

เทคโนโลยีการพัฒนาพันธุ์พืชระดับอุตสาหกรรม

กนกพร บุญศิริชัย
กลุ่มวิจัยและพัฒนาชีวเคมี
สถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน)

ในการประชุมวิชาการ International Botanical Congress 2011 ณ เมืองเมลเบิร์น ประเทศออสเตรเลีย ดร. David A. Fischhoff ซึ่งเป็น technology strategy & development lead ของ Monsanto Company สหรัฐอเมริกา ได้รับเชิญบรรยายในหัวข้อ Technological Innovation for Tomorrow's Crops หนึ่งใน plenary lecture ในวันจันทร์ที่ ๒๕ กรกฎาคม พ.ศ. ๒๕๕๔ ซึ่งเป็นวันแรกของการประชุม

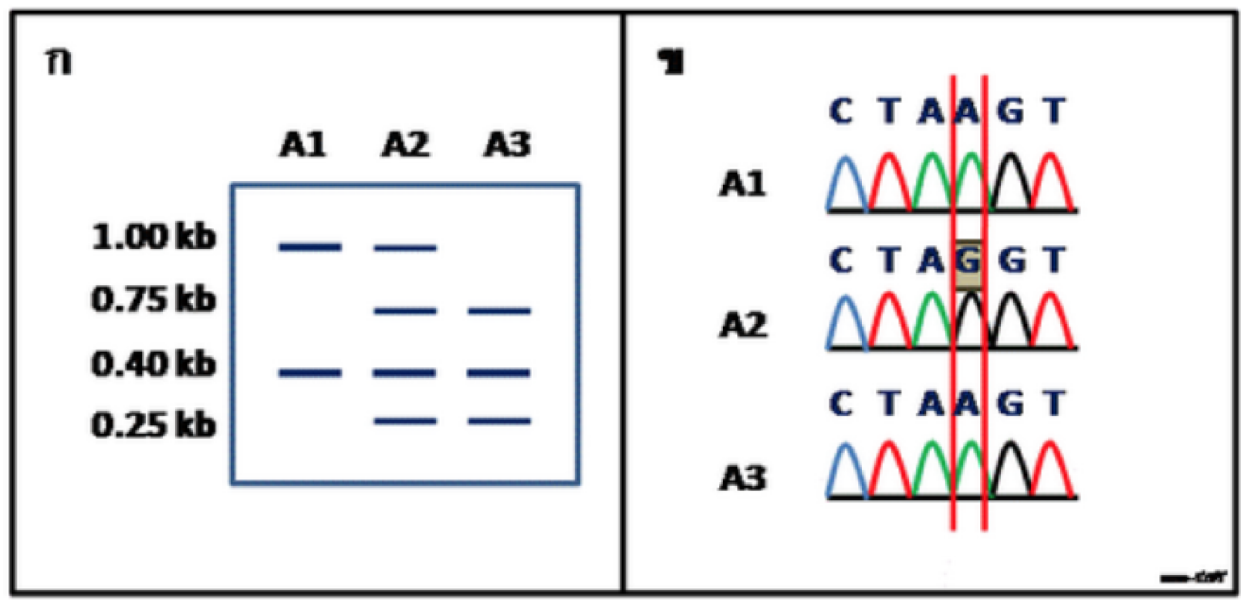


Dr. David A. Fischhoff

ดร. Fischhoff กล่าวถึงการผลิตพืชเศรษฐกิจในกลุ่มข้าวโพด ข้าว ข้าวสาลี และถั่วเหลือง ว่าตั้งแต่ ค.ศ. ๑๙๖๐ ถึง ๒๐๐๙ ผลผลิตของพืชเหล่านี้ต่อหน่วยทรัพยากรการผลิต (yield/input) มีค่าเพิ่มขึ้นมากกว่าสามเท่า โดยการเพิ่มขึ้นนั้น เป็นไปอย่างสม่ำเสมอตลอดมาและไม่มีการเพิ่มขึ้นของพื้นที่การผลิต ปัจจัยสำคัญสำหรับการเพิ่มผลผลิตนี้คือ การปรับปรุงเชิงพันธุกรรมและการปรับปรุงเชิงเกษตรกรรม ซึ่งปัจจัยหลังยังรวมถึงการใช้สารเคมีและการใช้เครื่องจักรกลด้วย ในปัจจุบันการขยายพื้นที่การผลิตเพื่อตอบสนองความ

