Apomixis : ความฝันของนักปรับปรุงพันธุ์พืช

Apomixis : The Plant Breeder's Dream

วราพงษ์ ชมาฤกษ์[1)]

Varapong Chamarerk[1)]

Abstract

Concerning the benefits of genetic engineering to small farmers, some people may think about apomixis. This characteristic can be used to produce seeds that are genetically identical to the mother plants. This article discusses about a research progress on apomixis in crops made by several research groups and its impact on seed industries, small farmers and the environment.

Keywords: apoximis, plant breeding, rice, seeds

บทคัดย่อ

เมื่อพูดถึงประโยชน์จากการตัดต่อพันธุกรรมที่จะถึงมือเกษตรกร โดยเฉพาะเกษตรกรรายย่อย นักวิจัยกลุ่มหนึ่งมักจะนึกถึงคุณสมบัติของ apomixis ที่จะนำไปใช้ผลิตเมล็ดพันธุ์พืช ที่มีลักษณะทางพันธุกรรมเหมือนกับต้นแม่ทุกประการ ในบทความนี้กล่าวถึงงานวิจัยด้าน apomixis รวมถึงผลกระทบจากการถ่ายทอดคุณลักษณะ apomixis สู่พันธุ์พืช ที่จะเกิดขึ้นกับอุตสาหกรรมเมล็ดพันธุ์ เกษตรกรรายย่อย และสิ่งแวดล้อม

คำสำคัญ: apoximis การปรับปรุงพันธุ์ ข้าว เมล็ดพันธุ์

บทนำ

Apomixis เป็นกระบวนการที่เมล็ดพัฒนาขึ้นมาโดยการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ ซึ่งไม่มีการผสมพันธุ์กันระหว่างเกสรตัวผู้และเกสรตัวเมีย เพราะฉะนั้นลักษณะทางพันธุกรรมก็จะยังคงเหมือนกับต้นแม่ทุกประการ กระบวนการนี้เกิดขึ้นน้อยในธรรมชาติ แต่นักปรับปรุงพันธุ์พืชเล็งเห็นว่าคุณสมบัติ apomixis นี้จะเป็นประโยชน์มากมายต่อคนในภาคเกษตร เป็นต้นว่านักปรับปรุงพันธุ์พืชจะสามารถผลิตเมล็ดพืชพันธุ์ใหม่ๆ ได้รวดเร็วและประหยัดค่าใช้จ่ายมากกว่าเดิม บริษัทอุตสาหกรรมเมล็ดพันธุ์จะสามารถสร้างรายได้เพิ่มขึ้นจากการใช้คุณลักษณะ apomixis ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการปรับปรุงพันธุ์พืชใหม่ๆ และสามารถผลิตเมล็ดพันธุ์เพื่อจำหน่ายได้รวดเร็วกว่าคู่แข่ง ในราคาต้นทุนที่ถูกลงกว่าเดิม ส่วนเกษตรกรรายย่อยเองก็จะสามารถเก็บเมล็ดพันธุ์พืชลูกผสมไว้ปลูกในฤดูต่อไปได้ ซึ่งเป็นการประหยัดค่าใช้จ่ายในการซื้อเมล็ดพันธุ์ลูกผสม อย่างไรก็ตาม ผู้เชี่ยวชาญได้พิจารณาว่าการที่จะถ่ายทอดคุณลักษณะ apomixis ไปสู่พันธุ์พืชเศรษฐกิจนั้นไม่ใช่เรื่องง่ายนัก อาจจะต้องใช้เวลาอีกระยะหนึ่งกว่าจะมีพันธุ์พืชที่มีคุณลักษณะ apomixis ออกสู่ตลาด

กลไกการเกิด apomixis

ในธรรมชาตินั้น คุณลักษณะ apomixis เกิดขึ้นได้น้อย คิดเป็นอัตราเพียงร้อยละ 1 ของพืชกว่า 40,000 ชนิด แต่ในพืชบางตระกูลก็จะพบได้บ่อยกว่าพืชตระกูลอื่นๆ เช่น ตระกูล *Gramineae* (พวกธัญพืชและหญ้า) *Compositae* (พวกตระกูลทานตะวัน) *Rosaceae* (พวกไม้ผลยืนต้น) และ *Asterceae* (พวก dandelion) ในพืชเศรษฐกิจที่มักพบคุณลักษณะ apomixis ได้แก่ ส้ม

1) ศูนย์วิจัยข้าวอุบลราชธานี ตู้ ปณ. 65 อ.เมือง จ.อุบลราชธานี 34000 โทรศัพท์ 045 344103-4

Ubon Ratchathani Rice Research Center, P.O. Box 65, Muang, Ubon Ratchathani, Thailand 34000 Tel. 045 344103-4

