ผลของไคโทซานและแหล่งไนโตรเจนที่มีต่อคุณภาพและการเก็บรักษาหลังการเก็บเกี่ยวของผักสลัด ‘เรดโอ๊ก’ ที่ปลูกด้วยวิธีไฮโดรพอนิก

นางสาวศรีรัตน์ รอดณรงค์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาพฤกษศาสตร์ ภาควิชาพฤกษศาสตร์
คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2554

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)
เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย
The abstract and full text of theses from the academic year 2011 in Chulalongkorn University Intellectual Repository(CUIR)
are the thesis authors' files submitted through the Graduate School.

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

EFFECTS OF CHITOSAN AND NITROGEN SOURCES ON POSTHARVEST QUALITY AND STORAGE OF 'RED OAK' LETTUCE CULTIVATED BY HYDROPONIC METHOD

Miss Srirat Rodnaronk

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science Program in Botany
Department of Botany
Faculty of Science
Chulalongkorn University
Academic Year 2011

Copyright of chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ผลของไคโทซานและแหล่งไนโตรเจนที่มีต่อคุณภาพและการเก็บรักษาหลังการเก็บเกี่ยวของผักสลัด ‘เรดโอ๊ก’ ที่ปลูกด้วยวิธีไฮโดรพอนิก
โดย	นางสาวศรีรัตน์ รอดณรงค์
สาขาวิชา	พฤกษศาสตร์
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	รองศาสตราจารย์ ดร.ศุภจิตรา ชัชวาลย์
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กนกวรรณ เสรีภาพ

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

…….. คณบดีคณะวิทยาศาสตร์
(ศาสตราจารย์ ดร.สุพจน์ หารหนองบัว)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

…… ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชุมพล คุณวาสี)

…….. อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(รองศาสตราจารย์ ดร.ศุภจิตรา ชัชวาลย์)

…… อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กนกวรรณ เสรีภาพ)

…… กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.ปรีดา บุญ-หลง)

…… กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ พัชรา ลิมปนะเวช)

ศรีรัตน์ รอดณรงค์ : ผลของไคโทซานและแหล่งไนโตรเจนที่มีต่อคุณภาพและการเก็บรักษาหลังการเก็บเกี่ยวของผักสลัด ‘เรดโอ๊ก’ ที่ปลูกด้วยวิธีไฮโดรพอนิก. (EFFECTS OF CHITOSAN AND NITROGEN SOURCES ON POSTHARVEST QUALITY AND STORAGE OF ‘RED OAK’ LETTUCE CULTIVATED BY HYDROPONIC METHOD) อ. ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: รศ.ดร. ศุภจิตรา ชัชวาลย์, อ. ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม: ผศ.ดร.กนกวรรณ เสรีภาพ 106 หน้า.

การศึกษาผลของไคโทซานและแหล่งไนโตรเจนที่มีต่อคุณภาพและการเก็บรักษาหลังการเก็บเกี่ยวของผักสลัด ‘เรดโอ๊ก’ ที่ปลูกด้วยวิธีไฮโดรพอนิก สำหรับไคโทซานที่ใช้ในการทดลองมี 2 ชนิด คือ ชนิดโอลิโกเมอร์ (O80) และชนิดโพลิเมอร์ (P80) ที่มีเปอร์เซ็นต์ Deacetylation เท่ากับ 80 ที่ความเข้มข้น 0.1 1.0 และ 5.0 mg/L โดยใส่ลงในสารละลายธาตุอาหารที่ดัดแปลงจากสูตร Hoagland ในการทดลองนี้จะทำการปลูก 3 ครั้งในช่วงระยะเวลา 1 ปี จากการทดลองพบว่าทุกชุดการทดลองที่มีการให้ไคโทซาน ผักสลัดจะมีการเจริญเติบโตที่ดีกว่าชุดควบคุม โดยชุดการทดลองที่มีการให้ไคโทซาน O80 ที่ความเข้มข้น 5 mg/L เป็นความเข้มข้นที่เหมาะสมที่สุด สามารถทำให้ผักสลัดมีน้ำหนักสดต่อต้น จำนวนใบ และน้ำหนักแห้งมากกว่าชุดการทดลองควบคุม และเมื่อทำการเก็บรักษาผักสลัดไว้ที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 วัน เพื่อศึกษาผลของไคโทซานที่มีต่อคุณภาพผลผลิตหลังการเก็บรักษา พบว่าชุดการทดลองที่มีการให้ไคโทซานชนิด O80 ที่ความเข้มข้น 5 mg/L มีคะแนนคุณลักษณะภายนอกที่ปรากฏสูงที่สุด และมีการสูญเสียน้ำหนักสดน้อยกว่าชุดการทดลองควบคุมที่ไม่มีการให้ไคโทซาน นอกจากนี้ชุดการทดลองที่มีการให้ไคโทซาน O80 ที่ความเข้มข้น 5 mg/L และไคโทซาน P80 ที่ความเข้มข้น 0.1 mg/L ถูกเลือกเพื่อมาศึกษาปริมาณ ascorbic acid ปริมาณสารสี และปริมาณเส้นใยของผักสลัด พบว่าชุดการทดลองที่มีการให้ไคโทซาน O80 ที่ความเข้มข้น 5 mg/L มีแนวโน้มที่จะมีปริมาณ ascorbic acid ปริมาณสารสี และปริมาณเส้นใยเพิ่มขึ้นมากกว่าชุดการทดลองควบคุม เมื่อปลูกเลี้ยงผักสลัด ‘เรดโอ๊ก’ในสารละลายธาตุอาหารที่ดัดแปลงจากสูตร Hoagland โดยมีไนเตรทเป็นแหล่งให้ไนโตรเจน จะมีปริมาณไนเตรทสะสมเฉลี่ย 2.1 mg/g FW และเมื่อเพิ่มสัดส่วนของเกลือแอมโมเนียม 20% เพื่อแทนที่ไนเตรท ในสารละลายธาตุอาหาร พบว่าสามารถลดปริมาณไนเตรทได้ถึง 21.4% และสามารถกระตุ้นการเจริญเติบโตได้มากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ การให้ไคโทซาน O80 ความเข้มข้น 5 mg/Lในสารละลายธาตุอาหาร สามารถลดปริมาณไนเตรทในผักสลัดได้ถึง 30% เมื่อทำการเปรียบเทียบปริมาณไนเตรทของผักสลัดที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ดัดแปลงจากสูตร Hoagland นอกจากนั้นยังสามารถเพิ่มน้ำหนักสดของผักสลัดได้ถึง 21% จากผลการทดลองทั้งหมดสามารถสรุปได้ว่าการปลูกผักสลัด ‘เรดโอ๊ก’ ในสารละลายธาตุอาหารโดยมีสัดส่วนของเกลือแอมโมเนียม 20% เพื่อแทนที่ไนเตรท ร่วมกับการให้ไคโทซาน O80 ที่ความเข้มข้น 5 mg/L ทำให้ผักสลัดมีปริมาณและคุณภาพดีที่สุด

ภาควิชา.....พฤกษศาสตร์..... ลายมือชื่อนิสิต.....

สาขาวิชา.....พฤกษศาสตร์..... ลายมือชื่ออ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก……

ปีการศึกษา……2554…… ลายมือชื่ออ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม.....

5272553123 : MAJOR BOTANY
KEYWORDS: CHITOSAN / LETTUCE / RED OAK / GROWTH / NITRATE / AMMONIUM

SRIRAT RODNARONK : EFFECTS OF CHITOSAN AND NITROGEN SOURCES ON POSTHARVEST QUALITY AND STORAGE OF 'RED OAK' LETTUCE CULTIVATED BY HYDROPONIC METHOD. ADVISOR : ASSOC. PROF. SUPACHITRA CHADCHAWAN, Ph.D., CO-ADVISOR ; ASST. PROF. KANOGWAN SERAYPHEAP, Ph.D., 106 pp.

The objective of this work was aimed to study the effect of chitosan and nitrogen sources on postharvest quality and storage of 'Red Oak' lettuce cultivated by hydroponic method. Two types of chitosan molecules, oligomeric and polymeric chitosan with 80% degree of deacetylation, namely O80 and P80, respectively, at three concentrations, 0.1, 1.0, and 5.0 mg/L were added to modified Hoagland nutrient solution. The experiments were performed with three crops during one year (2010-2011). The results showed that chitosan treatments positively affected on all parameter. Application of 5 mg/L O80 is the most appropriate chitosan treatment to increase fresh weight, the number of leaves and dry weight. After storage at 8 ^{o}C for 10 days, the 'Red Oak' lettuce, grown under 5 mg/L O80 treatment, showed the highest overall appearance score. It could maintain the lowest fresh weight loss, when compared to the control without chitosan treatment. Moreover, Chitosan O80 at 5 mg/L and P80 at 0.1 mg/L were selected for studying the ascorbic acid, photosynthetic pigment and fiber contents. The application of 5 mg/L O80 chitosan tended to increase ascorbic acid, photosynthetic pigments and fiber content. When the lettuce was grown with the modified Hoagland nutrient solution, which contains NO_3^- salts as the nitrogen source, up to 2.1 mg/g FW of nitrate was detected. When 20% of nitrate salts in the nutrient solution were substituted by the ammonium salt (NH_4^+), the nitrate content was decreased by 21.4%, with the significant increase in fresh weight. The addition of 5 mg/L O80 chitosan significant decrease nitrate content in lettuce at harvest to 30%, compared to the nitrate level detected in the lettuce grown in modified Hoagland solution. Moreover, the fresh weight of the lettuce was also increased by 21%. Altogether with these experiments, the recommended nutrient solution for 'Red Oak' lettuce production was the modified Hoagland solution with 20 % ammonium salt substitution of the nitrate salts and addition of 5 mg/L of O80 chitosan in order to get the best lettuce quality and quantity.

Department : Botany	Student's Signature
Field of Study : Botany	Advisor's Signature
Academic Year : 2011	Co-advisor's Signature

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. ศุภจิตรา ชัชวาลย์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. กนกวรรณ เสรีภาพ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ที่กรุณาให้คำแนะนำ คำปรึกษา และข้อคิดเห็นอันเป็นประโยชน์ยิ่ง ตลอดจนตรวจสอบแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชุมพล คุณวาสี ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ พัชรา ลิมปนะเวช และ รองศาสตราจารย์ ดร. ปรีดา บุญ-หลง กรรมการผู้ตรวจแก้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. รัฐ พิชญางกูร ที่ให้ความอนุเคราะห์สารไคโทซานชนิดต่างๆ ที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้

ขอขอบคุณทุนอุดหนุนจากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) สาขาวิทยาศาสตร์และบริษัท เอซีเค ไฮโดรฟาร์ม จำกัดภายใต้โครงการเชื่อมโยงการผลิตกับงานวิจัย ทุนสกว.-อุตสาหกรรม และเงินงบประมาณแผ่นดินประจำปี 2554 ภายใต้แผนงานวิจัยอนุรักษ์และการใช้ประโยชน์ความหลากหลายทางชีวภาพ และศูนย์เชี่ยวชาญเฉพาะทางด้านความหลากหลายทางชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (CEB_M73_2011)

ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่และครอบครัวสำหรับความรัก กำลังใจ การสนับสนุนและความช่วยเหลือทุกอย่างที่มีให้ตลอดมา

ขอขอบคุณ ภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ในการทำวิจัย และขอขอบคุณ คุณธเนศ จิระพรประเสริฐ คุณมัลลิกา บุญฤทธิ์ คุณจักรี เหล็กกล้า คุณณัฐวดี จินตโกวิท คุณรัฐธิภา ธนารักษ์ คุณศิริพร ศรีภิญโญวณิชย์ คุณหนึ่งฤทัย คณานนท์ คุณเพทาย จรูญนารถ นิสิตทุกท่านรวมถึงนักวิทยาศาสตร์ในหน่วยปฏิบัติการวิจัยสิ่งแวดล้อมและสรีรวิทยาพืชทุกท่าน รวมถึงเพื่อนๆทุกๆคนทั้งในและนอกภาควิชา และคุณอรรณพ นาคะสนธิ์ คุณนาตยา ทับทัง คุณมธุรส ศรีรัตนรัฐ และคุณเบญจมาส รสโสภา สำหรับความช่วยเหลือ คำแนะนำ กำลังใจ และร่วมแก้ไขปัญหาต่างๆตลอดมา

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ

กิตติกรรมประกาศ..... ฉ

สารบัญ..... ช

สารบัญตาราง..... ฌ

สารบัญภาพ..... ฎ

บทที่ 1 บทนำ..... 1

บทที่ 2 การตรวจเอกสาร..... 5

บทที่ 3 วัสดุอุปกรณ์และวิธีการทดลอง..... 20

อุปกรณ์การศึกษา..... 20

วิธีการศึกษา..... 22

บทที่ 4 ผลการทดลอง..... 28

ผลของชนิดและความเข้มข้มของไคโทซานที่มีต่อการเจริญเติบโตของผักสลัด..... 28

ผลของชนิดและความเข้มข้นของไคโทซานที่มีต่ออายุหลังการเก็บเกี่ยวและลักษณะภายนอกของผักสลัด..... 38

ผลของไคโทซานที่มีต่อปริมาณ ascorbic acid ปริมาณสารสี และปริมาณเส้นใยของผักสลัด..... 45

ผลของการลดปริมาณไนเตรทตกค้างในผักสลัด..... 49

บทที่ 5 วิจารณ์ผลการทดลอง..... 53

ผลของชนิดและความเข้มข้นของไคโทซานที่มีต่อการเจริญเติบโตของผักสลัด..... 53

ผลของชนิดและความเข้มข้นของไคโทซานที่มีต่ออายุหลังการเก็บเกี่ยวและลักษณะภายนอกของผักสลัด..... 55

ผลของไคโทซานที่มีต่อปริมาณ ascorbic acid ปริมาณสารสี และปริมาณเส้นใยของผักสลัด..... 56

ผลของการลดปริมาณไนเตรทตกค้างในผักสลัด..... 58

หน้า

บทที่ 6 สรุปผลการทดลอง..... 61
ผลของชนิดและความเข้มข้นของไคโทซานที่มีต่อการเจริญเติบโตของผักสลัด..... 61
ผลของชนิดและความเข้มข้นของไคโทซานที่มีต่ออายุหลังการเก็บเกี่ยวและ
ลักษณะภายนอกของผักสลัด..... 61
ผลของไคโทซานที่มีต่อปริมาณ ascorbic acid ปริมาณสารสี และ
ปริมาณเส้นใยของผักสลัด..... 61
ผลของการลดปริมาณไนเตรทตกค้างในผักสลัด..... 62
รายการอ้างอิง..... 64
ภาคผนวก..... 75
ภาคผนวก ก..... 76
ภาคผนวก ข..... 83
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์..... 106

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	แสดงค่าสูงสุดของปริมาณไนเตรทที่ยอมรับได้ในผัก.....	17
ก.1	แสดงความเข้มข้นของธาตุอาหารในสารละลายธาตุอาหารซึ่งดัดแปลงจากสารละลายธาตุอาหารสูตร Hoagland.....	77
ก.2	สารเคมีในปริมาณที่เข้มข้น (stock solution) สำหรับเตรียมสารละลายธาตุอาหาร ซึ่งดัดแปลงจากสารละลายธาตุอาหารสูตร Hoagland.....	78
ก.3	ปริมาณสารเคมีสำหรับเตรียมสารละลายธาตุอาหารซึ่งดัดแปลงจากสารละลายธาตุอาหารสูตร Hoagland.....	79
ก.4	ปริมาณสารเคมีสำหรับเตรียมสารละลายธาตุอาหารสูตรดัดแปลง Hoagland ที่ทำการปรับลดสัดส่วนไนเตรทต่อแอมโมเนียม.....	79
ก.5	ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 540 nm.ของ ascorbic acid ที่ความเข้มข้น 0-40 mM.....	81
ก.6	ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 500 nm.ของไนเตรทที่ความเข้มข้น 0-88.6 mM.....	82
ข.1	แสดงน้ำหนักสดต่อต้นของผักสลัดพันธุ์เรดโอ๊กที่มีการให้ไคโทซานในสารละลายธาตุอาหาร เมื่อทำการปลูกในฤดูหนาว.....	84
ข.2	แสดงน้ำหนักสดต่อต้นของผักสลัดพันธุ์เรดโอ๊กที่มีการให้ไคโทซานในสารละลายธาตุอาหาร เมื่อทำการปลูกในฤดูร้อน.....	85
ข.3	แสดงน้ำหนักสดต่อต้นของผักสลัดพันธุ์เรดโอ๊กที่มีการให้ไคโทซานในสารละลายธาตุอาหาร เมื่อทำการปลูกในฤดูฝน.....	86
ข.4	แสดงจำนวนใบต่อต้นของผักสลัดพันธุ์เรดโอ๊กที่มีการให้ไคโทซานในสารละลายธาตุอาหาร เมื่อทำการปลูกในฤดูหนาว.....	87
ข.5	แสดงจำนวนใบต่อต้นของผักสลัดพันธุ์เรดโอ๊กที่มีการให้ไคโทซานในสารละลายธาตุอาหาร เมื่อทำการปลูกในฤดูร้อน.....	88
ข.6	แสดงจำนวนใบต่อต้นของผักสลัดพันธุ์เรดโอ๊กที่มีการให้ไคโทซานในสารละลายธาตุอาหาร เมื่อทำการปลูกในฤดูฝน.....	89

ตารางที่ **หน้า**

ข.7 แสดงน้ำหนักแห้งต่อต้นของผักสลัดพันธุ์เรดโอ๊กที่มีการให้ไคโทซาน ในสารละลายธาตุอาหาร เมื่อทำการปลูกในฤดูหนาว..... 90
ข.8 แสดงน้ำหนักแห้งต่อต้นของผักสลัดพันธุ์เรดโอ๊กที่มีการให้ไคโทซาน ในสารละลายธาตุอาหาร เมื่อทำการปลูกในฤดูร้อน..... 91
ข.9 แสดงน้ำหนักแห้งต่อต้นของผักสลัดพันธุ์เรดโอ๊กที่มีการให้ไคโทซาน ในสารละลายธาตุอาหาร เมื่อทำการปลูกในฤดูฝน..... 92
ข.10 แสดงคะแนนของลักษณะที่ปรากฏภายนอกหลังการเก็บเกี่ยวของ ผักสลัดพันธุ์เรดโอ๊กที่มีการให้ไคโทซานเมื่อทำการปลูกในฤดูหนาว..... 93
ข.11 แสดงคะแนนของลักษณะที่ปรากฏภายนอกหลังการเก็บเกี่ยวของ ผักสลัดพันธุ์เรดโอ๊กที่มีการให้ไคโทซาน เมื่อทำการปลูกในฤดูร้อน..... 94
ข.12 แสดงคะแนนของลักษณะที่ปรากฏภายนอกหลังการเก็บเกี่ยวของ ผักสลัดพันธุ์เรดโอ๊กที่มีการให้ไคโทซาน เมื่อทำการปลูกในฤดูฝน..... 95
ข.13 แสดงการสูญเสียน้ำหนักสดหลังการเก็บเกี่ยวของผักสลัดพันธุ์เรดโอ๊ก ที่มีการให้ไคโทซานในสารละลายธาตุอาหาร เมื่อทำการปลูกในฤดูหนาว..... 96
ข.14 แสดงการสูญเสียน้ำหนักสดหลังการเก็บเกี่ยวของผักสลัดพันธุ์เรดโอ๊ก ที่มีการให้ไคโทซานในสารละลายธาตุอาหาร เมื่อทำการปลูกในฤดูร้อน..... 97
ข.15 แสดงการสูญเสียน้ำหนักสดหลังการเก็บเกี่ยวของผักสลัดพันธุ์เรดโอ๊ก ที่มีการให้ไคโทซานในสารละลายธาตุอาหาร เมื่อทำการปลูกในฤดูฝน..... 98
ข.16 แสดงปริมาณ ascorbic acid ต่อต้นของผักสลัดพันธุ์เรดโอ๊กที่มี การให้ไคโทซานในสารละลายธาตุอาหาร เมื่อทำการปลูกในฤดูหนาว..... 99
ข.17 แสดงปริมาณ ascorbic acid ต่อต้นของผักสลัดพันธุ์เรดโอ๊กที่มี การให้ไคโทซานในสารละลายธาตุอาหาร เมื่อทำการปลูกในฤดูร้อน..... 99
ข.18 แสดงปริมาณ ascorbic acid ต่อต้นของผักสลัดพันธุ์เรดโอ๊กที่มี การให้ไคโทซานในสารละลายธาตุอาหาร เมื่อทำการปลูกในฤดูฝน..... 99
ข.19 แสดงปริมาณ คลอโรฟิลล์ *เอ* ต่อต้นของผักสลัดพันธุ์เรดโอ๊กที่มี การให้ไคโทซานในสารละลายธาตุอาหาร เมื่อทำการปลูกในฤดูหนาว..... 100

ตารางที่ **หน้า**

ข.20 แสดงปริมาณ คลอโรฟิลล์ *เอ* ต่อต้นของผักสลัดพันธุ์เรดโอ๊กที่มีการให้ไคโทซานในสารละลายธาตุอาหาร เมื่อทำการปลูกในฤดูร้อน..... 100
ข.21 แสดงปริมาณ คลอโรฟิลล์ *เอ* ต่อต้นของผักสลัดพันธุ์เรดโอ๊กที่มีการให้ไคโทซานในสารละลายธาตุอาหาร เมื่อทำการปลูกในฤดูฝน..... 100
ข.22 แสดงปริมาณ คลอโรฟิลล์ *บี* ต่อต้นของผักสลัดพันธุ์เรดโอ๊กที่มีการให้ไคโทซานในสารละลายธาตุอาหาร เมื่อทำการปลูกในฤดูหนาว..... 101
ข.23 แสดงปริมาณ คลอโรฟิลล์ *บี* ต่อต้นของผักสลัดพันธุ์เรดโอ๊กที่มีการให้ไคโทซานในสารละลายธาตุอาหาร เมื่อทำการปลูกในฤดูร้อน..... 101
ข.24 แสดงปริมาณ คลอโรฟิลล์ *บี* ต่อต้นของผักสลัดพันธุ์เรดโอ๊กที่มีการให้ไคโทซานในสารละลายธาตุอาหาร เมื่อทำการปลูกในฤดูฝน..... 101
ข.25 แสดงปริมาณแคโรทีนอยด์ต่อต้นของผักสลัดพันธุ์เรดโอ๊กที่มีการให้ไคโทซานในสารละลายธาตุอาหาร เมื่อทำการปลูกในฤดูหนาว..... 102
ข.26 แสดงปริมาณแคโรทีนอยด์ต่อต้นของผักสลัดพันธุ์เรดโอ๊กที่มีการให้ไคโทซานในสารละลายธาตุอาหาร เมื่อทำการปลูกในฤดูร้อน..... 102
ข.27 แสดงปริมาณแคโรทีนอยด์ต่อต้นของผักสลัดพันธุ์เรดโอ๊กที่มีการให้ไคโทซานในสารละลายธาตุอาหาร เมื่อทำการปลูกในฤดูฝน..... 102
ข.28 แสดงปริมาณเส้นใยต่อต้นของผักสลัดพันธุ์เรดโอ๊กที่มีการให้ไคโทซานในสารละลายธาตุอาหาร เมื่อทำการปลูกในฤดูหนาว..... 103
ข.29 แสดงปริมาณเส้นใยต่อต้นของผักสลัดพันธุ์เรดโอ๊กที่มีการให้ไคโทซานในสารละลายธาตุอาหาร เมื่อทำการปลูกในฤดูร้อน..... 103
ข.30 แสดงปริมาณเส้นใยต่อต้นของผักสลัดพันธุ์เรดโอ๊กที่มีการให้ไคโทซานในสารละลายธาตุอาหาร เมื่อทำการปลูกในฤดูฝน..... 103
ข.31 แสดงน้ำหนักสดต่อต้นของผักสลัดพันธุ์เรดโอ๊กที่มีการปรับลดสัดส่วนระหว่างไนเตรทต่อแอมโมเนียมร่วมกับการให้ไคโทซาน..... 104
ข.32 แสดงปริมาณไนเตรทต่อต้นของผักสลัดพันธุ์เรดโอ๊กที่มีการปรับลดสัดส่วนระหว่างไนเตรทต่อแอมโมเนียมร่วมกับการให้ไคโทซาน..... 105

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	โครงสร้างของไคทิน.....	10
2	โครงสร้างของไคโทซาน.....	10
3	การสังเคราะห์กรดอะมิโนในพืช.....	17
4	ปฏิกิริยาของฮีโมโกลบิน (hemoglobin) ของเม็ดเลือดแดง.....	18
5	แสดงน้ำหนักสดต่อต้นของผักสลัดพันธุ์เรดโอ๊กที่มีการให้ไคโทซาน ในสารละลายธาตุอาหาร เมื่อทำการปลูกในฤดูหนาว.....	30
6	แสดงน้ำหนักสดต่อต้นของผักสลัดพันธุ์เรดโอ๊กที่มีการให้ไคโทซาน ในสารละลายธาตุอาหาร เมื่อทำการปลูกในฤดูร้อน.....	31
7	แสดงน้ำหนักสดต่อต้นของผักสลัดพันธุ์เรดโอ๊กที่มีการให้ไคโทซาน ในสารละลายธาตุอาหาร เมื่อทำการปลูกในฤดูฝน.....	31
8	แสดงจำนวนใบต่อต้นของผักสลัดพันธุ์เรดโอ๊กที่มีการให้ไคโทซาน ในสารละลายธาตุอาหาร เมื่อทำการปลูกในฤดูหนาว.....	33
9	แสดงจำนวนใบต่อต้นของผักสลัดพันธุ์เรดโอ๊กที่มีการให้ไคโทซาน ในสารละลายธาตุอาหาร เมื่อทำการปลูกในฤดูร้อน.....	33
10	แสดงจำนวนใบต่อต้นของผักสลัดพันธุ์เรดโอ๊กที่มีการให้ไคโทซาน ในสารละลายธาตุอาหาร เมื่อทำการปลูกในฤดูฝน.....	34
11	แสดงน้ำหนักแห้งต่อต้นของผักสลัดพันธุ์เรดโอ๊กที่มีการให้ไคโทซาน ในสารละลายธาตุอาหาร เมื่อทำการปลูกในฤดูหนาว.....	36
12	แสดงน้ำหนักแห้งต่อต้นของผักสลัดพันธุ์เรดโอ๊กที่มีการให้ไคโทซาน ในสารละลายธาตุอาหาร เมื่อทำการปลูกในฤดูร้อน.....	36
13	แสดงน้ำหนักแห้งต่อต้นของผักสลัดพันธุ์เรดโอ๊กที่มีการให้ไคโทซาน ในสารละลายธาตุอาหาร เมื่อทำการปลูกในฤดูฝน.....	37
14	แสดงคะแนนของลักษณะที่ปรากฏภายนอกหลังการเก็บเกี่ยวของผักสลัด ที่มีการให้ไคโทซานในสารละลายธาตุอาหาร เมื่อทำการปลูกในฤดูหนาว.....	39
15	แสดงคะแนนของลักษณะที่ปรากฏภายนอกหลังการเก็บเกี่ยวของผักสลัด ที่มีการให้ไคโทซานในสารละลายธาตุอาหาร เมื่อทำการปลูกในฤดูร้อน.....	39

ภาพที่ **หน้า**

16 แสดงคะแนนของลักษณะที่ปรากฏภายนอกหลังการเก็บเกี่ยวของผักสลัด ที่มีการให้ไคโทซานในสารละลายธาตุอาหาร เมื่อทำการปลูกในฤดูฝน..... 40

17 แสดงคะแนนคุณลักษณะภายนอกของผักสลัด..... 41

18 แสดงการสูญเสียน้ำหนักสดหลังการเก็บเกี่ยวของผักสลัดที่มี การให้ไคโทซานในสารละลายธาตุอาหาร เมื่อทำการปลูกในฤดูหนาว..... 43

19 แสดงการสูญเสียน้ำหนักสดหลังการเก็บเกี่ยวของผักสลัดที่มี การให้ไคโทซานในสารละลายธาตุอาหาร เมื่อทำการปลูกในฤดูร้อน..... 43

20 แสดงการสูญเสียน้ำหนักสดหลังการเก็บเกี่ยวของผักสลัดที่มี การให้ไคโทซานในสารละลายธาตุอาหาร เมื่อทำการปลูกในฤดูฝน..... 44

21 แสดงปริมาณ ascorbic acid ต่อต้นของผักสลัดที่มีการให้ ไคโทซานในสารละลายธาตุอาหาร และทำการปลูกทั้ง 3 ช่วงฤดู..... 45

22 แสดงปริมาณ คลอโรฟิลล์ *เอ* ต่อต้นของผักสลัดที่มีการให้ ไคโทซานในสารละลายธาตุอาหาร และทำการปลูกทั้ง 3 ช่วงฤดู..... 46

23 แสดงปริมาณ คลอโรฟิลล์ *บี* ต่อต้นของผักสลัดที่มีการให้ ไคโทซานในสารละลายธาตุอาหาร และทำการปลูกทั้ง 3 ช่วงฤดู..... 47

24 แสดงปริมาณแคโรทีนอยด์ต่อต้นของผักสลัดที่มีการให้ ไคโทซานในสารละลายธาตุอาหาร และทำการปลูกทั้ง 3 ช่วงฤดู..... 47

25 แสดงปริมาณเส้นใยต่อต้นของผักสลัดที่มีการให้ไคโทซาน ในสารละลายธาตุอาหาร และทำการปลูกทั้ง 3 ช่วงฤดู..... 48

26 แสดงน้ำหนักสดต่อต้นของผักสลัดที่มีการปรับลดสัดส่วนไนเตรท ต่อแอมโมเนียมร่วมกับการให้ไคโทซานในสารละลายธาตุอาหาร..... 50

27 แสดงปริมาณไนเตรทต่อต้นของผักสลัดที่มีการปรับลดสัดส่วนระหว่าง ไนเตรทต่อแอมโมเนียมร่วมกับการให้ไคโทซานในสารละลายธาตุอาหาร..... 52

ก.1 แสดงค่ามาตรฐาน ascorbic acid..... 81

ก.2 แสดงค่ามาตรฐานปริมาณไนเตรท..... 82

บทที่ 1

บทนำ

1. ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันผู้บริโภคให้ความสนใจด้านสุขภาพร่างกายมากขึ้น ทำให้มีความต้องการบริโภคอาหารที่มีคุณค่า และปลอดภัยต่อร่างกาย ซึ่งพืชผักก็เป็นสิ่งหนึ่งที่ผู้บริโภคมีความต้องการมากขึ้น เนื่องจากผักมีคุณค่าทางอาหารมากมายเช่น วิตามิน เกลือแร่ (Shoamaker, 1949) โดยเฉพาะอย่างยิ่ง วิตามินซี และ เบต้า-แคโรทีน ซึ่งอาจช่วยป้องกันโรคหัวใจ โรคเบาหวาน และช่วยลดความเสี่ยงจากโรคมะเร็ง (เมฆ จันทน์ประยูร, 2541) ปัจจุบันได้มีการนำผักสลัดพันธุ์เรดโอ๊ก จากต่างประเทศมาปลูกซึ่งเป็นพันธุ์ที่ใบมีสีแดงปนเขียว โดยที่สีแดงเป็นสีของไบโอฟลาโวนอยด์ สามารถต้านอนุมูลอิสระได้เช่นเดียวกับแคโรทีนและยูบิควิโนน ในการผลิตผักสลัดนิยมทำการปลูกแบบไฮโดรพอนิก (hydroponics) ซึ่งเป็นการปลูกพืชบนสารละลายธาตุอาหารพืช รากของพืชจะสัมผัสกับธาตุอาหารพืชโดยตรง (โสระยา ร่วมรังสี, 2544) ทำให้พืชเจริญเติบโตได้ดีกว่าการปลูกพืชลงในดิน (ดิเรก ทองอร่าม, 2546) แต่ปัญหาที่พบในกระบวนการผลิต คือหลังการเก็บเกี่ยวผักจะเสื่อมคุณภาพลงอย่างรวดเร็ว สาเหตุที่ทำให้ผักสลัดมีอายุหลังการเก็บเกี่ยวสั้น เช่น การหายใจและการคายน้ำที่สูงขึ้น ทำให้รูปร่างและความยืดหยุ่นของผลผลิตพืชลดลงจนอ่อนนิ่มและเหี่ยวแห้ง ส่งผลให้ผลผลิตมีอายุการเก็บรักษาสั้น คุณภาพและคุณค่าทางอาหารลดลง (สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย, 2552)

ปัจจุบันได้มีการนำวัสดุจากธรรมชาติมาผลิตสารชีวภาพมากขึ้น ไคโทซานเป็นสารชีวภาพที่นิยมใช้อย่างกว้างขวางสามารถย่อยสลายได้เองตามธรรมชาติ ทั้งยังไม่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภค (Roller and Covill, 1999) จึงมีความปลอดภัยต่อการนำมาใช้ในการเกษตร เพื่อกระตุ้นการเจริญเติบโตและยืดอายุหลังการเก็บเกี่ยวได้ (สถิต พูลทรัพย์, 2543) Lee และคณะ (1999) พบว่าไคโทซานสามารถกระตุ้นให้ปากใบของมะเขือเทศ (*Lycopersicon esculentum* L.) เปิดแคบลงเหลือเพียงประมาณ 60% ซึ่งผลการทดลองนี้ก็สอดคล้องกับการทดลองในถั่ว *Phaseolus vulgaris* L.'Borlotto nano lingua di Fuoco' ซึ่งพบว่าไคโทซานสามารถลดการเปิดของปากใบได้ และในการทดลองที่มีการให้ไคโทซานทางใบแก่ต้นพริก ก็สามารถทำให้การคายน้ำลดลงได้ถึง

26-43% ส่งผลให้สามารถลดการใช้น้ำระหว่างการเพาะปลูกได้ (Bittelli *et al*., 2001) นอกจากนี้ไคโทซานยังสามารถเพิ่มจำนวนหัวและน้ำหนักต่อต้นของมันฝรั่งที่เลี้ยงในอาหารเลี้ยงเนื้อเยื่อและด้วยการฉีดพ่นในแปลงปลูก (Kowalski *et al*., 2006) การทดลองในเงาะ(*Nephelium lappaceum*) พบว่า ไคโทซานสามารถลดการสูญเสียน้ำหนักสดได้ เมื่อเก็บในอุณหภูมิ 25 และ 10 องศาเซลเซียส (Martinez-Castellanos *et al*., 2009) นอกจากนั้นไคโทซานที่ใช้สามารถจำแนกได้ 2 ชนิด คือ ชนิด Polymer และ ชนิด Oligomer ซึ่งพืชแต่ละชนิดมีความต้องการไคโทซานที่แตกต่างกันทั้งขนาดพอลิเมอร์ degree of deacetylation (%DD) และความเข้มข้น ดังนั้นจึงมีการทดลองในกล้วยไม้ *Dendrobium* 'EISKUL' โดยเมื่อใช้ไคโทซาน P70 และ P90 ที่ความเข้มข้น 10 และ 20 ppm พบว่าสามารถกระตุ้นการเพิ่มปริมาณของ protocorm-like bodies ได้ และเมื่อให้ไคโทซาน O80 ที่ความเข้มข้น 10 และ 50 ppm พบว่า คลอโรพลาสต์ในใบมีขนาดใหญ่ขึ้น (Limpanavech *et al*., 2008)

