

ตรวจเอกสาร

1. ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของถั่วฝักยาว และถั่วพุ่ม

ถั่วฝักยาว และถั่วพุ่มเป็นพืชอยู่ในสกุล *Vigna* และสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 กลุ่ม (Duke *et al.*, 1981) คือ

1. *Vigna unguiculata* ssp. *sinensis* (common cultivated cowpea) กลุ่มนี้มีลักษณะฝักสั้นจนถึงยาวปานกลาง ฝักห้อยลงตามแรงโน้มถ่วงของโลก เมล็ดคล้ายรูปไต ได้แก่ ถั่วพุ่ม เป็นต้น

2. *Vigna unguiculata* ssp. *sesquipedalis* (yardlong bean หรือ asparagus bean) กลุ่มนี้มีลักษณะฝักยาวห้อยลงตามแรงโน้มถ่วงของโลก ฝักจะเต่งในขณะอ่อน และเหี่ยวแห้งเมื่อสุกแก่ ได้แก่ ถั่วฝักยาว เป็นต้น

3. *Vigna unguiculata* ssp. *cylindrical* หรือ *Vigna unguiculata* ssp. *catjang* (*Vigna catjang* [Burn.] Walp) กลุ่มนี้มีลักษณะฝักสั้น และตั้งตรง เมล็ดมีลักษณะกลมรีขนาดเล็ก

เนื่องจากพืชทั้งสามกลุ่มนี้มีความคล้ายคลึง และสามารถผสมข้ามกันได้ง่าย จึงอาจจัดกลุ่มให้อยู่ใน species เดียวกันแต่ต่าง subspecies (Coulibaly *et al.*, 2002) อย่างไรก็ตาม Hancock (1992) รายงานเพิ่มเติมว่าพืชกลุ่ม *Vigna* อาจแยกได้ถึง 5 subspecies โดยแต่ละ subspecies มีคุณสมบัติ และลักษณะต่าง ๆ

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของถั่วฝักยาว พบว่า รากเป็นระบบรากแก้วยาวประมาณ 90 – 120 เซนติเมตร (สมภพ, 2537) ลำต้นเป็นเถาเลื้อย (indeterminate) พันตามค้ำในทิศทวนเข็มนาฬิกา มีความสูงประมาณ 200 – 400 เซนติเมตร ใบเป็นแบบ trifoliate compound leaf ประกอบด้วย 3 ใบย่อย ดอกมีช่อแบบ raceme เกิดตามซอกใบ 1 ช่อดอก มีดอกย่อย 2 – 6 ดอก แต่ละดอกเป็นดอกสมบูรณ์เพศเรียกว่า papillionaceous type โดยดอกย่อยมีขนาด 2.0 – 2.5 เซนติเมตร กลีบเลี้ยงมีสีเขียว ลักษณะเป็นกรวยล้อมรอบกลีบดอก กลีบดอกแบ่งเป็น 5 กลีบ มี 2 กลีบดอกขนาดใหญ่เรียกว่า standard ห่อหุ้มกลีบดอกชั้นใน (wing) 2 กลีบ และกลีบดอกชั้นในสุดทำหน้าที่ห่อหุ้มเกสรเพศผู้ และเกสรเพศเมียซึ่งมีลักษณะเป็นกรวย หรือหลอด เรียกว่า keel เกสรเพศผู้เป็นแบบไดออดิเฟอัสตาเมน (diadelphous stamen) มีอับละอองเรณู 10 อับ โดยอับละอองเรณู 9 อับ เชื่อมติดกับเกสรเพศเมีย และอีก 1 อับ แยกออกจากกลุ่ม (กาญจนา, 2541) เกสรเพศเมียประกอบด้วยรังไข่ 1 อัน เป็นแบบ superior ovary รูปร่างยาวสีเขียว ก้านชูเกสรเพศเมีย และปลายเกสรเพศเมียมีขนฟูสีขาวติดอยู่ (อริยา, 2523) การจัดระเบียบของดอกเป็นแบบไม่สมมาตร รัศมี หากผ่าเป็น 2 ซีก สามารถผ่าได้เพียงแนวเดียว เรียกว่า irregular flower (สมบูรณ์, 2537) ฝักมีลักษณะตรง หรือโค้ง ยาว 20 – 60 เซนติเมตร (Tindall, 1983) และบางครั้งอาจยาวถึง 100

เซนติเมตร (รัตนา, 2530) ฝักมีหลายสี ได้แก่ สีเขียวอ่อน สีเขียวเข้ม สีแดง สีน้ำตาล และ สีม่วง เป็นต้น ภายในฝักมีเมล็ดคล้ายรูปไตประมาณ 10 – 20 เมล็ดต่อฝัก (Rubatzky and Yamaguchi, 1997) และเมล็ดมีหลายสี เช่น สีขาว สีน้ำตาล สีดำ สีแดง หรืออาจมีสีสลับ เช่น สีน้ำตาล – ขาว สีแดง – ขาว และสีดำ – ขาว (วิทัศน์, 2541)

