ห้องสมุดคณะเทคโนโลยีการเกษตร พระจอมเกล้าลาดกระบัง

21418

ปัญหาพิเศษปริญญาตรี

เรื่อง

อิทธิพลของเชื้อ บาซิลลัส ทูริงเยนซีส ที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวโพดหวาน

Effect of *Bacillus thuringiensis* on Growth and Yield of Sweet Corn.

T099999

โดย

นายเขมรัฐ ภักตรา

นายรวีวัฒน์ ชัยวิรัตน์

อาจารย์ที่ปรึกษา

รศ. ดร. ปัญญา โพธิ์สุติรัตน์

วษ.
ข649ค
2548

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....99999
วัน,เดือน,ปี.....17 JUN 2009

เสนอ

.b.....11697806.....
.i.....

...เทคโนโลยีการผลิตพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (พืชไร่)

พุทธศักราช 2548

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบรับรองปัญหาพิเศษปริญญาตรี
ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช

เรื่อง

อิทธิพลของเชื้อ บาซิลลัส ทูริงเยนซีส ที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวโพดหวาน

Effect of *Bacillus thuringiensis* on Growth and Yield of Sweet Corn.

โดย

นายเขมรัฐ ภักตรา

นายรวีวัฒน์ ชัยวิรัตน์

ได้พิจารณาเห็นชอบจาก

.....

(รศ.ดร. ปัญญา โพธิ์ฐิติรัตน์)

อาจารย์ที่ปรึกษา

ภาควิชารับรอง

.....

(รศ.ดร. สมยศ เดชภิรัตนมงคล)

หัวหน้าภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช

วันที่.....เดือน.....พ.ศ. .....

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อเรื่อง : อิทธิพลของเชื้อ บาซิลลัส ทูริงเยนซีส ที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวโพดหวาน

โดย : นายเขมรัฐ ภักตรา

: นายรวีวัฒน์ ชัยวิรัตน์

ภาควิชา : เทคโนโลยีการผลิตพืช

คณะ : เทคโนโลยีการเกษตร

อาจารย์ที่ปรึกษา : รศ. ดร. ปัญญา โพธิ์ฐิติรัตน์

บทคัดย่อ

การทดลองครั้งนี้การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเป็นศึกษาถึงอิทธิพลจากการใช้เชื้อบาซิลลัส ทูริงเยนซีส โดยใช้ปริมาณเชื้อที่แตกต่างกันต่อการเจริญเติบโตและอัตราส่วนที่เหมาะสมของ เชื้อบาซิลลัส ทูริงเยนซีส ต่อผลผลิตและการเจริญเติบโตของข้าวโพดหวาน (พันธุ์อินทรีย์ 2) โดยวางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) จำนวน 3 ซ้ำ สิ่งทดลอง ประกอบด้วยการใช้ปริมาณเชื้อบาซิลลัส ทูริงเยนซีส 0 100 200 และ 300 g/m^2

ผลของการทดลองของน้ำหนักฝักก่อนปอกเปลือกพบว่า เมื่อใช้เชื้อบาซิลลัส ทูริงเยนซีส ในปริมาณ 300 กรัมต่อตารางเมตร ข้าวโพดหวานจะมีน้ำหนักก่อนปอกเปลือก คือ 3,459.19 กิโลกรัมต่อไร่ รองลงมาคือ 0 200 และ 100 กรัมต่อตารางเมตร มีค่า 3,446.39 3,344.93 และ 3,250.36 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ น้ำหนักฝักหลังปอกเปลือก พบว่า เมื่อใช้เชื้อปริมาณ 0 กรัมต่อตารางเมตร ข้าวโพดหวานจะมีน้ำหนักฝักหลังปอกเปลือกมากที่สุดคือ 3,187.51 กิโลกรัมต่อไร่ รองลงมาคือ เมื่อใช้เชื้อบาซิลลัส ทูริงเยนซีส ปริมาณ 300 200 และ 100 กรัมต่อตารางเมตร มีค่า 3,100.58 2,650.07 และ 2,646.31 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ ความยาวฝักหลังปอกเปลือก พบว่า เมื่อใช้เชื้อบาซิลลัส ทูริงเยนซีส ในปริมาณ 300 กรัมต่อตารางเมตร ฝักข้าวโพดหวานจะมีความยาวของฝักมากที่สุดคือ 18.07 เซนติเมตร รองลงมาคือ 200 100 และ 0 กรัมต่อตารางเมตร มีค่า 16.91 16.03 และ 15.83 เซนติเมตร ตามลำดับ และเส้นผ่าศูนย์กลางของฝักหลังปอกเปลือก พบว่า เมื่อใช้เชื้อบาซิลลัส ทูริงเยนซีส ปริมาณ 300 กรัมต่อตารางเมตร ฝักข้าวโพดหวานจะมีเส้นผ่าศูนย์กลางมากที่สุด คือ 4.35 เซนติเมตร รองลงมาคือ การใช้เชื้อบาซิลลัส ทูริงเยนซีส ปริมาณ 200 100 และ 0 กรัมต่อตารางเมตร มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 4.27 4.23 และ 4.22 เซนติเมตร ตามลำดับ จากการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติพบว่า ผลผลิตก่อนปอกเปลือก ผลผลิตหลังปอกเปลือก ความยาวของฝัก และเส้นผ่าศูนย์กลางของฝัก ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

คำสำคัญ : ข้าวโพดหวาน เชื้อบาซิลลัส ทูริงเยนซีส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Title : Effect of *Bacillus thuringiensis* on growth and yield of sweet corn.

Author : Mr.Khemmarath Pugtra

: Mr.Raweevat Chaivirat

Department : Plant production technology

Faculty : Agricultural technology

Advisor : Asso. Prof. Dr.Panya Protitirut

ABSTRACT

The objective of this research was to study the effect of *Bacillus thuringiensis* on growth and yield of sweet corn (Insee 2). The randomized complete block design with 3 replication was used in this study. The treatment consisted of *Bacillus thuringiensis* 0 100 200 and 300 g/m^2.

The husked ear yield from 300 g/m^2 was highest (3,459.15 kg/rai), following by 0, 200 and 100 g/m^2 of *Bacillus thuringiensis*, the husked ear yield were 3,446.39 3,344.93 and 3,250.36 kg/rai respectively. For unhusked ear yield found that the highest yield form 0 g/m^2 *Bacillus thuringiensis* (3,187.51 kg/rai), following by 300 200 and 100 g/m^2 of *Bacillus thuringiensis*, the unhusked ear yield were 3,100.58 2,650.07 and 2,646.31 kg/rai, respectively. The lengths of unhusked ear form 300 g/m^2 was highest (18.07 cm.), following by 200 100 and 0 g/m^2 *Bacillus thuringiensis*, the lengths of unhusked ear were 16.91 16.03 and 15.83 cm. respectively. For unhusked ear diameter found that the highest diameter from 300 g/m^2 *Bacillus thuringiensis* (4.35 cm.), following by 200 100 and 0 g/m^2 of *Bacillus thuringiensis*, the diameter of unhusked ear were 4.27 4.23 and 4.22 cm. respectively. From analysis of variance found the yield of husked ear, the yield of unhusked ear, the lenght of unhusked ear and the diameter of unhusked ear were non significant different.

Key words: sweet corn, *Bacillus thuringiensis*.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนิยม

การทำปัญหาพิเศษของนักศึกษาในระดับปริญญาตรี ถือได้ว่ามีความสำคัญอย่างยิ่ง เพราะเป็นสิ่งที่ทำให้นักศึกษาได้ฝึกฝนสติปัญญา การเรียนรู้ การปรับปรุงกระบวนการทางด้านความคิด รู้จักการแก้ปัญหาต่างๆ ที่เกิดขึ้น และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในอนาคตต่อไปได้

ผู้ทำปัญหาพิเศษขอขอบพระคุณ รศ.ดร. ปัญญา โพธิ์สุติรัตน์ ที่ได้กรุณาเป็นอาจารย์ที่ปรึกษา ช่วยตักเตือน กล่อมเกลาให้มีความรอบคอบในการทำงาน อีกทั้งยังได้ถ่ายทอดความรู้และประสบการณ์ต่างๆ ที่เป็นประโยชน์อย่างมาก

ขอขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ ที่ได้ให้การสนับสนุนการศึกษา และคอยเป็นกำลังใจให้มาโดยตลอด

ขอขอบคุณ นักศึกษาปริญญาโท ที่คอยให้คำแนะนำต่างๆ รวมทั้งเพื่อนๆ ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช ที่คอยช่วยเหลือ และเป็นกำลังใจในการทำปัญหาพิเศษครั้งนี้

สุดท้ายนี้ขอขอบคุณ ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ให้ความรู้และประสบการณ์ต่างๆ

เขมรัฐ ภักตรา

รวีวัฒน์ ชัยวิรัตน์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(1)
สารบัญภาพ	(2)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญตารางผนวก	(4)
คำนำ	1
ตรวจเอกสาร	3
อุปกรณ์และวิธีการ	15
ผลการทดลองและวิจารณ์	17
สรุป	21
เอกสารอ้างอิง	23
ภาคผนวก	26
ประวัติผู้เขียน	29

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	*B. thuringiensis* ที่ทำให้เกิดโรคในแมลง	8

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	อัตราส่วนของคาร์โบไฮเดรตในข้าวโพดชนิดต่างๆ เมื่ออายุ 20 วัน หลังผสมเกสร	5
2	ผลิตภัณฑ์ของ *B. thuringiensis* ที่มีจำหน่ายในท้องตลาด	14
3	แสดงค่าในการวัดผลของน้ำหนักฝักก่อนปอกเปลือก (กิโลกรัมต่อไร่) ของข้าวโพดหวานที่ใช้ปริมาณของเชื้อแตกต่างกัน	17
4	แสดงค่าในการวัดผลของน้ำหนักฝักหลังปอกเปลือก (กิโลกรัมต่อไร่) ของข้าวโพดหวานที่ใช้ปริมาณของเชื้อแตกต่างกัน	18
5	แสดงค่าในการวัดผลของความยาวฝักหลังปอกเปลือก (เซนติเมตร) ของข้าวโพดหวานที่ใช้ปริมาณของเชื้อแตกต่างกัน	19
6	แสดงค่าในการวัดผลของเส้นผ่าศูนย์กลางฝักหลังปอกเปลือก (เซนติเมตร) ของข้าวโพดหวานที่ใช้ปริมาณของเชื้อแตกต่างกัน	20
7	แสดงค่าในการวัดผลของฝักข้าวโพดหวาน คือ น้ำหนักฝักก่อนปอกเปลือก น้ำหนักฝักหลังปอกเปลือก ความยาวฝักหลังปอกเปลือก และเส้นผ่าศูนย์กลางฝักหลังปอกเปลือก ที่ใช้ปริมาณของเชื้อแตกต่างกัน	22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตารางผนวก

ตารางผนวกที่		หน้า
1	แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนของน้ำหนักฝักหลังปอกเปลือกของข้าวโพดหวานที่ใช้ปริมาณเชื้อที่แตกต่างกันในการปลูกข้าวโพดหวาน	27
2	แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนของน้ำหนักฝักก่อนปอกเปลือกของข้าวโพดหวานที่ใช้ปริมาณเชื้อที่แตกต่างกันในการปลูกข้าวโพดหวาน	27
3	แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนของความยาวฝักหลังปอกเปลือกของข้าวโพดหวาน ที่ใช้ปริมาณเชื้อที่แตกต่างกันในการปลูกข้าวโพดหวาน	28
4	แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนของเส้นผ่าศูนย์กลางฝักหลังปอกเปลือก ของข้าวโพดหวานที่ใช้ปริมาณเชื้อที่แตกต่างกันในการปลูกข้าวโพดหวาน	28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนำ

ข้าวโพดได้ถูกนำมาใช้เป็นอาหารคน และอาหารสัตว์มานานนับศตวรรษ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในประเทศแถบอเมริกากลางซึ่งเป็นแหล่งกำเนิดของข้าวโพด สำหรับประเทศไทยคนส่วนใหญ่จะรู้จักกับคุณค่าของข้าวโพดมาไม่นานนี้เอง ยิ่งข้าวโพดหวานด้วยแล้วรู้จักกันในกลุ่มคนจำนวนน้อยเท่านั้นเอง เมื่อเทียบกับจำนวนประชากรของประเทศทั้งหมด แต่ในปัจจุบันก็เริ่มเป็นที่สนใจมากขึ้นและมีแนวโน้มที่จะเป็นพืชอุตสาหกรรมได้ในอนาคต

จุดเริ่มต้นของข้าวโพดหวานเริ่มขึ้นเมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรมของยีน Su บนโครโมโซมแท่งที่ 4 โดยเปลี่ยนจากยีนข่ม Su มาเป็น su ทำให้ข้าวโพดสามารถสะสมน้ำตาลในเมล็ดกลายมาเป็น "ข้าวโพดหวาน" และได้พัฒนาพันธุ์ไปอย่างมากโดยมีสหรัฐอเมริกาเป็นผู้นำ ข้าวโพดหวานมีการปลูกกันมากอยู่ในประเทศญี่ปุ่น ออสเตรเลีย และไทย แต่พื้นที่การเพาะปลูกก็ไม่มากนักเมื่อเทียบกับพื้นที่ปลูกในสหรัฐอเมริกา ส่วนในประเทศไทยสามารถปลูกได้ทุกพื้นที่แต่มีพื้นที่เพาะปลูกไม่มากนัก การเก็บสถิติต่างๆ จึงยังไม่แน่นอน กรมส่งเสริมการเกษตรได้รายงานว่าในปี พ.ศ. 2535/36 มีการเพาะปลูกข้าวโพดหวานกันทั่วไป และมีพื้นปลูกประมาณ 225,000 ไร่ ได้ผลผลิตประมาณ 396,000 ตัน แหล่งปลูกที่สำคัญ คือ ภาคเหนือ เช่น อุทัยธานี นครสวรรค์ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ทุกจังหวัด ภาคกลาง เช่น อยุธยา ชัยนาท ภาคตะวันออก เช่น ชลบุรี ปราจีนบุรี ภาคตะวันตก กาญจนบุรี สุพรรณบุรี ภาคใต้ เช่น กระบี่ ชุมพร

ถึงแม้ว่าจะมีการปลูกข้าวโพดกันอย่างกว้างขวางแต่ข้าวโพดหวานก็ไม่มีความสัมพันธ์ทางเศรษฐกิจของประเทศไทยมากนัก จนกระทั่งปี พ.ศ. 2537 จึงมีการขยายตัวของอุตสาหกรรมแปรรูปข้าวโพดหวานในประเทศมาก และคาดว่าข้าวโพดหวานจะเข้ามาแทนอุตสาหกรรมข้าวโพดฝักอ่อน ซึ่งมีความจำเป็นต้องย้ายฐานการผลิตไปยังประเทศที่ค่าแรงถูกกว่าดังนั้นข้าวโพดหวานจะมีความสำคัญต่อเศรษฐกิจของประเทศไทยภายในอนาคตอันใกล้นี้

ในประเทศไทยนั้น พบว่าได้มีการใช้สารเคมีกันแพร่หลาย เนื่องจากข้าวโพดหวานมีโรคระบาดมาก ซึ่งการใช้สารเคมีในการป้องกันกำจัดนั้นเป็นการเพิ่มต้นทุนในการผลิตมากขึ้นทำให้เกษตรกรมีรายได้ต่ำ จึงได้คิดหาวิธีการควบคุมโรคแบบไม่ใช้สารเคมี โดยการควบคุมโรคพืชโดยชีววิธี เป็นการลดปริมาณเชื้อสาเหตุของโรค โดยสิ่งมีชีวิตชนิดหนึ่ง หรือมากกว่า ยกเว้นมนุษย์ รวมไปถึงการจัดการทางพันธุวิศวกรรมของพืชชั้นสูง โดยการถ่ายโอนยีน ที่มีความต้านทานโรคพืชเข้าไป (สุชล, 2539 ; Cook, 1995) ซึ่งเชื้อที่เรานำมาใช้ในการควบคุมโรคของข้าวโพด คือ *Bacillus thuringiensis*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาอิทธิพลของเชื้อ *Bacillus thuringiensis* ที่มีต่อการการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวโพดหวาน

2. เพื่อเปรียบเทียบปริมาณการฉีดเชื้อ *Bacillus thuringiensis* ที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวโพดหวาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตรวจเอกสาร

พฤกษศาสตร์ของข้าวโพดหวาน

ข้าวโพดหวาน มีชื่อวิทยาศาสตร์ *Zea mays* L.var.saccharata มีชื่อสามัญว่า SWEETCORN อยู่ในตระกูล Poaceae (Gramineae - Grass family) มีถิ่นกำเนิดอยู่ที่เม็กซิโก อเมริกากลาง อเมริกาใต้

ราก ข้าวโพดมีระบบรากแบบ Fibrous root system เมื่อรากอันแรกงอกออกมาจาก radicle เรียกว่า primary root ซึ่งแตกแขนงให้ lateral root ต่อมาจะมีรากเรียกว่า seminal root เกิดที่บริเวณ scutellar node ของต้นอ่อนจำนวน 3 – 5 ราก ทั้ง primary root และ seminal root จะมี branch root และ root hair แตกออกมาด้วย ราก 2 ชนิด นี้ทำหน้าที่ดูดน้ำและแร่ธาตุอาหารออกมาจากดินมาเลี้ยงต้นอ่อน ในระหว่าง 2 – 3 สัปดาห์ หลังจากงอก และรากเหล่านี้ตายไปในทันที ที่ coleoptile โผล่พ้นผิวดิน รากถาวรจะเกิดที่ข้อที่ 2 ของต้นอ่อนเรียกว่า adventitious root ซึ่งรากถาวรจะเกิดที่ถึงข้อที่ 7 เป็นข้อที่อยู่ใต้ดินและแผ่กระจายรอบลำต้นในรัศมีประมาณ 1 เมตร ส่วนความลึกอาจหยั่งลึกได้ประมาณ 2.1 – 2.4 เมตร

ลำต้น ลำต้นข้าวโพดเรียกว่า culm หรือ stalk ความสูงของลำต้นตั้งแต่ 30 เซนติเมตร จนถึง 1.5 เมตร ลำต้นตรงและค่อนข้างกลมแต่เรียวเล็กขึ้นไปตามยอดประกอบด้วยข้อ (node) และ ปล้อง(intrenode) ปล้องที่อยู่ส่วนโคนของลำต้นมีขนาดสั้นกว่าปล้องที่อยู่ถัดขึ้นไป ปล้องที่ยาวที่สุดคือ ปล้องที่เป็นที่เกิดของช่อดอกเกสรตัวผู้ ปล้องที่อยู่ส่วนล่าง ๆ ของลำต้นมักจะเป็นร่อง (grove)ทุกมุมใบหรือที่ฐานของปล้องทุกปล้อง ยกเว้นปล้องสุดท้ายจะมีตาอยู่ 1 ตา ตาที่อยู่ใต้ดินจะเจริญเป็นหน่อ (tiller) ส่วนตาที่อยู่เหนือดินจะเจริญเป็นฝัก (ear shoot)

ใบ ใบข้าวโพดเป็นประกอบด้วยกาบใบ (leaf sheath) และแผ่นใบ (leafblade) เยื่อกันน้ำ (ligule) และหูใบ (auricle)

ดอก ข้าวโพดเป็นพืชพวก monoecious plant คือมีช่อดอกตัวผู้และช่อดอกตัวเมียอยู่บนลำต้นเดียวกันแต่อยู่คนละช่อดอก ช่อดอกตัวผู้จะเกิดที่ส่วนยอดของลำต้น ส่วนช่อดอกตัวเมียเกิดจากตาที่มุมใบล่าง ๆ ดอกข้าวโพด จะมีดอกตัวผู้และดอกตัวเมียแยกกันอยู่คนละดอกในต้นเดียวกัน ดอกตัวผู้จะรวมอยู่กันเป็นช่อเรียกว่า ช่อดอกตัวผู้ (tassel) จะอยู่ตอนบนสุดหรือที่เกษตรกรเรียกว่า ดอกหัว ดอกตัวผู้ดอกหนึ่งๆ จะมีอับละอองเกสร 3 อัน แต่ละอันยาวประมาณ 6 มม. และมีละอองเกสรเป็นจำนวนมาก การบานของดอกตัวผู้ จะเริ่มขึ้นก่อนการออกไหมของดอกตัวเมียบนต้นเดียวกันประมาณ 1 - 3 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความสัมพันธ์ระหว่างข้าวโพดหวานและข้าวโพดไร่

ข้าวโพดหวานและข้าวโพดไร่แตกต่างกันเฉพาะยีนที่ควบคุมการสร้างแป้งในเมล็ดข้าวโพดหวานมาตรฐานจะมียีนแฝง su (sugary) บนโครโมโซมแท่งที่ 4 จับคู่กัน แต่ข้าวโพดไร่จะมียีนข่ม su มาจับคู่กัน ดังนั้นถ้าผสมข้าวโพดหวานกับข้าวโพดไร่ลูกรุ่นแรกจะเป็นข้าวโพดไร่ ในรุ่นต่อไปจึงจะมีการกระจายตัวออกมาเป็นข้าวโพดหวานและข้าวโพดไร่ การคัดก็ดูได้จากลักษณะของเมล็ด เมื่อแก่เต็มที่เมล็ดข้าวโพดหวานจะเหี่ยวย่น ส่วนข้าวโพดไร่จะเป็นแป้งแข็ง อย่างไรก็ตามข้าวโพดหวานที่ได้มาจากการผสมกับข้าวโพดไร่ส่วนใหญ่จะมีคุณภาพในด้านต่างๆ เปลี่ยนแปลงไป จึงจำเป็นต้องปรับปรุงคุณภาพของเมล็ดให้ได้ตามต้องการก่อนนำไปใช้ประโยชน์ต่อไป (ทวีศักดิ์, 2540)

