แนวทางเทคโนโลยีชีวภาพทางด้านพืช
(Trends in Plant Biotechnology)

ดร.กนกพร สมพรไพลิน
ภาควิชาชีววิทยาประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

บทคัดย่อ

มีการใช้เทคโนโลยีชีวภาพด้านพืชเพื่อประโยชน์ด้านต่างๆมากมายจากอดีตสู่ปัจจุบัน ซึ่งในระยะหลังนั้นจะเป็นการผสมผสานระหว่างการเกษตรแบบดั้งเดิมกับเทคโนโลยีชีวภาพแบบใหม่ ซึ่งได้นำองค์ความรู้ในหลายด้านมาใช้โดยเฉพาะอย่างยิ่งความรู้ทางด้านอณูชีววิทยา การใช้เทคโนโลยีชีวภาพแบบใหม่เพื่อประโยชน์ในด้านต่างๆ รวมถึงการสร้างสิ่งมีชีวิตแปลงพันธุ์ที่มีลักษณะตามต้องการ และการกำจัดมลภาวะ ให้กับสิ่งแวดล้อม ในปัจจุบันการใช้เทคโนโลยีชีวภาพด้านพืชได้ประสบความสำเร็จเกินความคาดหมายในหลายด้านเช่น การเพิ่มผลผลิต การเพิ่มการป้องกันโรคและแมลง แต่ยังคงต้องการการศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติมเพื่อประโยชน์สูงสุดสำหรับมวลมนุษย์ และลดความเสี่ยงในการเกิดอันตรายจากการใช้เทคโนโลยีชีวภาพ

Abstract

Plant biotechnology can be used for tremendous benefits from past until present. Afterward, classical agriculture has been integrated with novel biotechnology that use knowledge from various fields especially molecular biology. This novel biotechnology is employed for many profits including to create genetically modified organisms that have preferable traits, and to clean up contaminated environments. Achievements today in plant biotechnology have already surpassed all previous expectation etc. greater productions; improved protection against disease, but additional research is also need for maximum of human benefits and reduction of harmful from use of biotechnology.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทนำ

มนุษย์เรารู้จักใช้เทคโนโลยีชีวภาพมานานมากกว่าหมื่นปีก่อนคริสตกาล ซึ่งเริ่มจากการล่าสัตว์และการเก็บของจากป่ามาสู่การทำเกษตรกรรม โดยการเก็บเมล็ด ปลูกพืชที่มีลักษณะที่ต้องการ และเริ่มการผสมพันธุ์พืช ในปัจจุบันเทคโนโลยีชีวภาพทางด้านพืชได้พัฒนาก้าวล้ำจากอดีตกาลไปอย่างมาก เพื่อตอบสนองความต้องการของประชากรโลกที่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว แต่การเปลี่ยนแปลงนี้ยังต้องการ การรวบรวมแนวความรู้ที่ได้รับ รวมถึงการค้นคว้าวิจัยสิ่งใหม่ๆ เพื่อให้สามารถนำความรู้ไปพัฒนาการทำงานรวมถึงการควบคุมสภาพแวดล้อม และความยอมรับต่อสังคม

แนวทางการนำเทคโนโลยีชีวภาพ มาใช้ทางการเกษตรและสิ่งแวดล้อมเพื่อประโยชน์ในด้านต่างๆ ได้แก่

1. การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต: เทคโนโลยีชีวภาพช่วยเหลือนักผสมพันธุ์พืชในการเพิ่มผลผลิต

2. ลดการใช้สารเคมี: การเปลี่ยนแปลงสารรหัสพันธุกรรมจะช่วยให้เกษตรกรลดการใช้สารเคมีต่อต้นพืช

3. การทำให้พืชมีความแข็งแรง: เป็นการสร้างพืชที่มีความทนทานต่อโรคแมลง (biotic stress) และสภาพอากาศ หรือดินที่ไม่เหมาะสม (abiotic stress)

4. พัฒนาคุณภาพอาหาร: ใช้การเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรมเพื่อพัฒนาคุณภาพอาหาร ซึ่งเทคนิคนี้สามารถใช้สำหรับเพิ่มสารอาหารในผลผลิตจากพืช

