยาวรากผักกาดหอม Green Oak ที่เพิ่มขึ้นจากสัปดาห์ที่ 1-5 ในวัสดุปลูก 10 ชนิด ซึ่งให้สารละลายธาตุอาหารสูตร Machlis and Torrey (1965) พบว่า ในสัปดาห์ที่ 5 ผักกาดหอมในวัสดุปลูกเพอร์ไลต์ 3 มิลลิเมตร มีความยาวรากมากที่สุด

1.2.5 น้ำหนักสด

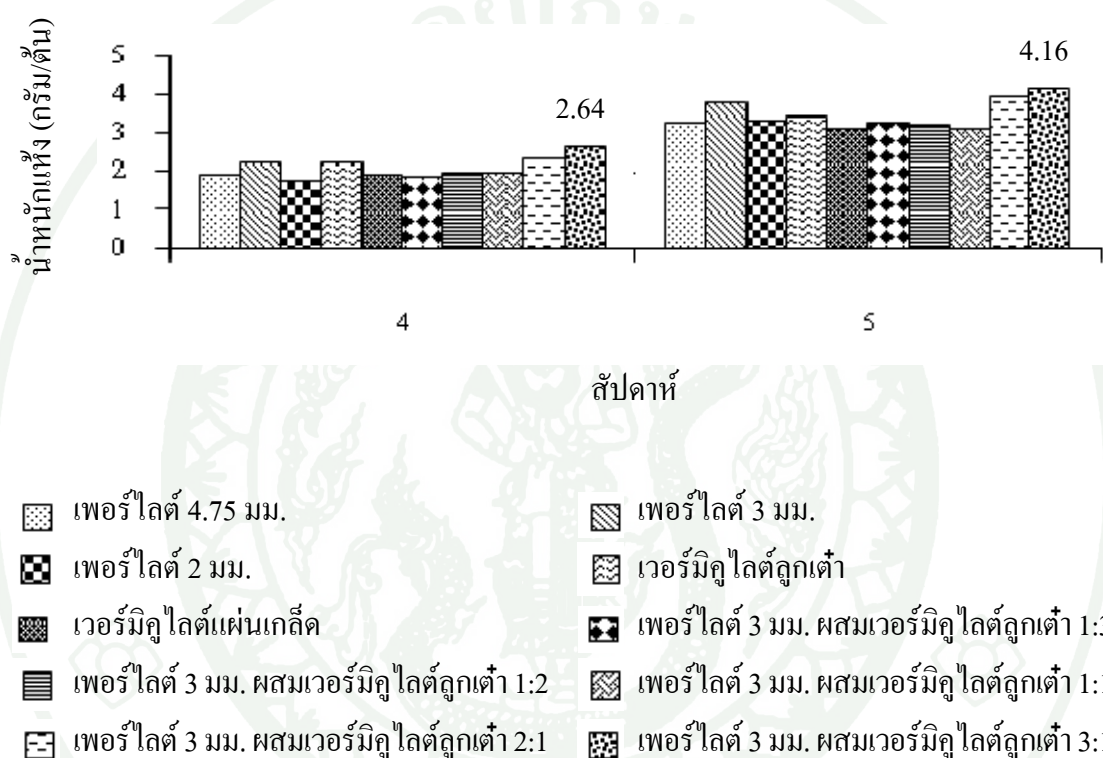
น้ำหนักสดของผักกาดหอมในวัสดุปลูก 10 ชนิด อายุ 4 และ 5 สัปดาห์ มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) โดยในสัปดาห์ที่ 4 และ 5 น้ำหนักสดของผักกาดหอมในวัสดุปลูกเพอร์ไลต์ 3 มิลลิเมตร ผสมเวอร์มิคูไลต์ลูกเต๋า อัตราส่วน 3:1 มีค่าเท่ากับ 37.07 และ 62.10 กรัมต่อต้น ตามลำดับ ซึ่งมีน้ำหนักสดสูงกว่าการใช้วัสดุปลูกชนิดอื่น (ภาพที่ 6, ตารางผนวกที่ 7)



ภาพที่ 6 น้ำหนักสดผักกาดหอม Green Oak ที่เพิ่มขึ้นจากสัปดาห์ที่ 4-5 ในวัสดุปลูก 10 ชนิด ซึ่งให้สารละลายธาตุอาหารสูตร Machlis and Torrey (1965) พบว่า ในสัปดาห์ที่ 5 ผักกาดหอมในวัสดุปลูกเพอร์ไลต์ 3 มิลลิเมตร ผสมเวอร์มิคูไลต์ลูกเต๋า อัตราส่วน 3:1 มีน้ำหนักสดมากที่สุด

1.2.6 น้ำหนักแห้ง

น้ำหนักแห้งของผักกาดหอมในวัสดุปลูก 10 ชนิด อายุ 4 และ 5 สัปดาห์ มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) โดยในสัปดาห์ที่ 4 และ 5 น้ำหนักแห้งของผักกาดหอมในวัสดุปลูกเพอร์ไลต์ 3 มิลลิเมตร ผสมเวอร์มิคูไลต์ลูกเต๋า อัตราส่วน 3:1 มีค่ามากที่สุดเท่ากับ 2.64 และ 4.16 กรัมต่อต้น ตามลำดับ (ภาพที่ 7, ตารางผนวกที่ 8)



ภาพที่ 7 น้ำหนักแห้งผักกาดหอม Green Oak ที่เพิ่มขึ้นจากสัปดาห์ที่ 4-5 ในวัสดุปลูก 10 ชนิด ซึ่งให้สารละลายธาตุอาหารสูตร Machlis and Torrey (1965) พบว่าในสัปดาห์ที่ 5 ผักกาดหอมในวัสดุปลูกเพอร์ไลต์ 3 มิลลิเมตร ผสมเวอร์มิคูไลต์ลูกเต๋า อัตราส่วน 3:1 มีน้ำหนักแห้งมากที่สุด

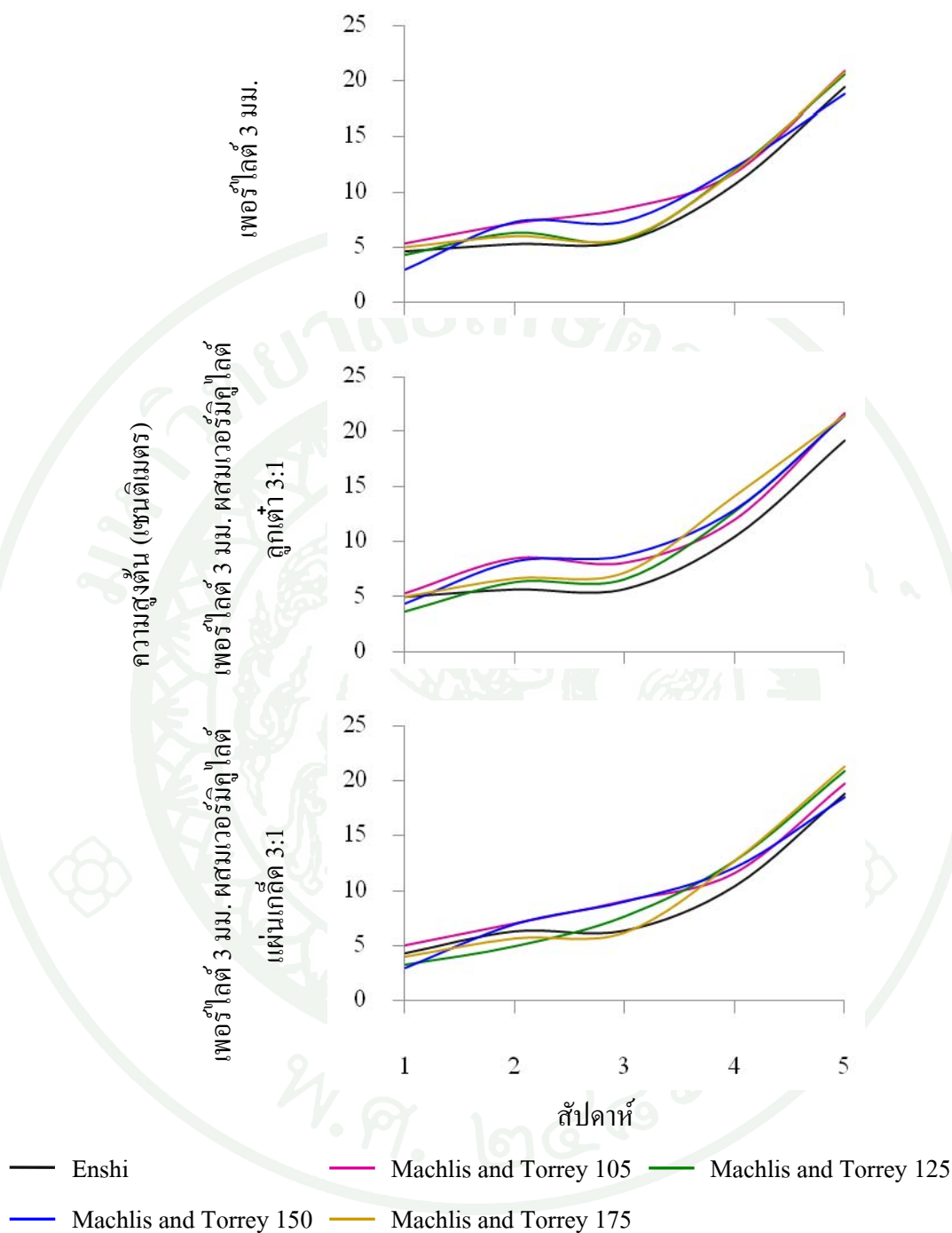
2. ผลของสารละลายธาตุอาหารสูตร Enshi, Machlis and Torrey ระดับความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน 105, 125, 150 และ 175 มิลลิกรัมต่อลิตร ในวัสดุปลูกเพอร์ไลต์ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 มิลลิเมตร, เพอร์ไลต์ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 มิลลิเมตร ผสมเวอร์มิคูไลต์ลูกเต๋า อัตราส่วน 3:1 และเพอร์ไลต์ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 มิลลิเมตร ผสมเวอร์มิคูไลต์แผ่นเกล็ด อัตราส่วน 3:1 ต่อการเจริญเติบโตของผักกาดหอม Green Oak

2.1 ความสูงต้น

การใช้สารละลายธาตุอาหารต่างชนิดปลูกผักกาดหอม พบว่า ความสูงต้นของผักกาดหอม อายุ 1, 2, 3, 4 และ 5 สัปดาห์ มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) โดยในสัปดาห์ที่ 1 ผักกาดหอมที่ให้สารละลายธาตุอาหารสูตร Machlis and Torrey ระดับความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน 105 มิลลิกรัมต่อลิตร และ Machlis and Torrey ระดับความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน 175 มิลลิกรัมต่อลิตร มีความสูงต้นสูงสุดเท่ากับ 5.22 และ 4.67 เซนติเมตร ตามลำดับ การให้สารละลายธาตุอาหารสูตร Machlis and Torrey ระดับความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน 105 มิลลิกรัมต่อลิตร และ Machlis and Torrey ระดับความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน 150 มิลลิกรัมต่อลิตร ในสัปดาห์ที่ 2 ทำให้ผักกาดหอมมีความสูงต้นสูงสุดเท่ากับ 7.56 และ 7.50 เซนติเมตร ตามลำดับ และในสัปดาห์ที่ 3 ทำให้ผักกาดหอมมีความสูงต้นสูงสุดเท่ากับ 8.55 และ 8.38 เซนติเมตร ตามลำดับ ในขณะที่สารละลายธาตุอาหารสูตร Machlis and Torrey ระดับความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน 175 มิลลิกรัมต่อลิตร และ Machlis and Torrey ระดับความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน 125 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้ผักกาดหอมในสัปดาห์ที่ 4 มีค่าความสูงต้นมากที่สุดเท่ากับ 12.91 และ 12.48 เซนติเมตร ตามลำดับ และในสัปดาห์ที่ 5 มีค่าความสูงต้นมากที่สุดเท่ากับ 21.19 และ 20.94 เซนติเมตร ตามลำดับ (ตารางผนวกที่ 9-13)

การปลูกผักกาดหอมในวัสดุปลูกต่างชนิด ทำให้ความสูงต้นของผักกาดหอม อายุ 1, 2, 3, 4 และ 5 สัปดาห์ มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) โดยในสัปดาห์ 1, 2, 4 และ 5 ผักกาดหอมในวัสดุปลูกเพอร์ไลต์ 3 มิลลิเมตร ผสมเวอร์มิคูไลต์ลูกเต๋า อัตราส่วน 3:1 มีแนวโน้มทำให้ผักกาดมีความสูงต้นสูงมากกว่าการปลูกในวัสดุปลูกชนิดอื่นเท่ากับ 4.67, 7.07, 12.43 และ 21.02 เซนติเมตร ตามลำดับ ส่วนสัปดาห์ที่ 3 ผักกาดหอมในวัสดุปลูกเพอร์ไลต์ 3 มิลลิเมตร ผสมเวอร์มิคูไลต์แผ่นเกล็ด อัตราส่วน 3:1 มีความสูงต้นสูงสุดเท่ากับ 7.68 เซนติเมตร ตามลำดับ (ตารางผนวกที่ 9-13)

อิทธิพลร่วมของการใช้สารละลายธาตุอาหารต่างชนิดปลูกผักกาดหอมในวัสดุปลูกต่างชนิด พบว่า ความสูงต้นของผักกาดหอมอายุ 1 สัปดาห์ มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ส่วนผักกาดหอมอายุ 2, 4 และ 5 สัปดาห์ มีค่าความสูงต้นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยในสัปดาห์ที่ 1, 2 และ 5 ผักกาดหอมที่ให้สารละลายธาตุอาหารสูตร Machlis and Torrey ระดับความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน 105 มิลลิกรัมต่อลิตร ในวัสดุปลูกเพอร์ไลต์ 3 มิลลิเมตร ผสมเวอร์มิคูไลต์ ลูกเต๋า อัตราส่วน 3:1 มีแนวโน้มให้ค่าความสูงต้นมากกว่าชุดการทดลองอื่นเท่ากับ 5.33, 8.50 และ 21.63 เซนติเมตร ตามลำดับ ส่วนในสัปดาห์ที่ 4 ผักกาดหอมที่ให้สารละลายธาตุอาหารสูตร Machlis and Torrey ระดับความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน 175 มิลลิกรัมต่อลิตร ในวัสดุปลูกเพอร์ไลต์ 3 มิลลิเมตร ผสมเวอร์มิคูไลต์ลูกเต๋า อัตราส่วน 3:1 มีความสูงต้นสูงสุดเท่ากับ 14.15 เซนติเมตร สำหรับผักกาดหอมอายุ 3 สัปดาห์ ผักกาดหอมที่ให้สารละลายธาตุอาหารสูตร Machlis and Torrey ระดับความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน 105 มิลลิกรัมต่อลิตร และ Machlis and Torrey ระดับความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน 150 มิลลิกรัมต่อลิตร ในวัสดุปลูกเพอร์ไลต์ 3 มิลลิเมตร ผสมเวอร์มิคูไลต์แผ่นเกล็ด อัตราส่วน 3:1 เหมือนกัน มีความสูงต้นสูงสุดเท่ากับ 9.05 เซนติเมตร เท่ากัน ซึ่งแตกต่างจากชุดการทดลองอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) (ภาพที่ 8, ตารางผนวกที่ 9-13)



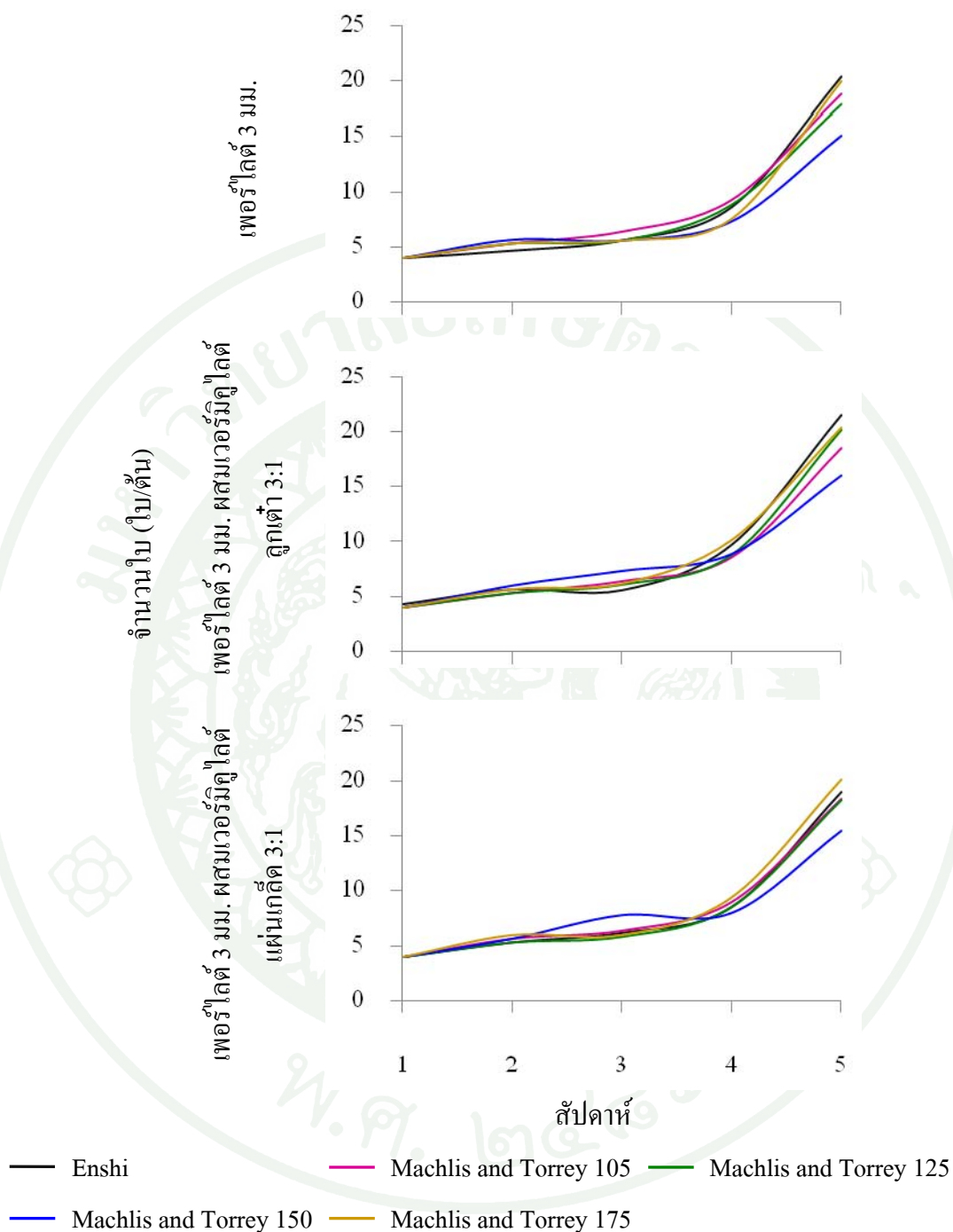
ภาพที่ 8 ความสูงต้นผักกาดหอม Green Oak ที่เพิ่มขึ้นจากสัปดาห์ที่ 1-5 ซึ่งให้สารละลายธาตุอาหาร 5 สูตร ในวัสดุปลูก 3 ชนิด พบว่า ในสัปดาห์ที่ 5 ผักกาดหอมที่เลี้ยงในสารละลายธาตุอาหารสูตร Machlis and Torrey ระดับความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน 105 มิลลิกรัมต่อลิตร ในวัสดุปลูกเพอร์ไลต์ 3 มิลลิเมตร ผสมเวอร์มิคูไลต์ลูกเต๋า อัตราส่วน 3:1 มีความสูงต้นสูงสุด

2.2 จำนวนใบ

การใช้สารละลายธาตุอาหารต่างชนิดปลูกผักกาดหอม พบว่า จำนวนใบของผักกาดหอมอายุ 1, 2 และ 4 สัปดาห์ มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ส่วนในสัปดาห์ที่ 3 และ 5 มีค่าจำนวนใบแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) โดยผักกาดหอมที่ให้สารละลายธาตุอาหารสูตร Machlis and Torrey ระดับความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน 150 มิลลิกรัมต่อลิตร มีแนวโน้มทำให้จำนวนใบในสัปดาห์ที่ 2 และ 3 มีค่ามากกว่าการใช้สารละลายธาตุอาหารชนิดอื่นเท่ากับ 5.78 และ 6.91 ใบต่อต้น ตามลำดับ ส่วนในสัปดาห์ที่ 1 และ 5 ผักกาดหอมที่ให้สารละลายธาตุอาหารสูตร Enshi มีแนวโน้มทำให้จำนวนใบมีค่ามากกว่าการใช้สารละลายธาตุอาหารชนิดอื่นเท่ากับ 4.11 และ 20.25 ใบต่อต้น ตามลำดับ สำหรับในสัปดาห์ที่ 4 ผักกาดหอมที่ให้สารละลายธาตุอาหารสูตร Machlis and Torrey ระดับความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน 175 มิลลิกรัมต่อลิตร มีจำนวนใบมากที่สุดเท่ากับ 9.05 ใบต่อต้น (ตารางผนวกที่ 14-18)

การใช้วัสดุปลูกต่างชนิดปลูกผักกาดหอม พบว่า จำนวนใบของผักกาดหอม อายุ 1 และ 2 สัปดาห์ มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ส่วนผักกาดหอมอายุ 3, 4 และ 5 สัปดาห์ มีค่าจำนวนใบแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) โดยผักกาดหอมอายุ 1, 2, 4 และ 5 สัปดาห์ ในวัสดุปลูกเพอร์ไลต์ 3 มิลลิเมตร ผสมเวอร์มิคูไลต์ลูกเต๋า อัตราส่วน 3:1 มีแนวโน้มให้ค่าจำนวนใบมากกว่าการใช้วัสดุปลูกชนิดอื่นเท่ากับ 4.07, 5.60, 9.22 และ 19.27 ใบต่อต้น ตามลำดับ ส่วนผักกาดหอมอายุ 3 สัปดาห์ ในวัสดุปลูกเพอร์ไลต์ 3 มิลลิเมตร ผสมเวอร์มิคูไลต์แผ่นเกล็ด อัตราส่วน 3:1 มีจำนวนใบมากที่สุดเท่ากับ 6.45 ใบต่อต้น ซึ่งมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติกับผักกาดหอมในวัสดุปลูกเพอร์ไลต์ 3 มิลลิเมตร ผสมเวอร์มิคูไลต์ลูกเต๋า อัตราส่วน 3:1 ที่มีจำนวนใบเท่ากับ 6.32 ใบต่อต้น (ตารางผนวกที่ 14-18)

อิทธิพลร่วมของการใช้สารละลายธาตุอาหารต่างชนิด เพื่อปลูกผักกาดหอมในวัสดุปลูกต่างชนิด พบว่า จำนวนใบของผักกาดหอมอายุ 1, 2 และ 5 สัปดาห์ มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ส่วนผักกาดหอมอายุ 3 สัปดาห์ มีค่าจำนวนใบแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยผักกาดหอมที่ให้สารละลายธาตุอาหารสูตร Machlis and Torrey ระดับความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน 150 มิลลิกรัมต่อลิตร ในวัสดุปลูกเพอร์ไลต์ 3 มิลลิเมตร ผสมเวอร์มิคูไลต์แผ่นเกล็ด อัตราส่วน 3:1 มีจำนวนใบมากที่สุดเท่ากับ 7.80 ใบต่อต้น สำหรับผักกาดหอมอายุ 4 สัปดาห์ ผักกาดหอมที่ให้สารละลายธาตุอาหารสูตร Machlis and Torrey ระดับความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน 175 มิลลิกรัมต่อลิตร ในวัสดุปลูกเพอร์ไลต์ 3 มิลลิเมตร ผสมเวอร์มิคูไลต์ลูกเต๋า อัตราส่วน 3:1 มีจำนวนใบมากที่สุดเท่ากับ 10.14 ใบต่อต้น แตกต่างจากชุดการทดลองอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) (ภาพที่ 9, ตารางผนวกที่ 14-18)



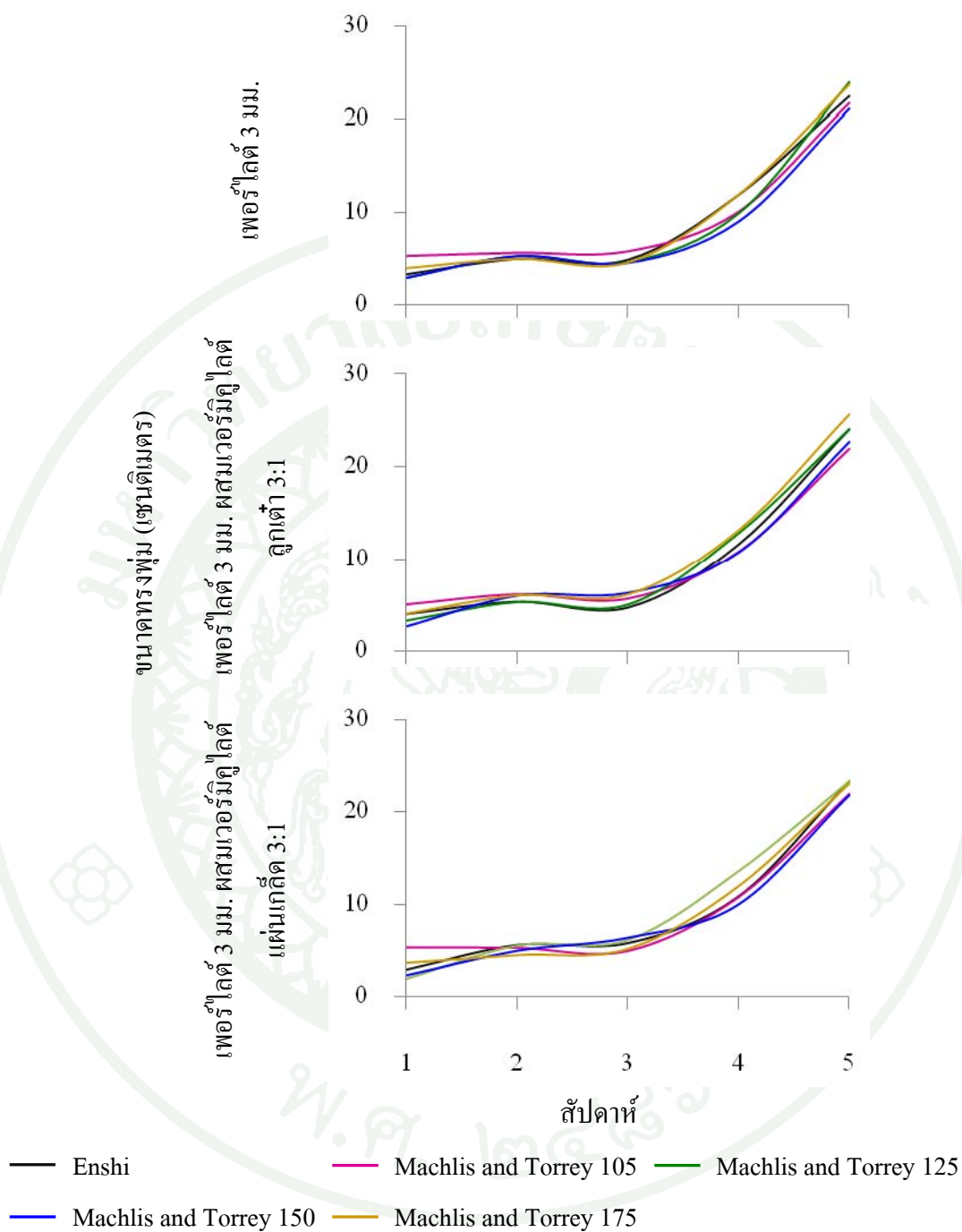
ภาพที่ 9 จำนวนใบผักกาดหอม Green Oak ที่เพิ่มขึ้นจากสัปดาห์ที่ 1-5 ซึ่งให้สารละลายธาตุอาหาร 5 สูตร ในวัสดุปลูก 3 ชนิด พบว่า ในสัปดาห์ที่ 5 ผักกาดหอมที่เลี้ยงในสารละลายธาตุอาหารสูตร Enshi ในวัสดุปลูกเพอร์ไลต์ 3 มิลลิเมตร ผสมเวอร์มิคูไลต์ลูกเต้าอัตราส่วน 3:1 มีจำนวนใบมากที่สุด

2.3 ขนาดทรงพุ่ม

การใช้สารละลายธาตุอาหารต่างชนิดปลูกผักกาดหอม พบว่า ขนาดทรงพุ่มของผักกาดหอม ในสัปดาห์ที่ 2 และ 3 มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ส่วนในสัปดาห์ที่ 1, 4 และ 5 มีค่าขนาดทรงพุ่มแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) โดยในสัปดาห์ที่ 1 และ 2 ผักกาดหอมที่ให้สารละลายธาตุอาหารสูตร Machlis and Torrey ระดับความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน 105 มิลลิกรัมต่อลิตร มีขนาดทรงพุ่มใหญ่สุดเท่ากับ 5.26 และ 5.72 เซนติเมตร ตามลำดับ สัปดาห์ที่ 4 และ 5 ผักกาดหอมที่ให้สารละลายธาตุอาหารสูตร Machlis and Torrey ระดับความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน 175 มิลลิกรัมต่อลิตร มีขนาดทรงพุ่มใหญ่สุดเท่ากับ 12.30 และ 24.10 เซนติเมตร ตามลำดับ (ตารางผนวกที่ 19-23)

