

ผลของความชื้นที่มีต่อคุณภาพเมล็ดพันธุ์และการประเมินผลกระทบ
การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อผลผลิตของถั่วหรั่ง
(*Vigna subterranean* L.) โดยใช้แบบจำลอง DSSAT

INFLUENCE OF SEED MOISTURE CONTENT ON SEED QUALITY AND
EVALUATING THE IMPACT OF CLIMATE CHANGE ON YIELD OF
BAMBARA GROUNDNUT (*VIGNA SUBTERRANEAN* L.) BY USING
DSSAT MODEL



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาเกษตรศาสตร์และการจัดการทรัพยากร
คณะเทคโนโลยีการเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ. 2567

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ KMITL-2024-AG-D-064-047 อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

INFLUENCE OF SEED MOISTURE CONTENT ON SEED QUALITY AND
EVALUATING THE IMPACT OF CLIMATE CHANGE ON YIELD OF
BAMBARA GROUNDNUT (*VIGNA SUBTERRANEAN* L.) BY USING
DSSAT MODEL



A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENT FOR THE
DEGREE OF DOCTOR OF PHILOSOPHY IN AGRICULTURE AND RESOURCE
MANAGEMENT
SCHOOL OF AGRICULTURAL TECHNOLOGY
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
2024

KMITL-2024-AG-D-064-047

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



COPYRIGHT 2024

SCHOOL OF AGRICULTURAL TECHNOLOGY

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์

ผลของความชื้นที่มีต่อคุณภาพเมล็ดพันธุ์และการประเมินผล
กระทบการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อผลผลิตของถั่วหรั่ง
(*Vigna subterranean* L.) โดยใช้แบบจำลอง DSSAT

นักศึกษา

นางสาวสายสุรีย์ วงศ์วิชัยวัฒน์

รหัสประจำตัว

64604029

ปริญญา

ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต

สาขาวิชา

เกษตรศาสตร์และการจัดการทรัพยากร

พ.ศ.

2567

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

ผศ.ดร.นิตยา ผกามาศ

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

ผศ.ดร.จักรรัตน์ โอโณทัย

บทคัดย่อ

การเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ที่ระดับความชื้นเหมาะสมจะช่วยให้สามารถเก็บเมล็ดได้นานและเป็นประโยชน์ต่อการสำรองเมล็ดไว้ใช้ในกรณีฉุกเฉิน และการคาดการณ์ผลผลิตของถั่วหรั่งภายใต้การเปลี่ยนแปลงของอากาศที่มีแนวโน้มทวีรุนแรงมากขึ้นจะเป็นประโยชน์ต่อการวางแผนการผลิตถั่วหรั่ง การศึกษานี้แบ่งออกเป็นสามส่วน วัตถุประสงค์ของส่วนแรกคือเพื่อศึกษาปริมาณความชื้นของเมล็ดที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการเก็บรักษาเมล็ดถั่วหรั่ง โดยใช้เมล็ดพันธุ์จากวันปลูกที่ 2 (9 เม.ย. 2565) จัดทดลองแบบ 2 x 3 Factorial in CRD จำนวน 3 ซ้ำ โดยปัจจัยที่ 1 คือ เมล็ดพันธุ์ถั่วหรั่งสงขลา 1 และ TVsu 1221 ส่วนปัจจัยที่ 2 คือ ระดับความชื้นของเมล็ด 3 ระดับ ได้แก่ 8, 10 และ 12 % ทำการเก็บรักษาในสภาพอุณหภูมิห้องนาน 6 เดือน เก็บบันทึกข้อมูลเปอร์เซ็นต์ความงอก ดัชนีความเร็วในการงอก ความยาวส่วนยอด และน้ำหนักแห้งต้นกล้าที่ 0, 2, 4 และ 6 เดือน ภายหลังจากการเก็บรักษา ผลการศึกษาพบว่าเมล็ดพันธุ์ถั่วหรั่งสงขลา 1 สามารถรักษาเปอร์เซ็นต์ความงอกและดัชนีความเร็วในการงอกได้สูง (91.11 % และ 24.43) ภายหลังจากการเก็บรักษาไว้นาน 6 เดือน ในขณะที่พันธุ์ TVsu 1221 มีเปอร์เซ็นต์การงอก (54.67 %) และมีดัชนีความเร็วในการงอกต่ำ (14.83) ตั้งแต่สองเดือนแรก หลังการเก็บรักษา ความแตกต่างระหว่างปริมาณความชื้นของเมล็ดอยู่ในระดับต่ำและที่ความชื้นของเมล็ด 12 % จะมีค่าเปอร์เซ็นต์ความงอกและดัชนีความเร็วในการงอกดีกว่าที่ระดับ 8 และ 10 %

การศึกษาส่วนที่ 2 มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอิทธิพลของวันปลูกต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต และองค์ประกอบผลผลิตของถั่วหรั่งที่ปลูกในจังหวัดสงขลาจำนวน 3 วันปลูก ประกอบด้วย วันปลูกที่ 1 (11 พ.ค. 2564) วันปลูกที่ 2 (9 เม.ย. 2565) และวันปลูกที่ 3 (8 มี.ค. 2566) โดยแต่ละวันปลูกวางแผนการทดลองแบบ Randomized completed block design จำนวน 4 ซ้ำ มี 4 ทริตเมนต์ ประกอบด้วย ถั่วหรั่งพันธุ์สงขลา 1, TVsu 1221, TVsu 89 และ SK1-15 ผลการศึกษาพบว่าวันปลูกมีอิทธิพลต่อระยะพัฒนาการ ลักษณะการเจริญเติบโต ผลผลิต องค์ประกอบผลผลิต ปริมาณสารพฤกษเคมี ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ และสารอาหารในเมล็ด ที่ระยะเก็บเกี่ยวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$ และ $P \leq 0.01$) ในวันปลูกที่ 3 ถั่วหรั่งจะงอกช้ากว่าวันปลูกที่ 1 และ 2 แต่ไม่ส่งผลต่ออายุเก็บเกี่ยวมากนัก ซึ่งทั้ง 3 วันปลูกมีอายุเก็บเกี่ยวระหว่าง 115.56 – 116.50 วัน สำหรับน้ำหนักแห้งพบว่าวันปลูกที่ 1 มีค่าสูงที่สุด รองลงมาคือวันปลูกที่ 2 และ 3 มีค่าเท่ากับ 1,429.8, 784.7 และ 423.3 กก./ไร่ ตามลำดับ สำหรับผลผลิตฝักแห้งพบว่าในวันปลูกที่ 2 มีค่าสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่สุดเท่ากับ 268.76 กก./ไร่ รองลงมา คือ วันปลูกที่ 3 (187.17 กก./ไร่) และวันปลูกที่ 1 (103.71 กก./ไร่) ตามลำดับ วันปลูกมีอิทธิพลต่อปริมาณสารพฤกษเคมี โดยวันปลูกที่ 1 มีปริมาณฟลาโวนอยด์ แอนโทไซยานินและสารต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุด ส่วนวันปลูกที่ 3 มีปริมาณฟีนอลิกรวมและแทนนินสูงที่สุด

การศึกษาส่วนที่ 3 มีวัตถุประสงค์เพื่อประยุกต์ใช้แบบจำลอง CSM-CROPGRO-Cowpea ประเมินการเจริญเติบโตและผลผลิตของถั่วหรั่ง 4 พันธุ์ (สงขลา 1, TVsu 1221, TVsu 89 และ SK1-15) ภายใต้การเปลี่ยนแปลงของสภาพอากาศ ขั้นตอนแรกดำเนินการประเมินค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมของถั่วหรั่ง 4 พันธุ์ ด้วยโปรแกรม GLUE Estimator ที่บรรจุอยู่ใน DSSAT version 4.8.2 จากนั้นทำนายผลผลิตถั่วหรั่งในพื้นที่ 7 จังหวัด ได้แก่ สงขลา กรุงเทพมหานคร นครราชสีมา สุรินทร์ เชียงใหม่ กาญจนบุรี และชุมพร ภายใต้ข้อมูลการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศจำลองแบบ RCP 4.5 และ RCP 8.5 เป็นระยะเวลาล่วงหน้า 30 ปี (2021 – 2050) พบว่าปีปลูก วันปลูก สถานที่ปลูก และพันธุ์ มีอิทธิพลต่อการสะสมน้ำหนักรากแห้งและผลผลิตของถั่วหรั่ง โดยพันธุ์ต่าง ๆ ตอบสนองต่อสภาพแวดล้อมแตกต่างกัน ซึ่งวันปลูกมีอิทธิพลต่อการสะสมน้ำหนักรากแห้งและผลผลิตฝักแห้งที่ได้จากแบบจำลองสูงกว่าอิทธิพลของพันธุ์ โดยภาพรวมพบว่าการจำลองสถานการณ์แบบ RCP 4.5 ถั่วหรั่งแต่ละพันธุ์มีการเปลี่ยนแปลงค่อนข้างมากเมื่อเทียบกับปีฐาน (2021 – 2023) โดยน้ำหนักรากแห้งและผลผลิตฝักแห้งจะเพิ่มขึ้นหรือลดลงขึ้นอยู่กับสถานที่ปลูกและพันธุ์ พันธุ์ SK1-15 ทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาพอากาศได้ดีที่สุดในจังหวัดเชียงใหม่มีน้ำหนักรากแห้งรวมและผลผลิตฝักเพิ่มขึ้น 27.38 และ 56.43 % ตามลำดับ ในขณะที่จังหวัดอื่นๆ มีน้ำหนักรากแห้งและผลผลิตลดลงประมาณ 0.49 – 15.34 % และ 5.60 – 28.61 % ตามลำดับ ผลการจำลองภายใต้สถานการณ์แบบ RCP 8.5 จะมีน้ำหนักรากแห้งรวมลดลงทุกพันธุ์ประมาณ 5.60 – 17.13 % หากปลูกในจังหวัดสงขลา กาญจนบุรี และ กรุงเทพมหานคร แต่หากปลูกในจังหวัดชุมพร สุรินทร์ และเชียงใหม่ จะมีน้ำหนักรากแห้งรวมเพิ่มขึ้นทุกประมาณ 0.14 – 13.47 % สิ่งที่น่าสนใจคือในจังหวัดนครราชสีมาพันธุ์สงขลา 1 TVsu 1221 และ TVsu 89 จะมีผลผลิตฝักแห้งลดลงประมาณ 13.61 – 15.80 % ในขณะที่พันธุ์ SK1-15 กลับมีผลผลิตเพิ่มขึ้นประมาณ 3.96 % จากข้อมูลที่กล่าวมาข้างต้นแสดงว่าถั่วหรั่งพันธุ์ SK1-15 สามารถทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาพอากาศที่ร้อนและแล้งมากขึ้นได้ดีกว่าพันธุ์อื่น ๆ โดยเฉพาะแถบจังหวัด เชียงใหม่ สุรินทร์ และชุมพร ส่วนพันธุ์สงขลา 1 พบว่าเป็นพันธุ์เหมาะสมต่อพื้นที่จังหวัดชุมพร

คำสำคัญ: ระดับความชื้นเมล็ดพันธุ์ ค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรม (GCs) แบบจำลองถั่วพุ่ม ถั่วหรั่ง (*Vigna subterranean* L.)

| | |
|--------------------------|---|
| Thesis | Influence of seed moisture content on seed quality and evaluating the impact of climate change on yield of Bambara groundnut (<i>Vigna subterranean</i> L.) by using DSSAT model |
| Student | Miss Saisuree Wongwichaiwat |
| Student ID | 64604029 |
| Degree | Doctor of Philosophy |
| Program | Agriculture and Resource Management |
| Year | 2024 |
| Thesis Advisor | Asst. Prof. Dr. Nittaya Phakamas |
| Thesis Co-Advisor | Asst. Prof. Dr. Jakarat Anothai |

ABSTRACT

Seed storage at an appropriate seed moisture level can increase storability and can be useful for seed preservation for emergency use. Prediction of Bambara groundnut yield under more intense climate change will benefit Bambara groundnut production. This study was divided into three parts. The objective of the first part was to investigate the optimum seed moisture content for seed storage of Bambara groundnut. Seed of the second planting date (9 April 2022) was used. A 2x3 factorial experiment was laid out, and the treatment combinations were arranged in a completely randomized design with three replications. Two groundnut varieties (Songkhla 1 and TVsu 1221) was assigned as factor A, and three seed moisture contents (8, 10 and 12%) were assigned as factor B. The seeds were stored at ambient condition for 6 months. Data were recorded for germination percentage, speed of germination index, shoot length and shoot dry weight at 0, 2, 4, and 6 months after storage. Songkhla 1 maintained high germination percentage and high germination index (91.11% and 24.43) after storage for six months, whereas TVsu 1221 showed low germination percentage (54.67%) and speed of germination index (14.83) after two months of storage. The differences between seed moisture contents were low, and seed moisture contents of 12% had higher germination percentage and speed of germination index than seed moisture content of 8 and 10%.

The second part was to determine the influences of planting date on the growth, yield, and yield components of Bambara groundnut that planted in Songkhla province for three planting dates consisting of planting date 1 (May 11, 2021), planting date 2 (April 9, 2022) and planting date 3 (March 8, 2023). Each planting date was planned in a randomized completed block design with four replications. The treatments consisted of four Bambara groundnut varieties including Songkhla 1, TVsu

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1221, TVsu 89, and SK1-15. The differences among genotypes and the differences among planting dates were significant ($P \leq 0.05$ and $P \leq 0.01$) for development stages, growth characteristics, yield, yield components, phytochemical contents, antioxidant activity and seed nutrients in the seeds at harvest. Planting date 3 had slower germination than planting dates 1 and 2, but the delayed germination did not have significant effect on maturity. Days to harvest of all planting dates were between 115.56 and 116.50 days. Planting date 1 had the highest total dry weight (8,936.3 kg/ha) followed by planting date 2 (4,904.4 kg/ha) and planting date 3 (2,645.6 kg/ha), respectively. Planting date 2 had the highest dry pod yield (1,679.8 kg/ha) followed by planting date 3 (1,169.8 kg/ha) and day 1 (648.2 kg/ha), respectively. Planting date also had significant effects on phytochemical contents. Planting date 1 had the highest flavonoids, anthocyanins, and antioxidants capacity. Planting date 3 had the highest total phenolic content and tannin content.

The third part of this study was to evaluate growth and yield of four Bambara groundnut varieties (Songkhla 1, TVsu 1221, TVsu 89, and SK1-15) under the climate change using the CSM-CROPGRO-Cowpea model. The first step was to assess the genetic coefficients using GLUE Estimator program in DSSAT version 4.8.2. The model was further used for prediction of pod yields in seven provinces including Songkhla, Bangkok, Nakhon Ratchasima, Surin, Chiang Mai, Kanchanaburi, and Chumphon under RCP 4.5 and RCP 8.5 climate change scenarios for a period of 30 years (2021 - 2050) in advance. Varieties respond differently to environments. Planting date had a higher influence on dry weight accumulation and pod dry weight obtained from the model than the influence of a variety. In summary, the Bambara groundnut varieties under RCP 4.5 simulation had the great changes compared to the baseline year (2021-2023), and the increase and the reduction in total dry weight and pod dry weight depended on location and variety. SK1-15 was most tolerant to climate change in Chiang Mai with the increases in total dry weight and pod dry weight of 27.38 and 56.43% respectively, whereas there were the reductions in total dry weight and pod dry weight in other provinces with the reduction percentages ranging from 0.49 to 15.34 % and 5.60 to 28.61 %, respectively. Bambara groundnut varieties under the RCP 8.5 situation had the reductions in total dry weight of approximately 5.60 - 17.13% for the crop planted in Songkhla, Kanchanaburi and Bangkok, but the varieties had the increases in total dry weight by 0.14 - 13.47% for the crop planted in Chumphon, Surin and Chiang Mai. It is interesting to note here that Songkhla 1, TVsu 1221 and TVsu 89 had the reductions in pod dry weights by 13.61 - 15.80% for the crop planted in Nakhon Ratchasima, and SK1-15 had the increase in pod dry weight by approximately 3.96%. According to the above data, SK1-15 was best tolerant to hot and dry weather especially in Chiang Mai, Surin and Chumphon. Songkhla 1 was suitable for growing in Chumphon.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Keywords: Seed moisture content, Genetic coefficients (GCs), CSM-CROPGRO-Cowpea, Bambara groundnut (*Vigna subterranean* L.)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาระดับปริญญาเอก ซึ่งมีความสำคัญอย่างยิ่งที่ทำให้ได้เรียนรู้ ผิดแผก แก้ไขปัญหาในการดำเนินงาน เพื่อนำความรู้และข้อคิดไปต่อยอดปฏิบัติงานในอนาคต ทั้งนี้ ขอขอบคุณสำนักวิจัยการเกษตร (องค์การมหาชน) ที่ให้การสนับสนุนทุนการศึกษา โครงการปริญญาเอกเฉลิมพระเกียรติทรงครองราชย์ 70 ปี ประจำปี 2564 เลขสัญญาทุน HRD6401087 ตลอดหลักสูตร

ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.นิตยา ผกามาศ อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ ที่ได้ให้คำแนะนำ คำปรึกษา ซึ่งแนะนำการดำเนินงาน รวมไปถึงการทำวิทยานิพนธ์เล่มนี้ข้าพเจ้ารู้สึกซาบซึ้งใจและขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.จักร์ตัน อโณทัย อาจารย์ที่ปรึกษาร่วมที่ช่วยให้คำปรึกษาและคำแนะนำเพื่อให้การทำวิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จไปได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณ ศ.ดร.มยุรา สุนย์วีระ และ รศ.ดร.ปรเมศ บรรเทียงให้ความกรุณาในการเป็นกรรมการสอบ พร้อมทั้งให้คำแนะนำ ซึ่งแนะนำเพื่อให้วิทยานิพนธ์เล่มนี้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.พิษณุ แก้วตะพาน และ ผศ.ดร.ช่อแก้ว อนิลบล ที่มีส่วนช่วยแนะนำงานวิจัยและการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรมสถิติ เพื่อนำมาใช้ประกอบงานวิจัย

ขอขอบพระคุณหน่วยงานกรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ฯ และหน่วยงานเครือข่ายที่ข้าพเจ้าอาจจะไม่ได้กล่าวถึง ที่อนุญาตให้ข้าพเจ้าได้ลาศึกษาต่อระดับปริญญาเอก เป็นเวลา 3 ปี เพื่อเพิ่มพูนทักษะและความรู้ เพื่อนำไปต่อยอดและปฏิบัติงานในอนาคต

ขอขอบคุณเพื่อนร่วมงาน พี่กวาง น้องหมึก พี่เต้ เจ้าหน้าที่ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรสงขลา น้องปัท น้องดี น้องเบตตี้ น้องโจ น้องคณีย์ และพี่ๆ คนงานในแปลงทดลอง ผู้อำนวยการศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรสงขลา ผู้อำนวยการศูนย์วิจัยปาล์มน้ำมันสุราษฎร์ธานี พี่เพ็ญศิริ จำรัสฉาย ผู้อำนวยการสำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 8 ผู้อำนวยการกลุ่มวิเคราะห์ พี่เขมมีการ โขมพัตร ที่ให้การสนับสนุนและให้ความอนุเคราะห์ในการสอนใช้เครื่องมือ และวิเคราะห์ผลการทดสอบต่างๆให้งานวิจัยนี้สามารถดำเนินไปได้เป็นอย่างดี

ขอขอบคุณน้องๆ นักศึกษาปริญญาโท ทั้งศิษย์ปัจจุบัน และน้องที่สำเร็จการศึกษาแล้วที่คอยให้การช่วยเหลือ และทำให้วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลุล่วง

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณครอบครัวอันเป็นที่รัก นายราชัน ทองตาล่วง สามิที่ให้การสนับสนุน ให้กำลังใจในทุกเรื่อง ขอขอบคุณมารดาและน้องสาว (น้องเนย) ของข้าพเจ้าที่ช่วยดูแลบุตรสาว ด.ญ.ภิญญาชญา ทองตาล่วง ในช่วงที่ข้าพเจ้ากำลังศึกษาต่อเป็นอย่างดี และขอขอบคุณสมาชิกในวงศ์ตระกูลทุกท่านที่ได้ให้กำลังใจและให้การสนับสนุนในทุกๆ เรื่องมาโดยตลอด ทำให้ข้าพเจ้าสามารถทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอบแต่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

สายสุรีย์ วงศ์วิชัยวัฒน์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และเผยแพร่ไปยังเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

| | หน้า |
|--|------|
| บทคัดย่อภาษาไทย..... | I |
| บทคัดย่อภาษาอังกฤษ | III |
| กิตติกรรมประกาศ..... | VI |
| สารบัญ..... | VII |
| สารบัญตาราง..... | XI |
| สารบัญภาพ..... | XV |
| สารบัญตารางผนวก..... | XVI |
| สารบัญภาพผนวก..... | XVII |
| บทที่ 1 บทนำ..... | 1 |
| 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา..... | 1 |
| 1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา..... | 4 |
| 1.3 สมมติฐานของการศึกษา..... | 4 |
| 1.4 ขอบเขตของการศึกษา..... | 4 |
| บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... | 5 |
| 2.1 ถั่วหรั่ง..... | 5 |
| 2.1.1 องค์ประกอบทางโภชนาการของถั่วหรั่ง..... | 5 |
| 2.1.2 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์..... | 7 |
| 2.1.3 ถั่วหรั่งพันธุ์สูงขลา 1..... | 8 |
| 2.1.4 ถั่วหรั่งสายพันธุ์ TVsu 1221..... | 8 |
| 2.1.5 ถั่วหรั่งสายพันธุ์ TVsu 89..... | 8 |
| 2.1.6 ถั่วหรั่งสายพันธุ์ SK1-15..... | 9 |
| 2.2 การเจริญเติบโตและการพัฒนาการของถั่วหรั่ง..... | 9 |
| 2.2.1 การงอก (germination)..... | 9 |
| 2.2.2 การออกดอกและการสร้างฝัก (flowering and podding)..... | 9 |
| 2.2.3 ระยะเวลาสุกแก่และผลผลิต (maturity duration and yield)..... | 10 |
| 2.3 ความชื้นที่เหมาะสมต่อการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ถั่วหรั่ง..... | 10 |
| 2.4 อิทธิพลของวันปลูกที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของถั่วหรั่ง..... | 11 |
| 2.5 ปัจจัยของสภาพแวดล้อมที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของถั่วหรั่ง..... | 12 |
| 2.5.1 สภาพพื้นที่..... | 12 |
| 2.5.2 ปริมาณน้ำฝนและการให้น้ำ..... | 12 |

สารบัญ (ต่อ)

| | หน้า |
|--|-----------|
| 2.5.3 อุณหภูมิ..... | 13 |
| 2.5.4 ช่วงแสง..... | 13 |
| 2.6 การเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศโลกที่มีผลต่อการเกษตร..... | 13 |
| 2.6.1 การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิอากาศ..... | 14 |
| 2.6.2 การเปลี่ยนแปลงของปริมาณฝนและการกระจายตัวของฝน..... | 14 |
| 2.7 ผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อการผลิตพืช..... | 15 |
| 2.8 แบบจำลองการเจริญเติบโตพืช (Crop simulation model)..... | 16 |
| 2.9 การประยุกต์ใช้แบบจำลองการเจริญเติบโตของพืชกับการเปลี่ยนแปลงสภาพ ภูมิอากาศ..... | 17 |
| 2.10 การประยุกต์ใช้แบบจำลอง CSM- CROPGRO กับการเปลี่ยนแปลงสภาพ ภูมิอากาศ..... | 18 |
| บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย..... | 20 |
| 3.1 สถานที่ทำการทดลอง..... | 20 |
| 3.2 ระยะเวลาและแผนการดำเนินงาน..... | 20 |
| 3.3 วิธีการดำเนินการ และการวิเคราะห์ข้อมูล..... | 20 |
| 3.3.1 การศึกษาส่วนที่ 1 ผลของการลดความชื้นเมล็ดพันธุ์ต่อระยะเวลาการเก็บ รักษาและคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ถั่วหรั่ง..... | 20 |
| 3.3.2 การศึกษาส่วนที่ 2 อิทธิพลของวันปลูกต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต องค์ประกอบผลผลิต สารพฤกษเคมี ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ และองค์ประกอบทางเคมีของถั่วหรั่ง 4 พันธุ์ (สงขลา 1, TVsu 1221, TVsu 89 และ SK1-15) ที่ปลูกในจังหวัดสงขลา..... | 23 |
| 3.3.3 การศึกษาส่วนที่ 3 การประยุกต์ใช้แบบจำลอง CSM-CROPGRO-Cowpea ประเมินการเจริญเติบโตและผลผลิตของถั่วหรั่ง 4 พันธุ์ (สงขลา 1, TVsu 1221, TVsu 89 และ SK1-15) ภายใต้การเปลี่ยนแปลงของสภาพอากาศ..... | 29 |
| บทที่ 4 ผลการวิจัยและการวิจารณ์ผลการทดลอง..... | 36 |
| 4.1 การศึกษาส่วนที่ 1 ผลของการลดความชื้นเมล็ดพันธุ์ต่อระยะเวลาการเก็บรักษา และคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ถั่วหรั่ง..... | 36 |
| 4.1.1 ผลของการตรวจสอบคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ในสภาพห้องปฏิบัติการ..... | 36 |

สารบัญ (ต่อ)

| | หน้า |
|--|------------|
| 4.2 การศึกษาส่วนที่ 2 อิทธิพลของวันปลูกต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต และองค์ประกอบผลผลิต สารพฤกษเคมี ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ และองค์ประกอบทางเคมีของถั่วหรั่ง 4 พันธุ์ (สงขลา 1, TVsu 1221, TVsu 89 และ SK1-15) ที่ปลูกในจังหวัดสงขลา..... | 39 |
| 4.2.1 ผลการวิเคราะห์ดินก่อนปลูก..... | 39 |
| 4.2.2 อุณหภูมิและปริมาณน้ำฝน..... | 40 |
| 4.2.3 อุณหภูมิสะสม (Growing degree day)..... | 43 |
| 4.2.4 ระยะพัฒนาการของถั่วหรั่ง | 44 |
| 4.2.5 การเจริญเติบโตของถั่วหรั่ง..... | 46 |
| 4.2.6 ผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของถั่วหรั่ง..... | 57 |
| 4.2.7 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเจริญเติบโตที่ระยะต่าง ๆ และผลผลิตฝักแห้ง | 62 |
| 4.2.8 ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีพื้นที่ใบในระยะต่าง ๆ และผลผลิตฝักแห้ง..... | 63 |
| 4.2.9 ความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ใบเฉพาะในระยะต่าง ๆ และผลผลิตฝักแห้ง..... | 63 |
| 4.2.10 ความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบผลผลิตและผลผลิตฝักแห้ง..... | 65 |
| 4.2.11 สารพฤกษเคมี ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ และสารอาหารในเมล็ดถั่วหรั่ง..... | 65 |
| 4.3 การศึกษาส่วนที่ 3 การประยุกต์ใช้แบบจำลอง CSM-CROPGRO-Cowpea ประเมินการเจริญเติบโตและผลผลิตของถั่วหรั่ง 4 พันธุ์ (สงขลา 1, TVsu 1221, TVsu 89 และ SK1-15) ภายใต้การเปลี่ยนแปลงของสภาพอากาศ..... | 73 |
| 4.3.1 การปรับค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมของถั่วหรั่ง (Model calibration)..... | 73 |
| 4.3.2 การทดสอบค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมของถั่วหรั่ง (Model evaluation). | 81 |
| 4.3.3 การประเมินผลกระทบการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของถั่วหรั่งโดยใช้แบบจำลอง CSM-CROPGRO-Cowpea | 84 |
| 4.4 วิเคราะห์ผลการทดลอง..... | 105 |
| บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ..... | 113 |
| 5.1 สรุปผลการวิจัย..... | 113 |
| 5.2 ข้อเสนอแนะ..... | 114 |

สารบัญ (ต่อ)

| | หน้า |
|----------------------|------|
| เอกสารอ้างอิง..... | 115 |
| ภาคผนวก..... | 126 |
| ประวัติผู้เขียน..... | 143 |



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และห้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

| ตารางที่ | หน้า |
|---|------|
| 2.1 องค์ประกอบทางโภชนาการในเมล็ดถั่วหรั่ง..... | 6 |
| 2.2 องค์ประกอบของสารอาหารในเมล็ดถั่วหรั่ง..... | 6 |
| 2.3 สัดส่วนของกรดอะมิโนที่จำเป็นในเมล็ดถั่วหรั่ง..... | 7 |
| 3.1 ลักษณะที่ใช้เป็นค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมของพืช และลักษณะของพืชที่นำมาใช้ปรับค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรม..... | 32 |
| 3.2 ข้อมูลสถานที่ปลูกที่นำมาใช้ในการประเมินผลผลิตของถั่วหรั่ง..... | 33 |
| 4.1 ผลของระดับความชื้นของเมล็ดที่มีต่อเปอร์เซ็นต์ความงอกและดัชนีความเร็วในการงอกของถั่วหรั่ง 2 พันธุ์..... | 37 |
| 4.2 ผลของระดับความชื้นของเมล็ดที่มีต่อความยาวส่วนยอดและน้ำหนักแห้งส่วนยอดของถั่วหรั่ง 2 พันธุ์..... | 38 |
| 4.3 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติของดินก่อนปลูกถั่วหรั่งในทั้ง 3 วันปลูก..... | 40 |
| 4.4 อุณหภูมิสะสมในช่วงระยะพัฒนาการต่าง ๆ ของถั่วหรั่งในทั้ง 3 วันปลูก..... | 44 |
| 4.5 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนรวมสำหรับระยะพัฒนาการต่าง ๆ ของถั่วหรั่ง..... | 45 |
| 4.6 อิทธิพลของวันปลูกและพันธุ์ต่อระยะพัฒนาการต่าง ๆ ของถั่วหรั่งใน 3 วันปลูก..... | 46 |
| 4.7 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนรวมสำหรับความสูงต้นถั่วหรั่งที่อายุการเจริญเติบโตต่าง ๆ..... | 47 |
| 4.8 อิทธิพลของวันปลูกและพันธุ์ต่อความสูงต้นถั่วหรั่งที่อายุการเจริญเติบโตต่าง ๆ..... | 48 |
| 4.9 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนรวมสำหรับความกว้างทรงพุ่มของถั่วหรั่งที่อายุการเจริญเติบโตต่าง ๆ..... | 49 |
| 4.10 อิทธิพลของวันปลูกและพันธุ์ต่อความกว้างทรงพุ่มของถั่วหรั่งที่อายุการเจริญเติบโตต่าง ๆ..... | 50 |
| 4.11 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนรวมสำหรับค่าดัชนีพื้นที่ใบของถั่วหรั่งที่อายุการเจริญเติบโตต่าง ๆ..... | 51 |
| 4.12 อิทธิพลของวันปลูกและพันธุ์ต่อค่าดัชนีพื้นที่ใบของถั่วหรั่งที่อายุการเจริญเติบโตต่าง ๆ..... | 52 |
| 4.13 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนรวมสำหรับค่าพื้นที่ใบเฉพาะของถั่วหรั่งที่อายุการเจริญเติบโตต่าง ๆ..... | 53 |

สารบัญตาราง (ต่อ)

| ตารางที่ | หน้า |
|--|------|
| 4.14 อิทธิพลของวันปลูกและพันธุ์ต่อค่าพื้นที่ใบเฉพาะของถั่วหรั่งที่ระยะการเจริญเติบโตต่าง ๆ..... | 54 |
| 4.15 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนรวมสำหรับค่าอัตราการเจริญเติบโตที่ช่วงอายุต่างๆ ของถั่วหรั่ง..... | 54 |
| 4.16 อิทธิพลของวันปลูกและพันธุ์ต่ออัตราการเจริญเติบโตของถั่วหรั่งที่ช่วงอายุต่าง ๆ | 56 |
| 4.17 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนรวมสำหรับน้ำหนักแห้งรวมของถั่วหรั่งที่ระยะการเจริญเติบโตต่างๆ..... | 56 |
| 4.18 อิทธิพลของวันปลูกและพันธุ์ต่อน้ำหนักแห้งรวมของถั่วหรั่งที่ระยะการเจริญเติบโตต่าง ๆ..... | 58 |
| 4.19 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนรวมสำหรับน้ำหนักฝักสด น้ำหนักฝักแห้ง และค่าดัชนีเก็บเกี่ยวของถั่วหรั่งที่ระยะเก็บเกี่ยว..... | 58 |
| 4.20 อิทธิพลของวันปลูกและพันธุ์ต่อน้ำหนักฝักสด น้ำหนักฝักแห้ง และค่าดัชนีเก็บเกี่ยวของถั่วหรั่งที่ระยะเก็บเกี่ยว..... | 60 |
| 4.21 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนรวมสำหรับองค์ประกอบผลผลิตของถั่วหรั่งที่ระยะเก็บเกี่ยว..... | 60 |
| 4.22 อิทธิพลของวันปลูกและพันธุ์ต่อองค์ประกอบผลผลิตของถั่วหรั่งที่ระยะเก็บเกี่ยว.. | 62 |
| 4.23 ผลการวิเคราะห์ Multiple regression ระหว่างอัตราการเจริญเติบโตที่ระยะต่างๆ กับผลผลิตฝักแห้งของถั่วหรั่ง..... | 63 |
| 4.24 ผลการวิเคราะห์ Multiple regression ระหว่างดัชนีพื้นที่ใบที่ระยะต่างๆ และผลผลิตฝักแห้งของถั่วหรั่ง..... | 64 |
| 4.25 ผลการวิเคราะห์ Multiple regression ระหว่างพื้นที่ใบเฉพาะที่ระยะต่างๆ และผลผลิตฝักแห้งของถั่วหรั่ง..... | 64 |
| 4.26 ผลการวิเคราะห์ Multiple regression ระหว่างองค์ประกอบผลผลิตและผลผลิตฝักแห้งของถั่วหรั่ง..... | 65 |
| 4.27 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนรวมสำหรับปริมาณสารพฤกษเคมีในเมล็ดถั่วหรั่ง..... | 66 |
| 4.28 อิทธิพลของวันปลูกและพันธุ์ต่อปริมาณสารพฤกษเคมีในเมล็ดถั่วหรั่ง..... | 67 |
| 4.29 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนรวมสำหรับความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของเมล็ดถั่วหรั่ง..... | 68 |
| 4.30 อิทธิพลของวันปลูกและพันธุ์ต่อความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของเมล็ดถั่วหรั่ง..... | 69 |

สารบัญตาราง (ต่อ)

| ตารางที่ | หน้า |
|--|------|
| 4.31 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนรวมสำหรับปริมาณธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และ โพแทสเซียมในเมล็ดถั่วหรั่ง..... | 69 |
| 4.32 อิทธิพลของวันปลูกและพันธุ์ต่อปริมาณธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และ โพแทสเซียมในเมล็ดถั่วหรั่ง..... | 70 |
| 4.33 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนรวมสำหรับปริมาณธาตุแคลเซียมและแมกนีเซียมในเมล็ดถั่วหรั่ง..... | 71 |
| 4.34 อิทธิพลของวันปลูกและพันธุ์ต่อปริมาณธาตุแคลเซียมและแมกนีเซียมในเมล็ดถั่วหรั่ง..... | 72 |
| 4.35 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนรวมสำหรับปริมาณแมงกานีสและสังกะสีในเมล็ดถั่วหรั่ง..... | 72 |
| 4.36 อิทธิพลของวันปลูกและพันธุ์ต่อปริมาณแมงกานีสและสังกะสีในเมล็ดถั่วหรั่ง..... | 73 |
| 4.37 ค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมของถั่วหรั่งที่ประเมินได้จากโปรแกรม GLUE..... | 74 |
| 4.38 ความสอดคล้องระหว่างค่าจำลองและค่าสังเกตอายุวันออกของถั่วหรั่งทั้ง 4 พันธุ์ สำหรับวันปลูกที่ 1 (11 พ.ค. 64) และ 3 (8 มี.ค. 66) ซึ่งใช้ในการปรับค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรม (calibrated)..... | 75 |
| 4.39 ความสอดคล้องระหว่างค่าจำลองและค่าสังเกตอายุวันออกดอกของถั่วหรั่งทั้ง 4 พันธุ์ สำหรับวันปลูกที่ 1 (11 พ.ค. 64) และ 3 (8 มี.ค. 66) ซึ่งใช้ในการปรับค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรม (calibrated)..... | 76 |
| 4.40 ความสอดคล้องระหว่างค่าจำลองและค่าสังเกตอายุวันสุกแก่ทางสรีรวิทยาของถั่วหรั่งทั้ง 4 พันธุ์สำหรับวันปลูกที่ 1 (11 พ.ค. 64) และ 3 (8 มี.ค. 66) ซึ่งใช้ในการปรับค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรม (calibrated)..... | 76 |
| 4.41 ความสอดคล้องระหว่างค่าจำลองและค่าสังเกตดัชนีพื้นที่ใบของถั่วหรั่งทั้ง 4 พันธุ์สำหรับวันปลูกที่ 1 (11 พ.ค. 64) และ 3 (8 มี.ค. 66) ซึ่งใช้ในการปรับค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรม (calibrated)..... | 77 |
| 4.42 ความสอดคล้องระหว่างค่าจำลองและค่าสังเกตพื้นที่ใบเฉพาะของถั่วหรั่งทั้ง 4 พันธุ์สำหรับวันปลูกที่ 1 (11 พ.ค. 64) และ 3 (8 มี.ค. 66) ซึ่งใช้ในการปรับค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรม (calibrated)..... | 78 |

สารบัญตาราง (ต่อ)

| ตารางที่ | หน้า |
|---|------|
| 4.43 ความสอดคล้องระหว่างค่าจำลองและค่าสังเกตน้ำหนักแห้งรวมของถั่วแห้งทั้ง 4 พันธุ์สำหรับวันปลูกที่ 1 (11 พ.ค. 64) และ 3 (8 มี.ค. 66) ซึ่งใช้ในการปรับค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรม (calibrated)..... | 79 |
| 4.44 ความสอดคล้องระหว่างค่าจำลองและค่าสังเกตผลผลิตฝักแห้งของถั่วแห้งทั้ง 4 พันธุ์สำหรับวันปลูกที่ 1 (11 พ.ค. 64) และ 3 (8 มี.ค. 66) ซึ่งใช้ในการปรับค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรม (calibrated)..... | 80 |
| 4.45 ความสอดคล้องระหว่างค่าจำลองและค่าสังเกตค่าดัชนีเก็บเกี่ยวของถั่วแห้งทั้ง 4 พันธุ์สำหรับวันปลูกที่ 1 (11 พ.ค. 64) และ 3 (8 มี.ค. 66) ซึ่งใช้ในการปรับค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรม (calibrated)..... | 80 |
| 4.46 ความสอดคล้องระหว่างค่าจำลองและค่าสังเกตเปอร์เซ็นต์กะเทาะของถั่วแห้งทั้ง 4 พันธุ์สำหรับวันปลูกที่ 1 (11 พ.ค. 64) และ 3 (8 มี.ค. 66) ซึ่งใช้ในการปรับค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรม (calibrated)..... | 81 |
| 4.47 ความสอดคล้องระหว่างค่าจำลองและค่าสังเกตระยะพัฒนาการของถั่วแห้งทั้ง 4 พันธุ์สำหรับวันปลูกที่ 2 (9 เม.ย. 65) ซึ่งใช้ในการประเมินค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรม (evaluated)..... | 82 |
| 4.48 ความสอดคล้องระหว่างค่าจำลองและค่าสังเกตค่าดัชนีพื้นที่ใบและพื้นที่ใบเฉพาะของถั่วแห้งทั้ง 4 พันธุ์สำหรับวันปลูกที่ 2 (9 เม.ย. 65) ซึ่งใช้ในการประเมินค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรม (evaluated)..... | 83 |
| 4.49 ความสอดคล้องระหว่างค่าจำลองและค่าสังเกตน้ำหนักแห้งรวม ผลผลิตฝักแห้ง ดัชนีเก็บเกี่ยวและเปอร์เซ็นต์กะเทาะของถั่วแห้งทั้ง 4 พันธุ์สำหรับวันปลูกที่ 2 (9 เม.ย. 65) ซึ่งใช้ในการประเมินค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรม (evaluated)..... | 84 |
| 4.50 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนรวมอิทธิพลของวันปลูก สถานที่ และพันธุ์ถั่วแห้ง สำหรับระยะพัฒนาการ น้ำหนักแห้งรวม และผลผลิตฝักแห้งที่ได้จากแบบจำลอง จำนวน 1 ปี..... | 85 |
| 4.51 ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิสูงสุดและอุณหภูมิต่ำสุดตลอดช่วงอายุการเจริญเติบโตของ ถั่วแห้ง 4 พันธุ์ ใน 7 สถานที่ จำนวน 3 วันปลูก..... | 89 |
| 4.52 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนรวมอิทธิพลของปีปลูก วันปลูก สถานที่ปลูก และ พันธุ์ถั่วแห้งสำหรับอายุวันงอก อายุวันออกดอก และอายุเก็บเกี่ยวที่ได้จากแบบจำลอง | 90 |
| 4.53 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนรวมอิทธิพลของปีปลูก วันปลูก สถานที่ปลูก และ พันธุ์ถั่วแห้งสำหรับน้ำหนักแห้งรวม และผลผลิตฝักแห้งที่ได้จากแบบจำลอง | 91 |

สารบัญภาพ

| ภาพที่ | หน้า |
|--|------|
| 4.1 อุณหภูมิสูงสุด อุณหภูมิต่ำสุด อุณหภูมิเฉลี่ย และปริมาณน้ำฝนรายวัน สำหรับ ก) วันปลูกที่ 1 (11 พ.ค. 64) ข) วันปลูกที่ 2 (9 เม.ย. 65) และ ค) วันปลูกที่ 3 (8 มี.ค. 66) | 42 |
| 4.2 การทำนายอายุวันออกดอกของถั่วหรั่งทั้ง 4 พันธุ์ ใน 7 สถานที่ จำนวน 3 วันปลูก..... | 86 |
| 4.3 การทำนายอายุวันเก็บเกี่ยวของถั่วหรั่งทั้ง 4 พันธุ์ ใน 7 สถานที่ จำนวน 3 วันปลูก | 87 |
| 4.4 การทำนายน้ำหนักแห้งรวมของถั่วหรั่งทั้ง 4 พันธุ์ ใน 7 สถานที่ 3 วันปลูก..... | 88 |
| 4.5 การทำนายผลผลิตฝักแห้ง (กก./เฮกแตร์) ของถั่วหรั่ง 4 พันธุ์ใน 7 สถานที่ 3 วันปลูก..... | 88 |
| 4.6 ผลการทำนายน้ำหนักแห้งรวมเฉลี่ยจาก 30 ปี (2021 – 2050) ในแต่ละสถานที่ ภายใต้สถานการณ์ RCP 4.5 และ RCP 8.5 สำหรับ ก) วันปลูกที่ 1 และ ข) วันปลูกที่ 2 และ ค) วันปลูกที่ 3..... | 92 |
| 4.7 ผลการทำนายผลผลิตฝักแห้งเฉลี่ยจาก 30 ปี (2021 – 2050) ในแต่ละสถานที่ ภายใต้สถานการณ์ RCP 4.5 และ RCP 8.5 สำหรับ ก) วันปลูกที่ 1 ข) วันปลูกที่ 2 และ ค) วันปลูกที่ 3..... | 94 |
| 4.8 ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักแห้งรวมจากข้อมูล 30 ปีที่ได้จากการจำลอง ในสถานการณ์แบบ RCP 4.5 สำหรับ ก) วันปลูกที่ 1 และ ข) วันปลูกที่ 2 และ ค) วันปลูกที่ 3 ของถั่วหรั่ง 4 พันธุ์ใน 7 สถานที่ปลูก..... | 96 |
| 4.9 ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักแห้งรวมจากข้อมูล 30 ปีที่ได้จากการจำลอง ในสถานการณ์แบบ RCP 8.5 สำหรับ ก) วันปลูกที่ 1 ข) วันปลูกที่ 2 และ ค) วันปลูกที่ 3 ของถั่วหรั่ง 4 พันธุ์ใน 7 สถานที่ปลูก..... | 97 |
| 4.10 ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงผลผลิตฝักแห้งจากข้อมูล 30 ปีที่ได้จากการจำลอง ในสถานการณ์แบบ RCP 4.5 สำหรับ ก) วันปลูกที่ 1 ข) วันปลูกที่ 2 และ ค) วันปลูกที่ 3 ของถั่วหรั่ง 4 พันธุ์ใน 7 สถานที่ปลูก..... | 98 |
| 4.11 ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงผลผลิตฝักแห้งจากข้อมูล 30 ปีที่ได้จากการจำลอง ในสถานการณ์แบบ RCP 8.5 สำหรับ ก) วันปลูกที่ 1 ข) วันปลูกที่ 2 และ ค) วันปลูกที่ 3 ของถั่วหรั่ง 4 พันธุ์ใน 7 สถานที่ปลูก..... | 100 |
| 4.12 ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิสูงสุด อุณหภูมิต่ำสุด และปริมาณน้ำฝนสะสมรายปี (2021 – 2050) ตลอดอายุของถั่วหรั่งที่ได้จากการจำลองสถานการณ์แบบ 4.5 สำหรับ ก) สงขลา ค) ชุมพร จ) กาญจนบุรี ข) กรุงเทพฯ ฉ) นครราชสีมา ฎ) สุรินทร์ ฐ) เชียงใหม่ และการจำลองสถานการณ์แบบ 8.5 สำหรับ ข) สงขลา ง) ชุมพร ฉ) กาญจนบุรี ษ) กรุงเทพฯ ฏ) นครราชสีมา ฎ) สุรินทร์ ฑ) เชียงใหม่..... | 101 |

สารบัญตารางผนวก

| ตารางผนวกที่ | หน้า |
|--|------|
| 1 ตัวอย่างตารางทำนายลักษณะทางสรีรวิทยาและผลผลิต ทุกวันที่ 9 ของทุกเดือน ครอบคลุม 3 วันปลูก..... | 127 |



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพผนวก

| ภาพผนวกที่ | หน้า |
|---|------|
| 1 ผลการทำนายน้ำหนักแห้งเฉลี่ยจาก 30 ปี (2021-2052) และจาก 3 วันปลูกในแต่ละสถานที่ภายใต้สถานการณ์ RCP 4.5 และ 8.5..... | 134 |
| 2 ผลการทำนายผลผลิตฝักแห้งเฉลี่ยจาก 30 ปี (2021-2052) และจาก 3 วันปลูกในแต่ละสถานที่ภายใต้สถานการณ์ RCP 4.5 และ 8.5..... | 134 |
| 3 ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักแห้งรวมจากข้อมูล 30 ปีจาก 3 วันปลูกที่ได้จากการจำลองในสถานการณ์แบบ สำหรับ ก) RCP 4.5 และ ข) RCP 8.5 ของถั่วหรั่งพันธุ์ใน 7 สถานที่ปลูก..... | 135 |
| 4 ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงผลผลิตฝักแห้งจากข้อมูล 30 ปีจาก 3 วันปลูก ที่ได้จากการจำลองในสถานการณ์แบบ สำหรับ ก) RCP 4.5 และ ข) RCP 8.5 ของถั่วหรั่ง 4 พันธุ์ใน 7 สถานที่ปลูก..... | 136 |
| 5 ลักษณะต้น ฝัก เมล็ด สีเยื่อหุ้มเมล็ดของถั่วหรั่งพันธุ์สงขลา 1..... | 137 |
| 6 ลักษณะต้น ฝัก เมล็ด สีเยื่อหุ้มเมล็ดของถั่วหรั่งสายพันธุ์ TVsu 1221..... | 138 |
| 7 ลักษณะต้น ฝัก เมล็ด สีเยื่อหุ้มเมล็ดของถั่วหรั่งสายพันธุ์ TVsu 89..... | 139 |
| 8 ลักษณะต้น ฝัก เมล็ด สีเยื่อหุ้มเมล็ดของถั่วหรั่งสายพันธุ์ SK1-15..... | 140 |
| 9 การเตรียมแปลงปลูกถั่วหรั่ง (ก-ข) และการเก็บข้อมูลในแปลง (ค-ฉ)..... | 141 |
| 10 การเตรียมวัสดุ (ก-ข) การเพาะเมล็ด (ค-จ) และ การเก็บข้อมูลต้น (ฉ)..... | 142 |

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ถั่วหรั่ง (Bambara Groundnut) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Vigna subterranean* L. หรือ *Vigna subterranean* (L.) Verdc (ศิริกุล ศรีแสงจันทร์ และ นันทวรรณ สโรบล, 2545) เป็นพืชพื้นเมืองทางภาคใต้ของประเทศไทย เกษตรกรนิยมปลูกร่วมกับยางพาราและไม้ผลเพื่อช่วยเสริมรายได้ ถั่วหรั่งมีถิ่นกำเนิดอยู่ในทวีปแอฟริกา บริเวณหมู่เกาะมาดากัสการ์แล้วได้แพร่กระจายไปยังทวีปอเมริกาใต้ (Linnemann and Azam-Ali, 1993) และแถบเอเชีย สำหรับประเทศไทยมีรายงานว่าพบถั่วหรั่งครั้งแรกบริเวณชายแดนทางภาคใต้ในปี พ.ศ. 2474 จึงทำให้มีการปลูกมากที่สุดบริเวณจังหวัดสงขลานครินทร์ ยะลา ปัตตานี พัทลุง กระบี่ ตรัง นครศรีธรรมราช และสุราษฎร์ธานี (ปิยรัตน์ ศิริวงศ์ไพศาล, 2550) ถั่วหรั่งนิยมปลูกเพื่อนำมาบริโภคทั้งในรูปของอาหารคาวและอาหารหวาน หรือนำมาบดทำเป็นแป้ง ทั้งนี้เพราะถั่วหรั่งมีองค์ประกอบของสารอาหารในเมล็ด ได้แก่ โปรตีน 20.20 % คาร์โบไฮเดรต 54.57 % และไขมัน 7.02 % (ศูนย์วิจัยพืชไร่สงขลา, 2541) เป็นแหล่งของสารอาหารที่มีความสมดุล โดยมีองค์ประกอบของกรดไลโนเลอิก ซึ่งเป็นกรดไขมันที่ร่างกายไม่สามารถสังเคราะห์เองได้ มีส่วนช่วยในการเผาผลาญกรดไขมันอิ่มตัว ลดการเกิดภาวะไขมันสะสมที่ผนังหลอดเลือด อันเป็นสาเหตุของโรคความดันโลหิตสูงและโรคหัวใจ นอกจากนี้ยังมีกรดอะมิโนเมไทโอนีนซึ่งเป็นกรดอะมิโนจำเป็นสูงกว่าเมล็ดถั่วชนิดอื่นๆ (จิระ สุวรรณประเสริฐ, 2548 ; Tan *et al.*, 2020) จึงอาจกล่าวได้ว่าถั่วหรั่งเป็นพืชอนาคต ที่มีศักยภาพชนิดหนึ่งที่จะช่วยเพิ่มความมั่นคงด้านอาหาร เพราะนอกจากคุณประโยชน์ทางด้านสารอาหารของถั่วหรั่งที่กล่าวมาข้างต้นแล้ว ยังเป็นพืชที่สามารถทนทานต่อสภาวะแล้งและปรับตัวได้ดีในพื้นที่ที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำอีกด้วย (Massawe, *et al.*, 2005) ปัจจุบันการศึกษาวิจัยด้านศักยภาพการผลิตและความเป็นประโยชน์ของถั่วหรั่งมีเพิ่มมากขึ้น แต่ยังคงมีการศึกษาวิจัยน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับพืชตระกูลถั่วชนิดอื่นๆ และยังไม่เป็นที่รู้จักอย่างแพร่หลาย เพราะถั่วหรั่งไม่ใช่พืชเศรษฐกิจที่สำคัญ (Massawe, *et al.*, 2003) อีกประการหนึ่งที่ทำให้พื้นที่ปลูกถั่วหรั่งไม่ขยายตัว เนื่องจากปัญหาสถานการณ์การผลิตเมล็ดพันธุ์ที่มีข้อจำกัดจากสภาพภูมิอากาศ ช่วงเก็บเกี่ยวจะตรงกับช่วงที่มีปริมาณน้ำฝนมาก ทำให้เมล็ดพันธุ์ถั่วหรั่งหลังการเก็บเกี่ยวมีเปอร์เซ็นต์ความชื้นสูง ส่งผลต่ออายุและคุณภาพในการเก็บรักษา และเป็นสาเหตุให้เมล็ดพันธุ์ถั่วหรั่งมีเปอร์เซ็นต์ความงอกต่ำ

การเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์พืชให้มีคุณภาพควมมีชีวิตและอายุการเก็บรักษาได้นานขึ้น ระดับความชื้นของเมล็ดนับว่าเป็นปัจจัยที่สำคัญ เพราะหากเมล็ดพันธุ์มีความชื้นสูงจะมีอัตราการสูญเสียความงอกอย่างรวดเร็ว เนื่องจากเมล็ดมีการหายใจและเผาผลาญอาหารในอัตราที่สูง ทำให้เกิดความร้อนและความชื้นเพิ่มขึ้น เป็นสาเหตุจะทำให้เมล็ดพันธุ์ยิ่งเสื่อมสภาพเร็วขึ้น นอกจากนี้ยังทำให้เกิดเชื้อราและแมลงสามารถเข้าทำลายเมล็ดพันธุ์ได้เร็วขึ้น ในขณะที่หากเมล็ดพันธุ์ที่มีความชื้นต่ำจะมีการเสื่อมสภาพช้าลง เพราะมีอัตราการหายใจต่ำ (Hlyka and Robinson, 1954) ดังนั้นการลดความชื้นเมล็ดพันธุ์ให้อยู่ในระดับที่เหมาะสมเร็วที่สุดจึงเป็นสิ่งสำคัญที่จะทำให้สามารถรักษาควมมีชีวิตของเมล็ดพันธุ์ไว้ได้ ซึ่งระดับความชื้นของเมล็ดที่เหมาะสมสำหรับการเก็บรักษานั้นขึ้นอยู่กับชนิดของพืช เนื่องจากเมล็ดพืชแต่ละชนิดมีโครงสร้างและองค์ประกอบทางเคมีที่แตกต่างกัน (Copeland เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

and Mcdonald, 1976) โดยมีรายงานวิจัยในถั่วมะแฮะพบว่าเมื่อเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ที่ระดับความชื้น 12 และ 15 % เมล็ดพันธุ์จะมีความเสื่อมน้อยกว่าการเก็บรักษาที่ระดับความชื้น 17 % (Olusola *et al.*, 2023) สอดคล้องกับรายงานวิจัยของ Awosanmi *et al.* (2020) พบว่าการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ถั่วพุ่มที่ระดับความชื้นที่ 10 % จะมีความแข็งแรงของเมล็ดสูงที่สุด เมื่อเทียบกับเมล็ดที่เก็บรักษาที่ระดับความชื้น 15 และ 20 % แต่ความแข็งแรงจะลดลงเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ในขณะที่เมล็ดถั่วพุ่มที่เก็บรักษาที่ระดับความชื้นของเมล็ดที่ 20 % เมล็ดมีความแข็งแรงลดลงน้อยกว่า 50 % ตั้งแต่เดือนแรกของการเก็บรักษา สำหรับการปลูกถั่วหรั่งในประเทศไทย ปัจจุบันเกษตรกรนิยมปลูกอยู่เพียง 2 พันธุ์ คือ พันธุ์พื้นเมือง และพันธุ์สงขลา 1 โดยมีข้อมูลรายงานเกี่ยวกับความชื้นในการเก็บรักษาเมล็ดไว้เฉพาะพันธุ์สงขลา 1 เท่านั้น ซึ่งหากนำเมล็ดพันธุ์ภายหลังการเก็บเกี่ยวมาลดความชื้นให้เหลือ 11 % แล้วนำไปเก็บรักษาไว้ในกระสอบพลาสติกที่อุณหภูมิห้อง จะสามารถเก็บไว้ได้นานประมาณ 1 ปี โดยที่เปอร์เซ็นต์ความมีชีวิตไม่ลดลง (จิระ สุวรรณประเสริฐ, 2548) แต่ในถั่วหรั่งสายพันธุ์ใหม่ ๆ ซึ่งมีลักษณะทางพันธุกรรมของเมล็ดและฝักที่แตกต่าง การเสื่อมคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ก็มีความแตกต่างกันด้วย ดังนั้นการศึกษาหาระดับความชื้นที่เหมาะสมในการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ของถั่วหรั่งสายพันธุ์ใหม่ ๆ นอกจากจะเป็นประโยชน์ต่อการเก็บเมล็ดพันธุ์ไว้ปลูกในฤดูถัดไปแล้ว ยังเป็นประโยชน์ต่อการเตรียมความพร้อมในการสำรองเมล็ดพันธุ์ไว้ในกรณีที่เกิดภัยพิบัติทางธรรมชาติที่อาจจะเกิดจากอิทธิพลความแปรปรวนของสภาพภูมิอากาศที่แนวโน้มรุนแรงมากขึ้น

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศก่อให้เกิดปัญหาภาวะโลกร้อน สาเหตุหลักมาจากการเพิ่มขึ้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) อย่างรวดเร็ว ทำให้อุณหภูมิของโลกสูงขึ้น เกิดปรากฏการณ์เอลนีโญ-ลานีญา ทำให้เกิดความผันผวนของกระแสน้ำและกระแสลม ส่งผลให้เกิดภัยธรรมชาติที่รุนแรง เช่น ภาวะแห้งแล้งมากกว่าปกติ รังสีความร้อนเพิ่มขึ้น ภาวะน้ำท่วมหนัก รวมไปถึงการแพร่ระบาดของโรคและแมลงที่รุนแรงมากขึ้น (สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2567) ความผันผวนของสภาพภูมิอากาศนั้นส่งผลต่อการผลิตพืชโดยตรง จากงานวิจัยของ Canavar and Kaynak (2010) พบว่าอิทธิพลของอุณหภูมิสะสมและรังสีของดวงอาทิตย์จากวันปลูกที่ต่างกันมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงพัฒนาการและผลผลิตของถั่วลิสง ซึ่งแต่ละพันธุ์จะมีการตอบสนองที่ต่างกัน ส่วนการศึกษาในถั่วหรั่งจากงานวิจัยของ Karunaratne *et al.* (2013) พบว่าถั่วหรั่งเมื่อได้รับผลกระทบจากอุณหภูมิที่สูง 33 ± 5 °C ทำให้ผลผลิตฝักลดลง เนื่องจากความเครียดจากความร้อน คล้ายกับงานวิจัยของ Shareef-Al *et al.* (2014) พบว่าถั่วหรั่งจะตอบสนองต่อสภาวะแล้งและอุณหภูมิที่สูง โดยชะลอการขยายตัวของพื้นที่ใบ ขนาดของทรงพุ่มเล็กลง ทำให้ผลผลิตฝักและดัชนีเก็บเกี่ยวลดลงด้วย Mohd Azman Halimi (2020) ได้กล่าวถึงปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุกรรมของถั่วหรั่งและสภาพแวดล้อม มีผลต่อองค์ประกอบทางเคมีของถั่วหรั่ง แต่ยังไม่สามารถระบุชนิดและปริมาณที่มีผลได้ในปัจจุบัน จากข้อมูลงานวิจัยที่กล่าวมาข้างต้น จึงทำให้นักวิจัยที่ศูนย์วิจัยพืชไร่สงขลา พยายามพัฒนาและปรับปรุงพันธุ์ถั่วหรั่งให้มีอายุสั้นลง ได้แก่ พันธุ์ TVsu 1221 อายุเก็บเกี่ยว 110-120 วัน ซึ่งอายุสั้นกว่าพันธุ์พื้นเมืองให้ผลผลิตฝักสดเฉลี่ย 595 กก./ไร่ พันธุ์ TVsu 89 มีอายุเก็บเกี่ยว 85-90 วัน ผลผลิตฝักสดเฉลี่ย 407 กก./ไร่ และพันธุ์ SK1-15 อายุเก็บเกี่ยว 110-120 วัน ผลผลิตฝักสดเฉลี่ย 467 กก./ไร่ (สายชล บุญรัมย์, 2566) ข้อดีของการปลูกถั่วหรั่งพันธุ์อายุสั้น คือจะช่วยลดความเสี่ยงในการได้รับผลกระทบจากสภาพภูมิอากาศแปรปรวนเป็นเวลานาน และเกษตรกรสามารถปลูกได้หลายครั้งต่อปี (ศูนย์วิจัยพืชไร่สงขลา, 2541) ซึ่งก่อนจะขอรับรองพันธุ์ เพื่อเป็นพันธุ์ทางเลือก เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใหม่ให้กับเกษตรกร ต้องมีการปลูกทดสอบพันธุ์ในหลายพื้นที่เพื่อประเมินการตอบสนองของถั่วหรั่ง ต่อปัจจัยทางสภาพแวดล้อมต่าง ๆ เช่น แสง อุณหภูมิ น้ำ ความชื้น ชนิดของดิน และการจัดการแปลง ปลูก ทั้งนี้เพราะแม้จะเป็นพืชชนิดเดียวกันแต่ต่างสายพันธุ์ก็จะมี การตอบสนองต่อสภาพแวดล้อม แตกต่างกัน (Moldenhauer and Gibbons, 2003) อย่างไรก็ตามการศึกษาการตอบสนองของพืช ภายใต้เงื่อนไขความแตกต่างของสภาพแวดล้อมในสภาพความเป็นจริงนั้นอาจดำเนินการได้ยาก เพราะต้องใช้เวลาและแรงงานจำนวนมาก มีค่าใช้จ่ายสูง นอกจากนี้ยังมีข้อจำกัดของความไม่แน่นอน ของสภาพภูมิอากาศที่ไม่สามารถควบคุมได้ที่ส่งผลต่อการวางแผนการปลูกพืช จากปัญหาที่กล่าวมา ข้างต้น ผู้วิจัยจึงมีแนวความคิดในการนำเอาเครื่องมือสนับสนุนงานวิจัยมาช่วยวางแผนในการคัดเลือก สภาพแวดล้อมสำหรับการทดสอบพันธุ์ โดยเฉพาะการตอบสนองของพืชต่อปัจจัยแวดล้อมที่ไม่ สามารถควบคุมได้ และเพื่อการวางแผนการใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่าทั้งเวลา แรงงาน และค่าใช้จ่าย

ปัจจุบันมีการพัฒนาแบบจำลองภูมิอากาศและแบบจำลองพืชขึ้นมาใช้ร่วมกัน โดยการใช้ข้อมูล ภูมิอากาศล่วงหน้าคาดการณ์แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของสภาพอากาศในอนาคต สามารถจำลอง สถานการณ์และผลกระทบต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของพืชในหลายสภาพแวดล้อมได้ สามารถ นำมาประยุกต์ใช้เพื่อประเมินเชิงปริมาณต่อผลผลิตพืชและการเกษตรในภูมิภาคต่าง ๆ (Hasegawa *et al.*, 2022) เพื่อช่วยให้สามารถเตรียมการวางแผนกับผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นได้ในอนาคต (Rezaei *et al.*, 2023) โปรแกรม DSSAT (Decision Support System for Agrotechnology Transfer) (Jones *et al.*, 2003) หรือภาษาไทยเรียกว่า “ระบบสนับสนุนการตัดสินใจเพื่อการถ่ายทอด เทคโนโลยีทางการเกษตร” เป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่สามารถนำมาใช้เป็นเครื่องมือในการประเมิน การเจริญเติบโต การให้ผลผลิต และองค์ประกอบผลผลิตของพืช โดยไม่จำเป็นต้องไปปลูกทดสอบจริง ซึ่งผู้ใช้แบบจำลองสามารถปรับเปลี่ยนปัจจัยด้านพันธุกรรม สภาพแวดล้อม และการจัดการปัจจัยการ ผลิตต่าง ๆ เพื่อดูการตอบสนองด้านการเจริญเติบโต การให้ผลผลิต ตัวอย่างเช่น Jiang *et al.* (2021) ใช้แบบจำลองพืชในโปรแกรม DSSAT ศึกษาถึงการผลิตข้าวโพดในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของ ประเทศจีนภายใต้การเปลี่ยนแปลงของสภาพอากาศ เพื่อการปรับตัวด้านความมั่นคงทางด้านอาหาร พบว่าผลผลิตข้าวโพดลดลง 7.6 - 32.1 % และข้าวโพดมีประสิทธิภาพการดูดใช้ในโตรเจนลดลง 3.6 - 14.0 ก.ก.ผลผลิต/ก.ก.N ที่ใส่ เมื่อเทียบกับปีฐานคือปี 1980 - 2010 ภายใต้สถานการณ์การ เปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศในอนาคตคือในปี 2041 - 2070 และ 2071 - 2100 ซึ่งการ ปรับเปลี่ยนการเพิ่มอัตราปุ๋ยไนโตรเจน ระยะเวลาการใส่ปุ๋ย และการปรับเปลี่ยนวันปลูกจะช่วยลด ผลกระทบด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในการผลิตข้าวโพดได้ Ahmad *et al.* (2021) ได้ ประยุกต์ใช้แบบจำลอง CSM-CROPGRO-Peanut ศึกษาผลกระทบของภูมิอากาศที่ไม่เหมาะสมต่อ การผลิตถั่วลิสง พบว่าแบบจำลองทำนายได้ดีเฉพาะวันปลูกที่ 15 เม.ย. โดยถั่วลิสงมีการเจริญเติบโตดี และให้ผลผลิตสูงสุด เมื่อเปรียบเทียบกับวันปลูกที่ 15 มิ.ย. ซึ่งเป็นช่วงปลูกที่ไม่เหมาะสมสำหรับถั่ว ลิสง เนื่องจากถั่วลิสงเกิดความเครียดจากอุณหภูมิที่สูงขึ้นทำให้ผลผลิตลดลงถึง 27 %

จากรายงานการวิจัยข้างต้นชี้ให้เห็นว่าแบบจำลองสามารถนำมาใช้เป็นเครื่องมือในการ ศึกษาวิจัยได้สะดวก ดังนั้นในการศึกษาค้นคว้าวิจัยต้องการประยุกต์ใช้แบบจำลองการเจริญเติบโต ของพืช เพื่อประเมินศักยภาพการเจริญเติบโตและผลผลิตของถั่วหรั่งอายุสั้น 4 สายพันธุ์ภายใต้การ เปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศ และใช้ข้อมูลอากาศล่วงหน้าในการคาดการณ์ผลผลิตของถั่วหรั่ง เมื่อได้รับผลกระทบจากสภาวะของอุณหภูมิอากาศที่ร้อนและแล้งมากขึ้น รวมทั้งการจำลอง สถานการณ์ในสภาพแวดล้อมต่าง ๆ ของประเทศไทยที่คาดว่าจะสามารถปลูกถั่วหรั่งได้ เพราะถ้าหาก เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบจำลองสามารถทำนายการเจริญเติบโตและผลผลิตของถั่วหรั่งได้ดี ก็จะเป็นประโยชน์สำหรับการประเมินความสามารถของผลผลิตถั่วหรั่งสายพันธุ์อายุสั้นในสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน เพื่อเป็นประโยชน์สำหรับการแนะนำพันธุ์ที่เหมาะสมต่อสภาพพื้นที่ อีกทั้งยังเป็นการเตรียมความพร้อมในการปรับตัวรับมือกับสภาวะการเปลี่ยนแปลงที่จะเกิดขึ้นในอนาคต

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา

1.2.1 เพื่อศึกษาหาระดับความชื้นของเมล็ดพันธุ์ที่เหมาะสมต่อระยะเวลาการเก็บรักษาและคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ถั่วหรั่ง (สงขลา 1 และ TVsu 1221)

1.2.2 เพื่อศึกษาอิทธิพลของวันปลูกต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต องค์ประกอบผลผลิต สารพฤกษเคมี ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ และองค์ประกอบทางเคมีของถั่วหรั่ง 4 พันธุ์ (สงขลา 1, TVsu 1221, TVsu 89 และ SK1-15) ที่ปลูกในจังหวัดสงขลา

1.2.3 เพื่อประยุกต์ใช้แบบจำลอง CSM-CROPGRO-Cowpea ประเมินการเจริญเติบโตและผลผลิตของถั่วหรั่ง 4 พันธุ์ (สงขลา 1, TVsu 1221, TVsu 89 และ SK1-15) ภายใต้การเปลี่ยนแปลงของสภาพอากาศ

1.3 สมมติฐานของการศึกษา

ความชื้นของเมล็ดพันธุ์มีผลต่อความมีชีวิตและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ ซึ่งถั่วหรั่งแต่ละสายพันธุ์ใหม่มีลักษณะฝักและเมล็ดแตกต่างกันน่าจะมียกระดับความชื้นที่เหมาะสมต่อการเก็บรักษาไม่เท่ากัน ซึ่งปัจจุบันการปลูกถั่วหรั่งในพื้นที่ภาคใต้ต้องเผชิญกับปัญหาจากการเปลี่ยนแปลงของสภาพอากาศที่ไม่สามารถคาดการณ์ได้ การกำหนดวันปลูกและช่วงปลูกที่เหมาะสมมีผลต่อเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของถั่วหรั่ง ซึ่งในปัจจุบันมีพัฒนาแบบจำลองการเจริญเติบโตของพืชที่สามารถนำมาช่วยในการประเมินอิทธิพลของวันปลูกและสภาพแวดล้อมต่าง ๆ ต่อการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตในพืชหลายชนิด แต่ยังไม่มียารายงานในถั่วหรั่งจึงควรมีการศึกษา ซึ่งหากแบบจำลองสามารถนำมาใช้ประเมินได้ดีก็จะเป็นประโยชน์สำหรับการวางแผนทดสอบพันธุ์หรือการประเมินศักยภาพการให้ผลผลิตของถั่วหรั่งต่อวันปลูกและสภาพแวดล้อมต่าง ๆ ได้สะดวก ช่วยประหยัดทรัพยากรและงบประมาณลงได้

1.4 ขอบเขตของการศึกษา

การศึกษาวิจัยนี้เป็นการศึกษาระดับความชื้นที่เหมาะสมต่อการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ถั่วหรั่ง การประยุกต์ใช้แบบจำลองการเจริญเติบโตของพืช เพื่อประเมินศักยภาพการเจริญเติบโตและผลผลิตของถั่วหรั่ง 4 สายพันธุ์ภายใต้การเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศ และใช้ข้อมูลอากาศล่วงหน้าในการคาดการณ์ผลผลิตของถั่วหรั่งเมื่อได้รับผลกระทบจากสภาวะของอุณหภูมิของอากาศที่ร้อนและแล้งมากขึ้น รวมทั้งการจำลองสถานการณ์ในสภาพแวดล้อมต่าง ๆ ของประเทศไทยที่คาดว่าจะสามารถปลูกถั่วหรั่งได้

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ถั่วหรั่ง

ถั่วหรั่งเป็นพืชตระกูลถั่วที่ใช้ส่วนเมล็ดในการบริโภค มีถิ่นกำเนิดและปลูกอย่างกว้างขวางในเขตร้อนชื้นของทวีปแอฟริกา เช่น ประเทศคองโก มาลาวี แคเมอรูน และมาดากัสกา เป็นต้น ดังนั้นจึงมีชื่อเรียกแตกต่างกันตามแหล่งปลูก เช่น Congo goober, earth pea, Baffin pea, Njugo bear (South Africa), Madagascar groundnut, voandzou (Madagascar), epiroi (yuroba), okpa otuanya (Ido), juijiya (Hausa, Nigeria), nzama, njama (Nalawi), nlubu, nyimo (Rhodesia), njugu mawe (Swahili), Kachang Menila, Kachang poi, nela-kadalai (Malaya), Kachang bogor (Java) ส่วนในประเทศไทยก็มีชื่อเรียกหลากหลาย เช่น ถั่วเม็ดเดียว ถั่วไทร ถั่วโบ ถั่วป็นหีย และกาแจโป เป็นต้น (จิระ สุวรรณประเสริฐ, 2548) ถั่วหรั่งเป็นพืชที่นิยมปลูกในภาคใต้ของประเทศไทย ซึ่งเกษตรกรจะปลูกเสริมรายได้ในสวนยางพารา หรือสวนไม้ผล ในช่วงที่พืชหลักยังไม่ให้ผลผลิต (วินัย ขวัญแก้ว, 2553) ดังนั้นถั่วหรั่งเป็นพืชเศรษฐกิจท้องถิ่นที่สำคัญสำหรับภาคใต้ ถั่วหรั่งฝักสดสามารถนำมาต้ม/ย่าง ประกอบอาหารคาวหวานได้หลากหลาย ขณะที่เมล็ดแก่ของถั่วหรั่งสามารถบดเป็นแป้งได้

2.1.1 องค์ประกอบทางโภชนาการของถั่วหรั่ง

ถั่วหรั่งนับเป็นแหล่งอาหารที่มีโภชนาการสูง เพราะนอกจากมีสารอาหารที่สำคัญ เช่น คาร์โบไฮเดรต โปรตีน และไขมัน ยังมีสารประกอบที่มีคุณค่าในการต้านอนุมูลอิสระด้วย ซึ่งสารอาหารหลักที่สำคัญของถั่วหรั่ง เป็นคาร์โบไฮเดรตประมาณ 55.6 - 67.1 % มีปริมาณโปรตีนสูงถึง 18.3 - 22.1 % (Halimi *et al.*, 2019; Marcel *et al.*, 2014) มีไขมัน 1.4 - 12 % (Maphosa *et al.* 2022) อีกทั้งมีกรดอะมิโนที่จำเป็นสำหรับร่างกาย (Tan *et al.*, 2020) นอกจากนี้ยังพบสารสำคัญ phytochemical ได้แก่ alkaloids (34.40 %) flavonoids (4.93 %) saponins (2.20 %) (Mbagwu *et al.*, 2011) Marcel *et al.* (2014) ได้รายงานว่ามีในเมล็ดถั่วหรั่งยังพบ phenols (0.60 %) carotenoids (0.26 %) และ anthocyanins (1.00 %) โดยแบ่งองค์ประกอบทางโภชนาการดังแสดงใน ตารางที่ 2.1

นอกจากนี้พบอีกว่าสารสกัดจากเมล็ดถั่วหรั่งมีสารอาหาร เช่น โพลีฟีนอล ฟอสฟอรัส แคลเซียม แมงกานีส และสารอาหารอื่นๆ ที่สำคัญดังตารางที่ 2.2

สัดส่วนของกรดอะมิโนที่จำเป็นในเมล็ดถั่วหรั่ง โดยเฉพาะมีไลซีน (Minka and Bruneteau, 2000) และเมไทโอนีนซึ่งเป็นกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกาย (Tan *et al.*, 2020) และเมื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นต์เฉพาะส่วนของโปรตีนมีค่าดังตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.1 องค์ประกอบทางโภชนาการในเมล็ดถั่วหรั่ง

| องค์ประกอบทางโภชนาการ | ปริมาณ (กรัม/100 กรัม) |
|----------------------------------|------------------------|
| ไขมัน | 1-12 |
| คาร์โบไฮเดรต | 55-71 |
| โปรตีน | 17-26 |
| แป้ง | 22-50 |
| ใยอาหาร | 5-12 |
| ใยอาหารที่ละลายน้ำได้ | 1-24 |
| ใยอาหารที่ละลายน้ำไม่ได้ | 10-16 |
| น้ำตาล | 2.4 |
| เถ้า | 3-12 |
| ความชื้น | 13-1 |
| ปริมาณ (มิลลิกรัม/กรัมของโปรตีน) | |
| กรดอะมิโนจำเป็น | 67.28 |
| กรดอะมิโนที่ไม่จำเป็น | 32.72 |

ที่มา : ดัดแปลงจาก Maphosa *et al.* (2022)