คาร์โบไฮเดรตในข้าวโพดหวาน

พืชต่างๆ นั้นนักวิทยาศาสตร์ถือว่าเป็นผู้ผลิตอาหาร (producer) เพราะมีแต่พืชเท่านั้นที่สามารถสร้างอาหารขึ้นมาได้เองจากกระบวนการสังเคราะห์แสง(photosynthesis) ในขณะที่สัตว์ทุกชนิดต้องเจริญเติบโตจากการใช้พืชเป็นประโยชน์ สัตว์ทุกชนิดจึงอยู่ในกลุ่มผู้บริโภค (consumer) และพืชหรือสัตว์ก็จะถูกลุ่มย่อยสลาย(decomposer) ทำลายเพื่อปลดปล่อยธาตุต่างๆ ออกไปสู่สิ่งแวดล้อมวนเวียนอยู่เช่นนี้เป็นวัฏจักร

หลักการสร้างอาหารของพืชโดยทั่วๆไปก็ คือ พืชมีกระบวนการเปลี่ยนพลังงานแสงสว่างให้เป็นคาร์โบไฮเดรต โดยผ่านกระบวนการสลับซับซ้อนแต่พอสรุปเป็นสมการง่ายๆได้ คือ

$$6CO_2 + 6H_2O \xrightarrow[\text{คลอโรฟิลล์ในต้นพืช}]{\text{แสงสว่าง}} C_6H_{12}O_6 + 6O_2$$

สารคาร์โบไฮเดรต(Carbohydrate , $C_6H_{12}O_6$) นี้เป็นสารที่มีพลังงานสูง ก็คือ พืชสามารถจับพลังงานแสงอาทิตย์ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และน้ำ มาเปลี่ยนเป็นสารที่มีประโยชน์ต่อมนุษย์และสัตว์ได้

ข้าวโพดนับได้ว่าเป็นพืชมหัศจรรย์ กระบวนการสร้างแป้งและน้ำตาลในเมล็ดข้าวโพดในสภาวะปกติก็เป็นไปตามสมการข้างบนนั้นแต่ในสภาพธรรมชาติของข้าวโพดมีความแตกต่างทางพันธุกรรมมาก ความแตกต่างนี้มีผลทำให้เกิดการสะสมแป้งและน้ำตาลในสัดส่วนที่ต่างกันซึ่งมีผลทำให้เกิดข้าวโพดชนิดต่างๆ คือ ข้าวโพดไร่ ข้าวโพดหวาน ข้าวโพดหวานพิเศษ ข้าวโพดเทียน และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้าวโพดข้าวเหนียว ความแตกต่างในสัดส่วนของคาร์โบไฮเดรตชนิดต่างๆ ในข้าวโพดมีแสดงในตารางที่ 1

คาร์โบไฮเดรตในข้าวโพดหวาน สามารถแบ่งได้ดังนี้

1. mono และ oligosaccharide คาร์โบไฮเดรตที่เรารู้จักกันดีในกลุ่มนี้และมีมากในข้าวโพดหวานคือน้ำตาลglucose fructose และ sucrose แต่ตอนหลังพบว่ามี maltose อยู่สูงในข้าวโพดหวาน su se น้ำตาลที่มีบทบาทต่อความหวานของข้าวโพดหวาน คือ fructose และ sucrose

ตารางที่ 1 อัตราส่วนของคาร์โบไฮเดรตในข้าวโพดชนิดต่างๆ เมื่ออายุ 20 วัน หลังผสมเกสร

	RS	Sucrose	WSP	Starch	Total
ข้าวโพดไร่	2.4	3.5	2.8	66.2	74.9
ข้าวโพดเทียน	3.5	5.2	2.3	53.3	64.6
ข้าวโพดหวาน	5.4	10.5	22.8	20.8	66.5
ข้าวโพดหวานพิเศษ	4.9	29.9	4.4	18.4	57.6

หมายเหตุ

RS reducing sugar

Sucrose เป็นน้ำตาลที่เราสามารถรับรู้รสหวานได้ดี คือมีความหวานมาก

WSP (water soluble polysaccharides) ทำให้เรารู้สึกว่าข้าวโพดนั้นนุ่ม

2. sugar nucleotides สารเหล่านี้มีมากมายหลายตัวมีความสำคัญในการ oligosaccharide ชนิดต่างๆ นักชีวเคมีสามารถศึกษากระบวนการสร้างคาร์โบไฮเดรตในข้าวโพดหวานโดยอาศัยการสะสม sugar nucleotide และคาร์โบไฮเดรตชนิดต่างๆ

3. polysaccharides ในข้าวโพดหวานแบ่งออกเป็น 2 พวกใหญ่ๆ คือ starch (แป้ง) และ phytoglycogen ในกลุ่มที่เราเรียกว่า starch นั้นจะมี 2 ประเภท คือ amylase และamylopectin ซึ่งมีความแตกต่างกันทางด้านโครงสร้าง แต่ที่นักปรับปรุงพันธ์ควรทราบคือ starch ในข้าวโพดนั้นส่วนใหญ่จะเป็น amylose โดยเฉพาะอย่างยิ่งข้าวโพดที่ยีน ae (amylase extender) อาจมี amylose สูงถึง 85 % มีข้าวโพดพวก wx เท่านั้นที่ starch เป็น amylopectin ทั้งหมด ลักษณะที่นักปรับปรุงพันธ์สามารถนำมาใช้คือ amylopectin นั้นเมื่อย้อมด้วย potassium iodine จะติดสีม่วงแดง ในขณะที่ amylose จะทำปฏิกริยากับ potassium iodine ได้สีน้ำเงิน ปฏิกริยานี้ สามารถแยกข้าวโพด wx ออกจากข้าวโพดอื่นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การแบ่งประเภทของข้าวโพดหวาน

ข้าวโพดหวานนั้นได้ถูกแบ่งอยู่ใน *Zea mays saccharata* เพราะมีน้ำตาลในเมล็ดมาก เกิดขึ้นเพราะยีน su (sugary) บนโครโมโซมคู่ที่4 อยู่ในสภาพด้อยทั้งคู่ แต่ตอนหลังๆ นักพันธุ์ศาสตร์ได้ค้นพบยีนที่มีผลต่อการสะสมแป้งและน้ำตาลในเมล็ดข้าวโพดอีกหลายยีน ที่ควรรู้จักมีดังนี้

su (sugary gene) มีอยู่สองคู่ด้วยกัน คือ su และ su2 ได้มีรายงานตั้งแต่ปี พ.ศ. 2467 ว่า su ทำให้เกิดการสะสม phytoglycogen ซึ่งเป็น water soluable polysaccharide และเป็นตัวที่ทำให้เนื้อข้าวโพดหวานนุ่ม

sh (shrunken gene) มีอยู่หลายคู่ด้วยกัน คือ sh sh2 sh3 sh4 และ sh5 มีผลทำให้แป้งลดน้อยลง และมีน้ำตาลเพิ่มขึ้น มีการค้นพบยีน sh ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2464 และในปี พ.ศ. 2487 มีการค้นพบ sh2 ซึ่งภายหลังมีการนำมาใช้ประโยชน์ในการปรับปรุงคุณภาพของข้าวโพดหวานกันมาก

bt (brittle gene) มี3คู่ คือ bt bt2 และ bt4 เป็นยีนที่มีผลคล้ายกับยีน shrunken มากและเราไม่สามารถบอกได้จากลักษณะของเมล็ดแต่อาจดูได้จากต้น ถ้าเป็น super sweet และมีต้นสีเขียวก็มีโอกาสเป็นไดทั้ง sh และ bt แต่ถ้ามีต้นหรือดอกสีแดงแล้วก็เป็น bt แน่นอน

wx (waxy gene) มีการกล่าวถึงเป็นครั้งแรกในปี พ.ศ. 2452 ว่ายีนชนิดนี้ทำให้เกิดการสะสมแป้งที่แตกต่างจากข้าวโพดธรรมดา และตอนหลังได้ค้นพบว่าเป็นแป้งพวกamylopectin ข้าวโพดที่มียีนชนิดนี้บ้านเรารู้จักกันดีในนามของข้าวโพดเทียนหรือข้าวโพดข้าวเหนียว

du (dull gene) ข้อมูลน้อยมากไม่มีการกล่าวถึงในเรื่องผลของยีน แต่มีการนำมาใช้ในการปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพดหวาน

ae (amylose extender gene) เป็นยีนที่ทำให้ปริมาณของ amylase เพิ่มขึ้น

se (sugary enhancer gene) เป็นยีนใหม่ล่าสุดที่มีการค้นพบ จะต้องแสดงออกร่วมกับ su เสมอ มีผลทำให้เกิดการสะสมน้ำตาล maltose เพิ่มขึ้น

การควบคุมโรคพืชโดยชีววิธี

การควบคุมโดยชีววิธี (Biological control) หมายถึง การลดปริมาณเชื้อก่อโรค หรือการลดกิจกรรมการเกิดโรคของเชื้อโรคหรือปรสิตที่อยู่ในระยะที่มีปฏิกิริยาโดยการใช้สิ่งมีชีวิตชนิดหนึ่งหรือมากว่าใช้ในการควบคุม ซึ่งสิ่งมีชีวิตที่ใช้นี้จะไม่รวมถึงมนุษย์ (Cook and Baker, 1983; Cook, 1985; Handelsman and Parke, 1989; Nelson, 1989)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กลไกการควบคุมโรคโดยชีววิธี

1.การสร้างสารปฏิชีวนะ สารปฏิชีวนะเป็นสารประกอบอินทรีย์ที่มีโมเลกุลต่ำ ที่ไปฆ่าจุลินทรีย์เป้าหมาย สร้างโดยเชื้อจุลินทรีย์ (Fravel, 1988) ซึ่งมีผลในการยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์อื่น ๆ

2.การแก่งแย่งอาหาร การควบคุมโรคพืชโดยชีววิธีโดยเชื้อปฏิปักษ์สามารถแก่งแย่งอาหารของเชื้อโรค ทำให้มีการลดปริมาณสารอาหารซึ่งจำเป็นสำหรับการเจริญของเชื้อโรค ความสามารถในการใช้สารอาหารของเชื้อปฏิปักษ์อาจเนื่องจากความสามารถในการใช้สารอาหารได้เร็วมากทำให้เจริญได้รวดเร็ว เช่น มีผู้พบว่าเชื้อแบคทีเรียกลุ่ม *Fluorescent pseudomonads* มีความสามารถในการใช้สารอาหารได้หลายชนิด และเจริญบริเวณรากพืชได้รวดเร็ว ทำให้สามารถแก่งแย่งที่อยู่อาศัยบริเวณรากพืชได้รวดเร็ว เชื้อโรคจึงไม่มีโอกาสเข้าทำลายรากได้

