บทที่ 2

ตรวจเอกสาร

พืชมีความทนทาน หรือสามารถปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมได้แตกต่างกัน บางพืชอาจมีความทนทานและเจริญเติบโตได้ตามปกติ แต่บางพืชอาจไม่ทน มีการเจริญเติบโตหยุดชะงักหรือตายไปในที่สุด (สุทัศน์, 2536) ในดินที่เกิดสภาวะน้ำขัง (flooding or waterlogging) หรือมีน้ำมากเกินไป (exess water) ก็เช่นเดียวกัน พืชส่วนใหญ่จะได้รับผลกระทบที่แตกต่างกันออกไป ขึ้นอยู่กับ ระยะการเจริญเติบโต ความยาวนานของสภาพน้ำขัง ชนิดของดิน และสภาพการเจริญเติบโต เป็นต้น (Boru *et al.*, 2001)

ปัญหาความเครียดเนื่องจากสภาพน้ำขัง มักเกิดขึ้นกับพื้นที่ที่มีการระบายน้ำไม่ดี พื้นที่เพาะปลูกระดับต่ำ การเกิดฝนตกหรือมีการชลประทานมากเกินไป ซึ่งส่งผลทำให้น้ำในดินระดับชั้นของรากพืชมีมากกว่าระดับของ field capacity ในบางครั้งน้ำอาจขังอยู่ในแปลงเป็นเวลา 2 – 3 วัน หรืออาจจะซึมผ่านหรือไหลออกไปจากแปลงแล้ว แต่ก็ยังคงหลงเหลือความชื้นที่มากกว่าระดับของ field capacity อยู่ (จักรี, 2539) ดินที่ประสบปัญหาน้ำขังหรือมีความชื้นสูงเกินไปนี้ จะส่งผลทำให้พืชเกิดความเครียดเนื่องจากการขาดก๊าซออกซิเจน (O_2-deficit) มีการสะสมของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในระดับที่สูง (CO_2 exess) มีปริมาณของเอทีลีนเพิ่มมากขึ้น (ethylene exess) ตลอดจนเกิดการสะสมสารประกอบพิษเนื่องจากการหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจน (anaerobic respiration) ของจุลินทรีย์ในดินอีกด้วย (Trough and Drew, 1980 ; Huang *et al.*, 1994 ; Nilson and Orcott, 1996) ซึ่งการเปลี่ยนแปลง ดังกล่าวนี้จะส่งผลกระทบโดยต่อกระบวนการทางสรีระวิทยาต่าง ๆ ของพืช เช่น ลดการดูดซึมน้ำของราก (Reece and Riha, 1991 ; Chai *et al.*, 1993) เปลี่ยนแปลงสมดุลย์ของฮอร์โมนภายในรากและลำต้น (Huang *et al.*, 1994) ลดการสังเคราะห์แสง (Singh *et al.*, 1991 ; Bishnoi and Krishnamoroty, 1992) รวมถึงยับยั้งการเคลื่อนย้ายธาตุอาหารต่าง ๆ ภายในต้นพืช (Hodgson *et al.*, 1989 ; Daugtherty and Mosgrove, 1994 ; Huang *et al.*, 1995 ; Wang *et al*, 1996) โดยการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นทั้งหมดนี้เป็นการขัดขวางการเจริญเติบโตของพืช ทำให้พืชเกิดความผิดปกติ และส่งผลเสียหายต่อผลผลิตของพืชเป็นอย่างมาก (Luxomore *et al.*, 1973 ; Sharma and Swarup, 1989 ; Thompson *et al.*, 1992 ; Musgrave, 1994)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาพ 1 การแสดงอาการเหลืองและแห้งตายของข้าวบาร์เลย์สายพันธุ์อ่อนแอ (susceptible) ภายหลังเกิดสภาพน้ำขัง 3 – 4 วัน

ภาพ 2 การแสดงออกของต้นกล้าข้าวบาร์เลย์สายพันธุ์ทน (tolerance) ภายหลังเกิดสภาพน้ำขัง 3 – 4 วัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การตอบสนองของพืชภายหลังเกิดสภาวะน้ำขัง

