สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ปัญหาพิเศษปริญญาตรี

เรื่อง

การศึกษาผลของสารไคโตซานที่มีต่อการเจริญเติบโตของขมิ้นชัน

A study on the effect of chitosan on the growth of *Curcuma longa* Linn.

โดย

นางสาวนงเยาว์ ไข่บุญนาค

T109031

เสนอ

ภาควิชาพืชสวน คณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (พืชสวน)

พุทธศักราช 2551

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 109031
วัน.เดือน.ปี - 2 ส.ค. 2553

b.....
i.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบรับรองปัญหาพิเศษปริญญาตรี

ภาควิชาพืชสวน

เรื่อง

การศึกษาผลของสารไคโตซานที่มีต่อการเจริญเติบโตของขมิ้นชัน

A study on the effect of chitosan on the growth of *Curcuma longa* Linn.

โดย

นางสาวนงเยาว์ ไข่บุญนาค

ได้รับการพิจารณาเห็นชอบโดย

.....

(อาจารย์วนิดา ดวงก้งแสน)

อาจารย์ที่ปรึกษา

วันที่ 10 เดือน มีนาคม พ.ศ. 2552

ภาควิชารับรองแล้ว

.....

(รศ.ดร.สมชาย กล้าหาญ)

หัวหน้าภาควิชาพืชสวน

วันที่ 11 เดือน มี.ค. พ.ศ. 52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อเรื่อง : การศึกษาผลของสารไคโตซานที่มีต่อการเจริญเติบโตของขมิ้นชัน

A study on the effect of chitosan on the growth of *Curcuma longa* Linn.

โดย : นางสาวนงเยาว์ ไข่บุญนาค

สาขาวิชา : พืชสวน

ภาควิชา : พืชสวน

คณะ : เทคโนโลยีการเกษตร

อาจารย์ที่ปรึกษา : อาจารย์วนิดา ดวงก้งแสน

บทคัดย่อ

การศึกษาผลของสารไคโตซานที่มีต่อการเจริญเติบโตของขมิ้นชัน โดยวางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) แบ่งออกเป็น 5 ทรีทเมนต์ ๆ ละ 3 ซ้ำ ๆ ละ 7 กระถาง โดยใช้สารไคโตซานที่ระดับความเข้มข้น 1, 2, 3 และ 4 มิลลิลิตรต่อน้ำ 1 ลิตร เปรียบเทียบกับวิธีการที่ไม่ใช้สารไคโตซาน (control) พบว่าขมิ้นชันที่ใช้สารไคโตซานที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ มีอัตราการเจริญเติบโตแตกต่างกัน โดยการใช้สารไคโตซานที่ระดับความเข้มข้น 1 มิลลิลิตรต่อน้ำ 1 ลิตร มีค่าเฉลี่ยน้ำหนักสดของเหง้าขมิ้นชันเพิ่มขึ้นมากที่สุดเท่ากับ 156.53 กรัม และมีความยาวใบมากที่สุดเท่ากับ 27.90 เซนติเมตร ส่วนการใช้สารไคโตซานที่ระดับความเข้มข้น 2 มิลลิลิตรต่อน้ำ 1 ลิตร มีค่าเฉลี่ยความกว้างใบมากที่สุดเท่ากับ 9.52 เซนติเมตร และมีจำนวนหน่อเพิ่มขึ้น 3.16 หน่อ ส่วนการใช้สารไคโตซานที่ระดับความเข้มข้น 3 มิลลิลิตรต่อน้ำ 1 ลิตร มีค่าเฉลี่ยขนาดลำต้นใหญ่ที่สุดเท่ากับ 2.33 เซนติเมตร ส่วนวิธีการที่ไม่ใช้สารไคโตซาน (control) มีค่าเฉลี่ยความสูงต้นมากที่สุดเท่ากับ 18.95 เซนติเมตร และมีจำนวนปากใบโดยเฉลี่ยมากที่สุดเท่ากับ 22.54 เซลล์ และพบว่าทุกวิธีการมีสีใบเป็นสีเขียวที่ระดับ Yellow Green Group 144A เมื่อนำมาวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่า การใช้สารไคโตซานที่ระดับความเข้มข้น 1, 2 และ 3 มิลลิลิตรต่อน้ำ 1 ลิตร มีผลทำให้น้ำหนักสดของเหง้าขมิ้นชัน ความกว้างใบ และขนาดลำต้นเพิ่มขึ้น ซึ่งแตกต่างกับวิธีการที่ไม่ใช้สารไคโตซาน (control) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนความสูงต้น ความยาวใบ จำนวนหน่อ จำนวนปากใบ และสีใบ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับวิธีการที่ไม่ใช้สารไคโตซาน (control)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Title : A study on the effect of chitosan on the growth of *Curcuma longa* Linn.

By : Miss Nongyao Khaiboonnak

Major : Horticulture

Department : Horticulture

Faculty : Agricultural Technology

Advisor : Miss Wanida Duangkongsan

ABSTRACT

A study on the effect of chitosan on the growth of *Curcuma longa* Linn. The statistical model was set as Completely Randomized Design (CRD) which composed of 5 treatment, 3 replication and 7 pot per replication. The treatments were set in difference concentration of chitosan including 1, 2, 3 and 4 ml/l and compare with control (without chitosan treated). The results found that *Curcuma longa* Linn. treated with 1 ml/l chitosan increased the average of rhizome weight and leaf length at about 156.53 g and 27.90 cm, respectively. While, *Curcuma longa* Linn. treated with 2 ml/l chitosan increased the average of leaf width and the number of sucker up to 9.52 cm and 3.16 sucker, respectively, where as in 3 ml/l chitosan increased the average of stem size at approximately 2.33 cm. The study in control treatment showed that the average of plants height and the number of stoma increased more than chitosan treatments to about 18.95 cm and 22.54 cell, respectively. The results also found that, all treatment appeared the leaf color by Yellow Green Group 144A. The statistical analysis showed that plants to treated with chitosan in level of concentration 1, 2, 3 and 4 ml/l gave the average of rhizome weight, leaf width and stem size significantly increased more than control treatment. Where as all treatment gave plant height, leaf length, the number of sucker, the number of stoma and leaf color were not significant difference with chitosan treatments.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนิยม

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์วนิดา ดวงก้งแสน ที่ได้กรุณาเป็นอาจารย์ที่ปรึกษา ทั้งยังได้เสียสละเวลาในการให้คำปรึกษาแนะนำ ถ่ายทอดความรู้ เสนอแนะแนวทางในการศึกษาทดลอง พร้อมทั้งจัดหาสถานที่เพื่อทำการทดลอง ตลอดจนตรวจทานแก้ไขปัญหาพิเศษฉบับนี้ ให้มีความถูกต้องสมบูรณ์และสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดาของข้าพเจ้า และคุณนงลักษณ์ ไข่บุญนาค ที่คอยเป็นกำลังใจและสนับสนุนในการศึกษามาโดยตลอด จนทำให้ข้าพเจ้าประสบความสำเร็จในการศึกษาครั้งนี้ และทำให้ปัญหาพิเศษฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอกราบขอบพระคุณ รศ.ดร. สมชาย กล้าหาญ ที่กรุณาให้ความอนุเคราะห์ในการใช้อุปกรณ์การทดลองครั้งนี้ ขอกราบขอบพระคุณ ดร.ลำแพน ขวัญพูล ที่กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำในการศึกษาทดลองมาตลอด และขอกราบขอบพระคุณ คณาจารย์ทุกท่านที่ได้ให้ความรู้ในทุก ๆ ด้านตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน

สุดท้ายนี้ ขอกราบขอบพระคุณ เจ้าหน้าที่สำนักหอสมุดกลาง ห้องสมุดคณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง และคุณนิภาพร ยลสวัสดิ์ ที่ให้การช่วยเหลือในการค้นคว้าและยืมหนังสือที่เกี่ยวข้องเพื่อเป็นข้อมูลในการจัดทำปัญหาพิเศษฉบับนี้ ทำให้ปัญหาพิเศษฉบับนี้สมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

นงเยาว์ ไข่บุญนาค

มีนาคม 2552

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
สารบัญตาราง	ก
สารบัญภาพ	ข
สารบัญภาคผนวก	ค
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	2
ตรวจเอกสาร	3
อุปกรณ์และวิธีการทดลอง	20
ผลการทดลอง	22
วิจารณ์ผลการทดลอง	32
ปัญหาและข้อเสนอแนะ	32
สรุปผลการทดลอง	33
เอกสารอ้างอิง	34
ภาคผนวก	36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1. แสดงจำนวนและน้ำหนักของหัวพันธุ์ขมิ้นชันที่ใช้ปลูกและผลผลิตที่ได้โดยประมาณ	4
2. แสดงคุณค่าทางอาหารของขมิ้นชัน 100 กรัม ให้พลังงาน 65 กิโลแคลอรี	7
3. แสดงแหล่งวัตถุดิบสำคัญของไคติน	8
4. แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยน้ำหนักสดของเหง้าขมิ้นชันที่เพิ่มขึ้น ความสูงต้น ขนาดลำต้น และจำนวนหน่อ หลังจากฉีดพ่นสารไคโตซานจนครบ 8 ครั้ง	23
5. แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความยาวใบ ความกว้างใบ จำนวนปากใบ และสีใบ หลังจากฉีดพ่นสารไคโตซานจนครบ 8 ครั้ง	28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1.	โครงสร้างทางเคมีของไคติน	8
2.	โครงสร้างทางเคมีของไคโตซาน	9
3.	ขั้นตอนการผลิตไคติน-ไคโตซาน	10
4.	แสดงลักษณะและปริมาณของเหง้าขมิ้นชันที่เพิ่มขึ้นหลังจากฉีดพ่นสารละลายไคโตซานจนครบ 8 ครั้ง	22
5.	แสดงลักษณะและความสูงของต้นขมิ้นชัน หลังจากฉีดพ่นสารละลายไคโตซานจนครบ 8 ครั้ง	24
6.	แสดงลักษณะและขนาดลำต้นของต้นขมิ้นชัน หลังจากฉีดพ่นสารละลายไคโตซานจนครบ 8 ครั้ง	25
7.	แสดงลักษณะและจำนวนหน่อของต้นขมิ้นชัน หลังจากฉีดพ่นสารละลายไคโตซานจนครบ 8 ครั้ง	26
8.	แสดงลักษณะและขนาดใบของต้นขมิ้นชัน หลังจากฉีดพ่นสารละลายไคโตซานจนครบ 8 ครั้ง	27
9.	แสดงลักษณะและจำนวนปากใบของขมิ้นชัน หลังจากฉีดพ่นสารละลายไคโตซานจนครบ 8 ครั้ง	29
10.	แสดงลักษณะและขนาดของเหง้าขมิ้นชันในแต่ละวิธีการก่อนปลูกลงในกระถางขนาด 8 นิ้ว	30
11.	แสดงลักษณะการจัดวางกระถางต้นขมิ้นชันในพื้นที่ทำการทดลอง	30
12.	แสดงลักษณะของใบขมิ้นชันที่มีแมลงศัตรูพืชเข้ากัดกินใบ ทำให้ใบขมิ้นชันไม่สมบูรณ์	31
13.	แสดงลักษณะอาการของโรคเหง้าและรากเน่าที่เกิดในต้นขมิ้นชัน	31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาคผนวก

ตารางผนวกที่ **หน้า**

1. แสดงการวิเคราะห์ผลทางสถิติน้ำหนักสดของเหง้าขมิ้นชันที่เพิ่มขึ้น ในแต่ละวิธีการที่ฉีดพ่นสารละลายไคโตซานเป็นเวลา 8 สัปดาห์ 37
2. แสดงการวิเคราะห์ผลทางสถิติความสูงต้นขมิ้นชัน ในแต่ละวิธีการที่ฉีดพ่นสารละลายไคโตซานเป็นเวลา 8 สัปดาห์ 37
3. แสดงการวิเคราะห์ผลทางสถิติขนาดลำต้นขมิ้นชัน ในแต่ละวิธีการที่ฉีดพ่นสารละลายไคโตซานเป็นเวลา 8 สัปดาห์ 38
4. แสดงการวิเคราะห์ผลทางสถิติจำนวนหน่อของขมิ้นชัน ในแต่ละวิธีการที่ฉีดพ่นสารละลายไคโตซานเป็นเวลา 8 สัปดาห์ 38
5. แสดงการวิเคราะห์ผลทางสถิติความยาวใบของขมิ้นชัน ในแต่ละวิธีการที่ฉีดพ่นสารละลายไคโตซานเป็นเวลา 8 สัปดาห์ 39
6. แสดงการวิเคราะห์ผลทางสถิติความกว้างใบของขมิ้นชัน ในแต่ละวิธีการที่ฉีดพ่นสารละลายไคโตซานเป็นเวลา 8 สัปดาห์ 39
7. แสดงการวิเคราะห์ผลทางสถิติจำนวนปากใบของขมิ้นชัน ในแต่ละวิธีการที่ฉีดพ่นสารละลายไคโตซานเป็นเวลา 8 สัปดาห์ 40
8. แสดงการเปรียบเทียบสีของใบขมิ้นชัน โดยใช้สมุดเทียบสีพืชสวน หลังฉีดพ่นสารละลายไคโตซานเป็นเวลา 8 สัปดาห์ 40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนำ

ขมิ้นชันเป็นพืชสมุนไพรที่คนไทยรู้จักกันมานานและได้มีการนำมาใช้ประโยชน์ในหลาย ๆ ด้าน ทั้งทางด้านการเกษตร ด้านอาหาร ด้านยารักษาโรค และประโยชน์ทางด้านอื่น ๆ โดยเฉพาะทางด้านยารักษาโรคกระเพาะ เนื่องจากขมิ้นชันมีสารสำคัญที่มีฤทธิ์ป้องกันการเกิดแผลในกระเพาะอาหาร ลดการอักเสบและออกฤทธิ์ในการขับน้ำดี ช่วยยับยั้งการหลั่งของกรดในกระเพาะอาหาร และยังมีสรรพคุณในการรักษาโรคต่าง ๆ อีกมากมาย อีกทั้งยังมีประโยชน์ในการนำมาใช้เป็นส่วนผสมของเครื่องสำอางและอาหารของคนเราอีกด้วย จึงทำให้เกิดแนวคิดในการที่จะปลูกขมิ้นชันให้มีผลผลิตที่ดี มีคุณภาพและปริมาณที่เพียงพอต่อความต้องการของผู้บริโภค อีกทั้งยังต้องมีความปลอดภัยจากสารเคมี และไม่มีสารตกค้างในผลผลิตด้วย

ในการศึกษาครั้งนี้จึงได้นำสารไคโตซานที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ มาทดลองใช้กับขมิ้นชัน เพื่อเป็นแนวทางสำหรับเกษตรกรที่ต้องการเพิ่มผลผลิตทางการเกษตร แต่ในการใช้ผลิตภัณฑ์เหล่านี้ สิ่งสำคัญที่เกษตรกรต้องคำนึงถึง ได้แก่ คุณภาพ ปริมาณ และระยะเวลาในการใช้ เพราะแต่ละพื้นที่มีสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน จึงต้องมีการศึกษาถึงความเหมาะสมในการใช้ เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดในการใช้ผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรชนิดนั้น ๆ เพื่อความปลอดภัยในชีวิตและผลผลิตที่เพิ่มสูงขึ้นด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาผลของสารไคโตซานที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของขมิ้นชัน
2. เพื่อศึกษาปริมาณความเข้มข้นของสารไคโตซานที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของขมิ้นชัน
3. เพื่อเป็นแนวทางในการใช้สารไคโตซานกับพืชชนิดอื่น ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตรวจเอกสาร

ขมิ้นชัน

ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Curcuma longa* Linn.

