

บทที่ 2

ตรวจสอบเอกสาร

2.1 ความสำคัญของถั่วเหลือง

ถั่วเหลือง (Soybean) เป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญพืชหนึ่งของโลก นิยมปลูกทั่วไปเพราะเป็นพืชที่มีปริมาณโปรตีนและปริมาณน้ำมันในเมล็ดสูง สามารถนำมาสกัดน้ำมัน และนำไปแปรรูปเป็นอาหารชนิดต่าง ๆ และกากเมล็ดถั่วเหลืองยังนำไปใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตอาหารสัตว์ด้วย เมล็ดถั่วเหลืองมีคุณค่าทางอาหารสูง โดยมีโปรตีนประมาณ 40 เปอร์เซ็นต์ น้ำมันประมาณ 20 เปอร์เซ็นต์ คาร์โบไฮเดรต 35 เปอร์เซ็นต์ และมีปริมาณแคลเซียมสูงกว่าถั่วชนิดอื่นประมาณ 3 เท่า มีการใช้น้ำมันถั่วเหลืองถึง 1 ใน 3 ของน้ำมันบริโภคจากพืชที่ซื้อขายในตลาดโลก และในอุตสาหกรรมผลิตอาหารสัตว์ โดยกากถั่วเหลืองถูกนำมาใช้มากที่สุด ประมาณ 63 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ถั่วเหลืองยังเป็นพืชที่สามารถตรึงไนโตรเจนได้ โดยกระบวนการตรึงไนโตรเจนของไรโซเบียมในปมราก จึงนิยมใช้ปลูกในระบบการปลูกพืชหมุนเวียน

เนื่องจากถั่วเหลืองเป็นพืชที่ให้ทั้งโปรตีนและน้ำมัน สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้หลายอย่าง จึงนิยมปลูกในหลายแหล่งทั่วโลก มีรายงานว่าพื้นที่ปลูกถั่วเหลืองของทั้งโลกเพิ่มขึ้นทุก ๆ ปี โดยในปี 2547 ถึงปี 2549 มีพื้นที่ปลูกทั่วโลกเพิ่มขึ้น 580.8 ล้านไร่ และผลผลิตถั่วเหลืองได้ปีละกว่า 200 ล้านตัน โดยสหรัฐอเมริกาเป็นประเทศที่มีพื้นที่ปลูกและผลิตถั่วเหลืองได้มากที่สุดคิดเป็น 40 เปอร์เซ็นต์ของผลผลิตถั่วเหลืองทั้งโลก รองลงมาคือ บราซิล อาร์เจนตินา และจีน ประเทศไทยได้มีการปลูกถั่วเหลืองอย่างกว้างขวางมาก่อนปี 2526 และมีการขยายการเพาะปลูกเป็น 6 ล้านไร่ ในปี 2532 อย่างไรก็ตามในปี 2533 มีการเปลี่ยนแปลงระบบการนำเข้ากากถั่วเหลืองเป็นระบบนำเข้าเสรี ส่งผลให้ระดับราคาถั่วเหลืองอ่อนตัวลง เนื่องจากราคาถั่วเหลืองนำเข้ามีราคาถูกกว่าถั่วเหลืองที่ผลิตภายในประเทศ ต่อมาในปี 2539 รัฐบาลมีนโยบายให้นำเข้าถั่วเหลืองรวมทั้งกากถั่วเหลืองได้โดยเสรี ไม่จำกัดปริมาณ จึงมีการนำเข้าจากต่างประเทศมากขึ้น ส่งผลให้การผลผลิตถั่วเหลืองภายในประเทศลดลงเรื่อย ๆ โดยในปีเพาะปลูก 2550/51 มีพื้นที่เพาะปลูกถั่วเหลืองเพียง 815,940 ไร่ และลดลงเหลือ 752,668 และ 758,041 ไร่ในปีเพาะปลูก 2551/52 และ 2552/53 ตามลำดับ ในขณะที่ผลผลิตก็ลดลงเช่นเดียวกัน จาก 201,291 ตันในปีเพาะปลูก 2550/51 ถดเหลือ 186,598 และ 190,480 ตัน ในปีเพาะปลูก 2551/52 และ 2552/53 ตามลำดับ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2553) ในขณะที่ความต้องการใช้ถั่วเหลืองเพื่อการบริโภค การสกัดน้ำมัน ตลอดจนกากถั่วเหลือง มีปริมาณมากขึ้น ทำให้ต้องมีการนำเข้าเมล็ดถั่วเหลือง ผลิตภัณฑ์จากถั่วเหลือง รวมถึงกากถั่วเหลือง ดังนั้นจำเป็นต้องมีการกระตุ้นให้มีการปลูกถั่วเหลืองเพื่อใช้ภายในประเทศให้เพียงพอ ลดการนำเข้าจากต่างประเทศ

