การใช้สารกระตุ้นชีวภาพไคโตซานในการเพิ่มคุณภาพของเมล็ดข้าว

นายฐิติ เติมเศรษฐเจริญ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาธุรกิจเทคโนโลยีและการจัดการนวัตกรรม สหสาขาวิชาธุรกิจเทคโนโลยีและการจัดการนวัตกรรม
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2561
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

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

6087131620_459162766

CU iThesis 6087131620 thesis / recv: 30072562 14:19:57 / seq: 17
459162766

Application of Biostimulant Chitosan to Improve Quality of Rice Grain

Mr. Thiti Toemsetthacharoen

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Science in Technopreneurship and Innovation Management

Inter-Department of Technopreneurship and Innovation Management

Graduate School

Chulalongkorn University

Academic Year 2018

Copyright of Chulalongkorn University

4591627660 CU iThesis 6087131620 thesis / recv: 30072562 14:19:57 / seq: 17

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การใช้สารกระตุ้นชีวภาพไคโตซานในการเพิ่มคุณภาพของเมล็ดข้าว
โดย	นายฐิติ เติมเศรษฐเจริญ
สาขาวิชา	ธุรกิจเทคโนโลยีและการจัดการนวัตกรรม
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รัฐ พิชญางกูร
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	อาจารย์ ดร.ขวัญรัฐ ส่วนพงษ์

4591627660 CU iThesis 6087131620 thesis / recv: 30072562 14:19:57 / seq: 17

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

---------- คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร.ธรรมนูญ หนูจักร)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

---------- ประธานกรรมการ
(ศาสตราจารย์ ดร.สนอง เอกสิทธิ์)

---------- อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รัฐ พิชญางกูร)

---------- อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม
(อาจารย์ ดร.ขวัญรัฐ ส่วนพงษ์)

---------- กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธาตรี ใต้ฟ้าพูล)

---------- กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร.ใจทิพย์ วานิชชัง)

ฐิติ เติมเศรษฐเจริญ : การใช้สารกระตุ้นชีวภาพไคโตซานในการเพิ่มคุณภาพของเมล็ดข้าว. (Application of Biostimulant Chitosan to Improve Quality of Rice Grain) อ.ที่ปรึกษาหลัก : ผศ. ดร.รัฐ พิชญางกูร, อ.ที่ปรึกษาร่วม : อ. ดร.ขวัญรัฐ ส่วนพงษ์

งานวิจัยนี้ศึกษาการใช้สารกระตุ้นชีวภาพไคโตซาน ในการเพาะปลูกข้าวลักษณะ pre-harvest เพื่อเพิ่มคุณภาพของเมล็ดข้าวจากกระบวนการขัดสี ซึ่งเลือกทดลองในข้าวเจ้าพันธุ์ กข41 และพันธุ์ปทุมธานี 1 ใช้วิธีการวางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design) มีปัจจัยในการศึกษาปัจจัยเดียวคือ การใช้สารกระตุ้นชีวภาพไคโตซานในแปลงทดลองเปรียบเทียบกับชุดแปลงทดลองควบคุม โดยนำผลลัพธ์ข้าวเปลือกที่ได้มาผ่านกระบวนการสีข้าว แล้วตรวจสอบปริมาณผลผลิตที่ได้จากกระบวนการขัดสี รวมถึงตรวจสอบคุณภาพเชิงกายภาพของเมล็ดข้าว ผลการทดลองพบว่า การใช้สารกระตุ้นชีวภาพไคโตซานในข้าวเจ้าพันธุ์ กข41 ทำให้ปริมาณข้าวกล้อง , ปริมาณข้าวขาวรวม และปริมาณข้าวขาวเต็มเมล็ดเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยได้ปริมาณข้าวขาวเต็มเมล็ดเพิ่มขึ้นร้อยละ 8.99 เมื่อเทียบกับชุดทดลองควบคุม สำหรับในข้าวเจ้าพันธุ์ปทุมธานี 1 พบว่า มีปริมาณข้าวกล้อง, ปริมาณข้าวขาวรวม และปริมาณข้าวขาวเต็มเมล็ดที่ได้จากกระบวนการสีข้าวเพิ่มขึ้น แต่ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยได้ปริมาณข้าวขาวเต็มเมล็ดเฉลี่ยเพิ่มขึ้นร้อยละ 8.06 เมื่อเทียบกับชุดทดลองควบคุม หลังจากตรวจสอบคุณสมบัติทางกายภาพของเมล็ดข้าว ได้แก่ น้ำหนักข้าวกล้องเต็มเมล็ด 100 เมล็ด, ค่าความแกร่งเมล็ดข้าวกล้อง และขนาดเมล็ดข้าวกล้อง ในข้าวทั้ง 2 สายพันธุ์ พบว่ามีค่าเฉลี่ยเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 สำหรับการศึกษาผลกระทบของนวัตกรรมสารกระตุ้นชีวภาพไคโตซานในเชิงพาณิชย์ พบว่า การใช้สารกระตุ้นชีวภาพไคโตซานในการเพาะปลูกข้าวทั้ง 2 สายพันธุ์ สามารถสร้างมูลค่าเพิ่มของผลผลิตที่ได้จากกระบวนการสีข้าว แต่พบว่าจะมีความคุ้มค่าด้านการลงทุนเมื่อใช้สารกระตุ้นชีวภาพไคโตซานในข้าวสายพันธุ์ที่มีมูลค่าทางการตลาดสูงมากกว่าข้าวสายพันธุ์ที่มีมูลค่าทางการตลาดต่ำ และสามารถใช้สารกระตุ้นชีวภาพไคโตซานร่วมกับการฉีดพ่นปุ๋ยปกติ เพื่อลดต้นทุนค่าฉีดพ่นสารนี้ได้

สาขาวิชา ธุรกิจเทคโนโลยีและการจัดการนวัตกรรม ลายมือชื่อนิสิต .....

ปีการศึกษา 2561 ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก .....

ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาร่วม .....

CU iThesis 6087131620 thesis / recv: 30072562 14:19:57 / seq: 17
4591627 66

6087131620 : MAJOR TECHNOPRENEURSHIP AND INNOVATION MANAGEMENT
KEYWORD: Biostimulant, Chitosan, Quality of Rice Grain

Thiti Toemsetthacharoen : Application of Biostimulant Chitosan to Improve Quality of Rice Grain. Advisor: Asst. Prof. Dr. RATH PICHYANGKURA Co-advisor: Dr. Kwanrat Suanpong

4591627660 CU iThesis 6087131620 thesis / recv: 30072562 14:19:57 / seq: 17

This research used chitosan biostimulant as a pre-harvest treatment in the cultivation of rice to improve yield and quality of rice grain. Rice *Orysa Sativa L*. cv. RD41 and Pathum Thani 1 were selected for the experiment, using a randomized complete block design. The rice kernel was analyzed in terms of yield from the milling process and quality of rice grain. The result demonstrated that the use of chitosan biostimulant in RD41 rice can improve yield of rice milling, such as, quantity of brown rice, white rice and whole grain white rice from rice milling process. (with statistical significance level of 0.05) and we found that whole grain white rice quantity was increased by 8.99%. The use of chitosan biostimulant in Pathum Thani 1 rice demonstrated a good trend in rice yield improvement. We found that whole grain white rice quantity increased by 8.06%. In terms of the quality rice grain tested in both rice strains, we found that the weight per 100 kernels of whole grain brown rice, the mechanical strength ,and size of the brown rice, were increased (with statistical significance level of 0.05). Potential commercialization studies found the use of chitosan biostimulant in both rice strains was able to add value to rice products in the milling process. But it will be worth the investment when using the chitosan biostimulants in high market value rice. The biostimulant can be use combination with other fertilizers to reduce cost of application.

Field of Study:	Technopreneurship and Innovation Management	Student's Signature .....
Academic Year:	2018	Advisor's Signature .....
		Co-advisor's Signature .....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้โดยได้รับความช่วยเหลือ คำแนะนำ วิธีการดำเนินการวิจัย การวิเคราะห์ประมวลผล รวมถึงแนวทางในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นระหว่างการดำเนินงานวิจัย และความดูแลเอาใจใส่ในการติดตามการทำงานตลอดการทำวิจัยของท่านอาจารย์ ผศ. ดร. รัฐ พิชญางกูร อาจารย์ที่ปรึกษาหลักของวิทยานิพนธ์เล่มนี้ โดยผู้ทำวิจัยมีความรู้สึกซาบซึ้งขอกราบขอบพระคุณในความกรุณาของอาจารย์ไว้ ณ ที่นี้

ขอขอบพระคุณ ศ. ดร. สนอง เอกสิทธ์ ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ผศ. ดร. ธาตรี ใต้ฟ้าพูล, อ. ดร. ขวัญรัฐ ส่วนพงษ์ และ รศ. ดร. ใจทิพย์ วานิชชัง ที่ให้ความกรุณาสละเวลาอันมีค่ามาเป็นกรรมการสอบวิทยานิพนธ์อีกทั้งให้คำแนะนำและข้อเสนอที่เป็นประโยชน์ต่อการทำวิจัยนี้

ขอขอบพระคุณ บริษัท โอลิแซ็ก เทคโนโลยี จำกัด ที่ให้ความอนุเคราะห์ สารกระตุ้นชีวภาพไคโตซานสูตรเฉพาะสำหรับใช้ในข้าว เพื่อใช้ในงานวิจัยนี้

ขอขอบพระคุณ บริษัท เส็งพาณิชย์ อินเตอร์เทรด จำกัด ที่ให้ความอนุเคราะห์อุปกรณ์และเครื่องมือเพื่อใช้ในงานวิจัยนี้

ขอขอบพระคุณเกษตรกรเจ้าของแปลงการทดลองข้าวพันธุ์ กข41 น้าสำราญ ขำขะวงศ์ ข้าวเจ้าพันธุ์ กข41 และ เกษตรกรเจ้าของแปลงการทดลองข้าวเจ้าพันธุ์ปทุมธานี 1 น้าสุชาติ นิตย์สุวรรณ ที่เอื้ออำนวยเรื่องสถานที่และพันธุ์ข้าวในการทดลองงานวิจัยนี้

สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณ บิดา มารดา และสมาชิกในครอบครัว รวมถึงเพื่อนๆ หลักสูตรธุรกิจเทคโนโลยีและการจัดการนวัตกรรม รุ่น 11 ที่ให้การสนับสนุนในทุกๆด้านรวมถึงเป็นกำลังใจในการทำวิจัยนี้จนสำเร็จลุล่วง

ฐิติ เติมเศรษฐเจริญ

4591627766 CU iThesis 6087131620 thesis / recv: 30072562 14:19:57 / seq: 17

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ค

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ง

กิตติกรรมประกาศ ..... จ

สารบัญ ..... ฉ

สารบัญตาราง ..... ซ

สารบัญภาพ ..... ฌ

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 3

1.3 วิธีการดำเนินการวิจัย 3

1.4 ขอบเขตของการวิจัย 4

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 5

1.6 ขั้นตอนในการทำผลงานวิจัย 6

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 7

2.1 Biostimulants 7

2.2 ไคติน-ไคโตซาน 8

2.3 ข้าว 18

2.4 การสีข้าว 22

2.5 การวางแผนการทดลอง 26

2.6 สรุปการศึกษาข้อมูลและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 28

4591627660 CU iThesis 6087131620 thesis / recv: 30072562 14:19:57 / seq: 17

บทที่ 3 เครื่องมือและวิธีการทำวิจัย 30
3.1 การทดลองการใช้สารกระตุ้นชีวภาพไคโตซานในข้าว 31
3.2 การวิเคราะห์ข้อมูลและประมวลผล.....38
3.3 การศึกษาผลกระทบของนวัตกรรมสารกระตุ้นชีวภาพไคโตซานในเชิงพาณิชย์.....39
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง.....40
4.1 ผลลัพธ์ด้านปริมาณผลผลิตที่ได้จากกระบวนการสีข้าว 41
4.2 ผลลัพธ์ด้านคุณสมบัติทางกายภาพของเมล็ดข้าว 44
4.3 สรุปผลการทดลอง.....47
บทที่ 5 การศึกษาผลกระทบของนวัตกรรมสารกระตุ้นชีวภาพไคโตซานในเชิงพาณิชย์.....48
5.1 การวิเคราะห์ผลผลิตที่ได้จากกระบวนการสีข้าว.....48
5.2 การประมาณการมูลค่าผลผลิตที่ได้จากกระบวนการสีข้าว.....51
5.3 การวิเคราะห์มูลค่าเพิ่มของการใช้สารกระตุ้นชีวภาพไคโตซานต่อผลผลิตที่ได้จากกระบวนการสีข้าว 57
5.4 การวิเคราะห์ความคุ้มค่าด้านการลงทุน.....57
บทที่ 6 สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ.....60
6.1 สรุปผลการศึกษา.....60
6.2 ข้อเสนอแนะ 61
บรรณานุกรม 62
ภาคผนวก 67
ภาคผนวก ก เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัย 68
ภาคผนวก ข ค่าที่ได้จากการทดลอง.....70
ประวัติผู้เขียน 84

4591627 66 CU iThesis 6087131620 thesis / recv: 30072562 14:19:57 / seq: 17

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1.1 ขั้นตอนในการทำผลงานวิจัย 6
ตารางที่ 4.1 การเปรียบเทียบผลลัพธ์ปริมาณผลผลิตที่ได้จากการสีข้าวเจ้าพันธุ์ กข41 41
ตารางที่ 4.2 การเปรียบเทียบผลลัพธ์ปริมาณผลผลิตที่ได้จากการสีข้าวเจ้าพันธุ์ปทุมธานี 1 42
ตารางที่ 4.3 การเปรียบเทียบผลลัพธ์คุณสมบัติทางกายภาพของเมล็ดข้าวเจ้าพันธุ์ กข41 45
ตารางที่ 4.4 การเปรียบเทียบผลลัพธ์คุณสมบัติทางกายภาพของเมล็ดข้าวเจ้าพันธุ์ปทุมธานี 1 45
ตารางที่ 5.1 ข้อมูลการสำรวจราคารับซื้อข้าวเปลือกจังหวัดสุพรรณบุรี วันที่ 6 มิถุนายน 2562 51
ตารางที่ 5.2 ข้อมูลการสำรวจราคาขายส่งข้าวและผลผลิตจากข้าว วันที่ 6 มิถุนายน 2562 52
ตารางที่ 5.3 การประมาณการมูลค่าผลผลิตที่ได้จากกระบวนการสีข้าวเจ้าพันธุ์ กข41 ในแปลงทดลองที่มีการใช้สารกระตุ้นชีวภาพไคโตซาน 53
ตารางที่ 5.4 การประมาณการมูลค่าผลผลิตที่ได้จากกระบวนการสีข้าวเจ้าพันธุ์ กข41 ในแปลงทดลองที่ไม่มีการใช้สารกระตุ้นชีวภาพไคโตซาน 54
ตารางที่ 5.5 การประมาณการมูลค่าผลิตผลที่ได้จากกระบวนการสีข้าวเจ้าพันธุ์ปทุมธานี 1 ในแปลงทดลองที่มีการใช้สารกระตุ้นชีวภาพไคโตซาน 55
ตารางที่ 5.6 การประมาณการมูลค่าผลิตผลที่ได้จากกระบวนการสีข้าวเจ้าพันธุ์ปทุมธานี 1 ในแปลงทดลองที่ไม่มีการใช้สารกระตุ้นชีวภาพไคโตซาน 56
ตารางที่ 5.7 การเปรียบเทียบต้นทุนการใช้สารกระตุ้นชีวภาพไคโตซานกับมูลค่าเพิ่มของผลลัพธ์ที่ได้จากกระบวนการสีข้าวเจ้าพันธุ์ กข41 58
ตารางที่ 5.8 การเปรียบเทียบต้นทุนการใช้สารกระตุ้นชีวภาพไคโตซานกับมูลค่าเพิ่มของผลลัพธ์ที่ได้จากกระบวนการสีข้าวเจ้าพันธุ์ปทุมธานี 1 58

4591627 66 CU iThesis 6087131620 thesis / recv: 30072562 14:19:57 / seq: 17

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 2.1 การเปรียบเทียบโครงสร้างโมเลกุลของไคตินและเซลลูโลส 9
ภาพที่ 2.2 โครงสร้างโมเลกุลของไคโตซาน 9
ภาพที่ 2.3 ข้าวสายพันธุ์ กข41 19
ภาพที่ 2.4 ข้าวสายพันธุ์ ปทุมธานี 1 21
ภาพที่ 2.5 แผนผังแสดงกระบวนการสีข้าว 24
ภาพที่ 2.6 ส่วนของเมล็ดข้าวและส่วนของข้าวหัก 26
ภาพที่ 3.1 การวางแผนการดำเนินงาน 30
ภาพที่ 3.2 ลักษณะของการกำหนดแปลงทดลองข้าวแต่ละสายพันธุ์ 32
ภาพที่ 3.3 ลักษณะของการกำหนดแปลงทดลองข้าวแต่ละสายพันธุ์ 33
ภาพที่ 3.4 ลักษณะของการแบ่งพื้นที่แปลงทดลองเพื่อสุ่มในการเก็บเกี่ยวข้าวตัวอย่าง 34
ภาพที่ 3.5 ลักษณะของการนวดข้าวโดยการใช้เท้าเหยียบบนพื้นกระสอบ 34
ภาพที่ 3.6 ลักษณะวิธีการลดความชื้นข้าวเปลือกด้วยวิธีการตากแดดธรรมชาติ 35
ภาพที่ 3.7 เครื่องทดสอบแรงดัดโค้ง (Bending Test) 37
ภาพที่ 3.8 เครื่องวัดขนาดเมล็ดข้าว Length Gauge Terster Tc-118 38
ภาพที่ 4.1 การพ่นสารกระตุ้นชีวภาพไคโตซานในแปลงทดลองข้าวเจ้าพันธุ์ กข41 40
ภาพที่ 4.2 การพ่นสารกระตุ้นชีวภาพไคโตซานในแปลงทดลองข้าวเจ้าพันธุ์ปทุมธานี 1 40
ภาพที่ 4.3 แปลงทดลองข้าวเจ้าพันธุ์ปทุมธานี 1 ที่ถูกลมพัดล้มเสียหายในช่วง 30 วัน ก่อนการเก็บเกี่ยว 43
ภาพที่ 4.4 การเปรียบเทียบรูปร่างเมล็ดข้าวเปลือกและข้าวกล้องของข้าวเจ้าพันธุ์ กข41 44
ภาพที่ 4.5 การเปรียบเทียบรูปร่างเมล็ดข้าวเปลือกและข้าวกล้องของข้าวเจ้าพันธุ์ปทุมธานี 1 44
ภาพที่ 5.1 ค่าอ้างอิงประสิทธิผลการสีข้าวที่มีพื้นข้าวคุณภาพดี 48
ภาพที่ 5.2 ผลิตผลที่ได้จากกระบวนการสีข้าวเจ้าพันธุ์ กข41 49
ภาพที่ 5.3 ผลิตผลที่ได้จากกระบวนการสีข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 50

4591627 66 CU iThesis 6087131620 thesis / recv: 30072562 14:19:57 / seq: 17

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ข้าว เป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทยมาตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน จากข้อมูลการสำรวจการใช้ประโยชน์ที่ดินของกรมพัฒนาที่ดิน ปี 2559 ประเทศไทยมีพื้นที่ทางเกษตรกรรม 177,689,189 ไร่ คิดเป็น 55.42% ของพื้นที่ประเทศ โดยพื้นที่เพาะปลูกกว่า 42% ใช้ในการเพาะปลูกข้าว (กรมพัฒนาที่ดิน, 2560) โดยในปี 2561 ประเทศไทยสามารถผลิตข้าวได้ราว 21.2 ล้านตัน โดยแบ่งสัดส่วนของการผลิตข้าว คือ สำหรับบริโภคภายในประเทศ ประมาณ 10.2 ล้านตัน และสำหรับส่งออกปริมาณ 11 ล้านตัน ซึ่งคิดเป็นมูลค่ากว่า 1.8 แสนล้านบาท ถือเป็นประเทศผู้ส่งออกข้าว เป็นอันดับ 2 ของโลก รองจากประเทศอินเดีย (กระทรวงเกษตรสหรัฐ (USDA), 2561)

แม้ว่าประเทศไทยจะสามารถส่งออกข้าวได้ในปริมาณมาก แต่ผลผลิตข้าวของไทยกลับสามารถผลิตได้ต่ำกว่าประเทศคู่แข่งในการส่งออกอย่างเวียดนาม, บังคลาเทศ , อินโดนีเซีย เป็นต้น (กระทรวงเกษตรสหรัฐ (USDA), 2561) ประเทศคู่แข่งเหล่านี้ดำเนินการแข่งขันในเรื่องของราคามาใช้แบ่งพื้นที่ทางการตลาดสินค้าข้าวไทยโดยจำหน่ายในราคาเฉลี่ยที่ถูกกว่าประเทศไทย ซึ่งหนึ่งในจุดอ่อนสำคัญของการค้าข้าวไทย คือมีต้นทุนการผลิตที่สูงกว่าประเทศคู่แข่ง จึงทำให้ต้องจำหน่ายสินค้าในราคาที่สูงกว่าคู่แข่ง ดังนั้นการพยายามลดต้นทุนการผลิต และพัฒนาเทคโนโลยีสำหรับการผลิตสินค้าข้าวจึงเป็นแนวทางที่สำคัญในการพัฒนาข้าวไทย

แนวทางการแก้ปัญหาดังกล่าว จึงครอบคลุมส่วนการผลิตภาคเกษตรกรรมตั้งแต่ขั้นการเพาะปลูกไปจนถึงการแปรรูปเพื่อเป็นสินค้า โดยในด้านการผลิตและเพาะปลูกพืชผลทางการเกษตรเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ดีนั้น ส่วนใหญ่จะมีความเกี่ยวข้องกับกระบวนเจริญเติบโตของพืช และการได้รับอิทธิพลจากสภาพแวดล้อม รวมถึงผลกระทบจากโรคและแมลงศัตรูพืช (Malerba & Cerana, 2016) ที่ผ่านมาจึงมุ่งเน้นการพัฒนาเทคโนโลยีที่เพิ่มผลผลิตโดยมีการใช้ปุ๋ยสารเคมี เพื่อบำรุงรักษาการเจริญเติบโตและกำจัดศัตรูพืชเป็นหลัก แต่ในขณะเดียวกันทำให้เกิดผลกระทบและปัญหาต่างๆ ตามมามากมาย เช่น ต้นทุนการผลิตที่เพิ่มสูงขึ้น สภาพแวดล้อมและดินเสื่อมโทรมลง นอกจากนั้นยังส่งผลกระทบต่อสุขภาพของผู้ผลิตและผู้บริโภคอีกด้วย

ปัจจุบันจึงได้มีแนวความคิดในการใช้นวัตกรรมด้านสารชีวภาพซึ่งได้จากธรรมชาติ Biostimulant นำมาใช้ในด้านเกษตรกรรม โดย “Biostimulant” หรือ “สารกระตุ้นชีวภาพ” คือ สาร หรือจุลินทรีย์ที่นำมาใช้กับพืชแล้ว สามารถไปกระตุ้นกระบวนการทางธรรมชาติต่างๆ ในพืช เพื่อให้พืชสามารถใช้ประโยชน์ ช่วยในการดูดซับธาตุอาหาร ได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ทำให้พืชมีความต้านทานศัตรูพืชและโรคต่าง ๆ ได้ๆ โดยจะมีหน้าที่ต่อพืชต่างจากการใช้ปุ๋ย และสารควบคุมการเจริญเติบโตพืช

4591627768 CU iThesis 6087131620 thesis / recv: 30072562 14:19:57 / seq: 17

เพราะปุ๋ยและสารควบคุมการเจริญเติบโตพืชทั่วไปจะช่วยส่งเสริมด้านการเจริญเติบโตของพืชโดยตรงเท่านั้น แต่ไม่ได้เสริมประสิทธิภาพหรือกระตุ้นกระบวนการภายในต่างๆของพืชให้ทำงานดียิ่งขึ้น (Calvo, Nelson, & Kloepper, 2014; Colla & Rouphael, 2015; du Jardin, 2015; Halpern et al., 2015)

สารกระตุ้นชีวภาพนั้นมีหลายประเภทด้วยกัน แต่ในงานวิจัยนี้ให้ความสนใจเกี่ยวกับสารกระตุ้นชีวภาพไคโตซาน ซึ่งได้จากสัตว์จำพวก กุ้ง หอย ปู และแมลง ตลอดจนเชื้อเห็ดราบางชนิด เนื่องจากเป็นสารที่ได้จากธรรมชาติจึงมีความปลอดภัยและไม่เป็นอัตรายต่อสิ่งมีชีวิต ไคโตซานมีโครงสร้างประกอบด้วยน้ำตาลกลูโคซามิน (Glucosamine) ซึ่งมีไนโตรเจน (N) เป็นองค์ประกอบมาต่อเป็นสายยาวขนาดต่าง ๆ ฉะนั้นเมื่อสลายตัวจะช่วยเพิ่มธาตุอาหารให้แก่ดิน นอกจากนี้มีงานวิจัยที่เกี่ยวกับการใช้สารกระตุ้นชีวภาพไคโตซานในพืชเพื่อแสดงให้เห็นถึงคุณสมบัติในหลายๆประการ เช่น มีการนำไคโตซานมาใช้เพื่อช่วยอัตราการงอกของเมล็ดพันธุ์ (Krivtsov et al., 1996) เพิ่มน้ำหนัก และผลผลิตในมะเขือเทศ (Sathiyabama, Akila, & Einstein Charles, 2013) รวมถึงการกระตุ้นการเจริญเติบโต และเพิ่มปริมาณผลผลิตในข้าว (Boonlertnirun, Sarobol, & Sooksathan, 2006; ไพฑูรย์ แสนบัวหลวง, 2550) นอกจากนั้นมีการค้นพบว่าไคโตซานสามารถช่วยเร่งการออกดอกและเพิ่มคุณภาพของดอกLisianthus ได้อีกด้วย (Ohta, Taniguchi, Konishi, & Hosoki, 1999) และมีรายงานการใช้ไคโตซานร่วมกับการใช้ปุ๋ยจุลธาตุ โดยพบว่าสามารถช่วยเสริมการใช้ปุ๋ยในพืชได้อย่างประสิทธิภาพมากขึ้น เนื่องจากคุณสมบัติของไคโตซานที่เป็นประจุสามารถจับกับไอออนต่าง ๆ เช่น โปตัสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม เหล็ก ฟอสเฟต ซึ่งมีอยู่ในปุ๋ยและเป็นตัวช่วยนำส่ง (Delivery) สารเหล่านี้มีให้แก่พืชอย่างช้าๆ (Abdel-Aziz, Hasaneen, & Omer, 2018) รวมถึงการศึกษาในด้านคุณสมบัติที่ช่วยกระตุ้นกระบวนการภายใน และระบบภูมิคุ้มกันของพืช เช่น Sathiyabama and Balasubramanian (1998) พบว่าไคโตซานสามารถช่วยกระตุ้นการสร้างกรดซาลิไซลิก ที่ช่วยควบคุมการเจริญเติบโต และเพิ่มการทำงานของเอนไซม์ Chitinase และ Glucanase ซึ่งช่วยในการยับยั้งเชื้อราก่อโรคต่าง ๆ ในพืช นอกจากนี้ยังมีการค้นพบว่าไคโตซานสามารถกระตุ้นระบบภูมิคุ้นกันภายในของพืช ที่แสดงผลตอบสนองต่อความเครียด ทั้งแบบ Biotic และ Abiotic ด้วยการสะสม Hydrogen Peroxide (H_2O_2) และกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์เพื่อการป้องกันตนเองด้วยการสังเคราะห์ สารทุตยภูมิต่างๆ เช่น Polyphenolics, Lignin, Flavonoids, and Phytoalexins (Iriti & Varoni, 2014) เป็นต้น

จากที่กล่าวมาจะเห็นว่ามีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการนำสารกระตุ้นชีวภาพไคโตซานมาใช้ในหลากหลายด้าน แต่สำหรับงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเพิ่มผลผลิตและคุณภาพข้าวส่วนใหญ่จะมีการศึกษาเพียงแค่การเจริญเติบโตของต้นข้าว ปริมาณผลผลิตที่ได้จากการเก็บเกี่ยว คุณภาพของผลผลิตที่ได้ รวมถึงสารต่างๆภายในข้าว แต่ยังไม่ค่อยมีการศึกษาในแง่ของคุณภาพของเมล็ดข้าวซึ่งจะมีประโยชน์ต่อการนำมาผลิตและแปรรูปเป็นสินค้าต่อไป

4591627668 CU iThesis 6087131620 thesis / recv: 30072562 14:19:57 / seq: 17

สำหรับในด้านการผลิตเพื่อเป็นสินค้าข้าวนั้น มีความจำเป็นต้องผ่านกระบวนการและเครื่องมือที่มีความเฉพาะของโรงสีข้าวจึงจะทำให้ได้สินค้าข้าวที่มีคุณภาพเป็นสินค้าส่งออกได้ ซึ่งในกระบวนการผลิตของโรงสีข้าวนั้น มีสิ่งที่ต้องการมากที่สุด คือ เปอร์เซ็นต์ข้าวเต็มเมล็ด (Head of rice yield) สูงที่สุด เพราะราคาข้าวในท้องตลาดจะแปรผันตามเปอร์เซ็นต์ข้าวเต็มเมล็ด และเป็นการบ่งบอกถึงคุณภาพของการสีข้าวอีกด้วย โดยการสีข้าวเพื่อให้ได้เปอร์เซ็นต์ข้าวเต็มเมล็ดสูงๆนั้น ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบหลายประการ ตั้งแต่ชนิดของข้าวแต่ละสายพันธุ์ ลักษณะวิธีการเพาะปลูกและการเก็บเกี่ยว รวมถึงเครื่องมืออุปกรณ์ และกระบวนการผลิตของโรงสีข้าวเอง โดยในด้านของวัตถุดิบตั้งต้นที่นำมาใช้ในการสีข้าว หากเป็นวัตถุดิบที่มีคุณภาพดีตั้งแต่แรกเริ่ม เมื่อนำมาผ่านกระบวนการสีข้าวก็จะทำให้ได้สินค้าข้าวมีคุณภาพดีเช่นกัน เปอร์เซ็นต์การแตกหักของข้าวจะลดน้อยลง

ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ของการศึกษาคือการใช้สารกระตุ้นชีวภาพไคโตซานในการเพาะปลูกข้าวในลักษณะ pre-harvest เพื่อเพิ่มคุณภาพของเมล็ดข้าวที่ได้จากกระบวนการขัดสี ซึ่งจะนับเป็นการพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตข้าวในขั้นการเพาะปลูกเพื่อให้สามารถได้วัตถุดิบตั้งต้นที่ดีในการนำมาผ่านกระบวนการแปรรูปเป็นสินค้าข้าวที่มีคุณภาพต่อไปได้

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. ศึกษาการใช้สารกระตุ้นชีวภาพไคโตซาน ในการเพาะปลูกข้าวลักษณะ pre-harvest เพื่อเพิ่มคุณภาพของเมล็ดข้าวที่ได้จากกระบวนการขัดสี
2. ศึกษาผลกระทบของนวัตกรรมสารกระตุ้นชีวภาพไคโตซานในเชิงพาณิชย์

1.3 วิธีการดำเนินการวิจัย

1.3.1 การทดลองการใช้สารกระตุ้นชีวภาพไคโตซานในข้าว

แบ่งขั้นตอนการดำเนินงานออกเป็น 2 ระยะ คือ

1.3.1.1 ระยะที่ 1 การเพาะปลูก

1) การออกแบบวางแผนการทดลอง
2) การเตรียมพื้นที่
3) การปลูก
4) การพ่นสารกระตุ้นชีวภาพไคโตซาน
5) การดูและรักษาแปลงทดลอง
6) การเก็บเกี่ยว

4591627768 CU iThesis 6087131620 thesis / recv: 30072562 14:19:57 / seq: 17

1.3.1.2 ระยะที่ 2 การนำผลผลิตมาผ่านกระบวนการสีข้าว

1) การลดความชื้น

2) การทำความสะอาด

3) การกระเทาะเปลือก

4) การขัดขาว

5) การคัดแยกขนาด

การทดสอบคุณภาพทางกายภาพของเมล็ดข้าว

1. การทดสอบค่าน้ำหนักเมล็ดข้าวกล้องเต็มเมล็ด จำนวน 100 เมล็ด
2. การทดสอบค่าความแกร่งเมล็ดข้าวกล้อง
3. การทดสอบขนาดเมล็ดข้าวกล้อง

1.3.2 การตรวจสอบและวิเคราะห์ข้อมูลผลลัพธ์จากการทดลอง

1. การตรวจสอบผลลัพธ์ด้านปริมาณผลผลิตที่ได้จากกระบวนการสีข้าว ได้แก่ น้ำหนักข้าวกล้องที่ได้รับจากกระบวนการสีข้าว, น้ำหนักข้าวขาวรวมที่ได้รับจากกระบวนการสีข้าว และน้ำหนักข้าวขาวเต็มเมล็ดที่ได้จากกระบวนการสีข้าว

2. การตรวจสอบผลลัพธ์ด้านคุณสมบัติทางกายภาพของเมล็ดข้าว ได้แก่ น้ำหนักเมล็ดข้าวกล้องเต็มเมล็ด 100 เมล็ด, ค่าทดสอบความแกร่งของเมล็ดข้าวกล้อง และค่าทดสอบขนาดเมล็ดข้าวกล้อง

1.3.3 การศึกษาผลกระทบของนวัตกรรมสารกระตุ้นชีวภาพไคโตซานในเชิงพาณิชย์

1. การวิเคราะห์ผลผลิตที่ได้จากกระบวนการสีข้าว
2. การประมาณการมูลค่าผลผลิตที่ได้จากกระบวนการสีข้าว
3. การวิเคราะห์มูลค่าเพิ่มของการใช้สารกระตุ้นชีวภาพไคโตซานต่อผลผลิตที่ได้จากกระบวนการสีข้าว
4. การวิเคราะห์ความคุ้มค่าด้านการลงทุน

1.4 ขอบเขตของการวิจัย

1. ศึกษาเฉพาะผลลัพธ์ด้านคุณภาพของเมล็ดข้าวที่จะเป็นประโยชน์ในเชิงพาณิชย์ ได้แก่ ผลผลิตที่ได้จากกระบวนการสีข้าว และ คุณสมบัติด้านกายภาพของเมล็ดข้าว

2. ใช้สารกระตุ้นชีวภาพไคโตซานที่ได้รับการพัฒนาเฉพาะสำหรับข้าวจาก บริษัท โอลิแซ็ก เทคโนโลยี จำกัด ในการศึกษาทดลอง