ชื่อวงศ์ : Zingiberaceae

ชื่ออื่น ๆ : ขมิ้น (กลาง), ขมิ้นแกง ขมิ้นหยอก ขมิ้นหัว ขมิ้นหยวก (เชียงใหม่), ขี้มิ้น หมิ้น (ใต้), ตายอ (กะเหรี่ยง-กำแพงเพชร), สะยอ (กะเหรี่ยง-แม่ฮ่องสอน) (พเยาว์, 2537; ต.ชาตรี, 2546 และ คมสัน, 2549)

ชื่อสามัญ : Turmeric, Curcuma, Yellow Root. (พเยาว์, 2537)

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ : ขมิ้นชันเป็นพืชล้มลุก มีเหง้าใต้ดิน เหง้ามีสีเหลืองเข้มจนถึงสีแสดเข้ม มีกลิ่นหอมเฉพาะตัว อายุเหง้าอยู่ได้นานหลายปี ต้นบนดินสูงประมาณ 30-80 เซนติเมตร

ใบ เดี่ยวขนาดใหญ่ ใบรูปหอกแกมขอบขนานกว้าง 8-15 เซนติเมตร ยาว 30-50 เซนติเมตร ก้านใบเป็นกาบแคบ ๆ มีร่องแผ่ครีบออกเล็กน้อย ก้านใบยาว 8-15 เซนติเมตร หน้าแล้งใบจะแห้งมีหัวอยู่ใต้ดิน

ดอก ออกเป็นช่อ ขนาดใหญ่สวยงาม ก้านช่อดอกยาวประมาณ 10-15 เซนติเมตร พุ่งออกมาจากเหง้าใต้ดิน ช่อดอกยาวประมาณ 12-16 เซนติเมตร ใบประดับมีสีเขียวอ่อน ปลายช่อดอกมีสีชมพูจัดซ้อนกันเป็นรูปทรงกระบอกอย่างมีระเบียบ ดอกย่อยจะบานครั้งละ 2-3 ดอก จากล่างขึ้นข้างบน กลีบดอกบางสีขาวประเหลือง (พเยาว์, 2537; และ ต.ชาตรี, 2546)

แหล่งที่พบ : ขมิ้นชันมีถิ่นกำเนิดในเขตร้อนของทวีปเอเชีย ซึ่งประเทศที่มีการปลูกมาก คือ ประเทศอินเดีย จีน พม่า ไทย และหมู่เกาะอินเดียตะวันออก (ต.ชาตรี, 2546 และ คมสัน, 2549)

การขยายพันธุ์ : โดยใช้เหง้าฝังดินไว้ ไม่ชอบดินที่มีน้ำขัง ในหน้าแล้งใบจะแห้งเหี่ยว พอเข้าหน้าฝนจะแตกใบขึ้นมาใหม่ (ต.ชาตรี, 2546)

ฤดูการปลูก : การปลูกขมิ้นในประเทศไทย เริ่มปลูกในช่วงต้นฤดูฝนประมาณเดือนเมษายนถึงต้นเดือนพฤษภาคมของทุก ๆ ปี

การปลูก : ขมิ้นชันเป็นพืชที่ปลูกง่ายสามารถปลูกขึ้นได้ในทุกภาคของประเทศไทยเจริญเติบโตได้ดีในที่ดอน ไม่ชอบน้ำท่วมขัง

ดินและการเตรียมดิน : ขมิ้นชันสามารถขึ้นได้ดีในดินทุกชนิด แต่ที่เหมาะสมควรเป็นดินที่ระบายน้ำได้ดี น้ำไม่ท่วมขัง ถ้าเป็นดินเหนียวควรใส่ปุ๋ยหมักหรือปุ๋ยคอก อัตรา 1 ตัน/ไร่ เพื่อปรับปรุงคุณภาพดิน ส่วนในการเตรียมดิน ควรมีการไถพรวนดินก่อนต้นฤดูฝน และหลังจากพรวนดินให้มีขนาดเล็กลงแล้ว ใช้ไถยกร่องปลูกระยะระหว่างแถว 75 เซนติเมตร ระยะห่างระหว่างต้น 30 เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเตรียมหัวพันธุ์ขมิ้นชันสำหรับปลูก : การปลูกขมิ้นชันอาจใช้ท่อนพันธุ์ได้ 2 ลักษณะ คือ ใช้หัวแม่ และใช้แง่ง ถ้าปลูกโดยใช้หัวแม่ที่มีรูปร่างคล้ายรูปไข่ ขนาดน้ำหนักประมาณ 15-50 กรัม/หัว หัวแม่นี้สามารถให้ผลผลิตประมาณ 3,300 กิโลกรัม/ไร่ ที่ระยะปลูก 75×30 เซนติเมตร ถ้าใช้หัวแม่ขนาดเล็ก จะลดลงไปตามสัดส่วน แต่ถ้าปลูกด้วยแง่งขนาด 15-30 กรัม/ชิ้น หรือ 7-10 ปล้อง/ชิ้น จะให้ผลผลิตน้ำหนักสดประมาณ 2,800 กิโลกรัม/ไร่ (ดังตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 แสดงจำนวนและน้ำหนักของหัวพันธุ์ขมิ้นชันที่ใช้ปลูกและผลผลิตที่ได้โดยประมาณ

ชนิดและขนาดของหัวพันธุ์ที่ใช้ปลูก	จำนวนหัวพันธุ์ที่ใช้ปลูก/ไร่ ในระยะปลูก 75×30 เซนติเมตร (ชิ้น)	น้ำหนักหัวพันธุ์ กิโลกรัม/ไร่ (กิโลกรัม)	ผลผลิต (กิโลกรัม/ไร่)
1. หัวแม่น้ำหนักประมาณ 15-30 กรัม/หัว	7,100	155	3,300
2. หัวแม่ผ่าซีกน้ำหนักประมาณ 15-50 กรัม/ชิ้น	7,100	215	2,700
3. แง่ง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.5 เซนติเมตร ยาวประมาณ 8-12 เซนติเมตร น้ำหนัก15-30 กรัม/ชิ้น	7,100	140	2,800
4. แง่ง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 เซนติเมตร ยาวประมาณ 6-9 เซนติเมตร น้ำหนัก 5-10 กรัม/ชิ้น	7,100	75	2,500

ที่มา : http://web.ku.ac.th/agri/kamin/kamin.htm

ก่อนนำหัวพันธุ์ขมิ้นลงปลูกในแปลงควรแช่ด้วยยากันราและยาฆ่าเพลี้ย เพื่อป้องกันโรคหัวเน่าและกำจัดเพลี้ย ซึ่งอาจติดมากับท่อนพันธุ์ และมักจะระบาดมากในช่วงปีที่ 2-3 ของการปลูก หากมิได้รับการเอาใจใส่ป้องกันให้ดีก่อนปลูก โดยแช่นานประมาณ 30 นาที ควรระมัดระวังการใช้สารเคมี โดยสวมถุงมือยางที่มีสภาพเรียบร้อยไม่ขาด และควรสวมใส่หน้ากากด้วย ก่อนปลูกขมิ้นชันควรรองก้นหลุมด้วยปุ๋ยสูตร 13-13-21 อัตรา 50 กิโลกรัม/ไร่ และวางท่อนพันธุ์ลงในแปลง กลบดินหนาประมาณ 5-10 เซนติเมตร หลังจากนั้นขมิ้นชันจะใช้เวลางอกประมาณ 30-70 วันหลังปลูก

การใส่ปุ๋ยและการกำจัดวัชพืช : เมื่อขมิ้นชันเริ่มงอกยาวประมาณ 5-10 เซนติเมตร ต้องรีบทำการกำจัดวัชพืชเนื่องจากขมิ้นชันหลังจากงอกจะเจริญเติบโตแข่งกับวัชพืชไม่ได้ และใส่ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต อัตรา 50 กิโลกรัม/ไร่ เมื่อกำจัดวัชพืชครั้งที่ 2 แล้วควรพรวนดินกลบโคนแถวขมิ้นชันด้วย หลังจากนั้นกำจัดวัชพืชอีก 2-3 ครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การให้น้ำ : ถึงแม้ว่าขมิ้นชันจะเป็นพืชที่ทนทานต่อสภาพแวดล้อมก็ตามในช่วงต้นฤดูฝนอาจทิ้งช่วงไปในขณะที่ขมิ้นชันยังมีขนาดเล็กอยู่ อาจมีอาการเหี่ยวเฉาบ้าง จึงควรให้น้ำชลประทานให้เพียงพอสำหรับความชุ่มชื้น หรืออาจใช้วัสดุคลุมดินเพื่อลดการระเหยของน้ำ และเมื่อเข้าสู่ช่วงฤดูฝนไม่จำเป็นต้องให้น้ำเลย แต่ต้องระวังน้ำท่วมขังในแปลงเป็นเวลานาน ๆ ทำให้ขมิ้นชันเน่าตายได้ ควรเตรียมแปลงให้มีทางระบายน้ำและต้องรีบจัดการระบายน้ำออกทันทีที่พบว่ามีน้ำท่วมขัง

โรคและแมลงศัตรูพืช : โรคของขมิ้นชันเกิดจากการเน่าของหัวขมิ้นชันจากน้ำท่วมขังหรือการให้น้ำมากเกินไป หรือเกิดจากการปลูกซ้ำที่เดิมหลาย ๆ ครั้ง ทำให้เกิดการสะสมโรค โรคที่พบมากได้แก่ โรคเหง้าและรากเน่า ซึ่งเกิดจากเชื้อแบคทีเรีย โรคต้นเหี่ยว และโรคใบจุด เกิดจากเชื้อรา โรคเหล่านี้เมื่อเกิดแล้วมักรักษายาก จึงควรป้องกันก่อนปลูก การป้องกันโรคที่ดีควรทำโดยการหมุนเวียนแปลงปลูกทุก ๆ ปี

การเก็บเกี่ยว : หลังจากปลูกขมิ้นชันเมื่อช่วงต้นฤดูฝนจนย่างเข้าสู่ฤดูหนาวประมาณปลายเดือนธันวาคม ลำต้นเหนือดินเริ่มแสดงอาการเหี่ยวแห้งจนกระทั่งแห้งสนิทจึงเริ่มทำการเก็บเกี่ยว ในการเก็บเกี่ยวหัวขมิ้นชันควรใช้เครื่องมือทุ่นแรง เช่น รถแทรคเตอร์ติดผานไถอันเดียว และคนงานเดินตามเก็บหัวขมิ้นชันจะช่วยให้ประหยัดต้นทุนค่าแรงงาน เนื่องจากการเก็บเกี่ยวเป็นช่วงฤดูแล้ง ในสภาพดินเหนียวดินจะแข็ง ทำให้เก็บเกี่ยวยากอาจให้น้ำพอดินชื้น ทิ้งไว้ 1 สัปดาห์แล้วจึงเก็บเกี่ยวหัวขมิ้นชัน ในกรณีที่ใช้แรงงานคนขุดหัวขมิ้นชันในดินที่ไม่แข็งเกินไป มักจะขุดได้เฉลี่ยประมาณ 116 กิโลกรัม/วัน/คน

เมื่อทำการเก็บเกี่ยวแล้วต้องนำมาตัดแต่งราก ทำความสะอาดดินออกในกรณีที่ต้องการขมิ้นชันสด อาจจะขายส่วนที่เป็นแง่ง ส่วนหัวแม่ควรเก็บไว้เป็นพันธุ์ปลูกในฤดูกาลต่อไป แต่ถ้าเตรียมขมิ้นชันแห้งเพื่อนำไปใช้ทำยารักษาโรคนั้น ต้องเป็นขมิ้นชันที่แก่เต็มที่ และต้องคำนึงถึงความสะอาดเป็นสิ่งสำคัญ รวมทั้งต้องมีปริมาณสารสำคัญ (curcumin) ไม่น้อยกว่า 8.64 เปอร์เซ็นต์
(อ้างอิง : http://web.ku.ac.th/agri/kamin.htm)

ส่วนที่นำไปใช้ประโยชน์ : เหง้าใต้ดินที่แก่จัด (เหง้าสด) และผงขมิ้นแห้ง

การใช้ประโยชน์ทางยา : ยาไทย เหง้าสดใช้แก้โรคท้องร่วง รักษาโรคกระเพาะอาการท้องอืดท้องเฟ้อใช้ผงขมิ้นขนาด 250 มิลลิกรัม ครั้งละ 2 เม็ด วันละ 4 ครั้ง หลังอาหารและก่อนนอน รักษาโรคท้องอืด ซึ่งอาจเกิดจากน้ำมันหอมระเหย การเพิ่มน้ำย่อยและขับน้ำดีเกิดจาก curcumin และ p-totyl-methyl carbinol. ผงขมิ้นแห้งใช้ทาตัวแก้ผื่นคัน หรือเอาผงขมิ้นผสมน้ำมะพร้าวใช้ทาเป็นยาสมานแผล ใช้ผสมในลูกประคบ และสมุนไพรต้มอาบและอบตัว (พเยาว์, 2537 และ ต.ชาตรี, 2546)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขมิ้นชันมีฤทธิ์ป้องกันการเกิดแผลในกระเพาะอาหาร ลดการอักเสบและออกฤทธิ์ในการขับน้ำดี (ต.ชาตรี, 2546) สารเคอร์คิวมิน (curcumin) หรือสารสีเหลืองส้มในขมิ้นชันมีฤทธิ์ยับยั้งการหลั่งของกรดในกระเพาะอาหาร ช่วยขับน้ำดี กระตุ้นให้ถุงน้ำดีบีบรัดตัวมากขึ้น ช่วยรักษาโรคนิ่วในถุงน้ำดี ขมิ้นชันมีคุณสมบัติต้านจุลินทรีย์ ใช้รักษาแผลและโรคผิวหนัง ผสมน้ำดื่มช่วยขับลม แก้อาการท้องอืดท้องเฟ้อ แก้ไข้เรื้อรัง ผอมเหลือง แก้เสมหะ แก้ธาตุพิการขับสิ่งสกปรกออกจากร่างกาย หยอดตาแก้ตาบวม ตาแดง พอกแก้ปวดข้อ และช่วยต้านมะเร็งลำไส้ใหญ่ (นิดดา, 2550)

การนำไปใช้ประโยชน์ทางด้านการเกษตร : เหง้าขมิ้นชันมีประสิทธิภาพในการป้องกันและกำจัดศัตรูพืชได้หลายชนิด เช่น ด้วงงวงข้าว ด้วงเจาะเมล็ดถั่ว มอดข้าวเปลือก มอดแป้ง หนอนหลอดหอม หนอนกระทู้ผัก หนอนใยผัก หนอนผีเสื้อ แมลงวันทอง ไรแดง เป็นต้น (พเยาว์, 2537; ต.ชาตรี, 2546 และ คมสัน, 2549)

การนำไปใช้ประโยชน์ทางด้านอาหาร : ขมิ้นชันสามารถนำมาใช้ประโยชน์ทางด้านการแต่งสีเหลืองในอาหารคาวหวาน การใช้เป็นส่วนผสมหลักของการทำผงกระหรี่ ใช้ในการผสมลงในผงมัสตาร์ดเพื่อให้รสเผ็ดและเพิ่มปริมาณด้วย (พเยาว์, 2537) คนใต้ใช้หัวขมิ้นชันเป็นเครื่องเทศเพื่อดับกลิ่นคาวและปรุงรสอาหารให้มีกลิ่นหอมและมีสีสันน่ารับประทาน เช่น แกงเหลือง ปลาปิ้ง ปลาทอด ข้าวเหนียวเหลือง และข้าวหมกไก่ เป็นต้น (นิดดา, 2550)