ผลของวัสดุปลูกต่างชนิดที่มีต่อขนาดทรงพุ่มของผักกาดหอม พบว่า ผักกาดหอม ในสัปดาห์ที่ 1 มีค่าขนาดทรงพุ่มแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ส่วนผักกาดหอม ในสัปดาห์ที่ 2, 3, 4 และ 5 มีค่าขนาดทรงพุ่มแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) โดยในสัปดาห์ที่ 1, 2, 4 และ 5 ผักกาดหอมในวัสดุปลูกเพอร์ไลต์ 3 มิลลิเมตร ผสมเวอร์มิคูไลต์ ลูกเต๋า อัตราส่วน 3:1 มีแนวโน้มให้ขนาดทรงพุ่มใหญ่กว่าปลูกในวัสดุปลูกชนิดอื่นเท่ากับ 3.81, 5.77, 11.80 และ 23.66 เซนติเมตร ตามลำดับ ส่วนในสัปดาห์ที่ 3 ผักกาดหอมในวัสดุปลูกเพอร์ไลต์ 3 มิลลิเมตร ผสมเวอร์มิคูไลต์แผ่นเกล็ด อัตราส่วน 3:1 มีขนาดทรงพุ่มใหญ่สุดเท่ากับ 5.72 เซนติเมตร ซึ่งมีค่าไม่แตกต่างกับผักกาดหอมในวัสดุปลูกเพอร์ไลต์ 3 มิลลิเมตร ผสมเวอร์มิคูไลต์ ลูกเต๋า อัตราส่วน 3:1 ที่มีขนาดทรงพุ่มเท่ากับ 5.58 เซนติเมตร (ตารางผนวกที่ 19-23)

อิทธิพลร่วมของสารละลายธาตุอาหารต่างชนิดซึ่งปลูกผักกาดหอมในวัสดุปลูกต่างชนิด พบว่า ขนาดทรงพุ่มของผักกาดหอม อายุ 1 และ 5 สัปดาห์ มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ส่วนผักกาดหอม อายุ 2 และ 3 สัปดาห์ มีค่าขนาดทรงพุ่มแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยในสัปดาห์ที่ 2 ผักกาดหอมที่ให้สารละลายธาตุอาหารสูตร Machlis and Torrey ระดับความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน 105 มิลลิกรัมต่อลิตร ในวัสดุปลูกเพอร์ไลต์ 3 มิลลิเมตร ผสมเวอร์มิคูไลต์ลูกเต๋า อัตราส่วน 3:1 มีขนาดทรงพุ่มใหญ่สุดเท่ากับ 6.17 เซนติเมตร และในสัปดาห์ที่ 3 ผักกาดหอมที่ให้สารละลายธาตุอาหารสูตร Machlis and Torrey ระดับความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน 150 มิลลิกรัมต่อลิตร ในวัสดุปลูกเพอร์ไลต์ 3 มิลลิเมตร ผสมเวอร์มิคูไลต์แผ่นเกล็ด อัตราส่วน 3:1 มีขนาดทรงพุ่มใหญ่สุดเท่ากับ 6.40 เซนติเมตร สำหรับผักกาดหอมอายุ 4 สัปดาห์ มีค่าขนาดทรงพุ่มแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) โดยในสัปดาห์ที่ 4 ผักกาดหอมที่ให้สารละลายธาตุอาหารสูตร Machlis and Torrey ระดับความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน 125 มิลลิกรัมต่อลิตร ในวัสดุปลูกเพอร์ไลต์ 3 มิลลิเมตร ผสมเวอร์มิคูไลต์แผ่นเกล็ด อัตราส่วน 3:1 มีแนวโน้มให้ขนาดทรงพุ่มใหญ่มากกว่าชุดการทดลองอื่นเท่ากับ 13.61 เซนติเมตร ตามลำดับ (ภาพที่ 10, ตารางผนวกที่ 19-23)



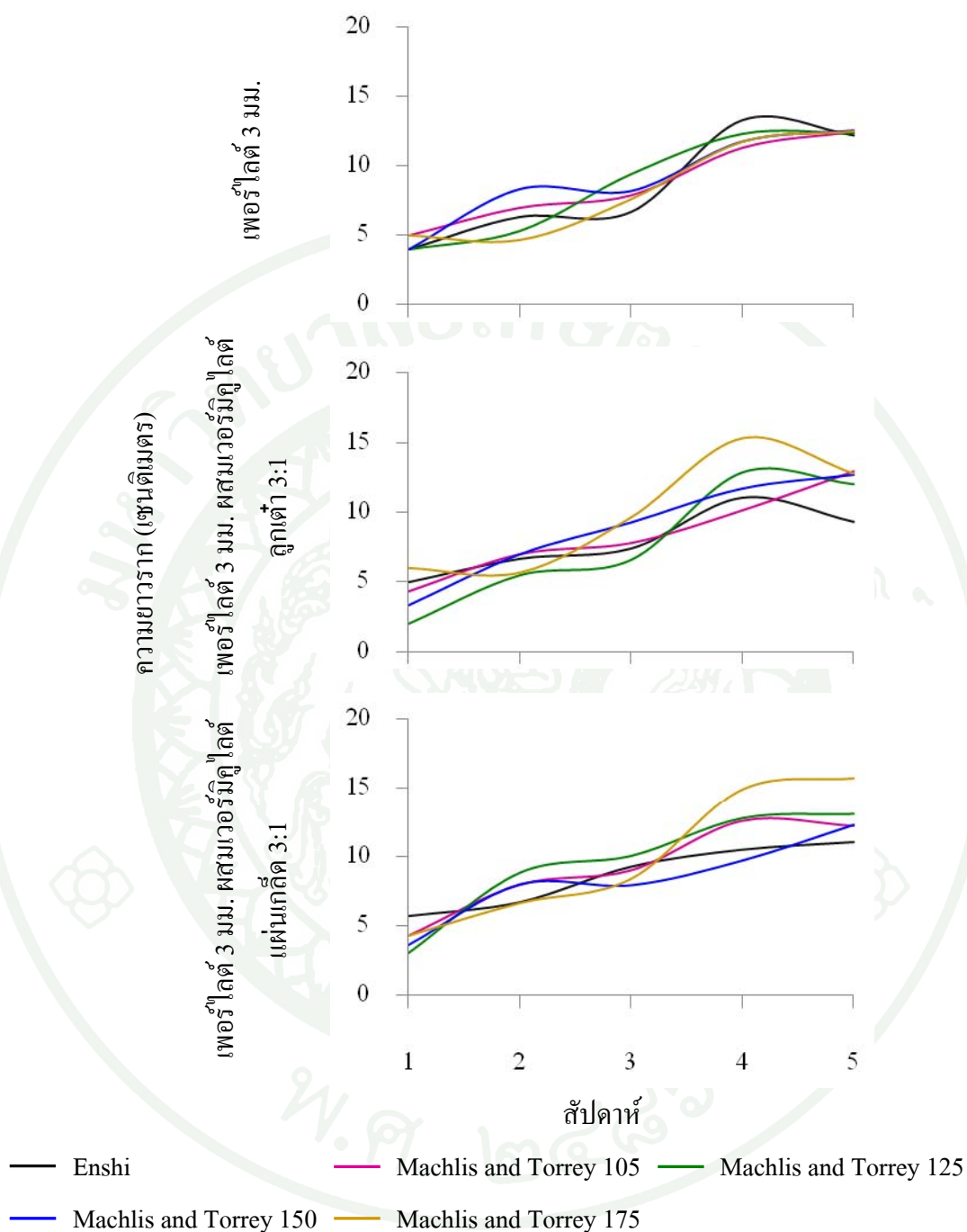
ภาพที่ 10 ขนาดทรงพุ่มผักกาดหอม Green Oak ที่เพิ่มขึ้นจากสัปดาห์ที่ 1-5 ซึ่งให้สารละลายธาตุอาหาร 5 สูตร ในวัสดุปลูก 3 ชนิด พบว่า ในสัปดาห์ที่ 5 ผักกาดหอมที่เลี้ยงในสารละลายธาตุอาหารสูตร Machlis and Torrey ระดับความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน 175 มิลลิกรัมต่อลิตร ในวัสดุปลูกเพอร์ไลต์ 3 มิลลิเมตร ผสมเวอร์มิคูไลต์ลูกเต๋า อัตราส่วน 3:1 มีขนาดทรงพุ่มใหญ่สุด

2.4 ความยาวราก

การใช้สารละลายธาตุอาหารต่างชนิดปลูกผักกาดหอม พบว่า ความยาวรากของผักกาดหอมอายุ 3 สัปดาห์ มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ส่วนผักกาดหอมอายุ 1 สัปดาห์ มีค่าความยาวรากแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) สำหรับผักกาดหอมอายุ 2, 4 และ 5 สัปดาห์ มีค่าความยาวรากแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P < 0.01$) โดยในสัปดาห์ที่ 1, 4 และ 5 ผักกาดหอมที่ให้สารละลายธาตุอาหารสูตร Machlis and Torrey ระดับความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน 175 มิลลิกรัมต่อลิตร มีความยาวรากมากที่สุดเท่ากับ 5.11, 13.96 และ 13.63 เซนติเมตร ตามลำดับ (ตารางผนวกที่ 24-28)

การปลูกผักกาดหอมในวัสดุปลูกต่างชนิด พบว่า ความยาวรากของผักกาดหอมในสัปดาห์ที่ 1 และ 4 มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ผักกาดหอมในสัปดาห์ที่ 3 มีค่าความยาวรากแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ส่วนผักกาดหอมในสัปดาห์ที่ 2 และ 5 มีค่าความยาวรากแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P < 0.01$) โดยผักกาดหอมในสัปดาห์ที่ 2, 3 และ 5 ในวัสดุปลูกเพอร์ไลต์ 3 มิลลิเมตร ผสมเวอร์มิคูไลต์แผ่นเกล็ด อัตราส่วน 3:1 มีแนวโน้มให้ความยาวรากมากกว่าการปลูกผักกาดหอมในวัสดุปลูกชนิดอื่นเท่ากับ 7.62, 8.92 และ 12.85 เซนติเมตร ตามลำดับ (ตารางผนวกที่ 24-28)

อิทธิพลร่วมของการใช้สารละลายธาตุอาหารต่างชนิดปลูกผักกาดหอมในวัสดุปลูกต่างชนิด พบว่า ความยาวรากของผักกาดหอม Green Oak ในสัปดาห์ที่ 1, 2, 3, 4 และ 5 มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P < 0.01$) โดยในสัปดาห์ที่ 1 และ 4 ผักกาดหอมที่ให้สารละลายธาตุอาหารสูตร Machlis and Torrey ระดับความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน 175 มิลลิกรัมต่อลิตร ในวัสดุปลูกเพอร์ไลต์ 3 มิลลิเมตร ผสมเวอร์มิคูไลต์ลูกเต๋า อัตราส่วน 3:1 มีแนวโน้มให้ความยาวรากมากกว่าชุดการทดลองอื่นเท่ากับ 6.00 และ 15.29 ตามลำดับ และในสัปดาห์ที่ 2 และ 3 ผักกาดหอมที่ให้สารละลายธาตุอาหารสูตร Machlis and Torrey ระดับความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน 125 มิลลิกรัมต่อลิตร ในวัสดุปลูกเพอร์ไลต์ 3 มิลลิเมตร ผสมเวอร์มิคูไลต์แผ่นเกล็ด อัตราส่วน 3:1 มีแนวโน้มให้ความยาวรากมากกว่าชุดการทดลองอื่นเท่ากับ 8.79 และ 10.00 เซนติเมตร ตามลำดับ สำหรับสัปดาห์ที่ 5 ผักกาดหอมที่ให้สารละลายธาตุอาหารสูตร Machlis and Torrey ระดับความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน 175 มิลลิกรัมต่อลิตร ในวัสดุปลูกเพอร์ไลต์ 3 มิลลิเมตร ผสมเวอร์มิคูไลต์แผ่นเกล็ด อัตราส่วน 3:1 มีความยาวรากมากที่สุดเท่ากับ 15.66 เซนติเมตร (ภาพที่ 11, ตารางผนวกที่ 24-28)



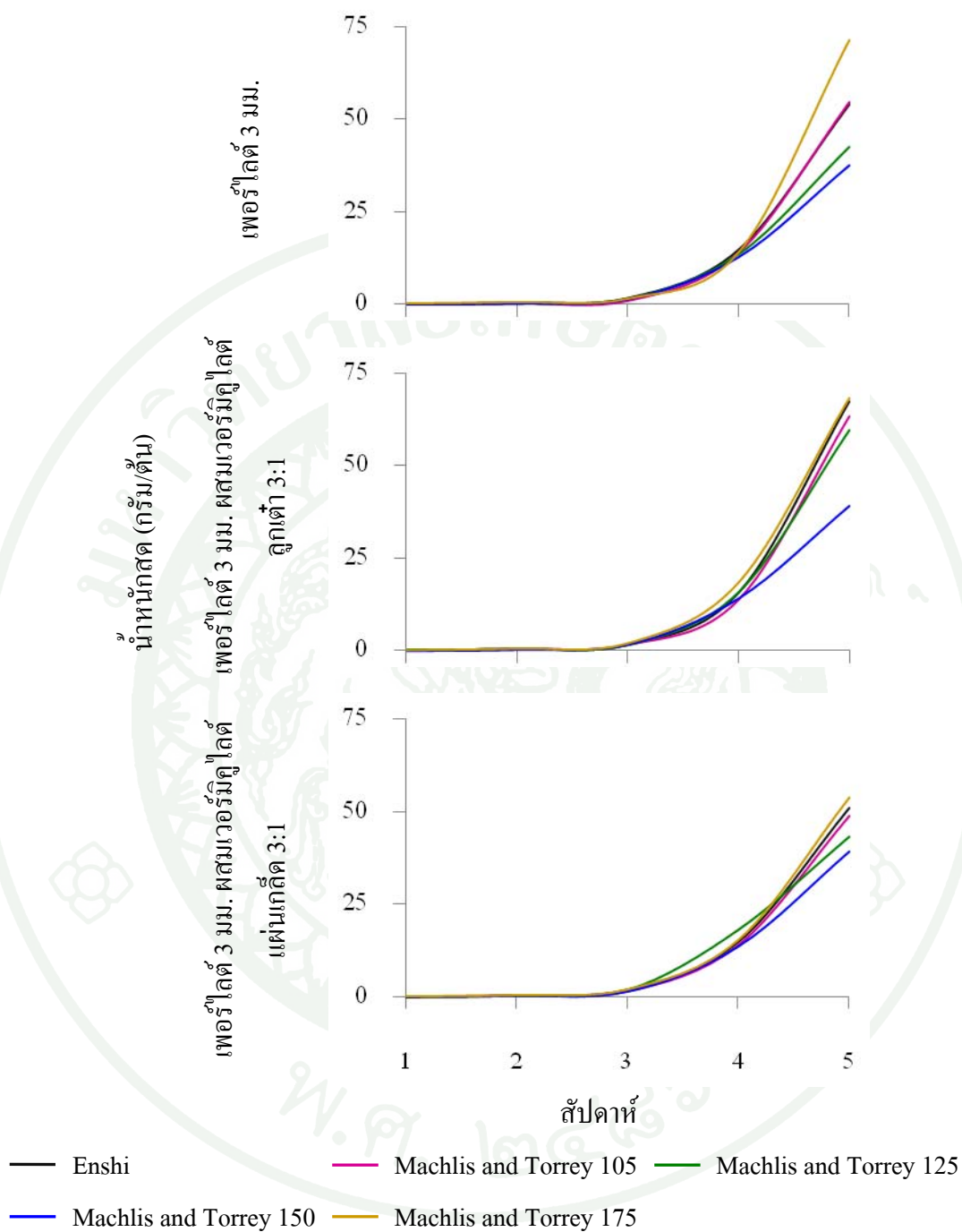
ภาพที่ 11 ความยาวรากผักกาดหอม Green Oak ที่เพิ่มขึ้นจากสัปดาห์ที่ 1-5 ซึ่งให้สารละลายธาตุอาหาร 5 สูตร ในวัสดุปลูก 3 ชนิด พบว่า ในสัปดาห์ที่ 5 ผักกาดหอมที่เลี้ยงในสารละลายธาตุอาหารสูตร Machlis and Torrey ระดับความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน 175 มิลลิกรัมต่อลิตร ในวัสดุปลูกเพอร์ไลต์ 3 มิลลิเมตร ผสมเวอร์มิคูไลต์แผ่นเกล็ด อัตราส่วน 3:1 มีความยาวรากมากที่สุด

2.5 น้ำหนักสด

การใช้สารละลายธาตุอาหารต่างชนิดปลูกผักกาดหอม พบว่า น้ำหนักสดของผักกาดหอม อายุ 1, 2, 3, 4 และ 5 สัปดาห์ มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P < 0.01$) โดยผักกาดหอม ที่ให้สารละลายธาตุอาหารสูตร Machlis and Torrey ระดับความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน 175 มิลลิกรัมต่อลิตร ทั้ง 5 สัปดาห์ มีแนวโน้มให้น้ำหนักสดมากกว่าการให้สารละลายธาตุอาหารชนิดอื่น เท่ากับ 0.17, 0.54, 1.83, 15.91 และ 64.44 กรัมต่อต้น ตามลำดับ (ตารางผนวกที่ 29-33)

ผลของการใช้วัสดุปลูกต่างชนิดเพื่อปลูกผักกาดหอม พบว่า น้ำหนักสดของ ผักกาดหอม อายุ 1, 2, 3, 4 และ 5 สัปดาห์ มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P < 0.01$) โดยในสัปดาห์ที่ 1, 2, 4 และ 5 ผักกาดหอมในวัสดุปลูกเพอร์ไลต์ 3 มิลลิเมตร ผสมเวอร์มิคูไลต์ ลูกเต๋า อัตราส่วน 3:1 มีแนวโน้มให้น้ำหนักสดมากกว่าการปลูกในวัสดุปลูกชนิดอื่นเท่ากับ 0.17, 0.49, 15.58 และ 59.55 กรัมต่อต้น ตามลำดับ ส่วนในสัปดาห์ที่ 3 ผักกาดหอมในวัสดุปลูกเพอร์ไลต์ 3 มิลลิเมตร ผสมเวอร์มิคูไลต์แผ่นเกล็ด อัตราส่วน 3:1 มีน้ำหนักสดมากที่สุดไม่แตกต่างกับผักกาดหอม ในวัสดุปลูกเพอร์ไลต์ 3 มิลลิเมตร ผสมเวอร์มิคูไลต์ลูกเต๋า อัตราส่วน 3:1 เท่ากับ 1.75 และ 1.71 กรัมต่อต้น ตามลำดับ (ตารางผนวกที่ 29-33)

อิทธิพลร่วมของการใช้สารละลายธาตุอาหารต่างชนิดปลูกผักกาดหอม Green Oak ใน วัสดุปลูกต่างชนิด พบว่า น้ำหนักสดของผักกาดหอมอายุ 2 สัปดาห์ มีค่าแตกต่างกันอย่างมี นัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ส่วนน้ำหนักสดของผักกาดหอม Green Oak ผักกาดหอมอายุ 1, 3, 4 และ 5 สัปดาห์ มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P < 0.01$) โดยในสัปดาห์ที่ 1, 2, 3 และ 4 ผักกาดหอมที่ให้สารละลายธาตุอาหารสูตร Machlis and Torrey ระดับความเข้มข้นของธาตุ ไนโตรเจน 175 มิลลิกรัมต่อลิตร ในวัสดุปลูกเพอร์ไลต์ 3 มิลลิเมตร ผสมเวอร์มิคูไลต์ลูกเต๋า อัตราส่วน 3:1 มีแนวโน้มให้น้ำหนักสดมากกว่าชุดการทดลองอื่นเท่ากับ 0.24, 0.65, 2.09 และ 18.46 กรัมต่อต้น ตามลำดับ และในสัปดาห์ที่ 5 ผักกาดหอมที่ให้สารละลายธาตุอาหารสูตร Machlis and Torrey ระดับความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน 175 มิลลิกรัมต่อลิตร ในวัสดุปลูกเพอร์ไลต์ 3 มิลลิเมตร และเพอร์ไลต์ 3 มิลลิเมตร ผสมเวอร์มิคูไลต์ลูกเต๋า อัตราส่วน 3:1 มีแนวโน้มให้ค่า น้ำหนักสดมากที่สุดเท่ากับ 71.28 และ 68.19 กรัมต่อต้น ตามลำดับ (ภาพที่ 12, ตารางผนวกที่ 29-33)



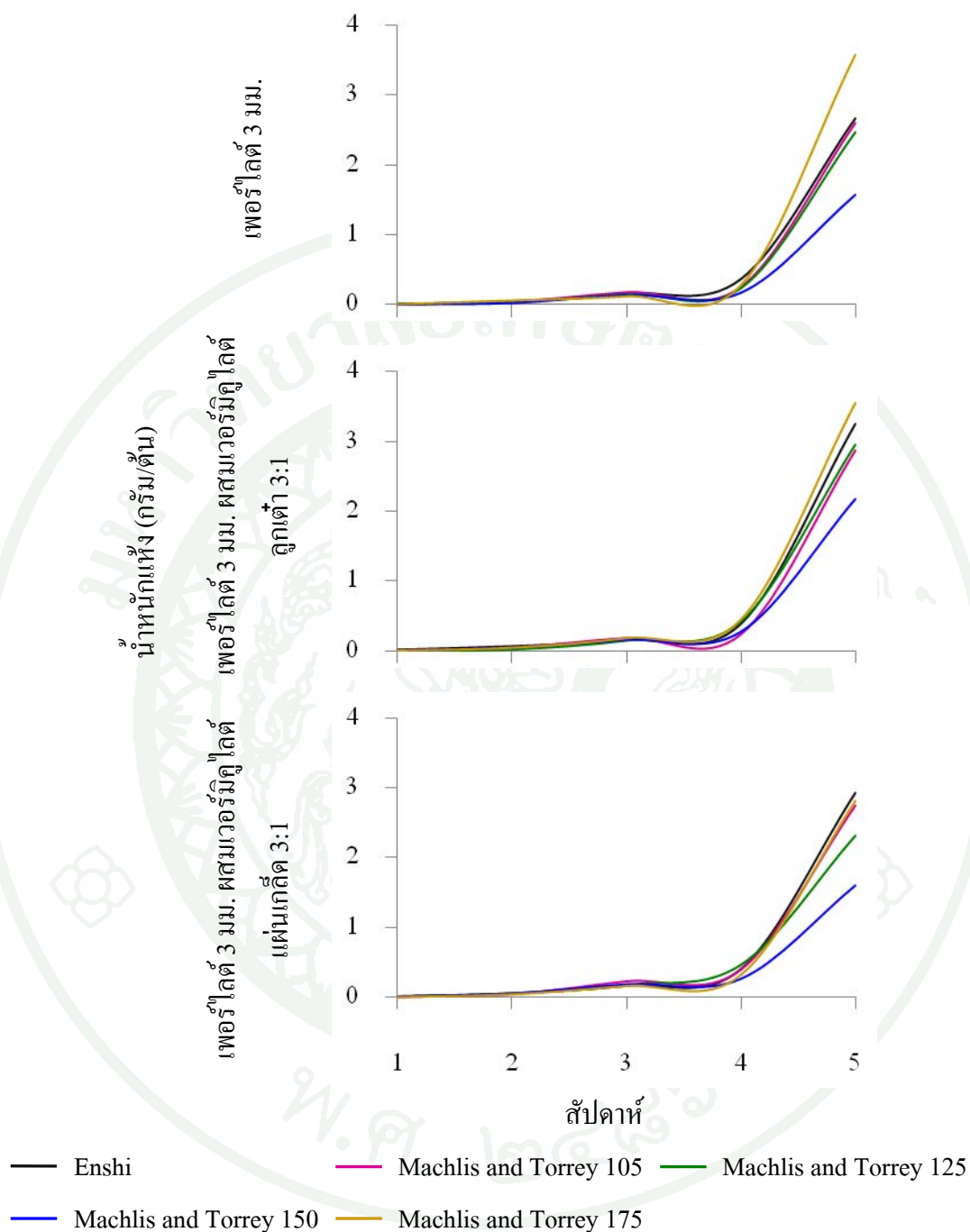
ภาพที่ 12 น้ำหนักสดผักกาดหอม Green Oak ที่เพิ่มขึ้นจากสัปดาห์ที่ 1-5 ซึ่งให้สารละลายธาตุอาหาร 5 สูตร ในวัสดุปลูก 3 ชนิด พบว่า ในสัปดาห์ที่ 5 ผักกาดหอมที่เลี้ยงในสารละลายธาตุอาหารสูตร Machlis and Torrey ระดับความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน 175 มิลลิกรัมต่อลิตร ในวัสดุปลูกเพอร์ไลต์ 3 มิลลิเมตร มีน้ำหนักสดมากที่สุด

2.6 น้ำหนักแห้ง

การใช้สารละลายธาตุอาหารต่างชนิดปลูกผักกาดหอม พบว่า น้ำหนักแห้งของผักกาดหอมในสัปดาห์ที่ 2 มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ส่วนในสัปดาห์ที่ 1, 3, 4 และ 5 ผักกาดหอมมีค่าน้ำหนักแห้งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) โดยในสัปดาห์ที่ 2 และ 5 ผักกาดหอมที่ให้สารละลายธาตุอาหารสูตร Machlis and Torrey ระดับความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน 175 มิลลิกรัมต่อลิตร มีแนวโน้มให้น้ำหนักแห้งมากกว่าการให้สารละลายสูตรอื่นเท่ากับ 0.052 และ 3.31 กรัมต่อต้น ตามลำดับ ส่วนในสัปดาห์ที่ 1 และ 4 ผักกาดหอมที่ให้สารละลายธาตุอาหารสูตร Machlis and Torrey ระดับความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน 175 มิลลิกรัมต่อลิตร มีน้ำหนักแห้งมากเป็นอันดับ 3 ซึ่งมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติกับผักกาดหอมที่มีน้ำหนักแห้งมากที่สุด เท่ากับ 0.0090 และ 0.35 กรัมต่อต้น (ตารางผนวกที่ 34-38)

ผลของการใช้วัสดุปลูกต่างชนิดปลูกผักกาดหอม พบว่า น้ำหนักแห้งของผักกาดหอมในสัปดาห์ที่ 2 มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ส่วนผักกาดหอมในสัปดาห์ที่ 1, 3, 4 และ 5 มีค่าน้ำหนักแห้งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) โดยในสัปดาห์ที่ 2, 3 และ 4 ผักกาดหอมในวัสดุปลูกเพอร์ไลต์ 3 มิลลิเมตร ผสมเวอร์มิคูไลต์แผ่นเกล็ด อัตราส่วน 3:1 มีแนวโน้มให้น้ำหนักแห้งมากกว่าการปลูกในวัสดุปลูกชนิดอื่นเท่ากับ 0.049, 0.18 และ 0.37 กรัมต่อต้น ตามลำดับ ส่วนในสัปดาห์ที่ 1 และ 5 ผักกาดหอมในวัสดุปลูกเพอร์ไลต์ 3 มิลลิเมตร ผสมเวอร์มิคูไลต์ลูกเต๋า อัตราส่วน 3:1 มีแนวโน้มให้น้ำหนักแห้งมากกว่าการปลูกในวัสดุปลูกชนิดอื่นเท่ากับ 0.0099 และ 2.96 กรัมต่อต้น (ตารางผนวกที่ 34-38)

อิทธิพลร่วมของการใช้สารละลายธาตุอาหารต่างชนิดปลูกผักกาดหอมในวัสดุปลูกต่างชนิด พบว่า ในสัปดาห์ที่ 2, 3 และ 5 ผักกาดหอมมีค่าน้ำหนักแห้งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ส่วนในสัปดาห์ที่ 1 และ 4 น้ำหนักแห้งของผักกาดหอมมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) โดยในสัปดาห์ที่ 1 และ 2 ผักกาดหอมที่ให้สารละลายธาตุอาหารสูตร Enshi ในวัสดุปลูกเพอร์ไลต์ 3 มิลลิเมตร ผสมเวอร์มิคูไลต์ลูกเต๋า อัตราส่วน 3:1 มีแนวโน้มให้น้ำหนักแห้งมากกว่าชุดการทดลองอื่นเท่ากับ 0.0133 และ 0.062 กรัมต่อต้น ตามลำดับ แต่ในสัปดาห์ที่ 2 น้ำหนักแห้งของผักกาดหอมมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติกับผักกาดหอมที่ให้สารละลายธาตุอาหารสูตร Machlis and Torrey ระดับความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน 175 มิลลิกรัมต่อลิตร ในวัสดุปลูกเพอร์ไลต์ 3 มิลลิเมตร เท่ากับ 0.060 กรัมต่อต้น และในสัปดาห์ที่ 5 ผักกาดหอมที่ให้สารละลายธาตุอาหารสูตร Machlis and Torrey ระดับความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน 175 มิลลิกรัมต่อลิตร ในวัสดุปลูกเพอร์ไลต์ 3 มิลลิเมตร และเพอร์ไลต์ 3 มิลลิเมตร ผสมเวอร์มิคูไลต์ลูกเต๋า อัตราส่วน 3:1 มีน้ำหนักแห้งมากที่สุดเท่ากับ 3.57 และ 3.55 กรัมต่อต้น ตามลำดับ (ภาพที่ 13, ตารางผนวกที่ 34-38)