Bureau of Rice Research and Development

มะม่วง และหญ้าอาหารสัตว์

Apomixis เกิดขึ้นได้ 2 วิธี วิธีแรก คือ เมล็ดอาจพัฒนาขึ้นมาจากเซลล์สืบพันธุ์ของพืช ที่ไม่สามารถพัฒนาไปตามกระบวนการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ ซึ่งต้องมีการแบ่งตัวแบบไมโอซิสได้ตามปกติ ส่วนอีกวิธีหนึ่ง คือ เมล็ดอาจมีการพัฒนาขึ้นมาจากเซลล์ร่างกายก็ได้ ในบางครั้งอาจมีทั้งเมล็ดที่เกิดจากการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ และเมล็ดที่เกิดจากคุณลักษณะ apomixis รวมอยู่ในผลหรือฝักเดียวกันก็ได้ ต้นพืชที่มีคุณลักษณะ apomixis สามารถขยายพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ โดยไม่จำเป็นต้องผสมเกสร แต่สามารถผลิตเมล็ดได้ ส่วนใหญ่ต้นพืชเหล่านี้จะยังคงมีละอองเกสรที่มีชีวิต สามารถปลิวไปผสมเกสรกับพืชต้นอื่น ทำให้คุณลักษณะ apomixis ถูกถ่ายทอดไปยังรุ่นลูก โดยผ่านกระบวนการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศตามปกติได้

ความก้าวหน้าของงานวิจัยด้าน apomixis

งานวิจัยด้าน apomixis ได้รับความสนใจอย่างกว้างขวางในช่วง 2 ทศวรรษที่ผ่านมา เนื่องจากมีศักยภาพอย่างมากในการปฏิวัติระบบการเกษตรของโลก บางคนคิดว่าอาจยิ่งใหญ่กว่าการปฏิวัติเขียวเสียอีก และเรียกคุณลักษณะ apomixis นี้ว่า "*การปฏิวัติแบบไร้เพศ*" (asexual revolution) ปัจจุบันมีงานวิจัยที่พยายามปรับปรุงพันธุ์ให้ได้พืชอาหารที่มีคุณลักษณะ apomixis และได้รับผลสำเร็จบ้างแล้ว พืชที่กำลังมีการปรับปรุงพันธุ์อยู่ได้แก่ ข้าวฟ่าง (โดย USDA-ARS ที่เมือง Tifton) และข้าวโพด (โดย CIMMYT) ซึ่งใช้วิธีการผสมพันธุ์เพื่อถ่ายทอดเอาคุณลักษณะ apomixis จากพันธุ์พืชป่าที่เป็นญาติใกล้ชิดเข้าสู่พันธุ์พืชปลูก แต่ยังไม่สามารถปรับปรุงพันธุ์จนถึงขั้นที่ได้เป็นพันธุ์ใหม่ออกมา ทั้งนี้เนื่องจากว่าสายพันธุ์เหล่านั้นยังมีปัญหาของการพัฒนาเนื้อเยื่อเอนโดสเปิร์มของเมล็ด นักวิจัยส่วนหนึ่งจึงพยายามศึกษาถึงระดับยีนที่ควบคุมกลไก หรือกระบวนการที่ทำให้เกิดคุณลักษณะ apomixis เพื่อที่จะถ่ายทอดลักษณะนี้เข้าสู่พันธุ์พืชที่ต้องการด้วยเทคนิคทางพันธุวิศวกรรม วิธีการที่นักวิจัยใช้ทำการศึกษาคือการถ่ายฝากทรานสโปซอน (transposon) เข้าไปสู่พืช เพื่อให้ทรานสโปซอนแทรกเข้าอยู่ระหว่างยีนที่ควบคุมคุณลักษณะ apomixis จากนั้นก็จะสามารถแยกหรือโคลนยีนนี้แล้วถ่ายไปสู่พันธุ์พืชที่ต้องการได้

สำหรับงานวิจัยด้าน apomixis ในข้าว ได้มีผู้ทำการศึกษาวิจัยมานานพอสมควร เช่น หน่วยงาน IRRI, CSIRO, CAMBIA และ USDA นอกจากนี้ ทีมวิจัยของจีนได้เคยตีพิมพ์ผลงานที่เกี่ยวข้องกับ apomixis ของข้าวบ้างแล้ว จนถึงปัจจุบันนี้นักวิจัยก็ยังไม่สามารถค้นหาคุณลักษณะ apomixis ทั้งในพันธุ์ข้าวป่าและพันธุ์ข้าวปลูก แต่มีรายงานว่าข้าวบางพันธุ์มีลักษณะให้ต้นอ่อนแฝด หรือมีลักษณะเกสรตัวเมียและรังไข่หลายอันที่อาจเกี่ยวพันกับคุณลักษณะ apomixis ในข้าว (Fig. 1 และ 2) ทั้งนี้อาจเนื่องจากตัวอย่างพันธุ์ข้าวที่เก็บไว้ในธนาคารเชื้อพันธุ์มีจำนวนมาก จนไม่สามารถประเมินหาคุณลักษณะ apomixis จากตัวอย่างทั้งหมดได้ นอกจากนี้เทคนิคที่ใช้วิเคราะห์ก็ยุ่งยากซับซ้อนและสามารถใช้วิเคราะห์เฉพาะบางส่วนของกระบวนการ apomixis เท่านั้น

