

การตรวจเอกสาร

โรคใบจุดของถั่วลิสงมี 2 ชนิด คือ โรคใบจุดสีดำ (black หรือ late leaf spot) และโรคใบจุดสีน้ำตาล (brown หรือ early leaf spot) โดยทั่วไปโรคใบจุดเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดการร่วงของใบและผลผลิตลดลง ถ้าการควบคุมโรคไม่มีประสิทธิภาพ (Anderson *et al.*, 1986a) ในต่างประเทศมีรายงานว่า โรคใบจุดสีดำทำความเสียหายให้แก่ถั่วลิสงมากกว่าโรคใบจุดสีน้ำตาล (Woodroof, 1933; Feakin, 1973; Plaut and Berger, 1980) เนื่องจากโรคใบจุดสีดำสามารถที่จะสร้างสปอร์ได้มากและเร็วกว่าโรคใบจุดสีน้ำตาล จึงเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดโรคใบร่วงได้เร็วกว่า (Jenkins, 1938; Gibbons, 1966; Singh, 1978) ในประเทศไทยก็พบว่า โรคใบจุดสีดำมีการระบาดแพร่หลาย และทำความเสียหายมากกว่าโรคใบจุดสีน้ำตาล (Wongkaew *et al.*, 1986; โสภณ, 2529)

การปรับปรุงพันธุ์ถั่วลิสงในปัจจุบัน ส่วนใหญ่เป็นการปรับปรุงพันธุ์เพื่อให้มีความต้านทานต่อโรคที่สำคัญต่างๆ ซึ่งมักจะทำควบคู่ไปกับการปรับปรุงพันธุ์เพื่อเพิ่มผลผลิต และทั้งให้ได้ลักษณะทางเกษตรที่ดี ความรู้ในเรื่องเชื้อสาเหตุ การเข้าทำลาย ลักษณะอาการ การแสดงออกของลักษณะต้านทาน พฤติกรรมการถ่ายทอดลักษณะของความต้านทาน ผลผลิต และลักษณะทางเกษตรที่ดี ตลอดจนการศึกษาถึงความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะต่างๆ ดังที่กล่าวข้างต้น เป็นความรู้พื้นฐานที่สำคัญซึ่งจะนำมาใช้ในการกำหนดวิธีการปรับปรุงพันธุ์ เพื่อให้บรรลุลักษณะที่พึงประสงค์ที่ต้องการได้อย่างถูกต้องและมีประสิทธิภาพ ที่จะกล่าวต่อไปนี้เป็นบททบทวนรายงานการศึกษในเรื่องที่กล่าวมาแล้วข้างต้นของโรคใบจุด ลักษณะผลผลิต และลักษณะทางเกษตรที่สำคัญของถั่วลิสง

1. โรคใบจุด

1.1 เชื้อสาเหตุและลักษณะอาการ

โรคใบจุดมีสาเหตุมาจากเชื้อรา 2 ชนิด คือ *Phaeoisariopsis personata* (Berk. & Curt.) V. Arx. [*Cercosporidium personatum* (Berk. & Curt.) Deighton; perfect stage : *Mycosphaerella berkeleyi* Jenkins.] ซึ่งเป็นสาเหตุของโรคใบจุดสีดำ และ *Cercospora arachidicola* Hori (Perfect stage : *Mycosphaerella arachidis* Deighton) ซึ่งเป็นสาเหตุของโรคใบจุดสีน้ำตาล (โสภณ, 2528)

โรคใบจุดสีดำที่เกิดจากเชื้อ *P. personata* ในประเทศไทยจะพบเฉพาะเชื้อในส่วนสร้างสปอร์แบบไมโซเพส ลักษณะสปอร์ใสหรือน้ำตาลจาง รูปร่างเป็นท่อนตรงหรือโค้งงอเล็กน้อย มี 3-6 เซลล์ ขนาดประมาณ 20-60 x 4-8 ไมครอน ก้านชูสปอร์ (conidiophore) ขึ้นเป็นกระจุกบนกลุ่มเส้นใยที่อัดตัวกัน (pseudoparenohymatous stromata) ขนาดของกระจุกใหญ่กว่า 130 ไมครอน สปอร์จะขึ้นอยู่หนาแน่นทางด้านใต้ใบ มักจะไม่พบหรือพบน้อยมากทางด้านหลังใบ ส่วนเชื้อ *C. arachidicola* ซึ่งเป็นสาเหตุของโรคใบจุดสีน้ำตาลสร้างสปอร์รูปร่างคล้ายเข็ม ขนาดประมาณ 35-100 x 3-8 ไมครอน สีใสหรือน้ำตาลจาง มี 5-13 เซลล์ ก้านชูสปอร์สร้างเป็นกระจุก 5-10 ก้านต่อกระจุก ขนาดของกระจุกเฉลี่ยประมาณ 60 ไมครอน สปอร์จะขึ้นหนาแน่นทางด้านหลังใบ (โสภณ, 2528)

ลักษณะแผลของโรคใบจุดสีดำเป็นแผลแห้งตายสีน้ำตาลเข้มถึงดำ รูปร่างค่อนข้างกลม ขนาดเล็กกว่าแผลของโรคใบจุดสีน้ำตาล เส้นผ่าศูนย์กลาง 1-7 มิลลิเมตร แผลที่พบด้านใต้ใบจะมีสีเข้มกว่าด้านหลังใบ ในระยะแรกแผลจะมีสีน้ำตาลอ่อน และยังไม่มียางสีเหลือง (yellow halo) ล้อมรอบแผล ในแผลที่มีอายุมากจะพบวงสีเหลืองล้อมรอบแผลเฉพาะด้านหลังใบ (Woodroof, 1933; Jenkins, 1938; Singh, 1978) แต่ปกติจะไม่ค่อยพบวงสีเหลืองนี้ (Feakin, 1973; Nyvall, 1979) ในช่วงที่อากาศมีความชื้นสูง เช่น ตอนเช้ามีดหรือหลังฝนตกถ้าพลิกดูใต้ใบจะพบขุยสปอร์ขึ้นปกคลุมอยู่เต็มแผล ลักษณะเป็นวงซ้อนกัน การเกิดแผลจะเริ่มจากใบล่างกระจายสู่ใบคอนบน แผลลักษณะดังกล่าวอาจเกิดขึ้นที่หูใบ ก้านใบ ลำต้น หรือข้อปล้องได้ด้วย (โสภณ, 2528; Gibbons, 1966; Plaut and Berger, 1980) ใบที่ถูกทำลายมักจะแห้งดำและหลุดร่วงจากลำต้น ส่วนฝักบนแผลของโรคใบจุดสีน้ำตาลเป็นแผลแห้งตายสีน้ำตาลแดงถึงน้ำตาลเข้ม แผลด้านใต้ใบจะมีสีอ่อนกว่าด้านหลังใบ สีของแผลจะเห็นแตกต่างกับโรคใบจุดสีดำอย่างชัดเจนถ้าพลิกดูใต้ใบ แผลจะมีรูปร่างไม่ค่อยแน่นอน อาจจะเป็นวงรีหรือเป็นเหลี่ยม แผลจะมีขนาดใหญ่กว่าโรคใบจุดสีดำ เส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 1-10 มิลลิเมตร แผลที่พบบนหลังใบจะมีวงสีเหลืองล้อมรอบ (โสภณ, 2528; Woodroof, 1933; Jenkins, 1938) เชื้อมักสร้างสปอร์อยู่ทางด้านหลังใบ การเกิดแผลมักจะจำกัดอยู่เฉพาะบนใบ ยกเว้นในบางพันธุ์ที่เชื้ออาจเข้าทำลายก้านใบ หูใบ และก้านปล้องด้วย (โสภณ, 2528)

1.2 การเข้าทำลายและความเสียหาย

สปอร์เมื่อตกลงบนใบของถั่วลิสงจะงอกภายใน 3-12 ชั่วโมงถ้าสภาพแวดล้อมเหมาะสม (Woodroof, 1933; Jenkins, 1938; Abdou et al., 1974; Cock, 1981) โดย germ tubes จะงอกออกมาจากเซลล์ของสปอร์ในบริเวณส่วนปลายของสปอร์ อุณหภูมิที่เหมาะสมในการงอก germ tubes ของ *P. personata* อยู่ในช่วง 16-28°C และงอกได้ดีที่สุดที่ 24°C ในเวลา 12-48 ชั่วโมง การงอกจะ

ลดลงเมื่ออุณหภูมิต่ำกว่า 16°C หรือสูงกว่า 30°C (ธรรมศักดิ์ และ บิวท์, 2529) ส่วน *C. arachidicola* germ tubes จะงอกได้ดีที่ $26-31^{\circ}\text{C}$ และมีความชื้นสัมพัทธ์สูงเป็นระยะเวลานานๆ (Nyvall, 1979)

เชื้อราจะเข้าสู่เซลล์พืชได้โดย germ tubes ที่งอกจะแทงเข้าไปในเซลล์ของพืช การเข้าทำลายของเชื้อจะเกิดขึ้นได้กับทุกส่วนของพืชที่อยู่เหนือดิน แต่โดยมากเกิดขึ้นกับใบ (Jenkins, 1938) และเกิดขึ้นได้ทั้ง 2 ด้านของใบ โดยที่ germ tubes จะแทงผ่านปากใบที่ปิดหรือผ่านชั้นเซลล์ผิว (epidermis) โดยตรง (Jenkins, 1938; Gibbons, 1966; Singh, 1978) หลังจากเชื้อแทง germ tubes เข้าสู่ปากใบแล้วเชื้อจะเริ่มสร้างเส้นใยในช่องว่างของปากใบ เส้นใยของ *P. personata* จะเจริญอยู่ในช่องว่างระหว่างเซลล์ และสร้างอวัยวะพิเศษที่เรียกว่า haustoria สำหรับแทงเข้าเซลล์ และสามารถเข้าไปเจริญเติบโตในเซลล์ที่มีชีวิตได้หลังจากที่เซลล์ตายแล้ว จึงปรากฏผลตายบนใบ ส่วนเส้นใยของ *C. arachidicola* จะเจริญอยู่ในช่องว่างระหว่างเซลล์ และจะเข้าไปเจริญอยู่ในเซลล์หลังจากที่เซลล์ตายแล้ว เนื้อเยื่อของใบที่ถูกเชื้อเข้าทำลายจะมีการยุบตัว (Woodroof, 1933; Jenkins, 1938; Feakin, 1973) และเกิดเป็นแผลตายล้อมรอบเซลล์สีอ่อน ซึ่งภายหลังจะกลายเป็น วงสีเหลืองล้อมรอบ (Abdou *et al.*, 1974; Singh, 1978)

โรคใบจุดทำความเสียหายให้กับถั่วลิสงมากที่สุด โดยทำให้เกิดแผลบนใบและเกิดการร่วงของใบ เป็นผลทำให้พื้นที่ใบในการสังเคราะห์แสงลดลง (Cummins and Smith, 1973; Green and Wynne, 1987) Bourgeois (1989) รายงานว่า การสังเคราะห์แสงของใบย่อยจะลดลงเป็นเส้นตรงกับการเพิ่มขึ้นของพื้นที่ใบที่ถูกทำลาย แต่มีความสำคัญน้อยกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับ การลดลงที่เนื่องมาจากการร่วงของใบ ใบที่เป็นโรคใบจุดแต่ยังไม่ร่วงก็จะทำให้ประสิทธิภาพในการตรึงก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ลดลง (Boote *et al.*, 1980) เป็นผลทำให้การสังเคราะห์แสงลดลงด้วย Melouk (1978) รายงานว่า คลอโรฟิลล์ทั้งหมดที่สูญเสียจะมีสหสัมพันธ์ในทางบวกกับเปอร์เซ็นต์ของใบที่ถูกทำลาย ($r = 0.79$ และ $r = 0.83$ ตามลำดับ) โรคใบจุดนอกจากจะทำลายที่ใบของถั่วลิสงเป็นส่วนใหญ่แล้ว ยังทำลายลำต้น ก้านใบ หูใบ เข็ม และก้านฝัก ก้านฝักที่ถูกโรคเข้าทำลายจะทำให้กระบวนการลำเลียงอาหารสังเคราะห์ (photosynthate) ที่จะส่งไปยังฝักถูกขัดขวาง ทำให้ฝักพัฒนาได้ไม่สมบูรณ์ เป็นผลให้ขนาด คุณภาพ และผลผลิตเมล็ดลดลง (Feakin, 1973; Singh, 1978) จากการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตและความรุนแรงของโรคใบจุด Cummins และ Smith (1973) พบว่า ผลผลิตของถั่วลิสงมีสหสัมพันธ์ในทางลบกับเปอร์เซ็นต์การร่วงของใบอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($r = -0.83$ และ -0.84 ตามลำดับ) ซึ่ง Gorbet และคณะ (1982) และ Iroume และ Knauff (1987) ก็รายงานไว้เช่นเดียวกัน เมื่อทำการศึกษาในโรคใบจุดสีดำ ($r = -0.32$ ถึง -0.48) Backman และ Crawford (1984) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตของถั่วลิสงกับ

ความรุนแรงของโรคใบจุดเป็นเวลา 4 ปี พบว่าผลผลิตเฉลี่ยของถั่วลิสงจะลดลงโดยเฉลี่ย 57 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ ในแต่ละเปอร์เซ็นต์ของใบที่ร่วงเพิ่มขึ้น

1.3 ลักษณะความต้านทานต่อโรคใบจุด

การใช้พันธุ์ต้านทานเพื่อลดความเสียหายเนื่องจากการทำลายของโรค เป็นวิธีการที่เหมาะสมที่สุดสำหรับเกษตรกร วิธีการคัดเลือกพันธุ์ต้านทานโรค (screening method) อาจทำได้โดยทดสอบการเป็นโรคของพันธุ์ต่างๆในสภาพไร่ที่มีโรคเกิดขึ้นอย่างรุนแรงตามธรรมชาติ หรืออาจจะใช้วิธีการเพาะเลี้ยงเชื้อลงบนพืชทั้งในสภาพไร่และในเรือนทดลอง (ปรีชา, 2533) การประเมินความต้านทานต่อโรคในสภาพไร่ที่มีประชากรขนาดใหญ่หรือมีสายพันธุ์จำนวนมาก วิธีการประเมินที่ทำให้รวดเร็วและมีประสิทธิภาพเป็นสิ่งที่จำเป็น (Foster et al., 1981) วิธีที่นิยมใช้ประเมินความต้านทานในสภาพไร่ คือ การให้คะแนนการเป็นโรคตามวิธีของ ICRISAT โดยให้คะแนนการเป็นโรคตั้งแต่ 1 ถึง 9 ค่าคะแนนที่ระดับต่ำจะมีความรุนแรงของการเป็นโรคน้อยกว่าค่าคะแนนที่ระดับสูง ทั้งนี้การให้ค่าคะแนนจะพิจารณาจากองค์ประกอบของโรคหลายลักษณะ ได้แก่ จำนวนแผล การสร้างสปอร์ ตำแหน่งของใบที่เกิดแผล และการร่วงของใบ โดยที่ค่าคะแนน 1 หมายถึง ไม่แสดงอาการของโรค คะแนน 4 หมายถึง พบแผลจำนวนมากบนใบตอนล่างและตอนกลาง เชื้อสร้างสปอร์น้อยหรือไม่สร้างบนแผลส่วนใหญ่ คะแนน 9 หมายถึง พบแผลบนใบทั่วทั้งต้น ใบแห้งกรอบหรือร่วงเกิน 50 เปอร์เซ็นต์ (โสภณ, 2528) ส่วนการประเมินความต้านทานต่อโรคในเรือนทดลอง เทคนิคการตัดใบ (detached leaf technique) ที่เสนอโดย Melouk และ Banks (1978) เป็นวิธีการที่นิยมนำมาใช้ในการประเมินความต้านทานในสภาพเรือนทดลอง เพราะมีความแม่นยำ สะดวก และเสียค่าใช้จ่ายน้อย แต่เทคนิคการตัดใบจะมีข้อจำกัดก็คือ ไม่สามารถที่จะทำการทดสอบสายพันธุ์ได้จำนวนมากๆ และผู้ประเมินจะต้องมีความชำนาญสูง

ลักษณะความต้านทานต่อโรคใบจุดของถั่วลิสงที่ใช้ประเมินความต้านทานต่อการเข้าทำลายของเชื้อ *C. arachidicola* และ *P. personata* นั้นมีหลายลักษณะ ได้แก่ ขนาดแผล จำนวนแผลต่อใบย่อย การสร้างสปอร์ของเชื้อ ระยะเวลาจากปลูกเชื้อถึงพืชแสดงอาการ (incubation period) ระยะเวลาการปลูกเชื้อถึง 50 เปอร์เซ็นต์ของแผลมีการสร้างสปอร์ (latent period) เปอร์เซ็นต์พื้นที่ใบที่ถูกทำลาย และการร่วงของใบ (Nyvall, 1979; Cock, 1981; Nevill, 1982) ส่วนลักษณะความต้านทานอื่นๆ นอกจากที่กล่าวมาแล้วข้างต้นก็มีผู้รายงานไว้ ดังเช่น ดัชนีการเป็นโรค (disease index) (Foster et al., 1981; Melouk et al., 1984) การติดเชื้อของใบ (leaf infection) และคะแนนการเป็นโรคในแปลงที่ 120 และ 135 วัน (plant appearance score) (Coffelt and Porter, 1986; Chiteka et al., 1988a) เป็นต้น

ในการประเมินความต้านทานต่อโรคใบเน่า ลักษณะของความต้านทานที่นำมาใช้ในการประเมิน ได้แก่ จำนวนแผล ขนาดแผล การสร้างสปอร์ของเชื้อ เพอร์เซ็นต์พื้นที่ใบที่ถูกทำลาย การร่วงของใบ และการให้คะแนนด้วยสายตา (visual rating) (Hassan and Beute, 1977) จากลักษณะของความต้านทานดังกล่าวมาแล้วข้างต้น ได้มีผู้ทำการศึกษาไว้หลายท่าน Hassan และ Beute (1977) ได้ประเมินความต้านทานต่อโรคใบจุดสีน้ำตาลโดยใช้ดัชนีการเป็นโรคที่ได้จากผลคูณของค่าเฉลี่ยของจำนวนแผลต่อใบกับค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์การร่วงของใบ และแนะนำให้ใช้ดัชนีการเป็นโรคดังกล่าวในการประเมินความต้านทานในเรือนทดลอง โดยชี้ให้เห็นว่าพันธุ์ที่มีจำนวนแผลน้อยอาจไม่เป็นประโยชน์เลยถ้าพันธุ์นั้นมีการร่วงของใบมาก ในขณะที่ Melouk และคณะ (1984) ก็รายงานไว้เช่นกันว่า ดัชนีการเป็นโรคที่ได้จากผลคูณของปริมาณการเกิดแผลกับการสร้างสปอร์ (Leaf spot reaction index, LSRI) มีสหสัมพันธ์ในทางบวกกับเปอร์เซ็นต์การร่วงของใบ และสรุปว่า LSRI เป็นดัชนีที่เหมาะสมที่จะนำมาใช้ในการคัดเลือกเชื้อพันธุ์กรรม เพื่อนำไปใช้เป็นแหล่งของความต้านทาน นอกจากนั้น Hassan และ Beute (1977) ยังรายงานไว้อีกว่า วิธีการให้คะแนนด้วยสายตาเป็นวิธีการประเมินความต้านทานโรคที่รวดเร็วและมีประสิทธิภาพ เมื่อสายพันธุ์ที่นำมาทดสอบมีจำนวนมาก โดยพบว่า การให้คะแนนการเป็นโรคด้วยสายตาจะมีความแปรปรวนน้อยกว่าอัตราการร่วงของใบ จำนวนแผล และเปอร์เซ็นต์พื้นที่ใบที่เป็นโรค ซึ่ง Komegay และคณะ (1980) ก็รายงานไว้ในทำนองเดียวกัน

Hassan และ Beute (1977) รายงานว่า อัตราการร่วงของใบเป็นลักษณะของความต้านทานที่น่าเชื่อถือมากกว่าจำนวนแผลและขนาดแผลเนื่องจากมีความแปรปรวนน้อยกว่าเมื่อทำการประเมินความต้านทานในสภาพแปลง ในขณะที่ Foster และคณะ (1981) พบว่า ลักษณะจำนวนแผลและเปอร์เซ็นต์การร่วงของใบ เป็นลักษณะของความต้านทานที่เหมาะสมในการนำมาใช้ประเมินความต้านทานต่อโรคใบจุดสีน้ำตาล ส่วน Melouk และคณะ (1984) กล่าวว่า ลักษณะการสร้างสปอร์เป็นลักษณะของความต้านทานโรคที่สำคัญ เนื่องจากเกี่ยวข้องกับการระบาดของโรค ซึ่ง Green และ Wynne (1986) พบว่า การสร้างสปอร์มีสหสัมพันธ์สูงกับพื้นที่แผลต่อ 10 ตารางเซนติเมตร ($r = 0.77-0.83$) เมื่อทำการประเมินในเรือนทดลอง แต่มีสหสัมพันธ์ปานกลางกับขนาดแผล ($r = 0.39$) และขนาดแผลมีสหสัมพันธ์ต่ำกับการร่วงของใบ ($r = 0.31$) เมื่อทำการประเมินทั้งในสภาพแปลงและเรือนทดลอง (Anderson et al., 1990) Foster และคณะ (1980) รายงานว่า จำนวนแผลต่อใบย่อยที่ทำการประเมินในเรือนทดลองและในแปลงมีสหสัมพันธ์กันสูง ($r = 0.85$) และจำนวนแผลมีความสัมพันธ์อย่างใกล้ชิดกับพื้นที่แผลรวมต่อใบย่อย (Gobina et al., 1983) ซึ่ง Green และ Wynne (1986) ก็รายงานไว้ในทำนองเดียวกันว่า พื้นที่แผลต่อ 10 ตารางเซนติเมตรของพื้นที่ใบมีสหสัมพันธ์ปานกลางกับจำนวนแผลต่อ 10 ตารางเซนติเมตรของพื้นที่ใบ

($r = 0.58$) และมีสหสัมพันธ์สูงกับจำนวนแผลทั้งหมด ($r = 0.71-0.76$) เมื่อทำการประเมินในสภาพแปลง และพบว่าพื้นที่แผลต่อ 10 ตารางเซนติเมตร ที่ประเมินในสภาพแปลงกับในเรือนทดลอง มีสหสัมพันธ์กัน ($r = 0.66$) และการสร้างสปอร์ต่อใบที่วัดในเรือนทดลองมีสหสัมพันธ์กับจำนวนแผลที่เพิ่มขึ้นในแปลง ($r = 0.66$) จึงแนะนำไว้ว่า อาจเป็นไปได้ที่จะทำการคัดเลือกหรือทดสอบความต้านทานในเรือนทดลอง เพื่อที่จะพัฒนาสายพันธุ์ให้ต้านทานในสภาพแปลง

Jogloy และคณะ (1987) รายงานว่า ลักษณะองค์ประกอบความต้านทานต่อโรคใบจุดสีน้ำตาลลักษณะที่ศึกษาแสดงสหสัมพันธ์ต่อกัน ลักษณะเหล่านั้นได้แก่ latent period จำนวนแผลต่อใบ ขนาดแผล การสร้างสปอร์ และการร่วงของใบ โดยที่ latent period จะแสดงสหสัมพันธ์ในทางลบกับเปอร์เซ็นต์พื้นที่ใบที่ถูกทำลาย ขนาดแผล การร่วงของใบ การสร้างสปอร์ (Jogloy et al., 1987; Chiteka et al., 1988a) และค่าคะแนนการเป็นโรคในแปลงที่ 135 วันหลังปลูก (Chiteka et al., 1988b) จากการศึกษาของ Nevill (1982) พบว่า latent period มีสหสัมพันธ์ในทางบวกกับ incubation period และมีสหสัมพันธ์ปานกลางกับจำนวนแผล (Anderson et al., 1986b) แต่ Chiteka และคณะ (1988a) กลับพบว่า latent period ไม่มีสหสัมพันธ์กับ incubation period ในขณะที่ Anderson และคณะ (1990) พบว่า latent period ที่วัดโดยใช้เทคนิคการตัดใบมีสหสัมพันธ์อย่างใกล้ชิดกับการประเมินความต้านทานโรคในสภาพแปลง ($r = -0.27$ ถึง -0.34)

Nevill (1982) และ Paningabatan และ Ilag (1984) รายงานว่า incubation period และระยะเวลาที่เริ่มสร้างสปอร์ (time of initial sporulation) มีสหสัมพันธ์ในทางบวกกับการร่วงของใบ แต่มีสหสัมพันธ์ในทางลบกับขนาดแผล (Nevill, 1982) นอกจากนั้น Paningabatan และ Ilag (1984); Anderson และคณะ (1986b); Jogloy และคณะ (1987); Chiteka และคณะ (1988b) และ Anderson และคณะ (1990) ยังพบอีกว่า ลักษณะของความต้านทานเหล่านี้ คือ จำนวนแผล ขนาดแผล การร่วงของใบ การสร้างสปอร์ เปอร์เซ็นต์พื้นที่แผล และคะแนนการเป็นโรคในแปลงที่ 135 วันหลังปลูก มีสหสัมพันธ์ในทางบวกต่อกัน โดยที่ Paningabatan และ Ilag (1984) และ Anderson และคณะ (1990) พบว่า ลักษณะการสร้างสปอร์ ขนาดแผล และพื้นที่แผล มีสหสัมพันธ์ปานกลางต่อกัน ($r = 0.21$ ถึง 0.57) ในขณะที่ Jogloy และคณะ (1987) และ สิริรัตน์ (2532) พบว่า ลักษณะการสร้างสปอร์ ขนาดแผล เปอร์เซ็นต์การร่วงของใบ และเปอร์เซ็นต์พื้นที่ใบที่ถูกทำลาย มีสหสัมพันธ์ต่อกันสูง แต่จำนวนแผลมีสหสัมพันธ์สูงเฉพาะกับเปอร์เซ็นต์ใบร่วงเมื่อทำการทดสอบในเรือนทดลอง ซึ่ง Gorbet และคณะ (1982) ก็พบเช่นเดียวกันว่า จำนวนแผลของโรคใบจุดสีน้ำตาลที่อายุ 110 และ 130 วัน มีสหสัมพันธ์ในทางบวกอย่างใกล้ชิดกับการร่วงของใบ ส่วน Anderson และคณะ (1986b) พบว่า ลักษณะจำนวนแผลมีสหสัมพันธ์อย่างใกล้ชิดกับเปอร์เซ็นต์พื้นที่แผลที่ถูกทำลาย แต่มีสหสัมพันธ์ปานกลางกับการสร้างสปอร์

จากการศึกษาในสภาพแปลงทดลอง สิริรัตน์ (2532) พบว่า ลักษณะคะแนนการเป็นโรคที่ 80 วันหลังปลูก ขนาดผล จำนวนผล และเปอร์เซ็นต์พื้นที่ใบที่ถูกทำลาย มีสหสัมพันธ์ค่อนข้างใกล้ชิด ($r = 0.99$) แต่ วิบูล (2535) กลับพบว่า ทุกลักษณะของความต้านทานต่อโรคใบจุดสีค่าที่ทำการศึกษามีความสัมพันธ์กันน้อยมาก ยกเว้นลักษณะการสร้างสปอร์กับจำนวนผลต่อ 100 ตารางเซนติเมตรของพื้นที่ใบที่มีสหสัมพันธ์ปานกลาง ($r = 0.48$) และสรุปไว้ว่าลักษณะที่สามารถใช้ประเมินความต้านทานต่อโรคใบจุดสีค่าได้อย่างถูกต้องและมีประสิทธิภาพ ได้แก่ ลักษณะคะแนนการเป็นโรคที่ 80 วันหลังปลูก และการสร้างสปอร์ ซึ่ง สิริรัตน์ (2532) ก็รายงานไว้เช่นกันว่า ค่าคะแนนการเป็นโรคที่ 80 วันหลังปลูก เปอร์เซ็นต์พื้นที่ใบที่ถูกทำลาย และจำนวนผลต่อ 100 ตารางเซนติเมตร เป็นลักษณะที่เหมาะสมที่จะนำมาใช้ประเมินความต้านทานต่อโรคใบจุดสีค่าในสภาพแปลง นอกจากนั้น สิริรัตน์ (2532) ยังรายงานไว้อีกว่า ลักษณะขนาดผล อัตราการสร้างสปอร์ และเปอร์เซ็นต์ใบร่วง ที่วัดเมื่อ 20-25 วันหลังเข้าใบในเรือนทดลอง มีสหสัมพันธ์สูงกับคะแนนการเป็นโรคที่ 80 วันหลังปลูก ขนาดผล จำนวนผล และเปอร์เซ็นต์พื้นที่ใบที่ถูกทำลายเมื่อ 90 วันหลังปลูกที่วัดจากในสภาพแปลง และได้แนะนำว่า ลักษณะขนาดผล อัตราการสร้างสปอร์ และเปอร์เซ็นต์ใบร่วง ที่ได้จากการประเมินความต้านทานในเรือนทดลอง อาจจะใช้ประเมินความต้านทานต่อโรคใบจุดสีค่าในสภาพแปลงได้ ซึ่ง Subrahmanyam และคณะ (1982) ก็พบเช่นเดียวกัน และได้แนะนำไว้ว่า ลักษณะการสร้างสปอร์และเปอร์เซ็นต์การร่วงของใบในเรือนทดลอง น่าจะเป็นลักษณะความต้านทานที่เหมาะสมที่จะใช้เป็นเกณฑ์ในการคัดเลือกพันธุ์ในเรือนทดลอง ในขณะที่ ไสภณ และคณะ (2533) พบว่า การประเมินความต้านทานต่อโรคใบจุดสีค่า โดยดูจากลักษณะจำนวนผลที่สร้างสปอร์ต่อใบในสภาพใบตัด มีสหสัมพันธ์กับจำนวนผลของใบที่ 4 ของลำต้นหลักที่สร้างสปอร์ในสภาพไร่ และสรุปไว้ว่าการประเมินความต้านทานต่อโรคที่เกิดขึ้นกับใบนั้น อาจไม่จำเป็นต้องใช้เทคนิคการตัดใบ แต่อาจใช้วิธีนับจำนวนผลที่สร้างสปอร์ต่อใบที่กำหนดแทนได้ วิธีการดังกล่าวสามารถทำได้ง่ายกว่าการตัดใบซึ่งอาจเกิดการสับสนได้ง่าย อีกทั้งยังต้องการการเตรียมการค่อนข้างมาก

จากการศึกษาลักษณะของความต้านทานต่อโรคใบจุดทั้งสองร่วมกัน Anderson และคณะ (1986b) รายงานว่า ไม่พบสหสัมพันธ์ในทางลบระหว่างองค์ประกอบของความต้านทานต่อโรคใบจุดสีค่ากับองค์ประกอบความต้านทานของโรคใบจุดสีน้ำตาล ซึ่งชี้ให้เห็นว่าการถ่ายทอดลักษณะต้านทานต่อโรคใบจุดทั้งสองเป็นอิสระต่อกัน และได้แสดงความเห็นไว้ว่า อาจจะเป็นไปได้ที่ยีนควบคุมความต้านทานต่อโรคทั้งสองนั้นร่วมกัน นอกจากนั้นยังพบอีกว่า องค์ประกอบของความต้านทานต่อโรคใบจุดสีน้ำตาลมีสหสัมพันธ์กับองค์ประกอบของความต้านทานต่อโรคใบจุดสีค่าอย่างชัดเจน ลักษณะดังกล่าวได้แก่ ลักษณะจำนวนผล ขนาดผล และพื้นที่ใบที่ถูก

ทำลาย แต่สหสัมพันธ์ที่พบนั้นมีค่าต่ำ ในขณะที่ Anderson และคณะ (1990) พบว่า องค์ประกอบของความต้านทานต่อโรคใบจุดทั้งสองมีสหสัมพันธ์กันปานกลาง และพบด้วยว่าขนาดแผลของโรคใบจุดสีน้ำตาลและจำนวนแผลของโรคใบจุดสีดำนี้อาศัยสัมพันธ์กับการร่วงของใบในแปลง ส่วน Anderson และคณะ (1991) พบว่า ลักษณะจำนวนแผล อัตราการเข้าทำลายของเชื้อ และอัตราการร่วงของใบ เป็นวิธีที่ใช้คัดเลือกความต้านทานต่อโรคใบจุดทั้งสองได้อย่างมีประสิทธิภาพ เมื่อทำการประเมินในสภาพแปลง โดยที่อัตราการร่วงของใบมีสหสัมพันธ์กับทุกลักษณะที่ศึกษา และได้แนะนำว่าอัตราการร่วงของใบเป็นวิธีที่เหมาะสมที่จะประเมินความต้านทานต่อโรคในแปลง เพราะว่าเป็นวิธีการประเมินโรคที่ง่ายและสะดวก และมีความน่าเชื่อถือมากกว่าจำนวนแผลและขนาดแผล เนื่องจากมีความแปรปรวนน้อยกว่า (Hassan and Beute, 1977)

1.4 พันธุกรรมการถ่ายทอดลักษณะต้านทานต่อโรคใบจุด

วัตถุประสงค์ของการปรับปรุงพันธุ์พืชก็คือ ต้องการที่จะให้ได้พืชพันธุ์ใหม่ที่ดีกว่าพันธุ์ที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน การปรับปรุงพันธุ์พืชจะประสบผลสำเร็จเพียงใด ความรู้ในเรื่องพันธุกรรมการถ่ายทอดลักษณะในลักษณะที่ต้องการปรับปรุงจึงเป็นสิ่งจำเป็น เพราะความรู้ในเรื่องดังกล่าวจะเป็นตัวกำหนดวิธีการคัดเลือกพันธุ์หรือปรับปรุงพันธุ์ในลักษณะที่ต้องการได้อย่างถูกต้องและมีประสิทธิภาพ ตลอดจนใช้ประโยชน์ในการคัดเลือกสายพันธุ์ที่จะนำมาเป็นสายพันธุ์พ่อแม่ในการผสมพันธุ์ต่อไป พันธุกรรมการถ่ายทอดลักษณะที่สำคัญ ได้แก่ ความสามารถในการรวมตัว (combining ability) และความสามารถในการถ่ายทอดลักษณะ (heritability)

ความสามารถในการรวมตัว หมายถึง ความสามารถของสายพันธุ์หนึ่งๆ ในการที่จะให้ลูกผสมที่ดีเมื่อนำไปผสมกับสายพันธุ์อื่น ความสามารถในการรวมตัวแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ ความสามารถในการรวมตัวทั่วไป (general combining ability) และความสามารถในการรวมตัวเฉพาะ (specific combining ability) ความสามารถในการรวมตัวทั่วไปของสายพันธุ์หนึ่ง หมายถึง ความสามารถของสายพันธุ์นั้นๆ ในการที่จะให้ค่าเฉลี่ยของลูกผสมที่ดีเมื่อนำไปผสมกับสายพันธุ์อื่นๆ ความสามารถในการรวมตัวชนิดนี้จะบอกถึงอัตราของยีนแบบบวก (additive) ที่ควบคุมลักษณะนั้นๆ ซึ่งสามารถถ่ายทอดไปสู่รุ่นลูกได้ ส่วนความสามารถในการรวมตัวเฉพาะ หมายถึง ความแตกต่างระหว่างผลของการผสมระหว่างสายพันธุ์ต่างๆ และผลที่คาดหมายซึ่งประมาณได้จากความสามารถในการรวมตัวทั่วไป การรวมตัวเฉพาะนี้เป็นตัวบอกอัตราการแสดงออกของยีนที่ไม่เป็นแบบบวก (non-additive) ซึ่งใช้เป็นตัวบอกความสามารถของสายพันธุ์นั้นๆ ในการผลิตลูกผสม และลักษณะดังกล่าวนี้จะเป็นคุณสมบัติเฉพาะตัวของแต่ละคู่ผสม (ไพศาล, 2527; Allard, 1966; Anderson, 1986a)

ความสามารถในการถ่ายทอดลักษณะ หมายถึง อัตราส่วนระหว่างความแปรปรวนอันเนื่องมาจากพันธุกรรมและความแปรปรวนทั้งหมดของลักษณะที่ศึกษาในประชากรของพืชดังกล่าว เป็นค่าที่บ่งบอกถึงความสามารถในการถ่ายทอดลักษณะจากพ่อแม่ไปยังลูกหลาน แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ ความสามารถในการถ่ายทอดลักษณะแบบกว้าง (broad sense heritability) และความสามารถในการถ่ายทอดลักษณะแบบแคบ (narrow sense heritability) ความสามารถในการถ่ายทอดลักษณะแบบกว้าง หมายถึง อัตราส่วนของความแปรปรวนระหว่างความแปรปรวนทางพันธุกรรม (genotypic variance) ที่เกิดจากการแสดงผลของยีนทุกรูปแบบกับความแปรปรวนทั้งหมดในประชากร (phenotypic variance) ส่วนความสามารถในการถ่ายทอดลักษณะแบบแคบ หมายถึง อัตราส่วนของความแปรปรวนที่เกิดจากยีนที่แสดงผลแบบบวก (additive) รวมทั้งอัตราส่วนของยีนที่แสดงผลแบบข่มและข่มข้ามคู่กับความแปรปรวนทั้งหมดในประชากร (พีระศักดิ์, 2525; โปศาส, 2527; กมล, 2536) เนื่องจากความแปรปรวนที่เนื่องมาจากยีนที่แสดงผลแบบบวกเท่านั้นที่สามารถถ่ายทอดไปยังลูกหลานได้ ความสามารถในการถ่ายทอดลักษณะแบบกว้างจึงเป็นเครื่องชี้ให้เห็นถึงความสามารถในการถ่ายทอดลักษณะไปสู่ลูกหลานได้เพียงคร่าวๆเท่านั้น ความสามารถในการถ่ายทอดลักษณะแบบแคบจะเป็นสิ่งที่บ่งบอกถึงความสามารถในการถ่ายทอดลักษณะไปสู่ลูกหลานที่แท้จริง (Allard, 1966; Falconer, 1981; Fehr, 1987)

ในการศึกษาพันธุกรรมการถ่ายทอดลักษณะความต้านทานต่อโรคใบจุดสีดำของถั่วลิสง Sharief และคณะ (1978); Komegay และคณะ (1980); Nevill (1980, 1982) และ Walls และ Wynne (1985) สรุปว่าลักษณะต้านทานต่อโรคใบจุดสีดำเป็นลักษณะทางปริมาณ และเป็นลักษณะด้อยที่ควบคุมโดยยีนหลายคู่ สภาพแวดล้อมมีอิทธิพลต่อการแสดงออกของลักษณะสูง ดังนั้นการคัดเลือกเพื่อความต้านทานต่อโรคดังกล่าวในประชากรที่มีการแตกตัวอยู่ (segregating population) จึงทำได้ยาก

ความสามารถในการรวมตัวของสายพันธุ์ถั่วลิสงในลักษณะของความต้านทานต่อโรคใบจุดสีดำได้มีการศึกษากันไว้มากพอสมควร จากรายงานการศึกษาของ วิบูล (2535); Komegay และคณะ (1980); Hamid และคณะ (1981); Walls และ Wynne (1985); Anderson และคณะ (1986a); Green และ Wynne (1987); Jogloy และคณะ (1987) และ Jogloy (1988) พบว่า ความสามารถในการรวมตัวทั่วไปมีความสำคัญมากกว่าความสามารถในการรวมตัวเฉพาะ สำหรับลักษณะของความต้านทานต่างๆของโรคใบจุดสีดำ ลักษณะเหล่านั้น ได้แก่ ลักษณะขนาดแผล จำนวนแผลต่อพื้นที่ใบ พื้นที่ใบที่ถูกทำลาย การสร้างสปอร์ latent period การร่วงของใบ และดัชนีการเป็นโรค แสดงให้เห็นว่าความแปรปรวนทางพันธุกรรมของลักษณะเหล่านี้ส่วนใหญ่เนื่องมาจาก additive genetic variance แต่ในการศึกษาของ Nevill (1980) กลับพบว่า non-additive

genetic variance มีความสำคัญกับทุกลักษณะของความต้านทานต่อโรคใบจุดที่ทำการศึกษา ยกเว้นลักษณะการร่วงของใบที่ควบคุมด้วยปฏิกิริยาของยีนแบบบวก ขณะที่ Komegay และคณะ (1980) พบว่า ความสามารถในการรวมตัวเฉพาะของลักษณะการร่วงของใบมีค่ามากกว่าความสามารถในการรวมตัวทั่วไปของลูกชั่วที่ 1 และสรุปว่าความแปรปรวนทางพันธุกรรมที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่เนื่องมาจาก non-additive genetic variance แต่ในลูกชั่วที่ 2 กลับพบว่าความสามารถในการรวมตัวเฉพาะมีค่าน้อย และไม่แสดงนัยสำคัญทางสถิติ โดยอธิบายว่าอาจเป็นไปได้ที่การเพิ่มความเข้มข้นพันธุ์แท้ (inbreeding) จะมีผลทำให้ non-additive genetic variance ลดลงในลูกชั่วที่ 2 ซึ่ง Anderson และคณะ (1986a) ก็รายงานไว้ในทำนองเดียวกันว่า ความสามารถในการรวมตัวเฉพาะมีความสำคัญกับลักษณะการร่วงของใบ และ latent period ของโรคใบจุดสีน้ำตาล และความสามารถในการรวมตัวทั้งสองจะมีความสำคัญเท่าๆกัน สำหรับลักษณะจำนวนแผลและพื้นที่ใบที่ถูกทำลาย ส่วนในการศึกษาของ Jogloy (1988) พบว่า ทั้ง additive และ non-additive genetic variance มีความสำคัญเท่าๆกันสำหรับลักษณะการสร้างสปอร์และขนาดแผล

สำหรับการศึกษาศักยภาพในการถ่ายทอดลักษณะต้านทานต่อโรคใบจุดของถั่วลิสง ได้มีผู้ทำการศึกษาไว้หลายท่าน และใช้วิธีประมาณความสามารถในการถ่ายทอดลักษณะที่แตกต่างกันออกไป ในการประเมินความสามารถในการถ่ายทอดลักษณะต้านทานต่อโรคใบจุดโดยวิธี variance component Sharief และคณะ (1978) พบว่า ค่าความสามารถในการถ่ายทอดลักษณะแบบกว้างของโรคใบจุดทั้งสอง ที่คำนวณจากลูกชั่วที่ 2 ของลูกผสมข้ามชนิดมีค่าอยู่ในช่วงสูง คือ 81.7-92.9 เปอร์เซ็นต์ สำหรับลักษณะดัชนีการเป็นโรค (สร้างจากองค์ประกอบ 3 ลักษณะ คือ จำนวนแผลต่อพื้นที่ใบ พื้นที่ใบที่ถูกทำลาย และเปอร์เซ็นต์ใบร่วง) ทั้งนี้เนื่องจากได้ทำการศึกษาในเรือนทดลอง ซึ่งสามารถควบคุมสภาพแวดล้อมได้เป็นอย่างดี อีกประการหนึ่งลูกผสมที่ใช้ศึกษาได้มาจากพ่อแม่ที่เป็นพันธุ์ป่าที่มีความต้านทานต่อโรคใบจุดสูงถึงขั้นไม่เป็นโรคเลย ซึ่ง Anderson และคณะ (1986b) ก็รายงานไว้ในทำนองเดียวกัน และได้แนะนำว่าการคัดเลือกเป็นรายต้นอาจจะมีประสิทธิภาพสำหรับลักษณะของความต้านทานที่มีค่าความสามารถในการถ่ายทอดลักษณะสูง และถ้าความต้านทานในเรือนทดลองนั้นแสดงถึงความต้านทานที่แท้จริงของสภาพแปลง การทดสอบในชั่วต้นและการคัดเลือกโดยใช้เทคนิคการตัดใบอาจจะเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพในการพัฒนาสายพันธุ์ให้ต้านทานโรค แต่ในการศึกษาของ Anderson และคณะ (1986a) กลับพบว่า ความสามารถในการถ่ายทอดลักษณะแบบกว้างของโรคใบจุดทั้งสองในถั่วลิสงชั่วที่ 2 มีค่าต่ำ คือ ประมาณ 20 เปอร์เซ็นต์ สำหรับลักษณะจำนวนแผลต่อพื้นที่ใบ พื้นที่ใบที่ถูกทำลาย และการร่วงของใบ โดยสรุปว่าการคัดเลือกพืชเป็นรายต้นในลูกชั่วที่ 2 โดยดูทางลักษณะภายนอกในสภาพแปลงเป็นสิ่งที่ทำได้ยาก จึงตรงกับข้อสรุปของ สิริรัตน์ (2532) และ วิบูล (2535)

Jogloy และคณะ (1987) รายงานว่า ความสามารถในการถ่ายทอดลักษณะแบบกว้างของลักษณะด้านทานต่อโรคใบจุดสีดำนี้อยู่ในช่วงต่ำถึงปานกลาง คือ 13-68 เปอร์เซ็นต์ โดยที่ลักษณะขนาดผลมีค่ามากที่สุด (49-68 เปอร์เซ็นต์) และ latent period กับจำนวนแผลมีค่าต่ำสุด (13-33 เปอร์เซ็นต์) ส่วนในรายงานของ Anderson และคณะ (1991) พบว่า ความสามารถในการถ่ายทอดลักษณะแบบกว้างของโรคใบจุดทั้งสอง ซึ่งคำนวณโดยวิธี variance component มีค่าอยู่ในช่วงจากต่ำจนถึงสูง คือ 12-88 เปอร์เซ็นต์ ในทุกลักษณะของความต้านทานที่ศึกษา โดยที่อัตราการร่วงของใบจะมีค่ามากที่สุด คือ 80-88 เปอร์เซ็นต์ และสรุปว่าการคัดเลือกลักษณะด้านทานต่อโรคใบจุดในแปลงโดยพิจารณาจากการร่วงของใบน่าจะเป็นวิธีที่เหมาะสม เพราะมีค่าความสามารถในการถ่ายทอดลักษณะสูง ในขณะที่ Anderson (อ้างถึงใน สิริรัตน์, 2532) พบว่า ความสามารถในการถ่ายทอดลักษณะแบบกว้างของลักษณะด้านทานต่อโรคใบจุดสีน้ำตาลในลูกข้าวที่ 2 มีค่าค่อนข้างต่ำ คือ ประมาณ 20-40 เปอร์เซ็นต์ และในบางคู่ผสมมีค่าเป็นลบ เมื่อใช้ความแปรปรวนในพ่อแม่เป็นค่าประเมินความแปรปรวนที่เนื่องมาจากสภาพแวดล้อม เนื่องจากการทดลองทำในสภาพไร่ซึ่งไม่สามารถควบคุมสภาพแวดล้อมต่างๆได้ Anderson พบว่า ค่าความสามารถในการถ่ายทอดลักษณะที่ได้จะสูงขึ้น (30-80 เปอร์เซ็นต์) เมื่อทำการประเมินในเรือนทดลอง ส่วนโรคใบจุดสีดำนี้อาจมีความสามารถในการถ่ายทอดลักษณะแบบกว้างที่ได้จากการประเมินในเรือนทดลองจะอยู่ในช่วงปานกลางถึงสูง (40-80 เปอร์เซ็นต์) และค่าความสามารถในการถ่ายทอดลักษณะที่ได้จะแตกต่างกันไปในแต่ละองค์ประกอบและในแต่ละคู่ผสม

ส่วนค่าความสามารถในการถ่ายทอดลักษณะแบบแคบ ซึ่งประเมินโดยวิธี parent offspring regression จากการศึกษาของ Jogloy และคณะ (1987) พบว่า ความสามารถในการถ่ายทอดลักษณะแบบแคบของโรคใบจุดสีดำที่ได้จากลูกในชั่วที่ 2 มีค่าต่ำมาก คือ น้อยกว่า 3 เปอร์เซ็นต์ ในทุกลักษณะที่ทำการศึกษา โดยอธิบายไว้ว่า ความสามารถในการถ่ายทอดลักษณะแบบแคบที่มีค่าต่ำนี้ อาจเนื่องมาจากตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษานั้นน้อยเกินไป คือ ใช้เพียง 1 ใบในแต่ละต้นที่นำมาประเมินความต้านทานทั้งในชั่วที่ 2 และ 3 และให้ข้อเสนอแนะว่า การใช้ตัวอย่างที่มากขึ้นอาจจะให้ค่าประมาณที่ดีกว่าสำหรับการประเมินความต้านทานของพืชแต่ละต้น ในขณะที่ Anderson และคณะ (1991) พบว่า ความสามารถในการถ่ายทอดลักษณะดังกล่าวของโรคใบจุดทั้งสอง มีค่าอยู่ในช่วงจากต่ำถึงสูง คือ 18-74 เปอร์เซ็นต์ โดยที่ลักษณะจำนวนแผลมีค่าสูงที่สุด คือ 57-74 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับค่าความสามารถในการถ่ายทอดลักษณะแบบกว้าง

Green และ Wynne (1987) รายงานว่า ความสามารถในการถ่ายทอดลักษณะแบบแคบของลักษณะด้านทานต่อโรคใบจุดสีน้ำตาลของลูกข้าวที่ 5 และ 6 มีค่าอยู่ในช่วงปานกลางถึงสูง คือ 41-78 เปอร์เซ็นต์ เมื่อคำนวณโดยวิธี variance component และมีค่าอยู่ในช่วงปานกลาง คือ 45-57

เปอร์เซ็นต์ เมื่อคำนวณโดยวิธี realized heritability ซึ่งใกล้เคียงกับค่าที่ประมาณได้จากวิธี variance component ส่วน Anderson และคณะ (1991) พบว่า ความสามารถในการถ่ายทอดลักษณะของโรคใบจุดทั้งสองที่ประเมินโดยวิธี realized heritability มีค่าอยู่ในช่วงปานกลางถึงสูง (60-141 เปอร์เซ็นต์) สำหรับทุกลักษณะที่ทำการศึกษา ยกเว้นจำนวนแผลของโรคใบจุดสีดำ โดยให้เหตุผลเกี่ยวกับความสามารถในการถ่ายทอดลักษณะที่มากผิดปกตินั้น เนื่องจากในปีที่ทำการทดลองนั้นความแตกต่างระหว่างพันธุ์ที่มีความต้านทานมากที่สุดและน้อยที่สุดของข้าวลูกมีมากกว่าในพ่อแม่ ซึ่งโดยทั่วไปแล้วค่าประมาณของ realized heritability นั้นจะมีค่ามากกว่าที่คาดไว้

Jogloy (1988) ได้ประมาณค่าความสามารถในการถ่ายทอดลักษณะแบบแถบของลักษณะต้านทานต่อโรคใบจุดสีดำ 4 ลักษณะ คือ ลักษณะจำนวนแผล การสร้างสปอร์ ขนาดแผล และ latent period ของถั่วลิสง 3 คู่ผสม ไว้ 2 วิธี คือ วิธี variance component และวิธีที่ประเมินจากค่า coefficient of determination (R^2) ของการทำ regression analysis จากค่าเฉลี่ยของข้าว พบว่าความสามารถในการถ่ายทอดลักษณะที่ได้จากทั้งสองวิธีมีค่าอยู่ในช่วงต่ำถึงสูง (0-91 เปอร์เซ็นต์) และแตกต่างกันมากในแต่ละคู่ผสม ค่าประมาณที่ได้จากทั้งสองวิธีก็ไม่สอดคล้องกันเสมอไป และได้สรุปไว้ว่าค่าความสามารถในการถ่ายทอดลักษณะแบบแถบที่ประเมินจากค่า R^2 มีความน่าเชื่อถือมากกว่า ทั้งนี้เนื่องจากจะให้ค่าประมาณอยู่ในช่วง 0-1 ขณะที่ค่าความสามารถในการถ่ายทอดลักษณะที่ประเมินด้วยวิธี variance component บางครั้งอาจให้ค่าประมาณที่นอกเหนือจากช่วง 0-1

2. พันธุกรรมการถ่ายทอดลักษณะผลผลิตและลักษณะเกษตรต่างๆ

ความรู้ในเรื่องพันธุกรรมการถ่ายทอดลักษณะผลผลิตและลักษณะเกษตรต่างๆ ก็เป็นสิ่งที่สำคัญในงานปรับปรุงพันธุ์ถั่วลิสงเป็นอย่างยิ่ง เนื่องจากการปรับปรุงพันธุ์ถั่วลิสงไม่ว่าด้วยวัตถุประสงค์ใดก็จะมีลักษณะผลผลิตและลักษณะทางเกษตรที่ต้องการควบคุมไปด้วยเสมอ จากรายงานการศึกษาความสามารถในการรวมตัวของลักษณะผลผลิตและลักษณะทางเกษตรอื่นๆ พบว่าผลที่ได้นั้นมีทั้งสอดคล้องกันและแตกต่างกันในลักษณะต่างๆ ที่ทำการศึกษา สำหรับความสามารถในการรวมตัวของลักษณะผลผลิต มีหลายรายงานการศึกษาพบว่าความสามารถในการรวมตัวทั่วไปมีค่ามากกว่าความสามารถในการรวมตัวเฉพาะ (Wynne et al., 1975; Wynne and Rawling, 1978; Lyrisse et al., 1980; Hamid et al., 1981; Arunachalam et al., 1985; Jogloy et al., 1987; Charaenrath, 1989; Ali, 1990) แสดงให้เห็นว่า additive genetic variance มีความสำคัญมากกว่า non-additive genetic variance ซึ่งสอดคล้องกับข้อสรุปของ ศิริพร (2522), พงนิษฐ์ (2530) และ วิบูล (2535) แต่ในการศึกษาของ Wynne และคณะ (1970); Wynne (1976) และ Swe และ

Branch (1986) กลับพบว่า ความสามารถในการรวมตัวเฉพาะของลักษณะผลผลิตมีความสำคัญมากกว่าความสามารถในการรวมตัวทั่วไป ในขณะที่ Jogloy (1988) พบว่า ทั้ง additive และ non-additive genetic variance มีความสำคัญพอๆกัน

สำหรับลักษณะองค์ประกอบผลผลิตอื่นๆที่พบว่าความสามารถในการรวมตัวทั่วไปมีค่ามากกว่าความสามารถในการรวมตัวเฉพาะ ได้แก่ น้ำหนัก 100 เมล็ด (พจน์ีย์, 2530; Layrisse *et al.*, 1980; Hamid *et al.*, 1981) ในขณะที่ Jogloy และคณะ (1987) และ Ali (1990) พบว่า ทั้ง additive และ non-additive genetic variance มีความสำคัญพอๆกันสำหรับลักษณะดังกล่าว ส่วนลักษณะอื่นๆที่ไม่ใช่องค์ประกอบผลผลิตที่พบว่าความสามารถในการรวมตัวทั่วไปมีความสำคัญ ได้แก่ วันดอกแรกบาน ความยาวและความกว้างของใบ จำนวนฝักแก่ ความสูงของต้น (Wynne *et al.*, 1970) จำนวนใบและลำต้นหลัก ความยาวของก้านใบ จำนวนดอกต่อต้น (Parker *et al.*, 1970) และดัชนีเก็บเกี่ยว (Swe and Branch, 1986)

ลักษณะที่ความสามารถในการรวมตัวเฉพาะมีความสำคัญมากกว่าความสามารถในการรวมตัวทั่วไป ได้แก่ ลักษณะจำนวนเมล็ด น้ำหนักเมล็ดดี และน้ำหนักเปลือก (Wynne *et al.*, 1970) นอกจากนี้พบว่าลักษณะที่เกี่ยวข้องกับการตรึงไนโตรเจนของถั่วลิสง ส่วนใหญ่แสดงพฤติกรรมของยีนแบบ non-additive ลักษณะเหล่านั้นได้แก่ จำนวนปม น้ำหนักปม น้ำหนักคั้น specific nitrogenase activity และปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (Isleib *et al.*, 1980)

ส่วนลักษณะที่พบว่ายังมีผลการศึกษาที่ขัดแย้งกันอยู่ ได้แก่ ลักษณะน้ำหนักฝักต่อต้น น้ำหนักเมล็ดต่อต้น น้ำหนักเมล็ดขนาดใหญ่กว่าปกติ จำนวนฝักแก่ จำนวนฝักต่อต้น ความยาวฝัก ขนาดเมล็ด เปอร์เซ็นต์กะเทาะ และเปอร์เซ็นต์โปรตีน (ศิริพร, 2522; Wynne *et al.*, 1970; Layrisse *et al.*, 1980; Hamid *et al.*, 1981; Dwivedi *et al.*, 1989) สำหรับลักษณะความยาวฝัก ในการศึกษาของ Wynne และคณะ (1970, 1975); Layrisse และคณะ (1980) และ Anderson และคณะ (1993) พบว่า ความสามารถในการรวมตัวทั่วไปของลักษณะดังกล่าวมีความสำคัญมากกว่าความสามารถในการรวมตัวเฉพาะ ซึ่ง พจน์ีย์ (2530) และ วิบูล (2535) ก็สรุปไว้เช่นเดียวกัน แต่ Isleib และคณะ (1983) กลับพบว่า non-additive genetic variance มีความสำคัญมากกว่า additive genetic variance ในขณะที่ Jogloy และคณะ (1987) และ Ali (1990) พบว่า ความสามารถในการรวมตัวทั้งสองชนิดมีความสำคัญพอๆกันสำหรับลักษณะดังกล่าว

ศิริพร (2522); วิบูล (2535) และ Jogloy และคณะ (1987) รายงานว่า ความสามารถในการรวมตัวทั่วไปของลักษณะจำนวนฝักต่อต้นและขนาดเมล็ดมีความสำคัญมากกว่าความสามารถในการรวมตัวเฉพาะ แต่ Dwivedi และคณะ (1989) กลับพบว่า non-additive genetic variance มี

ความสำคัญมากกว่า additive genetic variance ในขณะที่ พงนิษฐ์ (2530) พบว่า ความสามารถในการรวมตัวของสองชนิดมีความสำคัญพอๆกันสำหรับลักษณะดังกล่าว

สำหรับน้ำหนักผักกาดต้น น้ำหนักเมล็ดขนาดใหญ่กว่าปกติ และจำนวนฝักแก่ จากการศึกษาของ สิริพร (2522); Ali (1990) และ Anderson และคณะ (1993) พบว่า ความสามารถในการรวมตัวของสองชนิดมีค่ามากกว่าความสามารถในการรวมตัวเฉพาะ แต่ในการศึกษาของ พงนิษฐ์ (2530); วิบูล (2535); Wynne และคณะ (1970) และ Dwivedi และคณะ (1989) กลับพบว่า non-additive genetic variance มีความสำคัญมากกว่า additive genetic variance สำหรับลักษณะดังกล่าว

วิบูล (2535) และ Layrisse และคณะ (1980) รายงานว่า ความสามารถในการรวมตัวของสองชนิดของลักษณะเปอร์เซ็นต์กะเทาะมีความสำคัญมากกว่าความสามารถในการรวมตัวเฉพาะ แต่ Hamid และคณะ (1981) กลับพบว่า non-additive genetic variance มีความสำคัญมากกว่า additive genetic variance ในขณะที่ Dwivedi และคณะ (1989) พบว่า ความสามารถในการรวมตัวของสองชนิดมีความสำคัญพอๆกันสำหรับลักษณะดังกล่าว นอกจากนั้น Layrisse และคณะ (1980) ยังพบอีกด้วยว่า ความสามารถในการรวมตัวของสองชนิดของลักษณะเปอร์เซ็นต์น้ำมัน เปอร์เซ็นต์โปรตีน และ meat content มีความสำคัญมากกว่าความสามารถในการรวมตัวเฉพาะ

ความสามารถในการถ่ายทอดลักษณะผลผลิตและลักษณะทางเกษตรอื่นๆ ที่รายงานไว้ในการศึกษาต่างๆมีค่าแตกต่างกันตั้งแต่ต่ำจนถึงสูง ค่าความสามารถในการถ่ายทอดลักษณะแบบกว้างของลักษณะผลผลิต เมื่อประเมินโดยวิธี variance component จากการศึกษาของ พงนิษฐ์ (2530) และ วิบูล (2535) พบว่า ความสามารถในการถ่ายทอดลักษณะดังกล่าวมีค่าต่ำ แต่ Mohammed และคณะ (1978) และ Chauhan และ Shakla (1985) กลับพบว่ามีความอยู่ในช่วงปานกลางถึงสูง (42-82 และ 83-93 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) ขณะที่ Green และคณะ (1983) และ Chiew และ Wynne (1983) พบว่ามีความอยู่ในช่วงต่ำถึงปานกลาง (49-61, 12-60, 62 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) ส่วนค่าความสามารถในการถ่ายทอดลักษณะแบบแคบของลักษณะผลผลิต พบว่ามีค่าแตกต่างกันตั้งแต่ต่ำจนถึงสูง ขึ้นอยู่กับวิธีการที่ใช้ในการประเมิน Mohammed และคณะ (1978); Monteverde-Penso และ Wynne (1988) รายงานว่า ค่าความสามารถในการถ่ายทอดลักษณะดังกล่าวมีความอยู่ในช่วงต่ำคือ 16-21 และ 28-32 เปอร์เซ็นต์ เมื่อประเมินโดยวิธี parent-offspring regression และ realized heritability ตามลำดับ ในขณะที่ Wynne และ Rawlings (1978) พบว่า มีค่าปานกลาง (54 เปอร์เซ็นต์) เมื่อประเมินโดยวิธี variance component ในลูกชั่วที่ 5 และ 6 แต่ Iroume และ Knauff (1987) กลับพบว่ามีความสูง (73 เปอร์เซ็นต์) เมื่อใช้ค่าเฉลี่ยของกลุ่มพันธุ์ในการคำนวณ

ในลักษณะทางเกษตรที่สำคัญอื่นๆ Mohammed และคณะ (1978) รายงานว่า ความสามารถในการถ่ายทอดลักษณะแบบแคบของลักษณะจำนวนฝักต่อต้นมีค่าต่ำ คือ 15 เปอร์เซ็นต์ เมื่อประเมินโดยวิธี parent-offspring regression ซึ่ง พงนิษฐ์ (2530) และ วิบูล (2535) ก็พบว่าความสามารถในการถ่ายทอดลักษณะดังกล่าวมีค่าต่ำเช่นเดียวกัน คือ 24.7 และ 12.9 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แต่ในการศึกษาของ Chauhan และ Shukla (1985) กลับพบว่าความสามารถในการถ่ายทอดลักษณะแบบกว้างของลักษณะจำนวนฝักต่อต้นมีค่าสูง คือ 91-92 เปอร์เซ็นต์ เมื่อประเมินโดยใช้วิธี variance component

นอกจากนั้น พงนิษฐ์ (2530) และ วิบูล (2535) ยังได้ประเมินความสามารถในการถ่ายทอดลักษณะแบบกว้างของลักษณะน้ำหนักฝักต่อต้น และน้ำหนักเมล็ดต่อต้น พบว่ามีค่าต่ำเช่นเดียวกัน คือ 16.7 กับ 19.5 เปอร์เซ็นต์ และ 14.3 กับ 21 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในขณะที่ Mohammed และคณะ (1978) รายงานว่า ความสามารถในการถ่ายทอดลักษณะแบบกว้างของลักษณะน้ำหนักฝักต่อต้นมีค่าต่ำ คือ 6-10 เปอร์เซ็นต์ เมื่อประเมินโดยใช้วิธี parent-offspring regression และมีค่าอยู่ในช่วงต่ำถึงสูง คือ 27-84 เปอร์เซ็นต์ เมื่อประเมินโดยวิธี variance component ส่วน Chiew และ Wynne (1983) พบว่า ความสามารถในการถ่ายทอดลักษณะแบบกว้างของลักษณะน้ำหนักฝักต่อ 20 ฝัก และน้ำหนักเมล็ดต่อ 20 ฝัก มีค่าเท่ากับ 36 และ 45 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

Kushwaha และ Tawar (1973) รายงานว่า ความสามารถในการถ่ายทอดลักษณะแบบกว้างของลักษณะน้ำหนัก 100 เมล็ด มีค่าสูง คือ 95.2 เปอร์เซ็นต์ แต่ พงนิษฐ์ (2530) กลับพบว่า ความสามารถในการถ่ายทอดลักษณะดังกล่าวมีค่าต่ำ คือ 27.6 เปอร์เซ็นต์ สำหรับลักษณะความยาวฝัก วิบูล (2535); Chiew และ Wynne (1983) และ Sible (1984) พบว่า ความสามารถในการถ่ายทอดลักษณะแบบกว้างของลักษณะดังกล่าวมีค่าเท่ากับ 41, 30 และ 54 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ขณะที่ Mohammed และคณะ (1978) ประเมินได้เท่ากับ 79-92 เปอร์เซ็นต์ ส่วน Wynne และ Rawlings (1978) พบว่า ค่าความสามารถในการถ่ายทอดลักษณะแบบแคบของลักษณะเดียวกันนี้มีค่าเท่ากับ 89 เปอร์เซ็นต์

ในลักษณะขนาดฝัก Mohammed และคณะ (1978) และ Chiew และ Wynne (1983) รายงานว่า ความสามารถในการถ่ายทอดลักษณะแบบกว้างของลักษณะขนาดฝักมีค่าเท่ากับ 50 และ 19 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อประเมินโดยวิธี parent-offspring regression และมีค่าเท่ากับ 76-80 และ 36 เปอร์เซ็นต์ เมื่อประเมินโดยใช้วิธี variance component ขณะที่ Green และคณะ (1983) พบว่า ค่าความสามารถในการถ่ายทอดลักษณะดังกล่าวมีค่าอยู่ในช่วงต่ำถึงสูง คือ 0-80 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ Mohammed และคณะ (1978) ยังรายงานไว้อีกว่า ความสามารถในการถ่ายทอด

ลักษณะแบบกว้างของลักษณะขนาดเมล็ดมีค่าเท่ากับ 26 เปอร์เซ็นต์ ซึ่ง วิบูล (2535) ก็รายงานไว้ตรงกัน

Wynne และ Rawlings (1978) ได้ประเมินค่าความสามารถในการถ่ายทอดลักษณะแบบแคบของลักษณะเปอร์เซ็นต์ฝักขนาดใหญ่ (fancy size pod) เปอร์เซ็นต์เมล็ดขนาดใหญ่กว่าปกติ (extra large kernels) และเปอร์เซ็นต์เมล็ดดี (sound mature kernels) มีค่าเท่ากับ 83, 79 และ 62 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ สำหรับลักษณะเปอร์เซ็นต์กะเทาะ พบว่า ความสามารถในการถ่ายทอดลักษณะดังกล่าวมีค่าต่ำเมื่อประเมินโดยวิธี parent-offspring regression คือ เท่ากับ 5 เปอร์เซ็นต์ (Mohammed *et al.*, 1978) และ 22 เปอร์เซ็นต์ (Wynne and Rawling, 1978) และมีค่าอยู่ในช่วงต่ำถึงสูง คือ 29.4 (พจน์ย์, 2530), 42 (วิบูล, 2535), 41-50 (Mohammed *et al.*, 1978), 54 (Chiuw and Wynne, 1983), 69-74 (Chauhan and Shukla, 1985) และ 86 เปอร์เซ็นต์ (Kushwaha and Tawar, 1973) เมื่อประเมินโดยวิธี variance component

ในลักษณะทางเกษตรอื่นๆที่ไม่ใช่องค์ประกอบผลผลิต ก็ได้มีผู้ทำการศึกษาความสามารถในการถ่ายทอดลักษณะไว้เหมือนกัน Kushwaha และ Tawar (1973) รายงานว่า ความสามารถในการถ่ายทอดแบบกว้างของลักษณะวันออกดอก ฝักที่แก่ และกิ่งแขนงชุดแรก มีค่าเท่ากับ 88, 27 และ 33 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ขณะที่ Chiuw และ Wynne (1983) ประเมินค่าความสามารถในการถ่ายทอดลักษณะแบบกว้างของลักษณะเปอร์เซ็นต์น้ำมันและเปอร์เซ็นต์โปรตีนได้เท่ากับ 0.9 และ 75 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แต่ Chauhan และ Shukla (1985) พบว่ามีค่าเท่ากับ 98-99 เปอร์เซ็นต์สำหรับลักษณะเปอร์เซ็นต์น้ำมัน นอกจากนั้นในส่วนของลักษณะอายุเก็บเกี่ยวก็มีรายงานว่า ความสามารถในการถ่ายทอดลักษณะแบบกว้างมีค่าสูง คือ 86-93 (Chauhan and Shukla, 1985) และ 99 เปอร์เซ็นต์ (Kushwaha and Tawar, 1973)

จากรายงานการศึกษาดังที่กล่าวมาแล้วนั้น จะเห็นได้ว่าความสามารถในการถ่ายทอดลักษณะของลักษณะต่างๆจะมีค่าที่แตกต่างกัน แม้แต่ในลักษณะเดียวกันค่าความสามารถในการถ่ายทอดลักษณะก็อาจแตกต่างกันได้ในแต่ละประชากรที่ใช้ศึกษา เพราะความสามารถในการถ่ายทอดลักษณะขึ้นอยู่กับความถี่ของยีน (gene frequency) ซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะของแต่ละประชากร (Falconer, 1981) วิธีการประเมินที่แตกต่างกันก็ให้ผลการประเมินที่ต่างกัน ปกติจะพบว่าค่าความสามารถในการถ่ายทอดลักษณะที่ประเมินโดยวิธี parent-offspring regression จะมีค่าต่ำกว่าค่าที่ประเมินจากวิธี variance component เสมอ (Chiuw and Wynne, 1983; Iroume and Knauf, 1987) ทั้งนี้เนื่องจากความสามารถในการถ่ายทอดลักษณะเป็นกนละแบบกัน และเกี่ยวข้องกับ ความแปรปรวนทางพันธุกรรม (genetic variance) ในสัดส่วนที่ต่างกัน ค่าความสามารถในการถ่ายทอดลักษณะที่ประเมินโดยวิธี variance component เป็นความสามารถในการถ่ายทอดลักษณะ

ทั้งแบบกว้างและแบบแคบ ถ้าเป็นความสามารถในการถ่ายทอดลักษณะแบบกว้างก็จะเกี่ยวข้องกับ ความแปรปรวนทั้งหมด (total genetic variance) แต่ถ้าเป็นความสามารถในการถ่ายทอด ลักษณะแบบแคบ ก็จะเกี่ยวข้องเฉพาะกับความแปรปรวนทางพันธุกรรมที่เนื่องมาจากอิทธิพลของ ยีนแบบบวก ซึ่งความสามารถในการถ่ายทอดลักษณะที่ประเมินโดยวิธี parent-offspring regression เป็นความสามารถในการถ่ายทอดลักษณะแบบแคบเท่านั้น (Falconer, 1981) นอกจากนี้ ค่าความสามารถในการถ่ายทอดลักษณะยังขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมอีกด้วย Iroume และ Knauff (1987) กล่าวว่า การแยกการประเมินสายพันธุ์พ่อ-แม่และสายพันธุ์ชั่วลูกในสภาพแวดล้อม ที่ต่างกัน ก็มีผลทำให้ค่าประเมินความสามารถในการถ่ายทอดลักษณะเพิ่มขึ้นหรือลดลงได้

8. สหสัมพันธ์ระหว่างลักษณะต่างๆ

ในการปรับปรุงพันธุ์พืช นอกจากจะต้องเข้าใจพันธุกรรมในการถ่ายทอดลักษณะแล้ว สหสัมพันธ์ระหว่างลักษณะต่างๆก็เป็นสิ่งสำคัญ เพราะจะเป็นประโยชน์ต่อการคัดเลือกพันธุ์ ถ้า ลักษณะที่ต้องการคัดเลือกทำการวัดได้ยาก หรือมีความสามารถในการถ่ายทอดลักษณะต่ำ แต่ ลักษณะนั้นมีสหสัมพันธ์อย่างใกล้ชิดกับอีกลักษณะที่ทำการวัดได้ง่ายกว่า มีความสามารถในการถ่ายทอดลักษณะสูง ก็อาจจะทำการคัดเลือกโดยประเมินจากลักษณะที่วัดได้ง่ายหรือมีความสามารถในการถ่ายทอดลักษณะสูง ซึ่งจะทำให้การคัดเลือกมีประสิทธิภาพมากขึ้น การที่สอง ลักษณะมีความสัมพันธ์กันหรือเปลี่ยนไปด้วยกันในตอนคัดเลือกมักเกิดจากสาเหตุใหญ่ 2 ประการ คือ 1) การที่ยีนคู่เดียวสามารถควบคุมได้ทั้งสองลักษณะ (pleiotropy) และ 2) ยีนที่ควบคุมลักษณะ ทั้งสองอยู่บนโครโมโซมเดียวกัน (linkage) อย่างไรก็ตามอิทธิพลของ linkage ในการก่อให้เกิด สหสัมพันธ์อาจจะไม่คงอยู่ตลอดไปทุกชั่ว แต่อิทธิพลเนื่องจาก pleiotropy จะคงอยู่ตลอดไปทุกชั่ว (พีระศักดิ์, 2525; Falconer, 1981)

สหสัมพันธ์ระหว่างลักษณะต่างๆจะดูได้จากค่าสัมประสิทธิ์ (correlation coefficient : r) ระหว่างลักษณะนั้นๆ ซึ่งมีค่าตั้งแต่ 1 ถึง -1 ถ้าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มีค่าเป็นบวก แสดงว่า ลักษณะทั้งสองเปลี่ยนไปในทิศทางเดียวกัน การคัดเลือกเพื่อเพิ่มลักษณะหนึ่งจะทำให้อีกลักษณะ หนึ่งเพิ่มตามไปด้วย ถ้าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มีค่าเป็นลบ การเพิ่มลักษณะหนึ่งจะทำให้อีก ลักษณะหนึ่งลดลง ยิ่งค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มีค่าใกล้ 1 หรือ -1 ก็หมายความว่าลักษณะทั้งสอง มีสหสัมพันธ์กันอย่างใกล้ชิดแต่ถ้ามีค่าใกล้ศูนย์ หมายความว่าลักษณะทั้งสองมีสหสัมพันธ์กันน้อย และถ้ามีค่าเป็นศูนย์แสดงว่าลักษณะทั้งสองไม่มีสหสัมพันธ์กัน หรือเป็นอิสระต่อกัน (พีระศักดิ์, 2525; Snedecor and Cochran, 1967)

จากการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตกับองค์ประกอบผลผลิตของถั่วลิสง พบว่ามีทั้งในทางบวกและทางลบ สำหรับลักษณะองค์ประกอบผลผลิตที่มีสหสัมพันธ์ในทางบวกกับผลผลิต ได้แก่ จำนวนฝักและจำนวนเมล็ด (Rao, 1981; Swe and Branch, 1986; Dwivedi *et al.*, 1989) ขนาดเมล็ด (Mohammed *et al.*, 1978; Rao, 1981; Jogloy *et al.*, 1987; Dwivedi *et al.*, 1989) เปอร์เซ็นต์กะเทาะ (Hamid *et al.*, 1981; Jogloy *et al.*, 1987; Dwivedi *et al.*, 1989) แต่ในการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตกับความยาวฝักพบว่ายังให้ผลที่ขัดแย้งกัน Hamid และคณะ (1981) และ Chiow และ Wynne (1983) พบว่า ลักษณะทั้งสองมีสหสัมพันธ์ในทางบวกต่อกัน ขณะที่ Jogloy และคณะ (1987) รายงานว่า ลักษณะทั้งสองไม่มีความสัมพันธ์กัน สำหรับลักษณะอื่นๆที่ไม่ใช่องค์ประกอบผลผลิต แต่มีสหสัมพันธ์ในทางบวกกับผลผลิต ได้แก่ ลักษณะจำนวนข้อของลำต้นหลัก จำนวนกิ่งแขนงชุดแรก จำนวนข้อของกิ่งแขนงชุดแรก ความยาวของกิ่งแขนงชุดแรก พื้นที่ใบเฉลี่ยของลำต้นหลัก และกิ่งแขนงชุดแรก (Balaiah *et al.*, 1980) จำนวนกิ่งแขนงชุดที่สองและจำนวนฝักที่แก่ (Kushwaha and Tawar, 1973) ความสูง คัชนีเก็บเกี่ยว (harvest index) และเศษซากที่เหลือ (Kushwaha and Tawar, 1973; Swe and Branch, 1986) วันออกดอก (Rao, 1981) อายุเก็บเกี่ยวต้น (Mohammed *et al.*, 1978; Ali, 1990) นอกจากนั้น Nigam และคณะ (1984) ก็พบเช่นเดียวกันว่าผลผลิตจะมีสหสัมพันธ์ในทางบวกกับทุกลักษณะของส่วนของการเจริญเติบโต (vegetative part)

สำหรับองค์ประกอบผลผลิตที่มีสหสัมพันธ์ในทางบวกต่อกัน ได้แก่ ลักษณะน้ำหนักฝักต่อต้นกับจำนวนฝักต่อต้น และกับน้ำหนักเมล็ดต่อต้น (ศิริพร, 2522; สุภาวดี, 2527; วิบูล, 2535; Balaiah *et al.*, 1980) เปอร์เซ็นต์กะเทาะกับความกว้างของเมล็ด (Jogloy *et al.*, 1987; Dwivedi *et al.*, 1989) ความกว้างและความยาวฝักกับความกว้างและความยาวเมล็ด (Dwivedi *et al.*, 1989) ขนาดฝักกับขนาดเมล็ด (Godoy and Norden, 1981) ส่วนลักษณะที่มีสหสัมพันธ์ในทางลบต่อกัน ได้แก่ ลักษณะน้ำหนักฝักต่อต้นกับน้ำหนัก 100 เมล็ด (สุภาวดี, 2527) เปอร์เซ็นต์กะเทาะกับความกว้างยาวของฝัก (Jogloy *et al.*, 1987; Dwivedi *et al.*, 1989) เปอร์เซ็นต์กะเทาะกับน้ำหนัก 100 ฝัก และกับน้ำหนัก 100 เมล็ด (Kushwaha and Tawar, 1973)

สหสัมพันธ์ที่เกี่ยวข้องกับสารอาหารในเมล็ด จากการศึกษานี้ของ Layrisse และคณะ (1980) และ Chiow และ Wynne (1983) พบว่า ไปรดินมีสหสัมพันธ์ในทางบวกกับผลผลิตเมล็ดและน้ำหนักฝัก ส่วนปริมาณน้ำมันมีสหสัมพันธ์ในทางลบกับผลผลิตฝัก ขณะที่ Hamid และคณะ (1981) รายงานว่า ปริมาณไปรดินมีสหสัมพันธ์ในทางบวกกับปริมาณน้ำมัน

ส่วนสหสัมพันธ์ในลักษณะอื่นๆก็มิผู้รายงานไว้เช่นกัน Nigam และคณะ (1984) พบว่า ความสูงของลำต้นหลัก (main axis) มีสหสัมพันธ์ในทางบวกกับน้ำหนักฝัก น้ำหนักเมล็ด จำนวน

ฝัก และจำนวนเมล็ดที่แก่ต่อต้น ขณะที่ Swe และ Branch (1986) รายงานว่า เสนาะกที่เหลือ (stawer) มีสหสัมพันธ์ในทางบวกกับจำนวนฝักและจำนวนเมล็ด และกับจำนวนกิ่งแขนงชุดแรก (Kushwaha and Tawar, 1973)

ในการปรับปรุงพันธุ์ถั่วลิสงเพื่อความต้านทานต่อโรค ก็มักจะนำควบคู่ไปกับการปรับปรุงผลผลิต ดังนั้นความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะทั้งสองก็เป็นสิ่งที่จำเป็นอย่างหนึ่ง เพื่อจะทำให้การปรับปรุงพันธุ์ในลักษณะที่ต้องการเป็นไปอย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพ ได้มีผู้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความต้านทานต่อโรคใบจุดกับผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตไว้บ้างพอสมควร จากการศึกษาของ Cummins และ Smith (1973) พบว่า ผลผลิตของถั่วลิสงมีสหสัมพันธ์ในทางลบกับเปอร์เซ็นต์การร่วงของใบ ซึ่ง Gorbet และคณะ (1982) และ Iroume และ Knauff (1987) ก็พบเช่นเดียวกันเมื่อทำการศึกษาในโรคใบจุดสีดำ แต่ในการศึกษาของ Kornegay และคณะ (1980) และ Hamid และคณะ (1981) กลับพบว่า ผลผลิตฝักและผลผลิตเมล็ดมีสหสัมพันธ์ในทางบวกกับการร่วงของใบ แต่มีสหสัมพันธ์ในทางลบกับการเกิดโรคใบจุดสีดำ และความต้านทานต่อโรคใบจุดสีดำมีสหสัมพันธ์ในทางลบกับโรคใบจุดสีน้ำตาล โดยอธิบายไว้ว่าอาจเนื่องมาจากโรคใบจุดสีน้ำตาลเกิดขึ้นก่อนโรคใบจุดสีดำและทำให้ใบร่วง ดังนั้นใบที่เหลือจะได้รับเชื้อโรคใบจุดสีดำที่มีปริมาณลดลง นอกจากนั้น Iroume และ Knauff (1987) ยังพบอีกว่า ผลผลิตฝักมีสหสัมพันธ์ในทางลบกับพื้นที่ใบที่ถูกทำลาย และได้สรุปไว้ว่าการคัดเลือกพันธุ์เพื่อผลผลิตสูงควบคู่ไปกับความต้านทานต่อโรคใบจุดสีดำ สามารถที่จะทำได้ภายใต้สภาพที่มีการระบาดของโรค (disease pressure)

Hamid และคณะ (1981) สรุปไว้ว่า การคัดเลือกลักษณะฝักให้ยาวขึ้นและเมล็ดใหญ่ขึ้น มีผลทำให้ความต้านทานต่อโรคใบจุดสีดำเพิ่มขึ้น ซึ่ง Jogloy และคณะ (1987) ก็พบเช่นเดียวกันว่า ดันที่อ่อนแอต่อโรคใบจุดสีดำมีสหสัมพันธ์ในทางบวกกับผลผลิตฝัก ผลผลิตเมล็ด และเปอร์เซ็นต์กะเทาะ แต่มีสหสัมพันธ์ในทางลบกับความยาวฝักและขนาดเมล็ด ซึ่งให้เห็นว่าขึ้นที่ควบคุมความต้านทานต่อโรคกับลักษณะความยาวฝักและขนาดเมล็ดเป็นขึ้นร่วมกัน แต่ในการศึกษาของ วิบูล (2535) กลับไม่พบว่ามีสหสัมพันธ์ระหว่างลักษณะทางการเกษตรและลักษณะต้านทานต่อโรคใบจุดสีดำในทุกลักษณะที่ทำการศึกษา ขณะที่ Knauff และคณะ (1988) รายงานว่า การเพิ่มขึ้นของโรคมีสหสัมพันธ์ต่ำกับขนาดเมล็ดและจำนวนเมล็ดที่แก่ ทั้งในพันธุ์ต้านทานและพันธุ์อ่อนแอต่อโรค แต่มีสหสัมพันธ์ในทางลบกับผลผลิต