3. กระบวนการของปรสิต เป็นการควบคุมโดยชีววิธีที่นำไปใช้ในการปฏิบัติในสภาพไร่นา เช่น การใช้ไส้เดือนฝอย หรือการใช้ไวรัสที่เป็นปรสิตของแมลงศัตรูพืช เป็นต้น นอกจากนี้เชื้อราหลายชนิดเป็นปรสิตของเชื้อราโรคพืชได้ (Harman *et al.*, 1981; Marshall, 1982)

ในการปลูกผักนั้น ปัญหาที่เกษตรกรพบกันบ่อย ๆ คือ ปัญหาโรคพืช ศัตรูพืช ซึ่งวิธีการที่เกษตรกรนิยมใช้ในการกำจัดโรคและศัตรูพืชต่าง ๆ คือ การใช้สารเคมีในการฉีดพ่นไปในใบบริเวณต้นพืช ซึ่งสารเคมีที่นำมาใช้ในการป้องกันกำจัดศัตรูพืชนี้จะมีพิษตกค้างอยู่ในบริเวณต้นพืช ทำให้เกิดผลเสียแก่เกษตรกรและผู้บริโภค เมื่อผู้บริโภคนำไปรับประทานสารพิษนั้นจะตกค้างอยู่ในร่างกาย ทำให้เกิดโรคร้ายได้ง่าย แต่ในปัจจุบันการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชเริ่มน้อยลง เพราะได้มีการรณรงค์ การใช้เชื้อจุลินทรีย์ในการป้องกันกำจัดศัตรูพืช โดยการนำเชื้อจุลินทรีย์มาใช้ในการควบคุมโรค และยังสามารถส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชอีกด้วย เรียกการปราบศัตรูพืชนี้ว่า วิธีการปราบศัตรูพืชโดยชีววิธี (เกษม, 2532) และเชื้อจุลินทรีย์ที่นิยมใช้ในการป้องกันกำจัดศัตรูพืช คือ *Bacillus thuringiensis*.

คุณสมบัติต่าง ๆ และลักษณะโครงสร้างของ *Bacillus thuringiensis*

Bacillus thuringiensis หรือ B.T. เป็นแบคทีเรียแกรมบวก (gram positive) เป็น facultative anaerobic bacteris เจริญเติบโตได้ในสภาวะที่มีอากาศเพียงเล็กน้อย รูปร่างเซลล์เป็นท่อนตรง (rod shape) ขนาด 0.7x3.5 µm เคลื่อนที่ด้วยแฟลกเจลลา (ทิพย์วดี, 2535) จำนวนแฟลกเจลลามีมากกว่า 1 มีความยาวเป็น 2-3 เท่าของขนาดเซลล์แฟลกเจลลาของแบคทีเรียประกอบด้วยโปรตีนที่เรียกว่าแฟลกเจลลิน (flagellin) *B. thuringiensis* แต่ละสายพันธุ์จะมีแฟลกเจลลินแตกต่างกัน (อัจฉรา, ม.ป.ป.) แบคทีเรียชนิดนี้สร้างสปอร์ภายในเซลล์ เรียกว่าเอนโดสปอร์ (endospore) ซึ่งอยู่ที่ปลายข้างหนึ่งของเซลล์ เอนโดสปอร์มีความทนทานต่อการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำลายโดยความร้อนได้ดีทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำในเอนโดสปอร์ถ้ามีมากจะทนทานต่อความร้อนมากและมีผู้สันนิษฐานว่าปริมาณความสัมพันธ์ของกรดไดพิโคลินิก และแคลเซียมไอออนมีความสำคัญต่อความทนทานต่อความร้อนด้วย (บัญญัติ, 2535; เจือจันทร์, 2530) ในขณะที่แบคทีเรียชนิดนี้สร้างสปอร์จะสร้างผลึกโปรตีนที่เรียกว่า parasporal body หรือ crystal protein อยู่ด้านหนึ่งของเซลล์ส่วนใหญ่มีหนึ่งอันใน *B. thuringiensis* และส่วนใหญ่จะมีรูปร่างเหมือนพีรามิด 2 อัน ด้านฐานชนกัน (bipyramidal) แต่ในบางสายพันธุ์จะสร้าง crystal protein รูปกลมหรือเหลี่ยมซึ่งแล้วแต่ละสายพันธุ์

ภาพที่ 1 *B. thuringiensis* ที่ทำให้เกิดโรคในแมลง (อ้างโดย อุษณีย์ และคณะ, 2545)
1. ภาพถ่ายเซลล์ของเชื้อ *B. thuringiensis* ที่ถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์แบบ phasecontrastแสดง ให้เห็นถึง vegetative cell ที่มี endospore อยู่ภายใน (ที่ส่องแสง) และ crystal protein (Poinar and Thomas, 1978)
2. Electron Micrograph ของผลึก crystal protein (Bajwa and Kogan, 2001)

การสร้างผลึกโปรตีนนี้เป็นลักษณะของ *Bacillus thuringiensis* ทุกสายพันธุ์เมื่อเลี้ยง *Bacillus thuringiensis* ในอาหารเพาะเลี้ยงเชื้อจะเติบโตในระยะ vegetative growth อย่างรวดเร็วเมื่อสิ้นสุดการเติบโตแบคทีเรียจะเริ่มสร้างสปอร์ภายในเซลล์ ในระยะเดียวกันปลายอีกข้างหนึ่งของเซลล์จะสร้างโปรตีนและสร้างเสร็จสมบูรณ์พร้อมๆกับการสร้างสปอร์ การสร้างผลึกโปรตีนนี้ไม่ใช่การตกผลึกของโปรตีนธรรมดาที่มีอยู่ภายในเซลล์ของแบคทีเรียในระยะ vegetative growth แต่เป็นโปรตีนหน่วยย่อยที่แบคทีเรียสร้างขึ้นโดยเฉพาะเมื่อรวมกันเป็นผลึกโปรตีนจะสร้างเฉพาะตอนที่สร้างสปอร์หากใส่สารยับยั้งการสร้างสปอร์ก็จะไม่สร้างผลึกโปรตีนในเซลล์เช่นกัน

ผลึกโปรตีน หรือ crystal protein ประกอบด้วยโมเลกุลของโปรตีนที่มีรูปร่างเป็นแบบ dumb-bell shape ขนาดยาวประมาณ 15 µm และมีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 5 µm น้ำหนักโมเลกุล 230,000 ดาลตัน ประกอบด้วยกรดอะมิโน 18 ชนิด ไม่ทนต่อความร้อน ไม่ละลายน้ำและสารอินทรีย์อื่นๆ แต่จะละลายในด่างทนอยู่ในน้ำหรือสภาพแห้งแล้งได้นาน เช่น ในที่มืดและที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุณหภูมิ 3 องศาเซลเซียสจะทนได้นานถึง 10 ปี ผลึกโปรตีนเป็น protoxin ที่เรียกว่า heat-labile protoxin เมื่อเข้าไปในตัวแมลงจะถูกน้ำย่อย proteolytic enzyme ในกระเพาะอาหารของแมลงย่อยสลายเป็นโปรตีนโมเลกุลย่อยๆซึ่งเป็นพิษต่อแมลง ผลึกโปรตีนจึงเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้แมลงได้รับเชื้อแบคทีเรียนี้ตาย เมื่อทำการศึกษาโครงสร้างนี้โดยใช้ X-ray Crystallography โดยศึกษาโครงสร้างของผลึกโปรตีน CryIIIA

สารพิษที่สร้างโดย *B. thuringiensis* (Burges and Hussey, 1971)

B. thuringiensis สร้างสารพิษหลายชนิด เชื้อต่างสายพันธุ์สร้างสารพิษที่มีคุณสมบัติเฉพาะเจาะจงกับแมลงต่างชนิดกันไปและมีความเป็นพิษมากย้อยแตกต่างกันไป สารพิษที่เชื้อสร้างขึ้นมีอยู่ 5 ชนิด

1. Delta (§) endotoxin พบครั้งแรกโดย Hannay เมื่อปี ค.ศ.1953 ในหนอนไหม เรียกว่า crytal protrin หรือ parasporal body นอกจากนี้ยังพบใน *B. subtillis, B. Laterosporus, B. popilliae* และ *Clostridium cochiearium* แต่มีสารพิษต่อแมลงน้อยมากแตกต่างกัน จนถึงปัจจุบันพบว่ามีผลเฉพาะกับหนอนผีเสื้อบางชนิด ยุง ริ้น และ blackflies เท่านั้น

2. Bata (β) exotoxin หรือ thuringiensin หรือ themostable exotoxin คือ สารพิษที่ปล่อยออกมาภายนอกเซลล์กำลังเจริญเติบโต บางทีเรียกว่า fly factor เพราะพบครั้งแรกในแมลงวันบ้านที่ตายเพราะ *B. thuringiensis* เมื่อศึกษาดูพบว่าแมลงวันไม่ได้ตายเพราะ §-exotoxin ต่อผีเสื้อหนอนกินไขผึ้งขนาดใหญ่พบว่าสามารถทำให้เกิดความผิดปกติกับหนอนกินไขผึ้งขนาดใหญ่ได้ทุกระยะตั้งแต่ระยะหนอน ดักแด้ และเมื่อหนอนเจริญเป็นตัวเต็มวัยจะมีรูปร่างผิดปกติ เช่น ปีกยับไม่สามารถบินได้ ปากมีลักษณะผิดปกติรวมถึงขนาดของลำตัวสั้นลง ส่วนต่างๆของลำตังบวมขึ้น จากการรวบรวมข้อมูลพบว่า exotoxin จะทำให้ส่วนของปากและปีกของแมลงผิดปกติด้วย

3. Alpha (α) exotoxin หรือ lecithinase C หรือ phospholipaseC เป็นสารซึ่งสร้างในเซลล์และปล่อยออกมาภายนอกเซลล์ พบโดย Toumanoff จึงเรียกว่า Toumanoff's factor นอกจากนี้ยังมีชื่อเรียกอื่นๆ อีกเช่น mouse facter , thermosensitive exotoxin เป็นสารที่ไม่ทนต่อความร้อนละลายน้ำได้ มีคุณสมบัติพิเศษเป็น hemolysin คือทำละลายเซลล์เม็ดเลือด และมีผลต่อการขัดขวางการทำงานในระบบสรีรวิทยาหลายอย่างในตัวแมลง

4. Gamma (γ) exoxin เป็นสารพิษที่ไม่ทนต่อความร้อน อ่อนแอต่ออากาศ ก๊าซออกซิเจนและแสงอาทิตย์ ที่อุณหภูมิสูงกว่า 60 องศาเซลเซียส จะถูกทำลายภายใน 10-15 นาที กลไกในการนำเข้าทำลายแมลงนี้ยังไม่เป็นที่รู้กันแน่ชัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. Louse factor พบโดย Gingrich มีเหาถึง 4 ชนิด แสดงอาการผิดปกติเมื่อได้รับเชื้อ *B. thuringiensis* var. kurstaki (HD-1) เชื้อที่ไม่สร้าง exotoxin และพบว่าความผิดปกติไม่ได้เกิดจาก endotoxin จึงรายงานว่าเป็นสารพิษอีกชนิดหนึ่งที่เชื้อสร้างขึ้นและให้ชื่อสารนี้ว่า louse factor และยังมีเอนไซม์ (exoenzymes) พวก chitinase เป็นตัวช่วยส่งเสริมให้การเข้าทำลายดีขึ้น (อัจฉรา, ม.ป.ป.)