ลักษณะการตอบสนองของพืชภายใต้สภาพน้ำขังเพื่อหลีกเลี่ยงความเสียหายเนื่องจากรากขาดก๊าซออกซิเจน และได้รับสารประกอบที่เป็นพิษในดิน จะมีการปรับตัวที่เกิดขึ้นแตกต่างกันออกไป โดยสามารถชี้วัดได้ด้วยการเจริญเติบโตทางลำต้นและรากที่แสดงออกมาให้เห็น (Levitt, 1972) พันธิภา (2544) ได้ทำการศึกษาความสามารถในการปรับตัวของสายพันธุ์ข้าวบาร์เลย์เมื่ออยู่ในสภาวะน้ำขัง โดยทำการคัดเลือกสายพันธุ์ทนจากข้าวบาร์เลย์ทั้งหมด 125 สายพันธุ์ พบว่าในระยะต้นอ่อนข้าวบาร์เลย์ที่ปลูกจะมีความสามารถในการปรับตัวต่อสภาพน้ำขังที่แตกต่างกัน สายพันธุ์ทนปานกลางถึงทนมากจะสังเกตเห็นใบอ่อนที่ยังมีสีเขียวอยู่ ในขณะที่สายพันธุ์อ่อนแอใบจะมีสีเหลืองและแห้งตายไปในที่สุด (ภาพที่ 1 และ 2) โดยอธิบายว่าทั้งหมดเกิดจากความแตกต่างทางพันธุกรรมในการตอบสนองต่อสภาพดินน้ำขัง นอกจากนี้ยังได้ทำการประเมินความสามารถในการปรับตัวและการเจริญเติบโตทางลำต้น โดยอาศัยค่าดัชนีการทนน้ำขัง (Flooding tolerance Index, FI) ในการเปรียบเทียบ ซึ่งพบว่า สายพันธุ์ที่แสดงความอ่อนแอต่อสภาพน้ำขังในระยะต้นกล้านั้น ในช่วงระยะการเจริญเติบโตอื่น ๆ จะไม่สามารถแสดงความทนน้ำขังออกมาได้ และได้สรุปว่าข้าวบาร์เลย์มีความหลากหลายทางพันธุกรรมในการทนต่อสภาพน้ำขัง

Meechoui (2001) ได้ศึกษาในข้าวบาร์เลย์เช่นเดียวกัน โดยสังเกตการตอบสนองทางสรีรวิทยาของการเจริญเติบโตภายใต้สภาพน้ำขัง พบว่าการให้น้ำในสภาพท่วมแปลงแล้วระบายออกโดยเริ่ม ตั้งแต่ข้าวบาร์เลย์มี 3-4 ใบ จนถึงระยะสุกแก่ มีผลทำให้อัตราการเจริญเติบโตของใบและเมล็ดลดลง พันธุ์ SMG-1 สามารถทนต่อสภาพน้ำขังได้ดี เนื่องจากยังสามารถรักษาระบบรากให้อยู่รอดและปรับประสิทธิภาพการสังเคราะห์แสงได้ใกล้เคียงกับสภาพปกติ พันธุ์ FNBLS#140 ทนต่อสภาพน้ำขังได้ในระดับปานกลาง ส่วนพันธุ์ BRBRF9629 จะอ่อนแอต่อสภาพน้ำขังมากที่สุด ชี้ให้เห็นว่าการปรับตัวเพื่ออยู่รอดในสภาพน้ำขังของข้าวบาร์เลย์มีความแตกต่างกันในแต่ละพันธุ์ ซึ่งเป็นไปได้ว่ายีนส์ที่ควบคุมลักษณะทนต่อสภาพน้ำขังมีความแตกต่างกัน

นอกจากนี้ การศึกษาในข้าวสาลีภายหลังได้รับผลกระทบเนื่องจากน้ำขังอย่างต่อเนื่องก็พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นเช่นกัน โดยข้าวสาลีจะมีการแตกหน่อและการสะสมน้ำหนักแห้งที่ช้ากว่าปกติ เป็นผลมาจากมีการเกิดหน่อที่ช้า รวมถึงอัตราการเจริญเติบโต ของแต่ละหน่อในอัตราที่ต่ำ มีการลดลงของปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบซึ่งต่อมาใบดังกล่าวมีการม้วนตัว และกลายเป็นสีเหลืองในที่สุด นอกจากนี้ยังพบว่ารากหยุดสร้างเนื้อเยื่อหลังเกิดน้ำขังเป็นระยะเวลา 8 วัน แต่จะเกิดรากให้ที่สร้างจากบริเวณโคนต้น ซึ่งเรียกว่า adventitious root ขึ้นแทน (Trought and Drew, 1980) ซึ่งรากดังกล่าวพบในข้าวบาร์เลย์ซึ่งประสบปัญหาน้ำขังเช่นเดียวกัน (สาวิตร และจักรี, 2543)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Collaku and Harrison (2002) ได้ศึกษาทำนองเดียวกันโดยทำการวัดการตอบสนองของข้าวสาลีต่อความยาวนานของการเกิดสภาพน้ำขังที่แตกต่างกัน ซึ่งพบว่าภายหลังเกิดน้ำขังเป็นระยะเวลานาน ๆ นอกจากจะทำให้ปริมาณคลอโรฟิลล์ลดลงแล้ว และยังมีผลทำให้จำนวนเมล็ดต่อรวง จำนวนหน่อต่อต้น ความสูงของต้น รวมถึงผลผลิตมีอัตราลดลงตามไปด้วย ซึ่งลักษณะดังกล่าวจะได้รับผลกระทบมากขึ้นอีกเมื่อระยะเวลาการท่วมขังเพิ่มมากขึ้น

ในพืชอื่น ๆ ได้มีรายงานการศึกษาการเปลี่ยนแปลงการเจริญเติบโตทางลำต้นและรากภายใต้สภาพน้ำขังเช่นเดียวกัน โดย Feng *et al.* (1991) ได้ทำการประเมินและจำแนกพันธุ์งาที่ทนต่อสภาพ น้ำขังตามธรรมชาติ โดยใช้เกณฑ์ในการคัดเลือก 5 ประการ คือ อัตราการเหี่ยวเฉาของต้น, อัตราการตายของต้น, อัตราการเจริญเติบโต, ความอ่อนแอต่อเชื้อรา *Macrophomina phaseolina*, และความสูญเสียของเมล็ด ซึ่งพบว่าพันธุ์งาที่ทนต่อสภาพน้ำขังมากจะเป็นพันธุ์ที่ขึ้นแพร่กระจายอยู่ทั่วไปบริเวณเส้นรุ้งระดับต่ำๆ ส่วนลักษณะพันธุกรรมที่ทนจะสังเกตได้ว่า มีสีเปลือกหุ้มเมล็ดที่อ่อน มีขนที่ลำต้นน้อย ปริมาณน้ำมันในเมล็ดมาก ปริมาณโปรตีนในเมล็ดน้อย รวมทั้งมีความแข็งแรงและหยั่งลึกของระบบราก เป็นต้น

การศึกษาด้านพันธุกรรมของผลกระทบจากสภาพน้ำขัง

เนื่องจากการคัดเลือกพันธุ์พืชที่ทนต่อสภาพน้ำขังยังไม่มีหลักเกณฑ์ที่แน่นอน ส่วนใหญ่อาศัยการสังเกตลักษณะภายนอกที่ปรากฏให้เห็นเมื่อพืชอยู่ภายใต้สภาพน้ำขัง ดังนั้นการศึกษาถึงความสามารถในการถ่ายทอดพันธุกรรมและการกระทำของยีนส์ จึงมีความเป็นประโยชน์อย่างมากต่อการคัดเลือกและปรับปรุงพันธ์พืชให้ทนต่อสภาพน้ำขัง Hamachi *et al.* (1989) ได้ประเมินความสามารถในการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมของ malting barley โดยใช้พ่อ-แม่จำนวนทั้งหมด 8 สายพันธุ์ และลูกผสม F_1, F_2 ของสายพันธุ์ทั้งหมด ปลูกในดินที่มีสภาพความชื้นสูง และเก็บข้อมูลในระยะ ทอดปล้อง (internode elongation) สังเกตความทนน้ำขังจากการตายของใบ ซึ่งพบว่าลักษณะดังกล่าวมีความสัมพันธ์อย่างมากกับการลดลงของผลผลิตต่อต้นและความสูงของต้น ลักษณะดีเด่นของลูกผสมที่แสดงออกเพื่อลดความเสียหายเนื่องจากสภาพน้ำขังจะเห็นได้ในลูกผสม F_1 ส่วนลูกผสม F_2 จะมีการกระจายตัวของลักษณะไม่ทนอย่างต่อเนื่อง โดยลักษณะดังกล่าวนี้จะถูกควบคุมด้วยยีนส์หลายตัว (polygenic control) ดังนั้นการคัดเลือกข้าวบาร์เลย์ที่ถ่ายทอดลักษณะทนต่อสภาพน้ำขังจึงสามารถทำได้โดยสังเกตจากการตายของใบในชั่วแรก ๆ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Cao *et al.* (1992) ได้ทำการประเมินความทนต่อสภาพน้ำขังทางด้านพันธุกรรมเช่นกัน โดยทำในข้าวสาลีพันธุ์ Nonglin 46 ซึ่งเป็นพันธุ์ที่ทนมากต่อสภาพน้ำขัง พบว่าลูกผสม F_1 ที่ได้จากการผสมระหว่างพันธุ์ Nonglin 46 กับพันธุ์ต่าง ๆ นั้น สามารถทนและอยู่รอดในสภาพน้ำขังได้เท่าๆกับพันธุ์ Nonglin 46 ส่วนในลูกผสม F_2 จะมีการกระจายตัวแบบ monohybrid ratio ซึ่งการลดลงดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าลักษณะทนถูกควบคุมด้วยยีนส์เด่นเพียงตัวเดียว และสามารถยืนยันผลการศึกษาได้โดยใช้วิธีการผสมกลับ (back cross)