ประโยชน์ทางด้านอื่น ๆ : ในทางด้านวิทยาศาสตร์ใช้เตรียมทิงเจอร์ขมิ้นชุบกระดาษกรองทำให้แห้งไว้ทดสอบพวกเกลือบอเรตหรือบอริค ใช้ทดสอบผงชูรสว่าแท้หรือไม่ และใช้ทดสอบน้ำยาเป็นกรดหรือด่าง ถ้าน้ำยาเป็นด่างกระดาษกรองชุบทิงเจอร์ขมิ้นจะเปลี่ยนเป็นสีแดง (พเยาว์, 2537)

สารสำคัญ : มี 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มที่เป็นสารให้สีคือ curcuminoids พบประมาณ 5 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง ซึ่ง 50-60 เปอร์เซ็นต์ของ curcuminoids ที่พบเป็นcurcumin, monodesmethoxycurcumin และ bisdesmethoxycurcumin สารสำคัญอีกกลุ่มคือ น้ำมันหอมระเหยที่ประกอบด้วยสารประกอบ monoterpenoids และ sesquiterpeniods เช่น turmerone (สมภพ และ พร้อมจิต, 2547)

สารสีเหลืองที่อยู่ในเหง้าชื่อ curcumin ($C_{21}H_{20}O_6$) มีประมาณ 0.6 เปอร์เซ็นต์ α และ γ-atlantone, p-totyl-methyl carbinol. นอกจากนี้ยังมีน้ำมันหอมระเหย 5 เปอร์เซ็นต์ ประกอบด้วย borneol, camphene, 1,4-cineol, zingerene, sabinene และ phellandrene (พเยาว์, 2537)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2 แสดงคุณค่าทางอาหารของขมิ้นชัน 100 กรัม ให้พลังงาน 65 กิโลแคลอรี

รายการ	ปริมาณ
น้ำ	83.8 กรัม
โปรตีน	1.7 กรัม
คาร์โบไฮเดรต	11.4 กรัม
ไขมัน	1.4 กรัม
เหล็ก	2.3 กรัม
เส้นใย	0.7 กรัม
ฟอสฟอรัส	41 มิลลิกรัม
แคลเซียม	9 มิลลิกรัม
วิตามินเอ	187 IU.
วิตามินบี 1	0.02 มิลลิกรัม
วิตามินบี 2	0.03 กรัม
ไนอะซิน	1.3 มิลลิกรัม
วิตามินซี	12 มิลลิกรัม

ที่มา : นิดดา, 2550

ไคติน – ไคโตซาน

ประวัติความเป็นมาของไคติน-ไคโตซาน

ไคติน เป็นสารคาร์โบไฮเดรตที่ทำหน้าที่เป็นโครงสร้างของสิ่งมีชีวิตนับจากพวกชั้นต่ำ ซึ่งได้แก่ รา สาหร่าย ยีสต์ ตลอดจนสิ่งมีชีวิตพวกไม่มีกระดูกสันหลัง ซึ่งได้แก่ แมลงบนพื้นโลก สำหรับสิ่งมีชีวิตในน้ำ ได้แก่ กุ้ง ปู ตลอดจนพวกหอยและปลาหมึก เป็นต้น ฉะนั้นปริมาณของสารไคตินในโลกจึงมีมากมายมหาศาล ซึ่งมีการประเมินว่า มีปริมาณเป็นที่สองรองจากเซลลูโลสที่เป็นโครงสร้างของพวกพืชในโลกนี้ (สุวลี, 2546) แต่ไม่พบเป็นโครงสร้างหลักเดี่ยว ๆ ในสิ่งมีชีวิต โดยพบอยู่ในรูปที่เป็นสารประกอบปะปนอยู่กับสารอื่น ๆ เช่น อยู่รวมกับหินปูน หรือแคลเซียม และโปรตีน ในรูปสารประกอบเชิงซ้อน(http://www.dss.go.th/dssweb/st-articles/files/bsp_12_2548_chitin__hitosan.pdf) ฉะนั้นด้วยปริมาณของสารไคตินดังกล่าวนี้เองทำให้มีการประเมินถึงศักยภาพการนำสารนี้เข้าสู่อุตสาหกรรมและการใช้ให้เพียงพอและแข่งขันได้ในโลกปัจจุบัน (สุวลี, 2546)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

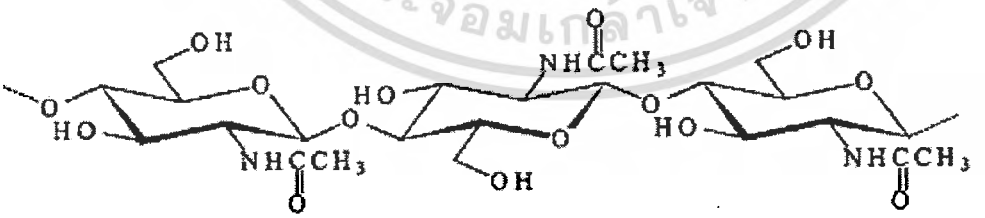
ตารางที่ 3 แสดงแหล่งวัตถุดิบสำคัญของไคติน

สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง ประเภทมีข้อปล้อง (Arthopods)	แมลง (Insect)	จุลินทรีย์ (Microorganisms)
หนอนทะเล (Annelida)	แมลงป่อง	สาหร่ายสีเขียว
หอย (Mollusk)	Brachiopods	สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำตาล
Coelentera	มด	ยีสต์ (β-type)
Crustaceans	แมลงสาบ	เชื้อรา (ผนังเซลล์)
กุ้งก้ามกราม (Lobster)	แมลงปีกแข็ง	ก้านชูสปอร์ของ penicillium
กุ้ง (Shrimp)	แมงมุม	สปอร์
กุ้งนาง (Prawn)		Chytricliacae
Krill		Blastocladiaoeae
ปู (crab)		Ascomydes

ที่มา : http://www.dss.go.th/dssweb/st-articles/files/bsp_12_2548_chitin-chitosan.pdf

โครงสร้างของไคติน-ไคโตซาน

ไคตินมีลักษณะโครงสร้างเป็นพอลิเมอร์ของหน่วยย่อย (building unit) ที่มีชื่อทางเคมีว่า Poly [β(1→4)-2-acetamido-2-deoxy-D-glucopyranose] (หรือเรียกง่าย ๆ ว่า N-acetyl-D-glucosamine) ซึ่งมีขนาดความยาวของพอลิเมอร์ต่างกัน และมีปริมาณของหมู่ acetamido group (-NH-CO-CH_3) ต่างกัน หรือเรียกว่า Degree of N-acetylation (%DA) ต่างกันเท่านั้นเอง ด้วยคุณลักษณะของโครงสร้างดังกล่าวนี้ ทำให้ไคตินเป็นพอลิเมอร์ที่ไม่ละลายน้ำ และละลายได้ยากในตัวทำละลายทั่วไป (สุวลี, 2546)



ภาพที่ 1 โครงสร้างทางเคมีของไคติน

ที่มา : http://www.dss.go.th/dssweb/st-articles/files/bsp_12_2548_chitin-chitosan.pdf

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไคตินที่ได้จากแต่ละแหล่ง มีโครงสร้างและสมบัติที่แตกต่างกันโดยแบ่งตามลักษณะการเรียงตัวของเส้นใยได้ 3 กลุ่ม คือ

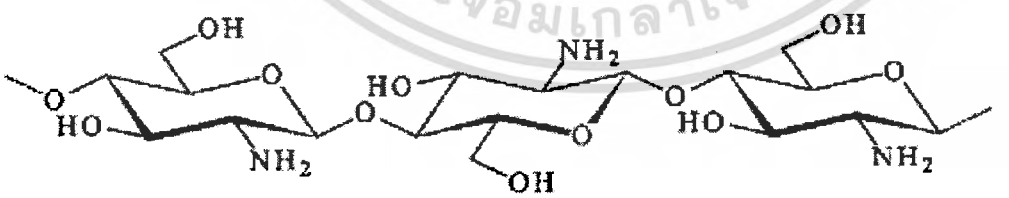
- แบบอัลฟา มีการเรียงตัวของสายโซ่โมเลกุลในลักษณะสวนทางกัน มีความแข็งแรงสูง ได้แก่ ไคตินจากเปลือกกุ้ง และกระดองปู

- แบบเบตา มีการเรียงตัวของสายโซ่โมเลกุลในทิศทางเดียวกัน จึงจับกันได้ไม่ค่อยแข็งแรง มีความไวต่อปฏิกิริยาเคมีมากกว่าแบบอัลฟา ได้แก่ ไคตินจากแกนปลาหมึก

- แบบแกมมา มีการเรียงตัวของสายโซ่โมเลกุลในลักษณะที่ไม่แน่นอนมีความแข็งแรงรองจากแบบอัลฟา ได้แก่ ไคตินจากเห็ด รา และพืชชั้นต่ำ

ไคตินในธรรมชาติอยู่รวมกับโปรตีนและเกลือแร่ ต้องนำมากำจัดเกลือแร่ออก (demineralization) โดยใช้กรดจะได้แผ่นเหนียวหนืดคล้ายพลาสติก แล้วนำไปกำจัดโปรตีนออก (deproteinization) โดยใช้ด่างจะได้ไคติน หากเป็นไคตินที่ได้จากเปลือกกุ้งหรือปู จะมีสีส้มปนอยู่ นำไปแช่ในเอทานอลเพื่อละลายสีออก (http://powerkitozan.igetweb.com/?mo=3&art=209184)

ส่วนไคโตซาน ถือว่าเป็นอนุพันธ์ที่ได้มาจากไคตินด้วยการเปลี่ยนแปลงทางเคมีจากปฏิกิริยาที่เรียกว่า deacetylation ซึ่งเป็นการลดลงของ acetyl group บนพอลิเมอร์ของไคตินนั่นเอง มีชื่อทางเคมีว่า Poly [β(1→4)-2-amido-2-deoxy-D-glucopyranose] จากปฏิกิริยาดังกล่าวนี้ทำให้เกิดเป็นหมู่อะมิโน (หรือ $-NH_2$) ขึ้นแทนที่ ซึ่งสามารถวัดเป็นค่าของ Degree of deacetylation (%DD) ได้นั่นเอง โดยทั่วไปการเปลี่ยนจากไคตินเป็นไคโตซานในทางอุตสาหกรรมทำไม่ได้อย่างสมบูรณ์ การทำ complete deacetylation (หรือ 100% Deacetylation) สามารถทำได้ในสภาวะที่จำเพาะและควบคุมเป็นพิเศษ จากการที่ไคโตซานมีหมู่อะมิโนมากพอบนพอลิเมอร์นั้นทำให้ไคโตซานละลายได้ดีกว่าไคตินในตัวทำละลายทั่วไป ดังนั้นไคโตซานจึงถูกนำมาใช้ได้สะดวกและง่ายขึ้นนั่นเอง (สุวลี, 2546 และ http://www.dss.go.th/dssweb/st-articles/files/bsp_12_2548_chitin-chitosan.pdf)



ภาพที่ 2 โครงสร้างทางเคมีของไคโตซาน

ที่มา : http://www.dss.go.th/dssweb/st-articles/files/bsp_12_2548_chitin-chitosan.pdf

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กระบวนการผลิตไคติน-ไคโตซาน

เนื่องจากไคตินเป็นสารสกัดที่ได้จากธรรมชาติ คุณภาพของวัตถุดิบจึงไม่คงที่ขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ ทางธรรมชาติ เช่น แหล่งกำเนิดของวัตถุดิบและสารประกอบที่มีอยู่ในวัตถุดิบนั้น อย่างไรก็ตาม มีคุณสมบัติอย่างหนึ่งที่เห็นได้ชัดเจนว่า แหล่งกำเนิดของวัตถุดิบมีผลต่อคุณสมบัติของไคตินที่ได้คือ ลักษณะโครงสร้างผลึก ไคตินที่ได้จากเปลือกกุ้งและกระดองปูจะมีโครงสร้างผลึกในรูปอัลฟา ในขณะที่โครงสร้างผลึกของไคตินที่ได้จากแกนปลาหมึกจะอยู่ในรูปบีตา (http://www.dss.go.th/dssweb/st-articles/files/bsp_12_2548_chitin-chitosan.pdf)

กระบวนการผลิตไคติน-ไคโตซาน มีขั้นตอนพื้นฐานอยู่ 3 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 กระบวนการแยกโปรตีน (deproteination)

ขั้นตอนที่ 2 กระบวนการแยกแร่ธาตุ (decalcification)

ขั้นตอนที่ 3 กระบวนการดึงหมู่อะซิทิล (decartelation)

ภาพที่ 3 ขั้นตอนการผลิตไคติน-ไคโตซาน

ที่มา : http://www.material.chula.ac.th/CCB/th-infoBenefit.htm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลิตภัณฑ์ที่มีองค์ประกอบของไคตินและไคโตซาน

1. ผลิตภัณฑ์ด้านอาหาร

ปัจจุบันได้มีการใช้ไคตินและไคโตซานในรูปแบบต่าง ๆ เป็นองค์ประกอบในอาหารเสริม ซึ่งได้มีการผลิตในสูตรต่าง ๆ ขึ้นอยู่กับเทคโนโลยีของแต่ละบริษัทและโรงงาน มีผลิตภัณฑ์หลายชื่อการค้าออกวางจำหน่ายโดยอ้างงานวิจัยจากทั่วโลกถึงผลของการใช้ไคตินหรือไคโตซานในการลดการสะสมไขมันและโคเลสเตอรอล ในอาหารที่บริโภคประจำวัน นอกจากนี้ในผลิตภัณฑ์ยังมีองค์ประกอบของพวกหน่วยย่อยของไคตินหรือไคโตซาน ได้แก่ N-acetylglucosamine และ D-glucosamine ซึ่งมีการใช้ในการเสริมบำรุงกระดูกอ่อนร่วมกับสารธรรมชาติอื่น ๆ อาทิ เช่น คอลลาเจน chondroitin และ glucomanan เป็นต้น อุตสาหกรรมการผลิตอาหารเสริมจากวัสดุธรรมชาติที่มีข้อมูลอ้างอิงถึงความปลอดภัยจึงเป็นธุรกิจที่เติบโตได้ดีทั้งตลาดภายในและการส่งออกไปยังประเทศต่าง ๆ ด้วย

2. ผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง

มีการนำไคตินหรือไคโตซานเป็นองค์ประกอบในเครื่องสำอางที่ออกจำหน่ายในท้องตลาดอย่างมากมาย อาทิเช่น สบู่ในรูปแบบต่าง ๆ ยาสีฟัน แป้งฝุ่น โลชั่นบำรุงผิว บำรุงผม ตลอดจนมีการพัฒนารูปแบบของผลิตภัณฑ์ในลักษณะใหม่ ๆ เพื่อให้ทันต่อความนิยมของผู้บริโภค อนึ่งการนำไคโตซานไปใช้เป็นส่วนผสมในเครื่องสำอางนั้น จำเป็นต้องมีการศึกษาเป็นพื้นฐานและการทดสอบที่ถูกต้องแม่นยำเสียก่อน เพื่อให้ได้สูตรที่เหมาะสมสำหรับผลิตภัณฑ์เหล่านั้น สิ่งสำคัญที่ควรคำนึงถึงได้แก่ การเข้ากันได้ทางชีวภาพของไคโตซานกับองค์ประกอบอื่น ๆ ในสูตรเหล่านั้น จึงจะนำไปสู่ความสำเร็จทางการตลาดและความพอใจของผู้บริโภค