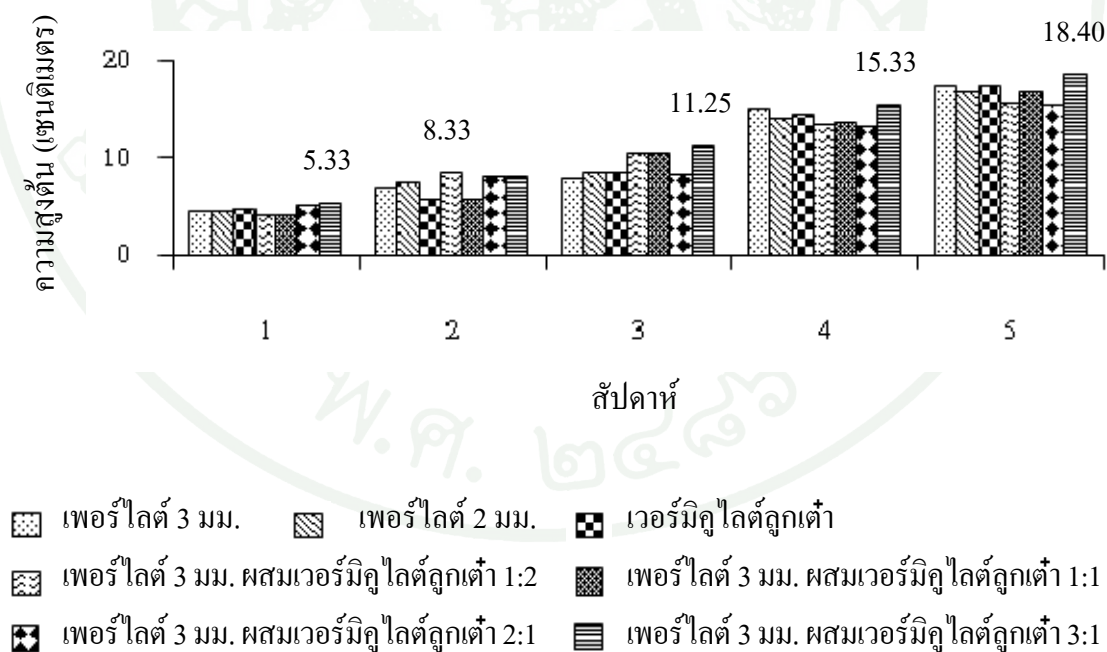


ภาพที่ 13 น้ำหนักแห้งผักกาดหอม Green Oak ที่เพิ่มขึ้นจากสัปดาห์ที่ 1-5 ซึ่งให้สารละลายธาตุอาหาร 5 สูตร ในวัสดุปลูก 3 ชนิด พบว่า ในสัปดาห์ที่ 5 ผักกาดหอมที่เลี้ยงในสารละลายธาตุอาหารสูตร Machlis and Torrey ระดับความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน 175 มิลลิกรัมต่อลิตร ในวัสดุปลูกเพอร์ไลต์ 3 มิลลิเมตร มีน้ำหนักแห้งมากที่สุด

3. ผลของสารละลายธาตุอาหารสูตร Machlis and Torrey ระดับความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน 175 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่มีต่อการเจริญเติบโตของผักกาดหอมในวัสดุปลูกเพอร์ไลต์ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 มิลลิเมตร, 2 มิลลิเมตร, เวอร์มิคูไลต์ลูกเต๋า, เพอร์ไลต์ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 มิลลิเมตร ผสมเวอร์มิคูไลต์ลูกเต๋า อัตราส่วน 1:2, 1:1, 2:1 และ 3:1 โดยปริมาตร

3.1 ความสูงต้น

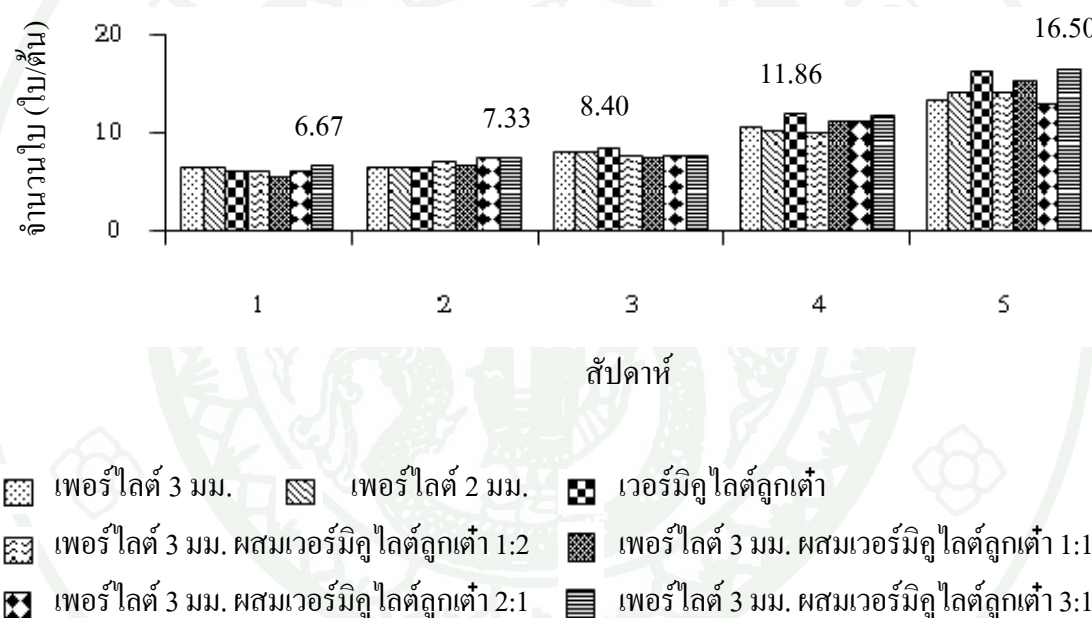
ผักกาดหอมซึ่งให้สารละลายธาตุอาหารสูตร Machlis and Torrey ระดับความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน 175 มิลลิกรัมต่อลิตร ในวัสดุปลูก 7 ชนิด พบว่า ในสัปดาห์ที่ 1 และ 5 มีความสูงต้นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ส่วนผักกาดหอมอายุ 2, 3 และ 4 สัปดาห์ มีความสูงต้นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) ผักกาดหอมอายุ 2 สัปดาห์ ในวัสดุปลูกเพอร์ไลต์ผสมเวอร์มิคูไลต์ อัตราส่วน 1:2 มีความสูงต้นสูงสุด 8.33 เซนติเมตร และผักกาดหอมในวัสดุปลูกเพอร์ไลต์ 3 มิลลิเมตร ผสมเวอร์มิคูไลต์ อัตราส่วน 3:1 อายุ 1, 3, 4 และ 5 สัปดาห์ มีแนวโน้มให้ความสูงต้นมากกว่าปลูกในวัสดุปลูกอื่นเท่ากับ 5.33, 11.25, 15.33 และ 18.40 เซนติเมตร ตามลำดับ (ภาพที่ 14, ตารางผนวกที่ 39)



ภาพที่ 14 ความสูงต้นผักกาดหอม Green Oak ที่เพิ่มขึ้นจากสัปดาห์ที่ 1-5 ในวัสดุปลูก 7 ชนิด ซึ่งให้สารละลายธาตุอาหารสูตร Machlis and Torrey ระดับความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน 175 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่า ในสัปดาห์ที่ 5 ผักกาดหอมในวัสดุปลูกเพอร์ไลต์ 3 มิลลิเมตร ผสมเวอร์มิคูไลต์ อัตราส่วน 3:1 มีความสูงต้นสูงสุด

3.2 จำนวนใบ

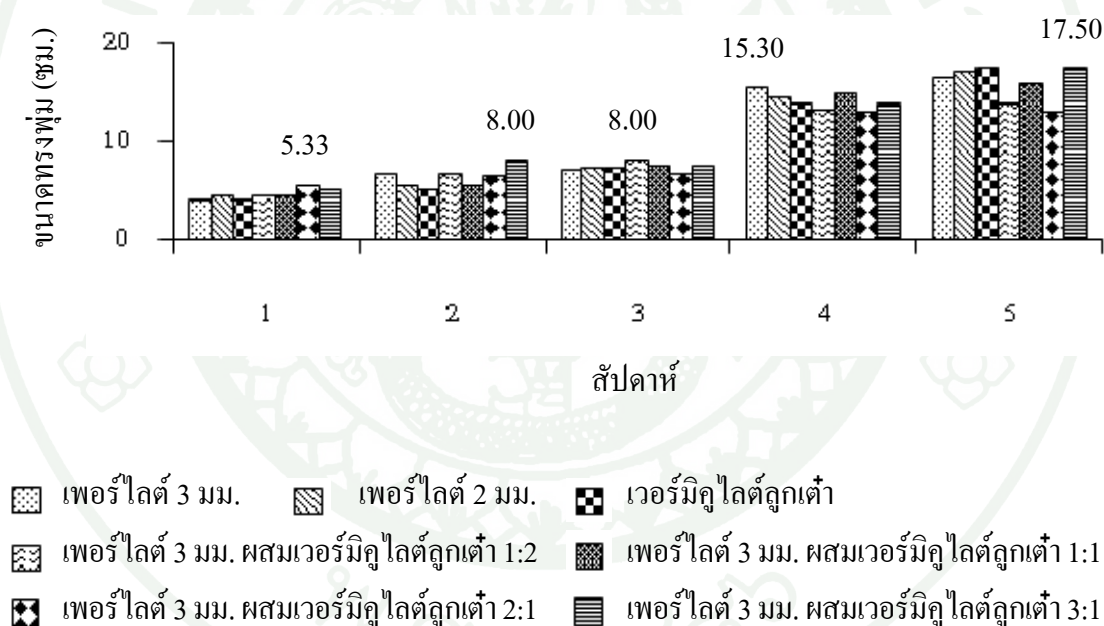
ผักกาดหอมซึ่งให้สารละลายธาตุอาหารสูตร Machlis and Torrey ระดับความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน 175 มิลลิกรัมต่อลิตร ในวัสดุปลูก 7 ชนิด ช่วงอายุ 1, 2, 3 และ 4 สัปดาห์ มีค่าจำนวนใบไม่แตกต่างกันทางสถิติ จำนวนใบเฉลี่ยของผักกาดหอมเพิ่มขึ้นจาก 6.10 ± 0.70 ใบต่อต้นในสัปดาห์ที่ 1 เป็น 6.76 ± 0.70 , 7.80 ± 0.68 และ 10.90 ± 1.48 ใบต่อต้น ในสัปดาห์ที่ 2, 3 และ 4 ตามลำดับ ส่วนในสัปดาห์ที่ 5 ผักกาดหอมมีค่าจำนวนใบแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) ผักกาดหอมในวัสดุปลูกเพอร์ไลต์ 3 มิลลิเมตร ผสมเวอร์มิคูไลต์ลูกเต๋า อัตราส่วน 3:1 มีจำนวนใบมากที่สุด 16.50 ใบต่อต้น (ภาพที่ 15, ตารางผนวกที่ 40)



ภาพที่ 15 จำนวนใบผักกาดหอม Green Oak ที่เพิ่มขึ้นจากสัปดาห์ที่ 1-5 ในวัสดุปลูก 7 ชนิด ซึ่งให้สารละลายธาตุอาหารสูตร Machlis and Torrey ระดับความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน 175 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่า ในสัปดาห์ที่ 5 ผักกาดหอมในวัสดุปลูกเพอร์ไลต์ 3 มิลลิเมตร ผสมเวอร์มิคูไลต์ลูกเต๋า อัตราส่วน 3:1 มีจำนวนใบมากที่สุด

3.3 ขนาดทรงพุ่ม

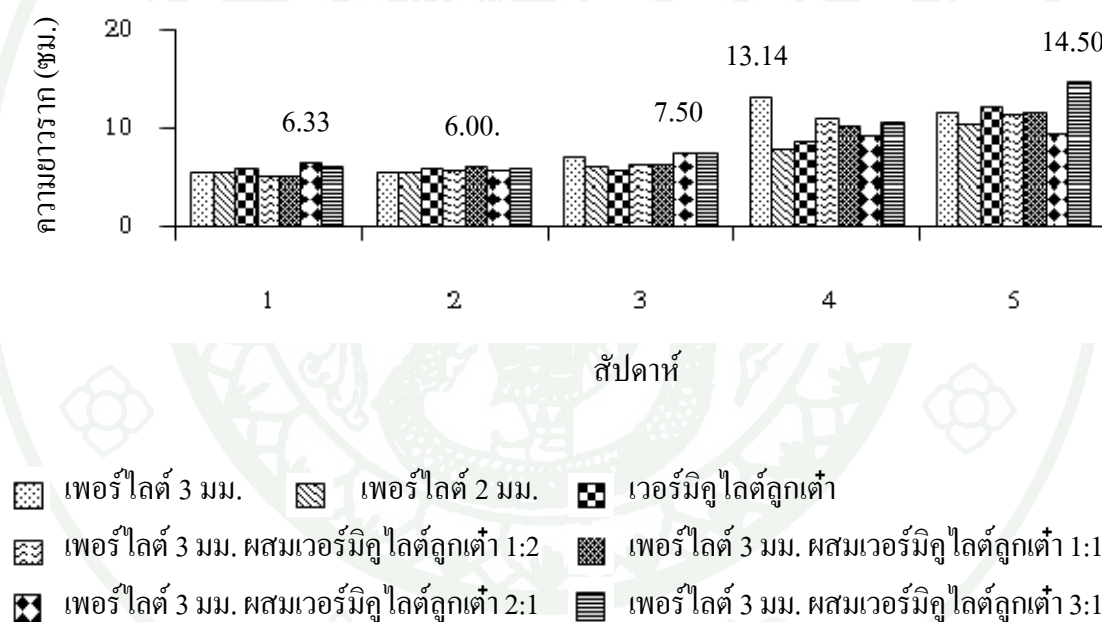
ขนาดทรงพุ่มของผักกาดหอมซึ่งให้สารละลายธาตุอาหารสูตร Machlis and Torrey ระดับความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน 175 มิลลิกรัมต่อลิตร ในวัสดุปลูก 7 ชนิด ช่วงอายุ 1 และ 3 สัปดาห์ มีค่าขนาดทรงพุ่มไม่แตกต่างกันทางสถิติ สำหรับผักกาดหอมอายุ 2 สัปดาห์ มีค่าขนาดทรงพุ่มแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ส่วนผักกาดหอมอายุ 4 และ 5 สัปดาห์ มีค่าขนาดทรงพุ่มแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P < 0.01$) โดยผักกาดหอมในวัสดุปลูกเพอร์ไลต์ 3 มิลลิเมตร ผสมเวอร์มิคูไลต์ลูกเต๋า อัตราส่วน 3:1 อายุ 2 และ 5 สัปดาห์ มีแนวโน้มให้ขนาดทรงพุ่มใหญ่กว่าชุดการทดลองอื่นเท่ากับ 8.00 และ 17.50 เซนติเมตร ตามลำดับ และในสัปดาห์ที่ 4 ผักกาดหอมในวัสดุปลูกเพอร์ไลต์ 3 มิลลิเมตร มีขนาดทรงพุ่มใหญ่กว่าชุดการทดลองอื่น เท่ากับ 15.30 เซนติเมตร (ภาพที่ 16, ตารางผนวกที่ 41)



ภาพที่ 16 ขนาดทรงพุ่มผักกาดหอม Green Oak ที่เพิ่มขึ้นจากสัปดาห์ที่ 1-5 ในวัสดุปลูก 7 ชนิด ซึ่งให้สารละลายธาตุอาหารสูตร Machlis and Torrey ระดับความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน 175 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่า ในสัปดาห์ที่ 5 ผักกาดหอมในวัสดุปลูกเพอร์ไลต์ 3 มิลลิเมตร ผสมเวอร์มิคูไลต์ลูกเต๋า อัตราส่วน 3:1 มีขนาดทรงพุ่มใหญ่ที่สุด

3.4 ความยาวราก

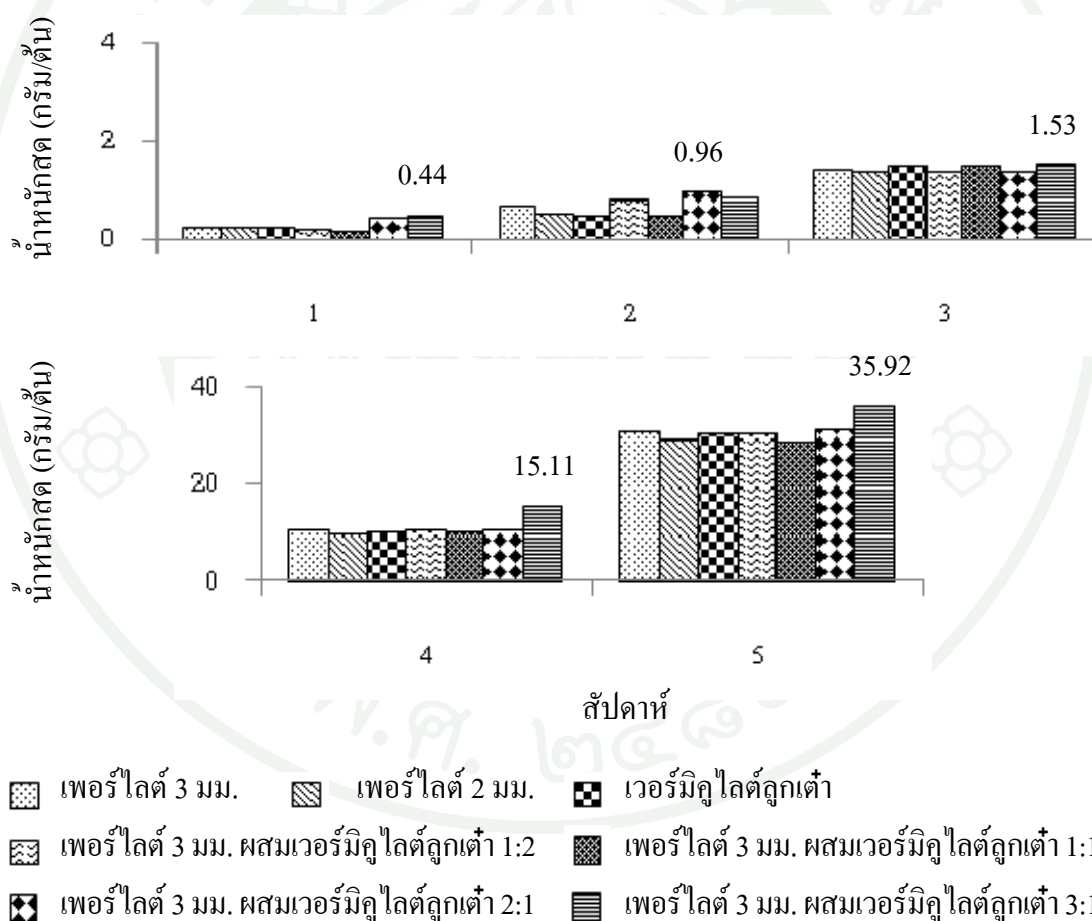
ผักกาดหอมซึ่งให้สารละลายธาตุอาหารสูตร Machlis and Torrey ระดับความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน 175 มิลลิกรัมต่อลิตร ในวัสดุปลูก 7 ชนิด พบว่า ผักกาดหอมอายุ 1 และ 2 สัปดาห์ มีค่าความยาวรากไม่แตกต่างกันทางสถิติ ส่วนผักกาดหอมอายุ 3, 4 และ 5 สัปดาห์ มีค่าความยาวรากแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยในสัปดาห์ที่ 3 ผักกาดหอมในวัสดุปลูกเพอร์ไลต์ 3 มิลลิเมตร ผสมเวอร์มิคูไลต์ลูกเต๋า อัตราส่วน 2:1 มีความยาวรากสูงสุด 7.50 เซนติเมตร สัปดาห์ที่ 4 ผักกาดหอมในวัสดุปลูกเพอร์ไลต์ 3 มิลลิเมตร มีความยาวรากสูงสุด 13.14 เซนติเมตร สำหรับผักกาดหอมอายุ 5 สัปดาห์ ในวัสดุปลูกเพอร์ไลต์ 3 มิลลิเมตร ผสมเวอร์มิคูไลต์ลูกเต๋า อัตราส่วน 3:1 มีความยาวรากสูงสุด 14.50 เซนติเมตร (ภาพที่ 17, ตารางผนวกที่ 42)



ภาพที่ 17 ความยาวรากผักกาดหอม Green Oak ที่เพิ่มขึ้นจากสัปดาห์ที่ 1-5 ในวัสดุปลูก 7 ชนิด ซึ่งให้สารละลายธาตุอาหารสูตร Machlis and Torrey ระดับความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน 175 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่า ในสัปดาห์ที่ 5 ผักกาดหอมในวัสดุปลูกเพอร์ไลต์ 3 มิลลิเมตร ผสมเวอร์มิคูไลต์ลูกเต๋า อัตราส่วน 3:1 มีความยาวรากสูงสุด

3.5 น้ำหนักสด

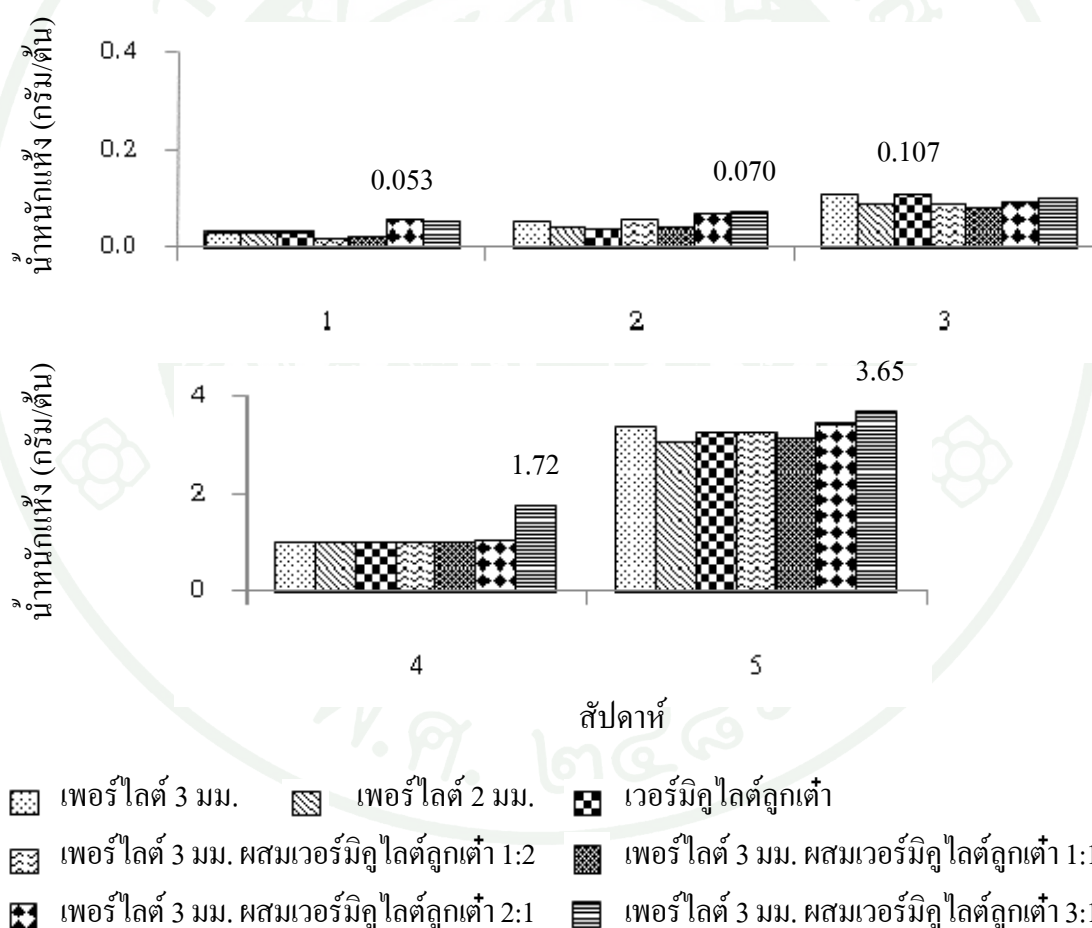
ผักกาดหอมซึ่งให้สารละลายธาตุอาหารสูตร Machlis and Torrey ระดับความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน 175 มิลลิกรัมต่อลิตร ในวัสดุปลูก 7 ชนิด พบว่า ในสัปดาห์ที่ 2, 3 และ 5 มีค่าน้ำหนักสดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) สำหรับผักกาดหอมอายุ 1 และ 4 สัปดาห์ มีค่าน้ำหนักสดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) โดยในสัปดาห์ที่ 2 ผักกาดหอมในวัสดุปลูกเพอร์ไลต์ 3 มิลลิเมตร ผสมเวอร์มิคูไลต์ลูกเต๋า อัตราส่วน 2:1หนักมากที่สุด 0.96 กรัมต่อต้น ส่วนในสัปดาห์ที่ 1, 3, 4 และ 5 ผักกาดหอมในวัสดุปลูกเพอร์ไลต์ 3 มิลลิเมตร ผสมเวอร์มิคูไลต์ลูกเต๋า อัตราส่วน 3:1 มีแนวโน้มน้ำหนักสดมากกว่าการปลูกในวัสดุปลูกอื่นเท่ากับ 0.44, 1.53, 15.11 และ 35.92 เซนติเมตร ตามลำดับ (ภาพที่ 18, ตารางผนวกที่ 43)



ภาพที่ 18 น้ำหนักสดผักกาดหอม Green Oak Oak ที่เพิ่มขึ้นจากสัปดาห์ที่ 1-5 ในวัสดุปลูก 7 ชนิด ซึ่งให้สารละลายธาตุอาหารสูตร Machlis and Torrey ระดับความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน 175 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่า ในสัปดาห์ที่ 5 ผักกาดหอมในวัสดุปลูกเพอร์ไลต์ 3 มิลลิเมตร ผสมเวอร์มิคูไลต์ลูกเต๋า อัตราส่วน 3:1 มีน้ำหนักสดมากที่สุด

3.6 น้ำหนักแห้ง

ผักกาดหอมซึ่งให้สารละลายธาตุอาหารสูตร Machlis and Torrey ระดับความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน 175 มิลลิกรัมต่อลิตร ในวัสดุปลูก 7 ชนิด พบว่า ในสัปดาห์ที่ 3 มีค่าน้ำหนักแห้งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยผักกาดหอมในวัสดุปลูกเวอร์มิคูไลต์ลูกเต๋ามีน้ำหนักแห้งมากที่สุด (0.107 กรัมต่อต้น) ส่วนในสัปดาห์ที่ 1, 2, 4 และ 5 มีค่าน้ำหนักแห้งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) โดยในสัปดาห์ที่ 1 ผักกาดหอมที่ปลูกในวัสดุปลูกเพอร์ไลต์ 3 มิลลิเมตร ผสมเวอร์มิคูไลต์ลูกเต๋อ อัตราส่วน 2:1 มีน้ำหนักแห้งมากที่สุด 0.053 กรัมต่อต้น สัปดาห์ที่ 2, 4 และ 5 ผักกาดหอมที่ปลูกในวัสดุปลูกเพอร์ไลต์ 3 มิลลิเมตร ผสมเวอร์มิคูไลต์ลูกเต๋อ อัตราส่วน 3:1 มีน้ำหนักแห้งมากที่สุด 0.070, 1.72 และ 3.65 กรัมต่อต้น ตามลำดับ (ภาพที่ 19, ตารางผนวกที่ 44)



ภาพที่ 19 น้ำหนักแห้งผักกาดหอม Green Oak ที่เพิ่มขึ้นจากสัปดาห์ที่ 1-5 ในวัสดุปลูก 7 ชนิด ซึ่งให้สารละลายธาตุอาหารสูตร Machlis and Torrey ระดับความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน 175 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่า ในสัปดาห์ที่ 5 ผักกาดหอมในวัสดุปลูกเพอร์ไลต์ 3 มิลลิเมตร ผสมเวอร์มิคูไลต์ลูกเต๋อ อัตราส่วน 3:1 มีน้ำหนักแห้งมากที่สุด

วิจารณ์

1. ผลของวัสดุปลูกที่มีต่อการงอกของเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอมและการเจริญเติบโตของผักกาดหอม

การปลูกในระบบปลูกแบบไม่ใช้ดินมีปัจจัยที่เกี่ยวข้องหลายประการ วัสดุปลูกเป็นอีกหนึ่งปัจจัยที่มีความสำคัญสำหรับระบบปลูกนี้ วัสดุปลูกจะต้องมีคุณสมบัติที่ดีที่จะช่วยให้พืชยืนต้นได้ สามารถเก็บกักน้ำ ก๊าซออกซิเจน และสารอาหารให้กับพืชได้พอเพียงตลอดช่วงฤดูปลูก คุณสมบัติเหล่านี้จะแตกต่างกันไปตามชนิด ขนาด และรูปร่างของวัสดุปลูกด้วย (นพดล, 2550)

การงอกของเมล็ด เป็นกระบวนการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาและสัณฐานวิทยาของพืช โดยเริ่มจากรากอ่อนแทงพื้นเปลือกหุ้มเมล็ด ในสภาพความชื้นที่พอเหมาะ พร้อมทั้งมีการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและทางเคมีเกิดขึ้น (สมบุญ, 2548) จากการทดลองเพาะเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอมในวัสดุปลูกต่างชนิดกัน พบว่า เมล็ดพันธุ์ผักกาดหอมในวัสดุปลูกเพอร์ไลต์ 4.75 มิลลิเมตร และเพอร์ไลต์ 3 มิลลิเมตร ผสมเวอร์มิคูไลต์ลูกเต๋า อัตราส่วน 2:1 มีเปอร์เซ็นต์การงอกดีที่สุด (78.85 และ 78.69 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) ซึ่งโดยปกติเมล็ดพันธุ์ที่ขายตามร้านมักจะมีเปอร์เซ็นต์การงอกระหว่าง 60-70 เปอร์เซ็นต์ (นพดล, 2550) ทั้งนี้ การใช้เพอร์ไลต์ 4.75 มิลลิเมตรเป็นวัสดุปลูกทำให้เมล็ดพันธุ์ผักกาดหอมมีเปอร์เซ็นต์การงอกดีที่สุด อาจเนื่องจากตัววัสดุปลูกเพอร์ไลต์มีช่องว่างระหว่างอนุภาคนาโนขนาดใหญ่ที่ทำให้มีการระบายน้ำที่ดี กักเก็บและเป็นทางผ่านของออกซิเจนได้ดี ทั้งนี้ น้ำและอากาศเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้เมล็ดสามารถงอกและอยู่รอดได้ โดยน้ำจะทำให้เปลือกหุ้มเมล็ดอ่อนตัวจนเปลือกหุ้มเมล็ดแตก ทำให้น้ำและออกซิเจนผ่านเข้าไปในเมล็ดมากขึ้น เกิดการเปลี่ยนแปลงทางกระบวนการเมแทบอลิซึม จนกระทั่งรากอ่อนแทงทะลุเปลือกหุ้มเมล็ดออกมาและสุดท้ายส่วนปลายยอดก็จะแทงพื้นเปลือกหุ้มเมล็ดออกมา ทั้งนี้ เมล็ดทั่วไปจะต้องได้รับความชื้นประมาณ 30-60 เปอร์เซ็นต์ จึงจะสามารถงอกและอยู่รอดได้ หากเมล็ดได้รับน้ำมากเกินไปอาจทำให้เมล็ดไม่สามารถงอกได้หรือหากงอกก็อาจจะตายในที่สุด ดังเช่นผักกาดหอมในวัสดุปลูกเพอร์ไลต์ 1 มิลลิเมตร ที่มีเปอร์เซ็นต์การงอกน้อยสุด ทั้งนี้ เนื่องจากวัสดุปลูกมีขนาดเล็กละเอียดทำให้ช่องว่างระหว่างวัสดุปลูกมีขนาดเล็ก วัสดุปลูกจึงอุ้มน้ำมาก ส่งผลให้รากพืชขาดออกซิเจน เป็นไปในทำนองเดียวกับการทดลองเพาะคะน้า มะเขือเทศ และแคนดalu ในวัสดุปลูกขุยมะพร้าวอัดแท่งด้วยวิธีการปลูกพืชไม่ใช้ดินของพิชัยและคณะ (2540) ที่เมล็ดไม่สามารถงอกขึ้นได้ เนื่องจากแท่งขุยมะพร้าวอุ้มน้ำไว้มากจนทำให้รากพืชขาดออกซิเจน