2.2 การจำแนกชนิดของถั่วเหลือง

ถั่วเหลืองในสกุล *Glycine* มีหลายชนิด สำหรับถั่วเหลืองพันธุ์ปลูกอยู่ในสกุลย่อย *Glycine* และมีจำนวนโครโมโซม $2n = 40$ โดยถั่วเหลืองเหล่านี้สามารถจำแนกออกตามลักษณะการเจริญเติบโต และการออกดอกได้เป็น 2 แบบ คือ

1) แบบไม่ทอดยอด (determinate type) คือ พืชที่การเจริญเติบโตทางลำต้นสิ้นสุดลงเมื่อเริ่มออกดอก แต่ระยะระหว่างข้ออาจยืดตัวต่อไปได้โดยไม่เพิ่มจำนวนข้อ ข้อดอกของถั่วเหลืองจะเกิดจากตาที่มุมใบด้านข้าง และตายอด ช่วงระยะเวลาการออกดอกสั้น ขนาดของใบส่วนยอดเล็กกว่าส่วนโคนเล็กน้อย และแตกกิ่งก้านมาก พืชนี้จะมีลำต้นเตี้ย ฝักเป็นกระจุกตรงปลายยอด

2) แบบทอดยอด (indeterminate type) คือ พืชที่มีการเจริญเติบโตทางลำต้นไม่สิ้นสุดลงในขณะที่ออกดอก ความสูงต้นยังคงมีการเจริญเติบโตต่อไปอีกระยะหนึ่ง โดยที่ตายอดจะไม่มีข้อดอกหรือฝักเกิดขึ้น ช่วงระยะเวลาการออกดอกยาว ส่วนปลายของลำต้นมีลักษณะเรียวยาว ใบส่วนยอดมีขนาดเล็กกว่าส่วนโคนมาก และมีการแตกกิ่งก้านน้อย

สำหรับถั่วเหลืองที่ปลูกในประเทศไทย มีทั้งพันธุ์ที่มีการเจริญเติบโตแบบทอดยอดและแบบไม่ทอดยอด และหากจำแนกตามอายุการเก็บเกี่ยว จะสามารถแบ่งได้เป็น 3 ชนิด ได้แก่ พันธุ์อายุสั้น พันธุ์อายุปานกลาง และอายุยาว ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1) พันธุ์อายุสั้น เป็นพันธุ์ที่มีอายุเก็บเกี่ยวระหว่าง 70-80 วัน ลำต้นไม่ทอดยอด มีความสูงต้น 30-50 เซนติเมตร เหมาะที่จะปลูกในระบบปลูกพืชทั้งในฤดูแล้ง ต้นฤดูฝน และปลายฤดูฝน และในพื้นที่ที่มีน้ำจำกัด หรือมีฝนตกน้อยกว่าปกติ

2) พันธุ์อายุปานกลาง เป็นพันธุ์ที่มีอายุเก็บเกี่ยวระหว่าง 86-112 วัน ส่วนใหญ่ลำต้นไม่ทอดยอด ความสูงต้น 60-80 เซนติเมตร เป็นพันธุ์ที่เกษตรกรนิยมปลูกมากที่สุด

3) พันธุ์อายุยาว เป็นพันธุ์ที่มีอายุเก็บเกี่ยวค่อนข้างยาว เป็นพันธุ์ที่มีอายุเก็บเกี่ยวระหว่าง 115-125 วัน

เนื่องจากถั่วเหลืองเป็นพืชที่ไวต่อช่วงแสง ดังนั้นการจำแนกพันธุ์ถั่วเหลืองตามแบบสากลมีการจัดแบ่งตามอายุการสุกแก่ (maturity group) โดยการแบ่งพันธุ์ต่าง ๆ เหล่านี้ จะพิจารณาถึงการตอบสนองของแต่ละพันธุ์ต่อช่วงแสง ซึ่งมีการจำแนกถั่วเหลืองออกเป็นกลุ่ม ได้ 13 กลุ่ม คือ กลุ่ม 000, 00, 0, I, II, III, IV, V, VI, VII, VIII, XI และ X โดยกลุ่ม 000 จะมีอายุออกดอกและอายุเก็บเกี่ยวยาวเมื่อปลูกในบริเวณละติจูดสูง ส่วนกลุ่มหลัง ๆ จะปรับตัวเข้ากับเขตใกล้ศูนย์สูตร หากนำไปปลูกในที่ที่มีช่วงวันยาวจะออกดอกช้า

2.3 การปรับปรุงพันธุ์ถั่วเหลืองให้มีอายุเก็บเกี่ยวสั้น

คงได้กล่าวมาแล้วข้างต้นว่าปัจจุบันมีการนำเข้าเมล็ดถั่วเหลือง น้ำมัน และกากถั่วเหลือง จากต่างประเทศในแต่ละปีมีมูลค่าหลายหมื่นล้านบาท ในขณะที่การผลิตถั่วเหลืองในประเทศมีแนวโน้มลดลงเรื่อย ๆ เนื่องจากราคารับซื้อถั่วเหลืองมีราคาต่ำ เกษตรผู้ปลูกถั่วเหลืองจึงสนใจปลูกพืชไร่ชนิดอื่นที่ให้ผลตอบแทนมากกว่า เช่น มันสำปะหลัง อ้อย ยางพารา เป็นต้น อย่างไรก็ตามในพื้นที่ที่ไม่มีระบบชลประทาน หลังจากเก็บเกี่ยวข้าวนาปีพื้นที่มักถูกปล่อยว่างเปล่าไม่ใช้ประโยชน์ ดังนั้นจึงเป็นพื้นที่ที่ควรปลูกพืชไร่ที่ต้องการน้ำน้อย และมีอายุเก็บเกี่ยวสั้น เช่น ถั่วเหลือง ถั่วเขียว เป็นต้น ซึ่งการปลูกพืชตระกูลถั่วนอกจากจะเป็นการเพิ่มรายได้หลังเก็บเกี่ยวข้าวแล้ว ยังเป็นการบำรุงดินด้วย ดังนั้นการหาพืชตระกูลถั่วที่มีศักยภาพในการให้ผลผลิตสูง จะเป็นการสร้างแรงจูงใจให้แก่เกษตรกรได้หันมาปลูกถั่วเหลืองมากขึ้น เป็นการลดการนำเข้าถั่วเหลืองจากต่างประเทศ

ถั่วเหลืองเป็นพืชหนึ่งที่เหมาะสมกับระบบการปลูกพืชหมุนเวียน โดยอาจเป็นการปลูกก่อนปลูกพืชหลัก หรือปลูกหลังจากปลูกพืชหลักแล้ว ซึ่งถั่วเหลืองที่ใช้ในระบบการปลูกพืชแบบนี้ควรเป็นพันธุ์ที่มีอายุสั้น เพื่อหลีกเลี่ยงความเสียหายของผลผลิตที่เนื่องจากสภาพแห้งแล้ง อย่างไรก็ตามถั่วเหลืองพันธุ์อายุสั้นที่มีปลูกในปัจจุบัน ซึ่งมีอายุเก็บเกี่ยวสั้นระหว่าง 70-80 วัน มักให้ผลผลิตต่ำ เนื่องจากมีข้อจำกัดคือต้นเตี้ย (ความสูงต้นประมาณ 30-50 เซนติเมตร) มีจำนวนกิ่งน้อย จำนวนใบน้อย และช่วงเวลาจากวันปลูกถึงวันออกดอกสั้น ซึ่งถั่วเหลืองอายุสั้นของไทยส่วนมากมีอายุออกดอกประมาณ 27-30 วัน ในขณะที่พันธุ์อายุยาวออกดอก 34-40 วัน หากเปรียบเทียบกันแล้วพันธุ์อายุสั้นจะมีเวลาสำหรับการผลิตอาหารสังเคราะห์ (photosynthetic) น้อย ไม่เพียงพอที่จะสนับสนุนการสร้างผลผลิตเมล็ดมาก ๆ ดังการทดลองของ Machikowa et al. (2007) ที่ทำการเปรียบเทียบศักยภาพในการให้ผลผลิตของถั่วเหลืองอายุสั้น และอายุยาว พบว่าในสภาพที่มีการให้ปัจจัยการผลิตเต็มที่ถั่วเหลืองอายุยาวให้ผลผลิตสูงกว่าพันธุ์อายุสั้น โดย Hartwig (1970) รายงานว่าโดยทั่วไปถั่วเหลืองควรมีเวลาจากวันปลูกถึงออกดอกที่ยาวพอ จึงจะสามารถให้ผลผลิตสูง เช่น ในสหรัฐอเมริกา ควรมีอายุออกดอกประมาณ 45 วัน เป็นอย่างน้อย นอกจากนี้ Dunphy et al. (1979) พบว่าการทำให้ถั่วเหลืองออกดอกช้าลง มีผลทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น

2.3.1 ลักษณะทางพันธุกรรมของถั่วเหลืองอายุเก็บเกี่ยวสั้น

ลักษณะอายุออกดอกและอายุเก็บเกี่ยวของถั่วเหลืองเป็นลักษณะปริมาณ ซึ่งถูกควบคุมด้วยยีนหลายคู่ และการแสดงออกของลักษณะเป็นแบบบวก (Burton, 1987) มีการกระจายตัวของลักษณะเป็นแบบต่อเนื่อง การแสดงออกของลักษณะอายุออกดอก และอายุเก็บเกี่ยว ในสภาพการปลูกแบบวันยาวเป็นแบบ partial dominance มียีนที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมการแสดงออกของลักษณะอย่างน้อย 5 คู่ ได้แก่ E_1/e_1 , E_2/e_2 (Bernard, 1971), E_3/e_3 (Buzzell, 1971), E_4/e_4 (Buzzell and Voldeng, 1980), E_5/e_5 (McBlain and Bernard, 1987) อย่างไรก็ตามในสภาพวันสั้นการแสดงออกของลักษณะอายุออกดอกและอายุเก็บเกี่ยว

จะแตกต่างจากสภาพวันยาว ซึ่งในสภาพวันสั้น Bonato and Vello (1999) รายงานว่าอายุออกดอกและอายุเก็บเกี่ยวสั้นถูกรวมโดยอินเด้น 1 คู่ (E_g/e_g) การแสดงออกของลักษณะอายุออกดอก และอายุเก็บเกี่ยวของถั่วเหลือง นอกจากมีอิทธิพลทางพันธุกรรมแล้ว ยังพบว่ามีอิทธิพลของสภาพแวดล้อม โดยถั่วเหลืองยังเป็นพืชวันสั้นที่ไวต่อช่วงแสง หากปลูกพันธุ์เดียวกันในสภาพที่มีช่วงแสงต่างกันจะมีผลทำให้การออกดอกและอายุเก็บเกี่ยวแตกต่างกัน เช่น ในพื้นที่ที่มีช่วงแสงสั้นถั่วเหลืองจะออกดอกเร็วและมีอายุเก็บเกี่ยวสั้น ในขณะที่หากปลูกในที่ที่มีช่วงแสงยาวจะออกดอกและเก็บเกี่ยวช้ากว่า (Harwig and Kihl, 1979) และพบว่าอายุออกดอกมีอัตราพันธุกรรมอย่างกว้างสูง 0.80 และอายุเก็บเกี่ยวพบเช่นเดียวกันว่ามีอัตราพันธุกรรมอย่างกว้างสูง 0.70-0.94 (Niessl et al., 1995; Oliveira et al., 1999)

2.3.2 การปรับปรุงพันธุ์ถั่วเหลืองให้มีอายุเก็บเกี่ยวสั้น

การปรับปรุงพันธุ์ถั่วเหลืองให้มีอายุเก็บเกี่ยวสั้นทำได้ยาก เนื่องจากลักษณะอายุเก็บเกี่ยวสั้นเป็นลักษณะปริมาณ มียีนควบคุมหลายคู่ และมีอิทธิพลของสภาพแวดล้อมเข้ามาเกี่ยวข้อง โดยเฉพาะช่วงแสง ดังได้กล่าวไปแล้วในข้อ 2.2.1 อย่างไรก็ตามลักษณะนี้พบว่ามีอัตราพันธุกรรมสูง และพบว่ามีสหสัมพันธ์กับลักษณะทางการเกษตรบางลักษณะ ดังงานทดลองของ Machikowa (2007) ได้ทำการผสมข้ามระหว่างพันธุ์อายุยาว และพันธุ์อายุสั้น จากนั้นทำการคัดเลือกโดยวิธีคัดหนึ่งเมล็ดต่อต้น เพื่อปรับปรุงพันธุ์ถั่วเหลืองให้มีอายุสั้นลง ปรากฏว่าสามารถคัดเลือกสายพันธุ์อายุสั้นได้หลายสายพันธุ์ อย่างไรก็ตามสายพันธุ์เหล่านี้มีองค์ประกอบผลผลิตไม่สูง เนื่องจากทำการคัดเลือกอายุสั้นเป็นหลัก ทำให้ถึงแม้สายพันธุ์ที่ได้จากการคัดเลือกมีผลผลิตสูงกว่าพันธุ์ที่มีอายุสั้น แต่ควรมีผลผลิต และองค์ประกอบผลผลิตสูงกว่านี้

วิธีการที่จะเพิ่มผลผลิตของถั่วเหลืองอายุสั้นให้เทียบเท่าหรือใกล้เคียงพวกอายุปานกลาง หรืออายุยาวสามารถกระทำได้หลายวิธี ได้แก่ การจัดการสภาพแวดล้อมให้เหมาะสมกับการเจริญเติบโต เช่น การเพิ่มความหนาแน่นของประชากรคือโดยการลดระยะระหว่างต้นภายในแถว หรือลดระยะระหว่างแถว หรือทั้งสองวิธี (Machikowa, 2004) อย่างไรก็ตาม วิธีการนี้เป็นการเปลี่ยนแปลงเมล็ดพันธุ์ ทำให้มีค่าใช้จ่ายในการปลูกสูงเป็นการเพิ่มต้นทุนการผลิต การจัดการน้ำ และการจัดการธาตุอาหาร ให้เหมาะสมกับการให้ผลผลิตสูงของถั่วเหลือง ที่กล่าวมาทั้งหมดนั้นเป็นการจัดการอิทธิพลของสภาพแวดล้อม อย่างไรก็ตามการเพิ่มผลผลิตของถั่วเหลืองอายุสั้นต้องมีพันธุกรรมที่ดี มีศักยภาพในการให้ผลผลิตสูง จึงจะนำไปสู่การเพิ่มผลผลิตต่อพื้นที่ให้กับถั่วเหลืองอายุสั้น อย่างไรก็ตามการเพิ่มผลผลิตโดยตรงทำได้ยาก เนื่องจากผลผลิตเป็นลักษณะปริมาณ และสภาพแวดล้อมมีอิทธิพลสูงต่อการแสดงออกของลักษณะ ทำให้การคัดเลือกโดยตรงทำได้ยาก ดังนั้นการคัดเลือกถั่วเหลืองอายุสั้นให้มีผลผลิตสูงอาจสามารถทำได้โดยการคัดเลือกผ่านลักษณะทางสรีรวิทยา เช่น Leaf area index (LAI), Crop growth rate (CGR), Net assimilation rate (NAR), Specific leaf weight (SLW) หรือดัชนีเก็บเกี่ยว เนื่องจากลักษณะเหล่านี้มีสหสัมพันธ์สูงกับอัตราการสังเคราะห์แสง ซึ่งอัตราการสังเคราะห์แสงมีผลต่อผลผลิต (Dornhoff and

Shibles, 1970; Buttery et al., 1981; Wiebold et al., 1981; Secor et al., 1982; Majid and Simpson, 2002) นอกจากนี้ยังพบว่าลักษณะ CGR และ Pod growth rate (PGR) มีผลต่อผลผลิต โดย Jogloy et al. (2011) ได้ทดลองในถั่วลิสงอายุ พบว่าลักษณะ PGR มีอัตราพันธุกรรมสูง (0.04-0.72) และมีสหสัมพันธ์สูงกับผลผลิต ในปี 1995 Thompson et al. ได้คัดเลือกสายพันธุ์ถั่วเหลืองที่มี SLW สูง ซึ่งพบว่าสายพันธุ์เหล่านี้มีอัตราการสังเคราะห์แสงสูง มีน้ำหนักแห้ง และให้ผลผลิตสูง นอกจากคัดเลือกโดยใช้ลักษณะทางสรีรวิทยายังสามารถคัดเลือกทาง อ้อมผ่านลักษณะองค์ประกอบผลผลิต เช่น ขนาดเมล็ด จำนวนฝักต่อต้น และเมล็ดต่อต้น โดยองค์ประกอบผลผลิตหลายลักษณะมีผลทำให้ผลผลิตสูงเป็นที่น่าสนใจในการปรับปรุงพันธุ์พืช เนื่องจากการให้ผลผลิตสูงเกี่ยวข้องกับการมีจำนวนฝักต่อต้น เมล็ดต่อต้น รวมถึงถึงต่อต้นสูง (Anand and Torrie, 1963; Malhotra et al., 1972; Board, 1987; Machikowa et al., 2005) และลักษณะเหล่านี้ยังพบว่ามีอัตราพันธุกรรมสูง อยู่ในช่วง 0.22-0.83 (Johnson et al., 1955; Alam and Muresan, 1985) การปรับปรุงพันธุ์เพื่อเพิ่มอายุออกดอก เพิ่มขนาดของลำต้น เพิ่มจำนวนกิ่ง จำนวนใบ และองค์ประกอบผลผลิต โดยที่ให้อายุเก็บเกี่ยวคงที่หรือเพิ่มขึ้นให้น้อยที่สุด จะมีผลทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นไปด้วย Empig และ Fehr (1971) ได้คัดเลือกพันธุ์อายุสั้น โดยวิธีการคัดเลือกหนึ่งเมล็ดต่อต้น วิธี cross bulk, restricted cross และ bulk maturity group bulk พบว่าสายพันธุ์ที่คัดเลือกได้จากแต่ละวิธีให้ผลผลิต ไม่แตกต่างกัน แต่วิธีคัดเลือกแบบหนึ่งเมล็ดต่อต้น ใช้เวลา และแรงงาน ในการคัดเลือกน้อยกว่าวิธีการอื่น ๆ Byron และ Orf (1991) ได้ทำการคัดเลือกโดยเปรียบเทียบวิธีการคัดเลือกหนึ่งเมล็ดต่อต้น และวิธีการคัดเลือกหนึ่งเมล็ดต่อต้นในชั่วต้น ๆ พบว่าสายพันธุ์ที่คัดเลือกจากทั้งสองวิธีการให้ผลผลิตไม่แตกต่างกัน การวิจัยเพื่อปรับปรุงพันธุ์ถั่วเหลืองอายุสั้นของไทย โดย Kaewmeechai et al. (1997) ได้ทำการผสมพันธุ์ถั่วเหลืองอายุสั้น และถั่วเหลืองอายุยาว และทำการคัดเลือกและได้สายพันธุ์อายุสั้น ที่มีผลผลิตสูงจำนวน 25 สายพันธุ์ Oliveira et al. (1999) ได้คัดเลือกถั่วเหลืองในช่วงที่ 2 (F_2) ที่เกิดจากการผสมพันธุ์ระหว่างพันธุ์อายุสั้นและพันธุ์ที่มีอายุออกดอกยาว (long juvenile) ซึ่งเมื่อคัดเลือกลงที่มีอายุเก็บเกี่ยวสั้นแต่มีอายุออกดอกยาวแล้ว สามารถคัดเลือกได้ต้นที่มีต้นที่มีอายุออกดอกยาว อายุเก็บเกี่ยวสั้น และผลผลิตสูงขึ้นได้ ซึ่งผลการทดลองนี้สอดคล้องกับงานทดลองของ Machikowa et al. (2007) โดยการผสมพันธุ์ระหว่างพันธุ์อายุสั้นและพันธุ์อายุยาวแล้วทำการคัดเลือก ซึ่งมีเกณฑ์คือ คัดเลือกต้นที่มีอายุออกดอกยาวใกล้เคียงกับพันธุ์อายุยาว แต่มีอายุเก็บเกี่ยวสั้นเท่ากับพันธุ์อายุสั้น เมื่อคัดเลือกจำนวน 6 ชั่วอายุแล้ว นำสายพันธุ์ที่ได้จากการคัดเลือกมาปลูกทดสอบและคัดเลือกลงที่ให้ผลผลิตสูง พบว่ามีจำนวน 11 สายพันธุ์ที่มีอายุเก็บเกี่ยวสั้น แต่มีอายุออกดอกยาว และมีศักยภาพในการให้ผลผลิตสูง โดยสายพันธุ์ที่ได้รับการคัดเลือกให้ผลผลิตสูงกว่าพันธุ์อายุสั้นที่มีการปลูกโดยทั่วไป อย่างไรก็ตามต้องนำสายพันธุ์เหล่านี้มาทดสอบเพิ่มเติมเพื่อคัดเลือกสายพันธุ์ที่มีลักษณะตามต้องการ ดังนั้นการทดลองนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อปลูกทดสอบและคัดเลือกสายพันธุ์ถั่วเหลืองอายุสั้นในหลายสถานที่ เพื่อทดสอบความสามารถในการให้ผลผลิต และการปรับตัวในสภาพแวดล้อมต่าง ๆ

หน่วยงานที่ปรับปรุงถั่วเหลืองอายุสั้นได้แก่ สถาบันวิจัยพืชไร่ กรมวิชาการเกษตร ได้ปรับปรุงพันธุ์ถั่วเหลืองให้อายุสั้นคือ พันธุ์เชียงใหม่ 2 จากนั้นระหว่างปี 2546–2548 ศูนย์วิจัยพืชไร่เชียงใหม่ ได้นำสายพันธุ์กล้วย DT84 จากเวียดนาม เมื่อนำมาปลูกทดสอบที่เชียงใหม่ พบว่ามีอายุเก็บเกี่ยวสั้น 83 วัน โดยสั้นกว่าพันธุ์เชียงใหม่ 60 ถึง 18 วัน และมีผลผลิต 278 กิโลกรัม/ไร่ ซึ่งใกล้เคียงกับพันธุ์เชียงใหม่ 60 นอกจากนี้ยังได้นำสายพันธุ์กล้วย Bangsakong ที่นำเข้าจากเกาหลีมาปลูกทดสอบที่สุโขทัย สายพันธุ์นี้ให้ผลผลิต 332 กิโลกรัม/ไร่ สูงกว่าพันธุ์สุโขทัย 2 ประมาณ 10% และมีอายุเก็บเกี่ยวสั้น 82 วัน สั้นกว่าพันธุ์สุโขทัย 2 ถึง 12 วัน อย่างไรก็ตามทั้งสองสายพันธุ์ที่กล่าวถึงนี้ยังอยู่ในระหว่างการปลูกทดสอบ และประเมินผลผลิตในไร่เกษตรกร (สิทธิ แดงประดับ และคณะ, 2551) นอกจากนี้ได้มีการปรับปรุงพันธุ์อายุสั้นเพิ่มเติมอีก 1 พันธุ์ คือ พันธุ์ศรีสำโรง 1 (อลงกรณ์ กรทอง และคณะ, 2550) อย่างไรก็ตามพันธุ์ดังกล่าวเหมาะกับการปลูกในภาคกลางมากกว่าภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

2.4 การปรับปรุงพันธุ์ถั่วเหลืองให้มีเปอร์เซ็นต์โปรตีนสูง

ถั่วเหลืองพันธุ์ที่เป็นพันธุ์แนะนำที่ผ่านการรับรองโดยกรมวิชาการเกษตรในปัจจุบันมี 18 พันธุ์ที่สามารถปลูกเป็นการค้า (สิทธิ แดงประดับ, 2551) อย่างไรก็ตามพันธุ์ส่วนใหญ่มีเปอร์เซ็นต์โปรตีนประมาณ 30-37 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งถือว่าอยู่ในระดับต่ำหากเทียบกับพันธุ์ของต่างประเทศ จึงต้องมีการปรับปรุงพันธุ์เพื่อให้เมล็ดมีเปอร์เซ็นต์โปรตีนสูง ซึ่งการปรับปรุงพันธุ์ถั่วเหลืองให้มีเปอร์เซ็นต์โปรตีนสูงทำได้ยาก เนื่องจากเป็นลักษณะปริมาณ ควบคุมโดยยีนหลายคู่ และมีอิทธิพลของสภาพแวดล้อม

2.4.1 ลักษณะทางพันธุกรรมของลักษณะโปรตีนในเมล็ดถั่วเหลือง

ปริมาณโปรตีนในเมล็ดถั่วเหลืองเป็นลักษณะปริมาณ ที่ถูกควบคุมโดยยีนหลายคู่ (Burton, 1987) และมีอิทธิพลของสภาพแวดล้อม ดังนั้นในการปลูกถั่วเหลืองให้มีปริมาณเปอร์เซ็นต์โปรตีนสูง นอกจากใช้พันธุ์ที่มีโปรตีนสูงแล้ว ยังมีผลของการจัดการสภาพแวดล้อมด้วย จากหลายรายงานพบว่าลักษณะโปรตีนในเมล็ดถั่วเหลืองมีอัตราพันธุกรรมระหว่าง 0.40–0.77 (Burton, 1987; Cober and Voldeng, 2000) นอกจากนี้ยังพบว่าปริมาณโปรตีนมีสหสัมพันธ์ในทางลบกับลักษณะผลผลิต โดยมีค่าสหสัมพันธ์ระหว่าง -0.23 ถึง -0.86 และยังพบว่าลักษณะโปรตีนยังมีสหสัมพันธ์ในทางลบกับเปอร์เซ็นต์น้ำมันด้วย โดยมีค่าสหสัมพันธ์ระหว่าง -0.12 ถึง -0.74 (Wehrmann et al., 1987; Wilcox and Guodong, 1997; Cober and Voldeng, 2000; Li and Burton, 2002; Ray et al., 2006) สำหรับผลของสภาพแวดล้อมต่อปริมาณโปรตีนมีรายงานว่าจัดการดินและธาตุอาหารที่เหมาะสมจะสามารถเพิ่มปริมาณโปรตีนให้สูงขึ้นได้ (วัลลีย์ อมรพล และคณะ, 2550; จิตินา ยลาภูฐานนท์ และคณะ, 2552) เช่น หากจัดการระดับไนโตรเจนให้เพียงพอและเหมาะสมกับความต้องการของถั่วเหลืองจะสามารถเพิ่มปริมาณโปรตีนในเมล็ดได้ (Sexton et al., 1998a; Sexton et al., 1998b; Wilcox and Shibles, 2001) ดังนั้นจะเห็นได้ว่าลักษณะโปรตีนเป็นลักษณะที่มีผลทั้งจากพันธุกรรม และสภาพแวดล้อม

2.4.2 การปรับปรุงพันธุ์ถั่วเหลืองให้มีโปรตีนสูง

การปรับปรุงพันธุ์โดยวิธีผสมกลับเหมาะสำหรับการปรับปรุงลักษณะง่าย ๆ ที่ควบคุมโดยยีน 1 คู่ หรือน้อยคู่ (Briggs and Knowles, 1967) ไพศาล เหล่าสุวรรณ และคณะ (2540) ได้ใช้วิธีนี้ในการปรับปรุงพันธุ์ถั่วเขียวพันธุ์กำแพงแสน 1, กำแพงแสน 2 และพันธุ์ มอ 1 ให้ต้านทานต่อโรคใบจุด ซึ่งลักษณะต้านทานต่อโรคใบจุดในถั่วเขียวควบคุมโดยยีนน้อยคู่ และลักษณะแสดงออกให้เห็นได้อย่างชัดเจน การปรับปรุงพันธุ์เพื่อเพิ่มปริมาณโปรตีนสามารถทำได้ทั้งโดยทางตรงและทางอ้อม การคัดเลือกโดยตรงมีหลายการทดลองที่ใช้วิธีการผสมกลับ ซึ่งการปรับปรุงลักษณะปริมาณโดยวิธีผสมกลับสามารถกระทำได้ เนื่องจากมีอัตราพันธุกรรมสูงระหว่าง 0.40–0.77 (Burton, 1987; Cober and Voldeng, 2000; Panthee et al., 2005) มีหลายงานทดลองที่สามารถคัดเลือกโดยใช้วิธีการผสมกลับเพื่อเพิ่มปริมาณโปรตีนในเมล็ดถั่วเหลืองได้ เช่น Hartwig and Hinson (1972) ใช้พันธุ์ที่มีผลผลิตสูง (Bragg) ซึ่งให้เป็นพันธุ์รับผสมกับพันธุ์ที่มีโปรตีนสูง จากนั้นผสมกลับไปยังพันธุ์รับจำนวน 2 รอบ จากการคัดเลือกนี้ได้สายพันธุ์ที่มีผลผลิตสูงเท่ากับพันธุ์ Bragg และมีโปรตีนสูงขึ้น ต่อมา Wilcox และ Cavin (1995) ทำการปรับปรุงเปอร์เซ็นต์โปรตีนของถั่วเหลือง โดยได้ผสมพันธุ์ระหว่างถั่วเหลืองพันธุ์โปรตีนสูง (Pando) กับพันธุ์ที่มีผลผลิตสูงแต่มีโปรตีนต่ำ (Cutler 74) และให้เป็นพันธุ์รับ แล้วผสมกลับไปยังพันธุ์รับจำนวน 2 รอบ จากนั้นใช้วิธีการคัดหนึ่งเมล็ดต่อต้น พบว่าสามารถเพิ่มเปอร์เซ็นต์โปรตีนในถั่วเหลืองให้กับพันธุ์โปรตีนต่ำ โดยผลผลิตอยู่ในระดับปานกลาง นอกจากนี้ยังพบว่า Cober และ Voldeng (2000) สามารถเพิ่มปริมาณโปรตีนถั่วเหลืองโดยใช้วิธีการผสมกลับ โดยใช้พันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูงและนิยมปลูกเป็นพันธุ์รับผสมกับพันธุ์ให้ที่มีโปรตีนสูง แต่มีผลผลิตต่ำ ซึ่งในการทดลองนี้สามารถเพิ่มเปอร์เซ็นต์โปรตีนให้สูงขึ้น แต่ผลผลิตไม่แตกต่างจากพันธุ์รับ Sebolt et al. (2000) ก็ใช้วิธีการผสมกลับในการปรับปรุงพันธุ์ถั่วเหลืองเพื่อเพิ่มปริมาณโปรตีนเช่นกัน ดังนั้นการปรับปรุงพันธุ์เพื่อเพิ่มโปรตีนให้กับถั่วเหลืองสามารถทำได้โดยการผสมกลับและการคัดเลือกแบบคัดหนึ่งเมล็ดต่อต้น สำหรับการปรับปรุงพันธุ์เพื่อเพิ่มปริมาณโปรตีนนอกจากทำได้โดยการคัดเลือกโดยตรงแล้ว ยังสามารถใช้การคัดเลือกทางอ้อมโดยการคัดเลือกจากลักษณะอื่น ๆ เช่น การคัดเลือกทางอ้อมโดยใช้ลักษณะ seed density เพื่อเพิ่มปริมาณโปรตีน พบว่าสามารถคัดเลือกเพื่อเพิ่มโปรตีนได้แต่ไม่มีประสิทธิภาพ (Alt et al., 2002; Li and Burton, 2002)

การปรับปรุงพันธุ์เพื่อเพิ่มโปรตีนในเมล็ดถั่วเหลืองในประเทศไทยของกรมวิชาการเกษตร โดยเบญจมาศ คำสืบ และคณะ (2550) ได้ใช้วิธีการกลายพันธุ์โดยการฉายรังสีแกมมาถั่วเหลือง 3 พันธุ์ และคัดเลือกโดยวิธีบันทึกประวัติ แล้วเลือกสายพันธุ์ที่ให้ปริมาณโปรตีนในเมล็ด และผลผลิตสูง และคัดเลือกจำนวนหลายชั่ว พบว่าสามารถเพิ่มปริมาณโปรตีนให้สูงขึ้นได้ (จิตติมา ขาภูฐานนท์ และคณะ, 2550) ในปี 2552 สิทธิ แดงประดับ และคณะ ได้รายงานการปรับปรุงพันธุ์ถั่วเหลืองเพื่อเพิ่มโปรตีน โดยทำการผสมพันธุ์ระหว่างพันธุ์ที่มีโปรตีนต่ำและสูง และทำการคัดเลือกโดยวิธี modified single seed descent ในช่วงต้นจำนวน 5 ชั่ว แล้วทำการปลูกทดสอบและคัดเลือก ได้สายพันธุ์ดี 3 สายพันธุ์ ซึ่งทั้งหมด

ให้เปอร์เซ็นต์โปรตีนและผลผลิตสูงกว่าพันธุ์เปรียบเทียบ (เชิงใหม่ 60) ซึ่งมีโปรตีน 38 เปอร์เซ็นต์ และผลผลิตประมาณ 225 กิโลกรัมต่อไร่ นอกจากนี้ ราชินี โสภา และคณะ (2552) ได้ทำการผสมพันธุ์ระหว่างถั่วเหลืองและสามารถคัดเลือกสายพันธุ์ที่ให้โปรตีนสูง 4 สายพันธุ์ เมื่อปลูกทดสอบพบว่ามีผลผลิตไม่แตกต่างจากพันธุ์เปรียบเทียบ อย่างไรก็ตาม การปรับปรุงพันธุ์เพื่อเพิ่มปริมาณโปรตีนในถั่วเหลืองของสหรัฐอเมริกา ได้พันธุ์ Prolina ที่ให้โปรตีนถึง 46 เปอร์เซ็นต์ และมีน้ำมันถึง 19 เปอร์เซ็นต์