3. ผลิตภัณฑ์ด้านการเกษตร

การใช้ไคตินและไคโตซานเพื่อการเพิ่มผลผลิตทางการเกษตรในประเทศไทยมีความโดดเด่นและเป็นรูปธรรมมากที่สุดในบรรดาผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ที่ออกสู่ตลาด อย่างไรก็ตามสิ่งสำคัญและต้องคำนึงถึงมากที่สุด ได้แก่คุณภาพ ปริมาณ และระยะเวลาของการใช้ผลิตภัณฑ์เหล่านั้นต้องมีความถูกต้อง จึงจะนำมาซึ่งประสิทธิภาพที่เด่นชัดให้เห็นได้ ฉะนั้น แปลงสาธิตและข้อมูลจากการทดสอบในภาคสนามของการผลิตจริงโดยเกษตรกรจึงเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการพิสูจน์ทราบ นอกจากนี้การเกษตรแต่ละพื้นที่มีสภาพแวดล้อม ทั้งภูมิประเทศ และภูมิอากาศที่หลากหลายและแตกต่างกันมาก การได้ข้อมูลในการใช้ที่ถูกต้องเหมาะสมจึงต้องใช้เวลาและสถานที่ของการรวบรวมข้อมูลมากมาย นอกจากนี้แต่ละกลุ่มของพืชผลทางการเกษตรมีความหลากหลายแตกต่างกันมาก จำเป็นต้องจัดหมวดหมู่ของพืชผลเหล่านั้นให้มีความใกล้เคียงและคล้ายคลึงกัน จึงจะเกิดผลสัมฤทธิ์ที่เป็นประโยชน์สูงสุด ปัจจุบันมีผลิตภัณฑ์ที่มีองค์ประกอบของไคตินหรือไคโตซานออกมาสู่ตลาดสำหรับใช้เพื่อการเจริญเติบโตและสร้างเสริมสุขอนามัยของพืชและสัตว์ในชื่อการค้าต่าง ๆ จำนวนมาก พร้อมเอกสารอ้างอิงจากวารสารทั้งภายในและต่างประเทศ นอกจากนี้ยังมีอุตสาหกรรมการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเลี้ยงกุ้งระบบชีวภาพที่สามารถนำผลิตภัณฑ์จากไคโตซานไปใช้ร่วมกับระบบต่าง ๆ ที่เสริมสร้างสุขอนามัยที่ดี ปราศจากสารตกค้าง ตลอดจนการปรับสภาพน้ำในบ่อเพาะเลี้ยงกุ้ง ซึ่งเป็นแนวทางนำไปสู่เทคโนโลยีที่สะอาดได้ทางหนึ่ง (สุวลี, 2546)

การนำไคตินและไคโตซานมาประยุกต์ในด้านต่าง ๆ

1. ด้านอาหาร ไคโตซานมีสมบัติในการต่อต้านจุลินทรีย์และเชื้อราบางชนิด โดยมีกลไกคือ ไคโตซานมีประจุบวก สามารถจับกับเซลล์เมมเบรนของจุลินทรีย์ที่มีประจุลบได้ ทำให้เกิดการรั่วไหลของโปรตีนและสารอื่นของเซลล์ ในหลายประเทศได้ขึ้นทะเบียนไคตินและไคโตซานให้เป็นสารที่ใช้เติมในอาหารได้ โดยนำไปใช้เป็นสารกัดบูด สารช่วยรักษากลิ่น รส และสารให้ความข้น ใช้เป็นสารเคลือบอาหาร ผัก และผลไม้ เพื่อรักษาความสดหรือผลิตในรูปฟิล์มที่รับประทานได้ (edible film) สำหรับบรรจุอาหาร

2. ด้านอาหารเสริม มีรายงานว่า ไคโตซานช่วยลดคอเลสเตอรอล และไขมันในเส้นเลือด โดยไคโตซานไปจับกับคอเลสเตอรอล ทำให้ร่างกายไม่สามารถดูดซึมไปใช้หรือดูดซึมได้น้อยลง จึงมีการโฆษณาเป็นผลิตภัณฑ์ลดน้ำหนัก ทั้งนี้ต้องใช้ด้วยความระมัดระวัง เนื่องจากไคโตซานสามารถจับวิตามินที่ละลายได้ดีในไขมัน (วิตามินเอ ดี อี เค) อาจทำให้ขาดวิตามินเหล่านี้ได้ นอกจากนี้ ทางการแพทย์ มีรายงานการนำ N-acetyl-D-glucosamine ไปใช้รักษาไขข้อเสื่อม โดยอธิบายว่า ข้อเสื่อมเกิดเนื่องจากการสึกกร่อนของเนื้อเยื่ออ่อนที่เคลือบอยู่ระหว่างข้อกระดูก ซึ่ง glucosamine เป็นสารตั้งต้นในการสังเคราะห์ proteoglycan และ matrix ของกระดูกอ่อน จึงช่วยทำให้เยื่อหุ้มกระดูกอ่อนหนาขึ้น

3. ด้านการแพทย์ มีการวิจัยนำแผ่นไคโตซานมาใช้ปิดแผล ช่วยทำให้ไม่เป็นแผลเป็น โดยไคโตซานช่วยลดการ contraction ของ fibroblast ทำให้แผลเรียบ กระตุ้นให้เกิดการซ่อมแซมบาดแผลให้หายเร็วขึ้น

4. ด้านเภสัชกรรม มีรายงานการใช้ไคโตซานเพื่อควบคุมการปลดปล่อยตัวยาสำคัญ

5. ด้านการเกษตร เนื่องจากไคตินและไคโตและซานมีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ ไนโตรเจนจะถูกปลดปล่อยออกจากโมเลกุลอย่างช้าๆ รวมทั้งช่วยตรึงไนโตรเจนจากอากาศและดิน จึงใช้เป็นปุ๋ยชีวภาพ นอกจากนี้ยังช่วยกระตุ้นระบบภูมิคุ้มกันของพืช และกระตุ้นการนำแร่ธาตุไปใช้ ผลคือสามารถเพิ่มผลผลิตและคุณภาพการผลิตได้ ทำให้เกษตรกรมี ต้นทุนต่ำลง เนื่องจากลดการใช้ปุ๋ยและยาฆ่าแมลง

6. ด้านการปศุสัตว์ ใช้เป็นส่วนผสมในอาหารสัตว์เพื่อกระตุ้นภูมิคุ้มกัน และลดการติดเชื้อ ทำให้น้ำหนักตัวของสัตว์เพิ่มขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. ด้านการบำบัดน้ำเสีย โดยทั่วไปน้ำเสียจากอุตสาหกรรมอาหาร มีสารแขวนลอยสูง ไคโตซานมีประจุบวก สามารถจับกับโปรตีนและไขมันได้ดี ซึ่งโปรตีนที่ได้สามารถแยกนำไปใช้เป็นอาหารสัตว์ต่อไป นอกจากนี้ ไคโตซานยังสามารถดูดซับอิออนของโลหะหนัก และจับสี (dye) ช่วยในการบำบัดน้ำเสีย

8. ด้านสิ่งทอ นำมาขึ้นรูปเป็นเส้นใย และใช้ในการทอร่วมหรือเคลือบกับเส้นใยอื่นๆ เพื่อให้ได้คุณสมบัติการต้านจุลชีพ ลดการเกิดกลิ่นอับชื้น

(http://www.dss.go.th/dssweb/st-articles/files/bsp_12_2548_chitin-chitosan.pdf)

การใช้ประโยชน์ของไคโตซานทางการเกษตร (ด้านพืช)

ในปัจจุบันได้มีการนำไคโตซานไปประยุกต์ในด้านต่างๆอย่างมากมาย ซึ่งไคโตซานมีผลต่อพืชดังนี้

1. ความสามารถของไคโตซานในการชักนำให้พืชมีความต้านทานโรคและแมลง

ไคโตซานมีความสามารถในการชักนำให้พืชมีความต้านทานโรคได้สูงขึ้น โดยใช้ไคโตซานเป็นสารกระตุ้นภูมิคุ้มกันตนเองของพืช ที่เรียกว่า elicitor ซึ่งไคโตซานสามารถกระตุ้นการทำงานของยีนที่เกี่ยวข้องกับการป้องกันตนเองของพืช เช่น ยีนที่สร้างเอนไซม์ phenylalanine ammonia-lyase (PAL) ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์สารประกอบกลุ่มฟีนอลิก เช่น ลิกนิน ซึ่งเป็นองค์ประกอบของผนังเซลล์พืช และสารที่มีฤทธิ์ยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่พืชสร้างขึ้น ที่เรียกว่า phytoalexin นอกจากนี้ ไคโตซานยังสามารถกระตุ้นระบบภูมิคุ้มกันที่เรียกว่า systemic acquired resistance (SAR) ซึ่งทำให้มีการสร้างโปรตีนหลายชนิดที่มีบทบาททำให้พืชมีความสามารถในการต้านทานโรคดีขึ้นทั่วทั้งต้น ไม่เฉพาะเพียงแต่บริเวณที่ได้รับสารกระตุ้นเท่านั้น โปรตีนในกลุ่มของ SAR นี้ ได้แก่ pathogenesis-related proteins ชนิดต่างๆ ซึ่งรวมทั้ง ไคติเนส และกลูคาเนส

ไคโตซานสามารถกระตุ้นภูมิคุ้มกันตนเองของพืชโดยผ่านการส่งสัญญาณภายในเซลล์ ซึ่งเกี่ยวกับการกระตุ้น octadecanoid signaling pathway และการให้ไคโตซานแก่พืชจะทำให้เกิดการสร้าง 12-oxo-phytodieonic acid (OPDA) และ jasmonic acid (JA) ซึ่งสารทั้งสองชนิดนี้ไปมีผลต่อการกระตุ้นระบบภูมิคุ้มกันตนเองของพืชได้ นอกจากนี้ไคโตซานยังสามารถกระตุ้นการทำงานของ mitogen activate protein kinase (MAPK) cascade ซึ่งเป็น signaling cascade ที่พืชใช้ในการส่งสัญญาณของสภาวะแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมสำหรับพืชและนำไปสู่การปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อมดังกล่าวต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากไคโตซานจะสามารถกระตุ้นให้พืชสร้างภูมิคุ้มกันตนเองและต้านทานต่อโรคแล้ว ไคโตซานยังสามารถกระตุ้นให้พืชบางชนิด เช่น มะเขือเทศ สร้างโปรตีน cystain ซึ่งมีสมบัติในการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ย่อยโปรตีนของหนอนและแมลงปีกแข็ง*Callosobruchus maculates* และ *Zabrotes subfasciatus* ได้อีกด้วย

2. ความสามารถของไคโตซานในการชักนำการปิดปากใบของพืช

ไคโตซานมีผลทำให้ปากใบของพืช เช่น ปากใบของมะเขือ และปากใบของ *Commelina communis* L. หรี่ลง โดยการทำงานดังกล่าวนั้นผ่านทางการควบคุมของ Ca^{2+} และ H_2O_2 ซึ่งการทำงานของไคโตซานที่ทำให้เกิดการสร้าง H_2O_2 นี้ สอดคล้องกับบทบาทของไคโตซานที่ทำหน้าที่เป็น elicitor และชักนำให้เกิด H_2O_2 ซึ่งจะเป็นสัญญาณให้เกิดการแสดงออกของระบบภูมิคุ้มกันตนเองของพืชตามมา และการหรี่ของปากใบยังช่วยป้องกันการเข้าทำลายของเชื้อราผ่านทางปากใบอีกด้วย

3. ผลของไคโตซานต่อการเจริญเติบโตของพืช

การให้ไคโตซานทางดินในระดับ 1% มีผลกระตุ้นการเจริญเติบโตของ *Eustoma gradiforum* และยังมีผลทำให้มีการออกดอกได้เร็วขึ้น นอกจากนี้ ในพืชชนิดนี้ เมื่อการตัดดอกตูมมาแช่ในสารละลายน้ำตาลชนิดต่างๆ ร่วมกับไคโตซาน ก็มีผลต่อการสร้างสีของดอกอีกด้วย

การใช้สารไคโตซานในการเร่งให้กล้วยไม้หวายพันธุ์เอียสกุล ออกดอกได้เร็วขึ้น นอกจากนี้ การให้สารไคโตซานยังมีผลทำให้คลอโรพลาสต์ของกล้วยไม้หวายมีขนาดใหญ่ขึ้น และมีการสะสม silica bodies สูงขึ้นด้วย ซึ่ง silica bodies นี้มีความเกี่ยวข้องกับความสามารถในการทนทานต่อสภาวะที่ไม่เหมาะสมของพืชได้ (ศุภจิตรา, 2549)

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ดวงนภา (2546) ได้ทดลองใช้สารไคโตซานต่อคุณภาพดอกของต้นพุทธรักษาพันธุ์คลีโอพัตรา ในระดับความเข้มข้น 100, 200, 300, และ 400 ppm โดยฉีดพ่นสาร 5 ครั้ง ๆ ละ 10 ml หลังจากได้รับสาร 6 สัปดาห์ พบว่าการใช้สารไคโตซานมีผลต่อการเจริญเติบโตของต้นพุทธรักษาได้ดีในทุกวิธีการ และการใช้สารยังมีแนวโน้มให้ต้นพุทธรักษาเจริญเติบโตทางด้านความสูงของต้น ขนาดใบ การแตกหน่อ จำนวนดอกและความยาวช่อดอกสม่ำเสมอกันเมื่อเทียบกับการไม่ใช้สารและไม่มีผลต่อสีใบและสีดอก ทุกวิธีการจะให้สีใบที่ระดับ Green Group 137 B และสีดอกที่ระดับ Yellow Green Group 14 B

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พนิดา (2546) ได้ทดลองใช้สารไคโตซานกับแกลดิโอลัส ด้วยวิธีการแช่หัวพันธุ์ในระดับความเข้มข้น 1 cc/น้ำ 1 ลิตร เป็นเวลา 24 ชั่วโมง (วิธีการที่ 1) และวิธีการฉีดพ่นสารความเข้มข้น 1, 2 และ 3 cc/น้ำ 1 ลิตร (วิธีการที่ 3, 4 และ 5 ตามลำดับ) จำนวน 3 ครั้ง ห่างกันครั้งละ 1 สัปดาห์ จากผลการทดลองพบว่า สารไคโตซานสามารถช่วยให้แกลดิโอลัสเจริญเติบโตได้ผลเป็นที่น่าพอใจ โดยให้ผลของความกว้างใบ ความยาวใบ ความสูงต้น ความกว้างต้น ความหนาต้น ความยาวก้าน ช่อดอก ความยาวช่อดอก ขนาดดอก อายุการบานดอก และระยะห่างระหว่างดอก ของทุกวิธีการมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการไม่ใช้สาร

สุวลี และ คณะ (2546) ได้มีการปลูกพืชผักสวนครัว ซึ่งได้แก่ พริก, ผักคะน้า, ผักคื่นช่าย และมะระเล็กพร้อมๆ กันในแปลงเดียวกัน โดยมีการแบ่งพื้นที่ในแปลงเป็น 5 ส่วน เพื่อทดสอบการใช้สารไคโตซานในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน คือ 0, 3.75, 7.50, 11.25 และ 15 ppm ตามลำดับ การปฏิบัติทุกอย่างผลปรากฏว่าการใช้สารไคโตซานในแปลงเหมือนกันทุกประการ ยกเว้นแต่การใช้สารไคโตซานผสมน้ำฉีดพ่นพื้นที่ที่กำหนดไว้ด้วยปริมาณที่ต่างกันเท่านั้น นับตั้งแต่เริ่มปลูกจนถึงการเก็บเกี่ยวสุดท้ายได้มีการวัดการเจริญเติบโตของต้นพริก และน้ำหนักของพืชผักเปรียบเทียบกันในแต่ละส่วน ผลปรากฏว่ามีความแตกต่างกันอย่างเด่นชัดของการเจริญเติบโตและผลผลิตของผักในแต่ละส่วนของพื้นที่ทำการทดลองใช้สารไคโตซานในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน

ธเนศ (2549) ได้ทดลองใช้สารไคโตซานที่อยู่ในรูปของโอลิโกเมอร์ที่มี degree of deacetylation เท่ากับ 80% หรือ O80 ที่ความเข้มข้น 10 ppm ร่วมกับปุ๋ย 2 ความเข้มข้น และการใช้ปุ๋ยเพียงอย่างเดียว ฉีดพ่นให้ต้นกล้วยไม้ทุกสัปดาห์ เพื่อเปรียบเทียบการเจริญเติบโต และการให้ผลผลิตของกล้วยไม้สกุลหวาย “บอม 17 เค” โดยทำการเก็บผลการทดลองทุก 4 สัปดาห์ เป็นเวลา 7 เดือน จากผลการทดลองพบว่า การใช้ปุ๋ยร่วมกับสารไคโตซาน ไม่พบความแตกต่างของจำนวน pseudobulb ที่เพิ่มขึ้น แต่ความสูงและจำนวนใบรวมมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นมากกว่าชุดควบคุม โดยในเดือนที่ 4 การใช้ปุ๋ย 5 กรัมต่อลิตร ร่วมกับสารไคโตซาน ทำให้ความสูงของ pseudobulb ที่เจริญเต็มที่ และพื้นที่ใบเพิ่มมากกว่าชุดควบคุมที่ใช้ปุ๋ยในระดับเดียวกันอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนการใช้ปุ๋ย 3.75 กรัมต่อลิตรร่วมกับไคโตซาน ทำให้ความสูงมีแนวโน้มมากกว่าชุดควบคุมที่ใช้ปุ๋ยระดับเดียวกัน สำหรับการให้ผลผลิตนั้น การใช้สารไคโตซานสามารถชักนำให้ออกดอกเร็วขึ้น 7-26 วัน เมื่อเทียบกับชุดควบคุม และยังเพิ่มความยาวช่อดอกอีกด้วย เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ปุ๋ย 5 กรัมต่อลิตร เพียงอย่างเดียวกับการลดปุ๋ยลง 25% เหลือ 3.75 กรัมต่อลิตร ร่วมกับสารไคโตซานพบว่าการลดปุ๋ยลงเหลือ 3.75 กรัมต่อลิตร แต่ใช้ร่วมกับสารไคโตซานสามารถทำให้ความสูงของ pseudobulb เพิ่มขึ้นและจำนวนใบรวมไม่แตกต่างกัน แต่สามารถกระตุ้นให้ออกดอกเร็วขึ้นและเพิ่มความยาวช่อดอกได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พงศ์ธาริน และ คณะ (2549) ได้ทดลองใช้สารละลายไคโตซานชนิด 80% DD สายยาว (P80) และสายสั้น (O80) และไคโตซานที่ไม่ทราบโครงสร้างที่มีจำหน่ายในท้องตลาด (UCC) ซึ่งถูกนำมาใช้ในการแช่เมล็ดก่อนปลูก และฉีดพ่นทางใบทุก ๆ 3 สัปดาห์ ที่ความเข้มข้น 25, 50 และ 100 ppm แก่กระเจี๊ยบเขียว (*Abelmoschus esculentus* (L.) Monech) พันธุ์อินเดีย 9701 และพันธุ์ญี่ปุ่น Yamato Green โดยมีระยะเวลาการทดลอง 8 สัปดาห์ เพื่อศึกษาผลของขนาดพอลิเมอร์ และความเข้มข้นของไคโตซานที่มีต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของกระเจี๊ยบเขียว การติดเชื้อไวรัสเส้นใบเหลือง (*Okra yellow vein mosanic virus*) และการกัดกินของหนอนกระทู้หอม (*Spodoptera exigua* Hubner, 1808) จากการศึกษาพบว่าผลที่ได้จากการทดลองที่ทำซ้ำใน 2 ปี มีความแตกต่างกันมาก แสดงให้เห็นถึงผลกระทบที่สำคัญจากการสภาวะแวดล้อม และแม้ว่าผลการทดลองส่วนใหญ่จะไม่สามารถสรุปได้แน่ชัด แนวโน้มบางประการของผลของไคโตซานที่มีต่อกระเจี๊ยบเขียวยังสามารถวัดได้ จากการแช่เมล็ดในสารละลายไคโตซาน พบว่าไคโตซานทุกชนิดและทุกความเข้มข้น มีแนวโน้มที่จะทำให้ต้นกล้ากระเจี๊ยบเขียวพันธุ์ญี่ปุ่น Yamato Green สูงกว่าชุดการทดลองควบคุมที่ไม่ได้รับ ไคโตซาน และเมื่อทำการฉีดพ่นไคโตซานทางใบ พบว่ากระเจี๊ยบเขียวพันธุ์อินเดีย 9701 ที่ได้รับ O80 ที่ 25 ppm และ UCC ที่ 100 ppm มีแนวโน้มที่จะมีความสูงเฉลี่ย จำนวนใบ ดอก และผล เฉลี่ยต่อต้นสูงกว่าชุดทดลองควบคุม ผลที่คล้ายคลึงกันสามารถพบได้ในกระเจี๊ยบเขียวพันธุ์ญี่ปุ่น Yamato Green ที่ฉีดพ่นด้วย O80 ที่ 25 ppm นอกจากนี้ยังพบว่าการให้ O80 ที่ 25 ppm และ P80 ที่ 100 ppm ส่งผลกระทบต่อน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของกระเจี๊ยบเขียวพันธุ์อินเดีย 9701 อย่างมีนัยสำคัญ ในขณะที่การฉีดพ่นไคโตซานเกือบทุกชนิด ยกเว้น O80 ที่ 100 ppm ส่งผลให้กระเจี๊ยบเขียวพันธุ์นี้มีปริมาณน้ำภายในต้นต่อน้ำหนักสดเฉลี่ยต่อต้นน้อยกว่าต้นที่ไม่ได้รับไคโตซาน ในฝักกระเจี๊ยบเขียวพันธุ์อินเดีย 9701 ที่เก็บจากต้นที่ได้รับ O80 ที่ 25 ppm พบว่ามีแนวโน้มที่จะสูญเสียน้ำหนักสดช้ากว่าชุดการทดลองควบคุม เป็นที่น่าสนใจว่าการให้ O80 ที่ 50 ppm และ UCC ที่ 25 ppm มีแนวโน้มที่จะสามารถช่วยชะลอการติดโรคไวรัสเส้นใบเหลืองในกระเจี๊ยบเขียวพันธุ์ญี่ปุ่น Yamato Green ได้ สำหรับผลของไคโตซานต่อการกัดกินของหนอนกระทู้หอมไม่สามารถสรุปได้ชัดเจนในการศึกษาครั้งนี้ อย่างไรก็ดี การฉีดพ่น UCC ที่ 50 ppm สามารถกระตุ้นปริมาณ protienase inhibitor (PI) activity ในใบกระเจี๊ยบเขียวพันธุ์ญี่ปุ่น Yamato Green ให้สูงขึ้นได้ภายใน 1 วัน แม้ว่าระดับ PI ที่เพิ่มขึ้นนี้จะลดลงภายใน 5 วัน หลังการฉีดพ่น จากผลการทดลองที่ได้โดยรวมแสดงให้เห็นว่าไคโตซานที่มีขนาดพอลิเมอร์และความเข้มข้นต่างกัน มีผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตกระเจี๊ยบเขียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

สดุดี (2549) ได้ทดลองใช้สารไคโตซานต่อการผลิตกล้วยไม้ตัดดอก *Dendrobium* "ขาวสนาน" และ "BOM17K" ในสภาพการปลูกเป็นเชิงพาณิชย์ โดยทำการศึกษาอัตราการใช้สารไคโตซาน O80 ที่ความเข้มข้น 10 ppm ทุก 1, 2 และ 4 สัปดาห์ เปรียบเทียบกับชุดควบคุมที่ไม่ใช้สารไคโตซาน ซึ่งได้ทำการเก็บข้อมูลการเจริญเติบโตของ pseudobulb และใบ รวมทั้งการให้ผลผลิตทุกเดือน ผลการทดลองพบว่า กล้วยไม้ทั้ง 2 พันธุ์ที่ได้รับสารไคโตซานมีการเพิ่มของจำนวน pseudobulb ตลอด 8 เดือนของการทดลองไม่แตกต่างจากชุดควบคุมที่ไม่ใช้สารไคโตซานมากนัก แต่การให้สารไคโตซานทุก 4 สัปดาห์มีผลทำให้ pseudobulb มีความสูงเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญในบางช่วงของการทดลอง แต่พื้นที่ใบไม่แตกต่างกับชุดควบคุมเมื่อสิ้นสุดการทดลอง แม้ว่าใน "BOM17K" สารไคโตซานมีผลทำให้จำนวนใบมีเพิ่มขึ้นน้อยกว่าชุดควบคุม ตรงข้ามกับ "ขาวสนาน" ที่การให้สารไคโตซานทุก 1 สัปดาห์ มีผลทำให้การเพิ่มขึ้นของจำนวนใบสูงกว่าชุดควบคุมใน 2 เดือนสุดท้ายของการทดลอง แต่ที่น่าสนใจคือ การใช้สารไคโตซานทุก 4 สัปดาห์ มีแนวโน้มเร่งการออกดอกให้เร็วขึ้น 13 วัน ใน "BOM17K" และ 15 วัน ใน "ขาวสนาน" ในขณะที่การใช้สารไคโตซานทุก 1 สัปดาห์มีผลทำให้การออกดอกช้าออกไป 7 วัน เมื่อเทียบกับการไม่ใช้สารไคโตซาน การใช้สารไคโตซานมีแนวโน้มช่วยเพิ่มความยาวช่อดอกจาก 4.21 เป็น 8.46 ซม. ใน "BOM17K" และจาก 4.98 เป็น 9.80 ซม. ใน "ขาวสนาน" นอกจากนั้นการใช้สารไคโตซานทุก 4 สัปดาห์ยังมีผลให้ขนาดดอกใหญ่ขึ้นจาก 6.65 เป็น 7.30 ซม. ใน "BOM17K" และจาก 5.06 เป็น 7.83 ซม. ใน "ขาวสนาน" ซึ่งแตกต่างจากชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ

สาวิตรี (2549) ได้ทดลองใช้สารไคซานต่อการผลิตกล้วยไม้กระถางบางชนิดในสวนของเกษตรกร โดยทำการใช้สารไคซานที่มีลักษณะเป็นโอลิโกเมอร์ ซึ่งมี degree of deacetylation เท่ากับ 80% (O80) ที่ความเข้มข้น 10 ppm ฉีดพ่นพร้อมปุ๋ยทุก 1, 2 และ 4 สัปดาห์ เปรียบเทียบกับชุดควบคุมที่ให้ปุ๋ยเพียงอย่างเดียวโดยไม่ให้สารไคโตซานในกล้วยไม้กระถาง *Dendrobium* "BOM17K" และ *Dendrobium* "ขาวสนาน" ที่ปลูกผลิตในสวนของเกษตรกรตามสภาพจริงเป็นระยะเวลาทั้งสิ้น 8 เดือน พบว่าการใช้สารไคโตซานทุก 2 สัปดาห์กับกล้วยไม้ทั้งสองสายพันธุ์ มีผลต่อการเพิ่มขึ้นของจำนวน pseudobulb อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่เมื่อพิจารณาถึงผลโดยรวมทั้งหมดของจำนวน pseudobulb ความสูง จำนวนใบ และพื้นที่ใบแล้ว พบว่าการใช้สารไคโตซานมีผลเฉพาะบางช่วงของการทดลองเท่านั้น ส่วนการตอบสนองของกล้วยไม้ต่อสารไคโตซานในการเจริญเติบโตด้าน reproductive นั้น พบว่าการใช้สารไคโตซานกับกล้วยไม้กระถาง *Dendrobium* "BOM17K" ทุก 2 สัปดาห์มีผลในการเพิ่มจำนวนช่อดอกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และยังมีแนวโน้มที่ดีในการกระตุ้นการออกดอกเร็วขึ้นประมาณ 17 วัน เพิ่มความยาวช่อดอก จำนวนดอกต่อช่อ และขนาดของดอกให้ใหญ่ขึ้น ส่วนใน *Dendrobium* "ขาวสนาน" พบว่าการใช้สารไคโตซานทุก 2 สัปดาห์มีแนวโน้มในการกระตุ้นการออกดอกเร็วขึ้นประมาณ 16 วัน และเพิ่มขนาดของดอกให้ใหญ่ขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
109031

ไพฑูรย์ (2550) ได้ทดลองใช้สารไคโตซานที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ ต่อการเจริญเติบโตและปริมาณผลผลิตในข้าว *Oryza sativa* L. พันธุ์ปทุมธานี 1 โดยทำการสกัดไคโตซานจากเปลือกปูแล้วนำไปย่อยด้วยไคติเนสจาก *Bacillus licheniformis* SK-1 เพื่อลดขนาดโมเลกุลแล้วทำการวัดเปอร์เซ็นต์การกำจัดหมู่แอซิทิลและน้ำหนักโมเลกุลของสารไคโตซาน พบว่าสารไคโตซานที่ได้มีเปอร์เซ็นต์การกำจัดหมู่แอซิทิลเท่ากับ 91 % และน้ำหนักโมเลกุลเฉลี่ย (MW) เท่ากับ 46 kDa เมื่อนำสารละลายไคโตซานความเข้มข้นต่าง ๆ 10, 20, 40 และ 80 ppm ไปทดสอบผลของสารไคโตซานต่อการงอกของเมล็ดข้าว การเจริญเติบโต และปริมาณผลผลิตข้าว โดยใช้น้ำกลั่นเป็นชุดควบคุม พบว่าสารไคโตซานไม่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์การงอกของเมล็ดข้าว แต่พบว่าสารไคโตซานมีผลต่อการเจริญเติบโตของต้นข้าว โดยสารไคโตซานความเข้มข้น 20 และ 40 ppm ทำให้ความสูง ความยาวใบ พื้นที่ใบ และน้ำหนักแห้งของต้นข้าวเพิ่มมากขึ้น ในการศึกษาผลของสารไคโตซานต่อการแตกกอ จำนวนรวง และปริมาณผลผลิต พบว่าสารไคโตซานความเข้มข้น 20, 40 และ 80 ppm ทำให้ต้นข้าวแตกกอเพิ่มมากขึ้น และมีจำนวนรวงเพิ่มมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ และเมื่อนับจำนวนเมล็ดข้าวรวมทั้งหมด และหาน้ำหนักเฉลี่ยต่อ 100 เมล็ด พบว่า ที่ความเข้มข้น 20 และ 40 ppm ทำให้จำนวนเมล็ดข้าวเพิ่มขึ้นและสารไคโตซานทุกความเข้มข้นมีผลทำให้น้ำหนักเมล็ดข้าวเพิ่มมากขึ้น 3-5 % เมื่อเทียบกับชุดควบคุม ซึ่งผลที่ได้จากการทดลองครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าสารไคโตซานความเข้มข้น 40 ppm มีแนวโน้มเพิ่มการเจริญเติบโตและปริมาณผลผลิตข้าว