สำหรับดัชนีการออกซึ่งแสดงถึงความแข็งแรงของเมล็ดจากอัตราความเร็วในการงอกของเมล็ดพันธุ์ โดยอาศัยหลักการว่าเมล็ดที่แข็งแรงย่อมงอกได้อย่างรวดเร็ว (สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้, 2550) นั่นคือ มีสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมในการงอก พบว่าเพอร์ไลต์ 3 มิลลิเมตร ผสมเวอร์มิคูไลต์ ลูกเต๋า อัตราส่วน 2:1 ทำให้เมล็ดพันธุ์ผักกาดหอมมีอัตราความเร็วในการงอกเร็วสุด (24.32) อาจเป็นเพราะช่องว่างระหว่างอนุภาคที่มีขนาดใหญ่รองจากเพอร์ไลต์ 4.75 มิลลิเมตร ทำให้มีการระบายน้ำที่ดี กักเก็บและเป็นทางผ่านของออกซิเจนได้ดี (กิตติพิพ, 2547) นอกจากนี้ วัสดุปลูกเพอร์ไลต์มีซิลิกา (Si) เป็นองค์ประกอบหลักประมาณ 70 เปอร์เซ็นต์ (พรสวาท และคณะ, 2537) สามารถช่วยเรื่องการดูดซับความชื้นได้ดี (ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล, ม.ป.ป.) และเมื่อผสมเวอร์มิคูไลต์ที่สามารถอุ้มน้ำได้ดี จึงเป็นประโยชน์กับพืชในการใช้น้ำเพิ่มขึ้น (Wikipedia, 2008) โดยน้ำจะทำให้เปลือกหุ้มเมล็ดอ่อนตัวจนเปลือกหุ้มเมล็ดแตกซึ่งทำให้น้ำและออกซิเจนผ่านเข้าไปในเมล็ดมากขึ้น น้ำจะกระตุ้นปฏิกิริยาทางชีวเคมีต่างๆ ภายในเมล็ด เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเมแทบอลิซึม ซึ่งทำให้เมล็ดมีอัตราการหายใจเพิ่มสูงขึ้น และได้พลังงานไปใช้ในกระบวนการเมแทบอลิซึมต่างๆ ส่วนดัชนีการงอกของผักกาดหอมในวัสดุปลูกฟองน้ำมีค่าต่ำสุด (9.70) เนื่องจากควบคุมความชื้นยาก ถ้าให้น้ำมากเกินไปฟองน้ำจะแฉะทำให้เมล็ดเน่า และถ้าในบริเวณโรงเรือนเพาะมีอุณหภูมิสูงเกินไป น้ำระเหยมากก็จะทำให้ฟองน้ำแห้งเกินไปจนเมล็ดไม่งอก (พิชัยและคณะ, 2540) ดังนั้น วัสดุเพาะเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอมที่ดีที่สุด คือ เพอร์ไลต์ 3 มิลลิเมตร ผสมเวอร์มิคูไลต์ลูกเต๋า อัตราส่วน 2:1 เนื่องจากมีดัชนีการงอกหรืออัตราความเร็วในการงอกของเมล็ดพันธุ์สูงสุด และทำให้ผักกาดหอมมีเปอร์เซ็นต์การงอกมากที่สุด ซึ่งมีค่าไม่แตกต่างกับการใช้เพอร์ไลต์ 4.75 มิลลิเมตร ที่มีเปอร์เซ็นต์การงอกของเมล็ดมากที่สุดเป็นวัสดุเพาะเมล็ด

การเจริญเติบโตของผักกาดหอมหลังจากการย้ายลงปลูกในรางทดลองแบบให้สารละลายไหลผ่านรากพืชเป็นน้ำบางๆ (Nutrient Film Technique : NFT) สูตร Machlis and Torrey (1965) ในวัสดุปลูกเพอร์ไลต์และเวอร์มิคูไลต์ชนิดต่างๆ พบว่า ผักกาดหอมในวัสดุปลูกเพอร์ไลต์ 3 มิลลิเมตร ผสมเวอร์มิคูไลต์ลูกเต๋า อัตราส่วน 3:1 มีจำนวนใบในทุกวัสดุปลูกเพิ่มขึ้นทุกสัปดาห์ เป็นไปในทิศทางเดียวกับความสูงต้นของผักกาดหอม คือ มีความสูงต้นในทุกวัสดุปลูกเพิ่มขึ้นทุกสัปดาห์ ในด้านความยาวรากของผักกาดหอมตั้งแต่สัปดาห์ 1-5 มีความยาวเฉลี่ยไม่แตกต่างกัน โดยพบว่าผักกาดหอมในวัสดุปลูกเพอร์ไลต์ 4.75 มิลลิเมตร มีความยาวรากน้อยที่สุด (15.10 เซนติเมตร) อาจจะเนื่องจากเพอร์ไลต์ 4.75 มิลลิเมตร มีขนาดใหญ่ อีกทั้งมีความแข็งกว่าวัสดุปลูกชนิดอื่น จึงทำให้รากชอนไชผ่านวัสดุปลูกไปได้ยากกว่า เป็นไปในทำนองเดียวกับการเจริญเติบโตของกะน้า, มะเขือเทศและแคนตาลูปในระบบปลูกพืชไม่ใช้ดินโดยใช้ขุยมะพร้าวอัดแท่งเป็นวัสดุปลูก รากของผักไม่สามารถชอนไชลงในแท่งวัสดุปลูกได้ เนื่องจากโครงสร้างของแท่งวัสดุปลูกมีความ

หนาแน่นสูงมากถึงแม้ว่าจะนำไปแช่น้ำจนชุ่มแล้ว (พิชัยและคณะ, 2540) ในขณะที่ขนาดทรงพุ่มของผักกาดหอมในสัปดาห์ที่ 2- 4 มีขนาดที่ไม่แตกต่างกันในแต่ละวัสดุปลูก ยกเว้นในสัปดาห์ที่ 5 ผักกาดหอมซึ่งปลูกในวัสดุปลูกเพอร์ไลต์ 3 มิลลิเมตร ผสมเวอร์มิคูไลต์ลูกเต๋า อัตราส่วน 2:1, 3:1 และเพอร์ไลต์ 3 มิลลิเมตร มีขนาดทรงพุ่มใหญ่สุด โดยทั้ง 3 วัสดุปลูกนี้มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติสำหรับน้ำหนักสดของผักกาดหอมซึ่งเป็นการบ่งบอกถึงผลผลิตทางด้านการตลาด พบว่า ทั้งในสัปดาห์ที่ 4 และ 5 มีค่าแตกต่างกันในแต่ละวัสดุปลูก โดยผักกาดหอมในวัสดุปลูกเพอร์ไลต์ 3 มิลลิเมตร ผสมเวอร์มิคูไลต์ลูกเต๋า อัตราส่วน 3:1 มีน้ำหนักสดเฉลี่ยมากที่สุด (37.07 และ 62.10 กรัมต่อต้น ตามลำดับ) เช่นเดียวกับน้ำหนักแห้งของผักกาดหอมที่มีค่าแตกต่างกันในแต่ละวัสดุปลูกทั้งสัปดาห์ที่ 4 และ 5 โดยผักกาดหอมในวัสดุปลูกเพอร์ไลต์ 3 มิลลิเมตร ผสมเวอร์มิคูไลต์ลูกเต๋า อัตราส่วน 3:1 มีน้ำหนักแห้งเฉลี่ยมากที่สุด (2.64 และ 4.16 กรัมต่อต้น ตามลำดับ) ทั้งนี้ เนื่องจากเพอร์ไลต์มีองค์ประกอบทางเคมีที่ช่วยให้ผักกาดมีการเจริญเติบโตที่ดี เช่น ซิลิกา (Si) ซึ่งพบเป็นองค์ประกอบหลัก ประมาณ 70-72 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก (พรสวาท และคณะ, 2537) สามารถช่วยเรื่องการดูดซับความชื้นได้ดี ทำให้สภาพโดยรวมของรากพืชชุ่มชื้นสะสมอยู่เสมอ ช่วยลดการสูญเสีย น้ำของพืช ทนทานต่อการติดโรค ช่วยดูดซับไนโตรเจน (N) และฟอสฟอรัส (P) (ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล, ม.ป.ป.) เป็นไปในทิศทางเดียวกับที่กิตติภพ (2547) พบว่าการใช้เพอร์ไลต์ผสมกับดินเป็นวัสดุปลูก สามารถเก็บกักธาตุอาหารและไออนในรูปต่างๆ ได้ดี ส่งผลให้หอมแบ่งมีปริมาณของฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมที่ปรากฏชัดเจน จึงมีการตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางฟิสิกส์ของดินค่าน้ำหนักของพืช ส่วนสูงของพืช เปอร์เซ็นต์ความชื้น และการดูดใช้ธาตุอาหารพืชในทางบวก

นอกจากนี้ เพอร์ไลต์ยังประกอบด้วยอะลูมิเนียม(Al) และโซเดียม(Na) ประมาณ 12-14 และ 2-4 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ตามลำดับ ซึ่งทั้ง 2 ตัวนี้ ช่วยในการปรับสภาพความเป็นกรด-ด่าง และยังสามารถดูดซึมก๊าซหรือสารประกอบอินทรีย์ต่างๆ ได้ดี เหล็ก (Fe) ประมาณ 1-2 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ซึ่งช่วยในขบวนการหายใจ ช่วยในกระบวนการสังเคราะห์แสงของพืช เป็นอาหารเสริมที่พืชต้องการปริมาณน้อย โพแทสเซียม (K) ประมาณ 5-7 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ซึ่งช่วยในกระบวนการสร้างน้ำตาลและแป้งที่สะสมในพืช ช่วยในการเคลื่อนย้ายแป้งและน้ำตาลไปยังส่วนต่างๆ ของพืช ช่วยให้พืชมีความต้านทานต่อโรคดีขึ้น ทำให้พืชสามารถเจริญเติบโตได้ดียิ่งขึ้น เป็นต้น (พรสวาท และคณะ, 2537; ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล, ม.ป.ป.) เช่นเดียวกับ Gul *et al.* (2007) ซึ่งศึกษาถึงแหล่งธาตุอาหารที่มีต่อแตงกวาในวัสดุปลูกชนิดต่างๆ ได้แก่ perlite:clinoptilolite อัตราส่วน 3:1, perlite:clinoptilolite อัตราส่วน 1:1, tuff:clinoptilolite อัตราส่วน 3:1 และ tuff:clinoptilolite อัตราส่วน 1:1 โดยปริมาตร พบว่า วัสดุที่ผสมเพอร์ไลต์ให้

ผลผลิตต่ำกว่าวัสดุปลูกที่ผสม tuff เนื่องจากเพอร์ไลต์มีความพรุนในตัวสูง สามารถดูดซึมธาตุอาหารได้ดีว่า tuff และเมื่อนำมาผสมรวมกับวัสดุปลูกเวอร์มิคูไลต์ที่เป็นตัวอุ้มน้ำที่ดี (300-375 ลิตรต่อลูกบาศก์เมตร) สามารถดูดซับธาตุอาหารได้สูง มีคุณสมบัติในการแลกเปลี่ยนประจุไอออนบวก 65-150 me/110 gm มีธาตุแมกนีเซียม 9-12 เปอร์เซ็นต์ ฟอสฟอรัส (P) และโพแทสเซียม (K) 5-8 เปอร์เซ็นต์เป็นองค์ประกอบ มีความพรุนประมาณ 96 เปอร์เซ็นต์ (ดิเรก, 2550; มนูญ, 2544; โสระยา, 2544; Wikipedia, 2008) จึงทำให้ผักกาดหอมที่ปลูกในวัสดุผสมนี้มีการเจริญเติบโตทางด้านน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งดีที่สุด แต่เมื่อเปรียบเทียบกับอาร์กัย (2548) ซึ่งทดสอบภาชนะปลูกและวัสดุปลูกที่เหมาะสมสำหรับปลูกผักกาดหอมโดยไม่ใช้ดิน ซึ่งปลูกในวัสดุปลูกเพอร์ไลต์ โดยใช้ภาชนะถ้วยเล็กกว่า 4×6 เซนติเมตร พบว่า มีน้ำหนักสดของผักกาดหอมรวมทั้งต้น 119.16 กรัมต่อต้น ซึ่งมากกว่าผักกาดหอมที่ปลูกในวัสดุปลูกเพอร์ไลต์ 3 มิลลิเมตร ผสมเวอร์มิคูไลต์ลูกเต๋อ อัตราส่วน 3:1 ทั้งนี้ อาจเนื่องมาจากระยะเวลาการเก็บเกี่ยวผลผลิตที่แตกต่างกัน โดยอาร์กัย (2548) ทำการเก็บเกี่ยวผลผลิตผักกาดหอมอายุ 56 วันหลังการปลูก ส่วนในการทดลองนี้ทำการเก็บเกี่ยวผลผลิตผักกาดหอมอายุ 45 วันหลังการปลูก ซึ่งโดยทั่วไปการเก็บเกี่ยวผลผลิตผักกาดหอมใบที่ปลูกในประเทศไทยจะเลือกเก็บเกี่ยวผลผลิตผักกาดหอมอายุประมาณ 40-50 วันหลังปลูก มีความสูงต้นประมาณ 20-25 เซนติเมตร ในขณะที่ใบยังอ่อนและกรอบอยู่ (ดิเรก, 2550) ดังนั้น การใช้เพอร์ไลต์ 3 มิลลิเมตร ผสมเวอร์มิคูไลต์ลูกเต๋อ อัตราส่วน 3:1 เป็นวัสดุปลูกผักกาดหอมในระบบปลูกพืชแบบไม่ใช้ดิน จึงทำให้ผักกาดหอมมีการเจริญเติบโตดีที่สุด

2. ผลของสารละลายธาตุอาหารและวัสดุต่างชนิดที่มีต่อการเจริญเติบโตของผักกาดหอม

การปลูกพืชแบบไม่ใช้ดินจะต้องใช้ธาตุอาหารจำเป็นทุกชนิดในรูปของสารละลายธาตุอาหาร (Nutrient Solution) ที่ละลายในน้ำ โดยจะต้องคำนึงถึงปัจจัยหลายอย่างในการเตรียมสารละลายธาตุอาหาร เพื่อให้ได้สารละลายธาตุอาหารที่เหมาะสมที่จะใช้ปลูกพืช เช่น คุณภาพของสารประกอบเกลืออนินทรีย์ ปริมาณของสารประกอบเกลืออนินทรีย์ เป็นต้น (นพดล, 2550)

การเจริญเติบโตของผักกาดหอมในรางทดลองแบบให้สารละลายไหลผ่านรากพืชเป็นน้ำบางๆ (Nutrient Film Technique : NFT) ด้วยการให้สารละลายธาตุอาหารสูตร Enshi, สารละลายธาตุอาหารสูตร Machlis and Torrey ระดับความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน 105, 125, 150 และ 175 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ในวัสดุปลูกต่างชนิดกัน พบว่า ผักกาดหอมในช่วงอายุ 1-5 สัปดาห์ส่วนใหญ่มีการเจริญเติบโตดีที่สุดเมื่อให้สารละลายธาตุอาหารสูตร Machlis and Torrey ระดับความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน 175 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยเฉพาะในสัปดาห์ที่ 5 ซึ่งเป็นสัปดาห์เก็บเกี่ยว

ผลผลิต ความสูงต้น ขนาดทรงพุ่ม ความยาวราก น้ำหนักสด และน้ำหนักแห้งของผักกาดหอมมีการเจริญเติบโตดีที่สุด (21.19, 24.10, 13.63 เซนติเมตร, 64.44 และ 3.31 กรัมต่อต้น ตามลำดับ) ยกเว้นจำนวนใบของผักกาดหอมซึ่งให้สารละลายธาตุอาหารสูตร Enshi มีจำนวนใบมากที่สุด (20.25 ใบต่อต้น) แต่มีค่าไม่แตกต่างกับผักกาดหอมซึ่งให้สารละลายธาตุอาหารสูตร Machlis and Torrey ระดับความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน 175 มิลลิกรัมต่อลิตร (20.15 ใบต่อต้น) และเมื่อพิจารณาธาตุอาหารในสารละลายธาตุอาหารจะพบว่า สารละลายธาตุอาหารสูตร Machlis and Torrey ระดับความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน 175 มิลลิกรัมต่อลิตร มีไนโตรเจน (N) มากกว่าสารละลายธาตุอาหารสูตรอื่น และเมื่อพิจารณาไปถึงความสำคัญของธาตุจะพบว่า ไนโตรเจน (N) เป็นธาตุอาหารหลักที่พืชต้องการในปริมาณมาก สำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืช เนื่องจากเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของโปรตีน กรดอะมิโน กรดนิวคลีอิก คลอโรฟิลล์ พอร์ไพรีน โคเอนไซม์ ฮอร์โมนบางชนิด และสารประกอบอื่นๆ โดยร้อยละ 70 ของไนโตรเจนในพืช จะอยู่ในคลอโรพลาสต์ซึ่งทำหน้าที่โดยตรงเกี่ยวกับการสังเคราะห์ และหากพืชได้รับไนโตรเจนมากยิ่งขึ้น พืชจะมีการเจริญเติบโตทางวัฒนาการมาก (vegetative growth) ใบจะมีสีเขียวเข้ม มีการขยายเพิ่มขนาดและปริมาณของเซลล์ทำให้ใบมีขนาดใหญ่ ปริมาณของใบมาก การออกดอกและผลจะช้าลง ซึ่งเป็นผลดีสำหรับพืชพวกผักที่ทำให้มีการเจริญเติบโตของใบที่ดี (สมบุญ, 2548ข)

นอกจากนี้ ในสารละลายธาตุอาหารสูตร Machlis and Torrey ระดับความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน 175 มิลลิกรัมต่อลิตร ยังประกอบด้วยธาตุอาหารซึ่งมีระดับความเข้มข้นของธาตุอาหารสูงกว่าสารละลายธาตุอาหารสูตร Enshi คือ แคลเซียม (Ca) 100.2 มิลลิกรัมต่อลิตร และแมกนีเซียม (Mg) 24.3 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยแคลเซียม (Ca) จะเกี่ยวข้องกับการแบ่งเซลล์ของพืช บริเวณเนื้อเยื่อเจริญทั้งที่ปลายยอด ปลายราก ใบอ่อน ทั้งนี้เพราะแคลเซียม (Ca) เป็นองค์ประกอบของผนังเซลล์ที่อยู่ในรูปของแคลเซียมเพคเตต (calcium pectate) ในมิลเลลลามลลา (middle lamella) ซึ่งทำหน้าที่เชื่อมผนังเซลล์ อีกทั้ง แคลเซียม (Ca) ยังทำหน้าที่ควบคุมการเข้าออกของสารบางชนิดในเซลล์ ซึ่งทำให้มีปริมาณน้ำภายในเซลล์มากขึ้น ผักกาดหอมจึงมีความสดกรอบยิ่งขึ้น นอกจากนี้ แคลเซียม (Ca) ยังช่วยลดพิษของแมกนีเซียม (Mg) ทำให้พืชดูดซึมแมกนีเซียม (Mg) ได้มากขึ้น ส่งผลให้พืชสามารถนำแมกนีเซียม (Mg) ไปสร้างรงควัตถุคลอโรฟิลล์ซึ่งเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของคลอโรฟิลล์ที่พืชสีเขียวใช้ในกระบวนการสังเคราะห์อาหารด้วยแสงได้มากขึ้น หากพืชขาดแมกนีเซียม (Mg) จะทำให้ใบเหลืองระหว่างเส้นใบและก้านใบ ปลายใบม้วนงอแห้งตายเป็นจุดๆ กระจายทั่วไป ส่งผลเสียต่อผลผลิตผักกาดหอมที่ทำการเก็บเกี่ยวเนื่องจากเป็นพืชกินใบ นอกจากนี้ แคลเซียม (Ca) ยังช่วยพืชในการดูดซึมโพแทสเซียม (K) ซึ่งมีระดับความเข้มข้นของธาตุอาหาร 117 มิลลิกรัมต่อลิตร น้อยกว่าสารละลายธาตุอาหารสูตร Enshi (156 มิลลิกรัมต่อลิตร) ได้มากขึ้น โดย

โพแทสเซียม (K) มีบทบาทสำคัญเกี่ยวกับกระบวนการเมแทบอลิซึมของพืช เช่น มีบทบาทในการสังเคราะห์โปรตีนและการแบ่งเซลล์พืช ควบคุมอัตราการสังเคราะห์แสงและการหายใจ ควบคุมการปิดเปิดของปากใบ เป็นสารโคเอนไซม์หรือสารกระตุ้น (activator) การทำงานของเอนไซม์หลายชนิด หากพืชขาดโพแทสเซียม (K) ใบอาจจะม้วนงอ หรืออาจจะเหลืองเป็นทางๆ และแห้งตายเป็นจุดๆ บริเวณขอบและปลายใบ ลำต้นจะมีข้อปล้องสั้น ยอดใบมีขนาดเล็กอยู่เป็นกระจุก อาจส่งผลเสียต่อผลผลิตผักกาดหอมที่ทำการเก็บเกี่ยวเช่นกัน ส่วนฟอสฟอรัส (P) ซึ่งเป็นองค์ประกอบในสารอินทรีย์ที่สำคัญต่อพืช เช่น นิวคลีโอโปรตีน ฟอสโฟลิพิด กรดไฟติก กรดนิวคลีอิก และโคเอนไซม์บางชนิดเป็นองค์ประกอบของเมมเบรนในเซลล์ และมีบทบาทอย่างมากในกระบวนการเมแทบอลิซึมของพลังงาน โดยเฉพาะเป็นองค์ประกอบของ ADP, ATP และ NADP เป็นต้น มีระดับความเข้มข้นของธาตุอาหาร 15.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ในสารละลายธาตุอาหารสูตร Machlis and Torrey ระดับความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน 175 มิลลิกรัมต่อลิตร น้อยกว่าในสารละลายสูตร Enshi (21 มิลลิกรัมต่อลิตร) เพียงพอต่อความต้องการของผักกาดหอม เนื่องจากพืชโดยทั่วไปต้องการฟอสฟอรัส (P) 15-190 มิลลิกรัมต่อลิตร สำหรับกำมะถัน (S) ในสารละลายธาตุอาหารสูตร Machlis and Torrey ระดับความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน 175 มิลลิกรัมต่อลิตร มีระดับความเข้มข้นของธาตุอาหาร 32 มิลลิกรัมต่อลิตร เท่ากับในสารละลายธาตุอาหารสูตร Enshi มีส่วนสำคัญในการสร้างโปรตีนจากกรดอะมิโนซึ่งมีกำมะถัน (S) เป็นส่วนประกอบ นอกจากนี้ กำมะถัน (S) ยังเป็นองค์ประกอบของวิตามิน เป็นส่วนประกอบของหมู่ซัลไฟไฮดริล (sulfhydryl group, -SH) ในโมเลกุลของเอนไซม์หลายชนิด ซึ่งมีส่วนช่วยทำให้กิจกรรมของเอนไซม์ดีขึ้น (นพดล, 2550; สมบุญ, 2548ข)

ในด้านของการใช้วัสดุปลูกต่างชนิดปลูกผักกาดหอม พบว่า การเจริญเติบโตของผักกาดหอมในวัสดุปลูกเพอร์ไลต์ 3 มิลลิเมตร ผสมเวอร์มิคูไลต์ลูกเต๋า อัตราส่วน 3:1 ส่วนใหญ่มีการเจริญเติบโตดีที่สุด โดยในสัปดาห์ที่ 5 ผักกาดหอมที่ปลูกในวัสดุดังกล่าวมีจำนวนใบ ความสูงต้น ขนาดทรงพุ่ม น้ำหนักสด และน้ำหนักแห้งมีการเจริญเติบโตดีที่สุด (19.27 ใบต่อต้น, 21.02, 23.66 เซนติเมตร, 59.55 และ 2.96 กรัมต่อต้น ตามลำดับ) เนื่องจากเพอร์ไลต์เป็นวัสดุปลูกที่ไม่ทำปฏิกิริยากับสารละลายธาตุอาหาร มีความพรุนในตัวสูงสามารถดูดซึมสารละลายธาตุอาหารไว้ที่ผิวหรือระหว่างช่องว่างของวัสดุปลูกได้ดี จึงทำให้พืชสามารถใช้สารละลายธาตุอาหารได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ นอกจากนี้ เพอร์ไลต์ยังมีองค์ประกอบทางเคมี เช่น ซิลิกา (Si) ซึ่งพบเป็นองค์ประกอบหลัก ประมาณ 70-72 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก อะลูมิเนียม (Al) ประมาณ 12-14 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก โซเดียม (Na) ประมาณ 2-4 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก เหล็ก (Fe) ประมาณ 1-2 เปอร์เซ็นต์ และโพแทสเซียม (K) ประมาณ 5-7 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก (พรสวาท และคณะ, 2537) ที่มีส่วนช่วยให้พืชมีการเจริญเติบโตดีขึ้น และเมื่อนำมาผสมกับวัสดุปลูกเวอร์มิคูไลต์ชนิด

ลูกเต๋าที่สามารถอุ้มน้ำและเป็นตัวกักเก็บสารเคมีที่ได้ดี จึงทำให้ผักกาดหอมมีการเจริญเติบโตที่ดี เช่นเดียวกับการทดลองของบริษัทผลิตเพอร์ไลต์ในประเทศญี่ปุ่น ซึ่งนำเพอร์ไลต์ไปผสมกับดินแล้วพบว่าเพอร์ไลต์มีส่วนช่วยรักษาสมดุลระหว่างปริมาณน้ำและอากาศในดิน จัดเป็นพวกสารอนินทรีย์ที่มีความคงทนและไม่ผุสลายจากจุลินทรีย์ มีสภาพเป็นกลางและมีความคงทนต่อปฏิกิริยาเคมี จึงสามารถผสมเพอร์ไลต์กับปุ๋ยเคมีได้ทุกชนิด ช่วยรากของพืชในการดูดซึมอาหารและสะสมปุ๋ยเคมีต่างๆ ที่เดิมในดินไม่ให้ซึมหายออกไปจากดินเร็วเกินไป (กลุ่มวิศวกรรมและความปลอดภัย, 2547; ไสระยา, 2544; ดิเรก, 2550) ดังเช่น พรรณราย (2546) ซึ่งศึกษาเกี่ยวกับประสิทธิภาพในการกำจัดแคดเมียมของเพอร์ไลต์ ผลปรากฏว่าเพอร์ไลต์ที่ยังไม่ได้ผ่านกระบวนการเผาหรือเพอร์ไลต์ดิบมีประสิทธิภาพในการดูดซับแคดเมียมมากกว่าเพอร์ไลต์ที่ผ่านกระบวนการเผาหรือเพอร์ไลต์เผาที่พีเอช 6 โดยเพอร์ไลต์ดิบสามารถดูดซับแคดเมียมได้ 49 เปอร์เซ็นต์ ในเวลา 1 ชั่วโมง จากนั้นจะค่อยๆ เพิ่มขึ้นจนสู่สมดุลภายใน 4 ชั่วโมง สำหรับเพอร์ไลต์ดิบขนาด 0.2-0.6 มิลลิเมตร, 5 และ 6 ชั่วโมง สำหรับเพอร์ไลต์ดิบขนาด 0.6-1.0 และ 1.0-1.4 มิลลิเมตร ตามลำดับ ส่วนเพอร์ไลต์เผาทุกขนาดมีอัตราการดูดซับแคดเมียมอย่างรวดเร็วในเวลา 2 ชั่วโมง จากนั้นจะค่อยๆ เพิ่มขึ้นเข้าสู่สมดุลภายใน 5 ชั่วโมง