ต้องการอาหารที่เพิ่มขึ้นคงเป็นไปได้ยาก สิ่งที่เราต้องทำต่อไปเพื่อตอบสนองความต้องการด้านอาหารของประชากรโลกยังคงเป็นการเพิ่มผลผลิตนั่นเอง ดร. Fischhoff กล่าวว่า การเพิ่มผลผลิตอย่างยั่งยืนจำเป็นต้องบูรณาการเทคโนโลยีทั้งการปรับปรุงพันธุ์ เทคโนโลยีชีวภาพ และเกษตรกรรมเข้าด้วยกันอย่างลงตัวจึงจะประสบความสำเร็จ

การปรับปรุงพันธุ์ยุคปัจจุบันได้ก้าวหน้าไปมาก นักปรับปรุงพันธุ์ปัจจุบันบูรณาการความรู้ ข้อมูล และทรัพยากร หลากหลายสาขา เช่น สถิติ พันธุศาสตร์ โครโมโซม ความหลากหลายของแหล่งพันธุกรรม การผลิตลูกผสม การผลิต dihaploid เป็นต้น ในเชิงอุตสาหกรรม การปรับปรุงพันธุ์พืชเศรษฐกิจยังอาศัยเทคโนโลยี recombinant DNA และ DNA sequencing ในการสร้างพืชพันธุ์ใหม่ที่ได้ผลผลิตสูงภายใต้สภาวะเครียดต่าง ๆ ในระยะเริ่มแรกเทคโนโลยีดีเอ็นเอ ที่ถูกนำมาใช้ในการทำแผนที่พันธุกรรมของพืชคือ restriction fragment length polymorphism หรือ RFLP [อาศัยความแตกต่างของโมเลกุลดีเอ็นเอในการถูกย่อยด้วยเอนไซม์ตัดจำเพาะ – ผู้เขียน] แต่เทคโนโลยีดีเอ็นเอ ได้รุดหน้าไปอย่างรวดเร็ว ปัจจุบันจึงนิยมใช้ single nucleotide polymorphism หรือ SNP [อาศัยความแตกต่าง โดยตรวจวัดที่ความละเอียดระดับนิวคลีโอไทด์ – ผู้เขียน] ร่วมกับการวิเคราะห์ลักษณะที่พืชแสดงออก (phenotype) เพื่อเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างดีเอ็นเอเครื่องหมายกับลักษณะต่าง ๆ (marker-trait association) และยังมีเทคโนโลยีการวิเคราะห์พันธุกรรมจากเมล็ดแบบไม่ทำลาย (non-destructive analysis) เรียกว่า seed chipping [พัฒนาโดยบริษัทมอนซานโต นักปรับปรุงพันธุ์สามารถเก็บตัวอย่างเพียง 5 มิลลิกรัมจากเมล็ด แล้วนำมาตรวจดีเอ็นเอ โดยไม่ทำอันตรายต่อตัวอ่อนในเมล็ด – ผู้เขียน] นักปรับปรุงพันธุ์จึงสามารถคัดเลือกเชื้อพันธุ์ที่มีพันธุกรรมตามต้องการ ได้ก่อนที่จะนำเมล็ดนั้นไปปลูกเสียอีก



ก) จำลองผลการวิเคราะห์ RFLP ดีเอ็นเอจากตัวอย่าง A1 A2 และ A3 ถูกย่อยด้วยเอนไซม์ตัดจำเพาะ ได้ดีเอ็นเอที่มีขนาดแตกต่างกัน ข) จำลองผลการวิเคราะห์ SNP ลำดับดีเอ็นเอจากตัวอย่าง A1 A2 และ A3 มีความแตกต่าง ๑ ตำแหน่งที่ลำดับเบสที่ ๔

เมื่อกล่าวถึงการปรับปรุงลักษณะเชิงคุณภาพ (quality trait improvement) ดร. Fischhoff ยกตัวอย่างการปรับปรุง พันธุ์ฝักรอกคอลลีเพื่อเพิ่มคุณค่าอาหารโดยเฉพาะการเพิ่มปริมาณแอนติออกซิแดนต์ (antioxidant) ปัจจุบัน เทคโนโลยีที่นำมาสู่ความสำเร็จของการปรับปรุงพันธุ์นี้คือ การพัฒนาแผนที่พันธุกรรมสำหรับรอกคอลลี ที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างดีเอ็นเอเครื่องหมายจำนวนมาก (high-density genetic map) ซึ่งใช้เวลาพัฒนาถึง ๒๐ ปีในแวดวงวิชาการ ก่อนที่จะก้าวหน้าถึงระดับที่จะนำมาต่อยอดเชิงอุตสาหกรรมได้ [Monsanto Company และ Apio, Inc. ร่วมกันนำเสนอฝักรอกคอลลีพันธุ์ใหม่ Benefort?™ สู่ตลาดใน ค.ศ. ๒๐๑๐ Benefort?™ มีปริมาณ glucoraphanin สูงกว่ารอกคอลลีพันธุ์อื่นในท้องตลาด ๒ – ๓ เท่า glucoraphanin มีผลกระทบให้ร่างกาย ของผู้บริโภคผลิต antioxidant enzymes ซึ่งเป็นกลไกป้องกันอันตรายจากมลพิษและอนุมูลอิสระ – ผู้เขียน (อ้างอิงจาก www.beneforte.com)]



usอกคอลี Beneforte

(รูปจาก www.beneforte.com)

ในการปรับปรุงพันธุ์เพื่อปกป้องผลผลิตและลดปัจจัยนำเข้า (yield protection / reduced input) บริษัทมอนซานโต ประสบความสำเร็จในการผลิตพันธุ์พืชเศรษฐกิจประกอบด้วยข้าวโพด ถั่วเหลือง ฝ้าย และแคนโนลา (canola) ที่ทนต่อสารกำจัดวัชพืช (herbicide-tolerance crops) และพันธุ์พืชที่มีความสามารถในการควบคุมประชากรแมลง (insect-control crops) [พืชในกลุ่มนี้เป็นพืชจำลองพันธุ์ (transgenic plant) คือได้รับการดัดแปลงยีน – ผู้เขียน] พันธุ์พืชเหล่านี้ได้รับการยอมรับจากหลายประเทศทั่วโลกมาเป็นเวลากว่า ๑๕ ปีแล้ว และมากกว่าร้อยละ ๙๐ ของพันธุ์พืชเหล่านี้ เพาะปลูกอยู่ในประเทศกำลังพัฒนาซึ่งเกษตรกรมีกำลังน้อยในการจัดหาปัจจัยการผลิต ตัวอย่างเช่น Bollgard? ซึ่งเป็นพันธุ์ฝ้ายที่มีส่วนช่วยให้ประเทศอินเดียสามารถก้าวขึ้นมาเป็นประเทศผู้ผลิตฝ้ายอันดับที่ ๒ ของโลก พันธุ์ฝ้ายในชุดนี้ใช้ประโยชน์จากโปรตีนในกลุ่ม *Bt toxin* ซึ่งในธรรมชาติจะผลิตโดยแบคทีเรีย *Bacillus thuringiensis* [ในการดัดแปลงพันธุกรรม จะนำพันธุกรรมของแบคทีเรียเฉพาะส่วนที่เกี่ยวข้องกับการผลิต *Bt toxin* ใส่เข้าไป เป็นส่วนหนึ่งของพันธุ์

กรรมฝ้าย ทำให้ฝ้ายสามารถผลิต *Bt toxin* ได้ด้วยตัวเอง *Bt toxin* มีหลายชนิด แต่ละชนิดอาจแสดงพิษจำเพาะต่อระบบทางเดินอาหารของหนอนแมลงในอันดับ (order) ต่าง ๆ เช่น Lepidoptera (กลุ่มผีเสื้อ) Diptera (กลุ่มแมลงวันและยุง) Coleoptera (กลุ่มแมลงปีกแข็ง) Hymenoptera (กลุ่มผึ้งและมด) และบางชนิดยังเป็นพิษต่อหนอนตัวกลม (nematode) อีกด้วย – ผู้เขียน]

