เรื่องที่ 4

การพัฒนาพันธุ์พืชและการพัฒนาพันธุ์พืชเทคโนชีวภาพรวมทั้งประโยชน์ที่ได้รับจากการใช้พืชเทคโนชีวภาพ

4.1 การพัฒนาพันธุ์พืช

ในอดีตมีการคัดเลือกพันธุ์พืชจากป่ามาปลูกใกล้บ้านของมนุษย์ ถือว่าเป็นการเริ่มต้นของการพัฒนาพันธุ์พืชทางหนึ่ง โดยวิธีการคัดเลือกพันธุ์พืชที่ดี ให้ผลผลิตสูง ไม่มีโรคและแมลงศัตรูเข้าทำลาย แล้วทำการเก็บเมล็ดพันธุ์ไปปลูกในฤดูต่อไป

ต่อมา ด้วยความก้าวหน้าทางวิชาการ ทำให้ทราบว่า การผสมข้ามระหว่างพืช 2 ต้น ตามด้วยการคัดเลือกสามารถเพิ่มผลผลิต และได้ลักษณะที่ต้องการดีกว่าพ่อหรือแม่ เช่น ข้าวโพด เมื่อ 1,000 ปีที่แล้วในทวีปอเมริกาเหนือและอเมริกาใต้ มีขนาดฝักเล็กกว่านิ้วมือ แต่วันนี้มีหลายร้อยพันธุ์ที่มีขนาดฝักยาวเท่าปลายแขน เมื่อวิทยาศาสตร์ด้านการปรับปรุงพันธุ์พืชพัฒนาก้าวหน้าไปจนถึงศตวรรษที่ 20 นักปรับปรุงพันธุ์พืชได้เข้าใจถึงวิธีการคัดเลือกดีขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่ง เทคโนโลยีการผลิตพันธ์พืชลูกผสม จนสามารถพัฒนาพันธุ์พืชใหม่ๆ ซึ่งเป็นการเพิ่มผลผลิตและคุณภาพของทั้งพืชอาหาร พืชอาหารสัตว์ และเส้นใยได้อย่างรวดเร็ว

เทคโนโลยีการผลิตพันธุ์พืชลูกผสม

เมล็ดพันธุ์ลูกผสม เกิดจากการผสมข้ามระหว่างสายพันธุ์แท้พันธุ์พ่อและสายพันธุ์แท้พันธุ์แม่ และได้ผลผลิตที่เหนือกว่าพันธุ์ผสมเปิดในเชิงคุณภาพและปริมาณ เช่น ผลผลิตสูงมีความต้านทานต่อโรคแมลง มีความแข็งแรงของต้นกล้า และมีความสม่ำเสมอของต้นพืช ฯลฯ สายพันธุ์แท้จะให้ลูกที่เหมือนกับพ่อหรือแม่มาก การผสมข้ามระหว่างสายพันธุ์แท้จะได้ลูกผสมชั่วที่ 1 (F_1) มีลักษณะดีเด่นกว่าพ่อและแม่ มีความสม่ำเสมอและคาดเดาลักษณะได้

การพัฒนาพันธุ์ลูกผสม จะก้าวหน้าไปมากหรือน้อยขึ้นกับการลงทุน เนื่องจากต้องใช้เวลานานในการเตรียมสายพันธุ์แท้ เพื่อผลิตเมล็ดลูกผสม (F_1) นอกจากนี้ มีบางครั้งที่การผสมสายพันธุ์แท้ทั้ง 2 สายพันธุ์ ต้องผสมด้วยมือทำให้เมล็ดพันธุ์ลูกผสม (F_1) มีราคาแพง

ปัญหาในการปรับปรุงพันธุ์พืชด้วยวิธีปกติ

การปรับปรุงพันธุ์พืชด้วยวิธีปกติดังกล่าวข้างต้น เพื่อให้ได้พันธุ์ใหม่ที่มีลักษณะตามต้องการ มักพบปัญหาดังนี้

1. ต้องใช้เวลานานกว่าจะได้พันธุ์พืชใหม่ๆ ที่ต้องการ แต่จะนานมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับวงจรชีวิตของพืชชนิดนั้นๆ เช่น ถั่วเหลือง มีอายุตั้งแต่ปลูกจนเก็บเกี่ยวประมาณ 4 เดือน ระยะเวลาในการพัฒนาพันธุ์ประมาณ 5 ปี และอ้อยมีอายุตั้งแต่ปลูกจนถึงเก็บเกี่ยวประมาณ 1 ปี ระยะเวลาในการพัฒนาพันธุ์ประมาณ 10 ปี

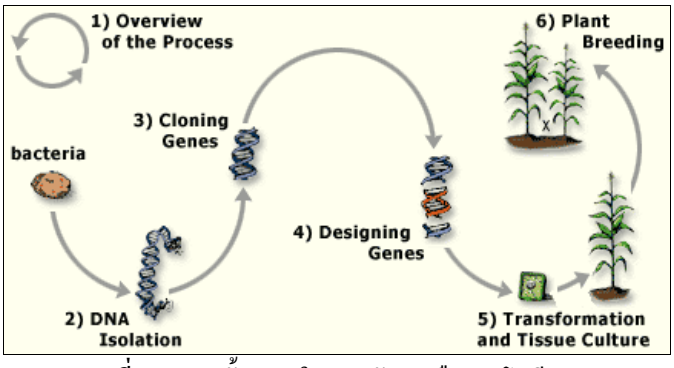
2. การหาสายพันธุ์พ่อหรือสายพันธุ์แม่ที่มีลักษณะที่ต้องการมาผสมพันธุ์ ทำได้ยากและมีอยู่จำกัด แม้แต่จะหาจากพืชที่อยู่สกุลที่ใกล้เคียงกัน หรือมีความใกล้ชิดกัน หรือพันธุ์ป่า ก็ไม่สามารถนำมาใช้ผสมพันธุ์กันด้วยวิธีการปรับปรุงพันธุ์ตามปกติได้ ส่วนการฉายรังสีทำให้สารพันธุกรรมเปลี่ยนแปลงไป หรือเกิดการกลายพันธุ์ แต่ส่วนใหญ่มักเป็นหมันจึงใช้ประโยชน์ได้ในพืชบางชนิด เช่น ไม้ดอก ซึ่งขยายพันธุ์ด้วยส่วนขยายพันธุ์ เช่น ลำต้น ใบ

จากปัญหาดังกล่าวข้างต้นทำให้ ตัวอย่างเช่น การปรับปรุงพันธุ์พืชให้ต้านทานแมลงศัตรูด้วยวิธีปกติ ทำได้ยากมาก เช่น ฝ้ายเป็นพืชที่มีแมลงศัตรูเข้าทำลายมากโดยเฉพาะอย่างยิ่งหนอนเจาะสมอฝ้าย ซึ่งจะเริ่มเข้าทำลายตั้งแต่ฝ้ายเริ่มติดสมอ หากมีการระบาดอย่างรุนแรงจะไม่สามารถเก็บปุยฝ้ายได้ การป้องกันกำจัดทำได้วิธีเดียวคือการใช้สารเคมี ซึ่งส่งผลกระทบต่อตัวเกษตรกร และสภาพแวดล้อม

4.2 การพัฒนาพืชเทคโนชีวภาพ

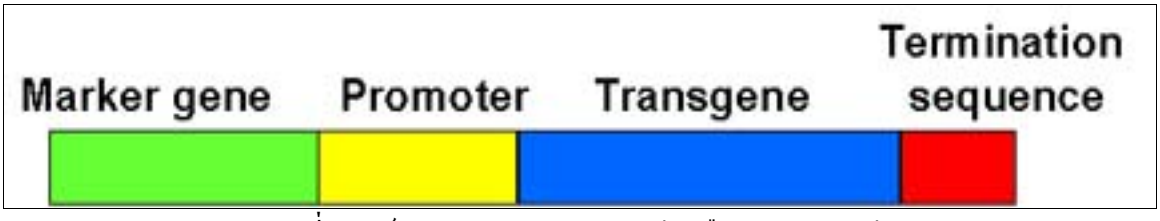
การพัฒนาพืชเทคโนชีวภาพสามารถทำได้โดยวิธีที่เรียกว่า *พันธุวิศวกรรม* ซึ่งเป็นเครื่องมือหนึ่งที่มีประสิทธิภาพมากในการพัฒนาพันธุ์ เป็นการพัฒนาพันธุ์พืชที่มีความจำเพาะเจาะจง เพื่อให้ได้ลักษณะตามต้องการและมีความแม่นยำในการคัดเลือก ย่นระยะเวลาในการพัฒนาพันธุ์ แต่มีค่าใช้จ่ายสูงกว่าการปรับปรุงพันธุ์แบบปกติด้วยวิธีดั้งเดิม

- กระบวนการพัฒนาพันธุ์พืชเทคโนชีวภาพ สามารถสรุปได้ 6 ขั้นตอน ดังนี้ (ดังแสดงให้เห็นดังภาพที่ 1)
  1. ค้นหาสิ่งมีชีวิตที่มียีนตามความต้องการ เช่น บีที
  2. นำมาจำแนกดีเอ็นเอ (สารพันธุกรรม)
  3. เพิ่มจำนวนสารพันธุกรรม (ยีน)
  4. ออกแบบยีนหรือจัดชุดยีน
  5. ถ่ายฝากเข้าไปในเซลล์พืช และเพาะเลี้ยง
  6. เข้าสู่กระบวนการปรับปรุงพันธุ์พืช



ภาพที่ 1. แสดงขั้นตอนในการพัฒนาพืชเทคโนชีวภาพ

ขั้นตอนของการออกแบบยีนหรือการจัดชุดของยีนที่ถ่ายฝากเป็นจุดสำคัญที่ต้องทำความเข้าใจเพิ่มเติม ซึ่งชุดยีนถ่ายฝากจะประกอบไปด้วยยีนอย่างน้อย 4 ชนิดคือ ยีนเครื่องหมาย ยีนเริ่มต้น ยีนถ่ายฝาก ยีนหยุดทำงาน ดังภาพที่ 2

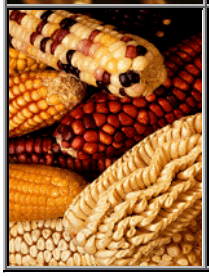


ภาพที่ 2. องค์ประกอบของการออกแบบยีนหรือการจัดชุดของยีน

ยีนที่ถ่ายฝาก (transgene) เป็นยีนที่ต้องการให้มีการแสดงออกในพืช การที่จะแสดงออกหรือทำงานได้จะต้องมี**ยีนที่สั่งให้เริ่มต้นทำงาน** (promoter) โดยทั่วไปใช้ 35s Promoter ที่ได้มาจาก Cauliflower mosaic virus เมื่อยีนทำงานแล้วก็ต้องมี**ยีนที่บอกให้หยุดทำงาน** (termination sequence) โดยทั่วไปจะใช้ NOS 3' terminator ซึ่งได้มาจากแบคทีเรีย *Agrobacterium tumefaciens* ยีนที่สำคัญอีกตัวหนึ่งที่ขาดไม่ได้ คือ **ยีนเครื่องหมาย** (marker gene) ที่ผ่านมาใช้ยีน npt II ซึ่งได้มาจาก *Escherichia coli* เป็นยีนที่ใช้จำแนกว่าเซลล์ฝากถ่ายได้สำเร็จ ยีนนี้จะแสดงความต้านทานสารปฏิชีวนะ kanamycin เซลล์ที่ถ่ายฝากสำเร็จจะสามารถเจริญเติบโตเป็นต้นพืชได้

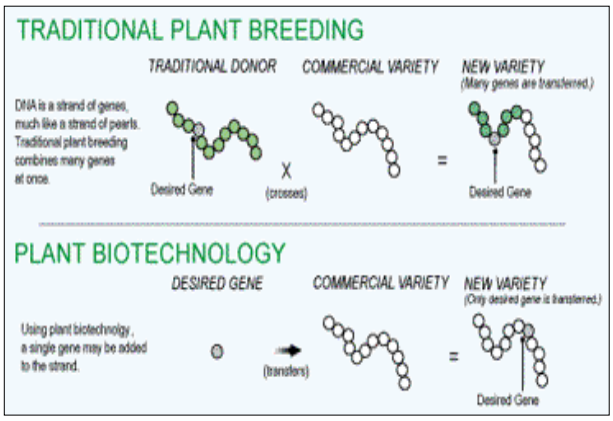
สำหรับ *ยีนที่ถ่ายฝาก* ก็เป็นยีนที่นำมาจากสิ่งมีชีวิตอื่นเช่นกัน ซึ่งพอยกตัวอย่างให้เห็นได้ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1. ตัวอย่างชนิดพืช รหัสยีน ที่มา และลักษณะที่แสดงออก ของพืชที่ได้รับการดัดแปลงพันธุกรรม

ชนิดพืช	ชื่อพันธุ์	รหัสยีน	ได้มาจาก	ลักษณะที่แสดงออก
	MON531	*cry1A(c)*	*Bacillus thuringiensis subsp. kurstaki* HD-73	ต้านทานต่อแมลงศัตรูที่มีความจำเพาะเจาะจงในกลุ่มของหนอนผีเสื้อและผีเสื้อกลางคืน
	GTS 40-3-2	*EPSPS*	*Agrobacterium tumefaciens (CP4)*	ทนทานสารเคมีกำจัดวัชพืชไกลด์โฟเสท
	Event 176	*cry1A(b)*	*Bacillus thuringiensis subsp. Kurstaki*	ต้านทานต่อแมลงศัตรูที่มีความจำเพาะเจาะจงในกลุ่มของหนอนผีเสื้อและผีเสื้อกลางคืน

ยีนดังที่กล่าวมาเมื่อถ่ายฝากเข้าไปในพืช จะทำให้พืชแสดงลักษณะที่ต้องการ แต่ *ลักษณะอื่นๆ ของพืชจะไม่เปลี่ยนแปลง* ซึ่งจะพบว่า ลักษณะภายนอกในพืชปกติกับพืชดัดแปรพันธุกรรมจะไม่มีความแตกต่างกัน *แต่จะแตกต่างเฉพาะในลักษณะที่ถ่ายฝากเท่านั้น*

ตัวอย่างของการพัฒนาข้าวโพดเทคโนชีวภาพที่ต้านทานต่อหนอนเจาะลำต้นหรือข้าวโพดบีที จะเริ่มตั้งแต่ *การค้นหาสิ่งมีชีวิตที่มียีนที่ต้องการ(1)* ในกรณีนี้คือแบคทีเรีย (Bacteria – *Bacillus thruringiensis*) จากนั้นทำ *การแยกดีเอ็นเอ (สารพันธุกรรม) (2)* เมื่อได้ยีนก็นำมา *เพิ่มจำนวนยีน (3)* ก่อนที่จะมีการนำยีนที่ต้องการนั้นถ่ายฝากลงไปในข้าวโพด จะต้องทำ *การจัดชุดของยีน (4)* ดังกล่าวข้างต้น หลังจากนั้นจึงทำ *การถ่ายฝากเข้าไปในเซลล์ข้าวโพด และเพาะเลี้ยงเซลล์นั้นให้เป็นข้าวโพดต้นใหม่ (5)* ข้าวโพดต้นใหม่ที่ได้จะมียีน จากสิ่งมีชีวิตอื่นที่ต้องการให้แสดงออกในต้นข้าวโพดอยู่ด้วย ซึ่งขั้นตอนต่อมาจะต้องนำเข้าสู่ *กระบวนการปรับปรุงพันธุ์ตามปกติ* จนได้เป็นพืชดัดแปลงพันธุกรรม



จะเห็นได้ว่า *วิธีพันธุวิศวกรรม มีความแตกต่างจากการดัดแปลงยีนด้วยวิธีการปกติ* โดยแทนที่จะให้มีการผสมพันธุ์กันเองตามธรรมชาติ หรือมนุษย์ช่วยผสม เราก็เพียงแต่หาเฉพาะยีนที่ต้องการจากไหนก็ได้ นำมาใส่ในเซลล์พืช ทำให้ *การพัฒนาพันธุ์มีความจำเพาะเจาะจงมากขึ้น และใช้เวลาสั้นขึ้น แต่ก็มีค่าใช้จ่ายสูงกว่าการปรับปรุงพันธุ์ด้วยวิธีปกติ* ดังแสดงให้เห็นได้ในภาพที่ 3

ภาพที่ 3. ความจำเพาะเจาะจงจากการใช้วิธีพันธุวิศวกรรม เปรียบเทียบกับวิธีปรับปรุงพันธุ์ปกติ

4.3 ประโยชน์ที่ได้รับจากการใช้พืชเทคโนชีวภาพ

ประโยชน์ที่ได้รับจากการปลูกพืชเทคโนชีวภาพ จำแนกได้เป็น 2 ด้าน คือ สิ่งแวดล้อม และสุขอนามัยของมนุษย์ ซึ่งจะแตกต่างกันตามชนิดของพืชที่เลือกปลูก

- **ประโยชน์ด้านสิ่งแวดล้อม**

(1) เมื่อเลือกปลูกพืชเทคโนชีวภาพที่ต้านทานแมลงศัตรูพืช หรือพืชเทคโนชีวภาพบีที มีดังนี้

- พืชเทคโนชีวภาพทำให้ลดการใช้สารเคมีในการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูพืช
- ประชากรของแมลงศัตรูธรรมชาติมีอยู่ในปริมาณที่ใกล้เคียงกับแปลงที่ไม่ได้พ่นสารเคมีป้องกันกำจัดแมลงศัตรูซึ่งปลูกพืชปกติ แต่มีปริมาณมากกว่าในแปลงปกติที่พ่นสารเคมีป้องกันกำจัดแมลงศัตรู ส่งผลให้สิ่งแวดล้อมดีขึ้น
- ลดการลงทำลายของเชื้อรา เช่น ในกรณีข้าวโพด หากถูกหนอนเจาะฝักเข้าทำลาย จะทำให้เชื้อราเข้าทำลาย เกิดการปนเปื้อนสารพิษแอลฟาทอกซิน ส่งผลให้เกษตรกรได้ผลผลิตเพิ่มขึ้น และมีคุณภาพดีขึ้น

(2) เมื่อเลือกปลูกพืชเทคโนชีวภาพที่ทนทานสารกำจัดวัชพืช มีดังนี้

1. ควบคุมวัชพืชได้ดีเยี่ยม ดังนั้นจึงเพิ่มผลผลิตพืชให้สูงขึ้น
2. จัดการปลูกได้ง่าย มีความเป็นไปได้ในการควบคุมวัชพืชหลังจากที่พืชปลูกเจริญเติบโต
3. ลดจำนวนการพ่นสารกำจัดวัชพืชในฤดูกาลปลูก
4. ลดการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง (เนื่องจากมีการพ่นสารเคมีน้อยลง)
5. ลดการอัดแน่นของดิน (เนื่องจากการเข้าไปในที่ดินเพื่อพ่นสารกำจัดวัชพืชลดลง)
6. ใช้สารประกอบที่มีความเป็นพิษต่ำและนี้ไม่ตกค้างในดิน
7. สามารถใช้ระบบไม่ไถพรวนหรือระบบอนุรักษ์การไถพรวน ซึ่งมีประโยชน์ต่อโครงสร้างของดินและจุลินทรีย์ในดิน

ผลจากการลดการไถพรวน

1. ทำให้มีการประหยัดน้ำมันได้มากกว่า 234 ล้านแกลลอนและ
2. ลดการสูญเสียโดยคงสภาพหน้าดินที่ไม่ถูกรบกวนใดๆ ได้ถึง 247 ล้านตัน

- **ประโยชน์ด้านสุขอนามัยของมนุษย์**

(1) ที่เกษตรกรได้รับ

- มีพันธุ์พืชใหม่ที่ต้านทานต่อแมลงศัตรู และ/หรือทนทานต่อสารกำจัดวัชพืชในการปลูก ทำให้ลดต้นทุนในการผลิต
- ได้ผลผลิตและรายได้เพิ่มขึ้น
- ไม่มีสารพิษตกค้างในร่างกาย สุขภาพอนามัยดีขึ้น

(2) ที่ผู้บริโภคได้รับ

- มีพันธุ์พืชใหม่ที่มีคุณค่าทางโภชนาการ เช่น ข้าววิตามินเอสูง
- สิ่งแวดล้อมดีขึ้น

กรณีตัวอย่างประโยชน์ที่ได้รับจากการใช้พืชเทคโนชีวภาพ

สเปน ปลูกข้าวโพดทั้งหมด 485,000 เฮกแตร์ มีพื้นที่ปลูกข้าวโพดเทคโนชีวภาพ (บีที) 20,000-30,000 เฮกแตร์ หรือประมาณ 4-5 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ปลูกทั้งประเทศ พื้นที่ส่วนใหญ่ พบการแพร่ระบาดของหนอนเจาะลำต้น ผลผลิตสูญเสียร้อยละ 10-15 ในแต่ละพื้นที่ทำให้เสียค่าใช้จ่ายในการกำจัดแมลงศัตรูพืช

การใช้เมล็ดพันธุ์ข้าวโพดเทคโนชีวภาพ (บีที) ทำให้เพิ่มต้นทุนค่าเมล็ดพันธุ์ 18.5 ยูโรต่อเฮกแตร์ แต่จะสามารถประหยัดค่าใช้จ่ายในการพ่นสารเคมีประมาณ 24-102 ยูโรต่อเฮกแตร์ นอกจากนี้ยังประหยัดค่าจ้างแรงงาน ค่าเสียเวลาในการจัดการโดยเฉพาะการให้ร่วมกับการชลประทาน

ผลกำไรที่ได้จากการใช้ข้าวโพดชีวภาพบีทีในพื้นที่ที่มีการลงทำลายสูงจะอยู่ระหว่าง 67-329.5 ยูโรต่อเฮกแตร์ นอกจากนี้ในพื้นที่ที่มีการแพร่ระบาดของหนอนเจาะลำต้นสูง พบว่า การใช้ข้าวโพดบีทีจะช่วยเพิ่มผลผลิตร้อยละ 10 ในพื้นที่ที่เคยใช้สารเคมี และร้อยละ 15 ในพื้นที่ไม่เคยใช้สารเคมี

ไทย ประโยชน์ทางเศรษฐกิจที่ประเทศไทยปลูกฝ้ายเทคโนชีวภาพ (บีที) พบว่าผลผลิตต่อไร่เพิ่มขึ้นกว่าพันธุ์ศรีสำโรง 60 59-122 กก./ไร่ ลดค่าใช้จ่ายในการป้องกันกำจัดหนอนเจาะสมอฝ้าย และกำไรสุทธิที่เกษตรกรได้รับประมาณ 4-5 บาทต่อกก.

ในส่วนของโรงหีบฝ้าย ปัจจุบันเหลือที่ดำเนินการเพียง 15 โรง ยังไม่แน่ว่าในอนาคตจะเหลือเท่าใด เนื่องจากพื้นที่ปลูกฝ้ายลดลงมาก แต่มีการนำเข้าฝ้ายปุยเพื่ออุตสาหกรรมสิ่งทอมากขึ้น

ออสเตรเลีย ถั่วเหลืองเทคโนชีวภาพทนทานต่อสารกำจัดวัชพืช มีผลดีต่อเกษตรกรในการจัดการกับปัญหาวัชพืชและเป็นประโยชน์อย่างมากต่อสิ่งแวดล้อม เมื่อเกษตรกรเปลี่ยนระบบการเพาะปลูกเป็นระบบการไถพรวนต่ำหรือไม่ไถพรวน ส่งผลให้ปกป้องความหลากหลายทางชีวภาพ ลดการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์

จีน ประโยชน์ที่ได้รับจากการปลูกฝ้ายบีที ได้แก่

รายได้ของไร่ฝ้ายขนาดเล็กและเกษตรกรที่มีรายได้ต่ำเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่าของรายได้ที่ไร่ฝ้ายขนาดใหญ่และเกษตรกรที่มีรายได้สูงได้รับ

ช่วยลดปริมาณการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดแมลงได้ถึง 15,000 ตันหรือประมาณ 7.5 กิโลกรัมต่อไร่

ช่วยเสริมสร้างความหลากหลายทางชีวภาพ โดยพบว่า ในพื้นที่ปลูกฝ้ายบีทีจะพบแมลง 31 สายพันธุ์ ซึ่งในจำนวนนี้มี 23 สายพันธุ์เป็นแมลงที่มีประโยชน์ ส่วนในพื้นที่ปลูกฝ้ายธรรมดาพบแมลงเพียง 14 สายพันธุ์ ซึ่งมี 5 สายพันธุ์ที่เป็นแมลงที่มีประโยชน์

กรณีเฉพาะตัวอย่างจากการปลูกข้าวโพดชีวภาพทนทานสารเคมีกำจัดวัชพืช

1. ข้อมูลจากการสำรวจโดยมหาวิทยาลัยแห่งรัฐคาโรไลนาเหนือ พบว่า ผลกำไรสุทธิของเกษตรกรผู้ปลูกข้าวโพด ฝ้าย และถั่วเหลืองชีวภาพทนทานสารกำจัดวัชพืชมีประมาณ 9.30 เหรียญสหรัฐต่อเอเคอร์ต่อปี

2. ประโยชน์ที่ได้ในเชิงอนุรักษ์จากการปลูกพืชชีวภาพทนทานสารกำจัดวัชพืช จะแตกต่างกันตั้งแต่ 43.67 เหรียญสหรัฐต่อเอเคอร์สำหรับเกษตรกรผู้ปลูกข้าวโพด จนถึง 48.22 เหรียญสหรัฐต่อเอเคอร์สำหรับเกษตรกรผู้ปลูกฝ้าย

3. เมื่อรวมการไถพรวนเชิงอนุรักษ์และการปลูกพืชชีวภาพทนทานสารกำจัดวัชพืชจะได้ประโยชน์สุทธิประมาณ 53.54 เหรียญสหรัฐต่อเอเคอร์

4. แม้ว่าค่าเมล็ดพันธุ์พืชชีวภาพจะสูงกว่าปกติ เช่นฝ้ายชีวภาพจะสูงกว่าปกติ 9.50 เหรียญสหรัฐต่อเอเคอร์ และถั่วเหลืองชีวภาพจะสูงกว่าปกติ 6.30 เหรียญสหรัฐต่อเอเคอร์ แต่ความสะดวกในการปฏิบัติทางการเกษตรทำให้เกษตรกรนิยมใช้พืชชีวภาพ ซึ่งรวมถึงประหยัดเวลาในการจัดการ ความง่ายในการเลือกใช้สารกำจัดวัชพืช และความยืดหยุ่นในอัตราและเวลาที่ใช้สารกำจัดวัชพืช

5. จากการประหยัดเวลาซึ่งเกษตรกรสามารถตีค่าเป็นเงินได้ถึง 10-12 เหรียญสหรัฐต่อเอเคอร์

6. ในด้านประหยัดเครื่องมือ เกษตรกรผู้ปลูกข้าวโพดชีวภาพจะประหยัดได้ประมาณ 5.50 เหรียญสหรัฐต่อเอเคอร์ เกษตรกรผู้ปลูกฝ้ายชีวภาพจะประหยัดได้ประมาณ 8.50 เหรียญสหรัฐต่อเอเคอร์และ เกษตรกรผู้ปลูกถั่วเหลืองชีวภาพจะประหยัดได้ประมาณ 7 เหรียญสหรัฐต่อเอเคอร์

7.ในประเด็นความปลอดภัยต่อมนุษย์สามารถคิดเป็นมูลค่าได้เป็น 3.65 เหรียญสหรัฐต่อเอเคอร์ และความปลอดภัยต่อสิ่งแวดล้อมสามารถคิดเป็นมูลค่าออกได้เท่ากับ 3.80 เหรียญสหรัฐต่อเอเคอร์ จากการเปลี่ยนมาปลูกพืชชีวภาพที่ทนทานสารกำจัดวัชพืช

เอกสารอ่านประกอบ

นิพนธ์ เอี่ยมสุภาษิต. 2549. การปรับปรุงพันธุ์พืช. เอกสารประกอบการฝึกอบรมพืชชีวภาพและการกำกับดูแล. 9-10 มีนาคม 2549. ณ ศูนย์วิจัยพืชไร่นครสวรรค์ จ.นครสวรรค์

นิพนธ์ เอี่ยมสุภาษิต. 2549. การพัฒนาพันธุ์พืชชีวภาพและพืชชีวภาพที่ได้รับอนุญาตให้ปลูกเป็นการค้า. เอกสารประกอบการฝึกอบรมพืชชีวภาพและการกำกับดูแล. 9-10 มีนาคม 2549. ณ ศูนย์วิจัยพืชไร่นครสวรรค์ จ.นครสวรรค์

นิพนธ์ เอี่ยมสุภาษิต. 2549. ประโยชน์ที่ได้รับจากการใช้พืชชีวภาพ. เอกสารประกอบการฝึกอบรมพืชชีวภาพและการกำกับดูแล. 9-10 มีนาคม 2549. ณ ศูนย์วิจัยพืชไร่นครสวรรค์ จ.นครสวรรค์

ศูนย์ข้อมูลเทคโนโลยีชีวภาพและความปลอดภัยทางชีวภาพ. 2544. บันทึกประโยชน์ของพืชดัดแปรพันธุกรรม. เอกสารแผ่นพับเผยแพร่ความรู้ด้านเทคโนโลยีชีวภาพของพืชอาหาร. หน่วยปฏิบัติการพันธุวิศวกรรมด้านพืช ม.เกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ.นครปฐม

ศูนย์วิจัยเศรษฐศาสตร์ประยุกต์. 2543. การปลูกฝ้ายบีที: ผลดีทางเศรษฐกิจ. คณะเศรษฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์