กระบวนการเกิด apomixis ในข้าว ประกอบด้วย 2 ส่วนคือ apomeiosis (การเกิดถุงหุ้มคัพภะที่มีจำนวนโครโมโซมเท่ากับต้นแม่) กับ parthenogenesis (การพัฒนาเป็นคัพภะโดยไม่ต้องมีการผสมพันธุ์) ปัจจุบันได้มีการพัฒนาเทคนิคที่สามารถใช้วิเคราะห์องค์ประกอบทั้ง 2 ส่วนของคุณลักษณะ apomixis เรียกว่า เทคนิค flow cytometric seed screen (FCSS) โดยจะทำการวัดปริมาณดีเอ็นเอในคัพภะและเอนโดสเปิร์มในเมล็ดที่สุกแก่ เพื่อหากระบวนการสืบพันธุ์ที่พัฒนามาเป็นเมล็ดว่าเป็นแบบ apomixis หรือไม่ เนื่องจากยังไม่พบพันธุ์ข้าวที่มีคุณลักษณะ apomixis ดังนั้น นักวิจัยจึงพยายามผสมข้ามพันธุ์ระหว่างข้าวกับพืชอื่น เช่น *Cenchrus ciliaris*, *Pennisetum alopecuroides* และ *Panicum maximum* โดยใช้เทคนิค embryo rescue และ protoplast fusion เข้าช่วย ปัจจุบัน รหัสพันธุกรรมของข้าวถูกถ่ายถอดอย่างสมบูรณ์แล้ว มีความพยายามที่จะค้นหาตำแหน่งของยีนที่เกี่ยวข้องกับคุณลักษณะ apomixis ในข้าว โดยเปรียบเทียบกับพืชตระกูลหญ้าชนิดอื่นคือ *Paspalum simplex* และพบว่าส่วนปลายแขนด้านยาวของโครโมโซม 12 ของข้าวอาจมียีนที่เกี่ยวข้องกับคุณลักษณะ apomixis อยู่ ซึ่งอาจชักนำให้เกิดคุณลักษณะนี้ได้ นอกจากนี้นักวิจัยอีกกลุ่มหนึ่งพบว่ายีน *DMC1* จะแสดงหน้าที่ออกมาต่างกันระหว่างการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสและแบบไมโตซิสของเซลล์แฮพพลอยด์กับเซลล์ดิพพลอยด์ ซึ่งน่าจะเกี่ยวข้องกับกระบวนการพัฒนาเป็นคัพภะโดยไม่อาศัย

Bureau of Rice Research and Development

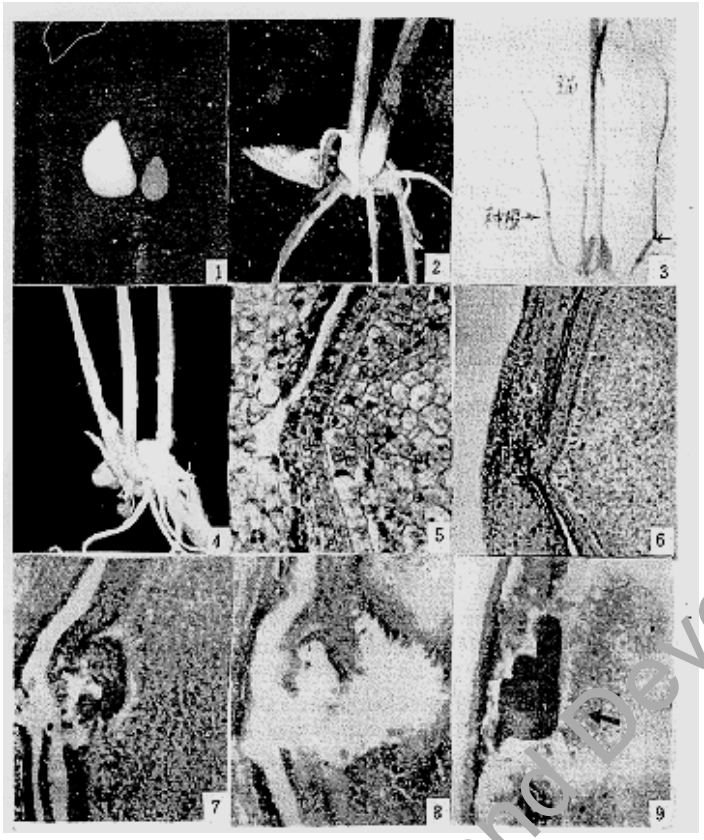

Fig. 1 Agamospermy observed in a rice cultivar C1001 (From Guo and Mu, 1992). (1) Some seeds of C1001B has two embryos. One was a normal pear-shaped embryo located at the normal position, and the other was a smaller globular one located in the internal side of the normal one. (2-4) Seeds of C1001B germinated in dark at 35 °C for 3-4 days produced multiple seedlings: twin- or triple-seedlings. (5-9) The nucellar cells sometimes differentiated into embryos. A particular nucellar cell was specialized close to the inner integument in the middle-lower part of embryo sacs. This specialized cell was two to three times larger than other nucellar cells and possessed denser cytoplasm, a bigger nucleus. After several divisions, a mass of cells was produced, some of them having more than one nucleus. Then, there appeared a protrusion under the epidermis of embryo sac. The protrusion separated gradually from other nucellar tissues. At this stage, there were still some cells with multiple nuclei. An embryo-like structure with an epidermal tissue was formed and later developed into an adventitious embryo.

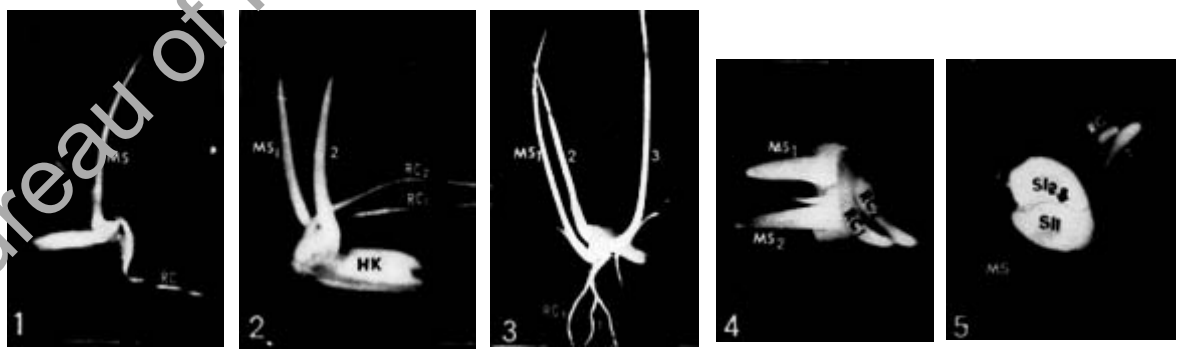

Fig. 2 Among the 5,000 mature caryoses of a rice cultivar Ap111 (Shuang 13), 89 % contain one embryo per caryopse, from which a single seedling arises (1), while 8.9% have twin embryos and 1.2% triple embryos, from which twin (2, 4 and 5) and triple seedlings (3) arise, respectively (From Mu *et. al.*, 1998)

Bureau of Rice Research and Development

เพศ

การปรับปรุงพันธุ์พืชที่สำคัญทางเศรษฐกิจให้มีคุณลักษณะ apomixis อาจทำได้ 3 วิธี วิธีการแรกโดยการผสมพันธุ์ระหว่างพันธุ์ที่นิยมปลูกกับพันธุ์ป่าที่มีลักษณะ apomixis จากนั้นทำการผสมกลับไปยังพันธุ์ที่นิยมปลูกหลายๆ ครั้ง พืชที่มีการใช้วิธีนี้ เช่น ข้าวฟ่าง ข้าวสาลี และข้าวโพด วิธีที่สองคือ การชักนำให้เกิดการกลายพันธุ์ในขบวนการสืบพันธุ์ เช่น สร้างสายพันธุ์กลายพันธุ์ที่ผลิตไข่ที่จำนวนโครโมโซมคงเดิม หรือสายพันธุ์กลายพันธุ์ที่สามารถสร้างคัพภะโดยไม่มีการผสมเกสร จากนั้นจึงนำสายพันธุ์กลายพันธุ์เหล่านี้ไปผสมกับพันธุ์ปกติ เพื่อพยายามถ่ายทอดเอาลักษณะที่ต้องการไปสู่พันธุ์ปกติ พืชที่มีการทดลองใช้วิธีนี้เพื่อสร้างพันธุ์ที่มีคุณลักษณะ apomixis คือ มันฝรั่ง แต่ก็ยังไม่สามารถปรับปรุงจนสำเร็จได้ในขณะนี้ ส่วนวิธีการที่สามคือ การใช้เทคนิคพันธุวิศวกรรม ด้วยความก้าวหน้าของวิทยาการด้านชีวโมเลกุลและพันธุวิศวกรรม ทำให้นักวิทยาศาสตร์สามารถศึกษากลไกการสืบพันธุ์ในพืชต้นแบบเช่น *Arabidopsis* จนสามารถสร้างสายพันธุ์กลายพันธุ์ที่พัฒนาเนื้อเยื่อเอนโดสเปิร์มได้โดยอัตโนมัติ และสามารถจำแนกยีนที่เกี่ยวข้องกับกลไกดังกล่าวคือ ยีน *LEC1* นอกจากนี้ ยังมีนักวิจัยอีกหลายกลุ่มที่กำลังพยายามจำแนกยีนที่ทำหน้าที่ควบคุมกระบวนการ apomixis ที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติในพืชอีกหลายชนิด เพื่อจะได้นำไปใช้ประโยชน์ต่อไป

ประโยชน์ของ apomixis ที่จะเกิดขึ้นกับวงการเกษตร และผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นต่อสิ่งแวดล้อม

ประโยชน์ที่เห็นได้ชัดที่สุดของการถ่ายทอดคุณลักษณะ apomixis ไปสู่พันธุ์พืชที่สำคัญทางเศรษฐกิจก็คือ ช่วยให้คัดเลือกต้นพืชที่มีคุณสมบัติตรงตามที่ต้องการ และสามารถขยายพันธุ์ด้วยเมล็ด โดยยังคงลักษณะทางพันธุกรรมไว้ได้เหมือนเดิม อีกประการหนึ่งก็คือ นักปรับปรุงพันธุ์พืชสามารถปรับปรุงพันธุ์ใหม่ๆ โดยผสมพันธุ์ต้นพ่อกับต้นแม่ที่อาจมีฐานพันธุกรรมต่างกันได้ เพราะเมล็ดที่พัฒนาโดยกระบวนการ apomixis สามารถมีชุดโครโมโซมที่แตกต่างกันได้ คุณลักษณะ apomixis ช่วยให้พืชต่างสปีชีส์สามารถผสมกันได้ ซึ่งอาจส่งผลต่อวิวัฒนาการพันธุ์พืชใหม่ๆ หากสามารถนำคุณลักษณะนี้ไปใช้ประโยชน์ได้อย่างจริงจัง และอาจส่งผลต่อการเกษตรกรรมที่ยิ่งใหญ่กว่าการปฏิวัติเขียวในอดีตก็เป็นได้

ในวงการเมล็ดพันธุ์พืชลูกผสมนั้น บริษัทที่เป็นเจ้าของพันธุ์จะต้องผลิตพันธุ์บริสุทธิ์ เพื่อใช้เป็นพันธุ์พ่อและพันธุ์แม่อยู่ตลอด และจะต้องทำการผสมพันธุ์ระหว่างพันธุ์พ่อแม่เพื่อให้ได้เมล็ดพันธุ์ลูกผสมที่มีคุณสมบัติดีเด่น เมื่อเกษตรกรซื้อเมล็ดพันธุ์ลูกผสมดังกล่าวไปปลูกก็จะสามารถใช้เมล็ดพันธุ์ได้เพียงฤดูเดียว แต่ด้วยคุณลักษณะ apomixis เมล็ดพันธุ์ลูกผสมสามารถขยายพันธุ์จากรุ่นหนึ่งสู่อีกรุ่นหนึ่งได้ ซึ่งจะช่วยลดต้นทุนในการผลิตเมล็ดพันธุ์ลูกผสมได้อย่างมหาศาล นอกจากนี้ เชื้อจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุการเกิดโรคมักไม่ถ่ายทอดไปยังอีกรุ่นโดยผ่านทางเมล็ด ดังนั้น คุณลักษณะ apomixis อาจนำมาใช้ผลิตเมล็ดพันธุ์ที่คงลักษณะทางพันธุกรรมเดิมไว้ได้โดยมีเชื้อโรคติดมาด้วยน้อยมาก ได้มีนักวิจัยชาวอเมริกันเคยคำนวณว่าหากมีการนำคุณลักษณะ apomixis ไปใช้ในพันธุ์ข้าว จะมีมูลค่าทางเศรษฐกิจมากกว่า 2,500 ล้านเหรียญสหรัฐ

ด้วยประโยชน์ในแง่เศรษฐศาสตร์และประหยัดเวลาอย่างมากของคุณลักษณะ apomixis นี้ จะทำให้งานวิจัยด้านปรับปรุงพันธุ์ในอนาคตพลิกโฉมใหม่เลยก็ว่าได้ นักปรับปรุงพันธุ์จะสามารถปรับปรุงพันธุ์พืชให้มีลักษณะทางพันธุกรรมตรงหรือเหมาะสมกับสภาพแวดล้อมที่เฉพาะเจาะจงได้ แทนที่จะพยายามปรับปรุงสภาพแวดล้อมให้เหมาะสมกับความต้องการของพืชเช่นที่ส่วนใหญ่กำลังทำอยู่ในปัจจุบัน นอกจากนี้ ความก้าวหน้าของงานวิจัยด้านเทคโนโลยีชีวภาพ ที่สามารถค้นหายีนหรือกลุ่มของยีนที่ควบคุมลักษณะทางการเกษตรต่างๆ ได้ เมื่อนำมาใช้ประโยชน์ร่วมกับคุณลักษณะ apomixis ยิ่งจะช่วยให้นักปรับปรุงพันธุ์พืช สามารถผลิตพืชพันธุ์ใหม่ๆ ได้รวดเร็วขึ้น และตรงกับความต้องการของผู้ที่จะนำไปใช้ประโยชน์มากยิ่งขึ้น ไม่ว่าจะนำไปใช้บริโภคเป็นอาหาร เครื่องนุ่งห่ม ยารักษาโรค ผลิตพลาสติค หรือใช้เป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมอื่นๆ ได้ ซึ่งการปรับปรุงพันธุ์พืชในอนาคตอาจเรียกได้ว่าเป็นการปรับปรุงพันธุ์แบบ "*บูติค*" *(boutique breeding)* คือ เน้นการปรับปรุงพันธุ์พืชโดยมี

Bureau of Rice Research and Development

วัตถุประสงค์ที่เฉพาะเจาะจงยิ่งขึ้น

การที่ประโยชน์ของคุณลักษณะ apomixis จะเกิดขึ้นกับคนกลุ่มใดมากที่สุด ระหว่างนักปรับปรุงพันธุ์เกษตรกรรายย่อย หรือบริษัทอุตสาหกรรมเมล็ดพันธุ์ ก็ขึ้นอยู่กับว่าใครเป็นผู้ควบคุมหรือเป็นเจ้าของคุณลักษณะ apomixis ในอนาคต หากเป็นของสาธารณะก็จะช่วยให้ราคาเมล็ดพันธุ์พืชถูกลงอย่างมาก และทำให้มีพันธุ์พืชหลากหลายให้เกษตรกรได้เลือกใช้ แต่ถ้ากรรมสิทธิ์ตกอยู่กับบริษัทเอกชนเพียงไม่กี่ราย ก็จะเกิดการผูกขาดตลาดเมล็ดพันธุ์อย่างแน่นอน

