

การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม และการตรวจสอบลักษณะองค์ประกอบผลผลิตของถั่วลิสงชั่วที่ 3

สุนทรีย์ สุรสร¹ สุวิทย์ เลหาศิริวงศ์² ปรีชา ประเทพา³ และ โสภณ วงศ์แก้ว⁴

Abstract

Surson, S.¹, Laohasiriwong, S¹, Prathepha, P.² and Wongkaew, S.³

Inheritance and yield components in F₃ families of groundnut

Songklanakar J. Sci. Technol., 2004, 26(6) : 807-822

Inheritance study of groundnut indicated that a single dominant gene governed the flower with red stripe on standard. All F₁ plants had red stripe on standard. The segregation of F_{3,2} families (derived from individual F₂ plants) showed 1:2:1 expected ratio ($\chi^2 = 0.659$) of 1 non-segregating (plants with red stripe on standard) to 2 segregating (plants with red stripe on standard and plants with no red stripe on standard) to 1 non-segregating (plant with no red stripe on standard). When the F₃ groundnut families which had plants with red stripe on standard were combined, the segregation ratio was not different from the 3:1 Mendelian ratio ($\chi^2 = 0.073$). The symbols for standard flower trait were designated *St* for dominant trait and *st* for

¹Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Khon Kaen University, Khon Kaen, 40002 Thailand,

²Department of Biotechnology, Faculty of Technology, Maha Sarakham University, Maha Sarakham, 44000 Thailand,

³School of Crop Production Technology, Institute of Agricultural Technology, Suranaree University of Technology, Nakhon Rachasima, 30000 Thailand.

¹นักศึกษาระดับปริญญาเอก สาขาพืชไร่ 'Ph.D.(Plant science), รองศาสตราจารย์, ภาควิชาพืชไร่ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น 40002 ²Ph.D.(Biology), รองศาสตราจารย์, ภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม 44000 ³Ph.D.(Plant pathology), สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา 30000

Corresponding e-mail: sundawn990@hotmail.com

รับต้นฉบับ 8 มีนาคม 2547

รับลงพิมพ์ 21 พฤษภาคม 2547

recessive trait. For peg's color characteristic, the plants with red stripe on standard flower had purple peg. It is possible that the red stripe on standard flower gene had a pleiotropic effect on peg color or this may indicate linked genes. For characters of pod, the F_1 showed moderately reticulate pods. The segregation of $F_{3:2}$ families showed also a 1:2:1 expected ratio ($\chi^2 = 0.067$) giving 1 non-segregating (plants with reticulate pod) to 2 segregating (plants with reticulate pod and plants with smooth pod) to 1 non-segregating (plants with smooth pod). When the F_3 groundnut families which had plants with reticulate pod were combined, the segregation ratio was not different from the 3:1 Mendelian ratio ($\chi^2 = 0.065$). The results indicated that pod characters were governed by a single gene. The symbols of pod character were designated *Re* for dominant gene and *re* for recessive gene.

For yield components study, the F_3 generation had lower yield than their parents did but some of them had similar yield with their parents. Yield components were highly correlated with each other. In addition, yield components of F_3 families were also correlated with their leaf characters. The plants with larger leaf had bigger pods, more prolific pods, and heavier seeds.

Key words : inheritance, groundnut, flower, pod, leaf, yield, correlation

บทคัดย่อ

สุนทรีย์ สุรสร สุวิทย์ เลหาศิริวงศ์ ปรีชา ประเภทา และ โสภณ วงศ์แก้ว
การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม และการตรวจสอบลักษณะองค์ประกอบผลผลิต
ของถั่วลิสงชั่วที่ 3

ว. สงขลานครินทร์ วทท. 2547 26(6) : 807-822

การศึกษาลักษณะการถ่ายทอดทางพันธุกรรมของถั่วลิสง พบว่าลักษณะการมีลายคาดสีแดงบน standard ของดอกเป็นลักษณะข่ม ถูกควบคุมด้วยยีน 1 คู่ ให้สัญลักษณ์เป็น *St* และ *st* โดยลูกชั่วที่ 1 ปรากฏลายคาดสีแดงบน standard ของดอกทุกต้น การกระจายตัวใน $F_{3:2}$ families ที่มาจาก F_2 แต่ละต้น มีสัดส่วนการกระจายตัวของ Families ที่มีเฉพาะต้นที่มีลายคาดสีแดงบน standard ของดอก : Families ที่มี และไม่มีลายคาดสีแดง บน standard ของดอก : Families ที่ไม่มีลายคาดสีแดงบน standard ของดอก ไม่แตกต่างจากสัดส่วน 1:2:1 ($\chi^2 = 0.659$) เมื่อรวม Families ที่ปรากฏต้นที่มีลายคาดสีแดงบน standard ของดอกไว้ด้วยกัน พบว่าสัดส่วนระหว่าง Families ที่ปรากฏต้นที่มีลายคาดสีแดงบน standard ของดอก : Families ที่ปรากฏต้นที่ไม่มีลายคาดสีแดงบน standard ของดอก ไม่แตกต่างจาก 3:1 ($\chi^2 = 0.073$) เป็นไปตามกฎของเมนเดล ในลักษณะเข้ม (peg) พบว่าดอกที่มีลายคาดสีแดงบน standard บน standard ของดอก มีเข้มสีม่วง เป็นไปได้ว่ายีนที่ควบคุมการมีลายคาดสีแดงบน standard ของดอก และควบคุมสีเข้ม อาจเป็นยีนเดียวกัน หรือเป็นยีนคนละตำแหน่งที่อยู่ใกล้กันมาก ในลักษณะลายฝัก พบว่าลูกชั่วที่ 1 มีลายฝักแต่ไม่ชัดเจน การกระจายตัวของ $F_{3:2}$ families ที่มาจาก F_2 แต่ละต้น มีสัดส่วนการกระจายตัวใน Families ที่ปรากฏเฉพาะต้นที่มีลายฝัก : Families ที่ปรากฏต้นที่มีลายฝักและไม่มีลายฝัก : Families ที่ปรากฏเฉพาะต้นที่ไม่มีลายฝักไม่แตกต่างจาก 1:2:1 ($\chi^2 = 0.067$) และเมื่อรวม Families ที่ปรากฏต้นที่มีลายฝักไว้ด้วยกัน พบว่าสัดส่วนระหว่าง Families ที่ปรากฏต้นที่มีลายฝัก : Families ที่ปรากฏเฉพาะต้นที่ไม่มีลายฝัก ไม่แตกต่างจาก 3:1 ($\chi^2 = 0.065$) แสดงว่า ลักษณะดังกล่าวถูกควบคุมด้วยยีน 1 คู่ ให้สัญลักษณ์เป็น *Re* และ *re* จากการศึกษาในลักษณะผลผลิต พบว่าผลผลิตโดยรวมของลูกชั่วที่ 3 ไม่ดีกว่าพันธุ์แม่ที่มีผลผลิตดี แต่พบว่าบาง Families ให้ผลผลิตใกล้เคียงกับพันธุ์แม่ การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะต่าง ๆ ของถั่วลิสง พบว่ามีความสัมพันธ์กันในลักษณะองค์ประกอบผลผลิต และมีความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบผลผลิตกับลักษณะใบ บ่งชี้ว่าถั่วลิสงที่มีใบขนาดใหญ่ (มีความกว้าง และความยาวใบมาก) มีความสัมพันธ์กับขนาดฝักใหญ่ จำนวนฝัก น้ำหนักฝัก และน้ำหนักเมล็ดต่อต้นมาก

ปัญหาที่มักจะประสบในการผสมข้ามในถั่วลิสงซึ่งเป็นพืชผสมตัวเองคือ การผสมตัวเองก่อนที่ดอกจะบาน (cleistogamy) การผสมข้ามทำได้ยาก การผสมติดต่ำ และมีโอกาสได้เมล็ดจากการผสมตัวเองสูง จากการตรวจสอบความเป็นลูกผสมด้วยเทคนิคทางโมเลกุล (RAPD) พบว่าต้นกล้าจากดอกถั่วลิสงที่ได้รับการผสมข้ามระหว่างพันธุ์ต้านทานต่อโรคราสนิมกับพันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูงมีการผสมตัวเองเกิดขึ้น (สุนทรีย์ และคณะ, 2547) ผลผลิตของถั่วลิสงลูกผสมพันธุ์ใหม่ ระหว่างพันธุ์ต้านทานกับพันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูง ไม่มีศักยภาพในการใช้เป็นพันธุ์ส่งเสริม (อาร์นัต และคณะ, 2533) เครื่องหมายทางพันธุกรรมที่บ่งถึงความ เป็นลูกผสม เป็นอีกแนวทางหนึ่งซึ่งช่วยให้ทราบว่าลูกผสมนั้นเกิดจากการผสมข้าม ซึ่งเป็นประโยชน์อย่างแท้จริงต่อการปรับปรุงพันธุ์ โดยเฉพาะการสร้างพันธุ์ใหม่ ในพืชหลายชนิดพบว่าลักษณะทางพันธุกรรมที่สังเกตง่ายมีประโยชน์หลายประการ อาทิ ใช้เป็นเครื่องหมายในการปกป้องหรือเป็นเจ้าของพืชพันธุ์ใหม่ (Goplen, 1992) ใช้เป็นเครื่องหมายในการบ่งชี้ การเปลี่ยนแปลง และการกลายพันธุ์ (Bassett and Blom, 1991; Collins, 1992; Bassett, 1993a,b; Simon, 1996; Cook and Banuelos, 1997) การทำแผนที่ทางพันธุกรรม (Bassett, 1997) รวมถึงช่วยในการคัดเลือกพันธุ์พืชในกระบวนการปรับปรุงพันธุ์ เช่น สี บ่งชี้คุณภาพในการหุงต้มของถั่วพิช (Johnson *et al.*, 1998; Borrelli *et al.*, 1999; Ojimelukwe, 1999) ในถั่วลิสง สีเยื่อหุ้มเมล็ด มีผลต่อการยอมรับของผู้บริโภค (Branch, 1995) นอกจากนี้ ลักษณะทางพันธุกรรมยังสามารถใช้ประโยชน์ในการบ่งบอกลักษณะอื่นๆ ของพืชโดยทางอ้อม เช่น ลักษณะการมีฝักสีดำของถั่วลิสงเมื่อถึงระยะสุกแก่ (Branch *et al.*, 1997) ลักษณะสีดอกกับการเป็นหมันของถั่วเหลือง (Harslan *et al.*, 1999) ลักษณะทางพันธุกรรมกับการต้านทานโรคบางชนิดของพืช เช่น ลักษณะสีเปลือกหุ้มเมล็ด (testa) สีน้ำตาลอ่อน (tan) ของถั่วลิสง ในกลุ่ม Virginia มี ลักษณะการต้านทานโรค Sclerotinia blight (*Sclerotinia minor*) (Porter *et al.*, 1992) ในปอชวลักษณะดอกสีขาวมีความต้านทานต่อโรคราน้ำค้าง (*Leveillula taurica*) (Cook and Banuelos, 1997) และยีนควบคุมลักษณะสีดอกของถั่วแขก (common bean) กับลักษณะการต้านทานโรค common bacterial