ในการปลูกพืชนั้น ไนเตรท (NO_3^-) เป็นรูปของธาตุไนโตรเจนที่พืชต้องการและดูดขึ้นไปใช้มากที่สุดในการเจริญเติบโต (Bennett, 1993) ไนไตรท์ถูกเปลี่ยนมาจากไนเตรท โดยมีเอนไซม์ nitrate reductase เป็นตัวกระตุ้น ซึ่งเป็นกระบวนการที่เกิดภายใน cytosol ในเซลล์พืชแล้วจะถูกส่งต่อเข้าไปในคลอโรพลาสท์ หลังจากนั้นพืชจะเปลี่ยนไนไตรท์เป็นแอมโมเนียด้วยเอนไซม์ nitrite reductase (Taiz and Zeiger, 2006) และเปลี่ยนเป็นกรดอะมิโนในพืชนั้น โดยอาศัยเอนไซม์หลายชนิดด้วยกัน ได้แก่เอนไซม์ glutamine synthase และเอนไซม์ glutamate synthase แล้วนำไปใช้ในกระบวนการต่างๆ ต่อไป (Smith and Wood, 1993) โดยพืชที่ได้รับปุ๋ยไนโตรเจนในรูปของไนเตรทอย่างเพียงพอ จะมีการเจริญเติบโตที่สมบูรณ์แต่ถ้าหากพืชได้รับปุ๋ยไนโตรเจนในรูปไนเตรทมากจนเกินไปจนใช้ไม่หมด ก็จะเกิดการสะสมอยู่ในส่วนต่างๆ ของต้นพืช โดยทางสหภาพยุโรปได้กำหนดค่าปริมาณไนเตรทตกค้างสูงสุดไว้ที่ 2500-4500 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (European Union SCF, 1995) หากมีการนำพืชที่มีไนเตรทสูงมาบริโภคก็จะทำให้สารไนเตรทเข้าสู่ร่างกาย ซึ่งถ้าได้รับในปริมาณที่มากเกินไปหรือได้รับอย่างต่อเนื่อง ก็สามารถทำให้เกิดอันตรายกับผู้บริโภคได้ ตั้งแต่ร่างกายขาดอากาศเฉียบพลันและค่อยๆอ่อนแอลงไปจนถึงก่อให้เกิดโรคมะเร็ง (Walker, 1990) มีการรายงานการตรวจพบไนเตรทที่สะสมอยู่ในผักเสมอ โดยเฉพาะในผักกินใบและผักกินรากที่ปลูกในดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ หรือมีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนที่มากเกินไปโดยผักกาดหอม

จัดเป็นผักที่มีปริมาณไนเตรทสูงมาก (บางครั้งมากกว่า 2500 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) (Santamaria, 2006) ซึ่งปริมาณการสะสมไนเตรทก็ขึ้นกับชนิดของพืช อายุ ฤดูกาลปลูก และชนิดของปุ๋ยไนโตรเจนที่ใช้กับพืช (Maynard and Barker, 1972) ในการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินนั้น ในสารละลายอาหารมักมีปริมาณไนเตรทอยู่ระหว่าง 80-100%ของธาตุไนโตรเจนทั้งหมดที่ใช้ (Resh, 1985) จึงมีความเป็นไปได้ว่ามีการสะสมสารไนเตรทในต้นผักสลัดที่มีการปลูกโดยไม่ใช้ดิน หากว่าสารละลายอยู่ในอากาศที่ร้อนจัด มีความเข้มข้นมากเกินไป หรือมีการจัดการอย่างไม่ถูกวิธี สารไนเตรทอาจถูกดูดซับขึ้นมามากกว่าที่พืชจะนำไปใช้ได้ทัน จึงมีการทดลองเพื่อลดปริมาณไนเตรทที่มีการสะสมในพืช โดย Santamaria และคณะ (1998) ได้ทำการทดลองปรับสูตรอาหารโดยการเปลี่ยนแหล่งไนโตรเจนในผักสลัดพันธุ์ Chicory และ Rocket พบว่า NH_4^+:NO_3^- ในสัดส่วน 50:50 จะทำให้น้ำหนักต่อต้นใกล้เคียงกับ 0:100 ในพันธุ์ Rocket และมีผลทำให้ปริมาณไนเตรทสะสมลดลงในพันธุ์ Chicory ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของอำพา อำพนภัทรา (2545) ที่พบว่า NO_3^-:NH_4^+ ในสัดส่วน 90:10, 80:20, 70:30 และ 60:40 ทำให้การเจริญเติบโตของผักกาดหอมบัทเทอร์เฮดไม่แตกต่างกัน แต่ในสัดส่วน 100:0 และ 50:50 (NO_3^-:NH_4^+) มีผลทำให้การเจริญเติบโตลดลง

จากที่กล่าวมาข้างต้นจะเห็นได้ว่า ไคโทซานมีคุณสมบัติที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในทางด้านการเกษตรได้ แต่พืชแต่ละชนิดอาจมีความต้องการไคโทซานที่มีขนาดของพอลิเมอร์และมีความเข้มข้นที่แตกต่างกัน ดังนั้นในการทำการวิจัยในครั้งนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาหาขนาดของพอลิเมอร์และความเข้มข้นของไคโทซานที่เหมาะสมที่สุด รวมทั้งการเปลี่ยนแหล่งไนโตรเจนที่มีผลในการส่งเสริมคุณภาพผลผลิตและรักษาคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของผักสลัด'เรดโอ๊ก'ที่ทำการปลูกโดยวิธีไฮโดรพอนิก ซึ่งข้อมูลที่ได้จะสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับเกษตรกรที่ปลูกเลี้ยงผักสลัดในเชิงการค้าและใช้เป็นข้อมูลประกอบในการนำไคโทซานไปประยุกต์ใช้กับพืชชนิดอื่น ๆ ต่อไป

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาผลของไคโทซานและแหล่งไนโตรเจนที่มีต่อการเจริญเติบโตและคุณภาพผลผลิตหลังการเก็บรักษาเมื่อเก็บเกี่ยวมาแล้วของผักสลัด 'เรดโอ๊ก' ที่ปลูกด้วยวิธีไฮโดรพอนิก

3. ขอบเขตการวิจัย

1. ศึกษาผลของชนิดและความเข้มข้นของไคโทซานที่เหมาะสมต่อการปลูกผักสลัด ‘เรดโอ๊ก’ ด้วยวิธีไฮโดรพอนิก เพื่อเพิ่มคุณภาพผลผลิตหลังการเก็บเกี่ยวและการเก็บรักษา

2. ศึกษาผลของสัดส่วนไนเตรทต่อแอมโมเนียมในสารละลายธาตุอาหารที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของผักสลัด ‘เรดโอ๊ก’ ที่ปลูกด้วยวิธีไฮโดรพอนิก

4. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ทำให้ทราบชนิดและความเข้มข้นของไคโทซานและแหล่งไนโตรเจนที่เหมาะสมกับการปลูกผักสลัด ‘เรดโอ๊ก’ ด้วยวิธีไฮโดรพอนิก ที่นำไปสู่การนำไปใช้ในเชิงพาณิชย์ เพื่อเพิ่มมูลค่าของผลผลิตและพัฒนาคุณภาพของผักสลัด

บทที่ 2

การตรวจเอกสาร

1. ประวัติและความสำคัญของผักสลัดพันธุ์ Red Oak

ผักสลัดมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Lactuca sativa Linn*. วงศ์ Compositae มีถิ่นกำเนิดในประเทศยุโรปและเอเชีย (Thompson and Kelly, 1978) ผักสลัดเป็นผักที่บริโภคใบ มีหลากหลายชนิด แตกต่างกันทั้งรูปร่างและสี โดยผักสลัดทุกชนิดมีต้นกำเนิดมาจากผักกาดหอมป่า (*Lactuca serriola*) ซึ่งเป็นวัชพืชที่สำคัญในอเมริกาเหนือ และถูกนำมาปลูกปรับปรุงพันธุ์จนกลายเป็นผักที่มีความนิยมบริโภคในรูปผักสดมากที่สุดในปัจจุบัน (Shoemaker, 1947) ผักสลัดจัดแบ่งออกเป็น 4 ประเภทคือ ผักสลัดที่มีลักษณะเป็นหัว (head lettuce) ที่นิยมปลูกกันก็คือ ไอซ์เบิร์ก (Iceberg) และบัตเทอร์เฮด (Butter head) ประเภทที่ 2 คือ โรเมน (Romaine) หรือสลัดคอส (Cos) ใบจะไม่อัดตัวกันแน่นเหมือนไอซ์เบิร์ก ต้นจะตั้งตรงสูงขึ้น ประเภทที่ 3 เป็นผักสลัดชนิดใบเป็นพุ่มโปร่ง (leaf of brushing) จะไม่มีการอัดตัวแน่นของใบ ใบจะหลวมๆห่างๆ และประเภทสุดท้ายคือ ผักสลัดต้น นิยมนำส่วนของลำต้นมาใช้ประโยชน์แทนใบเนื่องจากมีใบน้อย (อรุณรักษ์ พ่วงผล, 2542) ส่วนผักสลัด Red Oak เป็นผักสลัดประเภท leaf of brushing มีการเรียงตัวของใบอย่างหลวมเหมือนกุหลาบ ผักสลัดพันธุ์ Red Oak จะมีสีแดงอมเขียว

ผักสลัด Red Oak จัดเป็นพืชฤดูเดียว เจริญเติบได้ดีในสภาพอากาศเย็น โดยอุณหภูมิที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 21-26 องศาเซลเซียส (สุนทร เรืองเกษม, 2540; Knott and Deanon, 1970) นิยมปลูกทั่วไปทั้งเป็นพืชสวนครัวและปลูกเพื่อจำหน่าย เนื่องจากทนอุณหภูมิที่ไม่เหมาะสมได้มากกว่าประเภทอื่น จึงสามารถปลูกได้ทุกฤดูในต่างประเทศ (Shoemaker, 1947) ผักสลัด Red Oak ยังประกอบด้วยสารอะโรมาติก (aromatic) คือ Lactucopirin (Crosby, 1963) ในสภาพอุณหภูมิสูงเกินไปจะทำให้ผักสลัด Red Oak เกิดรสขม และในสภาพที่อุณหภูมิต่ำ ก็มีผลทำให้ผักสลัดมีการเจริญเติบโตที่ช้ากว่าในที่อุณหภูมิสูง (Bakker, 1980)

ปัจจุบันคนไทยนิยมบริโภคผักสลัดเพิ่มขึ้น เนื่องจากมีคุณค่าทางอาหารสูง Shoemaker (1947) ได้แยกองค์ประกอบของผักสลัดต่อน้ำหนัก 100 กรัม แสดงให้เห็นคุณค่าทางด้านโภชนาการไว้ดังนี้คือ

น้ำ	94.8	เปอร์เซ็นต์
โปรตีน	1.2	กรัม
วิตามินซี (ascorbic acid)	12	มิลลิกรัม
แคลเซียม	4.0	มิลลิกรัม
ไทอะมิน (thiamin)	0.037	มิลลิกรัม
ไรโบฟลาวิน (riboflavin)	0.5	มิลลิกรัม
ไนอะซิน (niacin)	0.5	มิลลิกรัม
วิตามินเอ (vitamin A)	210	I.U
พลังงาน	15	แคลอรี่

ส่วนใหญ่ผักสลัดมักใช้รับประทานสดและนำมาประกอบอาหารได้หลายชนิด เมื่อนำมารับประทานสดนั้น สามารถต่อต้านมะเร็งในกระเพาะอาหารได้ เนื่องจากในผักสลัดจะมีสารแอนติออกซิแดนท์ (antioxidant) หลายชนิด เช่น เบต้า-แคโรทีน กรดโฟลิค และลูทีน (lutein) โดยเมื่อสารแอนติออกซิแดนท์เข้าสู่ร่างกายก็จะจับกับอนุมูลอิสระที่เกิดจากสิ่งเป็นพิษต่างๆรอบตัวเรา ทำให้ร่างกายปลอดภัยจากมะเร็งที่เกิดจากเซลล์ถูกอนุมูลอิสระรบกวนจนทำงานผิดปกติ (เมฆ จันทน์ประยูร, 2541)

ผักสลัด Red Oak ที่นำมาจากต่างประเทศเป็นพันธุ์ที่มีใบสีแดงปนเขียว จึงทำให้มีความน่ารับประทานมากยิ่งขึ้นในการทำสลัดผักสด ดังนั้นจึงได้มีภาคเอกชนหลายรายเริ่มมีการปลูกกันอย่างแพร่หลาย ทั้งการปลูกในดิน และการปลูกโดยไม่ใช้ดินซึ่งกำลังเป็นที่นิยมของประเทศไทยในปัจจุบัน แต่เนื่องจากเมล็ดพันธุ์ที่ใช้ปลูกนั้นต้องมีการสั่งมาจากต่างประเทศ ผักสลัดที่ปลูกจึงต้องการสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม ซึ่งการปลูกโดยไม่ใช้ดินจะสามารถควบคุมสภาพแวดล้อมให้เหมาะสมกับการเจริญเติบโตได้ดีกว่าการปลูกในดิน (ธรรมศักดิ์ ทองเกตุ, 2544; Shoemaker, 1949)

2. การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน

การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน (soilless culture) หมายถึง การปลูกพืชในวัสดุปลูกใดๆ ที่ไม่มีธาตุอาหารพืชอยู่ก่อน พืชจะได้รับธาตุอาหารจากสารละลายธาตุอาหาร ซึ่งผู้ปลูกจะเป็นผู้ควบคุมปริมาณ และช่วงเวลาการให้อย่างสมบูรณ์ โดยรากพืชต้องแช่หรือมีการสัมผัสกับสารละลายโดยตรงตลอดเวลา จะเรียกการปลูกแบบนี้ว่า ไฮโดรพอนิก (hydroponics) (โสระยา ร่วมรังษี, 2544) โดยมีรากศัพท์ภาษากรีก 2 คำคือ “hydro” แปลว่าน้ำ และคำว่า “ponos” แปลว่างาน บัญญัติขึ้นโดยศาสตราจารย์ชาวอเมริกันชื่อ Dr. William F. Gericke แห่งมหาลัยมลรัฐแคลิฟอร์เนีย ซึ่งเป็นผู้ที่พัฒนาเทคโนโลยีการปลูกพืชแบบไม่ใช้ดินให้สามารถนำมาใช้ปลูกพืชเป็นการค้าได้ ในปี 1929 และได้รับยกย่องว่าเป็นบิดาแห่งการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน (Mason, 1990)

เทคนิคการปลูกพืชในสารละลาย มีหลักการว่า รากพืชจะต้องแช่อยู่ในสารละลายธาตุอาหารพืช (Davtyan, 1985) โคนจะถูกห่อหุ้มด้วยวัสดุที่ไม่เป็นอันตรายต่อพืช และยกไว้เหนือระดับสารละลาย มีการให้อากาศโดยการพ่นเป็นฟองที่แทรกอยู่ในสารละลายโดยใช้เครื่องปั๊มอากาศ (ชัยฤกษ์ สงวนทรัพยากร, 2529) สารละลายธาตุอาหารที่ใช้สำหรับปลูกเลี้ยงพืชนั้น จะประกอบไปด้วยธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืชทั้ง 13 ชนิด ที่ปกติพืชจะต้องได้รับจากดิน

การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินมีประโยชน์ในการใช้เป็นวิธีปลูกพืชอีกวิธีหนึ่ง เมื่อในดินที่ปลูกพืชมีปัญหาขาดความอุดมสมบูรณ์ หรือมีสภาวะที่ไม่เหมาะสม เช่น ดินเป็นกรดหรือด่างจัด นอกจากนี้ยังช่วยประหยัดพื้นที่ที่จะใช้ในการปลูก และสามารถควบคุมโรคและแมลงได้สะดวก พืชจะมีการเจริญเติบโตที่ดีขึ้น (Douglas, 1988) แต่ก็มีปัญหาที่การลงทุนสูงกว่าการปลูกพืชในดินทั่วๆไป และผู้ปลูกต้องทราบเทคนิคของการปลูกโดยไม่ใช้ดินพอควร โดยเฉพาะเรื่องการจัดการสารละลาย (นภดล เรียบเลิศหิรัญ, 2538; ดิเรก ทองอร่าม, 2546)

ในปัจจุบันเทคนิคหรือระบบการปลูกพืชด้วยวิธีไฮโดรพอนิกจะมีรูปแบบต่างกันมากมาย แต่ที่ใช้กันแพร่หลายในเชิงพาณิชย์มีเพียง 5-6 ระบบเท่านั้น และเทคนิคที่ได้เลือกใช้ในการทดลองนี้คือ floating hydroponic system

ระบบการปลูกพืชลอยน้ำ (floating hydroponic system) หรืออาจเรียกว่า dynamic root floating technique เป็นรูปแบบหนึ่งของ water culture ซึ่งพืชจะเจริญเติบโตอยู่เหนือผิวหน้า

สารละลายธาตุอาหารบนแพปลูกพืช ที่ทำมาจากพลาสติกมีน้ำหนักเบาหรืออาจจะใช้โฟมก็ได้ ในระบบนี้อาจมีการเติมอากาศให้กับสารละลายธาตุอาหารหรือใช้ระบบหมุนเวียนสาร (Baudoin, 1990)

ข้อดีและข้อเสียของการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน

ข้อดี

1. สถานที่ปลูก สามารถปลูกได้ทุกแห่งแม้ในพื้นที่ซึ่งสภาพดินไม่เหมาะสมต่อการปลูกพืช เช่น ดินเปรี้ยว ดินเค็มจัด ในแหล่งที่มีโรคสะสมในดินมาก เป็นต้น

2. ให้ผลผลิตสูงเนื่องจากพืชได้รับปัจจัยที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตอย่างเหมาะสม ทำให้มีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว

3. การใช้น้ำอย่างมีประสิทธิภาพ มีการควบคุมปริมาณน้ำให้เหมาะสมกับพืช หรือมีการหมุนเวียนน้ำมาใช้ใหม่

4. โรคและแมลงน้อย ลดการแพร่ระบาดของโรคที่ติดมากับดิน หรือปุ๋ยอินทรีย์ต่างๆ

5. ลดปัญหาการกำจัดวัชพืช

6. มีการควบคุมสภาพแวดล้อมที่ใช้ปลูกได้อย่างเหมาะสมกับชนิดพืช ทำให้พืชเจริญเติบโตได้อย่างเต็มที่

7. ธาตุอาหารถูกนำไปใช้อย่างเป็นประโยชน์สูงสุด เนื่องจากอยู่ในรูปที่พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ทันที และสูญเสียเนื่องจากการถูกชะล้างน้อย เนื่องจากมีการควบคุมการให้ธาตุอาหารอย่างเหมาะสม

ข้อเสีย

1. ต้นทุนการติดตั้งระบบในระยะเริ่มต้นค่อนข้างสูง

2. ต้องมีความรู้ ความเข้าใจในการจัดการเกี่ยวกับการปลูกพืชและการจัดการธาตุอาหาร

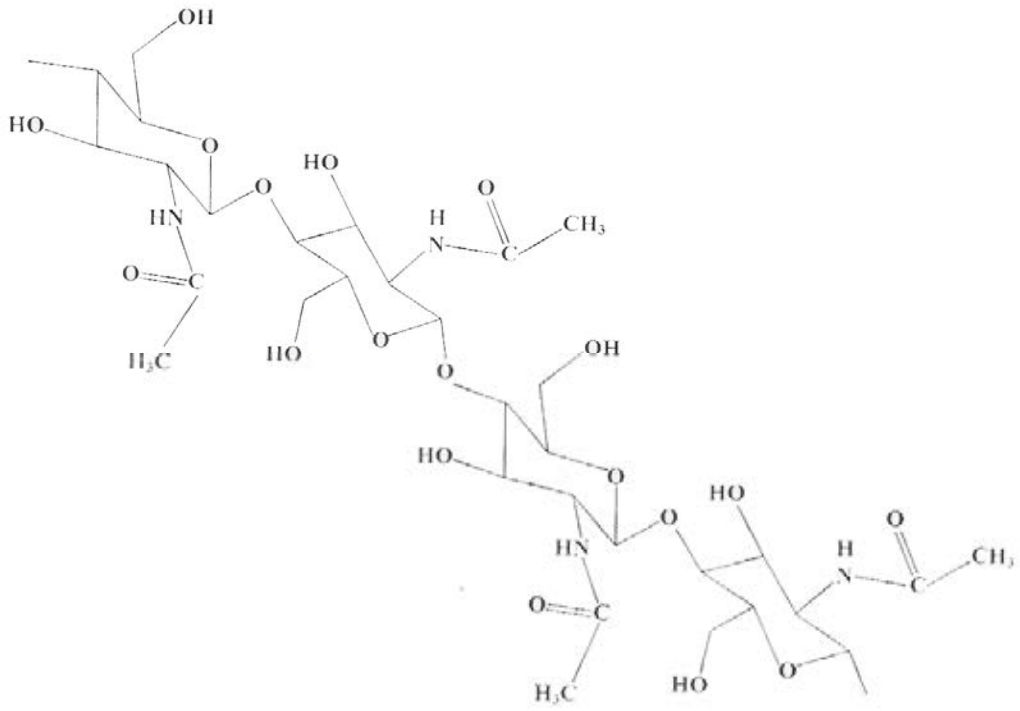
3. โรคและแมลงสามารถแพร่ระบาดได้รวดเร็วหากควบคุมไม่ได้

4. พืชมีโอกาสเสียหายหรือกระทบกระเทือนจากสาเหตุอื่น เช่น กระแสไฟฟ้าขัดข้อง อุปกรณ์ชำรุด การขาดแคลนอุปกรณ์สำรอง (Mason, 1990)

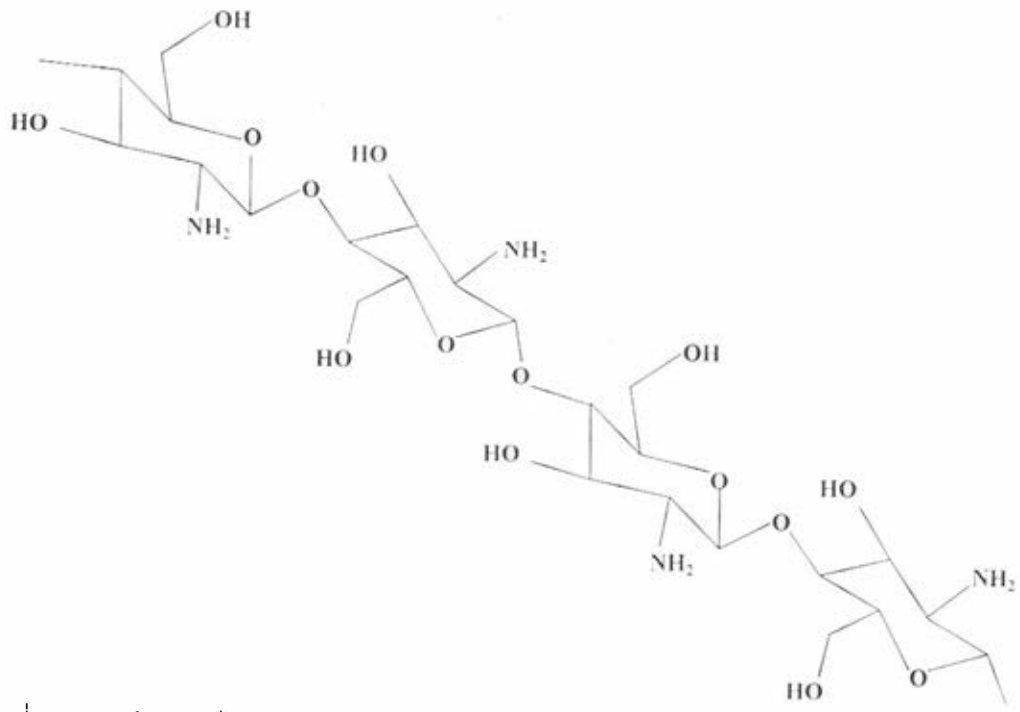
3. ไคทิน ไคโทซาน

สารไคทิน ไคโทซานได้ถูกนำมาประยุกต์ใช้ทางการเกษตรมานานแล้ว โดยไคตินเป็นสารชีวภาพซึ่งได้จากการสกัดแยกจากวัตถุดิบที่มีอยู่ในธรรมชาติ สามารถพบได้ทั่วๆไป โดยจะพบได้ในผนังเซลล์ของจุลินทรีย์จำพวกเห็ดรา และยีสต์ นอกจากนี้ยังพบได้ในปริมาณสูงในเปลือกแข็งที่หุ้มตัวสัตว์ที่มีลักษณะเป็นข้อปล้อง (arthopod) ได้แก่ แมลง แมง กุ้ง กั้ง ปู ฯลฯ นอกจากนี้สัตว์จำพวกหอยและปลาหมึกก็มีสารไคตินอยู่เช่นกัน โดยจะพบมากในแกนในของปลาหมึก ในส่วนของหอยนั้นก็สามารถพบได้บ้างแต่มีอยู่ในปริมาณน้อย สำหรับไคโทซานนั้น ในธรรมชาติจะพบได้น้อย สามารถพบได้ในผนังเซลล์ของเห็ดราและยีสต์บางชนิดเท่านั้น ส่วนใหญ่ได้มาจากการผลิตและแปรรูปมาจากสารไคทิน (รัฐ พิชญางกูร, 2547)

โดยไคติน (β (1,4)-2-acetamido-2-deoxy-D-glucopyranose) หรือ poly (N-acetylglucosamine) (ภาพที่ 1) เป็นพอลิเมอร์สายยาวที่มีองค์ประกอบของหน่วยย่อยที่เป็นอนุพันธ์ของน้ำตาลกลูโคส โดยทั่วไปในแหล่งกำเนิดตามธรรมชาติมักพบทั้งไคทินและไคโทซานปะปนกันอยู่ในสายพอลิเมอร์เดียวกันเสมอ ยังไม่พบพอลิเมอร์ไคทินหรือไคโทซานที่บริสุทธิ์ในแหล่งธรรมชาติใดเลย การเปลี่ยนจากไคทินเป็นไคโทซานเกิดจากการกำจัดหมู่อะซิติล (deacatylation) ออกจากไคทิน ทำให้ไคทินเปลี่ยนเป็นไคโทซาน (β (1,4)-2-amino-2-deoxy-D-glucopyranose) หรือ poly (N-glucosamine) (ภาพที่ 2) ที่สามารถละลายได้ดีในกรดอินทรีย์ที่ค่าความเป็นกรด-ด่างของสารละลายน้อยกว่า 6 (Li *et al*, 1997) การลดลงของหมู่อะซิทิล (CH_3CO-) ในไคติน จะทำให้จำนวนหมู่อะมิโน (-NH_2) เพิ่มมากขึ้นและมีสมบัติความเป็นไคโทซานที่เพิ่มขึ้น ซึ่งวัดได้จากค่าระดับการกำจัดหมู่อะซิติล (degree of deacetylation, DD) โดยคิดเป็นหน่วยร้อยละ (%DD) ซึ่งมีช่วงอยู่ระหว่าง 70-95% ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับกรรมวิธีในการแปรรูปไคทินให้เป็นไคโทซาน (สุวลี จันทร์กระจ่าง, 2542)



ภาพที่ 1 โครงสร้างของไคทิน



ภาพที่ 2 โครงสร้างของไคโทซาน (ดัดแปลงจาก Muzzarelli, 1976)

ไคทิน ไคโทซานเป็นวัสดุชีวภาพที่สามารถย่อยสลายได้เองตามธรรมชาติ จึงปลอดภัยต่อการนำมาประยุกต์ใช้กับสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม โดยไคทินไม่สามารถละลายได้ในน้ำและสารละลายอินทรีย์ แต่ไคโทซานสามารถละลายได้ในสารละลายอินทรีย์หลายชนิด คุณสมบัติของไคโทซานคือมีประจุบวก มีความหนืดและใส เมื่ออยู่ในรูปสารละลายสามารถนำมาขึ้นรูปได้หลายแบบ เช่น เจล เม็ด เส้นใย สารเคลือบ และคอลลอยด์ ทั้งยังทำปฏิกิริยาเคมีเปลี่ยนเป็นอนุพันธ์อื่นๆ ได้มากมาย (สุวลี จันทร์กระจ่าง, 2542)

การศึกษาและวิจัยไคทิน ไคโทซานในประเทศไทยมีมานานกว่าสิบปีแล้ว โดยผลิตภัณฑ์จากไคทิน ไคโทซานนั้นได้จากการพัฒนาของเหลือทิ้งจากอุตสาหกรรมอาหารทะเล ได้แก่ กุ้งและปู ซึ่งเป็นการเพิ่มมูลค่าและคุณค่าทั้งด้านสิ่งแวดล้อมและเศรษฐกิจ ตลอดจนทดแทนการนำเข้าผลิตภัณฑ์ที่มีไคทิน ไคโทซานเป็นองค์ประกอบจากต่างประเทศอีกด้วย (สุวลี จันทร์กระจ่าง, 2542)

การประยุกต์ใช้ไคทิน ไคโทซาน (สุวลี จันทร์กระจ่าง, 2542)

1. **ด้านอาหาร**

ในหลายประเทศได้มีการขึ้นทะเบียนไคทิน ไคโทซาน เป็นสารที่ใช้เติมในอาหารและยาได้ โดยเฉพาะในประเทศญี่ปุ่นที่ได้มีการผลิตอาหารที่ผสมไคโทซานเป็นจำนวนมาก ออกมาวางขายในท้องตลาดเป็นเวลานานแล้ว เนื่องจากสามารถต่อต้านจุลินทรีย์และเชื้อราบางชนิด จึงมีการใช้เป็นสารกันบูด สารปรุงแต่งเพื่อให้คงรูปและคงสีในอาหารต่างๆ สารเคลือบอาหาร ผักและผลไม้

2. **ด้านการแพทย์และเภสัชกรรม**

ปัจจุบันมีรายงานทางวิทยศาสตร์ที่สนับสนุนถึงคุณสมบัติในการลดไขมันบางชนิด เช่น คอเลสเตอรอล ทำให้ไคทิน ไคโทซานมีบทบาทในอาหารเสริมที่ใช้ลดไขมันและลดน้ำหนัก การใช้เป็นผิวหนังเทียม การใช้รักษาแผลไฟไหม้น้ำร้อนลวก การใช้รักษาเหงือกและฟัน การใช้รักษาและเสริมสุขภาพของกระดูกอ่อน ตลอดจนการช่วยให้เลือดแข็งตัวเร็วขึ้น

3. **ด้านเครื่องสำอางและผลิตภัณฑ์บำรุงผิว**

ไคทิน ไคโทซานมีคุณสมบัติโดดเด่น ในการอุ้มน้ำและเป็นตาข่ายคลุมผิวหนัง ตลอดจนต่อต้านเชื้อจุลินทรีย์ต่างๆได้ จึงใช้เป็นทั้งสารเติมแต่งและสารพื้นฐานของเครื่องสำอางหลาย

ประเภท เช่น ผสมเป็นแป้งผัดหน้าเพื่อความชุ่มชื้นและป้องกันเชื้อโรค เป็นส่วนประกอบของแชมพู สบู่ ตลอดจนโลชั่นบำรุงผิวและเส้นผม

4. ด้านอุตสาหกรรมสิ่งทอและกระดาษ

การใช้ไคทิน ไคโทซานผสมในเส้นใยเพื่อพัฒนาเสื้อผ้าและสิ่งทอ สามารถป้องกันและต้านทานเชื้อราได้ซึ่งถือว่าเป็นเทคโนโลยีใหม่ นอกจากนี้ไคโทซานยังมีคุณสมบัติโดดเด่นในการเสริมสร้างความเหนียวและแข็งแรงให้แก่เส้นใยและเยื่อกระดาษ ซึ่งสามารถนำมาใช้เพื่อเพิ่มคุณค่าให้แก่กระดาษ และใช้พัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์กระดาษชนิดพิเศษได้

5. ด้านการจัดการสิ่งแวดล้อม

ไคทิน ไคโทซานถูกนำมาใช้ในการจัดการโลหะหนักชนิดต่างๆ และผลผลิตที่เป็นพิษอันเนื่องมาจากปฏิกิริยานิวเคลียร์ฟิวชั่น รวมถึงตะกอนชนิดต่างๆ ที่ได้จากการทำอุตสาหกรรม ซึ่งเป็นกระบวนการหมุนเวียนทางชีวภาพ นำไปสู่การรักษาคุณภาพชีวิตและสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืน

6. ด้านการเกษตร

ไคทิน ไคโทซานได้ถูกนำมาประยุกต์ใช้ในรูปแบบต่างๆ เช่น สารกระตุ้นการเจริญเติบโตของพืช การหุ้มเมล็ดพันธุ์พืชเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาและป้องกันเชื้อจุลินทรีย์ และราบางชนิด รวมถึงการใช้เป็นปุ๋ยชีวภาพให้แก่พืช เป็นต้น

ไคโทซานกับการเจริญเติบโตของพืช

จากการศึกษาพบว่าไคโทซานมีผลต่อการเจริญเติบโตและคุณภาพของดอก *Eustoma grandiflorum* (Raf.) Shinn ซึ่งมีชื่อสามัญว่า Lisianthus โดยการใช้ไคโทซานผสมในวัสดุปลูกในอัตราส่วน 1% (w/v) พบว่ามีผลทำให้ความยาวยอด ลำต้น ขนาดของใบ และน้ำหนักแห้งของต้นและรากสูงกว่าชุดการทดลองที่ไม่ได้รับไคโทซานอย่างมีนัยสำคัญ ในสัปดาห์ที่ 8 และ 10 ของการเพาะปลูก นอกจากนั้นยังมีผลทำให้ Lisianthus ออกดอกเร็วขึ้น ดอกมีน้ำหนัก และจำนวนดอกมากขึ้น ทั้งยังมีคุณภาพของดอกสูงกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ (Ohta *et al*., 1999)

สำหรับการศึกษาในกล้วยไม้รองเท้านารีลูกผสมระหว่าง *Paphiopedilum bellatulum* และ *Paph*. x *Angthong* ที่ได้จากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อโดยมีการใส่ไคโทซานที่ความเข้มข้น 2.5 5.0 10.0 20.0 และ 40.0 mg/L ก่อนทำการย้ายปลูกร่วมกับการฉีดพ่นทางใบทุก 7 วัน เป็นเวลา 2 เดือน พบว่าไคโทซานสามารถกระตุ้นให้กล้วยไม้งอกราก สร้างใบใหม่ และกระตุ้นการเจริญเติบโต

ทางด้านความยาวและความกว้างของใบเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม (ชนัสพร เกลี้ยงแก้ว และคณะ, 2546) และยังมีการศึกษาการใช้ไคโทซานในการกระตุ้นการเจริญของกล้วยไม้หวาย 'เอียสกุล' ที่เลี้ยงในหลอดทดลอง โดยมีการใช้ไคโทซานชนิดพอลิเมอร์ (P) และโอลิโกเมอร์ (O) ที่มี degree of deacetylation (%DD) เท่ากับ 70 80 และ 90 ที่ความเข้มข้น 0 10 20 40 และ 80 mg/L โดยทำการเติมลงไปในอาหารเหลวสูตร modified Vacin and Went (VW) พบว่าสามารถกระตุ้น protocorm-liked bodies (plb) ได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยไคโทซานทุกชนิดที่ความเข้มข้นสูงถึง 80 mg/L จะมีผลยับยั้งการสร้าง plb นอกจากนี้ ยังพบอีกว่าการใช้ไคโทซานชนิด O70 ที่ความเข้มข้น 10 mg/L สามารถทำให้ต้นอ่อนของกล้วยไม้แตกกอเพิ่มจำนวนยอดได้ และไคโทซานชนิด O70 ความเข้มข้น 10 และ 20 mg/L ยังมีความเหมาะสมมากที่สุดในการกระตุ้นการพัฒนาของราก (พานิษา พรเพียรภักดี, 2550) Limpanavech และคณะ (2008) ได้ทำการศึกษาโดยใช้ไคโทซานทั้งชนิดโอลิโกเมอร์และชนิดพอลิเมอร์ (70 80 และ 90 %DD) ที่ความเข้มข้น 1 10 50 และ 100 mg/L โดยทำการฉีดพ่นพร้อมปุ๋ยทุก 1 สัปดาห์ ในกล้วยไม้สกุลหวาย 'เอียสกุล' ที่ปลูกเลี้ยงเป็นเวลา 68 สัปดาห์ พบว่าไคโทซานมีผลช่วยกระตุ้นให้กล้วยไม้มีจำนวนดอกต่อช่อมากขึ้น และกล้วยไม้ที่ได้รับไคโทซานทุกชนิดและความเข้มข้นมีการออกดอกเร็วกว่าในกล้วยไม้ที่ไม่ได้รับไคโทซานอย่างมีนัยสำคัญ

การใช้ไคโทซานในการปลูกพืชผักสวนครัว ได้แก่ พริก ผักคะน้า ผักคื่นช่าย และมะระเล็ก โดยมีการใช้ไคโทซานที่ความเข้มข้น 3.75 7.5 11.25 และ 15.0 mg/L พบว่าไคโทซานมีผลทำให้น้ำหนักเฉลี่ยต่อต้นสูงขึ้นกว่าชุดการทดลองควบคุม โดยการให้ไคโทซานที่ความเข้มข้น 3.75 mg/L จะทำให้ผักมีน้ำหนักเฉลี่ยต่อต้นสูงที่สุด (สุวลี จันทร์กระจ่าง และคณะ, 2546)

Barka และคณะ (2004) ศึกษาการเจริญเติบโตขององุ่น (*Vitis vinifera* L. cv. Chardonnay) ในหลอดทดลอง พบว่าเมื่อเติมไคโทซานในรูปเจล หรือเรียกว่าไคโทเจล (chitogel) ผสมในอาหารเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ โดยใช้ไคโทเจลที่ความเข้มข้น 1.75% สามารถชักนำให้ยอดองุ่นมีความยาวมากกว่าชุดการทดลองควบคุมที่ไม่ได้รับไคโทซานอย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้รากยังเจริญเติบโตได้ดี แตกแขนงได้มากขึ้น ยอดมีจำนวนข้อ และรากมีน้ำหนักแห้งมากกว่าในชุดควบคุม ทั้งยังสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของ *Botrytis cinerea* ได้อีกด้วย และการใช้ไคโทซานในชื่อการค้าว่า Elaxa โดยการแช่เมล็ดข้าวฟ่าง มีผลทำให้ต้นสูงขึ้น เพิ่มความยาวของรวงและน้ำหนักของ

เมล็ด ช่วยกระตุ้นความสามารถในการต้านทานโรคสูงกว่าชุดการทดลองควบคุมที่ไม่ได้รับไคโทซานอย่างมีนัยสำคัญ (Sharathchandra *et al*., 2004)

ไคโทซานกับการยืดอายุผลผลิตหลังการเก็บเกี่ยว

ปัจจุบันมีการศึกษาการใช้ไคโทซานในการยืดอายุผลผลิตหลังการเก็บเกี่ยวได้ โดยไคโทซานจะไปมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของพืชหลายอย่าง เช่น การเปลี่ยนแปลงอัตราการหายใจ การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักสด การเปลี่ยนแปลงปริมาณเส้นใย การเปลี่ยนแปลงความแน่นเนื้อ การเกิดสีและการเกิดโรค (สถิต พูลทรัพย์, 2543)

ไคโทซานมีผลต่อการเปิด-ปิดปากใบของพืชโดย Lee และคณะ (1999) พบว่ามะเขือเทศที่ได้รับไคโทซาน สามารถกระตุ้นให้ปากใบปิดแคบลงเหลือประมาณ 60% ซึ่งแคบกว่าชุดการทดลองควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สอดคล้องกับการให้ไคโทซานทางใบแก่ต้นพริก พบว่าชุดการทดลองที่ได้รับไคโทซานมีการลดการคายน้ำได้ถึง 26-43% ส่งผลให้สามารถลดการให้น้ำระหว่างการเพาะปลูกได้ ซึ่งเมื่อทำการศึกษาพบว่า ไคโทซานจะกระตุ้นการปิดของปากใบ โดยจะยับยั้งการสะสมของโพแทสเซียมไอออนในเซลล์คุม ทำให้กลไกในการควบคุม osmotic pressure เปลี่ยนไป ปากใบจึงปิดและลดการคายน้ำในที่สุด (Bittelli *et al*., 2001)

ในบางครั้งระหว่างการขนย้าย หรือในกระบวนการหลังการเก็บเกี่ยวของพืชหลายชนิดนั้นทำให้ผลผลิตเกิดรอยช้ำ รอยแผล ซึ่งเป็นสาเหตุของการเกิดแผลสีน้ำตาลในพืชผัก ส่งผลให้มูลค่าของผลผลิตนั้นลดลง โดยสาเหตุของการเกิดแผลสีน้ำตาลนี้ เนื่องมาจากเอนไซม์ polyphenol oxidase (PPO) กับสารประกอบพวกฟีนอล เป็นผลให้เกิดสีเข้มของ *o*-quinones ซึ่งส่งผลให้พืชผลไม้มีสีเข้มขึ้น และไม่น่ารับประทาน (Mayer and Harel, 1979; Vigyaza, 1981) ในการทดลองใช้แผ่นฟิล์มไคโทซานเคลือบลิ้นจี่ พบว่าไคโทซานสามารถเปลี่ยนแปลงปริมาณ anthocyanin flavonoids และ phenolics ให้น้อยลง ส่งผลให้ประสิทธิภาพการทำงานของเอนไซม์ polyphenol oxidase ลดลงอีกด้วย (Shahidi *et al*., 1999) เช่นเดียวกับการทดลองในลำไยที่ผ่านการแช่ไคโทซานความเข้มข้น 2% พบว่าระดับการทำงานของเอนไซม์ polyphenol oxidase ในเปลือกลำไยนั้นจะลดลงเป็นครึ่งหนึ่งของระดับการทำงานในชุดการทดลองควบคุม (Jiang and Li, 2001) จึงแสดงให้เห็นว่า การลดการทำงานของเอนไซม์ polyphenol oxidase นั้นขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของไคโทซานที่ใช้ ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองในแห้วจีน (*Eleocharis tuberosa*) โดยการแช่แห้วจีนไว้

ในไคโทซานพบว่าความเข้มข้นไคโทซานที่สูงขึ้น ส่งผลลดการทำงานของเอนไซม์ polyphenol oxidase ให้น้อยลง และยังช่วยลดปริมาณสารประกอบฟีนอลได้อีกด้วย (Pen and Jiang, 2003) ซึ่งสารประกอบฟีนอลเป็นสารตั้งต้นของปฏิกิริยาการเกิดสี ดังนั้น ไคโทซานสามารถช่วยรักษาสีของผักและผลไม้ให้ตรงตามที่ผู้บริโภคต้องการได้

การสูญเสียน้ำหนักสดของพืชผลมีสาเหตุหลักมาจากการสูญเสียน้ำจากการแลกเปลี่ยนก๊าซหรือจากการคายน้ำซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการหายใจ (Harker *et al*., 1997) ไคโทซานสามารถแสดงผลคล้ายเยื่อเลือกผ่านที่ควบคุมการผ่านเข้าออกของก๊าซออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ โดยเมื่อมีปริมาณออกซิเจนในเซลล์ต่ำก็จะมีผลทำให้กระบวนการหายใจลดลงจึงมีผลทำให้พืชลดการสูญเสียน้ำและไม่มีการเปลี่ยนแปลงแรงดันเต่งในเซลล์ ทำให้เซลล์ยังคงรูปร่างไว้ได้ สอดคล้องกับการให้ไคโทซานแก่ส้มสายน้ำผึ้ง (Mandarin x *Citrus sinensis*) ซึ่งพบว่าการเคลือบผลส้มด้วยไคโทซานที่มีโมเลกุลขนาดเล็ก (Mw = 15kDa) สามารถช่วยยับยั้งการเน่าเสีย และช่วยชะลอการเกิดภาวะเสื่อมถอย โดยที่สามารถรักษาความแน่นเนื้อ ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ปริมาณ ascorbic acid และลดอัตราการสูญเสียน้ำหนักสดของผลส้มได้อีกด้วย นอกจากนั้นยังพบอีกว่าไคโทซานสามารถรักษาคุณภาพของผลส้มระหว่างการเก็บรักษาได้ (Chien *et al*., 2007)

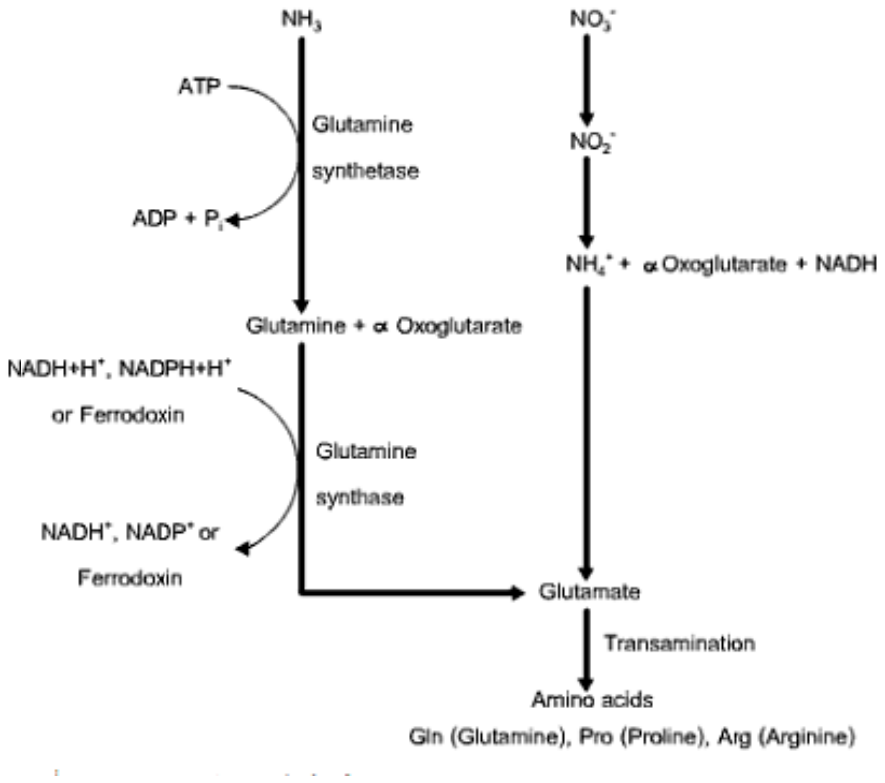
ไนเตรท (Nitrate :NO_3^-)

ไนเตรท (NO_3^-) และแอมโมเนียม (NH_4^+) เป็นรูปหนึ่งของไนโตรเจนที่พืชสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ ในสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม แอมโมเนียมจะถูกเปลี่ยนให้เป็นไนไตรท์และไนเตรทตามลำดับโดยกิจกรรมของจุลินทรีย์ที่เรียกว่า nitrification ไนเตรทที่พืชดูดขึ้นไปส่วนใหญ่จะนำไปใช้ในการสร้างสารประกอบอินทรีย์หลายชนิด และส่วนที่ยังไม่ได้นำไปใช้ก็จะยังคงสะสมอยู่ในเซลล์พืช หากอยู่ในสภาวะที่เหมาะสมต่อการสะสมไนเตรท เช่น การปลูกเลี้ยงในสภาวะที่มีแสงน้อย พืชจะมีการดูดไนเตรทเข้าไปมาก เนื่องจากมีการกระตุ้นการสะสมไนเตรทเพื่อชดเชยแรงดันออสโมติก ทดแทนความเข้มข้นของสารอินทรีย์ที่ลดลง เนื่องมาจากอัตราการสังเคราะห์แสงที่ลดลง (Seginer, 1998) หรือในสภาวะที่อุณหภูมิสูง ก็จะมีผลไปลดเมแทบอลิซึมของเอนไซม์ไนเตรทรีดักเทส (nitrate reductase) ทำให้การเปลี่ยนไนเตรทให้เป็นสารอินทรีย์เกิดได้น้อย และมีไนเตรทสะสมอยู่ในพืชมากขึ้น (Maynard *et al*., 1972) โดยในกระบวนการที่เปลี่ยนแปลงไนเตรทนั้นมี

เอนไซม์ที่เกี่ยวข้องได้แก่ ไนเตรทรีดักเทส (nitrate reductase) และไนไตรท์รีดักเทส (nitrite reductase)

ในกระบวนการไนเตรทรีดักชันที่ต้องอาศัยเอนไซม์ nitrate reductase โดยทั่วไปมักจะเกิดขึ้นที่ในส่วนของราก หรือในส่วนของกิ่งก้าน แต่ในกระบวนการไนไตรท์รีดักชันที่ต้องอาศัยเอนไซม์ nitrite reductase จะเกิดขึ้นในส่วนของใบ โดยไนไตรท์ถูกเปลี่ยนมาจากไนเตรท โดยมีเอนไซม์ nitrate reductase เป็นตัวกระตุ้น ซึ่งเป็นกระบวนการที่เกิดภายใน cytosol ในเซลล์พืช แล้วจะถูกส่งต่อเข้าไปในคลอโรพลาสท์ หลังจากนั้นพืชจะเปลี่ยนไนไตรท์เป็นแอมโมเนียด้วยเอนไซม์ nitrite reductase (Taiz and Zeiger, 2006) และเปลี่ยนเป็นกรดอะมิโนในพืชนั้น โดยอาศัยเอนไซม์หลายชนิดด้วยกัน ได้แก่ เอนไซม์ glutamine synthase และเอนไซม์ glutamate synthase แล้วนำไปใช้ในกระบวนการต่างๆต่อไป (Smith and Wood, 1993) (ภาพที่ 3)

ไนเตรทจะมีการสะสมในส่วนต่างๆของพืชแตกต่างกันไป โดยในต้นพืชส่วนที่แก่กว่าจะมีการสะสมไนเตรทมากกว่าส่วนที่อ่อน ในส่วนของดอกจะมีการสะสมไนเตรทน้อยที่สุด รองลงมาคือส่วนของผล ใบ ราก และก้านใบจะเป็นส่วนที่มีการสะสมไนเตรทมากที่สุด (Maynard and Baker, 1972) โดยในผักหลายชนิดจะมีการสะสมไนเตรทที่ค่อนข้างสูง เช่น ปวยเล้ง บีท ผักกาดเขียว โดยทางสหภาพยุโรปได้กำหนดค่าปริมาณไนเตรทในผักชนิดต่างๆ ให้ตกค้างในผักสูงสุดไว้ที่ 2500-4500 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักสด (European Union SCF, 1995) (ตารางที่ 1)



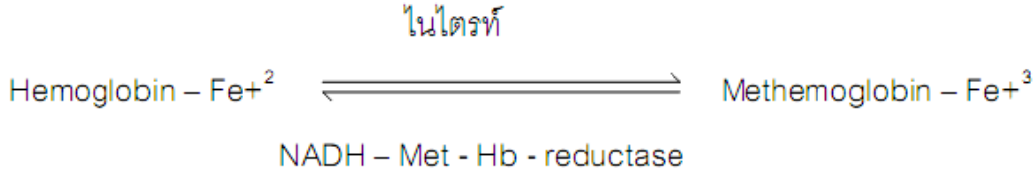
ภาพที่ 3 การสังเคราะห์กรดอะมิโนในพืช (Smith and Wood, 1993)

ตารางที่ 1 แสดงค่าสูงสุดของปริมาณไนเตรท (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักสด) ที่ยอมรับได้ในผัก

พันธุ์พืช	**ปริมาณสารไนเตรท มิลลิกรัม/กิโลกรัมน้ำหนักสด**	
	ฤดูฝนและฤดูร้อน	ฤดูหนาว
ผักสลัด (Lettuce)	2,500	3,000
	ทุกฤดูกาล	
หัวผักกาดแดง (Radish)	3,000	
หัวบีท (Beet root)	3,000	
ขึ้นฉ่ายฝรั่ง (Celery)	4,000	
มันฝรั่ง (Potato)	2,000	

ที่มา: European Union Scientific Committee for Food (SCF), 1995

หากมีการนำพืชที่มีไนเตรทสูงมาบริโภคก็จะทำให้สารไนเตรทเข้าสู่ร่างกาย ซึ่งถ้าได้รับในปริมาณที่มากเกินไปหรือได้รับอย่างต่อเนื่อง ก็สามารถทำให้เกิดอันตรายกับผู้บริโภคได้ โดยไนเตรทสามารถถูกเปลี่ยนให้เป็นสารไนไตรท์ในร่างกายได้ และสามารถถูกดูดซึมเข้าสู่กระแสเลือดไปทำปฏิกิริยากับฮีโมโกลบิน (hemoglobin) ของเม็ดเลือดแดง ทำให้กลายเป็นเมทฮีโมโกลบิน (methemoglobin) (ภาพที่ 4) ทำให้ไม่มีคุณสมบัติในการรับและนำพาออกซิเจนไปเลี้ยงเซลล์ต่างๆในร่างกาย เกิดโรคที่เรียกว่า เมทฮีโมโกลบิเนเมีย (methaemoglobinemia) ซึ่งหากมีปริมาณเมทฮีโมโกลบินเพิ่มขึ้นมากกว่า 20% ของฮีโมโกลบินทั้งหมด ผู้ป่วยจะมีอาการตัวเขียว อ่อนเพลีย หายใจหอบถี่ หัวใจเต้นแรง และปวดศีรษะ โดยในเด็กเล็กจะอ่อนแอต่อการขาดออกซิเจนนี้ ซึ่งมีผลทำให้เสียชีวิตได้ นอกจากนี้ ไนเตรทและไนไตรท์ยังสามารถทำปฏิกิริยากับสารประเภทไดอัลคิลอะมีน (dialkylamine) เกิดเป็นสารประกอบพวกไนโตรซามีน (nitrosamine) ซึ่งเป็นสารก่อมะเร็งในเนื้อเยื่อและทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรมได้ (Maynard and Baker, 1972)



ภาพที่ 4 ปฏิกิริยาของฮีโมโกลบิน (hemoglobin) ของเม็ดเลือดแดง (Maynard and Baker, 1972)

ดังนั้นเราจึงควรคำนึงถึงการเลือกผักที่จะนำมาบริโภค เนื่องจากมีการรายงานการตรวจพบไนเตรทที่สะสมอยู่ในผักเสมอ โดยเฉพาะในผักกินใบและผักกินรากที่ปลูกในดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ หรือมีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนที่มากเกินไป (Santamaria, 2006) ซึ่งปริมาณการสะสมไนเตรทก็ขึ้นกับชนิดของพืช อายุ ฤดูกาลปลูก และชนิดของปุ๋ยไนโตรเจนที่ใช้กับพืช (Maynard and Baker, 1972) ในการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินนั้น ในสารละลายอาหารมักมีปริมาณไนเตรทอยู่ระหว่าง 80-100% ของธาตุไนโตรเจนทั้งหมดที่ใช้ (Resh, 1985) จึงมีความเป็นไปได้ว่ามีการสะสมสารไนเตรทในผักสลัดที่มีการปลูกโดยไม่ใช้ดิน หากสารละลายอยู่ในอากาศที่ร้อนจัดมีความเข้มข้นมากเกินไป หรือมีการจัดการอย่างไม่ถูกวิธี สารไนเตรทอาจถูกดูดซับขึ้นมามากกว่าที่พืชจะนำไปใช้ได้ทัน จึงมีการทดลองเพื่อลดปริมาณไนเตรทที่มีการสะสมในพืช โดยศึกษาผลของ

อัตราส่วนระหว่าง NO_3^-: NH_4^+ และความเข้มแสงต่อปริมาณไนโตรเจนในพริกพันธุ์ Lamuya โดยทดลองให้มีสัดส่วนระหว่าง NO_3^-: NH_4^+ ในสารละลายธาตุอาหารที่แตกต่างกันคือ 100:0 และ 80:20 ซึ่งทำการปลูกภายใต้ความเข้มแสง 240 และ 175 วัตต์ต่อตารางเมตร พบว่าภายใต้ความเข้มแสง 240 วัตต์ต่อตารางเมตร พริกที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่มีไนโตรเจนในรูปไนเตรทอย่างเดียวจะมีการเจริญเติบโตที่สูงกว่าพริกที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่มีสัดส่วนNO_3^-: NH_4^+ 80:20 แต่ที่ความเข้มแสง 175 วัตต์ต่อตารางเมตร พริกที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่มีสัดส่วน NO_3^-: NH_4^+ 80:20 จะมีการเจริญเติบโตที่ดีกว่าพริกที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่มีไนเตรทเพียงอย่างเดียว โดยมีผลทำให้ต้นพริกมีความสูงและน้ำหนักเพิ่มขึ้น 10% แสดงให้เห็นว่าการปลูกพริกภายใต้ความเข้มแสงสูงควรมีปริมาณแอมโมเนียมต่ำ แต่ถ้าทำการปลูกภายใต้ความเข้มแสงต่ำ ควรเพิ่มปริมาณแอมโมเนียมในสารละลาย ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองในปวยเล้งที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่มีแอมโมเนียม 30% พบว่าจะมีน้ำหนักสดสูงกว่าการปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่มีไนเตรทเพียงอย่างเดียว (Zarnoza *et al*., 1989)

Lee และคณะ (1993) ได้ทำการศึกษาอัตราส่วนของ NO_3^-: NH_4^+ ที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของแตงกวา โดยมีการให้ไนโตรเจนในสารละลายธาตุอาหารเท่ากันแต่มีอัตราส่วนของ NO_3^-: NH_4^+ ที่แตกต่างกัน คือ 100:0 75:25 และ 50:50 ซึ่งจากการทดลองพบว่าที่อัตราส่วน NO_3^-: NH_4^+ 100:0 จะมีความสูงต้น น้ำหนักสดต้น น้ำหนักแห้งต้น และผลผลิตที่สูงกว่าอัตราส่วน 50:50 แต่ใกล้เคียงกับอัตราส่วน 75:25 นอกจากนี้ยังมีการทดลองในมะเขือเทศ ที่พบว่าการเพิ่มปริมาณแอมโมเนียมในสารละลายธาตุอาหาร จะสามารถทำให้น้ำหนักสดของต้นและรากของต้นมะเขือเทศเพิ่มขึ้น และมะเขือเทศยังมีการดูดน้ำเพิ่มมากขึ้น (Hohjo *et al*., 1995) นอกจากนี้ยังมีการทดลองในผักสลัดพันธุ์ Chicory และ Rocket โดยได้ทำการทดลองปรับสูตรอาหารโดยการเปลี่ยนแหล่งไนโตรเจน พบว่า NO_3^-: NH_4^+ ในสัดส่วน 50:50 จะทำให้น้ำหนักต่อต้นใกล้เคียงกับ 100:0 ในพันธุ์ Rocket และมีผลทำให้ปริมาณไนเตรทสะสมลดลงในพันธุ์ Chicory (Santamaria et al., 1998) และในการทดลองของอำพา อำพนภัทรา (2545) ที่พบว่า NO_3^-:NH_4^+ ในสัดส่วน 90:10 80:20 70:30 และ 60:40 ทำให้การเจริญเติบโตของผักกาดหอมบัทเทอร์เฮดไม่แตกต่างกัน แต่ในสัดส่วน 100:0 และ 50:50 (NO_3^-:NH_4^+) มีผลทำให้การเจริญเติบโตลดลง

บทที่ 3

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการทดลอง

1. พืชทดลอง

ผักสลัด (*Lactuca sativa* L.) พันธุ์ Red Oak โดยปลูกพืชทดลองที่โรงเรือนตาข่าย ภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2. วัสดุอุปกรณ์

2.1 อุปกรณ์

อ่างควบคุมอุณหภูมิ (water bath)

เครื่องวัดการดูดกลืนแสงรุ่น DR2000 spectrophotometer, Hach

เครื่องวัดการดูดกลืนแสงรุ่น G1103A, Agilent Technologies, Germany

เครื่องปั่นเหวี่ยงควบคุมอุณหภูมิ (refrigerated centrifuge)

เครื่องวัดอุณหภูมิและความชื้น (thermo hygrometer)

เครื่องวัดค่าการนำไฟฟ้า (digital conductivity meter)

เครื่องวัดกรด-เบส (pH meter)

ตู้เย็นอุณหภูมิ -80 ^{o}C

ตู้อบ 60 ^{o}C (hot air oven)

เครื่องชั่งอย่างละเอียดทศนิยม 3 ตำแหน่ง

เครื่องชั่งอย่างละเอียดทศนิยม 4 ตำแหน่ง

เครื่องเขย่าผสมสาร (vortex mixer)

แท่นให้ความร้อนและคนสาร (hot plate & stirrer)

ตะแกรงทองเหลืองขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.180 มิลลิเมตร

อลูมิเนียมฟอยล์ (aluminium foil)

ไมโครปิเปตขนาด 200, 1,000 และ 5,000 ไมโครลิตร

ไมโครปิเปตทิปขนาด 200, 1,000 และ 5,000 ไมโครลิตร

กระบอกตวงขนาด 10, 50, 100, 1,000, และ 2,000 มิลลิลิตร

บีกเกอร์ขนาด 50, 500 และ 1,000 มิลลิลิตร

แท่งแก้ว

โกร่งและสาก

นาฬิกาจับเวลา

หลอดทดลองฝาเกลียวขนาด 15 มิลลิลิตร

หลอดทดลองขนาด 15 มิลลิลิตร

แท่นวางหลอดทดลองขนาด 15 มิลลิลิตร

ลังโฟม

กระดาษกรอง Whatman เบอร์1

กระบอกน้ำกลั่น

กระติกน้ำแข็งแบบอะลูมิเนียม

ขวดบรรจุสารเคมีขนาด 250, 500 และ 1,000 มิลลิลิตร

นาฬิกาจับเวลา

กล้องถ่ายรูปชนิดดิจิตอล

ขวดรูปชมพู่ขนาด 125 มิลลิลิตร

กรวยกรอง

กระบะพลาสติกขนาด 49×37×13 เซนติเมตร

แผ่นโฟม

สายวัด

ถุงพลาสติกร้อนขนาด 12×18 นิ้ว

ถุงซิบขนาด 8×12 นิ้ว

2.2 สารเคมี

ไคโทซาน

- ชนิด P80 หมายถึง chitosan polymer ที่มี degree of deacetylation 80-90% (MW = 530,000 Da)

- ชนิด O80 chitosan oligomer ที่ได้จากการใช้ chitinase ตัด P80 ซึ่งมี degree of deacetylation ประมาณ 90% (MW = 45,000 Da)

(ได้รับความอนุเคราะห์จาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. รัฐ พิชญางกูร ภาควิชาชีวเคมี คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย)

น้ำกลั่น

น้ำกรอง

Liquid nitrogen

Sodium hydroxide

80% acetone

Metaphosphoric acid

Acetic acid

Dichlorophenolindolphenol (DCIP)

Thiourea

Dinitrophenylhydrazine (DNPH)

Sulfuric acid

Activated charcoal

Nitraver 5 nitrate reagent (HACH company world headquarters)

3. วิธีการทดลอง

3.1 ศึกษาผลของชนิดและความเข้มข้นของไคโทซานที่มีต่อการเติบโตของผักสลัด

3.1.1 การวางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบ randomized complete block design (RCBD) โดยมีจำนวนซ้ำ 3 ซ้ำ ซ้ำละ 5 ต้น และมีชุดการทดลองดังนี้

ชุดการทดลองที่ 1 สารละลายธาตุอาหาร เป็นชุดควบคุม (Control)

ชุดการทดลองที่ 2 สารละลายธาตุอาหาร+ไคโทซาน P80 ความเข้มข้น 0.1 mg/L (P0.1)

ชุดการทดลองที่ 3 สารละลายธาตุอาหาร+ไคโทซาน P80 ความเข้มข้น 1 mg/L (P1)

ชุดการทดลองที่ 4 สารละลายธาตุอาหาร+ไคโทซาน P80 ความเข้มข้น 5 mg/L (P5)

ชุดการทดลองที่ 5 สารละลายธาตุอาหาร+ไคโทซาน O80 ความเข้มข้น 0.1 mg/L (O0.1)

ชุดการทดลองที่ 6 สารละลายธาตุอาหาร+ไคโทซาน O80 ความเข้มข้น 1 mg/L (O1)

ชุดการทดลองที่ 7 สารละลายธาตุอาหาร+ไคโทซาน O80 ความเข้มข้น 5 mg/L (O5)

โดยใช้สารละลายธาตุอาหารที่ดัดแปลงจากสูตร Hoagland (Hoagland and Arnon, 1950) (ภาคผนวกตาราง ก.3) ปลูกเลี้ยงเป็นระยะเวลา 45 วันและเปลี่ยนสารละลายทุก 7 วัน ทดลองใน 3 ช่วงฤดูกาล คือ ฤดูหนาวประมาณช่วงกลางเดือนตุลาคมถึงกลางเดือนกุมภาพันธ์ (อุณหภูมิอยู่ในช่วง 23-34 องศาเซลเซียสและความชื้น 64%) ฤดูร้อนประมาณช่วงกลางเดือนกุมภาพันธ์ถึงกลางเดือนพฤษภาคม (อุณหภูมิอยู่ในช่วง 25-36 องศาเซลเซียสและความชื้น 66%) และฤดูฝนประมาณช่วงกลางเดือนพฤษภาคมถึงกลางเดือนตุลาคม (อุณหภูมิในช่วง 25-35 องศาเซลเซียสและความชื้น 70.5%) (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2550)

3.1.2 การเก็บผลการทดลอง

นำผักสลัดที่ได้เพาะปลูกจากข้อ 3.1.1 มาบันทึกน้ำหนักสด และนับจำนวนใบในวันแรกที่เก็บเกี่ยว หลังจากศึกษาคุณภาพ 10 วันหลังการเก็บเกี่ยวในข้อ 3.2 แล้วนำผักสลัดไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 วัน เพื่อบันทึกค่าน้ำหนักแห้งของผักสลัด

3.2 ศึกษาผลของชนิดและความเข้มข้นของไคโทซานที่มีต่อคุณภาพผลผลิตหลังการเก็บเกี่ยวและลักษณะภายนอกของผักสลัดหลังการเก็บรักษา

นำผักสลัดที่ชั่งน้ำหนักสดแล้วในข้อ 3.1.2 มาเก็บไว้ในอุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 วัน จากนั้นประเมินตลอดจนบันทึกคะแนนคุณลักษณะภายนอก ด้วยวิธีการให้คะแนนของ Kader และคณะ (1973)

3.2.1 ลักษณะภายนอกที่ปรากฏ

ให้คะแนนตั้งแต่ 9-1 คะแนน โดยอาศัยเกณฑ์ (Kader *et al*, 1973) ดังต่อไปนี้

9 คะแนน สำหรับผักสลัดที่มีลักษณะดีมาก ใบไม่เน่าและเหี่ยวแห้ง

8 คะแนน สำหรับผักสลัดที่มีลักษณะดี ใบมีอาการเน่าหรือเหี่ยว 1 ใบ

7 คะแนน สำหรับผักสลัดที่มีลักษณะดี ใบมีอาการเน่าหรือเหี่ยว 2 ใบ

6 คะแนน สำหรับผักสลัดที่มีลักษณะปานกลาง ใบมีอาการเน่าหรือเหี่ยว 3 ใบ

5 คะแนน สำหรับผักสลัดที่มีลักษณะปานกลาง ใบมีอาการเน่าหรือเหี่ยว 4 ใบ

4 คะแนน สำหรับผักสลัดที่มีลักษณะแย่ ใบมีอาการเน่าหรือเหี่ยว 5 ใบ

3 คะแนน สำหรับผักสลัดที่มีลักษณะแย่ ใบมีอาการเน่าหรือเหี่ยว 6 ใบ

2 คะแนน สำหรับผักสลัดที่มีลักษณะแย่มาก ใบมีอาการเน่าหรือเหี่ยว 7 ใบ

1 คะแนน สำหรับผักสลัดที่มีลักษณะแย่มาก ใบมีอาการเน่าหรือเหี่ยวมากกว่า 8 ใบขึ้นไป

โดยผักสลัดที่มีคะแนนต่ำกว่า 5 คะแนน ถือว่าไม่สามารถยอมรับได้

3.2.2 การสูญเสียน้ำหนักสด

ชั่งผักสลัดด้วยเครื่องชั่งอย่างละเอียดทศนิยม 4 ตำแหน่ง นำค่าน้ำหนักสดก่อนการเก็บรักษาจากข้อ 3.1.2 และหลังการเก็บรักษาในข้อ 3.2.2 คำนวณออกมาในรูปเปอร์เซ็นต์ของการสูญเสียน้ำหนักสดดังสมการต่อไปนี้

$$\%\text{ของการสูญเสียน้ำหนักสด} = \frac{(\text{น้ำหนักก่อนการเก็บรักษา} - \text{น้ำหนักหลังการเก็บรักษา}) \times 100}{\text{น้ำหนักก่อนเก็บรักษา}}$$

3.3 ศึกษาผลของไคโทซานที่มีต่อปริมาณ ascorbic acid ปริมาณสารสี (photosynthetic pigment) และปริมาณเส้นใยของผักสลัด

จากผลการทดลองในข้อ 3.1 และ 3.2 เลือกผักสลัดจากชุดการทดลองที่ให้ผลดีที่สุดของไคโทซาน Polymer (P) และ Oligomer (O) หาปริมาณ ascorbic acid (Shin *et al*., 2007) ปริมาณสารสี (photosynthetic pigment) (Devesa *et al*., 2007 อ้างอิงใน เพทาย จรูญนารถ, 2550) และปริมาณเส้นใย (Gould, 1977 อ้างอิงใน นวลนภา เจริญรวย, 2548) โดยเปรียบเทียบกับชุดควบคุม ชุดการทดลองละ 3 ซ้ำ ซ้ำละ 2 ต้น

3.3.1 วิธีการวัดปริมาณ ascorbic acid (Shin *et al*., 2007)

บดใบผักสลัดน้ำหนักประมาณ 1 กรัมด้วยโกร่งบด ใส่ 6% meta-phosphoric acid ใน 2 M acetic acid ปริมาณ 10 มิลลิลิตร แล้วเทส่วนผสมลงในหลอดฝาเกลียวขนาด 15 มิลลิลิตร นำไปปั่นด้วยเครื่องปั่นเหวี่ยง 5000 รอบ/นาที อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที แล้วเก็บส่วนใสมา 1 มิลลิลิตร ใส่ 0.2% DCIP 0.05 มิลลิลิตร แล้วนำไปเก็บไว้ในที่มืดเป็นเวลา 1 ชั่วโมง แล้วใส่ 2% thiourea ใน 5% meta-phosphoric acid ปริมาณ 1 มิลลิลิตร และ 2% DNPH ใน 4.5 M sulfuric acid ปริมาณ 0.5 มิลลิลิตร จากนั้นนำไปต้มที่ 60 องศาเซลเซียส เป็น

เวลา 3 ชั่วโมง แล้วนำไปแช่เย็นทันที ใส่ 90% sulfuric acid ที่เย็นปริมาณ 2.5 มิลลิลิตร แล้วนำไปวัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 540 nm นำค่าที่ได้ไปคำนวณปริมาณ ascorbic acid จากกราฟมาตรฐานที่ได้จากความเข้มข้นของ ascorbic acid 0-40 mM (ภาคผนวก ก ภาพ ก.1)

3.3.2 **วิธีการวัดปริมาณสารสี** (photosynthetic pigment) (Devesa *et al*., 2007 **อ้างอิงใน เพทาย จรูญนารถ**, 2550)

สกัดสารสีโดยบดใบผักสลัดน้ำหนักประมาณ 0.5 กรัมด้วยโกร่งบด ใส่ 80% acetone ปริมาณ 15 มิลลิลิตร แล้วเทส่วนผสมลงในหลอดฝาเกลียวขนาด 15 มิลลิลิตร อย่างรวดเร็ว ปิดฝาให้สนิทและเก็บไว้ในที่มืดเป็นเวลา 1 คืน แล้วเก็บส่วนที่ใสนำไปวัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 470, 646.8 และ 663.2 นำมาคำนวณหาปริมาณคลอโรฟิลล์ แคโรทีนอยด์ (Devesa *et al*., 2007 อ้างอิงใน เพทาย จรูญนารถ, 2550) ดังสมการต่อไปนี้

คลอโรฟิลล์ *a* (C_a) $= 12.25(A_{663.2}) – 2.79(A_{646.8})$

คลอโรฟิลล์ *b* (C_b) $= 12.25(A_{646.8}) – 2.79(A_{663.2})$

แคโรทีนอยด์ $= [1000(A_{470}) – 1.82(C_a) – 85 -0.02(C_b)] / 198$

ค่าที่ได้มีหน่วยเป็น ไมโครกรัมต่อกรัม (□g/g)