เมื่อพิจารณาถึงอิทธิพลร่วมของการให้สารละลายธาตุอาหารและการใช้วัสดุปลูกต่างชนิดพบว่า ผักกาดหอมส่วนใหญ่ที่ให้สารละลายธาตุอาหารสูตร Machlis and Torrey ระดับความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน 175 มิลลิกรัมต่อลิตร ในวัสดุปลูกเพอร์ไลต์ 3 มิลลิเมตร ผสมเวอร์มิคูไลต์ ลูกเต๋า อัตราส่วน 3:1 มีการเจริญเติบโตดีที่สุด และมีการเจริญเติบโตแบบซิกมอยด์ โดยในระยะแรกช่วงสัปดาห์ที่ 2-3 ผักกาดหอมจะมีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วหรือมีอัตราการเติบโตที่เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ แบบเอกซ์โพเนนเชียล (exponential หรือ logarithmic phase) หลังจากนั้นในระยะที่สองช่วงสัปดาห์ที่ 4-5 ผักกาดหอมจะมีการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้นในอัตราการคงที่ (linear phase) และก่อนจะถึงระยะสุดท้ายซึ่งเป็นช่วงที่อัตราการเติบโตเริ่มลดลง (declining phase) (นิรันดร์, 2536) จะทำการเก็บเกี่ยวผลผลิตผักกาดหอมในสัปดาห์ที่ 5 ทั้งนี้ ผลผลิตผักกาดหอมใบที่ปลูกในประเทศไทยจะทำการเก็บเกี่ยวที่อายุประมาณ 40-50 วันหลังปลูก ซึ่งมีความสูงต้นประมาณ 20-25 เซนติเมตร ในขณะที่ใบยังอ่อนและกรอบอยู่ (ดิเรก, 2550) และจากการทดลองพบว่า ความสูงต้นและขนาดทรงพุ่มของผักกาดหอม มีการเจริญเติบโตดีที่สุด (21.46 และ 25.59 เซนติเมตร ตามลำดับ) ส่วนน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของผักกาดหอมที่ให้สารละลายธาตุอาหารสูตร Machlis and Torrey ระดับความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน 175 ซึ่งปลูกในวัสดุปลูกเพอร์ไลต์ 3 มิลลิเมตร มีน้ำหนักมากที่สุด (71.28 และ 3.57 กรัมต่อต้น ตามลำดับ) มีค่าไม่แตกต่างกับผักกาดหอมที่ให้สารละลายธาตุอาหารสูตร Machlis and Torrey ระดับความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน 175 มิลลิกรัมต่อลิตร ในวัสดุปลูกเพอร์ไลต์

3 มิลลิเมตร ผสมเวอร์มิคูไลต์ลูกเต๋า อัตราส่วน 3:1 ที่มีน้ำหนักสดและน้ำแห้งดีเหมือนกัน (68.19 และ 3.55 กรัมต่อตัน ตามลำดับ) เป็นไปในทิศทางเดียวกันกับการเจริญเติบโตของผักกาดหอมซึ่งให้สารละลายธาตุอาหารสูตร Steiner's Universal Nutrient Solution ที่มีปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม เท่ากับ 166, 30 และ 197 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ในสภาพโรงเรือนปิด ทำให้ผักกาดหอมมีน้ำหนักสดรากมากที่สุด (ธีระศักดิ์, 2547) เช่นเดียวกับราเซนทร์ (2548) ที่พบว่า การให้สารละลายธาตุอาหารสูตร Steiner ในระบบการปลูกแบบ NFT ทำให้ผลผลิตของผักกาดหอมพันธุ์ red oak มีปริมาณและคุณภาพสูงสุด ซึ่งการใช้ไนโตรเจนในระดับที่เพียงพอ จะทำให้การใช้ประโยชน์แอมโมเนียมมีอัตราสูงขึ้น จึงเป็นการเพิ่มปริมาณโปรตีน การเจริญของใบ ธรรมชาติพื้นที่ใบ และการสังเคราะห์แสงสุทธิ และหากการเพิ่มธรรมชาติพื้นที่ใบยังคงสอดคล้องกับการสังเคราะห์แสงสุทธิที่เพิ่มขึ้น การนำโครงสร้างคาร์บอนมาใช้ในการสังเคราะห์กรดอะมิโน และอะไมด์ จะไม่ไปลดการทำงานของกระบวนการเมแทบอลิซึมอื่นที่เกี่ยวข้องกับคาร์โบไฮเดรต (เช่น น้ำตาล แป้ง เซลลูโลส) การสะสมลิพิดหรือน้ำมัน ดังนั้น การให้ไนโตรเจนในระดับที่เหมาะสมจะไม่ทำให้องค์ประกอบของพืชเปลี่ยนแปลงมากนัก และทำให้ผลผลิตรวมต่อไร่เพิ่มขึ้นด้วย (ยงยุทธ, 2543) นอกจากนี้ การใช้เพอร์ไลต์ 3 ผสมเวอร์มิคูไลต์ลูกเต๋า อัตราส่วน 3:1 เป็นวัสดุปลูก ยังช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของผักกาดหอมดังที่ได้กล่าวไว้ข้างต้นแล้วนั้น เพอร์ไลต์ซึ่งมีซิลิกา (Si) เป็นองค์ประกอบหลัก ประมาณ 70-72 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ยังช่วยดูดซับฟอสฟอรัส (P) (กิตติภพ, 2547) ซึ่งมีระดับความเข้มข้นของธาตุอาหาร 15.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ในสารละลายธาตุอาหารสูตร Machlis and Torrey ระดับความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน 175 มิลลิกรัมต่อลิตร น้อยกว่าในสารละลายสูตร Enshi (21 มิลลิกรัมต่อลิตร) ทำให้ผักกาดหอมมีการเจริญเติบโตดีขึ้นเนื่องจากฟอสฟอรัส (P) เป็นองค์ประกอบในสารอินทรีย์ที่สำคัญต่อพืช เช่น นิวกลิโอโปรตีน ฟอสโฟลิพิด กรดไฟติก กรดนิวกลิอิก และโคเอนไซม์ บางชนิดเป็นองค์ประกอบของเมมเบรนในเซลล์ และมีบทบาทอย่างมากในกระบวนการเมแทบอลิซึมของพลังงาน โดยเฉพาะเป็นองค์ประกอบของ ADP, ATP และ NADP เป็นต้น (สมบุญ, 2548)

3. ผลของสารละลายธาตุอาหารสูตร Machlis and Torrey ระดับความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน 175 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่มีต่อการเจริญเติบโตของผักกาดหอมในวัสดุปลูกต่างชนิด

การทดลองสารละลายธาตุอาหารและวัสดุปลูกต่างชนิดที่มีต่อการเจริญเติบโตของผักกาดหอมในการทดลองที่ 2 พบว่า สารละลายธาตุอาหารสูตร Machlis and Torrey ระดับความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน 175 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้ผักกาดหอมมีการเจริญเติบโตดีกว่าสารละลายธาตุอาหารสูตรอื่น และเมื่อใช้ร่วมกับวัสดุปลูกเพอร์ไลต์ 3 มิลลิเมตร ผสมเวอร์มิคูไลต์

ลูกเต๋ามีการเจริญเติบโตดีที่สุด ผักกาดหอมยังคงมีการเจริญเติบโตดีกว่าการให้สารละลายธาตุอาหาร ร่วมกับการปลูกในวัสดุปลูกชนิดอื่น ซึ่งเป็นไปในทิศทางเดียวกับผลของการทดลองสารละลาย ธาตุอาหารสูตร Machlis and Torrey ระดับความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน 175 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่มีต่อการเจริญเติบโตของผักกาดหอมในวัสดุปลูกต่างชนิดในการทดลองที่ 3 ที่การเจริญเติบโต ของผักกาดหอมในวัสดุปลูกเพอร์ไลต์ 3 มิลลิเมตร ผสมเวอร์มิคูไลต์ลูกเต๋อ อัตราส่วน 3:1 ดีกว่าวัสดุ ปลูกชนิดอื่น โดยเฉพาะในสัปดาห์ที่ 5 ผักกาดหอมในวัสดุปลูกนี้มีการเจริญเติบโตดีที่สุด ทั้งในด้าน จำนวนใบ ความสูงต้น ขนาดทรงพุ่ม ความยาวราก น้ำหนักสด และน้ำหนักแห้ง เท่ากับ 16.50 ใบต่อต้น, 18.40, 17.50, 14.50 เซนติเมตร, 35.92 และ 3.65 กรัมต่อต้น ตามลำดับ

เมื่อวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ จะพบว่า เพอร์ไลต์ มีความโปร่งพรุนเป็นธรรมชาติ สามารถดูดซับก๊าซโดยเฉพาะแอมโมเนียและไฮโดรเจนซัลไฟด์ ซึ่งเป็นปุ๋ยที่เป็นประโยชน์ต่อพืช มีสภาพเป็นฉนวนกันความร้อนทางธรรมชาติ ช่วยผ่อนคลายความร้อนที่สะสมตลอดวันให้แก่ต้น พืชและรากพืชที่อยู่ใต้ดิน ความแข็งแรงของเพอร์ไลต์มีส่วนช่วยพยุงต้นพืชไม่ให้ล้ม นอกจากนี้ องค์ประกอบของทางเคมีที่มีอยู่ในเพอร์ไลต์ยังช่วยให้ผักกาดมีการเจริญเติบโตที่ดี เช่น ซิลิกา (Si) ซึ่งพบเป็นองค์ประกอบหลัก ประมาณ 70-72 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก (พรสวาท และคณะ, 2537) มีคุณสมบัติช่วยดูดซับความชื้นได้ดี ทำให้สภาพโดยรวมของรากพืชชุ่มชื้นสะสมอยู่เสมอ ช่วยลดการสูญเสียน้ำของพืช ทนทานต่อการติดโรค ช่วยดูดซับไนโตรเจนซึ่งมีระดับความเข้มข้น ของไนโตรเจน (N) 175 มิลลิกรัมต่อลิตร และช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนดีขึ้น (ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล, ม.ป.ป.) ซึ่งมีส่วนสำคัญต่อ การเจริญเติบโตของพืช เนื่องจากไนโตรเจน (N) เป็นธาตุอาหารหลักที่พืชต้องการในปริมาณมาก เพราะเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของโปรตีน กรดอะมิโน กรดนิวคลีอิก คลอโรฟิลล์ พอร์ไฟริน โคเอนไซม์ ฮอร์โมนบางชนิด หากพืชได้รับไนโตรเจนมาก พืชจะมีการเจริญเติบโตทางวัฒนาการมาก (vegetative growth) ใบจะมีสีเขียวเข้ม มีการขยายเพิ่มขนาดและปริมาณของเซลล์ทำให้ใบมีขนาดใหญ่ ปริมาณของใบมาก แต่การออกดอกและผลจะช้าลง ซึ่งเป็นผลดีสำหรับพืชพวกผักที่ทำให้มีการ เจริญเติบโตของใบที่ดี (สมบุญ, 2548ข) นอกจากนี้ ซิลิกา (Si) ในเพอร์ไลต์ยังช่วยดูดซับฟอสฟอรัส (P) และโพแทสเซียม (K) (กิตติภพ, 2547) ระดับความเข้มข้น 15.5 และ 117 มิลลิกรัมต่อต้น ใน สารละลายธาตุอาหารสูตร Machlis and Torrey ระดับความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน 175 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ทำให้ผักกาดมีการเจริญเติบโตที่ดีขึ้น เนื่องจากฟอสฟอรัส (P) เป็น องค์ประกอบในสารอินทรีย์ที่สำคัญต่อพืช เช่น นิวคลีโอโปรตีน ฟอสโฟลิพิด กรดไฟติก กรดนิวคลีอิก และโคเอนไซม์ บางชนิดเป็นองค์ประกอบของเมมเบรนในเซลล์ และมีบทบาทอย่างมากใน กระบวนการเมแทบอลิซึมของพลังงาน โดยเฉพาะเป็นองค์ประกอบของ ADP, ATP และ NADP

เป็นต้น ส่วนโพแทสเซียม (K) มีบทบาทสำคัญเกี่ยวกับกระบวนการเมแทบอลิซึมของพืช เช่น มีบทบาทในการสังเคราะห์โปรตีนและการแบ่งเซลล์พืชควบคุมอัตราการสังเคราะห์แสงและการหายใจ ควบคุมการปิดเปิดของปากใบ เป็นสารโคเอนไซม์หรือสารกระตุ้น (activator) การทำงานของเอนไซม์หลายชนิด (สมบุญ, 2548ข) โดยกิตติภพ (2547) รายงานว่าหอมแบ่งมีปริมาณฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมเฉลี่ยในพืชที่สูงขึ้นเมื่อปลูกในดินที่ผสมเพอร์ไลต์ ทั้งนี้ การพบปริมาณของธาตุดังกล่าวในพืชจะมีความสัมพันธ์กับการดูดใช้ธาตุอาหารหลักของหอมแบ่ง โดยหอมแบ่งมีแนวโน้มของค่าเฉลี่ยการดูดใช้ธาตุอาหารที่สูงขึ้นในวิธีการที่ผสมเพอร์ไลต์ โดยเฉพาะการดูดใช้ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียม ซึ่งมีค่าพิสัยการดูดใช้ธาตุอาหารอยู่ที่ 138-208 มิลลิกรัมต่อตารางเมตร และ 724-916 มิลลิกรัมต่อตารางเมตร ตามลำดับ สอดคล้องกับผลการวิเคราะห์สมบัติทางฟิสิกส์ของดินที่ผสมเพอร์ไลต์ ซึ่งมีผลต่อการกักเก็บธาตุอาหารและไออนในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืช นอกจากนี้ ในเพอร์ไลต์ยังประกอบด้วยอะลูมิเนียม (Al) และโซเดียม (Na) จำพวกโซเดียมอะลูมิโนซิลิเกต ซึ่งช่วยในการปรับสภาพความเป็นกรด-ด่าง และยังสามารถดูดซึมก๊าซหรือสารประกอบอินทรีย์ต่างๆ ได้ดี เหล็ก (Fe) ซึ่งช่วยในขบวนการหายใจ ช่วยในการสร้างคลอโรฟิลล์ในการปรุงอาหารของพืช และเป็นอาหารเสริมซึ่งพืชต้องการปริมาณน้อย เป็นต้น (ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล, ม.ป.ป.) และเมื่อผสมรวมกับวัสดุปลูกเวอร์มิคูไลต์ที่เป็นตัวอุ้มน้ำ และตัวกักเก็บสารเคมีที่ดี (โสระยา, 2544) จึงทำให้ผักกาดหอมมีการเจริญเติบโตที่ดี แต่เมื่อพิจารณาเทียบการทดลองที่ 1 ซึ่งทำการทดลองในช่วงเดือนธันวาคมถึงมกราคม 2551 จะพบว่า การเจริญเติบโตของผักกาดหอมการทดลองนี้มีการเจริญเติบโตที่น้อยกว่าในทุกด้าน ทั้งนี้ อาจเนื่องมาจากการทดลองนี้ทำการทดลองในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ถึงมีนาคม พ.ศ. 2553 เป็นช่วงที่มีอุณหภูมิสูงขึ้นจึงทำให้อุณหภูมิในโรงเรือนสูงตามด้วยเช่นกัน ซึ่งส่งผลกระทบต่ออาการเจริญเติบโตของรากอ่อน และทำให้ประสิทธิภาพการดูดน้ำของรากลดต่ำลงจนกระทั่งมีผลต่อปริมาณน้ำในใบ ทั้งนี้ เนื่องจากน้ำที่หล่อเลี้ยงส่วนรากมีอุณหภูมิที่สูงขึ้น (นพดล, 2550) เช่นเดียวกับการทดสอบระบบการปลูก สูตรสารธาตุอาหาร ภาชนะปลูกและวัสดุปลูกที่เหมาะสมสำหรับการปลูกผักกาดหอมโดยไม่ใช้ดินของอารักษ์ (2548) ที่พบว่า วัสดุปลูกมีอิทธิพลมากกับการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน โดยในฤดูหนาวผักกาดหอมมีการเจริญเติบโตสูงกว่าในฤดูอื่นและสามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตได้ ส่วนฤดูฝนและฤดูร้อนไม่สามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตได้ ทั้งนี้ เพราะในฤดูหนาวมีอุณหภูมิต่ำทั้งสภาพอากาศและในสารละลายธาตุอาหาร ส่งผลให้การละลายของออกซิเจนในสารละลายได้มากขึ้น โดยปกติผักกาดหอมใบสามารถเจริญเติบโตได้ดีในสภาพอากาศเย็นระดับอุณหภูมิระหว่าง 21-26 องศาเซลเซียส (ศูนย์สารสนเทศ กรมส่งเสริมการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, ม.ป.ป.) สภาพดังกล่าวจึงทำให้ผักกาดหอมที่ปลูกในฤดูหนาวมีการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตที่ดี

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

1. การเพาะเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอมในวัสดุปลูกเพอร์ไลต์ 4.75 มิลลิเมตร มีเปอร์เซ็นต์การงอกดีที่สุดเท่ากับ 78.85 เปอร์เซ็นต์ ส่วนดัชนีการงอกของผักกาดหอมในวัสดุปลูกที่ดีที่สุดคือเพอร์ไลต์ 3 มิลลิเมตร ผสมเวอร์มิคูไลต์ลูกเต๋า อัตราส่วน 2:1 เท่ากับ 24.32 และเมื่อย้ายผักกาดหอมลงปลูกในรางทดลองแบบให้สารละลายไหลผ่านรากพืชเป็นน้ำบางๆ (Nutrient Film Technique : NFT) ด้วยการให้สารละลายธาตุอาหารสูตร Machlis and Torrey (1965) พบว่า เพอร์ไลต์ 3 มิลลิเมตร ผสมเวอร์มิคูไลต์ลูกเต๋า อัตราส่วน 3:1 ทำให้ผักกาดหอมมีการเจริญเติบโตด้านความสูงต้น จำนวนใบ น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งดีที่สุด เท่ากับ 23.70 เซนติเมตร 23.80 ใบต่อต้น 62.10 และ 4.16 กรัมต่อต้น ตามลำดับ

2. การปลูกผักกาดหอมด้วยการให้สารละลายธาตุอาหาร 5 สูตร ในวัสดุปลูก 3 ชนิด พบว่า เมื่อให้สารละลายธาตุอาหารสูตร Machlis and Torrey ระดับความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน 175 มิลลิกรัมต่อลิตร ผักกาดหอมมีความสูงต้น ขนาดทรงพุ่ม ความยาวราก น้ำหนักสด และน้ำหนักแห้งดีที่สุด เท่ากับ 21.19, 24.10, 13.63 เซนติเมตร, 64.44 และ 3.31 กรัมต่อต้น ตามลำดับ วัสดุปลูกเพอร์ไลต์ 3 มิลลิเมตร ผสมเวอร์มิคูไลต์ลูกเต๋า อัตราส่วน 3:1 ทำให้การเจริญเติบโตของผักกาดหอมด้านจำนวนใบ ความสูงต้น ขนาดทรงพุ่ม น้ำหนักสด และน้ำหนักแห้งดีที่สุด เท่ากับ 19.27 ใบต่อต้น, 21.02, 23.66 เซนติเมตร, 59.55 และ 2.96 กรัมต่อต้น ตามลำดับ และการใช้สารละลายธาตุอาหารสูตร Machlis and Torrey ระดับความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน 175 มิลลิกรัมต่อลิตร ในวัสดุปลูกเพอร์ไลต์ 3 มิลลิเมตร ผสมเวอร์มิคูไลต์ลูกเต๋า อัตราส่วน 3:1 มีแนวโน้มทำให้ความสูงต้น ขนาดทรงพุ่ม น้ำหนักสด และน้ำหนักแห้งของผักกาดหอมมีการเจริญเติบโตดีที่สุด เท่ากับ 21.46, 25.59 เซนติเมตร, 68.19 และ 3.55 กรัมต่อต้น ตามลำดับ

3. การปลูกผักกาดหอมด้วยการให้สารละลายธาตุอาหารสูตร Machlis and Torrey ระดับความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน 175 มิลลิกรัมต่อลิตร ในวัสดุปลูก 7 ชนิด พบว่า วัสดุปลูกเพอร์ไลต์ 3 มิลลิเมตร ผสมเวอร์มิคูไลต์ลูกเต๋า อัตราส่วน 3:1 ทำให้ผักกาดหอมมีการเจริญเติบโตดีที่สุดทั้งจำนวนใบ ความสูงต้น ขนาดทรงพุ่ม ความยาวราก น้ำหนักสด และน้ำหนักแห้ง เท่ากับ 16.50 ใบต่อต้น, 18.40, 17.50, 14.50 เซนติเมตร, 35.92 และ 3.65 กรัมต่อต้น ตามลำดับ

ดังนั้น การใช้วัสดุปลูกวัสดุปลูกเพอร์ไลต์ 3 มิลลิเมตร ผสมเวอร์มิคูไลต์ถูกเต้า อัตราส่วน 3:1 และสารละลายอาหารสูตร Machlis and Torrey ระดับความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน 175 ทำให้ผักกาดหอมมีแนวโน้มการเจริญเติบโตดีที่สุด

ข้อเสนอแนะ

1. เพอร์ไลต์เป็นหินภูเขาไฟที่มีความแข็งตามมาตรของโมห์ส (Mohs' scale) ระหว่าง 5.5-7.0 (กลุ่มวิศวกรรมและความปลอดภัย, 2547) ซึ่งผุสลายได้ยาก ดังนั้น จึงสามารถนำกลับมาใช้เป็นวัสดุปลูกในระบบปลูกพืชแบบไม่ใช้ดินได้ใหม่ นอกจากนี้ เพอร์ไลต์ยังเป็นหินภูเขาไฟธรรมชาติที่ไม่มีสารพิษเจือปนและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม จึงสามารถนำกลับคืนสู่ธรรมชาติได้โดยที่ไม่เป็นอันตรายต่อสิ่งแวดล้อม
2. เนื่องจากการทดลองที่ 2 เป็นการทดลองเกี่ยวกับการหาสารละลายธาตุอาหารสูตรที่เหมาะสม จึงมีการเปลี่ยนแปลงระดับความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน ดังนั้น จึงควรมีการจัดการเพื่อลดการตกค้างของไนเตรดในพืชก่อนการเก็บเกี่ยวผลผลิต เช่น ลดความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารด้วยการให้สารละลายธาตุอาหารเหลือ 1 ใน 4 ของการให้ความเข้มข้นตามปกติก่อนการเก็บเกี่ยวผลผลิต 1 สัปดาห์ หรือนำน้ำธรรมชาติแทนการให้สารละลายธาตุอาหารก่อนการเก็บเกี่ยวผลผลิต 1-2 วัน (ศิริภ, 2550)
3. การศึกษาในครั้งนี้เป็นเพียงกรณีศึกษาการใช้ประโยชน์จากเพอร์ไลต์ที่ยังไม่ผ่านกระบวนการเผาสําหรับเป็นวัสดุปลูกในการปลูกผักกาดหอมแบบไม่ใช้ดิน ดังนั้น ผู้ที่ต้องการปลูกผักกาดหอมหรือพืชอื่นด้วยวิธีนี้ ควรมีการศึกษาซ้ำหรือศึกษาเปรียบเทียบกับวัสดุปลูกชนิดอื่น

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กลุ่มวิศวกรรมและความปลอดภัย สำนักเหมืองแร่และสัมปทาน. 2547. เพอร์ไลต์ (Perlite).

บทความต่างๆ ประเภทการทำเหมืองแร่. แหล่งที่มา:

<http://www.dpim.go.th/ppr/title.php?tid=000001074149948>; 20 กรกฎาคม 2551.

กิตติภพ พรหมดี. 2547. การใช้เพอร์ไลต์เพื่อปรับปรุงสมบัติทางฟิสิกส์บางประการของดินและการดูแลรักษาอาหารของหอมแบ่ง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

กิตติ บุญเลิศสินรัตน์. 2548. อิทธิพลของการพรางแสงต่อผลผลิตและปริมาณในแตงก้านในผลผลิตผักกาดหอมที่ปลูกโดยไม่ใช้ดิน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ.

_____, ประนอม สุขเกื้อ และสุริยา สืบตระกูล. 2549. ผลของการลดความเข้มข้นสารอาหารก่อนการเก็บเกี่ยวต่อผลผลิตผักกาดหอมที่ปลูกโดยไม่ใช้ดิน. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ, พระนครศรีอยุธยา.

กรรณา ตรงเมธีรัตน์. 2545. การศึกษาเปรียบเทียบการลงทุนและผลกระทบสิ่งแวดล้อมระหว่างการปลูกผักกาดหอมแบบใช้ดินกับแบบไม่ใช้ดิน ในจังหวัดเชียงใหม่. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

จิราวรรณ ศรียาภัย. 2547. การพัฒนาสูตรละลายสำหรับปลูกผักกาดหอมในระบบไฮโดรโปนิค. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

จุฬาลักษณ์ มหาแสน. 2547. การเปรียบเทียบวัสดุปลูกที่เหมาะสมต่อปุ๋ยในระบบปลูกพืชแบบไร้ดิน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ชาญวิทย์ สมบัติทวีกุล. 2546. การประยุกต์การจัดวางรางปลูกพืชระบบไฮโดรโปนิคภายในโรงเรือนปรับสภาวะแวดล้อม. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

จิตติพันธุ์ จำภู. 2542. การศึกษาคุณภาพและต้นทุนการผลิตขึ้นฉ่ายและผักสลัด 4 ชนิด ภายใต้การควบคุมสภาพแวดล้อมในสารละลายธาตุอาหารพืช. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

ดิเรก ทองอร่าม. 2550. การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน. พิมพ์ครั้งที่ 3. บริษัทพิมพ์ดีการพิมพ์ จำกัด, กรุงเทพฯ.

ถวิล สุขวงษ์. 2546. การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน. แม็ค, กรุงเทพฯ.

ธรรมบุญ หุตากรณ์. 2544. การศึกษาความเป็นไปได้สำหรับโครงการปลูกพืชไร้ดิน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ธีรินมาศ บางชวด. 2544. การวิเคราะห์ทางเศรษฐกิจของการปลูกผักระบบไฮโดรโปนิคส์. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ธีระศักดิ์ พงษาอนุทิน. 2547. การเจริญเติบโตและปริมาณธาตุอาหารของผักกาดที่ปลูกในสารละลายสูตรต่างๆ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

นพดล เรียบเลิศหิรัญ. 2550. การปลูกพืชไร้ดิน. พิมพ์ครั้งแรก. สุวีริยาสาส์น, กรุงเทพฯ.

นภาพเขต รักซ้อน. 2548. ความคิดเห็นในการตัดสินใจซื้อผักปลอดสารพิษในจังหวัดสุพรรณบุรี. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

นิรันดร์ จันทวงศ์. 2536. การเจริญและการเติบโตของพืช (Plant Growth and Development). ภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

นिरชา โพธิ์ประสระ. 2548. การวางแผนปลูกผักโดยวิธีไฮโดรโปนิคส์. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

นิภาพร แสงจรัสวงษ์. 2548. การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการกำหนดพฤติกรรมการบริโภคผักไฮโดรโปนิคส์ของกลุ่มคนในเขตกรุงเทพมหานคร. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ปรีชาดิ คิชฏกิจ. 2550. ผลของความเข้มข้นสารละลายธาตุอาหารและระดับ pH ต่อการเจริญเติบโตและการดูดใช้ธาตุอาหารของผักกาดหอม (*Lactuca sativa* L. var. romana). วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ปิยะนุช เจริญรุ่งเรือง. 2548. ผลของน้ำปุ๋ยหมักบางชนิดที่มีต่อการเจริญของต้นผักกาดหอมในวัสดุปลูกที่ไม่ผสมดิน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ปิยพงษ์ ไพโรจน์สถาพร. 2549. พฤติกรรมและปัจจัยการเลือกซื้อผักปลอดสารพิษในกรุงเทพมหานคร. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

พงพิพัฒน์ สุทธิบุญย์. 2549. ผลของความยาวและความลาดเอียงของรางปลูก NFT และอัตราการไหลของสารละลายที่มีต่อการเจริญเติบโตของผักกาดหอม. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

พรสวาท วัฒนกุล, ถัดดา มีสุข และ ประมวลพงษ์ สีนุสเสน. 2537. รายงานฉบับสมบูรณ์แนวทางการใช้ประโยชน์แร่ธาตุสารกรรมแหล่งลพบุรี. 41 หน้า.

_____, _____ และ _____. 2539ก. รายงานฉบับสมบูรณ์ (2537-38) การใช้ประโยชน์แร่ธาตุสารกรรมแหล่งลพบุรี. 140 หน้า. อ้างถึง นิคม จิงอยู่สุข และปัญญา สุริยาชัย. 2530. รายงานการสำรวจธรณีวิทยา ระบุว่าบ้านมหาโพธิ์ (5139I) บ้านเพนียด (5139II) อำเภอชัยบาดาล (5239III) และกิ่งอำเภอศรีเทพ (5239IV). 85 หน้า.

_____, _____ และ _____. 2539ข. รายงานฉบับสมบูรณ์ (2537-38) การใช้ประโยชน์แร่ธาตุสารกรรมแหล่งลพบุรี. 140 หน้า.

พรรณราย รุญเจริญ. 2546. การกำจัดแคลเซียมในสารละลายโดยใช้เพอร์ไลต์เป็นสารดูดซับ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

พันธิตร มะลิสวรรณ. 2548. คู่มือการเพิ่มผลผลิต ชุด การปลูกผักไร้ดิน ผักปลอดสารพิษ 100 %. ยูทิลไชน์, กรุงเทพฯ.

เพ็ญภา ไชยกุล. 2546. ความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน แคลเซียม และโพแทสเซียม ต่อการเจริญเติบโตของผักกาดหอม (*Lactuca sativa* Linn.) พันธุ์ red oak ที่ปลูกในระบบไฮโดรโปนิกส์. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

พิชัย มณีโชติ, วนิตา อังสุพันธ์, วัฒนา เติยธรรวาศ, กันยารัตน์ อากานันท์, อารีย์ เสนานันท์กุล, กิตติพงษ์ ศิธรานนท์, ศักดิ์ชัย เล่าเรือง, ไกรสิงห์ ชูดี, อ้อยใจ ยี่สุนเทศ, วิจิตรา ไชยชนะ, สุนทร นาคทับทิม, โกวิทช์ ล้วนวุฒิ และรุ่งรัตน์ น้อยทิม. 2540. รายงานวิจัยเรื่อง การพัฒนาเทคโนโลยีการปลูกพืชด้วยไฮโดรโปนิกส์. 237 หน้า.

ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล. ม.ป.ป. เพอร์ไลท์ : Perlite. เพอร์ไลต์. แหล่งที่มา: <http://www.mutphysics.com/CHARUD/oldnews/192/science/TI2periD.htm>; 16 มีนาคม 2554.