blight จำนวน 2 เผ่าพันธุ์ (race) (Park *et al.*, 1999) เป็นต้น ส่วนการศึกษาในลักษณะองค์ประกอบผลผลิตของถั่วลิสง พบว่าถั่วลิสงพันธุ์ต้านทานมักมีลักษณะที่ไม่ดีหลายประการ อาทิ อายุการเก็บเกี่ยวยาว เปลือกแข็งหนา เเปอร์เซ็นต์กะเทาะต่ำ และมีจำนวนเมล็ดลีบมาก ส่วนพันธุ์ใหม่ที่ได้รับการถ่ายทอดลักษณะการต้านทานต่อโรคราสนิมมีศักยภาพการให้ผลผลิตต่ำ ไม่สามารถใช้เป็นพันธุ์ส่งเสริมได้ (อาร์นัต และคณะ, 2533) จากศึกษาลักษณะผลผลิตเฉลี่ยของลูกผสมชั่วที่ 2 ในถั่วลิสงหลายคู่ผสมเปรียบเทียบกับพันธุ์พ่อแม่ พบว่าถั่วลิสงลูกผสมมีลักษณะดีกว่าพ่อแม่ในหลายคู่ผสม (วิสิทธิ์, 2539) สันนิษฐานว่าสมาชิกส่วนใหญ่ภายในประชากรลูกผสมชั่วที่ 2 มีลักษณะองค์ประกอบผลผลิตด้อยลง แต่จากการศึกษาในลักษณะองค์ประกอบผลผลิตของถั่วลิสง พบว่าลักษณะองค์ประกอบของผลผลิตของถั่วลิสงถูกควบคุมด้วยยีนมากกว่า 1 คู่ มีการแสดงออกของยีนแบบบวก เช่น ความกว้าง ความยาว ฝัก น้ำหนักฝัก น้ำหนักเมล็ด (วิบูล 2535; วิสิทธิ์, 2539; Kumar and Patel, 1999) ดังนั้นในลูกผสมบาง families น่าจะมีผลผลิตใกล้เคียงกับพันธุ์พ่อแม่ที่มีผลผลิตดี การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาศักยภาพของถั่วลิสงลูกผสมระหว่างพันธุ์ต้านทานต่อโรคราสนิมกับพันธุ์ที่มีลักษณะทางการเกษตรดี ในแต่ละ F₃ families โดยประเมินจากลักษณะผลผลิต และศึกษาการถ่ายทอดทางพันธุกรรมของลักษณะดอก เข้ม และลายฝัก ผลที่ได้จากการศึกษานี้สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการปรับปรุงพันธุ์ถั่วลิสงต่อไป

วัสดุอุปกรณ์ และวิธีการทดลอง

ประชากรที่ใช้ในการศึกษา

ถั่วลิสงที่ใช้ในการศึกษานี้ ได้แก่ พันธุ์มข. 1 ที่มีลักษณะทรงพุ่มกิ่งเลื้อย ใบขนาดใหญ่ ปลายใบแหลม สีใบเขียวเข้ม สีดอกเหลืองส้ม เข้มสีม่วง ฝักค่อนข้างใหญ่ มีลายฝักชัดเจน เยื่อหุ้มเมล็ดสีชมพูเข้ม ไม่ต้านทานต่อโรคราสนิม พันธุ์ไททานิก 9 เป็น Spanish type ทรงพุ่มตั้งตรง ใบค่อนข้างใหญ่ ปลายใบมนหรือแหลม สีใบเขียวเข้ม ดอกสีเหลืองส้ม เข้มสีม่วง ฝักขนาดกลาง ไม่มีลายฝัก เยื่อหุ้มเมล็ดสีชมพู ไม่ต้านทานต่อโรคราสนิม ถั่วลิสง NC Ac 17090 เป็น Valencia type ทรงพุ่มตั้งตรง

ใบค่อนข้างเล็กเรียวยาว ปลายแหลม สีใบเขียวอ่อน ดอกสีเหลือง เข้มสีเขียว ฝักขนาดค่อนข้างเล็ก มีลายฝักชัดเจน เยื่อหุ้มเมล็ดสีน้ำตาลอ่อน ต้านทานต่อโรคราสนิม ลูกผสมชั่วที่ 3 จากการผสมข้ามระหว่างพันธุ์มช. x NC Ac 17090 และพันธุ์ไทนาน 9 x NC Ac 17090 จากต้นชั่วที่ 2 ที่เก็บเมล็ดแยกไว้ในแต่ละต้น (Figure 1) นำเมล็ดถั่วลิสงชั่วที่ 3 จากต้นชั่วที่ 2 แต่ละตระกูล (families) ลงปลูกในสภาพแปลง ระยะปลูก 50x30 ซม.

การศึกษาการถ่ายทอดลักษณะสีดอก สีเข้มน และลายฝัก

เมื่อทำการผสมดอกและปลูกลูกผสมชั่วที่ 1 ได้ตรวจสอบความเป็นลูกผสมจากเครื่องหมาย O11₁₀₀₀ ด้วยเทคนิค RAPD-PCR (สุนทรีย์ และคณะ, 2547) บันทึกลักษณะ สีดอก สีเข้มน ลายฝัก และองค์ประกอบผลผลิตของลูกผสม หลังจากนั้นทำการปลูกลูกผสมชั่วที่ 2 โดยเก็บเมล็ดแยกต้น (เมล็ดชั่วที่ 3) นำเมล็ดลูกผสมในชั่วที่ 3 (F₃ families) ที่เกิดจากเมล็ดชั่วที่ 2 แต่ละ families ปลูกแยกกัน (Figure 1) ระยะปลูก 50x30 ซม. บันทึก

1. จำนวน families ที่ปรากฏเฉพาะต้นที่มีดอกที่มีลายคาดสีแดงที่ standard บนของดอก (ไม่กระจายตัว)
2. จำนวน families ที่ปรากฏต้นที่มีดอกที่มี และไม่มีลายคาดสีแดงบน standard ของดอก (มีการกระจายตัว) และ
3. จำนวน families ที่ปรากฏเฉพาะต้นที่ไม่มีดอกที่มีลายคาดสีแดงบน standard ของดอก (ไม่กระจายตัว) ใน families ที่มีการกระจายตัว บันทึก จำนวนต้นที่มีลาย และไม่มีลายคาดสีแดงบน standard ของดอก ทำเช่นเดียวกันในลักษณะสีเข้มน และลายฝัก

การศึกษาลักษณะองค์ประกอบผลผลิต และลักษณะใบ

หลังจากปลูก และทำการผสมเกสรถั่วลิสง ทั้งสองคู่ผสม (พันธุ์มช.1 x NC Ac 17090 และพันธุ์ไทนาน 9 x NC Ac 17090) และตรวจสอบลูกผสมชั่วที่ 1 ด้วยเทคนิค RAPD-PCR (สุนทรีย์ และคณะ, 2547) คัดเลือกลูกผสมชั่วที่ 1 ที่ผ่านการตรวจสอบ นำไปปลูก และปล่อยให้ผสมตัวเอง เก็บเมล็ดลูกผสมชั่วที่ 2 แยกต้น เพื่อปลูกในชั่วที่ 3 และเปรียบเทียบลักษณะผลผลิตแยก families ในลักษณะ

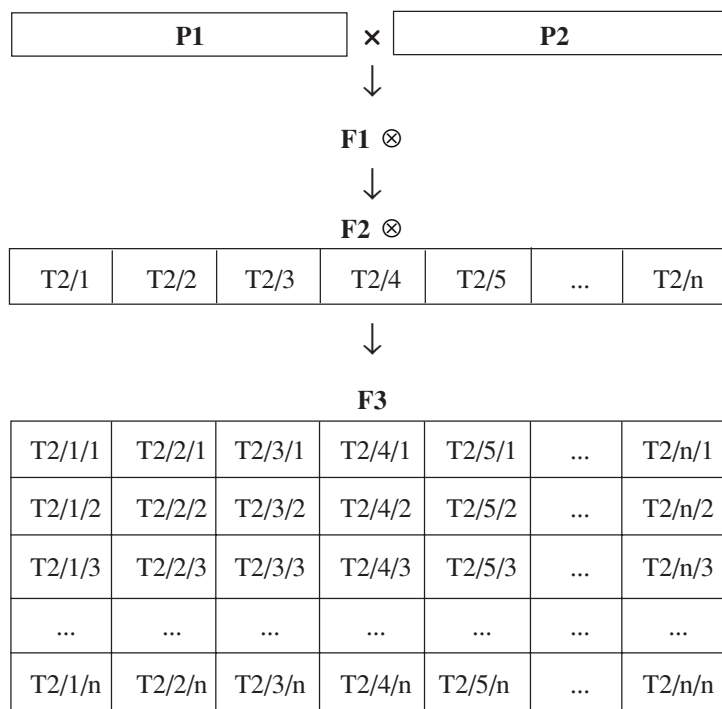


Figure 1. The development of groundnut population used in this study.