Boru *et al.* (2001) ได้ศึกษาการถ่ายทอดลักษณะทนต่อสภาพน้ำขังจากการผสมข้าวสาลีพันธุ์ทน 3 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์ Prl/Sara, Ducula และ Vee/Myna กับพันธุ์อ่อนแออีก 2 พันธุ์ คือ พันธุ์ Seri-82 และ Kite/Glen โดยทำการศึกษาพันธุ์พ่อ-แม่ ลูกผสม F_1, F_2 และF_3 ภายในแปลงที่มีสภาพน้ำขังในระยะที่ข้าวสาลีมีใบที่สาม และในระยะที่ข้าวบาร์เลย์มีข้อที่ 1 พบว่า อัตราการกระจายตัวของลูกผสม F_3 ที่แสดงความทนต่อความเครียดเนื่องจากสภาพน้ำขัง พบว่าเกิดจากยีนส์ทั้งหมด 4 ตัว คือ *Wt1/wt1*, *Wt2/wt2*, *Wt3/wt3* และ *Wt4/wt4* โดยความทนจะแสดงออกชัดเจนที่สุดเมื่อยีนส์ *Wt1* ทำงานร่วมกับยีนส์อื่นอีก 1 ตัว (*Wt2/wt2*, *Wt3/wt3*, *Wt4/wt4*) ในสภาพที่เป็น homologous dominant ซึ่งในแต่ละตัวจะมีระดับความทนที่แตกต่างกัน ส่วนคู่ผสมที่มีความทนน้ำขัง น้ำหนักแห้งรวม และผลผลิตมากที่สุด ได้แก่ คู่ผสมระหว่าง Ducula (*Wt1/Wt2*) กับ Vee/Myna (*Wt1/Wt3*)

การปรับปรุงพันธุ์ให้มีความทนต่อสภาพน้ำขังยังมีการรายงานในพืชชนิดอื่น ๆ ด้วย เช่น Cao and Cai (1991) ได้มีการนำยีนส์ทนน้ำขังของข้าวสาลีพันธุ์ป่า (*Triticum macha*) มาผสมกับพันธุ์ข้าวสาลีพันธุ์ปลูก (bread wheat) Hartly *et al.* (1993) ได้ทำการศึกษาความสามารถในการปรับตัวของถั่วเหลืองพันธุ์ต่างๆภายใต้สภาพดินที่อิ่มตัวด้วยความชื้น (Saturated soil culture condition: SSC) ซึ่งพบว่า ถั่วเหลืองพันธุ์ที่มีความสามารถทนต่อดินที่มีความชื้นสูงจะเป็นชนิดพันธุ์ที่มีอายุการเก็บเกี่ยวฤดูเดียว (annual species) และเป็นพันธุ์ป่ามากกว่าพันธุ์ปลูก ดังนั้นจึงสรุปว่าลักษณะพันธุกรรมป่า (wild trait) เป็นลักษณะที่ปรับตัวเข้ากับดินที่มีความชื้นสูง และสามารถนำมาใช้เป็นประโยชน์ในการสร้างพันธุ์ถั่วเหลืองให้สามารถใช้ปลูกเป็นพืชร่วมระบบกับการปลูกข้าวได้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved