

ผลของการใช้สารไกลโตซานในการผลิตผักคะน้า

ว่าที่ร้อยตรี พงศ์สิริ สิริวรรณ

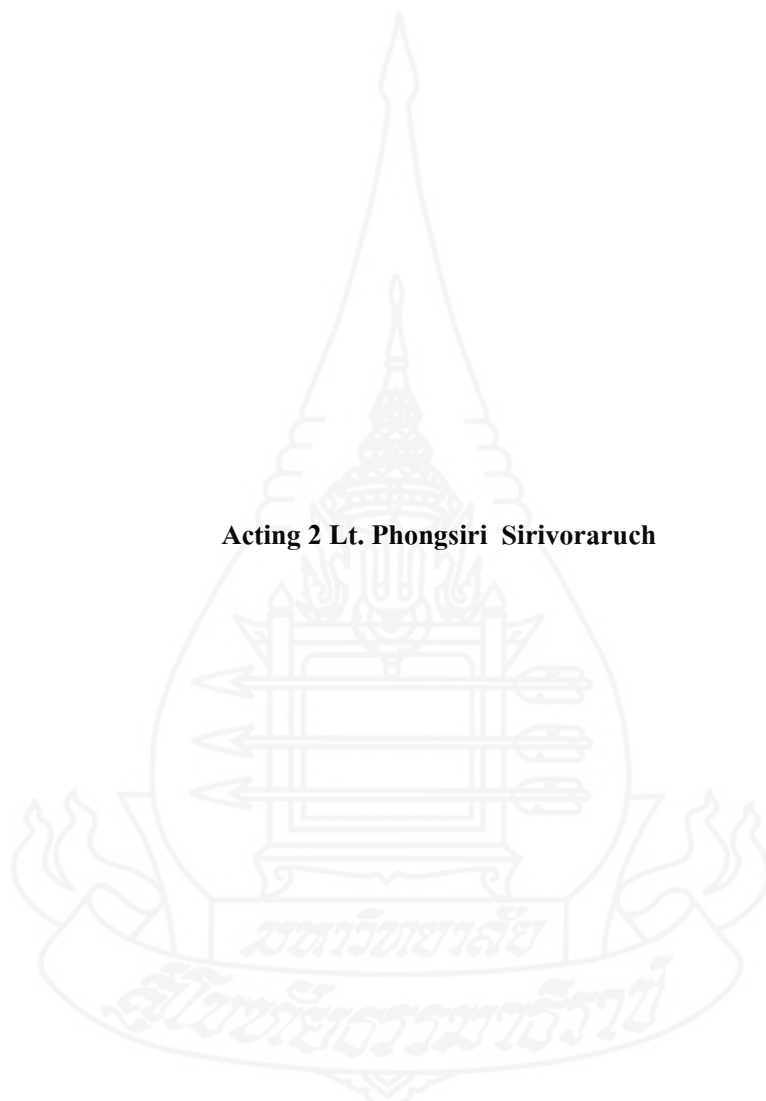


วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาเกษตรศาสตรมหาบัณฑิต
แขนงวิชาการจัดการการเกษตร สาขาวิชาเกษตรศาสตร์และสหกรณ์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช

พ.ศ. 2555

Effect of Chitosan Used in The Production of Kale

Acting 2 Lt. Phongsiri Sirivoraruch



A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for
the Degree of Master of Agriculture in Agricultural Resources Management

School of Agriculture and Cooperatives

Sukhothai Thammathirat Open University

2012

หัวข้อวิทยานิพนธ์ ผลของการใช้สารโคโคซานในการผลิตผักคะน้า
ชื่อและนามสกุล ว่าที่ร้อยตรี พงศ์ศิริ สิริวรรณ
แขนงวิชา การจัดการการเกษตร
สาขาวิชา เกษตรศาสตร์และสหกรณ์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช
อาจารย์ที่ปรึกษา 1. รองศาสตราจารย์ ดร. กฤษณา รุ่งโรจน์วิชัย
2. รองศาสตราจารย์ ดร. พงศ์พันธุ์ เขียวหิรัญ

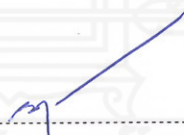
วิทยานิพนธ์นี้ ได้รับความเห็นชอบให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรระดับปริญญาโท เมื่อวันที่ 20 ธันวาคม 2555

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์



..... ประธานกรรมการ

(อาจารย์ไพศาล รัตนเสถียร)



..... กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร. กฤษณา รุ่งโรจน์วิชัย)



..... กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร. พงศ์พันธุ์ เขียวหิรัญ)



..... ประธานกรรมการบัณฑิตศึกษา

(ศาสตราจารย์ ดร. สิริวรรณ ศรีพหล)



กิตติกรรมประกาศ

การทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยได้รับความอนุเคราะห์อย่างยิ่งจาก รองศาสตราจารย์ ดร. กฤษณา รุ่งโรจน์วิชย์ และ รองศาสตราจารย์ ดร. พงศ์พันธุ์ เขียรหิรัญ สาขาวิชาเกษตรศาสตร์ และสหกรณ์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยนครราชสีมา ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำและติดตามการทำวิทยานิพนธ์อย่างใกล้ชิดเสมอมา นับตั้งแต่เริ่มต้นจนกระทั่งสำเร็จเรียบร้อยสมบูรณ์ รวมทั้งอาจารย์ ไพศาล รัตนเสถียร ที่ได้กรุณารับเป็นประธานกรรมการ เสียสละเวลาอันมีค่ามาให้ข้อคิดเห็น ข้อเสนอแนะ ข้อความรู้อันมีค่าและมุมมองอันเป็นประโยชน์ในการทำวิทยานิพนธ์เรื่องนี้เป็นอย่างดี ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความกรุณาของท่านเป็นอย่างยิ่ง

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ คุณแม่ณัฐภา สัมปยุ และ คุณแม่ฉลวย จันตรี ที่ให้ความช่วยเหลือแนะนำในการทำงานทดลองที่เป็นประโยชน์ต่อการวิจัยเป็นอย่างดี

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ และผู้ที่เกี่ยวข้อง แขนงวิชาการจัดการการเกษตร สาขาวิชาเกษตรศาสตร์และสหกรณ์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยนครราชสีมา ทุกท่านที่ได้ถ่ายทอดความรู้ที่เกี่ยวข้องกับการเรียนการสอนในหลักสูตรเกษตรศาสตรมหาบัณฑิต รวมถึงผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องในการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้ทุกท่านที่ได้กรุณาให้การสนับสนุนช่วยเหลือและกำลังใจจากครอบครัวที่ทำให้การวิจัยครั้งนี้สำเร็จได้ด้วยดี ประโยชน์ที่จะได้รับจากการวิจัยนี้ ผู้วิจัยขอมอบให้ผู้สนใจการศึกษาทั้งหมด

พงศ์สิริ สิริวรราชวี

ธันวาคม 2555

ชื่อวิทยานิพนธ์ ผลของการใช้สารไลโคโตซานในการผลิตผักคะน้า

ผู้วิจัย ว่าที่ร้อยตรีพงศศิริ สิริวรราชวัร รหัสนักศึกษา 2529001899

ปริญญา เกษตรศาสตรมหาบัณฑิต (การจัดการทรัพยากรเกษตร)

อาจารย์ที่ปรึกษา (1) รองศาสตราจารย์ ดร. กฤษณา รุ่งโรจน์วณิชย์ (2) รองศาสตราจารย์ ดร. พงศ์พันธุ์ เขียวหิรัญ
ปีการศึกษา 2555

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษา (1) ผลการใช้ไลโคโตซานต่อการเจริญเติบโตของผักคะน้า และ (2) ผลของการใช้ไลโคโตซานในการป้องกันกำจัดด้วงหมัดผัก หนอนกระทู้ผัก และหนอนใยผัก

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง โดยแบ่งการทดลองเป็นสองส่วนคือ การทดลองที่ 1 เป็นการศึกษาการเจริญเติบโตของผักคะน้าเมื่อได้รับการพ่นสารไลโคโตซานอัตราต่างๆ ได้แก่ 0, 0.25, 0.50, 0.75 และ 1.00 มิลลิลิตรต่อลิตร โดยใช้แผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design จำนวน 4 ซ้ำ และการทดลองที่ 2 เป็นการศึกษาการใช้ไลโคโตซานในการป้องกันกำจัดด้วงหมัดผัก หนอนกระทู้ผัก และหนอนใยผักในแปลงผักคะน้าที่มีการพ่นสารไลโคโตซานอัตราต่าง ๆ ได้แก่ 0, 0.25, 0.50, 0.75 และ 1.00 มิลลิลิตรต่อลิตรโดยใช้แผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design จำนวน 4 ซ้ำ นอกจากนี้ได้ทำการวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนในการผลิตผักคะน้าโดยการใช้สารไลโคโตซาน

ในการทดลองที่ 1 ผลการทดลองพบว่า ผักคะน้าที่ไม่ได้รับการพ่นสารไลโคโตซานกับผักคะน้าที่ได้รับการพ่นสารไลโคโตซานอัตราต่าง ๆ มีการเจริญเติบโตที่แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ โดยผักคะน้าที่ได้รับการพ่นสารไลโคโตซานอัตราต่าง ๆ มีความสูง และน้ำหนักสดมากกว่าคะน้าที่ไม่ได้รับการพ่นสารไลโคโตซาน และในการทดลองที่ 2 ผลการทดลองพบว่า ผักคะน้าที่อายุ 45 วัน เมื่อได้รับสารไลโคโตซานอัตรา 1.00, 0.75, 0.25 และ 0.50 มิลลิลิตรต่อลิตรถูกด้วงหมัดผักเข้าทำลาย 2.00, 3.25, 3.50 และ 3.75 ต้น ถูกหนอนใยผักเข้าทำลาย 6.00, 7.50, 7.75 และ 9.25 ต้น ถูกหนอนกระทู้ผักเข้าทำลาย 10.50, 12.75, 15.50 และ 15.75 ต้น ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญกับผักคะน้าที่ไม่พ่นสารไลโคโตซานที่มีการเข้าทำลายของด้วงหมัดผัก หนอนใยผัก และหนอนกระทู้ผัก 11.75, 14.50 และ 21.00 ต้น ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของผักคะน้าในแปลงพบว่า ผักคะน้าอายุ 45 วันที่ได้รับสารไลโคโตซานอัตรา 0.25, 0.75, 0.50 และ 1.00 มิลลิลิตรต่อลิตร มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นเท่ากับ 1.85, 1.85, 1.80 และ 1.80 เซนติเมตร มีน้ำหนักสด 34.75, 34.00, 33.00 และ 32.50 กิโลกรัม ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างกันทางสถิติกับแปลงที่ไม่พ่นสารไลโคโตซานที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นเท่ากับ 1.60 เซนติเมตร และมีน้ำหนักสด 26.50 กิโลกรัม ส่วนการวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนในการผลิตผักคะน้าโดยการใช้สารไลโคโตซาน พบว่า ผักคะน้าที่ได้รับสารไลโคโตซานอัตรา 0.25, 0.50, 0.75 และ 1.00 มิลลิลิตรต่อลิตร มีต้นทุนการผลิตเท่ากับ 410.9, 452.9, 494.9 และ 536.9 บาท มีผลตอบแทนต่อการผลิตเท่ากับ 840.1, 771.1, 675.1 และ 651.1 บาท ตามลำดับ ส่วนผักคะน้าที่ไม่พ่นสารไลโคโตซานมีต้นทุนการผลิตเท่ากับ 368.9 บาท มีผลตอบแทนการผลิตเท่ากับ 585.1 บาท ตามลำดับ

คำสำคัญ ไลโคโตซาน ผักคะน้า ด้วงหมัดผัก หนอนกระทู้ผัก หนอนใยผัก

Thesis title: Effect of Chitosan Used in The Production of Kale
Researcher: Acting 2 Lt. Phongsiri Sirivoraruch; **ID:** 2529001899;
Degree: Master of Agriculture (Agricultural Resources Management);
Thesis advisors: (1) Dr. Krisana Rungrojwanich, Associate Professor;
(2) Dr. Pongpan Thienhirun, Associate Professor; **Academic year:** 2012

Abstract

The objectives of this study were to investigate (1) the effect of chitosan on the growth of kale; and (2) the effectiveness of chitosan to controlling the activity of the pests *Phyllotreta flexosa*, *Spodoptera litura* and *Plutella xylostella*

The research consisted of two experiments. The first was an investigation on the effect of chitosan spray at the concentrations of 0, 0.25, 0.50, 0.75 and 1 ml L⁻¹ on the growth (height, stem diameter and fresh weight) of kale. This experiment was made in a complete randomized design with 4 replications. The second experiment was conducted to investigate the effect of chitosan spray at the concentrations of 0, 0.25, 0.5, 0.75 and 1 ml L⁻¹ on damage from *Phyllotreta flexosa*, *Spodoptera litura* and *Plutella xylostella*. This experiment employed a randomized complete block design with 4 replications. In addition, the cost and return from using the above concentrations of chitosan spray for kale production were analyzed.

The results of the first experiment showed that there was a statistically significant difference (at 0.05 level of confidence) in the height and fresh weight of kale that had had chitosan spray applied (all concentrations) compared to the control (with no chitosan spray). For the second experiment, the results indicated that following treatment with chitosan spray at the concentrations of 1, 0.75, 0.25 and 0.50 ml L⁻¹, the number of 45-day-old kale plants in the field that were damaged by (1) *Phyllotreta flexosa*, was 2.00, 3.25, 3.50 and 3.75 plants, respectively; by (2) *Spodoptera litura*, was 6.00, 7.50, 7.75 and 9.25 plants, respectively, and by (3) *Plutella xylostella*, was 10.50, 12.75, 15.50 and 15.75 plants, respectively. This was significantly different from the control group (without chitosan spray), for which the number of plants damaged by *Phyllotreta flexosa*, *Spodoptera litura* and *Plutella xylostella* was 11.75, 14.50 and 21.00, respectively. There was also a significant difference in stem diameter and fresh weight of kale at 45 days. The mean stem diameter of kale plants that had been sprayed with chitosan at the concentrations of 0.25, 0.75, 0.50 and 1 ml L⁻¹ were 1.85, 1.85, 1.80 and 1.80 cm, respectively, and the mean fresh weights were 34.75, 34.00, 33.00 and 32.50 kg, respectively, compared to the control group, which had a mean stem diameter of 1.60 cm. and fresh weight of 26.50 kg. For the financial analysis, the costs of kale production using chitosan spray at the concentrations of 0.25, 0.50, 0.75 and 1 ml L⁻¹ were calculated at 410.9, 452.9, 494.9 and 536.9 bath, respectively, while the returns were 840.1, 771.1, 675.1 and 651.1 bath, respectively. By contrast, the cost of kale production without chitosan spray was 368.9 bath and the return was 585.1 bath.

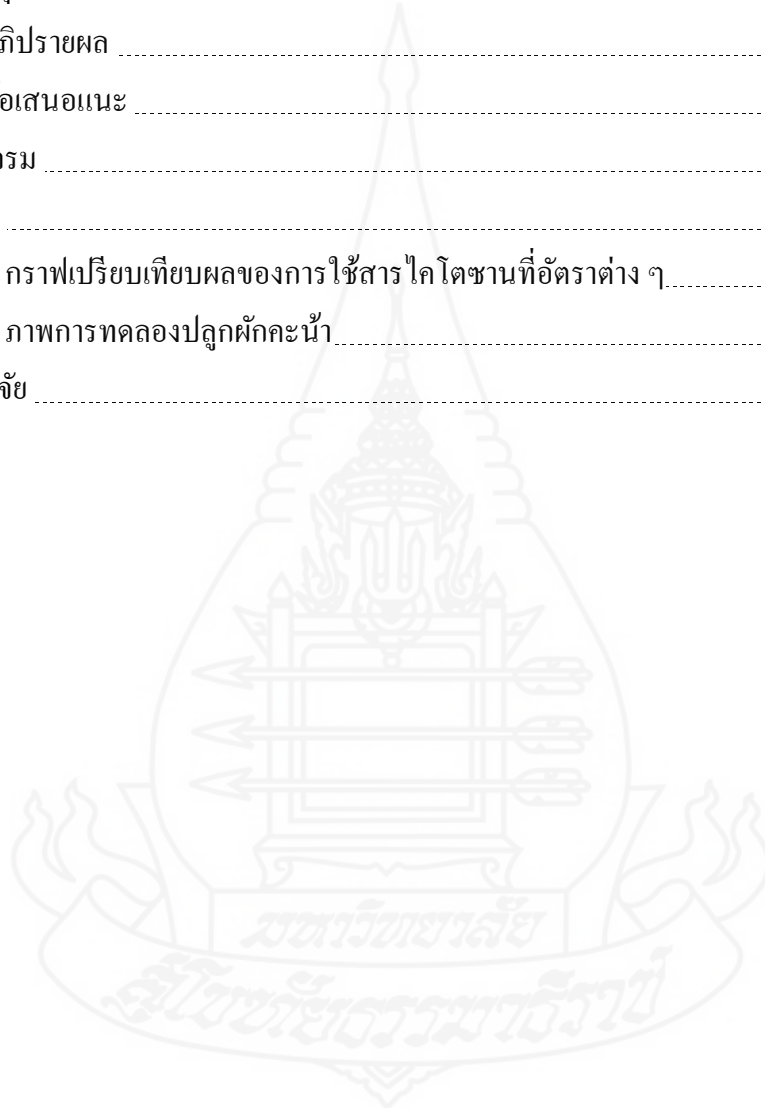
Keywords: Chitosan, Kale, *Phyllotreta flexosa*, *Spodoptera litura*, *Plutella xylostella*

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
สารบัญตาราง	ฅ
สารบัญภาพ	ญ
บทที่ 1 บทนำ	1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
วัตถุประสงค์การวิจัย	3
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2 วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง	4
ผักคะน้า	4
สารโคตินและโคโตซาน	11
ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	23
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	31
การทดลองที่ 1 เพื่อศึกษาผลของโคโตซานต่อการเจริญเติบโตของผักคะน้า	31
การทดลองที่ 2 เพื่อศึกษาผลของโคโตซานในการป้องกันกำจัดด้วงหมัดผัก	33
หนอนกระทุ้ผัก และหนอนใยผัก	
การเก็บข้อมูลต้นทุนและผลตอบแทนของการผลิตผักคะน้า	35
การวิเคราะห์ข้อมูล	35
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	37
ตอนที่ 1 อัตราการใช้ที่เหมาะสมของสารโคโตซานที่มีผลต่อการเจริญเติบโต	37
ของผักคะน้า	
ตอนที่ 2 อัตราการใช้สารโคโตซานที่มีผลต่อการป้องกันกำจัดด้วงหมัดผัก	41
หนอนกระทุ้ผัก และหนอนใยผัก ในแปลงผักคะน้า	
ตอนที่ 3 วิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนในการผลิตผักคะน้าโดยการใช้	52
สารโคโตซาน	

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 5 สรุปการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	54
สรุปการวิจัย	54
อภิปรายผล	55
ข้อเสนอแนะ	59
บรรณานุกรม	60
ภาคผนวก	68
ก กราฟเปรียบเทียบผลของการใช้สารไลโคซานที่อัตราต่าง ๆ.....	69
ข ภาพการทดลองปลูกผักคะน้า	75
ประวัติผู้วิจัย	79



สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 4.1 อัตราการใช้สารโคโตซานต่อความสูงของฝักคะน้ำในช่วงอายุ 7, 14, 21, 28, 35, 42 และ 49 วัน	38
ตารางที่ 4.2 อัตราการใช้สารโคโตซานต่อเส้นผ่านศูนย์กลางของฝักคะน้ำในช่วงอายุ 7, 14, 21, 28, 35, 42 และ 49 วัน	39
ตารางที่ 4.3 อัตราการใช้สารโคโตซานต่อน้ำหนักสดของฝักคะน้ำ	40
ตารางที่ 4.4 อัตราการใช้สารโคโตซานต่อฝักคะน้ำที่ถูกด้วงหมัดฝักเข้าทำลาย	42
ตารางที่ 4.5 อัตราการใช้สารโคโตซานต่อฝักคะน้ำที่ถูกหนอนกระทู้ฝักเข้าทำลาย	44
ตารางที่ 4.6 อัตราการใช้สารโคโตซานต่อฝักคะน้ำที่ถูกหนอนใยฝักเข้าทำลาย	46
ตารางที่ 4.7 อัตราการใช้สารโคโตซานต่อความสูงของฝักคะน้ำในช่วงอายุ 7, 14, 21, 28, 35, 42 และ 49 วัน	48
ตารางที่ 4.8 อัตราการใช้สารโคโตซานต่อเส้นผ่านศูนย์กลางของฝักคะน้ำในช่วงอายุ 3 - 45 วัน ที่ปลูกในแปลง	50
ตารางที่ 4.9 อัตราการใช้สารโคโตซานต่อน้ำหนักสดของฝักคะน้ำที่ปลูกในแปลง	51
ตารางที่ 4.10 ต้นทุนเฉลี่ยในการปลูกฝักคะน้ำที่ใช้สารโคโตซานอัตราต่าง ๆ	52
ตารางที่ 4.11 ผลตอบแทนในการปลูกฝักคะน้ำที่ใช้สารโคโตซานอัตราต่าง ๆ	53



สารบัญภาพ

	หน้า
ภาพที่ 2.1 โครงสร้างไคติน - ไคโตซาน	12
ภาพที่ 2.2 โครงสร้างทางเคมีของไคติน	13
ภาพที่ 2.3 โครงสร้างทางเคมีของไคโตซาน	14
ภาพที่ 2.4 กลไกการเกิดการตัดขาดของสายโซ่หลักของไคตินและไคโตซาน	19
ภาพที่ 2.5 ไอออนต่าง ๆ ที่มีแนวโน้มว่าจะสามารถจับไคโตซาน	22
ภาพที่ 3.1 แผนผังการทดลองที่ 1	32
ภาพที่ 3.2 แผนผังการทดลองที่ 2	34



บทที่ 1

บทนำ

1. ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ประเทศไทยมีการใช้ประโยชน์ที่ดินส่วนใหญ่เป็นพื้นที่เกษตรกรรมถึง 152.3 ล้านไร่ ต่อพื้นที่ทั้งหมดประมาณ 321 ล้านไร่ของประเทศ เป็นพื้นที่ปลูกข้าว ร้อยละ 47.2 รองลงมาเป็นพื้นที่ปลูกพืชไร่ ร้อยละ 21.1 ปลูกไม้ผลและไม้ยืนต้น ร้อยละ 21.8 และสวนผักและไม้ดอก ร้อยละ 1.0 (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร 2553) ประชาชน ร้อยละ 38.7 ประกอบอาชีพเกษตรกรรม (สำนักงานสถิติแห่งชาติ 2554) ดังนั้นรายได้หลักที่สำคัญของประเทศจะมาจากภาคการเกษตร

การเพิ่มผลผลิตทางการเกษตรเป็นการเพิ่มรายได้ให้แก่เกษตรกรทำให้เกษตรกรมีความเป็นอยู่ที่ดีขึ้น สำหรับผลผลิตทางการเกษตรจะเพิ่มขึ้นได้นั้นจะต้องประกอบด้วยปัจจัยที่เหมาะสมหลายปัจจัย ปัจจัยหนึ่งของหลาย ๆ ปัจจัยนั้น ได้แก่ การไม่มีแมลงศัตรูพืชรบกวน ในช่วงระยะเวลาที่ผ่านมาเมื่อมีโรคหรือแมลงเข้าทำลาย เกษตรกรไทยส่วนใหญ่ใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชซึ่งได้มีการปฏิบัติกันอย่างแพร่หลาย การใช้สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชเมื่อใช้ในปริมาณมาก และขาดความระมัดระวังในการใช้อย่างถูกวิธี จะก่อให้เกิดอันตรายแก่เกษตรกรโดยตรงและเป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อมในด้านต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นปัญหาการแพร่กระจายสารพิษในอากาศและการตกค้างในดินหรือปนเปื้อนของสารเคมีลงสู่แม่น้ำ และถ่ายทอดไปสู่ห่วงโซ่อาหาร การใช้สารเคมีอย่างต่อเนื่องเป็นเวลานาน ๆ จะส่งผลทำให้สารเคมีตกค้างสะสมอยู่ในดิน และสะสมอยู่ในพืชผักและผลไม้ที่นำมาบริโภค ผู้บริโภคมีโอกาสที่จะได้รับอันตรายจากพิษตกค้างของสารกำจัดศัตรูพืชมาก โดยเฉพาะเมื่อบริโภคในลักษณะผลผลิตสด นอกจากจะก่อให้เกิดปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมและปัญหาด้านสุขภาพแล้วสารกำจัดศัตรูพืชยังเป็นปัญหาด้านเศรษฐกิจอีกด้วย เนื่องจากประเทศไทยจำเป็นต้องสั่งซื้อสารเคมีเหล่านี้จากต่างประเทศทำให้ต้นทุนการผลิตสูงมากขึ้น โดยปริมาณการนำเข้าสารเคมีเกษตรเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วง 20 ปีที่ผ่านมา ระยะแรกเป็นการนำเข้าผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป ต่อมาได้มีการนำเข้าเฉพาะสารออกฤทธิ์ โดยนำมาผสมเป็นผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปในประเทศ ในปี พ.ศ. 2555 ได้มีการนำเข้าสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชในปริมาณ 114 ล้านตัน รวมมูลค่า 16,294 ล้านบาท เป็นสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชจำนวน 203 ชนิด และได้มีการขอขึ้นทะเบียนสารเคมีจำนวน 292 ชนิด (สำนักควบคุมพืชและวัสดุการเกษตร 2555)

ดังนั้นการหาสารมาใช้ป้องกันกำจัดแมลงที่มีความปลอดภัยและไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจึงมีความจำเป็น นอกจากนี้ควรเป็นการนำทรัพยากรธรรมชาติที่มีอยู่มาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด รัฐบาลมีนโยบายลดการใช้สารเคมีทางการเกษตรลงโดยให้เกษตรกรใช้สารจากธรรมชาติในการป้องกันกำจัดศัตรูพืชเพิ่มมากขึ้น โดยกำหนดไว้ในแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่ 7 - ฉบับที่ 10 และในแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 11 (พ.ศ. 2555 - 2559) ภาครัฐได้เพิ่มศักยภาพและประสิทธิภาพในการควบคุมและกำกับดูแลให้มีการนำเข้าและใช้สารเคมีทางการเกษตรที่ได้มาตรฐาน อีกทั้งสนับสนุนการใช้เทคโนโลยีที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมจึงเป็นสิ่งจำเป็นที่สุดที่จะหาวิธีการทดแทนการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืช

ผักเป็นพืชที่มีการปลูกกันมากเพราะใช้เป็นอาหารของคน ผักเศรษฐกิจที่สำคัญซึ่งมีการปลูกเป็นพื้นที่กว้างขวางในประเทศ คือ ผักคะน้า ซึ่งเป็นผักที่อยู่ในตระกูล Cruciferae มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Brassica alboglabra* เป็นผักที่นิยมปลูกและบริโภคกันมากทั่วทุกภาคของประเทศ ไทยและเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของหลายประเทศในทวีปเอเชียไมเนอร์ เช่น ไต้หวัน สาธารณรัฐประชาชนจีน สาธารณรัฐสิงคโปร์ มาเลเซีย และสาธารณรัฐสังคมนิยมเวียดนาม เป็นต้น คะน้ามีถิ่นกำเนิดในเอเชียและมีการแพร่กระจายไปสู่ประเทศอินเดียและสาธารณรัฐประชาชนจีน คะน้าเป็นผักที่ปลูกเพื่อบริโภคส่วนของใบและลำต้น ปลูกง่าย มีอายุการเก็บเกี่ยวสั้น สามารถเก็บเกี่ยวได้ตั้งแต่เป็นต้นกล้าขนาดเล็กจนถึงอายุประมาณ 60 วัน คะน้าสามารถปลูกได้ตลอดปี แต่ช่วงเวลาที่ปลูกได้ผลดีที่สุดในช่วงเดือนตุลาคมถึงเมษายน คะน้าเป็นผักที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง ประกอบด้วยวิตามินและแร่ธาตุหลายชนิด เช่น วิตามินเอ วิตามินซี แคลเซียม และไทอะมิน เป็นต้น ประเทศในแถบเอเชียอาคเนย์นิยมปลูกกันมาก ซึ่งมีลักษณะแตกต่างกับคะน้าที่ปลูกกันทางทวีปยุโรป ซึ่งความนิยมของแต่ละประเทศก็แตกต่างกันออกไป (อดิศักดิ์ ประจงแสงศรี และมานิช ทองเจียม 2536: 12-16) เกษตรกรที่ปลูกคะน้ามักพบปัญหาการระบาดของแมลงศัตรูคะน้าซึ่งมีหลายชนิด และทำความเสียหายเป็นประจำทำให้ต้องมีการป้องกันกำจัดแมลงเหล่านี้ วิธีที่เกษตรกรใช้มากและให้ผลเร็ว คือ การใช้สารเคมี ซึ่งสารเคมีบางชนิดทำให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของเกษตรกรและผู้บริโภค และทำให้เกิดมลภาวะในสิ่งแวดล้อม

ไคโตซาน เป็นอนุพันธ์ที่ได้มาจากไคตินด้วยการเปลี่ยนแปลงทางเคมี จากปฏิกิริยาการกำจัดหมู่อะซิติล (deacetylation) แหล่งของไคตินและไคโตซานพบในเปลือกกุ้ง กระจงปู หมึกแมลง หอย ผนังเซลล์ของพวกรา ยีสต์ และจุลินทรีย์อีกหลายชนิด ไคโตซานอาจนำมาใช้ประโยชน์ในด้านการเกษตร เช่น ใช้เคลือบเมล็ดพันธุ์เพื่อป้องกันโรคและแมลงศัตรูพืช และทำให้อัตราการงอกของเมล็ดพันธุ์และผลผลิตที่ได้สูงขึ้น ใช้เป็นสารฆ่าแมลงมีผลต่อการต้านทานและกำจัดเชื้อราบางประเภท ใต้งลงในดินเพื่อเพิ่มปริมาณจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์และลดปริมาณจุลินทรีย์ที่

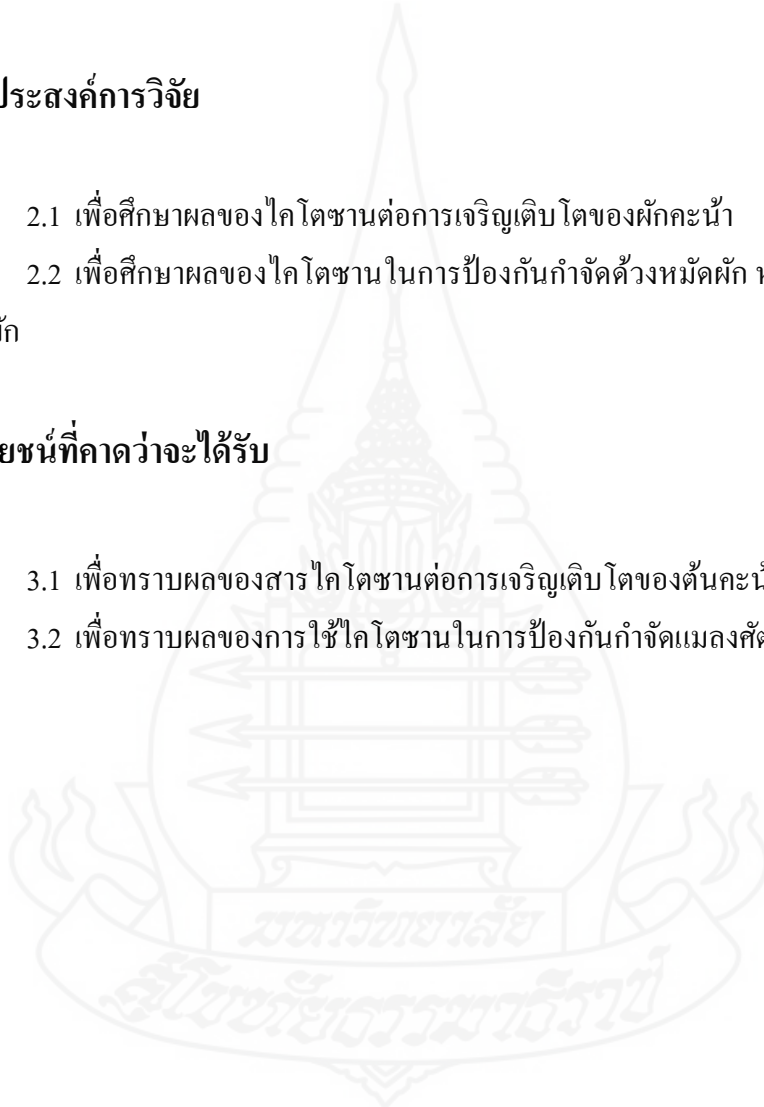
ก่อให้เกิดโรคพืช ใช้ในการรักษาคุณภาพของผลผลิตทางการเกษตร โดยนำไปเคลือบผิวของผักและผลไม้ ใคโตซานที่ได้มีลักษณะเป็นฟิล์มแผ่นบาง ๆ ใสปราจากสีและกลิ่น ช่วยลดอัตราการหายใจและการผลิตก๊าซเอธิลีน ในการปรับสภาพดินจะเพิ่มความพรุนในดิน การดูดซับน้ำ การอุ้มน้ำ ความคุมอัตราการชะล้างของดิน รวมทั้งเป็นสารเร่งการเจริญเติบโตของพืชและใช้เป็นสารกำจัดแมลง (ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ 2548)

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

- 2.1 เพื่อศึกษาผลของไคโตซานต่อการเจริญเติบโตของผักคะน้า
- 2.2 เพื่อศึกษาผลของไคโตซานในการป้องกันกำจัดด้วงหมัดผัก หนอนกระทู้ผัก และหนอนใยผัก

3. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 3.1 เพื่อทราบผลของสารไคโตซานต่อการเจริญเติบโตของต้นคะน้า
- 3.2 เพื่อทราบผลของการใช้ไคโตซานในการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูคะน้า



บทที่ 2

วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยเรื่อง “ผลของการใช้สารโคโตซานในการผลิตผักคะน้า” ผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้าจากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ซึ่งจะเสนอตามหัวข้อต่าง ๆ โดยลำดับดังนี้

1. ผักคะน้า
2. สารโคตินและโคโตซาน
3. ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. ผักคะน้า

1.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของผักคะน้า

ชื่อไทย ผักคะน้า ชื่อสามัญ Chinese Kale

ชื่อวิทยาศาสตร์ *Brassica oleracea* L วงศ์ Cruciferae

ผักคะน้าเป็นผักที่นิยมปลูกเพื่อบริโภคกันมากทั่วทุกภาคของประเทศไทยและมีความสำคัญทางเศรษฐกิจอยู่ในหลายประเทศของทวีปเอเชีย ผักคะน้ามีถิ่นกำเนิดในเอเชียไมเนอร์และมีการแพร่กระจายเข้าสู่ประเทศอินเดียและสาธารณรัฐประชาชนจีน ทำให้มีการปลูกคะน้ากันมากในแถบเอเชียและเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ เช่น ใต้หวัน สาธารณรัฐประชาชนจีน สาธารณรัฐสิงคโปร์ มาเลเซีย สาธารณรัฐสังคมนิยมเวียดนาม และประเทศไทย เป็นต้น คะน้าเป็นพืชที่ปลูกเพื่อบริโภคส่วนของใบและลำต้น สามารถนำมาประกอบอาหารได้หลายชนิด ปลูกง่าย มีอายุการเก็บเกี่ยวสั้นสามารถเก็บเกี่ยวได้ตั้งแต่ต้นกล้าขนาดเล็กจนถึงโตเต็มที่อายุประมาณ 60 วัน ลักษณะทั่วไป ผักคะน้าเป็นผักอายุ 2 ปี แต่นิยมปลูกเป็นผักอายุปีเดียว อายุตั้งแต่หว่านหรือหยอดเมล็ดจนถึงเก็บเกี่ยวประมาณ 45 - 55 วัน ผักคะน้าสามารถปลูกได้ตลอดปี (อุดม โกสสัยสุก 2537) ช่วงเวลาที่เหมาะสมต่อการปลูกคะน้าได้ดีที่สุด คือ ตั้งแต่เดือนตุลาคม - เมษายน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในระหว่างเดือนพฤศจิกายน - มกราคม จะปลูกได้ผลผลิตดีที่สุด แต่จะเป็นช่วงที่ผักคะน้ามีราคาต่ำที่สุด เนื่องจากว่ามีผลผลิตออกมามากเกินไปทุกปี ส่วนช่วงระหว่างเดือนพฤษภาคม - กันยายน ซึ่งเป็นช่วงฤดูร้อนและฤดูฝนสามารถปลูกได้ดีเช่นกัน ชาวจีนเรียกคะน้าว่า กั๋นหลันไซ่ (สุนทร เรื่องเกษม 2539: 23 - 30)

1.2 พันธุ์คะน้า

พันธุ์ที่นิยมปลูกในประเทศไทยเป็นคะน้าดอกขาว โดยสั่งเมล็ดพันธุ์จากต่างประเทศ เช่น ประเทศญี่ปุ่น เกาหลี ออสเตรเลีย และสาธารณรัฐประชาชนจีน เป็นต้น นำเข้ามาปลูกและปรับปรุงพันธุ์ปัจจุบันพันธุ์คะน้าที่นิยมปลูกในประเทศไทยมีอยู่ 3 พันธุ์ด้วยกัน ได้แก่

1.2.1 พันธุ์ใบกลม เป็นพันธุ์ที่มีลักษณะใบกว้างใหญ่ ปล้องสั้น ปลายใบมน และผิวใบเป็นคลื่นเล็กน้อย ได้แก่ พันธุ์ฝางเบอร์ 1

1.2.2 พันธุ์ใบแหลม เป็นพันธุ์ที่มีลักษณะใบแคบกว่าพันธุ์ใบกลม ปลายใบแหลม ขื่อห่าง ผิวใบเรียบ ได้แก่ พันธุ์ P.L. 20

1.2.3 พันธุ์ยอดหรือก้าน เป็นพันธุ์ที่มีลักษณะใบเหมือนกับคะน้าใบแหลม แต่จำนวนใบต่อต้นมีน้อยกว่า ปล้องยาวกว่า ได้แก่ พันธุ์แม่โจ้ 1

ทั้งสามพันธุ์ เป็นพันธุ์ที่มีลักษณะตรงกับความต้องการของผู้บริโภค ลำต้นเดี่ยวอวบ ส่วนกลางป่องใหญ่ ใบเรียบ ปลายใบแหลมตั้งชี้ขึ้น ก้านใบบาง ช่วงข้อยาว มีน้ำหนักส่วนที่เป็นลำต้นและก้านมากกว่าใบ ให้ผลผลิตสูง ปลูกได้ทุกภาคตลอดปี อายุการเก็บเกี่ยวประมาณ 45 – 48 วัน ลำต้นสูงเฉลี่ย 33 - 40 เซนติเมตร ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของลำต้นส่วนที่ใหญ่ที่สุด คือ 2 เซนติเมตร จำนวนใบเฉลี่ย 9 ใบ น้ำหนักเฉลี่ยต่อต้น 143 กรัม อายุตั้งแต่ปลูกถึงออกดอกประมาณ 50 - 55 วัน ให้ผลผลิตประมาณ 1,500 - 2,000 กิโลกรัมต่อไร่

1.3 สภาพแวดล้อม

ผักคะน้าเป็นผักที่สามารถขึ้นได้ในดินแทบทุกชนิดที่มีความอุดมสมบูรณ์สูง มีความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของดินอยู่ระหว่าง 5.5 - 6.8 และมีความชื้นในดินสูงสม่ำเสมอ ต้องการแสงแดดเต็มที่ คะน้าสามารถเจริญเติบโตได้ดีในอุณหภูมิเฉลี่ย 20 - 25 องศาเซลเซียส การปลูกในสภาพอากาศหนาวเย็นหรือมีอุณหภูมิต่ำกว่า 15 องศาเซลเซียส จะทำให้การเจริญเติบโตช้า ลำต้นและใบอวบใหญ่กว่าปกติ เยื่อใยสูง เหนียว จำเป็นต้องให้น้ำมากกว่าปกติ สำหรับพื้นที่ที่มีความสูงจากระดับน้ำทะเลตั้งแต่ 300 - 800 เมตร สามารถปลูกได้คุณภาพดีในช่วงฤดูหนาวตั้งแต่เดือนพฤศจิกายนถึงกุมภาพันธ์ ส่วนพื้นที่ที่มีความสูงจากระดับน้ำทะเล 1,000 เมตรขึ้นไปสามารถปลูกได้ตลอดปี คะน้าสามารถทนทานต่อสภาพอุณหภูมิสูงได้พอสมควร และให้ผลผลิตเป็นที่น่าพอใจในสภาพอุณหภูมิสูงกว่า 25 องศาเซลเซียส (อุดม โกสยสุก 2537)

1.4 การเพาะกล้า

แปลงเพาะกล้าควรมีขนาดกว้าง 1 เมตร ส่วนความยาวตามความเหมาะสม การเตรียมดินบนแปลงเพาะกล้าควรไถพรวนดินอย่างดี ตากดินไว้ประมาณ 5 - 7 วัน ย่อยหน้าดินให้ละเอียดแล้วใส่ปุ๋ยคอกหรือปุ๋ยหมักที่สลายตัวดีแล้วให้มาก คลุกเคล้าให้เข้ากับดินให้ทั่ว จากนั้นจึงหว่าน

เมล็ดให้กระจายสม่ำเสมอทั่วแปลง กลบเมล็ดด้วยดินผสมหรือปุ๋ยคอกที่สลายตัวดีแล้วให้หนาประมาณ 0.6 - 1 เซนติเมตร คลุมด้วยฟางหรือหญ้าแห้งบาง ๆ รดน้ำให้ชุ่มด้วยบัวฝอยละเอียด ต้นกล้าจะงอกภายใน 3 วัน ดูแลต้นกล้าถอนต้นอ่อนแอหรือเบียดกันแน่นทิ้งไป ควรใช้ฮอร์โมนเร่งรากเพื่อให้ต้นกล้าแข็งแรงสมบูรณ์ ดูแลป้องกันโรคแมลงที่เกิดขึ้น เมื่อก้ามมีอายุประมาณ 25 - 30 วัน จึงทำการย้ายกล้าไปปลูกในแปลงปลูกต่อไป

1.5 ระบบปลูกและระยะปลูก

เกษตรกรนิยมปลูกคะน้าแบบหว่านกระจายทั่วแปลงมากที่สุด รองลงมาเป็นการปลูกแบบเรียงเป็นแถว กรณีที่ย้ายกล้าหรือหยอดเมล็ดเป็นแถว การหว่านเมล็ดกระจายทั่วแปลงเหมาะสำหรับแปลงปลูกขนาดใหญ่เป็นการค้า เช่น แปลงยกร่องแถบภาคกลางที่นิยมเตรียมดินโดยใช้แรงงานเครื่องจักรและให้น้ำแบบลากเรือพ่นรด ส่วนแบบแถวเหมาะสำหรับแปลงปลูกขนาดเล็กหรือผักสวนครัว เตรียมดินโดยการใส่แรงงานคนและให้น้ำแบบใช้บัวรดน้ำหรือลากสายยางติดฝักบัวพ่นรด สำหรับระยะปลูกที่เหมาะสม โดยหลังจากถอนแยกจัดระยะครั้งสุดท้ายควรให้มีระยะปลูกระหว่างต้นและระหว่างแถวประมาณ 20×20 เซนติเมตร

1.6 การเตรียมดินปลูก

เนื่องจากคะน้าเป็นผักรากตื้นจึงควรขุดดินให้ลึกประมาณ 15 - 20 เซนติเมตร ตากดินทิ้งไว้ประมาณ 7 - 10 วัน แล้วนำปุ๋ยคอกหรือปุ๋ยหมักที่สลายตัวดีแล้วมาใส่ คลุกเคล้าให้เข้ากับดิน ทั้งนี้เพื่อปรับปรุงสภาพทางกายภาพและเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดิน พรวนย่อยหน้าดินให้มีขนาดเล็กโดยเฉพาะการปลูกแบบหว่านเมล็ดโดยตรงลงในแปลง เพื่อให้เมล็ดตกลึกกลงไปในดิน เพราะจะทำให้ไม่งอกหรืองอกยากมาก ถ้าดินเป็นกรด ควรใส่ปูนขาวเพื่อปรับปรุงดินให้อยู่ในสภาพที่เหมาะสม

1.7 วิธีการปลูก

วิธีการเตรียมดิน โดยย่อยหน้าดินให้ละเอียดแล้ว นิยมหว่านเมล็ดลงบนแปลงปลูกโดยตรงมากกว่าการย้ายกล้า หว่านเมล็ดให้กระจายทั่วทั้งผิวนแปลง ให้เมล็ดห่างกันประมาณ 2 - 3 เซนติเมตร ใช้ดินผสมหรือปุ๋ยคอกที่สลายตัวดีแล้วหว่านกลบเมล็ดให้หนาประมาณ 0.5 - 1 เซนติเมตร เพื่อเก็บรักษาความชื้นให้เมล็ด และป้องกันเมล็ดถูกน้ำกระแทกกระจาย คลุมด้วยฟาง รดน้ำให้ทั่วถึงและสม่ำเสมอ ต้นกล้าจะงอกภายใน 3 วัน หลังจากคะน้างอกแล้วประมาณ 20 วัน หรือต้นสูงประมาณ 10 เซนติเมตร ให้เริ่มทำการถอนแยกครั้งแรก โดยเลือกถอนต้นที่ไม่สมบูรณ์ออกให้เหลือระยะห่างระหว่างต้นไว้ประมาณ 10 เซนติเมตร ซึ่งต้นอ่อนของคะน้าในระยะนี้เมื่อเด็ดรากออกแล้วสามารถนำไปขายได้ และเมื่อคะน้ามีอายุได้ประมาณ 30 วัน จึงทำการถอนแยกครั้งที่ 2 โดยให้เหลือระยะห่างระหว่างต้น 20 เซนติเมตร และต้นคะน้าที่ถอนออกมาในระยะนี้เด็ดรากออกแล้วส่งขายตลาดเป็น

ยอดผักได้เช่นกัน ซึ่งผู้บริโภคนิยมรับประทานเป็นยอดผักเพราะอ่อนและอร่อย ในการถอนแยก
 คะน้าแต่ละครั้ง ควรทำการกำจัดวัชพืชไปในตัวด้วย สรุปแล้วการปลูกคะน้าในแต่ละฤดูสามารถ
 เก็บผลผลิตขายได้ 3 ครั้ง คือ เมื่อถอนแยกครั้งแรก ถอนแยกครั้งที่ 2 และตอนตัดต้นขาย

1.8 การปฏิบัติดูแลรักษา

คะน้าเป็นพืชที่ต้องการน้ำอย่างเพียงพอและสม่ำเสมอ เพราะต้นคะน้ามีการ
 เจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว ดังนั้นการปลูกคะน้าจึงต้องปลูกในแหล่งที่มีน้ำเพียงพอตลอดฤดูปลูก หาก
 คะน้าขาดน้ำจะทำให้เกิดการชะงักการเจริญเติบโตและคุณภาพไม่ดีเท่าที่ควร โดยเฉพาะอย่างยิ่งใน
 ระยะที่เมล็ดเริ่มงอกจะขาดน้ำไม่ได้ วิธีการให้น้ำคะน้าโดยใช้บัวฝอย หรือใช้เครื่องพ่นฝอยพ่นให้
 ทั่วและชุ่ม ให้น้ำคะน้าวันละ 2 เวลา คือ เช้าและเย็น

1.9 การใส่ปุ๋ย

เนื่องจากคะน้าเป็นผักกินใบและลำต้นจึงควรใส่ปุ๋ยที่มีธาตุไนโตรเจนสูง สัดส่วน
 ของธาตุอาหารในปุ๋ยที่ใช้ คือ N:P:K เท่ากับ 2:1:1 เช่น ปุ๋ยสูตร 6-3-3 หรือ 25-7-7 ในอัตราประมาณ
 70 - 80 กิโลกรัมต่อไร่ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความอุดมสมบูรณ์ของดินและปริมาณปุ๋ยคอกที่ใช้ โดยแบ่ง
 ใส่ 2 ครั้ง ๆ ละเท่า ๆ กัน คือ ใส่หลังจากถอนแยกครั้งแรกและหลังจากถอนแยกครั้งที่สอง อย่างไรก็ตาม
 หากสังเกตเห็นว่าคะน้าที่ปลูกไม่ค่อยเจริญเติบโตเท่าที่ควรอาจจะใส่ปุ๋ยบำรุงเพิ่มเติม เช่น ปุ๋ยยูเรีย
 ปุ๋ยแอมโมเนียมไนเตรท เป็นต้น โดยให้ทางรากหรือละลายน้ำ ในอัตรา 30 - 50 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร
 ฉีดพ่นทางใบ (ระพี สาคริก 2532 และ อุคม โกสสัยสุก 2537)

1.10 การเก็บเกี่ยว

คะน้ามีอายุการเก็บเกี่ยวประมาณ 45 - 60 วันหลังการปลูก ซึ่งเป็นระยะที่โตเต็มที่
 คะน้าอายุ 45 วัน เป็นระยะที่ตลาดมีความต้องการมาก แต่คะน้าที่มีอายุ 50 - 60 วัน เป็นระยะที่เก็บ
 เกียวได้น้ำหนักมากกว่า การเก็บเกี่ยวให้ใช้มีดตัดให้ชิดโคนต้น การตัดจะตัดไล่เป็นหน้ากระดาน
 เมื่อตัดแล้วบางแห่งมัดด้วยเชือกกล้วยมัดละ 5 กิโลกรัม บางแห่งก็บรรจุถุงโดยไม่มัด ทั้งนี้
 แล้วแต่ความสะดวกในการขนส่งและความสะดวกของผู้ซื้อ อย่างไรก็ตาม การเก็บเกี่ยวคะน้าให้ได้
 คุณภาพ ความสด และสะอาดนั้น ควรปฏิบัติดังนี้

- เก็บผักในเวลาเช้าดีกว่าเวลาบ่าย
- ควรใช้มีดเล็ก ๆ ตัด อย่าเก็บหรือเด็ดด้วยมือ
- อย่าปล่อยให้ผักแก่เกินไป
- ควรรีบเก็บผักที่แสดงอาการไม่ปกติเสียก่อน
- ควรรีบนำผักที่เก็บเกี่ยวแล้วเข้าร่วมในที่อากาศโปร่งและเย็น
- ควรล้างภาชนะที่ใช้บรรจุผักคะน้าให้สะอาด

1.11 โรค

1.11.1 โรคเน่าคอดินของคะน้า

โรคเน่าคอดินของคะน้า สาเหตุเกิดจากเชื้อรา *Pythium* sp. หรือ *Phytophthora* sp. เป็นโรคที่เกิดขึ้นเฉพาะในแปลงต้นกล้าเท่านั้น เนื่องจากการหว่านเมล็ดแน่นทึบ อับลม และต้นเบียดกันมาก ถ้าในแปลงมีเชื้อโรคแล้วต้นกล้าจะเกิดอาการเป็นแผลซ้ำที่โคนต้นระดับดิน เนื้อเยื่อตรงแผลจะเน่าและแห้งไปอย่างรวดเร็ว ถ้าถูกแสงแดดทำให้ต้นกล้าหักพับ ต้นเหี่ยวแห้งตายในเวลารวดเร็ว บริเวณโรคจะค่อย ๆ ขยายกว้างออกไปเป็นวงกลม ภายในวงกลมที่ขยายออกไปจะไม่มีต้นกล้าอยู่เลย ส่วนกล้าที่โตแล้วจะค่อย ๆ เหี่ยวตายไป

การป้องกันและกำจัด ไม่ควรหว่านเมล็ดคะน้าให้แน่นเกินไป ใช้สารป้องกันกำจัดเชื้อราละลายน้ำในอัตราความเข้มข้นน้อย ๆ รดลงไปบนผิวดินให้ทั่วสัก 1 - 2 ครั้ง ถ้าใช้สารเทอร์ราคลอ ซึ่งเป็นสารป้องกันกำจัดเชื้อราในดินโดยตรงจะได้ผลดียิ่งขึ้น แต่โดยทั่วไปแล้วใช้สารไซเน็บ หรือมาเน็บละลายน้ำรดก็ได้ผลบ้างและควรทำทางระบายน้ำให้ดี อย่าให้น้ำขังและในแปลงขณะเป็นต้นกล้าหรือยกแปลงสูงเพื่อให้ระบายน้ำได้เร็ว

1.11.2 โรคราน้ำค้างของคะน้า

สาเหตุเกิดจากเชื้อรา *Peronospora parasitica* ลักษณะอาการใบจะเป็นจุดละเอียดสีดำอยู่รวมกันเป็นกลุ่มเล็ก ๆ ใต้ใบ ตรงจุดเหล่านี้จะมีราสีขาวอมเทาอ่อนคล้ายผงแป้งขึ้นเป็นกลุ่ม ๆ กระจายทั่วไป ใบที่อยู่ด้านล่างจะมีแผลเกิดก่อนแล้วลุกลามขึ้นไปยังใบที่อยู่สูงกว่า ใบที่มีเชื้อราเป็นกลุ่มกระจายเต็มใบจะมีลักษณะเหลือง ใบจะร่วงหรือแห้ง โรคนี้ระบาดได้ตั้งแต่ระยะที่เป็นต้นกล้าจนเจริญเติบโตเต็มที่ ทำให้ใบเสียหายและเจริญเติบโตช้า โรคนี้ไม่ทำให้ต้นคะน้าตาย แต่จะทำให้น้ำหนักน้อยลง เพราะต้องตัดใบที่เป็นโรคทิ้ง

การป้องกันและกำจัด ให้ฉีดพ่นด้วยสารป้องกันกำจัดเชื้อรา เช่น ไซเน็บ มาเน็บ เบนเลท ไคโฟลาแทน เบนโนมิล คาโคนิน แคปแทน หรือสารชนิดอื่น ๆ ที่มีทองแดงเป็นองค์ประกอบ เป็นต้น แต่ไม่ควรใช้ในระยะที่เป็นต้นกล้า เพราะจะเป็นพิษต่อต้นกล้า

1.11.3 โรคแผลวงกลมสีน้ำตาลไหม้

สาเหตุเกิดจากเชื้อรา *Alternaria* sp. ใบแก่ที่อยู่ด้านล่างของลำต้นจะเป็นโรคนี้มาก ลักษณะของแผลเป็นวงกลมสีน้ำตาลซ้อนกันหลายชั้น เนื้อเยื่อรอบ ๆ แผลเปลี่ยนเป็นสีเหลือง ขนาดของแผลมีทั้งใหญ่และเล็ก บนแผลมักจะมีเชื้อราบาง ๆ มองเห็นเป็นผงสีดำ

การป้องกันและกำจัด ให้ฉีดพ่นสารป้องกันกำจัดเชื้อราอยู่เสมอมจะช่วยป้องกันได้ สารกำจัดเชื้อราเกือบทุกชนิดให้ผลดี ยกเว้นสารเบนโนมิล หรือเบนเลท และกำมะถันที่ไม่ให้ผลแต่อย่างใด

1.12 แมลงศัตรูผักคะน้า

1.12.1 หนอนกระทู้ผัก

หนอนกระทู้ผัก ชื่ออื่น common cutworm, tobacco cutworm, cotton worm, cotton leaf worm, fall armyworm, หนอนกระทู้ยาสูบ หนอนกระทู้ฝ้าย และหนอนรัง ชื่อวิทยาศาสตร์ *Spodoptera litura* ชื่อวงศ์ Noctuidae ชื่ออันดับ Lepidoptera พืชอาหาร ผักตระกูลกะหล่ำ ฝ้าย พริก ทานตะวัน ถั่วลิสง ถั่วเขียว ถั่วเหลือง ถั่วฝักยาว ข้าว ข้าวโพด ยาสูบ ส้ม สตรอเบอรี่ และมันเทศ วงจรชีวิตของหนอนกระทู้ผักเหมือนผีเสื้อทั่วไป คือ มีระยะไข่ หนอน ดักแด้ และตัวเต็มวัย ระยะไข่ ตัวเมียวางไข่เป็นกลุ่ม โดยมีขนสีน้ำตาลปกคลุมไว้ ไข่จะมีสีขาวนวลและจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลและสีดำ เมื่อไข่ใกล้จะฟักออกเป็นตัว ระยะไข่ประมาณ 3 - 7 วัน เมื่อหนอนออกจากไข่จะมีสีเขียวอ่อนอยู่รวมกันเป็นกลุ่มตรงที่ไข่ฟัก หนอนส่วนมากจะออกหากินในเวลากลางคืน หนอนชนิดนี้สังเกตได้ง่ายมีลักษณะลำตัวอ้วนป้อม ผิวหนังเรียบ มีสีส้มต่าง ๆ กัน และมีแถบสีขาวข้างตัวไม่ชัดเจน ส่วนหัวมักสังเกตเห็นจุดสีดำใหญ่ตรงปล้องที่ 3 ถ้าหนอนใหญ่จะมองเห็นไม่ชัดเจน แม่ผีเสื้อจะวางไข่ได้ใบเป็นกลุ่มใหญ่ขึ้นบรื้อยพอง คลุมด้วยขนสีฟางขาว หนอนเกิดใหม่จะอยู่รวมกันเป็นกลุ่มกัดกินผิวใบ จนบางใสหรือพรุนเมื่อลอกคราบประมาณ 2 ครั้ง จะสังเกตเห็นจุดดำที่คอชัดเจน ลำตัวเปลี่ยนจากสีเขียวอ่อนเกิดลายเส้นหรือจุดสีดำ บางครั้งมีแถบสีเทา ผิวลำตัวมักมีขีดสีดำพาดตามยาวทั่วไป หนอนจะเริ่มทำลายพืชกัดกินใบ ยอดอ่อน หรือเข้าไปกัดชอกกกลีบใบ หนอนโตเต็มที่มีขนาดใหญ่ 3 - 4 เซนติเมตร ระยะตัวหนอนยาวนานถึงอาทิตย์จึงจะเข้าดักแด้ได้ ผิวดิน ดักแด้มีสีน้ำตาลดำยาวประมาณ 1.5 - 1.8 เซนติเมตร อายุดักแด้ประมาณ 7 - 12 วัน ตัวเต็มวัยเป็นผีเสื้อกลางคืน ปีกคู่หน้ามีจุดสีน้ำตาลเข้ม ส่วนปีกคู่หลังมีสีขาวบาง ลำตัวมีขนสีน้ำตาลอ่อนปกคลุม ตัวเมียสามารถวางไข่ได้ 200 - 300 ฟอง ระยะตลอดวงจรชีวิตประมาณ 1 เดือน (สิริวัฒน์ วงษ์ศิริ 2526)

เขตแพร่กระจาย พบแมลงศัตรูพืชชนิดนี้กระจายอยู่ทั่วไป ส่วนต่างประเทศพบในประเทศอินเดีย ศรีลังกา พม่า มาเลเซีย ฟิลิปปินส์ สาธารณรัฐประชาชนจีน ไต้หวัน เกาหลี ญี่ปุ่น ออสเตรเลีย อังกฤษ และสหรัฐอเมริกา

การป้องกันและกำจัด ควรควบคุมตัวหนอนที่ยังเล็ก เพราะเมื่อหนอนโตขึ้นจะหลบลงดินทำให้ยากต่อการควบคุม ควรไถแปลงก่อนการปลูกเป็นเวลา 1 เดือน

1.12.2 หนอนใยผัก

หนอนใยผัก ชื่ออื่น diamond-back moth, cabbage plutella, short-hole worm, small cabbage moth หนอนใย ตัวจรวด ชื่อวิทยาศาสตร์ *Plutella xylostella* Linnaeus ชื่อวงศ์ Ponomentidae ชื่ออันดับ Lepidoptera พืชอาหารผักตระกูลกะหล่ำทุกประเภท วงจรชีวิตของหนอนใยผัก

เหมือนผีเสื้อทั่วไป คือ มีระยะไข่ หนอน ดักแด้ และตัวเต็มวัย ระยะไข่ตัวเมียวางไข่เป็นกลุ่ม ๆ ไข่ที่ผีเสื้อวางตามได้ใบ มีขนาดเล็กสีเหลืองอ่อนข้างกลมแบน วางติดกัน 2 - 5 ฟอง อายุไข่ประมาณไม่เกิน 3 วัน

หนอนใยผักเป็นหนอนที่มีขนาดเล็กสุดในบรรดาหนอนผีเสื้อศัตรูผักสังเกตได้โดยลักษณะหัวและท้ายแหลม มักจะพบตัวหนอนวัยขนาดเล็กเกาะอยู่ใต้ใบอาศัยแทะผิวใบพืช เพียง 1 สัปดาห์มีขนาดประมาณ 1 เซนติเมตร ส่วนหัวและท้ายแหลม ส่วนท้ายมีปุ่มยื่นออกไป 2 แฉก สีของลำตัวอาจเป็นสีเขียวอ่อน เทาอ่อน หรือเขียวปนเหลือง สามารถสร้างเส้นใยพาดตัวขึ้นลงระหว่างพื้นดินกับใบพืชได้

ดักแด้ มีขนาด 1 เซนติเมตร อายุดักแด้สั้นเพียง 3 - 4 วัน ตัวเต็มวัยเมื่อออกจากดักแด้จะอาศัยตามบริเวณใต้ใบต้นผัก ตัวเต็มวัยมีอายุไม่เกิน 1 สัปดาห์ วางไข่ได้เป็นร้อยฟอง ลักษณะของตัวเต็มวัยเป็นผีเสื้อสีเทา ตรงกลางสันหลังมีแถบสีเหลืองส้มเป็นประกายเห็นได้ชัดเจนเวลาหุบปีก (สิริวัฒน์ วงษ์ศิริ 2526)

เขตแพร่กระจาย พบระบาดอยู่ทั่วไปในประเทศไทยและทั่วโลกตามแหล่งปลูกผัก ลักษณะของการเข้าทำลาย หนอนใยผักจะกัดกินผิวด้านล่างของใบจนเหลือแต่ใยขาว รอยทำลายแตกต่างจากหนอนชนิดอื่น ๆ โดยมักจะเข้าไปกัดกินยอดผัก ทำให้ยอดผักไม่เจริญเติบโต และลิบเสียว หรือกัดกินใบที่หุ้มหัวผักพวกกะหล่ำทำให้เสียหายเกิดเป็นรูพรุน

การป้องกันและกำจัด หนอนใยผักมีปัญหาในการกำจัดมากโดยเฉพาะการใช้สารเคมี เพราะหนอนใยผักสามารถสร้างภูมิคุ้มกันต้านทานสารเคมีได้เร็วในแหล่งที่มีการใช้สารเคมี การปฏิบัติที่ดีควรตรวจดูไข่หรือหนอนในระยะเล็ก และใช้สารกำจัดแมลงประเภทเชื้อจุลินทรีย์ในการกำจัด มีการปลูกพืชสลับกันหลาย ๆ ชนิด จะสามารถลดการทำลายลงได้ และ การใช้สารสกัดจากพืชสมุนไพร เช่น สะเดา เป็นต้น (ขวัญชัย สมบัติศิริ 2541)

1.12.3 ค้างหมัดผัก

ค้างหมัดผัก ชื่ออื่น leaf eating beetle, flea beetle ค้างหมัดผักกาด กะเจ้า ชื่อวิทยาศาสตร์ *Phyllotreta flexuosa* (Illiger) ชื่อวงศ์ Chysomelidae ชื่ออันดับ Coleoptera พืชอาหาร ผักกวางตุ้ง กะหล่ำดอก กะหล่ำปลี คะน้า บร็อกโคลี่ และผักกาดขาวปลี วงจรชีวิตของค้างหมัดผัก คือ มีระยะไข่ หนอน ดักแด้ และตัวเต็มวัย ระยะไข่ ตัวเมียชอบวางไข่เป็นฟองเดี่ยว ๆ หรือกลุ่มบริเวณโคนต้นพืช เส้นกลางใบพืช และตามพื้นดิน ไข่มีรูปร่างคล้ายไข่ไก่ขนาด 0.13×0.27 มิลลิเมตร สีขาวอมเขียว ผิวเรียบเป็นมัน และเปลี่ยนเป็นสีเหลืองอ่อนก่อนฟักเป็นตัว ระยะไข่ 3 - 4 วัน ตัวหนอน มีสีขาว ส่วนหัวและส่วนท้องปล้องแรกมีสีน้ำตาล มีจุดสีน้ำตาลตามลำตัวและแผ่นสีน้ำตาลอยู่ทางด้านบนของปล้องสุดท้ายของลำตัว หนอนอาศัยอยู่ในดิน ระยะหนอน 10 - 14 วัน และเข้าดักแด้ในดิน ส่วนปีกและขาของดักแด้แยกจากลำตัวเป็นอิสระเคลื่อนไหวได้ ระยะดักแด้ 4 - 5 วัน ตัวเต็มวัย

เป็นด้วงขนาดเล็ก ความยาวประมาณ 2 - 2.5 มิลลิเมตร ปีกคู่หน้าสีดำ มีแถบเหลืองสองแถบพาดตามความยาว ด้านล่างลำตัวมีสีดำ ขาคู่หลังขยายใหญ่และโตกว่าขาคู่อื่น ๆ หนวดเป็นแบบเส้นด้าย อายุตัวเต็มวัย 30 - 60 วัน ตัวเมียวางไข่ได้ 80 - 200 ฟอง

เขตแพร่กระจาย ด้วงหมัดผักพบแพร่กระจายอยู่โดยทั่ว ๆ ไป และจะเกิดการกระจายวงเวียนอยู่ในบริเวณใกล้เคียงกับแหล่งปลูกผักเก่า

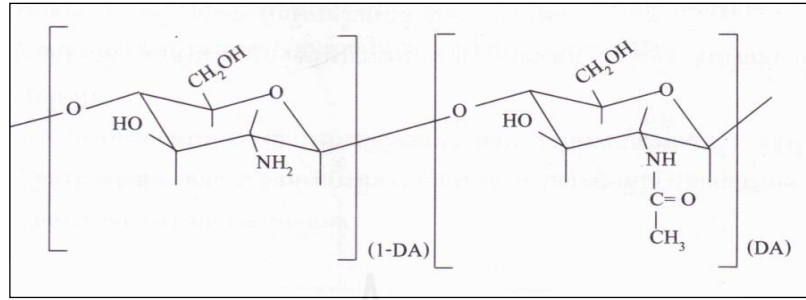
ลักษณะการเข้าทำลาย ตัวอ่อนของด้วงหมัดผักจะกัดกินหรือซ่อนไข่เข้าไปบริเวณโคนต้น หรือรากของผัก ทำให้พืชผักเหี่ยวเฉาและไม่เจริญเติบโต ถ้ารากถูกทำลายมาก ๆ อาจทำให้พืชผักตายได้ ตัวเต็มวัยชอบกัดกินด้านล่างของผิวใบ ทำให้ใบมีรูพรุน และอาจกัดกินลำต้นและกลีบดอกด้วย

