



วิทยานิพนธ์

ผลของไคโตซานต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวฟ่าง

EFFECT OF CHITOSAN ON GROWTH AND YIELD OF

Sorghum bicolor (L.) Moench.

นางสาวปิยนุฐ ชนาวุฒิ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พ.ศ. 2551



ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (พฤกษศาสตร์)

ปริญญา

พฤกษศาสตร์

พฤกษศาสตร์

สาขา

ภาควิชา

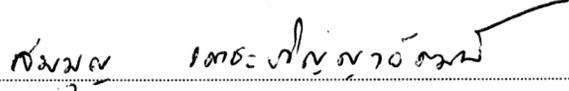
เรื่อง ผลของไคโตซานต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวฟ่าง

Effect of Chitosan on Growth and Yield of *Sorghum bicolor* (L.) Moench.

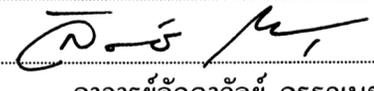
นามผู้วิจัย นางสาวปิยนุช ธนาวุฒิ

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

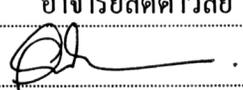
ประธานกรรมการ


(รองศาสตราจารย์สมบุญ เตชะภิญญาวัฒน์, Ph.D.)

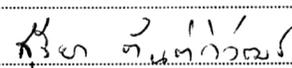
กรรมการ


(อาจารย์ถนัดดาวัลย์ กรรณนุช, Ph.D.)

กรรมการ


(รองศาสตราจารย์วันชัย จันทร์ประเสริฐ, Ph.D.)

หัวหน้าภาควิชา


(รองศาสตราจารย์สุรียา ดันติวิวัฒน์, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว


(รองศาสตราจารย์วินัย อาจคงหาญ, M.A.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ 19 เดือน มีนาคม พ.ศ. 2551

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

ผลของไคโตซานต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวฟ่าง

Effect of Chitosan on Growth and Yield of *Sorghum bicolor* (L.) Moench.

โดย

นางสาวปิยนุช ธนาวุฒิ

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (พฤษศาสตร์)

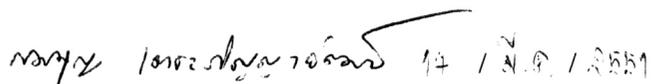
พ.ศ. 2551

ปิยนุช ธนาวุฒิ 2551: ผลของไคโตซานต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวฟ่าง
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (พฤกษศาสตร์) สาขาวิชาพฤกษศาสตร์
ภาควิชาพฤกษศาสตร์ ปรชชานกรรรมการที่ปริศึกษา: รองศาสตราจารย์สมบุญ
เดชะภิญญาวัฒน์, Ph.D. 180 หน้า

ไคโตซาน 5 รูปแบบ (polymer, oligomer, ฉายรังสี 75 และ 100 kGy, MTไคโตซาน) ถูกนำมาใช้ทดสอบการงอก การเจริญเติบโตของต้นกล้า และผลผลิตของข้าวฟ่างสายพันธุ์ DA5 และ KU439 ผลการทดลองพบว่า ไคโตซานฉายรังสี 100 kGy สามารถกระตุ้นการงอกของข้าวฟ่างสายพันธุ์ KU439 ได้ดีที่สุด ในระยะ 4 วัน และ 10 วัน ได้ในระดับ 95.60 และ 96.80 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ โดยให้ดัชนีการงอกสูงถึง 30.21 แต่การใช้ไคโตซานทั้ง 5 รูปแบบไม่มีความแตกต่างในการกระตุ้นการงอกของข้าวฟ่างสายพันธุ์ DA5 ขณะที่ไคโตซานฉายรังสี 75 kGy และ 100 kGy ส่งเสริมการเจริญเติบโตของต้นกล้าข้าวฟ่างทั้งสองสายพันธุ์ดีที่สุด นอกจากนี้ยังพบว่า ในเรื่องการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวฟ่าง ไคโตซานชนิด polymer ทำให้ข้าวฟ่างสายพันธุ์ DA5 มีน้ำหนักช่อ (20.66 กรัมต่อต้น) น้ำหนักมวลชีวภาพ (80.29 กรัมต่อต้น) น้ำหนักเมล็ด (17.66 กรัมต่อต้น) จำนวนเมล็ด (645.63 เมล็ดต่อต้น) และเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนในต้น (1.068 เปอร์เซ็นต์) สูงสุด แต่ทำให้ข้าวฟ่างสายพันธุ์ KU439 มีพื้นที่ใบอายุ 2, 3 และ 4 เดือน (251.48, 315.46 และ 345.91 ตารางเซนติเมตรต่อใบ ตามลำดับ) น้ำหนักต้นแห้งอายุ 4 เดือน (29.66 กรัมต่อต้น) น้ำหนักมวลชีวภาพ (52.01 กรัมต่อต้น) เปอร์เซ็นต์ฟอสฟอรัสและปริมาณฟอสฟอรัสในต้น (0.239 เปอร์เซ็นต์ และ 2.821 มิลลิกรัมต่อต้น ตามลำดับ) สูงสุด ส่วนไคโตซานชนิด oligomer กลับทำให้ข้าวฟ่างสายพันธุ์ DA5 มีน้ำหนักต้นแห้งอายุ 4 เดือน (47.24 กรัมต่อต้น) สูงสุด



ลายมือชื่อนิสิต



ลายมือชื่อประธานกรรมการ

Piyanut Thanavut 2008: Effect of Chitosan on Growth and Yield of *Sorghum bicolor* (L.) Moench. Master of Science (Botany), Major Field: Botany, Department of Botany. Thesis Advisor: Associate Professor Sombun Techapinyawat, Ph.D. 180 pages.

Five chitosan types (polymer, oligomer, irradiated chitosan 75 and 100 kGy, MT chitosan) were used to treat 2 varieties of sorghum, i.e., DA5 and KU439. Seed germination, seedling growth and yield were evaluated. It was found that 100 kGy irradiated chitosan was best in inducing seed germination at 4 days (95.60 %), 10 days (96.80 %), giving germination index of 30.21 for KU439 variety. However, there was no difference in using five chitosan types in seed germination of DA5 variety. As for seedling growth, 75 and 100 kGy irradiated chitosan were best to use with both sorghum varieties. Considering the growth and yield of sorghum, the polymer chitosan gave DA5 the best spike weight (20.66 g/plant), biomass weight (80.29 g/plant), seed weight (17.66 g/plant), seed number (645.63 seed /plant) and percentage of nitrogen in shoot (1.068 %) but gave KU439 the best leaf area at 2, 3 and 4 month (215.48, 315.46 and 345.91 cm³/leaf, respectively), shoot dry weight at 4 month (29.66 g/plant), biomass weight (52.01 g/plant), percentage phosphorous and total uptake of phosphorous in shoot (0.239 % and 2.821 mg/plant, respectively). Interestingly, the oligomer type was specially best for shoot dry weight at 4 month (47.24 g/plant) of DA5 variety.

Piyanut Thanavut

Student's signature

Sombun Techapinyawat 17 / March / 2008

Thesis Advisor's signature

กิตติกรรมประกาศ

ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. สมบุญ เตชะภิญญาวัฒน์ ประธานกรรมการที่ปรึกษาเป็นอย่างสูงที่กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำตลอดจนแก้ไขวิทยานิพนธ์จนเสร็จสมบูรณ์ และขอกราบขอบพระคุณ ดร. ลัดดาวัลย์ วรรณนุช กรรมการที่ปรึกษาวิชาเอก รองศาสตราจารย์ ดร. วันชัย จันทร์ประเสริฐ กรรมการที่ปรึกษาวิชาการ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พูนพิภพ เกษมทรัพย์ ผู้แทนบัณฑิตวิทยาลัยที่กรุณาให้คำแนะนำ และตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์ให้ถูกต้องและสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์ชูศักดิ์ จอมพุก ที่กรุณาเขียนโปรแกรมในการวิเคราะห์ทางสถิติสำหรับการทำวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้ ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ พรรณี พักกง ที่ให้ความอนุเคราะห์นำโคโคซานไปฉายรังสี และให้คำปรึกษาเรื่องการฉายรังสีแก่โคโคซาน ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. อมรา ทองปาน ที่ช่วยแก้ไขในเรื่องภาษา ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ฝ่ายปฏิบัติการวิจัย และเรือนปลูกพืชทดลองสถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม ที่ช่วยเหลือ และให้คำแนะนำในการวิเคราะห์ธาตุอาหารพืช ขอขอบคุณ คุณสุปราณี งามประสิทธิ์ ที่ให้ความช่วยเหลือในการเตรียมดินปลูกข้าวฟ่าง จากศูนย์วิจัยข้าวโพดข้าวฟ่างแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ อำเภอบางบาล จังหวัดนครราชสีมา

ขอขอบคุณพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ ที่ให้กำลังใจ และสนับสนุนในด้านการเรียน ทำวิทยานิพนธ์จนสำเร็จ ขอขอบคุณพี่น้อง และเพื่อนๆ ที่ให้ความช่วยเหลือ และกำลังใจด้วยดีเสมอมา

ปิยนุช ธนาวุฒิ

มีนาคม 2551

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(13)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	4
อุปกรณ์และวิธีการ	24
ผลและวิจารณ์	28
ผล	28
วิจารณ์	107
สรุปและข้อเสนอแนะ	122
สรุป	122
ข้อเสนอแนะ	124
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	125
ภาคผนวก	136
ประวัติการศึกษา และการทำงาน	180

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	เปอร์เซ็นต์การงอกอายุ 4 วัน ของข้าวฟ่างสายพันธุ์ DA5 ที่ใส่ไคโตซานชนิดต่างๆ และจิบเบอเรลลิน ระดับความเข้มข้นต่างกัน	29
2	เปอร์เซ็นต์การงอกอายุ 10 วัน ของข้าวฟ่างสายพันธุ์ DA5 ที่ใส่ไคโตซานชนิดต่างๆ และจิบเบอเรลลิน ระดับความเข้มข้นต่างกัน	30
3	ดัชนีการงอกอายุ 10 วัน ของข้าวฟ่างสายพันธุ์ DA5 ที่ใส่ไคโตซานชนิดต่างๆ และจิบเบอเรลลิน ระดับความเข้มข้นต่างกัน	32
4	ความยาวยอดอายุ 10 วัน ของข้าวฟ่างสายพันธุ์ DA5 ที่ใส่ไคโตซานชนิดต่างๆ และจิบเบอเรลลิน ระดับความเข้มข้นต่างกัน	33
5	ความยาวรากอายุ 10 วัน ของข้าวฟ่างสายพันธุ์ DA5 ที่ใส่ไคโตซานชนิดต่างๆ และจิบเบอเรลลิน ระดับความเข้มข้นต่างกัน	35
6	ความยาวต้นกล้าอายุ 10 วัน ของข้าวฟ่างสายพันธุ์ DA5 ที่ใส่ไคโตซานชนิดต่างๆ และจิบเบอเรลลิน ระดับความเข้มข้นต่างกัน	36
7	เปอร์เซ็นต์การงอกอายุ 4 วัน ของข้าวฟ่างสายพันธุ์ KU439 ที่ใส่ไคโตซานชนิดต่างๆ และจิบเบอเรลลิน ระดับความเข้มข้นต่างกัน	38
8	เปอร์เซ็นต์การงอกอายุ 10 วัน ของข้าวฟ่างสายพันธุ์ KU439 ที่ใส่ไคโตซานชนิดต่างๆ และจิบเบอเรลลิน ระดับความเข้มข้นต่างกัน	39
9	ดัชนีการงอกอายุ 10 วัน ของข้าวฟ่างสายพันธุ์ KU439 ที่ใส่ไคโตซานชนิดต่างๆ และจิบเบอเรลลิน ระดับความเข้มข้นต่างกัน	41
10	ความยาวยอดอายุ 10 วัน ของข้าวฟ่างสายพันธุ์ KU439 ที่ใส่ไคโตซานชนิดต่างๆ และจิบเบอเรลลิน ระดับความเข้มข้นต่างกัน	42
11	ความยาวรากอายุ 10 วัน ของข้าวฟ่างสายพันธุ์ KU439 ที่ใส่ไคโตซานชนิดต่างๆ และจิบเบอเรลลิน ระดับความเข้มข้นต่างกัน	44
12	ความยาวต้นกล้าอายุ 10 วัน ของข้าวฟ่างสายพันธุ์ KU439 ที่ใส่ไคโตซานชนิดต่างๆ และจิบเบอเรลลิน ระดับความเข้มข้นต่างกัน	45

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
13	ความสูงต้นอายุ 1 เดือน ของข้าวฟ่างสายพันธุ์ DA5 ที่ใส่ไคโตซานชนิดต่างๆ ระดับความเข้มข้นต่างกัน	47
14	ความสูงต้นอายุ 2 เดือน ของข้าวฟ่างสายพันธุ์ DA5 ที่ใส่ไคโตซานชนิดต่างๆ ระดับความเข้มข้นต่างกัน	48
15	ความสูงต้นอายุ 3 เดือน ของข้าวฟ่างสายพันธุ์ DA5 ที่ใส่ไคโตซานชนิดต่างๆ ระดับความเข้มข้นต่างกัน	49
16	ความสูงต้นอายุ 4 เดือน ของข้าวฟ่างสายพันธุ์ DA5 ที่ใส่ไคโตซานชนิดต่างๆ ระดับความเข้มข้นต่างกัน	50
17	จำนวนใบอายุ 1 เดือน ของข้าวฟ่างสายพันธุ์ DA5 ที่ใส่ไคโตซานชนิดต่างๆ ระดับความเข้มข้นต่างกัน	51
18	จำนวนใบอายุ 2 เดือน ของข้าวฟ่างสายพันธุ์ DA5 ที่ใส่ไคโตซานชนิดต่างๆ ระดับความเข้มข้นต่างกัน	52
19	จำนวนใบอายุ 3 เดือน ของข้าวฟ่างสายพันธุ์ DA5 ที่ใส่ไคโตซานชนิดต่างๆ ระดับความเข้มข้นต่างกัน	53
20	จำนวนใบอายุ 4 เดือน ของข้าวฟ่างสายพันธุ์ DA5 ที่ใส่ไคโตซานชนิดต่างๆ ระดับความเข้มข้นต่างกัน	54
21	พื้นที่ใบอายุ 1 เดือน ของข้าวฟ่างสายพันธุ์ DA5 ที่ใส่ไคโตซานชนิดต่างๆ ระดับความเข้มข้นต่างกัน	56
22	พื้นที่ใบอายุ 2 เดือน ของข้าวฟ่างสายพันธุ์ DA5 ที่ใส่ไคโตซานชนิดต่างๆ ระดับความเข้มข้นต่างกัน	57
23	พื้นที่ใบอายุ 3 เดือน ของข้าวฟ่างสายพันธุ์ DA5 ที่ใส่ไคโตซานชนิดต่างๆ ระดับความเข้มข้นต่างกัน	58
24	พื้นที่ใบอายุ 4 เดือน ของข้าวฟ่างสายพันธุ์ DA5 ที่ใส่ไคโตซานชนิดต่างๆ ระดับความเข้มข้นต่างกัน	59

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
25	วันออกดอกของข้าวฟ่างสายพันธุ์ DA5 ที่ใส่ไคโตซานชนิดต่างๆ ระดับความเข้มข้นต่างกัน	60
26	น้ำหนักแห้งต้นอายุ 3 เดือน ของข้าวฟ่างสายพันธุ์ DA5 ที่ใส่ไคโตซานชนิดต่างๆ ระดับความเข้มข้นต่างกัน	62
27	น้ำหนักแห้งต้นอายุ 4 เดือน ของข้าวฟ่างสายพันธุ์ DA5 ที่ใส่ไคโตซานชนิดต่างๆ ระดับความเข้มข้นต่างกัน	63
28	น้ำหนักแห้งรากอายุ 4 เดือน ของข้าวฟ่างสายพันธุ์ DA5 ที่ใส่ไคโตซานชนิดต่างๆ ระดับความเข้มข้นต่างกัน	64
29	น้ำหนักช่อของข้าวฟ่างสายพันธุ์ DA5 ที่ใส่ไคโตซานชนิดต่างๆ ระดับความเข้มข้นต่างกัน	65
30	น้ำหนักมวลชีวภาพของข้าวฟ่างสายพันธุ์ DA5 ที่ใส่ไคโตซานชนิดต่างๆ ระดับความเข้มข้นต่างกัน	67
31	น้ำหนักเมล็ดของข้าวฟ่างสายพันธุ์ DA5 ที่ใส่ไคโตซานชนิดต่างๆ ระดับความเข้มข้นต่างกัน	68
32	น้ำหนัก 1,000 เมล็ด ของข้าวฟ่างสายพันธุ์ DA5 ที่ใส่ไคโตซานชนิดต่างๆ ระดับความเข้มข้นต่างกัน	71
33	จำนวนเมล็ดของข้าวฟ่างสายพันธุ์ DA5 ที่ใส่ไคโตซานชนิดต่างๆ ระดับความเข้มข้นต่างกัน	72
34	เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนในต้นอายุ 3 เดือน ของข้าวฟ่างสายพันธุ์ DA5 ที่ใส่ไคโตซานชนิดต่างๆ ระดับความเข้มข้นต่างกัน	73
35	ปริมาณไนโตรเจนในต้นอายุ 3 เดือน ของข้าวฟ่างสายพันธุ์ DA5 ที่ใส่ไคโตซานชนิดต่างๆ ระดับความเข้มข้นต่างกัน	74
36	เปอร์เซ็นต์ฟอสฟอรัสในต้นอายุ 3 เดือน ของข้าวฟ่างสายพันธุ์ DA5 ที่ใส่ไคโตซานชนิดต่างๆ ระดับความเข้มข้นต่างกัน	75

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
37	ปริมาณฟอสฟอรัสในต้นอายุ 3 เดือน ของข้าวฟ่างสายพันธุ์ DA5 ที่ใส่ไคโตซานชนิดต่างๆ ระดับความเข้มข้นต่างกัน	76
38	ความสูงต้นอายุ 1 เดือน ของข้าวฟ่างสายพันธุ์ KU439 ที่ใส่ไคโตซานชนิดต่างๆ ระดับความเข้มข้นต่างกัน	78
39	ความสูงต้นอายุ 2 เดือน ของข้าวฟ่างสายพันธุ์ KU439 ที่ใส่ไคโตซานชนิดต่างๆ ระดับความเข้มข้นต่างกัน	79
40	ความสูงต้นอายุ 3 เดือน ของข้าวฟ่างสายพันธุ์ KU439 ที่ใส่ไคโตซานชนิดต่างๆ ระดับความเข้มข้นต่างกัน	80
41	ความสูงต้นอายุ 4 เดือน ของข้าวฟ่างสายพันธุ์ KU439 ที่ใส่ไคโตซานชนิดต่างๆ ระดับความเข้มข้นต่างกัน	81
42	จำนวนใบอายุ 1 เดือน ของข้าวฟ่างสายพันธุ์ KU439 ที่ใส่ไคโตซานชนิดต่างๆ ระดับความเข้มข้นต่างกัน	82
43	จำนวนใบอายุ 2 เดือน ของข้าวฟ่างสายพันธุ์ KU439 ที่ใส่ไคโตซานชนิดต่างๆ ระดับความเข้มข้นต่างกัน	83
44	จำนวนใบอายุ 3 เดือน ของข้าวฟ่างสายพันธุ์ KU439 ที่ใส่ไคโตซานชนิดต่างๆ ระดับความเข้มข้นต่างกัน	84
45	จำนวนใบอายุ 4 เดือน ของข้าวฟ่างสายพันธุ์ KU439 ที่ใส่ไคโตซานชนิดต่างๆ ระดับความเข้มข้นต่างกัน	85
46	พื้นที่ใบอายุ 1 เดือน ของข้าวฟ่างสายพันธุ์ KU439 ที่ใส่ไคโตซานชนิดต่างๆ ระดับความเข้มข้นต่างกัน	86
47	พื้นที่ใบอายุ 2 เดือน ของข้าวฟ่างสายพันธุ์ KU439 ที่ใส่ไคโตซานชนิดต่างๆ ระดับความเข้มข้นต่างกัน	87
48	พื้นที่ใบอายุ 3 เดือน ของข้าวฟ่างสายพันธุ์ KU439 ที่ใส่ไคโตซานชนิดต่างๆ ระดับความเข้มข้นต่างกัน	88

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
49	พื้นที่ใบอายุ 4 เดือน ของข้าวฟ่างสายพันธุ์ KU439 ที่ใส่ไคโตซานชนิดต่างๆ ระดับความเข้มข้นต่างกัน	89
50	วันออกดอกของข้าวฟ่างสายพันธุ์ KU439 ที่ใส่ไคโตซานชนิดต่างๆ ระดับความเข้มข้นต่างกัน	91
51	น้ำหนักแห้งต้นอายุ 3 เดือน ของข้าวฟ่างสายพันธุ์ KU439 ที่ใส่ไคโตซานชนิดต่างๆ ระดับความเข้มข้นต่างกัน	92
52	น้ำหนักแห้งต้นอายุ 4 เดือน ของข้าวฟ่างสายพันธุ์ KU439 ที่ใส่ไคโตซานชนิดต่างๆ ระดับความเข้มข้นต่างกัน	93
53	น้ำหนักแห้งรากอายุ 4 เดือน ของข้าวฟ่างสายพันธุ์ KU439 ที่ใส่ไคโตซานชนิดต่างๆ ระดับความเข้มข้นต่างกัน	95
54	น้ำหนักช่อของข้าวฟ่างสายพันธุ์ KU439 ที่ใส่ไคโตซานชนิดต่างๆ ระดับความเข้มข้นต่างกัน	96
55	น้ำหนักมวลชีวภาพของข้าวฟ่างสายพันธุ์ KU439 ที่ใส่ไคโตซานชนิดต่างๆ ระดับความเข้มข้นต่างกัน	97
56	น้ำหนักเมล็ดของข้าวฟ่างสายพันธุ์ KU439 ที่ใส่ไคโตซานชนิดต่างๆ ระดับความเข้มข้นต่างกัน	100
57	น้ำหนัก 1,000 เมล็ด ของข้าวฟ่างสายพันธุ์ KU439 ที่ใส่ไคโตซานชนิดต่างๆ ระดับความเข้มข้นต่างกัน	101
58	จำนวนเมล็ดของข้าวฟ่างสายพันธุ์ KU439 ที่ใส่ไคโตซานชนิดต่างๆ ระดับความเข้มข้นต่างกัน	102
59	เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนในต้นอายุ 3 เดือน ของข้าวฟ่างสายพันธุ์ KU439 ที่ใส่ไคโตซานชนิดต่างๆ ระดับความเข้มข้นต่างกัน	103
60	ปริมาณไนโตรเจนในต้นอายุ 3 เดือน ของข้าวฟ่างสายพันธุ์ KU439 ที่ใส่ไคโตซานชนิดต่างๆ ระดับความเข้มข้นต่างกัน	104

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
61	เปอร์เซ็นต์ฟอสฟอรัสในต้นอายุ 3 เดือน ของข้าวฟ่างสายพันธุ์ KU439 ที่ใส่ไคโตซานชนิดต่างๆ ระดับความเข้มข้นต่างกัน	105
62	ปริมาณฟอสฟอรัสในต้นอายุ 3 เดือน ของข้าวฟ่างสายพันธุ์ KU439 ที่ใส่ไคโตซานชนิดต่างๆ ระดับความเข้มข้นต่างกัน	106
ตารางผนวกที่		
1	การวิเคราะห์ความแปรปรวนเปอร์เซ็นต์การงอกอายุ 4 วัน ของข้าวฟ่างสายพันธุ์ DA5 ที่ใส่ไคโตซานชนิดต่างๆ และจิบเบอเรลลิน ระดับความเข้มข้นต่างกัน	137
2	การวิเคราะห์ความแปรปรวนเปอร์เซ็นต์การงอกอายุ 10 วัน ของข้าวฟ่างสายพันธุ์ DA5 ที่ใส่ไคโตซานชนิดต่างๆ และจิบเบอเรลลิน ระดับความเข้มข้นต่างกัน	138
3	การวิเคราะห์ความแปรปรวนดัชนีการงอกอายุ 10 วัน ของข้าวฟ่างสายพันธุ์ DA5 ที่ใส่ไคโตซานชนิดต่างๆ และจิบเบอเรลลิน ระดับความเข้มข้นต่างกัน	139
4	การวิเคราะห์ความแปรปรวนความยาวยอดอายุ 10 วัน ของข้าวฟ่างสายพันธุ์ DA5 ที่ใส่ไคโตซานชนิดต่างๆ และจิบเบอเรลลิน ระดับความเข้มข้นต่างกัน	140
5	การวิเคราะห์ความแปรปรวนความยาวรากอายุ 10 วัน ของข้าวฟ่างสายพันธุ์ DA5 ที่ใส่ไคโตซานชนิดต่างๆ และจิบเบอเรลลิน ระดับความเข้มข้นต่างกัน	141
6	การวิเคราะห์ความแปรปรวนความยาวต้นกล้าอายุ 10 วัน ของข้าวฟ่างสายพันธุ์ DA5 ที่ใส่ไคโตซานชนิดต่างๆ และจิบเบอเรลลิน ระดับความเข้มข้นต่างกัน	142
7	การวิเคราะห์ความแปรปรวนเปอร์เซ็นต์การงอกอายุ 4 วัน ของข้าวฟ่างสายพันธุ์ KU439 ที่ใส่ไคโตซานชนิดต่างๆ และจิบเบอเรลลิน ระดับความเข้มข้นต่างกัน	143

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
8	การวิเคราะห์ความแปรปรวนเปอร์เซ็นต์การงอกอายุ 10 วัน ของข้าวฟ่างสายพันธุ์ KU439 ที่ใส่ไคโตซานชนิดต่างๆ และจิบเบอเรลลิน ระดับความเข้มข้นต่างกัน	144
9	การวิเคราะห์ความแปรปรวนดัชนีการงอกอายุ 10 วัน ของข้าวฟ่างสายพันธุ์ KU439 ที่ใส่ไคโตซานชนิดต่างๆ และจิบเบอเรลลิน ระดับความเข้มข้นต่างกัน	145
10	การวิเคราะห์ความแปรปรวนความยาวยอดอายุ 10 วัน ของข้าวฟ่างสายพันธุ์ KU439 ที่ใส่ไคโตซานชนิดต่างๆ และจิบเบอเรลลิน ระดับความเข้มข้นต่างกัน	146
11	การวิเคราะห์ความแปรปรวนความยาวรากอายุ 10 วัน ของข้าวฟ่างสายพันธุ์ KU439 ที่ใส่ไคโตซานชนิดต่างๆ และจิบเบอเรลลิน ระดับความเข้มข้นต่างกัน	147
12	การวิเคราะห์ความแปรปรวนความยาวต้นกล้าอายุ 10 วัน ของข้าวฟ่างสายพันธุ์ KU439 ที่ใส่ไคโตซานชนิดต่างๆ และจิบเบอเรลลิน ระดับความเข้มข้นต่างกัน	148
13	การวิเคราะห์ความแปรปรวนความสูงต้นอายุ 1 เดือน ของข้าวฟ่างสายพันธุ์ DA5 ที่ใส่ไคโตซานชนิดต่างๆ ระดับความเข้มข้นต่างกัน	149
14	การวิเคราะห์ความแปรปรวนความสูงต้นอายุ 2 เดือน ของข้าวฟ่างสายพันธุ์ DA5 ที่ใส่ไคโตซานชนิดต่างๆ ระดับความเข้มข้นต่างกัน	149
15	การวิเคราะห์ความแปรปรวนความสูงต้นอายุ 3 เดือน ของข้าวฟ่างสายพันธุ์ DA5 ที่ใส่ไคโตซานชนิดต่างๆ ระดับความเข้มข้นต่างกัน	150
16	การวิเคราะห์ความแปรปรวนความสูงต้นอายุ 4 เดือน ของข้าวฟ่างสายพันธุ์ DA5 ที่ใส่ไคโตซานชนิดต่างๆ ระดับความเข้มข้นต่างกัน	150

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
29	การวิเคราะห์ความแปรปรวนน้ำหนักข้อของข้าวฟ่างสายพันธุ์ DA5 ที่ใส่ไคโตซานชนิดต่างๆ ระดับความเข้มข้นต่างกัน	157
30	การวิเคราะห์ความแปรปรวนน้ำหนักมวลชีวภาพของข้าวฟ่างสายพันธุ์ DA5 ที่ใส่ไคโตซานชนิดต่างๆ ระดับความเข้มข้นต่างกัน	157
31	การวิเคราะห์ความแปรปรวนน้ำหนักเมล็ดของข้าวฟ่างสายพันธุ์ DA5 ที่ใส่ไคโตซานชนิดต่างๆ ระดับความเข้มข้นต่างกัน	158
32	การวิเคราะห์ความแปรปรวนน้ำหนัก 1,000 เมล็ด ของข้าวฟ่างสายพันธุ์ DA5 ที่ใส่ไคโตซานชนิดต่างๆ ระดับความเข้มข้นต่างกัน	158
33	การวิเคราะห์ความแปรปรวนจำนวนเมล็ดของข้าวฟ่างสายพันธุ์ DA5 ที่ใส่ไคโตซานชนิดต่างๆ ระดับความเข้มข้นต่างกัน	159
34	การวิเคราะห์ความแปรปรวนเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนในต้นอายุ 3 เดือน ของข้าวฟ่างสายพันธุ์ DA5 ที่ใส่ไคโตซานชนิดต่างๆ ระดับความเข้มข้นต่างกัน	159
35	การวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณไนโตรเจนในต้นอายุ 3 เดือน ของข้าวฟ่างสายพันธุ์ DA5 ที่ใส่ไคโตซานชนิดต่างๆ ระดับความเข้มข้นต่างกัน	160
36	การวิเคราะห์ความแปรปรวนเปอร์เซ็นต์ฟอสฟอรัสในต้นอายุ 3 เดือน ของข้าวฟ่างสายพันธุ์ DA5 ที่ใส่ไคโตซานชนิดต่างๆ ระดับความเข้มข้นต่างกัน	160
37	การวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณฟอสฟอรัสในต้นอายุ 3 เดือน ของข้าวฟ่างสายพันธุ์ DA5 ที่ใส่ไคโตซานชนิดต่างๆ ระดับความเข้มข้นต่างกัน	161
38	การวิเคราะห์ความแปรปรวนความสูงต้นอายุ 1 เดือน ของข้าวฟ่างสายพันธุ์ KU439 ที่ใส่ไคโตซานชนิดต่างๆ ระดับความเข้มข้นต่างกัน	161
39	การวิเคราะห์ความแปรปรวนความสูงต้นอายุ 2 เดือน ของข้าวฟ่างสายพันธุ์ KU439 ที่ใส่ไคโตซานชนิดต่างๆ ระดับความเข้มข้นต่างกัน	162
40	การวิเคราะห์ความแปรปรวนความสูงต้นอายุ 3 เดือน ของข้าวฟ่างสายพันธุ์ KU439 ที่ใส่ไคโตซานชนิดต่างๆ ระดับความเข้มข้นต่างกัน	162

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
53	การวิเคราะห์ความแปรปรวนน้ำหนักแห้งรากอายุ 4 เดือน ของข้าวฟ่างสายพันธุ์ KU439 ที่ใส่ไคโตซานชนิดต่างๆ ระดับความเข้มข้นต่างกัน	169
54	การวิเคราะห์ความแปรปรวนน้ำหนักช่อของข้าวฟ่างสายพันธุ์ KU439 ที่ใส่ไคโตซานชนิดต่างๆ ระดับความเข้มข้นต่างกัน	169
55	การวิเคราะห์ความแปรปรวนน้ำหนักมวลชีวภาพของข้าวฟ่างสายพันธุ์ KU439 ที่ใส่ไคโตซานชนิดต่างๆ ระดับความเข้มข้นต่างกัน	170
56	การวิเคราะห์ความแปรปรวนน้ำหนักเมล็ดของข้าวฟ่างสายพันธุ์ KU439 ที่ใส่ไคโตซานชนิดต่างๆ ระดับความเข้มข้นต่างกัน	170
57	การวิเคราะห์ความแปรปรวนน้ำหนัก 1,000 เมล็ด ของข้าวฟ่างสายพันธุ์ KU439 ที่ใส่ไคโตซานชนิดต่างๆ ระดับความเข้มข้นต่างกัน	171
58	การวิเคราะห์ความแปรปรวนจำนวนเมล็ดของข้าวฟ่างสายพันธุ์ KU439 ที่ใส่ไคโตซานชนิดต่างๆ ระดับความเข้มข้นต่างกัน	171
59	การวิเคราะห์ความแปรปรวนเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนในต้นอายุ 3 เดือน ของข้าวฟ่างสายพันธุ์ KU439 ที่ใส่ไคโตซานชนิดต่างๆ ระดับความเข้มข้นต่างกัน	172
60	การวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณไนโตรเจนในต้นอายุ 3 เดือน ของข้าวฟ่างสายพันธุ์ KU439 ที่ใส่ไคโตซานชนิดต่างๆ ระดับความเข้มข้นต่างกัน	172
61	การวิเคราะห์ความแปรปรวนเปอร์เซ็นต์ฟอสฟอรัสในต้นอายุ 3 เดือน ของข้าวฟ่างสายพันธุ์ KU439 ที่ใส่ไคโตซานชนิดต่างๆ ระดับความเข้มข้นต่างกัน	173
62	การวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณฟอสฟอรัสในต้นอายุ 3 เดือน ของข้าวฟ่างสายพันธุ์ KU439 ที่ใส่ไคโตซานชนิดต่างๆ ระดับความเข้มข้นต่างกัน	173

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	โครงสร้างของไคติน-ไคโตซาน	6
2	โครงสร้างทางเคมีของไคติน	7
3	โครงสร้างทางเคมีของไคโตซาน	8
4	แสดงกลไกการเกิดการตัดขาดของสายโซ่หลักของไคติน-ไคโตซาน	15
5	ไอออนต่างๆ ที่มีแนวโน้มว่าจะสามารถจับกับไคโตซาน	18

ภาพผนวกที่

1	การเจริญเติบโตของต้นกล้าข้าวฟ่างสายพันธุ์ DA5 อายุ 10 วัน ที่ใส่ไคโตซานชนิดต่างๆ จิบเบอเรลลิน ระดับความเข้มข้น 100 และ 200 ppm และชุดควบคุม	174
2	การเจริญเติบโตของต้นกล้าข้าวฟ่างสายพันธุ์ KU439 อายุ 10 วัน ที่ใส่ไคโตซานชนิดต่างๆ จิบเบอเรลลิน ระดับความเข้มข้น 100 และ 200 ppm และชุดควบคุม	175
3	การเจริญเติบโตของข้าวฟ่างสายพันธุ์ DA5 ที่ใส่ไคโตซานชนิดต่างๆ ระดับความเข้มข้น 100 และ 200 ppm และชุดควบคุม ที่ระยะ 3 เดือน	176
4	การเจริญเติบโตของข้าวฟ่างสายพันธุ์ KU439 ที่ใส่ไคโตซานชนิดต่างๆ ระดับความเข้มข้น 100 และ 200 ppm และชุดควบคุม ที่ระยะ 3 เดือน	177
5	การเจริญเติบโตของข้าวฟ่างสายพันธุ์ DA5 ที่ใส่ไคโตซานชนิดต่างๆ ระดับความเข้มข้น 100 และ 200 ppm และชุดควบคุม ที่ระยะ 4 เดือน	178
6	การเจริญเติบโตของข้าวฟ่างสายพันธุ์ KU439 ที่ใส่ไคโตซานชนิดต่างๆ ระดับความเข้มข้น 100 และ 200 ppm และชุดควบคุม ที่ระยะ 4 เดือน	179

ผลของไคโตซานต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวฟ่าง

Effect of Chitosan on Growth and Yield of *Sorghum bicolor* (L.) Moench.

คำนำ

ข้าวฟ่างเป็นธัญพืชที่มีถิ่นกำเนิดอยู่ในประเทศแอฟริกาตะวันออก ปัจจุบันแหล่งผลิตที่สำคัญ ได้แก่ สหรัฐอเมริกา อินเดีย จีน ในจีเรีย เม็กซิโก และซูดาน มีความสำคัญอันดับ 4 ของโลกรองจากข้าวสาลี ข้าว และข้าวโพด สำหรับในประเทศไทยข้าวฟ่างเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญชนิดหนึ่งนิยมปลูกมากบริเวณภาคกลางและภาคเหนือ ได้แก่ จังหวัดลพบุรี นครสวรรค์ เพชรบูรณ์ และสระบุรี ข้าวฟ่างเป็นพืชที่ปลูกง่าย ต้นทุนการผลิตต่ำ ทนต่อความแปรปรวนของดินฟ้าอากาศ ทนแล้ง ต้องการน้ำน้อย นิยมปลูกในพื้นที่ที่มีปริมาณน้ำฝนจำกัด (วัชร และ นพพร, 2547) เจริญเติบโตได้ดีในดินที่มีความเป็นกรด-ด่างกว้างกว่าธัญพืชชนิดอื่น ทนต่อสภาพน้ำท่วมได้ดี ข้าวฟ่างส่วนใหญ่จะนำไปเป็นอาหารสัตว์และมนุษย์ (เรวัต, 2541)

ไคโตซานเป็นอนุพันธ์ที่ได้มาจากไคตินด้วยการเปลี่ยนแปลงทางเคมี จากปฏิกิริยากากำจัดหมู่อะซิติล (deacetylation) แหล่งของไคตินและไคโตซาน พบในเปลือกและกระดองกุ้ง ปู หมึก แมลง ตัวไหม หอยมุก ผนังเซลล์ของพวกรา ยีสต์ และจุลินทรีย์อีกหลายชนิด ไคโตซานอาจนำมาใช้ประโยชน์ในด้านการเกษตร เช่น ใช้เคลือบเมล็ดพันธุ์เพื่อป้องกันโรคและแมลงศัตรูพืช และทำให้อัตราการงอกของเมล็ดพันธุ์และผลผลิตที่ได้สูงขึ้น ใช้เป็นสารฆ่าแมลงมีผลต่อการต้านทานและกำจัดเชื้อราบางประเภท ไล่ลงในดินเพื่อเพิ่มปริมาณจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์และลดปริมาณจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรคพืช ใช้ในการรักษาคุณภาพของผลผลิตทางการเกษตรโดยนำไปเคลือบผิวของผักและผลไม้ ไคโตซานที่ได้มีลักษณะเป็นฟิล์มแผ่นบางๆ ใสปราศจากสีและกลิ่น ช่วยลดอัตราการหายใจและการผลิตก๊าซเอธิลีน ในการปรับสภาพดินจะเพิ่มความพรุนในดิน การดูดซับน้ำ การอุ้มน้ำ ควบคุมอัตราการชะล้างของดิน รวมทั้งเป็นสารเร่งการเจริญเติบโตของพืช (สุนัยเทก โน โลยี โลหะและวัศดุแห่งชาติ, 2544, 2548ข) ในปัจจุบันมีบริษัทที่ผลิตไคโตซานจำหน่ายเพื่อใช้ทดแทนปุ๋ยและใช้ประโยชน์ในด้านอื่นๆ ได้แก่ ทางด้านการแพทย์และเภสัชวิทยา อุตสาหกรรมเครื่องสำอาง อุตสาหกรรมกระดาษ อุตสาหกรรมอาหาร และทางสิ่งแวดล้อม นอกจากนี้ไคโตซานยังมีคุณสมบัติทำให้เชื้อราที่ทำอันตรายต่อพืชถูกยับยั้ง โดยพืชสร้างสารป้องกันตนเอง และสามารถย่อยผนังเซลล์ของเชื้อราที่เป็นโรคพืชได้ (สุวลี, 2546) คุณสมบัติอีก

ประการหนึ่ง คือ ความสามารถของไคโตซานในการจับกับไอออนต่างๆ เช่น โปแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม เหล็ก ฟอสเฟต และไนเตรด ที่เป็นประโยชน์กับพืช แล้วย่อยๆ ปลดปล่อยธาตุอาหารเหล่านี้แก่พืช (รัฐ, 2543) ซึ่งมีผลช่วยเร่งการเจริญเติบโตของพืช โดยทั่วไปฮอร์โมนพืชและสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชที่ผลิตขึ้นจำหน่ายมีราคาค่อนข้างสูง จึงมีการนำไคโตซานชนิดต่างๆ มาใช้เพื่อทดสอบชนิดไคโตซานและปริมาณไคโตซานที่เหมาะสม ในการนำไปใช้ประโยชน์เพื่อการกระตุ้นการเจริญเติบโตและเพิ่มผลผลิตพืช ซึ่งเป็นทางเลือกใหม่ของเกษตรกรในการนำไคโตซานไปใช้เพื่อเพิ่มผลผลิตพืชและการลดต้นทุนการผลิตพืชได้

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาผลของไคโตซานชนิดต่างๆ จิบเบอเรลลิน และระดับความเข้มข้นของไคโตซาน ที่มีต่อการงอกและการเจริญเติบโตของต้นกล้าข้าวฟ่างสายพันธุ์ DA5 และ KU439
2. เพื่อศึกษาผลของไคโตซานชนิดต่างๆ และระดับความเข้มข้นของไคโตซาน ที่มีต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวฟ่างสายพันธุ์ DA5 และ KU439

การตรวจเอกสาร

1. ลักษณะพฤกษศาสตร์ของข้าวฟ่าง

ข้าวฟ่างมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Sorghum bicolor* (L.) Moench จัดอยู่ในวงศ์ Gramineae ลำต้นมีสีเขียว ม่วง หรือ ม่วงอ่อน เมื่อสูง 10-15 เซนติเมตร มีการแตกหน่อจากตาที่ข้อ ลำต้นมีตาอยู่ด้านข้างทุกข้อ ยกเว้นปล้องบนสุดของลำต้น ตาข้างเจริญเป็นกิ่งแขนงที่สามารถเกิดช่อดอกได้ เมื่อโตเต็มที่ลำต้นจะมีความสูงตั้งแต่ 1-6 เมตร ใบเรียวยาว กาบใบ (leaf sheath) ห่อหุ้มรอบลำต้นมีสีเขียวอ่อน แผ่นใบ (blade) มีสีเขียวเข้มกว่า เส้นใบขนานกับเส้นกลางใบ (mid rib) แผ่นใบมีผิวเรียบหรือย่น ผิวหน้าเป็นมัน ไม่มีขน ยกเว้นส่วนโคนที่ติดกับก้านใบ และแผ่นใบ ปลายขอบใบเป็นจักเล็กๆ คล้ายฟันเลื่อย ส่วนรอยต่อระหว่างกาบใบและแผ่นใบพบลิ้น (ligule) หูใบหรือเขี้ยวใบ (auricle) ทำหน้าที่ควบคุมการเคลื่อนไหวของใบ ระบบรากเป็นแบบ fibrous root system มีการเจริญของราก 2 ส่วน รากที่เจริญมาจากส่วนของคัพภะเป็นรากที่พัฒนามาจากส่วนของแรดิเคิล (radicle) และรากที่เกิดจากข้อของลำต้น เรียกว่า adventitious root เนื้อเยื่อในชั้น endodermis ของรากมีสาร silica ทำให้ข้าวฟ่างสามารถทนต่อสภาพที่แห้งแล้งได้ดี พันธุ์ข้าวฟ่างที่มีลำต้นค่อนข้างสูงจะมีรากที่เจริญจากข้อเหนือพื้นดินเรียกว่า prop root ทำหน้าที่พยุงลำต้นไม่ให้หักโค่นล้มและช่วยในการสังเคราะห์แสง ช่อดอกเรียก head เป็นแบบ panicle เจริญจากปล้องสุดท้ายของลำต้น ก้านช่อดอกตั้งตรง บางพันธุ์อาจโค้งงอ แกนกลางช่อดอกเรียก rachis หรือ panicle axis จาก rachis มีกิ่งแขนงชุดแรกแตกออกมา และมีกิ่งชุดที่ 2 แตกออกมาจากกิ่งชุดแรก ดอกย่อยเกิดเป็นกลุ่มๆ ละ 3 ดอก กลุ่มดอกย่อยเรียกว่า spikelet เกิดเป็นคู่ประกอบด้วยกลุ่มดอกย่อยที่ไม่มีก้าน (sessile spikelet) และกลุ่มดอกย่อยที่มีก้าน (pedicelled spikelet) ข้าวฟ่างพันธุ์ปลูกส่วนใหญ่จะเป็นหมัน พบน้อยมากที่เป็นดอกตัวผู้ หรือดอกสมบูรณ์เพศ เป็นพืชผสมตัวเอง มีการผสมข้ามในธรรมชาติ 5-15 เปอร์เซ็นต์ การผสมเกสรเกิดก่อนดอกบาน เมล็ดเจริญโดยที่ยังมีกลีบ (glume) หุ้มบางส่วนหรือทั้งเมล็ดไว้ ขนาด รูปร่าง สี ความยาวของ glume ที่หุ้มเมล็ด และลักษณะของแป้งในเอ็นโดสเปิร์มแตกต่างกันไปตามพันธุ์ เมล็ดอาจมีสีขาว เหลือง แดง หรือ น้ำตาล มีสารแทนนิน ข้าวฟ่างปลูกได้ในดินทุกชนิด ดินที่ให้ผลผลิตสูง คือ ดินร่วนเหนียว หน้าดินลึก ระบายน้ำดี และมีความอุดมสมบูรณ์ ความเป็นกรด-ด่าง ตั้งแต่ 5.5-8.7 ทนต่อดินเค็ม ค่าความเป็นกรด-ด่าง ที่ดีที่สุดประมาณ 6.5 สภาพอากาศอุณหภูมิสูงกว่า 20 องศาเซลเซียส ยาวนานกว่า 4 เดือน สามารถปลูกได้ตลอดปี หากดินมีความชื้นเพียงพอ เป็นพืชไม่ไวต่อช่วงแสง สำหรับเมืองไทยควรปลูกในช่วงปลาย

ฤดูฝน ระหว่างเดือนสิงหาคมถึงต้นเดือนกันยายน เพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาเรื่องนกก และเชื้อราเข้าทำลาย
ข้อข้าวฟ่างในขณะที่ข้าวฟ่างแก่ (เรวัต, 2541; วัชร และ นพพร, 2547)

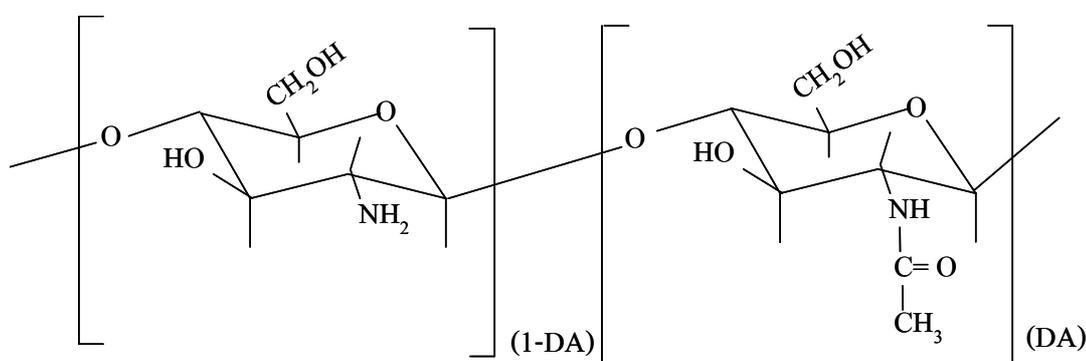
2. ลักษณะของข้าวฟ่างสายพันธุ์ DA5 และ KU439

