

การตรวจเอกสาร

การปรับปรุงพันธุ์พืชให้ต้านทานต่อโรค จัดเป็นวัตถุประสงค์ที่สำคัญประการหนึ่งในโครงการปรับปรุงพันธุ์พืชโดยทั่วไป นักปรับปรุงพันธุ์พืชนอกจากจะต้องมีความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับเชื้อสาเหตุ, การเข้าทำลาย, ลักษณะอาการ, วิธีการประเมินความต้านทานต่อโรค ตลอดจนลักษณะทางพันธุกรรม และพฤติกรรมการถ่ายทอดลักษณะความต้านทานโรคแล้ว ยังต้องทราบถึงลักษณะทางพันธุกรรม และพฤติกรรมการถ่ายทอดลักษณะทางเกษตรของพืชชนิดนั้นๆ ด้วย เพื่อช่วยในการตัดสินใจเลือกใช้สายพันธุ์พ่อแม่ในการปรับปรุงพันธุ์ และกำหนดวิธีการคัดเลือกพันธุ์ที่มีประสิทธิภาพ สามารถที่จะรวมลักษณะความต้านทานโรคสูงกับลักษณะผลผลิตสูง และมีลักษณะทางเกษตรอื่นๆ ที่เป็นที่ยอมรับของเกษตรกรและผู้บริโภค เข้ามาไว้ในพืชพันธุ์ใหม่พันธุ์เดียวกันได้

โรคราสีน้ำตาลลิสง (Groundnut or Peanut rust)

1. เชื้อสาเหตุ ความเสียหาย การเข้าทำลาย และลักษณะอาการของโรค

จากการประชุม International Group Discussion on Groundnut Rust ที่ International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics (ICRISAT) เมื่อปี ค.ศ.1984 สรุปว่า อนุกรมวิธาน (Taxonomy) เชื้อราสาเหตุของโรคนี้อย่างยังไม่สามารถระบุได้อย่างชัดเจน เนื่องจากเชื้อมีวงจรชีวิต (life cycle) ที่ไม่ครบสมบูรณ์ จึงอนุโลมให้ใช้ชื่อเชื้อรา *Puccinia arachidis* Speg. ต่อไปก่อน (Hennen et al., 1987) เชื้อชนิดนี้จัดอยู่ใน Division Eumycota, Sub-division Basidiomycotina, Order Uredinales, Family Pucciniaceae จัดเป็น obligate parasite (Hiratsuka and Sato, 1982)

ก่อนปี ค.ศ. 1969 พบโรคราสีน้ำตาลลิสงแพร่ระบาดทั่วไปในประเทศแถบทวีปอเมริกาใต้และหมู่เกาะคาริบเบียน ต่อมาได้แพร่ระบาดไปสู่ประเทศต่างๆ ทั่วโลก ทำให้ผลผลิตถั่วลิสงลดลงได้ 10-80 เปอร์เซ็นต์ ขึ้นกับช่วงเวลาของการเกิดโรค โดยเฉพาะอย่างยิ่งถ้าเกิดร่วมกับโรคใบจุดถั่วลิสง (leafspot) ความสูญเสียต่อผลผลิตจะยิ่งเพิ่ม

มากขึ้น พบว่าหากโรคราสนิมเกิดในระยะที่ถั่วลิสงออกดอก, เหนงเข็ม, การพัฒนาฝักช่วงต้น และการพัฒนาฝักช่วงกลาง จะทำให้ผลผลิตลดลง 49, 41, 31 และ 18 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ (Subrahmanyam *et al.*, 1985) Ghuge และคณะ (1981) พบว่าโรคราสนิมทำให้น้ำหนักต้นแห้ง ขนาดเมล็ดและผลผลิตฝักลดลง 35, 18 และ 48 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ หากเกิดโรคใบจุดร่วมด้วย ความสูญเสียของลักษณะข้างต้นจะเพิ่มขึ้นเป็น 46, 27 และ 53 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่าโรคราสนิมทำให้ฝักถั่วลิสงแก่เร็วขึ้นกว่าปกติ 2-4 สัปดาห์ จำนวนฝักแก่และน้ำหนักต้นลดลง ชั่วฝักขาดง่าย และเปอร์เซ็นต์น้ำมันในเมล็ดลดลงอย่างมาก (Ghuge *et al.*, 1981; Subrahmanyam *et al.*, 1985; Reddy *et al.*, 1987)

การเข้าทำลายของเชื้อสาเหตุโดยทั่วไปพบเฉพาะระยะ uredinial stage ส่วนระยะ telial stage (teliospore) มีบันทึกว่าพบบนต้นถั่วลิสงที่ Haina, Santo Domingo ในอเมริกากลาง; Gainesville, Florida ในสหรัฐอเมริกา และ Campo Grande, Mato Grosso do Sul ในบราซิลเท่านั้น (Hennen *et al.*, 1987) กลไกการเข้าทำลายพืชเริ่มขึ้นเมื่อ uredospore ซึ่งเป็น vegetative spore และเป็นระยะที่สำคัญที่สุดในการเข้าทำลายพืช (พงษ์วิภา, 2529) ที่ปลิวมากับลม (Middleton and Shorter, 1987; Verma and McDonald, 1987) ตกลงบนผิวใบพืช เชื้อราจะสร้าง germ tube ออกมาจาก germ pore ของผนังสปอร์ภายใน 6 ชั่วโมง งอกผ่านปากใบ (stomata) หรือเข้าไปโดยตรงทางผิวใบ (direct prenetration) แล้วสร้าง appressorium (ใช้เวลาอีกประมาณ 6 ชั่วโมง) จากนั้นจะแทง infection peg ผ่านปากใบเข้าไปภายในใบพืช infection peg จะพองตัวออกเป็น vesicle แล้วแบ่งตัวเป็น primary infection hyphae ผ่านเข้าไปในชั้น mesophyll cell ภายใน 24 ชั่วโมง เมื่อผิวของ primary infection hyphae สัมผัสกับผนังของ mesophyll cell จะมีการสร้างผนังเซลล์ชั้นมากขึ้นที่ส่วนปลายของ primary infection hyphae กลายเป็น haustoria mother cell ซึ่งจะสร้าง peg แทงเข้าไปใน mesophyll cell (intracellular) เจริญต่อไปเป็น haustoria จากนั้น cell content จาก mother cell จะไหลเข้าไปใน haustoria ที่อยู่ในเซลล์ ต่อมาเชื้อราจะสร้าง uredinia, uredospore และต้นให้

ตุ่มแผลแตกออก ซึ่งจะใช้เวลาประมาณ 77, 120, 168 และ 192 ชั่วโมงหลังจากสปอร์ตกลงบนผิวใบพืชตามลำดับ (Cook, 1980; Zhou, 1987; Mims *et al.*, 1989)

โรคราสนิมเกิดกับถั่วลิสงได้ทุกระยะการเจริญเติบโต ส่วนใหญ่มักเกิดในระยะหลังจากที่ถั่วลิสงออกดอกชุดแรกแล้ว โดยอาการเริ่มแรกจะปรากฏเป็นจุดสีซีดที่ผิวใบด้านใต้ใบ ต่อมาจุดจะมีสีเหลืองเขียวด้านบนใบแล้วเกิดเป็นตุ่มนูนสีน้ำตาล โดยจะเริ่มเจริญขึ้นมาบนผิวด้านใต้ใบ บางครั้งอาจพบที่ผิวใบด้านบน แต่พบน้อยกว่าด้านใต้ใบ (สุภาพร, 2527) ตุ่มแผลมีสีน้ำตาล (cinnamon brown) จนถึงสีน้ำตาลเข้ม (chestnut brown) มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 0.3-1.0 มิลลิเมตร อาจเกิดเดี่ยวหรือเป็นกลุ่มสีเหลืองหรือสีส้มในระยะแรก ต่อมาเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลดำขรุขระ ภายในสร้าง uredospore มีลักษณะเป็นเซลล์เดี่ยวเกิดบนก้านใบไม่มีสี รูปร่างเป็นแบบ obovoid หรือ broadly ellipsoid มีขนาด 22.55-27.55 x 18.75-21.25 ไมครอน มีสีน้ำตาลแดงจนถึงสีเหลืองน้ำตาล ผนังด้านนอกเป็นหนามแบบ echinulate และมีจุดงอก 2 จุดต่อสปอร์ โดยแต่ละจุดมักอยู่ตรงข้ามกัน (Laundon and Waterston, 1965; Cummins, 1978 อ้างถึงใน พชร, 2534) เมื่อเจริญเต็มที่จัน epidermis cell แตกออกปล่อย uredospore ที่เป็นผงฝุ่นสีน้ำตาลแดงออกมา แผลดังกล่าวถ้าดูจากด้านบนใบจะปรากฏเป็นเพียงจุดสีเหลือง เมื่อพลิกดูใต้ใบจึงจะเห็นเป็นตุ่มแผลที่แตก (pustule) ปกคลุมด้วยผงสปอร์คล้ายผงสนิมเป็นจำนวนมาก ในกรณีที่ถั่วลิสงพันธุ์อ่อนแอหรือโรคเกิดขึ้นมากและรวดเร็วใบจะเริ่มเหลือง โหน่งแห้งตาย และม้วนงอ แต่มักไม่หลุดร่วงจากต้น อาการของโรคจะเริ่มจากใบล่างแล้วลุกลามขึ้นสู่ใบบน (โสภณ, 2528; ธรรมศักดิ์ และ พชร, 2534)

การงอกของ uredospore เชื้อราสนิมต้องการสภาพแวดล้อมที่มีความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศสูง (80-87 เปอร์เซ็นต์) อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการงอกของสปอร์ประมาณ 20-25°C ถ้าอุณหภูมิต่ำกว่า 8°C หรือสูงกว่า 31°C จะยับยั้งการงอกของสปอร์ (Subrahmanyam and McDonald, 1987; Zhou, 1987) uredospore ที่ติดอยู่บนเศษซากถั่วลิสงสามารถมีชีวิตอยู่ได้นาน 4 สัปดาห์ (Subrahmanyam and McDonald, 1987) ที่อุณหภูมิห้อง (25-30°C) สปอร์จะมีชีวิตอยู่ได้นาน 45 วัน ถ้าเก็บรักษาไว้ในที่ที่อุณหภูมิสูง ความมีชีวิตของ uredospore จะลดลงอย่างรวดเร็ว เช่น ที่อุณหภูมิ 40°C

จะมีชีวิตอยู่ได้ 9-11 วัน ที่ 45°C อยู่ได้ 7-9 วัน แต่ถ้าเก็บไว้ในที่อุณหภูมิต่ำ เช่น ใน germplasm bank จะมีชีวิตอยู่ได้นานหลายเดือนโดยไม่เสื่อมความงอก (Varma and McDonald, 1987; Zhou, 1987)