บริษัทมอนซานโตเริ่มต้นจาก *Bt toxin* ชนิด Cry1ac ซึ่งใช้ในฝ้ายพันธุ์ Bollgard I? จากนั้นจึงพัฒนาการใช้ประโยชน์ จาก Cry2ab ใน Bollgard II? ซึ่งแสดงพิษต้านทานแมลงได้หลากหลายชนิดขึ้น และชะลอการสร้าง ความต้านทานต่อพิษ โดยแมลงกลุ่มเป้าหมาย ปัจจุบันบริษัทกำลังพัฒนา Bollgard III ซึ่งจะใช้ทั้ง Cry1ac Cry2ab และโปรตีนพิษ อีกชนิดหนึ่ง การใช้ประโยชน์จากโปรตีนพิษเหล่านี้เกิดขึ้นได้จากความสามารถในการค้นคว้าและพัฒนาโปรตีนพิษ ชนิดใหม่ ๆ ในต้นคริสต์ทศวรรษที่ ๑๙๘๐ เทคโนโลยีที่ใช้คือ genome sequencing การวิเคราะห์เชิงสรีรวิทยา (physiological analysis) การระบุรายละเอียดลักษณะ (trait description) และการจับภาพ (imaging) เป็นต้น ปัจจุบันถือเป็นยุค new genomics เป็นการเกิดใหม่ของเทคโนโลยี DNA sequencing ซึ่งเปลี่ยนโฉมการหา ลำดับดีเอ็นเอจากที่เคยต้องใช้ระยะเวลาหลายทศวรรษต่อ ๑ จีโนม (ข้อมูลพันธุกรรมหรือลำดับดีเอ็นเอทั้งหมดที่จำเป็น ต่อการดำรงชีวิตอย่างปกติของสิ่งมีชีวิต – ผู้เขียน) เป็นมากกว่า ๑๐๐ จีโนมต่อวัน อีกทั้งการวิเคราะห์จีโนไทป์ (genotype) หรือชุดของยีน สามารถใช้ระบบอัตโนมัติตั้งแต่การสกัดดีเอ็นเอ การทำปฏิกิริยาลูกโซ่พอลิเมอร์ (polymerase chain reaction หรือ PCR) จนถึงการตรวจหาความแตกต่างระดับหนึ่งนิวคลีโอไทด์ (SNP) และด้วยเทคโนโลยี microfluidics ปัจจุบัน ระบบอัตโนมัติที่ต้องใช้เครื่องมือหลายชิ้นเหล่านี้ได้ถูกรวมเข้ามาอยู่ในเครื่องมือเล็ก ๆ ขนาดตั้งโต๊ะเพียงเครื่องเดียว [อาศัยการสกัดและวิเคราะห์โดยใช้ของเหลวปริมาณน้อยมาก ๆ ทำการวิเคราะห์บน chip – ผู้เขียน] ซึ่งเป็นการเพิ่มผลผลิตงานวิเคราะห์ต่อหน่วยเวลาต่อเงินลงทุน



ฝ้าย *Bollgard II?* with *Roundup Ready?* Flex
(รูปจาก www.monsanto.com)

เทคโนโลยีเหล่านี้เปลี่ยนรูปแบบการพัฒนาพืชเทคโนโลยีชีวภาพ จากที่ต้องอาศัยองค์ความรู้ที่มีอยู่ก่อนเกี่ยวกับ การทำงานของยีนและโปรตีนแต่ละชนิด เปลี่ยนเป็นอาศัย functional genomic program ซึ่งประกอบด้วย ความสามารถในการค้นหาและวิเคราะห์ลำดับดีเอ็นเอในปริมาณมากในเวลาอันสั้น การทดสอบการทำงานของยีน ที่หลากหลาย การทดสอบลักษณะที่พืชแสดงออกภายใต้สภาวะต่าง ๆ ในปริมาณมาก

ดร. Fischhoff ยังกล่าวถึงเทคโนโลยีใหม่สำหรับพืชดัดแปลงพันธุกรรม ได้แก่เทคโนโลยี small dsRNA ที่ให้พืชผลิต อาร์เอ็นเอ (ribonucleic acid) เกลียวคู่สายสั้น ๆ ซึ่งจะไปทำลายโมเลกุลอาร์เอ็นเอเป้าหมายในแมลง หรือหนอนแบบจำเพาะ ซึ่ง small dsRNA เหล่านี้ยังสามารถกระตุ้นให้แมลงหรือหนอนศัตรูพืชตอบสนองแบบทั้งระบบ (systemic response) ไม่จำเพาะเพียงแต่เนื้อเยื่อทางเดินอาหารที่ได้รับ small dsRNA โดยตรงจากพืชเท่านั้น ปัจจุบันบริษัทมอนซานโตกำลังพัฒนาพันธุ์ข้าวโพดที่ผลิตทั้ง Bt toxin และ small dsRNA ซึ่งสามารถต้านทาน หนอนทำลายราก (corn rootworm) และยับยั้งการสร้างความต้านทานต่อพิษในหนอนด้วย