มนูญ ศิริनुพงศ์. 2544. การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินสู่การปฏิบัติในประเทศไทย. เจริญรัฐการพิมพ์, กรุงเทพฯ.

ราชนนท์ วิสุทธิแพทย์. 2548. ผลของสารอินทรีย์สกัดและสารสกัดจากดินร่วมกับสารละลายธาตุอาหารพืชที่มีต่อการเจริญเติบโต ผลผลิตและคุณภาพของผักกาดหอมพันธุ์เรดโอกในการปลูกพืชแบบไร้ดิน. วิทยานิพนธ์ปริญญาเอก, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วิลาสินี รามพันธุ์. 2547. การกระตุ้นการงอกของเมล็ดพริกโดยวิธี Hydropriming. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. อ้างอิง ISTA. 1999. International rule for seed testing. Supplement to Seed Sci. & Technol. 27: 1-333.

วุฒิพงษ์ พิมพ์โคตร. 2546. การเจริญเติบโต การสะสมไนโตรเจน และการลดไนเตรทก่อนเก็บเกี่ยวในผักกาดหอมที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหาร. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วัฒนา เติยธรรวาศ. 2540. การพัฒนาการปลูกพืชด้วยวิธีไฮโดรโปนิกส์. บริษัท ที เอ บี วิจัยและพัฒนา, นครปฐม.

ขงยุทธ โอสดสภา. 2543. ธาตุอาหารอาหารพืช. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ยุทธนา รศมนตรี. 2547. อิทธิพลของแสงและสารละลายธาตุอาหารสูตรประยุกต์ต่อการเจริญเติบโตและคุณภาพของผักกาดหอมที่ปลูกในระบบไฮโดรโปนิกส์แบบท่อ ในโรงเรือนหลังคาพลาสติก. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

ศูนย์สารสนเทศ กรมส่งเสริมการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. ม.ป.ป. **ผักกาดหอม**. ห้องสมุด
ความรู้การเกษตร. แหล่งที่มา: <http://www.doae.go.th/LIBRARY/html/detail/lettuce/index.htm>;
9 มิถุนายน 2551.

ศิวพร แสงภัทรเนตร. 2550. ศักยภาพการผลิตสปรออาร์บัสตูลาร์ไมคอร์ไรซา ในระบบไฮโดรโพนิค.
วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

สง่า ตั้งชวาล. 2523. **แร่วิทยาสำหรับวิศวกร**. พิมพ์ครั้งแรก. คณะวิศวกรรมศาสตร์, จุฬาลงกรณ์
มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

สมบุญ เตชะภิญญาวัฒน์. 2548ก. **ชีววิทยาพืช**. พิมพ์ครั้งที่ 1. จามจุรีโปรดักท์, กรุงเทพฯ.

_____. 2548ข. **สรีรวิทยาของพืช**. พิมพ์ครั้งที่ 4. จามจุรีโปรดักท์, กรุงเทพฯ.

สุรัชย์ พัฒนพิบูล. 2546. **ประสิทธิภาพของน้ำสกัดชีวภาพต่อการเจริญเติบโตของผักบางชนิดใน
ระบบการปลูกพืชแบบไม่ใช้ดิน**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

โสระยา ร่วมรังษี. 2544. **การผลิตพืชสวนแบบไม่ใช้ดิน**. โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ.

สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้. 2550. **การทดสอบความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ (Seed vigor
evaluation)**. เอกสารที่น่าสนใจ. แหล่งที่มา: http://www.forest.go.th/forprod/Tips/Silvic-ebook/Seed%20Manual/seed_vigor.pdf; 20 กรกฎาคม 2551.

อังคณา ธนัญญาและ อภิรัฐ ปิ่นทอง. 2548. **การออกแบบและสร้างชุดไฮโดรโปนิคส์ แบบใช้พลังงานจาก
เซลล์สุริยะ**. ภาควิชาวิศวกรรมดินและน้ำ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, ปทุมธานี.

อภิรักษ์ หลักชัยกุล. 2540. **การศึกษาวัสดุอินทรีย์ที่เป็นวัสดุปลูกพืชในระบบการปลูกพืชแบบไม่ใช้ดิน**.
วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อารักษ์ ชีรอำพัน. 2544. **เอกสารวิชาการ เรื่อง การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน**. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี,
นครราชสีมา.

_____. 2548. การทดสอบระบบการปลูก สูตรสารละลายธาตุอาหาร ภาชนะปลูกและวัสดุปลูก ที่เหมาะสมสำหรับการปลูกผักกาดหอมโดยไม่ใช้ดิน (Optimization of Soilless Cultural System, Nutrient Solution Formula, Cultural Container and Cultural Substrate for Lettuce Production). มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, นครราชสีมา.

อารีย์ เสนานันท์สกุล. 2540. การคัดเลือกเทคนิคที่เหมาะสมในการปลูกพืชโดยวิธีไฮโดรโปนิกส์. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อุมาวดี ลิ้มเสถียรกุล. 2546. การเจริญเติบโตของผักกาดหอมพันธุ์ red oak ที่ปลูกในวัสดุขุยมะพร้าวผสมทรายเมื่อได้รับธาตุอาหารไนโตรเจน แคลเซียม และโพแทสเซียมในระดับความเข้มข้นแตกต่างกัน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

Adams, C. R., K. M. Bamford and M. P. Early. 1993. **Principle of Horticulture**. 2nd ed, Butterworth-Heinemann Ltd., Oxford, London.

Ao, Y., M. Sun and Y. Li. 2007. Effect of organic substrates on available elemental contents in nutrient solution. **Bioresource Techno.** 2008 (99): 5006-5010.

Baldwin, P. R. and D. J. Butcher. 2006. Phytoremediation of arsenic by two hyperaccumulators in a hydroponic environment. **Microchemical J.** 2007 (85): 297-300.

Douglas, J. S. 1988. **Beginner's Guide to Hydroponics : Soilless Gardening**. Internitonal Society for Soilless Culture, London.

Gul, A., F. Kidoglu and D. Anac. 2007. Effect of nutrient sources on cucumber production in different substrates. **Sci. Hortic.** 2007 (113): 216-220.

Jeyakumar, K. 2006. **Assessment and Utilization of Biologically Fixed Nitrogen by Duckweed (Lemna sp.) for Hydroponic Lettuce Production**. M.S. Thesis, Asian Institute of Technology.

- Jaksakul, A. 2006. **Remediation Technology of Boron and Fluoride Using Green Plants**. M.S. Thesis, Asian Institute of Technology.
- Quanji, L., H. Chengxiao, T. Qiling, S. Xuecheng, S. Jingjun and L. Yuexiang. 2007. Effects of As on As uptake, speciation, and nutrient uptake by winter wheat (*Triticum aestivum* L.) under hydroponic conditions. **J. Environ. Sci.** 2008 (20): 326-331.
- Resh, M. H. 1978. **Hydroponics for Food Production**. Woodbridge Press Publishing Company, California.
- Sasirat, S. 2007. **Potential Plant Species as Fluoride Hyperaccumulators**. M.S. Thesis, Asian Institute of Technology.
- Machlis, L. and J. G. Torrey. 1965. **Plant in Action : A Laboratory Manual of Plant Physiology**. W. H. Freeman and Co., California.
- Manning, D. A. C. 1995. **Introduction to Industrial Minerals**. 1st ed. Chapman & Hall, London.
- Pimkote, W. 2003. **Growth, Nitrate Accumulation and Pre-harvest Nitrate Reduction in Hydroponic-grown Lettuces (*Lactuca sativa* L.)**. M.S. Thesis, Kasetsart University. (in Thai) Cited Hohjo, M., C. Kuwata, K. Yoshikawa and T. Ito. 1995. Effects of nitrogen form, nutrient concentration and Ca concentration on the growth, yield and fruit quality in NFT-tomato plants. **Acta-Horticulturae**. 356: 145-152.
- Wikipedia. 2008. **Vermiculite**. Wikipedia, the free encyclopedia. แหล่งที่มา: <http://en.wikipedia.org/wiki/Vermiculite>; 22 มิถุนายน 2551.
- Yang, Z., S. Zheng, J. Chen and M. Sun. 2008. Purification of nitrate-rich agricultural runoff by a hydroponic system. **Bioresource Techno.** 2008 (99): 8049-8053.



ตารางผนวกที่ 1 ปริมาณสารเคมี (มิลลิกรัมต่อลิตร) ที่ใช้ในสารละลายธาตุอาหาร

สารเคมี	สูตรสารละลายธาตุอาหาร					
	Enshi	M&T ^{/1}	105	M&T 125	M&T 150	M&T 175
Ca(NO ₃) ₂	475	590.25		590.25	590.25	590.25
KNO ₃	405	252.8		252.8	252.8	252.8
MgSO ₄	250	246.5		246.5	246.5	246.5
NH ₄ NO ₃	-	-		114.2	257.14	400
KH ₂ PO ₄	-	68.05		68.05	68.05	68.05
NH ₄ H ₂ PO ₄	77.5	-		-	-	-
Fe-EDTA	23.6	382.1		382.1	382.1	382.1
Micronutrient ^{/2}	-	780.5		780.5	780.5	780.5
MnSO ₄	1.538	-		-	-	-
CuSO ₄	0.08	-		-	-	-
ZnSO ₄	0.22	-		-	-	-
H ₃ BO ₃	2.86	-		-	-	-
(NH ₄) ₂ Mo ₂ O ₇	0.01776	-		-	-	-

หมายเหตุ ^{/1} M&T = ความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน (มิลลิกรัมต่อลิตร) ในสารละลายธาตุอาหาร สูตร Machlis and Torrey ทั้งนี้ Fe-EDTA ซึ่งเป็นสารละลายเหล็กคอมเพลกซ์ เตรียมโดยละลาย FeSO₄·7H₂O 5.57 กรัม ในน้ำกลั่น 200 มิลลิลิตร แล้วละลาย Na₂EDTA 7.45 กรัม ในน้ำกลั่น 200 มิลลิลิตร ทำให้อุ่นด้วยวิธีอ่างน้ำร้อน แล้วผสมกับสารละลาย FeSO₄ คนให้เข้ากัน ทำให้เย็นแล้วเติมน้ำกลั่นให้ครบ 1 ลิตร

^{/2} Micronutrient สารละลาย Micronutrient 1 ลิตร ประกอบด้วย H₃BO₃ 2.86 กรัม MnCl₂·4H₂O 1.81 กรัม ZnCl₂ 0.11 กรัม CuCl₂·2H₂O 0.05 กรัม และ Na₂MoO₄·2H₂O 0.025 กรัม

ที่มา: อูมาวดี (2546); Pimkote (2003)

ตารางผนวกที่ 2 เปอร์เซ็นต์การงอก (%) และดัชนีการงอกของเมล็ดพันธุ์ฝักกาดหอม Green Oak
ในวัสดุปลูก 12 ชนิด อายุ 10 วัน จำนวน 5 ซ้ำ

วัสดุปลูก	เปอร์เซ็นต์การงอก ^{/1}	ดัชนีการงอก ^{/1}
เพอร์ไลต์ 4.75 มม.	78.85a	20.24d
เพอร์ไลต์ 3 มม.	66.25bcde	19.45de
เพอร์ไลต์ 2 มม.	63.06efg	15.67i
เพอร์ไลต์ 1 มม.	40.50i	10.25k
เวอร์มิคูไลต์ลูกเต๋า	68.33bc	21.50bc
เวอร์มิคูไลต์แผ่นเกล็ด	65.22cdef	19.14def
เพอร์ไลต์ 3 มม. + เวอร์มิคูไลต์ลูกเต๋า = 1:3	67.65bcd	15.62ij
เพอร์ไลต์ 3 มม. + เวอร์มิคูไลต์ลูกเต๋า = 1:2	64.19defg	17.63ch
เพอร์ไลต์ 3 มม. + เวอร์มิคูไลต์ลูกเต๋า = 1:1	63.08efg	17.99fc
เพอร์ไลต์ 3 มม. + เวอร์มิคูไลต์ลูกเต๋า = 2:1	78.69a	24.32a
เพอร์ไลต์ 3 มม. + เวอร์มิคูไลต์ลูกเต๋า = 3:1	69.70b	21.92b
ฟองน้ำ	50.98fh	9.70l
Mean	64.71 $\pm$ 10.22	17.79 $\pm$ 4.36
F-test	**	**
LSD _{.05}	4.28	1.20
C.V. (%)	5.20	5.30

หมายเหตุ ^{/1} ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกันในแนวดิ่ง มีค่าแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

** แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ตารางผนวกที่ 3 ความสูงต้น (เซนติเมตร) ของผักกาดหอม Green Oak ในวัสดุปลูก 10 ชนิด ซึ่งให้สารละลายธาตุอาหารสูตร Machlis and Torrey (1965) อายุ 1-5 สัปดาห์ จำนวน 5 ซ้ำ

วัสดุปลูก	สัปดาห์ ^{/1}				
	1	2	3	4	5
เพอร์ไลต์ 4.75 มม.	7.15	10.96	14.10abc	16.28	20.10bc
เพอร์ไลต์ 3 มม.	7.65	12.06	15.00a	16.85	21.55abc
เพอร์ไลต์ 2 มม.	7.65	11.70	14.20abc	16.60	21.10bc
เวอร์มิคูไลต์ลูกเต๋า	7.70	11.73	13.95abc	16.10	20.65bc
เวอร์มิคูไลต์แผ่นเกล็ด	7.20	11.58	13.20c	16.65	20.85bc
เพอร์ไลต์ 3 มม. + เวอร์มิคูไลต์	7.65	10.76	13.35c	14.30	19.40c
ลูกเต๋า = 1:3					
เพอร์ไลต์ 3 มม. + เวอร์มิคูไลต์	7.15	11.29	13.65bc	14.95	19.05c
ลูกเต๋า = 1:2					
เพอร์ไลต์ 3 มม. + เวอร์มิคูไลต์	6.90	11.33	13.20c	15.30	20.75bc
ลูกเต๋า = 1:1					
เพอร์ไลต์ 3 มม. + เวอร์มิคูไลต์	7.40	11.98	14.50ab	16.40	22.05ab
ลูกเต๋า = 2:1					
เพอร์ไลต์ 3 มม. + เวอร์มิคูไลต์	7.05	11.74	14.55ab	16.10	23.70a
ลูกเต๋า = 3:1					
Mean	7.35 $\pm$ 0.92	11.51 $\pm$ 1.19	13.97 $\pm$ 1.35	15.95 $\pm$ 2.21	20.92 $\pm$ 2.98
F-test	ns	ns	*	ns	*
LSD _{.05}	-	-	1.13	-	2.52
C.V. (%)	12.50	10.20	9.10	13.60	13.60

หมายเหตุ ^{/1} ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกันในแต่ละช่วง มีค่าแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

* แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ตารางผนวกที่ 4 จำนวนใบ (ใบต่อต้น) ของผักกาดหอม Green Oak ในวัสดุปลูก 10 ชนิด ซึ่งให้
สารละลายธาตุอาหารสูตร Machlis and Torrey (1965) อายุ 1-5 สัปดาห์ จำนวน 5 ซ้ำ

วัสดุปลูก	สัปดาห์ ^{/1}				
	1	2	3	4	5
เพอร์ไลต์ 4.75 มม.	4.00	5.80	6.90	11.40	19.60c
เพอร์ไลต์ 3 มม.	4.20	5.60	7.80	11.30	22.20ab
เพอร์ไลต์ 2 มม.	4.20	5.90	6.90	12.00	20.70bc
เวอร์มิคูไลต์ลูกเต๋า	4.10	5.50	6.90	11.10	19.90bc
เวอร์มิคูไลต์แผ่นเกล็ด	4.40	5.50	7.10	11.70	19.40c
เพอร์ไลต์ 3 มม. + เวอร์มิคูไลต์ ลูกเต๋า = 1:3	4.10	5.60	7.00	10.80	19.60c
เพอร์ไลต์ 3 มม. + เวอร์มิคูไลต์ ลูกเต๋า = 1:2	4.30	5.60	7.30	10.70	19.60c
เพอร์ไลต์ 3 มม. + เวอร์มิคูไลต์ ลูกเต๋า = 1:1	4.40	5.90	7.50	12.10	21.00bc
เพอร์ไลต์ 3 มม. + เวอร์มิคูไลต์ ลูกเต๋า = 2:1	4.10	5.50	7.00	12.00	21.20bc
เพอร์ไลต์ 3 มม. + เวอร์มิคูไลต์ ลูกเต๋า = 3:1	4.40	5.50	7.60	11.80	23.80a
Mean	4.22±0.42	5.64±0.67	7.20±0.96	11.49±2.27	20.70±2.90
F-test	ns	ns	ns	ns	**
LSD _{.05}	-	-	-	-	2.40
C.V. (%)	9.70	12.20	13.30	20.30	13.00

หมายเหตุ ^{/1} ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกันในแนวดิ่ง มีค่าแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบ
ด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

** แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ตารางผนวกที่ 5 ขนาดทรงพุ่ม (เซนติเมตร) ของผักกาดหอม Green Oak ในวัสดุปลูก 10 ชนิด ซึ่งให้สารละลายธาตุอาหารสูตร Machlis and Torrey (1965) อายุ 2-5 สัปดาห์ จำนวน 5 ซ้ำ

วัสดุปลูก	สัปดาห์ ¹			
	2	3	4	5
เพอร์ไลต์ 4.75 มม.	10.64	15.50	19.28	21.20b
เพอร์ไลต์ 3 มม.	11.90	16.20	20.20	24.00a
เพอร์ไลต์ 2 มม.	11.04	16.15	19.70	20.60b
เวอร์มิคูไลต์ลูกเต๋า	10.91	15.40	20.10	21.00b
เวอร์มิคูไลต์แผ่นเกล็ด	11.20	15.30	19.10	19.90b
เพอร์ไลต์ 3 มม. + เวอร์มิคูไลต์	10.26	14.20	19.05	20.45b
ลูกเต๋า = 1:3				
เพอร์ไลต์ 3 มม. + เวอร์มิคูไลต์	10.93	15.40	19.05	21.10b
ลูกเต๋า = 1:2				
เพอร์ไลต์ 3 มม. + เวอร์มิคูไลต์	11.45	15.40	19.00	21.70b
ลูกเต๋า = 1:1				
เพอร์ไลต์ 3 มม. + เวอร์มิคูไลต์	10.53	15.60	20.80	25.50a
ลูกเต๋า = 2:1				
เพอร์ไลต์ 3 มม. + เวอร์มิคูไลต์	11.75	16.20	21.20	25.25a
ลูกเต๋า = 3:1				
Mean	11.06 $\pm$ 1.85	15.54 $\pm$ 2.44	19.75 $\pm$ 2.43	22.07 $\pm$ 2.95
F-test	ns	ns	ns	**
LSD _{.05}	-	-	-	2.05
C.V. (%)	16.90	16.00	12.20	10.50

หมายเหตุ ¹ ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกันในแนวตั้ง มีค่าแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

** แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ตารางผนวกที่ 6 ความยาวราก (เซนติเมตร) ของผักกาดหอม Green Oak ในวัสดุปลูก 10 ชนิด ซึ่งให้สารละลายธาตุอาหารสูตร Machlis and Torrey (1965) อายุ 1-5 สัปดาห์ จำนวน 5 ซ้ำ

วัสดุปลูก	สัปดาห์				
	1	2	3	4	5
เพอร์ไลต์ 4.75 มม.	5.65	8.83	10.60	11.15	15.10
เพอร์ไลต์ 3 มม.	7.20	9.84	13.20	13.40	17.85
เพอร์ไลต์ 2 มม.	7.00	11.54	12.60	13.10	17.40
เวอร์มิคูไลต์ลูกเต๋า	6.35	10.04	10.60	11.45	16.20
เวอร์มิคูไลต์แผ่นเกล็ด	6.80	10.10	10.60	11.40	16.05
เพอร์ไลต์ 3 มม. + เวอร์มิคูไลต์	7.20	9.49	10.70	11.85	16.10
ลูกเต๋า = 1:3					
เพอร์ไลต์ 3 มม. + เวอร์มิคูไลต์	5.65	10.06	11.80	12.90	17.45
ลูกเต๋า = 1:2					
เพอร์ไลต์ 3 มม. + เวอร์มิคูไลต์	5.95	9.99	12.30	12.05	16.10
ลูกเต๋า = 1:1					
เพอร์ไลต์ 3 มม. + เวอร์มิคูไลต์	6.20	9.29	11.00	10.70	16.60
ลูกเต๋า = 2:1					
เพอร์ไลต์ 3 มม. + เวอร์มิคูไลต์	6.00	10.21	11.30	13.00	17.00
ลูกเต๋า = 3:1					
Mean	6.40 $\pm$ 1.97	9.94 $\pm$ 2.71	11.47 $\pm$ 3.02	12.10 $\pm$ 2.89	16.59 $\pm$ 2.45
F-test	ns	ns	ns	ns	ns
C.V. (%)	30.80	27.80	26.40	23.90	14.60

หมายเหตุ ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ตารางผนวกที่ 7 น้ำหนักสด (กรัมต่อต้น) ของผักกาดหอม Green Oak ในวัสดุปลูก 10 ชนิด ซึ่งให้
สารละลายธาตุอาหารสูตร Machlis and Torrey (1965) อายุ 4 และ 5 สัปดาห์ จำนวน
5 ซ้ำ

วัสดุปลูก	สัปดาห์ ¹	
	4	5
เพอร์ไลต์ 4.75 มม.	32.33cd	49.00c
เพอร์ไลต์ 3 มม.	35.87ab	55.00bc
เพอร์ไลต์ 2 มม.	31.68cd	50.11c
เวอร์มิคูไลต์ลูกเต๋า	35.00abc	51.00c
เวอร์มิคูไลต์แผ่นเกล็ด	31.45d	48.30c
เพอร์ไลต์ 3 มม. + เวอร์มิคูไลต์ลูกเต๋า = 1:3	32.51bcd	49.80c
เพอร์ไลต์ 3 มม. + เวอร์มิคูไลต์ลูกเต๋า = 1:2	32.58bcd	52.10bc
เพอร์ไลต์ 3 มม. + เวอร์มิคูไลต์ลูกเต๋า = 1:1	32.56bcd	51.00c
เพอร์ไลต์ 3 มม. + เวอร์มิคูไลต์ลูกเต๋า = 2:1	36.23a	59.00ab
เพอร์ไลต์ 3 มม. + เวอร์มิคูไลต์ลูกเต๋า = 3:1	37.07a	62.10a
Mean	33.73 $\pm$ 3.12	52.74 $\pm$ 6.55
F-test	**	**
LSD _{.05}	3.39	6.91
C.V. (%)	7.90	10.20

หมายเหตุ ¹ ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกันในแนวตั้ง มีค่าแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบ
ด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์

** แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซนต์

ตารางผนวกที่ 8 น้ำหนักแห้ง (กรัมต่อต้น) ของผักกาดหอม Green Oak ในวัสดุปลูก 10 ชนิด ซึ่งให้
สารละลายธาตุอาหารสูตร Machlis and Torrey (1965) อายุ 4 และ 5 สัปดาห์ จำนวน
5 ซ้ำ

วัสดุปลูก	สัปดาห์ ^{/1}	
	4	5
เพอร์ไลต์ 4.75 มม.	1.88bcd	3.28cd
เพอร์ไลต์ 3 มม.	2.24abc	3.79b
เพอร์ไลต์ 2 มม.	1.75d	3.29cd
เวอร์มิคูไลต์ลูกเต๋า	2.20bc	3.44c
เวอร์มิคูไลต์แผ่นเกล็ด	1.89bcd	3.10d
เพอร์ไลต์ 3 มม. + เวอร์มิคูไลต์ลูกเต๋า = 1:3	1.84cd	3.27cd
เพอร์ไลต์ 3 มม. + เวอร์มิคูไลต์ลูกเต๋า = 1:2	1.94bcd	3.23cd
เพอร์ไลต์ 3 มม. + เวอร์มิคูไลต์ลูกเต๋า = 1:1	1.96bcd	3.12cd
เพอร์ไลต์ 3 มม. + เวอร์มิคูไลต์ลูกเต๋า = 2:1	2.30ab	3.94ab
เพอร์ไลต์ 3 มม. + เวอร์มิคูไลต์ลูกเต๋า = 3:1	2.64a	4.16a
Mean	2.06 $\pm$ 0.40	3.46 $\pm$ 0.42
F-test	**	**
LSD _{.05}	0.43	0.33
C.V. (%)	16.50	7.50

หมายเหตุ ^{/1} ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกันในแนวตั้ง มีค่าแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบ
ด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

** แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ตารางผนวกที่ 9 ผลของสารละลายธาตุอาหาร 5 สูตร ในวัสดุปลูก 3 ชนิด ที่มีต่อความสูงต้น
(เซนติเมตร) ของผักกาดหอม Green Oak อายุ 1 สัปดาห์ จำนวน 5 ซ้ำ

วัสดุปลูก	สารละลายธาตุอาหาร					เฉลี่ย ^{/2}
	Enshi	M&T ^{/1}	M&T	M&T	M&T	
		105	125	150	175	
เพอร์ไลต์ 3 มม.	4.67	5.33	4.33	3.00	5.00	4.47x
เพอร์ไลต์ 3 มม. + เวอร์มิคูไลต์	5.00	5.33	3.67	4.33	5.00	4.67x
ลูกเต๋า = 3:1						
เพอร์ไลต์ 3 มม. + เวอร์มิคูไลต์	4.33	5.00	3.33	3.00	4.00	3.93y
แผ่นเกล็ด = 3:1						
เฉลี่ย ^{/3}	4.67A	5.22A	3.78B	3.44B	4.67A	-

F-test

N (Nutrient) = ** ; LSD_{.05} = 0.61

S (Substrate) = ** ; LSD_{.05} = 0.34

N×S = ns ;

C.V.

C.V.(a)= 12.81 %

C.V.(b)= 10.27 %

หมายเหตุ ^{/1} M&T = ความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน (มิลลิกรัมต่อลิตร) ในสารละลายธาตุอาหาร
สูตร Machlis and Torrey

^{/2} ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกันในแนวตั้ง มีค่าแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบ
ด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

^{/3} ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกันในแนวนอน มีค่าแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบ
ด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

** แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ตารางผนวกที่ 10 ผลของสารละลายธาตุอาหาร 5 สูตร ในวัสดุปลูก 3 ชนิด ที่มีต่อความสูงต้น (เซนติเมตร) ของผักกาดหอม Green Oak อายุ 2 สัปดาห์ จำนวน 5 ซ้ำ

วัสดุปลูก	สารละลายธาตุอาหาร ^{/2}					เฉลี่ย ^{/3}
	Enshi	M&T ^{/1}	M&T	M&T	M&T	
		105	125	150	175	
เพอร์ไลต์ 3 มม.	5.33gh	7.17cd	6.33def	7.33bc	6.00efg	6.43y
เพอร์ไลต์ 3 มม. + เวอร์มิคูไลต์ ลูกเต๋า = 3:1	5.67fgh	8.50a	6.33def	8.16ab	6.67cde	7.07x
เพอร์ไลต์ 3 มม. + เวอร์มิคูไลต์ แผ่นเกล็ด = 3:1	6.33def	7.00cd	5.00h	7.00cd	5.67fgh	6.20y
เฉลี่ย ^{/4}	5.78B	7.56A	5.89B	7.50A	6.11B	-

F-test

N (Nutrient)	= ** ;	LSD _{.05} = 0.72
S (Substrate)	= ** ;	LSD _{.05} = 0.38
N×S	= * ;	LSD _{.05} = 0.86

C.V.

C.V.(a)=	10.06 %
C.V.(b)=	7.64 %

หมายเหตุ ^{/1} M&T = ความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน (มิลลิกรัมต่อลิตร) ในสารละลายธาตุอาหาร สูตร Machlis and Torrey

^{/2} ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกันในกลุ่มข้อมูล มีค่าแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

^{/3} ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกันในแต่ละตัว มีค่าแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

^{/4} ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกันในแต่ละวัน มีค่าแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

* แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

** แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ตารางผนวกที่ 11 ผลของสารละลายธาตุอาหาร 5 สูตร ในวัสดุปลูก 3 ชนิด ที่มีต่อความสูงต้น (เซนติเมตร) ของผักกาดหอม Green Oak อายุ 3 สัปดาห์ จำนวน 5 ซ้ำ

วัสดุปลูก	สารละลายธาตุอาหาร ^{/2}					เฉลี่ย ^{/3}
	Enshi	M&T ^{/1}	M&T	M&T	M&T	
		105	125	150	175	
เพอร์ไลต์ 3 มม.	5.61i	8.50abc	5.70i	7.40def	5.80hi	6.60z
เพอร์ไลต์ 3 มม. + เวอร์มิคูไลต์ ลูกเต๋า = 3:1	5.70i	8.10bcd	6.60fgh	8.70ab	7.20efg	7.26y
เพอร์ไลต์ 3 มม. + เวอร์มิคูไลต์ แผ่นเกล็ด = 3:1	6.40ghi	9.05a	7.70cde	9.05a	6.20hi	7.68x
เฉลี่ย ^{/4}	5.90C	8.55A	6.67B	8.38A	6.40BC	-

F-test

N (Nutrient)	= ** ;	LSD _{.05} = 0.69
S (Substrate)	= ** ;	LSD _{.05} = 0.40
N×S	= ** ;	LSD _{.05} = 0.89

C.V.

