รายงานฉบับสมบูรณ์

โครงการวิจัย
การปรับปรุงพันธุ์ถั่วฝักยาวให้ต้านทาน ต่อการทำลายของแมลงศัตรู (ระยะที่ 3)

ภาควิชาพืชศาสตร์
คณะทรัพยากรธรรมชาติ
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
วิทยาเขตหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา
2554

รายงานฉบับสมบูรณ์

โครงการวิจัย
การปรับปรุงพันธุ์ถั่วฝักยาวให้ต้านทาน ต่อการทำลายของแมลงศัตรู (ระยะที่ 3)

โดย

รองศ่าสตราจารย์ ดร. จรัสศรี นวลศรี
รองศาสตราจารย์ ดร. ขวัญจิตร สันติประชา
รองศาสตราจารย์ ดร. อรัญ งามผ่องใส

คณะทรัพยากรธรรมชาติ
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
วิทยาเขตหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา
2554

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัย ‘การปรับปรุงพันธุ์ถั่วฝักยาวเพื่อให้ต้านทานการเข้าทำลายต่อแมลงศัตรู” เป็นโครงการที่ได้รับเงินอุดหนุนการวิจัยจากเงินงบประมาณแผ่นดินรวมระยะเวลา 3 ระยะเป็นเวลา 5 ปีคณะวิจัยได้ส่งรายงานฉบับสมบูรณ์ไปแล้ว 2 ฉบับ ฉบับนี้เป็นการเสนอผลงานวิจัยในระยะที่ 3 ช่วงระยะเวลา 1 ปี (ขอขยายเวลา 2 ปี เพราะเป็นงานต่อเนื่องจากระยะที่ 1และ 2) คณะผู้วิจัยขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ และมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ สำหรับการสนับสนุนการงบประมาณในการดำเนินโครงการ โครงการวิจัยยังเชื่อมโยงและส่งเสริมการผลิตบัณฑิตระดับปริญญาโทและปริญญาเอก โดยส่วนหนึ่งของโครงการวิจัยเป็นงานวิจัยเพื่อวิทยานิพนธ์ของนักศึกษาจำนวน 5 คน ระดับปริญญาเอก 2 คน และระดับปริญญาโท 3 คน ทุกคนเป็นส่วนสำคัญทำให้งานวิจัยดำเนินการด้วยดี คณะผู้วิจัยขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอขอบคุณภาควิชาพืชศาสตร์ ภาควิชาการจัดการศัตรูพืช ศูนย์ควบคุมศัตรูพืชโดยชีวินทรีย์ภาคใต้ สำหรับการสนับสนุนในเรื่องของสถานที่และอุปกรณ์ในการทำวิจัย ศูนย์วิจัยพืชผักเมืองร้อน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสนสำหรับเมล็ดพันธุ์ในการทดสอบ และขอขอบคุณดร. สรพงศ์ เบญจศรี สำหรับการทดสอบพันธุ์ในพื้นที่จังหวัดพัทลุง

คณะผู้วิจัย

พฤศจิกายน 2554

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	
สารบัญ	(ก)
บทคัดย่อ	(ข)
Abstract	(ค)
บทนำ	1
ตรวจเอกสาร	2
1. ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของถั่วฝักยาวและถั่วพุ่ม	2
2. แมลงศัตรูของถั่วฝักยาวและถั่วพุ่ม	4
3. กลไกการต้านทานแมลงของพืช	6
4. ลักษณะการต้านทานแมลงในพืช	7
5. การศึกษายีนและการปรับปรุงพันธุ์ถั่วฝักยาวและถั่วพุ่มให้ต้านทานเพลี้ยอ่อนถั่ว	8
6. การปรับปรุงพันธุ์พืชโดยวิธีชักนำให้เกิดการกลายพันธุ์	9
วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย	10
วิธีการดำเนินงานวิจัย	11
1. การปรับปรุงพันธุ์ถั่วฝักยาวเพื่อให้ต้านทานต่อการเข้าทำลายของแมลงโดยวิธีมาตรฐาน	11
2. การปรับปรุงพันธุ์ถั่วฝักยาวเพื่อให้ต้านทานต่อการเข้าทำลายของแมลงโดยการชักนำการกลายพันธุ์ด้วยรังสีแกมมา	15
ผลการทดลอง	16
วิจารณ์ผลการทดลอง	20
สรุปผลการทดลอง	22
เอกสารอ้างอิง	23
ภาคผนวก	29

การปรับปรุงพันธุ์ถั่วฝักยาวเพื่อให้ต้านทานต่อการทำลายของแมลงศัตรู

บทคัดย่อ

โครงการวิจัยการปรับปรุงพันธุ์ถั่วฝักยาวเพื่อให้ต้านทานต่อการเข้าทำลายของแมลง เป็นโครงการ 5 ปี แบ่งเป็น 3 ระยะ ประกอบด้วย 3 การทดลอง การทดลองที่ 1 การปรับปรุงพันธุ์โดยวิธีมาตรฐาน ในหัวข้อนี้รวมถึงการศึกษาพันธุกรรมการต้านทานเพลี้ยอ่อนถั่วในถั่วฝักยาวและถั่วพุ่ม 4 พันธุ์ (IT82E-16, สุรนารี 1, เขาหินซ้อน และ SR00-823) การทดลองที่ 2 ศึกษากลไกการต้านทานเพลี้ยอ่อนของถั่วฝักยาวและถั่วพุ่ม 4 สายพันธุ์ การทดลองที่ 3 การชักนำการกลายพันธุ์ในถั่วฝักยาวพันธุ์คัด-มอ. โดยใช้รังสีแกมมา รายงานฉบับนี้เป็นการรายงานผลการปฏิบัติการในระยะที่ 3 เป็นการทดสอบผลผลิตเบื้องต้นของพันธุ์ที่ผ่านการคัดเลือก ทั้งจากการปรับปรุงพันธุ์แบบมาตรฐานและการปรับปรุงพันธุ์โดยใช้รังสีแกมมาเป็นสิ่งก่อกลายพันธุ์ จากการทดสอบผลผลิตและลักษณะทางการเกษตรของพันธุ์ M54-1 และ M54-2 ที่คัดเลือกจากการฉายรังสีแกมมาให้กับเมล็ดถั่วฝักยาวพันธุ์คัดม.อ. โดยมีพันธุ์คัดม.อ. และพันธุ์สามชุกเป็นพันธุ์เปรียบเทียบ ทำการทดสอบในแปลงทดลองคณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ จังหวัดสงขลา และแปลงทดลอง มหาวิทยาลัยทักษิณ จังหวัดพัทลุง วางแผนการทดลองแบบ RCBD จำนวน 3 ซ้ำ ผลการทดลองในแปลงจังหวัดสงขลาไม่พบความแตกต่างทางสถิติของผลผลิต และลักษณะอื่นๆระหว่าง พันธุ์ M54-1 และ M54-2 กับพันธุ์เปรียบเทียบ ส่วนแปลงจังหวัดพัทลุง พันธุ์ M54-1 ให้ผลผลิตสูงกว่าพันธุ์อื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ พันธุ์ M54-2 ให้ผลผลิตใกล้เคียงกับพันธุ์คัดม.อ. สำหรับวิธีการปรับปรุงพันธุ์วิธีมาตรฐานจากการผสมข้ามระหว่างพันธุ์คัดม.อ. กับถั่วพุ่มพันธุ์ IT82E-16 และนำลูกผสมชั่วที่ 3 ผสมข้ามกับพันธุ์ VU 189 เพื่อเพิ่มคุณภาพฝัก คัดเลือกต่อโดยใช้วิธี Single seed descent 3 ชั่ว ตามด้วย Pedigree 2 ชั่ว จากการทดสอบผลผลิตเบื้องต้นของลูกผสมชั่วที่ 6 คัดเลือกพันธุ์ได้ 4 พันธุ์ ซึ่งต้องมีการทดสอบผลผลิตเปรียบเทียบในแต่ละพื้นที่อีกครั้ง

คำหลัก: ถั่วฝักยาว ถั่วพุ่ม การต้านทานแมลง เพลี้ยอ่อนถั่ว (*Aphis craccivora*) การกลายพันธุ์ รังสีแกมมา กลไกการต้านทานแมลง

Improvement of Yardlong Bean for Insect Resistance

Abstract

Improvement of yardlong bean for insect resistance was investigated for 5 years. The research project was divided into 3 phases with 3 experiments: First, conventional breeding for cowpea aphid (*Aphis craccivora* Koch) resistance, in this topic, an inheritance of cowpea aphid resistance in 4 varieties (IT82E-16, Suranaree 1, Kao-hinson and SR00-823) were included. Second, The mechanism of cowpea aphid resistance in 4 varieties of yardlong bean and cowpea was studied and third, induced mutation in yardlong bean cv. Selected-PSU by gamma ray were carried out. In this paper, we reported the research results from parts of experiment 1 and 3, including the selection and preliminary yield trials of selected lines from conventional and mutation breeding. From induced mutation program, two lines (M54-1 and M54-2) were selected from the preliminary yield trail. Regional trials were conducted at Songkhla and Patthalung provinces in February to June 2011. The experiments were arranged in RCBD (Randomized Complete Block design) with 3 replications, 20 plants /rep., selected-PSU and Samchook were added as check varieties. Data from the field in Songkhla indicated that no significant difference was found among all selected lines and check varieties. However, M54-1 produced higher yield than others in Pattalung field experiment. For conventional breeding program, Selected-PSU was crossed with IT82E-16 and selection started from F2. Because of the short pod and low quality of pod consumption, therefore selected F3 lines were crossed with VU 189 to improved pod quality and single seed descent selection was performed for 3 generations followed by pedigree selection for 2 generations until F6. Preliminary yield trail of F6 was carried out and 4 lines were selected. Regional trails will be conducted to evaluate their agronomic traits and yield.

Key words: yardlong bean, cowpea, insect resistance, cowpea aphid (*Aphis craccivora*) , mutation, gamma ray

บทนำ

ถั่วฝักยาวเป็นพืชผักที่สำคัญชนิดหนึ่งของประเทศไทย มีการบริโภคทั้งที่เป็นฝักสดและประกอบอาหาร เกษตรกรนิยมปลูกถั่วฝักยาวมากที่สุดในประเภทพืชผักตระกูลถั่ว เพราะปลูกง่าย เจริญเติบโตเร็ว อายุสั้น และความต้องการของตลาดมีค่อนข้างสูง อีกทั้งมีคุณค่าทางอาหารสูง ปัจจุบันมีพื้นที่ปลูกถั่วฝักยาวทั่วประเทศประมาณ 135,480 ไร่ (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2544) ปริมาณผลผลิตประมาณ 173,964 ตัน โดยจังหวัดที่มีพื้นที่ปลูกมากที่สุดคือ จังหวัดราชบุรี สำหรับในภาคใต้นั้นมีพื้นที่ปลูกถั่วฝักยาวทั้งสิ้น 31,319 ไร่ จังหวัดที่มีพื้นที่ปลูกมากที่สุดคือ จังหวัดนครศรีธรรมราช 7,556 ไร่ รองลงมาคือ จังหวัดสงขลา 4,480 ไร่ อย่างไรก็ตามการปลูกถั่วฝักยาวยังคงมีปัญหามากมาย เช่น ผลผลิตค่อนข้างต่ำ ปัญหาเรื่องโรคและแมลง ในภาคใต้แมลงที่พบมากในการปลูกถั่วฝักยาวคือเพลี้ยอ่อน และหนอนเจาะฝักถั่ว แมลงเหล่านี้มีผลต่อการเจริญเติบโตของต้นและผลผลิตถั่วฝักยาวเป็นอย่างมาก ทำให้เกษตรกรต้องใช้สารเคมีในการป้องกันกำจัดตลอดฤดูปลูก ส่งผลกระทบโดยตรงต่อผู้บริโภคเนื่องจากการตกค้างของสารเคมี ในปัจจุบันยังไม่สามารถหาพันธุ์ถั่วฝักยาว ที่ต้านทานต่อแมลงสำคัญเหล่านี้ได้ การปรับปรุงพันธุ์โดยวิธีมาตรฐานหรือการชักนำการกลายพันธุ์ เพื่อวัตถุประสงค์ดังกล่าวจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่ง