Mallaiah และ Rao (1987) รายงานว่า ปริมาณ uredospore ของเชื้อราสนิมในอากาศจะมีมากเมื่ออุณหภูมิของอากาศอยู่ในช่วง 29-31°C ความชื้นสัมพัทธ์ 75-85 เปอร์เซ็นต์ ความเร็วลม 4-10 กิโลเมตรต่อชั่วโมง แสงแดดจัดสามารถยับยั้งการงอกของ uredospore ได้ แต่ uredospore ที่อยู่ใต้ร่มเงาของใบอ่อนก็สามารถงอกได้บ้างในเวลากลางวัน แสงแดดที่มีความเข้มแสง 8,000 lux สามารถยับยั้งการงอกของสปอร์ได้อย่างสมบูรณ์ ที่ความเข้มแสง 3,000 lux สปอร์สามารถงอกได้เล็กน้อย แต่ที่ความเข้มแสง 100 lux สปอร์สามารถงอกได้ดีมาก ในสภาวะที่ไม่มีอากาศหรือที่มีความหนาแน่นของสปอร์มากเกินไปก็สามารถยับยั้งการงอกของสปอร์ได้ (Zhou, 1987) Foudin และ Macko (1974 อ้างถึงใน Mallaiah and Rao, 1987) พบว่า สารยับยั้งการงอก (germination inhibitor) ที่อยู่ในสปอร์ของเชื้อราสนิมเป็นสารที่สามารถละลายน้ำได้ (water soluble) คือ methyl cis-3,4 dimethoxy cinnamate นอกจากนั้นยังพบศัตรูธรรมชาติของเชื้อราสนิม คือ *Verticillium lecani* (Zimmerm) Vicgas, *Penicillium islandicum* Sopp., *Eudarluca caricis* (Fr.) O. Ericks, *Acremonium persicinum* (Nicot) W. Gams, *Darluca filum* (Biv.) Cast, *Darluca* sp., *Tuberculina costaricana* Syd. และ *Hyalodendron* sp. เจริญบนตุ่มแผลของโรคราสนิมด้วย (Wongkaew and Surin, 1984; Mayee, 1987; Reddy et al., 1987; Subrahmanyam and McDonald, 1987)

2. องค์ประกอบของลักษณะต้านทานต่อโรคราสนิม

การประเมินความต้านทานต่อโรคราสนิมของถั่วลิสงพันธุ์ต่างๆ สามารถทำได้ทั้งในสภาพไร่และการปลูกเชื้อในโรงเรือนหรือในห้องปฏิบัติการ ในสภาพไร่ทำโดยอาศัยการระบาดของเชื้อตามธรรมชาติ หรือใช้ Infector row technique ซึ่งมีหลักการคือปลูกถั่วลิสงพันธุ์อ่อนแอต่อโรคล่วงหน้าประมาณ 2 สัปดาห์ก่อนปลูกสายพันธุ์ทดสอบ (tested

row) เพื่อให้เป็นแหล่งแพร่กระจายโรค (infecter rows or spreader rows) หรือใช้ถั่วลิสงพันธุ์อายุสั้นที่อ่อนแอต่อโรคปลูกเป็น infecter rows พร้อมกับปลูก tested rows ในอัตราส่วน 1:4 หรือมากกว่า (โสภณ และคณะ, 2526; โสภณ และคณะ, 2533; Wongkaew *et al.*, 1983; Subrahmanyam, 1983a) และใช้สารเคมีป้องกันโรคชนิดอื่นที่ไม่ได้ศึกษา ทำการปลูกเชื้อ (inoculate) ลงบน infecter rows ในระยะที่พืชออกดอก โดยใช้สารละลายของเชื้อ (spore suspension) ความเข้มข้น $5 \times 10^4 - 1 \times 10^5$ สปอร์ต่อมิลลิลิตร และเติมสารเพิ่มประสิทธิภาพ (surfactant) Tween 80 (polyoxyethylene sorbitan monooleate) จำนวน 0.2 มิลลิลิตรต่อ น้ำ 1,000 มิลลิลิตร เพื่อช่วยในการกระจายของสปอร์ การปลูกเชื้อควรทำในตอนเย็น แล้วให้น้ำแบบ furrow และเพิ่มความชื้นในอากาศโดยใช้ overhead sprinkler แก่ ถั่วลิสง (Subrahmanyam *et al.*, 1985; Subrahmanyam and McDonald, 1987) ส่วนในสภาพเรือนทดลองหรือในห้องปฏิบัติการนั้นอาจทำได้โดยการปลูกถั่วลิสงใน กระบะหรือกระถาง (วุฒิกัตติ และคณะ อ้างถึงใน ปรีชา, 2533) หรือใช้เทคนิคการปักชำ ใบ (detached leaf technique) (Subrahmanyam *et al.*, 1983b) แล้วทำการปลูกเชื้อและบ่มไว้ภายใต้สภาวะที่เหมาะสมต่อการพัฒนาการของโรค

การประเมินความต้านทานของสายพันธุ์ถั่วลิสงต่อโรคราสนิมในระยะที่ผ่านมามีหลายวิธีด้วยกัน เช่น ใช้ scale ที่มีค่าคะแนน 0-4 โดยที่ 0 = ไม่เป็นโรค และคะแนน ที่เพิ่มสูงขึ้น (1-4) หมายถึง พื้นที่ใบที่ถูกโรคทำลาย <25, 25-50, 51-75 และ >75 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (Subrahmanyam *et al.*, 1983c) modified Cobb's scale ซึ่งมีค่าคะแนน 0-5 โดยที่ 0 = ไม่เป็นโรค และ 5 = พื้นที่ใบที่ถูกโรคทำลาย มากกว่า 51 เปอร์เซ็นต์ (Savary *et al.*, 1988) ICRISAT score ซึ่งมีค่าคะแนน 1-9 โดยที่ 1 = ไม่เป็นโรค และ 9 = เป็นโรครุนแรงที่สุด (Subrahmanyam *et al.*, 1983b) Siddaramaiah's grading และ Percentage disease index (Krishna Pasad *et al.*, 1979) และ Intensity grade scale ของ Hassan และ Beute (1977) (Subrahmanyam *et al.*, 1980a) จะเห็นได้ว่าวิธีการ ประเมินความต้านทานต่อโรคข้างต้นใช้พื้นที่ใบที่ถูกโรคทำลาย, ขนาดของแผลและการ กระจายตัวของแผล เป็นเกณฑ์ในการพิจารณา ซึ่งเป็นวิธีที่สะดวกต่อการประเมิน โดย

เฉพาะเมื่อประเมินในสภาพไร่ แต่ไม่สามารถประเมินปฏิกริยาระหว่างพืชกับเชื้อโรคได้อย่างละเอียด (Nagarajan, 1987) รวมทั้งหากประเมินในช่วงเวลาที่ไม่เหมาะสมต่อการเกิดโรค หรือมีการแพร่กระจายของโรคไม่สม่ำเสมอ จะทำให้การประเมินระดับความต้านทานของสายพันธุ์พืชได้ผลไม่ดีเท่าที่ควร ถึงแม้ว่าการใช้ Infector row technique ช่วยสร้างสภาพการเกิดโรคจะแก้ปัญหาดังกล่าวลงได้บ้าง แต่ก็อาจทำให้การประเมินความต้านทานคลาดเคลื่อนไปจากระดับที่แท้จริงของสายพันธุ์ได้ นอกจากนี้ ประสิทธิภาพของการประเมินยังขึ้นกับประสบการณ์ของผู้ประเมินด้วย (โสภณ, 2529; ปรีชา, 2533; อารินต์ และคณะ, 2533; Subrahmanyam *et al.*, 1983b)

ส่วนการประเมินความต้านทานต่อโรค ในสภาพเรือนทดลองหรือห้องปฏิบัติการนั้น เป็นการประเมินปฏิกริยาระหว่างพืชกับเชื้อโรค โดยพิจารณาที่องค์ประกอบของความต้านทานหลายลักษณะด้วยกัน ได้แก่ incubation period, latent period, จำนวนแผลต่อพื้นที่ใบ, ขนาดแผล, เปอร์เซ็นต์แผลแตก (rupture pustule), เปอร์เซ็นต์พื้นที่ใบที่ถูกโรคทำลาย และการสร้างสปอร์ (Sokhi and Jhooty, 1982; Subrahmanyam *et al.*, 1982) Subrahmanyam และคณะ (1983b) พบว่า องค์ประกอบของความต้านทานโรคทุกลักษณะแสดงสหสัมพันธ์ต่อกันและกัน และต่อคะแนนการเป็นโรคในสภาพไร่ด้วย โดยที่ incubation period มีสหสัมพันธ์ในทางลบกับคะแนนการเป็นโรคในสภาพไร่ ($r = -0.65$) และลักษณะองค์ประกอบของความต้านทานอื่นๆ ด้วย ในขณะที่คะแนนการเป็นโรคในสภาพไร่มีสหสัมพันธ์ในทางบวกกับจำนวนแผลต่อพื้นที่ใบ, ขนาดแผล, เปอร์เซ็นต์แผลแตก และเปอร์เซ็นต์พื้นที่ใบที่ถูกโรคทำลาย ($r = 0.43, 0.58, 0.70$ และ 0.75 ตามลำดับ) Subrahmanyam และคณะ (1983b) และ Subrahmanyam และ McDonald (1987) พบว่า สปอร์ของเชื้อราที่เก็บมาจากถั่วลิสงพันธุ์ต้านทานจะงอกได้น้อยกว่าสปอร์ที่เก็บมาจากถั่วลิสงพันธุ์อ่อนแอต่อโรค โสภณ และคณะ (2533) และ Wongkaew และคณะ (1987) พบว่า incubation period, ขนาดแผล และจำนวนแผลที่กำลังสร้างสปอร์ มีสหสัมพันธ์กับคะแนนการเป็นโรคในสภาพไร่ค่อนข้างสูง ในขณะที่ วิบูล (2535) และ รัชนี้ (2536) พบว่าเปอร์เซ็นต์แผลที่สร้างสปอร์มีสหสัมพันธ์กับคะแนนการเป็นโรคในสภาพไร่ต่ำมาก ($r = 0.09$ และ -0.319 ถึง 0.048 ตามลำดับ) ถึงแม้ว่าการประเมินความต้านทานของสายพันธุ์ถั่วลิสงโดยการพิจารณาที่ลักษณะ

องค์ประกอบของความต้านทาน จะสามารถแสดงปฏิกิริยาระหว่างพืชกับเชื้อโรคได้ดี แต่ก็ยังมีข้อจำกัด กล่าวคือ การประเมินระดับความต้านทานต่อโรคทำเพียง 1 รอบของการเกิดโรค (single-cycle infection) เท่านั้น การนำผลการประเมินความต้านทานต่อโรคในสภาพเรือนทดลองไปใช้อธิบายระดับความต้านทานในสภาพไร่ จะต้องใช้องค์ประกอบของความต้านทานหลายลักษณะรวมกันจึงจะสามารถบอกได้ แต่ก็ยังไม่ถูกต้องมากนัก กล่าวคือ ไม่สามารถแยกพันธุ์ที่มีระดับความต้านทานปานกลาง (moderately resistance) ออกจากพันธุ์ที่อ่อนแอ (susceptible) ได้ เนื่องจากลักษณะองค์ประกอบของความต้านทานโรคหลายลักษณะมีความแปรปรวนที่สูงมาก (วิบูล, 2535; รัชนี้, 2536; Subrahmanyam *et al.*, 1982)

Subrahmanyam และคณะ (1980b) พบว่า ความต้านทานต่อโรคราสนิมของสายพันธุ์ถั่วลิสง ไม่มีความสัมพันธ์กับจำนวนและขนาดของปากใบ (stomata) เนื่องจากสปอร์ของเชื้อราสนิมสามารถงอกและแทง germ tube ผ่าน stomata ของใบทั้งในพันธุ์ต้านทานสูง (immune) ต้านทาน (resistance) หรือพันธุ์อ่อนแอ (susceptible) ได้ แต่ความต้านทานโรคของสายพันธุ์ถั่วลิสงจะขึ้นกับอัตราและความสามารถในการสร้างเส้นใยของเชื้อภายในเซลล์พืช กล่าวคือ ในพันธุ์ที่มีระดับความต้านทานสูง ถึงแม้เชื้อราจะเข้าไปภายในเซลล์พืชได้ พืชก็จะมีปฏิกิริยาที่ทำให้พัฒนาการของเชื้อช้าลง ทำให้มี incubation period ยาวขึ้น และขัดขวางการสร้างสปอร์ โดยแสดงออกในลักษณะผลมีจำนวนน้อยและมีขนาดเล็ก รวมทั้งมีเปอร์เซ็นต์ผลแตกต่ำ ปฏิกิริยานี้เรียกว่า "horizontal resistance" ซึ่งคล้ายกับ "slow rusting" หรือ "partial dominance" ในธัญพืชชนิดต่างๆ (Subrahmanyam *et al.*, 1983b) พชร (2534) พบว่า ลักษณะผิวและโครงสร้างภายในใบพืช ได้แก่ ความหนาแน่นและการเรียงตัวของเนื้อเยื่อพืช, ขนาดของเซลล์, จำนวนปากใบ และความยาวช่องเปิดของปากใบ ไม่มีความสัมพันธ์กับระดับความต้านทานโรคของสายพันธุ์ถั่วลิสง แต่ในพันธุ์ต้านทานจะมีความกว้างของช่องเปิดของปากใบที่แคบกว่า และมีจำนวนขนต่อพื้นที่ใบมากกว่าพันธุ์อ่อนแอ เป็นการช่วยลดการเข้าทำลายของเชื้อลง และการที่ปากใบมีช่องเปิดที่แคบลง ทำให้โอกาสที่เชื้อโรคจะเข้าทำลายพืชทางปากใบเป็นไปได้ยากขึ้นนั่นเอง

3. พันธุกรรมการถ่ายทอดลักษณะต้านทานต่อโรคราสนิม

แหล่งความต้านทานต่อโรคราสนิม Subrahmanyam และคณะ (1980 อ้างถึงใน Reddy et al., 1987) พบว่า พันธุ์ต้านทานต่อโรครามากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ เป็น *Arachis hypogaea* var. *fastigiata* ส่วนที่เหลืออีกประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ เป็น *A. hypogaea* var. *hypogaea* และ 90 เปอร์เซ็นต์ของพันธุ์ต้านทานทั้งหมดเป็นพันธุ์ท้องถิ่นของประเทศในทวีปอเมริกาใต้ โดยเฉพาะประเทศเปรูซึ่งเป็นแหล่งแพร่กระจาย (secondary center of diversity) ของถั่วลิสง โดยทั่วไปพันธุ์ต้านทานเหล่านี้มีระดับความต้านทานที่ไม่สูงมากนัก ซึ่งแตกต่างจากที่พบในถั่วลิสงพันธุ์ป่า (wild type) ที่มีระดับความต้านทานโรคราสูงที่สุด (immune) แต่การที่จะนำเอาถั่วลิสงพันธุ์ป่ามาใช้เป็นแหล่งของความต้านทานในการปรับปรุงพันธุ์นั้น มักประสบปัญหาในการผสมข้ามเนื่องจากมีจำนวน chromosome ที่แตกต่างกัน กล่าวคือ ถั่วลิสงพันธุ์ปลูก (cultivated type) เป็น tetraploid ($2n = 4x = 40$) ในขณะที่ถั่วลิสงพันธุ์ป่าเป็น diploid ($2n = 2x = 20$) Gregory และคณะ (1973 อ้างถึงใน Singh et al., 1984) รายงานว่า *A. hypogaea* สามารถผสมกับ species ใน section *Arachis* เท่านั้น หากผสมกับ section อื่นจำเป็นต้องใช้ hormone และทำ embryo culture เข้าช่วย ลูกผสมที่ได้จะเป็น triploid ($2n = 3x = 30$) และมักจะเป็นหมัน จะต้องเพิ่มจำนวน chromosome โดยใช้ colchicine เพื่อทำให้เป็น hexaploid ($2n = 6x = 60$) แล้วนำลูกผสมที่มีความต้านทานไปผสมย้อน (backcross) กับพันธุ์ปลูกต่อไป

การศึกษาพันธุกรรมการถ่ายทอดลักษณะความต้านโรคราสนิมของถั่วลิสงที่ผ่านมามีไม่มากนัก Deokar และคณะ (1983 อ้างถึงใน Mayee, 1987) ทำการศึกษาในพันธุ์ PI 259767 พบว่า ลักษณะต้านทานโรคราถูกควบคุมโดยยีนด้อย (recessive) Kalekar และคณะ (1984 อ้างถึงใน รัชนี้, 2536) พบว่า ลักษณะต้านทานโรคราถูกควบคุมโดยยีนด้อยจำนวน 1 คู่ Bromfield และ Bailey (1972) ศึกษาในถั่วลิสงชั่วที่ 2 (F_2) ที่เกิดจากการผสมข้ามตามธรรมชาติ (natural cross) ระหว่างพันธุ์แม่ที่ต้านทานโรค (PI 298115) กับละอองเกสรตัวผู้ (pollen) ที่ไม่ทราบแหล่งที่มา พบว่า ลักษณะต้านทานต่อโรคราถูกควบคุมโดยยีนด้อยจำนวน 2 คู่ ซึ่งการศึกษาของ Cook (1975 อ้างถึงใน Hammons, 1987) ก็ได้ผลเช่นเดียวกัน Knauft และ Norden (1983

อ้างอิงใน Reddy *et al.*, 1987); Knauff (1987); Nigam และคณะ (1980 อ้างถึงใน Reddy *et al.*, 1987) นำสายพันธุ์ที่ได้ในชั่วถัดมา (F₃-derived lines) ของ Bromfield และ Bailey (1972) มาศึกษาต่อพบว่าลักษณะต้านทานต่อโรคถูกควบคุมโดยยีนเดี่ยวจำนวนมากกว่า 2 คู่ Kishore (1981 อ้างถึงใน Reddy *et al.*, 1987) ศึกษาในถั่วลิสงชั่วที่ 2 ที่เกิดจากพันธุ์อ่อนแอ 3 พันธุ์ ผสมกับพันธุ์ต้านทาน 3 พันธุ์ พบว่าลักษณะต้านทานต่อโรคในบางคู่ผสมถูกควบคุมโดยยีนเดี่ยว 2 คู่ บางคู่ผสมถูกควบคุมโดยยีนเดี่ยว 3 คู่ Zheng (1987) พบว่า ลักษณะต้านทานโรคถูกควบคุมโดยยีนเดี่ยวมากกว่า 2 คู่

แต่ในการศึกษาของ Middleton และ Shorter (1987) กลับให้ผลขัดแย้งกับที่กล่าวมาข้างต้น คือ จากการผสมพันธุ์ระหว่างพันธุ์อ่อนแอ 2 พันธุ์ กับพันธุ์ต้านทาน 3 พันธุ์ และทำการผสมกลับ (reciprocal) พบว่า ในลูกผสมชั่วแรก (F₁) จะแสดงลักษณะเหมือนกับพันธุ์พ่อหรือแม่ที่ต้านทานหรืออยู่กึ่งกลาง (intermediate) ระหว่างพันธุ์พ่อแม่ที่ต้านทานและอ่อนแอ เขาจึงสรุปว่าเป็นที่ควบคุมลักษณะต้านทานโรคโดยยีนเด่นเป็นลักษณะ dominant หรือ partial dominant

Reddy และคณะ (1987) ได้ประเมินความต้านทานต่อโรคราสนิมจากคู่ผสมระหว่างพันธุ์ต้านทาน 3 พันธุ์ กับพันธุ์อ่อนแอ 2 พันธุ์ โดยใช้ถั่วลิสงในชั่วพ่อแม่ (P), F₁, F₂, BC₁ และ BC₂ มาวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยของชั่ว (generation mean analysis) พบว่าอิทธิพลของยีนที่ควบคุมลักษณะต้านทานต่อโรคราสนิมส่วนใหญ่เป็น additive, additive x additive และ additive x dominance ซึ่งอิทธิพลของยีนแบบ epistasis พบได้ทั้งในลักษณะคะแนนการเป็นโรคและพ่นที่ใบที่ถูกโรคทำลาย Tiwari และคณะ (1983) ประเมินความต้านทานต่อโรคราสนิมโดยการทำให้ line x tester analysis ประกอบด้วยพันธุ์พ่อ 4 พันธุ์ และพันธุ์แม่ 7 พันธุ์ พบว่าลูกผสมชั่วแรก (F₁) มีระดับความต้านทานโรคใกล้เคียงกับพันธุ์พ่อหรือแม่ที่อ่อนแอ แต่เมื่อนำพันธุ์ต้านทาน x พันธุ์ต้านทาน จะได้ลูกที่มีระดับความต้านทานที่สม่ำเสมอขึ้น แสดงให้เห็นว่ายีนที่ควบคุมลักษณะต้านทานต่อโรคเป็นยีนเดี่ยว เมื่อพิจารณาสัดส่วนของ $\sigma^2_{gca}/\sigma^2_{sca}$ ของลักษณะการเข้าทำลายของเชื้อ (rust infection) เท่ากับ 0.14 แสดงให้เห็นถึงความสำคัญของ non-additive gene ด้วย

Singh และคณะ (1984) ศึกษาความต้านทานต่อโรคราสนิมของถั่วลิสงพันธุ์ป่า (diploid $2n = 2x = 20$) พบว่า ยีนที่ควบคุมลักษณะต้านทานต่อโรคแสดงลักษณะ partial dominant ซึ่งถ้าเป็นเช่นนั้นจริงจะง่ายต่อการปรับปรุงพันธุ์โดยใช้วิธีการผสมย้อน (backcrossing)

Knauff (1987) ตั้งข้อสังเกตว่า จำนวนยีนที่ควบคุมลักษณะต้านทานต่อโรคราสนิมไม่สามารถใช้สัดส่วนของยีนควบคุม 2 คู่เข้ามาอธิบายได้ในทุกกรณี จะต้องพิจารณาสายพันธุ์ที่ใช้และสถานที่ทดสอบด้วย เนื่องจากพบว่าระดับความต้านทานของสายพันธุ์ถั่วลิสงมีความแปรปรวน เช่น พันธุ์ NCAC 17090 จัดเป็นพันธุ์ต้านทานสูงเมื่อทดสอบที่ ICRISAT แต่เมื่อทดสอบที่ Guangxi ประเทศจีน พบว่าความต้านทานอยู่ในระดับปานกลางเท่านั้น (Zhou, 1987)

4. พันธุกรรมการถ่ายทอดลักษณะผลผลิตและลักษณะทางเกษตรอื่นๆ

จากรายงานการศึกษาพันธุกรรมการถ่ายทอดลักษณะทางเกษตรต่างๆของถั่วลิสงที่ผ่านมามีพบว่า ลักษณะผลผลิตฝักและน้ำหนักฝักถูกควบคุมโดยยีนมากคู่ และแสดงอิทธิพลแบบ epistasis, ขนาดฝักและขนาดเมล็ดโตถูกควบคุมโดยยีนเด่นตั้งแต่ 1-5 คู่ และมี modifier gene ร่วมด้วย เบอร์เชินต์การกะเทาะมียีนควบคุม 1 คู่, ลักษณะเบอร์เชินต์น้ำมันในเมล็ดมียีนควบคุม 2 คู่ (Layrisse et al., 1980; Cahaner et al., 1979 อ้างถึงใน Wynne and Gregory, 1981; Badami, 1928; Martin, 1967; Balaiah et al., 1977 อ้างถึงใน Anderson et al., 1993) Anderson และคณะ (1993) ตั้งข้อสังเกตว่า การถ่ายทอดลักษณะฝักและเมล็ดของถั่วลิสงไม่สามารถอธิบายได้โดยการใช้อินหลัก (major gene) อย่างเดียว เนื่องจากยังมียีนอื่น โดยเฉพาะอย่างยิ่ง modifier gene เข้ามาเกี่ยวข้องด้วย และพบว่ายีนที่ควบคุมลักษณะอายุเก็บเกี่ยวอาจมีปฏิกริยาร่วมกับยีนที่ควบคุมลักษณะขนาดเมล็ดด้วย

ความสามารถในการถ่ายทอดลักษณะผลผลิตและลักษณะทางเกษตรอื่นๆ พบว่ามีความแตกต่างกันตั้งแต่ต่ำไปจนถึงสูง คือ ลักษณะผลผลิตฝักมีค่าตั้งแต่ 16-93 เบอร์เชินต์ (Lin et al., 1971; Coffelt and Hammons, 1974; Sandhu and Khehra, 1977; Gibori et al., 1978; Mohammed et al., 1978; Wynne and

Rawlings, 1978 อ้างถึงใน Wynne and Gregory, 1981; Chiow and Wynne, 1983; Chanhnan and Shukla, 1985; Monteverde-Perso and Wynne, 1988) ผลผลิตเมล็ดมีค่าตั้งแต่ 43-85 เปอร์เซ็นต์ (Bernard, 1960; Syakudo and Kawabata, 1965; Coffelt and Hammons, 1974 อ้างถึงใน Wynne and Gregory, 1981) จำนวนฝักต่อต้นมีค่าตั้งแต่ 30-56 เปอร์เซ็นต์ (Lin *et al.*, 1971 อ้างถึงใน Wynne and Gregory, 1981) น้ำหนักเมล็ดมีค่าตั้งแต่ 6-97 เปอร์เซ็นต์ (Bernard, 1960; Martin, 1967; Coffelt and Hammons, 1974; Sandhu and Khehra, 1977; Mohammed *et al.*, 1978 อ้างถึงใน Wynne and Gregory, 1981; Chiow and Wynne, 1983) ขนาดฝักมีค่าตั้งแต่ 42-50 เปอร์เซ็นต์ (Mohammed *et al.*, 1978 อ้างถึงใน Wynne and Gregory, 1981) ความยาวฝักมีค่าตั้งแต่ 18-92 เปอร์เซ็นต์ (Wynne and Rawlings, 1978; Mohammed *et al.*, 1978 อ้างถึงใน Wynne and Gregory, 1981; Chiow and Wynne, 1983) อายุเก็บเกี่ยวมีค่าตั้งแต่ 0-93 เปอร์เซ็นต์, เปอร์เซ็นต์การกะเทาะมีค่าตั้งแต่ 54-74 เปอร์เซ็นต์ (Chiow and Wynne, 1983; Chanhnan and Shukla, 1985) เปอร์เซ็นต์น้ำมันในเมล็ดมีค่าตั้งแต่ 9-99 เปอร์เซ็นต์ (Martin, 1967; Tai and Young, 1974; Sandhu and Khehra, 1977 อ้างถึงใน Wynne and Gregory, 1981; Chiow and Wynne, 1983; Chanhnan and Shukla, 1985) เปอร์เซ็นต์โปรตีนมีค่าตั้งแต่ 47-75 เปอร์เซ็นต์ (Tai and Young, 1974; Sandhu and Khehra, 1977 อ้างถึงใน Wynne and Gregory, 1981; Chiow and Wynne, 1983) เปอร์เซ็นต์ฝักขนาดใหญ่ (fancy size pod), เปอร์เซ็นต์เมล็ดขนาดใหญ่กว่าปกติ (extra large kernels) และเปอร์เซ็นต์เมล็ดดี (sound mature kernels) มีค่า 83, 79 และ 62 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (Wynne and Rawlings, 1978)

จากรายงานการศึกษาที่กล่าวมาข้างต้นพบว่า ค่าความสามารถในการถ่ายทอดลักษณะที่ประเมินได้ของลักษณะต่างๆ หรือแม้แต่ในลักษณะเดียวกันก็มีความแตกต่างกัน ทั้งนี้เนื่องมาจากความสามารถในการถ่ายทอดลักษณะขึ้นอยู่กับประชากรหรือ gene frequency แผนการผสมพันธุ์ (mating design) ที่ใช้ การปฏิบัติเกี่ยวกับการปลูก และวิธีการประเมินที่แตกต่างกัน ก็ทำให้ผลการประเมินแตกต่างกันได้ (ไพศาล, 2527; Falconer,

1981) ความสามารถในการถ่ายทอดลักษณะที่ประเมินโดยวิธี parent-off spring regression จะมีค่าต่ำกว่าค่าที่ประเมินโดยวิธี variance component เสมอ (Chio and Wynne, 1983; Iroume and Knauf, 1987) เนื่องจากความสามารถในการถ่ายทอดลักษณะเป็นแบบกัน และเกี่ยวข้องกับความแปรปรวนทางพันธุกรรม (genetic variance) ในสัดส่วนที่ต่างกัน ค่าความสามารถในการถ่ายทอดลักษณะที่ประเมินโดยวิธี variance component ส่วนใหญ่เป็นความสามารถในการถ่ายทอดลักษณะแบบกว้าง (broad sense heritability; h^2_b) ซึ่งเกี่ยวข้องกับความแปรปรวนทางพันธุกรรมทั้งหมด (total genetic variance; σ^2_g) เนื่องจากไม่สามารถแบ่งแยกความแปรปรวนทางพันธุกรรมออกเป็นส่วนๆได้อย่างชัดเจน ดังนั้นเมื่อใช้ในการประเมินค่าความสามารถในการถ่ายทอดลักษณะแบบแคบ (narrow sense heritability; h^2_n) อาจเกิดความคลาดเคลื่อนได้มาก ส่วนค่าความสามารถในการถ่ายทอดลักษณะที่ประเมินโดยวิธี parent-offspring regression เป็นความสามารถในการถ่ายทอดลักษณะแบบแคบ (narrow sense heritability) ซึ่งเกี่ยวข้องเฉพาะกับความแปรปรวนทางพันธุกรรมที่เนื่องมาจากอิทธิพลของยีนแบบบวก (additive genetic variance) (Falconer, 1981) Iroume และ Knauf (1987) พบว่า สภาพแวดล้อมยังมีผลต่อความสามารถในการถ่ายทอดลักษณะด้วย กล่าวคือ การแยกประเมินสายพันธุ์พ่อแม่และชั่วลูกในสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน หรือการใช้วิธีการเก็บเกี่ยวผลผลิตที่แตกต่างกัน (ใช้แรงงานคนหรือใช้เครื่องจักร) ก็เป็นสาเหตุทำให้ค่าประเมินของความสามารถในการถ่ายทอดลักษณะเปลี่ยนแปลงไปได้เช่นกัน

สำหรับความสามารถในการรวมตัว (combining ability) ของลักษณะผลผลิต โดยทั่วไปพบว่าความสามารถในการรวมตัวทั่วไป (general combining ability; gca) มีค่ามากกว่าความสามารถในการรวมตัวเฉพาะ (specific combining ability; sca) (พจนีย์, 2530; วิบูล, 2535; Hamid *et al.*, 1981; Parker *et al.*, 1970; Garet, 1976; Gregory *et al.* 1980 อ้างถึงใน Wynne and Gregory, 1981; Jogloy *et al.*, 1987; Anderson *et al.*, 1993) แสดงให้เห็นว่า additive gene effect มีความสำคัญต่อลักษณะนี้มากกว่า non-additive gene effect ซึ่งคล้ายกับข้อสรุปของ Wynne และ Rawlings

(1978) ในขณะที่ Wynne และคณะ (1970); Wynne (1976); Sandhu และ Khehra (1976 อ้างถึงใน Wynne and Gregory, 1981) พบว่า ความสามารถในการรวมตัวเฉพาะของลักษณะผลผลิตมีค่ามากกว่าความสามารถในการรวมตัวทั่วไป สำหรับลักษณะองค์ประกอบผลผลิตอื่นที่พบว่า ความสามารถในการรวมตัวทั่วไปมีค่ามากกว่าความสามารถในการรวมตัวเฉพาะ ได้แก่ ความยาวฝักและน้ำหนัก 100 เมล็ด (พจนีย์, 2530; วิบูล, 2535; Wynne *et al.*, 1975; Layrisse *et al.*, 1980; Hamid *et al.*, 1981; Jogloy *et al.*, 1987) และในลักษณะอื่นที่ไม่ใช่องค์ประกอบผลผลิตที่มีความสามารถในการรวมตัวทั่วไป มีความสำคัญมากกว่าความสามารถในการรวมตัวเฉพาะ คือ วันที่ดอกแรกบาน ความสูงของต้น ความยาวและความกว้างของใบ ความยาวของ petiole จำนวนดอกต่อต้น จำนวนใบของลำต้นหลัก จำนวนฝักที่ไม่แก่ และน้ำหนักต้น (Parker *et al.*, 1970; Wynne *et al.*, 1970; Gibori *et al.*, 1978 อ้างถึงใน Wynne and Gregory, 1981; Swe and Branch, 1986)