ตารางที่ 2.2 องค์ประกอบของสารอาหารในเมล็ดถั่วหรั่ง

| สารอาหารในเมล็ดถั่วหรั่ง | มิลลิกรัม/100 กรัม |
|--------------------------|--------------------|
| แคลเซียม | 172.32 ±0.17 |
| แมกนีเซียม | 118.53 ±0.07 |
| โพแทสเซียม | 800.53 ±0.12 |
| ฟอสฟอรัส | 121.65 ±0.09 |
| โซเดียม | 160.65 ±0.11 |
| แมกกาเนส | 28.26 ±0.01 |
| เหล็ก | 4.00 ±0.01 |
| ทองแดง | 2.36 ±0.01 |
| สังกะสี | 13.20 ±0.04 |

ที่มา : Fakai and Garba (2023)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.3 สัดส่วนของกรดอะมิโนที่จำเป็นในเมล็ดถั่วหรั่ง

| กรดอะมิโน | มิลลิกรัม/กรัม ของ Crude Protein |
|---|----------------------------------|
| Histidine | 38.6 |
| Isoleucine | 54.5 |
| Leucine | 102.1 |
| Lysine | 80.2 |
| Threonine | 44.3 |
| Tryptophan | 6.0 |
| Valine | 62.4 |
| Methionine | 6.4 |
| Cysteine | 24.1 |
| Tyrosine | 31.3 |
| Phenylalanine | 76.9 |
| Aspartic acid | 146.1 |
| Serine | 68.5 |
| Glutamic acid | 209.5 |
| Proline | 53.6 |
| Glycine | 46.5 |
| Alanine | 51.4 |
| Arginine | 74.8 |
| Amino acid score | 0.91 |
| Sum of aromatic amino acids (phenylalanine+tyrosine) | 108.2 |
| Sum of Sulphur amino acids (methionine + cysteine) | 30.5 |

ที่มา : Olaley et al. (2013)

2.1.2 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

ถั่วหรั่งเป็นพืชล้มลุก (annual) และเป็นพืชผสมตัวเอง ($2n=22$) (สุเทพ รัตนพันธ์, 2525) โดยมีลักษณะทางพฤกษศาสตร์ต่าง ๆ ดังนี้

เมล็ด (seed) ถั่วหรั่งมีเมล็ดค่อนข้างกลม มีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 1-1.5 ซม. ผิวเมล็ดเรียบ เมล็ดแก่จัดจะแข็งและมีขนาดน้ำหนักแตกต่างกันตั้งแต่ 45-65 กรัมต่อ 100 เมล็ด เยื่อหุ้มเมล็ดมีแตกต่างกันหลากสี เช่น ขาว ครีมน้ำตาล ดำ เมล็ดมีลักษณะลายมีสีและรูปแบบที่แตกต่างกัน ความหนาและความเหนียวของเปลือกหุ้มเมล็ด (seed coat) ขึ้นอยู่กับพันธุ์ (จิระสุวรรณประเสริฐ, 2548)

ราก (roots) เมื่อเมล็ดเริ่มงอก รากจะเป็นส่วนแรกที่โผล่ออกจากเปลือกหุ้มเมล็ดที่ขยายตัวอย่างรวดเร็ว รากแก้วเจริญมาจากเมล็ด หลังจากนั้นก็มีรากแขนง (secondary root) แตกมา เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรากแก้ว และมีราก adventitious root ที่เกิดบริเวณข้อของลำต้น ที่ขนานไปกับพื้นดิน (จากรูยา แซ่ตัน และ วิจิต เกรียงยະกุล, 2530) รากมีปมรากเกิดจากเชื้อไรโซเบียมสร้างรากปมในรากถั่วหรั่ง

ใบ (leaf) ใบจะตั้งตรง และเป็นใบประกอบ 3 ใบ (trifoliate) ใบย่อยตรงกลางมีขนาดใหญ่กว่าด้านข้างและมีก้านใบ (petioles) ที่ยาว

ลำต้น (stem) ลำต้นของถั่วหรั่งจะตั้งตรง (erect) และลำต้นส่วนใหญ่จะกระจายทอดเลื้อยไปกับพื้นดิน (prostrate type)

ดอก (flowers) ดอกจะเกิดตามมุมโคนก้านใบ ดอกมีสีเหลือง ช่อดอกแบบ raceme ประกอบด้วย 1-3 ดอกย่อย หลังจากดอกผสมตัวเองแล้ว ส่วนล่างของลำต้นก็จะพัฒนาสร้างฝักในดินต่อไป

ฝัก (pod) การติดฝักของถั่วหรั่งคล้ายถั่วลิสง รูปร่างของฝัก มีขนาดกลมหรือรีเล็กน้อย ผิวเรียบ หรือมีลักษณะย่นในบางพันธุ์ที่แก่จัด เปลือกผลชั้นนอกเชื่อมติดกับชั้นกลาง ส่วนเปลือกชั้นในแยกออกจากกันโดยทั่วไปฝักจะมีเพียง 1 เมล็ด และอาจพบ 2 เมล็ดได้

ปัจจุบันพันธุ์ที่เกษตรกรนิยมปลูกจะมีเพียง 2 พันธุ์ คือ พันธุ์สงขลา 1 และพันธุ์พื้นเมือง และสายพันธุ์ใหม่ที่กำลังออกพันธุ์รับรอง เพื่อเป็นพันธุ์ทางเลือกใหม่ให้กับเกษตรกร โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.1.3 ถั่วหรั่งพันธุ์สงขลา 1

ถั่วหรั่งพันธุ์สงขลา 1 (TVsu 922) เป็นสายพันธุ์ถั่วหรั่งของทวีปแอฟริกา ซึ่งศูนย์วิจัยพืชไร่สงขลาได้รับสายพันธุ์จากสถาบันวิจัยการเกษตรเขตร้อนนานาชาติ (IITA) เมื่อปี 2532 นำมาปลูกศึกษาและประเมินผลผลิตเปรียบเทียบกับพันธุ์พื้นเมืองในแหล่งปลูกต่างๆ ในภาคใต้ จำนวน 19 แปลง ดำเนินการตั้งแต่ปี 2532 - 2536 พบว่าสายพันธุ์ TVsu 922 เป็นสายพันธุ์ที่มีความดีเด่นกว่าพันธุ์พื้นเมืองในลักษณะของผลผลิตที่สูงกว่า โดยให้ผลผลิตฝักสดเฉลี่ย 462 กก./ไร่ อายุเก็บเกี่ยวสั้นกว่าพันธุ์พื้นเมือง โดยมีอายุเก็บเกี่ยว 110 - 120 วัน สีเยื่อหุ้มเมล็ดสีแดง การติดฝักแน่นเป็นกระจุกบริเวณโคนต้นทำให้สะดวกในการเก็บเกี่ยว จึงได้ขอรับรองพันธุ์กับกรมวิชาการเกษตร ในปี 2541 โดยใช้ชื่อว่าพันธุ์ “สงขลา 1” (ศูนย์วิจัยพืชไร่สงขลา, 2541)

2.1.4 ถั่วหรั่งสายพันธุ์ TVsu 1221

ถั่วหรั่งสายพันธุ์ TVsu 1221 เป็นสายพันธุ์ถั่วหรั่งของทวีปแอฟริกา ซึ่งศูนย์วิจัยพืชไร่สงขลาได้รับสายพันธุ์จากสถาบันวิจัยการเกษตรเขตร้อนนานาชาติ (IITA) นำมาปลูกศึกษาและประเมินผลผลิตเปรียบเทียบกับพันธุ์สงขลา 1 ในแหล่งปลูกต่างๆ ทั้งในและนอกภาคใต้ จำนวน 35 แปลง ดำเนินการตั้งแต่ปี 2551 - 2560 ให้ผลผลิตฝักสดเฉลี่ย 595 กก./ไร่ ผลผลิตฝักแห้งเฉลี่ย 197 กก./ไร่ ซึ่งสูงกว่าสงขลา 1 คิดเป็น 46 และ 57 % ตามลำดับ อายุเก็บเกี่ยว 110 - 120 วัน สีเยื่อหุ้มเมล็ดสีเหลืองครีม สามารถปรับตัวและให้ผลผลิตสูงในพื้นที่ปลูกนอกเขตภาคใต้ เช่น เชียงใหม่ กาญจนบุรี นครสวรรค์และสุรินทร์ มีความต้านทานโรคใบไหม้มากกว่าพันธุ์สงขลา 1 รหัสชาติในการบริโภคดี (สายชล บุญศรีศรี, 2566)

2.1.5 ถั่วหรั่งสายพันธุ์ TVsu 89

ถั่วหรั่งสายพันธุ์ TVsu 89 ได้จากการคัดเลือกเชื้อพันธุ์กรรมที่ได้รับจากสถาบันวิจัยการเกษตรเขตร้อนนานาชาติ ประเทศไนจีเรีย (IITA) เพื่อการศึกษาวิจัยด้านพันธุ์กรรมและปรับปรุงพันธุ์จำนวน 500 ตัวอย่าง ในปี พ.ศ. 2546 ได้ผ่านการคัดเลือกความบริสุทธิ์ของสายพันธุ์ ปลูกศึกษาเบื้องต้นแล้วจึงนำเข้าทดสอบเปรียบเทียบการให้ผลผลิตในแปลงเกษตรกรเขตพื้นที่ภาคใต้ระหว่างปี เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พ.ศ. 2551- 2560 รวม 36 แปลง เป็นถั่วหรั่งอายุสั้นที่มีอายุเก็บเกี่ยว 85 - 90 วัน ซึ่งข้อดีคือ ช่วยลดระยะความเสี่ยงต่อความแปรปรวนของสภาพดินฟ้าอากาศ รวมทั้งสามารถกระจายผลผลิตออกสู่ตลาดได้ในช่วงเวลาที่ยาวขึ้น ลักษณะทรงกอเล็ก ทรงพุ่มตั้งตรง เยื่อหุ้มเมล็ดสีน้ำตาล เมื่อต้มสุกสีขาวครีม ตัดฝักเป็นกระจุกที่บริเวณโคนต้น ทำให้ง่ายต่อการเก็บเกี่ยวให้ผลผลิตฝักสดเฉลี่ย 422 กก./ไร่ และผลผลิตฝักแห้ง 139 กก./ไร่ มีปริมาณโปรตีนสูงถึง 18.7 % ซึ่งได้รับการรับรองพันธุ์เมื่อ 8 ส.ค. 66 โดยใช้ชื่อว่าพันธุ์ “ถั่วหรั่ง กวก. สงขลา 2” (เรื่องเล่าชาวเกษตร, 2566)

2.1.6 ถั่วหรั่งสายพันธุ์ SK1-15

ถั่วหรั่งสายพันธุ์ SK1-15 ได้จากการผสมพันธุ์ระหว่างพันธุ์แม่ TVsu 1061 และพันธุ์พ่อ TVsu 11 ในปี 2551 ที่ศูนย์วิจัยพืชไร่สงขลา ได้ทำการปลูกและการคัดเลือกตั้งแต่ช่วงที่ 1-9 โดยใช้วิธีการคัดเลือกแบบบันทึกประวัติ แล้วเลือกสายพันธุ์ที่มีแนวโน้มการให้ผลผลิตสูง มีลักษณะทางการเกษตรดี และมีลักษณะตรงกับความนิยมของผู้บริโภค นำมาปลูกศึกษาและประเมินผลผลิตเปรียบเทียบกับพันธุ์พื้นเมืองในแหล่งปลูกต่างๆ ในภาคใต้ จำนวน 23 แปลง ดำเนินการตั้งแต่ปี 2551 - 2562 ให้ผลผลิตสูงสุดในหลายแหล่งปลูกทดสอบโดยมีผลผลิตฝักสดเฉลี่ย 467 กก./ไร่ คิดเป็นผลผลิตที่สูงกว่าพันธุ์สงขลา 1 ร้อยละ 55.67 มีลักษณะเด่นคือ สีเมล็ดมีลายผีเสื้อ ให้ผลผลิตฝักสดสูง ฝักดก เปลือกบาง และมีรสชาติการบริโภคดี เหมาะสำหรับการปลูกในพื้นที่ภาคใต้ (สายชล บุญรัมย์, 2566)

2.2 การเจริญเติบโตและการพัฒนาการของถั่วหรั่ง

กระบวนการทางสรีรวิทยาของที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตตั้งแต่ตั้งอกรจนถึงสุกแก่มีดังนี้

2.2.1 การงอก (germination)

ถั่วหรั่งเป็นพืชที่มีการงอกโดยชูส่วนยอดขึ้นมาในขณะที่เมล็ดซึ่งเป็นส่วนสะสมอาหารสำหรับให้ต้นอ่อนใช้ในระยะแรกยังคงอยู่ใต้ผิวดิน (hypogeal germination) โดยทั่วไปใช้เวลาในการงอกประมาณ 7-15 วัน เมล็ดพันธุ์ถั่วหรั่ง เมื่อลดความชื้นจนเหลือประมาณ 11 % สามารถเก็บรักษาไว้ได้ในสภาพอุณหภูมิห้องนาน 12 เดือนโดยที่ความงอกไม่เปลี่ยนแปลง แต่เมื่อมีการเก็บรักษานานขึ้น เมล็ดจะเริ่มเสื่อมความงอกลงตามลำดับ ซึ่งจะเริ่มเห็นชัดเจนเมื่อเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ไว้ถึง 18 เดือน พบว่าปริมาณสารออกซินในเมล็ดจะลดลงและปริมาณสารยับยั้งการเจริญเติบโตจะเพิ่มมากขึ้น หลังการเก็บรักษาไว้ 12 เดือน จากการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ไว้ในสภาพห้องเก็บเมล็ดพันธุ์ที่ลดอุณหภูมิเหลือ 22 °C ความชื้นสัมพัทธ์ 65 % ที่ศูนย์วิจัยพืชไร่สงขลา พบว่าสามารถเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ไว้ได้ถึง 6 ปี โดยยังคงความงอกไว้ได้สูงกว่า 90 % ส่วนการสะสมน้ำหนักแห้ง พบว่าในช่วงแรกมีการเจริญเติบโตช้า จากนั้นน้ำหนักแห้งสะสมจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วจนถึงช่วงออกดอกและสูงสุดในช่วงเริ่มตัดฝัก (จิระ สุวรรณประเสริฐ, 2548)

2.2.2 การออกดอกและการสร้างฝัก (flowering and podding)

ถั่วหรั่งจะเริ่มออกดอกที่อายุประมาณ 30 ถึง 55 วันหลังปลูกและจะออกดอกไปเรื่อยๆ จนถึงสิ้นสุดการเจริญเติบโต ถั่วหรั่งเป็นพืชวันสั้น (short-day plant) มีการศึกษาที่ชี้ให้เห็นว่าถั่วหรั่งเป็นพืชที่ช่วงแสงไม่มีผลต่อการออกดอก (day neutral plant) แต่จะมีผลต่อการตัดฝักในบางพันธุ์ การผสมเกสรซึ่งเกิดขึ้นเมื่อเกสรตัวผู้ไปตกบนยอดเกสรตัวเมียแล้วงอก pollen tube เข้าไปผสมกับไข่อ่อนที่อยู่ในรังไข่ ในถั่วหรั่งพบว่าการผสมเกสรจะเกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์ในวันถัดมา การแบ่งตัวของ zygotes และ endosperm nuclei จะเห็นได้หลังจากการผสมเกสรแล้ว 3 วัน และจะเห็น spherical proembryo หลังการผสมเกสร 5 วัน ซึ่งหากการผสมเกสรเกิดขึ้นไม่สมบูรณ์ดอกจะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์อื่นใด

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลุดร่วงภายใน 3 วันแต่หากการผสมเกสรเกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์ หลังจาก 5 วันการผสมเกสรก้านดอกย่อยจะงอเข้ามามีชีวิตกับการช่อดอกเตรียมพร้อมสำหรับการฝังรังไข่ลงไปในดิน โดยการยึดของส่วนก้านช่อดอกต่อไป โดยปกติในรังไข่จะมีไข่อ่อนอยู่ 2 ใบ และหลังจากได้รับการผสมไข่อ่อนทั้ง 2 จะพัฒนาไปเท่าๆ กันในระยะ 5 วันแรก แต่เมื่ออายุ 7 วัน การพัฒนาจะเริ่มไม่เท่าเทียมกัน โดย embryo ที่อยู่ด้านบนจะพัฒนาไปเรื่อยๆ จนสมบูรณ์ แต่ embryo ที่อยู่ด้านล่างจะคงหยุดการพัฒนาที่ระยะ spherical proembryo ดังนั้นจึงได้เพียง 1 เมล็ดต่อฝัก แต่ในกรณีที่การพัฒนาเป็นไปโดยสมบูรณ์ ก็จะได้ถั่วหรั่งที่มีเมล็ด 2 เมล็ดต่อฝัก แต่พบได้น้อย การขยายขนาดของฝักจะใช้เวลาประมาณ 30 วัน และหลังจากนั้นใช้เวลา 30 - 40 วัน สำหรับการพัฒนาจนได้เมล็ดที่สมบูรณ์ นั่นคือดอกที่มีการผสมเกสรก่อนการเก็บเกี่ยว 60 - 70 วัน จึงจะได้เป็นฝักแก่ที่สมบูรณ์เต็มที่ (จิระ สุวรรณประเสริฐ, 2548)

2.2.3 ระยะเวลาสุกแก่และผลผลิต (maturity duration and yield)

ระยะเวลาสุกแก่และเก็บเกี่ยว พิจารณาจากอายุเก็บเกี่ยวของพันธุ์ปลูก ซึ่งพันธุ์ที่เกษตรกรนิยมปลูกมี 2 พันธุ์ พันธุ์พื้นเมือง อายุเก็บเกี่ยว 150 - 180 วัน ถ้าเป็นพันธุ์สงขลา 1 อายุเก็บเกี่ยว 110 - 120 วัน ทั้งนี้อาจใช้วิธีสังเกตโดยการสุ่มถอนต้นขึ้นมา โดยฝักมีลักษณะตกรกระ ก็สามารุทำการเก็บเกี่ยวได้ หรือใบถั่วหรั่งเริ่มแห้งเหี่ยวเป็นสีน้ำตาล ซึ่งถั่วหรั่งเป็นพืชที่ลงฝักไว้ใต้ดินเหมือนถั่วลิสง แต่แตกต่างกันที่ เมื่อหลังผสมเกสรแล้วก้านช่อดอกของถั่วหรั่งจะยึดฝังลงในดินระดับต้น หรือ บริเวณผิวดิน ก็สามารถเจริญเติบโตและพัฒนาเป็นฝักได้ ส่วนการสะสมน้ำหนักแห้ง พบว่าในช่วงแรกมีการเจริญเติบโตช้า และน้ำหนักแห้งสะสมจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วจนถึงช่วงออกดอก และสูงสุดในช่วงเริ่มติดฝัก และถ้าต้องการใช้เป็นเมล็ดพันธุ์ควรปล่อยให้ถั่วหรั่งสุกแก่เพิ่มขึ้น 10 - 15 วัน (จิระ สุวรรณประเสริฐ, 2548)

2.3 ความชื้นที่เหมาะสมต่อการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ถั่วหรั่ง

การเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์เป็นขั้นตอนหนึ่งที่มีบทบาทสำคัญต่อการผลิตพืช ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อรักษาคุณภาพทางชีววิทยาและคุณค่าในการเพาะปลูก โดยเฉพาะความงอก ความแข็งแรง และความมีชีวิตของเมล็ดพันธุ์ เพื่อใช้ในการเพาะปลูกและการผลิตพืชเพื่อให้เกิดการสูญเสียน้อยที่สุด การผลิตเมล็ดพันธุ์จำเป็นต้องมีการเก็บรักษาไว้ระยะหนึ่งจากเมล็ดพันธุ์ที่ผลิตได้จนกระทั่งถึงฤดูกาลปลูก ถัดไปตามระบบการเพาะปลูก การเก็บรักษาที่ไม่เหมาะสมส่งผลทำให้มีการเสื่อมสภาพของเมล็ดพันธุ์ไม่สามารถนำมาใช้ปลูกหรือขยายพันธุ์ต่อไปได้ ปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลต่อการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ คือ ความชื้นของเมล็ดพันธุ์ โดยความชื้นเป็นองค์ประกอบสำคัญของเมล็ดพันธุ์ และเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลกระทบต่อคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ เนื่องจากความชื้นในเมล็ดมีส่วนสำคัญกับลักษณะทางสรีรวิทยาของเมล็ดในทุกด้าน อีกทั้งเป็นสาเหตุที่สำคัญต่อการเสื่อมสภาพของเมล็ดพันธุ์ ซึ่งจะมีผลต่ออายุการเก็บรักษาของเมล็ดพันธุ์ น้ำหรือความชื้นในเมล็ดมีผลต่อกิจกรรมเมตาโบลิซึมภายในเมล็ด เมล็ดที่มีระดับความชื้นต่ำจะมีอัตราการเสื่อมสภาพน้อยกว่าเมล็ดที่มีความชื้นสูง (วันชัย จันทน์ประเสริฐ, 2542)

ความชื้นของเมล็ดพันธุ์ มีผลต่อความเสื่อมสภาพของเมล็ดพันธุ์ โดยเมล็ดพันธุ์จะเสื่อมคุณภาพเร็วขึ้นเมื่อเมล็ดพันธุ์มีความชื้นสูง เนื่องจากเอนไซม์ต่างๆ ถูกกระตุ้นให้ทำหน้าที่โดยเฉพาะเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการหายใจ ซึ่งจะเกิดกระบวนการย่อยสลายสารอาหารสะสม เพื่อนำมาใช้ในการงอก ทำให้เกิดความร้อนและความชื้นเพิ่มขึ้นภายในเมล็ด ซึ่งเมล็ดพันธุ์ที่มีความชื้นในระดับที่แตกต่างกัน กิจกรรมหรือปฏิกิริยา ก็จะแตกต่างกันด้วย โดยทั่วไปความชื้นของเมล็ดพันธุ์ต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กว่า 10 % จะสามารถเก็บรักษาได้นาน เมล็ดมีความเสื่อมน้อยกว่าเมล็ดพันธุ์ที่ความชื้นสูง (Hlyka and Robinson, 1954) Rani *et al.* (2013) กล่าวว่าระดับความชื้นและระยะเวลาเก็บรักษาเมล็ดมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางชีวเคมีภายในของเมล็ดรวมไปถึงการเสื่อมสภาพของเมล็ดที่เกิดจากการเข้าทำลายของเชื้อรา Nasreen (2000) ทดลองเก็บเมล็ดถั่วดำที่ระดับความชื้นเมล็ด 6, 8 และ 12 ในภาวะแบบเปิดและแบบปิด โดยควบคุมอุณหภูมิในการเก็บรักษา 4 ระดับ คือ -20, 5, 25 และ 37 °C พบว่าเมล็ดถั่วดำที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20 และ 5 °C และระดับความชื้นเมล็ด 6 % ในภาวะปิด มีเปอร์เซ็นต์ความงอกสูงสุด และเปอร์เซ็นต์ความงอกจะลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่นานขึ้น ในถั่วหรั่งได้มีการศึกษาการลดความชื้นของเมล็ดพันธุ์ถั่วหรั่งพันธุ์สงขลา 1 ด้วยลมร้อน โดยลดความชื้นของเมล็ดพันธุ์ในระดับที่ไม่สูงกว่า 11 % และเก็บเมล็ดพันธุ์ไว้ในภาชนะบรรจุที่อากาศสามารถถ่ายเทได้ในสภาพอุณหภูมิห้องได้นาน 1 ปี โดยที่เปอร์เซ็นต์ความงอกไม่ลดลง (จิระสุวรรณประเสริฐ, 2548) จากรายงานวิจัยของ Gerrano *et al.* (2021) พบว่าถั่วหรั่งหลังเก็บเกี่ยวควรลดความชื้นให้เหลือ 12-14 % ซึ่งถ้าเมล็ดแห้งเกินไปจะทำให้เมล็ดมีลักษณะเปี้ยวผิดปกติ และเมล็ดอาจจะไม่งอกได้ แต่ถ้าความชื้นในเมล็ดสูงจะทำให้เมล็ดโดยเชื้อราเข้าทำลายได้ง่าย แต่อย่างไรก็ตามในสายพันธุ์ใหม่ที่ศูนย์วิจัยพืชไร่สงขลาพัฒนาพันธุ์ขึ้นยังไม่มีการศึกษาถึงการลดระดับความชื้นที่เหมาะสมในการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ ดังนั้นจึงควรมีการศึกษาเพื่อหาปริมาณความชื้นของเมล็ดที่เหมาะสมต่อคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ในการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ถั่วหรั่ง และเพื่อเป็นแนวทางการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ถั่วหรั่งสายพันธุ์ใหม่ต่อไป

2.4 อิทธิพลของวันปลูกที่มีผลต่อการการเจริญเติบโตและผลผลิตของถั่วหรั่ง

การปลูกพืชในช่วงวันปลูกหรือฤดูปลูกที่แตกต่างกันจะทำให้พืชได้รับอิทธิพลจากสภาพแวดล้อมในแต่ละระยะพัฒนาการแตกต่างกัน ส่งผลทำให้พืชมีการเจริญเติบโตและผลผลิตแตกต่างกันไปด้วย วันปลูกหรือฤดูปลูกถั่วหรั่งที่แนะนำโดยทั่วไปควรปลูกในเขตพื้นที่อาศัยน้ำฝนเป็นหลักในช่วงต้นฤดูฝน และเก็บเกี่ยวปลายฤดูฝน อย่างไรก็ตามการเริ่มต้นของฤดูฝนแต่ละพื้นที่อาจจะแตกต่างกันซึ่งทำให้มีผลผลิตกระจายตัวออกสู่ตลาดตั้งแต่ช่วงเดือนกันยายน ถึง ธันวาคม (จิระสุวรรณประเสริฐ, 2548)

Obidiebube *et al.* (2019) ศึกษาวันปลูกที่เหมาะสมของถั่วหรั่ง 5 พันธุ์ในประเทศไนจีเรีย พบว่าการปลูกในช่วงเดือนพฤษภาคม-มิถุนายนถั่วหรั่งมีการเจริญเติบโตทางลำต้นดีทั้งด้านความสูง ต้น ความกว้างทรงพุ่ม จำนวนใบ และพื้นที่ใบสูงที่สุด แต่การปลูกถั่วหรั่งในช่วงเดือนกรกฎาคม-กันยายนจะให้ผลผลิตสูงที่สุด Olanrewaju *et al.* (2021) ศึกษาความหลากหลายทางพันธุกรรมและอิทธิพลของสภาพแวดล้อมที่มีต่อถั่วหรั่ง พบว่าถั่วหรั่งที่นำมาศึกษาจำนวน 95 เชื้อพันธุกรรม มีความแตกต่างกันของลักษณะทางสัณฐานวิทยา และพบว่าวันออกดอกของถั่วหรั่งอยู่ในช่วง 28 - 49 วัน หลังปลูก เป็นผลมาจากความยาวของช่วงแสงและความแตกต่างของสภาพแวดล้อม ซึ่งคล้ายกับการศึกษาของ Khan *et al.* (2021) พบว่าถั่วหรั่งจะออกดอกในช่วง 36 - 53 วันหลังปลูก

Singh *et al.* (2005) ศึกษาอิทธิพลของวันปลูกต่อระยะพัฒนาการของถั่วหรั่ง พบว่าถั่วหรั่งที่ปลูกในช่วงเดือนกรกฎาคม จะใช้เวลาในการงอก 6 - 7 วัน ช่วงวันออกดอก 26 - 40 วัน และวันสุกแก่ใช้เวลา 120 - 133 วัน แต่เมื่อทำการปลูกในช่วงพฤศจิกายน-มกราคม ถั่วหรั่งจะงอกช้าลง อาจใช้เวลาสูงสุดถึง 20 วัน ความงอกไม่ดี ทำให้ระยะเวลาการออกดอกเลื่อนออกไปเป็น 40 - 60 วัน ส่วน

เมื่อทำการปลูกในฤดูกาลปกติ คือ ช่วงเดือนมิถุนายน จะใช้เวลางอก 5 - 7 วัน โดยเริ่มสร้างฝักที่ 40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์อื่นใด

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัน ส่วนระยะพัฒนาในการสร้างกิ่งพบในสัปดาห์ที่ 3 หลังปลูก ขนาดของทรงพุ่มที่สมบูรณ์จะมีกิ่งประมาณ 28 - 59 กิ่ง จำนวนใบ 48 - 96 ใบ ส่วนในงานทดลองอื่นๆ พบว่าถั่วหรั่งมีการสร้างใบ 10 - 15 ใบ กิ่งจำนวน 5 - 6 กิ่ง เมื่ออายุ 30 วัน จะเพิ่มจำนวนมากขึ้น โดยที่อายุ 60 วัน มีจำนวนใบเพิ่มเป็น 50 - 90 ใบ จำนวนกิ่ง 20 - 50 กิ่ง ส่วนการสร้างฝักพบว่าถั่วหรั่งมีการสร้างฝักที่อายุ 40 วัน จะสุกแก่หลังจากสร้างฝักประมาณ 80 - 90 วัน ทั้งนี้การประเมินอายุการสุกแก่ไม่แน่นอน ขึ้นกับฤดูกาลและการได้รับน้ำ (Singh *et al.*, 2004)

Chijioke *et al.* (2009) เปรียบเทียบการเจริญเติบโตและพัฒนาของเชื้อพันธุกรรมถั่วหรั่งจำนวน 13 พันธุ์ในประเทศไนจีเรีย โดยปลูก 2 ฤดูกาล ในเดือนเมษายน (ปลูกเร็ว) และเดือนสิงหาคม (ปลูกล่าช้า) พบว่าวันปลูกมีผลกระทบต่อทุกลักษณะการเจริญเติบโตและการพัฒนาการของถั่วหรั่ง โดยเฉพาะการปลูกในช่วงเดือนเมษายน ถั่วหรั่งจะมีการเจริญเติบโตดีกว่าการปลูกในเดือนสิงหาคม ทั้งจำนวนใบต่อต้น ความสูงของต้น จำนวนดอกต่อต้น จำนวนฝักต่อต้น และน้ำหนักเมล็ดต่อต้น เนื่องจากในเดือนเมษายนเป็นช่วงที่อากาศค่อยๆ อุ่นขึ้น พืชจะสามารถสะสมน้ำหนักแห้ง และให้ผลผลิตได้ดีกว่าการปลูกล่าช้าในช่วงเดือนสิงหาคม เนื่องจากอุณหภูมิจะเริ่มเย็นลง และปริมาณน้ำฝนจะลดลงในช่วงเดือนกันยายน ถึงเดือนพฤศจิกายน ทำให้ปริมาณน้ำฝนไม่เพียงพอตลอดฤดูกาลปลูก ส่งผลให้ถั่วหรั่งที่ปลูกล่าช้ามีการเจริญเติบโตไม่ดี ผลผลิตต่ำ ดังนั้นในการผลิตถั่วหรั่งจึงจำเป็นต้องศึกษาศักยภาพในการให้ผลผลิตในแต่ละวันปลูก หรือฤดูกาลปลูก และศึกษาการเกิดปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุกรรมกับสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน

2.5 ปัจจัยของสภาพแวดล้อมที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของถั่วหรั่ง

สำหรับการศึกษาถึงความสัมพันธ์ระหว่างสภาพแวดล้อมกับการผลิตพืชนั้น เพื่อนำความรู้มาปรับปรุงและประยุกต์ใช้ให้เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมในการผลิตพืช เพื่อให้มีการเจริญเติบโตและผลผลิตสูงสุด (เฉลิมพล แซมเพชร, 2542) พืชจะได้รับอิทธิพลจากสภาพแวดล้อมในแต่ละช่วงของการเจริญเติบโตที่แตกต่างกัน มีผลทำให้การเจริญเติบโตและผลผลิตแตกต่างกันไปด้วย

2.5.1 สภาพพื้นที่ ถั่วหรั่งสามารถปลูกตั้งแต่ความสูงเหนือน้ำทะเลเล็กน้อย จนถึงระดับความสูงจากน้ำทะเล 1,600 เมตร เจริญเติบโตได้ดีในดินที่มีการระบายน้ำดี ลักษณะดินที่เหมาะสมคือ ดินทราย ดินร่วนปนทรายที่ไม่มีความแน่นทึบ เพื่อให้ง่ายต่อการเก็บเกี่ยว อย่างไรก็ตามถั่วหรั่งสามารถให้ผลผลิตได้ดีในดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ ความลึกของดินที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 50 - 100 ซม. ค่าความเป็นกรด-ด่าง อยู่ในช่วง 5.0 - 6.5 ซึ่งค่าความเป็นกรด-ด่าง ไม่ควรต่ำกว่า 4.3 และไม่ควรรสูงกว่า 7 (Temagne *et al.*, 2018; จิระ สุวรรณประเสริฐ, 2548) ในดินที่มีปริมาณไนโตรเจนสูงมากเกินไปจะทำให้ถั่วหรั่งมีการเจริญเติบโตทางลำต้นและใบมากเกินไป โดยดินที่มีฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมสูง เป็นดินที่มีความเหมาะสมสำหรับถั่วหรั่ง และดินที่มีปริมาณแคลเซียมสูงมากเกินไปไม่เหมาะสมสำหรับการปลูกถั่วหรั่ง (จิระ สุวรรณประเสริฐ, 2548)

2.5.2 ปริมาณน้ำฝนและการให้น้ำ ถั่วหรั่งเป็นพืชที่ทนทานต่อความแห้งแล้ง โดยมีความต้องการปริมาณน้ำฝนอย่างน้อย 300 มม./ปีตลอดฤดูกาลปลูก ซึ่งความต้องการปริมาณน้ำฝนที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 750 - 1,400 มม./ปี และไม่ควรมากกว่า 3,000 มม./ปี (Temagne *et al.*, 2018) การปลูกถั่วหรั่งในประเทศไทยจะให้ผลผลิตดีเมื่อปลูกในเขตที่มีปริมาณน้ำฝน 900 - 1,200 มม. การเจริญเติบโตของถั่วหรั่งในระยะแรกจะมีความสามารถทนทานต่อช่วงฤดูฝนตกหนัก แต่หากปริมาณน้ำฝนมากเกินไป โดยเฉพาะช่วงระยะออกดอกเป็นต้นไปจะส่งผลกระทบต่อผลผลิตเมื่อถึง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ในเชิงพาณิชย์ใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระยะเก็บเกี่ยว ทำให้สูญเสียผลผลิตได้ (จิระ สุวรรณประเสริฐ, 2548) Azam-ali and Massawe (2007) กล่าวว่าถั่วหรั่งแม้ว่าจะสามารถทนทานต่อสภาวะแล้งได้ แต่เมื่ออยู่ในสภาวะขาดน้ำ ถั่วหรั่งแต่ละพันธุ์มีความสามารถตอบสนองต่อสภาวะขาดน้ำได้แตกต่างกัน ถั่วหรั่งที่ขาดน้ำตั้งแต่ 49 วันหลังปลูกจนถึงเก็บเกี่ยวจะทำให้มีขนาดของทรงพุ่มและพื้นที่ใบลดลง ส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพการให้น้ำแก่ผลผลิต และดัชนีการเก็บเกี่ยวก็ลดลงตามไปด้วย Adavbiele *et al.* (2019) ได้ศึกษาการให้น้ำถั่วหรั่งทุก 1, 4, 7 และ 10 วัน พบว่าการให้น้ำถั่วหรั่งทุก 7 วัน ถั่วหรั่งมีการเจริญเติบโตที่ดีให้ผลผลิตสูงสุด

2.5.3 อุณหภูมิ ถั่วหรั่งสามารถเจริญเติบโตได้ดีในเขตร้อนชื้นและแห้งหรือกึ่งเขตร้อน โดยอุณหภูมิเฉลี่ยที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 20 - 28 °C (จิระ สุวรรณประเสริฐ, 2548) ซึ่งถ้าอุณหภูมิต่ำกว่า 16 °C หรือสูงกว่า 38 °C และมีความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ จะส่งผลให้ใบแห้ง การสะสมน้ำในเนื้อผลผลิต และมีผลผลิตต่ำ (Department of Agriculture Forestry and Fisheries, 2016) แม้จะมีการให้น้ำก็ตาม (Berchie *et al.*, 2011) โดยอุณหภูมิมีผลต่อการสร้างใบของถั่วหรั่งโดยอัตราเฉลี่ย 0.19 - 0.63 ใบต่อวัน (Nordin and Singh, 2015) กล่าวว่าอุณหภูมิมีผลกระทบต่อการงอกของเมล็ดถั่วหรั่งอย่างมาก โดยเฉพาะเปอร์เซ็นต์การงอกและอัตราการงอก ซึ่งอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการงอกของถั่วหรั่งจะอยู่ในช่วง 30.2 - 35.3 °C และใช้เวลาในการงอกเฉลี่ย 5 - 21 วัน (Massawe *et al.*, 2003)

2.5.4 ช่วงแสง ถั่วหรั่งเป็นพืชวันสั้น มีความต้องการช่วงแสงมากที่สุด 12 - 13 ชั่วโมงต่อวัน ในระยะการสะสมน้ำในเนื้อผลผลิตของฝัก (Linnemann and Azam-Ali, 1993) มีการศึกษาที่แสดงให้เห็นว่าช่วงแสงไม่มีผลต่อการออกดอกของถั่วหรั่ง แต่มีผลต่อการติดฝักของถั่วหรั่งบางพันธุ์ (จิระ สุวรรณประเสริฐ, 2548) Jørgensen *et al.* (2009) ศึกษาถึงช่วงแสงวันยาวและอุณหภูมิที่มีผลต่อถั่วหรั่ง พบว่าเมื่อได้รับแสง 16 - 17 ชั่วโมงต่อวัน ถั่วหรั่งจะไม่ติดฝักแต่จะมีการเจริญเติบโตทางลำต้นมากกว่า เมื่อทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างช่วงแสงกับอุณหภูมิ พบว่าหากอุณหภูมิสูงขึ้น 5 °C จะมีผลในการยับยั้งการออกดอกและการติดฝักของถั่วหรั่ง

2.6 การเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศโลกที่มีผลต่อการเกษตร

สภาพภูมิอากาศเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลกระทบต่อทางการเกษตรโดยเฉพาะในประเทศไทยมีความเสี่ยงสูงจากปัญหาการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศ Climate central และเมื่อ ค.ศ.2020 Global Climate Risk จัดให้ไทยเป็นประเทศที่ได้รับผลกระทบระยะยาวจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศเป็นอันดับที่ 9 ของโลก (ธัญพร กริชติทายาวุธ, 2564) ซึ่งภูมิอากาศเป็นปัจจัยสำคัญต่อการทำการเกษตร โดยเฉพาะประเทศไทยเป็นพื้นที่ทางการเกษตรที่อาศัยน้ำฝนเป็นหลัก การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศมีแนวโน้มที่จะส่งผลกระทบต่อภาคเกษตร ภัยพิบัติที่คาดการณ์ว่าจะ เป็นภัยต่อการเกษตร ได้แก่ ภัยแล้ง น้ำท่วม โรคและแมลงศัตรูพืชระบาด รวมถึงความแปรปรวนของฤดูกาล เช่น อุณหภูมิที่เพิ่มสูงขึ้น การกระจายตัวของฝนในช่วงฤดูฝนที่มีการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำทะเลสูงขึ้น ซึ่งส่งผลกระทบต่อการผลิตพืชทำให้ผลผลิตทางการเกษตรลดลง เกิดจากรวมถึงพันธุ์พืชและสัตว์ที่มีอยู่ไม่สามารถปรับตัวต่อสภาวะอากาศที่เปลี่ยนไป (ศุภกร ชินวรรโณ, 2554)

2.6.1 การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิอากาศ อุณหภูมิเป็นปัจจัยที่ได้รับผลกระทบโดยตรงจากภาวะโลกร้อนและส่งผลต่อการเกษตรและความมั่นคงทางอาหาร การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมินั้น เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนำมาใช้ในเชิงพาณิชย์หรือการดำเนินงานอื่น ๆ กรุณาติดต่อผู้จัดทำเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่งผลกระทบต่อสรีระวิทยาของพืชและสัตว์ เช่น ข้าวบางสายพันธุ์มีอายุสั้นลงและผลผลิตลดลงเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น การเปลี่ยนแปลงปริมาณเยื่อใยในพืชอาหารสัตว์ทำให้สัตว์ย่อยสลายเส้นใยพืชได้น้อยลงและดูดซับสารอาหารได้ลดลง หรืออุณหภูมิที่สูงขึ้นส่งผลกระทบต่อการใช้ปุ๋ย และทำให้เกิดภาวะเครียดจากความร้อน (heat stress) รวมทั้งมีโรคระบาดเพิ่มมากขึ้น เป็นต้น โดยอุณหภูมิอากาศเพิ่มขึ้นเฉลี่ยบนพื้นผิวโลกในช่วง ค.ศ.2006 - 2015 อยู่ที่ 0.87 °C (ช่วงระหว่าง 0.75 - 0.99) °C สูงกว่าค่าเฉลี่ยในช่วงปี ค.ศ.1850 - 1900 ซึ่งแนวโน้มอุณหภูมิอากาศจะเพิ่มขึ้นเป็น 1.5 °C ในช่วงปี ค.ศ.2030 - 2052 ในประเทศไทยปี 2563 มีอุณหภูมิเฉลี่ยทั้งปี 28.0 °C สูงกว่าค่าปกติ 10.9 °C และมีอุณหภูมิเฉลี่ยสูงเป็นอันดับที่ 2 ของประเทศไทยในรอบ 70 ปี (พ.ศ. 2494 - 2563) รองจากปี พ.ศ. 2562 ซึ่งเป็นปีที่มีอุณหภูมิเฉลี่ยสูงที่สุดของประเทศไทย คือ 28.1 °C (สูงกว่าค่าปกติ 1.0 °C)

2.6.2 การเปลี่ยนแปลงของปริมาณฝนและการกระจายตัวของฝน เป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลกระทบต่อภาคเกษตรกรรม โดยเฉพาะอย่างยิ่งในระหว่างช่วงฤดูเพาะปลูกหากมีการขยับเลื่อนของฤดูกาลย่อมส่งผลกระทบต่อผลผลิตของพืช ซึ่งอาจแตกต่างกันไปตามความอ่อนไหวต่อสภาพอากาศที่สามารถทนทานหรือเจริญเติบโตได้ สำหรับประเทศไทยปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปีมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในทุกภาค ทั้งในด้านปริมาณและการกระจายตัวของพื้นที่ที่มีจำนวนฝนตกเพิ่มมากขึ้น แต่จำนวนวันที่ฝนตกเฉลี่ยในแต่ละปีในเกือบทุกพื้นที่ยังคงใกล้เคียงกับที่เคยเป็นมาในอดีต การศึกษาวิจัยเกี่ยวกับผลกระทบที่เกิดขึ้นในภาคเกษตรกรรมจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศมีความสำคัญอย่างมาก โดยมีรายงานว่า การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศสามารถส่งผลกระทบต่อผลผลิตเพิ่มขึ้นหรือลดลงของผลผลิตพืช การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศอาจเป็นสาเหตุให้เกิดปัญหาเช่น การขาดน้ำในการเกษตรกรรม การเพิ่มความเสียหายจากภัยพิบัติทางธรรมชาติ เช่น น้ำท่วม และสภาพอากาศที่ไม่เหมาะสมต่อการผลิตพืช การทำความเข้าใจและวิเคราะห์ถึงวิธีที่การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศมีผลกระทบต่อภาคเกษตรกรรมในหลายๆ ด้าน เช่น การวางแผนการผลิตพืช การจัดการแหล่งน้ำ และทรัพยากรธรรมชาติ การเผยแพร่ข้อมูลและการประเมินความเสี่ยงที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ เพื่อให้มีข้อมูลและความเข้าใจที่เพียงพอในการดำเนินนโยบายและการวางแผนในการจัดการทรัพยากรเพื่อความยั่งยืนในอนาคต เพื่อให้เข้าใจถึงความสำคัญของการรักษาสมดุลและความยั่งยืนในภาคเกษตรกรรมในระบบนิเวศที่กำลังเปลี่ยนแปลงไป

Habib-ur *et al.* (2022) กล่าวว่า การเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศมีผลต่อความมั่นคงทางอาหารในภูมิภาคเอเชีย จะเกิดสภาพอากาศแบบสุดขั้ว ทั้งความแห้งแล้ง คลื่นความร้อน รูปแบบการตกของฝนที่เปลี่ยนแปลงไปและไม่แน่นอน ความรุนแรงของการเกิดภัยธรรมชาติ พายุ น้ำท่วม โรคและแมลงศัตรูอุบัติใหม่ ซึ่งส่งผลกระทบต่อภาคเกษตรเป็นอย่างมาก ได้มีการคาดการณ์ภูมิอากาศในอนาคต ที่แสดงให้เห็นถึงการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิอย่างมีนัยสำคัญ โดยช่วงกลาง ค.ศ. 2040 - 2069 อุณหภูมิสูงสุดจะเพิ่มขึ้น 2.8 °C และอุณหภูมิต่ำสุดจะเพิ่มขึ้น 2.2 °C ในปากีสถาน Singh *et al.* (2023) กล่าวว่า การเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศ เพิ่มความเสี่ยงในการระบาดของโรค พืชอาศัยที่ก่อโรคเพิ่มขึ้น รวมไปถึงการระบาดของโรคชนิดใหม่ที่ทวีความรุนแรงและกระจายการระบาดไปยังพื้นที่ใหม่เพิ่มขึ้น ดังนั้นการศึกษาลึกลงถึงผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศจึงมีความจำเป็นในการปรับตัวและเตรียมรับมือกับการเปลี่ยนแปลงต่างๆ ที่จะเกิดขึ้น เพื่อวางแผนแนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพหรือการจัดการทางการเกษตรที่เหมาะสมในการผลิตพืชเพื่อลดผลกระทบกับความแปรปรวนของสภาพภูมิอากาศที่จะเกิดขึ้นในอนาคต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7 ผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อการผลิตพืช

ผลกระทบจากความเสียหายที่จะเกิดขึ้นภายใต้การเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศที่มีแนวโน้มทวีความรุนแรงมากขึ้น โดยสาเหตุหลักมาจากการเพิ่มขึ้นของก๊าซเรือนกระจก (green house gas) ซึ่งก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) เป็นกลุ่มของก๊าซเรือนกระจกที่มีปริมาณมากที่สุด ซึ่งถูกปลดปล่อยมาจากกิจกรรมหลักๆ ของมนุษย์ ส่งผลให้รังสีของดวงอาทิตย์ที่ส่องมายังโลกไม่สะท้อนกลับสู่นอกโลกได้ จึงทำให้เกิดภาวะโลกร้อน (global warming) เกิดการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศ (climate change) เช่น อุณหภูมิ การตกของฝน ลม เป็นต้น จากรายงานของ IPCC (2007) ที่ได้รวบรวมผลการคาดคะเนอุณหภูมิของโลกในอนาคตจากแบบจำลองภูมิอากาศโลก (Global Climate Models GCMs) มากกว่า 10 แบบจำลองต่างชี้ว่าอุณหภูมิโลกจะเพิ่มขึ้น 2 - 3 °C จากปัจจุบันถึงปี พ.ศ. 2643 เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นทำให้มีความแปรปรวนของฝนมากขึ้น ซึ่งอาจทำให้เกิดภาวะน้ำท่วมหรือและภาวะแล้งถี่ขึ้นและรุนแรงขึ้น (Bates *et al.*, 2008; Hegerl *et al.*, 2007) จากรายงาน IPCC (2021) ได้กล่าวว่าแบบจำลองสภาพภูมิอากาศแสดงให้เห็นว่า แม้ปัจจุบันจะพยายามลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกลง แต่ภาวะโลกร้อนจะยังไม่หยุดลงจนกว่าจะถึงทศวรรษ 2050 เป็นอย่างน้อย เนื่องจากกิจกรรมของมนุษย์ที่ก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกไม่สามารถหยุดได้ในทันที ต้องใช้เวลาในการดำเนินการเพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศปี 2021 ได้สรุปไว้ว่าหากการปล่อยก๊าซยังคงเท่าเดิมหรือเพิ่มขึ้น อุณหภูมิจะยังคงสูงขึ้นต่อไป ในแบบจำลองสภาพภูมิอากาศที่พิจารณาระดับการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่สูงมาก อุณหภูมิจะสูงขึ้นประมาณ 4.5 °C ภายในสิ้นศตวรรษ อุณหภูมิโลกจะทรงตัวก็ต่อเมื่อหยุดเพิ่มก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สู่ชั้นบรรยากาศโลกมีแนวโน้มที่จะสูงถึง 1.5 °C ภาวะโลกร้อนในช่วงปี 2021 - 2040 สูงถึง 1.1 °C ในทศวรรษที่ผ่านมา ผลกระทบของการเพิ่มขึ้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) ที่มีต่อพืชโดยตรง เนื่องจากเป็นวัตถุดิบตั้งต้นในกระบวนการสังเคราะห์แสงของพืช แต่หากในชั้นบรรยากาศมีปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ส่งผลให้อุณหภูมิของโลกสูงขึ้น และมีผลกระทบต่อพืชโดยตรงในด้านทำงานของเอนไซม์ของพืชที่มีผลต่อการสังเคราะห์ด้วยแสง ทำให้เอนไซม์เสียสภาพหรือสูญเสียคุณสมบัติ ส่งผลต่อการสังเคราะห์แสงของพืชลดลง (เฉลิมพล แซมเพชร, 2542) อีกทั้งภาวะโลกร้อนยังทำให้เกิดความแปรปรวนของสภาพอากาศรุนแรงที่คาดการณ์ได้ยากทั้งเรื่องระยะเวลาและความรุนแรงที่จะเกิดขึ้น (Ahrens and Samson, 2011) เช่น ฝนไม่ตกตามฤดูกาล เกิดสภาวะแล้งยาวนาน ปัญหาน้ำท่วม รวมไปถึงการระบาดของโรคและแมลง

Raza *et al.* (2019) กล่าวว่า การเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศมีผลกระทบร้ายแรงต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของพืช ความผันผวนของอุณหภูมิและปริมาณน้ำฝน เป็นตัวบ่งชี้ที่สำคัญที่เกิดจากสภาพแวดล้อม ดังนั้นการวิจัยที่มุ่งเน้นไปที่การเพิ่มประสิทธิภาพการเจริญเติบโตและการพัฒนาการของพืชภายใต้สภาวะความเครียด เพื่อให้พืชสามารถต้านทานความเครียดจากสิ่งที่มีชีวิตและไม่มีชีวิต Bhadra *et al.* (2022) คาดการณ์การปลูกพืชที่ตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโดยการศึกษาถึงการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมในแง่ของธรรมชาติ ในการคัดเลือกพืชที่ทนทานต่อสภาพแวดล้อม กลไกการปรับตัวของพืช อิทธิพลของสภาพภูมิอากาศที่ส่งผลเสียกับการเจริญเติบโตและผลผลิตของพืชเพื่อวางแผนในการผลิตพืช แนวทางการปลูกพืช การพัฒนาพันธุ์และการปรับปรุงพันธุ์พืชให้มีความยืดหยุ่นต่อสภาพภูมิอากาศได้ พรพรรณ สุทธิแย้ม และคณะ (2559) ศึกษาผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศต่อเทคโนโลยีการผลิต คุณภาพผลผลิต การระบาดของโรค แมลงศัตรูพืช และวัชพืชในแหล่งปลูกพืชไร่เศรษฐกิจสำคัญ พบว่าอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่ขึ้นต้นทางการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของทุกสถานที่ที่ศึกษานั้น มีค่าสูงขึ้นจากค่าปกติซึ่งเป็นค่าเฉลี่ยของ 30 ปีฐาน (2514 - 2543) แต่ปริมาณน้ำฝนรายปีมีทั้งที่น้อยกว่าและมากกว่าค่าปกติแต่ที่แตกต่างชัดเจน คือ จำนวนวันฝนตกน้อยลง ดังนั้นการตกของฝนครั้งหนึ่ง ๆ จะมีปริมาณมากขึ้น ทำให้การจัดการผลิตพืช มีปัญหากระทบผลผลิตและมีฝนทิ้งช่วงบ่อยขึ้น แมลงศัตรูพืชมักเพลี้ยอ่อน และเพลี้ยไฟ ระบาดมากในหลายพืช และการเริ่มต้นฤดูฝนแปรปรวนทำให้คาดการณ์ได้ยาก เกษตรกรมีการปรับเปลี่ยนเทคโนโลยีการผลิตเนื่องจากภูมิอากาศที่เปลี่ยนไป ได้แก่ ช่วงปลูกในฤดูฝนของถั่วเขียวจะปลูกก่อนเก็บเกี่ยวข้าวโพดที่ปลูกก่อน เพื่อใช้ความชื้นในดิน การปลูกงาในสภาพก่อนนาจะปลูกในเดือนกุมภาพันธ์ โดยเฉพาะภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ซึ่งเคยมีปริมาณน้ำฝนเพียงพอให้เจริญเติบโตได้ แต่ปัจจุบันไม่มีฝนตกในช่วงดังกล่าวทำให้เมล็ดงาที่ปลูกไม่งอก พื้นที่ปลูกงาจึงลดลงหรือในบางพื้นที่ปลูก เช่น ภาคกลาง เลื่อนการปลูกออกไปเป็นเดือนมีนาคม แมลงศัตรูมีการระบาดมากขึ้นในช่วงที่แล้งหรือฝนทิ้งช่วงทำให้เกษตรกรต้องใช้สารเคมีในการป้องกันกำจัดหลายชนิดและบ่อยครั้งขึ้นหรือเข้มข้นขึ้น สภาพภูมิอากาศที่มีความเหมาะสมกับการระบาดของโรคสำคัญ เกิดบ่อยขึ้นแม้ในฤดูที่ไม่เคยเกิดการระบาด เช่น ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ในช่วงฝนตกหนัก ติดต่อกันพบโรคใบจุด โรคจุดสีน้ำตาล โรคกาบและใบไหม้อย่างรุนแรง แต่ในช่วงที่มีอุณหภูมิสูง จะพบโรคราสนิม นอกจากนี้ยังพบโรคใบจุดจากเชื้อรา ซึ่งไม่เคยเข้าทำลายมาก่อน โดยพบช่วงที่มีอุณหภูมิระหว่าง 23 - 37 °C ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ 73 - 89 %

2.8 แบบจำลองการเจริญเติบโตพืช (Crop simulation model)

แบบจำลองเป็นสิ่งที่สร้างขึ้นเพื่อลอกเลียนหรือจำลองการทำงานของระบบใดระบบหนึ่ง ประกอบด้วยทฤษฎีหรือสมมติฐานต่าง ๆ ที่เชื่อมโยงไปสู่เป้าหมายร่วมกัน (Penning de Vries, 1989) แบบจำลองการเจริญเติบโตของพืช เป็นเครื่องมือทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ในการจำลองกระบวนการเจริญเติบโตและพัฒนาของพืชตามเงื่อนไขสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน โดยมีการนำเข้า (input) ข้อมูลทางสรีรวิทยาพืช และพารามิเตอร์ต่าง ๆ เพื่อทำนายและวิเคราะห์การเจริญเติบโตของพืชในระยะเวลาที่ต่างกัน แบบจำลองเหล่านี้จะใช้สมการทางคณิตศาสตร์เพื่อสร้างบทพิสูจน์ที่เชื่อถือได้ว่าสอดคล้องกับกระบวนการทางชีวภาพของพืชจริง ๆ ในสภาพการณ์ต่าง ๆ เพื่อนำไปใช้ในการวิเคราะห์และทำนายผลผลิตทางการเกษตรในเหตุการณ์ที่เปลี่ยนแปลง เช่น การเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศ การเพิ่มหรือลดธาตุอาหารในดิน และปัจจัยอื่น ๆ ที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช การใช้แบบจำลองการเจริญเติบโตของพืชมีประโยชน์ในการทำนายผลผลิตทางการเกษตร ช่วยให้เกษตรกรและผู้ดูแลพืชสามารถวางแผนการเพาะปลูกและการจัดการพืชให้เหมาะสมกับเงื่อนไขที่เปลี่ยนแปลงไป โดยลดความเสี่ยงในการตัดสินใจและเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตพืชในสภาวะที่ผันผวนได้ นอกจากนี้ยังสามารถใช้ในการวิเคราะห์ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสิ่งแวดล้อมต่าง ๆ ต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของพืชได้ด้วย อย่างไรก็ตามแบบจำลองการเจริญเติบโตของพืชมีความซับซ้อนและต้องใช้ข้อมูลที่ถูกต้องเหมาะสมและเชื่อถือได้

แบบจำลองการเจริญเติบโตของพืช แสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงระบบการเจริญเติบโต การพัฒนาการตลอดจนการทำนายผลผลิตของพืช โดยการเก็บรวบรวมข้อมูลพื้นฐาน (input) ที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของพืช มาใช้คำนวณในรูปของสมการต่อเนื่องในทางคณิตศาสตร์ และแสดงผลลัพธ์ (output) ในรูปของตัวเลข โดยอาศัยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ (Penning de Vries, 1989) โดยโปรแกรม Decision Support System for Agrotechnology Transfer (DSSAT) หรือระบบเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สนับสนุนการตัดสินใจสำหรับการถ่ายทอดเทคโนโลยีการเกษตร เป็นโปรแกรมซอฟต์แวร์แอปพลิเคชันที่ปัจจุบัน ประกอบด้วย แบบจำลองการปลูกพืช 42 ชนิด (DSSAT version 4.8.2) (Hoogenboom *et al.*, 2023) เช่น แบบจำลองการเจริญเติบโตถั่วลิสง (CSM-CROPGRO-peanut) แบบจำลองการเจริญเติบโตหญ้า (CSM-CROPGRO-PFM) แบบจำลองการเจริญเติบโตข้าวโพด (CSM-CERES-Maize) รวมทั้งแบบจำลองการเจริญเติบโตข้าว (CSM-CERES-Rice) เป็นต้น ซึ่งแบบจำลองจะทำงานได้ต้องอาศัยข้อมูลตัวป้อน (input) 4 ชนิด ประกอบด้วย

1. ข้อมูลการจัดการ (management data) ประกอบด้วย วันปลูก การใส่ปุ๋ย การให้น้ำ จำนวนประชากร และอื่น ๆ
2. ข้อมูลดิน (soil data) ดำเนินการเก็บตัวอย่างดินก่อนทำการปลูกเพื่อนำมาวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ และเคมีประกอบด้วย สีของดิน ความสามารถในการระบายน้ำ ความหนาแน่นของดิน (bulk density) คุณลักษณะของเนื้อดิน (เปอร์เซ็นต์ sand, silt และ clay) ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (organic matter) ความเป็นกรดเป็นด่างของดิน และ CEC (cation exchange capacity) ของดิน
3. ข้อมูลอากาศ (weather data) ประกอบด้วยข้อมูลพลังงานแสงอาทิตย์ (เมกะจูล/ตร.ม.) อุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุด ($^{\circ}\text{C}$) และปริมาณน้ำฝน (มม.) เป็นรายวันจากสถานีในแปลงปลูกทดลอง หรือถ้าไม่มีให้ใช้จากสถานีที่ใกล้เคียงกับแหล่งปลูกมากที่สุด
4. ข้อมูลสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรม (genetic coefficients; GCs) จะประกอบด้วยค่าสัมประสิทธิ์ของระยะพัฒนาการ (development coefficients) ซึ่งเป็นตัวแปรที่กำหนดการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของถั่วหรั่ง เช่น การออกดอกและการสุกแก่ทางสรีรวิทยา และค่าสัมประสิทธิ์ของการเจริญเติบโต (growth coefficients) ที่ควบคุมการเปลี่ยนแปลงเชิงปริมาณ หรือการสร้างผลผลิต ที่เป็นค่าเริ่มต้นจากค่าของพันธุ์ที่มีลักษณะใกล้เคียงกันที่มีอยู่แล้วในโปรแกรมหรือกำหนดขึ้นโดยประมาณ

2.9 การประยุกต์ใช้แบบจำลองการเจริญเติบโตของพืชกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

การประยุกต์ใช้แบบจำลองการเจริญเติบโตของพืชเพื่อทำนายผลผลิตเป็นกระบวนการที่ใช้ข้อมูลทางการเจริญเติบโตของพืชตามเวลา รวมถึงตัวแปรสิ่งแวดล้อมและเงื่อนไขการเพาะปลูกเพื่อทำนายผลผลิตพืชในอนาคต แบบจำลองการเจริญเติบโตของพืชสามารถช่วยบริหารจัดการแปลงให้มีประสิทธิภาพมากที่สุดเพื่อให้ได้ผลผลิตที่สูงสุดในเงื่อนไขที่กำหนดไว้ แบบจำลองการเจริญเติบโตของพืชสามารถใช้ข้อมูลปัจจัยหลายอย่างเพื่อทำนายผลผลิต เช่น ปัจจัยทางสภาพอากาศ (อุณหภูมิ ปริมาณน้ำฝน แสงแดด) คุณสมบัติของดิน (ความเป็นกรดเป็นด่าง ความอุดมสมบูรณ์ของดิน) การจัดการในแปลงปลูก (การใส่ปุ๋ย การให้น้ำ การป้องกันกำจัดศัตรูพืช) ตลอดจนปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมอื่นๆ ที่มีผลต่อการเจริญของพืชและผลผลิต

การใช้แบบจำลองการเจริญเติบโตของพืชในการทำนายผลผลิตเป็นหนึ่งในแนวทางของการวิจัยทางการเกษตรที่ก้าวไปในทิศทางของการใช้เทคโนโลยีสมัยใหม่ เช่น การใช้ข้อมูลทางดาวเทียม การเรียนรู้ของเครื่องจักรและระบบอัตโนมัติในการจัดการแปลงปลูก ทั้งหมดนี้สามารถช่วยให้การทำนายผลผลิตของพืชมีความแม่นยำ เป็นประโยชน์ต่อเกษตรกรและผู้ประกอบการทางการเกษตรอื่น ๆ ในการตัดสินใจในการบริหารจัดการแปลงปลูกในระยะยาว มีตัวอย่างรายงานวิจัยที่ใช้แบบจำลอง

DSSAT (Decision Support System for Agrotechnology Transfer) เพื่อศึกษาผลกระทบของเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศหรือการเปลี่ยนแปลงสภาวะโลกร้อนต่อผลผลิตพืชเป็นที่น่าสนใจและเป็นที่ยอมรับในวงกว้างทางวิชาการ ยกตัวอย่าง เช่น Srivastava *et al.* (2021) ได้ประเมินผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อผลผลิตข้าวโพดในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย โดยใช้แบบจำลอง CERES-Maize ทำนายผลผลิตระหว่างปี 2021 - 2050 และ 2051 - 2080 ภายใต้ RCP 2.6, 4.5, 6.0 และ 8.5 W/m₂ โดยเปรียบเทียบผลผลิตในช่วงปี 1982 - 2012 พบว่าในช่วงปี 2051 - 2080 ข้าวโพดมีผลผลิตลดลงมากกว่าช่วงปี 2021 - 2050 ภายใต้ข้อจำกัดของการให้น้ำเทียบกันกับสภาพอาศัยน้ำฝน ผลผลิตเพิ่มขึ้นในทั้ง 2 ช่วงเวลา ซึ่งการเพิ่มขึ้นของปริมาณน้ำฝนจะช่วยลดผลกระทบด้านอุณหภูมิที่สูงขึ้นที่ต่อผลผลิต Sarker *et al.* (2014) ใช้แบบจำลองพืช DSSAT เพื่อทำการจำลองผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อการผลิตของข้าวในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ โดยพิจารณาผลกระทบของอุณหภูมิ ปริมาณน้ำฝน และคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) ต่อการให้ผลผลิตของข้าว ผลการศึกษาคาดการณ์ว่าการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในอนาคตจะทำให้ข้าวทั้ง 3 ชนิดมีความแปรปรวนของการให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามความแปรปรวนจะเกิดขึ้นกับข้าวบางพันธุ์

Faye *et al.* (2018) ประเมินผลกระทบและการปรับตัวของถั่วลิสงภายใต้การเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศในประเทศเซเนกัล โดยใช้แบบจำลอง SIMPLACE ในสถานการณ์การเปลี่ยนแปลงของสภาพอากาศภายใต้ RCP 4.5 และ RCP 8.5 โดยใช้ข้อมูลอากาศปี 2014 และ 2015 เป็นปีฐานในประเมินในช่วงฤดูแล้งและฤดูฝน ในช่วงปี 2559 - 2588 ผลการศึกษาพบว่าในช่วงฤดูแล้งพืชจะได้รับผลกระทบจากความร้อน แต่ผลผลิตของถั่วลิสงเพิ่มขึ้น 2.4 และ 8.3 % ภายใต้ RCP 4.5 และ RCP 8.5 ตามลำดับ ในขณะที่ในฤดูฝนผลผลิตของถั่วลิสงจะเพิ่มขึ้น 11 และ 19 % ภายใต้ RCP 4.5 และ RCP 8.5 ตามลำดับ ส่วนการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศพบว่าในฤดูแล้งจะมีอุณหภูมิสูงกว่า 38 °C เมื่อเปรียบเทียบกับฤดูฝน

2.10 การประยุกต์ใช้แบบจำลอง CSM-CROPGRO กับ การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

แบบจำลอง CSM-CROPGRO เป็นแบบจำลองการเจริญเติบโตของพืชตระกูลถั่วที่ถูกพัฒนาขึ้นและมีการประเมินศักยภาพ (model evaluation) มาก่อนข้างมาก อีกทั้งยังสามารถประยุกต์ใช้แบบจำลองดังกล่าว (model application) เป็นเครื่องมือช่วยสนับสนุนการตัดสินใจทางการเกษตรได้หลายแนวทาง แบบจำลอง CSM-CROPGRO เป็นแบบจำลองที่พัฒนาขึ้นโดยกลุ่มนักวิจัยจากสาขาวิชาในมหาวิทยาลัยฟลอริดา ประเทศสหรัฐอเมริกา แบบจำลองดังกล่าวและแบบจำลองของพืชอีกหลายชนิดถูกบรรจุอยู่ในโปรแกรม DSSAT (Hoogenboom *et al.*, 2023) โดยโปรแกรมจะประกอบไปด้วยระบบการจัดการฐานข้อมูล แบบจำลองการเจริญเติบโตของพืช และโปรแกรมการใช้งานอื่นๆ ซึ่งทำงานภายใต้ระบบคอมพิวเตอร์ องค์ประกอบหลักของแบบจำลอง CSM-CROPGRO ประกอบด้วยสมการอธิบายพัฒนาการทางด้านการเจริญเติบโต (vegetative development) และพัฒนาการด้านการสืบพันธุ์ (reproductive development) สมดุลคาร์บอน (carbon balance) สมดุลไนโตรเจน (nitrogen balance) และสมดุลน้ำ (water balance) แบบจำลองได้อธิบายถึงความสัมพันธ์ระหว่างกระบวนการต่างๆ ที่เกิดขึ้นภายในต้นพืช เช่น พัฒนาการของพืช การสังเคราะห์แสง การหายใจ การใช้น้ำ การเจริญเติบโต และการป็นส่วนของอาหารที่ถูกสร้างขึ้น กับปัจจัยของสภาพแวดล้อม (ปรเมศ บรรเทิง, 2549) ซึ่งการประยุกต์ใช้

แบบจำลอง CSM-CROPGRO กับ การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศเป็นที่นิยมในกลุ่มนักวิจัย เช่น เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Halder *et al.* (2020) ใช้แบบจำลอง CSM-CROPGRO-Peanut จำลองผลผลิตของถั่วลิสงใน 4 วันปลูก ในปี 2020, 2050 และ 2080 โดยใช้ข้อมูลอากาศในอนาคตจากโมเดล CSIRO Mk3-6.0 สำหรับ RCP 4.5 และ 8.5 เปรียบเทียบกับปีฐาน 1980 - 2013 ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของอินเดีย พบว่าการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงการเจริญเติบโตและพัฒนาการของถั่วลิสง ทำให้ดอกเร็วและในช่วงออกดอกถ้ากระทบแล้งจะส่งผลต่อผลผลิต ซึ่งการวางแผนการปลูกเพื่อหลีกเลี่ยงช่วงกระทบแล้งในช่วงการออกดอกจะช่วยลดผลกระทบดังกล่าวได้ อีกทั้งการเพิ่มขึ้นของ CO₂ ในแบบจำลองเมื่อเทียบกับปีฐานพบว่าการเพิ่มขึ้นของ CO₂ ในแบบจำลองอนาคตส่งผลให้ผลผลิตและน้ำหนักแห้งเพิ่มมากขึ้นในทุกปี นอกจากนี้ยังมีการประยุกต์ใช้แบบจำลอง CSM-CROPGRO-Peanut กับงานวิจัยอีกหลายด้าน เช่น Sezen *et al.* (2022) ประเมินประสิทธิภาพการใช้น้ำของถั่วลิสงที่ปลูกในปี 2014 และ 2015 พบว่าแบบจำลอง CSM-CROPGRO-Peanut สามารถประเมินผลผลิตและมวลชีวภาพของถั่วลิสงได้ดี ข้อมูลที่ได้สอดคล้องกันระหว่างในแปลงปลูกและในแบบจำลอง Thirumeninathan *et al.* (2021) ทดสอบการใช้ CSM-CROPGRO-Peanut จำลองผลผลิตที่เป็นไปได้ของถั่วลิสงเพื่อการตัดสินใจเลือกพันธุ์ถั่วลิสง ที่เหมาะสมในพื้นที่ปลูกหลักทางตอนเหนือของรัฐมิชชีแกนในประเทศอินเดีย พบว่าแบบจำลองสามารถประเมินและทำนายได้ดีในพื้นที่ G7 เมื่อเปรียบเทียบกับพันธุ์ TVM13 นอกจากนี้ยังมีการประยุกต์ใช้ในงานทดลองในการประเมินปุ๋ยฟอสฟอรัสในถั่วลิสงในระดับต่างๆ (Naab *et al.*, 2015; Halder *et al.*, 2017) ยังมีการประยุกต์ใช้ CSM-CROPGRO-Cowpea ในการเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของถั่วพุ่ม 4 พันธุ์ในสภาวะแล้ง ซึ่งแบบจำลองสามารถทำนายวันออกดอก วันเก็บเกี่ยว และผลผลิตได้ดี แต่ทำนายน้ำหนักแห้งได้ไม่ดี (Célestin *et al.*, 2022) จากงานวิจัยที่กล่าวมาข้างต้นชี้ให้เห็นว่า มีความเป็นไปได้ที่จะประยุกต์ใช้แบบจำลอง CSM-CROPGRO กับถั่วหรั่ง และในการศึกษานี้เลือกใช้ CSM-CROPGRO peanut เนื่องจากลักษณะทางพฤกษศาสตร์และพัฒนาการของถั่วหรั่งมีการออกฝักใต้ดินคล้ายคลึงกับถั่วลิสง แต่เมื่อทดลองใช้ template CSM-CROPGRO peanut ในการประเมินค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมของถั่วหรั่ง พบว่าค่าที่ได้จากแบบจำลองกับค่าสังเกตแตกต่างกันมากทั้งระยะพัฒนาการและการเจริญเติบโต จึงได้เปลี่ยนมาทดลองใช้แบบ CSM-CROPGRO-Cowpea เนื่องจากเป็นพืชที่มีลักษณะระยะพัฒนาการและการเจริญเติบโตคล้ายคลึงกัน อย่างไรก็ตามในปัจจุบันที่มนักวิจัยกำลังพัฒนาแบบจำลองถั่วหรั่ง CSM-CROPGRO-Bambara ซึ่งคาดว่าจะบรรจุลงในโปรแกรม DSSAT เร็วๆ นี้

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 สถานที่ทำการทดลอง

- 3.1.1 แปลงทดลองศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรสงขลา สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 8 จังหวัดสงขลา กรมวิชาการเกษตร
- 3.1.2 ห้องปฏิบัติการกลุ่มพัฒนาตรวจสอบพืชและปัจจัยการผลิต สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 8 จังหวัดสงขลา กรมวิชาการเกษตร
- 3.1.3 ห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร

3.2 ระยะเวลาและแผนการดำเนินงาน

ดำเนินการปลูกถั่วหรั่ง จำนวน 3 วันปลูก คือ วันปลูกที่ 1 (11 พ.ค 2564) วันปลูกที่ 2 (9 เม.ย. 2565) และวันปลูกที่ 3 (8 มี.ค. 2566)

3.2.1 การศึกษาส่วนที่ 1 ผลของการลดความชื้นเมล็ดพันธุ์ต่อระยะเวลาการเก็บรักษาและคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ใช้เมล็ดพันธุ์จากวันปลูกที่ 2 เนื่องจากมีข้อจำกัดเรื่องปริมาณเมล็ดพันธุ์

3.2.1 การศึกษาส่วนที่ 2 ในส่วนของการวิเคราะห์สารฟลักซ์เคมี ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระและองค์ประกอบทางเคมีของเมล็ดใช้เมล็ดจากการเก็บเกี่ยวในวันปลูกที่ 2 และวันปลูกที่ 3 เนื่องจากมีข้อจำกัดเรื่องปริมาณเมล็ด

3.2.3 การศึกษาส่วนที่ 3 การประเมินค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรม (genetic coefficient; GCs) ใช้ข้อมูลแปลงปลูกประกอบด้วย ข้อมูลดิน ข้อมูลสภาพอากาศ และข้อมูลการจัดการจากวันปลูกที่ 1 และวันปลูกที่ 3 ในการปรับค่า (calibration) ส่วนข้อมูลของวันปลูกที่ 2 ใช้สำหรับการประเมินความสอดคล้องของค่า GCs (evaluation)

3.3 วิธีการดำเนินงาน และการวิเคราะห์ข้อมูล

3.3.1 การศึกษาส่วนที่ 1 ผลของการลดความชื้นเมล็ดพันธุ์ต่อระยะเวลาการเก็บรักษาและคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ถั่วหรั่ง

คัดเลือกพันธุ์ถั่วหรั่งจากวันปลูกที่ 2 โดยคัดเลือกพันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูงที่สุดและมีปริมาณผลผลิตเพียงพอจำนวน 2 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์ TVsu 1221 และพันธุ์สงขลา 1 ส่วนอีก 2 พันธุ์ คือ TVsu 89 และ SK1-15 มีปริมาณผลผลิตน้อยมากเมล็ดไม่เพียงพอที่จะนำมาใช้ในการศึกษา ส่วนแนวความคิดระดับความชื้นของเมล็ดพันธุ์ที่นำมาใช้ในการศึกษามาจากถั่วหรั่งพันธุ์สงขลา 1 มีรายงานระดับความชื้นที่เหมาะสมอยู่ที่ 11 % (จิระ สุวรรณประเสริฐ, 2548) จึงได้ขยายช่วงระยะของระดับความชื้นที่ศึกษาเป็น 12 % ซึ่งมาจากรายงานวิจัยในต่างประเทศที่กล่าวถึงระดับความชื้นที่เหมาะสมของถั่วหรั่งควรอยู่ในช่วง 12 - 14 % (Gerrano *et al.*, 2021) และระดับความชื้น 8 % มาจากการทดสอบลดความชื้นของเมล็ดพันธุ์ถั่วหรั่งก่อนดำเนินการศึกษา พบว่าการลดระดับความชื้นให้น้อยกว่า 8 % ทำได้ค่อนข้างยากและใช้เวลานาน

การวางแผนการทดลอง

เมล็ดพันธุ์ถั่วหรั่งจำนวน 2 พันธุ์ที่ได้จากวันปลูกที่ 2 (9 เม.ย. 2565) เก็บเกี่ยวในเดือนสิงหาคม 2565 มาใช้ในการศึกษา โดยจัดสิ่งทดลองแบบ 2 x 3 Factorial in CRD จำนวน 3 ซ้ำ ปัจจัยที่ทำการศึกษาประกอบด้วย

ปัจจัยที่ 1 ถั่วหรั่ง 2 พันธุ์

1. สงขลา 1
2. TVsu 1221

ปัจจัยที่ 2 ระดับความชื้นของเมล็ดถั่วหรั่ง 3 ระดับ

1. 8 %
2. 10 %
3. 12 %

การลดความชื้นและการเก็บรักษา

การเตรียมเมล็ดพันธุ์ถั่วหรั่งสงขลา 1 เก็บเกี่ยวที่อายุ 123 - 124 วันหลังปลูก ส่วนเมล็ดพันธุ์ TVsu 1221 เก็บเกี่ยวที่อายุ 114 วันหลังปลูก จากนั้นนำเมล็ดพันธุ์มาตากแดดเพื่อลดความชื้นเป็นเวลา 3 วัน แล้วนำเมล็ดพันธุ์มาทดสอบความชื้นของเมล็ดพันธุ์เริ่มต้นด้วยวิธี hot air oven โดยทำการสุ่มเมล็ดถั่วหรั่งจำนวน 3 ซ้ำ ใส่ moisture can นำไปชั่งน้ำหนักสด แล้วอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วนำเมล็ดพันธุ์หลังอบมาชั่งน้ำหนักแห้ง เพื่อคำนวณหาระดับความชื้นของเมล็ดพันธุ์โดยใช้น้ำหนักสดเป็นเกณฑ์ (wet weight basis) (ISTA, 1996) จากสูตร

$$\text{เปอร์เซ็นต์ความชื้น} = \frac{\text{น้ำหนักเมล็ดก่อนอบ} - \text{น้ำหนักเมล็ดหลังอบ}}{\text{น้ำหนักเมล็ดก่อนอบ}} \times 100$$

จากผลการทดสอบหาเปอร์เซ็นต์ความชื้นเริ่มต้นพบว่าเมล็ดพันธุ์ถั่วหรั่งสงขลา 1 มีความชื้นเริ่มต้นที่ 48 % ส่วนเมล็ดพันธุ์ TVsu 1221 มีเปอร์เซ็นต์ความชื้นเริ่มต้นที่ 14 % ซึ่งจะสังเกตว่าระดับความชื้นเริ่มต้นของถั่วหรั่งพันธุ์สงขลา 1 สูง อาจเพราะลักษณะของเมล็ดที่แตกต่างกัน เมล็ดพันธุ์สงขลา 1 มีเปลือกฝักหนา ฝักและเมล็ดมีขนาดใหญ่กว่าพันธุ์ TVsu 1221 ซึ่งลักษณะเปลือกฝักบาง และเมล็ดเล็กกว่า จากนั้นจึงทำการลดความชื้นของเมล็ดพันธุ์ถั่วหรั่งตามกรรมวิธีทดสอบ คือ 8, 10 และ 12 % แล้วนำไปบรรจุลงในภาชนะปิดและเก็บรักษาไว้ในสภาพปกติ

การตรวจสอบคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ในสภาพห้องปฏิบัติการ

หลังดำเนินการลดความชื้นของเมล็ดพันธุ์ตามกรรมวิธีทดสอบทำการประเมินคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ 4 ครั้ง คือ ภายหลังจากเก็บรักษาที่ 0, 2, 4 และ 6 เดือน โดยดำเนินการดังนี้

การทดสอบความงอกของเมล็ดพันธุ์ (seed germination) โดยใช้ทรายเป็นวัสดุเพาะ ตามกรรมวิธีทดสอบของสมาคมทดสอบเมล็ดพันธุ์นานาชาติ (ISTA, 1996) ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

1. การเตรียมเมล็ดสำหรับทดสอบ ทำการสุ่มเมล็ดถั่วหรั่งตามกรรมวิธี จำนวน 25 เมล็ดต่อซ้ำ

2. เตรียมวัสดุทรายเพาะ ทรายที่ใช้ในการเพาะไม่ควรละเอียดหรือหยาบเกินไป นำทรายมาล้างทำความสะอาด นำวัสดุเจือปนออกจากทราย และมีความชื้นประมาณ 60 % จากนั้นนำทรายมาบรรจุในกล่องเพาะทดสอบความงอกสูงประมาณ 10 ซม. เกลี่ยหน้าทรายให้เรียบสม่ำเสมอ พร้อมเจาะหลุมสำหรับเพาะเมล็ดลึก 1 - 2 ซม.

3. นำเมล็ดหยอดลงหลุมที่เจาะไว้ กลบด้วยทรายเกลี่ยให้เรียบ จากนั้นปิดฝากล่องเพาะเมล็ดไว้ นำมาวางบนชั้นทดสอบในสภาพอุณหภูมิห้อง

4. ระยะเวลาสำหรับทดสอบความงอก 14 วัน

การประเมินผลการทดสอบความงอก

ตรวจสอบความงอกครั้งแรก (first count) เมื่อต้นกล้าอายุ 4 วัน และตรวจสอบความงอกครั้งสุดท้าย (final count) เมื่อต้นกล้ามีอายุ 14 วัน โดยในการประเมินจะนับและแยกส่วนต่าง ๆ หลังการเพาะครบเวลาตามกำหนดดังต่อไปนี้

1. ต้นอ่อนปกติ (normal seedling) คือ ต้นอ่อนที่งอกจากเมล็ดที่มีส่วนประกอบครบถ้วน

2. ต้นอ่อนผิดปกติ (abnormal seedling) คือ ต้นอ่อนที่งอกจากเมล็ดที่มีส่วนประกอบไม่สมบูรณ์ หรือขาดหายไป หรือผิดปกติไปจากเดิม

3. เมล็ดแข็ง (hard seedling) คือ เมล็ดที่มีลักษณะแข็ง ผิวเปลือกไม่ดูดน้ำ หลังจากเสร็จสิ้นการทดสอบจะมีลักษณะคงเดิมทุกอย่าง

4. เมล็ดสดที่ไม่งอก (fresh ungerminated seed) คือ เมล็ดที่ดูดน้ำและขยายพองมีขนาด เมล็ดโตขึ้นแต่ไม่มีส่วนใดงอกออกมาเลย

5. เมล็ดที่ตาย (dead seed หรือ rotten seed) คือ เมล็ดตายที่มีลักษณะเน่าเปื่อย มีราขึ้น และไม่งอก การประเมินผลจะเริ่มทำในวันนับครั้งแรก โดยบันทึกและนับออกของต้นอ่อนปกติ และเมล็ดที่ตาย ส่วนที่เหลือจะนับไม่เกินวันนับครั้งสุดท้าย หลังจากนั้นนำข้อมูลมาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความงอกจากสูตรดังต่อไปนี้

$$\text{เปอร์เซ็นต์ความงอก} = \frac{\text{จำนวนเมล็ดที่งอกปกติ} \times 100}{\text{จำนวนเมล็ดที่เพาะ}}$$

การตรวจสอบดัชนีความเร็วในการงอก (speed of germination index : SGI) โดยนับจำนวนเมล็ดที่งอกเป็นต้นกล้าปกติและจำนวนวันที่งอกตั้งแต่ เริ่มเพาะ (first count) จนถึงวันสุดท้าย (final count) แล้วนำผลการนับมาคำนวณหาดัชนีความเร็วในการงอกตามกรรมวิธีทดสอบของ AOSA (AOSA, 2009) จากสูตรดังต่อไปนี้

$$\text{ดัชนีความเร็วในการงอก} = \frac{\text{เมล็ดงอกต้นกล้าปกติ}}{\text{วันที่ทำการตรวจนับ}} + \dots + \frac{\text{เมล็ดงอกต้นกล้าปกติ}}{\text{วันสุดท้ายที่ทำการตรวจนับ}}$$

การตรวจสอบความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์โดยการประเมินการเจริญเติบโตของต้นกล้า โดยประเมินที่ 14 วัน หลังเพาะ ดำเนินการ 3 ซ้ำๆ ละ 10 ต้น โดยการประเมินในสภาพเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ห้องปฏิบัติการ โดยการเอาต้นกล้าออกจากทราย จากนั้นตัดต้นกล้าบริเวณโคนชิตวัสดุเพาะ และนำต้นกล้าที่ได้จากการสุ่มมาประเมินตรวจวัดโดยใช้ไม้บรรทัดมีหน่วยเป็นซม.

หลังจากการตรวจวัดความยาวต้นแล้ว นำต้นกล้าไปตรวจสอบน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของต้นกล้า โดยดำเนินการ 3 ซ้ำๆ ละ 10 ต้นเช่นเดียวกัน จากนั้นนำมาชั่งน้ำหนักสด ส่วนน้ำหนักแห้งนำต้นกล้าไปอบแห้งในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 65 - 70 °C เป็นเวลา 72 ชั่วโมง หรือจนกว่าน้ำหนักแห้งจะคงที่ แล้วนำออกจากตู้อบลมร้อนชั่งน้ำหนักแห้ง

การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลที่เก็บบันทึกได้ทั้งหมดมาวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (analysis of variance) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างกรรมวิธีโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) โดยใช้โปรแกรม Sirichai Statistic 7.0

3.3.2 การศึกษาส่วนที่ 2 อิทธิพลของวันปลูกต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต องค์ประกอบผลผลิต

สารพิษเคมี ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ และองค์ประกอบทางเคมีของถั่วหรั่ง 4 พันธุ์ (สงขลา 1, TVsu 1221, TVsu 89 และ SK1-15) ที่ปลูกในจังหวัดสงขลา

ดำเนินการปลูกถั่วหรั่งในแปลงทดลอง โดยกำหนดวันปลูกให้หลีกเลี่ยงผลกระทบจากช่วงฝนตกหนักอันเนื่องมาจากความแปรปรวนของสภาพอากาศ จำนวน 3 วันปลูก ได้แก่ วันปลูกที่ 1 (11 พ.ค. 2564) ช่วงต้นฤดูฝนซึ่งเป็นฤดูปลูกปกติ วันปลูกที่ 2 (9 เม.ย. 2565) ซึ่งเป็นช่วงฤดูร้อน และวันปลูกที่ 3 (8 มี.ค. 2566) ซึ่งเป็นช่วงปลายฤดูฝน ส่วนพันธุ์ถั่วหรั่งที่ใช้ในการศึกษา 3 พันธุ์ เป็นพันธุ์ถั่วหรั่งอายุสั้น และอยู่ระหว่างขั้นตอนการขอรับรองพันธุ์

การวางแผนการทดลอง

ดำเนินการปลูกถั่วหรั่งจำนวน 3 วันปลูกตั้งรายละเอียดข้างต้น ซึ่งแต่ละวันปลูกวางแผนการทดลองแบบ randomized complete block design จำนวน 4 ซ้ำ โดยถั่วหรั่งที่ใช้ในการศึกษาจำนวน 4 พันธุ์ ได้แก่

1. สงขลา 1
2. TVsu 1221
3. TVsu 89
4. SK1-15

การเตรียมแปลง การปลูก และการดูแลรักษา

ดำเนินการทดลองในสภาพไร่ โดยการเตรียมแปลงก่อนปลูกโดยไถตะ 2 ครั้ง แล้วไถพรวน 1-2 ครั้ง ทำการเตรียมแปลงย่อยขนาด 4.8 x 5 เมตร จำนวน 16 แปลงย่อย และทำร่องระบายน้ำระหว่างแปลงย่อยและระหว่างซ้ำ การปลูกใช้ระยะปลูกระหว่างแถว 60 ซม. ระยะระหว่างต้น 45 ซม. ใช้เสียมขนาดเล็กหรือไม้ในการขุดหลุม หยอดเมล็ดถั่วหรั่ง 3 เมล็ดต่อหลุมแล้วกลบดิน หลังปลูกฉีดพ่นสารควบคุมวัชพืชก่อนงอกด้วยอะลาคลอร์ (Alachlor) อัตรา 600 ซีซี/ไร่ หลังจากถั่วหรั่งงอกแล้วประมาณ 14 วัน ฉีดพ่นด้วยสารป้องกันกำจัดวัชพืช Fluazifop-p-butyl อัตรา 40-50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มล./น้ำ 20 ลิตร เพื่อควบคุมวัชพืชใบแคบในแปลงปลูก และหลังปลูกไปแล้ว 3 สัปดาห์ทำการถอนแยกให้เหลือ 2 ต้นต่อหลุม รวมทั้งใส่ปุ๋ยพูนโคนโดยใช้ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 50 กก./ไร่ การป้องกันกำจัดโรคและแมลง สังเกตการระบาดของแมลงในแปลงปลูก ซึ่งส่วนใหญ่พบการระบาดของเพียงเล็กน้อย จึงไม่ได้ใช้สารเคมีในการฉีดพ่นเพื่อควบคุม แต่พบการระบาดของโรคใบไหม้ในระยะออกดอก ได้ใช้สารป้องกันกำจัดโรคพืช ไอโพรดิโอน (iprodione) 50 % WP อัตรา 30 กรัม/น้ำ 20 ลิตร ฉีดพ่นในช่วงที่พบการระบาดทุก 7 วัน การให้น้ำในช่วงแล้งหรือช่วงฝนทิ้งช่วง ให้น้ำด้วยระบบน้ำพุ่ง โดยไม่ให้ถั่วหรั่งขาดน้ำตลอดช่วงอายุพืช

การเก็บบันทึกข้อมูล โดยทำการเก็บบันทึกข้อมูล 4 ส่วนประกอบด้วย ข้อมูลดิน ข้อมูลภูมิอากาศรายวัน ข้อมูลการจัดการในแปลงปลูกพืช และข้อมูลพืช

ก่อนปลูกทำการสุ่มเก็บตัวอย่างดินชุดคอหงส์ (Khohong series : Kh) จากพื้นที่แปลงปลูกภายในศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรสงขลา สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 8 กรมวิชาการเกษตร จังหวัดสงขลา โดยการสุ่มเก็บตัวอย่างดินก่อนปลูกที่ระดับความลึก 0 - 15 และ 15 - 30 ซม.จากระดับผิวดิน ทำการสุ่มเก็บตัวอย่างดิน 10 - 15 จุดทั่วทั้งแปลงนำดินมาคลุกเคล้าเพื่อนำไปวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของดินในห้องปฏิบัติการ ประกอบด้วยความเป็นกรด-ด่างของดิน (pH) ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (organic matter : OM) ปริมาณอินทรีย์คาร์บอน (organic carbon : OC) วิเคราะห์สภาพการนำไฟฟ้าของดิน (Electrical conductivity : EC) วิเคราะห์ไนโตรเจน (N) ทั้งหมด วิเคราะห์ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Available P) วิเคราะห์โพแทสเซียม (K) แคลเซียม (Ca) และแมกนีเซียม (Mg) ที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable K, Ca และ Mg)

1) ข้อมูลภูมิอากาศรายวัน ใช้ข้อมูลจากสถานีอุตุนิยมวิทยาคอหงส์ อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา ซึ่งประกอบด้วย อุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุด ความชื้นของแสง ความชื้นสัมพัทธ์ และปริมาณน้ำฝนรายวันในปี 2564 - 2566 โดยนำข้อมูลอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดมาคำนวณหาค่าอุณหภูมิสะสม (Growing degree day: GDD) โดยคำนวณได้ จากสมการของ Russelle *et al.* (1984) ดังนี้

$$GDD = \left[\frac{(T_{max} + T_{min})}{2} \right] - T_{base}$$

โดย T_{max} = อุณหภูมิสูงสุดประจำวัน (°C)

T_{min} = อุณหภูมิต่ำสุดประจำวัน (°C)

T_{base} = อุณหภูมิต่ำสุดที่พืชสามารถเจริญเติบโตได้ตามปกติ (°C)

T_{base} ของถั่วหรั่ง = 10 °C (Harris and Azam-Ali, 1993)

2) ระยะเวลาการพัฒนาของถั่วหรั่ง (Phenology) ทำการเก็บบันทึกข้อมูลวันที่มีระยะพัฒนาการของถั่วหรั่ง โดยบันทึกข้อมูลเมื่อถึงแต่ละระยะพัฒนาการเกิน 50 % ของจำนวนประชากรทั้งหมด ซึ่งประกอบด้วย วันปลูก (Planting date) วันงอก (Day to field emergence) วันออกดอก 50 % (Day to flowering) และวันเก็บเกี่ยว (Harvest date) โดยสังเกตจากในแปลงจริงในทุกวันในเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระยะวันออก และวันออกดอก แล้วบันทึกข้อมูลเมื่อถึง 50 % ของประชากรในระยะนั้น ส่วนในระยะเก็บเกี่ยวสังเกตจากอายุและการโหมของต้น จากนั้นทำการสุ่มถอนเพื่อสังเกตลักษณะการตกกระของฝักแล้วบันทึกวันเก็บเกี่ยวเมื่อฝักตกกระถึง 50 % ของผลผลิต

3) การเจริญเติบโต ผลผลิต และองค์ประกอบผลผลิต สำหรับข้อมูลการเจริญเติบโต ทำการบันทึกข้อมูลจำนวน 5 ครั้ง โดยการสุ่มเก็บตัวอย่างถั่วหรั่ง จำนวน 12 ต้นต่อแปลงย่อย ที่อายุ ถั่วหรั่ง 25, 50, 75 และ 100 วันหลังปลูก และในระยะเก็บเกี่ยวสุ่มเก็บตัวอย่างถั่วหรั่งจำนวน 24 ต้นต่อแปลงย่อย จากนั้นบันทึกข้อมูลความสูงของต้นจากผิวดินถึงส่วนยอดที่สูงที่สุด ความกว้างของทรงพุ่มวัดจากส่วนที่กว้างที่สุดของทรงพุ่ม สุ่มเจาะใบถั่วหรั่งจำนวน 40 วงต่อต้น เพื่อนำไปใช้ในการคำนวณหาค่าพื้นที่ใบ (Leaf area : LA) ดัชนีพื้นที่ใบ (Leaf area index : LAI) พื้นที่ใบเฉพาะ (Specific leaf area : SLA) และอัตราการเจริญเติบโต (Crop growth rate : CGR) นำต้นถั่วหรั่งมาล้างทำความสะอาดจากนั้นนำมาแยกส่วนของต้น ใบ ราก และฝัก ชั่งน้ำหนักสด แล้วนำไปอบแห้งในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 65 - 70 ° C เป็นเวลา 72 ชั่วโมง หรือจนกว่าน้ำหนักแห้งจะคงที่ แล้วนำออกจากตู้อบลมร้อนชั่งน้ำหนักแห้ง ในระยะเก็บเกี่ยวทำการบันทึกน้ำหนักฝักสด น้ำหนักฝักแห้ง น้ำหนักเมล็ดดี น้ำหนักเมล็ดเสียเปอร์เซ็นต์ของเมล็ดดีและเมล็ดเสีย สุ่มเมล็ดเพื่อนำไปคำนวณหาน้ำหนัก 100 เมล็ด และคำนวณค่าดัชนีการเก็บเกี่ยว (Harvest index : HI)

โดยสูตรการคำนวณข้อมูลการเจริญเติบโต และองค์ประกอบผลผลิต มีดังนี้

การคำนวณหาดัชนีพื้นที่ใบ (Leaf area index : LAI) คำนวณได้จากสูตร

$$\text{Leaf area index} = \frac{\text{LA}}{\text{GA}}$$

เมื่อ LA = พื้นที่ใบ (ตร.ซม.)

GA = พื้นที่ดิน (ตร.ซม.)

การคำนวณหาพื้นที่ใบเฉพาะ (Specific leaf area : SLA) คำนวณได้จากสูตร

$$\text{Specific leaf area} = \frac{\text{LA}}{\text{LW}}$$

เมื่อ LA = พื้นที่ใบ (ตร.ซม.)

LW = น้ำหนักแห้งใบ (กรัม)

การคำนวณหาอัตราการเจริญเติบโต (Crop growth rate : CGR) คำนวณได้จากสูตร

$$\text{Crop growth rate} = \frac{1}{GA} \times \left[\frac{(W_2 - W_1)}{(T_2 - T_1)} \right]$$

เมื่อ GA = พื้นที่ดิน (ตร.ม)

W1 = น้ำหนักแห้งทั้งหมดที่ระยะเวลา T1 (กรัม)

W2 = น้ำหนักแห้งทั้งหมดที่ระยะเวลา T2 (กรัม)

T1 = ระยะเวลาการวัดน้ำหนักแห้งทั้งหมดครั้งที่ 1 (วัน)

T2 = ระยะเวลาการวัดน้ำหนักแห้งทั้งหมดครั้งที่ 2 (วัน)

การคำนวณหาดัชนีเก็บเกี่ยว (Harvest index : HI) คำนวณได้จากสูตร

$$\text{Harvest Index} = \frac{\text{Economic yield}}{\text{Biological yield}}$$

เมื่อ Economic yield = น้ำหนักฝักแห้ง (กก./ไร่)

Biological yield = น้ำหนักแห้งรวมทั้งหมด (กก./ไร่)

4) การวิเคราะห์สารพฤกษเคมี ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ และสารอาหารในเมล็ดของถั่วหรั่ง

การวิเคราะห์สารพฤกษเคมี ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ และสารอาหารในเมล็ดถั่วหรั่งใช้เมล็ดพันธุ์จากการเก็บเกี่ยวในวันปลูกที่ 2 และวันปลูกที่ 3 เนื่องจากเมล็ดมีปริมาณมากเพียงพอสำหรับการวิเคราะห์ โดยหลังจากเก็บเกี่ยวถั่วหรั่งทั้ง 4 พันธุ์ (สงขลา 1, TVsu 1221, TVsu 89 และ SK1-15) ทำการอบลดความชื้นของเมล็ดถั่วหรั่งจากนั้นนำมาบดละเอียด ร่อน และแบ่งตัวอย่างเพื่อส่งวิเคราะห์ ในการวิเคราะห์สารพฤกษเคมี และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ ได้รับความอนุเคราะห์จาก ดร.เขมมิการ์ ไชมพิตร นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการพิเศษ กลุ่มพัฒนาการตรวจสอบพืชและปัจจัยการผลิต สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตร เขตที่ 8 จังหวัดสงขลา และการวิเคราะห์สารอาหารในเมล็ด ได้รับความอนุเคราะห์จากกลุ่มพัฒนาการตรวจสอบพืชและปัจจัยการผลิต สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตร เขตที่ 8 จังหวัดสงขลา ขั้นตอนการเตรียมสารสกัดดำเนินการดังนี้

4.1) การเตรียมตัวอย่างสกัด

การเตรียมตัวอย่างสกัด สกัดตัวอย่างถั่วหรั่ง โดยชั่งน้ำหนักตัวอย่างแห้ง 10 กรัม นำมาสกัดด้วยอะซีโตน ความเข้มข้น 70 % ด้วยวิธี Soxhlet แล้วนำไประเหยแห้งด้วยเครื่อง Rotary evaporator ที่อุณหภูมิ 50 °C จนกระทั่งตัวทำละลายระเหยออกจนหมด จากนั้นละลายตัวอย่าง ด้วย 70 % เอทานอล ปริมาตร 10 มล. นำไปปั่นเหวี่ยงด้วยเครื่องปั่นเหวี่ยงสารที่อุณหภูมิ 60 °C ความเร็ว 5,000 รอบ/นาที เป็นเวลา 20 นาที กรองเก็บสารสกัดส่วนใสในหลอดเก็บตัวอย่าง จากนั้นเก็บรักษาตัวอย่างสารสกัดที่อุณหภูมิ 4 °C จนกระทั่งวิเคราะห์ทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. วิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (Total phenolic)

โดยใช้วิธี Folin-Ciocalteu method (Akillioglu and Karakaya, 2010) นำตัวอย่างใส่ประเหยให้แห้ง ด้วยเครื่อง Evaporator ที่อุณหภูมิ 40 °C จากนั้นตัวอย่างที่ได้ 20 ไมโครลิตร ผสมกับสารละลาย Folin-Ciocalteu ความเข้มข้น 2N ปริมาตร 100 ไมโครลิตร และปรับปริมาตรเป็น 1,600 ไมโครลิตร เติมสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต (0.2 มิลลิกรัม/มล.) ปริมาตร 300 ไมโครลิตร ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่อง vortex ตั้งไว้ที่อุณหภูมิห้องประมาณ 45 นาทีในที่มืด จากนั้นตัวอย่างไปวัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 760 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง UV-visible spectrophotometer ปริมาณ Total phenolic จะแสดงเป็นค่าของกรดแกลลิกเทียบกับกราฟมาตรฐานของกรดแกลลิก

2. วิเคราะห์ปริมาณสารฟลาโวนอยด์ทั้งหมด (Total Flavonoid)

โดยวิธี Aluminium nitrate colorimetric method (Akillioglu and Karakaya, 2010; Alvarado-Lopez *et al.*, 2019) นำสารละลายตัวอย่างที่สกัดได้จากข้อ 4.1) 0.3 มล. เจือจางด้วย แอลกอฮอล์ร้อยละ 95 ปริมาตร 1.7 มล. เติม 10 % aluminium chloride 0.1 มล., 1M potassium acetate 0.1 มล. และน้ำกลั่น 2.8 มล. ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 นาที แล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 415 nm และนำค่าการ ดูดกลืนแสงที่ได้ไปคำนวณหาปริมาณฟลาโวนอยด์จากสมการของกราฟสารละลายมาตรฐาน quercetin (calibration curve)

3. วิเคราะห์ปริมาณคอนเดนซ์แทนนิน (Tanin)

โดยวิธี HCl-vanillin method (Broadhurst and Jones, 1978; Sun and Ricardo, 1998) นำตัวอย่างสารสกัดปริมาตร 20 ไมโครลิตร ผสมกับ 1 % vanillin ปริมาตร 50 ไมโครลิตร และสารละลาย 25 % H₂SO₄ ปริมาตร 50 ไมโครลิตร ผสมให้เข้ากัน ตั้งไว้ให้ เกิดปฏิกิริยาที่อุณหภูมิห้องในที่มืด เป็นเวลา 15 นาที วัดค่าการดูดกลืนแสงโดยใช้ microplate reader ที่ความยาวคลื่น 500 nm เปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานความเข้มข้นของ Catechin และรายงานผลเป็นปริมาณ Catechin equivalent (mg CE/ml sample)

4. วิเคราะห์ปริมาณแอนโทไซยานิน (Anthocyanin)

โดยใช้วิธี pH-differential method (Mojica *et al.*, 2015) ปรับระดับความเจือจางของตัวอย่างใน 0.025 M โพแทสเซียมคลอไรด์บัฟเฟอร์ที่มีความเป็นกรด-ด่าง 1.0 และ 0.4 โมลาร์โซเดียมอะซิเตทบัฟเฟอร์ที่มีความเป็นกรด- ด่าง 4.5 จากนั้นวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 510 และ 700 นาโนเมตร รายงานผลในรูปของมิลลิกรัมไซยานินดีน-3-กลูโคไซด์ในตัวอย่าง 100 กรัม น้ำหนักแห้ง (mg cyaniding-3-glucoside / 100 g dry basis)

5. การทดสอบคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระ

โดยใช้วิธี DPPH Assay (Tovar *et al.*, 2017) นำตัวอย่างสารสกัดปริมาตร 100 ไมโครลิตร ใส่ในหลอดทดลอง การเตรียมสารละลาย DPPH ความเข้มข้น 60 ไมโครโมลาร์ โดยชั่ง DPPH 0.0024 กรัม นำมาละลายและปรับปริมาตรด้วยเมทานอล (analytical grade) ให้ได้ปริมาตร 100 มล. จากนั้นนำสารละลาย DPPH 1.9 มล. ผสมให้เข้ากันกับสารสกัดแล้วเก็บเอาไว้ในที่มืดเป็นเวลา 30 นาที นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 515 นาโนเมตร โดยเปรียบเทียบกับสารมาตรฐานกรดแอสคอร์บิก (Ascorbic acid) และ แอลฟา-โทโคฟีรอล (α -Tocopherol) จากนั้นทำการคำนวณเปอร์เซ็นต์ radical scavenging เพื่อคำนวณหาค่า IC₅₀ พร้อมทั้งคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ radical scavenging จากสมการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\% \text{ radical scavenging} = [1 - (\text{Asample}/\text{Acontrol})] \times 100$$

เมื่อ Asample = ค่าการดูดกลืนแสงของสารตัวอย่าง

Acontrol = ค่าการดูดกลืนแสงของ DPPH

นำค่า % radical scavenging activity ที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ มาคำนวณหาค่า IC50 หรือ ค่าความเข้มข้นของสารสกัดที่ทำให้ % radical scavenging activity ลดลงร้อยละ 50

6. วิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในเมล็ด N, P, K, Ca, Mg, Mn และ Zn

การวิเคราะห์ทางเคมีหาปริมาณธาตุอาหารในเมล็ดตามกรรมวิธีดังนี้ นำเมล็ดถั่วหรั่งที่ได้จากการเก็บเกี่ยว ทำความสะอาด และอบแห้งเพื่อลดความชื้น จากนั้นนำมากะเทาะเมล็ด แยกเมล็ดดี-เมล็ดเสีย นำเมล็ดถั่วหรั่งดีมาบดและร่อนละเอียด จากนั้นนำมาอบลดความชื้นที่อุณหภูมิ 72 °C เป็นเวลา 48 ชั่วโมง

1. เพอร์เซ็นต์ไนโตรเจนในเมล็ด (N) โดยใช้วิธี Kjeldahl ตามวิธีการมาตรฐาน AOAC (2000) ใช้ 0.3 % Boric acid จับ NH₃ ที่เกิดจาก Distillation ของ 40 % NaOH กับ (NH₄)₂ SO₄ titrate สารละลายที่ได้ด้วย std.0.01 N HCl

2. เพอร์เซ็นต์ฟอสฟอรัสในเมล็ด (P) โดยใช้วิธี Spectrophotometric Molybdovanadophosphate method (Yoshida *et al.*, 1972) ทำการ develop สีของสารละลายตัวอย่างด้วย Barton's solution วัดสีเหลืองที่เกิดขึ้นด้วยเครื่อง spectrophotometer ที่ความยาวคลื่นแสง 420 นาโนเมตร

3. เพอร์เซ็นต์โพแทสเซียมในเมล็ด (K) โดยใช้วิธี Atomic absorption spectrophotometric method (Yoshida *et al.*, 1972) เตรียมสารละลายด้วยวิธี wet digestion นำไปวัดด้วยเครื่อง atomic absorption spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 766.5 นาโนเมตร

4. เพอร์เซ็นต์แคลเซียมในเมล็ด (Ca) โดยใช้วิธี Atomic absorption spectrophotometric method (Yoshida *et al.*, 1972) เตรียมสารละลายด้วยวิธี wet digestion นำไปวัดด้วยเครื่อง atomic absorption spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 422.7 นาโนเมตร

5. เพอร์เซ็นต์แมกนีเซียมในเมล็ด (Mg) โดยใช้วิธี Atomic absorption spectrophotometric method (Yoshida *et al.*, 1972) เตรียมสารละลายด้วยวิธี wet digestion นำไปวัดด้วยเครื่อง atomic absorption spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 485.2 นาโนเมตร

6. ปริมาณแมงกานีสในเมล็ด (Mn : มก./กก.) โดยใช้วิธี Atomic absorption spectrophotometric method (Yoshida *et al.*, 1972) เตรียมสารละลายด้วยวิธี wet digestion นำไปวัดด้วยเครื่อง atomic absorption spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 279.5 นาโนเมตร

7. ปริมาณสังกะสีในเมล็ด (Zn : มก./กก.) โดยใช้วิธี Atomic absorption spectrophotometric method (Yoshida *et al.*, 1972) เตรียมสารละลายด้วยวิธี wet digestion นำไปวัดด้วยเครื่อง atomic absorption spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 213.9 นาโนเมตร

การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลด้านการเจริญเติบโต ผลผลิต องค์ประกอบผลผลิต และองค์ประกอบทางเคมีในเมล็ดของถั่วหรั่งแต่ละวันปลูก มาวิเคราะห์ความแปรปรวนรวม (Combined analysis of variance) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างกรรมวิธีโดยวิธี LSD และวิเคราะห์ Multiple regression เพื่อหาระยะการเจริญเติบโต และองค์ประกอบของผลผลิตที่มีความสำคัญต่อการให้ผลผลิตของถั่วหรั่งมากที่สุด โดยใช้โปรแกรม Statistix 8.0 (User's Manual, 2003) ก่อนการวิเคราะห์ความแปรปรวนรวมต้องมีการทดสอบดังนี้

1. การทดสอบความเป็นเอกภาพของความแปรปรวน (Homogeneity of Error Variance)

วิธี Bartlett's Test เพื่อจัดกลุ่มการทดลองที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อน (Error Mean Square) ของการทดลองว่ามีความแตกต่างกันหรือไม่ โดยการทดสอบโดยใช้ F-test

วิเคราะห์ความแปรปรวนรวม โดยการทดสอบค่า F

$$F = \frac{\text{Error Mean Square ค่ามาก}}{\text{Error Mean Square ค่าน้อย}}$$

ซึ่งจากการทดสอบค่า F พบว่า ความแปรปรวนไม่แตกต่างกันให้ทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนรวม

3.3.3 การศึกษาส่วนที่ 3 การประยุกต์ใช้แบบจำลอง CSM-CROPGRO-Cowpea ประเมินการเจริญเติบโตและผลผลิตของถั่วหรั่ง 4 พันธุ์ (สงขลา 1, TVsu 1221, TVsu 89 และ SK1-15) ภายใต้การเปลี่ยนแปลงของสภาพอากาศ

การเตรียมข้อมูลตัวป้อน ก่อนการนำ CSM-CROPGRO-Cowpea มาประยุกต์ใช้ในการประเมินลักษณะการเจริญเติบโต ผลผลิต และองค์ประกอบผลผลิต จำเป็นต้องเตรียมข้อมูลป้อน โดยการใช้ข้อมูลของวันปลูกที่ 1 (11 พ.ค. 64) และวันปลูกที่ 3 (8 มี.ค. 66) ใช้สำหรับการปรับค่า GCs (model calibration) และ 2) ข้อมูลของวันปลูกที่ 2 (9 เม.ย. 65) ใช้สำหรับการตรวจสอบค่า GCs (model evaluation) ซึ่งประกอบด้วยข้อมูลตัวป้อน 4 ชนิด ดังนี้

1. ไฟล์ข้อมูลดิน (soil.sol) ประกอบด้วยข้อมูลคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของดินจากงานทดลองจริงในแปลงปลูกของการศึกษาส่วนที่ 2

2. ไฟล์ข้อมูลภูมิอากาศ (xxxxxxx.WTH) ประกอบด้วย ข้อมูลภูมิอากาศรายวัน คือ ข้อมูลอุณหภูมิสูงสุด (°C) และอุณหภูมิต่ำสุด (°C) ความเข้มแสงของดวงอาทิตย์รายวัน (เมกะจูล/ตร.ม./วัน) และปริมาณน้ำฝนรายวัน (มม.) ขอความอนุเคราะห์ข้อมูลจากสถานีอุตุนิยมวิทยาคอหงส์ อ.หาดใหญ่

3. ไฟล์ข้อมูลการจัดการ (xxxxxxx.CPX) ประกอบด้วยข้อมูลการจัดการต่าง ๆ เหมือนในแปลงปลูกจริงทุกประการในการศึกษาส่วนที่ 2 ได้แก่ ชื่อพันธุ์/สายพันธุ์ วันปลูก ระยะปลูก ความหนาแน่นของประชากรต่อตร.ม. ปริมาณการให้น้ำ ปริมาณการใส่ปุ๋ย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ไฟล์ข้อมูลพืชหรือค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมพืช (Genetic coefficients; GCs) ประกอบด้วยลักษณะต่าง ๆ ด้านพัฒนาการและการเจริญเติบโตของพืช

นอกจากนี้ยังมีการจัดเตรียมชุดข้อมูลเพื่อใช้ในการเปรียบเทียบระหว่างข้อมูลจริงจากแปลงทดลองกับข้อมูลที่ได้จากการจำลอง ประกอบด้วย

ไฟล์ xxxxxxxx.CPA ประกอบด้วย รายละเอียดของวันออกดอก วันเก็บเกี่ยว ผลผลิต น้ำหนักชีวมวล เป็นต้น

ไฟล์ xxxxxxxx.CPT ประกอบด้วย รายละเอียดของการเปลี่ยนแปลงค่าที่ตรวจวัดในแต่ละระยะเวลา เช่น น้ำหนักลำต้น น้ำหนักใบ เป็นต้น

การประเมินค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรม

การประเมินค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมของถั่วหรั่ง 4 พันธุ์ โดยใช้ข้อมูลจากการศึกษา ส่วนที่ 2 และทำการแบ่งข้อมูลออกเป็น 2 ชุด ประกอบด้วย 1) ข้อมูลของวันปลูกที่ 1 (11 พ.ค. 64) และวันปลูกที่ 3 (8 มี.ค. 66) ใช้สำหรับการปรับค่า GCs (model calibration) และ 2) ข้อมูลของวันปลูกที่ 2 (9 เม.ย. 65) ใช้สำหรับการตรวจสอบค่า GCs (model evaluation) ดังรายละเอียดต่อไปนี้

การปรับค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรม (Model calibration) ทำการปรับค่าโดยใช้โปรแกรม GLUE (Generalized Likelihood Uncertainty Estimation) คำนวณแบบสุ่มในการเปลี่ยนแปลงค่า GCs แต่ละตัวภายใต้ช่วงค่าข้อมูลสูงสุดและต่ำสุดที่กำหนดไว้ซึ่งสามารถเลือกให้โปรแกรมทำการปรับค่าระยะพัฒนาการหรือค่าการเจริญเติบโตอย่างใดอย่างหนึ่ง หรือทั้งสองอย่างพร้อมกันได้โดยเริ่มจากการเตรียมไฟล์ข้อมูลตัวป้อน จากนั้นนำไฟล์ข้อมูลต่าง ๆ เข้าสู่โปรแกรม GLUE โดยในการปรับค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมโดยโปรแกรม GLUE จะเป็นการคำนวณแบบสุ่มในการเปลี่ยนแปลงค่าสัมประสิทธิ์ภายใต้ช่วงข้อมูลค่าข้อมูลสูงสุดและค่าต่ำสุดที่กำหนดของสัมประสิทธิ์นั้น โดยสามารถเลือกให้ปรับค่าพัฒนาการ (phenology) หรือค่าการเจริญเติบโตหรือผลผลิต (growth) หรือทั้งสองอย่างพร้อมกันได้ สำหรับจำนวนรอบในการปรับเพื่อให้ได้ค่าสัมประสิทธิ์ที่เหมาะสมนั้น ผู้พัฒนาโปรแกรม แนะนำให้เริ่มต้นที่ 6,000 ซึ่งหมายถึง 12,000 รอบ (6,000 รอบของค่าพัฒนาการ และ 6,000 รอบของค่าการเจริญเติบโต) ซึ่งในการทดลองนี้ จะทดสอบเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์ระหว่างการปรับค่าพัฒนาการ และค่าการเจริญเติบโต สำหรับการปรับค่าสัมประสิทธิ์ด้านพัฒนาการ (phenology coefficients) และด้านเจริญเติบโต หรือผลผลิต (growth coefficients) ซึ่งต้องใช้เวลามากในการคำนวณ (ซิษณุชา บุคดาบุญ และคณะ, 2554; Buddhaboorn *et al.*, 2018) แล้วนำค่าสัมประสิทธิ์ที่ประเมินได้ไปจำลองการเจริญเติบโตและผลผลิตของแต่ละวันปลูก พิจารณาความสอดคล้องระหว่างค่าที่ได้จากแบบจำลองและค่าสังเกตจริงด้วยค่าทางสถิติ ได้แก่ root mean square error (RMSE), normalized root mean square error (RMSEn) หากมีค่าต่ำแสดงว่าข้อมูลที่ได้จากการจำลองและข้อมูลค่าสังเกตจากแปลงปลูกจริงมีความใกล้เคียงกัน โดยหากค่า RMSEn น้อยกว่า 10 % แสดงว่าแบบจำลองทำนายได้ดีมาก เมื่อค่าอยู่ระหว่าง 10 - 20 % แสดงว่าแบบจำลองทำนายได้ดี เมื่อค่าอยู่ระหว่าง 20 - 30 % แสดงว่าแบบจำลองทำนายได้ค่อนข้างดี และหากมีค่ามากกว่า 30 % แสดงว่าแบบจำลองทำนายได้ไม่ดี (Rinaldi *et al.*, 2003) และพิจารณาจากค่า agreement index of agreement (d-stat) ถ้าหากค่า d มีค่าใกล้เคียง 1 แสดงว่าค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมที่ประเมินได้สามารถนำมาใช้ประเมินลักษณะต่าง ๆ ของถั่วหรั่งได้ดี (Willmott, 1982)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (P_i - O_i)^2}{n}}$$

เมื่อ n = จำนวนของค่าสังเกต
 P_i = ค่าทำนายของการวัดครั้งที่ i
 O_i = ค่าสังเกตของการวัดครั้งที่ i

$$RMSEn = \frac{RMSE \times 100}{\bar{O}}$$

เมื่อ $RMSE$ = root mean square error
 \bar{O} = ค่าเฉลี่ยของค่าสังเกต

$$d = 1 - \left[\frac{\sum_{i=1}^n (P_i - O_i)^2}{\sum_{i=1}^n (|P_i| + |O_i|)^2} \right], 0 \leq d \leq 1$$

เมื่อ n = จำนวนของค่าสังเกต
 P_i = ค่าทำนายของการวัดครั้งที่ i
 O_i = ค่าสังเกตของการวัดครั้งที่ i
 \bar{O} = ค่าเฉลี่ยของค่าสังเกต
 P_i' = P_i - ค่าเฉลี่ยของค่าสังเกต
 O_i' = O_i - ค่าเฉลี่ยของค่าสังเกต

โดยถ้าแบบจำลองประเมินออกมาได้ไม่ดีจะต้องปรับค่าใหม่จนค่าที่ได้จากแบบจำลองกับค่าสังเกตจริงมีค่าใกล้เคียงกันมากที่สุด ซึ่งในการศึกษานี้ถั่วหรั่งพันธุ์ สงขลา 1, TVsu 1221 และ SK1-15 ใช้ Ecotype เป็นพันธุ์ UCR 368-Kenya โดยทั้ง 3 พันธุ์ ใช้จำนวนรอบเท่ากับ 20,000 รอบ (10,000 รอบของพัฒนาการ และ 10,000 รอบของค่าการเจริญเติบโต) ส่วนพันธุ์ TVsu 89 ใช้ Ecotype เป็นพันธุ์ TVU3046-India และใช้จำนวนรอบเท่ากับ 20,000 รอบ (10,000 รอบของพัฒนาการ และ 10,000 รอบของค่าการเจริญเติบโต) หลังจากได้ค่า GCs จากโปรแกรม GLUE แล้วได้ดำเนินการปรับค่าด้วยมืออีกครั้ง โดยปรับค่าระยะพัฒนาการและการเจริญเติบโตในบางลักษณะเพื่อให้ได้ค่า GCs ที่ดีที่สุด โดยดัดแปลงกรรมวิธีจาก Anothai *et al.* (2008) โดยค่า GCs ที่ได้จะเป็นค่าเฉลี่ยจากวันปลูกที่ 1 (11 พ.ค. 64) และวันปลูกที่ 3 (8 มี.ค. 66)

การทดสอบค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมของถั่วหรั่ง (Model evaluation) การ

ตรวจสอบค่า GCs ที่ประเมินได้จากการปรับค่าก่อนหน้านี จะใช้ข้อมูลของวันปลูกที่ 2 (9 เม.ย. 65) ที่ไม่ได้ใช้ในการปรับค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรม โดยทำการเตรียมไฟล์ตัวบ่อนเช่นเดียวกับการปรับ

ค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรม ได้แก่ ไฟล์ข้อมูลการจัดการ (xxxxxxx.CPX) ไฟล์ข้อมูลดิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ในเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออยู่ใต้เห็นเป็นประโยชน์ทางวิชาการ

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(SOIL.SOL) ไฟล์ข้อมูลอากาศ (xxxxxxx.WTH) ไฟล์ข้อมูลค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรม (xxxxxxx.CUL) ไฟล์ xxxxxxx.CPA และไฟล์ xxxxxxx.CPT จากนั้นทำการจำลองการเจริญเติบโตและผลผลิต พิจารณาความสอดคล้องระหว่างค่าที่ได้จากการจำลองและจากการสังเกตจริงจากแปลงทดลองด้วยค่าทางสถิติ ได้แก่ root mean square error (RMSE), normalized root mean square error (RMSEn) (Rinaldi *et al.*, 2003) และค่า agreement index (D-stat) (Willmott, 1982) ดังที่ระบุไว้แล้วข้างต้น

ตารางที่ 3.1 ลักษณะที่ใช้เป็นค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมของพืช และลักษณะของพืชที่นำมาใช้ปรับค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรม

| สัญลักษณ์ | ลักษณะสัมประสิทธิ์พันธุกรรมของพืช | ลักษณะของพืชที่นำมาใช้ปรับค่า |
|-----------|---|----------------------------------|
| Ecotype | พันธุ์ที่ใช้ในการตั้งต้น | |
| CSDL | ค่าวันวิกฤตวันสั้น | ค่าคงที่ |
| PPSEN | ลักษณะความชื้นที่ตอบสนองต่อช่วงวันสั้น | ค่าคงที่ |
| EM-FL | ระยะเวลาจากออกถึงออกดอกแรก | วันออกดอกแรก |
| FL-SH | ระยะเวลาออกดอกแรกถึงเกิดฝักแรก | วันสร้างฝักแรก |
| FL-SD | ระยะเวลาออกดอกแรกถึงเริ่มสร้างเมล็ด | วันสร้างเมล็ดแรก |
| SD-PM | ระยะเวลาจากเริ่มสร้างเมล็ดถึงระยะสุกแก่ทางสีเขียว | ค่า SLA และ LAI |
| FL-LF | ระยะออกดอกแรกถึงระยะใบขยายเต็มที่ | วันเก็บเกี่ยว |
| LFMAX | อัตราการสังเคราะห์แสงสูงสุดของใบ | มวลชีวภาพ |
| SLAVR | Specific Leaf Area (SLA) | ค่า SLA และ LAI |
| SIZLF | ขนาดของใบสูงสุด | ค่า SLA และ LAI |
| XFRT | สัดส่วนของอาหารสูงสุดที่ส่งไปยังฝักและเมล็ด | ผลผลิตฝักและผลผลิตเมล็ด |
| WTPSD | น้ำหนักสูงสุดต่อเมล็ด | ผลผลิตเมล็ดและน้ำหนักเมล็ดสูงสุด |
| SFDUR | ระยะเวลาในการสร้างเมล็ด | ระยะเวลาการสร้างเมล็ด |
| SDPDV | จำนวนเมล็ดต่อฝัก | ผลผลิตเมล็ดและจำนวนเมล็ดต่อฝัก |
| PODUR | ระยะเวลาในการสร้างฝัก | ระยะเวลาการสร้างฝัก |
| THRSH | อัตราส่วนสูงสุดของเมล็ดต่อฝัก | เปอร์เซ็นต์กะเทาะ |
| SDPRO | สัดส่วนของโปรตีนในเมล็ด | ปริมาณโปรตีนในเมล็ด |
| SDLIP | สัดส่วนของไขมันในเมล็ด | ปริมาณไขมันในเมล็ด |

ที่มา: ดัดแปลงจาก สุกัญญา สุจริยา (2547)

การประเมินผลกระทบการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของถั่วเหลืองโดยใช้แบบจำลอง CSM-CROPGRO-Cowpea

งานศึกษาในส่วนนี้เป็นการใช้ข้อมูลภูมิอากาศล่วงหน้า ในการคาดการณ์แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของสภาพอากาศในสภาวะที่มีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกระดับปานกลางและระดับเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สูงสุด ที่ส่งผลให้อุณหภูมิของอากาศร้อนและแล้งมากยิ่งขึ้น รวมไปถึงการนำข้อมูลอากาศล่วงหน้าไปจำลองสถานการณ์ในแหล่งปลูกอื่นที่คาดว่าจะสามารถปลูกถั่วหรั่งได้ ในภูมิภาคต่างๆ ของประเทศไทย ซึ่งข้อมูลที่ได้จะเป็นประโยชน์ในการศึกษาศักยภาพของพันธุ์ใหม่ในสภาพแวดล้อมอื่น เพื่อเป็นข้อมูลในการแนะนำพันธุ์ปลูกที่เหมาะสมโดยมีการดำเนินการดังนี้

คัดเลือกสถานที่ปลูกที่เคยมีการดำเนินการทดสอบในการปลูกถั่วหรั่งเพื่อทดสอบพันธุ์ (จิระสุวรรณประเสริฐ และคณะ, 2559) จำนวน 4 สถานที่ ส่วนอีก 2 สถานที่ จังหวัดกรุงเทพฯ และ จังหวัดนครราชสีมา เป็นการทดสอบปลูกในงานวิจัยของนักศึกษาปริญญาโท ส่วนของจังหวัดสงขลา มาจากงานวิจัยในการศึกษาส่วนที่ 2

ตารางที่ 3.2 ข้อมูลสถานที่ปลูกที่นำมาใช้ในการประเมินผลผลิตของถั่วหรั่ง

| สถานที่ | ละติจูด | ลองจิจูด | ชุดดิน | ลักษณะดิน |
|------------------------|------------|-------------|----------|-------------------------|
| อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา | 7.01730 | 100.50471 | คองหงส์ | ดินร่วนปนทราย |
| อ.ปะทิว จ.ชุมพร | 10.9620256 | 99.4883489 | หัวหิน | ดินทรายปนดินร่วน |
| อ.เมือง จ.กาญจนบุรี | 13.9811886 | 99.4565460 | ตาคลี | ดินร่วนปนดินเหนียว |
| เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ | 13.7299750 | 100.7833208 | บางกอก | ดินเหนียว |
| อ.นครบุรี จ.นครราชสีมา | 14.5559547 | 102.3443084 | โชคชัย | ดินเหนียวปนทรายแป้ง |
| อ.กาบเชิง จ.สุรินทร์ | 14.4824600 | 103.5396986 | ธวัชบุรี | ดินร่วนเหนียวปนทรายแป้ง |
| อ.สันทราย จ.เชียงใหม่ | 18.9070109 | 99.0063015 | สันทราย | ดินร่วนปนทราย |

ที่มา : กรมพัฒนาที่ดิน (2567)

ใช้ข้อมูลจากทั้ง 3 วันปลูก เป็นค่าเริ่มต้นเพื่อทำนายผลผลิตล่วงหน้า 30 ปี (2021 – 2050) โดยใช้ข้อมูลไฟล์อากาศล่วงหน้าที่ได้จาก SEACLID/CORDEX Southeast Asia output for DSSAT Models (Ramkhamhaeng University, Center of Regional Climate Change and Renewable Energy [RU-CORE] 2018) ใช้ข้อมูลการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศจำลองแบบ RCP 4.5 และ RCP 8.5 เป็นแบบจำลองสถานการณ์แนวทางการลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกในระดับสถานการณ์การใช้มาตรการลดก๊าซเรือนกระจกระดับปานกลางและระดับสูงสุด ตามรายงานการประเมินสถานการณ์ด้านการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ ฉบับที่ 5 (The Fifth Assessment Report : AR5) ของคณะกรรมการระหว่างรัฐบาลว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ (Intergovernmental Panel on Climate Change : IPCC) แสดงผลการคาดการณ์ประมาณการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ เปรียบเทียบกับช่วงปีฐาน (2021 – 2023) โดยแสดงผลค่าตัวแปรภูมิอากาศ ได้แก่ ปริมาณฝน อุณหภูมิสูงสุด และอุณหภูมิต่ำสุดรายวัน ในรูปแบบกริดขนาด 25 x 25 กิโลเมตร จากนั้นทำนายผลผลิตถั่วหรั่งทั้ง 4 พันธุ์ ประกอบด้วยการทำนายล่วงหน้า 30 ปี จำนวน 3 วันปลูก ทั้งในพื้นที่อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา (แหล่งปลูกเดิมของถั่วหรั่งเป็นพื้นที่เปรียบเทียบ) เขตลาดกระบัง จังหวัดกรุงเทพมหานคร อำเภอครบุรี จังหวัดนครราชสีมา อำเภอกาบเชิง จังหวัดสุรินทร์ อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ อำเภอเมือง จังหวัดกาญจนบุรี และอำเภอบึง จังหวัดชุมพร (แหล่งปลูกอื่นนอกพื้นที่ปลูกเดิม) เพื่อดูแนวโน้มศักยภาพของผลผลิตของถั่วหรั่งในสภาพแวดล้อมอื่นนอกเขตปลูกเดิม ในอีก 30 ปี ข้างหน้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

การวิเคราะห์ความแปรปรวนรวม (combined analysis of variance) สำหรับน้ำหนักแห้ง และผลผลิตที่ได้จากแบบจำลองของถั่วหรั่ง 4 พันธุ์ ใน 7 สถานที่ จำนวน 3 วันปลูก โดยกำหนดให้สถานที่เป็นปัจจัยสุ่ม (random effect) ในขณะที่วันปลูกและพันธุ์ถือเป็นปัจจัยคงที่ (fixed effect) (Gomez and Gomez, 1984) โดยใช้หุ่นจำลองสำหรับการวิเคราะห์ดังนี้

$$Y_{ijk} = \mu + P_i + L_j + E(a)_{ij} + G_k + (GP)_{ik} + (GL)_{jk} + E(b)_{ijk}$$

โดยที่ μ = ค่าเฉลี่ยรวม
 P_i = อิทธิพลของวันปลูกที่ i
 L_j = อิทธิพลของสถานที่ j
 $E(a)_{ij}$ = ความคลาดเคลื่อนจากปฏิสัมพันธ์ระหว่าง วันปลูกที่ i และสถานที่ j
 G_k = อิทธิพลของพันธุ์ที่ k
 $(GP)_{ik}$ = ปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์ที่ k และวันปลูกที่ i
 $(GL)_{jk}$ = ปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์ที่ k และสถานที่ j
 $E(b)_{ijk}$ = ความคลาดเคลื่อนจากปฏิสัมพันธ์ระหว่าง พันธุ์ที่ k วันปลูกที่ i และสถานที่ j
 ซึ่งในการศึกษานี้จะใช้ $E(b)_{ijk}$ เป็นค่าความคลาดเคลื่อนของงานทดลอง เนื่องจากผลประเมินจากแบบจำลองไม่มีซ้ำ (Phakamas *et al.*, 2008)

การวิเคราะห์ความแปรปรวนรวม (combined analysis of variance) สำหรับน้ำหนักแห้ง และผลผลิตที่ได้จากแบบจำลองของถั่วหรั่ง 4 พันธุ์ ใน 7 สถานที่ จำนวน 3 วันปลูก เป็นเวลา 30 ปี โดยกำหนดให้ปีและสถานที่เป็นปัจจัยสุ่ม (random effect) ในขณะที่วันปลูกและพันธุ์ถือเป็นปัจจัยคงที่ (fixed effect) (Gomez and Gomez, 1984) โดยใช้หุ่นจำลองสำหรับการวิเคราะห์ดังนี้

$$Y_{ijkl} = \mu + Y_i + P_j + (YP)_{ij} + L_k + (YL)_{ik} + (PL)_{jk} + E(a)_{ijk} + G_l + (GY)_{il} + (GP)_{jl} + (GYP)_{jil} + (GL)_{kl} + (GYL)_{ikl} + (GPL)_{ikl} + E(b)_{ijkl}$$

โดยที่ μ = ค่าเฉลี่ยรวม
 Y_i = อิทธิพลของปีที่ i
 P_j = อิทธิพลของวันปลูกที่ j
 $(YP)_{ij}$ = ปฏิสัมพันธ์ระหว่างปีที่ i และวันปลูกที่ j
 L_k = อิทธิพลของสถานที่ k
 $(YL)_{ik}$ = ปฏิสัมพันธ์ระหว่างปีที่ i และสถานที่ k
 $(PL)_{jk}$ = ปฏิสัมพันธ์ระหว่างวันปลูกที่ j และสถานที่ k
 $E(a)_{ijk}$ = ความคลาดเคลื่อนจากปฏิสัมพันธ์ระหว่างปีที่ i วันปลูกที่ j และสถานที่ k
 G_l = อิทธิพลของพันธุ์ที่ l
 $(GY)_{il}$ = ปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์ที่ l และปีที่ i

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$(GP)_{jl}$ = ปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์ที่ l และวันปลูกที่ j

$(GYP)_{ijl}$ = ปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์ที่ l ปีที่ i และวันปลูกที่ j

$(GL)_{kl}$ = ปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์ที่ l และสถานที่ k

$(GYL)_{lik}$ = ปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์ที่ l ปีที่ i และสถานที่ k

$(GPL)_{jkl}$ = ปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์ที่ l วันปลูกที่ j และสถานที่ k

$E(b)_{ijkl}$ = ความคลาดเคลื่อนจากปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์ที่ l ปีที่ i วันปลูกที่ j และสถานที่ k

ซึ่งในการศึกษานี้จะใช้ $E(b)_{ijkl}$ เป็นค่าความคลาดเคลื่อนของงานทดลอง เนื่องจากผลประเมินจากแบบจำลองไม่มีซ้ำ (Phakamas *et al.*, 2008)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการวิจัยและการวิจารณ์ผลการทดลอง

4.1 การศึกษาส่วนที่ 1 ผลของการลดความชื้นเมล็ดพันธุ์ต่อระยะเวลาการเก็บรักษาและคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง

4.1.1 ผลของการตรวจสอบคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ในสภาพห้องปฏิบัติการ

ตารางที่ 4.1 แสดงเปอร์เซ็นต์ความงอกและดัชนีความเร็วในการงอกของถั่วเหลือง 2 พันธุ์ เมื่อลดความชื้นของเมล็ดพันธุ์ 3 ระดับ คือ 8, 10 และ 12 % จากผลการทดลองพบว่าพันธุ์ TVsu 1221 มีเปอร์เซ็นต์ความงอกและดัชนีความเร็วในการงอกต่ำกว่าพันธุ์สงขลา 1 อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P \leq 0.01$) ที่อายุการเก็บรักษา 2, 4 และ 6 เดือน ส่วนที่อายุการเก็บรักษาที่ 0 เดือน ไม่มีความแตกต่างกัน พบว่าพันธุ์สงขลา 1 มีเปอร์เซ็นต์ความงอกและดัชนีความเร็วในการงอกสูงสุดที่อายุการเก็บรักษา 6 เดือน เท่ากับ 91.11 % และ 24.43 ตามลำดับ ในขณะที่พันธุ์ TVsu 1221 มีเปอร์เซ็นต์ความงอกและดัชนีความเร็วในการงอกลดลงอย่างมากเมื่ออายุการเก็บรักษานานขึ้น โดยที่อายุการเก็บรักษา 6 เดือน มีเปอร์เซ็นต์ความงอกและดัชนีความเร็วในการงอกเท่ากับ 48.44 % และ 11.92 ตามลำดับ

ระดับความชื้นของเมล็ดมีผลต่อเปอร์เซ็นต์ความงอกและดัชนีความเร็วในการงอกของเมล็ดถั่วเหลืองทั้ง 2 พันธุ์ และมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ที่อายุการเก็บรักษา 6 เดือน ผลการศึกษาพบว่าหากลดระดับความชื้นของเมล็ดลงเหลือ 8 % จะทำให้เมล็ดมีเปอร์เซ็นต์ความงอกและดัชนีความเร็วในการงอกลดลงอย่างมาก (59.33 % และ 15.70) แต่หากมีการลดความชื้นเหลืออยู่ที่ 12 % จะทำให้เมล็ดมีเปอร์เซ็นต์ความงอกและดัชนีความเร็วในการงอกสูงสุดเท่ากับ 81.13 % และ 20.98 ตามลำดับ

ผลของการวิเคราะห์ปฏิกริยาสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์กับระดับความชื้นของเมล็ดที่ส่งผลต่อเปอร์เซ็นต์ความงอกและดัชนีความเร็วในการงอก พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P \leq 0.01$) ที่อายุการเก็บรักษา 6 เดือน ถั่วเหลืองทั้ง 2 พันธุ์มีการตอบสนองต่อระดับความชื้นที่ต่างกัน เป็นที่น่าสังเกตว่าการลดความชื้นของถั่วเหลืองพันธุ์สงขลา 1 ให้เหลือระดับความชื้น 8, 10 และ 12 % ไม่มีผลทำให้เมล็ดพันธุ์มีเปอร์เซ็นต์ความงอกและดัชนีความเร็วในการงอกแตกต่างกัน โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 88.00 - 94.67 % และ 23.80 - 25.32 ตามลำดับ ในขณะที่พันธุ์ TVsu 1221 พบว่ามีการตอบสนองต่อระดับความชื้นในการเก็บรักษามากกว่าพันธุ์สงขลา 1 ที่ระดับความชื้น 12 % ทำให้เมล็ดมีเปอร์เซ็นต์ความงอกและดัชนีความเร็วในการงอกสูงที่สุดเท่ากับ 74.67 % และ 18.17 ตามลำดับ แต่หากมีการลดความชื้นให้เหลือระดับ 10 และ 8 % จะทำให้เมล็ดมีเปอร์เซ็นต์ความงอกและดัชนีความเร็วในการงอกลดลงอย่างมาก

ตารางที่ 4.1 ผลของระดับความชื้นของเมล็ดที่มีต่อเปอร์เซ็นต์ความงอกและดัชนีความเร็วในการงอกของถั่วหรั่ง 2 พันธุ์

| ปัจจัย | ความงอก (%) | | | | ดัชนีความเร็วในการงอก | | | | |
|-------------------------------|------------------------------|--------------------|--------------------|---------------------|------------------------------|--------------------|--------------------|---------------------|---------------------|
| | ระยะเวลาการเก็บรักษา (เดือน) | | | | ระยะเวลาการเก็บรักษา (เดือน) | | | | |
| | 0 | 2 | 4 | 6 | 0 | 2 | 4 | 6 | |
| พันธุ์ | | | | | | | | | |
| สงขลา 1 | 93.33 | 92.00 ^a | 88.89 ^a | 91.11 ^a | 23.00 | 24.13 ^a | 20.24 ^a | 24.43 ^a | |
| TVsu 1221 | 94.22 | 54.67 ^b | 15.11 ^b | 48.44 ^b | 23.72 | 14.83 ^b | 3.25 ^b | 11.92 ^b | |
| F-test | ns | ** | ** | ** | ns | ** | ** | ** | |
| ระดับความชื้น | | | | | | | | | |
| 8 % | 92.67 | 78.67 | 48.67 | 59.33 ^b | 22.77 | 20.53 | 11.18 | 15.70 ^b | |
| 10 % | 95.33 | 74.00 | 50.67 | 68.67 ^{ab} | 23.60 | 19.92 | 11.29 | 17.82 ^{ab} | |
| 12 % | 93.33 | 67.33 | 56.67 | 81.33 ^a | 23.71 | 17.99 | 12.77 | 20.98 ^a | |
| F-test | ns | ns | ns | * | ns | ns | ns | * | |
| พันธุ์ × ระดับความชื้น | | | | | | | | | |
| สงขลา 1 | 8 % | 93.33 | 89.33 | 86.67 | 94.67 ^a | 23.00 | 22.85 | 20.17 | 25.32 ^a |
| | 10 % | 97.33 | 93.33 | 90.67 | 90.67 ^a | 23.46 | 24.67 | 20.27 | 24.16 ^a |
| | 12 % | 89.33 | 93.33 | 89.33 | 88.00 ^a | 22.53 | 24.86 | 20.27 | 23.80 ^a |
| TVsu 1221 | 8 % | 92.00 | 68.00 | 10.67 | 24.00 ^c | 22.53 | 18.21 | 2.18 | 6.09 ^c |
| | 10 % | 93.33 | 54.67 | 10.67 | 46.67 ^{bc} | 23.73 | 15.17 | 2.31 | 11.49 ^{bc} |
| | 12 % | 97.33 | 41.33 | 24.00 | 74.67 ^{ab} | 24.90 | 11.11 | 5.27 | 18.17 ^{ab} |
| F-test (พันธุ์ × ความชื้น) | ns | ns | ns | ** | ns | ns | ns | ** | |
| C.V. (%) | 6.20 | 20.37 | 12.43 | 17.57 | 6.50 | 22.46 | 18.41 | 16.35 | |

ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

* = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P < 0.05$

** = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ $P < 0.01$

ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็กต่างกันในแต่ละแถวเดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติโดยวิธี DMRT

ตารางที่ 4.2 แสดงค่าเฉลี่ยความยาวส่วนยอดและน้ำหนักแห้งส่วนยอดของถั่วหรั่ง 2 พันธุ์ เมื่อลดความชื้นของเมล็ดพันธุ์ 3 ระดับ คือ 8, 10 และ 12 % พบว่าความยาวส่วนยอดมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ที่อายุการเก็บรักษา 0 และ 2 เดือน ส่วนน้ำหนักแห้งส่วนยอดมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P < 0.01$) ที่อายุการเก็บรักษา 6 เดือน โดยพันธุ์ TVsu 1221 มีส่วนยอดยาวกว่าพันธุ์สงขลา 1 ที่อายุการเก็บรักษาที่ 0 เดือน เท่ากับ 24.43 และ 23.49 ซม. ตามลำดับ ที่อายุการเก็บรักษาที่ 2 เดือนพบว่าพันธุ์สงขลา 1 มีส่วนยอดยาวกว่าพันธุ์ TVsu 1221 เท่ากับ 23.02 และ 21.44 ซม. ตามลำดับ น้ำหนักแห้งส่วนยอดที่อายุการเก็บรักษา 6 เดือน พันธุ์สงขลา 1 (2.81 กรัม) มีน้ำหนักมากกว่าพันธุ์ TVsu 1221 (2.33 กรัม)

ระดับความชื้นของเมล็ดมีผลต่อความยาวส่วนยอดอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P < 0.01$) ที่อายุการเก็บรักษา 0 เดือน และน้ำหนักแห้งส่วนยอดมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ที่อายุการเก็บรักษาที่ 6 เดือน โดยความยาวส่วนยอดที่อายุการเก็บรักษา 0 เดือน ระดับความชื้นที่ 8 และ 12 % มีความแตกต่างกัน ซึ่งระดับความชื้นของเมล็ดที่ 12 % มีความยาวส่วนยอดสูงสุดเท่ากับ 24.90 ซม. ในขณะที่ระดับความชื้น 8 % มีความยาวส่วนยอดเท่ากับ 23.19 ซม. ส่วนน้ำหนักแห้งส่วนยอด ที่ระดับความชื้นของเมล็ด 10 (2.75 กรัม) และ 12 % (2.71 กรัม) ไม่แตกต่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ การใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออยู่ใต้เงื่อนไขของเว็บไซต์นี้
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กันทางสถิติ เมื่อเก็บรักษาไว้นานอายุ 6 เดือน และที่ระดับความชื้น 8 % มีน้ำหนักแห้งส่วนยอดน้อยที่สุดเท่ากับ 2.25 กรัม

ผลของการวิเคราะห์ปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์กับระดับความชื้นของเมล็ดที่ส่งผลต่อความยาวของส่วนยอด และน้ำหนักแห้งส่วนยอด พบว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติในทุกช่วงอายุของการเก็บรักษา

ตารางที่ 4.2 ผลของระดับความชื้นของเมล็ดที่มีต่อความยาวส่วนยอดและน้ำหนักแห้งส่วนยอดของถั่วเหลือง 2 พันธุ์

| ปัจจัย | ความยาวส่วนยอด (ซม.) | | | | น้ำหนักแห้งส่วนยอด (กรัม) | | | | |
|-------------------------------|------------------------------|--------------------|-------|-------|------------------------------|-------|-------|-------------------|-------|
| | ระยะเวลาการเก็บรักษา (เดือน) | | | | ระยะเวลาการเก็บรักษา (เดือน) | | | | |
| | 0 | 2 | 4 | 6 | 0 | 2 | 4 | 6 | |
| พันธุ์ | | | | | | | | | |
| สงขลา 1 | 23.49 ^b | 23.02 ^a | 21.95 | 21.83 | 3.49 | 3.13 | 3.01 | 2.81 ^a | |
| TVsu 1221 | 24.43 ^a | 21.44 ^b | 21.78 | 22.72 | 3.01 | 2.84 | 2.75 | 2.33 ^b | |
| F-test | * | * | ns | ns | ns | ns | ns | ** | |
| ระดับความชื้น | | | | | | | | | |
| 8 % | 23.19 ^b | 22.61 | 22.47 | 21.31 | 3.48 | 2.99 | 2.87 | 2.25 ^b | |
| 10 % | 23.78 ^{ab} | 22.14 | 21.66 | 23.30 | 3.13 | 2.95 | 3.05 | 2.75 ^a | |
| 12 % | 24.90 ^a | 21.95 | 21.47 | 22.20 | 3.14 | 3.01 | 2.71 | 2.71 ^a | |
| F-test | ** | ns | ns | ns | ns | ns | ns | * | |
| พันธุ์ x ระดับความชื้น | | | | | | | | | |
| สงขลา 1 | 8 % | 22.67 | 22.48 | 22.27 | 21.27 | 3.54 | 3.01 | 2.94 | 2.66 |
| | 10 % | 23.94 | 22.85 | 21.79 | 22.60 | 3.24 | 3.12 | 3.28 | 2.91 |
| | 12 % | 23.84 | 23.74 | 21.78 | 21.61 | 3.68 | 3.25 | 2.80 | 2.87 |
| TVsu 1221 | 8 % | 23.70 | 22.74 | 22.67 | 21.36 | 3.41 | 2.96 | 2.79 | 1.85 |
| | 10 % | 23.62 | 21.42 | 21.52 | 24.00 | 3.01 | 2.79 | 2.83 | 2.60 |
| | 12 % | 25.96 | 20.17 | 21.15 | 22.80 | 2.59 | 2.77 | 2.63 | 2.55 |
| F-test (พันธุ์ x ความชื้น) | | ns | ns | ns | ns | ns | ns | ns | ns |
| C.V. (%) | | 3.37 | 5.84 | 10.84 | 8.65 | 15.96 | 17.03 | 12.41 | 12.60 |

ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

* = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P \leq 0.05$

** = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ $P \leq 0.01$

ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็กต่างกันในแต่ละแถวเดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยวิธี DMRT

4.2 การศึกษาส่วนที่ 2 อิทธิพลของวันปลูกต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต องค์ประกอบผลผลิต

สารพฤษเคมี ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ และ องค์ประกอบทางเคมีของถั่วหรั่ง 4 พันธุ์ (สงขลา 1, TVsu 1221, TVsu 89 และ SK1-15) ที่ปลูกในจังหวัดสงขลา

4.2.1 ผลการวิเคราะห์ดินก่อนปลูก

ผลการวิเคราะห์ดินก่อนปลูกในห้องปฏิบัติการ พบว่าดินในแปลงปลูกถั่วหรั่งทุกวันปลูกมีลักษณะเป็นดินร่วนเหนียว ดินก่อนปลูกของวันปลูกที่ 1 ที่ระดับความลึก 0 - 15 และ 15 - 30 ซม. มีค่า pH เท่ากับ 4.66 และ 4.58 ตามลำดับ จัดว่าดินเป็นกรดจัดถึงจัดมาก ดินไม่มีความเค็มโดยมีค่าสภาพการนำไฟฟ้า (EC) เท่ากับ 0.06 dS/m ค่าอินทรีย์วัตถุในดิน (OM) อยู่ในเกณฑ์ค่อนข้างต่ำเท่ากับ 1.48 และ 1.46 % มีอินทรีย์คาร์บอนในดิน (OC) เท่ากับ 0.86 และ 0.85 % มีปริมาณไนโตรเจน (N) เท่ากับ 0.07 % ในทั้ง 2 ระดับความลึกของดิน ซึ่งจัดอยู่ในเกณฑ์ต่ำมาก มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Available P) อยู่ในเกณฑ์สูงมีค่าเท่ากับ 32.71 และ 28.32 mg/kg ทำนองเดียวกับพบว่าปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ (Available K) เท่ากับ 78 และ 63.76 mg/kg จัดว่าอยู่ในเกณฑ์สูงเช่นกัน สำหรับปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดิน (Exchangeable Ca) เท่ากับ 2.17 และ 0.78 cmol/kg และปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดิน (Exchangeable Mg) เท่ากับ 0.32 และ 0.11 cmol/kg (ตารางที่ 4.3)

ผลการวิเคราะห์ดินก่อนปลูกของวันปลูกที่ 2 ระดับความลึก 0 - 15 และ 15 - 30 ซม. พบว่าดินมีค่า pH เท่ากับ 5.04 และ 4.75 ตามลำดับ จัดว่าดินเป็นกรดจัด โดยดินมีค่าสภาพการนำไฟฟ้าเท่ากับ 0.07 และ 0.06 dS/m จัดว่าไม่มีความเค็ม มีปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินปานกลางมีค่าเท่ากับ 1.74 และ 1.50 % มีอินทรีย์คาร์บอนเท่ากับ 1.01 และ 0.87 % มีปริมาณไนโตรเจนอยู่ในเกณฑ์ต่ำมากเท่ากับ 0.09 และ 0.07 % มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์อยู่ในเกณฑ์สูงมีค่าเท่ากับ 43.23 และ 26.65 mg/kg มีปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ได้อยู่ในเกณฑ์ต่ำถึงปานกลางมีค่าเท่ากับ 73.86 และ 50.32 mg/kg มีปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินเท่ากับ 1.76 และ 0.83 cmol/kg และมีปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินเท่ากับ 0.23 และ 0.14 cmol/kg (ตารางที่ 4.3)

ส่วนตัวอย่างดินก่อนปลูกของวันปลูกที่ 3 ผลการวิเคราะห์พบว่าที่ระดับความลึก 0 - 15 และ 15 - 30 ซม. มีค่า pH เท่ากับ 4.96 และ 4.70 ตามลำดับ จัดว่าดินเป็นกรดจัด ดินมีสภาพการนำไฟฟ้าเท่ากับ 0.05 และ 0.03 dS/m อยู่ในเกณฑ์ที่มีค่าต่ำจึงจัดว่าไม่เป็นดินเค็ม ดินมีค่าอินทรีย์วัตถุต่ำเท่ากับ 1.38 และ 0.99 % มีค่าอินทรีย์คาร์บอนเท่ากับ 0.80 และ 0.57 % มีปริมาณไนโตรเจนอยู่ในเกณฑ์ต่ำมากเท่ากับ 0.07 และ 0.05 % มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์อยู่ในเกณฑ์ปานกลางถึงสูงมีค่าเท่ากับ 37.04 และ 18.80 mg/kg มีปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์อยู่ในเกณฑ์ต่ำถึงปานกลางมีค่าเท่ากับ 57.33 และ 30.60 mg/kg มีปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินเท่ากับ 3.90 และ 0.66 cmol/kg และมีปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินเท่ากับ 0.46 และ 0.12 cmol/kg (ตารางที่ 4.3)

ตารางที่ 4.3 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติของดินก่อนปลูกถั่วหรั่งในทั้ง 3 วันปลูก

| คุณสมบัติดิน | วันปลูกที่ 1 | | วันปลูกที่ 2 | | วันปลูกที่ 3 | |
|---------------------------|--------------------------|-------|--------------|-------|--------------|-------|
| | ระดับความลึกของดิน (ซม.) | | | | | |
| | 0-15 | 15-30 | 0-15 | 15-30 | 0-15 | 15-30 |
| Texture | Clay Loam | | Clay Loam | | Clay Loam | |
| pH (1:1) | 4.66 | 4.58 | 5.04 | 4.75 | 4.96 | 4.70 |
| EC (dS/m) | 0.06 | 0.06 | 0.07 | 0.06 | 0.05 | 0.03 |
| OM (%) | 1.48 | 1.46 | 1.74 | 1.50 | 1.38 | 0.99 |
| OC (%) | 0.86 | 0.85 | 1.01 | 0.87 | 0.80 | 0.57 |
| Total N (%) | 0.07 | 0.07 | 0.09 | 0.07 | 0.07 | 0.05 |
| Available P (mg/kg) | 32.71 | 28.32 | 43.23 | 26.65 | 37.04 | 18.80 |
| Available K (mg/kg) | 78.00 | 63.76 | 73.86 | 50.32 | 57.33 | 30.60 |
| Exchangeable Ca (cmol/kg) | 2.17 | 0.78 | 1.76 | 0.83 | 3.90 | 0.66 |
| Exchangeable Mg (cmol/kg) | 0.32 | 0.11 | 0.23 | 0.14 | 0.46 | 0.12 |