จำนวนฝัก/ต้น น้ำหนักฝัก/ต้น น้ำหนักเมล็ด/ต้น ความกว้างและความยาวฝัก ของถั่วลิสงทั้ง 3 พันธุ์ และลูกผสมเมื่ออายุ 115 วัน ศึกษาลักษณะใบ เมื่อถั่วลิสงมีอายุ 2 เดือน โดยเก็บใบลำดับที่ 5 นับจากยอด วัดความยาวใบโดยการวัดจากใบย่อยที่ 2 จากโคนที่มีเนื้อใบจนถึงปลายใบ วัดความกว้างใบจากใบย่อยที่ 2 จากกึ่งกลางของความยาวใบ และหาความกลม-รีของใบจากสัดส่วนระหว่างความกว้างกับความยาวใบย่อยที่ 2 ในลำดับใบเดียวกัน

ผลการทดลอง และวิจารณ์

การศึกษาการถ่ายทอดลักษณะสีดอก สีเข้ม และลายฝัก

การศึกษาการถ่ายทอดลักษณะสีดอก

จากการสร้างประชากรโดยการผสมข้ามระหว่างถั่วลิสงที่ต้านทานต่อโรคราสนิม (NC Ac 17090) ไม่มีลายคาดสีแดงบน standard ของดอกกับถั่วลิสงพันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูง (ไทนาน 9) ซึ่งมีลายคาดสีแดงบน standard ของดอก พบว่า ลูกผสมชั่วที่ 1 ปรากฏลายคาดสีแดงบน standard ของดอกทุกต้น เมื่อทำการศึกษาต่อมาในลูกผสมชั่วที่ 3 จากเมล็ดลูกผสมชั่วที่ 2 ซึ่งเก็บเมล็ดแยกต้นในแต่ละ families จำนวน 41 families พบว่าการ

แสดงออกของแต่ละ families มี 3 แบบ คือ 1. จำนวน families ที่มีเฉพาะดอกที่มีลายคาดสีแดงบน standard ของดอก มี 12 families 2. จำนวน families ที่ปรากฏต้นที่ ดอกมี และไม่มีลายคาดสีแดงบน standard ของดอก มี 18 families และ 3. จำนวน families ที่มีเฉพาะต้นที่ ดอกที่ไม่มีลายคาดสีแดงบน standard ของดอก มี 11 families เมื่อศึกษาสัดส่วนระหว่าง 3 ลักษณะ พบว่า สัดส่วนระหว่าง families ที่ปรากฏลักษณะทั้ง 3 แบบนั้น ไม่แตกต่างจากสัดส่วน 1:2:1 ($\chi^2 = 0.659$) แสดงว่า ลักษณะการมีคาดสีแดงบน standard ของดอก เป็นลักษณะซ่มถูกควบคุมด้วยยีน 1 คู่ กระจายตัวตามกฎของ Mendel (Table 1, Figure 2) จากการศึกษาพบว่าสัดส่วนระหว่างจำนวน families ที่ปรากฏต้นที่มีลายคาดสีแดงบน standard ของดอกต่อจำนวน families ที่มีเฉพาะต้นที่ไม่มีลายคาดสีแดงบน standard ของดอก ไม่แตกต่างจาก 3:1 ($\chi^2 = 0.073$) (Table 1) แสดงว่าลักษณะการมีลายคาดสีแดงบน standard ของดอก เป็นลักษณะซ่มถูกควบคุมด้วยยีน 1 คู่ เมื่อศึกษาเฉพาะใน families ที่มีการกระจายตัวซึ่งปรากฏต้นที่มีดอกทั้ง 2 แบบ คือ ดอกที่มีลายคาดสีแดง และไม่มีลายคาดสีแดงบน standard ของดอก พบว่าสัดส่วนจำนวนต้นที่มีลายคาดสีแดงบน standard ของดอกต่อจำนวนต้นไม่มีลายคาดสีแดงบน standard

Table 1. Phenotypic traits of F₃ families from cross between NC Ac 17090 and Tainan 9.

Segregation of groundnut families			Total	Expected Ratio	χ^2	P-value
Characters of groundnut standard flower						
Phenotype	Red stripe on standard (n=30)	Without red stripe on standard (n=11)	41	3:1	0.073	0.80-0.70
Genotype	<i>StSt</i> ^{1/} (n=12)	<i>Stst</i> ^{2/} (n=18)	41	1:2:1	0.659	0.80-0.70
Characters of groundnut peg						
Phenotype	Reticulate pod (n=33)	Smooth pod (n=12)	45	3:1	0.065	0.80-0.70
Genotype	<i>ReRe</i> ^{1/} (n=11)	<i>Rere</i> ^{2/} (n=22)	45	1:2:1	0.067	>0.95

^{1/}, ^{2/} homozygous dominance and heterozygous, respectively
^{3/} homozygous recessive

ของดอก มีสัดส่วนไม่แตกต่างจาก 3:1 ยืนยันว่าลักษณะการมีลายคาดสีแดงบน standard ของดอก เป็นลักษณะข่มของยีน 1 คู่ ชัดเจน (Table 2) โดยกำหนดสัญลักษณ์ *St* แทนลักษณะการมีลายคาดสีแดงบน standard ของดอก และ *st* แทนลักษณะการไม่มีลายคาดสีแดงบน standard ของดอก นอกจากนี้ยังพบว่ามีการมีลายคาดสีแดงบน standard ของดอกในถั่วลิสง สอดคล้องกับการศึกษาลักษณะสีในดอกของถั่วหลายชนิด เช่น ถั่วแขก (common bean) (Bassett, 1992; Bassett, 1993b) ถั่วเหลือง (Stephens and Nickell, 1992) ถั่วอาหารสัตว์ (clover) (Pederson, 1991) ถั่วปากอ้า (faba bean) (Metz et al., 1992) ที่พบว่าสีดอกและลักษณะต่างๆ บนดอก ถูกควบคุมด้วยยีนเพียง 1-2 คู่

ความสัมพันธ์ระหว่างสีเข้มกับการมีลายคาดสีแดงบน standard ของดอก

จากการศึกษาในลักษณะสีเข้ม พบว่าถั่วลิสงพันธุ์ มข.1 และพันธุ์ไทนาน 9 มีเข็มสีม่วง ส่วนถั่วลิสงที่ต้านทานต่อโรคราสนิม NC Ac 17090 มีเข็มสีเขียว (Figure 3) ลูกผสมชั่วที่ 1 ปรากฏเข็มที่มีสีม่วงทุกต้น ดอกถั่วลิสงที่มีลายคาดสีแดงบน standard ของดอกปรากฏเข็มสีม่วง

ส่วนดอกที่ไม่มีลายคาดสีแดงบน standard ของดอกปรากฏเข็มสีเขียว แสดงว่าลักษณะดังกล่าวอาจเป็นยีนเดียวกันหรือถูกควบคุมด้วยยีนคนละคู่ที่อยู่ใกล้กันมากบนโครโมโซม (linked gene) โดยกำหนดสัญลักษณ์ *Pu* แทนลักษณะเข็มสีม่วง (purple peg) ซึ่งเป็นลักษณะข่ม และ *pu* แทนลักษณะเข็มสีเขียว ดังนั้นการนำเอาผลการศึกษาในลักษณะสีดอก และสีเข็ม ซึ่งเป็นส่วนสืบพันธุ์ของถั่วลิสงที่มีความเกี่ยวข้องกัน สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการปรับปรุงพันธุ์ได้ อย่างไรก็ตามยีนที่ควบคุมลักษณะสีของลำต้นอาจไม่มีความสัมพันธ์กัน เช่น การศึกษาในถั่วปากอ้า (faba bean) (Metz et al., 1992) พบว่ายีนที่ควบคุมลักษณะสีเมลานิน (melanin) ของใบเลี้ยง (stipulae) กับยีนที่ควบคุมสีบนต้นกล้า เป็นยีนที่เป็นอิสระต่อกัน และต่างก็ควบคุมด้วยยีนเพียง 1 คู่

การศึกษาการถ่ายทอดลักษณะลายฝัก

การศึกษาลักษณะลายฝัก จากการผสมข้ามระหว่างถั่วลิสงที่มีลายฝัก (NC Ac 17090) และไม่มีลายฝัก (ไทนาน 9) พบว่าลูกผสมชั่วที่ 1 ที่เกิดขึ้นมีลายฝักแต่ไม่ชัดเจน การแสดงออกในลักษณะลายฝักของถั่วลิสงลูกผสมชั่วที่ 3 ที่ได้จากเมล็ดลูกผสมชั่วที่ 2 ซึ่งเก็บเมล็ดแยกต้น

Table 2. Segregation of groundnut plants with a trait of flower in each F_3 family.

Lines	Number of plant (plant)		Expected ratio	χ^2	P-value
	Red stripe on standard	Without red stripe on standard			
T37/15	3	1	3:1	0.000	>0.95
T37/16	11	7	3:1	1.852	0.20-0.10
T37/22	8	3	3:1	0.030	0.90-0.80
T37/31	10	4	3:1	0.950	0.50-0.30
T37/33	12	3	3:1	0.200	0.70-0.50
T37/39	8	5	3:1	2.865	0.10-0.05
T37/41	7	1	3:1	0.667	0.50-0.30
T37/45	11	5	3:1	0.033	0.70-0.50
T37/47	9	3	3:1	0.000	>0.95
T37/5	17	9	3:1	1.825	0.20-0.10
T37/50	9	3	3:1	0.000	>0.95
T37/51	9	4	3:1	0.231	0.70-0.50
T37/6	14	5	3:1	0.018	0.95-0.90
Total	128	53	3:1	1.575	0.30-0.20



Figure 2. Characters of groundnut standard flower.
2a. Groundnut flower with red stripe on standard.
2b. Groundnut flower without red stripe on standard.

ในแต่ละ families จำนวน 45 families พบว่าลักษณะฝักของลูกในแต่ละ families ดังต่อไปนี้คือ 1. จำนวน families ที่มีเฉพาะต้นที่มีลายฝักชัดเจนทุกต้นมี 11 families 2. จำนวน families ที่ปรากฏต้นที่มีลายฝัก และต้นที่ไม่มีลายฝักมี 22 families และ 3. จำนวน families ที่มีเฉพาะต้นที่ไม่มีลายฝักทุกต้นมี 12 families เมื่อตรวจสอบพบว่าสัดส่วนระหว่าง families ที่ปรากฏลักษณะทั้ง 3 แบบนั้น ไม่แตกต่างจากสัดส่วน 1:2:1 ($\chi^2 = 0.067$) แสดงว่าลักษณะการมีลายฝักเป็นลักษณะข่มไม่สมบูรณ์ถูกควบคุมด้วยยีน 1 คู่ (Table 1, Figure 4) และจากการศึกษาพบว่า สัดส่วนระหว่างจำนวน families ที่ปรากฏต้นที่มีลายฝัก

ต่อจำนวน families ที่ไม่มีลายฝักไม่แตกต่างจาก 3:1 ($\chi^2 = 0.065$) เป็นการยืนยันชัดเจนยิ่งขึ้นว่า ลักษณะการมีลายฝักเป็นลักษณะข่มควบคุมด้วยยีน 1 คู่ โดยกำหนดสัญลักษณ์ *Re* แทนลักษณะการมีลายฝัก (reticulate pod) ซึ่งเป็นลักษณะข่ม และ *re* แทนลักษณะการไม่มีมีลายฝัก จากการศึกษาลักษณะฝักของถั่วลิสง (*Pisum sativum* L.) ด้วยวิธีการที่คล้ายคลึงกับการทดลองนี้ (McGee and Baggett, 1992) พบว่าลักษณะการมี "string" ของฝักเป็นลักษณะเด่น ส่วนลักษณะ "stringless" เป็นลักษณะด้อยที่ควบคุมด้วยยีน 1 คู่ ใกล้เคียงกับผลการศึกษาลักษณะการไม่มีลายฝักของถั่วลิสงที่เป็นลักษณะด้อย และควบคุม

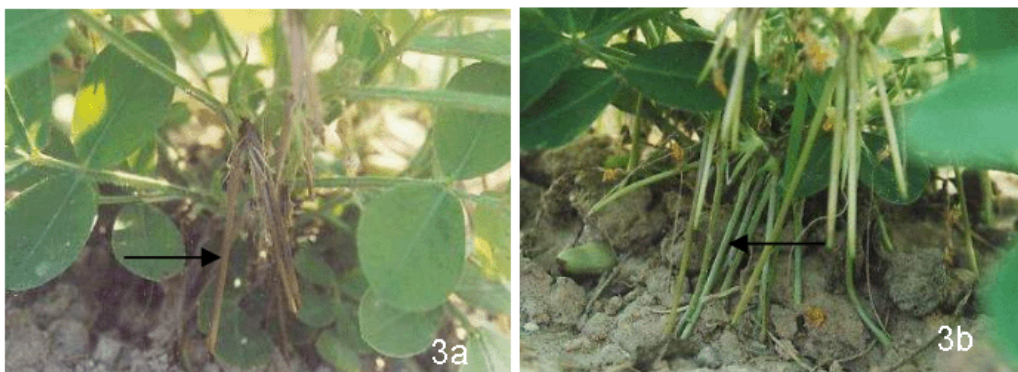


Figure 3. Characters of groundnut peg.
3a. Purple groundnut peg.
3b. Green groundnut peg.

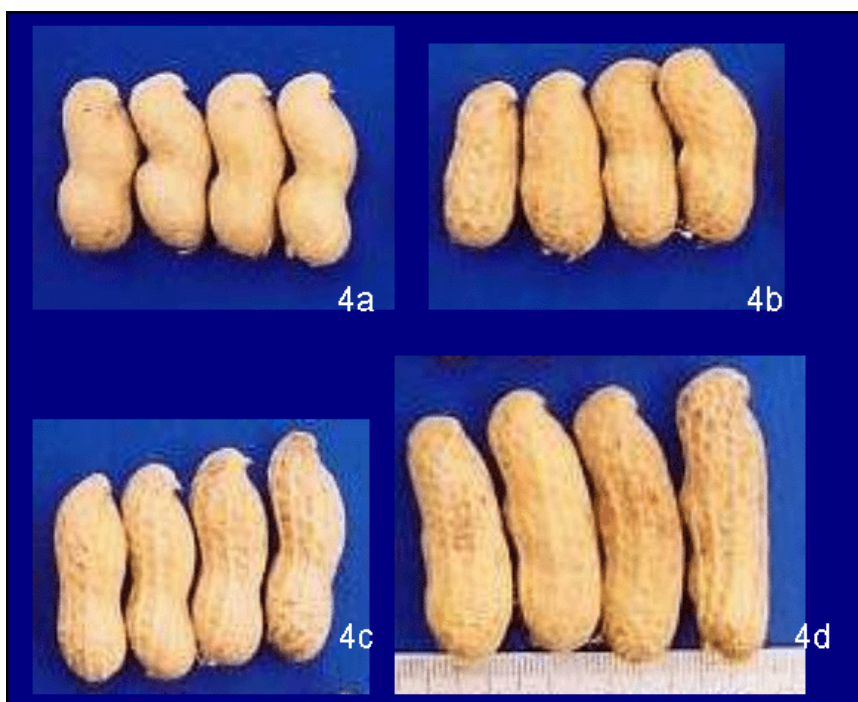


Figure 4. Characters of groundnut pod.

- 4a. Smooth pod.
- 4b. Moderately reticulate pod.
- 4c. Reticulate pod.
- 4d. Reticulate pod with 3 seed.

Table 3. Yield components of groundnut; KKU1, NC Ac 17090, Tainan 9 and their hybrids.

Lines	Pod No. (pod/plant)	Pod weight (g/plant)	Seed weight (g/plant)	Pod width (cm)	Pod length (cm)
KKU1	27.60 ^{c1/}	40.35 ^{de}	27.75 ^d	1.350 ^a	2.928 ^a
NC Ac 17090	50.33 ^a	42.58 ^{c-d}	32.22 ^{cd}	1.095 ^d	2.750 ^b
Tainan9	36.25 ^{bc}	41.85 ^{c-e}	31.60 ^{cd}	1.217 ^b	2.830 ^{ab}
KNF1	42.58 ^{ab}	66.82 ^a	48.45 ^a	1.300 ^a	2.805 ^{ab}
KNF2	40.10 ^b	47.30 ^{bc}	39.90 ^b	1.188 ^{bc}	2.850 ^{ab}
KNF3	34.10 ^{bc}	38.97 ^e	27.65 ^d	1.197 ^{bc}	2.840 ^{ab}
TNF1	38.25 ^b	50.25 ^b	38.22 ^b	1.202 ^{bc}	2.750 ^b
TNF2	39.47 ^b	45.75 ^{b-d}	36.33 ^{bc}	1.140 ^{cd}	2.730 ^b
TNF3	40.80 ^{ab}	43.67 ^{c-e}	33.27 ^c	1.158 ^{b-d}	2.743 ^b
F-test	**	**	**	**	**
C.V. (%)	12.31	6.62	6.40	2.91	2.28

^{1/} Means followed by the same letter(s) in a column are not significant at 1% level

** significant at 1% level

ด้วยยีน 1 คู่ ลูกผสม (Tainan 9 × NC Ac 17090) ที่เกิดขึ้นมี 4 แบบ คือ 1. ฟักเรียบ - ดอกมีลายคาดสีแดงบน standard ของดอก 2. ฟักลาย - ดอกไม่มีลายคาดสีแดงบน standard ของดอก 3. ฟักลาย - ดอกมีลายคาดสีแดงบน standard ของดอก 4. ฟักเรียบ - ดอกไม่มีลายคาดสีแดงบน standard ของดอก มีลักษณะใหม่ (แบบที่ 3 และ 4) ของลูกผสม ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่ามีการรวมตัวกันใหม่ของยีน (recombination) และลักษณะทั้ง 2 อาจเป็นอิสระต่อกัน เพราะลูกผสมมีลักษณะไม่เหมือนพ่อแม่ (parental type) ในปริมาณมาก

ลักษณะองค์ประกอบผลผลิต

จากการศึกษาลักษณะองค์ประกอบผลผลิต (จำนวนฝัก/ต้น น้ำหนักฝัก/ต้น น้ำหนักเมล็ด/ต้น ความกว้างฝักและความยาวฝัก) โดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยในลักษณะต่างๆ

ของถั่วลิสง พันธุ์มข.1 ไทนาน 9 NC Ac 17090 และลูกผสม (พันธุ์มข.1 × NC Ac 17090 และพันธุ์ไทนาน 9 × NC Ac 17090) ในช่วงต่างๆ ในลักษณะจำนวนฝัก พบว่าถั่วลิสงพันธุ์มข.1 มีจำนวนฝักน้อยที่สุด (27.60 ฝัก/ต้น) และถั่วลิสงที่ฝักดกที่สุด คือ NC Ac 17090 (50.33 ฝัก/ต้น) ในลักษณะน้ำหนักฝัก/ต้น และน้ำหนักเมล็ด/ต้น ถั่วลิสง พันธุ์มข.1 ไทนาน 9 และ NC Ac 17090 มีน้ำหนักใกล้เคียงกัน ส่วนลูกผสมชั่วที่ 1 มีน้ำหนักฝัก/ต้น และน้ำหนักเมล็ด/ต้น มากกว่าพ่อแม่ และลดลงในช่วงต่อมา (Table 3) เมื่อพิจารณาขนาดฝักจากความกว้าง และความยาวฝัก พบว่าถั่วลิสง พันธุ์มข.1 มีความกว้างฝักมากที่สุด รองลงมาคือ พันธุ์ไทนาน 9 และ NC Ac 17090 ตามลำดับ (1.350, 1.217 และ 1.095 ซม.) เช่นเดียวกับลักษณะความยาวฝัก (2.928, 2.830 และ 2.750 ซม.) ส่วนขนาดฝักของลูกผสมชั่วที่ 1 ทั้ง 2 คู่ผสม มีขนาดฝัก

Table 4. Yield components of groundnut; K KU1, NC Ac 17090 and F₃ families.

Lines	Pod No. (pod/plant)	Pod weight (g/plant)	Seed weight (g/plant)	Pod width (cm)	Pod length (cm)
KKU1	27.60 ^{c-fl}	40.35 ^{c-h}	27.75 ^{c-h}	1.350 ^a	2.928 ^{b-i}
NC Ac 17090	50.33 ^{ab}	42.58 ^{c-f}	32.22 ^c	1.095 ^{op}	2.750 ^{e-k}
KNF1	42.58 ^{a-e}	66.82 ^a	48.45 ^a	1.300 ^{a-e}	2.805 ^{d-k}
KNF2	40.10 ^{a-f}	47.30 ^{bc}	39.90 ^b	1.188 ^{h-o}	2.850 ^{c-j}
K6/10	29.35 ^{c-f}	-	24.45 ^{c-l}	1.337 ^{ab}	2.855 ^{c-j}
K6/11	34.30 ^{a-f}	39.72 ^{c-i}	28.80 ^{c-g}	1.273 ^{a-h}	2.725 ^{f-l}
K6/19	38.25 ^{a-f}	44.97 ^{cd}	31.83 ^c	1.313 ^{a-d}	2.975 ^{b-f}
K6/2	40.50 ^{a-f}	41.88 ^{c-h}	-	1.125 ^{k-p}	2.700 ^{h-l}
K6/21	26.25 ^{d-f}	41.98 ^{c-g}	29.20 ^{c-f}	1.325 ^{a-c}	3.025 ^{a-d}
K6/22	29.75 ^{c-f}	28.65 ^{f-i}	19.33 ^{hi}	1.112 ^{n-p}	2.450 ^{mn}
K6/26	22.55 ^{ef}	32.38 ^{d-i}	22.20 ^{e-l}	1.285 ^{a-g}	3.108 ^{ab}
K6/27	40.50 ^{a-f}	37.50 ^{c-i}	28.25 ^{c-g}	1.100 ^{op}	2.675 ^{i-m}
K6/29	39.63 ^{a-f}	34.80 ^{c-i}	23.63 ^{c-l}	1.175 ^{i-p}	2.813 ^{d-j}
K6/3	31.30 ^{b-f}	30.40 ^{e-i}	22.50 ^{d-l}	1.108 ^{n-p}	2.700 ^{h-l}
K6/34/22	30.25 ^{b-f}	36.28 ^{c-i}	27.42 ^{c-h}	1.188 ^{h-o}	2.800 ^{d-k}
K6/34/36	26.38 ^{d-f}	36.92 ^{c-i}	26.05 ^{c-h}	1.250 ^{b-i}	3.237 ^a
K6/34/4	47.00 ^{a-c}	44.05 ^{c-e}	31.30 ^{cd}	1.100 ^{op}	2.963 ^{b-g}
K6/34/8	42.63 ^{a-e}	63.30 ^a	42.53 ^{ab}	1.287 ^{a-g}	3.088 ^{a-c}
K6/24	-	39.90 ^{c-i}	-	-	-
F-test	**	**	**	**	**
C.V. (%)	25.86	15.88	13.82	4.00	3.95

^l/ Means followed by the same letter(s) in a column are not significant at 1% level
 ** significant at 1% level

Table 4. (continued)

Lines	Pod No. (pod/plant)	Pod weight (g/plant)	Seed weight (g/plant)	Pod width (cm)	Pod length (cm)
K6/34b	36.63 ^{a-f1/}	44.42 ^{c-e}	30.45 ^{c-e}	1.163 ^{i-p}	2.888 ^{b-j}
K6/41	34.00 ^{a-f}	-	-	1.175 ^{i-p}	3.000 ^{b-e}
K6/42	30.72 ^{b-f}	39.13 ^{c-i}	28.43 ^{c-g}	1.202 ^{f-n}	2.955 ^{b-g}
K6/43	38.88 ^{a-f}	41.13 ^{c-h}	30.95 ^{c-e}	1.112 ^{n-p}	2.500 ^{l-n}
K6/44	31.00 ^{b-f}	35.78 ^{c-i}	26.97 ^{c-h}	1.133 ^{j-p}	2.382 ⁿ
K6/45	39.00 ^{a-f}	36.80 ^{c-i}	26.98 ^{c-h}	1.118 ^{l-p}	2.867 ^{b-j}
K6/50	28.25 ^{c-f}	27.65 ^{g-i}	20.20 ^{g-i}	1.138 ^{j-p}	2.563 ^{k-n}
K6/51	29.58 ^{c-f}	37.63 ^{c-i}	24.63 ^{c-i}	1.240 ^{e-i}	3.048 ^{a-d}
K6/52	39.40 ^{a-f}	57.58 ^{ab}	42.43 ^{ab}	1.295 ^{a-f}	2.642 ^{j-m}
K6/56	44.95 ^{a-d}	37.20 ^{c-i}	27.15 ^{c-h}	1.155 ^{i-p}	2.713 ^{g-l}
K6/57	35.47 ^{a-f}	43.47 ^{c-e}	30.33 ^{c-e}	1.192 ^{g-o}	2.987 ^{b-e}
K6/59	53.00 ^a	-	-	1.225 ^{d-j}	2.950 ^{b-h}
K6/7	26.52 ^{c-f}	39.28 ^{c-i}	26.63 ^{c-h}	1.215 ^{e-l}	3.245 ^a
K6/9/13	38.50 ^{a-f}	35.63 ^{c-i}	26.33 ^{c-h}	1.115 ^{m-p}	2.725 ^{f-l}
K6/9/25	25.00 ^{d-f}	40.92 ^{c-h}	28.68 ^{c-g}	1.217 ^{d-k}	2.890 ^{b-j}
K6/9/27	34.50 ^{a-f}	43.22 ^{c-e}	30.25 ^{c-e}	1.212 ^{e-m}	2.862 ^{b-j}
K6/9/8	26.88 ^{c-f}	27.55 ^{hi}	20.42 ^{f-i}	1.087 ^p	2.750 ^{e-k}
K6/9b	20.63 ^f	26.02 ⁱ	17.52 ⁱ	1.290 ^{a-f}	2.813 ^{d-j}
F-test	**	**	**	**	**
C.V. (%)	25.86	15.88	13.82	4.00	3.95

^{1/} Means followed by the same letter(s) in a column are not significant at 1% level

**significant at 1% level

อยู่ระหว่างพันธุ์ ฟอ แม่ และค่อนข้างใกล้เคียงกับพันธุ์แม่ที่มีลักษณะฝักดี แต่พบว่าลูกผสมในชั่วถัดมามีค่าเฉลี่ยต่ำลง เช่นเดียวกับลักษณะน้ำหนักฝัก/ต้น และน้ำหนักเมล็ด/ต้น (Table 3) จากการผลการศึกษาดังกล่าวสอดคล้องกับที่เคยมีรายงานมาก่อนคือ ถั่วลิสงพันธุ์ใหม่ที่เกิดจากการผสมข้ามระหว่างถั่วลิสงพันธุ์ส่งเสริมที่มีผลผลิตสูงกับถั่วลิสงพันธุ์ต้านทาน มีลักษณะผลผลิตต่ำลง (อาร์นิตและคณะ, 2533)

การศึกษาลักษณะองค์ประกอบผลผลิต เปรียบเทียบระหว่าง families ในลูกผสมระหว่าง (พันธุ์มข.1 × NC Ac 17090 พบว่าลักษณะความกว้าง และความยาวฝักน้อยลง (Table 3) ซึ่งอาจเป็นผลของการกระจายตัวของยีนดีอย่างไรก็ตาม ลูกผสมมีแนวโน้มที่จะให้ฝักดกมากกว่าพันธุ์มข.1 ที่มีลักษณะทางกายภาพอื่นเป็นผลให้น้ำหนักฝัก/ต้น และน้ำหนักเมล็ด/ต้น เพิ่มขึ้น (Table 4) เมื่อพิจารณาองค์ประกอบผลผลิตในทุกๆ ลักษณะประกอบกัน พบว่า

บาง families เท่านั้น ที่มีลักษณะดีหลายๆ ลักษณะรวมอยู่ใน families เดียวกัน (จำนวนฝัก/ต้นสูง น้ำหนักฝัก/ต้นมาก น้ำหนักเมล็ด/ต้นมาก ขนาดฝักใหญ่ ความกว้างและความยาวฝักมาก) เช่น K6/19 และ K6/21 (Table 4) เมื่อพิจารณาแต่ละลักษณะ พบว่าหลาย families มีศักยภาพในการปรับปรุงต่อ (Table 4) เมื่อพิจารณาร่วมกับลักษณะการต้านทานต่อโรคราสนิมของ families เหล่านี้

องค์ประกอบผลผลิตของลูกผสมระหว่างถั่วลิสงพันธุ์ไทนาน 9 × NC Ac 17090 ในแต่ละ families มีขนาดของฝักเล็กเป็นส่วนมาก (Table 5) มีแนวโน้มที่ให้ฝักดก น้ำหนักฝัก/ต้น และน้ำหนักเมล็ด/ต้น มากกว่าพันธุ์ที่มีลักษณะการเกษตรดี ไทนาน 9 (Table 5) เมื่อพิจารณาลักษณะองค์ประกอบผลผลิตร่วมกันในหลายๆ ลักษณะ พบว่า T37/1, T37/10, T37/11, T37/18, T37/47 และ T37/51 มีศักยภาพสูงที่จะทำการปรับปรุงต่อ หรือ

พัฒนาเป็นพันธุ์ใหม่ (พิจารณาพร้อมกับข้อมูลความต้านทานต่อโรคราสนิม) โดยเฉพาะ T37/11 ที่มีจำนวนฝักที่มี 3 เมล็ดจำนวนมาก ไม่มีลายคาดสีแดงบน standard ของดอก และมีลายฝัก (Table 5)

ผลการศึกษานี้สอดคล้องกับการศึกษาในถั่วลิสงที่พบว่าลักษณะความกว้างฝัก ความยาวฝัก และความจำนวนฝัก เป็นลักษณะทางปริมาณที่มีการแสดงออกของยีนแบบบวก (วิบูล, 2535; วิสิทธิ์, 2539; Kumar and Patel, 1999) มียีนควบคุมหลายคู่ อย่างไรก็ตาม มีความเป็นไปได้ที่จะปรับปรุงลูกผสมต่อไป โดยเฉพาะลักษณะความกว้างและความยาวฝัก เพราะมีการศึกษาพบว่าลักษณะฝักขนาดใหญ่เป็นลักษณะเด่นถูกควบคุมด้วยยีน 2 คู่ (Mathur *et al.*, 2001)

ลักษณะใบ

จากการศึกษาลักษณะใบของถั่วลิสง พบว่าถั่วลิสงที่ต้านทานต่อโรคราสนิม (NC Ac 17090) มีทรงพุ่มตั้งตรง มีลักษณะโปร่ง จากการศึกษาพบว่าถั่วลิสง NC Ac 17090 มีความกว้างใบน้อย และมีความยาวใบมาก เมื่อเปรียบเทียบกับพันธุ์มข.1 และพันธุ์ไทนาน 9 โดยพันธุ์ไทนาน 9 มีความกว้างใบบมากที่สุด รองลงมาคือ พันธุ์มข.1 และ NC Ac 17090 ตามลำดับ (2.720, 2.698 และ 2.508 ซม.) ส่วนลักษณะความยาวใบ พบว่าถั่วลิสง NC Ac 17090 มีความยาวใบบมากที่สุด รองลงมาคือ พันธุ์ไทนาน 9 และพันธุ์มข.1 ตามลำดับ (5.966, 5.888 และ 5.548 ซม.) และสัดส่วนความกว้าง/ความยาวใบ พันธุ์มข.1 มี

Table 5. Yield components of groundnut; Tainan 9, NC Ac 17090 and F₃ families.

Lines	Pod No. (pod/plant)	Pod weight (g/plant)	Seed weight (g/plant)	Pod width (cm)	Pod length (cm)
Tainan 9	36.25 ^{b-h} /	41.85 ^{d-l}	31.60 ^{b-j}	1.217 ^{b-e}	2.830 ^{c-j}
NC Ac 17090	50.33 ^{bc}	42.58 ^{d-l}	32.22 ^{b-h}	1.095 ^{k-n}	2.750 ^{f-l}
TNF1	38.25 ^{b-h}	50.25 ^{c-h}	38.22 ^{b-f}	1.202 ^{b-g}	2.750 ^{f-l}
TNF2	39.47 ^{b-h}	45.75 ^{c-j}	36.33 ^{b-g}	1.140 ^{f-l}	2.730 ^{i-l}
T37/1	49.13 ^{b-d}	55.40 ^{cd}	41.35 ^{bc}	1.235 ^{a-d}	2.845 ^{c-i}
T37/10	32.80 ^{c-h}	42.40 ^{d-l}	32.55 ^{b-h}	1.178 ^{d-i}	2.900 ^{b-d}
T37/11	32.60 ^{c-h}	52.83 ^{c-f}	39.15 ^{b-e}	1.217 ^{b-e}	2.807 ^{c-k}
T37/13	33.60 ^{c-h}	39.63 ^{f-l}	30.05 ^{d-j}	1.175 ^{d-j}	2.865 ^{b-f}
T37/14	43.17 ^{b-g}	43.53 ^{c-k}	32.55 ^{b-h}	1.173 ^{d-j}	2.585 ^{mn}
T37/15	44.38 ^{b-g}	50.35 ^{c-h}	28.05 ^{f-l}	1.175 ^{d-j}	2.747 ^{f-l}
T37/16	42.67 ^{b-g}	-	41.33 ^{bc}	1.217 ^{b-e}	2.793 ^{c-l}
T37/18	40.90 ^{b-g}	45.42 ^{c-j}	33.55 ^{b-h}	1.207 ^{b-f}	2.970 ^b
T37/20	54.50 ^b	48.25 ^{c-j}	36.97 ^{b-g}	1.100 ^{k-n}	2.745 ^{f-l}
T37/22	49.45 ^{b-d}	41.20 ^{e-l}	33.42 ^{b-h}	1.105 ^{j-n}	2.408 ^{op}
T37/24	46.75 ^{b-e}	51.13 ^{c-g}	41.10 ^{bc}	1.110 ⁱ⁻ⁿ	2.860 ^{b-h}
T37/25	40.75 ^{b-g}	38.42 ^{g-l}	29.88 ^{d-j}	1.108 ⁱ⁻ⁿ	2.740 ^{h-l}
T37/26	74.25 ^a	67.53 ^{ab}	52.50 ^a	1.120 ^{h-n}	2.517 ^{no}
T37/28	27.25 ^{f-h}	34.80 ⁱ⁻ⁿ	26.83 ^{g-l}	1.112 ⁱ⁻ⁿ	2.910 ^{bc}
T37/29	43.25 ^{b-g}	48.53 ^{c-i}	38.63 ^{b-f}	1.120 ^{h-n}	2.428 ^{op}
T37/3	43.60 ^{b-g}	42.92 ^{c-k}	32.97 ^{b-h}	1.135 ^{g-m}	2.592 ^{mn}
T37/31	42.13 ^{b-g}	54.42 ^{c-e}	42.13 ^b	1.293 ^a	2.803 ^{c-l}
T37/33	35.42 ^{c-h}	39.00 ^{f-l}	29.02 ^{e-k}	1.110 ⁱ⁻ⁿ	2.557 ⁿ
F-test	**	**	**	**	**
C.V. (%)	19.79	14.15	14.61	3.30	1.84

¹Means followed by the same letter(s) in a column are not significant at 1% level
**significant at 1% level

Table 5. (continued)

Lines	Pod No. (pod/plant)	Pod weight (g/plant)	Seed weight (g/plant)	Pod width (cm)	Pod length (cm)
T37/34	29.48 ^{e-h1/}	37.58 ^{g-m}	25.35 ^{h-l}	1.247 ^{a-c}	2.787 ^{d-l}
T37/36	71.75 ^a	72.90 ⁿ	55.03 ^a	1.082 ^{n-q}	2.753 ^{f-l}
T37/37	36.88 ^{b-h}	40.35 ^{f-l}	31.40 ^{b-j}	1.065 ^{mn}	2.693 ^{k-m}
T37/38	28.08 ^{f-h}	24.33 ⁿ	18.95 ^{kl}	1.140 ^{f-l}	2.440 ^{op}
T37/39	21.88 ^h	24.20 ⁿ	17.90 ^l	1.240 ^{a-d}	2.710 ^{j-l}
T37/40	39.88 ^{b-h}	39.88 ^{f-l}	31.00 ^{c-j}	1.067 ^{mn}	2.898 ^{b-d}
T37/41	35.30 ^{c-h}	34.30 ⁿ	25.00 ^{h-l}	1.250 ^{a-c}	2.507 ^{no}
T37/43	36.63 ^{b-h}	-	-	1.140 ^{f-l}	2.890 ^{b-e}
T37/44	49.78 ^{b-d}	56.47 ^{bc}	40.47 ^{b-d}	1.173 ^{d-j}	3.160 ^a
T37/45	39.42 ^{b-h}	43.22 ^{c-k}	33.67 ^{b-h}	1.185 ^{c-h}	2.900 ^{b-d}
T37/46	34.25 ^{c-h}	30.40 ^{k-n}	23.40 ^{h-l}	1.092 ^{k-n}	2.395 ^p
T37/47	44.90 ^{b-g}	49.60 ^{c-h}	38.13 ^{b-f}	1.215 ^{b-e}	2.797 ^{c-l}
T37/48	34.22 ^{c-h}	36.75 ^{h-n}	26.48 ^{g-l}	1.152 ^{e-l}	2.743 ^{g-l}
T37/49	26.48 ^{gh}	25.20 ^{mn}	20.98 ^l	1.135 ^{g-m}	2.555 ⁿ
T37/5	38.72 ^{b-h}	45.00 ^{c-j}	33.83 ^{b-h}	1.197 ^{b-g}	2.775 ^{e-f}
T37/51	37.05 ^{b-h}	43.53 ^{c-k}	32.88 ^{b-h}	1.238 ^{a-d}	2.862 ^{b-g}
T37/52	37.65 ^{b-h}	38.40 ^{g-l}	32.00 ^{b-i}	1.255 ^{ab}	2.770 ^{e-l}
T37/53	42.03 ^{b-g}	47.53 ^{c-j}	36.85 ^{b-g}	1.085 ^{l-n}	2.550 ⁿ
T37/57	45.03 ^{b-f}	48.13 ^{c-j}	37.30 ^{b-g}	1.092 ^{k-n}	2.795 ^{c-l}
T37/58	36.20 ^{b-h}	37.25 ^{g-n}	28.52 ^{c-k}	1.053 ⁿ	2.910 ^{bc}
T37/59	31.52 ^{d-h}	29.02 ^{l-n}	21.38 ^l	1.110 ⁱ⁻ⁿ	2.790 ^{c-l}
T37/6	44.17 ^{b-g}	48.63 ^{c-i}	40.30 ^{b-d}	1.125 ^{h-m}	2.683 ^{lm}
T37/A	42.92 ^{b-g}	49.90 ^{c-h}	37.20 ^{b-g}	1.160 ^{e-k}	2.743 ^{g-l}
F-test	**	**	**	**	**
C.V. (%)	19.79	14.15	14.61	3.30	1.84

^{1/}Means followed by the same letter(s) in a column are not significant at 1% level

**significant at 1% level

ลักษณะใบค่อนข้างกลมที่สุด รองลงมาคือ พันธุ์ไทนาน 9 และ NC Ac 17090 ตามลำดับ (0.486, 0.462 และ 0.422) เนื่องจากลักษณะใบ ทรงพุ่มมีผลต่อการสร้างผลผลิต การระบาดของโรคและแมลง (Gunner and Myers, 2001) ผลการศึกษาอาจเป็นเหตุผลส่วนหนึ่งที่อธิบายถึงการต้านทานต่อโรคของถั่วลิสง NC Ac 17090 น่าจะเป็นประโยชน์หากใช้เป็นเครื่องช่วยในการพิจารณาคัดเลือกเช่นเดียวกับในลูกเต๋อย (finger millet) (Jain and Yadava, 1999)

จากการศึกษาลักษณะใบของลูกผสม พบว่าลูกผสมมีความกว้างและความยาวใบมากกว่าพันธุ์ที่ใช้เป็นพ่อแม่ โดยถั่วลิสงลูกผสมพันธุ์ผสม.1 × NC Ac 17090 พบว่า

มีความกว้างและความยาวใบน้อยกว่าพันธุ์พ่อแม่เป็นส่วนใหญ่ ลักษณะใบค่อนข้างกลมกว่า NC Ac 17090 คือ มีสัดส่วนความกว้าง/ความยาวใบมากกว่า (Table 6) ส่วนการศึกษาในถั่วลิสงลูกผสมพันธุ์ไทนาน 9 × NC Ac 17090 พบว่าลูกผสมส่วนใหญ่มีความกว้าง และความยาวใบใกล้เคียงกับถั่วลิสงพันธุ์ไทนาน 9 และมีสัดส่วนความกว้าง/ความยาวใบน้อย คือมีลักษณะใบเรียวยาวแคบกว่าถั่วลิสงพันธุ์ไทนาน 9 (Table 7)

สหสัมพันธ์ระหว่างลักษณะต่าง ๆ ของถั่วลิสง

การศึกษาสหสัมพันธ์ของลักษณะต่าง ๆ ขององค์ประกอบผลผลิต พบว่าลักษณะความยาวฝักมีความสัมพันธ์

Table 6. Characteristic of leaves of groundnut; KKU1, NC Ac 17090 and their progenies.

Lines	Leaves breadth (cm)	Leaves length (cm)	Breadth/Length	Lines	Leaves breadth (cm)	Leaves length (cm)	Breadth/Length
KKU1	2.698 ^{a-ii/}	5.548 ^{c-f}	0.486 ^{a-c}	K6/34/36	2.780 ^{b-ii/}	6.500 ^{a-c}	0.428 ^{cd}
NC Ac 17090	2.508 ^{e-i}	5.966 ^{a-f}	0.422 ^{cd}	K6/35	2.620 ^{d-i}	5.540 ^{c-f}	0.476 ^{a-d}
KNF1	2.960 ^{a-f}	6.400 ^{a-f}	0.462 ^{a-d}	K6/41	2.740 ^{b-i}	5.940 ^{a-f}	0.462 ^{a-d}
KNF2	2.798 ^{a-i}	6.076 ^{a-f}	0.472 ^{a-d}	K6/42	2.980 ^{a-c}	6.160 ^{a-f}	0.484 ^{a-d}
K6/10	2.820 ^{a-i}	5.960 ^{a-f}	0.478 ^{a-d}	K6/44	2.580 ^{c-i}	5.940 ^{a-f}	0.432 ^{cd}
K6/11	2.860 ^{a-h}	6.140 ^{a-f}	0.468 ^{a-d}	K6/45	2.560 ^{c-i}	5.720 ^{b-f}	0.452 ^{a-d}
K6/19	2.800 ^{a-i}	6.080 ^{a-f}	0.462 ^{a-d}	K6/50	2.660 ^{c-i}	5.280 ^{ef}	0.506 ^{ab}
K6/2	2.820 ^{a-i}	5.600 ^{c-f}	0.504 ^{ab}	K6/51	2.860 ^{a-h}	6.160 ^{a-f}	0.464 ^{a-d}
K6/21	2.540 ^{f-i}	5.400 ^{d-f}	0.472 ^{a-d}	K6/52	3.140 ^{ab}	6.520 ^{a-d}	0.484 ^{a-d}
K6/22	2.420 ⁱ	5.080 ^f	0.480 ^{a-d}	K6/56	2.660 ^{c-i}	5.680 ^{c-f}	0.472 ^{a-d}
K6/26	3.220 ^a	7.080 ^a	0.456 ^{a-d}	K6/57	2.640 ^{c-i}	6.020 ^{a-f}	0.438 ^{cd}
K6/27	2.860 ^{a-h}	6.000 ^{a-f}	0.476 ^{a-d}	K6/59	2.640 ^{c-i}	5.780 ^{b-f}	0.460 ^{a-d}
K6/29/20	2.640 ^{c-i}	5.660 ^{c-f}	0.468 ^{a-d}	K6/34/22	2.840 ^{a-i}	6.060 ^{a-f}	0.468 ^{a-d}
K6/3	2.620 ^{d-i}	5.760 ^{b-f}	0.460 ^{a-d}	K6/7	2.940 ^{a-g}	6.720 ^{a-c}	0.438 ^{cd}
K6/34/4	3.060 ^{a-c}	6.920 ^{ab}	0.442 ^{b-d}	K6/9/13	2.460 ^{hi}	5.560 ^{c-f}	0.448 ^{a-d}
K6/34/8	2.960 ^{a-f}	6.160 ^{a-f}	0.482 ^{a-d}	K6/9/25	2.540 ^{f-i}	6.040 ^{a-f}	0.420 ^d
K6/34b	3.020 ^{a-d}	5.960 ^{a-f}	0.508 ^a	K6/9/27	2.840 ^{a-i}	6.300 ^{a-f}	0.454 ^{a-d}
K6/25	-	-	-	K6/9/8	2.460 ^{hi}	5.460 ^{d-f}	0.454 ^{a-d}
F-test	**	**	**	F-test	**	**	**
C.V. (%)	8.74	10.07	8.21	C.V. (%)	8.74	10.07	8.21

ⁱMeans followed by the same letter(s) in a column are not significant at 1 % level
 **significant at 1% level

ในทางบวกกับความกว้างฝัก (0.426**) จำนวนฝัก/ต้น มีความสัมพันธ์ทางลบกับความกว้างฝัก (-0.322**) ผลจากการศึกษาแสดงให้เห็นว่า หากต้องการให้ถั่วลิสงมีขนาดฝักใหญ่เต็มที่ควรศึกษาหาแนวทางในการจัดการไม่ให้ถั่วลิสงติดฝักมากเกินไป ลักษณะจำนวนฝัก/ต้น มีความสัมพันธ์ทางบวกกับน้ำหนักฝัก/ต้น (0.728**) จำนวนฝัก/ต้น มีความสัมพันธ์ทางบวกกับน้ำหนักเมล็ด/ต้น (0.791**) และน้ำหนักฝัก/ต้น มีความสัมพันธ์ทางบวกกับน้ำหนักเมล็ด/ต้น (0.949**) (Table 8)

ลักษณะใบของถั่วลิสงมีความสัมพันธ์กับลักษณะผลผลิตของถั่วลิสง โดยลักษณะความกว้างใบมีความสัมพันธ์ทางบวกกับความกว้างฝัก ความยาวฝัก จำนวนฝัก/ต้น น้ำหนักฝัก/ต้น และน้ำหนักเมล็ด/ต้น (0.240*, 0.295*, 0.240*, 0.513** และ 0.494** ตามลำดับ) ลักษณะความยาวใบที่มีความสัมพันธ์ทางบวกกับความยาวฝัก จำนวนฝัก/ต้น น้ำหนักฝัก/ต้น และน้ำหนักเมล็ด/ต้น

(0.365**, 0.240*, 0.457** และ 0.474** ตามลำดับ) ส่วนลักษณะสัดส่วนความกว้างใบ/ความยาวใบ มีความสัมพันธ์ทางบวกกับความยาวใบ (0.315**) แต่มีความสัมพันธ์ทางลบกับความยาวใบ (-0.409**) แสดงว่าใบที่แผ่กว้างมากมักมีลักษณะใบค่อนข้างกลม (Table 8) และผลการศึกษาในครั้งนี้ พบว่าในถั่วลิสงที่มีความกว้าง และความยาวของใบเพิ่มขึ้นฝักมีขนาดใหญ่ขึ้นด้วย สอดคล้องกับการศึกษาลักษณะใบของถั่วเหลืองที่ลักษณะความกว้างใบและความยาวใบมีความสัมพันธ์กับขนาดของเมล็ด (Chung *et al.*, 1998) ดังนั้นในอนาคตน่าจะได้ทำการศึกษาเพิ่มเติมในลักษณะใบถั่วลิสงที่มีต่อผลผลิตต่อไป

สรุป

ลักษณะการถ่ายทอดทางพันธุกรรมของถั่วลิสงพบว่าลักษณะการมีลายคาดสีแดงบน standard ของดอก

Table 7. Characteristic of leaves of groundnut; Tainan 9, NC Ac 17090 and their progenies.

Lines	Leaves breadth (cm)	Leaves length (cm)	Breadth/Length	Lines	Leaves breadth (cm)	Leaves length (cm)	Breadth/Length
Tainan 9	2.720 ^{b-g} ^{1/}	5.888 ^{d-f}	0.462 ^{bc}	T37/38	2.320 ^g	5.180 ^{fg}	0.448 ^{bc}
NC Ac 17090	2.508 ^{d-g}	5.966 ^{c-f}	0.422 ^{bc}	T37/39	2.580 ^{c-g}	5.840 ^{d-f}	0.442 ^{bc}
TNF1	3.100 ^{a-c}	6.448 ^{a-e}	0.490 ^{a-c}	T37/4	2.840 ^{a-g}	6.200 ^{b-f}	0.460 ^{bc}
TNF2	2.908 ^{a-e}	6.302 ^{b-e}	0.470 ^{a-c}	T37/40	2.440 ^{e-g}	5.660 ^{e-g}	0.430 ^{bc}
T37/1	2.820 ^{b-g}	5.980 ^{c-f}	0.474 ^{a-c}	T37/41	2.760 ^{b-g}	6.160 ^{b-f}	0.448 ^{bc}
T37/10	3.140 ^{ab}	7.400 ^a	0.424 ^{bc}	T37/43	2.700 ^{b-g}	6.340 ^{b-e}	0.430 ^{bc}
T37/11	3.040 ^{a-d}	6.420 ^{a-e}	0.474 ^{a-c}	T37/44/12	2.920 ^{a-e}	6.460 ^{a-e}	0.452 ^{bc}
T37/13	2.920 ^{a-e}	6.080 ^{b-f}	0.480 ^{a-c}	T37/44/6	2.740 ^{b-g}	6.380 ^{b-e}	0.432 ^{bc}
T37/14	2.740 ^{b-g}	6.080 ^{b-f}	0.460 ^{bc}	T37/45	2.700 ^{b-g}	6.540 ^{a-e}	0.414 ^c
T37/16	2.840 ^{a-g}	6.400 ^{a-e}	0.444 ^{bc}	T37/46	2.540 ^{d-g}	5.680 ^{e-g}	0.446 ^{bc}
T37/20	3.040 ^{a-d}	6.500 ^{a-e}	0.466 ^{bc}	T37/47	3.000 ^{b-g}	6.420 ^{a-e}	0.470 ^{a-c}
T37/22	2.680 ^{b-g}	5.800 ^{d-f}	0.462 ^{bc}	T37/48	2.700 ^{b-g}	6.500 ^{a-e}	0.414 ^c
T37/24	3.160 ^{ab}	6.620 ^{a-e}	0.476 ^{a-c}	T37/49	2.360 ^{fg}	4.800 ^g	0.494 ^{a-c}
T37/25	2.760 ^{b-g}	6.000 ^{b-f}	0.458 ^{bc}	T37/5	2.880 ^{a-f}	6.080 ^{b-f}	0.478 ^{a-c}
T37/26	2.980 ^{a-d}	5.900 ^{d-f}	0.510 ^{ab}	T37/50	2.700 ^{b-g}	5.820 ^{d-f}	0.468 ^{a-c}
T37/28	2.780 ^{b-g}	5.660 ^{e-g}	0.490 ^{a-c}	T37/51	3.040 ^{a-d}	6.560 ^{a-e}	0.462 ^{bc}
T37/29	2.920 ^{a-e}	6.180 ^{b-f}	0.472 ^{a-c}	T37/52	2.780 ^{b-g}	6.080 ^{b-f}	0.460 ^{bc}
T37/3	2.860 ^{a-f}	6.320 ^{b-e}	0.454 ^{bc}	T37/57	2.720 ^{b-g}	6.200 ^{b-f}	0.440 ^{bc}
T37/31	2.900 ^{a-e}	7.040 ^{ab}	0.414 ^c	T37/58	2.960 ^{a-e}	6.800 ^{a-d}	0.434 ^{bc}
T37/33	2.580 ^{c-g}	6.000 ^{b-f}	0.430 ^{bc}	T37/59	2.800 ^{b-g}	6.120 ^{b-f}	0.458 ^{bc}
T37/34	3.340 ^a	6.040 ^{b-f}	0.554 ^a	T37/6	2.980 ^{a-d}	5.960 ^{d-f}	0.504 ^{a-c}
T37/36	3.040 ^{a-d}	7.040 ^{ab}	0.434 ^{bc}	T37/53	2.640 ^{b-g}	6.180 ^{b-f}	0.428 ^{bc}
T37/37	2.960 ^{a-e} ^{1/}	7.020 ^{a-c}	0.422 ^{bc}				
F-test	**	**	**	F-test	**	**	**
C.V. (%)	9.20	8.37	8.53	C.V. (%)	9.20	8.37	8.53

^{1/}Means followed by the same letter(s) in a column are not significant at 1% level

** significant at 1% level

Table 8. Phenotypic correlation between characters of groundnut.

	Pod width	Pod length	Pod No.	Pod weight /Plant	Seed weight /Plant	Leaves breadth	Leaves length	Breadth /Length
Pod width	-							
Pod length	0.426**	-						
Pod No.	-0.322**	-0.164	-					
Pod weight/Plant	0.090	0.197	0.728**	-				
Seed weight/Plant	0.010	0.050	0.791**	0.949**	-			
Leaves breadth	0.240*	0.295*	0.240*	0.513**	0.494**	-		
Leaves length	0.104	0.365**	0.240*	0.457**	0.474**	0.733**	-	
Breadth/Length	0.179	-0.114	0.002	0.058	0.025	0.315**	-0.409**	-

* significant at 5% level

** significant at 1% level

ในลูกผสมชั่วที่ 1 มีลายคาสีแดงบน standard ของดอกทุกต้น เมื่อศึกษาสัดส่วนการกระจายตัวของลูกชั่วที่ 2 ใน F_3 families พบว่าสัดส่วนระหว่างจำนวน families ที่ปรากฏเฉพาะต้นที่มีลายคาสีแดงบน standard ของดอก : families ที่มีการกระจายตัว (ปรากฏต้นที่มีลายคาสีแดง และไม่มีลายคาสีแดงบน standard ของดอก) : families ที่ปรากฏเฉพาะต้นที่ไม่มีลายคาสีแดงบน standard ของดอก ไม่แตกต่างจากสัดส่วน 1:2:1 ($\chi^2 = 0.659$) เมื่อศึกษาสัดส่วนระหว่างจำนวน families ที่ปรากฏต้นที่มีลายคาสีแดงบน standard ของดอกทั้งหมด : families ปรากฏเฉพาะต้นที่ไม่มีลายคาสีแดงบน standard ของดอก พบว่ามีสัดส่วนไม่แตกต่างจาก 3:1 ($\chi^2 = 0.073$) แสดงว่าลักษณะการมีลายคาสีแดงบน standard ของดอกเป็นลักษณะข่มที่ถูกควบคุมด้วยยีน 1 คู่ ให้สัญลักษณ์การปรากฏลายคาสีแดงบน standard ของดอก เป็น *St* และการไม่ปรากฏลายคาสีแดงบน standard ของดอกเป็น *st*

ในลักษณะเข้ม พบว่าลูกผสมชั่วที่ 1 มีเข้มสีม่วงทั้งหมด และเป็นยีนเดียวกับยีนที่ควบคุมลักษณะลายคาสีแดงบน standard ของดอก เพราะดอกที่มีลายคาสีแดงบน standard ของดอกมีเข้มสีม่วง ส่วนดอกที่ไม่มีลายคาสีแดงบน standard ของดอกมีเข้มสีเขียว หรืออาจถูกควบคุมด้วยยีนคนละคู่ที่อยู่ใกล้กันมาก (linked gene) ให้สัญลักษณ์เข้มสีม่วงเป็น *Pu* และเข้มสีเขียวเป็น *pu*

ส่วนการถ่ายทอดลักษณะลายฝัก พบว่าลูกผสมชั่วที่ 1 มีลายฝักแต่ไม่ชัดเจน เมื่อศึกษาการกระจายตัวใน F_3 families มีลักษณะลายฝัก 3 แบบ คือ ลายฝักชัดเจน ลายฝักไม่ชัดเจน และไม่มีลายฝัก สัดส่วนระหว่างจำนวน families ที่ปรากฏเฉพาะต้นที่มีลายฝัก : Families ที่มีการกระจายตัว (ปรากฏต้นที่มีลายฝัก และไม่มีลายฝัก) : families ที่ปรากฏเฉพาะต้นที่ไม่มีลายฝัก มีสัดส่วนไม่แตกต่างจากสัดส่วน 1:2:1 ($\chi^2 = 0.067$) สัดส่วนระหว่างจำนวน families ที่ปรากฏต้นที่มีลายฝัก : families ที่ไม่มีลายฝัก พบว่าไม่แตกต่างจากสัดส่วน 3:1 ($\chi^2 = 0.065$) แสดงว่าลักษณะการมีลายฝักเป็นลักษณะข่มไม่สมบูรณ์ และควบคุมด้วยยีน 1 คู่ ให้สัญลักษณ์การมีลายเป็น *Re* การไม่มีลายฝักเป็น *re*

ในลักษณะผลผลิต พบว่าค่าเฉลี่ยของลูกผสมไม่ดีกว่าพันธุ์แม่ที่มีลักษณะทางการเกษตรดี แต่พบว่าบาง families มีศักยภาพพอที่จะใช้ในการปรับปรุงพันธุ์ต่อ หรือพัฒนาเป็นพันธุ์ใหม่ได้ และจากการศึกษาความสัมพันธ์ในลักษณะต่างๆ ของถั่วลันเตา พบว่าถั่วลันเตาดัดฝักมากทำให้ขนาดของฝักเล็กลง และในการศึกษานี้พบว่ามีความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบผลผลิตกับลักษณะใบ บ่งชี้ว่าถั่วลันเตาที่มีใบขนาดใหญ่ (มีความกว้างและความยาวใบมาก) ให้ขนาดฝักใหญ่ จำนวนฝัก/ต้น น้ำหนักฝัก/ต้น และน้ำหนักเมล็ด/ต้นมาก

เอกสารอ้างอิง

- วิบูล เป็นสุข. 2535. พันธุกรรมการถ่ายทอดลักษณะต้านทานต่อโรคใบจุดสีดำและโรคราสนิม และลักษณะทางเกษตรของถั่วลันเตา, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- วิสิทธิ์ ตรีสุวรรณวัฒน์. 2539. พันธุกรรมการถ่ายทอดลักษณะความต้านทานต่อโรคราสนิม และลักษณะทางการเกษตรของถั่วลันเตา, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- สุนทรีย์ สุสร สุวิทย์ เลหาศิริวงศ์ ปรีชา ประเทพา และ โสภณ วงศ์แก้ว. 2547. การใช้เครื่องหมายดีเอ็นเอตรวจสอบถั่วลันเตาลูกผสม ในงานปรับปรุงพันธุ์ต้านทานต่อโรคราสนิม. ว. สงขลานครินทร์ วทท. 26: 139-152.
- อารันต์ พัฒโนทัย สนั่น จอกลอย และ สมจินตนา ทุมแสน. 2533. งานปรับปรุงพันธุ์ถั่วลันเตาในประเทศไทย 2532. ใน รายงานการสัมมนาถั่วลันเตาแห่งชาติ ครั้งที่ 9. หน้า 41-85 (อารันต์ พัฒโนทัย และคณะ บรรณาธิการ). ขอนแก่น: คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- Bassett, M.J. and Blom, A. 1991. A new for white seed coat discovered in 'Early Wax' snap bean. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 116: 131-136.
- Bassett, M.J. 1992. An induced mutant for blue flowers in common bean that is not allelic to V or Sal and is linked to Fin. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 117: 317-320.
- Bassett, M.J. 1993a. Interaction of two genes, *Fcr* and *Fcr2*, with the *t* allele in common bean that restores color to flowers. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 118: 881-884.

- Bassett, M.J. 1993b. A new gene for flower color pattern, white banner (*wb*), in progeny of inter-specific hybrid between common and scarlet runner beans. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 118 : 878-880.
- Bassett, M.J. 1997. Genetic linkage with the shiny pod character (*ace*) in common bean. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 122: 344-346.
- Borrelli, G.M., Troccoli, A., Fonzo, N.D. and Fares, C. 1999. Durum wheat lipoxygenase activity and other quality parameters that affect pasta color. *Cereal Chemistry* 76: 335-340.
- Branch, W.D. 1995. Inheritance of peanut testa colors involved in market acceptability. *Crop Sci.* 35: 270-271.
- Branch, W.D., Williams, D.E., and Williams E.J. 1997. Inheritance of black-pod color in peanut. *J. Hered.* 88: 156-158.
- Chung, J., Lee, J.H., Arumuganathan, K., Graef, G.L., and Specht, J.E. 1998. Relationships between nuclear DNA content and seed and leaf size in soybean. *Theor. Appl. Genet.* 96: 1064-1068.
- Collins, W.W. 1992. Inheritance of nectary color in *Ipomoea trifida*. *J. Hered.* 83: 155-156.
- Cook, C.G. and Banuelos, G.S. 1997. Inheritance of white flower mutant in kenaf. *J. Hered.* 88: 559-560.
- Gopal, K., Upadhyaya, H.D. and Vijayakumar, S. 1994. Evaluation of elite Spanish groundnut genotypes for resistance to foliar diseases. *Groundnut News* 6: 3-4.
- Guner, N. and Myer, J.R. 2001. Characterization of Topiary (*top*) an architectural mutant of common bean. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 126: 105-109.
- Ilarslan, H., Horner, H.T. and Palmer, R.G. 1999. Genetics and cytology of a new male-sterile, female-fertile soybean mutant. *Crop Sci.* 39: 58-64.
- Jain, A.K. and Yadava, H.S. 1999. Correlated response for blast resistance in finger millet. *Crop Research Hisar* 17: 403-407.
- Johnson, E.O.C., Stephens, P.A., Fasoula, D.A., Nickell, C.D. and Vodkin, L.O. 1998. Instability of novel multicolored flower trait in inbred and outcrossed soybean lines. *J. Hered.* 89: 508-515.
- Kumar, S.S. and Patel, S.S. 1999. Gene effect for pod characteristics in groundnut (*Arachis hypogaea*). *Indian J of Agri Sci* 69: 111-115.
- Mathur, R.K. Samdur, M.Y. and Manivel, P. 2001. Genetics of pod size in groundnut (*Arachis hypogaea* L.). *Research on Crop* 2: 97-98.
- McGee, R.J. and Baggett, J.R. 1992. Inheritance of stringless pod in *Pisum sativum* L. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 117: 628-632.
- Metz, P.L.J. Van Norel, A., Buiel, A.A.M. and Helsper, J.P.F.G. 1992. Inheritance of seedling colour in faba bean (*Vicia faba* L.). *Euphytica* 59: 231-234.
- Ojimelukwe, P.C. 1999. Cooking characteristics of four cultivars of bambara grounds seed and starch isolate. *J of Food Biochem* 23: 109-117.
- Park, O.S., Coyne, D.P., Mutlu, N., Jung, G. and Steadman, J.R. 1999. Confirmation of molecular markers and flower color associated with QTL for resistance to common beans. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 124: 519-526.
- Pederson, G.A. 1991. Genetic nomenclature in clovers and special-purpose legumes : II Crison and Subterranean clover. *Crop Sci.* 31: 867-870.
- Porter, D.M., Coffelt, T.A., Wright, F.S. and Mozingo, R.W. 1992. Resistance to sclerotinia blight and early leaf spot in Chinese peanut germplasm. *Peanut Science* 19: 41-43.
- Simon, P.W. 1996. Inheritance and expression of purple and yellow storage root color in carrot. *J. Hered.* 87: 63-66.
- Stephens, P.A. and Nickell, C.D. 1992. Inheritance of pink flower in soybean. *Crop Sci.* 32: 1131-1132.