4591627668 CU iThesis 6087131620 thesis / recv: 30072562 14:19:57 / seq: 17

3. เลือกศึกษาการใช้สารกระตุ้นชีวภาพในข้าวเจ้าพันธุ์ กข41 และ ข้าวเจ้าพันธุ์ปทุมธานี 1 (ซึ่งเป็นพันธุ์ที่นิยมปลูกในพื้นที่ภาคกลาง) โดยพื้นที่เพาะปลูกอยู่ในเขตพื้นที่จังหวัดสุพรรณบุรี

4. ใช้รูปแบบการวางแผนการทดลองแบบสุ่มภายในบล็อคสมบูรณ์ (Randomize complete block) คือมีการทดสอบในพื้นที่นาลักษณะเดียวกัน มีการจัดการในทิศทางแบบเดียวกัน

5. เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบการสีข้าว และตรวจสอบคุณสมบัติข้าว ใช้เครื่องมือจากบริษัท เส็งพาณิชย์ อินเตอร์เทรด จำกัด

4591627668 CU iThesis 6087131620 thesis / recv: 30072562 14:19:57 / seq: 17

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

การใช้สารกระตุ้นชีวภาพไคโตซานในการเพาะปลูกข้าว สามารถเพิ่มคุณภาพของเมล็ดข้าวได้ ส่งผลให้ได้วัตถุดิบตั้งต้นที่ดีในการนำมาผ่านกระบวนการสีข้าว เพื่อได้สินค้าข้าวที่มีคุณภาพดีเช่นกัน และนอกจากนั้นยังเป็นเทคโนโลยีที่มีความเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม และไม่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภคอีกด้วย

1.6 ขั้นตอนในการทำผลงานวิจัย

ตารางที่ 1.1 ขั้นตอนในการทำผลงานวิจัย

	ธันวาคม 2561			มกราคม 2562			กุมภาพันธ์ 2562			มีนาคม 2562			เมษายน 2562			พฤษภาคม 2562			มิถุนายน 2562		
1. ปรึกษาอาจารย์ที่ปรึกษาและวางแผนงานวิจัย การศึกษาการใช้สารกระตุ้นชีวภาพไคโตซานในข้าว																					
2. ดำเนินการทดลองเบื้องต้น -เตรียมแปลงการทดลอง																					
3. ดำเนินการทดลองภาคปฏิบัติ -ฉีดสารกระตุ้นชีวภาพไคโตซาน																					
4. ศึกษาแนวความคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง																					
5. นำผลผลิตที่ได้มาผ่านกระบวนการสี ศึกษาปริมาณผลผลิตที่ได้จากกระบวนการสีข้าว																					
6.ทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของเมล็ดข้าว																					
7.นำข้อมูลมาประมวลผล และวิเคราะห์ผลกระทบของนวัตกรรมกระตุ้นชีวภาพไคโตซานในเชิงพาณิชย์																					
8. เขียนบทความและนำเสนอบทความวิจัยเฉพาะบางส่วนของเนื้อหางานวิจัย																					
9.จัดทำเนื้อหาทั้งหมด และนำเสนอผลงานขั้นสุดท้าย																					

CU iThesis 6087131620 thesis / recv: 30072562 14:19:57 / seq: 17
4591627 66

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 Biostimulants

2.1.1 ความหมาย

"Biostimulant" เป็นคำสากลที่ยังไม่มีคำจำกัดความที่ชัดเจนในเชิงวิชาการ และยังไม่มีกฎเกณฑ์ข้อบังคับในทางกฎหมายสำหรับควบคุมการขึ้นทะเบียนเพื่อจำหน่ายในทางการค้า แต่ทั้งนี้สามารถอนุมานความหมายตามคุณสมบัติ และการนำไปใช้ประโยชน์ได้ ซึ่งในทวีปทางยุโรป มีการแบ่งประเภทของ Biostimulant ตามการนำไปใช้ประโยชน์ ได้ 2 ประเภท คือ การนำไปใช้ในคุณลักษณะของกลุ่มปุ๋ย และการนำไปใช้ในคุณลักษณะกลุ่มควบคุมการเจริญเติบโตของพืช สำหรับในทวีปอเมริกา ก็เช่นกัน คือ ยังไม่มีการบัญญัติความและแบ่งประเภทของ Biostimulant ที่ชัดเจน แต่มีการบัญญัติในเรื่องของคำจำกัดความ และแบ่งหมวดหมู่ของปุ๋ยในการควบคุมดูแลผลิตภัณฑ์ ซึ่งอาจครอบคลุมถึง คุณสมบัติของ Biostimulant บางชนิด ดังนั้น ในงานวิจัยนี้จึงขอใช้คำว่า "สารกระตุ้นชีวภาพ" แทนคำว่า "Biostimulant" เพื่อสะดวกต่อการทำความเข้าใจ จนกว่าจะมีการบัญญัติคำนิยามความหมายอย่างเป็นทางการ

"สารกระตุ้นชีวภาพ" คือ สาร หรือจุลินทรีย์ ที่นำมาใช้กับพืช แล้วสามารถไปกระตุ้นกระบวนการทางธรรมชาติต่างๆ ในพืช เพื่อให้พืชสามารถใช้ประโยชน์หรือช่วยการดูดซับธาตุอาหาร ได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ช่วยให้พืชต้านทานความเครียด หรือ เพิ่มปริมาณและคุณภาพผลผลิตได้ ดังนั้นสารกระตุ้นชีวภาพจึงมีหน้าที่ต่อพืชต่างจากการใช้ปุ๋ยและสารควบคุมการเจริญเติบโตพืช เพราะปุ๋ยทั่วไปจะช่วยส่งเสริมด้านการเจริญเติบโตของพืชโดยตรงเท่านั้น และสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชรวมถึงยาหรืออาหารเสริม ก็จะทำหน้าที่เฉพาะอย่าง แต่ไม่ได้เสริมประสิทธิภาพหรือกระตุ้นกระบวนการต่างๆ ภายในของพืชให้ทำงานดียิ่งขึ้นดั่งคุณสมบัติการทำงานของสารกระตุ้นชีวภาพ และเนื่องจากส่วนใหญ่ได้จากธรรมชาติ เมื่อนำมาใช้ในพืชจึงไม่เป็นอัตรายต่อสิ่งมีชีวิต และสภาพแวดล้อม (Calvo Velez, Nelson, & Kloepper, 2014; Colla & Rouphael, 2015; du Jardin, 2015; Halpern et al., 2015)

2.1.2 คุณสมบัติโดยรวมของสารกระตุ้นชีวภาพ

1. เพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานของกระบวนการสร้างและสลายเมตาบอลิซึ่ม (Metabolism) ของพืช ส่งผลให้พืชมีผลผลิตเพิ่มขึ้นและคุณภาพของผลผลิตดีขึ้น

2. เพิ่มประสิทธิภาพในการต้านทานโรคพืช และฟื้นฟูพืชจากภาวะเครียดที่เกิดจากสิ่งแวดล้อม เช่น อุณหภูมิและน้ำ ซึ่งส่งผลต่อการเจริญเติบโตของพืช

4591627768 CU iThesis 6087131620 thesis / recv: 30072562 14:19:57 / seq: 17

3. เพิ่มการกระตุ้นให้พืชเกิดการนำสารอาหาร น้ำ หรือสารละลาย ไปเลี้ยงเนื้อเยื่อ และส่วนต่างๆ ภายในพืช

4. เพิ่มคุณภาพโดยรวมของผลผลิต รวมไปถึงปริมาณน้ำตาล (ความหวาน) สีสัน ความสมบูรณ์ของเมล็ด ฯลฯ

5. เพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดิน เสริมสร้างความสมบูรณ์ของจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ในดิน

สารกระตุ้นชีวภาพมีด้วยกันหลายประเภท เช่น กรดฮิวมิค/กรดฟุลวิค ซึ่งเป็นสารประกอบหลักจากการย่อยสลายของซากพืชซากสัตว์, กรดอะมิโน ซึ่งเป็นสารที่ได้จากการย่อยสลายโปรตีน, ไคติน-ไคโตซาน ที่เป็นไบโอโพลิเมอร์จากเปลือกหุ้มของสัตว์จำพวก กุ้ง หอยปู หรือแม้กระทั่งเชื้อราบางชนิดและเชื้อรา หรือแบคทีเรียที่เป็นประโยชน์แก่พืช เป็นต้น แต่ในงานวิจัยนี้ ให้ความสนใจกับการศึกษาในสารกระตุ้นชีวภาพชนิดของไคติน-ไคโตซาน

2.2 ไคติน-ไคโตซาน

2.2.1 ความหมายและประเภทของ ไคติน-ไคโตซาน

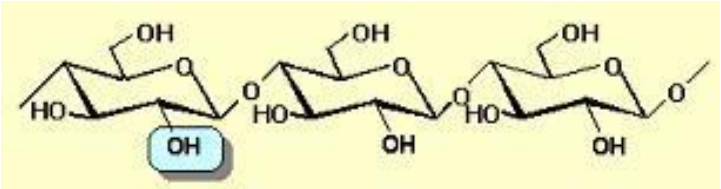
ไคติน (Chitin) เป็นโพลิเมอร์ธรรมชาติ ซึ่งจัดอยู่ในกลุ่มของคาร์โบไฮเดรต ประเภทของโพลิแซ็กคาไรด์ (polysaccharide) ที่มีสายยาว ประกอบด้วยอนุพันธ์ของน้ำตาลกลูโคสที่มีธาตุไนโตรเจนและหมู่อะซิทิล (Acytyl) เกาะอยู่ภายในโมเลกุล มีชื่อทางเคมีคือ Poly [β-(1|4)-2- acetamido-2-deoxy-D-glucopyranose] ซึ่งเป็นองค์ประกอบในโครงสร้างของสิ่งมีชีวิตหลายชนิด โดยทำให้โครงสร้างยึดกันเป็นรูปร่างและคงสภาพแข็งแรงพอที่จะใช้เป็นเครื่องป้องกันตัวจากสิ่งต่างๆ มีโครงสร้างโมเลกุลคล้ายกับเซลลูโลส แตกต่างกันในส่วนของหมู่ OH ที่ตำแหน่ง C2 โมเลกุลของ ไคตินจะเป็นหมู่ Acetylamino แทน ดังภาพที่ 2.1 ไคตินที่ได้จากแต่ละแหล่งมีโครงสร้าง และสมบัติแตกต่างกันโดยแบ่งตามลักษณะการเรียงตัวของโพลีเมอร์ได้เป็น 3 กลุ่ม คือ

1. แบบอัลฟา (α-Chitin) มีการเรียงตัวของสายโซ่โมเลกุลในลักษณะทิศทางเดียวกันและสวนทิศทางสลับกันไป เป็นโครงสร้างที่มีความสมบูรณ์ในด้านพันธะไฮโดรเจน คือมีทั้งแบบภายในและระหว่างสายโซ่อย่างเป็นระเบียบ จึงมีความแข็งแรงสูง ได้แก่ ไคตินจากเปลือกกุ้ง และกระดองปู

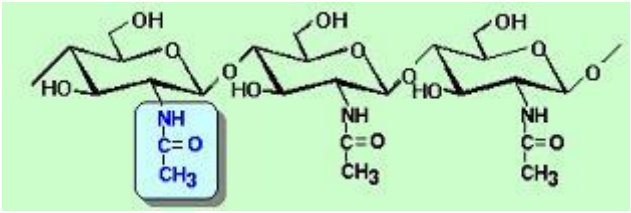
2. แบบเบตา (β-Chitin) มีการเรียงตัวของสายโซ่โมเลกุลในทิศทางเดียวกัน จึงจับกันได้ ไม่ค่อยแข็งแรงมีความไวต่อปฏิกิริยาเคมีมากกว่าแบบอัลฟา ได้แก่ ไคตินจากแกนปลาหมึก

3. แบบแกมมา (γ-Chitin) มีการเรียงตัวของสายโซ่โมเลกุลในลักษณะที่ไม่แน่นอน (สลับทิศทางกัน) มีความแข็งแรงรองจากแบบอัลฟา ได้แก่ ไคตินจากเห็ด รา และพืชชั้นต่ำ

459162766 CU iThesis 6087131620 thesis / recv: 30072562 14:19:57 / seq: 17



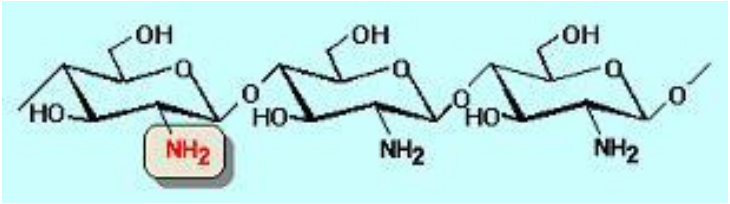
ไคติน



เซลลูโลส

ภาพที่ 2.1 การเปรียบเทียบโครงสร้างโมเลกุลของไคตินและเซลลูโลส
ที่มา: https://guru.sanook.com/2511/

ไคโตซาน คือ อนุพันธ์ของไคตินที่ตัดเอาหมู่ acetyl ของน้ำตาล N-acetyl-D-glucosamine ออก ดังภาพที่ 2.2 เรียกกระบวนการกำจัดหมู่อะซิทิลว่า Deacetylation คือ การเปลี่ยนน้ำตาล N-acetyl-D-glucosamine ในไคตินซึ่งมีโครงสร้างที่แข็งแรงและสเถียรกว่า เป็น glucosamine ที่ไม่เสถียร (unstable) ทำให้มีสมบัติในการทำปฏิกิริยาต่อสารอื่นดีขึ้น และมีความเป็นขั้วสูง (strong positive polarity) สามารถจับ ไอออนต่างๆ ในการทำปฏิกริยาได้ นอกจากนั้นยังมีคุณสมบัติที่ไม่ละลายในน้ำ แต่สามารถละลายได้ในกรดอินทรีย์ที่มีความเข้มข้นตั้งแต่ 2-3% ขึ้นไป ปกติแล้วการสกัดเพื่อให้ได้ไคโตซาน มักจะมีส่วนผสมของน้ำตาล N-acetyl-D-glucosamine และ glucosamine อยู่ในสายโพลิเมอร์เดียวกัน ดังนั้นระดับการกำจัดหมู่อะซิทิล จึงมีผลต่อขนาดโมเลกุล และคุณสมบัติการทำงานของไคโตซาน เช่น คุณสมบัติความหนืดของไคโตซานที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูง จะมีสายโพลิเมอร์ยาวและสารละลายที่ได้จะมีความหนืดมากกว่าไคโตซานที่มีน้ำหนักโมเลกุลขนาดเล็ก เป็นต้น ดังนั้นการนำไคโตซานไปใช้ประโยชน์จึงจำเป็นต้องพิจารณาทั้งร้อยละการเกิด deacetylation และน้ำหนักโมเลกุล



ภาพที่ 2.2 โครงสร้างโมเลกุลของไคโตซาน
ที่มา: https://guru.sanook.com/2511/

4591627766 CU iThesis 6087131620 thesis / recv: 30072562 14:19:57 / seq: 17

2.2.2 กระบวนการสกัดไคติน-ไคโตซาน

สามารถจำแนกได้เป็น 2 วิธี (พัฒนันท์ วงศ์วิวัฒน์, 2545)

2.2.2.1 วิธีทางเคมี แบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอน คือ

1) การสกัดแยกโปรตีน (Deprotienation) ไคตินมักรวมอยู่กับโปรตีนมี เกิดเป็นสารประกอบไกลโคโปรตีน มีสัดส่วนของไคตินและโปรตีนแตกต่างกันไปตามชนิดของสัตว์ กระบวนการกำจัดโปรตีนทำโดยใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ที่ความเข้มข้น 4% ต้มที่อุณหภูมิ 70-80 °C ในกระบวนการนี้โปรตีนส่วนใหญ่จะถูกขจัดออกไปจากวัตถุดิบ ซึ่งทำให้ไขมันบางส่วน และรงควัตถุบางชนิดมีโอกาสถูกขจัดออกไปด้วย

2) การสกัดแยกเกลือแร่ (Demineralization) ต้องผ่านกระบวนการกำจัดโปรตีนมาก่อน โดยการกำจัดเกลือแร่ และแร่ธาตุที่ดีควรใช้กรดที่มีความเข้มข้นต่ำ ส่วนมากใช้กรดเกลือ (HCl) ทำให้เกลือแร่ส่วนใหญ่ ได้แก่ แคลเซียมคาร์บอเนต หรือหินปูน ($CaCO_3$) ซึ่งจะถูกกำจัดออกไปโดยเปลี่ยนเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) และกำจัดแก๊สที่เกิดขึ้นโดยการทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 1 วัน ในขั้นตอนนี้บางส่วนของรงควัตถุและโปรตีนที่ละลายได้ในกรดจะถูกกำจัดออกไป วัสดุที่ได้คือ ไคติน

3) การกำจัดหมู่อะซิทิล (Deacetylation) เป็นการเปลี่ยนแปลงทางเคมีที่ใช้ในการกำจัดหรือลดหมู่อะซิทิล (CH_3CO-) เพื่อให้เกิดเป็นไคโตซาน (Chitosan) เนื่องจากโครงสร้างของไคตินค่อนข้างแข็งแรง ความหนาแน่นของเซลล์ในโครงสร้างผลึกของไคตินกับพันธะไฮโดรเจนและระหว่างอะตอมไนโตรเจนกับ หมู่คาร์บอกซิล การกำจัดหมู่อะซิทิลทำได้โดยใช้สารละลายด่างที่ความเข้มข้นสูงตั้งแต่ 40% ขึ้นไปภายใต้บรรยากาศ ของไฮโดรเจน หรือไนโตรเจน เพื่อป้องกันการสลายตัวของพอลิเมอร์ ซึ่งเป็นการเพิ่มขึ้นของหมู่อะมิโน (-NH_2) บนโมเลกุลของไคติน และหมู่อะมิโนนี้มีความสามารถในการรับโปรตอนจากสารละลาย ซึ่งช่วยให้การละลายทำได้ดี เพราะมีสมบัติเป็นประจุบวก ส่วนใหญ่เมื่อปริมาณของหมู่อะซิทิลถูกกำจัดไปมากกว่า 60% ขึ้นไป สารไคโตซานที่ได้สามารถละลายได้ในกรดอินทรีย์หลายชนิด เช่น กรดอะซิติก กรดโพรพานิก กรดแลคติก กรดบิวทีริก เป็นต้น

2.2.2.2 วิธีทางเทคโนโลยีชีวภาพ

เป็นวิธีที่สามารถควบคุมกระบวนการคุณภาพของการผลิตและสามารถหลีกเลี่ยงการใช้สารเคมี มีกลุ่มวิจัยจากสถาบันวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วท.) กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ และภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพแห่งสถาบันเทคโนโลยีเอเชีย (AIT) ร่วมกันพัฒนาการผลิตไคตินโดยใช้จุลินทรีย์แลคโตบาซิลัส (Lactobacillus) เพื่อแยกเอาโปรตีนออกแทนการใช้ด่าง

CU iThesis 6087131620 thesis / recv: 30072562 14:19:57 / seq: 17
4591627 66

2.2.3 การนำไปใช้ประโยชน์ในด้านเกษตรกรรม

การใช้ประโยชน์จากไคติน-ไคโตซานในทางเกษตรกรรม เนื่องจากเป็นสารชีวภาพที่ได้จากธรรมชาติ การนำมาใช้จึงมีความปลอดภัยและไม่เป็นอัตรายต่อสิ่งมีชีวิต ทั้งผลผลิตและตัวผู้ใช้ โดยสามารถกล่าวถึงประโยชน์ของอนุพันธ์ไคติน-ไคโตซานในทางเกษตรกรรมได้ดังนี้ (ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ (MTEC) และ ชมรมไคติน-ไคโตซาน, 2544)

1. สารฆ่าแมลง (Insecticide) ไคติน-ไคโตซานถูกนำไปใช้ในกระบวนการผลิตเอนไซม์ไคติเนส (Chitinase) สามารถนำไปใช้เป็นยาฆ่าแมลงหรือสารส่งเสริมในยาฆ่าแมลง (Insecticide adjuvants) ได้ โดยเอนไซม์ไคติเนส จะทำปฏิกิริยาและทำลายไคตินที่เป็นโครงสร้างแข็งภายนอกของแมลงศัตรูพืช

2. ต่อต้านเชื้อรา ไวรัสและแบคทีเรียบางชนิด ไคตินไคโตซานมีผลต่อการต้านทานและกำจัดเชื้อรา และแบคทีเรียบางประเภทได้ เช่น ไทรโคเดอร์มา ไฟทอปธาอรา พิเทียม แอนแทรคโนส เมลาโนส โรครากเน่า โคนเน่า ราน้ำค้าง ราขาว โรคแคงคอร์ โรคใบติด ใบจุด ใบสีส้มในนาข้าว และอื่นๆ ซึ่งคุณสมบัติดังกล่าวเกิดจากการกระตุ้นระบบภูมิคุ้มกันภายในพืชให้สร้างเอนไซม์ เพื่อตอบสนองต่อการทำลายเชื้อราและโรคพืชได้ โดยพบว่าไคโตซานสามารถเข้าสู่เซลล์เชื้อราและเกิดการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราได้

3. ปุ๋ยธรรมชาติ (Fertilizer) เนื่องจากไคติน-ไคโตซาน มีองค์ประกอบของไนโตรเจนอยู่ด้วย จึงมีบทบาทสำคัญในด้านปุ๋ยชีวภาพ และสารกระตุ้นการเจริญเติบโตของพืช และเมื่อสลายตัวจะช่วยเพิ่มธาตุอาหารให้แก่ดิน นอกจากนี้ยังเป็นไบโอโพลิเมอร์ที่มีประจุสามารถจับกับไอออนต่าง ๆ เช่น โปตัสเซียม ฟอสฟอรัส ในปุ๋ย หรือ แคลเซียม แมกนีเซียม เหล็ก แร่ธาตุอาหารต่างๆ ที่เป็นเป็นประโยชน์ต่อพืชแล้วจึงค่อย ๆ ปลดปล่อยสารเหล่านี้อย่างช้าๆแก่พืช ช่วยให้การทำงานร่วมกับปุ๋ยในพืชมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นอีกด้วย

4. การปรับปรุงคุณภาพดิน (Soil-Condition) ไคติน-ไคโตซานสามารถนำมาใช้ในการบำรุงรักษาดินที่มีส่วนประกอบของ Clay หรือส่วนที่มีความเหนียวปนอยู่ในปริมาณมาก โดยเพิ่มคุณสมบัติความพรุนในดิน ทำให้อากาศและน้ำซึมผ่านได้สะดวกขึ้น ดินมีการอุ้มน้ำที่มากขึ้น รวมทั้งยังเป็นตัวพาสารพวก micro-organic เพื่อ ไปใช้ประโยชน์ในส่วนต่างๆของพืช โดยปลดปล่อยสารดังกล่าวอย่างช้าๆ จึงผลต่อเนื่องได้นาน และมีอัตราการปล่อยสารคงที่

5. สร้างภูมิต้านทานโรค (Disease Resistance Response Genes) ไคติน-ไคโตซานมีคุณสมบัติในการไปกระตุ้นระบบภูมิคุ้มกันตนเองของพืชเพื่อสร้างยีนส์ที่ตอบสนองต่อสภาวะความผิดปกติที่เกิดขึ้นต่างๆ เช่น การสร้างสารลิกนิน (Lignin) และเอนไซม์ต่างๆ เพื่อใช้กำจัดเชื้อรา และแบคทีเรีย

6. เคลือบเมล็ดพันธุ์ (Seed treatment) การนำมาเคลือบผิวเมล็ดพันธุ์ทำให้สามารถรักษาคุณภาพของเมล็ดไว้ได้นานขึ้น และยังป้องกันโรคแมลงศัตรูพืช และด้วยคุณสมบัติของไนโตรเจนทำให้อัตราการงอกของเมล็ดเพิ่มขึ้น มีความแข็งแรงมากขึ้น

4591627 CU iThesis 6087131620 thesis / recv: 30072562 14:19:57 / seq: 17

7. ใช้ในการเก็บรักษายืดอายุของผลผลิตทางการเกษตร เมื่อนำไคติน-ไคโตซานไปเคลือบผิวผลผลิตทางการเกษตร จะมีลักษณะเป็นฟิล์มบางๆใสปราศจากสีและกลิ่น ซึ่งช่วยลดอัตราการหายใจและลดการเปลี่ยนแปลงก๊าซและบรรยากาศภายในผลผลิต จึงทำให้อายุการเก็บรักษานานขึ้น สีจึงเปลี่ยนช้าลง และสามารถป้องกันการรบกวนของแมลงและเชื้อราได้

2.2.4 งานวิจัยเกี่ยวข้องกับการนำไคโตซานไปใช้ในพืช

ในด้านการผลิตและเพาะปลูกพืชผลทางการเกษตรเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ดีนั้น ส่วนใหญ่จะมีความเกี่ยวข้องกับกระบวนเจริญเติบโตของพืช และการได้รับอิทธิพลจากสภาพแวดล้อม รวมถึงผลกระทบจากโรคและแมลงศัตรูพืช (Malerba & Cerana, 2016) จึงมีงานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวข้องกับการนำสารกระตุ้นชีวภาพไคโตซานมาใช้กับพืชผลทางการเกษตรอยู่เป็นจำนวนมาก ดังนี้

2.2.4.1 การใช้ไคโตซานต่อการงอกของเมล็ด

Krivtsov et al. (1996) ศึกษาการใช้ไคโตซานในข้าวสาลี พบว่าสามารถเพิ่มอัตราการงอกของเมล็ด และเพิ่มปริมาณผลผลิตในการเพาะปลูกได้ สอดคล้องกับการทดลองของ จุฬารัตน์ ไชยนันท์ และ ศศิธร วงศ์เรือง (2552) ที่ศึกษาผลของไคโตซานต่อการงอกของข้าวพันธุ์หลวงสันป่าตอง โดยแช่เมล็ดข้าวก่อนนำไปเพาะในสารละลายไคโตซานที่มีความเข้มข้นแตกต่างกัน พบว่า การแช่ข้าวในสารละลายไคโตซานเข้มข้นสูง คือ 4 ,6 ,8 กรัมต่อลิตร มีผลทำให้อัตราการงอกของข้าวดีกว่า การใช้ไคโตซานที่ความเข้มข้นต่ำ และดีกว่าชุดควบคุม และยังพบว่าข้าวที่แช่สารละลายไคโตซานเข้มข้น 8 กรัมต่อลิตร มีอัตราการงอกสูงสุด คือ 94.6% แต่การให้ไคโตซานที่ความเข้มข้น 10 กรัมต่อลิตรนั้น ทำให้อัตราการงอกของข้าวลดลง ซึ่งสอดคล้องกับ นุชนาฏ ตันวรรณ และคณะ (2560)ที่รายงานว่า ผลของการใช้ไคโตซานนั้นจะตอบสนองผลที่ดีต่อพืชนั้น ขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของไคโตซานที่ใช้

2.2.4.2 การใช้ไคโตซานต่อการสังเคราะห์แสงของพืช

Johnson (2016) รายงานถึงกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง ว่าเป็นกระบวนการพื้นฐานที่เกี่ยวกับการเปลี่ยนปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องในคลอโรพลาสต์ โดยใช้พลังงานจากแสงอาทิตย์เปลี่ยนแก๊สคาร์บอกไดออกไซด์ และไฮโดรเจนจากน้ำ หรือแหล่งอื่นๆ ให้กลายเป็นสารประกอบประเภทคาร์โบไฮเดรต และพลังงานเพื่อนำไปใช้ในการเจริญเติบโตของพืช Kim, Chen, Wang, and Rajapakse (2005) ได้รายงานว่า ไคโตซาน สามารถช่วยให้กระบวนการสังเคราะห์แสงในพืชเป็นไปได้อย่างมีประสิทธิภาพ วรรณิศา ปัทมะภูษิต และ พรไพรินทร์ รุ่งเจริญทอง (2559) รายงานว่า การเจริญเติบโตของพืชนี้มีความสัมพันธ์กับปริมาณคลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี แคโรทีนอยด์ และกรดซาลิกไซลิกในใบพืช โดยได้ทำการทดลองศึกษาผลของการใช้ไคโตซานต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต และปริมาณกรดซาลิไซลิกในพริกขี้หนู พบว่า การใช้ไคโตซานช่วยเพิ่มปริมาณคลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์ทั้งหมด แคโร

4591627 CU iThesis 6087131620 thesis / recv: 30072562 14:19:57 / seq: 17

ทีนอยด์ และกรดซาลิกไซลิกในใบพืชที่สูงขึ้น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเทียบกับชุดควบคุม แต่ไม่พบความแตกต่างของคลอโรฟิลล์บี ซึ่งมีความสอดคล้องกับการทดลองของ กนกวรรณ วัฒนากร (2559) ที่ศึกษาชนิดของไคโตซานเพื่อเพิ่มผลผลิตข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 โดยพบว่า ไคโตซานชนิดพอลิเมอร์ ที่มี 90% DD ความเข้มข้น 40 mg/L (P90-40) มีความเหมาะสมที่สุดในการใช้เพื่อกระตุ้นการเจริญเติบโตของกล้าข้าว โดยทำให้ข้าวมีความสามารถในการสังเคราะห์แสงเพิ่มขึ้น ซึ่งส่งผลให้มีจานวนหน่อ ชีวมวลส่วนต้นและผลผลิตข้าวสูงขึ้นอย่างมีนัยสาคัญทางสถิติ โดย นุชนาฏ ตันวรรณ และคณะ (2560) ได้อธิบายเหตุผลของการที่ไคโตซานสามารถกระตุ้นการสร้างรงควัตถุที่จำเป็นต่อการสังเคราะห์แสงได้ เนื่องมาจากไคโตซานมีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ โดยไนโตรเจนมีส่วนช่วยในการแบ่งเซลล์ และเป็นส่วนประกอบของโครงสร้างคลอโรฟิลล์ และแคโรทีนอยด์ก็เป็นรงควัตถุเสริมที่ทำงานร่วมกับคลอโรฟิลล์อีกเช่นกัน ดังนั้นการสังเคราะห์รงควัตถุได้สูงขึ้นจึงส่งผลให้พืชมีการสังเคราะห์แสงได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น พืชจึงมีการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตดีขึ้น

2.2.4.3 การใช้ไคโตซานต่อการเจริญเติบโตในพืช

กุลนาถ อบสุวรรณ และ กรกช สว่างศรี (2553) ศึกษาผลของไคโตซานต่อการเจริญเติบโตของกล้วยไม้ Dendrobium Queen Pink โดยการนำต้นกล้ามาเพาะเลี้ยงในอาหารกึ่งแข็งและเติมสารละลายไคโตซานที่มีความเข้มข้นแตกต่างกัน ผลการทดลองพบว่า ไคโตซานที่มีความเข้มข้น 20 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้กล้วยไม้มีความสูง น้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง และพื้นที่ใบมากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับชุดทดลองควบคุมอื่นๆ และไคโตซานที่มีความเข้มข้น 60 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้มีต้นกล้วยไม้เกิดต้นใหม่จำนวนมากที่สุด แต่มีความสูง น้ำหนักรวม จำนวนราก ขนาดและพื้นที่ใบน้อยที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยได้อธิบายว่า ไคโตซานมีผลในการช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของกล้วยไม้ชนิดนี้ โดยที่ผลของความเข้มข้นไคโตซานที่ใช้ พืชจะแสดงผลการตอบสนองของแตกต่างกันขึ้นอยู่กับชนิด และปริมาณที่เหมาะสมกับกล้วยไม้นั้นๆ ด้วยซึ่งสอดคล้องกับแนวความคิดของ นุชนาฏ ตันวรรณ และคณะ (2560) ในเรื่องของปริมาณความเข้มข้นของไคโตซานที่มีความเหมาะสมต่อกระบวนการในพืช

González et al. (2017) ศึกษาการใช้ chitosan-polyvinyl alcohol hydrogel ร่วมกับ absorbed copper nanoparticles (Cs-PVA-nCu) ในการเพาะปลูกแตงโมสายพันธุ์ Jubilee ผลการทดลองพบว่า มีผลต่อการเพิ่มความกว้างของใบส่วน stomata ซึ่งทำให้สามารถรับน้ำและอากาศได้มากขึ้น และยังทำหน้าที่ในการป้องกันการสูญเสียน้ำของพืช และยังพบว่าสามารถเพิ่มความยาวของลำต้นและรากได้อีกด้วย

Xu and Mou (2018) ศึกษาการใช้ไคโตซานในการแก้ไขปรับปรุงดิน เพื่อผลต่อการเจริญเติบโตของผักกาดหอม โดยพบว่าการใช้ไคโตซานเพื่อปรับปรุงสภาพดินมีผลทำให้ผักกาดหอมมีพื้นที่ใบ น้ำหนักของใบสด น้ำหนักของใบแห้ง แตกต่างกันตามความเข้มข้นของไคโตซานที่ใช้ และสามารถเพิ่มคลอโรฟิลล์ภายในใบ เพิ่มประสิทธิภาพในการสังเคราะห์แสงของคลอโรฟิลล์ รวมถึง Electron

CU iThesis 6087131620 thesis / recv: 30072562 14:19:57 / seq: 17

Transport ภายในใบ โดยอธิบายคุณสมบัติของไคโตซานในการเพิ่มความพรุนของดินทำให้น้ำและอากาศสามารถซึมผ่านได้สะดวกขึ้น พืชจึงสามารถดึงสารอาหารจากในดินไปใช้ประโยชน์ได้อย่างเต็มที่ และมีการเจริญเติบโตที่สมบูรณ์มากขึ้น

Boonlertnirun et al. (2006) ศึกษาชนิดของไคโตซาน และวิธีการใช้ที่เหมาะสมเพื่อเพิ่มผลผลิตข้าว โดยพบว่า การใช้ไคโตซานชนิดโพลิเมอร์ แช่เมล็ดข้าวก่อนปลูก และ ฉีดพ่นอีก 4 ครั้ง ทำให้ข้าวมีการสะสมน้ำหนักแห้งช่วงหลัง และจำนวนหน่อต่อต้นเพิ่มสูงขึ้น แต่ในด้านความสูง การสะสมน้ำหนักแห้งช่วงแรก น้ำหนัก 1,000 เมล็ด จำนวนเมล็ดต่อรวงรวมถึงผลผลิต มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ และพบว่าแนวโน้มว่าการใช้ไคโตซานชนิดโพลิเมอร์ แช่เมล็ดก่อนปลูกจากนั้นฉีดพ่นจะทำให้ผลผลิตสูงสุด