สำหรับเกษตรกรรายย่อย โดยเฉพาะเกษตรกรในประเทศกำลังพัฒนา อาจได้รับประโยชน์จากคุณลักษณะ apomixis คือ สามารถเก็บเมล็ดพันธุ์พืชลูกผสมและสามารถนำไปปลูกให้ได้ต้นพืชที่มีคุณสมบัติดีเด่นหรือให้ผลผลิตสูงได้ โดยเกษตรกรไม่จำเป็นต้องซื้อเมล็ดพันธุ์ใหม่ทุกปี ซึ่งจะเป็นประโยชน์โดยเฉพาะกับเกษตรกรที่อยู่ห่างไกลจากแหล่งที่จะหาซื้อเมล็ดพันธุ์ได้ ในระยะยาวเกษตรกรอาจใช้ประโยชน์จากคุณลักษณะ apomixis ในการช่วยรักษาลักษณะทางพันธุกรรมของพันธุ์พืชที่เกษตรกรต้องการให้คงอยู่ได้ โดยทำการผสมพันธุ์กับสายพันธุ์ที่เป็น apomictic line ในอนาคตเกษตรกรจะสามารถปรับปรุงหรือคัดเลือกพันธุ์ได้เอง ซึ่งจะทำให้ได้พันธุ์พืชที่เหมาะสมกับสภาพท้องถิ่นที่เฉพาะเจาะจงมากยิ่งขึ้น

อย่างไรก็ตาม มีนักวิจัยบางส่วนที่ไม่เห็นด้วยกับการใช้ประโยชน์จากคุณลักษณะ apomixis โดยกล่าวว่าวิธีการปรับปรุงพันธุ์แบบเกษตรกรมีส่วนร่วมที่ดำเนินการอยู่ในปัจจุบันนี้ก็นับว่ามีประโยชน์มากอยู่แล้ว เช่น นักปรับปรุงพันธุ์ข้าวในราซิลพบว่า เกษตรกรที่มีฝีมือมักจะปรับปรุงพันธุ์พืชเช่นข้าวโพด ให้มีความหลากหลายมากกว่าที่จะคัดเลือกพันธุ์เพื่อให้ได้ผลผลิตสูง ทั้งนี้เพื่อให้มีพันธุ์ที่หลากหลาย เพื่อลดความเสี่ยงจากสภาวะแวดล้อมที่มีความไม่แน่นอน ดังนั้น การปรับปรุงพันธุ์พืชให้มีความอยู่ตัวด้วยคุณลักษณะ apomixis อาจไม่ใช่กลยุทธ์ที่เกษตรกรต้องการใช้ก็ได้

ปัจจัยที่อาจเป็นอุปสรรคต่อการใช้ประโยชน์จากคุณลักษณะ apomixis ของเกษตรกรรายย่อยก็คือ ในกรณีที่มีการใช้เทคโนโลยีที่เรียกว่า Traitor/Terminator Technologies ซึ่งบริษัทที่เป็นเจ้าของพันธุ์พืชลูกผสมใช้เพื่อป้องกันไม่ให้สามารถนำเมล็ดพันธุ์ลูกผสมไปใช้ปลูกติดต่อกันได้ หากมีการนำเอาคุณลักษณะ apomixis มาใช้กับพันธุ์พืชลูกผสมก็เท่ากับว่าเกษตรกรรายย่อยไม่จำเป็นต้องซื้อเมล็ดพันธุ์พืชลูกผสมจากบริษัททุกๆ ปี อย่างไรก็ตาม บริษัทอุตสาหกรรมเมล็ดพันธุ์อาจพัฒนาพันธุ์พืชลูกผสมที่ใช้เทคโนโลยี Traitor/Terminator ร่วมด้วย ทำให้เกษตรกรไม่สามารถใช้เมล็ดพันธุ์ลูกผสมดังกล่าวปลูกต่อเนื่องกันได้

อนึ่ง การถ่ายทอดคุณลักษณะ apomixis ไปสู่พันธุ์พืชที่สำคัญทางเศรษฐกิจ อาจมีผลทำให้ความหลากหลายทางพันธุกรรมของพืชชนิดนั้นๆ ลดน้อยลง รวมทั้งของพืชพันธุ์ป่าที่เป็นญาติใกล้เคียงด้วย แต่ผลที่เกิดขึ้นจะเป็นเช่นใดนั้นยังไม่มีใครสามารถบอกได้ เนื่องจากกระบวนการ apomixis ยังไม่เป็นที่เข้าใจอย่างถ่องแท้นัก ดังนั้น การทำนายถึงผลกระทบของการใช้ประโยชน์จากคุณลักษณะ apomixis ที่อาจมีต่อสิ่งแวดล้อมจึงเป็นเรื่องค่อนข้างยาก แต่สิ่งที่จะเกิดขึ้นก็คือระบบการปลูกพืชเชิงเดี่ยวที่มีลักษณะทางพันธุกรรมเหมือนกันทุกประการ ซึ่งเสี่ยงอย่างยิ่งต่อการเกิดการระบาดของโรคหรือแมลง นักวิจัยบางส่วนจึงคิดว่าการที่คุณลักษณะ apomixis เกิดขึ้นในอัตราที่ต่ำในธรรมชาติ และมักเกิดในพืชที่เป็นโพลีพลอยด์คือมีโครโมโซมหลายชุด อาจเป็นผลของกระบวนการทำให้สูญพันธุ์ไป