อีกความก้าวหน้าหนึ่งที่เป็นไปได้เพราะเทคโนโลยี high-throughput DNA sequencing คือ combinatorial genomics ในการพัฒนาพืชที่ทนทานต่อแมลงจีนัส lygus (กลุ่มมวน) บริษัทมอนซานโตได้รวบรวมแบคทีเรีย *Bacillus thuringiensis* ซึ่งผลิต Bt toxin จากแหล่งต่าง ๆ และพบเพียงหนึ่งไอโซเลตเท่านั้นที่แสดงพิษต่อ lygus ถึงแม้ประสิทธิภาพจะต่ำ บริษัทจึงทำการหาลำดับดีเอ็นเอทั้งหมดของ *Bacillus thuringiensis* จากทุกแหล่งที่รวบรวมได้ เพื่อระบุและวิเคราะห์ลำดับดีเอ็นเอที่เกี่ยวข้องกับการผลิตพิษ และใช้ประโยชน์จากข้อมูลลำดับดีเอ็นเอร่วมกับ protein modeling recombinant DNA technology และ protein engineering ในการพัฒนาโปรตีนพิษที่มีประสิทธิภาพสูง ต่อ lygus โดยการสลับและตัดต่อส่วน (domain) ของ Bt toxin จากแหล่งต่าง ๆ สร้างเป็น Bt toxin ชนิดใหม่ ที่ไม่สามารถพบได้ในธรรมชาติแต่มีประสิทธิภาพสูงตามต้องการ

ในช่วงท้าย Dr. Fischhoff กล่าวถึงความตระหนักของบริษัทต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของโลก อีกโจทย์หนึ่ง ของมอนซานโตจึงเกี่ยวข้องกับการสร้างผลกระทบต่อผลผลิตพืชโดยตรง ด้วยการเพิ่มความต้านทานต่อสภาพเครียด จากปัจจัยกายภาพ (abiotic stress) นักวิทยาศาสตร์ทราบว่ายีนที่เกี่ยวข้องกับการเพิ่มผลผลิตนั้นมีมากมาย แต่ก็เป็นการยากที่จะระบุยีนที่มีผลกระทบต่อผลผลิตภายใต้สภาวะต่าง ๆ เทคโนโลยีที่บริษัทเลือกที่จะพัฒนา คือ high-throughput phenotyping หรือการระบุลักษณะที่สามารถทำได้ครั้งละมาก ๆ ในเวลาอันสั้นภายใต้เงื่อนไข และสภาวะต่าง ๆ เทคโนโลยีนี้ประกอบด้วย เรือกระจกอัตโนมัติที่มาพร้อมกับระบบการเก็บภาพ ทำให้สามารถติดตาม การเปลี่ยนแปลงหรือการตอบสนองของพืชจำนวนมากในเวลาพร้อม ๆ กันได้โดยละเอียด และด้วยความร่วมมือกับ BASF Corporation บริษัทมอนซานโตสามารถพัฒนาพันธุ์ถั่วเหลืองที่ให้ผลผลิตที่สูงขึ้นได้สำเร็จ บริษัทคาดว่า ปัจจัยในการเพิ่มผลผลิตคือการเปลี่ยนแปลงของนาฬิกาวงจรชีวิต (circadian clock) ในถั่วเหลือง ทำให้ต้นถั่วเหลืองตอบสนองโดยการเปลี่ยนแปลงจำนวนและขนาดของฝักถั่ว และบริษัทมอนซานโตยังสนใจพัฒนาพืชทนแล้ง โดยในโปรแกรมการปรับปรุงพันธุ์นี้จะบูรณาการเทคโนโลยีการปรับปรุงพันธุ์พืชกับเทคโนโลยีชีวภาพเข้าด้วยกัน

ถึงแม้จะเป็นบริษัทข้ามชาติขนาดใหญ่ ดร. Fischhoff ได้แสดงให้เห็นว่าการทำงานร่วมมือกับหลายหน่วยงานก็ยังเป็น สิ่งจำเป็น ไม่ว่าจะเป็นในด้านการพัฒนาองค์ความรู้ร่วมกับสถาบันการศึกษา การพัฒนาเทคโนโลยีและพันธุ์พืช ร่วมกับเอกชน และยังรวมถึงการร่วมมือกับองค์กรต่างประเทศในการทดสอบพันธุ์

พืชต่าง ๆ ด้วย ความร่วมมือเหล่านี้ นำไปสู่ความสำเร็จในการผลิตพันธุ์พืชที่มีลักษณะพึงประสงค์ และสามารถเพาะปลูกได้ในหลายประเทศทั่วโลก

โพสต์เมื่อ : 17 สิงหาคม 2554