การป้องกันและกำจัด ก่อนการปลูกควรไถตากดินไว้เป็นเวลานานพอสมควรเพื่อทำลายตัวอ่อนและดักแด้ที่อยู่ใต้ดิน นอกจากนี้ควรเปลี่ยนมาปลูกพืชที่ด้วงหมัดผักไม่กินเป็นการลดการระบาดได้อีกทางหนึ่ง การใช้สารเคมีกำจัดแมลงกลุ่มคาร์บามาต เช่น ไดโครโตฟอส คาร์โบซัลแฟน เป็นต้น ในบริเวณที่ไม่ค่อยได้ใช้สารเคมีมากมักจะไม่มีปัญหา แต่แหล่งที่ปลูกผักมานานด้วงหมัดผักมักทนต่อสารกำจัดแมลง (สิริวัฒน์ วงษ์ศิริ 2526)

2. สารโคตินและโคโตซาน

2.1 ลักษณะและคุณสมบัติของสารโคตินและโคโตซาน

สารโคตินและโคโตซาน เป็นสาร โคโพลิเมอร์ธรรมชาติระหว่างสองโมโนเมอร์ของ anhydro-N-acetyl-D-glucosamine และ anhydro-D-glucosamine ถ้าสัดส่วนที่อยู่ร่วมกันของโมโนเมอร์แรกมากกว่าจะแสดงคุณสมบัติเด่นของโคติน แต่ถ้าสัดส่วนที่อยู่ร่วมกันของโมโนเมอร์ที่สองมากกว่าจะแสดงคุณสมบัติเด่นของโคโตซาน ซึ่งลักษณะ โคโพลิเมอร์นี้จะมีผลต่อเนื่องไปยังสมบัติการละลายของโคตินและโคโตซาน โครงสร้างโคตินและโคโตซาน (ภาพที่ 2.1) จัดอยู่ในกลุ่มคาร์โบไฮเดรตผสมประกอบด้วยอนุพันธ์ของน้ำตาลกลูโคสที่มีไนโตรเจนเกาะอยู่ภายในโมเลกุลที่ตำแหน่งของคาร์บอนตัวที่สอง ทำให้มีสมบัติเฉพาะในการเกิดปฏิกิริยากับสารอื่น ๆ หลายชนิด



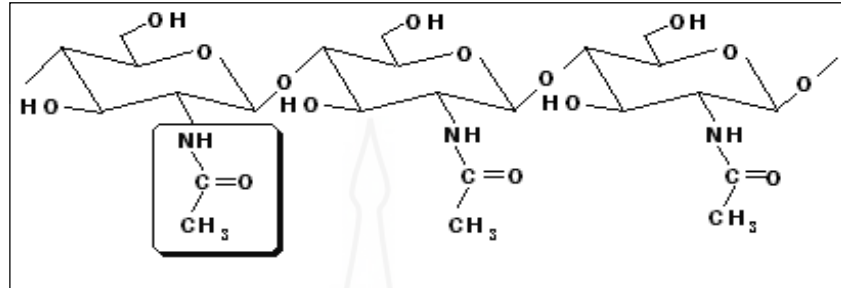
ภาพที่ 2.1 โครงสร้างไคติน-ไคโตซาน

ที่มา: Domard (1996)

ไคติน เป็นโพลิเมอร์ธรรมชาติค้นพบครั้งแรกในปี พ.ศ. 2354 โดย Braconnot Odier ในปี พ.ศ. 2366 เรียกสารนี้ว่าไคติน (Chitin) มาจากคำว่า Chiton ในภาษากรีก มีความหมายว่า เกราะหุ้ม (Foster and Webber, 1960; Shahidi, Arachchi and Jeon, 1999) ไคตินเป็นโพลิเมอร์ชีวภาพที่มีมากเป็นอันดับสองรองจากเซลลูโลส (สุวดี จันทร์กระจ่าง 2544) พบในเปลือกของสัตว์ เช่น กุ้ง ปู แคนหมึก ผนังลำตัวของแมลง หอยมุก ผนังเซลล์ของพวกกรวยสีด และจุลินทรีย์หลายชนิด เป็นต้น แหล่งสำคัญของไคตินที่ใช้ในการผลิตในอุตสาหกรรม คือ เปลือกกุ้ง และกระดองปู ซึ่งเป็นของเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมแปรรูปอาหารทะเล พบว่ามีไคตินในปริมาณร้อยละ 10 - 50 (Knorr, 1984) เมื่อคิดเป็นปริมาณต่อปีของสิ่งเหลือทิ้งจากการผลิตแปรรูปกุ้งและปูจะให้ไคตินถึง 150 ล้านกิโลกรัม (Austin, 1977)

ไคตินมีชื่อทางเคมีว่า poly- β -(1,4)-2-amino-2-deoxy-d-glucose (Stelmock, Husby and Brundage, 1985) มีสูตรโครงสร้างทางเคมี คือ $(C_8H_{13}O_5N)_n$ (Austin, 1977) แสดงในภาพที่ 2.2 โครงสร้างคล้ายคลึงกับเซลลูโลส แต่ต่างตรงตำแหน่งคาร์บอนที่ 2 ของวงแหวนน้ำตาลเป็นหมู่ hydroxyl (-OH) ในขณะที่ไคตินเป็น acetamido (-NHCOCH₃) (Carroad and Tom, 1978) ไคตินประกอบด้วย คาร์บอน 47 เปอร์เซ็นต์ ไฮโดรเจน 7 เปอร์เซ็นต์ ไนโตรเจน 7 เปอร์เซ็นต์ และ ออกซิเจน 39 เปอร์เซ็นต์ (Budavari, 1976) ไคตินเป็นของแข็งไม่ละลายในน้ำ กรดเจือจาง ด่างเจือจาง หรือในแอลกอฮอล์เข้มข้นและตัวทำละลายอินทรีย์อื่น ๆ สามารถละลายได้ในกรดไฮโดรคลอริก (กรดเกลือ) เข้มข้น กรดซัลฟูริก (กรดกำมะถัน) เข้มข้น กรดฟอสฟอริก และกรดฟอร์มิก ความยากในการละลายของไคตินในตัวทำละลายต่าง ๆ เป็นผลมาจากสายโซ่โมเลกุลที่อยู่กันอย่างหนาแน่น มีพันธะเกิดขึ้น

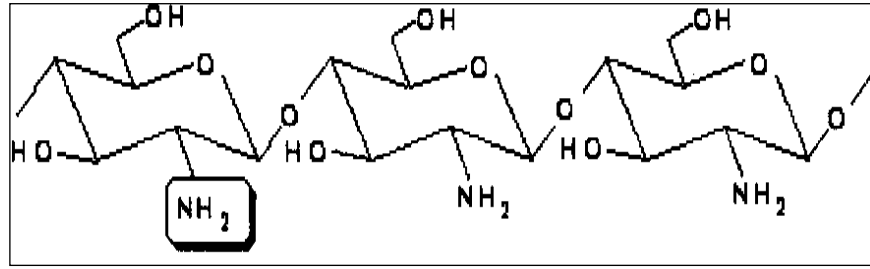
ทั้งภายในและระหว่างโมเลกุลเนื่องจากหมู่ฟังก์ชันที่ต่างกัน (หมู่ hydroxyl และหมู่ acetamido) (ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ 2548)



ภาพที่ 2.2 โครงสร้างทางเคมีของไคติน

ที่มา: ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ (2548)

ไคโตซานเป็นอนุพันธ์ของไคตินที่ได้จากปฏิกิริยากำจัดหมู่อะซิติก (deacetylation) ของไคตินด้วยด่างเข้มข้น ไคโตซานถูกพบครั้งแรกโดยบังเอิญในปี พ.ศ. 2402 โดย Rouget ได้ต้มไคตินในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น (NaOH) ไคโตซานมีชื่อทางเคมีว่า poly- β -(1,4)-2-amino-2-deoxy-D-glucose มีสูตรโครงสร้างทางเคมี คือ $(C_8H_{11}O_4N)_n$ ดังแสดงในภาพที่ 2.3 มีลักษณะ linear polymer ไคโตซานต่างจากไคติน คือ คาร์บอนตำแหน่งที่ 2 ของวงแหวนน้ำตาลของไคโตซานเป็นหมู่ amino ($-NH_2$) ในขณะที่ไคตินเป็นหมู่ acetamido (รัศเกล้า ภูติวรนาถ 2539) ไคโตซานประกอบด้วยคาร์บอน 45 เปอร์เซ็นต์ ไฮโดรเจน 7 เปอร์เซ็นต์ และไนโตรเจน 9 เปอร์เซ็นต์ (Muzzarelli, 1977) ปัจจุบันนิยมใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ และสารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ในการกำจัดหมู่อะซิติก ทำให้โครงสร้างของไคตินบางส่วนเปลี่ยนแปลงโดยเฉพาะหมู่ฟังก์ชันที่มีธาตุไนโตรเจน ในรูปของหมู่ acetamido เปลี่ยนไปเป็นรูปของหมู่อะมิโน ($-NH_2$) ที่ตำแหน่งคาร์บอนตัวที่ 2 สมบัติทางกายภาพและทางเคมีของไคโตซานเป็นโพลิเมอร์สายยาวที่มีประจุบวก เนื่องจากมีหมู่อะมิโนในรูป $-NH_2$ ละลายได้ดีในกรดอินทรีย์ เช่น กรดอะซิติก กรดไพรพานิก และกรดแลคติก (ปิยะบุตร วานิชพงษ์พันธุ์ 2544 และ ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ 2548)



ภาพที่ 2.3 โครงสร้างทางเคมีของไคโตซาน

ที่มา: ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ (2548)

2.2 กระบวนการผลิตไคตินและไคโตซาน

การผลิตไคตินและไคโตซานประกอบด้วยหลักการที่สำคัญ 3 ขั้นตอน คือ การกำจัดโปรตีน (deproteination) การกำจัดเกลือแร่ (demineralization) การกำจัดหรือลดหมู่อะซิติล (deacetylation) สำหรับการเตรียมไคโตซานโดยทั้งสามขั้นตอนสามารถทำได้โดยกระบวนการทางเคมีและกระบวนการทางเทคโนโลยีชีวภาพ (ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ 2548)

2.2.1 กระบวนการทางเคมี

อุตสาหกรรมการผลิตไคตินและไคโตซานนิยมใช้กระบวนการทางเคมี โดยใช้วัตถุดิบ เช่น เปลือกกุ้ง กระดองปู ที่ผ่านการบดให้มีขนาดเล็กก่อนเข้าสู่กระบวนการกำจัดโปรตีน โดยนำมาทำปฏิกิริยากับโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 3 - 5 เปอร์เซ็นต์ ที่อุณหภูมิ 80 - 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 - 3 ชั่วโมง โปรตีนส่วนใหญ่จะถูกขจัดออกจากวัตถุดิบ ไขมันและรงควัตถุบางชนิดจะถูกขจัดออกด้วย หลังจากนั้นนำมาทำปฏิกิริยากับกรดในกระบวนการกำจัดเกลือแร่ โดยใช้กรดเกลือ (HCl) เข้มข้น 3 - 5 เปอร์เซ็นต์ ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 1 วัน ทำให้เกลือแร่ส่วนใหญ่ เช่น หินปูน (CaCO_3) ถูกกำจัดออกโดยเปลี่ยนเป็นเกลือแคลเซียมที่ละลายน้ำ (CaCl_2) และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ขั้นตอนนี้โปรตีนและรงควัตถุที่ละลายในกรดจะถูกกำจัดออกไปด้วย ผลิตภัณฑ์ที่ได้หลังจากกระบวนการนี้คือ ไคติน นอกจากกรดเกลือแล้วสารเคมีอื่น เช่น EDTA (ethylene diamine tetraacetic acid) สามารถนำมาใช้เพื่อกำจัดเกลือแร่และบางส่วนของโปรตีน ถึงแม้ว่า EDTA จะมีราคาค่อนข้างแพง แต่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้อีก ทั้งยังช่วยลดการเสื่อมสลายของสายโซ่โพลีเมอร์ โดยทั่วไปแล้ว ถ้าสถานะที่ใช้ในการกำจัดเกลือแร่และโปรตีนไม่รุนแรง น้ำหนักโมเลกุลของไคตินและไคโตซานที่ได้ก็ยิ่งสูง แต่หากสถานะที่ใช้อ่อนเกินไปจะทำให้การกำจัดเกลือแร่และโปรตีนในวัตถุดิบไม่สมบูรณ์

การกำจัดหรือลดหมู่อะซิติล เป็นการเปลี่ยนแปลงทางเคมีที่ใช้ในการลดหรือกำจัดหมู่อะซิติล ($\text{CH}_3\text{CO}-$) ที่มีอยู่บนสายโซ่โมเลกุลของไคติน หมู่อะมิโนนี้สามารถรับโปรตอนจากสารละลายแล้วมีคุณสมบัติเป็นประจุบวก ช่วยให้การละลายดีขึ้น การลดหมู่อะซิติลโดยใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ 50 เปอร์เซ็นต์ ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 1 - 6 วัน ปฏิกริยา deacetylation ภายใต้อุณหภูมิจึงจะเกิดแบบสุ่มทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้เป็นโคโพลิเมอร์แบบสุ่ม (random-type copolymer) ของ N-acetyl-D-glucosamine และ D-glucosamine ส่วนการใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ 40 - 50 เปอร์เซ็นต์ ที่อุณหภูมิ 90 - 130 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 - 5 ชั่วโมง ปฏิกริยา deacetylation ภายใต้อุณหภูมิดังกล่าวมักจะเกิดในส่วนของ amorphous region ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้เป็นโพลิเมอร์แบบกลุ่ม (block-type copolymer) เมื่อหมู่อะซิติลถูกกำจัดมากกว่า 60 เปอร์เซ็นต์ขึ้นไป ผลิตภัณฑ์โคโพลิเมอร์ที่ได้สามารถละลายได้ในกรดอินทรีย์หลายชนิด เช่น กรดอะซิติล (CH_3COOH) และกรดแลคติก ($\text{CH}_3\text{CHOHCOOH}$) เป็นต้น ปฏิกริยาการลดหมู่อะซิติลที่ทำให้ได้ degree of deacetylation 80 เปอร์เซ็นต์ขึ้นไป นั้นทำได้ยากในขั้นตอนเดียว ขนาดของรงควัตถุจะมีผลต่อความสามารถในการแทรกตัวเข้าทำปฏิกริยา (accessability) และมีผลต่อเนื่องถึงสมบัติของโคโพลิเมอร์ที่ได้ นอกจากนี้ยังต้องใช้ขั้นตอนอื่นเพิ่มเติม เช่น การล้างด้วยน้ำหรือการละลาย แล้วตกตะกอน ก่อนนำกลับมา deacetylation อีกครั้ง ส่วนการลดการเสื่อมของสายโซ่โพลิเมอร์ในปฏิกริยา deacetylation สามารถทำภายใต้อุณหภูมิที่ต่ำกว่า เช่น การใช้ก๊าซไนโตรเจน และอาร์กอน การเติม oxygen scavenger เช่น thiophenol หรือการเติม reducing agent เช่น NaBH_4 เพื่อลดการเกิดปฏิกริยา end-peeling ซึ่งเป็นปฏิกริยาที่ทำให้เกิดการเสื่อมสลายของสายโซ่โพลิเมอร์ในตำแหน่งข้างในกรณีโคโพลิเมอร์ที่ได้มีรงควัตถุเหลืออยู่จะต้องผ่านการฟอกสี (decoloration) โดยใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) หรือ โซเดียมเปอร์คลอเรต (NaOCl) สารฟอกสีเหล่านี้ทำให้สายโซ่โมเลกุลสั้นลง (น้ำหนักโมเลกุลต่ำลง)

2.2.2 กระบวนการทางเทคโนโลยีชีวภาพ

การผลิตไคตินและโคโพลิเมอร์ โดยกระบวนการทางเคมีสิ้นเปลืองพลังงานมากก่อให้เกิดสารละลายต่างเข้มข้นจำนวนมากที่เป็นอันตรายต่อสิ่งแวดล้อมและยากมากที่จะเอาสารสีแดงพวกแอสตาแซนทิน (astaxanthin) โปรตีนและสารอนินทรีย์อื่น ๆ ออก การผลิตโดยใช้เทคโนโลยีชีวภาพสามารถแบ่งเป็นสองขั้นตอน ในขั้นแรกเป็นการกำจัดโปรตีนและแคลเซียมคาร์บอเนต โดยเปลือกกุ้งและกระดองปูจะถูกหมักกับแบคทีเรียที่มีเอนไซม์โปรตีเอส (protease) ทำหน้าที่ย่อยโปรตีน และทำให้เกิดกรดแลคติก ซึ่งเป็นผลพลอยได้ใน การสลายแคลเซียมคาร์บอเนต ส่วนขั้นตอนที่ 2 เป็นการลดหรือกำจัดหมู่อะซิติลของไคตินในปฏิกริยา deacetylation โดยใช้เอนไซม์ chitin-n-deacetylase (ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ 2548)

2.3 การเสื่อมสลายของไคโตซาน

ไคโตซานเมื่อเสื่อมสลายจะให้สายโซ่โมเลกุลที่สั้นลงเป็น โอลิโกเมอร์ (oligomer) หรือ โอลิโกแซคคาไรด์ (oligosaccharide) คือ chitooligosaccharide และ โมโนเมอร์ (monomer) หรือ โมโนแซคคาไรด์ (monosaccharide) คือ D-Glucosamine ตามลำดับ กระบวนการทำให้เกิดการตัดสายโซ่ โพลีเมอร์ของไคโตซานมีอยู่หลายวิธี ได้แก่ (ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ 2548)

2.3.1 การเสื่อมสลายโดยกรด (Acid hydrolysis) การเสื่อมสลายของสายโซ่โมเลกุลของไคโตซานเนื่องจากกรดเป็นแบบสุ่ม ผลิตรัศมีที่ได้ คือ โอลิโกเมอร์ขนาดต่าง ๆ และ โพลีเมอร์ขึ้นอยู่กับสภาวะที่ใช้ เช่น ชนิดของกรด เวลา อุณหภูมิ ชนิดของพันธะของสายโซ่โมเลกุล ชนิดของโพลีเมอร์ เป็นต้น โดยไคตินจะสามารถต้านทานต่อการเสื่อมสลายโดยกรดได้ดีกว่าไคโตซาน

2.3.2 การเสื่อมสลายโดยด่าง (Alkaline degradation) การเสื่อมสลายของโมเลกุลโพลีแซคคาไรด์ในด่างจะเริ่มจากปลายสุดของสายโซ่โมเลกุล ทำให้โมเลกุลที่ได้สั้นลงเป็น โอลิโกเมอร์ (oligomer) การเสื่อมสลายแบบนี้เรียกอีกอย่างหนึ่งว่า peeling reaction

2.3.3 การเสื่อมสลายโดยคลื่นเสียง (Degradation by sonication) การเสื่อมสลายโดยคลื่นเสียงควบคู่กับการใช้กรดมีผลให้ได้โอลิโกเมอร์ที่มีขนาดใกล้เคียงกันมากกว่าการเสื่อมสลายโดยใช้กรดเพียงอย่างเดียว

2.3.4 การเสื่อมสลายโดยเอนไซม์ (Enzymic degradation) เอนไซม์ที่ใช้ในการย่อยสลายไคโตซาน ได้แก่ เอนไซม์ chitinase สามารถย่อยสลายสายโซ่โมเลกุลของไคโตซานแบบสุ่มตรงตำแหน่งพันธะ (-1,4-linkage) ได้เป็น N-acetyl-chitooligosaccharide) เอนไซม์ chitosanase สามารถย่อยสลายสายโซ่โมเลกุลของไคโตซานแบบสุ่มตรงตำแหน่งพันธะ (-1,4-linkage) ได้เป็น chitooligosaccharide) เอนไซม์ lysozyme เป็นเอนไซม์ที่ทำหน้าที่คล้ายกับเอนไซม์ chitinase

2.3.5 การเสื่อมสลายโดยความร้อน (Thermal degradation) ความร้อนมีผลต่อสมบัติทางกายภาพของไคโตซาน ความร้อนจากเตาซึ่งเป็นความร้อนแบบแห้งที่อุณหภูมิน้อยกว่าหรือเท่ากับ 80 องศาเซลเซียส มีผลทำให้สายโซ่โมเลกุลของไคโตซานมีความยืดหยุ่นมากขึ้นความสามารถในการละลายเพิ่มขึ้นที่อุณหภูมิสูงกว่าหรือเท่ากับ 120 องศาเซลเซียส และลดลงที่อุณหภูมิ 160 องศาเซลเซียส เวลานานกว่าหรือเท่ากับ 2 ชั่วโมง (ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ 2548)

2.4 คุณสมบัติของไคโตซาน

ไคโตซานไม่ละลายในน้ำด่าง และตัวทำละลายอินทรีย์ (organic solvent) แต่สามารถละลายได้ในสารละลายที่เป็นกรดอินทรีย์เกือบทุกชนิดที่มีความเป็นกรด - ด่าง น้อยกว่า 6 กรดอะซิติก และกรดฟอร์มิก เป็นกรดที่นิยมใช้ในการละลายไคโตซาน กรดอินทรีย์บางชนิด เช่น กรดไนตริก

กรดไฮโดรคลอริก กรดเปอร์คลอริก และกรดฟอสฟอริก สามารถละลายไคโตซานได้เช่นกัน ที่อุณหภูมิสูงปานกลาง บางครั้งอาจจะมีตะกอนขาวเกิดขึ้น ไคโตซานมีความเหนียวและใส ในสารละลายหุ้่มออะมีโนของไคโตซานจะแตกตัว โดยมีค่าสัมประสิทธิ์การแตกตัว (pK_a) ขึ้นอยู่กับความหนาแน่นของประจุของโพลิเมอร์ โดย pK_a ของไคโตซานมีค่าอยู่ในช่วง 6.2 - 6.8 (ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ 2548)

2.5 น้ำหนักโมเลกุล (Molecular weight)

Degree of deacetylation (จำนวนของอนุพันธ์ของน้ำตาลทั้งสองชนิดในโพลิเมอร์ที่วัดได้ หรือเปอร์เซ็นต์ DD) เป็นตัวบ่งชี้ความเป็นไคตินและไคโตซาน เนื่องจากเป็นโพลิเมอร์ระหว่างสองโมโนเมอร์ของ N-acetyl-D-glucosamin และ D-glucosamine ถ้าสัดส่วนของโมโนเมอร์แรงกว่า คือ มีค่า degree of deacetylation ต่ำจะแสดงสมบัติของไคติน แต่ถ้าสัดส่วนของโมโนเมอร์ที่สองมากกว่า คือ มีค่า degree of deacetylation สูงจะแสดงสมบัติเด่นของไคตินในธรรมชาติจะมีน้ำหนักโมเลกุลสูงมากกว่า 1×10^6 ในขณะที่ไคโตซานจะมีน้ำหนักโมเลกุลอยู่ในช่วง 1×10^5 ถึง 1.2×10^6 สำหรับการนำไคโตซานไปใช้ประโยชน์ในด้านต่าง ๆ ได้อย่างเหมาะสมและมีประสิทธิภาพสูงสุดในด้านการเกษตร เช่น การใช้ไคโตซานเร่งการงอก และการเจริญเติบโตของพืชใช้เพื่อต้านทานเชื้อรา และแบคทีเรียบางชนิด (ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ 2548)

2.6 ความหนืด (Viscosity)

ความหนืดของสารละลายไคโตซานขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง เช่น degree of deacetylation น้ำหนักโมเลกุล ความเข้มข้น ความเป็นกรด - ด่าง และอุณหภูมิ เป็นต้น โดยทั่วไปแล้วความหนืดของสารละลายโพลิเมอร์จะลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น แต่ชนิดของกรดที่ใช้ และการเปลี่ยนแปลงความเป็นกรด - ด่างของสารละลายโพลิเมอร์ จะให้ผลความหนืดที่แตกต่างกัน เช่น ความหนืดของไคโตซานในกรดอะซิติกจะเพิ่มขึ้นเมื่อสารละลายมีค่าความเป็นกรด - ด่างลดลง ในขณะที่ความหนืดของไคโตซานในกรดเกลือจะเพิ่มขึ้นเมื่อความเป็นกรด - ด่างของสารละลายเพิ่มขึ้น (ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ 2548)

2.7 การเหนียวทำให้เกิดการเสื่อมสลายของไคโตซาน

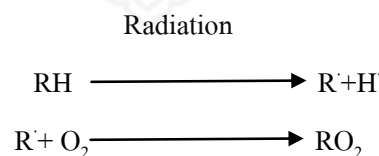
ไคโตซานเป็นโพลิเมอร์เชิงเส้นตรงที่ต่อกันเป็นสายโซ่ยาว มีน้ำหนักโมเลกุลสูง การเสื่อมสลายของไคโตซานทำให้น้ำหนักโมเลกุลต่ำลง รวมทั้งเป็นการเตรียมโอลิโกไคโตซาน (oligochitosan) ซึ่งเป็นไคโตซานที่มีน้ำหนักต่ำ (Dzung and Thang, 2002) การเสื่อมสลายของไคโตซานทำได้ทั้งวิธีทางเคมี โดยใช้ oxidative agent หรือวิธีทางชีวภาพโดยใช้เอนไซม์แต่ทั้งสองวิธีมีข้อเสียคือ วิธีทางเคมีผลิตที่ได้ต่ำ และมีการปนเปื้อนของสารเคมี ส่วนวิธีทางชีวภาพเป็นวิธีที่ช้า ได้ผลผลิตต่ำ การใช้รังสีในการเหนียวทำให้เกิดการเสื่อมสลาย (radiation degradation) จึงเป็นทางเลือก

หนึ่งที่น่าสนใจสำหรับการเตรียมไคโตซานที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ เนื่องจากการใช้รังสีเป็นวิธีที่ช่วยในการประหยัดพลังงาน สะดวกรวดเร็ว ให้ผลที่มีประสิทธิภาพ ไม่ปนเปื้อนในสารตัวอย่างไคโตซาน รวมทั้งไม่ส่งผลกระทบต่อสภาวะแวดล้อม (วรรณวิมล ปาสาณพันธ์ 2546)

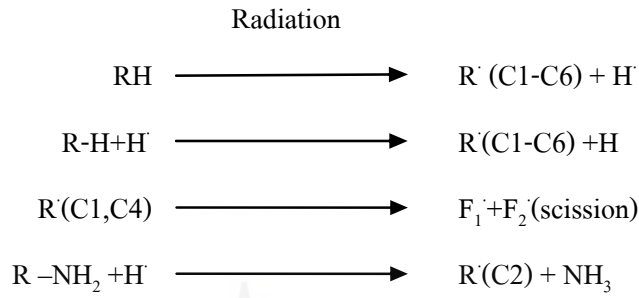
ต้นกำเนิดรังสีที่ใช้สำหรับการปรับปรุงคุณสมบัติของโพลิเมอร์มีหลายแบบ ได้แก่ ต้นกำเนิดรังสีแกมมาแบบโคบอลต์ -60 (Co-60) ซึ่งได้ผลจากการกระตุ้นโคบอลต์ -59 (Co-59) ด้วยนิวตรอนในเครื่องปฏิกรณ์ โคบอลต์ -60 สลายตัวให้รังสีแกมมา 2 พลังงาน คือ 1.33 และ 1.17 MeV ซีเซียม -137 (Cs-137) ซึ่งได้ผลจากปฏิกิริยาฟิชชันในเครื่องปฏิกรณ์ซีเซียม -137 สลายตัวให้พลังงานรังสีแกมมา 0.662 MeV ต้นกำเนิดรังสีเอกซ์ electron Bean จาก electron Accelerator สำหรับต้นกำเนิดรังสีแกมมาจากโคบอลต์เป็นต้นกำเนิดที่นิยมใช้สำหรับงานทางด้านปรับปรุงคุณสมบัติของวัสดุ เนื่องจากมีพลังงานและอำนาจในการทะลุทะลวงสูง (Singh and Silverman, 1992)

2.8 การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างทางเคมีของไคโตซานด้วยการฉายรังสี

เมื่อฉายรังสีโพลิเมอร์หรือไคโตซานในสภาวะของแข็ง จะเกิดการแตกตัวเป็นไอออน (ionization) และเกิดสภาวะกระตุ้น (excitation) ของโมเลกุลโพลิเมอร์ เกิดขึ้นในช่วงเวลาที่ต่ำกว่า 10^{-2} วินาที ทั้งไอออนและผลผลิตที่เกิดจากสภาวะกระตุ้น จะทำให้เกิดการตัดขาดของสายโซ่ (scission) ของพันธะเคมีภายในระยะเวลาสั้นๆ คือ 10^{-6} วินาที ได้อะตอมของไฮโดรเจน และ อนุมูลอิสระที่คาร์บอนตำแหน่งกลาง ปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นนั้นขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย ได้แก่ ธรรมชาติของโพลิเมอร์ สภาวะแวดล้อม ลวดลายของการฉายรังสี เช่น อัตราปริมาณรังสี โดยปกติการเปลี่ยนแปลงทางเคมีที่สำคัญเนื่องมาจากการเหนี่ยวนำโดยรังสี คือการเกิดโครงสร้างแหสามมิติ (crosslinking) และการตัดของสายโซ่หลัก (main chain scission) หรือ degradation ซึ่งการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวจะนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของโพลิเมอร์ (Sabharwal, 2001) การฉายรังสี ทำให้เกิดการตัดของสายโซ่แบบสุ่ม น้ำหนักโมเลกุลของไคโตซานจะลดลง โครงสร้างของโพลิเมอร์จะเกิด crosslinking สำหรับอนุมูลที่มีชีวิตยาวจะเกิดขึ้นในบริเวณ crystalline สามารถเปลี่ยนแปลงไปเป็นเปอร์ออกไซด์ได้อย่างช้า ๆ เนื่องจากการรวมตัวของออกซิเจนกับอนุมูลอิสระของโพลิเมอร์ ดังปฏิกิริยา



การเสื่อมสลายของโพลิเมอร์จะเกิดขึ้นในบริเวณที่มี crystalline สูง และฉายรังสีที่อัตราปริมาณรังสีต่ำ ในสภาวะที่มีออกซิเจน (Sabharwal, 2001) กลไกการเสื่อมสลายของไคโตซานที่ฉายรังสีในสภาวะของแข็ง สามารถแสดงได้ดังนี้ (Ulanski and Rosiak, 1992)

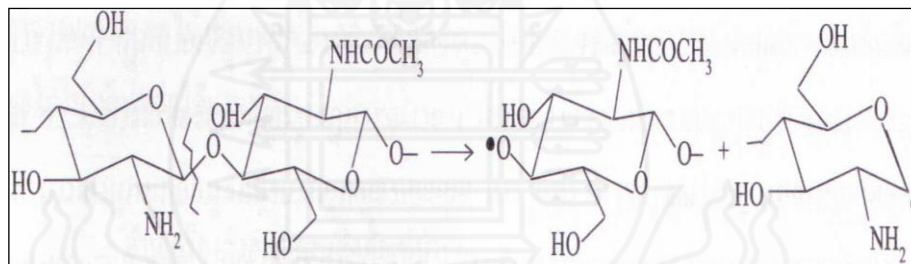


R-H และ R-NH₂ คือ chitosan macromolecule

R[·](Cn) คือ chitosan macroradical ที่ตำแหน่งอะตอมคาร์บอน Cn

F₁, F₂ คือ fragments ของสายโซ่หลักหลังจากเกิด scission

จากกลไกดังกล่าวมีเพียงส่วนของ macroradical (อยู่ที่ตำแหน่ง C1 และ C4) จะเปลี่ยนรูปและนำไปสู่การเกิดสายโซ่ที่ตำแหน่ง 1 - 4 glycosidic bond ถือว่าเป็นการตัดของสายโซ่ที่สมดุลสำหรับปฏิกิริยาของ macroradical อื่น ๆ เช่น การหลุดออกของ amino group จะไม่นำไปสู่การตัดของสายโซ่ (Ulanski and Rosiak, 1992)



ภาพที่ 2.4 กลไกการเกิดการตัดขาดของสายโซ่หลักของไคตินและไคโตซาน

ที่มา: Ulanski and Rosiak (1992)

นอกจากนี้ยังมีการเปลี่ยนแปลงสีของไคโตซาน เนื่องจากเกิดพันธะคู่ขึ้นจากการฉายรังสี (Sabharwal, 2001) ปกติไคโตซานมีสีเหลืองเปลี่ยนเป็นสีเหลืองเข้มจนถึงสีส้มหรือน้ำตาล (Tokura and Tamura, 1999; Sabharwal, 2001) ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปริมาณรังสีที่ฉายและสถานะที่ฉายรังสี การฉายรังสีทำให้เกิดการทำลายโครงสร้างบริเวณผิวของไคโตซาน (Yoksan, Biramontri and Chirachanchai, 2002)

2.9 การประยุกต์ใช้สารโคโตซาน

ปัจจุบันได้มีการค้นคว้าและวิจัย นำโคตินและโคโตซานไปใช้ประโยชน์อย่างแพร่หลาย ได้แก่ (สตีล พูลทรัพย์ 2544 และ สุวดี จันทรกระจ่าง 2544)

2.9.1 ด้านการแพทย์และเภสัชกรรม โคตินและโคโตซานมีบทบาทในอาหารเสริมที่ช่วยลดไขมันและคอเลสเตอรอล ใช้เป็นผิวหนังเทียม รักษาแผลไฟไหม้ น้ำร้อนลวก รักษาเหงือกและฟัน เสริมสร้างสุขภาพของกระดูกอ่อน เป็นสารหล่อลื่นในเยื่อเมือก ตลอดจนเลนส์ตา

2.9.2 ด้านอาหาร ในหลายประเทศได้ขึ้นทะเบียนโคตินและโคโตซาน เป็นสารที่ใส่เติมในอาหารและยา ประเทศญี่ปุ่นมีผลิตภัณฑ์อาหารที่ผสมโคโตซานเป็นจำนวนมากออกวางขายในท้องตลาด ใช้เป็นสารกันบูด สารปรุงแต่งเพื่อความคงรูปในอาหารต่าง ๆ สารเคลือบอาหารผักและผลไม้ เช่น แอปเปิ้ล ลูกแพร์ มังคุด พริกหยวก และส้ม เป็นต้น ช่วยยืดเวลาในการเก็บผักและผลไม้ไม่ให้เน่าเสียได้นานขึ้น