ข้าวฟ่างสายพันธุ์ DA5 มีชื่อเต็ม คือ KU. BDA5 ความสูงต้น 189 เซนติเมตร อายุวันออก
ดอก 50 เบอร์เซ็นต์ 60 วัน อายุการเก็บเกี่ยว 105 วัน จำนวนใบ 10 ใบต่อต้น ความยาวข้อ 29
เซนติเมตร ความยาวก้านข้อ 14 เซนติเมตร ความแข็งแรงของต้นกล้าดี เมล็ดสีขาว (chalky white)
แป้งในเมล็ดเป็นแป้งอ่อน (floury endosperm) ผลผลิตเมล็ด 1,085 กิโลกรัมต่อไร่ ทดสอบปลายฤดูฝน
ปี 2547 การคัดเลือกพันธุ์ในช่วงหลังๆ อาจจะทำให้ลักษณะเปลี่ยนแปลงไปได้บ้าง (ธีรารัตน์,
2547)

ข้าวฟ่างสายพันธุ์ KU439 พัฒนาขึ้นในปี พ.ศ. 2522 โดยการผสมพันธุ์ระหว่างข้าวฟ่าง
พันธุ์ KU257 กับพันธุ์ KU300 แล้วคัดเลือกพันธุ์แบบจุดประวัติ (pedigree selection) เมื่อคัดเลือก
ไปถึงลูกชั่วที่ 6 (F6) ก็นำไปปลูกทดสอบเพื่อคัดเลือกพันธุ์ที่ไร้นิวเคลียส จังหวัดกาญจนบุรี ในปี
พ.ศ. 2524 จากนั้นได้ส่งเข้าทดสอบในโครงการทดลองข้าวโพดข้าวฟ่างระดับไร้กลีกร (ศ. 11) ใน
พื้นที่จังหวัดนครราชสีมา ปรากฏว่า KU439 เป็นพันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูง ลักษณะตรงกับความต้องการ
ของตลาด จึงได้แนะนำให้เกษตรกรใช้เป็นพันธุ์ปลูกตั้งแต่นั้นมา ปี พ.ศ. 2526 จนถึงปัจจุบัน ข้าวฟ่างพันธุ์
KU439 เป็นข้าวฟ่างเมล็ดสีขาว (chalky white) เหมือนพันธุ์เฮกการ์รี่ แป้งแข็งปานกลาง (semi-
corneous endosperm) แทนินต่ำ เมล็ดโต น้ำหนักเมล็ดเฉลี่ย 28 กรัมต่อ 1,000 เมล็ด ต้นสูงปาน
กลาง ใบต่อช่วงแสงเล็กน้อย มีความสม่ำเสมอสูง ด้านทานต่อโรคทางใบได้ดี ระบบรากและลำต้น
แข็งแรง แนะนำสู่เกษตรกรในปี พ.ศ. 2526 ลักษณะประจำพันธุ์ ความสูงต้น 168 เซนติเมตร อายุวัน
ออกดอก 68 วัน จำนวน 10 ใบต่อต้น ความยาวก้านรวง 10 เซนติเมตร ความยาวรวง 26 เซนติเมตร
การเกิดโรคทางใบ 2.0 คะแนน เมล็ดสีขาว (chalky white) ต้นเตี้ยสม่ำเสมอ สะดวกในการเก็บเกี่ยว
ด้านทานต่อโรคแมลงและการหักล้ม ผลผลิตเมล็ดเฉลี่ย 854 กิโลกรัมต่อไร่ ให้ผลผลิตสูงถึง 1,000
กิโลกรัม น้ำหนัก 28 กรัมต่อ 1,000 เมล็ด ลักษณะเมล็ดและเปลือกหุ้ม ไม้ใบต่อช่วงแสง สามารถ
ปลูกได้ทุกฤดู (กฤษฎา และคณะ, 2546)

3. ลักษณะและคุณสมบัติของไคตินและไคโตซาน

ไคติน-ไคโตซาน เป็นสารโคโพลิเมอร์ธรรมชาติระหว่างสองโมโนเมอร์ของ anhydro-N-acetyl-D-glucosamine และ anhydro-D-glucosamine ถ้าสัดส่วนที่อยู่ร่วมกันของโมโนเมอร์แรกมากกว่า จะแสดงสมบัติเด่นของไคติน แต่ถ้าสัดส่วนที่อยู่ร่วมกันของโมโนเมอร์ที่สองมากกว่าจะแสดงสมบัติเด่นของไคโตซาน ซึ่งลักษณะโคโพลิเมอร์นี้จะมีผลต่อเนื่องไปยังสมบัติการละลายของไคติน-ไคโตซาน โครงสร้างไคติน-ไคโตซาน (ภาพที่ 1) จัดอยู่ในกลุ่มคาร์โบไฮเดรตผสม ประกอบด้วยอนุพันธ์ของน้ำตาลกลูโคสที่มีธาตุไนโตรเจนเกาะอยู่ภายในโมเลกุลที่ตำแหน่งคาร์บอนตัวที่ 2 ทำให้มีสมบัติเฉพาะตัวในการเกิดปฏิกิริยากับสารอื่นๆ หลายชนิด

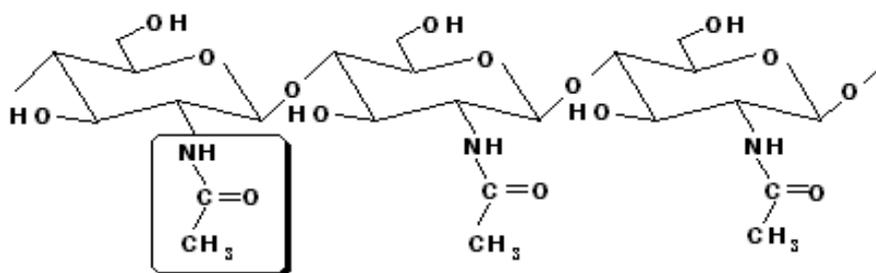


ภาพที่ 1 โครงสร้างไคติน-ไคโตซาน

ที่มา: Domard (1996)

ไคตินเป็นโพลิเมอร์ธรรมชาติค้นพบครั้งแรกในปี ค.ศ. 1811 โดย Braconnot Odier ในปี ค.ศ. 1823 เรียกสารนี้ว่า ไคติน (Chitin) มาจากคำว่า Chiton ในภาษากรีก มีความหมายว่า เกราะหุ้ม (Foster and Webber, 1960; Shahidi *et al.*, 1999) ไคตินเป็นโพลิเมอร์ชีวภาพที่มีมากเป็นอันดับสองรองจากเซลลูโลส (สุวดี, 2539) พบได้ในเปลือกของสัตว์ เช่น กุ้ง ปู แคนหมีก เปลือกแข็งของแมลง ตัวไหม หอยมุก ผนังเซลล์ของพวกรา ยีสต์ และจุลินทรีย์หลายชนิด แหล่งสำคัญของไคตินที่ใช้ในการผลิตในอุตสาหกรรม คือ เปลือกกุ้ง และกระดองปู ซึ่งเป็นของเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมแปรรูปอาหารทะเล พบว่าจะมีไคตินในปริมาณร้อยละ 10-50 (Knoor, 1984) เมื่อคิดเป็นปริมาณต่อปีของสิ่งเหลือทิ้งจากการผลิตและแปรรูปกุ้งและปูทั้งโลกจะให้ได้ไคตินถึง 150 ล้านกิโลกรัม (Austin, 1977)

ไคตินมีชื่อทางเคมีว่า poly- β -(1,4)-2-acetamido-2-deoxy-d-glucose (Stelmock *et al.*, 1985) มีสูตรทางเคมีคือ $(C_8H_{13}O_5N)_n$ (Austin, 1977) แสดงในภาพที่ 2 โครงสร้างคล้ายคลึงกับ เซลลูโลส ไคตินต่างจากเซลลูโลส คือ คาร์บอนตำแหน่งที่ 2 ของวงแหวนน้ำตาลของเซลลูโลสเป็น หมู่ hydroxyl (-OH) ในขณะที่ไคตินเป็นหมู่ acetamido (-NHCOCH₃) (Carroad and Tom, 1978) ไคตินประกอบด้วย คาร์บอน 47.29 เปอร์เซ็นต์ ไฮโดรเจน 6.45 เปอร์เซ็นต์ ไนโตรเจน 6.89 เปอร์เซ็นต์ และออกซิเจน 39.37 เปอร์เซ็นต์ (Budavari, 1976) ไคตินเป็นของแข็งไม่ละลายในน้ำ ในกรดเจือจาง ด่างเจือจาง หรือในแอลกอฮอล์เข้มข้นและตัวทำละลายอินทรีย์อื่นๆ สามารถละลายได้ในกรดไฮโดรคลอริก (กรดเกลือ) เข้มข้น กรดซัลฟูริก (กรดกำมะถัน) เข้มข้น กรดฟอสฟอริก กรดฟอร์มิก ความยากในการละลายของไคตินในตัวทำละลายต่างๆ เป็นผลมาจากสายโซ่โมเลกุลที่อยู่กันอย่างหนาแน่น มีพันธะเกิดขึ้นทั้งภายในและระหว่างโมเลกุล เนื่องจากหมู่ฟังก์ชันที่ต่างกัน (หมู่ hydroxyl และหมู่ acetamido) (ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ, 2548ก)

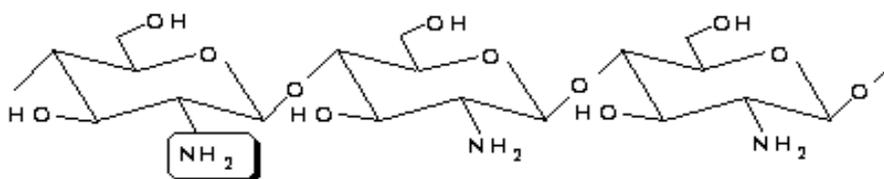


ภาพที่ 2 โครงสร้างทางเคมีของไคติน

ที่มา: ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ (2548ก)

ไคโตซานมีชื่อทางเคมีว่า poly- β -(1,4)-2-amino-2-deoxy-D-glucose มีสูตรโครงสร้างทางเคมีคือ $(C_8H_{11}O_4N)_n$ ดังแสดงในภาพที่ 3 มีลักษณะ linear polymer ไคโตซานต่างจากไคตินคือ คาร์บอนตำแหน่งที่ 2 ของวงแหวนน้ำตาลของไคโตซานเป็นหมู่ amino (-NH₂) ในขณะที่ไคตินเป็นหมู่ acetamido (รัดเกล้า, 2539) ไคโตซานประกอบด้วยคาร์บอนร้อยละ 44.7 ไฮโดรเจนร้อยละ 6.8 และไนโตรเจนร้อยละ 8.7 (Muzzarelli, 1977) ไคโตซานเป็นอนุพันธ์ของไคตินที่ได้จากปฏิกิริยาการกำจัดหมู่อะซิติล (deacetylation) ของไคตินด้วยด่างเข้มข้น ไคโตซานถูกพบครั้งแรกโดยบังเอิญในปี ค.ศ.1859 โดย Rouget ได้ต้มไคตินในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น (NaOH) (Li *et al.*, 1992) ในปัจจุบันนิยมใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์และสารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ในการกำจัดหมู่อะซิติล ทำให้โครงสร้างของไคตินบางส่วนเปลี่ยนแปลงไปโดยเฉพาะหมู่

ฟังก์ชันที่มีธาตุไนโตรเจน ในรูปของหมู่ acetamido เปลี่ยนไปเป็นรูปของหมู่อะมิโน ($-NH_2$) ที่ตำแหน่งคาร์บอนตัวที่ 2 สมบัติทางกายภาพและทางเคมีของไคโตซานเป็นโพลิเมอร์สายยาวที่มีประจุบวกเนื่องจากมีหมู่อะมิโนในรูป $-NH_2$ ละลายได้ดีในกรดอินทรีย์ เช่น กรดอะซิติก กรดโพพานิก กรดแลคติก (ปิยบุตร, 2544; ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ, 2548ก)



ภาพที่ 3 โครงสร้างทางเคมีของไคโตซาน

ที่มา: ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ (2548ก)

3. กระบวนการผลิตไคติน-ไคโตซาน

การผลิตไคตินและไคโตซานประกอบด้วยหลักการที่สำคัญ 3 ขั้นตอน คือ การกำจัดโปรตีน (deproteination) การกำจัดเกลือแร่ (demineralization) การกำจัดหรือลดหมู่อะซิติก (deacetylation) สำหรับการเตรียมไคโตซานโดยทั้งสามขั้นตอนสามารถทำได้โดยกระบวนการทางเคมีและกระบวนการทางเทคโนโลยีชีวภาพ (ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ, 2548ก)

3.1 กระบวนการทางเคมี

อุตสาหกรรมการผลิตไคตินและไคโตซานนิยมใช้กระบวนการทางเคมี โดยกระบวนการผลิตดังนี้ วัตถุดิบ เช่น เปลือกกุ้ง กระดองปู ที่ผ่านการบดให้มีขนาดเล็กจะเข้าสู่กระบวนการกำจัดโปรตีน โดยนำมาทำปฏิกิริยากับโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) เข้มข้น 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 ผลิตภัณฑ์ที่ได้หลังจากกระบวนการนี้คือไคติน นอกจากนี้

กรดเกลือแล้วสารเคมีอื่น เช่น EDTA (ethylene diamine tetraacetic acid) สามารถนำมาใช้เพื่อกำจัดเกลือแร่และบางส่วนของโปรตีน ถึงแม้ว่า EDTA จะมีราคาค่อนข้างแพงแต่สามารถถูกนำกลับมาใช้ใหม่ได้อีก ทั้งยังช่วยลดการเสื่อมสลายของสายโซ่โพลีเมอร์ โดยทั่วไปแล้วถ้าสภาวะที่ใช้ในการกำจัดเกลือแร่และโปรตีนไม่รุนแรง น้ำหนักโมเลกุลของไคตินและไคโตซานที่ได้ก็ยิ่งสูง แต่หากสภาวะที่ใช้อ่อนเกินไป จะทำให้การกำจัดเกลือแร่และโปรตีนในวัตถุดิบไม่สมบูรณ์

การกำจัดหรือลดหมู่อะซิติก เป็นการเปลี่ยนแปลงทางเคมีที่ใช้ในการลดหรือกำจัดหมู่อะซิติก ($\text{CH}_3\text{CO}-$) ที่มีอยู่บนสายโซ่โมเลกุลของไคติน หมู่อะมิโนนี้สามารถรับโปรตอนจากสารละลาย แล้วมีสมบัติเป็นประจุบวก ช่วยให้การละลายดีขึ้น การลดหมู่อะซิติกโดยใช้ NaOH 50 เปอร์เซ็นต์ ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 1-6 วัน ปฏิกริยา deacetylation ภายใต้สภาวะนี้ จะเกิดแบบสุ่ม ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้เป็น โคโพลีเมอร์แบบสุ่ม (random-type copolymer) ของ N-acetyl-D-glucosamine และ D-glucosamin ส่วนการใช้ NaOH 40-50 เปอร์เซ็นต์ ที่อุณหภูมิ 90-130 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4-5 ชั่วโมง ปฏิกริยา deacetylation ภายใต้สภาวะดังกล่าว มักจะเกิดในส่วนของ amorphous region ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้เป็น โคโพลีเมอร์แบบกลุ่ม (block-type copolymer) เมื่อหมู่อะซิติกถูกกำจัดมากกว่า 60 เปอร์เซ็นต์ขึ้นไป ผลิตภัณฑ์ไคโตซานที่ได้สามารถละลายได้ในกรดอินทรีย์หลายชนิด เช่น กรดอะซิติก (CH_3COOH) และกรดแลคติก ($\text{CH}_3\text{CHOHCOOH}$) เป็นต้น ปฏิกริยาการลดหมู่อะซิติกที่ทำให้ได้ degree of deacetylation 80 เปอร์เซ็นต์ ขึ้นไป นั้นทำได้ยากในขั้นตอนเดียว ขนาดของรงควัตถุจะมีผลต่อความสามารถในการแทรกตัวเข้าทำปฏิกริยา (accessability) และมีผลต่อเนื่องถึงสมบัติของไคโตซานที่ได้ นอกจากนี้ยังต้องใช้ขั้นตอนอื่นเพิ่มเติม เช่น การล้างด้วยน้ำหรือการละลาย แล้วตกตะกอน ก่อนนำกลับมา deacetylation อีกครั้ง ส่วนการลดการเสื่อมสลายของสายโซ่โพลีเมอร์ในปฏิกริยา deacetylation สามารถทำภายใต้สภาวะก๊าซเฉื่อย เช่น การใช้ก๊าซไนโตรเจน (N_2) และอาร์กอน (Ar) หรือโดยการเติม oxygen scavenger เช่น thiophenol หรือเติม reducing agent เช่น NaBH_4 เพื่อลดการเกิดปฏิกริยา end-peeling ซึ่งเป็นปฏิกริยาที่ทำให้เกิดการเสื่อมสลายของสายโซ่โพลีเมอร์ในด่างเข้มข้น ในกรณีไคโตซานที่ได้มีรงควัตถุเหลืออยู่จะต้องผ่านการฟอกสี (decoloration) โดยใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) หรือโซเดียมเปอร์คลอเรต (NaOCl) สารฟอกสีเหล่านี้ทำให้สายโซ่โมเลกุลสั้นลง (น้ำหนักโมเลกุลต่ำลง)

3.2 กระบวนการทางเทคโนโลยีชีวภาพ

การผลิตไคตินและไคโตซานโดยกระบวนการทางเคมีสิ้นเปลืองพลังงานมาก ก่อให้เกิดสารละลายต่างเข้มข้นจำนวนมากที่เป็นอันตรายต่อสิ่งแวดล้อมและยากที่จะเอาสารสีแดงพวกแอสตาแซนทิน (astaxanthin) โปรตีนและสารอนินทรีย์อื่นๆ ออก การผลิตโดยใช้เทคโนโลยีชีวภาพสามารถแบ่งเป็นสองขั้นตอน ในขั้นแรกเป็นการกำจัดโปรตีนและแคลเซียมคาร์บอเนต โดยเปลือกกุ้งและกระดองปูจะถูกหมักกับแบคทีเรียที่มีเอนไซม์โปรตีเอส (protease) ทำหน้าที่ย่อยโปรตีน และทำให้เกิดกรดแลกติก ซึ่งเป็นผลพลอยได้ใน การสลายแคลเซียมคาร์บอเนต ส่วนขั้นตอนที่ 2 เป็น การลดหรือกำจัดหมู่อะซีทิลของไคตินในปฏิกิริยา deacetylation โดยใช้เอนไซม์ chitin-n-deacetylase (ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ, 2548ก)

นอกจากกระบวนการทางเทคโนโลยีชีวภาพแล้ว อาจผลิตไคติน-ไคโตซานโดยตรงจาก จุลินทรีย์ เช่น ผลิตไคตินจากเชื้อรา *Aspergillus niger* และไคโตซานจากเชื้อรา zygomycete การผลิตไคตินโดยใช้จุลินทรีย์แลคโตบาซิลลัส (*Lactobacillus*) เพื่อแยกเอาโปรตีนออกแทนการใช้ด่าง โปรตีนและรงควัตถุสีแดงที่แยกได้สามารถนำมาเป็นส่วนผสมเสริมในอาหารสัตว์หลายชนิด นอกจากนี้ยังลดการใช้กรดในการแยกเกลือแร่ได้มากกว่า 30 เปอร์เซ็นต์ (เอกสารประกอบการสัมมนาทางวิชาการ, 2542)

4. การเสื่อมสลายของไคโตซาน

ไคโตซานเมื่อเสื่อมสลายจะให้สายโซ่โมเลกุลที่สั้นลงเป็นโอลิโกเมอร์ (oligomer) หรือ โอลิโกแซคคาไรด์ (oligosaccharide) คือ chitooligosaccharide และ โมโนเมอร์ (monomer) หรือ โมโนแซคคาไรด์ (monosaccharide) คือ D-Glucosamine ตามลำดับ กระบวนการทำให้เกิดการตัดสายโซ่โพลิเมอร์ของไคโตซานมีอยู่หลายวิธี ได้แก่ (ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ, 2548ก)

4.1 การเสื่อมสลายโดยกรด (Acid hydrolysis) การเสื่อมสลายของสายโซ่โมเลกุลของไคโตซานเนื่องจากกรดเป็นแบบสุ่ม ผลิตภัณฑ์ที่ได้คือ โอลิโกเมอร์ ขนาดต่างๆ และโพลิเมอร์ ขึ้นอยู่กับสภาวะที่ใช้ เช่น ชนิดของกรด เวลา อุณหภูมิ ชนิดของพันธะของสายโซ่โมเลกุล ชนิดของโพลิเมอร์ โดยไคตินจะสามารถต้านทานต่อการเสื่อมสลายโดยกรดได้ดีกว่าไคโตซาน

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

4.3 การเสื่อมสลายโดยคลื่นเสียง (Degradation by sonication) การเสื่อมสลายโดยคลื่นเสียงควบคู่กับการใช้กรดมีผลให้ได้โอลิโกเมอร์ที่มีขนาดใกล้เคียงกันมากกว่าการเสื่อมสลายโดยใช้กรดเพียงอย่างเดียว

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

4.5 การเสื่อมสลายโดยความร้อน (Thermal degradation) ความร้อนมีผลต่อสมบัติทางกายภาพของไคโตซาน ความร้อนจากเตาซึ่งเป็นความร้อนแบบแห้งที่อุณหภูมิสูงกว่าหรือเท่ากับ 80 องศาเซลเซียส มีผลทำให้สายโซ่โมเลกุลของไคโตซานมีความยืดหยุ่นมากขึ้น ความสามารถในการละลายเพิ่มขึ้นที่อุณหภูมิสูงกว่าหรือเท่ากับ 120 องศาเซลเซียส และลดลงที่อุณหภูมิ 160 องศาเซลเซียส เวลานานกว่าหรือเท่ากับ 2 ชั่วโมง (ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ, 2548ก)

5. คุณสมบัติของไคโตซาน

5.1 การละลาย (Solubility)

ไคโตซานไม่ละลายในน้ำ ด่าง และตัวทำละลายอินทรีย์ (organic solvent) แต่สามารถละลายได้ในสารละลายที่เป็นกรดอินทรีย์เกือบทุกชนิดที่มีความเป็นกรดต่าง น้อยกว่า 6 กรดอะซิติก และกรดฟอร์มิก เป็นกรดที่นิยมใช้ในการละลายไคโตซาน กรดอินทรีย์บางชนิด เช่น กรดไนตริก กรดไฮโดรคลอริก กรดเปอร์คลอริก และกรดฟอสฟอริก สามารถละลายไคโตซานได้เช่นกัน ภายใต้การคน ที่อุณหภูมิสูงปานกลาง บางครั้งอาจมีตะกอนขาวเกิดขึ้น ไคโตซานมีความเหนียวใส มีพฤติกรรมแบบ นอน-นิวโตเนียน (non-newtonian) ในสารละลาย หมูอะมิโนของไคโตซานจะ

แตกตัว โดยมีค่าสัมประสิทธิ์การแตกตัว (pK_a) ขึ้นอยู่กับความหนาแน่นของประจุของโพลิเมอร์ โดย pK_a ของไคโตซานมีค่าอยู่ในช่วง 6.2-6.8 (ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ, 2548ก)

5.2 น้ำหนักโมเลกุล (Molecular weight)

Degree of deacetylation (จำนวนของอนุพันธ์ของน้ำตาลทั้งสองชนิดในโพลิเมอร์ที่วัดได้ หรือ เปอร์เซ็นต์ DD) เป็นตัวบ่งชี้ความเป็นไคติน-ไคโตซาน เนื่องจากไคติน-ไคโตซานเป็นโพลิเมอร์ระหว่างสองโมโนเมอร์ของ N-acetyl-D-glucosamin และ D-glucosamine ถ้าสัดส่วนของโมโนเมอร์แรกมากกว่า คือมีค่า degree of deacetylation ต่ำ จะแสดงสมบัติเด่นของไคติน แต่ถ้าสัดส่วนของโมโนเมอร์ที่สองมากกว่า คือมีค่า degree of deacetylation สูง จะแสดงสมบัติเด่นของไคโตซาน ไคตินในธรรมชาติจะมีน้ำหนักโมเลกุลสูงมากกว่า 1×10^6 ในขณะที่ไคโตซานจะมีน้ำหนักโมเลกุลอยู่ในช่วง 1×10^5 ถึง 1.2×10^6 ขึ้นอยู่กับขั้นตอนในการผลิต น้ำหนักโมเลกุลของไคโตซานเป็นคุณสมบัติที่สำคัญสำหรับการนำไปใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ ได้อย่างเหมาะสมและมีประสิทธิภาพสูงสุด ในด้านการเกษตร เช่น ใช้ไคโตซานเร่งการงอก และการเจริญเติบโตของพืช ใช้เพื่อดำหนาดเชื้อราและแบคทีเรียบางชนิด (ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ, 2548ก)

5.3 ความหนืด (Viscosity)

ความหนืดของสารละลายไคโตซานขึ้นกับปัจจัยหลายอย่าง เช่น degree of deacetylation น้ำหนักโมเลกุล ความเข้มข้น ความเป็นกรด-ด่าง และอุณหภูมิ โดยทั่วไปแล้วความหนืดของสารละลายโพลิเมอร์จะลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น แต่ชนิดของกรดที่ใช้ และการเปลี่ยนแปลงความเป็นกรด-ด่างของสารละลายโพลิเมอร์จะให้ผลความหนืดที่แตกต่างกัน เช่น ความหนืดของไคโตซานในกรดอะซิติกจะเพิ่มขึ้นเมื่อสารละลายมีค่าความเป็นกรด-ด่างลดลง ในขณะที่ความหนืดของไคโตซานในกรดเกลือ จะเพิ่มขึ้นเมื่อความเป็นกรด-ด่างของสารละลายเพิ่มขึ้น (ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ, 2548ก)

6. การเหนี่ยวนำให้เกิดการเสื่อมสลายของไคโตซาน

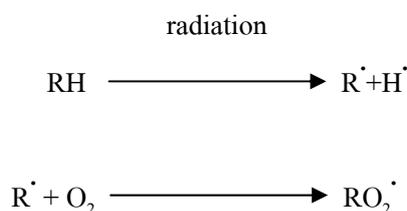
ไคโตซานเป็นโพลีเมอร์เชิงเส้นตรงที่ต่อกันเป็นสายโซ่ยาว มีน้ำหนักโมเลกุลสูง การเสื่อมสลายของไคโตซาน ทำให้น้ำหนักโมเลกุลต่ำลง รวมทั้งเป็นการเตรียมโอลิโกไคโตซาน (oligochitosan) ซึ่งเป็นไคโตซานที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ (Dzung and Hein, 2002) การเสื่อมสลายของไคโตซานทำได้ทั้งวิธีทางเคมี โดยใช้ oxidative agent หรือวิธีทางชีวภาพโดยใช้เอ็นไซม์ แต่ทั้งสองวิธีมีข้อเสีย คือ วิธีทางเคมีผลิตที่ได้ต่ำ และมีการปนเปื้อนของสารเคมี ส่วนวิธีทางชีวภาพเป็นวิธีที่ช้า ได้ผลผลิตต่ำ การใช้รังสีในการเหนี่ยวนำให้เกิดการเสื่อมสลาย (radiation degradation) จึงเป็นทางเลือกหนึ่งที่น่าสนใจสำหรับการเตรียมไคโตซานที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ เนื่องจากการใช้รังสีเป็นวิธีที่ช่วยในการประหยัดพลังงาน สะดวกรวดเร็ว ให้ผลที่มีประสิทธิภาพ ไม่มีการปนเปื้อนในสารตัวอย่างไคโตซาน รวมทั้งไม่ส่งผลกระทบต่อสภาวะแวดล้อม (วรรณวิมล, 2546)

ต้นกำเนิดรังสีที่ใช้สำหรับในการปรับปรุงคุณสมบัติของโพลีเมอร์มีหลายแบบ ได้แก่ ต้นกำเนิดรังสีแกมมา แบบโคบอลต์ -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 เป็นต้น สำหรับต้นกำเนิดรังสีแกมมาจากโคบอลต์ เป็นต้นกำเนิดที่นิยมใช้สำหรับงานทางด้านปรับปรุงคุณสมบัติของวัสดุ เนื่องจากมีพลังงานและอำนาจในการทะลุทะลวงสูง (Singh and Silverman, 1992)

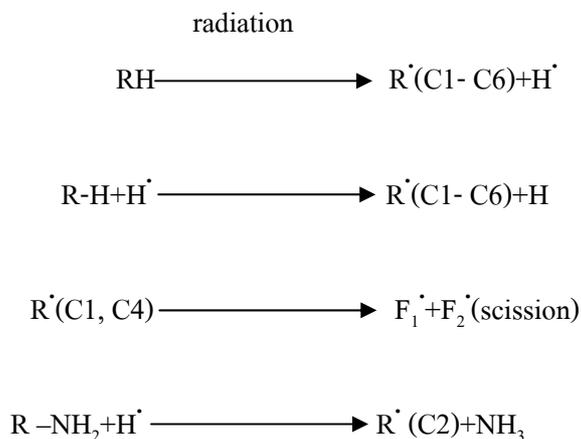
6.1 การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างทางเคมีของไคโตซานด้วยการฉายรังสี

เมื่อฉายรังสีโพลีเมอร์หรือไคโตซานในสถานะของแข็ง จะเกิดแตกตัวเป็นไอออน (ionization) และเกิดสถานะกระตุ้น (excitation) ของโมเลกุลโพลีเมอร์ เกิดขึ้นในช่วงเวลาที่ต่ำกว่า 10^{-2} วินาที ทั้งไอออนและผลผลิตที่เกิดจากสถานะกระตุ้น จะทำให้เกิดการตัดขาดของสายโซ่ (scission) ของพันธะเคมีภายในระยะเวลาสั้นๆ คือ 10^{-6} วินาที ใต้อะตอมของไฮโดรเจน และอนุมูลอิสระที่คาร์บอนตำแหน่งกลาง ปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นนั้นขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย ได้แก่ธรรมชาติของโพลีเมอร์ สภาวะแวดล้อม ลคภาวะของการฉายรังสี เช่น อัตราปริมาณรังสี โดยปกติการเปลี่ยนแปลงทางเคมีที่สำคัญเนื่องมาจากการเหนี่ยวนำโดยรังสี คือการเกิดโครงร่างแหสามมิติ

(crosslinking) และการตัดของสายโซ่หลัก (main chain scission) หรือ degradation ซึ่งการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวจะนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของโพลีเมอร์ (Sabharwal, 2001) การฉายรังสี ทำให้เกิดการตัดของสายโซ่แบบสุ่ม น้ำหนักโมเลกุลของไคโตซานจะลดลง โครงสร้างของโพลีเมอร์จะเกิด crosslinking สำหรับอนุภาคที่มีชีวิตยาวจะเกิดขึ้นในบริเวณ crystalline สามารถเปลี่ยนแปลงไปเป็นเปอร์ออกไซด์ได้อย่างช้าๆ เนื่องจากการรวมตัวของออกซิเจนกับอนุมูลอิสระของโพลีเมอร์ ดังปฏิกิริยา



การเสื่อมสลายของโพลีเมอร์จะเกิดขึ้นในบริเวณที่มี crystalline สูง และฉายรังสีที่อัตราปริมาณรังสีต่ำ ในสถานะที่มีออกซิเจน (Sabharwal, 2001) กลไกการเสื่อมสลายของไคโตซานที่ฉายรังสีในสถานะของแข็ง สามารถแสดงได้ดังนี้ (Ulanski and Rosiak, 1992)

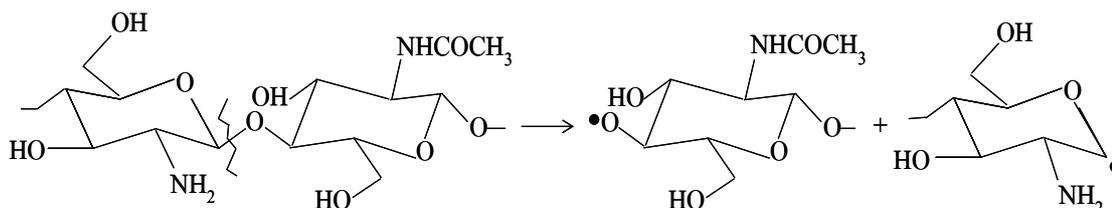


R-H และ R-NH₂ คือ chitosan macromolecule

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

F₁[·], F₂[·] คือ fragments ของสายโซ่หลักหลังจากเกิด scission

จากกลไกดังกล่าวมีเพียงส่วนของ macroradical (อยู่ที่ตำแหน่ง C1 และ C4) จะเปลี่ยนรูป และนำไปสู่การเกิดสายโซ่ที่ตำแหน่ง 1-4 glycosidic bond ถือว่าเป็นการตัดของสายโซ่ที่สมดุล สำหรับปฏิกิริยาของ macroradical อื่นๆ เช่น การหลุดออกของ amino group จะไม่นำไปสู่การตัดของสายโซ่ (Ulanski and Rosiak, 1992)



ภาพที่ 4 แสดงกลไกการเกิดการตัดขาดของสายโซ่หลักของไคติน-ไคโตซาน
ที่มา: (Ulanski and Rosiak, 1992)

นอกจากนี้ยังมีการเปลี่ยนแปลงสีของไคโตซาน เนื่องจากเกิดพันธะคู่ขึ้นจากการฉายรังสี (Sabharwal, 2001) ปกติไคโตซานมีสีเหลืองเปลี่ยนเป็นสีเหลืองเข้มจนถึงสีส้มหรือน้ำตาล (Tokura and Tamura, 1999; Sabharwal, 2001) ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปริมาณรังสีที่ฉายและสภาวะที่ฉายรังสี การฉายรังสีทำให้เกิดการทำลายโครงสร้างบริเวณผิวของไคโตซาน (Yoksan *et al.*, 2002)

7. การประยุกต์ใช้สารไคโตซาน

ปัจจุบันได้มีการค้นคว้าและวิจัย นำไคติน-ไคโตซานไปใช้ประโยชน์อย่างแพร่หลาย ได้แก่ (สุวดี, 2544; สติชัย, 2544)

7.1 ด้านการแพทย์และเภสัชกรรม

ไคติน-ไคโตซานมีบทบาทในอาหารเสริมที่ใช้ลดไขมัน คลอเลสเทอรอล และลดน้ำหนัก ใช้เป็นผิวหนังเทียม รักษาแผลไฟไหม้ น้ำร้อนลวก รักษาเหงือกและฟัน รักษาและเสริมสร้างสุขภาพของกระดูกอ่อน เป็นสารหล่อลื่นในเยื่อเมือก ตลอดจนเล่นสตั้ตา

7.2 ด้านอาหาร

ในหลายประเทศได้ขึ้นทะเบียนไคติน-ไคโตซาน เป็นสารที่ใช้เติมในอาหารและยาได้ ประเทศญี่ปุ่นมีผลิตภัณฑ์อาหารที่ผสมไคติน-ไคโตซาน เป็นจำนวนมากออกวางขายในท้องตลาด ใช้ไคติน-ไคโตซานเป็นสารกันบูด สารปรุงแต่งเพื่อความคงรูปและคงสีในอาหารต่างๆ สารเคลือบอาหารและผัก ผลไม้ เช่น แอปเปิ้ล ลูกแพร์ มังคุด พริกหยวก และส้ม จะช่วยยืดเวลาในการเก็บผักผลไม้ไม่ให้เน่าเสียได้นานขึ้น

7.3 ด้านเครื่องสำอางและผลิตภัณฑ์บำรุง

ไคติน-ไคโตซานมีสมบัติเด่นในการอุ้มน้ำ และกลายเป็นตาข่ายคลุมผิวหนัง ตลอดจนต่อต้านเชื้อจุลินทรีย์ต่างๆ ได้ เป็นสารแต่งเติมและสารพื้นฐานของเครื่องสำอางหลายประเภท เช่น ผสมแป้งทาหน้า เพื่อความชุ่มชื้นและป้องกันเชื้อโรค เป็นส่วนประกอบของแชมพูครีမ်และสบู่ผสมในโลชั่นสำหรับเคลือบเพื่อป้องกัน ตลอดจนบำรุงผิวและเส้นผม

7.4 ด้านอุตสาหกรรมและสิ่งทอ

ใช้ผสมในเส้นใยเพื่อพัฒนาเสื้อผ้าและสิ่งทอ สามารถป้องกันและต้านทานเชื้อโรคได้ เสริมสร้างความเหนียวและแข็งแรงให้แก่เส้นใย และเยื่อกระดาษ เพื่อเพิ่มคุณภาพให้แก่กระดาษ

7.5 ด้านการเกษตร

ไคติน-ไคโตซานมีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ จึงมีบทบาทสำคัญในการใช้เป็นปุ๋ยชีวภาพ สารกระตุ้นการเจริญเติบโตของพืช และสามารถนำไปใช้ทางด้านอื่นๆ ทางด้านการเกษตรได้แก่

7.5.1 นำไปใช้เคลือบเมล็ดพันธุ์ (seed treatment) ป้องกันโรคและแมลงศัตรูพืช ทำให้อัตรารงอกเพิ่มขึ้นและผลผลิตที่ได้สูงขึ้น

7.5.2 สารกำจัดแมลง (insecticide) อนุพันธ์ไคตินและไคโตซานนำไปใช้ในกระบวนการผลิตเอนไซม์ chitinase จะย่อยสลายไคตินซึ่งเป็นองค์ประกอบของเปลือกหุ้มตัวของแมลงศัตรูพืช

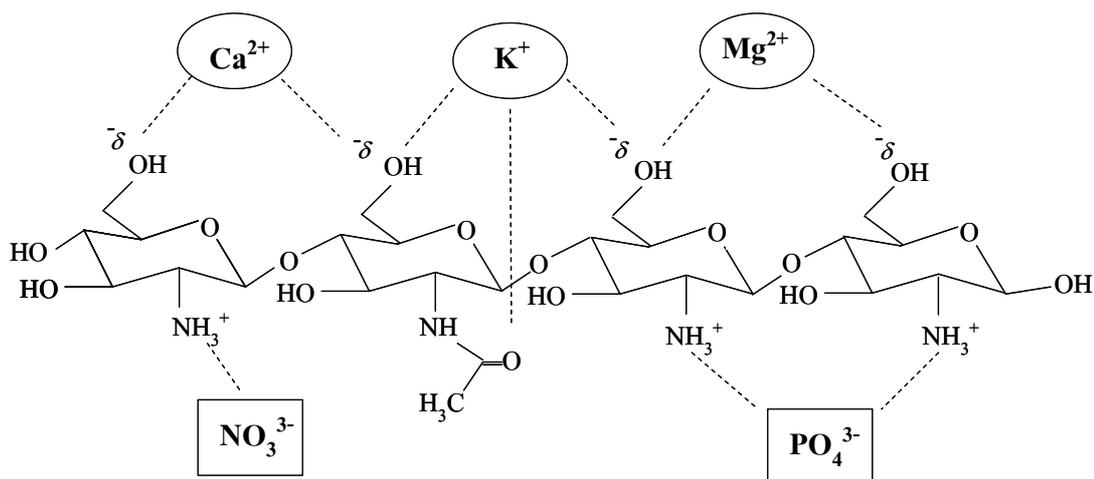
7.5.3 ปรับสภาพของดิน (soil improvement) ปรับสภาพของดินที่มีส่วนของดินเหนียว (clay) มาก โดยเพิ่มความพรุนในดิน การดูดซับน้ำ การอุ้มน้ำ และการชะล้าง (erosion) ของดิน รวมทั้งเป็นตัวพา (carrier) สำหรับพวก micro-organic โดยปลดปล่อยสารดังกล่าวอย่างช้าๆ จะลดปัญหาการใช้สารเกินความจำเป็น ซึ่งมีผลต่อพืชและสภาพดิน

7.5.4 การต้านทานและกำจัดเชื้อราและแบคทีเรียบางประเภท เช่น ไทรโคเดอร์มา ไฟทอปธอรา ฟิเทียม แอนแทรคโนส เมตาโนส โรครากเน่า โคนเน่า ราน้ำค้าง ราขาว โรครีบติด โรคใบจุด โรคใบสีส้มในนาข้าวและอื่นๆ ไคโตซานสามารถเข้าสู่เซลล์เชื้อรา ยับยั้งการสร้างและสะสมของ RNA ในเชื้อรา จึงทำให้เชื้อราถูกยับยั้งการเจริญเติบโต แต่สำหรับเชื้อราและแบคทีเรียบางประเภทจะมีการเจริญเติบโตได้อย่างรวดเร็วเมื่อใช้อนุพันธ์ไคตินและไคโตซาน เช่น ใช้ในการเพาะเห็ด

8. การใช้ไคโตซานเป็นสารกระตุ้นการเจริญเติบโตของพืช

การศึกษาไคโตซานในพืชมีมานานมากกว่า 30 ปีแล้ว ส่วนใหญ่มุ่งเน้นการศึกษาไคโตซานในด้านอื่นๆ มากกว่าเป็นสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช ข้อมูลการศึกษาไคโตซานกับการตอบสนองต่อพืชในด้านการเจริญเติบโตของพืชยังมีไม่มากนัก แนวทางในการใช้ไคโตซานเป็นสารกระตุ้นการเจริญเติบโตของพืช คือ ไคโตซานมีผลเกี่ยวกับยีนของพืชและเชื้อราที่ก่อให้เกิดอันตรายกับพืช โดยเชื้อราที่ทำอันตรายพืชจะถูกยับยั้งเนื่องจากพืชสร้างสารป้องกันตัวเอง เรียกโมเลกุลที่สามารถกระตุ้นภูมิคุ้มกันโรคพืชว่า 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, 2546)

คุณสมบัติอีกประการ คือ ความสามารถของไคโตซานในการจับกับไอออนต่างๆ เช่น โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม เหล็ก ฟอสเฟต และไนเตรด ที่เป็นประโยชน์กับพืช แล้วค่อยๆ ปลดปล่อยธาตุอาหารเหล่านี้แก่พืช เพราะไคโตซานเป็นไบโอโพลิเมอร์ที่มีประจุ (รัฐ, 2543) ซึ่งปัจจัยดังกล่าวข้างต้นมีผลร่วมกันในการช่วยเร่งการเจริญเติบโตของพืช (ภาพที่ 5)



ภาพที่ 5 ไอออนต่างๆ ที่มีแนวโน้มว่าจะสามารถจับกับไคโตซาน
ที่มา: รัฐ (2543)

สมบุญ และคณะ (2549) ศึกษาผลของไคโตซานที่ไม่ฉายรังสีและฉายรังสี 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 การใช้ไคโตซานที่ไม่ฉายรังสีและฉายรังสี ความเข้มข้นต่างกัน ไม่มีผลทำให้เปอร์เซ็นต์การงอกของเมล็ดข้าวฟ่างทั้ง 5 สายพันธุ์มีค่าแตกต่างกันทางสถิติ ส่วนการเจริญเติบโตของต้นกล้าข้าวฟ่างทั้ง 5 สายพันธุ์ ที่ใช้ไคโตซานต่างชนิดกันมีค่าแตกต่างกันทางสถิติ การเจริญเติบโตของต้นกล้าข้าวฟ่างสายพันธุ์ DA5 มีค่าสูงกว่าข้าวฟ่างพันธุ์อื่นๆ 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) สูงกว่าการใช้ไคโตซานระดับอื่นๆ ขณะที่ความเข้มข้น 50 ppm ในข้าวฟ่างสายพันธุ์ Late Hagari การเจริญเติบโตของต้นกล้ามีค่าสูงสุด (15.20 เซนติเมตร) แต่เมื่อใช้ไคโตซานที่ไม่ฉายรังสีความเข้มข้น 150 ppm ในข้าวฟ่างสายพันธุ์ KU439 และ KU900 หรือความเข้มข้น 200 ppm ในข้าวฟ่างสายพันธุ์ KU804 ทำให้ความยาวราก และความยาวรวมของต้นกล้าข้าวฟ่างมีค่าสูงสุด

Sharathchandra *et al.* (2004) ใช้ไคโตซานที่มีชื่อทางการค้าว่า Elexa แซ่เมล็ดข้าวฟ่างมีผลทำให้ต้นสูงขึ้น เพิ่มความยาวของรวง น้ำหนักเมล็ด และช่วยกระตุ้นความสามารถในการต้านทานโรคอีกด้วย

Tham *et al.* (2001) ศึกษาความเป็นพิษของวานิเลียมต่อพืชและอิทธิพลของไคโตซานต่อการเร่งการเจริญเติบโตของพืช การลดระดับความเป็นพิษของวานิเลียมในพืช 4 ชนิด ได้แก่ ถั่วเหลือง ข้าว ข้าวสาลี และข้าวบาเลย์ พบว่า ไคโตซานฉายรังสีระดับ 100 kGy ระดับความเข้มข้น 100-200 ppm จะมีคุณสมบัติในการเร่งการเจริญเติบโต ลดความเป็นพิษของวานิเลียมของกล้าข้าว และข้าวสาลีมีการเจริญเติบโตดีขึ้น

นพรัตน์ (2548) ศึกษาผลของการตัดโพลีเมอร์ของไคโตซานด้วยรังสีแกมมาต่อการลดขนาดมวลโมเลกุลของไคโตซาน และความเข้มข้นไคโตซานต่อการเร่งการเจริญเติบโตของข้าว และการแลกเปลี่ยนฟอสฟอรัสในสภาพไออนในดินกับสารละลาย ที่ระดับรังสีปริมาณ 0-200 kGy พบว่า การฉายรังสีแกมมาในช่วง 0-100 kGy ที่ความเข้มข้นต่ำๆ คือ 50-100 ppm มีแนวโน้มในการเร่งการเจริญเติบโตของข้าวที่อายุ 14 วัน ได้ดีที่สุดในเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม

สุชาดา และคณะ (2548) ศึกษาผลของไคโตซานต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1 โดยวางแผนการทดลองแบบ split plot design in RCB ทำ 4 ซ้ำ ปัจจัยหลัก คือ วิธีการใช้ 3 แบบ คือ แซ่เมล็ด แซ่เมล็ด+ฉีดพ่น 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 + 16-20-0 อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ ผลการทดลอง พบว่า การใช้ไคโตซานชนิดโพลีเมอร์ แซ่เมล็ดข้าวก่อนปลูก จากนั้นฉีดพ่นอีก 4 ครั้ง ทำให้ข้าวมีการสะสมน้ำหนักรวมหลัง และจำนวนหน่อต่อต้นแตกต่างกับสิ่งทดลองควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ในขณะที่ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติในด้านความสูง การสะสมน้ำหนักรวมช่วงแรก น้ำหนัก 1,000 เมล็ด จำนวนเมล็ดต่อรวงและผลผลิต แต่มีแนวโน้มว่าการใช้ไคโตซานชนิดโพลีเมอร์ แซ่เมล็ดก่อนปลูก จากนั้นฉีดพ่น จะให้ผลผลิตสูงสุดคือ 171.25 กรัมต่อสิ่งทดลอง ในขณะที่การไม่ใช้ไคโตซานให้ผลผลิตเพียง 111.72 กรัมต่อสิ่งทดลอง

Luan *et al.* (2002) ใช้ไคโตซานที่มี 80 เปอร์เซ็นต์ DD (Degree of deacetylation) และความเข้มข้นสารละลายไคโตซานที่เตรียมเป็น 10 เปอร์เซ็นต์ นำมาฉายรังสีในช่วง 10-250 kGy ใส่ในอาหารเพาะเลี้ยง เพื่อทดสอบการเจริญเติบโตของพืชดอกในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ พบว่า ไคโตซานสามารถเพิ่มความยาวยอด ความยาวราก และน้ำหนักสดของ *Limonium lantifolium*, *Eustoma grandiflorum* และ *Chrysanthemum morifolium* ในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ ความเข้มข้นที่เหมาะสมคือ 100 kGy ที่ 100 ppm สำหรับ *C. morifolium*, 30 ppm สำหรับ *E. grandiflorum* และ 40 ppm สำหรับ *L. lantifolium*

ในกล้วยไม้ ชนัสพร และคณะ (2546) ศึกษาผลของไคโตซานที่มีต่ออัตราการรอดตายและการเจริญเติบโตของกล้วยไม้สกุลรองเท้านารีลูกผสม *Paphiopedilum bellatulum*×*PHPA*. Angthong โดยใช้สารไคโตซานที่ระดับความเข้มข้น 0, 2.5, 5, 10, 20 และ 40 ppm สามารถกระตุ้นให้กล้วยไม้งอกราก เกิดใบใหม่ และกระตุ้นการเจริญเติบโตทางด้านความกว้างและความยาวของใบเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม การใช้สารไคโตซานที่ระดับความเข้มข้น 10 ppm หลังจากให้สารไปแล้ว 30 วัน ทำให้ใบของกล้วยไม้ ใบที่ 1 ใบที่ 2 และใบที่ 3 มีความยาวใบเฉลี่ยเพิ่มมากที่สุด โดยที่กลุ่มการทดลองควบคุมมีความกว้างและความยาวใบเฉลี่ยน้อยที่สุด และพบว่า ในแต่ละกลุ่มการทดลองนั้น กลุ่มควบคุมมีการกักกินของหนอนและแมลง ใบเหี่ยวแห้ง ขอบใบโดนกัดกิน และต้นตายจำนวนหนึ่ง เนื่องจากทนต่อสภาพแวดล้อมได้ไม่ดี ส่วน Nge *et al.* (2006) ศึกษาผลของไคโตซานสกัดจากเปลือกกุ้ง (shrimp chitosan) และเชื้อรา (fungal chitosan) ต่อการเจริญและการพัฒนาเนื้อเยื่อเจริญกล้วยไม้ที่เพาะเลี้ยงในอาหารเหลว และอาหารแข็ง มีการเพิ่มปริมาณของ protocorm-like bodies เมื่อใส่ไคโตซานจากเปลือกกุ้งชนิดโอลิโกเมอร์ และ fungal chitosan ที่ระดับความเข้มข้น 15 ppm และ 20 ppm การเพาะเลี้ยง protocorm-like body ของกล้วยไม้สกุลหวาย ‘เอียสกุล’ ในอาหารเหลวสูตร Vacin and Went ดัดแปลงที่เติมไคโตซานแบบต่างๆ ความเข้มข้น 10, 20, 40, 80 และ 16 ppm พบว่า ไคโตซานความเข้มข้น 160 ppm มีผลทำให้ เนื้อเยื่อชืดขาว และเซลล์ตาย ส่วนที่ความเข้มข้น 80 ppm มีผลยับยั้งการเจริญเติบโตของ protocorm-like bodies เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมที่ไม่ได้ให้ไคโตซาน อย่างไรก็ตามไคโตซานที่ใช้ในการศึกษาในครั้งนี้สามารถกระตุ้นการเพิ่มปริมาณของ protocorm-like bodies ได้อย่างมีนัยสำคัญ โดยเฉพาะอย่างยิ่งไคโตซานโพลีเมอร์ 70 เปอร์เซ็นต์ DD และ 90 เปอร์เซ็นต์ DD เมื่อใช้ระดับความเข้มข้น 10 ppm และ 20 ppm ตามลำดับ (Pompeanpakdee *et al.*, 2005) สำหรับ Siri-Upatham (2002) ใช้ไคโตซานที่ตัดสายโพลีเมอร์ด้วยการฉายรังสีแกมมา เตรียมเป็นสารละลายความเข้มข้น 4 ระดับ ได้แก่ 25, 50,

75 และ 100 ppm นำมาฉีดให้กับกล้วยไม้ พบว่า ทำให้อัตราการเจริญเติบโตของกล้วยไม้ดีขึ้น โดยความเข้มข้น 50-75 ppm เป็นระดับที่ทำให้อัตราการเจริญเติบโตสูงที่สุด

พัชรา และคณะ (2547) ศึกษาผลของไคโตซานที่มีต่อการเจริญทางต้น และใบของกล้วยไม้ *Dendrobium* ‘เอียสกุล’ โดยใช้ไคโตซาน 6 ชนิด ได้แก่ ไคโตซานชนิดพอลิเมอร์ (70 เปอร์เซ็นต์ DD) และไม่ผ่านการย่อยโดยเอนไซม์ไคตินเนส ไคโตซานโอลิโกเมอร์ (70 เปอร์เซ็นต์ DD) และผ่านการย่อยโดยเอนไซม์ไคตินเนส ไคโตซานพอลิเมอร์ (80 เปอร์เซ็นต์ DD) และไม่ผ่านการย่อยโดยเอนไซม์ไคตินเนส ไคโตซานโอลิโกเมอร์ (80 เปอร์เซ็นต์ DD) และผ่านการย่อยโดยเอนไซม์ไคตินเนส ไคโตซานพอลิเมอร์ (90 เปอร์เซ็นต์ DD) และไม่ผ่านการย่อยโดยเอนไซม์ไคตินเนส ไคโตซานโอลิโกเมอร์ (90 เปอร์เซ็นต์ DD) และผ่านการย่อยโดยเอนไซม์ไคตินเนส พบว่า ไคโตซานชนิดต่างๆ ดังกล่าวไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตของลำลูกกล้วยและใบของกล้วยไม้หวาย *Dendrobium* ‘เอียสกุล’ เมื่อวัดผลการเจริญเติบโตภายหลังการให้ไคโตซานที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ คือ 1, 10, 50 และ 100 ppm โดยการผสมและฉีดพ่นพร้อมกับปุ๋ยทุกสัปดาห์เป็นเวลา 6 สัปดาห์ แต่อย่างไรก็ดี พบว่า ไคโตซานสามารถชักนำให้เกิดดอกได้เร็วขึ้น ในขณะที่ Limpanavech (2003) ศึกษาอิทธิพลของชนิดและความเข้มข้นของไคโตซานที่มีต่อการเจริญเติบโตของกล้วยไม้ *Dendrobium* ‘เอียสกุล’ โดยใช้ชนิดของไคโตซานที่เป็น oligomer และ polymer (70, 80, 90 เปอร์เซ็นต์ DD) ความเข้มข้นของไคโตซานแต่ละชนิด 4 ระดับ คือ 1, 10, 50 และ 100 ppm ตามลำดับ ทำการฉีดพ่น 1 ครั้งต่อสัปดาห์ ทั้งหมด 68 สัปดาห์ พบว่า ไคโตซานมีผลต่อการเร่งการเจริญเติบโตของกล้วยไม้ ทำให้เกิดดอกเร็วกว่าชุดที่ไม่ใช้สารไคโตซาน รมวิช และคณะ(2549) ทดลองย้ายปลูกต้นอ่อนกล้วยไม้ *Dendrobium* ‘เอียสกุล’ ที่ได้จากการเพาะเนื้อเยื่อ จำนวน 620 ต้น พบว่า นอกจากไคโตซานจะมีผลช่วยเพิ่มเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตของต้นอ่อนกล้วยไม้แล้ว ยังมีผลกระตุ้นการเจริญเติบโตของต้นอ่อนกล้วยไม้ด้วย ขึ้นอยู่กับขนาดโมเลกุล เปอร์เซ็นต์ degree of deacetylation และความเข้มข้นของไคโตซานที่ใช้ จากการทดลองใช้ไคโตซานพอลิเมอร์ และโอลิโกเมอร์ที่มี เปอร์เซ็นต์ DD เป็น 70, 80 และ 90 และความเข้มข้นต่างๆ กัน 5 ระดับ คือ 10, 20, 40, 80 และ 160 ppm รวม 30 ชุดการทดลอง เปรียบเทียบกับการทดลองชุดที่ไม่ได้ใช้ไคโตซาน โดยการแช่ต้นอ่อนกล้วยไม้ที่นำออกจากขวดในสารละลายไคโตซาน และพ่นไคโตซานทางใบให้ต้นอ่อนที่ย้ายปลูกสัปดาห์ละ 1 ครั้ง ตลอดการทดลอง เพื่อติดตามการรอดชีวิตและการเจริญเติบโตของต้นอ่อนเป็นเวลา 60 วัน พบว่า ไคโตซานพอลิเมอร์ส่วนใหญ่มีผลช่วยเพิ่มเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตของต้นอ่อนกล้วยไม้ได้ถึง 100 เปอร์เซ็นต์ ส่วนโอลิโกเมอร์ที่ 80 เปอร์เซ็นต์ DD ความเข้มข้นส่วนใหญ่ใช้ได้ผลดี ในด้านการเจริญเติบโตของต้นอ่อนหลังย้ายปลูก ไคโตซานไม่มีผลต่อจำนวนหน่อต่อกระถาง แต่มีผลต่อ

จำนวนใบต่อกระถาง และการเติบโตของยอด ความยาววัดจากโคนต้นถึงปลายใบที่ยาวที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยพอลิเมอร์ (70 เปอร์เซนต์ DD) ความเข้มข้น 20 ppm ให้ประสิทธิผลสูงที่สุดสำหรับการย้ายปลูกลงด้วยไม้หว่ายพันธุ์เอียสกุล

Ohta *et al.* (1999) ศึกษาผลของไคโตซานที่มีต่อการเจริญเติบโตใน *Lisianthus (Eustoma grediforum)* ซึ่งเป็นไม้ประดับขนาดเล็ก พบว่าการใช้ไคโตซานความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ ใส่ลงในดินที่ใช้ในการปลูกจะมีผลในการกระตุ้นการเจริญเติบโต และเร่งการออกดอกให้เร็วขึ้น และหากทำการตัดช่อดอกอ่อนอายุ 7-10 วัน ก่อนระยะดอกบานมาแช่ในสารละลายไคโตซาน หรือแช่ในสารละลายไคโตซานร่วมกับน้ำตาล จะทำให้ช่อดอกยึดตัวได้มากกว่าการแช่น้ำเพียงอย่างเดียว นอกจากนี้ยังพบว่า การแช่ในไคโตซาน หรือการแช่ในไคโตซานร่วมกับน้ำตาล มีผลทำให้ดอกมีสีเข้มขึ้นอีกด้วย ผลการศึกษานี้จะนำไปประยุกต์ใช้ในการจัดดอกไม้เพื่อการตกแต่งต่อไป (Uddin *et al.*, 2004) พงศ์ธาริน และคณะ (2549) ใช้สารละลายไคโตซานชนิด 80 เปอร์เซ็นต์ DD สายยาว (P80) และสายสั้น (O80) และไคโตซานไม่ทราบโครงสร้างที่มีจำหน่ายในท้องตลาด (UCC) นำไปใช้ในการแช่เมล็ดพืชก่อนปลูก และฉีดพ่นทางใบทุกๆ 3 สัปดาห์ ความเข้มข้น 25, 50 และ 100 ppm แก่กระเจี๊ยบเขียว (*Abelmoschus esculentus* (L.) Monech) พันธุ์อินเดีย 9701 และพันธุ์ญี่ปุ่น Yamato Green โดยมีระยะเวลาการทดลอง 8 สัปดาห์ เพื่อศึกษาผลของขนาดโพลิเมอร์ และความเข้มข้นของไคโตซานที่มีต่อการเติบโตและผลผลิตของกระเจี๊ยบเขียว การติดเชื้อไวรัสเส้นใบเหลือง (okra yellow vein mosaic virus) และการกักกินของหนอนกระทู้หอม (*Spodoptera exigua* Hubner, 1808) จากการแช่เมล็ดในสารละลายไคโตซาน พบว่าไคโตซานทุกชนิดทุกความเข้มข้น มีแนวโน้มที่จะทำให้ต้นกล้ากระเจี๊ยบเขียวพันธุ์ญี่ปุ่น Yamato Green สูงกว่าชุดการทดลองความคุมที่ไม่ได้รับไคโตซาน และเมื่อฉีดพ่นไคโตซานทางใบ พบว่ากระเจี๊ยบเขียวพันธุ์อินเดีย 9701 ที่ได้รับ O80 ที่ 25 ppm และ UCC ที่ 100 ppm มีแนวโน้มที่จะมีความสูงเฉลี่ย จำนวนใบ ดอก และผล เฉลี่ยต่อต้นสูงกว่าชุดการทดลองความคุม ผลที่คล้ายคลึงกันสามารถพบได้ในกระเจี๊ยบเขียวพันธุ์ญี่ปุ่น Yamato Green ที่ฉีดพ่นด้วย O80 ที่ 25 ppm นอกจากนี้ยังพบว่า การให้ O80 ที่ 25 ppm และ P80 ที่ 100 ppm ส่งผลกระทบต่อน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของกระเจี๊ยบเขียวพันธุ์อินเดีย 9701 อย่างมีนัยสำคัญ ขณะที่การฉีดพ่นไคโตซานเกือบทุกชนิดยกเว้น ยกเว้น O80 ที่ 100 ppm ส่งผลให้กระเจี๊ยบเขียวพันธุ์นี้มีปริมาณน้ำภายในต้นต่อน้ำหนักสดเฉลี่ยต่อต้นน้อยกว่าต้นที่ไม่ได้รับไคโตซาน

สุวลิ และคณะ (2546) ใช้ไคโตซานในการปลูกพืชผักสวนครัวแบบผสมผสาน ได้แก่ พริก ผักคะน้า ผักกั้นไช และมะระเถลิง พร้อมกันนในแปลงเดียวกัน แบ่งพื้นที่แปลงเป็น 5 ส่วน เพื่อทดสอบการใช้ไคโตซานในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน ตั้งแต่ 0, 3.75, 7.5, 11.25 และ 15.0 ppm ตามลำดับ การปฏิบัติทุกอย่างในแปลงเหมือนกันทุกประการ ยกเว้นการใช้ไคโตซานผสมน้ำฉีดพ่น ในแต่ละพื้นที่ที่กำหนดไว้ด้วยปริมาณที่แตกต่างกันเท่านั้น นับตั้งแต่เริ่มปลูกจนถึงการเก็บเกี่ยวขั้นสุดท้าย มีผลทำให้น้ำหนักเฉลี่ยต่อต้นสูงขึ้นและสูงกว่าชนิดควบคุม โดยอัตราการใช้ไคโตซานที่ 3.75 ppm ทำใ้ผักมีน้ำหนักเฉลี่ยต่อต้นสูงที่สุด

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

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การเตรียมโคโตซานที่ตัดโพลิเมอร์ด้วยการฉายรังสีแกมมา นำโคโตซานจากเปลือกกุ้งชนิดเกลือที่เป็น polymer type จากบริษัท ต้าหมิง เอ็นเตอร์ไพรส์ จำกัด ซึ่งมีน้ำหนักโมเลกุลเท่ากับ 1,264,947 คอลตัน และความหนืดเท่ากับ 851.53 เซนติพอยด์ มาฉายรังสีโดยใช้ต้นกำเนิดรังสีแกมมาโคบอลต์ -60 ณ. สำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ ในสภาวะของแข็งที่ 100 kGy และทำให้ละลายในกรดอะซิติกเข้มข้น 2.5 เปอร์เซ็นต์ โดยให้ความเข้มข้นของโคโตซานที่เตรียมเป็น 10 เปอร์เซ็นต์ ถ่ายลงในขวดแก้วที่มีฝาปิด นำไปฉายรังสีแกมมาให้กับสารละลายโคโตซานที่ระดับปริมาณรังสี 75 kGy และ 100 kGy จะได้โคโตซานที่มีน้ำหนักโมเลกุลเท่ากับ 44,712 และ 44,565 คอลตัน ตามลำดับ และความหนืดเท่ากับ 38.034 และ 37.918 เซนติพอยด์ ตามลำดับ (ทิวพร, 2546)

โคโตซานชนิด oligomer ที่ใช้ในการทดลองมีน้ำหนักโมเลกุลเท่ากับ 66,464 คอลตัน และความหนืดเท่ากับ 54.990 เซนติพอยด์ ส่วน MT โคโตซาน เป็นโคโตซานที่วางขายในท้องตลาดไม่ทราบค่าน้ำหนักโมเลกุลและความหนืด

2. ทดสอบโคโตซานที่มีต่อการงอกของเมล็ดและการเจริญเติบโตของต้นกล้าข้าวฟ่าง 2 สายพันธุ์ คือ DA5 และ KU439

2.1 วางแผนการทดลองแบบ factorial arrangement of treatments plus other treatments (5 x 2)+2+1 (สุรพล, 2536)

2.2 ทดสอบการงอกเมล็ดข้าวฟ่างโดยวางกระดาษเพาะเมล็ดรองที่ก้นจานเพาะเลี้ยงใส่สารละลายโคโตซานชนิด oligomer, polymer, โคโตซานฉายรังสี 75 kGy, 100 kGy, MT โคโตซาน จิบเบอเรลลิน ความเข้มข้น 100 ppm และ 200 ppm และน้ำกลั่น (ชุดควบคุม) ปริมาณ 10 มิลลิลิตร ใส่เมล็ดข้าวฟ่าง 25 เมล็ด กระจายให้ทั่วทั้งจานเพาะ ทดสอบความงอกเป็นเวลา 4 วัน และ 10 วัน ตามวิธีการมาตรฐานสมาคมผู้ตรวจสอบเมล็ดพันธุ์นานาชาติ (ISTA, 1976)

2.3 วัดดัชนีการงอกของเมล็ดข้าวฟ่างสายพันธุ์ DA5 และ KU439 โดยอาศัยความเร็วในการงอก (speed of germination) ตรวจนับเป็นเวลา 10 วัน ตามวิธีการมาตรฐานสมาคมผู้ตรวจสอบเมล็ดพันธุ์นานาชาติ (ISTA, 1976) นับต้นกล้าที่งอกปกติทุกวัน เฉพาะต้นกล้าที่มีส่วนของรากอ่อน ซึ่งงอกออกมาจากเมล็ดมีความยาวไม่น้อยกว่า 2 มิลลิเมตร จนครบ 10 วัน วัดอัตราการเจริญเติบโตของยอดอ่อนและรากอ่อนข้าวฟ่าง และคำนวณหาค่าดัชนีการงอกของเมล็ดพันธุ์

$$\text{ดัชนีการงอกของเมล็ดพันธุ์} = \text{ผลบวกของ} \left(\frac{\text{จำนวนต้นกล้าที่งอก}}{\text{จำนวนวันหลังเพาะ}} \right)$$

2.4 ประมวลผลโดยใช้โปรแกรมทางสถิติ R program

3. ทดสอบผลของไคโตซานที่มีต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวฟ่าง 2 สายพันธุ์ คือ DA5 และ KU439

3.1 วางแผนการทดลองแบบ factorial arrangement of treatments plus other treatment $(5 \times 2) + 1$ (สุรพล, 2536)

3.2 เริ่มปลูกข้าวฟ่างทั้ง 2 สายพันธุ์ ในเดือนพฤษภาคม-สิงหาคม พ.ศ. 2549 โดยแช่เมล็ดข้าวฟ่างในสารละลายไคโตซานชนิดต่างๆ ความเข้มข้นต่างกัน และน้ำกลั่น ก่อนปลูกเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ปลูกข้าวฟ่างในกระถางเส้นผ่านศูนย์กลาง 40 เซนติเมตร สูง 20 เซนติเมตร กระถางละ 9 เมล็ด ใช้ดินปลูกจากศูนย์วิจัยข้าวโพดข้าวฟ่างแห่งชาติ อำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมาหลังจากเมล็ดงอก 1 สัปดาห์ ถอนต้นกล้าข้าวฟ่างออกเหลือ 2 ต้นที่มีขนาดและลักษณะใกล้เคียงกัน ฉีดพ่นด้วยสารละลายไคโตซาน คือ ไคโตซานชนิด oligomer, polymer ไคโตซานฉายรังสี 75 kGy, 100 kGy, และ MT ไคโตซาน ที่ระดับความเข้มข้น 100 และ 200 ppm และน้ำกลั่น (ชุดควบคุม) ใช้สารละลายไคโตซานในปริมาณ 250 มิลลิลิตร ฉีดพ่นทุกๆ สัปดาห์ ตั้งแต่ข้าวฟ่างอายุ 1 สัปดาห์ จนถึงระยะ 2 เดือน และที่ระยะ 3 เดือน-ระยะออกดอก ใช้วิธีการครบบริเวณโคนต้น รวมทั้งใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 16-16-16 ในอัตราส่วน 30 กิโลกรัมต่อไร่ โดยแบ่งใส่ 2 ครั้ง ครั้งละ 15 กิโลกรัมต่อไร่ ในระยะ 1 สัปดาห์ หลังปลูก และระยะออกดอก

3.3 การตรวจผล

3.3.1 วัดความสูงของลำต้น จำนวนใบ และพื้นที่ใบของข้าวฟ่างที่อายุ 1, 2, 3 และ 4 เดือน ภายหลังจากการปลูก

3.3.2 บันทึกระยะเวลาการออกดอกของข้าวฟ่าง โดยสังเกตเมื่อก้านช่อดอกยืดยาวขึ้น ส่งให้ช่อดอกโผล่พ้นกาบใบออกมา 50 เปอร์เซ็นต์

3.3.3 ชั่งน้ำหนักแห้งต้นเมื่อข้าวฟ่างอายุ 3 และ 4 เดือน น้ำหนักแห้งรากอายุ 4 เดือน โดยตัดส่วนของลำต้นข้าวฟ่างที่โคนต้นติดผิวดิน และนำส่วนรากซึ่งอยู่ในดิน มาทำจัดสิ่งปนเปื้อนด้วยการล้างด้วยน้ำประปา นำไปอบในตู้อบความร้อนอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 วัน ทิ้งให้เย็น นำไปชั่งน้ำหนักแห้ง

3.3.4 ชั่งน้ำหนักช่อ น้ำหนักเมล็ด น้ำหนัก 1,000 เมล็ด และนับจำนวนเมล็ดของข้าวฟ่าง เมื่ออายุ 4 เดือน

3.3.6 วิเคราะห์หาปริมาณธาตุอาหารบางชนิดในตัวอย่างพืช โดยนำตัวอย่างพืชที่บดละเอียดไปย่อยสลายโดยวิธี Wet ashing (Chapman and Pratt, 1978) นำสารละลายที่ได้มาวิเคราะห์หาเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจน โดยวิธี Kjeldal method และฟอสฟอรัส โดยวิธี Vanado molybdate method (Chapman and Pratt, 1978) ในต้นข้าวฟ่างอายุ 3 เดือน

3.3.7 ประมวลผลโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ R program

4. สถานที่ทำการทดลอง

4.1 ห้องปฏิบัติการและเรือนเพาะชำ ภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน จังหวัดกรุงเทพมหานคร

4.2 ห้องปฏิบัติการงานทดสอบดินปุ๋ยและการประยุกต์ ฝ่ายปฏิบัติการวิจัยและเรือนปลูกพืชทดลอง สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม

5. ระยะเวลาทำการทดลอง

เริ่มต้นการทดลองเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2548 และสิ้นสุดการทดลองเดือนตุลาคม พ.ศ. 2549

ผลและวิจารณ์

ผล

1. ผลของไคโตซานชนิดต่างๆ จิบเบอเรลลิน และระดับความเข้มข้นของไคโตซาน ที่มีต่อการงอกและการเจริญเติบโตของต้นกล้าข้าวฟ่างสายพันธุ์ DA5 และ KU439

1.1 ข้าวฟ่างสายพันธุ์ DA5

1.1.1 เปอร์เซ็นต์การงอกอายุ 4 วัน

การใช้ไคโตซานชนิดต่างๆ จิบเบอเรลลิน ระดับความเข้มข้นต่างกัน ไม่ทำให้เปอร์เซ็นต์การงอกอายุ 4 วัน ของข้าวฟ่างสายพันธุ์ DA5 มีค่าแตกต่างกับชุดควบคุมทางสถิติ โดย มีค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การงอกเท่ากับ 99.44, 96.80 และ 98.40 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ขณะที่การใช้ไคโตซานมีผลทำให้ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การงอกของข้าวฟ่าง (99.44 เปอร์เซ็นต์) มีค่าสูงกว่าการใช้จิบเบอเรลลิน (96.80 เปอร์เซ็นต์) และการใช้จิบเบอเรลลิน ความเข้มข้น 100 ppm ทำให้ข้าวฟ่างมีค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การงอก (99.20 เปอร์เซ็นต์) สูงกว่าระดับความเข้มข้น 200 ppm (94.40 เปอร์เซ็นต์) โดยมีค่าแตกต่างกันทางสถิติ ส่วนชนิดและความเข้มข้นของไคโตซาน 100 และ 200 ppm ไม่มีผลทำให้เปอร์เซ็นต์การงอกของข้าวฟ่างมีค่าแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 1 และตารางผนวกที่ 1)

1.1.2 เปอร์เซ็นต์การงอกอายุ 10 วัน

การใช้ไคโตซานต่างชนิดกัน จิบเบอเรลลิน ระดับความเข้มข้นต่างกัน ไม่ทำให้เปอร์เซ็นต์การงอกของข้าวฟ่างสายพันธุ์ DA5 ที่อายุ 10 วัน มีค่าแตกต่างกับชุดควบคุมทางสถิติ โดยมีค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การงอกเท่ากับ 99.44, 98.80 และ 98.40 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ การใช้ไคโตซานไม่ทำให้เปอร์เซ็นต์การงอกของข้าวฟ่างมีค่าแตกต่างจากการใช้จิบเบอเรลลิน และการใช้จิบเบอเรลลิน ความเข้มข้น 100 ppm หรือ 200 ppm ไม่ทำให้เปอร์เซ็นต์การงอกของข้าวฟ่างมีค่าแตกต่าง

ตารางที่ 1 เปอร์เซ็นต์การงอก (เปอร์เซ็นต์) อายุ 4 วัน ของข้าวฟ่างสายพันธุ์ DA5 ที่ใส่ไคโตซาน ชนิดต่างๆ และจิบเบอเรลลิน ระดับความเข้มข้นต่างกัน

Type of chitosan	Concentration (ppm)		Average
	100	200	
polymer	100.00	98.40	99.20
oligomer	99.20	99.20	99.20
75 kGy	100.00	99.20	99.60
100 kGy	100.00	99.20	99.60
MT chitosan	100.00	99.20	99.60
Average	99.84	99.04	99.44
GA	99.20	94.40	96.80
Control	98.40		
Treatments	NS		
Treated vs Control	NS		
Among treated	*	LSD _{.05} 2.636	
Chitosan vs GA	**		
GA ₁₀₀ vs GA ₂₀₀	**		
Among Chitosan	NS		
Type of chitosan	NS		
Concentration	NS		
Type×Conc.	NS		

หมายเหตุ NS = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

* = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

** = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 2 เปอร์เซนต์การงอก (เปอร์เซ็นต์) อายุ 10 วัน ของข้าวฟ่างสายพันธุ์ DA5 ที่ใส่ไคโตซาน ชนิดต่างๆ และจิบเบอเรลลิน ระดับความเข้มข้นต่างกัน

Type of chitosan	Concentration (ppm)		Average
	100	200	
polymer	100.00	98.40	99.20
oligomer	99.20	99.20	99.20
75 kGy	100.00	99.20	99.60
100 kGy	100.00	99.20	99.60
MT chitosan	100.00	99.20	99.60
Average	99.84	99.04	99.44
GA	99.20	98.40	98.80
Control	98.40		
Treatments	NS		
Treated vs Control	NS		
Among treated	NS		
Chitosan vs GA	NS		
GA ₁₀₀ vs GA ₂₀₀	NS		
Among Chitosan	NS		
Type of chitosan	NS		
Concentration	NS		
Type×Conc.	NS		

หมายเหตุ NS = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

* = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

** = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ต่างกันทางสถิติ เช่นเดียวกับชนิดและความเข้มข้นของโคโตซาน 100 และ 200 ppm ไม่มีผลทำให้เปอร์เซ็นต์การงอกของข้าวฟ่างมีค่าแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 2 และตารางผนวกที่ 2)

1.1.3 คัชนีการงอก

เมื่อใช้โคโตซานชนิดต่างๆ จิบเบอเรลลิน ระดับความเข้มข้นต่างกัน ไม่ทำให้คัชนีการงอกเฉลี่ยที่อายุ 10 วัน ของข้าวฟ่างสายพันธุ์ DA5 มีค่าแตกต่างกับชุดควบคุมทางสถิติ โดยมีค่าเฉลี่ยคัชนีการงอกเท่ากับ 47.95, 47.80 และ 47.20 ตามลำดับ และการใช้โคโตซานไม่ทำให้เปอร์เซ็นต์การงอกของข้าวฟ่างมีค่าแตกต่างจากการใช้จิบเบอเรลลิน และการใช้จิบเบอเรลลิน ความเข้มข้น 100 ppm หรือ 200 ppm ไม่ทำให้เปอร์เซ็นต์การงอกของข้าวฟ่างมีค่าแตกต่างกันทางสถิติ เช่นเดียวกับชนิดและความเข้มข้นของโคโตซาน 100 และ 200 ppm ไม่มีผลทำให้คัชนีการงอกของข้าวฟ่างมีค่าแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 3 และตารางผนวกที่ 3)

1.1.4 ความยาวยอด

การใช้โคโตซานต่างชนิดกัน จิบเบอเรลลิน ระดับความเข้มข้นต่างกัน ทำให้ความยาวยอดเฉลี่ยของข้าวฟ่างสายพันธุ์ DA5 มีค่าแตกต่างกับชุดควบคุม (10.61 เซนติเมตร) ทางสถิติ ขณะที่การใช้โคโตซานไม่ทำให้เปอร์เซ็นต์การงอกเฉลี่ยของข้าวฟ่างมีค่าแตกต่างจากการใช้จิบเบอเรลลิน และการใช้จิบเบอเรลลิน ความเข้มข้น 100 ppm หรือ 200 ppm ไม่ทำให้เปอร์เซ็นต์การงอกของข้าวฟ่างมีค่าแตกต่างกันทางสถิติ สำหรับชนิดและความเข้มข้นของโคโตซานมีผลทำให้ความยาวยอดของข้าวฟ่างมีค่าแตกต่างกันทางสถิติ โดยโคโตซานฉายรังสี 75 kGy และ 100 kGy ทำให้ข้าวฟ่างมีค่าเฉลี่ยความยาวยอด (13.23 และ 13.33 เซนติเมตร ตามลำดับ) สูงกว่าโคโตซานชนิดอื่นๆ และการใช้โคโตซานความเข้มข้น 100 ppm มีผลให้ค่าเฉลี่ยความยาวยอดของข้าวฟ่าง (12.95 เซนติเมตร) สูงกว่าระดับความเข้มข้น 200 ppm (11.56 เซนติเมตร) (ตารางที่ 4 และตารางผนวกที่ 4)

ตารางที่ 3 ดัชนีการงอกอายุ 10 วัน ของข้าวฟางสายพันธุ์ DA5 ที่ใส่ไคโตซานชนิดต่างๆ และ จิบเบอเรลลิน ระดับความเข้มข้นต่างกัน

Type of chitosan	Concentration (ppm)		Average
	100	200	
polymer	48.40	46.80	47.60
oligomer	48.13	46.87	47.50
75 kGy	47.33	47.80	47.57
100 kGy	49.13	48.40	48.77
MT chitosan	48.33	48.33	48.33
Average	48.26	47.64	47.95
GA	48.40	47.20	47.80
Control	47.20		
Treatments	NS		
Treated vs Control	NS		
Among treated	NS		
Chitosan vs GA	NS		
GA ₁₀₀ vs GA ₂₀₀	NS		
Among Chitosan	NS		
Type of chitosan	NS		
Concentration	NS		
Type×Conc.	NS		

หมายเหตุ NS = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

* = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

** = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 4 ความยาวยอด (เซนติเมตร) อายุ 10 วัน ของข้าวฟ่างสายพันธุ์ DA5 ที่ใส่ไคโตซานชนิดต่างๆ และจิบเบอเรลลิน ระดับความเข้มข้นต่างกัน

Type of chitosan	Concentration (ppm)		Average
	100	200	
polymer	13.49	11.11	12.30
oligomer	11.73	11.09	11.41
75 kGy	13.32	13.14	13.23
100 kGy	14.17	12.49	13.33
MT chitosan	12.03	11.38	11.71
Average	12.95	11.84	12.40
GA	12.24	11.56	11.90
Control	10.61		
Treatments	**	LSD _{.05} 1.612	
Treated vs Control	**		
Among treated	**	LSD _{.05} 1.554	
Chitosan vs GA	NS		
GA ₁₀₀ vs GA ₂₀₀	NS		
Among Chitosan	**	LSD _{.05} 1.418	
Type of chitosan	**	LSD _{.05} 1.003	
Concentration	**	LSD _{.05} 0.634	
Type×Conc.	NS		

หมายเหตุ NS = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

* = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

** = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

1.1.5 ความยาวราก

การใช้โคโตซานชนิดต่างๆ จิบเบอเรลลิน ระดับความเข้มข้นต่างกัน ทำให้ความยาวรากเฉลี่ยของข้าวฟ่างสายพันธุ์ DA5 มีค่าแตกต่างกับชุดควบคุม (9.43 เซนติเมตร) ทางสถิติ เช่นเดียวกับการใช้โคโตซานเปรียบเทียบกับจิบเบอเรลลิน โคโตซานทำให้ค่าเฉลี่ยความยาวรากข้าวฟ่าง (10.96 เซนติเมตร) สูงกว่าการใช้จิบเบอเรลลิน (9.62 เซนติเมตร) แต่การใช้จิบเบอเรลลิน ที่ความเข้มข้น 100 และ 200 ppm ไม่ทำให้ความยาวรากข้าวฟ่างมีค่าแตกต่างกันทางสถิติ ส่วนการใช้โคโตซานชนิดต่างๆ ทำให้ข้าวฟ่างมีค่าเฉลี่ยความยาวรากแตกต่างกันทางสถิติ โดยโคโตซานฉายรังสี 75 kGy ทำให้ความยาวรากข้าวฟ่างมีค่าเฉลี่ย (12.35 เซนติเมตร) มากกว่าโคโตซานชนิดอื่น ส่วนโคโตซานชนิด polymer และ oligmer ทำให้ข้าวฟ่างมีความยาวรากเฉลี่ย (9.16 และ 9.81 เซนติเมตร ตามลำดับ) ต่ำ ขณะที่การใช้โคโตซานที่ความเข้มข้น 100 ppm ทำให้ข้าวฟ่างมีความยาวรากเฉลี่ยไม่แตกต่างจากระดับความเข้มข้น 200 ppm (ตารางที่ 5 และตารางผนวกที่ 5)

1.1.6 ความยาวต้นกล้า (ต้น+ราก)

การใช้โคโตซานชนิดต่างๆ จิบเบอเรลลิน ระดับความเข้มข้นต่างกัน มีผลส่งเสริมความยาวรากเฉลี่ยของข้าวฟ่างสายพันธุ์ DA5 ได้ดี มีค่าแตกต่างกับชุดควบคุม (20.04 เซนติเมตร) ทางสถิติ และการใช้โคโตซานทำให้ความยาวต้นกล้าข้าวฟ่างมีค่าเฉลี่ย (23.36 เซนติเมตร) สูงกว่าการใช้จิบเบอเรลลิน (21.52 เซนติเมตร) ขณะที่การใช้จิบเบอเรลลิน ความเข้มข้น 100 ppm ทำให้ข้าวฟ่างมีความยาวต้นกล้าไม่แตกต่างจากระดับความเข้มข้น 200 ppm เมื่อเปรียบเทียบในกลุ่มของโคโตซาน พบว่าโคโตซานฉายรังสี 75 kGy และ 100 kGy ทำให้ความยาวต้นกล้าข้าวฟ่างมีค่าเฉลี่ย (25.58 และ 25.31 เซนติเมตร ตามลำดับ) สูง แตกต่างกันทางสถิติกับโคโตซานชนิดอื่นๆ ส่วนการใช้โคโตซานระดับความเข้มข้น 100 ppm (23.96 เซนติเมตร) ทำให้ความยาวต้นกล้าข้าวฟ่างมีค่าเฉลี่ยสูงกว่าระดับความเข้มข้น 200 ppm (22.75 เซนติเมตร) แตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 6 และตารางผนวกที่ 6)

ตารางที่ 5 ความยาวราก (เซนติเมตร) อายุ 10 วัน ของข้าวฟ่างสายพันธุ์ DA5 ที่ใส่ไคโตซานชนิดต่างๆ และจิบเบอเรลลิน ระดับความเข้มข้นต่างกัน

Type of chitosan	Concentration (ppm)		Average
	100	200	
polymer	9.31	9.01	9.16
oligomer	9.42	10.20	9.81
75 kGy	12.89	11.81	12.35
100 kGy	12.13	11.82	11.98
MT chitosan	11.29	11.71	11.50
Average	11.01	10.91	10.96
GA	9.74	9.49	9.62
Control	9.43		
Treatments	**	LSD _{.05} 1.222	
Treated vs Control	**		
Among treated	**	LSD _{.05} 1.179	
Chitosan vs GA	**		
GA ₁₀₀ vs GA ₂₀₀	NS		
Among Chitosan	**	LSD _{.05} 1.076	
Type of chitosan	**	LSD _{.05} 0.761	
Concentration	NS		
Type×Conc.	NS		

หมายเหตุ NS = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

* = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

** = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 6 ความยาวต้นกล้า (เซนติเมตร) อายุ 10 วัน ของข้าวฟ่างสายพันธุ์ DA5 ที่ใส่ไคโตซาน ชนิดต่างๆ และจิบเบอเรลลิน ระดับความเข้มข้นต่างกัน

Type of chitosan	Concentration (ppm)		Average
	100	200	
polymer	22.80	20.12	21.46
oligomer	21.15	21.29	21.22
75 kGy	26.21	24.95	25.58
100 kGy	26.30	24.31	25.31
MT chitosan	23.32	23.09	23.21
Average	23.96	22.75	23.36
GA	21.98	21.05	21.52
Control	20.04		
Treatments	**	LSD _{.05} 1.805	
Treated vs Control	**		
Among treated	**	LSD _{.05} 1.738	
Chitosan vs GA	**		
GA ₁₀₀ vs GA ₂₀₀	NS		
Among Chitosan	**	LSD _{.05} 1.587	
Type of chitosan	**	LSD _{.05} 1.122	
Concentration	**	LSD _{.05} 0.710	
Type×Conc.	NS		

หมายเหตุ NS = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

* = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

** = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

1.2 ข้าวฟ่างสายพันธุ์ KU439

1.2.1 เปอร์เซ็นต์การงอกอายุ 4 วัน

การใช้โคโตซานชนิดต่างๆ จิบเบอเรลลิน ระดับความเข้มข้นต่างกัน ไม่ทำให้ข้าวฟ่างสายพันธุ์ KU439 มีเปอร์เซ็นต์การงอกเฉลี่ยที่อายุ 4 วัน แตกต่างกับชุดควบคุมทางสถิติ เช่นเดียวกับการใช้โคโตซานไม่มีผลทำให้เปอร์เซ็นต์การงอกเฉลี่ยของข้าวฟ่างมีค่าแตกต่างจากการใช้จิบเบอเรลลิน และการใช้จิบเบอเรลลิน ความเข้มข้น 100 และ 200 ppm ทำให้ข้าวฟ่างมีเปอร์เซ็นต์การงอกไม่แตกต่างกันทางสถิติ ขณะที่ชนิดและความเข้มข้นของโคโตซานมีผลทำให้เปอร์เซ็นต์การงอกของข้าวฟ่างมีค่าแตกต่างกันทางสถิติ โดยโคโตซานฉายรังสี 100 kGy ทำให้ข้าวฟ่างมีเปอร์เซ็นต์การงอกเฉลี่ย (95.60 เปอร์เซ็นต์) สูงกว่าการใช้โคโตซานชนิดอื่นๆ ขณะที่โคโตซานชนิด polymer และ oligomer ทำให้ข้าวฟ่างมีค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การงอก (83.20 และ 71.20 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) ต่ำ และการใช้โคโตซานที่ความเข้มข้น 100 ppm ทำให้ข้าวฟ่างมีเปอร์เซ็นต์การงอกเฉลี่ย (92.64 เปอร์เซ็นต์) มากกว่าโคโตซานระดับความเข้มข้น 200 ppm (82.56 เปอร์เซ็นต์) และการใช้โคโตซานฉายรังสี 75 kGy ความเข้มข้น 100 ppm 100 kGy และ MT โคโตซาน ความเข้มข้น 200 ppm ทำให้ข้าวฟ่างมีเปอร์เซ็นต์การงอก (96.00 เปอร์เซ็นต์) สูงสุด (ตารางที่ 7 และตารางผนวกที่ 7)

1.2.2 เปอร์เซ็นต์การงอกอายุ 10 วัน

การใช้โคโตซานต่างชนิดกัน จิบเบอเรลลิน ระดับความเข้มข้นต่างกัน ไม่มีผลทำให้ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การงอกที่อายุ 10 วัน ของข้าวฟ่างสายพันธุ์ KU439 มีค่าแตกต่างกับชุดควบคุมทางสถิติ เช่นเดียวกับการใช้โคโตซานเปรียบเทียบกับจิบเบอเรลลิน ไม่ทำให้เปอร์เซ็นต์การงอกเฉลี่ยของข้าวฟ่างมีค่าแตกต่างกันทางสถิติ และการใช้จิบเบอเรลลิน ความเข้มข้น 100 ppm ทำให้เปอร์เซ็นต์การงอกของข้าวฟ่างมีค่าไม่แตกต่างจากระดับความเข้มข้น 200 ppm ขณะที่การใช้โคโตซานชนิดต่างๆ ทำให้ข้าวฟ่างมีเปอร์เซ็นต์การงอกเฉลี่ยแตกต่างกันทางสถิติ โดยโคโตซานฉายรังสี 100 kGy ทำให้ข้าวฟ่างมีเปอร์เซ็นต์การงอกเฉลี่ย (96.80 เปอร์เซ็นต์) สูง ส่วนโคโตซานชนิด polymer และ oligomer ทำให้ข้าวฟ่างมีค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การงอก (91.40 และ 87.60 เปอร์เซ็นต์) ต่ำ เช่นเดียวกับการใช้โคโตซานที่ความเข้มข้น 100 ppm ทำให้ข้าวฟ่างมีเปอร์เซ็นต์การงอกเฉลี่ย (96.80 เปอร์เซ็นต์) มากกว่าโคโตซานความเข้มข้น 200 ppm

ตารางที่ 7 เปอร์เซนต์การงอก (เปอร์เซ็นต์) อายุ 4 วัน ของข้าวฟ่างสายพันธุ์ KU439 ที่ใส่ไคโตซานชนิดต่างๆ และจิบเบอเรลลิน ระดับความเข้มข้นต่างกัน

Type of chitosan	Concentration (ppm)		Average
	100	200	
polymer	91.20	75.20	83.20
oligomer	88.00	54.40	71.20
75 kGy	96.00	91.20	93.60
100 kGy	95.20	96.00	95.60
MT chitosan	92.80	96.00	94.40
Average	92.64	82.56	87.60
GA	89.60	94.40	92.00
Control	82.40		
Treatments	**	LSD _{.05} 9.383	
Treated vs Control	NS		
Among treated	**	LSD _{.05} 9.042	
Chitosan vs GA	NS		
GA ₁₀₀ vs GA ₂₀₀	NS		
Among Chitosan	**	LSD _{.05} 8.255	
Type of chitosan	**	LSD _{.05} 5.837	
Concentration	**	LSD _{.05} 3.692	
Type×Conc.	**	LSD _{.05} 8.255	

หมายเหตุ NS = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

* = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

** = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 8 เปอร์เซนต์การงอก (เปอร์เซ็นต์) อายุ 10 วัน ของข้าวฟางสายพันธุ์ KU439 ที่ใส่ไคโตซานชนิดต่างๆ และจิบเบอเรลลิน ระดับความเข้มข้นต่างกัน

Type of chitosan	Concentration (ppm)		Average
	100	200	
polymer	95.20	87.60	91.40
oligomer	96.00	79.20	87.60
75 kGy	96.00	92.80	94.40
100 kGy	97.60	96.00	96.80
MT chitosan	99.20	92.00	95.60
Average	96.80	89.52	93.16
GA	92.80	97.60	95.20
Control	93.60		
Treatments	NS		
Treated vs Control	NS		
Among treated	**	LSD _{.05} 6.849	
Chitosan vs GA	NS		
GA ₁₀₀ vs GA ₂₀₀	NS		
Among Chitosan	**	LSD _{.05} 6.251	
Type of chitosan	**	LSD _{.05} 4.420	
Concentration	**	LSD _{.05} 2.796	
Type×Conc.	*	LSD _{.05} 6.251	

หมายเหตุ NS = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

* = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

** = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

(89.52 เปอร์เซ็นต์) มีค่าแตกต่างกันทางสถิติ และการใช้ MT โคโตซานทำให้ข้าวฟ่างมีเปอร์เซ็นต์การงอก (99.20 เปอร์เซ็นต์) สูงสุด (ตารางที่ 8 และตารางผนวกที่ 8)

1.2.3 ดัชนีการงอก

การใช้โคโตซานชนิดต่างๆ จิบเบอเรลลิน ระดับความเข้มข้นต่างกัน ไม่มีผลทำให้ดัชนีการงอกเฉลี่ยของข้าวฟ่างสายพันธุ์ KU439 มีค่าแตกต่างกับชุดควบคุมทางสถิติ ขณะที่การใช้จิบเบอเรลลินทำให้ข้าวฟ่างมีดัชนีการงอกเฉลี่ย (28.96) สูงกว่าการใช้โคโตซาน (27.05) มีค่าแตกต่างกันทางสถิติ ส่วนการใช้จิบเบอเรลลิน ความเข้มข้น 100 และ 200 ppm ไม่มีผลทำให้ดัชนีการงอกของข้าวฟ่างมีค่าแตกต่างกัน สำหรับชนิดและความเข้มข้นของโคโตซานทำให้ดัชนีการงอกของข้าวฟ่างมีค่าแตกต่างกันทางสถิติ โดยโคโตซานฉายรังสี 100 kGy ทำให้ข้าวฟ่างมีดัชนีการงอกเฉลี่ย (30.21) สูง และการใช้โคโตซานความเข้มข้น 100 ppm ทำให้ค่าเฉลี่ยดัชนีการงอกของข้าวฟ่าง (28.04) สูงกว่าระดับความเข้มข้น 200 ppm (26.05) ส่วนการใช้โคโตซานฉายรังสี 100 kGy ความเข้มข้น 100 ppm ทำให้ข้าวฟ่างมีดัชนีการงอก (30.57) สูงสุด (ตารางที่ 9 และตารางผนวกที่ 9)

1.2.4 ความยาวยอด

การใช้โคโตซานชนิดต่างๆ จิบเบอเรลลิน ระดับความเข้มข้นต่างกัน ทำให้ความยาวยอดเฉลี่ยของข้าวฟ่างสายพันธุ์ KU439 มีค่าสูงกว่าชุดควบคุม (6.30 เซนติเมตร) แตกต่างกันทางสถิติ ขณะที่การใช้จิบเบอเรลลินส่งเสริมความยาวยอดเฉลี่ยของข้าวฟ่าง (7.79 เซนติเมตร) ได้ดีกว่าการใช้โคโตซาน (6.95 เซนติเมตร) แต่การใช้จิบเบอเรลลิน ความเข้มข้น 100 และ 200 ppm ไม่มีผลทำให้ความยาวยอดของข้าวฟ่างมีค่าแตกต่างกันทางสถิติ ส่วนการใช้โคโตซานต่างชนิดกัน ทำให้ข้าวฟ่างมีความยาวยอดเฉลี่ยแตกต่างกันทางสถิติ โดยโคโตซานฉายรังสี 100 kGy ทำให้ข้าวฟ่างมีความยาวยอดเฉลี่ย (7.55 เซนติเมตร) สูงกว่าการใช้โคโตซานชนิดอื่นๆ และการใช้โคโตซานที่ระดับความเข้มข้น 100 ppm ทำให้ค่าเฉลี่ยความยาวยอดข้าวฟ่าง (7.10 เซนติเมตร) สูงกว่าโคโตซานความเข้มข้น 200 ppm (6.79 เซนติเมตร) มีค่าแตกต่างกันทางสถิติ ส่วนการใช้โคโตซานฉายรังสี 100 kGy ความเข้มข้น 100 ppm ทำให้ข้าวฟ่างมีความยาวยอด (7.58 เซนติเมตร) สูงสุด (ตารางที่ 10 และตารางผนวกที่ 10)

ตารางที่ 9 ดัชนีการงอกอายุ 10 วัน ของข้าวฟางสายพันธุ์ KU439 ที่ใส่ไคโตซานชนิดต่างๆ และ จิบเบอเรลลิน ระดับความเข้มข้นต่างกัน

Type of chitosan	Concentration (ppm)		Average
	100	200	
polymer	26.27	23.42	24.85
oligomer	28.00	21.67	24.84
75 kGy	28.62	27.18	27.90
100 kGy	30.57	29.85	30.21
MT chitosan	26.76	28.13	27.45
Average	28.04	26.05	27.05
GA	28.41	29.50	28.96
Control	26.53		
Treatments	NS		
Treated vs Control	NS		
Among treated	**	LSD _{.05} 3.041	
Chitosan vs GA	*		
GA ₁₀₀ vs GA ₂₀₀	NS		
Among Chitosan	**	LSD _{.05} 2.831	
Type of chitosan	**	LSD _{.05} 2.002	
Concentration	**	LSD _{.05} 1.266	
Type×Conc.	*	LSD _{.05} 2.831	

หมายเหตุ NS = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

* = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

** = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 10 ความยาวยอด (เซนติเมตร) อายุ 10 วัน ของข้าวฟ่างสายพันธุ์ KU439 ที่ได้โคโคซานชนิดต่างๆ และจิบเบอเรลลิน ระดับความเข้มข้นต่างกัน

Type of chitosan	Concentration (ppm)		Average
	100	200	
polymer	6.64	5.82	6.23
oligomer	6.60	5.78	6.19
75 kGy	7.31	7.43	7.37
100 kGy	7.58	7.51	7.55
MT chitosan	7.36	7.43	7.40
Average	7.10	6.79	6.95
GA	7.78	7.79	7.79
Control	6.30		
Treatments	**	LSD _{.05} 0.329	
Treated vs Control	**		
Among treated	**	LSD _{.05} 0.159	
Chitosan vs GA	**		
GA ₁₀₀ vs GA ₂₀₀	NS		
Among Chitosan	**	LSD _{.05} 0.145	
Type of chitosan	**	LSD _{.05} 0.102	
Concentration	**	LSD _{.05} 0.065	
Type×Conc.	**	LSD _{.05} 0.145	

หมายเหตุ NS = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

* = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

** = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

1.2.5 ความยาวราก

การใช้โคโตซานต่างชนิดกัน จิบเบอเรลลิน ระดับความเข้มข้นต่างกัน ไม่มีผลทำให้ความยาวรากเฉลี่ยของข้าวฟ่างสายพันธุ์ KU439 มีค่าแตกต่างกับชุดควบคุมทางสถิติ ขณะที่การใช้จิบเบอเรลลินทำให้ความยาวรากเฉลี่ยของข้าวฟ่าง (10.38 เซนติเมตร) มีค่าสูงกว่าการใช้โคโตซาน (8.84 เซนติเมตร) ส่วนการใช้จิบเบอเรลลิน ความเข้มข้น 100 ppm ทำให้ข้าวฟ่างมีความยาวรากไม่แตกต่างจากระดับความเข้มข้น 200 ppm ชนิดและความเข้มข้นของโคโตซาน มีผลทำให้ความยาวรากของข้าวฟ่างมีค่าแตกต่างกันทางสถิติ โดยโคโตซานฉายรังสี 75 kGy และ 100 kGy ทำให้ข้าวฟ่างมีค่าเฉลี่ยความยาวราก (10.44 และ 10.12 เซนติเมตร ตามลำดับ) สูงและการใช้โคโตซานความเข้มข้น 100 ppm ทำให้ความยาวรากเฉลี่ยของข้าวฟ่าง (9.40 เซนติเมตร) สูงกว่าการใช้ความเข้มข้น 200 ppm (8.28 เซนติเมตร) (ตารางที่ 11 และตารางผนวกที่ 11)

1.2.6 ความยาวต้นกล้า (ต้น+ ราก)

การใช้โคโตซานชนิดต่างๆ จิบเบอเรลลิน ระดับความเข้มข้นต่างกัน ไม่มีผลทำให้ความยาวต้นกล้าข้าวฟ่างสายพันธุ์ KU439 มีค่าแตกต่างกับชุดควบคุมทางสถิติ ขณะที่การใช้จิบเบอเรลลิน (18.16 เซนติเมตร) ทำให้ค่าเฉลี่ยความยาวต้นกล้าข้าวฟ่างมีค่าสูงกว่าการใช้โคโตซาน (15.79 เซนติเมตร) ส่วนการใช้จิบเบอเรลลิน ความเข้มข้น 100 ppm หรือ 200 ppm ไม่ทำให้ความยาวต้นกล้าข้าวฟ่างมีค่าแตกต่างกัน สำหรับชนิดและความเข้มข้นของโคโตซานมีผลทำให้ความยาวต้นกล้าข้าวฟ่างมีค่าแตกต่างกันทางสถิติ โดยโคโตซานฉายรังสี 75 kGy ทำให้ความยาวต้นกล้าเฉลี่ยของข้าวฟ่างมีค่า (17.81 เซนติเมตร) สูงแตกต่างกับโคโตซานชนิดอื่นๆ และการใช้โคโตซานความเข้มข้น 100 ppm ทำให้ความยาวต้นกล้าข้าวฟ่างเฉลี่ย (16.50 เซนติเมตร) สูงกว่าที่ระดับความเข้มข้น 200 ppm (15.08 เซนติเมตร) (ตารางที่ 12 และตารางผนวกที่ 12)

ตารางที่ 11 ความยาวราก (เซนติเมตร) อายุ 10 วัน ของข้าวฟ่างสายพันธุ์ KU439 ที่ใส่ไคโตซาน ชนิดต่างๆ และจิบเบอเรลลิน ระดับความเข้มข้นต่างกัน

Type of chitosan	Concentration (ppm)		Average
	100	200	
polymer	7.96	6.26	7.11
oligomer	7.86	6.21	7.04
75 kGy	10.55	10.33	10.44
100 kGy	10.35	9.89	10.12
MT chitosan	10.27	8.73	9.50
Average	9.40	8.28	8.84
GA	10.48	10.27	10.38
Control	9.32		
Treatments	NS		
Treated vs Control	NS		
Among treated	**	LSD _{.05} 1.412	
Chitosan vs GA	**		
GA ₁₀₀ vs GA ₂₀₀	NS		
Among Chitosan	**	LSD _{.05} 1.289	
Type of chitosan	**	LSD _{.05} 0.912	
Concentration	**	LSD _{.05} 0.577	
Type×Conc.	NS		

หมายเหตุ NS = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

* = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

** = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 12 ความยาวต้นกล้า (เซนติเมตร) อายุ 10 วัน ของข้าวฟ่างสายพันธุ์ KU439 ที่ใส่ไคโตซาน ชนิดต่างๆ และจิบเบอเรลลิน ระดับความเข้มข้นต่างกัน

Type of chitosan	Concentration (ppm)		Average
	100	200	
polymer	14.60	12.08	13.34
oligomer	14.46	11.99	13.23
75 kGy	17.86	17.76	17.81
100 kGy	17.93	17.40	17.67
MT chitosan	17.63	16.16	16.90
Average	16.50	15.08	15.79
GA	18.26	18.06	18.16
Control	15.62		
Treatments	NS		
Treated vs Control	NS		
Among treated	**	LSD _{.05} 1.353	
Chitosan vs GA	**		
GA ₁₀₀ vs GA ₂₀₀	NS		
Among Chitosan	**	LSD _{.05} 1.235	
Type of chitosan	**	LSD _{.05} 0.873	
Concentration	**	LSD _{.05} 0.552	
Type×Conc.	NS		

หมายเหตุ NS = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

* = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

** = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

2. ผลของไคโตซานชนิดต่างๆ และระดับความเข้มข้นของไคโตซาน ที่มีต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวฟ่างสายพันธุ์ DA5 และ KU439

2.1 ข้าวฟ่างสายพันธุ์ DA5

2.1.1 ความสูงของข้าวฟ่าง

การใช้ไคโตซานชนิดต่างๆ ระดับความเข้มข้นต่างกัน ทำให้ความสูงเฉลี่ยของข้าวฟ่างสายพันธุ์ DA5 อายุ 1, 2, 3 และ 4 เดือน (19.27, 43.03, 70.15 และ 87.93 เซนติเมตร ตามลำดับ) มีค่าแตกต่างกับชุดควบคุม (15.94, 35.32, 61.75, 74.00 เซนติเมตร ตามลำดับ) ทางสถิติ ขณะที่การใช้ไคโตซานต่างชนิดกันไม่ทำให้ความสูงเฉลี่ยของข้าวฟ่าง (อายุ 1, 2, 3 และ 4 เดือน) มีค่าแตกต่างกัน เช่นเดียวกับการใช้ไคโตซานความเข้มข้น 100 และ 200 ppm ไม่มีผลทำให้ความสูงเฉลี่ยของข้าวฟ่าง (อายุ 2, 3 และ 4 เดือน) มีค่าแตกต่างกัน ทางสถิติ ยกเว้นความสูงเฉลี่ยของข้าวฟ่างอายุ 1 เดือน เมื่อใช้ไคโตซานความเข้มข้น 100 ppm ทำให้ข้าวฟ่างมีค่าเฉลี่ยความสูง (19.57 เซนติเมตร) มากกว่าไคโตซานความเข้มข้น 200 ppm (18.96 เซนติเมตร) โดยมีค่าแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 13-16 และตารางผนวกที่ 13-16)

2.1.2 จำนวนใบของข้าวฟ่าง

การใช้ไคโตซานต่างชนิดกัน ระดับความเข้มข้นต่างกัน ทำให้ข้าวฟ่างสายพันธุ์ DA5 มีค่าเฉลี่ยจำนวนใบอายุ 2 และ 3 เดือน (7.50 และ 10.50 ใบต่อต้น ตามลำดับ) แตกต่างกับชุดควบคุม (6.75 และ 9.75 ใบต่อต้น ตามลำดับ) ทางสถิติ แต่ไม่พบความแตกต่างกันทางสถิติของจำนวนใบข้าวฟ่างที่อายุ 1 และ 4 เดือน เช่นเดียวกับชนิดและความเข้มข้นของไคโตซาน 100 และ 200 ppm ไม่มีผลทำให้จำนวนใบเฉลี่ยของข้าวฟ่าง (อายุ 1, 2, 3 และ 4 เดือน) มีค่าแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 17-20 และตารางผนวกที่ 17-20)

ตารางที่ 13 ความสูงต้น (เซนติเมตร) อายุ 1 เดือน ของข้าวฟ่างสายพันธุ์ DAS ที่ใส่ไคโตซานชนิดต่างๆ ระดับความเข้มข้นต่างกัน

Type of chitosan	Concentration (ppm)		Average
	100	200	
polymer	19.13	19.50	19.32
oligomer	19.06	18.38	18.72
75 kGy	20.05	19.50	19.78
100 kGy	20.50	18.94	19.72
MT chitosan	19.13	18.50	18.82
Average	19.57	18.96	19.27
Control	15.94		
Treatments	**	LSD _{.05} 1.296	
Treated vs Control	**		
Type of chitosan	NS		
Concentration	*	LSD _{.05} 0.553	
Type×Conc.	NS		

หมายเหตุ NS = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

* = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

** = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 14 ความสูงต้น (เซนติเมตร) อายุ 2 เดือน ของข้าวฟ่างสายพันธุ์ DAS ที่ใส่ไคโตซานชนิดต่างๆ ระดับความเข้มข้นต่างกัน

Type of chitosan	Concentration (ppm)		Average
	100	200	
polymer	45.00	43.50	44.25
oligomer	39.00	40.00	39.50
75 kGy	42.88	43.63	43.26
100 kGy	45.88	42.63	44.26
MT chitosan	43.13	44.63	43.88
Average	43.18	42.88	43.03
Control	35.32		
Treatments	NS		
Treated vs Control	**		
Type of chitosan	NS		
Concentration	NS		
Type×Conc.	NS		

หมายเหตุ NS = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

* = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

** = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 15 ความสูงต้น (เซนติเมตร) อายุ 3 เดือน ของข้าวฟ่างสายพันธุ์ DAS ที่ใส่ไคโตซานชนิดต่างๆ ระดับความเข้มข้นต่างกัน

Type of chitosan	Concentration (ppm)		Average
	100	200	
polymer	74.50	72.25	73.38
oligomer	64.50	70.75	67.63
75 kGy	70.25	69.00	69.63
100 kGy	71.50	67.25	69.38
MT chitosan	69.75	71.75	70.75
Average	70.10	70.20	70.15
Control	61.75		
Treatments	NS		
Treated vs Control	*		
Type of chitosan	NS		
Concentration	NS		
Type×Conc.	NS		

หมายเหตุ NS = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

* = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

** = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 16 ความสูงต้น (เซนติเมตร) อายุ 4 เดือน ของข้าวฟ่างสายพันธุ์ DAS ที่ใส่ไคโตซานชนิดต่างๆ ระดับความเข้มข้นต่างกัน

Type of chitosan	Concentration (ppm)		Average
	100	200	
polymer	92.75	92.75	92.75
oligomer	92.75	90.75	91.75
75 kGy	86.00	82.00	84.00
100 kGy	85.75	83.75	84.75
MT chitosan	90.50	82.25	86.38
Average	89.55	86.30	87.93
Control	74.00		
Treatments	*	LSD _{.05} 11.675	
Treated vs Control	**		
Type of chitosan	NS		
Concentration	NS		
Type×Conc.	NS		

หมายเหตุ NS = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

* = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

** = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 17 จำนวนใบ (ใบต่อต้น) อายุ 1 เดือน ของข้าวฟ่างสายพันธุ์ DA5 ที่ใส่ไคโตซานชนิดต่างๆ ระดับความเข้มข้นต่างกัน

Type of chitosan	Concentration (ppm)		Average
	100	200	
polymer	6.25	6.50	6.38
oligomer	6.50	6.25	6.38
75 kGy	7.00	6.25	6.63
100 kGy	6.00	6.50	6.25
MT chitosan	6.50	6.25	6.38
Average	6.45	6.35	6.40
Control	5.75		
Treatments	NS		
Treated vs Control	NS		
Type of chitosan	NS		
Concentration	NS		
Type×Conc.	NS		

หมายเหตุ NS = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

* = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

** = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 18 จำนวนใบ (ใบต่อต้น) อายุ 2 เดือน ของข้าวฟ่างสายพันธุ์ DA5 ที่ใส่ไคโตซานชนิดต่างๆ ระดับความเข้มข้นต่างกัน

Type of chitosan	Concentration (ppm)		Average
	100	200	
polymer	7.25	7.50	7.38
oligomer	7.50	7.75	7.63
75 kGy	7.75	7.75	7.75
100 kGy	7.00	7.75	7.38
MT chitosan	7.25	7.50	7.38
Average	7.35	7.65	7.50
Control	6.75		
Treatments	NS		
Treated vs Control	*		
Type of chitosan	NS		
Concentration	NS		
Type×Conc.	NS		

หมายเหตุ NS = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

* = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

** = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 19 จำนวนใบ (ใบต่อต้น) อายุ 3 เดือน ของข้าวฟ่างสายพันธุ์ DA5 ที่ใส่ไคโตซานชนิดต่างๆ ระดับความเข้มข้นต่างกัน

Type of chitosan	Concentration (ppm)		Average
	100	200	
polymer	10.75	11.00	10.88
oligomer	10.25	10.50	10.38
75 kGy	10.50	10.25	10.38
100 kGy	10.75	10.50	10.63
MT chitosan	10.25	10.25	10.25
Average	10.50	10.50	10.50
Control	9.75		
Treatments	NS		
Treated vs Control	**		
Type of chitosan	NS		
Concentration	NS		
Type×Conc.	NS		

หมายเหตุ NS = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

* = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

** = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 20 จำนวนใบ (ใบต่อต้น) อายุ 4 เดือน ของข้าวฟ่างสายพันธุ์ DA5 ที่ใส่ไคโตซานชนิดต่างๆ ระดับความเข้มข้นต่างกัน

Type of chitosan	Concentration (ppm)		Average
	100	200	
polymer	11.50	11.00	11.25
oligomer	11.00	10.50	10.75
75 kGy	10.50	10.75	10.63
100 kGy	10.50	10.50	10.50
MT chitosan	10.75	10.75	10.75
Average	10.85	10.70	10.78
Control	10.25		
Treatments	NS		
Treated vs Control	NS		
Type of chitosan	NS		
Concentration	NS		
Type×Conc.	NS		

หมายเหตุ NS = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

* = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

** = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

2.1.3 พื้นที่ใบของข้าวฟ่าง

เมื่อใช้ไโคโตซานชนิดต่างๆ ระดับความเข้มข้นต่างกัน ไม่ทำให้พื้นที่ใบของข้าวฟ่างสายพันธุ์ DA5 (อายุ 1, 2, 3 และ 4 เดือน) มีค่าแตกต่างกับชุดควบคุมทางสถิติ โดยการใส่ไโคโตซานทำให้ข้าวฟ่างมีค่าเฉลี่ยพื้นที่ใบ (อายุ 1, 2, 3 และ 4 เดือน) เท่ากับ 87.68, 232.88, 341.89 และ 372.17 ตารางเซนติเมตรต่อใบ ตามลำดับ ขณะที่ชุดควบคุมทำให้ข้าวฟ่างมีค่าเฉลี่ยพื้นที่ใบ (อายุ 1, 2, 3 และ 4 เดือน) เท่ากับ 81.11, 224.18, 330.26 และ 358.59 ตารางเซนติเมตรต่อใบ ตามลำดับ เช่นเดียวกับชนิดและความเข้มข้นของไโคโตซาน 100 และ 200 ppm ไม่มีผลทำให้พื้นที่ใบเฉลี่ยของข้าวฟ่าง (อายุ 1, 2, 3 และ 4 เดือน) มีค่าแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 21-24 และตารางผนวกที่ 21-24)

2.1.4 วันออกดอก

การใช้ไโคโตซานต่างชนิดกัน ระดับความเข้มข้นต่างกัน ทำให้ข้าวฟ่างสายพันธุ์ DA5 มีการออกดอกเร็ว (110.23 วัน) แตกต่างกับชุดควบคุม (117.00 วัน) ทางสถิติ ขณะที่ชนิดของไโคโตซานทำให้ข้าวฟ่างมีระยะเวลาการออกดอกไม่แตกต่างกัน ส่วนไโคโตซานความเข้มข้น 100 ppm ทำให้ข้าวฟ่างออกดอก (109.05 วัน) เร็วกว่าระดับความเข้มข้น 200 ppm (111.40 วัน) มีค่าแตกต่างกันทางสถิติ และไโคโตซานชนิด polymer ความเข้มข้น 100 ppm มีแนวโน้มทำให้ข้าวฟ่างออกดอกเร็วกว่าการใช้ไโคโตซานชนิดอื่นๆ โดยมีระยะเวลาการออกดอกเท่ากับ 107.50 วัน (ตารางที่ 25 และตารางผนวกที่ 25)

ตารางที่ 21 พื้นที่ใบ (ตารางเซนติเมตรต่อใบ) อายุ 1 เดือน ของข้าวฟ่างสายพันธุ์ DAS ที่ใส่ไคโตซานชนิดต่างๆ ระดับความเข้มข้นต่างกัน

Type of chitosan	Concentration (ppm)		Average
	100	200	
polymer	82.63	88.83	85.73
oligomer	84.62	89.89	87.26
75 kGy	97.31	88.48	92.90
100 kGy	76.58	93.02	84.80
MT chitosan	86.54	88.87	87.71
Average	85.54	89.82	87.68
Control	81.11		
Treatments	NS		
Treated vs Control	NS		
Type of chitosan	NS		
Concentration	NS		
Type×Conc.	NS		

หมายเหตุ NS = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

* = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

** = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 22 พื้นที่ใบ (ตารางเซนติเมตรต่อใบ) อายุ 2 เดือน ของข้าวฟ่างสายพันธุ์ DAS ที่ใส่ไคโตซานชนิดต่างๆ ระดับความเข้มข้นต่างกัน

Type of chitosan	Concentration (ppm)		Average
	100	200	
polymer	223.64	238.89	231.27
oligomer	223.14	250.23	236.69
75 kGy	240.81	223.41	232.11
100 kGy	239.31	222.81	231.06
MT chitosan	231.75	234.80	233.28
Average	231.73	234.03	232.88
Control	224.18		
Treatments	NS		
Treated vs Control	NS		
Type of chitosan	NS		
Concentration	NS		
Type×Conc.	NS		

หมายเหตุ NS = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

* = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

** = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 23 พื้นที่ใบ (ตารางเซนติเมตรต่อใบ) อายุ 3 เดือน ของข้าวฟ่างสายพันธุ์ DAS ที่ใส่ไคโตซานชนิดต่างๆ ระดับความเข้มข้นต่างกัน

Type of chitosan	Concentration (ppm)		Average
	100	200	
polymer	347.28	351.96	349.62
oligomer	340.67	355.18	347.93
75 kGy	344.14	322.21	333.18
100 kGy	342.98	332.10	337.54
MT chitosan	339.08	343.26	341.17
Average	342.83	340.94	341.89
Control	330.26		
Treatments	NS		
Treated vs Control	NS		
Type of chitosan	NS		
Concentration	NS		
Type×Conc.	NS		

หมายเหตุ NS = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

* = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

** = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 24 พื้นที่ใบ (ตารางเซนติเมตรต่อใบ) อายุ 4 เดือน ของข้าวฟ่างสายพันธุ์ DAS ที่ใส่ไคโตซานชนิดต่างๆ ระดับความเข้มข้นต่างกัน

Type of chitosan	Concentration (ppm)		Average
	100	200	
polymer	386.92	384.39	385.66
oligomer	360.81	395.48	378.15
75 kGy	367.74	362.10	364.92
100 kGy	370.35	359.65	365.00
MT chitosan	368.08	366.13	367.11
Average	370.78	373.55	372.17
Control	358.59		
Treatments	NS		
Treated vs Control	NS		
Type of chitosan	NS		
Concentration	NS		
Type×Conc.	NS		

หมายเหตุ NS = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

* = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

** = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 25 วันออกดอก (วัน) ของข้าวฟ่างสายพันธุ์ DA5 ที่ใส่ไคโตซานชนิดต่างๆ ระดับความเข้มข้นต่างกัน

Type of chitosan	Concentration (ppm)		Average
	100	200	
polymer	107.50	107.75	107.63
oligomer	108.50	114.75	111.63
75 kGy	109.00	110.25	109.63
100 kGy	110.75	113.00	111.88
MT chitosan	109.50	111.25	110.38
Average	109.05	111.40	110.23
Control	117.00		
Treatments	**	LSD _{.05} 4.968	
Treated vs Control	**		
Type of chitosan	NS		
Concentration	*	LSD _{.05} 2.118	
Type×Conc.	NS		

หมายเหตุ NS = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

* = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

** = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

2.1.5 น้ำหนักแห้งต้น

การใช้ไคโตซานต่างชนิดกัน ระดับความเข้มข้นต่างกัน ไม่มีผลทำให้ข้าวฟ่างสายพันธุ์ DA5 มีค่าน้ำหนักแห้งต้นเฉลี่ยอายุ 3 เดือน (11.41 กรัมต่อต้น) แตกต่างกับชุดควบคุม (10.21 กรัมต่อต้น) ทางสถิติ โดยมีค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งต้นเท่ากับ 11.41 และ 10.21 กรัมต่อต้น ตามลำดับ ชนิดและความเข้มข้นของไคโตซานไม่มีผลทำให้น้ำหนักแห้งต้นเฉลี่ยของข้าวฟ่างมีค่าแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 26 และตารางผนวกที่ 26)

ในขณะที่น้ำหนักแห้งต้นของข้าวฟ่างอายุ 4 เดือน เมื่อใช้ไคโตซานต่างชนิดกัน ระดับความเข้มข้นความเข้มข้นต่างกัน ทำให้น้ำหนักแห้งต้นเฉลี่ยของข้าวฟ่าง (44.16 กรัมต่อต้น) สูงกว่าชุดควบคุม (37.96 กรัมต่อต้น) โดยมีค่าแตกต่างกันทางสถิติ สำหรับชนิดและความเข้มข้นของไคโตซานทำให้น้ำหนักแห้งต้นเฉลี่ยของข้าวฟ่างมีค่าแตกต่างกันทางสถิติ โดยไคโตซานชนิด oligomer ทำให้อายุข้าวฟ่างมีค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งต้น (47.24 กรัมต่อต้น) มากกว่าการใช้ไคโตซานชนิดอื่นๆ และการใช้ไคโตซานความเข้มข้น 200 ppm ทำให้อายุข้าวฟ่างมีค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งต้น (45.77 กรัมต่อต้น) สูงกว่าระดับความเข้มข้น 100 ppm (42.55 กรัมต่อต้น) (ตารางที่ 27 และตารางผนวกที่ 27)

2.1.6 น้ำหนักแห้งราก

การใช้ไคโตซานชนิดต่างๆ ระดับความเข้มข้นต่างกัน ทำให้อายุข้าวฟ่างสายพันธุ์ DA5 มีค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งรากอายุ 4 เดือน (12.51 กรัมต่อต้น) สูง แตกต่างกับชุดควบคุม (9.75 กรัมต่อต้น) ทางสถิติ ขณะที่ชนิดและความเข้มข้นของไคโตซาน 100 และ 200 ppm ไม่มีผลทำให้น้ำหนักแห้งรากเฉลี่ยของข้าวฟ่างมีค่าแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 28 และตารางผนวกที่ 28)

2.1.7 น้ำหนักช่อ

การใช้ไคโตซานต่างชนิดกัน ระดับความเข้มข้นต่างกัน มีผลทำให้ข้าวฟ่างสายพันธุ์ DA5 มีค่าเฉลี่ยน้ำหนักช่อ (18.02 กรัมต่อต้น) สูงกว่าชุดควบคุม (13.03 กรัมต่อต้น) แตกต่างกันทางสถิติ เช่นเดียวกับชนิดของไคโตซานทำให้อายุข้าวฟ่างมีน้ำหนักช่อเฉลี่ยแตกต่างกันทางสถิติ โดยไคโตซานชนิด polymer ทำให้อายุข้าวฟ่างมีค่าเฉลี่ยน้ำหนักช่อ (20.66 กรัมต่อต้น)

ตารางที่ 26 น้ำหนักแห้งต้น (กรัมต่อต้น) อายุ 3 เดือน ของข้าวฟ่างสายพันธุ์ DA5 ที่ใส่ไคโตซาน ชนิดต่างๆ ระดับความเข้มข้นต่างกัน

Type of chitosan	Concentration (ppm)		Average
	100	200	
polymer	10.94	11.40	11.17
oligomer	11.93	11.86	11.90
75 kGy	10.83	11.61	11.22
100 kGy	11.68	11.24	11.46
MT chitosan	11.12	11.47	11.30
Average	11.30	11.52	11.41
Control	10.21		
Treatments	NS		
Treated vs Control	NS		
Type of chitosan	NS		
Concentration	NS		
Type×Conc.	NS		

หมายเหตุ NS = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

* = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

** = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 27 น้ำหนักแห้งต้น (กรัมต่อต้น) อายุ 4 เดือน ของข้าวฟ่างสายพันธุ์ DA5 ที่ใส่ไคโตซาน ชนิดต่างๆ ระดับความเข้มข้นต่างกัน

Type of chitosan	Concentration (ppm)		Average
	100	200	
polymer	44.74	48.93	46.84
oligomer	44.96	49.51	47.24
75 kGy	43.50	41.45	42.48
100 kGy	40.78	42.55	41.67
MT chitosan	38.79	46.39	42.59
Average	42.55	45.77	44.16
Control	37.96		
Treatments	**	LSD _{.05} 6.215	
Treated vs Control	*		
Type of chitosan	*	LSD _{.05} 4.191	
Concentration	*	LSD _{.05} 2.650	
Type×Conc.	NS		

หมายเหตุ NS = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

* = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

** = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 28 น้ำหนักแห้งราก (กรัมต่อต้น) อายุ 4 เดือน ของข้าวฟ่างสายพันธุ์ DAS ที่ใส่ไคโตซาน ชนิดต่างๆ ระดับความเข้มข้นต่างกัน

Type of chitosan	Concentration (ppm)		Average
	100	200	
polymer	12.42	13.17	12.80
oligomer	12.53	12.35	12.44
75 kGy	13.75	12.54	13.15
100 kGy	12.44	11.63	12.04
MT chitosan	11.79	12.48	12.14
Average	12.59	12.43	12.51
Control	9.75		
Treatments	NS		
Treated vs Control	*		
Type of chitosan	NS		
Concentration	NS		
Type×Conc.	NS		

หมายเหตุ NS = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

* = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

** = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 29 น้ำหนักช่อ (กรัมต่อต้น) ของข้าวฟ่างสายพันธุ์ DA5 ที่ใส่ไคโตซานชนิดต่างๆ ระดับความเข้มข้นต่างกัน

Type of chitosan	Concentration (ppm)		Average
	100	200	
polymer	21.50	19.81	20.66
oligomer	18.70	18.30	18.50
75 kGy	15.01	18.46	16.74
100 kGy	16.00	17.66	16.83
MT chitosan	16.98	17.75	17.37
Average	17.64	18.40	18.02
Control	13.03		
Treatments	**	LSD _{.05}	3.401
Treated vs Control	**		
Type of chitosan	*	LSD _{.05}	2.294
Concentration	NS		
Type×Conc.	NS		

หมายเหตุ NS = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

* = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

** = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

มากกว่าการใช้โคโตซานชนิดอื่นๆ สำหรับความเข้มข้นของโคโตซาน 100 และ 200 ppm ไม่ทำให้น้ำหนักแห้งต้นเฉลี่ยของข้าวฟ่างมีค่าแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 29 และตารางผนวกที่ 29)

2.1.8 น้ำหนักมวลชีวภาพ

การใช้โคโตซานชนิดต่างๆ ระดับความเข้มข้นต่างกัน ทำให้ข้าวฟ่างสายพันธุ์ DA5 มีค่าเฉลี่ยน้ำหนักมวลชีวภาพ (74.69 กรัมต่อต้น) สูง แตกต่างกับชุดควบคุม (60.74 กรัมต่อต้น) ทางสถิติ เช่นเดียวกับชนิดของโคโตซานทำให้น้ำหนักมวลชีวภาพของข้าวฟ่างมีค่าแตกต่างกัน โดยโคโตซานชนิด polymer ทำให้อข้าวฟ่างมีน้ำหนักมวลชีวภาพเฉลี่ย (80.29 กรัมต่อต้น) สูง แตกต่างกับการใช้โคโตซานชนิดอื่นทางสถิติ ขณะที่โคโตซานฉายรังสี 100 kGy ทำให้น้ำหนักมวลชีวภาพเฉลี่ยของข้าวฟ่าง (70.53 กรัมต่อต้น) ต่ำ ส่วนความเข้มข้นของโคโตซาน 100 และ 200 ppm ไม่ทำให้น้ำหนักมวลชีวภาพเฉลี่ยของข้าวฟ่างมีค่าแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 30 และตารางผนวกที่ 30)

2.1.9 น้ำหนักเมล็ด

การใช้โคโตซานต่างชนิดกัน ระดับความเข้มข้นต่างกัน ทำให้ค่าเฉลี่ยน้ำหนักเมล็ดของข้าวฟ่างสายพันธุ์ DA5 (15.50 กรัมต่อต้น) มีค่าแตกต่างกับชุดควบคุม (11.14 กรัมต่อต้น) ทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบในกลุ่มของโคโตซาน พบว่า การใช้โคโตซานชนิด polymer ทำให้อข้าวฟ่างมีน้ำหนักเมล็ดเฉลี่ย (17.66 กรัมต่อต้น) สูง แตกต่างกับโคโตซานชนิดอื่นทางสถิติ ส่วนโคโตซานฉายรังสี 75 kGy ทำให้อค่าเฉลี่ยน้ำหนักเมล็ดของข้าวฟ่าง (14.46 กรัมต่อต้น) ต่ำ ขณะที่ความเข้มข้นของโคโตซาน 100 และ 200 ppm ไม่มีผลทำให้น้ำหนักเมล็ดเฉลี่ยของข้าวฟ่างมีค่าแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 31 และตารางผนวกที่ 31)

ตารางที่ 30 น้ำหนักมวลชีวภาพ (กรัมต่อต้น) ของข้าวฟ่างสายพันธุ์ DA5 ที่ใส่ไคโตซานชนิดต่างๆ ระดับความเข้มข้นต่างกัน

Type of chitosan	Concentration (ppm)		Average
	100	200	
polymer	78.66	81.91	80.29
oligomer	76.19	80.16	78.18
75 kGy	72.26	72.45	72.36
100 kGy	69.22	71.84	70.53
MT chitosan	67.56	76.62	72.09
Average	72.79	76.60	74.69
Control	60.74		
Treatments	**	LSD _{.05} 9.356	
Treated vs Control	**		
Type of chitosan	*	LSD _{.05} 6.311	
Concentration	NS		
Type×Conc.	NS		

หมายเหตุ NS = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

* = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

** = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 31 น้ำหนักเมล็ด (กรัมต่อต้น) ของข้าวฟ่างสายพันธุ์ DA5 ที่ใส่ไคโตซานชนิดต่างๆ ระดับความเข้มข้นต่างกัน

Type of chitosan	Concentration (ppm)		Average
	100	200	
polymer	17.38	17.94	17.66
oligomer	15.61	16.35	15.98
75 kGy	13.49	15.42	14.46
100 kGy	14.43	15.13	14.78
MT chitosan	14.64	14.57	14.61
Average	15.11	15.88	15.50
Control	11.14		
Treatments	**	LSD _{.05} 2.562	
Treated vs Control	**		
Type of chitosan	**	LSD _{.05} 1.728	
Concentration	NS		
Type×Conc.	NS		

หมายเหตุ NS = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

* = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

** = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

2.1.10 น้ำหนัก 1,000 เมล็ด

การใช้โคโตซานชนิดต่างๆ ระดับความเข้มข้นต่างกัน ไม่ทำให้ข้าวฟางสายพันธุ์ DA5 มีค่าเฉลี่ยน้ำหนัก 1,000 เมล็ด แตกต่างกับชุดควบคุมทางสถิติ โดยมีค่าเฉลี่ยน้ำหนักเมล็ดเท่ากับ 27.40 และ 27.04 กรัมต่อต้น ตามลำดับ เช่นเดียวกับชนิดและความเข้มข้นของโคโตซาน 100 และ 200 ppm ไม่มีผลทำให้น้ำหนักเมล็ดเฉลี่ยของข้าวฟางมีค่าแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 32 และตารางผนวกที่ 32)

2.1.11 จำนวนเมล็ด

เมื่อใช้โคโตซานต่างชนิดกัน ระดับความเข้มข้นต่างกัน ทำให้จำนวนเมล็ดเฉลี่ยของข้าวฟางสายพันธุ์ DA5 (567.43 เมล็ดต่อต้น) มีค่าแตกต่างกับชุดควบคุม (411.50 เมล็ดต่อต้น) ทางสถิติ เช่นเดียวกับชนิดโคโตซานมีผลทำให้น้ำหนักเมล็ดเฉลี่ยของข้าวฟางมีค่าแตกต่างกันทางสถิติ โดยโคโตซานชนิด polymer ทำให้ข้าวฟางมีจำนวนเมล็ดเฉลี่ย (645.63 เมล็ดต่อต้น) สูง ขณะที่โคโตซานฉายรังสี 75 kGy ทำให้ข้าวฟางมีค่าเฉลี่ยจำนวนเมล็ด (522.63 เมล็ดต่อต้น) น้อย สำหรับการใช้โคโตซานความเข้มข้น 100 หรือ 200 ppm ไม่ทำให้ค่าเฉลี่ยน้ำหนักเมล็ดของข้าวฟางมีค่าแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 33 และตารางผนวกที่ 33)

2.1.12 เปอร์เซ็นต์และปริมาณไนโตรเจนในต้นอายุ 3 เดือน

การใช้โคโตซานชนิดต่างๆ ระดับความเข้มข้นต่างกัน ทำให้ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนและปริมาณไนโตรเจนในต้นข้าวฟางสายพันธุ์ DA5 อายุ 3 เดือน (1.014 เปอร์เซ็นต์ และ 11.492 มิลลิกรัมต่อต้น ตามลำดับ) มีค่าแตกต่างกับชุดควบคุม (0.820 เปอร์เซ็นต์ และ 8.290 มิลลิกรัมต่อต้น ตามลำดับ) ทางสถิติ เช่นเดียวกับชนิดของโคโตซานทำให้เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนในต้นเฉลี่ยของข้าวฟางมีค่าแตกต่างกันทางสถิติ โดยโคโตซานชนิด polymer ทำให้ข้าวฟางมีค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนในต้น (1.068 เปอร์เซ็นต์) สูง ขณะที่ชนิดของโคโตซานไม่มีผลทำให้ค่าเฉลี่ยปริมาณไนโตรเจนในต้นข้าวฟางมีค่าแตกต่างกัน และความเข้มข้นของโคโตซาน 100 และ 200 ppm ไม่มีผลทำให้ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนและปริมาณไนโตรเจนในต้นข้าวฟางมีค่าแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 34, 35 และตารางผนวกที่ 34, 35)

2.1.13 เปรอร์เซ็นต์และปริมาณฟอสฟอรัสในต้นอายุ 3 เดือน

การใช้ไคโตซานชนิดต่างๆ ระดับความเข้มข้นต่างกัน ไม่ทำให้ค่าเฉลี่ย เปรอร์เซ็นต์และปริมาณฟอสฟอรัสในต้นอายุ 3 เดือน ของข้าวฟ่างสายพันธุ์ DA5 มีค่าแตกต่างกันทางสถิติกับชุดควบคุม โดยการใช้ไคโตซานทำให้ข้าวฟ่างมีค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์และปริมาณ ฟอสฟอรัสในต้นเท่ากับ 0.160 เปรอร์เซ็นต์ และ 1.818 มิลลิกรัมต่อต้น ตามลำดับ ส่วนชุดควบคุม ทำให้ข้าวฟ่างมีค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์และปริมาณฟอสฟอรัสในต้นเท่ากับ 0.145 เปรอร์เซ็นต์ และ 1.494 มิลลิกรัมต่อต้น ตามลำดับ เช่นเดียวกับชนิดและความเข้มข้นของไคโตซานไม่ทำให้ค่าเฉลี่ย ปริมาณฟอสฟอรัสในต้นข้าวฟ่างมีค่าแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 36, 37 และตารางผนวกที่ 36, 37)

ตารางที่ 32 น้ำหนัก 1,000 เมล็ด (กรัมต่อต้น) ของข้าวฟ่างสายพันธุ์ DA5 ที่ใส่ไคโตซานชนิดต่างๆ ระดับความเข้มข้นต่างกัน

Type of chitosan	Concentration (ppm)		Average
	100	200	
polymer	27.71	27.00	27.36
oligomer	26.12	26.83	26.48
75 kGy	26.54	28.82	27.68
100 kGy	27.21	28.11	27.66
MT chitosan	28.05	27.61	27.83
Average	27.13	27.67	27.40
Control	27.04		
Treatments	NS		
Treated vs Control	NS		
Type of chitosan	NS		
Concentration	NS		
Type×Conc.	NS		

หมายเหตุ NS = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

* = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

** = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 33 จำนวนเมล็ด (เมล็ดต่อต้น) ของข้าวฟางสายพันธุ์ DA5 ที่ใส่ไคโตซานชนิดต่างๆ
ระดับความเข้มข้นต่างกัน

Type of chitosan	Concentration (ppm)		Average
	100	200	
polymer	628.75	662.50	645.63
oligomer	599.00	613.75	606.38
75 kGy	509.00	536.25	522.63
100 kGy	530.75	540.25	535.50
MT chitosan	523.75	530.25	527.00
Average	558.25	576.60	567.43
Control	411.50		
Treatments	**	LSD _{.05}	52.961
Treated vs Control	**		
Type of chitosan	**	LSD _{.05}	35.713
Concentration	NS		
Type×Conc.	NS		

หมายเหตุ NS = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

* = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

** = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 34 เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนในต้น (เปอร์เซ็นต์) อายุ 3 เดือน ของข้าวฟ่างสายพันธุ์ DA5 ที่ได้ ไคโตซานชนิดต่างๆ ระดับความเข้มข้นต่างกัน

Type of chitosan	Concentration (ppm)		Average
	100	200	
polymer	1.050	1.085	1.068
oligomer	1.055	1.063	1.059
75 kGy	1.050	1.058	1.054
100 kGy	1.020	0.988	1.004
MT chitosan	0.858	0.913	0.886
Average	1.007	1.021	1.014
Control	0.820		
Treatments	NS		
Treated vs Control	**		
Type of chitosan	*	LSD _{.05} 0.125	
Concentration	NS		
Type×Conc.	NS		

หมายเหตุ NS = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

* = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

** = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 35 ปริมาณไนโตรเจนในต้น (มิลลิกรัมต่อต้น) อายุ 3 เดือน ของข้าวฟ่างสายพันธุ์ DA5 ที่ใส่ไคโตซานชนิดต่างๆ ระดับความเข้มข้นต่างกัน

Type of chitosan	Concentration (ppm)		Average
	100	200	
polymer	11.491	12.308	11.900
oligomer	12.368	12.515	12.442
75 kGy	11.230	12.290	11.760
100 kGy	11.665	11.095	11.380
MT chitosan	9.463	10.498	9.981
Average	11.243	11.741	11.492
Control	8.290		
Treatments	*	LSD _{.05} 2.482	
Treated vs Control	**		
Type of chitosan	NS		
Concentration	NS		
Type×Conc.	NS		

หมายเหตุ NS = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

* = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

** = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 36 เปอร์เซนต์ฟอสฟอรัสในต้น (เปอร์เซ็นต์) อายุ 3 เดือน ของข้าวฟางสายพันธุ์ DA5 ที่ได้ ไคโตซานชนิดต่างๆ ระดับความเข้มข้นต่างกัน

Type of chitosan	Concentration (ppm)		Average
	100	200	
polymer	0.167	0.155	0.161
oligomer	0.159	0.157	0.158
75 kGy	0.163	0.168	0.166
100 kGy	0.159	0.158	0.159
MT chitosan	0.165	0.149	0.157
Average	0.163	0.157	0.160
Control	0.145		
Treatments	NS		
Treated vs Control	NS		
Type of chitosan	NS		
Concentration	NS		
Type×Conc.	NS		

หมายเหตุ NS = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

* = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

** = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 37 ปริมาณฟอสฟอรัสในดิน (มิลลิกรัมต่อดิน) อายุ 3 เดือน ของข้าวฟ่างสายพันธุ์ DA5 ที่ใส่ไคโตซานชนิดต่างๆ ระดับความเข้มข้นต่างกัน

Type of chitosan	Concentration (ppm)		Average
	100	200	
polymer	1.841	1.735	1.788
oligomer	1.936	1.842	1.889
75 kGy	1.751	1.922	1.837
100 kGy	1.858	1.807	1.833
MT chitosan	1.796	1.689	1.743
Average	1.836	1.799	1.818
Control	1.494		
Treatments	NS		
Treated vs Control	NS		
Type of chitosan	NS		
Concentration	NS		
Type×Conc.	NS		

หมายเหตุ NS = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

* = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

** = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

2.2 ข้าวฟ่างสายพันธุ์ KU439

2.2.1 ความสูงของข้าวฟ่าง

การใช้ไคโตซานชนิดต่างๆ ระดับความเข้มข้นต่างกัน ทำให้ค่าเฉลี่ยความสูงของข้าวฟ่างสายพันธุ์ KU439 อายุ 1, 2, 3 และ 4 เดือน (13.58, 39.02, 79.14 และ 115.13 เซนติเมตร ตามลำดับ) มีค่าแตกต่างกับชุดควบคุม (12.63, 34.88, 71.25 และ 104.50 เซนติเมตร ตามลำดับ) ทางสถิติ ขณะที่ชนิดและความเข้มข้นของไคโตซาน 100 และ 200 ppm ไม่มีผลทำให้ความสูงเฉลี่ยของข้าวฟ่าง (อายุ 1, 2, 3 และ 4 เดือน) มีค่าแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 38-41 และ ตารางผนวกที่ 38-41)

2.2.2 จำนวนใบของข้าวฟ่าง

การใช้ไคโตซานต่างชนิดกัน ระดับความเข้มข้นต่างกัน ไม่ทำให้ข้าวฟ่างสายพันธุ์ KU439 มีค่าเฉลี่ยจำนวนใบอายุ 1, 2 และ 4 เดือน (6.58, 7.78 และ 10.95 ใบต่อต้น ตามลำดับ) แตกต่างจากชุดควบคุม (6.25, 7.25 และ 10.50 ใบต่อต้น ตามลำดับ) ทางสถิติ แต่ไคโตซานมีผลทำให้จำนวนใบเฉลี่ยของข้าวฟ่างอายุ 3 เดือน (9.64 ใบต่อต้น) มีค่าสูงกว่าชุดควบคุม (8.75 ใบต่อต้น) โดยมีค่าแตกต่างกันทางสถิติ สำหรับชนิดและความเข้มข้นของไคโตซานไม่มีผลทำให้จำนวนใบเฉลี่ยของข้าวฟ่าง (อายุ 1, 2, 3 และ 4 เดือน) มีค่าแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 42-45 และ ตารางผนวกที่ 42-45)

2.2.3 พื้นที่ใบของข้าวฟ่าง

การใช้ไคโตซานต่างชนิดกัน ระดับความเข้มข้นต่างกัน ไม่ทำให้ค่าเฉลี่ยพื้นที่ใบของข้าวฟ่างสายพันธุ์ KU439 อายุ 1, 2 และ 3 เดือน (50.27, 201.10 และ 297.25 ตารางเซนติเมตรต่อใบ ตามลำดับ) มีค่าแตกต่างกับชุดควบคุม (46.47, 190.57 และ 285.22 ตารางเซนติเมตรต่อใบ ตามลำดับ) ทางสถิติ ยกเว้นข้าวฟ่างอายุ 4 เดือน ซึ่งมีค่าแตกต่างกันทางสถิติกับชุดควบคุม โดยมีพื้นที่ใบเฉลี่ยเท่ากับ 327.72 ตารางเซนติเมตรต่อใบ สำหรับชนิดของไคโตซานทำให้พื้นที่ใบเฉลี่ยของข้าวฟ่างอายุ 2, 3 และ 4 เดือน มีค่าแตกต่างกันทางสถิติ โดยไคโตซานชนิด polymer ทำให้ข้าวฟ่างมีค่าเฉลี่ยพื้นที่ใบอายุ 2, 3 และ 4 เดือน (215.48, 315.46 และ

ตารางที่ 38 ความสูงต้น (เซนติเมตร) อายุ 1 เดือน ของข้าวฟ่างสายพันธุ์ KU439 ที่ใส่ไคโตซาน ชนิดต่างๆ ระดับความเข้มข้นต่างกัน

Type of chitosan	Concentration (ppm)		Average
	100	200	
polymer	13.88	13.44	13.66
oligomer	13.88	13.69	13.79
75 kGy	13.19	13.44	13.32
100 kGy	13.88	13.69	13.79
MT chitosan	13.56	13.07	13.32
Average	13.68	13.47	13.58
Control	12.63		
Treatments	NS		
Treated vs Control	**		
Type of chitosan	NS		
Concentration	NS		
Type×Conc.	NS		

หมายเหตุ NS = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

* = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

** = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 39 ความสูงต้น (เซนติเมตร) อายุ 2 เดือน ของข้าวฟ่างสายพันธุ์ KU439 ที่ใส่ไคโตซาน ชนิดต่างๆ ระดับความเข้มข้นต่างกัน

Type of chitosan	Concentration (ppm)		Average
	100	200	
polymer	40.25	40.13	40.19
oligomer	39.13	37.63	38.38
75 kGy	39.00	39.38	39.19
100 kGy	37.00	39.88	38.44
MT chitosan	39.25	38.50	38.88
Average	38.93	39.10	39.02
Control	34.88		
Treatments	NS		
Treated vs Control	**		
Type of chitosan	NS		
Concentration	NS		
Type×Conc.	NS		

หมายเหตุ NS = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

* = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

** = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 40 ความสูงต้น (เซนติเมตร) อายุ 3 เดือน ของข้าวฟ่างสายพันธุ์ KU439 ที่ใส่ไคโตซาน ชนิดต่างๆ ระดับความเข้มข้นต่างกัน

Type of chitosan	Concentration (ppm)		Average
	100	200	
polymer	81.25	79.25	80.25
oligomer	80.13	78.88	79.51
75 kGy	78.13	78.25	78.19
100 kGy	77.38	78.75	78.07
MT chitosan	80.00	79.38	79.69
Average	79.38	78.90	79.14
Control	71.25		
Treatments	NS		
Treated vs Control	**		
Type of chitosan	NS		
Concentration	NS		
Type×Conc.	NS		

หมายเหตุ NS = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

* = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

** = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 41 ความสูงต้น (เซนติเมตร) อายุ 4 เดือน ของข้าวฟ่างสายพันธุ์ KU439 ที่ใส่ไคโตซาน ชนิดต่างๆ ระดับความเข้มข้นต่างกัน

Type of chitosan	Concentration (ppm)		Average
	100	200	
polymer	119.75	117.25	118.50
oligomer	114.75	117.38	116.07
75 kGy	116.38	112.00	114.19
100 kGy	115.00	110.25	112.63
MT chitosan	114.25	114.25	114.25
Average	116.03	114.23	115.13
Control	104.50		
Treatments	NS		
Treated vs Control	**		
Type of chitosan	NS		
Concentration	NS		
Type×Conc.	NS		

หมายเหตุ NS = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

* = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

** = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 42 จำนวนใบ (ใบต่อต้น) อายุ 1 เดือน ของข้าวฟ่างสายพันธุ์ KU439 ที่ใส่ไคโตซานชนิดต่างๆ ระดับความเข้มข้นต่างกัน

Type of chitosan	Concentration (ppm)		Average
	100	200	
polymer	6.75	6.50	6.63
oligomer	6.25	6.75	6.50
75 kGy	6.75	6.50	6.63
100 kGy	6.75	6.50	6.63
MT chitosan	6.25	6.75	6.50
Average	6.55	6.60	6.58
Control	6.25		
Treatments	NS		
Treated vs Control	NS		
Type of chitosan	NS		
Concentration	NS		
Type×Conc.	NS		

หมายเหตุ NS = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

* = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

** = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 43 จำนวนใบ (ใบต่อต้น) อายุ 2 เดือน ของข้าวฟ่างสายพันธุ์ KU439 ที่ใส่ไคโตซานชนิดต่างๆ ระดับความเข้มข้นต่างกัน

Type of chitosan	Concentration (ppm)		Average
	100	200	
polymer	8.00	8.00	8.00
oligomer	7.25	8.00	7.63
75 kGy	7.50	7.50	7.50
100 kGy	7.75	8.00	7.88
MT chitosan	8.00	7.75	7.88
Average	7.70	7.85	7.78
Control	7.25		
Treatments	NS		
Treated vs Control	NS		
Type of chitosan	NS		
Concentration	NS		
Type×Conc.	NS		

หมายเหตุ NS = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

* = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

** = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 44 จำนวนใบ (ใบต่อต้น) อายุ 3 เดือน ของข้าวฟ่างสายพันธุ์ KU439 ที่ใส่ไคโตซานชนิดต่างๆ ระดับความเข้มข้นต่างกัน

Type of chitosan	Concentration (ppm)		Average
	100	200	
polymer	10.00	9.00	9.50
oligomer	9.50	9.75	9.63
75 kGy	9.75	9.75	9.75
100 kGy	9.50	9.75	9.63
MT chitosan	9.50	9.88	9.69
Average	9.65	9.63	9.64
Control	8.75		
Treatments	NS		
Treated vs Control	*		
Type of chitosan	NS		
Concentration	NS		
Type×Conc.	NS		

หมายเหตุ NS = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

* = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

** = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 45 จำนวนใบ (ใบต่อต้น) อายุ 4 เดือน ของข้าวฟ่างสายพันธุ์ KU439 ที่ใส่ไคโตซานชนิดต่างๆ ระดับความเข้มข้นต่างกัน

Type of chitosan	Concentration (ppm)		Average
	100	200	
polymer	11.50	11.25	11.38
oligomer	11.00	11.25	11.13
75 kGy	10.75	10.75	10.75
100 kGy	10.50	11.00	10.75
MT chitosan	10.75	10.75	10.75
Average	10.90	11.00	10.95
Control	10.50		
Treatments	NS		
Treated vs Control	NS		
Type of chitosan	NS		
Concentration	NS		
Type×Conc.	NS		

หมายเหตุ NS = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

* = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

** = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 46 พื้นที่ใบ (ตารางเซนติเมตรต่อใบ) อายุ 1 เดือน ของข้าวฟ่างสายพันธุ์ KU439 ที่ใส่ไคโตซานชนิดต่างๆ ระดับความเข้มข้นต่างกัน

Type of chitosan	Concentration (ppm)		Average
	100	200	
polymer	53.43	50.24	51.84
oligomer	54.17	52.79	53.48
75 kGy	47.70	53.09	50.40
100 kGy	48.00	46.70	47.35
MT chitosan	48.85	47.73	48.29
Average	50.43	50.11	50.27
Control	46.47		
Treatments	NS		
Treated vs Control	NS		
Type of chitosan	NS		
Concentration	NS		
Type×Conc.	NS		

หมายเหตุ NS = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

* = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

** = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 47 พื้นที่ใบ (ตารางเซนติเมตรต่อใบ) อายุ 2 เดือน ของข้าวฟ่างสายพันธุ์ KU439 ที่ใส่
ไคโตซานชนิดต่างๆ ระดับความเข้มข้นต่างกัน

Type of chitosan	Concentration (ppm)		Average
	100	200	
polymer	209.49	221.47	215.48
oligomer	204.86	206.26	205.56
75 kGy	194.97	198.44	196.71
100 kGy	194.73	192.83	193.78
MT chitosan	194.57	193.40	193.99
Average	199.72	202.48	201.10
Control	190.57		
Treatments	NS		
Treated vs Control	NS		
Type of chitosan	*	LSD _{.05} 12.933	
Concentration	NS		
Type×Conc.	NS		

หมายเหตุ NS = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

* = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

** = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 48 พื้นที่ใบ (ตารางเซนติเมตรต่อใบ) อายุ 3 เดือน ของข้าวฟ่างสายพันธุ์ KU439 ที่ใส่ไคโตซานชนิดต่างๆ ระดับความเข้มข้นต่างกัน

Type of chitosan	Concentration (ppm)		Average
	100	200	
polymer	317.72	313.19	315.46
oligomer	299.18	304.51	301.85
75 kGy	282.56	299.56	291.06
100 kGy	283.95	288.36	286.16
MT chitosan	295.31	288.20	291.76
Average	295.74	298.76	297.25
Control	285.22		
Treatments	NS		
Treated vs Control	NS		
Type of chitosan	*	LSD _{.05} 17.337	
Concentration	NS		
Type×Conc.	NS		

หมายเหตุ NS = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

* = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

** = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 49 พื้นที่ใบ (ตารางเซนติเมตรต่อใบ) อายุ 4 เดือน ของข้าวฟ่างสายพันธุ์ KU439 ที่ใส่ไคโตซานชนิดต่างๆ ระดับความเข้มข้นต่างกัน

Type of chitosan	Concentration (ppm)		Average
	100	200	
polymer	347.73	344.08	345.91
oligomer	335.77	342.17	338.97
75 kGy	306.89	323.74	315.32
100 kGy	308.67	317.55	313.11
MT chitosan	342.79	307.74	325.27
Average	328.37	327.06	327.72
Control	306.77		
Treatments	*	LSD _{.05}	30.438
Treated vs Control	*		
Type of chitosan	*	LSD _{.05}	20.525
Concentration	NS		
Type×Conc.	NS		

หมายเหตุ NS = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

* = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

** = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

345.91 ตารางเซนติเมตรต่อใบ ตามลำดับ) มากกว่าการใช้ไคโตซานชนิดอื่น ขณะที่ค่าเฉลี่ยพื้นที่ใบข้าวฟ่างอายุ 1 เดือน มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติเมื่อใช้ไคโตซานต่างชนิดกัน ส่วนความเข้มข้นของไคโตซาน 100 และ 200 ppm ไม่มีผลทำให้ค่าเฉลี่ยพื้นที่ใบของข้าวฟ่าง (อายุ 1, 2, 3 และ 4 เดือน) มีค่าแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 46-49 และตารางผนวกที่ 46-49)

2.2.4 วันออกดอก

เมื่อใช้ไคโตซานชนิดต่างๆ ระดับความเข้มข้นต่างกัน ทำให้ข้าวฟ่างสายพันธุ์ KU439 ออกดอกเร็ว โดยมีระยะเวลาการออกดอกเฉลี่ยเท่ากับ 87.82 วัน แตกต่างทางสถิติกับชุดควบคุม (90.50 วัน) สำหรับชนิดของไคโตซานมีผลทำให้ข้าวฟ่างมีระยะเวลาการออกดอกแตกต่างกัน โดยไคโตซานชนิด polymer ทำให้ข้าวฟ่างออกดอกเร็ว (86.13 วัน) สูง มีค่าแตกต่างกับไคโตซานชนิดอื่นทางสถิติ ส่วนความเข้มข้นของไคโตซาน 100 และ 200 ppm ไม่มีผลทำให้ระยะเวลาออกดอกเฉลี่ยของข้าวฟ่างมีค่าแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 50 และตารางผนวกที่ 50)

2.2.5 น้ำหนักแห้งต้น

การใช้ไคโตซานชนิดต่างๆ ระดับความเข้มข้นต่างกัน ไม่ทำให้น้ำหนักแห้งต้นอายุ 3 เดือน ของข้าวฟ่างสายพันธุ์ KU439 มีค่าแตกต่างกับชุดควบคุมทางสถิติ โดยมีค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งต้นเท่ากับ 11.26 และ 9.44 กรัมต่อต้น ตามลำดับ เช่นเดียวกับชนิดและความเข้มข้นของไคโตซาน 100 และ 200 ppm ไม่มีผลทำให้น้ำหนักแห้งต้นเฉลี่ยของข้าวฟ่างมีค่าแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 51 และตารางผนวกที่ 51)

การใช้ไคโตซานต่างชนิดกัน ระดับความเข้มข้นต่างกัน ทำให้ข้าวฟ่างมีค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งต้นอายุ 4 เดือน (25.73 กรัมต่อต้น) แตกต่างกับชุดควบคุม (21.37 กรัมต่อต้น) ทางสถิติ เช่นเดียวกับชนิดของไคโตซานทำให้น้ำหนักแห้งต้นเฉลี่ยของข้าวฟ่างมีค่าแตกต่างกันทางสถิติ โดยไคโตซานชนิด polymer ทำให้ข้าวฟ่างมีน้ำหนักแห้งต้น (29.66 กรัมต่อต้น) สูง ส่วนการใช้ไคโตซานที่ความเข้มข้น 100 ppm ทำให้ข้าวฟ่างมีค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งต้นไม่แตกต่างจากการใช้ไคโตซานที่ระดับความเข้มข้น 200 ppm (ตารางที่ 52 และตารางผนวกที่ 52)

ตารางที่ 50 วันออกดอก (วัน) ของข้าวฟ่างสายพันธุ์ KU439 ที่ใส่ไคโตซานชนิดต่างๆ ระดับความเข้มข้นต่างกัน

Type of chitosan	Concentration (ppm)		Average
	100	200	
polymer	86.50	86.13	86.32
oligomer	88.13	86.63	87.38
75 kGy	86.75	89.75	88.25
100 kGy	88.00	88.75	88.38
MT chitosan	87.38	90.13	88.76
Average	87.35	88.28	87.82
Control	90.50		
Treatments	*	LSD _{.05} 2.898	
Treated vs Control	*		
Type of chitosan	NS		
Concentration	NS		
Type×Conc.	NS		

หมายเหตุ NS = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

* = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

** = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 51 น้ำหนักแห้งต้น (กรัมต่อต้น) อายุ 3 เดือน ของข้าวฟ่างสายพันธุ์ KU439 ที่ใส่ไคโตซาน ชนิดต่างๆ ระดับความเข้มข้นต่างกัน

Type of chitosan	Concentration (ppm)		Average
	100	200	
polymer	12.04	13.41	12.73
oligomer	10.39	11.13	10.76
75 kGy	10.11	11.18	10.65
100 kGy	11.76	10.45	11.11
MT chitosan	10.86	11.27	11.07
Average	11.03	11.49	11.26
Control	9.44		
Treatments	NS		
Treated vs Control	NS		
Type of chitosan	NS		
Concentration	NS		
Type×Conc.	NS		

หมายเหตุ NS = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

* = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

** = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 52 น้ำหนักแห้งต้น (กรัมต่อต้น) อายุ 4 เดือน ของข้าวฟ่างสายพันธุ์ KU439 ที่ใส่ไคโตซาน ชนิดต่างๆ ระดับความเข้มข้นต่างกัน

Type of chitosan	Concentration (ppm)		Average
	100	200	
polymer	29.74	29.57	29.66
oligomer	25.68	26.33	26.01
75 kGy	26.30	24.98	25.64
100 kGy	23.41	24.13	23.77
MT chitosan	23.59	23.59	23.59
Average	25.74	25.72	25.73
Control	21.37		
Treatments	**	LSD _{.05} 4.120	
Treated vs Control	**		
Type of chitosan	**	LSD _{.05} 2.778	
Concentration	NS		
Type×Conc.	NS		

หมายเหตุ NS = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

* = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

** = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

2.2.6 น้ำหนักแห้งราก

การใช้ไคโตซานต่างชนิดกัน ระดับความเข้มข้นต่างกัน ทำให้ค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งรากอายุ 4 เดือน ของข้าวฟ่างสายพันธุ์ KU439 (6.66 กรัมต่อต้น) แตกต่างกับชุดควบคุม (5.13 กรัมต่อต้น) ทางสถิติ เช่นเดียวกับชนิดของไคโตซานทำให้น้ำหนักแห้งรากเฉลี่ยของข้าวฟ่างมีค่าแตกต่างกันทางสถิติ โดยไคโตซานฉายรังสี 75 kGy ทำให้น้ำหนักแห้งรากเฉลี่ยของข้าวฟ่างมีค่า (7.60 กรัมต่อต้น) สูงกว่าไคโตซานชนิดอื่น ขณะที่การใช้ไคโตซานที่ความเข้มข้น 100 ppm ทำให้อายุข้าวฟ่างมีน้ำหนักแห้งรากเฉลี่ยไม่แตกต่างจากระดับความเข้มข้น 200 ppm (ตารางที่ 53 และตารางผนวกที่ 53)

2.2.7 น้ำหนักช่อ

เมื่อใช้ไคโตซานต่างชนิดกัน ระดับความเข้มข้นต่างกัน ทำให้น้ำหนักช่อเฉลี่ยของข้าวฟ่างสายพันธุ์ KU439 (15.80 กรัมต่อต้น) มีค่าแตกต่างทางสถิติกับชุดควบคุม (11.91 กรัมต่อต้น) ส่วนชนิดและความเข้มข้นของไคโตซาน 100 และ 200 ppm ไม่มีผลทำให้น้ำหนักช่อเฉลี่ยของข้าวฟ่างมีค่าแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 54 และตารางผนวกที่ 54)

2.2.8 น้ำหนักมวลชีวภาพ

ข้าวฟ่างสายพันธุ์ KU439 ที่ใช้ไคโตซานต่างชนิดกัน ระดับความเข้มข้นต่างกัน มีค่าเฉลี่ยน้ำหนักมวลชีวภาพ (48.20 กรัมต่อต้น) แตกต่างกับชุดควบคุม (38.40 กรัมต่อต้น) ทางสถิติ เช่นเดียวกับชนิดของไคโตซานมีผลทำให้น้ำหนักมวลชีวภาพเฉลี่ยของข้าวฟ่างมีค่าแตกต่างกันทางสถิติ โดยการใช้ไคโตซานชนิด polymer ทำให้อายุข้าวฟ่างมีค่าเฉลี่ยน้ำหนักมวลชีวภาพ (52.01 กรัมต่อต้น) สูงกว่าไคโตซานชนิดอื่น ส่วนความเข้มข้นของไคโตซาน 100 ppm ทำให้อายุข้าวฟ่างมีค่าเฉลี่ยน้ำหนักมวลชีวภาพไม่แตกต่างจากระดับความเข้มข้น 200 ppm (ตารางที่ 55 และตารางผนวกที่ 55)

ตารางที่ 53 น้ำหนักแห้งราก (กรัมต่อต้น) อายุ 4 เดือน ของข้าวฟ่างสายพันธุ์ KU439 ที่ใส่
ไคโตซานชนิดต่างๆ ระดับความเข้มข้นต่างกัน

Type of chitosan	Concentration (ppm)		Average
	100	200	
polymer	6.47	7.19	6.83
oligomer	6.18	6.17	6.18
75 kGy	7.60	7.34	7.47
100 kGy	6.17	7.01	6.59
MT chitosan	6.01	6.48	6.25
Average	6.49	6.84	6.66
Control	5.13		
Treatments	**	LSD _{.05} 1.182	
Treated vs Control	**		
Type of chitosan	*	LSD _{.05} 0.796	
Concentration	NS		
Type×Conc.	NS		

หมายเหตุ NS = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

* = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

** = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 54 น้ำหนักช่อ (กรัมต่อต้น) ของข้าวฟ่างสายพันธุ์ KU439 ที่ใส่ไคโตซานชนิดต่างๆ
ระดับความเข้มข้นต่างกัน

Type of chitosan	Concentration (ppm)		Average
	100	200	
polymer	14.77	16.29	15.53
oligomer	16.90	13.77	15.34
75 kGy	14.91	15.08	15.00
100 kGy	16.46	18.26	17.36
MT chitosan	15.97	15.57	15.77
Average	15.80	15.79	15.80
Control	11.91		
Treatments	NS		
Treated vs Control	*		
Type of chitosan	NS		
Concentration	NS		
Type×Conc.	NS		

หมายเหตุ NS = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

* = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

** = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 55 น้ำหนักมวลชีวภาพ (กรัมต่อต้น) ของข้าวฟ่างสายพันธุ์ KU439 ที่ใส่ไคโตซานชนิดต่างๆ ระดับความเข้มข้นต่างกัน

Type of chitosan	Concentration (ppm)		Average
	100	200	
polymer	50.98	53.04	52.01
oligomer	48.76	46.27	47.52
75 kGy	48.81	47.40	48.12
100 kGy	46.04	49.40	47.72
MT chitosan	45.57	45.64	45.61
Average	48.03	48.35	48.20
Control	38.40		
Treatments	**	LSD _{.05} 5.641	
Treated vs Control	**		
Type of chitosan	*	LSD _{.05} 3.804	
Concentration	NS		
Type×Conc.	NS		

หมายเหตุ NS = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

* = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

** = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

2.2.9 น้ำหนักเมล็ด

ข้าวฟ่างสายพันธุ์ KU439 ที่ใช้โคโตซานชนิดต่างๆ ระดับความเข้มข้นต่างกัน มีน้ำหนักเมล็ดเฉลี่ย (13.81 กรัมต่อตัน) แตกต่างกับชุดควบคุม (9.61 กรัมต่อตัน) ทางสถิติ ขณะที่ชนิดและความเข้มข้นของโคโตซาน 100 และ 200 ppm ไม่มีผลทำให้น้ำหนักเมล็ดเฉลี่ยของข้าวฟ่างมีค่าแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 56 และตารางผนวกที่ 56)

2.2.10 น้ำหนัก 1,000 เมล็ด

การใช้โคโตซานต่างชนิดกัน ระดับความเข้มข้นต่างกัน ไม่ทำให้ข้าวฟ่างสายพันธุ์ KU439 มีค่าเฉลี่ยน้ำหนัก 1,000 เมล็ด แตกต่างทางสถิติกับชุดควบคุม โดยมีค่าเฉลี่ยน้ำหนักเมล็ดเท่ากับ 28.48 และ 26.08 เมล็ดต่อตัน ตามลำดับ เช่นเดียวกับชนิดและความเข้มข้นของโคโตซาน 100 และ 200 ppm ไม่มีผลทำให้ค่าเฉลี่ยน้ำหนัก 1,000 เมล็ดของข้าวฟ่างมีค่าแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 57 และตารางผนวกที่ 57)

2.2.11 จำนวนเมล็ด

ข้าวฟ่างสายพันธุ์ KU439 ที่ใช้โคโตซานต่างชนิดกัน ระดับความเข้มข้นต่างกัน ทำให้จำนวนเมล็ดเฉลี่ย (482.40 เมล็ดต่อตัน) มีค่าแตกต่างกับชุดควบคุม (369.25 เมล็ดต่อตัน) ทางสถิติ ส่วนชนิดและความเข้มข้นของโคโตซาน 100 และ 200 ppm ไม่มีผลทำให้จำนวนเมล็ดเฉลี่ยของข้าวฟ่างมีค่าแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 58 และตารางผนวกที่ 58)

2.2.12 เปอร์เซ็นต์และปริมาณไนโตรเจนในต้นอายุ 3 เดือน

การใช้โคโตซานต่างชนิดกัน ระดับความเข้มข้นต่างกัน ไม่ทำให้ข้าวฟ่างสายพันธุ์ KU439 มีเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนในต้นอายุ 3 เดือน มีค่าแตกต่างทางสถิติกับชุดควบคุม โดยมีค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนเท่ากับ 0.877 และ 0.820 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ขณะที่โคโตซานทำให้ข้าวฟ่างมีค่าเฉลี่ยปริมาณไนโตรเจนในต้นอายุ 3 เดือน (9.909 มิลลิกรัมต่อตัน) มากกว่าชุดควบคุม (7.738 มิลลิกรัมต่อตัน) แตกต่างกันทางสถิติ ส่วนชนิดและความ

เข้มข้นของไคโตซาน 100 และ 200 ppm ไม่มีผลทำให้ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์และปริมาณไนโตรเจนในต้นข้าวฟ่างมีค่าแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 59, 60 และตารางผนวกที่ 59, 60)

2.2.13 เปอร์เซ็นต์และปริมาณฟอสฟอรัสในต้นอายุ 3 เดือน

เมื่อใช้ไคโตซานต่างชนิดกัน ระดับความเข้มข้นต่างกัน ไม่ทำให้ข้าวฟ่างสายพันธุ์ KU439 มีค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์และปริมาณฟอสฟอรัสในต้นอายุ 3 เดือน (0.201 เปอร์เซ็นต์ และ 2.228 มิลลิกรัมต่อต้น ตามลำดับ) แตกต่างกับชุดควบคุม (0.194 เปอร์เซ็นต์ และ 1.830 มิลลิกรัมต่อต้น ตามลำดับ) ทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบในกลุ่มของไคโตซาน พบว่าไคโตซานชนิด polymer ทำให้ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์และปริมาณฟอสฟอรัสในต้นข้าวฟ่าง (0.239 เปอร์เซ็นต์ และ 2.821 มิลลิกรัมต่อต้น ตามลำดับ) สูง แตกต่างกับไคโตซานชนิดอื่นทางสถิติ สำหรับความเข้มข้นของไคโตซาน 100 และ 200 ppm ไม่มีผลทำให้เปอร์เซ็นต์และปริมาณฟอสฟอรัสในต้นข้าวฟ่างมีค่าแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 61, 62 และตารางผนวกที่ 61, 62)

ตารางที่ 56 น้ำหนักเมล็ด (กรัมต่อต้น) ของข้าวฟ่างสายพันธุ์ KU439 ที่ใส่ไคโตซานชนิดต่างๆ ระดับความเข้มข้นต่างกัน

Type of chitosan	Concentration (ppm)		Average
	100	200	
polymer	13.55	14.11	13.83
oligomer	13.72	12.49	13.11
75 kGy	13.90	13.47	13.69
100 kGy	14.47	15.25	14.86
MT chitosan	13.76	13.33	13.55
Average	13.88	13.73	13.81
Control	9.61		
Treatments	NS		
Treated vs Control	**		
Type of chitosan	NS		
Concentration	NS		
Type×Conc.	NS		

หมายเหตุ NS = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

* = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

** = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 57 น้ำหนัก 1,000 เมล็ด (กรัมต่อต้น) ของข้าวฟ่างสายพันธุ์ KU439 ที่ใส่ไคโตซานชนิดต่างๆ ระดับความเข้มข้นต่างกัน

Type of chitosan	Concentration (ppm)		Average
	100	200	
polymer	27.23	30.19	28.71
oligomer	30.62	25.95	28.29
75 kGy	27.11	27.25	27.18
100 kGy	28.46	29.44	28.95
MT chitosan	30.19	28.38	29.29
Average	28.72	28.24	28.48
Control	26.08		
Treatments	NS		
Treated vs Control	NS		
Type of chitosan	NS		
Concentration	NS		
Type×Conc.	NS		

หมายเหตุ NS = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

* = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

** = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 58 จำนวนเมล็ด (เมล็ดต่อต้น) ของข้าวฟางสายพันธุ์ KU439 ที่ใส่ไคโตซานชนิดต่างๆ ระดับความเข้มข้นต่างกัน

Type of chitosan	Concentration (ppm)		Average
	100	200	
polymer	457.00	470.25	463.63
oligomer	447.00	485.50	466.25
75 kGy	509.00	498.25	503.63
100 kGy	513.50	519.75	516.63
MT chitosan	455.75	468.00	461.88
Average	476.45	488.35	482.40
Control	369.25		
Treatments	*	LSD _{.05} 77.285	
Treated vs Control	**		
Type of chitosan	NS		
Concentration	NS		
Type×Conc.	NS		

หมายเหตุ NS = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

* = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

** = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 59 เปอร์เซนต์ไนโตรเจนในต้น (เปอร์เซ็นต์) อายุ 3 เดือน ของข้าวฟางสายพันธุ์ KU439 ที่ใส่ไคโตซานชนิดต่างๆ ระดับความเข้มข้นต่างกัน

Type of chitosan	Concentration (ppm)		Average
	100	200	
polymer	0.898	0.878	0.888
oligomer	0.895	0.903	0.899
75 kGy	0.908	0.853	0.881
100 kGy	0.878	0.850	0.864
MT chitosan	0.863	0.840	0.852
Average	0.888	0.866	0.877
Control	0.820		
Treatments	NS		
Treated vs Control	NS		
Type of chitosan	NS		
Concentration	NS		
Type×Conc.	NS		

หมายเหตุ NS = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

* = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์

** = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซนต์

ตารางที่ 60 ปริมาณไนโตรเจนในต้น (มิลลิกรัมต่อต้น) อายุ 3 เดือน ของข้าวฟ่างสายพันธุ์ KU439 ที่ใส่ไคโตซานชนิดต่างๆ ระดับความเข้มข้นต่างกัน

Type of chitosan	Concentration (ppm)		Average
	100	200	
polymer	10.837	11.685	11.261
oligomer	9.243	10.053	9.648
75 kGy	9.195	9.560	9.378
100 kGy	10.375	9.395	9.885
MT chitosan	9.338	9.405	9.372
Average	9.798	10.020	9.909
Control	7.738		
Treatments	NS		
Treated vs Control	*		
Type of chitosan	NS		
Concentration	NS		
Type×Conc.	NS		

หมายเหตุ NS = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

* = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

** = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 61 เปอร์เซ็นต์ฟอสฟอรัสในต้น (เปอร์เซ็นต์) อายุ 3 เดือน ของข้าวฟางสายพันธุ์ KU439
ที่ใส่ไคโตซานชนิดต่างๆ ระดับความเข้มข้นต่างกัน

Type of chitosan	Concentration (ppm)		Average
	100	200	
polymer	0.223	0.254	0.239
oligomer	0.207	0.229	0.218
75 kGy	0.243	0.190	0.217
100 kGy	0.196	0.147	0.172
MT chitosan	0.159	0.156	0.158
Average	0.206	0.195	0.201
Control	0.194		
Treatments	**	LSD _{.05}	0.041
Treated vs Control	NS		
Type of chitosan	**	LSD _{.05}	0.028
Concentration	NS		
Type×Conc.	*	LSD _{.05}	0.039

หมายเหตุ NS = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

* = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

** = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 62 ปริมาณฟอสฟอรัสในดิน (มิลลิกรัมต่อดิน) อายุ 3 เดือน ของข้าวฟ่างสายพันธุ์ KU439 ที่ใส่ไคโตซานชนิดต่างๆ ระดับความเข้มข้นต่างกัน

Type of chitosan	Concentration (ppm)		Average
	100	200	
polymer	2.695	2.946	2.821
oligomer	2.143	2.562	2.353
75 kGy	2.459	2.103	2.281
100 kGy	2.283	1.541	1.912
MT chitosan	1.724	1.817	1.771
Average	2.261	2.194	2.228
Control	1.830		
Treatments	**	LSD _{.05} 0.655	
Treated vs Control	NS		
Type of chitosan	**	LSD _{.05} 0.441	
Concentration	NS		
Type×Conc.	NS		

หมายเหตุ NS = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

* = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

** = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

วิจารณ์

1. ผลของไคโตซานชนิดต่างๆ จิบเบอเรลลิน และระดับความเข้มข้นของไคโตซาน ที่มีต่อการงอกและการเจริญเติบโตของต้นกล้าข้าวฟ่างสายพันธุ์ DA5 และ KU439

ไคโตซานเป็นอนุพันธ์ที่ได้จากไคตินด้วยการเปลี่ยนแปลงทางเคมี ใช้เป็นสารเร่งการเจริญเติบโตของพืชได้ (ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ, 2544) การทดสอบวัดเปอร์เซ็นต์การงอกของเมล็ด เพื่อให้ทราบถึงจำนวนหรือสัดส่วนของเมล็ดที่สามารถงอกให้ต้นอ่อนที่สมบูรณ์ภายใต้สภาวะแวดล้อมที่เหมาะสม (จวงจันทร, 2529) ในข้าวฟ่างสายพันธุ์ DA5 และ KU439 ที่ใช้ไคโตซานต่างชนิดกัน (ทั้งฉายรังสี ไม่ฉายรังสี) และจิบเบอเรลลิน ความเข้มข้น 100 และ 200 ppm เปรียบเทียบกับชุดควบคุม (น้ำกลั่น) พบว่า การใช้ไคโตซานต่างชนิดกัน และจิบเบอเรลลิน ระดับความเข้มข้นต่างกัน ไม่ทำให้เปอร์เซ็นต์การงอกของเมล็ดข้าวฟ่างสายพันธุ์ DA5 และ KU439 ที่อายุ 4 และ 10 วัน มีค่าแตกต่างกับชุดควบคุมทางสถิติ และไคโตซานทำให้เมล็ดข้าวฟ่างสายพันธุ์ DA5 อายุ 4 วัน มีเปอร์เซ็นต์การงอกสูงกว่าจิบเบอเรลลินเล็กน้อย ในขณะที่ไคโตซานไม่มีผลทำให้เปอร์เซ็นต์การงอกของข้าวฟ่างสายพันธุ์ DA5 อายุ 10 วัน และข้าวฟ่างสายพันธุ์ KU439 อายุ 4 และ 10 วัน มีค่าแตกต่างจากการใช้จิบเบอเรลลิน การที่ไคโตซานไม่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์การงอกของข้าวฟ่างสายพันธุ์ DA5 และ KU439 อาจเนื่องมาจากระดับความเข้มข้น และปริมาณของไคโตซานที่ใช้ในการทดลองยังไม่เหมาะสมกับข้าวฟ่างทั้งสองสายพันธุ์ หรือชนิดและสายพันธุ์ของข้าวฟ่าง สอดคล้องกับรัฐ (2548) กล่าวว่า ในงานวิจัยที่ได้มีการตีพิมพ์แล้ว และงานวิจัยของนักวิจัยของศูนย์วัสดุชีวภาพ ไคติน-ไคโตซาน ไคโตซานสามารถเพิ่มอัตราการงอกเมล็ดพืชได้ โดยต้องคำนึงถึง ขนาดโมเลกุลของไคโตซาน ความเข้มข้นหรือปริมาณการใช้ที่เหมาะสมเป็นสิ่งสำคัญ และศุภจิตรา (2548) กล่าวว่า ในการใช้ไคโตซานกับพืชชนิดใดชนิดหนึ่ง ควรคำนึงถึง ลักษณะโมเลกุลของไคโตซาน ชนิดและสายพันธุ์ของพืชด้วย เช่นเดียวกับการใช้ทดสอบกับข้าวฟ่างต่างสายพันธุ์กัน พบว่า การใช้ไคโตซานต่างชนิดกันไม่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์การงอกของข้าวฟ่างสายพันธุ์ DA5 ที่อายุ 4 และ 10 วัน แต่ในข้าวฟ่างสายพันธุ์ KU439 พบว่า ไคโตซานฉายรังสี 100 kGy มีผลกระตุ้นการงอกของเมล็ด อายุ 4 และ 10 วัน (95.60 และ 96.80 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) ได้ดี ขณะที่ใช้ไคโตซานไม่ฉายรังสีชนิด polymer และ oligomer ทำให้เปอร์เซ็นต์การงอกของเมล็ดอายุ 4 วัน (83.20 และ 71.20 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) และอายุ 10 วัน (91.40 และ 87.60 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) ต่ำ เนื่องจากการฉายรังสีจะทำให้มวลโมเลกุลของไคโตซานมีค่าลดลงตามปริมาณรังสีแกมมาที่เพิ่มขึ้น สารละลายไคโตซานแตกตัวเป็นไอออน (ionization) เกิดสภาวะกระตุ้น (excitation) ของ

โมเลกุลโพลิเมอร์ และการตัดขาดของสายโซ่ (scission) ของพันธะเคมีภายในระยะเวลาสั้น ปฏิกริยาทางเคมีที่เกิดขึ้นจะขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย ได้แก่ ธรรมชาติของโพลิเมอร์ สภาพแวดล้อม และสถานะของการฉายรังสี เมื่อเริ่มฉายรังสีแกมมา จะทำการตัดสายโมเลกุลของไคโตซานให้มีขนาดเล็กลง และทำให้ไคโตซานมีความหนืดลดลง (นพรัตน์, 2548) ซึ่งอาจมีผลกระตุ้นการงอกของเมล็ด Sharathchandra *et al.* (2004) ใช้ไคโตซาน Elexa ทดสอบการงอกของเมล็ด พบว่า การใช้ไคโตซาน Elexa ในอัตรา 1:19 ทำให้เมล็ดมีเปอร์เซ็นต์การงอก 91 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่ชุดควบคุม (น้ำกลั่น) เมล็ดมีเปอร์เซ็นต์การงอกเพียง 83 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ความหนืดของไคโตซานอาจมีผลต่อการงอกเมล็ด ในขณะที่เมล็ดงอกเกิดกระบวนการ imbibition น้ำแพร่จากภายนอกเข้าไปภายในเมล็ดข้าวฟ่าง เนื่องจากความแตกต่างของค่าออสโมติกโพเทนเชียลของสารละลายระหว่างภายในและภายนอกเมล็ด ในการเพาะเมล็ดข้าวฟ่าง ค่าออสโมติกโพเทนเชียลของสารละลายภายนอกเมล็ดที่ใช้สารละลายไคโตซานไม่ฉายรังสี (polymer และ oligomer) มีค่าต่ำกว่าค่าออสโมติกโพเทนเชียลของสารละลายไคโตซานฉายรังสี ทำให้สารละลายไคโตซานไม่ฉายรังสีสามารถแพร่ผ่านเข้าไปในเมล็ดข้าวฟ่างได้น้อยกว่า เปอร์เซ็นต์การงอกของเมล็ดข้าวฟ่างที่ใช้ไคโตซานไม่ฉายรังสีมีค่าต่ำกว่าการใช้ไคโตซานฉายรังสี สอดคล้องกับผลการทดลองของสุวาลี (2546) ที่ได้ศึกษาผลของมวลโมเลกุลไคโตซานที่มีต่อการงอกของเมล็ดพืช โดยไคโตซานที่ใช้มีน้ำหนักมวลโมเลกุลอยู่ในช่วง 5,000 ถึง 80,000 ดาลตัน พบว่า ไคโตซานที่มีน้ำหนักโมเลกุลประมาณ 40,000 ดาลตัน มีการงอกของเมล็ดดีที่สุด Reddy *et al.* (1999) ทดสอบไคโตซานต่อการต้านทานเชื้อ *Fusarium graminearum* และการรักษาคุณภาพเมล็ดข้าวสาลี พบว่า เมื่อใช้ไคโตซานทำให้การงอกของเมล็ดเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ขณะที่เปอร์เซ็นต์การงอกของเมล็ดที่ไม่ใช้ไคโตซานสำหรับ *Triticum cv. Norseman* และ *Triticum cv. Max* มีค่าต่ำกว่ากับ 57 และ 50 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนเปอร์เซ็นต์การงอกของ *Triticum cv. Norseman* ที่ใช้ไคโตซาน 2-8 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร มีเปอร์เซ็นต์การงอกสูง 70-90 เปอร์เซ็นต์ ส่วนการวัดดัชนีการงอก (germination index) ซึ่งเป็นวิธีการทดสอบความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ (seed vigor tests) เพื่อประเมินความแข็งแรงของเมล็ดโดยอาศัยความเร็วในการงอก (speed of germination) ของต้นกล้าเป็นเกณฑ์ (จวงจันทร, 2529) จากการทดลอง พบว่า การใช้ไคโตซานชนิดต่างๆ และจิบเบอเรลลิน ไม่ทำให้ข้าวฟ่างสายพันธุ์ DA5 และ KU439 มีดัชนีการงอกแตกต่างกับชุดควบคุมทางสถิติ ในขณะที่การใช้จิบเบอเรลลินทำให้ข้าวฟ่างสายพันธุ์ KU439 มีค่าเฉลี่ยดัชนีการงอก (28.96) สูงกว่าไคโตซาน (27.05) โดยมีค่าแตกต่างกันทางสถิติ แสดงให้เห็นว่าจิบเบอเรลลินทำให้เมล็ดข้าวฟ่างสายพันธุ์ KU439 มีความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์เพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบในกลุ่มของไคโตซาน พบว่าไคโตซานฉายรังสี 100 kGy ทำให้ข้าวฟ่างสายพันธุ์ KU439 มีค่าเฉลี่ยดัชนีการงอก (30.21) สูงสุด ซึ่งแสดงให้เห็นว่าไคโตซานสามารถทำ

ให้ข้าวฟ่างสายพันธุ์ KU439 มีความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์เพิ่มขึ้นเช่นกัน แต่การใช้ไคโตซานต่างชนิดกันไม่มีผลต่อดัชนีการงอกของข้าวฟ่างสายพันธุ์ DA5 อาจเนื่องมาจากระดับความเข้มข้นของไคโตซาน และปริมาณการใช้ยังไม่เหมาะสมกับข้าวฟ่างสายพันธุ์ DA5 และการที่จิบเบอเรลลินไม่มีผลต่อดัชนีการงอกของข้าวฟ่างสายพันธุ์ DA5 ขณะที่จิบเบอเรลลินทำให้เมล็ดข้าวฟ่างสายพันธุ์ KU439 มีดัชนีการงอกเพิ่มขึ้นจากการใช้ไคโตซาน และชุดควบคุม อาจเนื่องมาจากข้าวฟ่างทั้งสองชนิดเป็นข้าวฟ่างต่างสายพันธุ์ การตอบสนองของข้าวฟ่างต่อจิบเบอเรลลินจึงแตกต่างกันไป งานทดลองของ Sharathchandra *et al.* (2004) เมื่อใช้ไคโตซาน Elexa ในอัตรา 1:19 ทำให้เมล็ดมีดัชนีความแข็งแรง (vigor index) เท่ากับ 1698 ขณะที่ชุดควบคุม (น้ำกลั่น) มีดัชนีความแข็งแรงเพียง 1345 และ Reddy *et al.* (1999) พบว่า เมื่อใช้ไคโตซานทำให้ความแข็งแรงของการงอกเมล็ดข้าวสาลีเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนดัชนีความแข็งแรงของ *Triticum cv. Norseman* และ *Triticum cv. Max* เมื่อใช้ไคโตซาน 8 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร มีค่าสูงสุดเท่ากับ 1440 และ 1398 ตามลำดับ ขณะที่ชุดควบคุมมีค่าเพียง 958 แต่จากรายงานของ Sharathchandra *et al.* (2004) และ Reddy *et al.* (1999) ใช้ไคโตซานในการเพาะเมล็ด เพื่อการกระตุ้นการงอกของเมล็ดพืชนั้นยังไม่ทราบกลไกที่แน่ชัดว่าโมเลกุลของไคโตซานเข้าไปกระตุ้นการงอกของเมล็ดพืชได้อย่างไร แต่พบว่าไคโตซานทำให้เมล็ดพืชมีเปอร์เซ็นต์การงอก ดัชนีความแข็งแรง ได้ดีกว่าชุดการทดลองที่ไม่ใช้ไคโตซาน

ไคโตซานมีผลต่อการเจริญเติบโตในระยะต้นกล้าของข้าวฟ่าง ส่งเสริมให้ข้าวฟ่างสายพันธุ์ DA5 มีค่าเฉลี่ยความยาวยอด ความยาวราก และความยาวต้นกล้า (12.40, 10.96 และ 23.36 เซนติเมตร ตามลำดับ) มากกว่าการใช้จิบเบอเรลลิน (11.90, 9.62 และ 21.52 เซนติเมตร ตามลำดับ) และชุดควบคุม (10.61, 9.43 และ 20.04 เซนติเมตร ตามลำดับ) เมื่อเปรียบเทียบชนิดของไคโตซานพบว่า ไคโตซานฉายรังสี 75 kGy และ 100 kGy ทำให้ข้าวฟ่างสายพันธุ์ DA5 มีค่าเฉลี่ยความยาวยอด (13.23 และ 13.33 เซนติเมตร ตามลำดับ) ความยาวราก (12.35 และ 11.98 เซนติเมตร ตามลำดับ) และความยาวต้นกล้าข้าวฟ่าง (25.58 และ 25.31 เซนติเมตร ตามลำดับ) สูงกว่าไคโตซานชนิดอื่นๆ แสดงให้เห็นว่าไคโตซานฉายรังสีส่งเสริมการเจริญเติบโตของต้นกล้าข้าวฟ่างสายพันธุ์ DA5 ได้ดี ทำให้เกิดการยืดยาวของต้นกล้า สำหรับข้าวฟ่างสายพันธุ์ KU439 พบว่า จิบเบอเรลลินส่งเสริมให้ข้าวฟ่างมีค่าเฉลี่ยความยาวยอด (7.79 เซนติเมตร) ความยาวราก (10.38 เซนติเมตร) ความยาวต้นกล้าข้าวฟ่าง (18.16 เซนติเมตร) ดีกว่าการใช้ไคโตซาน และชุดควบคุม อาจเนื่องมาจากจิบเบอเรลลินเป็นฮอร์โมนที่มีผลต่อการขยายขนาดของเซลล์และการยืดยาวของลำต้น (สมบุญ, 2548) ต้นกล้าข้าวฟ่างสายพันธุ์ KU439 จะตอบสนองต่อจิบเบอเรลลินได้ดี โดยกระตุ้นการยืดตัวของเซลล์และลำต้น ต้นกล้าข้าวฟ่างจึงมีการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้น เช่นเดียวกับงาน

ทดลองของ Tham *et al.*(2001) ศึกษาความเป็นพิษของวาเนเดียมต่อพืชและอิทธิพลของไคโตซานต่อการเร่งการเจริญเติบโตของพืช ได้แก่ ถั่วเหลือง ข้าว ข้าวสาลี และข้าวบาร์เลย์ พบว่าเมื่อนำไคโตซานไปฉายรังสีในช่วง 0-200 kGy ไคโตซานฉายรังสี 100 kGy จะมีคุณสมบัติในการเร่งการเจริญเติบโตของข้าวสูงที่สุด สอดคล้องกับงานทดลองของสมบุญ และคณะ (2549) ที่ใช้ไคโตซานไม่ฉายรังสี ฉายรังสี 75 kGy 100 kGy ความเข้มข้น 0, 50, 100, 150 และ 200 ppm ในการเพาะเมล็ดเพื่อศึกษาการเจริญเติบโตของต้นกล้าข้าวฟ่างทั้ง 5 สายพันธุ์ พบว่า ไคโตซานฉายรังสี 100 kGy ความเข้มข้น 100-150 ppm ทำให้ข้าวฟ่างสายพันธุ์ DA5 มีความยาวยอด (6.10-6.20 เซนติเมตร) ความยาวราก (9.70 เซนติเมตร) และความยาวต้นกล้า (15.50-15.80 เซนติเมตร) สูงกว่าการใช้ไคโตซานชนิดอื่น และชุดควบคุม ในการเจริญเติบโตของต้นกล้าข้าวฟ่างทั้งสองสายพันธุ์ การใช้ไคโตซานฉายรังสีทำให้ข้าวฟ่างสายพันธุ์ DA5 มีความยาวยอด ความยาวราก และความยาวต้นกล้าสูง ขณะที่จิบเบอเรลลินส่งเสริมการเจริญเติบโตของต้นกล้าข้าวฟ่างสายพันธุ์ KU439 ได้ดีที่สุด อาจเนื่องมาจากข้าวฟ่างทั้งสองเป็นข้าวฟ่างต่างสายพันธุ์กัน จึงตอบสนองต่อไคโตซานและจิบเบอเรลลินแตกต่างกัน จากการที่ไคโตซานส่งเสริมการเจริญเติบโตของต้นกล้าข้าวฟ่าง ซึ่งคุณสมบัติของไคโตซานน่าจะคล้ายคลึงกับฮอร์โมนที่ช่วยเร่งการงอกและการเจริญเติบโตของพืช คือ จิบเบอเรลลิน และออกซิน โดยออกซินเป็นสารที่มีผลกระตุ้นการแบ่งเซลล์ และทำให้เซลล์พืชมีเจริญเติบโตยืดยาวขึ้น ส่วนจิบเบอเรลลินมีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชโดยควบคุมการยืดตัวและขยายขนาดของเซลล์และการแบ่งเซลล์ (สมบุญ, 2548) เมื่อใช้ไคโตซานระดับความเข้มข้น 100 ppm ทำให้ต้นกล้าข้าวฟ่างมีการเจริญเติบโตดีกว่าการใช้ไคโตซานระดับความเข้มข้น 200 ppm แสดงว่าให้เห็นระดับความเข้มข้นของไคโตซานต่ำมีผลต่อการเจริญเติบโตของต้นกล้าข้าวฟ่างทั้งสองสายพันธุ์ได้ดีกว่าระดับความเข้มข้นสูง ซึ่งเป็นไปในทำนองเดียวกับการทดลองของนพรัตน์ (2548) ที่ปลูกข้าวเจ้าสุพรรณบุรี 1 ร่วมกับไคโตซานฉายรังสีและไม่ฉายรังสี โดยไคโตซานในช่วงความเข้มข้นต่ำ 5-100 ppm มีแนวโน้มในการเร่งการเจริญเติบโตของต้นกล้าข้าวเจ้าพันธุ์สุพรรณบุรี 1 ที่อายุ 14 วัน ได้มากกว่าระดับความเข้มข้นสูง สอดคล้องกับรัฐ (2548) ที่กล่าวว่า ไคโตซานจะสามารถออกฤทธิ์ได้ดีกับพืชนั้นจะต้องมีความเข้มข้นหรือปริมาณการใช้ที่เหมาะสม พืชจึงมีการเจริญเติบโตดี และศุภจิตรา (2548) กล่าวว่า การประยุกต์ใช้ไคโตซานกับพืชชนิดใดชนิดหนึ่ง ควรคำนึงถึง ลักษณะโมเลกุลของไคโตซาน ชนิดและสายพันธุ์ของพืชที่จะนำไปประยุกต์ใช้เพื่อก่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดในการประยุกต์ใช้