5. สร้างพืชสายพันธุ์ใหม่: ประโยชน์หลักของเทคโนโลยีชีวภาพทางด้านพืช คือความสามารถในการใช้พืชผลิตพลังงานเชื้อเพลิงและผลิตภัณฑ์ยา

6. พัฒนาผลิตภัณฑ์ สำหรับป้องกันโรค: โดยใช้เทคโนโลยีชีวภาพพืชในการผลิตวัคซีนเพื่อปกป้องคนและสัตว์จากโรคภัยต่างๆ

7. กำจัดมลภาวะจากสิ่งแวดล้อม: เป็นวิวัฒนาการใหม่ ใช้พืชกำจัดมลภาวะให้กับสิ่งแวดล้อมซึ่งเรียกว่า phytoremediation

แนวทางการใช้เทคโนโลยีชีวภาพจากอดีตสู่ปัจจุบัน

การนำพืชและสัตว์จากป่ามาทำการเพาะเลี้ยง รวมทั้งระยะเวลาซึ่งมีผลต่อ การเปลี่ยนแปลงคุณภาพและปริมาณตามต้องการ ซึ่งเป็นจุดเริ่มต้นของการเกษตร การถนอมอาหาร และบังเอิญมีการเจริญของจุลินทรีย์เกิดขึ้น ทำให้เข้าสู่ยุคการหมักอาหาร ซึ่งในระยะแรกคนส่วนใหญ่จะรู้จักเทคโนโลยีชีวภาพ ในด้านการผลิตอาหาร การใช้การเกษตรแบบดั้งเดิมในการผลิตอาหารนั้นแม้ว่าจะทำมานาน แต่ก็ต้องประสบกับข้อจำกัดหลายอย่าง

1. ด้านการตลาด: เนื่องจากในปัจจุบัน การจัดการผลผลิตนั้นมักจะทำในปริมาณมาก ดังนั้นความต้องการสินค้าซึ่งมีคุณภาพมาตรฐานและราคาที่สม่ำเสมอ เพื่อความสะดวกต่อระบบจัดการในระดับสากลจึงเป็นสิ่งจำเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ด้านแหล่งผลิตจากธรรมชาติ: สภาวะอากาศของโลกที่แปรปรวน ทำให้เกิดการเกิดความแห้งแล้งและสภาวะดินเค็ม รวมถึงการเจริญเติบโตของสังคมเมือง รวมทั้งโรง-งานอุตสาหกรรมซึ่งส่งผลต่อการลดปริมาณน้ำ พื้นที่เพาะปลูก และทำลายคุณภาพของสิ่งแวดล้อม

3. ด้านลักษณะพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิตนั้นๆ แม้ว่าการผสมพันธุ์พืชแบบดั้งเดิมจะสามารถก่อให้เกิดการพัฒนาสายพันธุ์ใหม่ๆ แต่ในปัจจุบันพบว่าการพัฒนาสายพันธุ์โดยวิธีนี้ไม่ทันต่อความต้องการ และมีข้อจำกัดที่จะนำยีนอื่นๆเข้าไปรวมโดยวิธีทางธรรมชาติ

จากที่กล่าวมาจะเห็นได้ว่าการเกษตรแบบดั้งเดิมอย่างเดียวนั้น ไม่เพียงพอสำหรับการยังชีพของมนุษย์ในปัจจุบัน และอนาคต ดั้งนั้นการผสมผสานระหว่างการผสมพันธุ์พืชแบบดั้งเดิมและเทคโนโลยีชีวภาพด้านพืชแบบใหม่ รวมถึงอุปกรณ์เครื่องมือที่ทันสมัยน่าจะช่วยให้การปรับปรุงคุณภาพผลผลิตบรรลุเป้าหมายได้ ประมาณ 20 กว่าปีก่อนเทคโนโลยีชีวภาพแนวใหม่เริ่มเข้าสู่ระบบการเกษตรได้มีการนำองค์ความรู้เกี่ยวกับชีววิทยาในระดับโมเลกุลมาใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ โดยเฉพาะด้านการควบคุมการเจริญและพัฒนาของเซลล์หรือเนื้อเยื่อพืช ในการขยายพันธุ์ระดับเล็ก (micropropagation) ซึ่งเทคนิคนี้ใช้สำหรับผลิตพืชสายพันธุ์ที่มีคุณภาพให้ได้จำนวนมากในระยะเวลาสั้น โดยอาศัยความเข้าใจถึงหลักการที่เซลล์หรือเนื้อเยื่อพืชสามารถเจริญพัฒนาเป็นเซลล์ชนิดต่างๆ หรืองอกกลับเป็นต้นใหม่ ภายใต้การตอบสนองต่อสัญญาณควบคุมทั้งภายในและภายนอก เทคนิคนี้ยังสามารถผลิตสายพันธุ์พืชปราศจากโรคอีกด้วย อย่างไรก็ตามยังต้องมีการศึกษาเพิ่มเติมถึงแนวทางการนำไปใช้ในเชิงการค้าโดยการลดต้นทุน เพื่อให้สามารถแข่งขันกับการผลิตโดยใช้เมล็ดหรือการตัดชำแบบดั้งเดิม รวมถึงการปรับปรุงพัฒนาในหลายด้าน เช่น พัฒนาการเลี้ยงในปริมาณมาก อาจจะอยู่ในรูปแบบของถังเลี้ยงพืช (bioreactor) ประสิทธิภาพในการเกิดการงอกเป็นต้นใหม่จากเซลล์ร่างกาย (somatic embryogenesis) การสร้างเมล็ดเทียม และคุณภาพของผลผลิต