ไพฑูรย์ แสนบัวหลวง (2550) ศึกษาความเข้มข้นของไคโตซานต่อการเจริญเติบโตและปริมาณผลผลิตในข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 โดยพบว่า ไคโตซานมีผลต่อการเจริญเติบโตของข้าว โดยไคโตซานที่ความเข้มข้น 20 และ 40 ppm ทำให้ความสูง ความยาวใบ พื้นที่ใบ และน้ำหนักแห้งของต้นข้าวเพิ่มมากขึ้น สำหรับการศึกษาการแตกกอ จำนวนรวง และปริมาณผลผลิต พบว่าไคโตซานที่ความเข้มข้น 20 , 40 และ 80 ppm ทำให้ต้นข้าวแตกกอเพิ่มมากขึ้น และมีจำนวนรวงเพิ่มมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) และเมื่อนับจำนวนเมล็ดข้าวรวมทั้งหมด และหาน้ำหนักเฉลี่ย 100 เมล็ด พบว่าที่ความเข้มข้น 20 และ 40 ppm ทำให้มีจำนวนเมล็ดข้าวเพิ่มขึ้น และไคโตซานทุกความเข้มข้นมีผลทำให้น้ำหนักเมล็ดข้าวเพิ่มมากขึ้น 3-5% เมื่อเทียบกับชุดควบคุมการทดลอง แสดงให้เห็นว่าไคโตซานความเข้มข้น 40 ppm มีแนวโน้มเพิ่มการเจริญเติบโตและปริมาณผลผลิตข้าวได้

2.2.4.4 การใช้ไคโตซานร่วมกับปุ๋ยจุลธาต

นุชนาฏ ตันวรรณ และคณะ (2560) ศึกษาความเข้มข้นของไคโตซานที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของข้าวพันธุ์ กข.61 ร่วมกับการใช้ปุ๋ยจุลธาตุ พบว่า การให้ไคโตซานที่ความเข้มข้น 1.2 มก./ล. ร่วมกับปุ๋ยจุลธาตุ ส่งเสริมให้ข้าวมีการเจริญเติบโตดี และให้ผลผลิตสูงสุด ซึ่งสอดคล้องกับ (Abdel-Aziz et al., 2018) ที่ศึกษาการใช้นาโนไคโตซานร่วมกับปุ๋ย NPK ด้วยวิธีการฉีดพ่นทางใบเพื่อเพิ่มผลผลิตของข้าวสาลี โดยพบว่าสามารถลดอายุการเก็บเกี่ยวผลผลิตลงได้ 23.5% หรือ 130 วัน จากอายุการเก็บเกี่ยวปกติ 170 วัน และพบว่ามีผลผลิตเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับชุดควบคุม โดยได้อธิบายคุณสมบัติของไคโตซาน ในการเป็นตัวนำพา และช่วยเสริมประสิทธิภาพในการลำเลียงจุลธาตุของปุ๋ย จากรากสู่ส่วนต่างๆของพืชได้ดียิ่งขึ้น นอกจากนั้น การฉีดพ่นสารทางใบยังช่วยเพิ่ม osmotic pressure ของปากใบ ซึ่งนำไปสู่การเพิ่มขึ้นของ stomatal cells เพื่อให้สามารถเปิดรับสารอาหารที่พื้นผิวได้มาก (Kumar et al., 2017) Kaplan, Tlustoš, Száková, Najmanová, and Bř endová (2015) ได้อธิบายคุณสมบัติของปุ๋ยจุลธาตุหลักได้แก่ ไนโตรเจน (N), ฟอสฟอรัส (P), โพแทสเซียม (K) ว่ามีหน้าที่ เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของพืช เช่น N ช่วยสนับสนุนการเจริญเติบโต

CU iThesis 6087131620 thesis / recv: 30072562 14:19:57 / seq: 17
4591627 66

และเพิ่มความแข็งแรงของพืช รวมถึงการสร้างโปรตีนในพืช P ช่วยเร่งการเจริญเติบโตของราก และการออกดอกผล และ K ที่ถึงแม้ไม่ได้เป็นสารที่เป็นองค์ประกอบในโครงสร้างพืช แต่ก็ช่วยให้กระบวนการทำงานต่างๆภายในพืชเป็นไปได้อย่างสมบูรณ์ เช่น กระบวนการสังเคราะห์แสง และยังช่วยสังเคราะห์แป้งและน้ำตาลในพืช ช่วยเคลื่อนย้ายแป้งและน้ำตาลจากใบไปสู่ผล รวมถึงควบคุมการปิดเปิดของปากใบ แต่ถึงแม้ว่าการใช้ปุ๋ยจุลธาตุจะเป็นประโยชน์ต่อพืช แต่ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความเหมาะสมของพืชแต่ละชนิด ซึ่งหากมีการใช้ธาตุต่างๆที่มากเกินไปอาจส่งผลเสียต่อพืชจนถึงทำให้ตาย หรืออาจมีปริมาณผลผลิตลดลงได้ Malerba and Cerana (2016) ได้อธิบายถึงคุณสมบัติของพืชในการดูดซับปุ๋ยจุลธาตุในดินเพื่อมาใช้ประโยชน์ไว้ว่า พืชสามารถดูดซับ ฟอสฟอรัสได้เพียง 80–90%, ไนโตรเจนเพียง 40-70% และโพแทสเซียมเพียง 50-70% ซึ่งการที่พืชไม่สามารถดูซับจุลธาตได้หมดนี้จึงกลายเป็นสารตกค้างและหายไปกับสภาพแวดล้อม จึงนับเป็นการสูญเสียต้นทุนการผลิต แต่ด้วยคุณสมบัติของไคโตซานที่เป็นประจุช่วยจับไอออนของจุลธาตไว้ และค่อยๆ ปล่อยสารดังกล่าวอย่างช้าๆ ซึ่งจะทำให้พืชสามารถนำจุลธาตต่างๆ มาใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพเหมาะสมกับความต้องการของพืช จึงสอดคล้องกับการทดลองของ Boonlertnirun, Suvarnnasara, and Boonlertnirun (2015) ที่ศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพของปุ๋ยไนโตรเจน โดยใช้ร่วมกับไคโตซาน เพื่อเพิ่มผลผลิตข้าว โดยพบว่า การใช้ไคโตซานที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน มีผลทำให้คลอโรฟิลล์แตกต่างกันทางสถิติ และการใช้ไคโตซานร่วมกับ ปุ๋ยไนโตรเจนมีแนวโน้มทำให้มีการสะสมน้ำหนักแห้งสูงสุด และยังพบปฏิสัมพันธ์ระหว่างการใช้ไคโตซานร่วมกับการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนต่อปริมาณคลอโรฟิลล์และน้ำหนักแห้งของข้าว

2.2.4.5 การใช้ไคโตซานต่อระบบภูมิคุ้มกันในพืช

Behboudi et al. (2018) ศึกษาการใช้ไคโตซานในข้าวบาร์เลย์ที่อยู่ภายใต้สภาวะแล้ง พบว่า สามารถเพิ่มการสังเคราะห์ proline ซึ่งช่วยในการปรับตัวเพื่อยู่รอดในสภาวะแล้ง และเอนไซม์ catalase ซึ่งทำหน้าที่สลายพันธะทางเคมีของไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่เป็นผลผลิตจากการกำจัดอนุมูลอิสระ ชนิดซุปเปอร์ออกไซด์ (Superoxide) เป็นอันตรายต่อเซลล์ โดย catalase จะเปลี่ยนพันธะของไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์ไปเป็นน้ำ (H_2O) และออกซิเจน (O_2) ทำให้พืชมีการเจริญเติบโตได้ในสภาวะแล้ง พื้นที่ใบ สีของใบ จำนวนเมล็ดต่อรวง รวมถึงผลผลิตข้าวจึงพบว่าเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมการทดลอง และพบแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของปริมาณน้ำสัมพัทธ์ และน้ำหนัก 1,000 เมล็ด โดยได้อธิบายเพิ่มเติมเกี่ยวกับสภาวะแล้งว่า พืชจะปิดปากใบเพื่อลดการคายน้ำและกิจกรรมต่างๆภายในพืช รวมถึงการสังเคราะห์แสง ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ (Co_2) จึงลดลง ทำให้พืชเกิดความเครียดและแสดงออกผลลัพธ์ทางการเจริญเติบโต และมีผลผลิตต่ำ สอดคล้องกับแนวความคิดของ (Lee et al., 1999) ที่พบว่า การใช้ไคโตซานร่วมกับ Oligogalacturonic Acid (OGA) ในมะเขือเทศ ช่วยกระตุ้นการปิดรูที่ปากใบ Stomatal ทำให้ลดปริมาณแสงที่เข้าสู่ปากใบ รวมถึงเชื้อโรคต่างๆที่เข้ามาทางปากใบ เมื่อกระบวนการทำงานต่างๆ ที่ใช้ในการเจริญเติบโตทำงานน้อยลง พืชจะกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์

459162768 CU iThesis 6087131620 thesis / recv: 30072562 14:19:57 / seq: 17

ในการผลิต H_2O_2 ซึ่งเป็นตัวส่งสัญญาณสื่อสารในระบบภูมิคุ้มกันในพืช เพื่อสร้างการต้านทานเชื้อโรค จึงพบว่ามีความสัมพันธ์กับการเพิ่มขึ้นของ H_2O_2

สุชาดา บุญเลิศนิรันดร์ (2561) ให้พืชเกิดความเครียดและหยุดชะงักการเจริญเติบโตของราก และทำให้ลำต้นตั้งตัวได้อย่างไม่แข็งแรง รวมถึงการสะสมน้ำหนักของผลผลิตลดลง ซึ่งได้ทำการศึกษาผลการใช้ไคโตซานในข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ต่อศักยภาพการให้ผลผลิตของข้าวที่ได้รับผลกระทบจากอุณหภูมิสูง โดยพบว่า การใช้ไคโตซานมีส่วนช่วยให้ความเขียวของใบข้าวเพิ่มมากขึ้น และพบปฏิสัมพันธ์ระหว่างระยะการเจริญเติบโตของข้าวกับการใช้ไคโตซาน โดยการฉีดพ่นไคโตซานให้กับข้าวที่ได้รับอุณหภูมิสูงที่ระยะแตกกอ ทำให้ผลผลิตและเปอร์เซ็นต์เมล็ดดีสูงขณะที่เปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบต่ำ ในขณะที่ข้าวที่ได้รับอุณหภูมิสูงที่ระยะสร้างรวงอ่อน และไม่มีการฉีดพ่นไคโตซานให้ผลผลิตและเปอร์เซ็นต์เมล็ดดีต่ำสุดแต่เปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบสูงสุด

Sathiyabama and Balasubramanian (1998) ศึกษาการไคโตซานเพื่อยับยั้งการเติบโตของ Uredospores ซึ่งเป็นสาเหตุของโรคราสนิมในถั่วลิสง โดยฉีดพ่นไคโตซาน 1,000 มก./ล. ผลการทดลองพบว่า สามารถช่วยกระตุ้นการสร้างกรดซาลิไซลิก ซึ่งเป็นสารประกอบในกลุ่ม Phenylpropanoid มีความสำคัญต่อการควบคุมการเจริญเติบโตในพืช และมีความเกี่ยวข้องกับการถ่ายทอดสัญญาณให้พืชปรับตัวในสภาวะแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม และยังพบว่าสามารถเพิ่มกิจกรรมของ Chitinase และ Glucanase ทำให้โรคราสนิม ในถั่วลิสงลดลง สอดคล้องกับการทดลองของ Kumaraswamy et al. (2019) ศึกษาการใช้กรดเซลิไซลิกร่วมกับไคโตซาน (SA-CS NPs) ในการเพิ่มศักยภาพของระบบภูมิคุ้มกันในข้าวโพด ผลการทดลองพบว่า สามารถ กระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ เพื่อให้รักษาระดับของออกซิเจนภายในเซลล์ และการชักนำการสร้างลิกนินเพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นผลทำให้เซลล์วอลของพืชมีความแข็งแรงเพิ่มขึ้น สามารถยับยั้งการเกิดโรค post-flowering stalk rot (PFSR) ได้ 59.4%

2.2.4.6 การใช้ไคโตซานต่อการสร้างสารในพืช

Vasconsuelo, María, Picotto, Rodriguez, and Boland (2003) ศึกษาผลของการใช้ไคโตซานในการสร้างสารทุติยภูมิใน Rubia tinctorum โดยค้นพบว่า ไคโตซานกระตุ้นการสร้าง anthraquinone เพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นสารที่มีกลิ่นหอมและมีลักษณะเฉพาะ พบในพืชบางชนิดเท่านั้น และกระตุ้นการทำงานของ protein kinase เพื่อสนองต่อการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของพืช

Limpanavech et al. (2008) ศึกษาการใช้ไคโตซานใน กล้วยไม้สายพันธุ์ Dendrobium ‘Eiskul’ พบว่าการใช้ไคโตซานสามารถชักนำให้กล้วยไม้ออกดอกเร็วขึ้น และเพิ่มจำนวนช่อดอกสะสมในช่วง 68 สัปดาห์ และการใช้ไคโตซานด้วยวิธีการฉีดพ่นทางใบ โดยทดสอบทั้งในใบอ่อนและใบที่มีอายุมาก พบคลอโรพลาสในใบอ่อนที่ได้รับไคโตซานมีขนาดใหญ่ขึ้น และนอกจากนั้นยังพบว่าสามารถเพิ่ม vascular bundles ซึ่งเป็นเนื้อเยื่อถาวรของพืชที่อยู่ถัดจากชั้นเพอริไซเคิลเข้าไปทำหน้าที่ต่อ silica cells ในการสะสมซิลิกาบอดี้ มีผลทำให้พืชมีความแข็งแรง โดย Prychid, Rudall, and Gregory (2003) ได้

4591627768 CU iThesis 6087131620 thesis / recv: 30072562 14:19:57 / seq: 17

รายงานเพิ่มเติมเกี่ยวกับการพบการสะสมซิลิกาบอดี้ภายในพืชที่ต่างชนิดกัน ในพืช ตระกูลหญ้า, กก และ Commalinas ซึ่งมีการสะสมซิลิกาบอดี้อยู่ใน epidermis ที่เป็นเนื้อเยื่อถาวรเชิงเดี่ยว อยู่ชั้นนอกสุด เป็นส่วนที่สัมผัสกับภายนอก ปกคลุมส่วนต่าง ๆ ของพืชทั้งราก ลำต้น ใบ ดอก ผล เมล็ด มีกำเนิดมาจากชั้น Protoderm มีหน้าที่หลายอย่าง เช่น ป้องกันอันตราย ป้องกันน้ำระเหย เกี่ยวข้องกับการหายใจ คายน้ำ สังเคราะห์ด้วยแสง หรือการสร้างเซลล์ใหม่ปกคลุมเมื่อมีบาดแผล เป็นต้น Zhang, Xie, Lang, Cui, and Zhang (2017) ได้อธิบายเพิ่มเติมเกี่ยวกับ ซิลิกอน (SiO_2) ว่าเป็นธาตุอาหารที่ไม่จำเป็นสำหรับพืชชั้นสูง แต่จะเกิดประโยชน์มากขึ้นต่อพืชที่มีการสะสมซิลิกาอยู่แล้วภายในเซลล์ ซึ่งจะช่วยให้ผนังเซลล์มีความแข็งแรง สร้างภูมิต้านทานแก้โรคและแมลงศัตรูพืช และยังช่วยป้องกันความเครียดต่อการเปลี่ยนแปลงทางสภาะแวดล้อมของพืชได้อีกด้วย

Malayaman et al. (2017) ศึกษาการนำไคโตซานมาใช้ในการเพาะเลี้ยงพืชสมุนไพร Phyllanthus debilis Klein ex Willd โดยค้นพบว่า ไคโตซานสามารถช่วยในการสังเคราะห์ สาร Hydrolysable Tannins ให้มีปริมาณเพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นสารประกอบจำพวกโพลิฟีนอลที่สำคัญพบในพืชดังกล่าว มีคุณสมบัติในการยับยั้งพิษและรักษาโรคมะเร็ง

Behboudi et al. (2018) ศึกษาการใช้ไคโตซานในข้าวบาร์เลย์ที่อยู่ภายใต้สภาวะแล้ง ค้นพบว่า สามารถเพิ่มโปรตีนในเมล็ดข้าวได้ โดยรายงานว่า การเพิ่มขึ้นของโปรตีน ในเมล็ดข้าว มีผลมาจาก องค์ประกอบที่เป็นไนโตรเจนของไคโตซานมีความสำคัญต่อการเพิ่ม การสังเคราะห์โปรตีนในพืช ซึ่งพืชจะนำมาสะสมอยู่ในผลผลิตคือเมล็ดข้าว

Wu, Lin, Chen, Wu, and Xiao (2012) ศึกษาการนำไคโตซานมาใช้ในอะไมโลสของแป้งข้าว เพื่อลดกระบวนการ Retrogradation (การคืนตัวของสตาร์ชข้าวหลังจากได้รับการ Gelatinized แล้วปล่อยให้เย็นตัวลง) พบว่าไคโตซานที่ผ่านการ Treatment สามารถลดกระบวนการ Retrogradation ทำให้ข้าวคงสภาพการ Gelatinized ได้นานขึ้น

จากงานวิจัยที่กล่าวมาจะเห็นว่าสารกระตุ้นชีวภาพไคโตซานช่วยส่งเสริมระบบกระบวนการทำงานต่าง ๆ ภายในต้นพืชหลากหลายด้าน เช่น กระบวนการสังเคราะห์แสง ระบบการเจริญเติบโต ระบบภูมิคุ้มกัน เป็นต้น โดยงานวิจัยนี้ให้ความสนใจกับการศึกษาการใช้สารกระตุ้นชีวภาพไคโตซานในการเพาะปลูกข้าวในลักษณะ Pre-Harvest เพื่อเพิ่มคุณภาพของเมล็ดข้าวที่ได้จากกระบวนการขัดสี ซึ่งการศึกษาดังกล่าวจำเป็นต้องนำมาผ่านกระบวนการสีข้าวก่อนจึงจะสามารถตรวจสอบคุณสมบัตินั้นได้

4591627 CU iThesis 6087131620 thesis / recv: 30072562 14:19:57 / seq: 17

2.3 ข้าว

เป็นพืชในสายพันธุ์เดียวกับหญ้าพบมากในทวีปเอเชีย ชื่อวิทยาศาสตร์คือ Oryza sativa เป็นพืชล้มลุก มีใบชนิดใบเลี้ยงเดี่ยว (Monocotyledon) และมีระบบรากฝอย (Fibrous Roots System) เจริญเติบโตได้ดีทั้งเขตร้อนและเขตอบอุ่น

2.3.1 ประเภทของข้าว

การแบ่งประเภทข้าวตามลักษณะการกระจายพื้นที่ปลูก แบ่งได้ดังนี้ (พิชญสิณี อริยธนะกตวงศ์, 2558)

1. ข้าวอินดิกา (Indica) หรือข้าวเจ้า เป็นข้าวที่มีลักษณะเม็ดเรียวยาวรี ลำต้นสูง ตั้งชื่อมาจากแหล่งที่ค้นพบครั้งแรกในประเทศอินเดีย เป็นข้าวที่นิยมเพาะปลูกในทวีปเอเชียเขตมรสุมตั้งแต่จีน เวียดนาม ฟิลิปปินส์ ไทย อินโดนีเซีย ไปจนถึงอินเดีย และศรีลังกา แพร่กระจายทั่วอุษาอาคเนย์ตั้งแต่หลัง พ.ศ. 1000 ทั้งเขตลุ่มน้ำอิรวดี แต่ต่อมาแพร่ขยายเพาะปลูกในทวีปอเมริกา

2. ข้าวจาปอนิกา (Japonica) เป็นข้าวเหนียวเมล็ดป้อม กลมรี มีแหล่งกำเนิดจากทางตอนเหนือของแม่น้ำ Yangtze แล้วขยายไปทางตอนเหนือของรัฐอัสสัม แล้วผ่านมาทางลุ่มแม่น้ำโขง ในสมัยพุทธศตวรรษที่ 20 หลังจากนั้นลดจำนวนลงไปแพร่หลาย ในเขตอบอุ่นที่ ญี่ปุ่น เกาหลี รัสเซีย ซีเรีย ยุโรป และอเมริกา

3. ข้าวจาวานิกา (Javanica) เป็นข้าวลักษณะเมล็ดป้อมใหญ่ สันนิษฐานว่า เป็นข้าวพันธุ์ผสมระหว่างข้าวอินดิกาและจาปอนิกา นิยมเพาะปลูกในอินโดนีเซีย ฟิลิปปินส์ พม่า ไต้หวัน และญี่ปุ่น แต่ไม่ค่อยได้รับความนิยมมากนักเพราะให้ผลผลิตต่ำ

สำหรับในประเทศไทยจะจำแนกประเภทของข้าวหลักๆ 2 รูปแบบ คือ แบ่งประเภทตามฤดูกาลเพาะปลูกข้าว หรือสภาพของแสงแดด และแบ่งประเภทตามคุณสมบัติของชนิดแป้ง (นพพร คล้ายพงษ์พันธุ์ และคณะ, 2547)

การแบ่งประเภทตามฤดูกาลเพาะปลูกข้าวหรือสภาพของแสงแดด สามารถแบ่งได้ 2 ชนิด

1. ข้าวไวต่อช่วงแสง (Photoperiod Sensitive) หมายถึง ข้าวที่มีช่วงเวลาของการออกดอกที่แน่นอน เป็นข้าวที่ปลูกในฤดูนาปี เท่านั้น เป็นพืชวันสั้น จะออกดอกในช่วงที่เวลากลางวันสั้นกว่ากลางคืน จึงต้องปลูกในฤดูฝนเพื่อให้ออกดอกช่วงฤดูหนาวที่มีช่วงเวลากลางวันสั้นกว่า 12 ชั่วโมง อาจจะจำแนกย่อยออกได้เป็นข้าวที่ไวต่อแสงมาก ข้าวที่มีความไวต่อแสงน้อย ซึ่งจะมีช่วงเก็บเกี่ยวที่ต่างกัน ข้าวพันธุ์พื้นเมืองส่วนใหญ่จัดเป็นข้าวไวแสง เช่น พันธุ์ กข5, กข6, กข8, กข13, กข15 และขาวดอกมะลิ 105 เป็นต้น

2. ข้าวไม่ต่อไวช่วงแสง (Photoperiod Insensitive) หมายถึง ข้าวที่ออกดอก ตามอายุการเก็บเกี่ยวของข้าวที่ไม่ขึ้นอยู่กับช่วงแสง เป็นข้าวที่ปลูกในฤดูนาปรัง สามารถเพาะปลูกได้ตลอดปี

4591627668 CU iThesis 6087131620 thesis / recv: 30072562 14:19:57 / seq: 17

ถ้ามีน้ำเพียงพอ และปลูกได้ดีในฤดูร้อนเพราะมีช่วงแสงมากกว่าฤดูอื่น อายุการปลูกจนถึงเก็บเกี่ยวประมาณ 110-150 วัน อย่างเช่น พันธุ์ กข1, กข2, กข3, กข4 และ กข29 (ซัยนาท 80) เป็นต้น

การแบ่งประเภทตามคุณสมบัติของชนิดแป้ง สามารถแบ่งได้ 2 ชนิด

1. ข้าวเจ้า ประกอบด้วยแป้งอะมิโลส (Amylose) ประมาณ ร้อยละ 15 - 30
2. ข้าวเหนียว ประกอบด้วยแป้งอะมิโลเพกทิน (Amylopectin) เป็นส่วนใหญ่ และมีอะมิโลสเป็นส่วนน้อยประมาณร้อยละ 5 - 7 แป้งอะมิโลเพกทินทำให้เมล็ดข้าวมีความเหนียวเมื่อหุงต้มสุกแล้ว

4591627 66 CU iThesis 6087131620 thesis / recv: 30072562 14:19:57 / seq: 17

2.3.2 ข้าวเจ้าพันธุ์ กข41

เป็นสายพันธุ์ที่ได้รับรองเมื่อวันที่ 17 กันยายน พ.ศ. 2552 จากสายพันธุ์ CNT96028-21-1-PSL-1-1 โดยการผสม 3 สายพันธุ์คือ CNT85059-27-1-3-2 , สุพรรณบุรี 60 และ RP217-635-8 ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นข้าวเจ้าที่ไม่ไวต่อแสง สามารถปลูกได้ตลอดทั้งปี นิยมปลูกกันในพื้นที่ภาคกลาง เพราะให้ผลผลิตสูง และอายุการเก็บเกี่ยวสั้น ทนต่อโรคและแมลงต่างๆ (สำนักวิจัยและพัฒนาข้าว กรมการข้าว, ม.ป.ป.-ก)

ภาพที่ 2.3 ข้าวสายพันธุ์ กข41
ที่มา: http://www.ricethailand.go.th/Rkb/varieties/index.php.htm

2.3.2.1 ลักษณะทั่วไป

1. เป็นข้าวเจ้าไม่ไวต่อช่วงแสง (ข้าวที่ออกดอกตามอายุการเก็บเกี่ยวของข้าวที่ไม่ขึ้นอยู่กับช่วงแสง เป็นข้าวที่ปลูกในฤดูนาปรัง สามารถปลูกได้ตลอดปีถ้ามีน้ำเพียงพอ)
2. เป็นข้าวเจ้าหอต้นสูงประมาณ 104 เซนติเมตร
3. อายุเก็บเกี่ยวข้าวประมาณ 105 วัน
4. ระยะพักตัวของเมล็ด ประมาณ 9-10 สัปดาห์
5. ขนาดเมล็ดข้าวเปลือก ยาว 10.4 มิลลิเมตร กว้าง 2.5 มิลลิเมตร หนา 2 มิลลิเมตร

6. ขนาดเมล็ดข้าวกล้อง ยาว 7.7 มิลลิเมตร กว้าง 2.2 มิลลิเมตร หนา 1.8 มิลลิเมตร

7. ลักษณะเมล็ดข้าวเปลือกสีฟาง มีขนสั้น รูปร่างเรียว

8. ทรงกอตั้ง ต้นแข็ง ใบและกาบใบสีเขียว ใบธงตั้งตรง คอรวงโผล่พ้นจากกาบใบธงเล็กน้อย ยอดเกสรตัวเมียสีขาว

9. ปริมาณอะมิโลสสูง (27.15%)

10. คุณภาพข้าวสุก มีลักษณะร่วนและค่อนข้างแข็ง

2.3.2.2 ข้อดี

1. ผลผลิตสูง มีเสถียรภาพดี ให้ผลผลิตเฉลี่ย 722 กก./ไร่ สูงกว่าสุพรรณบุรี 1 (645 กก./ไร่) และชัยนาท 1 (640 กก./ไร่) คิดเป็นร้อยละ 12 และ 13 ตามลำดับ แต่ไม่แตกต่างจากพิษณุโลก 2 (719 กก./ไร่)

2. เป็นข้าวเจ้าหอมที่ไม่ไวต่อช่วงแสง ทำให้สามารถปลูกได้หลายครั้งในหนึ่งปี

3. ค่อนข้างต้านทานเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล และโรคไหม้

4. ต้านทานเพลียกระโดดสีน้ำตาล และเพลี้ยกระโดดหลังขาว

5. คุณภาพการสีดี สามารถสีได้ข้าวเต็มเมล็ดมาก คุณภาพเมล็ดทางกายภาพดีเป็นข้าวเจ้าเมล็ดยาวเรียว ท้องไข่น้อย

2.3.2.3 ข้อจำกัด

1. อ่อนแอต่อโรคขอบใบแห้ง และเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล

2. ในช่วงอากาศหนาวอาจทำให้ผลผลิตต่ำกว่าปกติได้

2.3.3 ข้าวเจ้าพันธุ์ปทุมธานี1

เป็นข้าวเจ้าที่มีความหอม ความนุ่มคล้ายข้าวหอมมะลิ นิยมบริโภคกันมากในภาคกลาง ได้มากจากการผสมพันธุ์ระหว่าง สายพันธุ์ข้าว BKNA6-183-2 (พันธุ์แม่) กับสายพันธุ์ PTT8506-3-21 ที่ศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี เมื่อฤดูนาปรัง ปี 2533 คัดเลือกจนได้ สายพันธุ์ PTT90071-93-8-1-1 สามารถปลูกได้ในพื้นที่ชลประทานทั่วไป และปลูกได้ตลอดทั้งปี (สำนักวิจัยและพัฒนาข้าว กรมการข้าว, ม.ป.ป.-ข)

4591627 68 CU iThesis 6087131620 thesis / recv: 30072562 14:19:57 / seq: 17

ภาพที่ 2.4 ข้าวสายพันธุ์ ปทุมธานี 1

ที่มา: http://www.ricethailand.go.th/Rkb/varieties/index.php.htm

4591627668 CU iThesis 6087131620 thesis / recv: 30072562 14:19:57 / seq: 17

2.3.3.1 ลักษณะทั่วไป

1. เป็นข้าวเจ้าไม่ไวต่อช่วงแสง (ข้าวที่ออกดอกตามอายุการเก็บเกี่ยวของข้าวที่ไม่ขึ้นอยู่กับช่วงแสง เป็นข้าวที่ปลูกในฤดูนาปรัง สามารถปลูกได้ตลอดปีถ้ามีน้ำเพียงพอ)
2. เป็นข้าวเจ้าหอต้นสูงประมาณ 104-133 เซนติเมตร
3. อายุเก็บเกี่ยวข้าวประมาณ 104-126 วัน
4. ระยะพักตัวของเมล็ด ประมาณ 3-4 สัปดาห์
5. ขนาดเมล็ดข้าวกล้อง ยาว 7.6 มิลลิเมตร กว้าง 2.1 มิลลิเมตร หนา 1.7 มิลลิเมตร
6. ลักษณะเมล็ดข้าวเปลือกสีฟาง มีขน ส่วนมากมีหางสั้น
7. ทรงกอตั้ง ใบสีเขียวมีขนกาบใบและปล้องสีเขียว ใบธงยาว ทำมุม 45 องศากับลำต้น
8. ปริมาณอะมิโลส 15-19%
9. คุณภาพข้าวสุก นุ่มค่อนข้างเหนียว มีกลิ่นหอมอ่อน

2.3.3.2 ข้อดี

1. ให้ผลผลิตสูง ประมาณ 650-774 กิโลกรัมต่อไร่
2. เป็นข้าวเจ้าหอมที่ไม่ไวต่อช่วงแสง ทำให้สามารถปลูกได้หลายครั้งในหนึ่งปี
3. คุณภาพเมล็ดคล้ายพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105
4. ต้านทานเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล และเพลี้ยกระโดดหลังขาว
5. ต้านทานโรคไหม้ และโรคขอบใบแห้ง
6. เป็นที่ต้องการของตลาด ขายได้ราคาดี

2.3.3.3 ข้อจำกัด

1. ค่อนข้างไม่ต้านทานเพลี้ยจักจั่นสีเขียว โรคใบหงิก และโรคใบสีส้ม
2. ไม่ควรใช้ปุ๋ยในอัตราสูง โดยเฉพาะปุ๋ยไนโตรเจน ถ้าใส่มากเกินไปทำให้ฟางอ่อน ต้นข้าวล้ม และผลผลิตลดลง

2.4 การสีข้าว

การสีข้าว เป็นการแปรรูปผลผลิตจากข้าวเปลือกเป็นข้าวสาร ด้วยการบดให้เปลือกแตกออก เหลือแต่ตัวเมล็ดข้าว โดยการที่จะเปลี่ยนข้าวเปลือกเป็นข้าวสารสาหรับหุงต้มเพื่อรับประทานนั้น เริ่มจากเมื่อเก็บเกี่ยว เกษตรกรจะทำการนวดข้าว ซึ่งหมายถึง การกระเทาะเอาเมล็ดข้าวออกจากรวง แล้วทำความสะอาดเพื่อแยกเมล็ดข้าวลีบและเศษฟางข้าวออกไปเหลือไว้เฉพาะเมล็ดข้าวเปลือกที่ต้องการเท่านั้น เมล็ดที่เกี่ยวมาใหม่ๆ จะมีความชื้นที่ 25-30% จึงต้องนำมาตากให้ความชื้นลดลงเหลือ 11-15% ซึ่งเป็นความชื้นที่เมาะสมในการสีข้าวและการเก็บรักษา(อรอนงค์ นัยวิกุล, 2547)

4591627668 CU iThesis 6087131620 thesis / recv: 30072562 14:19:57 / seq: 17

2.4.1 ขั้นตอนการสีข้าว

มีกรรมวิธีต่างๆ ทั้งหมด 5 ขั้นตอน ดังนี้

2.4.1.1 การทำความสะอาดข้าวเปลือก

เป็นขั้นตอนการแยกเศษฟาง เศษผง ข้าวลีบ ฝุ่น และสิ่งเจือปนอื่นๆ ที่ติดมากับข้าวเปลือกในขั้นตอการเก็บเกี่ยว การทำความสะอาดนี้มีอยู่ด้วยกันหลายวิธี เช่น

1. วิธีการสาดข้าว โดยใช้พลั่ว สาดเมล็ดข้าวขึ้นไปในอากาศ เพื่อให้สิ่งเจือปนที่มีน้ำหนักเบาลอยออกไป ส่วนเมล็ดข้าวเปลือกที่ดีและหนักก็จะตกมารวมกันที่พื้น
2. วิธีการใช้กระด้งฝัด หากข้าวมีปริมาณน้อย สามารถใช้กระด้งไม้ไผ่แยกเมล็ดข้าวเปลือกดีและสิ่งเจือปนให้อยู่คนละด้านของกระด้งและฝัดเอาสิ่งเจือปนทิ้ง
3. การใช้เครื่องสีฝัด เป็นเครื่องมือที่ใช้หลักการให้ลมพัดเอาสิ่งเจือปนออกไป วิธีการนี้เป็นวิธีทำความสะอาดเมล็ดได้อย่างมีประสิทธิภาพสูง

2.4.1.2 การกะเทาะข้าวเปลือก

เป็นกรรมวิธีแยกเปลือกหุ้มแข็งออกจากเมล็ดข้าวกล้อง ส่วนเปลือกที่หลุดออกมาเรียกว่าแกลบ ซึ่งมีอยู่ด้วยกันหลายวิธี แต่มักจะมีการใช้แรงกดหรือบีบ และแรงดึงหรือแยกเพื่อให้เปลือกหลุดออกโดยที่ไม่ทำให้เมล็ดข้าวข้าวกล้องหัก ในโรงสีส่วนมากใช้วิธีการแบบลูกยาง 2 ลูก ซึ่งจะใช้ความเร็วรอบในการหมุนที่แตกต่างกันทำให้เกิดการเสียดสีนำเปลือกข้าวออก

2.4.1.3 การแยกแกลบ

เมื่อผ่านข้าวเปลือกเข้าสู่เครื่องกระเทาะ จะได้แกลบ และข้าวกล้อง หรืออาจมีข้าวเปลือกบางส่วนที่ยังไม่ได้กระเทาะปนมาด้วย ดังนั้นจึงต้องมีการแยกส่วนผสมที่ได้ เข้าสู่เครื่องแยกแกลบ ซึ่งมีด้วยกันหลายวิธี แต่ส่วนใหญ่จะใช้วิธีระบบลมดูด โดยอาศัยหลักการเรื่องของน้ำหนัก เนื่องจากแกลบมีน้ำหนักที่เบากว่าข้าวเปลือกและข้าวกล้อง จึงถูกกระแสลมดูดพัดแยกออกมา

2.4.1.4 การแยกข้าวกล้องออกจากข้าวเปลือก

เป็นกรรมวิธีแยกข้าวเปลือกที่หลุดรอดจากการกระเทาะปะปนอยู่กับข้าวกล้อง ซึ่งข้าวเปลือกจะถูกส่งกลับไปเข้าเครื่องกะเทาะใหม่อีกครั้ง และข้าวกล้องจะถูกแยกไปเข้าเครื่องขัดขาวข้าว โดยการแยกข้าวเปลือกที่ปนอยู่กับข้าวกล้องจะใช้วิธีการแยกผ่านตะแกรงโยกที่มีลักษณะเป็นทางลาดภายในเป็นช่องโลหะวางซิกแซกเพื่อดักการเคลื่อนที่ของข้าว และอาศัยความแตกต่างของพื้นผิวของข้าวเปลือกและข้าวกล้อง โดยข้าวกล้องมีผิวสัมผัสลื่นจะถูกแยกลงที่บริเวณด้านล่างของเครื่องแยก และข้าวเปลือกที่มีพื้นผิวสัมผัสสากกว่าจะถูกแยกออกที่บริเวณด้านบนของเครื่องแยก ซึ่งในโรงสีขนาดใหญ่จะมีเครื่องแยกข้าว แต่ในโรงสีขนาดเล็ก กรรมวิธีนี้อาจไม่มีก็ได้

2.4.1.5 การขัดขาวข้าว

เป็นกรรมวิธีการขัดเอารำออกจากเมล็ดข้าวเพื่อให้ข้าวขาว เครื่องขัดขาว มี 2 แบบ คือ แบบหินขัด และแบบแรงเสียดทาน เครื่องขัดขาวของโรงสีข้าวแบบดั้งเดิมเป็นแบบหินขัด ลักษณะของหินขัดประกอบด้วย แกนโลหะรูปกรวยตัดหุ้มด้วยชั้นของคอนกรีตผสมหินกากเพชร กรวยจะหมุนอยู่รอบแกนเหล็กตามแนวดิ่งล้อมรอบด้วยตะแกรงที่มีแท่งยางติดอยู่ เมื่อข้าวกล้องผ่านเข้ามากรวยที่หมุนด้วยอัตราเร็วที่เหมาะสมจะทำให้ข้าวเกิดการหมุนและขัดสีกับหินขัดและแท่งยางจะทำหน้าที่เบรคข้าว ทำให้รำหลุดออกจากเมล็ดข้าว และพัดลมจะดูดเอารำแยกออกจากบริเวณไป

2.4.1.6 การแยกข้าวหัก

ข้าวที่ได้จากการขัดสีแต่ละประเภทจะมีราคาขายที่แตกต่างกัน ตามสภาพ การนำไปใช้หรือความเหมาะสมในการบริโภคต่อ จึงจำเป็นต้องมีกระบวนการคัดแยกขนาดข้าว โดยกรรมวิธีการแยกข้าวหักออกจากข้าวสารรวมที่สีและขัดมาแล้วให้ได้เป็นข้าวต้น ข้าวหักใหญ่ ข้าวหัก และปลายข้าว จะแยกโดยผ่านเครื่องแยกตะแกรงกลมโดยอาศัยหลักการหมุนซึ่งที่บริเวณผิว ของตะแกรงกลมจะมีลักษณะเป็นปุ่มสำหรับให้ข้าวเต็มเมล็ดเกาะติดไปเป็นทางลาดเอียง ส่วนข้าวหักที่มีน้ำหนักเบา จะร่วงหล่นลงมาบริเวณที่ดักข้าวหัก และนอกจากนั้นการแยกขนาดของข้าวหัก สามารถแยกขนาดเมล็ดข้าวด้วยการใช้ ตะแกรง แบบต่างๆ ทำงานร่วมกัน

459162766 CU iThesis 6087131620 thesis / recv: 30072562 14:19:57 / seq: 17

ภาพที่ 2.5 แผนผังแสดงกระบวนการสีข้าว

ที่มา: http://www. foodnetworksolution.com/wiki/word/3644/การสีข้าว-rice-milling

2.4.2 คุณภาพการสีข้าว

อัตราการสีข้าว (Milling recovery) หรือ อัตราการแปรสภาพข้าวเปลือกเป็นข้าวสารสามารถหาได้จาก ปริมาณข้าวเต็มเมล็ดและต้นข้าว ข้าวที่มีคุณภาพการสีดีเมื่อผ่านกระบวนการขัดสีแล้ว จะได้ข้าวเต็มเมล็ดและต้นข้าวสูง มีปริมาณข้าวหักน้อย ดังนั้น การประเมินคุณภาพการสีของข้าวจึงเกี่ยวข้องกับการแปรสภาพข้าว หรือการสีข้าว ในกระบวนการสีข้าวจะได้ผลผลิตจากข้าวเปลือกดังนี้ (อรอนงค์ นัยวิกุล, 2547)

ข้าวเปลือกสะอาด 100%

แกลบ 20-30%

รำ 8-11%

ข้าวสารรวม 66-72%

ระดับการสี (Degree of Milling) หมายถึงความหนักเบา หรือมากน้อยในการขัดข้าวกล้องให้เป็นข้าวสาร สิ่งที่ได้จากการขัด คือ รำ คัพภะ และส่วนเนื้อเมล็ด โดยแบ่งระดับของการขัดสีข้าวแบ่งออกเป็น3 ระดับ ดังนี้ (กรมการค้าต่างประเทศ กระทรวงพาณิชย์, 2559)

1. สีดีพิเศษ (Extra Well Milled) หมายความว่า การขัดสีเอารำออกเกือบทั้งหมดจนเมล็ดข้าวมีลักษณะสวยงามเป็นพิเศษ

4591627668 CU iThesis 6087131620 thesis / recv: 30072562 14:19:57 / seq: 17

2. สีดี (Well Milled) หมายความว่า การขัดสีเอารำออกเกือบทั้งหมดจนเมล็ดข้าวมีลักษณะสวยงามดี

3. สีดีปานกลาง (Reasonable Well Milled) หมายความว่าการขัดสีเอารำออกเป็นส่วนมากจนเมล็ดข้าวมีลักษณะสวยงามพอสมควร

2.4.3 คำจำกัดความ

มาตรฐานสินค้าข้าว ได้กำหนดความหมายของคำที่ใช้ในมาตรฐานไว้ ดังนี้ (กรมการค้าต่างประเทศ กระทรวงพาณิชย์, 2559)

ข้าวเปลือก (Paddy Rice, Rough Rice) คือ ข้าวที่ยังไม่ผ่านการกะเทาะเปลือกออก

ข้าวกล้อง (Cargo Rice, Loonzain Rice, Brown Rice, Husked Rice) คือ ข้าวที่ผ่านการกะเทาะเอาเปลือกออกเท่านั้น

ข้าวขาว (White Rice) คือ ข้าวที่ได้จากการนำข้าวกล้องเจ้าไปขัดเอารำออกแล้ว

พื้นข้าว (Rice Classification) คือ เมล็ดข้าวเต็มเมล็ดที่มีขนาดความยาวระดับต่างๆ ตามที่กำหนด ซึ่งเป็นส่วนผสมของข้าว แต่ละชั้นตามที่อัตราส่วนกำหนด

ส่วนผสม (Rice Composition) คือ อัตราส่วนผสมของข้าวเต้มเมล็ด ต้นข้าว และข้าวหัก ซึ่งจะบ่งบอกคุณภาพข้าวเกรดต่างๆ

ชั้นของเมล็ดข้าว (Classes of Rice Kernels) คือ ชั้นของเมล็ดข้าวที่แบ่งตามระดับความยาวของข้าวเต็มเมล็ด

ส่วนของเมล็ดข้าว (Parts of Rice Kernels) คือ ส่วนของข้าวเต็มเมล็ดแต่ละส่วนที่แบ่งตามความยาวของเมล็ดออกเป็น 10 ส่วน เท่า ๆ กัน (ภาพที่ 2.6)

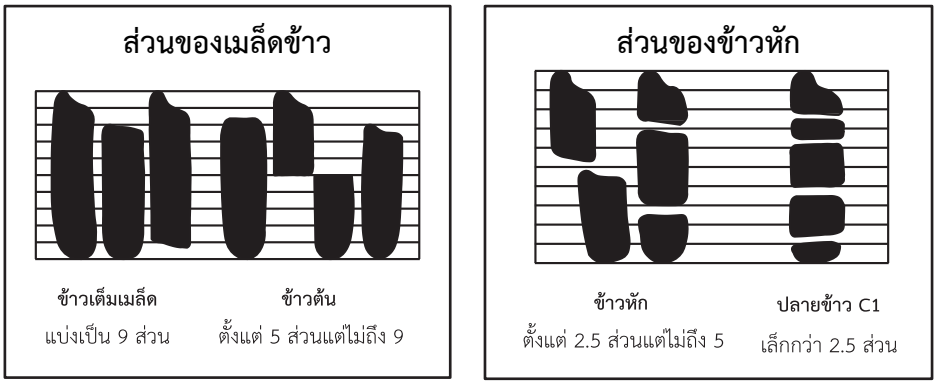
ข้าวเต็มเมล็ด (Whole Kernels) คือ เมล็ดข้าวที่อยู่ในสภาพเต็มเมล็ด ไม่มีส่วนใดหักและให้รวมถึงเมล็ดข้าวที่มีความยาวตั้งแต่ 9 ส่วนขึ้นไป

ข้าวหัก (Brokens) คือ เมล็ดข้าวหักที่มีความยาวตั้งแต่ 2.5 ส่วนขึ้นไปแต่ไม่ถึงความยาวของต้นข้าว และให้รวมถึงเมล็ดข้าวแตกเป็นซีกที่มีเนื้อที่เหลืออยู่ไม่ถึงร้อยละ 80 ของเมล็ด

ปลายข้าวซีวัน (Small Brokens C1) คือ เมล็ดข้าวหักขนาดเล็กที่ร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 7

ตะแกรงเบอร์ 7 (Sieve No.7) คือ ตะแกรงโลหะรูกลมหนา 0.79 มิลลิเมตร (0.031 นิ้ว) และเส้นผ่านศูนย์กลางรู 1.75 มิลลิเมตร(0.069 นิ้ว)

4591627 66 CU iThesis 6087131620 thesis / recv: 30072562 14:19:57 / seq: 17



ภาพที่ 2.6 ส่วนของเมล็ดข้าวและส่วนของข้าวหัก
ที่ม : กองมาตรฐานสินค้านำเข้าส่งออก กรมการค้าต่างประเทศ กระทรวงพาณิชย์

ชั้นของเมล็ดข้าว แบ่งได้ดังนี้

ข้าวเมล็ดยาวชั้น 1 (Long Grain Class 1) คือ ข้าวเต็มเมล็ดที่มีขนาดยาวเกิน 7.0 มิลลิเมตร
ข้าวเมล็ดยาวชั้น 2 (Long Grain Class 2) คือ ข้าวเต็มเมล็ดที่มีขนาดยาวเกิน 6.6 – 7.0 มิลลิเมตร
ข้าวเมล็ดยาวชั้น 3 (Long Grain Class 3) คือ ข้าวเต็มเมล็ดที่มีขนาดยาวเกิน 6.2 – 6.6 มิลลิเมตร
ข้าวเมล็ดสั้น (Short Grain) คือ ข้าวเต็มเมล็ดที่มีขนาดยาวไม่เกิน 6.2 มิลลิเมตร

2.5 การวางแผนการทดลอง

การวางแผนการทดลอง (Experimental Design) เป็นศาสตร์ทางสถิติแขนงหนึ่งที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการทดลอง โดยใช้วิธีการทางสถิติที่เหมาะสมสอดคล้อง กับลักษณะข้อมูลในการหาคำตอบของประเด็นปัญหาที่สนใจ เพื่อศึกษาหาความจริงใหม่ ๆ หรือสมมติฐานบางอย่าง (สินสมบูรณ์ทอง, 2560)

2.5.1 คำจำกัดความ

ปัจจัย (Factor) คือ ตัวแปรอิสระหรือตัวแปรทดลองที่ต้องการศึกษาว่ามีผลกระทบต่อตัวแปรตาม

ทรีทเมนต์ (Treatment) คือ สิ่ง หรือ วิธีการที่ใช้ปฏิบัติต่อหน่วยทดลอง เพื่อนำผลที่ได้มาเปรียบเทียบกันตามวัตถุประสงค์ของการศึกษาที่สนใจ ทรีทเมนต์อาจเกิดจากปัจจัยเดียว หรืออาจเกิดจากหลายปัจจัย

หน่วยทดลอง (Experimental Unit) คือ หน่วยที่เล็กที่สุดของตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองเพื่อที่จะได้รับทรีทเมนต์อย่างเดียวกัน แล้วนำมาวัดผลที่เกิดจากการทรีทเมนต์นั้นๆ ซึ่งหน่วยทดลอง แต่ละหน่วยอาจจะเป็นหน่วยเดี่ยวหรือหน่วยกลุ่มก็ได้

459162766 CU iThesis 6087131620 thesis / recv: 30072562 14:19:57 / seq: 17

ความคลาดเคลื่อนของการทดลอง (Experimental Error) คือ ความผันแปรระหว่างหน่วยทดลองที่ได้รับทรีทเมนต์อย่างเดียวกัน โดยทฤษฎีแล้วหน่วยทดลองที่ได้รับทรีทเมนต์อย่างเดียวกันควรจะให้ค่าสังเกตที่เท่ากัน แต่ในทางปฏิบัติ ค่าสังเกตที่ได้จะไม่เท่ากัน อาจเกิดจากปัจจัยภายนอกหรืออิทธิพลอื่นๆ ที่นอกเหนือจากอิทธิพลของทรีทเมนต์

การสุ่ม (Randomization) คือ การจัดให้แต่ละหน่วยทดลองมีโอกาสที่จะได้รับทรีทเมนต์อย่างเท่าๆกัน

การทำซ้ำ (Replication) คือ การใช้ทรีทเมนต์เดิมลงในหน่วยทดลองหลายครั้ง เพื่อให้ผลการทดลองที่ได้มีความถูกต้องมากที่สุด ซึ่งจำนวนซ้ำจะมากหรือน้อย แค่ไหนขึ้นอยู่กับความเหมาะสม

การบล็อก (Block) คือ การจัดหน่วยทดลองที่มีความคล้ายคลึงกันหรือเหมือนกันให้อยู่ในกลุ่มเดียวกัน เพื่อให้ความแปรปรวนภายในบล็อกมีน้อยที่สุด แต่หน่วยทดลองที่อยู่ต่างบล็อกกันจะมีความแตกต่างกัน ในการวางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสุ่มสมบูรณ์ บล็อกก็คือซ้ำของการทดลองนั่นเอง

2.5.2 แผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design หรือ RCBD)

การวางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ ใช้ในกรณีที่หน่วยทดลองที่ใช้มีความแตกต่างกันมาก เช่น การทดลองในสภาพไร่-นา ที่มีจำนวนทรีทเมนต์ไม่มากนัก เนื่องจากพื้นที่ส่วนใหญ่ไม่มีความสม่ำเสมอทางด้านความอุดมสมบูรณ์ของพื้นที่ ทำให้การทดลองมีความแปรปรวนสูง การวางแผนในลักษณะแบบนี้สามารถลดความแปรปรวนได้ โดยการจัดแบ่งหน่วยทดลองออกเป็นกลุ่มๆ ให้หน่วยทดลองที่มีความคล้ายคลึงกันไว้ในกลุ่มเดียวกัน และจัดหน่วยทดลองที่แตกต่างกันไว้คนละกลุ่มกัน และให้จำนวนหน่วยทดลองในแต่ละกลุ่มกับเท่ากันกับจำนวนททรีทเมนต์ที่จะใช้ เรียกกลุ่มเหล่านี้ว่า บล็อค (Block) ดังนั้นในแต่ละทรีทเมนต์มจะมีจำนวนซ้ำเท่ากัน ในแต่ละบล็อคจะมีขนาดเท่ากัน มีทรีทเมนต์ครบทุกทรีทเมนต์ แต่ละทรีทเมนต์จะปรากฏในทุกบล็อค

ในการวางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ ผู้ทำการทดลองควรปฏิบัติงานต่างๆ ด้วยความระมัดระวัง เช่น การให้น้ำ การใส่ปุ๋ย การพรวนดิน การฉีดยาปราบศัตรูพืช เป็นต้น ที่กระทำต่อแปลงทดลองภายในบล็อคควรให้มีความสม่ำเสมอกันมากที่สุด นอกจากนี้การเก็บข้อมูลเพื่อนำมาวิเคราะห์ทางสถิติ ควรใช้คนเก็บข้อมูลคนเดียวกัน และควรเก็บข้อมูลให้เสร็จภายในวันเดียว เพื่อให้เกิดความสม่ำเสมอภายในบล็อคมากที่สุด และสามารถลดความคลาดเคลื่อนในการทดลองได้อีกด้วย

2.5.2.1 ข้อดี

1. ทำให้ได้ผลเที่ยงตรง (Precision) สูงกว่าการวางแผนแบบสุ่มสมบูรณ์ สามารถลดความแปรปรวนอันเนื่องมาจากความไม่สม่ำเสมอเกี่ยวกับความอุดมสมบูรณ์ของพื้นที่

4591627 66 CU iThesis 6087131620 thesis / recv: 30072562 14:19:57 / seq: 17

2. สามารถใช้ทรีทเมนต์และบล็อคจำนวนเท่าไรก็ได้ โดยทั่วไปมักใช้อย่างน้อย 2 บล็อค และสามารถใช้ทรีทเมนต์มากกว่า 1 ซ้ำ ในแต่ละบล็อค โดยไม่ทำให้การวิเคราะห์ข้อมูลยุ่งยากมากนัก

3. การวิเคราะห์ข้อมูลสามารถทำได้รวดเร็ว เมื่อมีข้อมูลจากทรีทเมนต์ใดหรือบล็อคใดใช้ไม่ได้เราอาจไม่นำข้อมูลนั้นๆ มาพิจารณาก็ได้ และเมื่อมีข้อมูลสูญหาย (Missing Value) เราสามารถประมาณค่าของข้อมูลที่สูญหายได้โดยไม่ทำให้การคำนวณยุ่งยากนัก

2.5.2.2 ข้อเสีย

1. ในกรณีที่มีจำนวนทรีทเมนต์มาก ต้องจัดทรีทเมนต์ในบล็อคซึ่งต้องใช้บล็อค ขนาดใหญ่ ทำให้ไม่สามารถควบคุมหน่วยทดลองภายในบล็อคให้สม่ำเสมอได้ หรือภายในบล็อคมีหน่วยทดลองที่แตกต่างกันมาก จะทำให้ความผันแปรระหว่างหน่วยทดลองภายในบล็อคเดียวกันสูง ซึ่งส่งผลให้ความคลาดเคลื่อนในการทดลอง (Experimental Error) สูง

2. ถ้าหน่วยทดลองมีความสม่ำเสมอกัน การวางแผนแบบสุ่มสมบูรณ์จะมีประสิทธิภาพมากกว่าการวางแผนแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์

3. ถ้ากำหนดทรีทเมนต์ให้แก่หน่วยทดลองไม่ถูกต้อง เช่น ในบล็อคหนึ่งๆ จัดให้มีจำนวนทรีทเมนต์ไม่เท่ากัน จะทำให้การวิเคราะห์ข้อมูลยุ่งยากมากขึ้น

2.5.2.3 ลักษณะรูปแบบการทดลอง

1. มีตัวแปรอิสระ หรือตัวแปรทดลอง 1 ตัว ซึ่งแบ่งออกเป็นหลายระดับ
2. มีการจัดกลุ่ม (Block) แต่ละกลุ่มจะมีความคลาดเคลื่อนภายในน้อยที่สุด
3. กลุ่มทดลองทุกๆ กลุ่ม จะต้องได้รับตัวแปรทดลองทุกๆ ระดับโดยการสุ่ม

2.6 สรุปการศึกษาข้อมูลและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการศึกษาข้อมูลและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งหมดนี้ สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการทดลองการใช้สารกระตุ้นชีวภาพไคโตซานมาใช้ในการเพาะปลูกข้าว และนำผลิตผลที่ได้มาผ่านกระบวนการขัดสีในงานวิจัยนี้ เพื่อตรวจสอบคุณภาพข้าวต่อไป ดังนี้

2.6.1 วิธีการวางแผนการทดลอง

วิธีการวางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อคสมบูรณ์ หรือ Randomized Complete Block Design (RCBD) ซึ่งเป็นแผนการทดลองที่มีความเหมาะสมกับหน่วยทดลองที่มีความไม่สม่ำเสมอกันของลักษณะพื้นที่ เช่น พื้นที่ไร่นา และมีจำนวนทรีทเมนต์ที่ไม่มาก ซึ่งวิธีการนี้สามารถลดความแปรปรวนและความคลาเคลื่อนของพื้นที่ได้ วิธีการคือจัดแบ่งหน่วยทดลองออกเป็นกลุ่มๆ ให้หน่วยทดลองที่มี

4591627668 CU iThesis 6087131620 thesis / recv: 30072562 14:19:57 / seq: 17

ความคล้ายคลึงกันไว้ในกลุ่มเดียวกัน และหน่วยทดลองที่แตกต่างกันไว้คนละกลุ่มกัน เรียกว่าบล็อคทดลอง มีการให้ทรีทเมนต์ในลักษณะแบบเดียวกันทั้งหมดทุกบล็อค สินสมบูรณ์ทอง (2560)

2.6.2 วิธีการใช้สารกระตุ้นชีวภาพไคโตซาน

วิธีการฉีดพ่นสารกระตุ้นชีวภาพไคโตซานที่มีความเข้มข้นเหมาะสมกับข้าว ทำการฉีดพ่น 3 - 4 ครั้ง ตามระยะการเจริญเติบโตของต้นข้าว สามารถช่วยกระตุ้นการเจริญเติบโตของต้นข้าวได้ และยังพบการสะสมน้ำหนักในผลผลิตข้าวอีกด้วย (Boonlertnirun et al., 2006; ไพฑูรย์ แสนบัวหลวง, 2550) นอกจากนั้น คุณสมบัติของไคโตซานยังสามารถทำงานร่วมกับการให้ปุ๋ยจุลธาตุในลักษณะปกติได้ (นุชนาฏ ตันวรรณ และคณะ, 2560)

2.6.3 วิธีการสีข้าว

ผลิตผลข้าวที่ได้จากการเก็บเกี่ยว ต้องมาผ่านการทำความสะอาดแยกสิ่งเจือปน และลดความชื้นจนเหลือ 11-15% ซึ่งเป็นความชื้นที่เหมาะสมต่อการนำมาผ่านกระบวนการสีข้าว ซึ่งมีขั้นตอนดังต่อไปนี้ การกระเทาะเปลือก – การแยกแกลบ – การขัดขาว – การคัดแยกขนาด (อรอนงค์ นัยวิกุล, 2547)

4591627766 CU iThesis 6087131620 thesis / recv: 30072562 14:19:57 / seq: 17

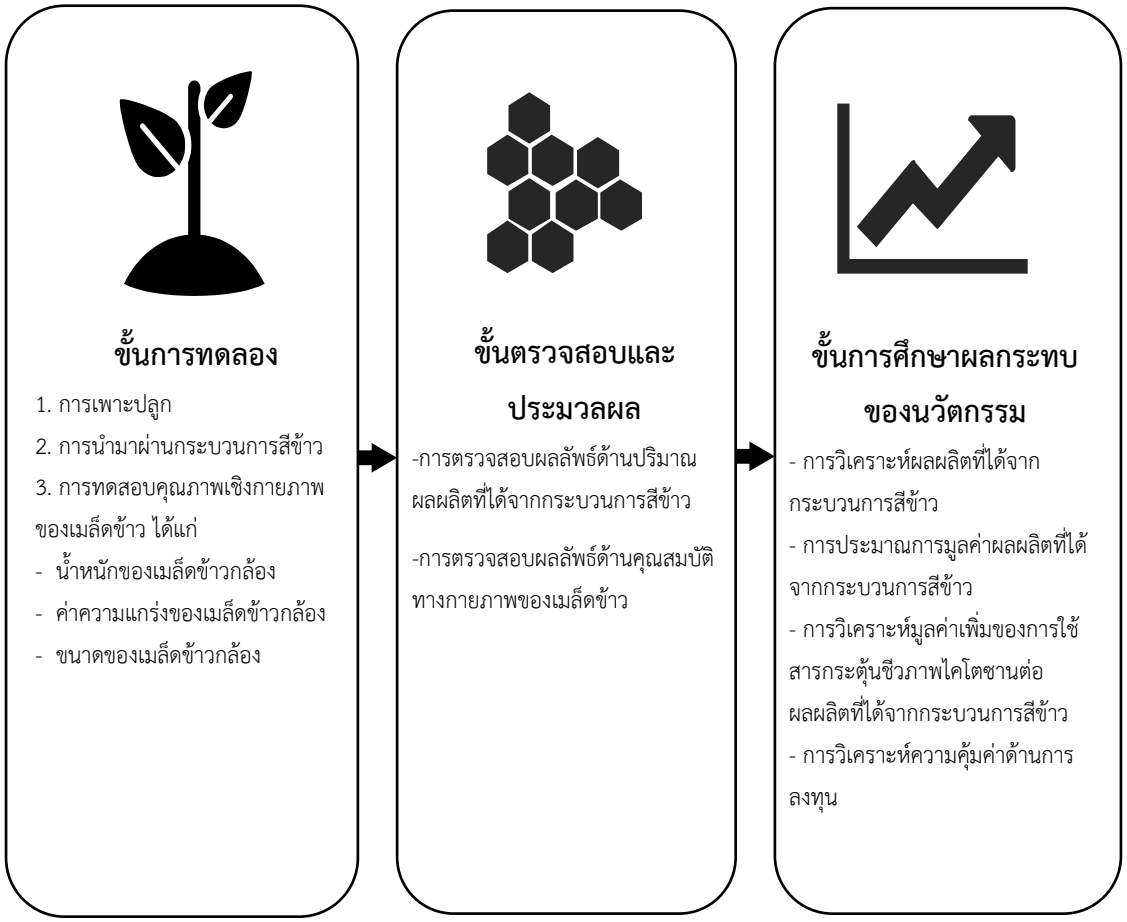
บทที่ 3
เครื่องมือและวิธีการทำวิจัย

เนื่องจากวัตถุประสงค์ในการทำงานวิจัยนี้คือ

1. ศึกษาการใช้สารกระตุ้นชีวภาพไคโตซาน ในการเพาะปลูกข้าวลักษณะ pre-harvest เพื่อเพิ่มคุณภาพของเมล็ดข้าวที่ได้จากกระบวนการขัดสี

2. ศึกษาผลกระทบของนวัตกรรมสารกระตุ้นชีวภาพไคโตซานในเชิงพาณิชย์

ในขั้นการทดลองจึงมีการใช้สารกระตุ้นชีวภาพไคโตซานร่วมกับแปลงทดลองที่มีการควบคุม โดยเลือกทดลองในข้าว 2 สายพันธุ์ คือ ข้าวเจ้าพันธุ์ กข41 และข้าวเจ้าพันธุ์ปทุมธานี 1 โดยนำผลิตผลที่ได้มาผ่านกระบวนการสีข้าว แล้วทำการตรวจสอบผลลัพธ์ด้านคุณภาพข้าวที่เป็นประโยชน์ในเชิงพาณิชย์ต่อไป โดยมีลำดับขั้นการดำเนินงานดังนี้



ภาพที่ 3.1 การวางแผนการดำเนินงาน

4591627 66 CU iThesis 6087131620 thesis / recv: 30072562 14:19:57 / seq: 17

3.1 การทดลองการใช้สารกระตุ้นชีวภาพไคโตซานในข้าว

วิธีการดำเนินงานวิจัยนี้ จะถูกแบ่งขั้นตอนออกเป็น 2 ระยะ คือ

ระยะที่ 1 การเพาะปลูก

ระยะที่ 2 การนำผลผลิตมาผ่านกระบวนการสีข้าว

เมื่อทำการทดลองครบทั้ง 2 ระยะแล้ว จึงทำการเก็บบันทึกข้อมูลผลลัพธ์ด้านคุณภาพของข้าวที่เป็นประโยชน์ในเชิงพาณิชย์ ซึ่งจะมีรายละเอียดของแต่ละระยะการดำเนินงานวิจัยดังนี้

4591627 66 CU iThesis 6087131620 thesis / recv: 30072562 14:19:57 / seq: 17

3.1.1 ระยะที่ 1 ขั้นตอนการเพาะปลูก

3.1.1.1 เครื่องมือและอุปกรณ์

1) เมล็ดพันธุ์ข้าวเจ้าพันธุ์ กข41 (จากร้านโชคนัยฝันพันธุ์ข้าว จ.สุพรรณบุรี)
2) เมล็ดพันธุ์ข้าวเจ้าพันธุ์ปทุมธานี1 (จากร้านวินัยพันธุ์ข้าว จ.สุพรรณบุรี)
3) เสาไม้แบ่งเขตยาวประมาณ 1-1.5 เมตร
4) เชือกฟาง
5) เครื่องพ่นสารแบบแบตเตอรี่ ยี่ห้อ Koomking ขนาดถังบรรจุ 16 ลิตร
6) เคียวเกี่ยวข้าว
7) กระสอบข้าว
8) ปุ๋ยและยา (ตามคำแนะนำของเกษตรกรเจ้าของแปลงทดลอง)

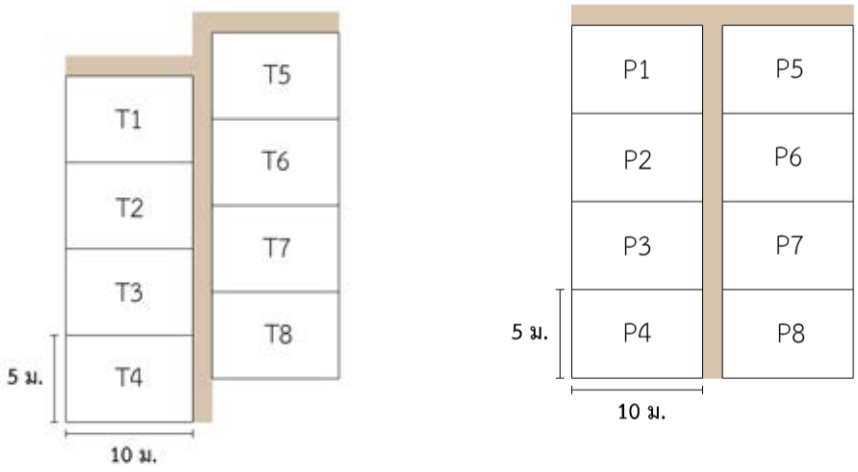
3.1.1.2 วิธีการ

1) การออกแบบวางแผนแปลงทดลอง

ในการออกแบบวางแผนแปลงทดลองนี้ เลือกใช้วิธีการศึกษาผ่านแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design หรือ RCBD) โดยมีปัจจัยในการทดลองเพียงปัจจัยเดียว คือ การใช้สารกระตุ้นชีวภาพไคโตซาน และการไม่ใช้สารกระตุ้นชีวภาพ สำหรับการควบคุมตัวแปรอื่นๆจะให้เป็นในลักษณะทิศทางเดียวกันคือใช้ดินลักษณะเดียวกัน และมีการทรีทเมนต์ดูแลรักษาในลักษณะเดียวกันทั้งหมดทุกแปลงการทดลอง

2) การเตรียมพื้นที่แปลงทดลอง

กำหนดพื้นที่แปลงทดลองต่อข้าว 1 สายพันธุ์ ขนาดพื้นที่แปลงทดลองรวม 1 งาน โดยแบ่งพื้นที่แปลงย่อยเป็น 8 ส่วน ขนาดพื้นที่ต่อส่วนเท่ากับ 5 x 10 m. โดยใช้คันนาเป็นตัวกั้นแบ่งพื้นที่แปลงลักษณะ ดังภาพที่ 3.2 และใช้ไม้ปักที่บริเวณมุมทุกจุดและผูกเชือกกั้นขอบเขตของแต่ละแปลง



ลักษณะแปลงทดลองข้าวพันธุ์ กข41 ลักษณะแปลงทดลองข้าวเจ้าพันธุ์ปทุมธานี 1

ภาพที่ 3.2 ลักษณะของการกำหนดแปลงทดลองข้าวแต่ละสายพันธุ์

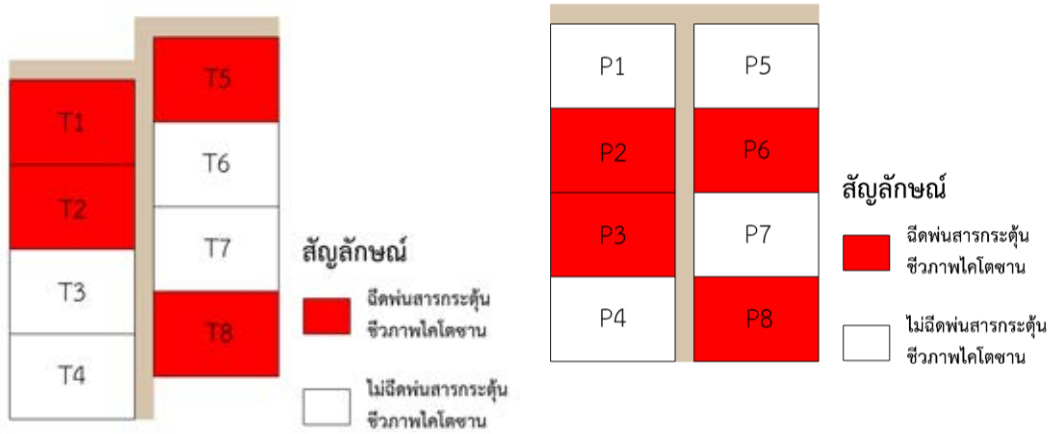
3) การปลูก

ใช้วิธีการสุ่มหว่านบนแปลงทดลองทุกแปลง

4) การฉีดพ่นสารกระตุ้นชีวภาพไคโตซานและการใส่ปุ๋ย

การฉีดพ่นสารกระตุ้นชีวภาพไคโตซานใช้วิธีการสุ่มแปลงทดลอง จำนวน 4 แปลง ฝั่งละ 2 แปลงทดลองนอกนั้นไม่มีการใช้สารกระตุ้นชีวภาพไคโตซาน สำหรับการฉีดพ่นให้สารกระตุ้นชีวภาพไคโตซาน ใช้เครื่องพ่นยาแบบแบตเตอรี่ ยี่ห้อ Koomking ขนาดถังบรรจุ 16 ลิตร ในสัดส่วน 4 ซีซี.: น้ำ 1 ลิตร : พื้นที่ 1 แปลงทดลอง (ความเข้มข้นตามคำแนะนำของผู้ผลิต) ในทุกๆ 20-30 วันหลังการหว่าน โดยแปลงทดลองที่ทำการเลือกสุ่มฉีดจะมีลักษณะดังนี้

