ตรวจเอกสาร

การปรับปรุงประชากรข้าวโพดโดยการคัดเลือกแบบซ้ำรอบ

จุดประสงค์ในการปรับปรุงประชากรข้าวโพดก็เพื่อเพิ่มผลผลิต สำหรับใช้เป็นพันธุ์สังเคราะห์หรือใช้ในการสกัดสายพันธุ์แท้เพื่อผลิตลูกผสมต่อไป การเลือกใช้วิธีการคัดเลือกใดในการปรับปรุงประชากรข้าวโพดขึ้นอยู่กับ วัตถุประสงค์ของการคัดเลือกประชากรที่ต้องการปรับปรุง และการถ่ายทอดทางพันธุกรรมของยีนที่ควบคุมลักษณะที่จะทำการคัดเลือกในประชากร (Rodrigueze and Hallauer, 1988)

การปรับปรุงประชากรข้าวโพดโดยวิธีการคัดเลือกแบบซ้ำรอบ มีวัตถุประสงค์ในการเพิ่มอัตราส่วนของยีนที่ดีภายในประชากรที่ได้รับการคัดเลือกให้มากขึ้น และประชากรที่ได้ก็จะมีพื้นฐานจากกลุ่มของลักษณะพันธุกรรมซึ่งผ่านการทดสอบแล้ว เป็นการเปิดโอกาสให้สามารถทำการคัดเลือกต่อไปในระยะยาวได้ (กฤษฎา, 2527 และ Pandey and Gardner, 1992)

การคัดเลือกแบบซ้ำรอบสำหรับใช้ในการปรับปรุงภายในประชากร (intra-population improvement) มีหลายวิธีได้แก่ mass selection half-sib และ S_1 selection เป็นต้น (Hallauer and Miranda, 1981) Horner et al. (1989) รายงานว่าถ้าลักษณะที่ทำการคัดเลือกถูกควบคุมด้วยยีนที่มีการทำงานของยีนเป็นแบบข่มเกิน (overdominant) การคัดเลือกโดยวิธี half-sib จะเป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพมากกว่า S_1 recurrent selection

การปรับปรุงประชากรข้าวโพดเพื่อเพิ่มผลผลิตโดยวิธี S_1 recurrent

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

selection เป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพสูง โดยเฉพาะเมื่อลักษณะผลผลิตเป็นลักษณะปริมาณ การทำงานของยีนเป็นแบบผลบวก และอัตราการถ่ายทอดทางพันธุกรรมมีค่าต่ำ (Hallauer and Miranda, 1981 ; Dhillon and Khehra, 1989) การผสมตัวเองสลับแต่ละครั้งจะช่วยให้มีการคัดยีนแฝงที่เลวออกไป และการรวมเอายีนที่ควบคุมลักษณะที่ต้องการในแต่ละรอบเข้าไว้ด้วยกัน ทำให้ความถี่ของยีนแบบผลบวกในประชากรเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ทั้งนี้ฐานทางพันธุกรรมของประชากรต้องกว้างพอ

Walters et al. (1991) ทำการเปรียบเทียบการให้ผลผลิตและลักษณะที่แสดงออกระหว่างประชากรข้าวโพด Iowa Stiff Stalk Synthetic ($BSSSC_0$) กับประชากร Iowa Stiff Stalk ที่ผ่านการปรับปรุงแล้ว 2 ประชากรคือ ประชากร $BS13(S)C_3$ และประชากร $BSSS(R)C_9$ ผลการเปรียบเทียบไม่พบความแตกต่างทางสถิติระหว่างประชากร $BSSSC_0$ ประชากร $BS13(S)C_3$ และประชากร $BSSS(R)C_9$ แต่เมื่อประชากร $BS13(S)C_3$ และ ประชากร $BSSS(R)C_9$ ผ่านการคัดเลือกโดยวิธี S_1 recurrent selection หนึ่งรอบ [$(BS13(S)C_3)S_1$ และ $(BSSS(R)C_9)S_1$ ตามลำดับ] มีผลผลิตสูงกว่า ประชากร $(BSSSC_0)S_1$ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีผลผลิตเท่ากับ 3.92 3.91 และ2.92 ตันต่อเฮกตาร์ตามลำดับ นอกจากนี้ประชากรที่เกิดจากการผสมระหว่างพันธุ์ปรับปรุงเมื่อผ่านการคัดเลือกโดยวิธี S_1 recurrent selection แล้วหนึ่งรอบ [$(BS13(S)C_3 \times BSSS(R)C_9)S_1$] ผลผลิตที่ได้มีค่าสูงที่สุดคือ 4.19 ตันต่อเฮกตาร์ ในปี 1991 นี้ Walters et al. สรุปว่าการคัดเลือกแบบ S_1 recurrent selection เป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพในการคัดเลือกประชากรข้าวโพดให้มีผลผลิตสูงขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งประชากรข้าวโพดที่ผ่านการปรับปรุงมาบ้างแล้ว

Dhillon and Khehra (1989) กล่าวถึงวิธีการปรับปรุงประชากรข้าวโพด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

โดยวิธี modified S_1 recurrent selection ว่าเป็นวิธีการคัดเลือกแบบวงจรที่ช่วยลดระยะเวลาการคัดเลือกของ S_1 recurrent selection ซึ่งจากเดิมใช้เวลาสองปีหรือสามฤดูปลูกต่อหนึ่งรอบการคัดเลือก ลดลงเหลือสองฤดูปลูกต่อหนึ่งรอบการคัดเลือก โดยการรวมขั้นตอนการประเมินผลผลิตของสายพันธุ์ S_1 และขั้นตอนการรวมลักษณะที่คัดเลือก (recombination) ไว้ในฤดูปลูกเดียวกัน และพบว่าการคัดเลือกโดยวิธี modified S_1 recurrent selection หนึ่งรอบสลับกับวิธี half-sib selection นี้มีความก้าวหน้าทางพันธุกรรมโดยให้ผลผลิตสูง เมื่อเปรียบเทียบกับการปรับปรุงภายในประชากรโดยวิธีอื่น

การแพร่ระบาดของโรคราน้ำค้าง

โรคราน้ำค้างในข้าวโพดมีสาเหตุมาจากเชื้อราในสกุล Peronosclerospora (Federiksen and Renfro, 1977) ซึ่งทำความเสียหายอย่างมากกับข้าวโพดในประเทศฟิลิปปินส์ ไต้หวัน อินโดนีเซีย ไทย และอินเดีย เป็นต้น ในประเทศฟิลิปปินส์โรคราน้ำค้างในข้าวโพดที่เกิดจากเชื้อรา Peronosclerospora philippinensis ทำความเสียหายให้กับผลผลิตข้าวโพด 80 ถึง 100 เปอร์เซ็นต์ เชื้อรา P. maydis ทำให้ผลผลิตข้าวโพดในประเทศอินโดนีเซียลดลง 20 ถึง 90 เปอร์เซ็นต์ และจากรายงานของ Chang and Cheng (1968) เชื้อรา P. sacchari Miyake เป็นสาเหตุของโรคราน้ำค้างที่เข้าทำลายข้าวโพดในประเทศไต้หวัน ทำให้ผลผลิตข้าวโพดลดลง 51.4 เปอร์เซ็นต์

โรคราน้ำค้างในข้าวโพดที่ระบาดในประเทศไทยเกิดจากเชื้อรา P. sorghi (Weston and Uppal) C.G.Shaw เป็นปรสิตชนิดถาวร (obligate parasite) ของพืชชั้นสูงหลายชนิดและมีเส้นใยที่ไม่มีผนังกั้น (Renfro, 1980) พบการระบาด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ครั้งแรกในปีค.ศ.1968 ที่จังหวัดนครสวรรค์ ในปีค.ศ.1974 มีการประมาณพื้นที่ปลูกข้าวโพดที่ได้รับความเสียหายอันเนื่องมาจากการแพร่ระบาดของโรคราน้ำค้างในข้าวโพด พบว่ามีพื้นที่ปลูกได้รับความเสียหายถึง 100,000 เฮกตาร์หรือ 625,000ไร่ และผลผลิตของข้าวโพดที่ลดลงเนื่องจากโรคราน้ำค้างมีความผันแปรระหว่าง 10 ถึง 100 เปอร์เซ็นต์ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมและสภาพภูมิอากาศของพื้นที่ปลูก พันธุ์ข้าวโพดที่ปลูกและอายุของข้าวโพดที่เป็นโรคราน้ำค้าง (Senanarong, 1974)

จากการศึกษาของ Lal and Singh (1984) พบว่าเชื้อรา P. sorghi เข้าทำลายข้าวโพดได้ทั้งแบบ local infection และ systemic infection แต่เชื้อราจะไม่สามารถเข้าทำลายในแบบ systemic infection ได้ ถ้าต้นอ่อนข้าวโพดมีอายุมากกว่า 4 สัปดาห์ อาการของข้าวโพดที่เป็นโรคราน้ำค้างจะเริ่มแสดงอาการที่ใบ โดยใบจะมีสีเหลืองเนื่องจากคลอโรฟิลถูกทำลาย บนใบจะเป็นแถบสีเหลืองสลับสีเขียวอ่อนจากฐานใบไปยังปลายใบ บริเวณใต้ใบจะมีกลุ่มสปอร์ของเชื้อราเกาะอยู่ และใบอาจมีขนาดเล็กและแคบลง ลักษณะอาการอย่างอื่นของโรคราน้ำค้างได้แก่ต้นแคระแกรน ส่วนยอดและดอกแตกออกเป็นพุ่ม ต้นที่เป็นโรคส่วนใหญ่มักไม่มีฝัก

เชื้อรา P. sorghi เจริญได้ดีในสภาพแวดล้อมที่มีความชื้นในอากาศตั้งแต่ 80 เปอร์เซ็นต์ขึ้นไป อุณหภูมิต่ำ และที่มีแสงน้อยถึงไม่มีแสงเลย ดังนั้นโรคราน้ำค้างจึงระบาดได้รวดเร็วในสภาพที่มีฝนตกหนักในฤดูฝน จากการศึกษาของ Boon-Long et al. (1972) พบว่าเชื้อรา P. sorghi สร้าง conidia บนใบข้าวโพดในช่วงเวลากลางคืนที่มีความชื้นในอากาศสูงกว่า 80 เปอร์เซ็นต์ และมีอุณหภูมิในอากาศอยู่ในช่วง 18-25 °ซ เมื่อ conidia แก่จะแพร่กระจายโดยลมเข้าทำลายข้าวโพดต้นอื่น ๆ ต่อไป

Bonde (1982) รายงานว่าโรคราน้ำค้างในข้าวโพดสามารถติดไปกับ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เมล็ดพันธุ์ได้ ถ้าเมล็ดไม่ได้รับการจัดการและป้องกันที่ดีพอ และถ้านำเมล็ดข้าวโพดที่มีเชื้อโรคราน้ำค้างติดอยู่มาปลูกทันที จะทำให้ต้นอ่อนทึ่งอกออกมาเป็นโรคราน้ำค้างด้วย

จากการศึกษาของ Singburaudom et al.(1980) พบว่าแหล่งที่ทำให้เกิดการระบาดของโรคราน้ำค้างได้แก่เมล็ดพันธุ์ที่มีเชื้อราติดไปด้วย เชื้อราที่ตกค้างอยู่บนดินในรูปของสปอร์ที่มีผนังหนา (oospore) ใบข้าวโพดที่เป็นโรค และในพืชอาศัยของเชื้อรา เป็นต้น พืชอาศัยของเชื้อรา P. sorghi ได้แก่หญ้าโคลัมบัส (Sorghum almum Perodi.) หญ้าจอห์นสัน (Sorghum halapense (L) Pers.) หญ้าซูดาน (Sorghum sudanense (Piper) Stapf) และข้าวฟ่าง (Sorghum vulgare Pers.) เป็นต้น (Pupipat, 1974)

การป้องกันและควบคุมการแพร่ระบาดของโรคราน้ำค้าง สามารถทำได้โดยการใช้เมล็ดพันธุ์ที่สะอาดปราศจากเชื้อรา ร่วมกับการใช้วิธีการเขตกรรมที่เหมาะสม Federiksen and Renfro (1977) กล่าวว่าการจัดวันปลูกให้เหมาะสมเป็นการหลีกเลี่ยงการกระทบกับช่วงที่มีการระบาดของโรคอย่างรุนแรงได้ แต่เป็นวิธีที่ทำได้ยากเนื่องจากความไม่เหมาะสมของสภาพภูมิอากาศ และปริมาณน้ำไม่เพียงพอที่จะใช้ได้ตลอดฤดูปลูก วิธีการป้องกันการแพร่ระบาดของโรคราน้ำค้างได้อย่างมีประสิทธิภาพอีกวิธีหนึ่งคือการใช้สารเคมีคลุกเมล็ดพันธุ์และการฉีดพ่นสารเคมีลงบนต้นข้าวโพด Anahosur and Patil (1980) ได้ทำการทดลองโดยใช้สารเคมี metalaxyl (Ridomil) ในการควบคุมการเข้าทำลายของโรคราน้ำค้างในข้าวฟ่าง โดยใช้สารเคมี metalaxyl 25 WP อัตรา 1 กรัม a.i.ต่อเมล็ดพันธุ์ 1 กิโลกรัม ร่วมกับการพ่นสารเคมี metalaxyl อัตรา 1 กรัม a.i.ต่อลิตร ปริมาณ 750 ลิตรต่อเฮกตาร์ เมื่อต้นกล้าข้าวฟ่างมีอายุได้ 40 วันหลังปลูก พบว่าสามารถควบคุมการเข้าทำลายของโรคราน้ำค้างได้ทั้งแบบ local infection และ systemic infection การใช้ metalaxyl คลุกเมล็ด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

พันธุ์เพียงอย่างเดียว สามารถป้องกันการเข้าทำลายของโรคราน้ำค้างได้ภายใน 30 วัน แต่ไม่สามารถควบคุมการเป็นโรคได้เมื่อข้าวฟ่างมีอายุได้ 75 วัน ขณะที่การพ่นสารเคมี metalaxyl เพียงอย่างเดียวในอัตรา 1 และ 2 กรัม a.i. ต่อลิตร สามารถลดการเข้าทำลายแบบ systemic infection จาก 47.1 เหลือ 5.8 เปอร์เซ็นต์ และจาก 55.0 ลดลงเหลือ 10.2 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่าสารเคมี BAYKWG 0519 mancozeb และ KT19827 ไม่มีประสิทธิภาพในการควบคุมการเกิดโรคราน้ำค้างเมื่อเปรียบเทียบกับ metalaxyl

จากงานทดลองของ Pupipat et al. (1981) พบว่าการคลุกเมล็ดพันธุ์ด้วย Caltane เชื้อโรคจะสามารถเข้าทำลายต้นอ่อนข้าวโพดได้ 45 ถึง 73 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่การใช้ Caltane ร่วมกับ Apron ไม่พบการเป็นโรคราน้ำค้างในข้าวโพดเลย และการใช้ Caltane ร่วมกับ RE 26940 คลุกเมล็ดพันธุ์ พบว่ามีการเป็นโรคราน้ำค้างเพียงเล็กน้อย Tangonan et al. (1988) รายงานว่าในประเทศฟิลิปปินส์ใช้การคลุกเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดด้วย metalaxyl เป็นหลักในการป้องกันโรคราน้ำค้าง แต่เป็นวิธีที่ทำให้ต้นทุนการผลิตสูงขึ้น เนื่องจากสารเคมี metalaxyl มีราคาค่อนข้างแพง

ถึงแม้สารเคมีจะมีประสิทธิภาพในการควบคุมการเกิดโรคราน้ำค้าง แต่การใช้สารเคมีจะทำให้ต้นทุนในการผลิตข้าวโพดสูงขึ้น และอาจเกิดมลภาวะต่อสภาพแวดล้อมได้ นอกจากนี้ยังอาจเป็นการกระตุ้นให้เชื้อสาเหตุเกิดการกลายพันธุ์หรือเกิดการเปลี่ยนแปลงเพื่อที่จะพัฒนาตัวเองให้เข้าทำลายพืชได้เร็วยิ่งขึ้น จากรายงานของ Federiksen and Renfro (1977) และ Tangonan et al. (1988) สรุปว่าวิธีควบคุมการระบาดของโรคราน้ำค้างที่มีประสิทธิภาพและสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายน้อยที่สุดก็คือ การใช้ข้าวโพดลูกผสมหรือพันธุ์สังเคราะห์ที่ต้านทานต่อโรคราน้ำค้าง โดยเฉพาะอย่างยิ่งการใช้พันธุ์ต้านทานร่วมกับการจัดการที่เหมาะสม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การถ่ายทอดทางพันธุกรรมของลักษณะที่ต้านทานต่อโรคราน้ำค้าง

Gomez et al. (1963) เป็นคณะแรกที่ศึกษาการถ่ายทอดทางพันธุกรรมของลักษณะที่ต้านทานต่อโรคราน้ำค้างที่เกิดจากเชื้อรา P. philippinensis ที่สถานีทดลองกลางของ Laguna College ในฤดูฝนปี 1962 โดยศึกษาปฏิกิริยาของโรคราน้ำค้างต่อข้าวโพดพันธุ์ต้านทาน พันธุ์อ่อนแอ ลูกชั่วที่หนึ่ง (F_1) และ ลูกชั่วที่ 2 (F_2) ที่เกิดจากการผสมระหว่างพ่อแม่ที่ต้านทานและอ่อนแอ และการผสมกลับลูก F_1 ไปยังพันธุ์พ่อและแม่ พบว่าค่าเฉลี่ยของการเข้าทำลายของเชื้อโรคมีความแตกต่างกันคือ ในพันธุ์ต้านทานที่เป็นสายพันธุ์บริสุทธิ์จะแสดงอาการของโรค 34 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่สายพันธุ์บริสุทธิ์ที่เป็นพันธุ์อ่อนแอจะแสดงอาการเป็นโรค 84 เปอร์เซ็นต์ ค่าเฉลี่ยของการเป็นโรคราน้ำค้างของ F_1 และ F_2 มีค่าใกล้เคียงกับสายพันธุ์พ่อและแม่ที่เป็นต้านทานมากกว่าพ่อแม่ที่เป็นพันธุ์อ่อนแอ และจากการผสมกลับลูกที่ได้มีความต้านทานมากกว่าอ่อนแอต่อโรคราน้ำค้าง สรุปว่าลักษณะของความต้านทานต่อเชื้อรา P. philippinensis ถูกควบคุมด้วยยีนจำนวนน้อยคู่ และการทำงานของยีนเป็นแบบข่มไม่สมบูรณ์ (partial dominance) ลูกที่ได้จึงมีลักษณะที่ต้านทานต่อโรคมากกว่าลักษณะที่อ่อนแอ

Chang and Cheng (1968) ศึกษาการถ่ายทอดทางพันธุกรรมของลักษณะต้านทานต่อโรคราน้ำค้าง โดยใช้พันธุ์ต้านทาน 4 สายพันธุ์และพันธุ์อ่อนแอ 2 สายพันธุ์ สร้างสภาพการระบาดของโรคโดยการพ่นด้วยเชื้อรา P. sacchari พบว่าลูก F_1 ที่ได้มีความต้านทานต่อโรคทั้งหมด ส่วนลูก F_2 จะมีอัตราส่วนของความต้านทานและอ่อนแอต่อโรคราน้ำค้างเท่ากับ 3 ต่อ 1 ส่วน และจากการผสมกลับลูก F_1 กับพันธุ์ต้านทานลูกที่ได้จะต้านทานต่อโรคทั้งหมด แต่จากการผสมกลับลูก F_1 กับพันธุ์อ่อนแอลูกที่ได้จะมีความต้านทานต่อโรค 1 ส่วนและอ่อนแอต่อโรค 1 ส่วน ดังนั้น Chang and Cheng สรุปว่าลักษณะต้านทานต่อเชื้อรา P. sacchari ถูกควบคุมโดยยีนข่มคู่เดียว (single

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

dominant gene) โดยให้ชื่อว่ายีน Dmr และยีน Dmr นี้อยู่บนแขนข้างสั้นของโครโมโซมคู่ที่ 2

Hakim and Dahlan (1972) ได้ศึกษาการถ่ายทอดทางพันธุกรรมของยีนที่ควบคุมลักษณะความต้านทานต่อเชื้อรา P. maydis ในประเทศอินโดนีเซีย โดยการผสมระหว่างข้าวโพดพันธุ์ที่อ่อนแอต่อโรคราน้ำค้าง 3 พันธุ์ กับข้าวโพดท้องถิ่นซึ่งเป็นพันธุ์ต้านทานต่อโรคราน้ำค้าง 10 พันธุ์ และทดสอบปฏิกิริยาของเชื้อโรคกับข้าวโพดพันธุ์ต้านทาน พันธุ์อ่อนแอ F_1 F_2 ลูกที่เกิดจากการผสมกลับไปยังพันธุ์ต้านทาน (BC_1) และลูกที่เกิดจากการผสมกลับไปยังพันธุ์อ่อนแอ (BC_2) ในสภาพแปลงที่มีการระบาดของเชื้อโรคราน้ำค้าง เปรียบเทียบค่าความเป็นโรคที่ได้จากการสำรวจกับค่าประมาณการเป็นโรคโดยใช้ Chi- square test พบว่าการทำงานของยีนที่ควบคุมความต้านทานต่อโรคราน้ำค้างเป็นแบบผลบวก และจากการกระจายความถี่ของเปอร์เซ็นต์การเป็นโรคราน้ำค้างของข้าวโพดที่ใช้ในการศึกษา พบว่าลักษณะความต้านทานต่อโรคราน้ำค้างที่เกิดจากเชื้อรา P. maydis ถูกควบคุมด้วยยีนจำนวนหลายคู่

Jinahyon (1973) ทำการศึกษาการถ่ายทอดทางพันธุกรรมของยีนที่ควบคุมลักษณะความต้านทานต่อโรคราน้ำค้างที่เกิดจากเชื้อรา P.sorghi โดยการผสมระหว่างข้าวโพดพันธุ์ Philippine DMR # 5 ที่ต้านทานต่อโรคราน้ำค้าง กับประชากรข้าวโพด Thai Composite # 1 ซึ่งเป็นประชากรที่ให้ผลผลิตสูงแต่อ่อนแอต่อโรคราน้ำค้าง และทดสอบระดับความต้านทานต่อโรคราน้ำค้างของ F_1 F_2 ลูกผสมกลับไปยังพันธุ์ต้านทาน (BC_1) และลูกผสมกลับไปยังพันธุ์อ่อนแอ (BC_2) พบว่า F_1 และ F_2 ต้านทานต่อเชื้อรา P. sorghi ได้ในระดับปานกลาง BC_1 มีความต้านทานต่อโรคราน้ำค้างใกล้เคียงกับ Philippine DMR #5 และ BC_2 มีลักษณะที่อ่อนแอต่อโรคราน้ำค้างใกล้เคียงกับข้าวโพด Thai Composite #1 และสรุปว่าลักษณะความต้านทานต่อ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

โรคราน้ำค้างถูกควบคุมด้วยยีนหลายคู่ และจากการวิเคราะห์ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (standard error) พบว่าการทำงานของยีนแบบผลบวกเท่านั้นที่มีนัยสำคัญทางสถิติ

Kaneko and Aday (1980) กล่าวว่าลักษณะต้านทานต่อ Philippine downy mildew ที่เกิดจากเชื้อรา P. philippinensis ถูกควบคุมโดยยีนหลายคู่ และการถ่ายทอดทางพันธุกรรมของยีนที่ควบคุมลักษณะที่ต้านทานต่อ Philippine downy mildew แปรผันตามระดับความรุนแรงของการเข้าทำลายของเชื้อรา และอายุของต้นข้าวโพดที่ถูกเชื้อโรคเข้าทำลาย เขาได้ทำการศึกษาการทำงานของยีนโดยการทดสอบความต้านทานต่อโรคราน้ำค้างของข้าวโพด ภายใต้ระดับความรุนแรงของโรคราน้ำค้างที่แตกต่างกันและต้นอ่อนข้าวโพดที่มีอายุแตกต่างกัน พบว่าลักษณะที่ต้านทานต่อโรคราน้ำค้างมีความผันแปร ขึ้นอยู่กับระดับความรุนแรงของการเข้าทำลายของโรคราน้ำค้างที่ถูกสร้างขึ้น (epiphytotic condition) โดยยีนที่ควบคุมลักษณะต้านทานต่อโรคราน้ำค้างเปลี่ยนจากข่มสมบูรณ์ (complete dominance) เป็นแบบข่มไม่สมบูรณ์ เมื่อระดับความรุนแรงของการเข้าทำลายของโรคราน้ำค้างเพิ่มสูงขึ้น และที่ระดับความรุนแรงของการเข้าทำลายของโรคราน้ำค้างเท่ากับ 50 เปอร์เซ็นต์ การทำงานของยีนที่ควบคุมลักษณะต้านทานต่อโรคราน้ำค้างเปลี่ยนเป็นแบบผลบวก แต่เมื่อระดับความรุนแรงของโรคราน้ำค้างเพิ่มสูงขึ้นอีก การทำงานของยีนที่ควบคุมลักษณะความอ่อนแอต่อโรคราน้ำค้าง เปลี่ยนจากเดิมที่เป็นแบบข่มไม่สมบูรณ์เป็นแบบข่มสมบูรณ์ จากผลการศึกษาสรุปว่าลักษณะความต้านทานต่อเชื้อรา P. philippinensis ถูกควบคุมด้วยยีนหลายคู่ และการทำงานของยีนยังแปรผันตามความรุนแรงของการเข้าทำลายของเชื้อโรคอีกด้วย

การทดสอบการถ่ายทอดทางพันธุกรรมของลักษณะที่ต้านทานต่อ P. sorghi โดยการผสมแบบพบกันหมด (diallel analysis) ของ Borges (1987) พบว่าการทำงานของยีนที่ควบคุมลักษณะต้านทานต่อโรคราน้ำค้าง มีทั้งแบบผลบวกและไม่เป็นแบบ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ผลบวก อย่างไรก็ตามการทำงานของยีนแบบผลบวกมีความสำคัญมากกว่า และการใช้วิธีการคัดเลือกแบบซ้ำรอบเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพในการเพิ่มระดับความต้านทานต่อโรคราน้ำค้างของข้าวฟ่าง (sorghum downy mildew) ให้กับข้าวโพดพันธุ์สังเคราะห์

โดยสรุปแล้วโรคราน้ำค้างในข้าวโพดที่เกิดจากเชื้อรา Peronosclerospora มีหลายชนิดที่สำคัญได้แก่ เชื้อรา P. sorghi P. philippinensis P. maydis P. sacchari เป็นต้น การถ่ายทอดทางพันธุกรรมของลักษณะความต้านทานต่อโรคราน้ำค้างโดยทั่วไปถูกควบคุมด้วยยีนจำนวนหลายคู่และการทำงานของยีนเป็นแบบผลบวก ยกเว้นลักษณะความต้านทานต่อโรคราน้ำค้างที่เกิดจากเชื้อรา P. sacchari ถูกควบคุมด้วยยีนข่มคู่เดียว

การปรับปรุงพันธุ์เพื่อต้านทานต่อโรคราน้ำค้าง

ในการคัดเลือกข้าวโพดที่มีลักษณะต้านทานต่อโรคราน้ำค้าง นอกจากต้องเข้าใจถึงพันธุกรรมของลักษณะที่ต้านทานต่อโรคแล้ว สิ่งที่สำคัญอีกประการหนึ่งก็คือต้องสามารถสร้างสภาพแวดล้อมที่เหมาะกับการระบาดของโรคนั้นขึ้นมาได้ เนื่องจากนักปรับปรุงพันธุ์ไม่สามารถคาดคะเนได้ว่า ในปีที่ทำการปรับปรุงพันธุ์เพื่อต้านทานต่อโรคจะเกิดการระบาดของโรคหรือไม่

Lal and Singh (1984) ได้อธิบายถึงเทคนิคการปลูกเชื้อ Peronosclerospora spp. เพื่อสร้างสภาพการระบาดของโรคราน้ำค้างของข้าวโพดในแปลงทดสอบโรคที่สร้างขึ้น โดยการปลูกข้าวโพดที่เป็นแถวปลูกเชื้อ (spreader rows) ล้อมรอบแปลงทดสอบ และปลูกสลับทุก ๆ 5 แถวของข้าวโพดที่ต้องการทดสอบ เพื่อให้เกิดการแพร่กระจายของโรคได้ง่าย ปลูกเชื้อโดยพ่นสารละลายของเชื้อรา

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

(conidial suspension) ลงบนแถวปลูกเชื้อในเวลา 02.00 น. และทำการปลูกเชื้อซ้ำอีกหลังจากครั้งแรก 2 ถึง 3 วัน ขณะทำการปลูกเชื้อข้าวโพดควรมีอายุในระยะที่มีใบ 2 ใบหรืออายุประมาณ 2 สัปดาห์หลังปลูก บันทึกผลการเป็นโรคเมื่อข้าวโพดมีอายุ 40 วันและเปรียบเทียบเป็นเปอร์เซ็นต์ของต้นที่เป็นโรค

การเตรียมสารละลายของเชื้อราเพื่อใช้ในการปลูกเชื้อ Aday (1975) อธิบายวิธีการเตรียมสารละลายของเชื้อรา Peronosclerospora spp. โดยการตัดใบข้าวโพดจากต้นที่เป็นโรคในเวลาบ่ายและล้าง conidia ให้หลุดออกจากใบ นำใบที่ล้างสะอาดแล้วเก็บไว้ในที่มืด มีอุณหภูมิต่ำเป็นเวลา 6 ถึง 8 ชั่วโมงเพื่อให้เชื้อราเจริญเติบโต เตรียมและปรับสภาพสารละลายของเชื้อราให้มีความเข้มข้นประมาณ 600,000 สปอร์ต่อมิลลิลิตร ก่อนจะนำไปพ่นลงบนแถวปลูกเชื้อ

การสร้างสภาพการระบาดของโรคราน้ำค้างที่ไร่สุวรรณในปีค.ศ.1972 จากการนำของ Renfro และอุดม ภู่พิพัฒน์ ได้ทำการปลูกเชื้อราในรูปของสารละลายของโดยการตัดรวบรวมใบจากต้นข้าวโพดที่เป็นโรคราน้ำค้างในเวลาเที่ยง นำใบที่ตัดไปล้างกลุ่มสปอร์ออกในน้ำที่สะอาด เก็บไว้ในห้องมืดที่สามารถควบคุมความชื้นและอุณหภูมิให้อยู่ในช่วง 20 ถึง 25 ° ซ เพื่อให้เหมาะกับการสร้างสปอร์ของเชื้อราเป็นเวลา 8 ชั่วโมง เตรียมและปรับสารละลายของเชื้อราที่ได้ให้มีความเข้มข้นประมาณ 40,000 ถึง 60,000 conidium ต่อมิลลิลิตร ทำการปลูกเชื้อระหว่างเวลา 20.00-21.00 น. ในแปลงที่สร้างสภาพการระบาดของโรคปลูกแถวปลูกเชื้อ 2 แถว สลับกับพันธุ์ที่ทดสอบทุก 20 แถว โดยปลูกแถวปลูกเชื้อประมาณ 10 วันก่อนปลูกข้าวโพดที่ต้องการทดสอบ หลังจากที่ข้าวโพดที่เป็นแถวปลูกเชื้อแสดงอาการเป็นโรคราน้ำค้างอย่างรุนแรง จึงทำการปลูกข้าวโพดที่ต้องการทดสอบความต้านทานโรคราน้ำค้าง ลงในระหว่างแถวปลูกเชื้อและเมื่อต้นอ่อนของข้าวโพดต้องการทดสอบอยู่ในระยะที่มี 2 ถึง 6 ใบ ทำการปลูกเชื้อ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

อีกประมาณ 4 ครั้ง เพื่อให้มั่นใจว่าเกิดการระบาดของโรคราน้ำค้างอย่างสม่ำเสมอ (Sriwatanapongse et al., 1992)

Bonman et al. (1983) วัดระดับความเป็นโรคราน้ำค้างในแปลงทดสอบ โดยแบ่งระดับความเป็นโรคราน้ำค้างจากการขยายตัวของกลุ่มสปอร์บนใบคู่ที่ 2 ได้เป็น 5 ระดับคือ 1 = ไม่มีการสร้างสปอร์ ; 3 = มีกลุ่มสปอร์เกิดขึ้นเล็กน้อยตรงปลายใบ; 5 = มีกลุ่มสปอร์เกิดขึ้น 1/3 ของความยาวใบ ; 7 = กลุ่มสปอร์เกิดขึ้นประมาณ 3/4 ของความยาวของใบ ; 9 = กลุ่มสปอร์เกิดขึ้นทั่วทั้งใบและปลายใบมีอาการแห้งตาย การบันทึกระดับความเป็นโรคของพันธุ์ทดสอบ ทำหลังจากที่ข้าวโพดแสดงอาการของโรคได้ประมาณ 15 วัน และทำการบันทึกในเวลาเช้า 07.00-09.00 น. ซึ่งสามารถมองเห็นกลุ่มสปอร์ได้ชัดเจน

Aday (1975) และ Lal and Singh (1984) อธิบายการบันทึกระดับการเป็นโรคราน้ำค้างของพันธุ์ทดสอบ เมื่อข้าวโพดมีอายุประมาณ 30 ถึง 40 วันโดยการนับจำนวนต้นที่เป็นโรคราน้ำค้างทั้งหมด แล้วเปรียบเทียบเป็นเปอร์เซ็นต์ต้นที่เป็นโรค

เนื่องจากลักษณะความต้านทานต่อโรคราน้ำค้างถูกควบคุมด้วยยีนจำนวนหลายคู่ ดังนั้นการคัดเลือกแบบซ้ำรอบ จึงเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพสำหรับการปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพดเพื่อต้านทานต่อโรคราน้ำค้าง ทั้งนี้เนื่องจากการคัดเลือกแบบซ้ำรอบเป็นวิธีการที่มีการเพิ่มความถี่ของยีนหรืออัลลีลที่ควบคุมลักษณะที่ต้องการคัดเลือก ทำให้เกิดความแปรปรวนทางพันธุกรรมเพิ่มมากขึ้นในประชากรข้าวโพด (Smith, 1979 ; Odhiamboo and Compton, 1989 และ Walters et al., 1991)

สมจินตนา และคณะ (2533) เปรียบเทียบประสิทธิภาพของการคัดเลือกแบบ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

S_1 และ full-sib ในการปรับปรุงลักษณะ และความต้านทานโรคราน้ำค้างของผลผลิตข้าวโพดฝักอ่อนคอมโพสิต 1 ดีเอ็มอาร์ในหนึ่งรอบการคัดเลือก โดยใช้ความเข้มข้นของการคัดเลือก 10 และ 20 เปอร์เซ็นต์ พบว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติระหว่างประชากรเดิมและประชากรใหม่ที่ปรับปรุงโดยวิธี S_1 และ full-sib และไม่มีความแตกต่างระหว่างการคัดเลือกที่ความเข้มข้น 10 และ 20 เปอร์เซ็นต์ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะว่าเป็นการปรับปรุงพันธุ์เพียงหนึ่งรอบ อย่างไรก็ตามค่าเฉลี่ยของผลผลิตก็เปลี่ยนไปในทางที่ดีขึ้น โดยวิธี S_1 ให้ความก้าวหน้าในการคัดเลือกมากกว่า full-sib และค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การเป็นโรคราน้ำค้างของประชากรใหม่ส่วนใหญ่สูงกว่าประชากรเดิมเพียงเล็กน้อย แต่ประชากรใหม่ที่ปรับปรุงโดยวิธี S_1 ที่ความเข้มข้น 20 เปอร์เซ็นต์ พบว่ามีการเป็นโรคราน้ำค้างลดลง สมจินตนาและคณะ (2533) ก็ได้อธิบายว่าวิธี S_1 selection สามารถคัดยีนที่แฝงอยู่ได้เร็วกว่าวิธี full-sib selection เนื่องจากการผสมตัวเองหนึ่งครั้ง เพื่อให้ลักษณะของตัวเองและลักษณะแฝงแสดงออกมาได้เต็มที่ทำให้สามารถคัดเลือกยีนที่ควบคุมลักษณะที่ไม่ต้องการซึ่งแฝงอยู่ออกมาได้ ส่วนวิธี full-sib ลักษณะที่ไม่ดีแสดงออกมาให้เห็นได้น้อยกว่า เนื่องจากถูกบดบังด้วยความแข็งแรงที่เกิดจากการผสมระหว่างพ่อแม่ที่มีฐานทางพันธุกรรมห่างกัน (heterosis)

De Leon (1979) รายงานว่านการคัดเลือกแบบซ้ำรอบเป็นวิธีที่นิยมใช้ในการปรับปรุงประชากรข้าวโพดเพื่อเพิ่มผลผลิตและต้านทานต่อโรคราน้ำค้าง ยกเว้นในประเทศไต้หวัน เนื่องจากวิธีนี้มีขั้นตอนการผสมตัวเองและการรวมลูก S_1 ที่ได้รับการคัดเลือกเข้าด้วยกัน เป็นการเพิ่มความก้าวหน้าของการคัดเลือกให้ต้านทานต่อโรคราน้ำค้างและโรคต้นแคระแกรนได้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพดระหว่างประเทศเพื่อให้ต้านทานต่อโรคราน้ำค้าง

โครงการวิจัยร่วมระหว่างประเทศในการปรับปรุงพันธุ์เพื่อต้านทานโรคในข้าวโพดของ CIMMYT เริ่มต้นในปีค.ศ.1974 โดยร่วมกันทำการปรับปรุงข้าวโพดให้ต้านทานต่อโรคราน้ำค้าง โรคต้นแคระแกรน (corn stunt) และโรคใบขีด (streak virus) ประเทศที่เข้าร่วมมีจำนวน 6 ประเทศคือ ประเทศไทยและ ฟิลิปปินส์ ร่วมในโครงการปรับปรุงพันธุ์เพื่อต้านทานต่อโรคราน้ำค้าง ประเทศเอลซัลวาดอร์ และนิคารากัว ร่วมในโครงการปรับปรุงพันธุ์ต้านทานต่อโรคต้นแคระแกรน และประเทศแทนซาเนีย และ เซียร์ ร่วมในโครงการปรับปรุงพันธุ์เพื่อต้านทานต่อโรคใบขีด ทำการปรับปรุงพันธุ์โดยวิธีการคัดเลือกแบบซ้ำรอบในประชากรพื้นฐาน 3 กลุ่มคือ Tropical Late White Dent (TLWD) Tropical Yellow Flint Dent (TYFD) และ Tropical Intermediate White Flint (TIWF) ในแต่ละรอบการคัดเลือกมีการทดสอบความต้านทานโรคแต่ละชนิด ในพื้นที่ที่มีสภาพการระบาดในแต่ละประเทศที่ทดสอบและทดสอบลักษณะทางพืชไร่ที่ประเทศเม็กซิโก ข้อมูลที่ได้จากการทดสอบจะใช้เป็นเกณฑ์การตัดสินคัดเลือกพันธุ์ และรวบรวมพันธุ์ไว้ที่ประเทศเม็กซิโก

โครงการวิจัยระหว่างประเทศเพื่อปรับปรุงพันธุ์ให้ต้านทานต่อโรคราน้ำค้าง เริ่มต้นในปี ค.ศ.1974 โดยได้ทำการทดสอบความเป็นโรคในพื้นที่ที่มีการระบาดในประเทศไทยและฟิลิปปินส์ วิธีการปรับปรุงพันธุ์เริ่มจากการปลูกทดสอบปฏิกริยาของโรคราน้ำค้างกับข้าวโพด 500 ตระกูลจากแต่ละประชากรพื้นฐาน ผสมตัวเองในต้นที่ต้านทานต่อโรคและนำเมล็ดจากต้นที่ได้รับการคัดเลือกไปปลูกผสมรวมกันที่ประเทศเม็กซิโก เพื่อทำการคัดเลือกร่วมกับลักษณะทางพืชไร่ที่เหมาะสม หลังจากนั้นทำการคัดเลือกแบบซ้ำรอบอีก 4 รอบ ประชากรที่ได้รับการคัดเลือกมีการพัฒนา และสร้างเป็นพันธุ์ต้านทานต่อโรคราน้ำค้างต่อไป

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ในปัจจุบัน CIMMYT มีประชากรข้าวโพดที่ต้านทานต่อโรคราน้ำค้าง ซึ่งได้จากการปรับปรุงพันธุ์ดังกล่าว 3 กลุ่มคือ Mezcla Tropical Blanca (Pop. 22) Amarillo Dentado (Pop.28) และ Amarillo Cristalino-2 (Pop.31) (Paliwal and Sprague, 1981 ; Vasal et al., 1982 และ Pandey and Gardner, 1992)

De Leon et al. (1993) ได้ทำการปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพดให้มีผลผลิตสูงและต้านทานต่อโรคราน้ำค้างใน 4 ประชากรคือ EW-DMR EY-DMR LW-DMR และ LY-DMR โดยวิธี S_1 และ S_2 recurrent selection และจากการเปรียบเทียบข้าวโพดทั้ง 4 ประชากรที่ยังไม่ผ่านการคัดเลือก (C0) กับประชากรที่ผ่านการคัดเลือกรอบที่ 1 (C1) รอบที่ 2 (C2) และรอบที่ 3 (C3) ในแปลงทดสอบโรคราน้ำค้างที่สร้างขึ้น และปลูกทดสอบลักษณะทางพืชไร่ภายใต้สภาพที่ปราศจากโรคในประเทศไทยและฟิลิปปินส์ในปี ค.ศ.1991 พบว่าข้าวโพดที่ผ่านการคัดเลือกมีระดับความต้านทานต่อโรคราน้ำค้างเพิ่มขึ้น โดยที่มีเปอร์เซ็นต์การเป็นโรคราน้ำค้างลดลงเฉลี่ย 11 เปอร์เซ็นต์ต่อหนึ่งรอบการคัดเลือก และผลผลิตรวมของทั้ง 4 ประชากรเพิ่มขึ้น 507 กิโลกรัมต่อรอบ และสรุปว่าการคัดเลือกโดยวิธี S_1 และ S_2 recurrent selection เป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพในการปรับปรุงผลผลิตและต้านทานต่อโรคราน้ำค้าง

การปรับปรุงพันธุ์เพื่อให้ต้านทานต่อโรคราน้ำค้างในประเทศไทย

การปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพดให้ต้านทานโรคราน้ำค้างในประเทศไทย เริ่มต้นในปีค.ศ.1969 (Senanarong, 1973) หลังจากที่มีการแพร่ระบาดอย่างรุนแรงของโรคราน้ำค้าง โดยเริ่มจากการนำเอาพันธุ์ที่ต้านทานต่อโรคราน้ำค้างมาจากต่างประเทศ ได้แก่ข้าวโพดพันธุ์ Tainan 10 จากประเทศไต้หวัน และพันธุ์ Bogor Composite

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

No. 2 จากประเทศอินโดนีเซีย เพื่อปลูกสกัดและลดความเสียหายที่เกิดจากการระบาดของโรคราน้ำค้างในขณะนั้นควบคู่กับการใช้สารเคมี (เจริญศักดิ์ และ พีระศักดิ์, 2529 และ Sriwatanapongse et al., 1993) แต่เนื่องจากพันธุ์ต้านทานที่นำมาจากต่างประเทศให้ผลผลิตต่ำจึงไม่เป็นที่นิยมของเกษตรกร

ในปี ค.ศ.1971 โดยการทำการวิจัยร่วมกันของ Smeltzer และคณะ ได้ทำการเพิ่มลักษณะความต้านทานต่อโรคราน้ำค้างเข้าไปในข้าวโพดพันธุ์ Thai Composite #1 ซึ่งเป็นข้าวโพดที่ให้ผลผลิตสูงแต่ไม่ต้านทานต่อโรคราน้ำค้าง โดยการผสมระหว่างพันธุ์ต้านทานต่อโรคราน้ำค้างที่นำมาจากประเทศฟิลิปปินส์ 2 พันธุ์คือ Phillipine DMR #1 และ #5 กับข้าวโพดพันธุ์ Thai Composite #1 $(S)C_1$ แล้วผสมลูกที่ได้รับการคัดเลือกกลับไปยังพันธุ์ Thai Composite #1 อีก 3 ครั้ง โดย BC-1 และ BC-2 ผสมกลับไปยังพันธุ์ Thai Composite #1 $(S)C_2$ และ BC-3 ผสมกลับไปยัง Thai Composite #1$(S)C_3$ หลังจากการผสมกลับได้ประชากร Thai Composite #1 DMR แล้ว คัดเลือกโดยวิธี S_1 recurrent selection อีก 2 รอบ ได้ประชากรข้าวโพด Thai Composite #1 DMR BC_3 $(S)C_2$ หรือข้าวโพดพันธุ์สุวรรณ 1 (Sriwatanapongse et al., 1992)

การปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพดพันธุ์สุวรรณ 1 ยังคงดำเนินการโดยวิธี S_1 recurrent selection เพื่อปรับปรุงให้ต้านทานต่อโรคราน้ำค้าง และมีลักษณะทางพืชไร่ที่ดีให้ผลผลิตสูง จากการเปรียบเทียบผลผลิตของข้าวโพดพันธุ์สุวรรณ 1 ที่ยังไม่ได้ผ่านการคัดเลือก (C0) จนถึงข้าวโพดพันธุ์สุวรรณ 1 ที่ผ่านการคัดเลือกในรอบที่ 9 (C9) ในปี ค.ศ.1985 พบว่าข้าวโพดพันธุ์สุวรรณ 1 ที่ผ่านการคัดเลือกโดยวิธีการคัดเลือกแบบซ้ำรอบในรอบที่ 9 (C9) นอกจากมีความต้านทานต่อโรคราน้ำค้างสูงแล้วยังมีผลผลิตสูงเฉลี่ย 8.0 ตันต่อเฮกตาร์หรือ 1,280 กิโลกรัมต่อไร่ ในปัจจุบันข้าวโพดพันธุ์สุวรรณ 1

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ได้รับการคัดเลือกจนถึงรอบที่ 11 (C11) และยังคงเป็นพันธุ์ที่ได้รับความนิยมอย่างกว้างขวางในประเทศไทย

ข้าวโพดพันธุ์สุวรรณ 1 ใช้เป็นแหล่งพันธุกรรมเพื่อสกัดสายพันธุ์ในการสร้างข้าวโพดลูกผสม ในประเทศไทยเริ่มใน ปี ค.ศ.1977 โดยใช้ข้าวโพดพันธุ์สุวรรณ 1 ที่ได้รับการคัดเลือกแล้วในรอบที่ 4 (Suwan 1(S)C4) เป็นประชากรพื้นฐานเพื่อสกัดสายพันธุ์บริสุทธิ์ที่มีลักษณะดีไว้ใช้ ข้าวโพดลูกผสมที่พัฒนาจากข้าวโพดพันธุ์สุวรรณ 1 ได้แก่ ข้าวโพดลูกผสมเดี่ยวสุวรรณ 2301 ลูกผสมสามทางสุวรรณ 2602 และลูกผสมสามทางสุวรรณ 3101 (Sriwatanapongse, 1993)

นอกเหนือจากข้าวโพดพันธุ์สุวรรณ 1 แล้ว ในปัจจุบันยังคงมีการปรับปรุงพันธุ์และสร้างข้าวโพดพันธุ์สังเคราะห์ใหม่ที่ต้านทานต่อโรคราน้ำค้าง และมีลักษณะทางพืชไร่ที่ดีและให้ผลผลิตสูง เช่นข้าวโพดพันธุ์นครสวรรค์ 1 ซึ่งเกิดจากการผสมข้ามระหว่างข้าวโพดพันธุ์สุวรรณ 1 ซึ่งผ่านการปรับปรุงโดยวิธี modified mass selection แล้ว 2 รอบ กับประชากรข้าวโพด Amarillo Dentado (Pop.28) ได้ข้าวโพดพันธุ์ NS104 (Kitbamroong et al., 1987) แล้วทำการปรับปรุงภายในประชากรโดยวิธี S_1 recurrent selection ซึ่งต่อมากรมวิชาการเกษตรได้พิจารณารับรองพันธุ์ในปี พ.ศ.2532 (ยศพร และคณะ, 2532)

นอกจากการสร้างข้าวโพดพันธุ์สังเคราะห์นครสวรรค์ 1 แล้ว กรมวิชาการเกษตรยังมีโครงการปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพดเพื่อต้านทานต่อโรคราน้ำค้าง และให้ผลผลิตสูงอีกหลายโครงการ (Kitbamroong et al., 1987) ทั้งนี้เนื่องจากข้าวโพดพันธุ์ผสมเปิดหรือข้าวโพดพันธุ์สังเคราะห์จะมีความคงตัวของลักษณะต่าง ๆ ดีตลอดไปหากไม่มีการผสมข้ามพันธุ์ เกษตรกรสามารถเก็บเมล็ดไว้ทำพันธุ์ในฤดูต่อไปได้ จึงเป็นการ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ช่วยลดค่าใช้จ่ายในเรื่องเมล็ดพันธุ์ให้แก่เกษตรกรได้ นอกจากนี้ยังสามารถใช้เป็นแหล่งคัดสายพันธุ์บริสุทธิ์ เพื่อใช้ในการสร้างข้าวโพดลูกผสมที่ให้ผลผลิตสูงและต้านทานต่อโรคราน้ำค้างต่อไปได้

เสถียรภาพการให้ผลผลิตของพืช

ขั้นตอนหนึ่งที่สำคัญของการปรับปรุงพันธุ์พืชก่อนที่จะนำพันธุ์ส่งเสริมให้เกษตรกรคือการเปรียบเทียบพันธุ์ในสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกันและทำติดต่อกันหลายฤดูปลูก ซึ่งผลของการทดลองมักจะพบเสมอว่า ลำดับ (rank) ของการให้ผลผลิตของสายพันธุ์หรือพันธุ์จะแตกต่างกันไปในแต่ละสถานที่และฤดูปลูก ดังนั้นเพื่อช่วยในการประเมินผลและตัดสินคัดเลือกพันธุ์ที่ดีให้ผลผลิตสูงและคงที่ในทุกสภาพแวดล้อม จึงควรจะทำการวิเคราะห์หาปฏิกิริยาระหว่างพันธุกรรมกับสภาพแวดล้อม (genotype - environment interaction) เพื่อใช้ประกอบการพิจารณาคัดเลือกได้อย่างเหมาะสม แทนการใช้ค่าเฉลี่ยของผลผลิตเพียงอย่างเดียว

Lerner (1954) เรียกความสามารถในการที่พันธุ์พืชสามารถปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงไปว่า homeostasis ซึ่งเป็นความสามารถในการอยู่รอดของสิ่งมีชีวิต โดยการใช้ประโยชน์ของสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงไปได้อย่างดี เขาพบว่า homeostasis ที่เกิดขึ้นเองนั้น เป็นผลมาจากความผันแปรภายในกลุ่มสิ่งมีชีวิต

Lewontin (1957) อธิบายว่าการที่ประชากรสามารถอยู่รอดได้ภายใต้สภาพแวดล้อมที่ผันแปรนั้น ทั้งนี้อาจเป็นไปได้ 2 ทางคือประชากรนั้นประกอบด้วยลักษณะทางพันธุกรรมหลากหลายและมีจำนวนมาก อีกทางหนึ่งคือแต่ละลักษณะพันธุกรรมมีความคงตัวของมันเอง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Simmonds (1962) ใช้คำว่าการปรับตัว (adaptation) อธิบายความสามารถของลักษณะพันธุกรรมที่สามารถดำรงอยู่ได้เมื่อสภาพแวดล้อมมีการเปลี่ยนแปลงไป โดยแบ่งการปรับตัวออกเป็น 4 ประเภทคือ specific - genotypic adaptation หมายถึงความสามารถของลักษณะพันธุกรรมใด ๆ ที่สามารถปรับตัวได้ภายใต้สภาพแวดล้อมที่จำกัด general - genotypic adaptation หมายถึงความสามารถของลักษณะพันธุกรรมใด ๆ ที่สามารถปรับตัวได้ภายใต้สภาพแวดล้อมที่ผันแปรไปอย่างกว้างขวาง specific - population adaptation หมายถึงความสามารถในการปรับตัวของประชากรซึ่งประกอบด้วยลักษณะทางพันธุกรรมหลายชนิดปนกันอยู่ในประชากร ต่อสภาพแวดล้อมที่จำกัด และ general- population adaptation หมายถึงความสามารถในการปรับตัวของประชากรใด ๆ ต่อสภาพแวดล้อมที่มีความผันแปรอย่างกว้างขวาง

Comstock and Moll (1963) กล่าวว่าผลกระทบของปฏิกิริยาระหว่างพันธุกรรมกับสภาพแวดล้อม ทำให้ความก้าวหน้าของการคัดเลือกลดลง

Allard and Bradshaw (1964) แบ่งความแปรปรวนของสภาพแวดล้อมออกเป็น 2 ประเภทคือความแปรปรวนที่สามารถทำนายได้ ได้แก่ชนิดของดิน ความยาวของวัน รวมถึงลักษณะที่เกิดจากการจัดการของมนุษย์คือ วันปลูก ความหนาแน่นของต้นพืช การเก็บเกี่ยว และการเขตกรรมต่าง ๆ ส่วนความแปรปรวนที่ไม่สามารถทำนายได้คือ การกระจายของปริมาณน้ำฝน และอุณหภูมิ และยังอธิบายอีกว่าปฏิกิริยาระหว่างพันธุ์กับปีที่ปลูก (variety x year) แตกต่างจากปฏิกิริยาระหว่างพันธุ์กับสถานที่ปลูก (variety x location) หรือปฏิกิริยาระหว่างพันธุ์กับหน่วยทดลอง (variety x treatment) ทั้งนี้เนื่องจากเราไม่สามารถคาดคะเนปริมาณน้ำฝนหรืออุณหภูมิของอากาศในแต่ละปีได้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

นอกจากนี้ Allard and Bradshaw (1964) อธิบายกลไกที่ทำให้เกิดเสถียรภาพของลักษณะที่แสดงออก (performance) โดยใช้คำว่า individual buffering และ population buffering ซึ่ง individual buffering เป็นคุณสมบัติของแต่ละลักษณะพันธุกรรมในประชากรหนึ่ง ที่จะปรับตัวได้ในช่วงใดช่วงหนึ่งของสภาพแวดล้อม โดยที่ลักษณะพันธุกรรมในประชากรจะเป็นแบบ homozygous และ heterozygous และลักษณะพันธุกรรมแบบ heterozygous จะมีเสถียรภาพสูงกว่า homozygous ส่วนคำว่า population buffering เป็นคุณสมบัติของประชากรซึ่งประกอบด้วยพันธุกรรมหลายแบบ โดยแต่ละลักษณะพันธุกรรมจะมีความสามารถในการปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อมได้แตกต่างกัน จึงทำให้ประชากรแสดงการปรับตัวได้ดีกับสภาพแวดล้อมในช่วงที่กว้าง และประชากรที่มีพันธุกรรมแบบ heterogeneous จะมีปฏิกิริยาของพันธุกรรมกับสิ่งแวดล้อม (G x E interaction) ในลักษณะที่แสดงออกและผลผลิตน้อยกว่าประชากรที่มีพันธุกรรมแบบ homogeneous นั่นคือประชากรที่มีฐานพันธุกรรมกว้างจะมีเสถียรภาพของลักษณะต่าง ๆ ดีกว่าประชากรที่มีพื้นฐานทางพันธุกรรมแคบ

การแบ่งสภาพแวดล้อมออกเป็นหน่วยย่อย ๆ เป็นวิธีการหนึ่งที่ช่วยลดการเกิดปฏิกิริยาระหว่างพันธุ์กับสภาพแวดล้อม ทำให้สภาพแวดล้อมมีความคล้ายคลึงกันมากยิ่งขึ้น การแบ่งสภาพแวดล้อมอาจแบ่งได้ตามอุณหภูมิ การกระจายของปริมาณน้ำฝน หรือชนิดของดินที่แตกต่างกัน Abou-El-Fittouh et al. (1969) ได้เสนอวิธีการการแบ่งพื้นที่ปลูกฝ้ายของสหรัฐอเมริกาออกเป็นกลุ่มต่าง ๆ เพื่อให้ภายในแต่ละกลุ่มมีปฏิกิริยาระหว่างพันธุกรรม x สถานที่ต่ำที่สุด ซึ่งทำให้การประเมินพันธุ์ฝ้ายทำได้ดีขึ้น และถึงแม้จะมีการแบ่งสภาพแวดล้อมออกเป็นหน่วยย่อยแล้ว ก็ยังคงมีปฏิกิริยาระหว่างพันธุกรรมกับปีที่ต่างกันอยู่ในระดับสูงถึงแม้จะอยู่ในสถานที่เดียวกันก็ตาม

อีกวิธีที่ช่วยลดปฏิกิริยาระหว่างพันธุ์และสภาพแวดล้อมคือ การคัดเลือกพันธุ์ที่มี

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

genotype คงตัวหรือมีเสถียรภาพของลักษณะที่แสดงออก แต่อย่างไรก็ตามการประเมินการตอบสนองของพันธุ์ต่อสภาพแวดล้อม สามารถประเมินได้จากพารามิเตอร์ที่เหมาะสมซึ่งแยกมาจากความแปรปรวนของปฏิกิริยาระหว่างพันธุ์กับสภาพแวดล้อม โดยอาศัยวิธีรีเกรสชัน (Finlay and Wilkinson, 1963 ; Eberhart and Russell, 1966)

จากรายงานของ Kang and Gorman (1981) ซึ่งทำการทดสอบข้าวโพดลูกผสม 17 พันธุ์ใน 12 สภาพแวดล้อม (4 สถานที่ x 3 ปี) พบว่าข้าวโพดลูกผสมทั้ง 17 พันธุ์ไม่มีเสถียรภาพในการให้ผลผลิตทั้งใน 12 สภาพแวดล้อม โดยดัชนีสภาพแวดล้อม (ความอุดมสมบูรณ์ของดินและการเขตกรรม) มีผลต่อเสถียรภาพของผลผลิตมากกว่าปริมาณน้ำฝน คือมีค่า sum of squares ของปฏิกิริยาระหว่างพันธุ์กับสภาพแวดล้อมเท่ากับ 9.6 และ 1.4 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ส่วนอุณหภูมิสูงสุด ต่ำสุด และความชื้นสัมพัทธ์ไม่มีผลต่อปฏิกิริยาระหว่างพันธุ์กับสภาพแวดล้อม เนื่องจากมีค่า mean square of covariance ต่ำจึงถือว่าไม่เกิดความแปรปรวนของสภาพแวดล้อม (heterogeneity)

Yates and Cochran (1938) ได้เสนอวิธีการวิเคราะห์เพื่อแสดงปฏิกิริยาระหว่างพันธุกรรมกับสภาพแวดล้อม และคาดคะเนการตอบสนองและเสถียรภาพของพันธุ์ โดยได้ทดสอบผลผลิตของข้าวบาร์เลย์ในที่ 6 แห่งในเวลา 2 ปี และสามารถสร้างเส้นรีเกรสชันจากผลต่างระหว่างผลผลิตเฉลี่ยแต่ละพันธุ์ กับผลผลิตเฉลี่ยของพันธุ์ทั้งหมดในแต่ละสภาพแวดล้อม

Finlay and Wilkinson (1963) ศึกษาการปรับตัวของข้าวบาร์เลย์ที่รวบรวมได้จากแหล่งปลูกของทวีปต่าง ๆ จำนวน 277 สายพันธุ์ ซึ่งปลูกศึกษาหลายฤดูปลูกติดต่อกันในหลายสถานที่ทางตอนใต้ของออสเตรเลีย แล้ววิเคราะห์การปรับตัวหรือหาเสถียรภาพของผลผลิตของข้าวบาร์เลย์พันธุ์ต่าง ๆ ต่อสภาพแวดล้อม โดยใช้สมการ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Simple regression : $Y = a + bx$ ผลผลิตที่ได้จะเปลี่ยนเป็นค่า log ก่อน เพื่อจะทำให้เห็นว่าผลผลิตเฉลี่ยแต่ละพันธุ์ บนค่าผลผลิตเฉลี่ยของทุกพันธุ์ในแต่ละสภาพแวดล้อมมีความสัมพันธ์เป็นเส้นตรงมากขึ้น และทำให้ความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนในการทดลอง (experimental error) มีความเป็นเอกภาพมากขึ้น ตามวิธีดังกล่าวพันธุ์ที่มีผลผลิตเฉลี่ยสูง แสดงว่ามีความสามารถในการปรับตัวได้ในสภาพแวดล้อมที่กว้าง แต่ถ้าพันธุ์นั้นมีผลผลิตเฉลี่ยต่ำแสดงว่าพันธุ์นั้นไม่สามารถที่จะปรับตัวได้ดีในสภาพแวดล้อมทั้งหมด ส่วนค่าสัมประสิทธิ์รีเกรสชัน (b) ของผลผลิตเฉลี่ยแต่ละพันธุ์ กับผลผลิตเฉลี่ยของทุกพันธุ์ (X) ใช้เป็นพารามิเตอร์สำหรับวัดเสถียรภาพของผลผลิตเมื่อปลูกในสภาพแวดล้อมต่าง ๆ โดยถ้าค่า $b = 1.0$ และให้ผลผลิตเฉลี่ยสูงทุกแห่งและสูงกว่าผลผลิตเฉลี่ยทุกสภาพแวดล้อม แสดงว่าพันธุ์นั้นสามารถปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมได้ดี (general adaptation) ถ้า $b = 1.0$ แต่ให้ผลผลิตเฉลี่ยต่ำในทุกแห่งและต่ำกว่าผลผลิตเฉลี่ยของทุกสภาพแวดล้อม แสดงว่าพันธุ์นั้นไม่สามารถปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมที่ใดได้ดี ถ้า $b > 1.0$ แสดงว่าเป็นพันธุ์ที่ไวต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมมาก (specific adaptation) นั่นคือเมื่อปลูกในสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมจะให้ผลผลิตต่ำมากแต่เมื่อปลูกในสภาพแวดล้อมที่ดีจะให้ผลผลิตสูง และถ้า $b < 1.0$ แสดงว่าเป็นพันธุ์ที่มีความทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมได้ดี กล่าวคือเมื่อปลูกในสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมก็จะให้ผลผลิตเฉลี่ยสูงกว่าผลผลิตเฉลี่ยของทุกสภาพแวดล้อม แต่เมื่อปลูกในสภาพแวดล้อมที่ดีก็จะให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นไม่มาก ดังนั้นพันธุ์ที่มีค่า $b < 1.0$ จึงเป็นพันธุ์ที่เหมาะที่สำหรับกับสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมทั่วไป

Eberhart and Russell (1966) ได้เสนอวิธีการวิเคราะห์เสถียรภาพของผลผลิตพืช โดยพิจารณาจากค่าพารามิเตอร์ 2 ค่าคือ ค่าสัมประสิทธิ์รีเกรสชัน (regression coefficient, b) และค่าเบี่ยงเบนเฉลี่ยไปจากเส้นรีเกรสชัน (deviation mean square from regression, S^2di) ของแต่ละพันธุ์เพื่อใช้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

พิจารณาเปรียบเทียบและบอกถึงเสถียรภาพของผลผลิตของแต่ละพันธุ์ ซึ่งค่าพารามิเตอร์ทั้ง 2 ค่าได้จาก model

$$Y_{ij} = \mu_i + b_i I_j + d_{ij}$$

Eberhart and Russell (1966) ใช้ค่าดัชนีของสภาพแวดล้อม (environmental index, I_j) แทนผลผลิตเฉลี่ยของทุกพันธุ์ในแต่ละสภาพแวดล้อม เป็นค่ากำหนดสภาพแวดล้อม ดัชนีนี้สร้างขึ้นจากค่าเฉลี่ยของทุกพันธุ์ในแต่ละสภาพแวดล้อมลบด้วยค่าเฉลี่ยของผลผลิตทั้งหมดจากทุกสภาพแวดล้อม ซึ่งพันธุ์ที่ดีและมีเสถียรภาพในการให้ผลผลิตในแง่คิดนี้คือ พันธุ์ที่มีค่าเฉลี่ยของผลผลิตสูง มีค่า b = 1.0 และมีค่า $S^2di = 0$

Freeman and Penkins (1971) วิจารณ์วิธีการวิเคราะห์เสถียรภาพดังกล่าวข้างต้นว่า การใช้ sum of squares และ degree of freedom และวิธีการวัดค่าสภาพแวดล้อม ที่ใช้ในการวิเคราะห์รีเกรสชันของนักวิจัยเหล่านี้ไม่ถูกต้องตามสมมติฐานเบื้องต้นทางสถิติ เนื่องจากดัชนีของสภาพแวดล้อมที่ทำการประเมินโดยใช้ค่าเฉลี่ยของทุกลักษณะพันธุกรรมที่ปลูกในแต่ละสภาพแวดล้อม วิธีการนี้นำไปสู่การวิเคราะห์รีเกรสชันที่ไม่ถูกต้องโดย sum of square ของการรวมรีเกรสชันจะเป็นค่าเดียวกับ total of sum squares ระหว่างสภาพแวดล้อม ไม่ได้เป็นส่วนหนึ่งของ total of sum squares ระหว่างสภาพแวดล้อม และในการเลือกใช้ดัชนีของสภาพแวดล้อมเพื่อสร้างรีเกรสชันของแต่ละพันธุ์ เขาได้แนะนำว่าควรจะแบ่งซ้ำของแต่ละพันธุ์ออกเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มหนึ่งใช้วัดปฏิกิริยาของพันธุ์ และอีกกลุ่มเป็นค่าเฉลี่ยของหลาย ๆ พันธุ์ซึ่งใช้เป็นดัชนีของสภาพแวดล้อม และอาจจะใช้พันธุ์เดียวหรือหลายพันธุ์เป็นมาตรฐานในการประเมินสภาพแวดล้อมแต่ละแห่ง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Lin et al. (1986) ได้รวบรวมวิธีวิเคราะห์เสถียรภาพที่คล้ายคลึงกัน 9 วิธีและจัดแบ่งออกเป็น 4 กลุ่ม โดยอาศัยพื้นฐานของการเบี่ยงเบนจากค่าเฉลี่ยของพันธุกรรม หรือจากปฏิกิริยาของพันธุกรรม x สภาพแวดล้อม (GE) และการวิเคราะห์รีเกรสชันบนค่าดัชนีของสภาพแวดล้อม การตัดสินว่าพันธุ์ที่ทดสอบมีเสถียรภาพโดยพิจารณาจาก 3 แนวคิดคือ 1) ถ้าความแปรปรวนระหว่างสภาพแวดล้อมมีค่าน้อย 2) ถ้ามีการตอบสนองต่อสภาพแวดล้อมไปในทิศทางเดียวกัน กับค่าเฉลี่ยของการตอบสนองของทุกพันธุ์ที่ใช้ในการทดสอบ 3) ถ้าค่า residual mean square จากเส้นรีเกรสชันบนดัชนีของสภาพแวดล้อมมีค่าน้อย แต่ทั้ง 3 แนวคิดไม่สามารถใช้ได้ทุกกรณี เขาได้เสนอความสัมพันธ์ของแต่ละวิธีวิเคราะห์เสถียรภาพของแต่ละกลุ่มที่ถูกจัดแบ่ง โดยแบ่งเป็น 3 แนวทางคือ 1) มีความเท่ากันในการตอบสนองต่อสภาพแวดล้อม 2) มีความเท่ากันของความแตกต่างภายในสภาพแวดล้อม และ 3) มีความเท่ากันของอัตราส่วนภายในทุกสภาพแวดล้อม

โดยทั่วไปแล้วอิทธิพลทางพันธุกรรม (genetic effect) ไม่ได้เป็นอิสระจากอิทธิพลของสภาพแวดล้อม (environmental effect) แต่นักพันธุศาสตร์หลายท่านพบว่าความสัมพันธ์ระหว่างการแสดงออกของ genotype กลุ่มหนึ่งภายใต้สภาพแวดล้อมที่แตกต่างกันกับค่าที่แสดงสภาพแวดล้อมมักจะเป็นเส้นตรง ซึ่งนักปรับปรุงพันธุ์พืชหลายท่านได้พบว่ามีพันธุ์พืชหลายพันธุ์ที่แสดงสหสัมพันธ์ในทางบวกกับสภาพแวดล้อม ดังนั้นจึงสามารถใช้วิธีรีเกรสชันในการอธิบายการตอบสนองของ genotype ในสภาพแวดล้อมต่าง ๆ ได้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved