รหัสโครงการ SUT3-302-47-36-40

รายงานการวิจัย

# การปรับปรุงพันธุ์ถั่วเขียว (*Vigna radiata* L.) เพื่อเพิ่มผลผลิต

# Breeding Mungbean (*Vigna radiata* L.) for Yield Improvement

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจาก

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ผลการวิจัยเป็นความรับผิดชอบของหัวหน้าโครงการวิจัยแต่เพียงผู้เดียว

**รหัสโครงการ SUT3-302-47-36-40**

**รายงานการวิจัย**

# การปรับปรุงพันธุ์ถั่วเขียว (*Vigna radiata* L.) เพื่อเพิ่มผลผลิต

# Breeding Mungbean (*Vigna radiata* L.) for Yield Improvement

**คณะผู้วิจัย**

**หัวหน้าโครงการ**

**รองศาสตราจารย์ ดร. ปิยะดา ตันตสวัสดิ์**

สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช

สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

**ผู้ร่วมวิจัย**

1. นายปริญญา ขจัดพาล
2. นายธงชัย ประจงใจ

**ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ปีงบประมาณ พ.ศ. 2547-2549**

**ผลการวิจัยเป็นความรับผิดชอบของหัวหน้าโครงการวิจัยแต่เพียงผู้เดียว**

**สิงหาคม 2553**

# กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยในโครงการปรับปรุงพันธุ์ถั่วเขียวเพื่อเพิ่มผลผลิต ระยะที่ 1 สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความอนุเคราะห์ของเจ้าหน้าที่ และหน่วยงานหลายฝ่าย คณะผู้วิจัยขอขอบคุณฟาร์มมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ที่เอื้อเฟื้อสถานที่สำหรับงานวิจัย ขอบคุณศูนย์วิจัยพืชผักเขตร้อน และศูนย์วิจัยพืชไร่ชัยนาท ที่เอื้อเฟื้อเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวในการวิจัย คณะผู้วิจัยใคร่ขอขอบพระคุณศาสตราจารย์ ดร. ไพศาล เหล่าสุวรรณ และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ฐิติพร มะชิโกวา เป็นอย่างสูงที่ให้ความอนุเคราะห์เมล็ดพันธุ์ และให้คำปรึกษาด้านการปรับปรุงพันธุ์ด้วยวิธีดั้งเดิม และขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. หัสไชย บุญจูง ผู้ให้คำปรึกษาด้านการวิเคราะห์ระบบราก การวิจัยครั้งนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ปีงบประมาณ 2547 – 2549

ผู้วิจัย

# บทคัดย่อ

โครงการวิจัยการปรับปรุงพันธุ์ถั่วเขียว (*Vigna radiata* L.) เพื่อเพิ่มผลผลิต ซึ่งดำเนินการในช่วงปี 2547–2549 เพื่อประเมินศักยภาพในการให้ผลผลิตของถั่วเขียวสายพันธุ์ต่าง ๆ ที่เก็บรวบรวมอยู่ ณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี และปรับปรุงพันธุ์ถั่วเขียวเพื่อเพิ่มผลผลิตด้วยวิธีดั้งเดิม มีดังต่อไปนี้ **(1) การศึกษาสหสัมพันธ์และการวิเคราะห์สัมประสิทธิ์เส้นทางของลักษณะทางพืชไร่และลักษณะทางสรีรวิทยาที่เกี่ยวข้องกับผลผลิต และการประเมินระบบรากของถั่วเขียว** ทำการประเมินลักษณะทางพืชไร่และลักษณะทางสรีรวิทยาของถั่วเขียว 122 สายพันธุ์ (สายพันธุ์ต่างประเทศจำนวน 119 สายพันธุ์ และพันธุ์ส่งเสริมจำนวน 3 พันธุ์ พบว่า สายพันธุ์ทั้งหมดมีความแปรปรวนในลักษณะองค์ประกอบผลผลิตทางพืชไร่และลักษณะทางสรีรวิทยาทั้ง 13 ลักษณะ คัดเลือกถั่วเขียวสายพันธุ์ที่มีจำนวนฝักต่อต้น จำนวนช่อต่อต้น จำนวนกิ่งต่อต้น จำนวนเมล็ดต่อฝัก จำนวนเมล็ดต่อต้น น้ำหนัก 100 เมล็ด ความยาวฝัก ความสูง ดัชนีพื้นที่ใบ (leaf area index; LAI) น้ำหนักแห้งมวลรวม (total dry matter; TDM) น้ำหนักสดชีวมวล (biomass) สูง จำนวน 41 สายพันธุ์ สำหรับศึกษาสหสัมพันธ์และวิเคราะห์เส้นทางของลักษณะทางพืชไร่และลักษณะทางสรีรวิทยา 15 ลักษณะที่มีต่อผลผลิตของถั่วเขียว ร่วมกับพันธุ์ส่งเสริม 10 พันธุ์ สายพันธุ์ดีเด่น 3 สายพันธุ์ และพันธุ์ที่พัฒนา ณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี 4 พันธุ์ (รวม 58 พันธุ์/สายพันธุ์) ทำการทดลอง ณ ฟาร์มมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ภายในบล็อก (randomized complete block design; RCBD) จำนวน 4 ซ้ำ พบว่าจำนวนฝักต่อต้น จำนวนช่อต่อต้น จำนวนเมล็ดต่อฝัก จำนวนเมล็ดต่อต้น จำนวนกิ่งต่อต้น TDM น้ำหนักสดชีวมวล และ LAI มีสหสัมพันธ์ทางบวกกับผลผลิตอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และการวิเคราะห์สัมประสิทธิ์เส้นทาง พบว่าจำนวนช่อต่อต้น จำนวนเมล็ดต่อฝัก TDM และจำนวนฝักต่อต้น เป็นลักษณะที่มีอิทธิพลทางตรงต่อผลผลิตสูง ดังนั้นจึงเหมาะสมสำหรับใช้เป็นเกณฑ์ในการคัดเลือกสายพันธุ์ถั่วเขียวเพื่อเพิ่มผลผลิตโดยเฉพาะในประชากรที่ใช้ศึกษา ทำการประเมินการเจริญเติบโตและระบบรากของถั่วเขียว 57 พันธุ์/สายพันธุ์ในสภาวะให้น้ำปกติ และงดให้น้ำในกระบะดินผสมทราย พบว่าในสภาวะให้น้ำปกติ ลักษณะพื้นที่ใบ น้ำหนักแห้งยอด น้ำหนักแห้งราก ความยาวรากต่อปริมาตรดิน และความยาวรากแก้วของถั่วเขียวพันธุ์/สายพันธุ์ต่าง ๆ มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนในสภาวะงดให้น้ำ ทุกลักษณะยกเว้นความยาวรากแก้วของถั่วเขียวพันธุ์/สายพันธุ์ต่าง ๆ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อศึกษาสหสัมพันธ์ระหว่าง 5 ลักษณะดังกล่าวและอัตราส่วนยอดต่อราก พบว่าลักษณะที่มีสหสัมพันธ์ทางบวกกับน้ำหนักแห้งราก คือ ความยาวรากต่อปริมาตรดิน น้ำหนักแห้งยอด พื้นที่ใบ และความยาวรากแก้ว ส่วนอัตราส่วนยอดต่อรากมีสหสัมพันธ์ทางลบกับน้ำหนักแห้งราก ทั้งในสภาวะให้น้ำปกติและงดให้น้ำ ดังนั้น การคัดเลือกสายพันธุ์ที่ให้น้ำหนักรากมาก อาจสามารถทำได้โดยการคัดเลือก

สายพันธุ์ที่ต้นใหญ่ หรือมีน้ำหนักแห้งมวลรวมสูง แทนการคัดเลือกจากระบบรากโดยตรง เพื่อย่นระยะเวลา และประหยัดค่าใช้จ่าย ทำการคัดเลือกสายพันธุ์ที่มีน้ำหนักแห้งรากสูง ได้แก่ V 1414AG, V 1415AG, SUT 5, KPS 2, M 4-2, M 5-1 และ M 5-5 เพื่อใช้ในการศึกษาและปรับปรุงพันธุ์ถั่วเขียวเพื่อเพิ่มผลผลิตและทนแล้งต่อไป การประเมินระบบรากในกล่องไม้ สามารถประเมินการหยั่งลึกของรากแก้วและการแผ่กระจายของรากได้ดีกว่าการประเมินในกระบะดินผสมทราย พบว่าในสภาวะให้น้ำปกติ สายพันธุ์ส่วนใหญ่มีการเจริญแผ่กระจายของรากบริเวณดินระดับตื้นจำนวนมาก ขณะที่ในสภาวะงดให้น้ำ มีการแผ่กระจายตัวของรากในดินระดับลึกจำนวนมากกว่าระดับตื้น และรากแก้วมีการหยั่งลึกมากกว่าในสภาวะได้รับน้ำปกติ นอกจากนี้การงดให้น้ำมีผลต่อการเจริญเติบโตในระยะสืบพันธุ์ (reproductive growth) ของถั่วเขียว โดยพบว่า ในสภาวะงดให้น้ำ สายพันธุ์ส่วนใหญ่มีค่าวันดอกแรกบานเฉลี่ยและวันฝักแรกสุกเฉลี่ยเร็วกว่าการปลูกในสภาวะให้น้ำปกติ จากการประเมินด้วยวิธีนี้พบสายพันธุ์ที่มีศักยภาพในการทนแล้ง เพื่อศึกษาและปรับปรุงพันธุ์ต่อไป **(2) การปรับปรุงพันธุ์โดยวิธีดั้งเดิม เพื่อปรับปรุงลักษณะทางพืชไร่และลักษณะทางสรีรวิทยาที่มีความสัมพันธ์ต่อผลผลิตของถั่วเขียว และการศึกษาความดีเด่น และผลผลิตในลูกผสมชั่วที่หนึ่ง** การศึกษาความดีเด่นของลูกผสมจำนวน 33 คู่ผสม ระหว่างพ่อแม่ที่มีลักษณะทางพืชไร่และลักษณะทางสรีรวิทยาแตกต่างกัน 10 ลักษณะ พบว่าความดีเด่นของลูกผสมชั่วที่หนึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยของพ่อแม่ [heterosis ($F_1$); $H_{F1}$] ของทุกลักษณะแตกต่างทางสถิติ ยกเว้นลักษณะน้ำหนักเมล็ดต่อต้นและจำนวนเมล็ดต่อต้น ในขณะที่ความดีเด่นของลูกผสมชั่วที่หนึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยของลูกผสมชั่วที่สอง [heterosis ($F_1$ vs $F_2$); $H_{F1vsF2}$] ของทุกลักษณะแตกต่างทางสถิติ ยกเว้นลักษณะจำนวนเมล็ดต่อต้น และเมื่อศึกษาความดีเด่นของผลผลิต (น้ำหนักเมล็ดต่อต้น) ของลูกผสมจำนวน 33 คู่ผสมพบว่า ค่า $H_{F1}$ ของลูกผสมจาก 9 คู่ผสมแสดงความดีเด่นเหนือค่าเฉลี่ยของพ่อแม่ เมื่อสิ้นสุดโครงการวิจัยระยะที่หนึ่งได้เมล็ดลูกผสมชั่ว $F_5$ จากวิธี single seed descent ของ 15 คู่ผสม จำนวน 180-200 สายพันธุ์/คู่ผสม สำหรับนำไปคัดเลือกสายพันธุ์ที่ให้ลักษณะทางพืชไร่ ลักษณะทางสรีรวิทยา และผลผลิตสูงในโครงการวิจัยระยะที่สองต่อไป

# Abstract

The followings were the research conducted during 2004 to 2006 to evaluate the yield potential of various mungbean accessions collected at Suranaree University of Technology (SUT) and improve yield of mungbean by conventional breeding. **(i) Correlation and path coefficient analysis of agronomic and physiological characters related to yield and root system evaluation of mungbean.** One hundred and twenty two mungbean accessions (119 plant introductions (PIs) and 3 commercial varieties) were evaluated. It was found that these accessions varied significantly in all 13 agronomic and physiological characters. Forty one accessions with the highest number of pods/plant, number of clusters/plant, number of branches/plant, number of seeds/pod, number of seeds/plant, 100 seed weight, pod length, height, leaf area index (LAI), total dry matter (TDM) and biomass were selected for correlation and path coefficient analysis of 15 agronomic and physiological characters. These 41 PIs together with 10 commercial varieties, 3 breeding lines and 4 SUT developed varieties (a total of 58 accessions) were analyzed at SUT Farm using a randomized complete block design (RCBD) with 4 replications. Seed yield was significantly positively correlated with number of pods/plant, number of clusters/plant, TDM, number of seeds/pod, number of seeds/plant, biomass, LAI and number of branches/plant. The number of clusters/plant, number of seeds/pod, TDM and number of pods/plant showed high positive direct effect on seed yield. Therefore, they should be used as selection criteria for yield improvement in mungbean, particularly in the studied population. It was found that leaf area, shoot dry weight, root dry weight, root length per soil volume and length of tap root differed significantly among mungbean accessions under well-watered condition. Under drought condition, all characters of various mungbean accessions except the length of tap root differed significantly. When these 5 characters together with shoot to root ratio were used for correlation analysis, root dry weight was found to be positively correlated with root length per soil volume, shoot dry weight, leaf area and the length of tap root. In contrast, shoot to root ratio was negatively correlated with root dry weight under both water regimes. Therefore, the selection for high root weight could be accomplished by selecting accessions with large shoots or high total dry matter in stead of direct root selection in order to save time and cost. The accessions with high root dry weight such as V 1414AG, V 1415AG, SUT 5, KPS 2, M 4-2, M 5-1 and M 5-5 were selected for further study and breeding for high yield and drought tolerance. The evaluation of root system in wooden blocks was better than the evaluation in trays for assessment of tap root penetration and root distribution.

Under well-watered condition, roots of most accessions distributed mainly at soil surface. While under drought condition, distribution of roots was found more at soil depth than at soil surface. Tap root also penetrated deeper than under well-watered condition. Moreover, water stress affected reproductive growth of mungbean, causing decrease in days to flowering and days to maturity. Putative drought tolerant accessions were selected for further study and breeding. **(ii) Improvement of agronomic and physiological characters related to yield by conventional breeding and analysis of heterosis and yield of the first generation hybrids.** Heterosis analysis of hybrids from 33 crosses between parents differing in 10 agronomic and physiological characters showed that significant heterosis when compared to parental mean [heterosis ($F_1$); $H_{F1}$] was found in all characters except seed weight/plant and seed number/plant. Heterosis ($F_1$) when compared to $F_2$ mean [heterosis ($F_1$ vs $F_2$); $H_{F1vsF2}$] of all characters was significantly different except seed number/plant. When heterosis of yield (seed weight/plant) was evaluated on hybrids from 33 crosses, $H_{F1}$ of hybrids from 9 crosses was significantly higher than parental mean. At the end of this first phase project, $F_5$ seeds from single seed descent method of selection were obtained from 15 crosses (180-200 lines/cross). These lines will be further selected for improving agronomic and physiological characters and yield in the second phase project.

# สารบัญ

หน้า


กิตติกรรมประกาศ ..... ก

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ข

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ง

สารบัญ ..... ฉ

สารบัญตาราง ..... ซ

สารบัญภาพ ..... ญ

บทที่ 1 บทนำ

ความสำคัญและที่มาของปัญหาการวิจัย ..... 1

วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย ..... 3

ทฤษฎีหรือกรอบแนวความคิด และข้อตกลงเบื้องต้นของการวิจัย ..... 4

ขอบเขตของโครงการวิจัย ..... 5

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ ..... 6

บทที่ 2 วิธีดำเนินการวิจัย

ส่วนที่ 1 การศึกษาสหสัมพันธ์และการวิเคราะห์สัมประสิทธิ์เส้นทางของลักษณะทางพืชไร่และลักษณะทางสรีรวิทยาที่เกี่ยวข้องกับผลผลิต และการประเมินระบบรากของถั่วเขียวพันธุ์/สายพันธุ์ต่าง ๆ ..... 7

ส่วนที่ 2 การปรับปรุงพันธุ์โดยวิธีดั้งเดิม เพื่อปรับปรุงลักษณะทางพืชไร่และลักษณะทางสรีรวิทยาที่มีความสัมพันธ์ต่อผลผลิตของถั่วเขียว และการศึกษาความดีเด่น และผลผลิตในลูกผสมชั่วที่หนึ่ง ..... 13

บทที่ 3 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลและอภิปรายผล

ส่วนที่ 1 การศึกษาสหสัมพันธ์และการวิเคราะห์สัมประสิทธิ์เส้นทางของลักษณะทางพืชไร่และลักษณะทางสรีรวิทยาที่เกี่ยวข้องกับผลผลิต และการประเมินระบบรากของถั่วเขียวพันธุ์/สายพันธุ์ต่าง ๆ ..... 16

การศึกษาลักษณะทางพืชไร่และลักษณะทางสรีรวิทยาของประชากรถั่วเขียวเบื้องต้น ..... 16

# สารบัญ (ต่อ)

หน้า

การศึกษาสหสัมพันธ์ของลักษณะพืชไร่และลักษณะทางสรีรวิทยาที่มีอิทธิพลต่อผลผลิตของถั่วเขียว 26
สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างลักษณะทางพืชไร่และลักษณะทางสรีรวิทยาที่มีต่อผลผลิตของถั่วเขียว 27
การวิเคราะห์สัมประสิทธิ์เส้นทาง (path coefficient analysis) 31
การคัดเลือกสายพันธุ์ที่มีระบบรากมากในกระบะดินผสมทราย 40
การทดลองระบบรากในกล่องไม้ 52
ส่วนที่ 2 การปรับปรุงพันธุ์โดยวิธีดั้งเดิม เพื่อปรับปรุงลักษณะทางพืชไร่และลักษณะทางสรีรวิทยาที่มีความสัมพันธ์ต่อผลผลิตของถั่วเขียว และการศึกษาความดีเด่น และผลผลิตในลูกผสมชั่วที่หนึ่ง 63
การศึกษาความดีเด่นของลูกผสม 63
บทที่ 4 บทสรุป
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 69
บรรณานุกรม 71
ภาคผนวก 76
ประวัติผู้วิจัย 99

# สารบัญตาราง

**ตารางที่** **หน้า**


1 ค่าเฉลี่ยของลักษณะทางพืชไร่และลักษณะทางสรีรวิทยาของถั่วเขียวสายพันธุ์ต่างประเทศจาก AVRDC ..... 17

2 ค่าเฉลี่ยลักษณะทางพืชไร่และลักษณะทางสรีรวิทยาของถั่วเขียวจาก AVRDC และถั่วเขียวสายพันธุ์ปรับปรุงในประเทศไทย ..... 23

3 ผลการวิเคราะห์ความปรวนแปร สัมประสิทธิ์ความแปรปรวน (coefficient of variation) ช่วงข้อมูล (range) ค่าเฉลี่ย (mean) และอัตราพันธุกรรมอย่างกว้าง (broad sense heritability) ของลักษณะทางพืชไร่และลักษณะทางสรีรวิทยา 14 ลักษณะในถั่วเขียว 58 พันธุ์/สายพันธุ์ ..... 34

4 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ทางฟีโนไทป์ ($r_p$) และจีโนไทป์ ($r_g$) ของลักษณะทางพืชไร่และลักษณะทางสรีรวิทยา 14 ลักษณะในถั่วเขียว 58 พันธุ์/สายพันธุ์ ..... 35

5 ค่าเฉลี่ยของลักษณะทางพืชไร่และลักษณะทางสรีรวิทยา 14 ลักษณะของถั่วเขียว 15 พันธุ์/สายพันธุ์ ที่ให้ผลผลิตสูง ..... 36

6 อิทธิพลทางตรงและทางอ้อมของลักษณะทางพืชไร่และลักษณะทางสรีรวิทยา 9 ลักษณะ ของถั่วเขียว 58 พันธุ์/สายพันธุ์ ..... 37

7 ลักษณะที่ต้องการปรับปรุงของคู่ผสมเพื่อศึกษาความดีเด่น และปรับปรุงพันธุ์เพื่อเพิ่มผลผลิต ..... 39

8 ค่าสหสัมพันธ์ทางฟีโนไทป์ของน้ำหนักแห้งราก น้ำหนักแห้งยอด พื้นที่ใบ คะแนนสีใบ ความยาวรากแก้ว ความยาวราก/ปริมาตรดิน และอัตราส่วนยอดต่อราก ของถั่วเขียว ที่ปลูกในกระบะดินผสมทราย ในสภาวะงดให้น้ำ ..... 41

9 ค่าสหสัมพันธ์ทางฟีโนไทป์ของน้ำหนักแห้งราก น้ำหนักแห้งยอด พื้นที่ใบ คะแนนสีใบความยาวรากแก้ว ความยาวราก/ปริมาตรดิน และอัตราส่วนยอดต่อราก ของถั่วเขียวที่ปลูกในกระบะดินผสมทราย ในสภาวะให้น้ำปกติ ..... 41

10.1 ค่าเฉลี่ยลักษณะพื้นที่ใบ คะแนนสีใบ ความยาวรากแก้ว และความยาวราก/ปริมาตรดิน ..... 44

10.2 ค่าเฉลี่ย น้ำหนักแห้งราก น้ำหนักแห้งยอด และอัตราส่วนยอดต่อราก ของถั่วเขียวที่ปลูกในกระบะดินผสมทราย ในสภาวะให้น้ำปกติ และงดให้น้ำ ..... 48

# สารบัญตาราง (ต่อ)

**ตารางที่** **หน้า**


11 ลักษณะและสายพันธุ์ที่คัดเลือก เพื่อนำไปผลิตลูกผสมสำหรับการทดสอบระบบราก ..... 52

12 น้ำหนักแห้งยอดและราก และพื้นที่ใบ/ต้น เมื่อปลูกถั่วเขียวในสภาวะให้น้ำปกติและงดให้น้ำ ..... 53

13 ความยาวรากแก้วและความยาวรากรวม เมื่อปลูกในสภาวะให้น้ำปกติและงดให้น้ำ ..... 54

14 จำนวนวันที่ใบล่างเปลี่ยนสีเป็นน้ำตาล วันดอกแรกบาน และวันฝักแรกสุกเมื่อปลูกในสภาพให้น้ำปกติและสภาพงดให้น้ำ ..... 54

15 การวัดสีใบเมื่อปลูกถั่วเขียวในสภาพให้น้ำปกติและสภาพงดให้น้ำ ..... 55

16 ค่าเฉลี่ยของลักษณะทางพืชไร่และลักษณะทางสรีรวิทยาของถั่วเขียว 4 ประชากร เปอร์เซ็นต์ความดีเด่น (heterosis) ของ $F_1$ เมื่อเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยของพ่อแม่ ($H_{F1}$) และเปอร์เซ็นต์ความดีเด่นของ $F_1$ เมื่อเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยของ $F_2$ ($H_{F1vsF2}$) ..... 65

17 ค่าเฉลี่ยผลผลิตของถั่วเขียวทั้ง 4 ประชากรที่คัดเลือกโดยใช้ลักษณะต่าง ๆ เปอร์เซ็นต์ความดีเด่น (heterosis) ของผลผลิตในชั่ว $F_1$ เมื่อเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยของพ่อแม่ ($H_{F1}$) และเปอร์เซ็นต์ความดีเด่นของผลผลิตในชั่ว $F_1$ เมื่อเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยของ $F_2$ ($H_{F1vsF2}$) ..... 67

# สารบัญภาพ

**ภาพที่** **หน้า**


1 ลักษณะการแผ่กระจายของรากถั่วเขียวสายพันธุ์ V 4785 (1A และ 1B) และ V 3388 (1C และ 1D) ในสภาวะให้น้ำปกติและสภาวะงดให้น้ำ ..... 58

2 ลักษณะการแผ่กระจายของรากถั่วเขียวสายพันธุ์ V 5036 (1E และ 1F) และ V 4535 (1G และ 1H) ในสภาพให้น้ำปกติและสภาพงดให้น้ำ ..... 59

3 ลักษณะการแผ่กระจายของรากถั่วเขียวสายพันธุ์ มทส 2 (1I และ 1J) และ V 4718 (1K และ 1L) ในสภาพให้น้ำปกติและสภาพงดให้น้ำ ..... 60

4 ลักษณะการแผ่กระจายของรากถั่วเขียวสายพันธุ์ V 2396 (1M และ 1N) และ V 3096 (1O และ 1P) ในสภาพให้น้ำปกติและสภาพงดให้น้ำ ..... 61

5 ลักษณะการแผ่กระจายของรากถั่วเขียวสายพันธุ์ V 5461 (1Q และ 1R) และ V 3109 (1S และ 1T) ในสภาพให้น้ำปกติและสภาพงดให้น้ำ ..... 62

# บทที่ 1
# บทนำ

รายงานวิจัยนี้ประกอบด้วยองค์ประกอบหลัก 2 ส่วน คือ (1) การศึกษาสหสัมพันธ์และการวิเคราะห์สัมประสิทธิ์เส้นทางของลักษณะพืชไร่และลักษณะทางสรีรวิทยาที่เกี่ยวข้องกับผลผลิต และการประเมินระบบรากของถั่วเขียวสายพันธุ์ต่าง ๆ (2) การปรับปรุงพันธุ์โดยวิธีดั้งเดิม เพื่อสร้างสายพันธุ์ใหม่ให้มีลักษณะของลำต้นที่เอื้ออำนวยต่อการให้ผลผลิตสูง โดยผสมระหว่างพันธุ์ส่งเสริมกับสายพันธุ์ที่มีลักษณะที่ต้องการ เช่น ผสมกับพันธุ์ที่จำนวนฝักสูง จำนวนกิ่งสูง จำนวนรากมาก จำนวนเมล็ดต่อต้นสูง หรือน้ำหนักแห้งสูง รวมไปถึงศึกษาผลผลิตและความดีเด่น (heterosis) ในลูกผสมชั่วที่ 1 ($F_1$)

**ความสำคัญและที่มาของปัญหาการวิจัย**

ถั่วเขียว (*Vigna radiata* (L.) Wilczek) เป็นพืชตระกูลถั่วที่มีถิ่นกำเนิดในประเทศอินเดีย มีการปลูกอย่างแพร่หลายในหลายประเทศในทวีปเอเชียรวมทั้งประเทศไทย ทั้งนี้เนื่องจากถั่วเขียวจัดเป็นพืชอาหารและพืชบำรุงดิน สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้หลากหลายประการ เช่น ใช้บริโภคโดยตรง ผลิตถั่วงอก แป้ง วุ้นเส้น อาหารสัตว์ เครื่องสำอาง และผลิตภัณฑ์แปรรูปอื่น ๆ โดยเมล็ดถั่วเขียวประกอบด้วยแร่ธาตุหลายชนิด เช่น แคลเซียม (Ca) เหล็ก (Fe) ฟอสฟอรัส (P) โพแทสเซียม (K) โซเดียม (Na) และ แมกนีเซียม (Mg) และยังประกอบด้วยวิตามินอีกหลายชนิด เช่น วิตามินบี1 บี2 เอ และ ซี นอกจากนี้ยังประกอบด้วยสารอาหารในกลุ่มคาร์โบไฮเดรต 64.12 เปอร์เซ็นต์ โปรตีน 25.98 เปอร์เซ็นต์ และเส้นใย 20-30 เปอร์เซ็นต์ (พีระศักดิ์ ศรีนิเวศน์, 2542) ดังนั้นจึงจัดเป็นอาหารสุขภาพ เพราะมีค่าดัชนีน้ำตาลต่ำสุดเมื่อเทียบกับอาหารจากธัญพืชชนิดอื่น ๆ นอกจากนี้ ในปี พ.ศ. 2547 ถั่วเขียวยังเป็นพืช 1 ใน 27 ชนิดที่ถูกกำหนดให้มีการผลิตแบบปลอดสารพิษตามนโยบาย Food Safety Year ทั้งนี้ เป็นไปตามวิสัยทัศน์รัฐบาลเพื่อที่จะให้ประเทศไทยเป็นครัวของโลก (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2548) และจากการสำรวจในปี พ.ศ. 2551/52 พบว่าประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกถั่วเขียว 899,573 ไร่ และมีปริมาณผลผลิต 102,799 ตัน โดยมีปริมาณการส่งออก 33,000 ตัน และสามารถทำรายได้จากการส่งออกถึง 880 ล้านบาท โดยพบว่าผลผลิตที่ได้มีแนวโน้มลดลงจากปีก่อน ๆ แต่ปริมาณความต้องการใช้ถั่วเขียวของตลาดทั้งภายในและต่างประเทศกลับเพิ่มขึ้น ซึ่งสาเหตุที่สำคัญที่ทำให้การผลิตลดลง ได้แก่ ต้นทุนการผลิตที่สูงขึ้น อันเนื่องมาจากค่าแรงงานที่สูงขึ้น ราคาถั่วเขียวที่ลดลง และผลผลิตต่อไร่ต่ำ (114 กิโลกรัมต่อไร่ ในปี พ.ศ. 2551/2552) (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2553) การเพิ่มศักยภาพในการให้ผลผลิตของถั่วเขียวอาจสามารถทำได้โดยการปรับปรุงลักษณะทางพืชไร่และลักษณะทางสรีรวิทยา รวมไปถึงระบบราก

ปัจจุบันการเพิ่มผลผลิตถั่วเขียวให้สูงขึ้นทำได้ยาก เนื่องจากมีข้อจำกัดทางพันธุกรรม ดังนั้นจึงมีการใช้วิธีการต่าง ๆ เพื่อเพิ่มความแปรปรวนทางพันธุกรรม เช่น การฉายรังสี โดยไพศาล เหล่าสุวรรณ และคณะ (2543) พบว่าการฉายรังสีแกมมาให้แก่เมล็ดถั่วเขียว สามารถเพิ่มความแปรปรวนของลักษณะต่าง ๆ เช่น จำนวนฝักต่อต้น จำนวนช่อต่อต้น น้ำหนักเมล็ดต่อต้น ฯลฯ และเมื่อนำมาคัดเลือกพันธุ์เพื่อเพิ่มผลผลิตโดยวิธีคัดเลือกแบบเก็บรวม (bulk selection method) และแบบแยกสายพันธุ์ (line selection method) พบว่า วิธีการดังกล่าวทำให้ได้สายพันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูงกว่าพันธุ์ดั้งเดิม ซึ่งชี้ให้เห็นถึงความสำคัญของความแปรปรวนของลักษณะต่าง ๆ ทางพืชไร่ ได้แก่ จำนวนฝักต่อต้น กิ่งต่อต้น ช่อต่อต้น เมล็ดต่อฝัก ความยาวฝัก น้ำหนัก 100 เมล็ด น้ำหนักเมล็ดต่อต้น ในการเพิ่มศักยภาพในการให้ผลผลิตของถั่วเขียว นอกจากนี้อาจเพิ่มความแปรปรวนทางพันธุกรรมของลักษณะดังกล่าวด้วยการนำเข้าพันธุ์/สายพันธุ์จากต่างประเทศ (plant introduction)

การใช้ลักษณะทางสรีรวิทยาเป็นดัชนีในการปรับปรุงพันธุ์เพื่อเพิ่มผลผลิตถั่วเขียวนั้น ถึงแม้ว่ายังมีการศึกษาไม่มากนัก แต่พบว่าเป็นลักษณะสำคัญ เนื่องจากเกี่ยวข้องกับกระบวนการและปฏิกิริยาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นภายในต้นพืช เช่น กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง การหายใจ รวมไปถึงการลำเลียงสารอาหารไปยังส่วนต่าง ๆ ซึ่งมีผลต่อการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของพืช ในพืชบางชนิดลักษณะทางสรีรวิทยาอาทิเช่น ดัชนีพื้นที่ใบ น้ำหนักสดชีวมวล น้ำหนักแห้งมวลรวม รวมถึงความยาวและจำนวนรากของต้นกล้า มีความสัมพันธ์กับผลผลิต (Poehlman, 1991) ดังนั้นการศึกษาลักษณะทางพืชไร่และลักษณะทางสรีรวิทยากับแหล่งพันธุกรรม (germplasm) ใหม่ของถั่วเขียวที่นำเข้ามาจากต่างประเทศ และมีความแตกต่างทางพันธุกรรมสูง ซึ่งยังไม่เคยมีการศึกษามาก่อนในประเทศไทย อาจช่วยเพิ่มความแปรปรวนของลักษณะเหล่านี้ให้สูงขึ้น และอาจเพิ่มโอกาสการได้ถั่วเขียวสายพันธุ์ใหม่ที่มีศักยภาพในการให้ผลผลิตสูงอีกด้วย

ผลผลิตเป็นลักษณะปริมาณที่ควบคุมโดยยีนหลายคู่ แปรปรวนไปตามสภาพแวดล้อม และมีอัตราพันธุกรรมต่ำ โดยการให้ผลผลิตของพืชเกิดจากผลรวมของลักษณะทุก ๆ ลักษณะรวมกัน เช่น การเจริญเติบโตดี ต้านทานต่อโรคและแมลง จำนวนฝักมาก ขนาดเมล็ดใหญ่ เป็นต้น (Allard,1960) การศึกษาอัตราพันธุกรรมของผลผลิตถั่วเขียวโดย Empig และคณะ (1970) และ Tomar และคณะ (1972) พบว่าอัตราพันธุกรรมของผลผลิตต่ำกว่าลักษณะองค์ประกอบผลผลิตอื่น ๆ โดยมีค่าเพียง 8.6 และ 28 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ดังนั้นการคัดเลือกลักษณะผลผลิตโดยตรงจึงทำได้ยาก Grafius (1956) รายงานว่าผลผลิตเกิดจากการแสดงออกร่วมกันของลักษณะทางพืชไร่ ซึ่งการคัดเลือกจากลักษณะทางพืชไร่และลักษณะทางสรีรวิทยา อาจช่วยเพิ่มผลผลิตให้สูงขึ้นได้ และจากการศึกษาสหสัมพันธ์ในถั่วเขียวพบว่า จำนวนฝักต่อต้น จำนวนเมล็ดต่อฝัก และน้ำหนักเมล็ด เป็นองค์ประกอบสำคัญที่มีผลต่อผลผลิต (Satyan et al., 1986; Ramana and Singh, 1987) นอกจากนี้การคัดเลือกลักษณะทางสรีรวิทยาก็สามารถเพิ่มผลผลิตได้ เช่น ในถั่วเขียวพบว่าลักษณะดัชนีการเก็บเกี่ยวมีความสัมพันธ์กับผลผลิตใน

ทางบวก (r = 0.655**) และมีอัตราพันธุกรรม 76.27 เปอร์เซ็นต์ (Yadav et al., 1979) และมีรายงานว่าผลผลิตถั่วเขียวมีความสัมพันธ์ทางบวกกับจำนวนและความยาวรากด้วย (Poehlman, 1991) ต่อมา Passioura (2000) ได้ศึกษาเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างระบบรากกับผลผลิตในข้าวสาลี พบว่าการมีระบบรากมากและหยั่งลึกสามารถช่วยให้ข้าวสาลีมีผลผลิตสูง ซึ่งให้ผลเช่นเดียวกับการทดลองในข้าวโพดของ Kamara และคณะ (2003) ดังนั้นจึงมีการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ (correlation analysis) ระหว่างผลผลิตกับลักษณะทางพืชไร่และลักษณะทางสรีรวิทยา รวมไปถึงการวิเคราะห์สัมประสิทธิ์เส้นทาง ซึ่งสามารถแยกสหสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตและลักษณะต่าง ๆ ออกเป็นอิทธิพลทางตรง และอิทธิพลทางอ้อม เพื่อหาดัชนีที่เหมาะสมสำหรับคัดเลือกสายพันธุ์ที่ดีเพื่อใช้เป็นพ่อแม่พันธุ์ และนำไปใช้ในการปรับปรุงพันธุ์เพื่อเพิ่มผลผลิตของถั่วเขียว (Zubair, 1985; Zubair and Srinives, 1986; Chaudhary, 1992; Khattak et al., 1995; Biradar, 2007; Makeen et al., 2007; Hakim, 2008) อย่างไรก็ตามการศึกษาสหสัมพันธ์ในแต่ละประชากร และสภาพแวดล้อมในการปลูกอาจให้ค่าสหสัมพันธ์ในแต่ละลักษณะแตกต่างกันออกไป เช่น นักวิจัยบางกลุ่มพบว่า ลักษณะจำนวนเมล็ดต่อฝัก และน้ำหนักเมล็ด มีความสัมพันธ์ทางบวกกับผลผลิต (Singh and Malhotra, 1970; Joshi and Kabaria, 1973) แต่ Malhotra et al. (1974) พบว่าลักษณะดังกล่าวมีความสัมพันธ์ทางลบกับผลผลิต นอกจากนี้ยังมีรายงานว่าผลผลิตมีความสัมพันธ์ทางลบกับความสูง จำนวนกิ่งต่อต้น จำนวนช่อต่อต้น และวันเก็บเกี่ยว (Malik et al., 1982; Malik et al., 1983) ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับประชากรที่ใช้ศึกษาและสภาพแวดล้อมในการปลูก

การปรับปรุงพันธุ์ถั่วเขียวที่กระทำโดยคัดเลือกผลผลิตโดยตรง พบว่าเมื่อคัดเลือกจนถึงระดับหนึ่ง จะไม่สามารถเพิ่มผลผลิตได้อีก ดังนั้นงานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาข้อมูลพื้นฐานสำหรับใช้ในการปรับปรุงพันธุ์ถั่วเขียวให้มีผลผลิตเพิ่มขึ้น โดยศึกษาสหสัมพันธ์ระหว่างลักษณะทางพืชไร่และลักษณะทางสรีรวิทยาที่มีต่อผลผลิต ซึ่งจากการทดลองที่ผ่านมา พบว่าสามารถใช้ลักษณะทั้งสองประเภทนี้ในการคัดเลือกพันธุ์เพื่อเพิ่มผลผลิต ในพืชหลายชนิด เช่น ข้าว ข้าวสาลี อ้อย มันฝรั่ง ฯลฯ (Wilson, 1981) รวมไปถึงการศึกษาความดีเด่นของลักษณะทางพืชไร่และลักษณะทางสรีรวิทยา ซึ่งจะทำให้สามารถเลือกวิธีการปรับปรุงพันธุ์ถั่วเขียวได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงขึ้น การศึกษาปัจจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับศักยภาพในการให้ผลผลิตของถั่วเขียวเหล่านี้ อาจนำไปสู่การปรับปรุงลักษณะทางพืชไร่และลักษณะทางสรีรวิทยา รวมถึงความต้านทานโรค ซึ่งอาจส่งผลให้ได้พันธุ์ถั่วเขียวที่มีผลผลิตสูงขึ้นในอนาคต

**วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย**

1. เพื่อสำรวจลักษณะทางพืชไร่และลักษณะทางสรีรวิทยาที่มีความสัมพันธ์กับผลผลิต ลักษณะทางพืชไร่ ได้แก่ อายุวันดอกแรกบาน วันฝักแรกสุก ความสูงต้น น้ำหนัก 100

เมล็ด จำนวนฝักต่อต้น จำนวนช่อต่อต้น น้ำหนักเมล็ดต่อต้น ความยาวฝัก จำนวนเมล็ดต่อฝัก จำนวนกิ่งต่อต้น และ จำนวนเมล็ดต่อต้น ลักษณะทางสรีรวิทยา ได้แก่ ดัชนีพื้นที่ใบ น้ำหนักสดมวลรวม น้ำหนักแห้งมวลรวม และความยาวและจำนวนรากของต้นกล้า ในถั่วเขียวสายพันธุ์ต่าง ๆ รวม 136 สายพันธุ์

2. เพื่อหาสหสัมพันธ์ทางฟีโนไทป์ สหสัมพันธ์ทางจีโนไทป์ และการวิเคราะห์สัมประสิทธิ์เส้นทางระหว่างลักษณะทางพืชไร่และลักษณะทางสรีรวิทยา เพื่อคัดเลือกลักษณะที่มีอิทธิพลต่อผลผลิตสูงไปใช้เป็นเกณฑ์ในการคัดเลือกพันธุ์สำหรับการปรับปรุงพันธุ์ถั่ว-เขียวเพื่อเพิ่มผลผลิต
3. เพื่อศึกษาความดีเด่นของลักษณะทางพืชไร่และลักษณะทางสรีรวิทยาในลูกผสมของถั่วเขียวจำนวน 33 คู่ผสม
4. เพื่อคัดเลือกสายพันธุ์ถั่วเขียวที่มีศักยภาพในการนำมาใช้ปรับปรุงพันธุ์เพื่อเพิ่มผลผลิตโดยใช้ลักษณะต่าง ๆ ที่ระบุในข้อ 1
5. เพื่อถ่ายทอดลักษณะที่สัมพันธ์กับผลผลิตไปสู่พันธุ์ส่งเสริม
6. เพื่อปรับปรุงพันธุ์ถั่วเขียวให้มีผลผลิตเพิ่มขึ้น โดยวิธีดั้งเดิม

**ทฤษฎีหรือกรอบแนวความคิด และข้อตกลงเบื้องต้นของการวิจัย**

ถั่วเขียวเป็นพืชผสมตัวเองที่สามารถปรับปรุงพันธุ์ได้ 3 วิธีการ คือ การคัดเลือก การผสมพันธุ์ และการกลายพันธุ์ โดยการผสมพันธุ์เป็นวิธีการที่นิยมใช้กันมาก เนื่องจากมีการสำรวจลักษณะที่ดีของสายพันธุ์ใหม่ ๆ ที่สามารถนำมาใช้เป็นพ่อแม่พันธุ์อย่างต่อเนื่อง รวมไปถึงการปรับปรุงวิธีการผสมพันธุ์เพื่อให้ได้อัตราการติดเมล็ดสูง ซึ่งความสำเร็จในการปรับปรุงพันธุ์ด้วยวิธีนี้ขึ้นอยู่กับการคัดเลือกพ่อแม่พันธุ์ที่มีส่วนผสมของยีนที่ควบคุมลักษณะที่ต้องการในรุ่นลูก และการคัดเลือกพ่อแม่พันธุ์นั้นขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการปรับปรุงพันธุ์ โดยที่การปรับปรุงพันธุ์เพื่อเพิ่มผลผลิตนั้นมักเกี่ยวข้องกับการรวบรวมส่วนผสมของยีนที่มีศักยภาพในการให้ผลผลิตสูง และการถ่ายทอดยีนทนต่อสภาวะแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมเข้าไปยังจีโนไทป์ที่ให้ผลผลิตสูง (Poehlman, 1991)

การปรับปรุงพันธุ์เพื่อเพิ่มผลผลิตสามารถทำได้ 3 วิธีการ ได้แก่ (1) empirical approach (2) biometric approach (3) physiological approach ซึ่งวิธีที่ 1 อาศัยการเปรียบเทียบสายพันธุ์ปรับปรุงจำนวนมากในการทดสอบผลผลิตหลายซ้ำและหลายท้องที่ เพื่อคัดเลือกสายพันธุ์ที่มีศักยภาพในการให้ผลผลิตสูง เนื่องจากผลผลิตเป็นลักษณะปริมาณที่การแสดงออกของฟีโนไทป์ขึ้นอยู่กับสิ่งแวดล้อมสูง วิธีที่ 2 อาศัยการประเมินความสัมพันธ์และผลอันเกิดจากองค์ประกอบผลผลิตแต่ละชนิดต่อผลผลิตรวม และการศึกษาการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมโดยใช้วิธีการทางสถิติ จากการศึกษาโดยนักวิจัยหลายท่าน พบว่า องค์ประกอบผลผลิตที่มีความสัมพันธ์ต่อผลผลิตสูงสุดคือ จำนวนฝักต่อต้น

(r = 0.747) รองลงมาคือ จำนวนช่อต่อต้น (r = 0.534) จำนวนเมล็ดต่อฝัก (r = 0.349) วันดอกแรกบาน (r = 0.323) ความสูง (r = 0.260) ความยาวฝัก (r = 0.258) และน้ำหนักเมล็ด (r = 0.222) อย่างไรก็ตาม ผลการศึกษาความสัมพันธ์และการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมของลักษณะองค์ประกอบผลผลิตอาจแตกต่างกันขึ้นอยู่กับประชากรพืช (พันธุ์/สายพันธุ์) ที่ใช้ศึกษาและสภาพแวดล้อมในการปลูก (Singh and Singh, 1973; Shamsuzzaman et al., 1983; Khan 1988; Verma and Sandha, 1988; Satyan et al., 1986; Poehlman, 1991; Chaudhary, 1992; Jan et al., 1993; Naidu and Rosaiah, 1993; Sharma, 1999; Amanullah and Hatam, 2000; Khan et al., 2001; Biradar, 2007; Makeen et al., 2007) ไพศาล เหล่าสุวรรณ และคณะ (2543) ได้ทดลองเพิ่มความแปรปรวนของลักษณะองค์ประกอบผลผลิต เช่น จำนวนฝักต่อต้น จำนวนช่อต่อต้น น้ำหนักเมล็ดต่อต้น ฯลฯ โดยวิธีการกลายพันธุ์ แล้วนำมาคัดเลือกพันธุ์เพื่อเพิ่มผลผลิตโดยวิธีคัดเลือกแบบเก็บรวม และแบบแยกสายพันธุ์ พบว่าได้สายพันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูงกว่าพันธุ์ดั้งเดิม ดังนั้นการนำองค์ประกอบผลผลิตเหล่านี้มาใช้คัดเลือกพ่อแม่พันธุ์เพื่อเพิ่มความแปรปรวนทางพันธุกรรม และเพื่อนำมาผสมพันธุ์เพื่อให้ได้ส่วนผสมของยีนที่ให้ผลผลิตสูง จึงน่าจะมีศักยภาพสูงในการเพิ่มผลผลิต วิธีที่ 3 เกี่ยวข้องกับผลผลิตจากการสังเคราะห์ด้วยแสง และการแบ่งสรรผลผลิตนี้สำหรับการผลิตราก ลำต้น ใบ และเมล็ด จากการทดลองที่ผ่านมาพบว่าลักษณะทางสรีรวิทยาบางลักษณะเช่น ดัชนีพื้นที่ใบ น้ำหนักแห้งมวลรวม และความยาวและจำนวนรากของต้นกล้ามีความสัมพันธ์กับผลผลิต และอาจนำมาใช้ในการคัดเลือกพ่อแม่พันธุ์เพื่อใช้ในโครงการปรับปรุงพันธุ์เพื่อเพิ่มผลผลิตได้ (Poehlman, 1991) โดยการศึกษาลักษณะองค์ประกอบของผลผลิตและลักษณะทางสรีรวิทยาที่ให้ค่าสหสัมพันธ์กับผลผลิตที่สูง จะทำให้สามารถคัดเลือกสายพันธุ์ถั่วเขียวเพื่อปรับปรุงพันธุ์รับรองและพันธุ์ดีเด่นให้มีระดับผลผลิตสูงขึ้นได้ นอกจากนี้พบว่าถั่วเขียวที่มีน้ำหนักแห้งมวลรวมสูง จะมีลำต้น กิ่ง ก้าน ใบ ที่มาก ซึ่งเกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์แสงเพื่อสร้างอาหารและเก็บสะสมในส่วนต่าง ๆ ของลำต้น ส่งผลให้ได้ผลผลิตสูง (Kuo et al., 1978)

การปรับปรุงพันธุ์ถั่วเขียวจากการคัดเลือกผลผลิตโดยตรง พบว่าเมื่อคัดเลือกถึงระดับหนึ่งจะไม่สามารถเพิ่มผลผลิตได้อีก ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงพันธุ์ถั่วเขียวให้มีผลผลิตเพิ่มขึ้นโดยใช้ลักษณะทางพืชไร่และลักษณะทางสรีรวิทยาที่มีความสัมพันธ์กับผลผลิต

**ขอบเขตของโครงการวิจัย**

การทดลองนี้แบ่งออกเป็น 2 ส่วน แต่ละส่วนมีขอบเขตดังนี้

1. การศึกษาลักษณะทางพืชไร่ และลักษณะทางสรีรวิทยาของถั่วเขียวสายพันธุ์ต่างประเทศ ที่มีความแปรปรวนของลักษณะทางพืชไร่ และลักษณะทางสรีรวิทยา จำนวน 119 สายพันธุ์ ซึ่งเก็บรวบรวมไว้ที่ศูนย์วิจัยพืชผักเขตร้อน คัดเลือกสายพันธุ์ที่มีลักษณะดีจำนวน 41 สายพันธุ์ ปลูกทดสอบรวมกับพันธุ์ส่งเสริม สายพันธุ์ดีเด่น และพันธุ์ที่พัฒนา ณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี-

สุรนารีจำนวน 17 พันธุ์/สายพันธุ์ เพื่อใช้ศึกษาสหสัมพันธ์ทางจีโนไทป์ สหสัมพันธ์ทางฟีโนไทป์ และอิทธิพลทางตรงของลักษณะทางพืชไร่และลักษณะทางสรีรวิทยาที่เกี่ยวข้องกับผลผลิต เพื่อใช้เป็นเกณฑ์ตัดสินใจในการคัดเลือกพ่อแม่พันธุ์สำหรับใช้ในการปรับปรุงพันธุ์เพื่อเพิ่มผลผลิต และประเมินการเจริญเติบโตของถั่วเขียวจำนวน 57 สายพันธุ์ ในสภาวะให้น้ำปกติและงดให้น้ำเมื่อมีใบจริง (ไม่ให้น้ำอีกตลอดการทดลอง) โดยทดสอบในกระบะดินผสมทราย รวมไปถึงการประเมินระบบรากของถั่วเขียวจำนวน 10 สายพันธุ์ ในสภาวะให้น้ำปกติและงดให้น้ำเมื่อมีใบจริง เพื่อใช้เป็นเกณฑ์ตัดสินใจในการคัดเลือกพ่อแม่พันธุ์สำหรับใช้ปรับปรุงพันธุ์เพื่อเพิ่มผลผลิตและเพิ่มศักยภาพในการทนแล้งต่อไป

2. การปรับปรุงพันธุ์โดยวิธีดั้งเดิม ใช้วิธีหนึ่งเมล็ดต่อต้น (single seed descent) เพื่อสร้างสายพันธุ์ใหม่ให้มีลักษณะของลำต้นที่เอื้ออำนวยต่อการให้ผลผลิตสูง โดยผสมระหว่างพันธุ์ส่งเสริมกับสายพันธุ์ที่มีลักษณะที่ต้องการ เช่น สายพันธุ์ที่มีจำนวนฝักสูง จำนวนกิ่งมาก จำนวนรากมาก จำนวนเมล็ดต่อต้นสูง หรือน้ำหนักแห้งมวลรวมสูง รวมไปถึงการศึกษาผลผลิตและความดีเด่นในชั่ว $F_1$

**หมายเหตุ**

การวิจัยครั้งนี้มุ่งเน้นศึกษาปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับศักยภาพของถั่วเขียวในการให้ผลผลิต โดยศึกษาลักษณะทางพืชไร่และลักษณะทางสรีรวิทยา รวมถึงการศึกษาระบบราก โดยศึกษาลักษณะทางพืชไร่ 11 ลักษณะ คือ วันดอกแรกบาน วันฝักแรกสุก ความสูงต้น น้ำหนัก 100 เมล็ด จำนวนฝักต่อต้น จำนวนช่อต่อต้น น้ำหนักเมล็ดต่อต้น ความยาวฝัก จำนวนเมล็ดต่อฝัก จำนวนกิ่งต่อต้น และจำนวนเมล็ดต่อต้น และลักษณะทางสรีรวิทยา 3 ลักษณะ คือ น้ำหนักสดชีวมวล ดัชนีพื้นที่ใบ และ น้ำหนักแห้งมวลรวม ที่มีผลต่อผลผลิตถั่วเขียวจำนวน 58 สายพันธุ์ คัดเลือกลักษณะที่มีความสัมพันธ์กับผลผลิตสูง และสายพันธุ์ที่มีลักษณะเหล่านี้ดีเด่น เพื่อใช้เป็นพ่อแม่พันธุ์สำหรับการปรับปรุงพันธุ์ถั่วเขียวให้ได้ผลผลิตสูงต่อไป

**ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ**

1. ข้อมูลลักษณะทางพืชไร่ และลักษณะทางสรีรวิทยาที่มีความสัมพันธ์กับผลผลิตของถั่วเขียวสายพันธุ์ต่าง ๆ ซึ่งสามารถนำมาใช้ในการปรับปรุงพันธุ์ได้ในอนาคตได้
2. สายพันธุ์ถั่วเขียวที่มีศักยภาพสำหรับใช้เป็นพ่อแม่พันธุ์ในการปรับปรุงพันธุ์เพื่อเพิ่มผลผลิตถั่วเขียวสายพันธุ์ใหม่ที่มีผลผลิตเพิ่มขึ้นและอาจสามารถส่งเสริมแก่เกษตรกรได้ในอนาคต
3. ผลงานตีพิมพ์ในวารสารวิชาการอย่างน้อย 2 เรื่อง
4. นักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษาที่มีความรู้และประสบการณ์ด้านการปรับปรุงพันธุ์พืช

# บทที่ 2
# วิธีดำเนินการวิจัย

**ส่วนที่ 1 การศึกษาสหสัมพันธ์และการวิเคราะห์สัมประสิทธิ์เส้นทางของลักษณะทางพืชไร่และลักษณะทางสรีรวิทยาที่เกี่ยวข้องกับผลผลิต และการประเมินระบบรากของถั่วเขียวพันธุ์/สายพันธุ์ต่าง ๆ**

**1.1 การศึกษาลักษณะทางพืชไร่และลักษณะทางสรีรวิทยาของประชากรถั่วเขียวเบื้องต้น**

**1.1.1 ประชากรที่ใช้ศึกษาเบื้องต้น การปลูก และการดูแลรักษา**

ทำการปลูกถั่วเขียวจำนวน 119 สายพันธุ์จาก Asian Vegetable Research and Development Center (AVRDC) และพันธุ์รับรอง ชัยนาท 72 (CN 72) สายพันธุ์ละ 1 แถว จำนวน 1 ซ้ำ โดยมีพันธุ์เปรียบเทียบ [กำแพงแสน 1 (KPS 1) และ มทส 2 (SUT 2)] ทุก ๆ 10 แถว และมีพันธุ์ มทส 3 (SUT 3) เป็นแถวกัน (broader) ใช้แถวยาว 5 เมตร ใช้ระยะระหว่างแถว 50 เซนติเมตร และระยะระหว่างหลุม 20 เซนติเมตร โดยใส่ปุ๋ย N-P-K สูตร 12-24-12 อัตรา 30 กก./ไร่ และคาร์โบฟูแรน (carbofuran) 3% G รองพื้นอัตรา 10 ก./หลุม ทำการพ่นสารเคมีป้องกันวัชพืชอะลาคลอร์ (alachlor) ก่อนปลูก หลังจากงอกได้ 10 วัน ทำการถอนแยกให้เหลือ 2 ต้น/หลุม เมื่อถั่วเขียวอายุ 25-30 วัน ทำการใส่ปุ๋ย N-P-K สูตร 12-24-12 อัตรา 30 กก./ไร่ พร้อมพูนโคน แล้วทำการฉีดพ่นสารโมโนโครโตฟอส (monocrotophos) อัตรา 15-20 ซีซี./น้ำ 20 ลิตร เพื่อป้องกันหนอนแมลงวันเจาะลำต้นถั่ว จนถั่วเขียวอายุได้ 2 เดือน พ่นสารโมโนโครโตฟอส อัตรา 40 ซีซี./น้ำ 20 ลิตร เพื่อป้องกันหนอนเจาะฝักถั่วเขียว ในช่วงที่ฝนตกชุกทำการฉีดพ่นสารเบโนมิล (benomyl) บริเวณโคนต้นเพื่อกำจัดโรคที่เกิดจากเชื้อรา อาทิเช่น โรคเน่าคอดิน โรครากเน่า และโรคเน่าดำ ใช้แรงงานกำจัดวัชพืชเมื่อขึ้นหนาแน่น และให้น้ำสัปดาห์ละ 1 ครั้ง

**1.1.2 การบันทึกข้อมูล**

ทำการสุ่มเก็บข้อมูลถั่วเขียวจำนวน 10 ต้น/แถว/สายพันธุ์ จากจำนวนทั้งหมด 30 ต้น/แถว/สายพันธุ์ บันทึกลักษณะทางพืชไร่และลักษณะทางสรีรวิทยาจากถั่วเขียวดังต่อไปนี้

1. **วันดอกแรกบาน** นับจากวันงอกถึงวันที่ดอกแรกบาน โดยดูทั้งแถว
2. **ดัชนีพื้นที่ใบ** (leaf area index; LAI) วัดพื้นที่ใบด้วยเครื่องวัดพื้นที่ใบ โดยสุ่มต้นจาก 2 หลุม จำนวน 4 ต้น ในระยะเมล็ดภายในฝักนูนขึ้นเห็นได้ชัด (reproductive stage 4; R4)
3. **น้ำหนักสดชีวมวล** (biomass) ทำการสุ่มตัดชิดโคนต้นระดับผิวดิน ในระยะ R4 จำนวน 10 ต้น/แถว นำไปชั่งน้ำหนักสดด้วยเครื่องชั่งละเอียด แล้วหาค่าเฉลี่ย

4. **น้ำหนักแห้งมวลรวม** (total dry matter; TDM) นำต้นที่ชั่งน้ำหนักสดชีวมวลแล้ว ไปอบด้วยตู้อบ hot air oven ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 วัน เพื่อให้ต้นแห้งสนิท ชั่งน้ำหนักแห้งด้วยเครื่องชั่งละเอียด แล้วหาค่าเฉลี่ย
5. **วันฝักแรกสุก** นับจากวันงอกถึงวันที่เริ่มสังเกตเห็นฝักแรกเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลทั้งฝัก โดยดูทั้งแถว
6. **ความสูงต้น** สุ่มวัดความสูงจำนวน 10 ต้น ในระยะฝักสุกแก่ 80 เปอร์เซ็นต์ (R6) จากข้อแรกจนถึงข้อสุดท้ายเป็นเซนติเมตร แล้วหาค่าเฉลี่ย
7. **น้ำหนัก 100 เมล็ด** สุ่มเมล็ดจากแต่ละต้น ต้นละ 100 เมล็ด จำนวน 10 ต้น/แถว ชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่งละเอียดแล้วหาค่าเฉลี่ย
8. **จำนวนฝักต่อต้น** ทำการสุ่มนับจำนวนฝักจาก 10 ต้น แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย
9. **จำนวนช่อต่อต้น** ทำการสุ่มนับจำนวนช่อจาก 10 ต้น แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย
10. **น้ำหนักเมล็ดต่อต้น** ทำการสุ่มเก็บเมล็ดทั้งหมดจำนวน 10 ต้น ชั่งน้ำหนักเมล็ดด้วยเครื่องชั่งละเอียด แล้วหาค่าเฉลี่ย
11. **ความยาวฝัก** ทำการสุ่มวัดความยาวฝักเป็นเซนติเมตรจำนวน 10 ฝัก/ต้น จำนวน 10 ต้น/แถว แล้วหาค่าเฉลี่ย
12. **จำนวนเมล็ดต่อฝัก** สุ่มนับจำนวนเมล็ดต่อฝัก จำนวน 10 ฝัก/ต้น จำนวน 10 ต้น/แถว แล้วหาค่าเฉลี่ย
13. **จำนวนกิ่งต่อต้น** สุ่มนับจำนวนกิ่งจาก 10 ต้น/แถว แล้วหาค่าเฉลี่ย
14. **จำนวนเมล็ดต่อต้น** สุ่มเก็บเมล็ดทั้งหมดจำนวน 10 ต้น นับเมล็ดทั้งหมดต่อต้น แล้วหาค่าเฉลี่ย
15. **ผลผลิตต่อไร่** สุ่มเก็บน้ำหนักเมล็ดจำนวน 10 ต้น/แถว แล้วคำนวณผลผลิตเป็นกิโลกรัม/ไร่ ที่ความชื้น 12 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้สมการ

$$\text{ผลผลิต (กก./ไร่)} = \frac{\text{ผลผลิต (กรัมต่อแปลง)}}{1{,}000 \text{ กรัม}} \times \frac{1600 \text{ ตร.ม}}{\text{ขนาดแปลง (ตร.ม)}} \times \frac{100 - \text{เปอร์เซ็นต์ความชื้น}}{88}$$

**1.2 การคัดเลือกพันธุ์ที่ให้ลักษณะทางพืชไร่และลักษณะทางสรีรวิทยาสูง**

คัดเลือกสายพันธุ์ถั่วเขียวจาก AVRDC จำนวน 41 สายพันธุ์ จากจำนวนทั้งหมด 119 สายพันธุ์ โดยคัดเลือกสายพันธุ์ที่ให้ลักษณะทางพืชไร่และลักษณะทางสรีรวิทยาสูงที่สุด 5 อันดับแรกใน 11 ลักษณะ ในหัวข้อ 1.1.2 (เลือกจากทุกลักษณะ ยกเว้นลักษณะวันดอกแรกบาน วันฝักแรกสุก น้ำหนักเมล็ดต่อต้น และผลผลิตต่อไร่) และใช้ข้อมูลลักษณะทรงพุ่ม ความแข็งแรงของลำต้น (การหักล้มของลำต้น) ลักษณะการติดฝักแก่ในระยะเก็บเกี่ยว (กระจายในทรงพุ่มหรือชูเหนือทรงพุ่ม) มา

ประกอบการตัดสินใจในการคัดเลือกสายพันธุ์เพื่อนำไปใช้ศึกษาสหสัมพันธ์และวิเคราะห์สัมประสิทธิ์เส้นทางต่อไป

**1.3 การศึกษาสหสัมพันธ์และการวิเคราะห์สัมประสิทธิ์เส้นทางระหว่างลักษณะทางพืชไร่และลักษณะทางสรีรวิทยากับผลผลิต**

**1.3.1 ประชากรที่ใช้ศึกษาสหสัมพันธ์และการวิเคราะห์สัมประสิทธิ์เส้นทาง การปลูก และการดูแลรักษา**

สายพันธุ์ที่คัดเลือกมาจาก AVRDC จำนวน 41 สายพันธุ์ (จากข้อ1.2) พันธุ์รับรอง จำนวน 10 สายพันธุ์ ได้แก่ ชัยนาท 36 (CN 36) ชัยนาท 60 (CN 60) ชัยนาท 72 (CN 72) อู่ทอง 1 (UT 1) กำแพงแสน 1 (KPS 1) กำแพงแสน 2 (KPS 2) มอ. 1 (PSU 1) มทส 1 (SUT 1) KAB 4 และ พิษณุโลก 2 (PL 2) สายพันธุ์ดีเด่นที่พัฒนาโดยศูนย์วิจัยพืชไร่ชัยนาท จำนวน 3 สายพันธุ์ ได้แก่ M4-2, M5-1 และ M5-5 และพันธุ์ที่พัฒนา ณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีจำนวน 4 พันธุ์ คือ พันธุ์ มทส 2 (SUT 2) มทส 3 (SUT 3) มทส 4 (SUT 4) และ มทส 5 (SUT 5) รวมทั้งหมด 58 พันธุ์/สายพันธุ์ ทำการปลูกพันธุ์/สายพันธุ์ละ 1 แถว ใช้แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ภายในบลอก (randomized complete block design; RCBD) จำนวน 4 ซ้ำ โดยมีพันธุ์เปรียบเทียบ [กำแพงแสน 1 (KPS 1) และ มทส 2 (SUT 2)] ทุก ๆ 10 แถว ใช้แถวยาว 5 เมตร ใช้ระยะระหว่างแถว 50 เซนติเมตร และระยะระหว่างหลุม 20 เซนติเมตร ใช้วิธีการดูแลรักษาเหมือนข้อ 1.1 เนื่องจากสายพันธุ์จาก AVRDC เป็นสายพันธุ์ที่ให้ลักษณะทางพืชไร่และลักษณะทางสรีรวิทยาในแต่ละลักษณะสูง ซึ่งแต่ละสายพันธุ์ที่คัดเลือกมา มีการกระจายตัวของลักษณะทางพืชไร่และลักษณะทางสรีรวิทยาอื่นด้วย จึงเหมาะสมที่จะใช้เป็นตัวแทนประชากรในการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ระหว่างลักษณะทางพืชไร่และลักษณะทางสรีรวิทยา ดังแสดงในหัวข้อ 1.1.2 (1-14) กับผลผลิต

**1.3.2 การบันทึกข้อมูล**

สุ่มเก็บข้อมูลลักษณะทางพืชไร่และลักษณะทางสรีรวิทยาทั้ง 15 ลักษณะ ได้แก่ วันดอกแรกบาน วันฝักแรกสุก ความสูงต้น น้ำหนัก 100 เมล็ด จำนวนฝักต่อต้น จำนวนช่อต่อต้น น้ำหนักเมล็ดต่อต้น ความยาวฝัก จำนวนเมล็ดต่อฝัก จำนวนกิ่งต่อต้น จำนวนเมล็ดต่อต้น ผลผลิต (กก.ต่อไร่) ดัชนีพื้นที่ใบ น้ำหนักสดชีวมวล และ น้ำหนักแห้งมวลรวม จำนวน 10 ต้น/แถว คัดเลือกลักษณะที่ให้ค่าสหสัมพันธ์กับผลผลิตสูง และคัดเลือกสายพันธุ์ที่มีลักษณะดังกล่าวดี เพื่อนำไปปรับปรุงสายพันธุ์รับรอง และสายพันธุ์ดีเด่นบางสายพันธุ์ที่มีลักษณะดังกล่าวด้อยกว่าสายพันธุ์คัดเลือกจากการทดลองนี้ต่อไป

**1.4 การคัดเลือกสายพันธุ์ที่มีระบบรากมากในกระบะดินผสมทราย**

ทำการปลูกถั่วเขียว 57 พันธุ์/สายพันธุ์ ได้แก่ สายพันธุ์ที่คัดเลือกมาจาก AVRDC จำนวน 40 สายพันธุ์ พันธุ์รับรองจำนวน 10 พันธุ์ สายพันธุ์ดีเด่นจำนวน 3 สายพันธุ์ และพันธุ์มทส. 2, 3, 4 และ 5 ในตะกร้าที่มีดินผสมทรายในอัตราส่วน 1:1 พันธุ์/สายพันธุ์ละ 20 เมล็ด ในสภาวะที่ให้น้ำปกติ และงดให้น้ำเมื่อมีใบจริง โดยไม่ให้น้ำอีกตลอดการทดลอง และหลังจาก 2 สัปดาห์ บันทึกลักษณะยอดและราก ได้แก่ พื้นที่ใบ ความยาวรากแก้ว ความยาวรากรวม น้ำหนักแห้งราก น้ำหนักแห้งยอด (ทุกส่วนเหนือดิน) และให้คะแนนสีใบ โดยใช้แผ่นเทียบสีวัดบริเวณใบเลี้ยงคู่แรก และแบ่งคะแนนออกเป็นระดับ 1-5 โดย 1 แสดงใบมีสีเหลือง และ 5 แสดงใบมีสีเขียว สายพันธุ์ละ 4 ต้น สำหรับความยาวรากรวม นำความยาวรากแต่ละต้นมาวัดด้วยเครื่อง root length scanner เป็นความยาวของราก (ซม.) ต่อปริมาตรดินในกระบะเพาะ ซึ่งปริมาตรดินคำนวณจากสมการดังนี้

ปริมาตรสี่เหลี่ยมผืนผ้า (กระบะเพาะ) = กว้าง x ยาว x สูง

ปริมาตรดินในกระบะเพาะ = 26.2 x 34 x 10 = 8,908 ลบ.ซม.

ดังนั้นหน่วยของความยาวรากรวมจึงเป็น เซนติเมตรต่อปริมาตรดิน 8,908 ลบ.ซม. แปลงข้อมูลให้เป็นมิลลิเมตรต่อปริมาตรดิน 1 ลบ.ซม.

คัดเลือกสายพันธุ์ที่มีลักษณะซึ่งมีความสัมพันธ์กับผลผลิตสูงและ/หรือมีระบบรากมาก นำไปใช้เป็นพ่อแม่พันธุ์

**1.5 การประเมินระบบรากในกล่องไม้**

คัดเลือกสายพันธุ์ที่มีต้นขนาดใหญ่ (V 4785, V 3388, V 5036 และ V 4535) ขนาดกลาง (SUT 2, V 4718 และ V 2396) และขนาดเล็ก (V 3096, V 5461 และ V 3109) โดยคัดเลือกจากน้ำหนักสดชีวมวล และน้ำหนักแห้งมวลรวม (ตารางที่ 1 บทที่ 3) ทำการเพาะเมล็ดในกล่องไม้ขนาด 10 (กว้าง) x 60 (ยาว) x 80 (สูง) เซนติเมตร สายพันธุ์ละ 2 ต้น ในสภาวะที่ให้น้ำปกติ (ให้น้ำทุก 1-2 วัน) และงดให้น้ำ (งดให้น้ำ เมื่อมีใบจริง จนถึงสิ้นสุดการทดลอง) และในระยะ R4 บันทึกข้อมูล ได้แก่ พื้นที่ใบ ความยาวรากแก้ว ความยาวรากรวมโดยใช้เครื่อง root length scanner น้ำหนักแห้งราก น้ำหนักแห้งต้น (ส่วนลำต้นที่อยู่เหนือดิน) ลักษณะการแผ่กระจายของราก และสีใบซึ่งวัดด้วยเครื่อง color meter เพื่อใช้เป็นเกณฑ์ในการคัดเลือกสายพันธุ์ถั่วเขียวที่มีศักยภาพในการให้ผลผลิตสูงและทนแล้งต่อไป

**1.6 การวิเคราะห์ข้อมูล**

**1.6.1 การวิเคราะห์วาเรียนซ์**

นำข้อมูลลักษณะทางพืชไร่และลักษณะทางสรีรวิทยาทั้ง 15 ลักษณะ จากทั้ง 4 ซ้ำ มาหาค่าเฉลี่ยของแต่ละซ้ำ (แต่ละซ้ำประกอบด้วยถั่วเขียวจำนวน 10 ต้น) แล้วทำการวิเคราะห์วาเรียนซ์โดยใช้โปรแกรม SPSS for Windows Version 14.0 (Levesque, 2006)

**1.6.2 การวิเคราะห์สัมประสิทธิ์ความแปรปรวน (coefficient of variation) และอัตราพันธุกรรมอย่างกว้าง (heritability in broad sense; $h^2_b$)**

ทำการวิเคราะห์สัมประสิทธิ์ความแปรปรวนทางจีโนไทป์ (genotypic coefficient of variation; GCV) สัมประสิทธิ์ความแปรปรวนทางฟีโนไทป์ (phenotypic coefficient of variation; PCV) สัมประสิทธิ์ความแปรปรวนทางสภาพแวดล้อม (environmental coefficient of variation; ECV) และอัตราพันธุกรรมอย่างกว้าง ตามวิธีการของ Singh and Chaudhary (1979) โดยมีสมการดังต่อไปนี้

$$\text{สัมประสิทธิ์ความแปรปรวนทางจีโนไทป์} = \frac{\sqrt{V_g}}{\text{mean}}$$

$$\text{สัมประสิทธิ์ความแปรปรวนทางฟีโนไทป์} = \frac{\sqrt{V_g + V_e}}{\text{mean}}$$

$$\text{สัมประสิทธิ์ความแปรปรวนทางสภาพแวดล้อม} = \frac{\sqrt{V_e}}{\text{mean}}$$

$$\text{อัตราพันธุกรรมอย่างกว้าง} = \frac{V_g}{V_{ph}}$$

เมื่อ $V_g$ = วาเรียนซ์เนื่องจากผลของยีน

$V_{ph}$ = วาเรียนซ์เนื่องจากผลของฟีโนไทป์

และ $V_e$ = วาเรียนซ์เนื่องจากผลของสภาพแวดล้อม

**1.6.3 การวิเคราะห์สหสัมพันธ์ระหว่างลักษณะทางพืชไร่และสรีรวิทยากับผลผลิต**

ทำการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตกับลักษณะทางพืชไร่และลักษณะสรีรวิทยาต่าง ๆ ตามวิธีการของ Dewey and Lu (1959) ดังนี้

(1) สหสัมพันธ์ทางฟีโนไทป์ระหว่างลักษณะ x และ y

$$r_{ph(xy)} = \frac{\sigma_{ph(xy)}}{\sqrt{(\sigma^2_{ph(x)})(\sigma^2_{ph(y)})}}$$

(2) สหสัมพันธ์ทางจีโนไทป์ระหว่างลักษณะ x และ y

$$r_{g(xy)} = \frac{\sigma_{g(xy)}}{\sqrt{(\sigma^2_{g(x)})(\sigma^2_{g(y)})}}$$

เมื่อให้ $\sigma_{ph(xy)}$ = โควาเรียนซ์ของลักษณะภายนอกของลักษณะ x และ y

$\sigma_{g(xy)}$ = โควาเรียนซ์ของพันธุกรรมของลักษณะ x และ y

$\sigma^2_{ph(x)}$ = วาเรียนซ์ของลักษณะภายนอกของลักษณะ x

$\sigma^2_{ph(y)}$ = วาเรียนซ์ของลักษณะภายนอกของลักษณะ y

$\sigma^2_{g(x)}$ = วาเรียนซ์ของพันธุกรรมของลักษณะ x

$\sigma^2_{g(y)}$ = วาเรียนซ์ของพันธุกรรมของลักษณะ y

### 1.6.4 การวิเคราะห์สัมประสิทธิ์เส้นทาง

ทำการวิเคราะห์สัมประสิทธิ์เส้นทางของลักษณะทางพืชไร่และลักษณะทางสรีรวิทยาต่อผลผลิต (Singh and Chaudhary, 1979) ดังนี้

**สัมประสิทธิ์เส้นทาง**

นำค่าสหสัมพันธ์ทางจีโนไทป์มาวิเคราะห์หาขนาดของอิทธิพลทางตรงและทางอ้อมของลักษณะทางพืชไร่และลักษณะทางสรีรวิทยาต่อผลผลิต ดังนี้

$$r(x_1, y_1) = P + r(x_1, x_2)\,Q + r(x_1, x_3)\,R$$

$$r(x_2, y_1) = r(x_2, x_1)\,P + Q + r(x_2, x_3)\,R$$

$$r(x_3, y_1) = r(x_3, x_1)\,P + r(x_3, x_2)\,Q + R$$

เมื่อให้

$y_1$ = ลักษณะผลผลิต

$x_1$ = ลักษณะทางเกษตรที่ 1

$x_2$ = ลักษณะทางเกษตรที่ 2

$x_3$ = ลักษณะทางเกษตรที่ 3

P = อิทธิพลทางตรงของลักษณะที่ 1 ต่อผลผลิต ($y_1$)

Q = อิทธิพลทางตรงของลักษณะที่ 2 ต่อผลผลิต ($y_1$)

R = อิทธิพลทางตรงของลักษณะที่ 3 ต่อผลผลิต ($y_1$)

**ส่วนที่ 2 การปรับปรุงพันธุ์โดยวิธีดั้งเดิม เพื่อปรับปรุงลักษณะทางพืชไร่และลักษณะทางสรีรวิทยาที่มีความสัมพันธ์ต่อผลผลิตของถั่วเขียว และการศึกษาความดีเด่น และผลผลิตในลูกผสมชั่วที่หนึ่ง**

**2.1 การปรับปรุงพันธุ์เพื่อเพิ่มผลผลิตโดยวิธีดั้งเดิม**

2.1.1 คัดเลือกลักษณะทางพืชไร่และลักษณะทางสรีรวิทยาที่ให้สหสัมพันธ์ต่อผลผลิตสูง จากการทดลองส่วนที่ 1

2.1.2 คัดเลือกสายพันธุ์ที่ให้ลักษณะน้ำหนักแห้งมวลรวม ดัชนีพื้นที่ใบ จำนวนฝักต่อต้น จำนวนเมล็ดต่อฝัก ความยาวฝัก จำนวนช่อต่อต้น จำนวนกิ่งต่อต้น และจำนวนเมล็ดต่อต้นสูง นำมาผสมพันธุ์กับสายพันธุ์ส่งเสริมและสายพันธุ์ดีเด่นที่ให้ค่าลักษณะนั้น ๆ ต่ำ เพื่อปรับปรุงให้สายพันธุ์ส่งเสริมและสายพันธุ์ดีเด่นมีลักษณะที่สัมพันธ์กับผลผลิตสูงขึ้น โดยวิธีการคัดเลือกหนึ่งเมล็ดต่อต้น (single seed descent)

**2.2 การศึกษาความดีเด่นของลักษณะทางพืชไร่และลักษณะทางสรีรวิทยา และผลผลิตในประชากรลูกผสมชั่วที่หนึ่ง**

2.2.1 คัดเลือกลักษณะทางพืชไร่และลักษณะทางสรีรวิทยาที่ให้ค่าสหสัมพันธ์กับผลผลิตสูงจากการทดลองส่วนที่ 1 ได้แก่ น้ำหนักแห้งมวลรวม ดัชนีพื้นที่ใบ จำนวนฝักต่อต้น จำนวนเมล็ดต่อฝัก ความยาวฝัก จำนวนช่อต่อต้น จำนวนกิ่งต่อต้น จำนวนเมล็ดต่อต้น และคัดเลือกลักษณะระบบรากจากการปลูกถั่วเขียวทดสอบในกระบะดินผสมทราย โดยการคัดเลือกจากน้ำหนักแห้งของรากเป็นหลัก

2.2.2 คัดเลือกสายพันธุ์ที่ให้ค่าลักษณะในข้อ 2.2.1 สูง เพื่อผสมพันธุ์กับสายพันธุ์รับรองหรือสายพันธุ์ดีเด่นที่ให้ค่าลักษณะเหล่านี้สูงและต่ำ เพื่อผลิตประชากรในการศึกษาการแสดงออกของยีนที่ควบคุมลักษณะเหล่านี้

2.2.3 ผสมพันธุ์ระหว่างสายพันธุ์ที่คัดเลือกและสายพันธุ์รับรองหรือสายพันธุ์ดีเด่น ดังแสดงในตาราง 3 เพื่อผลิตลูกผสมชั่วที่หนึ่ง ($F_1$) และ ลูกผสมชั่วที่สอง ($F_2$)

2.2.4 ปลูกถั่วเขียวทั้ง 4 ประชากรของแต่ละคู่ผสมได้แก่ พันธุ์แม่ ($P_1$) พันธุ์พ่อ ($P_2$), $F_1$ และ $F_2$ แต่ละแถวยาว 5 เมตร ใช้ระยะระหว่างแถว 50 เซนติเมตร และระยะระหว่างหลุม 20 เซนติเมตร ในแต่ละประชากรของ $P_1$, $P_2$ และ $F_1$ ปลูกจำนวนต้นทั้งหมด 30 ต้น/แถว/ซ้ำ ส่วนประชากร $F_2$ ปลูกจำนวนต้นทั้งหมด 90 ต้น/3 แถว/ซ้ำ วางแผนการทดลองแบบ RCBD จำนวน 3 ซ้ำ ใช้วิธีการดูแลรักษาเหมือนข้อ 1.1

2.2.5 การบันทึกข้อมูล

เก็บข้อมูลในแต่ละคู่ผสมจากข้อ 2.2.3 โดยในประชากร $P_1$, $P_2$ และ $F_1$ สุ่มเก็บข้อมูลจำนวน 10 ต้น/ซ้ำจากจำนวนต้นทั้งหมด 30 ต้น/ซ้ำ สำหรับ $F_2$ จำนวน 20 ต้น/ซ้ำ จากจำนวนต้นในแถวทั้งหมด 90 ต้น/ซ้ำ ตามลำดับ บันทึกข้อมูลลักษณะ น้ำหนักแห้งมวลรวม ดัชนีพื้นที่ใบ จำนวนฝักต่อต้น น้ำหนักเมล็ดต่อต้น จำนวนเมล็ดต่อฝัก ความยาวฝัก จำนวนช่อต่อต้น จำนวนกิ่งต่อต้น จำนวนเมล็ดต่อต้นเหมือนกับการทดลองที่ 1.1.2 และเก็บข้อมูลความยาวรากต่อปริมาตรดิน

**การเก็บข้อมูลราก**

ทำการเจาะดินเพื่อเก็บข้อมูลรากด้วยเครื่องมือเจาะราก (เส้นผ่านศูนย์กลาง 5.2 เซนติเมตร) โดยเจาะลึก 80 เซนติเมตร ห่างจากลำต้น 10 เซนติเมตร เท่ากันทุก ๆ ต้น แบ่งดินออกเป็น 4 ส่วนตามระดับความลึกเป็นเซนติเมตร (0-20, 20-40, 40-60 และ 60-80) ล้างดินออกจากราก แล้วนำรากแต่ละส่วนไปวัดความยาวรากด้วยไม้บรรทัด นำความยาวรากทั้ง 4 ระดับความลึกมารวมกันเป็นความยาวของราก (ซม.) ต่อปริมาตรดินในเครื่องมือเจาะราก ซึ่งปริมาตรดินคำนวณจากสมการดังนี้

$$\text{ปริมาตรทรงกระบอก (เครื่องมือเจาะราก)} = (\pi) \times (r^2) \times (h)$$

เมื่อ $\pi = 3.14$, r = รัศมีทรงกระบอก (2.6 เซนติเมตร), h = ความสูงของทรงกระบอก (เซนติเมตร)

ปริมาตรดินในเครื่องมือเจาะราก = $3.14 \times (2.6)^2 \times 80 = 1,698$ ลบ.ซม.

ดังนั้นหน่วยของความยาวรากจึงเป็น เซนติเมตรต่อปริมาตรดิน 1,698 ลบ.ซม. แปลงข้อมูลให้เป็นเซนติเมตรต่อปริมาตรดิน 1 ลบ.ซม.

## 2.3 การวิเคราะห์ข้อมูล

**การวัดความดีเด่นของลูกผสม** ใช้ 2 วิธีการ คือ

1. การวัดโดยเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยของพันธุ์พ่อแม่ โดยวัดเป็นเปอร์เซ็นต์ของลูกต่อค่าเฉลี่ยของพ่อและแม่ การวัดวิธีนี้เรียกว่า ความดีเด่นเหนือค่าเฉลี่ยของพ่อแม่ อาจเรียกว่า เฮต-เทอโรซิส [heterosis ($F_1$; $H_{F1}$); Burton, 1983] ซึ่งหาได้จากสมการดังนี้

$$\text{Heterosis (\%)} \ (H_{F1}) = [(F_1 - MP)/MP] \times 100$$

ทั้งนี้ให้ $F_1$ = ค่าเฉลี่ยของลูกผสมชั่วที่ 1 ทุกต้น

MP = ค่าเฉลี่ยของพ่อและแม่ = $(P_1+P_2)/2$

$P_1$ = ค่าเฉลี่ยของพันธุ์แม่ทุกต้น

$P_2$ = ค่าเฉลี่ยของพันธุ์พ่อทุกต้น

2. การวัดโดยการเปรียบเทียบกับลูกผสมชั่วที่ 2 ความดีเด่นของลูกผสมอาจวัดโดยการเปรียบเทียบกันเองระหว่างลูกผสมชั่วที่ 1 และ 2 การเปรียบเทียบนี้เรียกว่าเฮตเทอโรซิสของ $F_1$ เมื่อเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยของ $F_2$ [heterosis ($F_1$ vs $F_2$; $H_{F1vsF2}$); ไพศาล เหล่าสุวรรณ และ ปิยะดา ทิพยผ่อง, 2550] ซึ่งหาได้จากสมการดังนี้

$$\text{Heterosis (\%)} (H_{F1vsF2}) = [(F_1 - F_2)/ F_2] \times 100$$

ทั้งนี้ให้ $F_1$ และ $F_2$ = ค่าเฉลี่ยของลูกผสมในชั่วที่ 1 และ 2 ตามลำดับ

นำค่าที่ได้มาวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติโดยวิธี Independent t-test ตามวิธีการของ Steel and Torrie (1980)

# บทที่ 3
# ผลการวิเคราะห์ข้อมูลและอภิปรายผล

## ส่วนที่ 1 การศึกษาสหสัมพันธ์และการวิเคราะห์สัมประสิทธิ์เส้นทางของลักษณะทางพืชไร่และลักษณะทางสรีรวิทยาที่เกี่ยวข้องกับผลผลิต และการประเมินระบบรากของถั่วเขียวพันธุ์/สายพันธุ์ต่าง ๆ

**การศึกษาลักษณะทางพืชไร่และลักษณะทางสรีรวิทยาของประชากรถั่วเขียวเบื้องต้น**

ประชากรถั่วเขียวจาก Asian Vegetable Research and Development Center (AVRDC) จำนวน 119 สายพันธุ์ มีความแปรปรวนของลักษณะทางพืชไร่และลักษณะทางสรีรวิทยาสูงมาก (ตารางที่ 1) จึงเหมาะสมที่จะใช้เป็นตัวแทนในการวิเคราะห์หาสหสัมพันธ์ระหว่างลักษณะทางพืชไร่และลักษณะทางสรีรวิทยากับผลผลิต โดยพบว่า มีสายพันธุ์จาก AVRDC ที่ให้ค่าเฉลี่ยของลักษณะทางพืชไร่และลักษณะทางสรีรวิทยาสูงกว่าพันธุ์เปรียบเทียบ (กำแพงแสน 1 และ มทส. 2) และมีลักษณะที่น่าสนใจที่จะนำไปใช้เป็นพ่อแม่พันธุ์ในการปรับปรุงพันธุ์ถั่วเขียวเพื่อเพิ่มผลผลิตในอนาคต

ทำการคัดเลือกสายพันธุ์ถั่วเขียวจาก AVRDC ที่มีลักษณะทางพืชไร่และลักษณะทางสรีรวิทยาดี จำนวน 41 สายพันธุ์ โดยพิจารณาจากลักษณะต่าง ๆ ได้แก่ ความสูง น้ำหนักสดชีวมวล น้ำหนักแห้งมวลรวม จำนวนกิ่งต่อต้น จำนวนช่อต่อต้น จำนวนเมล็ดต่อฝัก จำนวนฝักต่อต้น จำนวนเมล็ดต่อต้น และน้ำหนัก 100 เมล็ด และข้อมูลเปอร์เซ็นต์การหักล้ม ลักษณะทรงพุ่ม รวมถึงลักษณะการต้านทานโรคราแป้ง โดยปลูกคัดเลือกร่วมกับพันธุ์รับรองจำนวน 10 พันธุ์ สายพันธุ์ดีเด่นจำนวน 3 สายพันธุ์ พันธุ์ มทส. 2, 3, 4 และ 5 และพันธุ์เปรียบเทียบ (กำแพงแสน 1 และมทส. 2) พบว่าถั่วเขียวจาก AVRDC ทั้ง 41 สายพันธุ์ มีความแปรปรวนของลักษณะทางพืชไร่และลักษณะทางสรีรวิทยาที่เกี่ยวข้องกับผลผลิตสูง และสายพันธุ์จาก AVRDC หลายสายพันธุ์มีค่าเฉลี่ยของลักษณะทางพืชไร่และลักษณะทางสรีรวิทยาสูงกว่าพันธุ์รับรอง สายพันธุ์ดีเด่น และพันธุ์ มทส. 2, 3, 4 และ 5 (ตารางที่ 2) ซึ่งแต่ละสายพันธุ์ที่คัดเลือกไว้มีการกระจายตัวของลักษณะอื่น ๆ และไม่จำเป็นต้องมีความสัมพันธ์ของทุกลักษณะไปในทางเดียวกัน จึงเหมาะสมที่จะเป็นตัวแทนประชากรเพื่อใช้ในการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ระหว่างลักษณะทางพืชไร่และลักษณะทางสรีรวิทยากับผลผลิต

**ตารางที่ 1** ค่าเฉลี่ยของลักษณะทางพืชไร่และลักษณะทางสรีรวิทยาของถั่วเขียวสายพันธุ์ต่างประเทศ จาก AVRDC

| หมายเลข | สายพันธุ์ | ความสูง (ซม.) | น้ำหนักสด ชีวมวล (กรัม) | น้ำหนักแห้ง มวลรวม (กรัม) | จำนวน กิ่งต่อต้น | จำนวน ช่อต่อต้น | จำนวน เมล็ดต่อฝัก | วันดอกแรก บาน | วันฝักแรก สุก | ความยาว ฝัก (ซม.) | จำนวน ฝักต่อต้น | จำนวน เมล็ดต่อต้น | น้ำหนัก 100 เมล็ด (ก.) | ดัชนี พื้นที่ใบ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | V 1016 | 52.8 | 83.35 | 29.07 | 9.60 | 11.00 | 8.8 | 39 | 54 | 8.8 | 37 | 313 | 5.34 | 1.77 |
| 2 | V 1066 | 57.1 | 93.53 | 30.98 | 10.70 | 18.20 | 9.5 | 39 | 54 | 9.5 | 33 | 326 | 6.24 | 2.32 |
| 3 | V 1067 | 65.7 | 120.06 | 39.97 | 8.50 | 20.80 | 10.7 | 39 | 54 | 10.7 | 54 | 527 | 6.27 | 2.99 |
| 4 | V 1103 | 57.7 | 91.17 | 30.77 | 8.80 | 22.80 | 10.7 | 36 | 53 | 10.7 | 37 | 368 | 4.44 | 3.53 |
| 5 | V 1110 | 55.3 | 119.90 | 40.77 | 10.00 | 28.40 | 9.6 | 35 | 53 | 9.6 | 43 | 382 | 4.11 | 2.88 |
| 6 | V 1132 | 38.4 | 98.31 | 38.04 | 7.30 | 19.20 | 9.9 | 33 | 51 | 9.9 | 20 | 182 | 5.36 | 2.92 |
| 7 | V 1133 | 43.6 | 81.09 | 30.23 | 9.00 | 27.00 | 9.8 | 36 | 52 | 9.8 | 33 | 299 | 5.61 | 2.61 |
| 8 | V 1160 | 71.5 | 100.10 | 21.71 | 14.80 | | | ไม่ออกดอก | | | | | | 5.20 |
| | (*V. subovata*) | | | | | | | | | | | | | |
| 9 | V 1207 | 47.6 | 96.71 | 36.11 | 8.40 | 19.80 | 11.4 | 39 | 51 | 11.4 | 47 | 471 | 3.55 | 2.90 |
| 10 | SUT 2 | 60.1 | 74.20 | 29.55 | 8.00 | 19.60 | 6.8 | 36 | 51 | 6.8 | 31 | 272 | 6.33 | 4.14 |
| 11 | KPS 1 | 69.2 | 90.53 | 36.39 | 10.60 | 26.60 | 9.0 | 33 | 51 | 9.0 | 41 | 409 | 7.52 | 3.04 |
| 12 | V 1270 | 49.5 | 63.37 | 21.17 | 6.80 | 25.20 | 10.1 | 33 | 50 | 10.1 | 33 | 319 | 4.46 | 2.32 |
| 13 | V 1323 | 64.4 | 121.43 | 42.58 | 7.60 | 17.20 | 9.9 | 38 | 50 | 9.9 | 33 | 320 | 6.12 | 2.47 |
| 14 | V 1327 | 50.2 | 116.72 | 42.86 | 7.40 | 23.80 | 9.4 | 40 | 54 | 9.4 | 38 | 306 | 6.37 | 3.14 |
| 15 | V 1330 | 60.7 | 115.84 | 41.07 | 7.60 | 21.80 | 9.5 | 38 | 54 | 9.5 | 32 | 265 | 5.73 | 4.93 |
| 16 | V 1364 | 51.8 | 71.89 | 26.31 | 7.80 | 31.20 | 10.8 | 39 | 54 | 10.8 | 25 | 242 | 5.94 | 3.05 |
| 17 | V 1375 | 49.3 | 65.54 | 24.76 | 7.40 | 15.60 | 8.8 | 33 | 54 | 8.8 | 21 | 188 | 6.29 | 2.87 |
| 18 | V 1377 | 70.6 | 93.35 | 31.90 | 7.80 | 25.00 | 11.2 | 40 | 54 | 11.2 | 30 | 294 | 6.67 | 3.94 |
| 19 | V 1380 | 71.1 | 106.38 | 36.72 | 6.20 | 16.40 | 10.4 | 39 | 55 | 10.4 | 17 | 159 | 7.35 | 3.45 |
| 20 | V 1387 | 71.0 | 71.77 | 25.81 | 6.40 | 19.00 | 11.2 | 38 | 55 | 11.2 | 18 | 162 | 7.24 | 3.32 |
| 21 | V 1388 | 68.0 | 67.22 | 20.10 | 6.00 | 13.20 | 9.6 | 39 | 55 | 9.6 | 23 | 198 | 7.38 | 4.13 |
| 22 | SUT 2 | 66.1 | 89.92 | 37.55 | 6.00 | 17.00 | 9.1 | 39 | 53 | 9.1 | 21 | 161 | 6.16 | 2.15 |
| 23 | KPS 1 | 67.4 | 96.47 | 40.65 | 8.60 | 20.40 | 8.9 | 39 | 50 | 8.9 | 27 | 236 | 7.04 | 3.29 |
| 24 | V 1399 | 85.1 | 82.71 | 28.33 | 8.00 | 22.80 | 11.4 | 39 | 54 | 11.4 | 18 | 174 | 7.60 | 4.66 |

**ตารางที่ 1** ค่าเฉลี่ยของลักษณะทางพืชไร่และลักษณะทางสรีรวิทยาของถั่วเขียวสายพันธุ์ต่างประเทศ จาก AVRDC (ต่อ)

| หมายเลข | สายพันธุ์ | ความสูง (ซม.) | น้ำหนักสด ชีวมวล (กรัม) | น้ำหนักแห้ง มวลรวม (กรัม) | จำนวน กิ่งต่อต้น | จำนวน ช่อต่อต้น | จำนวน เมล็ดต่อฝัก | วันดอกแรก บาน | วันฝักแรก สุก | ความยาว ฝัก (ซม.) | จำนวน ฝักต่อต้น | จำนวน เมล็ดต่อต้น | น้ำหนัก 100 เมล็ด (ก.) | ดัชนี พื้นที่ใบ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 25 | V 1410 | 95.2 | 95.94 | 28.91 | 7.40 | 30.60 | 12.4 | 38 | 54 | 12.4 | 20 | 174 | 8.54 | 5.02 |
| 26 | V 1410 AG1 | 38.2 | 26.14 | 24.79 | 7.90 | 30.80 | 8.9 | 30 | 50 | 8.9 | 19 | 167 | 4.59 | 1.76 |
| 27 | V 1410 AG2 | 94.2 | 65.38 | 20.98 | 7.40 | 21.40 | 12.3 | 40 | 53 | 12.3 | 19 | 196 | 7.96 | 3.44 |
| 28 | V 1415 | 61.6 | 102.48 | 29.13 | 6.10 | 18.40 | 9.7 | 38 | 51 | 9.7 | 14 | 145 | 7.64 | 3.10 |
| 29 | V 1416 AG | 63.7 | 79.19 | 26.66 | 6.70 | 21.20 | 9.5 | 41 | 55 | 9.5 | 14 | 125 | 7.85 | 2.51 |
| 30 | V 1445 | 74.3 | 81.99 | 28.13 | 8.20 | 26.20 | 10.6 | 43 | 55 | 10.6 | 25 | 252 | 4.66 | 3.54 |
| 31 | V 1471 | 82.9 | 61.99 | 23.47 | 8.90 | 27.60 | 11.2 | 44 | 58 | 11.2 | 26 | 288 | 2.69 | 2.90 |
| 32 | V 1573 | 73.8 | 114.23 | 37.57 | 7.90 | 27.00 | 11.0 | 42 | 58 | 11.0 | 31 | 304 | 2.82 | 3.03 |
| 33 | V 1578 | 74.6 | 55.51 | 20.32 | 5.60 | 26.80 | 10.9 | 41 | 58 | 10.9 | 43 | 411 | 5.50 | 2.64 |
| 34 | SUT 2 | 67.6 | 66.86 | 24.46 | 6.80 | 20.00 | 6.3 | 36 | 51 | 6.3 | 23 | 182 | 7.19 | 3.28 |
| 35 | KPS 1 | 67.80 | 91.74 | 35.70 | 7.90 | 22.40 | 9.64 | 41 | 54 | 9.6 | 26 | 219 | 4.45 | 4.81 |
| 36 | V 1631 | 59.30 | 62.46 | 24.11 | 7.80 | 22.20 | 11.26 | 40 | 54 | 11.3 | 40 | 377 | 3.51 | 5.34 |
| 37 | V 1649 | 32.70 | 47.67 | 21.10 | 8.50 | 26.40 | 8.53 | 35 | 50 | 8.5 | 18 | 140 | 3.16 | 0.92 |
| 38 | V 1667 | 63.00 | 91.62 | 34.16 | 6.60 | 27.40 | 10.91 | 41 | 51 | 10.9 | 21 | 225 | 4.65 | 3.78 |
| 39 | V 1673 | 50.10 | 64.04 | 27.96 | 5.40 | 19.60 | 10.16 | 36 | 50 | 10.2 | 15 | 161 | 5.53 | 2.28 |
| 40 | V 1709 | 42.70 | 57.49 | 26.82 | 7.60 | 19.40 | 9.57 | 36 | 51 | 9.6 | 24 | 210 | 3.94 | 1.78 |
| 41 | V 1730 | 59.80 | 64.14 | 22.60 | 8.00 | 28.40 | 10.27 | 36 | 50 | 10.3 | 29 | 240 | 3.70 | 3.03 |
| 42 | V 1735 | 65.80 | 77.27 | 27.20 | 8.40 | 19.60 | 10.55 | 36 | 50 | 10.6 | 31 | 274 | 3.76 | 4.54 |
| 43 | V 1745 | 48.90 | 69.70 | 27.41 | 7.40 | 22.20 | 9.61 | 39 | 50 | 9.6 | 27 | 236 | 4.41 | 2.95 |
| 44 | V 1776 | 44.10 | 44.43 | 15.54 | 6.80 | 22.60 | 9.69 | 36 | 50 | 9.7 | 24 | 195 | 4.58 | 1.67 |
| 45 | V 1837 | ไม่งอก | | | | | | ไม่งอก | | | | | | |
| 46 | SUT 2 | 62.70 | 52.56 | 23.83 | 6.90 | 25.80 | 10.42 | 38 | 50 | 10.4 | 29 | 229 | 6.07 | 2.93 |
| 47 | KPS 1 | 64.40 | 80.35 | 29.18 | 7.30 | 19.60 | 9.76 | 41 | 53 | 9.8 | 27 | 234 | 7.37 | 2.88 |
| 48 | V 1844 | 66.90 | 100.05 | 41.85 | 7.90 | 21.80 | 11.12 | 41 | 57 | 11.1 | 37 | 349 | 3.95 | 3.18 |
| 49 | V 1867 | 50.20 | 73.33 | 29.84 | 7.30 | 23.80 | 8.16 | 36 | 54 | 18.2 | 30 | 254 | 4.65 | 3.61 |

**ตารางที่ 1** ค่าเฉลี่ยของลักษณะทางพืชไร่และลักษณะทางสรีรวิทยาของถั่วเขียวสายพันธุ์ต่างประเทศ จาก AVRDC (ต่อ)

| หมายเลข | สายพันธุ์ | ความสูง (ซม.) | น้ำหนักสด ชีวมวล (กรัม) | น้ำหนักแห้ง มวลรวม (กรัม) | จำนวน กิ่งต่อต้น | จำนวน ช่อต่อต้น | จำนวน เมล็ดต่อฝัก | วันดอกแรก บาน | วันฝักแรก สุก | ความยาว ฝัก (ซม.) | จำนวน ฝักต่อต้น | จำนวน เมล็ดต่อต้น | น้ำหนัก 100 เมล็ด (ก.) | ดัชนี พื้นที่ใบ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 50 | V 1867M | 48.90 | 60.42 | 21.88 | 7.20 | 19.60 | 10.71 | 34 | 54 | 10.7 | 26 | 246 | 4.54 | 2.76 |
| 51 | V 1944 | 49.20 | 70.71 | 23.83 | 6.40 | 12.40 | 8.91 | 34 | 53 | 8.9 | 15 | 122 | 8.88 | 2.49 |
| 52 | V 1945 | 63.50 | 59.53 | 23.64 | 6.50 | 12.00 | 9.13 | 40 | 54 | 9.1 | 25 | 206 | 7.03 | 2.04 |
| 53 | V 1946 | 47.00 | 39.08 | 20.19 | 8.20 | 13.40 | 8.07 | 40 | 50 | 8.1 | 10 | 67 | 8.79 | 2.15 |
| 54 | V 1947 | 75.60 | 65.45 | 23.95 | 6.00 | 9.20 | 10.86 | 35 | 50 | 10.9 | 20 | 180 | 7.31 | 2.01 |
| 55 | V 1948 | 67.40 | 62.95 | 22.36 | 7.80 | 11.00 | 10.99 | 41 | 54 | 11.0 | 20 | 183 | 7.61 | 3.05 |
| 56 | V 1968 | 39.20 | 56.56 | 20.82 | 7.20 | 17.60 | 8.18 | 41 | 54 | 8.2 | 18 | 122 | 4.31 | 2.03 |
| 57 | V 1969 | 30.00 | 59.52 | 23.01 | 6.70 | 12.40 | 7.90 | 36 | 50 | 7.9 | 9 | 70 | 6.01 | 0.92 |
| 58 | SUT 2 | 54.20 | 64.34 | 24.39 | 5.80 | 11.20 | 8.74 | 40 | 54 | 8.7 | 21 | 130 | 6.66 | 1.96 |
| 59 | KPS 1 | 58.30 | 88.77 | 37.86 | 6.40 | 12.40 | 9.02 | 41 | 56 | 9.0 | 34 | 250 | 6.81 | 5.12 |
| 60 | V 1984 | 48.10 | 53.21 | 17.44 | 6.60 | 10.20 | 9.86 | 33 | 50 | 9.9 | 21 | 165 | 5.19 | 4.13 |
| 61 | V 2010 | 55.10 | 78.30 | 27.83 | 6.40 | 13.00 | 10.25 | 36 | 51 | 10.3 | 24 | 239 | 6.89 | 2.38 |
| 62 | V 2022 | 85.90 | 115.40 | 34.77 | 8.90 | 34.20 | 11.08 | 45 | 58 | 11.1 | 35 | 297 | 4.71 | 3.65 |
| 63 | V 2075 | 94.50 | 113.17 | 30.43 | 8.50 | 19.00 | 10.22 | 43 | 58 | 10.2 | 27 | 226 | 4.28 | 9.13 |
| 64 | V 2085 | 75.70 | 49.95 | 15.98 | 7.50 | 19.80 | 9.99 | 41 | 54 | 10.0 | 23 | 211 | 6.97 | 3.52 |
| 65 | V 2110 | 62.00 | 67.66 | 27.40 | 8.40 | 17.20 | 8.34 | 44 | 56 | 8.3 | 16 | 166 | 4.71 | 4.19 |
| 66 | V 2184 | 60.30 | 52.47 | 17.62 | 6.00 | 12.60 | 8.95 | 36 | 53 | 9.0 | 21 | 178 | 7.24 | 2.27 |
| 67 | V 2159 | 60.60 | 66.76 | 24.73 | 7.00 | 21.80 | 10.62 | 33 | 50 | 10.6 | 23 | 215 | 3.68 | 1.65 |
| 68 | V 2191 | 62.00 | 84.09 | 30.94 | 6.60 | 11.80 | 10.67 | 42 | 55 | 10.7 | 24 | 267 | 5.97 | 5.07 |
| 69 | V 2268 | 59.60 | 57.51 | 22.59 | 7.20 | 24.20 | 9.76 | 41 | 55 | 9.8 | 39 | 360 | 3.77 | 3.27 |
| 70 | SUT 2 | 61.20 | 106.33 | 23.83 | 6.20 | 13.80 | 9.34 | 36 | 53 | 9.3 | 20 | 231 | 6.38 | 4.55 |
| 71 | KPS 1 | 60.90 | 64.90 | 25.14 | 6.10 | 21.20 | 9.77 | 36 | 50 | 9.8 | 22 | 126 | 7.57 | 2.55 |
| 72 | V 2273 | 49.80 | 54.10 | 17.87 | 7.20 | 13.40 | 8.11 | 35 | 50 | 8.1 | 20 | 180 | 5.06 | 2.96 |
| 73 | V 2365 | ไม่งอก | | | | | | ไม่งอก | | | | | | |
| 74 | V 2396 | 70.30 | 81.44 | 25.94 | 5.90 | 17.80 | 10.60 | 41 | 50 | 10.6 | 35 | 341 | 2.80 | 4.68 |

**ตารางที่ 1** ค่าเฉลี่ยของลักษณะทางพืชไร่และลักษณะทางสรีรวิทยาของถั่วเขียวสายพันธุ์ต่างประเทศ จาก AVRDC (ต่อ)

| หมายเลข | สายพันธุ์ | ความสูง (ซม.) | น้ำหนักสด ชีวมวล (กรัม) | น้ำหนักแห้ง มวลรวม (กรัม) | จำนวน กิ่งต่อต้น | จำนวน ช่อต่อต้น | จำนวน เมล็ดต่อฝัก | วันดอกแรก บาน | วันฝักแรก สุก | ความยาว ฝัก (ซม.) | จำนวน ฝักต่อต้น | จำนวน เมล็ดต่อต้น | น้ำหนัก 100 เมล็ด (ก.) | ดัชนี พื้นที่ใบ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 75 | V 2565 | 53.60 | 88.21 | 31.94 | 6.10 | 16.40 | 9.47 | 39 | 53 | 9.5 | 19 | 175 | 7.01 | 3.07 |
| 76 | V 2688 | 64.70 | 126.22 | 44.18 | 7.00 | 23.60 | 10.43 | 38 | 55 | 10.4 | 48 | 380 | 4.30 | 4.20 |
| 77 | V 2709 | 53.10 | 75.26 | 34.96 | 7.60 | 28.40 | 10.88 | 38 | 50 | 10.9 | 44 | 395 | 3.21 | 4.60 |
| 78 | V 2773 | 58.30 | 57.95 | 22.31 | 8.60 | 35.40 | 10.75 | 34 | 56 | 10.8 | 70 | 584 | 3.62 | 5.14 |
| 79 | V 2774 | 67.50 | 56.09 | 23.21 | 8.30 | 28.20 | 10.34 | 38 | 55 | 10.3 | 64 | 556 | 3.50 | 2.73 |
| 80 | V 2787 | 50.60 | 48.97 | 21.89 | 6.80 | 17.20 | 8.92 | 33 | 51 | 8.9 | 42 | 357 | 3.54 | 1.92 |
| 81 | V 2802 | 69.00 | 97.27 | 28.77 | 7.60 | 27.40 | 8.57 | 38 | 54 | 8.6 | 47 | 327 | 4.02 | 4.68 |
| 82 | SUT 2 | 66.20 | 63.30 | 37.15 | 7.00 | 19.60 | 6.41 | 40 | 54 | 6.4 | 30 | 235 | 5.96 | 4.89 |
| 83 | KPS 1 | 76.60 | 102.32 | 39.09 | 7.40 | 21.40 | 6.71 | 40 | 54 | 6.7 | 34 | 292 | 7.20 | 3.50 |
| 84 | V 2802 BR | 69.60 | 114.46 | 34.85 | 7.40 | 16.80 | 8.97 | 42 | 55 | 9.0 | 27 | 192 | 4.64 | 4.85 |
| 85 | V 2802 G | 64.70 | 70.03 | 19.94 | 8.00 | 31.80 | 4.91 | 40 | 55 | 4.9 | 17 | 125 | 3.88 | 4.49 |
| 86 | V 2808 | 69.20 | 62.48 | 21.73 | 6.20 | 20.00 | 10.25 | 42 | 56 | 10.3 | 14 | 116 | 5.92 | 3.44 |
| 87 | V 2815 | 79.70 | 102.32 | 39.57 | 8.30 | 26.40 | 11.69 | 40 | 54 | 11.7 | 23 | 219 | 7.85 | 4.31 |
| 88 | V 2915 | 60.10 | 78.10 | 29.05 | 7.00 | 29.60 | 11.72 | 41 | 5 | 11.7 | 34 | 319 | 6.30 | 5.05 |
| 89 | V 2949 | 50.10 | 63.90 | 27.97 | 6.60 | 20.00 | 10.04 | 36 | 56 | 10.0 | 17 | 173 | 4.59 | 3.64 |
| 90 | V 2984 | 57.60 | 59.41 | 27.16 | 6.50 | 19.20 | 10.44 | 36 | 54 | 10.4 | 33 | 335 | 4.16 | 3.68 |
| 91 | V 3017 | 46.90 | 76.56 | 27.04 | 8.90 | 48.40 | 9.84 | 37 | 57 | 9.8 | 25 | 241 | 2.22 | 4.71 |
| 92 | V 3092 | 47.50 | 106.13 | 43.64 | 7.10 | 29.40 | 9.35 | 37 | 54 | 9.4 | 30 | 271 | 4.31 | 5.97 |
| 93 | V 3096 | 30.30 | 31.13 | 14.35 | 6.00 | 11.60 | 8.96 | 34 | 50 | 8.0 | 7 | 74 | 4.08 | 1.99 |
| 94 | SUT 2 | 62.60 | 93.53 | 31.72 | 6.30 | 12.00 | 10.95 | 38 | 53 | 11.0 | 23 | 167 | 51.3 | 4.88 |
| 95 | KPS 1 | 65.50 | 73.21 | 27.21 | 7.20 | 20.60 | 9.70 | 40 | 54 | 9.7 | 29 | 233 | 75.9 | 5.33 |
| 96 | V 3109 | 23.60 | 32.52 | 15.16 | 5.60 | 18.60 | 9.08 | 33 | 51 | 9.1 | 14 | 135 | 3.98 | 1.21 |
| 97 | V 3131 | 53.80 | 106.27 | 42.20 | 6.00 | 19.60 | 9.34 | 36 | 50 | 9.3 | 25 | 216 | 5.72 | 3.59 |
| 98 | V 3372 | 40.80 | 30.73 | 15.47 | 7.80 | 24.40 | 8.56 | 36 | 55 | 8.6 | 12 | 98 | 3.96 | 1.72 |
| 99 | V 3384 | 61.70 | 110.48 | 51.02 | 7.80 | 22.00 | 11.13 | 41 | 55 | 11.1 | 37 | 346 | 4.65 | 5.71 |

**ตารางที่ 1** ค่าเฉลี่ยของลักษณะทางพืชไร่และลักษณะทางสรีรวิทยาของถั่วเขียวสายพันธุ์ต่างประเทศ จาก AVRDC (ต่อ)

| หมายเลข | สายพันธุ์ | ความสูง (ซม.) | น้ำหนักสด ชีวมวล (กรัม) | น้ำหนักแห้ง มวลรวม (กรัม) | จำนวน กิ่งต่อต้น | จำนวน ช่อต่อต้น | จำนวน เมล็ดต่อฝัก | วันดอกแรก บาน | วันฝักแรก สุก | ความยาว ฝัก (ซม.) | จำนวน ฝักต่อต้น | จำนวน เมล็ดต่อต้น | น้ำหนัก 100 เมล็ด (ก.) | ดัชนี พื้นที่ใบ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 100 | V 3387 | 51.00 | 95.16 | 38.38 | 6.40 | 22.60 | 11.18 | 35 | 54 | 11.2 | 31 | 259 | 5.38 | 3.45 |
| 101 | V 3388 | 62.50 | 162.96 | 43.99 | 6.40 | 20.80 | 9.21 | 41 | 55 | 9.2 | 23 | 190 | 5.80 | 5.59 |
| 102 | V 3404 | 81.80 | 106.39 | 43.80 | 7.80 | 19.80 | 9.07 | 39 | 55 | 9.1 | 22 | 157 | 7.88 | 5.61 |
| 103 | V 3476A | 60.70 | 71.62 | 29.74 | 6.60 | 17.40 | 9.65 | 39 | 50 | 9.7 | 35 | 288 | 5.87 | 2.74 |
| 104 | V 3484 | 49.10 | 96.38 | 45.39 | 6.80 | 20.20 | 11.13 | 41 | 54 | 11.1 | 35 | 302 | 5.18 | 4.17 |
| 105 | V 3490 | 53.30 | 57.52 | 25.03 | 8.70 | 36.60 | 9.08 | 41 | 54 | 9.1 | 43 | 355 | 7.55 | 2.09 |
| 106 | SUT 2 | 62.80 | 64.58 | 23.39 | 6.20 | 23.60 | 8.87 | 39 | 51 | 8.9 | 31 | 231 | 6.65 | 2.60 |
| 107 | KPS 1 | 72.20 | 71.72 | 26.28 | 7.00 | 15.80 | 10.43 | 41 | 53 | 10.4 | 20 | 176 | 7.07 | 4.81 |
| 108 | V 3495 | 59.50 | 112.49 | 30.91 | 8.00 | 43.60 | 8.88 | 40 | 55 | 8.9 | 35 | 311 | 2.78 | 4.31 |
| 109 | V 4281 | 63.90 | 72.37 | 29.72 | 8.00 | 41.20 | 10.53 | 40 | 58 | 10.5 | 25 | 246 | 2.65 | 4.08 |
| 110 | V 4287 | 61.90 | 84.23 | 35.81 | 8.40 | 28.20 | 9.47 | 41 | 56 | 9.5 | 37 | 263 | 5.34 | 5.29 |
| 111 | V 4451 | 69.20 | 122.87 | 41.88 | 6.40 | 26.80 | 10.87 | 40 | 56 | 10.9 | 41 | 324 | 3.78 | 3.51 |
| 112 | V 4535 | 63.10 | 127.37 | 46.37 | 7.20 | 21.20 | 10.71 | 40 | 56 | 10.7 | 38 | 342 | 5.19 | 4.76 |
| 113 | V 4685 | 61.60 | 81.24 | 26.60 | 6.60 | 20.60 | 9.39 | 34 | 56 | 9.4 | 30 | 309 | 4.15 | 4.59 |
| 114 | V 4718 | 60.50 | 99.53 | 33.57 | 6.60 | 36.60 | 9.67 | 38 | 56 | 9.7 | 57 | 566 | 2.91 | 2.41 |
| 115 | V 4758 | 54.70 | 111.76 | 36.33 | 6.40 | 23.20 | 11.32 | 40 | 56 | 11.3 | 46 | 500 | 3.55 | 2.58 |
| 116 | V 4785 | 55.90 | 168.74 | 54.26 | 7.40 | 34.40 | 9.74 | 40 | 55 | 9.7 | 45 | 481 | 3.32 | 4.30 |
| 117 | V 4793 | 52.30 | 96.30 | 29.87 | 7.20 | 22.60 | 10.90 | 36 | 54 | 10.9 | 42 | 299 | 4.60 | 2.28 |
| 118 | SUT 2 | 69.00 | 63.45 | 25.48 | 7.80 | 24.60 | 8.90 | 39 | 51 | 8.9 | 24 | 202 | 6.31 | 3.77 |
| 119 | KPS 1 | 70.40 | 85.42 | 33.13 | 7.60 | 16.60 | 9.37 | 39 | 55 | 9.4 | 37 | 349 | 7.28 | 4.44 |
| 120 | V 4956 | 52.80 | 113.92 | 45.52 | 7.80 | 33.60 | 9.24 | 40 | 54 | 9.2 | 63 | 589 | 3.65 | 3.41 |
| 121 | V 5000 | 60.30 | 90.84 | 36.27 | 7.70 | 25.40 | 8.93 | 41 | 57 | 8.9 | 52 | 462 | 5.79 | 2.94 |
| 122 | V 5036 | 64.10 | 136.79 | 44.08 | 6.80 | 16.40 | 9.78 | 41 | 58 | 9.8 | 56 | 709 | 2.79 | 2.66 |
| 123 | V 5197 | 59.40 | 86.63 | 30.46 | 8.50 | 40.00 | 8.88 | 41 | 54 | 8.9 | 80 | 671 | 3.65 | 2.64 |
| 124 | V 5461 | 26.70 | 19.75 | 10.33 | 6.70 | 21.80 | 9.29 | 33 | 48 | 9.3 | 21 | 223 | 3.53 | 1.31 |

**ตารางที่ 1** ค่าเฉลี่ยของลักษณะทางพืชไร่และลักษณะทางสรีรวิทยาของถั่วเขียวสายพันธุ์ต่างประเทศ จาก AVRDC (ต่อ)

| หมายเลข | สายพันธุ์ | ความสูง (ซม.) | น้ำหนักสด ชีวมวล (กรัม) | น้ำหนักแห้ง มวลรวม (กรัม) | จำนวน กิ่งต่อต้น | จำนวน ช่อต่อต้น | จำนวน เมล็ดต่อฝัก | วันดอกแรก บาน | วันฝักแรก สุก | ความยาว ฝัก (ซม.) | จำนวน ฝักต่อต้น | จำนวน เมล็ดต่อต้น | น้ำหนัก 100 เมล็ด (ก.) | ดัชนี พื้นที่ใบ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 125 | V 5926 | 84.80 | 109.78 | 30.51 | 9.50 | 39.80 | 9.12 | 46 | 63 | 9.1 | 28 | 257 | 5.69 | 4.74 |
| 126 | V 5991 | 53.50 | 57.83 | 25.75 | 6.60 | 10.00 | 8.92 | 43 | 59 | 8.9 | 32 | 245 | 2.90 | 3.88 |
| 127 | V 6009 | 57.10 | 67.79 | 27.64 | 6.60 | 16.00 | 12.64 | 40 | 54 | 12.6 | 37 | 341 | 6.37 | 2.70 |
| 128 | V 6011 | 56.20 | 74.75 | 29.34 | 7.20 | 17.60 | 10.17 | 40 | 55 | 10.2 | 40 | 330 | 5.68 | 2.33 |
| 129 | V 6013 | 80.10 | 69.21 | 27.22 | 7.60 | 18.40 | 9.38 | 39 | 55 | 9.4 | 33 | 289 | 6.60 | 2.86 |
| 130 | SUT 2 | 66.40 | 85.74 | 30.84 | 6.50 | 11.40 | 9.31 | 39 | 55 | 9.3 | 29 | 215 | 6.75 | 1.89 |
| 131 | KPS 1 | 69.80 | 102.52 | 37.58 | 8.30 | 22.20 | 9.37 | 41 | 56 | 9.4 | 42 | 337 | 7.12 | 5.32 |
| 132 | V 6015 | 50.50 | 70.51 | 20.71 | 4.80 | 15.00 | 9.48 | 41 | 50 | 9.5 | 29 | 225 | 6.18 | 1.54 |
| 133 | V 6017 | 43.70 | 56.99 | 16.50 | 6.10 | 15.80 | 10.59 | 35 | 55 | 6.8 | 15 | 88 | 5.32 | 2.87 |
| 134 | V 6037 | 20.20 | 68.82 | 26.71 | 6.50 | 17.80 | 10.98 | 39 | 55 | 7.2 | 2 | 18 | 2.99 | 0.58 |
| 135 | V 6083 | 48.20 | 68.76 | 27.62 | 7.50 | 17.80 | 10.83 | 41 | 54 | 10.4 | 24 | 219 | 6.45 | 3.14 |
| 136 | V 6094 | 58.40 | 66.82 | 22.69 | 8.20 | 19.40 | 9.31 | 41 | 55 | 9.3 | 33 | 212 | 4.46 | 3.34 |
| 137 | V 1410AG | 88.10 | 69.43 | 15.91 | 7.00 | 12.20 | 9.45 | 41 | 55 | 9.5 | 17 | 141 | 8.73 | 3.27 |
| 138 | V 1414AG | 84.90 | 97.00 | 31.15 | 7.50 | 25.40 | 12.2 | 43 | 59 | 12.2 | 25 | 252 | 7.68 | 3.69 |
| 139 | V 1415AG | 57.60 | 92.53 | 29.52 | 5.90 | 14.20 | 10.44 | 40 | 54 | 10.4 | 29 | 246 | 7.37 | 2.63 |
| 140 | V 1842 | 38.70 | 42.67 | 20.51 | 6.90 | 17.00 | 9.78 | 40 | 54 | 9.8 | 8 | 69 | 4.41 | 1.49 |
| 141 | SUT 2 | 55.40 | 79.62 | 28.92 | 7.00 | 21.60 | 8.95 | 40 | 54 | 9.0 | 24 | 178 | 6.21 | 3.56 |
| 142 | KPS 1 | 59.70 | 102.20 | 37.80 | 7.70 | 13.40 | 9.24 | 41 | 54 | 9.2 | 27 | 219 | 7.44 | 3.34 |
| 143 | CN 72 | 62.90 | 70.13 | 27.15 | 6.80 | 10.00 | 10.3 | 40 | 54 | 10.3 | 24 | 206 | 7.23 | 3.32 |

**ตารางที่ 2** ค่าเฉลี่ยลักษณะทางพืชไร่และลักษณะทางสรีรวิทยาของถั่วเขียวสายพันธุ์จาก AVRDC และสายพันธุ์ที่ปรับปรุงในประเทศไทย

| สายพันธุ์ | วันดอกแรกบาน | วันฝักแรกสุก | น้ำหนักสดชีวมวล (ก.) | น้ำหนักแห้งมวลรวม (ก.) | จำนวนช่อต่อต้น | จำนวนกิ่งต่อต้น | ความสูง (ซม.) | ดัชนีพื้นที่ใบ | น้ำหนักเมล็ดต่อต้น (ก.) | น้ำหนัก 100 เมล็ด (ก.) | จำนวนเมล็ดต่อต้น | จำนวนฝักต่อต้น | ความยาวฝัก (ซม.) | จำนวนเมล็ดต่อฝัก | ผลผลิต (กก./ไร่) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| V 1067 | 44 ± 0.3[a] e | 67 ± 0.3 b | 112 ± 10.6 abc | 28 ± 2.8 abc | 8.7 ± 1.1 e-o | 3.7 ± 0.4 abc | 59 ± 0.8 a-d | 4.0 ± 0.3 ab | 11.0 ± 1.7 d-j | 5.6 ± 2.0 d-i | 194 ± 31.3 i-p | 20 ± 3.9 i-n | 8.5 ± 0.1 g-k | 10 ± 0.4 c-l | 352 ± 53 c-i |
| V 1110 | 42 ± 0.6 hij | 62 ± 0.3 cde | 64 ± 7.6 g-n | 18 ± 2.2 e-n | 8.2 ± 0.6 e-p | 2.9 ± 0.3 d-l | 38 ± 2.5 n-s | 1.9 ± 0.5 f-l | 8.5 ± 0.5 f-l | 4.6 ± 0.3 i-q | 187 ± 11.7 i-q | 23 ± 1.8 g-m | 7.4 ± 0.1 p-s | 9 ± 0.3 q-v | 272 ± 17 f-k |
| V 1132 | 41 ± 0.3 j-m | 57 ± 0.5 h-p | 36 ± 4.1 mn | 13 ± 2.4 mn | 6.3 ± 0.4 m-p | 2.3 ± 0.1 l-p | 31 ± 0.7 u | 1.8 ± 0.4 f-l | 7.5 ± 1.0 h-l | 5.5 ± 0.4 d-i | 123 ± 16.3 o-s | 16 ± 2.9 lmn | 7.4 ± 0.1 p-s | 9 ± 0.3 o-v | 238 ± 32 g-k |
| V 1323 | 44 ± 0.5 ef | 60 ± 0.3 c-k | 78 ± 7.5 b-l | 23 ± 2.7 b-k | 7.4 ± 1.1 g-p | 2.6 ± 0.1 f-o | 52 ± 2.3 d-h | 2.7 ± 0.3 b-i | 10.3 ± 1.3 d-k | 6.3 ± 0.5 c-f | 165 ± 20.5 j-s | 17 ± 1.8 k-n | 8.9 ± 0.1 fg | 11 ± 0.2 a-g | 330 ± 42 d-j |
| V 1327 | 46 ± 0.8 d | 61 ± 0.4 c-f | 68 ± 6.1 g-m | 18 ± 2.6 f-n | 9.6 ± 2.3 d-l | 2.6 ± 0.1 g-o | 50 ± 0.9 e-i | 2.2 ± 0.2 d-l | 9.4 ± 1.7 d-k | 5.8 ± 0.1 d-h | 167 ± 27.9 j-s | 19 ± 3.4 k-n | 8.5 ± 0.2 g-k | 11 ± 0.2 b-k | 301 ± 53 d-j |
| V 1330 | 46 ± 0.3 d | 61 ± 0.3 c-h | 54 ± 4.8 k-n | 15 ± 3.0 k-n | 8.9 ± 2.1 e-n | 2.5 ± 0.2 g-o | 46 ± 3.7 h-n | 1.4 ± 0.1 i-l | 8.5 ± 1.8 f-l | 5.0 ± 0.6 h-n | 132 ± 34.1 n-s | 19 ± 3.9 k-n | 7.8 ± 0.2 m-p | 8 ± 0.4 v | 273 ± 58 f-k |
| V 1364 | 43 ± 0.4 e-h | 53 ± 7.5 qr | 81 ± 1.9 b-l | 22 ± 1.7 b-l | 9.8 ± 0.8 d-i | 3.3 ± 0.2 c-g | 41 ± 1.3 k-s | 2.5 ± 0.2 d-l | 10.9 ± 1.5 d-j | 5.9 ± 0.2 d-h | 172 ± 24.6 j-r | 19 ± 2.2 k-n | 10.1 ± 0.2 abc | 11 ± 0.4 a-d | 350 ± 48 d-i |
| V 1380 | 43 ± 0.5 efg | 60 ± 0.3 c-k | 83 ± 8.7 b-l | 23 ± 2.6 b-k | 8.0 ± 1.1 f-p | 2.6 ± 0.2 f-o | 53 ± 1.3 c-h | 2.4 ± 0.4 d-l | 13.0 ± 3.2 a-g | 6.6 ± 0.5 a-d | 172 ± 41.3 j-r | 19 ± 5.1 k-n | 9.7 ± 0.2 cd | 10 ± 0.2 c-m | 416 ± 102 a-f |
| V 1471 | 52 ± 0.3 a | 71 ± 0.3 a | 72 ± 5.6 e-l | 16 ± 1.1 j-n | 8.4 ± 1.5 e-p | 4.1 ± 0.3 a | 57 ± 1.1 a-e | 2.6 ± 0.5 c-k | 4.8 ± 1.3 1 | 2.4 ± 0.2 u | 176 ± 42.0 j-r | 22 ± 6.0 h-n | 6.2 ± 0.1 wx | 9 ± 0.1 p-v | 153 ± 41 k |
| V 1573 | 43 ± 0.4 e-h | 60 ± 0.3 c-j | 87 ± 10.0 a-k | 21 ± 1.8 c-m | 9.5 ± 0.9 d-m | 3.3 ± 0.2 c-f | 62 ± 2.3 a | 4.0 ± 0.8 a | 9.9 ± 0.9 d-k | 4.1 ± 0.4 m-s | 289 ± 56.6 d-h | 36 ± 7.1 bcd | 6.9 ± 0.1 stu | 11 ± 0.4 a-i | 316 ± 61 d-j |
| V 1844 | 42 ± 0.4 ghi | 61 ± 0.3 c-h | 107 ± 8.6 a-e | 26 ± 2.0 a-i | 9.9 ± 1.1 d-i | 3.2 ± 0.1 c-i | 57 ± 2.8 a-e | 2.8 ± 0.6 a-h | 9.0 ± 0.9 e-l | 4.0 ± 0.2 n-t | 220 ± 21.5 g-n | 24 ± 3.0 f-m | 7.8 ± 0.2 m-p | 10 ± 0.4 c-l | 289 ± 30 e-k |
| V 1944 | 34 ± 0.5 t | 54 ± 2.7 n-r | 60 ± 17.3 h-n | 21 ± 4.5 c-m | 6.2 ± 0.7 nop | 2.3 ± 0.3 j-p | 38 ± 3.0 p-t | 1.6 ± 0.4 g-l | 9.4 ± 0.9 d-k | 7.3 ± 0.3 ab | 112 ± 11.8 p-s | 16 ± 1.5 lmn | 9.0 ± 0.3 ef | 9 ± 0.2 tuv | 301 ± 30 d-j |
| V 1946 | 37 ± 0.3 q | 53 ± 0.3 pqr | 110 ± 7.3 a-d | 32 ± 1.3 a | 8.3 ± 0.6 e-p | 2.5 ± 0.2 n-p | 40 ± 5.4 l-s | 2.3 ± 0.4 d-l | 13.6 ± 2.3 a-e | 7.6 ± 0.2 a | 169 ± 31.6 j-s | 20 ± 2.8 i-n | 9.9 ± 0.1 bcd | 10 ± 0.4 e-n | 435 ± 73 a-e |
| V 2022 | 44 ± 0.4 e | 59 ± 0.3 c-l | 81 ± 11.0 b-l | 21 ± 2.3 c-m | 8.1 ± 0.5 f-p | 3.4 ± 0.3 bcd | 56 ± 2.3 a-e | 3.5 ± 0.8 a-d | 10.6 ± 0.1 d-j | 4.9 ± 0.3 h-o | 209 ± 42.7 h-o | 22 ± 4.6 g-n | 8.3 ± 0.1 i-m | 10 ± 0.4 f-n | 339 ± 68 d-i |
| V 2075 | 49 ± 0.3 c | 62 ± 0.4 cd | 98 ± 25.1 a-g | 23 ± 6.3 b-k | 10.1 ± 0.5 c-h | 4.0 ± 0.4 ab | 59 ± 2.2 abc | 4.0 ± 0.8 ab | 11.7 ± 1.6 a-h | 4.5 ± 0.1 i-r | 246 ±25.4 e-k | 29 ± 3.7 c-j | 8.2 ± 0.1 i-m | 11 ± 0.1 a-j | 374 ± 52 a-g |
| V 2688 | 42 ± 0.4 ghi | 60 ± 0.5 c-k | 75 ± 16.4 d-l | 20 ± 2.4 d-n | 11.4 ± 0.8 e | 3.2 ± 0.1 c-h | 55 ± 2.8 a-f | 2.8 ± 0.4 a-h | 10.8 ± 0.9 d-j | 4.8 ± 0.9 i-p | 253 ± 27.2 e-j | 27 ± 3.5 d-k | 6.8 ± 0.1 tuv | 10 ± 0.5 d-n | 346 ± 30 d-i |
| V 2773 | 42 ± 0.5 hij | 56 ± 0.4 j-q | 75 ± 2.8 d-l | 24 ± 0.5 b-k | 10.0 ± 1.0 c-i | 2.5 ± 0.1 h-p | 42 ± 1.9 j-q | 2.6 ± 0.3 c-k | 10.4 ± 1.9 d-k | 3.6 ± 0.2 rst | 262 ± 38.1 e-i | 30 ± 4.4 c-h | 6.8 ± 0.0 tuv | 11 ± 0.2 b-l | 331 ± 62 d-j |
| V 2774 | 42 ± 0.4 ghi | 56 ± 0.0 j-q | 54 ± 6.6 k-n | 18 ± 1.5 g-n | 9.8 ± 0.8 d-j | 2.2 ± 0.3 l-p | 41 ± 1.7 k-s | 1.3 ± 0.1 k-l | 10.6 ± 1.0 d-j | 3.8 ± 0.1 q-t | 286 ± 24.3 d-h | 33 ± 4.5 b-f | 6.6 ± 0.1 uvw | 10 ± 2.2 c-l | 340 ± 31 d-i |
| V 2815 | 39 ± 0.7 p | 58 ± 0.3 d-m | 113 ± 22.3 ab | 21 ± 2.2 c-n | 7.4 ± 0.8 g-p | 2.5 ± 0.1 h-p | 55 ± 3.4 a-f | 2.2 ± 0.1 d-l | 9.5 ± 1.6 d-k | 6.3 ± 0.4 c-f | 136 ± 27.2 n-s | 16 ± 3.3 lmn | 10.3 ± 0.2 ab | 10 ± 0.3 c-l | 304 ± 52 d-j |
| V 3092 | 39 ± 0.5 op | 54 ± 0.3 o-r | 51 ± 9.1 lmn | 19 ± 4.3 e-n | 10.6 ± 1.1 b-g | 3.0 ± 0.1 d-l | 39 ± 2.1 o-t | 1.3 ± 0.2 kl | 7.6 ± 1.6 h-l | 4.4 ± 0.1 k-r | 164 ± 35.9 k-s | 22 ± 5.1 g-n | 7.3 ± 0.1 q-t | 9 ± 0.4 o-v | 244 ± 50 g-k |

[a] ข้อมูลแสดงค่าเฉลี่ย ± SE ตัวอักษรที่ต่างกันในแถวแนวตั้งหมายถึงมีความแตกต่างทางสถิติในระดับ 0.05 จากการเปรียบเทียบโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)

**ตารางที่ 2** ค่าเฉลี่ยลักษณะทางพืชไร่และลักษณะทางสรีรวิทยาของถั่วเขียวสายพันธุ์จาก AVRDC และสายพันธุ์ที่ปรับปรุงในประเทศไทย (ต่อ)

| สายพันธุ์ | วันดอกแรกบาน | วันฝักแรกสุก | น้ำหนักสดชีวมวล (ก.) | น้ำหนักแห้งมวลรวม (ก.) | จำนวนช่อต่อต้น | จำนวนกิ่งต่อต้น | ความสูง (ซม.) | ดัชนีพื้นที่ใบ | น้ำหนักเมล็ดต่อต้น (ก.) | น้ำหนัก 100 เมล็ด (ก.) | จำนวนเมล็ดต่อต้น | จำนวนฝักต่อต้น | ความยาวฝัก (ซม.) | จำนวนเมล็ดต่อฝัก | ผลผลิต (กก./ไร่) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| V 3131 | 37 ± 0.3 q | 54 ± 0.9 o-r | 31 ± 5.2 n | 14 ± 0.9 lmn | 6.5 ± 0.2 l-p | 2.3 ± 0.1 k-p | 40 ± 1.5 l-s | 1.3 ± 0.1 jkl | 5.9 ± 0.7 kl | 4.8 ± 0.3 i-p | 107 ± 13.7 p-s | 14 ± 1.8 mn | 7.6 ± 0.2 n-q | 9 ± 0.3 r-v | 187 ± 23 jk |
| V 3384 | 43 ± 0.3 f-i | 59 ± 0.29 d-m | 86 ± 6.6 a-l | 25 ± 1.5 a-i | 10.2 ± 0.4 c-h | 3.3 ± 0.2 c-f | 48 ± 2.2 f-k | 2.9 ± 0.5 a-g | 11.6 ± 2.1 a-h | 5.1 ± 0.3 g-l | 230 ± 41.6 f-m | 25 ± 6.1 e-l | 7.9 ± 0.1 l-p | 11 ± 0.2 h | 372 ± 67 a-g |
| V 3387 | 37 ± 0.4 qr | 51 ± 1.3 r | 51 ± 4.3 lmn | 18 ± 1.7 g-n | 6.6 ± 0.2 j-p | 2.0 ± 0.1 m-p | 34 ± 2.9 stu | 1.5 ± 0.3 h-l | 10.2 ± 2.1 d-k | 5.6 ± 0.2 d-i | 167 ± 36.6 j-s | 20 ± 4.1 i-n | 8.3 ± 0.2 h-l | 10 ± 0.3 g-o | 328 ± 66 d-j |
| V 3388 | 39 ± 0.7 nop | 58 ± 0.3 d-m | 80 ± 11.2 b-l | 23 ± 3.5 b-l | 8.9 ± 0.7 e-n | 3.1 ± 0.1 c-j | 47 ± 2.1 h-l | 2.2 ± 0.3 d-l | 9.2 ± 0.7 e-l | 5.4 ± 0.2 e-k | 162 ± 13.1 k-s | 19 ± 1.2 k-n | 8.0 ± 0.0 l-o | 10 ± 0.5 h-p | 294 ± 24 e-k |
| V 3404 | 40 ± 0.3 m-p | 60 ± 0.3 c-k | 96 ± 18.2 a-h | 26 ± 5.7 a-g | 7.2 ± 0.7 h-p | 2.2 ± 0.2 l-p | 55 ± 1.7 a-f | 2.7 ± 0.4 c-j | 9.5 ± 1.4 d-k | 6.2 ± 0.3 c-f | 137 ± 19.4 n-s | 16 ± 2.5 lmn | 9.4 ± 0.4 d-e | 10 ± 0.6 g-o | 305 ± 46 d-j |
| V 3484 | 40 ± 0.4 l-o | 55 ± 0.3 m-r | 64 ± 6.8 g-n | 21 ± 3.3 c-m | 7.2 ± 0.5 h-p | 2.8 ± 0.3 d-l | 40 ± 1.3 n-s | 2.8 ± 0.3 a-h | 9.8 ± 1.4 d-k | 5.1 ± 0.2 h-m | 188 ± 25.6 i-q | 21 ± 2.4 h-n | 7.7 ± 0.1 n-q | 11 ± 0.5 h-k | 313 ± 43 d-j |
| V 3495 | 36 ± 0.4 rs | 58 ± 0.2 f-o | 76 ± 9.4 d-l | 20 ± 1.9 c-n | 13.8 ± 0.4 a | 4.1 ± 0.4 a | 50 ± 1.8 e-i | 2.9 ± 0.6 a-g | 11.5 ± 1.6 a-h | 3.5 ± 0.1 rst | 342 ± 37.9 abc | 38 ± 3.6 bc | 7.4 ± 0.1 p-s | 10 ± 0.3 g-q | 367 ± 50 a-g |
| V 4451 | 40 ± 0.3 m-p | 59 ± 0.3 d-m | 65 ± 6.2 g-n | 17 ± 1.1 h-n | 10.0 ± 0.7 c-i | 2.6 ± 0.1 e-n | 50 ± 2.9 e-i | 2.3 ± 0.4 d-l | 11.8 ± 1.9 a-h | 3.8 ± 0.2 q-t | 323 ± 50.6 cde | 31 ± 5.9 c-n | 7.1 ± 0.1 r-t | 11 ± 0.3 ab | 378 ± 61 a-g |
| V 4535 | 42 ± 0.7 ijk | 61 ± 0.3 c-g | 72 ± 8.0 e-l | 20 ± 1.5 c-n | 8.4 ± 0.2 e-p | 2.7 ± 0.2 e-n | 47 ± 2.5 h-n | 2.3 ± 0.2 d-l | 11.3 ± 2.0 c-i | 5.4 ± 0.4 e-k | 187 ± 31.2 i-q | 22 ± 2.1 a-n | 8.7 ± 0.1 f-i | 10 ± 0.3 g-o | 361 ± 54 b-h |
| V 4718 | 43 ± 0.4 e-h | 63 ± 0.7 c | 72 ± 14.5 e-l | 20 ± 4.2 c-n | 11.4 ± 0.6 a-e | 2.8 ± 0.1 d-l | 44 ± 2.3 i-p | 2.2 ± 0.7 d-l | 10.2 ± 1.7 d-k | 3.2 ± 0.1 stu | 298 ± 37.6 d-g | 34 ± 5.7 b-e | 6.0 ± 0.1 x | 11 ± 0.3 b-l | 327 ± 16 d-j |
| V 4758 | 41 ± 0.9 j-m | 55 ± 0.4 m-r | 97 ± 7.9 a-g | 27 ± 1.0 a-d | 10.6 ± 1.0 b-g | 2.6 ± 0.3 f-o | 49 ± 2.0 f-j | 1.6 ± 0.2 g-l | 15.5 ± 3.1 abc | 4.0 ± 0.1 n-t | 406 ± 13.5 b | 40 ± 2.0 b | 7.6 ± 0.1 o-r | 12 ± 0.2 a | 495 ± 108 abc |
| V 4785 | 40 ± 0.7 m-p | 54 ± 0.4 n-r | 78 ± 13.7 c-l | 23 ± 3.7 b-k | 11.3 ± 0.8 a-e | 2.9 ± 0.1 d-m | 50 ± 3.2 e-i | 2.8 ± 0.4 a-h | 15.7 ± 1.4 ab | 3.9 ± 0.1 p-t | 397 ± 37.5 bc | 38 ± 2.7 bc | 7.3 ± 0.2 p-s | 11 ± 0.2 abc | 504 ± 45 b |
| V 4956 | 43 ± 0.5 efg | 60 ± 0.4 c-i | 74 ± 15.5 e-l | 23 ± 4.6 b-k | 12.5 ± 1.8 abc | 3.1 ± 0.3 c-i | 47 ± 2.6 g-l | 2.0 ± 0.3 e-l | 12.9 ± 3.4 a-g | 4.1 ± 0.2 m-s | 312 ± 75.2 def | 34 ± 7.6 b-e | 6.9 ± 0.1 stu | 10 ± 0.4 d-n | 413 ± 23 a-f |
| V 5036 | 43 ± 0.5 efg | 60 ± 0.3 c-j | 77 ± 13.6 d-l | 25 ± 3.1 a-i | 10.0 ± 0.2 c-i | 2.4 ± 0.2 j-p | 53 ± 0.9 c-h | 2.1 ± 0.5 c-l | 8.5 ± 0.7 f-l | 3.1 ± 0.1 tu | 290 ±24.2 d-h | 32 ± 3.5 a-e | 6.5 ± 0.1 vw | 10 ± 0.2 h-p | 270 ± 41 f-k |
| V 5197 | 41 ± 0.5 i-l | 61 ± 0.3 c-h | 63 ± 12.4 g-n | 21 ± 4.0 c-m | 9.7 ± 1.6 d-k | 3.3 ± 0.2 cde | 50 ± 1.2 e-i | 1.9 ± 0.1 f-l | 9.4 ± 1.3 d-k | 4.0 ± 0.1 n-t | 233 ± 31.3 f-l | 29 ± 4.0 c-i | 6.6 ± 0.1 uvw | 9 ± 0.1 n-v | 301 ± 26 d-j |
| V 5926 | 51 ± 0.5 b | 71 ± 0.7 a | 81 ± 12.8 b-l | 20 ± 4.7 c-n | 6.6 ± 0.9 k-p | 2.9 ± 0.1 d-m | 61 ± 0.8 a-b | 3.0 ± 0.7 a-g | 7.8 ± 0.8 h-l | 4.4 ± 0.4 j-r | 154 ± 17.7 l-s | 18 ± 3.0 k-n | 8.5 ± 0.1 g-k | 9 ± 0.1 m-v | 249 ± 22 g-k |
| V 6009 | 40 ± 0.3 m-p | 56 ± 0.3 l-q | 61 ± 10.8 h-n | 17 ± 1.8 i-n | 7.5 ± 0.5 g-p | 2.7 ± 0.2 e-n | 42 ± 1.8 j-q | 2.0 ± 0.2 e-l | 9.0 ± 0.7 e-l | 5.5 ± 0.2 d-i | 149 ± 10.1 l-s | 22 ± 2.3 g-n | 9.6 ± 0.3 c-d | 10 ± 0.4 h-p | 289 ± 42 e-k |
| V 1414AG | 42 ± 0.3 ghi | 61 ± 0.3 c-h | 95 ± 12.7 a-h | 26 ± 1.9 a-g | 7.7 ± 0.9 g-p | 2.8 ± 0.3 d-m | 57 ± 2.5 a-e | 2.3 ± 0.4 a-g | 9.1 ± 1.3 e-l | 6.4 ± 0.3 b-f | 137 ± 19.6 n-s | 16 ± 3.4 lmn | 10.5 ± 0.2 a | 11 ± 0.5 a-e | 291 ± 24 e-k |
| V 1415AG | 40 ± 0.3 m-p | 60 ± 0.3 c-j | 67 ± 13.5 g-m | 18 ± 1.9 g-n | 5.3 ± 0.6 p | 1.8 ± 0.2 p | 41 ± 2.4 k-s | 2.0 ± 0.3 e-l | 7.9 ± 0.8 h-l | 7.0 ± 0.5 abc | 97 ± 7.8 rs | 12 ± 0.7 n | 9.4 ± 0.1 d-e | 9 ± 0.1 o-v | 253 ± 33 g-k |
| V 2802BR | 43 ± 0.4 e-h | 56 ± 0.0 j-q | 73 ± 10.7 e-l | 19 ± 2.7 f-n | 8.7 ± 0.6 e-o | 2.7 ± 0.2 d-m | 53 ± 3.8 c-h | 1.8 ± 0.3 f-l | 7.2 ± 0.5 h-l | 3.9 ± 0.3 o-t | 163 ± 15.2 k-s | 21 ± 2.3 i-n | 7.6 ± 0.1 n-r | 10 ± 0.2 k-t | 231 ± 17 g-k |
| CN 36 | 40 ± 0.4 l-o | 56 ± 0.5 i-q | 95 ± 16.4 a-h | 25 ± 2.8 a-i | 8.3 ± 0.3 e-p | 2.3 ± 0.1 l-p | 57 ± 1.6 a-e | 3.0 ± 0.6 a-f | 9.3 ± 1.0 e-l | 6.4 ± 0.2 b-f | 140 ± 17.5 n-s | 18 ±1.8 k-n | 8.6 ± 0.1 f-j | 10 ± 0.5 k-t | 297 ± 18 e-k |

**ตารางที่ 2** ค่าเฉลี่ยลักษณะทางพืชไร่และลักษณะทางสรีรวิทยาของถั่วเขียวสายพันธุ์จาก AVRDC และสายพันธุ์ที่ปรับปรุงในประเทศไทย (ต่อ)

| สายพันธุ์ | วันดอกแรกบาน | วันฝักแรกสุก | น้ำหนักสดชีวมวล (ก.) | น้ำหนักแห้งมวลรวม (ก.) | จำนวนช่อต่อต้น | จำนวนกิ่งต่อต้น | ความสูง (ซม.) | ดัชนีพื้นที่ใบ | น้ำหนักเมล็ดต่อต้น (ก.) | น้ำหนัก 100 เมล็ด (ก.) | จำนวนเมล็ดต่อต้น | จำนวนฝักต่อต้น | ความยาวฝัก (ซม.) | จำนวนเมล็ดต่อฝัก | ผลผลิต (กก./ไร่) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| CN 60 | 36 ± 0.5 s | 51 ± 0.3 r | 54 ± 10.6 k-n | 13 ± 1.8 n | 5.7 ± 0.2 op | 1.9 ± 0.2 op | 32 ± 2.4 tu | 1.2 ± 0.1 kl | 6.6 ± 0.5 i-l | 6.1 ± 0.3 b-g | 83 ± 6.1 s | 12 ± 1.0 n | 8.1 ± 0.3 k-n | 7 ± 0.2 w | 213 ± 44 h-k |
| CN 72 | 39 ± 0.3 m-p | 61 ± 0.3 c-g | 107 ± 11.7 a-f | 27 ± 3.0 a-f | 8.1 ± 0.5 f-p | 2.5 ± 0.3 j-p | 55 ± 2.4 a-f | 2.4 ± 0.2 d-l | 8.9 ± 0.6 f-l | 5.0 ± 0.6 h-n | 147 ± 17.5 l-s | 19 ± 2.1 j-n | 8.7 ± 0.1 f-j | 10 ± 0.4 f-p | 284 ± 16 e-k |
| KAB 4 | 39 ± 0.5 op | 50 ± 0.3 c-l | 71 ± 14.2 f-l | 21 ± 2.0 b-l | 13.0 ± 1.1 abc | 2.8 ± 0.2 d-m | 35 ± 0.8 r-u | 1.8 ± 0.4 f-l | 11.9 ± 1.4 a-h | 6.6 ± 0.1 a-d | 172 ± 18.8 j-s | 34 ± 3.1 b-f | 5.0 ± 0.2 y | 6 ± 0.2 x | 381 ± 32 a-g |
| KPS 1 | 40 ± 0.3 m-p | 58 ± 0.8 e-n | 94 ± 5.3 a-i | 26 ± 2.9 a-g | 9.0 ± 0.9 e-n | 2.8 ± 0.1 d-m | 53 ± 0.6 c-h | 2.6 ± 0.3 c-k | 11.3 ± 1.9 b-i | 6.3 ± 0.1 c-f | 170 ± 26.3 j-s | 21 ± 3.9 h-n | 8.8 ± 0.0 e-h | 10 ± 0.2 j-t | 361 ± 60 b-h |
| KPS 2 | 39 ± 0.5 m-p | 54 ± 0.4 n-r | 58 ± 4.5 i-n | 19 ± 2.0 d-n | 7.1 ± 0.7 h-p | 2.0 ± 0.1 nop | 41 ± 0.9 k-s | 2.2 ± 0.5 d-l | 14.1 ± 4.7 a-d | 6.7 ± 0.5 a-d | 211 ±22.9 h-o | 21 ± 1.5 i-n | 9.6 ± 0.2 d | 11 ± 0.2 a-f | 450 ± 31 a-d |
| M 4-2 | 40 ± 0.3 m-p | 60 ± 0.5 c-k | 104 ± 8.0 a-f | 27 ± 3.5 a-e | 6.9 ± 0.7 i-p | 2.4 ± 0.2 i-p | 55 ± 0.9 b-g | 2.6 ± 0.5 c-l | 10.5 ± 2.0 d-k | 6.3 ± 0.2 b-f | 157 ± 26.0 l-s | 20 ± 1.1 i-n | 8.7 ± 0.1 e-h | 10 ± 0.1 g-r | 337 ± 64 d-i |
| M 5-1 | 39 ± 0.3 m-p | 61 ± 0.7 c-h | 120 ± 6.0 a | 30 ± 2.8 ab | 8.4 ± 1.5 e-p | 2.6 ± 0.3 g-o | 56 ± 0.6 a-e | 3.3 ± 0.5 a-e | 10.3 ± 2.0 d-k | 6.2 ± 0.20 c-f | 155 ± 31.7 l-s | 19 ± 4.9 i-n | 8.8 ± 0.1 e-h | 10 ± 0.3 i-s | 330 ± 87 d-j |
| M 5-5 | 40 ± 0.5 m-p | 60 ± 0.4 c-i | 92 ± 7.1 a-j | 22 ± 1.1 b-l | 8.1 ± 1.2 f-p | 2.6 ± 0.2 g-o | 53 ± 3.6 b-h | 2.8 ± 0.6 a-h | 10.8 ± 1.3 d-j | 6.5 ± 0.2 b-e | 160 ± 19.5 k-s | 20 ± 2.9 i-n | 8.9 ± 0.2 fg | 10 ± 0.3 g-r | 345 ± 63 d-i |
| SUT 1 | 39 ± 0.5 m-p | 54 ± 0.5 n-r | 68 ± 4.9 g-m | 22 ± 1.7 b-l | 7.1 ± 0.5 h-p | 2.5 ± 0.2 h-p | 39 ± 2.6 p-t | 2.1 ± 0.5 e-l | 10.6 ± 1.6 d-j | 6.8 ± 0.4 a-d | 142 ± 24.3 m-s | 20 ± 3.5 i-n | 8.8 ± 0.2 e-h | 9 ± 0.2 o-v | 339 ± 89 d-i |
| SUT 2 | 39 ± 0.2 m-p | 57 ± 0.6 f-o | 76 ± 8.6 d-l | 23 ± 3.5 b-k | 7.9 ± 0.6 f-p | 2.3 ± 0.1 k-p | 49 ± 0.5 f-j | 2.1 ± 0.3 e-l | 8.3 ± 0.4 g-l | 5.4 ± 0.2 e-j | 136 ± 7.8 n-s | 18 ± 1.3 k-n | 8.2 ± 0.1 i-m | 9 ± 0.2 m-v | 247 ± 38 g-k |
| SUT 3 | 39 ± 0.7 p | 54 ± 0.7 n-r | 74 ± 11.5 e-l | 22 ± 3.5 b-l | 8.1 ± 1.5 f-p | 2.5 ± 0.3 h-p | 42 ± 1.6 j-r | 2.0 ± 0.2 e-l | 10.7 ± 2.8 d-j | 5.8 ± 0.3 d-h | 169 ± 44.4 j-s | 23 ± 5.6 g-m | 8.2 ± 0.2 j-m | 9 ± 0.2 l s-v | 342 ± 38 d-i |
| SUT 4 | 39 ± 0.4 nop | 57 ± 0.4 g-p | 66 ± 9.7 g-m | 20 ± 1.6 e-n | 7.9 ± 1.2 f-p | 2.3 ± 0.2 j-p | 41 ± 2.2 k-s | 2.5 ± 0.7 d-l | 10.6 ± 1.0 d-j | 6.5 ± 0.1 b-e | 160 ± 15.4 k-s | 19 ± 1.4 j-n | 8.7 ± 0.3 fg | 9 ± 0.3 m-v | 339 ± 42 d-i |
| SUT 5 | 40 ± 0.3 klm | 54 ± 0.5 n-r | 72 ± 15.5 e-l | 23 ± 3.4 b-k | 10.5 ± 1.4 b-g | 2.7 ± 0.2 d-m | 40 ± 0.7 m-s | 2.1 ± 0.3 e-l | 13.1 ± 1.0 a-f | 4.2 ± 0.2 l-s | 322 ± 26.3 cde | 34 ± 2.6 b-e | 7.2 ± 0.2 r-t | 11 ± 0.2 b-l | 418 ± 62 f |
| UT 1 | 41 ± 0.3 j-m | 56 ± 0.3 k-q | 112 ± 10.0 abc | 29 ± 3.0 abc | 8.5 ± 0.8 e-o | 2.9 ± 0.3 d-l | 59 ± 1.3 a-d | 2.4 ± 0.5 d-l | 10.7 ± 0.5 d-j | 6.3 ± 0.4 c-f | 161 ± 24.3 k-s | 19 ± 2.5 k-n | 9.5 ± 0.1 de | 10 ± 0.2 c-m | 343 ± 17 d-i |
| PL 2 | 39 ± 0.3 m-p | 57 ± 0.3 i-p | 57 ± 3.9 j-n | 24 ± 3.9 a-j | 10.9 ± 0.4 a-f | 3.0 ± 0.1 c-h | 35 ± 1.9 r-u | 1.5 ± 0.3 h-l | 10.8 ± 1.2 d-j | 5.6 ± 0.2 d-i | 188 ± 18.9 i-q | 35 ± 1.6 b-e | 5.1 ± 0.1 y | 6 ± 0.2 x | 347 ± 45 d-i |
| PSU 1 | 40 ± 0.7 m-p | 54 ± 0.3 o-r | 66 ± 8.6 g-m | 20 ± 1.7 d-n | 6.0 ± 0.4 nop | 1.9 ± 0.3 op | 36 ± 2.1 q-u | 1.3 ± 0.2 l | 6.4 ± 0.5 jkl | 5.4 ± 0.2 e-j | 99 ± 6.2 qrs | 13 ± 0.8 ln | 8.4 ± 0.1 g-k | 9 ± 0.3 uv | 203 ± 52 ijk |
| V 2106 | 44 ± 0.4 e | 54 ± 0.3 n-r | 104 ± 4.7 a-f | 30 ± 1.4 ab | 13.4 ± 0.3 ab | 4.3 ± 0.3 a | 56 ± 0.7 a-e | 3.8 ± 0.2 abc | 15.9 ± 1.2 a | 4.2 ± 0.1 l-s | 597 ± 17.5 a | 49 ± 3.5 a | 7.2 ± 0.3 q-t | 11 ± 0.2 ab | 508 ± 38 a |

**การศึกษาสหสัมพันธ์ของลักษณะพืชไร่และลักษณะทางสรีรวิทยาที่มีอิทธิพลต่อผลผลิตของถั่วเขียว**

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวน พบว่า ถั่วเขียวพันธุ์/สายพันธุ์ต่าง ๆ มีลักษณะทางพืชไร่และลักษณะทางสรีรวิทยาทั้ง 14 ลักษณะแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p < 0.01$; ตารางที่ 3) แสดงให้เห็นว่าประชากรถั่วเขียวทั้ง 58 พันธุ์/สายพันธุ์ ที่นำมาศึกษาในการทดลองนี้มีความแปรปรวนในลักษณะทั้ง 14 ลักษณะ จากการวิเคราะห์สัมประสิทธิ์ความแปรปรวน พบว่า ลักษณะจำนวนเมล็ดต่อต้น ให้ค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนทางฟีโนไทป์ (phenotypic coefficient of variation; PCV) และสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนทางจีโนไทป์ (genotypic coefficient of variation; GCV) สูงที่สุด คือ 49.59% และ 42.80% ตามลำดับ รองลงมาคือ จำนวนฝักต่อต้น (40.29% และ 31.15% ตามลำดับ) และดัชนีพื้นที่ใบ (ดัชนีพื้นที่ใบ) (39.16% และ 23.88% ตามลำดับ) บางลักษณะมีความแตกต่างระหว่าง PCV และ GCV น้อย แสดงให้เห็นว่าสภาพแวดล้อมมีอิทธิพลต่อการควบคุมการแสดงออกของลักษณะเหล่านี้ต่ำ เช่น ลักษณะวันดอกแรกบานให้ค่า PCV และ GCV ใกล้เคียงกัน (8.19% และ 7.96% ตามลำดับ) ความยาวฝัก (15.21% และ 14.75% ตามลำดับ) วันฝักแรกสุก (7.60% และ 6.57% ตามลำดับ) จำนวนเมล็ดต่อฝัก (12.36% และ 10.81% ตามลำดับ) น้ำหนัก 100 เมล็ด (12.65% และ 11.26% ตามลำดับ) และความสูง (18.88% และ 16.60% ตามลำดับ) ผลการทดลองนี้สอดคล้องกับ Idress et al. (2006) ซึ่งพบว่าลักษณะที่เกี่ยวข้องกับผลผลิตในถั่วเขียวที่ให้ค่า PCV และ GCV ใกล้เคียงกัน ได้แก่ลักษณะความสูงให้ค่า PCV และ GCV (1.51% และ 0.62% ตามลำดับ) ความยาวฝัก (5.55% และ 1.98% ตามลำดับ) และน้ำหนัก 100 เมล็ด (7.27% และ 3.97% ตามลำดับ) ในขณะที่ลักษณะอื่น ๆ มีความแตกต่างระหว่างค่า PCV และ GCV มาก แสดงให้เห็นว่าสภาพแวดล้อมมีอิทธิพลต่อการแสดงออกในลักษณะนั้น ๆ มาก

จากการวิเคราะห์อัตราพันธุกรรมอย่างกว้างในทุกลักษณะ พบว่า ลักษณะที่ให้อัตราพันธุกรรมอย่างกว้างมากกว่า 50% ได้แก่ วันดอกแรกบาน (94.41%) ความยาวฝัก (94.07%) น้ำหนัก 100 เมล็ด (79.17%) ความสูง (77.33%) จำนวนเมล็ดต่อฝัก (76.49%) จำนวนเมล็ดต่อต้น (74.48%) จำนวนฝักต่อต้น (62.95%) และจำนวนกิ่งต่อต้น (59.57%) ซึ่งบ่งชี้ว่าลักษณะเหล่านี้สามารถถ่ายทอดไปยังรุ่นลูกได้สูง (ตารางที่ 3) สอดคล้องกับการศึกษาของ Makeen et al. (2007) ซึ่งพบว่าลักษณะวันดอกแรกบาน (69.54%) ความยาวฝัก (53.75%) ความสูง (75.62%) จำนวนเมล็ดต่อฝัก (59.63%) จำนวนฝักต่อต้น รวมไปถึงลักษณะวันฝักแรกสุก (66.57%) มีอัตราพันธุกรรมอย่างกว้างสูง นอกจากนี้ Siddique et al. (2006) ศึกษาอัตราพันธุกรรมในลักษณะที่เกี่ยวข้องกับผลผลิตในถั่วเขียว 8 สายพันธุ์ พบว่าให้ผลสอดคล้องกับการศึกษาในครั้งนี้คือ ลักษณะที่ให้อัตราพันธุกรรมอย่างกว้างสูงได้แก่ น้ำหนัก 1,000 เมล็ด (92.18%) วันดอกแรกบาน (89.06%) และวันฝักแรกสุก (88.50%) และการทดลองของ Sriphadet et al. (2007) ซึ่งพบว่าลักษณะความยาวฝักให้อัตราพันธุกรรมอย่างแคบสูง (93.70%) อัตราพันธุกรรมของลักษณะทางสรีรวิทยาทั้ง 3 ลักษณะได้แก่ น้ำหนักสดชีวมวล

น้ำหนักแห้งมวลรวม (TDM) และ ดัชนีพื้นที่ใบ (LAI) มีค่าต่ำกว่า 50% ซึ่งบ่งชี้ว่าลักษณะเหล่านี้ได้รับอิทธิพลจากปัจจัยทางสภาพแวดล้อมเข้ามาเกี่ยวข้องกับการแสดงออก ในปัจจุบันการศึกษาอัตราพันธุกรรมของลักษณะทางสรีรวิทยาในถั่วเขียวมีจำกัด ดังนั้นการศึกษาอัตราพันธุกรรมของลักษณะทางสรีรวิทยาในประชากรศึกษากลุ่มนี้ จึงอาจใช้เป็นแนวทางในการปรับปรุงพันธุ์ถั่วเขียวในอนาคตได้

**สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างลักษณะทางพืชไร่และลักษณะทางสรีรวิทยาที่มีต่อผลผลิตของถั่วเขียว**

ความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะที่เกี่ยวข้องกับผลผลิตนั้นขึ้นอยู่กับผลของการแสดงออกของยีนที่มีความสัมพันธ์กัน (pleiotropic effect of genes) และลิงค์เกจ (linkage) ระหว่างยีน (Madhur and Jinks, 1994) จากการศึกษาสหสัมพันธ์ทางฟีโนไทป์และจีโนไทป์ระหว่างผลผลิตและลักษณะที่เกี่ยวข้องกับผลผลิตทั้ง 14 ลักษณะ พบว่า ผลผลิตมีสหสัมพันธ์กับจำนวนฝักต่อต้น ($r_p$ = 0.622**; $r_g$ = 0.599) และจำนวนช่อต่อต้น ($r_p$ = 0.529**; $r_g$ = 0.601; ตารางที่ 4) อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p$ < 0.01) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการมีจำนวนฝักและจำนวนช่อต่อต้นมากขึ้น ทำให้มีศักยภาพในการให้ผลผลิตสูงขึ้น ซึ่งสายพันธุ์ที่ให้จำนวนฝักต่อต้นสูงที่สุด 3 อันดับแรกได้แก่ V2106, V4758 และ V4785 ให้จำนวนฝักต่อต้น 49.2, 40.4 และ 37.8 ตามลำดับ (ตารางที่ 5) และพบว่าผลผลิตมีสหสัมพันธ์ทางบวกกับลักษณะจำนวนเมล็ดต่อฝัก ($r_p$ = 0.477**; $r_g$ = 0.526) และจำนวนเมล็ดต่อต้น ($r_p$ = 0.457**, $r_g$ = 0.684; ตารางที่ 4) ในการศึกษาครั้งนี้พบว่า สายพันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูงสุด 3 อันดับแรก คือ V2106, V4785 และ V4758 (508.2, 503.2 และ 495.0 กก./ไร่ ตามลำดับ) ให้ลักษณะจำนวนเมล็ดต่อต้นและจำนวนเมล็ดต่อฝักสูงสุดใน 3 อันดับแรกด้วย โดยให้จำนวนเมล็ดต่อต้น 597, 396.7 และ 405.6 และจำนวนเมล็ดต่อฝัก 11.5, 11.3 และ 11.6 ตามลำดับ (ตารางที่ 5) จากการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ระหว่างลักษณะทางสรีรวิทยากับผลผลิต พบว่าลักษณะ น้ำหนักแห้งมวลรวม ($r_p$ = 0.518**; $r_g$ = 0.702) น้ำหนักสดชีวมวล ($r_p$ = 0.347**, $r_g$ = 0.477) และดัชนีพื้นที่ใบ ($r_p$ = 0.321**, $r_g$ = 0.431) มีสหสัมพันธ์ทางบวกกับผลผลิตอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p$ < 0.01; ตารางที่ 4) โดยสายพันธุ์ที่ให้ลักษณะดังกล่าวสูงสุด 3 สายพันธุ์แรก ได้แก่ V2106, V1946 และ V2075 (ตารางที่ 5) จากการศึกษาของ Sadeghipour (2009) และ Khan et al. (2001) พบว่าผลผลิตมีสหสัมพันธ์ทางบวกกับน้ำหนักสดชีวมวลเช่นเดียวกับการทดลองนี้ นอกจากนี้ผลการทดลองที่ได้ ยังสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Zhang (1995) ซึ่งพบว่าผลผลิตมีสหสัมพันธ์ทางบวกกับ น้ำหนักแห้งมวลรวมสูงมาก ($r_p$ = 0.850**) การศึกษาลักษณะจำนวนกิ่งต่อต้น พบว่ามีสหสัมพันธ์ทางบวกกับผลผลิตอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($r_p$ = 0.230*, $r_g$ = 0.259; $p$ < 0.05; ตารางที่ 4) และสายพันธุ์ที่มีจำนวนกิ่งต่อต้นสูงที่สุด 3 อันดับแรก ได้แก่ V2106, V3495 และ V2075 (4.3, 4.1 และ 4.0 ตามลำดับ) (ตารางที่ 5)

อย่างไรก็ตาม ผลผลิตไม่มีสหสัมพันธ์กับน้ำหนัก 100 เมล็ด ความสูง ความยาวฝัก และวันดอกแรกบาน แต่มีสหสัมพันธ์ทางลบกับวันฝักแรกสุก ($r_p$ = -0.244*, $r_g$ = -0.290; ตารางที่ 4)

ความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตกับลักษณะที่เกี่ยวข้องกับผลผลิตซึ่งได้จากการทดลองนี้ได้รับการสนับสนุนจากการศึกษาของนักวิจัยหลายกลุ่ม เช่น Khan et al. (2001) ซึ่งศึกษาสหสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตกับลักษณะที่เกี่ยวข้องกับผลผลิต พบว่าผลผลิตมีสหสัมพันธ์ทางบวกกับจำนวนกิ่งต่อต้น จำนวนเมล็ดต่อต้น และ น้ำหนักสดชีวมวล และพบว่าผลผลิตไม่มีสหสัมพันธ์กับวันดอกบาน 50% และความยาวฝัก ต่อมา Makeen et al. (2007) ได้ทำการประเมินสหสัมพันธ์ของหลายลักษณะในถั่วเขียว 20 สายพันธุ์ พบว่า ลักษณะจำนวนฝักต่อต้น จำนวนช่อต่อต้น และจำนวนเมล็ดต่อฝัก มีสหสัมพันธ์ทางบวกกับผลผลิตอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และยังพบสหสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตกับน้ำหนัก 100 เมล็ด ความสูง ความยาวฝัก วันดอกแรกบาน และวันฝักแรกสุกด้วย ในขณะที่การศึกษาครั้งนี้ไม่พบสหสัมพันธ์ดังกล่าว ซึ่งคล้ายกับการทดลองของ Zhang (1995) ที่พบว่าผลผลิตมีสหสัมพันธ์ทางบวกกับจำนวนช่อต่อต้น จำนวนเมล็ดต่อฝัก และ น้ำหนักแห้งมวลรวม ในถั่วเขียว 21 สายพันธุ์ อย่างไรก็ตาม นักวิจัยกลุ่มนี้พบสหสัมพันธ์ทางบวกระหว่างผลผลิตและวันดอกแรกบาน วันฝักแรกสุก ความสูง ความยาวฝัก และน้ำหนัก 1,000 เมล็ดด้วย Hakim (2008) ศึกษาสหสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตกับองค์ประกอบผลผลิต 9 ลักษณะ ในถั่วเขียว 350 สายพันธุ์ พบว่าจำนวนฝักต่อต้นและความสูงมีสหสัมพันธ์ทางบวกกับผลผลิต แต่ขนาดเมล็ดมีสหสัมพันธ์ทางลบกับผลผลิต ในขณะที่การวิเคราะห์สหสัมพันธ์ของลักษณะที่เกี่ยวข้องกับผลผลิต 12 ลักษณะ ของถั่วเขียว 240 พันธุ์/สายพันธุ์ พบว่าจำนวนฝักต่อต้น จำนวนเมล็ดต่อฝัก จำนวนช่อต่อต้น ความสูง และขนาดเมล็ดมีสหสัมพันธ์กับผลผลิตสูงมาก (Shamsuzzaman et al., 1983) ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองของ Singh and Singh (1973), Verma and Sandha (1988), Satyan et al. (1989), Poehlman (1991), Pundir et al. (1992), Jan et al. (1993) และ Naidu (1993) สำหรับในประเทศไทย ไพศาล เหล่าสุวรรณ (2543) พบว่าผลผลิตมีสหสัมพันธ์กับลักษณะขนาดเมล็ด จำนวนฝักต่อต้น และดัชนีเก็บเกี่ยว อีกทั้งยังแนะนำว่าลักษณะทั้งสามนี้สามารถใช้เป็นเกณฑ์ในการคัดเลือกถั่วเขียวผลผลิตสูงได้

จากงานวิจัยที่กล่าวมาแล้วทั้งหมดและงานวิจัยอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง โดยสรุปพบสหสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตกับจำนวนฝักต่อต้น จำนวนช่อต่อต้น และจำนวนเมล็ดต่อฝัก ในขณะที่ความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตกับลักษณะน้ำหนัก 100 เมล็ด วันดอกแรกบาน ความสูง ความยาวฝัก และวันฝักแรกสุกจะให้ผลที่แตกต่างกันไปในแต่ละการทดลอง ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากพันธุ์/สายพันธุ์ของถั่วเขียว (จีโนไทป์) และสภาพแวดล้อมที่ใช้ในแต่ละการทดลองมีความแตกต่างกัน (Singh and Singh, 1973; Shamsuzzaman et al., 1983; Khan 1988; Verma and Sandha, 1988; Satyan et al., 1989; Poehlman, 1991; Chaudhary, 1992; Jan et al., 1993; Naidu and Rosaiah, 1993; Sharma, 1999; Amanullah and Hatam, 2000; Khan et al., 2001; Biradar, 2007; Makeen et al., 2007) นอกจากนี้ยังมีนักวิจัยอีกหลาย

กลุ่ม พบว่าลักษณะจำนวนเมล็ดต่อต้นเป็นลักษณะที่มีความสำคัญต่อการปรับปรุงพันธุ์เพื่อเพิ่มผลผลิตของถั่วเขียว (Singh and Singh, 1973; Shamsuzzaman et al., 1983; Khan, 1988; Verma and Sandha, 1988; Satyan et al., 1989; Chaudhary, 1992; Jan et al., 1993; Naidu, 1993; Zhang, 1995; Amanullah and Hatam, 2000; Khan et al., 2001; Biradar, 2007; Makeen et al., 2007 และ Hakim, 2008)

ลักษณะที่เกี่ยวข้องกับผลผลิตเหล่านี้ บางลักษณะมีสหสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน เช่น จำนวนช่อต่อต้นมีสหสัมพันธ์ทางบวกกับลักษณะจำนวนกิ่งต่อต้น จำนวนเมล็ดต่อต้น และจำนวนฝักต่อต้น โดยให้ผลที่สอดคล้องกับการทดลองของ Zubair (1985), Zubair and Srinives (1986), Chaudhary (1992), Khattak et al. (1995) และ Zhang (1995) ซึ่งพบว่าจำนวนช่อต่อต้นมีสหสัมพันธ์กับจำนวนกิ่งต่อต้น และจำนวนฝักต่อต้น นอกจากนี้ผลการศึกษาของผู้วิจัยยังพบว่า ลักษณะจำนวนช่อต่อต้นมีสหสัมพันธ์ทางลบกับความยาวฝักและน้ำหนัก 100 เมล็ด ซึ่งให้ผลคล้ายกับการทดลองของ Zubair and Srinives (1986) และ Biradar (2007)

การศึกษาในครั้งนี้ยังพบว่า จำนวนฝักต่อต้นมีสหสัมพันธ์ทางบวกกับจำนวนเมล็ดต่อต้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อย่างไรก็ตาม จำนวนฝักต่อต้นมีสหสัมพันธ์ทางลบกับความยาวฝัก และน้ำหนัก 100 เมล็ด ซึ่งให้ผลสอดคล้องกับการศึกษาของ Sandhu et al. (1979), Zhihui (1999) และ Hakim (2008) ในขณะที่การทดลองของอุษา เผื่อนกลาง และไพศาล เหล่าสุวรรณ (2543) พบว่าจำนวนฝักต่อต้นมีสหสัมพันธ์ทางบวกกับขนาดเมล็ดอย่างมีนัยสำคัญ

ลักษณะวันดอกแรกบาน มีสหสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญยิ่งกับวันฝักแรกสุก จำนวนกิ่งต่อต้น ความสูงและดัชนีพื้นที่ใบ ซึ่งบ่งชี้ว่าการเลือกพันธุ์/สายพันธุ์ที่สุกแก่เร็ว อาจทำให้จำนวนกิ่งต่อต้น ความสูงและดัชนีพื้นที่ใบลดน้อยลง อย่างไรก็ตาม ลักษณะวันดอกแรกบานไม่มีสหสัมพันธ์กับผลผลิต ซึ่งให้ผลสอดคล้องกับการทดลองของอุษา เผื่อนกลาง และไพศาล เหล่าสุวรรณ (2543) ที่พบว่าลักษณะวันดอกแรกบานไม่มีสหสัมพันธ์กับผลผลิต นอกจากนี้ยังพบว่าลักษณะวันดอกแรกบานมีสหสัมพันธ์ทางลบกับลักษณะขนาดเมล็ด และน้ำหนักเมล็ดต่อต้นอีกด้วย และ Khattak et al. (1995) ซึ่งพบว่าจำนวนเมล็ดต่อต้นมีสหสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญกับ 6 ลักษณะ โดยมีสหสัมพันธ์ทางบวกกับ 4 ลักษณะ คือจำนวนกิ่งต่อต้น จำนวนช่อต่อต้น จำนวนฝักต่อต้น และจำนวนเมล็ดต่อฝัก ในขณะที่จำนวนเมล็ดต่อต้นมีสหสัมพันธ์ทางลบกับ 2 ลักษณะ คือความยาวฝักและน้ำหนัก 100 เมล็ด

ลักษณะจำนวนกิ่งต่อต้นมีสหสัมพันธ์ทางบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับ 10 ลักษณะ แต่มีสหสัมพันธ์ทางลบกับลักษณะความยาวฝัก และน้ำหนัก 100 เมล็ด ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองของนักวิจัยหลายกลุ่ม ซึ่งรายงานว่าจำนวนกิ่งต่อต้นมีสหสัมพันธ์ทางบวกกับวันดอกแรกบาน (Francisco and Maeda, 1989; Khattak et al., 1995) จำนวนช่อต่อต้น (Zubair and Srinives, 1986; Biradar, 2007) ความสูงและจำนวนเมล็ดต่อฝัก (Biradar, 2007) นอกจากนี้ยังมีรายงานว่า จำนวนกิ่งต่อต้นมีสหสัมพันธ์ทางลบกับน้ำหนัก 100 เมล็ด (Khattak et al., 1995)

ลักษณะจำนวนเมล็ดต่อฝักมีสหสัมพันธ์ทางบวกอย่างมีนัยสำคัญกับลักษณะวันดอกแรกบาน จำนวนกิ่งต่อต้น ความยาวฝัก จำนวนเมล็ดต่อต้น ความสูง ดัชนีพื้นที่ใบ น้ำหนักสดชีวมวล และน้ำหนักแห้งมวลรวม ซึ่งสหสัมพันธ์ที่คล้ายกันนี้พบในการทดลองของ Zhang (1995) โดยพบว่าลักษณะจำนวนเมล็ดต่อฝักมีสหสัมพันธ์กับน้ำหนักแห้งมวลรวม ความสูง ความยาวฝัก และน้ำหนัก 100 เมล็ด นอกจากนี้ Zubair and Srinives (1986) และ Makeen et al. (2007) พบสหสัมพันธ์ระหว่างจำนวนเมล็ดต่อฝักกับจำนวนกิ่งต่อต้น และความยาวฝักเช่นกัน และ Chaudhary (1992) ยังพบสหสัมพันธ์ระหว่างจำนวนเมล็ดต่อฝักกับความยาวฝัก จำนวนช่อต่อต้น จำนวนเมล็ดต่อฝัก และน้ำหนัก 1,000 เมล็ด

ลักษณะของความยาวฝักมีสหสัมพันธ์กับ 7 ลักษณะ โดยพบว่ามีสหสัมพันธ์ทางบวกกับจำนวนเมล็ดต่อฝัก น้ำหนัก 100 เมล็ด และ น้ำหนักสดชีวมวล ในขณะที่มีสหสัมพันธ์ทางลบกับจำนวนกิ่งต่อต้น จำนวนช่อต่อต้น จำนวนฝักต่อต้น และจำนวนเมล็ดต่อต้น ซึ่งผลการศึกษาในครั้งนี้สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Chaudhary (1992) และ Biradar (2007) ซึ่งพบว่าความยาวฝักมีสหสัมพันธ์ทางบวกกับลักษณะจำนวนเมล็ดต่อฝัก นอกจากนี้ Zubair and Srinives (1986) ยังพบสหสัมพันธ์ทางลบระหว่างความยาวฝักกับจำนวนช่อต่อต้นอีกด้วย

ลักษณะน้ำหนัก 100 เมล็ดมีสหสัมพันธ์กับ 7 ลักษณะ โดยมีสหสัมพันธ์ทางบวกกับความยาวฝักเพียงลักษณะเดียว ในขณะที่มีสหสัมพันธ์ทางลบกับอีก 6 ลักษณะได้แก่วันดอกแรกบาน วันฝักแรกสุก จำนวนกิ่งต่อต้น จำนวนช่อต่อต้น จำนวนฝักต่อต้น และจำนวนเมล็ดต่อต้น ซึ่งคล้ายกับผลการทดลองของ Raje and Rao (2000) ซึ่งพบว่าน้ำหนัก 100 เมล็ดมีสหสัมพันธ์ทางบวกกับความยาวฝัก แต่มีสหสัมพันธ์ทางลบกับจำนวนช่อต่อต้น จำนวนกิ่งต่อต้น และวันดอกแรกบาน ในทางตรงกันข้าม Chaudhary (1992) พบว่าลักษณะน้ำหนัก 1,000 เมล็ดมีสหสัมพันธ์ทางบวกกับความสูง จำนวนช่อต่อต้น และจำนวนฝักต่อต้น

ในการทดลองนี้พบสหสัมพันธ์ระหว่างลักษณะทางสรีรวิทยา เช่น สหสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักสดชีวมวล กับ น้ำหนักแห้งมวลรวม ความสูง และดัชนีพื้นที่ใบ ฯลฯ ผลการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่าการคัดเลือกลักษณะใดลักษณะหนึ่งจะส่งผลกระทบต่ออีก 3 ลักษณะ นอกจากนี้ยังพบสหสัมพันธ์ทางบวกระหว่างลักษณะน้ำหนักสดชีวมวลกับความยาวฝัก และจำนวนเมล็ดต่อฝักอีกด้วย ซึ่งคล้ายกับผลการทดลองของ Sadeghipour (2009) ที่พบว่า น้ำหนักสดชีวมวลมีสหสัมพันธ์ทางบวกกับความสูง ดังนั้นการมีสหสัมพันธ์ทางบวกระหว่างน้ำหนักสดชีวมวลกับผลผลิตและลักษณะที่เกี่ยวข้องกับผลผลิตอื่นๆ ชี้ให้เห็นว่าการเพิ่มขึ้นของน้ำหนักสดชีวมวลจะส่งผลให้ผลผลิตสูงขึ้น หรือกล่าวได้อีกนัยหนึ่งว่าพืชที่มีต้นใหญ่จะให้ผลผลิตสูงกว่าต้นเล็ก

นอกจากนี้การศึกษานี้ยังพบสหสัมพันธ์ทางบวกระหว่าง ดัชนีพื้นที่ใบ กับลักษณะที่เกี่ยวข้องกับผลผลิตอีกหลายลักษณะ เช่น วันดอกแรกบาน วันฝักแรกสุก จำนวนกิ่งต่อต้น จำนวนช่อ

ต่อต้น และจำนวนเมล็ดต่อฝัก และพบว่า น้ำหนักแห้งมวลรวม มีสหสัมพันธ์ทางบวกกับจำนวนกิ่งต่อต้น จำนวนช่อต่อต้น และจำนวนเมล็ดต่อฝักสอดคล้องกับผลการทดลองของ Zhang (1995) ซึ่งพบว่าลักษณะ น้ำหนักแห้งมวลรวม มีสหสัมพันธ์ทางบวกกับจำนวนช่อต่อต้น และจำนวนเมล็ดต่อฝัก

ลักษณะความสูงมีสหสัมพันธ์ทางบวกกับวันดอกแรกบาน วันฝักแรกสุก จำนวนกิ่งต่อต้น และจำนวนเมล็ดต่อฝัก โดยความสัมพันธ์ระหว่างความสูงกับวันฝักแรกสุกนี้พบในหลายการทดลองที่ผ่านมา (Khalli et al., 1986; Amanullah and Hatam, 2000; Makeen et al., 2007 และ อุษา เผื่อนกลาง และไพศาล เหล่าสุวรรณ, 2543) นอกจากนี้ Biradar (2007) ยังพบสหสัมพันธ์ระหว่างความสูงกับจำนวนกิ่งต่อต้น ในขณะที่การศึกษาของอุษา เผื่อนกลาง และไพศาล เหล่าสุวรรณ (2543) พบว่าความสูงมีสหสัมพันธ์ทางลบกับลักษณะผลผลิต จำนวนฝักต่อต้น น้ำหนักเมล็ดต่อต้น วันดอกแรกบานและฝักแรกสุก

**การวิเคราะห์สัมประสิทธิ์เส้นทาง (path coefficient analysis)**

เพื่อให้เข้าใจผลการศึกษาของสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์อย่างละเอียดและชัดเจนมากขึ้น ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์สัมประสิทธ์เส้นทางโดยใช้ข้อมูลจากการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ทางจีโนไทป์และฟีโนไทป์ (ตารางที่ 4) โดยเลือกเฉพาะค่าสหสัมพันธ์ทางจีโนไทป์ระหว่างผลผลิตกับลักษณะที่เกี่ยวกับผลผลิตทั้ง 9 ลักษณะ จากผลการทดลองพบว่า ลักษณะจำนวนช่อต่อต้น (0.780) ให้อิทธิพลทางตรงกับผลผลิตสูงที่สุด รองลงมาได้แก่ น้ำหนัก 100 เมล็ด (0.582) จำนวนเมล็ดต่อฝัก (0.562) น้ำหนักแห้งมวลรวม (0.497) และจำนวนฝักต่อต้น (0.259) (ตารางที่ 6) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของนักวิจัยหลายกลุ่มที่พบลักษณะที่มีอิทธิพลทางตรงกับผลผลิตเหล่านี้เช่นกัน (Zubair, 1985; Zubair and Srinives, 1986; Chaudhary, 1992; Khattak et al., 1995; Biradar, 2007; Makeen et al., 2007 และ Hakim, 2008) จากการศึกษาสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์นั้น พบว่าผลผลิตมีสหสัมพันธ์ทางบวกอย่างมีนัยสำคัญกับลักษณะจำนวนช่อต่อต้น จำนวนเมล็ดต่อฝัก น้ำหนักแห้งมวลรวม และจำนวนฝักต่อต้น (ตารางที่ 4) โดยลักษณะข้างต้นให้ค่าอิทธิพลทางตรงต่อผลผลิตเท่ากับ 0.780, 0.562, 0.497 และ 0.259 ตามลำดับ (ตารางที่ 6) ผลการศึกษาเหล่านี้ชี้ให้เห็นว่าสายพันธุ์ถั่วเขียวที่ให้ผลผลิตสูงควรจะมีลักษณะต้นใหญ่ จำนวนช่อต่อต้น จำนวนเมล็ดต่อฝักและจำนวนฝักต่อต้นสูง การคัดเลือกสายพันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูงโดยผ่านลักษณะเหล่านี้น่าจะมีประสิทธิภาพสูง ถึงแม้ว่าลักษณะน้ำหนัก 100 เมล็ด (0.582) มีอิทธิพลทางตรงต่อผลผลิตเช่นกัน แต่ลักษณะนี้ถูกหักล้างด้วยอิทธิพลทางอ้อมแบบลบจากลักษณะจำนวนช่อต่อต้น จำนวนเมล็ดต่อฝัก และจำนวนฝักต่อต้น ซึ่งลักษณะเหล่านี้มีอิทธิพลทางตรงกับผลผลิตสูงที่สุดเป็นอันดับที่ 1, 2 และ 4 ตามลำดับ ดังนั้นจึงส่งผลให้ลักษณะน้ำหนัก 100 เมล็ดนี้มีสหสัมพันธ์กับผลผลิตต่ำมาก ($r_p$ = 0.071) ในกรณีเช่นนี้ การคัดเลือกเมล็ดขนาดใหญ่ร่วมกับ

ต้นที่ให้จำนวนเมล็ดต่อฝัก จำนวนช่อต่อต้น และจำนวนฝักต่อต้นปานกลาง อาจทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นได้เช่นกัน

ผลผลิตมีสหสัมพันธ์กับน้ำหนักสดชีวมวล ($r_p$ = 0.347**, $r_g$ = 0.477) จำนวนเมล็ดต่อต้น ($r_p$ = 0.457**, $r_g$ = 0.684) และ ดัชนีพื้นที่ใบ ($r_p$ = 0.321**, $r_g$ = 0.431) แต่ทั้งสามลักษณะนี้กลับมีอิทธิพลทางตรงแบบลบต่อผลผลิต (-0.241, -0.159 และ -0.156 ตามลำดับ; ตารางที่ 6) ดังนั้นการคัดเลือกทางตรงผ่านลักษณะน้ำหนักสดชีวมวล จำนวนเมล็ดต่อต้น และ ดัชนีพื้นที่ใบ จึงไม่มีประสิทธิภาพในการคัดเลือกสายพันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูง โดยสรุปการคัดเลือกสายพันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูงนั้น ควรคัดเลือกจากลักษณะที่มีอิทธิพลทางตรงกับผลผลิตสูง ซึ่งได้แก่ จำนวนฝักต่อต้น จำนวนเมล็ดต่อฝัก จำนวนช่อต่อต้น และ น้ำหนักแห้งมวลรวม โดยคัดเลือกถั่วเขียวที่มีลักษณะต้นใหญ่ และมีจำนวนช่อต่อต้น จำนวนเมล็ดต่อฝักและจำนวนฝักต่อต้นสูง ซึ่งคล้ายกับการศึกษาของ Makeen et al. (2007) ที่ระบุว่าจำนวนฝักต่อต้น และจำนวนเมล็ดต่อฝักเป็นองค์ประกอบหลักของผลผลิตในถั่วเขียว

จากการวิเคราะห์สัมประสิทธ์สหสัมพันธ์และสัมประสิทธิ์เส้นทางในถั่วเขียวของ Malhotra et al. (1974) พบความสัมพันธ์ในระดับสูงระหว่างผลผลิตกับจำนวนช่อต่อต้น และระหว่างผลผลิตกับจำนวนฝักต่อต้น โดยทั้งสองลักษณะนี้มีอิทธิพลทางตรงแบบบวกสูงต่อผลผลิต และจากการศึกษาถั่ว-เขียวผลผลิตสูง 10 พันธุ์/สายพันธุ์ ของ Khattak et al. (1995) พบว่าลักษณะจำนวนช่อต่อต้นนั้นไม่มีสหสัมพันธ์กับผลผลิต แต่ขนาดเมล็ดกลับเป็นดัชนีที่ดีที่สุดสำหรับใช้ในการคัดเลือกสายพันธุ์ถั่วเขียวที่ให้ผลผลิตสูง ถึงแม้ว่าการศึกษาครั้งนี้จะพบว่าลักษณะน้ำหนัก 100 เมล็ดมีอิทธิพลทางตรงต่อผลผลิต แต่ผลของลักษณะนี้ถูกหักล้างด้วยอิทธิพลทางอ้อมแบบลบจากลักษณะจำนวนฝักต่อต้น จำนวนช่อต่อต้นและเมล็ดต่อฝัก ผลหักล้างกันระหว่างน้ำหนัก 100 เมล็ดกับจำนวนฝักต่อต้นและจำนวนช่อต่อต้นนี้ สามารถพบได้จากผลการศึกษาของนักวิจัยหลายกลุ่มเช่นกัน (Singh and Malhotra, 1970; Zubair and Srinives, 1986; Khattak et al., 1995; Hakim, 2008) จะเห็นได้ว่า ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตและลักษณะที่เกี่ยวข้องกับผลผลิตที่ได้จากนักวิจัยหลายกลุ่มนั้น มีความแตกต่างกัน ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากผลการวิเคราะห์สหสัมพันธ์และการวิเคราะห์เส้นทางผันแปรไปตามพันธุกรรมของประชากรพืชและสภาพแวดล้อมที่ใช้ศึกษา ซึ่งล้วนเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตและการพัฒนาของประชากรพืชที่ศึกษาทั้งสิ้น ดังนั้นจึงทำให้ผลการวิเคราะห์ข้อมูลแตกต่างกัน

ปัจจัยสภาพแวดล้อมซึ่งมีอิทธิพลต่อการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ฟีโนไทป์นั้น ไม่ถูกนำมาใช้คำนวณค่าสหสัมพันธ์จีโนไทป์ ดังนั้น ผลการวิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์จีโนไทป์จะสูงกว่าค่าสหสัมพันธ์ฟีโนไทป์เป็นส่วนใหญ่ และการนำค่าสหสัมพันธ์จีโนไทป์มาใช้ในการวิเคราะห์เส้นทางจะทำให้ได้ผลการทดลองที่แม่นยำ เนื่องจากเป็นค่าความสัมพันธ์ที่เกิดจากผลของยีนเท่านั้น จากผลการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ทางฟีโนไทป์ พบว่าลักษณะที่ให้ค่าสูงสุด 5 อันดับแรกได้แก่ จำนวนฝักต่อ

ต้น ($r_p$ = 0.622**) จำนวนช่อต่อต้น ($r_p$ = 0.529**) น้ำหนักแห้งมวลรวม ($r_p$ = 0.518**) จำนวนเมล็ดต่อฝัก ($r_p$ = 0.477**) และจำนวนเมล็ดต่อต้น ($r_p$ = 0.457**) ตามลำดับ ซึ่งค่าสหสัมพันธ์เหล่านี้จะมีอิทธิพลของสภาพแวดล้อมเข้ามาเกี่ยวข้องด้วย ถ้าตัดอิทธิพลของสภาพแวดล้อมออก จะพบว่าลักษณะดังกล่าวยังคงให้สหสัมพันธ์ทางจีโนไทป์กับผลผลิตสูงที่สุด 5 อันดับแรก แต่มีการเรียงลำดับต่างไปจากเดิมคือ น้ำหนักแห้งมวลรวม ($r_g$ = 0.702) จำนวนเมล็ดต่อต้น ($r_g$ = 0.684) จำนวนช่อต่อต้น ($r_g$ = 0.601) จำนวนฝักต่อต้น ($r_g$ = 0.599) และ จำนวนเมล็ดต่อฝัก ($r_g$ = 0.526) ตามลำดับ

เมื่อนำค่าสหสัมพันธ์จีโนไทป์มาวิเคราะห์สัมประสิทธิ์เส้นทางเพื่อแยกผลของสหสัมพันธ์ออกเป็นอิทธิพลทางตรงและทางอ้อม พบว่าลักษณะที่ให้อิทธิพลทางตรงต่อผลผลิตสูงได้แก่ จำนวนช่อต่อต้น (0.780) จำนวนเมล็ดต่อฝัก (0.562) น้ำหนักแห้งมวลรวม (0.497) และ จำนวนฝักต่อต้น (0.259) ซึ่งทั้งสี่ลักษณะนี้มีค่าสหสัมพันธ์จีโนไทป์เท่ากับ 0.601, 0.526, 0.702 และ 0.599 ตามลำดับ โดยลักษณะจำนวนช่อต่อต้น จำนวนเมล็ดต่อฝัก และ น้ำหนักแห้งมวลรวม มีค่าสูงใกล้เคียงกับค่าอิทธิพลทางตรง แสดงให้เห็นว่าลักษณะทั้ง 3 นี้มีสหสัมพันธ์ที่แท้จริงกับผลผลิต และสามารถใช้เป็นดัชนีในการคัดเลือกถั่วเขียวผลผลิตสูงได้ (ไพศาล เหล่าสุวรรณ และปิยะดา ทิพยผ่อง, 2550) แต่อย่างไรก็ตามลักษณะจำนวนฝักต่อต้นเป็นลักษณะที่มีสหสัมพันธ์ทางบวกและอิทธิพลทางตรงสูงต่อผลผลิต จึงอาจใช้ลักษณะนี้เป็นดัชนีในการคัดเลือกถั่วเขียวผลผลิตสูงด้วยเช่นกัน

ค่าอัตราพันธุกรรมอย่างกว้างนั้นเป็นค่าที่ได้จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนที่เกิดจากการแสดงออกของยีนทุกรูปแบบ ซึ่งหากค่าดังกล่าวสูงแสดงว่าความแปรปรวนทั้งหมดเกิดจากผลของยีนสูงและมีอิทธิพลของสภาพแวดล้อมเข้ามาเกี่ยวข้องน้อย ดังนั้นลักษณะที่ให้อัตราพันธุกรรมอย่างกว้างมากกว่า 50% ได้แก่ วันดอกแรกบาน (94.41%) ความยาวฝัก (94.07%) น้ำหนัก 100 เมล็ด (79.17%) ความสูง (77.33%) จำนวนเมล็ดต่อฝัก (76.49%) จำนวนเมล็ดต่อต้น (74.48%) จำนวนฝักต่อต้น (62.95%) และจำนวนกิ่งต่อต้น (59.57%) จึงเป็นลักษณะที่สามารถถ่ายทอดไปยังรุ่นลูกได้สูง และมีผลของสภาพแวดล้อมเข้ามาเกี่ยวข้องน้อยในประชากรที่ใช้ศึกษา ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Siddique et al. (2006), Makeen et al. (2007) และ Sriphadet et al. (2007) ในขณะที่อัตราพันธุกรรมของลักษณะทางสรีรวิทยาทั้ง 3 ลักษณะได้แก่ น้ำหนักสดชีวมวล น้ำหนักแห้งมวลรวม และ ดัชนีพื้นที่ใบ มีค่าต่ำกว่า 50% บ่งชี้ว่าการแสดงออกของลักษณะเหล่านี้อาจเกี่ยวข้องหรือได้รับอิทธิพลจากปัจจัยทางสภาพแวดล้อมหลายปัจจัย

**ตารางที่ 3** ผลการวิเคราะห์ความปรวนแปร สัมประสิทธิ์ความแปรปรวน (coefficient of variation) ช่วงข้อมูล (range) ค่าเฉลี่ย (mean) และอัตราพันธุกรรมอย่างกว้าง (broad sense heritability) ของลักษณะทางพืชไร่และลักษณะทางสรีรวิทยา 14 ลักษณะในถั่วเขียว 58 พันธุ์/สายพันธุ์

| ลักษณะ | MSE | | | Coefficient of variation (%) | | | Range | Mean | $h^2_b$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Block | Treatment | Error | Environmental | Genotypic | Phenotypic | Min - Max | | (%) |
| ผลผลิต (กก./ไร่) | 174430.94** | 21089.63** | 7144.72 | 25.92 | 18.11 | 31.62 | 152.8 – 508.2 | 326.1 | 32.79 |
| วันดอกแรกบาน | 9.32** | 43.17** | 0.63 | 1.94 | 7.96 | 8.19 | 33.8 - 52.3 | 41.0 | 94.41 |
| วันฝักแรกสุก | 19.07** | 63.06** | 4.90 | 3.82 | 6.57 | 7.60 | 51.3 - 71.0 | 58.0 | 74.80 |
| จำนวนกิ่งต่อต้น | 1.96** | 1.16** | 0.17 | 14.64 | 17.77 | 23.02 | 1.8 - 4.3 | 2.8 | 59.57 |
| จำนวนช่อต่อต้น | 37.44** | 14.57** | 3.18 | 20.27 | 19.18 | 27.91 | 5.3 - 13.8 | 8.8 | 47.26 |
| จำนวนฝักต่อต้น | 1188.65** | 248.00** | 31.81 | 23.90 | 31.15 | 40.29 | 12.2 - 49.2 | 23.6 | 62.95 |
| ความยาวฝัก (ซม.) | 0.49** | 5.80** | 0.90 | 3.70 | 14.75 | 15.21 | 5.0 - 10.5 | 8.1 | 94.07 |
| จำนวนเมล็ดต่อฝัก | 0.36ns | 4.93** | 0.35 | 5.99 | 10.81 | 12.36 | 6.1 - 11.6 | 9.9 | 76.49 |
| จำนวนเมล็ดต่อต้น | 56362.14** | 32262.77** | 2545.94 | 25.05 | 42.80 | 49.59 | 82.6 - 597.0 | 201.4 | 74.48 |
| น้ำหนัก 100 เมล็ด (ก.) | 1.21* | 5.62** | 0.35 | 11.33 | 11.26 | 12.65 | 24.4 – 76.3 | 52.3 | 79.17 |
| ความสูง (ซม.) | 65.13* | 267.99** | 18.30 | 8.99 | 16.60 | 18.88 | 30.7 - 62.2 | 47.6 | 77.33 |
| ดัชนีพื้นที่ใบ | 7.06** | 1.87** | 0.56 | 31.04 | 23.88 | 39.16 | 1.2 - 4.0 | 2.4 | 37.18 |
| น้ำหนักสดชีวมวล (ก.) | 4532.39** | 1532.85** | 400.64 | 25.76 | 21.65 | 33.65 | 31.3 - 119.7 | 77.7 | 41.40 |
| น้ำหนักแห้งมวลรวม (ก.) | 493.81** | 73.43** | 24.29 | 22.82 | 16.23 | 27.99 | 12.0 - 31.9 | 21.6 | 33.59 |

**,*, ns = ความแตกต่างทางสถิติในระดับ 0.01, 0.05 และไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ตามลำดับ

$h^2_b$ = อัตราพันธุกรรมอย่างกว้าง

Environmental coefficient of variation = สัมประสิทธิ์ความแปรปรวนทางสภาพแวดล้อม, Genotypic coefficient of variation = สัมประสิทธิ์ความแปรปรวนทางจีโนไทป์

Phenotypic coefficient of variation = สัมประสิทธิ์ความแปรปรวนทางฟีโนไทป์

**ตารางที่ 4** ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ทางฟีโนไทป์ ($r_p$) และจีโนไทป์ ($r_g$) ของลักษณะทางพืชไร่และลักษณะทางสรีรวิทยา 14 ลักษณะในถั่วเขียว 58 พันธุ์/สายพันธุ์

| ลักษณะ | วันดอกแรกบาน | วันฝักแรกสุก | จำนวนกิ่งต่อต้น | จำนวนข่อต่อต้น | จำนวนฝักต่อต้น | ความยาวฝัก | จำนวนเมล็ดต่อฝัก | จำนวนเมล็ดต่อต้น | น้ำหนัก 100 เมล็ด | ความสูง | ดัชนีพื้นที่ใบ | น้ำหนักสดชีวมวล | น้ำหนักแห้งมวลรวม |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ผลผลิต | -0.101 ns | -0.244 * | 0.230 * | 0.529 ** | 0.622 ** | 0.13 ns | 0.477 ** | 0.457 ** | 0.071 ns | 0.101 ns | 0.321 ** | 0.347 ** | 0.518 ** |
| | (-0.131) | (-0.29) | (0.259) | (0.601) | (0.599) | (-0.026) | (0.526) | (0.684) | (0.007) | (0.092) | (0.431) | (0.477) | (0.702) |
| วันดอกแรกบาน | | 0.723 ** | 0.498 ** | 0.163 ns | 0.136 ns | -0.162 ns | 0.233 * | 0.098 ns | -0.445 ** | 0.516 ** | 0.421 ** | 0.152 ns | -0.011 ns |
| | | (0.756) | (0.539) | (0.136) | (0.143) | (-0.167) | (0.243) | (0.194) | (-0.474) | (0.538) | (0.495) | (0.175) | (-0.024) |
| วันฝักแรกสุก | | | 0.391 ** | 0.054 ns | -0.032 ns | -0.127 ns | 0.002 ns | 0.077 ns | -0.278 * | 0.587 ** | 0.420 ** | 0.286 * | 0.058 ns |
| | | | (0.435) | (0.047) | (-0.020) | (-0.138) | (0.006) | (-0.041) | (-0.303) | (0.636) | (0.526) | (0.355) | (0.086) |
| จำนวนกิ่งต่อต้น | | | | 0.631 ** | 0.520 ** | -0.300 * | 0.233 * | 0.228 ** | -0.469 ** | 0.477 ** | 0.607** | 0.314 ** | 0.255 * |
| | | | | (0.714) | (0.595) | (-0.337) | (0.235) | (0.574) | (-0.525) | (0.522) | (0.789) | (0.385) | (0.301) |
| จำนวนข่อต่อต้น | | | | | 0.859 ** | -0.598 ** | 0.172 ns | 0.564 ** | -0.526 ** | 0.173 ns | 0.222 * | 0.157 ns | 0.271 * |
| | | | | | (0.973) | (-0.694) | (0.194) | (0.848) | (-0.645) | (0.167) | (0.284) | (0.131) | (0.266) |
| จำนวนฝักต่อต้น | | | | | | -0.652 ** | 0.243 ns | 0.640 ** | -0.609** | 0.114 ns | 0.216 ns | 0.079 ns | 0.245 ns |
| | | | | | | (-0.717) | (0.235) | (0.936) | (-0.702) | (0.111) | (0.267) | (0.097) | (0.288) |
| ความยาวฝัก | | | | | | | 0.325 ** | -0.427 ** | 0.678 ** | 0.183 ns | 0.158 ns | 0.365 ** | 0.208 ns |
| | | | | | | | (0.313) | (-0.483) | (0.692) | (0.183) | (0.183) | (0.420) | (0.239) |
| จำนวนเมล็ดต่อฝัก | | | | | | | | 0.400 ** | -0.214 ns | 0.470 ** | 0.498 ** | 0.388** | 0.328 ** |
| | | | | | | | | (0.518) | (-0.224) | (0.497) | (0.571) | (0.458) | (0.387) |
| จำนวนเมล็ดต่อต้น | | | | | | | | | -0.578 ** | 0.133 ns | 0.105 ns | 0.025 ns | 0.079 ns |
| | | | | | | | | | (-0.661) | (0.239) | (0.146) | (0.205) | (0.350) |
| น้ำหนัก 100 เมล็ด | | | | | | | | | | -0.209 ns | -0.065 ns | 0.154 ns | 0.182 ns |
| | | | | | | | | | | (-0.240) | (-0.076) | (0.181) | (0.199) |
| ความสูง | | | | | | | | | | | 0.730 ** | 0.718 ** | 0.478 ** |
| | | | | | | | | | | | (0.89) | (0.850) | (0.559) |
| ดัชนีพื้นที่ใบ | | | | | | | | | | | | 0.640 ** | 0.498 ** |
| | | | | | | | | | | | | (0.837) | (0.684) |
| น้ำหนักสดชีวมวล | | | | | | | | | | | | | 0.840 ** |
| | | | | | | | | | | | | | (0.880) |

**, *, ns = ความแตกต่างทางสถิติในระดับ 0.01, 0.05 และไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ตามลำดับ

ค่าในวงเล็บ = สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ทางจีโนไทป์

**ตารางที่ 5** ค่าเฉลี่ยของลักษณะทางพืชไร่และลักษณะทางสรีรวิทยา 14 ลักษณะ ของถั่วเขียว 15 พันธุ์/สายพันธุ์ ที่ให้ผลผลิตสูง

| ลักษณะ สายพันธุ์/ พันธุ์ | ผลผลิต (กก./ไร่) | วันดอก แรกบาน | วันฝัก แรกสุก | จำนวน กิ่งต่อต้น | จำนวนช่อ ต่อต้น | จำนวนฝัก ต่อต้น | ความยาวฝัก (ซม.) | จำนวน เมล็ดต่อฝัก | จำนวนเมล็ด ต่อต้น | น้ำหนัก 100 เมล็ด (ก.) | ความสูง (ซม.) | ดัชนี พื้นที่ใบ | น้ำหนักสด ชีวมวล (ก.) | น้ำหนักแห้ง มวลรวม (ก.) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| V2106 | 508.2 | 44 | 54 | 4.3 | 13.4 | 49.2 | 7.2 | 11.5 | 597.0 | 4.2 | 56.3 | 3.8 | 103.6 | 30.0 |
| V4785 | 503.2 | 40 | 54 | 2.9 | 11.3 | 37.8 | 7.3 | 11.3 | 396.7 | 3.9 | 50.1 | 2.8 | 77.8 | 22.5 |
| V4758 | 495.0 | 41 | 55 | 2.6 | 10.6 | 40.4 | 7.5 | 11.6 | 405.6 | 4.0 | 48.8 | 1.6 | 97.2 | 27.3 |
| KPS2 | 450.4 | 39 | 54 | 2.0 | 7.1 | 20.5 | 9.6 | 11.2 | 210.9 | 6.7 | 41.2 | 2.2 | 58.5 | 18.6 |
| V1946 | 434.9 | 37 | 53 | 2.5 | 8.3 | 20.0 | 9.9 | 10.2 | 168.5 | 7.6 | 40.2 | 2.3 | 109.8 | 31.9 |
| SUT5 | 417.6 | 40 | 54 | 2.7 | 10.5 | 34.0 | 7.1 | 10.5 | 321.6 | 4.1 | 39.8 | 2.1 | 72.1 | 22.8 |
| V1380 | 416.1 | 43 | 60 | 2.6 | 8.0 | 19.1 | 9.7 | 10.3 | 172.4 | 6.6 | 52.7 | 2.4 | 82.7 | 22.7 |
| V4956 | 413.2 | 43 | 60 | 3.1 | 12.5 | 34.5 | 6.9 | 10.3 | 312.4 | 4.1 | 47.2 | 2.0 | 74.0 | 22.8 |
| KAB4 | 381.3 | 39 | 59 | 2.8 | 13.0 | 33.6 | 5.0 | 6.1 | 171.5 | 6.6 | 34.7 | 1.8 | 71.4 | 21.4 |
| V4451 | 377.7 | 40 | 59 | 2.6 | 10.0 | 30.6 | 7.1 | 11.5 | 322.6 | 3.7 | 50.0 | 2.3 | 64.7 | 17.0 |
| V2075 | 374.1 | 49 | 62 | 4.0 | 10.1 | 29.1 | 8.2 | 10.7 | 246.1 | 4.5 | 59.3 | 4.0 | 98.0 | 22.8 |
| V3384 | 371.9 | 43 | 59 | 3.3 | 10.2 | 25.5 | 7.9 | 10.9 | 230.0 | 5.1 | 48.1 | 2.9 | 85.7 | 24.5 |
| V3495 | 366.7 | 36 | 58 | 4.1 | 13.8 | 37.8 | 7.4 | 9.9 | 341.9 | 3.5 | 50.1 | 2.9 | 76.0 | 20.4 |
| KPS1 | 361.0 | 40 | 58 | 2.8 | 9.0 | 21.1 | 8.8 | 9.6 | 169.6 | 6.3 | 52.8 | 2.6 | 93.7 | 25.9 |
| V4535 | 360.7 | 42 | 61 | 2.7 | 8.4 | 22.1 | 8.7 | 10.0 | 187.4 | 5.4 | 46.6 | 2.3 | 72.0 | 20.0 |

**ตารางที่ 6** อิทธิพลทางตรงและทางอ้อมของลักษณะทางพืชไร่และลักษณะทางสรีรวิทยา 9 ลักษณะ ของถั่วเขียว 58 พันธุ์/สายพันธุ์

| อิทธิพลของผลผลิตผ่านลักษณะ | จำนวนกิ่งต่อต้น | จำนวนช่อต่อต้น | จำนวนฝักต่อต้น | จำนวนเมล็ดต่อฝัก | จำนวนเมล็ดต่อต้น | น้ำหนัก 100 เมล็ด | น้ำหนักสดชีวมวล | ดัชนีพื้นที่ใบ | น้ำหนักแห้งมวลรวม | สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| จำนวนกิ่งต่อต้น | -0.121 | 0.557 | 0.154 | 0.132 | -0.091 | -0.306 | -0.093 | -0.123 | 0.150 | 0.259 |
| จำนวนช่อต่อต้น | -0.086 | 0.780 | 0.252 | 0.109 | -0.135 | -0.375 | -0.032 | -0.044 | 0.132 | 0.601 |
| จำนวนฝักต่อต้น | -0.072 | 0.758 | 0.259 | 0.132 | -0.149 | -0.409 | -0.023 | -0.042 | 0.143 | 0.599 |
| จำนวนเมล็ดต่อฝัก | -0.028 | 0.151 | 0.061 | 0.562 | -0.082 | -0.130 | -0.110 | -0.089 | 0.192 | 0.526 |
| จำนวนเมล็ดต่อต้น | -0.069 | 0.661 | 0.243 | 0.291 | -0.159 | -0.385 | -0.049 | -0.023 | 0.174 | 0.684 |
| น้ำหนัก 100 เมล็ด | 0.063 | -0.503 | -0.182 | -0.126 | 0.105 | 0.582 | -0.044 | 0.012 | 0.099 | 0.007 |
| น้ำหนักสดชีวมวล | -0.047 | 0.102 | 0.025 | 0.257 | -0.033 | 0.105 | -0.241 | -0.131 | 0.438 | 0.477 |
| ดัชนีพื้นที่ใบ | -0.095 | 0.221 | 0.069 | 0.321 | -0.023 | -0.044 | -0.201 | -0.156 | 0.340 | 0.431 |
| น้ำหนักแห้งมวลรวม | -0.036 | 0.207 | 0.075 | 0.217 | -0.056 | 0.116 | -0.212 | -0.107 | 0.497 | 0.702 |

ค่าที่ขีดเส้นใต้ = อิทธิพลทางตรงต่อผลผลิต; ค่าที่ไม่ได้ขีดเส้นใต้ = อิทธิพลทางอ้อมของลักษณะหนึ่ง ๆ ที่มีผลต่ออีกลักษณะหนึ่ง

ค่าเฉลี่ยลักษณะทางพืชไร่และลักษณะทางสรีรวิทยาทั้ง 15 ลักษณะแสดงไว้ในตารางที่ 2 ทำการคัดเลือกสายพันธุ์ที่ให้ค่าลักษณะทางพืชไร่และลักษณะทางสรีรวิทยาสูง เพื่อใช้เป็นสายพันธุ์พ่อในการผลิตลูกผสมต่อไป โดยลักษณะ น้ำหนักแห้งมวลรวม สูง คัดเลือกสายพันธุ์ V 1946 , V 1067 และ M 5-1 ซึ่งให้ค่าน้ำหนักแห้งมวลรวม เฉลี่ยเท่ากับ 31.93, 29.85 และ 28.49 กรัม ตามลำดับ ลักษณะน้ำหนักเมล็ดต่อต้นสูง คัดเลือกสายพันธุ์ V 2106, V 4785, V 4758, V 1946 และ V 1380 ซึ่งให้ค่าน้ำหนักเมล็ดต่อต้นเฉลี่ยเท่ากับ 15.88, 15.73, 15.47, 13.59 และ 13 กรัม ตามลำดับ ลักษณะจำนวนฝักต่อต้นสูง คัดเลือกสายพันธุ์ V 2106, V 4758, V 4785 และ V 3495 ซึ่งให้ค่าจำนวนฝักต่อต้นเฉลี่ยเท่ากับ 49.15, 40.38, 37.8 และ 37 ฝัก ตามลำดับ ลักษณะจำนวนช่อต่อต้นสูง คัดเลือกสาย-พันธุ์ V 2106 ซึ่งให้ค่าจำนวนช่อต่อต้นเฉลี่ยเท่ากับ 13.4 ช่อ ลักษณะจำนวนกิ่งต่อต้นสูง คัดเลือกสายพันธุ์ V 2075 และ V 3495 ซึ่งให้ค่าจำนวนกิ่งต่อต้น เฉลี่ย 4.1 และ 4 กิ่ง ตามลำดับ ลักษณะจำนวนเมล็ดต่อฝักสูง คัดเลือกสายพันธุ์ V 4758, V 4451, V 4785, V 1414AG และ V 1067 ซึ่งให้ค่าจำนวนเมล็ดต่อฝักเฉลี่ยเท่ากับ 11.58, 11.48, 11.33, 11.26 และ 10.40 ตามลำดับ ลักษณะดัชนีพื้นที่ใบสูง คัดเลือกสายพันธุ์ V 2075 ซึ่งให้ค่าดัชนีพื้นที่ใบเฉลี่ยเท่ากับ 3.97 ลักษณะจำนวนเมล็ดต่อต้นสูง คัดเลือกสายพันธุ์ V 2106 ซึ่งให้ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 597 เมล็ดต่อต้น และลักษณะความยาวฝัก คัดเลือกสายพันธุ์ V 1414AG และ V 1415AG ซึ่งให้ค่าความยาวฝักเฉลี่ยเท่ากับ 10.46 และ 9.4 เซนติเมตร ตามลำดับ

ทำการคัดเลือกพ่อแม่พันธุ์จากถั่วเขียวสายพันธุ์ต่าง ๆ ในตารางที่ 2 เพื่อปรับปรุงลักษณะทางพืชไร่และลักษณะทางสรีรวิทยาที่เกี่ยวข้องกับผลผลิตของถั่วเขียว โดยทำการปรับปรุงเฉพาะลักษณะที่ให้ค่าสหสัมพันธ์ทางบวกกับผลผลิตเท่านั้น ได้แก่ ลักษณะ น้ำหนักแห้งมวลรวม น้ำหนักเมล็ดต่อต้น จำนวนฝักต่อต้น จำนวนเมล็ดต่อฝัก จำนวนช่อต่อต้น จำนวนกิ่งต่อต้น ดัชนีพื้นที่ใบ จำนวนเมล็ดต่อต้น และความยาวฝักเท่านั้น จากนั้นได้ทำการผลิตลูกผสมโดยการนำสายพันธุ์ที่คัดเลือกจาก AVRDC ที่ให้ค่าลักษณะทางพืชไร่และลักษณะทางสรีรวิทยาสูงผสมกับพันธ์รับรองและสายพันธุ์ดีเด่น ที่ให้ค่าลักษณะทางพืชไร่และลักษณะทางสรีรวิทยาต่ำ (L*H) และสูง (H*H) ดังแสดงในตารางที่ 7 เพื่อนำลูกผสมที่ได้ไปศึกษาต่อไป

**ตารางที่ 7** ลักษณะที่ต้องการปรับปรุงของคู่ผสมเพื่อศึกษาความดีเด่น และปรับปรุงพันธุ์เพื่อเพิ่มผลผลิต

| ลักษณะที่ต้องการปรับปรุง | คู่ผสม | หมายเหตุ |
|---|---|---|
| น้ำหนักแห้งมวลรวม | CN 72 x KPS 1 | H*H |
| | CN 72 x V 1946 | H*H |
| | CN 60 x V 1946 | L*H |
| | SUT 4 x M 5-1 | L*H |
| | KPS 2 x V 1067 | L*L |
| น้ำหนักเมล็ดต่อต้น | KPS 2 x V 1380 | H*H |
| | SUT 3 x V 4758 | H*H |
| | KPS 2 x V 2106 | H*H |
| | CN 72 x V 1946 | L*H |
| | SUT 2 x V 4758 | L*H |
| | CN 60 x V 4785 | L*H |
| | SUT 2 x V 2106 | L*H |
| | CN 60 x V 2106 | L*H |
| จำนวนฝักต่อต้น | SUT 5 x V 2106 | H*H |
| | SUT 3 x V 4758 | H*H |
| | KPS 1 x V 4758 | H*H |
| | CN 60 x V 4785 | L*H |
| | SUT 2 x V 4758 | L*H |
| | CN 36 x V 3495 | L*H |
| | CN 36 x V 2106 | L*H |
| | CN 60 x V 2106 | L*H |
| จำนวนช่อต่อต้น | KPS 1 x V 2106 | L*H |
| จำนวนกิ่งต่อต้น | KPS 1 x V 3495 | H*H |
| | CN 60 x V 3495 | L*H |
| | KPS 2 x V 2075 | L*H |
| จำนวนเมล็ดต่อฝัก | KPS 2 x V 1067 | H*H |
| | SUT 5 x V 1414AG | H*H |
| | CN 60 x V 4758 | L*H |
| | SUT 3 x V 4451 | L*H |
| | SUT 1 x V 4785 | L*H |
| ดัชนีพื้นที่ใบ | CN 36 x V 2075 | H*H |
| | SUT 2 x V 2075 | L*H |
| จำนวนเมล็ดต่อต้น | SUT 5 x V 2106 | H*H |
| | SUT 2 x V 2106 | L*H |
| | CN 60 x V 2106 | L*H |
| ความยาวฝัก | SUT 5 x V 1414AG | L*H |
| | CN 60 x V 1414AG | L*H |
| | KPS 1 x V 1415AG | L*H |
| | KPS 2 x V 1415AG | L*H |
| | SUT 4 x V 1414AG | L*H |
| | SUT 5 x V 1415AG | L*H |

H คือ สายพันธุ์ที่ให้ลักษณะที่ต้องการศึกษาสูง L คือ สายพันธุ์ที่ให้ลักษณะที่ต้องการศึกษาต่ำ

**การคัดเลือกสายพันธุ์ที่มีระบบรากมากในกระบะดินผสมทราย**

ผลการวิเคราะห์วาเรียนซ์ของน้ำหนักแห้งยอด พื้นที่ใบ ความยาวรากต่อปริมาตรดิน ความยาวรากแก้ว และน้ำหนักแห้งรากของถั่วเขียว จำนวน 57 พันธุ์/สายพันธุ์ ในสภาวะให้น้ำปกติ และงดให้น้ำ พบว่าสภาวะให้น้ำปกติ น้ำหนักแห้งยอด พื้นที่ใบ ความยาวรากต่อปริมาตรดิน และน้ำหนักแห้งรากของถั่วเขียว 57 พันธุ์/สายพันธุ์ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p < 0.01$) ขณะที่ความยาวรากแก้วแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) บ่งชี้ว่าประชากรถั่วเขียวทั้ง 57 พันธุ์/สาย-พันธุ์ ที่นำมาศึกษานี้มีความแปรปรวนของทั้ง 5 ลักษณะสูง ส่วนสภาวะงดให้น้ำพบว่า น้ำหนักแห้งยอด พื้นที่ใบ ความยาวรากต่อปริมาตรดิน และน้ำหนักแห้งรากของถั่วเขียวพันธุ์/สายพันธุ์ต่าง ๆ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p< 0.01$) ขณะที่ความยาวรากแก้ว ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (ตารางภาคผนวกที่ 2)

ผลการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ทางฟีโนไทป์ของทั้ง 6 ลักษณะในสภาวะงดให้น้ำ แสดงไว้ในตารางที่ 8 โดยพบว่า ความยาวราก/ปริมาตรดิน น้ำหนักแห้งยอด พื้นที่ใบ และความยาวรากแก้วมีสหสัมพันธ์ทางบวกกับน้ำหนักแห้งรากอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ 0.749**, 0.680**, 0.542** และ 0.271* ตามลำดับ ส่วนอัตราส่วนยอดต่อรากมีสหสัมพันธ์ทางลบกับน้ำหนักแห้งราก (-0.492**) ในขณะที่สีใบไม่มีความสัมพันธ์กับน้ำหนักแห้งราก (-0.088)

ผลการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ทางฟีโนไทป์ของถั่วเขียวในสภาวะให้น้ำปกติ (ตารางที่ 9) พบว่าความยาวราก/ ปริมาตรดิน พื้นที่ใบ น้ำหนักแห้งยอด และความยาวรากแก้ว มีสหสัมพันธ์ทางบวกกับน้ำหนักแห้งรากอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ 0.870**, 0.709**, 0.639** และ 0.351* ตามลำดับ ส่วนอัตราส่วนยอดต่อรากมีความสัมพันธ์ทางลบกับน้ำหนักแห้งราก (-0.403**) ในขณะที่สีใบไม่มีความสัมพันธ์กับน้ำหนักแห้งราก (-0.158) ดังนั้นการคัดเลือกพันธุ์/สายพันธุ์ที่ให้น้ำหนักรากมาก อาจทำได้โดยการคัดเลือกต้นที่มีขนาดใหญ่ หรือมีน้ำหนักแห้งมวลรวมสูง เพื่อลดระยะเวลา และประหยัดค่าใช้จ่ายในการคัดเลือก ซึ่งสอดคล้องกับผลของการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ระหว่างความยาวราก/ปริมาตรดิน กับ TDM ของคู่ผสม KPS1 x V 1415AG (r = 0.888**) และ CN 60 x V 1414AG (r = 0.892**; ไม่แสดงผลการทดลอง) ซึ่งการศึกษานี้ให้ผลเช่นเดียวกับของ Camacho (1994) ที่ได้ทำการประเมินลักษณะทางสัณฐานวิทยาของข้าวโพดภายใต้สภาพแห้งแล้ง และพบว่า น้ำหนักแห้งรากสามารถนำไปใช้เป็นเกณฑ์ในการคัดเลือกข้าวโพดทนแล้งได้อย่างมีประสิทธิภาพ เนื่องจากระบบรากที่ใหญ่และลึกสามารถช่วยเพิ่มผลผลิตในข้าวสาลี (Passioura, 2000) และข้าวโพด (Kamara et al., 2003)

**ตารางที่ 8** ค่าสหสัมพันธ์ทางฟีโนไทป์ของน้ำหนักแห้งราก น้ำหนักแห้งยอด พื้นที่ใบ คะแนนสีใบ ความยาวรากแก้ว ความยาวราก/ปริมาตรดิน และอัตราส่วนยอดต่อราก ของถั่วเขียวที่ปลูกในกระบะดินผสมทราย ในสภาวะงดให้น้ำ

| | น้ำหนักแห้งยอด | พื้นที่ใบ | คะแนนสีใบ | ความยาวรากแก้ว | ความยาวราก /ปริมาตรดิน | อัตราส่วนยอดต่อราก |
|---|---|---|---|---|---|---|
| น้ำหนักแห้งราก | 0.680** | 0.542** | -0.088$^{ns}$ | 0.271* | 0.749** | -0.492** |
| น้ำหนักแห้งยอด | | 0.625** | -0.232* | 0.394** | 0.668** | 0.188$^{ns}$ |
| พื้นที่ใบ | | | 0.268* | 0.483** | 0.472** | 0.450$^{ns}$ |
| คะแนนสีใบ | | | | -0.060$^{ns}$ | -0.257* | -0.109$^{ns}$ |
| ความยาวรากแก้ว | | | | | 0.377** | 0.140$^{ns}$ |
| ความยาวราก/ปริมาตรดิน | | | | | | -0.334** |

**, *, ns คือ แตกต่างทางสถิติที่ระดับ 0.01, 0.05 และ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ตามลำดับ

**ตารางที่ 9** ค่าสหสัมพันธ์ทางฟีโนไทป์ของน้ำหนักแห้งราก น้ำหนักแห้งยอด พื้นที่ใบ คะแนนสีใบ ความยาวรากแก้ว ความยาวราก/ปริมาตรดิน และอัตราส่วนยอดต่อราก ของถั่วเขียวที่ปลูกในกระบะดินผสมทราย ในสภาวะให้น้ำปกติ

| | น้ำหนักแห้งยอด | พื้นที่ใบ | คะแนนสีใบ | ความยาวรากแก้ว | ความยาวราก /ปริมาตรดิน | อัตราส่วนยอดต่อราก |
|---|---|---|---|---|---|---|
| น้ำหนักแห้งราก | 0.639** | 0.709** | -0.158$^{ns}$ | 0.351** | 0.870** | -0.403** |
| น้ำหนักแห้งยอด | | 0.910** | -0.083$^{ns}$ | 0.413** | 0.509** | 0.359** |
| พื้นที่ใบ | | | -0.077$^{ns}$ | 0.493** | 0.609** | 0.225* |
| คะแนนสีใบ | | | | -0.031$^{ns}$ | -0.105$^{ns}$ | 0.084$^{ns}$ |
| ความยาวรากแก้ว | | | | | 0.321** | 0.071$^{ns}$ |
| ความยาวราก/ปริมาตรดิน | | | | | | -0.384** |

**, *, ns คือ แตกต่างทางสถิติที่ระดับ 0.01, 0.05 และ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ตามลำดับ

จากการเปรียบเทียบลักษณะพื้นที่ใบ พบว่า ใบของถั่วเขียว 25 พันธุ์/สายพันธุ์ในสภาวะให้น้ำปกติมีขนาดใหญ่กว่าสภาวะงดให้น้ำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ พบเพียง 1 สายพันธุ์ที่เมื่อปลูกในสภาวะงดให้น้ำมีใบขนาดใหญ่กว่าอย่างมีนัยสำคัญ คือ V 4956 (ตารางที่ 10.1) สายพันธุ์ดังกล่าวนี้มีน้ำหนักยอดเพิ่มขึ้นในสภาวะงดให้น้ำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติด้วย ในขณะที่ถั่วเขียวอีก 9 พันธุ์/สายพันธุ์ มีน้ำหนักยอดลดลงในสภาวะงดให้น้ำ (ตารางที่ 10.2) เมื่อเปรียบเทียบคะแนนสีใบ พบว่าสภาวะให้น้ำปกติ ทุกสายพันธุ์มีใบจริงเป็นสีเขียวเข้ม (คะแนน 5) หลังจากงดให้น้ำ สีของใบเกือบทุกสายพันธุ์เปลี่ยนเป็นสีเหลืองขึ้น โดยพบว่าพันธุ์/สายพันธุ์ ส่วนใหญ่มีใบจริงสีเหลืองซีดจนถึงสีเขียวอมเหลือง (คะแนน 1 - 3) แต่พบบางพันธุ์/สายพันธุ์ ได้แก่ V 1132, V 1327, V 1364, V 1380,

V 4785, V 2774, V 3131, V 3384, V 3387, V 3404, V 4718, V 4758, SUT 3, KAB 4, KPS 2 และ SUT 5 ที่มีใบสีเขียวถึงสีเขียวเข้ม (คะแนน 4-5; ตารางที่ 10.1)

การขาดน้ำมีผลกระทบต่อความยาวรากแก้วของต้นกล้าถั่วเขียวในกระบะดินผสมทรายไม่มากเท่าผลกระทบต่อพื้นที่ใบ ถั่วเขียวส่วนใหญ่มีความยาวรากแก้วในสภาวะให้น้ำปกติและงดให้น้ำไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่บางพันธุ์/สายพันธุ์ เช่น V2022, V5926, SUT 1, M5-5 และ SUT 5 มีความยาวรากแก้วลดลงในสภาวะขาดน้ำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่ V 3404 และ V 3484 มีความยาวรากแก้วเพิ่มขึ้นในสภาวะขาดน้ำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 10.1) ซึ่งอาจแสดงถึงการปรับตัวของสายพันธุ์ดังกล่าวในการหยั่งรากหาน้ำและแร่ธาตุในดินระดับลึกขึ้น เช่นเดียวกับความยาวรากแก้ว ลักษณะของความยาวราก/ปริมาตรดินและน้ำหนักแห้งรากของถั่วเขียวพันธุ์/สายพันธุ์ต่าง ๆ ที่ปลูกในสภาวะให้น้ำปกติและงดให้น้ำมักไม่แตกต่างกันทางสถิติ พบเพียง 6-7 และ 4 พันธุ์/สาย-พันธุ์เท่านั้นที่มีความยาวราก/ปริมาตรดินหรือน้ำหนักแห้งรากลดลง และเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติตามลำดับในสภาวะงดให้น้ำ สายพันธุ์ที่มีความยาวราก/ปริมาตรดินเพิ่มขึ้นในสภาวะงดให้น้ำ เช่น V 1067, V 1330, CN 72 และ CN 60 หรือมีน้ำหนักแห้งรากเพิ่มขึ้นในสภาวะงดให้น้ำ เช่น V 1323, V 4956, CN 60 และ SUT 5 อาจมีประสิทธิภาพในการหาน้ำสูงขึ้น และอาจสามารถทนแล้งได้ดี อย่างไรก็ตามสายพันธุ์เหล่านี้บางสายพันธุ์แม้ว่าจะตอบสนองต่อการขาดน้ำได้ดี แต่มีระบบรากที่เล็ก ซึ่งอาจมีประสิทธิภาพในการหาน้ำโดยรวมได้ไม่ดีเท่าสายพันธุ์อื่นที่มีระบบรากใหญ่กว่า ดังนั้นจึงควรพิจารณาปริมาณรากทั้งหมด (น้ำหนักแห้งราก) ประกอบด้วย ดังนั้นสำหรับงานวิจัยนี้ จึงใช้ข้อมูลน้ำหนักแห้งรากเป็นหลักในการคัดเลือกพันธุ์/สายพันธุ์ที่มีศักยภาพในการให้ผลผลิตสูง และอาจทนแล้ง โดยพันธุ์/สายพันธุ์ที่ให้น้ำหนักแห้งรากมากที่สุด 7 อันดับแรกในสภาวะให้น้ำปกติได้แก่ KPS 2, V 1414AG, M 4-2, V 1415AG, M 5-5, SUT 1 และ M 5-1 ส่วนสภาวะงดให้น้ำ ได้แก่ SUT 5, KPS 2, M 4-2, M 5-1, V 1415AG, V 1414AG และ M 5-5 (ตารางที่ 10.2)

เมื่อวิเคราะห์อัตราส่วนยอดต่อราก พบว่าในสภาวะให้น้ำปกติ ถั่วเขียว 13 พันธุ์/สายพันธุ์มีค่าอัตราส่วนยอดต่อรากสูงกว่าสภาวะงดให้น้ำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่บางพันธุ์/สายพันธุ์กลับมีอัตราส่วนยอดต่อรากในสภาวะงดให้น้ำสูงกว่าสภาวะให้น้ำปกติอย่างชัดเจน ได้แก่ V 2774 (1.7 เท่า) V 1415AG (3.8 เท่า) KPS51 (1.4 เท่า) และ V 2802BR (1.6 เท่า) (ตารางที่ 10.2) โดยทั่วไปอัตราส่วนของยอดต่อรากที่ลดลงในสภาวะขาดน้ำบ่งบอกถึงการแบ่งสรรอาหาร (partitioning) ไปใช้ในการเจริญเติบโตของราก เพื่อให้มีประสิทธิภาพในการหาน้ำสูงขึ้น อย่างไรก็ตามอัตราส่วนที่ลดลงนี้อาจหมายถึงการชะงักการเจริญเติบโตของยอดได้ด้วย ดังนั้นการใช้อัตราส่วนของยอดต่อรากในการคัดเลือกพันธุ์/สายพันธุ์ จึงจำเป็นต้องพิจารณาปัจจัยอื่นร่วมด้วย (Zhang et al., 2009) สำหรับการทดลองนี้ คัดเลือกพันธุ์/สายพันธุ์ที่มีศักยภาพในการให้ผลผลิตสูง และอาจทนแล้ง โดยใช้ลักษณะน้ำหนักแห้งรากเป็นหลัก และพิจารณาอัตราส่วนยอดต่อรากร่วมด้วย ซึ่งพบว่าถั่วเขียวสายพันธุ์

V 1414AG และ V 1415AG เป็นสายพันธุ์ต่างประเทศที่ให้ค่าน้ำหนักแห้งรากสูงที่สุดในทั้งสองสภาวะ นอกจากนี้ พันธุ์/สายพันธุ์ที่พัฒนาในประเทศไทยได้แก่ KPS 2, M 4-2, M 5-5 และ M 5-1 ให้ค่าน้ำหนักแห้งรากสูงในทั้งสองสภาวะเท่ากัน ส่วนพันธุ์ SUT 5 มีน้ำหนักแห้งรากสูงในสภาพแห้งแล้ง ดังนั้นพันธุ์/สายพันธุ์ เหล่านี้จึงอาจนำมาใช้เป็นพ่อแม่พันธุ์สำหรับปรับปรุงพันธุ์ถั่วเขียวเพื่อเพิ่มผลผลิต และทนแล้งได้ในอนาคต ตารางที่ 11 แสดงคู่ผสมที่ใช้ในการผลิตลูกผสมสำหรับทดสอบระบบราก ส่วนสายพันธุ์อื่นที่มีการตอบสนองต่อการขาดน้ำได้ดี เช่น V 4956, V 3404, V 3484, V 1067, V 1330 และ V 1323 เป็นสายพันธุ์ที่มีศักยภาพในการทนแล้ง ซึ่งอาจนำมาใช้ประโยชน์ในการปรับปรุงพันธุ์ถั่วเขียวเพื่อทนแล้งต่อไปในอนาคต

**ตารางที่ 10.1** ค่าเฉลี่ยลักษณะพื้นที่ใบ คะแนนสีใบ ความยาวรากแก้ว และความยาวราก/ปริมาตรดิน

| สายพันธุ์ | พื้นที่ใบ (ตร. ซม.) | | | คะแนนสีใบ | | | ความยาวรากแก้ว (ซม.) | | | ความยาวรากรวม / ดิน 1 ลบ. ซม. (มม.) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ให้น้ำปกติ | งดให้น้ำ | %เทียบกับ[a] ให้น้ำปกติ | ให้น้ำปกติ | งดให้น้ำ | %เทียบกับให้น้ำปกติ | ให้น้ำปกติ | งดให้น้ำ | %เทียบกับให้น้ำปกติ | ให้น้ำปกติ | งดให้น้ำ | %เทียบกับให้น้ำปกติ |
| V 1067 | 45.8 ± 6.2 a-i | 12.5 ± 1.2 e-l | 27.29 ** | 5.0 | 2.0 | 40.00 ** | 11.6 ± 2.8 a | 5.3 ± 0.1 b-e | 45.69 ns | 0.04 ± 0.000 jkl | 0.08± 0.001 c-o | 200.00* |
| V 1110 | 31.2 ± 7.1 d-l | 13.3 ± 1.7 d-l | 42.63 * | 5.0 | 2.3 | 46.00 ** | 6.8 ± 0.5 a-h | 5.8 ± 0.4 b-e | 85.29 ns | 0.05 ± 0.002 i-l | 0.07 ± 0.001 f-o | 140.00ns |
| V 1132 | 47.0 ± 4.2 a-h | 21.7 ± 3.6 a-g | 46.17 ** | 5.0 | 4.0 | 80.00 * | 7.8 ± 1.3 a-h | 6.1 ± 0.7 a-e | 78.21 ns | 0.09 ± 0.001 e-l | 0.09 ± 0.002 a-n | 100.00 ns |
| V 1323 | 36.3 ± 6.7 b-l | 15.6 ± 3.9 d-l | 42.98 * | 5.0 | 3.3 | 66.00 ns | 8.7 ± 1.2 a-g | 6.6 ± 0.6 a-e | 75.86 ns | 0.07 ± 0.001 f-l | 0.11 ± 0.002 a-h | 157.14 ns |
| V 1327 | 52.3 ± 9.5 a-f | 15.4 ± 3.1 d-l | 29.45 * | 5.0 | 4.0 | 80.00 * | 9.4 ± 2.5 a-e | 6.5 ± 0.8 a-e | 69.15 ns | 0.06 ± 0.001 g-l | 0.08 ± 0.002 b-o | 133.33 ns |
| V 1330 | 26.4 ± 2.4 g-m | 16.9 ± 3.2 c-k | 64.02 ns | 5.0 | 3.8 | 76.00 ns | 6.5 ± 1.0 a-h | 7.0 ± 0.4 a-d | 107.69 ns | 0.05 ± 0.001 h-l | 0.11 ± 0.001 a-i | 220.00 * |
| V 1364 | 39.9 ± 6.8 b-k | 29.8 ± 3.8 a | 74.69 ns | 5.0 | 4.5 | 90.00 ns | 7.8 ± 1.1 a-g | 9.5 ± 1.9 a | 121.79 ns | 0.13 ± 0.002 c-g | 0.10 ± 0.002 a-m | 76.92 ns |
| V 1380 | 25.1 ± 5.8 g-m | 29.7 ± 3.1 a | 118.33 ns | 5.0 | 4.3 | 86.00 ns | 10.7 ± 2.0 abc | 6.8 ± 0.4 a-e | 63.55 ns | 0.10 ± 0.002 e-k | 0.12 ± 0.001 a-g | 120.00 ns |
| V 1471 | 14.3 ± 1.0 k-m | 17.5 ± 3.6 b-k | 122.38 ns | 5.0 | 2.3 | 46.00 ** | 6.2 ± 1.1 a-h | 6.9 ± 0.3 a-e | 111.29 ns | 0.07 ± 0.001 f-l | 0.10 ± 0.003 a-j | 142.86 ns |
| V 1573 | 24.0 ± 6.7 g-m | 21.3 ± 0.6 a-h | 88.75 ns | 5.0 | 3.8 | 76.00 * | 6.1 ± 0.4 a-h | 6.0 ± 0.6 a-e | 98.36 ns | 0.07 ± 0.002 g-l | 0.06 ± 0.001 f-o | 85.71 ns |
| V 1844 | 11.8 ± 0.6 l-m | 13.2 ± 1.2 d-l | 111.86 ns | 5.0 | 1.8 | 36.00 ** | 5.2 ± 0.9 b-h | 6.0 ± 0.6 a-e | 115.38 ns | 0.04 ± 0.001 kl | 0.06 ± 0.001 f-o | 150.00 ns |
| V 1944 | 26.4 ± 7.2 g-m | 23.0 ± 5.1 a-e | 87.12 ns | 5.0 | 3.3 | 66.00 ** | 9.3 ± 1.9 a-e | 5.5 ± 1.0 b-e | 59.14 ns | 0.08 ± 0.002 f-l | 0.10 ± 0.003 a-l | 125.00 ns |
| V 4785 | 17.8 ± 3.2 j-m | 8.3 ± 1.6 kl | 46.63 * | 5.0 | 4.0 | 80.00 ns | 7.3 ± 1.3 a-h | 4.3 ± 0.1 cde | 58.90 ns | 0.09 ± 0.001 e-l | 0.04 ± 0.001 h-o | 44.44 ** |
| V 1946 | 36.3 ± 1.5 b-l | 21.2 ± 1.3 a-h | 58.40 ** | 5.0 | 3.8 | 76.00 ns | 7.3 ± 0.9 a-h | 7.1 ± 0.8 a-d | 97.26 ns | 0.10 ± 0.002 e-k | 0.14 ± 0.001 a-d | 140.00 ns |
| V 2022 | 23.2 ± 3.1 g-m | 11.1 ± 3.1 g-l | 47.84 * | 5.0 | 4.0 | 80.00 * | 7.0 ± 0.5 a-h | 4.9 ± 0.3 b-e | 70.00 * | 0.08 ± 0.000 f-l | 0.07 ± 0.002 c-o | 87.50 ns |
| V 2075 | 36.8 ± 5.3 b-l | 12.0 ± 3.5 f-l | 32.61 * | 5.0 | 2.0 | 40.00 ** | 7.4 ± 1.7 a-h | 4.6 ± 0.3 cde | 62.16 ns | 0.12 ± 0.001 e-j | 0.04 ± 0.001 i-o | 33.33 ** |
| V 2688 | 45.7 ± 18.7 a-i | 21.9 ± 2.9 a-g | 47.92 ns | 5.0 | 2.5 | 50.00 * | 6.6 ± 0.4 a-h | 7.1 ± 1.3 a-d | 107.58 ns | 0.12 ± 0.002 e-j | 0.05 ± 0.001 h-o | 41.67 ns |

[a] เปอร์เซ็นต์ของลักษณะในสภาวะงดให้น้ำเมื่อเปรียบเทียบกับให้น้ำปกติ

**, *, ns คือ แตกต่างทางสถิติที่ระดับ 0.01, 0.05 และ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ตามลำดับ

**ตารางที่ 10.1** ค่าเฉลี่ยลักษณะพื้นที่ใบ คะแนนสีใบ ความยาวรากแก้ว และความยาวรากรวม/ปริมาตรดิน (ต่อ)

| สายพันธุ์ | พื้นที่ใบ (ตร. ซม.) | | | คะแนนสีใบ | | | ความยาวรากแก้ว (ซม.) | | | ความยาวรากรวม / ดิน 1 ลบ. ซม. (มม.) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ให้น้ำปกติ | งดให้น้ำ | %เทียบกับ[a] ให้น้ำปกติ | ให้น้ำปกติ | งดให้น้ำ | %เทียบกับให้น้ำปกติ | ให้น้ำปกติ | งดให้น้ำ | %เทียบกับให้น้ำปกติ | ให้น้ำปกติ | งดให้น้ำ | %เทียบกับให้น้ำปกติ |
| V 2773 | 23.7 ± 6.0 g-m | 16.0 ± 2.3 c-k | 67.51 ns | 5.0 | 3.8 | 76.00 * | 6.5 ± 1.1 a-h | 6.1 ± 0.7 a-e | 93.85 ns | 0.06 ± 0.001 g-l | 0.03 ± 0.000 mno | 50.00 ns |
| V 2774 | 18.5 ± 3.9 j-m | 15.7 ± 1.4 c-l | 84.86 ns | 5.0 | 4.3 | 86.00 ns | 5.0 ± 0.9 b-h | 6.5 ± 0.7 a-e | 130.00 ns | 0.06 ± 0.001 g-l | 0.04 ± 0.001 j-o | 66.67 ns |
| V 2802BR | 24.0 ± 7.1 g-m | 14.2 ± 2.1 d-l | 59.17 ns | 5.0 | 2.5 | 50.00 * | 9.9 ± 3.3 a-d | 7.0 ± 1.2 a-d | 70.71 ns | 0.08 ± 0.002 e-l | 0.05 ± 0.001 h-o | 62.50 ns |
| V 2815 | 36.0 ± 0.0 b-l | 12.5 ± 0.0 e-l | 34.72 * | 5.0 | 3.0 | 60.00 * | 4.1 ± 0.0 d-h | 7.4 ± 0.0 a-d | 180.49 ns | 0.10 ± 0.000 e-l | 0.03 ± 0.000 l-o | 30.00 ** |
| V 3092 | 30.3 ± 0.5 e-l | 15.6 ± 0.7 d-l | 51.49 * | 5.0 | 2.8 | 56.00 * | 7.2 ± 0.8 a-h | 7.3 ± 0.4 a-d | 101.39 ns | 0.06 ± 0.002 g-l | 0.08 ± 0.001 a-o | 133.33 ns |
| V 3131 | 29.6 ± 3.9 e-l | 15.6 ± 1.3 d-l | 52.70 * | 5.0 | 4.0 | 80.00 ns | 9.0 ± 2.9 a-f | 4.8 ± 1.1 cde | 53.33 ns | 0.06 ± 0.001 g-l | 0.06 ± 0.001 f-o | 100.00 ns |
| V 3384 | 24.6 ± 4.8 g-m | 13.3 ± 1.1 d-l | 54.07 ns | 5.0 | 4.5 | 90.00 ns | 4.8 ± 2.9 c-h | 5.8 ± 1.0 b-e | 120.83 ns | 0.09 ± 0.001 e-l | 0.06 ± 0.001 g-o | 66.67 ns |
| V 3387 | 31.4 ± 7.8 c-l | 10.6 ± 1.9 h-l | 33.76 * | 5.0 | 5.0 | 100.00 ns | 5.7 ± 0.3 a-h | 5.4 ± 0.8 b-e | 94.74 ns | 0.07 ± 0.001 g-l | 0.03 ± 0.000 no | 42.86 * |
| V 3388 | 26.4 ± 7.2 g-m | 9.3 ± 2.7 i-l | 35.23 ns | 5.0 | 3.5 | 70.00 ns | 3.9 ± 0.6 d-h | 3.2 ± 1.0 e | 82.05 ns | 0.04 ± 0.001 kl | 0.03 ± 0.001 k-o | 75.00 ns |
| V 3404 | 23.6 ± 5.7 g-m | 16.0 ± 4.1 c-k | 67.80 ns | 5.0 | 4.3 | 86.00 ns | 4.3 ± 0.5 d-h | 6.2 ± 0.4 a-e | 144.19 * | 0.04 ± 0.001 jkl | 0.04 ± 0.001 h-o | 100.00 ns |
| V 3484 | 20.3 ± 3.3 i-m | 20.2 ± 4.5 a-i | 99.51 ns | 5.0 | 2.0 | 40.00 ** | 3.1 ± 0.7 fgh | 6.4 ± 0.4 a-e | 206.45 * | 0.09 ± 0.006 e-l | 0.07 ± 0.001 e-o | 77.78 ns |
| V 3495 | 27.2 ± 6.8 f-m | 11.9 ± 3.1 f-l | 43.75 ns | 5.0 | 2.0 | 40.00 ** | 1.8 ± 0.4 h | 4.1 ± 1.0 de | 227.78 * | 0.06 ± 0.001 g-l | 0.05 ± 0.001 h-o | 83.33 ns |
| V 4451 | 21.5 ± 2.9 h-m | 12.9 ± 1.9 e-l | 60.00 * | 5.0 | 2.5 | 50.00 * | 3.8 ± 0.7 e-h | 5.8 ± 0.8 b-e | 152.63 ns | 0.10 ± 0.001 e-k | 0.02 ± 0.001 o | 20.00 ** |
| V 4535 | 27.0 ± 4.8 f-m | 8.10± 4.0 kl | 30.00 ns | 5.0 | 2.5 | 50.00 ns | 8.5 ± 2.2 a-g | 5.7 ± 3.7 b-e | 67.06 ns | 0.11 ± 0.002 e-k | 0.06 ± 0.004 g-o | 54.55 ns |
| V 4718 | 17.9 ± 3.8 j-m | 13.2 ± 2.6 d-l | 73.74 ns | 5.0 | 4.5 | 90.00 ns | 7.7 ± 2.5 a-h | 5.7 ± 0.6 b-e | 74.03 ns | 0.05 ± 0.003 e-l | 0.03 ± 0.001 mno | 60.00 ns |
| V 4758 | 27.4 ± 7.9 f-m | 12.9 ± 1.2 e-l | 47.08 ns | 5.0 | 4.8 | 96.00 ns | 6.3 ± 1.8 a-h | 4.8 ± 1.9 cde | 76.19 ns | 0.05 ± 0.002 g-l | 0.12 ± 0.003 a-g | 240.00 ns |
| V 4956 | 11.3 ± 1.3 l-m | 16.6 ± 0.7 c-k | 146.90 * | 5.0 | 3.8 | 76.00 * | 6.3 ± 1.3 a-h | 7.1 ± 2.0 a-d | 112.70 ns | 0.04 ± 0.001 jkl | 0.06 ± 0.001 f-o | 150.00 ns |

[a] เปอร์เซ็นต์ของลักษณะในสภาวะงดให้น้ำเมื่อเปรียบเทียบกับให้น้ำปกติ

**, *, ns คือ แตกต่างทางสถิติที่ระดับ 0.01, 0.05 และ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ตามลำดับ

**ตารางที่ 10.1** ค่าเฉลี่ยลักษณะพื้นที่ใบ คะแนนสีใบ ความยาวรากแก้ว และความยาวรากรวม/ปริมาตรดิน (ต่อ)

| สายพันธุ์ | พื้นที่ใบ (ตร. ซม.) | | | คะแนนสีใบ | | | ความยาวรากแก้ว (ซม.) | | | ความยาวรากรวม / ดิน 1 ลบ. ซม. (มม.) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ให้น้ำปกติ | งดให้น้ำ | %เทียบกับ[a] ให้น้ำปกติ | ให้น้ำปกติ | งดให้น้ำ | %เทียบกับให้น้ำปกติ | ให้น้ำปกติ | งดให้น้ำ | %เทียบกับให้น้ำปกติ | ให้น้ำปกติ | งดให้น้ำ | %เทียบกับให้น้ำปกติ |
| V 5036 | 3.8 ± 0.8 m | 7.3 ± 1.8 kl | 192.11 ns | 5.0 | 3.5 | 70.00 * | 2.9 ± 0.6 gh | 4.3 ± 0.6 cde | 148.28 ns | 0.02 ± 0.000 l | 0.04 ± 0.002 h-o | 200.00 ns |
| V 5197 | 32.9 ± 2.1 c-l | 9.8 ± 2. il | 29.79 ** | 5.0 | 2.5 | 50.00 ** | 5.8 ± 0.7 a-h | 5.3 ± 1.7 b-e | 91.38 ns | 0.12 ± 0.004 e-k | 0.05 ± 0.001 h-o | 41.67 ns |
| V 5926 | 38.9 ± 8.2 b-k | 8.1 ± 2.1 kl | 20.82 * | 5.0 | 1.0 | 20.00 ** | 7.7 ± 0.3 a-h | 4.6 ± 0.4 cde | 59.74 ** | 0.16 ± 0.003 a-e | 0.08 ± 0.001 b-o | 50.00 ns |
| V 6009 | 48.4 ± 9.0 a-g | 26.3 ± 3.1 abc | 54.34 ns | 5.0 | 3.0 | 60.00 ** | 5.8 ± 0.4 a-h | 6.1 ± 1.7 a-e | 105.17 ns | 0.07 ± 0.002 f-l | 0.11 ± 0.002 a-h | 157.14 ns |
| V 1414AG | 66.2 ± 6.5 a | 9.0 ± 2.4 jkl | 13.60 ** | 5.0 | 1.0 | 20.00 ** | 10.9 ± 4.4 ab | 5.9 ± 0.7 a-e | 54.13 ns | 0.22 ± 0.003 a | 0.14 ± 0.002 a-e | 63.64 ns |
| V 1415AG | 53.1 ± 4.6 a-e | 15.9 ± 2.0 c-k | 29.94 ** | 5.0 | 2.8 | 56.00 ** | 9.7 ± 1.8 a-e | 7.3 ± 1.6 a-d | 75.26 ns | 0.19 ± 0.003 a-d | 0.14 ± 0.004 abc | 73.68 ns |
| CN 36 | 40.6 ± 9.6 b-j | 16.9 ± 3.7 c-k | 41.63 ns | 4.5 | 1.0 | 22.22 ** | 7.3 ± 1.0 a-h | 5.7 ± 0.3 b-e | 78.08 ns | 0.13 ± 0.003 d-h | 0.15 ± 0.002 ab | 115.38 ns |
| CN 72 | 35.8 ± 15.2 b-l | 21.5 ± 4.9 a-g | 60.06 ns | 5.0 | 2.3 | 46.00 ** | 7.1 ± 2.2 a-h | 6.0 ± 0.6 a-e | 84.51 ns | 0.06 ± 0.000 g-l | 0.13 ± 0.003 a-f | 216.67 * |
| CN 60 | 23.4 ± 3.7 g-m | 14.9 ± 1.8 d-l | 63.68 ns | 5.0 | 1.8 | 36.00 ** | 5.8 ± 0.9 a-h | 6.6 ± 0.7 a-e | 113.79 ns | 0.04 ± 0.000 kl | 0.11 ± 0.000 a-j | 275.00 * |
| UT 1 | 36.7 ± 7.6 b-l | 16.8 ± 2.6 c-k | 45.78 * | 5.0 | 1.0 | 20.00 ** | 6.5 ± 1.1 a-h | 8.6 ± 1.8 ab | 132.31 ns | 0.07 ± 0.001 f-l | 0.10 ± 0.002 a-j | 142.86 ns |
| PSU 1 | 27.5 ± 5.8 f-m | 19.3 ± 1.5 b-j | 70.18 ns | 5.0 | 2.5 | 50.00 * | 6.5 ± 1.4 a-h | 5.8 ± 1.5 be | 89.23 ns | 0.07 ± 0.001 f-l | 0.15 ± 0.006 a | 214.29 ns |
| SUT 1 | 47.3 ± 7.3 a-g | 14.5 ± 4.1 d-l | 30.66 ** | 5.0 | 2.8 | 56.00 * | 8.1 ± 1.1 a-g | 4.3 ± 0.8 cde | 53.09 * | 0.12 ± 0.003 e-k | 0.02 ± 0.000 o | 16.67 * |
| SUT 3 | 40.3 ± 15.4 b-j | 15.6 ± 2.6 d-l | 38.71 ns | 5.0 | 4.5 | 90.00 ns | 6.4 ± 1.3 a-h | 4.6 ± 0.9 cde | 71.88 ns | 0.13 ± 0.004 c-h | 0.04 ± 0.000 h-o | 30.77 ns |
| PL 2 | 33.6 ± 24.9 b-l | 13.8 ± 2.7 d-l | 41.07 * | 5.0 | 3.3 | 66.00 ns | 7.3 ± 0.1 a-h | 6.7 ± 1.5 a-e | 91.78 ns | 0.06 ± 0.000 g-l | 0.04 ± 0.001 i-o | 66.67 ns |
| KAB 4 | 67.1 ± 2.0 a | 19.7 ± 2.6 a-j | 29.36 ** | 5.0 | 4.3 | 86.00 ns | 9.4 ± 3.0 a-e | 7.5 ± 0.9 a-d | 79.79 ns | 0.15 ± 0.001 b-f | 0.10 ± 0.002 a-l | 66.67 ns |
| SUT 4 | 30.0 ± 11.2 e-l | 11.9 ± 3.6 f-l | 39.67 ns | 5.0 | 3.0 | 60.00 ns | 6.0 ± 0.5 a-h | 4.8 ± 0.8 cde | 80.00 ns | 0.10 ± 0.003 e-k | 0.02 ± 0.000 o | 20.00 ns |
| M 5-5 | 36.4 ± 4.8 b-l | 10.4 ± 1.7 i-l | 28.57 ** | 5.0 | 1.0 | 20.00 ** | 6.7 ± 0.2 a-h | 6.1 ± 0.2 a-e | 91.04 * | 0.20 ± 0.004 ab | 0.15 ± 0.003 a | 75.00 ns |

[a] เปอร์เซ็นต์ของลักษณะในสภาวะงดให้น้ำเมื่อเปรียบเทียบกับให้น้ำปกติ

**, *, ns คือ แตกต่างทางสถิติที่ระดับ 0.01, 0.05 และ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ตามลำดับ

**ตารางที่ 10.1** ค่าเฉลี่ยลักษณะพื้นที่ใบ คะแนนสีใบ ความยาวรากแก้ว และความยาวรากรวม/ปริมาตรดิน (ต่อ)

| สายพันธุ์ | พื้นที่ใบ (ตร. ซม.) | | | คะแนนสีใบ | | | ความยาวรากแก้ว (ซม.) | | | ความยาวรากรวม / ดิน 1 ลบ. ซม. (มม.) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ให้น้ำปกติ | งดให้น้ำ | %เทียบกับ[a] ให้น้ำปกติ | ให้น้ำปกติ | งดให้น้ำ | %เทียบกับให้น้ำปกติ | ให้น้ำปกติ | งดให้น้ำ | %เทียบกับให้น้ำปกติ | ให้น้ำปกติ | งดให้น้ำ | %เทียบกับให้น้ำปกติ |
| M 4-2 | 58.4 ± 3.8 ab | 23.2 ± 1.4 a-e | 39.73 ** | 5.0 | 1.0 | 20.00 ** | 7.3 ± 0.8 a-h | 8.0 ± 0.7 abc | 109.59 ns | 0.21 ± 0.005 ab | 0.15 ± 0.001 a | 71.43 ns |
| M 5-1 | 55.8 ± 15.6 ad | 23.9 ± 2.2 a-d | 42.83 ns | 5.0 | 2.8 | 56.00 * | 7.4 ± 0.9 a-h | 5.5 ± 0.6 b-f | 74.32 ns | 0.13 ± 0.004 d-i | 0.10 ± 0.002 a-k | 76.92 ns |
| KPS 2 | 33.4 ± 3.9 b-l | 27.4 ± 18.4 ab | 82.04 ns | 5.0 | 4.0 | 80.00 ns | 6.0 ± 0.9 a-h | 4.9 ± 1.9 b-e | 81.67 ns | 0.20 ± 0.002 abc | 0.14 ± 0.011 abc | 70.00 ns |
| SUT 5 | 26.7 ± 3.0 g-m | 22.5 ± 0.0 a-e | 84.27 ns | 5.0 | 5.0 | 100.00 ns | 7.1 ± 0.2 a-h | 4.5 ± 0.0 cde | 63.38 * | 0.12 ± 0.001 e-k | 0.07 ± 0.000 d-o | 58.33 ns |
| KPS 1 | 18.1 ± 5.9 j-m | 5.1 ± 0.8 l | 28.18 ns | 5.0 | 1.0 | 20.00 ** | 6.4 ± 2.4 a-h | 4.1 ± 0.2 de | 64.06 ns | 0.06 ± 0.002 g-l | 0.03 ± 0.001 no | 50.00 ns |
| SUT 2 | 56.4 ± 2.8 abc | 13.8 ± 3.5 d-l | 24.47 ** | 5.0 | 1.3 | 26.00 ** | 6.7 ± 0.8 a-h | 6.5 ± 1.3 a-e | 97.01 ns | 0.08 ± 0.001 e-l | 0.10 ± 0.002 a-l | 125.00 ns |

[a] เปอร์เซ็นต์ของลักษณะในสภาวะงดให้น้ำเมื่อเปรียบเทียบกับให้น้ำปกติ

**, *, ns คือ แตกต่างทางสถิติที่ระดับ 0.01, 0.05 และ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ตามลำดับ

**ตารางที่ 10.2** ค่าเฉลี่ย น้ำหนักแห้งราก น้ำหนักแห้งยอด และอัตราส่วนยอดต่อราก ของถั่วเขียวที่ปลูกในกระบะดินผสมทราย ในสภาวะให้น้ำปกติ และงดให้น้ำ

| สายพันธุ์ | น้ำหนักแห้งราก (มก.) | | | น้ำหนักแห้งยอด (ก.) | | | อัตราส่วนยอดต่อราก | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ให้น้ำปกติ | งดให้น้ำ | %เทียบกับให้น้ำปกติ [a] | ให้น้ำปกติ | งดให้น้ำ | %เทียบกับให้น้ำปกติ | ให้น้ำปกติ | งดให้น้ำ | %เทียบกับให้น้ำปกติ |
| V 1067 | 14.056 ± 2.056 h-o | 13.950 ± 0.366 f-n | 99.25 ns | 0.300 ± 0.048 a-h | 0.119 ± 0.006 f-o | 39.67 ns | 21.4 | 8.6 | 40.19 ** |
| V 1110 | 9.275 ± 2.640 mno | 13.950 ± 3.489 f-n | 150.40 ns | 0.221 ± 0.056 d-k | 0.101 ± 0.008 i-o | 45.70 ns | 23.8 | 7.3 | 30.67 ns |
| V 1132 | 17.275 ± 0.703 f-o | 17.775 ± 2.506 d-l | 102.89 ns | 0.310 ± 0.018 a-g | 0.122 ± 0.022 f-o | 39.35 ns | 17.9 | 6.9 | 38.55 ** |
| V 1323 | 15.375 ± 1.936 g-o | 23.900 ± 2.682 c-f | 155.45 * | 0.216 ± 0.042 d-k | 0.098 ± 0.013 j-o | 45.37 * | 14.1 | 4.1 | 29.08 ** |
| V 1327 | 19.533 ± 4.604 e-o | 17.200 ± 2.254 d-m | 88.06 ns | 0.328 ± 0.060 a-f | 0.070 ± 0.018 n-o | 21.34 ns | 16.8 | 4.1 | 24.40 * |
| V 1330 | 15.750 ± 2.422 g-o | 15.800 ± 1.158 e-n | 100.32 ns | 0.144 ± 0.017 f-l | 0.120 ± 0.026 f-o | 83.33 ns | 9.1 | 7.6 | 83.52 ns |
| V 1364 | 26.925 ± 2..238 d-l | 18.825 ± 3.521 d-k | 69.92 ns | 0.271 ± 0.052 a-i | 0.193 ± 0.024 cde | 71.22 ns | 10.1 | 10.2 | 100.99 ns |
| V 1380 | 20.250 ± 3.473 e-o | 18.600 ± 1.910 d-k | 91.85 ns | 0.181 ± 0.035 f-l | 0.191 ± 0.024 cde | 105.52 ns | 8.9 | 10.3 | 115.73 ns |
| V 1471 | 11.200 ± 1.455 j-o | 13.225 ± 3.148 g-n | 118.08 ns | 0.070 ± 0.019 kl | 0.133 ± 0.024 e-n | 190.00 ns | 6.2 | 10.1 | 162.90 ns |
| V 1573 | 11.675 ± 1.810 j-o | 13.475 ± 1.343 f-n | 115.42 ns | 0.137 ± 0.031 g-l | 0.129 ± 0.003 e-n | 94.16 ns | 11.8 | 9.5 | 80.51 ns |
| V 1844 | 9.650 ± 0.714 l-o | 10.125 ± 1.355 j-n | 104.92 ns | 0.083 ± 0.003 j-l | 0.097 ± 0.012 j-o | 116.87 ns | 8.6 | 9.6 | 111.63 ns |
| V 1944 | 18.375 ± 3.957 f-o | 15.750 ± 3.804 e-n | 85.71 ns | 0.167 ± 0.066 f-l | 0.148 ± 0.033 e-l | 88.62 ns | 9.1 | 9.4 | 103.30 ns |
| V 4785 | 12.375 ± 1.220 i-o | 7.825 ± 1.827 lmn | 63.23 ns | 0.118 ± 0.021 h-l | 0.052 ± 0.009 o | 44.07 ns | 9.6 | 6.6 | 68.75 ns |
| V 1946 | 21.925 ± 1.821 e-n | 21.400 ± 2.348 c-i | 97.61 ns | 0.242 ± 0.008 c-k | 0.146 ± 0.010 e-l | 60.33 ns | 11.0 | 6.8 | 61.82 * |
| V 2022 | 15.625 ± 0.833 g-o | 13.033 ± 2.779 g-n | 83.41 ns | 0.164 ± 0.027 f-k | 0.073 ± 0.016 m-o | 44.51 ns | 10.5 | 5.6 | 53.33 ns |
| V 2075 | 22.550 ± 3.217 d-n | 7.075 ± 1.018 m-n | 31.37 ns | 0.189 ± 0.025 e-l | 0.101 ± 0.019 i-o | 53.44 ns | 8.4 | 14.2 | 169.05 ns |
| V 2688 | 23.100 ± 4.950 d-n | 11.650 ± 1.209 i-n | 50.43 ns | 0.297 ± 0.132 a-h | 0.165 ± 0.019 e-j | 55.56 ns | 12.9 | 14.1 | 109.30 ns |

[a] เปอร์เซ็นต์ของลักษณะในสภาวะงดให้น้ำเมื่อเปรียบเทียบกับให้น้ำปกติ

**, *, ns คือ แตกต่างทางสถิติที่ระดับ 0.01, 0.05 และ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ตามลำดับ

**ตารางที่ 10.2** ค่าเฉลี่ย น้ำหนักแห้งราก น้ำหนักแห้งยอด และอัตราส่วนยอดต่อราก ของถั่วเขียวที่ปลูกในกระบะดินผสมทราย ในสภาวะให้น้ำปกติ และงดให้น้ำ (ต่อ)

| สายพันธุ์ | น้ำหนักแห้งราก (มก.) | | | น้ำหนักแห้งยอด (ก.) | | | อัตราส่วนยอดต่อราก | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ให้น้ำปกติ | งดให้น้ำ | %เทียบกับให้น้ำปกติ [a] | ให้น้ำปกติ | งดให้น้ำ | %เทียบกับให้น้ำปกติ | ให้น้ำปกติ | งดให้น้ำ | %เทียบกับให้น้ำปกติ |
| V 2773 | 13.000 ± 2.598 i-o | 6.975 ± 1.068 mn | 53.65 ns | 0.133 ± 0.004 g-l | 0.117 ± 0.014 f-o | 87.97 ns | 10.3 | 16.8 | 163.11 ns |
| V 2774 | 18.375 ± 4.469 f-o | 8.600 ± 0.474 k-n | 46.80 ns | 0.135 ± 0.036 g-l | 0.104 ± 0.008 h-o | 77.04 ns | 7.3 | 12.1 | 165.75 ** |
| V 2802BR | 23.700 ± 3.149 d-n | 11.150 ± 1.445 i-n | 47.05 * | 0.125 ± 0.036 g-l | 0.095 ± 0.017 j-o | 76.00 * | 5.3 | 8.5 | 160.38 * |
| V 2815 | 30.400 ± 0.000 a-h | 18.325 ± 0.805 d-l | 60.28 ** | 0.204 ± 0.000 d-l | 0.094 ± 0.009 k-o | 46.08 ** | 6.7 | 5.1 | 76.12 ns |
| V 3092 | 20.800 ± 2.172 e-o | 21.150 ± 0.829 c-i | 101.68 ns | 0.162 ± 0.040 f-l | 0.106 ± 0.009 h-o | 65.43 ns | 7.8 | 5.0 | 64.10 ns |
| V 3131 | 20.650 ± 2.910 e-o | 13.900 ± 1.513 f-n | 67.31 ns | 0.166 ± 0.018 f-l | 0.096 ± 0.005 j-o | 57.83 ns | 8.0 | 6.9 | 86.25 ns |
| V 3384 | 15.067 ± 1.994 g-o | 15.725 ± 1.622 e-n | 104.37 ns | 0.109 ± 0.042 i-l | 0.083 ± 0.012 l-o | 76.15 ns | 7.2 | 5.2 | 72.22 * |
| V 3387 | 15.575 ± 2.368 g-o | 9.200 ± 0.442 k-n | 59.07 ns | 0.209 ± 0.055 d-l | 0.081 ± 0.010 l-o | 38.76 ns | 13.4 | 8.8 | 65.67 ns |
| V 3388 | 25.900 ± 15.240 d-m | 6.675 ± 2.011 n | 25.77 ns | 0.151 ± 0.040 f-l | 0.072 ± 0.016 m-o | 47.68 ns | 5.8 | 10.8 | 186.21 ns |
| V 3404 | 10.633 ± 1.440 k-o | 8.450 ± 2.341 k-n | 79.47 ns | 0.166 ± 0.051 f-l | 0.097 ± 0.014 j-o | 58.43 ns | 15.6 | 11.5 | 73.72 ns |
| V 3484 | 12.900 ± 4.738 i-o | 15.950 ± 3.506 d-n | 123.64 ns | 0.124 ± 0.025 g-l | 0.142 ± 0.018 e-m | 114.52 ns | 9.6 | 8.9 | 92.71 ns |
| V 3495 | 9.250 ± 2.224 mno | 12.475 ± 1.212 h-n | 134.86 ns | 0.161 ± 0.044 f-l | 0.149 ± 0.010 e-l | 92.55 ns | 17.4 | 11.9 | 68.39 ns |
| V 4451 | 14.725 ± 2.032 h-o | 6.925 ± 0.523 mn | 47.03 * | 0.158 ± 0.027 f-l | 0.105 ± 0.016 h-o | 66.46 * | 10.7 | 15.2 | 142.06 ns |
| V 4535 | 19.400 ± 1.396 e-o | 11.000 ± 6.101 i-n | 56.70 ns | 0.181 ± 0.033 f-l | 0.073 ± 0.016 m-o | 40.33 ns | 9.3 | 6.6 | 70.97 ns |
| V 4718 | 8.967 ± 3.896 mno | 9.305 ± 1.419 k-n | 103.77 ns | 0.126 ± 0.035 g-l | 0.101 ± 0.018 i-o | 80.16 ns | 14.0 | 10.8 | 77.14 ns |
| V 4758 | 15.550 ± 1.945 g-o | 17.250 ± 3.745 d-m | 110.93 ns | 0.211 ± 0.054 d-l | 0.101 ± 0.011 i-o | 47.87 ns | 13.5 | 5.8 | 42.96 * |
| V 4956 | 7.400 ± 1.121 no | 13.175 ± 0.669 g-n | 178.04 * | 0.081 ± 0.011 j-l | 0.109 ± 0.012 g-o | 134.57 * | 11.0 | 8.2 | 74.55 ns |

[a] เปอร์เซ็นต์ของลักษณะในสภาวะงดให้น้ำเมื่อเปรียบเทียบกับให้น้ำปกติ

**, *, ns คือ แตกต่างทางสถิติที่ระดับ 0.01, 0.05 และ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ตามลำดับ

**ตารางที่ 10.2** ค่าเฉลี่ย น้ำหนักแห้งราก น้ำหนักแห้งยอด และอัตราส่วนยอดต่อราก ของถั่วเขียวที่ปลูกในกระบะดินผสมทราย ในสภาวะให้น้ำปกติ และงดให้น้ำ (ต่อ)

| สายพันธุ์ | น้ำหนักแห้งราก (มก.) | | | น้ำหนักแห้งยอด (ก.) | | | อัตราส่วนยอดต่อราก | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ให้น้ำปกติ | งดให้น้ำ | %เทียบกับให้น้ำปกติ [a] | ให้น้ำปกติ | งดให้น้ำ | %เทียบกับให้น้ำปกติ | ให้น้ำปกติ | งดให้น้ำ | %เทียบกับให้น้ำปกติ |
| V 5036 | 3.600 ± 0.686 o | 10.125 ± 2.887 j-n | 281.25 ns | 0.027 ± 0.005 l | 0.058 ± 0.013 o | 214.81 ns | 7.4 | 5.7 | 77.03 ns |
| V 5197 | 21.025 ± 4.937 e-n | 11.525 ± 2.494 i-n | 54.82 ns | 0.207 ± 0.018 d-l | 0.090 ± 0.009 l-o | 43.48 ns | 9.8 | 7.8 | 79.59 ns |
| V 5926 | 24.550 ± 3.881 d-n | 11.975 ± 1.227 i-n | 48.78 * | 0.264 ± 0.060 b-j | 0.117 ± 0.012 f-o | 44.32 * | 10.8 | 9.8 | 90.74 ns |
| V 6009 | 20.600 ± 3.623 e-o | 20.150 ± 1.448 c-j | 97.82 ns | 0.293 ± 0.058 a-i | 0.191 ± 0.032 cdf | 65.19 ns | 14.2 | 9.5 | 66.90 ns |
| V 1414AG | 44.050 ± 3.082 ab | 25.825 ± 1.460 cde | 58.63 ** | 0.423 ± 0.040 ab | 0.136 ± 0.014 e-n | 32.15 ** | 9.6 | 5.3 | 55.21 * |
| V 1415AG | 39.175 ± 5.004 a-d | 26.225 ± 5.519 cd | 66.94 ns | 0.136 ± 0.013 g-l | 0.346 ± 0.040 a | 254.41 ns | 3.5 | 13.2 | 377.14 ** |
| CN 36 | 32.275 ± 8.566 a-g | 23.050 ± 3.284 c-g | 71.42 ns | 0.270 ± 0.073 a-i | 0.161 ± 0.024 e-k | 59.63 ns | 8.4 | 7.0 | 83.33 ns |
| CN 72 | 23.400 ± 5.327 d-n | 23.400 ± 3.095 c-g | 100.00 ns | 0.370 ± 0.166 a-e | 0.182 ± 0.042 def | 49.19 ns | 15.8 | 7.8 | 49.37 ns |
| CN 60 | 10.125 ± 1.963 l-o | 18.675 ± 1.211 d-k | 184.44 * | 0.160 ± 0.025 f-l | 0.131 ± 0.015 e-n | 81.88 ** | 15.8 | 7.0 | 44.308 ** |
| UT 1 | 17.025 ± 2.091 f-o | 18.975 ± 0.641 d-k | 111.45 ns | 0.266 ± 0.025 a-j | 0.169 ± 0.018 d-i | 63.53 ns | 15.6 | 8.9 | 57.05 ns |
| PSU 1 | 14.250 ± 3.524 h-o | 22.775 ± 4.175 c-h | 159.82 ns | 0.178 ± 0.039 f-l | 0.163 ± 0.017 e-k | 91.57 ns | 12.5 | 7.2 | 57.60 ** |
| SUT 1 | 35.525 ± 5.211 a-e | 13.700 ± 3.626 f-n | 38.56 * | 0.327 ± 0.026 a-f | 0.121 ± 0.026 f-o | 37.00 * | 9.2 | 8.8 | 95.65 ns |
| SUT 3 | 28.225 ± 7.178 b-j | 14.250 ± 1.746 f-n | 50.49 ns | 0.279 ± 0.089 a-i | 0.128 ± 0.012 e-n | 45.88 ns | 9.9 | 9.0 | 90.91 ns |
| PL 2 | 13.600 ± 1.595 h-o | 12.225 ± 2.240 i-n | 89.89 ns | 0.195 ± 0.017 d-l | 0.104 ± 0.016 h-o | 53.33 ns | 14.3 | 8.5 | 59.44 * |
| KAB 4 | 33.000 ± 3.227 a-f | 22.700 ± 3.717 c-h | 68.79 ns | 0.443 ± 0.015 a | 0.138 ± 0.020 e-n | 31.15 ns | 13.4 | 6.1 | 45.52 * |
| SUT 4 | 24.725 ± 7.463 d-n | 12.100 ± 2.416 i-n | 48.94 ns | 0.197 ± 0.072 d-l | 0.094 ± 0.019 k-o | 47.72 ns | 7.9 | 7.8 | 98.73 ns |
| M 5-5 | 38.850 ± 7.980 a-d | 24.675 ± 2.513 cde | 63.51 ns | 0.234 ± 0.032 c-k | 0.176 ± 0.020 d-g | 75.21 ns | 6.0 | 7.1 | 118.33 ns |

[a] เปอร์เซ็นต์ของลักษณะในสภาวะงดให้น้ำเมื่อเปรียบเทียบกับให้น้ำปกติ

**, *, ns คือ แตกต่างทางสถิติที่ระดับ 0.01, 0.05 และ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ตามลำดับ

**ตารางที่ 10.2** ค่าเฉลี่ย น้ำหนักแห้งราก น้ำหนักแห้งยอด และอัตราส่วนยอดต่อราก ของถั่วเขียวที่ปลูกในกระบะดินผสมทราย ในสภาวะให้น้ำปกติ และงดให้น้ำ (ต่อ)

| สายพันธุ์ | น้ำหนักแห้งราก (มก.) | | | น้ำหนักแห้งยอด (ก.) | | | อัตราส่วนยอดต่อราก | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ให้น้ำปกติ | งดให้น้ำ | %เทียบกับให้น้ำปกติ [a] | ให้น้ำปกติ | งดให้น้ำ | %เทียบกับให้น้ำปกติ | ให้น้ำปกติ | งดให้น้ำ | %เทียบกับให้น้ำปกติ |
| M 4-2 | 43.600 ± 8.338 abc | 35.300 ± 3.054 ab | 80.96 ns | 0.408 ± 0.040 abc | 0.264 ± 0.018 b | 64.71 ns | 9.4 | 7.5 | 79.79 ns |
| M 5-1 | 33.525 ± 10.962 a-f | 29.700 ± 4.634 bc | 88.59 ns | 0.371 ± 0.107 a-d | 0.232 ± 0.006 bcd | 62.53 ns | 11.1 | 7.8 | 70.27 ns |
| KPS 2 | 45.500 ± 8.262 a | 35.900 ± 24.604 ab | 78.90 ns | 0.261 ± 0.047 b-j | 0.245 ± 0.085 bc | 93.87 ns | 5.7 | 6.8 | 119.30 ns |
| SUT 5 | 28.900 ± 1.304 b-i | 39.800 ± 0.000 a | 137.72 * | 0.184 ± 0.027 f-l | 0.136 ± 0.000 e-n | 73.91 * | 6.4 | 3.4 | 53.13 ns |
| KPS 1 | 18.075 ± 4.518 f-o | 8.467 ± 1.746 k-n | 46.84 ns | 0.129 ± 0.030 g-l | 0.083 ± 0.014 l-o | 64.34 ns | 7.2 | 9.8 | 136.11 ** |
| SUT 2 | 27.575 ± 1.421 c-k | 20.325 ± 3.796 c-j | 73.71 ns | 0.410 ± 0.035 abc | 0.172 ± 0.030 d-h | 41.95 ns | 14.9 | 8.5 | 57.05 ** |

[a] เปอร์เซ็นต์ของลักษณะในสภาวะงดให้น้ำเมื่อเปรียบเทียบกับให้น้ำปกติ

**, *, ns คือ แตกต่างทางสถิติที่ระดับ 0.01, 0.05 และ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ตามลำดับ

**ตารางที่ 11** ลักษณะและสายพันธุ์ที่คัดเลือก เพื่อนำไปผลิตลูกผสมสำหรับการทดสอบระบบราก

| ลักษณะที่คัดเลือก | สภาวะให้น้ำปกติ | สภาวะงดให้น้ำ |
|---|---|---|
| น้ำหนักแห้งรากสูง × สูง | M 4-2 × KPS 2 | SUT 5 × V 1414AG |
| | SUT 5 × V 1415AG | KPS 2 × V 1415AG |
| น้ำหนักแห้งรากต่ำ × สูง (พันธุ์ส่งเสริม) | CN 60 × V 1414AG | KPS 1 × V 1415AG |
| อัตราส่วนยอดต่อรากสูง × ต่ำ | CN 72 × KPS 1 | SUT 5 × V 1415AG |
| | | KPS 2 × V 2075 |

**การทดสอบระบบรากในกล่องไม้**

ทำการคัดเลือกสายพันธุ์ที่มีขนาดต้นต่างกัน โดยพิจารณาจากน้ำหนักสดชีวมวล และTDM ที่ได้จากการทดลองที่ 1.1 เพาะเมล็ดในกล่องไม้ขนาด 80 x 60 x 10 เซนติเมตร พันธุ์/สายพันธุ์ละ 2 ต้น ในสภาวะที่ให้น้ำปกติและงดให้น้ำเมื่อมีใบจริง และบันทึกข้อมูล ได้แก่ พื้นที่ใบ ความยาวรากแก้ว ความยาวรากรวม น้ำหนักแห้งราก TDM ลักษณะการแผ่กระจายของราก และระดับสีใบซึ่งวัดด้วยเครื่อง colorimeter พบว่าการขาดน้ำมีผลกระทบต่อการเจริญเติบโตทางลำต้น (vegetative growth) ของถั่วเขียว โดยทำให้ค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งยอดลดลง 53.9% และ ค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งรากลดลง 18.2% สายพันธุ์ส่วนใหญ่ มีน้ำหนักแห้งยอดลดลงเมื่อปลูกในสภาวะงดให้น้ำ แต่สายพันธุ์ V 5461 และ V 3109 ซึ่งมีขนาดต้นเล็กกลับให้น้ำหนักแห้งยอดเพิ่มขึ้นเมื่อปลูกในสภาวะงดให้น้ำ (ตารางที่ 12) การลด/เพิ่มของน้ำหนักแห้งยอดเป็นผลมาจากการลด/เพิ่มของพื้นที่ใบเป็นส่วนใหญ่ โดยพบว่าทุกสายพันธุ์มีการเพิ่ม/ลดของน้ำหนักแห้งยอดและพื้นที่ใบไปในทิศทางเดียวกัน สายพันธุ์ V 5461 และ V 3109 ซึ่งมีน้ำหนักแห้งยอดเพิ่มขึ้นในสภาวะงดให้น้ำมีพื้นที่ใบเพิ่มขึ้นด้วย ในขณะที่บางสายพันธุ์ ได้แก่ V4785, V4718 และ V3096 แสดงผลกระทบจากการขาดน้ำอย่างเด่นชัด โดยมีพื้นที่ใบและน้ำหนักแห้งยอดลดลงมากกว่า 70% (ตารางที่ 12)

น้ำหนักแห้งรากของสายพันธุ์ส่วนใหญ่ลดลงเมื่อปลูกในสภาวะงดให้น้ำเช่นเดียวกับน้ำหนักแห้งยอด แต่พบบางสายพันธุ์ที่ตอบสนองต่อการขาดน้ำโดยการเพิ่มปริมาณราก ได้แก่ V3388, V4535, SUT 2, V5461 และ V3109 ซึ่งสายพันธุ์เหล่านี้ล้วนมีความยาวรวม และน้ำหนักแห้งรากในสภาวะงดให้น้ำสูงกว่าสภาวะให้น้ำปกติ (ตารางที่12-13) เป็นข้อบ่งชี้ว่าพันธุ์/สายพันธุ์เหล่านี้อาจมีความสามารถในการปรับตัวให้เข้ากับสภาวะขาดน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ผลการวิเคราะห์ความยาวรากแก้ว พบว่าในสภาวะงดให้น้ำ ค่าเฉลี่ยความยาวรากแก้วของทุกสายพันธุ์ (86.50 ซม.) สูงกว่าในสภาวะให้น้ำปกติ (66.80 ซม.; ตารางที่ 13) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าในสภาวะขาดน้ำ ถั่วเขียวจะมีการพัฒนาของระบบรากแก้วลึกลงไปในดินมากขึ้น เพื่อหาน้ำและแร่ธาตุ

ต่าง ๆ มากกว่าสภาวะให้น้ำปกติ สายพันธุ์ที่มีความยาวรากแก้วเพิ่มขึ้นอย่างเด่นชัด ได้แก่ V3109 และ V2396

**ตารางที่ 12** น้ำหนักแห้งยอดและราก และพื้นที่ใบ/ต้น เมื่อปลูกถั่วเขียวในสภาวะให้น้ำปกติและงดให้น้ำ

| สายพันธุ์ | น้ำหนักแห้ง (ก.) | | | | | | พื้นที่ใบ/ต้น (ตร.ซม.) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ยอด | | | ราก | | | | | |
| | ให้น้ำปกติ | งดให้น้ำ | %เทียบกับ[a] ให้น้ำปกติ | ให้น้ำปกติ | งดให้น้ำ | %เทียบกับ ให้น้ำปกติ | ให้น้ำปกติ | งดให้น้ำ | %เทียบกับ ให้น้ำปกติ |
| **V4785** | 42.1 | 10.3 | 24.5 | 5.7 | 2.4 | 42.1 | 2730.0 | 724.0 | 26.5 |
| **V3388** | 14.2 | 9.2 | 64.8 | 1.0 | 2.4 | 240.0 | 559.0 | 400.0 | 71.6 |
| **V5036** | 15.4 | 10.9 | 70.8 | 4.5 | 3.5 | 77.8 | 1299.0 | 969.0 | 74.6 |
| **V4535** | 12.3 | 9.3 | 75.6 | 1.6 | 3.0 | 187.5 | 620.0 | 530.0 | 85.5 |
| **SUT 2** | 10.0 | 9.5 | 95.0 | 0.7 | 1.9 | 271.4 | 436.0 | 395.0 | 90.6 |
| **V4718** | 45.9 | 11.0 | 24.0 | 8.4 | 3.7 | 44.0 | 4200.0 | 1061.0 | 25.3 |
| **V2396** | 15.6 | 9.8 | 62.8 | 2.4 | 2.0 | 83.3 | 988.0 | 479.0 | 48.5 |
| **V3096** | 22.8 | 6.7 | 29.4 | 2.1 | 1.3 | 62.9 | 1165.0 | 252.1 | 21.6 |
| **V5461** | 4.2 | 5.5 | 131.0 | 1.3 | 2.2 | 169.2 | 303.4 | 315.0 | 104.0 |
| **V3109** | 1.5 | 2.9 | 193.3 | 0.3 | 0.4 | 133.3 | 169.0 | 180.0 | 106.5 |
| **เฉลี่ย** | 18.40 | 8.49 | 46.1 | 2.80 | 2.29 | 81.8 | 1246.94 | 530.51 | 42.5 |

[a] เปอร์เซ็นต์ของลักษณะในสภาวะงดให้น้ำเมื่อเปรียบเทียบกับให้น้ำปกติ

เมื่อทำการศึกษาการเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลของใบล่าง พบว่าเมื่ออยู่ในสภาวะได้รับน้ำปกติ ใบล่างของถั่วเขียวจะใช้เวลาในการเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลเฉลี่ย (59 วัน) ช้ากว่าในสภาวะงดให้น้ำ (53 วัน) ส่วนวันดอกแรกบานและฝักแรกสุกนั้น พบว่าในสภาวะให้น้ำปกติ วันดอกแรกบานเฉลี่ย (39 วัน) และวันฝักแรกสุกเฉลี่ย (52 วัน) เร็วกว่าการปลูกในสภาวะงดให้น้ำ ซึ่งมีวันดอกแรกบานเฉลี่ย (40 วัน) และวันฝักแรกสุกเฉลี่ย (54 วัน) และยังพบว่าในสภาวะงดการให้น้ำ ถั่วเขียวจะมีระยะเวลาตั้งแต่วันดอกแรกบานถึงวันฝักแรกสุกเฉลี่ย (12.6 วัน) สั้นกว่าในสภาวะการให้น้ำปกติ (13.3 วัน; ตารางที่ 14)

**ตารางที่ 13** ความยาวรากแก้วและความยาวรากรวม เมื่อปลูกในสภาวะให้น้ำปกติและงดให้น้ำ

| สายพันธุ์ | ความยาวรากแก้ว (ซม.) | | | ความยาวรากรวม (ม.) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | ให้น้ำปกติ | งดให้น้ำ | %เทียบกับ[a] ให้น้ำปกติ | ให้น้ำปกติ | งดให้น้ำ | %เทียบกับ ให้น้ำปกติ |
| **V4785** | 64.0 | 75.0 | 117.2 | 115.0 | 101.9 | 88.6 |
| **V3388** | 63.0 | 71.0 | 112.7 | 36.0 | 91.8 | 255.0 |
| **V5036** | 75.0 | 82.0 | 109.3 | 126.1 | 95.5 | 75.7 |
| **V4535** | 78.0 | 95.0 | 121.8 | 74.0 | 104.2 | 140.8 |
| **SUT 2** | 80.0 | 95.0 | 120.3 | 25.0 | 62.9 | 251.6 |
| **V4718** | 68.0 | 86.0 | 126.5 | 183.5 | 130.2 | 71.0 |
| **V2396** | 48.0 | 83.0 | 172.9 | 63.4 | 59.8 | 94.3 |
| **V3096** | 84.0 | 88.0 | 104.8 | 98.0 | 51.1 | 52.1 |
| **V5461** | 80.0 | 90.0 | 112.5 | 50.0 | 57.6 | 115.2 |
| **V3109** | 28.0 | 100.0 | 357.1 | 6.2 | 13.0 | 209.7 |
| **เฉลี่ย** | 66.8 | 86.5 | 129.5 | 77.72 | 76.80 | 98.8 |

[a] เปอร์เซ็นต์ของลักษณะในสภาวะงดให้น้ำเมื่อเปรียบเทียบกับให้น้ำปกติ

**ตารางที่ 14** จำนวนวันที่ใบล่างเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล วันดอกแรกบาน และวันฝักแรกสุกเมื่อปลูกในสภาวะให้น้ำปกติและงดให้น้ำ

| สายพันธุ์ | จำนวนวันที่ใบล่างเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล | | วันดอกแรกบาน | | วันฝักแรกสุก | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | ให้น้ำปกติ | งดให้น้ำ | ให้น้ำปกติ | งดให้น้ำ | ให้น้ำปกติ | งดให้น้ำ |
| **V4785** | 62 | 51 | 41 | 37 | 57 | 51 |
| **V3388** | 60 | 54 | 31 | 42 | 50 | 54 |
| **V5036** | 59 | 55 | 49 | 53 | 57 | 59 |
| **V4535** | 57 | 50 | 33 | 33 | 49 | 49 |
| **SUT 2** | 60 | 53 | 33 | 34 | 49 | 49 |
| **V4718** | 59 | 54 | 49 | 46 | 50 | 56 |
| **V2396** | 60 | 51 | 33 | 36 | 49 | 51 |
| **V3096** | 58 | 55 | 50 | 52 | 57 | 57 |
| **V5461** | 59 | 53 | 33 | 34 | 49 | 49 |
| **V3109** | 59 | 54 | 33 | 33 | 51 | 51 |
| **เฉลี่ย** | 59 | 53 | 39 | 40 | 52 | 53 |

เมื่อทำการวัดสีใบบริเวณใบกลางข้อที่ 1 ด้วยเครื่อง colorimeter โดย กำหนด L (lightness) คือระดับความสว่าง มีค่าตั้งแต่ 0 - 100 (0 = มืด (เขียวเข้ม) 100 = สว่าง (เหลืองอ่อน) ค่า a คือระดับสี ยิ่งค่าติดลบมาก ใบยิ่งมีสีเหลืองมาก ส่วนค่า b คือระดับสี ยิ่งค่าบวกมาก ยิ่งมีสีเหลืองมาก จากผลการทดลอง พบว่าในสภาวะงดให้น้ำใบกลางข้อที่ 1 ของสายพันธุ์ส่วนใหญ่จะเปลี่ยนเป็นสีเหลืองมากกว่าในสภาวะให้น้ำปกติ (ตารางที่ 15) แต่พบถั่วเขียว 3 สายพันธุ์ที่ใบเปลี่ยนเป็นสีเหลืองในสภาวะงดให้น้ำน้อยกว่าในสภาวะให้น้ำปกติ ได้แก่ V3388, V3096 และ V3109 ซึ่งบ่งชี้ว่าถั่วเขียวทั้ง 3 สายพันธุ์นี้อาจจะมีศักยภาพในการทนแล้งได้ดี อย่างไรก็ตามพบว่า V3109 มีขนาดต้นเล็กเมื่อเปรียบเทียบกับสายพันธุ์อื่น การเปลี่ยนสีใบในสภาวะงดให้น้ำน้อยกว่าสายพันธุ์อื่น อาจเป็นผลจากสายพันธุ์ที่มีต้นขนาดเล็กมีการนำน้ำหรือความชื้นในดินไปใช้ในการคายน้ำน้อยกว่า และได้รับผลกระทบจากการขาดน้ำน้อยกว่าสายพันธุ์ที่มีต้นขนาดใหญ่กว่า จึงส่งผลให้การเปลี่ยนสีใบในสภาวะขาดน้ำเกิดขึ้นเพียงเล็กน้อย

**ตารางที่ 15** การวัดสีใบเมื่อปลูกถั่วเขียวในสภาวะให้น้ำปกติและสภาวะงดให้น้ำ

| สายพันธุ์ | ค่า L | | ค่า a | | ค่า b | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | ให้น้ำปกติ | งดให้น้ำ | ให้น้ำปกติ | งดให้น้ำ | ให้น้ำปกติ | งดให้น้ำ |
| **V 4785** | 39.04 | 62.98 | -12.50 | -16.10 | 15.61 | 38.62 |
| **V 3388** | 56.02 | 50.83 | -10.64 | -19.25 | 35.00 | 30.77 |
| **V 5036** | 43.05 | 57.06 | -16.58 | -18.64 | 22.73 | 35.87 |
| **V 4535** | 47.13 | 55.59 | -13.80 | -21.05 | 28.04 | 37.95 |
| **SUT 2** | 46.01 | 59.60 | -7.11 | -19.02 | 25.87 | 38.47 |
| **V 4718** | 41.90 | 45.06 | -15.14 | -17.38 | 19.65 | 23.62 |
| **V 2396** | 38.96 | 52.96 | -12.20 | 4.06 | 16.62 | 24.38 |
| **V 3096** | 37.99 | 47.12 | -12.33 | -6.99 | 15.41 | 22.33 |
| **V 5461** | 44.58 | 62.02 | -14.08 | -19.61 | 21.33 | 41.75 |
| **V 3109** | 56.74 | 57.99 | -7.84 | -3.33 | 31.82 | 28.28 |

จากการศึกษาลักษณะและการแผ่กระจายของรากในดินระดับต่าง ๆ ในสภาวะให้น้ำปกติ พบว่า สายพันธุ์ V 4785 มีการแตกรากฝอยจำนวนมากทั้งในดินระดับตื้นและลึก รากมีสีขาว อวบขนาดใหญ่ และมีปมราก ในสภาวะงดให้น้ำ พบว่าบริเวณระดับดินตื้น มีการแตกรากฝอยจำนวนน้อยกว่าสภาวะให้น้ำปกติ แต่มีการแผ่กระจายตัวของรากในระดับดินลึกจำนวนมากกว่า มีรากฝอยจำนวนน้อย รากส่วนใหญ่มีสีดำ โดยรากแก้วหยั่งลึกมากกว่าในสภาวะได้รับน้ำปกติ (ภาพที่ 1A และ 1B)

สายพันธุ์ V 3388 ในสภาวะให้น้ำปกติ มีความยาวรากรวมน้อยกว่าสภาวะงดให้น้ำ โดยรากมีสีขาว อวบ ขนาดใหญ่ ส่วนในสภาวะงดให้น้ำพบว่า มีการหยั่งรากแก้วลึก ในดินระดับลึกมีการแตกรากและแผ่กระจายของรากมากกว่า รากมีสีดำ (ภาพที่ 1C และ 1D)

สายพันธุ์ V 5036 ในสภาวะให้น้ำปกติ มีการแตกรากในดินระดับตื้นมากกว่าสภาวะงดให้น้ำ มีปมรากจำนวนมาก รากมีสีขาว อวบใหญ่กว่าในสภาวะงดให้น้ำ และรากจะมีการแผ่กระจายในดินระดับลึกมากกว่าดินระดับตื้น และรากมีสีดำ (ภาพที่ 1E และ 1F)

สายพันธุ์ V 4535 ในสภาวะให้น้ำปกติ มีความยาวรากรวมน้อยกว่า และมีการแผ่กระจายของรากน้อยกว่าในสภาวะงดให้น้ำ รากมีสีขาว อวบ ขนาดใหญ่ ในสภาวะงดให้น้ำ พบว่ามีการแผ่กระจายของรากจำนวนมากในดินทุกระดับ และรากมีสีดำ (ภาพที่ 1G และ 1H)

สายพันธุ์ SUT 2 ในสภาวะให้น้ำปกติ มีความยาวรากรวมน้อยกว่าสภาวะงดให้น้ำ ดินระดับตื้นมีการแตกรากมากกว่าดินระดับลึก โดยรากมีสีขาว อวบ ขนาดใหญ่ ในสภาวะงดให้น้ำ พบว่ามีการหยั่งลึกของรากมากกว่าสภาวะให้น้ำปกติ และมีการแผ่กระจายของรากในดินทุกระดับ (ภาพที่ 1I และ 1J)

สายพันธุ์ V 4718 ในสภาวะให้น้ำปกติ มีการแผ่กระจายของรากในดินทุกระดับ โดยรากมีสีขาว อวบ ขนาดใหญ่ ซึ่งในดินระดับตื้น รากมีการแผ่กระจายตามระดับผิวดินอย่างชัดเจน ส่วนในสภาวะงดให้น้ำ พบว่ามีการหยั่งลึกของรากมากขึ้นในดินระดับลึก และรากมีสีคล้ำ (ภาพที่ 1K และ 1L)

สายพันธุ์ V 2396 ในสภาวะให้น้ำปกติ มีการแผ่กระจายของรากในดินตอนบน และมีขนรากจำนวนมาก รากมีสีขาว อวบ ขนาดใหญ่ ในขณะที่สภาวะงดให้น้ำ รากมีสีดำ (ภาพที่ 1M และ 1N)

สายพันธุ์ V 3096 ในสภาวะให้น้ำปกติ บริเวณโคนต้นมีการแผ่กระจายของรากและขนรากจำนวนมาก และมีปมรากจำนวนมาก โดยรากมีสีขาว อวบ ขนาดใหญ่ ในขณะที่สภาวะงดให้น้ำ มีปมรากถั่วน้อยมากและรากมีสีดำ (ภาพที่ 1O และ 1P)

สายพันธุ์ V 5461 ในสภาวะให้น้ำปกติ มีความยาวรากรวมและขนรากน้อยกว่าสภาวะงดให้น้ำ แต่ในสภาวะงดให้น้ำจะมีการแผ่กระจายของรากมากกว่า (ภาพที่ 1Q และ 1R)

สายพันธุ์ V 3109 ในสภาวะให้น้ำปกติ มีขนรากมากกว่าในสภาวะงดให้น้ำ แต่มีการแผ่กระจายของรากในดินระดับตื้นไม่มาก ส่วนในสภาวะงดให้น้ำ จะมีการหยั่งรากลงไปลึก และแผ่กระจายมากกว่าสภาวะให้น้ำปกติ (ภาพที่ 1S และ 1T)

จากผลการทดลองดังกล่าวพบว่า ในสภาวะงดให้น้ำนั้น รากของถั่วเขียวส่วนใหญ่จะเปลี่ยนเป็นสีดำ และรากแก้วมีการเจริญเติบโตในแนวลึกมากกว่าในสภาวะได้รับน้ำปกติ และบางสายพันธุ์ เช่น V 3388, SUT 2 และ V 5461 จะมีขนรากแผ่กระจายเป็นจำนวนมาก ซึ่งให้ผลเช่นเดียวกับการศึกษาของ Japan International Research Center for Agricultural Sciences (1995) ซึ่ง

รายงานว่าข้าวสายพันธุ์ทนแล้งจะมีการแผ่กระจายรากในดินระดับลึกมากกว่าสายพันธุ์ไม่ทนแล้งที่มีการแตกแขนงของรากเพียงเล็กน้อย นอกจากนี้ Abraham (2000) ยังพบว่าข้าวที่ปลูกในที่ลุ่มซึ่งมีน้ำอุดมสมบูรณ์จะมีระบบรากไม่ลึก ขณะที่ข้าวที่ปลูกที่ดอนในสภาวะน้ำน้อยจะมีการพัฒนาของระบบรากที่แผ่กระจายและหยั่งลึก จากการศึกษาของ Singh and Matsu (2000) พบว่าการแผ่กระจายของรากในดินระดับลึกจะทำให้ถั่วพุ่มมีชีวิตได้ยืนยาวกว่าการแผ่กระจายของรากในดินระดับตื้นในสภาวะแล้ง ต่อมา Bingham and McCabe (2004) พบว่าข้าวบาร์เลย์จะมีการปรับตัวในสภาวะแล้งโดยการเพิ่มความยาวรากและการกระจายตัวของรากในดินระดับที่ลึกขึ้น จากการประเมินทุกลักษณะดังที่กล่าวมาแล้ว สายพันธุ์ที่มีการตอบสนองต่อการขาดน้ำได้ดี โดยมีการสร้างรากมากขึ้น มีการแผ่กระจายของรากในระดับลึกขึ้น มีการเพิ่มขึ้นของพื้นที่ใบและน้ำหนักแห้งยอด หรือมีลักษณะดังกล่าวลดลงเพียงเล็กน้อยในสภาวะงดให้น้ำ ได้แก่ V 3388, V 4535, SUT 2, V 5461 และ V 3109 สายพันธุ์เหล่านี้น่าจะมีศักยภาพในการทนแล้ง และอาจนำมาใช้ประโยชน์ในการปรับปรุงพันธุ์เพื่อทนแล้งในอนาคต

จากผลการศึกษาการเจริญเติบโตและระบบรากของถั่วเขียวในกระบะดินผสมทรายและกล่องไม้ พบว่าลักษณะน้ำหนักต้น และพื้นที่ใบมีความสอดคล้องกันระหว่าง 2 วิธีการนี้ ในขณะที่ความยาวรากรวม และน้ำหนักแห้งรากมีความสอดคล้องกันในบางพันธุ์/สายพันธุ์เท่านั้น แต่สำหรับความยาวรากแก้วนั้น ไม่ค่อยสอดคล้องกันระหว่าง 2 วิธีการนี้ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการประเมินถั่วเขียวในกระบะดินผสมทราย กระทำเมื่อถั่วเขียวมีอายุ 3 สัปดาห์และดินมีความลึกเพียง 10 ซม. จึงอาจส่งผลต่อการพัฒนาของรากแก้วในการหยั่งลึกลงไปหาน้ำและแร่ธาตุ ทำให้มีการหยั่งของรากแก้วในสภาวะงดให้น้ำได้ไม่เต็มที่ ขณะที่ถั่วเขียวที่ปลูกในกล่องไม้มีอายุจนถึงระยะเก็บเกี่ยว และดินมีความลึก 80 ซม. ทำให้การหยั่งรากแก้วในสภาวะงดให้น้ำเกิดขึ้นอย่างเต็มที่

A

B

C

D

**ภาพที่ 1** ลักษณะการแผ่กระจายของรากถั่วเขียวสายพันธุ์ V 4785 และ V 3388 ในสภาวะให้น้ำปกติและสภาวะงดให้น้ำ

A. ถั่วเขียวสายพันธุ์ V 4785 ในสภาวะได้รับน้ำปกติ

B. ถั่วเขียวสายพันธุ์ V 4785 ในสภาวะงดให้น้ำ

C. ถั่วเขียวสายพันธุ์ V 3388 ในสภาวะได้รับน้ำปกติ

D. ถั่วเขียวสายพันธุ์ V 3388 ในสภาวะงดให้น้ำ

**E**

**F**

**G**

**H**

**ภาพที่ 1** ลักษณะการแผ่กระจายของรากถั่วเขียวสายพันธุ์ V 5036 และ V 4535 ในสภาวะให้น้ำปกติและสภาวะงดให้น้ำ

E. ถั่วเขียวสายพันธุ์ V 5036 ในสภาวะได้รับน้ำปกติ

F. ถั่วเขียวสายพันธุ์ V 5036 ในสภาวะงดให้น้ำ

G. ถั่วเขียวสายพันธุ์ V 4535 ในสภาวะได้รับน้ำปกติ

H. ถั่วเขียวสายพันธุ์ V 4535 ในสภาวะงดให้น้ำ

I

J

K

L

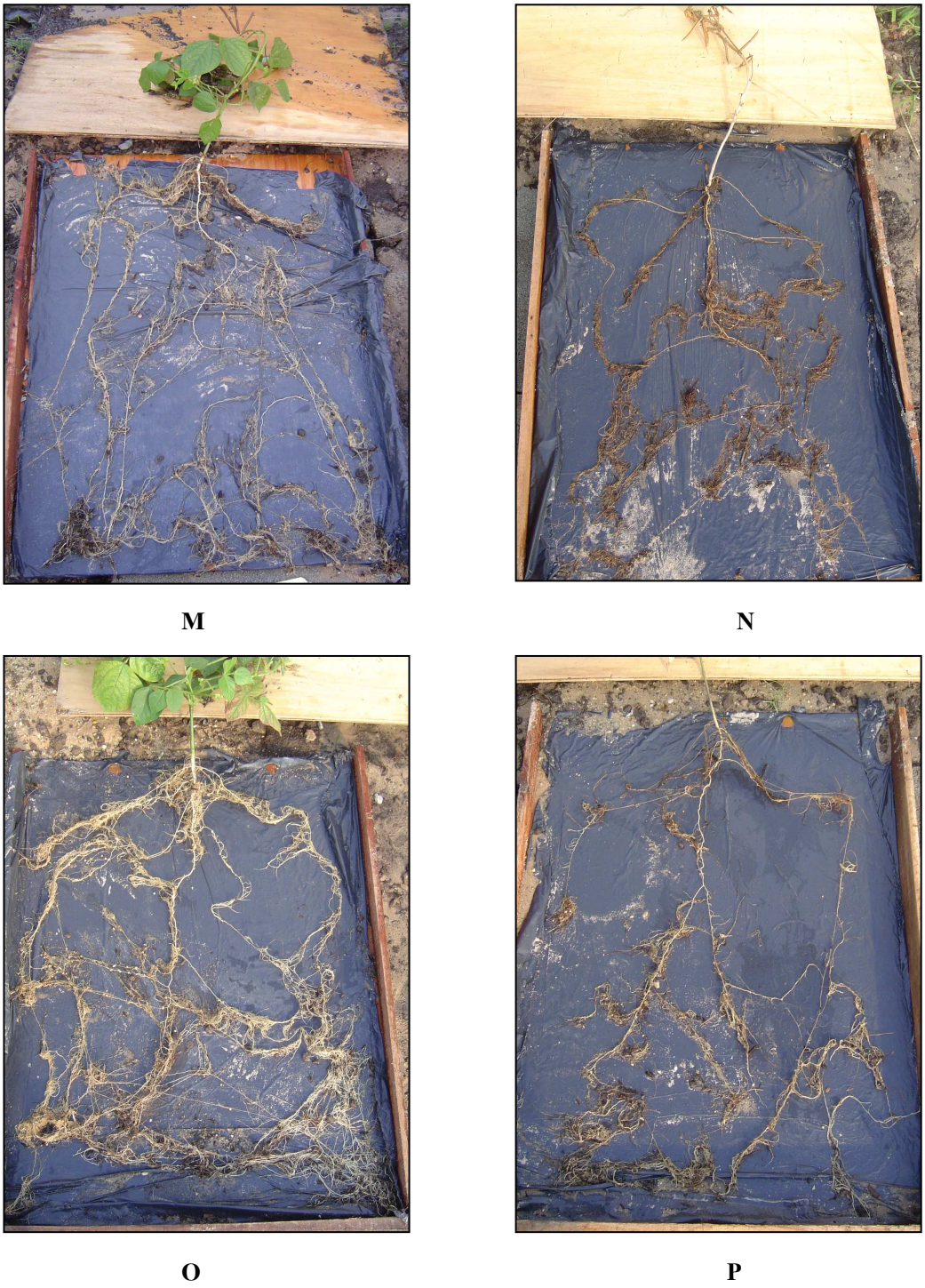
**ภาพที่ 1** ลักษณะการแผ่กระจายของรากถั่วเขียวสายพันธุ์ SUT 2 และ V 4718 ในสภาวะให้น้ำปกติและสภาวะงดให้น้ำ

I. ถั่วเขียวสายพันธุ์ SUT 2 ในสภาวะได้รับน้ำปกติ

J. ถั่วเขียวสายพันธุ์ SUT 2 ในสภาวะงดให้น้ำ

K. ถั่วเขียวสายพันธุ์ V 4718 ในสภาวะได้รับน้ำปกติ

L. ถั่วเขียวสายพันธุ์ V 4718 ในสภาวะงดให้น้ำ



**M** **N**

**O** **P**

**ภาพที่ 1** ลักษณะการแผ่กระจายของรากถั่วเขียวสายพันธุ์ V 2396 และ V 3096 ในสภาวะให้น้ำปกติ และสภาวะงดให้น้ำ

M. ถั่วเขียวสายพันธุ์ V 2396 ในสภาวะได้รับน้ำปกติ

N. ถั่วเขียวสายพันธุ์ V 2396 ในสภาวะงดให้น้ำ

O. ถั่วเขียวสายพันธุ์ V 3096 ในสภาวะได้รับน้ำปกติ

P. ถั่วเขียวสายพันธุ์ V 3096 ในสภาวะงดให้น้ำ

**Q**

**R**

**S**

**T**

**ภาพที่ 1** ลักษณะการแผ่กระจายของรากถั่วเขียวสายพันธุ์ V 5461 และ V 3109 ในสภาวะให้น้ำปกติ และสภาวะงดให้น้ำ

Q. ถั่วเขียวสายพันธุ์ V 5461 ในสภาวะได้รับน้ำปกติ

R. ถั่วเขียวสายพันธุ์ V 5461 ในสภาวะงดให้น้ำ

S. ถั่วเขียวสายพันธุ์ V 3109 ในสภาวะได้รับน้ำปกติ

T. ถั่วเขียวสายพันธุ์ V 3109 ในสภาวะงดให้น้ำ

**ส่วนที่ 2 การปรับปรุงพันธุ์โดยวิธีดั้งเดิม เพื่อปรับปรุงลักษณะทางพืชไร่และลักษณะทางสรีรวิทยาที่มีความสัมพันธ์ต่อผลผลิตของถั่วเขียว และการศึกษาความดีเด่น และผลผลิตในลูกผสมชั่วที่หนึ่ง**

**การศึกษาความดีเด่นของลูกผสม**

ทำการเก็บข้อมูลลักษณะทางพืชไร่และลักษณะทางสรีรวิทยา 10 ลักษณะ จาก 4 ประชากร ($P_1$, $P_2$, $F_1$ และ $F_2$) ของ 33 คู่ผสม และนำค่าเฉลี่ยที่ได้มาคำนวณค่าความดีเด่นของลักษณะทางพืชไร่และลักษณะทางสรีรวิทยา รวมทั้งวิเคราะห์ t-test พบว่า ความดีเด่นของลูกผสมชั่วที่ 1 เมื่อเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยของพ่อแม่ ($H_{F1}$) ของลักษณะจำนวนฝักต่อต้นในทุกคู่ผสม มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p < 0.01$) โดยให้ค่าอยู่ในช่วง 9.8-25.9 เปอร์เซ็นต์ ความดีเด่นของลูกผสมชั่วที่ 1 เมื่อเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยของลูกผสมชั่วที่สอง ($H_{F1vsF2}$) ของ CN 36 x V 2106, CN 60 x V 4785 และ KPS 1 x V 4758 มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p < 0.01$) และของ SUT 5 x V 2106 มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยให้ค่าอยู่ในช่วง 12.3 - 38.3 เปอร์เซ็นต์ ลูกผสม CN 60 x V 4785 ให้ $H_{F1}$ และ $H_{F1vsF2}$ สูงที่สุดเท่ากับ 25.9 เปอร์เซ็นต์ และ 38.3 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากพ่อแม่พันธุ์ของคู่ผสมนี้ ให้ค่าความแตกต่างกันของลักษณะจำนวนฝักต่อต้นมากที่สุด จึงส่งผลให้คู่ผสมนี้มีเปอร์เซ็นต์ความดีเด่นสูงที่สุด (ตารางที่ 16)

ลักษณะน้ำหนักแห้งมวลรวม ในลูกผสมทุกคู่ให้ค่าเปอร์เซ็นต์ $H_{F1}$ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p < 0.01$) โดยให้ค่าอยู่ในช่วง 6.2 - 13.0 เปอร์เซ็นต์ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากพ่อแม่พันธุ์ของลูกผสมทั้ง 2 คู่นี้ ให้ค่าความแตกต่างกันของลักษณะน้ำหนักแห้งมวลรวมมาก จึงส่งผลให้คู่ผสมนี้มีเปอร์เซ็นต์ความดีเด่นสูง (ตารางที่ 16)

การศึกษาลักษณะจำนวนเมล็ดต่อฝักของลูกผสม CN 60 x V 4758 และ SUT 3 x V 4451 พบว่าให้ค่า $H_{F1}$ มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ส่วนลูกผสม SUT 1 x V 4785 ให้ค่า $H_{F1}$ ไม่แตกต่างทางสถิติ โดยให้ค่าอยู่ในช่วง 3.9 - 6.9 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ลูกผสมทั้ง 3 คู่ มีค่า $H_{F1vsF2}$ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p < 0.01$) โดยให้ค่าอยู่ในช่วง 9.0 - 15.9 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 16)

ผลการศึกษาลักษณะความยาวฝักของลูกผสมทั้ง 5 คู่ พบว่าให้ค่า $H_{F1}$ และ $H_{F1vsF2}$ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p < 0.01$) ลูกผสมทุกคู่ ให้ค่า $H_{F1}$ และ $H_{F1vsF2}$ ใกล้เคียงกันมาก โดยให้ค่าอยู่ในช่วง 3.5 - 5.7 เปอร์เซ็นต์ และ 5.5- 9.3 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ลูกผสม SUT 5 x V 1414AG ให้ $H_{F1}$ และ $H_{F1vsF2}$ สูงที่สุดเท่ากับ 5.7 เปอร์เซ็นต์ และ 9.3 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยเปอร์เซ็นต์ความดีเด่นสูงที่สุดของคู่ผสมนี้ อาจเป็นผลเนื่องมาจากพ่อแม่พันธุ์ของคู่ผสมนี้ ให้ค่าความแตกต่างกันของลักษณะความยาวฝักมากที่สุด (ตารางที่ 16)

ลักษณะจำนวนช่อต่อต้น ลูกผสม KPS 1 x V 2106 ให้ค่า $H_{F1}$ และ $H_{F1vsF2}$ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p < 0.01$) โดยให้ค่า $H_{F1}$ และ $H_{F1vsF2}$ เท่ากับ 8.3 เปอร์เซ็นต์ และ 21.5 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ลักษณะจำนวนกิ่งต่อต้น ลูกผสม KPS 1 x V 3495 ให้ค่า $H_{F1}$ และ $H_{F1vsF2}$ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p < 0.01$) เช่นกัน โดยให้ค่า $H_{F1}$ และ $H_{F1vsF2}$ เท่ากับ 11.2 เปอร์เซ็นต์ และ 24.0 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 16)

ลักษณะน้ำหนักเมล็ดต่อต้น หรือผลผลิตต่อต้น พบว่าลูกผสมทั้ง 5 คู่ ให้ค่าเปอร์เซ็นต์ $H_{F1}$ และ $H_{F1vsF2}$ ไม่แตกต่างทางสถิติ ยกเว้น $H_{F1vsF2}$ ของลูกผสม CN 72 x V 1946 และ SUT 2 x V 4758 ให้ค่า $H_{F1vsF2}$ แตกต่างทางสถิติในระดับ 0.01 และ 0.05 ตามลำดับ โดยลูกผสมทั้ง 5 คู่ ให้ค่าเปอร์เซ็นต์ $H_{F1}$ และ $H_{F1vsF2}$ อยู่ในช่วง 2.5 - 9.4 เปอร์เซ็นต์ และ 8.40 - 24.3 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ พ่อแม่พันธุ์ของลูกผสม CN 72 x V 1946 และ SUT 2 x V 4758 มีความแตกต่างกันของลักษณะน้ำหนักเมล็ดต่อต้นมาก เมื่อเปรียบเทียบกับอีก 3 คู่ผสมที่เหลือ จึงอาจส่งผลให้ค่า $H_{F1vsF2}$ แตกต่างทางสถิติ แม้ว่า $H_{F1}$ จะไม่แตกต่างกันทางสถิติก็ตาม (ตารางที่ 16)

ลักษณะจำนวนเมล็ดต่อต้น เป็นลักษณะที่มีสหสัมพันธ์กับผลผลิตสูง ($r_g = 0.684^{**}$) พบว่าให้ผลการทดลองคล้ายคลึงกับลักษณะน้ำหนักเมล็ดต่อต้น ลูกผสมทั้ง 2 คู่ ให้ค่าเปอร์เซ็นต์ $H_{F1}$ และ $H_{F1vsF2}$ ไม่แตกต่างทางสถิติ ถึงแม้ว่าจะให้ค่า $H_{F1}$ และ $H_{F1vsF2}$ สูง อยู่ในช่วง 7.9–8.7 เปอร์เซ็นต์ และ 16.8–18.4 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ทั้งนี้อาจมีสาเหตุมาจากค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (SE) ในการทดลองนี้มีค่าค่อนข้างสูง จึงส่งผลให้เปอร์เซ็นต์ $H_{F1}$ และ $H_{F1vsF2}$ ไม่แตกต่างทางสถิติ (ตารางที่ 16) นอกจากนี้ลักษณะจำนวนเมล็ดต่อต้นและน้ำหนักเมล็ดต่อต้น เป็นลักษณะปริมาณที่ควบคุมด้วยยีนหลายคู่ ซึ่งการที่จะทำให้ลูกผสม $F_1$ หรือ $F_2$ มีความดีเด่นในระดับที่มีความแตกต่างทางสถิตินั้น ต้องเกิดจากการผสมระหว่างสายพันธุ์ที่ให้ค่าลักษณะทางพืชไร่และลักษณะทางสรีรวิทยาที่มีสหสัมพันธ์กับผลผลิตสูงหลาย ๆ ลักษณะเพื่อรวมยีนที่ควบคุมลักษณะที่เกี่ยวข้องกับผลผลิตเข้ามาอยู่ในลูกผสมนั้น ๆ จำนวนมากเพียงพอที่จะส่งผลให้ลูกผสมดังกล่าวมีความดีเด่นของผลผลิตในระดับที่ยอมรับได้ (ตารางที่ 16)

ผลการศึกษาลักษณะดัชนีพื้นที่ใบ พบว่าลูกผสม CN 36 x V 2075 ให้ค่า $H_{F1}$ (6.88%) และ $H_{F1vsF2}$ (11.43%) แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ในขณะที่ลูกผสม SUT 2 x V 2075 ให้ค่า $H_{F1}$ (13.85 %) และ $H_{F1vsF2}$ (27.59 %) แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p < 0.01$; ตารางที่ 16)

ความยาวรากต่อปริมาตรดิน 1 ลบ.ซม. พบว่า ลูกผสม CN 60 x V 1414AG และ KPS 2 x V 1415AG ให้ค่า $H_{F1}$ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p < 0.01$) โดยมีค่า $H_{F1}$ เท่ากับ 19.4 เปอร์เซ็นต์ และ 16.3 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ขณะที่ลูกผสม KPS 1 x V 1415AG และ M 4-2 x KPS 2 ให้ค่าเปอร์เซ็นต์ $H_{F1}$ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยมีค่า $H_{F1}$ เท่ากับ 13.5 เปอร์เซ็นต์ และ 25.2 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ (ตารางที่ 16)

**ตารางที่ 16** ค่าเฉลี่ยของลักษณะทางพืชไร่และลักษณะทางสรีรวิทยาของถั่วเขียว 4 ประชากร เปอร์เซ็นต์ความดีเด่น (heterosis) ของ $F_1$ เมื่อเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยของพ่อแม่ ($H_{F1}$) และเปอร์เซ็นต์ความดีเด่นของ $F_1$ เมื่อเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยของ $F_2$ ($H_{F1vsF2}$)

| ลักษณะทางพืชไร่และลักษณะทางสรีรวิทยา | คู่ผสม | $P_1$ | $P_2$ | $F_1$ | % Heterosis ($H_{F1}$) | $F_2$ | % Heterosis ($H_{F1vsF2}$) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| จำนวนฝักต่อต้น | CN 36 x V 2106 | 21.1 ± 0.8 | 42.4 ± 1.0 | 38.0 ± 1.0** | 17.0 | 27.4 ± 5.9** | 37.6 |
| | CN 36 x V 3495 | 20.1 ± 1.3 | 30.9 ± 1.5 | 28.0 ±1.6** | 9.8 | 24.3 ± 8.6 ns | 14.8 |
| | CN 60 x V 4785 | 17.7 ± 1.6 | 37.9 ± 1.6 | 35.0 ± 1.8** | 25.9 | 25.3 ± 7.6** | 38.3 |
| | KPS 1 x V 4758 | 23.5 ± 1.7 | 41.9 ± 1.7 | 38.0 ± 1.6** | 16.2 | 29.0 ± 9.7** | 31.0 |
| | SUT 5 x V 2106 | 35.2 ± 1.5 | 45.5 ± 1.3 | 43.0 ± 1.9** | 6.6 | 38.3 ± 7.1* | 12.3 |
| น้ำหนักแห้งมวลรวม (ก.) | CN 60 x V 1946 | 11.4 ± 1.1 | 31.7 ± 1.3 | 24.2 ± 1.5** | 12.8 | 19.3 ± 4.4** | 25.4 |
| | CN 72 x KPS 1 | 27.8 ± 1.3 | 22.3 ± 1.2 | 26.2 ± 1.6** | 6.2 | 23.2 ± 6.2* | 14.7 |
| | KPS 2 x V 1067 | 18.4 ± 0.7 | 29.2 ± 1.5 | 26.9 ± 1.4** | 13.0 | 21.7 ± 6.0** | 24.0 |
| | KPS 2 x V 2075 | 20.0 ± 1.5 | 25.2 ± 1.1 | 24.3 ± 1.1** | 7.5 | 21.8 ± 5.4 ns | 11.5 |
| | SUT 4 x M 5-1 | 20.1 ± 1.5 | 29.1 ± 1.5 | 26.5 ± 1.4** | 7.7 | 23.0 ± 7.3** | 15.2 |
| จำนวนเมล็ดต่อฝัก | CN 60 x V 4758 | 7.6 ± 0.5 | 11.6 ± 0.3 | 10.2 ± 0.7** | 6.3 | 8.8 ± 0.7** | 15.9 |
| | SUT 1 x V 4785 | 9.1 ± 0.3 | 11.7 ± 0.4 | 10.8 ± 0.8 ns | 3.9 | 10.0 ± 0.9** | 9.0 |
| | SUT 3 x V 4451 | 9.0 ± 0.5 | 11.4 ± 0.8 | 10.9 ± 0.3** | 6.9 | 9.5 ± 0.7** | 14.7 |
| ความยาวฝัก (ซม.) | KPS 1 x V 1415AG | 8.7 ± 0.3 | 9.8 ± 0.3 | 9.6 ± 0.3** | 3.9 | 9.1 ± 0.5** | 5.5 |
| | KPS 2 x V 1415AG | 9.0 ± 0.3 | 10.5 ± 0.4 | 10.1 ± 0.2** | 3.5 | 9.4 ± 0.4** | 7.5 |
| | SUT 4 x V 1414AG | 8.9 ± 0.3 | 10.5 ± 0.4 | 10.2 ± 0.3** | 5.3 | 9.4 ± 0.4** | 8.5 |
| | SUT 5 x V 1414AG | 7.2 ± 0.3 | 10.6 ± 0.5 | 9.4 ± 0.4** | 5.7 | 8.6 ± 0.5** | 9.3 |
| | SUT 5 x V 1415AG | 7.2 ± 0.3 | 10.5 ± 0.3 | 9.2 ± 0.3** | 3.9 | 8.5 ± 0.5** | 8.2 |
| จำนวนช่อต่อต้น | KPS 1 x V 2106 | 9.0 ± 0.9 | 15.0 ± 0.9 | 13.0 ± 0.9** | 8.3 | 10.7 ± 2.6** | 21.5 |
| จำนวนกิ่งต่อต้น | KPS 1 x V 3495 | 9.0 ± 0.8 | 14.2 ± 0.9 | 12.9 ± 1.0** | 11.2 | 10.4 ± 1.3** | 24.0 |
| น้ำหนักเมล็ดต่อต้น (ก.) | CN 72 x V 1946 | 8.8 ± 1.6 | 14.6 ± 1.7 | 12.8 ± 1.8ns | 9.4 | 10.3 ± 3.0** | 24.3 |
| | KPS 2 x V 1380 | 12.8 ± 2.2 | 14.9 ± 1.7 | 14.2 ± 1.9 ns | 2.5 | 13.1 ± 3.4 ns | 8.4 |
| | KPS 2 x V 2106 | 12.5 ± 2.5 | 15.8 ± 2.5 | 14.7 ± 1.9 ns | 3.9 | 13.5 ± 4.3 ns | 8.9 |
| | SUT 2 x V 4758 | 9.7 ± 1.9 | 16.5 ± 2.1 | 13.5 ± 2.0 ns | 3.1 | 11.6 ± 3.6* | 16.4 |
| | SUT 3 x V 4758 | 11.1 ± 1.9 | 16.2 ± 2.4 | 14.3 ± 1.2 ns | 4.8 | 12.4 ± 4.2 ns | 15.3 |
| จำนวนเมล็ดต่อต้น | SUT 1 x V 4758 | 212.3 ± 54.9 | 398.7 ± 67.3 | 298.6 ± 47.9 ns | 7.9 | 254.7 ± 59.1 ns | 16.8 |
| | SUT 2 x V 2106 | 201.7 ± 38.7 | 430.2 ± 75.8 | 343.5 ± 86.2 ns | 8.7 | 290.2 ± 93.4 ns | 18.4 |
| ดัชนีพื้นที่ใบ | CN 36 x V 2075 | 3.1 ± 0.3 | 4.2 ± 0.2 | 3.9 ± 0.4* | 6.9 | 3.5 ± 0.7* | 11.4 |
| | SUT 2 x V 2075 | 2.4 ± 0.3 | 4.1 ± 0.3 | 3.7 ± 0.4** | 13.9 | 2.9 ± 0.6** | 27.6 |
| ความยาวราก/ปริมาตรดิน 1 ลบ.ซม. (มม.) | CN 60 x V 1414AG | 0.52 ± 0.07 | 0.87 ± 0.06 | 0.83 ± 0.05** | 19.4 | | |
| | KPS 1 x V 1415AG | 0.59 ± 0.07 | 0.82 ± 0.03 | 0.80 ± 0.07* | 13.5 | | |
| | KPS 2 x V 1415AG | 0.71 ± 0.06 | 0.82 ± 0.06 | 0.89 ± 0.05** | 16.3 | | |
| | M 4-2 x KPS 2 | 0.66 ± 0.10 | 0.65 ± 0.10 | 0.82 ± 0.14* | 25.2 | | |

เก็บเกี่ยวผลผลิตของลูกผสมทั้ง 33 คู่ผสม ในทั้ง 4 ประชากร นำค่าเฉลี่ยที่ได้มาคำนวณค่าความดีเด่นของผลผลิตของลูกผสม และวิเคราะห์ t-test ดังแสดงผลการวิเคราะห์ไว้ในตารางที่ 17 พบว่ามีลูกผสมพียง 7 คู่ผสมเท่านั้น ที่ให้ค่า $H_{F1}$ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p < 0.01$) โดยให้ค่า $H_{F1}$ อยู่ในช่วง 7.6-18.7 เปอร์เซ็นต์ และมีลูกผสมเพียง 2 คู่ ได้แก่ KPS 1 x V 2106 และ CN 60 x V 1414AG ที่ให้ค่า $H_{F1}$ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยให้ค่า $H_{F1}$ เท่ากับ 5.1 เปอร์เซ็นต์ และ 9.5 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนลูกผสมอีก 25 คู่ ให้ค่า $H_{F1}$ ไม่แตกต่างทางสถิติ และไม่มีความดีเด่นของลูกผสม เมื่อวิเคราะห์ค่า $H_{F1vsF2}$ ของลูกผสมทั้ง 33 คู่พบว่า มีเพียงลูกผสม CN 36 x V 2106 และ CN 60 x V 4758 เท่านั้น ที่ให้ค่า $H_{F1vsF2}$ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p < 0.01$) โดยให้ค่า $H_{F1vsF2}$ เท่ากับ 15.2 เปอร์เซ็นต์ และ 16.7 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ขณะที่ลูกผสมอีก 31 คู่ที่เหลือ ให้ค่า $H_{F1vsF2}$ ไม่แตกต่างทางสถิติ และไม่มีความดีเด่นของลูกผสม

จากการทดลองนี้พบความดีเด่นของลักษณะต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในคู่ผสมบางคู่ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากสายพันธุ์พ่อแม่ที่นำมาผลิตคู่ผสมในการทดลองนี้ มีความแตกต่างกันทางพันธุกรรมที่ควบคุมลักษณะที่ศึกษาสูง ซึ่งสายพันธุ์ที่ใช้เป็นพันธุ์พ่อ เป็นสายพันธุ์ที่นำเข้ามาจากต่างประเทศ หรือสายพันธุ์ที่ได้จากการชักนำให้เกิดกลายพันธุ์ ซึ่งทั้งการนำเข้าสายพันธุ์จากต่างประเทศ และการก่อกลายพันธุ์ ล้วนแล้วแต่เป็นวิธีการที่เพิ่มความแปรปรวนในลักษณะของประชากรที่ศึกษาได้ ปัจจุบันมีการศึกษาความดีเด่นในถั่วเขียวอย่างแพร่หลาย เช่น Melquiades and Reyes (1990) ได้ศึกษา heterobeltiosis (% Hb) ของลักษณะทางพืชไร่ 7 ลักษณะ ได้แก่ความสูง จำนวนช่อต่อต้น จำนวนฝักต่อช่อ จำนวนเมล็ดต่อฝัก น้ำหนัก 100 เมล็ด จำนวนฝักต่อต้น และผลผลิต ของลูกผสมถั่วเขียว 10 คู่ผสม พบว่าทุกลักษณะ ยกเว้นจำนวนเมล็ดต่อฝักมี heterobeltiosis ต่อมา Khattak et al. (2002) ศึกษาความดีเด่นของลูกผสมในลักษณะทางพืชไร่และผลผลิต โดยใช้วิธี half diallel cross ในถั่วเขียว 6 สายพันธุ์ พบว่า ลักษณะผลผลิตต่อต้น ดัชนีเก็บเกี่ยว จำนวนฝักต่อต้น จำนวนเมล็ดต่อฝัก จำนวนกิ่งต่อต้น จำนวนช่อต่อต้น ในคู่ผสมหลายคู่มีความดีเด่น Chen et al. (2003) ได้ทำการศึกษาความดีเด่นของลูกผสมถั่วเขียว [heterosis (% H) และ heterobeltiosis (% Hb)] จาก 3 ประเทศ ได้แก่ ไทย จีนและเกาหลีในลักษณะทางพืชไร่ต่าง ๆ ได้แก่ ความสูง จำนวนฝักต่อต้น จำนวนเมล็ดต่อฝัก และน้ำหนักเมล็ดต่อต้น พบว่าในทุกลักษณะมีบางคู่ผสมที่ให้ค่า %H และ %Hb สูง ซึ่งแสดงให้เห็นว่าในพืชผสมตัวเอง หากพ่อแม่มีความแตกต่างทางพันธุกรรมสูง ก็อาจทำให้ลูกผสมที่ได้มีความดีเด่น Soehendi and Srinives (2005) ศึกษาความดีเด่นของลูกผสมถั่วเขียวจำนวน 4 คู่ผสม จาก 3 สายพันธุ์ พบว่าลูกผสมทั้ง 4 คู่ มีความดีเด่นเหนือค่าเฉลี่ยของพ่อแม่และเหนือพ่อแม่ที่ดีที่สุด ในลักษณะความยาวฝัก จำนวนเมล็ดต่อฝัก และความสูง และยังพบว่าความสูงเป็นลักษณะเดียวที่มี heterobeltiosis

**ตารางที่ 17** ค่าเฉลี่ยผลผลิตของถั่วเขียวทั้ง 4 ประชากรที่คัดเลือกโดยใช้ลักษณะต่าง ๆ เปอร์เซ็นต์ความดีเด่น (heterosis) ของผลผลิตในชั่ว $F_1$ เมื่อเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยของพ่อแม่ ($H_{F1}$) และเปอร์เซ็นต์ความดีเด่นของผลผลิตในชั่ว $F_1$ เมื่อเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยของ $F_2$ ($H_{F1vsF2}$)

| ผลผลิต (น้ำหนักเมล็ดต่อต้น; ก.) | คู่ผสม | $P_1$ | $P_2$ | $F_1$ | % Heterosis ($H_{F1}$) | $F_2$ | % Heterosis ($H_{F1vsF2}$) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| จำนวนฝักต่อต้น | CN 36 x V 2106 | 9.1 ± 0.5 | 14.5 ± 0.8 | 12.9 ± 0.9** | 9.3 | 11.2 ± 2. 0** | 15.2 |
| | CN 36 x V 3495 | 9.2 ± 0.5 | 11.8 ± 0.8 | 10.9 ± 0.8 ns | 3.8 | 11.2 ± 3.5 (ไม่มี heterosis) | -2.7 |
| | CN 60 x V 4785 | 6.8 ± 0.5 | 15.8 ± 1.6 | 12.4 ± 1.0** | 9.7 | 11.5 ± 3.1 | 7.8 |
| | KPS 1 x V 4758 | 11.9 ± 1.0 | 15.6 ± 0.9 | 13.5 ± 0.8 (ไม่มี heterosis) | -1.8 | 12.7 ± 3.3 ns | 6.6 |
| | SUT 5 x V 2106 | 12.5 ± 1.0 | 14.6 ± 1.0 | 13.8 ± 0.8 ns | 1.9 | 13.5 ± 1.9 ns | 2.2 |
| | CN 60 x V 1946 | 7.0 ± 0.4 | 13.9 ± 1.0 | 12.4 ± 1.0** | 18.7 | 12.0 ± 2.6 ns | 3.3 |
| | CN 72 x KPS 1 | 8.9 ± 0.7 | 11.4 ± 0.7 | 10.6 ± 0.8 ns | 4.4 | 10.2 ± 2.3 ns | 3.9 |
| | KPS 2 x V 1067 | 14.1 ± 1.0 | 11.0 ± 1.0 | 13.1 ± 1.0 ns | 4.4 | 12.5 ± 2.1 ns | 4.8 |
| น้ำหนักแห้งมวลรวม (ก.) | KPS 2 x V 2075 | 14.2 ± 0.9 | 11.7 ± 1.1 | 12.9 ± 1.2 (ไม่มี heterosis) | -0.4 | 12.5 ± 2.3 ns | 3.2 |
| | SUT 4 x M 5-1 | 10.5 ± 1.2 | 11.7 ± 0.8 | 11.2 ± 1.0 ns | 0.9 | 10.4 ± 2.5 ns | 7.7 |
| จำนวนเมล็ดต่อฝัก | CN 60 x V 4758 | 6.8 ± 0.6 | 15.9 ± 1.1 | 12.6 ± 1.0** | 11.0 | 10.8 ± 2.1** | 16.7 |
| | SUT 1 x V 4785 | 10.7 ± 0.8 | 15.7 ± 0.8 | 14.2 ± 0.9** | 7.4 | 13.8 ± 3.1 ns | 2.9 |
| | SUT 3 x V 4451 | 10.4 ± 0.8 | 12.8 ± 0.9 | 11.8 ± 1.0** | 1.7 | 11.2 ± 2.4 ns | 5.4 |
| ความยาวฝัก (ซม.) | KPS 1 x V 1415AG | 11.7 ± 1.5 | 7.9 ± 0.6 | 10.2 ± 1.0 ns | 4.1 | 9.8 ± 1.7 ns | 4.1 |
| | KPS 2 x V 1415AG | 14.0 ± 1.3 | 8.0 ± 0.9 | 12.4 ± 1.1** | 12.7 | 12.0 ± 2.0 ns | 3.3 |
| | SUT 4 x V 1414AG | 11.6 ± 1.3 | 9.2 ± 0.8 | 10.8 ± 1.1 ns | 3.9 | 10.2 ± 2.7 ns | 5.9 |
| | SUT 5 x V 1414AG | 13.6 ± 1.5 | 9.4 ± 0.8 | 12.4 ± 1.2 ns | 7.8 | 11.8 ± 3.4 ns | 5.1 |
| | SUT 5 x V 1415AG | 13.8 ± 1.0 | 8.1 ± 0.7 | 11.5 ± 1.3 ns | 5.0 | 11.1 ± 2.6 ns | 3.6 |
| จำนวนช่อต่อต้น | KPS 1 x V 2106 | 11.2 ± 0.6 | 14.5 ± 1.0 | 13.5 ± 0.9* | 5.1 | 12.5 ± 2.5 ns | 8.0 |
| จำนวนกิ่งต่อต้น | KPS 1 x V 3495 | 11.0 ± 0.8 | 13.5 ± 0.9 | 12.9 ± 1.1 ns | 5.3 | 12.5 ± 1.6 ns | 3.2 |
| จำนวนเมล็ดต่อต้น | SUT 1 x V 4758 | 14.5 ± 3.7 | 16.3 ± 2.7 | 16.1 ± 2.6 ns | 4.7 | 14.6 ± 3.4 ns | 10.5 |
| | SUT 2 x V 2106 | 16.8 ± 3.2 | 21.0 ± 3.70 | 21.8 ± 5.5 ns | 15.5 | 18.0 ± 5.9 ns | 21.0 |
| ดัชนีพื้นที่ใบ | CN 36 x V 2075 | 9.4 ± 0.9 | 12.5 ± 0.9 | 10.9 ± 1.6 (ไม่มี heterosis) | -0.3 | 10.5 ± 2.1 ns | 3.8 |
| | SUT 2 x V 2075 | 9.4 ± 1.2 | 13.8 ± 1.28 | 11.9 ± 1.70 ns | 2.7 | 11.2 ± 1.9 ns | 6.3 |
| ความยาวราก / ปริมาตรดิน 1 ลบ.ซม. (มม.) | CN 60 x V 1414AG | 7.6 ± 0.7 | 10.3 ± 0.6 | 9.8 ± 0.6* | 9.5 | | |
| | KPS 1 x 1415AG | 9.8 ± 0.3 | 8.1 ± 0.4 | 9.23 ± 0.4 ns | 3.7 | | |
| | KPS2 x 1415AG | 13.7 ± 0.7 | 7.8 ± 0.4 | 10.7 ± 0.5 (ไม่มี heterosis) | -0.5 | | |
| | M4-2 x KPS2 | 10.8 ± 0.8 | 14.4 ± 0.7 | 13.0 ± 1.0 ns | 3.0 | | |

เมื่อสิ้นสุดโครงการวิจัยระยะที่หนึ่งได้เมล็ดลูกผสมชั่ว $F_5$ จากวิธี single seed descent ของ 15 คู่ผสม จำนวน 180-200 สายพันธุ์/คู่ผสม สำหรับนำไปคัดเลือกสายพันธุ์ที่ให้ลักษณะทางพืชไร่ ลักษณะทางสรีรวิทยา และผลผลิตสูงในโครงการวิจัยระยะที่สองต่อไป

# บทที่ 4
# บทสรุป

**สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ**

1. การศึกษาสหสัมพันธ์ทางฟีโนไทป์และจีโนไทป์ระหว่างผลผลิตและลักษณะที่เกี่ยวข้องกับผลผลิต และการวิเคราะห์สัมประสิทธิ์เส้นทางพบว่า ลักษณะจำนวนช่อต่อต้น จำนวนเมล็ดต่อฝัก TDM และจำนวนฝักต่อต้น เป็นลักษณะที่มีอิทธิพลทางตรงต่อผลผลิตสูง ดังนั้นจึงควรใช้เป็นเกณฑ์ในการคัดเลือกสายพันธุ์ถั่วเขียวเพื่อเพิ่มผลผลิตโดยเฉพาะในประชากรที่ใช้ศึกษา ดังนั้นการคัดเลือกสายพันธุ์ที่มีต้นใหญ่ จำนวนช่อต่อต้น จำนวนฝักต่อต้น และจำนวนเมล็ดต่อฝักสูง จึงมีศักยภาพในการเพิ่มผลผลิตถั่วเขียวในอนาคต

2. การคัดเลือกสายพันธุ์ที่มีระบบรากมากในกระบะดินผสมทราย พบว่าถั่วเขียว จำนวน 57 พันธุ์/สายพันธุ์ที่นำมาศึกษานี้มีความแปรปรวนของลักษณะน้ำหนักแห้งยอด พื้นที่ใบ ความยาวรากต่อปริมาตรดิน ความยาวรากแก้ว และน้ำหนักแห้งรากสูงในสภาวะให้น้ำปกติ ส่วนสภาวะงดให้น้ำพบว่าทุกลักษณะยกเว้นความยาวรากแก้วมีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่ละพันธุ์/สายพันธุ์ตอบสนองต่อการขาดน้ำแตกต่างกัน พบว่าสายพันธุ์ V4956, V 3404, V 3484, V 1067, V 1330 และ V 1323 เป็นสายพันธุ์ที่น่าจะมีศักยภาพในการทนแล้ง ซึ่งอาจนำมาใช้ประโยชน์ในการปรับปรุงพันธุ์ถั่วเขียวเพื่อทนแล้งต่อไปในอนาคต ส่วนการคัดเลือกสายพันธุ์ที่มีน้ำหนักแห้งรากสูง และมีศักยภาพในการให้ผลผลิตสูง พบว่าถั่วเขียวพันธุ์/สายพันธุ์ KPS 2, V 1414AG, M 4-2, V 1415AG, M 5-5 และ M 5-1 มีน้ำหนักแห้งรากสูงในทั้งสองสภาวะ ส่วนสายพันธุ์ SUT 5 มีน้ำหนักแห้งรากสูงในสภาวะแห้งแล้ง ดังนั้นพันธุ์/สายพันธุ์ เหล่านี้จึงอาจนำมาใช้เป็นพ่อแม่พันธุ์สำหรับปรับปรุงพันธุ์ถั่วเขียวเพื่อเพิ่มผลผลิต และ/หรือทนแล้งได้ในอนาคต เมื่อศึกษาสหสัมพันธ์ระหว่าง 6 ลักษณะในสภาวะงดให้น้ำและให้น้ำปกติ พบว่าลักษณะที่มีสหสัมพันธ์ทางบวกกับน้ำหนักแห้งรากได้แก่ ความยาวรากรวม น้ำหนักแห้งยอด พื้นที่ใบ และความยาวรากแก้ว ส่วนอัตราส่วนยอดต่อรากมีสหสัมพันธ์ทางลบกับน้ำหนักแห้งราก ดังนั้นการคัดเลือกสายพันธุ์ที่ให้น้ำหนักรากมาก อาจได้โดยการคัดเลือกสายพันธุ์ที่ต้นใหญ่ หรือมีน้ำหนักแห้งมวลรวมสูง เพื่อที่จะสามารถย่นระยะเวลาและประหยัดค่าใช้จ่ายในการคัดเลือกสายพันธุ์ที่ให้น้ำหนักแห้งรากมาก หรือมีระบบรากใหญ่

3. การประเมินระบบรากในกล่องไม้ เปรียบเทียบระหว่างสภาวะให้น้ำปกติ และงดให้น้ำ ผลการประเมินสอดคล้องกับการทดสอบในกระบะดินผสมทรายเพียงบางลักษณะ วิธีการนี้ให้ผลการประเมินการหยั่งลึกของราก และการแผ่กระจายของรากชัดเจนกว่า โดยพบว่าการปลูกในสภาวะให้น้ำปกติ ส่วนมากจะพบการเจริญของรากบริเวณดินระดับตื้น และมีการแผ่กระจายของรากและรากฝอยจำนวนมาก โดยรากมีสีขาว อวบ ขนาดใหญ่กว่าในสภาวะงดการให้น้ำและมีปมรากในบางสาย-

พันธุ์ ขณะที่ในสภาวะงดให้น้ำ ส่วนมากจะมีรากฝอยจำนวนมากทั้งในระดับดินตื้นและลึก บริเวณดินระดับตื้นมีการแตกของรากฝอยจำนวนน้อยกว่าสภาวะให้น้ำปกติ แต่มีการแผ่กระจายตัวของรากในดินระดับลึกมากกว่าดินระดับตื้น รากมีสีดำ รากแก้วมีการหยั่งลึกมากกว่าในสภาวะได้รับน้ำปกติ ไม่มีการเกิดปมราก ผลการคัดเลือกได้สายพันธุ์ที่น่าจะมีศักยภาพในการทนแล้งดังนี้ V 3388, V 4535, SUT 2, V 5461 และ V 3109 ซึ่งอาจนำมาใช้ประโยชน์ในการปรับปรุงพันธุ์เพื่อทนแล้งในอนาคต

4. การปรับปรุงพันธุ์โดยวิธีดั้งเดิม เพื่อปรับปรุงลักษณะทางพืชไร่และลักษณะทางสรีรวิทยาที่เกี่ยวข้องกับผลผลิตของถั่วเขียว และการศึกษาความดีเด่นของลูกผสมจำนวน 33 คู่ผสม ใน 10 ลักษณะพืชไร่และลักษณะทางสรีรวิทยาพบว่าความดีเด่นของลูกผสมชั่วที่หนึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยพ่อแม่ [heterosis ($F_1$); $H_{F1}$] ของเกือบทุกลักษณะแตกต่างทางสถิติ ยกเว้นลักษณะน้ำหนักเมล็ดต่อต้นและจำนวนเมล็ดต่อต้น ในขณะที่ความดีเด่นของลูกผสมชั่วที่หนึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยของลูกผสมชั่วที่สอง [heterosis ($F_1$ vs $F_2$); $H_{F1vsF2}$] ของเกือบทุกลักษณะแตกต่างทางสถิติ ยกเว้นลักษณะจำนวนเมล็ดต่อต้น เมื่อศึกษาความดีเด่นของผลผลิต (น้ำหนักเมล็ดต่อต้น) ของลูกผสมจำนวน 33 คู่ผสม พบว่าค่า $HF_1$ ของลูกผสมจาก 9 คู่ผสมแสดงความดีเด่นเหนือค่าเฉลี่ยของพ่อแม่อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และค่า $H_{F1vsF2}$ ของลูกผสมจาก 2 คู่ผสมแสดงความดีเด่นเหนือค่าเฉลี่ยของ $F_2$ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนค่า $H_{F1}$ ของลูกผสม KPS1 x V4758, KPS2 x V2075, CN36 x V2075 และ KPS2 x V1415AG ไม่แสดงความดีเด่นเหนือค่าเฉลี่ยของพ่อแม่ และค่า $H_{F1vsF2}$ ของลูกผสม CN36 x V3495 ไม่แสดงความดีเด่นเหนือค่าเฉลี่ยของ $F_2$

เมื่อสิ้นสุดโครงการวิจัยระยะที่ 1 ได้เมล็ดลูกผสมชั่ว $F_5$ จากวิธี single seed descent ของ 15 คู่ผสมจำนวน 180-200 สายพันธุ์/คู่ผสม สำหรับนำไปคัดเลือกสายพันธุ์ที่ให้ลักษณะทางพืชไร่ ลักษณะทางสรีรวิทยา และผลผลิตสูงในโครงการวิจัยระยะที่ 2 ต่อไป

# บรรณานุกรม


พีระศักดิ์ ศรีนิเวศน์. (2542). **ถั่วเขียว. พืชเศรษฐกิจ.** ภาควิชาพืชไร่นา. คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพ ฯ. หน้า 143-156.

ไพศาล เหล่าสุวรรณ และ ปิยะดา ทิพยผ่อง. (2550). **หลักการปรับปรุงพันธุ์พืช.** สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี. 369 หน้า.

ไพศาล เหล่าสุวรรณ, อุษา เผื่อนกลาง, บัณฑิต ทองพิมาย, ศรีชาติ พลฉิม และ ยศศักดิ์ แก้มค้างพูล. (2543). **การวิจัยถั่วเขียวของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ใน การประชุมวิชาการถั่วเขียวแห่งชาติครั้งที่ 8.** มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน. นครปฐม. หน้า 13-20.

ไพศาล เหล่าสุวรรณ. (2543). การปรับปรุงพันธุ์ถั่วเขียวและถั่วเหลือง ระยะที่ 1. [ออนไลน์] ได้จาก http://sutlib2.sut.ac.th/Sut_Article/Paisal/bib251_a.pdf

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. (2548). [ออนไลน์] ได้จาก http://www.oae.go.th/mis/predict/mung beans47.htm

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. (2553). [ออนไลน์] ได้จาก http://www.oae.go.th/download/ download _journal/fundamation-2552.pdf

อุษา เผื่อนกลาง และ ไพศาล เหล่าสุวรรณ. (2543). การปรับปรุงพันธุ์ถั่วเขียวโดยใช้องค์ประกอบผลผลิตและลักษณะทางลำต้น. **วารสารเทคโนโลยีสุรนารี** 7: 242-249.

Abraham, B. (2000). Mitigation of drought stress by crop management. [Online]. http://www.plant stress.com /Articles/drought_m/drought_m.htm

Allard, R.W. (1960). **Principles of Plant Breeding.** New York: John Wiley and Sons.

Amanullah and Hatam, M. (2000). Correlation between grain yield and agronomic parameters in mungbean (*Vigna radiata* L.). **Pak. J. Biol. Sci.** 3: 1242-1244.

Bingham, I.J. and McCabe, V.B. (2004). Maximizing production potential though understanding crop root system. **HGCA conference: Managing soil and roots for profitable production.** Blackburn. England. 12 pp.

Biradar, K. (2007). Genetic studies in greengram and association analysis. **Karnataka J. Agric. Sci.** 20(4): 843-844.

Burton, G. W. (1983). Utilization of hybrid vigor. *In* **Crop Breeding** (edited by D.R. Wood) pp. 89-107. American Society of Agronomy, Wisconsin.

Camacho, R.G. (1994). Evaluation of morphological characteristics in Venezuelan maize (*Zea mays* L.) genotypes under drought stress. **Sci. agric., Piracicaba.** 51(3): 453-458.

Chaudhary, M.S. (1992). Path analysis and correlation in high yielding mungbean varieties. In: **ARC Training Report 1992.** Asian Vegetable Research and Development Center, Tainan, Taiwan. pp. 1-5.

Chen, X., Sorajjapinun, W., Reiwthingchum, S. and Srinivis, P. (2003). Identification of parental mungbean lines for production of hybrid varieties. **CMU Journal** 2 (2): 97-106.

Dewey, D.R. and Lu, K.H. (1959). Correlation and path coefficient analysis of crested wheat grass seed production. **Agron. J.** 51: 515-518.

Empig, L.T., Lantican, R.M. and Escuro, P.B. (1970). Heritability estimates of quantitative characters in mungbean (*Phaseolus aureus* Roxb.). **Crop Sci.** 10: 240-241.

Francisco, P.B. and Maeda, K. (1989). Agro-physiological studies on the yield performance of mungbean. **Japanese J. Crop Sci.** 58: 704-719.

Grafius, J.E. (1956). Components of yield in oats: A geometric interaction. **Agron. J.** 48: 419-423.

Hakim, L. (2008). Variability and correlation of agronomic characters of mungbean germplasm and their utilization for variety improvement program. **Indonesian J. Agric Sci.** 9 (1): 24-28.

Idress, A., Sadiq, M.S., Hanif, M., Abbas, G. and Haider, S. (2006). Genetic parameters and path coefficient analysis in mutated generation of mungbean (*Vigna radiata* L. Wilczek). **J. Agric. Res.** 44(3): 181-190.

Jan, R., Hassen, S., Rashid, A., Jan, H. and Shah, M.A. (1993). Screening of mungbean genotypes of mungbean genetic parameters and protein content. **Sarhad J. Agric.** 9: 317-321.

Japan International Research Center for Agricultural Sciences. (1995). Screening cowpea lines for drought lines for drought tolerance and its expression in roots. [Onlne].http://www.jircas .affrc.go.jp/english/publication/annual/1995/divisions/biological3.html

Joshi, S.N. and Kabaria, M.M. (1973). Interrelationship between yield and yield components in *Phaseolus aureus* Roxb. **Madras Agr. J.** 60: 1331-1334.

Kamara, A.Y., Kling, J.G., Menkir, A. and Ibikunle, O. (2003). Association of vertical root pulling resistance with root lodging and grain yield in selected S1 maize lines derived from a tropical low-nitrogen population. **J. Agron. & Crop Sci.** 189: 129-135.

Khalli, S.K., Rehman, S., Afridi, K. and Jan. T. (1986). Performance of mungbean cultivars grown under agroclimatic conditions of Peshawar Valley. **Sarhad J. Agric.** 2: 593-598.

Khan, I.A. (1988). Path coefficient analysis of yield attribute in mungbean (*Vigna radiata* L.). **Legumes Res.** 11: 41-43.

Khan, M., Nawab, K., Khan, A. and Baloch, M.S. (2001). Genetic variability and correlation studies in mungbean. **J. Biol. Sci.** 1 (3): 117-119.

Khattak, G.S.S, Srinives, P. and Kim, D.H. (1995). Yield partitioning in high yielding mungbean (*Vigna radiata* (L.) Wilczek). **Kasetsart J. (Nat. Sci.).** 29: 494-497.

Khattak, G.S.S., Haq, M.A., Marwat, E.U.K., Ashraf, M. and Srinives, P. (2002). Heterosis for seed yield and yield components in mungbean (*Vigna radiata* (L.) Wilczek). **Sci. Asia** 28: 345-350

Levesque, R. (2006). **SPSS Programming and Data Management**. (3rd ed.). United State of America, SPSS Institute.

Madhur, J. and Jinks, C. (1994). Study of different days of sowing on yield parameters of green gram (*V. mungo*). **Agric. News.** 12: 53-56.

Malhotra, V.V., Singh, S. and Singh, K.B. (1974). Yield components in greengram (*Phaseolus aureus* Roxb.). **Indian J. Agric. Sci.** 44: 136-141.

Makeen, K., Abrahim, G., Jan, A. and Singh, A.K. (2007). Genetic variability and correlation studies on yield and its components in mungbean (*Vigna radiata* (L.) Wilczek). **J. Agron.** 6 (1): 216-218.

Malik, B.P.S., Singh, V.P., Chaudhary, B.D., and Chowdhary, R.K. (1982). Path coefficients and selection indices in greengram. **Indian J. Agric. Sci.** 52: 288-291.

Malik, B.P.S., Singh, V.P. and Singh, M. (1983). Correlation, correlated response and relative selection efficiency in greengram. **Indian J. Agric. Sci.** 53: 101-105.

Melquiades and Reyes. (1990). Preliminary study on heterobeltiosis for yield and yield components of 10 mungbean $F_1$ cross. **Progress Report 1990.** Asian Vegetable Research and Development Center, Hanhua, Taiwan, pp 40- 50.

Naidu, N.V. (1993). Interrelationship between yield and yield components in mungbean (*Vigna radiata* L.). **Ann. Plant Physiol.** 7: 119-122.

Naidu, N.V. and Rosaiah, G. (1993). Association analysis in segregating and non-segregating population of mungbean (*Vigna radiata* (L.) Wilczek). **Ann. Agric. Res.** 14: 25-29.

Passioura, J.B. (2000). The effect of root geometry on the yield of wheat growing on stored water. **Aust. J. Agric. Res.** 23: 745-752.

Poehlman, J.M. (1991). **The Mungbean.** Oxford & IBH publishing Co. PVT. LTD. New Delhi. pp.1-375.

Pundir, S.R., Gupta, R. and Singh, V.P. (1992). Studies on correlation coefficient analysis in mungbean (*Vigna radiata*). **Haryana Agric. Univ. J. Res.** 22: 256-258.

Raje, R.S. and Rao, S.K. (2000). Association analysis for yield and its components in mungbean (*Vigna radiata* (L.) Wilczek). **Madras Agric. J.** 87: 590-593.

Ramana, M.V. and Singh, D.P. (1987). Genetic parameters and character associations in green gram. **Indian J. Agric. Sci.** 57: 661-663.

Sadeghipour, O. (2009). The influence of water stress on biomass and harvest index in three mungbean (*Vigna radiata* (L.) Wilczek) cultivars. **Asian J. Plant Sci.** 8 (3): 245-249.

Sandhu, T.S., Cheema, H.S. and Grill, A.S. (1979). Variability and inter-relationship between yield and yield components in mungbean. **Indian J. Genet. Plant Breed.** 39: 480-484.

Satyan, B.A., Prakash, K.S., and Ranganatha A.R.G. (1986). Yield structure analysis in mungbean. **Indian J. Genet.** 46 (3): 558-562.

Shamsuzzaman, K.M., Khan, R.H. and Shaikh, M.A. (1983). Genetic variability and characters association in mungbean (*Vigna radiata*). **Bangladesh J. Agric. Res.** 8: 1-5.

Siddique, M., Malik, F.A. and Awan, S.I. (2006). Genetic divergence, association and performance evaluation of different genotype of mungbean (*Vigna radiata*). **Int. J. Agric. Biol.** 8 (6): 793-795.

Singh, R.K. and Chaudhary, B.D. (1979). **Biometric Methods in Quantitative Genetic Analysis.** Kelyen publishers. New Delhi.

Sharma, R.N. (1999). Heritability and character association in non-segregating population of mungbean (*Vigna radiata* (L.) Wilczek). **J. Inter-Academic.** 3: 5-10.

Singh, B.B. and Matsu, T. (2000). Cowpea varieties for drought tolerance. [online] http://www.iita. org/details/cowpea_pdf/cowpea_4-5.pdf

Singh, K.B., and Malhotra, R.S. (1970). Estimates of genetic and environmental variability in mung (*Phaseolus aureus* Roxb.). **Madras Agr. J.** 57: 155-159.

Singh, T.P. and Singh, K.B. (1973). Association of grain yield and its components in segregation populations of greengram. **Ind. J. Genet. Plant Breed.** 33: 113.

Soehendi, R. and Srinives, P. (2005). Significant of heterosis and heterobeltiosis in an $F_1$ hybrid of mungbean (*Vigna radiata* (L.) Wilczek) for hybrid seed production. **J. Breed. Genet.** 37 (2): 97-105.

Sriphadet, S., Lambrides, C.J. and Srinives, P. (2007). Inheritance of agronomics traits and their interrelationship in mungbean (*Vigna radiata* L. Wilczek). **J. Crop Sci. Biotech.** 10 (4): 249-256.

Steel, R.G.D. and Torrie, J.H. (1980). **Principles and proceeding of statistics**: A Biometrical Approach (2nd ed.). Mc Graw-Hill, Inc., New York, USA. 633p.

Tomar, G.S., Singh, L. and Sharma, D. (1972). Effects of environment on characters correlation and heritability in greengram. **SABRAO Newslett.** 4: 49-52.

Verma, M.M. and Sandha, S.S. (1988). Development of mungbean varieties for favorable environment, a new selection methodology. In: **Proceedings of the 2nd International Mungbean Symposium.** Asian Vegetable Research and Development Center, Tainan, Taiwan, pp. 159-163.

Wilson, D. (1981). **Breeding for morphological and physiological traits.** In Plant Breeding II, K.J. Frey, ed. Iowa State University Press, Ames. pp. 263-289.

Yadav, A.K., Yadava, T.P. and Chaudhary, B.D. (1979). Path coefficient analysis of the association of physiological traits with grain yield and harvest index in greengram. **Indian J. Agric. Sci.** 49 (2): 86-90.

Zhang, W. (1995). Mungbean varietal trial-21st IMN. [online]. http://www.arcavrdc.org/pdf_ files/Zhangwen(14-N).pdf

Zhang, W., Li, C., Qian, C. and Cao, L. (2009). Studies on the responses of root, shoot and drought resistance in the seedling of forage triticale to water stress. **J. Agric. Sci.** 1(2): 50-578.

Zubair, M. (1985). Path coefficient analysis in (*Vigna radiata* (Linn.) wilczek). In: **ARC Training Report 1985.** Asian Vegetable Research and Development Center, Tainan, Taiwan. pp. 1-5.

Zubair, M. and Srinives, P. (1986). Path coefficient analysis in mungbean (*Vigna radiata* (Linn.) Wilczek). **Thai J. Agric. Sci.** 19: 181-188.

Zhihui, S. 1999. Evaluation of AVRDC elite mungbean line for resistance to powdery mildew. In: **ARC Training Report 1999.** Asian Vegetable Research and Development Center, Tainan, Taiwan. pp. 1-7.

# ภาคผนวก

**ตารางภาคผนวกที่ 1** ค่ามีนสแควร์ (MSE) สัมประสิทธิ์ความแปรปรวน (coefficient of variation) ของลักษณะทางพืชไร่และลักษณะทางสรีรวิทยา 14 ลักษณะ ในถั่วเขียว 58 พันธุ์/สายพันธุ์

| Source of variation | df | MS | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | ผลผลิต | วันดอกแรกบาน | วันฝักแรกสุก | ความยาวฝัก | จำนวนเมล็ดต่อฝัก | biomass | TDM |
| กรรมวิธี (สายพันธุ์) | 57 | 21089.63** | 43.17** | 63.06** | 5.80** | 4.93** | 1532.85** | 73.43** |
| บล็อก | 3 | 174430.94** | 9.32** | 19.07** | 0.49** | 0.36ns | 4532.39** | 493.81** |
| ความคลาดเคลื่อน | 171 | 7144.72 | 0.63 | 4.90 | 0.90 | 0.35 | 400.64 | 24.29 |
| CV (%) | | 25.92 | 1.94 | 3.82 | 3.70 | 5.99 | 25.76 | 22.82 |

**ตารางภาคผนวกที่ 1** ค่ามีนสแควร์ (MSE) สัมประสิทธิ์ความแปรปรวน (coefficient of variation) ของลักษณะทางพืชไร่และลักษณะทางสรีรวิทยา 14 ลักษณะ ในถั่วเขียว 58 พันธุ์/สายพันธุ์ (ต่อ)

| Source of variation | df | MS | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | จำนวนช่อต่อต้น | จำนวนกิ่งต่อต้น | ความสูง | LAI | น้ำหนัก 100 เมล็ด | จำนวนเมล็ดต่อต้น | จำนวนฝักต่อต้น |
| กรรมวิธี (สายพันธุ์) | 57 | 14.57** | 1.16** | 267.99** | 1.87** | 5.62** | 32262.77** | 248.00** |
| บล็อก | 3 | 37.44** | 1.96** | 65.13* | 7.06** | 1.22* | 56362.14** | 1188.65** |
| ความคลาดเคลื่อน | 171 | 3.18 | 0.17 | 18.30 | 0.56 | 0.35 | 2545.94 | 31.81 |
| CV (%) | | 20.27 | 14.64 | 8.99 | 31.04 | 11.33 | 25.05 | 23.90 |

**ตารางภาคผนวกที่ 2** ค่ามีนสแควร์ (MSE) สัมประสิทธิ์ความแปรปรวน (coefficient of variation) ของ 5 ลักษณะ ในถั่วเขียว 57 พันธุ์/สายพันธุ์ในการทดลองปลูกถั่วเขียวในกระบะดินผสมทราย ในสภาวะให้น้ำปกติ และงดการให้น้ำ

**สภาพการให้น้ำปกติ**

| Source of variation | df | MS | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | ความยาวราก (ซม.)/ 1 ลบ. ซม | น้ำหนักแห้งยอด | พื้นที่ใบ | ความยาวรากแก้ว | น้ำหนักแห้งราก |
| กรรมวิธี (สายพันธุ์) | 56 | 0.00457** | 0.034** | 695.69** | 14.05* | 19516.99** |
| ความคลาดเคลื่อน | 153 | 0.00266 | 0.009 | 178.30 | 9.57 | 12480.71 |
| CV (%) | | 45.37 | 45.79 | 40.79 | 44.74 | 43.53 |

**สภาพงดการให้น้ำ**

| Source of variation | df | MS | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | ความยาวราก (ซม.)/ 1 ลบ. ซม | น้ำหนักแห้งยอด | พื้นที่ใบ | ความยาวรากแก้ว | น้ำหนักแห้งราก |
| กรรมวิธี (สายพันธุ์) | 56 | 0.00356** | 0.0107** | | 5.500ns | 9798.84** |
| ความคลาดเคลื่อน | 153 | 0.00226 | 0.0014 | | 3.976 | 5079.97 |
| CV (%) | | 49.03 | 28.72 | | 33.42 | 35.34 |

# ประวัติผู้วิจัย

นาง ปิยะดา นามสกุล ตันตสวัสดิ์ (Mrs. Piyada Tantasawat) เกิดเมื่อวันที่ 5 ธันวาคม พ.ศ. 2510 ที่จังหวัดกรุงเทพฯ สำเร็จการศึกษาปริญญาตรี สาขาวิชาเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ในปี พ.ศ. 2531 (เกียรตินิยมอันดับ 1) และปริญญาเอก สาขาวิชาการปรับปรุงพันธุ์พืช (Plant Breeding), Cornell University ประเทศสหรัฐอเมริกา ในปี พ.ศ. 2540 หลังจบการศึกษาได้ทำงานเป็น Postdoctoral research associate ที่ Cornell University ประเทศสหรัฐอเมริกา เป็นเวลา 3 ปี แล้วจึงกลับมาทำงานที่มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัดนครราชสีมาตั้งแต่ พ.ศ. 2543 จนถึงปัจจุบัน ตำแหน่งปัจจุบันคือ รองศาสตราจารย์ สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี สอนวิชาต่าง ๆ ทั้งในระดับปริญญาตรี โท และเอก ด้านปรับปรุงพันธุ์พืช เทคโนโลยีชีวภาพ การต้านทานโรคและแมลง และเทคโนโลยีการผลิตพืช เป็นหัวหน้าโครงการวิจัยและผู้ร่วมวิจัยในประเทศไทยรวมตั้งแต่อดีตถึงปัจจุบัน 12 โครงการ ซึ่งเกี่ยวข้องกับการปรับปรุงพันธุ์องุ่น ถั่วเขียว ทานตะวัน และแตงกวาโดยวิธีมาตรฐานและ/หรือการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีชีวภาพ (การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช เครื่องหมายโมเลกุล และเทคนิคด้านอณูชีววิทยา) มีผลงานวิจัยที่เผยแพร่ในรูป บทความวิจัย บทความปริทัศน์ รายงานการประชุม รายงานการวิจัย ฯลฯ รวม 51 เรื่อง

หน่วยงานที่อยู่ที่ติดต่อได้พร้อมโทรศัพท์ โทรสาร และ E-mail

สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี 111 ถ. มหาวิทยาลัย
ต. สุรนารี อ.เมือง จ. นครราชสีมา 30000
โทร. 0-4422-3378, 0-4422-4204
โทรสาร 0-4422-4281
E-mail piyada@sut.ac.th

**งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว: ปีที่พิมพ์ การเผยแพร่ และสถานภาพในการทำวิจัย**

1. การโคลนกลุ่มของยีนต้านทานโรค (RGAs) เพื่อให้ต้านทานต่อโรคราน้ำค้างในองุ่น (*Vitis* spp.). (2547). การประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษาแห่งชาติ ครั้งที่ 4, เชียงใหม่. หัวหน้าโครงการ (นศ.นำเสนอผลงาน) แหล่งทุน สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
2. การจำแนกพันธุ์ถั่วฝักยาวไร้ค้างและถั่วฝักยาวโดยใช้ ISSR analysis. (2548). การประชุมวิชาการพืชสวนแห่งชาติ ครั้งที่ 5, ชลบุรี. หัวหน้าโครงการและผู้เสนอผลงาน แหล่งทุน สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
3. การตรวจสอบลูกผสมถั่วเขียวชั่วที่หนึ่งโดยเครื่องหมายโมเลกุล ISSR. (2549). การประชุมวิชาการพืชไร่วงศ์ถั่วแห่งชาติ ครั้งที่ 1, เชียงราย. หัวหน้าโครงการ (นศ.นำเสนอผลงาน) แหล่งทุน สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
4. การเปรียบเทียบวิธีการสกัดดีเอ็นเอจากใบถั่วเขียว (*Vigna radiata*). (2547). การประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษาแห่งชาติ ครั้งที่ 4, เชียงใหม่. หัวหน้าโครงการ (นศ.นำเสนอผลงาน) แหล่งทุน สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
5. การผลิตข้าวโพด (*Zea mays* L.) ดับเบิลแฮพลอยด์โดยการเพาะเลี้ยงอับละอองเกสร. (2547). รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์. หน้าโครงการ แหล่งทุน สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
6. การผลิตข้าวโพด (*Zea mays* L.) สายพันธุ์แท้โดยการเพาะเลี้ยงอับละอองเกสร. (2547). รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์. หัวหน้าโครงการ แหล่งทุน สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
7. การแยกโปรโตพลาสต์ทานตะวัน. (2550). การประชุมวิชาการ งา ทานตะวัน ละหุ่ง และคำฝอยแห่งชาติ ครั้งงที่ 5, น่าน. หัวหน้าโครงการ (นศ.นำเสนอผลงาน) แหล่งทุน สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
8. การส่งเสริมการเจริญเติบโตของต้นข้าวโพดภายใต้สภาพ photoautotrophic. (2546). การประชุมศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติประจำปี นครปฐม. หัวหน้าโครงการ (นศ.นำเสนอผลงาน) แหล่งทุน สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
9. บทบาทของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดซ (polyphenol oxidases) ในการต้านทานของมะเขือเทศ (*Lycopersicon esculentum* L.) ต่อการเข้าทำลายของหนอนกระทู้ผัก (*Spodoptera litura* (F.)). (2548).รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์. หน้าโครงการ แหล่งทุน สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ
10. ผลของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดซในมะเขือเทศต่อความต้านทานของหนอนกระทู้หอม. (2548). การประชุมวิชาการพืชสวนแห่งชาติ ครั้งที่ 5, ชลบุรี. หัวหน้าโครงการ (นศ.นำเสนอผลงาน) แหล่งทุน สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย
11. A simple and highly efficient protocol for somatic embryogenesis and plant regeneration from proembryonic mass suspension culture in 'Autumn Royal Seedless'. (2007). Vitis 46(1): 45-46. ผู้ร่วมวิจัยและผู้เขียนอันดับ 4

12. Antisense downregulation of polyphenol oxidase results in enhanced disease susceptibility. (2004). Planta 220: 105-117. ผู้ร่วมวิจัยและผู้เขียนอันดับ 1
13. Cloning of resistance gene analogs (RGAs) in grapevine (*Vitis cinerea*). (2005). International Grape Genomics Symposium, St. Louis, USA. หัวหน้าโครงการและผู้เสนอผลงาน แหล่งทุน สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
14. Cloning of resistance gene analogs (RGAs) in grapevine hybrid. (2006). The 9th International Conference on Grape Genetics and Breeding, Udine, Italy. หัวหน้าโครงการและผู้เสนอผลงาน แหล่งทุน สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
15. Cultural characteristics of *Sphaceloma ampelinum*, causal pathogen of grape anthracnose on different media. (2009). Suranaree J. Sci. Technol. 6(2): 149-157. หัวหน้าโครงการและผู้เขียนหลัก แหล่งทุน สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
16. Defensive role of polyphenol oxidases against *Pseudomonas syringae* pv. tomato. (1996). Annual Meeting of the American Society of Plant Physiologists, San Antonio, Texas. Plant Physiol. 111s: 168. ผู้ร่วมวิจัยและเสนอผลงาน
17. Defensive role of tomato polyphenol oxidases against cotton bollworm (*Helicoverpa armigera* [Hübner]) and beet armyworm (*Spodoptera exigua* [Hübner]). (2009). J. Chem. Ecol. 35: 28-38. หัวหน้าโครงการและผู้เขียนหลัก แหล่งทุน สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ
18. Development of food safety software prototype. (2006). Suranaree J. Sci. Tech. 13: 101-111. ผู้ร่วมวิจัยและผู้เขียนอันดับ 4
19. Differential expression and turnover of the tomato polyphenol oxidase gene family during vegetative and reproductive development. (1997). Plant Physiol. 113: 707-718. ผู้ร่วมวิจัยและผู้เขียนอันดับ 1
20. Diversity of *Sphaceloma ampelinum*, causal pathogen of grapevine anthracnose in Thailand. (2006). Proceedings of the International Workshop on Tropical and Subtropical Fruits (at Royal Flora Ratchaphruek 2006, International Horticultural Exposition for His Majesty the King). Nov 20-23, 2006, Chiang Mai, Thailand. หัวหน้าโครงการ (นศ.นำเสนอผลงาน) แหล่งทุน สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
21. Effects of colchicine on aseptic culture of ginger (*Zingiber officinale* Rosc.). (1988). ปัญหาพิเศษ
22. Functional analysis of polyphenol oxidases by antisense/sense technology. (2007). Molecules 12: 1569-1595. หัวหน้าโครงการและผู้เขียนอันดับ 1/ ผู้เขียนหลัก
23. Genetic diversity and pathogenicity analysis of *Sphaceloma ampelinum* causing grape anthracnose in Thailand. (2010). J. Phytopathol. 158: 837-840. แหล่งทุน สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ

24. Genetic diversity of the *Vigna* germplasm from Thailand and neighboring regions revealed by AFLP analysis. (2006). Gen. Res. Crop Evol. 53: 1043-1059. ผู้ร่วมวิจัยและผู้เขียนอันดับ 4
25. Identification of genes for resistance to powdery mildew in mungbean. (2007). Proceedings of the 8th African Crop Science Society Conference. Oct 27-31, 2007, El-Minia, Egypt. หัวหน้าโครงการและผู้เสนอผลงาน แหล่งทุนสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
26. Identification of genes for powdery mildew resistance in mungbean. (2010). J. Life Sci. 4(5): 25-29. หัวหน้าโครงการและผู้เขียนหลัก แหล่งทุน สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
27. Increasing resistance of tomato to Lepidopteran insects by overexpression of polyphenol oxidase. (2004). 6th World Congress on the Processing Tomato, Melbourne, Australia. หัวหน้าโครงการและผู้เสนอผลงาน แหล่งทุน สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ
28. Isolation of resistance gene analogs from grapevine resistant and susceptible to downy mildew and anthracnose. (2011). Sci. Hort. (accepted). หัวหน้าโครงการและผู้เขียนหลัก แหล่งทุน สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
29. Modification of polyphenol oxidase expression in transgenic tomato: role of PPO in disease resistance. (1997). Keystone Symposia on Molecular and Cellular Biology, Copper Mountain, Colorado. ผู้ร่วมวิจัยและเสนอผลงาน
30. Molecular characterization of *Sphaceloma ampelinum*, causal pathogen of grapevine anthracnose in Thailand. (2007). Proceedings of the 5th International Table Grape Symposium. Nov 14-16, 2007, Cape town, South Africa. หัวหน้าโครงการและผู้เสนอผลงาน แหล่งทุนสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
31. Molecular, morphological and pathogenicity characterization of *Sphaceloma ampelinum* isolates from Thailand. (2006). The 9th International Conference on Grape Genetics and Breeding, Udine, Italy. หัวหน้าโครงการและผู้เสนอผลงาน แหล่งทุนสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
32. NBS-LRR-type resistance gene analogs (RGAs) in *Vitis cinerea* B9, *V. rupestris* B38 and 'Horizon. (2006). Proceedings of the International Workshop on Tropical and Subtropical Fruits (at Royal Flora Ratchaphruek 2006, International Horticultural Exposition for His Majesty the King). Nov 20-23, 2006, Chiang Mai, Thailand. หัวหน้าโครงการ (นศ.นำเสนอผลงาน) แหล่งทุน สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
33. Overexpression of a bacterial branched-chain α-keto acid dehydrogenase complex in Arabidopsis results in accumulation of branched-chain acyl-CoAs and alteration of

free amino acid composition in seeds. (2003). Plant Sci. 165: 1213-1219. ผู้ร่วมวิจัยและผู้เขียนอันดับ 2

34. Overexpression of polyphenol oxidase in transgenic tomato plants increases resistance to common cutworm (*Spodoptera litura* (F.)). (2003). Plant Biology 2003, Honolulu, Hawaii. หัวหน้าโครงการและผู้เสนอผลงาน แหล่งทุน สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ
35. Overexpression of tomato polyphenol oxidase increases resistance to common cutworm. (2008). Plant Sci.174: 456-466. หัวหน้าโครงการและผู้เขียนหลัก แหล่งทุน สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ
36. Polyphenol oxidase gene family: differential expression during vegetative and reproductive development, and in response to injuries, and defensive functional analysis. (1997). Ph.D. thesis. Cornell University, Ithaca, NY. 132 pp.
37. Polyphenol oxidase-mediated resistance to common cutworm. (2007). Proceedings of the 60th New Zealand Plant Protection Conference. Aug 13-16, 2007, Napia, New Zealand. หัวหน้าโครงการและผู้เสนอผลงาน แหล่งทุน สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ
38. PPO expression and accumulation during pollen germination and pollen tube growth. (2002). Fourteenth Annual Penn State Symposium in Plant Physiology: Plant Reproduction 2002, State College, Pennsylvania. ผู้ร่วมวิจัยและเสนอผลงาน
39. Production of doubled haploid maize (*Zea mays* L.) by anther culture. (2004). AgBiotech Graduate Conference I, Bangkok, Thailand. หัวหน้าโครงการ (นศ.นำเสนอผลงาน) แหล่งทุน สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
40. Resistance gene analogs from *Vitis cinerea*, *Vitis rupestris*, and *Vitis* hybrid Horizon. (2007). Am. J. Enol. Vitic. 58(4): 484-493. ผู้ร่วมวิจัยและผู้เขียนอันดับ 4
41. SSR analysis of soybean genetic diversity in Thailand. (2010). Aus. J. Agron. หัวหน้าโครงการและผู้เขียนหลัก แหล่งทุน สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
42. SSR analysis of soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) genetic relationship and variety identification in Thailand. (2011). (accepted). ผู้ร่วมวิจัยและผู้เขียนอันดับ 1
43. Suppression of polyphenol oxidases increases stress tolerance in tomato. (1997). 5th International Congress of Plant Molecular Biology, Singapore. ผู้ร่วมวิจัยและเสนอผลงาน
44. Suppression of polyphenol oxidases increases stress tolerance in tomato. (2004). Plant Sci. 167: 693-703. ผู้ร่วมวิจัยและผู้เขียนอันดับ 1
45. Systemic wound induction of potato (*Solanum tuberosum*) polyphenol oxidase. (1995). Phytochemistry 40: 673-676. ผู้ร่วมวิจัยและผู้เขียนอันดับ 1

46. Tomato polyphenol oxidase (PPO) B expression is spatially and temporally regulated during development and in response to ethylene. (2011). Molecules 16: 493-517. ผู้ร่วมวิจัยและผู้เขียนหลัก

47. Tomato polyphenol oxidase (PPO) D expression. (in preparation).

48. Tomato polyphenol oxidase (PPO): differential response of the PPO F promoter to injuries and wound signals. (1997). Plant Physiol. 115: 409-418. ผู้ร่วมวิจัยและผู้เขียนอันดับ 1

49. Tomato polyphenol oxidase (PPO): Role of PPO during oxidative stress. (2004). Plant Sci. 167: 693-703. ผู้ร่วมวิจัยและผู้เขียนอันดับ 1/ ผู้เขียนหลัก

50. Variety identification and comparative analysis of genetic diversity in yardlong bean (*Vigna unguiculata* spp. sesquipedalis) using morphological characters, SSR and ISSR analysis. (2010). Sci. Hort. 124:204-216. หัวหน้าโครงการและผู้เขียนหลัก แหล่งทุน สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ

51. Variety identification and genetic relationships of mungbean and blackgram in Thailand based on morphological characters and ISSR analysis. (2010). Afri. J. Biotech. 9(27): 4452-4464. แหล่งทุน สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