2.9.3 ด้านเครื่องสำอางและผลิตภัณฑ์บำรุง โคตินและโคโตซานมีสมบัติเด่นในการอุ้มน้ำ และกลายเป็นตาข่ายคลุมผิวหนัง ตลอดจนต่อต้านเชื้อจุลินทรีย์ต่าง ๆ เป็นสารแต่งเติมและสารพื้นฐานของเครื่องสำอางหลายประเภท เช่น ผสมแป้งทาหน้า เพื่อความชุ่มชื้น และป้องกันเชื้อโรค เป็นส่วนประกอบของแชมพู ครีมนวด และสบู่ ผสมในโลชั่นสำหรับเคลือบเพื่อป้องกันรังสียูวี ตลอดจนบำรุงผิวและเส้นผม

2.9.4 ด้านอุตสาหกรรมและสิ่งทอ ใช้ผสมในเส้นใยเพื่อพัฒนาเสื้อผ้าและสิ่งทอสามารถป้องกันและต้านทานเชื้อโรคได้ เสริมสร้างความเหนียวแข็งแรงให้แก่เส้นใย และเชื้อกระดาษ เพื่อเพิ่มคุณภาพให้แก่กระดาษ

2.9.5 ด้านการเกษตร โคตินและโคโตซานมีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ จึงมีบทบาทสำคัญในการใช้เป็นปุ๋ยชีวภาพ สารกระตุ้นการเจริญเติบโตของพืช และสามารถนำไปใช้ทางด้านอื่น ๆ ทางการเกษตรได้แก่

1) นำไปใช้เคลือบเมล็ดพันธุ์ (seed treatment) ป้องกันโรคและแมลงศัตรูพืช ทำให้อัตราการงอกเพิ่มขึ้นและผลผลิตที่ได้สูงขึ้น

2) สารกำจัดแมลง (insecticide) อนุพันธ์โคตินและโคโตซานนำไปใช้ในกระบวนการผลิตเอนไซม์ chitinase จะย่อยสลายโคตินซึ่งเป็นองค์ประกอบของเปลือกหุ้มตัวของแมลงศัตรูพืช

3) ปรับสภาพของดิน (soil improvement) ปรับสภาพของดินที่มีส่วนของดินเหนียว (clay) โดยเพิ่มความพรุนในดิน การดูดซับน้ำ การอุ้มน้ำ และการชะล้าง (erosion) ของดิน

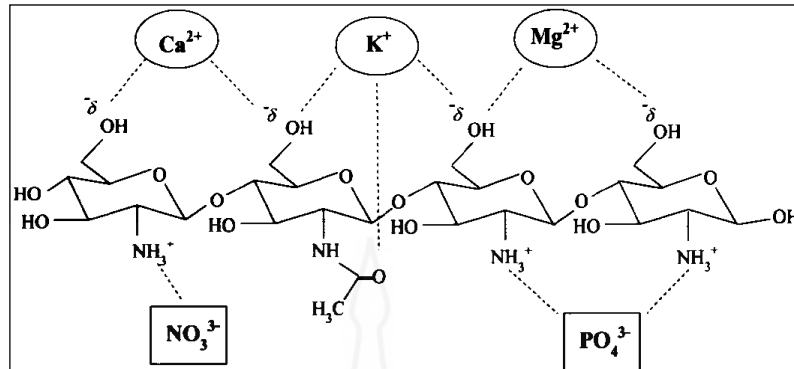
รวมทั้งเป็นตัวพา (carrier) สำหรับพวก micro-organic โดยปลดปล่อยสารดังกล่าวอย่างช้า ๆ จะช่วยลดปัญหาการใช้สารเกินความจำเป็น ซึ่งมีผลต่อพืชและสภาพดิน

4) การต้านทานและกำจัดเชื้อราบางโรค เช่น เชื้อราไตรโคเดอร์มา เชื้อราไฟทอปเธอรา เชื้อราฟิเทียม โรคแอนแทรคโนส โรคเมลาโนส โรครากเน่า โรคโคนเน่า โรคราน้ำค้าง โรคราขาว โรคใบติด โรคใบจุด โรคใบสีส้มในข้าว และโรคอื่น ๆ เป็นต้น ไคโตซานสามารถเข้าสู่เซลล์เชื้อรายับยั้งการสร้างและสะสมของ RNA ในเชื้อรา จึงทำให้เชื้อราถูกยับยั้งการเจริญเติบโต แต่สำหรับเชื้อราและแบคทีเรียบางประเภทจะมีการเจริญเติบโตได้อย่างรวดเร็วเมื่อใช้อนุพันธ์ไคตินและไคโตซาน เช่น ใช้ในการเพาะเห็ด เป็นต้น

2.10 การใช้ไคโตซานเป็นสารกระตุ้นการเจริญเติบโตของพืช

การศึกษาไคโตซานในพืชมีมานานกว่า 30 ปีแล้ว ส่วนใหญ่มุ่งเน้นการศึกษาไคโตซานในด้านอื่น ๆ มากกว่าเป็นสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช ข้อมูลการศึกษาไคโตซานกับการตอบสนองต่อพืชในด้านการเจริญเติบโตของพืชยังมีไม่มากนัก แนวทางในการใช้ไคโตซานเป็นสารกระตุ้นการเจริญเติบโตของพืช คือ ไคโตซานมีผลเกี่ยวกับยีนพืชและเชื้อราที่ก่อให้เกิดอันตรายกับพืช โดยเชื้อราที่ทำอันตรายต่อพืชจะถูกยับยั้งเนื่องจากพืชสร้างสารป้องกันตัวเองเรียกโมเลกุลที่สามารถกระตุ้นภูมิคุ้มกันโรคพืชว่า elicitor (Taiz and Zeiger, 2002) มีกลไก คือ เมื่อพืชได้รับการฉีดพ่นด้วยไคโตซานที่มีขนาดพอเหมาะสามารถซึมผ่านเข้าสู่เซลล์ ก่อให้เกิดอิทธิพลต่อการกระตุ้น DNA ของพืช มีการกระตุ้นการสร้าง mRNA จากยีนที่ถูกกระตุ้นนี้ ทำให้มีการผลิตโปรตีนซึ่งไปเพิ่มกิจกรรมของ phenylpropanoid pathway มีการผลิตสารพวก phytoalexins เพิ่มขึ้น เพิ่มการสังเคราะห์ endo- β -Glucanase และ endochitinase ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่สามารถย่อยผนังเซลล์ของเชื้อราที่เป็นโรคพืชได้ พืชจะมีความสามารถในการป้องกันตนเองได้ขึ้นหนึ่งด้วยการสร้าง resistance response ซึ่งเป็น elicitor ของพืช (สุวดี จันทร์กระจ่าง 2546)

คุณสมบัติอีกประการ คือ ความสามารถของไคโตซานในการจับกับไอออนต่าง ๆ เช่น โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม เหล็ก ฟอสเฟต และไนเตรต เป็นต้น ที่เป็นประโยชน์กับพืช แล้วค่อย ๆ ปลดปล่อยธาตุอาหารเหล่านี้แก่พืช เพราะไคโตซานเป็นไบโอโพลิเมอร์ที่มีประจุซึ่งปัจจัยดังกล่าวข้างต้นมีผลร่วมกันในการช่วยเร่งการเจริญเติบโตของพืช (รัฐ พิษญาญกุล 2543)



ภาพที่ 2.5 ไอออนต่างๆ ที่มีแนวโน้มว่าจะสามารถจับไคโตซาน

ที่มา: รัฐ พิษณุงานุร (2543)

สารไคตินและไคโตซาน มีแหล่งกำเนิดในสิ่งที่มีชีวิตหลากหลาย โดยทำหน้าที่เป็นโครงสร้างให้ความแข็งแรงแก่สิ่งมีชีวิตที่ไม่มีกระดูกสันหลัง เป็นส่วนประกอบของผนังเซลล์ของพวกจุลินทรีย์ รา และเห็ด นอกจากนี้ยังเป็นโครงสร้างในเปลือกของสัตว์มีข้อและปล้อง ได้แก่ กุ้ง ปู ปลาหมึก และสัตว์อื่น ๆ ที่ไม่มีกระดูกสันหลัง องค์ประกอบของสารไคตินและไคโตซาน มีลักษณะคล้ายเซลลูโลส คือ เป็นโพลิเมอร์ หรือสายโซ่ยาวที่ประกอบด้วยหน่วยย่อยของ เอ็น-อะซิทิล ดีกลูโคซามีน (N-acetyl D-glucosamine) สำหรับไคตินและดีกลูโคซามีน (D-glucosamine) สำหรับไคโตซาน (สุวดี จันทร์กระจ่าง 2544) สารไคตินและไคโตซาน ที่ถูกนำมาใช้ในการเกษตรแบ่งได้เป็น 2 กลุ่มใหญ่ คือ ผลิตภัณฑ์ที่ทำจากโพลิเมอร์หรือสายโซ่ยาว และผลิตภัณฑ์ที่ทำจาก โอลิโกเมอร์ หรือสายโซ่สั้น การใช้สารไคตินและไคโตซาน ในทางการเกษตรโดยเฉพาะการกระตุ้นให้พืชตอบสนอง และสร้างสารป้องกันตัวเองขึ้นมา โดยทำหน้าที่เป็นตัวอิทธิพล สารไคตินและไคโตซานที่ถูกนำไปใช้ในทางการเกษตรมีหลายรูปแบบ เช่น การเคลือบ การฉีดพ่นบนพืชเพื่อการดูดซึม ผลการ แสดงออกถึงประสิทธิภาพของสารไคติน-ไคโตซานที่นำไปใช้ในด้านการเกษตร ได้แก่

1) การเพิ่มปริมาณของจุลินทรีย์ที่ดีในดิน กล่าวคือ เพิ่มปริมาณแอคติโนมัยซิส (Actinomycetes) ซึ่งช่วยให้ดินมีสภาพที่ดีขึ้น และขณะเดียวกันก็ลดปริมาณฟูซาริียม (Fusarium) ซึ่งเป็นสาเหตุของโรคเน่าในพืชผักต่าง ๆ ได้ นอกจากนี้สารไคตินและไคโตซานยังช่วยเพิ่มปริมาณ ปมถั่วที่ทำให้เกิดการตรึงไนโตรเจนได้ดีขึ้น

2) เป็นสารกระตุ้นการเจริญเติบโตของพืช ช่วยเสริมสร้างความแข็งแรงในการต่อต้านโรคของพืช และยังใช้เคลือบเมล็ดพืชช่วยป้องกันการเข้าทำลายของเชื้อรา และกระตุ้นการสร้างสารภูมิคุ้มกันแก่เมล็ดพืช (สุวดี จันทร์กระจ่าง 2544)

3. ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

3.1 ด้านการเจริญเติบโตของพืช

อรรรณา ค้วงแพง อนันต์ เพชรเกลื่อน และนิเทศ บุตรดี (2553) ศึกษาผลของการฉีดพ่นไคโตซานต่อการเจริญเติบโตของพริก 6 สายพันธุ์ พบว่า การพ่นสารละลายไคโตซานมีผลทำให้การเจริญเติบโตของพริกที่อายุ 45 วันหลังย้ายปลูกเพิ่มขึ้น โดยกรรมวิธีการพ่นสารละลายไคโตซาน 200, 400 หรือ 600 ppm ทำให้ความสูงของต้น ความกว้างของพุ่ม ขนาดของลำต้น ความยาวและความกว้างของใบสูงกว่าการพ่นน้ำสะอาดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

กุลนาถ อบสุวรรณ และอภิรดี อุทัยรัตนกิจ (2550) ศึกษาการใช้สารไคโตซานในการกระตุ้นการเจริญเติบโตของต้นเทียนฝรั่ง พบว่า การให้ไคโตซานร่วมกับปุ๋ยชักนำให้ต้นเทียนฝรั่งมีขนาดต้น น้ำหนักสด และมีจำนวนดอกตูมมากกว่าต้นเทียนฝรั่งที่ให้ปุ๋ยเพียงอย่างเดียวและต้นที่ไม่ได้รับทั้งปุ๋ยและไคโตซานอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ความสูงของต้น จำนวนใบ ความกว้าง และความยาวของใบไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติระหว่างต้นที่ได้รับปุ๋ยอย่างเดียว และต้นที่ได้รับไคโตซานร่วมกับปุ๋ย อย่างไรก็ตามการให้ปุ๋ย หรือการให้ปุ๋ยร่วมกับไคโตซานมีผลทำให้ต้นเทียนฝรั่งเจริญเติบโตดีกว่าต้นที่ปลูกในดินผสมเพียงอย่างเดียวอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ

วัชร ทมะละ (2550) ศึกษาผลของไคโตซานต่อการเจริญเติบโตและคุณภาพของช่อดอกปทุมมาพันธุ์ลัดดาวัลย์ พบว่า ต้นปทุมมาที่พ่นด้วยสารละลายไคโตซานความเข้มข้น 20 ppm มีแนวโน้มดัชนีการเจริญเติบโตที่ดีที่สุดและสามารถเก็บเกี่ยวช่อดอกได้เร็วกว่าสารละลายไคโตซานความเข้มข้นอื่น ๆ

พงศ์ธาริน โล่ห์ตระกูล และคนอื่นๆ (2549) ศึกษาผลของขนาดพอลิเมอร์และความเข้มข้นของไคโตซานต่อการเจริญเติบโตต่อผลผลิต และการรักษาหลังการเก็บเกี่ยวของกระเจี๊ยบเขียว *Abelmoschus esculentus* (L.) Moench. การติดเชื้อไวรัสเส้นใบเหลืองและการกักกินของหนอนกระทู้หอม รายงานผลการวิจัย โดยศึกษาผลของไคโตซานชนิด 80 เปอร์เซ็นต์ DD สายยาว (P80) และสายสั้น (O80) และไคโตซานไม่ทราบโครงสร้างที่มีจำหน่ายในท้องตลาด (UCC) นำไปแช่เมล็ดพืชก่อนปลูก และพ่นทางใบทุก ๆ 3 สัปดาห์ ที่ความเข้มข้น 25, 50 และ 100 ppm แก่กระเจี๊ยบเขียวพันธุ์อินเดีย 9701 และพันธุ์ญี่ปุ่น Yamato Green โดยมีระยะเวลาการทดลอง 8 สัปดาห์ เพื่อศึกษาผลของ

ขนาดโพลิเมอร์ และความเข้มข้นของไคโตซานที่มีต่อการเติบโตและผลผลิตของกระเจี๊ยบเขียว การติดเชื้อไวรัสเส้นใบเหลือง (okra yellow vein mosaic virus) และการกักกินของหนอนกระทู้หอม จากการแช่เมล็ดในสารละลายไคโตซาน พบว่า ไคโตซานทุกชนิดทุกความเข้มข้น มีแนวโน้มที่จะทำให้ต้นกล้ากระเจี๊ยบเขียวพันธุ์ญี่ปุ่น Yamato Green สูงกว่าทริตเมนต์ควบคุมที่ไม่ได้รับไคโตซาน และเมื่อพ่นไคโตซานทางใบ พบว่า กระเจี๊ยบเขียวพันธุ์อินเดีย 9701 ที่ได้รับ O80 ที่ 25 ppm และ UCC ที่ 100 ppm มีแนวโน้มที่จะมีความสูง จำนวนใบ ดอก และผล เฉลี่ยต่อต้นสูงกว่าทริตเมนต์ควบคุม ผลที่คล้ายคลึงกันสามารถพบได้ในกระเจี๊ยบเขียวพันธุ์ญี่ปุ่น Yamato Green ที่พ่นด้วย O80 ที่ 25 ppm และ P80 ที่ 100 ppm ส่งผลกระทบต่อน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของกระเจี๊ยบเขียวพันธุ์อินเดีย 9701 อย่างมีนัยสำคัญ ขณะที่การพ่นไคโตซานเกือบทุกชนิดยกเว้น O80 ที่ 100 ppm ส่งผลให้กระเจี๊ยบเขียวพันธุ์นี้มีปริมาณน้ำภายในต้นต่อน้ำหนักสดเฉลี่ยต่อต้นน้อยกว่าต้นที่ไม่ได้รับไคโตซาน

พรพิมล สีคำ (2549) ศึกษาประสิทธิภาพของสารโคติน-สารไคโตซานในการยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์สาเหตุโรคพืชบางชนิด และการผลิตสารโคติน-ไคโตซานจากเชื้อราในกลุ่ม *Zygomycetes* พบว่า เมล็ดมะเขือเทศ แดงกวาง และข้าวโพดที่แช่สารละลายโคติน-ไคโตซานที่มีความเข้มข้น 0, 100, 1,000 และ 10,000 มิลลิลิตรต่อลิตร เป็นเวลา 6 ชั่วโมง พบว่า สารโคติน-ไคโตซานทุกความเข้มข้นไม่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์การงอก แต่เมื่อพืชอายุเกิน 7 วัน จะมีผลต่อความสูง และน้ำหนักแห้งของพืช

รณวิษ สิงหสุรศักดิ์ และคนอื่นๆ (2549) ศึกษาโดยทดลองย้ายปลูกต้นอ่อนกล้วยไม้ *Dendrobium* 'เอียสกุล' ที่ได้จากการเพาะเนื้อเยื่อ จำนวน 620 ต้น พบว่า นอกจากไคโตซานจะมีผลช่วยเพิ่มเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตของต้นอ่อนกล้วยไม้แล้ว ยังมีผลกระตุ้นการเจริญเติบโตของต้นอ่อนกล้วยไม้ด้วย ขึ้นอยู่กับขนาดโมเลกุล เปอร์เซ็นต์ degree of deacetylation และความเข้มข้นของไคโตซานที่ใช้ จากการทดลองใช้ไคโตซานโพลิเมอร์ และโอลิโกเมอร์ที่มีเปอร์เซ็นต์ DD เป็น 70, 80, และ 90 และความเข้มข้นต่าง ๆ กัน 5 ระดับ คือ 10, 20, 40, 80, และ 160 ppm รวม 30 ชุดการทดลองเปรียบเทียบกับชุดที่ไม่ได้ใช้ไคโตซาน โดยการแช่ต้นอ่อนกล้วยไม้ที่นำออกจากขวดในสารละลายไคโตซาน และพ่นไคโตซานทางใบให้ต้นอ่อนที่ย้ายปลูกสัปดาห์ละ 1 ครั้ง ตลอดการทดลอง เพื่อติดตามการรอดชีวิตและการเจริญเติบโตของต้นอ่อนเป็นเวลา 60 วัน พบว่า ไคโตซานโพลิเมอร์ส่วนใหญ่มีผลช่วยเพิ่มเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตของต้นอ่อนกล้วยไม้ได้ถึง 100 เปอร์เซ็นต์ ส่วนโอลิโกเมอร์ที่ 80 เปอร์เซ็นต์ DD ใช้ได้ผลดี ในด้านการเจริญเติบโตของต้นอ่อนหลังย้ายปลูกไคโตซานไม่มีผลต่อจำนวนหน่อต่อกระถาง แต่มีผลต่อจำนวนใบต่อกระถาง และการเติบโตของยอด ความยาววัดจากโคนต้นถึงปลายใบที่ยาวที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยโพลิเมอร์ (70 เปอร์เซ็นต์ DD) ความเข้มข้น 20 ppm ให้ประสิทธิผลสูงที่สุดสำหรับการย้ายปลูกกล้วยไม้หวายพันธุ์เอียสกุล

สมบุญ เตชะภิญญาวัฒน์ และคนอื่นๆ (2549) ศึกษาผลของไคโตซานที่ไม่ฉายรังสี และฉายรังสี 75 และ 100 kGy ความเข้มข้น 0, 50, 100, 150 และ 200 ppm โดยมีชุดการทดลองที่ไม่ใส่ไคโตซาน (น้ำกลั่น) เป็นชุดควบคุม ใช้ข้าวฟ่าง 5 สายพันธุ์ ได้แก่ พันธุ์ DA5, KU439, KU804, KU900 และ Late Hagari พบว่า การใช้ไคโตซานที่ไม่ฉายรังสีและฉายรังสีความเข้มข้นต่างกัน ไม่มีผลทำให้เปอร์เซ็นต์การงอกของเมล็ดข้าวฟ่างทั้ง 5 สายพันธุ์มีค่าแตกต่างกันทางสถิติ ส่วนการเจริญเติบโตของต้นกล้าข้าวฟ่างทั้ง 5 สายพันธุ์ ที่ใช้ไคโตซานต่างชนิดกันมีค่าแตกต่างกันทางสถิติ การเจริญเติบโตของต้นกล้าข้าวฟ่างสายพันธุ์ DA5 มีค่าสูงกว่าข้าวฟ่างพันธุ์อื่น ๆ การใช้ไคโตซานที่ฉายรังสีระดับ 100 kGy ความเข้มข้น 100 - 150 ppm ต้นกล้าข้าวฟ่างสายพันธุ์ DA5 มีความยาวยอด (6.10 - 6.20 เซนติเมตร) ราก (9.70 เซนติเมตร) และความยาวรวมของต้นกล้า (15.50 - 15.80 เซนติเมตร) สูงกว่าการใช้ไคโตซานระดับอื่น ๆ ขณะที่ความเข้มข้น 50 ppm ในข้าวฟ่างสายพันธุ์ Late Hagari การเจริญเติบโตของต้นกล้ามีค่าสูงสุด (15.20 เซนติเมตร) แต่เมื่อใช้ไคโตซานที่ไม่ฉายรังสี ความเข้มข้น 150 ppm ในข้าวฟ่างสายพันธุ์ KU439 และ KU900 หรือความเข้มข้น 200 ppm ในข้าวฟ่างสายพันธุ์ KU804 ทำให้ความยาวของราก และความยาวรวมของต้นกล้าข้าวฟ่างมีค่าสูงสุด

นพรัตน์ วงศ์อนุรักษ์ชัย (2548) ศึกษาผลของการตัดโพลีเมอร์ของไคโตซานด้วยรังสีแกมมาต่อการลดขนาดมวลโมเลกุลของไคโตซาน และความเข้มข้นไคโตซานต่อการเร่งการเจริญเติบโตของข้าว และการแลกเปลี่ยนฟอสฟอรัสในสภาพไอบอนในดินกับสารละลาย ที่ระดับรังสีปริมาณ 0 - 200 kGy พบว่า การฉายรังสีแกมมาในช่วง 0 - 100 kGy ที่ความเข้มข้นต่ำ 50 - 100 ppm มีแนวโน้มในการเร่งการเจริญเติบโตของข้าวที่อายุ 14 วัน ได้ดีที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม

สุชาดา บุญเลิศนิรันดร์ กิติ บุญเลิศนิรันดร์ และอริสรา สุขสถาน (2548) ศึกษาผลของไคโตซานต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1 โดยวางแผนการทดลองแบบ split plot design in RCB ทำ 4 ซ้ำ ปัจจัยหลัก คือ วิธีการใช้ 2 แบบ คือ แช่เมล็ด และแช่เมล็ด + ฉีดพ่น ปัจจัยรอง คือ ขนาดโมเลกุลไคโตซาน 3 ชนิด คือ โพลีเมอร์ (เปอร์เซ็นต์ DD 96.62) โอลิโกเมอร์ (เปอร์เซ็นต์ DD 95.01) และ โมโนเมอร์ (เปอร์เซ็นต์ DD 99.74) ความเข้มข้น 20 ppm และสิ่งทดลองควบคุม คือ การใช้ปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 อัตรา 30 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีสูตร 16-20-0 อัตรา 20 กิโลกรัมต่อไร่ ผลการทดลองพบว่า การใช้ไคโตซานชนิดโพลีเมอร์ แช่เมล็ดข้าวก่อนปลูก จากนั้นฉีดพ่นอีก 4 ครั้ง ทำให้ข้าวมีการสะสมน้ำหนักแห้งช่วงหลัง และจำนวนหน่อต่อต้นแตกต่างกับสิ่งทดลองควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ในขณะที่ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติในด้านความสูง การสะสมน้ำหนักแห้งช่วงแรก น้ำหนัก 1,000 เมล็ด จำนวนเมล็ดต่อรวงและผลผลิต แต่มีแนวโน้มว่า การใช้ไคโตซานชนิดโพลีเมอร์ แช่เมล็ดก่อนปลูก จากนั้นฉีดพ่นจะให้ผลผลิตสูงสุด คือ 171.25 กรัมต่อสิ่งทดลอง ในขณะที่การไม่ใช้ไคโตซานให้ผลผลิตเพียง 111.72 กรัมต่อสิ่งทดลอง

พัชรา ลิมปะนะเวช และคนอื่นๆ (2547) ศึกษาผลของไคโตซานที่มีต่อการเจริญเติบโตทางต้นและใบของกล้วยไม้ *Dendrobium* ‘เอียสกุล’ โดยใช้ไคโตซาน 6 ชนิด ได้แก่ ไคโตซานชนิดโพลีเมอร์ (70 เปอร์เซ็นต์ DD) และไม่ผ่านการย่อยโดยเอนไซม์ไคตินเนส ไคโตซานชนิดโอลิโกเมอร์ (70 เปอร์เซ็นต์ DD) และผ่านการย่อยโดยเอนไซม์ไคตินเนส ไคโตซานชนิดโพลีเมอร์ (80 เปอร์เซ็นต์ DD) และไม่ผ่านการย่อยโดยเอนไซม์ไคตินเนส ไคโตซานชนิดโพลีเมอร์ (80 เปอร์เซ็นต์ DD) และผ่านการย่อยโดยเอนไซม์ไคตินเนส ไคโตซานชนิดโพลีเมอร์ (90 เปอร์เซ็นต์ DD) และไม่ผ่านการย่อยโดยเอนไซม์ไคตินเนส ไคโตซานชนิดโพลีเมอร์ (90 เปอร์เซ็นต์ DD) และผ่านการย่อยโดยเอนไซม์ไคตินเนส พบว่า ไคโตซานชนิดต่าง ๆ ดังกล่าวไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตของลำลูกกล้วยไม้และใบของกล้วยไม้หวาย *Dendrobium* ‘เอียสกุล’ เมื่อวัดผลการเจริญเติบโตภายหลังการให้ไคโตซานที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ คือ 1, 10, 50 และ 100 ppm โดยการผสมและฉีดพ่นพร้อมกับปุ๋ยทุกสัปดาห์เป็นเวลา 6 สัปดาห์ แต่อย่างไรก็ดีพบว่า ไคโตซานสามารถชักนำให้เกิดดอกได้เร็วขึ้น

ชนัสพร เกลียงแก้ว สุวดี จันทรกระจ่าง และพัลภา เสวตศิลา (2546) ศึกษาผลของไคโตซานที่มีต่ออัตราการรอดตาย และการเจริญเติบโตของกล้วยไม้สกุลรองเท้านารีลูกผสม *Paphiopedilum bellatulum*×PHPA. Angthong โดยใช้สารไคโตซานที่ระดับความเข้มข้น 0, 2.5, 5, 10, 20 และ 40 ppm สามารถกระตุ้นให้กล้วยไม้งอกรากเกิดใบใหม่ และกระตุ้นการเจริญเติบโตทางด้านความกว้างและความยาวของใบเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม การใช้สารไคโตซานที่ระดับความเข้มข้น 10 ppm หลังจากให้สารไปแล้ว 30 วัน ทำให้ใบของกล้วยไม้ ใบที่ 1 ใบที่ 2 และใบที่ 3 มีความยาวใบเฉลี่ยเพิ่มมากที่สุด โดยที่กลุ่มการทดลองควบคุมที่ไม่ใช้สารไคโตซาน มีความกว้างและความยาวใบเฉลี่ยน้อยที่สุด และพบว่าในแต่ละกลุ่มทดลองนั้น กลุ่มควบคุมมีการกักกินของหนอนและแมลง ใบเหี่ยวแห้ง ขอบใบโดนกัดกิน และต้นตายจำนวนหนึ่ง เนื่องจากทนต่อสภาพแวดล้อมได้ไม่ดี

สุวดี จันทรกระจ่าง เพ็ญใจ สมพงษ์ชัยกุล และ สมชาย ต่วนต่าน (2546) ศึกษาผลของการใช้ไคโตซานในการปลูกพืชผักสวนครัวแบบผสมผสาน ได้แก่ พริก ผักคะน้า ผักกั้นไข่ และมะระเล็ก พร้อมกันในแปลงเดียวกัน แบ่งพื้นที่แปลงเป็น 5 ส่วน เพื่อทดสอบการใช้ไคโตซานในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน ตั้งแต่ 0, 3.75, 7.50, 11.25, และ 15.00 ppm ตามลำดับ การปฏิบัติทุกอย่างในแปลงเหมือนกันทุกประการ ยกเว้นการใช้ไคโตซานผสมน้ำฉีดพ่นในแต่ละพื้นที่ที่กำหนดไว้ด้วยปริมาณที่ต่างกันเท่านั้น นับตั้งแต่เริ่มปลูกจนถึงการเก็บเกี่ยวขั้นสุดท้าย มีผลทำให้น้ำหนักเฉลี่ยต่อต้นสูงขึ้นและสูงกว่าชุดควบคุม โดยอัตราการใช้ไคโตซานที่ 3.75 ppm ทำให้ผักมีน้ำหนักเฉลี่ยต่อต้นสูงที่สุด

ปิยะบุตร วานิชพงษ์พันธุ์ (2544) ศึกษาการใช้ไคโตซานเพื่อเพิ่มอัตราการงอกของเมล็ดพันธุ์พืชจำนวน 30 ชนิด โดยใช้อัตราส่วนระหว่างสารละลายของไคโตซานและน้ำต่าง ๆ กัน ได้แก่ 0 : 1,000 (สภาพควบคุม) 0.5 : 1,000, 1 : 1,000 และ 1 : 2,000 พบว่า ที่อัตราส่วน 1 : 1,000 แสดงผลการงอกของเมล็ดพันธุ์พืชทั้ง 30 ชนิดสูงกว่าที่อัตราส่วนอื่น ๆ ขณะเดียวกันระยะเวลาที่ใช้ในการงอกก็ลดลงด้วยเมื่อเทียบกับสภาพควบคุม

พิระวรรณ พัฒนวิภาส เตื่อนใจ บุญหลง และสุวดี จันทร์กระจ่าง (2543) รายงานการทดลองใช้สารไคตินและไคโตซานเพื่อกระตุ้นการเจริญเติบโตของพืช พบว่า ช่วยทำให้พืชดูดซึมน้ำได้ดีขึ้น ทำให้พืชมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นและเพิ่มปริมาณของผลผลิตได้ดีขึ้นกว่าที่ไม่ใช้สารไคติน-ไคโตซาน นอกจากนี้ยังได้มีการทดสอบใช้สารไคตินและไคโตซานในการเพิ่มความต้านทานของโรคราน้ำค้างของข้าวโพด โดยพ่นสารไคตินและไคโตซานความเข้มข้นตั้งแต่ 50, 70 และ 100 ppm มีเปอร์เซ็นต์ของการเป็นโรคน้อยกว่ากลุ่มที่ไม่พ่นโดยมีความเป็นโรคเพียง 36.1, 14.7 และ 30.6 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับข้าวโพดพันธุ์เดียวกันที่ไม่ได้พ่นสารไคติน-ไคโตซานซึ่งมีจำนวนการเป็นโรคราน้ำค้างถึง 62.9 เปอร์เซ็นต์

Nge and others (2006) ศึกษาผลของไคโตซานสกัดจากเปลือกกุ้ง (shrimp chitosan) และเชื้อรา (fungal chitosan) ต่อการเจริญและการพัฒนาเนื้อเยื่อเจริญกล้วยไม้ที่เพาะเลี้ยงในอาหารเหลวและอาหารแข็ง มีการเพิ่มปริมาณของ protocorm-like bodies เมื่อใส่ไคโตซานจากเปลือกกุ้ง ชนิดโพลิโกเมอร์และ fungal chitosan ที่ระดับความเข้มข้น 15 ppm และ 20 ppm การเพาะเลี้ยง protocorm-like body ของกล้วยไม้สกุลหวาย 'เอียสกุล' ในอาหารเหลวสูตร Vacin and Went ดัดแปลงที่เติมไคโตซานแบบต่าง ๆ ความเข้มข้น 10, 20, 40, 80 และ 160 ppm พบว่า ไคโตซานความเข้มข้น 160 ppm มีผลทำให้เนื้อเยื่อชีดขาว และเซลล์ตาย ส่วนที่ความเข้มข้น 80 ppm มีผลยับยั้งการเจริญเติบโตของ protocorm-like bodies เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมที่ไม่ได้ให้ไคโตซาน อย่างไรก็ตามไคโตซานที่ใช้ในการศึกษาในครั้งนี้สามารถกระตุ้นการเพิ่มปริมาณของ protocorm-like bodies ได้อย่างมีนัยสำคัญ โดยเฉพาะอย่างยิ่งไคโตซานโพลิเมอร์ 70 เปอร์เซ็นต์ DD และ 90 เปอร์เซ็นต์ DD เมื่อใช้ระดับความเข้มข้น 10 ppm และ 20 ppm ตามลำดับ

Barka and others (2004) ศึกษาการเจริญเติบโตขององุ่น (*Vitis vinifera* L. cv. Chardonnay) ในหลอดทดลอง พบว่า เมื่อเติมไคโตซานที่อยู่ในรูปของสารละลาย ชื่อ chitogel ลงในอาหาร PDA ในการเพาะเลี้ยงองุ่น ทำให้องุ่นในหลอดทดลองมีการเจริญเติบโตดีกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และ chitogel ยังสามารถยับยั้งการเจริญของ *Botrytis cinerea* ได้อีกด้วย

Limpanavech (2003) ศึกษาอิทธิพลของชนิดและความเข้มข้นของไคโตซานที่มีต่อการเจริญเติบโตของกล้วยไม้ *Dendrobium* 'เอียสกุล' โดยใช้ชนิดของไคโตซานที่เป็น oligomer

และ polymer (70, 80 และ 90 เปอร์เซ็นต์ DD) ความเข้มข้นของไคโตซานแต่ละชนิด 4 ระดับ คือ 1, 10, 50 และ 100 ppm ตามลำดับ ทำการฉีดพ่น 1 ครั้งต่อสัปดาห์ ทั้งหมด 68 สัปดาห์ พบว่าไคโตซานมีผลต่อการเร่งการเจริญเติบโตของกล้วยไม้ ทำให้เกิดดอกเร็วกว่าชุดที่ไม่ใช้สารไคโตซาน

Luan and others (2002) ศึกษาโดยการใช้ไคโตซานที่ระดับ 80 เปอร์เซ็นต์ DD (Degree of deacetylation) และความเข้มข้นสารละลายไคโตซานที่เตรียมเป็น 10 เปอร์เซ็นต์ นำมาฉายรังสีในช่วง 10 - 250 kGy ใส่ในอาหารเพาะเลี้ยง เพื่อทดสอบการเจริญเติบโตของพืชดอกในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ พบว่า ไคโตซานสามารถเพิ่มความยาวของยอด ความยาวของราก และน้ำหนักสดของ *Limonium lantifolium*, *Eustoma grandiflorum* และ *Chrysanthemum morifolium* ในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ ความเข้มข้นที่เหมาะสม คือ 100 kGy ที่ 100 ppm สำหรับ *C. morifolium* 30 ppm สำหรับ *E. grandiflorum* และ 40 ppm สำหรับ *L. lantifolium*

Siri-Upathum (2002) ศึกษาการนำไคโตซานที่ตัดสายโพลิเมอร์ด้วยการฉายรังสีแกมมา มาเตรียมเป็นสารละลายที่มีความเข้มข้น 4 ระดับ ได้แก่ 25, 50, 75 และ 100 ppm และนำมาใส่ให้กับกล้วยไม้ พบว่า ทำให้อัตราการเจริญเติบโตของกล้วยไม้ดีขึ้น โดยที่ระดับความเข้มข้น 50 - 75 ppm เป็นระดับที่ให้อัตราการเจริญเติบโตสูงที่สุด

Tham and others (2001) ศึกษาความเป็นพิษของวานิเลียมต่อพืช และอิทธิพลของไคโตซานต่อการเจริญเติบโตของพืช การลดระดับความเป็นพิษของวานิเลียมในพืช 4 ชนิด ได้แก่ ถั่วเหลือง ข้าว ข้าวสาลี และข้าวบาเลย์ พบว่า การฉายรังสีระดับ 100 kGy ระดับความเข้มข้น 100 - 200 ppm จะมีคุณสมบัติในการเร่งการเจริญเติบโต ลดความเป็นพิษของวานิเลียมของกล้าข้าว และข้าวสาลีมีการเจริญเติบโตดีขึ้น

Ohta and others (1999) ศึกษาผลของไคโตซานที่มีต่อการเจริญเติบโตใน *Lilium* (*Eustoma grandiflorum*) ซึ่งเป็นไม้ประดับขนาดเล็ก พบว่าการใช้ไคโตซานความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ ใส่ลงในดินที่ใช้ในการปลูกจะมีผลในการกระตุ้นการเจริญเติบโต และเร่งการออกดอกให้เร็วขึ้น และหากทำการตัดช่อดอกก่อนอายุ 7 - 10 วัน ก่อนระยะดอกบานมาแช่ในสารละลายไคโตซาน หรือแช่ในสารละลายไคโตซานร่วมกับน้ำตาล จะทำให้ช่อดอกยึดตัวได้มากกว่าการแช่น้ำเพียงอย่างเดียว นอกจากนี้ยังพบว่าการแช่ในไคโตซาน หรือการแช่ในไคโตซานร่วมกับน้ำตาล มีผลทำให้ดอกมีสีเข้มขึ้นอีกด้วย ผลการศึกษานี้ก็นำไปประยุกต์ใช้ในการจัดดอกไม้เพื่อการตกแต่งต่อไป

3.2 ด้านการป้องกันโรคและแมลงศัตรูพืช

ปิยะวรรณ ขวัญมงคล (2551) ศึกษาผลของไคโตซานต่อการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *Lasiodiplodia* sp. ในลำไยพันธุ์อีดอหลังการเก็บเกี่ยว พบว่า ไคโตซาน โอลิโกเมอร์ 1 เปอร์เซ็นต์ สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อ *Lasiodiplodia* sp. ได้อย่างสมบูรณ์ เมื่อนำไคโตซาน โอลิโกเมอร์

0.5 และ 1 เปอร์เซ็นต์ ไปฉีดพ่นให้ลำไยพันธุ์อีดอกก่อนการเก็บเกี่ยว สามารถชักนำหรือกระตุ้นให้เปลือกลำไยสร้างสารยับยั้งการเจริญเชื้อ *Lasiodiplodia* sp.

