รากพืช
ฮีโร่ผู้พิชิตภัยแล้งที่ยั่งยืน

จิรวัฒน์ สลุงอยู่ นักวิทยาศาสตร์ปฏิบัติการ
กองพัฒนาศักยภาพนักวิทยาศาสตร์ห้องปฏิบัติการ

รากพืช มีหน้าที่หลักในการดูดซึมน้ำและแร่ธาตุอย่างที่เรารู้กัน แต่ในความเป็นจริงแล้ว รากพืชเป็นอวัยวะหนึ่งของพืชที่สำคัญมากกว่าที่เราคิด พืชบางชนิดมีการจัดสรรทรัพยากรที่ได้จากการสังเคราะห์แสง (Carbon Allocation) ส่งไปยังรากมากกว่าส่วนอื่น ๆ ของพืช นอกจากหน้าที่หลักแล้ว รากพืชสามารถตอบสนองต่อปริมาณน้ำและแร่ธาตุในดินโดยการปรับเปลี่ยนจำนวน องศา และการแตกแขนงของราก เพื่อให้การดูดซึมน้ำและแร่ธาตุเกิดขึ้นได้ต่อเนื่อง ซึ่งทำให้เกิดการสังเคราะห์แสงและสร้างผลผลิตของพืชเกิดขึ้นได้ปกติ โดยเฉพาะภายใต้สภาวะแห้งแล้งที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของโลก (Climate Change)

รากพืชประกอบไปด้วยชั้นของเนื้อเยื่อคล้ายกับร่างกายของมนุษย์ เช่น เนื้อเยื่อผิว (Epidermis), เนื้อเยื่อท่อลำเลียงน้ำ (Xylem), เนื้อเยื่อท่อลำเลียงอาหาร (Phloem) และสารเคมีพิเศษจำพวกซูเบอริน (Suberin) และลิกนิน (Lignin) เช่นเดียวกับลำต้น แต่แตกต่างกันเพียงการจัดเรียงของเนื้อเยื่อ ดังนั้นการลำเลียงน้ำและแร่ธาตุจากดินสู่รากและรากสู่ลำต้นจึงเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องและมีประสิทธิภาพ พืชในแต่ละกลุ่มมีระบบรากที่แตกต่างกัน สำหรับระบบรากพืชใบเลี้ยงเดี่ยว (Monocotyledon) เมื่อเมล็ดพืชใบเลี้ยงเดี่ยวได้รับปัจจัยที่เหมาะสม จะมีการเจริญของระบบรากแรกเกิด (Embryonic Root System) โดยมีรากปฐมภูมิ (Primary Root) ออกมาเป็นอันดับแรก ตามมาด้วยรากเซมินอล (Seminal Root) ซึ่งจะมีจำนวนที่แตกต่างกันในพืชแต่ละชนิด เมื่อผ่านไปช่วงหนึ่งระบบรากแรกเกิดลดบทบาทในการดูดซึมน้ำและแร่ธาตุลง ในขณะที่ระบบรากเต็มวัย (Post-Embryonic Root System) จะพัฒนาขึ้นและทำหน้าที่หลักต่อไป ระบบรากเต็มวัยประกอบด้วยรากพิเศษ (Adventitious Roots) ซึ่งมักจะตอบสนองต่อปริมาณน้ำและสารอาหารที่อยู่ในดิน สำหรับระบบรากพืชใบเลี้ยงคู่ (Dicotyledon) ประกอบด้วยรากปฐมภูมิ (Primary Root) ซึ่งจะทำหน้าที่หลัก แล้วจึงขยายขนาดเพื่อดูดซึมน้ำและแร่ธาตุมากขึ้นและเจริญเป็นรากแก้ว (Tap Root) รากที่พัฒนาถัดมาคือ รากพื้นฐาน (Basal Root) ซึ่งจะมีจำนวนที่แตกต่างกัน คล้ายกับรากเซมินอล (Seminal Root) ในระบบรากของพืชใบเลี้ยงเดี่ยว เมื่อพืชเจริญมากขึ้นจะมีการพัฒนาของรากพิเศษ (Adventitious Roots) ซึ่งทำหน้าที่ที่หลากหลาย เช่น รากสะสมอาหาร, รากอากาศ, รากค้ำจุน เป็นต้น เนื่องจากระบบรากของพืชมีความหลากหลายมาก กลุ่มวิจัยรากจากมหาวิทยาลัยเพนซิลเวเนียสเตตท์ ประเทศสหรัฐอเมริกา (The Roots Lab, Pennsylvania State University, USA) ได้พัฒนาการศึกษาลักษณะรากชื่อว่า เทคนิคเชฟเวโลมิค (Shovelomics) ซึ่งศึกษาลักษณะรากต่าง ๆ ของพืชอย่างเป็นระบบ เช่น จำนวนรากพิเศษ (Root number), องศาของราก (Root Angle), จำนวนรากแขนง (Lateral Root Branching), ความยาวของรากแขนง (Lateral Root Length) เป็นต้น