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของถั่วพุ่ม พบว่า มีความคล้ายคลึงกับถั่วฝักยาวคือ รากเป็นระบบรากแก้ว (taproot system) ลึก 30 – 90 เซนติเมตร ในประเทศอุกันดา หรือประเทศไนจีเรีย พบว่าถั่วพุ่มบางสายพันธุ์ในเขตแห้งแล้ง มีรากที่สามารถหยั่งลึกได้ถึง 150 เซนติเมตร ทำให้ทนต่อสภาวะแห้งแล้งได้ดี (Davis et al., 1991) ลำต้นถั่วพุ่มเป็นไม้เนื้ออ่อน มี อาจมีผิวเรียบหรือขรุขระ การเจริญของลำต้นแบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ ลำต้นแบบเลื้อย และลำต้นแบบพุ่ม โดยลักษณะลำต้นแบบเลื้อย พบว่า ลำต้นจะยืดยาว และเจริญต่อไปเรื่อยๆ ตลอดฤดูกาลปลูก บางครั้งอาจยาวถึง 450 เซนติเมตร ดอกของลำต้นแบบเลื้อยจะเกิดขึ้นตามซอกมุมใบ ทำให้ฝักแก่ไม่พร้อมกัน ส่วนลำต้นแบบพุ่ม พบว่า ลำต้นมีความสูง 30 – 90 เซนติเมตร เมื่อเจริญเติบโตเต็มที่ จะออกดอกตามมุมใบ และปลายยอดของลำต้น ทำให้ฝักแก่พร้อมกันซึ่งสะดวกในการเก็บเกี่ยว (ศูนย์วิจัยพืชไร่อุบลราชธานี, 2543) ใบของถั่วพุ่มเป็นแบบ trifoliate leaf เกิดสลับบนลำต้น ใบจริงคู่แรกเป็นใบชนิด simple leaf ส่วนใบที่เกิดต่อๆ มาเป็นใบชนิด compound leaf ขนาดของใบมีขนาดเล็กจนถึงขนาดใหญ่ ลักษณะของใบมีตั้งแต่ค่อนข้างแหลมจนถึงกลมรี ใบมีสีเขียวอ่อนถึงเขียวเข้ม มีก้านใบ (pedicle) ยาว ที่โคนก้านใบมีหูใบ (stipule) 2 อัน แผ่นใบมีขนาดรูปร่างแตกต่างกันไปตามชนิด ดอกถั่วพุ่มมีหลายสี เช่น สีขาว สีเหลือง และสีม่วง (Sen and Bhowal, 1961) ช่อดอกเป็นแบบ raceme ซึ่งเกิดจากมุมใบ ดอกเรียงลำดับเป็นคู่ๆ 6 – 12 คู่ ใน 1 ช่อดอก มี 1 – 2 คู่ เท่านั้น ดอกมีก้านดอกสั้น ฐานของดอกประกอบด้วยใบรูปเหลี่ยม สีเขียว เรียกว่า bract มีกลีบ 5 กลีบอยู่วงนอกสุด ส่วนวงถัดมาเป็นกลีบดอก ประกอบด้วย 3 ส่วน คือ ส่วนนอกสุด เรียกว่า standard ชั้นกลางเรียกว่า wing และชั้นในสุดเรียกว่า keel ซึ่งห่อหุ้มเกสรเพศผู้ และเกสรเพศเมีย เกสรเพศผู้ประกอบด้วยอับละอองเรณู 10 อับ ส่วนเกสรเพศเมียประกอบด้วยรังไข่ที่ไม่มีก้าน หรือขั้ว (multilocular) 1 อัน โดยรังไข่เป็นแบบ superior ovary เช่นเดียวกับถั่วฝักยาว ถั่วพุ่มมีฝักเรียวยาว 15 – 25 เซนติเมตร และงอเล็กน้อย เมื่อสุกแก่มีหลายสี เช่น สีเหลือง สีน้ำตาล และสีดำ ภายในฝักมีเมล็ดเป็นรูปไตประมาณ 8 – 20 เมล็ดต่อฝัก หรือ 700 – 2,000 เมล็ดต่อกิโลกรัม (Martin, 1984) โดยแต่ละเมล็ดยาว 0.8 – 1.2 เซนติเมตร และมีหลายสี เช่น สีม่วง สีแดง สีน้ำตาลแดง สีน้ำตาล สีเทา สีขาว และสีดำเป็นจุดเล็กๆ หรือลายคล้ายหินอ่อน บางพันธุ์อาจจะมีสีเข้มเป็นจุดอยู่ตรงไฮลัม (Rubatzky and Yamaguchi, 1997)

2. แมลงศัตรูของถั่วฝักยาว และถั่วพุ่ม

แมลงศัตรูพืชเป็นปัจจัยสำคัญในการผลิตพืชทุกชนิด เพราะมีผลโดยตรงต่อปริมาณ และคุณภาพผลผลิต แมลงศัตรูพืชที่สำคัญของถั่วฝักยาว และถั่วพุ่มมีหลายชนิด เช่น เพลี้ยอ่อนถั่ว เพลี้ยไฟ และหนอนเจาะฝัก (Karungi *et al.*, 2000b; Benchasri *et al.*, 2006) โดยเฉพาะเพลี้ยอ่อนถั่ว หากระบาดทำให้ผลผลิตลดลงประมาณ 30 – 40 เปอร์เซ็นต์ (Jayappa and Lingappa, 1988b) เพลี้ยอ่อนที่ทำลายถั่วฝักยาว และถั่วพุ่มคือเพลี้ยอ่อนถั่ว มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Aphis craccivora* Koch เป็นแมลงในวงศ์ Aphididae ลักษณะเป็นแมลงปากดูดขนาดเล็ก ผ้นงลำตัวอ่อนนุ่ม การเจริญเติบโตเป็นแบบ gradual metamorphosis หรือ paurometabolous คือตัวเต็มวัยจะออกลูกเป็นตัว (viviparity) (Nielson and Lehman, 1980; Dixon, 1987a) สำหรับประเทศไทย และประเทศแถบเขตร้อน พบเฉพาะเพลี้ยอ่อนถั่วเทศเมีย ซึ่งมีทั้งเพลี้ยอ่อนถั่วชนิดมีปีก และเพลี้ยอ่อนถั่วชนิดไม่มีปีก (จรรูวรรณ, 2529) เพลี้ยอ่อนถั่วสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ และออกลูกเป็นตัว (Dixon, 1987b) เพลี้ยอ่อนเทศเมียหนึ่งตัวสามารถให้ลูกได้ประมาณ 27 ตัว ตัวอ่อนมีรูปร่างคล้ายตัวเต็มวัย แต่ลำตัว หนวด ขา cornicle canda และอวัยวะอื่นๆ ยังเจริญไม่เต็มที่ ซึ่งต้องใช้เวลา 5 – 7 วัน หรือลอกคราบ 3 – 4 ครั้ง จึงเจริญเป็นตัวเต็มวัยสมบูรณ์ ตัวเต็มวัยมีขนาด 1 มิลลิเมตร (Dixon, 1973) และมีอายุเฉลี่ย 11 วัน (Miyazaki, 1997) ปกติเพลี้ยอ่อนถั่วไม่ระบาด เพราะมีฝน และแมลงศัตรูธรรมชาติ เช่น ตัวห้ำ และ ตัวเบียน เป็นตัวควบคุม แต่หากฝนทิ้งช่วง หรือเข้าสู่ฤดูแล้งที่มีอากาศร้อน ไม่มีฝน หรือไม่มีแมลงศัตรูธรรมชาติควบคุม เพลี้ยอ่อนถั่วจะระบาด และสร้างความเสียหายให้กับพืชปลูกเป็นอย่างมาก เพราะเพลี้ยอ่อนถั่วมีน้ำย่อยช่วยในการย่อยผนังเซลล์ ทำให้สามารถดูดกินน้ำเลี้ยง และทำลายพืชปลูกได้ง่าย นอกจากนี้เพลี้ยอ่อนถั่วสามารถแพร่กระจายได้ง่าย และรวดเร็ว (Ibbotson and Kennedy, 1950) โดยในระยะตัวอ่อน หรือตัวเต็มวัยที่ไม่มีปีกเพลี้ยอ่อนถั่วจะเคลื่อนย้ายโดยเดินจากพืชต้นหนึ่งไปสู่อีกต้นหนึ่ง หรืออาศัยลมเป็นพาหะในการเคลื่อนย้าย (Powell and Hardie, 2000; Ferry *et al.*, 2004) ส่วนเพลี้ยอ่อนถั่วชนิดมีปีก การเคลื่อนย้ายส่วนใหญ่จะบินจากพืชต้นหนึ่งไปสู่อีกต้นหนึ่ง อย่างไรก็ตามการเคลื่อนย้ายของเพลี้ยอ่อนถั่วขึ้นอยู่กับ 4 ปัจจัย ประกอบด้วย

1. อาหาร นับว่าเป็นปัจจัยหลักที่ทำให้เพลี้ยอ่อนถั่วเคลื่อนย้าย หรือเข้าทำลายพืช ซึ่งสภาพปกติที่มีอาหารเพียงพอ เพลี้ยอ่อนถั่วไม่มีการเคลื่อนย้ายจากที่อาศัยเดิมเพื่อหาอาหารแหล่งใหม่ หากเกิดสภาพขาดแคลน หรืออาหารไม่เพียงพอ เพลี้ยอ่อนถั่วจะเคลื่อนย้ายเพื่อหาแหล่งอาหารใหม่ที่มีความสมบูรณ์กว่าเดิม (Smith *et al.*, 1994)

2. อายุ ของพืชมีผลต่อการเคลื่อนย้าย และการเข้าทำลายของเพลี้ยอ่อนถั่วแตกต่างกัน โดยพืชที่มีการเจริญเต็มที่แล้ว พบว่า บริเวณยอดจะถูกทำลายมากกว่าส่วนของใบแก่ (Ibbotson and Kennedy, 1950)

3. เพศ เพ็ลี่ยอ่อนตัวเพศเมียมีความสามารถในการเคลื่อนย้ายเพื่อหาอาหาร และถ่ายทอดเชื้อไวรัสมากกว่าเพ็ลี่ยอ่อนตัวเพศผู้ เพราะเพ็ลี่ยอ่อนตัวเพศเมียต้องการอาหารเพื่อดำรงชีวิต และสืบพันธุ์มากกว่า จึงจำเป็นต้องมีการเคลื่อนย้ายหาแหล่งอาหารอยู่เสมอ (Nault and Ammar, 1989)

4. สภาพแวดล้อม นับว่าเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อการเข้าทำลายของเพ็ลี่ยอ่อนตัว เช่น สภาพอากาศเปลี่ยนแปลง หรือท้องฟ้ามีเมฆมาก ทำให้เพ็ลี่ยอ่อนตัวไม่เคลื่อนย้าย หรือเคลื่อนย้ายได้น้อย อย่างไรก็ตามหากสภาพแวดล้อมเหมาะสม คือ มีแสงแดด และสภาพความชื้นต่ำ เพ็ลี่ยอ่อนตัวจะสามารถเคลื่อนได้ และหาอาหารได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Ibbotson and Kennedy, 1950; Robert, 1987)

การศึกษาพฤติกรรมการแสดงออก และความชอบของเพ็ลี่ยอ่อนตัวเป็นขั้นตอนที่มีความสำคัญ เพื่ออธิบายกลไกการเข้าทำลายของเพ็ลี่ยอ่อนตัว Van Emden (1974) อ้างโดย Powell และคณะ (2006) ศึกษาพฤติกรรมการดูดกินน้ำเลี้ยงของเพ็ลี่ยอ่อนตัวฟาบา (*Aphis fabae*) พบว่า เพ็ลี่ยอ่อนตัวมีขั้นตอนการเข้าทำลายพืช 6 ขั้นตอน คือ

1. การบินเพื่อเกาะพืชอาหาร ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนแรกของการแสดงออกทางพฤติกรรม โดยเพ็ลี่ยอ่อนตัวจะบินวนไปมาเพื่อหาพืชอาหารตามแหล่งต่างๆ หากพบพืชอาหาร หรือคิดว่าเป็นพืชอาหารก็บินลงเกาะพืชชนิดนั้น

2. การสัมผัสพืช และตรวจสอบพืชอาหารบริเวณผิวใบ เพ็ลี่ยอ่อนตัวจะสัมผัสกับพืชอาหาร และตรวจสอบโครงสร้างเซลล์บริเวณผิวของพืช

3. การใช้ปากทดสอบพืชอาหาร เพ็ลี่ยอ่อนใช้สไตเลท (stylets) แทงผิวใบอย่างรวดเร็วเพื่อตรวจสอบหาช่องว่างระหว่างเซลล์พืช

4. เมื่อใช้สไตเลทแทงเข้าสู่เนื้อเยื่อพืช หากเพ็ลี่ยอ่อนตัวแน่ใจว่าเป็นพืชอาหาร และสามารถใช้ประโยชน์ได้ ก็จะใช้สไตเลทปักบริเวณช่องว่างระหว่างเซลล์พืชนั้น

5. การย่อยเนื้อเยื่อพืช เพ็ลี่ยอ่อนผลิตน้ำย่อย ที่มีส่วนประกอบของเอนไซม์ โปรตีเนส และปล่อยออกมาทางสไตเลท เพื่อย่อยเซลล์พืชทำให้สะดวกแก่การดูดกิน

6. เพ็ลี่ยอ่อนตัวดูดน้ำเลี้ยงจากพืช โดยขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนสุดท้ายซึ่งเพ็ลี่ยอ่อนตัวจะดูดน้ำเลี้ยงจากพืชผ่านทางสไตเลท

3. กลไกการต้านทานแมลงของพืช

พืช และแมลงศัตรูพืชเป็นสิ่งมีชีวิตที่มีปฏิสัมพันธ์ร่วมกันตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน จากการศึกษาวิวัฒนาการ และการเปลี่ยนแปลงต่างๆ โดยเฉพาะพืช พบว่า มีการเปลี่ยนแปลงกระบวนการและกลไกต่างๆ มากมายเพื่อป้องกันอันตรายจากแมลง ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็นสองลักษณะ (Gatehouse *et al.*, 1991) คือ

1. กลไกทางกายภาพ เป็นกลไกที่พืชสร้างขึ้นเพื่อป้องกันอันตรายจากแมลง โดยพืชสามารถป้องกันแมลงไม่ให้เข้ามาทำลาย หรือทำให้แมลงไม่สามารถใช้พืชชนิดนั้นเป็นอาหาร เป็นที่อยู่อาศัย หรือวางไข่ได้ เช่น พืชมีการสร้างลิกนิน (lignification) ไข (wax) หนามแหลม (trichomes) ขน หรือสารเมือก ซึ่งขับออกมาเพื่อป้องกันไม่ให้แมลงศัตรูเข้าถึงเนื้อเยื่อพืช (Horber, 1980; พัทน์, 2545) โดยกลไกทางกายภาพมีการสร้างขึ้นในพืชหลายชนิด เช่น การสร้างเปลือกหุ้มเมล็ด หรือการสร้างเปลือกหุ้มลำต้นให้หนาขึ้นของมะเขือเทศ เพื่อป้องกันการเข้าทำลายของเพลี้ยอ่อน (Norris and Kogan, 1980) การสร้างลำต้นให้มีความแข็งแรงมากขึ้นในข้าวสาลี เพื่อป้องกันหนอนเจาะลำต้น (Norris and Kogan, 1980) หรือการสร้างหนามบริเวณใบ และลำต้นของต้น *Bombacopsis* และ *Urera baccifera* เพื่อป้องกันเพลี้ยอ่อน เป็นต้น (Panda and Khush, 1995)

2. กลไกทางเคมี เป็นกลไกชั้นสูงของพืชที่มีการผลิตสารเคมีขึ้นมาเพื่อกำจัด หรือยับยั้งแมลงศัตรูพืช มี 2 ขั้นตอน คือ primary metabolites และ secondary metabolites โดย primary metabolites เป็นกระบวนการที่พืชสร้างฮอร์โมน คาร์โบไฮเดรต ไขมัน โปรตีน และสารประกอบฟอสฟอรัส (พัทน์, 2545) เพื่อใช้ในการเจริญเติบโต และการขยายพันธุ์ ซึ่งสารที่สร้างขึ้นมีผลทำให้แมลงไม่ชอบพืชนั้น (Panda and Khush, 1995) ส่วน secondary metabolites ถูกสร้างขึ้นในกรณีที่พืชได้รับการกระตุ้นจากแมลง หรือมีแมลงเข้าทำลายพืช และไม่สามารถป้องกันได้ด้วยขั้นตอนแรก โดยพืชจะมีการสร้างสารที่มีความหลากหลายเพิ่มมากขึ้น สารแต่ละชนิดมีคุณสมบัติที่แตกต่างกัน เช่น สารฆ่าแมลงศัตรู สารควบคุมการเจริญเติบโตของแมลง (insect growth regulators) สารยับยั้งการกิน (antifeedant) สารยับยั้งเอนไซม์โปรตีนเนส (proteinase inhibitors) สารยับยั้งการทำงานของเอนไซม์อัลฟาอะไมเลส สารยับยั้งการทำงานของกรดอะมิโนที่ไม่ใช่โปรตีน (Gatehouse *et al.*, 1992; Ferry *et al.*, 2004) หรือสารชีวเคมีที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการต่างๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งสารยับยั้งการเจริญเติบโต และสารยับยั้งการลอกคราบเป็นสารที่สำคัญ เพราะเมื่อพืชผลิตสารเหล่านี้ขึ้นมาจะมีผลโดยตรงต่อแมลง หากแมลงตัวใดสัมผัส หรือกินพืชนั้นเป็นอาหาร ทำให้แสดงอาการผิดปกติ เช่น หยุดกินอาหาร หยุดลอกคราบ และตายในที่สุด (Hilder and Boulter, 1992) ฉะนั้นพืชต้านทานแมลงที่ดีต้องมีคุณสมบัติในการป้องกันตัวเองทั้งกลไกทางกายภาพ และกลไกทางเคมี นอกจากนี้พืชยังตอบสนองทางพฤติกรรมเพื่อรักษาผลผลิต และความอยู่รอด 3 ลักษณะคือ หลีกเลียง (avoidance) ทนทาน (tolerance) และฟื้นคืน (recovery) (Painter, 1968)

4. ลักษณะการต้านทานแมลงในพืช

ลักษณะการต้านทานแมลงในพืชสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 แบบ คือ

1. แมลงไม่ชอบ (non preference, antixenosis) คือความต้านทานที่เกิดจากการแสดงออกของพืช เพื่อตอบสนองต่อแมลง ซึ่งมีผลทำให้แมลงไม่ชอบ เช่น ผีเสื้อไม่ชอบวางไข่ หรือวางไข่น้อยบนข้าวสายพันธุ์ที่มีขนน้อย หรือไม่มีขน (Pathak, 1977 อ้างโดย ปริญญา, 2530) หนอน cereal beetle (*Oulema melanopus*) ไม่ชอบกินข้าวสาลีพันธุ์ CI 8591 เนื่องจากใบมีขนยาว และหนาแน่นทำให้หนอน cereal beetle ไม่สามารถเข้ากัดกินได้ อีกทั้งขนยังมีผลยับยั้งการสืบพันธุ์ของหนอน cereal beetle (Schillinger, 1969) หรือข้าวที่มีใบเล็กจะถูกทำลายจากเพลี้ยไฟน้อยกว่าข้าวใบปกติ (Painter, 1968) ส่วน วีระ และวัชรินทร์ (2543) อธิบายเพิ่มเติมว่าแมลงไม่ชอบ เป็นกลไกชนิดหนึ่งที่พืชใช้ในการหลบหลีกจากแมลงศัตรู ซึ่งมีหลายรูปแบบ ได้แก่

(1) อายุของพืช เป็นปัจจัยหนึ่งในการแสดงออกของแมลงในการไม่ชอบ เช่น ฝ้ายที่มีอายุแก่กว่าจะถูกด้วงวงเจาะสมอฝ้ายเข้าทำลายน้อยกว่าฝ้ายที่มีอายุน้อยกว่า

(2) ลักษณะวิทยาของพืช เช่น ข้าวที่มีลำต้นแข็งแรง สามารถต้านทานหนอนกอ (stem borer) ได้ดีกว่าข้าวที่มีลำต้นอ่อนแอ ถั่วเหลืองพันธุ์มีขนบนลำต้นหนาสามารถต้านทานเพลี้ยจักจั่น (*Empoasca fabae*) ได้มากกว่าพันธุ์ที่มีขนบาง (ชาญณรงค์, 2549) อย่างไรก็ตาม Ohiake และคณะ (1992) พบว่า ความหนาแน่นของขนบนฝัก (trichomes) บนต้นถั่วพุ่มมีผลต่อการต้านทานแมลง พบว่าสายพันธุ์ถั่วพุ่มที่มีขนยาวและหนาแน่นมีผลให้หนอนเจาะฝักลดลง

(3) สารเคมีในตัวพืช เป็นสิ่งที่พืชผลิตขึ้นมาทำให้แมลงไม่ชอบ เช่น ด้วงวงเจาะสมอฝ้ายไม่ทำลายฝ้ายที่มีกลิ่น (นพพร, 2543) หรือหนอนกอแถบลายสีม่วง (*Chilo suppressalis* Walker) ไม่วางไข่บนต้นข้าวพันธุ์ TKM6 เพราะมีสารบางชนิด ซึ่งมีคุณสมบัติต้านทาน และยับยั้งการวางไข่ (สมพงษ์, 2527)

(4) สีของพืช เป็นการตอบสนองอีกลักษณะหนึ่งที่ทำให้แมลงไม่ชอบ เช่น ตัวเต็มวัยของ *Pieris rapae* และผีเสื้อบางชนิดไม่ชอบวางไข่บนใบกะหล่ำปลีสีแดง (red cabbage) แต่ชอบวางไข่บนใบกะหล่ำปลีสีเขียว (Dickson and Eckenrode, 1975) เพลี้ยอ่อนถั่ว (*A. craccivora*) ตอบสนอง หรือเข้าทำลายพืชอาหารที่มีใบสีเหลือง หรือสีเขียวอ่อนมากกว่าสีเขียวเข้ม (Dixon, 1985; นพพร, 2543) ฝ้ายดอกสีแดงต้านทานต่อด้วงวงเจาะสมอฝ้าย (boll weevil, *Anthonomus grandis*) ดีกว่าฝ้ายดอกสีขาว (ไพศาล, 2527)

2. ต้านทานต่อแมลง (antibiosis) คือความต้านทานที่เกิดจากพืชสร้างสาร หรือแสดงลักษณะต่างๆ ซึ่งเป็นผลร้ายต่อวงจรชีวิตของแมลงทำให้การเจริญเติบโต และพัฒนาการของแมลงลดลง (Horber, 1980; Salifu *et al.*, 1988) ความต้านทานต่อแมลงจะสมบูรณ์เมื่อแมลงไม่สามารถมีชีวิตรอดต่อไปได้ (กฤษฎา, 2528) โดยความต้านทานต่อแมลงอาจแสดงออกในลักษณะทางปริมาณ และความเสียหายของพืชจะแตกต่างกันตามระดับ และปริมาณการเข้าทำลายของแมลงในกรณีที่พืชมีแมลงเข้าทำลายเท่าๆ กัน หากพืชพันธุ์ใดถูกแมลงทำลายมาก แสดงว่ามีความต้านทานต่อแมลงน้อย

3. ทนทานต่อแมลง (tolerance) คือความต้านทานที่เกิดจากความสามารถของพืชที่จะเจริญเติบโต ขยายพันธุ์ เพิ่มผลผลิต หรือซ่อมแซมส่วนที่เสียหายจากการทำลายของแมลง ซึ่งพบในพืชหลายชนิด เช่น ข้าวที่ทนต่อหนอนกอสีครีม จะมีปฏิกิริยาชดเชยต่อการถูกทำลาย (Pathak, 1977 อ้างโดย ปริญญา, 2530) หรือ turnip ที่ถูกหนอนใยผัก (*Plutella maculipennis*) เข้ากัดกินใบ แต่เส้นใบยังคงอยู่ สามารถที่จะเจริญเติบโต และมีอายุยาวนานกว่าปกติ เพื่อชดเชยพื้นที่ใบที่เสียไป (ธีระ และวัชรินทร์, 2543) ซึ่งจากลักษณะความต้านทานแบบทนทานต่อแมลง จึงทำให้สามารถประเมินความต้านทานแมลงได้ โดยศึกษาจากส่วนของพืชที่ถูกทำลาย เปอร์เซ็นต์ความเสียหายของผลผลิต หรือระดับความรุนแรงที่เกิดขึ้น (Smith *et al.*, 1994) นอกจากนี้การศึกษาจำนวนประชากรของแมลงที่เข้าทำลายพืชในแต่ละสายพันธุ์ และตรวจวัดผลผลิต หรือเปอร์เซ็นต์ที่แมลงรอดตายก็เป็นส่วนหนึ่งของความต้านทานแบบทนทานต่อแมลง (Davis *et al.*, 1984)

5. การศึกษายีน และการปรับปรุงพันธุ์ถั่วฝักยาว และถั่วพุ่มให้ต้านทานเพลี้ยอ่อนถั่ว

จากการศึกษาความต้านทานต่อการเข้าทำลายของแมลงในพืช พบว่า สามารถถ่ายทอดทางพันธุกรรมได้ และอาจถูกควบคุมด้วยยีนตั้งแต่ 1 คู่, 2 คู่, 3 คู่ หรือ ยีนหลายๆ คู่ ยีนต้านทานอาจเป็นยีนเด่น หรือยีนด้อย และการแสดงออกของยีนอาจเป็นแบบบวก หรือแบบข่ม(บุญหงษ์, 2548) สำหรับการศึกษายีนที่เกี่ยวข้องกับเพลี้ยอ่อนถั่วในถั่วฝักยาว และถั่วพุ่ม International Institute of Tropical Agriculture (1982) รายงานว่าลักษณะต้านทานเพลี้ยอ่อนถั่วในถั่วพุ่มควบคุมด้วยยีนเด่นเพียง 1 คู่ สอดคล้องกับรายงานของ Pathak (1988) ที่รายงานว่ายีนต้านทานการเข้าทำลายของเพลี้ยอ่อนถั่วในถั่วพุ่มเป็นยีนคู่เดียว และกำหนดชื่อว่า *Rac 1* และ *Rac 2* ส่วน Githiri และคณะ (1996) ศึกษาการถ่ายทอดพันธุกรรมของการต้านทานเพลี้ยอ่อนถั่วในลูกผสมชั่วที่ 1 ลูกผสมชั่วที่ 2 ลูกผสมกลับไปยังพันธุ์พ่อ และลูกผสมกลับไปยังพันธุ์แม่ โดยผสมข้ามระหว่างถั่วพุ่มพันธุ์ต้านทานเพลี้ยอ่อนถั่ว 8 สายพันธุ์ คือพันธุ์ ICV10, ICV11, ICV12, IT82E – 25, TVU 310, IT87S – 1394, IT87S – 1459 และ IT84S – 2246 กับพันธุ์ TVU946 ซึ่งอ่อนแอต่อเพลี้ยอ่อนถั่ว พบว่า ยีนควบคุมการต้านทานเพลี้ยอ่อนถั่วมีเพียง 1 คู่ และเป็นยีนเด่น เนื่องจากอัตราส่วนของต้นต้านทานต่อต้นอ่อนแอในลูกผสมชั่วที่ 2 และ ลูกผสมกลับไปยังพันธุ์แม่ (อ่อนแอ) มีค่าเท่ากับ 3 : 1 และ 1 : 1 ตามลำดับ

6. การปรับปรุงพันธุ์พืชโดยวิธีการชักนำให้เกิดการกลายพันธุ์

ในสภาพธรรมชาติ การกลายพันธุ์สามารถเกิดได้ตลอดเวลา เรียกว่าการกลายพันธุ์ตามธรรมชาติ (spontaneous mutation) เป็นการเกิดอย่างช้าๆ ซึ่งสามารถเกิดได้กับทุกเซลล์และทุกระยะการเจริญเติบโต เป็นผลมาจากความผิดปกติในการแบ่งเซลล์ หรือถูกกระตุ้นจาก

สภาพแวดล้อมทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของหน่วยพันธุกรรม ถ้าการกลายพันธุ์เกิดขึ้นจากการกระทำของมนุษย์เรียกว่า การชักนำให้กลายพันธุ์ (induced mutation) ซึ่งสามารถทำได้โดยการใช้สิ่งก่อกลายพันธุ์ การกลายพันธุ์ที่เกิดจากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ และการกลายพันธุ์โดยวิธีการแทรก DNA การชักนำให้กลายพันธุ์โดยใช้สิ่งก่อกลายพันธุ์แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

1. สิ่งก่อกลายพันธุ์ทางเคมี (chemical mutagen) โดยใช้สารเคมีชนิดต่าง ๆ เช่น Ethyl methanesulphonate (EMS), Ethyleneimine (EI), Diethyl sulphate (DES) เป็นต้น
2. สิ่งก่อกลายพันธุ์ทางกายภาพ (physical mutagen) เป็นพวกรังสีต่าง ๆ ที่นิยมใช้ในปัจจุบัน ได้แก่ รังสีเอกซ์ รังสีแกมมา อนุภาคนิวตรอน และรังสีอัลตราไวโอเล็ต เป็นต้นในการฉายรังสีให้พืชสามารถทำได้ทุกส่วนขยายพันธุ์ เช่น เมล็ดพันธุ์ หัว ราก ไหล กิ่ง กิ่งตอน กิ่งปักชำ พืชทั้งต้น หรือเนื้อเยื่อที่เพาะเลี้ยง ซึ่งการนำส่วนใดมาฉายจะขึ้นกับชนิดของพืช วิธีการขยายพันธุ์และความสะดวกในการฉายรังสี

เมื่อเซลล์ได้รับรังสีต่าง ๆ เช่น รังสีเอกซ์ รังสีแกมมา หรืออนุภาคนิวตรอน รังสีจะถ่ายทอดพลังงานให้กับโมเลกุลต่าง ๆ ของเซลล์ โมเลกุลที่ได้รับพลังงานจะแตกตัวให้อิออน และอนุมูลอิสระ ทำให้มีการจัดเรียงตัวของโมเลกุลใหม่ (สิรินุช, 2540) การฉายรังสีแบ่งออกเป็น 2 วิธี คือ การฉายรังสีในอัตราสูงและใช้เวลาสั้น นิยมใช้กับเมล็ดพืช อีกวิธีคือการฉายรังสีแบบเรื้อรัง เหมาะกับการใช้กับชิ้นส่วนของพืชหรือพืชทั้งต้น (IAEA, 1977)

อัตราความเข้มข้นของรังสีที่ใช้กับพืช แต่ละชนิดมีความแตกต่างกัน เนื่องจากพืชแต่ละชนิดมีความไวต่อรังสี (radiosensitivity) แตกต่างกัน (ธีระ, 2525; สิรินุช, 2540) ในการฉายรังสีให้กับพืชจะยึดจากระดับรังสีที่เรียกว่า LD₅₀ (50% Lethal Dose หรือ Lethal Dose-50 หรือ Semi Lethal Dose) ของพืชที่นำมาฉายรังสี (IAEA, 1977) ในการศึกษา LD₅₀ จะมีการนำเมล็ดมาฉายรังสีในปริมาณต่าง ๆ กัน ตั้งแต่ปริมาณต่ำ จนถึงระดับสูงที่ทำให้เกิดการตาย 100 เปอร์เซ็นต์ ในรังสีแต่ละระดับใช้เมล็ดจำนวน 100-300 เมล็ด แล้วนำมาเพาะในกระบะดิน หลังจากเมล็ดงอกแล้วบันทึกความงอกและความสูงของพืชทำประมาณ 4 สัปดาห์ (สิรินุช, 2540; FAO/IAEA, 1979) ค่า LD₅₀ ในแต่ละพืชเป็นตัวกำหนดปริมาณรังสีที่ใช้ในการชักนำให้พืชกลายพันธุ์ ซึ่งแตกต่างกันไปตามชนิดของพืช เช่น เมล็ดถั่วเขียวพันธุ์อุทอง 1 มีค่า LD₅₀ ของปริมาณรังสีแกมมาที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 69.34 – 72.00 Krad (ธีระ, 2525) พืชตระกูลถั่วที่มีการศึกษาปริมาณรังสีที่เหมาะสมดังแสดงในตารางที่ 2 (สิรินุช, 2540)

ในปัจจุบันมีพืชหลายชนิดที่ประสบความสำเร็จในการชักนำให้เกิดการกลายพันธุ์ด้วยรังสี เช่น ข้าวพันธุ์ กข 15 ได้จากการฉายรังสีแกมมา 15 Krad ให้ข้าวขาวดอกมะลิ 105 (กรมวิชาการเกษตร, 2543) ข้าวพันธุ์ กข 6 ซึ่งเป็นข้าวเหนียว ได้จากการฉายรังสีแกมมา 20 Krad ให้กับข้าวขาวดอกมะลิ 105 (ผลิบ, 2545) กลุ่มไม้ดอกได้แก่ เบญจมาศ (สิรินุช, 2545) แพร่เชียงใหม่ (Wongpiyasatid and Hormchan, 2000) สำหรับพืชตระกูลถั่วมีการใช้รังสีแกมมาในการปรับปรุงพันธุ์อย่างกว้างขวาง เช่น การฉายรังสีแกมมาปริมาณ 150 Gy (15 Krad) ให้กับถั่วเหลืองพันธุ์