พรพิมล สีคำ (2549) ประสิทธิภาพของสารไคติน-สารไคโตซานในการยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์สาเหตุโรคพืชบางชนิด และการผลิตสารไคติน-ไคโตซานจากเชื้อราในกลุ่ม *Zygomycetes* พบว่า สารไคติน-ไคโตซานที่ความเข้มข้นตั้งแต่ 400, 500 และ 600 mg/L สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อแบคทีเรียทั้ง 3 ชนิด ได้ 100 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนสารไคติน-ไคโตซานที่ความเข้มข้น 1,000 mg/L สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อราสาเหตุโรคพืช 4 ชนิด คือ *Colletotrichum gloeosporioides* (PenZ.), *Pythium aphanidermatum* (Edson) Fitzp., *Sclerotium rolfsii* Sacc. และ *Ustilago scitaminea* Syd. ได้ 31.33, 69.89, 69.78 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

Hadrami and others (2010) ศึกษาการใช้ไคโตซานในการป้องกันพืช พบว่า สารดังกล่าวมีฤทธิ์ทำให้เกิดความเป็นพิษและยับยั้งการเจริญของเชื้อราได้ สารที่ได้จากไคตินและไคโตซานยังทำหน้าที่เป็นสารกระตุ้นในพืชทำให้สามารถป้องกันการติดเชื้อโรคต่าง ๆ ได้ รวมทั้งทำให้เกิดการสะสม phytoalexins ที่ช่วยยับยั้งเอนไซม์ proteinase ทำให้เกิดการสังเคราะห์ลิคินินและเซลลูโลสในพืชเพิ่มขึ้น จากคุณสมบัติของไคตินและไคโตซานดังที่กล่าวมาแล้วจึงทำให้ต้นพืชที่ได้รับสารดังกล่าวมีความแข็งแรงต้านทานต่อโรค จึงมีการนำมาใช้อย่างแพร่หลายในทางการเกษตรเพื่อลดการเกิดโรคพืชและทำให้ผลผลิตมีคุณภาพดีขึ้นและได้มีการวิจัยเกี่ยวกับคุณสมบัติกับการนำไปใช้ประโยชน์ของสารไคติน ไคโตซานรวมทั้งสารอนุพันธ์ที่เกิดขึ้นจากสารดังกล่าวด้วย

Kittiya Sangpakdee and Supanee Pimsamarn (2006) ศึกษาการใช้สารสกัดจากพืชและ chitosan ในการควบคุมเพลี้ยไฟศัตรูเบญจมาศหลังการเก็บเกี่ยว จากการทดสอบการลดปริมาณเพลี้ยไฟ และผลต่ออายุการปักแจกัน โดยใช้ 2 วิธี คือการพ่นแบบถูกตัวตาย และการจุ่มดอกเบญจมาศในสารละลายที่ใช้ทดสอบ 8 ชนิด ได้แก่ สารสกัดสะเดา 5 เปอร์เซ็นต์ สารสกัดหางไหลแดง 0.5 เปอร์เซ็นต์ chitosan 0.05 เปอร์เซ็นต์ สารสกัดว่านหางจระเข้ 5 เปอร์เซ็นต์ น้ำส้มควันไม้ 0.2 เปอร์เซ็นต์ เปรียบเทียบกับสารเคมีสังเคราะห์ คือ imidacloprid 0.04 เปอร์เซ็นต์ spinosad 0.024 เปอร์เซ็นต์ และน้ำเปล่า ผลการทดลอง พบว่า การป้องกันกำจัดเพลี้ยไฟที่ติดมากับดอกเบญจมาศ โดยกรรมวิธีการจุ่มดอกที่เวลา 48 ชั่วโมง การใช้สารฆ่าแมลง imidacloprid สามารถลดปริมาณเพลี้ยไฟได้ดีที่สุดคือ 100 เปอร์เซ็นต์ ส่วนกรรมวิธีการพ่นแบบถูกตัวตายที่เวลา 48 ชั่วโมง imidacloprid spinosad สารสกัดว่านหางจระเข้ สารสกัดหางไหลแดง และน้ำส้มควันไม้ สามารถลดปริมาณเพลี้ยไฟได้ดีที่สุดคือ 100 เปอร์เซ็นต์ แสดงให้เห็นว่าการใช้สารสกัดจากพืชสามารถลดปริมาณเพลี้ยไฟได้ในเวลา 48 ชั่วโมง เมื่อเทียบกับการใช้สารเคมีแต่มีความแตกต่างกันทางสถิติจากชุดควบคุมเช่นเดียวกันกับกรรมวิธีการจุ่มดอก ในขณะที่การศึกษาผลต่ออายุการปักแจกันของดอกเบญจมาศโดยกรรมวิธีการจุ่มดอก

เบญจมาศ พบว่า chitosan มีผลต่ออายุการปักแฉก้นานที่สุดเฉลี่ยเท่ากับ 9.00 วัน ส่วนกรรมวิธีการพ่นดอก พบว่า สารสกัดว่านหางจระเข้ มีผลต่ออายุการปักแฉก้นานที่สุด เฉลี่ยเท่ากับ 10.33 วัน

Badawy and others (2005) ศึกษาการใช้สารอนุพันธ์ OAC ที่มีฤทธิ์เป็นสารฆ่าแมลงเพื่อต้านทานหนอนเจาะสมอ (*Spodoptera littoralis*) พบว่า สารอนุพันธ์ OAC (O-Acetyl Chitosan) มีฤทธิ์เป็นสารฆ่าแมลงและยับยั้งการเจริญเติบโตเมื่อใช้กับตัวอ่อนของหนอนเจาะสมอ ผลการศึกษา พบว่า หนอนวัยอ่อนที่ได้รับอาหารที่ผสมสารดังกล่าวจะเกิดการแคระแกร็น เนื่องจากสารอนุพันธ์ของไคโตซานที่สังเคราะห์ได้นั้นจะเข้าไปรบกวนการกินอาหารของหนอนวัยอ่อนหรืออาจทำให้เกิดความเป็นพิษ จึงทำให้การเจริญเติบโตของหนอนวัยอ่อนเหล่านั้นลดลง

นอกจากนี้สารอนุพันธ์ตัวอื่นๆ ได้แก่ O-(butyryl) chitosan, O-(2-methylbutyryl) chitosan, O-(bentanoyl) chitosan และ O-(heptanoyl) chitosan สามารถทำลายตัวอ่อนของหนอนเจาะสมอได้มากกว่า 40 เปอร์เซ็นต์ และยับยั้งการเจริญเติบโตของตัวอ่อนได้ 57 เปอร์เซ็นต์ จึงนับได้ว่าสารดังกล่าวออกฤทธิ์ในการฆ่าแมลงได้สูง จะเห็นได้ว่าสารประกอบที่เป็นอนุพันธ์ของไคโตซานที่ถูกสังเคราะห์ขึ้นจะมีการออกฤทธิ์ได้เร็วกว่าไคโตซาน แต่ก็ยังมีสารอนุพันธ์บางชนิดที่ออกฤทธิ์ได้ช้ากว่าไคโตซาน

Rabea and others (2005) ศึกษาคุณสมบัติการเป็นสารกำจัดแมลงและสารกำจัดเชื้อราของสารที่สังเคราะห์ขึ้นใหม่จากอนุพันธ์ของไคโตซาน ได้ทำการสังเคราะห์สารอนุพันธ์ใหม่ของไคโตซานขึ้นมา 24 ชนิด โดยใช้วิธีการต่าง ๆ กัน จากนั้นทำการทดสอบคุณสมบัติการเป็นสารกำจัดแมลงและสารกำจัดเชื้อราโดยทำการทดสอบกับหนอนเจาะสมอฝ้ายวัยอ่อนและเชื้อรา 2 ชนิด คือ *Botrytis cinerea* Pers และ *Pyricularia grisea* Cavara สำหรับการเป็นสารกำจัดแมลงทดสอบโดยผสมสารอนุพันธ์ชนิดต่าง ๆ ในอาหารที่จะให้หนอนเจาะสมอฝ้ายวัยอ่อนกินในอัตราสาร 5 กรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม พบว่า อนุพันธ์ที่ทำหน้าที่เป็นสารกำจัดแมลงได้ดีที่สุด คือ N-(2-chloro-6-fluorobenzyl) chitosan หลังจากที่ใช้สารนี้ผสมกับอาหาร 2 - 3 วัน ทำให้หนอนเจาะสมอฝ้ายวัยอ่อนตายทั้งหมด แต่กลไกของปฏิกิริยายังไม่ทราบว่าเกิดขึ้นอย่างไร ส่วนในการเป็นสารกำจัดเชื้อรา พบว่า อนุพันธ์ของไคโตซานที่สังเคราะห์ได้ส่วนใหญ่สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราทั้ง 2 ชนิดดังกล่าวได้ พบว่า สารอนุพันธ์ของไคโตซาน คือ N-Dodecylchitosan, N-(p-isopropylbenzyl) chitosan and N-(2,6-dichlorobenzyl) chitosan สามารถต้านทานต่อเชื้อรา *Botrytis cinerea* Pers ได้ดี และ N-(m-nitrobenzyl) chitosan สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Pyricularia grisea* ได้ดี

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (experimental research) ในเรื่อง “ผลของการใช้สารไคโตซานในการผลิตผักคะน้า” โดยมีพืชเป้าหมาย คือ ผักคะน้า โดยแบ่งวิธีการวิจัยเป็น 3 ส่วน ดังนี้

1. การทดลองที่ 1 เพื่อศึกษาผลของไคโตซานต่อการเจริญเติบโตของผักคะน้า

1.1 รูปแบบการวิจัย เป็นการวิจัยเชิงทดลอง ใช้แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design : CRD) โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 5 ทริตเมนต์ 4 ซ้ำ ดังนี้

ทริตเมนต์ที่ 1 พ่นน้ำเปล่า

ทริตเมนต์ที่ 2 พ่นไคโตซานที่อัตรา 5 มิลลิลิตรต่อน้ำ 20 ลิตร

ทริตเมนต์ที่ 3 พ่นไคโตซานที่อัตรา 10 มิลลิลิตรต่อน้ำ 20 ลิตร

ทริตเมนต์ที่ 4 พ่นไคโตซานที่อัตรา 15 มิลลิลิตรต่อน้ำ 20 ลิตร

ทริตเมนต์ที่ 5 พ่นไคโตซานที่อัตรา 20 มิลลิลิตรต่อน้ำ 20 ลิตร

โดยทำการวัดความสูงของต้นคะน้าทุก 7 วัน และวัดน้ำหนักรวมสุดท้ายของผักคะน้าเมื่อเก็บเกี่ยวที่อายุ 45 วัน เปรียบเทียบความแตกต่างในแต่ละกรรมวิธี โดยวางผังการทดลอง ดังแสดงในภาพที่ 3.1

T2	T5	T3	T1	T4
T4	T1	T2	T4	T1
T5	T1	T2	T3	T2
T3	T4	T5	T3	T5

ภาพที่ 3.1 แผนผังการทดลองที่ 1

ในแต่ละทรีตเมนต์ ประกอบด้วยกระถางปลูกจำนวน 5 กระถาง ปลูกผักคะน้า กระถางละ 5 ต้น ทำการสุ่มเลือกกรรมวิธีทดลองให้แต่ละทรีตเมนต์โดยการจับฉลาก นำกระถาง ทั้งหมดไปวางภายในมุ้งทดลอง

1.2 วิธีการดำเนินการวิจัย

1.2.1 การให้สาร ทำการฉีดพ่นสารไลโคซาน ลงในทรีตเมนต์ปริมาณ 300 มิลลิลิตร ต่อกระถาง ในช่วงเวลา 17.00 นาฬิกา โดยใช้สารไลโคซานจำนวน 0.00, 0.25, 0.50 และ 1 มิลลิลิตร ผสมน้ำ 1 ลิตร เพื่อให้ได้สารที่มีความเข้มข้น 0, 5, 10, 15 และ 20 มิลลิลิตรต่อ 20 ลิตร ทุก ๆ 7 วัน

1.2.2 การดูแลรักษา ให้น้ำแก่ผักคะน้าในแต่ละทรีตเมนต์วันละ 2 ครั้งในเวลา 08.00 นาฬิกา และ 17.00 นาฬิกา

1.3 การเก็บข้อมูลการเจริญเติบโตของผักคะน้า

โดยการบันทึกข้อมูลการเจริญเติบโต จำนวน 5 ต้น ต่อ 1 กระถาง ทรีตเมนต์ละ 5 กระถาง จำนวน 25 ต้น ต่อทรีตเมนต์

1.3.1 ความสูงของต้น (เซนติเมตร) โดยใช้ไม้บรรทัดวัดจากโคนต้น ไปถึงใบยอด

1.3.2 เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น (เซนติเมตร) โดยใช้เวอร์เนียร์ คาลิเปอร์ วัดที่ ความสูงจากพื้น 5 เซนติเมตรของลำต้น

1.3.3 น้ำหนักสดของต้น โดยตัดบริเวณ โคนต้นซึ่งน้ำหนักสดในแต่ละกลุ่มทดลอง

1.4 วิธีวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์โดยใช้ analysis of variance (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างทรีตเมนต์ โดย Duncan's New Multiple Range Test

2. การทดลองที่ 2 เพื่อศึกษาผลของไคโตซานในการป้องกันกำจัดด้วงหมัดผัก หนอนกระทู้ผัก และหนอนใยผัก

2.1 รูปแบบการวิจัย เป็นการวิจัยเชิงทดลอง ใช้แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ภายในบล็อก (ซ้ำ) (Randomized Complete Block Design: RCB) โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 5 ทรีตเมนต์ ทรีตเมนต์มี 4 ซ้ำ โดยให้บล็อกเป็นซ้ำ ดังนี้

ทรีตเมนต์ที่ 1 พ่นน้ำเปล่า

ทรีตเมนต์ที่ 2 พ่นไคโตซานที่อัตรา 5 มิลลิลิตรต่อน้ำ 20 ลิตร

ทรีตเมนต์ที่ 3 พ่นไคโตซานที่อัตรา 10 มิลลิลิตรต่อน้ำ 20 ลิตร

ทรีตเมนต์ที่ 4 พ่นไคโตซานที่อัตรา 15 มิลลิลิตรต่อน้ำ 20 ลิตร

ทรีตเมนต์ที่ 5 พ่นไคโตซานที่อัตรา 20 มิลลิลิตรต่อน้ำ 20 ลิตร

ทำการตรวจนับการเข้าทำลายของศัตรูพืชจำพวก ด้วงหมัดผัก หนอนกระทู้ผัก และหนอนใยผัก โดยการนับจำนวนต้นผักคะน้าที่ถูกทำลายในแต่ละทรีตเมนต์ และชนิดของแมลงที่เข้าทำลายโดยการตรวจนับทุก ๆ 3 วัน ตลอดอายุการเก็บเกี่ยวที่ 45 วัน

โดยในแต่ละซ้ำประกอบด้วย 5 ทรีตเมนต์ ๆ ละ 120 ต้น จำนวน 4 ซ้ำ ทำการสุ่มโดยใช้เทคนิคตารางเลขสุ่ม สุ่มออกเป็น 5 ทรีตเมนต์ ทำการสุ่มเลือกทรีตเมนต์ให้แต่ละซ้ำโดยการจับฉลาก ดังแสดงในภาพที่ 3.2

T_3		T_3
T_2		T_1
T_4		T_4
T_1		T_5
T_5		T_2
Block 1		Block 2
T_2		T_3
T_4		T_2
T_1		T_4
T_3		T_1
T_5		T_5
Block 3		Block 4

ภาพที่ 3.2 แผนผังการทดลองที่ 2

2.2 วิธีการดำเนินการวิจัย

2.2.1 **การให้สาร** ฟ่นสารโคโตซานลงในทรีตเมนต์ปริมาณ 5,000 มิลลิลิตรต่อทรีตเมนต์ ในช่วงเวลา 17.00 นาฬิกา โดยใช้สารโคโตซานจำนวน 0, 1.25, 2.50, 3.75 และ 5.00 มิลลิลิตร ผสมน้ำ 5 ลิตร เพื่อให้ได้สารที่มีความเข้มข้น 0, 5, 10, 15 และ 20 มิลลิลิตรต่อ 20 ลิตร ทุก ๆ 7 วัน

2.2.2 **การดูแลรักษา** ให้น้ำแก่ผักคะน้าในแต่ละทรีตเมนต์วันละ 2 ครั้งในเวลา 08.00 นาฬิกา และ 17.00 นาฬิกา

2.2.3 **การเก็บข้อมูลการเข้าทำลายของแมลงศัตรูพืช และการเจริญเติบโตของผักคะน้า** โดยการบันทึกข้อมูลจำนวนต้นที่ถูกด้วงหมัดผัก หนอนกระทู้ผัก และหนอนใยผัก เข้าทำลายในแต่ละทรีตเมนต์

2.2.4 **ความสูงของต้น (เซนติเมตร)** โดยใช้ไม้บรรทัดวัดจากโคนต้นถึงใบยอด

2.2.5 **เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น (เซนติเมตร)** โดยใช้เวอร์เนียส คาลิเปอร์ วัดสูงจากพื้น 5 เซนติเมตร

2.2.6 **น้ำหนักสดของต้น** โดยตัดบริเวณ โคนต้นซึ่งน้ำหนักสดในแต่ละทรีตเมนต์

3. การเก็บข้อมูลต้นทุนและผลตอบแทนของการผลิตผักคะน้า

โดยการบันทึกข้อมูลเกี่ยวกับการผลิตผักคะน้า การใช้ปัจจัยการผลิต ต้นทุน ผลตอบแทน และกำไร ตลอดระยะเวลาการผลิตเป็นเวลา 45 วัน

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

4.1 **การวิเคราะห์การเจริญเติบโตของคะน้าที่ถูกพ่นด้วยสารโคโตซานที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ กัน และการป้องกันแมลงศัตรูของผักคะน้า** โดยใช้ Analysis of Variance (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างทรีตเมนต์โดย Duncan's New Multiple Range Test

4.2 การวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทน

4.2.1 **การวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตผักคะน้า** ต้นทุนที่จะนำมาคำนวณ แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ต้นทุนคงที่ และต้นทุนผันแปร ซึ่งจะพิจารณาทั้งต้นทุนที่เป็นเงินสดและไม่เป็นเงินสด ดังนี้

1) **ต้นทุนคงที่** คือ ค่าใช้จ่ายในการผลิตผักคะน้า ค่าใช้ที่ดิน และค่าเสียโอกาสเงินลงทุนในการซื้อปัจจัยการผลิตซึ่งเป็นค่าใช้จ่ายในการลงทุน

ค่าใช้ที่ดิน คิดประเมินอัตราค่าเช่าที่ดินในท้องที่ ๆ ทำการศึกษาจะประเมินค่าใช้ที่ดินเท่ากับอัตราค่าเช่าที่ดินในท้องที่ โดยสำรวจและสอบถามข้อมูลจากเจ้าของที่ดิน ให้เช่าในพื้นที่ตำบลบางแพ อำเภอดอนใหญ่ จังหวัดราชบุรี เดือนพฤษภาคม 2555 ขนาด 16×28 เมตร (448 ตารางเมตร)

2) **ต้นทุนผันแปร** คือ ค่าใช้จ่ายในการผลิตที่เกิดจากปัจจัยผันแปร 5 ชนิด ได้แก่

(1) **ค่าแรงงานในการผลิต** ประกอบด้วย ค่าแรงในการเตรียมแปลงผลิ การให้น้ำ ใส่ปุ๋ย และการดูแลรักษา สำหรับการคิดค่าแรงงาน ประเมินจากอัตราค่าแรงเป็นรายวัน ในท้องที่ที่ทำการศึกษา โดยพิจารณาจากหนึ่งวันงาน เท่ากับ 8 ชั่วโมงทำงาน ถือเป็นค่าใช้จ่ายที่ไม่เป็นเงินสด ตามประกาศคณะกรรมการค่าจ้าง เรื่อง อัตราค่าจ้างขั้นต่ำ (ฉบับที่ 6) 2554 ประกาศ ณ วันที่ 2 พฤศจิกายน พ.ศ. 2554 ข้อ 14 ให้กำหนดอัตราค่าจ้างขั้นต่ำ เป็นเงินวันละสองร้อยห้าสิบบาท ในท้องที่ จังหวัดเชียงใหม่ และราชบุรี

(2) **ค่าเตรียมแปลงปลูก** โดยการจ้างคนงานขุดดิน

(3) **ค่าวัสดุอุปกรณ์** ประกอบด้วยเมล็ดพันธุ์ ปุ๋ยอินทรีย์ ปุ๋ยเคมี สารโคโตซาน ฟางข้าว และค่าน้ำมัน คำนวณโดยนำปริมาณที่ใช้ทั้งหมดต่อรุ่นการผลิตคูณกับราคาเฉลี่ยต่อหน่วย ในท้องที่ หาดด้วยจำนวนรวมผลผลิตที่ทำการศึกษาใน 1 รุ่น ได้เป็นค่าวัสดุอุปกรณ์เฉลี่ยต่อหน่วย

(4) **ค่าเสียโอกาสค่าใช้จ่ายที่เป็นเงินสด** คิดสำหรับค่าใช้จ่ายที่เป็นต้นทุนผันแปรทั้งหมด โดยคำนวณจากอัตราดอกเบี้ยเงินฝากที่ อัตราดอกเบี้ย 0.50 บาทต่อปี

3) **ต้นทุนรวม** ซึ่งต้นทุนรวมจากการผลิตผักคะน้าคำนวณได้ ดังนี้

ต้นทุนรวม = ต้นทุนคงที่ + ต้นทุนผันแปร

4.2.2 การวิเคราะห์ผลตอบแทนในการผลิตผักคะน้า ดังนี้

1) **รายได้ทั้งหมด** ซึ่งรายได้ทั้งหมดจากการผลิตผักคะน้า คำนวณได้ ดังนี้

รายได้ทั้งหมด = ผลผลิตทั้งหมด \times ราคาขาย

2) **กำไรสุทธิ** ซึ่งกำไรสุทธิจากการผลิตผักคะน้า คำนวณได้ดังนี้

กำไรสุทธิ = รายได้ทั้งหมด - ต้นทุนทั้งหมด

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ตอนที่ 1 อัตราการใช้ที่เหมาะสมของสารโคโตซานที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของผักคะน้า

จากการวิจัยอัตราการใช้ที่เหมาะสมของสารโคโตซานที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของผักคะน้า โดยใช้สารโคโตซานที่อัตรา 0.25, 0.50, 0.75 และ 1.00 มิลลิลิตรต่อลิตร และไม่ได้รับสารโคโตซาน โดยการพ่นบริเวณใบและลำต้นพืช ปริมาณ 300 มิลลิลิตรต่อกระถาง มีผลการวิจัยดังนี้

การทดลองที่ 1 อัตราการใช้สารโคโตซานที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของผักคะน้า

1.1 ผลของอัตราการใช้สารโคโตซานที่มีต่อความสูงของผักคะน้า

จากการศึกษาเปรียบเทียบสารโคโตซานที่อัตราการใช้ 0.25, 0.50, 0.75 และ 1.00 มิลลิลิตรต่อลิตรต่อการเจริญเติบโตของผักคะน้า พบว่า เมื่ออายุได้ 14 วัน ผักคะน้าที่ได้รับสารโคโตซานในอัตราการใช้ที่แตกต่างกัน มีความสูงที่แตกต่างกันทางสถิติ เมื่ออายุได้ 35 วัน ผักคะน้าที่ได้รับสารโคโตซาน 0.5, 1.00, 0.25 และ 0.75 มิลลิลิตรต่อลิตร มีความสูงของต้นเท่ากับ 10.98, 10.95, 9.33 และ 9.33 เซนติเมตรตามลำดับ เมื่อเทียบกับผักคะน้าที่ไม่พ่นสารโคโตซาน ซึ่งมีความสูงของต้นเท่ากับ 7.15 เซนติเมตร และเมื่ออายุได้ 49 วัน ผักคะน้าที่ได้รับสารโคโตซาน 1.00, 0.50, 0.75 และ 0.25 มิลลิลิตรต่อลิตร มีความสูงของต้นเท่ากับ 15.83, 15.75, 15.55 และ 15.50 เซนติเมตรตามลำดับ เมื่อเทียบกับผักคะน้าที่ไม่พ่นสารโคโตซาน ซึ่งมีความสูงของต้นเท่ากับ 10.33 เซนติเมตร ดังแสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 อัตราการใช้สารโคโตซานต่อความสูงของผักคะน้าที่ช่วงอายุ 7, 14, 21, 28, 35, 42 และ 49 วัน

ปริมาณสารโคโตซาน (มิลลิลิตรต่อน้ำ 1 ลิตร)	ความสูงของผักคะน้า (เซนติเมตร)						
	7	14	21	28	35	42	49
ไม่ใช้สารโคโตซาน (Control)	1.08	3.35 ^a	4.83 ^a	5.88 ^b	7.15 ^c	8.60 ^b	10.33 ^b
อัตราการใช้ 0.25 มิลลิลิตร	1.10	2.50 ^b	3.73 ^b	5.33 ^b	9.33 ^b	12.55 ^a	15.50 ^b
อัตราการใช้ 0.50 มิลลิลิตร	1.07	3.13 ^a	5.93 ^a	7.98 ^a	10.98 ^a	13.68 ^a	15.75 ^a
อัตราการใช้ 0.75 มิลลิลิตร	1.05	2.48 ^b	4.00 ^b	5.90 ^b	9.33 ^b	12.68 ^a	15.55 ^a
อัตราการใช้ 1.00 มิลลิลิตร	1.04	2.63 ^b	5.33 ^a	7.95 ^a	10.95 ^a	13.75 ^a	15.83 ^a
F-Test	ns	*	*	*	*	*	*

หมายเหตุ ns ไม่มีความแตกต่างกันเมื่อทดสอบด้วยวิธีวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA)
 * แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อทดสอบด้วยวิธีวิเคราะห์ค่าความแปรปรวน (ANOVA) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05
 ตัวเลขที่กำกับด้วยอักษรแตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยด้วยวิธีการ DMRT (Duncan's New Multiple Range Test) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

1.2 ผลของอัตราการใช้สารโคโตซานที่มีต่อเส้นผ่านศูนย์กลางของฝักคะน้า

จากการศึกษาเปรียบเทียบสารโคโตซานที่อัตราการใช้ 0.25, 0.50, 0.75 และ 1.00 มิลลิลิตรต่อลิตรต่อการเจริญเติบโตของฝักคะน้า พบว่า ในระยะแรกขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางมีอัตราเฉลี่ยที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ เมื่ออายุได้ 49 วัน ฝักคะน้าที่ได้รับสารโคโตซาน 1.00, 0.75, 0.50 และ 0.25 มิลลิลิตรต่อลิตร มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของต้นเท่ากับ 1.32, 1.20, 1.14 และ 1.10 เซนติเมตร ตามลำดับ เมื่อเทียบกับฝักคะน้าที่ไม่พ่นสารโคโตซาน ซึ่งมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของต้นเท่ากับ 1.10 เซนติเมตร ดังแสดงในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 อัตราการใช้สารโคโตซานต่อเส้นผ่านศูนย์กลางของฝักคะน้าที่ช่วงอายุ 7, 14, 21, 28, 35, 42 และ 49 วัน

ปริมาณสารโคโตซาน (มิลลิลิตรต่อน้ำ 1 ลิตร)	เส้นผ่านศูนย์กลางของฝักคะน้า (เซนติเมตร)						
	7	14	21	28	35	42	49
ไม่ใช้สารโคโตซาน (Control)	0.10	0.23	0.39	0.46	0.53	0.78	1.10 ^b
อัตราการใช้ 0.25 มิลลิลิตร	0.10	0.22	0.34	0.45	0.50	0.72	1.10 ^b
อัตราการใช้ 0.50 มิลลิลิตร	0.10	0.24	0.35	0.45	0.51	0.73	1.14 ^b
อัตราการใช้ 0.75 มิลลิลิตร	0.10	0.24	0.34	0.45	0.52	0.74	1.20 ^b
อัตราการใช้ 1.00 มิลลิลิตร	0.10	0.24	0.36	0.45	0.53	0.78	1.32 ^a
F-Test	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*

หมายเหตุ ns ไม่มีความแตกต่างกันเมื่อทดสอบด้วยวิธีวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA)

* แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อทดสอบด้วยวิธีวิเคราะห์ค่าความแปรปรวน (ANOVA) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ตัวเลขที่กำกับด้วยอักษรแตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยด้วยวิธีการ DMRT (Duncan's New Multiple Range Test) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

1.3 ผลของอัตราการใช้สารโคโตซานที่มีต่อน้ำหนักสดของผักคะน้า

จากการศึกษาเปรียบเทียบสารโคโตซานที่อัตราการใช้ 0.25, 0.50, 0.75 และ 1.00 มิลลิลิตรต่อลิตรต่อการเจริญเติบโตของผักคะน้า พบว่า เมื่ออายุได้ 49 วัน ผักคะน้าที่ได้รับสารโคโตซาน 1.00, 0.50, 0.75 และ 0.25 มิลลิลิตรต่อลิตร มีน้ำหนักสดเท่ากับ 7.03, 6.75, 6.60 และ 6.60 กิโลกรัม เมื่อเทียบกับผักคะน้าที่ไม่พ่นสารโคโตซาน ซึ่งมีน้ำหนักสดเท่ากับ 4.50 กิโลกรัม ดังแสดงในตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 อัตราการใช้สารโคโตซานต่อน้ำหนักสดของผักคะน้า