3.3.3 **วิธีการวัดปริมาณเส้นใย** (Gould, 1977 **อ้างอิงในนวลนภา เจริญรวย**, 2548)

สกัดเส้นใย โดยบดใบผักสลัดน้ำหนักประมาณ 1.5 กรัม ด้วยโกร่ง ใส่น้ำเดือด 12 มิลลิลิตร เทลงในบีกเกอร์ขนาด 50 มิลลิลิตรใส่ 50% NaOH 1.5 มิลลิลิตร นำไปต้มในน้ำเดือดเป็นเวลา 5 นาที แล้วกรองด้วยตะแกรงทองเหลืองที่มีช่องตะแกรงกว้าง 0.180 มิลลิเมตร ฉีดล้างเส้นใยให้เป็นสีขาวด้วยน้ำกลั่น เทเส้นใยลงในกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 1 ที่อบแห้งและทราบน้ำหนักแล้ว นำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 48 ชั่วโมงแล้วนำมาชั่งน้ำหนัก คำนวณหาปริมาณเส้นใยโดยเทียบออกมาในรูปเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักเส้นใยต่อน้ำหนักสด ดังสมการต่อไปนี้

%ปริมาณเส้นใย= น้ำหนักเส้นใย x 100 / น้ำหนักสดของตัวอย่างที่ใช้

3.4 ศึกษาการลดปริมาณไนเตรทตกค้างในผักสลัด

3.4.1 วางแผนการทดลองแบบ randomized complete block design (RCBD) โดยมีจำนวนซ้ำ 3 ซ้ำ ซ้ำละ 5 ต้น และมีชุดการทดลองดังนี้

ชุดการทดลองที่ 1 สารละลายธาตุอาหารที่มี NO_3^-:NH_4^+ (100:0)

ชุดการทดลองที่ 2 สารละลายธาตุอาหารที่มี NO_3^-:NH_4^+ (100:0) +ไคโทซาน

ชุดการทดลองที่ 3 สารละลายธาตุอาหารที่มี NO_3^-:NH_4^+ (90:10)

ชุดการทดลองที่ 4 สารละลายธาตุอาหารที่มี NO_3^-:NH_4^+ (90:10) +ไคโทซาน

ชุดการทดลองที่ 5 สารละลายธาตุอาหารที่มี NO_3^-:NH_4^+ (80:20)

ชุดการทดลองที่ 6 สารละลายธาตุอาหารที่มี NO_3^-:NH_4^+ (80:20) +ไคโทซาน

ชุดการทดลองที่ 7 สารละลายธาตุอาหารที่มี NO_3^-:NH_4^+ (60:40)

ชุดการทดลองที่ 8 สารละลายธาตุอาหารที่มี NO_3^-:NH_4^+ (60:40) +ไคโทซาน

โดยเลือกใช้ไคโทซานชนิดและความเข้มข้นที่เหมาะสมจากผลการทดลองในข้อที่ 3.1 และ 3.2 ซึ่งก็คือไคโทซานชนิด O80 ที่ความเข้มข้น 5 mg/L มาปลูกเลี้ยงผักสลัดเป็นระยะเวลา 45 วันและเปลี่ยนสารละลายธาตุอาหาร (ภาคผนวกตาราง ก.4) ทุก 7 วัน

3.4.2 นำผักสลัดที่ได้ มาชั่งและบันทึกน้ำหนักสดในวันแรกที่เก็บเกี่ยวและหาปริมาณไนเตรทที่ตกค้างในใบผักสลัดตามวิธีของ Do และคณะ (2010)

3.4.2.1 วิธีการวัดปริมาณไนเตรท (Do *et al*., 2010)

บดใบผักสลัดน้ำหนักประมาณ 2.5 กรัม ด้วยโกร่งบด แล้วละลายในน้ำ deionized ปริมาณ 100 มิลลิลิตร ใส่ activated charcoal จนสารละลายไม่มีสีกรองด้วยกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 1 แล้วเก็บส่วนใสที่ได้จากการกรองปริมาณ 25 มิลลิลิตรใส่ nitraver 5 nitrate reagent power pillow (HACH company world headquarters) เขย่า 2 นาที แล้วตั้งทิ้งไว้ 5 นาที แล้วนำไปวัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 500 nm นำค่าที่ได้ไปคำนวณปริมาณไนเตรท จากกราฟมาตรฐานที่ได้จากความเข้มข้นของ potassium nitrate 0-90 mM (ภาคผนวก ก ภาพ ก.2)

3.5 วิเคราะห์ สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance) และทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของน้ำหนักสด จำนวนใบ น้ำหนักแห้ง คะแนนคุณลักษณะภายนอกที่ปรากฏ เปอร์เซ็นการสูญเสียน้ำหนักสด ปริมาณ ascorbic acid ปริมาณสารสี ปริมาณเส้นใย และปริมาณไนเตรท ด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

บทที่ 4

ผลการทดลอง

1. ผลของชนิดและความเข้มข้นของไคโทซานที่มีต่อการเติบโตของผักสลัด

จากการศึกษาในฤดูต่างๆ 3 ฤดู คือ ฤดูหนาว (วันที่ 4 พฤศจิกายน – 19 ธันวาคม 2553) ฤดูร้อน (วันที่ 4 มีนาคม – 18 เมษายน 2554) และฤดูฝน (วันที่ 29 สิงหาคม – 12 ตุลาคม 2554) ซึ่งมีความแตกต่างของช่วงอุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศดังนี้

ฤดูหนาว มีช่วงอุณหภูมิในเวลากลางวันอยู่ระหว่าง 28 – 34 °C และในเวลากลางคืนอยู่ระหว่าง 23 – 27 °C และมีความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ 64%

ฤดูร้อน มีช่วงอุณหภูมิในเวลากลางวันอยู่ระหว่าง 30 – 36 °C และในเวลากลางคืนอยู่ระหว่าง 25 – 29 °C และมีความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ 66%

ฤดูฝน มีช่วงอุณหภูมิในเวลากลางวันอยู่ระหว่าง 30 – 35 °C และในเวลากลางคืนอยู่ระหว่าง 25 – 28 °C และมีความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ 70.5%

1.1 น้ำหนักสดต่อต้น

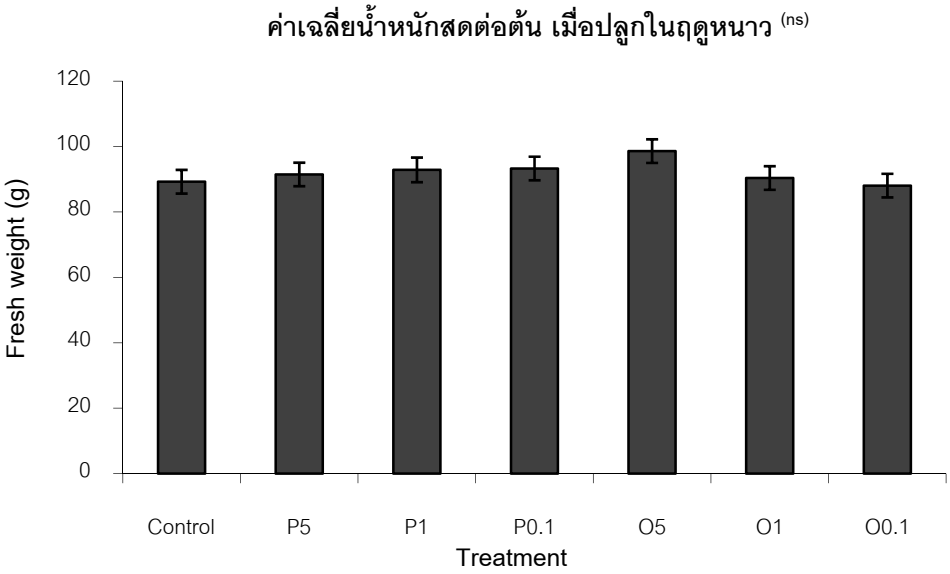
น้ำหนักสดต่อต้นของทุกชุดการทดลองที่ได้รับไคโทซานมีน้ำหนักสดมากกว่าชุดการทดลองควบคุมโดยสามารถเห็นอัตราการเจริญเติบโตที่แตกต่างกันของผักสลัดได้ในสัปดาห์ที่ 3 หลังจากการย้ายปลูกในสารละลายธาตุอาหาร

เมื่อพิจารณาผลของน้ำหนักสดต่อต้นที่ปลูกในฤดูหนาว ช่วงกลางเดือนตุลาคมถึงกลางเดือนกุมภาพันธ์ พบว่าทุกชุดการทดลองที่ใส่ไคโทซานลงในสารละลายธาตุอาหาร จะทำให้ผักสลัดมีน้ำหนักสดต่อต้นมากกว่าชุดการทดลองควบคุมอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ยกเว้นในชุดการทดลองที่ใส่ไคโทซานชนิด O80 ความเข้มข้น 0.1 mg/L ที่ทำให้ผักสลัดมีน้ำหนักสดน้อยที่สุด คือ 88.06 กรัม ซึ่งน้อยกว่าชุดการทดลองควบคุมที่มีน้ำหนักสด 89.25 กรัม โดยชุดการทดลองที่ใส่ไคโทซานชนิด O80 ความเข้มข้น 5 mg/L จะทำให้ผักสลัดมีน้ำหนักสดมากที่สุดคือ 98.60 กรัม ซึ่งสูงกว่าชุดควบคุมถึง 12.12% (ภาพที่ 5, ภาคผนวก ข. ตาราง ข.1)

เมื่อพิจารณาผลของน้ำหนักสดต่อต้นที่ปลูกในฤดูร้อน ช่วงกลางเดือนกุมภาพันธ์ถึงกลางเดือนพฤษภาคม พบว่าทุกชุดการทดลองที่มีการใส่ไคโทซานลงในสารละลายธาตุอาหาร จะ

ทำให้ผักสลัดมีน้ำหนักสดต่อต้นมากกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ยกเว้นในชุดการทดลองที่มีการใส่ไคโทซานชนิด P80 ความเข้มข้น 0.1 mg/L ที่ทำให้ผักสลัดมีน้ำหนักสดเฉลี่ย 72.34 กรัม ซึ่งน้อยกว่าชุดควบคุมที่มีน้ำหนักสด 76.91 กรัม โดยชุดการทดลองที่มีการใส่ไคโทซานชนิด O80 ความเข้มข้น 5 mg/L จะทำให้ผักสลัดมีน้ำหนักสดมากที่สุดคือ 85.40 กรัม ซึ่งสูงกว่าชุดควบคุมถึง 11.03% (ภาพที่ 6, ภาคผนวก ข. ตาราง ข.2)

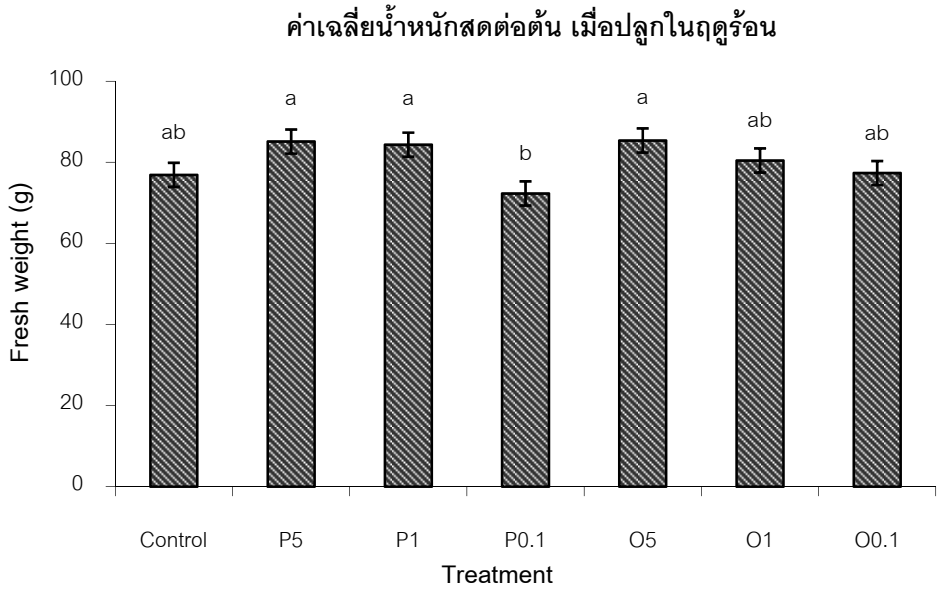
เมื่อพิจารณาผลของน้ำหนักสดต่อต้นที่ปลูกในฤดูฝน ช่วงกลางเดือนพฤษภาคมถึงกลางเดือนตุลาคม พบว่าไคโทซานมีผลกระตุ้นการเจริญเติบโตได้เช่นกัน โดยการใส่ไคโทซานชนิด O80 ที่ความเข้มข้น 5 mg/L ทำให้ผักสลัดมีน้ำหนักสดมากที่สุดคือ 128.95 กรัม ในขณะที่ชุดควบคุมมีน้ำหนักสด 86.42 กรัม ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และสามารถเพิ่มน้ำหนักสดได้ 49.21% (ภาพที่ 7, ภาคผนวก ข. ตาราง ข.3)



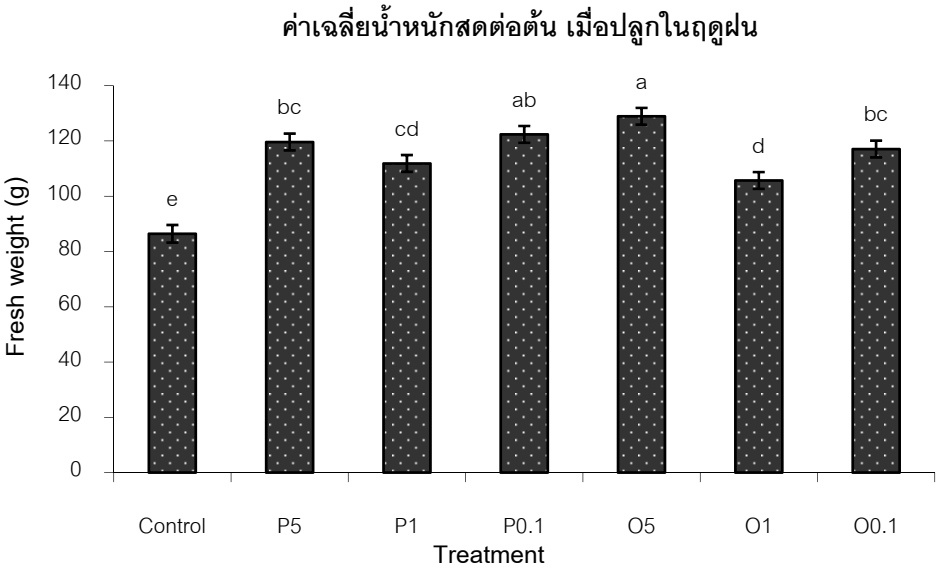
ภาพที่ 5 แสดงน้ำหนักสดต่อต้นของผักสลัดพันธุ์เรดโอ๊กที่มีการให้ไคโทซานที่ความเข้มข้นต่างๆลงในสารละลายธาตุอาหาร เมื่อปลูกในฤดูหนาวช่วงวันที่ 4 พฤศจิกายน – 19 ธันวาคม 2553

[ns] หมายถึงค่าเฉลี่ยในชุดการทดลองต่าง ๆ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

Control	=	สารละลายธาตุอาหารสูตรดัดแปลง Hoagland
P5	=	สารละลายธาตุอาหาร + ไคโทซาน P80 ความเข้มข้น 5 mg/L
P1	=	สารละลายธาตุอาหาร + ไคโทซาน P80 ความเข้มข้น 1 mg/L
P0.1	=	สารละลายธาตุอาหาร + ไคโทซาน P80 ความเข้มข้น 0.1 mg/L
O5	=	สารละลายธาตุอาหาร + ไคโทซาน O80 ความเข้มข้น 5 mg/L
O1	=	สารละลายธาตุอาหาร + ไคโทซาน O80 ความเข้มข้น 1 mg/L
O0.1	=	สารละลายธาตุอาหาร + ไคโทซาน O80 ความเข้มข้น 0.1 mg/L



ภาพที่ 6 แสดงน้ำหนักสดต่อต้นของผักสลัดพันธุ์เรดโอ๊กที่มีการให้ไคโทซานที่ความเข้มข้นต่างๆลงในสารละลายธาตุอาหาร เมื่อปลูกในฤดูร้อนช่วงวันที่ 4 มีนาคม – 18 เมษายน 2554



ภาพที่ 7 แสดงน้ำหนักสดต่อต้นของผักสลัดพันธุ์เรดโอ๊กที่มีการให้ไคโทซานที่ความเข้มข้นต่างๆลงในสารละลายธาตุอาหาร เมื่อปลูกในฤดูฝนช่วงวันที่ 29 สิงหาคม – 12 ตุลาคม 2554

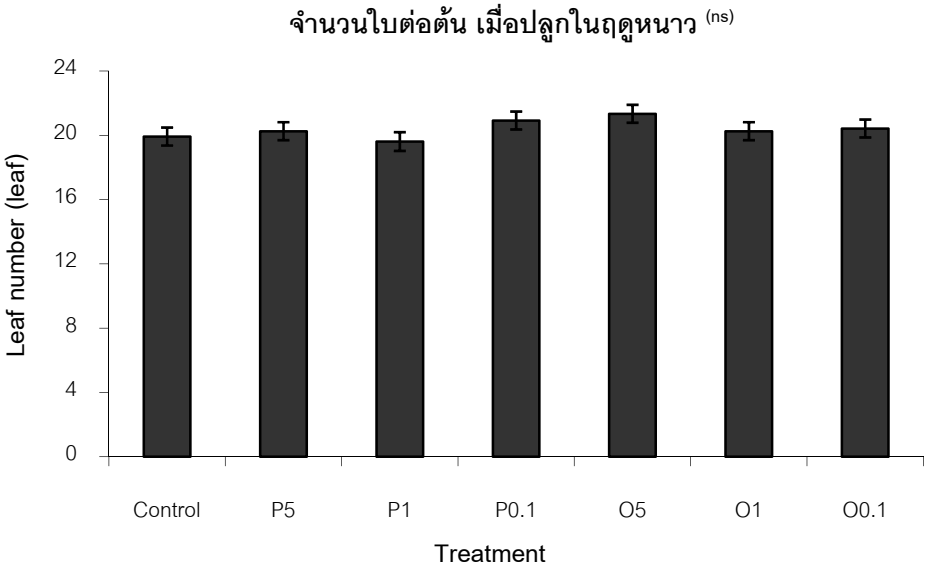
*ตัวอักษรที่อยู่เหนือแท่งกราฟที่แตกต่างกันแสดงความแตกต่างของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อวิเคราห์ด้วยวิธี DMRT ($P \leq 0.05$)

1.2 จำนวนใบ

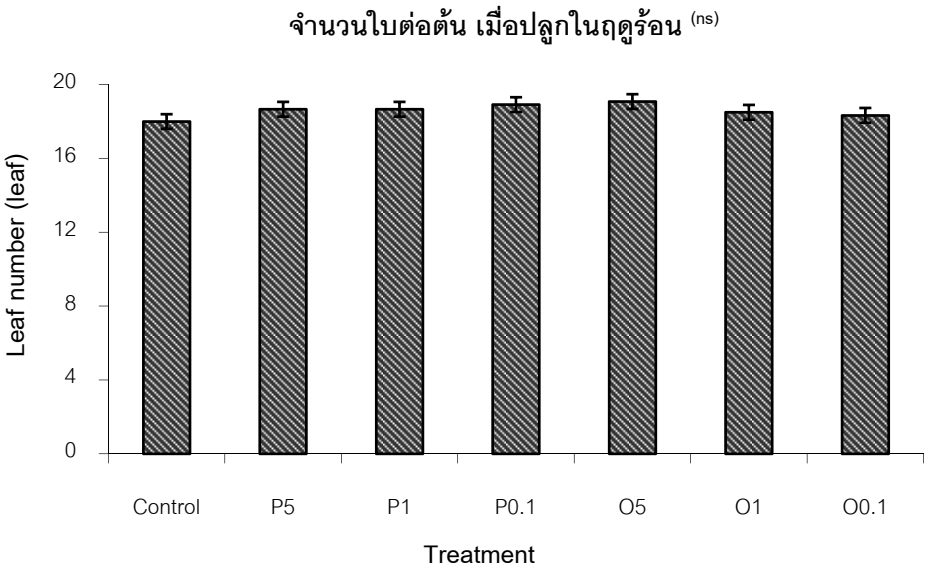
จากการทดลองที่นับจำนวนใบของผักสลัดเมื่อถึงระยะเวลาการเก็บเกี่ยว โดยนับเฉพาะใบที่มีความยาวไม่น้อยกว่า 1 เซนติเมตร พบว่าในทุกชุดการทดลองที่มีการใส่ไคโทซานลงในสารละลายธาตุอาหารจะมีผลทำให้ผักสลัดมีจำนวนใบมากกว่าชุดการทดลองควบคุม

เมื่อพิจารณาผลของจำนวนใบต่อต้นที่ปลูกในฤดูหนาว พบว่าในทุกชุดการทดลองที่มีการใส่ไคโทซานจะมีแนวโน้มของจำนวนใบมากกว่าชุดการทดลองควบคุม ยกเว้นในชุดการทดลองที่มีการใส่ไคโทซานชนิด P80 ความเข้มข้น 1 mg/L ที่ทำให้ผักสลัดมีแนวโน้มของจำนวนใบน้อยที่สุด โดยมีจำนวนใบเฉลี่ยประมาณ 19.61 ใบ ในขณะที่ชุดการทดลองควบคุมมีจำนวนใบเฉลี่ยประมาณ 19.92 ใบ แต่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยชุดการทดลองที่มีจำนวนใบมากที่สุด คือชุดการทดลองที่มีการใส่ไคโทซานชนิด O80 ความเข้มข้น 5 mg/L ซึ่งมีจำนวนใบเฉลี่ย 21.33 ใบ สอดคล้องกับค่าเฉลี่ยน้ำหนักสดของผักสลัด (ภาพที่ 8, ภาคผนวก ข. ตาราง ข.4)

เมื่อพิจารณาผลของจำนวนใบต่อต้นที่ปลูกในฤดูร้อนและฤดูฝน พบว่าผักสลัดในทุกชุดการทดลองที่มีการให้ไคโทซานมีจำนวนใบมากกว่าชุดการทดลองควบคุม โดยเฉพาะในฤดูฝนที่มีจำนวนใบมากกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยชุดการทดลองที่มีจำนวนใบมากที่สุด คือชุดการทดลองที่มีการให้ไคโทซานชนิด O80 ที่ความเข้มข้น 5 mg/L และชุดการทดลองที่มีการให้ไคโทซานชนิด P80 ความเข้มข้น 0.1 mg/L โดยมีจำนวนใบเฉลี่ย 22.25 ใบ ซึ่งสอดคล้องกับน้ำหนักสดของผักสลัด (ภาพที่ 9 และ 10, ภาคผนวก ข. ตาราง ข.5 และข.6)

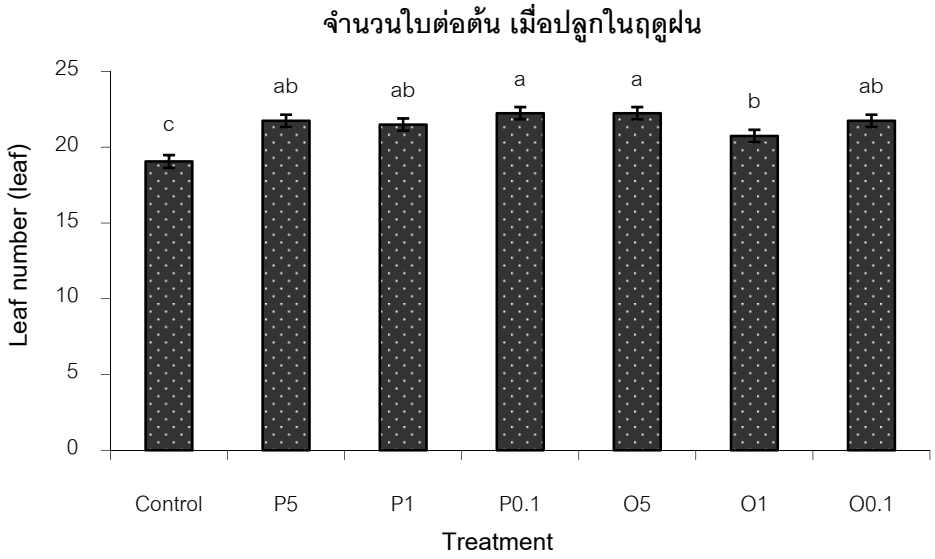


ภาพที่ 8 แสดงจำนวนใบต่อต้นของผักสลัดพันธุ์เรดโอ๊กที่มีการให้ไคโทซานที่ความเข้มข้นต่างๆลงในสารละลายธาตุอาหาร เมื่อปลูกในฤดูหนาวช่วงวันที่ 4 พฤศจิกายน – 19 ธันวาคม 2553



ภาพที่ 9 แสดงจำนวนใบต่อต้นของผักสลัดพันธุ์เรดโอ๊กที่มีการให้ไคโทซานที่ความเข้มข้นต่างๆลงในสารละลายธาตุอาหาร เมื่อปลูกในฤดูร้อนช่วงวันที่ 4 มีนาคม – 18 เมษายน 2554

[ns] หมายถึงค่าเฉลี่ยในชุดการทดลองต่าง ๆ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ



ภาพที่ 10 แสดงจำนวนใบต่อต้นของผักสลัดพันธุ์เรดโอ๊กที่มีการให้ไคโทซานที่ความเข้มข้นต่างๆ ลงในสารละลายธาตุอาหาร เมื่อปลูกในฤดูฝนช่วงวันที่ 29 สิงหาคม – 12 ตุลาคม 2554

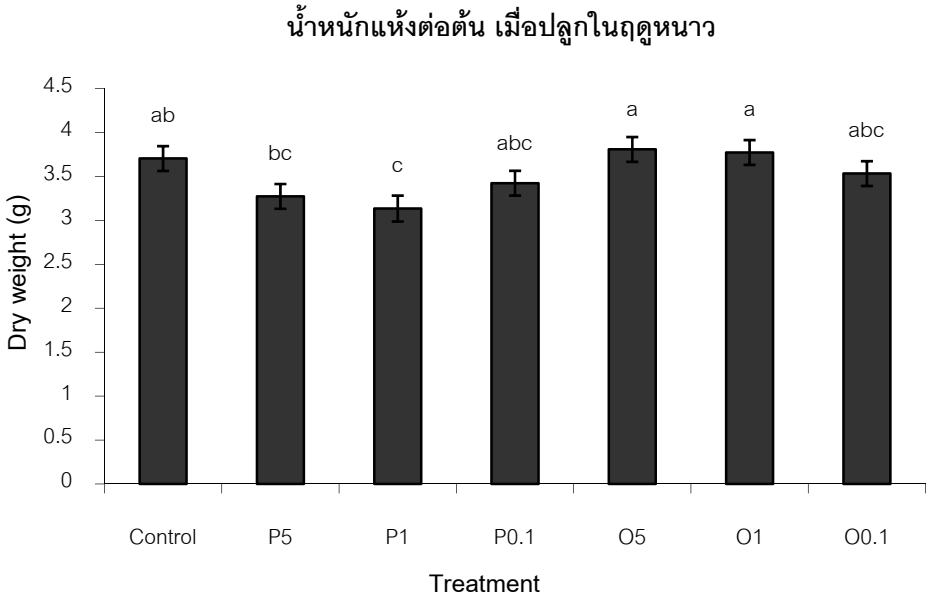
*ตัวอักษรที่อยู่เหนือแท่งกราฟที่แตกต่างกันแสดงความแตกต่างของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อวิเคราห์ด้วยวิธี DMRT ($P \leq 0.05$)

1.3 น้ำหนักแห้ง

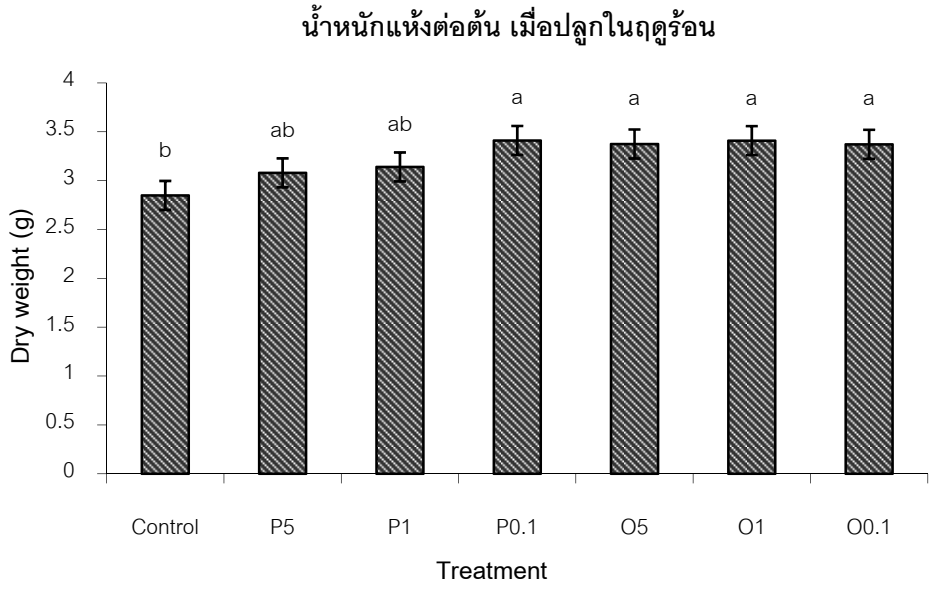
ในฤดูร้อนและฤดูฝน น้ำหนักแห้งต่อต้นของผักสลัดในทุกชุดการทดลองที่มีการให้ไคโทซานจะมีน้ำหนักแห้งมากกว่าชุดการทดลองควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งสอดคล้องกับน้ำหนักสดของผักสลัด แต่ในฤดูหนาวน้ำหนักแห้งต่อต้นของผักสลัดในชุดการทดลองบางชุด มีน้ำหนักแห้งน้อยกว่าชุดการทดลองควบคุม

เมื่อพิจารณาผลของน้ำหนักแห้งต่อต้นที่ปลูกในฤดูหนาว พบว่าในชุดการทดลองที่มีการใส่ไคโทซานชนิด O80 ความเข้มข้น 5 และ 1 mg/L จะทำให้ผักสลัดมีแนวโน้มของน้ำหนักแห้งมากกว่าที่สุด คือ 3.81 และ 3.77 กรัม ซึ่งมากกว่าชุดการทดลองควบคุมที่มีน้ำหนักแห้ง 3.70 กรัม แต่การให้ไคโทซานแบบ P80 ทำให้ผักสลัดมีน้ำหนักแห้งต่อต้นต่ำกว่าชุดการทดลองควบคุม (ภาพที่ 11, ภาคผนวก ข. ตาราง ข.7)

เมื่อพิจารณาผลของน้ำหนักแห้งต่อต้นที่ปลูกในฤดูร้อนและฤดูฝน พบว่าในทุกชุดการทดลองที่มีการให้ไคโทซานมีน้ำหนักแห้งมากกว่าชุดการทดลองควบคุม โดยชุดการทดลองที่มีน้ำหนักแห้งมากที่สุด คือชุดการทดลองที่มีการให้ไคโทซานชนิด O80 ที่ความเข้มข้น 5 mg/L ซึ่งสูงกว่าชุดควบคุมถึง 18.47% ในฤดูร้อน และ 27.62% ในฤดูฝน (ภาพที่ 12 และ 13, ภาคผนวก ข. ตาราง ข.8 และข.9)

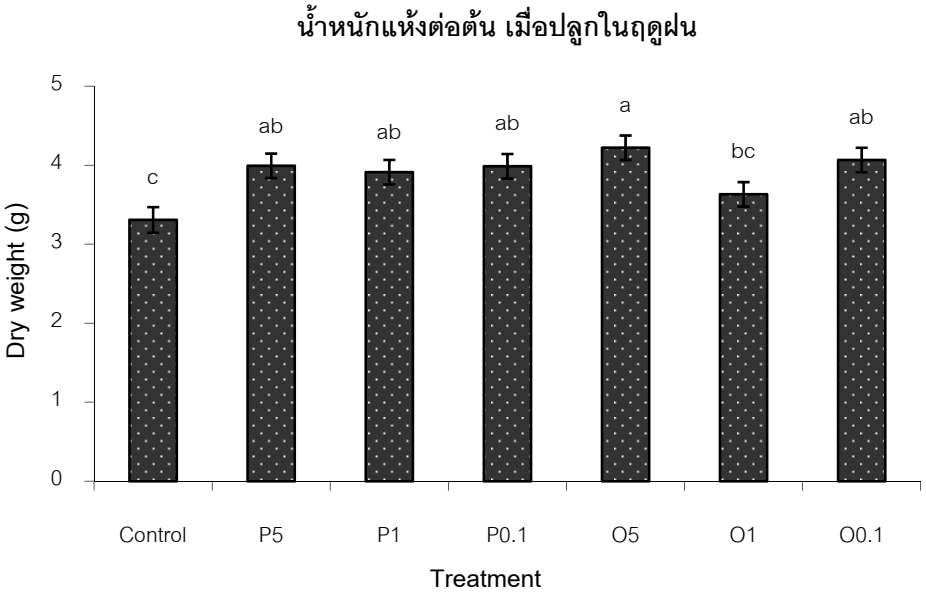


ภาพที่ 11 แสดงน้ำหนักแห้งต่อต้นของผักสลัดพันธุ์เรดโอ๊กที่มีการให้ไคโทซานที่ความเข้มข้นต่างๆ ลงในสารละลายธาตุอาหาร เมื่อปลูกในฤดูหนาวช่วงวันที่ 4 พฤศจิกายน – 19 ธันวาคม 2553



ภาพที่ 12 แสดงน้ำหนักแห้งต่อต้นของผักสลัดพันธุ์เรดโอ๊กที่มีการให้ไคโทซานที่ความเข้มข้นต่างๆ ลงในสารละลายธาตุอาหาร เมื่อปลูกในฤดูร้อนช่วงวันที่ 4 มีนาคม – 18 เมษายน 2554

*ตัวอักษรที่อยู่เหนือแท่งกราฟที่แตกต่างกันแสดงความแตกต่างของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อวิเคราะห์ด้วยวิธี DMRT ($P \leq 0.05$)



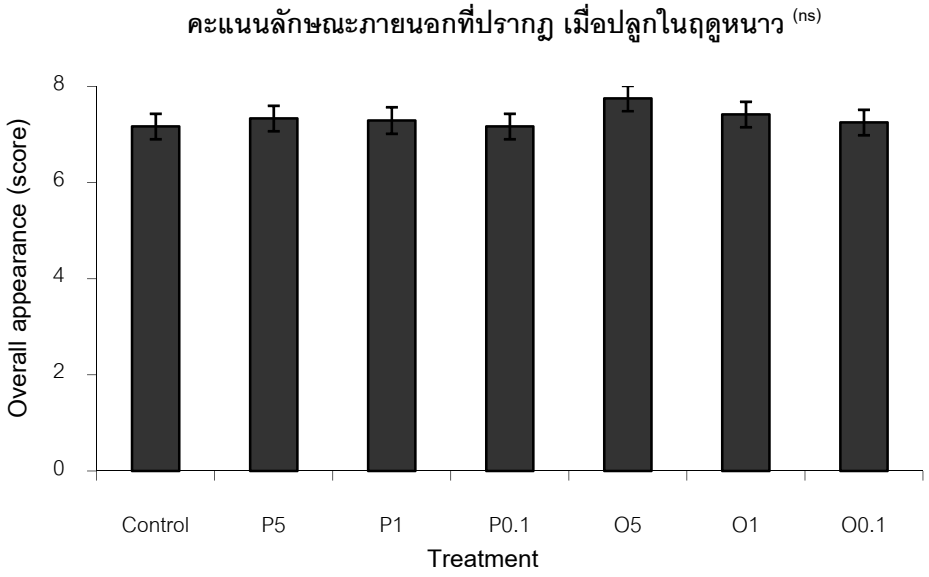
ภาพที่ 13 แสดงน้ำหนักแห้งต่อต้นของผักสลัดพันธุ์เรดโอ๊กที่มีการให้ไคโทซานที่ความเข้มข้นต่างๆ ลงในสารละลายธาตุอาหาร เมื่อปลูกในฤดูฝนช่วงวันที่ 29 สิงหาคม – 12 ตุลาคม 2554

*ตัวอักษรที่อยู่เหนือแท่งกราฟที่แตกต่างกันแสดงความแตกต่างของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อวิเคราห์ด้วยวิธี DMRT ($P \leq 0.05$)

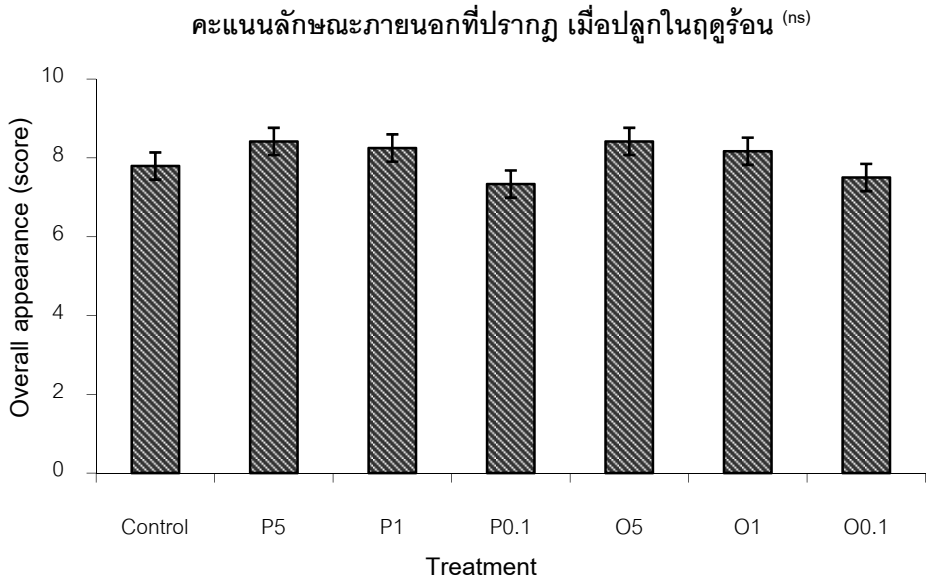
2. ผลของชนิดและความเข้มข้นของไคโทซานที่มีต่อคุณภาพผลผลิตหลังการเก็บเกี่ยวและลักษณะภายนอกของผักสลัดหลังการเก็บรักษา

2.1 ลักษณะภายนอกที่ปรากฏ

จากผลการทดลองพบว่าในชุดการทดลองที่มีการให้ไคโทซานจะมีคะแนนลักษณะภายนอกที่ปรากฏโดยรวมสูงกว่าชุดการทดลองควบคุม ซึ่งไคโทซานสามารถรักษาลักษณะภายนอกที่ปรากฏได้ดี ไม่แสดงอาการเหี่ยวที่บริเวณใบชั้นในของผัก โดยชุดการทดลองที่มีการให้ไคโทซานชนิด O80 ที่ความเข้มข้น 5 mg/L มีคะแนนของลักษณะภายนอกที่ปรากฏสูงที่สุดในฤดูหนาว คือ 7.75 และในฤดูร้อน ชุดการทดลองที่มีการให้ไคโทซานชนิด P80 ที่ความเข้มข้น 5 mg/L และชนิด O80 ที่ความเข้มข้น 5 mg/L มีคะแนนคุณลักษณะสูงที่สุด คือ 8.42 คะแนน ซึ่งไม่แตกต่างจากชุดการทดลองควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนในฤดูฝน ชุดการทดลองที่มีการให้ไคโทซานทุกชุดการทดลองมีแนวโน้มที่มีคะแนนของลักษณะภายนอกที่ปรากฏสูงกว่าชุดการทดลองควบคุม (ภาพที่ 14 15 และ 16, ภาคผนวก ข. ตาราง ข.10-12) ทั้งนี้ลักษณะภายนอกที่ปรากฏของผักมีเกณฑ์การให้คะแนนดังแสดงในภาพที่ 17

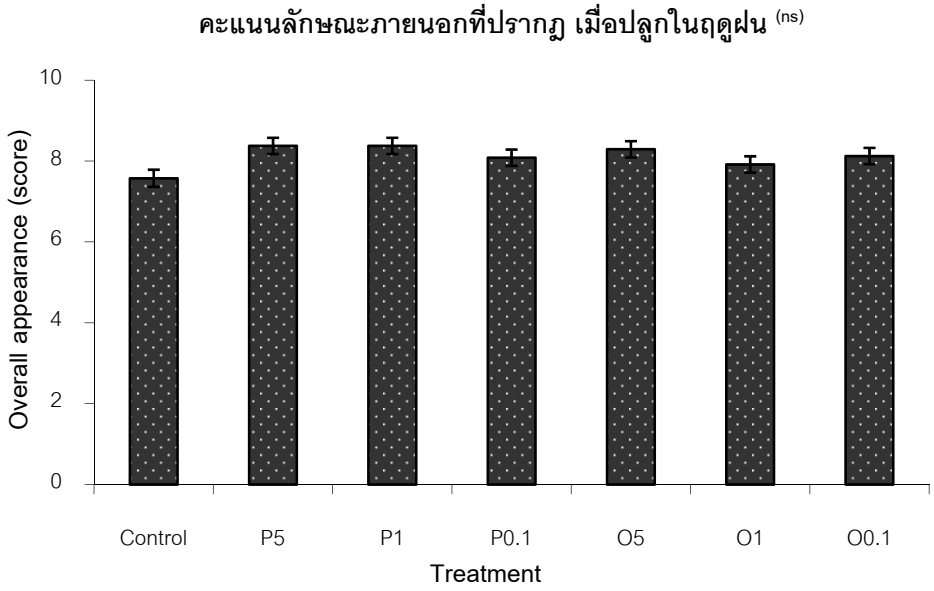


ภาพที่ 14 แสดงคะแนนของลักษณะภายนอกที่ปรากฏหลังการเก็บเกี่ยวเป็นเวลา 10 วัน อุณหภูมิ 8°C ของผักสลัดพันธุ์เรดโอ๊กที่มีการให้ไคโทซานที่ความเข้มข้นต่างๆลงในสารละลายธาตุอาหารเมื่อปลูกในฤดูหนาวช่วงวันที่ 4 พฤศจิกายน – 19 ธันวาคม 2553



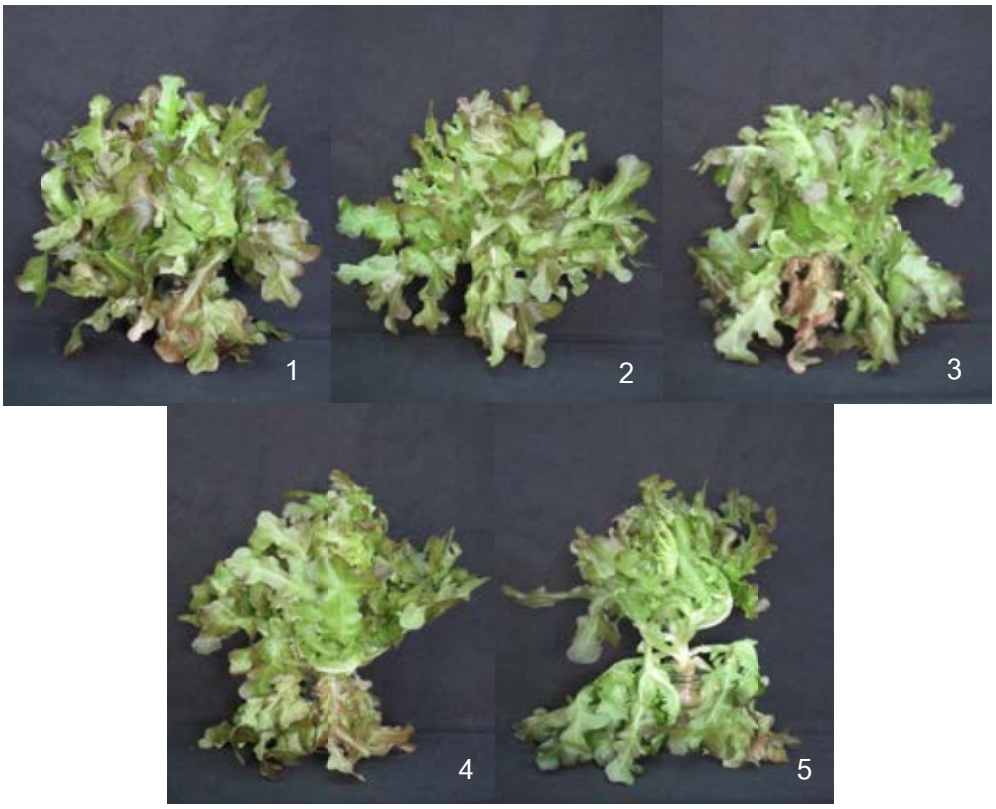
ภาพที่ 15 แสดงคะแนนของลักษณะภายนอกที่ปรากฏหลังการเก็บเกี่ยวเป็นเวลา 10 วัน อุณหภูมิ 8°C ของผักสลัดพันธุ์เรดโอ๊กที่มีการให้ไคโทซานที่ความเข้มข้นต่างๆลงในสารละลายธาตุอาหารเมื่อปลูกในฤดูร้อนช่วงวันที่ 4 มีนาคม – 18 เมษายน 2554

ns หมายถึงค่าเฉลี่ยในชุดการทดลองต่าง ๆ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ



ภาพที่ 16 แสดงคะแนนของลักษณะภายนอกที่ปรากฏหลังการเก็บเกี่ยวเป็นเวลา 10 วัน อุณหภูมิ 8°C ของผักสลัดพันธุ์เรดโอ๊กที่มีการให้ไคโทซานที่ความเข้มข้นต่างๆลงในสารละลายธาตุอาหาร เมื่อปลูกในฤดูฝนช่วงวันที่ 29 สิงหาคม – 12 ตุลาคม 2554

[ns] หมายถึงค่าเฉลี่ยในชุดการทดลองต่าง ๆ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ



ภาพที่ 17 แสดงคะแนนคุณลักษณะภายนอกที่ปรากฏของผักสลัด

ภาพย่อยที่ 1 9 คะแนน สำหรับผักสลัดที่มีลักษณะดีมาก ใบไม่เน่าและเหี่ยวแห้ง

ภาพย่อยที่ 2 8-7 คะแนน สำหรับผักสลัดที่มีลักษณะดี ใบมีอาการเน่าหรือเหี่ยว 1-2 ใบ

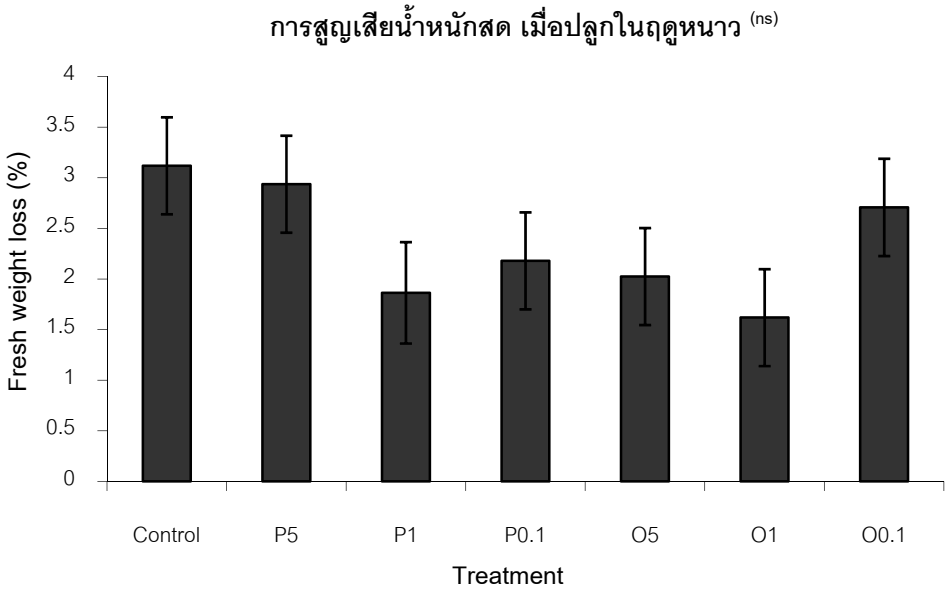
ภาพย่อยที่ 3 6-5 คะแนน สำหรับผักสลัดที่มีลักษณะปานกลาง ใบมีอาการเน่าหรือเหี่ยว 3-4 ใบ

ภาพย่อยที่ 4 4-3 คะแนน สำหรับผักสลัดที่มีลักษณะแย่ ใบมีอาการเน่าหรือเหี่ยว 5-6 ใบ

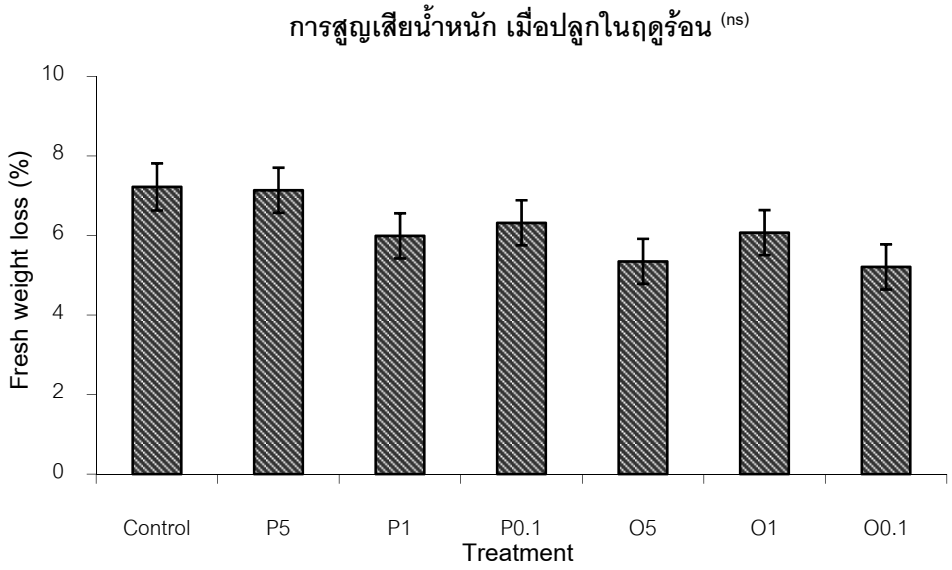
ภาพย่อยที่ 5 2-1 คะแนน สำหรับผักสลัดที่มีลักษณะแย่มาก ใบมีอาการเน่าหรือเหี่ยวมากกว่า 7 ใบขึ้นไป

2.2 การสูญเสียน้ำหนักสด

น้ำหนักของผักสลัดจะมีค่าลดลงเมื่อเก็บรักษาไว้เป็นเวลานาน การสูญเสียน้ำหนักสดเกิดขึ้นสูงสุดในฤดูร้อน และ เกิดขึ้นน้อยที่สุดในฤดูหนาว โดยภาพรวม ชุดการทดลองที่มีการให้ไคโทซานพบว่ามีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสดน้อยกว่าชุดการทดลองควบคุม แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติเมื่อทดลองในฤดูหนาว อย่างไรก็ดี การทดลองในฤดูร้อน ชุดการทดลองที่มีการให้ไคโทซานชนิด O80 ความเข้มข้น 5 mg/L หรือ 0.1 mg/L จะมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสด 5.35 และ 5.21% ซึ่งต่ำกว่าชุดการทดลองควบคุมที่ไม่ได้รับไคโทซานอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนในฤดูฝน การให้ไคโทซานชนิด O80 ที่ความเข้มข้น 1 mg/L ทำให้ผัดสลัดมีการสูญเสียน้ำหนักสดต่ำที่สุด คือ 2.49% ซึ่งต่ำกว่าในชุดการทดลองควบคุมที่มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสด 4.98% อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ภาพที่ 18 19 และ 20, ภาคผนวก ข. ตาราง ข.13-15)

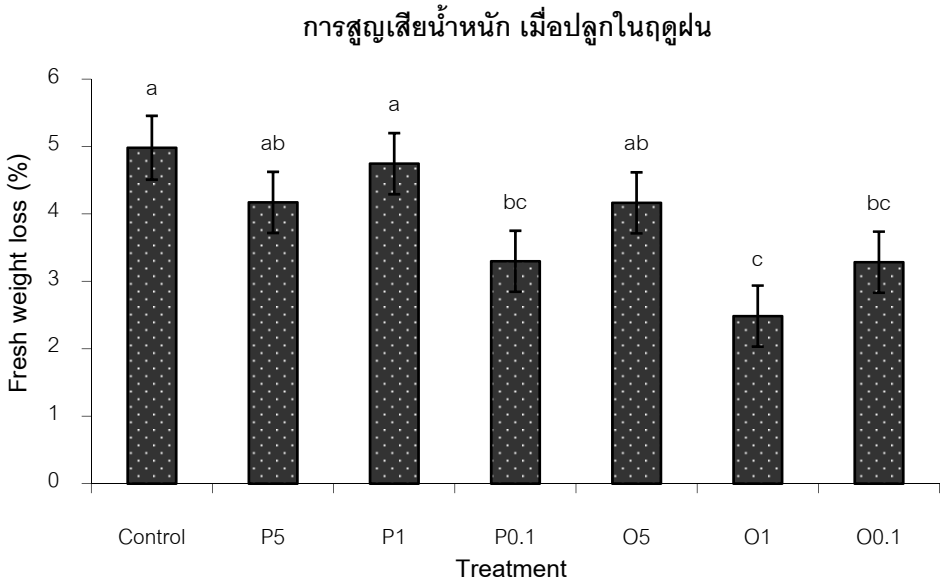


ภาพที่ 18 แสดงการสูญเสียน้ำหนักสดหลังการเก็บเกี่ยวเป็นเวลา 10 วันที่อุณหภูมิ 8°C ของผักสลัดพันธุ์เรดโอ๊กที่มีการให้ไคโทซานที่ความเข้มข้นต่างๆลงในสารละลายธาตุอาหาร เมื่อปลูกในฤดูหนาวช่วงวันที่ 4 พฤศจิกายน – 19 ธันวาคม 2553



ภาพที่ 19 แสดงการสูญเสียน้ำหนักสดหลังการเก็บเกี่ยวเป็นเวลา 10 วันที่อุณหภูมิ 8°C ของผักสลัดพันธุ์เรดโอ๊กที่มีการให้ไคโทซานที่ความเข้มข้นต่างๆลงในสารละลายธาตุอาหาร เมื่อปลูกในฤดูร้อนช่วงวันที่ 4 มีนาคม – 18 เมษายน 2554

[ns] หมายถึงค่าเฉลี่ยในชุดการทดลองต่าง ๆ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ



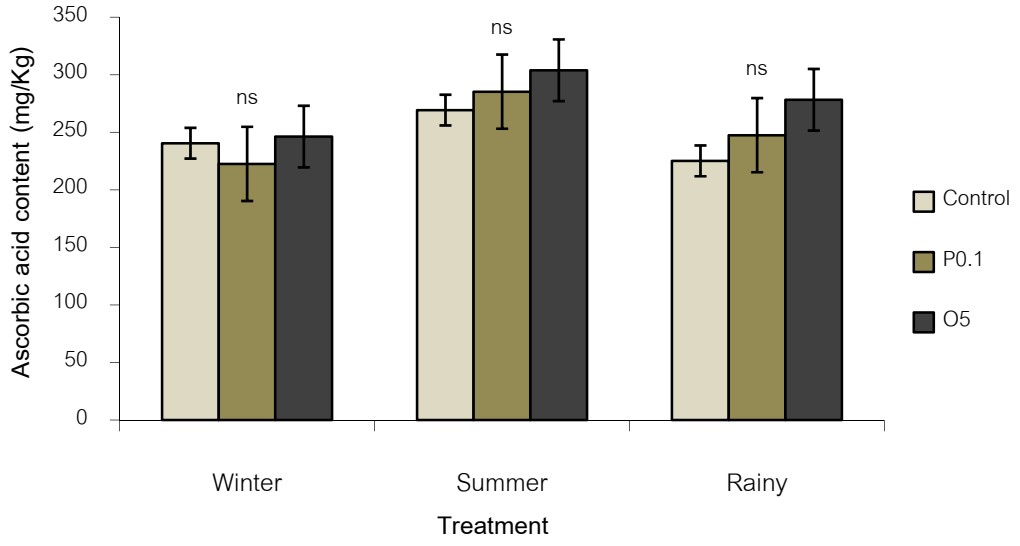
ภาพที่ 20 แสดงการสูญเสียน้ำหนักสดหลังการเก็บเกี่ยวเป็นเวลา 10 วันที่อุณหภูมิ 8°C ของผักสลัดพันธุ์เรดโอ๊กที่มีการให้ไคโทซานที่ความเข้มข้นต่างๆลงในสารละลายธาตุอาหาร เมื่อปลูกในฤดูฝนช่วงวันที่ 29 สิงหาคม – 12 ตุลาคม 2554

*ตัวอักษรที่อยู่เหนือแท่งกราฟที่แตกต่างกันแสดงความแตกต่างของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อวิเคราห์ด้วยวิธี DMRT ($P \leq 0.05$)

3. **ผลของไคโทซานที่มีต่อปริมาณ** ascorbic acid **ปริมาณสารสี** (photosynthetic pigment) **และปริมาณเส้นใยของผักสลัด**

3.1 **ปริมาณ** ascorbic acid

จากการทดลองพบว่า การให้ไคโทซานในสารละลายธาตุอาหารมีแนวโน้มที่จะมีปริมาณ ascorbic acid เพิ่มขึ้นมากกว่าชุดการทดลองควบคุมที่ไม่มีไคโทซาน ในชุดการทดลองที่มีการให้ไคโทซานชนิด O80 ที่ความเข้มข้น 5 mg/L มีแนวโน้มที่จะมีปริมาณ ascorbic acid มากกว่าในชุดควบคุมในทุกฤดูปลูก แต่ในชุดการทดลองที่มีการให้ไคโทซานชนิด P80 ที่ความเข้มข้น 0.1 mg/L นั้นกลับมีแนวโน้มทำให้ปริมาณ ascorbic acid น้อยกว่าชุดการทดลองควบคุมในฤดูหนาว แต่ในฤดูร้อนและฤดูฝนพบว่า ชุดการทดลองที่มีการใส่ไคโทซาน มีแนวโน้มที่จะมีปริมาณ ascorbic acid มากกว่าชุดการทดลองควบคุม (ภาพที่ 21, ภาคผนวก ข. ตาราง ข.16-18)

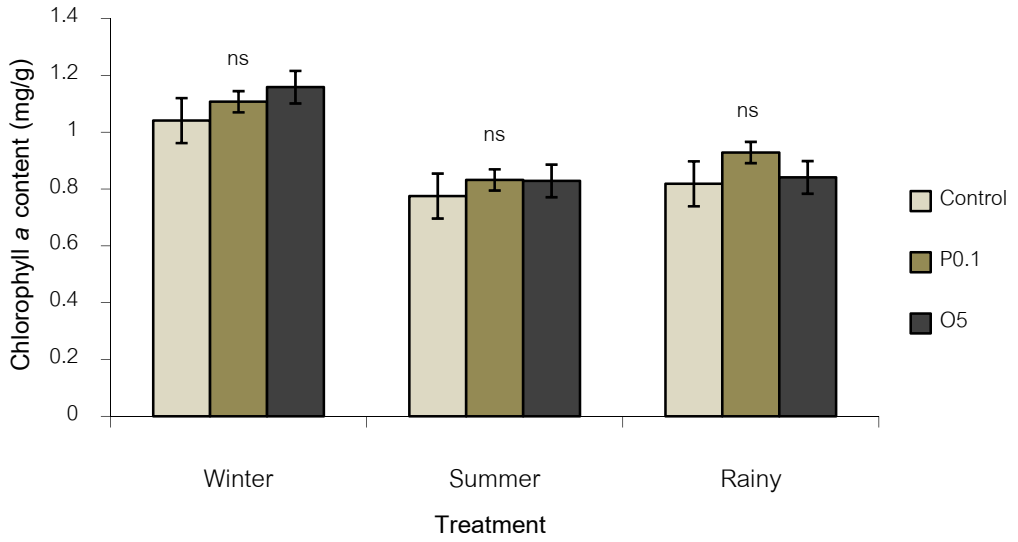


ภาพที่ 21 แสดงปริมาณ ascorbic acid ต่อต้นของผักสลัดพันธุ์เรดโอ๊กที่มีการให้ไคโทซานที่ความเข้มข้นต่างๆลงในสารละลายธาตุอาหาร และปลูกทั้ง 3 ช่วงฤดู

[ns] หมายถึงค่าเฉลี่ยในชุดการทดลองต่าง ๆ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

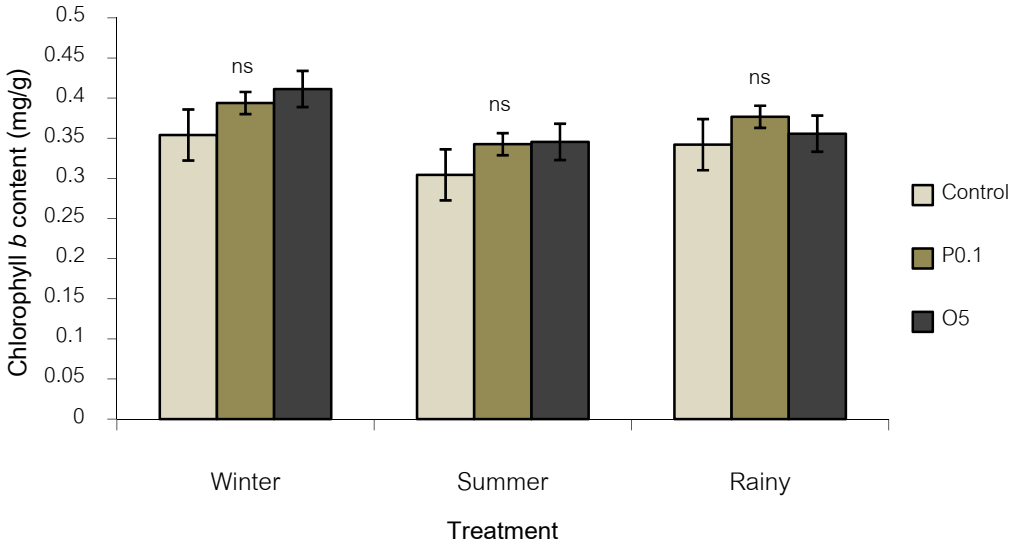
3.2 ปริมาณสารสี (photosynthetic pigment)

สารสีที่ได้ศึกษาในการทดลองนี้ คือ คลอโรฟิลล์ *เอ* คลอโรฟิลล์ *บี* และแคโรทีนอยด์ โดยแนวโน้มของปริมาณสารทั้ง 3 ชนิดนั้นคล้ายกัน คือ ในชุดการทดลองที่มีการให้ไคโทซานจะมีแนวโน้มทำให้มีปริมาณสารสีทั้ง 3 ชนิดมากกว่าในชุดการทดลองควบคุม โดยในชุดการทดลองที่มีการให้ไคโทซานชนิด O80 ความเข้มข้น 5 mg/L มีแนวโน้มที่จะมีปริมาณรงควัตถุทั้ง 3 ชนิดมากที่สุด เมื่อปลูกในช่วงฤดูหนาว ส่วนในฤดูร้อนไคโทซานทั้ง 2 ชนิดมีผลทำให้ปริมาณสารสีทั้ง 3 ชนิดใกล้เคียงกัน โดยมีแนวโน้มมากกว่าชุดการทดลองควบคุม แต่เมื่อปลูกในฤดูฝน ชุดการทดลองที่มีการให้ไคโทซานชนิด P80 ความเข้มข้น 0.1 mg/L ทำให้มีปริมาณรงควัตถุทั้ง 3 ชนิดมากที่สุด (ภาพที่ 22-24, ภาคผนวก ข. ตาราง ข.19-27)

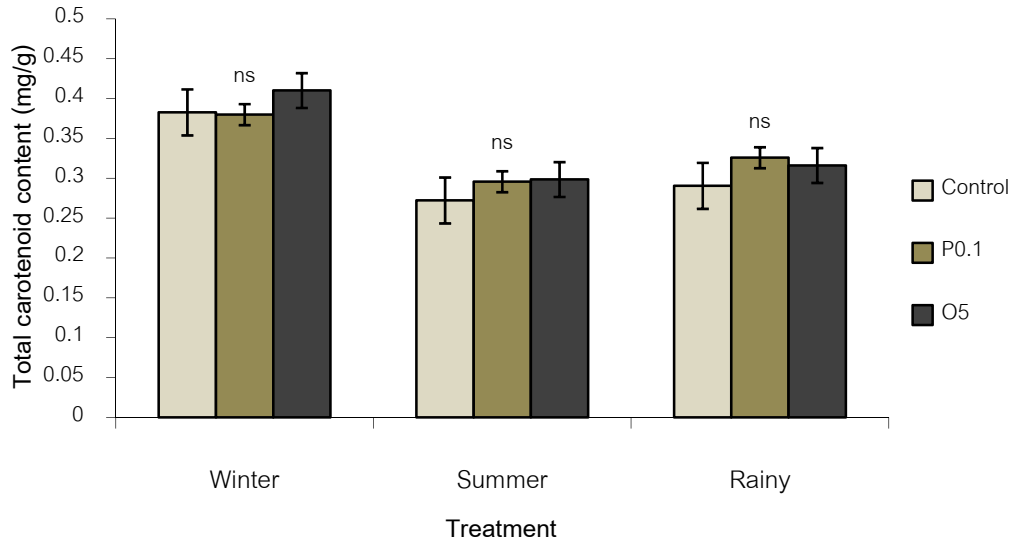


ภาพที่ 22 แสดงปริมาณ คลอโรฟิลล์ *เอ* ต่อต้นของผักสลัดพันธุ์เรดโอ๊กที่มีการให้ไคโทซานที่ความเข้มข้นต่างๆลงในสารละลายธาตุอาหาร และปลูกทั้ง 3 ช่วงฤดู

[ns] หมายถึงค่าเฉลี่ยในชุดการทดลองต่าง ๆ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ



ภาพที่ 23 แสดงปริมาณ คลอโรฟิลล์ *บี* ต่อต้นของผักสลัดพันธุ์เรดโอ๊กที่มีการให้ไคโทซานที่ความเข้มข้นต่างๆลงในสารละลายธาตุอาหาร และปลูกทั้ง 3 ช่วงฤดู

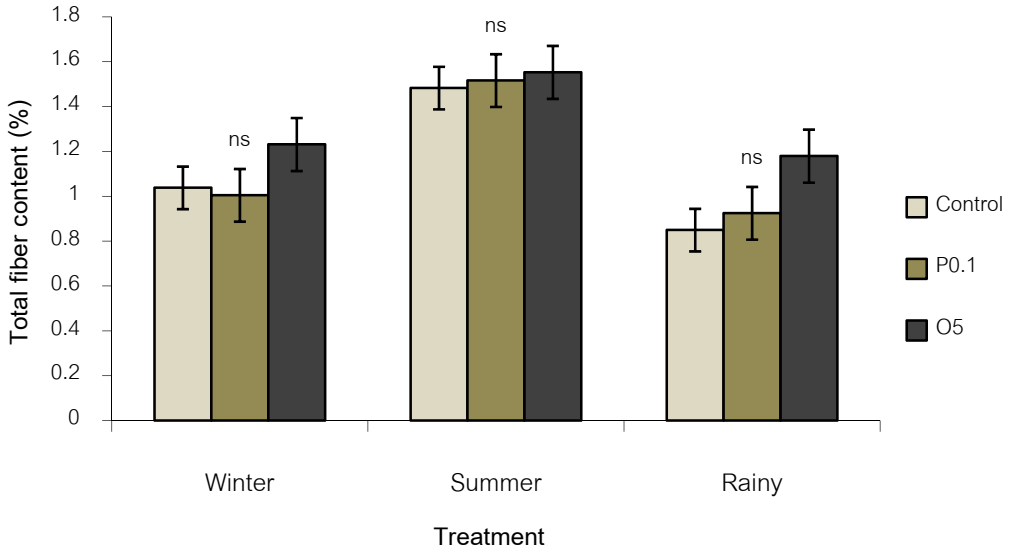


ภาพที่ 24 แสดงปริมาณแคโรทีนอยด์ต่อต้นของผักสลัดพันธุ์เรดโอ๊กที่มีการให้ไคโทซานที่ความเข้มข้นต่างๆลงในสารละลายธาตุอาหาร และปลูกทั้ง 3 ช่วงฤดู

[ns] หมายถึงค่าเฉลี่ยในชุดการทดลองต่าง ๆ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

3.3 ปริมาณเส้นใย

ชุดการทดลองที่มีการให้ไคโทซานชนิด O80 ที่ความเข้มข้น 5 mg/L มีแนวโน้มทำให้ผักสลัดมีปริมาณเส้นใยสูงมากกว่าชุดการทดลองควบคุมในทุกฤดูปลูก ส่งผลให้ผักมีปริมาณเส้นใยมากที่สุด โดยในฤดูฝนจะทำให้ผักสลัดมีปริมาณเส้นใยมากกว่าชุดควบคุมถึง 38.83% (ภาพที่ 25, ภาคผนวก ข. ตาราง ข.28-30)



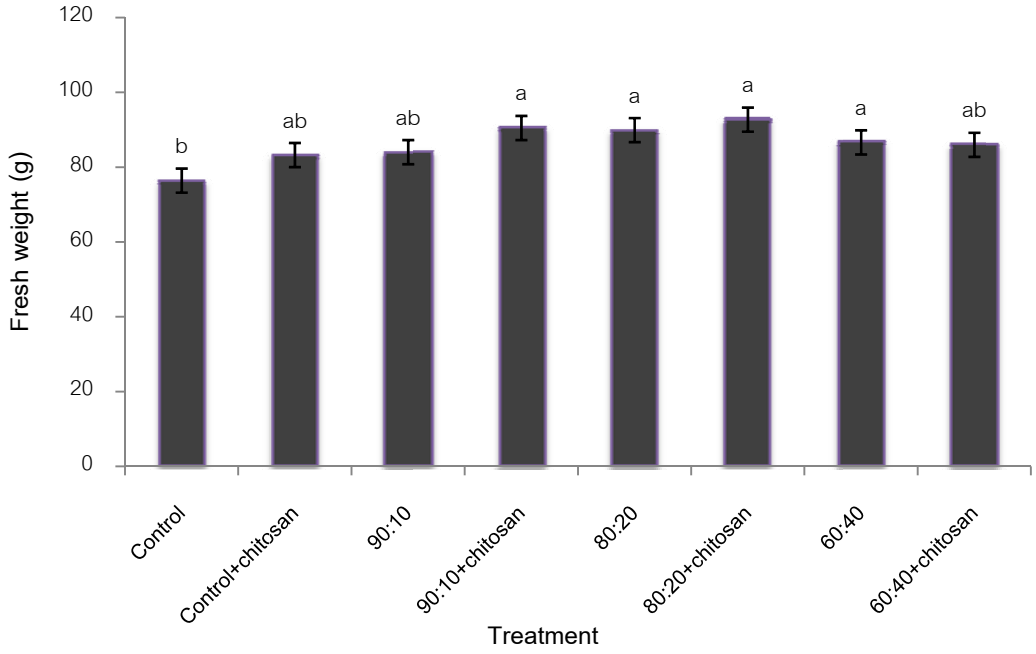
ภาพที่ 25 แสดงปริมาณเส้นใยต่อต้นของผักสลัดพันธุ์เรดโอ๊กที่มีการให้ไคโทซานที่ความเข้มข้นต่างๆลงในสารละลายธาตุอาหาร และปลูกทั้ง 3 ช่วงฤดู