C.V.(a)=	12.38 %
C.V.(b)=	9.63 %

หมายเหตุ ^{/1} M&T = ความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน (มิลลิกรัมต่อลิตร) ในสารละลายธาตุอาหาร สูตร Machlis and Torrey

^{/2} ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกันในกลุ่มข้อมูล มีค่าแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์

^{/3} ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกันในแต่ละตัว มีค่าแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์

^{/4} ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกันในแต่ละแถว มีค่าแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์

** แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซนต์

ตารางผนวกที่ 12 ผลของสารละลายธาตุอาหาร 5 สูตร ในวัสดุปลูก 3 ชนิด ที่มีต่อความสูงต้น (เซนติเมตร) ของผักกาดหอม Green Oak อายุ 4 สัปดาห์ จำนวน 5 ซ้ำ

วัสดุปลูก	สารละลายธาตุอาหาร ^{/2}					เฉลี่ย ^{/3}
	Enshi	M&T ^{/1}	M&T	M&T	M&T	
		105	125	150	175	
เพอร์ไลต์ 3 มม.	10.72ef	11.72d	12.01bcd	12.29bcd	11.87cd	11.72y
เพอร์ไลต์ 3 มม. + เวอร์มิคูไลต์ ลูกเต๋า = 3:1	10.44f	12.00bcd	12.72bc	12.86b	14.15a	12.43x
เพอร์ไลต์ 3 มม. + เวอร์มิคูไลต์ แผ่นเกล็ด = 3:1	10.43f	11.58de	12.72bc	12.14bcd	12.72bc	11.92y
เฉลี่ย ^{/4}	10.53D	11.77C	12.48A	12.43AB	12.91A	-

F-test

N (Nutrient)	= ** ;	LSD _{.05} = 0.63
S (Substrate)	= ** ;	LSD _{.05} = 0.42
N×S	= * ;	LSD _{.05} = 0.95

C.V.

C.V.(a)=	8.25 %
C.V.(b)=	7.28 %

หมายเหตุ ^{/1} M&T = ความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน (มิลลิกรัมต่อลิตร) ในสารละลายธาตุอาหาร สูตร Machlis and Torrey

^{/2} ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกันในกลุ่มข้อมูล มีค่าแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

^{/3} ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกันในแต่ละตัว มีค่าแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

^{/4} ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกันในแต่ละแถว มีค่าแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

* แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

** แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ตารางผนวกที่ 13 ผลของสารละลายธาตุอาหาร 5 สูตร ในวัสดุปลูก 3 ชนิด ที่มีต่อความสูงต้น (เซนติเมตร) ของผักกาดหอม Green Oak อายุ 5 สัปดาห์ จำนวน 5 ซ้ำ

วัสดุปลูก	สารละลายธาตุอาหาร ^{/2}					เฉลี่ย ^{/3}
	Enshi	M&T ^{/1}	M&T	M&T	M&T	
		105	125	150	175	
เพอร์ไลต์ 3 มม.	19.43cd	20.86ab	20.56abc	18.86d	20.80ab	20.10y
เพอร์ไลต์ 3 มม. + เวอร์มิคูไลต์ ลูกเต๋า = 3:1	19.13d	21.63a	21.43a	21.43a	21.46a	21.02x
เพอร์ไลต์ 3 มม. + เวอร์มิคูไลต์ แผ่นเกล็ด = 3:1	18.83d	19.70bcd	20.83ab	18.53d	21.30a	19.84y
เฉลี่ย ^{/4}	19.13B	20.73A	20.94A	19.61B	21.19A	-

F-test

N (Nutrient) = ** ; LSD_{.05} = 0.87

S (Substrate) = ** ; LSD_{.05} = 0.56

N×S = * ; LSD_{.05} = 1.25

C.V.

C.V.(a)= 8.20 %

C.V.(b)= 6.91 %

หมายเหตุ ^{/1} M&T = ความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน (มิลลิกรัมต่อลิตร) ในสารละลายธาตุอาหาร สูตร Machlis and Torrey

^{/2} ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกันในกลุ่มข้อมูล มีค่าแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

^{/3} ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกันในแต่ละตัว มีค่าแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

^{/4} ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกันในแต่ละแถว มีค่าแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

* แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

** แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ตารางผนวกที่ 14 ผลของสารละลายธาตุอาหาร 5 สูตร ในวัสดุปลูก 3 ชนิด ที่มีต่อจำนวนใบ (ใบต่อต้น) ของผักกาดหอม Green Oak อายุ 1 สัปดาห์ จำนวน 5 ซ้ำ

วัสดุปลูก	สารละลายธาตุอาหาร					เฉลี่ย
	Enshi	M&T ¹	M&T	M&T	M&T	
		105	125	150	175	
เพอร์ไลต์ 3 มม.	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
เพอร์ไลต์ 3 มม. + เวอร์มิคูไลต์ ลูกเต๋า = 3:1	4.33	4.00	4.00	4.00	4.00	4.07
เพอร์ไลต์ 3 มม. + เวอร์มิคูไลต์ แผ่นเกล็ด = 3:1	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
เฉลี่ย	4.11	4.00	4.00	4.00	4.00	-

F-test

N (Nutrient) = ns

S (Substrate) = ns

N×S = ns

C.V.

C.V.(a)= 3.71 %

C.V.(b)= 3.71 %

หมายเหตุ ¹ M&T = ความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน (มิลลิกรัมต่อลิตร) ในสารละลายธาตุอาหาร
สูตร Machlis and Torrey
ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ตารางผนวกที่ 15 ผลของสารละลายธาตุอาหาร 5 สูตร ในวัสดุปลูก 3 ชนิด ที่มีต่อจำนวนใบ (ใบต่อดัน) ของผักกาดหอม Green Oak อายุ 2 สัปดาห์ จำนวน 5 ซ้ำ

วัสดุปลูก	สารละลายธาตุอาหาร					เฉลี่ย
	Enshi	M&T ¹	M&T	M&T	M&T	
		105	125	150	175	
เพอร์ไลต์ 3 มม.	4.67	5.33	5.33	5.67	5.33	5.27
เพอร์ไลต์ 3 มม. + เวอร์มิคูไลต์ ลูกเต๋า = 3:1	5.67	5.33	5.33	6.00	5.67	5.60
เพอร์ไลต์ 3 มม. + เวอร์มิคูไลต์ แผ่นเกล็ด = 3:1	5.33	5.67	5.33	5.67	6.00	5.60
เฉลี่ย	5.22	5.44	5.33	5.78	5.67	-

F-test

N (Nutrient) = ns

S (Substrate) = ns

N×S = ns

C.V.

C.V.(a)= 10.16 %

C.V.(b)= 9.41 %

หมายเหตุ ¹ M&T = ความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน (มิลลิกรัมต่อลิตร) ในสารละลายธาตุอาหาร
สูตร Machlis and Torrey
ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ตารางผนวกที่ 16 ผลของสารละลายธาตุอาหาร 5 สูตร ในวัสดุปลูก 3 ชนิด ที่มีต่อจำนวนใบ (ใบต่อดัน) ของผักกาดหอม Green Oak อายุ 3 สัปดาห์ จำนวน 5 ซ้ำ

วัสดุปลูก	สารละลายธาตุอาหาร ^{/2}					เฉลี่ย ^{/3}
	Enshi	M&T ^{/1}	M&T	M&T	M&T	
		105	125	150	175	
เพอร์ไลต์ 3 มม.	5.60c	6.40bc	5.60c	5.60c	5.60c	5.76y
เพอร์ไลต์ 3 มม. + เวอร์มิคูไลต์ ลูกเต๋า = 3:1	5.60c	6.40bc	6.10c	7.32ab	6.18c	6.32x
เพอร์ไลต์ 3 มม. + เวอร์มิคูไลต์ แผ่นเกล็ด = 3:1	6.20c	6.40bc	5.85c	7.80a	6.00c	6.45x
เฉลี่ย ^{/4}	5.80C	6.40AB	5.85C	6.91A	5.93BC	

F-test

N (Nutrient)	= ** ;	LSD _{.05} = 0.55
S (Substrate)	= ** ;	LSD _{.05} = 0.41
N×S	= * ;	LSD _{.05} = 0.93

C.V.

C.V.(a)=	11.44 %
C.V.(b)=	11.68 %

หมายเหตุ ^{/1} M&T = ความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน (มิลลิกรัมต่อลิตร) ในสารละลายธาตุอาหาร สูตร Machlis and Torrey

^{/2} ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกันในกลุ่มข้อมูล มีค่าแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

^{/3} ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกันในแต่ละตัว มีค่าแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

^{/4} ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกันในแต่ละตอน มีค่าแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

* แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

** แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ตารางผนวกที่ 17 ผลของสารละลายธาตุอาหาร 5 สูตร ในวัสดุปลูก 3 ชนิด ที่มีต่อจำนวนใบ (ใบต่อต้น) ของผักกาดหอม Green Oak อายุ 4 สัปดาห์ จำนวน 5 ซ้ำ

วัสดุปลูก	สารละลายธาตุอาหาร ^{/2}					เฉลี่ย ^{/3}
	Enshi	M&T ^{/1}	M&T	M&T	M&T	
		105	125	150	175	
เพอร์ไลต์ 3 มม.	8.63cd	9.29abc	8.86bcd	7.35e	7.57e	8.34y
เพอร์ไลต์ 3 มม. + เวอร์มิคูไลต์ ลูกเต๋า = 3:1	9.71ab	8.57cd	8.80bcd	8.86bcd	10.14a	9.22x
เพอร์ไลต์ 3 มม. + เวอร์มิคูไลต์ แผ่นเกล็ด = 3:1	8.55cd	9.00bc	8.57cd	8.00de	9.43abc	8.71y
เฉลี่ย	8.96	8.95	8.74	8.07	9.05	-

F-test

N (Nutrient) = ns

S (Substrate) = ** ; LSD_{.05} = 0.41

N×S = ** ; LSD_{.05} = 0.92

C.V.

C.V.(a)= 14.65 %

C.V.(b)= 9.83 %

หมายเหตุ ^{/1} M&T = ความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน (มิลลิกรัมต่อลิตร) ในสารละลายธาตุอาหาร สูตร Machlis and Torrey

^{/2} ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกันในกลุ่มข้อมูล มีค่าแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

^{/3} ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกันในแต่ละสูตร มีค่าแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

** แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ตารางผนวกที่ 18 ผลของสารละลายธาตุอาหาร 5 สูตร ในวัสดุปลูก 3 ชนิด ที่มีต่อจำนวนใบ (ใบต่อต้น) ของผักกาดหอม Green Oak อายุ 5 สัปดาห์ จำนวน 5 ซ้ำ

วัสดุปลูก	สารละลายธาตุอาหาร					เฉลี่ย ^{/2}
	Enshi	M&T ^{/1}	M&T	M&T	M&T	
		105	125	150	175	
เพอร์ไลต์ 3 มม.	20.37	18.83	17.93	15.13	20.00	18.45y
เพอร์ไลต์ 3 มม. + เวอร์มิคูไลต์	21.43	18.47	20.17	15.97	20.33	19.27x
ลูกเต้า = 3:1						
เพอร์ไลต์ 3 มม. + เวอร์มิคูไลต์	18.97	18.37	18.30	15.43	20.13	18.24y
แผ่นเกล็ด = 3:1						
เฉลี่ย ^{/3}	20.25A	18.55B	18.80B	15.51C	20.15A	-

F-test

N (Nutrient) = ** ; LSD_{.05} = 0.64

S (Substrate) = ** ; LSD_{.05} = 0.64

N×S = ns

C.V.

C.V.(a)= 6.57 %

C.V.(b)= 8.54 %

หมายเหตุ ^{/1} M&T = ความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน (มิลลิกรัมต่อลิตร) ในสารละลายธาตุอาหาร สูตร Machlis and Torrey

^{/2} ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกันในแนวนั่ง มีค่าแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

^{/3} ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกันในแนวนอน มีค่าแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

** แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ตารางผนวกที่ 19 ผลของสารละลายธาตุอาหาร 5 สูตร ในวัสดุปลูก 3 ชนิด ที่มีต่อขนาดทรงพุ่ม (เซนติเมตร) ของผักกาดหอม Green Oak อายุ 1 สัปดาห์ จำนวน 5 ซ้ำ

วัสดุปลูก	สารละลายธาตุอาหาร					เฉลี่ย ^{/2}
	Enshi	M&T ^{/1}	M&T	M&T	M&T	
		105	125	150	175	
เพอร์ไลต์ 3 มม.	3.33	5.33	3.00	3.00	4.00	3.73x
เพอร์ไลต์ 3 มม. + เวอร์มิคูไลต์ ลูกเต๋า = 3:1	4.00	5.07	3.33	2.67	4.00	3.81x
เพอร์ไลต์ 3 มม. + เวอร์มิคูไลต์ แผ่นเกล็ด = 3:1	3.00	5.39	2.00	2.33	3.67	3.28y
เฉลี่ย ^{/3}	3.44C	5.26A	2.78D	2.67D	3.89B	-

F-test

N (Nutrient) = ** ; LSD_{.05} = 0.36

S (Substrate) = * ; LSD_{.05} = 0.35

N×S = ns ;

C.V.

C.V.(a)= 9.09 %

C.V.(b)= 12.62 %

หมายเหตุ ^{/1} M&T = ความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน (มิลลิกรัมต่อลิตร) ในสารละลายธาตุอาหาร สูตร Machlis and Torrey

^{/2} ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกันในแนวนอน มีค่าแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

^{/3} ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกันในแนวนอน มีค่าแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

* แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

** แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ตารางผนวกที่ 20 ผลของสารละลายธาตุอาหาร 5 สูตร ในวัสดุปลูก 3 ชนิด ที่มีต่อขนาดทรงพุ่ม (เซนติเมตร) ของผักกาดหอม Green Oak อายุ 2 สัปดาห์ จำนวน 5 ซ้ำ

วัสดุปลูก	สารละลายธาตุอาหาร ^{/2}					เฉลี่ย ^{/3}
	Enshi	M&T ^{/1}	M&T	M&T	M&T	
		105	125	150	175	
เพอร์ไลต์ 3 มม.	5.00cd	5.67abc	5.33bc	5.33bc	5.00cd	5.27y
เพอร์ไลต์ 3 มม. + เวอร์มิคูไลต์ ลูกเต๋า = 3:1	5.33bc	6.17a	5.34bc	6.00ab	6.00ab	5.77x
เพอร์ไลต์ 3 มม. + เวอร์มิคูไลต์ แผ่นเกล็ด = 3:1	5.67abc	5.33bc	5.59abc	5.00cd	4.50d	5.22y
เฉลี่ย	5.33	5.72	5.42	5.44	5.17	-

F-test

N (Nutrient) = ns

S (Substrate) = ** ; LSD_{.05} = 0.30

N×S = * ; LSD_{.05} = 0.68

C.V.

C.V.(a)= 17.52 %

C.V.(b)= 7.27 %

หมายเหตุ ^{/1} M&T = ความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน (มิลลิกรัมต่อลิตร) ในสารละลายธาตุอาหาร สูตร Machlis and Torrey

^{/2} ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกันในกลุ่มข้อมูล มีค่าแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

^{/3} ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกันในแต่ละตัว มีค่าแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

* แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

** แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ตารางผนวกที่ 21 ผลของสารละลายธาตุอาหาร 5 สูตร ในวัสดุปลูก 3 ชนิด ที่มีต่อขนาดทรงพุ่ม (เซนติเมตร) ของผักกาดหอม Green Oak อายุ 3 สัปดาห์ จำนวน 5 ซ้ำ

วัสดุปลูก	สารละลายธาตุอาหาร ^{/2}					เฉลี่ย ^{/3}
	Enshi	M&T ^{/1}	M&T	M&T	M&T	
	105	125	150	175		
เพอร์ไลต์ 3 มม.	4.90ef	5.83abcde	4.70ef	4.60f	4.60f	4.93y
เพอร์ไลต์ 3 มม. + เวอร์มิคูไลต์ ลูกเต๋า = 3:1	4.70ef	5.70abcdef	5.08cdef	6.30ab	6.10abcd	5.58x
เพอร์ไลต์ 3 มม. + เวอร์มิคูไลต์ แผ่นเกล็ด = 3:1	5.86abcde	5.00def	6.20abc	6.40a	5.16bcdef	5.72x
เฉลี่ย	5.15	5.51	5.33	5.77	5.29	-

F-test

N (Nutrient) = ns

S (Substrate) = ** ; LSD_{.05} = 0.52

N×S = * ; LSD_{.05} = 1.17

C.V.

C.V.(a)= 17.09 %

C.V.(b)= 16.75 %

หมายเหตุ ^{/1} M&T = ความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน (มิลลิกรัมต่อลิตร) ในสารละลายธาตุอาหาร สูตร Machlis and Torrey

^{/2} ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกันในกลุ่มข้อมูล มีค่าแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

^{/3} ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกันในแนวนอน มีค่าแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

* แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

** แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ตารางผนวกที่ 22 ผลของสารละลายธาตุอาหาร 5 สูตร ในวัสดุปลูก 3 ชนิด ที่มีต่อขนาดทรงพุ่ม (เซนติเมตร) ของผักกาดหอม Green Oak อายุ 4 สัปดาห์ จำนวน 5 ซ้ำ

วัสดุปลูก	สารละลายธาตุอาหาร ^{/2}					เฉลี่ย ^{/3}
	Enshi	M&T ^{/1}	M&T	M&T	M&T	
		105	125	150	175	
เพอร์ไลต์ 3 มม.	11.90bcd	10.08ef	9.94ef	9.04f	11.90bcd	10.57y
เพอร์ไลต์ 3 มม. + เวอร์มิคูไลต์ ลูกเต๋า = 3:1	11.57cd	10.79de	12.86abc	10.71de	13.08ab	11.80x
เพอร์ไลต์ 3 มม. + เวอร์มิคูไลต์ แผ่นเกล็ด = 3:1	10.90de	10.83de	13.61a	10.00ef	11.94bcd	11.46x
เฉลี่ย ^{/4}	11.45B	10.57C	12.13A	9.92C	12.30A	-

F-test

N (Nutrient)	= ** ;	LSD _{.05} = 0.66
S (Substrate)	= ** ;	LSD _{.05} = 0.61
N×S	= ** ;	LSD _{.05} = 1.28

C.V.

C.V.(a)	= 9.17 %
C.V.(b)	= 11.13 %

หมายเหตุ ^{/1} M&T = ความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน (มิลลิกรัมต่อลิตร) ในสารละลายธาตุอาหาร สูตร Machlis and Torrey

^{/2} ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกันในกลุ่มข้อมูล มีค่าแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

^{/3} ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกันในแต่ละตัว มีค่าแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

^{/4} ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกันในแต่ละแถว มีค่าแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

** แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ตารางผนวกที่ 23 ผลของสารละลายธาตุอาหาร 5 สูตร ในวัสดุปลูก 3 ชนิด ที่มีต่อขนาดทรงพุ่ม (เซนติเมตร) ของผักกาดหอม Green Oak อายุ 5 สัปดาห์ จำนวน 5 ซ้ำ

วัสดุปลูก	สารละลายธาตุอาหาร					เฉลี่ย ^{/2}
	Enshi	M&T ^{/1}	M&T	M&T	M&T	
		105	125	150	175	
เพอร์ไลต์ 3 มม.	22.50	21.69	24.00	21.10	23.70	22.60y
เพอร์ไลต์ 3 มม. + เวอร์มิคูไลต์	24.00	21.90	24.09	22.70	25.59	23.66x
ลูกเต้า = 3:1						
เพอร์ไลต์ 3 มม. + เวอร์มิคูไลต์	23.30	22.00	23.30	21.80	23.00	22.68y
แผ่นเกล็ด = 3:1						
เฉลี่ย ^{/3}	23.26B	21.86C	23.80AB	21.86C	24.10A	-

F-test

N (Nutrient) = ** ; LSD_{.05} = 0.62

S (Substrate) = ** ; LSD_{.05} = 0.55

N×S = ns

C.V.

C.V.(a)= 5.15 %

C.V.(b)= 6.03 %

หมายเหตุ ^{/1} M&T = ความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน (มิลลิกรัมต่อลิตร) ในสารละลายธาตุอาหาร สูตร Machlis and Torrey

^{/2} ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกันในแนวนั่ง มีค่าแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

^{/3} ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกันในแนวนอน มีค่าแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

** แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ตารางผนวกที่ 24 ผลของสารละลายธาตุอาหาร 5 สูตร ในวัสดุปลูก 3 ชนิด ที่มีต่อความยาวราก (เซนติเมตร) ของผักกาดหอม Green Oak อายุ 1 สัปดาห์ จำนวน 5 ซ้ำ

วัสดุปลูก	สารละลายธาตุอาหาร ^{/2}					เฉลี่ย
	Enshi	M&T ^{/1}	M&T	M&T	M&T	
		105	125	150	175	
เพอร์ไลต์ 3 มม.	4.00bcd	5.00ab	4.00bcd	4.00bcd	5.00ab	4.40
เพอร์ไลต์ 3 มม. + เวอร์มิคูไลต์ ลูกเต๋า = 3:1	5.00ab	4.33bc	2.02e	3.33cd	6.00a	4.14
เพอร์ไลต์ 3 มม. + เวอร์มิคูไลต์ แผ่นเกล็ด = 3:1	5.67a	4.33bc	3.02de	3.67cd	4.33bc	4.20
เฉลี่ย ^{/3}	4.89A	4.56AB	3.01C	3.67BC	5.11A	-

F-test

N (Nutrient) = * ; LSD_{.05} = 1.10

S (Substrate) = ns

N×S = ** ; LSD_{.05} = 1.08

C.V.

C.V.(a)= 23.73 %

C.V.(b)= 14.75 %

หมายเหตุ ^{/1} M&T = ความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน (มิลลิกรัมต่อลิตร) ในสารละลายธาตุอาหาร สูตร Machlis and Torrey

^{/2} ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกันในกลุ่มข้อมูล มีค่าแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

^{/3} ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกันในแนวนอน มีค่าแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

* แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

** แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ตารางผนวกที่ 25 ผลของสารละลายธาตุอาหาร 5 สูตร ในวัสดุปลูก 3 ชนิด ที่มีต่อความยาวราก (เซนติเมตร) ของผักกาดหอม Green Oak อายุ 2 สัปดาห์ จำนวน 5 ซ้ำ

วัสดุปลูก	สารละลายธาตุอาหาร ^{/2}					เฉลี่ย ^{/3}
	Enshi	M&T ^{/1}	M&T	M&T	M&T	
		105	125	150	175	
เพอร์ไลต์ 3 มม.	6.33cde	7.00bc	5.33ef	8.33a	4.67f	6.33y
เพอร์ไลต์ 3 มม. + เวอร์มิคูไลต์ ลูกเต๋า = 3:1	6.67cd	7.00bc	5.50def	7.00bc	5.67def	6.37y
เพอร์ไลต์ 3 มม. + เวอร์มิคูไลต์ แผ่นเกล็ด = 3:1	6.67cd	8.00ab	8.79a	8.00ab	6.67cd	7.62x
เฉลี่ย ^{/4}	6.56B	7.33AB	6.54B	7.78A	5.67C	-

F-test

N (Nutrient)	= ** ;	LSD _{.05} = 0.85
S (Substrate)	= ** ;	LSD _{.05} = 0.59
N×S	= ** ;	LSD _{.05} = 1.31

C.V.

C.V.(a)=	11.58 %
C.V.(b)=	11.27 %

หมายเหตุ ^{/1} M&T = ความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน (มิลลิกรัมต่อลิตร) ในสารละลายธาตุอาหาร สูตร Machlis and Torrey

^{/2} ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกันในกลุ่มข้อมูล มีค่าแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

^{/3} ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกันในแต่ละตัว มีค่าแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

^{/4} ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกันในแต่ละตัว มีค่าแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

** แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ตารางผนวกที่ 26 ผลของสารละลายธาตุอาหาร 5 สูตร ในวัสดุปลูก 3 ชนิด ที่มีต่อความยาวราก (เซนติเมตร) ของผักกาดหอม Green Oak อายุ 3 สัปดาห์ จำนวน 5 ซ้ำ

วัสดุปลูก	สารละลายธาตุอาหาร ^{/2}					เฉลี่ย ^{/3}
	Enshi	M&T ^{/1}	M&T	M&T	M&T	
		105	125	150	175	
เพอร์ไลต์ 3 มม.	6.70gh	7.90defgh	9.42abc	8.20bcdefg	7.60efgh	7.96y
เพอร์ไลต์ 3 มม. + เวอร์มิคูไลต์	7.40fgh	7.80defgh	6.60h	9.29abcd	9.62ab	8.14y
ลูกเต๋า = 3:1						
เพอร์ไลต์ 3 มม. + เวอร์มิคูไลต์	9.24abcd	9.04abcde	10.00a	7.94cdefgh	8.40bcdef	8.92x
แผ่นเกล็ด = 3:1						
เฉลี่ย	7.78	8.24	8.67	8.48	8.54	-

F-test

N (Nutrient) = ns

S (Substrate) = * ; LSD_{.05} = 0.68

N×S = ** ; LSD_{.05} = 1.52

C.V.

C.V.(a)= 14.35 %

C.V.(b)= 14.18 %

หมายเหตุ ^{/1} M&T = ความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน (มิลลิกรัมต่อลิตร) ในสารละลายธาตุอาหาร สูตร Machlis and Torrey

^{/2} ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกันในกลุ่มข้อมูล มีค่าแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

^{/3} ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกันในแต่ละตัว มีค่าแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

* แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

** แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ตารางผนวกที่ 27 ผลของสารละลายธาตุอาหาร 5 สูตร ในวัสดุปลูก 3 ชนิด ที่มีต่อความยาวราก (เซนติเมตร) ของผักกาดหอม Green Oak อายุ 4 สัปดาห์ จำนวน 5 ซ้ำ

วัสดุปลูก	สารละลายธาตุอาหาร ^{/2}					เฉลี่ย
	Enshi	M&T ^{/1}	M&T	M&T	M&T	
		105	125	150	175	
เพอร์ไลต์ 3 มม.	13.29b	11.32defg	12.32bcde	11.75cdef	11.73cdef	12.08
เพอร์ไลต์ 3 มม. + เวอร์มิคูไลต์ ลูกเต๋า = 3:1	11.02efgh	10.14gh	12.87bc	11.73cdef	15.29a	12.21
เพอร์ไลต์ 3 มม. + เวอร์มิคูไลต์ แผ่นเกล็ด = 3:1	10.46fgh	12.61bcd	12.73bcd	9.71h	14.86a	12.07
เฉลี่ย ^{/3}	11.59C	11.36C	12.64B	11.07C	13.96A	-

F-test

N (Nutrient) = ** ; LSD .05 = 0.72

S (Substrate) = ns

N×S = ** ; LSD .05 = 1.43

C.V.

C.V.(a)= 9.36 %

C.V.(b)= 10.97 %

หมายเหตุ ^{/1} M&T = ความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน (มิลลิกรัมต่อลิตร) ในสารละลายธาตุอาหาร สูตร Machlis and Torrey

^{/2} ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกันในกลุ่มข้อมูล มีค่าแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

^{/3} ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกันในแนวนอน มีค่าแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

** แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ตารางผนวกที่ 28 ผลของสารละลายธาตุอาหาร 5 สูตร ในวัสดุปลูก 3 ชนิด ที่มีต่อความยาวราก (เซนติเมตร) ของผักกาดหอม Green Oak อายุ 5 สัปดาห์ จำนวน 5 ซ้ำ

วัสดุปลูก	สารละลายธาตุอาหาร ^{/2}					เฉลี่ย ^{/3}
	Enshi	M&T ^{/1}	M&T	M&T	M&T	
		105	125	150	175	
เพอร์ไลต์ 3 มม.	12.20bc	12.48bc	12.38bc	12.54bc	12.48bc	12.42xy
เพอร์ไลต์ 3 มม. + เวอร์มิคูไลต์ ลูกเต๋า = 3:1	9.30d	12.94b	12.02bc	12.72b	12.76b	11.95y
เพอร์ไลต์ 3 มม. + เวอร์มิคูไลต์ แผ่นเกล็ด = 3:1	11.01c	12.24bc	13.04b	12.28bc	15.66a	12.85x
เฉลี่ย ^{/4}	10.84C	12.55B	12.48B	12.51B	13.63A	-

F-test

N (Nutrient)	= ** ;	LSD _{.05} = 0.02
S (Substrate)	= ** ;	LSD _{.05} = 0.01
N×S	= ** ;	LSD _{.05} = 0.02

C.V.

C.V.(a)=	11.26 %
C.V.(b)=	13.88 %

หมายเหตุ ^{/1} M&T = ความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน (มิลลิกรัมต่อลิตร) ในสารละลายธาตุอาหาร สูตร Machlis and Torrey

^{/2} ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกันในกลุ่มข้อมูล มีค่าแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

^{/3} ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกันในแต่ละตัว มีค่าแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

^{/4} ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกันในแต่ละตัว มีค่าแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

** แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ตารางผนวกที่ 29 ผลของสารละลายธาตุอาหาร 5 สูตร ในวัสดุปลูก 3 ชนิด ที่มีต่อน้ำหนักสด (กรัมต่อต้น) ของผักกาดหอม Green Oak อายุ 1 สัปดาห์ จำนวน 5 ซ้ำ

วัสดุปลูก	สารละลายธาตุอาหาร ^{/2}					เฉลี่ย ^{/3}
	Enshi	M&T ^{/1}	M&T	M&T	M&T	
		105	125	150	175	
เพอร์ไลต์ 3 มม.	0.12de	0.16c	0.10f	0.16c	0.18b	0.14y
เพอร์ไลต์ 3 มม. + เวอร์มิคูไลต์ ลูกเต๋า = 3:1	0.14d	0.24a	0.14d	0.08g	0.24a	0.17x
เพอร์ไลต์ 3 มม. + เวอร์มิคูไลต์ แผ่นเกล็ด = 3:1	0.11ef	0.11ef	0.06gh	0.06h	0.11ef	0.09z
เฉลี่ย ^{/4}	0.12B	0.17A	0.10C	0.10C	0.17A	-

F-test

N (Nutrient)	= ** ;	LSD _{.05} = 0.02
S (Substrate)	= ** ;	LSD _{.05} = 0.01
N×S	= ** ;	LSD _{.05} = 0.02

C.V.