Marco *et al.* (2001) ได้ศึกษาถึงความเป็นไปได้ของไคโตซานแบบ beta-1-4-linked glucosamine polymer เพื่อลดการคายน้ำของพืช โดยมีการประยุกต์ใช้ไคโตซานกับใบพริกไทยและควบคุมการใช้น้ำ ซึ่งได้ทดลองปลูกพริกไทยในกระถางในสภาพห้อง growth-chambers และวัดการคายน้ำจากน้ำหนักของกระถาง ในการศึกษาทางภาคสนามมีการวัดการใช้น้ำด้วยการควบคุมความชื้นในดินที่สูญเสียไปในระยะเวลาของ reflectometry ซึ่งจะมีระบบอัตโนมัติของการชลประทานที่ช่วยเติมการใช้น้ำในแต่ละวัน โดยชีวมวลและผลผลิตของพืชจะถูกวัดด้วยการคำนวณอัตราส่วนของชีวมวลต่อน้ำ และความแตกต่างของพืชระหว่าง control และวิธีการใช้ไคโตซานจะเป็นการวิเคราะห์ที่ใช้สมการ Penman-Monteith มีการตรวจสอบด้วยเครื่อง Scanning electron microscopy (SEM) และทำการศึกษาวิเคราะห์ถึงเนื้อเยื่อของพืชด้วยกล้องจุลทรรศน์ พบว่าไคโตซานสามารถชักนำการปิดปากใบของพืชและมีผลในการลดการคายน้ำได้ ซึ่งการประยุกต์ใช้ไคโตซานกับใบสามารถลดการใช้น้ำของพริกไทยได้ประมาณ 26-43 % ในขณะที่มีการเก็บรักษาชีวมวลในการผลิตและในผลผลิต และข้อเสนอแนะเกี่ยวกับไคโตซานนั้นอาจจะมีผลต่อการลดการคายน้ำไปจนถึงการเก็บรักษาน้ำที่ใช้ในการเกษตรได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Khin *et al.* (2006) ได้ทดลองใช้สารไคโตซานที่ได้จากกุ้งและเห็ดราต่อการเจริญเติบโตและพัฒนาส่วนของเนื้อเยื่อเจริญของกล้วยไม้ที่เพาะเลี้ยงในอาหารเหลวและอาหารแข็ง โดยแบ่งเป็น 2 วิธีการคือ การใช้สารไคโตซานที่ได้จากกุ้งและการใช้สารไคโตซานที่ได้จากเห็ดรา ซึ่งสารไคโตซานทั้งสองชนิดมีน้ำหนักโมเลกุล 1 kDa, 10 kDa และ 100 kDa ที่ระดับความเข้มข้น 0, 5, 10, 15, 20 และ 25 ppm เช่นเดียวกัน ผลการทดลองปรากฏว่า การใช้สารไคโตซานทำให้การเจริญเติบโตของเนื้อเยื่อเจริญกลายเป็น protocorm-like bodies (PLB) มีการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้นถึง 15 เท่า ซึ่งความเข้มข้นของสารไคโตซานที่ได้จากกุ้งและเห็ดราที่เหมาะสมคือ 15 ppm โดยพบว่าสารไคโตซานที่ได้จากกุ้งที่มีน้ำหนักโมเลกุล 1 kDa มีผลต่อเนื้อเยื่อเจริญของกล้วยไม้มากกว่าน้ำหนักโมเลกุล 10 kDa เพียงเล็กน้อย และมากกว่าน้ำหนักโมเลกุล 100 kDa ถึง 4 เท่า ส่วนสารไคโตซานที่ได้จากเห็ดราที่มีน้ำหนักโมเลกุล 10 kDa มีผลต่อเนื้อเยื่อเจริญของกล้วยไม้มากกว่าน้ำหนักโมเลกุล 1 kDa และการพัฒนาส่วนของ protocorm ในอาหารแข็งจนกลายเป็นเนื้อเยื่อกล้วยไม้ในส่วนของยอดอ่อนและรากที่มีความแตกต่างกัน ข้อมูลในเบื้องต้นนี้ได้ผลการทดสอบจากภาคสนามและมีการยืนยันที่ยังไม่แน่ชัดเนื่องจากปริมาณสารไคโตซานเพียงเล็กน้อยมีผลที่ซับซ้อนต่อการเจริญเติบโตและพัฒนาเนื้อเยื่อของกล้วยไม้

M.H. Cho *et al.* (2008) ได้ทดลองใช้สารไคโตซานที่มีต่อการเจริญเติบโตและการคัดเลือกคุณภาพของต้นอ่อนทานตะวัน ซึ่งได้ศึกษาถึงน้ำหนักโมเลกุลของไคโตซาน ชนิดของตัวทำละลาย ความเข้มข้นของสารละลายไคโตซาน และระยะเวลาในการแช่สารไคโตซาน โดยมีการทดสอบในจำนวน 5 น้ำหนักโมเลกุลของไคโตซาน (746, 444, 223, 67 และ 28 kDa) ผลปรากฏว่า ไคโตซาน 28 kDa มีกิจกรรมของ DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) มากที่สุดทั้งสองความเข้มข้น 0.1 % และ 1.0 % และได้มีการเลือกสภาพที่เหมาะสมสำหรับการเพาะเลี้ยงเมล็ดทานตะวันที่แช่ในไคโตซาน 28 kDa ที่ความเข้มข้น 0.5 % เป็นเวลา 18 ชั่วโมง หลังจากเพาะเลี้ยงเมล็ดทานตะวันเป็นเวลา 6 วัน ที่อุณหภูมิ 20 °C มีน้ำหนักโดยรวมของต้นอ่อนสูงสุด 12.9 % และมีอัตราการงอกสูงสุด 16.0 % เมื่อเปรียบเทียบกับการแช่เมล็ดทานตะวันในน้ำเป็นเวลา 18 ชั่วโมง (control) อย่างไรก็ตาม ปริมาณของกรดอะมิโนก่อนที่จะเป็นต้นอ่อน (12098 mg/100 g) มีมากกว่าเพียงเล็กน้อยภายหลังที่เป็นต้นอ่อน (12057 mg/100 g) การกลายเป็นต้นอ่อนของเมล็ดทานตะวันที่มีกิจกรรมของ DPPH เพิ่มขึ้น อาจเป็นเพราะมีการเพิ่มปริมาณของ phenolic melatonin และ isoflavone ใกล้เคียงกับวิธีการให้ไคโตซานกับต้นอ่อนทานตะวันที่มีกิจกรรมของ DPPH เพิ่มขึ้นเล็กน้อย ซึ่งอาจเป็นไปได้ว่ามีปริมาณของ phenolic และ melatonin เพิ่มขึ้นเล็กน้อย และมีปริมาณของ isoflavone เพิ่มขึ้นปานกลาง เมื่อเปรียบเทียบกับ control ซึ่งวิธีการให้ไคโตซานมีปริมาณโดยรวมของ isoflavone ในต้นอ่อนเพิ่มขึ้นประมาณ 11.8 % และส่วนใหญ่มีปริมาณของ daidzein เพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับ control

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

วัสดุและอุปกรณ์

1. เหง้าขมิ้นชันสด
2. ดินผสม
3. กระถางปลูกขนาด 8 นิ้ว
4. สารไคโตซาน
5. อุปกรณ์เตรียมสาร : บีกเกอร์, ปิเปต, กระบอกตวง, น้ำกลั่น, ขวดขนาด 1 ลิตร
6. อุปกรณ์ฉีดพ่นสารเคมี : แบบ Hand sprayer
7. อุปกรณ์ดูแลรักษา : น้ำส้มควันไม้,ปุ๋ยสูตร 14–14–14, บัวรดน้ำ, สายยางรดน้ำ
8. อุปกรณ์บันทึกผล : เครื่องชั่งน้ำหนัก, กล้องถ่ายรูป, ไม้บรรทัด, ปากกา,สมุดบันทึกผล, กล้องจุลทรรศน์, สมุดเทียบสีพืชสวน (R.H.S. Color chart in association with the flower council of Holland), Vernier caliper

วิธีการทดลอง

ขั้นตอนที่ 1 การวางแผนการทดลอง

ทำการวางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) มี 5 ทรีทเมนต์ ๆ ละ 3 ซ้ำ ๆ ละ 7 กระถาง ดังนี้

วิธีการที่ 1 ไม่ใช้สารไคโตซาน (control)
วิธีการที่ 2 ใช้สารไคโตซาน 1 มิลลิลิตร/น้ำ 1 ลิตร
วิธีการที่ 3 ใช้สารไคโตซาน 2 มิลลิลิตร/น้ำ 1 ลิตร
วิธีการที่ 4 ใช้สารไคโตซาน 3 มิลลิลิตร/น้ำ 1 ลิตร
วิธีการที่ 5 ใช้สารไคโตซาน 4 มิลลิลิตร/น้ำ 1 ลิตร

ขั้นตอนที่ 2 การเตรียมพืชและการทดลอง

2.1 การชั่งน้ำหนักเหง้าขมิ้นชันสดก่อนปลูก

- เลือกเหง้าขมิ้นชันสดที่มีความสมบูรณ์แข็งแรง มีขนาดและน้ำหนักใกล้เคียงกัน

2.2 การปลูกลงกระถางปลูก

- นำเหง้าขมิ้นชันสดลงปลูกในกระถางปลูกขนาด 8 นิ้ว โดยใช้วัสดุปลูก คือ ดินผสม
- ควรจัดเหง้าขมิ้นชันสดให้ด้านที่มีตางอกตั้งขึ้นด้านบนเพื่อให้งอกได้เร็วขึ้น
- กลบดินผสมลงบนเหง้าขมิ้นสดพอประมาณ และรดน้ำให้ชุ่ม
- หลังจากปลูกประมาณ 1 สัปดาห์ เหง้าขมิ้นชันก็จะเริ่มงอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 การเตรียมสารและการฉีดพ่นสาร

- เตรียมสารละลายไคโตซาน ที่ระดับความเข้มข้น 1, 2, 3 และ 4 มิลลิลิตร/น้ำ 1 ลิตร

- ฉีดพ่นสารละลายไคโตซานหลังจากปลูกเป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ โดยฉีดพ่นสารทางใบในทุกวิธีการ ตามลำดับความเข้มข้น เป็นจำนวน 8 ครั้ง ๆ ละ 25 มิลลิลิตรต่อกระถาง โดยทำการฉีดพ่นสาร 1 ครั้ง/สัปดาห์

2.4 การปฏิบัติดูแลรักษา

- รดน้ำวันละ 1 ครั้ง

- ใส่ปุ๋ยสูตร 14-14-14 ทุก ๆ 30 วัน

- กำจัดวัชพืชและแมลงศัตรูพืช

การบันทึกผลการทดลอง

1. บันทึกผลน้ำหนักสดของเหง้าขมิ้นชันก่อนทำการปลูกและหลังทำการฉีดพ่นสารละลายไคโตซาน และคำนวณหาจำนวนน้ำหนักสดของเหง้าขมิ้นชันที่เพิ่มขึ้นหลังจากให้สารละลายไคโตซานที่ความเข้มข้นต่าง ๆ

2. บันทึกผลความสูงต้น ขนาดลำต้น ความกว้างใบ ความยาวใบ สีใบ และจำนวนหน่อ ก่อนและหลังการฉีดพ่นสารละลายไคโตซาน

3. บันทึกผลลักษณะและจำนวนปากใบของขมิ้นชันหลังให้สารละลายไคโตซาน

สถานที่ทำการทดลอง

บริเวณแปลงทดลองภาควิชาพืชสวน คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ

ระยะเวลาในการทำการทดลอง

เริ่มทำการทดลองวันที่ 15 มิถุนายน 2551

สิ้นสุดการทดลองวันที่ 21 ธันวาคม 2551

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลอง

จากกการศึกษาผลของไคโตซานต่อการเจริญเติบโตของขมิ้นชัน ด้วยวิธีการฉีดพ่นทางใบ โดยใช้ระดับความเข้มข้น 1, 2, 3 และ 4 มิลลิลิตร/น้ำ 1 ลิตร เปรียบเทียบกับวิธีการไม่ใช้สาร (control) เป็นจำนวน 8 ครั้ง ๆ ละ 25 มิลลิลิตรต่อกระถาง ฉีดพ่นห่างกันเป็นเวลา 1 สัปดาห์ เมื่อฉีดพ่นสารจนครบ 8 ครั้งแล้ว บันทึกน้ำหนักสดของเหง้าขมิ้นชันที่เพิ่มขึ้น ความสูงต้น ขนาดลำต้น ความกว้างใบ ความยาวใบ สีใบ จำนวนหน่อ และจำนวนปากใบผลปรากฏว่า

1. น้ำหนักสดของเหง้าขมิ้นชันที่เพิ่มขึ้น

พบว่าวิธีการใช้สารที่ระดับความเข้มข้น 1 มิลลิลิตร/น้ำ 1 ลิตร มีค่าเฉลี่ยน้ำหนักสดของเหง้าขมิ้นชันที่เพิ่มขึ้นมากที่สุดเท่ากับ 156.53 กรัม รองลงมาคือ วิธีการใช้สารที่ระดับความเข้มข้น 2, 3 มิลลิลิตร/น้ำ 1 ลิตร และวิธีการที่ไม่ใช้สาร (control) โดยมีค่าเฉลี่ยน้ำหนักสดของเหง้าขมิ้นชันที่เพิ่มขึ้นเท่ากับ 126.19, 123.15 และ 122.98 กรัม ตามลำดับ ส่วนวิธีการใช้สารที่ระดับความเข้มข้น 4 มิลลิลิตร/น้ำ 1 ลิตร มีค่าเฉลี่ยน้ำหนักสดของเหง้าขมิ้นชันที่เพิ่มขึ้นน้อยที่สุดเท่ากับ 119.79 กรัม (ตารางที่ 4, ภาพที่ 4) จากการวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่า วิธีการใช้สารที่ระดับความเข้มข้น 1 มิลลิลิตร/น้ำ 1 ลิตร มีความแตกต่างทางสถิติกับวิธีการอื่นที่ทำการศึกษา แต่วิธีการใช้สารที่ระดับความเข้มข้น 2, 3 และ 4 มิลลิลิตร/น้ำ 1 ลิตร และวิธีการที่ไม่ใช้สาร (control) ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ภาพที่ 4 แสดงลักษณะและปริมาณของเหง้าขมิ้นชันที่เพิ่มขึ้นหลังจากฉีดพ่นสารละลายไคโตซานจนครบ 8 ครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยน้ำหนักสดของเหง้าขมิ้นชันที่เพิ่มขึ้น ความสูงต้น ขนาดลำต้น และจำนวนหน่อ หลังจากฉีดพ่นสารไคโตซานจนครบ 8 ครั้ง

ความเข้มข้นสาร (ppm)	น้ำหนักสดของเหง้าขมิ้นชันที่เพิ่มขึ้น (กรัม)	ความสูงต้น (ซม.)	ขนาดลำต้น (ซม.)	จำนวนหน่อ (หน่อ)
Control	122.98 b1/	18.95	1.73 b1/	2.62
1 มิลลิลิตร/น้ำ 1 ลิตร	156.53 a	18.40	2.30 a	2.94
2 มิลลิลิตร/น้ำ 1 ลิตร	126.19 b	18.10	2.26 a	3.16
3 มิลลิลิตร/น้ำ 1 ลิตร	123.15 b	18.45	2.33 a	3.05
4 มิลลิลิตร/น้ำ 1 ลิตร	119.79 b	17.71	2.26 a	3.14
F-test	*	ns	*	ns
C.V. (%)	10.79	5.29	10.16	13.47

หมายเหตุ ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

* = แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

1/ = ค่าเฉลี่ยตามตัวอักษรที่ต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันทางสถิติโดยวิธีวิเคราะห์แบบ Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ความสูงต้น