จากข้อเสียในระยะยาวของคุณลักษณะนี้ หากนำเอาคุณลักษณะ apomixis มาใช้อย่างกว้างขวางในภาคเกษตร อาจก่อให้เกิดปัญหาในการคัดเลือกตามธรรมชาติ และอาจมีผลทำให้ความหลากหลายทางชีวภาพลดลงได้ เนื่องจากคุณลักษณะ apomixis จะทำให้ลักษณะทางพันธุกรรมคงตัวอยู่ได้ ทำให้พืชมีการขยายพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ และได้พืชที่มีลักษณะทางพันธุกรรมที่เกิดจากพันธุ์พ่อและพันธุ์แม่ที่มีโครโมโซมแตกต่างกัน ซึ่งโดยปกติจะไม่สามารถมีชีวิตอยู่รอดได้ด้วยวิธีการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ สิ่งเหล่านี้จะกระทบต่อกระบวนการวิวัฒนาการของพันธุ์พืชตามธรรมชาติ การที่พันธุ์พืชมีฐานพันธุกรรมแคบลง ย่อมไม่สามารถตอบสนองต่อสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว หรือแม้แต่กับโรคและแมลงที่เปลี่ยนแปลงอยู่เรื่อยๆ ได้

ถึงแม้ว่าพันธุ์พืชสำคัญทางเศรษฐกิจที่มีคุณลักษณะ apomixis ยังคงเป็นเพียงความฝันของนักปรับ

Bureau of Rice Research and Development

ปรุงพันธุ์ แต่ปัจจุบันได้มีการจดสิทธิบัตรที่ครอบคลุมหรือเกี่ยวข้องกับคุณลักษณะ apomixis อยู่หลายฉบับ ซึ่งหนึ่งในสามของสิทธิบัตรเหล่านี้เป็นขององค์กรสาธารณะ อีกหนึ่งในสามส่วนเป็นของบริษัทข้ามชาติ ส่วนที่เหลือเป็นของสถาบันการศึกษา องค์กรสาธารณะหน่วยงานแรกที่ยื่นขอจดสิทธิบัตรเกี่ยวกับคุณลักษณะ apomixis คือ USDA ซึ่งเริ่มงานวิจัยเกี่ยวกับคุณลักษณะ apomixis ตั้งแต่ช่วงทศวรรษ 1960s ซึ่งทำการวิจัยในข้าวโพดและข้าวฟ่าง จนกระทั่งได้สายพันธุ์ที่มีคุณลักษณะ apomixis รวมทั้งโมเลกุลเครื่องหมายที่เกี่ยวข้อง และได้ยื่นขอจดสิทธิบัตรไว้เมื่อเดือนกันยายน พ.ศ. 2538 แม้ว่า USDA มีนโยบายที่จะให้คุณลักษณะ apomixis ในสายพันธุ์ข้าวโพดและข้าวฟ่างเป็นประโยชน์ต่อสาธารณะให้มากที่สุด แต่ USDA ได้เคยทำข้อตกลงลับไว้กับบริษัทยักษ์ใหญ่กว่า 20 บริษัท รวมทั้งบริษัท Pioneer Hi-Bred International ด้วย จึงทำให้เราได้ยากว่าคุณลักษณะ apomixis ที่เป็นสิทธิบัตรของ USDA จะเป็นประโยชน์ต่อสาธารณะได้มากน้อยเพียงใด

ในปี พ.ศ. 2540 หน่วยงาน IRD (Institut de Recherche pour le Développement) ของฝรั่งเศส และหน่วยงาน CIMMYT (the International Maize and Wheat Improvement Center) ของเม็กซิโก ได้ยื่นจดสิทธิบัตรคุ้มครองวิธีการค้นหายีนที่เกี่ยวข้องกับคุณลักษณะ apomixis ใน *Tripsacum* โดย CIMMYT ให้เหตุผลในการขอจดสิทธิบัตรว่า เพื่อให้คุณลักษณะ apomixis เกิดประโยชน์แก่เกษตรกรรายย่อยอย่างทั่วถึง ทั้ง IRD และ CIMMYT ได้รับเป็นที่ปรึกษาด้านวิจัยให้กับบริษัทอุตสาหกรรมเมล็ดพันธุ์ขนาดใหญ่หลายบริษัท เช่น Pioneer Hi-Bred International (ถูกซื้อกิจการโดย Dupont) Limagrain (สัมพันธ์ใกล้ชิดกับบริษัท Atventis) และ Novartis seeds (เป็นส่วนหนึ่งของบริษัท Syngenta) โดยตกลงให้ใบอนุญาตแบบ global non-exclusive license ส่วน IRD และ CIMMYT ได้ใบอนุญาตให้ใช้ผลงานวิจัยสำหรับกลุ่มเกษตรกรรายย่อยที่ทำการเกษตรเพื่อยังชีพ ด้วยวิธีนี้จะทำให้เกษตรกรรายย่อยมีโอกาสได้รับประโยชน์จากงานวิจัยคุณลักษณะ apomixis ด้วย แต่ในขณะเดียวกันอาจทำให้บริษัทอุตสาหกรรมเมล็ดพันธุ์ขนาดเล็กต้องล้มเลิกกิจการ เนื่องจากไม่สามารถแข่งขันด้านราคากับบริษัทขนาดใหญ่ทั้งสามบริษัทข้างต้นที่มีสิทธิ์ใช้เทคโนโลยี apomixis ได้ ปัจจุบันมีบริษัทเอกชนขนาดใหญ่หลายรายที่ให้ทุนสนับสนุนการวิจัยแก่หน่วยงานของรัฐ แต่ข้อมูลจากการวิจัยก็มักจะถูกเก็บเป็นความลับ

