

## คำนำ

ถั่วฝักยาวมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Vigna unguiculata* (L.) Walp. subsp. *sesquipedalis* (L.) Verdc. (Stephens, 2003; Porcher, 2005) อยู่ในวงศ์ Fabaceae (United States Department of Agriculture, 2007) เป็นพืชท้องถิ่นที่สามารถปลูกได้ในพื้นที่ทั่วทุกภาคของประเทศไทย เป็นพืชที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจชนิดหนึ่ง และมีคุณค่าทางอาหาร มีการปลูกถั่วฝักยาวเพื่อการจำหน่าย และบริโภคภายในประเทศ และยังส่งออกไปจำหน่ายต่างประเทศ ในรูปสด แช่แข็ง และฝักบรรจุกระป๋อง เป็นผักที่มีความสำคัญทางอุตสาหกรรมในอนาคต ในภาคตะวันออกโดยเฉพาะในจังหวัดชลบุรี มีการปลูกถั่วฝักยาวเป็นอาชีพกันมายาวนาน จนมีพันธุ์ถั่วฝักยาวพันธุ์ท้องถิ่นที่เป็นที่รู้จักกันเป็นอย่างดีได้แก่พันธุ์พันธ์นิคม ซึ่งมีลักษณะเด่นคือมีฝักที่ยาวมาก และเกษตรกรก็ได้มีการคัดและเก็บเมล็ดพันธุ์ปลูกต่อกันมา อย่างไรก็ตาม เนื่องจากในปัจจุบันได้มีการนำพันธุ์ถั่วฝักยาวพันธุ์การค้าอื่นๆ เข้ามาปลูกเพิ่มมากขึ้นในแปลงเกษตรกร ส่งผลให้ความบริสุทธิ์ทางพันธุกรรมของถั่วฝักยาวพันธุ์พันธ์นิคมลดน้อยลง ดังนั้นการศึกษาทางด้านความแปรปรวนทางพันธุกรรมและการคัดเลือกสายพันธุ์บริสุทธิ์ถั่วฝักยาวพื้นเมืองพันธุ์พันธ์นิคม นอกจากจะเป็นการอนุรักษ์พันธุกรรมของพืชพันธุ์ท้องถิ่นไว้แล้ว ยังเป็นการปรับปรุงพันธุ์ถั่วฝักยาวให้เหมาะสมกับสภาพพื้นที่ปลูกในท้องถิ่น ซึ่งจะเป็นประโยชน์เกษตรกรผู้ปลูกถั่วฝักยาวในจังหวัดชลบุรีและภาคตะวันออกต่อไป

## วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาความแปรปรวนทางพันธุกรรมในถั่วฝักยาวพันธุ์พื้นเมือง และเปรียบเทียบสายพันธุ์ที่ได้จากการคัดเลือกจากพันธุ์พื้นเมืองในการคัดเลือกสายพันธุ์บริสุทธิ์ (pure-line selection) และการคัดเลือกแบบหมู่ (mass selection) ไป 1 ชั่วโมง

## การตรวจเอกสาร

ถั่วฝักยาวมีชื่อสามัญคือ Yard Long Bean มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Vigna unguiculata* (L.) Walp. subsp. *sesquipedalis* Verdc. (Stephens, 2003; Porcher, 2005) อยู่ในวงศ์ Fabaceae (United States Department of Agriculture, 2007) ชื่ออื่น Cow Pea, Asparagus Bean มีชื่อเรียกกันตามแต่ละท้องถิ่นที่แตกต่างกัน ภาคกลางเรียกว่า ถั่วขาม ถั่วนา ถั่วฝักยาว ภาคเหนือเรียกว่า ถั่วดอก ถั่วปี ถั่วหลา ถั่วพายัพ ถั่วพุงหมู จีนแต้จิ๋ว เรียกว่า ถังเต่า (วารสารณ์, 2548)

ถั่วฝักยาวจัดเป็นพืชเถาเลื้อย เถาแข็งแรงและเหนียวคล้ายกับถั่วพู มีอายุปีเดียว เถาสีเขียวอ่อน ลำต้นมีขนสั้นที่ยึดเกาะได้ดี ไม่มีมือเกาะ ใบประกอบแบบฝ่ามือ มี 3 ใบ ใบย่อยรูปสามเหลี่ยม ยาว 6-10 เซนติเมตร ดอกเป็นช่อออกตามซอกใบ กลีบดอกสีขาวหรือน้ำเงินอ่อน ผลเป็นฝักกลมเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5-1 เซนติเมตร ยาว 20-80 เซนติเมตร มีหลายเมล็ด การขยายพันธุ์โดยใช้เมล็ด (ทศพร, 2531)

ถั่วฝักยาวมีถิ่นกำเนิดแถบแอฟริกาตะวันตก และมีการปลูกกันมานานกว่า 4,000 ปี ในแถบนั้น ต่อมาได้กระจายไปยังอียิปต์ อาหรับ อินเดีย และหมู่เกาะอินดีสตะวันตก (Stephens, 2003; Porcher, 2005) ปัจจุบันพบกระจายอยู่ทั่วไปในเขตร้อนและค่อนข้างร้อน และพบในแถบเอเชีย เช่น ประเทศจีน ไทย

ถั่วฝักยาว (*Vigna unguiculata* (L.) Walp. subsp. *sesquipedalis* (L.) Verdc.) เป็นผักตระกูลถั่วที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ ที่ใช้บริโภคภายในประเทศมากเป็นอันดับ 3 รองจากคะน้าและผักบุ้งจีน (กรรณิการ์, 2542) เป็นพืชผักที่มีศักยภาพในการส่งออก โดยส่งออกในรูปแบบฝักสดและฝักสดแช่แข็ง ประมาณปีละ 160 ตัน (กมล และคณะ, 2544) ถั่วฝักยาวสามารถปลูกได้ตลอดทั้งปี และปลูกได้ทั่วทุกภาคของประเทศไทย ผลผลิตส่วนใหญ่ใช้บริโภคภายในประเทศ โดยมีตลาดที่สำคัญคือ กรุงเทพมหานคร และตลาดชายฝั่งในจังหวัดต่างๆ เช่น ตลาดสุรนคร จังหวัดนครราชสีมา ตลาดหัวหิน จังหวัดนครศรีธรรมราช และตลาดองค์พระ จังหวัดนครปฐม เป็นต้น ถั่วฝักยาวเป็นพืชตระกูลถั่วที่มีลักษณะลำต้นเลื้อยขึ้นค้างมีดอกสมบูรณ์เพศ เจริญเติบโตได้ดีในสภาพอากาศร้อนชื้น (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2543) ถั่วฝักยาวเป็นผักกินผล ฝักหรือผลอ่อนของถั่วฝักยาวมีลักษณะพิเศษ คือเรียวยาว ยาว น้ำ ค่อนข้างกรอบ รสหวานมัน มีกลิ่นหอม (bean aroma) นำรับประทาน ใช้เป็นผักสดได้ดีเช่นเดียวกับแตงกวา นอกจากนี้ยังสามารถนำมาปรุงอาหารได้หลากหลายชนิด และในด้านสมุนไพรถั่วฝักยาวมีสรรพคุณ บำรุงกำลัง บำรุง

ม้าม บำรุงไต แก้บิด อาเจียน กระหายน้ำ ตกขาว ปัสสาวะกระปริดกระปรอย ท้องอืดแน่น (เดชา, 2540) ถั่วฝักยาวเป็นพืชที่มีตลาดค่อนข้างกว้าง มีการซื้อขายตั้งแต่ระดับชุมชนไปจนถึงส่งออกต่างประเทศ ดังนั้นการเลือกพันธุ์ปลูกจึงมีความสำคัญ ต้องเลือกปลูกพันธุ์ที่มีคุณภาพฝักสดตรงกับความต้องการของตลาด ซึ่งตลาดในแต่ละภูมิภาคมีความนิยมฝักสดที่มีลักษณะแตกต่างกัน โดยถั่วเนื้อส่วนใหญ่ปลูกในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคกลาง แต่ถั่วกระดูส่วนใหญ่ปลูกในเขตภาคกลาง ปัจจัยที่สำคัญอีกอย่าง คือ การวางแผนการผลิตที่ดีจะทำให้เกษตรกรที่ปลูกถั่วฝักยาวไม่มีปัญหาด้านราคาผลผลิต แต่เกษตรกรจะต้องผลิตให้ได้ผลผลิตมีคุณภาพตามความต้องการของตลาด (วรรณภา, 2550) จากข้อมูลการปลูกฝักในจังหวัดชลบุรี ปี 2552/2553 พบว่ามีพื้นที่ปลูกถั่วฝักยาว 1,012 ไร่ ผลผลิตรวม 1,512 ตัน (สำนักงานเกษตรจังหวัดชลบุรี, 2553) และมีพื้นที่ปลูกถั่วฝักยาวรวมทั้งประเทศ 61,242.64 ไร่ (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2552)

ถั่วฝักยาวเป็นพืชที่ต้องการอากาศอบอุ่นในการเจริญเติบโต เจริญเติบโตได้ดีเมื่ออุณหภูมิกลางวันระหว่าง 20-30 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิกลางคืนระหว่าง 16-24 องศาเซลเซียส (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2551) มีอุณหภูมิสูงสุดสำหรับการเจริญเติบโต 35 องศาเซลเซียส (Tindall, 1983) เขตที่มีอุณหภูมิลดต่ำกว่า 10 - 15 องศาเซลเซียส จะทำให้การพัฒนาและการเจริญเติบโตของลำต้นถั่วฝักยาวหยุดชะงัก (กรมวิชาการเกษตร, 2545; Yamaguchi, 1983; Quan, 1996) และถ้าอุณหภูมิสูงในช่วงการออกดอก และติดฝัก ทำให้ดอกและฝักอ่อนร่วง (กรมวิชาการเกษตร, 2545; ขวัญจิตร, 2535) ทำให้การติดฝักต่ำ และมีผลกระทบต่อคุณภาพของผลผลิต (ขวัญจิตร, 2535) ถั่วฝักยาวต้องการแสงแดดจัด ช่วงแสงไม่มีผลต่อการออกดอก (ขวัญจิตร, 2535; Yamaguchi, 1983) สามารถออกดอกได้ตลอดทั้งปี (ขวัญจิตร, 2544) และต้องการความชื้นสัมพัทธ์สูง (ขวัญจิตร, 2544) ในขณะที่ปลูกถ้ามีฝนตกหนักอย่างต่อเนื่อง และแสงแดดน้อยจะเป็นอุปสรรคต่อการงอกของเมล็ดพันธุ์ทำให้เมล็ดพันธุ์เน่า และมีเปอร์เซ็นต์ความงอกต่ำ ในช่วงการเจริญเติบโตทางลำต้นทำให้เกิดการเหี่ยว ออกดอกน้อย (ขวัญจิตร และวัลลภ, ม.ป.ป.) บางพันธุ์ไม่ออกดอก (Tindall, 1983) ดอกมักออกที่ยอดและร่วงทำให้ผลผลิตต่ำ (ขวัญจิตร และวัลลภ, ม.ป.ป.) และถ้าขาดน้ำในช่วงออกดอกและติดฝักทำให้ดอกร่วงและติดฝักน้อย มีผลกระทบต่อผลผลิต (ขวัญจิตร, 2535) นอกจากนี้สภาพพื้นที่ปลูกควรเป็นที่ราบ (ขวัญจิตร และวัลลภ, ม.ป.ป.) ถั่วฝักยาวขึ้นได้ตั้งแต่ดินร่วนปนทรายจนถึงดินเหนียว (Tindall, 1983) ดินมีอินทรีย์วัตถุสูง (ขวัญจิตร และวัลลภ, ม.ป.ป.) มีการระบายน้ำดี (กรมวิชาการเกษตร, 2545; ขวัญจิตร และวัลลภ, ม.ป.ป.; Tindall, 1983) ไม่ชอบน้ำท่วมขัง

(ขวัญจิตร, 2544; ขวัญจิตร และวัลลภ, ม.ป.ป.) มีความเป็นกรดเป็นด่างระหว่าง 5.5-6.0 (กรมวิชาการเกษตร, 2545; Tindall, 1983)

การออกดอกของถั่วฝักยาวไม่ขึ้นกับช่วงแสง ถั่วฝักยาวแต่ละพันธุ์มีอายุการออกดอกแตกต่างกันไป แบ่งเป็นกลุ่มดังนี้ (จานุลักษณ์และอัจฉรา, 2536)

1. พันธุ์เบา อายุจากวันปลูก ถึงวันดอกแรกบาน 50 เปอร์เซ็นต์ 33 – 42 วัน
2. พันธุ์ปานกลาง อายุจากวันปลูก ถึงวันดอกแรกบาน 50 เปอร์เซ็นต์ 43 – 52 วัน
3. พันธุ์หนัก อายุจากวันปลูก ถึงวันดอกแรกบาน 50 เปอร์เซ็นต์ 53 – 60 วัน

### พันธุ์ถั่วฝักยาว

กรมวิชาการเกษตร (2545) แบ่งพันธุ์ของถั่วฝักยาวโดยอาศัยแหล่งที่มาและสีของเมล็ดเป็นเกณฑ์ในการแบ่งได้ดังนี้

#### ก. แบ่งตามแหล่งที่มาของเมล็ดพันธุ์

1. พันธุ์ของทางราชการ ได้แก่ พันธุ์ ก 2-1A (จากกรมวิชาการเกษตร), พันธุ์ มก. 8 (จากมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์)
2. พันธุ์ของบริษัทเอกชน ได้แก่ พันธุ์ RW 24, พันธุ์สองสี, พันธุ์เขียวดอก, พันธุ์กรีนพอท, พันธุ์แอร์ไวร์, พันธุ์เอเชียนนิโกร, พันธุ์เกาชุง เป็นต้น
3. พันธุ์พื้นเมือง ได้แก่ พันธุ์พื้นเมืองของท้องถิ่นต่างๆ เช่น พันธุ์ถั่วด้วง (สระบุรี) พันธุ์ดำเนิน (ราชบุรี) พันธุ์พื้นเมือง (ตรัง) พันธุ์พื้นเมือง (หนองคาย) เป็นต้น

#### ข. แบ่งตามลักษณะของสีเมล็ดพันธุ์

1. เมล็ดสีแดง ดอกสีม่วงอ่อนหรือสีม่วง ฝักสีเขียว หรือเขียวเข้ม
2. เมล็ดสีแดงเข้ม ดอกสีม่วง ฝักสีม่วงเข้ม
3. เมล็ดสีขาว ดอกสีครีม ฝักสีเขียวอ่อน
4. เมล็ดสีดำ ดอกสีม่วง ฝักสีเขียวเข้ม
5. เมล็ดสีแดงต่างขาว ดอกสีม่วง ฝักสีเขียว

นอกจากนี้ มหาวิทยาลัยขอนแก่นได้พัฒนาพันธุ์ถั่วพุ่ม ซึ่งให้ฝักที่มีลักษณะเช่นเดียวกับถั่วฝักยาว แต่ไม่ต้องใช้ค้ำ ทนต่อสภาพแห้งแล้ง ได้แก่ พันธุ์ มข. 25

## สภาพของดินและอากาศที่เหมาะสมในการปลูกถั่วฝักยาว

ถั่วฝักยาวเป็นพืชที่สามารถปลูกได้ในดินทุกชนิด แต่ปลูกได้ดีในดินร่วนปนทราย มีการระบายน้ำได้ดี สภาพความเป็นกรดต่าง (pH) อยู่ระหว่าง 5.5-6.0 และเป็นพืชที่ต้องการแสงแดดตลอดทั้งวัน ชอบอากาศร้อนปานกลาง ถ้าอากาศร้อนเกินไปหรือฝนตกชุกจะทำให้ดอกและฝักร่วง ถ้าอากาศหนาวเกินไปจะชะงักการเจริญเติบโต เนื่องจากระบบรากไม่ทำงาน ดังนั้นถั่วฝักยาวมักให้ผลผลิตในช่วงฤดูแล้งสูงกว่าในฤดูฝน แต่ในช่วงฤดูฝนหากมีการดูแลรักษาที่ดีคุณภาพของฝักที่ได้จะสมบูรณ์กว่าในช่วงฤดูร้อน (กรมวิชาการเกษตร, 2545)

## ลักษณะถั่วฝักยาวที่ตลาดต้องการ แบ่งได้ดังนี้ (กรมวิชาการเกษตร, 2545)

1. ความต้องการของตลาดในประเทศต้องการถั่วฝักยาวที่มีความยาวฝัก 50-70 เซนติเมตร สีเปลือกเขียว ฝักไม่พอง แต่ความต้องการในแต่ละท้องถิ่นนั้นจะแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับความนิยมของผู้บริโภค และลักษณะการประกอบอาหารของแต่ละแหล่งด้วย
2. ความต้องการของตลาดต่างประเทศ ต้องการถั่วฝักยาวที่มีความยาวฝักประมาณ 36-40 เซนติเมตร ขนาดสม่ำเสมอ สดไม่อบช้ำ เก็บอ่อนกว่าปกติ 1-2 วัน

## การปรับปรุงพันธุ์ถั่วฝักยาว

ถั่วฝักยาวจัดเป็นพืชผสมตัวเอง เนื่องจากมีดอกสมบูรณ์เพศและเนื่องจากเกสรตัวผู้และเกสรตัวเมียถูกห่อหุ้มด้วย keel, standard และ wing ซึ่งเป็นกลีบดอก จึงเกิดการผสมในดอกเดียวกัน (Stephens, 2003; Porcher, 2005) อย่างไรก็ตามโอกาสในการผสมข้ามก็อาจเกิดขึ้นได้บ้าง โดยในถั่วฝักยาวมีการผสมข้ามประมาณ 6 เปอร์เซ็นต์ (เสถียร, 2530)

พืชผสมตัวเองมีความแตกต่างในด้านพันธุกรรมจากพืชผสมข้าม นั่นคือโดยทั่วไปแล้วพืชผสมตัวเองจะมียีนแต่ละตำแหน่งอยู่ในสภาพยีนคู่แฝด (homozygous) อยู่เสมอ โดยที่หากยีนตำแหน่งเป็นยีนคู่แฝดอยู่แล้ว (AA หรือ aa) มันก็ยังคงสภาพยีนคู่แฝดดังกล่าวนั้นต่อไปเนื่องจากการผสมตัวเอง (Poehlman, J.M. and D.A. Sleper, 1995)

กระบวนการปรับปรุงพันธุ์พืชผสมตัวเองอยู่บนพื้นฐานของโครงสร้างทางพันธุกรรมของประชากรพืชผสมตัวเอง ประชากรคละของพืชผสมตัวเองมักพบในพันธุ์ท้องถิ่นหรือพันธุ์พื้นเมือง (landraces or local cultivars) ตลอดจนพวกพันธุ์ป่า (wild-type cultivars) โดยประชากรประกอบด้วยต้นพืชที่มีจีโนไทป์เป็นลักษณะพันธุกรรมยีนคู่แฝดหรือเป็นพันธุ์แท้อยู่หลาย ๆ จีโน-

-ไทป์ ถ้าหากเก็บเกี่ยวมาเพียงหนึ่งต้นของแต่ละจีโนไทป์มาปลูก ก็จะได้ประชากรพันธุ์แท้หลายๆ ประชากร และแต่ละประชากรจะมีความแตกต่างกัน (Poehlman, J.M. and D.A. Sleper, 1995)

ลักษณะพันธุกรรมยีนคู่ผสมอาจเกิดขึ้นได้ในประชากรพืชผสมตัวเองจากการผสมข้ามที่ อาจเกิดขึ้นได้บ้างระหว่างต้นที่มีจีโนไทป์ต่างกัน หรือเกิดจากการกลายพันธุ์ อย่างไรก็ตาม การผสมตัวเองติดต่อกันหลายๆ รุ่น ก็จะทำให้ประชากรเข้าสู่การคงตัวทางพันธุกรรมได้ในที่สุด เนื่องจากกลูกลานของต้นที่มีพันธุกรรมของยีนคู่ผสม จะเข้าสู่สภาพยีนคู่แฝดเพิ่มมากขึ้นในแต่ละรุ่น จนได้เป็นประชากรย่อย (subpopulation) หลายประชากรย่อยที่มีจีโนไทป์แตกต่างกัน โดยในแต่ละต้นในประชากรย่อยมีจีโนไทป์เหมือนกัน กระบวนการคัดเลือกที่ทำในประชากรละของพืชผสมตัวเองมี 2 วิธีใหญ่ๆ คือ การคัดเลือกแบบหมู่ (mass selection) และการคัดเลือกสายพันธุ์บริสุทธิ์ (pure-line selection) โดยพันธุ์หรือประชากรที่ได้มาจากการคัดเลือกนี้เรียกว่า mass selections และ pure-lines ตามลำดับ (Poehlman, J.M. and D.A. Sleper, 1995)

การคัดเลือกแบบหมู่ (mass selection) ในวิธีการนี้ ต้นพืชที่ถูกคัดเลือกและเก็บเกี่ยวมานั้น โดยพิจารณาจากลักษณะภายนอกหรือฟีโนไทป์ โดยเก็บเมล็ดมารวมกันโดยไม่มีทดสอบในรุ่นลูก (without progeny testing) พันธุ์ที่พัฒนามาโดยวิธีนี้โดยทั่วไปแล้วมีความสม่ำเสมอในลักษณะทางคุณภาพซึ่งมีการถ่ายทอดลักษณะด้วยยีนน้อยคู่ เช่น การมี awns ลักษณะสี หรือ ความสูงแก่ ซึ่งเป็นความแตกต่างของลักษณะภายนอกที่สามารถเห็นได้และใช้เป็นลักษณะในการคัดเลือกได้ ส่วนความแปรปรวนทางพันธุกรรมในลักษณะทางปริมาณ เช่น ผลผลิต ขนาด หรือ คุณภาพภายใน ซึ่งมีความแตกต่างของลักษณะที่น้อยมาก ยากที่จะสังเกตได้ และไม่สามารถแยกออกมาได้อย่างแม่นยำจากความแปรปรวนที่มีสาเหตุมาจากสภาพแวดล้อมได้ ความแปรปรวนนี้ก็ยังคงอยู่ในประชากรที่คัดเลือกมา ถ้าหากพันธุ์หรือประชากรละผ่านกระบวนการคัดเลือกแบบหมู่มาแล้ว จะหยุดการปลูกทดสอบและเริ่มขยายเมล็ดพันธุ์ได้หลังจากพิสูจน์ทราบแล้วว่าพันธุ์ใหม่ที่ได้ไม่แตกต่างจากประชากรเดิมในด้านการปรับตัวและการแสดงออกของลักษณะ และมีความดีเด่นเหนือประชากรเดิมในด้านความสม่ำเสมอ ส่วนความแปรปรวนทางพันธุกรรมที่ยังคงมีอยู่ในประชากรที่ผ่านการคัดเลือกแบบหมู่นั้น อาจมีประโยชน์ในด้านการมีความทนทานต่อความแปรปรวนของสภาพแวดล้อม (buffering) โดยจากการคัดเลือกแบบหมู่นี้ จะไม่สามารถแยกได้ระหว่างต้นพืชที่มีลักษณะพันธุกรรมแบบยีนคู่แฝด (homozygous) กับต้นพืชที่มีลักษณะพันธุกรรมแบบยีนคู่ผสม (heterozygous) ในลักษณะทางคุณภาพที่ควบคุมด้วยยีนซ่ม ต้นพืชที่มีลักษณะพันธุกรรมแบบยีนคู่ผสมจะมีการกระจายตัวของ

ลักษณะในประชากรรุ่นถัดไป และการคัดเลือกก็อาจจำเป็นต้องทำซ้ำ (Poehlman, J.M. and D.A. Sleper, 1995)

การคัดเลือกสายพันธุ์บริสุทธิ์ (pure-line selection) สายพันธุ์บริสุทธิ์ (a pure line) เป็นลูกที่สืบเชื้อสายโดยการผสมตัวเองมาจากต้นพืชที่มีลักษณะพันธุกรรมแบบยีนคู่แฝดเพียงต้นเดียว การคัดเลือกสายพันธุ์บริสุทธิ์จึงหมายถึงกระบวนการของการสกัดสายพันธุ์บริสุทธิ์จากประชากรคลณะ พันธุ์พัฒนามาจากการคัดเลือกด้วยวิธีนี้จึงมีความสม่ำเสมอมากกว่าพันธุ์ที่พัฒนาด้วยวิธีการคัดเลือกหมู่ เนื่องจากทุกต้นของประชากรจะมีจีโนไทป์เดียวกัน ซึ่งกรณีนี้สันนิษฐานว่าต้นที่แรกที่ถูกคัดเลือกมานั้นมีพันธุกรรมคู่แฝดในทุกตำแหน่ง อย่างไรก็ตาม สภาวะเช่นนี้พบได้ยากในธรรมชาติ พันธุ์จากสายพันธุ์บริสุทธิ์จำนวนมากได้ถูกพัฒนามาจากต้นพืชที่ดีเด่นที่คัดเลือกมาได้จากพันธุ์พื้นเมืองหรือจากประชากรคลณะ ปัจจุบันนี้ พันธุ์ใหม่ส่วนใหญ่ได้มาจากการคัดเลือกจากประชากรที่มีการกระจายทางพันธุกรรมหลังจากการผสมพันธุ์ ในกรณีอื่นๆ การใช้วิธีการทดสอบในรุ่นลูก (progeny test) เป็นขั้นตอนที่สำคัญของการคัดเลือกสายพันธุ์บริสุทธิ์ และใช้ในการประเมินลักษณะของการปรับปรุงพันธุ์ของต้นพืชที่ถูกคัดเลือกนั้น วิธีการคัดเลือกสายพันธุ์บริสุทธิ์ไม่ได้เป็นการสร้างจีโนไทป์ใหม่ขึ้นมา และความก้าวหน้าในการปรับปรุงพันธุ์ก็ถูกจำกัดอยู่ที่จีโนไทป์ที่ดีที่สุดที่มีอยู่ในประชากรคลณะนั้น ดังนั้นเมื่อจีโนไทป์ที่ดีที่สุดได้รับการจำแนกและคัดเลือกมาแล้ว ก็ทำการเพิ่มประชากรจากจีโนไทป์นั้นเพื่อทำเป็นพันธุ์ใหม่ต่อไปตามขั้นตอน (Poehlman, J.M. and D.A. Sleper, 1995)

ปราโมทย์ และ พรทิพย์ (2544) ได้เปรียบเทียบสายพันธุ์ถั่วฝักยาวที่คัดเลือกจากคู่ผสม พันสนนิคม x เขียวดอก #3 โดยมีพันธุ์เปรียบเทียบ 3 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์พันสนนิคม พันธุ์เขียวดอกเบอร์ 4 และพันธุ์ลำน้ำชี พบว่า ระยะเวลาพันธุ์เปรียบเทียบด้วยกัน มีจำนวนฝักต่อต้นและผลผลิตต่อไร่ไม่แตกต่างกัน โดยที่พันธุ์พันสนนิคมมีแนวโน้มให้ค่าสูงสุด ในส่วนของความยาวฝักพบว่าพันธุ์พันสนนิคมมีความยาวฝักมากที่สุดคือ 62.2 เซนติเมตร

พันธุ์พันสนนิคมเป็นพันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูงพันธุ์หนึ่ง เป็นพันธุ์ท้องถิ่นของ อำเภอพันสนนิคม จังหวัดชลบุรี มีฝักสีเขียวสด ยาว เฉลี่ย 57 เซนติเมตร น้ำหนักต่อฝัก 15.69 กรัม รสหวาน เป็นที่นิยมของผู้บริโภค (โชคดี และคณะ, 2535)

จากโครงการปรับปรุงพันธุ์ถั่วฝักยาวโดย เกษมและชัยฤกษ์ (2537) รายงานว่า จากการประเมินคุณสมบัติสายพันธุ์ที่รวบรวมพบว่า สีของฝักสดมี 3 ประเภทคือ เขียวจาง เขียวเข้ม และสีม่วง ความยาวฝักสดแบ่งเป็น 5 กลุ่ม คือ ความยาวตั้งแต่ 60 เซนติเมตรขึ้นไป, 50-59 เซนติเมตร, 40-49 เซนติเมตร, 30-39 เซนติเมตร และ 29 เซนติเมตร หรือสั้นกว่า ส่วนความดกของฝักวัดได้จากจำนวนฝักต่อต้นมี 4 ระดับคือ ดกพิเศษ(100 ฝักต่อต้นขึ้นไป), ดกมาก(80-90 ฝักต่อต้น), ดกพอใช้(50-79 ฝักต่อต้น) และไม่ดก(49 ฝักต่อต้นหรือต่ำกว่า) โดยที่ความดกไม่มีความสัมพันธ์กับความยาวฝัก และจากการปรับปรุงพันธุ์ถั่วฝักยาว พบว่าพันธุ์เคยู # 8 ให้ผลผลิตสูงสุดในหลายพื้นที่ จึงเป็นพันธุ์ที่ถูกแนะนำให้ปลูกสำหรับตลาดที่ต้องการถั่วฝักยาวที่ฝักกรอบ เช่นในกรุงเทพฯ พื้นที่ภาคกลางและภาคเหนือ ตลอดจนบางพื้นที่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (Piluek, 1994)

ขั้นตอนแรกในโปรแกรมการปรับปรุงพันธุ์พืชคือการรวบรวมพันธุ์กรรมพืชชนิดที่ต้องการจะปรับปรุงพันธุ์มาไว้ให้ได้มากที่สุด โดยต้องพิจารณาค้นหาแหล่งพันธุ์ที่มียีนที่มีผลทำให้ปรับปรุงลักษณะที่ต้องการต่างๆ พันธุ์การค้าจัดเป็นแหล่งพันธุ์กรรมที่มีประโยชน์แหล่งหนึ่ง โดยมีข้อแม้ว่าต้องไม่ล่วงละเมิดกฎหมายเกี่ยวกับการคุ้มครองพันธุ์พืช ส่วนพันธุ์พื้นเมือง (landraces) นั้น อาจนำมาใช้ประโยชน์ได้ แต่เนื่องจากปัจจุบันนี้พันธุ์ท้องถิ่นมักถูกแทนที่ด้วยพันธุ์การค้าเสียเป็นส่วนใหญ่ นอกจากในแหล่งที่ห่างไกลจริงๆ ดังนั้นพันธุ์พื้นเมืองแม้ว่าจะมีประโยชน์ แต่ก็หาได้ยาก ดังนั้นการวิจัยในครั้งนี้จึงมีประโยชน์ทั้งในทางด้านวิชาการ การอนุรักษ์พันธุ์พื้นเมือง และการปรับปรุงพันธุ์กรรมของถั่วฝักยาวพันธุ์พื้นเมืองให้ดีขึ้นและเหมาะสมกับสภาพการปลูกในพื้นที่

ในระยะแรกของการปรับปรุงพันธุ์พืชนั้น การคัดเลือกโดยการเปรียบเทียบจากจีโนไทป์จำนวนมาก มีโอกาสได้รับความก้าวหน้าในการคัดเลือก (genetic gains) ได้มากกว่าการคัดเลือกจากการเปรียบเทียบในจีโนไทป์จำนวนน้อยที่ปลูกหลายซ้ำเพื่อต้องการความแม่นยำในการทดสอบ (Bos, 1983; Gauch and Zobel, 1996) อีกทั้งในระยะแรกของการรวบรวมและคัดเลือกพันธุ์นั้น เมล็ดพันธุ์ของแต่ละจีโนไทป์อาจยังมีไม่มากพอสำหรับการปลูกทดลองแบบมีซ้ำได้ (Federer and Raghavarao, 1975) การทดลองแบบ augmented designs (Federer, 1956 & 1961) จึงเป็นแผนการทดลองที่เหมาะสมสำหรับกรณีดังกล่าว ดังนั้นจากโครงการรวบรวมแหล่งพันธุ์กรรมของถั่วฝักยาวพันธุ์ท้องถิ่นในจังหวัดชลบุรีจึงนำมาสู่การทดลองในครั้งนี้ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบผลผลิตในเบื้องต้นของสายพันธุ์ถั่วฝักยาวที่คัดเลือกมาจากพันธุ์ท้องถิ่นและพันธุ์นำเข้า และหาความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะฝักและผลผลิตเพื่อนำมาใช้ประโยชน์ในการคัดเลือกและปรับปรุงพันธุ์ต่อไป



## อุปกรณ์และวิธีการ

### อุปกรณ์

1. เมล็ดพันธุ์ถั่วฝักยาวพันธุ์พื้นเมือง 32 ตัวอย่างพันธุ์ (ตารางผนวกที่ 1) พันธุ์การค้า 4 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์ลำน้ำชี (ตราครุฑแดง) พันธุ์ไต้หวัน (ตราสิงโต) พันธุ์สุดสาคร (ตราเรือบิน) และ พันธุ์วังเจ้า (ตราปลาวาฬ) และสายพันธุ์นำเข้าจากประเทศจีน 2 สายพันธุ์ ได้แก่ สายพันธุ์ M1 (Long Road) และ B1 (Perfect)
2. ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 และ 46-0-0 และปุ๋ยคอก
3. ไม้ค้ำขนาดยาว 2.5 เมตร
4. อุปกรณ์การเตรียมแปลงปลูกและสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืช
5. อุปกรณ์การผสมเกสร
6. อุปกรณ์ในการวัดและบันทึกข้อมูล

### วิธีการ

1. ฤดูปลูกที่ 1 โดยการรวบรวมเมล็ดพันธุ์ถั่วฝักยาวพื้นเมืองจากแหล่งปลูกในเขตจังหวัด ชลบุรีจำนวน 32 ตัวอย่างพันธุ์ (accessions) นำมาปลูกที่แปลงทดลองเพื่อศึกษาลักษณะ เบื้องต้นและเพื่อเพิ่มปริมาณเมล็ดพันธุ์ (ฤดูปลูกที่ 1) โดยปลูกในโรงเรือนมุ้งตาข่ายกันแมลง ตัวอย่างพันธุ์ละ 1 แปลง ขนาดแปลง 1 x 3 เมตร ปลูกแบบแถวคู่ จำนวน 32 แปลง บันทึกข้อมูล ลักษณะของลำต้น ใบ ดอก และฝัก และเก็บเมล็ดพันธุ์เก็บรวมกัน (mass) ของแต่ละตัวอย่าง พันธุ์เพื่อนำไปปลูกคัดเลือกในฤดูปลูกต่อไป

2. ฤดูปลูกที่ 2 นำเมล็ดพันธุ์ของตัวอย่างพันธุ์ที่คัดเลือกจากฤดูปลูกที่ 1 มาปลูกคัดเลือก ใน 2 วิธีการ ดังนี้

2.1 การปลูกคัดเลือกแบบแยกต้น (pure line) โดยนำตัวอย่างพันธุ์เบอร์ 9, 11, 12 และตัวอย่างพันธุ์พื้นเมือง “นาวังหิน” มาปลูกตัวอย่างพันธุ์ละ 1 แปลง ขนาดแปลง 1 x 10 เมตร ระยะต้น 0.75 เมตร และระยะแถว 0.75 เมตร โดยปลูกแบบสลัฟพื้นปลา หลุมละ 1 ต้น สำหรับการคัดเลือกและเก็บเมล็ดแยกต้น บันทึกข้อมูลรายต้นในลักษณะความยาวฝัก ความ กว้างฝัก น้ำหนักฝัก และจำนวนฝักต่อต้น

2.2 การปลูกเพื่อทดสอบตัวอย่างพันธุ์ในแผนการทดลอง และการคัดเลือกและ เก็บเมล็ดพันธุ์แบบหมู่ (mass) โดยนำตัวอย่างพันธุ์เบอร์ 1, 6, 9, 10, 11, 12, 17, 25, 27, 32 และ “นาวังหิน” โดยมีพันธุ์การค้าพันธุ์สุดสาครเป็นพันธุ์เปรียบเทียบ รวม 12 ทรีตเมนต์ ปลูกใน แผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (RCBD) ทำ 2 ซ้ำ ขนาดแปลงย่อย 1 x 3 เมตร ระยะ

ระหว่างแปลงและระหว่างบล็อก 0.5 เมตร แปลงแบบแถวคู่ ระยะปลูก 0.50 x 0.75 เมตร (ระยะหลุม x ระยะแถว) ไร่หลุมละ 2 ต้น บันทึกข้อมูลของแต่ละแปลงย่อยในลักษณะฝักและผลผลิต

3. ฤดูปลูกที่ 3 นำเมล็ดพันธุ์ของสายพันธุ์ที่คัดเลือกจากฤดูปลูกที่ 2 ของทั้ง 2 วิธีการ มาปลูกเพื่อทดสอบผลผลิตและลักษณะทางพืชสวน จำนวน 38 สายพันธุ์ และสายพันธุ์ที่คัดเลือกเก็บรวมจากพันธุ์นำเข้าจากประเทศจีน 2 สายพันธุ์ (M1 และ B1) รวมทั้งหมด 40 สายพันธุ์ มาปลูกทดสอบในฤดูปลูกที่ 4 โดยมีพันธุ์การค้า 4 พันธุ์ใช้เป็นพันธุ์มาตรฐาน ได้แก่ พันธุ์ลำน้ำชี (ตราครุฑแดง) พันธุ์ไต้หวัน (ตราสิงโต) พันธุ์สุตสาคร (ตราเรือบิน) และพันธุ์วังเจ้า (ตราปลาวาฬ) ใช้แผนการทดลองแบบ augmented randomized complete block design มี 5 บล็อก แต่ละบล็อกมี 12 แปลงย่อย ประกอบด้วยสายพันธุ์คัดเลือก 8 แปลงย่อย และพันธุ์มาตรฐาน 4 แปลงย่อย รวมทั้งการทดลอง 60 แปลงย่อย แต่ละแปลงย่อยมีขนาดกว้าง 1 เมตร ยาว 3.5 เมตร ระยะระหว่างแปลงย่อย 0.5 เมตร ระหว่างบล็อก 0.75 เมตร ปรับแปลงย่อยให้มีร่องกลางเพื่อการให้น้ำ คลุมแปลงด้วยพลาสติก ระยะปลูก 50 x 75 เซนติเมตร (ระยะต้น x ระยะแถว) ปลูกโดยหยอดเมล็ดแล้วถอนแยกให้เหลือหลุมละ 2 ต้น บันทึกข้อมูลลักษณะทางพืชสวนและผลผลิต

หมายเหตุ สายพันธุ์คัดเลือกและพันธุ์การค้าที่ปลูกทดลองในฤดูปลูกที่ 3 มี 4 กลุ่ม ดังนี้

- (1) สายพันธุ์ที่คัดเลือกจากพันธุ์ท้องถิ่น (คัดเลือกแบบแยกต้น-pure line) ได้แก่ 9-1, 9-2, 9-3, 9-5, 9-7, 9-8, 9-11, 9-12, 9-15, 9-16, 11-1, 11-3, 11-10, 11-11, 11-13, 12-1, 12-2, 12-6, 12-9, 12-12, 12-14, 12-15, 12-16
- (2) สายพันธุ์ที่คัดเลือกจากพันธุ์ท้องถิ่น (คัดเลือกแบบหมู่-mass) ได้แก่ 9-R1, 9-R2, 10-R1, N-1, N-3, N-4, N-7, N-10, N-11, N-12, N-13, N-14, N-16, N32-R1, Nawanghin
- (3) สายพันธุ์ที่คัดเลือกแบบหมู่จากพันธุ์จากประเทศจีน ได้แก่ M1 และ B1
- (4) พันธุ์การค้า ได้แก่ พันธุ์ลำน้ำชี, สุตสาคร, ไต้หวัน และ วังเจ้า

4. การปลูกและดูแลรักษา การปลูกแบบแถวคู่โดยใช้พลาสติกคลุมแปลง ปรับแปลงย่อยให้มีร่องกลางเพื่อการให้น้ำ แล้วคลุมแปลงด้วยพลาสติก เจาะพลาสติกตามระยะของหลุมปลูก ใช้ระยะปลูก 50 x 75 เซนติเมตร (ระยะต้น x ระยะแถว) ปลูกโดยหยอดเมล็ด 4 – 5 เมล็ดต่อหลุม แล้วถอนแยกให้เหลือหลุมละ 2 ต้น การใส่ปุ๋ย ใส่ปุ๋ยสูตร 15-15-15 อัตรา 80 กิโลกรัมต่อไร่ แบ่งใส่ 2 ครั้ง คือรองก้นหลุมก่อนปลูก และเมื่ออายุ 30 วันหลังปลูก และปุ๋ยสูตร 46-0-0 อัตรา 20 กิโลกรัมต่อไร่ เมื่ออายุ 17 วันหลังปลูก ปักค้ำเป็นรูปกระโจม การให้น้ำโดยใช้บัวรดน้ำในระยะแรกที่หยอดเมล็ด หลังจากนั้นมีการให้น้ำแบบร่อง การป้องกันกำจัดศัตรูพืช ฉีดพ่นสารป้องกันกำจัดโรคและแมลงศัตรูตามความเหมาะสม

5. การเก็บเกี่ยว เก็บเกี่ยวฝักสดวันเว้นวัน ช่วงระยะเวลาเก็บเกี่ยวฝักประมาณ 30 วัน

6. การบันทึกข้อมูล ในแต่ละฤดูปลูกมีการบันทึกข้อมูลดังนี้

#### 6.1 ฤดูปลูกที่ 1 บันทึกข้อมูลดังนี้

- (1) ลักษณะการเจริญของลำต้น (เลื้อย/พุ่ม)
- (2) จำนวนข้อต่อต้น (เฉลี่ยจากการวัด 5 ต้น/แปลงย่อย)
- (3) ขนาดใบ (ความยาวและความกว้างใบ (เซนติเมตร)) (เฉลี่ยจากการวัด 10 ใบ/แปลงย่อย)
- (4) สีดอก
- (5) ขนาดดอก (ความยาวและความกว้างดอกบาน (เซนติเมตร)) (เฉลี่ยจากการวัด 10 ดอก/แปลงย่อย)
- (6) สีฝัก
- (7) ความยาวฝัก (เซนติเมตร) (เฉลี่ยจากการวัด 10 ฝัก/แปลงย่อย)
- (8) จำนวนเมล็ดต่อฝัก (เฉลี่ยจากการวัด 10 ฝัก/แปลงย่อย)
- (9) ขนาดเมล็ด (ความยาวและความกว้างเมล็ด (เซนติเมตร)) (เฉลี่ยจากการวัด 10 เมล็ด/แปลงย่อย)

#### 6.2 ฤดูปลูกที่ 2 บันทึกข้อมูลดังนี้

- (1) สีดอก
- (2) อายุดอกแรกบาน (วัน)
- (3) สีฝัก
- (4) ความยาวฝัก (เซนติเมตร) (เฉลี่ยจากการวัด 10 ฝัก/แปลงย่อย)
- (5) ความกว้างฝัก (เซนติเมตร) (เฉลี่ยจากการวัด 10 ฝัก/แปลงย่อย)
- (6) จำนวนฝักต่อไร่ (เทียบจากผลผลิตต่อแปลงย่อย)
- (7) ผลผลิตต่อไร่ (กิโลกรัมต่อไร่) (เทียบจากผลผลิตต่อแปลงย่อย)

#### 6.3 ฤดูปลูกที่ 3 บันทึกข้อมูลดังนี้

- (1) ความยาวต้น (เซนติเมตร) (เฉลี่ยจากการวัด 5 ต้น/แปลงย่อย)
- (2) จำนวนข้อต่อต้น (เฉลี่ยจากการวัด 5 ต้น/แปลงย่อย)
- (3) น้ำหนักสดของต้น (กรัม) (เฉลี่ยจากการวัด 5 ต้น/แปลงย่อย)
- (4) อายุดอกแรกบาน (วัน)
- (5) อายุดอกแรกบาน 50 % (วัน)

- (6) ความยาวฝัก (เซนติเมตร) (เฉลี่ยจากการวัด 10 ฝัก/แปลงย่อย)
- (7) ความกว้างฝัก (เซนติเมตร) (เฉลี่ยจากการวัด 10 ฝัก/แปลงย่อย)
- (8) น้ำหนักฝัก (กรัม) (เฉลี่ยจากการวัด 10 ฝัก/แปลงย่อย)
- (9) จำนวนฝักดีต่อต้น (เฉลี่ยจากการวัดต่อแปลงย่อย)
- (10) จำนวนฝักเสียต่อต้น (เฉลี่ยจากการวัดต่อแปลงย่อย)
- (11) จำนวนฝักรวมต่อต้น (เฉลี่ยจากการวัดต่อแปลงย่อย)
- (12) เปอร์เซ็นต์จำนวนฝักดีต่อต้น (เปอร์เซ็นต์)
- (13) ผลผลิตฝักดีต่อไร่ (ตันต่อไร่) (เทียบจากผลผลิตต่อแปลงย่อย)
- (14) ผลผลิตฝักเสียต่อไร่ (ตันต่อไร่) (เทียบจากผลผลิตต่อแปลงย่อย)
- (15) ผลผลิตฝักรวมต่อไร่ (ตันต่อไร่) (เทียบจากผลผลิตต่อแปลงย่อย)
- (16) เปอร์เซ็นต์ผลผลิตฝักดีต่อไร่ (เปอร์เซ็นต์)

#### 7. การวิเคราะห์ข้อมูล

7.1 ฤดูปลูกที่ 1 วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติพรรณนา (Descriptive statistics)

7.2 ฤดูปลูกที่ 2 วิเคราะห์ความแปรปรวนตามแผนการทดลอง RCBD และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's new multiple rang test (DMRT) และการวิเคราะห์ผลทางพันธุกรรมเพื่อประมาณค่าความแปรปรวนทางพันธุกรรม (genotypic variance) และอัตราพันธุกรรมอย่างกว้าง

7.3 ฤดูปลูกที่ 3 วิเคราะห์ความแปรปรวนตามแผนการทดลอง augmented randomized complete block design (Federer and Raghavarao, 1975; Petersen, 1985) โดยมีการปรับค่าข้อมูลของสายพันธุ์ใหม่ และเปรียบเทียบความแตกต่างของสายพันธุ์ใหม่และพันธุ์เปรียบเทียบด้วยวิธี Least Significant Difference (LSD) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และหาความสัมพันธ์ของลักษณะฝักและผลผลิตด้วยวิธี Pearson correlation

#### สถานที่และระยะเวลาทำการทดลอง

##### สถานที่ทำการทดลอง

ทำการทดลอง ณ บริเวณแปลงพืชผัก ภาควิชาพืชศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์บางพระ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี

##### ระยะเวลาทำการทดลอง

ฤดูปลูกที่ 1: มกราคม-มีนาคม 2554

ฤดูปลูกที่ 2: พฤษภาคม-กรกฎาคม 2555

ฤดูปลูกที่ 3: มกราคม-เมษายน 2556

## ผลการทดลอง

### การปลูกทดสอบเบื้องต้นของสายพันธุ์พื้นเมืองในฤดูปลูกที่ 1

การปลูกเพื่อศึกษาลักษณะทางพืชสวนเบื้องต้นของถั่วฝักยาวจำนวน 32 ตัวอย่างพันธุ์ พบว่ามี 3 ตัวอย่างพันธุ์ที่เมล็ดไม่งอก โดยที่ 29 ตัวอย่างพันธุ์ มีลักษณะต่างๆ ดังแสดงใน Table 1 โดยมีการเจริญเติบโตของลำต้นเป็นแบบเลื้อยพันค้ำ ยกเว้นตัวอย่างพันธุ์ที่ 4 และ 31 ที่เป็นแบบพุ่มเลื้อย เลือกตัวอย่างพันธุ์ที่มีความยาวฝักมากที่สุดตามลำดับ 10 ตัวอย่างพันธุ์สำหรับปลูกเปรียบเทียบในฤดูปลูกที่ 2

### การปลูกเปรียบเทียบสายพันธุ์ในฤดูปลูกที่ 2 (คัดเลือกแบบเก็บรวม)

การเปรียบเทียบสายพันธุ์ถั่วฝักยาว 12 สายพันธุ์/พันธุ์ พบว่าอายุดอกแรกบาน และความยาวฝัก มีความแตกต่างกันระหว่าง 12 สายพันธุ์/พันธุ์ ( $P < 0.01$ ) โดยที่สายพันธุ์เบอร์ 6 และ 12 มีอายุดอกแรกบานเร็วสุดคือ 34 วัน รองลงมาคือสายพันธุ์เบอร์ 25 (35 วัน) และสายพันธุ์เบอร์ 6 ยังมีความยาวฝักมากที่สุดคือ 67.90 เซนติเมตร (Table 2) ในขณะที่ความกว้างฝัก (Table 2) น้ำหนักฝัก จำนวนฝักต่อไร่ และผลผลิตต่อไร่ ไม่มีความแตกต่างกันระหว่างสายพันธุ์/พันธุ์ ( $P > 0.05$ ) (Table 3) โดยที่พันธุ์การค้าสูงสุดสาครมีแนวโน้มให้ผลผลิตมากที่สุดคือ 2,069 กิโลกรัมต่อไร่ ในส่วนของสายพันธุ์ที่คัดเลือกจากพันธุ์ท้องถิ่นแม้ว่าทั้งหมดจะมีแนวโน้มให้ผลผลิตต่ำกว่าพันธุ์การค้า แต่ก็ยังมีสายพันธุ์ที่น่าสนใจที่ให้ผลผลิตสูงพอสมควรได้แก่สายพันธุ์เบอร์ 9, 11, 12 และ 27 โดยที่สายพันธุ์เบอร์ 9 มีความยาวฝักยาวมากสุดเป็นลำดับที่ 3 (57.0 เซนติเมตร) รองจากสายพันธุ์เบอร์ 6 และสายพันธุ์นาวังหิน (67.9 และ 60.5 เซนติเมตร ตามลำดับ) พบว่าสายพันธุ์นาวังหินมีลักษณะต่างๆ ใกล้เคียงกับพันธุ์พันธุ์สนิมมากที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับกรทดลองของปราโมทย์ และพรทิพย์ (2544) ที่รายงานว่าพันธุ์พันธุ์สนิมมีความยาวฝัก 62.2 เซนติเมตร และมีลักษณะฝักคล้ายกัน ดังนั้นเก็บเมล็ดพันธุ์จากสายพันธุ์เบอร์ 9, 11, 12 และสายพันธุ์นาวังหินไปปลูกเพื่อคัดเลือกในฤดูปลูกที่ 3 ต่อไป

### การปลูกเพื่อคัดเลือกแบบแยกต้นในฤดูปลูกที่ 2

ปลูกสายพันธุ์เบอร์ 9, 11, 12 และ นาวังหิน คัดเลือกและเก็บเมล็ดแบบแยกต้น เพื่อนำเมล็ดไปปลูกทดสอบในฤดูปลูกที่ 3 ร่วมกับสายพันธุ์ที่คัดแบบเก็บรวม

**Table 1** Horticultural characters of 32 yard long bean accessions collected from farmer households in Chonburi province, planted in the first season.

No.	Gr. habit	Nodes /plant	Leaf size (cm)		Flower color <sup>1/</sup>	Flower size (cm)		Pod color	Pod length(cm)	Seeds/ pod	Seed size (cm)	
			Length	Width		Length	Width				Length	Width
1*	Indet	28.00	16.20	13.52	1	2.53	1.16	Green	56.50	15.52	1.15	0.67
2	Indet	27.60	16.13	13.40	1	2.34	1.14	Green	49.60	12.78	1.12	0.54
3	Indet	27.50	15.99	13.45	1	2.26	1.12	Green	61.30	12.80	1.10	0.50
4	Semi	30.80	12.23	10.16	2	1.80	1.08	Green	30.40	9.30	1.12	0.50
5	Indet	25.22	15.58	13.49	1	2.45	1.15	Green	55.31	10.25	1.08	0.52
6*	Indet	24.71	15.99	13.57	3	2.32	1.11	Green	68.28	16.25	1.12	0.52
7	Indet	27.00	16.10	13.79	1	2.26	1.09	Green	49.70	14.00	1.10	0.52
8	Indet	28.56	15.77	13.26	1	2.31	1.10	Green	51.50	14.92	1.13	0.49
9*	Indet	27.67	16.07	13.72	1	2.30	1.13	Green	57.63	18.25	1.14	0.52
10*	Indet	32.80	15.99	13.85	1	2.43	1.17	Green	55.30	11.93	1.15	0.50
11*	Indet	31.80	16.07	13.97	1	2.35	1.11	Green	57.40	14.07	1.10	0.52
12*	Indet	32.00	16.04	13.73	1	2.34	1.12	Green	57.50	15.33	1.11	0.51
13	-----Seeds did not germinate-----											
14	Indet	31.56	16.33	13.70	1	2.30	1.08	Green	51.14	12.89	1.10	0.49
15	Indet	30.71	16.04	12.65	1	2.46	1.22	Green	50.45	16.10	1.11	0.47
16	Indet	31.30	16.29	13.85	1	2.32	1.11	Green	47.67	16.56	1.11	0.56
17*	Indet	28.90	16.00	13.68	1	2.32	1.13	Green	56.35	17.93	1.15	0.55
18	Indet	29.78	16.16	13.90	1	2.32	1.13	Green	47.56	14.61	1.16	0.55
19	Indet	32.80	16.05	13.69	1	2.46	1.19	Purple	40.50	14.64	1.11	0.51
20	Indet	31.70	16.12	13.62	1	2.42	1.13	Green	53.05	17.50	1.12	0.55
21	Indet	31.60	15.75	13.47	1	2.40	1.13	Green	47.25	13.50	1.14	0.55
22	Indet	28.75	16.29	13.62	1	2.40	1.17	Green	50.80	15.36	1.11	0.52
23	Indet	29.17	16.16	13.62	1	2.43	1.15	Green	49.50	16.80	1.13	0.54
24	Indet	31.40	16.31	13.75	1	2.41	1.11	Green	51.85	18.40	1.12	0.54
25*	Indet	32.22	15.87	13.40	1	2.45	1.15	Green	53.90	17.27	1.16	0.51
26	Indet	30.25	16.29	13.62	1	2.38	1.10	Green	47.85	17.67	1.13	0.53
27*	Indet	30.90	16.12	13.47	1	2.40	1.13	Green	54.15	16.33	1.13	0.53
28	Indet	29.90	16.02	13.59	1	2.39	1.15	Green	57.45	17.00	1.15	0.54
29	-----Seeds did not germinate-----											
30	-----Seeds did not germinate-----											
31	Semi	30.80	12.09	10.08	2	1.86	1.06	Green	37.84	12.69	1.09	0.59
32*	Indet	28.80	16.22	13.86	1	2.43	1.15	Purple	53.00	17.47	1.11	0.60

\* Seeds of the selected accessions would be planted in the second season.

<sup>1/</sup> Flower color: 1 = purple, 2 = white, 3 = white-purple

**Table 2** Days to first anthesis, days to first harvest, pod length, pod width and pod weight of 12 yard long bean lines/cultivars planted in the second season.

Lines/Cultivars	Flower color	Days to first anthesis (days)	Pod length (cm)	Pod width (cm)
N-1	Purple	37.5 a	52.15 cd	0.68
N-6	White-purple	34.0 d	67.90 a	0.61
N-9	Purple	36.0 bc	57.00 bc	0.66
N-10	Purple	37.0 ab	50.80 cd	0.70
N-11	Purple	36.0 bc	52.50 cd	0.73
N-12	Purple	34.0 d	50.65 cd	0.73
N-17	Purple	37.0 ab	52.55 cd	0.67
N-25	Purple	35.0 cd	46.30 de	0.67
N-27	Purple	35.5 c	49.70 cd	0.69
N-32	Purple	35.5 c	41.40 e	0.57
Nawanghin	Purple	37.5 a	60.50 b	0.49
Sudsakorn	Purple	36.0 bc	53.35 cd	0.67
F-test	-	**	**	ns
CV. (%)	-	1.68	5.86	9.25

ns and \*\* = non-significant and significant at  $P < 0.01$ .

Means with different letters are significantly different ( $P < 0.05$ ) with the Duncan's new multiple range tests.

**Table 3** Pod color, pod weight, number of pods per rai and yield per rai of 12 yard long bean lines/cultivars planted in the second season.

Lines/Cultivars	Pod color	Pod weight (g/pod)	Number of pods per rai	Yield per rai (kg/rai)
N-1	Green	18.00	72,320	1,609
N-6	Green	29.50	36,053	1,107
N-9	Green	27.25	80,000	1,711
N-10	Green	22.00	64,213	1,422
N-11	Green	27.50	69,547	1,795
N-12	Green	26.50	84,053	1,763
N-17	Green	22.50	68,907	1,481
N-25	Green	20.00	83,840	1,632
N-27	Green	24.10	84,693	1,779
N-32	Purple	16.50	50,560	742
Nawanghin	Green	16.50	75,307	1,238
Sudsakorn	Green	23.75	95,787	2,069
F-test	-	ns	ns	ns
CV. (%)	-	23.77	33.87	31.45

ns = non-significant.



### ความแปรปรวนทางพันธุกรรมและอัตราพันธุกรรมอย่างกว้าง

จากการวิเคราะห์ผลทางพันธุกรรมของถั่วฝักยาวทั้ง 12 สายพันธุ์/พันธุ์ พบว่ามีความแปรปรวนของจีโนไทป์ (genotypic variance) สูงในลักษณะอายุดอกบาน 50 เปอร์เซ็นต์ อายุเก็บเกี่ยวฝักแรก 50 เปอร์เซ็นต์ ความกว้างฝัก และความยาวฝัก โดยมีอัตราพันธุกรรมอย่างกว้างในลักษณะดังกล่าวเท่ากับ 0.78, 0.78, 0.44, และ 0.81 ตามลำดับ ส่วนลักษณะที่มีความแปรปรวนทางพันธุกรรมต่ำ ได้แก่ น้ำหนักฝัก, จำนวนฝักทั้งหมดต่อไร่ และ ผลผลิตฝักรวมต่อไร่ โดยมีอัตราพันธุกรรมอย่างกว้างเท่ากับ 0.14, 0 และ 0.06 ตามลำดับ (Table 4)

**Table 4** Genotypic variance ( $\sigma_G^2$ ), environmental variance ( $\sigma_E^2$ ), phenotypic variance ( $\sigma_P^2$ ) and broad-sense heritability (H) of 12 yard long bean lines/cultivar.

Characters	$\sigma_G^2$	$\sigma_E^2$	$\sigma_P^2$	H
Days to first anthesis	1.27	0.36	1.63	0.78
Days to first harvest	1.90	0.55	2.45	0.78
Pod width	0.00	0.00	0.01	0.44
Pod length	40.31	9.59	49.90	0.81
Pod weight	4.71	29.49	34.20	0.14
Total pod number per rai	-33163798	596391414	563227617	0 <sup>z</sup>
Total pod yield per rai	13927	231315.35	245242	0.0568

<sup>z</sup> Value assumed to be zero due to negative estimate.

### การปลูกเปรียบเทียบสายพันธุ์กับพันธุ์มาตรฐาน ในฤดูปลูกที่ 3

จากการวิเคราะห์ผลทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกันระหว่างพันธุ์มาตรฐาน 4 พันธุ์ ที่เป็นพันธุ์การค้า พบว่าลักษณะที่ไม่มีมีความแตกต่างกัน ( $P > 0.05$ ) ได้แก่ น้ำหนักต้น ความยาวต้น จำนวนข้อต่อต้น ผลผลิตฝักเสียต่อไร่ เปอร์เซ็นต์จำนวนฝักดีต่อต้น และเปอร์เซ็นต์ผลผลิตฝักดีต่อไร่ ลักษณะที่มีความแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ( $P < 0.05$ ) ได้แก่ จำนวนกิ่งแขนงต่อต้น ผลผลิตฝักดีต่อไร่ และผลผลิตฝักทั้งหมดต่อไร่ และลักษณะที่มีความแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 ( $P < 0.01$ ) ได้แก่ อายุดอกแรกบาน อายุดอกแรกบาน 50 % ความยาวฝัก ความกว้างฝัก น้ำหนักต่อฝัก จำนวนฝักดีต่อต้น จำนวนฝักเสียต่อต้น และจำนวนฝักทั้งหมดต่อต้น โดยในแต่ละลักษณะได้ผลดังต่อไปนี้

**ความยาวต้น** สายพันธุ์ที่มีความยาวต้นมากเป็นอันดับ 1 ถึง 5 ได้แก่ สายพันธุ์ N-14, N-1, 9-8, 9-16 และ 9-11 (425.29, 423.09, 420.89, 412.69 และ 411.99 เซนติเมตร ตามลำดับ) โดยไม่แตกต่าง ( $P > 0.05$ ) จากอันดับแรกของพันธุ์มาตรฐานคือพันธุ์ลำน้ำชี (364.52 เซนติเมตร) (Table 5)

**จำนวนข้อต่อต้น** สายพันธุ์ที่มีจำนวนข้อต่อต้นมากเป็นอันดับ 1 ถึง 5 ได้แก่ สายพันธุ์ 9-11, 12-16, 9-15, 9-R2 และ N-1 (23.50, 23.50, 23.10, 22.10 และ 21.80 ข้อต่อต้น ตามลำดับ) โดยไม่แตกต่าง ( $P > 0.05$ ) จากอันดับแรกของพันธุ์มาตรฐานคือพันธุ์ลำน้ำชี (19.76 ข้อต่อต้น) (Table 6)

**น้ำหนักสดของต้น** พันธุ์ลำน้ำชีมีน้ำหนักสดของต้นมากเป็นอันดับ 1 ของพันธุ์มาตรฐานด้วยกัน (424 กรัม) ส่วนสายพันธุ์ที่มีน้ำหนักสดของต้นมากเป็นอันดับ 1 คือสายพันธุ์ M1 (663 กรัม) และแตกต่างจากพันธุ์ลำน้ำชี ( $P < 0.05$ ) (Table 7)

**อายุดอกแรกบาน และอายุดอกแรกบาน 50 เปอร์เซ็นต์** พันธุ์มาตรฐานที่มีอายุดอกแรกบาน และอายุดอกแรกบาน 50 เปอร์เซ็นต์น้อยที่สุดคือพันธุ์ไต้หวัน (32 และ 35 วัน ตามลำดับ) สายพันธุ์ที่มีอายุดอกแรกบาน 50 เปอร์เซ็นต์น้อยกว่าแต่ไม่แตกต่างจากพันธุ์ไต้หวัน ( $P > 0.05$ ) ได้แก่ สายพันธุ์ N-14, N-1, 9-16 และ 12-6 (Table 8, 9)

**Table 5** Adjusted values for plant length of 40 selected lines and 4 standard (commercial) cultivars, ranking from maximum to minimum.

Rank	Lines/ Cultivars	Plant length (cm)	Rank	Lines/ Cultivars	Plant length (cm)
1	N-14	425.29	23	9-12	345.29
2	N-1	423.09	24	9-5	342.89
3	9-8	420.89	25	9-1	341.19
4	9-16	412.69	26	9-R1	335.69
5	9-11	411.99	27	9-15	334.84
6	B1	397.49	28	11-3	332.84
7	12-2	394.89	29	N-3	331.84
8	12-16	392.24	30	<b>Taiwan</b>	<b>331.08</b>
9	9-R2	387.64	31	M1	330.49
10	12-14	381.99	32	<b>Sudsakorn</b>	<b>319.76</b>
11	9-2	372.39	33	N-11	318.99
12	10-R1	371.79	34	12-6	317.29
13	N-13	368.44	35	9-7	315.64
14	<b>Lamnamchee</b>	<b>364.52</b>	36	9-3	312.19
15	11-10	364.29	37	<b>Wangchao</b>	<b>309.40</b>
16	N32-R1	362.79	38	12-1	302.79
17	11-13	361.39	39	N-7	297.59
18	12-12	361.29	40	12-9	289.84
19	11-1	355.69	41	N-16	283.89
20	11-11	350.69	42	Nawanghin	280.99
21	N-12	349.29	43	12-15	279.19
22	N-10	348.19	44	N-4	247.09

C.V. (%) = 12.51

LSD<sub>0.05</sub> (between a selected line and a standard cultivar) = 114.50 cm.

**Note:** Bold letters are commercial cultivars.

**Table 6** Adjusted values for number of nodes per plant of 40 selected lines and 4 standard (commercial) cultivars, ranking from maximum to minimum.

Rank	Lines/ Cultivars	Nodes per plant	Rank	Lines/ Cultivars	Nodes per plant
1	9-11	23.50	23	9-3	18.30
2	12-16	23.50	24	<b>Wangchao</b>	<b>18.16</b>
3	9-15	23.10	25	12-9	18.10
4	9-R2	22.10	26	N-10	17.95
5	N-1	21.80	27	N-12	17.85
6	12-14	21.70	28	B1	17.85
7	N32-R1	21.15	29	<b>Sudsakorn</b>	<b>17.80</b>
8	N-3	21.10	30	N-16	17.80
9	M1	21.00	31	9-2	17.75
10	11-3	20.90	32	9-12	17.45
11	9-16	20.80	33	11-11	17.10
12	N-14	20.80	34	12-12	17.05
13	10-R1	20.50	35	9-8	17.00
14	11-1	20.40	36	12-15	16.75
15	11-13	19.95	37	11-10	16.65
16	<b>Lamnamchee</b>	<b>19.76</b>	38	12-1	16.30
17	N-13	19.30	39	N-4	16.10
18	9-1	18.95	40	12-2	15.85
19	Nawanghin	18.95	41	9-R1	15.65
20	12-6	18.80	42	9-5	15.45
21	<b>Taiwan</b>	<b>18.68</b>	43	9-7	15.10
22	N-7	18.35	44	N-11	14.50

C.V. (%) = 17.92

LSD<sub>0.05</sub> (between a selected line and a standard cultivar) = 8.97 nodes/plant.

**Note:** Bold letters are commercial cultivars.

**Table 7** Adjusted values for plant weight of 40 selected lines and 4 standard (commercial) cultivars, ranking from maximum to minimum.

Rank	Lines/Cultivars	Plant weight (g)	Rank	Lines/Cultivars	Plant weight (g)
1	M1	663	23	12-15	363
2	N32-R1	583	24	B1	363
3	9-16	483	25	N-16	363
4	9-8	483	26	10-R1	358
5	12-16	473	27	<b>Wangchao</b>	<b>344</b>
6	9-1	463	28	N-7	343
7	11-11	458	29	11-10	343
8	N-3	453	30	12-2	343
9	9-15	433	31	9-R2	333
10	<b>Lamnamchee</b>	<b>424</b>	32	9-7	333
11	9-2	423	33	<b>Taiwan</b>	<b>328</b>
12	N-10	423	34	11-13	323
13	Nawanghin	403	35	9-5	323
14	9-11	398	36	12-12	323
15	N-12	383	37	N-1	323
16	9-R1	383	38	N-13	313
17	9-12	383	39	12-6	303
18	N-14	383	40	11-1	303
19	12-14	378	41	12-1	298
20	9-3	378	42	N-4	298
21	<b>Sudsakorn</b>	<b>376</b>	43	12-9	273
22	11-3	373	44	N-11	258

C.V. (%) = 20.20

LSD<sub>0.05</sub> (between a selected line and a standard cultivar) = 202 g.

**Note:** Bold letters are commercial cultivars.

**Table 8** Adjusted values for days to first anthesis of 40 selected lines and 4 standard (commercial) cultivars, ranking from maximum to minimum.

Rank	Lines/ Cultivars	Days to first anthesis (days)	Rank	Lines/ Cultivars	Days to first anthesis (days)
1	<b>Wangchao</b>	<b>42.00</b>	23	12-12	34.85
2	<b>Lamnamchee</b>	<b>36.00</b>	24	9-16	33.85
3	12-14	35.60	25	11-1	33.85
4	N-11	35.60	26	N-16	33.85
5	10-R1	35.60	27	9-8	33.85
6	11-11	35.60	28	M1	33.85
7	N-4	35.60	29	9-11	33.60
8	9-1	35.35	30	9-3	33.60
9	9-2	35.35	31	12-1	33.60
10	N-10	35.35	32	<b>Sudsakorn</b>	<b>33.40</b>
11	11-13	35.35	33	12-15	33.35
12	Nawanghin	35.35	34	N-13	33.35
13	9-15	35.35	35	11-10	32.85
14	9-R2	35.35	36	9-R1	32.85
15	11-3	35.35	37	N32-R1	32.35
16	12-9	35.35	38	N-7	32.35
17	12-16	35.35	39	<b>Taiwan</b>	<b>32.00</b>
18	9-7	35.35	40	12-2	31.85
19	N-3	35.35	41	B1	31.85
20	N-12	34.85	42	12-6	31.85
21	9-12	34.85	43	N-14	31.85
22	9-5	34.85	44	N-1	30.85

C.V. (%) = 3.47

LSD<sub>0.05</sub> (between a selected line and a standard cultivar) = 3.21 days.

**Note:** Bold letters are commercial cultivars.

**Table 9** Adjusted values for days to 50% first anthesis of 40 selected lines and 4 standard (commercial) cultivars, ranking from maximum to minimum.

Rank	Lines/ Cultivars	Days to 50% first anthesis (days)	Rank	Lines/ Cultivars	Days to 50% first anthesis (days)
1	<b>Wangchao</b>	<b>45.60</b>	23	12-1	36.05
2	10-R1	39.05	24	11-10	36.05
3	11-13	38.80	25	9-R1	36.05
4	Nawanghin	38.80	26	9-12	36.05
5	<b>Lamnamchee</b>	<b>38.40</b>	27	B1	36.05
6	12-14	38.05	28	12-15	35.80
7	N-11	38.05	29	N32-R1	35.80
8	11-11	38.05	30	N-13	35.80
9	N-4	38.05	31	9-15	35.80
10	12-12	38.05	32	9-R2	35.80
11	9-2	37.80	33	12-9	35.80
12	N-10	37.80	34	12-16	35.80
13	N-3	37.80	35	11-1	35.30
14	9-3	37.05	36	9-8	35.30
15	N-12	37.05	37	M1	35.30
16	9-5	37.05	38	<b>Sudsakorn</b>	<b>35.20</b>
17	9-1	36.80	39	12-2	35.05
18	N-7	36.80	40	<b>Taiwan</b>	<b>35.00</b>
19	11-3	36.80	41	12-6	34.30
20	9-7	36.80	42	9-16	34.30
21	N-16	36.80	43	N-1	34.30
22	9-11	36.05	44	N-14	33.30

C.V. (%) = 4.15

LSD<sub>0.05</sub> (between a selected line and a standard cultivar) = 4.11 days.

**Note:** Bold letters are commercial cultivars.

**ความยาวฝัก** สายพันธุ์ M1 มีความยาวฝักมากเป็นอันดับ 1 คือ 64.55 เซนติเมตร รองลงมาคือพันธุ์วังเจ้า, สายพันธุ์นาวังหิน, N-16, N-14 และ N-12 (63.69, 62.62, 62.32, 61.58 และ 61.40 เซนติเมตร ตามลำดับ) โดยทั้ง 5 สายพันธุ์ดังกล่าวมีความยาวฝักไม่แตกต่างจากพันธุ์วังเจ้า ( $P > 0.05$ ) ซึ่งเป็นพันธุ์มาตรฐานที่มีความยาวฝักสูงสุด ส่วนพันธุ์มาตรฐานและสายพันธุ์อื่นๆ ที่เหลือ มีความยาวฝักตั้งแต่ 44.56 – 58.45 เซนติเมตร (Table 10)

**ความกว้างฝัก** สายพันธุ์ 12-1 มีความกว้างฝักมากเป็นอันดับ 1 คือ 1.02 เซนติเมตร รองลงมาคือสายพันธุ์ 10-R1, 12-2, 12-12 และพันธุ์ลำน้ำชี (0.91, 0.88, 0.88 และ 0.84 เซนติเมตร ตามลำดับ) โดยมีเพียงสายพันธุ์อันดับ 1 ที่แตกต่างจากพันธุ์ลำน้ำชี ( $P < 0.05$ ) ซึ่งเป็นพันธุ์มาตรฐาน ส่วนพันธุ์มาตรฐานที่เหลือ ได้แก่ สุดสาคร, วังเจ้า และไต้หวันมีความกว้างฝัก 0.82, 0.74 และ 0.64 เซนติเมตร อยู่ในอันดับ 9, 27 และ 41 ตามลำดับ (Table 11)

**น้ำหนักฝัก** พันธุ์ 12-1 มีน้ำหนักฝักมากเป็นอันดับ 1 คือ 37.29 กรัม รองลงมาได้แก่สายพันธุ์ 9-R2, 9-3, 12-16, 12-12 และ 9-R1 (29.83, 28.89, 27.83, 27.45 และ 27.15 กรัม ตามลำดับ) ส่วนพันธุ์มาตรฐาน วังเจ้า, ลำน้ำชี, สุดสาคร และไต้หวัน มีน้ำหนักฝักอยู่ในอันดับ 8, 15, 20 และ 39 ตามลำดับ (26.75, 25.48, 23.95 และ 18.26 กรัม ตามลำดับ) (Table 12)

**จำนวนฝักติดต่อน** พันธุ์ไต้หวันมีจำนวนฝักติดต่อนมากเป็นอันดับ 1 คือ 23.89 ฝักต่อต้น รองลงมาได้แก่สายพันธุ์ B1, นาวังหิน, N-10, N-11 และ N-12 (19.12, 16.88, 16.38 และ 16.12 ฝักต่อต้น ตามลำดับ) ส่วนพันธุ์มาตรฐาน ลำน้ำชี, สุดสาคร และ วังเจ้า อยู่ในอันดับ 18, 22 และ 24 คือ 10.96, 9.51 และ 9.38 ฝักต่อต้น ตามลำดับ (Table 13)

**จำนวนฝักเสียต่อต้น** สายพันธุ์ N-12 มีจำนวนฝักเสียต่อต้นมากเป็นอันดับ 1 คือ 17.32 ฝักต่อต้น รองลงมาได้แก่สายพันธุ์ นาวังหิน, N-10, N-13 และ พันธุ์ไต้หวัน (16.43, 12.18, 11.96 และ 11.72 ฝักต่อต้น ตามลำดับ) ซึ่งไม่แตกต่างกัน ( $P > 0.05$ ) (Table 14)

**จำนวนฝักรวมต่อต้น** พันธุ์ไต้หวัน มีจำนวนฝักรวมต่อต้นมากเป็นอันดับ 1 คือ 35.66 ฝักต่อต้น รองลงมาได้แก่สายพันธุ์ นาวังหิน, N-12, B1 และ N-10 (33.30, 33.20, 29.38 และ 28.55 ฝักต่อต้น ตามลำดับ) ซึ่งไม่แตกต่างกัน ( $P > 0.05$ ) (Table 15)



**Table 10** Adjusted values for pod length of 40 selected lines and 4 standard (commercial) cultivars, ranking from maximum to minimum.

Rank	Lines/ Cultivars	Pod length (cm)	Rank	Lines/ Cultivars	Pod length (cm)
1	M1	64.55	23	12-12	53.12
2	<b>Wangchao</b>	<b>63.69</b>	24	12-14	52.36
3	Nawanghin	62.62	25	<b>Sudsakorn</b>	<b>52.15</b>
4	N-16	62.32	26	9-R1	52.11
5	N-14	61.58	27	9-3	52.04
6	N-12	61.40	28	9-1	51.47
7	N-3	58.45	29	<b>Lamnamchee</b>	<b>51.44</b>
8	N-11	58.42	30	11-1	51.20
9	N-4	58.27	31	11-3	51.15
10	9-2	57.79	32	9-R2	51.09
11	N-13	57.72	33	9-8	51.00
12	<b>Taiwan</b>	<b>57.60</b>	34	10-R1	50.94
13	N-1	57.03	35	9-7	50.85
14	11-10	56.12	36	12-15	50.49
15	N-7	55.29	37	9-5	50.25
16	9-16	54.96	38	12-6	49.86
17	12-1	54.55	39	12-9	49.60
18	B1	54.21	40	9-11	49.54
19	N-10	54.01	41	12-2	47.99
20	11-11	53.49	42	12-16	47.82
21	9-15	53.31	43	11-13	46.19
22	9-12	53.30	44	N32-R1	44.56

C.V. (%) = 7.86

LSD<sub>0.05</sub> (between a selected line and a standard cultivar) = 11.47 cm.

**Note:** Bold letters are commercial cultivars.

**Table 11** Adjusted values for pod width of 40 selected lines and 4 standard (commercial) cultivars, ranking from maximum to minimum.

Rank	Lines/ Cultivars	Pod width (cm)	Rank	Lines/ Cultivars	Pod width (cm)
1	12-1	1.020	23	11-10	0.765
2	10-R1	0.910	24	9-R1	0.765
3	12-2	0.875	25	9-5	0.765
4	12-12	0.875	26	12-16	0.757
5	<b>Lamnamchee</b>	<b>0.842</b>	27	<b>Wangchao</b>	<b>0.738</b>
6	9-11	0.840	28	12-6	0.737
7	9-3	0.840	29	9-2	0.730
8	11-11	0.840	30	M1	0.717
9	<b>Sudsakorn</b>	<b>0.822</b>	31	9-1	0.700
10	12-14	0.820	32	Nawanghin	0.700
11	12-15	0.810	33	N-11	0.700
12	11-3	0.807	34	N-14	0.697
13	9-7	0.807	35	B1	0.695
14	9-12	0.805	36	N-1	0.677
15	9-15	0.797	37	N-16	0.677
16	N-4	0.780	38	N-3	0.667
17	9-R2	0.777	39	N32-R1	0.660
18	12-9	0.777	40	N-10	0.650
19	9-8	0.777	41	<b>Taiwan</b>	<b>0.638</b>
20	11-13	0.770	42	N-12	0.635
21	9-16	0.767	43	N-7	0.620
22	11-1	0.767	44	N-13	0.617

C.V. (%) = 4.29

LSD<sub>0.05</sub> (between a selected line and a standard cultivar) = 0.087 cm.

**Note:** Bold letters are commercial cultivars.

**Table 12** Adjusted values for pod weight of 40 selected lines and 4 standard (commercial) cultivars, ranking from maximum to minimum.

Rank	Lines/ Cultivars	Pod weight (cm)	Rank	Lines/ Cultivars	Pod weight (cm)
1	12-1	37.29	23	12-6	23.50
2	9-R2	29.83	24	12-15	23.33
3	9-3	28.29	25	N-4	23.24
4	12-16	27.83	26	9-7	23.18
5	12-12	27.45	27	11-13	22.53
6	9-R1	27.15	28	9-5	22.25
7	10-R1	27.05	29	9-8	22.15
8	<b>Wangchao</b>	<b>26.75</b>	30	9-1	21.13
9	9-15	26.63	31	12-9	20.63
10	9-11	26.49	32	N-16	20.25
11	11-11	26.14	33	9-2	20.18
12	M1	25.90	34	B1	20.10
13	12-14	25.59	35	Nawanghin	19.73
14	12-2	25.50	36	N32-R1	19.33
15	<b>Lamnamchee</b>	<b>25.48</b>	37	N-12	18.65
16	9-12	25.30	38	N-11	18.64
17	11-3	25.28	39	<b>Taiwan</b>	<b>18.26</b>
18	9-16	24.20	40	N-10	18.13
19	N-14	24.20	41	N-1	17.95
20	<b>Sudsakorn</b>	<b>23.95</b>	42	N-13	17.68
21	11-10	23.65	43	N-3	17.08
22	11-1	23.65	44	N-7	16.08

C.V. (%) = 13.84

LSD<sub>0.05</sub> (between a selected line and a standard cultivar) = 8.65 g.

**Note:** Bold letters are commercial cultivars.

**Table 13** Adjusted values for number of marketable pods per plant of 40 selected lines and 4 standard (commercial) cultivars, ranking from maximum to minimum.

Rank	Lines/ Cultivars	Marketable pods /plant	Rank	Lines/ Cultivars	Marketable pods /plant
1	<b>Taiwan</b>	<b>23.89</b>	23	N-13	9.50
2	B1	19.12	24	<b>Wangchao</b>	<b>9.38</b>
3	Nawanghin	16.88	25	9-5	9.08
4	N-10	16.38	26	12-2	8.88
5	N-11	16.12	27	12-1	8.40
6	N-12	15.88	28	9-R1	7.98
7	N-7	15.70	29	11-1	7.68
8	9-2	13.98	30	11-13	7.59
9	N-3	13.53	31	9-16	7.54
10	N-4	13.30	32	N32-R1	7.38
11	M1	13.29	33	11-10	7.12
12	12-15	13.13	34	10-R1	6.94
13	N-14	13.04	35	12-12	6.58
14	9-15	12.82	36	9-3	6.46
15	9-1	12.23	37	9-7	6.21
16	9-12	11.76	38	11-11	6.18
17	12-14	11.26	39	9-11	5.90
18	<b>Lamnamchee</b>	<b>10.96</b>	40	12-6	5.61
19	9-8	10.29	41	11-3	5.28
20	N-16	10.21	42	12-16	5.00
21	N-1	9.68	43	12-9	4.89
22	<b>Sudsakorn</b>	<b>9.51</b>	44	9-R2	3.53

C.V. (%) = 30.33

LSD<sub>0.05</sub> (between a selected line and a standard cultivar) = 9.05 pods/plant.

**Note:** Bold letters are commercial cultivars.

**Table 14** Adjusted values for number of unmarketable pods per plant of 40 selected lines and 4 standard (commercial) cultivars, ranking from maximum to minimum.

Rank	Lines/ Cultivars	Unmarketable pods /plant	Rank	Lines/ Cultivars	Unmarketable pods /plant
1	N-12	17.32	23	<b>Lamnamchee</b>	<b>5.86</b>
2	Nawanghin	16.43	24	9-8	5.78
3	N-10	12.18	25	9-5	5.76
4	N-13	11.96	26	11-10	5.64
5	<b>Taiwan</b>	<b>11.72</b>	27	9-3	5.58
6	N-11	11.26	28	12-1	5.47
7	N-7	11.07	29	N-1	5.46
8	M1	10.78	30	<b>Sudsakorn</b>	<b>5.00</b>
9	N-4	10.47	31	N32-R1	5.00
10	N-14	10.28	32	9-R1	4.96
11	B1	10.26	33	9-16	4.78
12	N-3	8.50	34	12-15	4.50
13	N-16	8.38	35	11-11	4.44
14	9-12	7.89	36	11-1	4.16
15	9-1	7.71	37	12-2	4.04
16	9-2	7.68	38	12-6	3.82
17	9-15	6.86	39	11-13	3.39
18	<b>Wangchao</b>	<b>6.64</b>	40	9-7	2.46
19	12-12	6.39	41	12-9	1.64
20	9-11	6.15	42	11-3	1.46
21	12-14	6.00	43	12-16	0.78
22	10-R1	5.90	44	9-R2	0.68

C.V. (%) = 32.18

LSD<sub>0.05</sub> (between a selected line and a standard cultivar) = 6.00 pods/plant.

**Note:** Bold letters are commercial cultivars.

**Table 15** Adjusted values for total pod number per plant (marketable + unmarketable) of 40 selected lines and 4 standard (commercial) cultivars, ranking from maximum to minimum.

Rank	Lines/ Cultivars	Total pod number/plant	Rank	Lines/ Cultivars	Total pod number/plant
1	<b>Taiwan</b>	<b>35.66</b>	23	N-1	15.13
2	Nawanghin	33.30	24	9-5	14.84
3	N-12	33.20	25	<b>Sudsakorn</b>	<b>14.52</b>
4	B1	29.38	26	12-1	13.88
5	N-10	28.55	27	12-12	12.99
6	N-11	27.38	28	9-R1	12.95
7	N-7	26.77	29	12-2	12.91
8	M1	24.06	30	10-R1	12.84
9	N-4	23.77	31	11-10	12.77
10	N-14	23.31	32	N32-R1	12.37
11	N-3	22.03	33	No.9-16	12.31
12	9-2	21.66	34	9-11	12.06
13	N-13	21.46	35	9-3	12.06
14	9-1	19.94	36	11-1	11.84
15	9-15	19.67	37	11-13	10.98
16	9-12	19.66	38	11-11	10.63
17	N-16	18.59	39	12-6	9.41
18	12-15	17.62	40	9-7	8.67
19	12-14	17.26	41	11-3	6.74
20	<b>Lamnamchee</b>	<b>16.82</b>	42	12-9	6.53
21	9-8	16.06	43	12-16	5.78
22	<b>Wangchao</b>	<b>16.02</b>	44	9-R2	4.21

C.V. (%) = 24.87

LSD<sub>0.05</sub> (between a selected line and a standard cultivar) = 12.06 pods/plant.

**Note:** Bold letters are commercial cultivars.

**เปอร์เซ็นต์จำนวนฝักดี** สายพันธุ์ 12-15, 12-2, 12-16, 12-14 และ 11-3 มีเปอร์เซ็นต์จำนวนฝักดีมากเป็นอันดับ 1 ถึง 5 (73.34, 71.82, 71.12, 67.93 และ 67.20 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ) และพันธุ์ไต้หวันซึ่งเป็นพันธุ์มาตรฐานอยู่ในอันดับ 6 คือ 66.50 เปอร์เซ็นต์ (Table 16)

**ผลผลิตฝักดีต่อไร่** สายพันธุ์ B1 ให้ผลผลิตฝักดีต่อไร่มากเป็นอันดับ 1 คือ 3.872 ตันต่อไร่ รองลงมาได้แก่พันธุ์ไต้หวัน, สายพันธุ์ M1, N-12, N-10 และ 9-2 (3.562, 3.475, 3.032, 2.817 และ 2.767 ตันต่อไร่ ตามลำดับ) โดยพันธุ์มาตรฐานที่เหลือ ได้แก่ ลำน้ำชี, สุดสาคร และวังเจ้า มีผลผลิตฝักดี 2.414, 2.110 และ 1.964 ตันต่อไร่ ซึ่งอยู่ในอันดับ 12, 19 และ 24 ตามลำดับ (Table 17)

**ผลผลิตฝักเสียต่อไร่** สายพันธุ์ N-12 ให้ผลผลิตฝักเสียต่อไร่มากเป็นอันดับ 1 คือ 2.045 ตันต่อไร่ รองลงมาได้แก่ สายพันธุ์ N10, นาวังหิน, 9-1, N-14 และ N-13 (1.920, 1.670, 1.620, 1.575 และ 1.455 ตันต่อไร่ ตามลำดับ) โดยพันธุ์มาตรฐาน ได้แก่ ไต้หวัน, ลำน้ำชี, วังเจ้า และ สุดสาคร มีผลผลิตฝักเสียต่อไร่ 1.220, 1.096, 1.030 และ 1.964 ตันต่อไร่ ซึ่งอยู่ในอันดับ 10, 18, 21 และ 22 ตามลำดับ (Table 18)

**ผลผลิตฝักรวมต่อไร่** สายพันธุ์ B1 ให้ผลผลิตฝักรวมต่อไร่มากเป็นอันดับ 1 คือ 5.256 ตันต่อไร่ รองลงมาได้แก่ สายพันธุ์ N-12, M1, พันธุ์ไต้หวัน, N-10 และ N-11 (5.076, 4.869, 4.778, 4.739 และ 4.006 ตันต่อไร่ ตามลำดับ) โดยพันธุ์มาตรฐานที่เหลือ ได้แก่ ลำน้ำชี, สุดสาคร และ วังเจ้า มีผลผลิตฝักรวมต่อไร่ 3.510, 3.140 และ 3.008 ตันต่อไร่ ซึ่งอยู่ในอันดับ 16, 18 และ 23 ตามลำดับ (Table 19)

**เปอร์เซ็นต์ผลผลิตฝักดี** สายพันธุ์ 12-2, 12-16, 9-5, B1 และ 12-15 มีเปอร์เซ็นต์ผลผลิตฝักดีมากเป็นอันดับ 1 ถึง 5 (78.13, 76.62, 75.39, 75.09 และ 74.45 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ) และพันธุ์ไต้หวันซึ่งเป็นพันธุ์มาตรฐานอยู่ในอันดับ 6 คือ 74.22 เปอร์เซ็นต์ (Table 20)

สหสัมพันธ์ของลักษณะฝักกับผลผลิต พบว่าความยาวฝักและจำนวนฝักต่อต้นมีความสัมพันธ์ในทางบวกกับผลผลิต ( $P < 0.01$ ) ในขณะที่ความกว้างฝักและน้ำหนักฝักมีความสัมพันธ์ในทางลบกับผลผลิต ( $P < 0.05$ ) (Table 21)

**Table 16** Adjusted values for the percentage of number of marketable pods of 40 selected lines and 4 standard (commercial) cultivars, ranking from maximum to minimum.

Rank	Lines/ Cultivars	Percentage of number of marketable pods (%)	Rank	Lines/ Cultivars	Percentage of number of marketable pods (%)
1	12-15	73.34	23	9-5	62.67
2	12-2	71.82	24	9-16	62.20
3	12-16	71.12	25	N-3	62.05
4	12-14	67.93	26	9-12	60.60
5	11-3	67.20	27	9-1	60.38
6	<b>Taiwan</b>	<b>66.50</b>	28	N-11	59.81
7	B1	65.79	29	N-14	58.86
8	11-1	65.73	30	N-7	58.70
9	<b>Sudsakorn</b>	<b>65.33</b>	31	<b>Wangchao</b>	<b>58.57</b>
10	<b>Lamnamchee</b>	<b>65.23</b>	32	N-10	57.58
11	11-13	65.03	33	10-R1	57.31
12	9-15	64.92	34	9-3	57.28
13	9-7	64.72	35	N-4	57.10
14	9-R2	64.49	36	11-10	56.61
15	12-9	64.23	37	N32-R1	55.99
16	9-2	64.09	38	N-16	53.96
17	12-1	63.98	39	M1	53.06
18	9-R1	63.47	40	9-11	52.10
19	N-1	63.47	41	Nawanghin	51.23
20	9-8	63.23	42	12-12	50.64
21	11-11	63.01	43	N-12	47.28
22	12-6	62.73	44	N-13	46.38

C.V. (%) = 9.94

LSD<sub>0.05</sub> (between a selected line and a standard cultivar) = 16.39 %

**Note:** Bold letters are commercial cultivars.



**Table 17** Adjusted values for marketable yield per rai of 40 selected lines and 4 standard (commercial) cultivars, ranking from maximum to minimum.

Rank	Lines/ Cultivars	Marketable yield/rai (tons/rai)	Rank	Lines/ Cultivars	Marketable yield/rai (tons/rai)
1	B1	3.872	23	9-8	2.015
2	<b>Taiwan</b>	<b>3.562</b>	24	<b>Wangchao</b>	<b>1.964</b>
3	M1	3.475	25	11-1	1.735
4	N-12	3.032	26	N-16	1.705
5	N-10	2.817	27	9-R1	1.702
6	9-2	2.767	28	11-10	1.682
7	12-15	2.717	29	12-1	1.650
8	N-11	2.700	30	N-13	1.625
9	N-7	2.627	31	12-12	1.602
10	12-14	2.590	32	N-1	1.565
11	9-15	2.425	33	12-6	1.465
12	<b>Lamnamchee</b>	<b>2.414</b>	34	10-R1	1.340
13	9-12	2.402	35	11-13	1.337
14	Nawanghin	2.327	36	11-11	1.270
15	N-14	2.285	37	9-11	1.250
16	9-1	2.267	38	11-3	1.235
17	N-4	2.240	39	9-7	1.235
18	N-3	2.115	40	9-3	1.170
19	<b>Sudsakorn</b>	<b>2.110</b>	41	12-16	1.155
20	9-16	2.075	42	12-9	1.115
21	9-5	2.042	43	9-R2	1.025
22	12-2	2.022	44	N32-R1	0.997

C.V. (%) = 34.60

LSD<sub>0.05</sub> (between a selected line and a standard cultivar) = 1.98 tons/rai.

**Note:** Bold letters are commercial cultivars.

**Table 18** Adjusted values for unmarketable yield per rai of 40 selected lines and 4 standard (commercial) cultivars, ranking from maximum to minimum.

Rank	Lines/ Cultivars	Unmarketable yield (tons/rai)	Rank	Lines/ Cultivars	Unmarketable yield (tons/rai)
1	N-12	2.045	23	12-14	1.025
2	N-10	1.920	24	12-6	1.005
3	Nawanghin	1.670	25	9-8	1.005
4	9-1	1.620	26	11-10	0.975
5	N-14	1.575	27	9-16	0.975
6	N-13	1.455	28	11-1	0.975
7	M1	1.395	29	N-3	0.945
8	B1	1.385	30	12-15	0.910
9	N-11	1.295	31	N-1	0.885
10	<b>Taiwan</b>	<b>1.220</b>	32	10-R1	0.865
11	9-12	1.215	33	9-3	0.855
12	9-15	1.205	34	11-11	0.825
13	N-7	1.200	35	9-R1	0.735
14	N-16	1.165	36	9-5	0.705
15	N-4	1.135	37	11-13	0.650
16	9-2	1.120	38	12-2	0.615
17	12-12	1.115	39	N32-R1	0.530
18	<b>Lamnamchee</b>	<b>1.096</b>	40	11-3	0.515
19	9-11	1.095	41	9-7	0.425
20	12-1	1.075	42	12-9	0.395
21	<b>Wangchao</b>	<b>1.044</b>	43	9-R2	0.325
22	<b>Sudsakorn</b>	<b>1.030</b>	44	12-16	0.195

C.V. (%) = 29.70

LSD<sub>0.05</sub> (between a selected line and a standard cultivar) = 0.83 tons/rai.

**Note:** Bold letters are commercial cultivars.

**Table 19** Adjusted values for total pod yield per rai (marketable + unmarketable) of 40 selected lines and 4 standard (commercial) cultivars, ranking from maximum to minimum.

Rank	Lines/ Cultivars	Total pod yield (tons/rai)	Rank	Lines/ Cultivars	Total pod yield (tons/rai)
1	B1	5.256	23	<b>Wangchao</b>	<b>3.008</b>
2	N-12	5.076	24	N-16	2.869
3	M1	4.869	25	9-5	2.746
4	<b>Taiwan</b>	<b>4.778</b>	26	12-1	2.726
5	N-10	4.739	27	11-1	2.709
6	N-11	4.006	28	12-12	2.706
7	Nawanghin	3.999	29	11-10	2.656
8	9-2	3.889	30	12-2	2.636
9	9-1	3.879	31	12-6	2.479
10	N-14	3.859	32	N-1	2.449
11	N-7	3.819	33	9-R1	2.436
12	12-15	3.639	34	9-11	2.346
13	9-15	3.629	35	10-R1	2.216
14	9-12	3.616	36	11-11	2.096
15	12-14	3.606	37	9-3	2.036
16	<b>Lamnamchee</b>	<b>3.510</b>	38	11-13	1.989
17	N-4	3.376	39	11-3	1.749
18	<b>Sudsakorn</b>	<b>3.140</b>	40	9-7	1.659
19	N-13	3.079	41	N32-R1	1.529
20	N-3	3.059	42	12-9	1.509
21	9-16	3.049	43	9-R2	1.349
22	9-8	3.019	44	12-16	1.349

C.V. (%) = 29.35

LSD<sub>0.05</sub> (between a selected line and a standard cultivar) = 2.50 tons/rai.

**Note:** Bold letters are commercial cultivars.

**Table 20** Adjusted values for the percentage of marketable yield of 40 selected lines and 4 standard (commercial) cultivars, ranking from maximum to minimum.

Rank	Lines/ Cultivars	Percentage of marketable yield (%)	Rank	Lines/ Cultivars	Percentage of marketable yield (%)
1	12-2	78.13	23	9-12	66.40
2	12-16	76.62	24	11-3	66.26
3	9-5	75.39	25	N-1	65.94
4	B1	75.09	26	11-1	65.25
5	12-15	74.45	27	11-13	65.09
6	<b>Taiwan</b>	<b>74.22</b>	28	<b>Wangchao</b>	<b>64.77</b>
7	12-14	72.60	29	11-11	63.47
8	9-2	71.14	30	10-R1	63.31
9	9-R1	69.56	31	12-1	62.20
10	M1	69.22	32	11-10	61.98
11	9-7	69.20	33	N32-R1	61.93
12	N-7	68.62	34	12-6	61.37
13	9-R2	68.62	35	9-3	60.71
14	9-16	68.33	36	N-16	60.52
15	<b>Lamnamchee</b>	<b>68.32</b>	37	N-10	60.09
16	N-11	68.25	38	N-12	59.70
17	N-3	68.12	39	9-1	58.67
18	12-9	67.98	40	Nawanghin	58.56
19	N-4	67.45	41	N-14	58.44
20	<b>Sudsakorn</b>	<b>67.43</b>	42	12-12	56.66
21	9-8	67.09	43	9-11	55.75
22	9-15	66.66	44	N-13	53.09

C.V. (%) = 8.46

LSD<sub>0.05</sub> (between a selected line and a standard cultivar) = 15.05 %

**Note:** Bold letters are commercial cultivars.

**Table 21** Correlation coefficients among pod length, pod weight, marketable pods per plant and marketable yield of 40 selected lines and 4 standard cultivars.

Characters	Pod width	Pod weight	No. pods/plant	Yield
Pod length	-0.416**	-0.241	0.533**	0.501**
Pod width		0.846**	-0.528**	-0.379*
Pod weight			-0.544**	-0.365*
No. pods/plant				0.900**

\* = significant at  $P < 0.05$ .

\*\* = significant at  $P < 0.01$ .