ลักษณะของรากพืช (Root Traits) มีความสัมพันธ์โดยตรงกับน้ำและธาตุอาหารในดิน ตามปกติแล้วธาตุฟอสฟอรัสและ

ธาตุโพแทสเซียมไม่ละลายในน้ำ ดังนั้นธาตุอาหารของพืชสองชนิดนี้จึงมักจะมีการกระจายตัวอยู่ในดินชั้นบน ส่วนธาตุไนโตรเจนสามารถละลายน้ำได้ จึงมีการไหลไปพร้อม ๆ กับน้ำ ธาตุไนโตรเจนและน้ำจึงมีการกระจายตัวอยู่ในดินชั้นล่าง การศึกษาที่ผ่านมา พบว่า ข้าวโพดสายพันธุ์ที่มีระบบรากลึก เช่น มีองศาของรากลึก จำนวนรากพิเศษน้อย มีโอกาสที่จะดูดซึมธาตุไนโตรเจนและน้ำได้มากขึ้น เนื่องมาจากระบบรากมีโอกาสที่จะดูดซึมธาตุไนโตรเจนและน้ำจากดินชั้นลึก กลับกันในข้าวโพดสายพันธุ์ที่มีระบบรากตื้น เช่น องศารากตื้น จำนวนรากพิเศษมาก มีโอกาสที่จะดูดซึมธาตุฟอสฟอรัสและธาตุโพแทสเซียมจากดินชั้นตื้นได้มากเช่นกัน

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Climate Change) เป็นหนึ่งในปัจจัยที่กระตุ้นให้สภาวะแห้งแล้งรุนแรง ยาวนาน และไม่สามารถทำนายได้ ภายใต้สภาวะแห้งแล้ง น้ำไหลจากผิวดินลงไปสู่ดินชั้นลึก ดินชั้นลึกจึงมีปริมาณน้ำมากกว่า งานวิจัยหลายชิ้นยืนยันว่าเมื่อพืชมีการเจริญของระบบรากลงในดินชั้นลึก (Deep Root System) พืชจะมีโอกาสดูดน้ำจากดินชั้นลึกได้มากขึ้น และทำให้พืชสามารถรักษาปริมาณการสังเคราะห์แสงและผลผลิตไว้ได้ภายใต้สภาวะแห้งแล้ง นอกจากองศารากลึกแล้ว การที่ต้นพืชมีการเจริญของจำนวนรากพิเศษน้อย (Low Crown Root Number) มีรากแขนงที่ยาวแต่มีจำนวนน้อย (Few But Long Lateral Roots) ก็ยังส่งผลให้ต้นพืชมีระบบรากลึกด้วย ทั้งนี้ เมื่อพืชผลิตรากน้อยลงก็จะใช้ทรัพยากรในการสร้างเซลล์ใหม่ลดลง พืชจึงสามารถนำทรัพยากรที่เหลือใช้ไปในการเพิ่มความยาวราก เพื่อเจริญลงไปในดินชั้นลึกนั่นเอง นอกจากสภาวะแห้งแล้ง ข้าวโพดที่มีระบบรากลึกยังมีประโยชน์ต่อพื้นที่เกษตรกรรมที่ห่างไกลจากแหล่งน้ำธรรมชาติและการชลประทาน โดยเฉพาะประเทศที่กำลังพัฒนา ในทางกลับกันในถั่วแขก (Common Bean) ที่มีการคัดเลือกสายพันธุ์ที่มีระบบรากตื้นถูกนำไปปลูกในประเทศกำลังพัฒนาโดยไม่อาศัยการใส่ปุ๋ยบำรุงดิน โดยเฉพาะปุ๋ยฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมที่มีราคาสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง การปลูกพืชโดยอาศัยความสามารถของรากพืชเองโดยไม่ต้องใส่ปุ๋ย ก็ยังสอดคล้องกับแนวคิดเศรษฐกิจใหม่ (BCG) และเพิ่มความมั่นคงทางอาหาร (Food Security) ที่กำลังเป็นปัญหาในระดับโลกอีกด้วย

รากพืชและลักษณะของรากพืชจึงมีความสำคัญ เนื่องจากการคัดเลือกสายพันธุ์พืชส่วนใหญ่ในปัจจุบัน เน้นไปที่การคัดเลือกลักษณะของยอด (Shoot Traits) เช่น ความสูงต้น รูปแบบใบ จำนวนดอก ขนาดผล และปริมาณผลผลิต ซึ่งเกี่ยวข้องกับความคุ้มทุนในการผลิตและจัดจำหน่าย แต่ในอนาคตอันใกล้นี้ การพัฒนาพืชสายพันธุ์ใหม่ อาจจะต้องให้ความสำคัญกับลักษณะของรากพืชมากขึ้น เช่น คัดเลือกสายพันธุ์ข้าวโพดที่มีระบบรากลึกมาปลูกในพื้นที่ที่มีปริมาณน้ำฝนน้อยและขาดระบบชลประทาน เป็นต้น รากพืชจึงเป็นฮีโร่แห่งอนาคตที่พร้อมจะช่วยให้มนุษย์พิชิตภัยแล้งและก้าวข้ามปัญหาความมั่นคงทางอาหารต่อไป

อ้างอิง :

1. Bennetzen, J. & Hake, S. Handbook of Maize: Its Biology. (Springer Science, 2009).
2. Kengkanna, J., Jakaew, P., Amawan, S., Busener, N. & Bucksch, A. Phenotypic variation of cassava root traits and their responses to drought. 7, 1-14 (2019).
3. Trachsel, S., Kaeppler, S. M., Brown, K. M. & Lynch, J. P. Shovelomics: high throughput phenotyping of maize (Zea mays L.) root architecture in the field. Plant Soil 341, 75-87 (2011).
4. Saengwilai, P., Tian, X. & Lynch, J. P. Low crown root number enhances nitrogen acquisition from low-nitrogen soils in maize. Plant Physiol 166, 581-589 (2014).
5. Lynch, J. P. Harnessing root architecture to address global challenges. Plant Journal 109, 415-431 (2022).
6. Salungyu, J., Thaitad, S., Bucksch, A., Kengkanna, J. & Saengwilai, P. From lab to field: Open tools facilitating the translation of maize root traits. Field Crops Res 255, 1-11 (2020).
7. Burridge, J. D. et al. A case study on the efficacy of root phenotypic selection for edaphic stress tolerance in low-input agriculture: Common bean breeding in Mozambique. Field Crops Res 244, 107612 (2019).
8. Lynch, J. P. Root phenotypes for improved nutrient capture: an underexploited opportunity for global agriculture. New Phytologist (2019) doi:10.1111/nph.15738.