2. ผลของไคโตซานชนิดต่างๆ และระดับความเข้มข้นของไคโตซาน ที่มีต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวฟ่างสายพันธุ์ DA5 และ KU439

ไคโตซานสามารถปลดปล่อยธาตุอาหารเร่งการเจริญเติบโตของพืช (ภาวดี, 2544) Khan *et al.* (2002) รายงานว่า ไคโตซานทำให้มีการสังเคราะห์คลอโรฟิลล์ และฟลาโวนอยด์เพิ่มมากขึ้น พืชมีการต้านทานโรคได้ดี อาจทำให้การเจริญเติบโตดีขึ้น ข้าวฟ่างเป็นพืชล้มลุกชนิด determinative growth การเจริญเป็นแบบ sigmoid growth curve พืชมีการเติบโตช้าเกิดขึ้นในช่วงสั้นๆ หลังจากนั้นอัตราการเจริญเติบโตจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว มีค่าสูงสุด และคงที่อยู่ช่วงระยะเวลาหนึ่ง จากนั้นอัตราการเติบโตจะลดลงเรื่อยๆ พืชไม่มีการเติบโตเพิ่มขึ้นอีกและตายในที่สุด (สมบุญ, 2548) การเจริญเติบโตของข้าวฟ่างสายพันธุ์ DA5 และ KU439 มีการเจริญเติบโตในระยะ 1 เดือน เพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ ในระยะ 2 เดือน การเจริญเติบโตจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว (exponential หรือ log phase) และระยะ 3 เดือน เป็นระยะออกดอก ข้าวฟ่างมีการเจริญเติบโตสูงสุด ธาตุอาหารถูกดูดไปใช้เพื่อสร้างดอกและเมล็ด (linear phase) ส่วนระยะ 4 เดือน เป็นช่วงที่ข้าวฟ่างเสื่อมสภาพการเจริญเติบโตจึงลดลงและตายในที่สุด (decline phase) จากการทดลองไคโตซานส่งเสริมความสูงของข้าวฟ่างสายพันธุ์ DA5 อายุ 1, 2, 3 และ 4 เดือน (19.27, 43.03, 70.15 และ 87.93 เซนติเมตร ตามลำดับ) และความสูงของข้าวฟ่างสายพันธุ์ KU439 อายุ 1, 2, 3 และ 4 เดือน (13.57, 39.02, 79.14 และ 115.13 เซนติเมตร ตามลำดับ) ได้ดีกว่าชุดควบคุม โดยมีค่าแตกต่างกันทางสถิติ ขณะที่การใช้ไคโตซานต่างชนิดกันหรือความเข้มข้นที่ต่างกัน (100 และ 200 ppm) ไม่ทำให้ความสูงเฉลี่ยของข้าวฟ่างสายพันธุ์ DA5 และข้าวฟ่างสายพันธุ์ KU439 อายุ 1, 2, 3 และ 4 เดือน มีค่าแตกต่างกัน แต่มีแนวโน้มว่า การใช้ไคโตซานชนิด polymer ส่งเสริมความสูงข้าวฟ่างสายพันธุ์ DA5 อายุ 3 และ 4 เดือน (73.38 และ 92.75 เซนติเมตร ตามลำดับ) และความสูงข้าวฟ่างสายพันธุ์ KU439 อายุ 2, 3 และ 4 เดือน (40.19, 80.25 และ 118.50 เซนติเมตร ตามลำดับ) ได้ดีกว่าไคโตซานชนิดอื่น ทั้งนี้เนื่องจากระยะ 3 และ 4 เดือน มีการรดไคโตซานลงในดินบริเวณโคนต้นข้าวฟ่าง ทำให้ไคโตซานถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ในดิน และคุณสมบัติของไคโตซานซึ่งเป็นไบโอโพลิเมอร์ที่มีประจุ สามารถจับกับไอออนที่เป็นประโยชน์ต่อพืช เช่น โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม เหล็ก และฟอสเฟต แล้วค่อยๆ ปลดปล่อยธาตุอาหารเหล่านี้แก่พืช เป็นการเพิ่มธาตุอาหารในดิน (รัฐ, 2543) ดังนั้นไคโตซานที่มีน้ำหนักโมเลกุลมาก น่าจะจับและปลดปล่อยธาตุอาหารแก่พืชได้มาก (นพรัตน์, 2548) และอาจเนื่องมาจากไคโตซานสามารถปลดปล่อยธาตุอาหารออกมาเป็นประโยชน์ได้มากขึ้น หรือไคโตซานอาจมีผลเร่งการเจริญเติบโตของพืชโดยตรง (ภาวดี, 2544) เช่นเดียวกับงานทดลองของ นพรัตน์ (2548) เมื่อใช้ไคโตซานฉายรังสี 75 kGy ความเข้มข้น 5 ppm ทำให้ความสูงของต้นข้าว

อายุ 14 วัน สูงที่สุด 10.90 ± 1.99 เซนติเมตร รองลงมาเป็นไคโตซานไม่ฉายรังสี ความเข้มข้น 10 ppm (10.86 ± 1.78 เซนติเมตร) การใช้ไคโตซานใส่ในดินก่อนปลูกหรือหว่านลงในดินให้กับข้าว และถั่วเหลือง ทำให้ชุดการทดลองที่ใส่ไคโตซานมีค่าความสูงมากกว่าชุดควบคุม (Chibu *et al.*, 2002) Sharatchandra *et al.* (2004) ใช้ไคโตซาน Elexa ทดสอบการเจริญในช่วงระยะการสร้าง ส่วนต้นและใบในข้าวฟ่าง ทำให้ข้าวฟ่างมีความสูงมากที่สุด 115.70 เซนติเมตร ขณะที่ชุดควบคุมมีความสูงเท่ากับ 81.60 เซนติเมตร การใช้ไคโตซานคลุกเมล็ดพืชในปริมาณ 0.4-0.6 มิลลิกรัมต่อเมล็ดหนึ่งกรัม และฉีดพ่นใบ 20-40 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ทำให้ความสูงของ Chinese cabbage (*Brassica campestris*) cv. Dwarf hybrid NO. 1 เพิ่มขึ้น (Ouyang and Langlai, 2003) สำหรับงานทดลองของ Boomlertnirun *et al.* (2006) พบว่า ไคโตซานชนิดต่างๆ ไม่มีผลต่อความสูงของข้าวเจ้าสุพรรณบุรี 1 แต่มีแนวโน้มว่าการใช้ไคโตซานชนิด oligomer ฉีดพ่นข้าว ทำให้ข้าวมีความสูงเท่ากับ 101.37 เซนติเมตร ซึ่งมากกว่าการใช้ไคโตซานชนิดอื่นๆ ขณะที่ชุดควบคุมมีค่าเพียง 95.75 เซนติเมตร Vinh *et al.* (2006) ใช้ไคโตซานชนิด oligomer ระดับความเข้มข้น 20 ppm, 40 ppm, 60 ppm และ 80 ppm ฉีดพ่นทำให้ข้าวมีความสูงเท่ากับ 78.20, 78.10, 78.50 และ 78.30 เซนติเมตร ตามลำดับ ซึ่งมีค่าไม่แตกต่างกับชุดควบคุม ที่มีความสูงเท่ากับ 78.50 เซนติเมตร และนิภาวรรณ (2548) ใส่สารสกัดพืช สารสกัดปลา ไคโตซานและภูไมท์ร่วมกับปุ๋ยเคมี เพื่อทดสอบการเจริญเติบโตของต้นถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 ที่ปลูกในดินถุคฝนและปลายถุคฝน พบว่า ความสูงของต้นถั่วเหลืองที่ระยะ 20 วัน หลังออก ระยะออกดอก ระยะติดฝัก ระยะสุกแก่ มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติกับชุดควบคุมทั้งในดินถุคฝนและปลายถุคฝน

การใช้ไคโตซานไม่ทำให้จำนวนใบเฉลี่ยของข้าวฟ่างสายพันธุ์ DA5 อายุ 1 และ 4 เดือน และจำนวนใบเฉลี่ยของข้าวฟ่างสายพันธุ์ KU439 อายุ 1, 2 และ 4 เดือน มีค่าแตกต่างกับชุดควบคุม ยกเว้นจำนวนใบเฉลี่ยของข้าวฟ่างสายพันธุ์ DA5 อายุ 2 เดือน (7.50 ใบต่อต้น) และ 3 เดือน (10.50 ใบต่อต้น) และจำนวนใบเฉลี่ยของข้าวฟ่างสายพันธุ์ KU439 อายุ 3 เดือน (9.64 ใบต่อต้น) มีค่าสูงแตกต่างกันทางสถิติกับชุดควบคุม (6.75, 9.75 และ 8.75 ใบต่อต้น ตามลำดับ) ส่วนการใช้ไคโตซานต่างชนิดกันไม่มีผลต่อจำนวนใบเฉลี่ยของข้าวฟ่างสายพันธุ์ DA5 และ KU439 เช่นเดียวกับพื้นที่ใบของข้าวฟ่างสายพันธุ์ DA5 อายุ 1, 2, 3 และ 4 เดือน และข้าวฟ่างสายพันธุ์ KU439 อายุ 1, 2 และ 3 เดือน เมื่อใช้ไคโตซานต่างชนิดกัน ระดับความเข้มข้นต่างกัน ไม่ทำให้พื้นที่ใบเฉลี่ยของข้าวฟ่างมีค่าแตกต่างกับชุดควบคุม แต่พบว่าไคโตซานชนิด polymer ทำให้ข้าวฟ่างสายพันธุ์ DA5 อายุ 4 เดือน และข้าวฟ่างสายพันธุ์ KU439 อายุ 2, 3 และ 4 เดือน มีค่าเฉลี่ยพื้นที่ใบสูงกว่าการใช้ไคโตซานชนิดอื่น ส่วนความเข้มข้นของไคโตซาน 100 และ 200 ppm ไม่มีผลทำให้พื้นที่ใบของข้าว

ฟางสายพันธุ์ DA5 และ KU439 มีค่าแตกต่างกันทางสถิติ สำหรับงานทดลองของรณวิษ และคณะ (2549) ที่ทดลองย้ายปลูกต้นอ่อนกล้วยไม้ *Dendrobium* ‘เอียสกุล’ ที่ได้จากการเพาะเนื้อเยื่อ จำนวน 620 ต้น พบว่า ไคโตซานมีผลทำให้จำนวนใบของกล้วยไม้เพิ่มขึ้น Ouyang and Langlai (2003) รายงานว่า การใช้ไคโตซานคลุกเมล็ดในปริมาณ 0.4-0.6 มิลลิกรัมต่อเมล็ดหนึ่งกรัม และฉีดพ่นใบ 20-40 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ทำให้พื้นที่ใบของ Chinese cabbage (*Brassica campestris*) cv. Dwarf hybrid NO. 1 เพิ่มขึ้น เช่นเดียวกับชนัสพร และคณะ (2546) ศึกษาผลของไคโตซานที่มีต่ออัตราการรอดตาย และการเจริญเติบโตของกล้วยไม้สกุลรองเท้านารีลูกผสม *Paphiopedilum bellatulum* × PHPA. Angthong โดยใช้สารไคโตซานระดับความเข้มข้น 0, 2.5, 5, 10, 20 และ 40 ppm สามารถกระตุ้นให้กล้วยไม้เกิดใบใหม่ และการเจริญเติบโตทางด้านความกว้างและความยาวของใบเพิ่มขึ้น การใช้สารไคโตซานที่ระดับความเข้มข้น 10 ppm หลังจากให้สารไปแล้ว 30 วัน ทำให้ใบของกล้วยไม้ ใบที่ 1 ใบที่ 2 และใบที่ 3 มีความยาวเฉลี่ยใบเพิ่มมากที่สุด โดยชุดควบคุมมีความกว้างและความยาวเฉลี่ยใบน้อยที่สุด และพบว่าในแต่ละกลุ่มการทดลองนั้น กลุ่มควบคุมมีการกักกินของหนอนและแมลง ใบเหี่ยวแห้ง ขอบใบโคนกักกิน และต้นตายจำนวนหนึ่ง เนื่องจากทนต่อสภาพแวดล้อมได้ไม่ดี ไคโตซานและไคตินสามารถเพิ่มกิจกรรมของเอนไซม์ phenylalanine ammonia-lyase และ tyrosine ammonia-lyase ซึ่งเป็น key enzyme ของ phenylpropanoid pathway ส่งผลให้ปริมาณฟีนอลิกในพืชเพิ่มขึ้น (Khan *et al.*, 2003) สารฟีนอลิกเป็นสารทุติยภูมิที่พืชสร้างขึ้น และสะสมเป็นส่วนประกอบในใบพืช ช่วยป้องกันเชื้อจุลินทรีย์ เช่น เชื้อราและแบคทีเรียไม่ให้เข้าทำลายพืช เมื่อต้นพืชเกิดบาดแผลจะมีการสร้างสารฟีนอลิกออกมามาก ตรงบริเวณบาดแผล ช่วยอุดบาดแผลให้เป็นปกติ ทำให้ลดการแพร่ของจุลินทรีย์ (สมบุญ, 2548) การใช้ไคโตซานทำให้ข้าวฟ่างมีจำนวนใบ และพื้นที่ใบเพิ่มขึ้นจากชุดควบคุม อาจเกิดจากการที่ไคโตซานกระตุ้นการเจริญเติบโตของใบพืชและสามารถเพิ่มสารฟีนอลิกในใบพืช ซึ่งจะป้องกันการเข้าทำลายของเชื้อราและแบคทีเรีย ทำให้ใบข้าวฟ่างมีการเจริญเติบโตแผ่ขยายได้มากขึ้น พื้นที่ใบของข้าวฟ่างจึงเพิ่มขึ้นหรืออาจเป็นเพราะไคโตซานมีผลต่อการเร่งการเจริญเติบโตโดยตรง โดยทำให้การสังเคราะห์ลิกลินและรงควัตถุต่างๆ เพิ่มขึ้น พืชมีความแข็งแรง สามารถต้านทานโรคได้ดี การเจริญเติบโตจึงเพิ่มขึ้น (Khan *et al.*, 2002) และอาจเนื่องมาจากไคโตซานสามารถปลดปล่อยธาตุอาหารออกมาเป็นประโยชน์ได้มากขึ้น ไคโตซานจึงมีผลต่อการเร่งการเจริญเติบโตของพืชโดยตรง (ภาวดี, 2544)

ไคโตซานทำให้ค่าเฉลี่ยจำนวนวันออกดอกของข้าวฟ่างสายพันธุ์ DA5 (110.23 วัน) และ KU439 (87.82 วัน) เร็วกว่าชุดควบคุม (117.00 และ 90.50 วัน ตามลำดับ) โดย polymer ไคโตซานมีแนวโน้มทำให้ข้าวฟ่างสายพันธุ์ DA5 และ KU439 มีการออกดอกเร็วสุด (ที่ระยะเวลา 107.75

และ 86.32 วัน ตามลำดับ) ส่วนความเข้มข้นของไคโตซาน 100 ppm ทำให้ข้าวฟ่างสายพันธุ์ DA5 ออกดอกเร็วกว่าระดับความเข้มข้น 200 ppm แต่ไม่มีผลทำให้วันออกดอกของข้าวฟ่างสายพันธุ์ KU439 มีค่าแตกต่างกันทางสถิติ การที่ข้าวฟ่างออกดอกเร็วน่าจะเป็นผลมาจากไคโตซานช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของข้าวฟ่าง ข้าวฟ่างจึงมีการออกดอกเร็วขึ้น เช่นเดียวกับงานทดลองของ Limpanavech (2003) ศึกษาอิทธิพลของชนิดและความเข้มข้นของไคโตซานที่มีต่อการเจริญเติบโตของกล้วยไม้ *Dendrobium* ‘เอียสกุล’ โดยใช้ไคโตซานชนิด monomer, oligomer และ polymer (70, 80 และ 90 เปอร์เซ็นต์ DD ตามลำดับ) ความเข้มข้นของไคโตซานแต่ละชนิด 4 ระดับ คือ 1, 10, 50 และ 100 ppm ตามลำดับ ทำการฉีดพ่น 1 ครั้งต่อสัปดาห์ ทั้งหมด 68 สัปดาห์ พบว่า ไคโตซานมีผลต่อการเร่งการเจริญเติบโตของกล้วยไม้ ทำให้เกิดดอกเร็วกว่าชุดที่ไม่ใช้สารไคโตซาน ส่วน Ohta *et al.* (1999) ศึกษาผลของไคโตซานที่มีต่อการเจริญเติบโตใน *Lisianthus (Eustoma grediform)* ซึ่งเป็นไม้ประดับขนาดเล็ก พบว่าการใช้ไคโตซานความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ ใส่ลงในดินที่ใช้ในการปลูกจะมีผลเร่งการออกดอกให้เร็วขึ้น และหากทำการตัดช่อดอกก่อนอายุ 7-10 วัน ก่อนระยะดอกบานมาแช่ในสารละลายไคโตซาน หรือแช่ในสารละลายไคโตซานร่วมกับน้ำตาล จะทำให้ช่อดอกยึดตัวได้มากกว่าการแช่น้ำเพียงอย่างเดียว นอกจากนี้ยังพบว่าการแช่ในไคโตซาน หรือการแช่ในไคโตซานร่วมกับน้ำตาล มีผลทำให้ดอกมีสีเข้มขึ้นอีกด้วย (Uddin *et al.*, 2004) และพัชรา และคณะ (2547) ศึกษาผลของไคโตซานที่มีต่อการเจริญทางต้นและใบของกล้วยไม้ *Dendrobium* ‘เอียสกุล’ พบว่า ไคโตซานสามารถชักนำให้เกิดดอกได้เร็วขึ้น เช่นเดียวกับ Utsunomiya *et al.* (1998) รายงานว่า จำนวนดอกของเสาวรส (purple passion fruit) เพิ่มขึ้น เมื่อใส่ไคโตซาน oligomer ลงในดินภายใต้สภาวะที่มีไนโตรเจนในปริมาณสูง

ไคโตซานไม่มีผลทำให้น้ำหนักแห้งต้นของข้าวฟ่างสายพันธุ์ DA5 และ KU439 อายุ 3 เดือน มีค่าสูงกว่าชุดควบคุมทางสถิติ แต่ไคโตซานส่งเสริมให้ข้าวฟ่างสายพันธุ์ DA5 และ KU439 มีน้ำหนักแห้งต้นอายุ 4 เดือน (44.16 และ 25.73 กรัมต่อต้น ตามลำดับ) มากกว่าชุดควบคุม (37.96 และ 21.37 กรัมต่อต้น ตามลำดับ) โดยไคโตซานชนิด oligomer ทำให้น้ำหนักแห้งต้นอายุ 4 เดือน ของข้าวฟ่างสายพันธุ์ DA5 (47.24 กรัมต่อต้น) มีค่าสูง ส่วนข้าวฟ่างสายพันธุ์ KU439 พบว่าไคโตซานชนิด polymer ทำให้น้ำหนักแห้งต้นเฉลี่ยอายุ 4 เดือน ของข้าวฟ่างมีค่า (29.66 กรัมต่อต้น) มากสุด เช่นเดียวกับในราก การใช้ไคโตซานทำให้น้ำหนักแห้งรากอายุ 4 เดือน ของข้าวฟ่างสายพันธุ์ DA5 และ KU439 (12.51 และ 6.66 กรัมต่อต้น ตามลำดับ) มีค่าสูงแตกต่างจากชุดควบคุม (9.75 และ 5.13 กรัมต่อต้น ตามลำดับ) ทางสถิติ โดยไคโตซานฉายรังสี 75 kGy ทำให้ข้าวฟ่างสายพันธุ์ DA5 และ KU439 มีน้ำหนักแห้งรากเฉลี่ย (13.15 และ 7.47 กรัมต่อต้น ตามลำดับ) สูงสุด

จากการทดลองเห็นได้ว่าไคโตซานไม่ฉายรังสี (polymer และ oligomer) ทำให้ข้าวฟ่างมีน้ำหนักแห้งต้นมากกว่าการใช้ไคโตซานชนิดอื่นๆ และชุดควบคุม อาจมาจากคุณสมบัติของไคโตซานซึ่งเป็นไบโอโพลิเมอร์ที่มีประจุ สามารถจับกับไอออนที่เป็นประโชยน์ต่อพืช เช่น โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม เหล็ก และฟอสเฟต แล้วค่อยๆ ปลดปล่อยธาตุอาหารเหล่านี้แก่พืช เป็นการเพิ่มธาตุอาหารในดิน (รัฐ, 2543) โดยไคโตซานไม่ฉายรังสีซึ่งมีน้ำหนักโมเลกุลมาก สามารถจับและปลดปล่อยธาตุอาหารที่เป็นประโชยน์แก่พืช โดยการย่อยสลายของจุลินทรีย์ ได้มากกว่าการใช้ไคโตซานชนิดอื่นๆ ข้าวฟ่างนำไปใช้ในการเจริญ พืชมีการเจริญดี น้ำหนักต้นจึงเพิ่มขึ้น หรืออาจมาจากการแตกตัวของไคโตซานให้ไนโตรเจน และมีการปลดปล่อยธาตุอื่นออกมาเพื่อใช้ในการเจริญเติบโต จากรายงานของ Ohta *et al.* (1999) พบว่า ไคโตซานมีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดเท่ากับ 8.7 เปอร์เซ็นต์ ทั้งนี้ค่าที่วิเคราะห์ได้แตกต่างกันอาจเป็นเพราะวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตและกระบวนการผลิตแตกต่างกัน โดยไคโตซานที่ใช้ในการทดลอง คือ ไคโตซานชนิด polymer, oligomer ไคโตซานฉายรังสี 75 kGy, 100 kGy และ MT ไคโตซาน มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดเท่ากับ 7.75, 5.67, 0.59, 0.36 และ 0.42 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เป็นไปในทิศทางเดียวกับงานทดลองของ Boomlertnirun *et al.* (2006) พบว่าการใช้ไคโตซานแช่เมล็ดข้าวสุพรรณบุรี 1 ก่อนปลูกและฉีดพ่น 4 ครั้ง ไคโตซานชนิด polymer มีผลต่อการสะสมน้ำหนักแห้งในระยะรวงอ่อน (panicle initiation) มากที่สุด ส่วนในระยะเก็บเกี่ยว (harvesting stage) เมื่อใช้ไคโตซานชนิด polymer แช่เมล็ดก่อนปลูก จากนั้นฉีดพ่นอีก 4 ครั้ง ทำให้การสะสมน้ำหนักแห้งของข้าวสุพรรณบุรี 1 มีค่าเท่ากับ 25.15 กรัมต่อต้น ซึ่งสูงกว่าการใช้ไคโตซานชนิดอื่นๆ และณรงค์เดช (2549) พบว่าน้ำหนักแห้งต่อชั่งแห้งเฉลี่ยของข้าวโพดหวานมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่มีแนวโน้มว่าการใส่ไคโตซานอัตรา 4.0 กรัมต่อกระถาง ให้น้ำหนักต่อชั่งแห้งเฉลี่ยสูงสุด และชุดการทดลองที่ไม่ใส่ไคโตซานให้น้ำหนักต่อชั่งแห้งเฉลี่ยต่ำสุด และเมื่อใส่ไคโตซานอัตรา 0, 0.5, 2.0 และ 4.0 กรัมต่อกระถาง ให้น้ำหนักกรากของข้าวโพดแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง โดยเมื่อใช้ไคโตซานอัตรา 4.0 กรัมต่อกระถาง ให้น้ำหนักกรากเฉลี่ยสูงสุด และชุดที่ไม่ใส่ไคโตซานเลยให้น้ำหนักกรากเฉลี่ยต่ำสุด ส่วนสุวลี และคณะ (2546) ใช้ไคโตซานในการปลูกพืชผักสวนครัวแบบผสมผสาน ได้แก่ พริก ผักคะน้า ผักคื่นไฉ่ และมะระเถลิง ในแปลงเดียวกัน ทดสอบการใช้ไคโตซานในอัตราส่วนที่ต่างกัน ตั้งแต่ 0, 3.75, 7.5, 11.25 และ 15.0 ppm ตามลำดับ นับตั้งแต่เริ่มปลูกจนถึงการเก็บเกี่ยว ให้น้ำหนักเฉลี่ยต่อต้นสูงขึ้นและสูงกว่าชนิดควบคุม โดยอัตราการใช้ไคโตซานที่ 3.75 ppm ทำให้ผักมีน้ำหนักเฉลี่ยต่อต้นสูงสุด Hidalgo *et al.* (1996) รายงานว่า การเจริญเติบโตของมะเขือเทศ ที่เมล็ดมีการเคลือบด้วยไคโตซาน ทำให้มีน้ำหนักแห้งต้นและลำต้นหนามากกว่าชุดการทดลองที่ไม่มีการฉีดพ่นไคโตซาน ในขณะที่ Ali *et al.* (1997) พบว่า การ

สะสมน้ำหนักแห้งของ soybean cv. Akishirome เพิ่มขึ้นภายใน 42 วัน หลังจากใส่ไคโตซาน 0.1 เปอร์เซ็นต์ ลงในดิน และ Ouyang and Langlai (2003) รายงานว่า เมล็ดของ Chinese cabbage ที่คลุกเคล้าด้วยไคโตซานอัตรา 0.4-0.6 มิลลิกรัมต่อกรัม และฉีดพ่นใบ 20-40 ไมโครกรัมต่อกรัม สามารถเพิ่มน้ำหนักสดของ Chinese cabbage ได้

จากคุณสมบัติของไคโตซานซึ่งเป็นไบโอโพลิเมอร์ที่มีประจุ สามารถจับกับไอออนที่เป็นประโยชน์ต่อพืช แล้วค่อยๆ ปลดปล่อยธาตุอาหารเหล่านี้แก่พืช เป็นการเพิ่มธาตุอาหารในดิน (รัฐ, 2543) ดังนั้นไคโตซานที่มีน้ำหนักโมเลกุลมาก และความเข้มข้นของไคโตซานสูงน่าจะจับและปลดปล่อยธาตุอาหารแก่พืชได้มาก โดยส่วนใหญ่แล้วไคโตซานชนิด polymer และ oligomer สามารถกระตุ้นการเจริญเติบโตได้ดีกว่าไคโตซานฉายรังสี และความเข้มข้นของไคโตซานที่ระดับความเข้มข้นสูง (200 ppm) น่าจะกระตุ้นการเจริญเติบโตของพืชได้ดีกว่าระดับความเข้มข้นต่ำ (100 ppm) จากการทดลองไคโตซานทำให้น้ำหนักช่อเฉลี่ยของข้าวฟ่างสายพันธุ์ DA5 และ KU439 (18.02 และ 15.80 กรัมต่อต้น ตามลำดับ) มีค่ามากกว่าชุดควบคุม (13.03 และ 11.91 กรัมต่อต้น ตามลำดับ) แตกต่างกันทางสถิติ โดย polymer ไคโตซานทำให้น้ำหนักช่อเฉลี่ยของข้าวฟ่างสายพันธุ์ DA5 มีค่าเฉลี่ยน้ำหนักช่อ (20.66 กรัมต่อต้น) มากที่สุด ส่วนข้าวฟ่างสายพันธุ์ KU439 การใช้ไคโตซานต่างชนิดกันไม่ทำให้น้ำหนักช่อข้าวฟ่างมีค่าแตกต่างกันทางสถิติ สาเหตุของการใช้ไคโตซานต่างชนิดกันมีผลต่อน้ำหนักช่อของข้าวฟ่างสายพันธุ์ DA5 แต่ไม่มีผลต่อน้ำหนักช่อของข้าวฟ่างสายพันธุ์ KU439 อาจเนื่องมาจากข้าวฟ่างทั้งสองชนิดเป็นข้าวฟ่างต่างสายพันธุ์กัน ผลการตอบสนองของน้ำหนักช่อข้าวฟ่างสายพันธุ์ DA5 และ KU439 ต่อไคโตซานจึงมีความแตกต่างกัน การใช้ไคโตซานช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของต้นและรากข้าวฟ่าง ทำให้การดูดใช้ธาตุอาหารมีประสิทธิภาพมากขึ้น น้ำหนักช่อของข้าวฟ่างที่ใช้ไคโตซานจึงเพิ่มขึ้นมากกว่าชุดควบคุม ส่วนงานทดลองของ Krivtsov *et al.* (1996) พบว่า น้ำหนักรวงของข้าวสาลีเพิ่มขึ้น เมื่อใช้ไคโตซานชนิด polymer ความเข้มข้นต่ำ ณรงค์เดช (2549) รายงานว่า การใช้ไคโตซานในอัตรา 0, 0.5, 2.0 และ 4.0 กรัมต่อกระถาง ทำให้น้ำหนักผลผลิตฝักสดรวมเปลือกเฉลี่ยของข้าวโพดหวานไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่พบแนวโน้มของน้ำหนักผลผลิตฝักสดรวมเปลือกเฉลี่ยจะเพิ่มขึ้นตามอัตราไคโตซานที่เพิ่มขึ้น โดยไคโตซานอัตรา 2.0 กรัมต่อกระถาง ทำให้น้ำหนักผลผลิตฝักสดรวมเปลือกเฉลี่ยสูงสุด ส่วนชุดการทดลองที่ไม่ใส่ไคโตซานทำให้น้ำหนักผลผลิตฝักสดรวมเปลือกเฉลี่ยต่ำสุด อิทธิพลของไคโตซานมีผลให้น้ำหนักมวลชีวภาพของข้าวฟ่างทั้งสองสายพันธุ์มีค่ามากกว่าชุดควบคุมแตกต่างกันทางสถิติ โดยไคโตซานชนิด polymer ทำให้น้ำหนักมวลชีวภาพเฉลี่ย

(80.29 และ 52.01 กรัมต่อต้น ตามลำดับ) สูง การที่ไคโตซานส่งเสริมให้น้ำหนักมวลชีวภาพของข้าวฟ่างเพิ่มมากกว่าชุดควบคุม เป็นเพราะไคโตซานส่งเสริมการเจริญเติบโตของข้าวฟ่าง

องค์ประกอบด้านผลผลิตของข้าวฟ่าง ได้แก่ น้ำหนักเมล็ด น้ำหนัก 1,000 เมล็ด และจำนวนเมล็ด พบว่า การใช้ไคโตซานทำให้ข้าวฟ่างสายพันธุ์ DA5 และ KU439 มีน้ำหนักเมล็ดและจำนวนเมล็ดมากกว่าชุดควบคุมแตกต่างกันทางสถิติ โดยไคโตซานชนิด polymer ทำให้ข้าวฟ่างสายพันธุ์ DA5 มีน้ำหนักเมล็ดเฉลี่ย (17.66 กรัมต่อต้น) จำนวนเมล็ดเฉลี่ย (645.63 เมล็ดต่อต้น) มากแตกต่างกับไคโตซานชนิดอื่น ส่วนข้าวฟ่างสายพันธุ์ KU439 การใช้ไคโตซานต่างชนิดกันไม่ทำให้น้ำหนักเมล็ดของข้าวฟ่างมีค่าแตกต่างกันทางสถิติ ซึ่งผลการทดลองตรงข้ามกับข้าวฟ่างสายพันธุ์ DA5 อาจเนื่องมาจากอิทธิพลของสายพันธุ์ข้าวฟ่าง โดยข้าวฟ่างสายพันธุ์ DA5 อาจดูดไคโตซานไปใช้เพื่อการสร้างเมล็ดได้มากกว่าข้าวฟ่างสายพันธุ์ KU439 ทำให้น้ำหนักเมล็ดของข้าวฟ่างสายพันธุ์ DA5 มีค่าแตกต่างกันทางสถิติเมื่อใช้ไคโตซานต่างชนิดกัน สอดคล้องกับณรงค์เดช (2549) ที่กล่าวว่า อัตราการดูดธาตุอาหารของพืชขึ้นอยู่กับปริมาณธาตุอาหารในดินและความสามารถในการดูดใช้ธาตุอาหารของรากพืช รากพืชจะมีความสามารถในการดูดธาตุอาหารมากน้อยเพียงใด ขึ้นอยู่กับชนิดพืช ขณะที่ค่าเฉลี่ยน้ำหนัก 1,000 เมล็ดของข้าวฟ่างทั้งสองสายพันธุ์ที่ได้รับไคโตซานมีค่าไม่แตกต่างกับชุดควบคุมทางสถิติ เป็นไปในทิศทางเดียวกับงานทดลองของ Boomlertnirun *et al.* (2006) รายงานว่า การใช้ไคโตซานชนิด polymer แช่เมล็ดก่อนปลูก แล้วฉีดพ่นอีก 4 ครั้ง ทำให้ผลผลิตสูงขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับชุดที่ไม่มีการฉีดพ่นไคโตซานและการใช้ไคโตซานชนิด monomer, oligomer และ polymer ไม่ทำให้น้ำหนัก 1,000 เมล็ด ของข้าวสุพรรณบุรี 1 มีค่าแตกต่างกันทางสถิติ สอดคล้องกับงานทดลองของ Krivtsov *et al.* (1996) ที่ใช้ไคโตซานชนิด polymer และ oligomer สามารถเพิ่มผลผลิตของข้าวสาลี ส่วนน้ำหนัก 1,000 เมล็ดของข้าวสาลีเพิ่มขึ้น เมื่อใช้ไคโตซานชนิด polymer ระดับความเข้มข้นต่ำ ใกล้เคียงกับงานทดลองของณรงค์เดช (2549) เมื่อใช้ไคโตซานในอัตรา 0, 0.5, 2.0 และ 0.4 กรัมต่อกระถาง ทำให้น้ำหนักเมล็ดแห้งเฉลี่ยของข้าวโพดหวานไม่แตกต่างกันทางสถิติ เมื่อใส่ไคโตซานอัตรา 4.0 กรัมต่อกระถาง ทำให้น้ำหนักเมล็ดแห้งเฉลี่ยสูงสุด ส่วนชุดการทดลองที่ไม่ใส่ไคโตซานเลยให้น้ำหนักเมล็ดแห้งเฉลี่ยต่ำสุด และงานทดลองของสุชาดา และคณะ (2548) ศึกษาผลของไคโตซานต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1 พบว่า การใช้ไคโตซานชนิดโพลีเมอร์ แช่เมล็ดข้าวก่อนปลูก จากนั้นฉีดพ่นอีก 4 ครั้ง ทำให้ผลผลิตของข้าวไม่มีนัยสำคัญทางสถิติในด้านจำนวนเมล็ดต่อรวงและผลผลิต แต่มีแนวโน้มว่าการใช้ไคโตซานชนิดโพลีเมอร์ แช่เมล็ดก่อนปลูก จากนั้นฉีดพ่น จะให้ผลผลิตสูงสุดคือ 171.25 กรัมต่อสิ่งทดลอง ในขณะที่การไม่ใช้ไคโตซานให้ผลผลิต

เพียง 111.72 กรัมต่อสิ่งทดลอง และตรงข้ามกับการทดลองของ Kuznia *et al.* (1993) พบว่า การแช่เมล็ดถั่วขาวด้วยไคโตซาน ทำให้ผลผลิตไม่เพิ่มขึ้น การใช้ไคโตซานในการเกษตรโดยไม่ใส่ปุ๋ยเคมี ทำให้มีจุลินทรีย์ในดินเพิ่มขึ้น มีการเปลี่ยนอินทรีย์สารในดินไปเป็นอนินทรีย์สาร และถูกดูดไปใช้โดยรากพืช เอ็นไซม์ไคตินในปริมาณมากสามารถเพิ่มความต้านทานแก่พืช ไม่ให้ถูกทำลายโดยจุลินทรีย์ก่อโรค และยับยั้งการแพร่ของจุลินทรีย์ ผลผลิตและปริมาณน้ำตาลในพืชจึงเพิ่มขึ้น (Synowiecki and Nadia, 2003)

ไคโตซานถูกนำมาใช้ทางการเกษตร เนื่องจากเป็นแหล่งคาร์บอนและไนโตรเจนสำหรับจุลินทรีย์ในดิน ทำให้จำนวนจุลินทรีย์เพิ่มมากขึ้น ซึ่งจะเร่งการเปลี่ยนอินทรีย์สารไปเป็นอนินทรีย์สาร และเป็นปุ๋ยที่พืชสามารถดูดไปใช้ในการเจริญเติบโตได้ ไคโตซานถูกดูดเข้าไปทางรากหลังจากถูกย่อยสลายโดยแบคทีเรีย และเชื้อราในดิน (Somashekar and Joseph, 1996; Bolto *et al.*, 2004) ธาตุอาหารจะถูกขนส่งเข้าสู่เซลล์พืช โดยการเคลื่อนย้ายไอออนผ่านเยื่อหุ้มเซลล์เข้าไปในเซลล์ โดยผ่านกระบวนการแบบพาสซีฟ (passive transport) และแบบแอคทีฟ (active transport) ไนโตรเจนและฟอสฟอรัสเป็นธาตุอาหารหลัก ที่มีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืช พืชมีความต้องการในปริมาณมาก ไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของโปรตีน กรดอะมิโน กรดนิวคลีอิก นิวคลีโอไทด์ คลอโรฟิลล์ เอ็นไซม์ โคเอนไซม์ และฮอร์โมนบางชนิด ส่วนฟอสฟอรัสเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของน้ำตาลฟอสเฟต กรดนิวคลีอิก นิวคลีโอไทด์ โคเอนไซม์ ฟอสโฟลิพิด นอกจากนี้ยังมีบทบาทในเมแทบอลิซึมของพลังงาน โดยเฉพาะเป็นองค์ประกอบของ ATP, ADP และ NADP มีความสำคัญในกระบวนการสังเคราะห์แสง (สมบุญ, 2548)

ข้าวฟ่างเป็นพืชที่มีการเจริญเติบโตระยะหนึ่งแล้วหยุดการเจริญเติบโต เข้าสู่ระยะเสื่อมชราและตายในที่สุด ในขณะที่ข้าวฟ่างเจริญเติบโตถึงระยะออกดอก มีการดูดซับ และสะสมธาตุอาหารที่มีความจำเป็นต่อการเจริญเติบโตในส่วนรากและต้นมาก ไนโตรเจนเป็นธาตุอาหารหลักที่พืชต้องการในปริมาณมาก มีความสำคัญในกระบวนการสังเคราะห์แสง ส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช เมื่อขาดไนโตรเจน ใบแก่จะมีสีเหลืองเนื่องจากขาดคลอโรฟิลล์ ลำต้นแคระแกรน การเจริญส่วนต้นและยอดหยุดชะงัก และพืชตายในที่สุด (สมบุญ, 2548) จากการทดลองพบว่า ไคโตซานทำให้เปอร์เซ็นต์และปริมาณไนโตรเจนในต้นอายุ 3 เดือน ของข้าวฟ่างสายพันธุ์ DA5 (1.014 เปอร์เซ็นต์ และ 11.492 มิลลิกรัมต่อต้น ตามลำดับ) และปริมาณไนโตรเจนในต้นอายุ 3 เดือน ของข้าวฟ่างสายพันธุ์ KU439 (9.909 มิลลิกรัมต่อต้น) มีค่าสูงแตกต่างทางสถิติกับชุดควบคุม และมีแนวโน้มทำให้เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนในต้นอายุ 3 เดือน ของข้าวฟ่างสายพันธุ์ KU439 (0.877

เปอร์เซ็นต์) สูงกว่าชุดควบคุม (0.820 เปอร์เซ็นต์) เมื่อเปรียบเทียบในกลุ่มของโคโตซาน พบว่า โคโตซานชนิด polymer ทำให้เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนในต้นข้าวฟ่างสายพันธุ์ DA5 (1.068 เปอร์เซ็นต์) และปริมาณไนโตรเจนในต้นของข้าวฟ่างสายพันธุ์ KU439 (11.261 มิลลิกรัมต่อต้น) สูงแตกต่างกับโคโตซานชนิดอื่นทางสถิติ และมีแนวโน้มว่าการใช้โคโตซานชนิด oligomer ทำให้ข้าวฟ่างสายพันธุ์ DA5 มีปริมาณไนโตรเจนในต้น (12.442 มิลลิกรัมต่อต้น) และเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนในต้นข้าวฟ่างสายพันธุ์ KU439 (0.899 เปอร์เซ็นต์) สูงกว่าโคโตซานชนิดอื่น โคโตซานเป็นแหล่งของคาร์บอนและไนโตรเจนของจุลินทรีย์ในดิน เร่งการเปลี่ยนอินทรีย์สารไปเป็นอนินทรีย์สาร และเร่งให้ระบบรากพืชสามารถดูดธาตุอาหารจากดินมาใช้ได้มากขึ้น (Somashekar and Joseph, 1996; Bolto *et al.*, 2004) จากรายงานของ Ohta *et al.* (1999) โคโตซานมีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดเท่ากับ 8.70 เปอร์เซ็นต์ สามารถปลดปล่อยไนโตรเจนให้พืชดูดไปใช้ในการเจริญเติบโตได้ สอดคล้องกับงานทดลองของณรงค์เดช (2549) พบว่า การใส่โคโตซานอัตรา 0, 0.5, 2.0 และ 4.0 กรัมต่อกระถาง ปริมาณการดูดใช้ใน ไตรเจนในต่อช่วงของข้าวโพดหวานแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง การใส่โคโตซานอัตรา 4.0 กรัมต่อกระถาง ให้ปริมาณการดูดใช้ใน ไตรเจนในต่อช่วงสูงสุด ส่วนชุดการทดลองที่ไม่ใส่โคโตซานทำให้ปริมาณการดูดใช้ใน ไตรเจนในต่อช่วงข้าวโพดต่ำสุด และพบว่า ปริมาณการดูดใช้ใน ไตรเจนในเมล็ดของข้าวโพดหวานแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ชุดการทดลองที่ใส่โคโตซานอัตรา 4.0 กรัมต่อกระถาง ให้ปริมาณการดูดใช้ใน ไตรเจนในเมล็ดสูงสุด ขณะที่ชุดการทดลองที่ไม่ใส่โคโตซานทำให้ปริมาณการดูดใช้ใน ไตรเจนต่ำสุด ส่วนปริมาณการดูดใช้ใน ไตรเจนทั้งหมดในข้าวโพดหวานแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง โดยชุดการทดลองที่ใส่โคโตซานอัตรา 4.0 กรัมต่อกระถาง ให้ปริมาณการดูดใช้ใน ไตรเจนทั้งหมดสูงสุด และชุดการทดลองที่ไม่ใส่โคโตซาน ทำให้ปริมาณการดูดใช้ใน ไตรเจนทั้งหมดต่ำสุด

ฟอสฟอรัสเป็นธาตุอาหารหลักที่พืชต้องการในปริมาณมากเช่นเดียวกับไนโตรเจน มีความสำคัญในกระบวนการเมแทบอลิซึมต่างๆ ภายในเซลล์ เป็นองค์ประกอบของ ADP, ATP, NDAP ถ้าขาดฟอสฟอรัสทำให้ใบพืชมีสีเขียวเข้ม เกิดการสะสมของรงควัตถุพวกแอนโทไซยานิน (anthocyanin) ที่ลำต้นและก้านใบ ทำให้ก้านใบเป็นสีชมพู อาการเริ่มเกิดที่ใบแก่ก่อน ใบจะเป็นจุดแห้งตาย การเจริญของพืชจะหยุดชะงัก ลำต้นแคระแกรน เกิดการพังกาของตาข้าง การออกดอกผลช้าลง แต่ถ้าพืชได้รับฟอสฟอรัสมากจะช่วยเร่งการเจริญเติบโตของดอก ผลและรากเจริญได้ดี (สมบุญ, 2548) ในเดือนที่ 3 เมื่อใช้โคโตซานชนิดต่างๆ มีแนวโน้มทำให้เปอร์เซ็นต์และปริมาณฟอสฟอรัสในต้นอายุ 3 เดือน ของข้าวฟ่างสายพันธุ์ DA5 (0.160 เปอร์เซ็นต์ และ 1.818 มิลลิกรัม

ต่อต้าน ตามลำดับ) และข้าวฟ่างสายพันธุ์ KU439 (0.201 เปอร์เซ็นต์ และ 2.228 มิลลิกรัมต่อต้านตามลำดับ) มีค่าสูง แต่ไม่แตกต่างทางสถิติกับชุดควบคุม และการใช้ไคโตซานต่างชนิดกันไม่ทำให้เปอร์เซ็นต์และปริมาณฟอสฟอรัสในต้นข้าวฟ่างสายพันธุ์ DA5 มีค่าแตกต่างกันทางสถิติ ส่วนการใช้ไคโตซานชนิด polymer ทำให้ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์และปริมาณฟอสฟอรัสในต้นข้าวฟ่างสายพันธุ์ KU439 (0.239 เปอร์เซ็นต์ และ 2.821 มิลลิกรัมต่อต้าน ตามลำดับ) สูง แตกต่างกับไคโตซานชนิดอื่นทางสถิติ เนื่องจากอัตราการดูดธาตุน้ำของพืชขึ้นอยู่กับปริมาณธาตุอาหารในดินและความสามารถในการดูดใช้ธาตุอาหารของรากพืช รากพืชจะมีความสามารถในการดูดธาตุน้ำมากน้อยเพียงใด ขึ้นอยู่กับชนิดพืช (ณรงค์เดช, 2549) จากการที่ข้าวฟ่างสายพันธุ์ DA5 และ KU439 เป็นข้าวฟ่างต่างสายพันธุ์กัน จากสาเหตุนี้ทำให้ข้าวฟ่างสายพันธุ์ KU439 เมื่อใช้ไคโตซานชนิด polymer ทำให้เปอร์เซ็นต์และปริมาณฟอสฟอรัสในต้นสูง ในขณะที่ชนิดของไคโตซานไม่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์และปริมาณฟอสฟอรัสในต้นข้าวฟ่างสายพันธุ์ DA5 เช่นเดียวกับงานทดลองของณรงค์เดช (2549) พบว่า การใส่ไคโตซานอัตรา 0, 0.5, 2.0 และ 4.0 กรัมต่อกระถาง ปริมาณการดูดใช้ฟอสฟอรัสทั้งหมดในข้าวโพดหวานแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ชุดการทดลองที่ใส่ไคโตซานอัตรา 0.2 และ 4.0 กรัมต่อกระถาง ให้ปริมาณการดูดใช้ฟอสฟอรัสทั้งหมดในข้าวโพดหวานสูง ส่วนชุดการทดลองที่ไม่ใส่ไคโตซาน ทำให้ปริมาณการดูดใช้ฟอสฟอรัสทั้งหมดต่ำสุด และไม่แตกต่างกันทางสถิติกับชุดการทดลองที่ใส่ไคโตซานอัตรา 0.5 กรัมต่อกระถาง และทำให้ปริมาณการดูดใช้ฟอสฟอรัสในต่อช่วงของข้าวโพดหวานไม่แตกต่างกันทางสถิติ และปริมาณการดูดใช้ฟอสฟอรัสในเมล็ดของข้าวโพดหวานแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ชุดการทดลองที่ใส่ไคโตซานอัตรา 4.0 กรัมต่อกระถาง ให้ปริมาณการดูดใช้ฟอสฟอรัสในเมล็ดสูงสุด ขณะที่ชุดการทดลองที่ไม่ใส่ไคโตซานทำให้ปริมาณการดูดใช้ฟอสฟอรัสต่ำสุด จากการทดลองปัจจัยที่มีผลต่อความสามารถในการดูดธาตุน้ำของข้าวฟ่างทั้งสองสายพันธุ์ขึ้นอยู่กับอายุพืชและชนิดพืช โดยการใช้ไคโตซานทำให้ปริมาณการดูดใช้ในโตรเจนในต้นของข้าวฟ่างสายพันธุ์ DA5 และ KU439 มีค่าสูงกว่าชุดควบคุม แตกต่างกันทางสถิติ แต่ไม่มีผลต่อปริมาณการดูดใช้ฟอสฟอรัสในต้นของข้าวฟ่างสายพันธุ์ DA5 และ KU439 มีค่าแตกต่างกัน ส่วนการใช้ไคโตซานต่างชนิดกันไม่มีผลต่อปริมาณการดูดใช้ในโตรเจนในต้นของข้าวฟ่างสายพันธุ์ KU439 และปริมาณการดูดใช้ในโตรเจนและฟอสฟอรัสในต้นของข้าวฟ่างสายพันธุ์ DA5 แต่ไคโตซานชนิด polymer ทำให้ปริมาณการดูดใช้ฟอสฟอรัสในต้นของข้าวฟ่างสายพันธุ์ KU439 มากกว่าการใช้ไคโตซานชนิดอื่นๆ การที่ไคโตซานช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของต้นและรากข้าวฟ่าง จึงทำให้การดูดใช้ธาตุอาหารมีประสิทธิภาพมากขึ้น สำหรับความเข้มข้นของไคโตซานไม่มีผลต่อปริมาณการดูดใช้ในโตรเจนและฟอสฟอรัสในต้นของข้าวฟ่างสายพันธุ์ DA5 และ KU439 แสดงว่าระดับความเข้มข้นของไค

โตซาน 100 และ 200 ppm อาจไม่เหมาะสมต่อการดูค่าใช้ในโตรเจนและฟอสฟอรัสในต้นของข้าวฟ่างทั้งสองสายพันธุ์ เพราะการที่ไคโตซานจะสามารถส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชได้ดีนั้น จะต้องมีความเข้มข้นหรือปริมาณการใช้ที่เหมาะสม (รัฐ, 2548) จึงต้องมีการปรับเปลี่ยนระดับความเข้มข้นของไคโตซานเพื่อให้ความเหมาะสมต่อข้าวฟ่างทั้งสองสายพันธุ์

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

1. จากการศึกษาผลของไคโตซานชนิดต่างๆ ได้แก่ ไคโตซานชนิด polymer oligomer ฉายรังสี 75 kGy และ 100 kGy MT ไคโตซาน จิบเบอเรลลิน และน้ำกลั่น (ชุดควบคุม) ระดับความเข้มข้น 100 และ 200 ppm ที่มีต่อการงอกและการเจริญเติบโตของต้นกล้าข้าวฟ่างสายพันธุ์ DA5 และ KU439 ได้ผลดังนี้

1.1 การใช้ไคโตซานต่างชนิดกัน และจิบเบอเรลลิน ระดับความเข้มข้นต่างกัน ไม่ทำให้เปอร์เซ็นต์การงอก และดัชนีการงอกของข้าวฟ่างสายพันธุ์ DA5 และ KU439 มีค่าแตกต่างกับชุดควบคุมทางสถิติ

1.2 ไคโตซานฉายรังสี 100 kGy ทำให้เปอร์เซ็นต์การงอกที่อายุ 4 วัน (95.60 เปอร์เซ็นต์) และ 10 วัน (96.80 เปอร์เซ็นต์) และดัชนีการงอก (30.21) ของข้าวฟ่างสายพันธุ์ KU439 มีค่าสูงกว่าการใช้ไคโตซานชนิดอื่น แต่ไม่พบค่าแตกต่างทางสถิติเมื่อใช้ไคโตซานต่างชนิดกัน ทดสอบกับข้าวฟ่างสายพันธุ์ DA5

1.3 การใช้ไคโตซานความเข้มข้น 100 ppm มีผลทำให้เปอร์เซ็นต์และดัชนีการงอกของข้าวฟ่างสายพันธุ์ KU439 มีค่าสูงกว่าเมื่อใช้ที่ระดับความเข้มข้น 200 ppm

1.4 การใช้ไคโตซานทำให้ข้าวฟ่างสายพันธุ์ DA5 มีความยาวยอด ความยาวราก และความยาวต้นกล้า มากกว่าการใช้จิบเบอเรลลินและชุดควบคุม โดยไคโตซานฉายรังสี 75 kGy และ 100 kGy ทำให้ข้าวฟ่างสายพันธุ์ DA5 มีความยาวยอด (13.23 และ 13.33 เซนติเมตร ตามลำดับ) ความยาวราก (12.35 และ 11.98 เซนติเมตร ตามลำดับ) และความยาวต้นกล้าข้าวฟ่าง (25.58 และ 25.31 เซนติเมตร ตามลำดับ) สูงกว่าไคโตซานชนิดอื่นๆ ส่วนข้าวฟ่างสายพันธุ์ KU439 การใช้ไคโตซาน และจิบเบอเรลลินไม่ทำให้ความยาวราก และความยาวต้นกล้าข้าวฟ่าง มีค่าแตกต่างจากชุดควบคุม แต่จิบเบอเรลลินทำให้ข้าวฟ่างมีความยาวยอด (7.79 เซนติเมตร) ความยาวราก (10.38 เซนติเมตร) ความยาวต้นกล้าข้าวฟ่าง (18.16 เซนติเมตร) สูงกว่าการใช้ไคโตซาน

1.5 การใช้ไคโตซานความเข้มข้น 100 ppm ทำให้ข้าวฟ่างสายพันธุ์ DA5 และ KU439 มีการเจริญเติบโตของต้นกล้าดีกว่าระดับความเข้มข้น 200 ppm

2. จากการศึกษาผลของไคโตซานชนิดต่างๆ ได้แก่ ไคโตซานชนิด polymer oligomer ฉายรังสี 75 kGy และ 100 kGy MT ไคโตซาน และชุดควบคุม ระดับความเข้มข้น 100 และ 200 ppm ที่มีการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวฟ่างสายพันธุ์ DA5 และ KU439 ได้ผลดังนี้

2.1 ไคโตซานทำให้ความสูงของข้าวฟ่างสายพันธุ์ DA5 อายุ 1, 2, 3 และ 4 เดือน (19.27, 43.03, 70.15 และ 87.93 เซนติเมตร ตามลำดับ) และข้าวฟ่างสายพันธุ์ KU439 อายุ 1, 2, 3 และ 4 เดือน (13.58, 39.02, 79.14 และ 115.13 เซนติเมตร ตามลำดับ) มากกว่าชุดควบคุม

2.2 ไคโตซานไม่มีผลต่อจำนวนใบของข้าวฟ่างสายพันธุ์ DA5 อายุ 1 และ 4 เดือน และจำนวนใบของข้าวฟ่างสายพันธุ์ KU439 อายุ 1, 2 และ 4 เดือน แต่มีผลทำให้จำนวนใบของข้าวฟ่างสายพันธุ์ DA5 อายุ 2 และ 3 เดือน (7.50 และ 10.50 ใบต่อต้น ตามลำดับ) และข้าวฟ่างสายพันธุ์ KU439 อายุ 3 เดือน (9.64 ใบต่อต้น) มากกว่าชุดควบคุม

2.3 ไคโตซานไม่ทำให้พื้นที่ใบของข้าวฟ่างสายพันธุ์ DA5 อายุ 1, 2, 3 และ 4 เดือน และพื้นที่ใบของข้าวฟ่างสายพันธุ์ KU439 อายุ 1, 2 และ 3 เดือน มีค่าแตกต่างกับชุดควบคุมทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบในกลุ่มของไคโตซาน ไคโตซานชนิด polymer ทำให้ข้าวฟ่างสายพันธุ์ KU439 อายุ 2, 3 และ 4 เดือน มีพื้นที่ใบเฉลี่ย (201.10, 297.25 และ 327.72 ตารางเซนติเมตรต่อใบ ตามลำดับ) มากกว่าการใช้ไคโตซานชนิดอื่น

2.4 ไคโตซานทำให้ข้าวฟ่างทั้งสองสายพันธุ์ออกดอกเร็วกว่าชุดควบคุม โดยมีค่าแตกต่างกันทางสถิติ ส่วนไคโตซานชนิด polymer มีแนวโน้มทำให้ข้าวฟ่างสายพันธุ์ DA5 และ KU439 ออกดอกเร็ว (107.63 และ 86.32 วัน ตามลำดับ) กว่าที่ใช้ไคโตซานชนิดอื่น

2.5 ไคโตซานไม่มีผลต่อน้ำหนักแห้งต้นอายุ 3 เดือน และน้ำหนัก 1,000 เมล็ด ของข้าวฟ่างสายพันธุ์ DA5 และ KU439 แต่ทำให้ข้าวฟ่างสายพันธุ์ DA5 และ KU439 มีน้ำหนักแห้งต้นอายุ 4 เดือน (44.16 และ 25.73 กรัมต่อต้น ตามลำดับ) น้ำหนักแห้งราก (12.51 และ 6.66 กรัมต่อต้น ตามลำดับ) น้ำหนักช่อ (18.02 และ 15.80 กรัมต่อต้น ตามลำดับ) น้ำหนักมวลชีวภาพ (74.69

และ 48.20 กรัมต่อตัน ตามลำดับ) น้ำหนักเมล็ด (15.50 และ 13.81 เมล็ดต่อตัน ตามลำดับ) จำนวนเมล็ด (567.43 และ 482.40 เมล็ดต่อตัน ตามลำดับ) สูงกว่าชุดควบคุม โดยมีค่าแตกต่างกันทางสถิติ

2.6 ไคโตซานทำให้ข้าวฟ่างสายพันธุ์ DA5 มีเปอร์เซ็นต์และปริมาณไนโตรเจนในต้นอายุ 3 เดือน (1.014 เปอร์เซ็นต์ และ 11.492 มิลลิกรัมต่อตัน ตามลำดับ) และข้าวฟ่างสายพันธุ์ KU439 มีปริมาณไนโตรเจนในต้นอายุ 3 เดือน (9.909 มิลลิกรัมต่อตัน) สูงกว่าชุดควบคุม โดยไคโตซานชนิด polymer ทำให้เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนในต้นข้าวฟ่างสายพันธุ์ DA5 มีค่าสูงสุดเท่ากับ 1.068 เปอร์เซ็นต์ แตกต่างทางสถิติกับไคโตซานชนิดอื่น ส่วนเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนในต้นข้าวฟ่างสายพันธุ์ KU439 มีค่าไม่แตกต่างกับชุดควบคุมทางสถิติ

2.7 ไคโตซานไม่ทำให้เปอร์เซ็นต์และปริมาณฟอสฟอรัสในต้นอายุ 3 เดือน ของข้าวฟ่างสายพันธุ์ DA5 และ KU439 มีค่าแตกต่างกับชุดควบคุม แต่ไคโตซานชนิด polymer ทำให้ข้าวฟ่างสายพันธุ์ KU439 มีเปอร์เซ็นต์ (0.239 เปอร์เซ็นต์) และปริมาณฟอสฟอรัสในต้น (2.821 มิลลิกรัมต่อตัน) สูง แตกต่างทางสถิติกับการใช้ไคโตซานชนิดอื่น

ข้อเสนอแนะ

ในการนำไคโตซานมาประยุกต์ใช้เพื่อเร่งการเจริญเติบโตของพืช จำเป็นต้องมีการเลือกใช้ชนิดของไคโตซาน และระดับความเข้มข้น เพื่อให้เหมาะสมกับชนิดของพืช จึงทำให้พืชมีการเจริญเติบโตและผลผลิตสูงสุด

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กฤษฎา ตัมพันธารักษ์, สุธี รัชยาแก้ว, ชำรงศิลป์ โพธิ์สูง และสุขเกษม จิตรสิงห์. 2546. ข้าวฟ่าง พันธุ์ KU439. ธนาคารเมล็ดพันธุ์พืช 50 ปี มก. แหล่งที่มา: <http://www.rdi.ku.ac.th/seed/ku439.html>, 20 ตุลาคม 2550.

จวงจันทร์ ดวงพัตรา. 2529. การตรวจสอบและวิเคราะห์คุณภาพเมล็ดพันธุ์. กลุ่มหนังสือเกษตร, กรุงเทพฯ. 194 น.

ชนัสพร เกลี้ยงแก้ว, สุวดี จันทร์กระจ่าง และพัลภา เสวตศิลา. 2546. การศึกษาผลของไคโตซานที่มีต่อการย้ายปลูกและการเจริญเติบโตของกล้วยไม้สกุลรองเท้านารีลูกผสม *Paphiopedilum bellatulum* × *PAPH*. Angthong ที่ได้จากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ, น. 65-68. ใน เอกสารประกอบการประชุมไคติน-ไคโตซานแห่งประเทศไทย. ศูนย์วัสดุชีวภาพไคติน-ไคโตซาน จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ร่วมกับ ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ อาคารสถาบัน 3 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

ทิวาพร แสนตลาด. 2547. การศึกษาคุณสมบัติของไคโตซานที่ผ่านการฉายรังสี. ปัญหาพิเศษ, ภาควิชารังสีประยุกต์และไอโซโทป, คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ชำรงศิลป์ โพธิ์สูง. 2547. รายงานประจำปี 2547 โครงการปรับปรุงพันธุ์ข้าวฟ่าง (ศ.2). ศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ณรงค์เดช ฮองกุล. 2549. ผลของไคโตซานต่อการดูดใช้ธาตุอาหารจากการใช้ปุ๋ยเคมีของข้าวโพดหวานในชุดดินปากช่อง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

นิภาวรรณ โพธิ์สุพรรณ. 2548. ผลของการใช้สารสกัดพืช สารสกัดปลา ไคโตซาน และภูไมท์ ร่วมกับปุ๋ยเคมีต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของถั่วเหลืองพันธุ์ ชม. 60. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

นพรัตน์ วงศ์อนุรักษ์ชัย. 2548. ความสัมพันธ์ของฟอสเฟตระหว่างดินกับพืชในการปลูกข้าวเมื่อใช้ ไคโตซานเป็นสารเร่งการเจริญเติบโต โดยเทคนิคการติดตามเชิงนิวเคลียร์. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยบูรพา.

ปิยะบุตร วานิชพงษ์พันธุ์. 2544. ไคติน-ไคโตซาน, น. 9-10. ใน ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ, บรรณาธิการ. **เรื่องน่ารู้ ไคติน-ไคโตซาน**. สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ, กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม, กรุงเทพฯ.

พัชรา ลิมปนะเวช, รัฐ พิษณุางกูร, ชุมพล คุณวาสิ, ศุภจิตรา ชัชวาล, พงศ์ธาริน โล่ห์ตระกูล, เรื่อง วิทย์ บรรจงรัตน์ และฐปนา อัครเอกปัญญา. 2547. ผลของไคโตซานที่มีต่อการเจริญทางต้นและใบของกล้วยไม้ *Dendrobium* ‘เอียสกุล’, น. 1-8. ใน เอกสารประกอบการสัมมนา **การใช้ไคโตซานในไม้ดอก**. อาคารสถาบันวิจัยโลหะและวัสดุ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพฯ และทัศนศึกษาศวนกล้วยไม้, ราชบุรี.

พงศ์ธาริน โล่ห์ตระกูล, กนกวรรณ เสรีภาพ, ศุภจิตรา ชัชวาล และรัฐ พิษณุางกูร. 2549. ผลของขนาดพอลิเมอร์และความเข้มข้นของไคโตซานต่อการเติบโต ผลผลิต และการรักษาหลังการเก็บเกี่ยวของกระเจี๊ยบเขียว *Abelmoschus esculentus* (L.) Moench. การติดเชื้อไวรัสเส้นใบเหลือง และการกัดกินของหนอนกระทู้หอม *Spodoptera exigua* Hubner, 1808. **ชื่อโครงการวิจัย**. แหล่งที่มา: <http://www.research.chula.ac.th/abstract/libraly/sci08.pdf>, 10 พฤศจิกายน 2550.

ภาวดี เมฆะคานนท์. 2544. ใครรู้อ่าง...แมลงก็เป็นแหล่งไคติน. **สาระความรู้ชมรมไคติน-ไคโตซาน**. 3(7): 2.

รัฐ พิษณุางกูร. 2543. คุณสมบัติและกลไกการทำงานของสารไคติน-ไคโตซานที่สามารถช่วยเพิ่มผลผลิตทางการเกษตร. ใน การประชุมเรื่อง “ เกษตรยุคใหม่กับไคติน-ไคโตซาน” วันที่ 18 กุมภาพันธ์ ห้องสุธรรมอารีกุล อาคาร 50 ปี มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

รัฐ พิษณุางกูร. 2548. ไคโตซานกับการเพาะเนื้อเยื่อกล้วยไม้, น. 1-5. ใน เอกสารประกอบการสัมมนาการใช้ไคโตซานในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช. ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ร่วมกับศูนย์วัสดุชีวภาพไคติน-ไคโตซาน สถาบันวิจัยโลหะและวัสดุ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

รัตเกล้า ภูติวรรณ. 2539. การทำให้เกิดโครงตาข่ายของแผ่นฟิล์มไคโตซานโดยการใช้กลูตารัลดีไฮด์เป็นสารช่วยในการเกิดโครงร่างตาข่าย. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

รณวิข สิงหสุรศักดิ์, รัฐ พิษณุางกูร, ศุภจิตรา ชัชวาล, เรืองวิทย์ บรรจงรัตน์ และพัชรา ลิมปะนะเวช. 2549. การเพิ่มประสิทธิผลของการย้ายปลูกต้นกล้วยไม้ *Dendrobium* 'เอียสกุล' จากการเลี้ยงเนื้อเยื่อด้วยการใช้ไคโตซาน, น. 22-30. ใน เอกสารประกอบการประชุมไคติน-ไคโตซานแห่งประเทศไทยครั้งที่ 4. อาคารสถาบันวิจัยโลหะและวัสดุ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

เรวัต เลิศฤทัยโยทิน. 2541. ข้าวฟ่าง, น. 20-25. ใน รังสฤษฎ์ กาวิต๊ะ, เรวัต เลิศฤทัยโยทิน, ชูศักดิ์ จอมพุก และจุฑามาศ ร่มแก้ว, บรรณาธิการ. พฤษศาสตร์พืชเศรษฐกิจ. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

วัชร เลิศมงคล และนพพร คล้ายพงษ์พันธุ์. 2547. ข้าวฟ่าง, น.74-85. ใน นพพร คล้ายพงษ์พันธุ์, รังสฤษฎ์ กาวิต๊ะ, เรวัต เลิศฤทัยโยทิน และสนธิชัย จันทร์เปรม, บรรณาธิการ. พืชเศรษฐกิจ. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

วรรณวิมล ปาสาณพันธุ์. 2546. การแยกโมเลกุลลำดับส่วนไคโตซานจากการฉายรังสีแกมมาโดยใช้วิธีเลือกการตกตะกอนด้วยตัวทำละลายที่เหมาะสม. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ศุภจิตรา ชัชวาล. 2548. ผลของไคโตซานในพืช, น.1-9. ใน เอกสารประกอบการสัมมนาการใช้ไคโตซานในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช. ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ร่วมกับ ศูนย์วัสดุชีวภาพไคติน-ไคโตซาน สถาบันวิจัยโลหะและวัสดุ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ. 2544. **เรื่องนำรู้ไคติน-ไคโตซาน**. สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ, กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม, กรุงเทพฯ. 32 น.

_____ 2548ก. **ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับไคติน-ไคโตซาน (Chitin-Chitosan Technical note)**. สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ, กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีร่วมกับ ศูนย์วัสดุชีวภาพไคติน-ไคโตซาน สถาบันวิจัยโลหะและวัสดุ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ. 22 น.

_____. 2548ข. **การใช้ไคโตซานในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช**. สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ, กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีร่วมกับ ศูนย์วัสดุชีวภาพไคติน-ไคโตซาน สถาบันวิจัยโลหะและวัสดุ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ. 20 น.

สถิตย์ พูลทรัพย์. 2544. อนุพันธ์ไคตินและไคโตซาน, น. 25-27. ใน ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ, บรรณาธิการ. **เรื่องนำรู้ไคติน-ไคโตซาน**. สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ, กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม, กรุงเทพฯ.

สุชาดา บุญเลิศนิรันดร์, กิติ บุญเลิศนิรันดร์ และอิสรา สุขสถาน. 2548. ผลของไคโตซานต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1, น. 37-42. ใน รายงานการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 43 (สาขาพืช). มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สุรพล อุปดิศสกุล. 2536. **สถิติการวางแผนการตลาด เล่ม 1**. สหมิตรออฟเซต, กรุงเทพฯ. 382 น.

สุวดี จันทร์กระจ่าง. 2539. คาร์โบไฮเดรตจากทรัพยากรทางทะเล, น. 42-57. ใน เอกสาร
 ประกอบการประชุมเชิงปฏิบัติการ เรื่อง “คาร์โบไฮเดรต: ปัจจุบันและอนาคต”.
 มหาวิทยาลัยศิลปากร วิทยาเขตทับแก้ว, นครปฐม.

_____. 2544. การประยุกต์ใช้สารโคโคซาน, น. 13-15. ใน ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุ
 แห่งชาติ, บรรณาธิการ. **เรื่อนำรู้โคติน-โคโคซาน**. สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และ
 เทคโนโลยีแห่งชาติ, กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม, กรุงเทพฯ.

_____. 2546. ผลิตภัณฑ์จากโคติน-โคโคซานและการประยุกต์ใช้ในประเทศ, น. 3-7. ใน
 เอกสารประกอบการประชุมโคติน-โคโคซานแห่งประเทศไทย. ศูนย์วัสดุชีวภาพโคติน-โค
 โคซาน จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ร่วมกับ ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ อาคาร
 สถาบัน 3 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

สุวดี จันทร์กระจ่าง, เพ็ญใจ สมพงษ์ชัยกุล และสมชาย ต่วนต่าย. 2546. ผลของการใช้โคโคซานใน
 การปลูกพืชผักสวนครัวแบบผสมผสาน, น. 158-160. ใน เอกสารประกอบการประชุมโค
 ติน-โคโคซานแห่งประเทศไทย. ศูนย์วัสดุชีวภาพโคติน-โคโคซาน จุฬาลงกรณ์
 มหาวิทยาลัย ร่วมกับ ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ อาคารสถาบัน 3 จุฬาลงกรณ์
 มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

สมบุญ เตชะภิญญาวัฒน์. 2548. **สรีรวิทยาของพืช**. จามจุรีโปรดักท์, กรุงเทพฯ. 252 น.

สมบุญ เตชะภิญญาวัฒน์, พรรณี พักคง, สุปราณี งามประสิทธิ์, อมรา ทองปาน, วัลลภ อารีรบ และ
 ปิยนุฐ ธนาวุฒิ. 2549. ผลของโคโคซานที่ตัดพอลิเมอร์ด้วยรังสีต่อการงอกของเมล็ดและ
 การเจริญเติบโตของต้นกล้าข้าวฟ่าง. น. 545-553 ใน รายงานการประชุมทางวิชาการของ
 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 44 (สาขาวิทยาศาสตร์). มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์,
 กรุงเทพฯ.

เอกสารประกอบการสัมมนาทางวิชาการ. 2542. เรื่องความร่วมมือของภาครัฐและเอกชนในการพัฒนาการผลิต และการใช้สารไคติน-ไคโตซานแบบครบวงจร วันที่ 2-3 เมษายน 2542 ณ จังหวัด ระนอง จัดโดย ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ ศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ สถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย และกลุ่มเพาะเลี้ยงปูและกุ้ง.

Ali, M., T. Horiuchi and S. Miyagawa. 1997. Nodulation, nitrogen fixation and growth of soybean plants (*Glycine max* Merr.) in soil supplemented with chitin and chitosan. **Japanese J. of Crop Sci.** 66(1): 100-107.

Austin, P.R. 1977. Chitin-Chitosan. **Chitin Solution**. Available Source: <http://www.freepatentsonline.com/4059457.html>, October 26, 2006.

Barka, E.A., P. Eullaffroy, C. Clement and G. Vernet. 2004. Chitosan improves development and protects *Vitis vinifera* L. against *Botrytis cinerea*. **Plant Cell Repro.** 22: 178-186.

Bolto, B., D. Dixon and R. Eldridge. 2004. Ion exchange for the removal of natural organic matter. **React. and Funct. Polym.** 60: 171-182.

Boomlertnirun, S., E. Sarobol and I. Sooksathan. 2006. Effects of molecular weight of chitosan on yield potential of rice cultivar Suphan Buri 1. **Kasetsart J. (Nat. Sci.)**. 40: 854-861.

Budavari, S. 1976. **The Merck index: an Encyclopedia of Chemicals Drugs and Biological**. New Jersey: Merck. 703 p.

Carroad, P.A. and R.A. Tom. 1978. Bioconversion of shellfish chitin waste: Process conception and selection of microorganisms. **J. of Food Sci.** 43: 1158-1161.

Chapman, H.D. and P.F. Pratt. 1978. **Methods of Analysis for Soils Plants and Waters**. Division of Agricultural Sciences University of California U.S.A. 309 p.

- Chibu, H., H. Shibayama, and S. Arima . 2002. Effects of chitosan application on chitinase activity in shoot of rice and soybean. **Japanese J. of Crop Sci.** 71(2): 212-219.
- Domard, A. 1996. Some physicochemical and structural basis for applicability of chitin and chitosan, pp. 3. *In* W.F. Stevens, M.S. Rao, and S. Chandkrachang, eds. **The Proceeding of the Second Asia Pacific Symposium.** Bioprocess Technology Program Asian Institute of Technology Bangkok, Thailand.
- Dzung, N.A. and N.Q. Hein. 2002. Effect of oligoglucosamine prepared by enzyme degradation on the growth of soybean. **Advances in Chitin Sci.** 5: 463-467.
- Foster, A.B. and J.M. Webber. 1960. Chitin. **Advances in Carbohydr. Chem.** 15: 371-393.
- Hidalgo, L., W. Argelles, C. Peniche, M. Pino de los and E. Terry. 1996. Effect of chitosan in seed treatment of tomato. **Revista de Protect. Vegeta.** 11: 37-39.
- International Seed Testing Association (ISTA). 1976. International rule of seed testing. Proceedings of International Seed Testing, pp. 1-52. Association 3.
- Khan, W.M., B. Prithviraj and D.L. Smith. 2002. Effect of foliar application of chitin and chitosan oligosaccharide on photosynthesis of maize and soybean. **Photosynthetica.** 40(4): 621-624.
- Khan, W.M., B. Prithviraj and D.L. Smith. 2003. Chitosan and chitin oligomers increase phenylalanine ammonia-lyase and tyrosine ammonia-lyase activities in soybean leaves. **Plant Physiol.** 160: 859-863.
- Knorr, D. 1984. Use of chitinous polymer in food. **Food Technol.** 38: 85-97.

- Krivtsov, G.G., N.A. Loskutova, N.S. Konyuknova, E.I. Khor'kov, N.V. Kononenko and B.F. Vanyushine. 1996. Effect of chitosan elicitors on wheat plants. **Biol. Bull. of the Russian Academy of Sci.** 23: 16-21.
- Kuznia, R.A., R.A. Meronuck and E.L. Stewart. 1993. Effect of seed treatments on stand establishment, root necrosis, and yield of *Lupinus albus*. **Plant Dis.** 77: 892-895.
- 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.
- Li, Q., E.T. Dunn, E.W. Grandmaison, and M.F.A. Goosen. 1992. Applications and properties of chitosan. **J. of Bioa.t. and Compat. Polym.** 7: 370-397.
- Luan, L.Q., V.T.T. Ha, L. Hai, N.Q. Hien, N. Nagasawa, F. Yoshii and T. Kume. 2002. Effect of Radiation-Degraded Chitosan on Growth Promotiom of Flower Plant in Tissue Culture. **Science Link Japan**. Available Source: <http://sciencelinks.jp/jeast/article/200215/000020021502A0527542.php>, October 26, 2006.
- Muzzarelli, R.A.A. 1977. **Chitin**. Pergamon press, New York. 309 p.
- Nge, K.L., N. Nwe, S. Chandkrachang and W.F. Stevens. 2006. Chitosan as a growth stimulator in orchid tissue culture. **Plant Sci.** 170: 1185-1190.
- Ohta, K., A.Taniguchi, N. Konishi, and T. Hosoki. 1999. Chitosan treatment affects plant growth and flower quality in *Eustoma grandiflorum*. **Hort Sci.** 34: 233-234.
- Ouyang, S. and X. Langlai. 2003. Effect of chitosan on nutrient quality and some agronomic characteristic of non- hending Chinese cabbage. **Plant Physiol. Commun.** 39: 21-24.

- Pornpeanpakdee, P., R. Pichyangkura, S. Chadchawan and P. Limpanavech. 2005. Chitosan effects on *Dendrobium* 'EISKUL' protocorm-like body production. In 31st Congress on Science and Technology of Thailand at Suranaree University of Technology, 18-20 October 2005. **Introduction**. Available Source: http://www.scisoc.or.th/stt/31/sec_k/paper/stt31_K001.pdf, October 26, 2006.
- Reddy, M.V.B., J Arul, P. Angers and L. Couture. 1999. Chitosan treatment of wheat seed induces resistance to *Fusarium graminearum* and improves seed quality. **J. Agr. Food Chem.** 47: 1208-1216.
- Sabharwal, S. 2001. **Radiation Chemistry of Monomers and Polymers**. Radiation Technology Development Section, Bhabha Atomic Research Center, India. 450 p.
- Shahidi, F., J.K.V. Arachchi and Y-J. Jeon. 1999. Food applications of chitin and chitosan. **Trends in Food Sci. & Technol.** 10: 37-51.
- Sharathchandra, R.G., S.N. Raj, N.P. Shetty, K.N. Amruthesh and H.S. Shetty. 2004. A chitosan formulation ElexaTM induces downy mildew disease resistance and growth promotion in pearl millet. **Crop Protect.** 23: 811-888.
- Singh, A. and J. Silverman. 1992. **Radiation Processing of Polymers**. Progress in Polymer Processing Series, American Chemical Society, New York. 377 p.
- Siri-Upathum, C. 2002. Radiation degradation of chitosan and its application for young orchid plants growth promotion. **Advances in Chitin Sci.** 5: 475-478.
- Somashekar, D. and R. Joseph. 1996. Chitosanase-properties and applications: A Review. **Bioresource Technol.** 55: 35-45.

- Stelmock, R.L., F.M. Husby and A.L. Brundage. 1985. Application of Van Soest Acid detergent fiber method for analysis of shell fish chitin. **J. of Dairy Sci.** 43: 1158-1161.
- Synowiecki, J. and A.K. Nadia. 2003. Production, properties and some new applications of chitin and its derivatives. **Critical Rev. in Food Sci and Nutri.** 43: 145-171.
- Taiz, L. and E. Zeiger. 2002. **Plant Physiology**. 3rd ed. Sinauer Associates, Inc. Sunderland, USA. 690 p.
- Tham, L.X., N. Nagasawa, S. Matsuhashi, N.S. Ishioka, T. Ito and T. Kume. 2001. Effect of radiation degraded chitosan and plants stressed with vanadium. **Radia. Phys. and Chem.** 61: 171-175.
- Tokura, S. and H. Tamura. 1999. **Basic Properties of Chitin and Chitosan**. The Takasaki Workshop on Radiation Processing of Natural Polymer Takasaki Cooperation, Japan. 344 p.
- Uddin, A.F.M.J., F. Hashimoto, K. Shimizu and Y. Sakata. 2004. Monosaccharides and chitosan sensing in bud growth and petal pigmentation in *Eustoma grandiflorum* (Raf.) Shinn. **Scientia Hort.** 100: 127-138.
- Ulanski, R. and J. Rosiak. 1992. Preliminary studies on radiation-induced changes in chitosan. **Radia. Appl. Instrum.** 39: 53-57.
- Utsunomiya, N., H. Kinai, Y. Matsui and T. Takebaysshi. 1998. The effect of chitosan oligosaccharides soil conditioner and nitrogen fertilizer on the flowering and fruit growth of purple passion fruit (*Passiflora edulis* Sims var. *edulis*). **Japanese Society for Hort. Sci.** 67: 567-571.

- Vinh, T. and D.A. Nguyen 2006. Study on chitosan oligomer on growth, development and disease resistance of rice, pp. 381-383. *In* S.K. Kim, H.K. No and R.D. Park, eds. **Proceedings of the 7th Asia Pacific chitin-chitosan symposium**. Bexco, Busan, Korea.
- Yoksan, R., S. Biramontri and S. Chirachanchai. 2002. Structural characterization of γ -ray irradiated chitosan, pp. 301-305. *In* **Chitin-Chitosan Symposium and Exhibition 5th Asia Pacific**. MTEC, Thailand.

ภาคผนวก

ตารางผนวกที่ 1 การวิเคราะห์ความแปรปรวนเปอร์เซ็นต์การงอกอายุ 4 วัน ของข้าวฟ่างสายพันธุ์ DA5 ที่ใส่ไคโตซานชนิดต่างๆ และจิบเบอเรลลิน ระดับความเข้มข้นต่างกัน

Source of variation	d.f.	SS	MS
Replications	4	40.86	10.22
Treatments	12	130.46	1.66
Treated vs Control	1	1.66	1.66
Among treated	11	128.80	11.71*
Chitosan vs GA	1	58.08	58.08**
GA ₁₀₀ vs GA ₂₀₀	1	57.60	57.60**
Among Chitosan	9	13.12	1.46
Type of chitosan	4	1.92	0.48
Concentration	1	8.00	8.00
Type×Conc.	4	3.20	0.80
Error	48	221.54	4.62
Total	64	392.86	

ตารางผนวกที่ 2 การวิเคราะห์ความแปรปรวนเปอร์เซ็นต์การงอกอายุ 10 วัน ของข้าวฟ่างสายพันธุ์ DA5 ที่ใส่ไคโตซานชนิดต่างๆ และจิบเบอเรลลิน ระดับความเข้มข้นต่างกัน

Source of variation	d.f.	SS	MS
Replications	4	38.40	9.60*
Treatments	12	22.15	4.02
Treated vs Control	1	4.02	4.02
Among treated	11	18.13	1.65
Chitosan vs GA	1	3.41	3.41
GA ₁₀₀ vs GA ₂₀₀	1	1.60	1.60
Among Chitosan	9	13.12	1.46
Type of chitosan	4	1.92	0.48
Concentration	1	8.00	8.00
Type×Conc.	4	3.20	0.80
Error	48	160.00	3.33
Total	64	220.55	

ตารางผนวกที่ 3 การวิเคราะห์ความแปรปรวนดัชนีการงอกอายุ 10 วัน ของข้าวฟ่างสายพันธุ์ DA5 ที่ใส่ไคโตซานชนิดต่างๆ และจิบเบอเรลลิน ระดับความเข้มข้นต่างกัน

Source of variation	d.f.	SS	MS
Replications	4	3.96	0.99
Treatments	12	31.37	2.43
Treated vs Control	1	2.43	2.43
Among treated	11	28.94	2.63
Chitosan vs GA	1	0.19	0.19
GA ₁₀₀ vs GA ₂₀₀	1	3.61	3.61
Among Chitosan	9	25.14	2.79
Type of chitosan	4	12.82	3.21
Concentration	1	4.91	4.91
Type×Conc.	4	7.41	1.85
Error	48	67.04	1.40
Total	64	102.38	

ตารางผนวกที่ 4 การวิเคราะห์ความแปรปรวนความยาวอคอายุ 10 วัน ของข้าวฟ่างสายพันธุ์ DA5
ที่ใส่ไคโตซานชนิดต่างๆ และจิบเบอเรลลิน ระดับความเข้มข้นต่างกัน

Source of variation	d.f.	SS	MS
Replications	4	6.20	1.55
Treatments	12	70.12	13.34**
Treated vs Control	1	13.34	13.34**
Among treated	11	56.76	5.16**
Chitosan vs GA	1	2.06	2.06
GA ₁₀₀ vs GA ₂₀₀	1	1.14	1.14
Among Chitosan	9	53.56	5.95**
Type of chitosan	4	30.13	7.53**
Concentration	1	15.32	15.32**
Type×Conc.	4	8.11	2.03
Error	48	77.09	1.61
Total	64	153.41	

ตารางผนวกที่ 5 การวิเคราะห์ความแปรปรวนความยาวรากอายุ 10 วัน ของข้าวฟ่างสายพันธุ์ DA5
ที่ใส่ไคโตซานชนิดต่างๆ และจิบเบอเรลลิน ระดับความเข้มข้นต่างกัน

Source of variation	d.f.	SS	MS
Replications	4	6.07	1.52
Treatments	12	106.32	7.81**
Treated vs Control	1	7.81	7.81**
Among treated	11	98.51	8.96**
Chitosan vs GA	1	15.01	15.01**
GA ₁₀₀ vs GA ₂₀₀	1	0.16	0.16
Among Chitosan	9	83.33	9.26**
Type of chitosan	4	77.99	19.50**
Concentration	1	0.12	0.12
Type×Conc.	4	5.23	1.31
Error	48	44.36	0.92
Total	64	156.74	

ตารางผนวกที่ 6 การวิเคราะห์ความแปรปรวนความยาวต้นกล้าอายุ 10 วัน ของข้าวฟ่างสายพันธุ์ DA5 ที่ใส่ไคโตซานชนิดต่างๆ และจิบเบอเรลลิน ระดับความเข้มข้นต่างกัน

Source of variation	d.f.	SS	MS
Replications	4	9.60	2.40
Treatments	12	262.04	41.60**
Treated vs Control	1	41.60	41.60**
Among treated	11	220.44	20.04**
Chitosan vs GA	1	28.02	28.02**
GA ₁₀₀ vs GA ₂₀₀	1	2.17	2.17
Among Chitosan	9	190.25	21.14**
Type of chitosan	4	159.01	39.75**
Concentration	1	16.97	16.97**
Type×Conc.	4	14.26	3.57
Error	48	96.68	2.01
Total	64	368.32	

ตารางผนวกที่ 7 การวิเคราะห์ความแปรปรวนเปอร์เซ็นต์การงอกอายุ 4 วัน ของข้าวฟ่างสายพันธุ์ KU439 ที่ใส่ไคโตซานชนิดต่างๆ และจิบเบอเรลลิน ระดับความเข้มข้นต่างกัน

Source of variation	d.f.	SS	MS
Replications	4	311.60	77.90
Treatments	12	8274.20	162.50**
Treated vs Control	1	162.50	162.50
Among treated	11	8111.70	737.40**
Chitosan vs GA	1	161.30	161.30
GA ₁₀₀ vs GA ₂₀₀	1	57.60	57.60
Among Chitosan	9	7892.80	877.00**
Type of chitosan	4	4345.60	1086.40**
Concentration	1	1270.10	1270.10**
Type×Conc.	4	2277.10	569.30**
Error	48	2613.20	54.40
Total	64	11199.00	

ตารางผนวกที่ 8 การวิเคราะห์ความแปรปรวนเปอร์เซ็นต์การงอกอายุ 10 วัน ของข้าวฟ่างสายพันธุ์ KU439 ที่ใส่ไคโตซานชนิดต่างๆ และจิบเบอเรลลิน ระดับความเข้มข้นต่างกัน

Source of variation	d.f.	SS	MS
Replications	4	85.20	21.30
Treatments	12	1651.40	0.05
Treated vs Control	1	0.05	0.05
Among treated	11	1651.40	150.10**
Chitosan vs GA	1	34.70	34.70
GA ₁₀₀ vs GA ₂₀₀	1	57.60	57.60
Among Chitosan	9	1559.10	173.20**
Type of chitosan	4	547.50	136.90**
Concentration	1	662.50	662.50**
Type×Conc.	4	349.10	87.30*
Error	48	1495.60	31.20
Total	64	3232.20	

ตารางผนวกที่ 9 การวิเคราะห์ความแปรปรวนดัชนีการงอกอายุ 10 วัน ของข้าวฟ่างสายพันธุ์ KU439 ที่ใส่ไคโตซานชนิดต่างๆ และจิบเบอเรลลิน ระดับความเข้มข้นต่างกัน

Source of variation	d.f.	SS	MS
Replications	4	36.48	9.12
Treatments	12	374.75	3.19
Treated vs Control	1	3.19	3.19
Among treated	11	371.57	33.78**
Chitosan vs GA	1	30.41	30.41*
GA ₁₀₀ vs GA ₂₀₀	1	2.95	2.95
Among Chitosan	9	338.21	37.58**
Type of chitosan	4	206.59	51.65**
Concentration	1	49.76	49.76**
Type×Conc.	4	81.86	20.47*
Error	48	307.28	6.40
Total	64	718.51	

ตารางผนวกที่ 10 การวิเคราะห์ความแปรปรวนความยาวยอดอายุ 10 วัน ของข้าวฟ่างสายพันธุ์ KU439 ที่ใส่ไคโตซานชนิดต่างๆ และจิบเบอเรลลิน ระดับความเข้มข้นต่างกัน

Source of variation	d.f.	SS	MS
Replications	4	0.18	0.05
Treatments	12	30.32	2.84**
Treated vs Control	1	2.84	2.84**
Among treated	11	27.48	2.50**
Chitosan vs GA	1	5.91	5.91**
GA ₁₀₀ vs GA ₂₀₀	1	0.00036	0.00036
Among Chitosan	9	21.58	2.40**
Type of chitosan	4	18.18	4.55**
Concentration	1	1.15	1.15**
Type×Conc.	4	2.24	0.56**
Error	48	3.20	0.07
Total	64	33.71	

ตารางผนวกที่ 11 การวิเคราะห์ความแปรปรวนความยาวรากอายุ 10 วัน ของข้าวฟ่างสายพันธุ์ KU439 ที่ใส่ไคโตซานชนิดต่างๆ และจิบเบอเรลลิน ระดับความเข้มข้นต่างกัน

Source of variation	d.f.	SS	MS
Replications	4	1.57	0.39
Treatments	12	149.43	0.23
Treated vs Control	1	0.23	0.23
Among treated	11	149.19	13.56**
Chitosan vs GA	1	19.55	19.55**
GA ₁₀₀ vs GA ₂₀₀	1	0.11	0.11
Among Chitosan	9	129.53	14.39**
Type of chitosan	4	108.92	27.23**
Concentration	1	15.56	15.56**
Type×Conc.	4	5.06	1.26
Error	48	63.71	1.33
Total	64	214.71	

ตารางผนวกที่ 12 การวิเคราะห์ความแปรปรวนความยาวต้นกล้าอายุ 10 วัน ของข้าวฟ่างสายพันธุ์ KU439 ที่ใส่ไคโตซานชนิดต่างๆ และจิบเบอเรลลิน ระดับความเข้มข้นต่างกัน

Source of variation	d.f.	SS	MS
Replications	4	1.81	0.45
Treatments	12	296.41	1.25
Treated vs Control	1	1.25	1.25
Among treated	11	295.17	26.83**
Chitosan vs GA	1	44.29	44.29**
GA ₁₀₀ vs GA ₂₀₀	1	0.38	0.38
Among Chitosan	9	250.50	27.83**
Type of chitosan	4	211.18	52.80**
Concentration	1	26.91	26.91**
Type×Conc.	4	12.41	3.10
Error	48	58.24	1.21
Total	64	356.46	

ตารางผนวกที่ 13 การวิเคราะห์ความแปรปรวนความสูงต้นอายุ 1 เดือน ของข้าวฟ่างสายพันธุ์ DA5
ที่ใส่ไคโตซานชนิดต่างๆ ระดับความเข้มข้นต่างกัน

Source of variation	d.f.	SS	MS
Replications	3	8.65	2.88*
Treatments	10	55.59	5.56**
Treated vs Control	1	40.32	40.32**
Type of chitosan	4	7.77	1.94
Concentration	1	3.72	3.72*
Type×Conc.	4	3.78	0.94
Error	30	24.16	0.81
Total	43	88.40	

ตารางผนวกที่ 14 การวิเคราะห์ความแปรปรวนความสูงต้นอายุ 2 เดือน ของข้าวฟ่างสายพันธุ์ DA5
ที่ใส่ไคโตซานชนิดต่างๆ ระดับความเข้มข้นต่างกัน

Source of variation	d.f.	SS	MS
Replications	3	248.44	82.81**
Treatments	10	379.15	37.92
Treated vs Control	1	216.30	216.30**
Type of chitosan	4	129.60	32.40
Concentration	1	0.90	0.90
Type×Conc.	4	32.35	8.09
Error	30	528.36	17.61
Total	43	1155.95	

ตารางผนวกที่ 15 การวิเคราะห์ความแปรปรวนความสูงต้นอายุ 3 เดือน ของข้าวฟ่างสายพันธุ์ DA5 ที่ใส่ไคโตซานชนิดต่างๆ ระดับความเข้มข้นต่างกัน

Source of variation	d.f.	SS	MS
Replications	3	355.16	118.39
Treatments	10	536.18	53.62
Treated vs Control	1	256.58	256.58**
Type of chitosan	4	144.10	36.03
Concentration	1	0.10	0.10
Type×Conc.	4	135.40	33.85
Error	30	1347.09	44.90
Total	43	2238.43	

ตารางผนวกที่ 16 การวิเคราะห์ความแปรปรวนความสูงต้นอายุ 4 เดือน ของข้าวฟ่างสายพันธุ์ DA5 ที่ใส่ไคโตซานชนิดต่างๆ ระดับความเข้มข้นต่างกัน

Source of variation	d.f.	SS	MS
Replications	3	157.30	52.40
Treatments	10	1415.60	141.60*
Treated vs Control	1	705.10	705.10**
Type of chitosan	4	526.40	131.60
Concentration	1	105.60	105.60
Type×Conc.	4	78.50	19.60
Error	30	1960.90	65.40
Total	43	3533.90	

ตารางผนวกที่ 17 การวิเคราะห์ความแปรปรวนจำนวนใบอายุ 1 เดือน ของข้าวฟ่างสายพันธุ์ DA5 ที่ใส่ไคโตซานชนิดต่างๆ ระดับความเข้มข้นต่างกัน

Source of variation	d.f.	SS	MS
Replications	3	0.61	0.20
Treatments	10	4.14	0.41
Treated vs Control	1	1.54	1.54
Type of chitosan	4	0.60	0.15
Concentration	1	0.10	0.10
Type×Conc.	4	1.90	0.48
Error	30	13.14	0.44
Total	43	17.89	

ตารางผนวกที่ 18 การวิเคราะห์ความแปรปรวนจำนวนใบอายุ 2 เดือน ของข้าวฟ่างสายพันธุ์ DA5 ที่ใส่ไคโตซานชนิดต่างๆ ระดับความเข้มข้นต่างกัน

Source of variation	d.f.	SS	MS
Replications	3	1.52	0.51
Treatments	10	4.55	0.45
Treated vs Control	1	2.05	2.05
Type of chitosan	4	1.00	0.25
Concentration	1	0.90	0.90
Type×Conc.	4	0.60	0.15
Error	30	8.73	0.29
Total	43	14.80	

ตารางผนวกที่ 19 การวิเคราะห์ความแปรปรวนจำนวนใบอายุ 3 เดือน ของข้าวฟ่างสายพันธุ์ DA5 ที่ใส่ไคโตซานชนิดต่างๆ ระดับความเข้มข้นต่างกัน

Source of variation	d.f.	SS	MS
Replications	3	2.61	0.87*
Treatments	10	4.55	0.45
Treated vs Control	1	2.05	2.05**
Type of chitosan	4	2.00	0.50
Concentration	1	2.737e-31	2.737e-31
Type×Conc.	4	0.50	0.13
Error	30	7.64	0.26
Total	43	14.80	

ตารางผนวกที่ 20 การวิเคราะห์ความแปรปรวนจำนวนใบอายุ 4 เดือน ของข้าวฟ่างสายพันธุ์ DA5 ที่ใส่ไคโตซานชนิดต่างๆ ระดับความเข้มข้นต่างกัน

Source of variation	d.f.	SS	MS
Replications	3	1.64	0.55
Treatments	10	4.73	0.47
Treated vs Control	1	1.00	1.00
Type of chitosan	4	2.60	0.65
Concentration	1	0.23	0.23
Type×Conc.	4	0.90	0.23
Error	30	10.36	0.35
Total	43	16.73	

ตารางผนวกที่ 21 การวิเคราะห์ความแปรปรวนพื้นที่ใบอายุ 1 เดือน ของข้าวฟ่างสายพันธุ์ DA5
ที่ใส่ไคโตซานชนิดต่างๆ ระดับความเข้มข้นต่างกัน