กลไกการทำให้เกิดโรค *B. thuringiensis* (Burges and Hussey, 1971)

B. thuringiensis นั้นทำให้เกิดโรคกับแมลงหลายชนิด โดยเฉพาะกับหนอนผีเสื้อ ซึ่งพบว่ามีหนอนประมาณ 150 ชนิดที่อ่อนแอต่อ *B. thuringiensis* สายพันธุ์ต่างๆ ที่พบเนื่องจากมีผลต่อแมลงหลายชนิดอาการและการตอบสนองของแมลงต่อเชื้อจึงมีหลายแบบความอ่อนแอของแมลงต่อเชื้อ *B. thuringiensis* นั้นขึ้นอยู่กับชนิดของแมลง นอกจากนี้ยังขึ้นอยู่กับปัจจัยอื่นๆด้วย เช่น อายุของแมลง ความแข็งแรงของแมลง และสภาพแวดล้อมต่างๆ ส่วนความเป็นสารพิษของเชื้อแบคทีเรียนั้นขึ้นอยู่กับ สายพันธุ์ของเชื้ออายุของเชื้อสภาพการเพาะเลี้ยง และอัตราส่วนระหว่างสปอร์กับผลึกโปรตีนที่แมลงได้รับเข้าไป แมลงจะเป็นโรค โดยการกินเชื้อเข้าไป (ทิพย์วดี, 2535)

B. thuringiensis มีกลไกในการทำลายแมลง 2 ประการหลัก คือ

1. ทำให้เกิดอัมพาตทั่วตัว (general paralysis) จากการศึกษาจากตัวอย่างหนอนไหมที่ได้รับ *B. thuringiensis* พบว่าแมลงจะเป็นอัมพาตอย่างรวดเร็วจนกระทั่งหยุดนิ่งเฉยไม่ทำอะไรเลยภายใน 80 นาที หลังจากได้รับเชื้อ การเกิดอัมพาตจะเกิดควบคู่กับการเกิดสภาพความเป็นด่างในเลือดซึ่งเกิดจากที่ crystal protein หรือ endotoxin ไปทำลายผนังกระเพาะอาหาร ทำให้เกิดการซึมผ่านเข้าออกของสารในกระเพาะอาหารและเลือด สมดุลที่มีอยู่ในธรรมชาติถูกเปลี่ยนไปสภาพพีเอชในกระเพาะอาหารปกติประมาณ 10.2-10.5 จะต่ำลง และในเลือดซึ่งปกติจะมี พีเอชประมาณ 6.8 ก็จะเพิ่มมากขึ้น การเพิ่มขึ้นของพีเอชในเลือดทำให้แมลงเกิดอาการเป็นอัมพาตและเป็นไปทั่วตัวอย่างรวดเร็วและรุนแรง

2. ทำให้เกิดอัมพาตที่กระเพาะอาหาร (gut paralysis) ในแมลงบางชนิดจะไม่เกิดอัมพาตทั่วตัว และพบว่าพีเอชในเลือดไม่ได้เปลี่ยนแปลง แต่กระเพาะอาหารของแมลงจะถูกทำลายอย่างรวดเร็ว ทำให้แมลงหยุดกินอาหาร อาเจียน และท้องเสีย แมลงจะตายภายใน 24-48 ชั่วโมง

ลักษณะโดยทั่วไปของแมลงภายหลังได้รับเชื้อ *B. thuringiensis* จะมีการเคลื่อนไหวที่ช้าลง หยุดเคลื่อนที่ไม่อยากกินอาหาร สำรอกอาหารออกมา และมีอาการเป็นพิษในทางเดินอาหาร โดย *B. thuringiensis* จะมีการเคลื่อนไหวที่ช้าลง หยุดเคลื่อนไหวไม่อยากกินอาหาร สำรอกอาหารออกมา และมีอาการเป็นพิษในทางเดินอาหารโดย *B. thuringiensis* จะเข้าไปในช่องว่างในลำตัวแมลง ทั้งนี้อาจผ่านเข้าทางแผลที่บริเวณลำตัวหรือแผลที่กระเพาะอาหาร ในระหว่างการลอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คราบ อาจผ่านจากเซลล์กระเพาะอาหารเข้าไปในเลือด เนื่องจากผนังรอบท่ออาหาร (peritrophic membrane) ซึ่งเป็นด่านกั้นอยู่หลุดไปพร้อมกับการลอกคราบ *B. thuringiensis* จะทวีจำนวนในช่องว่างภายในลำตัวของแมลงหรือในเลือดแมลงเกิดการทำลายอวัยวะต่างๆ *B. thuringiensis* บางชนิดจะสร้างพิษ (toxin) ซึ่งมีผลทางตรงหรือทางอ้อมต่อการย่อยอาหารในแมลง เมื่อแมลงตายและจะมีสีเข้มเป็นสีน้ำตาลและดำ ตัวอ่อนนุ่มรูปร่างไม่คงที่ อวัยวะภายในเหลวและมีกลิ่นเหม็น

อาการของแมลงภายหลังที่ได้รับเชื้อ *B. thuringiensis* มักทำให้การย่อยอาหาร การหายใจและการหมุนเวียนโลหิตของแมลงผิดปกติไปจากเดิม การเปลี่ยนแปลงจะเกิดขึ้นในเนื้อเยื่อและอวัยวะต่างๆ เกือบทุกชนิดในแมลง เช่น *B. thuringiensis* ที่เข้าทำลายชั้น epithelial cells ของท่ออาหารของแมลง จะทำให้เซลล์บวม และแตก แม้ว่าเซลล์ชั้นนี้จะลอกหลุดไปพร้อมกับการลอกคราบ และแมลงสร้างเซลล์ใหม่ขึ้นมาแทน *B. thuringiensis* ที่ออกมาจากเซลล์เก่าที่ตายแล้วจะเข้าทำลายเซลล์ใหม่ทันทีในเวลาอันรวดเร็ว

ผลึกสารพิษที่สร้างโดย *B. thuringiensis* สายพันธุ์ต่างๆมีรูปร่าง 5 แบบคือ

1. ผลึกรูป bipyramid
2. ผลึกรูป amorphous
3. ผลึกรูป cuboidal
4. ผลึกรูป flat-shape
5. ผลึกรูป bipyramid และ spherical

การจัดจำแนกยีนที่สร้าง crystal protein (Cry genes)

ในปี 1989 Hofte และ Whiteley ได้วิจัยพบแผนสำหรับ Cry genes ซึ่งในขณะนั้นมี 40 genes ที่ถูก cloned และศึกษาลักษณะของgenes โดยแบ่ง genes ออกเป็น 4 กลุ่ม การจัดกลุ่มยึดความจำเพาะต่อแมลงและดูความคล้ายกันของลำดับเบสของ nucleotideดังนี้

Genes แบบที่ 1 สามารถถอดรหัสแล้วได้โปรตีนที่มีขนาด 130 กิโลดาลตัน ซึ่งโดยปกติจะมีผลเฉพาะกับแมลงใน อันดับ Lepidoptera

Genes แบบที่ 2 สามารถถอดรหัสแล้วได้โปรตีนที่มีขนาด 70 กิโลดาลตัน ซึ่งเป็นโปรตีนที่มีผลต่อแมลงในอันดับ Lepidoptera เป็นหลัก แล้วยังมีผลิตภัณฑ์ที่ได้จากยีนส์ หรือ Cry IIA ซึ่งมีผลต่อแมลงในอันดับ Lepidoptera และ diptera

Genes แบบที่ 3 สามารถถอดรหัสแล้วได้โปรตีนที่มีขนาด 70 กิโลดาลตัน ซึ่งเป็นโปรตีนที่มีผลต่อแมลงในอันดับ Coleoptera

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Genes แบบที่ 4 จะให้โปรตีนที่มีขนาด 130 กิโลดาลตันและ 70 กิโลดาลตันซึ่งโปรตีนทั้ง 2 ชนิดนี้ ถูกแยกได้ จาก *B. thuringiensis* subsp.*israelensis* โดยจะมีผลต่อตัวอ่อนของยุงและริ้นดำในแมลงอันดับ Diptera สูง

การแบ่งผลึกของสารพิษตามลักษณะที่ทำให้เกิดโรคกับแมลงได้ 4 ชนิด

1. ทำให้เกิดโรคกับแมลงในอันดับ Lepidoptera
2. ทำให้เกิดโรคกับแมลงในอันดับ Lepidoptera และ Diptera
3. ทำให้เกิดโรคกับแมลงในอันดับ Coleoptera
4. ทำให้เกิดโรคกับแมลงในอันดับ Diptera

การเพาะเลี้ยง *B. thuringiensis*

B. thuringiensis สามารถเพาะเลี้ยงให้ได้ปริมาณมากๆ โดยอาศัยกระบวนการหมัก (fermentation process) ซึ่งเลี้ยงในอาหารเหลว (submerged culture) ในภาชนะขนาดใหญ่ บรรจุอาหารเหลวที่มีส่วนประกอบของแร่ธาตุต่างๆ ที่จำเป็นต่อการเจริญของเชื้อ โดยมีการควบคุมอุณหภูมิ,Ph และการถ่ายเทอากาศในถังหมักอย่างเหมาะสม *B. thuringiensis* จะเพิ่มจำนวนอย่างรวดเร็วจากนั้นจะผ่านกระบวนการแยก *B. thuringiensis* ออกจากของเหลวโดยผลิตภัณฑ์ที่ออกมาจะอยู่ในรูปผงละลายน้ำเข้มข้น เป็นต้น

ในระหว่างการหมัก *B. thuringiensis* เริ่มแรกจะเพิ่มจำนวนในสภาวะการเจริญเติบโต (vegetative phase) เมื่อส่วนประกอบในสารอาหารถูกนำไปใช้หมด มันจะเข้าสู่ระยะการสร้างสปอร์ (Sporulation stage) และ crystal protein จะถูกสร้างขึ้นระหว่างสภาวะนี้ ภายหลังสิ้นสุดการสร้างสปอร์ เซลล์จะแตกเพื่อปล่อย spore และ crystal protein

การนำ *Bacillus thuringiensis* มาใช้ประโยชน์

Bacillus thuringiensis (BT) เป็นแบคทีเรียชนิดแกรมบวก สร้างสปอร์ และผลึกโปรตีนหลายชนิด เช่น รูปปิรามิดคู่ รูปกลม และรูปลูกบาศก์ เป็นต้น เนื่องจากผลึกโปรตีนที่สร้างขึ้นนี้มีฤทธิ์ในการทำลายแมลงศัตรูชนิดต่างๆ เมื่อตัวอ่อนของแมลงกินผลึกโปรตีนนี้เข้าไปสภาพความเป็นด่างในกระเพาะอาหารส่วนกลาง จะย่อยสลายผลึกโปรตีนได้ protoxin และน้ำย่อย protease จะช่วยกระตุ้นให้ protoxin เข้าทำลายเซลล์ผนังกระเพาะของแมลงให้บวมและแตกออก เชื้อ BT ในกระเพาะจะไหลเข้าสู่ช่องว่างภายในลำตัวของแมลงมีผลกระทบต่อระบบไหลเวียนโลหิต ทำให้แมลงแสดงอาการโลหิตเป็นพิษ ชักกระตุก เป็นอัมพาต และตายในที่สุด (Tanada and Kaya, 1993 อ้างโดย อัจฉรา, ม.ป.ป.) ทำให้เชื้อแบคทีเรียนี้เข้ามามีบทบาทในการควบคุมแมลงแมลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ศัตรูสำคัญ ทั้งทางด้านการเกษตร และการแพทย์ (Luthy *et.al.*, 1982 อ้างโดย อัจฉรา, ม.ป.ป.) Ishiwata ได้แยกเชื้อนี้ได้ครั้งแรกจากหนอนไหมที่เป็นโรค (Ishiwata, 1901 อ้างโดย อัจฉรา, ม.ป.ป.)