ในช่วง 10 ปีที่ผ่านมามีการนำอณูชีววิทยา (molecular Biology) และการถ่ายโอนยีน (gene transformation) เข้าสู่พืชมาใช้ประโยชน์ในการวินิจฉัยและควบคุมโรคพืช การผลิตพืชซึ่งมีคุณลักษณะด้านทานโรคแมลง รวมถึงสารฆ่าแมลงด้วย พืชที่ได้รับการถ่ายโอนยีนเหล่านี้ให้คุณค่าสูงทางเศรษฐกิจ และยังสามารถนำหลักการถ่ายโอนยีนนี้ไปใช้กับพืชชนิดอื่นๆได้ แต่ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมในด้านต่างๆ คือ

1. การพัฒนาการแสดงออกของยีนเป้าหมายในพืช โดยเฉพาะการควบคุมการแสดงออกแบบไม่ถาวร

2. การเลือกใช้ยีนที่สามารถควบคุมเป้าหมายโรคแมลงหลายชนิด มากกว่ายีนที่ควบคุมโรคแมลงเพียงบางชนิด

3. ผสมผสานการควบคุมทางชีวภาพโดยใช้จุลินทรีย์ที่คัดเลือกหรือเปลี่ยนแปลงพันธุกรรมให้มีคุณสมบัติในการควบคุมทางชีวภาพ

ถึงแม้ว่าการใช้เทคโนโลยีชีวภาพในการควบคุมโรคแมลงจะประสบผลสำเร็จ แต่ยังไม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประสบผลสำเร็จเท่าที่ควรในด้านการควบคุมสภาวะเครียดจากสิ่งไม่มีชีวิต เช่น ความแห้งแล้ง ความเค็ม การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ โดยเฉพาะความแห้งแล้ง และความเค็มมักพบตามธรรมชาติเป็นสาเหตุให้เกิดการขาดอาหาร ซึ่งเกิดจากมนุษย์ได้แสวงหาผลประโยชน์จากพื้นดินที่อุดมสมบูรณ์อย่างเกินเลย ทำให้เกิดการแปรสภาพเป็นทะเลทรายหรือดินที่ไม่สามารถเพาะปลูกได้ นอกจากนี้ยังส่งผลถึงการเปลี่ยนแปลงอากาศ การพังทลายของดิน และผลผลิตการเกษตร ปัญหานี้ได้กลายเป็นปัญหาสำคัญของโลก คาดว่าพื้นที่สำหรับการเพาะปลูกจะเปลี่ยนเป็นดินเค็ม ส่งผลให้พื้นที่เพาะปลูกลดลงประมาณ 30% ภายใน 25 ปีข้างหน้าและอาจจะสูงถึง 50% ในปี 2050 ดังนั้นแนวทางสำหรับงานวิจัยพัฒนาเทคโนโลยีชีวภาพทางพืชเพื่อตอบสนองต่อสภาวะเครียดทั้งจากสิ่งมีชีวิตและไม่มีชีวิต น่าจะมีความสำคัญสูงในอนาคต

แนวทางการปรับปรุงพันธุ์พืช เพื่อช่วยการผสมพันธุ์พืชแบบดั้งเดิมจะเกี่ยวข้องกับโครงการหาลำดับเบสของจีโนมดีเอ็นเอ เช่น ใบข้าว ข้าวโพด มะเขือเทศ และอราบิด็อบซิส (*Arabidopsis*) ในระยะต่อมาได้ศึกษาถึงหน้าที่ของยีน หรือโปรตีนควบคู่กันไปด้วยการนำข้อมูล ข่าวสารทางชีววิทยา ที่เรียกว่า ชีวสนเทศ (bioinformation) และเทคนิคการจัดการดีเอ็นเอ มาใช้ประโยชน์ร่วมกันซึ่งจะช่วยลดระยะเวลาในการผสมพันธุ์พืช และรอบการคัดเลือกให้สั้นลง แนวทางปรับปรุงพันธุ์พืชโดยการสร้างสิ่งมีชีวิตแปลงพันธุ์ (GMOs : Genetically modified organisms) สามารถลดข้อจำกัดของการถ่ายทอดลักษณะพันธุกรรมโดยการผสมพันธุ์แบบดั้งเดิม ที่ทำได้เฉพาะในจีนัสเท่านั้น ซึ่งมีสิ่งมีชีวิตในจีนัสเดียวกันนี้อาจไม่ปรากฏลักษณะที่ต้องการ ในปัจจุบันได้มีการพัฒนาพืชแปลงพันธุ์หลายชนิดให้สามารถลงปลูกได้จริง ซึ่งใน 20 ปีที่ผ่านมาให้ผลการพัฒนาเป็นที่น่าพอใจ โดยสามารถพัฒนาเทคนิคการถ่ายโอนยีน สอดแทรกยีนให้เข้ารวมกับจีโนมของสิ่งมีชีวิตหลายชนิดและสร้างสิ่งมีชีวิตใหม่ หรือทำให้เกิดการรวมทางพันธุกรรมในลักษณะที่ไม่สามารถเกิดขึ้นได้ในธรรมชาติ

แนวทางการรวมจุลินทรีย์เข้าไปในระบบการให้ผลผลิตในพืช การพัฒนาความสัมพันธ์ทางด้านการอยู่รวมกัน การเป็นปรปักษ์ต่อกันของพืชและสิ่งมีชีวิตขนาดเล็ก เช่น รา แบคทีเรีย และแมลง โดยใช้เทคนิคต่างๆ เพื่อให้พืชหรือจุลินทรีย์นั้นเกิดแนวทางใหม่เป็นไปได้ตามต้องการ ได้แก่ การควบคุมโรคแมลง การผสมพันธุ์ทางชีวภาพ การกระตุ้นการเจริญเติบโตของพืช และการรักษาโดยทางชีวภาพหรือผลิต-ภัณฑ์จากธรรมชาติ ในปัจจุบันมีการใช้สิ่งแวด-ล้อมเพื่อให้เกิดประโยชน์กับมวลมนุษย์อย่างเกิดกำลังของธรรมชาติที่จะแก้ไขได้ การใช้เทคโนโลยีชีวภาพในแนวทางใหม่ โดยใช้พืชกำจัดมลภาวะในดิน น้ำ หรืออากาศ แม้ว่าจะมีการคัดเลือกพืชบางชนิดที่สามารถกำจัดมลภาวะโดยนักผสมพันธุ์พืช แนวทางการถ่ายโอนยีนเพื่อกลไกใหม่ในการกำจัดมลภาวะซึ่งเกิดจากกิจกรรมของมนุษย์น่าจะให้ประสิทธิภาพสูงสุด เป้าหมายของวิธีการนี้เพื่อการสะสมโมเลกุลของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารพิษให้อยู่ในรูปที่สามารถเก็บเกี่ยวและสามารถถ่ายโอนสู่ที่อื่นได้

การขยายแนวทางใช้เทคโนโลยีชีวภาพ

เป็นที่ทราบแล้วว่าในระยะแรกเทคโนโลยีชีวภาพด้านพืชมีเป้าหมายมีการพัฒนาผลผลิตทั้งในด้านปริมาณและคุณภาพ ในระยะถัดมาจะเปลี่ยนจากการผลิตสินค้าราคาถูกในปริมาณมากไปสู่การผลิตสินค้าราคาสูง หรือมีลักษณะพิเศษเฉพาะโดยมีแนวทางการผลิต 2 แบบ คือ

1. การปรับปรุงเปลี่ยนแปลงสารซึ่งมีต้นกำเนิดจากพืชโดยตรง

2. การผลิตสารซึ่งไม่มีในพืช โดยอาศัยความรู้ทางวิศวกรรมเมแทบอลิกเพื่อผลิตอาหาร สารเคมี หรือสารให้พลังงานในอุตสาหกรรมซึ่งอาจรวมถึงสารปฐมภูมิ (primary metabolites) หลายชนิด เช่น คาร์โบไฮเดรท โปรตีน ไขมัน เพื่อปรับให้พืชสามารถผลิตสารอาหารที่มีคุณค่าตามต้องการ

พืชยังมีสารประกอบหลายชนิดซึ่งไม่ได้เป็นสารอาหาร แต่มีคุณค่าด้านอื่น เช่นใช้ทำผลิตภัณฑ์ทางเภสัชเวช นอกจากนี้ได้มีการพัฒนาเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชในถังเลี้ยง เพื่อผลิตสารประกอบซึ่งปกติไม่สามารถผลิตในพืช เช่น วัคซีน ยาปฏิชีวนะ สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพสำหรับในอุตสาหกรรมเคมี ได้แก่ตัวอย่างพืชผลิตสารซึ่งสามารถนำไปผลิตพลาสติกที่สามารถย่อยสลายได้ในธรรมชาติ

ความจำเป็นและความเสี่ยงในการใช้เทคโนโลยีชีวภาพด้านพืช

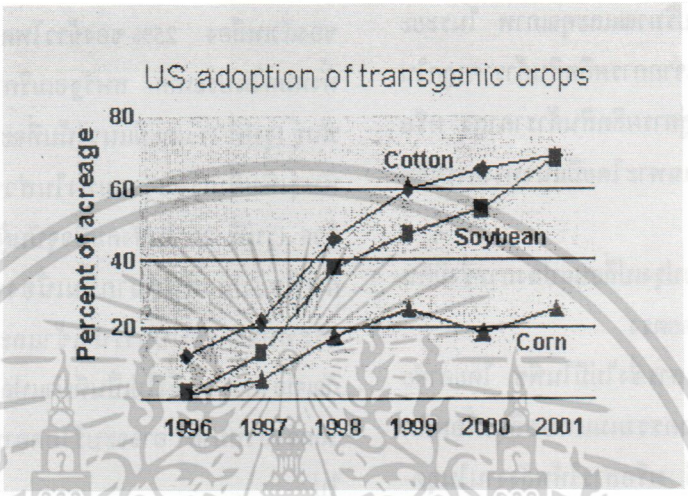
การใช้เทคโนโลยีชีวภาพโดยเฉพาะในการผลิตพืชแปลงพันธุ์ได้กำลังดำเนินอย่างต่อเนื่อง และพืชแปลงพันธุ์ส่วนหนึ่งได้ถูกนำออกปลูกในธรรมชาติ โดยในปี 1999 พบว่า เกือบ 50% ของถั่วเหลือง 25% ของข้าวโพดของพืชที่ปลูกทั้งหมดในประเทศ สหรัฐอเมริกาเป็นพืชแปลงพันธุ์ (รูปที่ 1) และมีแนวโน้มที่จะปลูกพืชแปลงพันธุ์เพิ่มขึ้นเรื่อยๆรวมทั้งในส่วนอื่นของโลกด้วย (รูปที่ 2) ในสังคมปัจจุบันผู้คนเริ่มคุ้นเคยกับพืชแปลงพันธุ์มากขึ้นเนื่องจากได้รับผลกระทบจากระบบการนำเข้าและส่งออกผลิตภัณฑ์อาหาร จึงไม่เป็นที่น่าแปลกว่าประชากรโลกจำนวนมาก อาจจะบริโภคอาหารเหล่านี้เข้าไป

ในสหราชอาณาจักร มีการรายงานถึงผลร้ายของผลผลิตจากพืชแปลงพันธุ์บางชนิดต่อมนุษย์ ส่งผลให้อุตสาหกรรมการผลิตพืชแปลงพันธุ์หยุดชะงักลง การโต้แย้งต่างๆ นานาถึงพืชดัดแปลงพันธุ์ ซึ่งฝ่ายต่อต้านได้พยายามคัดค้านนักวิทยาศาสตร์ด้วยคำพูดที่ว่า “ผลผลิตจากพืชดัดแปลงพันธุ์ไม่ได้ปลอดภัยเสมอไป”

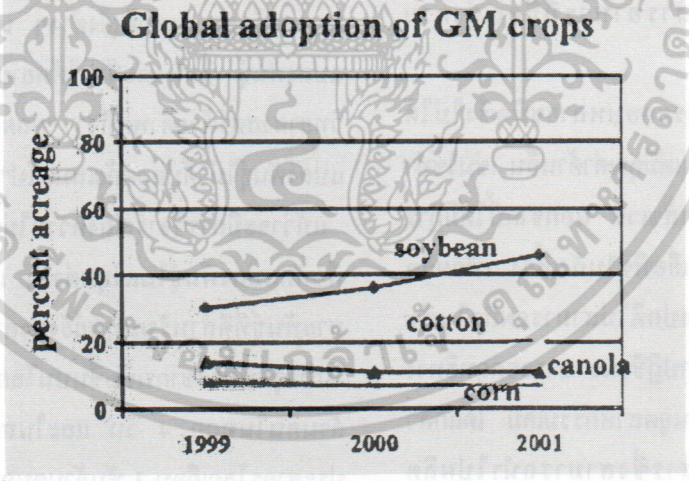
แม้ว่าจะมีการวิจารณ์ถึงความไม่ปลอดภัยของพืชดัดแปลงพันธุ์ในแง่มุมต่างๆ แต่การพัฒนาสายพันธุ์ที่ดีสำหรับมนุษย์ยังคงความสำคัญอยู่ ในปัจจุบันประชากรเพิ่มขึ้นบนโลก ประมาณ 1 ล้านคนในทุกๆ 4 วัน และในสภาวะปัจจุบันประชากรโลกเกือบ 3 พันล้านคนอยู่ในสภาพหิวโหยหรือขาดอาหาร เมื่อเปรียบเทียบกับระดับมาตรฐาน ดังนั้นการผลิตอาหารสำหรับรองรับการเพิ่มของประชากรจึงเป็นสิ่งจำเป็นเร่งด่วน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยอีก 20 ปีข้างหน้าควรจะเพิ่มผลผลิตจากพืชให้ได้อีก 40% ส่วนในโลกกำลังพัฒนาควรจะเพิ่มถึง 80% เป็นการยากสำหรับนักผสมพันธุ์พืชที่จะสามารถเพิ่มผลผลิตให้เพียงพอต่อความต้องการ โดยไม่ทำลายสภาพแวดล้อมอย่างถาวร ผลิตผลเกือบทุกชนิด มีประโยชน์และโทษในตัวเอง ความจำเป็นในการประเมินคุณค่าของผลผลิตในแต่ละสังคมอย่างรอบคอบ โดยใช้หลักศีลธรรมและจริย-ธรรมของกลุ่ม ควบคู่กับมาตรฐานโลกเพื่อให้เกิดประโยชน์ในการนำไปใช้สูงสุด



รูปที่ 1 แสดงเปอร์เซนต์ของพื้นที่ (เอเคอร์) ปลูกพืชแปลงพันธุ์ที่สำคัญในประเทศสหรัฐอเมริกา ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1996 ถึง ค.ศ. 2001



รูปที่ 2 แสดงเปอร์เซนต์ของพื้นที่(เอเคอร์)ปลูกพืชแปลงพันธุ์ที่สำคัญในโลกตั้งแต่ปี ค.ศ. 1999 ถึง ค.ศ. 2001

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] Jones, M. G. K. and Linksey, K. Plant Biotechnology: Molecular Biology and Biotechnology. The bath Press, 1993.

[2] Sonnewald U. Plant biotechnology light at the end of tunnel from genes to function. **Current Opinion in Biotechnology** 12 : 123 – 125, 2001.

[3] Meiri, H. and A. Altman. Agriculture and agricultural biotechnology: Development trends towards the 21st century In : A Altman, ed., Agricultural Biotechnology. Marcel Dekker, Inc. New York, 1998.

[4] Transgenic Crops Currently on the Market (http://www.colostate.edu/programs/lifesciences/TransgenicCrops/current.html)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้