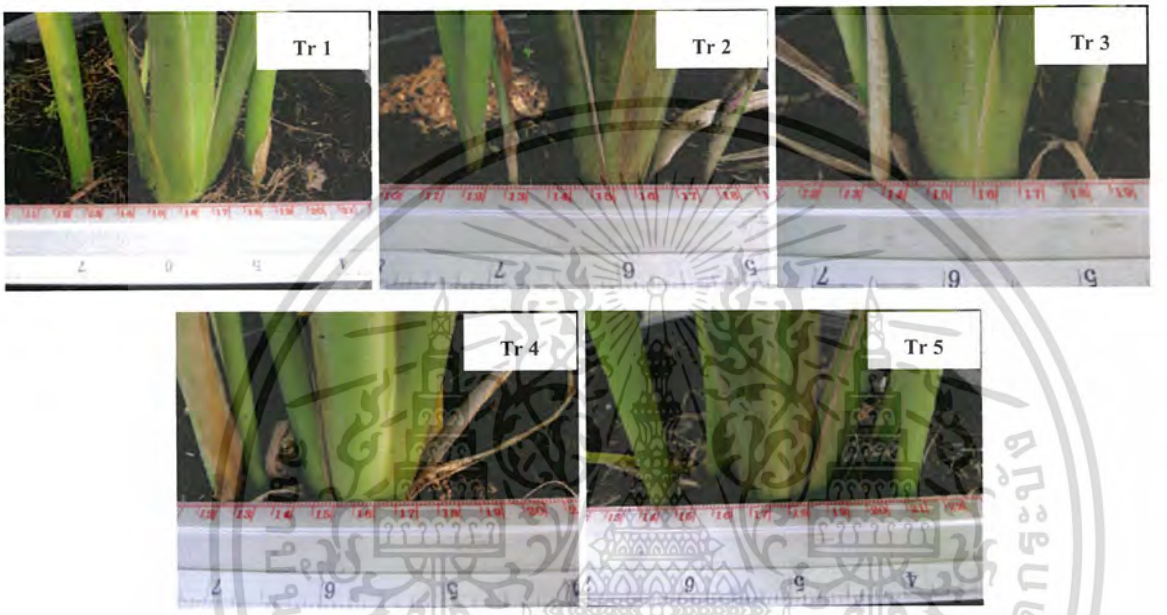
พบว่าวิธีการที่ไม่ใช้สาร (control) มีค่าเฉลี่ยความสูงของต้นสูงที่สุดเท่ากับ 18.95 ซม. รองลงมาคือ วิธีการใช้สารที่ระดับความเข้มข้น 3, 1 และ 2 มิลลิลิตร/น้ำ 1 ลิตร โดยมีค่าเฉลี่ยความสูงของต้นเท่ากับ 18.45, 18.40 และ 18.10 ซม. ตามลำดับ ส่วนวิธีการใช้สารที่ระดับความเข้มข้น 4 มิลลิลิตร/น้ำ 1 ลิตร มีค่าเฉลี่ยความสูงของต้นต่ำที่สุดเท่ากับ 17.71 ซม. (ตารางที่ 4, ภาพที่ 5) จากการวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่า ทุกวิธีการที่ทำการศึกษาไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ภาพที่ 5 แสดงลักษณะและความสูงของต้นขมิ้นชัน หลังจากฉีดพ่นสารละลายไคโตซานจนครบ 8 ครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ขนาดลำต้น

พบว่าวิธีการใช้สารที่ระดับความเข้มข้น 3 มิลลิลิตร/น้ำ 1 ลิตร มีค่าเฉลี่ยขนาดลำต้นมากที่สุดเท่ากับ 2.33 ซม. รองลงมาคือ วิธีการใช้สารที่ระดับความเข้มข้น 1, 2 และ 4 มิลลิลิตร/น้ำ 1 ลิตร โดยมีค่าเฉลี่ยขนาดลำต้นเท่ากับ 2.30, 2.26 และ 2.26 ซม. ส่วนวิธีการที่ไม่ใช้สาร (control) มีค่าเฉลี่ยขนาดลำต้นน้อยที่สุดเท่ากับ 1.73 ซม. (ตารางที่ 4, ภาพที่ 6) จากการวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่า ทุกวิธีการที่ใช้สารไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่มีความแตกต่างทางสถิติกับวิธีการที่ไม่ใช้สาร (control)



ภาพที่ 6 แสดงลักษณะและขนาดลำต้นของต้นขมิ้นชัน หลังจากฉีดพ่นสารละลายไคโตซานจนครบ 8 ครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. จำนวนหน่อ

พบว่าวิธีการใช้สารที่ระดับความเข้มข้น 2 มิลลิลิตร/น้ำ 1 ลิตร มีค่าเฉลี่ยจำนวนหน่อมากที่สุด เท่ากับ 3.16 หน่อ รองลงมาคือ วิธีการใช้สารที่ระดับความเข้มข้น 4, 3 และ 1 มิลลิลิตร/น้ำ 1 ลิตร โดยมีค่าเฉลี่ยความยาวใบเท่ากับ 3.14, 3.05 และ 2.94 หน่อ ตามลำดับ ส่วนวิธีการที่ไม่ใช้สาร (control) มีค่าเฉลี่ยจำนวนหน่อน้อยที่สุดเท่ากับ 2.62 หน่อ (ตารางที่ 5, ภาพที่ 7) จากการวิเคราะห์ผลทางสถิติ พบว่า ทุกวิธีการที่ทำการศึกษาไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ภาพที่ 7 แสดงลักษณะและจำนวนหน่อของต้นขมิ้นชัน หลังจากฉีดพ่นสารละลายไคโตซานจนครบ 8 ครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ความยาวใบ

พบว่าวิธีการใช้สารที่ระดับความเข้มข้น 1 มิลลิลิตร/น้ำ 1 ลิตร มีค่าเฉลี่ยความยาวใบมากที่สุดเท่ากับ 27.90 ซม. รองลงมาคือ วิธีการใช้สารที่ระดับความเข้มข้น 3, 2 และ 4 มิลลิลิตร/น้ำ 1 ลิตร โดยมีค่าเฉลี่ยความยาวใบเท่ากับ 27.76, 27.63 และ 26.51 ซม. ตามลำดับ ส่วนวิธีการที่ไม่ใช้สาร (control) มีค่าเฉลี่ยความยาวใบน้อยที่สุดเท่ากับ 26.50 ซม. (ตารางที่ 5, ภาพที่ 8) จากการวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่า ทุกวิธีการที่ทำการศึกษาไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

6. ความกว้างใบ

พบว่าวิธีการใช้สารที่ระดับความเข้มข้น 2 มิลลิลิตร/น้ำ 1 ลิตร มีค่าเฉลี่ยความกว้างใบมากที่สุดเท่ากับ 9.52 ซม. รองลงมาคือ วิธีการใช้สารที่ระดับความเข้มข้น 3, 1 และ 4 มิลลิลิตร/น้ำ 1 ลิตร โดยมีค่าเฉลี่ยความกว้างใบเท่ากับ 9.40, 9.32 และ 8.86 ซม. ตามลำดับ ส่วนวิธีการที่ไม่ใช้สาร (control) มีค่าเฉลี่ยความกว้างใบน้อยที่สุดเท่ากับ 8.80 ซม. (ตารางที่ 4, ภาพที่ 7) จากการวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่า วิธีการใช้สารที่ระดับความเข้มข้น 1, 2 และ 3 มิลลิลิตร/น้ำ 1 ลิตร ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่มีความแตกต่างกับวิธีการใช้สารที่ระดับความเข้มข้น 4 มิลลิลิตร/น้ำ 1 ลิตร และวิธีการที่ไม่ใช้สาร (control) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่วิธีการใช้สารที่ระดับความเข้มข้น 4 มิลลิลิตร/น้ำ 1 ลิตร และวิธีการที่ไม่ใช้สาร (control) นั้นไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ภาพที่ 8 แสดงลักษณะและขนาดใบของต้นขมิ้นชัน หลังจากฉีดพ่นสารละลายไคโตซานจนครบ 8 ครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความยาวใบ ความกว้างใบ จำนวนปากใบ และสีใบ หลังจากฉีดพ่นสารไดโตซานจนครบ 8 ครั้ง

ความเข้มข้นสาร (ppm)	ความยาวใบ (ซม.)	ความกว้างใบ (ซม.)	จำนวนปากใบ (เซลล์)	สีใบ (เทียบจากสมุดเทียบสีพืชสวน)
Control	26.50	8.80 b1/	22.54 a1/	Yellow Green Group 144A
1 cc/น้ำ 1 ลิตร	27.90	9.32 a	20.90 ab	Yellow Green Group 144A
2 cc/น้ำ 1 ลิตร	27.63	9.52 a	18.58 b	Yellow Green Group 144A
3 cc/น้ำ 1 ลิตร	27.76	9.40 a	20.90 ab	Yellow Green Group 144A
4 cc/น้ำ 1 ลิตร	26.51	8.86 b	20.48 ab	Yellow Green Group 144A
F-test	ns	*	*	
C.V. (%)	3.15	2.17	10.78	

หมายเหตุ ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

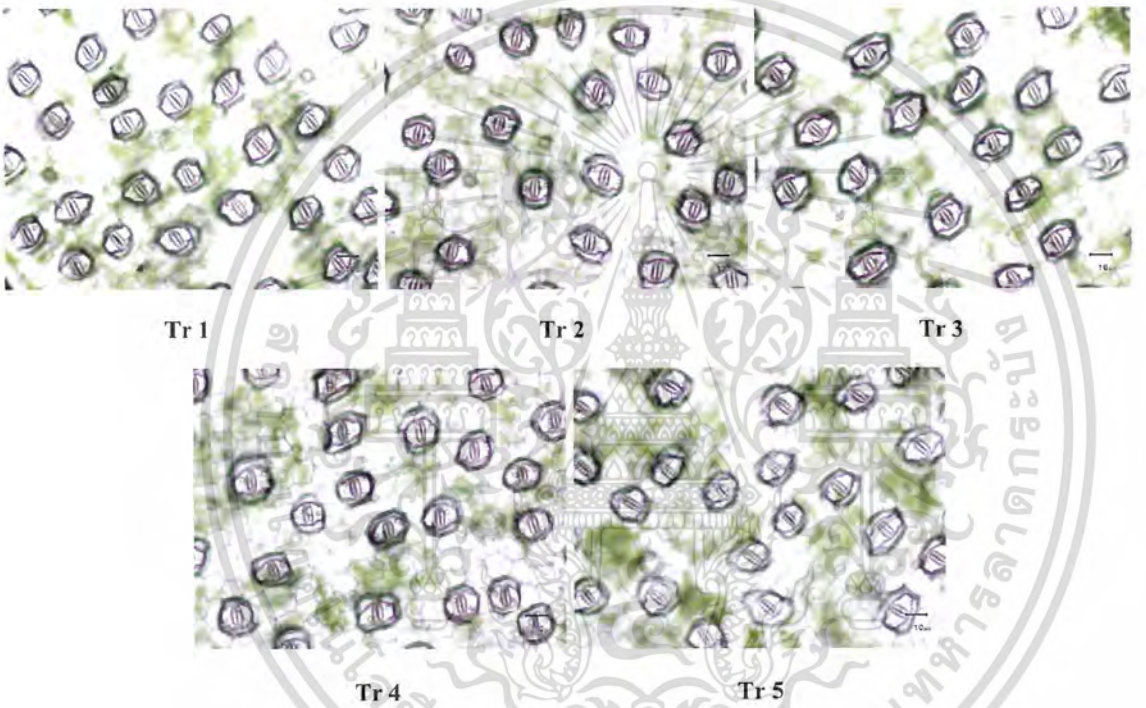
* = แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

1/ = ค่าเฉลี่ยตามตัวอักษรที่ต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันทางสถิติโดยวิธีวิเคราะห์แบบ Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. จำนวนปากใบ

พบว่าวิธีการที่ไม่ใช้สาร (control) มีค่าเฉลี่ยจำนวนปากใบมากที่สุดเท่ากับ 22.54 เซลล์ รองลงมาคือ วิธีการใช้สารที่ระดับความเข้มข้น 1, 3 และ 4 มิลลิลิตร/น้ำ 1 ลิตร โดยมีค่าเฉลี่ยจำนวนปากใบ เท่ากับ 20.90, 20.90 และ 20.48 เซลล์ ตามลำดับ ส่วนวิธีการใช้สารที่ระดับความเข้มข้น 2 มิลลิลิตร/น้ำ 1 ลิตร มีค่าเฉลี่ยจำนวนปากใบน้อยที่สุดเท่ากับ 18.58 เซลล์ (ตารางที่ 5, ภาพที่ 8) จากการวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่า วิธีการที่ไม่ใช้สาร (control) มีความแตกต่างทางสถิติกับวิธีการใช้สารที่ระดับความเข้มข้น 2 มิลลิลิตร/น้ำ 1 ลิตร แต่ไม่มีความแตกต่างกับวิธีการใช้สารที่ระดับความเข้มข้น 1, 3 และ 4 มิลลิลิตร/น้ำ 1 ลิตร

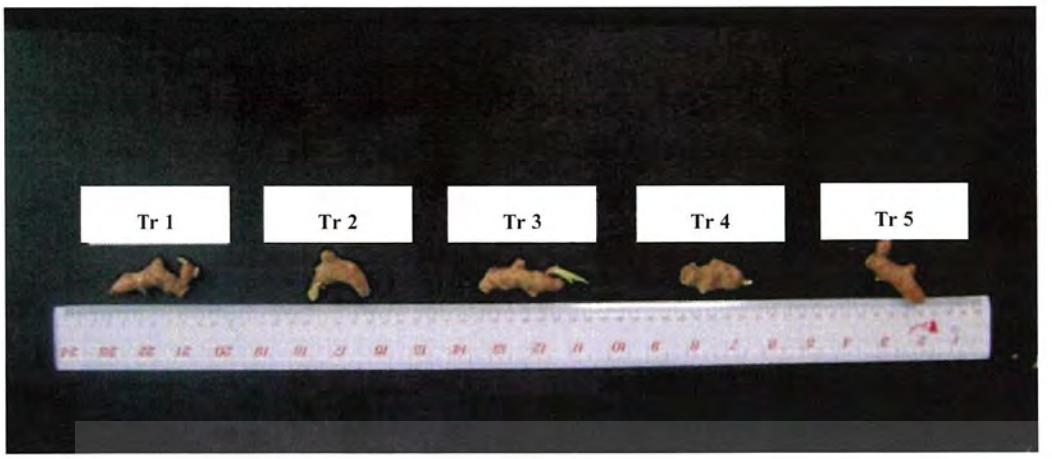


ภาพที่ 9 แสดงลักษณะและจำนวนปากใบของขมิ้นชัน หลังจากฉีดพ่นสารละลายไคโตซานจนครบ 8 ครั้ง

8. สีใบ

พบว่าทุกวิธีการที่ทำการศึกษามีค่าเฉลี่ยสีใบเป็นสีเขียวระดับ Yellow Green Group 144A ตามสมุดเทียบสีพืชสวน (R.H.S. Color chart in association with the flower council of Holland) (ตารางที่ 5, ภาพที่ 7)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 10 แสดงลักษณะและขนาดของเหง้าขมิ้นชันในแต่ละวิธีการก่อนปลูกลงในกระถางขนาด 8 นิ้ว

ภาพที่ 11 แสดงลักษณะการจัดวางกระถางต้นขมิ้นชันในพื้นที่ทำการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 12 แสดงลักษณะของใบขมิ้นชันที่มีแมลงศัตรูพืชเข้ากัดกินใบ ทำให้ใบขมิ้นชันไม่สมบูรณ์

(ก) อาการใบเหลือง ลำต้นเน่า (ข) อาการต้นเหี่ยวแห้งตาย

ภาพที่ 13 แสดงลักษณะอาการของโรคเหง้าและรากเน่าที่เกิดในต้นขมิ้นชัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิจารณ์ผลการทดลอง