Cantwell *et al.* (1983) ได้ทำการทดลอง Certan™ (*B. thuringgiensis* subsp. *Kurstaki*) จากบริษัท Sandoz ในการควบคุมผีเสื้อหนอนกินไขผึ้งขนาดใหญ่ในโรงเก็บคอนผึ้งที่เมือง Beltsville ในประเทศสหรัฐอเมริกา เมื่อปี ค.ศ. 1979 ที่อุณหภูมิ 32 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 35-68 เปอร์เซ็นต์ พบว่าการใช้ Certan™ ที่ความเข้มข้น 0.05 เปอร์เซ็นต์ สามารถป้องกันการทำลายของหนอนผีเสื้อกินไข่ผึ้งได้ 100% ส่วนที่ความเข้มข้น 0.001 เปอร์เซ็นต์ พบว่าแผ่นรวงรังผึ้ง มีการถูกทำลายเพียงเล็กน้อย และสามารถป้องกันได้นานถึง 12 เดือน และบริษัท Sandoz ได้ทำการทดสอบประสิทธิภาพของยา SAN 401 ใน

การป้องกันกำจัดผีเสื้อหนอนกินไขผึ้งที่เมือง Basel ประเทศสวิสเซอร์แลนด์ พบว่าที่ความเข้มข้น 5 เปอร์เซ็นต์ หลังจากการทดลอง 1 เดือน สามารถป้องกันการเข้าทำลายได้ 100 เปอร์เซ็นต์ในแผ่นรวงรังผึ้งที่ยังไม่มีตัวหนอนเข้าทำลาย ส่วนแผ่นรวงรังผึ้งที่ถูกตัวหนอนเข้าทำลายบ้างจะหยุดการทำลายในที่สุด และสามารถป้องกันได้นานถึง 8 เดือน

Vandenberge และ Shimanuki (1986) ได้ทำการทดลองความคงทนและประสิทธิภาพของ *B. thuringiensis* ในการป้องกันกำจัดหนอนผีเสื้อกินไขผึ้งขนาดใหญ่ โดยวิธีการฉีดพ่นลงในแผ่นรวงรังของผึ้ง พบว่า *B. thuringiensis* ที่เก็บไว้ในอุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส จะมีประสิทธิภาพลดลงเล็กน้อยเมื่อเทียบกับ *B. thuringiensis* ที่เก็บไว้ในอุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส และพบว่าสปอร์สามารถคงทนอยู่ได้ในหีบเลี้ยงผึ้งนานถึง 10-20 สัปดาห์ โดยที่สามารถป้องกันการเข้าทำลายของหนอนผีเสื้อกินไขผึ้งได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนั้นประเทศไทยได้มีการแยกสายพันธุ์ *B. thuringiensis* เพื่อใช้ในการป้องกันกำจัดหนอนใยผักและควบคุมปริมาณลูกน้ำยุงต่างๆ สายพันธุ์ของ *B. thuringiensis* ที่ใช้กันในปัจจุบันมีประมาณ 5 สายพันธุ์ เช่น *aizawai kurstake israelensis sandiego*และ *tenebrionis* บางสายพันธุ์สามารถสร้างสารพิษทำลายหนอนผีเสื้อในกลุ่ม Lepidoptera บางสายพันธุ์ใช้ควบคุมลูกน้ำยุงในอันดับ Diptera ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับการควบคุมการสร้างโปรตีน (Cry gene) ซึ่งเหล่านี้ได้ถูกแยกขยายและตัดต่อโดยเทคนิคทางพันธุกรรมเพื่อนำไปสู่การปรับปรุงพันธุ์ *B. thuringiensis* ให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น

อัจฉรา (2534) ได้ทำการทดลองกับหนอนมวนใบ (*Archips* sp.) โดยใช้ *B.thuringiensis* subsp.*kurstaki* ชนิดผง Flobac ชนิดน้ำเข้มข้นและสายพันธุ์ TNR-2 ที่ผลิตขึ้นเองในห้องปฏิบัติการ พบว่าการใช้แบคทีเรียจะให้ประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัดได้ดีกว่าการใช้สารเคมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การใช้ *B. thuringiensis* ควบคุมแมลงต่างๆ การที่จะประสบความสำเร็จ หรือ มีประสิทธิภาพสูงยังขึ้นอยู่กับวิธีการใช้ การพ่นให้เป็นฝอยเล็กๆจะเพิ่มประสิทธิภาพการฆ่าแมลงสูงขึ้นและได้มีการนำเอา *B. thuringiensis* ผสมกับยาฆ่าแมลง จากการทดลองกับหนอน *Ostrinia nubilalis* และ *Helicoverpa zea* ในข้าวโพดหวาน พบว่า *B. thuringiensis* subsp.*kurstaki* สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัดได้มากขึ้น

ตารางที่ 2 ผลิตภัณฑ์ของ *B. thuringiensis* ที่มีจำหน่ายในท้องตลาด

ชื่อผลิตภัณฑ์	ตัวแทนจำหน่าย
แบคโตสปีน (bactospeine)	บริษัท เทพวัฒนาเคมี จำกัด
เซนทารี (Centari)	บริษัท เฮิกร์ เซริง อากริโว จำกัด
เดลฟิน (Delfin)	บริษัท อินซแคป เคมีคัล ซัพพลายส์ จำกัด
ไดเพล (Dipel WP)	บริษัท อีคลิปส์ จำกัด
ธูริไซด์ เอชพี (THuricide HP)	บริษัทอินซแคป เคมีคัล ซัพพลายส์ จำกัด
ทูแรกซ์ 50 ดับลิวพี (Turex 50 WP)	บริษัท ซีบา-ไกกี้ (ประเทศไทย) จำกัด

ที่มา : จริยา และ คณะ (2541)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์การทดลอง

1. เมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวาน พันธุ์อินทรีย์ 2
2. เชื้อรา *Bacillus thuringiensis*
3. ปูนขาว รำ แกลบ
4. ช้อนปลูก ซ่อมพรวน จอบ คราด เสียม
5. บัวรดน้ำ สายยาง เครื่องสูบน้ำ
6. เครื่องชั่งน้ำหนัก 2 ตำแหน่ง
7. เครื่องวัดพื้นที่ใบ LAI
8. ตู้อบ
9. ปุ๋ย 46 - 0 - 0 , 16 - 20 - 0
10. รถไถ
11. เวอร์เนียคาลิเปอร์

วิธีการทดลอง

การวางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) ประกอบด้วย 4 treatment แต่ละtreatment มี 3 replication โดยปลูกทั้งหมด 12 แปลง ใช้เชื้อแบคทีเรีย *Bacillus thuringiensis*

วิธีการปลูกและดูแลรักษา

เริ่มเตรียมดินโดยการไถดะ 1 ครั้ง ตามด้วยไถแปร และไถย่อยดินครั้งสุดท้ายให้ร่วนซุยพอสมควร แบ่งพื้นที่เป็นแปลงย่อยขนาดกว้าง 1.2 เมตร ยาว 1.5 เมตร จำนวน 12 แปลง ทำการใส่ปุ๋ย โดยจะใส่ปุ๋ยรองพื้นสูตร 15 -15 -15 อัตรา 20 กิโลกรัมต่อไร่ โดยใส่พร้อมปลูก ใส่ยูเรีย (46 – 0 - 0) แต่งหน้าดิน เมื่อข้าวโพดหวานมีอายุ 7 – 15 วัน หลังปลูกทำการย้ายกล้า โดยเลือกต้นกล้าที่แข็งแรงและมีขนาดเท่า ๆ กัน ไปปลูกการย้ายกล้าควรทำในเวลาเช้าหรือเย็น

การปลูก ในการปลูกจะใช้แปลงทั้งหมด 12 แปลง เว้นพื้นที่ระหว่างแปลงย่อย 0.5 เมตร ระยะระหว่างแถว 30 เซนติเมตร ระยะระหว่างต้นหรือหลุม 25 เซนติเมตร โดย หยอดเมล็ด 3-4 เมล็ดต่อหลุม เมื่อครบ 7 วัน ทำการปลูกซ่อมหลุมที่ไม่มีต้นงอก หลังจากข้าวโพดงอกได้ 10 วันทำการถอนแยกให้เหลือ 2 ต้นต่อหลุม ทำการรดน้ำทุกเช้าและเย็น หลังหว่านปูนโดโลไมท์ ปูนขาว หรือ สารปรับสภาพดินไปแล้ว 5 - 7วัน ทำการใช้เชื้อ *Bacillus thuringiensis* โดยมีอัตราส่วนดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Treatment 1 ใส่เชื้อ *Bacillus thuringiensis* อัตรา 0 กรัมต่อตารางเมตร

Treatment 2 ใส่เชื้อ *Bacillus thuringiensis* อัตรา 100 กรัมต่อตารางเมตร

Treatment 3 ใส่เชื้อ *Bacillus thuringiensis* อัตรา 200 กรัมต่อตารางเมตร

Treatment 4 ใส่เชื้อ *Bacillus thuringiensis* อัตรา 300 กรัมต่อตารางเมตร

*พร้อมทำการกำจัดวัชพืชในแปลงแล้วรดน้ำพรวนดิน

สถานที่ทำการทดลอง

แปลงทดลองพืชไร่ ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ

การบันทึกข้อมูล

1. น้ำหนักฝักก่อนปอกเปลือก
2. น้ำหนักฝักหลังปอกเปลือก
3. ความยาวฝักหลังปอกเปลือก
4. เส้นผ่าศูนย์กลางฝักหลังปอกเปลือก

ระยะเวลาในการดำเนินงาน

เริ่มทำการทดลองตั้งแต่ วันที่ 5 สิงหาคม พ.ศ. 2548

เก็บเกี่ยวผลผลิต วันที่ 10 พฤศจิกายน พ.ศ. 2548

รวมระยะเวลาที่ทำการทดลองทั้งสิ้น 90 วัน

การวิเคราะห์ผลทางสถิติโดยใช้โปรแกรม Sirichai

นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้ตาราง Analysis of Variance (ANOVA) ซึ่งวางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan Multiple Range Test (DMRT)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ห้องสมุดคณะเทคโนโลยีการเกษตร พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ผลการทดลองและวิจารณ์

การแสดงค่าการวัดผลของน้ำหนักฝักก่อนปอกเปลือก

เมื่อพิจารณาถึงน้ำหนักฝักก่อนปอกเปลือก (ตารางที่ 3) จะพบว่าการฉีดพ่นเชื้อ *B. thuringiensiss* ที่ปริมาณ 0 100 200 และ 300 g/m^2 ตามลำดับ จะมีผลต่อน้ำหนักฝักเท่ากับ 3,446.39 3,250.36 3,344.93 และ 3,459.19 ตามลำดับ ในการฉีดพ่นเชื้อที่ปริมาณ 300 g/m^2 จะให้น้ำหนักฝักก่อนปอกเปลือกสูงที่สุด จากการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบน้ำหนักฝักก่อนปอกเปลือกในการใช้ปริมาณเชื้อที่แตกต่างกัน พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางที่ 3 แสดงค่าในการวัดผลของน้ำหนักฝักก่อนปอกเปลือก (กิโลกรัมต่อไร่) ของข้าวโพดหวานที่ใช้ปริมาณของเชื้อแตกต่างกัน

ปริมาณเชื้อ (g/m^2)	ซ้ำ			รวม	เฉลี่ยns
	1	2	3		
0	3,040.65	3,846.90	3,451.61	10,339.16	3,446.39
100	3,235.79	3,278.26	3,237.04	9,751.09	3,250.36
200	3,240.96	3,476.06	3,317.76	10,034.78	3,344.93
300	3,196.92	3,714.14	3,466.50	10,377.56	3,459.19
CV. (%)				4.96	
LSD.05				334.422 กิโลกรัมต่อไร่	
LSD.01				506.622 กิโลกรัมต่อไร่	

ns ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

99999

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การแสดงค่าการวัดผลของน้ำหนักฝักหลังปอกเปลือก

เมื่อพิจารณาถึงน้ำหนักฝักหลังปอกเปลือก (ตารางที่ 4) จะพบว่าการฉีดพ่นเชื้อ *B. thuringiensis* ที่ปริมาณ 0 100 200 และ 300 g/m^2 ตามลำดับ จะมีผลต่อน้ำหนักฝักหลังปอกเปลือก เท่ากับ 3,187.51 2,646.31 2,650.07 และ 3,100.58 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับซึ่งการทดลองที่ไม่มีการฉีดพ่นเชื้อจะให้น้ำหนักฝักหลังปอกเปลือกสูงที่สุดจากการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบน้ำหนักฝักหลังปอกเปลือกในการใช้ปริมาณเชื้อที่แตกต่างกัน พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางที่ 4 แสดงค่าในการวัดผลของน้ำหนักฝักหลังปอกเปลือก (กิโลกรัมต่อไร่) ของข้าวโพดหวานที่ใช้ปริมาณของเชื้อแตกต่างกัน

ปริมาณเชื้อ (g/m^2)	ซ้ำ			รวม	เฉลี่ย
	1	2	3		ns
0	2,757.28	3,379.04	3,426.22	9,562.54	3,187.51
100	2,657.12	2,820.91	2,460.89	7,938.93	2,646.31
200	2,600.23	2,333.78	3,016.20	7,950.21	2,650.07
300	2,820.13	3,037.52	3,444.09	9,301.73	3,100.58
CV. (%)				9.88	
LSD.05				571.556 กิโลกรัมต่อไร่	
LSD.01				865.860 กิโลกรัมต่อไร่	

ns ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การแสดงค่าการวัดผลของความยาวฝักหลังปอกเปลือก

เมื่อพิจารณาถึงความยาวฝักหลังปอกเปลือก (ตารางที่ 5) จะพบว่าการฉีดพ่นเชื้อ *B. thuringiensis* ที่ปริมาณ 0 100 200 และ 300 g/m^2 ตามลำดับ จะมีผลต่อความยาวฝักเท่ากับ 15.83 16.03 16.91 และ 18.07 ตามลำดับ ในการฉีดพ่นเชื้อที่ปริมาณ 300 g/m^2 จะให้ความยาวฝักสูงที่สุด จากการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบความยาวฝักในการใช้ปริมาณเชื้อที่แตกต่างกัน พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางที่ 5 แสดงค่าในการวัดผลของความยาวฝักหลังปอกเปลือก (เซนติเมตร) ของข้าวโพดหวานที่ใช้ปริมาณของเชื้อแตกต่างกัน

ปริมาณเชื้อ (g/m^2)	ซ้ำ			รวม	เฉลี่ยns
	1	2	3		
0	15.20	14.40	17.90	47.50	15.83
100	15.30	15.50	17.30	48.10	16.03
200	16.00	17.00	17.73	50.73	16.91
300	17.31	19.70	17.20	54.21	18.07
CV. (%)				7.58	
LSD.05				2.532 เซนติเมตร	
LSD.01				3.836 เซนติเมตร	

ns ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การแสดงค่าการวัดผลของเส้นผ่าศูนย์กลางฝักหลังปอกเปลือก

เมื่อพิจารณาถึงเส้นผ่าศูนย์กลางฝักหลังปอกเปลือก (ตารางที่ 6) จะพบว่าการฉีดพ่นเชื้อ *B. thuringiensis* ที่ปริมาณ 0 100 200 และ 300 g/m^2 ตามลำดับ จะมีผลต่อเส้นผ่าศูนย์กลางฝักเท่ากับ 4.22 4.23 4.27 และ 4.35 เซนติเมตร ตามลำดับ ในการฉีดพ่นเชื้อที่ปริมาณ 300 g/m^2 จะให้เส้นผ่าศูนย์กลางฝักสูงที่สุด จากการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบเส้นผ่าศูนย์กลางฝักในการใช้ปริมาณเชื้อที่แตกต่างกันพบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางที่ 6 แสดงค่าในการวัดผลของเส้นผ่าศูนย์กลางฝักหลังปอกเปลือก (เซนติเมตร) ของข้าวโพดหวานที่ใช้ปริมาณของเชื้อแตกต่างกัน

ปริมาณเชื้อ (g/m^2)	ซ้ำ			รวม	เฉลี่ย
	1	2	3		
0	4.00	4.20	4.45	12.65	4.22
100	4.20	4.20	4.30	12.70	4.23
200	4.30	4.20	4.30	12.80	4.27
300	4.40	4.20	4.45	13.05	4.35
CV. (%)				2.48	
LSD.05				0.211 เซนติเมตร	
LSD.01				0.320 เซนติเมตร	

ns ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุป

จากการศึกษาถึงอิทธิพลจากการใช้เชื้อ *Bacillus thuringiensis* ฉีดพ่นให้กับต้นข้าวโพดหวานโดยใช้ปริมาณเชื้อที่แตกต่างกัน โดยวางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) จำนวน 3 ซ้ำ มี 4 สิ่งทดลอง ประกอบด้วย แปลงที่ไม่ฉีดพ่นเชื้อ ฉีดพ่นเชื้อ 100 200 และ 300 g/m^2 พบว่า *Bacillus thuringiensis* มีอิทธิพลต่อ น้ำหนักฝักก่อนปอกเปลือก น้ำหนักฝักหลังปอกเปลือก ความยาวฝักหลังปอกเปลือก และเส้นผ่าศูนย์กลางฝักหลังปอกเปลือกของข้าวโพดหวาน โดยน้ำหนักฝักก่อนปอกเปลือกที่ฉีดพ่นเชื้อในปริมาณ 300 g/m^2 ส่งผลให้ข้าวโพดหวานมีผลผลิตมากที่สุด คือ 3,459.19 กิโลกรัมต่อไร่ รองลงมาคือ ที่ได้ฉีดพ่นเชื้อในปริมาณ 200 และ 100 g/m^2 คือ 3,446.39 3,344.93 และ 3,250.36 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ น้ำหนักฝักหลังปอกเปลือกของข้าวโพดหวานที่ไม่ได้ฉีดพ่นเชื้อ คือ 3,187.51 กิโลกรัมต่อไร่ รองลงมาคือ ฉีดพ่นเชื้อในปริมาณ 300 200 และ 100 g/m^2 คือ 3,100.58 2,650.07 และ 2,646.31 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ ความยาวฝักหลังปอกเปลือกของข้าวโพดหวานที่ฉีดพ่นเชื้อในปริมาณ 300 g/m^2 คือ 18.07 เซนติเมตร รองลงมาคือ ฉีดพ่นเชื้อในปริมาณ 200 100 g/m^2 และ ไม่ฉีดพ่นเชื้อ คือ 16.91 16.03 และ 15.83 เซนติเมตร ตามลำดับ และเส้นผ่าศูนย์กลางฝักหลังปอกเปลือกของข้าวโพดหวานที่ฉีดพ่นเชื้อในปริมาณ 300 g/m^2 คือ 4.35 เซนติเมตร รองลงมาคือ ฉีดพ่นเชื้อในปริมาณ 200 100 g/m^2 และ ไม่ฉีดพ่นเชื้อ คือ 4.27 4.23 และ 4.22 เซนติเมตร ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติ พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 9)

จึงสรุปได้ว่าการฉีดพ่นเชื้อ *B. thuringiensis* ในปริมาณที่แตกต่างกัน ไม่มีผลต่อปริมาณผลผลิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 9 แสดงค่าในการวัดผลของฝักข้าวโพดหวาน คือ น้ำหนักฝักก่อนปอกเปลือก น้ำหนักฝักหลังปอกเปลือก ความยาวฝักหลังปอกเปลือก และเส้นผ่าศูนย์กลางฝักหลังปอกเปลือก ที่ใช้ปริมาณของเชื้อแตกต่างกัน

ปริมาณเชื้อ (g/m^2)	น้ำหนักฝักก่อนปอกเปลือก (กิโลกรัมต่อไร่)ns	น้ำหนักฝักหลังปอกเปลือก (กิโลกรัมต่อไร่)ns	ความยาวฝักหลังปอกเปลือก (ซ.ม.)ns	เส้นผ่าศูนย์กลางฝักหลังปอกเปลือก (ซ.ม.)ns
0	3,446.39	3,187.51	15.83	4.22
100	3,250.36	2,646.31	16.03	4.23
200	3,344.93	2,650.07	16.91	4.27
300	3,459.19	3,100.58	18.07	4.35
CV. (%)	4.96	9.88	7.58	2.48
LSD.05	334.422	571.556	2.532	0.211
LSD.01	506.622	865.860	3.836	0.320

*, ** มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 และ 0.01 ตามลำดับ

ns ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตัวเลขที่ตามด้วยอักษรภาษาอังกฤษที่เหมือนกันในแนวตั้งไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

เกษม สร้อยทอง. 2532. การควบคุมโรคพืชโดยชีววิทยา. ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. กรุงเทพฯ. หน้า 185 .