[ns] หมายถึงค่าเฉลี่ยในชุดการทดลองต่าง ๆ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

4. ผลของการลดปริมาณไนเตรทตกค้างในผักสลัด

4.1 น้ำหนักสดต่อต้น

จากการศึกษาการปรับสัดส่วนระหว่าง NO_3^-:NH_4^+ ที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของผักสลัด พบว่า น้ำหนักสดต่อต้นของชุดการทดลองที่มีการปรับสัดส่วนระหว่าง NO_3^-:NH_4^+ จะมีน้ำหนักสดมากกว่าชุดการทดลองควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งสามารถเห็นอัตราการเจริญเติบโตที่แตกต่างกันของผักสลัดได้ในสัปดาห์ที่ 3 หลังการย้ายปลูกในสารละลายธาตุอาหาร โดยผักสลัดในชุดการทดลองที่มีอัตราส่วน NO_3^-:NH_4^+ 80:20 จะมีน้ำหนักสดมากที่สุดคือ 89.93 กรัม และเมื่อมีการใส่ไคโทซานร่วมลงไปในสารละลายธาตุอาหาร พบว่าไคโทซานสามารถกระตุ้นการเจริญเติบโตได้อีกเช่นกัน โดยในชุดการทดลองที่มีการปรับลดอัตราส่วนไนเตรทเป็น 80:20 ร่วมกับไคโทซานชนิด O80 ความเข้มข้น 5 mg/L จะสามารถกระตุ้นการเจริญเติบโตได้มากที่สุด โดยทำให้ผักสลัดมีน้ำหนักสด 92.75 กรัม ซึ่งมากกว่าชุดการทดลองควบคุมที่สารละลายธาตุอาหารประกอบด้วยไนเตรทเพียงอย่างเดียวและไม่มีการให้ไคโทซานอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยสามารถเพิ่มน้ำหนักสดได้ 21.35% (ภาพที่ 26, ภาคผนวก ข. ตาราง ข.31)



ภาพที่ 26 แสดงน้ำหนักสดต่อต้นของผักสลัดพันธุ์เรดโอ๊กที่มีการปรับลดสัดส่วนระหว่างไนเตรทต่อแอมโมเนียมร่วมกับการให้ไคโทซานชนิด O80 ความเข้มข้น 5 mg/L ลงในสารละลายธาตุอาหาร

*ตัวอักษรที่อยู่เหนือแท่งกราฟที่แตกต่างกันแสดงความแตกต่างของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อวิเคราห์ด้วยวิธี DMRT ($P \leq 0.05$)

Control = สารละลายธาตุอาหารที่มี NO_3^-:NH_4^+ (100:0)

Control+chitosan = สารละลายธาตุอาหารที่มี NO_3^-:NH_4^+ (100:0) +ไคโทซาน

90:10 = สารละลายธาตุอาหารที่มี NO_3^-:NH_4^+ (90:10)

90:10+chitosan = สารละลายธาตุอาหารที่มี NO_3^-:NH_4^+ (90:10) +ไคโทซาน

80:20 = สารละลายธาตุอาหารที่มี NO_3^-:NH_4^+ (80:20)

80:20+chitosan = สารละลายธาตุอาหารที่มี NO_3^-:NH_4^+ (80:20) +ไคโทซาน

60:40 = สารละลายธาตุอาหารที่มี NO_3^-:NH_4^+ (60:40)

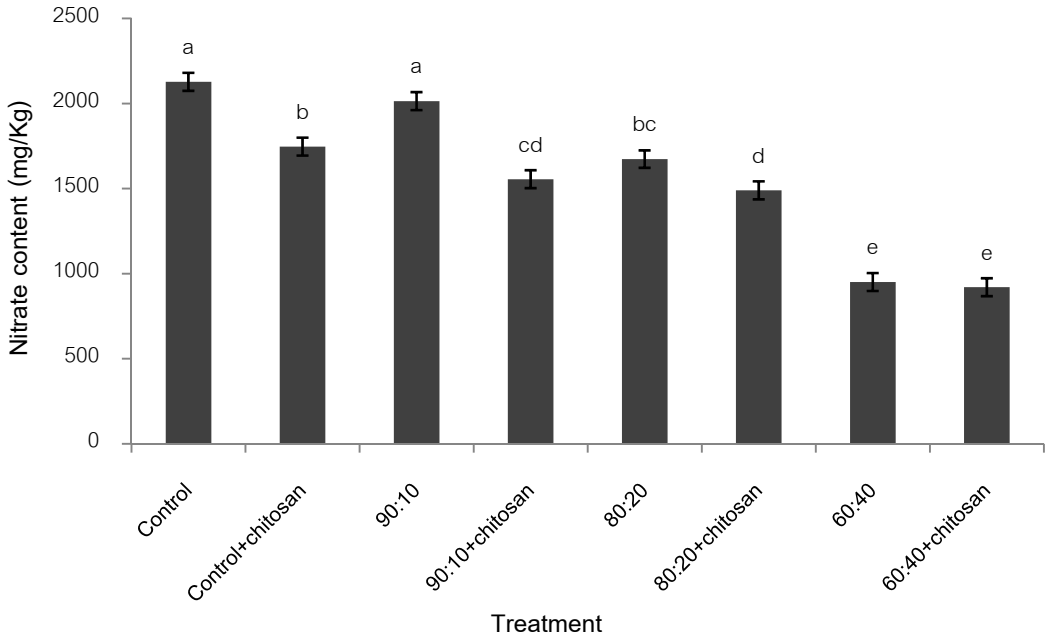
60:40+chitosan = สารละลายธาตุอาหารที่มี NO_3^-:NH_4^+ (60:40) +ไคโทซาน

4.2 ปริมาณไนเตรท

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณไนเตรทของผักสลัด พบว่าการปลูกเลี้ยงผักสลัด ‘เรดโอ๊ก’ ในสารละลายธาตุอาหารที่ดัดแปลงจากสูตร Hoagland จะมีปริมาณไนเตรทสะสมเฉลี่ย 2,127 mg/Kg ซึ่งการเติมไคโทซานชนิด O80 ที่ความเข้มข้น 5 mg/L จะมีผลทำให้ปริมาณไนเตรทลดลง 17.9% ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

การปรับสูตรสารละลายธาตุอาหาร โดยการเพิ่มสัดส่วนของเกลือแอมโมเนียมเพื่อทดแทนไนเตรท พบว่าที่สัดส่วนระหว่าง NO_3^-:NH_4^+ 80:20 และ 60:40 จะสามารถลดการสะสมไนเตรทในผักสลัดได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยปริมาณไนเตรทที่ตรวจพบในผักสลัดเท่ากับ 1,673 และ 951 mg/Kg ซึ่งมีค่าน้อยกว่าการปลูกเลี้ยงผักสลัดในสารละลายธาตุอาหารที่มีสัดส่วน NO_3^-:NH_4^+ เท่ากับ 100:0 ที่มีปริมาณไนเตรทสะสม 2,127 mg/Kg อย่างไรก็ดี การปรับสัดส่วนสารละลายธาตุอาหารให้มีสัดส่วน NO_3^-:NH_4^+ เป็น 90:10 ไม่มีผลต่อการลดปริมาณไนเตรทอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยสารละลายธาตุอาหารที่มีการปรับลดสัดส่วน NO_3^-:NH_4^+ เป็น 60:40 สามารถลดไนเตรทได้สูงสุดถึง 55.30%

การให้ไคโทซานในสารละลายธาตุอาหารที่มีการปรับสัดส่วน NO_3^-:NH_4^+ มีผลต่อการลดปริมาณไนเตรทได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ยกเว้นสูตรสารละลายธาตุอาหารที่มีสัดส่วน NO_3^-:NH_4^+ เป็น 60:40 แต่ก็ยังคงมีปริมาณไนเตรทน้อยกว่าการปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่มีไนเตรทเท่านั้นถึง 47.30% (ภาพที่ 27, ภาคผนวก ข. ตาราง ข.32)



ภาพที่ 27 แสดงปริมาณไนเตรทต่อต้นของผักสลัดพันธุ์เรดโอ๊กที่มีการปรับลดสัดส่วนระหว่างไนเตรทต่อแอมโมเนียมร่วมกับการให้ไคโทซานชนิด O80 ความเข้มข้น 5 mg/L ลงในสารละลายธาตุอาหาร

*ตัวอักษรที่อยู่เหนือแท่งกราฟที่แตกต่างกันแสดงความแตกต่างของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อวิเคราห์ด้วยวิธี DMRT ($P \leq 0.05$)

บทที่ 5

วิจารณ์ผลการทดลอง

1. ผลของชนิดและความเข้มข้นของไคโทซานที่มีต่อการเติบโตของผักสลัด

จากผลการทดลองพบว่าการปลูกผักสลัด 'เรดโอ๊ก' ในสารละลายธาตุอาหารที่มีการให้ไคโทซานมีผลทำให้ผักสลัดมีน้ำหนักสดต่อต้นมากกว่าชุดการทดลองควบคุมที่ไม่ได้รับไคโทซาน โดยการปลูกในช่วงฤดูหนาวและร้อน การให้ไคโทซานชนิด O80 ที่ความเข้มข้น 5 mg/L ทำให้ผักสลัดมีน้ำหนักสดสูงกว่าชุดการทดลองควบคุม 10.48% และเมื่อทำการปลูกในฤดูฝน พบว่าไคโทซานมีผลกระตุ้นการเจริญเติบโตได้เช่นกัน โดยการให้ไคโทซานชนิด O80 ที่ความเข้มข้น 5 mg/L มีผลทำให้ผักสลัดมีน้ำหนักสดมากกว่าชุดการทดลองควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งสอดคล้องกับ Pornpienpakdee และคณะ (2010) ที่พบว่าการใช้ไคโทซานชนิด P70 ความเข้มข้น 10 mg/L และ P90 ความเข้มข้น 20 mg/L ในการเลี้ยง protocorm-liked body (plb) ของกล้วยไม้สกุลหวาย 'เอียสกุล' ในอาหารเหลว สามารถเพิ่มจำนวน plb ได้มากกว่าชุดการทดลองควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เช่นเดียวกับการทดลองของ Ohta และคณะ (2001) ที่พบว่าการผสมไคโทซาน 1% (w/w) ในดินที่ใช้ปลูก Lisianthus (*Eustoma grandiflorum* (Raf) Shinner) มีผลทำให้พืชมีการเจริญเติบโตของใบในข้อที่ 4 ภายใน 8 สัปดาห์ ขณะที่ชุดการทดลองควบคุมมีการเจริญของใบในข้อที่ 2 เท่านั้น นอกจากนี้ยังมีการศึกษาในต้นเทียนฝรั่ง ซึ่งพบว่าการใช้ไคโทซานที่ความเข้มข้น 20 mg/L รวมกับปุ๋ยสามารถทำให้ต้นเทียนฝรั่งมีน้ำหนักสด และจำนวนดอกตูมมากกว่าชุดการทดลองที่ได้รับปุ๋ยอย่างเดียวและชุดการทดลองควบคุมที่ไม่ได้รับทั้งปุ๋ยและไคโทซานอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (กุลนารถ อบสุวรรณ และ อภิรดี อุทัยรัตนกิจ, 2550)

จากการศึกษาการเจริญเติบโตของผักสลัด 'เรดโอ๊ก' โดยการนับจำนวนใบของผักสลัด พบว่าในทุกชุดการทดลองที่มีการให้ไคโทซานมีจำนวนใบมากกว่าชุดการทดลองควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อทำการปลูกในฤดูฝน โดยชุดการทดลองที่มีจำนวนใบมากที่สุด คือชุดการทดลองที่มีการให้ไคโทซานชนิด O80 ที่ความเข้มข้น 5 mg/L และชุดการทดลองที่มีการให้ไคโทซานชนิด P80 ที่ความเข้มข้น 0.1 mg/L เช่นเดียวกับการปลูกในฤดูหนาวและฤดูร้อน ที่พบว่าชุดการทดลองที่ให้ไคโทซานมีผลทำให้ผักสลัดมีจำนวนใบมากกว่าชุดการทดลองควบคุม โดยชุดการ

ทดลองที่ให้ไคโทซาน O80 ความเข้มข้น 5 mg/L จะมีจำนวนใบมากที่สุด จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าไคโทซานอาจมีผลทำให้ผักสลัดมีจำนวนใบมากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของชนัสพร เกลี้ยงแก้ว และคณะ (2546) ที่ทำการแช่กล้วยไม้รองเท้านารีลูกผสม *Paphiopedilum bellatulum* x *Paph. Angthong* ด้วยไคโทซานความเข้มข้น 10 mg/L ระหว่างการย้ายปลูกร่วมกับการพ่นไคโทซานทางใบ พบว่าสามารถกระตุ้นการสร้างใบใหม่ และมีขนาดใบที่ใหญ่ขึ้นมากกว่าชุดการทดลองควบคุมซึ่งไม่มีการใช้ไคโทซาน นอกจากนี้ยังมีการทดลองกับต้นเยอบีร่า พบว่าในชุดการทดลองที่ได้รับไคโทซานจะมีจำนวนใบสูงกว่าชุดการทดลองที่ไม่ได้รับไคโทซานอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Wanichpongpan, Suriyachan and Chandkrachang, 2000)

สำหรับผลของไคโทซานที่มีต่อน้ำหนักแห้งของผักสลัด พบว่าผัดสลัดในทุกชุดการทดลองที่มีการให้ไคโทซานจะมีน้ำหนักแห้งมากกว่าชุดการทดลองควบคุม โดยเฉพาะอย่างยิ่งในฤดูฝน ชุดการทดลองที่มีน้ำหนักแห้งมากที่สุด คือชุดการทดลองที่มีการให้ไคโทซานชนิด O80 ที่ความเข้มข้น 5 mg/L ซึ่งผลการทดลองสอดคล้องกับน้ำหนักสดของผักสลัด แสดงให้เห็นว่าไคโทซานมีผลในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชได้ เช่นเดียวกับการทดลองในข้าวและข้าวสาลีที่ได้ทำการปลูกในสารละลายไฮโดรพอนิกที่มีการผสมไคโทซาน พบว่ามีน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งสูงกว่าชุดการทดลองควบคุม (Tham *et al*., 2001) และการทดลองในองุ่นที่มีการเพาะเลี้ยงในหลอดทดลอง โดยมีการให้ไคโทซานในรูปไคโทเจล พบว่าองุ่นมีน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของยอดและรากมากกว่าชุดการทดลองควบคุม (Barka *et al*., 2004)

เมื่อศึกษาผลของชนิดและความเข้มข้นของไคโทซานที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของผักสลัด จะเห็นได้ว่าการให้ไคโทซานชนิด O80 ที่ความเข้มข้น 5 mg/L เป็นชนิดและความเข้มข้นที่เหมาะสมที่สามารถส่งเสริมการเจริญเติบโตของผักสลัดได้มากที่สุด เนื่องจากสามารถทำให้ผักสลัดมีน้ำหนักสด จำนวนใบ และน้ำหนักแห้ง มากกว่าในชุดการทดลองควบคุมที่ไม่มีการให้ไคโทซาน

2. ผลของชนิดและความเข้มข้นของไคโทซานที่มีต่อคุณภาพผลผลิตหลังการเก็บเกี่ยวและลักษณะภายนอกของผักสลัดหลังการเก็บรักษา

จากคะแนนลักษณะที่ปรากฏแสดงให้เห็นว่าผักสลัดในชุดการทดลองที่มีการให้ไคโทซานสามารถรักษาลักษณะที่ปรากฏภายนอกได้ดี โดยไม่แสดงอาการเหี่ยวที่บริเวณใบชั้นในของผักเหมือนในชุดการทดลองควบคุม ซึ่งใบมีอาการเหี่ยวและเน่าบริเวณใบชั้นในและนอกอย่างชัดเจน โดยในชุดการทดลองที่มีการให้ไคโทซานชนิด O80 ที่ความเข้มข้น 5 mg/L มีคะแนนของลักษณะที่ปรากฏภายนอกสูงที่สุดเมื่อทำการปลูกในฤดูหนาวและฤดูร้อน คือ 7.75 และ 8.42 คะแนน ซึ่งไม่ต่างจากชุดการทดลองควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่เมื่อทำการปลูกในฤดูฝน ในชุดการทดลองที่มีการให้ไคโทซานชนิด O80 ที่ความเข้มข้น 5 mg/L จะมีคะแนนลักษณะที่ปรากฏภายนอกสูงกว่าชุดการทดลองควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งสอดคล้องกับ เพทาย จรูญนารถ (2550) ที่ทำการจุ่มหน่อไม้ฝรั่งในไคโทซานความเข้มข้น 5 mg/L พบว่าไคโทซานสามารถยืดอายุการเก็บรักษา โดยสามารถรักษาคุณภาพของหน่อไม้ฝรั่ง และลดการสูญเสียน้ำหนักสดได้

เมื่อทำการวิเคราะห์การสูญเสียน้ำหนักสดของผักสลัด พบว่าการสูญเสียน้ำหนักสดเกิดขึ้นสูงสุดในฤดูร้อน และ เกิดขึ้นน้อยที่สุดในฤดูหนาว โดยการปลูกผักสลัดในฤดูหนาว พบว่าการให้ไคโทซานจะมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสดน้อยกว่าชุดการทดลองควบคุมแต่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่อย่างไรก็ตามการทดลองในฤดูร้อน ชุดการทดลองที่มีการให้ไคโทซานชนิด O80 ที่ความเข้มข้น 5 mg/L หรือ 1 mg/L และไคโทซานชนิด P80 จะมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสดน้อยกว่าในชุดการทดลองควบคุมที่ไม่ได้รับไคโทซาน และเมื่อทำการปลูกในฤดูฝน การให้ไคโทซานชนิด O80 ที่ความเข้มข้น 1 mg/L มีการสูญเสียน้ำหนักสดต่ำที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Reddy และคณะ (2000) ที่มีการนำไคโทซานที่ผลิตมาจากเปลือกกุ้งมาทำการฉีดพ่นให้แก่ต้นสตรอเบอรี่ ส่งผลให้สามารถยืดอายุการเก็บรักษาสตรอเบอรี่ได้ โดยสามารถรักษาคุณภาพและลดอัตราการสูญเสียน้ำหนักสดได้ นอกจากนี้ยังมีการทดลองในหน่อไม้ฝรั่ง โดยนำไปจุ่มในไคโทซาน ความเข้มข้น 5 mg/L พบว่าหน่อไม้ฝรั่งมีการสูญเสียน้ำหนักสดน้อยกว่าในชุดการทดลองควบคุมที่ไม่ได้รับไคโทซาน (เพทาย จรูญนารถ, 2550)

จะเห็นได้ว่าชุดการทดลองที่มีการให้ไคโทซานจะมีการลดลงของน้ำหนักน้อยที่สุดซึ่งสอดคล้องกับคะแนนลักษณะที่ปรากฏภายนอกที่มากที่สุด แต่ในชุดการทดลองควบคุมจะมีการ

ลดลงของน้ำหนักมาก เนื่องมาจากการสูญเสียน้ำทำให้เซลล์มีแรงดันเต่งน้อยลง ส่งผลให้เซลล์เกิดอาการเหี่ยว (Taiz and Zeiger, 2006) จึงทำให้ในชุดการทดลองควบคุมมีคะแนนลักษณะที่ปรากฏภายนอกน้อยที่สุด

3. ผลของไคโทซานที่มีต่อปริมาณ ascorbic acid ปริมาณสารสี (photosynthetic pigment) และปริมาณเส้นใยของผักสลัด

เมื่อมีการให้ไคโทซานจะมีผลทำให้พืชมีการสร้าง H_2O_2 เพิ่มมากขึ้น (Singha *et al*., 2008) จึงส่งผลให้มีปริมาณ ascorbic acid ซึ่งเป็นสารแอนติออกซิแดนท์ที่ใช้ในปฏิกิริยาการกำจัด reactive oxidative stress (ROS) เพิ่มมากขึ้นด้วย นอกจากนี้ยังทำให้มีการเพิ่มการทำงานของเอนไซม์ ascorbate peroxidase (APX) เพื่อช่วยกำจัด ROS ในวัฏจักรที่เรียกว่า ascorbate-glutatione cycle (Conklin, 2001) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาผลของไคโทซานที่มีต่อปริมาณ ascorbic acid พบว่าในทุกฤดูปลูก ชุดการทดลองที่มีการให้ไคโทซานมีแนวโน้มที่จะมีปริมาณ ascorbic acid มากกว่าในชุดการทดลองควบคุม โดยการให้ไคโทซานชนิด O80 ที่ความเข้มข้น 5 mg/L มีแนวโน้มที่จะมีปริมาณ ascorbic acid มากกว่าในชุดการทดลองควบคุม ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Chien และคณะ (2007) ที่มีการจุ่มส้มในไคโทซานชนิดน้ำหนักโมเลกุลต่ำ ที่ความเข้มข้น 0.2% สามารถช่วยรักษาปริมาณ ascorbic acid ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำ และปริมาณน้ำในผลส้มได้ เช่นเดียวกับการทดลองในมะละกอ (*Carica papaya* L.) ที่ทำการเคลือบผลมะละกอด้วยไคโทซาน พบว่าสามารถลดการสูญเสียน้ำหนัก ชะลอการเปลี่ยนสี และช่วยรักษาปริมาณ ascorbic acid ในช่วงเวลา 5 สัปดาห์ที่ทำการเก็บรักษาผลผลิตไว้ (Ali *et al*., 2011)

สำหรับผลของไคโทซานที่มีต่อปริมาณสารสี (photosynthetic picments) ที่ทำการศึกษาได้แก่ คลอโรฟิลล์ *เอ* คลอโรฟิลล์ *บี* และแคโรทีนอยด์ พบว่าในชุดการทดลองที่มีการให้ไคโทซานมีแนวโน้มที่จะมีปริมาณสารสีมากกว่าในชุดการทดลองควบคุม โดยในชุดการทดลองที่มีการให้ไคโทซานชนิด O80 ความเข้มข้น 5 mg/L จะมีปริมาณสารสีมากที่สุดเมื่อทำการปลูกในฤดูหนาวและฤดูร้อน แต่เมื่อทำการปลูกในฤดูฝน การให้ไคโทซานชนิด P80 ความเข้มข้น 0.1 mg/L จะทำให้ผักสลัดมีปริมาณสารสีมากที่สุด ซึ่งคล้ายกับการทดลองในลูกพุทรา ที่พบว่าการจุ่มไคโทซานที่ความเข้มข้น 1.5% สามารถลดอัตราการสลายของสารสีได้ (Qiuping and Wenshui, 2007) เช่นเดียวกับการใช้ไคโทซานชนิดโพลิเมอร์ ความเข้มข้น 80 mg/L เคลือบเมล็ดข้าวและใส่ลงในดิน

พบว่าในใบข้าวจะมีปริมาณคลอโรฟิลล์มากกว่าในชุดการทดลองควบคุมที่ไม่มีการให้ไคโทซาน (Boonlertnirun *et al*., 2008)

เมื่อพืชได้รับไคโทซานอาจมีผลทำให้ปากใบหรี่แคบลง (Lee *et al*., 1999) ซึ่งอาจทำให้พืชมีการปรับตัวโดยการเพิ่มจำนวนและขนาดของเซลล์ในกลุ่ม sclerenchyma (Haque *et al*., 1989; Mostajeran and Rahimi-Eichi, 2008; Allah *et al*,. 2011) ทำให้เห็นแนวโน้มของปริมาณเส้นใยที่เพิ่มมากขึ้น ซึ่งผลการทดลองนี้ยังสอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงปริมาณเส้นใยในผักสลัดเมื่อปลูกในฤดูที่แตกต่างกัน โดยในฤดูร้อนจะมีปริมาณเส้นใยสูงที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับฤดูฝนและฤดูหนาว ซึ่งผักสลัดที่ทำการปลูกในสารละลายที่มีการให้ไคโทซานชนิด O80 ความเข้มข้น 5 mg/L มีแนวโน้มที่จะมีปริมาณเส้นใยสูงกว่าชุดการทดลองควบคุมโดยเฉพาะเมื่อทำการปลูกในฤดูฝน ไคโทซานจะสามารถทำให้ผักสลัดมีปริมาณเส้นใยมากกว่าชุดการทดลองควบคุมถึง 38.83% ซึ่งให้ผลเช่นเดียวกับการทดลองในข้าว โดยการใช้ไคโทซานชนิดโพลิเมอร์ ความเข้มข้น 80 mg/L เคลือบเมล็ดข้าวและใส่ในดินที่ปลูก พบว่ามีปริมาณเส้นใยในใบข้าวมากกว่าชุดการทดลองควบคุมที่ไม่มีการใช้ไคโทซาน ส่งผลให้ข้าวสามารถป้องกันการเข้าทำลายจากโรคและแมลงได้ (Boonlertnirun *et al*., 2008) นอกจากนั้นยังมีการทดลองฉีดไคโทซานเข้าไปในส่วน intracellular space ของใบข้าวสาลี พบว่าสามารถกระตุ้นให้ใบข้าวสาลีมีปริมาณการทำงานของเอนไซม์ phenylalanine ammonia lyase (PAL) สูงขึ้น (Vander *et al*., 1998) ซึ่งอาจมีผลทำให้เกิดเส้นใยสะสมในพืชได้ เนื่องจาก PAL เป็นเอนไซม์หลัก (key enzyme) ที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์ *p*-coumaryl alcohol, coniferyl alcohol และ sinapyl alcohol ซึ่งเป็น precursor ของลิกนิน (Taiz and Zeiger, 2006; Whetten and Sederoff, 1995; Higuchi, 1990)

จากการทดลองจะเห็นได้ว่าไคโทซานชนิด O80 ความเข้มข้น 5 mg/L มีแนวโน้มที่จะสามารถเพิ่มคุณค่าทางอาหารให้แก่ผักสลัดได้ เนื่องจากสามารถเพิ่มปริมาณ ascorbic acid ปริมาณสารสี และปริมาณเส้นใยของผักสลัดได้สูงกว่าชุดการทดลองควบคุม

4. ผลของการลดปริมาณไนเตรทตกค้างในผักสลัด

ไนโตรเจนเป็นธาตุที่มีความจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช พืชสามารถดูดไนโตรเจนเข้าทางรากทั้งรูปไนเตรทและแอมโมเนียม พืชส่วนใหญ่จะดูดไนเตรทไปใช้แต่เมื่อเข้าไปในต้นพืชแล้วไนเตรทจะถูกรีดิวส์ให้อยู่ในรูปแอมโมเนียม โดยเอนไซม์ nitrate reductase และ nitrite reductase และเปลี่ยนเป็นกรดอะมิโนในพืช ถ้าหากมีปริมาณของกรดอะมิโนที่ได้จากการนำไนเตรทไปใช้มากเกินพอ ก็จะส่งผลให้เกิดการยับยั้งกระบวนการไนเตรทรีดักชั่นซึ่งจะไปยับยั้งเอนไซม์ nitrate reductase ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่ควบคุมปฏิกริยา (rate limiting step) ส่งผลให้เกิดการสะสมไนเตรทอยู่ในเซลล์พืช (Campbell, 1999) ส่วนแอมโมเนียมพืชจะสามารถดูดขึ้นไปใช้ประโยชน์ได้ทันทีโดยการเปลี่ยนเป็น กลูตามีนซึ่งเป็นกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโต ดังนั้นการที่พืชได้รับไนโตรเจนในรูปแอมโมเนียม จะทำให้พืชเจริญเติบโตได้อย่างรวดเร็ว (Maynard *et al*., 1972) ซึ่งจากการทดลองพบว่าการปรับสัดส่วนระหว่างNO_3^-:NH_4^+ ในสารละลายธาตุอาหารที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของผักสลัด พบว่าในชุดการทดลองที่มีการปรับอัตราส่วน NO_3^-:NH_4^+ จะมีน้ำหนักสดต่อต้นมากกว่าในชุดการทดลองควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยในชุดการทดลองที่มีการปรับอัตราส่วน NO_3^-:NH_4^+ เป็น 80:20 จะทำให้ผักสลัดมีน้ำหนักสดมากที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับ Santamaria และคณะ (1998) ที่ทำการปลูกผักสลัดพันธุ์ Rocket ในสารละลายธาตุอาหารที่มีการปรับลดอัตราส่วน NO_3^-:NH_4^+ พบว่าผักสลัดที่ปลูกในสารละลายอัตราส่วน 50:50 จะมีน้ำหนักสดมากกว่าชุดการทดลองควบคุมและในอัตราส่วน 0:100 เช่นเดียวกับการทดลองของอำภา อำพนภัทรา (2545) พบว่าผักกาดหอมที่ปลูกในสารละลายที่มีการปรับลดอัตราส่วน NO_3^-:NH_4^+ จะมีผลทำให้ผักกาดหอมมีน้ำหนักสดมากกว่าในชุดการทดลองควบคุมและสัดส่วน 50:50 และยังมีการทดลองในมะเขือเทศ พบว่าการเพิ่มปริมาณแอมโมเนียมในสารละลายธาตุอาหารที่ใช้ปลูก มีผลทำให้มะเขือเทศมีน้ำหนักสดของต้นและรากเพิ่มขึ้น (Hohjo, 1995) และจากการทดลองเมื่อมีการใส่ไคโทซานร่วมลงไปในสารละลายธาตุอาหาร ก็พบว่าไคโทซานสามารถกระตุ้นการเจริญเติบโตได้อีกเช่นกัน โดยในชุดการทดลองที่มีการปรับลดอัตราส่วน NO_3^-:NH_4^+ เป็น 80:20 ร่วมกับการให้ไคโทซานชนิด O80 ความเข้มข้น 5 mg/L จะสามารถกระตุ้นการเจริญเติบโตได้มากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และยังมีน้ำหนักสดมากกว่าชุดการทดลองที่มีการปรับลด

อัตราส่วนไนเตรทเพียงอย่างเดียวโดยที่ไม่มีการให้ไคโทซานร่วมด้วย โดยสามารถเพิ่มน้ำหนักสดได้มากกว่าชุดการทดลองควบคุมถึง 21.35%

แสดงให้เห็นว่าการใช้แหล่งไนโตรเจนในรูปแอมโมเนียมสามารถส่งเสริมให้พืชผักมีการเจริญเติบโตที่ดีกว่าการใช้ไนเตรทเพียงอย่างเดียว ทั้งนี้ปริมาณอัตราส่วน NO_3^-:NH_4^+ ที่เหมาะสมในพืชแต่ละชนิดก็จะมีปริมาณที่แตกต่างกันไป ดังนั้นจึงควรมีการทดลองเพื่อหาปริมาณที่เหมาะสมก่อนการนำไปใช้ หากมีปริมาณแอมโมเนียมมากเกินไป ก็มีผลทำให้การเจริญเติบโตน้อยลงได้ เนื่องจากมีการสะสมภายในต้นทำให้เกิดเป็นพิษ และมีผลทำให้การเจริญเติบโตลดลง (ยงยุทธ โอสถสภา, 2543)

จากการทดลองเมื่อวิเคราะห์ปริมาณไนเตรท พบว่าผักสลัดที่ทำการปลูกเลี้ยงในสารละลายที่มีการเพิ่มสัดส่วนของเกลือแอมโมเนียมเพื่อทดแทนไนเตรท ชุดการทดลองที่มีอัตราส่วนระหว่างไนเตรทและแอมโมเนียม 80:20 และ 60:40 สามารถลดการสะสมไนเตรทในผักสลัดได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยในชุดการทดลองที่มีการปรับลดอัตราส่วน NO_3^-:NH_4^+ 60:40 สามารถลดไนเตรทได้ถึง 55.30% แต่อย่างไรก็ดีการปรับลดอัตราส่วน NO_3^-:NH_4^+ เป็น 90:10 ไม่มีผลในการลดปริมาณไนเตรทอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติซึ่งสอดคล้องกับ Hohjo และคณะ (1995) ที่พบว่าการเพิ่มปริมาณแอมโมเนียมในสารละลาย สามารถทำให้มะเขือเทศมีน้ำหนักสดของต้นและรากเพิ่มมากขึ้น ทั้งยังช่วยลดปริมาณไนเตรท ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Santamaria และคณะ (1998) พบว่าการปรับสูตรอาหารโดยเปลี่ยนแหล่งไนโตรเจน โดยใช้อัตราส่วน NO_3^-:NH_4^+ 50:50 และ 0:100 พบว่าผักสลัดพันธุ์ Rocket มีปริมาณไนเตรทที่สะสมในใบลดน้อยลง เช่นเดียวกับการศึกษาของอำภา อำพนภัทรา (2545) และธีระศักดิ์ พงษาอนุทิน (2546)

เมื่อมีการเติมไคโทซานลงไปในสารละลายธาตุอาหาร พบว่ามีผลทำให้ปริมาณไนเตรทลดลง เมื่อเปรียบเทียบกับสารละลายธาตุอาหารที่ไม่มีการให้ไคโทซาน ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ยกเว้นในชุดการทดลองที่มีการปรับลดอัตราส่วน NO_3^-:NH_4^+ 60:40 แต่ก็ยังคงมีปริมาณไนเตรทน้อยกว่าในชุดการทดลองที่ได้รับไนโตรเจนในรูปไนเตรทเพียงอย่างเดียว แสดงให้เห็นว่าในสภาวะที่พืชมีการเจริญเติบโตที่ดี เมื่อพืชได้รับไนเตรทจากสารละลายธาตุอาหาร พืชจะไม่สะสมไนเตรทไว้นานเนื่องจากจะเกิดปฏิกิริยาเปลี่ยนแปลงโดยเอนไซม์ต่างๆ มาเร่งปฏิกิริยา

ในการเปลี่ยนเป็นแอมโมเนียและกรดอะมิโนต่อไป (ยงยุทธ เจียมไชยศรี, 2546) จึงส่งผลให้มีการสะสมไนเตรทในพืชลดลง

ดังนั้นในการปลูกเลี้ยงผักสลัดในสารละลายธาตุอาหาร การปรับสูตรอาหารให้มีสัดส่วน NO_3^-:NH_4^+ ร่วมกับให้ไคโทซาน สามารถช่วยกระตุ้นการเจริญเติบโตและลดปริมาณไนเตรทที่สะสมได้ โดยการปรับอัตราส่วน NO_3^-:NH_4^+ เป็น 80:20 ร่วมกับการใส่ไคโทซานชนิด O80 ความเข้มข้น 5 mg/L จะส่งเสริมการเจริญเติบโตมากที่สุด และสามารถลดปริมาณไนเตรทให้อยู่ในระดับที่ปลอดภัยต่อผู้บริโภคได้ (1,490 mg/Kg)

บทที่ 6

สรุปผลการทดลอง

1. ผลของชนิดและความเข้มข้นของไคโทซานที่มีต่อการเติบโตของผักสลัด

จากการทดลองพบว่าไคโทซานชนิด O80 ความเข้มข้น 5 mg/L เป็นไคโทซานชนิดที่มีความเหมาะสม สามารถกระตุ้นการเจริญเติบโตของผักสลัดพันธุ์ 'เรดโอ๊ก' ได้มากที่สุด เนื่องจากมีน้ำหนักสด จำนวนใบ และน้ำหนักแห้งมากกว่าชุดการทดลองควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

2. ผลของชนิดและความเข้มข้นของไคโทซานที่มีต่อคุณภาพผลผลิตหลังการเก็บเกี่ยวและลักษณะภายนอกของผักสลัดหลังการเก็บรักษา

ชนิดและความเข้มข้นของไคโทซานที่เหมาะสมต่อการยืดอายุหลังการเก็บเกี่ยวได้แก่ ไคโทซานชนิด O80 ความเข้มข้น 5 mg/L เนื่องจากสามารถรักษาคุณภาพที่ปรากฏภายนอกหลังการเก็บรักษาและลดการสูญเสียน้ำหนักสดของผักสลัดมากกว่าในชุดการทดลองควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

3. ผลของไคโทซานที่มีต่อปริมาณ ascorbic acid ปริมาณสารสี (photosynthetic pigment) และปริมาณเส้นใยของผักสลัด

จากผลการทดลองพบว่าผักสลัดพันธุ์ 'เรดโอ๊ก' ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารและมีการใส่ไคโทซาน มีแนวโน้มที่จะมีปริมาณ ascorbic acid ปริมาณสารสี และปริมาณเส้นใย เพิ่มขึ้นมากกว่าชุดการทดลองควบคุมที่ไม่มีการให้ไคโทซาน โดยชนิดและความเข้มข้นที่เหมาะสมได้แก่ ไคโทซานชนิด O80 ความเข้มข้น 5 mg/L

เมื่อพิจารณาจากการทดลองทั้ง 3 ตอน สามารถสรุปได้ว่า การให้ไคโทซานชนิด O80 ที่ความเข้มข้น 5 mg/L ในสารละลายธาตุอาหาร สามารถช่วยกระตุ้นการเจริญเติบโต และช่วยรักษาคุณภาพของผลผลิตหลังการเก็บรักษา ทั้งยังมีแนวโน้มที่สามารถเพิ่มคุณค่าทางอาหารของผักสลัดหลังการเก็บรักษาเมื่อเก็บเกี่ยวมาแล้ว ซึ่งเป็นการเพิ่มมูลค่าและพัฒนาคุณภาพของผลผลิต

4. ผลของการลดปริมาณไนเตรทตกค้างในผักสลัด

จากการศึกษาพบว่าการปรับสัดส่วน NO_3^-:NH_4^+ ที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของผักสลัดพันธุ์ 'เรดโอ๊ก' โดยอัตราส่วนที่เหมาะสมคือ อัตราส่วน NO_3^-:NH_4^+ 80:20 สามารถกระตุ้นการเจริญเติบโตและมีน้ำหนักสดมากกว่าในชุดการทดลองควบคุม และเมื่อมีการให้ไคโทซานร่วมในสารละลายธาตุอาหารที่มีการปรับอัตราส่วน NO_3^-:NH_4^+ พบว่าไคโทซานสามารถกระตุ้นการเจริญเติบโตได้อีกเช่นกัน โดยอัตราส่วน NO_3^-:NH_4^+ 80:20 ร่วมกับการให้ไคโทซานชนิด O80 ความเข้มข้น 5 mg/L เป็นอัตราส่วนที่เหมาะสมที่สุด สามารถกระตุ้นการเจริญเติบโตและส่งผลให้ผักสลัดมีน้ำหนักสดมากกว่าชุดการทดลองควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

การปรับสูตรสารละลายธาตุอาหารโดยการปรับลดสัดส่วนไนเตรทและแอมโมเนียม พบว่าสามารถลดปริมาณไนเตรทที่สะสมในผักสลัดพันธุ์ 'เรดโอ๊ก' ได้ โดยอัตราส่วน NO_3^-:NH_4^+ 80:20 และ 60:40 สามารถลดปริมาณไนเตรทได้ กล่าวคืออัตราส่วน 60:40 สามารถลดปริมาณไนเตรทได้มากที่สุดคือ มีไนเตรทสะสม 950.86 mg/Kg นอกจากนั้นการให้ไคโทซานร่วมด้วยในสารละลายธาตุอาหารก็มีผลต่อการลดปริมาณไนเตรทได้อย่างมีนัยสำคัญสถิติ โดยอัตราส่วน NO_3^-:NH_4^+ 60:40 ร่วมกับการให้ไคโทซาน สามารถลดปริมาณไนเตรทได้มากที่สุด ซึ่งต่างจากชุดการทดลองควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

เมื่อพิจารณาอัตราส่วนที่เหมาะสมจากการทดลอง สามารถสรุปได้ว่าการปรับสูตรอาหารโดยให้มีอัตราส่วน NO_3^-:NH_4^+ 80:20 ร่วมกับการให้ไคโทซานชนิด O80 ที่ความเข้มข้น 5 mg/L นั้นเป็นสัดส่วนที่เหมาะสมที่สุด เนื่องจากสามารถกระตุ้นการเจริญเติบโตและลดปริมาณไนเตรทที่สะสมในผักสลัดพันธุ์ 'เรดโอ๊ก' ได้

ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมถึงกลไกหรือการส่งสัญญาณที่สามารถกระตุ้นการเจริญเติบโตของผักสลัด เมื่อมีการให้ไคโตซานในสารละลายธาตุอาหาร โดยอาจมีการศึกษาถึงระดับโมเลกุล

2. ควรศึกษาการปิดเปิดปากใบของผักสลัดที่มีการเปลี่ยนแปลงเมื่อได้รับไคโทซานในสารละลายธาตุอาหาร เพื่ออธิบายกลไกการคายน้ำที่มีผลต่อปริมาณน้ำในต้นของผักสลัด

3. ควรศึกษาปริมาณสารที่เปลี่ยนแปลงไปเมื่อมีการปรับอัตราส่วนไนเตรทต่อแอมโมเนียมร่วมกับการให้ไคโทซาน เพื่อยืนยันถึงคุณค่าทางโภชนาการของผักสลัดที่มีการปรับสูตรสารละลายธาตุอาหาร

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

กุลนารถ อบสุวรรณ และ อภิรดี อุทัยรัตนกิจ. 2550. การใช้ไคโทซานในการกระตุ้นการเจริญเติบโตของต้นเทียนฝรั่ง. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 38: 197-199.