4591627668 CU iThesis 6087131620 thesis / recv: 30072562 14:19:57 / seq: 17



แปลงทดลองที่ใช้สารกระตุ้นไคโตซาน ข้าวเจ้าพันธุ์ กข41

แปลงทดลองที่ใช้สารกระตุ้นไคโตซาน ข้าวเจ้าพันธุ์ปทุมธานี 1

ภาพที่ 3.3 ลักษณะของการกำหนดแปลงทดลองข้าวแต่ละสายพันธุ์

การใส่ปุ๋ยสำหรับแปลงทดลองข้าวเจ้าพันธุ์ กข41 จะมีการให้ปุ๋ยทั้งหมด 3 ครั้ง ครั้งแรกใช้ตอนข้าวอายุ 20 วัน โดยใช้ปุ๋ยยูเรียผสมกับสูตร 16-20-0, ครั้งที่ 2 ใช้ตอนข้าวอายุ 40 วัน โดยใช้ปุ๋ยสูตร 16-12-8 ผสมกับสูตร 16-20-0 และครั้งสุดท้าย ใช้ตอนข้าวมีอายุ 60 วัน โดยใช้ปุ๋ยสูตร 15-15-15

การใส่ปุ๋ยสำหรับแปลงทดลองข้าวเจ้าพันธุ์ปทุมธานี 1 จะมีการให้ปุ๋ยทั้งหมด 2 ครั้ง ครั้งแรกใช้ปุ๋ยยูเรียตรากระต่าย 46-0-0 ใช้ตอนข้าวมีอายุ 30 วัน และครั้งที่ 2 ใช้ปุ๋ยตรากระต่ายสูตร 16-20-0 ตอนข้าวมีอายุ 55 วัน

5) การดูแลรักษาแปลงทดลอง

การดูแลรักษาสำหรับแปลงทดลองข้าวเจ้าพันธุ์ กข41 ใช้ยาควบคุมวัชพืช ยาคุมเปียกบิวทาคลอร์ ใช้หลังหว่านข้าว 1 วัน ยาคุมแห้งควินคลอแรก สูตร 50% ใช้หลังหว่านข้าว 10 วัน ยาฆ่าแมลงใช้ทั้งหมด 2 ครั้ง ครั้งแรกใช้ อะมิโน-แคลเซียม และ ซัลสตาร์-ยาเย็น ใช้ตอน ข้าว 75-90 วัน

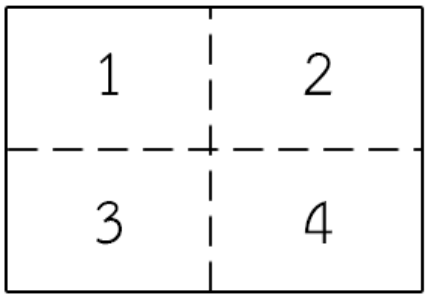
การดูแลรักษาสำหรับแปลงทดลองข้าวเจ้าพันธุ์ปทุมธานี 1 ใช้ยาควบคุมวัชพืช ยาคุมเปียกบิวทาคลอร์ ใช้หลังหว่านข้าว 1 วัน ยาคุมแห้งเม็ด เอวิโลซาน ใช้หลังหว่านข้าว 30 วัน ยาฆ่าแมลงใช้ทั้งหมด 2 ครั้ง เช่นเดียวกับแปลงนาข้าวเจ้าพันธุ์ กข41

6) การเก็บเกี่ยว

หลังจากที่ข้าวมีอายุเหมาะสมต่อการเก็บเกี่ยว คือในข้าวเจ้าพันธุ์ กข41 มีอายุประมาณ 90-105 วัน และข้าวเจ้าพันธุ์ปทุมธานี 1 มีอายุประมาณ 104-126 วัน หลังหว่าน สำหรับการเก็บเกี่ยวตัวอย่างข้าวใช้วิธีการเกี่ยวมือ โดยแบ่งพื้นที่ในหนึ่งแปลงทดลองเป็น 4 ส่วน สุ่มเกี่ยวประมาณ 4-5 ตำแหน่งต่อ 1 ส่วน ดังภาพที่ 3.4 นำข้าวที่เกี่ยวแล้วทั้งหมดใน 1 แปลงทดลอง ใส่กระสอบและทำการนวดข้าว

4591627 66 CU iThesis 6087131620 thesis / recv: 30072562 14:19:57 / seq: 17

โดยการใช้ไม้ตีลงบนรวงข้าว ค่อยๆเขย่าจนข้าวหลุดออกจากรวงจนหมด จึงแยกเศษฟางออก แสดงในภาพที่ 3.5



ภาพที่ 3.4 ลักษณะของการแบ่งพื้นที่แปลงทดลองเพื่อสุ่มในการเก็บเกี่ยวข้าวตัวอย่าง

ภาพที่ 3.5 ลักษณะของการนวดข้าวโดยการใช้เท้าเหยียบบนพื้นกระสอบ

3.1.2 ระยะที่ 2 การแปรรูปผลผลิต

3.1.2.1 เครื่องมือและอุปกรณ์

1) เครื่องชั่งรองรับน้ำหนักขนาด 500 กรัม ตำแหน่งทศนิยม 1 ตำแหน่ง
2) เครื่องชั่งรองรับน้ำหนักขนาด 200 กรัม ตำแหน่งทศนิยม 2 ตำแหน่ง
3) กระด้ง
4) ตาข่ายกรองแสง
5) เครื่องทดสอบความชื้นข้าวเปลือก รุ่นเกลียวบิด KETT F-514
6) เครื่องทดสอบการทำความสะอาดข้าวเปลือก
7) เครื่องทดสอบการกระเทาะเปลือกข้าว

4591627668 CU iThesis 6087131620 thesis / recv: 30072562 14:19:57 / seq: 17

8) เครื่องทดสอบการขัดขาวยี่ห้อ Satake

9) เครื่องทดสอบการคัดแยกตะแกรงกลม

10) ถาดบรรจุข้าวตัวอย่าง

11) เครื่องทดสอบแรงดัดโค้ง (Bending Test)

12) เครื่องวัดขนาดเมล็ดข้าว Length Gauge Terster Tc-118

3.1.2.2 วิธีการ

1) การลดความชื้นข้าวเปลือก

ข้าวที่ผ่านการเก็บเกี่ยวแล้วจะมีความชื้นแตกต่างกัน จึงจำเป็นต้องทำการลดความชื้นให้เหลือ 11-14 % เพื่อให้มีความเหมาะสมในกระบวนการสีข้าว (สมชาติ โสภณรณฤทธิ์, 2540) โดยตรวจสอบความชื้นผ่านเครื่องทดสอบความชื้นข้าวเปลือก รุ่นเกลียวบิด KETT F-514 สำหรับการลดความชื้นข้าวเปลือกใช้วิธีการตากแดดธรรมชาติ โดยนำข้าวเปลือกใส่กระด้งเกลี่ยให้ทั่ว และนำตาข่ายกรองแสงปิดคลุมที่ด้านบนเพื่อกันนกมากินข้าวเปลือก สุ่มเก็บตัวอย่างมาวัดความชื้นทุกๆ 1 ชั่วโมง จนความชื้นเหลือ 11-14 % จึงเก็บเข้าที่ร่มเพื่อให้ข้าวเปลือกปรับอุณหภูมิภายในให้คงที่

ภาพที่ 3.6 ลักษณะวิธีการลดความชื้นข้าวเปลือกด้วยวิธีการตากแดดธรรมชาติ

2) กระบวนการสีข้าวตัวอย่าง

ในกระบวนกการสีข้าวตัวอย่างจะดำเนินการทดลองในลักษณะแบบเดียวกันทั้งหมด 5 ซ้ำ ต่อตัวอย่างข้าว 1 แปลงการทดลอง เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ทางสถิติ

2.1) นำข้าวเปลือกแห้งมาทำความสะอาดผ่านเครื่องทำความสะอาด

2.2) นำข้าวเปลือกที่ผ่านการทำความสะอาดแล้ว ชั่งน้ำหนักจำนวน 200 กรัม มาทำการกระเทาะเปลือกด้วยเครื่องทดสอบการกระเทาะ จำนวนไม่เกิน 3 รอบ เพื่อกระเทาะเปลือก

4591627 66 CU iThesis 6087131620 thesis / recv: 30072562 14:19:57 / seq: 17

ข้าวออกให้หมด แล้วชั่งน้ำหนักข้าวกล้องที่ได้รับ นำมาเปรียบเทียบสัดส่วนเป็นน้ำหนักข้าวเปลือก 100 กรัม โดยใช้สูตร $\frac{\text{น้ำหนักข้าวกล้องที่ได้ x 100}}{200}$ เพื่อหาปริมาณข้าวกล้องที่ได้รับ

2.3) นำข้าวกล้องที่ได้ ชั่งน้ำหนักจำนวน 100 กรัม แล้วไปขัดขาวด้วยเครื่องทดสอบการขัดขาวยี่ห้อ Satake เป็นเวลา 60 วินาที ชั่งน้ำหนักข้าวขาว แล้วนำมาเปรียบเทียบสัดส่วนน้ำหนักข้าวกล้องจากข้อ (2) โดยใช้สูตร $\frac{\text{น้ำหนักข้าวขาวรวมที่ได้ x น้ำหนักข้าวกล้องที่ได้จากข้อ (2)}}{100}$ เพื่อหาปริมาณข้าวขาวรวมที่ได้รับ

2.4) นำข้าวขาวรวมที่ได้ไปคัดขนาดโดยเครื่องทดสอบการคัดคัดแยกตะแกรงกลม เป็นเวลา 60 วินาที ชั่งน้ำหนักข้าวเต็มเมล็ดแล้วนำมาเปรียบเทียบสัดส่วนน้ำหนักข้าวกล้องจากข้อ 2) โดยใช้สูตร $\frac{\text{น้ำหนักข้าวขาวเต็มเมล็ดที่ได้ x น้ำหนักข้าวกล้องที่ได้จากข้อ (2)}}{100}$ เพื่อหาปริมาณข้าวขาวเต็มเมล็ดที่ได้รับ

2.5) นำข้อมูลที่ได้ทั้งหมดมาทำการศึกษาผลลัพธ์ด้านปริมาณผลผลิตที่ได้จากการสีข้าว ได้แก่ ปริมาณข้าวกล้อง (g.), ปริมาณข้าวขาวรวม (g.) และปริมาณข้าวขาวเต็มเมล็ด (g.)

3.1.3 การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของเมล็ดข้าว

3.1.3.1 การทดสอบด้านน้ำหนักของเมล็ดข้าว

น้ำหนักเมล็ดข้าว เป็นหนึ่งในคุณภาพทางกายภาพของของเมล็ดข้าว เพราะเป็นการจำแนกลักษณะพันธุ์ข้าว ที่ควบคุมโดยลักษณะพันธุกรรมที่คงที่มากที่สุด อาจแปรปรวนบ้างตามสภาพแวดล้อมและการดูแล สามารถตรวจสอบได้ 2 แบบ คือ แบบที่ 1 น้ำหนักต่อปริมาตร คือ การชั่งน้ำหนักข้าวที่ปริมาตรคงที่ เช่น กรัม/ลิตร หรือ กิโลกรัม/ถัง แบบที่ 2 น้ำหนักต่อจำนวนเมล็ด คือ การชั่งน้ำหนักข้าวด้วยจำนวนเมล็ดคงที่ เช่น กรัม/100 เมล็ด หรือ กรัม/1000 เมล็ด (อรอนงค์ นัยวิกุล, 2547)

ในงานศึกษาวิจัยนี้เลือกทดลองแบบ ค่าน้ำหนักเมล็ดข้าวกล้องต่อจำนวนเมล็ด 100 เมล็ด โดย มีวิธีการคือ นำข้าวเปลือกที่ผ่านการทำความสะอาดแล้วมาทำการฉีกเปลือกออกด้วยมือ และคัดเลือกข้าวกล้องเต็มเมล็ดจำนวน 100 เมล็ด มาทำการชั่งน้ำหนัก หาน้ำหนักของข้าวกล้องเต็มเมล็ด 100 เมล็ด (g.)

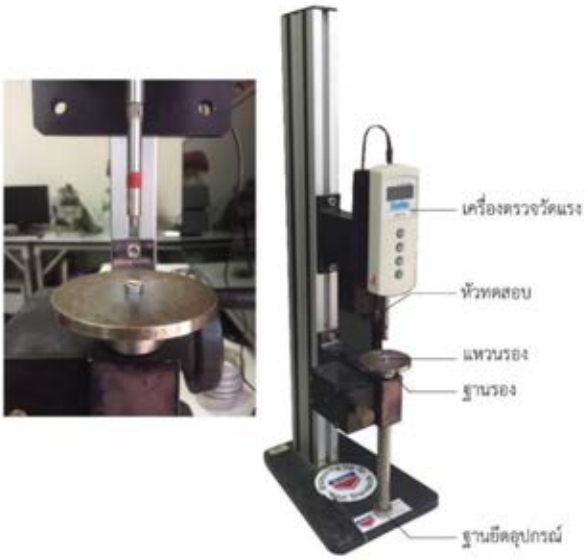
3.1.3.2 การทดสอบค่าความแกร่งเมล็ดข้าวกล้อง

ค่าความแกร่งของเมล็ดข้าว คือ เป็นคุณสมบัติเชิงกลศาสตร์ ที่เกี่ยวข้องกับความสามารถที่วัสดุจะดูดซับพลังงานไว้ได้โดยไม่เกิดความเสียหาย ซึ่งมีความสัมพันธ์กับความแข็งแรงและความเหนียวของวัสดุ (ไพศาล การถาง, ดวงฤทัย นิคมรัฐ และวิโจน์ ฤทธิ์ทอง, 2554) โดยการทดสอบการวัดค่าความแกร่ง ใช้วิธีการทดสอบแบบ Bending Strangth นำข้าวเปลือกที่ผ่านการทำความสะอาดแล้ว

4591627768 CU iThesis 6087131620 thesis / recv: 30072562 14:19:57 / seq: 17

มาทำการฉีกเปลือกออกด้วยมือ และคัดเลือกข้าวกล้องเต็มเมล็ดจำนวน 30 เมล็ด ต่อตัวอย่างข้าว 1 แปลงทดลองย่อย นำมาทดสอบค่าความแกร่ง ด้วยเครื่องทดสอบแรงดัดโค้ง (Bending Test)

หลักการทำงานของเครื่องทดสอบแรงดัดโค้ง (Bending Test) คือ จะมีกลไกหมุนทำให้เกจวัดและหัวทดสอบค่อยๆ เลื่อนลง และกดลงบนเมล็ดข้าว โดยที่จะมีแหวนรองใต้เมล็ดข้าวเพื่อให้เมล็ดข้าวอยู่ในตำแหน่งตรงกลาง และไม่มีผลกระทบของแรงจากฐานรอง แรงกระทำของหัวทดสอบจะกระทำที่บริเวณกึ่งกลางเมล็ด เมื่อเมล็ดข้าวแตก เครื่องตรวจวัดแรงจะบันทึกค่าแรงทดสอบการดัดโค้งสูงสุดไว้ โดยมีหน่วยทดสอบเป็นนิวตัน



ภาพที่ 3.7 เครื่องทดสอบแรงดัดโค้ง (Bending Test)

3.1.3.3 การทดสอบขนาดเมล็ดข้าว

ขนาดและรูปร่าง เป็นลักษณะที่ใช้จำแนกพันธุ์ข้าว และใช้เป็นเกณฑ์มาตรฐานในการซื้อขายข้าวของประเทศไทย ทำได้โดยการวัดขนาดดังนี้ (อรอนงค์ นัยวิกุล, 2547)

ความยาว (L) คือ ระยะทางจากปลายยอดสุดของเมล็ดถึงโคนเมล็ด

ความกว้าง (W) คือ ระยะทางส่วนที่กว้างที่สุดระหว่างเปลือกใหญ่ถึงเปลือกเล็ก

ความหนา (T) คือ ระยะทางที่มากที่สุดระหว่างเปลือกใหญ่ด้านหนึ่งไปยังอีกด้านหนึ่ง

ในการทดสอบขนาดของเมล็ดข้าวในงานวิจัยนี้ มีวิธีการคือ นำข้าวเปลือกที่ผ่านการทำความสะอาดแล้วมาทำการฉีกเปลือกออกด้วยมือ และคัดเลือกข้าวกล้องเต็มเมล็ดจำนวน 30 เมล็ด ต่อตัวอย่างข้าว 1 แปลงการทดลองย่อย ใช้การวัดขนาดผ่านเครื่องทดสอบ Length Gauge Terster

4591627768 CU iThesis 6087131620 thesis / recv: 30072562 14:19:57 / seq: 17

Tc-118 แสดงดังภาพที่ 3.7 ซึ่งมีความสามารถในวัดความยาวหรือความหนาได้ในช่วง 0 - 12 มม. ความละเอียด 0.01 มม. มีค่าความถูกต้องแม่นยำที่ 0.03 มม.

โดยข้อมูลที่ใช้วัดค่า ประกอบไปด้วย ความกว้างของเมล็ดข้าวกล้อง (mm.), ความยาวของเมล็ดข้าวกล้อง (mm.) และความหนาของเมล็ดข้าวกล้อง (mm.)

ภาพที่ 3.8 เครื่องวัดขนาดเมล็ดข้าว Length Gauge Terster Tc-118

นำข้อมูลที่ได้มาหาค่า Geometric Mean Diameter (GMD) ซึ่งเป็นค่าที่ใช้บอกขนาด (size) ของวัสดุที่มีรูปร่างไม่เป็นทรงกลม แต่คล้ายหรือใกล้เคียงทรงกลม เช่น เมล็ดธัญพืช

โดยใช้สูตร $Dg = (LWT)^{1/3}$ (Jouki & Khazaei, 2012)

Dg (mm.) คือ Geometric Mean Diameter

L (mm.) คือ ความยาว

W (mm.) คือ ความกว้าง

T (mm.) คือ ความหนา

3.2 การวิเคราะห์ข้อมูลและประมวลผล

ผลลัพธ์ด้านปริมาณผลผลิตที่ได้จากกระบวนการสีข้าว

1. น้ำหนักข้าวกล้องที่ได้รับจากการทดสอบการกระเทาะเปลือก (กรัม)
2. น้ำหนักข้าวรวมที่ได้รับจากการทดสอบการขัดขาว (กรัม)
3. น้ำหนักข้าวขาวเต็มเมล็ดที่ได้รับจากการทดสอบเครื่องคัดขนาดตะแกรงกลม (กรัม)

ผลลัพธ์ด้านคุณสมบัติทางกายภาพของเมล็ดข้าว

1. น้ำหนักข้าวกล้องเต็มเมล็ด 100 เมล็ด (กรัม)
2. ค่าทดสอบความแกร่งของเมล็ดข้าวกล้อง (นิวตัน)
3. ค่าทดสอบขนาดเมล็ดข้าวกล้อง (มิลลิเมตร)

4591627 66 CU iThesis 6087131620 thesis / recv: 30072562 14:19:57 / seq: 17

การวิเคราะห์ข้อมูลใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS V.22 (Statistical Package for the Social Sciences) ช่วยในการประมวลผลและวิเคราะห์ข้อมูล และเลือกใช้สถิติแบบ Independent Sample t-test เนื่องจากในการทดลองนี้ต้องการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของตัวแปร 2 กลุ่มว่ามีความแตกต่างกันหรือไม่ โดยกลุ่มตัวอย่างเป็นอิสระต่อกัน คือ เก็บข้อมูลจากคนละแปลงอย่างชัดเจนระหว่างแปลงทดลองที่ใช้สารกระตุ้นชีวภาพไคโตซาน และไม่ใช้สารกระตุ้นชีวภาพไคโตซาน

3.3 การศึกษาผลกระทบของนวัตกรรมสารกระตุ้นชีวภาพไคโตซานในเชิงพาณิชย์

1. การวิเคราะห์ผลผลิตที่ได้จากกระบวนการสีข้าว
2. การประมาณการมูลค่าผลผลิตที่ได้จากกระบวนการสีข้าว
3. การวิเคราะห์มูลค่าเพิ่มของการใช้สารกระตุ้นชีวภาพไคโตซานต่อผลผลิตที่ได้จากกระบวนการสีข้าว
4. การวิเคราะห์ความคุ้มค่าด้านการลงทุน

4591627668 CU iThesis 6087131620 thesis / recv: 30072562 14:19:57 / seq: 17

บทที่ 4
ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

งานวิจัยนี้ศึกษาการใช้สารกระตุ้นชีวภาพไคโตซาน ในการเพาะปลูกข้าวลักษณะ pre-harvest เพื่อเพิ่มคุณภาพของเมล็ดข้าวที่ได้จากกระบวนการขัดสี ในขั้นการทดลองมีการใช้สารกระตุ้นชีวภาพไคโตซานร่วมกับแปลงทดลองที่มีการควบคุม โดยเลือกทดลองในข้าว 2 สายพันธุ์ คือ ข้าวเจ้าพันธุ์ กข41 และข้าวเจ้าพันธุ์ปทุมธานี 1 ซึ่งจะมีการฉีดพ่นสารกระตุ้นชีวภาพไคโตซานทั้งหมด 3 ครั้งต่อหนึ่งแปลงทดลอง แสดงดังภาพที่ 4.1 และ 4.2 เมื่อข้าวมีอายุเหมาะสมแก่การเก็บเกี่ยว จึงเก็บเกี่ยวแล้วทำการลดความชื้น ก่อนนำมาผ่านกระบวนการสี

25 วันหลังหว่าน 45 วันหลังหว่าน 65 วันหลังหว่าน

ภาพที่ 4.1 การพ่นสารกระตุ้นชีวภาพไคโตซานในแปลงทดลองข้าวเจ้าพันธุ์ กข41

20 วันหลังหว่าน 45 วันหลังหว่าน 70 วันหลังหว่าน

ภาพที่ 4.2 การพ่นสารกระตุ้นชีวภาพไคโตซานในแปลงทดลองข้าวเจ้าพันธุ์ปทุมธานี 1

ผลลัพธ์ที่ได้จากกระบวนการสีข้าวจะถูกนำมาตรวจสอบคุณภาพของเมล็ดข้าวที่เป็นประโยชน์ในเชิงพาณิชย์ ได้แก่

1. ผลลัพธ์ด้านปริมาณผลผลิตที่ได้จากกระบวนการสีข้าว
2. ผลลัพธ์ด้านคุณสมบัติทางกายภาพของเมล็ดข้าว

459162768 CU iThesis 6087131620 thesis / recv: 30072562 14:19:57 / seq: 17

3. การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณข้าวขาวเต็มเมล็ดที่ได้จากระบวนการสีข้าว และค่าความแกร่งของเมล็ดข้าว

4. การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักข้าวกล้องเต็มเมล็ด 100 เมล็ด และขนาดของเมล็ดข้าวกล้อง

4.1 ผลลัพธ์ด้านปริมาณผลผลิตที่ได้จากกระบวนการสีข้าว

ตารางที่ 4.1 การเปรียบเทียบผลลัพธ์ปริมาณผลผลิตที่ได้จากการสีข้าวเจ้าพันธุ์ กข41

ประเภท	แปลงทดลอง	N	$\bar{X}$	S.D.	t	Sig.
ปริมาณข้าวกล้อง (g.)	ใช้สาร	20	78.53	0.56	1.99	0.027*
	ไม่ใช้สาร	20	78.26	0.24		
ปริมาณข้าวขาวรวม (g.)	ใช้สาร	20	69.16	0.53	5.20	0.000*
	ไม่ใช้สาร	20	68.40	0.37		
ปริมาณข้าวขาวเต็มเมล็ด (g.)	ใช้สาร	20	58.07	2.55	4.30	0.000*
	ไม่ใช้สาร	20	53.28	4.27		

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

จากตารางที่ 4.1 เมื่อเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากกระบวนการสีข้าว ระหว่างแปลงทดลองที่ใช้สารกระตุ้นชีวภาพไคโตซาน และไม่ใช้สารกระตุ้นชีวภาพไคโตซานในการเพาะปลูกข้าวเจ้าพันธุ์ กข41 โดยใช้ตัวอย่างทดลองแปลงละ 20 ซ้ำ พบว่า

ตัวอย่างข้าวจากแปลงทดลองที่ใช้สารกระตุ้นชีวภาพไคโตซาน มีผลลัพธ์ในด้านปริมาณข้าวกล้อง ($\bar{x}$ = 78.53, S.D. = 0.56) , ปริมาณข้าวขาวรวม ($\bar{x}$ = 69.16, S.D. = 0.53) และ ปริมาณข้าวขาวเต็มเมล็ด ($\bar{x}$ = 58.07, S.D. = 2.55) ที่ได้จากกระบวนการสีข้าว มีค่าเฉลี่ยสูงกว่าตัวอย่างข้าวจากแปลงทดลองที่ไม่ใช้สารกระตุ้นชีวภาพไคโตซาน ซึ่งมีปริมาณข้าวกล้อง ($\bar{x}$ = 78.26, S.D. = 0.24) , ปริมาณข้าวขาวรวม ($\bar{x}$ = 68.40, S.D. = 0.53) และ ปริมาณข้าวขาวเต็มเมล็ด ($\bar{x}$ = 53.28, S.D. = 4.27) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (t = 1.99, Sig. = 0.027), (t = 5.20, Sig. = 0.000) และ (t = 4.30, Sig. = 0.000) ตามลำดับ เมื่อคำนวณอัตราการเพิ่มขึ้นของผลลัพธ์ด้านปริมาณข้าวขาวเต็มเมล็ดจากการใช้สารกระตุ้นชีวภาพคไตโตซาน โดยใช้สูตร $\frac{\text{ผลลัพธ์ปริมาณข้าวขาวเต็มเมล็ด (ใช้สาร)} - \text{ผลลัพธ์ปริมาณข้าวขาวเต็มเมล็ด (ไม่ใช้สาร)}}{\text{ผลลัพธ์ปริมาณข้าวขาวเต็มเมล็ด (ไม่ใช้สาร)}} \times 100$ พบว่า การใช้สารกระตุ้นชีวภาพไคโตซานในการเพาะปลูกข้าวเจ้าพันธุ์ กข41 มีผลทำให้ได้ปริมาณข้าว

4591627766 CU iThesis 6087131620 thesis / recv: 30072562 14:19:57 / seq: 17

ขาวเต็มเมล็ดจากกระบวนการสีข้าว เพิ่มขึ้น ร้อยละ 8.99 เมื่อเทียบกับแปลงทดลองที่ไม่ใช้สารกระตุ้นชีวภาพไคโตซาน

ตารางที่ 4.2 การเปรียบเทียบผลลัพธ์ปริมาณผลผลิตที่ได้จากการสีข้าวเจ้าพันธุ์ปทุมธานี 1

ประเภท	แปลงทดลอง	N	$\bar{X}$	S.D.	t	Sig.
ปริมาณข้าวกล้อง (g.)	ใช้สาร	20	76.48	0.38	1.40	0.085
	ไม่ใช้สาร	20	76.27	0.57		
ปริมาณข้าวขาวรวม (g.)	ใช้สาร	20	65.43	0.70	0.20	0.424
	ไม่ใช้สาร	20	65.39	0.60		
ปริมาณข้าวขาวเต็มเมล็ด (g.)	ใช้สาร	20	33.50	6.22	1.37	0.090
	ไม่ใช้สาร	20	31.00	5.34		

สำหรับปริมาณผลผลิตที่ได้จากกระบวนการสีข้าวเจ้าพันธุ์ปทุมธานี 1 พบว่า มีค่าเฉลี่ยปริมาณข้าวกล้อง ($\bar{x}$ = 76.48, S.D. = 0.38) , ปริมาณข้าวขาวรวม ($\bar{x}$ = 65.43, S.D. = 0.70) และปริมาณข้าวขาวเต็มเมล็ด ($\bar{x}$ = 33.50, S.D. = 6.22) จากแปลงทดลองที่ใช้สารกระตุ้นชีวภาพไคโตซานสูงกว่าแปลงทดลองที่ไม่ใช้สารกระตุ้นชีวภาพไคโตซานเล็กน้อย ซึ่งมีค่าเฉลี่ยปริมาณข้าวกล้อง ($\bar{x}$ = 76.27, S.D. = 0.57), ปริมาณข้าวขาวรวม ($\bar{x}$ = 65.39, S.D. = 0.60) และ ปริมาณข้าวขาวเต็มเมล็ด ($\bar{x}$ = 31.00, S.D. = 5.34) แต่ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (t = 1.40, Sig. = 0.085), (t = 0.20, Sig. = 0.424) และ (t = 1.37, Sig. = 0.090) ตามลำดับ เมื่อคำนวณอัตราการเพิ่มขึ้นของผลลัพธ์ด้านปริมาณข้าวขาวเต็มเมล็ดจากการใช้สารกระตุ้นชีวภาพคไตโตซาน โดยใช้สูตร $\frac{\text{ผลลัพธ์ปริมาณข้าวขาวเต็มเมล็ด (ใช้สาร)} - \text{ผลลัพธ์ปริมาณข้าวขาวเต็มเมล็ด (ไม่ใช้สาร)}}{\text{ผลลัพธ์ปริมาณข้าวขาวเต็มเมล็ด (ไม่ใช้สาร)}} \times 100$ พบว่า การใช้สารกระตุ้นชีวภาพไคโตซานในการเพาะปลูกข้าวเจ้าพันธุ์ กข41 มีผลทำให้ได้ปริมาณข้าวขาวเต็มเมล็ดจากกระบวนการสีข้าว เพิ่มขึ้น ร้อยละ 8.06 เมื่อเทียบกับแปลงทดลองที่ไม่ใช้สารกระตุ้นชีวภาพไคโตซาน สำหรับผลลัพธ์ในด้านปริมาณข้าวขาวเต็มเมล็ดที่ได้จากกระบวนการสีของข้าวเจ้าพันธุ์ปทุมธานี 1 พบว่า มีปริมาณข้าวขาวเต็มเมล็ดที่ได้ต่ำกว่าการสีข้าวเจ้าพันธุ์ กข.41 และต่ำกว่าการสีข้าวทั่วไปของโรงสีข้าว แสดงว่าข้าวเจ้าพันธุ์ปทุมธานี 1 ที่ได้จากแปลงการทดลองในงานวิจัยนี้ เป็นพื้นข้าวที่ไม่ดี มีคุณภาพต่ำ โดยเมื่อนำตัวอย่างข้าวดังกล่าวมาผ่านกระบวนการสีจึงได้ปริมาณข้าวขาวเต็มเมล็ดที่ค่อนข้างต่ำ เนื่องจากการดูแลรักษาในขั้นการเพาะปลูก การควบคุมปัจจัยด้านต่างๆ ไม่ดีพอ และนอกจากนั้นพบปัญหาจากปัจจัยด้านสภาพอากาศของแปลงทดลอง โดยแปลงทดลองได้รับความเสียหายจากลมพายุทำให้ต้นข้าวล้มเสียหาย ในช่วง 30 วัน ก่อนการเก็บเกี่ยว แสดงได้ดังภาพที่ 4.3

4591627766 CU iThesis 6087131620 thesis / recv: 30072562 14:19:57 / seq: 17

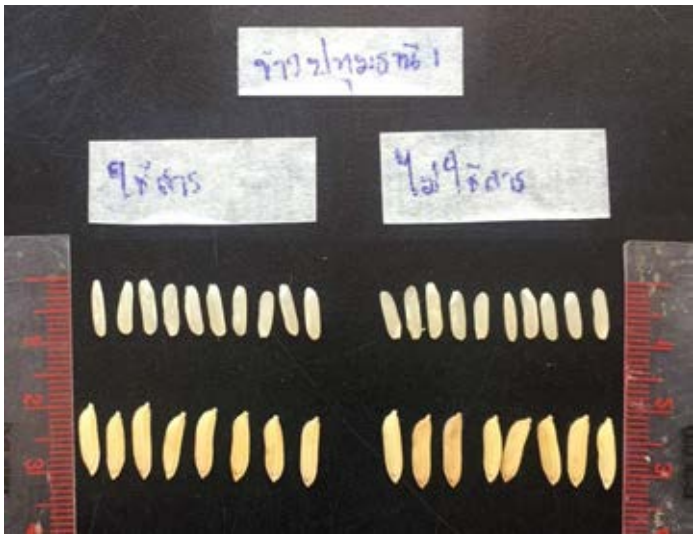
ภาพที่ 4.3 แปลงทดลองข้าวเจ้าพันธุ์ปทุมธานี 1 ที่ถูกลมพัดล้มเสียหายในช่วง 30 วัน ก่อนการเก็บเกี่ยว

จากภาพรวมผลลัพธ์ในด้านผลผลิตที่ได้จากกระบวนการสีของข้าวเจ้าพันธุ์ กข41 และข้าวเจ้าพันธุ์ปทุมธานี 1 โดยในกระบวนการสีข้าว จะได้ผลลัพธ์ของปริมาณข้าวกล้องและปริมาณข้าวขาวรวมที่ค่อนข้างคงที่ใกล้เคียงกัน คือได้ปริมาณข้าวกล้องประมาณร้อยละ 70-80 และ ข้าวขาวรวมประมาณร้อยละ 66-72 (อรอนงค์ นัยวิกุล, 2547) ซึ่งจะมีความแตกต่างกันตามลักษณะของพื้นข้าวที่ได้จากการเพาะปลูก และจากการตั้งค่าของเครื่องจักรที่ใช้ในกระบวนการต่างๆ แต่คุณภาพของเมล็ดข้าวที่มีความสำคัญในเชิงพาณิชย์และเป็นที่ต้องการของธุรกิจโรงสีข้าวคือค่าปริมาณข้าวขาวเต็มเมล็ดที่ได้จากกระบวนการสีข้าว โดยในงานวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่าแปลงทดลองที่มีการใช้สารกระตุ้นชีวภาพไคโตซานในการเพาะปลูกมีแนวโน้มทำให้ปริมาณข้าวขาวเต็มเมล็ดที่ได้จากกระบวนการสีสูงกว่าแปลงทดลองที่ไม่ใช้สารกระตุ้นชีวภาพไคโตซาน

4591627668 CU iThesis 6087131620 thesis / recv: 30072562 14:19:57 / seq: 17

4.2 ผลลัพธ์ด้านคุณสมบัติทางกายภาพของเมล็ดข้าว

ภาพที่ 4.4 การเปรียบเทียบรูปร่างเมล็ดข้าวเปลือกและข้าวกล้องของข้าวเจ้าพันธุ์ กข41



ภาพที่ 4.5 การเปรียบเทียบรูปร่างเมล็ดข้าวเปลือกและข้าวกล้องของข้าวเจ้าพันธุ์ปทุมธานี 1

จากภาพที่ 4.4 และ 4.5 เมื่อสังเกตด้วยตา ลักษณะทางกายภาพของเมล็ดข้าวพันธุ์ กข41 และพันธุ์ปทุมธานี 1 จะเห็นว่าเมล็ดข้าวของแปลงทดสอบที่ใช้สารกระตุ้นชีวภาพไคโตซาน มีขนาด รูปร่าง และความสมบูรณ์ของเมล็ดดีกว่าแปลงทดสอบที่ไม่ใช้สารกระตุ้นชีวภาพไคโตซานเล็กน้อย ซึ่งเมื่อทำการเปรียบเทียบคุณสมบัติทางกายภาพของเมล็ดด้วยเครื่องมือต่างๆ มีผลลัพธ์ดังนี้

4591627 66 CU iThesis 6087131620 thesis / recv: 30072562 14:19:57 / seq: 17

ตารางที่ 4.3 การเปรียบเทียบผลลัพธ์คุณสมบัติทางกายภาพของเมล็ดข้าวเจ้าพันธุ์ กข41

ประเภท	แปลงทดลอง	N	$\bar{X}$	S.D.	t	Sig.
น้ำหนักข้าวกล้องเต็มเมล็ด 100 เมล็ด (g.)	ใช้สาร	20	2.39	0.03	4.91	0.000*
	ไม่ใช้สาร	20	2.34	0.03		
ค่าความแกร่งเมล็ดข้าวกล้อง (N.)	ใช้สาร	120	19.35	0.34	2.39	0.01*
	ไม่ใช้สาร	120	19.24	0.32		
ขนาดเมล็ดข้าวกล้อง (mm.)	ใช้สาร	120	3.18	0.56	2.55	0.006*
	ไม่ใช้สาร	120	3.16	0.58		

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ในด้านคุณสมบัติทางกายภาพของเมล็ดข้าวเจ้าพันธุ์ กข41 พบว่า ตัวอย่างข้าวจากแปลงทดลองที่ใช้สารกระตุ้นชีวภาพไคโตซาน มีค่าน้ำหนักข้าวกล้องเต็มเมล็ด 100 เมล็ด ($\bar{X}$ = 2.39, S.D. = 0.03), ค่าความแกร่งของเมล็ดข้าวกล้อง ($\bar{X}$ = 19.35, S.D. = 0.34) และขนาดเมล็ดข้าวกล้อง ($\bar{X}$ = 3.18, S.D. = 0.56) มีค่าเฉลี่ยสูงกว่าตัวอย่างข้าวจากแปลงทดลองที่ไม่ใช้สารกระตุ้นชีวภาพไคโตซาน ซึ่งมีค่าน้ำหนักข้าวกล้องเต็มเมล็ด 100 เมล็ด ($\bar{X}$ = 2.34, S.D. = 0.03), ค่าความแกร่งของเมล็ดข้าวกล้อง ($\bar{X}$ = 18.24, S.D. = 0.32) และขนาดเมล็ดข้าวกล้อง ($\bar{X}$ = 3.16, S.D. = 0.58) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (t = 4.91, Sig. = 0.000), (t = 2.39, Sig. = 0.01) และ (t = 2.55, Sig. = 0.006) ตามลำดับ

ตารางที่ 4.4 การเปรียบเทียบผลลัพธ์คุณสมบัติทางกายภาพของเมล็ดข้าวเจ้าพันธุ์ปทุมธานี 1

ประเภท	แปลงทดลอง	N	$\bar{X}$	S.D.	t	Sig.
น้ำหนักข้าวกล้องเต็มเมล็ด 100 เมล็ด (g.)	ใช้สาร	20	2.17	0.54	2.45	0.001*
	ไม่ใช้สาร	20	2.13	0.47		
ค่าความแกร่งเมล็ดข้าวกล้อง (N.)	ใช้สาร	120	16.70	4.69	1.69	0.046*
	ไม่ใช้สาร	120	15.67	4.76		
ขนาดเมล็ดข้าวกล้อง (mm.)	ใช้สาร	120	3.14	0.55	2.48	0.007*
	ไม่ใช้สาร	120	3.13	0.59		

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

4591627668 CU iThesis 6087131620 thesis / recv: 30072562 14:19:57 / seq: 17

สำหรับคุณสมบัติทางกายภาพของเมล็ดข้าวเจ้าพันธุ์ปทุมธานี 1 พบว่า ตัวอย่างข้าวจากแปลงทดลองที่ใช้สารกระตุ้นชีวภาพไคโตซาน มีค่าน้ำหนักข้าวกล้องเต็มเมล็ด 100 เมล็ด ($\bar{x}$ = 2.17, S.D. = 0.54) , ค่าความแกร่งของเมล็ดข้าวกล้อง ($\bar{x}$ = 16.70, S.D. = 4.69) และขนาดเมล็ดข้าวกล้อง ($\bar{x}$ = 3.14, S.D. = 0.55) มีค่าเฉลี่ยสูงกว่าตัวอย่างข้าวจากแปลงทดลองที่ไม่ใช้สารกระตุ้นชีวภาพไคโตซาน ซึ่งมีค่าน้ำหนักข้าวกล้องเต็มเมล็ด 100 เมล็ด ($\bar{x}$ = 2.13, S.D. = 0.47) , ค่าความแกร่งของเมล็ดข้าวกล้อง ($\bar{x}$ = 15.67, S.D. = 4.76) และขนาดเมล็ดข้าวกล้อง ($\bar{x}$ = 3.13, S.D. = 0.59) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (t = 2.45, Sig. = 0.001), (t = 1.69, Sig. = 0.046) และ (t = 2.48, Sig. = 0.007) ตามลำดับ

จากภาพรวมผลลัพธ์ในด้านคุณสมบัติทางกายภาพของเมล็ดข้าวเจ้าพันธุ์ กข41 และ ข้าวเจ้าพันธุ์ปทุมธานี 1 พบว่า เมล็ดข้าวจากแปลงทดลองที่ใช้สารกระตุ้นชีวภาพไคโตซานมีคุณสมบัติเชิงกายภาพ ได้แก่ น้ำหนักเมล็ดข้าว, ค่าความแกร่งเมล็ดข้าว และขนาดเมล็ดข้าว ดีกว่าแปลงทดลองที่ไม่ได้ใช้สารกระตุ้นชีวภาพไคโตซาน ซึ่งอาจอนุมานได้ว่า การใช้สารกระตุ้นชีวภาพไคโตซานสามารถช่วยให้ต้นข้าวมีการเจริญเติบโตที่อุดมสมบูรณ์มากขึ้น มีความแข็งแรงมากขึ้น กลไก และระบบการทำงานต่างๆในพืช เช่น ระบบการสังเคราะห์แสง ระบบภูมิคุ้มกัน ระบบการสร้างสารและการผลิตเซลล์ใหม่ เป็นต้น สามารถทำงานได้เป็นไปอย่างดียิ่งขึ้น (Malerba & Cerana, 2016) ทำให้ต้นพืชแสดงออกด้วยการสะสมน้ำหนักในผลและเมล็ด เมล็ดข้าวที่ได้จากการใช้สารกระตุ้นชีวภาพไคโตซานในแปลงทดลองจึงมีลักษณะกายภาพทั้งขนาดและรูปร่างที่สมบูรณ์มากขึ้น ดังที่ได้แสดงในภาพที่ 4.4 และ 4.5 ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ กุลนาถ อบสุวรรณ และ กรกช สว่างศรี (2553) ที่พบว่า การใช้ไคโตซานในการเพาะเลี้ยงกล้วยไม้ สามารถทำให้กล้วยไม้มีการเจริญเติบโตที่ดีขึ้น มีการสะสมน้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง และพื้นที่ใบมากที่สุดมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับชุดทดลองควบคุมอื่นๆ Boonlertnirun et al. (2006) และ ไพฑูรย์ แสนบัวหลวง (2550) ที่มีการทดลองใช้สารกระตุ้นชีวภาพไคโตซานในข้าว พบว่าสามารถเพิ่มการเจริญเติบโตของต้นข้าว และเพิ่มปริมาณผลผลิต รวมถึงมีการสะสมน้ำหนักของเมล็ดเพิ่มมากขึ้น

4591627668 CU iThesis 6087131620 thesis / recv: 30072562 14:19:57 / seq: 17

4.3 สรุปผลการทดลอง

1. ผลลัพธ์ด้านปริมาณผลผลิตที่ได้จากกระบวนการสีข้าว

ในกระบวนการสีข้าวจะได้ผลลัพธ์ของปริมาณข้าวกล้องและปริมาณข้าวขาวรวมที่ค่อนข้างคงที่ใกล้เคียงกัน (อรอนงค์ นัยวิกุล, 2547) แต่กระบวนการสีข้าวจะให้ความสำคัญกับผลลัพธ์ด้านปริมาณข้าวขาวเต็มเมล็ดที่ได้จากกระบวนการสีสูงที่สุด เนื่องจากเป็นตัวบ่งชี้คุณภาพของเมล็ดข้าว และความมีประสิทธิภาพในการสีข้าว ซึ่งราคาข้าวในท้องตลาดจะแปรผันตามปริมาณข้าวขาวเต็มเมล็ดที่ได้จากกระบวนการสี ดังนั้นจากการทดลองในงานวิจัยนี้ มีผลลัพธ์จากการใช้สารกระตุ้นชีวภาพในข้าวทั้ง 2 สายพันธุ์ ดังนี้

1.1 การใช้สารกระตุ้นชีวภาพไคโตซานในการเพาะปลูกข้าวเจ้าพันธุ์ กข41 มีผลทำให้ปริมาณข้าวกล้อง, ปริมาณข้าวขาวรวม และปริมาณข้าวขาวเต็มเมล็ดเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยได้ปริมาณข้าวขาวเต็มเมล็ดเฉลี่ยเพิ่มสูงขึ้นร้อยละ 8.99 เมื่อเทียบกับแปลงทดลองที่ไม่ได้ใช้สารกระตุ้นชีวภาพไคโตซาน

1.2 การใช้สารกระตุ้นชีวภาพไคโตซานในการเพาะปลูกข้าวเจ้าพันธุ์ปทุมธานี 1 มีผลทำให้ ปริมาณข้าวกล้อง , ปริมาณข้าวขาวรวม และปริมาณข้าวขาวเต็มเมล็ดเพิ่มขึ้นอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยได้ปริมาณข้าวขาวเต็มเมล็ดเฉลี่ยเพิ่มสูงขึ้นร้อยละ 8.06 เมื่อเทียบกับแปลงทดลองที่ไม่ได้ใช้สารกระตุ้นชีวภาพไคโตซาน

2. ผลลัพธ์ด้านคุณสมบัติทางกายภาพของเมล็ดข้าว

2.1 การใช้สารกระตุ้นชีวภาพไคโตซานในการเพาะปลูกข้าวเจ้าพันธุ์ กข41 มีผลทำให้คุณสมบัติทางกายภาพของเมล็ดข้าว ได้แก่ น้ำหนักข้าวกล้องเต็มเมล็ด 100 เมล็ด, ค่าความแกร่งของเมล็ดข้าวกล้อง และขนาดเมล็ดข้าวกล้อง มีค่าเฉลี่ยเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 เมื่อเทียบกับแปลงทดลองที่ไม่ได้ใช้สารกระตุ้นชีวภาพไคโตซาน

2.2 การใช้สารกระตุ้นชีวภาพไคโตซานในการเพาะปลูกข้าวเจ้าพันธุ์ปทุมธานี 1 มีผลทำให้คุณสมบัติทางกายภาพของเมล็ดข้าว ได้แก่ น้ำหนักข้าวกล้องเต็มเมล็ด 100 เมล็ด , ค่าความแกร่งของเมล็ดข้าวกล้อง และขนาดเมล็ดข้าวกล้อง มีค่าเฉลี่ยเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

4591627 66 CU iThesis 6087131620 thesis / recv: 30072562 14:19:57 / seq: 17

บทที่ 5
การศึกษาผลกระทบของนวัตกรรมสารกระตุ้นชีวภาพไคโตซานในเชิงพาณิชย์

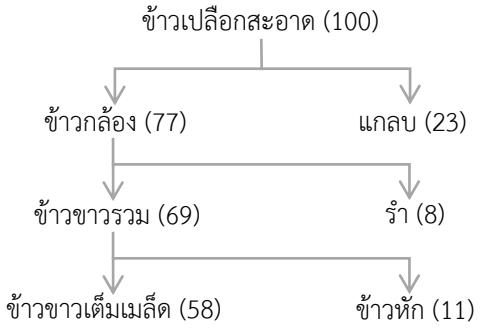
ในงานวิจัยนี้ให้ความสำคัญกับผลกระทบของนวัตกรรมสารกระตุ้นชีวภาพไคโตซานต่อการเปลี่ยนแปลงด้านราคาผลผลิตที่ได้จากกระบวนการสีข้าวเป็นหลัก เนื่องจากเป็นผลลัพธ์เฉพาะที่ได้จากงานวิจัยนี้ สำหรับผลกระทบต่อเกษตรกร อาจจำเป็นต้องมีการศึกษาเพิ่มเติมต่อไป โดยในการศึกษาผลกระทบของนวัตกรรมสารกระตุ้นชีวภาพไคโตซานในเชิงพาณิชย์ในงานวิจัยนี้ มีหัวข้อดังนี้

1. การวิเคราะห์ผลผลิตที่ได้จากกระบวนการสีข้าว
2. การประมาณการมูลค่าผลผลิตที่ได้จากกระบวนการสีข้าว
3. การวิเคราะห์มูลค่าเพิ่มของการใช้สารกระตุ้นชีวภาพไคโตซานต่อผลผลิตที่ได้จากกระบวนการสีข้าว
4. การวิเคราะห์ความคุ้มค่าด้านการลงทุน

5.1 การวิเคราะห์ผลผลิตที่ได้จากกระบวนการสีข้าว

การวิเคราะห์ผลผลิตที่ได้จากกระบวนการสีข้าว จะเป็นการนำข้อมูลด้านผลลัพธ์จากกระบวนการสีข้าวในบทที่ 4.1 มาอธิบายโดยการเปรียบเทียบกับข้อมูลตัวอย่างประสิทธิผลการสีข้าวที่มีพื้นข้าวคุณภาพดี ซึ่งจะบ่งบอกลักษณะของพื้นข้าวที่ได้จากงานวิจัยนี้ว่าเป็นพื้นข้าวที่มีคุณภาพอย่างไร และจะใช้ในการประมาณการมูลค่าของผลผลิตที่ได้จากกระบวนการสีข้าวต่อไป

ข้อมูลต่อไปนี้เป็นข้อมูลตัวอย่างของประสิทธิผลการสีข้าวที่มีพื้นข้าวคุณภาพดี โดยเป็นข้าวที่ผ่านการเพาะปลูกคัดคุณภาพอย่างดี และนำมาผ่านการทำความสะอาดเพื่อให้มีความบริสุทธิ์ ลดความชื้นจนเหลือ 14% ก่อนเข้าสู่กระบวนการขัดสีข้าว (ผดุงศักดิ์ วานิชชัง และ ใจทิพย์ วานิชชัง, 2559) โดยตัวอย่างดังกล่าวจะใช้เพื่อเป็นเกณฑ์อ้างอิงคุณภาพการสีข้าวในงานวิจัยนี้



ภาพที่ 5.1 ค่าอ้างอิงประสิทธิผลการสีข้าวที่มีพื้นข้าวคุณภาพดี

4591627668 CU iThesis 6087131620 thesis / recv: 30072562 14:19:57 / seq: 17

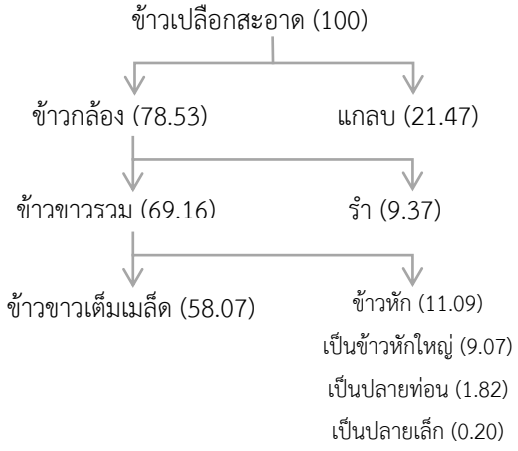
จากข้อมูลประสิทธิผลการสีข้าวที่มีพื้นข้าวคุณภาพดี สามารถอธิบายผลลัพธ์ของกระบวนการสีข้าวได้ดังนี้

1. ข้าวเปลือกสะอาด 100 g. เมื่อทำการกระเทาะเปลือก และแยกแกลบออกจะได้ผลลัพธ์เป็นข้าวกล้อง 77 g. และ แกลบ 23 g.

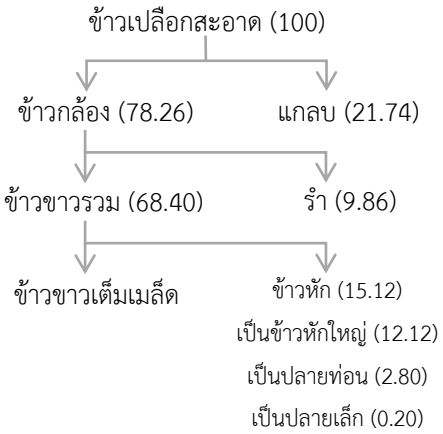
2. เมื่อนำข้าวกล้อง 77 g. มาผ่านกระบวนการขัดผิวเพื่อเอาชั้นรำที่ผิวออก เพื่อให้เมล็ดข้าวมีความขาว และเป็นที่ต้องการของตลาด จะได้ผลลัพธ์เป็น ข้าวขาวรวม 69 g. และ รำ 8 g.

3. เมื่อนำข้าวขาวรวม 69 g. มาทำการคัดแยกขนาดของเมล็ด จะได้ผลลัพธ์เป็น ข้าวขาวเต็มเมล็ด 58 g. และ ข้าวหัก 11 g.

เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับผลลัพธ์ด้านผลิตผลได้จากกระบวนการสีข้าวในงานวิจัยนี้ จะได้เป็น



แปลงทดลองที่ใช้สารกระตุ้นชีวภาพไคโตซาน

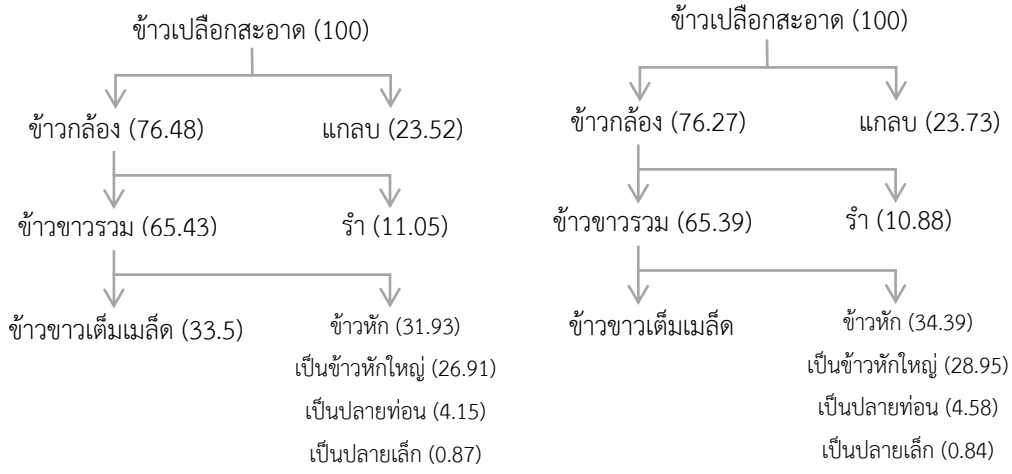


แปลงทดลองที่ไม่ใช้สารกระตุ้นชีวภาพไคโตซาน

ภาพที่ 5.2 ผลิตผลที่ได้จากกระบวนการสีข้าวเจ้าพันธุ์ กข41

จากการเปรียบเทียบผลลัพธ์ของผลิตผลที่ได้จากกระบวนการสีของข้าวเจ้าพันธุ์ กข41 กับการสีข้าวที่มีพื้นข้าวคุณภาพดี พบว่ามีค่าใกล้เคียงกับค่าอ้างอิง แสดงว่าเป็นตัวอย่างข้าวที่มีพื้นข้าวคุณภาพดี เนื่องจากข้าวเจ้าพันธุ์ กข41 เป็นข้าวสายพันธุ์ที่มีความแข็งแรงทนต่อโรคแมลง และสภาพแวดล้อมต่างๆ รวมถึงลักษณะวิธีการเพาะปลูกที่ดี จึงทำให้ได้ผลิตผลตั้งต้นที่มีคุณภาพ เมื่อนำมาผ่านกระบวนการสีข้าวจึงทำให้ได้ผลผลิตข้าวที่มีคุณภาพดีเช่นกัน

CU iThesis 6087131620 thesis / recv: 30072562 14:19:57 / seq: 17
4591627 66



แปลงทดลองที่ใช้สารกระตุ้นชีวภาพไคโตซาน แปลงทดลองที่ไม่ใช้สารกระตุ้นชีวภาพไคโตซาน

ภาพที่ 5.3 ผลิตผลที่ได้จากกระบวนการสีข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1

จากการเปรียบเทียบผลลัพธ์ของผลิตผลที่ได้จากกระบวนการสีของข้าวเจ้าพันธุ์ปทุมธานี 1 การสีข้าวที่มีพื้นข้าวคุณภาพดี พบว่ามีค่าต่ำกว่าค่าอ้างอิง แสดงว่าเป็นตัวอย่างข้าวที่มีพื้นข้าวคุณภาพต่ำ เนื่องจากชนิดของสายพันธุ์ข้าวปทุมธานี 1 เอง และการดูแลรักษาควบคุมปัจจัยต่างๆ ในขั้นตอนการเพาะปลูกตามที่เคยได้กล่าวไว้ใน บทที่ 4.2 เมื่อนำตัวอย่างข้าวมาผ่านกระบวนการสีจึงทำให้ได้ผลลัพธ์ที่ต่ำกว่าเกณฑ์ค่าอ้างอิง

หมายเหตุ: เนื่องจากการทดลองก่อนหน้านี้ไม่ได้มีการเก็บข้อมูลปริมาณข้าวหักแต่ละประเภทไว้ ซึ่งข้อมูลดังกล่าวจะส่งผลต่อการประมาณการมูลค่าผลิตผลที่ได้จากกระบวนการสีข้าวในหัวข้อต่อไป จึงมีความจำเป็นต้องเก็บข้อมูลปริมาณข้าวหักแต่ละประเภทนี้เพิ่มเติม โดยใช้วิธีการคือ นำตัวอย่างข้าวที่เหลือมารวมกัน โดยแบ่งเป็นแปลงทดลองที่มีการใช้สารกระตุ้นชีวภาพไคโตซาน และไม่ใช้สารกระตุ้นชีวภาพไคโตซาน นำมาผ่านกระบวนการสีข้าว และทำการคัดแยกขนาดข้าวหักแต่ละประเภทด้วยตะแกรงเบอร์#9 (คัดแยกข้าวหักใหญ่และปลายท่อน) และตะแกรงเบอร์#7 (คัดแยกปลายท่อนและปลายเล็ก) แล้วนำผลลัพธ์ที่ได้มาชั่งน้ำหนักเทียบสัดส่วนกับข้อมูลผลลัพธ์ข้าวหักที่ได้จากกระบวนการสีข้าว โดยมีรายละเอียดในภาคผนวก ข.

4591627668 CU iThesis 6087131620 thesis / recv: 30072562 14:19:57 / seq: 17

5.2 การประมาณการมูลค่าผลผลิตที่ได้จากกระบวนการสีข้าว

การประมาณการมูลค่าของผลผลิตที่ได้จากกระบวนการสีข้าวในงานวิจัยนี้ มีความจำเป็นต้องศึกษาข้อมูลด้านราคาการซื้อ-ขายสินค้าข้าวในตลาด เพื่อใช้ในการคำนวณมูลค่าของผลผลิตทั้งหมดที่ได้จากกระบวนการสีข้าว

ข้อมูลด้านราคาการซื้อ-ขายสินค้าข้าวในตลาดนี้ เป็นข้อมูลที่มีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาตามสถานการณ์ความต้องการของตลาด จึงเป็นข้อมูลเฉพาะ ณ วันเวลาที่ได้ทำการสำรวจเท่านั้น จัดทำขึ้นโดยกองส่งเสริมสินค้าเกษตร 2 กรมการค้าภายใน กระทรวงพาณิชย์ ใช้เพื่อเป็นเกณฑ์มาตรฐานกลางในการซื้อ-ขายข้าว โดยแบ่งเป็น ข้อมูลด้านราคาข้าวเปลือก ซึ่งจะเป็นข้อมูลตามแต่ละจังหวัด และข้อมูลด้านราคาผลผลิตจากการแปรรูปข้าว ซึ่งเป็นข้อมูลด้านราคาขายส่งแก่ตลาดกลางกรุงเทพฯ ไม่ใช่ข้อมูลราคาสินค้าขายสำหรับผู้บริโภคปลายทาง

ตารางที่ 5.1 ข้อมูลการสำรวจราคารับซื้อข้าวเปลือกจังหวัดสุพรรณบุรี วันที่ 6 มิถุนายน 2562

ชนิดข้าวเปลือก	ความชื้นแห้ง 15% (บาท/ตัน)	ความชื้นเกี่ยวสด 25% (บาท/ตัน)	ราคาต่อความชื้นหน่วยละ (บาท)
ข้าวเปลือกเจ้า	7,900	6,800	110
ข้าวเปลือกปทุมธานี 1	9,800	8,200	160

ที่มา: กองส่งเสริมสินค้าเกษตร 2 กรมการค้าภายใน 2562. ราคาขายส่งข้าว ผลิตภัณฑ์ กระสอบป่าน และสถานการณ์ข้าว ประจำวันที่ 6 มิถุนายน 2562

หมายเหตุ: ในทางการค้าข้าว จะมีการซื้อขายข้าวเปลือกตามลักษณะของความชื้น โดยแบ่งเป็นข้าวเปลือกเกี่ยวสด ความชื้นที่ 25% และข้าวเปลือกที่มีการนำมาลดความชื้นแล้วเรียกว่าข้าวเปลือกแห้ง ความชื้นที่ 15% และเพื่อความสะดวกต่อการคำนวณขอใช้เกณฑ์ความชื้นนี้ในการคำนวณมูลค่าของผลผลิต

459162766 CU iThesis 6087131620 thesis / recv: 30072562 14:19:57 / seq: 17

ตารางที่ 5.2 ข้อมูลการสำรวจราคาขายส่งข้าวและผลผลิตจากข้าว วันที่ 6 มิถุนายน 2562

ชนิดข้าว	บาท / กิโลกรัม
ข้าวขาว 5%	11.60
ปลายท่อนข้าวขาว	10.40
ปลายข้าวซี.วัน (ปลายเล็ก)	9.70
ข้าวหอมปทุมธานี	19.70
ปลายข้าวหักใหญ่ปทุมธานี (ยี่จ้อ ซาห่อ)	13.40
ปลายท่อนข้าวปทุมธานี	13
รำข้าวขาว	8.50
แกลบ	1.55

ที่มา: กองส่งเสริมสินค้าเกษตร 2 กรมการค้าภายใน 2562. ราคาขายส่งข้าว ผลิตภัณฑ์ กระสอบป่าน และสถานการณ์ข้าว ประจำวันที่ 6 มิถุนายน 2562

หมายเหตุ : *การสีข้าวขาว 5 % เป็นมาตรฐานสินค้าข้าวที่โรงสีข้าวนิยมสีข้าวขาวทุกชนิด ซึ่งจะเป็นไปตามลักษณะกำหนดมาตรฐานสินค้าข้าว 5% โดยจะถือเอาส่วนของข้าวหักใหญ่ (ยี่จ้อ ซาห่อ) เข้าไปรวมกับต้นข้าวด้วย

**ปลายข้าวซี.วัน (ปลายเล็ก) เป็นส่วนของข้าวหักที่ร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 7 ซึ่งเป็นส่วนที่ใช้สำหรับทำอาหารสัตว์ และมีราคาต่ำ ในด้านการค้าจึงนิยมรวมสินค้าปลายข้าวซี.วันของข้าวเจ้าทุกสายพันธุ์เป็นราคาเดียวกัน

***รำข้าวขาว เป็นส่วนที่ได้จากการขัดชั้นผิวของข้าวในด้านการค้าจึงนิยมรวมสินค้ารำข้าวของข้าวเจ้าทุกสายพันธุ์เป็นราคาเดียว

จากข้อมูลด้านราคาการซื้อ-ขายสินค้าข้าว เมื่อนำมาคำนวณร่วมกับผลิตผลที่ได้จากกระบวนการสีข้าวทั้ง 2 สายพันธุ์ (บทที่ 5.1) ทำให้สามารถประมาณการมูลค่าของผลผลิตทั้งหมดที่ได้จากกระบวนการสีข้าวได้โดยมีรายละเอียดดังนี้

4591627 66 CU iThesis 6087131620 thesis / recv: 30072562 14:19:57 / seq: 17

ตารางที่ 5.3 การประมาณการมูลค่าผลผลิตที่ได้จากกระบวนการสีข้าวเจ้าพันธุ์ กข41 ในแปลงทดลองที่มีการใช้สารกระตุ้นชีวภาพไคโตซาน

กระบวนการสีข้าว				
วัตถุดิบ : ข้าวเปลือกสด (ความชื้นเกี่ยวสด 25%)			6,800	บาท/ตัน
กระบวนการ : การลดความชื้น ผลลัพธ์ : ข้าวเปลือกความชื้น 11-14%			7,900	บาท/ตัน
กระบวนการ : การทำความสะอาด ผลลัพธ์ : ข้าวเปลือกสะอาด	1,000	กก.		
กระบวนการ : การกะเทาะเปลือก ผลลัพธ์ : ข้าวกล้อง แกลบ	785.3 214.7	กก. กก.	332.79	บาท
กระบวนการ : การขัดสี ผลลัพธ์ : ข้าวขาวรวม รำข้าว	691.6 93.7	กก. กก.	796.45	บาท
กระบวนการ : การคัดแยกขนาด ผลลัพธ์ : ข้าวขาวเต็มเมล็ด ข้าวหักใหญ่ ปลายท่อนข้าวขาว ปลายข้าวชีวัน	580.7 90.7 18.2 2	กก. กก. กก. กก.	7,788.24 189.28 19.4	บาท บาท บาท
รวมมูลค่าของผลผลิตที่ได้จากกระบวนการสีข้าว			**9,126.16**	**บาท**

4591627 66 CU iThesis 6087131620 thesis / recv: 30072562 14:19:57 / seq: 17

ตารางที่ 5.4 การประมาณการมูลค่าผลผลิตที่ได้จากกระบวนการสีข้าวเจ้าพันธุ์ กข41 ในแปลงทดลองที่ไม่มีการใช้สารกระตุ้นชีวภาพไคโตซาน

กระบวนการสีข้าว				
วัตถุดิบ : ข้าวเปลือกสด (ความชื้นเกี่ยวสด 25%			6,800	บาท/ตัน
กระบวนการ : การลดความชื้น ผลลัพธ์ : ข้าวเปลือกความชื้น 11-14%			7,900	บาท/ตัน
กระบวนการ : การทำความสะอาด ผลลัพธ์ : ข้าวเปลือกสะอาด	1,000	กก.		
กระบวนการ : การกะเทาะเปลือก ผลลัพธ์ : ข้าวกล้อง แกลบ	782.6 217.4	กก. กก.	336.97	บาท
กระบวนการ : การขัดสี ผลลัพธ์ : ข้าวขาวรวม รำข้าว	684 98.6	กก. กก.	838.1	บาท
กระบวนการ : การคัดแยกขนาด ผลลัพธ์ : ข้าวขาวเต็มเมล็ด ข้าวหักใหญ่ ปลายท่อนข้าวขาว ปลายข้าวซีวัน	532.8 121.2 28 2	กก. กก. กก. กก.	7,586.4 291.2 19.4	บาท บาท บาท
รวมมูลค่าของผลผลิตที่ได้จากกระบวนการสีข้าว			**9,072.07**	**บาท**

4591627 66 CU iThesis 6087131620 thesis / recv: 30072562 14:19:57 / seq: 17

ตารางที่ 5.5 การประมาณการมูลค่าผลิตผลที่ได้จากกระบวนการสีข้าวเจ้าพันธุ์ปทุมธานี 1 ในแปลงทดลองที่มีการใช้สารกระตุ้นชีวภาพไคโตซาน

กระบวนการสีข้าว				
วัตถุดิบ : ข้าวเปลือกสด (ความชื้นเกี่ยวสด 25%)			8,200	บาท/ตัน
กระบวนการ : การลดความชื้น ผลลัพธ์ : ข้าวเปลือกความชื้น 11-14%			9,800	บาท/ตัน
กระบวนการ : การทำความสะอาด ผลลัพธ์ : ข้าวเปลือกสะอาด	1,000	กก.		
กระบวนการ : การกระเทาะเปลือก ผลลัพธ์ : ข้าวกล้อง แกลบ	764.8 235.2	กก. กก.	 364.56	 บาท
กระบวนการ : การขัดสี ผลลัพธ์ : ข้าวขาวรวม รำข้าว	654.3 110.5	กก. กก.	 1,071.85	 บาท
กระบวนการ : การคัดแยกขนาด ผลลัพธ์ : ข้าวขาวเต็มเมล็ด ข้าวหักใหญ่ ปลายท่อนข้าวขาว ปลายข้าวซีวัน	 335 269.1 41.5 8.7	 กก. กก. กก. กก.	 6,599.5 3,632.85 539.5 84.39	 บาท บาท บาท บาท
รวมมูลค่าของผลผลิตที่ได้จากกระบวนการสีข้าว			**12,292.65**	**บาท**

4591627668 CU iThesis 6087131620 thesis / recv: 30072562 14:19:57 / seq: 17

ตารางที่ 5.6 การประมาณการมูลค่าผลิตผลที่ได้จากกระบวนการสีข้าวเจ้าพันธุ์ปทุมธานี 1 ในแปลงทดลองที่ไม่มีการใช้สารกระตุ้นชีวภาพไคโตซาน

กระบวนการสีข้าว				
วัตถุดิบ : ข้าวเปลือกสด (ความชื้นเกี่ยวสด 25%)			8,200	บาท/ตัน
กระบวนการ : การลดความชื้น ผลลัพธ์ : ข้าวเปลือกความชื้น 11-14%			9,800	บาท/ตัน
กระบวนการ : การทำความสะอาด ผลลัพธ์ : ข้าวเปลือกสะอาด	1,000	กก.		
กระบวนการ : การกระเทาะเปลือก ผลลัพธ์ : ข้าวกล้อง แกลบ	762.7 237.3	กก. กก.	336.97	บาท
กระบวนการ : การขัดสี ผลลัพธ์ : ข้าวขาวรวม รำข้าว	653.9 108.8	กก. กก.	838.1	บาท
กระบวนการ : การคัดแยกขนาด ผลลัพธ์ : ข้าวขาวเต็มเมล็ด ข้าวหักใหญ่ ปลายท่อนข้าวขาว ปลายข้าวซีวัน	310 289.5 45.8 8.4	กก. กก. กก. กก.	6,107 3,908.25 595.4 81.48	บาท บาท บาท บาท
รวมมูลค่าของผลผลิตที่ได้จากกระบวนการสีข้าว			**11,984.75**	**บาท**

4591627668 CU iThesis 6087131620 thesis / recv: 30072562 14:19:57 / seq: 17

5.3 การวิเคราะห์มูลค่าเพิ่มของการใช้สารกระตุ้นชีวภาพไคโตซานต่อผลผลิตที่ได้จากกระบวนการสีข้าว

จากข้อมูลการประมาณการมูลค่าผลผลิตที่ได้จากกระบวนการสีข้าว (บทที่ 5.2) เมื่อนำผลลัพธ์ที่ได้มาทำการเปรียบเทียบกันระหว่างมูลค่าผลผลิตทั้งหมดที่ได้จากกระบวนการสีข้าวของแปลงทดลองที่มีการใช้สารกระตุ้นชีวภาพไคโตซานและไม่ใช้สารกระตุ้นชีวภาพไคโตซาน จะได้ผลลัพธ์ดังนี้

ข้าวเจ้าพันธุ์ กข41

การใช้สารกระตุ้นชีวภาพไคโตซานในการเพาะปลูก สามารถสร้างมูลค่าเพิ่มของผลผลิตทั้งหมดที่ได้จากกระบวนการสีข้าว เท่ากับ 9,126.16 - 9,072.07 = 54.09 บาท/ตัน (กรณีข้าวเปลือก 1 ตัน หรือ 1,000 กิโลกรัม)

ข้าวเจ้าพันธุ์ปทุมธานี 1

การใช้สารกระตุ้นชีวภาพไคโตซานในการเพาะปลูก สามารถสร้างมูลค่าเพิ่มของผลผลิตทั้งหมดที่ได้จากกระบวนการสีข้าว เท่ากับ 12,292.65 - 11,984.75 = 307.9 บาท/ตัน (กรณีข้าวเปลือก 1 ตัน หรือ 1,000 กิโลกรัม)

5.4 การวิเคราะห์ความคุ้มค่าด้านการลงทุน

การวิเคราะห์ความคุ้มค่าของการลงทุน มีความจำเป็นต้องศึกษาข้อมูลด้านต้นทุนการใช้สารกระตุ้นชีวภาพไคโตซานต่อพื้นที่เพาะปลูก เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบกับมูลค่าเพิ่มของผลลัพธ์ที่ได้จากกระบวนการสีข้าว โดยข้อมูลด้านต้นทุนการใช้สารกระตุ้นชีวภาพไคโตซานต่อพื้นที่เพาะปลูก เป็นข้อมูลที่ได้จากการสอบถาม ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. รัฐ พิชญางกูร ซึ่งเป็นผู้เชี่ยวชาญด้านงานวิจัยเกี่ยวกับสารกระตุ้นชีวภาพไคโตซาน และจากบริษัท โอลิแซ็ก เทคโนโลยี จำกัด ซึ่งเป็นผู้ผลิตสารกระตุ้นชีวภาพไคโตซานที่ใช้ในงานวิจัยนี้ มีรายละเอียด ดังนี้

ต้นทุนค่า สารกระตุ้นชีวภาพ 1 ลิตร เท่ากับ 150 บาท

ข้อมูลการใช้สารกระตุ้นชีวภาพชีวภาพ 4 ซีซี : น้ำ 1 ลิตร

พื้นที่เพาะปลูก 1 ไร่ ต้องใช้ น้ำ 30 ลิตร และสารกระตุ้นชีวภาพชีวภาพไคโตซาน 120 ซีซี คิดเป็นเงินทั้งสิ้น 18 บาท/ไร่

ต้นทุนค่าจ้างฉีดสารทั่วไป เฉลี่ยอยู่ที่ 50 บาท/ไร่

ดังนั้น งานวิจัยนี้มีการฉีดพ่นสารกระตุ้นชีวภาพไคโตซานทั้งสิ้น 3 ครั้ง เป็นเงิน (18 + 50) 3 = 204 บาท/ไร่ แบ่งเป็นเฉพาะค่าสารกระตุ้นชีวภาพไคโตซาน 54 บาท และ ค่าแรงฉีดพ่นสาร 150 บาท

เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับมูลค่าเพิ่มของผลผลิตที่ได้จากกระบวนการสีข้าว จะได้ผลลัพธ์เป็น

4591627 68 CU iThesis 6087131620 thesis / recv: 30072562 14:19:57 / seq: 17

ตารางที่ 5.7 การเปรียบเทียบต้นทุนการใช้สารกระตุ้นชีวภาพไคโตซานกับมูลค่าเพิ่มของผลลัพธ์ที่ได้จากกระบวนการสีข้าวเจ้าพันธุ์ กข41

ต้นทุนของการใช้สารกระตุ้นชีวภาพไคโตซาน		
กรณีเฉพาะค่าสารกระตุ้นชีวภาพไคโตซาน	74.79	บาท/ตัน
กรณีค่าสาร (74.79) + ค่าฉีดพ่นสาร (207.76)	282.55	บาท/ตัน
มูลค่าเพิ่มของการใช้สารกระตุ้นชีวภาพไคโตซานที่มีต่อผลลัพธ์ที่ได้จากกระบวนการสีข้าว		
มูลค่าเพิ่มของผลลัพธ์ที่ได้จากกระบวนการสีข้าวเจ้าพันธุ์ กข41	54.09	บาท/ตัน

หมายเหตุ: การคำนวณต้นทุนของการใช้สารกระตุ้นชีวภาพไคโตซาน ใช้การเปรียบเทียบเป็นต้นทุนที่ใช้จ่ายต่อผลิตผลข้าวเปลือก 1 ตัน เพื่อให้มีหน่วยเดียวกันกับมูลค่าเพิ่มของผลลัพธ์ที่ได้จากกระบวนการสีข้าว ซึ่งการเปรียบเทียบเป็นต้นทุนที่ใช้จ่ายต่อผลิตผลข้าวเปลือกนี้ จะอ้างอิงข้อมูลการสำรวจผลิตผลที่ได้จากการเพาะปลูกข้าวเจ้าพันธุ์ กข41 เท่ากับ 722 กิโลกรัมต่อไร่ จัดทำขึ้นโดย กองวิจัยและพัฒนาข้าว กรมการข้าว ปีพ.ศ. 2559

ตารางที่ 5.8 การเปรียบเทียบต้นทุนการใช้สารกระตุ้นชีวภาพไคโตซานกับมูลค่าเพิ่มของผลลัพธ์ที่ได้จากกระบวนการสีข้าวเจ้าพันธุ์ปทุมธานี 1

ต้นทุนของการใช้สารกระตุ้นชีวภาพไคโตซาน		
กรณีเฉพาะค่าสารกระตุ้นชีวภาพไคโตซาน	83.08	บาท/ตัน
กรณีค่าสาร (83.08) + ค่าฉีดพ่นสาร (230.77)	313.85	บาท/ตัน
มูลค่าเพิ่มของการใช้สารกระตุ้นชีวภาพไคโตซานที่มีต่อผลลัพธ์ที่ได้จากกระบวนการสีข้าว		
มูลค่าเพิ่มของผลลัพธ์ที่ได้จากกระบวนการสีข้าวพันธุ์ ปทุมธานี 1	307.9	บาท/ตัน

หมายเหตุ: การคำนวณต้นทุนของการใช้สารกระตุ้นชีวภาพไคโตซาน ใช้การเปรียบเทียบเป็นต้นทุนที่ใช้จ่ายต่อผลิตผลข้าวเปลือก 1 ตัน เพื่อให้มีหน่วยเดียวกันกับมูลค่าเพิ่มของผลลัพธ์ที่ได้จากกระบวนการสีข้าว ซึ่งการคำนวณเพื่อเปรียบเทียบเป็นต้นทุนที่ใช้จ่ายต่อผลิตผลข้าวเปลือกนี้ อ้างอิงข้อมูลการสำรวจผลิตผลที่ได้จากการเพาะปลูกข้าวเจ้าพันธุ์ปทุมธานี 1 เท่ากับ 650 กิโลกรัมต่อไร่ จัดทำขึ้นโดย กองวิจัยและพัฒนาข้าว กรมการข้าว ปีพ.ศ. 2559

เมื่อนำข้อมูลระหว่างมูลค่าเพิ่มของการใช้สารกระตุ้นชีวภาพไคโตซานที่มีต่อผลลัพธ์ที่ได้จากกระบวนการสีข้าวเจ้าพันธุ์ กข41 เท่ากับ 54.09 บาท/ตัน เปรียบเทียบกับข้อมูลต้นทุนการใช้สารกระตุ้นชีวภาพไคโตซานในการเพาะปลูกข้าว คือ 282.55 บาท/ตัน (ค่าสาร 74.79 บาท + ค่าแรงฉีดสาร 207.76 บาท) เมื่อหักลบกันแล้ว พบว่า ไม่คุ้มค่าแก่การลงทุน เนื่องจากข้าวเจ้าพันธุ์ กข41 เป็นชนิดข้าวสายพันธุ์ที่มีมูลค่าทางการตลาดต่ำตามกลไกด้านการค้าข้าว ซึ่งราคาของผลผลิตต่างๆ ที่ได้จากกระบวนการสีข้าวชนิดนี้มีมูลค่าไม่แตกต่างกันมากนัก (ส่วนของข้าวขาวเต็มเมล็ดและข้าวหักชนิดต่างๆ

459162766 CU iThesis 6087131620 thesis / recv: 30072562 14:19:57 / seq: 17

ที่ได้จากกระบวนการสีมีสัดส่วนความแตกต่างด้านราคาน้อย) จึงทำให้คุณสมบัติที่ได้จากการใช้สารกระตุ้นชีวภาพไคโตซานในการเพาะปลูกแล้วช่วยเพิ่มปริมาณข้าวขาวเต็มเมล็ดจากการทดลองในงานวิจัยนี้ สามารถสร้างมูลค่าเพิ่มได้เพียงเล็กน้อย

สำหรับข้อมูลระหว่างมูลค่าเพิ่มของการใช้สารกระตุ้นชีวภาพไคโตซานที่มีต่อผลลัพธ์ที่ได้จากกระบวนการสีข้าวเจ้าพันธุ์ปทุมธานี 1 เท่ากับ 307.9 บาท/ตัน เปรียบเทียบกับข้อมูลต้นทุนการใช้สารกระตุ้นชีวภาพไคโตซาน คือ 313.85 บาท/ตัน (ค่าสาร 83.08บาท + ค่าแรงฉีดสาร 230.77 บาท) เมื่อหักลบกันแล้ว พบว่า ไม่คุ้มค่าแก่การลงทุน เนื่องจากพื้นข้าวเจ้าพันธุ์ปทุมธานี 1 ที่ได้จากการทดลองในงานวิจัยนี้เป็นพื้นข้าวคุณภาพต่ำ ตามที่ได้เคยอธิบายไว้ก่อนหน้านี้ เมื่อนำมาผ่านกระบวนการสีข้าวทำให้ได้ผลผลิตข้าวขาวเต็มเมล็ดต่ำกว่าค่าอ้างอิง และมูลค่าผลผลิตต่างๆที่ได้จากกระบวนการสีข้าวจึงน้อยกว่าความน่าจะเป็น แต่ถึงแม้ว่าการลงทุนฉีดพ่นสารกระตุ้นไคโตซานในการเพาะปลูกจะให้ผลลัพธ์ที่ไม่คุ้มค่าด้านการลงทุนเมื่อได้เปรียบเทียบกับมูลค่าเพิ่มของการใช้สารกระตุ้นชีวภาพไคโตซานที่มีต่อผลลัพธ์ที่ได้จากกระบวนการสีข้าวเจ้าพันธุ์ปทุมธานี 1 แต่หากการลงทุนฉีดพ่นสารกระตุ้นชีวภาพไคโตซาน เป็นการลงทุนเพียงเฉพาะค่าสารกระตุ้นชีวภาพไคโตซาน (83.08 บาท/ตัน) โดยไม่รวมกับค่าแรงการฉีดพ่นสาร (230.77 บาท/ตัน) จะทำให้การลงทุนมีกำไรส่วนต่างมากขึ้น และมีความคุ้มค่าด้านการลงทุนมากกว่าที่จะลงทุนทั้งค่าสารและค่าแรงฉีดพ่นสาร ซึ่งสามารถนำสารกระตุ้นชีวภาพไคโตซานไปใช้ร่วมกับการฉีดพ่นปุ๋ยปกติเพื่อลดค่าใช้จ่ายในส่วนค่าแรงฉีดพ่นสารนี้ได้

459162766 CU iThesis 6087131620 thesis / recv: 30072562 14:19:57 / seq: 17

บทที่ 6
สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

6.1 สรุปผลการศึกษา

การศึกษาการใช้สารกระตุ้นชีวภาพไคโตซานในการเพาะปลูกข้าวเจ้าพันธุ์ กข41 และข้าวเจ้าพันธุ์ปทุมธานี 1 แล้วนำผลิตผลที่ได้มาผ่านกระบวนการสีข้าว เพื่อทำการตรวจสอบผลลัพธ์ด้านคุณภาพของเมล็ดข้าวที่เป็นประโยชน์ในเชิงพาณิชย์ พบว่า

1. คุณภาพด้านปริมาณผลผลิตที่ได้จากกระบวนการสีข้าว

1.1 เมื่อใช้สารกระตุ้นชีวภาพไคโตซานในการเพาะปลูกข้าวเจ้าพันธุ์ กข41 มีผลทำให้ปริมาณข้าวกล้อง , ปริมาณข้าวขาวรวม และปริมาณข้าวขาวเต็มเมล็ดเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยได้ปริมาณข้าวขาวเต็มเมล็ดเฉลี่ยเพิ่มสูงขึ้นร้อยละ 8.99 เมื่อเทียบกับแปลงทดลองที่ไม่ได้ใช้สารกระตุ้นชีวภาพไคโตซาน

1.2 เมื่อใช้สารกระตุ้นชีวภาพไคโตซานในการเพาะปลูกข้าวเจ้าพันธุ์ปทุมธานี 1 มีผลทำให้ปริมาณข้าวกล้อง, ปริมาณข้าวขาวรวม และปริมาณข้าวขาวเต็มเมล็ดเพิ่มขึ้นอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยได้ปริมาณข้าวขาวเต็มเมล็ดเฉลี่ยเพิ่มสูงขึ้นร้อยละ 8.06 เมื่อเทียบกับแปลงทดลองที่ไม่ได้ใช้สารกระตุ้นชีวภาพไคโตซาน

2. คุณภาพทางกายภาพของเมล็ดข้าว

เมื่อใช้สารกระตุ้นชีวภาพไคโตซานในการเพาะปลูกข้าว ทั้ง 2 สายพันธุ์ มีผลทำให้คุณสมบัติทางกายภาพของเมล็ดข้าว ได้แก่ น้ำหนักข้าวกล้องเต็มเมล็ด 100 เมล็ด, ค่าความแกร่งของเมล็ดข้าวกล้อง และขนาดเมล็ดข้าวกล้อง มีค่าเฉลี่ยเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 เมื่อเทียบกับแปลงทดลองที่ไม่ได้ใช้สารกระตุ้นชีวภาพไคโตซาน

3. การศึกษาผลกระทบของนวัตกรรมสารกระตุ้นชีวภาพไคโตซานในเชิงพาณิชย์ พบว่า

3.1 การใช้สารกระตุ้นชีวภาพไคโตซานในการเพาะปลูกข้าวเจ้าพันธุ์ กข41 สามารถสร้างมูลค่าเพิ่มของผลผลิตทั้งหมดที่ได้จากกระบวนการสีข้าวได้ เท่ากับ 54.09 บาท/ตัน และเมื่อศึกษาเรื่องความคุ้มค่าด้านการลงทุน พบว่า ไม่คุ้มค่าแก่การลงทุน เนื่องจากข้าวเจ้าพันธุ์ กข41 เป็นชนิดข้าวสายพันธุ์ที่มีมูลค่าทางการตลาดต่ำ ราคาของผลผลิตต่างๆที่ได้จากกระบวนการสีข้าวมีมูลค่าไม่แตกต่างกันมากนัก

3.2 การใช้สารกระตุ้นชีวภาพไคโตซานในการเพาะปลูกข้าวเจ้าพันธุ์ปทุมธานี 1 สามารถสร้างมูลค่าเพิ่มของผลผลิตทั้งหมดที่ได้จากกระบวนการสีข้าวได้ เท่ากับ 307.9 บาท/ตัน และเมื่อศึกษาเรื่องความคุ้มค่าด้านการลงทุน พบว่า ไม่คุ้มค่าแก่การลงทุน หากเป็นกรณี ลงทุนทั้งค่าสารกระตุ้นชีวภาพไคโตซานรวมกับค่าแรงฉีดพ่นสาร แต่สามารถนำสารกระตุ้นชีวภาพไคโตซานไปใช้ร่วมกับ

4591627668 CU iThesis 6087131620 thesis / recv: 30072562 14:19:57 / seq: 17

การฉีดพ่นปุ๋ยปกติเพื่อลดค่าใช้จ่ายในส่วนค่าแรงฉีดพ่นสารนี้ได้ ทำให้การลงทุนมีกำไรส่วนต่างและมีความคุ้มค่ามากขึ้น

ดังนั้น การใช้สารกระตุ้นชีวภาพไคโตซานในการเพาะปลูกข้าวสายพันธุ์ที่มีมูลค่าทางการตลาดสูง เช่น ข้าวหอมมะลิ ข้าวหอมปทุม เป็นต้น จะให้ผลลัพธ์ที่คุ้มค่าในเชิงพาณิชย์มากกว่าการใช้สารกระตุ้นชีวภาพไคโตซานในข้าวสายพันธุ์ที่มีมูลค่าทางการตลาดต่ำ เช่น ข้าวเจ้าพันธุ์ กข41

4591627766 CU iThesis 6087131620 thesis / recv: 30072562 14:19:57 / seq: 17

6.2 ข้อเสนอแนะ

1. ในขั้นการเพาะปลูก ควรมีการทดลองซ้ำ และทดลองกับข้าวในสายพันธุ์อื่นด้วย ต้องมีการวางแผนการทดลองที่ดี ควบคุมปัจจัยการทดลองต่างๆให้ครอบคลุมที่สุด เพื่อลดความคลาดเคลื่อนจากปัจจัยแวดล้อมอื่นๆ

2. ในขั้นกระบวนการสีข้าว ควรใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ได้มาตรฐานมีการทดสอบการทำงานให้ได้ผลลัพธ์ใกล้เคียงกับโรงสีการค้า และในขั้นการทดสอบกระบวนการสีข้าวควรใช้ข้าวเปลือกตั้งต้นปริมาณเดียวกันดำเนินการตั้งแต่ต้นจนเสร็จสิ้นกระบวนการ (การอบลดความชื้น – การทำความสะอาด – การกระเทาะเปลือก – การขัดสี – การคัดแยกขนาด)

3. ควรมีการศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติด้านอื่นๆของเมล็ดข้าวเพิ่มเติม เช่น คุณสมบัติทางเคมีของเมล็ดข้าว เนื่องจากในงานวิจัยนี้ ศึกษาเพียงผลลัพธ์ด้านผลผลิตจากกระบวนการสีข้าวและคุณสมบัติด้านกายภาพเท่านั้น

4. ในการศึกษาผลกระทบของนวัตกรรมสารกระตุ้นชีวภาพไคโตซานในเชิงพาณิชย์ ควรมีการศึกษาผลกระทบต่อเกษตรกรเพิ่มเติมด้วย เนื่องจากมีหลายงานวิจัยที่ได้อธิบายคุณสมบัติของการใช้สารกระตุ้นชีวภาพไคโตซานในการเพิ่มผลผลิตในพื้นที่เพาะปลูกด้วย ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อเกษตรกรโดยตรง

บรรณานุกรม

ภาษาไทย

กนกวรรณ วัฒนากร. (2559). *ผลของไคโตซานต่อการเจริญเติบโต การเกิดโรคใบจุดสีน้ำตาล และปริมาณสารทุติยภูมิในข้าวเจ้าหอมนิล*. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิทยาการพืช ภาควิชาวิทยาศาสตร์ คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

กรมการค้าต่างประเทศ กระทรวงพาณิชย์. (2559). *รวมมาตรฐานสินค้าข้าวไทย*. นนทบุรี: กระทรวงพาณิชย์.

กรมพัฒนาที่ดิน. (2560). สรุปประเภทการใช้ที่ดิน ประเทศไทย ปี พ.ศ. 2558/2559. ใน กรมพัฒนาที่ดิน (บ.ก.). ม.ป.พ.

กระทรวงเกษตรสหรัฐ (USDA). (2561). *ข้อมูลการผลิตและการค้าข้าว*. สืบค้นเมื่อ 23 ตุลาคม, 2561, สืบค้นจาก http://www.thairiceinfo.go.th

กุลนาถ อบสุวรรณ และ กรกช สว่างศรี. (2553). ผลของไคโตซานต่อการเจริญเติบโตของกล้วยไม้ Dendrobium Queen Pink. *วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 41*(3/1), 477-480.

จุฬารัตน์ ไชยนันท์ และ ศศิธร วงศ์เรือง. (2552). ผลของไคโตซานต่อการงอกของเมล็ดข้าวพันธุ์หลวงสันป่าตองและการยับยั้งเชื้อราที่ติดมากับเมล็ด. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 17* (ฉบับที่ 1).

นพพร คล้ายพงษ์พันธุ์ และคณะ. (2547). *พืชไร่เศรษฐกิจ*. คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน.

นุชนาฏ ตันวรรณ และคณะ. (2560). ผลของไคโตซานเพื่อเพิ่มผลผลิตและปริมาณสารทุติยภูมิในข้าว. *แก่นเกษตร, 45*(1), หน้า 1322-1327.

ผดุงศักดิ์ วานิชชัง และ ใจทิพย์ วานิชชัง. (2559). *โครงการฝึกอบรมเทคโนโลยีการเพิ่มผลิตภาพการสีข้าว*. สุพรรณบุรี: สมาคมโรงสีข้าวสุพรรณบุรี. (เอกสารไม่ตีพิมพ์).

พัฒนันท์ วงศ์วิวัฒน์. (2545). *ปัญหาพิเศษ การสกัดไคติน-ไคโตซานจากเปลือกหอย*. คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

พิชญสิณี อริยธนะกตวงศ์. (2558). *ข้าวและเทคโนโลยีการผลิต*. กรุงเทพฯ: ทริปเพิ้ล เอ็ดดูเคชั่น.

ไพฑูรย์ แสนบัวหลวง. (2550). *ผลของไคโทซานต่อการเจริญเติบโตและปริมาณผลผลิตในข้าว Oryza sativa L. พันธุ์ปทุมธานี 1.* วิทยานิพนธ์ปริญญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

4591627766 CU iThesis 6087131620 thesis / recv: 30072562 14:19:57 / seq: 17

วรรณิศา ปัทมะภูษิต และ พรไพรินทร์ รุ่งเจริญทอง. (2559). ผลของไคโตซานต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต และปริมาณกรดซาลิไซลิกในพริกขี้หนู. *แก่นเกษตร, 44*(1), หน้า 141-146.

ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ (MTEC) และ ชมรมไคติน-ไคโตซาน. (2544). *ไคติน-ไคโตซาน.* กรุงเทพฯ: ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ (MTEC).

สมชาติ โสภณรณฤทธิ์. (2540). *การอบแห้งเมล็ดพืชและอาหารบางประเภท* (Vol. 7). กรุงเทพฯ: สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

สำนักวิจัยและพัฒนาข้าว กรมการข้าว. (ม.ป.ป.-ก). *พันธุ์ข้าว กข41 (RD41).* สืบค้นเมื่อ 18 มีนาคม, 2562, สืบค้นจาก http://www.ricethailand.go.th/Rkb/varieties/index.php-file=content.php&id=121.htm

สำนักวิจัยและพัฒนาข้าว กรมการข้าว. (ม.ป.ป.-ข). *พันธุ์ข้าว ปทุมธานี 1 (Pathum Thani 1).* สืบค้นเมื่อ 18 มีนาคม, 2562, สืบค้นจาก http://www.ricethailand.go.th/Rkb/varieties/index.php-file=content.php&id=67.htm

สุชาดา บุญเลิศนิรันดร์. (2561). ผลของไคโตซานต่อผลผลิตของข้าวที่ได้รับอุณหภูมิสูงในช่วงระยะการเจริญเติบโตต่างๆ กัน. *วารสารเกษตรพระจอมเกล้า, 36*(2), หน้า 73-84.

อรอนงค์ นัยวิกุล. (2547). ข้าว: *วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*. กรุงเทพฯ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ภาษาต่างประเทศ

Abdel-Aziz, H., Hasaneen, M. N., & Omer, A. M. (2018). Foliar application of nano chitosan NPK fertilizer improves the yield of wheat plants grown on two different soils. *Egyptian Journal of Experimental Biology, 14*. doi: 10.5455/egyjebb.20180106032701

Behboudi, F., Tahmasebi Sarvestani, Z., Kassaee, M. Z., Modares Sanavi, S. A. M., Sorooshzadeh, A., & Ahmadi, S. B. (2018). Evaluation of Chitosan Nanoparticles Effects on Yield and Yield Components of Barley (Hordeum vulgare L.) under Late Season Drought Stress %. *J Journal of Water and Environmental Nanotechnology*. *3*(1), 22-39. doi: 10.22090/jwent.2018.01.003

Boonlertnirun, S., Sarobol, E., & Sooksathan, I. (2006). Effects of molecular weight of chitosan on yield potential of rice cultivar suphan buri 1. *Kasetsart Journal, 40*, 854-861.

4591627 66 CU iThesis 6087131620 thesis / recv: 30072562 14:19:57 / seq: 17

Boonlertnirun, S., Suvarnnasara, R., & Boonlertnirun, K. (2015). *Application of chitosan in combination with nitrogen fertilizer in rice production [Conference poster]*. Bangkok.

Calvo, V. P., Nelson, L., & Kloepper, J. (2014). *Agricultural uses of plant biostimulants* (Vol. 383).

Colla, G., & Rouphael, Y. (2015). Biostimulants in horticulture. *Scientia Horticulturae, 196*, 1-2. doi: https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.10.044

Du-Jardin, P. (2015). Plant biostimulants: Definition, concept, main categories and regulation. *Scientia Horticulturae, 196*, 3-14. doi: https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.09.021

González, G. H., Ramirez Godina, F., Ortega Ortiz, H., Benavides-Mendoza, A., Robledo Torres, V., & De la Fuente, M. (2017). *Use of Chitosan-PVA Hydrogels with Copper Nanoparticles to Improve the Growth of Grafted Watermelon* (Vol. 22).

Halpern, M., Bar-Tal, A., Ofek, M., Minz, D., Muller, T., & Yermiyahu, U. (2015). *The Use of Biostimulants for Enhancing Nutrient Uptake* (Vol. 130).

Iriti, M., & Varoni, E. (2014). *Chitosan-induced antiviral activity and innate immunity in plants* (Vol. 22).

Johnson, Matthew P. (2016). *Photosynthesis* (Vol. 60).

Jouki, M., & Khazaei, N. (2012). Some Physical Properties of Rice Seed (Oryza sativa). *Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology, 4*, 1846-1849.

Kaplan, L., Tlustoš, P., Száková, J., Najmanová, J., & Bř endová, K. (2015). *The Effect of NPK Fertilizer with Different Nitrogen Solubility on Growth, Nutrient Uptake and Use by Chrysanthemum* (Vol. 39).

Kim, H.-J., Chen, F., Wang, X., & Rajapakse, N. C. (2005). Effect of Chitosan on the Biological Properties of Sweet Basil (Ocimum basilicum L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry, 53*(9), 3696-3701. doi: 10.1021/jf0480804

Krivtsov, G. G., Loskutova, N. A., Konyukhova, N. S., Khorkov, E. I., Kononenko, N. V., & Vanyushin, B. F. (1996). Effect of chitosan elicitors on wheat plants. *Biol. Bull. Russ. Ac. Sci., 23*(1), 16-21.

4591627 66 CU iThesis 6087131620 thesis / recv: 30072562 14:19:57 / seq: 17

Kumar, D. A., Singh, D., Singh, R. P., Kumar, Y., Verma, A., & Chandraker, S. (2017). *Effect of NPK on Plant Growth, Yield and Quality of Capsicum (Capsicum annum L.) c.v. Swarna Under Shade Net Condition* (Vol. 6).

Kumaraswamy, R. V., Kumari, S., Choudhary, R. C., Sharma, S. S., Pal, A., Raliya, R., . . . Saharan, V. (2019). Salicylic acid functionalized chitosan nanoparticle: A sustainable biostimulant for plant. *International Journal of Biological Macromolecules, 123*, 59-69. doi: https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac. 2018.10.202

Lee, S., Choi, H., Suh, S., Doo, I. S., Oh, K. Y., Choi, E. J., . . . Lee, Y. (1999). Oligogalacturonic acid and chitosan reduce stomatal aperture by inducing the evolution of reactive oxygen species from guard cells of tomato and Commelina communis. *Plant Physiology, 121*(1), 147-152. doi: 10.1104/pp.121.1.147

Limpanavech, P., Chaiyasuta, S., Vongpromek, R., Pichyangkura, R., Khunwasi, C., Chadchawan, S., . . . Bangyeekhun, T. (2008). Chitosan effects on floral production, gene expression, and anatomical changes in the Dendrobium orchid. *Scientia Horticulturae, 116*(1), 65-72. doi: https://doi.org/10.1016/j.scienta.2007.10.034

Malayaman, V., Natarajan, S., Kumar, R. P. S., Mohamed, S., Rajamani, R., & Basha, M. G. (2017). *Chitosan mediated enhancement of hydrolysable tannin in Phyllanthus debilis Klein ex Willd via plant cell suspension culture* (Vol. 104).

Malerba, M., & Cerana, R. (2016). Chitosan Effects on Plant Systems. *International Journal of Molecular Sciences, 17*(7), 996.

Ohta, K., Taniguchi, A., Konishi, N., & Hosoki, T. (1999). *Chitosan Treatment Affects Plant Growth and Flower Quality in Eustoma grandiflorum* (Vol. 34).

Prychid, C. J., Rudall, P. J., & Gregory, M. (2003). Systematics and biology of silica bodies in monocotyledons. *Botanical Review, 69*(4), 377-440. doi: 10.1663/0006-8101(2004)069[0377:SABOSB]2.0.CO;2

4591627668 CU iThesis 6087131620 thesis / recv: 30072562 14:19:57 / seq: 17

Sathiyabama, M., Akila, G., & Einstein Charles, R. (2013). Chitosan-induced defence responses in tomato plants against early blight disease caused by Alternaria solani (Ellis and Martin) Sorauer. *Archives of Phytopathology and Plant Protection, 47*. doi: 10.1080/03235408.2013.858423

Sathiyabama, M., & Balasubramanian, R. (1998). Chitosan induces resistance components in Arachis hypogaea against leaf rust caused by Puccinia arachidis Speg. *Crop Protection, 17*(4), 307-313. doi: https://doi.org/10.1016/S0261-2194(98)00017-9

Vasconsuelo, A., María, G. A., Picotto, G., Rodriguez, T. J., & Boland, R. (2003). *Involvement of the PLC/PKC pathway in Chitosan-induced anthraquinone production by Rubia tinctorum L. cell cultures* (Vol. 165).

Wu, Y., Lin, Q. L., Chen, Z. X., Wu, W., & Xiao, H. X. (2012). Preparation of chitosan oligomers COS and their effect on the retrogradation of intermediate amylose rice starch. *Journal of food science and technology, 49*(6), 695-703. doi: 10.1007/s13197-010-0210-2

Xu, C., & Mou, B. (2018). *Chitosan as Soil Amendment Affects Lettuce Growth, Photochemical Efficiency, and Gas Exchange* (Vol. 28).

Zhang, W., Xie, Z., Lang, D., Cui, J., & Zhang, X. (2017). Beneficial effects of silicon on abiotic stress tolerance in legumes. *Journal of Plant Nutrition, 40*(15), 2224-2236. doi: 10.1080/01904167.2017.1346127

4591627766 CU iThesis 6087131620 thesis / recv: 30072562 14:19:57 / seq: 17

ภาคผนวก

4591627660 CU iThesis 6087131620 thesis / recv: 30072562 14:19:57 / seq: 17

4591627660 CU iThesis 6087131620 thesis / recv: 30072562 14:19:57 / seq: 17

ภาคผนวก ก
เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการพ่นสารกระตุ้นชีวภาพไคโตซาน

เครื่องพ่นสารแบบแบตเตอรี่ ขนาดถังบรรจุ 16 ลิตร

เครื่องจักรที่ใช้ในการทดสอบกระบวนการสีข้าว ได้แก่

เครื่องทดสอบการทำความสะอาดข้าวเปลือก

เครื่องทดสอบการกะเทาะเปลือกข้าว

เครื่องทดสอบการขัดขาวยี่ห้อ Satake

เครื่องทดสอบการคัดขนาดข้าวตะแกรงกลม

ตะแกรงคัดแยกขนาดข้าวหัก เบอร์ #9 และ #7

เครื่องทดสอบความชื้นข้าวเปลือก
รุ่นเกลียวบิด

เครื่องชั่งรองรับน้ำหนักขนาด 200 กรัม
ตำแหน่งทศนิยม 2 ตำแหน่ง

เครื่องชั่งรองรับน้ำหนักขนาด 500 กรัม
ตำแหน่งทศนิยม 1 ตำแหน่ง

4591627766 CU iThesis 6087131620 thesis / recv: 30072562 14:19:57 / seq: 17

ภาคผนวก ข
ค่าที่ได้จากการทดลอง

ผลลัพธ์ที่ได้จากกระบวนการสีข้าวในงานวิจัยนี้ มีรายละเอียดดังนี้

การทดสอบการกระเทาะเปลือก

ข้าวเปลือกที่ผ่านการทำความสะอาดแล้ว เมื่อชั่งน้ำหนักจำนวน 200 กรัม มาทำการกระเทาะเปลือกด้วยเครื่องทดสอบการกระเทาะ จำนวนไม่เกิน 3 รอบ เพื่อกระเทาะเปลือกข้าวออกให้หมด แล้วชั่งน้ำหนักข้าวกล้องที่ได้รับ (กรัม)

น้ำหนักข้าวกล้องแปลงทดลองข้าวเจ้าพันธุ์ กข41

	ใช้สารกระตุ้นชีวภาพไคโตซาน				ไม่ใช้สารกระตุ้นชีวภาพไคโตซาน			
แปลงทดลอง	**T1**	**T2**	**T5**	**T7**	**T3**	**T4**	**T6**	**T8**
ตัวอย่างที่ 1	156.8	156.4	156.6	155.8	156.7	156.4	157.4	156.3
ตัวอย่างที่ 2	157.0	157.2	156.2	157.2	156.9	156.4	156.7	156.4
ตัวอย่างที่ 3	156.8	156.4	156.6	158.0	155.6	156.4	157.2	156.5
ตัวอย่างที่ 4	157.0	156.2	156.4	161.0	156.2	156.2	157.2	156.0
ตัวอย่างที่ 5	157.0	158.0	156.4	158.0	155.8	156.4	157.2	156.2
เฉลี่ย	156.92	156.84	156.44	158.00	156.24	156.36	157.14	156.28

การประมวลผลผ่านโปรแกรม spss

Group Statistics						Independent Samples Test	
	treatment	**N**	**Mean**	**Std. Deviation**	**Std. Error Mean**	**t**	**Sig. (1-tailed)**
ปริมาณข้าวกล้อง (กรัม)	ใช้สาร	20	78.525	.5571	.1246	1.986	.027
	ไม่ใช้สาร	20	78.255	.2438	.0545		

CU iThesis 6087131620 thesis / recv: 30072562 14:19:57 / seq: 17
4591627 66

น้ำหนักข้าวกล้องแปลงทดลองข้าวเจ้าพันธุ์ปทุมธานี 1

	ใช้สารกระตุ้นชีวภาพไคโตซาน				ไม่ใช้สารกระตุ้นชีวภาพไคโตซาน			
แปลงทดลอง	**P2**	**P3**	**P6**	**P8**	**P1**	**P4**	**P5**	**P7**
ตัวอย่างที่ 1	152.2	150.6	153.8	152.7	152.2	150.6	152.6	152.4
ตัวอย่างที่ 2	153.0	152.4	153.7	153.2	154.7	151.4	152.5	153.8
ตัวอย่างที่ 3	152.5	153.0	153.5	153.1	151.0	151.3	152.6	153.6
ตัวอย่างที่ 4	152.5	152.7	154.3	153.0	152.2	151.7	153.2	153.8
ตัวอย่างที่ 5	153.0	152.6	153.2	153.3	152.2	151.0	153.3	153.9
เฉลี่ย	152.64	152.26	153.70	153.06	152.46	151.20	152.84	153.50

การประมวลผลผ่านโปรแกรม spss

Group Statistics						Independent Samples Test	
	treatment	**N**	**Mean**	**Std. Deviation**	**Std. Error Mean**	**t**	**Sig. (1-tailed)**
ปริมาณข้าวกล้อง (กรัม)	ใช้สาร	20	76.480	.3833	.0857	1.399	0.85
	ไม่ใช้สาร	20	76.265	.5706	.1276		

การทดสอบการขัดขาว

นำข้าวกล้องที่ได้ ชั่งน้ำหนักจำนวน 100 กรัม แล้วไปขัดขาวด้วยเครื่องทดสอบการขัดขาวยี่ห้อ Satake เป็นเวลา 60 วินาที ชั่งน้ำหนักข้าวขาวรวมที่ได้รับ (กรัม)

น้ำหนักข้าวขาวรวมแปลงทดลองข้าวเจ้าพันธุ์ กข41

	ใช้สารกระตุ้นชีวภาพไคโตซาน				ไม่ใช้สารกระตุ้นชีวภาพไคโตซาน			
แปลงทดลอง	**T1**	**T2**	**T5**	**T7**	**T3**	**T4**	**T6**	**T8**
ตัวอย่างที่ 1	88.3	88.5	88.0	87.9	87.2	87.4	87.1	88.1
ตัวอย่างที่ 2	88.5	88.5	88.1	87.9	87.6	87.4	87.0	88.3
ตัวอย่างที่ 3	88.5	88.5	88.0	87.9	87.6	87.3	87.3	87.9
ตัวอย่างที่ 4	88.0	88.1	87.9	88.1	86.4	87.5	87.0	87.4
ตัวอย่างที่ 5	88.2	87.5	87.4	87.7	87.0	87.3	87.6	87.6
เฉลี่ย	88.30	88.22	87.88	87.90	87.16	87.38	87.20	87.86

4591627 66 CU iThesis 6087131620 thesis / recv: 30072562 14:19:57 / seq: 17

การประมวลผลผ่านโปรแกรม spss

Group Statistics						Independent Samples Test	
	treatment	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	t	Sig. (1-tailed)
ปริมาณข้าวขาวรวม (กรัม)	ใช้สาร	20	69.155	.5266	.1178	5.195	.000
	ไม่ใช้สาร	20	68.405	.3734	.0835		

น้ำหนักข้าวขาวรวมแปลงทดลองข้าวเจ้าพันธุ์ปทุมธานี 1

	ใช้สารกระตุ้นชีวภาพไคโตซาน				ไม่ใช้สารกระตุ้นชีวภาพไคโตซาน			
แปลงทดลอง	**P2**	**P3**	**P6**	**P8**	**P1**	**P4**	**P5**	**P7**
ตัวอย่างที่ 1	85.0	85.2	86.8	85.5	85.8	85.0	86.0	87.7
ตัวอย่างที่ 2	87.1	85.3	86.2	85.3	85.7	85.1	85.7	85.6
ตัวอย่างที่ 3	85.4	85.3	86.3	84.7	85.9	86.0	85.8	85.3
ตัวอย่างที่ 4	85.8	85.7	86.0	84.7	86.0	86.2	85.7	85.2
ตัวอย่างที่ 5	85.0	85.4	86.4	84.6	85.7	86.0	85.6	85.3
เฉลี่ย	85.66	85.38	86.34	84.96	85.82	85.66	85.76	85.82

การประมวลผลผ่านโปรแกรม spss

Group Statistics						Independent Samples Test	
	treatment	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	t	Sig. (1-tailed)
ปริมาณข้าวขาวรวม (กรัม)	ใช้สาร	20	65.425	.7010	.1568	.195	.4235
	ไม่ใช้สาร	20	65.385	.5950	.1330		

4591627766 CU iThesis 6087131620 thesis / recv: 30072562 14:19:57 / seq: 17

การทดสอบคัดแยกขนาดข้าวขาว

นำข้าวขาวที่ได้ไปคัดขนาดโดยเครื่องทดสอบการคัดคัดแยกตะแกรงกลม เป็นเวลา 60 วินาที ชั่งน้ำหนักข้าวขาวเต็มเมล็ดที่ได้รับ (กรัม)

น้ำหนักข้าวขาวเต็มเมล็ดแปลงทดลองข้าวเจ้าพันธุ์ กข41

	ใช้สารกระตุ้นชีวภาพไคโตซาน				ไม่ใช้สารกระตุ้นชีวภาพไคโตซาน			
แปลงทดลอง	**T1**	**T2**	**T5**	**T7**	**T3**	**T4**	**T6**	**T8**
ตัวอย่างที่ 1	65.1	65.1	65.1	67.3	64.3	57.5	65.0	62.9
ตัวอย่างที่ 2	63.9	64.2	64.2	66.9	65.1	54.2	65.1	63.0
ตัวอย่างที่ 3	65.1	63.8	63.8	68.8	63.4	51.7	65.4	61.0
ตัวอย่างที่ 4	64.4	62.7	62.7	75.5	52.7	54.4	65.3	61.8
ตัวอย่างที่ 5	63.4	65.5	65.5	69.6	64.4	54.5	64.6	63.0
เฉลี่ย	64.37	64.25	64.25	69.60	61.99	54.45	65.09	62.33

การประมวลผลผ่านโปรแกรม spss

Group Statistics						Independent Samples Test	
	treatment	**N**	**Mean**	**Std. Deviation**	**Std. Error Mean**	**t**	**Sig. (1-tailed)**
ปริมาณข้าวขาว เต็มเมล็ด (กรัม)	ใช้สาร	20	58.065	2.5477	.5697	4.302	.000
	ไม่ใช้สาร	20	53.280	4.2728	.9554		

น้ำหนักข้าวขาวเต็มเมล็ดแปลงทดลองข้าวเจ้าพันธุ์ปทุมธานี 1

	ใช้สารกระตุ้นชีวภาพไคโตซาน				ไม่ใช้สารกระตุ้นชีวภาพไคโตซาน			
แปลงทดลอง	**P2**	**P3**	**P6**	**P8**	**P1**	**P4**	**P5**	**P7**
ตัวอย่างที่ 1	35.5	32.5	51.3	41.1	35.7	26.8	34.8	44.2
ตัวอย่างที่ 2	36.4	30.4	49.1	44.8	35.1	27.3	34.9	43.1
ตัวอย่างที่ 3	34.6	32.6	49.9	39.5	34.4	29.9	35.1	46.4
ตัวอย่างที่ 4	35.7	28.3	48.8	39.6	32.4	30.2	37.5	47.1
ตัวอย่างที่ 5	37.5	29.5	45.3	40.0	33.7	30.7	37.9	45.6
เฉลี่ย	35.98	30.65	48.88	40.98	34.27	28.99	36.04	45.30

459162766 CU iThesis 6087131620 thesis / recv: 30072562 14:19:57 / seq: 17

การประมวลผลผ่านโปรแกรม spss

Group Statistics						Independent Samples Test	
	treatment	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	t	Sig. (1-tailed)
ปริมาณข้าวขาวเต็มเมล็ด (กรัม)	ใช้สาร	20	33.505	6.2244	1.3918	1.366	.090
	ไม่ใช้สาร	20	31.000	5.3359	1.1931		

การทดสอบด้านน้ำหนักเมล็ดข้าวกล้อง

ผลการทดสอบด้านน้ำหนักเมล็ดข้าวกล้องจำนวน 100 เมล็ด (กรัม)

น้ำหนักเมล็ดข้าวกล้องจำนวน 100 เมล็ด แปลงทดลองข้าวเจ้าพันธุ์ กข41

	ใช้สารกระตุ้นชีวภาพไคโตซาน				ไม่ใช้สารกระตุ้นชีวภาพไคโตซาน			
แปลงทดลอง	**T1**	**T2**	**T5**	**T7**	**T3**	**T4**	**T6**	**T8**
ตัวอย่างที่ 1	2.38	2.40	2.38	2.39	2.39	2.33	2.34	2.36
ตัวอย่างที่ 2	2.36	2.38	2.43	2.35	2.36	2.32	2.37	2.34
ตัวอย่างที่ 3	2.36	2.35	2.38	2.36	2.34	2.31	2.41	2.28
ตัวอย่างที่ 4	2.44	2.39	2.36	2.45	2.33	2.28	2.35	2.36
ตัวอย่างที่ 5	2.43	2.44	2.42	2.41	2.36	2.30	2.35	2.36
เฉลี่ย	2.39	2.39	2.39	2.39	2.36	2.31	2.36	2.34

การประมวลผลผ่านโปรแกรม spss

Group Statistics						Independent Samples Test	
	treatment	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	t	Sig. (1-tailed)
น้ำหนักเมล็ดข้าวกล้องจำนวน 100 เมล็ด (กรัม)	ใช้สาร	20	2.3930	.03262	.00729	4.913	.000
	ไม่ใช้สาร	20	2.3420	.03302	.00738		

4591627 66 CU iThesis 6087131620 thesis / recv: 30072562 14:19:57 / seq: 17

น้ำหนักเมล็ดข้าวกล้องจำนวน 100 เมล็ด แปลงทดลองข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1

	ใช้สารกระตุ้นชีวภาพไคโตซาน				ไม่ใช้สารกระตุ้นชีวภาพไคโตซาน			
แปลงทดลอง	**P2**	**P3**	**P6**	**P8**	**P1**	**P4**	**P5**	**P7**
ตัวอย่างที่ 1	2.15	2.14	2.28	2.14	2.1	2.08	2.11	2.16
ตัวอย่างที่ 2	2.14	2.14	2.29	2.17	2.15	2.07	2.07	2.2
ตัวอย่างที่ 3	2.18	2.1	2.22	2.15	2.16	2.13	2.08	2.23
ตัวอย่างที่ 4	2.14	2.12	2.21	2.14	2.14	2.14	2.08	2.16
ตัวอย่างที่ 5	2.2	2.08	2.21	2.18	2.16	2.1	2.09	2.19
เฉลี่ย	2.16	2.12	2.24	2.16	2.14	2.1	2.09	2.19

การประมวลผลผ่านโปรแกรม spss

Group Statistics						Independent Samples Test	
	treatment	**N**	**Mean**	**Std. Deviation**	**Std. Error Mean**	**t**	**Sig. (1-tailed)**
น้ำหนักเมล็ดข้าวกล้องจำนวน 100 เมล็ด (กรัม)	ใช้สาร	20	2.1690	.05379	.01203	2.451	.0095
	ไม่ใช้สาร	20	2.1300	.04657	.01041		

การทดสอบค่าความแกร่งเมล็ดข้าว

ผลการทดสอบค่าความแกร่งเมล็ดข้าว ด้วยเครื่องทดสอบแรงดัดโค้ง (นิวตัน) โดยในงานวิจัยนี้ใช้ตัวอย่างเมล็ดข้าวกล้องในการทดสอบ บล็อคทดลองละ 30 เมล็ด รวมเป็น 120 เมล็ดต่อตัวอย่างข้าวที่มีการใช้สารกระตุ้นชีวภาพไคโตซาน และ 120 เมล็ด ในตัวอย่างข้าวที่ไม่มีการใช้สารกระตุ้นชีวภาพไคโตซาน มีผลลัพธ์ดังนี้

ค่าความแกร่งเมล็ดข้าวกล้องแปลงทดลองข้าวเจ้าพันธุ์ กข41

	ใช้สารกระตุ้นชีวภาพไคโตซาน				ไม่ใช้สารกระตุ้นชีวภาพไคโตซาน			
แปลงทดลอง	**T1**	**T2**	**T5**	**T7**	**T3**	**T4**	**T6**	**T8**
1	17	18	18	21.5	19	20.5	22.5	13
2	20	20.5	13	16	20.5	17	22	14
3	17	20.5	24	20	15.5	17	16.5	22.5

CU iThesis 6087131620 thesis / recv: 30072562 14:19:57 / seq: 17

	ใช้สารกระตุ้นชีวภาพไคโตซาน				ไม่ใช้สารกระตุ้นชีวภาพไคโตซาน			
แปลงทดลอง	**T1**	**T2**	**T5**	**T7**	**T3**	**T4**	**T6**	**T8**
4	15	21	20.5	19	18	23.5	18.5	21.5
5	20	22	20.5	18	13	15.5	14	19
6	20.5	19	23	15.5	19.5	23	13.5	19
7	13.5	18	22.5	22.5	18	12	17	21
8	26.5	16.5	13	20.5	24.5	21.5	16.5	18
9	24.5	27	25.5	17.5	17.5	23.5	24	19
10	21	18	25.5	22	14	15.5	25.5	17
11	20.5	15.5	14	18	17	13.5	14.5	20.5
12	16.5	21	18.5	15.5	18	16	14	19.5
13	23	18	13.5	25.5	19	22.5	19	23.5
14	26	24	18	22	20	13	25.5	12.5
15	24.5	18	16.5	23	14	14.5	24.5	18
16	20.5	14.5	15	20	17.5	18	17.5	19
17	15	14	18	16	18	11.5	20.5	14
18	17	22	18.5	20	19	14	18	16
19	18	23.5	16.5	21.5	19	25.5	18.5	18
20	25	14.5	20	17	14	18	20.5	18.5
21	20.5	16	27.5	13.5	24	22	16	22
22	18.5	22	13.5	22	25.5	19	22.5	18
23	14	20.5	25	18.5	16	10.5	16.5	14
24	15.5	14	22.5	22	15.5	22.5	23	21
25	22.5	17.5	15.5	24.5	17.5	14	20	20.5
26	16	24	22.5	21	18	11	19.5	20.5
27	14	22	16.5	19.5	22.5	19.5	16.5	15.5
28	20	27	17	18	15.5	16	24.5	16.5
29	12.5	14	20	15	18	17	18.5	18
30	19	20.5	26	21	14	13.5	20	18
เฉลี่ย	19.12	19.43	19.33	19.53	18.05	17.35	19.32	18.25

4591627 66 CU iThesis 6087131620 thesis / recv: 30072562 14:19:57 / seq: 17

การประมวลผลผ่านโปรแกรม spss

Group Statistics						Independent Samples Test	
	treatment	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	t	Sig. (1-tailed)
ค่าความแกร่งเมล็ดข้าวกล้อง (N)	ใช้สาร	120	19.354	3.6973	.3375	2.389	.009
	ไม่ใช้สาร	120	18.242	3.5159	.3210		

ค่าความแกร่งเมล็ดข้าวกล้องแปลงทดลองข้าวเจ้าพันธุ์ปทุมธานี 1

	ใช้สารกระตุ้นชีวภาพไคโตซาน				ไม่ใช้สารกระตุ้นชีวภาพไคโตซาน			
แปลงทดลอง	P2	P3	P6	P8	P1	P4	P5	P7
1	23.0	8	14	16	14	16	12.5	22.5
2	22.5	10	17.5	17	7.5	12.5	12	28
3	15.5	22	23.5	19.5	17	8	17	29
4	21.5	15	13	16	25	16.5	18	13.5
5	9.5	11	14	16.5	12.5	14	11.5	16.5
6	23.0	24.5	14	20.5	8	22.5	20	19.5
7	11.5	17	21.5	15	23.5	15.5	13	18
8	20.0	14.5	19.5	23	12.5	11	22	16
9	20.0	20	17.5	16	17	22	16	14.5
10	8.5	20	19.5	17	12	17.5	12	17
11	20.0	8.5	17.5	28.5	25	11.5	12	16
12	14.5	18	17.5	13.5	22.5	20.5	20.5	12.5
13	13.5	11.5	20	9	25	10	13	15
14	12.0	20.5	12.5	15	8.5	20	18	14.5
15	10.0	26	15.5	12	10.5	8	14	13.5
16	22.0	18	17	14.5	17.5	14	10.5	16
17	12.0	20	12.5	19	24	16	18.5	14.5
18	16.0	9.5	18	18	15.5	18.5	14	18.5
19	9.0	10	14	13.5	16	12	10	13

4591627 66 CU iThesis 6087131620 thesis / recv: 30072562 14:19:57 / seq: 17

	ใช้สารกระตุ้นชีวภาพไคโตซาน				ไม่ใช้สารกระตุ้นชีวภาพไคโตซาน			
แปลงทดลอง	**P2**	**P3**	**P6**	**P8**	**P1**	**P4**	**P5**	**P7**
20	11.5	12.5	26	20	15	12	21	15
21	14.0	15	16	18	18.5	7.5	15	25
22	12.0	12.5	14	16.5	22	12	11.5	27
23	27.0	20.5	17	17	11	8	15	12.5
24	13.0	26	19.5	26	10	10	13.5	17
25	18.0	14.5	15.5	13.5	10.5	9	15	12
26	21.0	14	17	13.5	12	20.5	15	11.5
27	12.5	23	14	26	21	14.5	21	12.5
28	26.0	12	14	9.5	16.5	20.5	13	20.5
29	20.0	11	19	13	15	14	23.5	13.5
30	20.0	22	21.5	13.5	12	10	20.5	16
เฉลี่ย	16.6	16.2	17.1	16.9	15.9	14.1	15.6	17.0

การประมวลผลผ่านโปรแกรม spss

Group Statistics						Independent Samples Test	
	treatment	**N**	**Mean**	**Std. Deviation**	**Std. Error Mean**	**t**	**Sig. (1-tailed)**
ค่าความแกร่งเมล็ดข้าวกล้อง (N)	ใช้สาร	120	16.700	4.6857	.4277	1.694	.046
	ไม่ใช้สาร	120	15.667	4.7630	.4348		

การทดสอบการวัดขนาดเมล็ดข้าว

ผลการทดสอบการวัดขนาดเมล็ดข้าว ใช้การวัดค่าความยาว ความกว้าง และความหนาของเมล็ดข้าว นำมาเข้าสูตร $D_g = (LWT)^{1/3}$ (Jouki & Khazaei, 2012) เพื่อหาค่า Geometric Mean Diameter

D_g (mm.) คือ Geometric Mean Diameter

L (mm.) คือ ความยาว

W (mm.) คือ ความกว้าง

T (mm.) คือ ความหนา

4591627 66 CU iThesis 6087131620 thesis / recv: 30072562 14:19:57 / seq: 17

โดยในงานวิจัยนี้ ใช้ตัวอย่างเมล็ดข้าวกล้องในการทดสอบ บล็อคทดลองละ 30 เมล็ด รวมเป็น 120 เมล็ดต่อตัวอย่างข้าวที่มีการใช้สารกระตุ้นชีวภาพไคโตซาน และ 120 เมล็ด ในตัวอย่างข้าวที่ไม่มีการใช้สารกระตุ้นชีวภาพไคโตซาน มีผลลัพธ์ดังนี้

ขนาดเมล็ดข้าวกล้องแปลงทดลองข้าวเจ้าพันธุ์ กข41

แปลงทดลอง	ใช้สารกระตุ้นชีวภาพไคโตซาน				ไม่ใช้สารกระตุ้นชีวภาพไคโตซาน			
	T1	T2	T5	T7	T3	T4	T6	T8
1	3.20	3.16	3.22	3.17	3.22	3.19	3.12	3.05
2	3.15	3.28	3.25	3.13	3.25	3.25	3.12	3.22
3	3.17	3.32	3.18	3.18	3.16	3.19	3.15	3.13
4	3.24	3.27	3.12	3.12	3.24	3.05	3.17	3.15
5	3.24	3.22	3.21	3.17	3.22	3.07	3.11	3.10
6	3.20	3.15	3.21	3.11	3.14	3.22	3.21	3.19
7	3.18	3.17	3.16	3.16	3.19	3.18	3.23	3.19
8	3.19	3.25	3.16	3.19	3.21	3.15	3.11	3.08
9	3.18	3.19	3.15	3.26	3.10	3.11	3.06	3.17
10	3.22	3.20	3.22	3.18	3.21	3.18	3.13	3.14
11	3.21	3.11	3.18	3.31	3.11	3.22	3.11	3.10
12	3.10	3.22	3.16	3.14	3.16	3.11	3.17	3.10
13	3.18	3.21	3.20	3.16	3.16	3.25	3.23	3.20
14	3.24	3.24	3.11	3.28	3.19	3.17	3.05	3.15
15	3.08	3.25	3.13	3.15	3.18	3.23	3.11	3.18
16	3.11	3.18	3.12	3.20	3.13	3.24	3.20	3.30
17	3.12	3.18	3.16	3.10	3.23	3.25	3.17	3.16
18	3.14	3.20	3.17	3.11	3.24	3.26	3.14	3.11
19	3.20	3.15	3.16	3.17	3.19	3.18	3.07	3.23
20	3.18	3.19	3.23	3.08	3.16	3.07	3.27	3.18
21	3.22	3.16	3.21	3.15	3.20	3.17	3.23	3.16
22	3.20	3.23	3.20	3.09	3.04	3.09	3.18	3.11
23	3.18	3.15	3.25	3.12	3.16	3.17	3.18	3.09
24	3.11	3.24	3.18	3.08	3.22	3.03	3.17	3.13
25	3.20	3.12	3.26	3.11	3.23	3.23	3.07	3.09
26	3.24	3.12	3.17	3.26	3.10	3.12	3.13	3.17
27	3.10	3.11	3.17	3.17	3.20	3.08	3.18	3.15

4591627 66 CU iThesis 6087131620 thesis / recv: 30072562 14:19:57 / seq: 17

แปลงทดลอง	ใช้สารกระตุ้นชีวภาพไคโตซาน				ไม่ใช้สารกระตุ้นชีวภาพไคโตซาน			
	T1	T2	T5	T7	T3	T4	T6	T8
28	3.15	3.21	3.03	3.15	3.17	3.13	3.10	3.22
29	3.25	3.24	3.06	3.14	3.19	3.11	3.06	3.11
30	3.18	3.17	3.13	3.32	3.08	3.20	3.22	3.14
เฉลี่ย	3.18	3.20	3.17	3.16	3.18	3.16	3.15	3.15

4591627660 CU iThesis 6087131620 thesis / recv: 30072562 14:19:57 / seq: 17

การประมวลผลผ่านโปรแกรม spss

Group Statistics						Independent Samples Test	
	treatment	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	t	Sig. (1-tailed)
ค่าขนาดเมล็ดข้าวกล้อง (mm.)	ใช้สาร	120	3.1781	.05505	.00503	2.511	.0055
	ไม่ใช้สาร	120	3.1594	.05826	.00532		

ขนาดเมล็ดข้าวกล้องแปลงทดลองข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1

แปลงทดลอง	ใช้สารกระตุ้นชีวภาพไคโตซาน				ไม่ใช้สารกระตุ้นชีวภาพไคโตซาน			
	P2	P3	P6	P8	P1	P4	P5	P7
1	3.15	3.07	3.08	3.21	3.21	3.15	3.12	3.06
2	3.13	3.06	3.21	3.17	3.10	3.14	3.05	3.24
3	3.19	3.18	3.14	3.17	3.19	3.13	3.30	3.20
4	3.18	3.07	3.13	3.14	3.18	3.10	3.18	3.08
5	3.12	3.15	3.17	3.21	3.13	3.04	3.13	3.17
6	3.11	3.09	3.15	3.15	3.12	3.16	3.11	3.09
7	3.10	3.17	3.19	3.11	3.05	3.08	3.17	3.24
8	3.10	3.21	3.21	3.15	3.09	3.16	3.08	3.14
9	3.06	3.08	3.05	3.17	3.15	3.17	3.11	3.18
10	3.11	3.18	3.18	3.21	3.05	3.20	3.13	3.17
11	3.13	3.06	3.10	3.20	3.06	3.15	3.15	3.20
12	3.09	3.11	3.08	3.25	3.09	3.14	3.15	3.11
13	3.07	3.08	3.15	3.12	3.23	3.09	3.06	3.12
14	3.08	3.13	3.10	3.11	3.18	3.20	3.13	3.02
15	3.14	3.16	3.18	3.30	3.13	3.15	3.06	3.08
16	3.19	3.21	3.23	3.27	3.04	3.13	3.09	3.19

แปลงทดลอง	ใช้สารกระตุ้นชีวภาพไคโตซาน				ไม่ใช้สารกระตุ้นชีวภาพไคโตซาน			
	P2	P3	P6	P8	P1	P4	P5	P7
17	3.14	3.08	3.25	3.16	3.26	3.18	3.07	3.18
18	3.10	3.17	3.17	3.20	3.03	3.02	3.10	3.14
19	3.10	3.14	3.10	3.12	3.21	3.12	3.12	3.11
20	3.08	3.08	3.12	3.05	3.17	3.26	3.07	3.14
21	3.07	3.14	3.14	3.19	3.12	3.10	3.20	3.16
22	3.15	3.15	3.17	3.16	3.05	3.13	3.08	3.05
23	3.24	3.09	3.19	3.09	3.06	3.18	3.12	3.02
24	3.20	3.14	3.20	3.11	3.11	3.05	3.15	3.15
25	3.11	3.16	3.07	3.20	3.04	3.16	3.21	3.09
26	3.22	3.14	3.06	3.16	3.05	3.06	3.13	3.09
27	3.16	3.25	3.21	3.25	3.20	3.06	3.25	3.04
28	3.08	3.10	3.16	3.21	3.05	3.07	3.13	3.17
29	3.07	3.13	3.26	3.13	3.14	3.19	3.13	3.07
30	3.13	3.16	3.08	3.14	3.07	3.15	3.14	3.08
เฉลี่ย	3.13	3.13	3.15	3.17	3.12	3.13	3.13	3.13

การประมวลผลผ่านโปรแกรม spss

Group Statistics						Independent Samples Test	
	treatment	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	t	Sig. (1-tailed)
ค่าขนาดเมล็ดข้าวกล้อง (mm.)	ใช้สาร	120	3.1448	.05496	.00502	2.483	.007
	ไม่ใช้สาร	120	3.1265	.05933	.00542		

การทดสอบปริมาณข้าวหักแต่ละประเภท

เนื่องจากการทดลองก่อนหน้านี้ไม่ได้มีการเก็บข้อมูลปริมาณข้าวหักแต่ละประเภท และไม่ได้เก็บตัวอย่างข้าวหักจากการทดลองเดิมไว้ จึงจำเป็นต้องทำการทดสอบใหม่ เพื่อเก็บข้อมูลข้าวหักแต่ละประเภท โดยมีขั้นตอนดังนี้

1. นำตัวอย่างข้าวเปลือกที่เหลือจากการทดลองมารวมกันเพื่อทดสอบผ่านกระบวนการสีข้าวปกติ โดยแบ่งเป็น ตัวอย่างข้าวเปลือกที่มีการใช้สารกระตุ้นชีวภาพไคโตซาน และตัวอย่างข้าวเปลือกที่ไม่ใช้สารกระตุ้นชีวภาพไคโตซาน

4591627 66 CU iThesis 6087131620 thesis / recv: 30072562 14:19:57 / seq: 17

2. นำข้าวเปลือกแห้งมาทำความสะอาดผ่านเครื่องทำความสะอาด

3. นำข้าวเปลือกที่ผ่านการทำความสะอาดแล้ว ชั่งน้ำหนักจำนวน 200 กรัม มาทำการกระเทาะเปลือกด้วยเครื่องทดสอบการกระเทาะ จำนวนไม่เกิน 3 รอบ เพื่อกระเทาะเปลือกข้าวออกให้หมด

4. นำข้าวกล้องที่ได้ ชั่งน้ำหนักจำนวน 100 กรัม แล้วไปขัดขาวด้วยเครื่องทดสอบการขัดขาวยี่ห้อ Satake เป็นเวลา 60 วินาที

5. นำข้าวขาวรวมที่ได้ไปคัดขนาดโดยเครื่องทดสอบการคัดคัดแยกตะแกรงกลม เป็นเวลา 60 วินาที จะได้ออกมาเป็นข้าวขาวเต็มเมล็ด และข้าวหักรวม

6. นำข้าวหักรวมมาทำการชั่งน้ำหนัก และทำการแยกประเภทข้าวหักแต่ละประเภทด้วยการร่อนผ่านตะแกรงที่มีรูแต่ละขนาด หลังจากนั้นจึงนำผลลัพธ์ที่ได้มาทำการชั่งน้ำหนัก แล้วจึงนำไปเทียบสัดส่วนกับผลลัพธ์ข้าวหักรวมที่ได้จากการทดลอง

6.1 ตะแกรงเบอร์ #9 (ตะแกรงโลหะรูกลม หนา 1.00 มิลลิเมตร หรือ 0.039 นิ้ว เส้นผ่านศูนย์กลางรู 2.50 มิลลิเมตร หรือ 0.098 นิ้ว) ใช้ในการคัดแยกข้าวหักใหญ่และปลายท่อน

6.2 ตะแกรงเบอร์ #7 (ตะแกรงโลหะรูกลม หนา 0.79 มิลลิเมตร หรือ 0.031 นิ้ว เส้นผ่านศูนย์กลางรู 1.75 มิลลิเมตร หรือ 0.069 นิ้ว) ใช้ในการคัดแยกปลายท่อนและปลายเล็ก

4591627 66 CU iThesis 6087131620 thesis / recv: 30072562 14:19:57 / seq: 17

ผลลัพธ์ที่ได้จากการคัดแยกข้าวหักแต่ละประเภท มีรายละเอียดดังนี้

แปลงทดลองข้าวเจ้าพันธุ์ กข41

ประเภท	น้ำหนัก (กรัม)
ข้าวหักรวม	16.80
ข้าวหักใหญ่ (ยี่จ้อ+ซาห่อ)	13.74
ปลายท่อน	2.76
ปลายข้าวซีวัน (ปลายเล็ก)	0.30

แปลงทดลองที่ใช้สารกระตุ้นชีวภาพไคโตซาน

ประเภท	น้ำหนัก (กรัม)
ข้าวหักรวม	20.30
ข้าวหักใหญ่ (ยี่จ้อ+ซาห่อ)	16.27
ปลายท่อน	3.76
ปลายข้าวซีวัน (ปลายเล็ก)	0.27

แปลงทดลองที่ไม่ใช้สารกระตุ้นชีวภาพไคโตซาน

แปลงทดลองข้าวเจ้าพันธุ์ปทุมธานี 1

ประเภท	น้ำหนัก (กรัม)
ข้าวหักรวม	32.80
ข้าวหักใหญ่ (ยี่จ้อ+ซาห่อ)	27.64
ปลายท่อน	4.26
ปลายข้าวซีวัน (ปลายเล็ก)	0.89

แปลงทดลองที่ใช้สารกระตุ้นชีวภาพไคโตซาน

ประเภท	น้ำหนัก (กรัม)
ข้าวหักรวม	36.80
ข้าวหักใหญ่ (ยี่จ้อ+ซาห่อ)	30.98
ปลายท่อน	4.90
ปลายข้าวซีวัน (ปลายเล็ก)	0.90

แปลงทดลองที่ไม่ใช้สารกระตุ้นชีวภาพไคโตซาน

459162766 CU iThesis 6087131620 thesis / recv: 30072562 14:19:57 / seq: 17

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	ฐิติ เติมเศรษฐเจริญ
วัน เดือน ปี เกิด	10 ตุลาคม 2533
สถานที่เกิด	สุพรรณบุรี
วุฒิการศึกษา	ปริญญาตรี
ที่อยู่ปัจจุบัน	83/2 ม.3 ต.สามชุก อ.สามชุก จ.สุพรรณบุรี

4591627 66 CU iThesis 6087131620 thesis / recv: 30072562 14:19:57 / seq: 17