ที่มา : ผลวิเคราะห์จากห้องปฏิบัติการกลุ่มพัฒนาการตรวจสอบพืชและปัจจัยการผลิต สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 8

4.2.2 อุณหภูมิและปริมาณน้ำฝน

อุณหภูมิสูงสุด อุณหภูมิต่ำสุด และปริมาณน้ำฝนตลอดช่วงอายุถั่วหรั่งในทั้ง 3 วันปลูก (ภาพที่ 4.1) จากภาพที่ 4.1ก แสดงสภาพอากาศของวันปลูกที่ 1 (11 พ.ค. 64) พบว่าอุณหภูมิค่อนข้างสูง โดยมีอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยตลอดฤดูปลูกเท่ากับ 33.31 °C อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยตลอดฤดูปลูกเท่ากับ 24.64 °C มีปริมาณน้ำฝนสะสมตลอดช่วงอายุของถั่วหรั่งเท่ากับ 461.1 มม. จากภาพจะสังเกตเห็นได้ว่าภายหลังจากถั่วหรั่งงอก สภาพอากาศจะมีอุณหภูมิต่ำลงและมีฝนตกบ่อยขึ้น แต่เมื่อเข้าสู่ระยะออกดอกจะค่อนข้างคงที่ จากนั้นหลังออกดอกพบว่าอุณหภูมิมีความแปรปรวนมากโดยเฉพาะในช่วงปลายเดือนกรกฎาคมอุณหภูมิพุ่งสูงขึ้นถึง 36.1 °C และมีปริมาณน้ำฝนน้อยลง แต่หลังจากนั้นอุณหภูมิต่ำลง โดยในช่วงใกล้เก็บเกี่ยวพบว่ามีฝนตกบ่อยและกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอ

สภาพอากาศของวันปลูกที่ 2 (9 เม.ย. 65) (ภาพที่ 4.1ข) พบว่าสภาพอากาศมีความแปรปรวนน้อยกว่าวันปลูกที่ 1 แม้จะเป็นช่วงฤดูร้อน โดยมีอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยตลอดฤดูปลูกเท่ากับ 33.50 °C อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยตลอดฤดูปลูกเท่ากับ 24.66 °C ปริมาณน้ำฝนสะสมตลอดอายุของถั่วหรั่งมีค่าเท่ากับ 664.2 มม. จากภาพจะสังเกตเห็นได้ว่าค่าเฉลี่ยอุณหภูมิสูงสุดและอุณหภูมิต่ำสุดแตกต่างจากวันปลูกที่ 1 เพียงเล็กน้อยเท่านั้น แต่สำหรับปริมาณน้ำฝนสะสมตลอดช่วงอายุของถั่วหรั่งในวันปลูกที่ 2 มีปริมาณสูงกว่าค่อนข้างมาก โดยพบว่าหลังปลูกถั่วหรั่งมีฝนตกหนักทำให้อุณหภูมิลดลง หลังจากถั่วหรั่งงอกแล้วอุณหภูมิต่ำลงแต่ไม่มากจนถึงระยะออกดอกและปริมาณน้ำฝนกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอ โดยในช่วงกลางเดือนมิถุนายนมีปริมาณน้ำฝนสูงสุดเท่ากับ 64.6 มม./วัน จากนั้นพบว่าปริมาณน้ำฝนมีการกระจายตัวสม่ำเสมอตลอดฤดูปลูก โดยไม่มีฝนทิ้งช่วงที่ยาวนาน

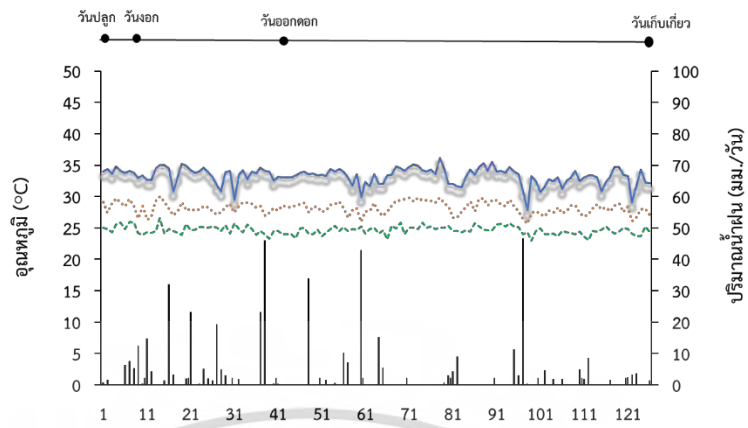
สภาพอากาศของวันปลูกที่ 3 (8 มี.ค. 66) (ภาพที่ 4.1ค) พบว่ามีอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยตลอดฤดูปลูกเท่ากับ 34.35 °C อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยตลอดฤดูปลูกเท่ากับ 24.77 °C และมี

ปริมาณน้ำฝนสะสมตลอดฤดูปลูกเท่ากับ 421.5 มม. ซึ่งให้เห็นว่าสภาพอากาศในวันปลูกที่ 3 ร้อนกว่าวันปลูกที่ 1 และวันปลูกที่ 2 เล็กน้อย สำหรับน้ำฝนสะสมตลอดฤดูปลูกพบว่าวันปลูกที่ 3 มีปริมาณสะสมน้อยที่สุด อย่างไรก็ตามพบว่าในช่วงแรกของการเจริญเติบโตตั้งแต่ปลูกจนถึงช่วงออกดอก เป็นช่วงที่มีสภาพอากาศเย็นและมีอุณหภูมิค่อนข้างต่ำเมื่อเทียบกับอีกสองวันปลูก อีกทั้งไม่มีฝนตกเลยประมาณ 1 เดือนตั้งแต่ปลูกจนถึงช่วงใกล้ออกดอก แต่หลังจากนั้นอุณหภูมิจะเริ่มสูงและมีความแปรปรวนมากขึ้น ในช่วงเดือนพฤษภาคมซึ่งเป็นช่วงหลังถั่วหรั่งออกดอก เริ่มมีตกบ่อยขึ้นและบางวันมีฝนตกหนักเพราะเริ่มเข้าสู่ช่วงฤดูฝน และมีปริมาณน้ำฝนสูงสุดเท่ากับ 71.2 มม./วัน ในช่วงเก็บเกี่ยว

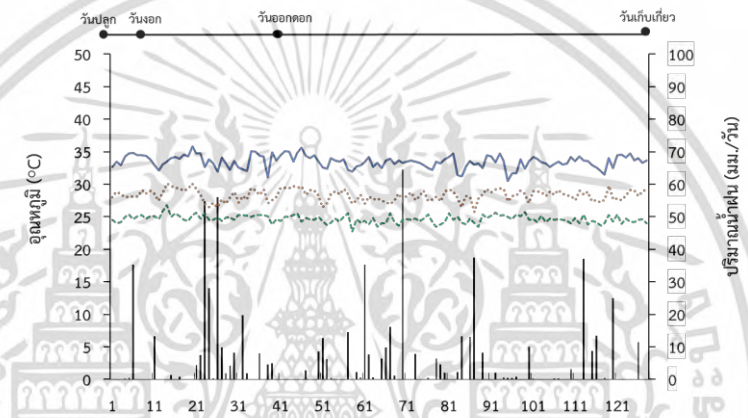


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

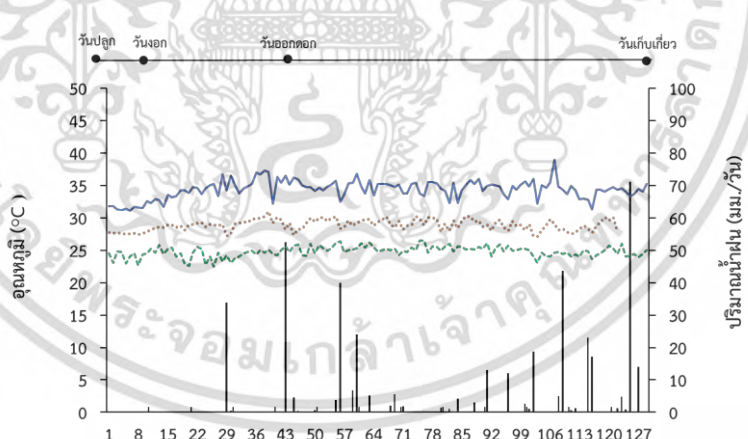
ก) วันปลูกที่ 1 (11 พ.ค. 2564)



ข) วันปลูกที่ 2 (9 เม.ย. 2565)



ค) วันปลูกที่ 3 (8 มี.ค. 2566)



วันหลังปลูก

- อุณหภูมิสูงสุด (°C)
- อุณหภูมิเฉลี่ย (°C)
- - - อุณหภูมิต่ำสุด (°C)
- ปริมาณน้ำฝน (มม./วัน)

ภาพที่ 4.1 อุณหภูมิสูงสุด อุณหภูมิต่ำสุด อุณหภูมิเฉลี่ย และปริมาณน้ำฝนรายวัน สำหรับ ก) วันปลูกที่ 1 (11 พ.ค. 64) ข) วันปลูกที่ 2 (9 เม.ย. 65) และ ค) วันปลูกที่ 3 (8 มี.ค. 66)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.3 อุณหภูมิสะสม (Growing Degree Day)

อุณหภูมิสะสมในแต่ละช่วงระยะพัฒนาการของถั่วหรั่งในทั้ง 3 วันปลูก แสดงดังตารางที่ 4.4 พบว่าอุณหภูมิสะสมสำหรับการงอกในวันปลูกที่ 1 พันธุ์ TVsu 89 มีการงอกเร็วที่สุดเฉลี่ย 6.75 วันและมีการสะสมอุณหภูมิต่ำสุดเท่ากับ 132.54 °C ส่วนพันธุ์ SK1-15 งอกช้าที่สุดเฉลี่ย 7.75 วัน และมีอุณหภูมิสะสมเท่ากับ 152.44 °C ซึ่งสูงกว่าพันธุ์อื่นๆ การเปลี่ยนแปลงเป็นระยะออกดอกพบว่าถั่วหรั่งแต่ละพันธุ์มีอุณหภูมิสะสมอยู่ระหว่าง 777.06 - 860.74 โดยพันธุ์ TVsu 89 ออกดอกเร็วที่สุดเฉลี่ย 40.50 วัน มีอุณหภูมิสะสมเท่ากับ 777.06 °C ส่วนพันธุ์ SK1-15 ออกดอกช้าที่สุดเฉลี่ย 45.00 วัน มีอุณหภูมิสะสมเท่ากับ 860.74 °C สำหรับอายุเก็บเกี่ยวพบว่าพันธุ์ TVsu 89 มีอุณหภูมิสะสมต่ำสุดเท่ากับ 1,781.90 °C จัดว่ามีอายุเก็บเกี่ยวสั้นที่สุดเฉลี่ย 93.00 วัน ส่วนอีก 3 พันธุ์มีอุณหภูมิสะสมใกล้เคียงกันอยู่ในช่วง 2,353.95 - 2,372.65 °C ซึ่งมีอายุเก็บเกี่ยวเฉลี่ยประมาณ 124.00 วัน

ในทำนองเดียวกันกับวันปลูกที่ 2 พบว่าพันธุ์ TVsu 89 งอกเร็วที่สุดเฉลี่ย 6.5 วัน มีการสะสมอุณหภูมิต่ำสุดเท่ากับ 125.20 °C ซึ่งน้อยกว่าในวันปลูกที่ 1 เพียงเล็กน้อย ส่วนพันธุ์ SK1-15 มีการงอกช้าที่สุดเฉลี่ย 9.50 วัน มีอุณหภูมิสะสมสูงที่สุดเท่ากับ 184.28 °C การเปลี่ยนแปลงระยะพัฒนาการเป็นการออกดอกพบว่าพันธุ์ TVsu 1221, TVsu 89 และ SK1-15 มีอุณหภูมิสะสมไม่แตกต่างกันอยู่ในช่วง 843.49 - 892.08 °C ในขณะที่พันธุ์สงขลา 1 ออกดอกช้าที่สุดเฉลี่ย 48.75 วัน เพราะต้องมีการสะสมอุณหภูมิให้ถึง 945.24 °C จึงจะออกดอก ผลการศึกษาพบว่าพันธุ์ TVsu 89 มีอายุเก็บเกี่ยวสั้นที่สุดเฉลี่ย 96.25 วัน มีอุณหภูมิสะสมต่ำสุดเท่ากับ 1,844.26 °C ส่วนอีก 3 พันธุ์มีอายุเก็บเกี่ยวยาวประมาณ 115.50 - 128.00 วัน และมีการอุณหภูมิสะสมสูงถึง 2,210.60 - 2,446.03 °C

ส่วนวันปลูกที่ 3 พบว่าถั่วหรั่งพันธุ์ TVsu 1221 มีอุณหภูมิสะสมต่ำสุดเท่ากับ 159.66 °C และงอกเร็วที่สุดเฉลี่ย 9 วัน ในขณะที่พันธุ์ สงขลา 1 TVsu 89 และ SK1-15 งอกช้าที่สุดเฉลี่ย 10.00 - 14.00 วัน เมื่อเปรียบเทียบกับวันปลูกอื่น โดยมีอุณหภูมิสะสมเท่ากับ 178.15, 220.51 และ 253.24 °C ตามลำดับ การเปลี่ยนระยะพัฒนาการเป็นออกดอกพบว่าทั้ง 4 พันธุ์มีอุณหภูมิสะสมแตกต่างกันเพียงเล็กน้อยอยู่ระหว่าง 807.01 - 856.96 °C สำหรับความต้องการอุณหภูมิสะสมในระยะเก็บเกี่ยวพบว่าพันธุ์ TVsu 89 ต้องการอุณหภูมิสะสมต่ำที่สุดเท่ากับ 1,901.04 °C มีอายุเก็บเกี่ยวเฉลี่ย 97.00 วัน ส่วนอีก 3 พันธุ์ต้องการอุณหภูมิสะสมใกล้เคียงกันอยู่ระหว่าง 2,280.41 - 2,469.86 °C มีอายุเก็บเกี่ยวเฉลี่ยประมาณ 116.50 - 126.25 วัน

ตารางที่ 4.4 อุณหภูมิสะสมในช่วงระยะพัฒนาการต่าง ๆ ของถั่วหรั่งในทั้ง 3 วันปลูก

| ระยะพัฒนาการ | พันธุ์ | | | |
|-----------------------------|------------|-----------|----------|----------|
| | Songkhla 1 | TVsu 1221 | TVsu 89 | SK1-15 |
| วันปลูกที่ 1 (11 พ.ค. 2564) | | | | |
| วันงอก | | | | |
| อุณหภูมิสะสม (°C) | 142.51 | 147.48 | 132.54 | 152.44 |
| อายุเฉลี่ย (วัน) | 7.25 | 7.50 | 6.75 | 7.75 |
| วันออกดอก | | | | |
| อุณหภูมิสะสม (°C) | 804.95 | 832.80 | 777.06 | 860.74 |
| อายุ (วัน) | 42.00 | 43.50 | 40.50 | 45.00 |
| วันเก็บเกี่ยว | | | | |
| อุณหภูมิสะสม (°C) | 2,353.95 | 2,353.95 | 1,781.90 | 2,372.65 |
| อายุเฉลี่ย (วัน) | 124.00 | 124.00 | 93.00 | 124.00 |
| วันปลูกที่ 2 (9 เม.ย. 2565) | | | | |
| วันงอก | | | | |
| อุณหภูมิสะสม (°C) | 140.04 | 159.89 | 125.20 | 184.28 |
| อายุเฉลี่ย (วัน) | 7.25 | 8.25 | 6.50 | 9.50 |
| วันออกดอก | | | | |
| อุณหภูมิสะสม (°C) | 945.24 | 863.80 | 843.49 | 892.08 |
| อายุเฉลี่ย (วัน) | 48.75 | 44.50 | 43.50 | 46.00 |
| วันเก็บเกี่ยว | | | | |
| อุณหภูมิสะสม (°C) | 2,343.93 | 2,210.60 | 1,844.26 | 2,446.03 |
| อายุเฉลี่ย (วัน) | 122.50 | 115.50 | 96.25 | 128.00 |
| วันปลูกที่ 3 (8 มี.ค. 2565) | | | | |
| วันงอก | | | | |
| อุณหภูมิสะสม (°C) | 178.15 | 159.66 | 220.51 | 253.24 |
| อายุเฉลี่ย (วัน) | 10.00 | 9.00 | 12.25 | 14.00 |
| วันออกดอก | | | | |
| อุณหภูมิสะสม (°C) | 856.96 | 822.08 | 807.21 | 846.49 |
| อายุ (วัน) | 44.75 | 43.25 | 42.25 | 44.25 |
| วันเก็บเกี่ยว | | | | |
| อุณหภูมิสะสม (°C) | 2,469.86 | 2,280.41 | 1,901.24 | 2,455.38 |
| อายุเฉลี่ย (วัน) | 126.25 | 116.50 | 97.00 | 125.50 |

4.2.4 ระยะพัฒนาการของถั่วหรั่ง

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนรวมสำหรับระยะพัฒนาการต่าง ๆ ของถั่วหรั่ง (ตารางที่ 4.5) พบว่าวันปลูกและพันธุ์ถั่วหรั่งมีอิทธิพลทำให้ถั่วหรั่งมีอายุวันงอก อายุวันออกดอก และอายุวันเก็บเกี่ยว แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$ และ $P \leq 0.01$) พบว่าถั่วหรั่งแต่ละสายพันธุ์มีการตอบสนองต่อวันปลูกแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P \leq 0.01$) ในทุกระยะพัฒนาการ

ตารางที่ 4.5 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนรวมสำหรับระยะพัฒนาการต่าง ๆ ของถั่วหรั่ง

| Source | DF | ระยะพัฒนาการของถั่วหรั่ง (วัน) | | |
|-------------------|----|--------------------------------|---------------|-------------------|
| | | อายุวันงอก | อายุวันออกดอก | อายุวันเก็บเกี่ยว |
| Mean Square | | | | |
| Planting date (P) | 2 | 75.0208** | 36.3958** | 3.94* |
| Rep. within P. | 9 | 0.5694 | 13.5486** | 2.15* |
| Varieties (V) | 3 | 13.6111** | 25.0764** | 2408.58** |
| P x V | 6 | 7.0486** | 7.8681** | 41.69** |
| Error | 27 | 0.7546 | 1.4005 | 0.82 |
| C.V. (%) | | 9.83 | 2.69 | 0.78 |

* = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P \leq 0.05$

** = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P \leq 0.01$

อิทธิพลของวันปลูกและพันธุ์ถั่วหรั่งต่ออายุวันงอก อายุวันออกดอก และอายุเก็บเกี่ยว (ตารางที่ 4.6) ผลการวิเคราะห์พบว่าถั่วหรั่งมีค่าเฉลี่ยอายุวันงอก อายุวันออกดอก และอายุเก็บเกี่ยวของแต่ละวันปลูกแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P \leq 0.01$) โดยในวันปลูกที่ 1 และ 2 ถั่วหรั่งมีอายุวันงอกเฉลี่ยเท่ากับ 7.31 และ 7.88 วัน ตามลำดับ ซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่จะแตกต่างจากวันปลูกที่ 3 ที่ต้องใช้ระยะเวลาจนถึง 11.31 วัน จึงจะงอกและจัดว่าเป็นพันธุ์ที่งอกช้าที่สุดสำหรับค่าเฉลี่ยของอายุวันออกดอกพบว่าถั่วหรั่งที่ปลูกในวันปลูกที่ 1 และ 3 มีอายุวันออกดอกเฉลี่ยเท่ากับ 42.75 และ 43.63 วัน ตามลำดับ ซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่จะแตกต่างจากวันปลูกที่ 2 ที่มีอายุวันออกดอกเฉลี่ยเท่ากับ 45.69 วัน อย่างไรก็ตามพบว่าทั้งสามวันปลูกมีค่าเฉลี่ยอายุเก็บเกี่ยวแตกต่างกันทางสถิติ โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 115.56 – 116.50 วัน

ถั่วหรั่งแต่ละสายพันธุ์มีค่าเฉลี่ยอายุวันงอก อายุวันออกดอก และอายุเก็บเกี่ยวแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P \leq 0.01$) โดยพันธุ์ TVsu 89, TVsu 1221 และสงขลา 1 มีอายุวันงอกเฉลี่ยไม่มีแตกต่างกันมีค่าเท่ากับ 8.50, 8.25 และ 8.17 วัน ตามลำดับ แต่จะแตกต่างกับพันธุ์ SK1-15 ที่มีอายุเฉลี่ยวันงอกช้าที่สุดเท่ากับ 10.42 วัน สำหรับอายุวันออกดอกพบว่าพันธุ์ TVsu 89 ออกดอกเร็วที่สุดเฉลี่ยเท่ากับ 42.08 วัน ในขณะที่อีกสามพันธุ์ คือ พันธุ์สงขลา 1, SK1-15 และ TVsu 1221 มีค่าเฉลี่ยอายุวันออกดอกไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยมีค่าเท่ากับ 41.83, 41.50 และ 40.67 วัน ตามลำดับ ส่วนอายุวันเก็บเกี่ยวพบว่าพันธุ์ SK1-15 เป็นพันธุ์ที่มีอายุยาวที่สุดเท่ากับ 126.17 วัน รองลงมาคือพันธุ์สงขลา 1, TVsu 1221 และ TVsu 89 มีค่าเท่ากับ 124.25, 118.60 และ 95.42 วัน ตามลำดับ

ผลการวิเคราะห์ปฏิกริยาสัมพันธ์ระหว่างวันปลูกและพันธุ์ถั่วหรั่งต่ออายุวันงอก อายุวันออกดอก และอายุวันเก็บเกี่ยว พบว่าถั่วหรั่งแต่ละสายพันธุ์มีการตอบสนองต่อวันปลูกแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จากการสังเกตพบว่าถั่วหรั่งแต่ละสายพันธุ์จะมีความอ่อนไหวต่อวันปลูกค่อนข้างมากในช่วงแรก ๆ ซึ่งจะเห็นได้ว่าแต่ละสายพันธุ์มีการตอบสนองต่อวันปลูกค่อนข้างมากในช่วงเริ่มงอก โดยพันธุ์สงขลา 1 มีอายุวันงอกระหว่าง 7.25 -10.00 วัน พันธุ์ TVsu 1221 มีอายุวันงอกอยู่ระหว่าง 7.50 – 9.00 วัน พันธุ์ TVsu 89 มีอายุวันงอกอยู่ระหว่าง 6.50 – 12.25 วัน และพันธุ์ SK1-15 มีอายุวันงอกอยู่ระหว่าง 7.75 – 14.00 วัน แต่เมื่อพิจารณาอายุวันออกดอกพบว่าแต่ละพันธุ์มีการตอบสนองต่อวันปลูกไม่แตกต่างกันมากนัก โดยทุกพันธุ์มีค่าเฉลี่ยอายุวันออกดอกอยู่ระหว่าง 40.50 – 48.75 วัน สำหรับอายุการเก็บเกี่ยวพบว่าแต่ละพันธุ์มีการตอบสนองต่อวันปลูกแตกต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น ข้อมูลที่ได้เห็นเป็นข้อมูลเบื้องต้นเท่านั้น ไม่สามารถนำข้อมูลไปใช้

โดยพันธุ์ที่จัดว่ามีอายุสั้นที่สุดคือพันธุ์ TVsu 89 มีอายุวันเก็บเกี่ยวของทุกวันปลูกอยู่ระหว่าง 93.00 – 97.00 วัน ส่วนพันธุ์ที่มีอายุยาวที่สุด คือ SK1-15 มีอายุวันเก็บเกี่ยวของทุกวันปลูกอยู่ระหว่าง 125.00 – 128.00 วัน ส่วนพันธุ์สงขลา 1 และ TVsu 1221 มีอายุวันเก็บเกี่ยวของทุกวันปลูกอยู่ระหว่าง 122.50 – 126.25 และ 115.50 – 124.00 วัน ตามลำดับ

ตารางที่ 4.6 อิทธิพลของวันปลูกและพันธุ์ต่อระยะพัฒนาการต่าง ๆ ของถั่วหรั่งใน 3 วันปลูก

| พันธุ์ | ระยะพัฒนาการของถั่วหรั่ง (วัน) | | | ค่าเฉลี่ย |
|-----------------------|--------------------------------|---------------------------|----------------------------|---------------------|
| | วันปลูกที่ 1 | วันปลูกที่ 2 | วันปลูกที่ 3 | |
| อายุวันงอก | | | | |
| สงขลา 1 | 7.25 ^{de} | 7.25 ^{de} | 10.00 ^{bc} | 8.17 ^B |
| TVsu 1221 | 7.50 ^{cde} | 8.25 ^{cde} | 9.00 ^{cde} | 8.25 ^B |
| TVsu 89 | 6.75 ^e | 6.50 ^e | 12.25 ^{ab} | 8.50 ^B |
| SK1-15 | 7.75 ^{cde} | 9.50 ^{cd} | 14.00 ^a | 10.42 ^A |
| ค่าเฉลี่ย | 7.31^B | 7.88^B | 11.31^A | |
| อายุวันออกดอก | | | | |
| สงขลา 1 | 42.00 ^{cd} | 48.75 ^a | 44.75 ^{bc} | 45.17 ^A |
| TVsu 1221 | 43.50 ^{bcd} | 44.50 ^{bc} | 43.25 ^{bcd} | 43.75 ^A |
| TVsu 89 | 40.50 ^d | 43.50 ^{bcd} | 42.25 ^{cd} | 42.08 ^B |
| SK1-15 | 45.00 ^{bc} | 46.00 ^{ab} | 44.25 ^{bc} | 45.08 ^A |
| ค่าเฉลี่ย | 42.75^B | 45.69^A | 43.63^B | |
| อายุเก็บเกี่ยว | | | | |
| สงขลา 1 | 124.00 ^{bc} | 122.50 ^c | 126.25 ^{ab} | 124.25 ^B |
| TVsu 1221 | 124.00 ^{bc} | 115.50 ^d | 116.50 ^d | 118.67 ^C |
| TVsu 89 | 93.00 ^f | 96.25 ^e | 97.00 ^e | 95.42 ^D |
| SK1-15 | 125.00 ^{bc} | 128.00 ^a | 125.50 ^{ab} | 126.17 ^A |
| ค่าเฉลี่ย | 116.50^A | 115.56^B | 116.31^{AB} | |

ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็กที่ต่างกันแสดงว่าพันธุ์มีการตอบสนองต่อวันปลูกมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P \leq 0.01$

ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์ใหญ่ที่ต่างกันในวันปลูกและแนวอนเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P \leq 0.01$ และ $P \leq 0.05$

4.2.5 การเจริญเติบโตของถั่วหรั่ง

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนรวมต่อความสูงต้นถั่วหรั่งที่อายุการเจริญเติบโตต่าง ๆ แสดงดังตารางที่ 4.7 พบว่าวันปลูกและพันธุ์ถั่วหรั่งมีอิทธิพลทำให้ถั่วหรั่งมีความสูงต้นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P \leq 0.01$) ในทุกระยะที่มีการจดบันทึก แต่พบว่าถั่วหรั่งมีการตอบสนองต่อวันปลูกแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P \leq 0.01$) ด้านความสูงเฉพาะที่อายุ 50 วันหลังปลูกเท่านั้น

ตารางที่ 4.7 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนรวมสำหรับความสูงต้นถั่วหรั่งที่อายุการเจริญเติบโตต่าง ๆ

| Source | DF | ความสูงของถั่วหรั่ง (ซม.) | | | |
|-------------------|----|---------------------------|----------------|----------------|---------------|
| | | 25 วันหลังปลูก | 50 วันหลังปลูก | 75 วันหลังปลูก | วันเก็บเกี่ยว |
| | | Mean Square | | | |
| Planting date (P) | 2 | 913.52** | 324.518** | 581.615** | 441.819** |
| Rep. within P. | 9 | 44.57 | 22.354* | 23.869 | 17.025 |
| Varieties (V) | 3 | 66.49** | 139.983** | 95.842** | 277.603** |
| P x V | 6 | 57.72 | 40.909** | 17.042 | 16.176 |
| Error | 27 | 105.88 | 9.084 | 13.420 | 17.599 |
| C.V. (%) | | 10.21 | 10.91 | 10.95 | 11.23 |

* = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P \leq 0.05$

** = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ $P \leq 0.01$

อิทธิพลของวันปลูกและพันธุ์ต่อความสูงของต้นถั่วหรั่งที่อายุ 25, 50, 75 วันหลังปลูก และอายุเก็บเกี่ยว (ตารางที่ 4.8) พบว่าวันปลูกมีผลทำให้ถั่วหรั่งมีความสูงต้นเฉลี่ยที่ระยะ 25 วันหลังปลูกแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P \leq 0.01$) โดยวันปลูกที่ 1 มีความสูงต้นเฉลี่ยมากที่สุดเท่ากับ 24.37 ซม. รองลงมาคือวันปลูกที่ 2 และ 3 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 20.08 และ 13.75 ซม. ตามลำดับ ที่อายุ 50 วันหลังปลูก พบว่าวันปลูกที่ 1 และ 2 มีค่าเฉลี่ยความสูงต้นไม่แตกต่างกันทางสถิติ มีค่าอยู่ระหว่าง 28.77 – 31.43 ซม. แต่จะแตกต่างจากวันปลูกที่ 3 ที่มีความสูงเฉลี่ยเพียง 22.65 ซม. เท่านั้น ที่อายุ 75 วันหลังปลูก พบว่าวันปลูกที่ 1 มีค่าความสูงต้นเฉลี่ยมากที่สุดเท่ากับ 38.97 ซม. รองลงมาคือวันปลูกที่ 2 และ 3 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 34.37 และ 27.00 ซม. ตามลำดับ ส่วนที่อายุเก็บเกี่ยวพบว่าวันปลูกที่ 1 และ 2 ถั่วหรั่งมีค่าเฉลี่ยความสูงไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 39.58 – 41.13 ซม. แต่จะแตกต่างจากวันปลูกที่ 3 ที่มีความสูงเฉลี่ยเท่ากับ 31.35 ซม.

ผลการวิเคราะห์พบว่าถั่วหรั่งแต่ละสายพันธุ์มีค่าเฉลี่ยความสูงที่อายุ 25 วันหลังปลูกแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P \leq 0.01$) โดยพันธุ์สงขลา 1, TVsu 1221 และ SK1-15 มีความสูงเฉลี่ยไม่แตกต่างกันทางสถิติมีค่าอยู่ระหว่าง 19.98 – 20.32 ซม. แต่จะแตกต่างกับพันธุ์ TVsu 89 ที่มีค่าเพียง 17.38 ซม. ที่อายุ 50 วันหลังปลูก พบว่าพันธุ์ TVsu 1221 และ SK1-15 มีค่าเฉลี่ยความสูงต้นไม่แตกต่างกันอยู่ระหว่าง 29.65 – 31.37 ซม. แต่จะแตกต่างจากพันธุ์สงขลา 1 และ TVsu 89 ที่มีความสูงเฉลี่ยระหว่าง 24.71 – 24.73 ซม. ที่อายุ 75 วันหลังปลูก พบว่าพันธุ์สงขลา 1, TVsu 1221 และ SK1-15 มีค่าเฉลี่ยความสูงไม่แตกต่างกันทางสถิติมีค่าระหว่าง 33.70 – 35.81 ซม. แต่จะแตกต่างกับพันธุ์ TVsu 89 ที่มีความสูงเฉลี่ยเท่ากับ 29.42 ซม. ส่วนที่อายุเก็บเกี่ยวพบว่าถั่วหรั่งพันธุ์ SK1-15 มีความสูงต้นมากที่สุดเท่ากับ 43.17 ซม. รองลงมาคือพันธุ์ TVsu 1221 และ สงขลา 1 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 38.20 และ 36.53 ซม. ตามลำดับ ส่วนพันธุ์ TVsu 89 มีความสูงเฉลี่ยน้อยที่สุดเท่ากับ 31.51 ซม.

ผลการวิเคราะห์ปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างวันปลูกและพันธุ์ต่อความสูงของถั่วหรั่ง พบว่าถั่วหรั่งแต่ละสายพันธุ์มีการตอบสนองต่อวันปลูกที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเฉพาะที่อายุ 50 วันหลังปลูกเท่านั้น โดยถั่วหรั่งทุกสายพันธุ์จะมีการตอบสนองต่อวันปลูกที่ 1 ไม่แตกต่างกัน มีค่าความสูงเฉลี่ยระหว่าง 28.14 – 37.07 ซม. ในขณะที่วันปลูกที่ 2 พันธุ์ TVsu 89 จะมีการตอบสนองแตกต่างจากพันธุ์อื่น ๆ และในวันปลูกที่ 3 พบว่าพันธุ์สงขลา 1 มีการตอบสนองน้อยที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.8 อิทธิพลของวันปลูกและพันธุ์ต่อความสูงต้นถั่วหรั่งที่อายุการเจริญเติบโตต่าง ๆ

| พันธุ์ | ความสูงต้นถั่วหรั่ง (ซม.) | | | |
|-----------------------|---------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------|
| | วันปลูกที่ 1 | วันปลูกที่ 2 | วันปลูกที่ 3 | ค่าเฉลี่ย |
| 25 วันหลังปลูก | | | | |
| สงขลา 1 | 26.80 | 21.21 | 11.93 | 19.98 ^{AB} |
| TVsu 1221 | 23.94 | 20.29 | 15.55 | 19.92 ^{AB} |
| TVsu 89 | 21.26 | 18.32 | 12.55 | 17.38 ^B |
| SK1-15 | 25.47 | 20.52 | 14.97 | 20.32 ^A |
| ค่าเฉลี่ย | 24.37^A | 20.08^B | 13.75^C | |
| 50 วันหลังปลูก | | | | |
| สงขลา 1 | 28.14 ^{abcd} | 29.29 ^{abcd} | 16.75 ^e | 24.73 ^B |
| TVsu 1221 | 30.26 ^{abcd} | 32.64 ^{ab} | 26.04 ^{bcd} | 29.65 ^A |
| TVsu 89 | 30.25 ^{abcd} | 22.36 ^{cde} | 21.53 ^{de} | 24.71 ^B |
| SK1-15 | 37.07 ^a | 30.78 ^{abc} | 26.26 ^{bcd} | 31.37 ^A |
| ค่าเฉลี่ย | 31.43^A | 28.77^A | 22.65^B | |
| 75 วันหลังปลูก | | | | |
| สงขลา 1 | 38.76 | 36.36 | 25.98 | 33.70 ^{AB} |
| TVsu 1221 | 43.01 | 35.75 | 28.69 | 35.81 ^A |
| TVsu 89 | 34.02 | 28.30 | 25.94 | 29.42 ^B |
| SK1-15 | 40.12 | 37.08 | 27.47 | 34.89 ^A |
| ค่าเฉลี่ย | 38.97^A | 34.37^B | 27.02^C | |
| วันเก็บเกี่ยว | | | | |
| สงขลา 1 | 40.68 | 38.82 | 30.09 | 36.53 ^{BC} |
| TVsu 1221 | 44.05 | 41.23 | 29.33 | 38.20 ^{AB} |
| TVsu 89 | 34.86 | 32.86 | 26.81 | 31.51 ^C |
| SK1-15 | 44.92 | 45.41 | 39.18 | 43.17 ^A |
| ค่าเฉลี่ย | 41.13^A | 39.58^A | 31.35^B | |

ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็กที่ต่างกันแสดงว่าพันธุ์มีการตอบสนองต่อวันปลูกมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P \leq 0.01$

ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์ใหญ่ที่ต่างกันในแต่ละวันปลูกและแนวตั้งและแนวนอนเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P \leq 0.01$

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนรวมต่อความกว้างทรงพุ่มของถั่วหรั่งแสดงดังตารางที่ 4.9 พบว่าวันปลูกและพันธุ์มีอิทธิพลต่อทำให้ถั่วหรั่งมีความกว้างทรงพุ่มแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.01$) ที่ทุกระยะการเจริญเติบโต ผลการวิเคราะห์พบว่าถั่วหรั่งแต่ละสายพันธุ์มีการตอบสนองต่อวันปลูกแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.01$) เฉพาะที่อายุ 50 วันหลังปลูกเท่านั้น

ตารางที่ 4.9 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนรวมสำหรับความกว้างทรงพุ่มของถั่วหรั่งที่อายุการเจริญเติบโตต่าง ๆ

| Source | DF | ความกว้างทรงพุ่ม (ซม.) | | | |
|-------------------|----|------------------------|----------------|----------------|---------------|
| | | 25 วันหลังปลูก | 50 วันหลังปลูก | 75 วันหลังปลูก | วันเก็บเกี่ยว |
| | | Mean Square | | | |
| Planting date (P) | 2 | 1071.11** | 1308.85** | 1744.91** | 688.548** |
| Rep. within P. | 9 | 7.79 | 61.68* | 84.42 | 28.704 |
| Varieties (V) | 3 | 43.20* | 883.34** | 728.96** | 951.164** |
| P × V | 6 | 20.47 | 95.36** | 55.17 | 71.866 |
| Error | 27 | 11.00 | 24.64 | 92.93 | 37.868 |
| C.V. (%) | | 12.06 | 11.47 | 16.24 | 9.34 |

* = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P \leq 0.05$

** = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ $P \leq 0.01$

ผลการวิเคราะห์อิทธิพลของวันปลูกต่อความกว้างทรงพุ่มของถั่วหรั่ง (ตารางที่ 4.10) พบว่าวันปลูกมีผลทำให้ถั่วหรั่งมีขนาดทรงพุ่มเฉลี่ยที่ระยะ 25 วันหลังปลูกแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P \leq 0.01$) โดยวันปลูกที่ 1 มีความกว้างทรงพุ่มใหญ่ที่สุดเท่ากับ 36.26 ซม. รองลงมาคือวันปลูกที่ 2 และ 3 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 26.16 และ 20.00 ซม. ตามลำดับ ที่อายุ 50 วันหลังปลูก พบว่าวันปลูกที่ 1 มีค่าเฉลี่ยขนาดทรงพุ่มใหญ่ที่สุดเท่ากับ 52.23 ซม. รองลงมาคือวันปลูกที่ 2 และ 3 ที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 43.47 และ 34.15 ซม. ตามลำดับ ที่อายุ 75 วันหลังปลูก พบว่าวันปลูกที่ 1 และ 2 มีขนาดทรงพุ่มไม่แตกต่างกันทางสถิติมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 65.11 – 65.65 ซม. แต่จะแตกต่างจากวันปลูกที่ 3 ที่มีค่าเท่ากับ 47.30 ซม. ที่อายุเก็บเกี่ยวพบว่าวันปลูกที่ 2 มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุดเท่ากับ 73.10 ซม. ส่วนวันปลูกที่ 1 และ 2 มีค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกันทางสถิติอยู่ระหว่าง 60.23 – 64.43 ซม.

ถั่วหรั่งแต่ละสายพันธุ์มีค่าเฉลี่ยทรงพุ่มที่อายุ 25 วันหลังปลูกแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P \leq 0.01$) โดยพันธุ์สงขลา 1, TVsu 1221 และ SK1-15 มีค่าเฉลี่ยความกว้างทรงพุ่มไม่แตกต่างกันอยู่ระหว่าง 25.86 – 28.71 ซม. แต่จะแตกต่างกับพันธุ์ TVsu 89 ที่มีค่าเฉลี่ยเพียง 24.77 ซม. ที่อายุ 50 วันหลังปลูก พบว่าพันธุ์ SK1-15 มีค่าเฉลี่ยความกว้างทรงพุ่มสูงที่สุดเท่ากับ 54.32 ซม. ซึ่งแตกต่างจากพันธุ์สงขลา 1, TVsu 1221 และ TVsu 89 ที่มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 35.93 – 45.81 ซม. ที่อายุ 75 วันหลังปลูก พบว่าพันธุ์สงขลา 1, TVsu 1221 และ SK1-15 มีค่าเฉลี่ยความกว้างทรงพุ่มไม่แตกต่างกันทางสถิติอยู่ระหว่าง 58.32 – 66.98 ซม. แต่จะแตกต่างกับพันธุ์ TVsu 89 ที่มีค่าเท่ากับ 48.94 ซม. สำหรับที่อายุเก็บเกี่ยวพบว่าพันธุ์ TVsu 89 มีขนาดทรงพุ่มเล็กที่สุดเฉลี่ยเท่ากับ 53.01 ซม. ส่วนพันธุ์อื่น ๆ มีขนาดทรงพุ่มใหญ่กว่าค่าเฉลี่ยประมาณ 67.07 – 72.37 ซม.

ผลการวิเคราะห์ปฏิกริยาสัมพันธ์ระหว่างวันปลูกและพันธุ์ต่อความกว้างทรงพุ่ม พบว่าถั่วหรั่งแต่ละสายพันธุ์มีการตอบสนองต่อวันปลูกที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเฉพาะที่อายุ 50 วันหลังปลูกเท่านั้น โดยถั่วหรั่งพันธุ์ SK1-15 มีการตอบสนองต่อวันปลูกที่ 1 และ 2 ได้ดีกว่าพันธุ์อื่น ๆ ทำให้มีทรงพุ่มขนาดใหญ่ประมาณ 66.02 และ 54.56 ซม. ตามลำดับ ในขณะที่พันธุ์อื่น ๆ มีค่าเฉลี่ยทรงพุ่มในทั้งสองวันปลูกประมาณ 23.42 – 49.94 ซม. สำหรับวันปลูกที่ 3 พบว่าแต่ละสายพันธุ์มีขนาดทรงพุ่มเฉลี่ยไม่แตกต่างกันมากนักแสดงว่ามีการตอบสนองคล้ายคลึงกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.10 อิทธิพลของวันปลูกและพันธุ์ต่อความกว้างทรงพุ่มของถั่วหรั่งที่อายุการเจริญเติบโตต่าง ๆ

| พันธุ์ | ความกว้างทรงพุ่ม (ซม.) | | | ค่าเฉลี่ย |
|----------------|------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| | วันปลูกที่ 1 | วันปลูกที่ 2 | วันปลูกที่ 3 | |
| 25 วันหลังปลูก | | | | |
| สงขลา 1 | 39.80 | 27.74 | 18.59 | 28.71 ^A |
| TVsu 1221 | 35.58 | 25.92 | 21.43 | 27.64 ^{AB} |
| TVsu 89 | 30.70 | 24.20 | 19.40 | 24.77 ^B |
| SK1-15 | 38.98 | 26.77 | 20.84 | 28.86 ^A |
| ค่าเฉลี่ย | 36.26 ^A | 26.16 ^B | 20.06 ^C | |
| 50 วันหลังปลูก | | | | |
| สงขลา 1 | 46.08 ^b | 41.71 ^{bc} | 23.42 ^d | 37.07 ^C |
| TVsu 1221 | 49.94 ^b | 47.13 ^b | 40.38 ^{bc} | 45.81 ^B |
| TVsu 89 | 46.90 ^b | 30.47 ^{cd} | 30.42 ^{cd} | 35.93 ^C |
| SK1-15 | 66.02 ^a | 54.56 ^{ab} | 42.38 ^{bc} | 54.32 ^A |
| ค่าเฉลี่ย | 52.23 ^A | 43.47 ^B | 34.15 ^C | |
| 75 วันหลังปลูก | | | | |
| สงขลา 1 | 62.77 | 65.90 | 46.29 | 58.32 ^{AB} |
| TVsu 1221 | 72.10 | 65.07 | 52.34 | 63.17 ^A |
| TVsu 89 | 52.88 | 53.62 | 40.32 | 48.94 ^B |
| SK1-15 | 74.84 | 75.86 | 50.24 | 66.98 ^A |
| ค่าเฉลี่ย | 65.65 ^A | 65.11 ^A | 47.30 ^B | |
| เก็บเกี่ยว | | | | |
| สงขลา 1 | 61.81 | 78.41 | 60.99 | 67.07 ^A |
| TVsu 1221 | 70.62 | 76.48 | 70.03 | 72.37 ^A |
| TVsu 89 | 52.79 | 56.82 | 49.42 | 53.01 ^B |
| SK1-15 | 72.50 | 80.68 | 60.51 | 71.23 ^A |
| ค่าเฉลี่ย | 64.43 ^B | 73.10 ^A | 60.23 ^B | |

ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็กที่ต่างกันแสดงว่าพันธุ์มีการตอบสนองต่อวันปลูกมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P \leq 0.01$

ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์ใหญ่ที่ต่างกันในแต่ละวันปลูกและแนวตั้งและแนวนอนเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P \leq 0.01$

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนรวมสำหรับค่าดัชนีพื้นที่ใบของถั่วหรั่งที่ระยะการเจริญเติบโตต่าง ๆ (ตารางที่ 4.11) พบว่าวันปลูกและพันธุ์มีอิทธิพลทำให้ถั่วหรั่งมีค่าดัชนีพื้นที่ใบเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.01$) พบว่าถั่วหรั่งแต่ละสายพันธุ์มีการตอบสนองต่อวันปลูกสำหรับค่าดัชนีพื้นที่ใบแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.01$) ที่ทุกระยะการเจริญเติบโต

ตารางที่ 4.11 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนรวมสำหรับค่าดัชนีพื้นที่ใบของถั่วหรั่งที่อายุการเจริญเติบโตต่าง ๆ

| Source | DF | ดัชนีพื้นที่ใบ | | | |
|-------------------|----|----------------|----------------|----------------|---------------|
| | | 25 วันหลังปลูก | 50 วันหลังปลูก | 75 วันหลังปลูก | วันเก็บเกี่ยว |
| Mean Square | | | | | |
| Planting date (P) | 2 | 0.22326** | 14.7100** | 93.4229** | 32.6791** |
| Rep. within P. | 9 | 0.00241* | 0.1125 | 0.1828 | 0.1371 |
| Varieties (V) | 3 | 0.00983** | 1.4976** | 9.1127** | 4.0977** |
| P x V | 6 | 0.02434** | 0.6558** | 9.5112** | 1.0264** |
| Error | 27 | 0.00082 | 0.0788 | 0.2017 | 0.1496 |
| C.V. (%) | | 17.92 | 20.76 | 15.40 | 15.21 |

* = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P \leq 0.05$

** = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P \leq 0.01$

ผลการวิเคราะห์อิทธิพลของวันปลูกต่อค่าดัชนีพื้นที่ใบของถั่วหรั่งที่อายุการเจริญเติบโตต่าง ๆ (ตารางที่ 4.12) พบว่าวันปลูกมีผลทำให้ถั่วหรั่งมีค่าดัชนีพื้นที่ใบเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P \leq 0.01$) ที่ทุกระยะการเจริญเติบโต โดยวันปลูกที่ 1 มีค่าดัชนีพื้นที่ใบเฉลี่ยสูงที่สุดในทุกระยะการเจริญเติบโตเท่ากับ 0.29, 2.24, 5.61 และ 4.16 สำหรับที่อายุ 25, 50, 75 วันหลังปลูก และอายุเก็บเกี่ยว ตามลำดับ วันปลูกที่ 2 มีค่าเฉลี่ยดัชนีพื้นที่ใบเท่ากับ 0.12, 1.48, 2.22 และ 1.45 ที่อายุ 25, 50, 75 วันหลังปลูก และอายุเก็บเกี่ยว ตามลำดับ และวันปลูกที่ 3 มีค่าเฉลี่ยดัชนีพื้นที่ใบต่ำที่สุดเท่ากับ 0.07, 0.34, 0.93 และ 2.02 ที่อายุ 25, 50, 75 วันหลังปลูก และอายุเก็บเกี่ยว ตามลำดับ

ผลการวิเคราะห์พบว่าถั่วหรั่งแต่ละสายพันธุ์มีค่าเฉลี่ยดัชนีพื้นที่ใบที่อายุ 25 วันหลังปลูกแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P \leq 0.01$) โดยพันธุ์สงขลา 1, TVsu 89 และ SK1-15 มีค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกันอยู่ระหว่าง 0.16 – 0.18 แต่จะแตกต่างกับพันธุ์ TVsu 1221 ที่มีค่าเท่ากับ 0.12 ที่อายุ 50 วันหลังปลูก พบว่าพันธุ์ TVsu 89 มีค่าดัชนีพื้นที่ใบเฉลี่ยต่ำที่สุดเท่ากับ 0.83 ซึ่งแตกต่างจากพันธุ์สงขลา 1, TVsu 1221 และ SK1-15 ที่มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 1.48 – 1.59 ที่อายุ 75 วันหลังปลูก พบว่าพันธุ์ SK1-15 มีค่าดัชนีพื้นที่ใบเฉลี่ยสูงที่สุดเท่ากับ 3.97 ซึ่งแตกต่างจากพันธุ์สงขลา 1, TVsu 1221 และ TVsu 89 ที่มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 1.84 – 2.94 สำหรับที่อายุเก็บเกี่ยว พบว่าถั่วหรั่งพันธุ์สงขลา 1 มีค่าดัชนีพื้นที่ใบเฉลี่ยสูงที่สุดเท่ากับ 3.27 รองลงมาคือพันธุ์ SK1-15, TVsu 1221 และ TVsu 89 มีค่าเท่ากับ 2.70, 2.33 และ 1.88 ตามลำดับ

ผลการวิเคราะห์ปฏิกริยาสัมพันธ์ระหว่างวันปลูกและพันธุ์ต่อค่าดัชนีพื้นที่ใบ พบว่าถั่วหรั่งแต่ละสายพันธุ์มีการตอบสนองต่อวันปลูกแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยภาพรวมพบว่าถั่วหรั่งทุกพันธุ์มีการตอบสนองต่อวันปลูกที่ 1 มากกว่าวันปลูกที่ 2 และ 3 เป็นที่น่าสังเกตว่าถั่วหรั่งพันธุ์ SK1-15 มีการตอบสนองต่อวันปลูกค่อนข้างดีกว่าพันธุ์อื่น ๆ ที่เกือบทุกระยะการเจริญเติบโต โดยในวันปลูกที่ 3 พบว่าถั่วหรั่งแต่ละสายพันธุ์มีการพัฒนาพื้นที่ใบได้น้อยในช่วงอายุประมาณ 25 - 50 วันหลังปลูก มีค่าเฉลี่ยพื้นที่ใบเพียง 0.04 - 0.61 แต่หลังจากนั้นก็มีการพัฒนามากขึ้นจนกระทั่งเก็บเกี่ยว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.12 อิทธิพลของวันปลูกและพันธุ์ต่อค่าดัชนีพื้นที่ใบของถั่วหรั่งที่อายุการเจริญเติบโตต่าง ๆ

| พันธุ์ | ดัชนีพื้นที่ใบ | | | |
|-----------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------|
| | วันปลูกที่ 1 | วันปลูกที่ 2 | วันปลูกที่ 3 | ค่าเฉลี่ย |
| 25 วันหลังปลูก | | | | |
| สงขลา 1 | 0.25 ^b | 0.13 ^c | 0.09 ^{cd} | 0.16 ^{AB} |
| TVsu 1221 | 0.15 ^c | 0.11 ^{cd} | 0.10 ^{cd} | 0.12 ^B |
| TVsu 89 | 0.41 ^a | 0.10 ^{cd} | 0.04 ^d | 0.18 ^A |
| SK1-15 | 0.36 ^a | 0.13 ^c | 0.04 ^d | 0.18 ^A |
| ค่าเฉลี่ย | 0.29^A | 0.12^B | 0.07^C | |
| 50 วันหลังปลูก | | | | |
| สงขลา 1 | 2.26 ^{abc} | 2.35 ^{ab} | 0.15 ^f | 1.59 ^A |
| TVsu 1221 | 2.52 ^a | 1.31 ^{de} | 0.61 ^{ef} | 1.48 ^A |
| TVsu 89 | 1.58 ^{bcd} | 0.77 ^{def} | 0.13 ^f | 0.83 ^B |
| SK1-15 | 2.60 ^a | 1.48 ^{cd} | 0.46 ^f | 1.52 ^A |
| ค่าเฉลี่ย | 2.24^A | 1.48^B | 0.34^C | |
| 75 วันหลังปลูก | | | | |
| สงขลา 1 | 5.42 ^b | 1.96 ^{ef} | 1.37 ^{efg} | 2.91 ^B |
| TVsu 1221 | 4.30 ^{bc} | 3.47 ^{cd} | 1.06 ^{efg} | 2.94 ^B |
| TVsu 89 | 3.59 ^c | 1.25 ^{efg} | 0.68 ^{fg} | 1.84 ^C |
| SK1-15 | 9.12 ^a | 2.19 ^{de} | 0.61 ^g | 3.97 ^A |
| ค่าเฉลี่ย | 5.61^A | 2.22^B | 0.93^C | |
| เก็บเกี่ยว | | | | |
| สงขลา 1 | 4.96 ^a | 1.71 ^c | 3.13 ^b | 3.27 ^A |
| TVsu 1221 | 3.56 ^b | 1.85 ^c | 1.58 ^c | 2.33 ^{BC} |
| TVsu 89 | 3.24 ^b | 0.91 ^c | 1.50 ^c | 1.88 ^C |
| SK1-15 | 4.88 ^a | 1.34 ^c | 1.87 ^c | 2.70 ^B |
| ค่าเฉลี่ย | 4.16^A | 1.45^C | 2.02^B | |

ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็กที่ต่างกันแสดงว่าพันธุ์มีการตอบสนองต่อวันปลูกมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P < 0.01$

ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์ใหญ่ที่ต่างกันในแต่ละวันปลูกและแนวต้นเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P < 0.01$

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนรวมสำหรับลักษณะพื้นที่ใบเฉพาะของถั่วหรั่งแสดงดัง **ตารางที่ 4.13** พบว่าวันปลูกมีผลทำให้ถั่วหรั่งมีค่าเฉลี่ยพื้นที่ใบเฉพาะแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) ที่ทุกระยะการเจริญเติบโตยกเว้นที่อายุ 25 วันหลังปลูก ส่วนพันธุ์ถั่วหรั่งพบว่ามีค่าเฉลี่ยพื้นที่ใบเฉพาะแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) เฉพาะที่อายุ 75 วันหลังปลูก และระยะเก็บเกี่ยว ผลการวิเคราะห์พบว่าที่ทุกระยะการเจริญเติบโตถั่วหรั่งแต่ละสายพันธุ์มีการตอบสนองต่อวันปลูกสำหรับค่าพื้นที่ใบเฉพาะแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$)

ตารางที่ 4.13 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนรวมสำหรับค่าพื้นที่ใบเฉพาะของถั่วหรั่งที่อายุการเจริญเติบโตต่าง ๆ

| Source | DF | พื้นที่ใบเฉพาะ (ตร.ซม./กรัม) | | | |
|-------------------|----|------------------------------|----------------|----------------|---------------|
| | | 25 วันหลังปลูก | 50 วันหลังปลูก | 75 วันหลังปลูก | วันเก็บเกี่ยว |
| | | Mean Square | | | |
| Planting date (P) | 2 | 15151.8 | 35477.6** | 52092.2** | 44425.9** |
| Rep. within P. | 9 | 12258.0 | 7572.1 | 522.2 | 475.5 |
| Varieties (V) | 3 | 9059.8 | 133.4 | 100943.5** | 10763.1** |
| P x V | 6 | 37709.0** | 17206.4** | 16369.9** | 3447.1** |
| Error | 27 | 4757.9 | 3225.0 | 1148.5 | 262.5 |
| C.V. (%) | | 18.80 | 20.90 | 18.49 | 13.15 |

** = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P \leq 0.01$

ผลการวิเคราะห์อิทธิพลของวันปลูกต่อค่าพื้นที่ใบเฉพาะที่อายุการเจริญเติบโตต่าง ๆ (ตารางที่ 4.14) พบว่าวันปลูกมีผลทำให้ถั่วหรั่งมีค่าพื้นที่ใบเฉพาะเฉลี่ยที่อายุ 50, 75 วันหลังปลูก และที่อายุเก็บเกี่ยวแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.01$) โดยที่อายุ 50 วันหลังปลูกมีค่าพื้นที่ใบเฉพาะเฉลี่ยในวันปลูกที่ 1 สูงที่สุดเท่ากับ 314.59 ตร.ซม./กรัม รองลงมาคือวันปลูกที่ 2 และ 3 มีค่าเท่ากับ 279.23 และ 221.32 ตร.ซม./กรัม ตามลำดับ ที่อายุ 75 วันหลังปลูกพบว่าวันปลูกที่ 1 มีค่าเฉลี่ยสูงสุด รองลงมาคือวันปลูกที่ 3 และ 2 มีค่าเท่ากับ 245.12, 172.04 และ 132.68 ตร.ซม./กรัม ตามลำดับ ส่วนที่อายุเก็บเกี่ยวพบว่าวันปลูกที่ 3 มีค่าเฉลี่ยสูงสุด รองลงมาคือวันปลูกที่ 1 และ 2 มีค่าเท่ากับ 179.99, 113.75 และ 75.88 ตร.ซม./กรัม ตามลำดับ

ถั่วหรั่งแต่ละสายพันธุ์มีค่าพื้นที่ใบเฉพาะที่อายุ 75 วันหลังปลูก และอายุเก็บเกี่ยว แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยที่อายุ 75 วันหลังปลูก พบว่าพันธุ์สงขลา 1, TVsu 89 และ SK1-15 มีค่าพื้นที่ใบเฉพาะเฉลี่ยไม่แตกต่างกันทางสถิติอยู่ระหว่าง 188.85 – 206.92 ตร.ซม./กรัม แต่จะแตกต่างจากพันธุ์ TVsu 1221 ที่มีค่าเท่ากับ 139.36 ตร.ซม./กรัม ส่วนที่อายุเก็บเกี่ยวพบว่าพันธุ์สงขลา 1 มีค่าเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 161.69 ตร.ซม./กรัม รองลงมาคือพันธุ์ TVsu 89, SK1-15 และ TVsu 1221 มีค่าเท่ากับ 130.88, 106.68 และ 93.58 ตร.ซม./กรัม ตามลำดับ

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนรวมสำหรับค่าอัตราการเจริญเติบโตของถั่วหรั่งที่ช่วงอายุต่าง ๆ (ตารางที่ 4.15) พบว่าวันปลูกมีผลทำให้ถั่วหรั่งทุกช่วงอายุมีค่าอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.01$) ถั่วหรั่งแต่ละพันธุ์มีค่าอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.01$) ที่ช่วงอายุ 25 – 50, 50 - 75 วันหลังปลูก และ 75 - เก็บเกี่ยว ผลการวิเคราะห์พบว่ามีปฏิกริยาสัมพันธ์ระหว่างวันปลูกกับพันธุ์ต่อค่าอัตราการเจริญเติบโตแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.01$) ที่ทุกช่วงอายุของถั่วหรั่ง

ตารางที่ 4.14 อิทธิพลของวันปลูกและพันธุ์ต่อค่าพื้นที่ใบเฉพาะของถั่วหรั่งที่ระยะการเจริญเติบโตต่าง ๆ

| พันธุ์ | พื้นที่ใบเฉพาะ (ตร.ซม./กรัม) | | | |
|----------------|------------------------------|-----------------------|-----------------------|---------------------|
| | วันปลูกที่ 1 | วันปลูกที่ 2 | วันปลูกที่ 3 | ค่าเฉลี่ย |
| 25 วันหลังปลูก | | | | |
| สงขลา 1 | 339.23 ^{ab} | 385.44 ^{ab} | 473.69 ^a | 399.46 |
| TVsu 1221 | 219.16 ^b | 443.80 ^a | 474.75 ^a | 379.24 |
| TVsu 89 | 409.85 ^{ab} | 360.34 ^{ab} | 278.27 ^{ab} | 349.52 |
| SK1-15 | 363.90 ^{ab} | 382.88 ^{ab} | 271.73 ^{ab} | 339.50 |
| ค่าเฉลี่ย | 133.03 | 393.12 | 374.64 | |
| 50 วันหลังปลูก | | | | |
| สงขลา 1 | 308.64 ^{ab} | 326.34 ^{ab} | 188.26 ^{ab} | 274.41 |
| TVsu 1221 | 284.27 ^{ab} | 275.14 ^{ab} | 252.03 ^{ab} | 270.48 |
| TVsu 89 | 337.07 ^a | 329.64 ^a | 156.49 ^b | 274.40 |
| SK1-15 | 328.38 ^a | 185.79 ^{ab} | 288.49 ^{ab} | 267.55 |
| ค่าเฉลี่ย | 314.59 ^A | 279.23 ^{AB} | 221.32 ^B | |
| 75 วันหลังปลูก | | | | |
| สงขลา 1 | 253.85 ^{abc} | 140.95 ^d | 199.21 ^{bcd} | 198.00 ^A |
| TVsu 1221 | 106.57 ^d | 153.32 ^{cd} | 158.18 ^{cd} | 139.36 ^B |
| TVsu 89 | 278.35 ^{ab} | 137.11 ^d | 151.09 ^d | 188.85 ^A |
| SK1-15 | 341.73 ^a | 99.33 ^d | 179.69 ^{bcd} | 206.92 ^A |
| ค่าเฉลี่ย | 245.12 ^A | 132.68 ^C | 172.04 ^B | |
| เก็บเกี่ยว | | | | |
| สงขลา 1 | 157.78 ^b | 99.24 ^{cdef} | 228.07 ^a | 161.69 ^A |
| TVsu 1221 | 82.22 ^{def} | 69.88 ^{ef} | 128.66 ^{bcd} | 93.58 ^C |
| TVsu 89 | 99.22 ^{cdef} | 64.89 ^f | 228.52 ^a | 130.88 ^B |
| SK1-15 | 115.81 ^{bcde} | 69.52 ^{ef} | 134.71 ^{bc} | 106.68 ^C |
| ค่าเฉลี่ย | 113.75 ^B | 75.88 ^C | 179.99 ^A | |

ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็กที่ต่างกันแสดงว่าพันธุ์มีการตอบสนองต่อวันปลูกมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P \leq 0.01$

ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์ใหญ่ที่ต่างกันในแต่ละวันปลูกและแนวอนเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P \leq 0.01$

ตารางที่ 4.15 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนรวมสำหรับค่าอัตราการเจริญเติบโตที่ช่วงอายุต่างๆ ของถั่วหรั่ง

| Source | DF | อัตราการเจริญเติบโต (กรัม/ตร.ม./วัน) | | | |
|-------------------|----|--------------------------------------|-------------------|-------------------|---------------------------|
| | | 0-25 วันหลังปลูก | 25-50 วันหลังปลูก | 50-75 วันหลังปลูก | 75 วันหลังปลูก-เก็บเกี่ยว |
| Mean Square | | | | | |
| Planting date (P) | 2 | 1.64913** | 92.6183** | 611.293** | 260.218** |
| Rep. within P. | 9 | 0.00272 | 0.5931 | 1.101 | 1.257 |
| Varieties (V) | 3 | 0.00162 | 9.2743** | 153.806** | 129.143** |
| P x V | 6 | 0.00490* | 2.6062** | 83.331** | 117.923** |
| Error | 27 | 0.00172 | 0.2824 | 0.849 | 3.892 |
| C.V. (%) | 47 | 12.52 | 14.51 | 9.93 | 31.80 |

* = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P \leq 0.05$

** = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P \leq 0.01$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการวิเคราะห์อิทธิพลของวันปลูกต่อค่าอัตราการเจริญเติบโตของถั่วหรั่งที่ช่วงอายุต่าง ๆ (ตารางที่ 4.16) พบว่าวันปลูกมีผลทำให้ถั่วหรั่งมีค่าอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P \leq 0.01$) โดยวันปลูกที่ 1 มีค่าอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยสูงที่สุด รองลงมาคือวันปลูกที่ 2 และ 3 ตามลำดับ โดยในช่วงอายุ 0 – 25 วันหลังปลูกมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.70, 0.18 และ 0.11 กรัม/ตร.ม./วัน ตามลำดับ ที่ช่วงอายุ 25 – 50 วันหลังปลูก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.98, 3.84 และ 1.18 กรัม/ตร.ม./วัน ตามลำดับ ที่ช่วงอายุ 50 – 75 วันหลังปลูก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 15.17, 9.81 และ 2.85 กรัม/ตร.ม./วัน ตามลำดับ ส่วนที่ระยะ 75 วันหลังปลูก – เก็บเกี่ยว มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 10.86, 3.86 และ 3.89 กรัม/ตร.ม./วัน ตามลำดับ

ถั่วหรั่งแต่ละสายพันธุ์มีค่าอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P \leq 0.01$) เฉพาะที่ช่วงอายุ 25 – 50, 50 – 75 วันหลังปลูก และที่ระยะ 75 วันหลังปลูก – เก็บเกี่ยว โดยที่ช่วงอายุ 25 – 50 วันหลังปลูก พันธุ์ SK1-15 และ TVsu 1221 มีค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกันมีค่าเท่ากับ 4.37 และ 4.28 กรัม/ตร.ม./วัน ตามลำดับ แต่จะต่างจากพันธุ์สงขลา 1 และ TVsu 89 ที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.54 และ 2.47 กรัม/ตร.ม./วัน ตามลำดับ ที่ช่วงอายุ 50 – 75 วันหลังปลูก พันธุ์ TVsu 1221 มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุดเท่ากับ 13.58 กรัม/ตร.ม./วัน และพันธุ์ TVsu 89 มีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุดเท่ากับ 5.34 กรัม/ตร.ม./วัน ที่อายุ 75 วันหลังปลูก - เก็บเกี่ยว พบว่าพันธุ์ TVsu 89 มีค่าเฉลี่ยมากที่สุดเท่ากับ 10.85 กรัม/ตร.ม./วัน รองลงมาคือ พันธุ์สงขลา 1, SK1-15 และ TVsu 1221 มีค่าเท่ากับ 6.18, 3.92 และ 3.86 กรัม/ตร.ม./วัน ตามลำดับ

ผลการวิเคราะห์ปฏิกริยาสัมพันธ์ระหว่างวันปลูกและพันธุ์สำหรับค่าอัตราการเจริญเติบโต พบว่าถั่วหรั่งแต่ละสายพันธุ์มีการตอบสนองต่อวันปลูกแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยภาพรวมทุกพันธุ์มีการตอบสนองต่อวันปลูกที่ 1 มากกว่าวันปลูกที่ 2 และ 3 โดยเฉพาะหลังออกดอก จะสังเกตเห็นว่าทุกสายพันธุ์มีการตอบสนองแตกต่างกันมากกว่าช่วงก่อนออกดอก ที่อายุ 50 – 75 วันหลังปลูก พบว่าพันธุ์ TVsu 1221 มีการตอบสนองต่อวันปลูกที่ 1 สูงกว่าวันปลูกที่ 2 และ 3 อีกทั้งยังมีการตอบสนองสูงกว่าพันธุ์อื่น ๆ โดยมีค่าอัตราการเจริญเติบโตเท่ากับ 25.92 กรัม/ตร.ม./วัน ส่วนที่อายุ 75 วันหลังปลูก - เก็บเกี่ยว พบว่าพันธุ์ TVsu 89 มีการตอบสนองต่อวันปลูกที่ 1 สูงกว่าวันปลูกที่ 2 และ 3 และมีการตอบสนองสูงกว่าพันธุ์อื่น ๆ มีค่าอัตราการเจริญเติบโตเท่ากับ 24.00 กรัม/ตร.ม./วัน

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนรวมสำหรับน้ำหนักแห้งรวมของถั่วหรั่งแสดงตารางที่ 4.17 พบว่าวันปลูกน้ำหนักแห้งรวมเฉลี่ยที่ทุกระยะการเจริญเติบโตแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P \leq 0.01$) ถั่วหรั่งแต่ละพันธุ์มีน้ำหนักแห้งรวมเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P \leq 0.01$) ที่อายุ 50, 75 วันหลังปลูก และอายุเก็บเกี่ยว ถั่วหรั่งแต่ละสายพันธุ์มีการตอบสนองต่อวันปลูกสำหรับค่าอัตราการเจริญเติบโตที่ทุกระยะการเจริญเติบโตแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$ และ $P \leq 0.01$)

ตารางที่ 4.16 อิทธิพลของวันปลูกและพันธุ์ต่อค่าอัตราการเจริญเติบโตของถั่วหรั่งที่ช่วงอายุต่าง ๆ

| พันธุ์ | อัตราการเจริญเติบโต (กรัม/ตรม./วัน) | | | |
|---------------------------|-------------------------------------|----------------------|--------------------|--------------------|
| | วันปลูกที่ 1 | วันปลูกที่ 2 | วันปลูกที่ 3 | ค่าเฉลี่ย |
| 0-25 วันหลังปลูก | | | | |
| สงขลา 1 | 0.71 ^a | 0.21 ^b | 0.12 ^{bc} | 0.34 |
| TVsu 1221 | 0.66 ^a | 0.15 ^{bc} | 0.14 ^{bc} | 0.32 |
| TVsu 89 | 0.75 ^a | 0.16 ^{bc} | 0.10 ^c | 0.34 |
| SK1-15 | 0.69 ^a | 0.21 ^b | 0.09 ^c | 0.33 |
| ค่าเฉลี่ย | 0.70 ^A | 0.18 ^B | 0.11 ^C | |
| 25-50 วันหลังปลูก | | | | |
| สงขลา 1 | 5.54 ^{abc} | 4.54 ^{cd} | 0.54 ^s | 3.54 ^B |
| TVsu 1221 | 6.78 ^a | 3.80 ^{de} | 2.25 ^{ef} | 4.28 ^{AB} |
| TVsu 89 | 5.09 ^{bcd} | 1.72 ^{fg} | 0.59 ^s | 2.47 ^C |
| SK1-15 | 6.50 ^{ab} | 5.28 ^{abcd} | 1.33 ^{fs} | 4.37 ^A |
| ค่าเฉลี่ย | 5.98 ^A | 3.84 ^B | 1.18 ^C | |
| 50-75 วันหลังปลูก | | | | |
| สงขลา 1 | 10.33 ^{cd} | 8.16 ^{de} | 4.38 ^{fg} | 7.62 ^C |
| TVsu 1221 | 25.92 ^a | 11.46 ^c | 3.38 ^{gh} | 13.58 ^A |
| TVsu 89 | 6.82 ^{ef} | 7.07 ^{ef} | 2.14 ^{gh} | 5.34 ^D |
| SK1-15 | 17.64 ^b | 12.57 ^c | 1.50 ^h | 10.57 ^B |
| ค่าเฉลี่ย | 15.17 ^A | 9.81 ^B | 2.85 ^C | |
| 75 วันหลังปลูก-เก็บเกี่ยว | | | | |
| สงขลา 1 | 11.31 ^b | 3.28 ^c | 3.95 ^c | 6.18 ^B |
| TVsu 1221 | 3.20 ^c | 5.47 ^{bc} | 2.91 ^c | 3.86 ^B |
| TVsu 89 | 24.00 ^a | 4.39 ^c | 4.16 ^c | 10.85 ^A |
| SK1-15 | 4.94 ^c | 2.29 ^c | 4.54 ^c | 3.92 ^B |
| ค่าเฉลี่ย | 10.86 ^A | 3.86 ^B | 3.89 ^B | |

ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็กที่ต่างกันแสดงว่าพันธุ์มีการตอบสนองต่อวันปลูกมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P \leq 0.01$ และ $P \leq 0.05$

ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์ใหญ่ที่ต่างกันในแต่ละวันปลูกและแนวต้นเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P \leq 0.01$

ตารางที่ 4.17 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนรวมสำหรับน้ำหนักแห้งรวมของถั่วหรั่งที่ระยะการเจริญเติบโตต่างๆ

| Source | DF | น้ำหนักแห้งรวม (กก./ไร่) | | | |
|-------------------|----|--------------------------|----------------|----------------|---------------|
| | | 25 วันหลังปลูก | 50 วันหลังปลูก | 75 วันหลังปลูก | วันเก็บเกี่ยว |
| Mean Square | | | | | |
| Planting date (P) | 2 | 2645.81** | 186030** | 2015002** | 4159417** |
| Rep. within P. | 9 | 4.32 | 907 | 1843 | 2812 |
| Varieties (V) | 3 | 2.54 | 14676** | 367725** | 277146** |
| P x V | 6 | 7.32* | 4415** | 141745** | 33609** |
| Error | 27 | 2.73 | 462 | 1097 | 4399 |
| C.V. (%) | | 12.50 | 13.45 | 6.24 | 7.54 |

* = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P \leq 0.05$

** = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P \leq 0.01$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อิทธิพลของวันปลูกและพันธุ์ต่อน้ำหนักแห้งรวมที่อายุการเจริญต่าง ๆ (ตารางที่ 4.18) พบว่าวันปลูกมีผลทำให้ถั่วหรั่งมีน้ำหนักแห้งรวมเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.01$) โดยวันปลูกที่ 1 มีค่าน้ำหนักแห้งรวมเฉลี่ยสูงสุด รองลงมาคือ วันปลูกที่ 2 และ 3 ตามลำดับ ที่อายุ 25 วันหลังปลูก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 27.99, 7.24 และ 4.45 กก./ไร่ ตามลำดับ ที่อายุ 50 วันหลังปลูก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 267.12, 160.90 และ 51.45 กก./ไร่ ตามลำดับ ที่อายุ 75 วันหลังปลูก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 874.10, 553.76 และ 165.43 กก./ไร่ ตามลำดับ ส่วนที่ระยะเก็บเกี่ยวมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1429.80, 784.70 และ 423.30 กก./ไร่ ตามลำดับ

ถั่วหรั่งแต่ละสายพันธุ์มีค่าน้ำหนักแห้งรวมเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.01$) เฉพาะที่อายุ 50, 75 วันหลังปลูก และเก็บเกี่ยว โดยที่อายุ 50 วันหลังปลูก พันธุ์ SK1-15 และ TVsu 1221 มีค่าเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 188.07 และ 183.74 กก./ไร่ ตามลำดับ ส่วนพันธุ์สงขลา 1 และ TVsu 89 ที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 155.43 และ 112.07 กก./ไร่ ตามลำดับ ที่อายุ 75 วันหลังปลูก พบว่าพันธุ์ TVsu 1221 มีค่าเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 727.13 กก./ไร่ และพันธุ์ TVsu 89 มีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุดเท่ากับ 325.89 กก./ไร่ ที่ระยะเก็บเกี่ยวพบว่าพันธุ์สงขลา 1, SK1-15 และ TVsu 1221 มีน้ำหนักแห้งรวมเฉลี่ยไม่แตกต่างกันทางสถิติเท่ากับ 947.14, 985.84 และ 930.16 กก./ไร่ ตามลำดับ ส่วนพันธุ์ TVsu 89 มีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุดเท่ากับ 654.03 กก./ไร่

ผลการวิเคราะห์ปฏิกริยาสัมพันธ์ระหว่างวันปลูกและพันธุ์ต่อน้ำหนักแห้งรวม พบว่าถั่วหรั่งแต่ละสายพันธุ์ตอบสนองต่อวันปลูกแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยพบว่าถั่วหรั่งทุกพันธุ์มีการตอบสนองต่อวันปลูกที่ 1 มากกว่าวันปลูกที่ 2 และ 3 โดยเฉพาะช่วงหลังออกดอกพบว่ามีการตอบสนองแตกต่างกันมากกว่าช่วงก่อนออกดอก ที่อายุ 75 วันหลังปลูก พบว่าพันธุ์ TVsu 1221 มีการตอบสนองต่อวันปลูกที่ 1 สูงกว่าวันปลูกที่ 2 และ 3 อีกทั้งมีการตอบสนองสูงกว่าพันธุ์อื่น ๆ มีค่าน้ำหนักแห้งรวมเท่ากับ 1,334.00 กก./ไร่ ส่วนที่ระยะเก็บเกี่ยว พันธุ์สงขลา 1, SK1-15 และ TVsu 1221 มีการตอบสนองต่อวันปลูกที่ 1 ไม่แตกต่างกันทางสถิติมีน้ำหนักแห้งรวมเท่ากับ 1,549.50, 1,584.30 และ 1,388.10 กก./ไร่ ตามลำดับ ส่วนพันธุ์ TVsu 89 มีค่าน้อยที่สุดเท่ากับ 1,197.40 กก./ไร่

4.2.6 ผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของถั่วหรั่ง

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนรวมต่อน้ำหนักฝักสด น้ำหนักฝักแห้ง และดัชนีเก็บเกี่ยวของถั่วหรั่งที่ระยะเก็บเกี่ยวแสดงดังตารางที่ 4.19 พบว่าวันปลูกและพันธุ์มีอิทธิพลต่อน้ำหนักฝักสด น้ำหนักฝักแห้ง และดัชนีเก็บเกี่ยว อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P \leq 0.01$) ผลการวิเคราะห์ปฏิกริยาสัมพันธ์ระหว่างวันปลูกและพันธุ์ถั่วหรั่ง พบว่าแต่ละพันธุ์มีการตอบสนองต่อวันปลูกแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P \leq 0.01$) สำหรับน้ำหนักฝักสด น้ำหนักฝักแห้ง และดัชนีเก็บเกี่ยว

ตารางที่ 4.18 อิทธิพลของวันปลูกและพันธุ์ต่อน้ำหนักแห้งรวมของถั่วหรั่งที่ระยะการเจริญเติบโตต่าง ๆ

| พันธุ์ | น้ำหนักแห้งรวม (กก./ไร่) | | | ค่าเฉลี่ย |
|-----------------------|----------------------------|---------------------------|---------------------------|----------------------|
| | วันปลูกที่ 1 | วันปลูกที่ 2 | วันปลูกที่ 3 | |
| 25 วันหลังปลูก | | | | |
| สงขลา 1 | 28.32 ^a | 8.30 ^b | 4.61 ^{bc} | 13.74 |
| TVsu 1221 | 26.32 ^a | 6.15 ^{bc} | 5.42 ^{bc} | 12.63 |
| TVsu 89 | 29.80 ^a | 6.15 ^{bc} | 4.07 ^c | 13.34 |
| SK1-15 | 27.50 ^a | 8.37 ^b | 3.69 ^c | 13.19 |
| ค่าเฉลี่ย | 27.99^A | 7.24^B | 4.45^C | |
| 50 วันหลังปลูก | | | | |
| สงขลา 1 | 249.96 ^{ab} | 190.22 ^{bc} | 26.10 ^f | 155.43 ^B |
| TVsu 1221 | 297.40 ^a | 158.41 ^{cd} | 95.40 ^{de} | 183.74 ^{AB} |
| TVsu 89 | 233.56 ^{ab} | 75.11 ^{ef} | 27.55 ^f | 112.07 ^C |
| SK1-15 | 287.54 ^a | 219.84 ^{bc} | 56.82 ^{ef} | 188.07 ^A |
| ค่าเฉลี่ย | 267.12^A | 160.90^B | 51.47^C | |
| 75 วันหลังปลูก | | | | |
| สงขลา 1 | 663.00 ^{cd} | 516.80 ^e | 201.30 ^{gh} | 460.34 ^C |
| TVsu 1221 | 1334.00 ^a | 617.00 ^d | 230.40 ^g | 727.13 ^A |
| TVsu 89 | 506.30 ^e | 358.10 ^f | 113.20 ^h | 325.89 ^D |
| SK1-15 | 993.10 ^b | 723.10 ^c | 116.80 ^h | 611.01 ^B |
| ค่าเฉลี่ย | 874.10^A | 553.76^B | 165.43^C | |
| เก็บเกี่ยว | | | | |
| สงขลา 1 | 1549.50 ^a | 766.60 ^c | 525.30 ^d | 947.14 ^A |
| TVsu 1221 | 1584.30 ^a | 949.10 ^c | 424.10 ^{de} | 985.84 ^A |
| TVsu 89 | 1197.40 ^b | 504.90 ^d | 259.80 ^e | 654.03 ^B |
| SK1-15 | 1388.10 ^{ab} | 918.30 ^c | 484.00 ^d | 930.16 ^A |
| ค่าเฉลี่ย | 1429.80^A | 784.70^B | 423.30^C | |

ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็กที่ต่างกันแสดงว่าพันธุ์มีการตอบสนองต่อวันปลูกมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P \leq 0.01$ และ $P \leq 0.05$

ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์ใหญ่ที่ต่างกันในแต่ละวันและจำนวนเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P \leq 0.01$

ตารางที่ 4.19 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนรวมสำหรับน้ำหนักฝักสด น้ำหนักฝักแห้ง และค่าดัชนีเก็บเกี่ยวของถั่วหรั่งที่ระยะเก็บเกี่ยว

| Source | DF | น้ำหนักฝักสด | น้ำหนักฝักแห้ง | ดัชนีเก็บเกี่ยว |
|-------------------|----|--------------|----------------|-----------------|
| | | (กก./ไร่) | (กก./ไร่) | |
| Mean Square | | | | |
| Planting date (P) | 2 | 57912** | 108965** | 0.24790** |
| Rep. within P. | 9 | 1364 | 473 | 0.00022 |
| Varieties (V) | 3 | 596353** | 127361** | 0.08066** |
| P x V | 6 | 68999** | 46273** | 0.02379** |
| Error | 27 | 2153 | 1479 | 0.00146 |
| C.V. (%) | | 12.76 | 20.61 | 18.71 |

** = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P \leq 0.01$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อิทธิพลของวันปลูกต่อน้ำหนักฝักสด น้ำหนักฝักแห้ง และค่าดัชนีเก็บเกี่ยว (ตารางที่ 4.20) พบว่าวันปลูกมีผลทำให้ถั่วหรั่งมีน้ำหนักฝักสดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P \leq 0.01$) โดยวันปลูกที่ 2 และ 3 มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุดเท่ากับ 415.95 และ 376.95 กก./ไร่ ส่วนวันปลูกที่ 1 มีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุดเท่ากับ 297.87 กก./ไร่ สำหรับน้ำหนักฝักแห้งพบว่าทุกวันปลูกมีค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P \leq 0.01$) โดยวันปลูกที่ 2 มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุดเท่ากับ 268.76 กก./ไร่ รองลงมาคือวันปลูกที่ 3 มีค่าเท่ากับ 187.17 กก./ไร่ และวันปลูกที่ 1 มีค่าน้อยที่สุดเท่ากับ 103.71 กก./ไร่ ผลการวิเคราะห์พบว่าทุกวันปลูกมีค่าดัชนีเก็บเกี่ยวแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P \leq 0.01$) โดยวันปลูกที่ 3 มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุดเท่ากับ 0.31 รองลงมา คือวันปลูกที่ 2 มีค่าเท่ากับ 0.24 และวันปลูกที่ 1 มีค่าน้อยที่สุดเท่ากับ 0.07

ถั่วหรั่งแต่ละสายพันธุ์มีน้ำหนักฝักสด น้ำหนักฝักแห้ง และค่าดัชนีเก็บเกี่ยว แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P \leq 0.01$) โดยพันธุ์ TVsu 1221 มีน้ำหนักฝักสดเฉลี่ยสูงที่สุดเท่ากับ 691.37 กก./ไร่ รองลงมาคือพันธุ์ TVsu 89, SK1-15 และ สงขลา 1 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 314.30, 239.08 และ 209.60 กก./ไร่ ตามลำดับ ถั่วหรั่งทั้ง 4 พันธุ์ มีน้ำหนักฝักแห้งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P \leq 0.01$) โดยพันธุ์ TVsu 1221 มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุดเท่ากับ 337.94 กก./ไร่ รองลงมาคือ พันธุ์ TVsu 89, SK1-15 และสงขลา 1 มีค่าเท่ากับ 161.26, 136.34 และ 110.65 กก./ไร่ ตามลำดับ ผลการวิเคราะห์พบว่าถั่วหรั่งทุกพันธุ์มีค่าดัชนีเก็บเกี่ยวแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P \leq 0.01$) โดยพันธุ์ TVsu 1221 และ TVsu 89 มีค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกันและมีค่าสูงที่สุดเท่ากับ 0.29 และ 0.26 ส่วนพันธุ์ SK1-15 และสงขลา 1 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.15 และ 0.12

ผลการวิเคราะห์พบว่าถั่วหรั่งแต่ละสายพันธุ์มีการตอบสนองต่อวันปลูกแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P \leq 0.01$) ทั้งน้ำหนักฝักสด น้ำหนักฝักแห้ง และค่าดัชนีเก็บเกี่ยว โดยพันธุ์ TVsu 1221 มีการตอบสนองต่อวันปลูกที่ 2 ดีที่สุดทั้งน้ำหนักฝักสดและน้ำหนักฝักแห้ง มีค่าเท่ากับ 916.62 และ 591.38 กก./ไร่ ตามลำดับ และดูเหมือนว่าจะตอบสนองค่อนข้างดีต่อวันปลูกที่ 3 โดยมีน้ำหนักฝักสดและน้ำหนักฝักแห้งเท่ากับ 730.32 และ 296.36 กก./ไร่ ตามลำดับ สำหรับค่าดัชนีเก็บเกี่ยวพบว่าพันธุ์ TVsu 1221 และ TVsu 89 มีการตอบสนองต่อวันปลูกที่ 3 ดีที่สุดมีค่าเท่ากับ 0.41 และ 0.43 ตามลำดับ ซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่จะแตกต่างจากพันธุ์สงขลา 1 และ SK1-15

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนรวมสำหรับองค์ประกอบผลผลิตของถั่วหรั่ง (ตารางที่ 4.21) พบว่าวันปลูกและพันธุ์มีผลทำให้ถั่วหรั่งมีน้ำหนักเมล็ดต่อไร่ เปอร์เซ็นต์กะเทาะ น้ำหนัก 100 เมล็ด และจำนวนเมล็ดต่อตารางเมตรแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.01$ และ $P \leq 0.05$) ผลการวิเคราะห์ปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างวันปลูกและพันธุ์ พบว่าถั่วหรั่งแต่ละพันธุ์มีการตอบสนองต่อวันปลูกแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.01$ และ $P \leq 0.05$) สำหรับน้ำหนักเมล็ดต่อไร่ เปอร์เซ็นต์กะเทาะ น้ำหนัก 100 เมล็ด และจำนวนเมล็ดต่อตารางเมตร

ตารางที่ 4.20 อิทธิพลของวันปลูกและพันธุ์ต่อน้ำหนักฝักสด น้ำหนักฝักแห้ง และค่าดัชนีเก็บเกี่ยวของถั่วหรั่งที่ระยะเก็บเกี่ยว

| พันธุ์ | ผลผลิตของถั่วหรั่ง | | | ค่าเฉลี่ย |
|---------------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------|
| | วันปลูกที่ 1 | วันปลูกที่ 2 | วันปลูกที่ 3 | |
| น้ำหนักฝักสด (กก./ไร่) | | | | |
| สงขลา 1 | 250.83 ^{de} | 221.53 ^e | 156.43 ^e | 209.60 ^C |
| TVsu 1221 | 427.18 ^c | 916.62 ^a | 730.32 ^b | 691.37 ^A |
| TVsu 89 | 278.50 ^{de} | 288.90 ^{cde} | 375.50 ^{cd} | 314.30 ^B |
| SK1-15 | 234.96 ^e | 236.74 ^{de} | 245.54 ^{de} | 239.08 ^C |
| ค่าเฉลี่ย | 297.87^b | 415.95^A | 376.95^A | |
| น้ำหนักฝักแห้ง (กก./ไร่) | | | | |
| สงขลา 1 | 112.42 ^{cd} | 137.24 ^{cd} | 82.28 ^{cd} | 110.65 ^B |
| TVsu 1221 | 126.08 ^{cd} | 591.38 ^a | 296.36 ^b | 337.94 ^A |
| TVsu 89 | 95.34 ^{cd} | 196.69 ^{bc} | 191.74 ^{bcd} | 161.26 ^B |
| SK1-15 | 81.00 ^d | 149.70 ^{cd} | 178.30 ^{cd} | 136.34 ^B |
| ค่าเฉลี่ย | 103.71^C | 268.76^A | 187.17^B | |
| ดัชนีเก็บเกี่ยว | | | | |
| สงขลา 1 | 0.07 ^d | 0.15 ^d | 0.14 ^d | 0.12 ^B |
| TVsu 1221 | 0.07 ^d | 0.38 ^{ab} | 0.41 ^a | 0.29 ^A |
| TVsu 89 | 0.07 ^d | 0.28 ^{bc} | 0.43 ^a | 0.26 ^A |
| SK1-15 | 0.06 ^d | 0.14 ^d | 0.27 ^c | 0.15 ^B |
| ค่าเฉลี่ย | 0.07^C | 0.24^B | 0.31^A | |

ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็กที่ต่างกันแสดงว่าพันธุ์มีการตอบสนองต่อวันปลูกมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P \leq 0.01$

ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์ใหญ่ที่ต่างกันในแต่ละวันปลูกและแนวอนเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P \leq 0.01$

ตารางที่ 4.21 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนรวมสำหรับองค์ประกอบผลผลิตของถั่วหรั่งที่ระยะเก็บเกี่ยว

| Source | DF | น้ำหนักเมล็ด | เปอร์เซ็นต์กะเทาะ | น้ำหนัก 100 เมล็ด | จำนวนเมล็ดต่อ |
|-------------------|----|--------------|-------------------|-------------------|---------------|
| | | (กก./ไร่) | (%) | (กรัม) | ตารางเมตร |
| Mean Square | | | | | |
| Planting date (P) | 2 | 75446.9** | 146.259** | 497.888** | 185254** |
| Rep. within P. | 9 | 315.4 | 7.222 | 26.216 | 1286 |
| Varieties (V) | 3 | 79989.4** | 17.554* | 111.867** | 155320** |
| P x V | 6 | 27248.3** | 29.922** | 37.648* | 65486** |
| Error | 27 | 815.5 | 5.525 | 12.291 | 1444 |
| C.V. (%) | | 19.00 | 2.92 | 6.79 | 19.84 |

* = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P \leq 0.05$

** = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P \leq 0.01$

อิทธิพลของวันปลูกต่อน้ำหนักเมล็ด เปอร์เซ็นต์กะเทาะ น้ำหนัก 100 เมล็ด และจำนวนเมล็ดต่อตารางเมตร (ตารางที่ 4.22) พบว่าวันปลูกมีผลทำให้ถั่วหรั่งมีน้ำหนักเมล็ดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.01$) โดยวันปลูกที่ 2 มีน้ำหนักเมล็ดเฉลี่ยสูงที่สุด รองลงมาคือ วันปลูกที่ 3 และ 1 มีค่าเท่ากับ 217.18, 153.69 และ 79.97 กก./ไร่ ตามลำดับ วันปลูกมีผลทำให้ถั่วหรั่งมีค่า

เปอร์เซ็นต์กะเทาะแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.01$) โดยวันปลูกที่ 2 และ 3 มี

ไม่ต่ำกว่าร้อยละ 40 ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เปอร์เซ็นต์กะเทาะเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 82.58 และ 81.85 % ตามลำดับ ส่วนวันปลูกที่ 1 มีค่าต่ำที่สุดเท่ากับ 77.02 % วันปลูกมีผลทำให้ถั่วหรั่งมีขนาดเมล็ดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.01$) โดยวันปลูกที่ 3 มีน้ำหนัก 100 เมล็ดสูงสุดที่ 307.48, 172.11 และ 94.91 กรัม ตามลำดับ ผลการวิเคราะห์พบว่าวันปลูกทำให้ถั่วหรั่งมีจำนวนเมล็ดต่อตารางเมตรแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยวันปลูกที่ 2 มีจำนวนเมล็ดต่อตารางเมตรมากที่สุด รองลงมาคือวันปลูกที่ 3 และ 1 มีค่าเท่ากับ 307.48, 172.11 และ 94.91 เมล็ด ตามลำดับ

ถั่วหรั่งแต่ละสายพันธุ์มีน้ำหนักเมล็ด เปอร์เซ็นต์กะเทาะ ขนาดเมล็ด และจำนวนเมล็ดต่อตารางเมตร แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.01$) สำหรับน้ำหนักเมล็ดพบว่าพันธุ์ TVsu 1221 มีค่าเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 270.56 กก./ไร่ รองลงมาคือพันธุ์ TVsu 89, SK1-15 และ สงขลา 1 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 128.22, 111.60 และ 90.73 กก./ไร่ ตามลำดับ อย่างไรก็ตามพบว่าถั่วหรั่งทั้ง 4 พันธุ์มีเปอร์เซ็นต์กะเทาะและน้ำหนัก 100 เมล็ดไม่แตกต่างกันมาก โดยมีค่าเปอร์เซ็นต์กะเทาะอยู่ระหว่าง 79.01 – 81.66 % ส่วนน้ำหนัก 100 เมล็ดอยู่ระหว่าง 48.22 – 55.64 กรัม สำหรับจำนวนเมล็ดต่อตารางเมตร พบว่าพันธุ์ TVsu 1221 มีจำนวนมากที่สุดเท่ากับ 358.42 เมล็ด ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับพันธุ์อื่น ๆ ที่มีค่าอยู่ระหว่าง 103.02 – 157.86 เมล็ด/ตร.ม.

ผลการวิเคราะห์ปฏิกริยาสัมพันธ์ระหว่างวันปลูกและพันธุ์ พบว่าถั่วหรั่งแต่ละพันธุ์มีการตอบสนองต่อวันปลูกแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.01$) ทั้งน้ำหนักเมล็ด เปอร์เซ็นต์กะเทาะ ขนาดเมล็ด และจำนวนเมล็ดต่อตารางเมตร โดยพันธุ์ TVsu 1221 มีการตอบสนองต่อวันปลูกที่ 2 สำหรับน้ำหนักเมล็ดสูงสุด มีค่าเท่ากับ 465.60 กก./ไร่ สำหรับค่าเปอร์เซ็นต์กะเทาะพบว่าทุกพันธุ์มีการตอบสนองต่อวันปลูกที่ 2 และ 3 ดีและไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 78.74 – 85.28 % ส่วนวันปลูกที่ 1 จะมีเพียงพันธุ์สงขลา 1 เท่านั้นที่มีเปอร์เซ็นต์กะเทาะค่อนข้างสูงเท่ากับ 80.26 % ในขณะที่พันธุ์อื่น ๆ มีค่าประมาณ 74.32 – 77.60 % ผลการวิเคราะห์น้ำหนัก 100 เมล็ด พบว่าถั่วหรั่งทุกพันธุ์มีการตอบสนองต่อวันปลูกที่ 3 และวันปลูกที่ 1 ดีกว่าวันปลูกที่ 2 และทุกพันธุ์ตอบสนองไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยในวันปลูกที่ 3 มีค่าอยู่ระหว่าง 56.29 – 57.33 กรัม ส่วนวันปลูกที่ 1 พันธุ์สงขลา 1, TVsu 1221 และ TVsu 89 มีค่าอยู่ระหว่าง 52.35 – 57.78 กรัม และพันธุ์ SK1-15 มีค่าน้อยที่สุดเท่ากับ 45.70 กรัม ข้อสังเกตคือ พันธุ์สงขลา 1 มีการตอบสนองต่อวันปลูกได้ค่อนข้างดีสำหรับค่าน้ำหนัก 100 เมล็ด เพราะมีความแปรปรวนค่อนข้างน้อย ในวันปลูกที่ 1, 2 และ 3 มีค่าน้ำหนัก 100 เมล็ด เท่ากับ 57.78, 52.35 และ 56.78 กรัม ตามลำดับ สำหรับจำนวนเมล็ดต่อตารางเมตร พบว่าพันธุ์ TVsu 1221 มีการตอบสนองต่อวันปลูกที่ 2 ได้ดีที่สุด มีค่าเท่ากับ 685.23 เมล็ด/ตร.ม.

ตารางที่ 4.22 อิทธิพลของวันปลูกและพันธุ์ต่อองค์ประกอบผลผลิตของถั่วหรั่งที่ระยะเก็บเกี่ยว

| พันธุ์ | องค์ประกอบผลผลิตของถั่วหรั่ง | | | |
|---------------------------------|------------------------------|---------------------------|---------------------------|----------------------|
| | วันปลูกที่ 1 | วันปลูกที่ 2 | วันปลูกที่ 3 | ค่าเฉลี่ย |
| น้ำหนักเมล็ด (กก./ไร่) | | | | |
| สงขลา 1 | 90.00 ^{cde} | 116.74 ^{cde} | 65.46 ^e | 90.73 ^B |
| TVsu 1221 | 97.88 ^{cde} | 465.60 ^a | 248.21 ^b | 270.56 ^A |
| TVsu 89 | 70.66 ^{de} | 158.56 ^c | 155.44 ^{cd} | 128.22 ^B |
| SK1-15 | 61.34 ^e | 127.82 ^{cde} | 145.63 ^{cde} | 111.60 ^B |
| ค่าเฉลี่ย | 79.97^C | 217.18^A | 153.69^B | |
| เปอร์เซ็นต์กะเทาะ | | | | |
| สงขลา 1 | 80.26 ^{abcd} | 85.05 ^a | 79.67 ^{abcd} | 81.66 ^A |
| TVsu 1221 | 77.60 ^{bcd} | 78.74 ^{abcd} | 83.69 ^{ab} | 80.01 ^{AB} |
| TVsu 89 | 74.32 ^d | 81.29 ^{abcd} | 81.43 ^{abc} | 79.01 ^B |
| SK1-15 | 75.92 ^{cd} | 85.28 ^a | 82.60 ^{abc} | 81.27 ^{AB} |
| ค่าเฉลี่ย | 77.02^B | 82.58^A | 81.85^A | |
| น้ำหนัก 100 เมล็ด (กรัม) | | | | |
| สงขลา 1 | 57.78 ^a | 52.35 ^{ab} | 56.78 ^a | 55.64 ^A |
| TVsu 1221 | 53.63 ^{ab} | 42.41 ^c | 57.33 ^a | 51.12 ^{AB} |
| TVsu 89 | 52.65 ^{ab} | 45.25 ^{bc} | 56.54 ^a | 51.48 ^{AB} |
| SK1-15 | 45.70 ^{bc} | 42.67 ^c | 56.29 ^a | 48.22 ^B |
| ค่าเฉลี่ย | 52.44^B | 45.67^C | 56.73^A | |
| จำนวนเมล็ดต่อตารางเมตร | | | | |
| สงขลา 1 | 97.40 ^{de} | 139.46 ^{cde} | 72.21 ^e | 103.02 ^C |
| TVsu 1221 | 114.31 ^{cde} | 685.23 ^a | 275.73 ^b | 358.42 ^A |
| TVsu 89 | 83.64 ^{de} | 217.55 ^{bc} | 172.38 ^{bcde} | 157.86 ^B |
| SK1-15 | 84.29 ^{de} | 187.66 ^{bcd} | 168.11 ^{bcde} | 146.69 ^{BC} |
| ค่าเฉลี่ย | 94.91^C | 307.48^A | 172.11^B | |

ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็กที่ต่างกันแสดงว่าพันธุ์มีการตอบสนองต่อวันปลูกมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P \leq 0.01$ และ $P \leq 0.05$

ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์ใหญ่ที่ต่างกันในวันปลูกและแนวตั้งและแนวนอนเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P \leq 0.01$

4.2.7 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเจริญเติบโตที่ระยะต่าง ๆ และผลผลิตฝักแห้ง

ผลวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเจริญเติบโตที่ระยะต่าง ๆ กับผลผลิตฝักแห้งของถั่วหรั่ง (ตารางที่ 4.23) พบว่าอัตราการเจริญเติบโตที่ระยะต่าง ๆ ไม่เกี่ยวข้องกับการให้ผลผลิตของวันปลูกที่ 1 แต่สำหรับวันปลูกที่ 2 พบว่าอัตราการเจริญเติบโตที่ระยะ 75 วันหลังปลูกถึงเก็บเกี่ยว มีความสำคัญต่อการให้ผลผลิตของถั่วหรั่งมากที่สุด คิดเป็นสัดส่วน 56.07 % และที่ระยะ 50-75 วันหลังปลูก คิดเป็นสัดส่วน 26.43 % ผลการวิเคราะห์ในวันปลูกที่ 3 พบว่าอัตราการเจริญเติบโตที่ระยะ 50-75 วันหลังปลูก มีความสำคัญต่อการให้ผลผลิตถั่วหรั่งมากที่สุดคิดเป็นสัดส่วน 38.37 % และที่ระยะ 75 วันหลังปลูกถึงระยะเก็บเกี่ยวคิดเป็นสัดส่วน 33.44 %

ตารางที่ 4.23 ผลการวิเคราะห์ Multiple regression ระหว่างอัตราการเจริญเติบโตที่ระยะต่าง ๆ กับผลผลิตฝักแห้งของถั่วหรั่ง

| Source | DF | SS | %SS | P |
|-----------------------------|----|---------|-------|--------|
| วันปลูกที่ 1 (11 พ.ค. 64) | | | | |
| Regression | 4 | 1088.87 | | > 0.05 |
| Residual | 11 | 5355.39 | | |
| Total | 15 | 6444.26 | | |
| วันปลูกที่ 2 (9 เม.ย. 2565) | | | | |
| Regression | 2 | 485458 | 82.50 | |
| 50-75 วันหลังปลูก | 1 | 155528 | 26.43 | < 0.05 |
| 75 วัน-ระยะเก็บเกี่ยว | 1 | 329930 | 56.07 | < 0.01 |
| Residual | 11 | 103010 | 17.50 | |
| Total | 15 | 588468 | 100 | |
| วันปลูกที่ 3 (8 มี.ค. 2566) | | | | |
| Regression | 2 | 78261 | 71.81 | |
| 50-75 วันหลังปลูก | 1 | 41818 | 38.37 | < 0.01 |
| 75-ระยะเก็บเกี่ยว | 1 | 36443 | 33.44 | < 0.01 |
| Residual | 11 | 30731 | 28.19 | |
| Total | 15 | 108992 | 100 | |

4.2.8 ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีพื้นที่ใบในระยะต่าง ๆ และผลผลิตฝักแห้ง

ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างค่าดัชนีพื้นที่ใบที่ระยะต่าง ๆ กับผลผลิตฝักแห้ง (ตารางที่ 4.24) พบว่าในวันปลูกที่ 1 ดัชนีพื้นที่ใบที่ระยะ 25 และ 75 วันหลังปลูก มีความสำคัญต่อการให้ผลผลิตของถั่วหรั่ง คิดเป็นสัดส่วน 54.71 และ 29.32 % ตามลำดับ ในวันปลูกที่ 2 พบว่าดัชนีพื้นที่ใบที่ระยะ 75 วันหลังปลูก มีความสำคัญต่อการให้ผลผลิตของถั่วหรั่งมากกว่าที่ระยะ 50 วันหลังปลูก คิดเป็นสัดส่วน 19.53 และ 59.34 % ตามลำดับ ส่วนวันปลูกที่ 3 พบว่าดัชนีพื้นที่ใบที่ระยะเก็บเกี่ยว มีความสำคัญต่อการให้ผลผลิตถั่วหรั่งมากที่สุด คิดเป็นสัดส่วนสูงถึง 69.70 % ส่วนที่ระยะ 25 วันหลังปลูก มีความสำคัญเช่นเดียวกันแต่คิดเป็นสัดส่วนเพียง 3.85 % เท่านั้น

4.2.9 ความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ใบเฉพาะในระยะต่างๆ และผลผลิตฝักแห้ง

ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างค่าพื้นที่ใบเฉพาะที่ระยะต่างๆ กับผลผลิตฝักแห้ง (ตารางที่ 4.25) ทุกวันปลูกให้ผลในทำนองเดียวกัน พบว่ามีเพียงพื้นที่ใบเฉพาะที่ระยะ 75 วันหลังปลูกเท่านั้นที่มีความเกี่ยวข้องกับการให้ผลผลิต มีความสำคัญคิดเป็นสัดส่วน 64.84, 18.26 และ 20.36 % ในวันปลูกที่ 1, 2 และ 3 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.24 ผลการวิเคราะห์ Multiple regression ระหว่างดัชนีพื้นที่ใบที่ระยะต่าง ๆ และ ผลผลิตฝักแห้งของถั่วหรั่ง

| Source | DF | SS | %SS | P |
|-----------------------------|----|---------|-------|--------|
| วันปลูกที่ 1 (11 พ.ค. 2564) | | | | |
| Regression | 2 | 5415.02 | 84.02 | |
| 25 วันหลังปลูก | 1 | 3525.74 | 54.71 | < 0.01 |
| 75 วันหลังปลูก | 1 | 1889.28 | 29.32 | < 0.05 |
| Residual | 13 | 1029.24 | 15.97 | |
| Total | 15 | 6444.26 | 100 | |
| วันปลูกที่ 2 (9 เม.ย. 2565) | | | | |
| Regression | 2 | 464115 | 78.87 | |
| 50 วันหลังปลูก | 1 | 114900 | 19.53 | < 0.01 |
| 75 วันหลังปลูก | 1 | 349215 | 59.34 | < 0.05 |
| Residual | 13 | 124353 | 21.13 | |
| Total | 15 | 584468 | 100 | |
| วันปลูกที่ 3 (8 มี.ค. 2566) | | | | |
| Regression | 2 | 80171 | 73.55 | |
| 25 วันหลังปลูก | 1 | 4200 | 3.85 | < 0.05 |
| ระยะเก็บเกี่ยว | 1 | 75971 | 69.70 | < 0.01 |
| Residual | 13 | 28821 | 26.45 | |
| Total | 15 | 108992 | 100 | |

ตารางที่ 4.25 ผลการวิเคราะห์ Multiple regression ระหว่างพื้นที่ใบเฉพาะที่ระยะต่าง ๆ และ ผลผลิตฝักแห้งของถั่วหรั่ง

| Source | DF | SS | %SS | P |
|-----------------------------|----|---------|-------|--------|
| วันปลูกที่ 1 (11 พ.ค. 2564) | | | | |
| Regression | 1 | | | |
| 75 วันหลังปลูก | 1 | 4178.72 | 64.84 | < 0.05 |
| Residual | 14 | 2265.54 | 35.16 | |
| Total | 15 | 6444.26 | 100 | |
| วันปลูกที่ 2 (9 เม.ย. 2565) | | | | |
| Regression | 1 | | | |
| 75 วันหลังปลูก | 1 | 107473 | 18.26 | < 0.05 |
| Residual | 14 | 480995 | 81.74 | |
| Total | 15 | 588468 | 100 | |
| วันปลูกที่ 3 (8 มี.ค. 2566) | | | | |
| Regression | 1 | | | |
| 75 วันหลังปลูก | 1 | 22191 | 20.36 | < 0.05 |
| Residual | 14 | 86801 | 79.64 | |
| Total | 15 | 108992 | 100 | |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.10 ความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบผลผลิตและผลผลิตฝักแห้ง

ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบผลผลิตกับผลผลิตฝักแห้ง (ตารางที่ 4.26) พบว่าน้ำหนัก 100 เมล็ด และจำนวนเมล็ดต่อตารางเมตรมีความสำคัญต่อการให้ผลผลิตของถั่วหรั่งในทุกวันปลูก โดยวันปลูกที่ 1 น้ำหนัก 100 เมล็ดและจำนวนเมล็ดต่อตารางเมตรมีความสำคัญต่อผลผลิตถั่วหรั่งคิดเป็นสัดส่วน 14.48 และ 82.13 % ตามลำดับ ในวันปลูกที่ 2 คิดเป็นสัดส่วน 0.57 และ 99.18 % ตามลำดับ ในวันปลูกที่ 3 คิดเป็นสัดส่วน 5.69 และ 92.37 % ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าจำนวนเมล็ดต่อตารางเมตรมีความสำคัญต่อการให้ผลผลิตของถั่วหรั่งมากกว่าขนาดเมล็ด

ตารางที่ 4.26 ผลการวิเคราะห์ Multiple regression ระหว่างองค์ประกอบผลผลิตและผลผลิตฝักแห้งของถั่วหรั่ง

| Source | DF | SS | %SS | P |
|-----------------------------|----|---------|-------|--------|
| วันปลูกที่ 1 (11 พ.ค. 2564) | | | | |
| Regression | 2 | 6225.71 | 96.61 | |
| น้ำหนัก 100 เมล็ด | 1 | 933.03 | 14.48 | < 0.01 |
| จำนวนเมล็ด/ตร.ม. | 1 | 5292.68 | 82.13 | < 0.01 |
| Residual | 13 | 218.55 | 3.39 | |
| Total | 15 | 6444.26 | 100 | |
| วันปลูกที่ 2 (9 เม.ย. 2565) | | | | |
| Regression | 2 | 587026 | 99.75 | |
| น้ำหนัก 100 เมล็ด | 1 | 3354 | 0.57 | < 0.01 |
| จำนวนเมล็ด/ตร.ม. | 1 | 583672 | 99.18 | < 0.01 |
| Residual | 13 | 1447 | 0.25 | |
| Total | 15 | 588473 | 100 | |
| วันปลูกที่ 3 (8 มี.ค. 2566) | | | | |
| Regression | 2 | 106883 | 98.06 | |
| น้ำหนัก 100 เมล็ด | 1 | 6197 | 5.69 | < 0.01 |
| จำนวนเมล็ด/ตร.ม. | 1 | 100685 | 92.37 | < 0.01 |
| Residual | 13 | 2110 | 1.94 | |
| Total | 15 | 108992 | 100 | |

4.2.11 สารพฤษเคมี ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ และสารอาหารในเมล็ดถั่วหรั่ง

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนรวมสำหรับสารพฤษเคมี ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ และสารอาหารในเมล็ดถั่วหรั่ง (ตารางที่ 4.27) พบว่าวันปลูกและพันธุ์มีผลต่อปริมาณสารสำคัญต่าง ๆ ในเมล็ดถั่วหรั่งอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P \leq 0.01$) และพบว่ามีปฏิกริยาสัมพันธ์ระหว่างวันปลูกและพันธุ์ต่อปริมาณฟีนอลิกรวมมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P \leq 0.01$) เพียงอย่างเดียวเท่านั้น

อิทธิพลของวันปลูกต่อปริมาณสารพฤษเคมีในเมล็ดถั่วหรั่ง ซึ่งการศึกษานี้จะใช้ข้อมูลของวันปลูกที่ 2 และ 3 เนื่องจากมีข้อจำกัดเรื่องปริมาณของเมล็ด (ตารางที่ 4.28) พบว่าวันปลูกมีผลทำให้ถั่วหรั่งมีปริมาณฟลาโวนอยด์ ฟีนอลิกรวม แอนโทไซยานิน และแทนนิน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P \leq 0.01$) โดยถั่วหรั่งจากวันปลูกที่ 2 มีปริมาณฟลาโวนอยด์ และแอนโทไซแอนินเป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ยานินเฉลี่ยเท่ากับ 3.66 mgQE/100gdw และ 1.65 mg/100gdw ตามลำดับ ซึ่งสูงกว่าวันปลูกที่ 3 ที่มีค่าเท่ากับ 2.07 mgQE/100gdw และ 0.91 mg/100gdw ตามลำดับ ในทางกลับกันพบว่าวันปลูกที่ 3 มีปริมาณฟีนอลิกรวมและแทนนินเฉลี่ยเท่ากับ 512.42 mgGAE/100gdw และ 33.41 mgCE/100gdw ซึ่งสูงกว่าวันปลูกที่ 2 ที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 239.63 mgGAE/100gdw และ 24.12 mgCE/100gdw ตามลำดับ

ถั่วหรั่งแต่ละสายพันธุ์มีปริมาณสารพฤกษเคมีทุกชนิดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.01$) ซึ่งปริมาณฟลาโวนอยด์พบมากที่สุดในพันธุ์สงขลา 1 รองลงมาคือ SK1-15, TVsu 89 และ TVsu 1221 มีค่าเท่ากับ 4.43, 2.88, 2.61 และ 1.55 mgQE/100gdw ตามลำดับ สำหรับปริมาณฟีนอลิกรวมพบมากที่สุดในพันธุ์ TVsu 89 มีค่าเท่ากับ 716.85 mgGAE/100gdw รองลงมาคือพันธุ์สงขลา 1 มีค่าเท่ากับ 558.22 mgGAE/100gdw ส่วนพันธุ์ TVsu 1221 และ TVsu 89 พบว่ามีปริมาณไม่แตกต่างกันโดยมีค่าเท่ากับ 71.53 และ 157.50 mgGAE/100gdw ตามลำดับ ผลการวิเคราะห์ปริมาณแอนโทไซยานิน พบว่าพันธุ์สงขลา 1 และ TVsu 89 มีปริมาณสูงที่สุดเท่ากับ 2.02 และ 1.65 mg/100gdw ในขณะที่พันธุ์ SK1-15 และ TVsu 1221 มีปริมาณน้อยเท่ากับ 0.78 และ 0.68 mg/100gdw ตามลำดับ ส่วนแทนนินพบว่าเฉพาะในเมล็ดถั่วหรั่งพันธุ์สงขลา 1 และ TVsu 89 เท่านั้น มีค่าเท่ากับ 35.57 และ 21.96 mgCE/100gdw ตามลำดับ ในขณะที่พันธุ์ TVsu 1221 และ SK1-15 ไม่พบว่ามีสารแทนนินในเมล็ด

ผลการวิเคราะห์พบว่าปฏิกริยาสัมพันธ์ระหว่างวันปลูกและพันธุ์ต่อปริมาณสารพฤกษเคมีในเมล็ด พบว่าพันธุ์ถั่วหรั่งมีการตอบสนองต่อวันปลูกแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.01$) เฉพาะด้านปริมาณฟีนอลิกรวมเท่านั้น โดยในวันปลูกที่ 3 พบว่าทุกพันธุ์จะมีปริมาณฟีนอลิกรวมสูงกว่าวันปลูกที่ 2 ซึ่งพันธุ์ TVsu 89 และ สงขลา 1 มีปริมาณสูงที่สุดเท่ากับ 966.42 และ 791.05 mgGAE/100gdw ข้อสังเกตคือพันธุ์ TVsu 1221 จะมีปริมาณฟีนอลิกรวมน้อยกว่าพันธุ์อื่น ๆ ค่อนข้างมาก โดยในวันปลูกที่ 2 และ 3 มีปริมาณเท่ากับ 56.78 และ 86.28 mgGAE/100gdw ตามลำดับ

ตารางที่ 4.27 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนรวมสำหรับปริมาณสารพฤกษเคมีในเมล็ดถั่วหรั่ง

| Source | DF | ปริมาณสารพฤกษเคมีในถั่วหรั่ง | | | DF | แทนนิน (mgCE/100gdw) |
|-------------------|----|------------------------------|------------------------------|-----------------------------|----|-------------------------|
| | | ฟลาโวนอยด์ (mgQE/100gdw) | ฟีนอลิกรวม (mgGAE/100gdw) | แอนโทไซยานิน (mg/100gdw) | | |
| Mean Square | | | | | | |
| Planting date (P) | 1 | 20.2089** | 595310** | 4.35863** | 1 | 344.752** |
| Rep. within P. | 6 | 0.1951 | 8746 | 0.08960 | 6 | 36.786* |
| Varieties (V) | 3 | 11.2936** | 772875** | 3.46092** | 1 | 740.792** |
| P x V | 3 | 0.4796 | 119046** | 0.31775 | 1 | 4.091 |
| Error | 18 | 0.2953 | 4476 | 0.11090 | 6 | 4.637 |
| C.V. (%) | | 18.97 | 17.79 | 25.95 | | 7.49 |

* = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P \leq 0.05$

** = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P \leq 0.01$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.28 อิทธิพลของวันปลูกและพันธุ์ต่อปริมาณสารพิษเคมีในเมล็ดถั่วหรั่ง

| พันธุ์ | ปริมาณสารพิษเคมีในเมล็ดถั่วหรั่ง | | |
|----------------------------------|----------------------------------|----------------------|---------------------|
| | วันปลูกที่ 2 | วันปลูกที่ 3 | ค่าเฉลี่ย |
| ฟลาโวนอยด์ (mgQE/100gdw) | | | |
| สงขลา 1 | 5.20 | 3.66 | 4.43 ^A |
| TVsu 1221 | 2.02 | 1.08 | 1.55 ^C |
| TVsu 89 | 3.49 | 1.72 | 2.61 ^B |
| SK1-15 | 3.93 | 1.83 | 2.88 ^B |
| <i>ค่าเฉลี่ย</i> | 3.66 ^A | 2.07 ^B | |
| ฟีนอลิกรวม (mgGAE/100gdw) | | | |
| สงขลา 1 | 325.40 ^{bc} | 791.05 ^a | 558.22 ^B |
| TVsu 1221 | 56.78 ^d | 86.28 ^d | 71.53 ^C |
| TVsu 89 | 467.28 ^b | 966.42 ^a | 716.85 ^A |
| SK1-15 | 109.07 ^d | 205.93 ^{cd} | 157.50 ^C |
| <i>ค่าเฉลี่ย</i> | 239.63 ^B | 512.42 ^A | |
| แอนโทไซยานิน (mg/100gdw) | | | |
| สงขลา 1 | 2.12 | 1.93 | 2.02 ^A |
| TVsu 1221 | 1.07 | 0.29 | 0.68 ^B |
| TVsu 89 | 2.23 | 1.07 | 1.65 ^A |
| SK1-15 | 1.19 | 0.37 | 0.78 ^B |
| <i>ค่าเฉลี่ย</i> | 1.65 ^A | 0.91 ^B | |
| แทนนิน (mgCE/100gdw) | | | |
| สงขลา 1 | 30.42 | 40.72 | 35.57 ^A |
| TVsu 1221 | ND | ND | ND |
| TVsu 89 | 17.82 | 26.10 | 21.96 ^B |
| SK1-15 | ND | ND | ND |
| <i>ค่าเฉลี่ย</i> | 24.12 ^B | 33.41 ^A | |

ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็กที่ต่างกันแสดงว่าพันธุ์มีการตอบสนองต่อวันปลูกมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P \leq 0.01$

ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์ใหญ่ที่ต่างกันแนวตั้งและแนวนอนเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P \leq 0.01$

ND = not detected

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนรวมสำหรับค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของเมล็ดถั่วหรั่ง (ตารางที่ 4.29) พบว่าวันปลูกและพันธุ์มีอิทธิพลต่อความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.01$) และพบว่าพันธุ์ถั่วหรั่งมีการตอบสนองต่อวันปลูกแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.01$) ด้านความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของเมล็ดถั่วหรั่ง

ตารางที่ 4.29 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนรวมสำหรับความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของเมล็ดถั่วหรั่ง

| Source | DF | Antioxidant test IC ₅₀ | Antioxidant test % scavenging |
|-------------------|----|-----------------------------------|-------------------------------|
| | | ($\mu\text{g/mL}$) | Mean Square |
| Planting date (P) | 1 | 134.849** | 4275.58** |
| Rep. within P. | 6 | 1.442 | 10.49 |
| Varieties (V) | 3 | 389.857** | 1306.09** |
| P x V | 3 | 23.434** | 1186.61** |
| Error | 18 | 1.800 | 9.44 |
| C.V. (%) | | 15.26 | 4.63 |

** = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P \leq 0.01$

อิทธิพลของวันปลูกและพันธุ์ต่อความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระที่พบในเมล็ดถั่วหรั่ง (ตารางที่ 4.30) พบว่าวันปลูกมีผลต่อสารต้านอนุมูลอิสระแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.01$) โดยในวันปลูกที่ 2 มีสารต้านอนุมูลอิสระเฉลี่ยสูงกว่าวันปลูกที่ 3 มีเท่ากับ 77.90 และ 54.78 % ตามลำดับ ถั่วหรั่งทั้ง 4 พันธุ์มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระและแตกต่างกันทางสถิติ ($P \leq 0.01$) พบว่าพันธุ์สงขลา 1 และ TVsu 89 มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระสูงสุดและไม่แตกต่างกัน โดยมีค่าเท่ากับ 78.49 และ 74.37 % รองลงมาพันธุ์ SK1-15 มีค่าเท่ากับ 62.34 % และพันธุ์ TVsu 1221 มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระน้อยที่สุดโดยมีค่าเท่ากับ 50.16 % และพบปฏิกริยาสัมพันธ์ระหว่างวันปลูกและพันธุ์ถั่วหรั่งมีผลต่อความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ โดยพบว่าวันปลูกที่ 3 พันธุ์ สงขลา 1 และวันปลูกที่ 2 พันธุ์ TVsu 89 มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระสูงสุด และไม่แตกต่างกัน โดยมีค่าเท่ากับ 80.16 และ 79.52 % ตามลำดับ และวันปลูกที่ 3 พันธุ์ TVsu 1221 มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระต่ำที่สุดเท่ากับ 22.91 %

อิทธิพลของวันปลูกมีผลต่อความเข้มข้นของสารสกัดจากถั่วหรั่งที่มีผลในการต้านอนุมูลอิสระ โดยพบว่าค่าเฉลี่ยของวันปลูกมีผลต่อความเข้มข้นของสารสกัดจากถั่วหรั่งที่มีผลต่อการต้านอนุมูลอิสระแตกต่างกันทางสถิติ ($P \leq 0.01$) พบว่าวันปลูกที่ 2 ใช้ความเข้มข้นของสารสกัดจาก ถั่วหรั่งที่มีผลในการต้านอนุมูลอิสระน้อยที่สุดเท่ากับ เท่ากับ 6.74 ไมโครลิตร/มล. และวันปลูกที่ 3 มีใช้ความเข้มข้นของสารสกัดจากถั่วหรั่งที่มีผลในการต้านอนุมูลอิสระน้อยที่สุดเท่ากับ 10.84 ไมโครลิตร/มล. ส่วนพันธุ์ถั่วหรั่งทั้ง 4 พันธุ์มีผลต่อความเข้มข้นของสารสกัดจากถั่วหรั่งที่มีผลในการต้านอนุมูลอิสระ และมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P \leq 0.01$) พบว่า สงขลา 1 และ TVsu 89 ใช้ความเข้มข้นของสารสกัดจากถั่วหรั่งที่มีผลในการต้านอนุมูลอิสระน้อยที่สุดและไม่แตกต่างกันในทั้ง 2 พันธุ์ เท่ากับ 2.54 และ 4.55 ไมโครลิตร/มล. รองลงมาพันธุ์ SK1-15 ใช้ความเข้มข้น 9.90 ไมโครลิตร/มล. และพันธุ์ TVsu 1221 ใช้ความเข้มข้นของสารสกัดจากถั่วหรั่งที่มีผลในการต้านอนุมูลอิสระมากที่สุดโดยมีค่าเท่ากับ 18.17 ไมโครลิตร/มล. และพบปฏิกริยาสัมพันธ์ระหว่างวันปลูกและพันธุ์ถั่วหรั่งมีผลต่อความเข้มข้นของสารสกัดจากถั่วหรั่งที่มีผลในการต้านอนุมูลอิสระโดยพบว่าวันปลูกที่ 2 พันธุ์ สงขลา 1 และ TVsu 89 ใช้ความเข้มข้นของสารสกัดจากถั่วหรั่งที่มีผลในการต้านอนุมูลอิสระน้อยที่สุดและไม่แตกต่างกัน โดยมีค่าเท่ากับ 1.63 และ 1.99 ไมโครลิตร/มล. ตามลำดับ และวันปลูกที่ 3 พันธุ์ TVsu 1221 ใช้ความเข้มข้นของสารสกัดจากถั่วหรั่งที่มีผลในการต้านอนุมูลอิสระมากที่สุดเท่ากับ 22.42 ไมโครลิตร/มล.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.30 อิทธิพลของวันปลูกและพันธุ์ต่อความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของเมล็ดถั่วหรั่ง

| พันธุ์ | Antioxidant test IC50 | | | Antioxidant test % scavenging | | |
|-----------|-----------------------|---------------------|--------------------|-------------------------------|--------------------|--------------------|
| | วันปลูกที่ 2 | วันปลูกที่ 3 | ค่าเฉลี่ย | วันปลูกที่ 2 | วันปลูกที่ 3 | ค่าเฉลี่ย |
| สงขลา 1 | 1.63 ^e | 3.46 ^{de} | 2.54 ^C | 77.46 ^{ab} | 79.52 ^a | 78.49 ^A |
| TVsu 1221 | 13.93 ^b | 22.42 ^a | 18.17 ^A | 77.41 ^{ab} | 22.91 ^d | 50.16 ^C |
| TVsu 89 | 1.99 ^e | 7.11 ^{cd} | 4.55 ^C | 80.16 ^a | 68.58 ^b | 74.37 ^A |
| SK1-15 | 9.40 ^c | 10.40 ^{bc} | 9.90 ^B | 76.57 ^{ab} | 48.12 ^c | 62.34 ^B |
| ค่าเฉลี่ย | 6.74 ^B | 10.84 ^A | | 77.90 ^A | 54.78 ^B | |

ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็กที่ต่างกันแสดงว่าพันธุ์มีการตอบสนองต่อวันปลูกมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P \leq 0.01$

ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์ใหญ่ที่ต่างกันในแต่ละวันปลูกและจำนวนวันปลูกมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P \leq 0.01$

แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนรวมต่อปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และ โปแทสเซียมในเมล็ด (ตารางที่ 4.31) พบว่าวันปลูกและพันธุ์ทำให้ถั่วหรั่งมีปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และ โปแทสเซียมในเมล็ดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.01$) พบว่ามีปฏิกริยาสัมพันธ์ระหว่างวันปลูกและพันธุ์ต่อปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และ โปแทสเซียมในเมล็ดถั่วหรั่ง

ตารางที่ 4.31 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนรวมสำหรับปริมาณธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และ โปแทสเซียมในเมล็ดถั่วหรั่ง

| Source | DF | ปริมาณธาตุอาหารในเมล็ดถั่วหรั่ง | | |
|-------------------|----|---------------------------------|--------------|----------------|
| | | ไนโตรเจน (%) | ฟอสฟอรัส (%) | โปแทสเซียม (%) |
| Mean Square | | | | |
| Planting date (P) | 1 | 1.34480** | 0.02258** | 0.63563** |
| Rep. within P. | 6 | 0.11021 | 0.00064 | 0.02982 |
| Varieties (V) | 3 | 0.52824** | 0.02324** | 0.22906** |
| P x V | 3 | 0.18152* | 0.00444** | 0.21221** |
| Error | 18 | 0.05469 | 0.00041 | 0.01534 |
| C.V. (%) | | 8.15 | 5.55 | 6.69 |

* = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P \leq 0.05$

** = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P \leq 0.01$

แสดงอิทธิพลของวันปลูกและพันธุ์ต่อปริมาณสารอาหารในเมล็ด (ตารางที่ 4.32) พบว่าเมล็ดถั่วหรั่งจากในวันปลูกที่ 2 มีปริมาณธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโปแทสเซียมสูงกว่าวันปลูกที่ 3 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.01$) โดยวันปลูกที่ 2 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.07, 0.39 และ 1.99 % ตามลำดับ ในขณะที่วันปลูกที่ 3 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.66, 0.34 และ 1.71 % ตามลำดับ

ถั่วหรั่งทั้ง 4 พันธุ์มีปริมาณธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโปแทสเซียม แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.01$) สำหรับปริมาณไนโตรเจนในเมล็ดพบว่าพันธุ์ TVsu 1221 มีค่าสูงสุดเฉลี่ยเท่ากับ 3.19 % รองลงมาคือพันธุ์ TVsu 89 มีค่าเท่ากับ 2.96 % ส่วนพันธุ์สงขลา 1 และ SK1-15 มีค่าประมาณ 2.68 และ 2.65 % ซึ่งไม่แตกต่างกันมาก ผลการวิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัส พบมากที่สุดไนเมล็ดถั่วหรั่งพันธุ์ TVsu 1221 และ SK1-15 มีค่าประมาณ 0.39 - 0.40 % รองมาคือ

พันธุ์ TVsu 89 และ สงขลา 1 มีค่าเท่ากับ 0.30 - 0.36 ส่วนปริมาณโปแทสเซียมพบมากที่สุดไน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมล็ดถั่วหรั่งพันธุ์ TVsu 89 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 30.8 % ส่วนพันธุ์อื่น ๆ มีค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกันมากนัก อยู่ระหว่าง 1.67 – 1.85 %

ผลการวิเคราะห์ปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างวันปลูกและพันธุ์ต่อปริมาณธาตุอาหารในเมล็ด พบว่าพันธุ์ TVsu 1221, TVsu 89 และ SK1-15 ตอบสนองต่อวันปลูกที่ 2 ดีทั้งปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัส โดยมีปริมาณไนโตรเจนอยู่ระหว่าง 2.90 – 3.36 % และปริมาณฟอสฟอรัสระหว่าง 0.41 – 0.44 % โดยเฉพาะพันธุ์ TVsu 1221 พบว่ามีการตอบสนองต่อวันปลูกที่ 3 ได้ดีเช่นกันทั้งปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในเมล็ด ส่วนปริมาณโพแทสเซียมพบทุกพันธุ์มีการตอบสนองในทั้งสองวันปลูกไม่ค่อยแตกต่างกัน

ตารางที่ 4.32 อิทธิพลของวันปลูกและพันธุ์ต่อปริมาณธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และ โพแทสเซียมในเมล็ดถั่วหรั่ง

| พันธุ์ | ปริมาณธาตุอาหารในเมล็ดถั่วหรั่ง | | |
|-----------------------|---------------------------------|-------------------------|--------------------|
| | วันปลูกที่ 2 | วันปลูกที่ 3 | ค่าเฉลี่ย |
| ไนโตรเจน (%) | | | |
| สงขลา 1 | 2.77 ^{bcd} | 2.59 ^{cd} | 2.68 ^B |
| TVsu 1221 | 3.28 ^{ab} | 3.11 ^{abc} | 3.19 ^A |
| TVsu 89 | 3.36 ^a | 2.56 ^{cd} | 2.96 ^{AB} |
| SK1-15 | 2.90 ^{abcd} | 2.40 ^d | 2.65 ^B |
| ค่าเฉลี่ย | 3.07^A | 2.66^B | |
| ฟอสฟอรัส (%) | | | |
| สงขลา 1 | 0.31 ^c | 0.29 ^c | 0.30 ^C |
| TVsu 1221 | 0.44 ^a | 0.40 ^{ab} | 0.42 ^A |
| TVsu 89 | 0.42 ^{ab} | 0.30 ^c | 0.36 ^B |
| SK1-15 | 0.41 ^{ab} | 0.38 ^b | 0.39 ^{AB} |
| ค่าเฉลี่ย | 0.39^A | 0.34^B | |
| โพแทสเซียม (%) | | | |
| สงขลา 1 | 1.87 ^b | 1.76 ^b | 1.82 ^B |
| TVsu 1221 | 1.67 ^b | 1.66 ^b | 1.67 ^B |
| TVsu 89 | 2.45 ^a | 1.70 ^b | 3.08 ^A |
| SK1-15 | 1.98 ^b | 1.72 ^b | 1.85 ^B |
| ค่าเฉลี่ย | 1.99^A | 1.71^B | |

ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็กที่ต่างกันแสดงว่าพันธุ์มีการตอบสนองต่อวันปลูกมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P \leq 0.01$

ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์ใหญ่ที่ต่างกันในแนวตั้งและแนวนอนเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P \leq 0.01$ และ $P \leq 0.05$

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนรวมต่อปริมาณธาตุแคลเซียมและแมกนีเซียมในเมล็ดแสดงดังตารางที่ 4.33 พบว่าวันปลูกและพันธุ์ทำให้ถั่วหรั่งมีปริมาณธาตุแคลเซียมและแมกนีเซียมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.01$ และ $P \leq 0.05$) พบว่ามีปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างวันปลูกและพันธุ์ต่อปริมาณธาตุแคลเซียมและแมกนีเซียมในเมล็ดถั่วหรั่ง

ตารางที่ 4.33 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนรวมสำหรับปริมาณธาตุแคลเซียมและแมกนีเซียมในเมล็ดถั่วหรั่ง

| Source | DF | ปริมาณธาตุอาหารในเมล็ดถั่วหรั่ง | |
|-------------------|----|---------------------------------|----------------|
| | | แคลเซียม (%) | แมกนีเซียม (%) |
| Mean Square | | | |
| Planting date (P) | 1 | 0.01445** | 3.125** |
| Rep. within P. | 6 | 0.00010 | 1.250 |
| Varieties (V) | 3 | 0.00037* | 9.542** |
| P x V | 3 | 0.00204** | 2.375** |
| Error | 18 | 0.00010 | 2.361 |
| C.V. (%) | | 17.54 | 2.64 |

* = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P \leq 0.05$

** = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ $P \leq 0.01$

อิทธิพลของวันปลูกและพันธุ์ต่อปริมาณแคลเซียมและแมกนีเซียมในเมล็ดถั่วหรั่ง (ตารางที่ 4.34) พบว่าในวันปลูกที่ 2 มีปริมาณสารอาหารทั้งสองชนิดสูงกว่าวันปลูกที่ 3 อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P \leq 0.01$) โดยวันปลูกที่ 2 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.08 และ 0.19 % ตามลำดับ ในขณะที่วันปลูกที่ 3 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.03 และ 0.18 % ตามลำดับ

ถั่วหรั่งทั้ง 4 พันธุ์มีปริมาณแคลเซียมและแมกนีเซียมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P \leq 0.01$) โดยเมล็ดถั่วหรั่งพันธุ์ TVsu 1221, TVsu 89 และ SK1-15 พบว่ามีปริมาณแคลเซียม 0.06 - 0.07 % ซึ่งสูงกว่าพันธุ์สงขลา 1 สูงที่มีค่าเท่ากับ 0.05 % ผลการวิเคราะห์ปริมาณแมกนีเซียมพบมากที่สุดที่เมล็ดถั่วหรั่งพันธุ์ SK1-15 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.20 % ส่วนพันธุ์อื่น ๆ มีค่าอยู่ระหว่าง 0.17 - 0.19 %

ผลการวิเคราะห์ปฏิกริยาสัมพันธ์ระหว่างวันปลูกและพันธุ์ต่อปริมาณแคลเซียมและแมกนีเซียมในเมล็ด พบว่าพันธุ์ TVsu 1221, TVsu 89 และ SK1-15 ตอบสนองต่อวันปลูกที่ 2 สำหรับปริมาณแคลเซียมในเมล็ด โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 0.07 - 0.10 % ส่วนปริมาณแมกนีเซียมพบว่าพันธุ์ SK1-15 มีการตอบสนองดีทั้งวันปลูกที่ 2 และ 3 มีค่าเท่ากับ 2.0 % และพบว่าพันธุ์ TVsu 1221 มีปริมาณแมกนีเซียมในเมล็ดเท่ากับ 0.19 % ซึ่งตอบสนองต่อวันปลูกที่ 2 ไม่แตกต่างจากพันธุ์ SK1-15 และเป็นที่น่าสนใจกว่าพันธุ์ TVsu 89 ตอบสนองต่อทั้งสองวันปลูกน้อยกว่าพันธุ์อื่น ๆ ทั้งปริมาณแคลเซียมและแมกนีเซียมในเมล็ด

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนรวมต่อปริมาณแมงกานีสและสังกะสี (ตารางที่ 4.35) พบว่าวันปลูกมีอิทธิพลต่อปริมาณแมกนีเซียมในเมล็ดของถั่วหรั่งแต่ไม่มีผลต่อปริมาณแมงกานีส พันธุ์มีผลต่อทั้งปริมาณแมงกานีสและสังกะสี ($P \leq 0.01$) และพบว่าปฏิกริยาสัมพันธ์ระหว่างวันปลูกและพันธุ์ต่อทั้งปริมาณแมงกานีสและสังกะสีในเมล็ดถั่วหรั่ง ($P \leq 0.01$)

ตารางที่ 4.34 อิทธิพลของวันปลูกและพันธุ์ต่อปริมาณธาตุแคลเซียมและแมกนีเซียมในเมล็ดถั่วหรั่ง

| พันธุ์ | ปริมาณธาตุอาหารในเมล็ดถั่วหรั่ง | | |
|-----------------------|---------------------------------|--------------------|---------------------|
| | วันปลูกที่ 2 | วันปลูกที่ 3 | ค่าเฉลี่ย |
| แคลเซียม (%) | | | |
| สงขลา 1 | 0.05 ^{bc} | 0.05 ^{bc} | 0.048 ^B |
| TVsu 1221 | 0.09 ^a | 0.05 ^{bc} | 0.065 ^A |
| TVsu 89 | 0.10 ^a | 0.01 ^d | 0.055 ^{AB} |
| SK1-15 | 0.07 ^{ab} | 0.04 ^{cd} | 0.053 ^{AB} |
| <i>ค่าเฉลี่ย</i> | 0.08 ^A | 0.03 ^B | |
| แมกนีเซียม (%) | | | |
| สงขลา 1 | 0.18 ^b | 0.18 ^b | 0.18 ^B |
| TVsu 1221 | 0.19 ^{ab} | 0.18 ^b | 0.19 ^B |
| TVsu 89 | 0.18 ^b | 0.16 ^c | 0.17 ^C |
| SK1-15 | 0.20 ^a | 0.20 ^a | 0.20 ^A |
| <i>ค่าเฉลี่ย</i> | 0.19 ^A | 0.18 ^B | |

ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็กที่ต่างกันแสดงว่าพันธุ์มีการตอบสนองต่อวันปลูกมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P \leq 0.01$

ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์ใหญ่ที่ต่างกันแนวตั้งและแนวนอนเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P \leq 0.01$

ตารางที่ 4.35 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนรวมสำหรับปริมาณแมงกานีสและสังกะสีในเมล็ดถั่วหรั่ง

| Source | DF | ปริมาณธาตุอาหารในเมล็ดถั่วหรั่ง | |
|-------------------|----|---------------------------------|-------------------|
| | | แมงกานีส (มก./กก.) | สังกะสี (มก./กก.) |
| | | Mean Square | |
| Planting date (P) | 1 | 23.91 | 27.380** |
| Rep. within P. | 6 | 25.02 | 0.580 |
| Varieties (V) | 3 | 2055.67** | 138.419** |
| P x V | 3 | 67.87** | 22.752** |
| Error | 18 | 10.13 | 0.945 |
| C.V. (%) | | 12.03 | 3.20 |

** = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P \leq 0.01$

อิทธิพลของวันปลูกและพันธุ์ต่อปริมาณแมงกานีสและสังกะสีในเมล็ด (ตารางที่ 4.36) พบว่าวันปลูกไม่มีอิทธิพลต่อปริมาณแมงกานีส แต่จะมีผลต่อปริมาณสังกะสี โดยวันปลูกที่ 3 มีปริมาณสังกะสีในเมล็ดสูงกว่าวันปลูกที่ 2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.01$) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 31.3 และ 29.45 มก./กก. ตามลำดับ

ถั่วหรั่งทั้ง 4 พันธุ์มีปริมาณแมงกานีสและสังกะสีแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.01$) โดยปริมาณแมงกานีสพบในเมล็ดของพันธุ์ SK1-15 มากที่สุดเท่ากับ 48.22 มก./กก. รองลงมาคือพันธุ์สงขลา 1 เท่ากับ 28.80 มก./กก. และส่วนพันธุ์ TVsu 1221 และ TVsu 89 มีปริมาณน้อยเท่ากับ 15.26 และ 13.56 มก./กก. ตามลำดับ ส่วนปริมาณสังกะสีพบมากที่สุดในเมล็ดถั่วหรั่งพันธุ์ TVsu 1221 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 35.97 % รองลงมาคือ TVsu 89 และ SK1-15 มีค่าเท่ากับ 29.00 และ 30.50 มก./กก. ตามลำดับ ส่วนพันธุ์สงขลา 1 มีค่าน้อยที่สุดเท่ากับ 26.05 มก./กก.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการวิเคราะห์ปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างวันปลูกและพันธุ์ต่อปริมาณแมงกานีสและสังกะสีในเมล็ด พบว่าพันธุ์ SK1-15 มีการตอบสนองต่อวันปลูกที่ 2 ดีที่สุดสำหรับปริมาณแมงกานีส มีค่าเท่ากับ 53.34 มก./กก. ส่วนปริมาณสังกะสีในเมล็ดพบว่าพันธุ์ TVsu 1221 มีการตอบสนองต่อวันปลูกที่ 3 ดีที่สุด มีค่าเท่ากับ 39.36 มก./กก.

ตารางที่ 4.36 อิทธิพลของวันปลูกและพันธุ์ต่อปริมาณแมงกานีสและสังกะสีในเมล็ดถั่วหรั่ง

| พันธุ์ | ปริมาณธาตุอาหารในเมล็ดถั่วหรั่ง | | |
|--------------------|---------------------------------|---------------------|--------------------|
| | วันปลูกที่ 2 | วันปลูกที่ 3 | ค่าเฉลี่ย |
| แมงกานีส (มก./กก.) | | | |
| สงขลา 1 | 27.67 ^c | 29.93 ^c | 28.80 ^b |
| TVsu 1221 | 14.35 ^d | 16.17 ^d | 15.26 ^c |
| TVsu 89 | 13.94 ^d | 13.18 ^d | 13.56 ^c |
| SK1-15 | 53.34 ^a | 43.10 ^b | 48.22 ^a |
| ค่าเฉลี่ย | 27.32 | 25.59 | |
| สังกะสี (มก./กก.) | | | |
| สงขลา 1 | 26.42 ^d | 25.68 ^d | 26.05 ^c |
| TVsu 1221 | 32.57 ^b | 39.36 ^a | 35.97 ^a |
| TVsu 89 | 28.49 ^{cd} | 29.52 ^c | 29.00 ^b |
| SK1-15 | 30.35 ^{bc} | 30.66 ^{bc} | 30.50 ^b |
| ค่าเฉลี่ย | 29.45 ^b | 31.31 ^a | |

ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็กที่ต่างกันแสดงว่าพันธุ์มีการตอบสนองต่อวันปลูกมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P < 0.01$

ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์ใหญ่ที่ต่างกันในแต่ละแถวและแนวนอนเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P < 0.01$

4.3 การศึกษาส่วนที่ 3 การประยุกต์ใช้แบบจำลอง CSM-CROPGRO-Cowpea ประเมินการเจริญเติบโตและผลผลิตของถั่วหรั่ง 4 พันธุ์ (สงขลา 1, TVsu 1221, TVsu 89 และ SK1-15) ภายใต้การเปลี่ยนแปลงของสภาพอากาศ

4.3.1 การปรับค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมของถั่วหรั่ง (Model calibration)

การประเมินค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมของถั่วหรั่ง 4 พันธุ์ โดยอาศัยข้อมูลการทดลองของวันปลูกที่ 1 (11 พ.ค. 64) และวันปลูกที่ 3 (8 มิ.ค. 66) มาทำการปรับค่าโดยใช้โปรแกรม GLUE จนได้ผลการจำลองทั้งด้านระยะพัฒนาการและการเจริญเติบโตใกล้เคียงกับค่าสังเกตมากที่สุด โดยถั่วหรั่งพันธุ์สงขลา 1, TVsu 1221 และ SK1-15 จะใช้ Ecotype ของพันธุ์ UCR 368-KENYA ส่วนพันธุ์ TVsu 89 จะใช้ Ecotype ของพันธุ์ TVU3046-INDIA เป็นค่าเริ่มต้นในการรัน โดยการปรับค่าของทุกพันธุ์ใช้จำนวนรอบในการรันเท่ากัน คือ 20,000 รอบ (10,000 รอบสำหรับระยะพัฒนาการ และ 10,000 รอบสำหรับลักษณะการเจริญเติบโต) โดยค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมของถั่วหรั่งทั้ง 4 พันธุ์แสดงในตารางที่ 4.37

ตารางที่ 4.37 ค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมของถั่วเหลืองที่ประเมินได้จากโปรแกรม GLUE

| ค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรม | พันธุ์ | | | |
|-----------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| | สงขลา 1 | TVsu 1221 | TVsu 89 | SK1-15 |
| Ecotype | UCR 368- KENYA | UCR 368- KENYA | TVU3046- INDIA | UCR 368- KENYA |
| จำนวนรอบ (Runs) | 20,000 | | | |
| CSDL | 12.56 | 12.60 | 12.58 | 12.56 |
| PPSEN | 0.2870 | 0.0810 | 0.2260 | 0.1690 |
| EM-FL | 31.04 | 30.19 | 28.01 | 31.47 |
| FL-SH | 3.21 | 3.57 | 3.53 | 2.72 |
| FL-SD | 7.940 | 7.950 | 5.874 | 7.690 |
| SD-PM | 48.87 | 47.69 | 36.12 | 48.27 |
| FL-LF | 16.00 | 16.00 | 9.00 | 16.00 |
| LFMAX | 0.910 | 0.938 | 0.900 | 0.995 |
| SLAVR | 209.0 | 225.0 | 202.0 | 242.0 |
| SIZLF | 240.0 | 240.0 | 220.0 | 240.0 |
| XFRT | 0.51 | 1.00 | 0.98 | 0.61 |
| WTPSD | 0.0740 | 0.0580 | 0.0515 | 0.0520 |
| SFDUR | 8.4 | 8.4 | 7.2 | 8.4 |
| SDPDVR | 10.3 | 10.3 | 9.7 | 10.3 |
| PODUR | 31.0 | 31.0 | 20.0 | 31.0 |
| THRSH | 77.7 | 77.7 | 74.9 | 77.7 |
| SDPRO | 0.300 | 0.300 | 0.300 | 0.300 |
| SDLIP | 0.065 | 0.065 | 0.065 | 0.065 |

* คำอธิบายรายละเอียดของค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมแสดงในตารางที่ 3.1

ผลการประเมินความสอดคล้องของวันงอก (emergence day) โดยวันปลูกที่ 1 (11 พ.ค. 64) พันธุ์สงขลา 1 และ TVsu 89 สามารถทำนายได้ดีมาก แบบจำลองทำนายอายุวันงอกได้เท่ากับค่าสังเกตคือ 6 วัน มีค่า RMSEn เท่ากับ 0.0 % ในขณะที่พันธุ์ TVsu 1221 และ SK1-15 แบบจำลองทำนายอายุวันงอกได้เท่ากับ 6 วัน ส่วนค่าสังเกตวันงอกเท่ากับ 7 วัน มีค่า RMSEn เท่ากับ 14.3 % แสดงว่าแบบจำลองทำนายได้ดี (ตารางที่ 4.38)

ส่วนวันปลูกที่ 3 (8 มี.ค. 66) พบว่าแบบจำลองสามารถทำนายอายุวันงอกของพันธุ์ TVsu 1221 ได้ค่อนข้างดี มีค่าทำนายเท่ากับ 6 วัน ส่วนค่าสังเกตเท่ากับ 8 วัน มีค่า RMSEn เท่ากับ 25 % แต่สำหรับพันธุ์สงขลา 1, TVsu 89 และ SK1-15 พบว่าแบบจำลองทำนายอายุวันงอกได้ไม่ดี ซึ่งพันธุ์ถั่วเหลืองส่วนใหญ่มีผลต่างระหว่างค่าสังเกตและค่าทำนายอยู่ระหว่าง 3-7 วัน โดยพันธุ์ SK1-15 มีผลต่างมากถึง 7 วัน

ตารางที่ 4.38 ความสอดคล้องระหว่างค่าจำลองและค่าสังเกตอายุวันงอกของถั่วเหลืองทั้ง 4 พันธุ์ สำหรับวันปลูกที่ 1 (11 พ.ค. 64) และ 3 (8 มี.ค. 66) ซึ่งใช้ในการปรับค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรม (calibrated)

| พันธุ์ | อายุวันงอก (emergence day) | | | |
|---------------------------|----------------------------|--------------|--------------|-----------|
| | ค่าสังเกต (O) | ค่าจำลอง (S) | ผลต่าง (S-O) | RMSEn (%) |
| วันปลูกที่ 1 (11 พ.ค. 64) | | | | |
| สงขลา 1 | 6 | 6 | 0 | 0.0 |
| TVsu 1221 | 7 | 6 | -1 | 14.3 |
| TVsu 89 | 6 | 6 | 0 | 0.0 |
| SK1-15 | 7 | 6 | -1 | 14.3 |
| วันปลูกที่ 3 (8 มี.ค. 66) | | | | |
| สงขลา 1 | 9 | 6 | -3 | 33.3 |
| TVsu 1221 | 8 | 6 | -2 | 25.0 |
| TVsu 89 | 11 | 6 | -5 | 45.5 |
| SK1-15 | 13 | 6 | -7 | 53.9 |

RMSEn = Normalized root mean square error

ผลการประเมินความสอดคล้องของอายุวันออกดอก (anthesis day) (ตารางที่ 4.39) โดยวันปลูกที่ 1 (11 พ.ค. 64) แบบจำลองสามารถทำนายอายุวันออกดอกของทุกพันธุ์ได้ดีมาก มีค่าทำนายอยู่ระหว่าง 38 - 42 วัน ค่าสังเกตอยู่ระหว่าง 40 - 44 วัน และมีค่า RMSEn ต่ำกว่า 7 %

ผลการประเมินในวันปลูกที่ 3 (8 มี.ค. 66) พบว่าแบบจำลองทำนายอายุวันออกดอกของพันธุ์สงขลา 1 และ TVsu 89 ได้ดีมาก โดยมีค่าทำนายจากแบบจำลองเท่ากับ 48 และ 44 วัน ตามลำดับ ค่าสังเกตวันออกดอกเท่ากับ 44 และ 41 วัน ตามลำดับ มีค่า RMSEn เท่ากับ 9.1 และ 7.3 % ตามลำดับ สำหรับพันธุ์ TVsu 1221 และ SK1-15 พบว่าแบบจำลองสามารถทำนายได้ดี มีอายุวันออกดอกจากแบบจำลองเท่ากับ 47 และ 48 วัน ตามลำดับ ในขณะที่ค่าสังเกตวันออกดอกเท่ากับ 42 และ 43 วัน ตามลำดับ มีค่า RMSEn เท่ากับ 11.9 และ 11.6 % ตามลำดับ

ผลการประเมินความสอดคล้องของอายุวันสุกแก่ทางสรีรวิทยา (physiological maturity day) (ตารางที่ 4.40) พบว่าในวันปลูกที่ 1 (11 พ.ค. 64) แบบจำลองสามารถทำนายได้ดีมากสำหรับพันธุ์ TVsu 89 โดยค่าทำนายอายุวันสุกแก่ทางสรีรวิทยาเท่ากับ 86 วัน ค่าสังเกตเท่ากับ 92 วัน มีค่า RMSEn เท่ากับ 6.5 % ผลการประเมินในพันธุ์สงขลา 1, TVsu 1221 และ SK1-15 พบว่าแบบจำลองสามารถทำนายได้ดี มีอายุวันสุกแก่ทางสรีรวิทยาจากแบบจำลองอยู่ระหว่าง 102-106 วัน ค่าสังเกตอยู่ระหว่าง 123 - 124 วัน มีค่า RMSEn อยู่ในช่วง 13.8 - 17.1 %

ผลการประเมินในวันปลูกที่ 3 (8 มี.ค. 66) พบว่าแบบจำลองสามารถทำนายอายุวันสุกแก่ทางสรีรวิทยาได้ดีมากทุกพันธุ์ โดยมีค่าทำนายอยู่ระหว่าง 103 - 128 วัน ค่าสังเกตอยู่ระหว่าง 96 - 125 วัน โดยมีค่า RMSEn อยู่ในช่วง 0.8 - 7.3 %

ตารางที่ 4.39 ความสอดคล้องระหว่างค่าจำลองและค่าสังเกตอายุวันออกดอกของถั่วเหลืองทั้ง 4 พันธุ์ สำหรับวันปลูกที่ 1 (11 พ.ค. 64) และ 3 (8 มี.ค. 66) ซึ่งใช้ในการปรับค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรม (calibrated)

| พันธุ์ | อายุวันออกดอก (anthesis day) | | | |
|---------------------------|------------------------------|--------------|--------------|-----------|
| | ค่าสังเกต (O) | ค่าจำลอง (S) | ผลต่าง (S-O) | RMSEn (%) |
| วันปลูกที่ 1 (11 พ.ค. 64) | | | | |
| สงขลา 1 | 41 | 41 | 0 | 0.0 |
| TVsu 1221 | 43 | 40 | -3 | 7.0 |
| TVsu 89 | 40 | 38 | -2 | 5.0 |
| SK1-15 | 44 | 42 | -2 | 4.6 |
| วันปลูกที่ 3 (8 มี.ค. 66) | | | | |
| สงขลา 1 | 44 | 48 | +4 | 9.1 |
| TVsu 1221 | 42 | 47 | +5 | 11.9 |
| TVsu 89 | 41 | 44 | +3 | 7.3 |
| SK1-15 | 43 | 48 | +5 | 11.6 |

RMSEn = Normalized root mean square error

ตารางที่ 4.40 ความสอดคล้องระหว่างค่าจำลองและค่าสังเกตอายุวันสุกแก่ทางสรีรวิทยาของถั่วเหลืองทั้ง 4 พันธุ์สำหรับวันปลูกที่ 1 (11 พ.ค. 64) และ 3 (8 มี.ค. 66) ซึ่งใช้ในการปรับค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรม (calibrated)

| พันธุ์ | อายุวันสุกแก่ทางสรีรวิทยา (physiological maturity day) | | | |
|---------------------------|--|--------------|--------------|-----------|
| | ค่าสังเกต (O) | ค่าจำลอง (S) | ผลต่าง (S-O) | RMSEn (%) |
| วันปลูกที่ 1 (11 พ.ค. 64) | | | | |
| สงขลา 1 | 123 | 106 | -17 | 13.8 |
| TVsu 1221 | 123 | 102 | -21 | 17.1 |
| TVsu 89 | 92 | 86 | -6 | 6.5 |
| SK1-15 | 124 | 104 | -20 | 16.1 |
| วันปลูกที่ 3 (8 มี.ค. 66) | | | | |
| สงขลา 1 | 125 | 128 | +3 | 2.4 |
| TVsu 1221 | 116 | 123 | +7 | 6.0 |
| TVsu 89 | 96 | 103 | +7 | 7.3 |
| SK1-15 | 125 | 126 | +1 | 0.8 |

RMSEn = Normalized root mean square error

ผลการประเมินความสอดคล้องของค่าดัชนีพื้นที่ใบ (Leaf area index) (ตารางที่ 4.41) พบว่าในวันปลูกที่ 1 (11 พ.ค. 64) แบบจำลองทำนายดัชนีพื้นที่ใบอยู่ระหว่าง 0.12 - 0.69 มีค่าสังเกตอยู่ระหว่าง 2.21 - 4.48 ซึ่งแตกต่างกันค่อนข้างมาก โดยมีค่า RMSEn สูงมากกว่า 100 % แสดงว่าแบบจำลองประเมินได้ไม่ดีในทุกพันธุ์ ส่วนวันปลูกที่ 3 (8 มี.ค. 66) พบว่าแบบจำลองสามารถประเมินได้ค่อนข้างดีในพันธุ์ TVsu 1221, TVsu 89 และ SK1-15 โดยมีค่าทำนายอยู่ระหว่าง 0.54 - 1.69 ค่าสังเกตอยู่ระหว่าง 0.77 - 1.31 และมีค่า RMSEn ระหว่าง 25.44 - 29.87 % แต่สำหรับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พันธุ์สงขลา 1 พบว่าแบบจำลองประเมินได้ไม่ดี มีค่าทำนายเท่ากับ 0.84 ค่าสังเกตเท่ากับ 1.23 และค่า RMSEn เท่ากับ 31.43 %

ตารางที่ 4.41 ความสอดคล้องระหว่างค่าจำลองและค่าสังเกตดัชนีพื้นที่ใบของถั่วหรั่งทั้ง 4 พันธุ์สำหรับวันปลูกที่ 1 (11 พ.ค. 64) และ 3 (8 มี.ค. 66) ซึ่งใช้ในการปรับค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรม (calibrated)

| พันธุ์ | ดัชนีพื้นที่ใบ | | | | D-stat |
|---------------------------|----------------|--------------|--------------|-----------|--------|
| | ค่าสังเกต (O) | ค่าจำลอง (S) | ผลต่าง (S-O) | RMSEn (%) | |
| วันปลูกที่ 1 (11 พ.ค. 64) | | | | | |
| สงขลา 1 | 3.42 | 0.53 | -3.07 | 108.83 | 0.51 |
| TVsu 1221 | 3.60 | 0.34 | -3.26 | 114.99 | 0.47 |
| TVsu 89 | 2.21 | 0.12 | -2.09 | 111.84 | 0.45 |
| SK1-15 | 4.48 | 0.69 | -3.79 | 110.41 | 0.50 |
| วันปลูกที่ 3 (8 มี.ค. 66) | | | | | |
| สงขลา 1 | 1.23 | 0.84 | -0.39 | 31.43 | 0.97 |
| TVsu 1221 | 1.14 | 0.85 | -0.29 | 25.44 | 0.98 |
| TVsu 89 | 0.77 | 0.54 | -0.23 | 29.87 | 0.97 |
| SK1-15 | 1.31 | 1.69 | +0.38 | 29.01 | 0.98 |

RMSEn = Normalized root mean square error

ผลการประเมินความสอดคล้องของค่าพื้นที่ใบเฉพาะ (Specific leaf area) โดยในวันปลูกที่ 1 (11 พ.ค. 64) (ตารางที่ 4.42) พบว่าแบบจำลองสามารถทำนายได้ค่อนข้างดีในพันธุ์สงขลา 1 และ TVsu 1221 มีค่าทำนายเท่ากับ 308.7 และ 257.5 ตร.ซม./กรัม ตามลำดับ ค่าสังเกตเท่ากับ 252.1 ตร.ซม./กรัม และมีค่า RMSEn เท่ากับ 27.94 และ 27.66 % ตามลำดับ ส่วนพันธุ์ TVsu 89 และ SK1-15 แบบจำลองทำนายได้ไม่ดี มีค่าทำนายเท่ากับ 213.4 และ 340.8 ตร.ซม./กรัม ตามลำดับ ค่าสังเกตเท่ากับ 281.1 และ 285 ตร.ซม./กรัม ตามลำดับ มีค่า RMSEn เท่ากับ 32.03 และ 31.57 % ตามลำดับ

ผลการประเมินในวันปลูกที่ 3 (8 มี.ค. 66) พบว่าแบบจำลองสามารถทำนายได้ค่อนข้างดีสำหรับพันธุ์ TVsu 1221 และ SK1-15 มีค่าทำนายเท่ากับ 161.4 และ 256 ตร.ซม./กรัม ตามลำดับ ค่าสังเกตเท่ากับ 176.6 และ 230.6 ตร.ซม./กรัม ตามลำดับ มีค่า RMSEn เท่ากับ 28.81 และ 22.22 % ตามลำดับ แต่สำหรับพันธุ์สงขลา 1 และ TVsu 89 พบว่าแบบจำลองทำนายได้ไม่ดี มีค่าทำนายเท่ากับ 232.9 และ 150.3 ตร.ซม./กรัม ตามลำดับ ค่าสังเกตเท่ากับ 256.1 และ 178.7 ตร.ซม./กรัม ตามลำดับ มีค่า RMSEn เท่ากับ 37.21 และ 56.72 % ตามลำดับ

ตารางที่ 4.42 ความสอดคล้องระหว่างค่าจำลองและค่าสังเกตพื้นที่ใบเฉพาะของถั่วหรั่งทั้ง 4 พันธุ์สำหรับวันปลูกที่ 1 (11 พ.ค. 64) และ 3 (8 มี.ค. 66) ซึ่งใช้ในการปรับค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรม (calibrated)

| พันธุ์ | พื้นที่ใบเฉพาะ (ตร.ซม./กรัม) | | | | |
|---------------------------|------------------------------|--------------|--------------|-----------|--------|
| | ค่าสังเกต (O) | ค่าจำลอง (S) | ผลต่าง (S-O) | RMSEn (%) | D-stat |
| วันปลูกที่ 1 (11 พ.ค. 64) | | | | | |
| สงขลา 1 | 252.1 | 308.7 | +56.6 | 27.94 | 0.82 |
| TVsu 1221 | 252.1 | 257.5 | +5.4 | 27.66 | 0.90 |
| TVsu 89 | 281.1 | 213.4 | -67.7 | 32.03 | 0.86 |
| SK1-15 | 285.0 | 340.8 | +55.8 | 31.57 | 0.80 |
| วันปลูกที่ 3 (8 มี.ค. 66) | | | | | |
| สงขลา 1 | 256.1 | 232.9 | -23.2 | 37.21 | 0.62 |
| TVsu 1221 | 176.6 | 161.4 | -15.2 | 28.81 | 0.86 |
| TVsu 89 | 178.7 | 150.3 | -28.4 | 56.74 | 0.16 |
| SK1-15 | 230.6 | 256.0 | +25.4 | 22.22 | 0.77 |

RMSEn = Normalized root mean square error

ผลการประเมินความสอดคล้องของน้ำหนักแห้งรวม (ตารางที่ 4.43) พบว่าทั้งวันปลูกที่ 1 และวันปลูกที่ 3 แบบจำลองทำนายได้ไม่ดีทุกพันธุ์ โดยวันปลูกที่ 1 (11 พ.ค. 64) แบบจำลองประเมินน้ำหนักแห้งรวมได้ต่ำมากมีค่าอยู่ระหว่าง 373 - 1,193 กก./เฮกแตร์ ในขณะที่ค่าสังเกตมีค่าค่อนข้างสูงอยู่ระหว่าง 3,073 - 4,846 กก./เฮกแตร์ จึงทำให้มีค่า RMSEn สูงกว่า 100 % และค่า D-stat ต่ำอยู่ระหว่าง 0.48 - 0.58 ทางกลับกันพบว่าในวันปลูกที่ 3 (8 มี.ค. 66) แบบจำลองประเมินน้ำหนักแห้งรวมได้สูงมากมีค่าอยู่ระหว่าง 1,959 - 3,368 กก./เฮกแตร์ แต่มีค่าสังเกตต่ำอยู่ระหว่าง 834 - 1,701 กก./เฮกแตร์ จึงทำให้มีค่า RMSEn อยู่ระหว่าง 94.91 - 190.45 % มีค่า D-stat ต่ำอยู่ระหว่าง 0.54 - 0.73

ผลการประเมินความสอดคล้องของผลผลิตฝัก (ตารางที่ 4.44) โดยวันปลูกที่ 1 (11 พ.ค. 64) พบว่าแบบจำลองสามารถประเมินได้ดีเฉพาะพันธุ์ SK1-15 เท่านั้น มีค่าทำนายเท่ากับ 534 กก./เฮกแตร์ ค่าสังเกตเท่ากับ 506.2 กก./เฮกแตร์ และมีค่า RMSEn ต่ำมากประมาณ 5.50 % ส่วนพันธุ์สงขลา 1, TVsu 1221 และ TVsu 89 ประเมินได้ไม่ดี มีค่าผลผลิตที่ทำนายได้อยู่ระหว่าง 244 - 488 กก./เฮกแตร์ ค่าสังเกตอยู่ระหว่าง 595.8 - 788 กก./เฮกแตร์ และมีค่า RMSEn อยู่ระหว่าง 38.07 - 59.05 %

สำหรับวันปลูกที่ 3 (8 มี.ค. 66) พบว่าแบบจำลองประเมินผลผลิตได้ดีมากในพันธุ์ TVsu 1221 และ TVsu 89 มีค่าทำนายเท่ากับ 1,794 และ 1,187 กก./เฮกแตร์ ตามลำดับ ค่าสังเกตเท่ากับ 1,852 และ 1,198 กก./เฮกแตร์ ตามลำดับ มีค่า RMSEn ต่ำมากเท่ากับ 3.13 และ 0.92 % ตามลำดับ ส่วนพันธุ์สงขลา 1 และ SK1-15 พบว่าแบบจำลองประเมินได้ไม่ดี มีค่าผลผลิตที่ทำนายได้อยู่ระหว่าง 916 - 1,471 กก./เฮกแตร์ ค่าสังเกตอยู่ระหว่าง 514 - 1,114 กก./เฮกแตร์ และมีค่า RMSEn อยู่ระหว่าง 32.05 - 78.21 %

ผลการประเมินความสอดคล้องของค่าดัชนีเก็บเกี่ยว (Harvest index) (ตารางที่ 4.45) โดยวันปลูกที่ 1 (11 พ.ค. 64) แบบจำลองประเมินค่าดัชนีเก็บเกี่ยวของทุกพันธุ์ได้ไม่ดี มีค่าทำนายอยู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระหว่าง 0.164 - 0.349 ค่าสังเกตอยู่ระหว่าง 0.060 - 0.070 และมีค่า RMSEn สูงมากประมาณ 134.29 - 398.57 %

สำหรับวันปลูกที่ 3 (8 มี.ค. 66) แบบจำลองประเมินได้ดีในพันธุ์ TVsu 1221, TVsu 89 และ SK1-15 มีค่าทำนายเท่ากับ 0.355, 0.370 และ 0.235 ตามลำดับ ค่าสังเกตเท่ากับ 0.410, 0.430 และ 0.270 ตามลำดับ มีค่า RMSEn เท่ากับ 13.42, 13.95 และ 12.96 % ตามลำดับ ในพันธุ์สงขลา 1 แบบจำลองประเมินได้ค่อนข้างดี มีค่าทำนายเท่ากับ 0.182 ค่าสังเกตเท่ากับ 0.140 และค่า RMSEn เท่ากับ 30 %

ผลการประเมินความสอดคล้องของเปอร์เซ็นต์กะเทาะ (ตารางที่ 4.46) พบว่าแบบจำลองสามารถประเมินค่าเปอร์เซ็นต์กะเทาะของทุกลำต้นทั้งสองวันปลูก โดยวันปลูกที่ 1 (11 พ.ค. 64) มีค่าทำนายอยู่ระหว่าง 75.72 - 78.23 ค่าสังเกตอยู่ระหว่าง 74.30 - 80.30 และมีค่า RMSEn ที่ต่ำมากอยู่ระหว่าง 0.81 - 2.98 % ส่วนวันปลูกที่ 3 (8 มี.ค. 66) มีค่าทำนายอยู่ระหว่าง 75.58 - 78.13 ค่าสังเกตอยู่ระหว่าง 79.70 - 83.70 และมีค่า RMSEn ต่ำมากอยู่ระหว่าง 2.06 - 7.15 %

ตารางที่ 4.43 ความสอดคล้องระหว่างค่าจำลองและค่าสังเกตน้ำหนักแห้งรวมของถั่วหรั่งทั้ง 4 พันธุ์สำหรับวันปลูกที่ 1 (11 พ.ค. 64) และ 3 (8 มี.ค. 66) ซึ่งใช้ในการปรับค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรม (calibrated)

| พันธุ์ | น้ำหนักแห้งรวม (กก./เฮกแตร์) | | | | |
|---------------------------|------------------------------|--------------|--------------|-----------|--------|
| | ค่าสังเกต (O) | ค่าจำลอง (S) | ผลต่าง (S-O) | RMSEn (%) | D-stat |
| วันปลูกที่ 1 (11 พ.ค. 64) | | | | | |
| สงขลา 1 | 4,126 | 942 | -3,184 | 112.65 | 0.54 |
| TVsu 1221 | 4,126 | 791 | -3,335 | 118.47 | 0.51 |
| TVsu 89 | 3,073 | 373 | -2,700 | 121.95 | 0.48 |
| SK1-15 | 4,846 | 1,193 | -3,653 | 103.55 | 0.58 |
| วันปลูกที่ 3 (8 มี.ค. 66) | | | | | |
| สงขลา 1 | 1,225 | 2,500 | +1,275 | 124.20 | 0.73 |
| TVsu 1221 | 1,701 | 3,248 | +1,547 | 94.91 | 0.59 |
| TVsu 89 | 834 | 1,959 | +1,125 | 140.12 | 0.58 |
| SK1-15 | 1,198 | 3,368 | +2,170 | 190.45 | 0.54 |

RMSEn = Normalized root mean square error

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.44 ความสอดคล้องระหว่างค่าจำลองและค่าสังเกตผลผลิตฝักแห้งของถั่วหรั่งทั้ง 4 พันธุ์สำหรับวันปลูกที่ 1 (11 พ.ค. 64) และ 3 (8 มี.ค. 66) ซึ่งใช้ในการปรับค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรม (calibrated)

| พันธุ์ | ผลผลิตฝักแห้ง (กก./เฮกแตร์) | | | |
|---------------------------|-----------------------------|--------------|--------------|-----------|
| | ค่าสังเกต (O) | ค่าจำลอง (S) | ผลต่าง (S-O) | RMSEn (%) |
| วันปลูกที่ 1 (11 พ.ค. 64) | | | | |
| สงขลา 1 | 703 | 350 | -353 | 50.19 |
| TVsu 1221 | 788 | 488 | -300 | 38.07 |
| TVsu 89 | 596 | 244 | -352 | 59.05 |
| SK1-15 | 506 | 534 | +28 | 5.50 |
| วันปลูกที่ 3 (8 มี.ค. 66) | | | | |
| สงขลา 1 | 514 | 916 | +402 | 78.21 |
| TVsu 1221 | 1,852 | 1,794 | -58 | 3.13 |
| TVsu 89 | 1,198 | 1,187 | -11 | 0.92 |
| SK1-15 | 1,114 | 1,471 | +357 | 32.05 |

RMSEn = Normalized root mean square error

ตารางที่ 4.45 ความสอดคล้องระหว่างค่าจำลองและค่าสังเกตค่าดัชนีเก็บเกี่ยวของถั่วหรั่งทั้ง 4 พันธุ์สำหรับวันปลูกที่ 1 (11 พ.ค. 64) และ 3 (8 มี.ค. 66) ซึ่งใช้ในการปรับค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรม (calibrated)

| พันธุ์ | ดัชนีเก็บเกี่ยว | | | |
|---------------------------|-----------------|--------------|--------------|-----------|
| | ค่าสังเกต (O) | ค่าจำลอง (S) | ผลต่าง (S-O) | RMSEn (%) |
| วันปลูกที่ 1 (11 พ.ค. 64) | | | | |
| สงขลา 1 | 0.070 | 0.164 | +0.094 | 134.29 |
| TVsu 1221 | 0.070 | 0.322 | +0.252 | 360.00 |
| TVsu 89 | 0.070 | 0.349 | +0.279 | 398.57 |
| SK1-15 | 0.060 | 0.199 | +0.139 | 231.67 |
| วันปลูกที่ 3 (8 มี.ค. 66) | | | | |
| สงขลา 1 | 0.140 | 0.182 | +0.042 | 30.00 |
| TVsu 1221 | 0.410 | 0.355 | -0.055 | 13.42 |
| TVsu 89 | 0.430 | 0.370 | -0.060 | 13.95 |
| SK1-15 | 0.270 | 0.235 | -0.035 | 12.96 |

RMSEn = Normalized root mean square error

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.46 ความสอดคล้องระหว่างค่าจำลองและค่าสังเกตเปอร์เซ็นต์กะเทาะของถั่วเหลืองทั้ง 4 พันธุ์สำหรับวันปลูกที่ 1 (11 พ.ค. 64) และ 3 (8 มี.ค. 66) ซึ่งใช้ในการปรับค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรม (calibrated)

| พันธุ์ | เปอร์เซ็นต์กะเทาะ | | | |
|---------------------------|-------------------|--------------|--------------|-----------|
| | ค่าสังเกต (O) | ค่าจำลอง (S) | ผลต่าง (S-O) | RMSEn (%) |
| วันปลูกที่ 1 (11 พ.ค. 64) | | | | |
| สงขลา 1 | 80.30 | 78.16 | -2.14 | 2.67 |
| TVsu 1221 | 77.60 | 78.23 | +0.63 | 0.81 |
| TVsu 89 | 74.30 | 75.72 | +1.42 | 1.91 |
| SK1-15 | 75.90 | 78.16 | +2.26 | 2.98 |
| วันปลูกที่ 3 (8 มี.ค. 66) | | | | |
| สงขลา 1 | 79.70 | 78.06 | -1.64 | 2.06 |
| TVsu 1221 | 83.70 | 78.13 | -5.57 | 6.66 |
| TVsu 89 | 81.40 | 75.58 | -5.82 | 7.15 |
| SK1-15 | 82.60 | 78.07 | -4.53 | 5.48 |

RMSEn = Normalized root mean square error

4.3.2 การทดสอบค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมของถั่วเหลือง (Model evaluation)

ผลการประเมินความสอดคล้องของอายุวันงอก (emergence day) ของวันปลูกที่ 2 (9 เม.ย. 65) (ตารางที่ 4.47) พบว่าในพันธุ์สงขลา 1 และ TVsu 89 แบบจำลองทำนายอายุวันงอกได้เท่ากับค่าสังเกตคือประมาณ 6 วัน มีค่า RMSEn เท่ากับ 0.0 % แสดงว่าแบบจำลองประเมินได้ดีมาก ในพันธุ์ TVsu 1221 พบว่าแบบจำลองประเมินได้ดีมีค่าทำนายเท่ากับ 6 วัน ค่าสังเกตเท่ากับ 7 วัน มีค่า RMSEn เท่ากับ 14.3 % แต่สำหรับพันธุ์ SK1-15 พบว่าแบบจำลองทำนายได้ไม่ดี มีค่าทำนายอายุออกดอกเท่ากับ 6 วัน ค่าสังเกตเท่ากับ 9 วัน ซึ่งแตกต่างกันประมาณ 3 วัน มีค่า RMSEn เท่ากับ 33.3 %

ผลการประเมินความสอดคล้องของอายุวันออกดอก (anthesis day) ของวันปลูกที่ 2 (9 เม.ย. 65) พบว่าแบบจำลองสามารถประเมินได้ดีมากในทุกพันธุ์ มีค่าอายุวันออกดอกจากแบบจำลองอยู่ระหว่าง 42 - 47 วัน ค่าสังเกตอยู่ระหว่าง 43 - 48 วัน และมีค่า RMSEn ต่ำมากระหว่าง 2.3 - 4.4 %

ในทำนองเดียวกันพบว่าแบบจำลองสามารถประเมินความสอดคล้องอายุวันสุกแก่ทางสรีรวิทยา (physiological maturity day) ของทุกพันธุ์ได้ดีมาก มีค่าทำนายอยู่ระหว่าง 96 - 120 วัน ค่าสังเกตอยู่ระหว่าง 95 - 127 วัน และมีค่า RMSEn ต่ำมากเพียง 0.0 - 7.1 %

ตารางที่ 4.47 ความสอดคล้องระหว่างค่าจำลองและค่าสังเกตระยะพัฒนาการของถั่วเหลืองที่ 4 พันธุ์ สำหรับวันปลูกที่ 2 (9 เม.ย. 65) ซึ่งใช้ในการประเมินค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรม (evaluated)

| พันธุ์ | ค่าสังเกต (O) | ค่าจำลอง (S) | ผลต่าง (S-O) | RMSEn (%) |
|--|---------------|--------------|--------------|-----------|
| อายุวันงอก (emergence day) | | | | |
| สงขลา 1 | 6 | 6 | 0 | 0.0 |
| TVsu 1221 | 7 | 6 | -1 | 14.3 |
| TVsu 89 | 6 | 6 | 0 | 0.0 |
| SK1-15 | 9 | 6 | -3 | 33.3 |
| อายุวันออกดอก (anthesis day) | | | | |
| สงขลา 1 | 48 | 46 | -2 | 4.2 |
| TVsu 1221 | 44 | 45 | +1 | 2.3 |
| TVsu 89 | 43 | 42 | -1 | 2.3 |
| SK1-15 | 45 | 47 | +2 | 4.4 |
| อายุวันสุกแก่ทางสรีรวิทยา (physiological maturity day) | | | | |
| สงขลา 1 | 122 | 120 | -2 | 1.6 |
| TVsu 1221 | 115 | 115 | 0 | 0.0 |
| TVsu 89 | 95 | 96 | +1 | 1.1 |
| SK1-15 | 127 | 118 | -9 | 7.1 |

RMSEn = Normalized root mean square error

ผลการประเมินความสอดคล้องค่าดัชนีพื้นที่ใบ (Leaf area index) ของวันปลูกที่ 2 (9 เม.ย. 65) (ตารางที่ 4.48) พบว่าแบบจำลองประเมินได้ไม่ดีในทุกพันธุ์ โดยมีค่าจากแบบจำลองอยู่ระหว่าง 0.59 – 1.53 มีค่าสังเกตอยู่ระหว่าง 0.98 – 1.84 มีค่า RMSEn สูงมากอยู่ระหว่าง 64.05 - 88.72 % และมีค่า D-stat ต่ำระหว่าง 0.13 – 0.66

ผลการประเมินความสอดคล้องค่าพื้นที่ใบเฉพาะ (Specific leaf area) ของวันปลูกที่ 2 (9 เม.ย. 65) พบว่าแบบจำลองสามารถประเมินได้ดีในพันธุ์ TVsu 89 มีค่าทำนายเท่ากับ 142.9 ตร.ม./กรัม ค่าสังเกตเท่ากับ 170.9 ตร.ม./กรัม ค่า RMSEn เท่ากับ 17.80 % และค่า D-stat เท่ากับ 0.96 พบว่าแบบจำลองสามารถประเมินได้ค่อนข้างดีในพันธุ์สงขลา 1 และ TVsu 1221 มีทำนายมีค่าเท่ากับ 233.2 และ 187.6 ตร.ม./กรัม ตามลำดับ ค่าสังเกตเท่ากับ 217.8 และ 205.3 ตร.ม./กรัม ตามลำดับ มีค่า RMSEn เท่ากับ 29.55 และ 27.65 % ตามลำดับ มีค่า D-stat เท่ากับ 0.86 และ 0.95 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.48 ความสอดคล้องระหว่างค่าจำลองและค่าสังเกตค่าดัชนีพื้นที่ใบและพื้นที่ใบเฉพาะของถั่วหรั่งทั้ง 4 พันธุ์ สำหรับวันปลูกที่ 2 (9 เม.ย. 65) ซึ่งใช้ในการประเมินค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรม (evaluated)

| พันธุ์ | ค่าสังเกต (O) | ค่าจำลอง (S) | ผลต่าง (S-O) | RMSEn (%) | D-stat |
|-----------------------------|---------------|--------------|--------------|-----------|--------|
| ดัชนีพื้นที่ใบ | | | | | |
| สงขลา 1 | 1.84 | 1.01 | -0.83 | 64.05 | 0.65 |
| TVsu 1221 | 1.73 | 0.82 | -0.91 | 88.72 | 0.46 |
| TVsu 89 | 0.98 | 0.59 | -0.39 | 69.91 | 0.13 |
| SK1-15 | 1.55 | 1.53 | -0.02 | 67.40 | 0.66 |
| พื้นที่ใบเฉพาะ (ตร.ม./กรัม) | | | | | |
| สงขลา 1 | 217.8 | 233.2 | +15.4 | 29.55 | 0.86 |
| TVsu 1221 | 205.3 | 187.6 | -17.7 | 27.65 | 0.95 |
| TVsu 89 | 170.9 | 142.9 | -28.0 | 17.80 | 0.96 |
| SK1-15 | 189.9 | 279.4 | +89.5 | 61.79 | 0.69 |

RMSEn = Normalized root mean square error

ผลการประเมินความสอดคล้องน้ำหนักแห้งรวมของวันปลูกที่ 2 (9 เม.ย. 65) (ตารางที่ 4.49) พบว่าแบบจำลองสามารถทำนายได้ดีในพันธุ์ TVsu 1221 มีน้ำหนักแห้งรวมจากแบบจำลองเท่ากับ 3,144 กก./เฮกแตร์ ค่าสังเกตเท่ากับ 3,188 กก./เฮกแตร์ มีค่า RMSEn เท่ากับ 15.71 % มีค่า D-stat เท่ากับ 0.99 ผลการประเมินพบว่าในพันธุ์สงขลา 1, TVsu 89 และ SK1-15 แบบจำลองสามารถทำนายได้ค่อนข้างดี มีน้ำหนักแห้งรวมจากแบบจำลองเท่ากับ 3,072, 2,284 และ 3,043 กก./เฮกแตร์ ตามลำดับ ค่าสังเกตเท่ากับ 3,035, 1,954 และ 3,338 กก./เฮกแตร์ ตามลำดับ มีค่า RMSEn เท่ากับ 20.76, 24.88 และ 26.99 % ตามลำดับ มีค่า D-stat เท่ากับ 0.98, 0.94 และ 0.97 ตามลำดับ

ผลการประเมินความสอดคล้องผลผลิตฝักแห้งของวันปลูกที่ 2 (9 เม.ย. 65) พบว่าแบบจำลองสามารถประเมินผลผลิตฝักได้ดีมากในพันธุ์ TVsu 89 ซึ่งเป็นพันธุ์ที่มีอายุสั้นที่สุด มีค่าทำนายเท่ากับ 1,276 กก./เฮกแตร์ ค่าสังเกตเท่ากับ 1,229 กก./เฮกแตร์ และมีค่า RMSEn เท่ากับ 3.82 % ส่วนพันธุ์สงขลา 1 แบบจำลองประเมินได้ค่อนข้างดี มีผลผลิตฝักจากแบบจำลองเท่ากับ 1,087 กก./เฮกแตร์ ค่าสังเกตเท่ากับ 858 กก./เฮกแตร์ และมีค่า RMSEn เท่ากับ 26.69 % ส่วนพันธุ์ TVsu 1221 และ SK1-15 แบบจำลองทำนายได้ไม่ดี มีค่าทำนายเท่ากับ 1,966 และ 1,646 กก./เฮกแตร์ ตามลำดับ ค่าสังเกตเท่ากับ 3,696 และ 936 กก./เฮกแตร์ ตามลำดับ โดยมีค่า RMSEn เท่ากับ 46.81 และ 75.86 % ตามลำดับ

ผลการประเมินความสอดคล้องดัชนีเก็บเกี่ยวของวันปลูกที่ 2 (9 เม.ย. 65) พบว่าแบบจำลองประเมินได้ดีมากในพันธุ์สงขลา 1 และ TVsu 89 มีค่าดัชนีเก็บเกี่ยวจากแบบจำลองเท่ากับ 0.173 และ 0.361 ตามลำดับ ค่าสังเกตเท่ากับ 0.180 และ 0.390 ตามลำดับ และมีค่า RMSEn ต่ำเท่ากับ 3.89 และ 7.44 % ตามลำดับ ส่วนพันธุ์ TVsu 1221 และ SK1-15 แบบจำลองประเมินได้ไม่ดี มีค่าทำนายเท่ากับ 0.337 และ 0.219 ตามลำดับ ค่าสังเกตเท่ากับ 0.630 และ 0.160 ตามลำดับ มีค่า RMSEn เท่ากับ 46.51 และ 36.88 % ตามลำดับ

ผลการประเมินความสอดคล้องเปอร์เซ็นต์กะเทาะของวันปลูกที่ 2 (9 เม.ย. 65) พบว่าแบบจำลองสามารถประเมินได้ดีมากในทุกพันธุ์ มีค่าทำนายได้อยู่ระหว่าง 75.58 - 78.13 ค่าสังเกตอยู่ระหว่าง 78.70 - 85.30 และมีค่า RMSEn ต่ำมากอยู่ระหว่าง 0.72 - 8.45 %

ตารางที่ 4.49 ความสอดคล้องระหว่างค่าจำลองและค่าสังเกตน้ำหนักแห้งรวม ผลผลิตฝักแห้ง ดัชนีเก็บเกี่ยว และเปอร์เซ็นต์กะเทาะของถั่วหรั่งทั้ง 4 พันธุ์ สำหรับวันปลูกที่ 2 (9 เม.ย. 65) ซึ่งใช้ในการประเมินค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรม (evaluated)

| พันธุ์ | ค่าสังเกต (O) | ค่าจำลอง (S) | ผลต่าง (S-O) | RMSEn (%) | D-stat |
|------------------------------|---------------|--------------|--------------|-----------|--------|
| น้ำหนักแห้งรวม (กก./เฮกแตร์) | | | | | |
| สงขลา 1 | 3,035 | 3,072 | +37 | 20.76 | 0.98 |
| TVsu 1221 | 3,188 | 3,144 | -44 | 15.71 | 0.99 |
| TVsu 89 | 1,954 | 2,284 | -330 | 24.88 | 0.94 |
| SK1-15 | 3,338 | 3,043 | -295 | 26.99 | 0.97 |
| ผลผลิตฝักแห้ง (กก./เฮกแตร์) | | | | | |
| สงขลา 1 | 858 | 1,087 | +229 | 26.69 | - |
| TVsu 1221 | 3,696 | 1,966 | -1,730 | 46.81 | - |
| TVsu 89 | 1,229 | 1,276 | +47 | 3.82 | - |
| SK1-15 | 936 | 1,646 | +710 | 75.86 | - |
| ดัชนีเก็บเกี่ยว | | | | | |
| สงขลา 1 | 0.180 | 0.173 | -0.007 | 3.89 | - |
| TVsu 1221 | 0.630 | 0.337 | -0.293 | 46.51 | - |
| TVsu 89 | 0.390 | 0.361 | -0.029 | 7.44 | - |
| SK1-15 | 0.160 | 0.219 | +0.059 | 36.88 | - |
| เปอร์เซ็นต์กะเทาะ | | | | | |
| สงขลา 1 | 85.00 | 78.13 | -6.87 | 8.08 | - |
| TVsu 1221 | 78.70 | 78.13 | -0.57 | 0.72 | - |
| TVsu 89 | 81.30 | 75.58 | -5.72 | 7.04 | - |
| SK1-15 | 85.30 | 78.09 | -7.21 | 8.45 | - |

RMSEn = Normalized root mean square error

4.3.3 การประเมินผลกระทบการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของถั่วหรั่งโดยใช้แบบจำลอง CSM-CROPGRO-Cowpea

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนรวมอิทธิพลของสถานที่ปลูก วันปลูก และพันธุ์ถั่วหรั่งต่อน้ำหนักแห้งรวมและผลผลิตฝักแห้งที่ได้จากแบบจำลอง (ตารางที่ 4.50) พบว่าทั้งสถานที่ปลูก วันปลูก และพันธุ์ถั่วหรั่งมีผลต่ออายุวันออก อายุวันออกดอก อายุวันเก็บเกี่ยว น้ำหนักแห้งรวม และผลผลิตฝักแห้ง แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P \leq 0.01$) โดยสถานที่ที่มีอิทธิพลคิดเป็นสัดส่วนมากที่สุดในการวิเคราะห์พบว่าแต่ละพันธุ์มีการตอบสนองด้านอายุวันออกดอก อายุวันเก็บเกี่ยว น้ำหนักแห้งรวม และน้ำหนักฝักแห้งต่อสถานที่ปลูกแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P \leq 0.01$) แต่สำหรับการตอบสนองต่อวันปลูกพบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P \leq 0.01$) เฉพาะอายุวันออกดอก อายุวันเก็บเกี่ยว และผลผลิตฝักแห้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.50 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนรวมอิทธิพลของวันปลูก สถานที่ และพันธุ์ถั่วหรั่ง สำหรับระยะพัฒนาการ น้ำหนักแห้งรวม และผลผลิตฝักแห้งที่ได้จากแบบจำลอง จำนวน 1 ปี

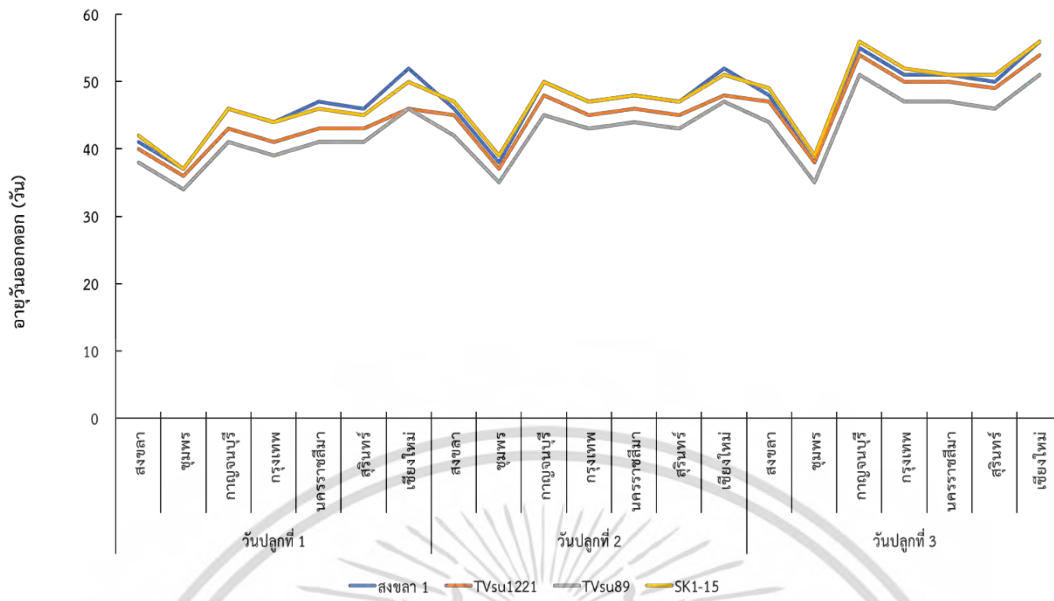
| Source | d.f. | SS (% of total SS) | | | | |
|---------------------|------|--------------------|-------------------|-----------------------|--------------------|-------------------|
| | | อายุ วันออก | อายุวัน ออกดอก | อายุวัน เก็บเกี่ยว | น้ำหนัก แห้งรวม | ผลผลิต ฝักแห้ง |
| 1 ปี (2564) | | | | | | |
| Location (L) | 6 | 42.62** | 60.13** | 42.16** | 50.18** | 48.40** |
| Planting Date (P) | 2 | 1.64** | 22.68** | 12.11** | 6.53** | 5.17* |
| Error a (L x P) | 12 | 55.74 | 4.35 | 3.12 | 5.23 | 5.69 |
| Genotype (G) | 3 | 0.00** | 11.76** | 41.34** | 33.66** | 34.11** |
| L x G | 18 | 0.00 | 0.54** | 1.07** | 2.93** | 4.00** |
| P x G | 6 | 0.00 | 0.32** | 0.13** | 0.32 ^{ns} | 1.27** |
| Error b (P x L x G) | 36 | 0.00 | 0.22 | 0.08 | 1.14 | 1.36 |
| Total | 83 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |

ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

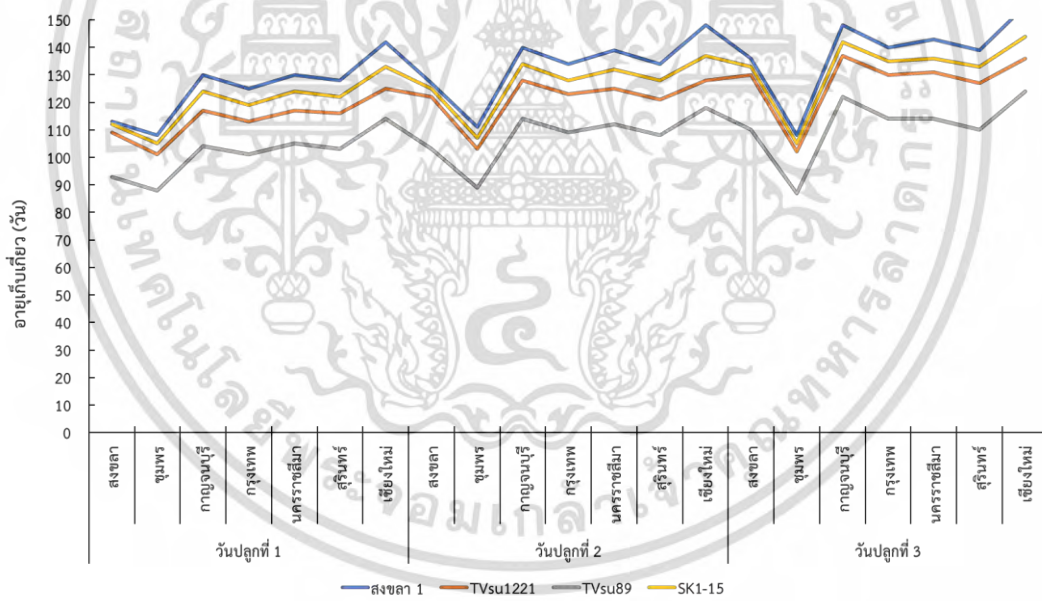
* = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P \leq 0.05$

** = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P \leq 0.01$

จากผลการทำนายระยะพัฒนาการของถั่วหรั่งทั้ง 4 พันธุ์ ใน 7 สถานที่ จำนวน 3 วันปลูก พบว่าโดยภาพรวมแล้วถั่วหรั่งมีอายุวันงอกเฉลี่ยประมาณ 6 – 8 วัน (ไม่แสดงข้อมูล) สำหรับอายุออกดอกพบว่าการปลูกที่จังหวัดชุมพรจะมีออกดอกเร็วกว่าแหล่งปลูกอื่น ๆ โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 36.00 , 37.25 และ 37.5 วัน ส่วนจังหวัดเชียงใหม่จะออกดอกช้าที่สุดประมาณ 48.5, 49.5 และ 54.25 วัน สำหรับวันปลูกที่ 1, 2 และ 3 ตามลำดับ พันธุ์ TVsu 89 จะเป็นออกดอกเร็วที่สุดในทุกสถานที่เฉลี่ยประมาณ 42.86 วัน แต่สำหรับพันธุ์อื่น ๆ มีอายุการออกดอกไม่แตกต่างกันมาก ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสถานที่และวันปลูก (ภาพที่ 4.2) สำหรับอายุเก็บเกี่ยวพบว่าจังหวัดชุมพรมีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุดประมาณ 100.5, 102.5 และ 100.5 วันและจังหวัดเชียงใหม่อายุเก็บเกี่ยวยาวที่สุดเฉลี่ยประมาณ 128.5, 132.75 และ 139.75 วัน ในวันปลูกที่ 1, 2 และ 3 ตามลำดับ พันธุ์ TVsu 89 เป็นพันธุ์ที่อายุเก็บเกี่ยวสั้นที่สุด ส่วนพันธุ์สงขลา 1 มีอายุยาวที่สุด (ภาพที่ 4.3)



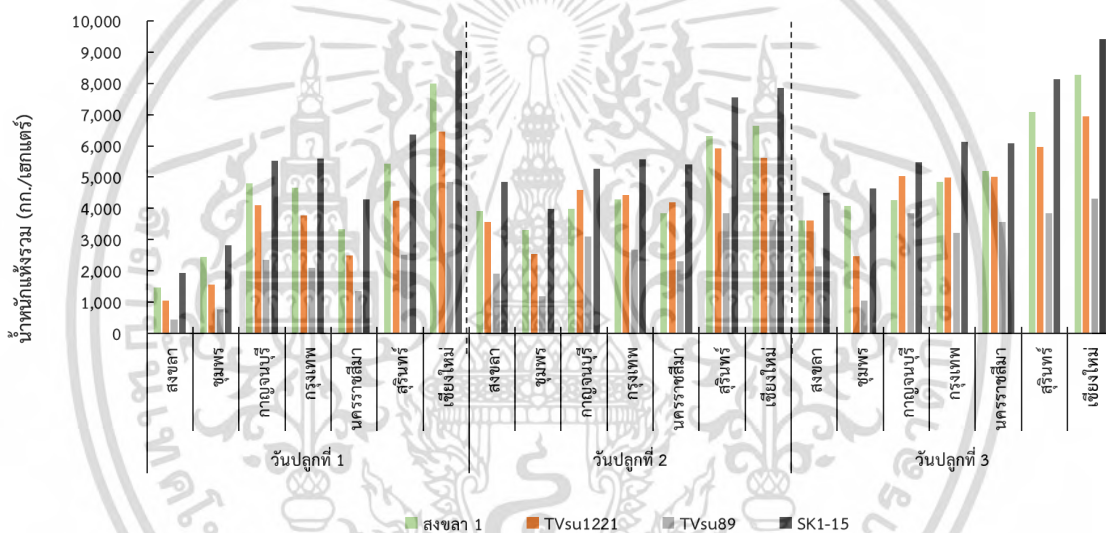
ภาพที่ 4.2 การทำนายอายุวันออกดอกของถั่วหรั่งทั้ง 4 พันธุ์ ใน 7 สถานที่ จำนวน 3 วันปลูก



ภาพที่ 4.3 การทำนายอายุวันเก็บเกี่ยวของถั่วหรั่งทั้ง 4 พันธุ์ ใน 7 สถานที่ จำนวน 3 วันปลูก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

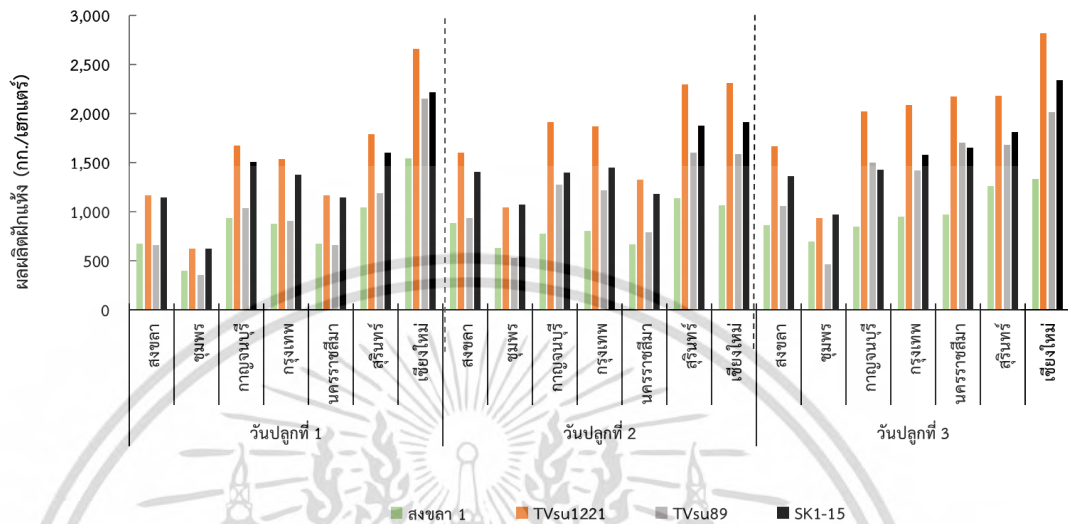
การทำนายน้ำหนักแห้งรวม (กก./เฮกแตร์) ของถั่วหรั่งทั้ง 4 พันธุ์ ใน 7 สถานที่ 3 วันปลูก (ภาพที่ 4.4) พบว่าการปลูกถั่วหรั่งในจังหวัดเชียงใหม่มีน้ำหนักแห้งรวมสูงที่สุดเฉลี่ยประมาณ 6,751.08 กก./เฮกแตร์ รองลงมาคือจังหวัดสุรินทร์ 5,601.08 กก./เฮกแตร์ ส่วนจังหวัดชุมพรมีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุดประมาณ 2,571.08 กก./เฮกแตร์ หากเปรียบเทียบระหว่างวันปลูกโดยภาพรวมพบว่า วันปลูกที่ 2 และ 3 จะมีน้ำหนักแห้งรวมไม่แตกต่างกันมากและสูงกว่าวันปลูกที่ 1 ในทุกสถานที่และทุกพันธุ์ ผลการวิเคราะห์พบว่าพันธุ์ SK1-15 เป็นพันธุ์ที่มีการสะสมน้ำหนักแห้งสูงที่สุดในทุกสถานที่และทุกวันปลูก และพันธุ์ TVsu 89 มีค่าต่ำที่สุด จากการสังเกตพบว่าพันธุ์ TVsu 1221 และสงขลา 1 จะมีการตอบสนองต่อสถานที่และวันปลูกมากกว่าพันธุ์อื่น ๆ โดยหากปลูกตรงกับช่วงวันปลูกที่ 1 ในจังหวัดกาญจนบุรีและกรุงเทพมหานครพันธุ์ TVsu 1221 จะมีน้ำหนักแห้งน้อยกว่าพันธุ์สงขลา 1 แต่หากปลูกตรงกับช่วงวันปลูกที่ 2 และ 3 จะมีน้ำหนักแห้งสูงกว่าพันธุ์สงขลา 1



ภาพที่ 4.4 การทำนายน้ำหนักแห้งรวมของถั่วหรั่งทั้ง 4 พันธุ์ ใน 7 สถานที่ 3 วันปลูก

การทำนายผลผลิตฝักแห้ง (กก./เฮกแตร์) ของถั่วหรั่งทั้ง 4 พันธุ์ ใน 7 สถานที่ 3 วันปลูก (ภาพที่ 4.5) พบว่าการปลูกถั่วหรั่งในจังหวัดเชียงใหม่มีผลผลิตฝักแห้งสูงที่สุดเฉลี่ยประมาณ 1,995.17 กก./เฮกแตร์ รองลงมาคือจังหวัดสุรินทร์ 1,621.5 กก./เฮกแตร์ ส่วนจังหวัดชุมพรมีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุดประมาณ 694.08 กก./เฮกแตร์ หากเปรียบเทียบระหว่างวันปลูกโดยภาพรวมพบว่าวันปลูกที่ 3 รองลงมาคือวันปลูกที่ 2 และ 1 ผลการวิเคราะห์พบว่าพันธุ์ TVsu 1221 ให้ผลผลิตฝักแห้งสูงที่สุดในทุกสถานที่และทุกวันปลูก ส่วนพันธุ์สงขลา 1 ให้ผลผลิตต่ำที่สุดในทุกสถานที่ยกเว้นบริเวณภาคใต้ คือ จังหวัดสงขลา และจังหวัดชุมพร ให้ผลผลิตไม่แตกต่างจาก TVsu 89 มากนัก จากการสังเกตพบว่าพันธุ์ TVsu 89 จะมีการตอบสนองต่อวันปลูกที่ 2 และ 3 ดีกว่าวันปลูกที่ 1 ค่อนข้างมาก

โดยเฉพาะหากนำไปปลูกในแถบจังหวัดเชียงใหม่ สุรินทร์ กาญจนบุรี และ กรุงเทพฯ ส่วนจังหวัด นครราชสีมาการตอบสนองของพันธุ์ จะขึ้นอยู่กับวันปลูกด้วย



ภาพที่ 4.5 การทำนายผลผลิตฝักแห้ง (กก./เฮกแตร์) ของถั่วหรั่งทั้ง 4 พันธุ์ ใน 7 สถานที่ 3 วันปลูก

ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิสูงสุดและอุณหภูมิต่ำสุดตลอดช่วงอายุการเจริญเติบโตของถั่วหรั่งทั้ง 4 พันธุ์ (ตารางที่ 4.51) พบว่าจังหวัดเชียงใหม่เป็นพื้นที่ที่มีอากาศช่วงเวลากลางคืนเย็นที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ยอุณหภูมิต่ำสุดของวันปลูกที่ 1, 2 และ 3 เท่ากับ 20.88, 20.58 และ 19.03 °C ตามลำดับ ซึ่งเป็นช่วงที่มีความสำคัญต่อการผสมเกสรของถั่วหรั่ง ส่วนอุณหภูมิสูงสุดเท่ากับ 28.28, 29.70 และ 30.13 °C ตามลำดับ ในขณะที่จังหวัดชุมพรมีความแตกต่างอุณหภูมิสูงสุดกับต่ำสุดน้อยมาประมาณ 1.30 และ 1.83 °C ตามลำดับ โดยมีค่าเฉลี่ยอุณหภูมิต่ำสุดของวันปลูกที่ 1, 2 และ 3 เท่ากับ 28.88, 29.33 และ 28.68 °C ตามลำดับ ส่วนอุณหภูมิสูงสุดเท่ากับ 27.50, 28.03 และ 26.85 °C ตามลำดับ สำหรับพื้นที่อื่น ๆ พบว่ามีช่วงอุณหภูมิสูงสุดและอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยระหว่าง 30.55 – 34.63 และ 21.98 – 26.53 °C

ตารางที่ 4.51 ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิสูงสุดและอุณหภูมิต่ำสุดตลอดช่วงอายุการเจริญเติบโตของถั่วเหลืองทั้ง 4 พันธุ์ ใน 7 สถานที่ จำนวน 3 วันปลูก

| พันธุ์ | สงขลา | | ชุมพร | | กาญจนบุรี | | กรุงเทพฯ | | นครราชสีมา | | สุรินทร์ | | เชียงใหม่ | |
|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| | Tmax (°C) | Tmin (°C) | Tmax (°C) | Tmin (°C) | Tmax (°C) | Tmin (°C) | Tmax (°C) | Tmin (°C) | Tmax (°C) | Tmin (°C) | Tmax (°C) | Tmin (°C) | Tmax (°C) | Tmin (°C) |
| วันปลูกที่ 1 | | | | | | | | | | | | | | |
| สงขลา 1 | 31.4 | 26.5 | 28.8 | 27.4 | 32.5 | 24.0 | 31.8 | 24.7 | 31.5 | 23.3 | 30.7 | 23.2 | 28.6 | 20.6 |
| TVsu 1221 | 31.4 | 26.5 | 28.9 | 27.5 | 32.2 | 24.2 | 31.6 | 24.8 | 31.3 | 23.4 | 30.5 | 23.3 | 28.2 | 21.0 |
| TVsu 89 | 31.6 | 26.6 | 28.9 | 27.6 | 32.0 | 24.3 | 31.5 | 24.9 | 31.1 | 23.5 | 30.4 | 23.4 | 28.0 | 21.1 |
| SK1-15 | 31.4 | 26.5 | 28.9 | 27.5 | 32.3 | 24.1 | 31.7 | 24.7 | 31.4 | 23.3 | 30.6 | 23.3 | 28.3 | 20.8 |
| เฉลี่ย | 31.45 | 26.53 | 28.88 | 27.50 | 32.25 | 24.15 | 31.65 | 24.78 | 31.33 | 23.38 | 30.55 | 23.30 | 28.28 | 20.88 |
| วันปลูกที่ 2 | | | | | | | | | | | | | | |
| สงขลา 1 | 33.5 | 24.7 | 29.3 | 28.0 | 33.8 | 23.9 | 32.9 | 24.7 | 32.9 | 23.1 | 31.9 | 23.1 | 29.5 | 20.6 |
| TVsu 1221 | 33.5 | 24.7 | 29.3 | 28.0 | 33.8 | 23.9 | 32.9 | 24.6 | 32.9 | 23.1 | 32.0 | 23.0 | 29.7 | 20.6 |
| TVsu 89 | 33.5 | 24.7 | 29.4 | 28.1 | 34.0 | 23.8 | 33.1 | 24.5 | 33.0 | 22.9 | 32.2 | 23.0 | 29.9 | 20.5 |
| SK1-15 | 33.5 | 24.7 | 29.3 | 28.0 | 33.8 | 23.9 | 32.9 | 24.7 | 32.9 | 23.1 | 31.9 | 23.1 | 29.7 | 20.6 |
| เฉลี่ย | 33.50 | 24.70 | 29.33 | 28.03 | 33.85 | 23.88 | 32.95 | 24.63 | 32.93 | 23.05 | 32.00 | 23.05 | 29.70 | 20.58 |
| วันปลูกที่ 3 | | | | | | | | | | | | | | |
| สงขลา 1 | 34.3 | 24.9 | 28.7 | 26.9 | 34.4 | 23.0 | 33.6 | 23.6 | 33.2 | 22.2 | 32.5 | 22.4 | 29.8 | 19.3 |
| TVsu 1221 | 34.3 | 25.0 | 28.7 | 26.9 | 34.6 | 22.8 | 33.9 | 23.5 | 33.3 | 22.0 | 32.8 | 22.2 | 30.2 | 19.0 |
| TVsu 89 | 34.4 | 25.0 | 28.6 | 26.7 | 35.0 | 22.5 | 34.2 | 23.1 | 33.6 | 21.6 | 33.0 | 22.0 | 30.4 | 18.7 |
| SK1-15 | 34.3 | 24.9 | 28.7 | 26.9 | 34.5 | 22.9 | 33.8 | 23.5 | 33.2 | 22.1 | 32.6 | 22.3 | 30.1 | 19.1 |
| เฉลี่ย | 34.33 | 24.95 | 28.68 | 26.85 | 34.63 | 22.80 | 33.88 | 23.43 | 33.33 | 21.98 | 32.73 | 22.23 | 30.13 | 19.03 |

Tmax = อุณหภูมิสูงสุด

Tmin = อุณหภูมิต่ำสุด

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนรวมอิทธิพลของปีปลูก วันปลูก สถานที่ปลูก และพันธุ์ถั่วหรั่ง ต่ออายุวันงอก อายุวันออกดอก และอายุวันเก็บเกี่ยว ที่แบบจำลองทำนายได้ในช่วง 30 ปี (พ.ศ. 2564-2593) ในสถานการณ์ RCP 4.5 และ RCP 8.5 พบว่าทั้งปีปลูก วันปลูก สถานที่ปลูก และพันธุ์ถั่วหรั่ง มีอิทธิพลต่อทุกระยะพัฒนาการของถั่วหรั่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P < 0.01$) โดยพบว่า สถานที่ที่มีอิทธิพลต่อระยะพัฒนาการของถั่วหรั่งมากที่สุด คิดเป็นสัดส่วนประมาณ 45.03 – 64.09 % และ 39.42 – 68.38 % สำหรับการจำลองในสถานการณ์ RCP 4.5 และ RCP 8.5 ตามลำดับ เช่นเดียวกับผลการวิเคราะห์พบว่า มีปฏิริยาสัมพันธ์ระหว่างปีและวันปลูก ($Y \times P$) ปีและสถานที่ปลูก ($Y \times L$) วันปลูกและสถานที่ปลูก ($P \times L$) ปีและพันธุ์ถั่วหรั่ง ($Y \times G$) วันปลูกและพันธุ์ ($P \times G$) สถานที่และพันธุ์ ($L \times G$) ปีและวันปลูกและพันธุ์ ($Y \times P \times G$) ปีและสถานที่และพันธุ์ ($Y \times L \times G$) วันปลูกและสถานที่และพันธุ์ ($P \times L \times G$) อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P < 0.01$) ยกเว้นปฏิริยาสัมพันธ์ระหว่างปีและพันธุ์สำหรับอายุเก็บเกี่ยวจากทั้งสถานการณ์ RCP 4.5 และ RCP 8.5 (ตารางที่ 4.52)

ตารางที่ 4.52 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนรวมอิทธิพลของปีปลูก วันปลูก สถานที่ปลูก และพันธุ์ถั่วหรั่งสำหรับอายุวันงอก อายุวันออกดอก และอายุวันเก็บเกี่ยว ที่ได้จากแบบจำลอง

| Source | d.f. | อายุวันงอก | | อายุวันออกดอก | | อายุวันเก็บเกี่ยว | |
|-------------------------|------|--------------------|---------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| | | RCP 4.5 | RCP 8.5 | RCP 4.5 | RCP 8.5 | RCP 4.5 | RCP 8.5 |
| SS (% of total SS) | | | | | | | |
| 30 ปี (2564-2593) | | | | | | | |
| Year (Y) | 29 | 2.56** | 5.25** | 1.66** | 2.13** | 0.38** | 0.53** |
| Planting Date (P) | 2 | 6.91** | 6.74** | 7.98** | 6.22** | 4.27** | 3.61** |
| Y x P | 58 | 7.06** | 8.47** | 4.39** | 3.96** | 0.96** | 0.99** |
| Location (L) | 6 | 45.03** | 39.42** | 64.09** | 68.38** | 54.85** | 57.92** |
| Y x L | 174 | 4.74** | 10.75** | 2.98** | 2.24** | 1.90** | 1.19** |
| P x L | 12 | 16.35** | 12.98** | 5.42** | 5.02** | 2.84** | 2.57** |
| Error a (Y x P x L) | 348 | 15.35 | 16.29 | 4.54 | 4.09 | 2.05 | 1.65 |
| Genotype (G) | 3 | 0.03** | 0.00** | 7.12** | 7.12** | 30.75** | 29.34** |
| Y x G | 87 | 0.02** | 0.00** | 0.01** | 0.02** | 0.07 ^{ns} | 0.08 ^{ns} |
| P x G | 6 | 0.04** | 0.00** | 0.20** | 0.21** | 0.08** | 0.09** |
| Y x P x G | 174 | 0.43** | 0.00** | 0.03** | 0.03** | 0.14** | 0.14 ^{ns} |
| L x G | 18 | 0.06** | 0.00** | 0.28** | 0.28** | 0.78** | 0.77** |
| Y x L x G | 522 | 0.37 ^{ns} | 0.00** | 0.05 ^{ns} | 0.06 ^{ns} | 0.27 ^{ns} | 0.33** |
| P x L x G | 36 | 0.08** | 0.00** | 0.12** | 0.11** | 0.05** | 0.07** |
| Error b (Y x P x L x G) | 1044 | 0.78 | 0.00 | 0.12 | 0.12 | 0.62 | 0.72 |
| Total | 2519 | 100.00 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |

ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

** = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ $P < 0.01$

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนรวมอิทธิพลของปีปลูก วันปลูก สถานที่ปลูก และพันธุ์ถั่วหรั่งต่อหน้าหนักแห้งรวมและผลผลิตฝักแห้งที่แบบจำลองทำนายได้ในช่วง 30 ปี (พ.ศ. 2564-2593) ในสถานการณ์ RCP 4.5 และ RCP 8.5 (ตารางที่ 4.53) พบว่าสถานที่ปลูกมีอิทธิพลมากที่สุด คิดเป็นเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัดส่วน 48.96 – 53.50 % และ 49.58 – 53.68 % ตามลำดับ รองลงมาคืออิทธิพลของพันธุ์ คิดเป็นสัดส่วน 27.72 – 30.51 % และ 28.17 – 29.33 % ตามลำดับ ส่วนอิทธิพลของปีและวันปลูกแม้ว่าจะมีความสำคัญต่อการสะสมน้ำหนักรวมและผลผลิตแต่มีสัดส่วนค่อนข้างน้อย ผลการวิเคราะห์พบว่า มีปฏิกริยาสัมพันธ์ระหว่างปีและวันปลูก (Y x P) ปีและสถานที่ปลูก (Y x L) วันปลูกและสถานที่ปลูก (P x L) ปีและพันธุ์ถั่วหรั่ง (Y x G) วันปลูกและพันธุ์ (P x G) สถานที่และพันธุ์ (L x G) ปีและวันปลูกและพันธุ์ (Y x P x G) ปีและสถานที่และพันธุ์ (Y x L x G) วันปลูกและสถานที่และพันธุ์ (P x L x G) อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P \leq 0.01$) จากการสังเกตพบว่าพันธุ์จะมีการตอบสนองต่อสถานที่ปลูกมากกว่าปีและวันปลูก โดยอิทธิพลของปฏิกริยาสัมพันธ์ระหว่างสถานที่และพันธุ์ มีสัดส่วนประมาณ 3.13 – 6.28 และ 3.53 – 7.97 % สำหรับการจำลองในสถานการณ์ RCP 4.5 และ RCP 8.5 ตามลำดับ ในขณะที่ปฏิกริยาสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์และปัจจัยสภาพแวดล้อมอื่น ๆ มีสัดส่วนน้อยกว่า 1 %

ตารางที่ 4.53 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนรวมอิทธิพลของปีปลูก วันปลูก สถานที่ปลูก และพันธุ์ ถั่วหรั่งต่อน้ำหนักแห้งรวม และผลผลิตฝักแห้งที่ได้จากแบบจำลอง

| Source | d.f. | น้ำหนักแห้งรวม (กก./เฮกแตร์) | | ผลผลิตฝักแห้ง (กก./เฮกแตร์) | |
|-------------------------|------|------------------------------|---------|-----------------------------|--------------------|
| | | RCP 4.5 | RCP 8.5 | RCP 4.5 | RCP 8.5 |
| SS (% of total SS) | | | | | |
| 30 ปี (2564-2593) | | | | | |
| Year (Y) | 29 | 0.51** | 1.54** | 0.55** | 1.51** |
| Planting Date (P) | 2 | 1.74** | 0.88** | 1.44** | 0.45** |
| Y x P | 58 | 1.07** | 0.84** | 1.05** | 0.78** |
| Location (L) | 6 | 53.50** | 53.68** | 48.96** | 49.58** |
| Y x L | 174 | 1.85** | 2.54** | 2.95** | 2.54** |
| P x L | 12 | 1.20** | 1.07** | 2.11** | 1.24** |
| Error a (Y x P x L) | 348 | 3.52 | 3.13 | 4.01 | 3.37 |
| Genotype (G) | 3 | 30.51** | 29.33** | 27.72** | 28.17** |
| Y x G | 87 | 0.28** | 0.57** | 0.26** | 0.41** |
| P x G | 6 | 0.12** | 0.13** | 0.98** | 0.68** |
| Y x P x G | 174 | 0.74** | 0.85** | 0.94** | 0.86** |
| L x G | 18 | 3.13** | 3.53** | 6.28** | 7.97** |
| Y x L x G | 522 | 0.52 ^{ns} | 0.64** | 0.68* | 0.61 ^{ns} |
| P x L x G | 36 | 0.33** | 0.27** | 0.87** | 0.55** |
| Error b (Y x P x L x G) | 1044 | 0.99 | 1.01 | 1.19 | 1.28 |
| Total | 2519 | 100 | 100 | 100 | 100 |

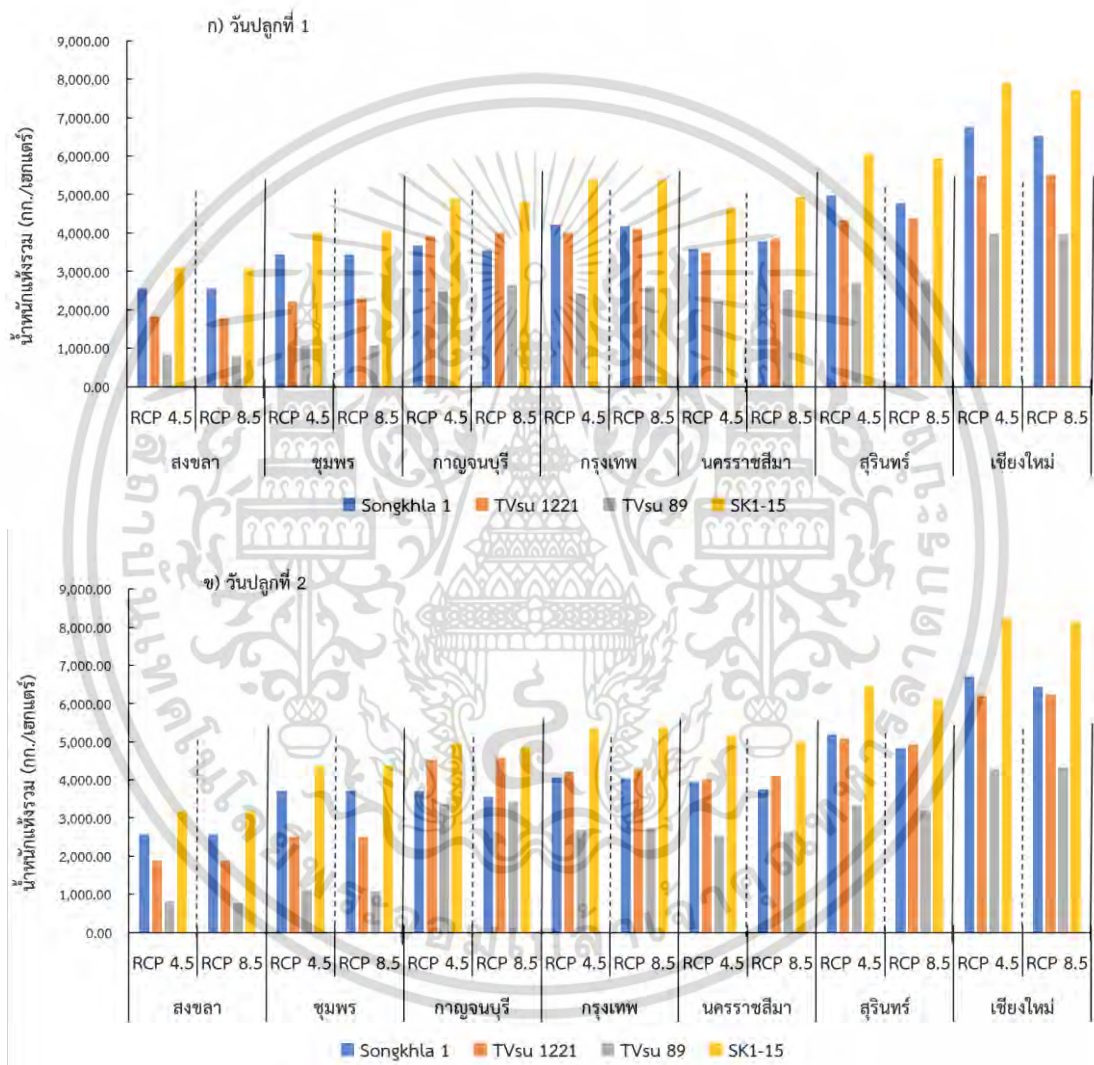
ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

* = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P < 0.05$

** = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ $P < 0.01$

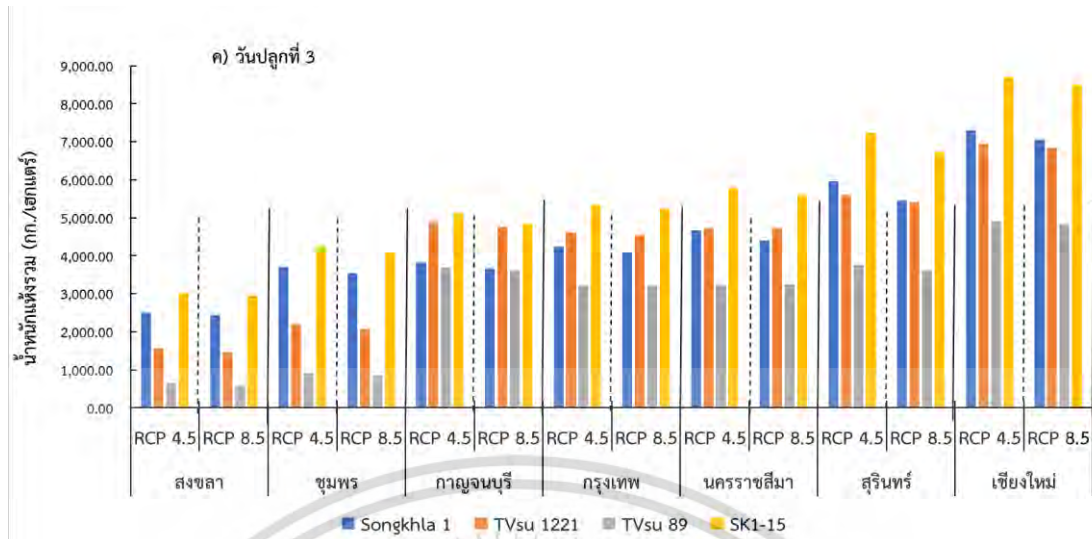
ผลการทำนายน้ำหนักแห้งเฉลี่ยจาก 30 ปี (2021-2050) และจาก 3 วันปลูกในแต่ละสถานที่ภายใต้สถานการณ์ RCP 4.5 และ RCP 8.5 (ภาพที่ 4.6) โดยภาพรวมพบว่า วันปลูกที่ 3 ถั่วหรั่งมีการสะสมน้ำหนักรวมสูงกว่าวันปลูกที่ 1 และวันปลูกที่ 2 โดยการปลูกถั่วหรั่งในพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่จะมีการสะสมน้ำหนักรวมสูงที่สุดในพันธุ์ SK1-15 มีค่าเฉลี่ยประมาณ 8,697.73 และเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8,503.50 กก./เฮกแตร์ ตามลำดับ รองลงมาคือจังหวัดสุรินทร์ 7,233.30 และ 6,738.07 กก./เฮกแตร์ ตามลำดับ และพันธุ์ TVsu 89 ในจังหวัดสงขลามีน้ำหนักแห้งเฉลี่ยต่ำที่สุด มีค่าเท่ากับ 657.73 และ 586.40 กก./เฮกแตร์ ตามลำดับ สิ่งที่น่าสังเกตคือถั่วหรั่งพันธุ์ TVsu 1221 และ สงขลา 1 จะมีการตอบสนองต่อจังหวัดกาญจนบุรีแตกต่างจากแหล่งปลูกอื่น ๆ คือพันธุ์ TVsu 1221 จะมีน้ำหนักแห้งสูงกว่าพันธุ์สงขลา 1 ทั้งในสถานการณ์การจำลองแบบ RCP 4.5 และ RCP 8.5 โดยพันธุ์ SK1-15 มีน้ำหนักแห้งรวมมากที่สุดในทุกวันปลูกและทุกสถานที่ปลูก ส่วนพันธุ์ TVsu 89 มีน้ำหนักแห้งรวมน้อยที่สุดในทุกวันปลูกและทุกสถานที่ปลูก



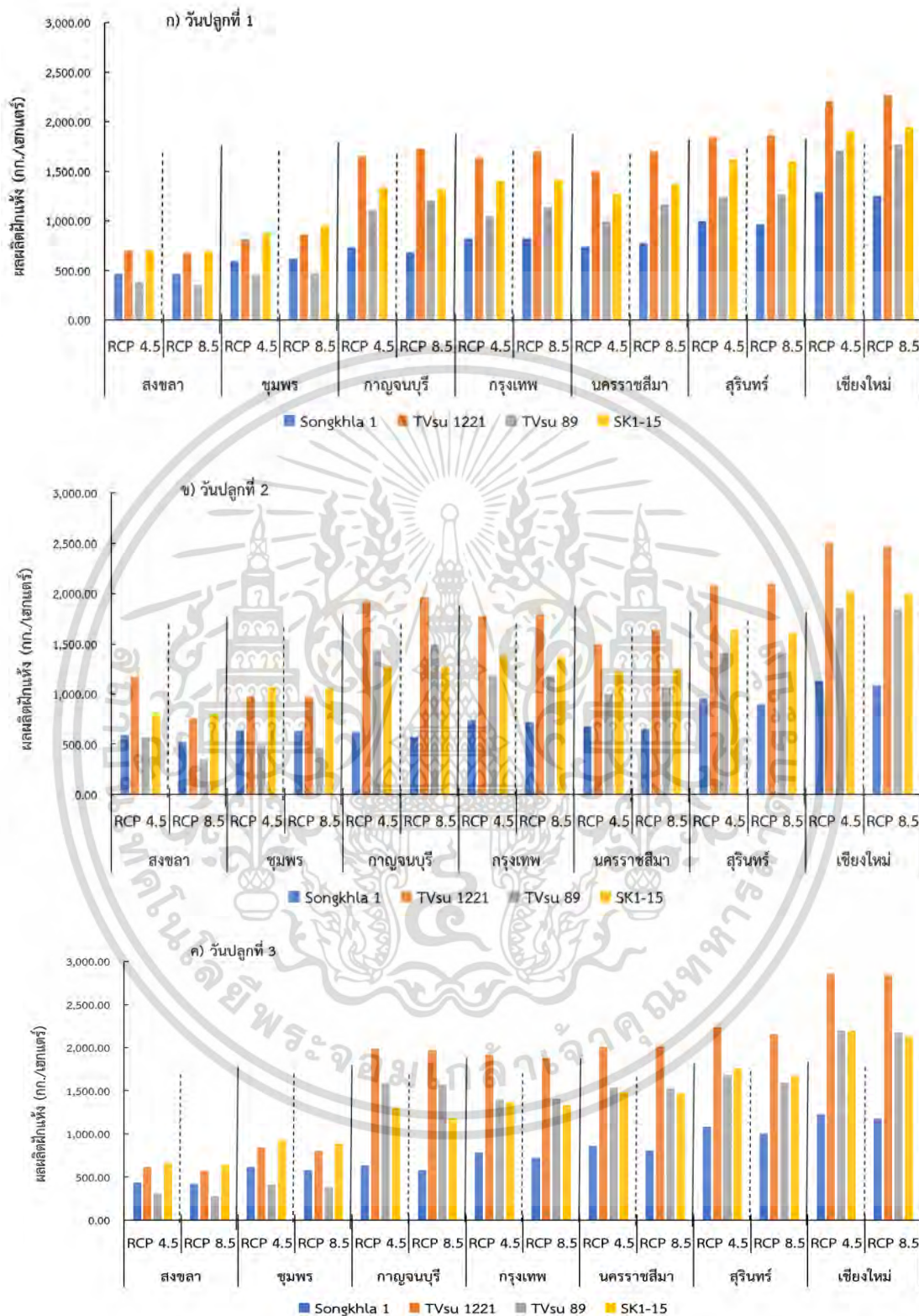
ภาพที่ 4.6 ผลการทำนายน้ำหนักแห้งเฉลี่ยจาก 30 ปี (2021-2050) ในแต่ละสถานที่ภายใต้สถานการณ์ RCP 4.5 และ RCP 8.5 สำหรับ ก) วันปลูกที่ 1 และ ข) วันปลูกที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.6 (ต่อ) ผลการทำนายน้ำหนักรวมเฉลี่ยจาก 30 ปี (2021-2050) ในแต่ละสถานที่ภายใต้สถานการณ์ RCP 4.5 และ RCP 8.5 สำหรับ ค) วันปลูกที่ 3

ผลการทำนายผลผลิตฝักแห้งเฉลี่ยจาก 30 ปี (2021-2050) และจาก 3 วันปลูกในแต่ละสถานที่ภายใต้สถานการณ์ RCP 4.5 และ RCP 8.5 (ภาพที่ 4.7) พบว่าในวันปลูกที่ 3 (ภาพที่ 4.7ค) การปลูกถั่วหรั่งในพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่จะมีผลผลิตฝักแห้งสูงที่สุดในพันธุ์ TVsu 1221 มีค่าเฉลี่ยประมาณ 2,855.10 และ 2,844.73 กก./เฮกเตอร์ ตามลำดับ รองลงมาคือ จังหวัดสุรินทร์ในวันปลูกที่ 3 พันธุ์ TVsu 1221 มีค่าเฉลี่ยประมาณ 2,236.97 และ 2,155.80 กก./เฮกเตอร์ ตามลำดับ และในวันปลูกที่ 3 พันธุ์ TVsu 89 ในจังหวัดสงขลามีผลผลิตฝักแห้งเฉลี่ยต่ำที่สุดเท่ากับ 310.70 และ 276.13 กก./เฮกเตอร์ ตามลำดับ ในขณะที่จังหวัดกาญจนบุรี กรุงเทพฯ และนครราชสีมา มีผลผลิตน้ำหนักรวมเฉลี่ยไม่แตกต่างกันมากนัก โดยส่วนใหญ่ถั่วหรั่งพันธุ์ TVsu 1221 จะให้ผลผลิตสูงที่สุด และพันธุ์สงขลา 1 ให้ผลผลิตต่ำที่สุด ยกเว้นในพื้นที่จังหวัดสงขลา และจังหวัดชุมพร พันธุ์ SK1-15 ให้ผลผลิตสูงที่สุดในวันปลูกที่ 1 และวันปลูกที่ 3 ทั้งสถานการณ์การจำลองแบบ RCP 4.5 และ 8.5

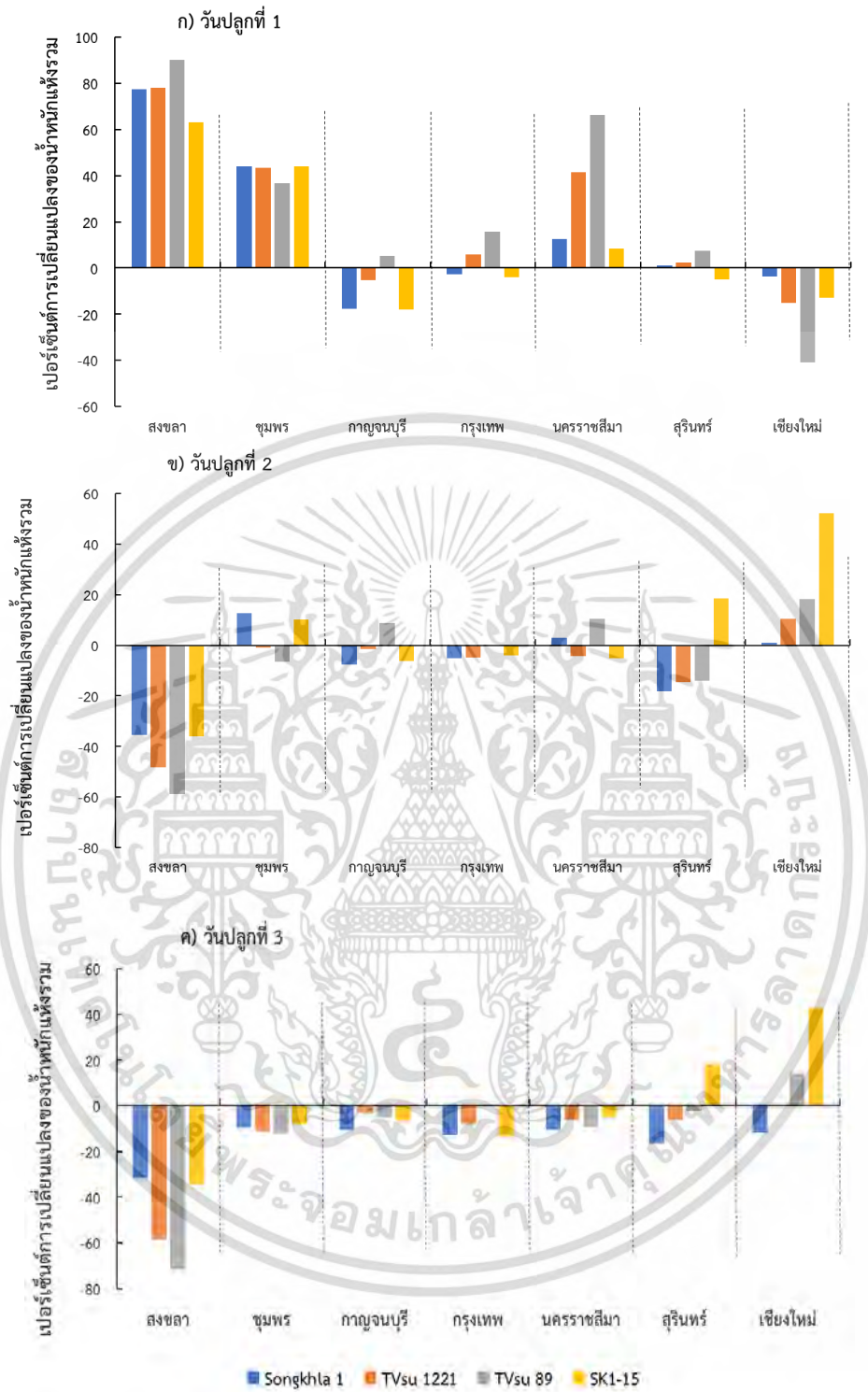


ภาพที่ 4.7 ผลการทำนายผลผลิตไม้แห้งเฉลี่ยจาก 30 ปี (2021-2050) ในแต่ละสถานที่ภายใต้สถานการณ์ RCP 4.5 และ RCP 8.5 สำหรับ ก) วันปลูกที่ 1 ข) วันปลูกที่ 2 และ ค) วันปลูกที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

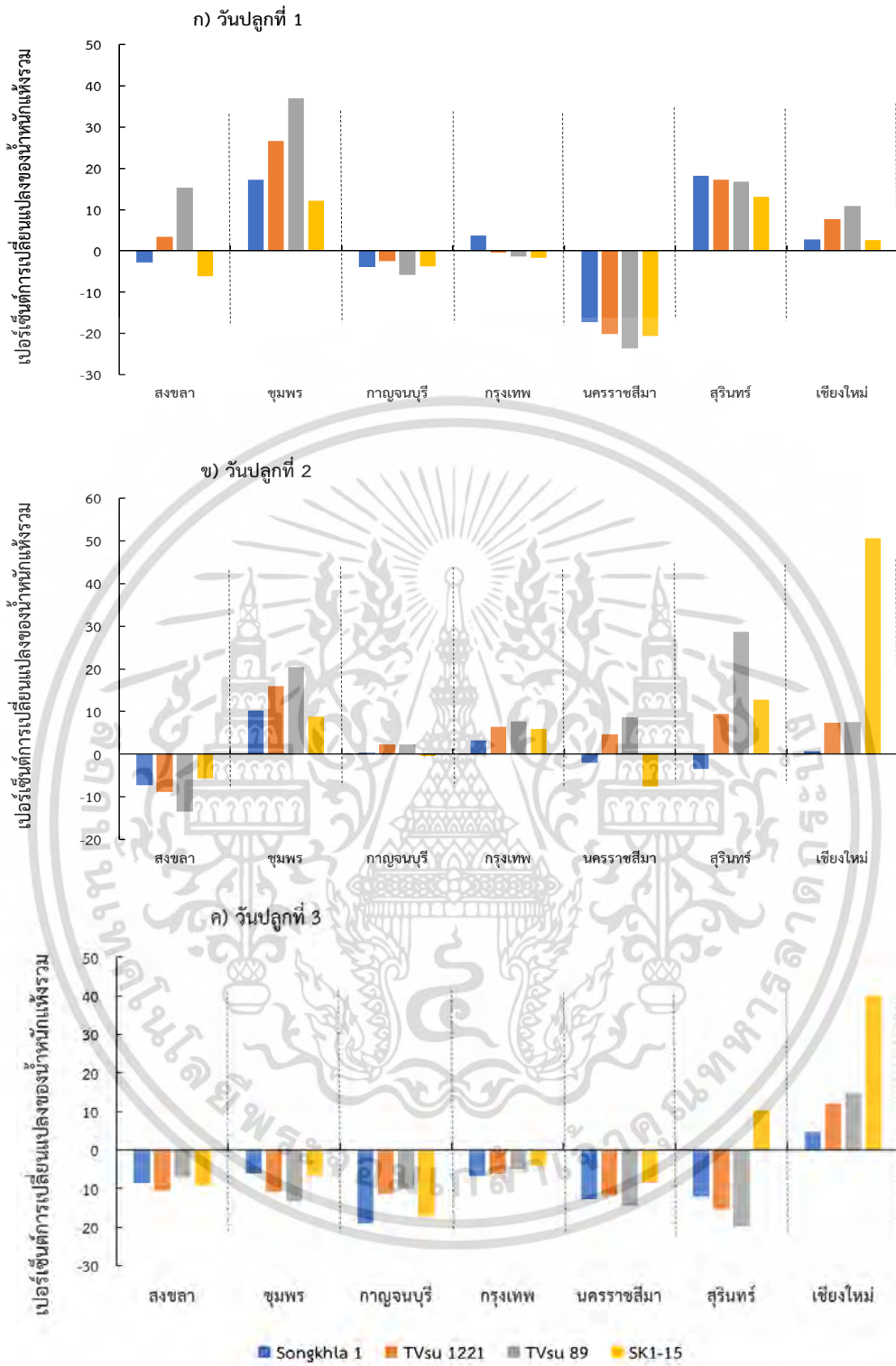
ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักแห้งรวมจากข้อมูล 30 ปีที่ได้จากการจำลอง ในสถานการณ์แบบ RCP 4.5 ของถั่วหรั่ง 4 พันธุ์ ใน 3 วันปลูก และ 7 สถานที่ปลูก (ภาพที่ 4.8) พบว่าเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักแห้งของถั่วหรั่งแต่ละพันธุ์จะขึ้นอยู่กับสถานที่ปลูก โดยวันปลูกที่ 1 (ภาพที่ 4.8ก) ถั่วหรั่งทุกพันธุ์มีน้ำหนักแห้งรวมเพิ่มขึ้นเฉลี่ยประมาณ 8.41 - 90.11 % หากปลูกในพื้นที่จังหวัดสงขลา ชุมพร และนครราชสีมา ในขณะที่หากปลูกในจังหวัดเชียงใหม่จะมีน้ำหนักแห้งรวมลดลงประมาณ 3.77 - 41.08 % ในวันปลูกที่ 2 (ภาพที่ 4.8ข) ถั่วหรั่งที่ปลูกในจังหวัดสงขลาทุกพันธุ์มีค่าเฉลี่ยลดลง 35.60 - 58.93 % แต่หากปลูกในพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่จะมีค่าเฉลี่ยเพิ่มขึ้นประมาณ 1.08 - 52.38 % ผลการศึกษาพบว่าพันธุ์ SK1-15 มีน้ำหนักแห้งรวมเพิ่มขึ้นสูงที่สุด เมื่อปลูกในพื้นที่จังหวัดชุมพร จังหวัดสุรินทร์ และจังหวัดเชียงใหม่ เฉลี่ยเท่ากับ 10.36 - 52.38 % ในวันปลูกที่ 3 (ภาพที่ 4.8ค) พบว่าน้ำหนักแห้งรวมทุกพันธุ์มีค่าเฉลี่ยลดลงประมาณ 0.35 - 71.58 % เมื่อปลูกในพื้นที่จังหวัดสงขลา ชุมพร กรุงเทพฯ กาญจนบุรี และนครราชสีมา ส่วนจังหวัดเชียงใหม่พบว่าพันธุ์ TVsu 89 และ SK1-15 มีน้ำหนักแห้งรวมเฉลี่ยมีค่าเพิ่มขึ้น 13.92 - 42.79 % และในจังหวัดสุรินทร์ น้ำหนักแห้งรวมเพิ่มขึ้นเฉพาะในพันธุ์ SK1-15 มีค่าเท่ากับ 18.58 %

ผลการจำลองภายใต้สถานการณ์แบบ RCP 8.5 (ภาพที่ 4.9) พบว่าเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักแห้งของถั่วหรั่งแต่ละพันธุ์จะขึ้นอยู่กับสถานที่ปลูก วันปลูกที่ 1 (ภาพที่ 4.9ก) ถั่วหรั่งมีน้ำหนักแห้งรวมเพิ่มขึ้นในทุกพันธุ์เฉลี่ยประมาณ 2.61 - 36.97 % หากปลูกในพื้นที่จังหวัดชุมพร สุรินทร์ และเชียงใหม่ แต่หากปลูกในจังหวัดกาญจนบุรี และนครราชสีมา จะมีน้ำหนักแห้งรวมลดลงประมาณ 2.44 - 23.66 % ในวันปลูกที่ 2 (ภาพที่ 4.9ข) ถั่วหรั่งที่ปลูกในจังหวัดสงขลาทุกพันธุ์มีค่าเฉลี่ยลดลง 5.71 - 13.46 % ส่วนในพื้นที่จังหวัดชุมพร กรุงเทพฯ และเชียงใหม่จะมีค่าเฉลี่ยประมาณ 0.73 - 50.72 % โดยพันธุ์ SK1-15 น้ำหนักแห้งรวมเพิ่มขึ้นสูงที่สุด เมื่อปลูกในพื้นที่จังหวัดชุมพร สุรินทร์ และเชียงใหม่ เฉลี่ยเท่ากับ 8.75 - 50.72 % วันปลูกที่ 3 (ภาพที่ 4.9ค) พบว่าน้ำหนักแห้งรวมมีค่าเฉลี่ยลดลงประมาณ 3.90 - 14.43 % เมื่อปลูกในพื้นที่จังหวัดสงขลา ชุมพร กรุงเทพฯ กาญจนบุรี และนครราชสีมา แต่หากปลูกในจังหวัดเชียงใหม่ มีจะมีค่าเฉลี่ยเพิ่มขึ้นประมาณ 4.61 - 40.14 % และในจังหวัดสุรินทร์ น้ำหนักแห้งรวมเพิ่มขึ้นเฉพาะในพันธุ์ SK1-15 มีค่าเท่ากับ 10.38 %



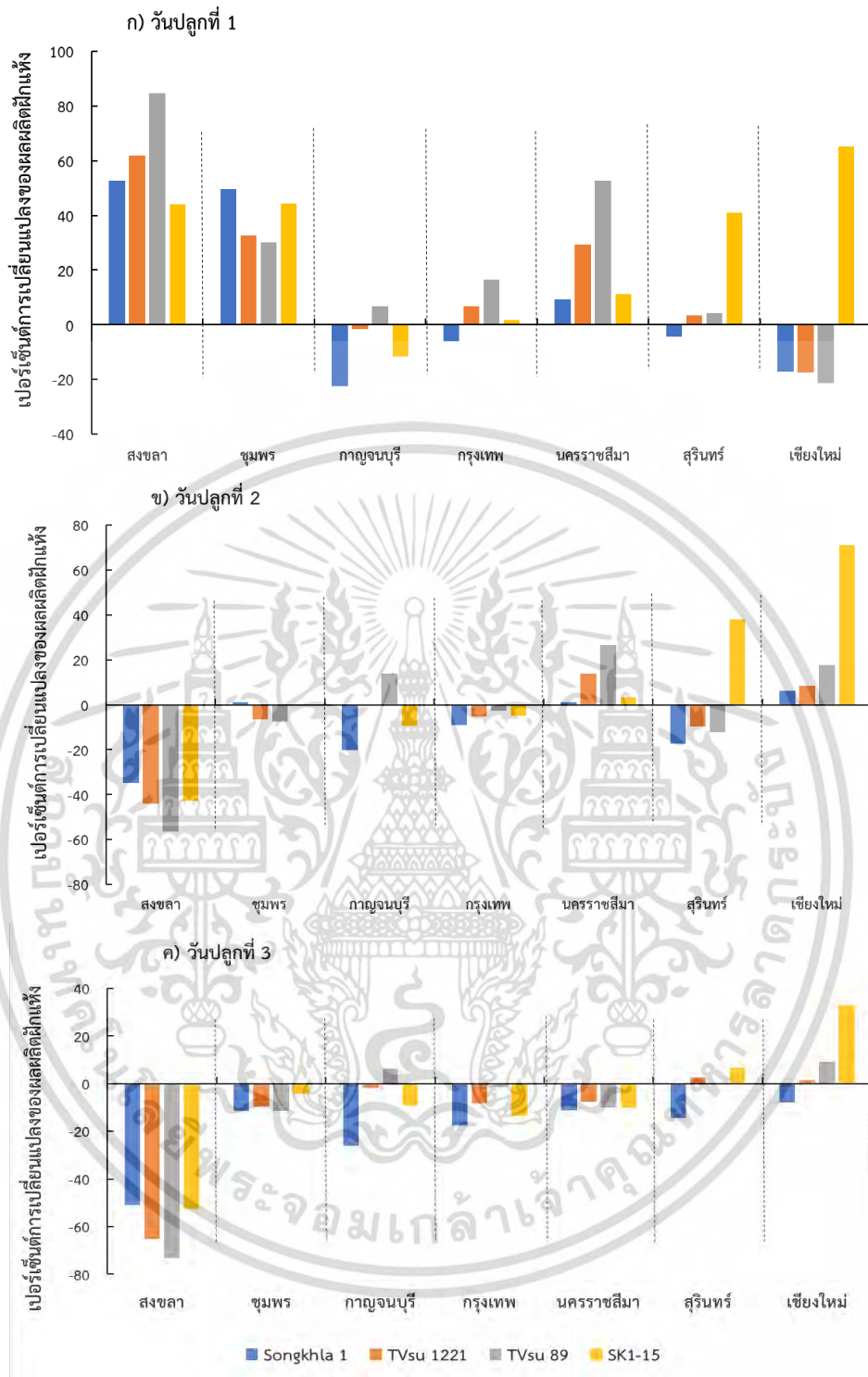
ภาพที่ 4.8 ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักรวมจากข้อมูล 30 ปีที่ได้จากการจำลองในสถานการณ์แบบ RCP 4.5 สำหรับ ก) วันปลูกที่ 1 ข) วันปลูกที่ 2 และ ค) วันปลูกที่ 3 ของถั่วหรั่ง 4 พันธุ์ ใน 7 สถานที่ปลูก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.9 ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักรวมจากข้อมูล 30 ปีที่ได้จากการจำลอง ในสถานการณ์แบบ RCP 8.5 สำหรับ ก) วันปลูกที่ 1 ข) วันปลูกที่ 2 และ ค) วันปลูกที่ 3 ของถั่วหรั่ง 4 พันธุ์ ใน 7 สถานที่ปลูก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

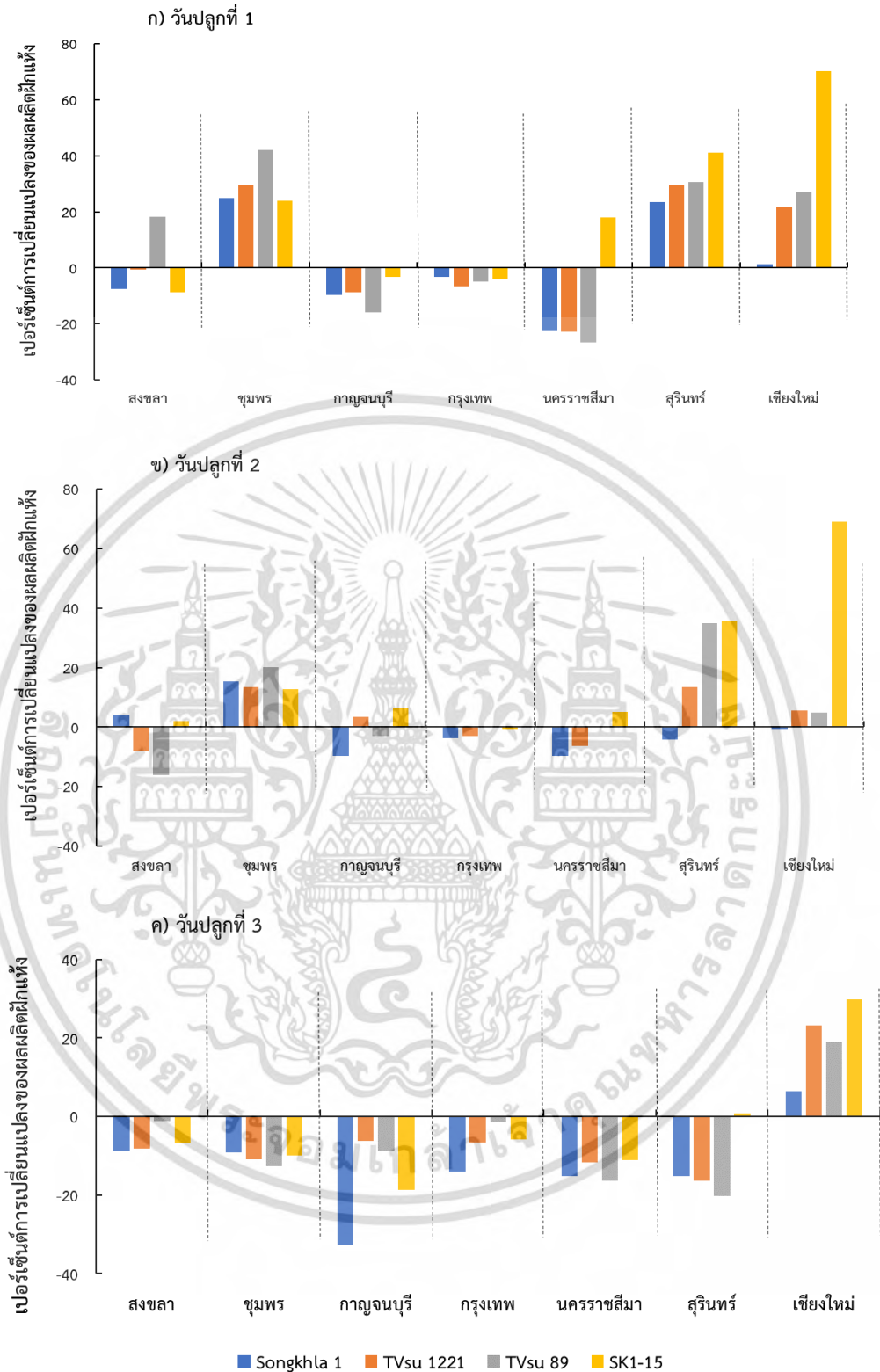


ภาพที่ 4.10 ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงผลผลิตฝักแห้งจากข้อมูล 30 ปีที่ได้จากการจำลองในสถานการณ์แบบ RCP 4.5 สำหรับ ก) วันปลูกที่ 1 ข) วันปลูกที่ 2 และ ค) วันปลูกที่ 3 ของถั่วหรั่ง 4 พันธุ์ ใน 7 สถานที่ปลูก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงผลผลิตฝักแห้งจากข้อมูล 30 ปีที่ได้จากการจำลองในสถานการณ์แบบ RCP 4.5 ของถั่วหรั่ง 4 พันธุ์ ใน 3 วันปลูก และ 7 สถานที่ปลูก (ภาพที่ 4.10) พบว่าเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงผลผลิตฝักแห้งของถั่วหรั่งแต่ละพันธุ์จะขึ้นอยู่กับสถานที่ปลูก โดยวันปลูกที่ 1 (ภาพที่ 4.10ก) ถั่วหรั่งทุกพันธุ์มีผลผลิตฝักแห้งเพิ่มขึ้น เฉลี่ยประมาณ 9.24 – 84.61 % หากปลูกในพื้นที่จังหวัดสงขลา ชุมพร และนครราชสีมา ส่วนจังหวัดเชียงใหม่จะมีผลผลิตฝักแห้งลดลงทุกพันธุ์ยกเว้น SK1-15 มีค่าเพิ่มขึ้นประมาณ 65.11 % สำหรับวันปลูกที่ 2 (ภาพที่ 4.10ข) ถั่วหรั่งที่ปลูกในจังหวัดสงขลาทุกพันธุ์มีค่าเฉลี่ยลดลง 34.89 – 56.57 % แต่ในพื้นที่จังหวัดนครราชสีมา และเชียงใหม่มีค่าเพิ่มขึ้นเฉลี่ยประมาณ 1.20 – 26.75 % โดยพันธุ์ SK1-15 มีผลผลิตฝักแห้งเพิ่มขึ้นสูงที่สุด เมื่อปลูกในจังหวัดสุรินทร์ และเชียงใหม่ มีค่าเฉลี่ย 38.21 – 71.21 % ในวันปลูกที่ 3 (ภาพที่ 4.10ค) พบว่าผลผลิตฝักแห้งมีค่าลดลงทุกพันธุ์ ประมาณ 4.06 – 73.13 % เมื่อปลูกในจังหวัดสงขลา ชุมพร และนครราชสีมา ในพันธุ์ SK1-15 มีผลผลิตฝักแห้งเฉลี่ยเพิ่มขึ้นสูงสุดมีประมาณ 32.99 % เมื่อปลูกในจังหวัดเชียงใหม่

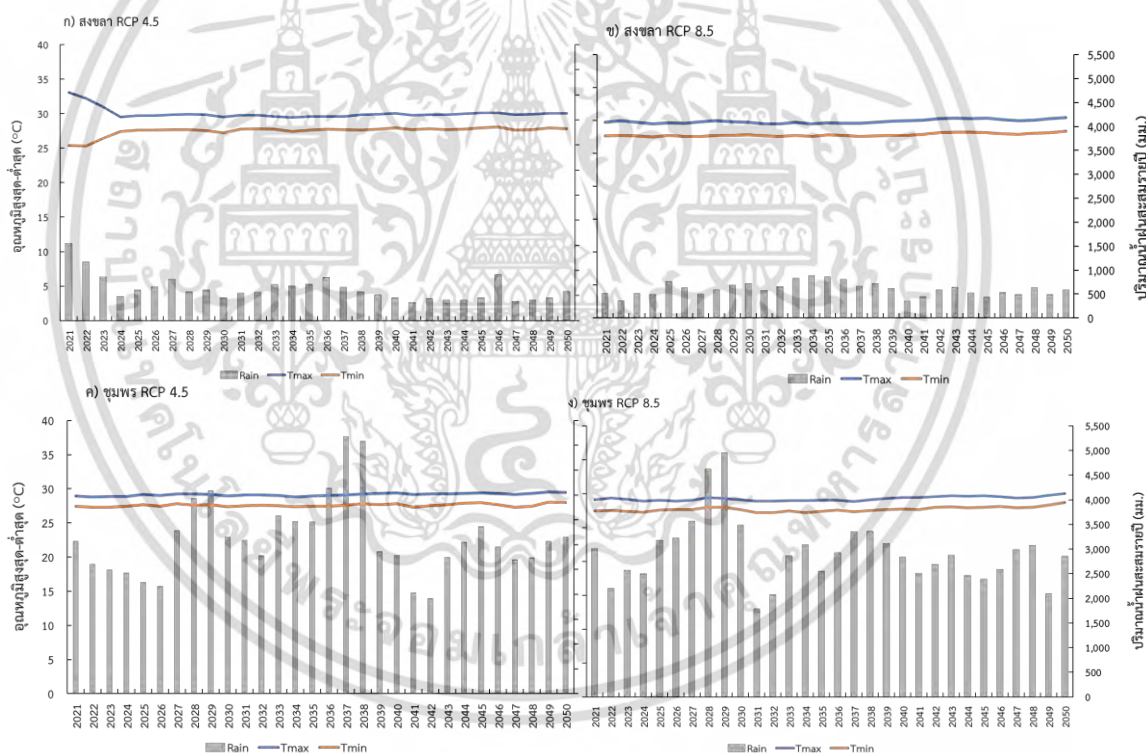
ผลการจำลองภายใต้สถานการณ์แบบ RCP 8.5 (ภาพที่ 4.11) พบว่า เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงผลผลิตฝักแห้งของถั่วหรั่งแต่ละพันธุ์จะขึ้นอยู่กับสถานที่ปลูก ในวันปลูกที่ 1 (ภาพที่ 4.11ก) ถั่วหรั่งมีผลผลิตฝักแห้งเพิ่มขึ้นทุกพันธุ์เฉลี่ยประมาณ 1.17 – 70.25 % หากปลูกในจังหวัดชุมพร สุรินทร์ และเชียงใหม่ แต่ในจังหวัดกาญจนบุรี และกรุงเทพฯ จะมีผลผลิตฝักแห้งลดลงเฉลี่ยประมาณ 3.17 – 15.82 % และยังพบว่าในจังหวัดสงขลา มีเพียงพันธุ์ TVsu 89 เท่านั้นที่ผลผลิตเพิ่มขึ้น (18.23 %) ในจังหวัดนครราชสีมาพบว่า พันธุ์ SK1-15 มีผลผลิตฝักแห้งเพิ่มขึ้นเท่ากับ 17.90 % ในวันปลูกที่ 2 (ภาพที่ 4.11ข) ถั่วหรั่งที่ปลูกในจังหวัดชุมพรทุกพันธุ์มีค่าเฉลี่ยเพิ่มขึ้นประมาณ 12.63 – 20.10 % ส่วนถั่วหรั่ง 3 พันธุ์ยกเว้นพันธุ์สงขลา 1 หากปลูกในพื้นที่จังหวัดสุรินทร์ และเชียงใหม่เพิ่มขึ้น มีค่าเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 5.52 – 69.18 % และพันธุ์ SK1-15 เป็นพันธุ์ที่มีผลผลิตฝักแห้งเพิ่มสูงที่สุด เมื่อปลูกในพื้นที่ จังหวัดสุรินทร์ และจังหวัดเชียงใหม่ เฉลี่ยเท่ากับ 35.74 – 69.18 % ในวันปลูกที่ 3 (ภาพที่ 4.11ค) พบว่าผลผลิตฝักแห้งมีค่าเฉลี่ยลดลงในทุกพันธุ์ มีประมาณ 1.06 – 32.71 % เมื่อปลูกในพื้นที่ จังหวัดสงขลา ชุมพร กรุงเทพฯ กาญจนบุรี และนครราชสีมา ในขณะที่จังหวัดเชียงใหม่ มีจะมีค่าเพิ่มขึ้น ประมาณ 6.44 – 29.77 % ส่วนในจังหวัดสุรินทร์ น้ำหนักแห้งรวมเพิ่มขึ้นในพันธุ์ SK1-15 มีค่าเท่ากับ 0.76 %



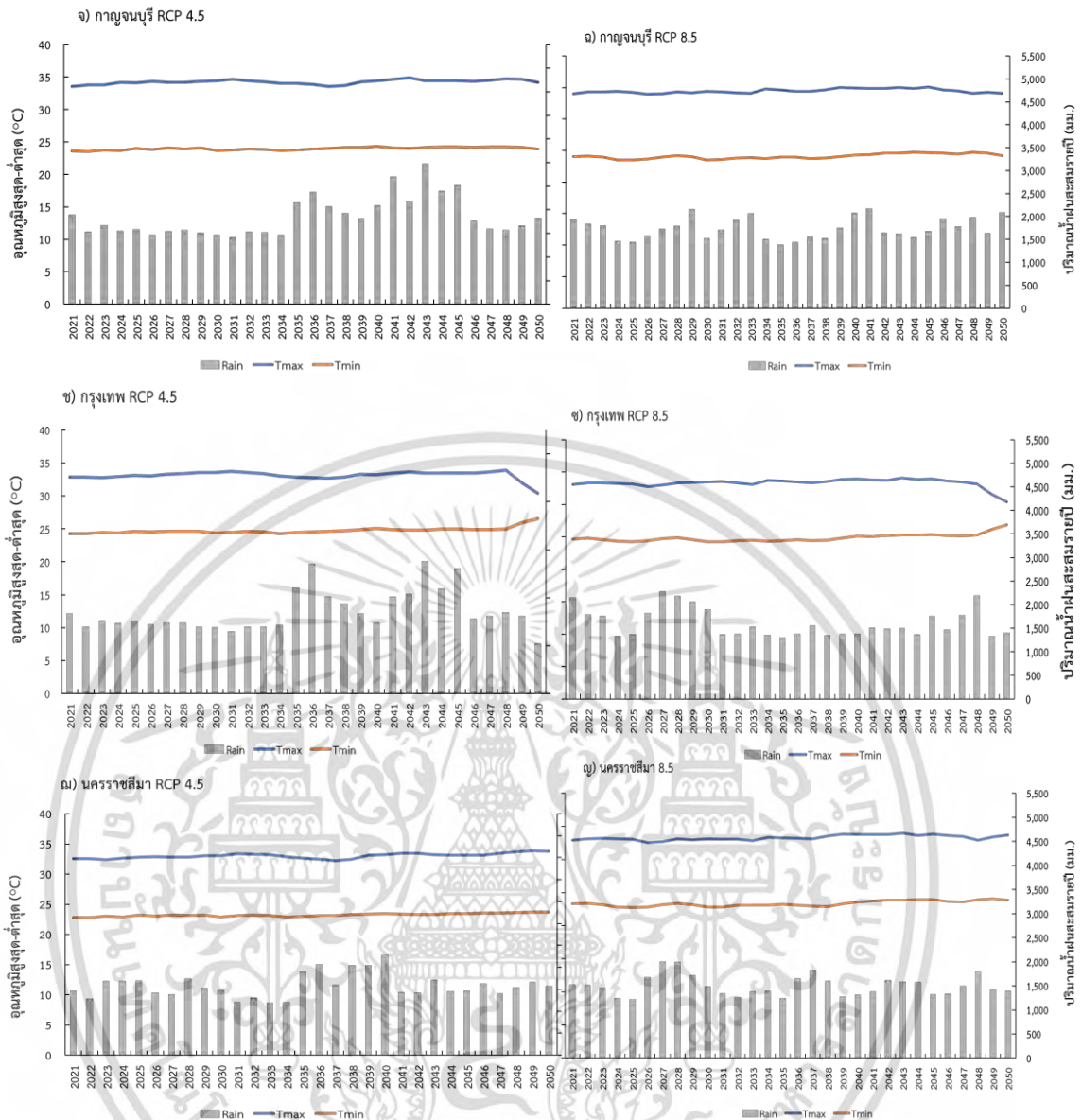
ภาพที่ 4.11 ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงผลผลิตฝักแห้งจากข้อมูล 30 ปีที่ได้จากการจำลองในสถานการณ์แบบ RCP 8.5 สำหรับ ก) วันปลูกที่ 1 ข) วันปลูกที่ 2 และ ค) วันปลูกที่ 3 ของถั่วหรั่ง 4 พันธุ์ ใน 7 สถานที่ปลูก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิสูงสุด อุณหภูมิต่ำสุด และปริมาณน้ำฝนสะสมรายปี (2021 – 2050) ตลอดอายุของถั่วหรั่งที่ได้จากการจำลองสถานการณ์แบบ RCP 4.5 และ RCP 8.5 ใน 7 สถานที่ (ภาพที่ 4.12) จากการคาดการณ์สภาพอากาศในช่วงปลูกถั่วหรั่ง (เฉลี่ยจาก 3 วันปลูก) สำหรับปริมาณฝนสะสมตลอดช่วงอายุของถั่วหรั่งพบว่าในจังหวัดสงขลาจะมีปริมาณน้ำฝนลดลงค่อนข้างมาก ส่วนใหญ่จะมีปริมาณอยู่ระหว่าง 351.58 - 1,171.5 มม. (ภาพที่ 4.12ก และ ข) ในขณะที่จังหวัดชุมพรจะมีปริมาณฝนสะสมสูงมากอยู่ระหว่าง 1,787.58 - 4,955.05 มม. (ภาพที่ 4.12ค และ ง) สำหรับจังหวัดกาญจนบุรี (ภาพที่ 4.12จ และ ฉ) กรุงเทพมหานคร (ภาพที่ 4.12ช และ ซ) นครราชสีมา (ภาพที่ 4.12ณ และ ญ) สุรินทร์ (ภาพที่ 4.12ฎ และ ฏ) จะมีปริมาณสะสมอยู่ระหว่าง 1,072.48 - 2,973.80 มม. ส่วนจังหวัดเชียงใหม่มีปริมาณฝนสะสมที่เหมาะสมกับช่วงการเจริญเติบโตของถั่วหรั่งมีค่าอยู่ระหว่าง 1,314.75 - 2,940.73 มม. (ภาพที่ 4.12ฐ และ ท)

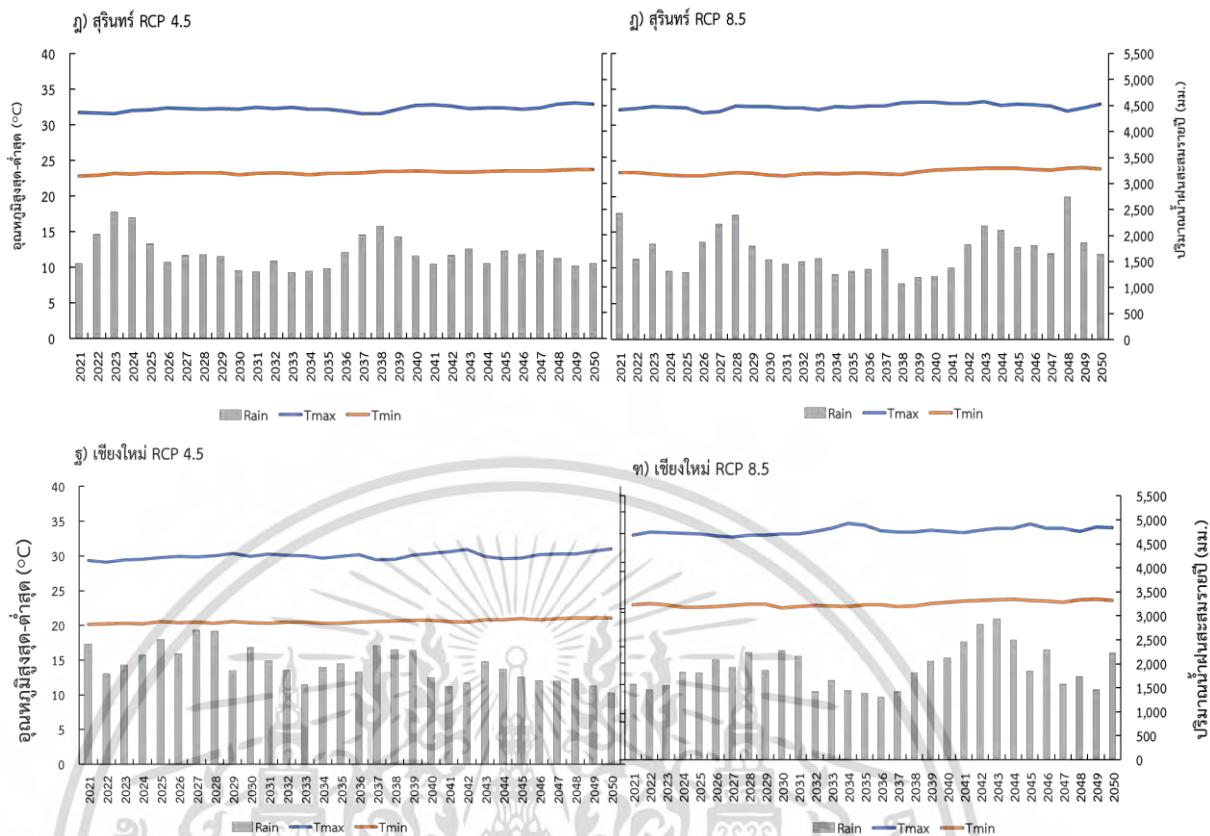


ภาพที่ 4.12 ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิสูงสุด อุณหภูมิต่ำสุด และปริมาณน้ำฝนสะสมรายปี (2021 – 2050) ตลอดอายุของถั่วหรั่งที่ได้จากการจำลองสถานการณ์แบบ RCP 4.5 สำหรับ ก) สงขลา ค) ชุมพร และการจำลองสถานการณ์แบบ RCP 8.5 ข) สงขลา ง) ชุมพร



ภาพที่ 4.12 (ต่อ) ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิสูงสุด อุณหภูมิต่ำสุด และปริมาณน้ำฝนสะสมรายปี (2021 – 2050) ตลอดอายุของถั่วหรั่งที่ได้จากการจำลองสถานการณ์แบบ RCP 4.5 สำหรับ จ) กาญจนบุรี ข) กรุงเทพฯ ค) นครราชสีมา และการจำลองสถานการณ์แบบ RCP 8.5 ง) กาญจนบุรี ช) กรุงเทพฯ ฉ) นครราชสีมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.12 (ต่อ) ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิสูงสุด อุณหภูมิต่ำสุด และปริมาณน้ำฝนสะสมรายปี (2021 – 2050) ตลอดอายุของถั่วหรั่งที่ได้จากการจำลองสถานการณ์แบบ RCP 4.5 สำหรับ (ฎ) สุรินทร์ (ฐ) เชียงใหม่ และการจำลองสถานการณ์แบบ RCP 8.5 (ฅ) สุรินทร์ (ฑ) เชียงใหม่

สำหรับอุณหภูมิสูงสุดและอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยตลอดอายุของถั่วหรั่ง (เฉลี่ยจาก 3 วันปลูก) ในช่วงปี 2021-2050 สามารถแยกได้ 2 รูปแบบ โดยแถบจังหวัดภาคใต้ คือ จังหวัดสงขลา (ภาพที่ 4.12ก และ ข) และ ชุมพร (ภาพที่ 4.12ค และ ง) มีอุณหภูมิกลางวันอยู่ระหว่าง 28.80 – 32.22 °C และอุณหภูมิกกลางคืนประมาณ 25.33 – 28.40 °C ซึ่งมีความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิกลางวันและกลางคืนค่อนข้างน้อย ประมาณ 3.47 – 3.82 °C สำหรับพื้นที่จังหวัดอื่น ๆ พบว่ามีความแตกต่างกันมากระหว่างอุณหภูมิกลางวันและกลางคืนประมาณ 30.37 – 35.07 °C และ 22.80 – 26.87. °C ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นว่ามีค่าแตกต่างกันค่อนข้างมากประมาณ 7.57 – 8.20 °C สำหรับจังหวัดเชียงใหม่ที่จัดว่ามีสภาพอากาศค่อนข้างเย็น โดยช่วงเวลากลางคืนมีอุณหภูมิประมาณ 20.15 – 21.30 °C ในขณะที่อุณหภูมิกลางวันไม่แตกต่างจากจังหวัดอื่น ๆ มากนักมีค่าระหว่าง 29.13 – 31.33 °C (ภาพที่ 4.12ฐ และ ฑ)

อย่างไรก็ตามได้มีการจำลองการเจริญเติบโตและผลผลิตของถั่วหรั่ง โดยเลือกวันปลูกที่ 2 (9 เม.ย. 65) เนื่องจากให้ผลผลิตสูงสุด จากนั้นจำลองการปลูกทุก ๆ วันที่ 9 ของเดือน เริ่มตั้งแต่วันที่ 9 มี.ค. 64 ถึง 9 ก.ค. 66 ซึ่งเป็นระยะเวลาครอบคลุมทั้ง 3 วันปลูกของการศึกษาส่วนที่ 2 พบว่าในพื้นที่ภาคใต้แถบจังหวัดสงขลา และ ชุมพร ควรปลูกถั่วหรั่งในช่วงเดือนมีนาคมถึงกรกฎาคม ส่วนเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่โดยไม่ผ่านการอนุมัติฯ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พื้นที่แถบภาคกลาง ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคเหนือ ควรปลูกในฤดูแล้งช่วงปลายปี ตั้งแต่เดือนกันยายนจนถึงต้นปีช่วงเดือนมกราคม (ไม่แสดงข้อมูล)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 วิจารณ์ผลการทดลอง

4.4.1 การศึกษาส่วนที่ 1 ผลของการลดความชื้นเมล็ดพันธุ์ต่อระยะเวลาการเก็บรักษาและคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ถั่วหรั่ง

จากผลการศึกษาลดความชื้นเมล็ดพันธุ์ต่อระยะเวลาการเก็บรักษาและคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ถั่วหรั่งชี้ให้เห็นว่าพันธุกรรมของถั่วหรั่งมีผลต่อเปอร์เซ็นต์ความงอกและดัชนีความเร็วในการงอก ซึ่งภายหลังการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ถั่วหรั่งในอุณหภูมิปกติไว้นาน 6 เดือน พบว่าพันธุ์สงขลา 1 มีเปอร์เซ็นต์ความงอกและดัชนีความเร็วในการงอกสูง โดยที่คุณภาพของเมล็ดพันธุ์และความแข็งแรงไม่ลดลง ในขณะที่พันธุ์ TVsu 1221 มีเปอร์เซ็นต์ความงอกและดัชนีความเร็วในการงอกลดลงอย่างรวดเร็วตั้งแต่ 2 เดือนหลังเก็บรักษา แสดงว่าเมล็ดพันธุ์ถั่วหรั่งพันธุ์ TVsu 1221 ไม่เหมาะสำหรับการเก็บรักษาในระยะยาวในสภาพอุณหภูมิห้อง ซึ่งควรมีการศึกษาเพิ่มเติมในการเก็บรักษาในสภาพที่ควบคุมอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และในสภาพห้องเย็น เพื่อได้คำตอบที่ชัดเจนของสภาพการเก็บรักษาที่เหมาะสมสำหรับเมล็ดพันธุ์ถั่วหรั่ง TVsu 1221 ตามข้อมูลของ AOSA (2023) เมล็ดพันธุ์ที่ดีควรมีเปอร์เซ็นต์ความงอกไม่ต่ำกว่า 80 % แต่ทั้งนี้ก็อาจมีปัจจัยทางกายภาพและทางเคมีของเมล็ดที่ส่งผลต่อการเก็บรักษาด้วย (วันชัย จันทน์ประเสริฐ, 2541) ซึ่งถั่วหรั่งพันธุ์สงขลา 1 เป็นพันธุ์มีลักษณะเมล็ดโต มีน้ำหนัก 100 เมล็ด เท่ากับ 48.3 กรัม เยื่อหุ้มเมล็ดสีม่วง มีเปลือกบางองค์ประกอบทางเคมีในเมล็ดประกอบด้วย โปรตีน 18 % ไขมัน 6 % (ศูนย์วิจัยพืชไร่สงขลา, 2541) และคาร์โบไฮเดรต 50-60 % (Atoyebi *et al.*, 2017) ในขณะที่พันธุ์ TVsu 1221 มีลักษณะเมล็ดที่แตกต่างกัน โดยเมล็ดมีขนาดเล็กกว่าพันธุ์สงขลา 1 มีน้ำหนัก 100 เมล็ด เท่ากับ 35.4 กรัม (สถาบันวิจัยพืชไร่และพืชทดแทนพลังงาน, 2567) เยื่อหุ้มเมล็ดสีครีม คล้ายกับพันธุ์พื้นเมือง เปลือกบาง มีองค์ประกอบทางเคมีประกอบด้วย โปรตีน 21-23 % และไขมัน 4-5 % ซึ่งเมล็ดพันธุ์ต่างชนิดหรือแม้แต่พืชชนิดเดียวกันแต่ต่างพันธุ์กันก็จะมีคุณสมบัติของเมล็ดที่แตกต่างกัน เนื่องจากองค์ประกอบทางเคมีของเมล็ดที่แตกต่างกัน อีกทั้งความชื้นเริ่มต้นของเมล็ดพันธุ์มีความแตกต่างกัน เนื่องจากการจัดการภายหลังการเก็บเกี่ยว ซึ่งพันธุ์ TVsu 1221 มีความชื้นเริ่มต้น เพียง 14 % ในขณะที่พันธุ์สงขลา 1 ความชื้นเริ่มต้นมากถึง 48 % ซึ่งความแตกต่างของความชื้นเริ่มต้นนี้อาจจะเป็นปัจจัยหนึ่งส่งผลให้เมล็ดพันธุ์มีความเสื่อมสภาพแตกต่างกัน และจากผลการทดลองในช่วงอายุการเก็บรักษาที่ 4 และ 6 เดือน มีข้อสังเกตว่าในพันธุ์ TVsu 1221 มีเปอร์เซ็นต์ความงอกและดัชนีความเร็วในการงอกที่อายุ 4 เดือนลดลง กลับมีค่าเพิ่มขึ้นที่อายุการเก็บรักษาที่ 6 เดือน ซึ่งมีความเป็นไปได้ว่าเนื่องจากจำนวนเมล็ดที่นำมาใช้ศึกษามีปริมาณน้อยเกินไปซึ่งในการทดสอบความงอกใช้เพียง 25 เมล็ดต่อซ้ำ จึงอาจเป็นสาเหตุให้เกิดความคลาดเคลื่อนของงานทดลองอีกทั้งในช่วงอายุ 4 เดือนของการเก็บรักษา อาจจะมีเมล็ดที่งอกผิดปกติ หรือต้นกล้าไม่สมบูรณ์มากกว่าในช่วงอายุการเก็บรักษาที่ 6 เดือน จึงทำให้การคำนวณเปอร์เซ็นต์ความงอกน้อย ซึ่งควรจะใช้จำนวนเมล็ดต่อซ้ำในการทดสอบมากขึ้น สาเหตุอีกประการหนึ่งคือการเปิดกล่องบรรจุที่เก็บรักษาเมล็ดพันธุ์เพื่อนำเมล็ดมาทดสอบระหว่างการเก็บรักษา อาจทำให้มีความชื้นเข้าไปในภาชนะที่ จึงทำให้ผลคลาดเคลื่อนได้ ดังนั้นในระหว่างที่ทำการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ ควรมีการสุ่มเช็คความชื้นของเมล็ดในช่วงที่ทำการเก็บรักษาด้วย

จากผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่าความชื้นของเมล็ดที่ระดับ 8 และ 12 % มีผลต่อเปอร์เซ็นต์ความงอกและดัชนีความเร็วในการงอกเพียงเล็กน้อย โดยมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่อายุ 6 เดือนหลังการเก็บรักษาเท่านั้น โดยมีรายงานว่าถั่วปากอ้า (*Vicia faba*) สามารถเก็บรักษาไว้เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ได้ที่ระดับความชื้นเมล็ดแตกต่างกันตั้งแต่ 6 และ 22 % (Kooshki *et al.*, 2018) ส่วนข้าวโพดมีระดับความชื้นในการเก็บรักษาเมล็ดของเมล็ดมีความแตกต่างกันระหว่าง 9.20 และ 15.85 % (Onwimol and Rongsangchaicharean, 2019) ซึ่งเป็นที่น่าสนใจว่าช่วงของระดับความชื้นในการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์พืชอื่น ๆ สามารถคงความชื้นได้สูงกว่าระดับความชื้นที่ใช้ในการศึกษานี้ค่อนข้างมาก อีกประการหนึ่งเนื่องจากระดับความชื้นของเมล็ดที่ใช้ในการศึกษานี้มีความห่างกันเพียง 4 % ดังนั้นจึงควรมีการศึกษาวิจัยเพิ่มเติม ซึ่งควรขยายช่วงของระดับความชื้นให้กว้างมากขึ้น

จากผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่าระดับความชื้นของเมล็ดมีผลต่อความยาวของส่วนยอดและมีความแตกต่างทางสถิติที่อายุการเก็บรักษา 0 และ 2 เดือน และน้ำหนักแห้งส่วนยอดมีความแตกต่างทางสถิติที่อายุการเก็บรักษา 6 เดือน ซึ่งจากผลการศึกษานี้ไม่สามารถสรุปได้แน่ชัดถึงระดับความชื้นของการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์และพันธุ์ที่แตกต่างกันนั้น ส่งผลต่อความยาวส่วนยอดและน้ำหนักแห้งส่วนยอด เนื่องจากจากผลการศึกษาส่วนใหญ่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ จากผลการศึกษาไม่พบปฏิกริยาสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์และระดับความชื้นของเมล็ดถั่วหรั่งต่อความยาวส่วนยอดในทุกช่วงอายุของการเก็บรักษา แต่แนวโน้มที่ระดับความชื้นของเมล็ดที่ 12 % จะมีความยาวส่วนยอดมากกว่าที่ระดับความชื้น 8 % แต่ทั้งนี้ผลการศึกษาส่วนใหญ่ก็ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ซึ่งมีความเป็นไปได้ว่าจะเกิดจากการตัดส่วนยอดของต้นกล้าและยังมีบางส่วนที่เจริญเติบโตอยู่ภายใต้ทรายเพาะทำให้ตัดส่วนยอดที่เจริญออกมาไม่หมด ทั้งความสม่ำเสมอด้านความลึกของการเพาะเมล็ดอาจจะส่งผลทำให้มีความแตกต่างกันได้เช่นกัน เนื่องจากส่วนของลำต้นบางส่วนอาจจะอยู่ใต้ดิน Obilana and George (2021) กล่าวไว้ว่า ความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์นั้นเป็นสิ่งสำคัญของการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ โดยเฉพาะการเตรียมความพร้อมในการปลูกในฤดูกาลถัดไป ซึ่งจากการศึกษาส่วนนี้การระบุระดับความชื้นของเมล็ดที่ดีที่สุดสำหรับความยาวส่วนยอดและน้ำหนักแห้งส่วนยอดนั้นทำได้ค่อนข้างยาก เพราะการใช้ความยาวส่วนยอดและน้ำหนักแห้งส่วนยอดในการประเมินคุณภาพของเมล็ดนั้นอาจจะไม่ใช่วิธีการที่ดีที่สุดสำหรับการประเมินคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ถั่วหรั่ง แม้จะเป็นวิธีการหนึ่งของการประเมินความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์โดยวัดจากความแข็งแรงของต้นกล้าที่เกิดจากการงอกเมล็ดที่ดำเนินการเก็บรักษา จากการศึกษาในส่วนนี้แสดงให้เห็นว่าการใช้เปอร์เซ็นต์ความงอกและดัชนีความเร็วในการงอกมีความเหมาะสมสำหรับการประเมินคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ถั่วหรั่งมากกว่า แต่ทั้งนี้งานวิจัยที่ต่อยอดเพิ่มเติมในอนาคตอาจจะขยายช่วงของระดับความชื้นของเมล็ดให้กว้างกว่านี้เพื่อจะได้สรุปผลได้อย่างเด่นชัดขึ้น

4.4.2 การศึกษาส่วนที่ 2 อิทธิพลของวันปลูกต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต องค์ประกอบผลผลิต สารพฤกษเคมี ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระและ องค์ประกอบทางเคมีของ ถั่วหรั่ง 4 พันธุ์ (สงขลา 1, TVsu 1221, TVsu 89 และ SK1-15) ที่ปลูกในจังหวัดสงขลา

การศึกษาในส่วนนี้การวางแผนปลูกเปรียบเทียบการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตของถั่วหรั่งจำนวน 3 วันปลูก ที่ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรสงขลา อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา ซึ่งเป็นพื้นที่ที่มีลักษณะดินร่วนเหนียว มีความเป็นกรดถึงกรดจัด และไม่มีความเค็ม ซึ่งผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของดินก่อนปลูก พบว่าคุณสมบัติทางเคมีของดินมีความแตกต่างกันเล็กน้อย จะสังเกตว่าในวันปลูกที่ 2 (9 เม.ย. 65) ดินจะมีค่า pH อินทรีย์วัตถุ อินทรีย์คาร์บอน ปริมาณไนโตรเจน ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์เพิ่มขึ้นที่ระดับหน้าดินความลึก 0 - 15 ซม. สูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่โดยไม่ผ่านการอนุมัติฯ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กับผลการวิเคราะห์ดินก่อนปลูกของวันปลูกที่ 1 (11 พ.ค. 64) ทั้งนี้อาจเป็นเพราะจริง ๆ แล้วแผนการปลูกถั่วหรั่งของวันปลูกที่ 2 คือวันที่ 9 ก.พ. 65 ซึ่งได้ดำเนินการปลูกตามรอบปกติ แต่ในช่วงปลายเดือนมีนาคม พ.ศ.2565 เมื่อถั่วหรั่งมีอายุประมาณ 50 วันหลังปลูก ซึ่งเป็นช่วงที่ถั่วหรั่งกำลังออกดอก เกิดฝนตกหนักและมีน้ำท่วมขังในแปลงทดลอง ถั่วหรั่งเสียหายไม่สามารถเก็บบันทึกข้อมูลงานทดลองได้ จึงได้ทำการไถกลบ เพื่อดำเนินการปลูกใหม่ในวันที่ 9 เม.ย. 65 ซึ่งมีความเป็นไปได้ว่าซากของต้นถั่วหรั่งที่ไถกลบลงไปในขณะที่ถั่วหรั่งออกดอก จึงทำให้ดินมีปริมาณธาตุอาหารเพิ่มขึ้น (อุสา สีใส และคณะ. 2567) สอดคล้องกับรายงานการศึกษาของ Meng *et al.* (1986) ระบุว่าระบบปลูกพืชที่มีการใช้ปุ๋ยพืชสดและเศษซากพืชตระกูลถั่วบำรุงดิน มีผลต่อปริมาณจุลินทรีย์ในดินที่ระดับความลึก 0 – 20 ซม. เนื่องจากเป็นระดับความลึกที่จุลินทรีย์ดินส่วนมากอยู่อาศัย โดยเฉพาะแบคทีเรีย คือ มีจำนวนเท่ากับ $24.0 - 25.0 \times 10^6$ เซลล์ต่อกรัมดินแห้ง ในขณะที่วิธีที่ไม่ใช้ปุ๋ยพืชสดจะมีจำนวนเพียง $4.1 - 9.1 \times 10^6$ เซลล์ต่อกรัมดินแห้ง นอกจากนี้เมื่อมีการไถกลบลงไปดิน ไนโตรเจนที่อยู่ในต้นถั่วรวมทั้งแร่ธาตุอาหารอื่น ๆ จะถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ดินและปลดปล่อยออกมาเป็นประโยชน์ต่อพืชที่ปลูกตาม และจากการสังเกตพบว่าดินมีค่า pH ขึ้นเป็นประมาณ 5.04 โดย จิระ สุวรรณประเสริฐ (2548) รายงานว่าค่า pH ที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของถั่วหรั่งจะอยู่ในช่วง 5.0 - 6.5 ซึ่งค่า pH ที่เหมาะสมจะทำให้ดินสามารถปลดปล่อยธาตุอาหารได้มากขึ้น อย่างไรก็ตาม Temegne *et al.* (2018) ระบุว่าถั่วหรั่งอาจจะมีอาการเหี่ยวใบหากดินมีปริมาณไนโตรเจนสูงเกินไป แต่หากดินที่มีฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมสูงจะเหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตของถั่วหรั่ง

จากผลการศึกษาอิทธิพลของวันปลูกมีผลต่อระยะพัฒนาการของถั่วหรั่ง พบว่าวันปลูกที่ 3 ถั่วหรั่งใช้เวลาในการงอกประมาณ 9.00 – 14.00 วัน เพราะหลังปลูกมีสภาพอากาศเย็นโดยมีอุณหภูมิเฉลี่ยต่ำประมาณ $24.3 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ในช่วงก่อนออกดอก ซึ่งอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการงอกของถั่วหรั่งจะอยู่ประมาณ $28.5 - 32.5 \text{ }^{\circ}\text{C}$ (Makanda *et al.*, 2009) ส่วนวันปลูกที่ 1 และ 2 ถั่วหรั่งงอกได้เร็วกว่าโดยใช้เวลาประมาณ 6.50 – 9.50 วัน และช่วงก่อนงอกมีอุณหภูมิเฉลี่ยประมาณ $28.5 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ซึ่งเป็นช่วงที่เหมาะสมต่อการงอก อย่างไรก็ตามแม้ว่าทั้งสามวันปลูกถั่วหรั่งมีอายุวันงอกแตกต่างกัน แต่กลับพบว่าอายุการออกดอก 50 % มีค่าใกล้เคียงกันมีค่าอยู่ระหว่าง 40.50 – 48.75 วัน โดยมีอุณหภูมิสะสมสำหรับการออกดอกอยู่ระหว่าง $777.06 - 945.24 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ซึ่งหากเทียบกับการปลูกถั่วหรั่งพันธุ์พื้นเมืองในประเทศกานา ในช่วงเดือน ก.พ. - เม.ย 2007 พบว่าถั่วหรั่งจะมีอายุออกดอกประมาณ 35.1 – 36.0 วัน และมีอุณหภูมิสะสมเพียง $620.0 - 707.0 \text{ }^{\circ}\text{C}$ (Berchie *et al.*, 2011) ในขณะที่ Makanda *et al.* (2009) ปลูกถั่วหรั่งทั้งพันธุ์พื้นเมืองและพันธุ์ปรับปรุงในช่วงเดือน ก.ค. ถึง ต.ค. 2002/2001 ในประเทศซิมบับเว พบว่าถั่วหรั่งมีอายุวันออกดอก 50 % นานถึง 64.4 – 66.6 วัน ซึ่งจากงานวิจัยข้างต้นชี้ให้เห็นว่าช่วงวันปลูกและสถานที่ปลูกมีอิทธิพลต่ออายุวันงอกและอายุออกดอกของถั่วหรั่ง และหากถั่วหรั่งงอกช้าจะส่งผลให้มีอายุเก็บเกี่ยวยาวขึ้น อย่างไรก็ตามทั้งนี้ก็ขึ้นอยู่กับพันธุ์กรรมของถั่วหรั่ง โดยชุดพันธุ์ถั่วหรั่งที่นำมาใช้ในการศึกษานี้ถูกพัฒนาพันธุ์มาให้มีอายุการเก็บเกี่ยวสั้นกว่าพันธุ์สงขลา 1 ที่เกษตรกรนิยมปลูกกันอยู่ในปัจจุบัน โดยพันธุ์ TVsu 89 เป็นพันธุ์ที่มีอายุเก็บเกี่ยวสั้นที่สุดประมาณ 93.00 – 97.00 วัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับช่วงวันปลูก ต้องการอุณหภูมิสะสมสำหรับเก็บเกี่ยวเพียงประมาณ 1,781.90 - 1,901.24 $^{\circ}\text{C}$ โดยสายชล บุญรัมย์ (2566) รายงานว่าถั่วหรั่งสายพันธุ์ TVsu 89 จะมีอายุเก็บเกี่ยวสั้นประมาณ 85 - 90 วัน ในขณะที่พันธุ์อื่น ๆ เช่น สงขลา 1, TVsu 1221 และ SK1-15 มีอายุวันเก็บเกี่ยวประมาณ 115.50 – 128.00 วัน ต้องการ

อุณหภูมิสะสมประมาณ 2,210.60 - 2,469.86 $^{\circ}\text{C}$

ไม่ว่ากรรมใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อย่างไรก็ตามปัจจัยที่ส่งผลต่อการงอกของถั่วหรั่งนอกจากอุณหภูมิแล้ว ปริมาณฝนและความชื้นของดินก็มีผลต่อการงอกของถั่วหรั่งด้วยเช่นกัน โดย Berchie *et al.* (2011) รายงานว่าการปลูกลั่วหรั่งในช่วงฤดูฝน จะมีการเปลี่ยนแปลงระยะพัฒนาการเร็ว ทั้งอายุการงอก อายุออกดอก และมีอายุเก็บเกี่ยวสั้นกว่าในฤดูแล้ง ซึ่งการศึกษานี้วันปลูกที่ 2 (9 เม.ย. 65) และ 3 (8 มี.ค. 66) เป็นช่วงฤดูแล้งของทางภาคใต้ แต่กลับพบว่าในช่วงวันปลูกที่ 2 มีฝนตกบ่อยและตกอย่างสม่ำเสมอ จึงอาจทำให้ถั่วหรั่งสามารถเจริญเติบโตและตั้งตัวได้เร็วกว่าวันปลูกอื่น ๆ ในขณะที่ช่วงวันปลูกที่ 3 ปลูก (8 มี.ค. 66) หลังจากปลูกไม่มีฝนตกเลย แม้จะมีการให้น้ำแต่อาจจะไม่เพียงพอจึงอาจเป็นสาเหตุทำให้เมล็ดงอกและตั้งตัวได้ช้า ซึ่ง Squire (1990) รายงานว่าสภาวะแห้งแล้งมีผลต่อการงอกของเมล็ดพืชเนื่องจากความชื้นในดินเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของเมล็ดและเกิดความเสี่ยงที่ทำให้เมล็ดงอกช้าหรืออาจจะไม่งอก ซึ่งถั่วหรั่งจัดว่าเป็นพืชตระกูลถั่วที่งอกค่อนข้างช้า เมื่อเทียบกับถั่วชนิดอื่น โดยอาจจะใช้เวลาในการงอกนานถึง 2 สัปดาห์ และถ้าในช่วงปลูกมีอุณหภูมิสูง ประมาณ 30 - 35 °C หรืออุณหภูมิต่ำกว่า 20 °C จะทำให้การงอกลดลง (Nordin and Singh, 2015) นอกจากนี้ยังมีรายงานว่าความลึกในการปลูกลั่วหรั่งก็ส่งผลต่อการงอกของเมล็ดได้เช่นกัน โดยการปลูกตื้นจะช่วยให้เมล็ดงอกได้ดีกว่า แต่ก็อาจจะมีความเสี่ยงจากการถูกสัตว์กัดกินได้ (Olayinka *et al.*, 2016) สำหรับอายุการออกดอกจากงานวิจัยของ Gua *et al.* (2020) พบว่าถั่วหรั่งจะเริ่มออกดอกเมื่ออายุประมาณ 30 - 45 วันหลังปลูก และจะทยอยออกดอกต่อเนื่องไปจนกระทั่งเก็บเกี่ยว และถั่วหรั่งจะเริ่มมีการติดฝักในช่วง 5 - 8 วันหลังดอกบาน จากนั้นจะใช้เวลาประมาณ 40 วันในการพัฒนาฝักและเมล็ดจนกระทั่งเก็บเกี่ยว (Singh and Basu, 2005)

สำหรับลักษณะการเจริญเติบโตของถั่วหรั่ง โดยทั่วไปจะมีความสูงต้นและความกว้างทรงพุ่มเพิ่มขึ้นตามอายุของถั่วหรั่งที่เพิ่มขึ้น ซึ่งถั่วหรั่งจัดเป็นพืชล้มลุก ลำต้นจะเลื้อยขนานไปกับผิวดินมีความสูงประมาณ 30 ซม.จากระดับผิวดิน (Mabhudhi and Modi, 2013) สอดคล้องกับผลจากการศึกษานี้ในทั้ง 3 วันปลูก ถั่วหรั่งมีความสูงประมาณ 31.35 - 41.43 ซม. และมีความกว้างทรงพุ่มอยู่ระหว่าง 60.23 - 73.10 ซม. ยกเว้นพันธุ์ TVsu 89 ซึ่งมีความสูงและความกว้างของทรงพุ่มเล็กกว่าพันธุ์อื่นๆ ซึ่งความแตกต่างนี้เกิดจากลักษณะประจำพันธุ์ของถั่วหรั่ง Gao *et al.* (2020) กล่าวว่าจีโนมใหญ่ของถั่วหรั่งสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มทรงพุ่มแน่น กลุ่มทรงพุ่มแผ่กว้าง และกลุ่มทรงพุ่มกิ่งแผ่ ซึ่งพันธุ์สูงขลา 1 จัดอยู่ในกลุ่มทรงพุ่มแน่น ส่วนพันธุ์ TVsu 1221 จัดอยู่ในกลุ่มทรงพุ่มกิ่งแผ่ (จิระ สุวรรณประเสริฐ, 2562) ในขณะที่พันธุ์ TVsu 89 จากการสังเกตในแปลงปลูกพบว่ามีความลักษณะทรงพุ่มแน่น ส่วนพันธุ์ SK1-15 จะมีลักษณะทรงพุ่มแผ่กว้าง Onwubiko *et al.* (2010) ระบุว่าถั่วหรั่งจะมีขนาดทรงพุ่มประมาณ 18 - 28 ซม. ซึ่งงานวิจัยดังกล่าวเป็นการปลูกลั่วหรั่งในพื้นที่แถบทวีปแอฟริกา ที่มีสภาพภูมิอากาศแตกต่างกับประเทศไทย โดยเฉพาะปริมาณน้ำฝน ซึ่งการปลูกลั่วหรั่งในการศึกษานี้ ดำเนินการอยู่ในบริเวณภาคใต้ ซึ่งจะมีปริมาณน้ำฝนสูงกว่า อีกทั้งดินในบริเวณแปลงปลูกก็มีความอุดมสมบูรณ์ค่อนข้างมาก นอกจากนี้ยังมีการให้น้ำชลประทานในช่วงที่มีฝนทิ้งช่วง จึงทำให้ต้นถั่วหรั่งสามารถเจริญเติบโตได้ดี และมีขนาดทรงพุ่มใหญ่กว่า

ผลจากการศึกษานี้พบว่าอัตราการเจริญเติบโต ดัชนีพื้นที่ใบ และพื้นที่ใบเฉพาะเป็นลักษณะทางสรีรวิทยาที่เกี่ยวข้องกับการให้ผลผลิตฝักแห้งของถั่วหรั่ง แต่ทั้งนี้ก็ขึ้นอยู่กับระยะการเจริญเติบโตและช่วงวันปลูก ผลจากการศึกษาชี้ให้เห็นว่าอัตราการเจริญเติบโตช่วงหลังออกดอกถึงเก็บเกี่ยว หรือช่วง 75 วันหลังปลูกถึงเก็บเกี่ยวมีความสำคัญต่อการให้ผลผลิตฝักแห้งในวันปลูกที่ 2 เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนำไปใช้ประโยชน์ใดๆ ไม่ถือว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และ 3 แต่ไม่มีความสำคัญต่อการให้ผลผลิตของวันปลูกที่ 1 ซึ่งค่าอัตราการเจริญเติบโตจะเกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์แสงและการหายใจของทรงพุ่มของพืช ซึ่งค่าอัตราการเจริญเติบโตจะบ่งชี้ความสามารถในการสังเคราะห์แสงในรูปของการสะสมน้ำหนักแห้งต่อหน่วยพื้นที่และเวลา (เฉลิมพล แชมเพชร, 2535) อย่างไรก็ตามพืชจะเจริญเติบโตได้ดีหรือไม่ ต้องอาศัยค่าดัชนีพื้นที่ใบเป็นตัวช่วยในการรับพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการสังเคราะห์แสง ในการศึกษาพบว่าวันปลูกที่ 1 (11 พ.ค. 64) ถั่วหรั่งมีดัชนีพื้นที่ใบสูงมากถึง 5.61 ส่วนวันปลูกที่ 2 (9 เม.ย. 65) และ 3 (8 มี.ค. 66) มีค่าประมาณ 2.22 และ 2.02 ตามลำดับ พบว่าถั่วหรั่งมีค่าดัชนีพื้นที่ใบต่ำกว่าวันปลูกที่ 1 ซึ่งจากผลการวิเคราะห์ multiple regression พบว่าค่าดัชนีพื้นที่ใบที่ระยะการเจริญเติบโตต่าง ๆ มีความเกี่ยวข้องกับการให้ผลผลิตฝักแห้งของถั่วหรั่ง แต่ทั้งนี้ก็ขึ้นอยู่กับช่วงวันปลูก โดย Mabhaudhi and Modi (2013) รายงานดัชนีพื้นที่ใบของถั่วหรั่งภายใต้การให้น้ำมีค่าอยู่ระหว่าง 2.50 - 4.25 และพบว่าการศึกษาในแอฟริกาจะมีค่าดัชนีพื้นที่ใบอยู่ในช่วง 3.00 - 8.00 คล้ายกับกับงานวิจัยของ Karunaratne *et al.* (2010) ได้ศึกษาแบบจำลองการพัฒนาทรงพุ่มของถั่วหรั่ง พบว่าค่าดัชนีพื้นที่ใบของถั่วหรั่งอยู่ในช่วง 1.00 - 5.20 ซึ่งดัชนีพื้นที่ใบที่เหมาะสมจะแตกต่างกันตามชนิดของพืช และในพืชชนิดเดียวกันก็มีความแตกต่างกันขึ้นอยู่กับพันธุ์ Tagliapietra *et al.* (2018) ได้รายงานว่าดัชนีพื้นที่ใบที่เหมาะสมสำหรับถั่วเหลืองเท่ากับ 6.0 - 6.5 จากงานทดลองนี้วันปลูกที่ 1 (11 พ.ค. 64) มีดัชนีพื้นที่ใบสูงมาก เพราะปลูกในช่วงฤดูฝนทางภาคใต้ของประเทศไทย แต่ในวันปลูกที่ 2 (9 เม.ย. 65) และวันปลูกที่ 3 (8 มี.ค. 66) ตรงกับช่วงฤดูแล้ง จึงทำให้มีดัชนีพื้นที่ใบที่แตกต่างกัน ส่วนพื้นที่ใบเฉพาะมีความสัมพันธ์กับความหนาของใบและปริมาณคลอโรฟิลล์ในการสังเคราะห์แสง พื้นที่ใบเฉพาะถ้ามีค่าต่ำ บ่งบอกถึงน้ำหนักใบมีมาก และมีการปริมาณคลอโรฟิลล์สำหรับการสังเคราะห์แสงสูง ผลการศึกษาครั้งนี้พบว่าค่าความหนาแน่นใบหรือพื้นที่ใบเฉพาะซึ่งเป็นค่าที่สามารถบ่งบอกถึงปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบทางอ้อม ซึ่งก็เป็นลักษณะที่พบว่ามีเกี่ยวข้องกับการให้ผลผลิตฝักแห้งของถั่วหรั่ง และมีความเกี่ยวข้องกับอัตราการเจริญเติบโต ซึ่งการที่พืชมีรงควัตถุในการสังเคราะห์แสงมาก ก็จะส่งผลในการสร้างอาหารไปสะสมยังส่วนต่าง ๆ ของพืชได้มาก โดยพบว่าเป็นระยะเดียวกันในทุกวันปลูก คือระยะ 75 วันหลังปลูก ซึ่งในระยะนี้ถั่วหรั่งมีการเจริญเติบโตทางลำต้นอย่างรวดเร็ว แม้จะเป็นระยะที่ถั่วหรั่งออกดอกแล้ว แต่ถั่วหรั่งนั้นเป็นพืชที่ทยอยออกดอก และติดฝัก