อุตุนิยมวิทยา, กรม. ฤดูกาลของประเทศไทย. [ออนไลน์]. 2550. แหล่งที่มา: http://www.tmd.go.th/info/info.php?FileID=53 [2553, 20 เมษายน]

ดิเรก ทองอร่าม. 2546. การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน: หลักการจัดการการผลิตและเทคโนโลยีการผลิตเชิงธุรกิจในประเทศไทย. กรุงเทพมหานคร: ธรรมรักษ์การพิมพ์.

ชนัสพร เกลี้ยงแก้ว สุวลี จันทร์กระจ่าง และ พัลภา เศวตศิลา. 2546. การศึกษาผลของไคโตซานที่มีต่อการย้ายปลูกและการเจริญเติบโตของกล้วยไม้สกุลรองเท้านารีลูกผสม *Paphiopedilum bellatulum x PAPH.* Angthong ที่ได้จากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ. ใน การประชุมไคติน-ไคโตซานแห่งประเทศไทย, หน้า 65-68. 17-18 กรกฎาคม 2546. ณ อาคารสถาบัน 3 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพมหานคร ประเทศไทย.

ชัชวาล วงศ์ชัย. 2548. ผลของขนาดพอลิเมอร์และความเข้มข้นของไคโตซานต่อการเติบโตและผลผลิตของกระเจี๊ยบเขียว *Abelmoschus esculentus* (L.) Moench. การติดเชื้อไวรัสเส้นใบเหลืองและการกัดกินของหนอนกระทู้หอม Laphygma exigua (Hubner). วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, ภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ชัยฤกษ์ สงวนทรัพยากร. 2529. Soilless Culture (การปลูกพืชในน้ำยา). วารสารพืชสวน. 20(3):10-14.

ธีระศักดิ์ พงษาอนุทิน. 2546. สัดส่วนระหว่างไนเตรทต่อแอมโมเนียมและแคลเซียมที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของผักกาดหอมชนิด คอส ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหาร. วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ธรรมศักดิ์ ทองเกตุ. 2544. การปลูกผักกาดหอมโดยไม่ใช้ดินด้วยเทคนิค NFT. เอกสารเผยแพร่ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ . 24 น.

นภดล เรียบเลิศหิรัญ. 2538. การปลูกพืชไร้ดิน. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพเทพมหานคร:สำนักพิมพ์รั้วเขียว.

นวลนภา เจริญรวย. 2548. ผลของแคลเซียมคลอไรด์และไคโทซานต่ออายุการเก็บรักษาและคุณภาพภายหลังการเก็บเกี่ยวฝักกระเจี๊ยบเขียว *Abelmoschus esculentus* (L.) Moench. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, ภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ปิยะบุตร วานิชพงษ์พันธุ์ และ สุวลี จันทร์กระจ่าง. 2542. การพัฒนาแผ่นเยื่อบางไคโตซานเพื่อการกรองแยกชีวสาร. ใน การสัมมนาวิชาการเรื่องความร่วมมือของภาครัฐบาลและเอกชนในการพัฒนาการผลิตและการใช้สารไคติน-ไคโตซานแบบครบวงจร. หน้า 34-36. 2-3 เมษายน 2542 ณ โรงแรมไอเฟิล จังหวัดระนอง.

พัชรา ลิมปนะเวช. 2548. การใช้ไคโตซานในการเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชบางชนิด. ใน การอบรมเรื่องการใช้ไคโตซานในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช. หน้า 1-9. 7 กรกฎาคม 2548. ณ สถาบันวิจัยโลหะและวัสดุ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพมหานคร.

พานิษา พรเพียรภักดี. 2550. ผลของไคโตซานต่อการเจริญเติบโตของกล้วยไม้สกุลหวาย ‘เอียสกุล’ *Dendrobium* ‘Eiskul’ ในหลอดทดลอง. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, ภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

เพทาย จรูญนารถ. 2550. การใช้ไคโตซานเพื่อชะลอภาวะเสื่อมถอยและยืดอายุการเก็บรักษาหลังการเก็บเกี่ยวของหน่อไม้ฝรั่ง *Asparagus officinalis* . วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, ภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

เมฆ จันทน์ประยูร. 2541. ผักพื้นบ้าน: เคล็ดของคนอายุยืน. กรุงเทพฯ: มิติใหม่.

ยงยุทธ โอสถสภา. 2543. ธาตุอาหารพืช. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. 424 น.

รัฐ พิชญางกูร. 2548. เทคนิคการเตรียมไคโทซานอย่างง่ายเพื่อใช้ในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช. เอกสารประกอบการสัมนาการใช้ไคโทซานในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 7 กรกฎาคม 2548. หน้า. 2.

สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย. สาเหตุที่ผักเสื่อมคุณภาพลงภายหลังการเก็บเกี่ยว. [ออนไลน์]: 2552. แหล่งที่มา: http://www.higreenfarm.com/hydrowork/index.php?option=com content &task=view&id=142 [2552, 9 กันยายน]

สถิต พูลทรัพย์. 2543. การใช้ไคติน-ไคโทซานในการเกษตร :เพื่อชีวิตที่ดีกว่าของชาวเกษตร เพื่อชีวิตที่มีค่าของประชาชนกับการใช้ไคโตซาน. ใน การประชุมสัมมนาพร้อมนิทรรศการเรื่องเกษตรยุคใหม่กับไคโทซาน. หน้า 5-13. 18 กุมภาพันธ์ 2543 ณ ห้องสุธรรมอารีกุล อาคาร 50ปี มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพมหานคร.

สุวลี จันทร์กระจ่าง. 2542. สารไคตินและไคโตซาน ผลิตภัณฑ์จากธรรมชาติและการประยุกต์ใช้ประโยชน์. ใน การสัมมนาวิชาการเรื่องความร่วมมือของภาครัฐบาลและเอกชนในการพัฒนาการผลิตและการใช้สารไคติน-ไคโตซานแบบครบวงจร. หน้า 1-21. 2-3 เมษายน 2542 ณ โรงแรมไอเฟิล จังหวัดระนอง.

สุวลี จันทร์กระจ่าง. 2543. ภาพรวมการใช้สารไคติน-ไคโตซานในประเทศไทย. ใน การประชุมสัมมนาพร้อมนิทรรศการเรื่องเกษตรยุคใหม่กับไคติน-ไคโตซาน. หน้า 1-4. 18 กุมภาพันธ์ 2543 ณ ห้องสุธรรมอารีกุล อาคาร 50 ปี มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพมหานคร.

สุวลี จันทร์กระจ่าง, เพ็ญใจ สมพงษ์ชัยกุล และสมชาย ต่วนต่าย. 2546. ผลของการใช้ไคโตซานในการปลูกพืชผักสวนครัวแบบผสมผสาน. ใน การประชุมไคติน-ไคโตซานแห่งประเทศไทย, หน้า 158-160. 17-18 กรกฎาคม 2546. ณ อาคารสถาบัน 3 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพมหานคร ประเทศไทย.

สุนทร เรืองเกษม. 2540. ผักกินใบ. กรุงเทพฯ. 89 น.

โสระยา ร่วมรังสี. 2544. การผลิตพืชสวนแบบไม่ใช้ดิน. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์.

ศุภจิตรา ชัชวาลย์. 2548. ผลของไคโทซานที่มีต่อพืช. เอกสารประกอบการสัมนาการใช้ไคโทซานในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 7 กรกฎาคม 2548. หน้า 1-9

อรุณรักษ์ พ่วงผล. 2542. พืชผักสวนครัวเสริมรายได้. กรุงเทพมหานคร: หจก. โรงพิมพ์อักษรไทย.

อำพา อำพนภัทรา. 2545. ผลของสัดส่วนระหว่างไนเตรทและแอมโมเนียมในสารละลายธาตุอาหารที่มีต่อการเจริญเติบโตของผักกาดหอมห่อบัทเทอร์เฮด (*Lactuca sativa* L. var. capitata). วิทยาศาสตรบัณฑิต ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาษาอังกฤษ

Abd Allah, A.A., Shimaa, A. Badawy., Zayed, B.A. and El. Gohary, A.A. 2011. The Role of Root System Traits in the Drought Tolerance of Rice (*Oryza sativa* L.). World Academy of Science, Engineering and Technology. 80.

Ali, A., Muhammad, M.T.M., Sijam, K., and Siddiqui, Y. 2011. Effect of chitosan coating on the physicochemical characteristics of Eksotika II papaya (*Carica papaya* L.) fruit during cold storage. Food Chemistry. 124: 620-626.

Bakker, J.P. 1980. Planting Density for Lettuce. Hort. Abstracts. 51 : 301

Barka, E.A., Eullaffroy, P., Clement, C.,and Vernet, G. 2004. Chitosan improves development and protect *Vitis vinifera* L. against *Botrytis cinerea*. Plant cell Reports. 22 : 608-614.

Baudoin, W.O. 1990. Soilless Culture for Horticultural Crop Production. Food and Agriculture Organization, Rome. 188 p.

Bennet, W.F. 1993. Nutrient Deficiencies and Toxicities in Crop Plants. APS Press, The American Phytopathological Society, St. Paul, MN.

Bittelli, M., Flury, M., Campbell, G.S. and Nichols, E.J. 2001. Reduction of transpiration through foliar application of chitosan. Agricultural and Forest Meteorology. 107: 167-175.

Boonlertnirun, S., Boonraung, C., and Suvanasara, R. 2008. Application of Chitosan in Rice Production. Journal of Metals, Materials and Minerals. 18(2):.47-52.

Chien, P.J., Sheu, F.,and Lin, H.R. 2007. Coating citrus (Murcott tangor) fruit with low molecular weight chitosan increases postharvest quality and shelf life. Food Chemistry. 100: 1120-1164.

Conklin, P.I. 2001. Recent advances in the role and biosynthesis of ascorbic acid in plants. Plant, Cell and Environment 24: 383-394.

Crosby, D.F. 1963. The Organic Constituents of Food. I. Lettuce. Journal Food Science. 28: 347-355

Davtyan, G. S. 1985. Classification of Hydroponic method of plant production. In ISOSCP proceedings. Fifth International Congress on Soilless Culture. pp.45-52.

Do, K. U., Ha, N. T. T., Banu, R., Kim, K., Heo, J. and Yeom, I. T.2010. Effects of thermochemical pretreatment on the biodegradability of sludge from a biological wastewater treatment system. Maejo International Journal of Science and Technology. 4: 250-260.

Douglas, J.S. 1988. Beginner's Guide to Hydroponic : Soilless Gardening. International Society for Soilless Culture, London.

European Union Scientific Committee for Food (SCF). 1995. Opinion on Nitrate and Nitrite. Expressed on 22 September 1995. Brussels (Belgium): European Commission DG III. Annex 4 to document III/56/95, CS/CNTM/NO3/20 FINAL.

Haque, Md.E., Chang, T.T., Tepora, N and Loresto, G.C. 1989. Root Characters as Selection Indices for Drought Resistance in Rice. Crop Science. 14 : 7-9.

Harker, F.R., Redgwell, R.J., Hallett, I.C., Murray, S.H., and Carter, G. 1997. Texture of frsh fruit. Horticulture. 20 : 121-224. review

Higuchi, T. 1990. Lignin biochemistry: Biosynthesis and biodegradation. Wood Science and Technology. 24: 23-63.

Hoagland, D.R. and Arnon, D.I. 1950. The water-culture method for growing plants without soil. California Agricultural Experiment Station Circular. 347: 1-32.

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. In Ito, T., Tognoni, F., Namiki, T., Nukaya, A.and Maruo, T., eds. Acta Horticulturae. 396: 145-152.

Jiang, Y., and Li, Y. 2001. Effects of chitosan coating on postharvest life and quality of longan fruit. Food Chemistry. 73: 139-143.

Kader, A.A., Lipton, W.J. and Morris, L.L. 1973. Systems for scoring quality of harvested lettuce. HortScience. 8: 408-409.

Knott, J.E. and J.R. Deanon. 1970. Vegetable Production in South East Asia. Los Banos : College of Agriculture. University of the Philippines. 432 p.

Kowalski, B., Terry, F.J., Herrera, L. and Peñalver, D.A. 2006. Application of soluble chitosan in vitro and in the greenhouse to increase yield and seed quality of potato minitubers. Potato Research. 49: 167-176.

Lee, EH., Park S. K., Kim K. Y. and You K. B., 1993. The effect of NO_3^-:NH_4^+ ratio on growth and yield of hydroponically grown cucumber (*Cucumis sativus* L.). Journal of Agriculture Science. 35(2):390-395

Lee, S., Choi, H., Suh, S., Doo, I., Oh, K., Choi, E., Taylor, A.S., Low, P.S. and Lee, Y. 1999. Oligogalacturonic acid and chitosan reduce stomatal aperture by inducing the evolution of reactive oxygen species from guard cells of tomato and *Commelina communis*. Plant Physiology. 121: 147-152.

Li, Q., Dunn, E.T., Grandmaison, E.W., and Goosen, M.F.A. 1997. Application and properties of chitosan. In Goosen, M.F.A. (ed). Application of Chitin and Chitosan. P.3-29. PA, USA : Technomic publishing.

Limpanavech, P., Pichyangkura, R., Khunwasi, C., Chadchawan, S., Lotrakul, P., Bunjongrat, R., chaidee, A. and Akaraeakpanya, T. 2004. Chitosan effect on vegetative growth of *Dendrobium* 'EISKUL'. Utilization of Chitosan in Flora. P.1-8. 29-30 April 2004 at Chulalongkorn University, Bangkok, Thailand.

Limpanavech, P., Chaiyasuta, S., Vongpromek, R., Pichyangkura, R., Khunwasi, C., Chadchawan,S., Lotrakul, P., Bunjongrat, R., Chaidee, A. and Bangyeekhun, T. 2008. Chitosan effects on floral production, gene expression and anatomical changes in the *Dendrobium* orchid. Scientia Horticulturae. 116: 65-72.

Martın-Diana, A. B., Rico, D., Barry-Ryan, C., Frıas, J. M., Henehan, G.T.M. and Barat, J. M. 2007. Efficacy of steamer jet-injection as alternative to chlorine in fresh-cut lettuce. Postharvest Biology and Technology. 45: 97-107.

Martinez-Castellanos, G., Shirai, K., Pelayo-Zaldivar, C., Perez-Flores, L. J. and Sepulveda-Sanchez, J. D. 2009. Effect of *Lactobacillus plantarum* and chitosan in the reduction of browning of pericarp Rambutan (*Nephelium lappaceum*). Food Microbiology. 26: 444-449.

Mason, J. 1990. Commercial Hydroponics. New South Wales : Kangaroo Press, 172 pp.

Mayer, A.M., and Harel, E. 1979. Polyphenol-oxidase in plants. Phytochemistry. 18 : 193-196

Maynard, D.N. and Baker, A.V. 1972. Nitrate content of vegetable crops. HortScience .7: 224-246.

Maynard, D.N., A.V. Barker, P.L. Minotti and N.H. Peck. 1972. Nitrate accumulation in vegetables. Adv. Agron. 28: 71-118.

Mostajeran, A. and Rahimi-Eichi, V. 2008. Drought Strss Effects on Root Anatomical Characteristics of Rice Cultivars (*Oryza sativa* L.). Biological Sciences. 11(18) : 2173-2183

Muzzarelli, R. A. A. 1976. Chitin. New York: Pergamon.

Otha, K., A., Konishi, N., Hosoki, T. 1999. Chitosan treatment affects plant growth and flower quality in Eustoma grandiflorum. HortScience. 34:233-234

Pen, L. T. and Jing, Y. M. 2003. Effect of chitosan coating on shelf life and quality of fresh-cut Chinese water chestnut. Lebensmittel-Wissenchaft and Technologie. 36 : 359-364.

Pornpienpakdee, P., Singhasurasak, R., Chaiyasap, P., Pichyangkura, R., Bunjongrat, R., Chadchawan, S. and Limpanavech, P. 2010. Improving the micropropagation efficiency of hybrid Dendrobium orchids with chitosan. Scientia Horticulturae. 124: 490-499

Qiuping, Z., and Wenshui, X. 2007. Effect of 1-methylcyclopropene and/or chitosan coating treatments on storage life and quality maintenance of Indian jujube fruit. LWT. 40 : 404-411.

Reddy, M.V.B., Belkacemi, K., Corcuff, R., Castaigne, F. and Arul, J. 2000. Effect of pre-harvest chitosan sprays on post-harvest infection by *Botrytis cinerea* and quality of strawberry fruit. Postharvest Biology and Technology. 20: 39-51.

Resh, H.M. 1985. Hydroponic Food Production, 3rd Edition. Santa Barbara, California., Woodbridge Press Publishing Company, 384p.

Roller S and Covill N . 1999. The antifungal properties of chitosan in laboratory media and apple juice. International Journal of Food Microbiology 47: 67–77

Santamaria, P., Elia, A., Papa, G. and Seriob, F. 1998. Nitrate and Ammonium Nutrition in Chicory and Rocket Salad Plants. Journal of Plant Nutrition. 21: 1779-1789

Santamaria, P. 2006. Nitrate in vegetables: toxicity, content, intake and EC regulation. Journal of the Science of Food and Agriculture. 86: 10-17.

Seginer, I. 1998. Nitrate concentration in greenhouse lettuce : A Modeling Study. Acta Hort. 456: 189 – 197.

Shahidi, F., Arachchi, J.K.V., and Jeon, Y.J. 1999. Food applications of chitin and chitosans. Trends in Food Science Technology. 10 : 37–51.

Sharathchandra, R.G. Niranjan Raj, S., Shetty, N.P., Amruthesh, K.N., Shekar Shetty, H. 2004. A chitosan formular Elexa™ induces downy mildew disease resistance and growth promotion in pearl millet. Crop Protection. 23:881-888

Shin, Y., Liu, R.H., Nock, J.F., Holliday, D. and Watkins, C.B. 2007. Temperature and relative humidity effects on quality, total ascorbic acid, phenolics and flavonoid concentrations, and antioxidant activity of strawberry. Postharvest Biology and Technology. 45: 349-357.

Shoemaker, J.S. 1947. "Salad Crop" Vegetable Growing. New York : John Wiley and Sons. Inc. 204 p.

Singha, T., Vesentinia, D., Singha, A.P., and Daniel, G. 2008. Effect of chitosan on physiological, morphological, and ultrastructural characteristics of wood-degrading fungi. International Biodeterioration and Biodegradation 62: 116-124.

Smith, C.A. and Wood, E.J. 1993. Molecular and Cell Biochemistry: Biosynthesis. Cassell, London, UK.

Taiz, L. and Zeiger, E. 2006. Plant Physiology. 4th ed. Massachusetts: Sinaure Associate.

Tham, L.X., Nagasawa, N., Matsuhashi, S., Ishioka, N.S., Ito, T., and Kume, T. 2001. Effect of radiation-degraded chitosan on plants stressed with vanadium. Radiation physics and Chemistry. 61: 171-175.

Thompson, H.C. and W.C. Kelley. 1978. Vegetable Crops. New Delhi :Tata Mc Graw-Hill Publishing Co., Ltd. p.275.

Vander, P., Varum, K.M., Domatd, A., Gueddari, N.E.E. and Moerschbacher, B.M. 1998. Comparison of the ability of partial N-acetylated chitosans and chitooligosaccha-rides to elicit resistance reactions in wheat leaves. Plant Physiology. 118: 1353-1359.

Vigyaza, L. 1981. Polyphenol-oxidase and peroxidase in fruits and vegetables. Critical Review in Food Science Nutrient. 15 : 49-127.

Walker, R., 1990. Nitrates, nitrites and N-nitroso compounds: a review of the occurrence in food and diet and the toxicological implications. Food Additives and Contaminants. 7: 717–768.

Wanichpongpan, P., Suriyachan, K., and Chandrkrachang, S. 2000. Effects of chitosan on the growth of gerbera flower plant (*Gerbera jamesonii*). The 8th International Chitin and Chitosan Conference and 4th Asia Pacific Chitin and Chitosan Symposium. 21-23 September 2000, Yamaguchi, Japan.

Whetten, R. and Sederoff, R. 1995. Lignin Biosynthesis. The Plant Cell. 7: 1001-1013.

Zhang, D. and Quantick, P.C. 1997. Effect of chitosan coating on enzymatic browning and decay during postharvest storage of litchi (*Litchi chinessis* Sonn.) fruit. Postharvest Biology and Technology. 12 : 195-202

Zornoza, P., Caselles, J. and Carpena, O., 1989. Effect of NH_4^+: NO_3^- ratios and light intensity on nitrogen partitioning in pepper plant. Journal of Plant Nutrient. 12: 306-317.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ตาราง ก.1 แสดงความเข้มข้นของธาตุอาหารในสารละลายธาตุอาหารซึ่งดัดแปลงจากสารละลายธาตุอาหารสูตร Hoagland

ธาตุ	**ปริมาณสาร** (mg/L)
ไนโตรเจน (N)	150-160
ฟอสฟอรัส (P)	35-40
โพแทสเซียม (K)	200-230
แคลเซียม (Ca)	110-130
กำมะถัน (S)	40-50
แมกนีเซียม (Mg)	25-30
เหล็ก (Fe)	1.5-2.6
แมงกานีส (Mn)	0.8-1.2
สังกะสี (Zn)	0.3-0.5
ทองแดง (Cu)	0.2
โบรอน (B)	1-1.5
โมลิบดินัม (Mo)	0.1-0.2

ตาราง ก.2 สารเคมีในปริมาณที่เข้มข้น (stock solution) สำหรับเตรียมสารละลายธาตุอาหาร ซึ่งดัดแปลงจากสารละลายธาตุอาหารสูตร Hoagland (Hoagland and Arnon, 1950)

ชื่อสารเคมี	ปริมาณสาร (g/L)
Macronutrient	
Calcium nitrate tetrahydrate ($Ca(NO_3)_2.4\ H_2O$)	236
Magnesium sulphate ($MgSO_4.7\ H_2O$)	246
Potassium dihydrogen phosphate (KH_2PO_4)	136
Potassium nitrate (KNO_3)	101
Calcium chloride dihydrate ($Ca(Cl)_2\ .\ 2\ H_2O$)**	110
Ammonium chloride (NH_4Cl)**	53
Micronutreint	
Fe-EDTA*	25
Boric acid (H_3BO_3)	2.86
Cupric chloride ($CuCl_2\ .\ 2\ H_2O$)	0.25
Manganese (II) chloride tetrahydrate ($MnCl_2.4\ H_2O$)	1.81
Sodium molybdate, dehydrate($Na_2MoO_4.2\ H_2O$)	0.125
Zinc chloride ($ZnCl_2$)	0.55

*การเตรียม Fe-EDTA

1.ชั่ง $FeCl_3.6H_2O$ ปริมาณ 27 กรัม ในน้ำ 728 มิลลิลิตร

2.ชั่ง EDTA disodium salt ปริมาณ 22.4 กรัม ในน้ำ 372 มิลลิลิตร

3.เทสารละลายทั้งสองผสมกันทีละน้อย จนกระทั่งเป็นเนื้อเดียวกัน

**สารเคมีที่ใช้สำหรับการเตรียมสารละลายธาตุอาหารดัดแปลงจากสูตร Hoagland และปรับลดสัดส่วนไนเตรทต่อแอมโมเนียม

ตาราง ก.3 ปริมาณสารเคมีสำหรับเตรียมสารละลายธาตุอาหารซึ่งดัดแปลงจากสารละลายธาตุอาหารสูตร Hoagland (Hoagland and Arnon, 1950)

ชื่อสารเคมี	**ปริมาณสาร** (ml/L)
Calcium nitrate tetrahydrate ($Ca(NO_3)_2.4\ H_2O$)	3.2
Magnesium sulphate ($MgSO_4.7\ H_2O$)	1.2
Potassium dihydrogen phosphate (KH_2PO_4)	1.2
Potassium nitrate (KNO_3)	4.5
Fe-EDTA	0.5
Micronutreint	2

ตาราง ก.4 ปริมาณสารเคมีสำหรับเตรียมสารละลายธาตุอาหารสูตรดัดแปลง Hoagland ที่ทำการปรับลดสัดส่วนไนเตรทต่อแอมโมเนียม

ชื่อสารเคมี	**ปริมาณสาร** (ml/L)			
	สัดส่วนระหว่าง NO_3^-:NH_4^+			
	100:00	90:10	80:20	60:40
Calcium nitrate tetrahydrate ($Ca(NO_3)_2.4\ H_2O$)	3.2	2.63	2.1	1
Calcium chloride dihydrate ($Ca(Cl)_2\ .\ 2\ H_2O$)	0	0.53	1.1	2.2
Magnesium sulphate ($MgSO_4\ .\ 7\ H_2O$)	1.2	1.2	1.2	1.2
Potassium dihydrogen phosphate (KH_2PO_4)	1.2	1.2	1.2	1.2
Ammonium chloride (NH_4Cl)	0	1.1	2.2	4.4
Potassium nitrate (KNO_3)	4.5	4.5	4.5	4.5
Fe-EDTA	0.5	0.5	0.5	0.5
Micronutreint	2	2	2	2

การเตรียมสารเคมีสำหรับใช้วิเคราะห์ ascorbic acid

เตรียมสารละลายที่ใช้วิเคราะห์

- 6% meta-phosphoric acid ใน 2 M acetic acid

ตวง acetic acid ปริมาตร 57 มิลลิลิตร เทลงในน้ำกลั่นปริมาตร 443 มิลลิลิตร แล้วชั่ง meta-phosphoric acid 30 กรัมเทลงใน 2 M acetic acid ที่เตรียมไว้

- 0.2% 2,6-dichlorophenolindolphenol (DCIP)

ชั่ง DCIP 0.02 กรัมละลายในน้ำกลั่น 10 มิลลิลิตร

- 2% thioureaใน 5% meta-phosphoric acid

ชั่ง meta-phosphoric acid 5 กรัม และ thiourea 2 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร

- 2%DNPH ใน 4.5mol sulfuric acid

ตวง sulfuric acid ปริมาตร 24 มิลลิลิตร เทลงในน้ำกลั่น 76 มิลลิลิตร แล้วชั่ง DNPH ปริมาณ 2 กรัม เทลง sulfuric acid ที่เตรียมไว้ข้างต้น

- 90% sulfuric acid

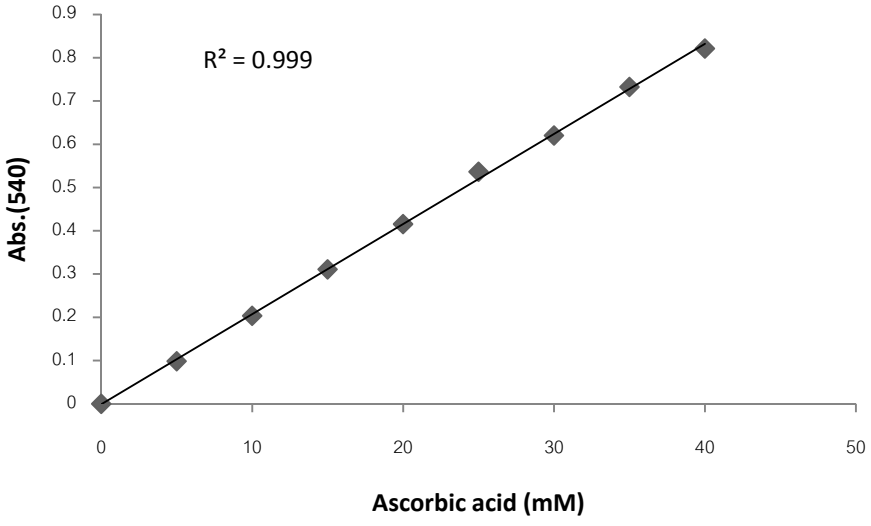
ตวง sulfuric acid ปริมาตร 90 มิลลิลิตร เทลงในน้ำกลั่น 10 มิลลิลิตร

การสร้างกราฟมาตรฐาน ascorbic acid

เตรียม ascorbic acid ความเข้มข้น 0-40 mM โดยใช้6% meta-phosphoric acid ใน 2 M acetic acid ปริมาณ 1 มิลลิลิตรเป็นตัวทำละลาย ใส่ 0.2% DCIP 0.05 มิลลิลิตร แล้วนำไปเก็บไว้ในที่มืดเป็นเวลา 1 ชั่วโมง แล้วใส่ 2% thiourea ใน 5% meta-phosphoric acid ปริมาณ 1 มิลลิลิตร และ 2% DNPH ใน 4.5 M sulfuric acid ปริมาณ 0.5 มิลลิลิตร จากนั้นนำไปต้มที่ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง แล้วนำไปแช่เย็นทันที ใส่ 90% sulfuric acid ที่เย็นปริมาณ 2.5 มิลลิลิตร แล้วนำไปวัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 540 nm นำค่าที่ได้มาสร้างกราฟมาตรฐาน

ตาราง ก.5 ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 540 nm.ของ ascorbic acid ที่ความเข้มข้น 0-40 mM

ความเข้นข้น ascorbic acid (mM)	Abs. (540 nm)
0	0
5	0.098
10	0.204
15	0.311
20	0.416
25	0.537
30	0.620
35	0.733
40	0.822



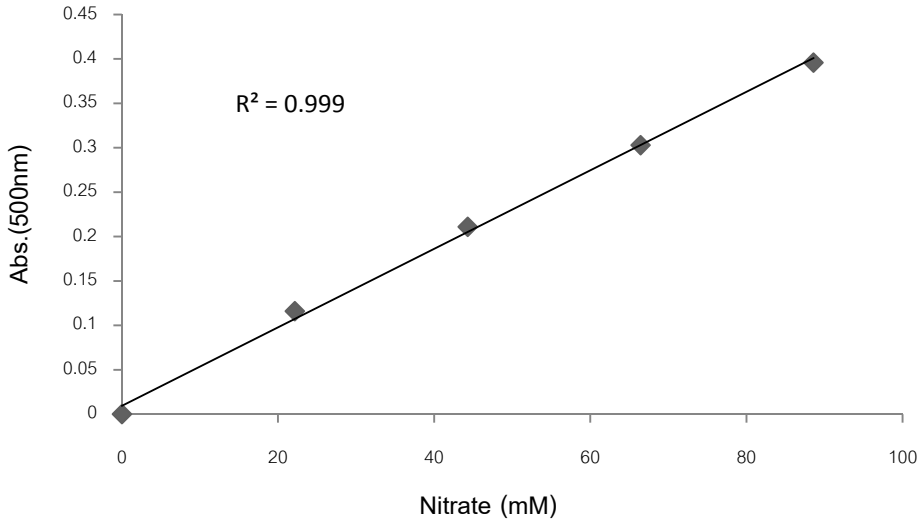
ภาพ ก.1 แสดงค่ามาตรฐาน ascorbic acid

การสร้างกราฟมาตรฐานไนเตรท

เตรียม potassium nitrate ความเข้มข้น 0-90 mM ปริมาณ 25 มิลลิลิตร ใส่ nitraver 5 nitrate reagent power pillow แล้วเขย่า 2 นาที และตั้งทิ้งไว้ 5 นาที จากนั้นนำไปวัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 500 nm นำค่าที่ได้ไปสร้างกราฟมาตรฐานไนเตรท

ตาราง ก.6 ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 500 nm.ของไนเตรท ที่ความเข้มข้น 0-88.6 mM

ความเข้นข้นของ Nitrate (mM)	Abs. (500 nm)
0	0
22.15	0.106
44.3	0.211
66.45	0.303
88.6	0.396



ภาพ ก.2 แสดงค่ามาตรฐานปริมาณไนเตรท

ภาคผนวก ข

ภาคผนวก ข

ตาราง ข.1 แสดงน้ำหนักสดต่อต้นของผักสลัดพันธุ์เรดโอ๊กที่มีการให้ไคโทซานที่ความเข้มข้นต่างๆลงในสารละลายธาตุอาหาร เมื่อปลูกในฤดูหนาวช่วงวันที่ 4 พฤศจิกายน – 19 ธันวาคม 2553

Treatment	Fresh weight, g±SE[ns]
Control	89.25±3.61
Chitosan P80, 5 mg/L	91.48±3.61
Chitosan P80, 1 mg/L	92.86±3.77
Chitosan P80, 0.1 mg/L	93.30±3.61
Chitosan O80, 5 mg/L	98.60±3.61
Chitosan O80, 1 mg/L	90.38±3.61
Chitosan O80, 0.1 mg/L	88.06±3.61

*ตัวอักษรที่อยู่เหนือแท่งกราฟที่แตกต่างกันแสดงความแตกต่างของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อวิเคราห์ด้วยวิธี DMRT ($P \leq 0.05$)

[ns] หมายถึงค่าเฉลี่ยในชุดการทดลองต่าง ๆ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตาราง ข.2 แสดงน้ำหนักสดต่อต้นของผักสลัดพันธุ์เรดโอ๊กที่มีการให้ไคโทซานที่ความเข้มข้นต่างๆลงในสารละลายธาตุอาหาร เมื่อปลูกในฤดูร้อนช่วงวันที่ 4 มีนาคม – 18 เมษายน 2554

Treatment	Fresh weight, g±SE
Control	76.91±2.98[ab]
Chitosan P80, 5 mg/L	85.14±2.98[a]
Chitosan P80, 1 mg/L	84.37±2.98[a]
Chitosan P80, 0.1 mg/L	72.34±2.98[b]
Chitosan O80, 5 mg/L	85.40±2.98[a]
Chitosan O80, 1 mg/L	80.47±2.98[ab]
Chitosan O80, 0.1 mg/L	77.37±2.98[ab]

*ตัวอักษรที่อยู่เหนือแท่งกราฟที่แตกต่างกันแสดงความแตกต่างของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อวิเคราห์ด้วยวิธี DMRT ($P \leq 0.05$)

[ns] หมายถึงค่าเฉลี่ยในชุดการทดลองต่าง ๆ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตาราง ข.3 แสดงน้ำหนักสดต่อต้นของผักสลัดพันธุ์เรดโอ๊กที่มีการให้ไคโทซานที่ความเข้มข้นต่างๆลงในสารละลายธาตุอาหาร เมื่อปลูกในฤดูฝนช่วงวันที่ 29 สิงหาคม – 12 ตุลาคม 2554

Treatment	Fresh weight, g±SE
Control	86.42±3.18[e]
Chitosan P80, 5 mg/L	119.66±3.03[bc]
Chitosan P80, 1 mg/L	111.90±3.03[cd]
Chitosan P80, 0.1 mg/L	122.40±3.03[ab]
Chitosan O80, 5 mg/L	128.95±3.03[a]
Chitosan O80, 1 mg/L	105.71±3.03[d]
Chitosan O80, 0.1 mg/L	117.09±3.03[bc]

*ตัวอักษรที่อยู่เหนือแท่งกราฟที่แตกต่างกันแสดงความแตกต่างของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อวิเคราห์ด้วยวิธี DMRT ($P \leq 0.05$)

[ns] หมายถึงค่าเฉลี่ยในชุดการทดลองต่าง ๆ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตาราง ข.4 แสดงจำนวนใบต่อต้นของผักสลัดพันธุ์เรดโอ๊กที่มีการให้ไคโทซานที่ความเข้มข้นต่างๆ ลงในสารละลายธาตุอาหาร เมื่อปลูกในฤดูหนาวช่วงวันที่ 4 พฤศจิกายน – 19 ธันวาคม 2553

Treatment	Leaf number, leaf±SE[ns]
Control	19.92±0.56
Chitosan P80, 5 mg/L	20.25±0.56
Chitosan P80, 1 mg/L	19.61±0.58
Chitosan P80, 0.1 mg/L	20.92±0.56
Chitosan O80, 5 mg/L	21.33±0.56
Chitosan O80, 1 mg/L	20.25±0.56
Chitosan O80, 0.1 mg/L	20.42±0.56

*ตัวอักษรที่อยู่เหนือแท่งกราฟที่แตกต่างกันแสดงความแตกต่างของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อวิเคราห์ด้วยวิธี DMRT ($P \leq 0.05$)

[ns] หมายถึงค่าเฉลี่ยในชุดการทดลองต่าง ๆ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตาราง ข.5 แสดงจำนวนใบต่อต้นของผักสลัดพันธุ์เรดโอ๊กที่มีการให้ไคโทซานที่ความเข้มข้นต่างๆ ลงในสารละลายธาตุอาหาร เมื่อปลูกในฤดูร้อนช่วงวันที่ 4 มีนาคม – 18 เมษายน 2554

Treatment	Leaf number, leaf±SE[ns]
Control	18.00±0.40
Chitosan P80, 5 mg/L	18.67±0.40
Chitosan P80, 1 mg/L	18.67±0.40
Chitosan P80, 0.1 mg/L	18.92±0.40
Chitosan O80, 5 mg/L	19.08±0.40
Chitosan O80, 1 mg/L	18.50±0.40
Chitosan O80, 0.1 mg/L	18.33±0.40

*ตัวอักษรที่อยู่เหนือแท่งกราฟที่แตกต่างกันแสดงความแตกต่างของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อวิเคราห์ด้วยวิธี DMRT ($P \leq 0.05$)

[ns] หมายถึงค่าเฉลี่ยในชุดการทดลองต่าง ๆ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตาราง ข.6 แสดงจำนวนใบต่อต้นของผักสลัดพันธุ์เรดโอ๊กที่มีการให้ไคโทซานที่ความเข้มข้นต่างๆ ลงในสารละลายธาตุอาหาร เมื่อปลูกในฤดูฝนช่วงวันที่ 29 สิงหาคม – 12 ตุลาคม 2554

Treatment	Leaf number, leaf±SE
Control	19.06±0.42^{c}
Chitosan P80, 5 mg/L	21.75±0.40^{ab}
Chitosan P80, 1 mg/L	21.50±0.40^{ab}
Chitosan P80, 0.1 mg/L	22.25±0.40^{a}
Chitosan O80, 5 mg/L	22.25±0.40^{a}
Chitosan O80, 1 mg/L	20.75±0.40^{b}
Chitosan O80, 0.1 mg/L	21.75±0.40^{ab}

*ตัวอักษรที่อยู่เหนือแท่งกราฟที่แตกต่างกันแสดงความแตกต่างของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อวิเคราห์ด้วยวิธี DMRT ($P \leq 0.05$)

^{ns} หมายถึงค่าเฉลี่ยในชุดการทดลองต่าง ๆ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตาราง ข.7 แสดงน้ำหนักแห้งต่อต้นของผักสลัดพันธุ์เรดโอ๊กที่มีการให้ไคโทซานที่ความเข้มข้นต่างๆลงในสารละลายธาตุอาหาร เมื่อปลูกในฤดูหนาวช่วงวันที่ 4 พฤศจิกายน – 19 ธันวาคม 2553

Treatment	Dry weight, g±SE
Control	3.70 ± 0.14^{ab}
Chitosan P80, 5 mg/L	3.27 ± 0.14^{bc}
Chitosan P80, 1 mg/L	3.13 ± 0.15^{c}
Chitosan P80, 0.1 mg/L	3.42 ± 0.14^{abc}
Chitosan O80, 5 mg/L	3.81 ± 0.14^{a}
Chitosan O80, 1 mg/L	3.77 ± 0.14^{a}
Chitosan O80, 0.1 mg/L	3.53 ± 0.14^{abc}

*ตัวอักษรที่อยู่เหนือแท่งกราฟที่แตกต่างกันแสดงความแตกต่างของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อวิเคราห์ด้วยวิธี DMRT ($P \leq 0.05$)

^{ns} หมายถึงค่าเฉลี่ยในชุดการทดลองต่าง ๆ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตาราง ข.8 แสดงน้ำหนักแห้งต่อต้นของผักสลัดพันธุ์เรดโอ๊กที่มีการให้ไคโทซานที่ความเข้มข้นต่างๆลงในสารละลายธาตุอาหาร เมื่อปลูกในฤดูร้อนช่วงวันที่ 4 มีนาคม – 18 เมษายน 2554

Treatment	Dry weight, g±SE
Control	2.84±0.15[b]
Chitosan P80, 5 mg/L	3.08±0.15[ab]
Chitosan P80, 1 mg/L	3.14±0.15[ab]
Chitosan P80, 0.1 mg/L	3.41±0.15[a]
Chitosan O80, 5 mg/L	3.37±0.15[a]
Chitosan O80, 1 mg/L	3.41±0.15[a]
Chitosan O80, 0.1 mg/L	3.37±0.15[a]

*ตัวอักษรที่อยู่เหนือแท่งกราฟที่แตกต่างกันแสดงความแตกต่างของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อวิเคราห์ด้วยวิธี DMRT ($P \leq 0.05$)

[ns] หมายถึงค่าเฉลี่ยในชุดการทดลองต่าง ๆ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตาราง ข.9 แสดงน้ำหนักแห้งต่อต้นของผักสลัดพันธุ์เรดโอ๊กที่มีการให้ไคโทซานที่ความเข้มข้นต่างๆลงในสารละลายธาตุอาหาร เมื่อปลูกในฤดูฝนช่วงวันที่ 29 สิงหาคม – 12 ตุลาคม 2554

Treatment	Dry weight, g±SE
Control	3.31±0.16[c]
Chitosan P80, 5 mg/L	3.99±0.16[ab]
Chitosan P80, 1 mg/L	3.91±0.16[ab]
Chitosan P80, 0.1 mg/L	3.99±0.16[ab]
Chitosan O80, 5 mg/L	4.22±0.16[a]
Chitosan O80, 1 mg/L	3.63±0.16[bc]
Chitosan O80, 0.1 mg/L	4.07±0.16[ab]

*ตัวอักษรที่อยู่เหนือแท่งกราฟที่แตกต่างกันแสดงความแตกต่างของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อวิเคราห์ด้วยวิธี DMRT ($P \leq 0.05$)

[ns] หมายถึงค่าเฉลี่ยในชุดการทดลองต่าง ๆ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตาราง ข.10 แสดงคะแนนของลักษณะที่ปรากฏภายนอกหลังการเก็บเกี่ยวเป็นเวลา 10 วันที่อุณหภูมิ 8°C ของผักสลัดพันธุ์เรดโอ๊กที่มีการให้ไคโทซานที่ความเข้มข้นต่างๆลงในสารละลายธาตุอาหาร เมื่อปลูกในฤดูหนาวช่วงวันที่ 4 พฤศจิกายน – 19 ธันวาคม 2553

Treatment	Overall appearance, Score±SE[ns]
Control	7.17±0.26
Chitosan P80, 5 mg/L	7.33±0.26
Chitosan P80, 1 mg/L	7.29±0.28
Chitosan P80, 0.1 mg/L	7.17±0.26
Chitosan O80, 5 mg/L	7.75±0.26
Chitosan O80, 1 mg/L	7.42±0.26
Chitosan O80, 0.1 mg/L	7.25±0.26

*ตัวอักษรที่อยู่เหนือแท่งกราฟที่แตกต่างกันแสดงความแตกต่างของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อวิเคราห์ด้วยวิธี DMRT ($P \leq 0.05$)

[ns] หมายถึงค่าเฉลี่ยในชุดการทดลองต่าง ๆ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตาราง ข.11 แสดงคะแนนของลักษณะที่ปรากฏภายนอกหลังการเก็บเกี่ยวเป็นเวลา 10 วันที่อุณหภูมิ 8°C ของผักสลัดพันธุ์เรดโอ๊กที่มีการให้ไคโทซานที่ความเข้มข้นต่างๆลงในสารละลายธาตุอาหาร เมื่อปลูกในฤดูร้อนช่วงวันที่ 4 มีนาคม – 18 เมษายน 2554

Treatment	Overall appearance, Score±SE[ns]
Control	7.79±0.35
Chitosan P80, 5 mg/L	8.42±0.35
Chitosan P80, 1 mg/L	8.25±0.35
Chitosan P80, 0.1 mg/L	7.33±0.35
Chitosan O80, 5 mg/L	8.42±0.35
Chitosan O80, 1 mg/L	8.17±0.35
Chitosan O80, 0.1 mg/L	7.50±0.35

*ตัวอักษรที่อยู่เหนือแท่งกราฟที่แตกต่างกันแสดงความแตกต่างของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อวิเคราห์ด้วยวิธี DMRT ($P \leq 0.05$)

[ns] หมายถึงค่าเฉลี่ยในชุดการทดลองต่าง ๆ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตาราง ข.12 แสดงคะแนนของลักษณะที่ปรากฏภายนอกหลังการเก็บเกี่ยวเป็นเวลา 10 วันที่อุณหภูมิ 8°C ของผักสลัดพันธุ์เรดโอ๊กที่มีการให้ไคโทซานที่ความเข้มข้นต่างๆลงในสารละลายธาตุอาหาร เมื่อปลูกในฤดูฝนช่วงวันที่ 29 สิงหาคม – 12 ตุลาคม 2554

Treatment	Overall appearance, Score±SE[ns]
Control	7.57±0.21
Chitosan P80, 5 mg/L	8.38±0.20
Chitosan P80, 1 mg/L	8.38±0.20
Chitosan P80, 0.1 mg/L	8.08±0.20
Chitosan O80, 5 mg/L	8.29±0.20
Chitosan O80, 1 mg/L	7.92±0.20
Chitosan O80, 0.1 mg/L	8.13±0.20

*ตัวอักษรที่อยู่เหนือแท่งกราฟที่แตกต่างกันแสดงความแตกต่างของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อวิเคราห์ด้วยวิธี DMRT ($P \leq 0.05$)

[ns] หมายถึงค่าเฉลี่ยในชุดการทดลองต่าง ๆ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตาราง ข.13 แสดงการสูญเสียน้ำหนักสดหลังการเก็บเกี่ยวเป็นเวลา 10 วันที่อุณหภูมิ 8°C ของผักสลัดพันธุ์เรดโอ๊กที่มีการให้ไคโทซานที่ความเข้มข้นต่างๆลงในสารละลายธาตุอาหาร เมื่อปลูกในฤดูหนาวช่วงวันที่ 4 พฤศจิกายน – 19 ธันวาคม 2553

Treatment	Fresh weight loss, %±SE[ns]
Control	3.12±0.48
Chitosan P80, 5 mg/L	2.93±0.48
Chitosan P80, 1 mg/L	1.86±0.50
Chitosan P80, 0.1 mg/L	2.18±0.48
Chitosan O80, 5 mg/L	2.02±0.48
Chitosan O80, 1 mg/L	1.61±0.48
Chitosan O80, 0.1 mg/L	2.71±0.48

*ตัวอักษรที่อยู่เหนือแท่งกราฟที่แตกต่างกันแสดงความแตกต่างของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อวิเคราห์ด้วยวิธี DMRT ($P \leq 0.05$)

[ns] หมายถึงค่าเฉลี่ยในชุดการทดลองต่าง ๆ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตาราง ข.14 แสดงการสูญเสียน้ำหนักสดหลังการเก็บเกี่ยวเป็นเวลา 10 วันที่อุณหภูมิ 8°C ของผักสลัดพันธุ์เรดโอ๊กที่มีการให้ไคโทซานที่ความเข้มข้นต่างๆลงในสารละลายธาตุอาหาร เมื่อปลูกในฤดูร้อนช่วงวันที่ 4 มีนาคม – 18 เมษายน 2554

Treatment	Fresh weight loss, %±SE[ns]
Control	7.22±0.59
Chitosan P80, 5 mg/L	7.14±0.57
Chitosan P80, 1 mg/L	5.99±0.57
Chitosan P80, 0.1 mg/L	6.32±0.57
Chitosan O80, 5 mg/L	5.35±0.57
Chitosan O80, 1 mg/L	6.07±0.57
Chitosan O80, 0.1 mg/L	5.21±0.57

*ตัวอักษรที่อยู่เหนือแท่งกราฟที่แตกต่างกันแสดงความแตกต่างของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อวิเคราห์ด้วยวิธี DMRT ($P \leq 0.05$)

[ns] หมายถึงค่าเฉลี่ยในชุดการทดลองต่าง ๆ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตาราง ข.15 แสดงการสูญเสียน้ำหนักสดหลังการเก็บเกี่ยวเป็นเวลา 10 วันที่อุณหภูมิ 8°C ของผักสลัดพันธุ์เรดโอ๊กที่มีการให้ไคโทซานที่ความเข้มข้นต่างๆลงในสารละลายธาตุอาหาร เมื่อปลูกในฤดูฝนช่วงวันที่ 29 สิงหาคม – 12 ตุลาคม 2554

Treatment	Fresh weight loss, %±SE
Control	4.98±0.47[a]
Chitosan P80, 5 mg/L	4.17±0.45[ab]
Chitosan P80, 1 mg/L	4.74±0.45[a]
Chitosan P80, 0.1 mg/L	3.29±0.45[bc]
Chitosan O80, 5 mg/L	4.17±0.45[ab]
Chitosan O80, 1 mg/L	2.49±0.45[c]
Chitosan O80, 0.1 mg/L	3.28±0.45[bc]

*ตัวอักษรที่อยู่เหนือแท่งกราฟที่แตกต่างกันแสดงความแตกต่างของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อวิเคราห์ด้วยวิธี DMRT ($P \leq 0.05$)

[ns] หมายถึงค่าเฉลี่ยในชุดการทดลองต่าง ๆ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตาราง ข.16 แสดงปริมาณ ascorbic acid ต่อต้นของผักสลัดพันธุ์เรดโอ๊กที่มีการให้ไคโทซานที่ความเข้มข้นต่างๆลงในสารละลายธาตุอาหาร เมื่อปลูกในฤดูหนาวช่วงกลางเดือนตุลาคมถึงกลางเดือนกุมภาพันธ์

Treatment	Ascorbic acid content, (mg/Kg±SE)^{ns}
Control	252.04±13.63
Chitosan P80, 0.1 mg/L.	233.75±13.63
Chitosan O80, 5 mg/L	257.90±13.63

*ตัวอักษรที่อยู่เหนือแท่งกราฟที่แตกต่างกันแสดงความแตกต่างของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อวิเคราห์ด้วยวิธี DMRT ($P \leq 0.05$)

^{ns} หมายถึงค่าเฉลี่ยในชุดการทดลองต่าง ๆ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตาราง ข.17 แสดงปริมาณ ascorbic acid ต่อต้นของผักสลัดพันธุ์เรดโอ๊กที่มีการให้ไคโทซานที่ความเข้มข้นต่างๆลงในสารละลายธาตุอาหาร เมื่อปลูกในฤดูร้อนช่วงกลางเดือนกุมภาพันธ์ถึงกลางเดือนพฤษภาคม

Treatment	Ascorboc acid content, mg/Kg±SE^{ns}
Control	269.24±32.21
Chitosan P80, 0.1 mg/L.	285.23±32.21
Chitosan O80, 5 mg/L	303.81±32.21

*ตัวอักษรที่อยู่เหนือแท่งกราฟที่แตกต่างกันแสดงความแตกต่างของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อวิเคราห์ด้วยวิธี DMRT ($P \leq 0.05$)

^{ns} หมายถึงค่าเฉลี่ยในชุดการทดลองต่าง ๆ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตาราง ข.18 แสดงปริมาณ ascorbic acid ต่อต้นของผักสลัดพันธุ์เรดโอ๊กที่มีการให้ไคโทซานที่ความเข้มข้นต่างๆลงในสารละลายธาตุอาหาร เมื่อปลูกในฤดูฝนช่วงกลางเดือนพฤษภาคมถึงกลางเดือนตุลาคม

Treatment	Ascorboc acid content, mg/Kg±SE^{ns}
Control	225.10±26.78
Chitosan P80, 0.1 mg/L.	247.41±26.78
Chitosan O80, 5 mg/L	278.19±26.78

*ตัวอักษรที่อยู่เหนือแท่งกราฟที่แตกต่างกันแสดงความแตกต่างของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อวิเคราห์ด้วยวิธี DMRT ($P \leq 0.05$)

^{ns} หมายถึงค่าเฉลี่ยในชุดการทดลองต่าง ๆ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตาราง ข.19 แสดงปริมาณ คลอโรฟิลล์ *เอ* ต่อต้นของผักสลัดพันธุ์เรดโอ๊กที่มีการให้ไคโทซานที่ความเข้มข้นต่างๆลงในสารละลายธาตุอาหาร เมื่อปลูกในฤดูหนาวช่วงกลางเดือนตุลาคมถึงกลางเดือนกุมภาพันธ์

Treatment	Chlorophyll a content, mg/g±SE[ns]
Control	1.04±0.08
Chitosan P80, 0.1 mg/L.	1.10±0.08
Chitosan O80, 5 mg/L	1.16±0.08

*ตัวอักษรที่อยู่เหนือแท่งกราฟที่แตกต่างกันแสดงความแตกต่างของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อวิเคราห์ด้วยวิธี DMRT ($P \leq 0.05$)

[ns] หมายถึงค่าเฉลี่ยในชุดการทดลองต่าง ๆ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตาราง ข.20 แสดงปริมาณ คลอโรฟิลล์ *เอ* ต่อต้นของผักสลัดพันธุ์เรดโอ๊กที่มีการให้ไคโทซานที่ความเข้มข้นต่างๆลงในสารละลายธาตุอาหาร เมื่อปลูกในฤดูร้อนช่วงกลางเดือนกุมภาพันธ์ถึงกลางเดือนพฤษภาคม

Treatment	Chlorophyll a content, mg/g±SE[ns]
Control	0.78±0.04
Chitosan P80, 0.1 mg/L.	0.83±0.04
Chitosan O80, 5 mg/L	0.82±0.04

*ตัวอักษรที่อยู่เหนือแท่งกราฟที่แตกต่างกันแสดงความแตกต่างของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อวิเคราห์ด้วยวิธี DMRT ($P \leq 0.05$)

[ns] หมายถึงค่าเฉลี่ยในชุดการทดลองต่าง ๆ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตาราง ข.21 แสดงปริมาณ คลอโรฟิลล์ *เอ* ต่อต้นของผักสลัดพันธุ์เรดโอ๊กที่มีการให้ไคโทซานที่ความเข้มข้นต่างๆลงในสารละลายธาตุอาหาร เมื่อปลูกในฤดูฝนช่วงกลางเดือนพฤษภาคมถึงกลางเดือนตุลาคม

Treatment	Chlorophyll a content, mg/g±SE[ns]
Control	0.81±0.06
Chitosan P80, 0.1 mg/L.	0.93±0.06
Chitosan O80, 5 mg/L	0.84±0.06

*ตัวอักษรที่อยู่เหนือแท่งกราฟที่แตกต่างกันแสดงความแตกต่างของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อวิเคราห์ด้วยวิธี DMRT ($P \leq 0.05$)

[ns] หมายถึงค่าเฉลี่ยในชุดการทดลองต่าง ๆ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตาราง ข.22 แสดงปริมาณ คลอโรฟิลล์ *บี* ต่อต้นของผักสลัดพันธุ์เรดโอ๊กที่มีการให้ไคโทซานที่ความเข้มข้นต่างๆลงในสารละลายธาตุอาหาร เมื่อปลูกในฤดูหนาวช่วงกลางเดือนตุลาคมถึงกลางเดือนกุมภาพันธ์

Treatment	Chlorophyll b content, mg/g±SE[ns]
Control	0.35±0.03
Chitosan P80, 0.1 mg/L.	0.39±0.03
Chitosan O80, 5 mg/L	0.41±0.03

*ตัวอักษรที่อยู่เหนือแท่งกราฟที่แตกต่างกันแสดงความแตกต่างของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อวิเคราห์ด้วยวิธี DMRT ($P \leq 0.05$)

[ns] หมายถึงค่าเฉลี่ยในชุดการทดลองต่าง ๆ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตาราง ข.23 แสดงปริมาณ คลอโรฟิลล์ *บี* ต่อต้นของผักสลัดพันธุ์เรดโอ๊กที่มีการให้ไคโทซานที่ความเข้มข้นต่างๆลงในสารละลายธาตุอาหาร เมื่อปลูกในฤดูร้อนช่วงกลางเดือนกุมภาพันธ์ถึงกลางเดือนพฤษภาคม

Treatment	Chlorophyll b content, mg/g±SE[ns]
Control	0.30±0.01
Chitosan P80, 0.1 mg/L.	0.34±0.01
Chitosan O80, 5 mg/L	0.35±0.01

*ตัวอักษรที่อยู่เหนือแท่งกราฟที่แตกต่างกันแสดงความแตกต่างของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อวิเคราห์ด้วยวิธี DMRT ($P \leq 0.05$)

[ns] หมายถึงค่าเฉลี่ยในชุดการทดลองต่าง ๆ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตาราง ข.24 แสดงปริมาณ คลอโรฟิลล์ *บี* ต่อต้นของผักสลัดพันธุ์เรดโอ๊กที่มีการให้ไคโทซานที่ความเข้มข้นต่างๆลงในสารละลายธาตุอาหาร เมื่อปลูกในฤดูฝนช่วงกลางเดือนพฤษภาคมถึงกลางเดือนตุลาคม

Treatment	Chlorophyll b content, mg/g±SE[ns]
Control	0.34±0.02
Chitosan P80, 0.1 mg/L.	0.37±0.02
Chitosan O80, 5 mg/L	0.36±0.02

*ตัวอักษรที่อยู่เหนือแท่งกราฟที่แตกต่างกันแสดงความแตกต่างของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อวิเคราห์ด้วยวิธี DMRT ($P \leq 0.05$)

[ns] หมายถึงค่าเฉลี่ยในชุดการทดลองต่าง ๆ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตาราง ข.25 แสดงปริมาณแคโรทีนอยด์ต่อต้นของผักสลัดพันธุ์เรดโอ๊กที่มีการให้ไคโทซานที่ความเข้มข้นต่างๆลงในสารละลายธาตุอาหาร เมื่อปลูกในฤดูหนาวช่วงกลางเดือนตุลาคมถึงกลางเดือนกุมภาพันธ์

Treatment	Tatal carotenoid content, mg/g±SE[ns]
Control	0.38±0.03
Chitosan P80, 0.1 mg/L.	0.38±0.03
Chitosan O80, 5 mg/L	0.41±0.03

*ตัวอักษรที่อยู่เหนือแท่งกราฟที่แตกต่างกันแสดงความแตกต่างของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อวิเคราห์ด้วยวิธี DMRT ($P \leq 0.05$)

[ns] หมายถึงค่าเฉลี่ยในชุดการทดลองต่าง ๆ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตาราง ข.26 แสดงปริมาณแคโรทีนอยด์ต่อต้นของผักสลัดพันธุ์เรดโอ๊กที่มีการให้ไคโทซานที่ความเข้มข้นต่างๆลงในสารละลายธาตุอาหาร เมื่อปลูกในฤดูร้อนช่วงกลางเดือนกุมภาพันธ์ถึงกลางเดือนพฤษภาคม

Treatment	Total carotenoid content, mg/g±SE[ns]
Control	0.27±0.01
Chitosan P80, 0.1 mg/L.	0.29±0.01
Chitosan O80, 5 mg/L	0.30±0.01

*ตัวอักษรที่อยู่เหนือแท่งกราฟที่แตกต่างกันแสดงความแตกต่างของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อวิเคราห์ด้วยวิธี DMRT ($P \leq 0.05$)

[ns] หมายถึงค่าเฉลี่ยในชุดการทดลองต่าง ๆ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตาราง ข.27 แสดงปริมาณแคโรทีนอยด์ต่อต้นของผักสลัดพันธุ์เรดโอ๊กที่มีการให้ไคโทซานที่ความเข้มข้นต่างๆลงในสารละลายธาตุอาหาร เมื่อปลูกในฤดูฝนช่วงกลางเดือนพฤษภาคมถึงกลางเดือนตุลาคม

Treatment	Tatal carotenoid content, mg/g±SE[ns]
Control	0.29±0.02[a]
Chitosan P80, 0.1 mg/L.	0.33±0.02[a]
Chitosan O80, 5 mg/L	0.32±0.02[a]

*ตัวอักษรที่อยู่เหนือแท่งกราฟที่แตกต่างกันแสดงความแตกต่างของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อวิเคราห์ด้วยวิธี DMRT ($P \leq 0.05$)

[ns] หมายถึงค่าเฉลี่ยในชุดการทดลองต่าง ๆ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตาราง ข.28 แสดงปริมาณเส้นใยต่อต้นของผักสลัดพันธุ์เรดโอ๊กที่มีการให้ไคโทซานที่ความเข้มข้นต่างๆลงในสารละลายธาตุอาหาร เมื่อปลูกในฤดูหนาวช่วงกลางเดือนตุลาคมถึงกลางเดือนกุมภาพันธ์

Treatment	Total fiber content, %±SE^{ns}
Control	1.00±0.09^{a}
Chitosan P80, 0.1 mg/L.	1.04±0.09^{a}
Chitosan O80, 5 mg/L	1.23±0.09^{a}

*ตัวอักษรที่อยู่เหนือแท่งกราฟที่แตกต่างกันแสดงความแตกต่างของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อวิเคราห์ด้วยวิธี DMRT ($P \leq 0.05$)

^{ns} หมายถึงค่าเฉลี่ยในชุดการทดลองต่าง ๆ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตาราง ข.29 แสดงปริมาณเส้นใยต่อต้นของผักสลัดพันธุ์เรดโอ๊กที่มีการให้ไคโทซานที่ความเข้มข้นต่างๆลงในสารละลายธาตุอาหาร เมื่อปลูกในฤดูร้อนช่วงกลางเดือนกุมภาพันธ์ถึงกลางเดือนพฤษภาคม

Treatment	Total fiber content, %±SE^{ns}
Control	1.48±0.12^{a}
Chitosan P80, 0.1 mg/L.	1.52±0.12^{a}
Chitosan O80, 5 mg/L	1.55±0.12^{a}

*ตัวอักษรที่อยู่เหนือแท่งกราฟที่แตกต่างกันแสดงความแตกต่างของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อวิเคราห์ด้วยวิธี DMRT ($P \leq 0.05$)

^{ns} หมายถึงค่าเฉลี่ยในชุดการทดลองต่าง ๆ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตาราง ข.30 แสดงปริมาณเส้นใยต่อต้นของผักสลัดพันธุ์เรดโอ๊กที่มีการให้ไคโทซานที่ความเข้มข้นต่างๆลงในสารละลายธาตุอาหาร เมื่อปลูกในฤดูฝนช่วงกลางเดือนพฤษภาคมถึงกลางเดือนตุลาคม

Treatment	Tatal fiber content, %±SE^{ns}
Control	0.85±0.12^{a}
Chitosan P80, 0.1 mg/L.	0.93±0.12^{a}
Chitosan O80, 5 mg/L	1.18±0.12^{a}

*ตัวอักษรที่อยู่เหนือแท่งกราฟที่แตกต่างกันแสดงความแตกต่างของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อวิเคราห์ด้วยวิธี DMRT ($P \leq 0.05$)

^{ns} หมายถึงค่าเฉลี่ยในชุดการทดลองต่าง ๆ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตาราง ข.31 แสดงน้ำหนักสดต่อต้นของผักสลัดพันธุ์เรดโอ๊กที่มีการปรับลดสัดส่วนระหว่างไนเตรทต่อแอมโมเนียมร่วมกับการให้ไคโทซานชนิด O80 ความเข้มข้น 5 mg/L ลงในสารละลายธาตุอาหาร

Treatment	Fresh weight, g±SE
Control	76.43±3.22[b]
Control+Chitosan	83.27±3.22[ab]
90:10	84.04±3.22[ab]
90:10+ Chitosan	90.50±3.22[a]
80:20	89.93±3.22[a]
80:20+ Chitosan	92.75±3.22[a]
60:40	86.65±3.22[a]
60:40+ Chitosan	86.00±3.22[ab]

*ตัวอักษรที่อยู่เหนือแท่งกราฟที่แตกต่างกันแสดงความแตกต่างของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อวิเคราห์ด้วยวิธี DMRT ($P \leq 0.05$)

[ns] หมายถึงค่าเฉลี่ยในชุดการทดลองต่าง ๆ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตาราง ข.32 แสดงปริมาณไนเตรทต่อต้นของผักสลัดพันธุ์เรดโอ๊กที่มีการปรับลดสัดส่วนระหว่างไนเตรทต่อแอมโมเนียมร่วมกับการให้ไคโทซานชนิด O80 ความเข้มข้น 5 mg/L ลงในสารละลายธาตุอาหาร

Treatment	Nitrate content, mg/Kg±SE
Control	2127.20±52.77[a]
Control+Chitosan	1746.41±52.77[b]
90:10	2013.76±52.77[a]
90:10+ Chitosan	1555.02±52.77[cd]
80:20	1672.94±51.38[bc]
80:20+ Chitosan	1489.56±52.77[d]
60:40	950.86±52.77[e]
60:40+ Chitosan	920.38±52.77[e]

*ตัวอักษรที่อยู่เหนือแท่งกราฟที่แตกต่างกันแสดงความแตกต่างของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อวิเคราห์ด้วยวิธี DMRT ($P \leq 0.05$)

[ns] หมายถึงค่าเฉลี่ยในชุดการทดลองต่าง ๆ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวศรีรัตน์ รอดณรงค์ เกิดเมื่อวันที่ 20 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2530 จังหวัดสมุทรสงคราม สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีวิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาเคมีการเกษตร คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เมื่อปีการศึกษา 2551 และเข้าศึกษาต่อในระดับปริญญาโท หลักสูตรพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2552 ระหว่างการศึกษาปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต ได้รับทุนทุนอุดหนุนจากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) สาขาวิทยาศาสตร์ และบริษัท เอซีเค ไฮโดรฟาร์ม จำกัดภายใต้โครงการเชื่อมโยงการผลิตกับงานวิจัย ทุนสกว.-อุตสาหกรรม และเงินงบประมาณแผ่นดินประจำปี 2554 ภายใต้แผนงานวิจัยอนุรักษ์และการใช้ประโยชน์ความหลากหลายทางชีวภาพ และศูนย์เชี่ยวชาญเฉพาะทางด้านความหลากหลายทางชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (CEB_M73_2011) และได้ไปนำเสนอผลงานวิจัยในงานประชุมวิชาการ The 15th Bioiogical Sciences Graduate Congress 2010 แบบโปสเตอร์ที่ประเทศมาเลเซียงานในหัวข้อเรื่อง Effects of types and concentrations of chitosan on growth and postharvest quality of ‘Red Oak’ lettuce produced by hydroponic method และงานประชุมวิชาการ The 16th Bioiogical Sciences Graduate Congress 2011 แบบโปสเตอร์ที่ประเทศสิงคโปรในหัวข้อเรื่อง Effects of chitosan, difference of temperature and humidity on growth of ‘Red oak’ lettuce (*Lactuca sativa* L.) cultivated by hydroponic method โดยได้รับทุนจากคณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย University of Malaya และ National University of Singapore