บทสรุป

งานวิจัยด้าน apomixis จะยังคงเป็นเหมือนดังความฝันอันโชติช่วงของนักปรับปรุงพันธุ์พืชต่อไปอีกหลายปี ถึงแม้ว่าโอกาสจะประสบผลสำเร็จค่อนข้างยาก แต่ผลตอบแทนที่จะได้รับเมื่อสามารถทำได้ก็มหาศาล จึงมีนักวิจัยและบริษัทเอกชนหลายรายทุ่มทุนวิจัยด้านนี้ เพราะเล็งเห็นผลประโยชน์ที่จะเกิดขึ้นจากคุณลักษณะ apomixis ต่อวงการเกษตรในอนาคต บริษัทเอกชนที่ทำการวิจัยมักอ้างถึงประโยชน์ของ apomixis ที่จะเกิดแก่เกษตรกรรายย่อย เพื่อให้ได้รับการสนับสนุนจากสาธารณะเกี่ยวกับการวิจัยด้านนี้ แต่ถ้าหากมีบริษัทยักษ์ใหญ่เพียงไม่กี่ราย เป็นเจ้าของลิขสิทธิ์คุณลักษณะ apomixis นี้ โอกาสที่เกษตรกรรายย่อยจะได้รับประโยชน์ก็มีน้อย ยิ่งถ้าคุณลักษณะ apomixis ใช้ได้ผลดีกับพืชที่มีจำนวนชุดโครโมโซมเป็นโพลีพลอยด์ บริษัทอุตสาหกรรมเกษตรก็จะเร่งปรับปรุงพันธุ์พืชโพลีพลอยด์มากขึ้น พันธุ์พืชดั้งเดิมของเกษตรกรที่ส่วนใหญ่เป็นพันธุ์ดิพพลอยด์ก็จะค่อยๆ สูญหายไปในที่สุด

ในปัจจุบัน งานวิจัยด้านคุณลักษณะ apomixis ดูเหมือนจะเป็นประโยชน์ต่อบริษัทอุตสาหกรรมเกษตรขนาดใหญ่ มากกว่าจะประโยชน์ในแง่ของความมั่นคงด้านอาหาร หรือตอบสนองต่อความต้องการของเกษตรกรอย่างแท้จริง นอกจากนี้ ยังไม่มีผู้ใดสามารถบอกได้ว่าผลกระทบที่จะเกิดขึ้นต่อความหลากหลายทางชีวภาพและสิ่งแวดล้อมในระยะสั้นและระยะยาวจะเป็นเช่นใด จึงเป็นเรื่องที่ผู้มีส่วนได้ส่วนเสียควรมีโอกาสร่วมตัดสินใจว่าควรมีการนำเอาคุณลักษณะ apomixis มาใช้ในวงการเกษตรหรือไม่

บรรณานุกรม

Bicknell, R.A. and K.B. Bicknell. 1999. Who will benefit from apomixis? Biotechnology and Development Monitor. No.37 : 17-20.

GRIAN. 2001. Apomixis: The plant breeder's dream. Seedling newsletter. http://www.grain.org/seedling/

Bureau of Rice Research and Development

?id=20 retrieved on July 23, 2007.

Guo, X. X. and X.J. Mu. 1992. A new genetic material: Apomicitic rice C1001. Rice Genetics Newsletter. 9: 77-79 http://www.shigen.nig.ac.jp/rice/rgn/vol9/v9p77.html retrieved on July 23, 2007.

Jefferson, R.A. 1994. Apomixis: Asocial revolution for agriculture?. Biotechnology and Development Monitor. No.19 : 14-16.

Kaushal, P., D.R. Malaviya and A.K. Roy. 2004. Prospects for breeding apomictic rice: A reassessment. Current Science. 87(3) : 292-296.

Koltunow, A.M., R.A. Bicknell and A.M. Chaudhury. 1995. Apomixis: Molecular strategies for the generation of genetically identical seeds without fertilization. Plant Physiol. 108 : 1345-1352.

Mu, X.J. , G.C. Shi, Z.Q. Zhu, X. Cai and P.C. Ni. 1998. Polyembryony in Rice Ap111 (Shuang 13). Apomixis Newsletter no.10 http://www.cimmyt.org/abc/ResearchProjects/Apomixis/apomixisnews10/htm/APOMIXIS News10-4.htm retrieved on July 23, 2007.

Perotti, E., D. Grimanelli, P. John, D. Hoisington and O. Leblanc. 2004. Why is transferring apomixis to crops still a dream? http://www.cropscience.org.au/icsc2004/poster/3/2/1/1367perottie.htm retrieved on July 23, 2007.

Bureau of Rice Research and Development