จากผลการทดลอง พบว่าการใช้สารไคโตซานที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ นั้นมีส่งผลให้การเจริญเติบโตของขมิ้นชันมีความแตกต่างกันในแต่ละระดับความเข้มข้น ซึ่งสอดคล้องกับ สุวลี (2546) ที่ได้กล่าวว่า การใช้สารไคโตซานกับพืชผักสวนครัวที่ปริมาณต่างกัน มีผลทำให้การเจริญเติบโตของต้นพริกและน้ำหนักของพืชแตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัด และการใช้สารไคโตซานยังมีแนวโน้มช่วยให้ขมิ้นชันมีน้ำหนักสดของเหง้า มีการเจริญเติบโตทางด้านขนาดลำต้น และความกว้างใบที่เพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับวิธีการไม่ใช้สาร (control) ซึ่งสอดคล้องกับ พนิดา (2546) ที่ได้กล่าวว่า สารไคโตซานสามารถช่วยให้แกลดิโอลัสมีการเจริญเติบโต โดยให้ผลของความกว้างใบ ความกว้างต้น ความหนาต้นมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการไม่ใช้สาร และในการทดลองใช้สารไคซานที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ นั้นเป็นเพียงแนวทางในการเลือกใช้สารไคโตซานกับขมิ้นชัน ซึ่งในการที่จะทราบได้ว่าสารไคโตซานมีประสิทธิภาพดีเพียงใด ควรทำการทดลองกับกลุ่มพืชผลทางการเกษตรที่มีความหลากหลายแตกต่างกันมากขึ้น และต้องทำการจัดหมวดหมู่ของพืชให้มีความใกล้เคียงกัน จึงจะช่วยให้เกิดผลที่เป็นประโยชน์สูงสุดในการใช้สารไคโตซาน

ปัญหาและข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาผลของสารไคโตซานที่มีต่อการเจริญเติบโตของขมิ้นชัน พบปัญหาโรคเหง้าและรากเน่า เนื่องจากวัสดุปลูกไม่ระบายน้ำเพราะดินผสมมีส่วนของดินเหนียวมากเกินไป แนวทางแก้ปัญหา คือ ควรเลือกท่อนพันธุ์จากสถานที่ที่น่าเชื่อถือได้ และท่อนพันธุ์ควรมีลักษณะเหมือนกันและมีความสมบูรณ์ ไม่มีร่องลอยการเกิดโรคหรือลอยบาดแผลจากการเก็บเกี่ยว และก่อนทำการปลูกควรนำท่อนพันธุ์แช่ด้วยยากันราประมาณ 30 นาที เพื่อป้องกันการเกิดโรคเน่าที่อาจติดมากับท่อนพันธุ์ (http://web.ku.ac.th/agri/kamin.htm) และที่สำคัญดินปลูกควรเป็นดินร่วนไม่มีดินเหนียวผสม เพื่อลดปัญหาการเกิดโรคเหง้าและรากเน่า และการทดลองในครั้งนี้ได้ทำการทดลองในกระถางพลาสติกขนาด 8 นิ้ว ซึ่งอาจมีขนาดเล็กเกินไป ผลการทดลองที่ได้จึงอาจเป็นเพียงแนวทางสำหรับการใช้สารไคโตซานกับขมิ้นชันหรือพืชชนิดอื่น ถ้าจะให้ได้ผลดียิ่งขึ้นควรทำการทดลองในสภาพแปลงปลูกของเกษตรกร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองใช้สารไคโตซานที่ระดับความเข้มข้น 1, 2, 3 และ 4 มิลลิลิตร/น้ำ 1 ลิตร เปรียบเทียบกับการไม่ใช้สารไคโตซาน เพื่อศึกษาการเจริญเติบโตของขมิ้นชันหลังฉีดพ่นสารละลายไคโตซาน 8 ครั้ง ๆ ละ 25 มิลลิลิตร ต่อกระถางห่างกันครั้งละ 1 สัปดาห์ พบว่า

1. การใช้สารไคโตซานที่ระดับความเข้มข้น 1 มิลลิลิตร/น้ำ 1 ลิตร มีค่าเฉลี่ยน้ำหนักสดของเหง้าขมิ้นชันเพิ่มขึ้นมากที่สุดเท่ากับ 156.53 กรัม และมีความยาวใบมากที่สุดเท่ากับ 27.90 เซนติเมตร

2. การใช้สารไคโตซานที่ระดับความเข้มข้น 2 มิลลิลิตร/น้ำ 1 ลิตร มีค่าเฉลี่ยความกว้างใบมากที่สุดเท่ากับ 9.52 เซนติเมตร และมีจำนวนหน่อเพิ่มขึ้น 3.16 หน่อ

3. การใช้สารไคโตซานที่ระดับความเข้มข้น 3 มิลลิลิตร/น้ำ 1 ลิตร มีค่าเฉลี่ยขนาดลำต้นใหญ่ที่สุดเท่ากับ 2.33 เซนติเมตร

4. การที่ไม่ใช้สารไคโตซาน (control) มีค่าเฉลี่ยความสูงต้นสูงที่สุดเท่ากับ 18.95 เซนติเมตร และมีจำนวนปากใบโดยเฉลี่ยมากที่สุดเท่ากับ 22.54 เซลล์

5. ทุกวิธีการที่ทำการศึกษา พบว่าสีใบของขมิ้นชันมีค่าเฉลี่ยเป็นสีเขียวที่ระดับ Yellow Green Group 144A

ซึ่งจากการวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่า การใช้สารไคโตซานที่ระดับความเข้มข้น 1, 2 และ 3 มิลลิลิตร/น้ำ 1 ลิตร ทำให้น้ำหนักสดของเหง้าขมิ้นชัน ความกว้างใบ และขนาดลำต้นเพิ่มขึ้น มีความแตกต่างกับวิธีการที่ไม่ใช้สารไคโตซาน (control) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนการใช้สารไคโตซานทุกระดับความเข้มข้นมีความสูงต้น ความยาวใบ จำนวนหน่อ จำนวนปากใบ และสีใบ ไม่แตกต่างกันทางสถิติกับวิธีการที่ไม่ใช้สารไคโตซาน (control)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

คมสัน หุตะแพทย์. 2549. คู่มือการกำจัดศัตรูพืชโดยวิธีธรรมชาติ สมุนไพรไล่แมลง. สำนักพิมพ์เกษตรธรรมชาติ. กรุงเทพ ฯ หน้า 61

ดวงนภา นิติกรวรากุล. 2546. ผลของสารไคโตซานต่อคุณภาพดอกของต้นพุทธรักษาพันธุ์คลีโอพัตรา. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี. ภาควิชาพืชสวน คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. กรุงเทพ ฯ

ต. ชาตรี. 2546. สมุนไพรเพื่อการเกษตร สำหรับป้องกันและกำจัดศัตรูพืช. สำนักพิมพ์ เคพีเอ็ม มีเดีย สยาม. นนทบุรี. หน้า 29-30

ธเนศ จิระพรประเสริฐ. 2549. ผลของไคโตซานและการใช้ปุ๋ยที่มีต่อการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของกล้วยไม้สกุลหวาย "บอม 17 เค". โครงงานวิทยาศาสตร์หลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาพันธุศาสตร์ ภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพ ฯ

นิดดา หงษ์วิวัฒน์. 2550. ผัก 333 ชนิด คุณค่าอาหารและการกิน. สำนักพิมพ์แสงแดด. กรุงเทพ ฯ. หน้า 47

พเยาว์ เหมือนวงษ์ญาติ. 2537. สมุนไพรก้าวใหม่ : แก้ไขปรับปรุงใหม่จากตำราวิทยาศาสตร์สมุนไพร. สำนักพิมพ์ เมดิคัล มีเดีย. กรุงเทพ ฯ. หน้า 176-178

พนิดา เดชะวงษ์. 2546. การศึกษาผลของสารไคโตซาน ที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของแกลดิโอลัส. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี. ภาควิชาพืชสวน คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. กรุงเทพ ฯ

พงศ์ธาริน โล่ห์ตระกูล และ คณะ. 2549. ผลของขนาดพอลิเมอร์และความเข้มข้นต่อการเติบโต ผลผลิต และการรักษาหลังการเก็บเกี่ยวของกระเจี๊ยบเขียว *Abelmoschus esculentus* (L.) Monech. การติดเชื้อไวรัสเส้นใบเหลืองและการกัดกินของหนอนกระทู้หอม *Spodoptera exigua* Hubner, 1808. ทุนวิจัย กองทุนรัชดาภิเษกสมโภช. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพ ฯ

ไพฑูรย์ แสนบัวหลวง. 2550. ผลของไคโตซานต่อการเจริญเติบโตและปริมาณผลผลิตในข้าว *Oryza sativa* L. พันธุ์ปทุมธานี 1. วิทยานิพนธ์หลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิยาลัย. กรุงเทพ ฯ

ศุภจิตรา ชัชวาล. 2549. การใช้ประโยชน์ของไคโตซานทางการเกษตร (ด้านพืช). เอกสารประกอบการประชุม ไคติน-ไคโตซานแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 4. ศูนย์วัสดุชีวภาพไคติน-ไคโตซาน จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพ ฯ. หน้า 1-5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมภพ ประธานธุรารักษ์ และพร้อมจิต ศรลัมพ์. 2547. สมุนไพร การพัฒนาเพื่อการใช้ประโยชน์ที่ยั่งยืน. โครงการเผยแพร่ข้อมูลและตรวจสอบมาตรฐานสมุนไพร ศูนย์ประยุกต์และบริการวิชาการ. มหาวิทยาลัยมหิดล. กรุงเทพ ฯ. หน้า 79-81

สดุดี ศิริสหวัฒน์. 2549. ผลของการใช้สารไคโตซานที่มีต่อการผลิตกล้วยไม้ตัดดอกสกุลหวาย "ขาวสนาน" และ "BOM17K" ในสภาพการปลูกเป็นเชิงพาณิชย์. โครงงานวิทยาศาสตร์หลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาพันธุศาสตร์ ภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพ ฯ

สาวิตรี รัตนโสภา. 2549. ผลของไคโตซานที่มีต่อการผลิตกล้วยไม้กระถางบางชนิดในสวนเกษตรกร. โครงงานวิทยาศาสตร์หลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต ภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพ ฯ

สุวลี จันทร์กระจ่าง. 2546. ผลิตภัณฑ์จากไคติน-ไคโตซานและการประยุกต์ใช้ในประเทศ. เอกสารประกอบการประชุม ไคติน-ไคโตซานแห่งประเทศไทย ศูนย์วัสดุชีวภาพไคติน-ไคโตซาน จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพ ฯ. หน้า 3-7

_____. 2546. ผลของการใช้ไคโตซานในการปลูกพืชสวนครัวแบบผสมผสาน. ศูนย์วัสดุชีวภาพไคติน-ไคโตซาน สถาบันวิจัยโลหะและวัสดุ. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพ ฯ. หน้า 158-160

Khin Lay Nge, Nitar New, Suwalee Chandrkrachang and Willen F. Stevens. 2006. Chitosan as a growth stimulator in orchid tissue culture. Plant Science 170, 1185-1190

M.H. Cho, H.K. No and W. Prinyawtwatkul. 2008. Chitosan treatments affect growth and selected quality of sunflower sprouts. Journal of food science -Vol. 73, 70-77

Marco Bittelli, Markus Flury, Gaylon S., Everett J. Nichols. 2001. Agricultural and Forest Meteorology 107, 167-175

http://web.ku.ac.th/agri/kamin.htm. การปลูกขมิ้นชัน

http://powerkitozan.igetweb.com/?mo=3&art=209184. ไคติน-ไคโตซาน

http://www.dss.go.th/dssweb/st-articles/files/bsp_12_2548_chitin-chitosan.pdf. สาระน่ารู้ไคติน-ไคโตซาน

http://www.material.chula.ac.th/CCB/th-infoBenefit.htm. ศูนย์วัสดุชีวภาพไคติน-ไคโตซาน. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อาคารสถาบันวิจัยโลหะและวัสดุ ชั้น 10. กรุงเทพฯ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 1 แสดงการวิเคราะห์ผลทางสถิติน้ำหนักสดของเหง้าขมิ้นชันที่เพิ่มขึ้น ในแต่ละวิธีการที่ฉีดพ่นสารละลายไคโตซานเป็นเวลา 8 สัปดาห์

Source	df	ss	ms	F Value	Pr > F
Treatment	4	2755.100173	688.775043	3.51	0.0487
Error	10	1960.784000	196.078400		
Total	14	4715.884173			

C.V. = 10.79391

* มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

วิเคราะห์แบบ Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)

ตารางผนวกที่ 2 แสดงการวิเคราะห์ผลทางสถิติความสูงต้นขมิ้นชัน ในแต่ละวิธีการที่ฉีดพ่นสารละลายไคโตซานเป็นเวลา 8 สัปดาห์

Source	df	ss	ms	F Value	Pr > F
Treatment	4	2.49037333	0.62259333	0.66	0.6320
Error	10	9.39646667	0.93964667		
Total	14	11.88684000			

C.V. = 5.290655

ns ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

วิเคราะห์แบบ Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 3 แสดงการวิเคราะห์ผลทางสถิติขนาดลำต้นขมิ้นชัน ในแต่ละวิธีการที่ฉีดพ่นสารละลายไคโตซานเป็นเวลา 8 สัปดาห์

Source	df	ss	ms	F Value	Pr > F
Treatment	4	0.77100000	0.19275000	3.94	0.0358
Error	10	0.48953333	0.04895333		
Total	14	1.26053333			

C.V. = 10.16481

* มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

วิเคราะห์แบบ Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)

ตารางผนวกที่ 4 แสดงการวิเคราะห์ผลทางสถิติจำนวนหน่อของขมิ้นชัน ในแต่ละวิธีการที่ฉีดพ่นสารละลายไคโตซานเป็นเวลา 8 สัปดาห์

Source	df	ss	ms	F Value	Pr > F
Treatment	4	0.57150667	0.14287667	0.88	0.5070
Error	10	1.61453333	0.16145333		
Total	14	2.18604000			

C.V. = 13.47460

ns ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

วิเคราะห์แบบ Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 5 แสดงการวิเคราะห์ผลทางสถิติความยาวใบของขมิ้นชัน ในแต่ละวิธีการที่ฉีดพ่นสารละลายไคโตซานเป็นเวลา 8 สัปดาห์

Source	df	ss	ms	F Value	Pr > F
Treatment	4	5.81744000	1.45436000	1.98	0.1739
Error	10	7.35033333	0.73503333		
Total	14	13.16777333			

C.V. = 3.145205

ns ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

วิเคราะห์แบบ Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)

ตารางผนวกที่ 6 แสดงการวิเคราะห์ผลทางสถิติความกว้างใบของขมิ้นชัน ในแต่ละวิธีการที่ฉีดพ่นสารละลายไคโตซานเป็นเวลา 8 สัปดาห์

Source	df	ss	ms	F Value	Pr > F
Treatment	4	1.28289333	0.32072333	8.07	0.0036
Error	10	0.39720000	0.03972000		
Total	14	1.68009333			

C.V. = 2.171168

* มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

วิเคราะห์แบบ Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 7 แสดงการวิเคราะห์ผลทางสถิติจำนวนปากใบของขมิ้นชัน ในแต่ละวิธีการที่ฉีดพ่นสารละลาย ไคโตซานเป็นเวลา 8 สัปดาห์

Source	df	ss	ms	F Value	Pr > F
Treatment	4	40.0320000	10.0080000	2.01	0.1311
Error	10	99.3480000	4.96740000		
Total	14	139.380000			

C.V. = 10.77740

ns ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

วิเคราะห์แบบ Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)

ตารางผนวกที่ 8 แสดงการเปรียบเทียบสีของใบขมิ้นชัน โดยใช้สมุดเทียบสีพืชสวน หลังฉีดพ่นสารละลายไคโตซานเป็นเวลา 8 สัปดาห์

Treatment	replication			เฉลี่ย
	1	2	3	
control	YGG 144A	YGG 144A	YGG 144A	YGG 144A
1 มิลลิลิตร/น้ำ 1 ลิตร	YGG 144A	YGG 144A	YGG 144A	YGG 144A
2 มิลลิลิตร/น้ำ 1 ลิตร	YGG 144A	YGG 144A	YGG 144A	YGG 144A
3 มิลลิลิตร/น้ำ 1 ลิตร	YGG 144A	YGG 144A	YGG 144A	YGG 144A
4 มิลลิลิตร/น้ำ 1 ลิตร	YGG 144A	YGG 144A	YGG 144A	YGG 144A

หมายเหตุ

YGG 144A = Yellow Green Group 144A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้