Source of variation	d.f.	SS	MS
Replications	3	824.10	274.70
Treatments	10	1311.80	131.20
Treated vs Control	1	156.60	156.60
Type of chitosan	4	315.60	78.90
Concentration	1	183.20	183.20
Type×Conc.	4	656.40	164.10
Error	30	6924.70	230.80
Total	43	9060.70	

ตารางผนวกที่ 22 การวิเคราะห์ความแปรปรวนพื้นที่ใบอายุ 2 เดือน ของข้าวฟ่างสายพันธุ์ DA5
ที่ใส่ไคโตซานชนิดต่างๆ ระดับความเข้มข้นต่างกัน

Source of variation	d.f.	SS	MS
Replications	3	517.90	172.60
Treatments	10	3232.60	323.30
Treated vs Control	1	341.80	341.80
Type of chitosan	4	200.00	50.00
Concentration	1	0.90	0.90
Type×Conc.	4	2689.90	672.50
Error	30	9747.80	324.90
Total	43	13498.30	

ตารางผนวกที่ 23 การวิเคราะห์ความแปรปรวนพื้นที่ใบอายุ 3 เดือน ของข้าวฟ่างสายพันธุ์ DA5
ที่ใส่ไคโตซานชนิดต่างๆ ระดับความเข้มข้นต่างกัน

Source of variation	d.f.	SS	MS
Replications	3	407.50	135.80
Treatments	10	2596.60	259.70
Treated vs Control	1	579.90	579.90
Type of chitosan	4	995.50	248.90
Concentration	1	0.10	0.10
Type×Conc.	4	1021.10	255.30
Error	30	8976.20	299.20
Total	43	11980.20	

ตารางผนวกที่ 24 การวิเคราะห์ความแปรปรวนพื้นที่ใบอายุ 4 เดือน ของข้าวฟ่างสายพันธุ์ DA5
ที่ใส่ไคโตซานชนิดต่างๆ ระดับความเข้มข้นต่างกัน

Source of variation	d.f.	SS	MS
Replications	3	1450.90	483.60
Treatments	10	6165.60	616.60
Treated vs Control	1	670.00	670.00
Type of chitosan	4	2778.90	694.70
Concentration	1	76.70	76.70
Type×Conc.	4	2640.00	660.00
Error	30	12130.10	404.30
Total	43	19746.60	

ตารางผนวกที่ 25 การวิเคราะห์ความแปรปรวนวันออกดอกของข้าวฟ่างสายพันธุ์ DA5 ที่ใส่ไคโตซานชนิดต่างๆ ระดับความเข้มข้นต่างกัน

Source of variation	d.f.	SS	MS
Replications	3	51.70	17.23
Treatments	10	359.14	35.91**
Treated vs Control	1	166.91	166.91**
Type of chitosan	4	94.60	23.65
Concentration	1	55.23	55.23*
Type×Conc.	4	42.40	10.60
Error	30	355.05	11.83
Total	43	765.89	

ตารางผนวกที่ 26 การวิเคราะห์ความแปรปรวนน้ำหนักแห้งต้นอายุ 3 เดือน ของข้าวฟ่างสายพันธุ์ DA5 ที่ใส่ไคโตซานชนิดต่างๆ ระดับความเข้มข้นต่างกัน

Source of variation	d.f.	SS	MS
Replications	3	5.94	1.98
Treatments	10	10.25	1.03
Treated vs Control	1	5.25	5.25
Type of chitosan	4	2.77	0.69
Concentration	1	0.46	0.46
Type×Conc.	4	1.78	0.45
Error	30	80.53	2.68
Total	43	96.72	

ตารางผนวกที่ 27 การวิเคราะห์ความแปรปรวนน้ำหนักแห้งต้นอายุ 4 เดือน ของข้าวฟ่างสายพันธุ์ DAS ที่ใส่ไคโตซานชนิดต่างๆ ระดับความเข้มข้นต่างกัน

Source of variation	d.f.	SS	MS
Replications	3	338.79	112.93**
Treatments	10	571.47	57.15**
Treated vs Control	1	139.84	139.84*
Type of chitosan	4	225.11	56.28*
Concentration	1	103.14	103.14*
Type×Conc.	4	103.39	25.85
Error	30	555.73	18.52
Total	43	1466.00	

ตารางผนวกที่ 28 การวิเคราะห์ความแปรปรวนน้ำหนักแห้งรากอายุ 4 เดือน ของข้าวฟ่างสายพันธุ์ DAS ที่ใส่ไคโตซานชนิดต่างๆ ระดับความเข้มข้นต่างกัน

Source of variation	d.f.	SS	MS
Replications	3	16.72	5.57
Treatments	10	40.86	4.09
Treated vs Control	1	27.69	27.69*
Type of chitosan	4	6.81	1.70
Concentration	1	0.23	0.23
Type×Conc.	4	6.13	1.53
Error	30	132.09	4.40
Total	43	186.67	

ตารางผนวกที่ 29 การวิเคราะห์ความแปรปรวนน้ำหนักช่อของข้าวฟ่างสายพันธุ์ DA5 ที่ใส่
ไคโตซานชนิดต่างๆ ระดับความเข้มข้นต่างกัน

Source of variation	d.f.	SS	MS
Replications	3	19.61	6.54
Treatments	10	212.30	21.23**
Treated vs Control	1	90.30	90.30**
Type of chitosan	4	85.38	21.35*
Concentration	1	5.80	5.80
Type×Conc.	4	30.82	7.70
Error	30	166.44	5.55
Total	43	398.34	

ตารางผนวกที่ 30 การวิเคราะห์ความแปรปรวนน้ำหนักมวลชีวภาพของข้าวฟ่างสายพันธุ์ DA5 ที่
ใส่ไคโตซานชนิดต่างๆ ระดับความเข้มข้นต่างกัน

Source of variation	d.f.	SS	MS
Replications	3	412.40	137.50*
Treatments	10	1521.20	152.10**
Treated vs Control	1	707.00	707.00**
Type of chitosan	4	583.70	145.90*
Concentration	1	146.00	146.00
Type×Conc.	4	84.50	21.10
Error	30	1259.30	42.00
Total	43	3192.90	

ตารางผนวกที่ 31 การวิเคราะห์ความแปรปรวนน้ำหนักเมล็ดของข้าวฟ่างสายพันธุ์ DA5 ที่ได้
ใส่ไคโตซานชนิดต่างๆ ระดับความเข้มข้นต่างกัน

Source of variation	d.f.	SS	MS
Replications	3	5.43	1.81
Treatments	10	137.68	13.77**
Treated vs Control	1	69.15	69.15**
Type of chitosan	4	58.43	14.61**
Concentration	1	5.94	5.94
Type×Conc.	4	4.17	1.04
Error	30	94.44	3.15
Total	43	237.55	

ตารางผนวกที่ 32 การวิเคราะห์ความแปรปรวนน้ำหนัก 1,000 เมล็ดของข้าวฟ่างสายพันธุ์ DA5 ที่
ใส่ไคโตซานชนิดต่างๆ ระดับความเข้มข้นต่างกัน

Source of variation	d.f.	SS	MS
Replications	3	26.96	8.99
Treatments	10	24.37	2.44
Treated vs Control	1	0.48	0.48
Type of chitosan	4	9.50	2.38
Concentration	1	2.99	2.99
Type×Conc.	4	11.40	2.85
Error	30	334.15	11.14
Total	43	385.48	

ตารางผนวกที่ 33 การวิเคราะห์ความแปรปรวนจำนวนเมล็ดของข้าวฟ่างสายพันธุ์ DA5 ที่ได้
ไคโตซานชนิดต่างๆ ระดับความเข้มข้นต่างกัน

Source of variation	d.f.	SS	MS
Replications	3	5160.00	1720.00
Treatments	10	191215.00	19122.00**
Treated vs Control	1	88409.00	88409.00**
Type of chitosan	4	98342.00	24586.00**
Concentration	1	3367.00	3367.00
Type×Conc.	4	1096.00	274.00
Error	30	40350.00	1345.00
Total	43	236724.00	

ตารางผนวกที่ 34 การวิเคราะห์ความแปรปรวนเปอร์เซ็นต์ในโตรเจนในต้นอายุ 3 เดือน ของข้าว
ฟ่างสายพันธุ์ DA5 ที่ได้ไคโตซานชนิดต่างๆ ระดับความเข้มข้นต่างกัน

Source of variation	d.f.	SS	MS
Replications	3	0.119	0.040
Treatments	10	0.333	0.033
Treated vs Control	1	0.137	0.137**
Type of chitosan	4	0.185	0.046*
Concentration	1	0.002	0.002
Type×Conc.	4	0.009	0.002
Error	30	0.491	0.016
Total	43	0.943	

ตารางผนวกที่ 35 การวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณไนโตรเจนในต้นอายุ 3 เดือน ของข้าวฟ่างสายพันธุ์ DAS ที่ใส่ไคโตซานชนิดต่างๆ ระดับความเข้มข้นต่างกัน

Source of variation	d.f.	SS	MS
Replications	3	10.07	3.36
Treatments	10	71.21	7.12*
Treated vs Control	1	37.29	32.29**
Type of chitosan	4	27.51	6.88
Concentration	1	2.48	2.48
Type×Conc.	4	3.94	0.98
Error	30	88.59	2.95
Total	43	169.87	

ตารางผนวกที่ 36 การวิเคราะห์ความแปรปรวนเปอร์เซ็นต์ฟอสฟอรัสในต้นอายุ 3 เดือน ของข้าวฟ่างสายพันธุ์ DAS ที่ใส่ไคโตซานชนิดต่างๆ ระดับความเข้มข้นต่างกัน

Source of variation	d.f.	SS	MS
Replications	3	0.0117	0.0039**
Treatments	10	0.0020	0.0002
Treated vs Control	1	0.0008	0.0008
Type of chitosan	4	0.0004	0.0001
Concentration	1	0.0003	0.0003
Type×Conc.	4	0.0006	0.0002
Error	30	0.0170	0.0006
Total	43	0.0308	

ตารางผนวกที่ 37 การวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณฟอสฟอรัสในต้นอายุ 3 เดือน ของข้าวฟ่างสายพันธุ์ DAS ที่ใส่ไคโตซานชนิดต่างๆ ระดับความเข้มข้นต่างกัน

Source of variation	d.f.	SS	MS
Replications	3	1.87	0.62**
Treatments	10	0.61	0.06
Treated vs Control	1	0.38	0.38
Type of chitosan	4	0.10	0.02
Concentration	1	0.01	0.01
Type×Conc.	4	0.11	0.03
Error	30	3.32	0.11
Total	43	5.80	

ตารางผนวกที่ 38 การวิเคราะห์ความแปรปรวนความสูงต้นอายุ 1 เดือน ของข้าวฟ่างสายพันธุ์ KU439 ที่ใส่ไคโตซานชนิดต่างๆ ระดับความเข้มข้นต่างกัน

Source of variation	d.f.	SS	MS
Replications	3	1.02	0.34
Treatments	10	6.21	0.62
Treated vs Control	1	3.24	3.24**
Type of chitosan	4	1.83	0.46
Concentration	1	0.45	0.45
Type×Conc.	4	0.69	0.17
Error	30	11.30	0.38
Total	43	18.54	

ตารางผนวกที่ 39 การวิเคราะห์ความแปรปรวนความสูงต้นอายุ 2 เดือน ของข้าวฟ่างสายพันธุ์ KU439 ที่ใส่ไคโตซานชนิดต่างๆ ระดับความเข้มข้นต่างกัน

Source of variation	d.f.	SS	MS
Replications	3	60.32	20.11*
Treatments	10	102.06	10.21
Treated vs Control	1	62.25	62.25**
Type of chitosan	4	17.34	4.33
Concentration	1	0.31	0.31
Type×Conc.	4	22.16	5.54
Error	30	202.31	6.74
Total	43	364.68	

ตารางผนวกที่ 40 การวิเคราะห์ความแปรปรวนความสูงต้นอายุ 3 เดือน ของข้าวฟ่างสายพันธุ์ KU439 ที่ใส่ไคโตซานชนิดต่างๆ ระดับความเข้มข้นต่างกัน

Source of variation	d.f.	SS	MS
Replications	3	77.20	25.73
Treatments	10	271.78	27.18
Treated vs Control	1	226.23	226.23**
Type of chitosan	4	29.84	7.46
Concentration	1	2.26	2.26
Type×Conc.	4	13.46	3.37
Error	30	546.99	18.23
Total	43	895.97	

ตารางผนวกที่ 41 การวิเคราะห์ความแปรปรวนความสูงต้นอายุ 4 เดือน ของข้าวฟ่างสายพันธุ์ KU439 ที่ใส่ไคโตซานชนิดต่างๆ ระดับความเข้มข้นต่างกัน

Source of variation	d.f.	SS	MS
Replications	3	47.30	15.77
Treatments	10	681.51	68.15
Treated vs Control	1	410.51	410.51**
Type of chitosan	4	161.31	40.33
Concentration	1	32.40	32.40
Type×Conc.	4	77.29	19.32
Error	30	1080.58	36.02
Total	43	1809.39	

ตารางผนวกที่ 42 การวิเคราะห์ความแปรปรวนจำนวนใบอายุ 1 เดือน ของข้าวฟ่างสายพันธุ์ KU439 ที่ใส่ไคโตซานชนิดต่างๆ ระดับความเข้มข้นต่างกัน

Source of variation	d.f.	SS	MS
Replications	3	0.55	0.18
Treatments	10	1.91	0.19
Treated vs Control	1	0.38	0.38
Type of chitosan	4	0.15	0.04
Concentration	1	0.03	0.03
Type×Conc.	4	1.35	0.34
Error	30	14.45	0.48
Total	43	16.91	

ตารางผนวกที่ 43 การวิเคราะห์ความแปรปรวนจำนวนใบอายุ 2 เดือน ของข้าวฟ่างสายพันธุ์ KU439 ที่ใส่ไคโตซานชนิดต่างๆ ระดับความเข้มข้นต่างกัน

Source of variation	d.f.	SS	MS
Replications	3	0.18	0.06
Treatments	10	3.73	0.37
Treated vs Control	1	1.00	1.00
Type of chitosan	4	1.35	0.34
Concentration	1	0.23	0.23
Type×Conc.	4	1.15	0.29
Error	30	14.82	0.49
Total	43	18.73	

ตารางผนวกที่ 44 การวิเคราะห์ความแปรปรวนจำนวนใบอายุ 3 เดือน ของข้าวฟ่างสายพันธุ์ KU439 ที่ใส่ไคโตซานชนิดต่างๆ ระดับความเข้มข้นต่างกัน

Source of variation	d.f.	SS	MS
Replications	3	2.65	0.88
Treatments	10	5.67	0.57
Treated vs Control	1	2.86	2.86*
Type of chitosan	4	0.28	0.07
Concentration	1	0.01	0.01
Type×Conc.	4	2.53	0.63
Error	30	18.28	0.61
Total	43	26.61	

ตารางผนวกที่ 45 การวิเคราะห์ความแปรปรวนจำนวนใบอายุ 4 เดือน ของข้าวฟ่างสายพันธุ์ KU439 ที่ใส่ไคโตซานชนิดต่างๆ ระดับความเข้มข้นต่างกัน

Source of variation	d.f.	SS	MS
Replications	3	0.55	0.18
Treatments	10	4.14	0.41
Treated vs Control	1	0.74	0.74
Type of chitosan	4	2.65	0.66
Concentration	1	0.10	0.10
Type×Conc.	4	0.65	0.16
Error	30	10.95	0.37
Total	43	15.64	

ตารางผนวกที่ 46 การวิเคราะห์ความแปรปรวนพื้นที่ใบอายุ 1 เดือน ของข้าวฟ่างสายพันธุ์ KU439 ที่ใส่ไคโตซานชนิดต่างๆ ระดับความเข้มข้นต่างกัน

Source of variation	d.f.	SS	MS
Replications	3	5.78	1.93
Treatments	10	342.89	34.29
Treated vs Control	1	52.31	52.31
Type of chitosan	4	202.52	50.63
Concentration	1	1.00	1.00
Type×Conc.	4	87.06	21.77
Error	30	2160.14	72.00
Total	43	2508.81	

ตารางผนวกที่ 47 การวิเคราะห์ความแปรปรวนพื้นที่ใบอายุ 2 เดือน ของข้าวฟ่างสายพันธุ์ KU439
ที่ใส่ไคโตซานชนิดต่างๆ ระดับความเข้มข้นต่างกัน

Source of variation	d.f.	SS	MS
Replications	3	1299.30	433.10
Treatments	10	3529.50	353.00
Treated vs Control	1	403.40	403.40
Type of chitosan	4	2801.50	700.40*
Concentration	1	75.80	75.80
Type×Conc.	4	248.80	62.20
Error	30	5292.70	176.40
Total	43	10121.60	

ตารางผนวกที่ 48 การวิเคราะห์ความแปรปรวนพื้นที่ใบอายุ 3 เดือน ของข้าวฟ่างสายพันธุ์ KU439
ที่ใส่ไคโตซานชนิดต่างๆ ระดับความเข้มข้นต่างกัน

Source of variation	d.f.	SS	MS
Replications	3	1486.20	495.40
Treatments	10	5695.00	569.50
Treated vs Control	1	526.70	526.70
Type of chitosan	4	4352.60	1088.10*
Concentration	1	91.10	91.10
Type×Conc.	4	724.60	181.10
Error	30	9508.60	317.00
Total	43	16689.70	

ตารางผนวกที่ 49 การวิเคราะห์ความแปรปรวนพื้นที่ใบอายุ 4 เดือน ของข้าวฟ่างสายพันธุ์ KU439 ที่ใส่ไคโตซานชนิดต่างๆ ระดับความเข้มข้นต่างกัน

Source of variation	d.f.	SS	MS
Replications	3	1017.76	339.20
Treatments	10	11530.50	1153.10*
Treated vs Control	1	1595.10	1595.10*
Type of chitosan	4	6644.30	1661.10*
Concentration	1	17.20	17.20
Type×Conc.	4	3273.90	818.50
Error	30	13327.60	444.30
Total	43	25875.80	

ตารางผนวกที่ 50 การวิเคราะห์ความแปรปรวนวันออกดอกของข้าวฟ่างสายพันธุ์ KU439 ที่ใส่ไคโตซานชนิดต่างๆ ระดับความเข้มข้นต่างกัน

Source of variation	d.f.	SS	MS
Replications	3	32.34	10.78
Treatments	10	95.92	9.59*
Treated vs Control	1	26.26	26.26*
Type of chitosan	4	30.63	7.66
Concentration	1	8.56	8.56
Type×Conc.	4	30.48	7.62
Error	30	120.85	4.03
Total	43	249.11	

ตารางผนวกที่ 51 การวิเคราะห์ความแปรปรวนน้ำหนักแห้งต้นอายุ 3 เดือน ของข้าวฟ่างสายพันธุ์ KU439 ที่ใส่ไคโตซานชนิดต่างๆ ระดับความเข้มข้นต่างกัน

Source of variation	d.f.	SS	MS
Replications	3	9.47	3.16
Treatments	10	45.58	4.56
Treated vs Control	1	11.94	11.94
Type of chitosan	4	22.75	5.69
Concentration	1	2.10	2.10
Type×Conc.	4	8.79	2.20
Error	30	126.61	4.22
Total	43	181.65	

ตารางผนวกที่ 52 การวิเคราะห์ความแปรปรวนน้ำหนักแห้งต้นอายุ 4 เดือน ของข้าวฟ่างสายพันธุ์ KU439 ที่ใส่ไคโตซานชนิดต่างๆ ระดับความเข้มข้นต่างกัน

Source of variation	d.f.	SS	MS
Replications	3	6.33	2.11
Treatments	10	266.24	26.62**
Treated vs Control	1	69.34	69.34**
Type of chitosan	4	191.48	47.87**
Concentration	1	0.01	0.01
Type×Conc.	4	5.42	1.35
Error	30	244.23	8.14
Total	43	516.79	

ตารางผนวกที่ 53 การวิเคราะห์ความแปรปรวนน้ำหนักแห้งรากอายุ 4 เดือน ของข้าวฟ่างสายพันธุ์ KU439 ที่ใส่ไคโตซานชนิดต่างๆ ระดับความเข้มข้นต่างกัน

Source of variation	d.f.	SS	MS
Replications	3	2.71	0.90
Treatments	10	20.36	2.04**
Treated vs Control	1	8.49	8.49**
Type of chitosan	4	8.83	2.21*
Concentration	1	1.25	1.25
Type×Conc.	4	1.80	0.45
Error	30	20.08	0.67
Total	43	43.15	

ตารางผนวกที่ 54 การวิเคราะห์ความแปรปรวนน้ำหนักช่อของข้าวฟ่างสายพันธุ์ KU439 ที่ใส่ไคโตซานชนิดต่างๆ ระดับความเข้มข้นต่างกัน

Source of variation	d.f.	SS	MS
Replications	3	147.45	49.15**
Treatments	10	113.09	11.31
Treated vs Control	1	55.02	55.02*
Type of chitosan	4	27.02	6.76
Concentration	1	0.001323	0.001323
Type×Conc.	4	31.05	7.76
Error	30	227.77	7.59
Total	43	488.31	

ตารางผนวกที่ 55 การวิเคราะห์ความแปรปรวนน้ำหนักมวลชีวภาพของข้าวฟ่างสายพันธุ์ KU439 ที่ใส่ไคโตซานชนิดต่างๆ ระดับความเข้มข้นต่างกัน

Source of variation	d.f.	SS	MS
Replications	3	107.48	35.83
Treatments	10	571.85	57.18**
Treated vs Control	1	348.11	348.11**
Type of chitosan	4	176.07	44.02*
Concentration	1	1.01	1.01
Type×Conc.	4	46.65	11.66
Error	30	457.76	15.26
Total	43	1137.09	

ตารางผนวกที่ 56 การวิเคราะห์ความแปรปรวนน้ำหนักเมล็ดของข้าวฟ่างสายพันธุ์ KU439 ที่ใส่ไคโตซานชนิดต่างๆ ระดับความเข้มข้นต่างกัน

Source of variation	d.f.	SS	MS
Replications	3	100.59	33.53**
Treatments	10	83.03	8.30
Treated vs Control	1	63.90	63.90**
Type of chitosan	4	13.49	3.37
Concentration	1	0.23	0.23
Type×Conc.	4	5.41	1.35
Error	30	154.37	5.15
Total	43	337.99	

ตารางผนวกที่ 57 การวิเคราะห์ความแปรปรวนน้ำหนัก 1,000 เมล็ดของข้าวฟ่างสายพันธุ์ KU439 ที่ใส่ไคโตซานชนิดต่างๆ ระดับความเข้มข้นต่างกัน

Source of variation	d.f.	SS	MS
Replications	3	360.94	120.31**
Treatments	10	111.90	11.19
Treated vs Control	1	21.05	21.05
Type of chitosan	4	21.19	5.30
Concentration	1	2.32	2.32
Type×Conc.	4	67.34	16.84
Error	30	537.60	17.92
Total	43	1010.43	

ตารางผนวกที่ 58 การวิเคราะห์ความแปรปรวนจำนวนเมล็ดของข้าวฟ่างสายพันธุ์ KU439 ที่ใส่ไคโตซานชนิดต่างๆ ระดับความเข้มข้นต่างกัน

Source of variation	d.f.	SS	MS
Replications	3	3659.00	1220.00
Treatments	10	71733.00	7173.00*
Treated vs Control	1	46556.00	46556.00**
Type of chitosan	4	21252.00	5313.00
Concentration	1	1416.00	1416.00
Type×Conc.	4	2509.00	627.00
Error	30	85924.00	2864.00
Total	43	161316.00	

ตารางผนวกที่ 59 การวิเคราะห์ความแปรปรวนเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนในต้นอายุ 3 เดือน ของข้าวฟ่างสายพันธุ์ KU439 ที่ใส่ไคโตซานชนิดต่างๆ ระดับความเข้มข้นต่างกัน

Source of variation	d.f.	SS	MS
Replications	3	0.004	0.001
Treatments	10	0.032	0.003
Treated vs Control	1	0.012	0.012
Type of chitosan	4	0.011	0.003
Concentration	1	0.006	0.006
Type×Conc.	4	0.004	0.001
Error	30	0.173	0.006
Total	43	0.209	

ตารางผนวกที่ 60 การวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณไนโตรเจนในต้นอายุ 3 เดือน ของข้าวฟ่างสายพันธุ์ KU439 ที่ใส่ไคโตซานชนิดต่างๆ ระดับความเข้มข้นต่างกัน

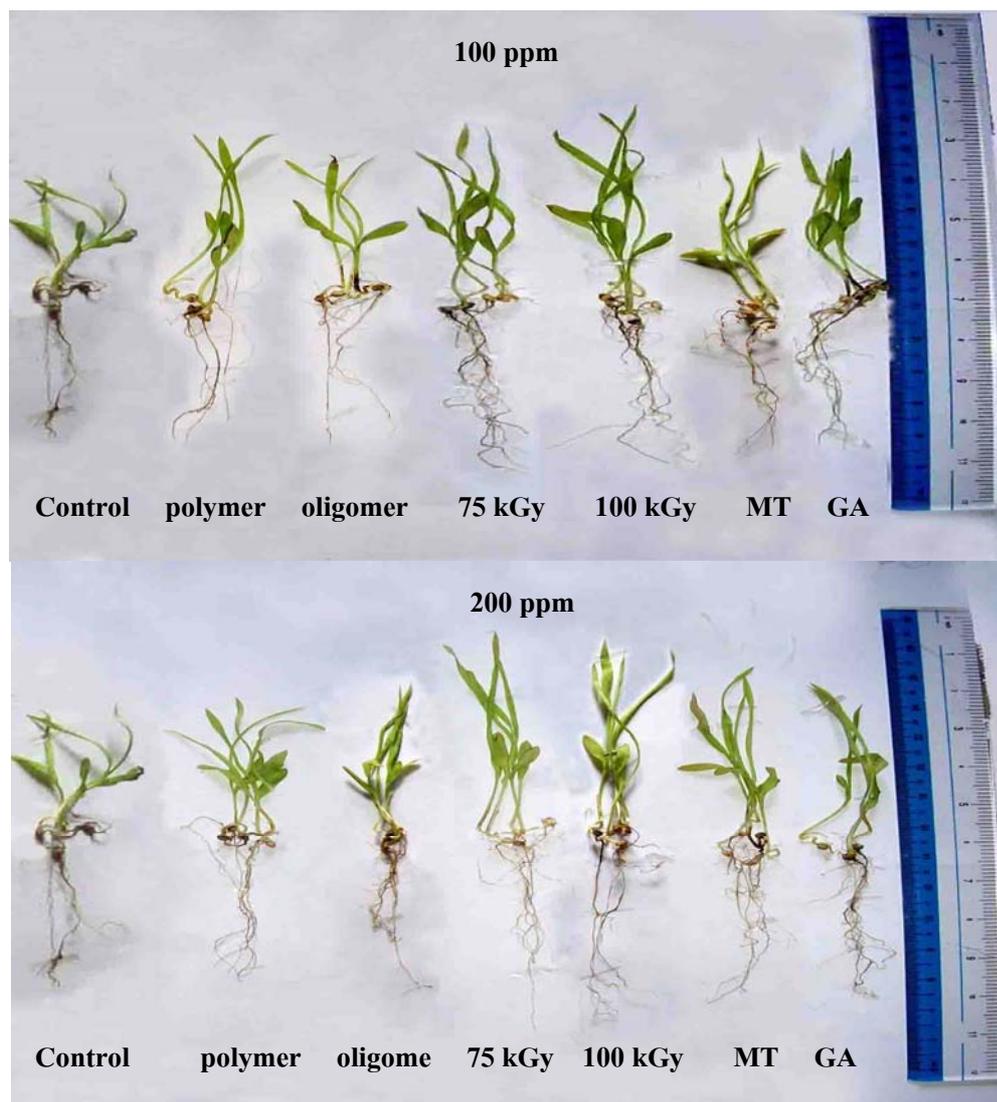
Source of variation	d.f.	SS	MS
Replications	3	8.64	2.89
Treatments	10	41.84	4.18
Treated vs Control	1	17.14	17.14*
Type of chitosan	4	19.75	4.94
Concentration	1	0.49	0.49
Type×Conc.	4	4.45	1.11
Error	30	98.99	3.30
Total	43	149.47	

ตารางผนวกที่ 61 การวิเคราะห์ความแปรปรวนเปอร์เซ็นต์ฟอสฟอรัสในต้นอายุ 3 เดือน ของข้าวฟ่างสายพันธุ์ KU439 ที่ใส่ไคโตซานชนิดต่างๆ ระดับความเข้มข้นต่างกัน

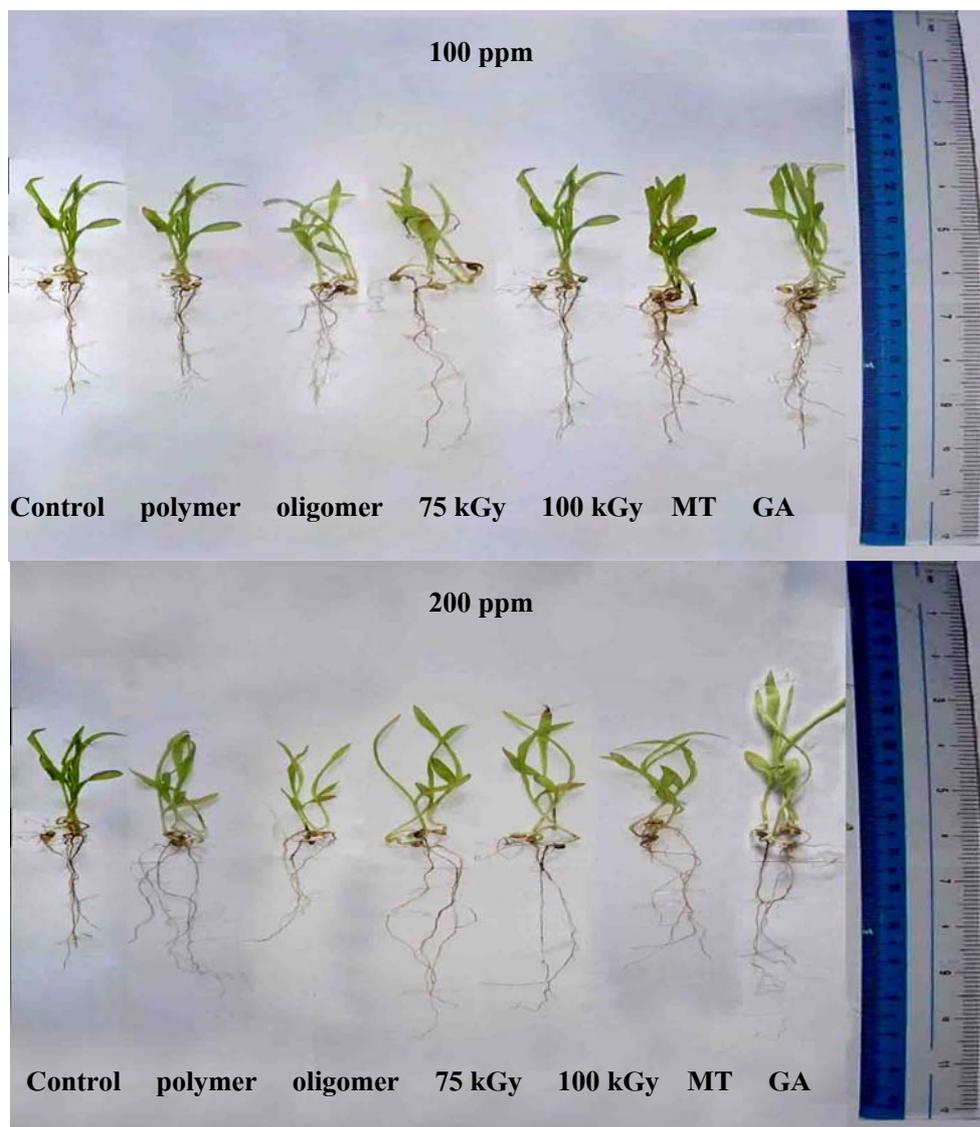
Source of variation	d.f.	SS	MS
Replications	3	0.0001	0.0003
Treatments	10	0.0510	0.0051**
Treated vs Control	1	0.0002	0.0002
Type of chitosan	4	0.0375	0.0094**
Concentration	1	0.0011	0.0011
Type×Conc.	4	0.0122	0.0031*
Error	30	0.0241	0.0008
Total	43	0.0760	

ตารางผนวกที่ 62 การวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณฟอสฟอรัสในต้นอายุ 3 เดือน ของข้าวฟ่างสายพันธุ์ KU439 ที่ใส่ไคโตซานชนิดต่างๆ ระดับความเข้มข้นต่างกัน

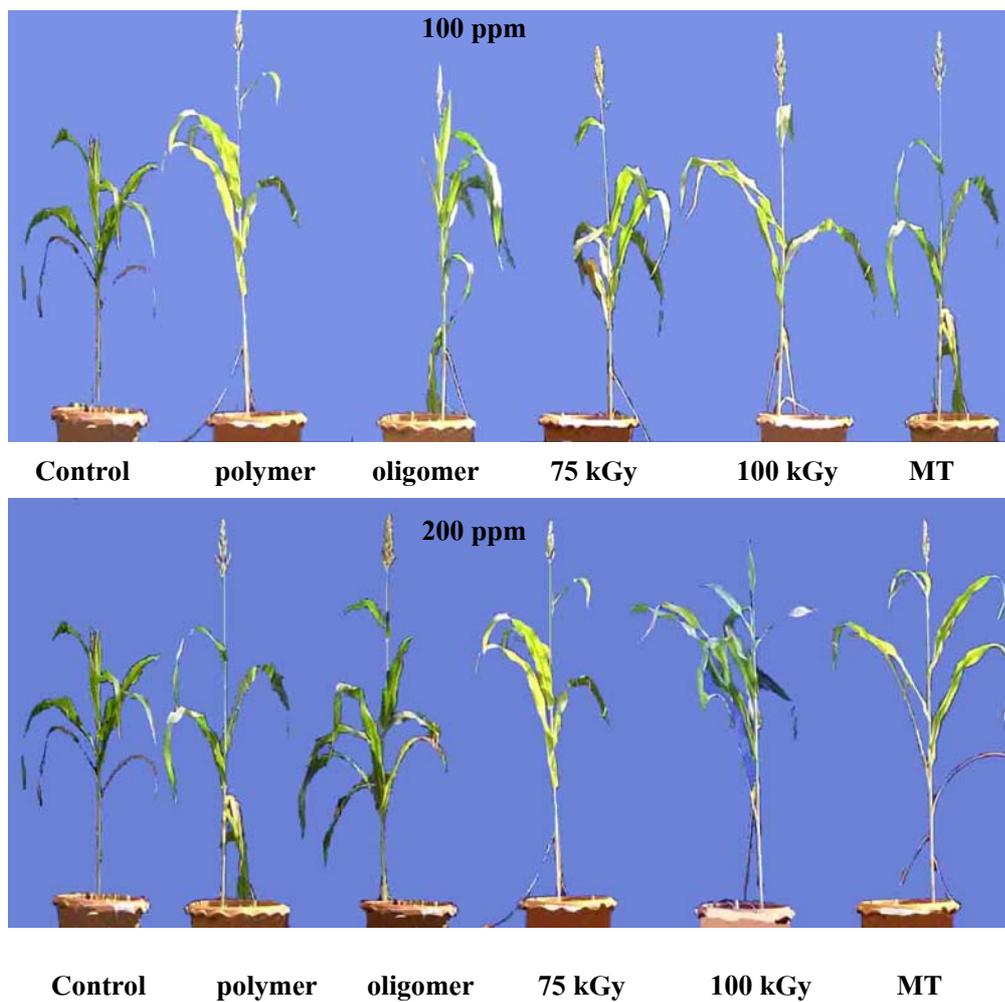
Source of variation	d.f.	SS	MS
Replications	3	0.30	0.09**
Treatments	10	7.85	0.79
Treated vs Control	1	0.58	0.58
Type of chitosan	4	5.43	1.36**
Concentration	1	0.04	0.04
Type×Conc.	4	1.80	0.45
Error	30	6.16	0.21
Total	43	14.31	



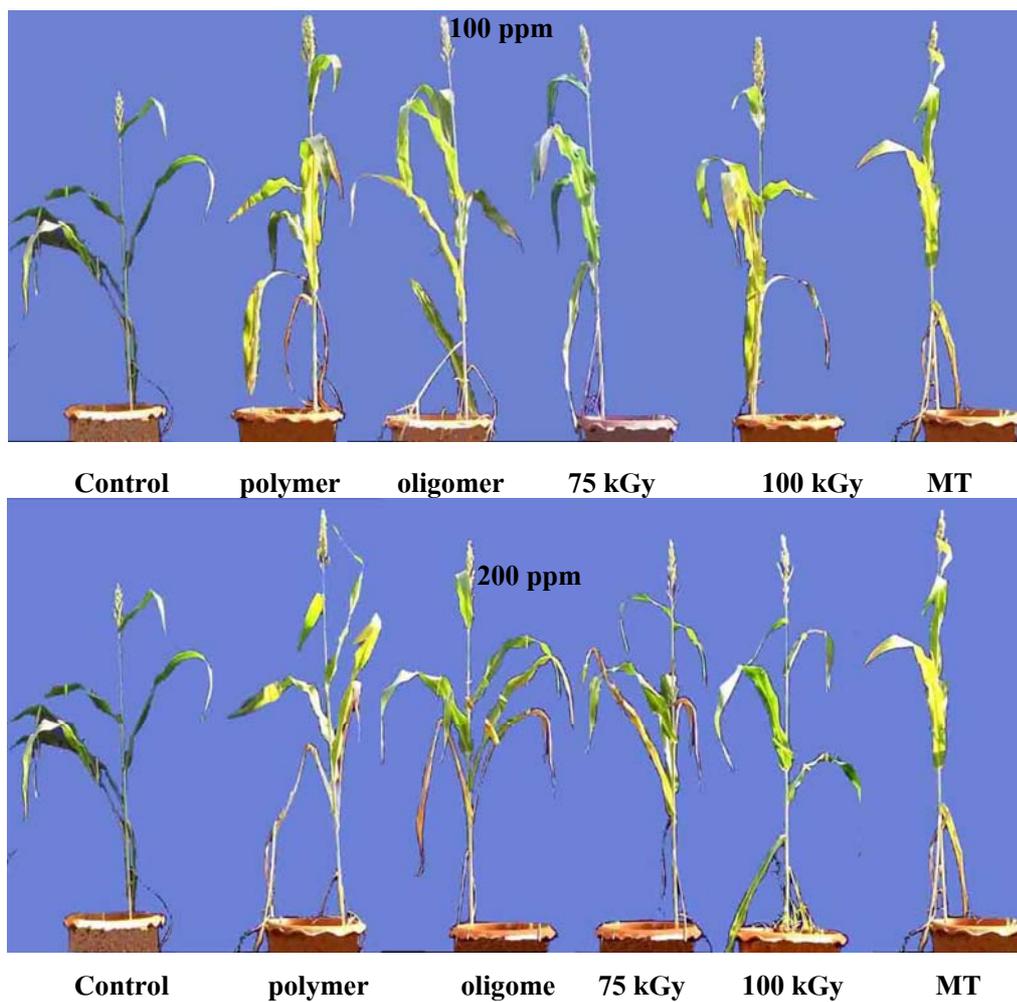
ภาพผนวกที่ 1 การเจริญเติบโตของต้นกล้าข้าวฟางสายพันธุ์ DA5 อายุ 10 วัน ที่ใส่ไคโตซาน
ชนิดต่างๆ จิบเบอเรลลิน ระดับความเข้มข้น 100 และ 200 ppm และชุดควบคุม



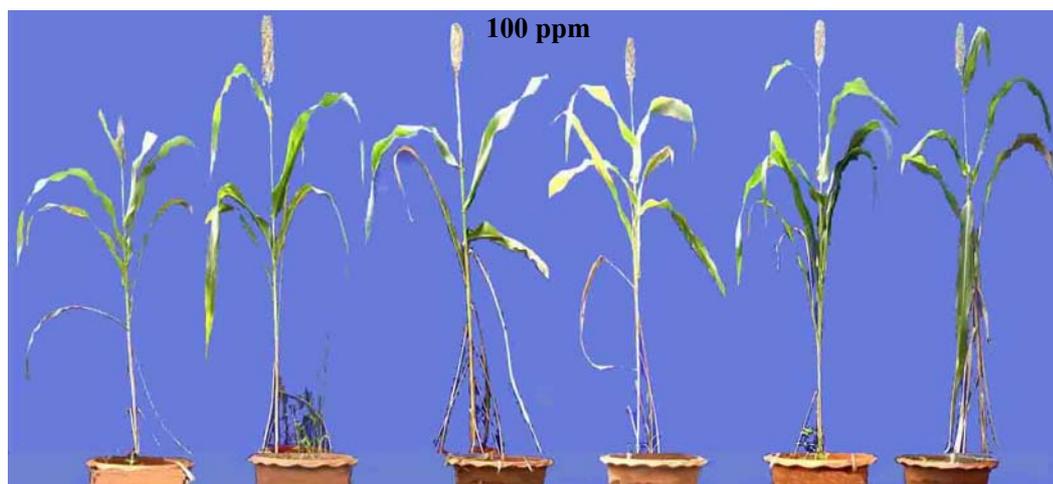
ภาพผนวกที่ 2 การเจริญเติบโตของต้นกล้าข้าวฟางสายพันธุ์ KU439 อายุ 10 วัน ที่ใส่ไคโตซาน
ชนิดต่างๆ จิบเบอเรลลิน ระดับความเข้มข้น 100 และ 200 ppm และชุดควบคุม



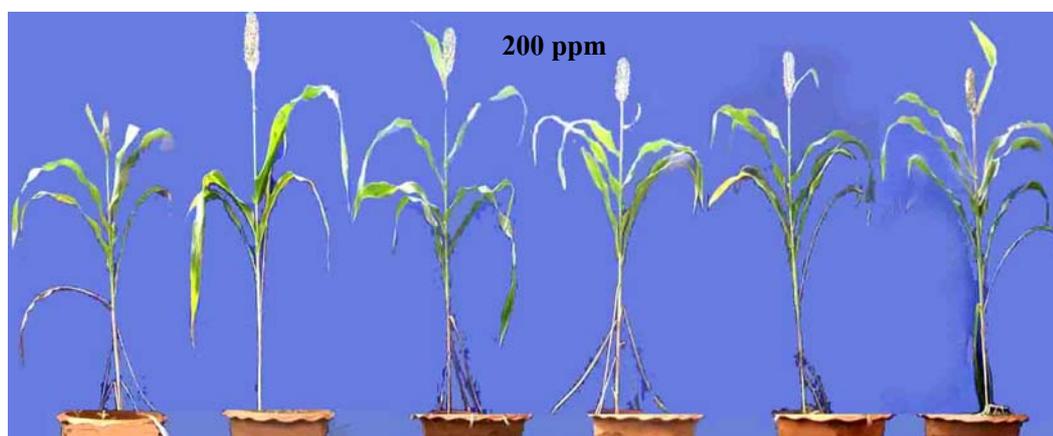
ภาพผนวกที่ 3 การเจริญเติบโตของข้าวฟ่างสายพันธุ์ DA5 หลังใส่ไคโตซานชนิดต่างๆ ระดับความเข้มข้น 100 และ 200 ppm และชุดควบคุม ที่ระยะ 3 เดือน



ภาพผนวกที่ 4 การเจริญเติบโตของข้าวฟ่างสายพันธุ์ KU439 หลังใส่โคโคซานชนิดต่างๆ ระดับความเข้มข้น 100 และ 200 ppm และชุดควบคุม ที่ระยะ 3 เดือน

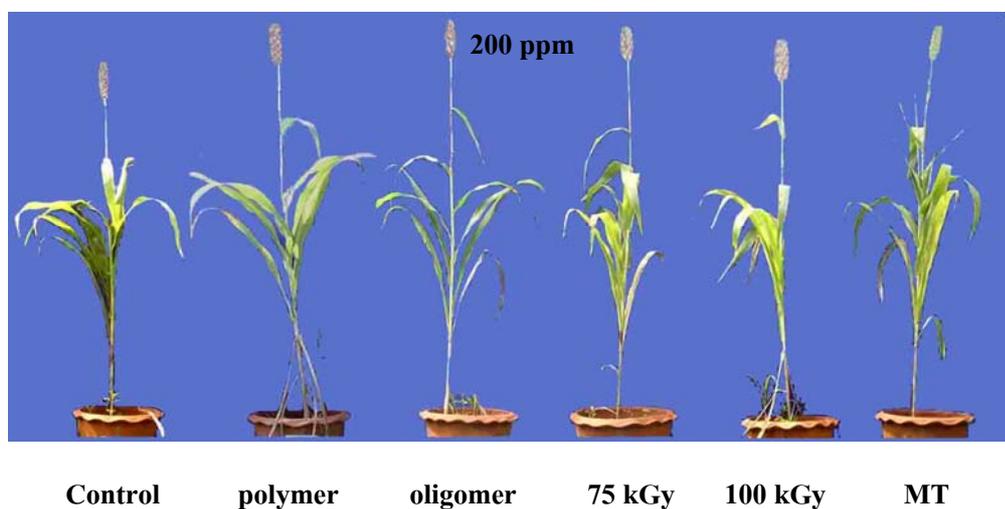
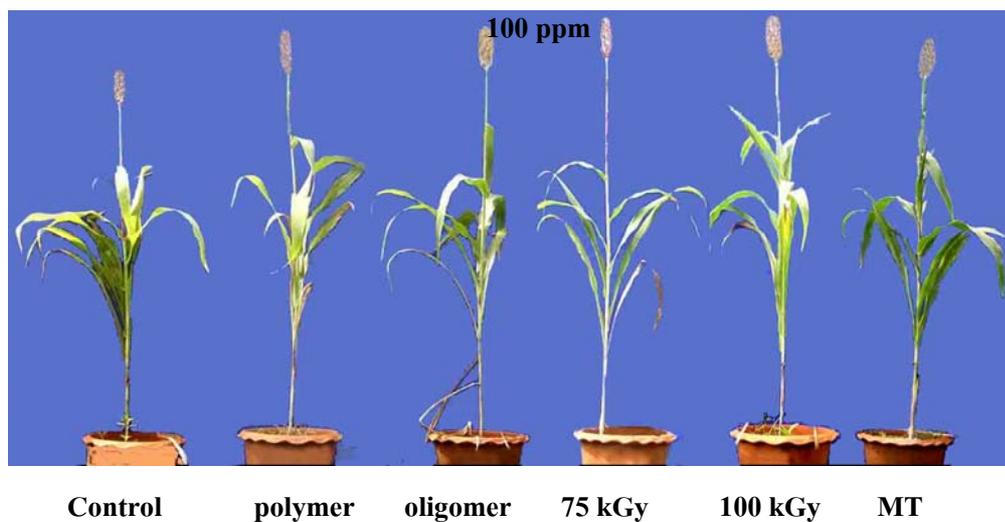


Control polymer oligomer 75 kGy 100 kGy MT



Control polymer oligomer 75 kGy 100 kGy MT

ภาพผนวกที่ 5 การเจริญเติบโตของข้าวฟ่างสายพันธุ์ DA5 หลังใส่ไลโคโตซานชนิดต่างๆ ระดับความเข้มข้น 100 และ 200 ppm และชุดควบคุม ที่ระยะ 4 เดือน



ภาพผนวกที่ 6 การเจริญเติบโตของข้าวฟ่างสายพันธุ์ KU439 หลังใส่ไลโคซานชนิดต่างๆ ระดับความเข้มข้น 100 และ 200 ppm และชุดควบคุม ที่ระยะ 4 เดือน

ประวัติการศึกษา และการทำงาน

ชื่อ –นามสกุล

นางสาวปิยนุช ธนาวุฒิ

วัน เดือน ปี ที่เกิด

6 ตุลาคม พ.ศ. 2525

สถานที่เกิด

จังหวัดนครศรีธรรมราช

ประวัติการศึกษา

ปริญญาตรี (ชีววิทยา) มหาวิทยาลัยรามคำแหง