จริยา จันทร์ไพแสง และ นุชนารถ ตั้งจิตสมคิด และ สมศักดิ์ ศิวิชัย. 2541 .จุลินทรีย์ควบคุมแมลงศัตรูพืช. เอกสารประกอบนิทรรศการ งานเกษตรแฟร์ ระหว่างวันที่ 31 มกราคม-7 กุมภาพันธ์ 2541 ณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. 19 หน้า.

เจือจันทร์ จันทสุบรรณ. 2530 .เอ็นโดสปอร์ในแบคทีเรีย. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 21(2):41-44.

ทวีศักดิ์ ภู่หลำ. 2540 .ข้าวโพดหวาน : การปรับปรุงพันธุ์และการปลูกเพื่อการค้า . บ.โอเอสพริ้นท์ติ้งเฮาส์ จำกัด. กรุงเทพฯ.188 หน้า.

ทิพย์วดี อรรถธรรม.2535. โรควิทยาของแมลง. ภาควิชากีฏวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน. นครปฐม. 205 หน้า.

บัญญัติ สุขศรีงาม. 2535. จุลชีววิทยา เล่ม 1. บ.โอเอสพริ้นท์ติ้งเฮาส์ จำกัด. กรุงเทพฯ. 357 หน้า.

ไม่ปรากฏชื่อผู้แต่ง. สถานการณ์ข้าวโพดหวาน. [http://www.doae.goith/plant/sweetcorn/index.htm.23/01/49]. ธันวาคม 8, 2548.

สุชล แก้วพรหม. 2539. การศึกษาการควบคุมโรคข้าวแบบชีววิธีโดยจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ *Bacillus subtilis*. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. สงขลา.

อัจฉรา ตันติโชด. ม.ป.ป. การควบคุมแมลงศัตรูพืชโดยใช้เชื้อแบคทีเรีย. กลุ่มงานวิจัยปราบศัตรูพืชทางชีวภาพ กองกีฏและสัตววิทยา กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ. 23 หน้า.

อัจฉรา ตันติโชด. 2534. แบคทีเรียควบคุมแมลงศัตรูพืช. เอกสารวิชาการควบคุมแมลงศัตรูพืชโดยชีววิธี กองกีฏและสัตววิทยา กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. หน้า 148-166.

อัจฉรา ตันติโชด. 2538. การผลิตและการนำ *Bacillus thuringiensis* ไปใช้ในสภาพไร่. หน้า 200-202. ใน: สมคิด ดิสถาพร. เชื้อจุลินทรีย์ควบคุมศัตรูพืช. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย และกรมวิชาการเกษตร. กรุงเทพฯ.

อุษณีย์ ยิ่งยงทรัพย์มั่น อุษา สิทธารถ และเอื้อมพร ศิริพัทธ์. 2545. การศึกษาการเติบโตและกิจกรรมเอนไซม์ของเชื้อ *Bacillus thuringiensis*. โครงงานพิเศษวิทยาศาสตร์บัณฑิต. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. กรุงเทพฯ. หน้า 4-27.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Bajwa, I.W. and M. Kogan. 2001. *Bacillus thuringiensis*-Based Biological Control of Insect Pests. Integrated Plant Protection Center (IPPC) Oregon State University, Corvallis. pp 4.

Burges,H.D.and N.W. Hussey. 1971. Microbial Control of Insects and Mites. Academic Press, London. 861 pp.

Cantwell, G.E.,Dougherty, E., Cantelo, W.W. 1983. Activity of β - exotoxin of *Bacillus thuringiensis* var. *thuringiensis* against the Corolado potato beetle and the Ames test, Environ. Entomol. 12:1424-1424.

Caroll, J., Ellar, D.J. and J. Li. 1991. Crystal structure of insecttidical delta-endotoxin from *Bacillus thuringiensis* at 2.5 A resolution. Nature, 353:815-821.

Cook, R.J. and K.F. baker. 1983 . The Nature and Practice of Biological Control of Plant Pathogen. The Amer.Phytopathol. Soc., St. Paul, Minnesota, 539 pp.

Cook, R.J. 1985. Biological Control of Microbial Pathogens. The Amer. Phytopathol. Cambridge University Press, London. 450 pp.

Cook, R.J. 1995. Biological Control of Microbial Plant Pathogens. Cambridge University. Press, London. 450 pp.

Fravel, D.r. 1988. Role of antibiosis in the biocontrol of plant disease. Ann. Rev. Phytopathol. 26: 75-91.

Handelsman, J. and J.L Parke 1989. Mechanisms in biocontrol of soilbome plant pathogens. pp. 27-61. In: T.Krouge and E.W. Nester (eds.) Plant-Microbe Intereactions: Molecular and Genetic Perspective, vol 2. Macmillan, New York

Harman, G.E., I. Chet and R. Baker. 1981. Factors affecting Trichoderma hamatum applied to seeds as a biocontrol agent Phytopathol. 71:569-572.

Marshall, D.S. 1982. Effect of Trichoderma harzianum seed treatment and Rhizoctonia solani inoculum concentration on damping-off of snap bean in acidic sils. Plant Dis. 66:788-789.

Nelson, M.R. 1989.Biological Control: The second Century. Plant Dis. 97:617-621

Poinar, G.O., Jr. and G.M. Thomas. 1978. Diagnostic Manual of Identification of insect Pathogen. Plenum Press, New York. 218 pp.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Yamamoto, T. and G.K. Powell. 1993. *Bacillus thuringensis* crystal proteins: Recent advances in understanding its insecticidal. pp. 1-41. In: Kim, L. (ed.). Advanced Engineer Pesticides. Marcel Dekker, New York.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 1 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนของน้ำหนักฝักหลังปอกเปลือกของข้าวโพดหวานที่ใช้ปริมาณเชื้อที่แตกต่างกันในการปลูกข้าวโพดหวาน

Source	df	SS	MS	F	F.05	F.01
Block	2	288,150.463	144,075.231	1.761ns	5.14	10.92
Treatment	3	755,084.516	251,694.839	3.076ns	4.76	9.78
Ex.Error	6	491,012.616	81,835.436			
Total	11	1,534,247.023	39,477.002			

GRAND MEAN = 2,894.21

CV. = 9.88%

LSD .05 = 571.56

LSD .01 = 865.86

*, ** มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 และ 0.01 ตามลำดับ

ns ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางผนวกที่ 2 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนของน้ำหนักฝักก่อนปอกเปลือกของข้าวโพดหวานที่ใช้ปริมาณเชื้อที่แตกต่างกันในการปลูกข้าวโพดหวาน

Source	df	SS	MS	F	F.05	F.01
Block	2	320,709.156	160,354.578	5.724*	5.14	10.92
Treatment	3	85,865.906	28,621.969	1.022ns	4.76	9.78
Ex.Error	6	168,098.879	280,216.480			
Total	11	574,676.018	522,43.274			

GRAND MEAN = 3375.21

CV. = 4.96 %

LSD .05 = 334.422

LSD .01 = 506.622

*, ** มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 และ 0.01 ตามลำดับ

ns ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 3 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนของความยาวฝักหลังปอกเปลือกของข้าวโพดหวาน ที่ใช้ปริมาณเชื้อที่แตกต่างกันในการปลูกข้าวโพดหวาน

Source	df	SS	MS	F	F.05	F.01
Block	2	5.010	2.505	1.559ns	5.140	10.920
Treatment	3	9.362	3.121	1.943ns	4.760	9.780
Ex.Error	6	9.638	1.606			
Total	11	24.009	2.183			

GRAND MEAN = 16.712

CV. = 7.58 %

LSD .05 = 2.53221

LSD .01 = 3.83609

*, ** มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 และ 0.01 ตามลำดับ

ns ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางผนวกที่ 4 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนของเส้นผ่าศูนย์กลางฝักหลังปอกเปลือกของข้าวโพดหวาน ที่ใช้ปริมาณเชื้อที่แตกต่างกันในการปลูกข้าวโพดหวาน

Source	df	SS	MS	F	F.05	F.01
Block	2	0.061	0.031	2.739ns	5.140	10.920
Treatment	3	0.037	0.012	1.112ns	10.760	9.780
Ex.Error	6	0.067	0.011			
Total	11	0.166	0.015			

GRAND MEAN = 4.2625

CV. = 2.48 %

LSD .05 = 0.21125

LSD .01 = 0.32002

*, ** มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 และ 0.01 ตามลำดับ

ns ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล : นาย เขมรัฐ ภักตรา

วันเดือนปีเกิด : 12 พฤษภาคม 2526

ที่อยู่ตามสำเนาทะเบียนบ้าน : 11 ม. 2 ต. เกาะคา อ. เกาะคา จ. ลำปาง 52130

โทรศัพท์ : 0-5428-2012 , 0–1906-5310

ที่อยู่ปัจจุบัน : 11 ม. 2 ต. เกาะคา อ. เกาะคา จ. ลำปาง 52130

โทรศัพท์ : 0-5428-2012 , 0–1906-5310

การศึกษา : พ.ศ. 2533-2538 ระดับประถมศึกษาโรงเรียนอัสสัมชัญลำปาง จ. ลำปาง

พ.ศ. 2539-2541 ระดับมัธยมศึกษาตอนต้นโรงเรียนอัสสัมชัญลำปาง จ. ลำปาง

พ.ศ. 2542-2544 ระดับมัธยมศึกษาตอนปลายโรงเรียนอัสสัมชัญลำปาง จ. ลำปาง

พ.ศ. 2545 ระดับปริญญาตรีวิทยาศาสตรบัณฑิต (พืชไร่)

คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อ-นามสกุล : นาย รวีวัฒน์ ชัยวิรัตน์

วันเดือนปีเกิด : 25 มกราคม 2527

ที่อยู่ตามสำเนาทะเบียนบ้าน : 105 ม.1 ต. ทับคล้อ อ.ทับคล้อ จ.พิจิตร 66150

โทรศัพท์ : 0-9161-4846

ที่อยู่ปัจจุบัน : 105 ม.1 ต. ทับคล้อ อ. ทับคล้อ จ. พิจิตร 66150

โทรศัพท์ : 0–9161-4846

การศึกษา : พ.ศ. 2533-2538 ระดับประถมศึกษาโรงเรียนนรบุตรศึกษา จ.พิจิตร

พ.ศ. 2539-2541 ระดับมัธยมศึกษาตอนต้นตะพานหิน จ.พิจิตร

พ.ศ. 2542-2544 ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ตะพานหิน จ.พิจิตร

พ.ศ. 2545 ระดับปริญญาตรีวิทยาศาสตรบัณฑิต (พืชไร่)

คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้