ปริมาณสารโคโตซาน (มิลลิลิตรต่อน้ำ 1 ลิตร)	น้ำหนักสดหลังการเก็บเกี่ยว (กิโลกรัม)
ไม่ใช้สารโคโตซาน (Control)	4.50 ^b
อัตราการใช้ 0.25 มิลลิลิตร	6.60 ^a
อัตราการใช้ 0.50 มิลลิลิตร	6.75 ^a
อัตราการใช้ 0.75 มิลลิลิตร	6.60 ^a
อัตราการใช้ 1.00 มิลลิลิตร	7.03 ^a
F-Test	*

หมายเหตุ * แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อทดสอบด้วยวิธีวิเคราะห์ค่าความแปรปรวน (ANOVA) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05
ตัวเลขที่กำกับด้วยอักษรแตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยด้วยวิธีการ DMRT (Duncan's New Multiple Range Test) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ตอนที่ 2 อัตราการใช้สารโคโตซานที่มีผลต่อการป้องกันกำจัดด้วงหมัดผัก หนอนกระทู้ผัก และหนอนใยผัก ในแปลงผักคะน้า

จากการวิจัยอัตราการใช้ที่เหมาะสมของสารโคโตซานที่มีผลต่อการป้องกันกำจัด ด้วงหมัดผัก หนอนกระทู้ผัก และหนอนใยผัก ในแปลงผักคะน้าโดยใช้สารโคโตซานอัตราใช้ 0.25, 0.50, 0.75 และ 1.00 มิลลิลิตรต่อลิตร และไม่ได้รับสารโคโตซาน โดยการพ่นบริเวณใบและลำต้นพืช ปริมาณ 5,000 มิลลิลิตรต่อแปลง มีผลการวิจัยดังนี้

การทดลองที่ 2 อัตราการใช้สารโคโตซานที่มีผลต่อการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูคะน้า

2.1 ผลของอัตราการใช้สารโคโตซานที่มีต่อการป้องกันกำจัดด้วงหมัดผัก

จากการศึกษาเปรียบเทียบสารโคโตซานที่อัตราใช้ 0.25, 0.50, 0.75 และ 1.00 มิลลิลิตรต่อลิตรที่มีผลต่อการป้องกันกำจัดด้วงหมัดผักของผักคะน้า พบว่า ผักคะน้าที่ด้วงหมัดผักเข้าทำลายมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($F < 0.05$) เมื่ออายุ 3 วันหลังการงอก ผักคะน้าที่ได้รับสารโคโตซาน 0.50, 1.00, 0.75 และ 0.25 มิลลิลิตรต่อลิตร มีจำนวนผักคะน้าที่ด้วงหมัดผักเข้าทำลายเท่ากับ 2.00, 2.00, 2.75 และ 3.75 ต้น ตามลำดับ เมื่อเทียบกับผักคะน้าที่ไม่พ่นสารโคโตซาน ซึ่งมีการเข้าทำลายเท่ากับ 9.50 ต้น และมีแนวโน้มการเข้าทำลายในอัตราที่สูงขึ้น เมื่ออายุ 24 วัน การเข้าทำลายมีอัตราที่ลดลง และเมื่ออายุ 45 วัน ผักคะน้าที่ได้รับสารโคโตซาน 1.00, 0.75, 0.25 และ 0.50 มิลลิลิตรต่อลิตร มีจำนวนผักคะน้าที่ด้วงหมัดผักเข้าทำลายเท่ากับ 2.00, 3.25, 3.50 และ 3.75 ต้น ตามลำดับ เมื่อเทียบกับผักคะน้าที่ไม่พ่นสารโคโตซาน ซึ่งมีการเข้าทำลายเท่ากับ 11.75 ต้น ดังแสดงในตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 อัตราการใช้สารโคโตซานต่อผักคะน้าที่ถูกด้วงหมัดผักเข้าทำลาย

ปริมาณสารโคโตซาน (มิลลิกรัมต่อน้ำ 1 ลิตร)	จำนวนผักคะน้า (ต้น)														
	3 วัน	6 วัน	9 วัน	12 วัน	15 วัน	18 วัน	21 วัน	24 วัน	27 วัน	30 วัน	33 วัน	36 วัน	39 วัน	42 วัน	45 วัน
ไม่ใช้สารโคโตซาน (Control)	9.50 ^b	11.50 ^b	16.25 ^b	20.00 ^b	24.50 ^b	25.25 ^b	23.75 ^b	12.50 ^b	14.75 ^b	7.00 ^b	12.00 ^b	11.75 ^b	15.25 ^b	17.75 ^b	11.75 ^b
อัตราการใช้ 0.25 มิลลิกรัม	3.75 ^a	6.50 ^a	8.75 ^a	11.75 ^a	11.75 ^a	11.75 ^a	9.00 ^a	6.00 ^a	4.25 ^a	1.50 ^a	1.00 ^a	2.25 ^a	3.25 ^a	6.00 ^a	3.50 ^a
อัตราการใช้ 0.50 มิลลิกรัม	2.00 ^a	4.75 ^a	5.75 ^a	9.50 ^a	8.75 ^a	9.25 ^a	7.25 ^a	4.25 ^a	3.50 ^a	1.50 ^a	0.75 ^a	0.00 ^a	2.50 ^a	7.25 ^a	3.75 ^a
อัตราการใช้ 0.75 มิลลิกรัม	2.75 ^a	5.75 ^a	6.75 ^a	9.00 ^a	10.75 ^a	8.50 ^a	7.50 ^a	5.25 ^a	4.50 ^a	1.00 ^a	2.00 ^a	2.75 ^a	2.00 ^a	6.00 ^a	3.25 ^a
อัตราการใช้ 1.00 มิลลิกรัม	2.00 ^a	4.50 ^a	6.00 ^a	9.00 ^a	11.75 ^a	10.25 ^a	5.75 ^a	4.25 ^a	3.50 ^a	0.00 ^a	1.00 ^a	0.75 ^a	2.00 ^a	5.25 ^a	2.00 ^a
F-Test	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*

หมายเหตุ * แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อทดสอบด้วยวิธีวิเคราะห์ค่าความแปรปรวน (ANOVA) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05
ตัวเลขที่กำกับด้วยอักษรแตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยด้วยวิธีการ
DMRT (Duncan's New Multiple Range Test) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

2.2 ผลของอัตราการใช้สารโคโตซานที่มีต่อการป้องกันกำจัดหนอนกระทู้ผัก

จากการศึกษาเปรียบเทียบสารโคโตซานที่อัตราการใช้ 0.25, 0.50, 0.75 และ 1.00 มิลลิลิตรต่อลิตรที่มีผลต่อการป้องกันกำจัดหนอนกระทู้ผักของผักคะน้า พบว่า ผักคะน้าที่หนอนกระทู้ผักเข้าทำลายมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($F < 0.05$) เมื่ออายุ 21 วัน ผักคะน้าที่ได้รับสารโคโตซาน 1.00, 0.75, 0.25 และ 0.50 มิลลิลิตรต่อลิตร มีจำนวนผักคะน้าที่หนอนกระทู้ผักเข้าทำลายเท่ากับ 0.00, 0.50, 1.00 และ 1.00 ต้น ตามลำดับ เมื่อเทียบกับผักคะน้าที่ไม่พ่นสารโคโตซาน ซึ่งมีการเข้าทำลายเท่ากับ 4.50 ต้น และมีแนวโน้มการเข้าทำลายของหนอนกระทู้ผักในอัตราที่สูงขึ้น และเมื่ออายุ 45 วัน ผักคะน้าที่ได้รับสารโคโตซาน 1.00, 0.75, 0.50 และ 0.25 มิลลิลิตรต่อลิตร มีจำนวนผักคะน้าที่หนอนกระทู้ผักเข้าทำลายเท่ากับ 10.50, 12.75, 15.50 และ 15.75 ต้น ตามลำดับ เมื่อเทียบกับผักคะน้าที่ไม่พ่นสารโคโตซาน ซึ่งมีการเข้าทำลายเท่ากับ 21.00 ต้น ดังแสดงในตารางที่ 4.5



ตารางที่ 4.5 อัตราการใช้สารโคโตซานต่อผักคะน้าที่ถูกหนอนกระดูกไก่เข้าทำลาย

ปริมาณสารโคโตซาน (มิลลิกรัมต่อน้ำ 1 ลิตร)	จำนวนผักคะน้า (ต้น)														
	3 วัน	6 วัน	9 วัน	12 วัน	15 วัน	18 วัน	21 วัน	24 วัน	27 วัน	30 วัน	33 วัน	36 วัน	39 วัน	42 วัน	45 วัน
ไม่ใช้สารโคโตซาน (Control)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.50 ^b	10.50 ^b	23.75 ^b	29.75 ^b	31.00 ^b	27.25 ^b	28.75 ^b	26.75 ^c	21.00 ^b
อัตราการใช้ 0.25 มิลลิกรัม	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00 ^a	4.50 ^a	10.50 ^a	16.75 ^a	10.25 ^a	10.75 ^a	14.75 ^a	19.75 ^b	15.75 ^{ab}
อัตราการใช้ 0.50 มิลลิกรัม	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00 ^a	5.50 ^a	13.75 ^a	16.00 ^a	13.75 ^a	11.25 ^a	12.00 ^a	17.50 ^b	15.50 ^{ab}
อัตราการใช้ 0.75 มิลลิกรัม	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50 ^a	3.75 ^a	8.50 ^a	13.00 ^a	12.00 ^a	11.75 ^a	13.25 ^a	12.75 ^a	12.75 ^a
อัตราการใช้ 1.00 มิลลิกรัม	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00 ^a	4.50 ^a	9.00 ^a	14.75 ^a	10.75 ^a	11.25 ^a	12.75 ^a	13.50 ^a	10.50 ^a
F-Test	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	*	*	*	*	*	*	*	*

หมายเหตุ ns ไม่มีความแตกต่างกันเมื่อทดสอบด้วยวิธีวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA)

* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อทดสอบด้วยวิธีวิเคราะห์ค่าความแปรปรวน (ANOVA) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ตัวเลขที่กำกับด้วยอักษรแตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยด้วยวิธีการ DMRT (Duncan's New Multiple Range Test) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

2.3 ผลของอัตราการใช้สารโคโตซานที่มีต่อการป้องกันกำจัดหนอนใยผัก

จากการศึกษาเปรียบเทียบสารโคโตซานที่อัตราการใช้ 0.25, 0.50, 0.75 และ 1.00 มิลลิลิตรต่อลิตรที่มีผลต่อการป้องกันกำจัดหนอนใยผักของผักคะน้า พบว่า ในระยะแรกของการเจริญเติบโตของผักคะน้ายังไม่พบการเข้าทำลายของหนอนใยผัก และพบว่าผักคะน้าที่หนอนใยผักเข้าทำลายมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($F < 0.05$) เมื่ออายุ 18 วัน ผักคะน้าที่ได้รับสารโคโตซาน 0.50, 0.75, 0.25 และ 1.00 มิลลิลิตรต่อลิตร มีจำนวนผักคะน้าที่หนอนใยผักเข้าทำลายเท่ากับ 1.50, 2.75, 3.00 และ 3.25 ต้น เมื่อเทียบกับผักคะน้าที่ไม่พ่นสารโคโตซาน ซึ่งมีการเข้าทำลายเท่ากับ 6.25 ต้น และมีแนวโน้มการเข้าทำลายของหนอนใยผักในอัตราที่สูงขึ้น เมื่ออายุ 36 วัน การเข้าทำลายมีอัตราที่ลดลง เมื่ออายุ 45 วัน ผักคะน้าที่ได้รับสารโคโตซาน 0.25, 0.75, 0.50 และ 1.00 มิลลิลิตรต่อลิตร มีจำนวนผักคะน้าที่หนอนใยผักเข้าทำลายเท่ากับ 6.00, 7.50, 7.75 และ 9.25 ต้น ตามลำดับ เมื่อเทียบกับผักคะน้าที่ไม่พ่นสารโคโตซาน ซึ่งมีการเข้าทำลายเท่ากับ 14.50 ต้น ดังแสดงในตารางที่ 4.6



ตารางที่ 4.6 อัตราการใช้สารโคโตซานต่อผักคะน้าที่ถูกหนอนใยผักเข้าทำลาย

ปริมาณสารโคโตซาน (มิลลิกรัมต่อน้ำ 1 ลิตร)	จำนวนผักคะน้า (ต้น)														
	3 วัน	6 วัน	9 วัน	12 วัน	15 วัน	18 วัน	21 วัน	24 วัน	27 วัน	30 วัน	33 วัน	36 วัน	39 วัน	42 วัน	45 วัน
ไม่ใช้สารโคโตซาน (Control)	0.00	0.00	0.00	0.00	1.25	6.25 ^b	13.50 ^b	16.75 ^b	18.75 ^b	21.25 ^b	25.75 ^b	22.00 ^b	21.00 ^b	18.25 ^b	14.50 ^b
อัตราการใช้ 0.25 มิลลิกรัม	0.00	0.00	0.00	0.00	0.75	3.00 ^a	7.00 ^a	9.25 ^a	10.00 ^a	11.75 ^a	7.75 ^a	7.25 ^a	8.50 ^a	10.25 ^a	6.00 ^a
อัตราการใช้ 0.50 มิลลิกรัม	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.50 ^a	4.25 ^a	7.00 ^a	8.00 ^a	8.25 ^a	5.75 ^a	5.25 ^a	7.25 ^a	11.25 ^a	7.75 ^a
อัตราการใช้ 0.75 มิลลิกรัม	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.75 ^a	6.00 ^a	8.00 ^a	8.00 ^a	10.75 ^a	7.50 ^a	7.25 ^a	7.50 ^a	8.75 ^a	7.50 ^a
อัตราการใช้ 1.00 มิลลิกรัม	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.25 ^a	6.25 ^a	8.00 ^a	7.00 ^a	8.25 ^a	6.00 ^a	5.75 ^a	8.75 ^a	9.25 ^a	9.25 ^a
F-Test	ns	ns	ns	ns	ns	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*

หมายเหตุ ns ไม่มีความแตกต่างกันเมื่อทดสอบด้วยวิธีวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA)

* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อทดสอบด้วยวิธีวิเคราะห์ค่าความแปรปรวน (ANOVA) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ตัวเลขที่กำกับด้วยอักษรแตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยด้วยวิธีการ DMRT (Duncan's New Multiple Range Test) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

2.4 ผลของอัตราการใช้สารโคโตซานที่มีต่อความสูงของผักคะน้าที่ปลูกในแปลง

จากการศึกษาเปรียบเทียบสารโคโตซานที่อัตราการใช้ 0.25, 0.50, 0.75 และ 1.00 มิลลิลิตรต่อลิตรต่อการเจริญเติบโตของผักคะน้า พบว่า เมื่ออายุได้ 14 วัน ผักคะน้าที่ได้รับสารโคโตซานในอัตราการใช้ที่แตกต่างกัน มีความสูงที่แตกต่างกันทางสถิติ เมื่ออายุได้ 35 วัน ผักคะน้าที่ได้รับสารโคโตซาน 1.00, 0.50, 0.75 และ 0.25 มิลลิลิตรต่อลิตร มีความสูงของต้นเท่ากับ 13.95, 12.98, 11.83 และ 9.33 เซนติเมตร ตามลำดับ เมื่อเทียบกับผักคะน้าที่ไม่พ่นสารโคโตซาน ซึ่งมีความสูงของต้นเท่ากับ 9.15 เซนติเมตร และเมื่ออายุได้ 49 วัน ผักคะน้าที่ได้รับสารโคโตซาน 1.00, 0.50, 0.75 และ 0.25 มิลลิลิตรต่อลิตร มีความสูงของต้นเท่ากับ 18.83, 18.75, 17.80 และ 14.00 เซนติเมตรตามลำดับ เมื่อเทียบกับผักคะน้าที่ไม่พ่นสารโคโตซาน ซึ่งมีความสูงของต้นเท่ากับ 12.34 เซนติเมตร ดังแสดงในตารางที่ 4.7



ตารางที่ 4.7 อัตราการใช้สารโคโตซานต่อความสูงของผักคะน้าที่ช่วงอายุ 7, 14, 21, 28, 35, 42 และ 49 วัน ที่ปลูกในแปลง

ปริมาณสารโคโตซาน (มิลลิกรัมต่อน้ำ 1 ลิตร)	ความสูงของผักคะน้า (เซนติเมตร)						
	7	14	21	28	35	42	49
ไม่ใช้สารโคโตซาน (Control)	3.08	6.35 ^a	7.33 ^{abc}	8.13 ^b	9.15 ^c	10.60 ^b	12.34 ^b
อัตราการใช้ 0.25 มิลลิกรัม	3.10	5.50 ^b	6.73 ^{bc}	8.33 ^b	9.33 ^c	12.05 ^b	14.00 ^b
อัตราการใช้ 0.50 มิลลิกรัม	3.07	5.13 ^{bc}	8.18 ^a	10.48 ^a	12.98 ^{ab}	15.68 ^a	18.75 ^a
อัตราการใช้ 0.75 มิลลิกรัม	3.05	5.48 ^b	6.50 ^c	8.40 ^b	11.83 ^b	15.18 ^a	17.80 ^a
อัตราการใช้ 1.00 มิลลิกรัม	3.04	4.88 ^c	7.58 ^{ab}	10.70 ^a	13.95 ^a	16.75 ^a	18.83 ^a
F-Test	ns	*	*	*	*	*	*

หมายเหตุ ns ไม่มีความแตกต่างกันเมื่อทดสอบด้วยวิธีวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA)
 * แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อทดสอบด้วยวิธีวิเคราะห์ค่าความแปรปรวน (ANOVA) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05
 ตัวเลขที่กำกับด้วยอักษรแตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยด้วยวิธีการ DMRT (Duncan's New Multiple Range Test) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

2.5 ผลของอัตราการใช้สารโคโตซานที่มีต่อเส้นผ่านศูนย์กลางของฝักคะน้าที่ปลูกในแปลง

จากการศึกษาเปรียบเทียบสารโคโตซานที่อัตราการใช้ 0.25, 0.50, 0.75 และ 1.00 มิลลิลิตรต่อลิตรต่อการเจริญเติบโตของฝักคะน้า พบว่า ในระยะแรกขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางมีอัตราเฉลี่ยที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ เมื่ออายุ 12 วัน ฝักคะน้าที่ได้รับสารโคโตซาน 0.50, 0.75, 1.00 และ 0.25 มิลลิลิตรต่อลิตร มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของต้นเท่ากับ 0.53, 0.45, 0.43 และ 0.42 เซนติเมตรตามลำดับ เมื่อเทียบกับฝักคะน้าที่ไม่พ่นสารโคโตซาน ซึ่งมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของต้นเท่ากับ 0.33 เซนติเมตร และเมื่ออายุเพิ่มขึ้นขนาดของลำต้นมีแนวโน้มที่สูงขึ้น เมื่ออายุ 45 วัน ฝักคะน้าที่ได้รับสารโคโตซาน 0.25, 0.75, 0.50 และ 1.00 มิลลิลิตรต่อลิตร มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของต้นเท่ากับ 1.85, 1.85, 1.80 และ 1.80 เซนติเมตรตามลำดับ เมื่อเทียบกับฝักคะน้าที่ไม่พ่นสารโคโตซาน ซึ่งมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของต้นเท่ากับ 1.60 เซนติเมตร ดังแสดงในตารางที่ 4.8



ตารางที่ 4.8 อัตราการใช้สารโคโตซานต่อเส้นผ่านศูนย์กลางของฝักคะน้าที่ช่วงอายุ 3 - 45 วัน ที่ปลูกในแปลง

ปริมาณสารโคโตซาน (มิลลิลิตรต่อน้ำ 1 ลิตร)	เส้นผ่านศูนย์กลางของฝักคะน้า (เซนติเมตร)														
	3 วัน	6 วัน	9 วัน	12 วัน	15 วัน	18 วัน	21 วัน	24 วัน	27 วัน	30 วัน	33 วัน	36 วัน	39 วัน	42 วัน	45 วัน
ไม่ใช้สารโคโตซาน (Control)	0.10	0.23	0.25	0.33 ^b	0.33 ^b	0.40 ^c	0.50 ^b	0.65 ^c	0.78 ^b	0.88 ^c	0.98 ^c	1.08 ^c	1.23 ^b	1.38 ^b	1.60 ^b
อัตราการใช้ 0.25 มิลลิลิตร	0.13	0.30	0.38	0.42 ^{ab}	0.50 ^a	0.50 ^b	0.60 ^a	0.78 ^{ab}	0.93 ^a	1.00 ^{ab}	1.10 ^{ab}	1.28 ^{ab}	1.48 ^a	1.68 ^a	1.85 ^a
อัตราการใช้ 0.50 มิลลิลิตร	0.10	0.33	0.45	0.53 ^a	0.58 ^a	0.60 ^a	0.68 ^a	0.88 ^a	0.95 ^a	1.05 ^a	1.15 ^a	1.30 ^a	1.45 ^a	1.65 ^a	1.80 ^a
อัตราการใช้ 0.75 มิลลิลิตร	0.10	0.30	0.38	0.45 ^a	0.55 ^a	0.63 ^a	0.68 ^a	0.80 ^{ab}	0.93 ^a	1.03 ^{ab}	1.10 ^{ab}	1.25 ^{ab}	1.40 ^a	1.63 ^a	1.85 ^a
อัตราการใช้ 1.00 มิลลิลิตร	0.10	0.33	0.43	0.43 ^a	0.48 ^a	0.58 ^a	0.65 ^a	0.70 ^{bc}	0.85 ^{ab}	0.95 ^{bc}	1.05 ^{bc}	1.18 ^{bc}	1.40 ^a	1.63 ^a	1.80 ^a
F-Test	ns	ns	ns	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*

หมายเหตุ ns ไม่มีความแตกต่างกันเมื่อทดสอบด้วยวิธีวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA)

* แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อทดสอบด้วยวิธีวิเคราะห์ค่าความแปรปรวน (ANOVA) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ตัวเลขที่กำกับด้วยอักษรแตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยด้วยวิธีการ DMRT (Duncan's New Multiple Range Test) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

2.6 ผลของอัตราการใช้สารไคโตซานที่มีต่อน้ำหนักสดของผักคะน้าที่ปลูกในแปลง

จากการศึกษาเปรียบเทียบสารไคโตซานที่อัตราการใช้ 0.25, 0.50, 0.75 และ 1.00 มิลลิลิตรต่อลิตรต่อการเจริญเติบโตของผักคะน้า พบว่า น้ำหนักสดของผักคะน้าที่พ่นสารไคโตซาน หลังการเก็บเกี่ยวมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($F < 0.05$) เมื่ออายุ 45 วัน ผักคะน้าที่ได้รับสารไคโตซาน 0.25, 0.50, 1.00 และ 0.75 มิลลิลิตรต่อลิตร มีน้ำหนักสดของผักคะน้าเท่ากับ 34.75, 34.00, 33.00 และ 32.50 กิโลกรัมตามลำดับ เมื่อเทียบกับผักคะน้าที่ไม่พ่นสารไคโตซาน ซึ่งมีน้ำหนักสดหลังการเก็บเกี่ยวน้อยที่สุดเท่ากับ 26.50 กิโลกรัม ดังแสดงในตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.9 อัตราการใช้สารไคโตซานต่อน้ำหนักสดของผักคะน้าที่ปลูกในแปลง

ปริมาณสารไคโตซาน (มิลลิลิตรต่อน้ำ 1 ลิตร)	น้ำหนักสดหลังการเก็บเกี่ยว (กิโลกรัม)
ไม่ใช้สารไคโตซาน(Control)	26.50 ^b
อัตราการใช้ 0.25 มิลลิลิตร	34.75 ^a
อัตราการใช้ 0.50 มิลลิลิตร	34.00 ^a
อัตราการใช้ 0.75 มิลลิลิตร	32.50 ^a
อัตราการใช้ 1.00 มิลลิลิตร	33.00 ^a
F-Test	*

หมายเหตุ * แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อทดสอบด้วยวิธีวิเคราะห์ค่าความแปรปรวน (ANOVA) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05
ตัวเลขที่กำกับด้วยอักษรแตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยด้วยวิธีการ DMRT (Duncan's New Multiple Range Test) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ตอนที่ 3 วิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนในการผลิตผักคะน้า โดยการใช้สารโคโตซาน

จากการวิจัยอัตราการใช้สารโคโตซานที่มีผลต่อต้นทุนและผลตอบแทนในการผลิตผักคะน้าในแปลง โดยการพ่นสารโคโตซานที่อัตราการใช้ 0.25, 0.50, 0.75 และ 1.00 มิลลิลิตรต่อลิตร และไม่ได้รับสาร โดยการพ่นบริเวณใบและลำต้นพืชปริมาณ 5,000 มิลลิลิตรต่อแปลง มีผลการวิจัยดังนี้

3.1 ต้นทุนเฉลี่ยของการปลูกผักคะน้า

ผลของอัตราการใช้สารโคโตซานที่มีต่อต้นทุนเฉลี่ยของการปลูกผักคะน้า หลังได้รับสารโคโตซานแล้ว 45 วัน แปลงผักคะน้าที่ได้รับสารโคโตซานที่อัตราการใช้ 0.25, 0.50, 0.75 และ 1.00 มิลลิลิตรต่อลิตร เมื่อเทียบกับแปลงที่ไม่ได้รับสาร พบว่า มีต้นทุนการผลิตเท่ากับ 410.90, 452.90, 494.90 และ 536.90 บาทตามลำดับ เมื่อเทียบกับผักคะน้าที่ไม่พ่นสารโคโตซาน ซึ่งมีต้นทุนการผลิตเท่ากับ 368.90 บาท ดังแสดงในตารางที่ 4.10

ตารางที่ 4.10 ต้นทุนเฉลี่ยในการปลูกผักคะน้าที่ใช้สารโคโตซานอัตราต่าง ๆ

ต้นทุนในการปลูก ผักคะน้า	ไม่ใช้สาร โคโตซาน	อัตราการใช้ 0.25 มิลลิลิตร	อัตราการใช้ 0.50 มิลลิลิตร	อัตราการใช้ 0.75 มิลลิลิตร	อัตราการใช้ 1 มิลลิลิตร
ค่าเช่าที่ดิน	20.65	20.65	20.65	20.65	20.65
ค่าแรง	270	270	270	270	270
ค่าปุ๋ย	51	51	51	51	51
ค่าฟางข้าว	5.25	5.25	5.25	5.25	5.25
ค่าน้ำมัน	18	18	18	18	18
ค่าเมล็ดพันธุ์	4	4	4	4	4
ค่าใช้จ่ายโคโตซาน	0	42	84	126	168
รวมค่าใช้จ่าย	368.90	410.90	452.90	494.90	536.90

3.2 ผลตอบแทนเฉลี่ยของแปลงปลูกผักคะน้า

ผลตอบแทนเฉลี่ยของการปลูกผักคะน้าหลังได้รับสารไคโตซานแล้ว 45 วัน แปลงผักคะน้าที่ได้รับสารไคโตซานที่อัตราการใช้ 0.25, 0.50, 0.75 และ 1.00 มิลลิลิตรต่อลิตร เมื่อเทียบกับแปลงที่ไม่ได้รับสารไคโตซาน มีผลตอบแทนต่อการผลิตเท่ากับ 840.10, 771.10, 675.10 และ 651.10 บาท ตามลำดับ เมื่อเทียบกับแปลงผักคะน้าที่ไม่พ่นสารไคโตซาน ซึ่งมีผลตอบแทนการผลิตเท่ากับ 585.10 บาท ดังแสดงในตารางที่ 4.11

ตารางที่ 4.11 ผลตอบแทนในการปลูกผักคะน้าที่ใช้สารไคโตซานอัตราต่าง ๆ

ผลตอบแทนในการปลูก ต้นผักคะน้า	ไม่ใช้สาร ไคโตซาน	อัตราการใช้ 0.25 มิลลิลิตร	อัตราการใช้ 0.50 มิลลิลิตร	อัตราการใช้ 0.75 มิลลิลิตร	อัตราการใช้ 1 มิลลิลิตร
ผลผลิตรวม (กิโลกรัม/แปลง)	106	139	136	130	132
รายได้ทั้งหมด (บาท/แปลง)	954	1,251	1,224	1,170	1,188
ต้นทุน (บาท/แปลง)	368.90	410.90	452.90	494.90	536.90
กำไรสุทธิ (บาท/แปลง)	585.10	840.10	771.10	675.10	651.10
กำไรสุทธิ (บาท/ไร่)	16,207.20	23,270.77	21,359.47	18,700.27	18,035.47

หมายเหตุ: ราคาขายกิโลกรัมละ 9 บาท ณ วันที่ 9 มีนาคม 2554 ตลาดศรีเมือง จังหวัดราชบุรี

บทที่ 5

สรุปการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยเรื่อง “ผลของการใช้สารโคโตซานในการผลิตผักคะน้า” ที่อัตราการใช้สารโคโตซาน 0.25, 0.50, 0.75 และ 1.00 มิลลิลิตรต่อลิตร ในบทนี้จะกล่าวถึง ผลการวิจัยโดยสรุป การอภิปรายผล และข้อเสนอแนะ มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. สรุปการวิจัย

1.1 อัตราการใช้ที่เหมาะสมของสารโคโตซานที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของผักคะน้า

จากการวิจัยพบว่า ผักคะน้าที่ได้รับการพ่นสารโคโตซานในอัตรา 0.25 มิลลิลิตรต่อลิตร มีผลต่อการเจริญเติบโตในด้านของความสูงของต้น และน้ำหนักสดมากกว่าการใช้สารโคโตซานที่อัตราการใช้ต่าง ๆ เมื่อเทียบกับผักคะน้าที่ไม่ได้รับการพ่นสารโคโตซาน ที่แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ

1.2 อัตราการใช้สารโคโตซานที่มีผลต่อการป้องกันกำจัดด้วงหมัดผัก หนอนกระทู้ผัก และหนอนใยผัก ในแปลงผักคะน้า

1.2.1 ผลของอัตราการใช้สารโคโตซานที่มีต่อการป้องกันกำจัดด้วงหมัดผัก

จากการวิจัยพบว่า แปลงผักคะน้าที่อายุ 45 วัน เมื่อได้รับสารโคโตซานที่อัตราการใช้ 1.00 มิลลิลิตรต่อลิตร พบว่า จำนวนผักคะน้าที่ถูกด้วงหมัดผักเข้าทำลายมีจำนวนน้อยกว่าอัตราการใช้สารโคโตซานต่าง ๆ และน้อยกว่าแปลงที่ไม่ได้รับการพ่นสารโคโตซาน

1.2.2 ผลของอัตราการใช้สารโคโตซานที่มีต่อการป้องกันกำจัดหนอนกระทู้ผัก

จากการวิจัยพบว่า แปลงผักคะน้าที่อายุ 45 วัน เมื่อได้รับสารโคโตซานที่อัตราการใช้ 1.00 มิลลิลิตรต่อลิตร พบว่า จำนวนผักคะน้าที่ถูกหนอนกระทู้ผักเข้าทำลายมีจำนวนน้อยกว่าอัตราการใช้สารโคโตซานต่าง ๆ และน้อยกว่าแปลงที่ไม่ได้รับการพ่นสารโคโตซาน

1.2.3 ผลของอัตราการใช้สารโคโตซานที่มีต่อการป้องกันกำจัดหนอนใยผัก

จากการวิจัยพบว่า แปลงผักคะน้าที่อายุ 45 วัน เมื่อได้รับสารโคโตซานที่อัตราการใช้ 0.25 มิลลิลิตรต่อลิตร พบว่า จำนวนผักคะน้าที่ถูกหนอนใยผักเข้าทำลายมีจำนวนน้อยกว่าอัตราการใช้สารโคโตซานต่าง ๆ และน้อยกว่าแปลงที่ไม่ได้รับการพ่นสารโคโตซาน

1.2.4 อัตราการใช้ที่เหมาะสมของสารโคโตซานที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของผักคะน้าที่ปลูกในแปลง

1) ผลของอัตราการใช้สารโคโตซานที่มีต่อความสูงของผักคะน้าที่ปลูกในแปลง จากการวิจัยพบว่า แปลงผักคะน้าอายุ 45 วัน เมื่อได้รับสารโคโตซานที่อัตราการใช้ 1.00, 0.50, 0.75 และ 0.25 มิลลิลิตรต่อลิตร มีความสูงของต้นเท่ากับ 18.83, 18.75, 17.80 และ 14.00 เซนติเมตร ตามลำดับ เมื่อเทียบกับผักคะน้าที่ไม่ได้รับการพ่นสารโคโตซานเท่ากับ 12.34 เซนติเมตร

2) ผลของอัตราการใช้สารโคโตซานที่มีต่อเส้นผ่านศูนย์กลางของผักคะน้าที่ปลูกในแปลง จากการวิจัยพบว่า แปลงผักคะน้าอายุ 45 วัน เมื่อได้รับสารโคโตซานที่อัตราการใช้ 0.25, 0.75, 0.50 และ 1.00 มิลลิลิตรต่อลิตร มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของลำต้นเท่ากับ 1.85, 1.85, 1.80 และ 1.80 เซนติเมตร ตามลำดับ เมื่อเทียบกับผักคะน้าที่ไม่ได้รับการพ่นสารโคโตซานเท่ากับ 1.60 เซนติเมตร