C.V.(a)=	12.97 %
C.V.(b)=	8.46 %

หมายเหตุ ^{/1} M&T = ความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน (มิลลิกรัมต่อลิตร) ในสารละลายธาตุอาหาร สูตร Machlis and Torrey

^{/2} ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกันในกลุ่มข้อมูล มีค่าแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

^{/3} ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกันในแต่ละตัว มีค่าแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

^{/4} ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกันในแต่ละตัว มีค่าแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

** แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ตารางผนวกที่ 30 ผลของสารละลายธาตุอาหาร 5 สูตร ในวัสดุปลูก 3 ชนิด ที่มีต่อน้ำหนักสด (กรัมต่อต้น) ของผักกาดหอม Green Oak อายุ 2 สัปดาห์ จำนวน 5 ซ้ำ

วัสดุปลูก	สารละลายธาตุอาหาร ^{/2}					เฉลี่ย ^{/3}
	Enshi	M&T ^{/1}	M&T	M&T	M&T	
		105	125	150	175	
เพอร์ไลต์ 3 มม.	0.41defg	0.46cdef	0.47cde	0.34fg	0.56abc	0.45x
เพอร์ไลต์ 3 มม. + เวอร์มิคูไลต์ ลูกเต๋า = 3:1	0.50bcd	0.61ab	0.33g	0.37efg	0.65a	0.49x
เพอร์ไลต์ 3 มม. + เวอร์มิคูไลต์ แผ่นเกล็ด = 3:1	0.44defg	0.37efg	0.33g	0.33g	0.41defg	0.38y
เฉลี่ย ^{/4}	0.45B	0.48B	0.38C	0.35C	0.54A	-

F-test

N (Nutrient)	= ** ;	LSD _{.05} = 0.05
S (Substrate)	= ** ;	LSD _{.05} = 0.05
N×S	= * ;	LSD _{.05} = 0.12

C.V.

C.V.(a)=	10.97 %
C.V.(b)=	15.21 %

หมายเหตุ ^{/1} M&T = ความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน (มิลลิกรัมต่อลิตร) ในสารละลายธาตุอาหาร สูตร Machlis and Torrey

^{/2} ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกันในกลุ่มข้อมูล มีค่าแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

^{/3} ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกันในแต่ละตัว มีค่าแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

^{/4} ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกันในแต่ละแถว มีค่าแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

* แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

** แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ตารางผนวกที่ 31 ผลของสารละลายธาตุอาหาร 5 สูตร ในวัสดุปลูก 3 ชนิด ที่มีต่อน้ำหนักสด (กรัมต่อต้น) ของผักกาดหอม Green Oak อายุ 3 สัปดาห์ จำนวน 5 ซ้ำ

วัสดุปลูก	สารละลายธาตุอาหาร ^{/2}					เฉลี่ย ^{/3}
	Enshi	M&T ^{/1}	M&T	M&T	M&T	
		105	125	150	175	
เพอร์ไลต์ 3 มม.	1.62bcde	1.10f	1.57cde	1.57cde	1.47de	1.47y
เพอร์ไลต์ 3 มม. + เวอร์มิคูไลต์ ลูกเต๋า = 3:1	1.55cde	1.67bcde	1.44ef	1.79abcd	2.09a	1.71x
เพอร์ไลต์ 3 มม. + เวอร์มิคูไลต์ แผ่นเกล็ด = 3:1	2.07a	1.44def	1.87abc	1.43ef	1.93ab	1.75x
เฉลี่ย ^{/4}	1.75AB	1.40C	1.63B	1.60B	1.83A	-

F-test

N (Nutrient)	= ** ;	LSD _{.05} = 0.19
S (Substrate)	= ** ;	LSD _{.05} = 0.16
N×S	= ** ;	LSD _{.05} = 0.35

C.V.

C.V.(a)=	15.27 %
C.V.(b)=	16.60 %

หมายเหตุ ^{/1} M&T = ความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน (มิลลิกรัมต่อลิตร) ในสารละลายธาตุอาหาร สูตร Machlis and Torrey

^{/2} ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกันในกลุ่มข้อมูล มีค่าแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

^{/3} ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกันในแต่ละตัว มีค่าแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

^{/4} ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกันในแต่ละตัว มีค่าแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

** แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ตารางผนวกที่ 32 ผลของสารละลายธาตุอาหาร 5 สูตร ในวัสดุปลูก 3 ชนิดที่มีต่อน้ำหนักสด (กรัมต่อต้น) ของผักกาดหอม Green Oak อายุ 4 สัปดาห์ จำนวน 5 ซ้ำ

วัสดุปลูก	สารละลายธาตุอาหาร ^{/2}					เฉลี่ย ^{/3}
	Enshi	M&T ^{/1}	M&T	M&T	M&T	
		105	125	150	175	
เพอร์ไลต์ 3 มม.	14.68bcde	14.03cdef	13.52ef	12.85f	13.95def	13.81y
เพอร์ไลต์ 3 มม. + เวอร์มิคูไลต์ ลูกเต๋า = 3:1	15.68b	13.87def	15.69b	14.20cdef	18.46a	15.58x
เพอร์ไลต์ 3 มม. + เวอร์มิคูไลต์ แผ่นเกล็ด = 3:1	14.97bcd	13.97cdef	18.14a	13.58ef	15.33bc	15.20x
เฉลี่ย ^{/4}	15.11A	13.96B	15.78A	13.54B	15.91A	-

F-test

N (Nutrient) = ** ; LSD_{.05} = 0.91

S (Substrate) = ** ; LSD_{.05} = 0.61

N×S = ** ; LSD_{.05} = 1.37

C.V.

C.V.(a)= 9.64 %

C.V.(b)= 8.53 %

หมายเหตุ ^{/1} M&T = ความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน (มิลลิกรัมต่อลิตร) ในสารละลายธาตุอาหาร สูตร Machlis and Torrey

^{/2} ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกันในกลุ่มข้อมูล มีค่าแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

^{/3} ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกันในแต่ละตัว มีค่าแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

^{/4} ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกันในแต่ละแถว มีค่าแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

** แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ตารางผนวกที่ 33 ผลของสารละลายธาตุอาหาร 5 สูตร ในวัสดุปลูก 3 ชนิด ที่มีต่อน้ำหนักสด (กรัมต่อต้น) ของผักกาดหอม Green Oak อายุ 5 สัปดาห์ จำนวน 5 ซ้ำ

วัสดุปลูก	สารละลายธาตุอาหาร ^{/2}					เฉลี่ย ^{/3}
	Enshi	M&T ^{/1}	M&T	M&T	M&T	
		105	125	150	175	
เพอร์ไลต์ 3 มม.	53.90de	54.64de	42.35g	37.53g	71.28a	51.94y
เพอร์ไลต์ 3 มม. + เวอร์มิคูไลต์ ลูกเต๋า = 3:1	67.42ab	63.36bc	59.66cd	39.10g	68.19ab	59.55x
เพอร์ไลต์ 3 มม. + เวอร์มิคูไลต์ แผ่นเกล็ด = 3:1	51.18e	48.99ef	43.35fg	39.15g	53.86de	47.31z
เฉลี่ย ^{/4}	57.50B	55.66B	48.45C	38.59D	64.44A	-

F-test

N (Nutrient)	= ** ;	LSD _{.05} = 4.04
S (Substrate)	= ** ;	LSD _{.05} = 2.85
N×S	= ** ;	LSD _{.05} = 6.37

C.V.

C.V.(a)	= 14.58 %
C.V.(b)	= 13.54 %

หมายเหตุ ^{/1} M&T = ความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน (มิลลิกรัมต่อลิตร) ในสารละลายธาตุอาหาร สูตร Machlis and Torrey

^{/2} ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกันในกลุ่มข้อมูล มีค่าแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

^{/3} ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกันในแต่ละตัว มีค่าแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

^{/4} ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกันในแต่ละตัว มีค่าแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

** แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ตารางผนวกที่ 34 ผลของสารละลายธาตุอาหาร 5 สูตร ในวัสดุปลูก 3 ชนิด ที่มีต่อน้ำหนักแห้ง (กรัมต่อต้น) ของผักกาดหอม Green Oak อายุ 1 สัปดาห์ จำนวน 5 ซ้ำ

วัสดุปลูก	สารละลายธาตุอาหาร ^{/2}					เฉลี่ย ^{/3}
	Enshi	M&T ^{/1}	M&T	M&T	M&T	
		105	125	150	175	
เพอร์ไลต์ 3 มม.	0.0100cd	0.0127ab	0.0080de	0.0107bc	0.0073e	0.0097x
เพอร์ไลต์ 3 มม. + เวอร์มิคูไลต์ ลูกเต๋า = 3:1	0.0133a	0.0120abc	0.0080de	0.0044f	0.0120abc	0.0099x
เพอร์ไลต์ 3 มม. + เวอร์มิคูไลต์ แผ่นเกล็ด = 3:1	0.0103c	0.0080de	0.0050f	0.0060ef	0.0077e	0.0074y
เฉลี่ย ^{/4}	0.0112A	0.0109A	0.0070B	0.0070B	0.0090AB	-

F-test

N (Nutrient) = ** ; LSD_{.05} = 0.002

S (Substrate) = ** ; LSD_{.05} = 0.001

N×S = ** ; LSD_{.05} = 0.002

C.V.

C.V.(a)= 22.82 %

C.V.(b)= 14.61 %

หมายเหตุ ^{/1} M&T = ความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน (มิลลิกรัมต่อลิตร) ในสารละลายธาตุอาหาร สูตร Machlis and Torrey

^{/2} ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกันในกลุ่มข้อมูล มีค่าแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

^{/3} ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกันในแต่ละตัว มีค่าแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

^{/4} ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกันในแต่ละตอน มีค่าแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

** แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ตารางผนวกที่ 35 ผลของสารละลายธาตุอาหาร 5 สูตร ในวัสดุปลูก 3 ชนิด ที่มีต่อน้ำหนักแห้ง (กรัมต่อต้น) ของผักกาดหอม Green Oak อายุ 2 สัปดาห์ จำนวน 5 ซ้ำ

วัสดุปลูก	สารละลายธาตุอาหาร ^{/2}					เฉลี่ย ^{/3}
	Enshi	M&T ^{/1}	M&T	M&T	M&T	
		105	125	150	175	
เพอร์ไลต์ 3 มม.	0.040bcd	0.048abc	0.034cde	0.030de	0.060a	0.042
เพอร์ไลต์ 3 มม. + เวอร์มิคูไลต์	0.062a	0.053ab	0.021e	0.041bcd	0.051ab	0.045
ลูกเต้า = 3:1						
เพอร์ไลต์ 3 มม. + เวอร์มิคูไลต์	0.052ab	0.048abc	0.047abc	0.050ab	0.046abcd	0.049
แผ่นเกล็ด = 3:1						
เฉลี่ย ^{/4}	0.050A	0.050A	0.034B	0.040AB	0.052A	-

F-test

N (Nutrient) = ns

S (Substrate) = ns

N×S = * ; LSD_{.05} = 0.02

C.V.

C.V.(a)= 30.75 %

C.V.(b)= 20.13 %

หมายเหตุ ^{/1} M&T = ความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน (มิลลิกรัมต่อลิตร) ในสารละลายธาตุอาหาร สูตร Machlis and Torrey

^{/2} ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกันในกลุ่มข้อมูล มีค่าแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

^{/3} ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกันในแต่ละตัว มีค่าแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

^{/4} ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกันในแต่ละตัว มีค่าแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

* แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ตารางผนวกที่ 36 ผลของสารละลายธาตุอาหาร 5 สูตร ในวัสดุปลูก 3 ชนิด ที่มีต่อน้ำหนักแห้ง (กรัมต่อต้น) ของผักกาดหอม Green Oak อายุ 3 สัปดาห์ จำนวน 5 ซ้ำ

วัสดุปลูก	สารละลายธาตุอาหาร ^{/2}					เฉลี่ย ^{/3}
	Enshi	M&T ^{/1}	M&T	M&T	M&T	
		105	125	150	175	
เพอร์ไลต์ 3 มม.	0.16de	0.18bcd	0.15e	0.15ef	0.12f	0.15z
เพอร์ไลต์ 3 มม. + เวอร์มิคูไลต์	0.15e	0.19b	0.15e	0.16de	0.19bc	0.17y
ลูกเต้า = 3:1						
เพอร์ไลต์ 3 มม. + เวอร์มิคูไลต์	0.16cde	0.23a	0.17bcde	0.18bcd	0.17bcde	0.18x
แผ่นเกล็ด = 3:1						
เฉลี่ย ^{/4}	0.16B	0.20A	0.16B	0.16B	0.16B	-

F-test

N (Nutrient)	= ** ;	LSD _{.05} = 0.02
S (Substrate)	= ** ;	LSD _{.05} = 0.01
N×S	= * ;	LSD _{.05} = 0.03

C.V.

C.V.(a)=	12.65 %
C.V.(b)=	13.27 %

หมายเหตุ ^{/1} M&T = ความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน (มิลลิกรัมต่อลิตร) ในสารละลายธาตุอาหาร สูตร Machlis and Torrey

^{/2} ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกันในกลุ่มข้อมูล มีค่าแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

^{/3} ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกันในแต่ละตัว มีค่าแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

^{/4} ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกันในแต่ละตอน มีค่าแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

* แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

** แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ตารางผนวกที่ 37 ผลของสารละลายธาตุอาหาร 5 สูตร ในวัสดุปลูก 3 ชนิด ที่มีต่อน้ำหนักแห้ง (กรัมต่อต้น) ของผักกาดหอม Green Oak อายุ 4 สัปดาห์ จำนวน 5 ซ้ำ

วัสดุปลูก	สารละลายธาตุอาหาร ^{/2}					เฉลี่ย ^{/3}
	Enshi	M&T ^{/1}	M&T	M&T	M&T	
		105	125	150	175	
เพอร์ไลต์ 3 มม.	0.36cd	0.26ef	0.23fg	0.18g	0.28ef	0.26y
เพอร์ไลต์ 3 มม. + เวอร์มิคูไลต์ ลูกเต๋า = 3:1	0.38bcd	0.24fg	0.42abc	0.27ef	0.45ab	0.35x
เพอร์ไลต์ 3 มม. + เวอร์มิคูไลต์ แผ่นเกล็ด = 3:1	0.40abc	0.40abc	0.46a	0.26ef	0.32de	0.37x
เฉลี่ย ^{/4}	0.38A	0.30B	0.37A	0.24C	0.35A	-

F-test

N (Nutrient) = ** ; LSD_{.05} = 0.04

S (Substrate) = ** ; LSD_{.05} = 0.03

N×S = ** ; LSD_{.05} = 0.07

C.V.

C.V.(a)= 17.39 %

C.V.(b)= 20.86 %

หมายเหตุ ^{/1} M&T = ความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน (มิลลิกรัมต่อลิตร) ในสารละลายธาตุอาหาร สูตร Machlis and Torrey

^{/2} ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกันในกลุ่มข้อมูล มีค่าแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

^{/3} ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกันในแต่ละตัว มีค่าแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

^{/4} ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกันในแต่ละตอน มีค่าแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

** แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ตารางผนวกที่ 38 ผลของสารละลายธาตุอาหาร 5 สูตร ในวัสดุปลูก 3 ชนิด ที่มีต่อน้ำหนักแห้ง (กรัมต่อต้น) ของผักกาดหอม Green Oak อายุ 5 สัปดาห์ จำนวน 5 ซ้ำ

วัสดุปลูก	สารละลายธาตุอาหาร ^{/2}					เฉลี่ย ^{/3}
	Enshi	M&T ^{/1}	M&T	M&T	M&T	
		105	125	150	175	
เพอร์ไลต์ 3 มม.	2.67cde	2.60cdef	2.46def	1.57g	3.57a	2.57y
เพอร์ไลต์ 3 มม. + เวอร์มิคูไลต์ ลูกเต๋า = 3:1	3.25ab	2.87bcd	2.96bc	2.18f	3.55a	2.96x
เพอร์ไลต์ 3 มม. + เวอร์มิคูไลต์ แผ่นเกล็ด = 3:1	2.93bc	2.75cd	2.31ef	1.60g	2.81cd	2.48y
เฉลี่ย ^{/4}	2.95B	2.74BC	2.58C	1.78D	3.31A	-

F-test

N (Nutrient) = ** ; LSD_{.05} = 0.24

S (Substrate) = ** ; LSD_{.05} = 0.19

N×S = * ; LSD_{.05} = 0.42

C.V.

C.V.(a)= 17.36 %

C.V.(b)= 17.82 %

หมายเหตุ ^{/1} M&T = ความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน (มิลลิกรัมต่อลิตร) ในสารละลายธาตุอาหาร สูตร Machlis and Torrey

^{/2} ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกันในกลุ่มข้อมูล มีค่าแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

^{/3} ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกันในแต่ละตัว มีค่าแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

^{/4} ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกันในแต่ละตอน มีค่าแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

* แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

** แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ตารางผนวกที่ 39 ความสูงต้น (เซนติเมตร) ของผักกาดหอม Green Oak ในวัสดุปลูก 7 ชนิด ซึ่งให้สารละลายธาตุอาหารสูตร Machlis and Torrey ระดับความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน 175 มิลลิกรัมต่อลิตร จำนวน 5 ซ้ำ

วัสดุปลูก	สัปดาห์ ^{/1}				
	1	2	3	4	5
เพอร์ไลต์ 3 มม.	4.33bc	7.00b	7.75b	15.00ab	17.20ab
เพอร์ไลต์ 2 มม.	4.33bc	7.33ab	8.33b	14.00bcd	16.90abc
เวอร์มิคูไลต์ลูกเต๋า	4.67abc	5.67c	8.33b	14.43abc	17.20ab
เพอร์ไลต์ 3 มม. + เวอร์มิคูไลต์	4.00c	8.33a	10.50a	13.33d	15.50bc
ลูกเต๋า = 1:2					
เพอร์ไลต์ 3 มม. + เวอร์มิคูไลต์	4.00c	5.67c	10.50a	13.50cd	16.90abc
ลูกเต๋า = 1:1					
เพอร์ไลต์ 3 มม. + เวอร์มิคูไลต์	5.00ab	8.00ab	8.20b	13.00d	15.30c
ลูกเต๋า = 2:1					
เพอร์ไลต์ 3 มม. + เวอร์มิคูไลต์	5.33a	8.00ab	11.25a	15.33a	18.40a
ลูกเต๋า = 3:1					
Mean	4.52±0.60	7.14±1.19	9.27±1.54	14.09±1.24	16.77±2.09
F-test	*	**	**	**	*
LSD _{.05}	0.76	1.21	1.09	1.08	1.72
C.V. (%)	9.60	9.70	8.9	7.00	11.50

หมายเหตุ ^{/1} ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกันในแนวตั้งมีค่าแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

* แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

** แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ตารางผนวกที่ 40 จำนวนใบ (ใบต่อต้น) ของผักกาดหอม Green Oak ในวัสดุปลูก 7 ชนิด ซึ่งให้สารละลายธาตุอาหารสูตร Machlis and Torrey ระดับความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน 175 มิลลิกรัมต่อลิตร จำนวน 5 ซ้ำ

วัสดุปลูก	สัปดาห์ ^{/1}				
	1	2	3	4	5
เพอร์ไลต์ 3 มม.	6.33	6.33	8.00	10.57	13.40bc
เพอร์ไลต์ 2 มม.	6.33	6.33	8.00	10.14	13.90bc
เวอร์มิคูไลต์ลูกเต๋า	6.00	6.33	8.40	11.86	16.30a
เพอร์ไลต์ 3 มม. + เวอร์มิคูไลต์	6.00	7.00	7.60	9.86	14.00bc
ลูกเต๋า = 1:2					
เพอร์ไลต์ 3 มม. + เวอร์มิคูไลต์	5.33	6.67	7.40	11.14	15.20ab
ลูกเต๋า = 1:1					
เพอร์ไลต์ 3 มม. + เวอร์มิคูไลต์	6.00	7.33	7.60	11.00	12.90c
ลูกเต๋า = 2:1					
เพอร์ไลต์ 3 มม. + เวอร์มิคูไลต์	6.67	7.33	7.60	11.71	16.50a
ลูกเต๋า = 3:1					
Mean	6.10 $\pm$ 0.70	6.76 $\pm$ 0.70	7.80 $\pm$ 0.68	10.90 $\pm$ 1.48	14.60 $\pm$ 2.75
F-test	ns	ns	ns	ns	**
LSD _{.05}	-	-	-	-	2.25
C.V. (%)	11.30	9.70	8.40	12.70	17.30

หมายเหตุ ^{/1} ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกันในแนวดิ่ง มีค่าแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

** แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ตารางผนวกที่ 41 ขนาดทรงพุ่ม (เซนติเมตร) ของผักกาดหอม Green Oak ในวัสดุปลูก 7 ชนิด ซึ่งให้สารละลายธาตุอาหารสูตร Machlis and Torrey ระดับความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน 175 มิลลิกรัมต่อลิตร จำนวน 5 ครั้ง

วัสดุปลูก	สัปดาห์ ^{/1}				
	1	2	3	4	5
เพอร์ไลต์ 3 มม.	4.00	6.67ab	7.00	15.30a	16.50a
เพอร์ไลต์ 2 มม.	4.33	5.33bc	7.25	14.30abc	17.00a
เวอร์มิคูไลต์ลูกเต๋า	4.00	5.00c	7.25	13.86bcd	17.40a
เพอร์ไลต์ 3 มม. + เวอร์มิคูไลต์	4.33	6.67ab	8.00	13.15cd	13.70b
ลูกเต๋า = 1:2					
เพอร์ไลต์ 3 มม. + เวอร์มิคูไลต์	4.33	5.33bc	7.50	14.86ab	15.90a
ลูกเต๋า = 1:1					
เพอร์ไลต์ 3 มม. + เวอร์มิคูไลต์	5.33	6.33bc	6.67	12.86d	12.90b
ลูกเต๋า = 2:1					
เพอร์ไลต์ 3 มม. + เวอร์มิคูไลต์	5.00	8.00a	7.50	13.86bcd	17.50a
ลูกเต๋า = 3:1					
Mean	4.48 $\pm$ 0.93	6.19 $\pm$ 1.25	7.31 $\pm$ 0.68	14.03 $\pm$ 1.35	15.84 $\pm$ 2.67
F-test	ns	*	ns	**	**
LSD _{.05}	-	1.58	-	1.16	1.92
C.V. (%)	21.20	14.50	8.50	7.60	13.60

หมายเหตุ ^{/1} ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกันในแนวดิ่ง มีค่าแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

* แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

** แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ตารางผนวกที่ 42 ความยาวราก (เซนติเมตร) ของผักกาดหอม Green Oak ในวัสดุปลูก 7 ชนิด ซึ่งให้สารละลายธาตุอาหารสูตร Machlis and Torrey ระดับความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน 175 มิลลิกรัมต่อลิตร จำนวน 5 ชั่วโมง

วัสดุปลูก	สัปดาห์ ^{/1}				
	1	2	3	4	5
เพอร์ไลต์ 3 มม.	5.33	5.33	7.00abc	13.14a	11.50bc
เพอร์ไลต์ 2 มม.	5.33	5.33	6.00cd	7.86c	10.30bc
เวอร์มิคูไลต์ลูกเต๋า	5.67	5.67	5.60d	8.57bc	12.20ab
เพอร์ไลต์ 3 มม. + เวอร์มิคูไลต์	5.00	5.50	6.25abcd	10.86ab	11.30bc
ลูกเต๋า = 1:2					
เพอร์ไลต์ 3 มม. + เวอร์มิคูไลต์	5.00	6.00	6.20bcd	10.14bc	11.40bc
ลูกเต๋า = 1:1					
เพอร์ไลต์ 3 มม. + เวอร์มิคูไลต์	6.33	5.50	7.50a	9.00bc	9.20c
ลูกเต๋า = 2:1					
เพอร์ไลต์ 3 มม. + เวอร์มิคูไลต์	6.00	5.67	7.33ab	10.57abc	14.50a
ลูกเต๋า = 3:1					
Mean	5.52±0.98	5.57±0.51	6.55±1.09	10.02±2.95	11.49±3.45
F-test	ns	ns	*	*	*
LSD _{.05}	-	1.04	1.26	2.83	2.89
C.V. (%)	18.50	10.40	14.90	26.20	28.20

หมายเหตุ ^{/1} ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกันในแต่ละแถว มีค่าแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

* แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ตารางผนวกที่ 43 น้ำหนักสด (กรัมต่อต้น) ของผักกาดหอม Green Oak ในวัสดุปลูก 7 ชนิด ซึ่งให้สารละลายธาตุอาหารสูตร Machlis and Torrey ระดับความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน 175 มิลลิกรัมต่อลิตร จำนวน 5 ซ้ำ

วัสดุปลูก	สัปดาห์ ^{/1}				
	1	2	3	4	5
เพอร์ไลต์ 3 มม.	0.20b	0.65ab	1.39bc	10.40b	30.66b
เพอร์ไลต์ 2 มม.	0.23b	0.50b	1.35c	9.70b	28.88b
เวอร์มิคูไลต์ลูกเต๋า	0.21b	0.47b	1.49ab	10.04b	30.38b
เพอร์ไลต์ 3 มม. + เวอร์มิคูไลต์	0.15b	0.78ab	1.38bc	10.34b	30.41b
ลูกเต๋า = 1:2					
เพอร์ไลต์ 3 มม. + เวอร์มิคูไลต์	0.14b	0.48b	1.49ab	10.09b	28.77b
ลูกเต๋า = 1:1					
เพอร์ไลต์ 3 มม. + เวอร์มิคูไลต์	0.43a	0.96a	1.35c	10.32b	30.98b
ลูกเต๋า = 2:1					
เพอร์ไลต์ 3 มม. + เวอร์มิคูไลต์	0.44a	0.83a	1.53a	15.11a	35.92a
ลูกเต๋า = 3:1					
Mean	0.26 $\pm$ 0.13	0.67 $\pm$ 0.24	1.42 $\pm$ 0.12	10.86 $\pm$ 2.21	30.86 $\pm$ 4.73
F-test	**	*	*	**	*
LSD _{.05}	0.10	0.32	0.13	1.53	3.90
C.V. (%)	22.60	27.70	6.60	13.10	14.10

หมายเหตุ ^{/1} ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกันในแนวดิ่ง มีค่าแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

* แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

** แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ตารางผนวกที่ 44 น้ำหนักแห้ง (กรัมต่อต้น) ของผักกาดหอม Green Oak ในวัสดุปลูก 7 ชนิด ซึ่งให้สารละลายธาตุอาหารสูตร Machlis and Torrey ระดับความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน 175 มิลลิกรัมต่อลิตร จำนวน 5 ชั่วโมง

วัสดุปลูก	สัปดาห์ ^{/1}				
	1	2	3	4	5
เพอร์ไลต์ 3 มม.	0.030b	0.050bcd	0.106a	0.99b	3.37ab
เพอร์ไลต์ 2 มม.	0.027b	0.037cd	0.087b	0.97b	3.04b
เวอร์มิคูไลต์ลูกเต๋า	0.027b	0.033d	0.107a	0.98b	3.23ab
เพอร์ไลต์ 3 มม. + เวอร์มิคูไลต์	0.017b	0.053abc	0.086b	1.00b	3.26ab
ลูกเต๋า = 1:2					
เพอร์ไลต์ 3 มม. + เวอร์มิคูไลต์	0.020b	0.037cd	0.079b	0.97b	3.13ab
ลูกเต๋า = 1:1					
เพอร์ไลต์ 3 มม. + เวอร์มิคูไลต์	0.053a	0.067ab	0.090ab	1.01b	3.39ab
ลูกเต๋า = 2:1					
เพอร์ไลต์ 3 มม. + เวอร์มิคูไลต์	0.050a	0.070a	0.096ab	1.72a	3.65a
ลูกเต๋า = 3:1					
Mean	0.032 $\pm$ 0.02	0.050 $\pm$ 0.02	0.093 $\pm$ 0.02	1.09 $\pm$ 0.28	3.29 $\pm$ 0.62
F-test	**	**	*	**	**
LSD _{.05}	0.018	0.018	0.018	0.11	0.55
C.V. (%)	32.10	21.10	14.40	9.70	18.90

หมายเหตุ ^{/1} ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกันในแต่ละแถว มีค่าแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์
 ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ
 ** แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์



เพาะเมล็ด



สัปดาห์ที่ 1



สัปดาห์ที่ 2



สัปดาห์ที่ 3



สัปดาห์ที่ 4



สัปดาห์ที่ 5

ภาพผนวกที่ 1 การงอกของเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอม Green Oak ในวัสดุปลูก 12 ชนิด และการเจริญเติบโตของผักกาดหอม Green Oak ในวัสดุปลูก 10 ชนิด ซึ่งให้สารละลายธาตุอาหารสูตร Machlis and Torrey (1965)



ภาพผนวกที่ 2 การเจริญเติบโตของผักกาดหอม Green Oak ซึ่งให้สารละลายธาตุอาหารสูตร Machlis and Torrey ระดับความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน 175 มิลลิกรัมต่อลิตร ในวัสดุปลูกเพอร์ไลต์ 3 มิลลิเมตร ผสมเวอร์มิคูไลต์ลูกเต๋า อัตราส่วน 3:1 ในการทดลองที่ 2



ภาพผนวกที่ 3 การเจริญเติบโตของผักกาดหอม Green Oak ซึ่งให้สารละลายธาตุอาหารสูตร Machlis and Torrey ระดับความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน 175 มิลลิกรัมต่อลิตร ในวัสดุปลูกเพอร์ไลต์ 3 มิลลิเมตร ผสมเวอร์มิคูไลต์ลูกเต๋า อัตราส่วน 3:1 ในการทดลองที่ 3

ประวัติการศึกษาและการทำงาน

ชื่อ-นามสกุล	นางสาวมียดา นาเอก
วัน เดือน ปี ที่เกิด	11 ตุลาคม 2526
สถานที่เกิด	กรุงเทพมหานคร
ประวัติการศึกษา	วิทยาศาสตรบัณฑิต (วนศาสตร์) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	เจ้าหน้าที่วิเคราะห์นโยบายและแผน
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	กรมพัฒนาที่ดิน
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์