โครงการวิจัยการปรับปรุงพันธุ์ถั่วฝักยาวเพื่อให้ต้านทานต่อการเข้าทำลายของแมลงศัตรู มีแผนการดำเนินงานระยะเวลา 5 ปี โดยแบ่งงานวิจัยเป็น 3 phase แบ่งงานทดลองเป็น 3 หัวข้อ คือ1) การปรับปรุงพันธุ์ถั่วฝักยาวให้ต้านทานเพลี้ยอ่อนโดยวิธีมาตรฐาน ส่วนนี้รวมการศึกษาการถ่ายทอดทางพันธุกรรมของการต้านทานเพลี้ยอ่อนในถั่วฝักยาวและถั่วพุ่มด้วย 2) การศึกษากลไกการต้านทานเพลี้ยอ่อนถั่วในถั่วพุ่มและถั่วฝักยาว 4 สายพันธุ์ และ 3) การปรับปรุงพันธุ์ถั่วฝักยาวให้ต้านทานเพลี้ยอ่อนโดยวิธีการชักนำให้เกิดการกลายพันธุ์จากรังสีแกมมา ในรายงานฉบับสมบูรณ์ phase ที่ 1-2 ได้รายงานการศึกษาการถ่ายทอดทางพันธุกรรมของการต้านทานเพลี้ยอ่อนในถั่วฝักยาวและถั่วพุ่ม การศึกษากลไกการต้านทานเพลี้ยอ่อนถั่วในถั่วพุ่มและถั่วฝักยาว 4 สายพันธุ์ ครบสมบูรณ์แล้ว รวมทั้งบางส่วนของการปรับปรุงพันธุ์โดยวิธีมาตรฐานและการชักนำการกลายพันธุ์ ดังนั้นในรายงานฉบับสมบูรณ์ phase 3 จึงประกอบด้วยผลงานวิจัยต่อเนื่องของการปรับปรุงพันธุ์โดยวิธีมาตรฐานและการชักนำการกลายพันธุ์ส่วนที่เหลือ

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 catjung* [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 และลักษณะต่างๆ

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของถั่วฝักยาว พบว่า รากเป็นระบบรากแก้วยาวประมาณ 90 – 120 เซนติเมตร (สมภพ, 2537) ลำต้นเป็นเถาเลื้อย (indeterminate) พันตามค้างในทิศทวนเข็มนาฬิกามีความสูงประมาณ 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 เกสรเพศผู้เป็นแบบไดอเดลฟัสสตาเมน (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) การจัดระเบียบของดอกเป็นแบบไม่สมมาตรรัศมี 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 ราก เป็นระบบรากแก้ว (taproot system) ลึก 30 – 90 เซนติเมตร ในประเทศอูกันดา 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 เมื่อเจริญเติบโตเต็มที่จะออกดอกตามมุมใบ 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 ผนังลำตัวอ่อนนุ่ม การเจริญเติบโตเป็นแบบ gradual metamorphosis หรือ paurometabolous คือตัวเต็มวัยจะออกลูกเป็นตัว (viviparity) (Nielson and Lehman, 1980; Dixon, 1987a) สำหรับประเทศไทยและประเทศแถบเขตร้อน พบเฉพาะเพลี้ยอ่อนถั่วเพศเมีย ซึ่งมีทั้งเพลี้ยอ่อนถั่วชนิดมีปีก และเพลี้ยอ่อนถั่วชนิดไม่มีปีก (จารุวรรณ, 2529) เพลี้ยอ่อนถั่วสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ และออกลูกเป็นตัว (Dixon, 1987b) เพลี้ยอ่อนเพศเมียหนึ่งตัวสามารถให้ลูกได้ประมาณ 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 เพราะมีฝนและแมลงศัตรูธรรมชาติ เช่น ตัวห้ำ และ ตัวเบียน เป็นตัวควบคุม แต่หากฝนทิ้งช่วง หรือเข้าสู่ฤดูแล้งที่มีอากาศร้อน ไม่มีฝน หรือไม่มีแมลงศัตรูธรรมชาติควบคุม เพลี้ยอ่อนถั่วจะระบาด และสร้างความเสียหายให้กับพืชปลูกเป็นอย่างมาก เพราะเพลี้ยอ่อนถั่วมีน้ำย่อยช่วยในการย่อยผนังเซลล์ ทำให้สามารถดูดกินน้ำเลี้ยง และทำลายพืชปลูกได้ง่าย นอกจากนี้เพลี้ยอ่อนถั่วสามารถแพร่กระจายได้ง่าย และรวดเร็ว (Ibbotson and Kennedy, 1950) โดยในระยะตัวอ่อน หรือตัวเต็มวัยที่ไม่มีปีกเพลี้ยอ่อนถั่วจะเคลื่อนย้ายโดยเดินจากพืชต้นหนึ่งไปสู่พืชอีกต้นหนึ่ง หรืออาศัยมดเป็นพาหะในการเคลื่อนย้าย (Powell and Hardie, 2000; Ferry *et al.*, 2004) ส่วนเพลี้ยอ่อนถั่วชนิดมีปีก การเคลื่อนย้ายส่วนใหญ่จะบินจากพืชต้นหนึ่งไปสู่พืชอีกต้นหนึ่ง 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 เพลี้ยอ่อนถั่วเพศเมียมีความสามารถในการเคลื่อนย้ายเพื่อหาอาหาร และถ่ายทอดเชื้อไวรัสมากกว่าเพลี้ยอ่อนถั่วเพศผู้ เพราะเพลี้ยอ่อนถั่วเพศเมียต้องการอาหารเพื่อดำรงชีวิต และสืบพันธุ์มากกว่า จึงจำเป็นต้องมีการเคลื่อนย้ายหาแหล่งอาหารอยู่เสมอ (Nault and Ammar, 1989)

4. สภาพแวดล้อม นับว่าเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อการเข้าทำลายของเพลี้ยอ่อนถั่ว เช่น สภาวะอากาศเปลี่ยนแปลง หรือท้องฟ้ามีเมฆมาก ทำให้เพลี้ยอ่อนถั่วไม่เคลื่อนย้าย หรือเคลื่อนย้ายได้น้อย อย่างไรก็ตามหากสภาพแวดล้อมเหมาะสม คือ มีแสงแดด และสภาพความชื้นต่ำ เพลี้ยอ่อนถั่วจะสามารถเคลื่อนได้ และหาอาหารได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Ibbotson and Kennedy, 1950; Robert, 1987)

การศึกษาพฤติกรรมการแสดงออก และความชอบของเพลี้ยอ่อนถั่วเป็นขั้นตอนที่มีความสำคัญ เพื่ออธิบายกลไกการเข้าทำลายของเพลี้ยอ่อนถั่ว Van Emden (1974) อ้างโดย Powell และคณะ (2006) ศึกษาพฤติกรรมการดูดกินน้ำเลี้ยงของเพลี้ยอ่อนถั่วฟาบา (*Aphis fabae*) พบว่า เพลี้ยอ่อนถั่วมีขั้นตอนการเข้าทำลายพืช 6 ขั้นตอน คือ

1. การบินเพื่อเกาะพืชอาหาร ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนแรกของการแสดงออกทางพฤติกรรม โดยเพลี้ยอ่อนถั่วจะบินวนไปมาเพื่อหาพืชอาหารตามแหล่งต่างๆ หากพบพืชอาหาร หรือคิดว่าเป็นพืชอาหารก็บินลงเกาะพืชชนิดนั้น

2. การสัมผัสพืช และตรวจสอบพืชอาหารบริเวณผิวใบ เพลี้ยอ่อนถั่วจะสัมผัสกับพืชอาหารและตรวจสอบโครงสร้างเซลล์บริเวณผิวของพืช

3. การใช้ปากทดสอบพืชอาหาร เพลี้ยอ่อนใช้สไตเลท (stylets) แทงผิวใบอย่างรวดเร็วเพื่อตรวจสอบหาช่องว่างระหว่างเซลล์พืช

4. เมื่อใช้สไตเลทแทงเข้าสู่เนื้อเยื่อพืช หากเพลี้ยอ่อนถั่วแน่ใจว่าเป็นพืชอาหาร และสามารถใช้ประโยชน์ได้ ก็จะใช้สไตเลทปักบริเวณช่องว่างระหว่างเซลล์พืชนั้น

5. การย่อยเนื้อเยื่อพืช เพลี้ยอ่อนผลิตน้ำย่อย ที่มีส่วนประกอบของเอนไซม์โปรตีเนส และปล่อยออกมาทางสไตเลท เพื่อย่อยเซลล์พืชทำให้สะดวกแก่การดูดกิน

6. เพลี้ยอ่อนถั่วดูดน้ำเลี้ยงจากพืช โดยขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนสุดท้ายซึ่งเพลี้ยอ่อนถั่วจะดูดน้ำเลี้ยงจากพืชผ่านทางสไตเลท

3. กลไกการต้านทานแมลงของพืช

พืช และแมลงศัตรูพืชเป็นสิ่งมีชีวิตที่มีปฏิสัมพันธ์ร่วมกันตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน จากการสังเกตวิวัฒนาการ 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; พัชนี, 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 เป็นกลไกขั้นสูงของพืชที่มีการผลิตสารเคมีขึ้นมาเพื่อกำจัด หรือยับยั้งแมลงศัตรูพืช มี 2 ขั้นตอน คือ primary metabolites และ secondary metabolites โดย primary metabolites เป็นกระบวนการที่พืชสร้างฮอร์โมน คาร์โบไฮเดรต ไขมัน โปรตีน และสารประกอบฟอสฟอรัส (พัชนี, 2545) เพื่อใช้ในการเจริญเติบโต และการขยายพันธุ์ ซึ่งสารที่สร้างขึ้นมีผลทำให้แมลงไม่ชอบพืชนั้น (Panda and Khush, 1995) ส่วน secondary metabolites ถูกสร้างขึ้นในกรณีที่พืชได้รับการกระตุ้นจากแมลง หรือมีแมลงเข้าทำลายพืช และไม่สามารถป้องกันได้ด้วยขั้นตอนแรก โดยพืชจะมีการสร้างสารที่มีความหลากหลายเพิ่มมากขึ้น สารแต่ละชนิดมีคุณสมบัติที่แตกต่างกัน เช่น สารฆ่าแมลงศัตรู สารควบคุมการเจริญเติบโตของแมลง (insect growth regulators) สารยับยั้งการกิน (antifeedant) สารยับยั้งเอนไซม์โปรติเนส (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 หลีกเลี่ยง (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 ธีระ และวัชรินทร์ (2543) อธิบายเพิ่มเติมว่าแมลงไม่ชอบ เป็นกลไกชนิดหนึ่งที่พืชใช้ในการหลบหลีกจากแมลงศัตรู ซึ่งมีหลายรูปแบบ ได้แก่

(1) อายุของพืช เป็นปัจจัยหนึ่งในการแสดงออกของแมลงในการไม่ชอบ เช่น ฝ้ายที่มีอายุแก่กว่าจะถูกด้วงงวงเจาะสมอฝ้ายเข้าทำลายน้อยกว่าฝ้ายที่มีอายุน้อยกว่า

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

(3) สารเคมีในตัวพืช เป็นสิ่งที่พืชผลิตขึ้นมาทำให้แมลงไม่ชอบ เช่น ด้วงงวงเจาะสมอฝ้ายไม่ทำลายฝ้ายที่มีกลิ่น (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) ฝ้ายดอกสีแดงต้านทานต่อด้วงงวงเจาะสมอฝ้าย (boll weevil, *Anthonomus grandis*) ดีกว่าฝ้ายดอกสีขาว (ไพศาล, 2527)

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

3. ทนทานต่อแมลง (tolerance) คือความต้านทานที่เกิดจากความสามารถของพืชที่จะเจริญเติบโต ขยายพันธุ์ เพิ่มผลผลิต หรือซ่อมแซมส่วนที่เสียหายจากการทำลายของแมลง ซึ่งพบในพืชหลายชนิด เช่น ข้าวที่ทนต่อหนอนกอสีครีม จะมีปฏิกิริยาชดเชยต่อการถูกทำลาย (Pathak, 1977 อ้างโดย ปริญญา, 2530) หรือ turnip ที่ถูกหนอนใยผัก (*Plutella macolipenis*) 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) สำหรับการศึกษายีนที่เกี่ยวกับเพลี้ยอ่อนถั่วในถั่วฝักยาว 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) เป็นพวกรังสีต่างๆ ที่นิยมใช้ในปัจจุบัน ได้แก่ รังสีเอกซ์ รังสีแกมมา อนุภาคนิวตรอน และรังสีอัลตราไวโอเลต เป็นต้นในการฉายรังสีให้พืชสามารถทำได้ทุกส่วนขยายพันธุ์ เช่น เมล็ดพันธุ์ หัว ราก ไหล กิ่ง กิ่งตอน กิ่งปักชำ พืชทั้งต้น หรือเนื้อเยื่อที่เพาะเลี้ยง ซึ่งการนำส่วนใดมาใช้จะขึ้นกับชนิดของพืช วิธีการขยายพันธุ์และความสะดวกในการฉายรังสี

เมื่อเซลล์ได้รับรังสีต่าง ๆ เช่น รังสีเอ็กซ์ รังสีแกมมา หรืออนุภาคนิวตรอน รังสีจะถ่ายทอดพลังงานให้กับโมเลกุลต่าง ๆ ของเซลล์ โมเลกุลที่ได้รับพลังงานจะแตกตัวให้ไอออน และอนุมูลอิสระ ทำให้มีการจัดเรียงตัวของโมเลกุลใหม่ (สิรนุช, 2540) การฉายรังสีแบ่งออกเป็น 2 วิธี คือ การฉายรังสีในอัตราสูงและใช้เวลาสั้น นิยมใช้กับเมล็ดพืช อีกวิธีคือการฉายรังสีแบบเรื้อรัง เหมาะกับการใช้กับชิ้นส่วนของพืชหรือพืชทั้งต้น (IAEA, 1977)

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

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

สจ. 4 ทำให้ได้พันธุ์ดอยคำ ที่มีลักษณะต้านทานโรคราสนิม และการฉายรังสีแกมมาปริมาณ 10 Krad ให้กับพันธุ์เชียงใหม่ 60 ทำให้ได้สายพันธุ์ CM60-10kr-71 ที่มีลักษณะต้านทานโรคราสนิม และให้ผลผลิตสูงกว่าเดิม (สมศักดิ์ และมณฑา, 2544) เป็นต้น Wongpiyasatid และคณะ (1998) ฉายรังสีให้กับเมล็ดถั่วเหลืองพันธุ์วากาชิมาที่มีดอกสีขาวพบว่าต้นถั่วเหลืองให้ดอกสีม่วง 7% ของต้นที่ปลูกทั้งหมด สิรนุชและคณะ (2526) ฉายรังสีปริมาณ 500 เกรย์ให้กับเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวและปลูกจนถึงรุ่นที่ 5 พบว่าพันธุ์ที่ได้มีการติดดอกเร็วขึ้น มีบางสายพันธุ์ต้านทานต่อโรคราแป้ง และบางสายพันธุ์ต้านทานต่อโรคใบจุดจากเชื้อ *Cercospora*

วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1. เพื่อปรับปรุงพันธุ์ถั่วฝักยาวให้สามารถต้านทานต่อการเข้าทำลายของแมลงสำคัญ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเพลี้ยอ่อน และให้ผลผลิตในระดับที่น่าพอใจ ลดการใช้สารกำจัดแมลง
2. เพื่อชักนำการกลายพันธุ์ในถั่วฝักยาว สำหรับการคัดเลือกพันธุ์ที่ต้านทานต่อการทำลายของแมลงศัตรู รวมทั้งเป็นแหล่งความแปรปรวนทางพันธุกรรมสำหรับการปรับปรุงพันธุ์ถั่วฝักยาวในอนาคต
3. ศึกษากลไกการต้านทาน และการถ่ายทอดทางพันธุกรรมของลักษณะต้านทานเพลี้ยอ่อนในถั่วฝักยาวและถั่วพุ่ม

วิธีการดำเนินงานและผลการวิจัย

แผนการดำเนินงานทั้งโครงการ (3 ระยะ)

โครงการปรับปรุงพันธุ์ถั่วฝักยาวเพื่อต้านทานต่อการเข้าทำลายของแมลงศัตรู

1. การปรับปรุงพันธุ์โดยวิธีมาตรฐาน

1.1) รวบรวมพันธุ์ถั่วฝักยาวและถั่วพุ่ม *
1.2) ปลูกทดสอบเพื่อประเมินพันธุ์/ใช้เครื่องหมาย * โมเลกุล
1.3) ทดสอบความต้านทานเพลี้ยอ่อนในแปลงและในโรงเรือนตาข่าย *
1.4) การศึกษากลไกการต้านทานเพลี้ยอ่อนในถั่วฝักยาวและถั่วพุ่ม4 สายพันธุ์ **
1.5) การถ่ายทอดพันธุกรรมของลักษณะต้านทานเพลี้ยอ่อนถั่วในพันธุ์พ่อ แม่ **
1.6) ผสมข้ามระหว่างพันธุ์คัดม.อ. กับพันธุ์ต้านทาน *
1.7) ปรับปรุงคุณภาพฝักโดยการคัดเลือก F3 ผสมกับ VU189
1.8) คัดเลือกพันธุ์โดยวิธีเก็บหนึ่งเมล็ดต่อต้นอีก 3 ชั่วตามด้วยแบบบันทึกประวัติจนถึงชั่วที่ 6
1.9) ทดสอบพันธุ์

2. การปรับปรุงพันธุ์โดยการชักนำการกลาย

2.1) ทดสอบหา LD 50 *
2.2) ฉายรังสีให้กับเมล็ดที่ปริมาณต่างๆ กัน *
2.3) ปลูกในแปลงและทำการคัดเลือกจากต้น M1 **
2.4) คัดเลือกรายต้นจากชั่ว M1-M8 **
2.5) ทดสอบพันธุ์

หมายเหตุ * รายงานผลการดำเนินงานแล้วในรายงานฉบับสมบูรณ์ 1
** รายงานผลการดำเนินงานแล้วในรายงานฉบับสมบูรณ์ 2

วิธีการดำเนินงาน

1. การปรับปรุงพันธุ์ถั่วฝักยาวเพื่อให้ต้านทานต่อการเข้าทำลายของแมลงโดยวิธีมาตรฐาน

หลังจากได้ข้อมูลการศึกษายีนที่เกี่ยวข้องกับการต้านทานเพลี้ยอ่อน จึงเลือกปรับปรุงพันธุ์เฉพาะในคู่ผสมระหว่าง พันธุ์คัด ม.อ และ IT82E-16 เนื่องจาก IT82E-16 แสดงความต้านทานสูงที่สุด และแนวโน้มของยีนที่ควบคุมลักษณะต้านทานเพลี้ยอ่อนในพันธุ์นี้จะเป็นยีนคู่เดียวและเป็นยีนเด่น ปลูก F2 ของคู่ผสม พันธุ์คัด ม.อ x IT82E-16 จนกระทั่งติดฝัก ซึ่งพบว่าฝักจะค่อนข้างสั้น และเนื้อฝักแข็งค่อนไปทางลักษณะพันธุ์ IT82E-16 จึงเลือกเก็บเมล็ดจากต้น F2 เพื่อปลูกเป็นต้น F3 และทำการผสมข้ามกับพันธุ์ VU189 ที่มีคุณสมบัติดีกว่าพันธุ์คัดม.อ. คือต้นแข็งแรง จำนวนฝัก/ต้นมาก คุณภาพฝักดี หลังจากได้เมล็ดจากคู่ผสมดังกล่าว (F3 PSU x IT82E-

16 x VU189: F1) จึงเก็บเมล็ดและนำไปปลูกเพื่อการคัดเลือก โดยปลูกเป็นแถวๆละ 20 ต้น รวม 6 แถว หลังจากนั้นจึงเก็บข้อมูลเบื้องต้นคือ ความยาวฝัก สีฝัก การเจริญเติบโต ลักษณะเนื้อ และรสชาติ สำหรับรสชาติใช้วิธีชิมฝักและให้คะแนนความชอบ โดยใช้ผู้ทดสอบเป็นนักศึกษาจำนวน 5 คนและให้เป็นคะแนน เมื่อคัดเลือกได้แล้ว หลังจากคัดเลือกแบบหนึ่งเมล็ดต่อต้นในชั่ว 2-4 ตามด้วยการคัดเลือกรายต้นใน ชั่วที่ 5 (F5) และทดสอบผลผลิตเบื้องต้นในชั่วที่ 6 (F6)

ผลการทดลอง

จากผลการคัดเลือกโดยอาศัยคุณภาพฝักเป็นหลัก มีต้นที่ผ่านการคัดเลือก 12 ต้นโดยมีความยาวฝักอยู่ระหว่าง 28-30 เซนติเมตร สีฝักมีทั้งเขียวเข้ม และเขียวอ่อน การเจริญส่วนใหญ่เป็นแบบ semi-indeterminate ซึ่งเป็นลักษณะกึ่งกลางระหว่างพ่อและแม่ รสชาติดี (ตารางที่ 1) หลังจากนั้นเก็บเมล็ดจากแต่ละต้น ปลูกและคัดเลือกแบบ 1 เมล็ดต่อต้น ในชั่ว F 2-4 ในชั่วที่ 5 (F5) ปลูกและคัดเลือกโดยพิจารณาจากการเข้าทำลายของเพลี้ยอ่อน และลักษณะองค์ประกอบผลผลิตและลักษณะสำคัญต่างๆของถั่วฝักยาว เช่น วันออกดอก ความยาวฝัก น้ำหนักฝัก จำนวนฝัก/ต้น และผลผลิต มีต้นที่ผ่านการคัดเลือกคือ B1-4, G4-1, G4-4, G10-2, E1-11, F5-9 (ตารางที่ 2) และเมื่อนำมาปลูกทดสอบเป็นต้น/แถว ทำการคัดเลือกอีกครั้งในแต่ละแถว เนื่องจากลักษณะต่างๆ ยังมีความแปรปรวนอยู่ จึงคัดเลือกและเก็บเมล็ดแยกต้น และนำมาปลูกทดสอบโดยใช้แผนการทดลองแบบ RCBD จำนวน 3 ซ้ำๆ ละ 20 ต้น ผลดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 1 ลักษณะต่างๆของลูกผสมระหว่างลูกผสมชั่วที่ 2 ของ คู่ผสม (พันธุ์คัดม.อ. x IT82E16) x VU189 ที่ทำการคัดเลือก

ต้นลูกผสม	ความยาวฝัก (cm.)	สีฝัก	รสชาติ	การเจริญเติบโต
A1	50	LG	*	Semi-indeterminate
A7	32	LG	***	Semi-indeterminate
B1(เดิม B7)	32	LG	**	Semi-indeterminate
C11	30.5	DG	**	Semi-indeterminate
G1 (เดิม D1)	28	DG	***	Semi-indeterminate
G4 (เดิม D4)	29.5	DG	***	Semi-indeterminate
G10 (เดิม D10)	31	DG	**	Semi-indeterminate
G14(เดิม D14)	37.5	DG	**	Semi-indeterminate
E1	41	DG	***	Semi-indeterminate
E3	31	LG	***	Semi-indeterminate

ต้นลูกผสม	ความยาวฝัก (cm.)	สีฝัก	รสชาติ	การเจริญเติบโต
E14	31	DG	-	Semi-indeterminate
F1	32.5	LG	-	Semi-indeterminate
F2	29.5	LG	***	Semi-indeterminate
F5 (เดิม F7)	35.5	LG	***	Semi-indeterminate
F10	36.5	LG	***	Semi-indeterminate

หมายเหตุ LG-light green DG- dark green

* poor ** fine *** good

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบลักษณะต่างๆ ของถั่วฝักยาว6 สายพันธุ์ที่ผ่านการคัดเลือกในชั่วที่ 5

Lines	Days to flowering	Pod weight	Pod length	100 seed weight	Pod yield	Aphid damages*
B1-4	46	14.74	32.42	14.97	331.21	+
G4-1	38	19.16	37.66	15.96	585.72	+
G4-4	42	18.16	34.76	14.16	562.23	+
G10-2	44	18.22	36.22	12.85	511.62	+
E1-11	43	18.71	36.35	14.16	295.62	++
F5-9	39	10.62	28.77	15.52	193.92	+++

หมายเหตุ * + low +++ high

ตารางที่ 3 เปรียบเทียบลักษณะต่างๆ ของถั่วฝักยาว 10 สายพันธุ์ที่ผ่านการคัดเลือกในชั่วที่ 6

Varieties	Days to flowering	Pod length (cm.)	Pod weight (cm.)	No. of pod/plant	Pod yield (g/plant)	Aphid damages
1. B1-4-2	55.00 ab	34.52 a	14.61 ab	53.40 a	765.10 a	+
2 .B1-4-4	46.60 d	36.30 a	13.12 abc	35.40 a	449.50 bcd	+++
3. B1-4-10	53.00 abc	32.80 ab	16.42 a	46.00 a	768.30 a	+
4 .G4-4-1	50.60 bcd	34.40 a	13.85 ab	47.40 a	663.80 ab	+
5 .G4-4-6	57.20 a	38.00 a	15.61 ab	52.80 a	830.30 a	+
6. G4-4-7	53.20 abc	32.70 ab	10.22 c	38.20 a	374.50 cd	+++
7. G4-1-10	50.40 bcd	35.80 a	12.96 bc	44.60 a	575.30 abc	+
8. G4-1-12	50.80 bcd	32.90 ab	12.35 bc	37.60 a	470.40 bcd	++
9 .G10-2-1	48.50 cd	34.30 a	15.52 ab	17.80 b	274.50 d	++
10. F5-9-14	52.60 abc	28.00 b	10.40 c	39.90 a	412.90 bcd	++
F-test	*	*	*	*	*	
C.V. (%)	7.93	11.68	17.35	30.42	33.24	

หมายเหตุ * significant difference at 0.05 level

จากตารางที่ 3 เมื่อพิจารณาจากการทนทานต่อการเข้าทำลายของเพลี้ยอ่อน ซึ่งในที่นี้เป็นการปล่อยให้เพลี้ยอ่อนเข้าทำลายตามธรรมชาติ และให้คะแนนการทนทานต่อการเข้าทำลาย พบว่ามี 4 สายพันธุ์ที่มีลักษณะดังกล่าว และให้ผลผลิตค่อนข้างดี ถึงแม้ความยาวของฝักจะไม่ยาวมาก เท่ากับพันธุ์คัดม.อ. ซึ่งใช้เป็นต้นแม่ในการปรับปรุง 4 พันธุ์ที่คัดเลือกไว้คือ B1-4-2 B1-4-10 G4-4-1 และ G4-4-6

คำชี้แจง

ตามแผนเดิมโครงการใน phases นี้ต้องทำการทดสอบผลผลิตของพันธุ์ที่ผ่านการคัดเลือกอย่างน้อย 2 สถานที่เพื่อดูปฏิกิริยาสัมพันธ์ ของพันธุ์กับสภาพแวดล้อม แต่โครงการมีความจำเป็นต้องหยุดโครงการไว้เพียงแค่นี้ เนื่องจากไม่ได้รับอนุญาตให้ขยายเวลาต่อไปได้อีก เหตุที่ก่อนหน้านี้โครงการได้ขอขยายเวลา เนื่องจาก ในการปลูกเพื่อคัดเลือกพันธุ์ในแต่ละฤดูที่ผ่านมาพบอุปสรรค เรื่องสภาพลมฟ้าอากาศที่แปรปรวนมาก เช่นฝนตกหนัก เมื่อปลูกไปแล้ว ต้น

เจริญเติบโตไม่ดี ต้นล้มขณะเริ่มเก็บผลผลิต การเข้าทำลายของเชื้อรากับฝักแก่ที่ต้องการเก็บเมล็ด ทำให้ไม่สามารถเก็บเมล็ดได้เพียงพอกับความต้องการ จึงต้องปลูกซ้ำหลายครั้ง ซึ่งมีผลกระทบกับระยะเวลาของโครงการวิจัย อย่างไรก็ตาม คณะผู้วิจัยคงต้องทำการทดสอบพันธุ์ต่อ แม้ตัวโครงการจะสิ้นสุดไปแล้วก็ตาม เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ที่วางไว้ในตอนต้น

2. การปรับปรุงพันธุ์ถั่วฝักยาวเพื่อให้ต้านทานต่อการเข้าทำลายของแมลงโดยการชักนำการกลายพันธุ์ด้วยรังสีแกมมา

<u>วิธีการ</u>

ฉายรังสีแกมมาให้กับเมล็ดถั่วฝักยาวพันธุ์คัด – ม.อ. โดยเครื่องฉายรังสีแกมมาที่มี Co-60 เป็นแหล่งกำเนิดรังสี รุ่น Theratron Phoenix [Co – 60] โดยใช้อัตราการปลดปล่อยรังสี 648.5 rad/นาที ณ ภาควิชารังสีวิทยา คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ปริมาณรังสีที่ใช้ คือ 25 35 45 50 และ 0 Krad (ชุดควบคุม) โดยฉายรังสีระดับละ 1,000 เมล็ด และดำเนินการดังนี้

เมล็ดถั่วฝักยาวพันธุ์คัดม.อ*.

↓ ฉายรังสีแกมมา

ปริมาณรังสี 25 35 45 50 Krad เปรียบกับชุดควบคุม (ไม่ฉายรังสี)*

↓

ปลูกเปรียบเทียบ(ระดับรังสีละ 200 เมล็ด) หลังจากเพาะเมล็ดเป็นเวลา 7 วัน หาค่า LD50*

↓

ฉายรังสีกับเมล็ดถั่วฝักยาวพันธุ์คัดม.อ*.

ปริมาณรังสี 45 50 Krad

↓

ปลูกเมล็ด M1 ระดับละ 200 เมล็ด*

↓

เก็บ 1 ฝักจากทุกต้นได้เมล็ด M2*

↓

ปลูกต้น M2-M4 แบบต้นต่อแถว (10 ต้น/ แถว) คัดเลือกต้นที่เพลี้ยอ่อนเข้าทำลายน้อย*

↓

จากต้น M5 คัดเลือกได้ 15 สายต้น*

↓

จากต้นM6 คัดเลือกได้ 7 สายต้น*

↓

จากต้นM7 คัดเลือกได้ 3 สายต้น (พันธุ์)*

↓

ปลูกทดสอบผลผลิต 3 พันธุ์เปรียบเทียบกับพันธุ์คัดม.อ. และพันธุ์สามชุก*

↓

คัดเลือกเหลือ 2 พันธุ์ ปลูกทดสอบ 2 สถานที่ คือแปลงทดลองมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ จ. สงขลาและ และแปลงทดลองมหาวิทยาลัยทักษิณ จ.พัทลุง

หมายเหตุ * รายงานผลแล้วในรายงานฉบับสมบูรณ์ Phase 1 และ 2

รายละเอียดการดำเนินงานใน phase 3

จากผลการทดลองในการปลูกเปรียบเทียบพันธุ์ทั้ง 3 พันธุ์กับพันธุ์คัด ม.อ. และพันธุ์สามชุก เนื่องจากมีการปะปนของเมล็ดพันธุ์ที่เก็บเกี่ยวในกลุ่มต้นพันธุ์ PSU50-xxx-013 จึงจำเป็นต้องคัดออก เหลือเพียง 2 พันธุ์ที่จะนำไปปลูกทดสอบเปรียบเทียบใน2 สถานที่คือ แปลงทดลอง คณะทรัพยากรธรรมชาติ และแปลงทดลอง มหาวิทยาลัยทักษิณ จังหวัดพัทลุงคือพันธุ์ M54-1 (PSU50-xxx- 005) และ M54-2 (PSU50 -xxx-001) โดยวางแผนการทดลองแบบ RCBD จำนวน 3 ซ้ำ ๆละ 2 แปลงย่อย ขนาดแปลงย่อย 5 x 1 เมตร แปลงละ 20 ต้น ใช้ระยะปลูกต่อต้น 50 เซนติเมตร และระยะระหว่างแถว 50 เซนติเมตร และในการปลูกทดสอบฤดูนี้มีการปล่อยให้มีการเข้าทำลายของเพลี้ยอ่อน และแมลงศัตรูอย่างอิสระ และทำการเก็บเกี่ยวต้นที่สามารถให้ผลผลิตได้ทุกต้น บันทึกลักษณะดังต่อไปนี้

- วันออกดอก (วันดอกแรกบาน)
- น้ำหนักฝัก
- ความยาวฝัก
- จำนวนต้นต่อฝัก
- ผลผลิต/ต้น
- การต้านทานเพลี้ยอ่อน

ผลการทดลอง

1. การทดลองในแปลงปลูกจังหวัดสงขลา ให้ผลดังนี้

ระยะเวลาในการออกดอก

ในการปลูกทดสอบถั่วฝักยาวจำนวน 2 พันธุ์ที่ได้จากการคัดเลือกคือ M54-1, M54-2 เปรียบเทียบกับพันธุ์คัด – มอ. (ชุดควบคุม 1) และพันธุ์สามชุก (ชุดควบคุม 2) พบว่าค่าเฉลี่ยระยะเวลาในการออกดอกมีค่าใกล้เคียงกันมาก และไม่มีความแตกต่างทางสถิติคือ 57วัน ในพันธุ์

สามชุก 58 วันในพันธุ์ M54-1 และ 58.67 วันในพันธุ์ M54-2 ในขณะที่พันธุ์คัดม.อ. ออกดอกช้าที่สุด 62 วัน (ตารางที่ 4)

จำนวนฝักต่อต้น ความยาวฝัก น้ำหนักฝักและผลผลิตต่อต้น

ค่าเฉลี่ยความยาวฝักของถั่วฝักยาวของพันธุ์เปรียบเทียบ คือคัดม.อ. และสามชุกมีค่า 56 และ 50 เซนติเมตร ตามลำดับ มีค่าสูงกว่าแต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับพันธุ์ที่ผ่านการฉายรังสี โดยค่าเฉลี่ยความยาวฝักต่อต้นของพันธุ์ M54-1 และ M54-2 เท่ากับ 54.4 และ 54.67 เซนติเมตรตามลำดับ (ตารางที่ 4)

ค่าเฉลี่ยน้ำหนักฝักของถั่วฝักยาวของพันธุ์ที่ผ่านการฉายรังสีมีค่าน้อยกว่าพันธุ์คัดม.อ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยพันธุ์คัดม.อ. มีน้ำหนักต่อฝักสูงที่สุด 23.36 กรัม พันธุ์สามชุกมีน้ำหนักเฉลี่ยต่อฝัก 17.4 กรัม ซึ่งใกล้เคียงกับพันธุ์ M54-1 และ M54-2 ที่มีน้ำหนักฝักเท่ากับ17.35 และ 18.53 ตามลำดับ (ตารางที่ 4)

ค่าเฉลี่ยจำนวนฝักต่อต้น พบว่ามีความแตกต่างทางสถิติ ระหว่างพันธุ์ โดยพบว่าพันธุ์ M54-1 ให้จำนวนฝัก/ต้นสูงที่สุดคือ 27. 83 ฝักตามด้วยพันธุ์ M54-2 จำนวน 20.18 ฝัก/ต้น พันธุ์คัดม.อ. มีจำนวนฝัก/ต้นน้อยที่สุดคือ 17. 70 ฝักในขณะที่พันธุ์สามชุกมีจำนวนฝักเฉลี่ย 21.18 ฝัก/ต้น (ตารางที่ 4)

ค่าเฉลี่ยผลผลิตต่อต้นของถั่วฝักยาวพบว่าพันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูงที่สุดคือพันธุ์ M54-1 ตามด้วยพันธุ์คัดม.อ. พันธุ์ M54-2 และ พันธุ์สามชุก

ตารางที่ 4 เปรียบเทียบลักษณะต่างๆของถั่วฝักยาวพันธุ์ที่ผ่านการคัดเลือก 2 พันธุ์คือ M54-1 และ M54-2 จากการปรับปรุงพันธุ์โดยการฉายรังสีแกมมากับเมล็ดถั่วฝักยาวพันธุ์คัด ม.อ. กับพันธุ์คัดม.อ (T1) และพันธุ์สามชุก (T2) ในแปลงทดลองจังหวัดสงขลา

Varieties	Days to flowering	Pod length (cm.)	Pod weight (cm.)	No. of pod/plant	Pod yield (g/plant)	Aphid damages
M54-1	58.00	54.40	17.40	27.80	476.40	+
M54-2	58.70	54.70	18.50	20.20	375.50	+
T1	62.60	56.10	23.40	17.70	410.60	++
T2	57.00	50.10	17.40	21.20	370.70	++
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	
C.V.(%)	6.14	9.4118	20.3830	26.0849	27.2413	

หมายเหตุ ns= non-significant difference

Aphid damages : + low +++ high

2. การทดลองในแปลงปลูกจังหวัดพัทลุง ให้ผลดังนี้

ระยะเวลาในการออกดอก

ในการปลูกทดสอบถั่วฝักยาวจำนวน 2 พันธุ์ที่ได้จากการคัดเลือกคือ M54-1, M54-2 เปรียบเทียบกับพันธุ์คัด ม.อ. (ชุดควบคุม 1) และพันธุ์สามชุก (ชุดควบคุม 2) พบว่าค่าเฉลี่ยระยะเวลาในการออกดอกค่อนข้างเร็วเมื่อเทียบกับแปลงในจังหวัดสงขลา ซึ่งมีความแตกต่างทางสถิติระหว่างพันธุ์ พันธุ์ M54-2 ออกดอกเร็วที่สุดใช้เวลา 39 วัน พันธุ์ M54-1 และ สามชุกมีวันออกดอกใกล้เคียงกันคือ 41 และ 42 วันตามลำดับ พันธุ์คัดม.อ. ออกดอกช้าที่สุด ใช้เวลา 43 วัน (ตารางที่ 5)

จำนวนฝักต่อต้น ความยาวฝัก น้ำหนักฝักและผลผลิตต่อต้น

ค่าเฉลี่ยความยาวฝักของถั่วฝักยาวของพันธุ์คัดม.อ. มีค่าสูงที่สุดคือมีความยาว 49 เซนติเมตรและ 50 เซนติเมตรรองลงมาคือ พันธุ์ M54-1 มีความยาวฝัก 46 เซนติเมตร ซึ่งทั้งสองพันธุ์นี้มีความยาวใกล้เคียงกัน ส่วนพันธุ์ M54-2 และพันธุ์สามชุกมีความยาวฝัก 44 และ 43 เซนติเมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 5)

ค่าเฉลี่ยน้ำหนักฝักของถั่วฝักยาวของพันธุ์ที่ผ่านการฉายรังสีทั้งสองพันธ์มีค่าน้อยกว่าพันธุ์คัดม.อ. อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยพันธุ์คัดม.อ. มีน้ำหนักต่อฝักสูงที่สุด 18 กรัม พันธุ์ M54-1 และ M54-2 ที่มีน้ำหนักฝักเท่ากับ17 และ 16 กรัม ตามลำดับ ส่วนพันธุ์สามชุกมีน้ำหนักเฉลี่ยต่อฝัก 16 กรัม (ตารางที่ 5)

ค่าเฉลี่ยจำนวนฝักต่อต้น พบว่ามีความแตกต่างทางสถิติ ระหว่างพันธุ์ โดยพบว่าพันธุ์ M54-1 ให้จำนวนฝัก/ต้นสูงที่สุดคือ 18 ฝัก/ต้นในขณะที่พันธุ์ M54-2 มีจำนวนฝักน้อยกว่า M54-1 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (13 ฝัก/ต้น) พันธุ์คัดม.อ. และสามชุก มีจำนวนฝัก/ต้นฉลี่ย 15 และ 13 ฝัก/ต้นตามลำดับ (ตารางที่ 5)

ค่าเฉลี่ยผลผลิตต่อต้นของถั่วฝักยาวพบว่าพันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูงที่สุดคือพันธุ์ M54-1 ตามด้วยพันธุ์คัดม.อ. พันธุ์สามชุก และ M54-2 ตามลำดับโดยมีค่าผลผลิตเฉลี่ย 299.86, 257.82 213.80 และ 203.59 กรัม/ต้น ตามลำดับ (ตารางที่ 5)

ตารางที่ 5 เปรียบเทียบลักษณะต่างๆของถั่วฝักยาวพันธุ์ที่ผ่านการคัดเลือก 2 พันธุ์คือ PSU54-1 และ PSU54-2 จากการปรับปรุงพันธุ์โดยการฉายรังสีแกมมากับเมล็ดถั่วฝักยาวพันธุ์คัด ม.อ. กับพันธุ์คัดม.อ (T1) และพันธุ์สามชุก (T2) ในแปลงทดลองจังหวัดพัทลุง

Varieties	Days to flowering	Pod length (cm.)	Pod weight (cm.)	No. of pod/plant	Pod yield (g/plant)
M1	41.15c	46.24ab	16.62bc	18.00a	299.86a
M2	39.06d	44.39bc	15.84c	12.81bc	203.89c
T1	42.84a	48.58a	17.77a	14.53b	257.82b
T2	41.68ab	43.25bc	16.22bc	13.18bc	213.80c
F-test	*	*	*	*	*
C.V.(%)	6.14	9.4118	20.3830	26.0849	27.2413

หมายเหตุ * significant difference at 0.05 level

หมายเหตุ ช่วงการทดลองมีฝนกระจายตลอดระยะปลูกในแปลงทำให้ไม่พบการระบาดของเพลี้ยอ่อน จึงไม่สามารถให้คะแนนในส่วนนี้ได้

วิจารณ์ผลการทดลอง

1. การปรับปรุงพันธุ์ถั่วฝักยาวต้านทานเพลี้ยอ่อนโดยวิธีมาตรฐาน

การปรับปรุงพันธุ์พืชโดยวิธีมาตรฐานประกอบด้วยขั้นตอนสำคัญ เริ่มจากคัดเลือกพันธุ์พ่อแม่ที่มีลักษณะตามต้องการ ทำการผสมข้ามระหว่างพันธุ์พ่อแม่ และ คัดเลือกลักษณะที่ต้องการจากรุ่นลูก ซึ่งส่วนใหญ่จะเริ่มคัดเลือกจากลูกผสมชั่วที่ 2 เป็นต้นไป สำหรับการศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงพันธุ์ถั่วฝักยาวให้ต้านทานการเข้าทำลายของเพลี้ยอ่อน ซึ่งสามารถเข้าทำลายต้นพืชได้ทั้งที่เป็นตัวอ่อนและตัวเต็มวัย (Ofuya, 1988) นอกจากจะเข้าทำลายต้นพืชโดยตรงแล้ว ยังเป็นพาหะของไวรัสก่อโรคต่างๆ อีกด้วย แต่ก่อนที่จะทำการปรับปรุงลักษณะใดก็ตามต้องมีพื้นฐานข้อมูลทางพันธุศาสตร์ของลักษณะนั้นๆ จากการศึกษาเบื้องต้น สรพงศ์ และคณะ (2548) ประเมินความต้านทานของ *Vigna unguiculata* ต่อการเข้าทำลายของเพลี้ยอ่อนถั่ว โดยศึกษาในถั่วฝักยาวและถั่วพุ่มจำนวน 24 สายพันธุ์ และพบว่ามี 4 สายพันธุ์ที่มีความต้านทานและทนทานต่อเพลี้ยอ่อนถั่วคือ พันธุ์ IT82E-16 สุรนารี 1 เขาหินซ้อน และ SR_{00}-863 โดยรายงานว่าถั่วพุ่มพันธุ์ IT82E-16 มีความทนทานสูงที่สุดในพันธุ์เหล่านี้ และยืนยันผลอีกครั้งจากงานทดลองของกนกอร และคณะ (2551) นอกจากนี้ยังมีรายงานว่าการต้านทานการเข้าทำลายของเพลี้ยอ่อนควบคุมด้วยยีนเพียงคู่เดียว (Pathak, 1988; Githiri et al., 1996; สรพงศ์ และจรัสศรี, 2552) ดังนั้นคณะวิจัยจึงได้เลือกพันธุ์ IT82E-16 เป็นพันธุ์ให้ (donor parent) ในการปรับปรุงพันธุ์ถั่วฝักยาวพันธุ์คัด ม.อ. ซึ่งเป็นพันธุ์อ่อนแอต่อเพลี้ยอ่อนถั่ว

หลังจากปลูกจนถึงชั่ว F3 พบว่าฝักที่ได้ส่วนใหญ่สั้น คุณภาพในการบริโภคไม่ดี เนื้อแข็งและเหนียวค่อนไปทางลักษณะฝักของพันธุ์ IT82E-16 ซึ่งพันธุ์ดังกล่าวไม่นิยมปลูกเพื่อบริโภคฝักสด แต่ปลูกเพื่อบริโภคเมล็ด ดังนั้นผู้วิจัยจึงต้องพัฒนาคุณภาพของฝักให้ดีขึ้น แต่ไม่เลือกที่จะผสมกลับไปยังพันธุ์ คัด ม.อ. เนื่องจากพันธุ์นี้ค่อนข้างไวต่อสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลง จึงเลือกพันธุ์ VU 189 มาเป็นคู่ผสมเพื่อพัฒนาคุณภาพฝักแทน พันธุ์ VU 189 เป็นพันธุ์ที่มีการเจริญแบบพุ่ม แต่คุณภาพฝักเหมือนถั่วฝักยาว ลักษณะฝักยาวกว่าถั่วพุ่มปกติ ข้อดีคือฝักดกมาก ออกดอกเร็ว ต้นแข็งแรง ทำการเลือกต้น F2 (เมล็ด F3) ปลูกต้น F3 และผสมกับ พันธุ์ VU 189 นำเมล็ดไปปลูกและเริ่มคัดเลือกพันธุ์ วิธีในการคัดเลือกพันธุ์แบบผสมผสานระหว่างการคัดเลือกแบบ single seed descent ในช่วงต้นและ pedigree ชั่วหลังๆ การใช้ single seed descent ในตอนต้นเพื่อให้พืชเพิ่มความเป็นโฮโมไซกัสมากขึ้น และงานไม่มากนัก สามารถปลูกในกระถางก็ได้ เนื่องจากพื้นที่แปลงปลูกมีค่อนข้างจำกัด เป็นอุปสรรคอย่างหนึ่งของโครงการวิจัย เนื่องจากวัตถุประสงค์หลักอยู่ที่การคัดเลือกพืชต้านทานเพลี้ยอ่อน ดังนั้นในชั่ว F1, F2 จึงต้องมีการปลูกภายใต้สภาพโรงเรือนตาข่ายและปล่อยเพลี้ยอ่อนเข้าทำลาย แต่ในช่วงหลังๆ เป็นการปลูกทดสอบในสภาพธรรมชาติที่ไม่ได้มีการควบคุมแมลง ซึ่งต้องเลือกช่วงที่เหมาะสมในการปลูก เนื่องจากเพลี้ยอ่อนเจริญได้ดีในสภาพอากาศร้อนและแห้งแล้ง เนื่องจากระยะหลังสภาพอากาศค่อนข้างแปรปรวนมากจึงทำให้การทดลองประสบปัญหาพอสมควร

จากการทดสอบเพื่อการคัดเลือกพันธุ์ในชั่วที่ 6 พบว่าจาก 10 สายพันธุ์ที่ทดสอบ เมื่อพิจารณาลักษณะต่างๆที่ต้องการมีสายพันธุ์ที่น่าสนใจ 4 สายพันธุ์คือ B1-4-2, B1-4-4, G4-4-1 และ G4-4-6 ทั้ง 4 พันธุ์นี้แม้ว่าฝักจะไม่ยาวมาก แต่ให้ฝักดก ทนทานต่อเพลี้ยอ่อน เป็นที่น่าสังเกตว่าวันออกดอกของสายพันธุ์ที่ปลูกในรอบนี้อยู่ในช่วงประมาณ 50 วันขึ้นไป เมื่อเปรียบเทียบกับชั่ว F5 ที่มีวันออกดอกประมาณ 40 กว่าวันทั้งสิ้น ทั้งนี้น่าจะเป็นผลสืบเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศ เพราะช่วงการปลูก F6 มีฝนตกเป็นระยะตลอดช่วงปลูก แสงแดดน้อย จึงกระทบต่อการพัฒนาการของดอก อย่างไรก็ตามโครงการวิจัยจะเสร็จสมบูรณ์ได้จะต้องทดสอบผลผลิตใน 2 พื้นที่ พื้นที่ในแผนการดำเนินงานที่ระบุไว้ในเบื้องต้นคือสงขลา และพัทลุง แต่เป็นที่น่าเสียดายว่าการดำเนินงานของโครงการต้องสิ้นสุดลงก่อน เนื่องจากโครงการไม่ได้รับอนุญาตให้ขยายเวลาต่อ ผู้วิจัยขอขยายการดำเนินงานมาแล้ว 3 ครั้ง เหตุของการขอขยายเวลาเพราะงานล่าช้ากว่าที่กำหนด จากความแปรปรวนของสภาพอากาศที่เปลี่ยนแปลง โดยเฉพาะใน 2 ปีที่ผ่านมา ทำให้ต้องปลูกซ้ำๆหลายครั้งเนื่องจากไม่สามารถเก็บข้อมูลได้ครบตามต้องการ โดยเฉพาะอย่างยิ่งข้อมูลผลผลิต อย่างไรก็ตามแม้จะปิดโครงการไป แต่ผู้วิจัยจะยังคงดำเนินโครงการทดสอบต่อเนื่องจากผลดังกล่าวนี้ เพื่อให้บรรลุผลที่วางไว้ในเบื้องต้น

2. การปรับปรุงพันธุ์โดยการชักนำการกลายพันธุ์จากการฉายรังสี

การปรับปรุงพันธุ์พืชต้องอาศัยความแปรปรวนทางพันธุกรรมในลักษณะที่สนใจ ถ้าไม่สามารถหาลักษณะดังกล่าวได้ หนทางหนึ่งที่จะทำได้คือการชักนำให้เกิดการกลายพันธุ์ จากการฉายรังสีแกมมาให้กับเมล็ดถั่วฝักยาวพันธุ์คัดม.อ. ในปริมาณความเข้มข้นต่างๆ กัน และทำการคัดเลือกต้นที่มีความทนทานต่อการเข้าทำลายของเพลี้ยอ่อนถั่ว รวมทั้งลักษณะผลผลิตและองค์ประกอบของผลผลิต โดยการทดสอบพันธุ์ที่คัดเลือกไว้ 2 พันธุ์คือ M54-1 และ M54-2 ในสองสถานที่คือแปลงทดลองคณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ จังหวัดสงขลา และแปลงทดลองมหาวิทยาลัยทักษิณ จังหวัดพัทลุง โดยมีพันธุ์คัดม.อ และสามชุก เป็นพันธุ์เปรียบเทียบ เมื่อพิจารณาในพื้นที่เดียวกัน แปลงทดลองในจังหวัดสงขลาพบว่า แต่ละพันธุ์มีผลผลิตและลักษณะองค์ประกอบของผลผลิตใกล้เคียงกัน แม้จะไม่แตกต่างกันทางสถิติพันธุ์ที่ผ่านการคัดเลือกคือ M54-1 ให้ผลผลิตมากที่สุด ตามด้วยพันธุ์คัด ม.อ. แต่จากการบันทึกการเข้าทำลายของเพลี้ยอ่อนถั่ว พบว่า M54-1 และ M54-2 มีความทนทานต่อการเข้าทำลายของเพลี้ยอ่อนถั่ว มากกว่าพันธุ์ อย่างไรก็ตามจาการสังเกต พบว่าการเข้าทำลายของเพลี้ยอ่อนถั่วเพิ่งเกิดขึ้นในระยะหลังของการเจริญเติบโต โดยเริ่มสังเกตเห็นเมื่อต้นถั่วมีอายุประมาณ 5-6 สัปดาห์ ซึ่งการที่พืชถูกแมลงบุกรุกขณะที่มีอายุมาก ความรุนแรงของการเข้าทำลายจะน้อยกว่าพืชอายุน้อย (Jackai and Daoust, 1986) คะแนนการเข้าทำลายจึงไม่มีความแตกต่างกันมากนัก สำหรับแปลงทดลองในจังหวัดพัทลุงพบว่าทุกลักษณะมีความแตกต่างทางสถิติในแต่ละพันธุ์ แต่การทดลองในครั้งนี้ไม่สามารถประเมินการต้านทานเพลี้ยอ่อนได้ เนื่องจาก ตลอดการทดลอง โดยเฉพาะในช่วง

ระยะแรกของการเจริญเติบโตคือช่วงเดือนมีนาคม จังหวัดพัทลุงมีฝนตกชุก ความชื้นค่อนข้างมาก ทำให้ไม่มีการระบาดของเพลี้ยอ่อน หลังจากนั้นก็มีฝนตกกระจาย ปกติเพลี้ยอ่อนจะเจริญเติบโตได้ดีในสภาพอากาศร้อน และแห้ง (Agele *et al*., 2005)

เมื่อเปรียบเทียบการทดสอบในแต่ละพื้นที่ พบว่าการแสดงออกของพันธุ์ถั่วฝักยาวในสองพื้นที่มีความแตกต่างกันมากพอสมควร เช่นวันออกดอก ถั่วฝักยาวที่ปลูก ณ แปลงจังหวัดพัทลุงมีระยะเวลาออกดอกของทุกพันธุ์เร็วกว่า ถั่วฝักยาวที่ปลูก ณ จังหวัดสงขลา ประมาณ 2 อาทิตย์ ซึ่งเมื่อพิจารณาช่วงปลูก แปลงจังหวัดสงขลาปลูกก่อนแปลงจังหวัดพัทลุงประมาณ 1 เดือน คือแปลงจังหวัดสงขลาปลูกวันที่ 10 กุมภาพันธ์ 2554 ส่วนแปลงจังหวัดพัทลุง ปลูกวันที่ 15 มีนาคม 2554 และช่วงเดือนมีนาคม ในจังหวัดสงขลามีฝนตกกระจาย แม้ปริมาณน้ำฝนไม่มากนัก แต่สภาพอากาศค่อนข้างจะมีเมฆครึ้ม แสงแดดน้อย อาจเป็นสาเหตุหนึ่งที่มีผลกระทบกับการพัฒนาของตาดอกของถั่วฝักยาวที่ปลูกในแปลงจังหวัดสงขลา (ขวัญจิตร และวัลลภ, 2535) ส่วนจังหวัดพัทลุงหลังจากมีปริมาณฝนมากในเดือนมีนาคม หลังจากนั้น ปริมาณฝนก็ลดลงมากโดยเฉพาะเดือนพฤษภาคม

จากผลการศึกษาการปรับปรุงพันธุ์ถั่วฝักยาวต้านทานเพลี้ยอ่อน ทั้งโดยวิธีการการชักนำการกลายพันธุ์ โดยการฉายรังสีแกมมาให้กับเมล็ดพันธุ์ ตามด้วยการคัดเลือกพันธุ์ และการคัดเลือกพันธุ์โดยวิธีมาตรฐาน สามารถคัดเลือกพันธุ์ได้จำนวนหนึ่ง แต่เนื่องด้วยระยะเวลาที่จำกัดจึงทำได้เพียงการเปรียบเทียบพันธุ์ขั้นต้น ซึ่งจะต้องทำการเปรียบเทียบพันธุ์ในแปลงเกษตรกรอีกขั้นตอนหนึ่ง จึงจะสามารถตัดสินใจเลือกพันธุ์ที่ดีที่สุด สำหรับเผยแพร่เป็นพันธุ์ใหม่ต่อไป

สรุปผลการทดลอง

การดำเนินงานปรับปรุงพันธุ์ถั่วฝักยาวให้ต้านทานการเข้าทำลายเพลี้ยอ่อนถั่ว จากวิธีมาตรฐาน จากการทดสอบผลผลิตเบื้องต้นในชั่วที่ 6 ของคู่ผสมระหว่าง (ถั่วฝักยาว พันธุ์คัดม.อ. x ถั่วพุ่ม IT82E-16) x พันธุ์ VU 189 คัดเลือกพันธุ์ที่ค่อนข้างต้านทานเพลี้ยอ่อนถั่ว และให้ผลผลิตดี จำนวน 4 พันธุ์คือ B1-4-2, B1-4-4, G4-4-1 และ G4-4-6 ยังต้องทดสอบในแปลงทดลอง และแปลงเกษตรกร ส่วนการปรับปรุงพันธุ์จากการฉายรังสีแกมมากับเมล็ดถั่วฝักยาวพันธุ์คัด ม.อ. สามารถคัดเลือกได้ 2 พันธุ์คือ M54-1 และ M54-2 ผลการทดสอบในพื้นที่แปลงทดลอง 2 พื้นที่คือ พัทลุงและสงขลา พบว่าพันธุ์ M54-1 แสดงศักยภาพดีในทั้งสองพื้นที่ โดยพบว่าผลผลิตที่จังหวัดสงขลาสูงกว่าการปลูกที่จังหวัดพัทลุง แต่แปลงจังหวัดพัทลุงไม่ได้มีการประเมินการเข้าทำลายของแมลง เนื่องจากไม่พบการระบาดของเพลี้ยอ่อนถั่วในพื้นที่ อย่างไรก็ตามทุกพันธุ์ที่คัดเลือกจากการดำเนินงานครั้งนี้จะต้องมีการทดสอบในแปลงเกษตรกร อย่างน้อย 2 พื้นที่อีกครั้ง

เอกสารอ้างอิง

กนกอร วุฒิวงศ์. 2551. Antixenosis กับการต้านทานเพลี้ยอ่อนถั่ว (*Aphis craccivora* Kock)ในถั่วฝักยาวและถั่วพุ่ม (*Vigna unguiculata*). วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

กรมวิชาการเกษตร. 2543. เอกสารทางวิชาการ พันธุ์พืชขึ้นทะเบียนและพืชรับรองตามพระราชบัญญัติพันธุ์พืช พ.ศ. 2518. กรุงเทพฯ : ฝ่ายพันธุ์พืช กองควบคุมพันธุ์พืชและวัสดุทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร.

กรมส่งเสริมการเกษตร. 2544. สถิติการปลูกพืชผักทั่วประเทศ ปีเพาะปลูก 2542/2543. ฝ่ายวิเคราะห์ข้อมูลส่งเสริมการเกษตร กองแผนงาน กรมส่งเสริมการเกษตร.

กฤษฎา สัมพันธารักษ์. 2528. ปรับปรุงพันธุ์พืช. กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์ไทยวัฒนาพานิช จำกัด.

กาญจนา สาสีติ๊ด. 2541. พฤกษศาสตร์ทั่วไป. กรุงเทพมหานคร : โอเดียนสโตร์.

ขวัญจิตร สันติประชา และวัลลภ สันติประชา. 2535. การทดสอบพันธุ์ถั่วฝักยาวในฤดูฝนจังหวัดสงขลา. ว. สงขลานครินทร์ 14 : 373 – 378.

จารุวรรณ ศุภเสถียร. 2529. อิทธิพลของขนาดเพลี้ยอ่อนถั่ว (*Aphis craccivora*) ที่มีผลต่อขนาดระยะเวลาการพัฒนาอัตราส่วนทางเพศของตัวเบียนและจำนวนตัวเบียน (*Aphidius colemani*) ที่เกิดจากเพลี้ยอ่อน. วารสารวิชาการเกษตร 4 : 138 – 142.

ชาญณรงค์ ดวงสอาด. 2549. การจัดการแมลงศัตรูพืช. เชียงใหม่ : ห้างหุ้นส่วนจำกัดดีพริ้นท์.

ธีระ เอกสมทราเมษฐ์. 2525. การชักนำให้เกิดการกลายพันธุ์ของถั่วเขียวโดยใช้รังสีแกมมา. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ธีระ เอกสมทราเมษฐ์ และวัชรินทร์ ซุ้นสุวรรณ. 2543. เอกสารประกอบการสอนหลักการปรับปรุงพันธุ์พืช. สงขลา: ภาควิชาพืชศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

นพพร สายัมพล. 2543. เทคนิคการปรับปรุงพันธุ์พืช. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

บุญหงษ์ จงคิด. 2548. หลักและเทคนิคการปรับปรุงพันธุ์พืช. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

ปริญญา ชินโนรส. 2530. พืชต้านทานแมลง. ว. กีฏและสัตววิทยา 9 : 51-57.

ผลิใบ. 2545. พันธุ์พืชขึ้นทะเบียนและพันธุ์พืชรับรอง. จดหมายข่าวผลิใบ 5 : 7.

พัชนี ชัยวัฒน์. 2545. มุมมองเรื่องปฏิสัมพันธ์ระหว่างพืช แมลงศัตรูพืช และศัตรูธรรมชาติ. วารสารวิชาการเกษตร 2 : 175 – 180.

ไพศาล เหล่าสุวรรณ. 2527. หลักการปรับปรุงพันธุ์พืช. สงขลา : โรงพิมพ์ไทยนำ.

รัตนา สันทัดพานิช. 2530. การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมของลักษณะในถั่วฝักยาว. กรุงเทพฯ: วิทยานิพนธ์ปริญญาโท ภาควิชาพืชสวนคณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทัศน์ ภูมิไท. 2541. ปลูกผักกินเองปลอดภัยไร้สารพิษ. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์แสงแดด.

ศูนย์วิจัยพืชไร่อุบลราชธานี. 2543. ถั่วพุ่ม. กรุงเทพมหานคร : จุลสารสถาบันวิจัยพืชไร่ กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

สถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ. 2554. การใช้ประโยชน์จากพลังงานนิวเคลียร์ : การปรับปรุงพันธุ์พืชด้วยรังสี [Online] Available: http://tin.or.th/application/apply-plant.html.

สมพงษ์ พงษ์ประเสริฐ. 2527. การศึกษาสาเหตุของความต้านทานของพันธุ์ข้าวต่อหนอนกอแถบลายสีม่วง *Chilo polychrysus* (Meyrich). วารสารวิชาการเกษตร 2 : 157 – 163.

สมบูรณ์ เตชะภิญญาวัฒน์. 2537. พฤษศาสตร์. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์รั้วเขียว.

สมศักดิ์ ศรีสมบุญ และมณฑา นันทพันธุ์. 2544. การปรับปรุงพันธุ์ถั่วเหลืองโดยการชักนำให้เกิดการกลายพันธุ์. ว. วิชาการเกษตร 19 : 185 – 196.

สรพงศ์ เบญจศรี จรัสศรี นวลศรี ขวัญจิตร สันติประชา และอรัญ งามผ่องใส. 2548. การประเมินลักษณะการต้านทานเพลี้ยอ่อนและผลผลิตในถั่วพุ่มและถั่วฝักยาว. ว. วิทย. กษ. 36 5-6 (พิเศษ): 207-210

สรพงศ์ เบญจศรี และจรัสศรี นวลศรี. 2552. การศึกษายีนต้านทานและการกระจายตัวของลักษณะต้านทานเพลี้ยอ่อนถั่วในถั่วฝักยาวและถั่วพุ่ม. แก่นเกษตร 37: 201-208

สมภพ ฐิตะวสันต์. 2537. หลักการผลิตผัก. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์รั้วเขียว.

สิรนุช ลามศรีจันทร์. 2540. การกลายพันธุ์ของพืช. กรุงเทพฯ: ภาควิชารังสีประยุกต์และไอโซโทป คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สิรนุช ลามศรีจันทร์. 2545. เอกสารประกอบการขอขึ้นทะเบียนพันธุ์พืช. กรุงเทพฯ: ภาควิชารังสีประยุกต์และไอโซโทป คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สิรนุช ลามศรีจันทร์, สุมินทร์ สมุทคุปต์ และอรุณี วงศ์ปิยะสถิตย์. 2526. ถั่วเขียวพันธุ์กลายจากการใช้รังสีแกมมา. ว.วิทยาศาสตร์เกษตร 16: 416-454

อริยา คุโณทัย. 2523. การถ่ายทอดลักษณะสีเปลือกหุ้มเมล็ดในถั่วฝักยาว. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

Agele, S.O., Ofuya, I.I. and James, P.O. 2005. Effects of watering regimes on aphid population and perfprmance of selected varieties of cowpea (*Vigna unguiculata*) in a humid rainforest zone of Nigeria. Crop Protection 25: 73-78

Annan, I. B., G.A. Schaefers and W. M. Tingey. 1995. Infuence of duration of infestation by cowpea aphid (Aphididae) on growth and yield of resistant and susceptible cowpeas. Crop Protection 17 : 533-538.

Benchasri, S., Nualsri, C., Santipracha, Q. and Ngampongsai, A. 2006. Evaluation of aphid (*Aphis craccivora* Koch) resistance in 24 accessions of yardlong bean and cowpea. 1st joint PSU – UNS International Conference on BioScince: Food, Agriculture, and Environment. Songkhla, Thailand, 17 – 19 August 2006. pp. 215 – 222.

Coulibaly, S., Pasquet, R. S. and Gepts, P. 2002. AFLP analysis of the phenetic organization and genetic diversity of *Vigna unquiculata* L. Walp. Reveals extensive gene flow between wild and domesticated types. Theoretical and Applied Genetics 104 : 358 – 366.

Davis, K. R., Lyon, G. D., Darvill, A. G. and Albersheim, P. 1984. Host – pathogen interactions XXV. Endopolygalacturonic acid lyase form *Erwinia carotovora* elicits phytoalexin accumulation by releasing plant cell wall fragments. Plant Physiology 74 : 52 – 60.

Dickson , M.K. and Eckenrode, C.J. 1975. Variation in Brassica oleracea resistance to cabbage Looper and imported cabbageworm in the greenhouse and field. Journal of Economic Entomology 68: 757 – 760.

Dixon, A.F.G. 1973. Biology of Aphids. The Institute of Biology's Studies in Biology No. 44. London: Edward Arnold.

Dixon, A.F.G. 1985. Aphid Ecology. New york: Chapman&Hall. New York.

Dixon, A. F. G. 1987a. Parthenogenetic reproduction and the rate of increase in aphid. *In* Aphids :Their Biology, Natural Enemies and Control Volume 2A. (eds. A. K. Minks and P. Harrewijn) pp. 269 – 285. Amsterdam : Elsevier Science Publishers.

Dixon, A. F. G. 1987b. Evaluation and adaptive significance of cyclical parthenogenesis in aphids. *In* Aphids : Their Biology, Natural Enemies and Control Volume 2A. (eds. A. K. Minks and P. Harrewijn) pp. 289 – 296. Amsterdam : Elsevier Science Publishers.

Duke, J.,Reed, C., Rachie, K. and Summerfield, R. 1981. *Vigna unguiculata* (L.) Walp. ssp. unguiculata, p. 302–306. In: J. Duke (ed.). Handbook of legumes of world economic importance. Plenum Press, New York.

FAO/IAEA. 1979. Mutation breeding methodology. FAO/IAEA Programmed in the Use of Induced Mutation for the Improvement of Grain Legumes Production in South East Asia, 28 May – 1 June, 1979. Kuala Lumpur , Malaysia.

Ferry, N., Edwards, M. G., Gatehouse, J. A. and Gatehouse, A. M. R. 2004. Plant – insect interactions : molecular approaches to insect resistance. Current Opinion in Biotechnology 15 : 155 – 161.

Gatehouse, J. A. ,Hilder, V.A. and Gatehouse, A. M. R.. 1991. Genetic engineering of plants for insect resistance. *In* Plant Genetic Engineering : Plant Biotechnology Vol.1 (ed. Don Grierson), pp : 105-135. Suffolk : St Edmundsbury Press.

Gatehouse, J. A., Hilder, V. A. and Gatehouse, A. M. R. 1992. Plant Genetic Manipulation for Crop Protection. Wallingford : CAB International.

Githiri, S.M., Ampong-Nyarko, K., Osir, E.O. and Kimani, P.M. 1996. Genetics of resistance to *Aphis craccivora* in cowpea. Euphytica 89:371-376.

Hancock, J. F. 1992. Plant Evolution and the Origin of Crop Species. Englewood Cliffs : Prentice – Hall.

Hawkins, C. D. B., Whitecross, M. I. and Aston, M. J. 1986. Long-term effects on cowpea plant growth of a short-term cowpea aphid infestation. Canadian Journal of Botany 64 : 1727–1732.

Hilder, V. A. and Boulter, D. 1999. Genetic engineering of crop plants for insect resistance. Crop Protection 18 : 177-191.

Horber, E. 1980. Types and classification of resistance. *In* Breeding Plant Resistance to Insects (eds. F. G. Maxwell and P. R. Jennings) New York. A Wiley Inter Science Publication.pp. 15 – 22.

Ibbotson, A. and Kennedy, J. S. 1950. The distribution of aphid infestation in relation to leaf age. Annals of Applied Biology 37 : 680 – 696.

IAEA. 1977. Manual on Mutation Breeding. Technical Reports Series No.119. Second Edition. Vienna : IAEA.

International Institute of Tropical Agriculture (IITA). 1982. Annual Report for 1982. pp. 59 – 60. Ibadan, Nigeria.

Jackai, L.E.N. and Daoust, R.A. 1986. Insect pests of cowpeas. Ann.Rev. Entomo31:95-119.

Karungi, J., Adipala, E., Ogenga – Latigo, M. W, Kyamanywa, S., Oyobo, N. and Jackai, L. E. N. 2000. Pest management in cowpea. Part 2. Integrating planting time, plant density and insecticide application for management of cowpea field insect pests in eastern Uganda. Crop Production 19 : 237 – 245.

Martin, F. W. 1984. Grain legumes. *In* Handbook of Tropical Food Crops. (ed. F. W. Martin) pp. 27 – 58. Boca Raton : CRC Press.

Miyazaki, M. 1997. Morphology and systematic. *In* Aphids : Their Biology, Natural Enemies and Control Volume 2A. (eds. A. K. Minks and P. Harrewijn) pp. 1 – 26. Amsterdam : Elsevier Science Publishers.

Nault, L. R. and Ammar, E. D. 1989. Leafhopper and planthopper transmission of plant virus. Annual Review of Entomology 34 : 503 – 529.

Norris, D. M. and Kogan, K . 1980. Biochemical and morphological bases of resistance. *In* Breeding Plant Resistance to Insects (eds. F. G. Maxwell and P. R. Jennings) pp. 23 – 62. New York : A Wiley Inter Science Publication.

Ofuya, T. I. 1989. The effect of pod growth stages in cowpea on aphid reproduction and damage by the cowpea aphid, *Aphis craccivora* (Homoptera: Aphididae). Annals of Applied Biology 115 : 563 – 566.

Ohiakhe, S. Jackai, L. E. N. Makanjuola, W. A. and Hodyson, C. J. 1992. Morphology, distribution, and the role of trichomes in cowpea (*Vigna unguiculata*) resistance to the legume pod borer, *Maruca testulalis* (Lepidoptera: Pyralidae). Bulletin Entomology Research. 82: 499 – 505.

Painter, R. H. 1955. Insect Resistance in Crop Plants. New York : Macmillan.

Panda, N. and Khush, G.S. 1995. Host plant resistance to insects. International Rice Research Institute. Metro Manila. 431 p.

Pathak, R.S. 1988. Genetics of resistance to aphid in cowpea. Crop Science. 28: 474-476.

Powell, G. and Hardie, J. 2000. Host – selection behaviour by genetically identical aphids with different plant preferences. Physiological Entomology 25: 54 – 62.

Robert, Y. 1987. Aphids and their environment. *In* Aphids Their Biology, Natural Enemies and Control Volume 2A. (eds. A. K. Minks and P. Harrewijn) pp. 299 – 313. Amsterdam : Elsevier Science Publishers.

Rubatzky, V. E. and Yamaguchi, M. 1997. World Vegetables : Principles, Production, and Nutritive Values. New York : Chapman and Hall.

Salifu, A. B., Singh, S. R. and Hodgson, C. J. 1988. Mechanism of resistance in cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp.) genotype, TVx3236 to the beanflower thrips . *Megalurothrips sjostedti* (Trybom) (Thysanoptera : Thripidae) 2. Non preference and antibiosis. Tropical Pest Management 34 : 185 – 188.

Schillinger, J. A. 1969. Three laboratory techniques for screening small grains for resistance to the cereal leaf beetle. Journal of Economic Entomology 62 : 360.

Sen, N. K. and Bhowal, J. G. 1961. Genetics of *Vigna sinensis* (L.). Genetica 32 : 247 – 266.

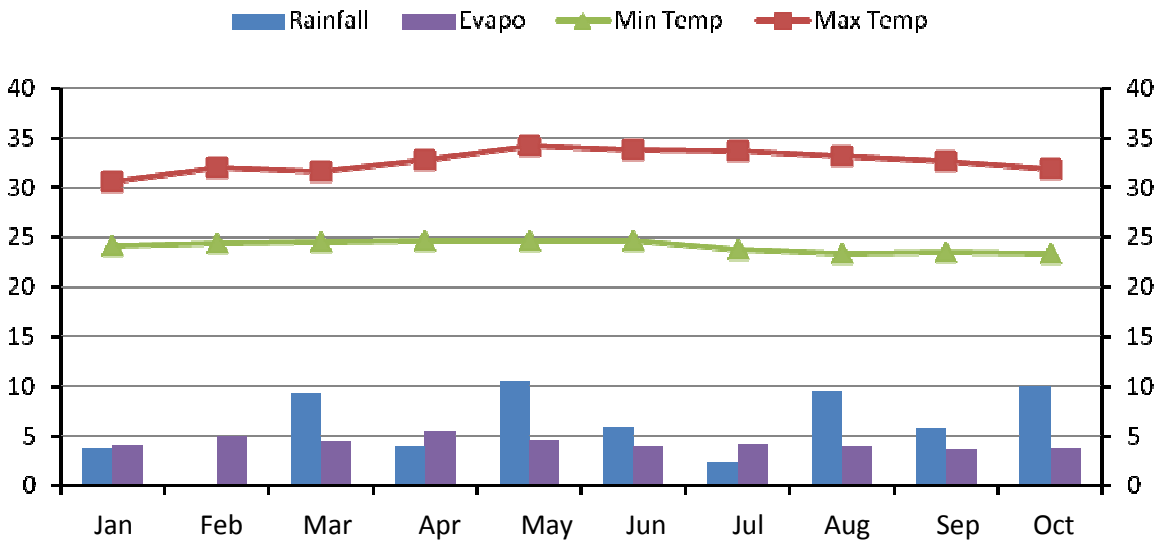
Smith, C. M., khan, Z. R. and Pathak, M. D.. 1994. Technique for Evaluating Insect Resistance in Crop Plants. New York : CRC Press.

Tindall, H. D. 1983. Vegetables in the Tropics. Hong Kong : Macmillan Education Limited.

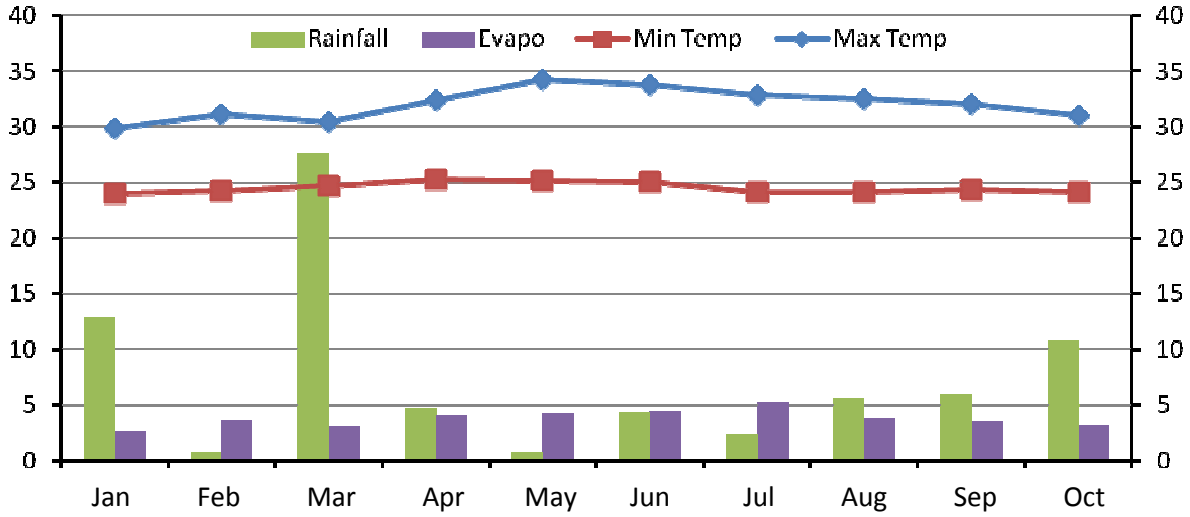
Wongpiyasatid, A. and Hormchan, P. 2000. New mutants of perennial *Portulaca grandiflora* through gamma radiation. Kasetsart J. 34 : 408 – 416.

ภาคผนวก

.



ภาพผนวกที่ 1 ข้อมูลอากาศรายเดือนตั้งแต่เดือน มกราคม-ตุลาคม 2554 ประกอบด้วย ปริมาณน้ำฝน ค่าการคายระเหยน้ำ อุณหภูมิสูงสุด-ต่ำสุด ของอำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา



ภาพผนวกที่ 2 ข้อมูลอากาศรายเดือนตั้งแต่เดือน มกราคม-ตุลาคม 2554 ประกอบด้วย ปริมาณน้ำฝน ค่าการคายระเหยน้ำ อุณหภูมิสูงสุด-ต่ำสุด ของจังหวัดพัทลุง

บทความตีพิมพ์จากโครงการวิจัย
(ตลอดโครงการตั้งแต่ phase 1-3)

1. กนกอร วุฒิวงศ์ สุรไกร เพิ่มคำ อรัญ งามผ่องใส และ**จรัสศรี นวลศรี.** 2550. ความสามารถในการเพิ่มปริมาณและพฤติกรรมของเพลี้ยอ่อนถั่วบนถั่วฝักยาวและถั่วพุ่มบางสายพันธุ์. ในเอกสารการประชุมวิชาการอารักขาพืชแห่งชาติครั้งที่ 8 ณ โรงแรมอัมรินทร์ลากูน จังหวัดพิษณุโลก. หน้า 32-46.
2. กนกอร วุฒิวงศ์ สุรไกร เพิ่มคำ อรัญ งามผ่องใส และ**จรัสศรี นวลศรี.** 2553. การเพิ่มจำนวนเพลี้ยอ่อนถั่ว (*Aphis craccivora* Koch) กับความยาวและความหนาแน่นของขนใต้ใบถั่วฝักยาวและถั่วพุ่ม (*Vigna unguiculata* (L) walp). วารสารวิชาการเกษตร 28:13-26.
3. สุรเชษฐ มาฆทาน **จรัสศรี นวลศรี** และขวัญจิตร สันติประชา. 2548. ค่า LD 50 และผลของรังสีแกมมาต่อการกลายพันธุ์ในชั่วที่ 1 ของถั่วฝักยาวพันธุ์คัดมอ . ว. วิทย. กษ. 36 5-6 (พิเศษ): 896-899.
4, สุรเชษฐ์ มาฆทาน และ**จรัสศรี นวลศรี.** 2552. การกลายพันธุ์และการกระจายตัวของบางลักษณะในชั่วที่2 (M2) ของถั่วฝักยาว (*Vigna unguiculat*a var. *sesquipedalis*) พันธุ์คัดมอ ที่ผ่านการฉายรังสีแกมมา.ว. วิทยาศาสตร์เกษตร. (ฉบับพิเศษ) 39: 346-350.
5. สรพงศ์ เบญจศรี **จรัสศรี นวลศรี** ขวัญจิตร สันติประชา และอรัญ งามผ่องใส. 2548. การประเมินลักษณะการต้านทานเพลี้ยอ่อนและผลผลิตในถั่วพุ่มและถั่วฝักยาว. . ว. วิทย. กษ. 36 5-6 (พิเศษ): 207-210
6. สรพงศ์ เบญจศรี และ**จรัสศรี นวลศรี.** 2552. การศึกษายีนต้านทานและการกระจายตัวของลักษณะต้านทานเพลี้ยอ่อนถั่วในถั่วฝักยาวและถั่วพุ่ม. แก่นเกษตร 37: 201-208
7. สรพงศ์ เบญจศรี และ**จรัสศรี นวลศรี.** 2552. อัตราพันธุกรรมของลักษณะต้านทานเพลี้ยอ่อนถั่วของถั่วฝักยาวและถั่วพุ่มในชั่วรุ่นต่างๆ. ว. วิชาการเกษตร 27: 275-287.
8. สรพงศ์ เบญจศรี ราตรี ชูพันธ์ และ**จรัสศรี นวลศรี.** 2552. เปรียบเทียบการต้านทานการเข้าทำลายของเพลี้ยอ่อนในพันธ์พ่อแม่และลูกผสมชั่วที่1 จากคู่ผสมระหว่างถั่วฝักยาวและถั่วพุ่ม. วารสารเกษตรมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 25:145-154
9. Benchasri., S. **Nualsri, C.,** Santipracha, Q. and Ngampongsai, A. 2007. Evaluation of aphid (*Aphis craccivora* Koch) resistance in 24 accessions of yardlong bean and cowpea. *In* The First Joint PSU-UNS International Conference on Bioscience: Food, Agriculture and the Environment, held at J.B Hotel, Hat Yai, Songkhla, 17-19 August, 2006. pp. 215-222.

10. Benchasri, S. and **C. Nualsri**. 2008. Monitoring Aphid (*Aphis craccivora* Koch) Resistance in F1 hybrids and Their parents of 4 crosses between yardlong bean and cowpea. The sixthh Regional IMT-GT Uninet Conference 2008. held at The Gurney Resort Hotel & Residences, Penang, Malaysia, 28-30 August, 2008. pp.196-200.

11. **Nualsri, C** and S. Benchasri. 2009. Evaluation for Resistance to Aphid (Aphis craccivora) in F1 and F2 of 4 crosses between Yardlong bean and Cowpea. *In* the Second Joint PSU-UNS International Conference on Bioscience: Food, Agriculture and the Environment, held at University of Novi Sad, Serbia, 23-25 May, 2008. pp 112-117.

12. Sarutayophat, T., **Nualsri, C**., Santipracha, Q. and Saereeprasert, V. 2007. Characterization and genetic relatedness among of 37 yardlong bean and cowpea Accessions based on morphological Characters and RAPD analysis. Songklanakarin J. Sci. Technol. 29:591-600**.**

13. Potarot, S. and **Nualsri, C**. 2011. Inheritance of resistance to cowpea aphid (Aphis craccivora Koch) in IT82E-16. Proceedings of the 7th IMT-GT UNINET and the 3rd International PSU-UNS Conferences on BioScience. pp. 35-39.