3) ผลของอัตราการใช้สารโคโตซานที่มีต่อน้ำหนักสดของผักคะน้าที่ปลูกในแปลง จากการวิจัยพบว่า แปลงผักคะน้าอายุ 45 วัน เมื่อได้รับสารโคโตซานที่อัตราการใช้ 0.25, 0.50, 1.00 และ 0.75 มิลลิลิตรต่อลิตร มีน้ำหนักสดของต้นเท่ากับ 34.75, 34.00, 33.00 และ 32.50 กิโลกรัม ตามลำดับ เมื่อเทียบกับผักคะน้าที่ไม่ได้รับการพ่นสารโคโตซานเท่ากับ 26.50 กิโลกรัม

1.3 วิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนในการผลิตผักคะน้า โดยการใช้สารโคโตซาน

จากการวิจัยพบว่า ต้นทุนเฉลี่ยของการปลูกผักคะน้า โดยการใช้สารโคโตซานที่อัตรา 0.25, 0.50, 0.75 และ 1.00 มิลลิลิตรต่อลิตร มีต้นทุนการผลิตเท่ากับ 410.90, 452.90, 494.90 และ 536.90 บาท ตามลำดับ มีผลตอบแทนต่อการผลิตเท่ากับ 840.10, 771.10, 675.10 และ 651.10 บาท ตามลำดับ เมื่อเทียบกับแปลงผักคะน้าที่ไม่ได้รับการพ่นสารโคโตซานมีต้นทุนการผลิตเท่ากับ 368.90 บาท และมีผลตอบแทนการผลิตเท่ากับ 585.10 บาท

2. อภิปรายผล

จากการศึกษาผลของการใช้สารโคโตซานในการผลิตผักคะน้า โดยใช้สารโคโตซานที่อัตราการใช้ 0.25, 0.50, 0.75 และ 1.00 มิลลิลิตรต่อลิตร และเปรียบเทียบกับชุดควบคุม โดยการไม่พ่นสารโคโตซานบนผักคะน้า สามารถอภิปรายผลได้ดังนี้

2.1 ผลของอัตราการใช้สารไคโตซานที่มีต่อความสูงของผักคะน้า

เมื่อปลูกต้นคะน้าและพ่นสารไคโตซานที่ระดับความเข้มข้นที่ 0.25, 0.50, 0.75 และ 1.00 มิลลิลิตรต่อลิตร พบว่า การใช้สารไคโตซานเป็นอนุพันธ์ที่ได้จากไคตินด้วยการเปลี่ยนแปลงทางเคมีใช้เป็นสารเร่งการเจริญเติบโตของพืชได้ (ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ 2544) เมื่อใช้สารไคโตซานที่อัตราต่างกันมีผลส่งเสริมการเจริญเติบโตของผักคะน้า สอดคล้องกับ อรรถนา ค้วงแพง อนันต์ เพชรเกลื่อน และนิเทศ บุตรดี (2553) ศึกษาผลของการฉีดพ่นไคโตซานต่อการเจริญเติบโตของพริก 6 สายพันธุ์ พบว่า การพ่นสารละลายไคโตซานมีผลทำให้การเจริญเติบโตของพริกที่มีอายุ 45 วัน หลังย้ายปลูกเพิ่มขึ้นสูงกว่าการพ่นน้ำสะอาด สอดคล้องกับ สุวดี จันทร์กระจ่าง เพ็ญใจ สมพงษ์ชัยกุล และสมชาย ต่วนตัน (2546) ศึกษาผลของการใช้สารไคโตซานในการปลูกพืชผักสวนครัวแบบผสมผสานพร้อมกันในแปลงเดียวกัน พบว่า การใช้สารไคโตซานในอัตราส่วนที่แตกต่างกันตั้งแต่ 0.00, 3.75, 7.50 และ 15.00 ppm ตามลำดับ ให้แก่ พริก ผักคะน้า ผักกั้นไข่ และมะระเถลิง มีผลทำให้น้ำหนักเฉลี่ยต่อต้นสูงขึ้นและสูงกว่าชุดควบคุม โดยอัตราการใช้ไคโตซานที่ 3.75 ppm ทำให้ผักมีน้ำหนักเฉลี่ยต่อต้นสูงที่สุด สอดคล้องกับ พรพิมล สีคำ (2549) ศึกษาประสิทธิภาพของสารไคติน-ไคโตซานในการยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์สาเหตุโรคพืชบางชนิด และการผลิตสารไคติน-ไคโตซานจากเชื้อราในกลุ่ม *Zygomycetes*. พบว่า เมล็ดมะเขือเทศแดง และข้าวโพดที่แช่สารละลายไคติน-ไคโตซานที่ความเข้มข้น 0, 100, 1,000 และ 10,000 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นเวลา 6 ชั่วโมง พบว่า สารไคติน-ไคโตซานทุกความเข้มข้นไม่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์การงอก แต่เมื่อพืชอายุเกิน 7 วัน จะมีผลต่อความสูง และน้ำหนักแห้งของพืช ทั้งนี้ไม่สอดคล้องกับ นิภาวรรณ โพธิสุพรรณ (2548) ศึกษาผลของการใช้สารสกัดพืช สารสกัดปลา ไคโตซาน และภูมิที่ร่วมกับปุ๋ยเคมีต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของถั่วเหลืองพันธุ์ ชม.60 พบว่า การใช้สารสกัดพืช สารสกัดปลา ไคโตซาน และภูมิที่ร่วมกับปุ๋ยเคมี มีผลไม่เด่นชัดต่อการเจริญเติบโตของถั่วเหลืองพันธุ์ ชม.60 เพราะความสูง จำนวนข้อต่อต้น และน้ำหนักแห้ง ให้ผลไม่แตกต่างกันทางสถิติทั้งสองฤดู

จากการทดลอง การใช้สารไคโตซานที่อัตราการใช้ 1.00 มิลลิลิตรต่อลิตรมีผลต่อการเจริญเติบโตของผักคะน้าได้ดีกว่าอัตราการใช้ที่น้อยกว่า จึงไม่สอดคล้องกับ สมบุญ เตะชะภิญญาวัฒน์ และคนอื่นๆ (2549) พบว่า เมื่อใช้สารไคโตซานระดับความเข้มข้น 100 ppm ทำให้ต้นกล้าข้าวฟ่างมีการเจริญเติบโตดีกว่าการใช้ไคโตซานระดับความเข้มข้น 200 ppm แสดงว่าระดับความเข้มข้นของไคโตซานต่ำมีผลต่อการเจริญเติบโตของต้นกล้าข้าวฟ่างทั้งสองสายพันธุ์ได้ดีกว่าระดับความเข้มข้นสูง สอดคล้องกับ วัชรนา ทะมะละ (2550) ศึกษาผลของไคโตซานต่อการเจริญเติบโตและคุณภาพของช่อดอกปทุมมาพันธุ์ลัดดาวัลย์ พบว่า ต้นปทุมมาที่พ่นด้วยสารละลายไคโตซานความเข้มข้น 20 ppm มีแนวโน้มดัชนีการเจริญเติบโตดีที่สุดและสามารถเก็บเกี่ยวช่อดอกได้เร็วกว่า

สารละลายไคโตซานความเข้มข้นอื่น ๆ สอดคล้องกับ รัฐ พิษณุวงกูร (2543) ได้กล่าวว่า ไคโตซาน จะสามารถออกฤทธิ์ได้ดีกับพืชจะต้องมีระดับความเข้มข้นหรือปริมาณการใช้ที่เหมาะสม พืชจึงมีการเจริญเติบโตดี และ ศุภจิตรา ชัชวาล (2548) ได้กล่าวว่า การประยุกต์ใช้ไคโตซานกับพืชชนิดใด ชนิดหนึ่ง ควรคำนึงถึงลักษณะโมเลกุลของไคโตซาน ชนิดและสายพันธุ์ของพืชที่จะนำไปประยุกต์ใช้เพื่อก่อให้เกิดประโยชน์สูงสุด

2.2 ผลของอัตราการใช้สารไคโตซานที่มีต่อเส้นผ่านศูนย์กลางของฝักคะน้า

เมื่อปลูกฝักคะน้าและพ่นสารไคโตซานที่อัตรา 0.25, 0.50, 0.75 และ 1.00 มิลลิลิตร ต่อลิตร พบว่า ฝักคะน้าอายุ 49 วัน ที่พ่นด้วยสารไคโตซานที่อัตรา 1.00 มิลลิลิตรต่อลิตร มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางใหญ่ที่สุด รวมถึงความสูงของฝักคะน้าเมื่อเทียบกับอัตราการใช้ต่าง ๆ Hidalgo and others (1996) ได้กล่าวว่า การเจริญเติบโตของมะเขือเทศที่เมล็ดมีการเคลือบด้วยไคโตซาน ทำให้มี น้ำหนักแห้งต้นและลำต้นหนามากกว่าชุดการทดลองที่ไม่มีการฉีดพ่นไคโตซาน อรรถนา ด้วงแพง อนันต์ เพชรเกลื่อน และนิเทศ บุตรดี (2553) ศึกษาผลของการฉีดพ่นไคโตซานต่อการเจริญเติบโต ของพริก 6 สายพันธุ์ พบว่า การฉีดพ่นสารละลายไคโตซานมีผลทำให้พริก 6 สายพันธุ์ มีการเจริญเติบโต ทั้งความสูงของต้น ความกว้างของทรงพุ่ม ขนาดของลำต้น ความยาวและความกว้างของใบเพิ่มขึ้น

2.3 ผลของอัตราการใช้สารไคโตซานที่มีต่อน้ำหนักสดของฝักคะน้า

เมื่อปลูกฝักคะน้าและพ่นสารไคโตซานที่อัตราการใช้ 0.25, 0.50, 0.75 และ 1.00 มิลลิลิตรต่อลิตร พบว่า อัตราการใช้สารไคโตซานต่างกัน มีผลส่งเสริมต่อน้ำหนักสดของฝักคะน้า สอดคล้องกับ กุลนาถ ออบสุวรรณ และอภิรดี อุทัยรัตนกิจ (2550) ศึกษาการใช้สารไคโตซานในการ กระตุ้นการเจริญเติบโตของต้นเทียนฝรั่ง พบว่า การให้ไคโตซานร่วมกับปุ๋ยชักนำให้ต้นเทียนฝรั่งมี ขนาดต้น น้ำหนักสด และมีจำนวนดอกตูมมากกว่าต้นเทียนฝรั่งที่ให้ปุ๋ยเพียงอย่างเดียวและต้นที่ไม่ได้รับทั้งปุ๋ยและไคโตซาน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยในพืชหลายชนิด เช่น โหระพา (Kim and others 2005) ผักสลัดเรดโอ๊ค (ศรีรัตน์ รอดณรงค์ และคนอื่นๆ 2554) และ กล้วยไม้สกุลข้างกระ (สุณิษา อยู่ดี และกุลนาถ ออบสุวรรณ 2552) เป็นต้น

2.4 อัตราการใช้สารไคโตซานที่มีผลต่อการป้องกันกำจัดด้วงหมัดฝัก หนอนกระทู้ผัก และ หนอนใยผัก ในแปลงฝักคะน้า

เมื่อปลูกฝักคะน้าและพ่นสารไคโตซานที่อัตราการใช้ 0.25, 0.50, 0.75 และ 1.00 มิลลิลิตรต่อลิตร พบว่า อัตราการใช้สารไคโตซานต่างกัน มีผลต่อการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูพืชใน ฝักคะน้า สอดคล้องกับ Rabea and others (2005) ศึกษาคุณสมบัติการเป็นสารกำจัดแมลงและสาร กำจัดเชื้อราของสารที่สังเคราะห์ขึ้นใหม่จากอนุพันธ์ของไคโตซาน โดยทำการทดสอบกับหนอน เเจาะสมอฝ้ายวัยอ่อนและเชื้อรา 2 ชนิด คือ *Botrytis cinerea* Pers และ *Pyricularia grisea* Cavara

พบว่า อนุพันธ์ที่ทำหน้าที่เป็นสารกำจัดแมลงได้ดีที่สุด คือ N-(2-chloro-6-fluorobenzyl) chitosan หลังจากที่ใช้สารนี้ผสมกับอาหาร 2 - 3 วัน ทำให้หนอนเจาะสมอฝ้ายวัยอ่อนตายทั้งหมด สารอนุพันธ์ของไคโตซาน คือ N-Dodecylchitosan, N-(p-isopropylbenzyl) chitosan and N-(2,6-dichlorobenzyl) chitosan สามารถต้านทานต่อเชื้อรา *Botrytis cinerea* Pers ได้ดี และ N-(m-nitrobenzyl) chitosan สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Pyricularia grisea* ได้ เช่นเดียวกับ Badawy and others (2005) ศึกษาการใช้สารอนุพันธ์ OAC ที่มีฤทธิ์เป็นสารกำจัดแมลง เพื่อด้านทานหนอนเจาะสมอฝ้าย พบว่า สารอนุพันธ์ OAC (O-Acetyl Chitosan) มีฤทธิ์เป็นสารกำจัดแมลงและสารยับยั้งการเจริญเติบโต โดยหนอนวัยอ่อนที่ได้รับอาหารที่ผสมสารดังกล่าวจะเกิดการแคระแกร็น เนื่องจากสารอนุพันธ์ของไคโตซานที่สังเคราะห์ได้นั้นจะเข้าไปรบกวนการกินอาหาร หรืออาจทำให้เกิดความเป็นพิษต่อ หนอนวัยอ่อนจึงทำให้การเจริญเติบโตของหนอนวัยอ่อนเหล่านั้นลดลง สอดคล้องกับ พรพิมล สีคำ (2549) ศึกษาประสิทธิภาพของสารไคติน-ไคโตซานในการยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์สาเหตุโรคพืชบางชนิด และการผลิตสารไคติน-ไคโตซานจากเชื้อราในกลุ่ม *Zygomycetes*. พบว่า สารไคติน-ไคโตซานที่ความเข้มข้นตั้งแต่ 400, 500 และ 600 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อแบคทีเรียทั้ง 3 ชนิด ได้ 100 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนสารไคติน-ไคโตซานที่ความเข้มข้น 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อราสาเหตุโรคพืช 4 ชนิด คือ *Colletotrichum gloeosporoides* PenZ., *Pythium aphanidermatum* (Edson) Fitzp., *Sclerotium rolfsii* Sacc. และ *Ustilago scitaminea* Syd. ได้ 31.33, 69.89, 69.78 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ใกล้เคียงกับ ปิยะวรรณ ขวัญมงคล (2551) ศึกษาผลของไคโตซานต่อการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *Lasiodiplodia* sp. ในลำไยพันธุ์อีดอหลังการเก็บเกี่ยว พบว่า ไคโตซานโอลิโกเมอร์ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อ *Lasiodiplodia* sp. ได้อย่างสมบูรณ์ เมื่อนำไคโตซานโอลิโกเมอร์ความเข้มข้น 0.5 และ 1 เปอร์เซ็นต์ ไปฉีดพ่นให้ลำไยพันธุ์อีดอก่อนการเก็บเกี่ยว สามารถชักนำหรือกระตุ้นให้เปลือกลำไย สร้างสารยับยั้งการเจริญของเชื้อ *Lasiodiplodia* sp. ได้ EI-Tantawy (2009) ได้กล่าวว่า การฉีดพ่นไคโตซานให้กับพืชช่วยเพิ่มผลผลิตและกระตุ้นภูมิคุ้มกันของพืช ทำให้พืชมีความต้านทานโรคและแมลงเพิ่มขึ้น กระตุ้นให้พืชสร้างราก ลำต้นและใบ เพิ่มปริมาณคลอโรฟิลล์ และเพิ่มอัตราการสังเคราะห์แสง

การใช้สารไคโตซานในอัตราที่สูงขึ้นทำให้ผักคะน้ามีผลผลิตที่เพิ่มขึ้น มีการเจริญเติบโตที่สูงขึ้นได้อย่างชัดเจน และจะเจริญเติบโตช้าลงเมื่อผักคะน้าอายุ 30 วัน ดังนั้นหากมีการใช้สารไคโตซานในอัตราที่สูงเกินกว่าความต้องการของผักคะน้า นอกจากจะไม่ช่วยในการเพิ่มผลผลิตแล้ว ยังส่งผลให้ต้นทุนในการผลิตสูงขึ้น โดยไม่จำเป็น สอดคล้องกับ ราชนันท์ ธิรพร และ เกรียงศักดิ์ สุวรรณธราดล (2538) กล่าวว่า เมื่อมีการใช้ปัจจัยการผลิตเพื่อเพิ่มปริมาณและคุณภาพ

ของผลผลิต การใช้ปัจจัยต่าง ๆ ในอัตราที่เพิ่มขึ้นจะทำให้ผลผลิตของพืชสูงขึ้นจนกระทั่งถึงระดับหนึ่งของปัจจัยที่จะทำให้พืชให้ผลผลิตที่สูงสุด ต่อจากนั้นหากมีการใช้ปัจจัยการผลิตเพิ่มขึ้น นอกจากจะไม่ทำให้ผลผลิตของพืชสูงขึ้นแล้วยังอาจส่งผลกระทบต่อในทางลบ คือ เป็นพิษกับพืชอีกด้วย ดังนั้น จึงต้องใช้ในอัตราที่เหมาะสมกับพืชจึงช่วยให้พืชที่ได้รับปัจจัยการผลิตมีความสมบูรณ์และลดค่าใช้จ่ายที่เกินความจำเป็น

3. ข้อเสนอแนะ

จากผลการวิจัยพบว่า สารโคโตซานสามารถช่วยเพิ่มน้ำหนักของฝักคะน้า และยืดอายุการเก็บเกี่ยวของฝักคะน้าออกไป การใช้สารโคโตซานในอัตราที่เหมาะสมจะช่วยให้ผลผลิตมีคุณภาพที่ดี แต่ถ้าใช้ในอัตราที่เกินความจำเป็นก็จะทำให้ต้นทุนในการผลิตพืชสูงขึ้น สารโคโตซานที่มีอยู่ในปัจจุบันมีอยู่หลายชนิดขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของผู้ผลิตสารโคโตซาน ดังนั้นในการตัดสายโซ่โมเลกุลของโคตินของหมู่อะมิโนของสารโคโตซานจึงมีความหลากหลายของความยาวของสายโซ่โมเลกุล ซึ่งอาจทำให้คุณภาพของสารโคโตซานอาจไม่ตรงกับความต้องการของพืชได้

3.1 ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

3.1.1 สารโคโตซานเป็นสารที่มีการเสื่อมสภาพได้ง่าย ดังนั้นผู้ใช้ควรจะดูวันที่ผลิตของสารที่ผู้ผลิตแสดงก่อนการนำมาใช้ในการผลิตพืช

3.1.2 สารโคโตซานในร้านจำหน่ายสารเคมีมีทั้งชนิดที่ใช้กับพืช และสัตว์ ควรใช้ให้ถูกชนิด

3.2 ข้อเสนอแนะในการวิจัยในครั้งต่อไป

3.2.1 ควรศึกษาอัตราการใช้ที่มีผลสูงสุดก่อนการนำสู่การทดลองในแปลงผลิต

3.2.2 ควรศึกษาวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของธาตุอาหารในดินหลังการใช้สาร

โคโตซาน

บรรณานุกรม



บรรณานุกรม

- กุลนาถ ออบสุวรรณ และ อภิรดี อุทัยรัตนกิจ (2550) “การใช้สารไคโตซานในการกระตุ้นการเจริญเติบโตของต้นเทียนฝรั่ง” *วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร* 38, 6 (พฤศจิกายน - ธันวาคม): 197 - 199
- ขวัญชัย สมบัติศิริ (2541) *สะเดา : มิติใหม่ของการป้องกันและกำจัดแมลง*. ภาควิชากีฏวิทยา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพมหานคร หน้า 188 - 191
- ชนัสพร เกลี้ยงแก้ว สุวดี จันทร์กระจ่าง และพัลภา เสวตศิลา (2546) *เอกสารประกอบการประชุมไคติน - ไคโตซานแห่งประเทศไทย เรื่อง การศึกษาผลของไคโตซานที่มีต่อการย้ายปลูกลงและการเจริญเติบโตของกล้วยไม้สกุลรองเท้านารีลูกผสม *Paphiopedilum bellatulum* × *PAPH. Angthong* ที่ได้จากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ ศูนย์วัสดุชีวภาพไคติน - ไคโตซาน จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ร่วมกับ ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ อาคารสถาบัน 3 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพมหานคร*
- นพรัตน์ วงศ์อนุรักษ์ชัย (2548) “ความสัมพันธ์ของฟอสเฟตระหว่างดินกับพืชในการปลูกข้าวเมื่อใช้ไคโตซานเป็นสารเร่งการเจริญเติบโต โดยเทคนิคการติดตามเชิงนิวเคลียร์” *วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยบูรพา*
- นิภาวรรณ โพธิ์สุพรรณ (2548) “ผลของการใช้สารสกัดพืช สารสกัดปลา ไคโตซาน และกุโมที่ร่วมกับปุ๋ยเคมีต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของถั่วเหลืองพันธุ์ ชม.60” *วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาพืชไร่ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์*
- ปิยะบุตร วานิชพงษ์พันธุ์ (2544) *เรื่อง นำรู้ ไคติน - ไคโตซาน ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม กรุงเทพมหานคร หน้า 9 - 10*
- ปิยะวรรณ ขวัญมงคล (2551) “ผลของไคโตซานต่อการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *Lasiodiplodia* sp. ในลำไยพันธุ์ค้อหลังการเก็บเกี่ยว” *วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว) มหาวิทยาลัยเชียงใหม่*

พงศ์ธาริน โล่ห์ตระกูล กนกวรรณ เสรีภาพ ศุภจิตรา ชัชวาลย์ และรัฐ พิษญากร (2549) ผลของขนาดพอลิเมอร์และความเข้มข้นของไคโตซานต่อการเติบโต ผลผลิต และการรักษาหลังการเก็บเกี่ยวของกระเจี๊ยบเขียว *Abelmoschus esculentus* (L.) Moench. การติดเชื้อไวรัสเส้นใบเหลือง และการกัดกินของหนอนกระทู้หอม *Spodoptera exigua* Hubner, 1808. สารสังเขปออนไลน์ ค้นคืนวันที่ 10 มีนาคม 2555 จาก <http://cuir.car.chula.ac.th/handle/123456789/6074>

พรพิมล สีคำ (2549) “ประสิทธิภาพของสารไคติน-สารไคโตซานในการยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์สาเหตุโรคพืชบางชนิด และการผลิตสารไคติน-ไคโตซานจากเชื้อราในกลุ่ม *Zygomycetes*.” วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาโรคพืชวิทยา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น

พัชรา ลิมปะนะเวช รัฐ พิษญากร ชุมพล คุณวาที ศุภจิตรา ชัชวาล พงศ์ธาริน โล่ห์ตระกูล เรื่องวิทยุบรรจงรัตน์ และรูปนา อัครเอกปัญญา (2547) เอกสารประกอบการสัมมนาการใช้ไคโตซานในไม้ดอก เรื่อง ผลของไคโตซานที่มีต่อการเจริญทางต้นและใบของกล้วยไม้ *Dendrobium* ‘เอียสกุล’ สถาบันวิจัยโลหะและวัสดุ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพมหานคร

พีระวรรณ พัฒนวิภาส เตือนใจ บุญหลง และสุวลี จันทร์กระจ่าง (2543) เอกสารการประชุมสัมมนาพร้อมนิทรรศการ เรื่อง ผลของไคโตซานต่อราน้ำค้างในข้าวโพด เกษตรยุคใหม่กับไคติน - ไคโตซาน วันที่ 9 - 10 พฤศจิกายน 2543 กรุงเทพมหานคร ห้องประชุม 10 อาคาร 50 ปี มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

รณวิข สิงหสุรศักดิ์ รัฐ พิษญากร ศุภจิตรา ชัชวาล เรื่องวิทยุ บรรจงรัตน์ และพัชรา ลิมปะนะเวช. (2549) ไคติน - ไคโตซานแห่งประเทศไทยครั้งที่ 4 เอกสารประกอบการประชุม เรื่อง การเพิ่มประสิทธิภาพของการย้ายปลูกต้นกล้วยไม้ *Dendrobium* ‘เอียสกุล’ จากการเลี้ยงเนื้อเยื่อด้วยการใช้ไคโตซาน กรุงเทพมหานคร สถาบันวิจัยโลหะและวัสดุ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ระพี สาคริก (2532) ความรู้เรื่องการปลูกผัก กรุงเทพมหานคร ประชาชน

ราเชนทร์ ธีรพร และ เกียรติศักดิ์ สุวรรณธราดล (2538) “การใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีใหม่ๆ ในการวางแผนการผลิตพืช” ใน เอกสารการสอนชุดวิชาวิทยาศาสตร์การผลิตพืช นนทบุรี มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช สาขาส่งเสริมการเกษตรและสหกรณ์

- รัฐ พิษณุางกูร (2543) *เอกสารการประชุมเรื่อง คุณสมบัติและกลไกการทำงานของสารไคติน - ไคโตซานที่สามารถช่วยเพิ่มผลผลิตทางการเกษตร* วันที่ 18 กุมภาพันธ์ 2543 กรุงเทพมหานคร ห้องสุธรรมอารีกุล อาคาร 50 ปี มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
- รัตเกล้า ภูติวรนาถ (2539) “การทำให้เกิดโครงตาข่ายของแผ่นฟิล์มไคโตซานโดยใช้กลูตารัลดีไฮด์ เป็นสารช่วยในการเกิดโครงร่างตาข่าย” วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวัสดุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- ลือชัย อาระยะรังสฤษฎ์ และสุภาพร จันทร์บัวทอง (2543) *เอกสารการประชุมสัมมนาพร้อม นิทรรศการ เรื่อง ความเป็นไปได้ในการใช้สารไคโตซานควบคุมโรคไหม้ของข้าว เกษตรยุคใหม่กับไคติน - ไคโตซาน* วันที่ 9 - 10 พฤศจิกายน 2543 กรุงเทพมหานคร ห้องประชุม 10 อาคาร 50 ปี มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
- วรรณวิมล ปาสาณพันธ์ (2546) “การแยกโมเลกุลลำดับส่วนไคโตซานจากรังสีแกมมาโดยใช้วิธีเลือกการตกตะกอนด้วยตัวทำละลายที่เหมาะสม” วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขานิวเคลียร์เทคโนโลยี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- วัชร ทมะละ (2550) “ผลของไคโตซานต่อการเจริญเติบโตและคุณภาพช่อดอกปทุมมาพันธุ์ลัดดาวลัย” วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
- ศรีรัตน์ รอดณรงค์ กนกวรรณ เสรีภาพ ปรีดา บุญ-หลง รัฐ พิษณุางกูร และศุภจิตรา ชัชวาลย์ (2554) “ผลของไคโตซาน ความแตกต่างของอุณหภูมิและความชื้นที่มีต่อการเจริญเติบโตของ ผักสลัด ‘เรดโอ๊ก’ ที่ปลูกด้วยวิธีไฮโดรพอนิก” *วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร* 42, 2 (พฤษภาคม - สิงหาคม): 33 - 36
- ศุภจิตรา ชัชวาล (2548) *เอกสารการประชุมสัมมนาเรื่อง ผลของไคโตซานในพืช ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ร่วมกับศูนย์วัสดุชีวภาพไคติน-ไคโตซาน สถาบันวิจัยโลหะและวัสดุ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย*
- ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ (2548) *ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับไคติน - ไคโตซาน (Chitin-chitosan Technical note)* กรุงเทพมหานคร สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีร่วมกับศูนย์วัสดุชีวภาพไคติน - ไคโตซาน สถาบันวิจัยโลหะและวัสดุ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 22 หน้า

- สถิตย์ พูลทรัพย์ (2544) *อนุพันธ์ไคตินและไคโตซาน* กรุงเทพมหานคร ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม หน้า 25 – 27
- สมบุญ เตชะภิญญาวัฒน์ พรณี พักคง สุปราณี งามประสิทธิ์ อมรา ทองปาน วัลลภ อารีรบ และ ปิยนุช ธนาวุฒิ (2549) *รายงานการประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ 44 (สาขาวิทยาศาสตร์) เรื่อง ผลของไคโตซานที่ตัดโพลีเมอร์ด้วยรังสีต่อการงอกของเมล็ดและการเจริญเติบโตของต้นกล้าข้าวฟ่าง* จัดโดย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพมหานคร สิริวัฒน์ วงษ์ศิริ (2526) *แมลงศัตรูพืชทางการเกษตรของประเทศไทย* กรุงเทพมหานคร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- สุชาดา บุญเลิศนิรันดร์ กิติ บุญเลิศนิรันดร์ และอริสรา สุขสถาน (2548) *รายงานการประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ 43 (สาขาพืช) เรื่อง ผลของไคโตซานต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1* จัดโดย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพมหานคร
- สุนทร เรื่องเกษม (2539) *คู่มือการปลูกผัก* กรุงเทพมหานคร สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
- สุณิษา อยู่ดี และกุลนาถ ออบสุวรรณ (2552) “ผลของไคโตซานต่อการเพาะเมล็ดกล้วยไม้สกุลช้างกระในหลอดทดลอง” *วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร* 40, 1 (พิเศษ) (มกราคม - เมษายน): 309 - 312
- สุวลี จันทร์กระจ่าง (2544) *การประยุกต์ใช้สารไคโตซาน* กรุงเทพมหานคร ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม หน้า. 13 - 15
- _____. (2546) *เอกสารประกอบการประชุมไคติน - ไคโตซาน แห่งประเทศไทย เรื่อง ผลิตภัณฑ์จากไคติน - ไคโตซานและการประยุกต์ใช้ในประเทศ* กรุงเทพมหานคร ศูนย์วัสดุชีวภาพไคติน - ไคโตซาน จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยร่วมกับศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ อาคารสถาบัน 3 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย หน้า 3 - 7
- สุวลี จันทร์กระจ่าง เพ็ญใจ สมพงษ์ชัยกุล และสมชาย ต่วนต่าน (2546) *เอกสารประกอบการประชุมไคติน - ไคโตซาน แห่งประเทศไทย เรื่อง ผลของการใช้ไคโตซานในการปลูกพืชผักสวนครัวแบบผสมผสาน* กรุงเทพมหานคร ศูนย์วัสดุชีวภาพไคติน - ไคโตซาน จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยร่วมกับศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ อาคารสถาบัน 3 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย หน้า 158 - 160
- สำนักควบคุมพืชและวัสดุการเกษตร (2555) “รายงานสรุปการนำเข้าวัตถุดิบราย ปี 2555 มกราคม - กันยายน” ค้นคืน 2 มกราคม 2556 จาก http://www.doa.go.th/ard/index.php?option=com_content&view=article&id=22:stat2535&catid=29:stat&Itemid=104

- สำนักงานสถิติแห่งชาติ (2554) *สรุปผลที่สำคัญ การสำรวจภาวะการทำงานของประชากร พ.ศ. 2554*
กรุงเทพมหานคร สำนักงานสถิติแห่งชาติ
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (2553) “การใช้ที่ดินเพื่อการเกษตรของประเทศไทยระดับประเทศ
ภาค จังหวัด ปี 2553” ค้นคืน 21 พฤศจิกายน 2555 จาก http://www.oae.go.th/ewtadmin/ewt/oae_web/download/use_soilNew/landused2553.html
- อรรรณา คิว่งแพง อนันต์ เพชรเกลื่อน และนิเทศ บุตรดี (2553) “ผลของการฉีดพ่นไคโตซานต่อ
การเจริญเติบโตของพริก 6 สายพันธุ์” *วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร* 41, 3/1 (พิเศษ)
(กันยายน - ธันวาคม): 525 - 528
- อดิศักดิ์ ประจงแสงศรี และมาโนช ทองเจียม (2536) *การผลิตเมล็ดพันธุ์ฝัก* กรุงเทพมหานคร
กรมส่งเสริมการเกษตร กองขยายพันธุ์พืช 425 หน้า
- อุดม โกสัยสุก (2537) *การปลูกผักกินใบ* กรุงเทพมหานคร บริษัท อักษรพิพัฒน์ จำกัด 34 หน้า
- Austin, P.R. (1977). “Chitin-Chitosan” Chitin Solution Retrieved October 26, 2010, from
<http://www.freepatentsonline.com/4059457.html>
- Badawy, M.E.I., Rabea, E.I., Steurbaut, W., Rogge, T.M., Stevens, C.V. and Smagghe, G. (2005)
“Insecticidal and growth inhibitory effects of new O-acyl chitosan derivatives on the
cotton leafworm *Spodoptera littoralis*” *Comm. Appl. Biol. Sci* 70(4): 817 - 821.
- Barka, E.A., Eullaffroy, P., Clement, C. and Vernet, G. (2004). “Chitosan improves
development and protects *Vitis vinifera* L. against *Botrytis cinerea*.” *Plant Cell
Repro.* 22, paper no. 178-186 (March). Retrieved October 26, 2010, from
<http://lib.bioinfo.pl/paper:14595516>
- Budavari, S. (1976). *The Merck index: an Encyclopedia of Chemicals Drugs and Biological.*
New Jersey: Merck. 703 p.
- Carroad, P.A. and Tom, R.A. (1978). “Bioconversion of shellfish chitin waste: Process
conception and selection of microorganisms.” *Journal of Food Sci.* 43: 1158 - 1161.
- Domard, A. (1996). “Some physiochemical and structural basis for applicability of chitin and
chitosan.” In W.F. Stevens, M.S. Rao, and S. Chandkrachang, eds. *The Proceeding
of the Second Asia Pacific Symposium.* pp. 3. Bioprocess Technology Program
Asian Institute of Technology Bangkok: Thailand.
- Dzung, N.A. and Thang, N.T. (2002). “Effect of oligo glucosamine prepared by enzyme
degradation on the growth of soybean.” *Advances in Chitin Sci.* 5: 463 - 467.

- El-Tantawy, E.M. (2009). "Behavior of Tomato Plants as Affected by Sparying with Chitosan and Aminofort as Natural Stimulator Substances under Application of Soil Organic Amendments." *Pakistan Journal of Biological Sciences* 12: 1164 - 1173.
- Foster, A.B. and Webber, J.M. (1960). "Chitin. Advances in Carbohydrate." *Chem.* 15: 371 - 393.
- Hadrami, A El, Adam, L.R., Hadrami, El I. and Daayf, F. (2010) "Chitosan in Plant Protection" *Mar. Drugs* 8: 968 - 987.
- Hidalgo, L., Argelles, W., Peniche, C., Pino delos, M. and Terry, E. (1996). "Effect of chitosan in seed treatment of tomato." *Revista de Protection Vegeta.* 11(1): 37 - 39.
- Kim, H.J., Chen, F., Wang, X. and Rajapakse, N.C. (2005). "Effect of chitosan on the biological properties of sweet basil (*Ocimum basilicum* L.)" *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 53(9): 3696 - 3701.
- Kittiya Sangpakdee and Supanee Pimsamarn. (2006) "Use of plant extracts and chitosan for postharvest control of flower thrips on chrysanthemum" *Agricultural Sci. Journal* 37 : 5 (Suppl.) : 11 - 14.
- Knorr, D. (1984). "Use of chitinous polymer in food." *Food Technol* Vol. 38: No.1. 85 - 97.
- Limpanavech, P. (2003). "The Effect of Polymer Type Concentration, and % DD of Biocatalyst Modified Chitosan on Floral Production of Dendrobium 'EISUL'." M.S. thesis. chulalongkorn University.
- Luan, L.Q., Ha, V.T.T., Hai, L., Hien, N.Q., Nagasawa, Yoshii, F. and Kume, T. (2002). "Effect of Radiation - Degraded Chitosan on Growth Promotiom of Flower Plant in Tissue Culture." *Science Link Japan*. Retrieved October 26, 2010, from <http://sciencelinks.jp/jeast/article/200215/000020021502A0527542.php>,
- Muzzarelli, R.A.A. (1977). *Chitin*. Pergamon press New York: 309 p.
- Nge, K.L., Nwe, N., Chandkrachang, S. and Stevens, W.F. (2006). "Chitosan as a growth stimulator in orchid tissue culture." *Plant Sci.* Vol. 170: 1185 - 1190.
- Ohta,K., Taniguchi, A., Konishi, N. and Hosoki, T. (1999). "Chitosan treatment affects plant growth and flower quality in *Eustoma grandiflorum*." *Hort Sci.* Vol. 34: 233 - 234.
- Rabea, El., Badawy, ME., Rogge, TM., Stevens, CV., Höfte, M., Steurbaut, W., Smagghe, G. (2005) "Insecticidal and fungicidal activity of new synthesized chitosan derivatives." *Pest Management Sci.* 61 (10) October: 951 - 960.

- Sabharwal, S. (2001). *Radiation Chemistry of Monomers and Polymers*. Radiation Technology Development Section Bhabha Atomic Research Center India: 450 p.
- Shahidi, F., Arachchi, J.K.V. and Jeon, Y-J. (1999). "Food applications of chitin and chitosan." *Trends in Food Sci. & Technol.* Vol. 10: 37 - 51.
- Singh, A. and Silverman, J. (1992). *Radiation Processing of Polymers. Progress in Polymer Processing Series* American chemical Society New York: 337 p.
- Siri-Upathum, C. (2002). "Radiation degradation of chitosan and its application for young orchid plants growth promotion." *Advances in Chitin Sci.* Vol. 5: 475 - 478.
- Stelmock, R.L., Husby, F.M. and Brundage, A.L. (1985). "Application of Van Soest Acid detergent fiber method for analysis of shell fish chitin." *Journal of Dairy Sci.* Vol. 43: 1158 - 1161.
- Taiz, L. and Zeiger, E. (2002). *Plant Physiology*. 3rd ed. Sinauer Associates Inc. Sunderland USA: 690 p.
- Tham, L.X., Nagasawa, N., Matsuhashi, S., Ishioka, N.S., Ito, T. and Kume, T. (2001) "Effect of radiation degraded chitosan and plants stressed with vanadium." *Radia. Phys. and Chem.* Vol. 61: 171 - 175.
- Tokura, S. and Tamura, H. (1999). "Basic Properties of Chitin and Chitosan." The Takasaki Workshop on Radiation Processing of Natural Polymer Takasaki Cooperation Japan. 344 p.
- Ulanski, R. and Rosiak, J. (1992). "Preliminary studies on radiation-induced changes in chitosan." *Radia. Appl. Instrum.* Vol. 39: 53 - 57.
- Yoksan, R., Biramontri, S. and Chirachanchai, S. (2002). "Structural characterization of ray irradiated chitosan." In *Chitin - Chitosan Symposium and Exhibition 5th Asia Pacific*. pp.301 - 305 Thailand: MTEC.

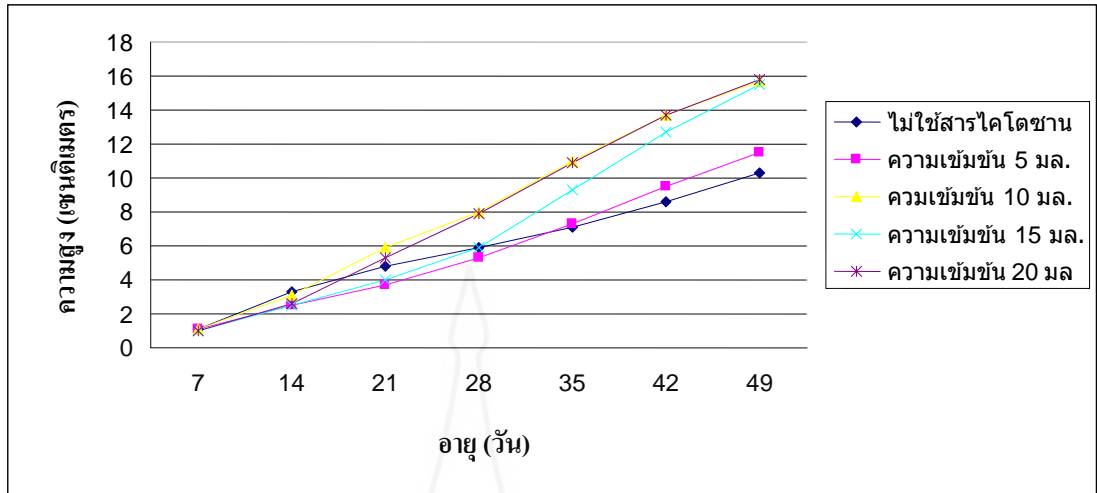


ภาคผนวก

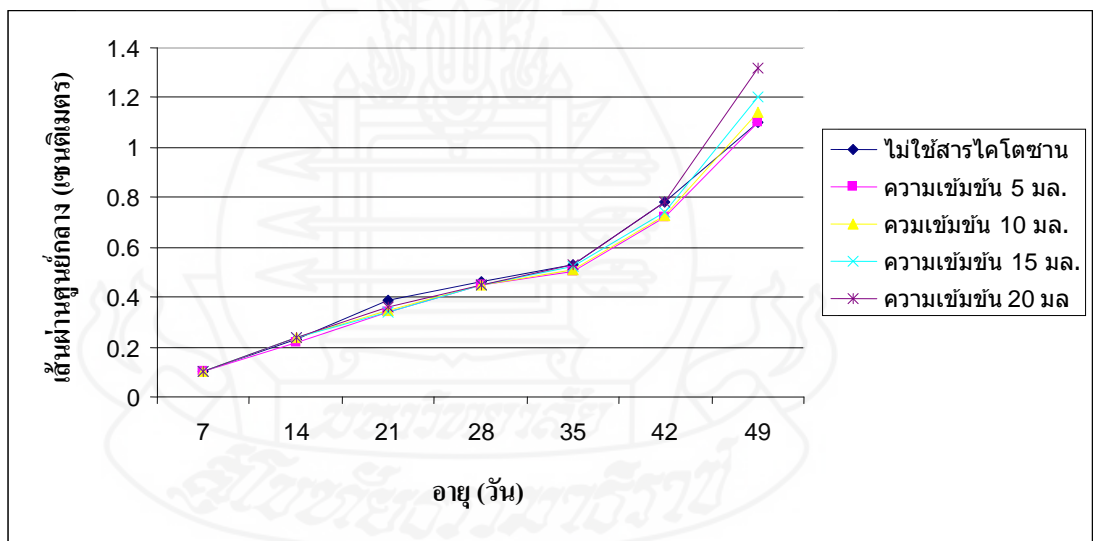


ภาคผนวก ก

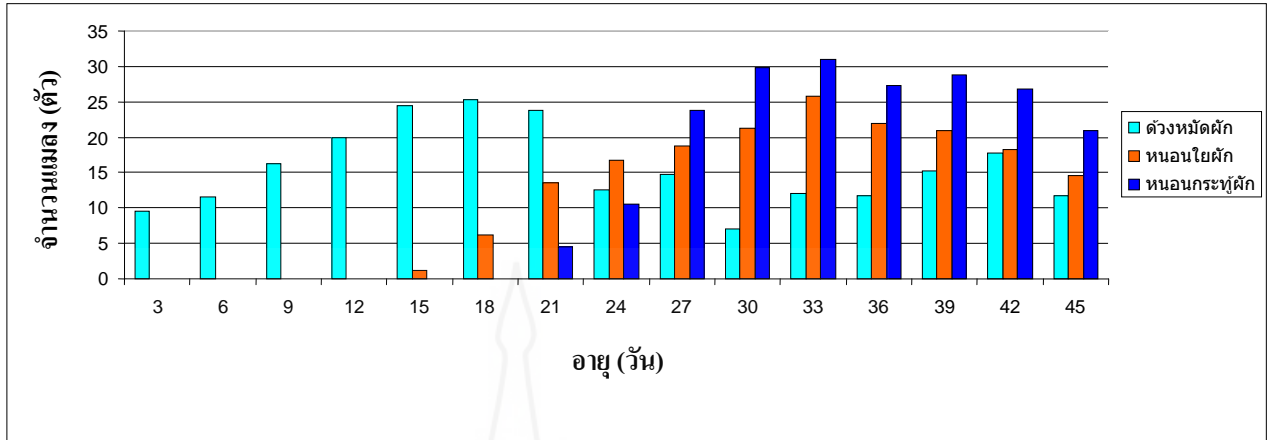
กราฟเปรียบเทียบผลของการใช้สารโคโตซานที่อัตราต่าง ๆ



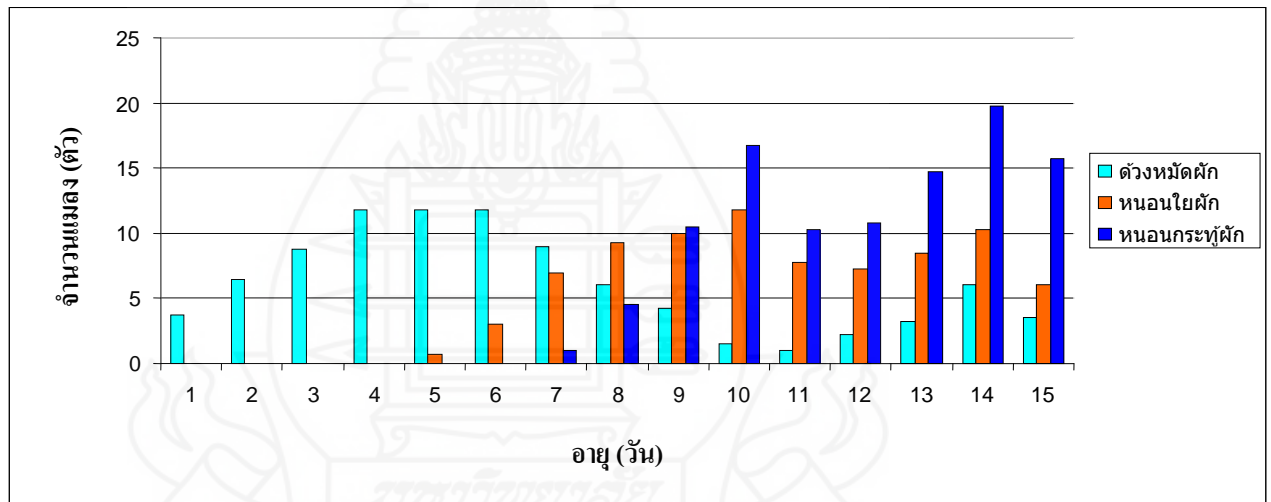
กราฟเปรียบเทียบผลของการใช้สารไคโตซานที่อัตราต่าง ๆ ต่อความสูงของผักคะน้าที่ช่วงอายุ 7, 14, 21, 28, 35, 42 และ 49 วัน (ในกระถาง)



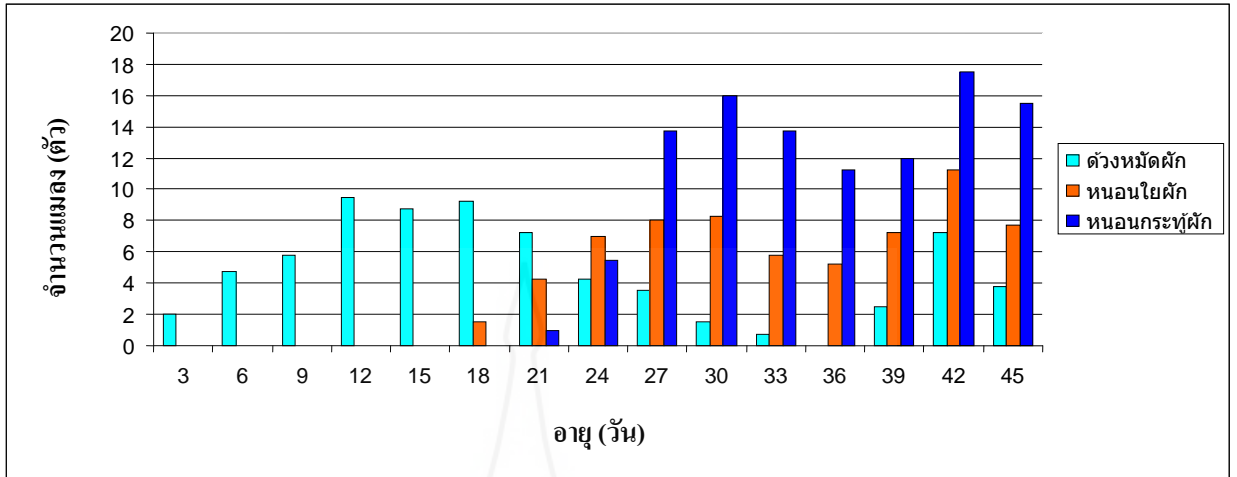
กราฟเปรียบเทียบผลของการใช้สารไคโตซานที่อัตราต่าง ๆ ต่อเส้นผ่านศูนย์กลางของผักคะน้าที่ช่วงอายุ 7, 14, 21, 28, 35, 42 และ 49 วัน (ในกระถาง)



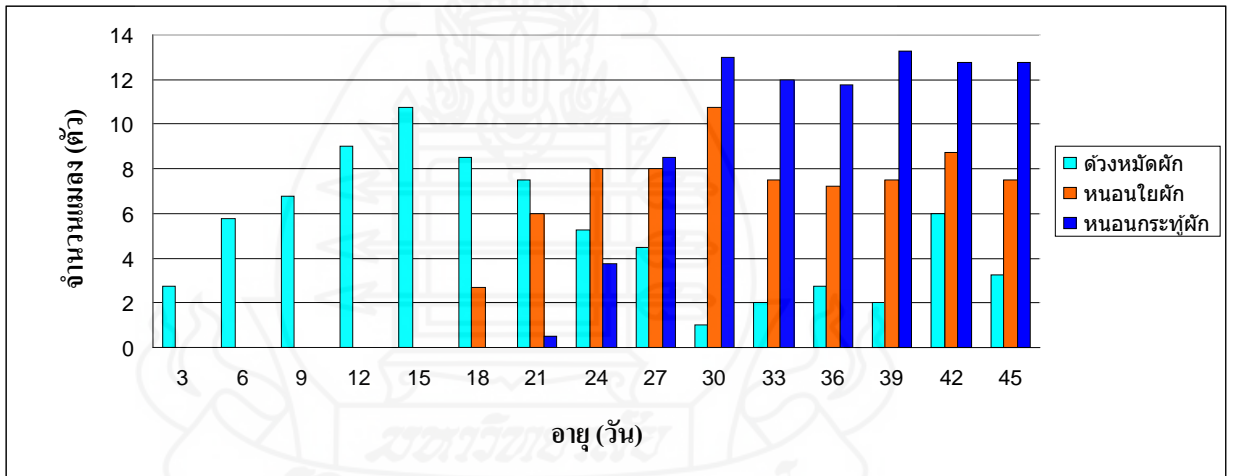
กราฟเปรียบเทียบผลของการไม่พ่นสารไลโคโตซานต่อการป้องกันกำจัดด้วงหมัดฝัก หนอนใยฝัก และหนอนกระทุ้งฝัก ของฝักคะน้าที่ช่วงอายุ 3 - 45 วัน



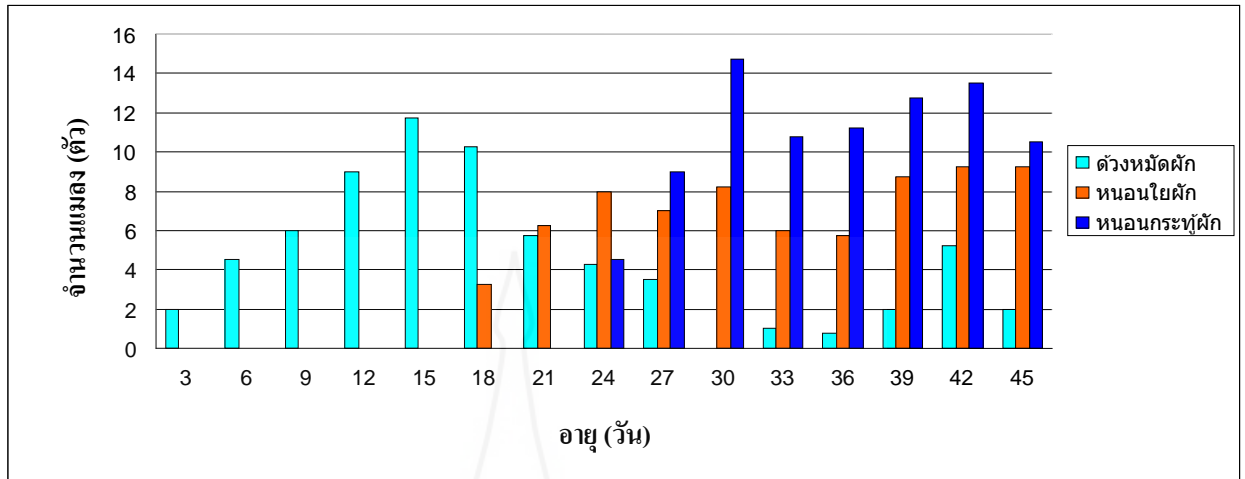
กราฟเปรียบเทียบผลของการใช้สารไลโคโตซานที่อัตราการใช้ 5 มิลลิลิตรต่อการป้องกันกำจัดด้วงหมัดฝัก หนอนใยฝัก และหนอนกระทุ้งฝัก ของฝักคะน้าที่ช่วงอายุ 3 - 45 วัน



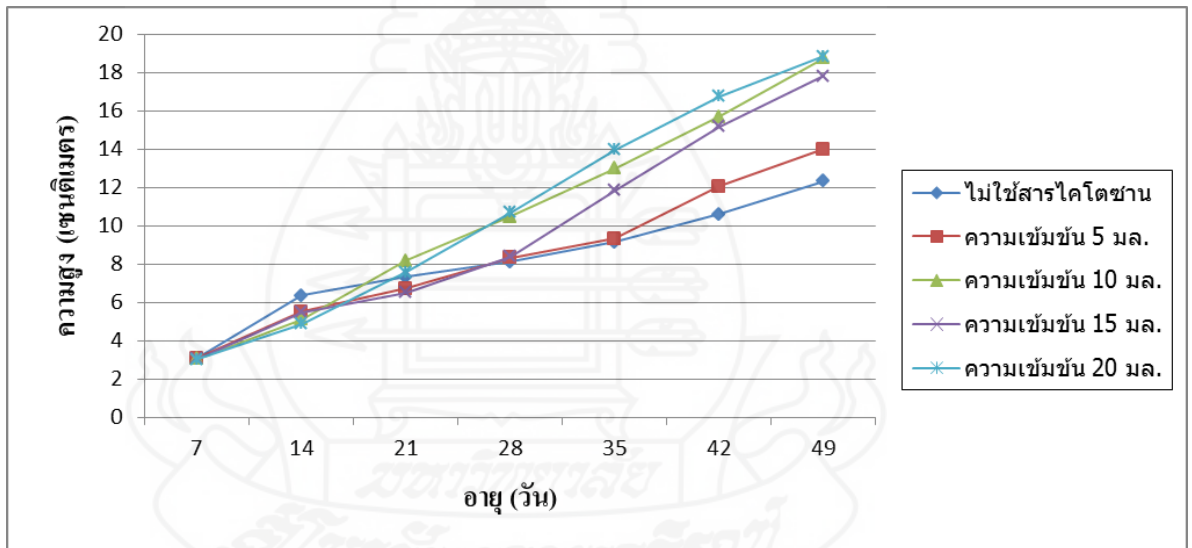
กราฟเปรียบเทียบผลของการใช้สารไคโตซานที่อัตราการใช้ 10 มิลลิกรัมต่อการป้องกันกำจัดด้วงหมัดฝัก หนอนใยฝัก และหนอนกระทู้ฝัก ของฝักกะน้าที่ช่วงอายุ 3 - 45 วัน



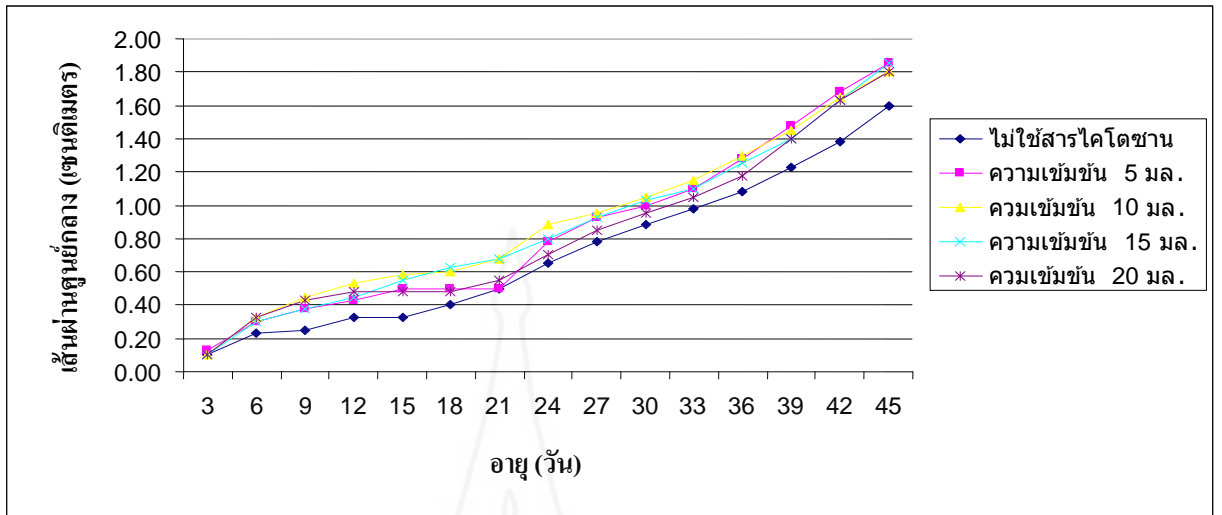
กราฟเปรียบเทียบผลของการใช้สารไคโตซานที่อัตราการใช้ 15 มิลลิกรัมต่อการป้องกันกำจัดด้วงหมัดฝัก หนอนใยฝัก และหนอนกระทู้ฝัก ของฝักกะน้าที่ช่วงอายุ 3 - 45 วัน



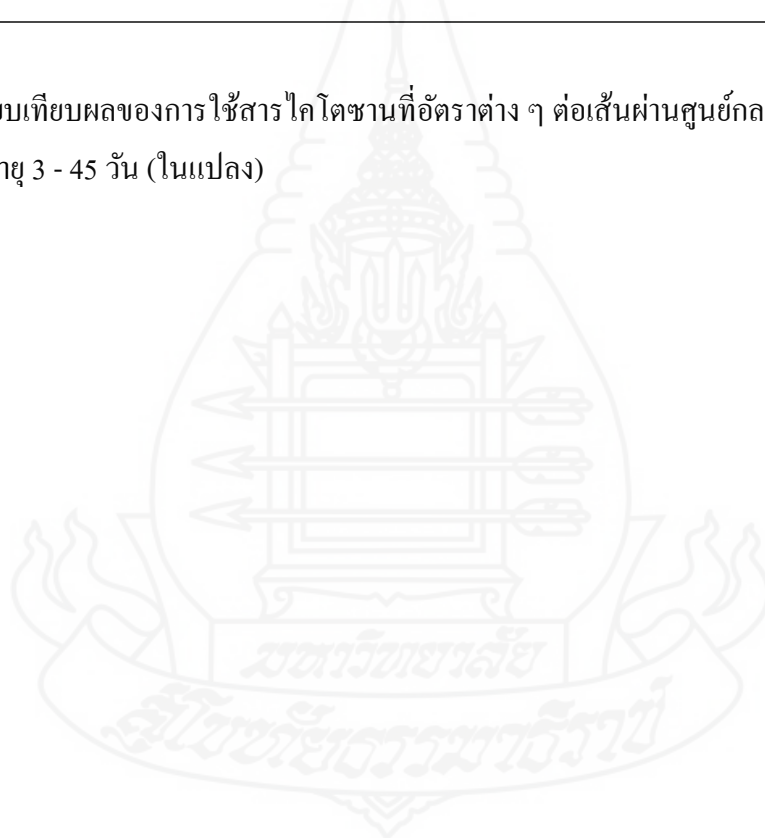
กราฟเปรียบเทียบผลของการใช้สารไคโตซานที่อัตราการใช้ 20 มิลลิกรัมต่อการป้องกันกำจัดด้วงหมัดฝัก หนอนใยฝัก และหนอนกระทุ้งฝัก ของฝักคะน้าในช่วงอายุ 3 - 45 วัน



กราฟเปรียบเทียบผลของการใช้สารไคโตซานที่อัตราต่างๆ ต่อความสูงของฝักคะน้าในช่วงอายุ 7, 14, 21, 28, 35, 42 และ 49 วัน (ในแปลง)

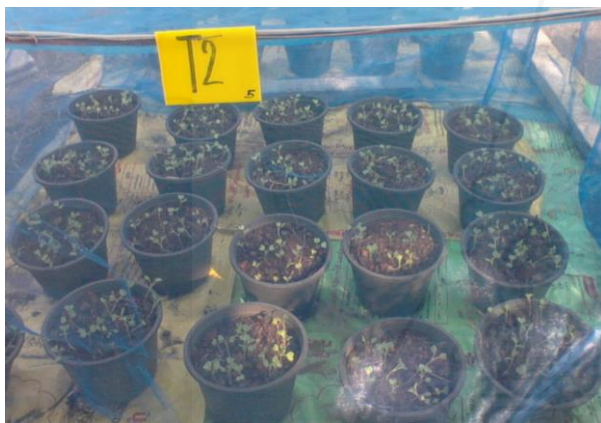


กราฟเปรียบเทียบผลของการใช้สารโคโตซานที่อัตราต่าง ๆ ต่อเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยของฝักคะน้าที่ช่วงอายุ อายุ 3 - 45 วัน (ในแปลง)

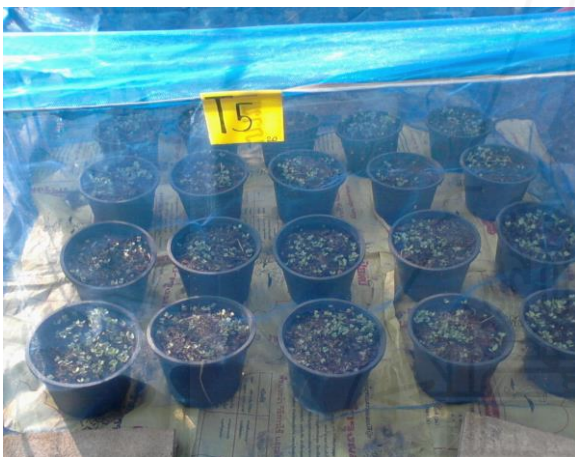
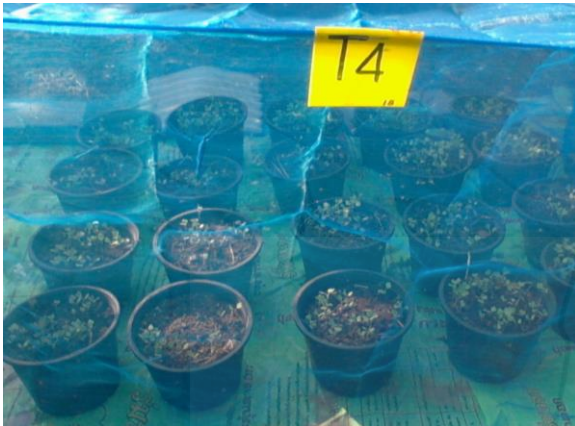




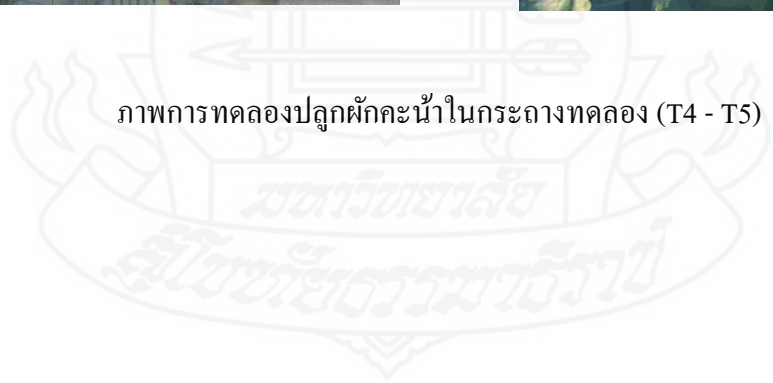
ภาคผนวก ข
ภาพการทดลองปลูกผักคะน้า

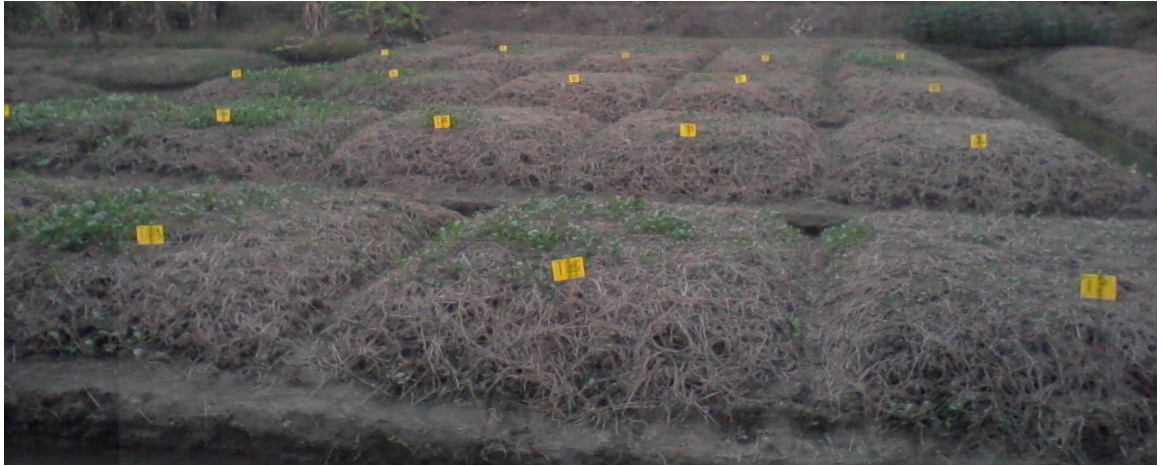


ภาพการทดลองปลูกผักคะน้าในกระถางทดลอง (T1 - T3)

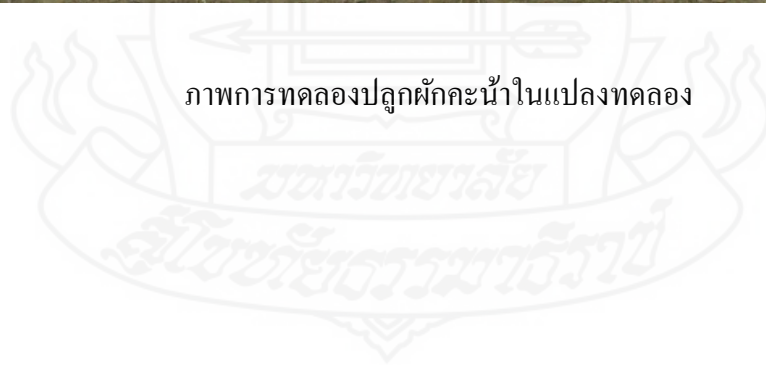


ภาพการทดลองปลูกผักคะน้าในกระถางทดลอง (T4 - T5)





ภาพการทดลองปลูกผักคะน้าในแปลงทดลอง



ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ	ว่าที่ร้อยตรีพงษ์ศิริ สิริวรราชวี
วัน เดือน ปีเกิด	7 กรกฎาคม 2516
สถานที่เกิด	อำเภอเมือง จังหวัดประจวบคีรีขันธ์
ประวัติการศึกษา	สาขาวิชาส่งเสริมการเกษตรและสหกรณ์ (การจัดการการผลิตพืช) มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช
สถานที่ทำงาน	บริษัท โกรว์ฟิวเจอร์อินเตอร์คอร์ป จำกัด
ตำแหน่ง	ประธานกรรมการ