สิ่งที่น่าสนใจที่พบจากการศึกษาครั้งนี้คือการให้ผลผลิตของถั่วหรั่งจะเกี่ยวข้องกับองค์ประกอบของผลผลิตสองอย่างคือ ขนาดเมล็ดและจำนวนเมล็ดต่อตารางเมตร และผลการวิเคราะห์ multiple regression พบว่าจำนวนเมล็ดต่อตารางเมตร สามารถอธิบายการให้ผลผลิตสูงถึง 82.13 - 99.18 % ในขณะที่น้ำหนัก 100 เมล็ดอธิบายได้เพียง 0.57 - 14.48 % เท่านั้น แสดงว่าทั้งสององค์ประกอบผลผลิตนี้สามารถชดเชยซึ่งกันและกันได้ กล่าวคือหากถั่วหรั่งมีขนาดเมล็ดเล็กแต่มีจำนวนเมล็ดมากก็จะส่งผลทำให้ได้ผลผลิตสูงได้ ในทางกลับกัน หากเมล็ดมีขนาดใหญ่และมีจำนวนเมล็ดต่อตารางเมตรน้อย ก็จะทำให้ได้ผลผลิตสูงได้เช่นกัน ซึ่งจากข้อมูลลักษณะประจำพันธุ์ของถั่วหรั่งที่นำมาใช้ในการศึกษาครั้งนี้ พันธุ์สงขลา 1 จัดว่ามีเมล็ดขนาดใหญ่กว่าพันธุ์ TVsu 1221 โดยมีน้ำหนัก 100 เมล็ดประมาณ 48.3 และ 35.4 กรัม ตามลำดับ (สถาบันวิจัยพืชไร่และพืชทดแทนพลังงาน, 2567) ส่วนพันธุ์ TVsu 89 มีน้ำหนัก 100 เมล็ดประมาณ 49.1 กรัม (ฉันทนา คงนครและคณะ, 2567) จากการสังเกตข้อมูลที่เก็บเกี่ยวได้ในวันปลูกที่ 2 เมล็ดหลังกะเทาะได้จะมีขนาดเล็กกว่าวันปลูกอื่น ๆ แต่กลับเป็นวันปลูกที่ให้ผลผลิตสูง ทั้งนี้อาจเป็นเพราะมีจำนวนเมล็ดต่อตารางเมตร สูงกว่าดังเหตุผลที่กล่าวมาแล้วข้างต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากผลการศึกษา พบว่าวันปลูกมีผลต่อสารสำคัญในเมล็ดเช่นกัน โดยถั่วหรั่งแต่ละพันธุ์ จะมีปริมาณสารสำคัญในเมล็ดแตกต่างกัน จากงานทดลองในวันปลูกที่ 2 มีปริมาณฟลาโวนอยด์ และ แอนโทไซยานินมากกว่าวันปลูกที่ 3 ขณะที่ปริมาณแทนนินมีมากที่สุดในวันปลูกที่ 3 โดยพบ สารฟลักซ์เคมีมากที่สุดในพันธุ์สงขลา 1 ยกเว้นฟีนอลิกรวมพบมากที่สุดในพันธุ์ TVsu 89 ซึ่งจาก งานวิจัยของ Puozaaa *et al.*, (2015) อธิบายไว้ว่าลักษณะของเยื่อหุ้มเมล็ดของถั่วหรั่งมีผลต่อ ปริมาณฟลาโวนอยด์และปริมาณแอนโทไซยานิน โดยถั่วหรั่งที่มีเยื่อหุ้มเมล็ดสีเข้มและมีจุด จะมี ปริมาณสารฟลาโวนอยด์ และแอนโทไซยานิน ในปริมาณที่สูง สอดคล้องกับรายงานของประภาสิริ องค์กรักษ์ และคณะ (2562) พบว่าปริมาณสารแอนโทไซยานินในพืชตระกูล vigna ส่วนใหญ่มีสารแอน โทไซยานินที่มีเปลือกหุ้มเมล็ดสีแดง สีน้ำตาลเข้ม และสีดำ ซึ่งสอดคล้องกับลักษณะประจำพันธุ์ของ ถั่วหรั่งสงขลา 1 ที่มีเยื่อหุ้มเมล็ดสีม่วงเข้ม ส่วนความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระก็ให้ผลในทำนอง เดียวกันกับปริมาณสารฟลักซ์เคมี พบว่าสารสกัดจากถั่วหรั่งในวันปลูกที่ 2 มีความสามารถในการต้าน อนุมูลอิสระได้มากกว่าวันปลูกที่ 3 และพันธุ์สงขลา 1 มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระมากที่สุด ในส่วนปริมาณธาตุอาหารต่าง ๆ ในเมล็ด พบมากที่สุดก็ในวันปลูกที่ 2 ยกเว้นธาตุสังกะสี อย่างไรก็ตาม การศึกษาผลของสภาพแวดล้อมต่อองค์ประกอบทางเคมีของถั่วหรั่ง จากการศึกษาส่วนนี้อาจจะ ไม่สามารถระบุได้ชัดเจนมากนักจึงควรมีการศึกษาเพิ่มเติม

4.4.3 การศึกษาส่วนที่ 3 การประยุกต์ใช้แบบจำลอง CSM-CROPGRO-Cowpea ประเมิน การเจริญเติบโตและผลผลิตของถั่วหรั่ง 4 พันธุ์ (สงขลา 1, TVsu 1221, TVsu 89 และ SK1-15) ภายใต้การเปลี่ยนแปลง สภาพอากาศ

การศึกษาในส่วนนี้ก่อนจะประยุกต์ใช้แบบจำลอง DSSAT ต่อการเจริญเติบโตและ ผลผลิตของถั่วหรั่งภายใต้สภาพอากาศที่เปลี่ยนแปลง จำเป็นต้องประเมินค่าสัมประสิทธิ์ทาง พันธุกรรม (Genetic coefficients; GCs) ของถั่วหรั่งทั้ง 4 สายพันธุ์ก่อนจึงจะดำเนินการได้ เนื่องจาก ค่า GCs เป็นข้อมูลตัวป้อนชนิดที่มีความสำคัญมากในการจำลองการเจริญเติบโตของพืช โดย การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ใช้โปรแกรม GLUE Estimator ซึ่งบรรจุไว้ในแบบจำลอง DSSAT 4.8.2 เนื่องจากมี ความสะดวกและรวดเร็ว (Hoogenboom *et al.*, 2023) จากผลการปรับค่าสัมประสิทธิ์ทาง พันธุกรรม (model calibration) โดยอาศัยข้อมูลของวันปลูกที่ 1 (11 พ.ค. 64) และ 3 (8 มี.ค. 66) ซึ่งหลักการทำงานของโปรแกรมจะทำการปรับค่า GCs โดยการคำนวณแบบสุ่มในการเปลี่ยนแปลงค่า สัมประสิทธิ์ทั้งระยะพัฒนาการและการเจริญเติบโตของพืชภายใต้ช่วงค่าข้อมูลสูงสุดและค่าต่ำสุดที่ กำหนดของแต่ละค่าสัมประสิทธิ์ จากผลการศึกษาครั้งนี้ต้องใช้จำนวนรอบในการปรับค่าสูงถึง 20,000 รอบ (10,000 รอบของค่าพัฒนาการ และ 10,000 รอบของค่าการเจริญเติบโต) สำหรับการ ปรับค่า GCs ของถั่วหรั่งทุกพันธุ์ ซึ่งสูงกว่าค่าแนะนำเริ่มต้นคือที่ 6,000 รอบ (3,000 รอบของค่า พัฒนาการ และ 3,000 รอบของค่าการเจริญเติบโต) (ซิษณุชา บุคตาบุญ และคณะ, 2554) ทั้งนี้อาจ เป็นเพราะการประเมินค่าความสอดคล้องของแบบจำลองต้องประยุกต์ใช้แบบจำลอง CSM- CROPGRO-Cowpea ซึ่งเป็นแบบจำลองของถั่วพุ่มมาใช้ประเมินในถั่วหรั่ง เนื่องจากยังไม่มี แบบจำลองการเจริญเติบโตของถั่วหรั่งบรรจุอยู่ในโปรแกรม DSSAT ดังนั้นจึงต้องมีการใช้ค่า GCs เริ่มต้นจากถั่วพุ่มพันธุ์ (UCR 368-Kenya และ TVU3644 - Nigeria) ซึ่งเป็นพันธุ์ที่ปลูกอยู่ในทวีป แอฟริกาที่มีสภาพอากาศร้อนและแล้ง และพันธุ์ TVU3046-India อีกประการหนึ่งเนื่องจากการศึกษา เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้าน การค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนนี้ใช้ข้อมูลของวันปลูกที่ 1 และ 3 มาทำการปรับค่า ซึ่งค่าสังเกตจากงานทดลองในแปลงของทั้งสองวันปลูกมีความแตกต่างกันอันเนื่องจากการแสดงออกของพันธุ์ได้รับอิทธิพลจากสภาพแวดล้อมที่ไม่สามารถควบคุมได้ ส่งผลทำให้มีการสะสมน้ำหนักแห้งและให้ผลผลิตค่อนข้างแปรปรวน ซึ่งมีความเป็นไปได้ที่การประยุกต์ใช้แบบจำลองถั่วพุ่ม อาจจะทำนายบางลักษณะไม่ได้ เพราะยังไม่มีแบบจำลองถั่วหรั่งโดยตรง อย่างไรก็ตามสำหรับชุดข้อมูลอิสระที่นำมาใช้ในการตรวจสอบค่าสัมประสิทธิ์ โดยใช้ของวันปลูกที่ 2 (9 เม.ย. 65) เป็นชุดที่ข้อมูลค่อนข้างดี และพบว่าแบบจำลองสามารถประเมินความสอดคล้องของระยะพัฒนาการได้ดีมากในทุกพันธุ์

การประยุกต์ใช้แบบจำลอง CSM-CROPGRO-Cowpea ประเมินระยะพัฒนาการ ลักษณะการเจริญเติบโต และผลผลิตของถั่วหรั่งในพื้นที่อื่น ๆ ของประเทศไทย เช่น จังหวัดชุมพร กาญจนบุรี กรุงเทพฯ นครราชสีมา สุรินทร์ และเชียงใหม่ ซึ่งเป็นพื้นที่ปลูกที่เคยมีรายงานว่ามี การนำถั่วหรั่งไปปลูกทดสอบผลผลิต (จิระ สุวรรณประเสริฐ, 2562) โดยทำการประเมินใน 3 วันปลูก เช่นเดียวกับงานในส่วนที่ 2 จากนั้นนำผลการประเมินมาวิเคราะห์ความแปรปรวนรวมเพื่อดูอิทธิพลของสภาพแวดล้อมต่าง ๆ พบว่าอายุวันออกดอกของถั่วหรั่งจะขึ้นอยู่กับสถานที่และวันปลูก คิดเป็นสัดส่วนเท่ากับ 60.13 และ 22.68 % ตามลำดับ จะสังเกตว่าวันปลูกมีอิทธิพลต่ออายุการออกดอกมากกว่าอิทธิพลของพันธุ์ที่มีสัดส่วนเพียง 11.76 % ทั้งนี้อาจเป็นเพราะการกำหนดวันปลูกในช่วงเวลาต่าง ๆ จะทำให้ถั่วหรั่งได้รับอิทธิพลของสภาพอากาศแตกต่างกัน โดยเฉพาะความต้องการอุณหภูมิสะสมที่มีความสำคัญต่อการเปลี่ยนแปลงระยะพัฒนาการดังที่ได้กล่าวไว้แล้วในการอภิปรายผลของงานส่วนที่ 2 อย่างไรก็ตามพบว่าถั่วหรั่งที่ปลูกในจังหวัดชุมพรจะออกดอกเร็วที่สุด ส่วนจังหวัดเชียงใหม่จะออกดอกช้าที่สุด สำหรับอายุเก็บเกี่ยวของถั่วหรั่งจะขึ้นอยู่กับลักษณะประจำพันธุ์และสถานที่ปลูกคิดเป็นสัดส่วนพอ ๆ กัน คือประมาณ 41.34 และ 42.16 % ตามลำดับ จากการสังเกตพบว่าอายุการออกดอกจะส่งผลต่ออายุเก็บเกี่ยวกล่าวคือหากพื้นที่ปลูกใดถั่วหรั่งออกดอกเร็วและส่งผลทำให้มีอายุเก็บเกี่ยวสั้น เช่น จังหวัดชุมพร แต่หากออกดอกช้าก็จะทำให้มีอายุเก็บเกี่ยวยาวขึ้น เช่น จังหวัดเชียงใหม่ ข้อสังเกตที่น่าสนใจคือ การปลูกถั่วหรั่งในพื้นที่จังหวัดชุมพรมีผลผลิตต่ำกว่าเทียบกับแหล่งปลูกอื่น ๆ ทั้งนี้สันนิษฐานว่าอาจเกิดจากสภาพอากาศที่ร้อนในช่วงเวลากลางคืน โดยมีอุณหภูมิกลางวันเฉลี่ยประมาณ 27 - 28 °C อาจมีผลกระทบต่อการผสมเกสรของถั่วหรั่ง Suwanprasert *et al.* (2006) รายงานว่าการผสมเกสรของถั่วหรั่งจะเกิดขึ้นช่วงเวลาประมาณ 2.30 - 3.30 น. เป็นช่วงที่เกสรตัวเมียพร้อมที่จะรับละอองเรณู และเกสรตัวผู้มีระยะเวลาการฟุ้งกระจายค่อนข้างสั้น นอกจากนี้ยังต้องการช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการออกดอกและการผสมเกสร ประมาณ 22 - 26 °C ซึ่งจังหวัดชุมพรมีอุณหภูมิในช่วงเวลากลางคืนสูงกว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมจึงทำให้ไม่เหมาะสมต่อการผสมเกสร ส่งผลให้ผลผลิตต่ำ

การจำลองการเจริญเติบโตและผลผลิตของถั่วหรั่งภายใต้การเปลี่ยนแปลงของสภาพอากาศแบบ RCP 4.5 และ RCP 8.5 เป็นระยะเวลา 30 ปี พบว่าการจำลองภายใต้สถานการณ์แบบ 4.5 ถั่วหรั่งมีความอ่อนไหวด้านการสะสมน้ำหนักแห้งและการให้ผลผลิตค่อนข้างมากกว่าทั้งนี้ขึ้นอยู่กับทั้งสถานที่ปลูกและพันธุ์ ซึ่งพันธุ์สงขลา 1 เมื่อนำไปปลูกนอกพื้นที่จังหวัดสงขลาจะมีเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักแห้งรวมและผลผลิตจากปีฐาน (2021-2023) ค่อนข้างสูง และส่วนใหญ่จะมีเปอร์เซ็นต์ลดลงประมาณ 4.88 - 12.0 % และ 0.22 - 12.04 % ตามลำดับ ยกเว้นการปลูกในจังหวัดชุมพรจะเพิ่มขึ้นสูงประมาณ 15.77 % และ 13.10 % ตามลำดับ ในขณะที่พันธุ์ SK1-15 จะตอบสนองต่อพื้นที่ปลูกภาคเหนือ (เชียงใหม่) ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (สุรินทร์) และภาคใต้ (ชุมพร) เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แสดงว่าพันธุ์ SK1-15 และ TVsu 89 สามารถปรับตัวได้ดีในสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน โดยเฉพาะสภาพอากาศ สำหรับการจำลองสถานการณ์แบบ RCP 8.5 การเปลี่ยนแปลงเปอร์เซ็นต์น้ำหนักรวมและผลผลิตฝักแห้งจากปีฐาน (2021-2023) เป็นไปในทิศทางเดียวกันทุกพันธุ์ และมีความอ่อนไหวน้อยกว่าสถานการณ์ RCP 4.5 โดยทุกพันธุ์จะมีการเปลี่ยนแปลงเปอร์เซ็นต์น้ำหนักรวมและผลผลิตฝักแห้งลดลงในจังหวัดสงขลา กาญจนบุรี และนครราชสีมา แต่มีเปอร์เซ็นต์เพิ่มขึ้นในจังหวัดชุมพร สุรินทร์ และเชียงใหม่ ซึ่งพันธุ์ SK1-15 มีการเปลี่ยนแปลงมากที่สุด สิ่งที่น่าสนใจคือการปลูกในกรุงเทพมหานครมีเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักรวมน้อยกว่า 1 % ทั้งนี้เป็นเพราะในช่วงปี 30 มีปริมาณฝนสะสมตลอดช่วงอายุการเจริญเติบโตกระจายตัวสม่ำเสมออยู่ระหว่าง 1,309.78 – 2,280.85 มม. อีกทั้งพื้นที่นี้มีเป็นชุดดินบางกอก มีลักษณะเป็นดินเหนียว มีการระบายน้ำและการซึมผ่านของน้ำได้ช้า (กรมพัฒนาที่ดิน, 2567) ซึ่งแตกต่างจากสถานที่อื่น ๆ ที่มีลักษณะดินเป็นร่วนปนทราย ซึ่งจิริะ สุวรรณประเสริฐ (2548) ระบุว่าดินที่เหมาะสมสำหรับการปลูกถั่วเหลืองต้องมีความร่วนซุยสูง มีการระบายน้ำดี และมีสัดส่วนของช่องว่างขนาดใหญ่ระหว่างเม็ดดินในปริมาณที่สูง

จากผลการประเมินการเจริญเติบโตและผลผลิตของถั่วเหลืองโดยใช้แบบจำลอง CSM-CROPGRO-Cowpea ทั้งแบบปีเดียวที่เป็นช่วงตรงกับวันปลูกจริงของงานทดลองส่วนที่ 2 และการประเมินล่วงหน้าเป็นระยะเวลา 30 ปี ภายใต้การเปลี่ยนแปลงของสภาพอากาศแบบ RCP 4.5 และ RCP 8.5 ซึ่งให้เห็นว่าการปลูกถั่วเหลืองในพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่ และสุรินทร์ จะมีน้ำหนักรวมและผลผลิตฝักแห้งสูงกว่าแหล่งปลูกอื่น ๆ โดยเฉพาะการปลูกพันธุ์ที่มีอายุค่อนข้างยาวอย่าง SK1-15 ทั้งนี้เพราะเป็นพื้นที่มีอากาศค่อนข้างเย็น โดยเฉพาะช่วงเวลากลางคืนที่มีความสำคัญต่อการผสมเกสร ดังที่กล่าวไว้แล้วข้างต้น อีกประการหนึ่งคือเนื่องจากลักษณะดินของทั้งสองสถานที่เป็นดินร่วนปนทราย (ชุดดินสันทราย) และดินร่วนปนทรายแป้ง (ชุดดินธวัชบุรี) ซึ่งแม้ว่าจะมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ (กรมพัฒนาที่ดิน, 2567) แต่ก็สามารถปลูกถั่วเหลืองได้ เนื่องจากถั่วเหลืองเป็นพืชที่มีความต้องการปริมาณธาตุอาหารไม่สูงมาก โดยจิริะ สุวรรณประเสริฐ (2562) แนะนำว่าการปลูกถั่วเหลืองในประเทศไทยควรใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 ในอัตรา 30 - 50 กก./ไร่ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความอุดมสมบูรณ์ของดิน อีกทั้งข้อมูลจากแบบจำลองเป็นเพียงข้อมูลที่คาดการณ์ที่มาจากข้อมูลที่ดำเนินการปลูกในแปลงจริง และบางข้อมูลใช้ข้อมูลจากแหล่งข้อมูลอื่น ซึ่งอาจมีปัจจัยอื่นที่ส่งผลกระทบต่อผลการจำลองด้วย เช่น ชุดดินที่มีความลึกของดินที่ต่างกัน ชุดดินที่ใช้ในการประเมิน ซึ่งส่งผลกระทบต่อปริมาณน้ำในดิน ส่งผลต่อการเจริญเติบโตและความยาวของราก ซึ่งมีความเป็นไปได้ว่าแบบจำลองนั้นอาจจะทำนายบางลักษณะได้ดี โกล้เคียงกับการปลูกจริง แต่บางลักษณะทำนายได้ไม่ดี ซึ่งต้องพิจารณาถึงองค์ประกอบหลายๆ อย่างร่วมด้วย

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

การศึกษาส่วนที่ 1 ผลของการลดความชื้นเมล็ดพันธุ์ต่อระยะเวลาการเก็บรักษาและคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ถั่วหรั่ง สรุปได้ว่าเมล็ดพันธุ์ถั่วหรั่งสงขลา 1 หากนำมาลดความชื้นให้เหลือ 12 % จะสามารถรักษาไว้ได้นาน 6 เดือน โดยที่ยังคงเปอร์เซ็นต์ความงอกและดัชนีความเร็วในการงอกได้สูง (91.11 % และ 24.43) ในขณะที่พันธุ์ TVsu 1221 มีเปอร์เซ็นต์การงอก (54.67 % และมีดัชนีความเร็วในการงอกต่ำ (14.83) ตั้งแต่สองเดือนแรกหลังการเก็บรักษา

การศึกษาส่วนที่ 2 อิทธิพลของวันปลูกต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต และองค์ประกอบผลผลิตของถั่วหรั่ง 4 พันธุ์ (สงขลา 1, TVsu 1221, TVsu 89 และ SK1-15) ที่ปลูกในจังหวัดสงขลา สรุปได้ว่าวันปลูกมีอิทธิพลต่อระยะพัฒนาการ ลักษณะการเจริญเติบโต ผลผลิต องค์ประกอบผลผลิต ปริมาณสารพฤกษเคมี ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ และสารอาหารในเมล็ดของถั่วหรั่ง วันปลูกที่ 2 มีผลผลิตฝักแห้งสูงที่สุด เท่ากับ 268.76 กก./ไร่ วันปลูกที่ 2 มีปริมาณฟลาโวนอยด์ แอนโทไซยานิน และสารต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุด ส่วนวันปลูกที่ 3 มีปริมาณฟีนอลิกรวม และแทนนินสูงที่สุด วันปลูกที่ 1 มีปริมาณธาตุ N, P, K, Mg และ Ca สูงกว่าวันปลูกที่ 3 พันธุ์ของถั่วหรั่งมีความแตกต่างกันทั้งระยะพัฒนาการ ลักษณะการเจริญเติบโต ผลผลิต องค์ประกอบผลผลิต ปริมาณสารพฤกษเคมี ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ และสารอาหารในเมล็ด โดยพันธุ์ SK1-15 มีอายุเก็บเกี่ยวยาวที่สุดเท่ากับ 126.17 วัน ส่วนพันธุ์ TVsu 89 มีอายุเก็บเกี่ยวสั้นที่สุดเท่ากับ 95.42 วัน พันธุ์ TVsu 1221 ให้ผลผลิตสูงที่สุด (337.94 กก./ไร่) ปริมาณฟลาโวนอยด์พบสูงที่สุดในพันธุ์สงขลา 1 (4.43 mgQE/100gdw) สารฟีนอลิกรวมพบสูงที่สุดในพันธุ์ TVsu 89 (716.85 mgGAE/100gdw) และทั้งสองพันธุ์มีปริมาณแอนโทไซยานิน และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระสูงและไม่แตกต่างกัน ปริมาณแทนนินพบสูงที่สุดในพันธุ์สงขลา 1

การศึกษาส่วนที่ 3 การประยุกต์ใช้แบบจำลอง CSM-CROGRO-Cowpea ประเมินการเจริญเติบโตและผลผลิตของถั่วหรั่ง 4 พันธุ์ (สงขลา 1, TVsu 1221, TVsu 89 และ SK1-15) ภายใต้สภาพอากาศอากาศที่เปลี่ยนแปลง สรุปได้ว่าแบบจำลอง CSM-CROGRO-Cowpea (แบบจำลองการเจริญเติบโตของถั่วพุ่ม) สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการประเมินอายุวันออกดอก และอายุเก็บเกี่ยวได้ดีถึงดีมาก สำหรับน้ำหนักแห้งรวมแบบจำลองประเมินได้ดีทุกพันธุ์ ส่วนผลผลิตฝักแห้งประเมินได้ดีในพันธุ์สงขลา 1 และ TVsu 89 ทั้งนี้ผลผลิตถั่วหรั่งจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับสถานที่ปลูก ผลการจำลองการเจริญเติบโตและผลผลิตของถั่วหรั่งภายใต้การเปลี่ยนแปลงของสภาพอากาศแบบ RCP 4.5 และ RCP 8.5 เป็นระยะเวลา 30 ปี จำนวน 3 วันปลูก ใน 7 สถานที่ โดยภาพรวมพบว่าการจำลองสถานการณ์แบบ RCP 4.5 ถั่วหรั่งแต่ละพันธุ์จะมีการเปลี่ยนแปลงค่อนข้างมากเมื่อเทียบกับปีฐาน (2021-2023) โดยน้ำหนักแห้งและผลผลิตฝักแห้งจะเพิ่มขึ้นหรือลดลงขึ้นอยู่กับสถานที่ปลูกและพันธุ์ ซึ่งพันธุ์ SK1-15 ทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาพอากาศได้ดีที่สุด

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการศึกษาวิจัยการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองในพื้นที่อื่นเพิ่มเติม ขยายระดับของความชื้นในการเก็บรักษา รวมไปถึงเพิ่มช่วงเวลาในการเก็บรักษาให้ยาวมากขึ้น เพื่อได้ข้อมูลที่ชัดเจนในด้านความชื้นที่เหมาะสมและระยะเวลาที่สามารถเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองได้ยาวมากขึ้น

2. ควรมีการศึกษาในประเด็นเฉพาะของสารสำคัญในเมล็ดถั่วเหลือง เนื่องจากในงานวิจัยนี้มีข้อจำกัดบางประการ ซึ่งการศึกษาประเด็นเฉพาะของสารที่สำคัญ เพื่อเป็นประโยชน์ของการส่งเสริมในการปลูกถั่วเหลืองในอนาคต นอกจากการบริโภคสด

3. ควรมีการศึกษาจำลองการปลูกถั่วเหลืองในพื้นที่ใหม่ๆที่ยังไม่เคยมีรายงานว่ามีการปลูกมาก่อน และจำลองสถานการณ์การปลูกมากกว่า 30 ปี เนื่องจากในการศึกษานี้ยังไม่เห็นผลการตอบสนองที่แตกต่างกันอย่างชัดเจน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

- กรมพัฒนาที่ดิน. 2567. **ลักษณะและสมบัติของชุดดิน**. [Online]. Available: http://oss101.ldd.go.th/web_thaisoils/pf_desc/central/Bk.htm [10/6/2567]
- จารุยา แซ่ตัน และ วิชิต เกรียงยะกุล. 2530. “การศึกษาข้อมูลเบื้องต้น ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ สภาพการปลูก และผลผลิตของถั่วหรั่ง”. ใน รายงานการประชุมทางวิชาการครั้งที่ 25 หน้า 225-231. สาขาพืช มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 3-6 กุมภาพันธ์ 2530. กรุงเทพฯ.
- จิระ สุวรรณประเสริฐ. 2548. เอกสารวิชาการ ถั่วหรั่ง. ศูนย์วิจัยพืชไร่สงขลา สถาบันวิจัยพืชไร่ กรมวิชาการเกษตร. 37 หน้า.
- จิระ สุวรรณประเสริฐ ฉันทนา คณกร อรอุมา รุ่งน้อย พีระศักดิ์ ศรีนิเวศน์ สนธิชัย จันทรเปรม ธีระยุทธ ตูจินดา นลินี จาริกภากร และ ไพโรจน์ สุวรรณจินดา. การปรับปรุงพันธุ์และศึกษา พันธุ์กรรมถั่วหรั่งในประเทศไทย ช่วงปี 2544 – 2553. แก่นเกษตร 39 ฉบับพิเศษ 3 : 302-311. จิระ สุวรรณประเสริฐ. 2562. “การปรับปรุงพันธุ์ถั่วหรั่งเพื่อปลูกในพื้นที่ภาคใต้และพื้นที่เหมาะสมอื่นๆ.” รายงานโครงการวิจัย กรมวิชาการเกษตร. 211 หน้า.
- ฉันทนา คณกร จิระ สุวรรณประเสริฐ เบญจมาศ คำสืบ สุรียนต์ ดุจดล็ก พินิจ กัลยาศิลป์ วิระวัฒน์ คูป้อง วิภารัต ดำริเข้มตระกูล จิรัชญาพร รณเรืองฤทธิ์ ศัสยมน นิเทศพัตรพงศ์ นิรมล ดำพะจิก ก้องกษิต สุวรรณวิหค กิรนนท์ เหมาะประมาณ เกริกชัย ธนรักษ์ บรรเจิด พูลศิลป์ สะฝีหะยะ ราชนุช. 2567. การทดสอบพันธุ์ถั่วหรั่งอายุปานกลางในไร่เกษตรกร [Online]. Available: <https://www.doa.go.th/oard8/wpcontent/uploads/2019/08/v5910.pdf> [01/03/2567]
- เฉลิมพล แซมเพชร. 2535. สรีรวิทยาการผลิตพืชไร่. ภาควิชาพืชไร่. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. เชียงใหม่. 187 หน้า.
- เฉลิมพล แซมเพชร. 2542. สรีรวิทยาการผลิตพืชไร่. ภาควิชาพืชไร่. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. เชียงใหม่. 284 หน้า.
- ชัชฎา บุดดาบุญ อรรถชัย จินตะเวช และเกอรรีต ฮูเกนบูม. 2554. การปรับค่าสัมประสิทธิ์ทาง พันธุ์กรรมของ ข้าวโดยใช้ GENCALC และ GLUE. ในการประชุมวิชาการระบบเกษตร แห่งชาติครั้งที่ 7 หน้า 219-226. วันที่ 8-10 สิงหาคม 2554. คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัย มหาสารคาม, มหาสารคาม.
- ปรเมศ บรรเทิง. 2549. “การประเมินและการประยุกต์ใช้แบบจำลองการเจริญเติบโตของถั่วลิสง.” แก่นเกษตร 34(4): 258-266.
- ประภาสิริ องค์กรักษ์ สมนึก พรหมแดง สนธิชัย จันทรเปรม อนุรักษ์อรัญญาคน กนกวรณ เทียงธรรม ประกิจ สมท่า และ พรศิริ เลี้ยงสกุล. 2562. ถั่วหรั่งพันธุ์ดี สาระแอนโทไซยานิน และ ฟีนอลิกรวม ใน พืชสกุล Vigna 15 พันธุ์. ใน การประชุมวิชาการของ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ครั้งที่ 57 สาขาพืช. 24-31.
- ปิยรัตน์ ศิริวงศ์ไพศาล. 2550. การศึกษาองค์ประกอบ โครงสร้าง และสมบัติของแป้งและสตาร์ช จากถั่วหรั่งเพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์มูลค่าเพิ่ม. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ สงขลา. 46 หน้า.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- พรพรรณ สุทธิแย้ม อารดา มาสิริ ปวีณา ไชยวรรณ เชาวนาถ พุทธิเทพ ชูชาติ บุญศักดิ์ วลัยพร ศะศิประภา โสพิศ ใจपालะ สุพรรณณี เป้งคำ ศิวีไล ลาภบรรจบ วรกานต์ ยอดชมภู บุญเหลือ ศรีมุงคุณ อรอนงค์ วรณวงษ์ ประภาพร แพงดา และลักขณา ร่มเย็น. 2559. “การศึกษาผลกระทบที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ต่อการผลิตพืชไร่และพืช ทดแทนพลังงาน”. ใน รายงานโครงการวิจัย พ.ศ.2559. กรมวิชาการเกษตร. กรุงเทพฯ. 346 หน้า.
- ฉันทพร กริชติทายาวุธ. 2564. การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศกับบทบาทและการปรับตัวของ ภาคธุรกิจไทย. วิเทศปริทัศน์ ศูนย์ศึกษาการต่างประเทศ (ISC) ฉบับที่ 10/2564
- เรื่องเล่าข่าวเกษตร. 2566. ถั่วหรั่ง กวก. สงขลา 2 ผลผลิตสูง อายุสั้น ปริมาณโปรตีนสูง. [Online]. Available: <https://www.agrinewsthai.com/did-you-know/81403>. [20/12/2566]
- วินัย ขวัญแก้ว. 2553. ส่งเสริมการปลูกถั่วหรั่ง(ถั่วป่นหยี) เพื่อเพิ่มรายได้ ในอำเภอตะโหมด จังหวัดพัทลุง. ใน รายงานผลการดำเนินงานเป็นเอกสารประกอบการประเมินบุคคล. 20 หน้า.
- วันชัย จันทน์ประเสริฐ. 2542. เทคโนโลยีเมล็ดพันธุ์พืชไร่. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขต กำแพงแสน ศูนย์ส่งเสริมและฝึกอบรมการเกษตรแห่งชาติ. กรุงเทพฯ. 276 หน้า.
- ศูนย์วิจัยพืชไร่สงขลา. 2541. ถั่วหรั่งพันธุ์ สงขลา 1. ศูนย์วิจัยพืชไร่สงขลา สถาบันวิจัยพืชไร่ กรม วิชาการเกษตร. 27 หน้า.
- ศิริกุล ศรีแสงจันทน์ และ นันทวรรณ สโรบล. 2545. รายงานการศึกษาดูงานและการใช้ ประโยชน์ถั่วหรั่งในภาคใต้. กรมส่งเสริมการเกษตร. กรุงเทพฯ.
- ศุภกร ชินวรรณ. 2554. ร่างรายงานฉบับสมบูรณ์ (ฉบับแก้ไข) โครงการ ศึกษาผลกระทบของการ เปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ และความแปรปรวนของสภาพภูมิอากาศในอนาคต และการปรับตัวของภาคส่วนที่สำคัญ. ศูนย์เครือข่ายงานวิเคราะห์วิจัยและฝึกอบรมการ เปลี่ยนแปลงของโลกแห่งภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย.
- สายชล บุญรัมย์. 2566. ศูนย์วิจัยพืชไร่สงขลากับการพัฒนาพันธุ์ถั่วหรั่ง. หนังสือพิมพ์กสิกร (4):22-27
- สุกัญญา สุจริยา. 2547. “วันปลูกที่เหมาะสมในการทดลองเพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมของ สายพันธุ์ถั่วลิสงสำหรับการใช้แบบจำลอง CROPGRO-Peanut ในงานปรับปรุงพันธุ์.” วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยขอนแก่น. ขอนแก่น.
- สุเทพ รัตนพันธ์. 2525. การศึกษาสภาพการปลูกถั่วหรั่ง. สำนักงานส่งเสริมการเกษตรภาคใต้. สงขลา. 16 หน้า.
- สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. 2567. เอลนีโญ' มาแล้ว กระทบทั่ว โลกรุนแรงกว่าเดิม แล้งนาน - พายุบ่อย - ร้อนขึ้น. [Online]. Available: <https://www.onep.go.th/29>. [5/03/2567]
- สถาบันวิจัยพืชไร่และพืชทดแทนพลังงาน, 2567. ฐานพันธุกรรมพืชไร่. [Online]. Available: <https://doaplant.doa.go.th/RecFront>. [5/06/2567]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- อุสา สีใส เศกสิน สีใส วิโรจน์ สอนเสาวภาคย์ และสมศักดิ์ สระแก้ว. 2567. การศึกษาปุ๋ยพืชสดเพื่อการปรับปรุงบำรุงดินในชุดดินบ้านดอน. [Online]. Available: <https://r01.ldd.go.th/aya/Data.pdf> [3/06/2567]
- Adavbiele, Anthony, O., Nnamchi, N. and Onolemhemhen P.O. 2019. Phenotypic Variability for Tolerance to Drought Stress of Bambara Groundnut (*Vigna subterranea* (L) Verdc). **TIJST**. 7(3):34-37.
- Ahmad, A., Wajid, A., Saleem, M.H., Shehzadi, M., Rehen, M., Hussaan, M., Faheem, M., Javed, T., El-sheikh, M.A., Alshaya, H. and Ali, S. 2021. Simulating the growth and yield of peanut cultivars under temporal variation using cropgro-peanut (Dssat) Model. **Pak. J. Bot** 54(3):1-8.
- Ahrens, C.D. and Samson, P. 2011. Extremes weather and climate. Brooks/Cole Cengage Learning, USA. Alvarado, L.A.N., Gómez, O.L.M. Heredia, J.B., Baeza, J.R. García, G.H.S., Lopez, M.L.X. 2019. Nutritional and bioactive characteristics of Ayocote bean (*Phaseolus coccineus* L.): An underutilized legume harvested in Mexico. **CYTA J. Food** 17:199–206.
- Akillioglu, H.G. and Karakaya, S. 2010. Changes in total phenol, total flavonoids, and antioxidant activities of common beans and pinto beans after soaking, cooking and in vitro digestion process. **Food Sci. Biotechnol.** 19:633–639.
- Alvarado-López, A.N., Gómez-Oliván, L.M., Heredia, J.B., Baeza- Jiménez, R., Garcia-Galindo, H.S. and Lopez-Martinez, L.X. 2019. Nutritional and bioactive characteristics of Ayocote bean (*Phaseolus coccienus* L.): An underutilized legume harvested in Mexico. **CyTA-Journal of Food**. 17: 199-206.
- Anothai, J., Patanothai, A., Jogloy, S., Pannangpetch, K., Boote, K.J. and Hoogenboom, G. 2008. A sequential approach for determining the cultivar coefficients of peanut lines using end-of-season data of crop performance trials. **Field Crops Research** 108:169–178.
- AOAC International. 2016. **Guidelines for Standard Method Performance Requirements AOAC Official Methods of Analysis**. Appendix F. 1-18.
- AOAC. 2000. **Association of Official Analytical Chemists. Official Methods of Analysis**. Vol. II. 17th Edition. AOAC. Washington DC.
- AOSA. 2009. **Seed Vigor Testing Handbook. Contribution No.32 to the Handbook on Seed Testing**. Association of Official Seed Analysts, Lincoln. 341p.
- Atoyebi, J.O., Osilesi, O., Adebawo, O. and Abberton, M. 2017. Evaluation of nutrient parameters of selected African accessions of Bambara groundnut (*Vigna subterranea* (L.) Verdc.). **AJFN**. 5(3):83-89.
- Awosanmi, F.E., Ajayi, S.A. and Baffoe, E.E. 2020. Influence of seed moisture content on short term storage of cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp) Seeds. **Agric. conspec. sci.** 85(1): 37-42.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Azam- Ali, S.S. and Massawe, F.J. 2007. Growth and development of bambara groundnut (*Vigna subterranea*) in response to soil moisture: 1. Dry matter and yield. **ESA**. 26(4):345-353
- Bhadra, P., Maitra, S., Shankar, T., Hossain, A., Praharaj, S. and Aftab, T. 2022. **Chapter 1 - Climate change impact on plants: Plant responses and adaptations. Plant Perspectives to Global Climate Changes**. 1-24p.
- Berchie, J.N., Opoku, M. Adudapaah, H. Agyemang, A., Sarkodie Addo, J., Asare, E., Addo, J. and Akuffo, H. 2011. Evaluation of five bambara groundnut (*Vigna subterranea* (L.) Verdc.) landraces to heat and drought stress at Tono-Navrongo, Upper East Region of Ghana. **Afr. J. Agric. Res.** 7(2): 250-256.
- Bates, B.C., Kundzewicz, Z.W., Wu, S. and Palutikof, J.P. 2008. **Climate Change and Water. Technical Paper of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. IPCC Secretariat. Geneva.
- Broadhurst, R.B. Jones, W.T. 1978. Analysis of condensed tannins using acidified vanillin. **J. Sci. Food Agric.** 29: 788–794.
- Buddhaboon, C., Jintrawet, A. and Hoogenboom, G. 2018. Methodology to estimate rice genetic coefficients for the CSM-CERES-Rice model using GENCALC and GLUE genetic coefficient estimators. **J Agric Sci** 156:482–492.
- Canavar, O. and Kaynak, M.A. 2010. Growing degree day and sunshine radiation effects on peanut pod yield and growth. **Afr. J. Biotechnol.** 9(15) : 2234-2241.
- Celestin, T., Abdulrahman, L., Hussaini, M.A., Lawan, B.A. and Idriss, S. 2022. Calibration and validation of CROPGRO-cowpea Model of DSSAT for Four Cowpea Varieties under drought stress. **IJST**. 10: 21-28.
- Chijioke, O.B., Ifeanyi, U.M. and Blessing, A.C. 2010. Comparative study on growth and development of some accessions of local germplasm of bambara groundnut (*Vigna subterrenea* L. Verdc.) of Nigeria in Two Cropping Seasons. **J. Crop Sci. Biotech.** 13 (1) :21-28
- Copeland, L.O. and Mcdonald, M.F. 1976. **Principles of Seed Science and Technology**. Burgess Publishing Company. Minneapolis. 467p.
- Department of Agriculture, Forestry and Fisheries. 2016. **Bambara groundnut (*Vigna subterranean*)**. Department Agriculture, Forestry and Fisheries Republic of South Africa. 12p.
- Fakai, R. U. and Garba, A. 2023. Chemical and nutritional composition of selected legumes available in Kebbi State Nigeria. **IJASR** 1(2) : 131–138.
- Faye, B., Webber, H., Diop, M., Mbaye, M.L., Owusu-Sekyere, J.D., Naab, J.B. and Gaiser, T. 2018. Potential impact of climate change on peanut yield in Senegal, West Africa. **Field Crops Research**. 219:148-159.

- Gerrano, A.S., Eifediyi, E.K., Labuschagne, M., Ogedegbe, F.O. and Hassen, A.I. 2021. **Production practices of Bambara groundnut.** In: Oyeyinka, S.A., Ade-Omowaye, B.I.O. (eds) Food and Potential Industrial Applications of Bambara Groundnut. Springer Nature Switzerland. 7-25pp.
- Gomez, K.A., and Gomez, A.A. 1984. Statistical procedures for agricultural research. John Wiley & Son, New York.
- Gao, X., Bamba, A. S. A., Kundy, A. C., Mateva, K. I., Chai, H. H., Ho, W. K., Musa, M., Mayes, S. and Massawe, F. 2020. Variation of phenotypic traits in twelve bambara groundnut (*Vigna subterranea* (L.) Verdc.) genotypes and two F₂ bi-parental segregating populations. **Agronomy** 10:1451.
- Habib-ur, R.M., Ahmad, A., Raza, A., Hasnain, M.U., Alharby, H.F., Alzahrani, Y.M., Bamagoos, A.A., Hakeem, K.R., Ahmad, S., Nasim, W., Ali, S., Mansour, F. and Sabagh, A.E.L. 2022 Impact of climate change on agricultural production; Issues, challenges, and opportunities in Asia. **Front. Plant Sci.** 13:925548.
- Halder, D., Panda, R.K., Srivastava, R.K. and Kheroar, S. 2017. Evaluation of the CROPGRO-Peanut model in simulating appropriate sowing date and phosphorus fertilizer application rate for peanut in a subtropical region of eastern India. **The Crop Journal.** 5(4): 317-325.
- Halder, D., Shyamal, K., Kumar, S.R. and Kumar, P.R. 2020. Assessment of future climate variability and potential adaptation strategies on yield of peanut and Kharif rice in eastern India. **Theor Appl Climatol J.** 140(3-4):823–838.
- Halimi, R. A., Barkla, B., Mayes, S. and King, G. J. 2019. The potential of the underutilized pulse bambara groundnut (*Vigna subterranea* (L.) Verdc.) for nutritional food security. **J Food Comp Anal** 77:47-59.
- Harris, D. and Azam-Ali, S. N. 1993. Implications of daylength sensitivity in bambara groundnut (*Vigna subterranea*) for production in Botswana. **J. Agric. Sci.** 120 : 75–78.
- Hasegawa, T., Wakatsuki, H., Ju, H., Vyas, S., Nelson, G.C., Farrell, A., Deryng, D., Meza, F. and Makowski, D. 2022. A global dataset for the projected impacts of climate change on four major crops. **Sci Data** 9(58):1-11.
- Hegerl, G.C., Zwiers, F.W., Braconnot, P., Gillett, N.P., Luo, Y., Marengo Orsini, J.A., Nicholls, N., Penner, J.E. and Stott, P.A. 2007. **Understanding and Attributing Climate Change.** In: Solomon, S., Qin, D., Manning, M., Chen, Z., Marquis, M., Averyt, K.B., Tignor, M. and Miller, H.L. Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA.662-745p.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Hlyka, I. and Robinson, A.D. 1954. Storage of Cereal Grains and their Products. **Thai Agric. Res J.** 34(1) January - April 2016 75 pp. 1-45. In: Anderson, J.A. and A.W. Alcock, eds. Amer. Ass. Cereal Chem., St Paul, Minnesota.
- Hoogenboom, G., Porter, C.H., Shelia, V., Boote, K.J., Singh, U., Pavan, W., Oliveira, F.A.A., Moreno-Cadena, L.P., Ferreira, T.B., White, J.W., Lizaso, J.I., Pequeno, D.N.L., Kimball, B.A., Alderman, P.D., Thorp, K.R., S.V. Cuadra, S.V., Vianna, M.S, Villalobos, F.J., Batchelor, W.D., Asseng, S., Jones, M.R., Hopf, A., Dias, H.B., Hunt, L.A., and Jones, J.W.. 2023. **Decision Support System for Agrotechnology Transfer (DSSAT) Version 4.8.2 (www.DSSAT.net)**. DSSAT Foundation, Gainesville, Florida, USA.
- IPCC. 2007. **Summary for Policymakers**. In: M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden and C.E. Hanson. **Climate Change: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. Cambridge University Press, Cambridge, UK. 7-22p.
- IPCC. 2021. **Climate change 2021: Summary for all. Version3-12 December 2022**. Intergovernmental Panel on Climate Change. 16p.
- ISTA. 1996. **International Rules for Seed Testing**. Seed Science and Technology, 13: 299- 513.
- Jiang, R., He, W., He, L. Yang, J.Y., Qian, B., Zhou, W. and He, P. 2021. Modelling adaptation strategies to reduce adverse impacts of climate change on maize cropping system in Northeast China. **Sci. Rep.** 11:810.
- Jones, J.W., Hoogenboom, G., Porter, C.H., Boote, K.J., Batchelor, W.D., Hunt, L.A., Wilkens, P.W., Singh, U., Gijsman A.J., and Ritchie, J.T.2003. The DSSAT cropping system model. **ESA** 18: 235-265.
- Jørgensen, S.T., Aubanton, M., Harmonic, C., Dieryck, C., Jacobsen, S.P., Simonsen, H.L., Ntundu, W.H., Stadler, F., Basu, S. and Christiansen, J.I. 2009. Identification of photoperiod neutral lines of bambara groundnut (*Vigna subterranea*) from Tanzania. **IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.** 6:372023.
- Karunaratne, A. S., Azam-Ali, S. N., Al-Shareef, I., Sesay, A., Jørgensen, S. T. and Crout, N. M. J. 2010. Modelling the canopy development of bambara groundnut. **Agr Forest Meteorol** 150(7-8):1007-1015.
- Karunaratne, A.S., Crout, N.M.J, Shareef-All. and Azam-Ali, S. 2013. Effect of Temperature on Growth and Yield of Bambara Groundnut (*Vigna subterranean* (L.) Verdc.) During Early and Late Season Drought. **Acta Hortic.** 979:661-667.
- Khan, M.M.H., Rafii, M.Y., Ramlee, S.I., Jusoh, M. and Al-Mamun, M. 2021. Bambara groundnut (*Vigna subterranea* L. Verdc): A crop for the new millennium, its genetic diversity, and improvements to mitigate future food and nutritional challenges. **Sustainability.** 13(10): 5530.

- Kooshki, M. M., Moradi, A., Balouchi H. and Fahlani, R. A. 2018. Evaluation of the germination performance and biochemical indices of faba bean (*Vicia faba* L.) seeds stored at different temperatures and moisture contents. **Journal of Plant Process and Function**. 7:18-28.
- Linnemann, A. R., and Azam-Ali, S. 1993. Bambara groundnut (*Vigna subterranea*). In J. T. William (Ed.). **Pulses and Vegetables** .13-57p.
- Mabhaudhi, T. and Modi, A. T. 2013. Growth, phenological and yield responses of a bambara groundnut (*Vigna subterranea* (L.) Verdc.) landrace to imposed water stress under field conditions. **S. Afr. j. plant soil** 30(2):69-79.
- Makanda, I., Tongoona, P., Madamba, R., Icishahayo, D. and Derera, J. 2009. Evaluation of bambara groundnut varieties for off-season production in Zimbabwe. **Afr. Crop Sci. J.** 16: 175–183.
- Maphosa, Y., Jideani, V.A. and Maphosa, L. 2022. Bambara groundnut production, grain composition and nutritional value: opportunities for improvements. **J Agric Sci** 160(6): 448-458.
- Marcel, A., Bienvenu, M. J. and Attibayeba. 2014. Chemical and phytochemical compositions of *Voandzeia subterranea* seeds. **Pak. J. Biol. Sci.** 17(9):1083-1088.
- Massawe, F.J., Roberts, J.A., Azam-Ali, S.N. and Davey, M.R. 2003. Genetic diversity in bambara groundnut (*Vigna subterranea* (L.) Verdc) landraces assessed by random amplified polymorphic DNA (RAPD) markers. **Genet Resour Crop Evol.** 50: 737-741.
- Massawe, F.J., Mwale, S.S, Azam-Ali, S.N. and Roberts, J.A. 2005. Breeding in bambara groundnut (*Vigna subterranea* (L.) Verdc) strategic considerations. **Afr. J. Biotechnol.** 4:463-471.
- Mbagwu, F. N., Okafor, V. U. and Ekeanyanwu, J. 2011. Phytochemical screening on four edible legumes (*Vigna subterranea*, *Glycine max*, *Arachis hypogea* and *Vigna unguiculata*) found in Eastern Nigeria. **Afr. J. Plant Sci.** 5(6):370-372.
- Meng, C. F., Y. J. Luo and S. D. Zhou. 1986. The effect of various rotation systems on the soil fertility of newly reclaimed red earth in East China. In Proceedings of the international conference on the management and fertilization of upland soil in the Tropic and Subtropics. P. 197-200.
- Minka, S.R. and Bruneteau, M. 2000. Partial Chemical Composition of Bambara Pea (*Vigna subterranean* L. Verde). **Food Chem.** 68:273-276.
- Mohd Azman Halimi, R.B. 2020. Characterisation of the genetic variation in nutritional composition of bambara groundnut (*Vigna subterranea* (L.) Verdc.). **Southern Cross University.** 219p.

- Moldenhauer, K.A.K, and Gibbons. J.H. 2003. **Rice morphology and development** In : C.W. 103-127 p.
- Mojica, L. Meyer, A., Berhow, M.A. and González, D.M. 2015. E. Bean cultivars (*Phaseolus vulgaris* L.) have similar high antioxidant capacity, in vitro inhibition of α -amylase and α -glucosidase while diverse phenolic composition and concentration. **Food Res. Int.** 69:38–48.
- Naab, J.B., Boote, K.J., Jones, J.W. and Porter, C.H. 2015. Adapting and evaluating the CROPGRO-peanut model for response to phosphorus on a sandy-loam soil under semi-arid tropical conditions. **Field Crops Research.** 176:71-86.
- Nasreen, S. 2000. Effects of Storage Temperature, Storage Period and Seed Moisture Content on Seed Viability of Mash Bean (*Vigna mungo*). **PJBS** 3 (3): 513-514.
- Nordin, N. and Singh, A. 2015. Emergence of Bambara groundnut (*Vigna subterranea* (L.) Verdc.) Landraces at various temperature conditions. **Proc Environ Sci** 29:201-202.
- Obidiebube, E.A., Akparobi, S.O., Eruotor, P.G. and Achebe, U.A. 2019. Effect of Planting Date on Growth and Yield of Bambara Groundnut (*Vigna subterranea* (L.) Verdc.) Varieties in Rainforest Zone of Delta State. **IJSIR.** 6(3):166-171.
- Obilana A. O. and George, T. T. 2021. Post-harvest handling and storage of Bambara groundnut. In: Oyeyinka, S. A., Ade-Omowaye, B. I. O. (eds) Food and Potential Industrial Applications of Bambara Groundnut. **Springer Nature Switzerland.** 27-42.
- Olaleye A.A, Adeyeye E.I. and Adesina, A.J. 2013. Chemical composition of bambara groundnut (*Vigna subterranea* L. Verdc) seed parts. **Bangladesh J. Sci. Ind. Res.** 48(3):167-178.
- Olanrewaju, O.S., Oyatomi, O., Babalola, O.O. and Abberton, M. 2021. Genetic Diversity and Environmental Influence on Growth and Yield Parameters of Bambara Groundnut. **Front Plant Sci.** 12 : 796352.
- Olayinka, B. U., Afolayan, S. S., Mohammed, R. T., Abinde, O. O. and Etejere, E. O. 2016. Biological yield and proximate composition of bambara groundnut (*Vigna subterranea* (L.) Verdc.) as influenced by sowing depths and soil types. **Annals of West University of Timișoara. ser. Biology** 19(2):177-186.
- Olusola, O.J., Ifechi, S.M. and Ekeoma, U.M. 2023. Effect of time of harvest at different moisture contents on physiological and storability attributes of pigeon pea (*Cajanus cajan*). **Innovations Agric.** 6:1-8.
- Onwimol, D. and Rongsangchaicharean, T. 2019. Optimization and sensitivity analysis of fast ethanol assay in maize seeds. **J. Seed Sci.** 41:097-107.

- Onwubiko, N. I. C., Odum, O. B., Utazi, C. O. and Poly-Mbah, P. C. 2010. Studies on the adaptation of bambara groundnut [*Vigna Subterranea* (L.) Verdc] in Owerri Southeastern Nigeria. **World Rural Observ** 2(4):79-86.
- Penning de Vries, F. W. T. 1989. Simulation of Ecophysiological Processes of Growth in Several Annual Crops. **Int. Rice. Res. Inst.** 271 p.
- Phakamas, N. Patanothai, A., Jogloy, S., Pannangpetch, K. and Hoogenboom, G. 2008. Physiological Determinants for Pod Yield of Peanut Lines. **Crop Sci.** 48 : 2351–2360.
- Puozaa, D.K., Ahiabor, B.D.K. and Dakora, F.D. 2015. Effects of seed flavonoid and anthocyanin content on the symbiotic performance of *Bradyrhizobium*-inoculated Bambara groundnut (*Vigna subterranea* L.) landraces. **SAAB.** 98: 198.
- Rani, P.R., Chelladurai, V., Jayas, D.S., White, N.D.G. and Kavitha-Abiram, C.V. 2013. Storage studies on pinto beans under different moisture contents and temperature regimes. **J. Stored Prod. Res.** 52:78-85.
- Raza, A., Razzaq, A., Mehmood, S.S., Zou, X., Zhang, X., Lv, Y. and Xu, J. 2019. Impact of Climate Change on Crops Adaptation and Strategies to Tackle Its Outcome: A Review. **Plants (Basel).** 8(2):34.
- Rezaei, E.E., Webber, H., Asseng, S., Boote, K., Durand, J.L., Ewert, F., Martre, P. and Maccarthy, D.S. 2023. Climate change impacts on crop yields. **Nat. Rev Earth Environ.** 4:831–846.
- Russelle, M.P., Wilhelm, W.W., Olson, R.A.; and Power, J.F. 1984. **Growth Analysis Based on Degree Days.** Publications from USDA-ARS / UNL Faculty. 28-32 p.
- Rinaldi, M., Losavio, N., and Flagella, Z. 2003. Evaluation and application of the OILCROP-SUN model for sunflower in southern Italy. **Agric. Syst.** 78:17-30.
- Sarker, M.A.R., Alam, K. and Gow, J. 2014. Assessing the effects of climate change on rice yields: an econometric investigation using Bangladeshi panel data. **Econ. Anal. Policy** 44:405-416.
- Shareef-Al, I., Sparkes, D. and Azam-Ali, S. 2014. Temperature and Drought Stress Effects on Growth and Development of Bambara Groundnut (*Vigna subterranea* L.). **Expl Agric.** 50(1):72–89.
- Sezen, S.M., Ahmad, I., Habib, U.R., Rahman, M.H.U., Amiri, E., Tekin, S., Oz, K.C. and Maambo, C.M. 2022. Growth and productivity assessments of peanut under different irrigation water management practices using CSM-CROPGRO-Peanut model in Eastern Mediterranean of Turkey. **Environ Sci Pollut Res** 29:26936–26949.
- Singh A. L., Basu, M.S., Chaudhari, V. and Patel, C.B. 2004. Phenological requirement of bambara groundnut (*Vigna subterranea* L. Verdc.) for its cultivation in Semi arid

- region. In: **Proceeding of National Seminar on Plant Physiology**. Department of Botany, University of Pune, India. (In press).
- Singh, A. L. and Basu, M. S. 2005. **Bambara groundnut: its physiology and introduction in India**. In: *Advances in Plant Physiology* (Ed. P.C. Trivedi), I.K. international Publishing House Pvt. Ltd. New Delhi, India. 235-249 p.
- Singh, B.K., Baquerizo, M.D., Egidi, E., Guirado, E., Leach, J.E., Liu, H. and Trivedi. P. 2023. Climate change impacts on plant pathogens, food security and paths forward. **Nat. Rev. Microbiol.** 21:640–656.
- Srivastava, R.K., Pandab, R.K. and Chakraborty., A. 2021. Assessment of climate change impact on maize yield and yield attributes under different climate change scenarios in eastern India. **Ecological Indicators** 120:1-16.
- Squire, G.R. 1990. **The Physiology of Tropical Crop Production**. Wallingford: CAB International.
- Sun, B. and Ricardo, D.S.J.M. 1998. Spranger, I. Critical factors of vanillin assay for catechins and proanthocyanidins. **J. Agric. Food Chem.** 46:4267–4274.
- Suwanprasert, J., Toojinda, T., Srinives, P. and Chanprame, S. 2006. Hybridization Technique for Bambara Groundnut. **Breeding Science** 56 : 125–129.
- Nasreen, S. 2000. Effects of Storage Temperature, Storage Period and Seed Moisture Content on Seed Viability of Mash Bean (*Vigna mungo*). **Pak. J. Biol. Sci.** 3 : 513-514.
- Tagliapietra, E.L., Streck, N.A., Marques da Rocha, T.S., Richter, G.L., Rocha da Silva, M., Cera, J.C., Guedes, J.V.C. and Zanon, A.J. 2018. Optimum Leaf Area Index to Reach Soybean Yield Potential in Subtropical Environment. **Agron. J.** 110 : 1–7
- Tan, XL, Azam-Ali, S., Goh, E.V., Mustafa, M., Chai, H.H., Ho, W.K., Mayes, S., Mabhaudhi, T., Azam-Ali, S. and Massawe, F. 2020. Bambara Groundnut: An Underutilized Leguminous Crop for Global Food Security and Nutrition. **Front. Nutr.** 7 : 601496.
- Temegne, N.C., Guertoumbo, W.F., Wakem, G.A, Nkou, F.T.D., Youmbi, E., and Ntsomboh-Ntsefong G. 2018. Origin and Ecology of Bambara Groundnut (*Vigna Subterranea* (L.) Verdc: A Review. **Ecol & Nat Resour** 2(4):000140.
- Thirumeninathan, S., Pazhanivelan, S., Sudarmanian, N.S., Ragunath, K.P., Gurusamy, A. and Sritharan, N. 2021. Calibration and Validation of DSSAT CROPGRO Peanut Model for Yield and Yield Attributing Characters of Groundnut Varieties in Northern AgroClimatic Zone of Tamil Nadu. **IJECC.** 11(11): 207-215.
- Tovar, P.E.G., Guerrero, B.L. and Lugo, C.E. 2017. Antioxidant activity of hydrolysates and peptide fractions of glutelin from cocoa (*Theobroma cacao* L.) seed. **CYTA J. Food** 15: 489–496.

Statistix, 8. 2003. **Statistix 8: Analytical Software User's Manual**.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Willmott, C.J. 1982. Some comments on the evaluation of model performance. **Bull Am. Meteorol. Soc.** 63:1309-1313.

Yoshida, S., Forno, D.A., Cock, J.H. and Gomez, K.A. 1972. Laboratory Manual for Physiological Studies of Rice. IRRI. Los Banos. Philippines.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 1 ตัวอย่างตารางทำนายลักษณะทางสรีรวิทยาและผลผลิต ทุกวันที่ 9 ของทุก
เดือนครอบคลุม 3 วันปลูก

| วันปลูก | วันงอก | วันออก ดอก | วันสุกแก่ทาง สรีรวิทยา | วันเก็บเกี่ยว | HI | น้ำหนัก แห้งรวม | ผลผลิตฝักแห้ง ที่ระยะสุกแก่ |
|------------|--------|---------------|---------------------------|---------------|------|--------------------|--------------------------------|
| 9 มี.ค. 64 | | | | | | | |
| Songkhla 1 | 6 | 46 | 113 | 120 | 0.16 | 2062 | 412 |
| TVsu 1221 | 6 | 45 | 111 | 115 | 0.29 | 1806 | 668 |
| TVsu 89 | 6 | 42 | 91 | 98 | 0.32 | 969 | 415 |
| SK1-15 | 6 | 47 | 111 | 118 | 0.20 | 2546 | 617 |
| 9 มี.ค. 64 | | | | | | | |
| Songkhla 1 | 6 | 42 | 109 | 116 | 0.16 | 1609 | 332 |
| TVsu 1221 | 6 | 41 | 104 | 111 | 0.30 | 1286 | 498 |
| TVsu 89 | 6 | 39 | 88 | 95 | 0.30 | 580 | 232 |
| SK1-15 | 6 | 43 | 107 | 114 | 0.21 | 1968 | 520 |
| 9 พ.ค. 64 | | | | | | | |
| Songkhla 1 | 6 | 41 | 106 | 113 | 0.17 | 1462 | 311 |
| TVsu 1221 | 6 | 40 | 102 | 109 | 0.33 | 1040 | 439 |
| TVsu 89 | 6 | 38 | 86 | 93 | 0.35 | 452 | 210 |
| SK1-15 | 6 | 42 | 105 | 112 | 0.20 | 1926 | 496 |
| 9 มิ.ย.64 | | | | | | | |
| Songkhla 1 | 6 | 35 | 97 | 104 | 0.17 | 1602 | 339 |
| TVsu 1221 | 6 | 34 | 94 | 101 | 0.32 | 1278 | 521 |
| TVsu 89 | 6 | 32 | 77 | 84 | 0.35 | 551 | 256 |
| SK1-15 | 6 | 35 | 96 | 103 | 0.21 | 2027 | 535 |
| 9 ก.ค.64 | | | | | | | |
| Songkhla 1 | 6 | 33 | 94 | 101 | 0.15 | 1240 | 239 |
| TVsu 1221 | 6 | 32 | 92 | 99 | 0.30 | 881 | 338 |
| TVsu 89 | 6 | 30 | 75 | 82 | 0.34 | 371 | 167 |
| SK1-15 | 6 | 34 | 93 | 100 | 0.18 | 1530 | 359 |
| 9 ส.ค.64 | | | | | | | |
| Songkhla 1 | 6 | 38 | 99 | 106 | 0.14 | 1023 | 186 |
| TVsu 1221 | 6 | 37 | 97 | 104 | 0.29 | 640 | 238 |
| TVsu 89 | 6 | 35 | 80 | 87 | 0.33 | 252 | 109 |
| SK1-15 | 6 | 39 | 98 | 105 | 0.17 | 1252 | 275 |
| 9 ก.ย.64 | | | | | | | |
| Songkhla 1 | 6 | 38 | 103 | 110 | 0.15 | 1278 | 242 |
| TVsu 1221 | 6 | 37 | 101 | 108 | 0.32 | 716 | 288 |
| TVsu 89 | 6 | 35 | 81 | 81 | 0.36 | 257 | 122 |
| SK1-15 | 6 | 38 | 103 | 103 | 0.19 | 1600 | 379 |
| 9 ต.ค.64 | | | | | | | |
| Songkhla 1 | 6 | 39 | 105 | 112 | 0.19 | 1958 | 481 |
| TVsu 1221 | 6 | 38 | 103 | 110 | 0.39 | 1283 | 634 |
| TVsu 89 | 6 | 36 | 86 | 93 | 0.40 | 471 | 248 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| | | | | | | | |
|------------|---|----|-----|-----|------|------|------|
| SK1-15 | 6 | 39 | 105 | 112 | 0.24 | 2481 | 755 |
| 9 พ.ย. 64 | | | | | | | |
| Songkhla 1 | 6 | 42 | 107 | 114 | 0.16 | 2744 | 567 |
| TVsu 1221 | 6 | 41 | 105 | 112 | 0.34 | 1805 | 775 |
| TVsu 89 | 6 | 39 | 87 | 94 | 0.38 | 678 | 340 |
| SK1-15 | 6 | 43 | 107 | 114 | 0.20 | 3379 | 843 |
| 9 ธ.ค.64 | | | | | | | |
| Songkhla 1 | 7 | 42 | 108 | 115 | 0.17 | 2909 | 614 |
| TVsu 1221 | 7 | 41 | 105 | 112 | 0.33 | 2042 | 859 |
| TVsu 89 | 7 | 39 | 87 | 94 | 0.37 | 808 | 397 |
| SK1-15 | 7 | 42 | 107 | 114 | 0.20 | 3619 | 918 |
| 9 ม.ค. 65 | | | | | | | |
| Songkhla 1 | 6 | 42 | 110 | 117 | 0.17 | 3017 | 647 |
| TVsu 1221 | 6 | 41 | 107 | 114 | 0.32 | 2247 | 906 |
| TVsu 89 | 6 | 38 | 88 | 95 | 0.36 | 882 | 414 |
| SK1-15 | 6 | 42 | 110 | 117 | 0.20 | 3750 | 962 |
| 9 ก.พ. 65 | | | | | | | |
| Songkhla 1 | 6 | 42 | 115 | 122 | 0.17 | 3286 | 726 |
| TVsu 1221 | 6 | 41 | 111 | 118 | 0.34 | 2507 | 1094 |
| TVsu 89 | 6 | 38 | 91 | 98 | 0.39 | 1012 | 497 |
| SK1-15 | 6 | 43 | 114 | 121 | 0.22 | 4064 | 1121 |
| 9 มี.ค. 65 | | | | | | | |
| Songkhla 1 | 6 | 44 | 119 | 126 | 0.19 | 3593 | 857 |
| TVsu 1221 | 6 | 43 | 114 | 121 | 0.35 | 3190 | 1440 |
| TVsu 89 | 6 | 41 | 95 | 102 | 0.37 | 1545 | 748 |
| SK1-15 | 6 | 45 | 117 | 124 | 0.23 | 4489 | 1330 |
| 9 เม.ย. 65 | | | | | | | |
| Songkhla 1 | 6 | 46 | 120 | 127 | 0.18 | 3917 | 882 |
| TVsu 1221 | 6 | 45 | 115 | 122 | 0.35 | 3560 | 1600 |
| TVsu 89 | 6 | 42 | 96 | 103 | 0.37 | 1921 | 934 |
| SK1-15 | 6 | 47 | 118 | 125 | 0.23 | 4846 | 1402 |
| 9 พ.ค. 65 | | | | | | | |
| Songkhla 1 | 6 | 46 | 118 | 125 | 0.18 | 3912 | 895 |
| TVsu 1221 | 6 | 45 | 113 | 120 | 0.34 | 3493 | 1523 |
| TVsu 89 | 6 | 42 | 96 | 103 | 0.36 | 1868 | 877 |
| SK1-15 | 6 | 46 | 116 | 123 | 0.22 | 4913 | 1410 |
| 9 มิ.ย. 65 | | | | | | | |
| Songkhla 1 | 6 | 45 | 114 | 121 | 0.19 | 3922 | 956 |
| TVsu 1221 | 6 | 43 | 111 | 118 | 0.35 | 3413 | 1542 |
| TVsu 89 | 6 | 41 | 93 | 100 | 0.38 | 1786 | 891 |
| SK1-15 | 6 | 45 | 113 | 120 | 0.23 | 4870 | 1427 |
| 9 ก.ค. 65 | | | | | | | |
| Songkhla 1 | 6 | 45 | 111 | 118 | 0.19 | 3761 | 923 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| | | | | | | | |
|------------|---|----|-----|-----|------|------|------|
| TVsu 1221 | 6 | 44 | 109 | 116 | 0.34 | 3312 | 1422 |
| TVsu 89 | 6 | 41 | 91 | 98 | 0.36 | 1682 | 798 |
| SK1-15 | 6 | 45 | 111 | 118 | 0.23 | 4643 | 1346 |
| 9 ส.ค. 65 | | | | | | | |
| Songkhla 1 | 6 | 44 | 108 | 115 | 0.18 | 3251 | 757 |
| TVsu 1221 | 6 | 42 | 105 | 112 | 0.34 | 2667 | 1147 |
| TVsu 89 | 6 | 40 | 88 | 95 | 0.37 | 1218 | 591 |
| SK1-15 | 6 | 44 | 107 | 114 | 0.21 | 4039 | 1097 |
| 9 ก.ย. 65 | | | | | | | |
| Songkhla 1 | 6 | 42 | 106 | 113 | 0.18 | 2814 | 632 |
| TVsu 1221 | 6 | 41 | 104 | 111 | 0.33 | 2156 | 909 |
| TVsu 89 | 6 | 39 | 93 | 93 | 0.37 | 922 | 449 |
| SK1-15 | 6 | 43 | 112 | 112 | 0.21 | 3456 | 909 |
| 9 ต.ค. 65 | | | | | | | |
| Songkhla 1 | 6 | 40 | 105 | 112 | 0.17 | 2299 | 487 |
| TVsu 1221 | 6 | 39 | 103 | 110 | 0.33 | 1557 | 663 |
| TVsu 89 | 6 | 37 | 84 | 91 | 0.36 | 608 | 289 |
| SK1-15 | 6 | 41 | 105 | 112 | 0.20 | 2895 | 728 |
| 9 พ.ย. 65 | | | | | | | |
| Songkhla 1 | 6 | 40 | 105 | 112 | 0.17 | 2161 | 472 |
| TVsu 1221 | 6 | 40 | 102 | 109 | 0.35 | 1463 | 648 |
| TVsu 89 | 6 | 37 | 85 | 92 | 0.39 | 577 | 297 |
| SK1-15 | 6 | 41 | 104 | 111 | 0.21 | 2714 | 726 |
| 9 ธ.ค. 65 | | | | | | | |
| Songkhla 1 | 6 | 41 | 105 | 112 | 0.17 | 2382 | 515 |
| TVsu 1221 | 6 | 40 | 102 | 109 | 0.33 | 1598 | 682 |
| TVsu 89 | 6 | 37 | 84 | 91 | 0.37 | 581 | 282 |
| SK1-15 | 6 | 41 | 104 | 111 | 0.21 | 3041 | 799 |
| 9 ม.ค. 66 | | | | | | | |
| Songkhla 1 | 6 | 41 | 112 | 119 | 0.15 | 3350 | 640 |
| TVsu 1221 | 6 | 40 | 109 | 116 | 0.32 | 2034 | 822 |
| TVsu 89 | 6 | 37 | 87 | 94 | 0.37 | 741 | 362 |
| SK1-15 | 6 | 41 | 111 | 118 | 0.18 | 4115 | 962 |
| 9 ก.พ. 66 | | | | | | | |
| Songkhla 1 | 6 | 41 | 121 | 131 | 0.18 | 3346 | 781 |
| TVsu 1221 | 6 | 40 | 117 | 124 | 0.38 | 2568 | 1256 |
| TVsu 89 | 6 | 37 | 95 | 102 | 0.39 | 1102 | 571 |
| SK1-15 | 6 | 41 | 120 | 127 | 0.24 | 4231 | 1275 |
| 9 มี.ค. 66 | | | | | | | |
| Songkhla 1 | 6 | 48 | 129 | 136 | 0.19 | 3607 | 859 |
| TVsu 1221 | 6 | 47 | 123 | 130 | 0.36 | 3610 | 1669 |
| TVsu 89 | 6 | 44 | 103 | 110 | 0.38 | 2135 | 1060 |
| SK1-15 | 6 | 49 | 126 | 133 | 0.24 | 4509 | 1360 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สวชนไวสำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| | | | | | | | |
|------------|---|----|-----|-----|------|------|------|
| 9 เม.ย. 66 | | | | | | | |
| Songkhla 1 | 6 | 49 | 128 | 135 | 0.20 | 3452 | 866 |
| TVsu 1221 | 6 | 48 | 123 | 130 | 0.36 | 3724 | 1737 |
| TVsu 89 | 6 | 45 | 104 | 111 | 0.38 | 2377 | 1204 |
| SK1-15 | 6 | 50 | 126 | 133 | 0.24 | 4416 | 1362 |
| 9 พ.ค. 66 | | | | | | | |
| Songkhla 1 | 6 | 49 | 124 | 131 | 0.14 | 3664 | 638 |
| TVsu 1221 | 6 | 39 | 120 | 127 | 0.31 | 3614 | 1435 |
| TVsu 89 | 6 | 45 | 101 | 108 | 0.36 | 2320 | 1112 |
| SK1-15 | 6 | 50 | 123 | 130 | 0.17 | 4524 | 1012 |
| 9 มี.ย. 66 | | | | | | | |
| Songkhla 1 | 6 | 47 | 120 | 127 | 0.19 | 3780 | 932 |
| TVsu 1221 | 6 | 46 | 117 | 124 | 0.35 | 3611 | 1605 |
| TVsu 89 | 6 | 43 | 97 | 104 | 0.36 | 2097 | 1000 |
| SK1-15 | 6 | 48 | 119 | 126 | 0.23 | 4600 | 1370 |
| 9 ก.ค. 66 | | | | | | | |
| Songkhla 1 | 6 | 46 | 117 | 124 | 0.19 | 3761 | 935 |
| TVsu 1221 | 6 | 45 | 115 | 122 | 0.35 | 3245 | 1444 |
| TVsu 89 | 6 | 42 | 95 | 102 | 0.38 | 1621 | 807 |
| SK1-15 | 6 | 47 | 117 | 124 | 0.23 | 4660 | 1382 |
| 9 ส.ค. 66 | | | | | | | |
| Songkhla 1 | 6 | 46 | 113 | 120 | 0.20 | 3570 | 925 |
| TVsu 1221 | 6 | 44 | 111 | 118 | 0.36 | 3237 | 1503 |
| TVsu 89 | 6 | 42 | 93 | 100 | 0.38 | 1753 | 869 |
| SK1-15 | 6 | 46 | 113 | 120 | 0.25 | 4429 | 1390 |
| 9 มี.ค. 64 | | | | | | | |
| Songkhla 1 | 6 | 46 | 113 | 120 | 0.16 | 2062 | 412 |
| TVsu 1221 | 6 | 45 | 111 | 115 | 0.29 | 1806 | 668 |
| TVsu 89 | 6 | 42 | 91 | 98 | 0.32 | 969 | 415 |
| SK1-15 | 6 | 47 | 111 | 118 | 0.20 | 2546 | 617 |
| 9 มี.ค. 64 | | | | | | | |
| Songkhla 1 | 6 | 42 | 109 | 116 | 0.16 | 1609 | 332 |
| TVsu 1221 | 6 | 41 | 104 | 111 | 0.30 | 1286 | 498 |
| TVsu 89 | 6 | 39 | 88 | 95 | 0.30 | 580 | 232 |
| SK1-15 | 6 | 43 | 107 | 114 | 0.21 | 1968 | 520 |
| 9 พ.ค. 64 | | | | | | | |
| Songkhla 1 | 6 | 41 | 106 | 113 | 0.17 | 1462 | 311 |
| TVsu 1221 | 6 | 40 | 102 | 109 | 0.33 | 1040 | 439 |
| TVsu 89 | 6 | 38 | 86 | 93 | 0.35 | 452 | 210 |
| SK1-15 | 6 | 42 | 105 | 112 | 0.20 | 1926 | 496 |
| 9 มี.ย.64 | | | | | | | |
| Songkhla 1 | 6 | 35 | 97 | 104 | 0.17 | 1602 | 339 |
| TVsu 1221 | 6 | 34 | 94 | 101 | 0.32 | 1278 | 521 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| | | | | | | | |
|------------|---|----|-----|-----|------|------|------|
| TVsu 89 | 6 | 32 | 77 | 84 | 0.35 | 551 | 256 |
| SK1-15 | 6 | 35 | 96 | 103 | 0.21 | 2027 | 535 |
| 9 ก.ค.64 | | | | | | | |
| Songkhla 1 | 6 | 33 | 94 | 101 | 0.15 | 1240 | 239 |
| TVsu 1221 | 6 | 32 | 92 | 99 | 0.30 | 881 | 338 |
| TVsu 89 | 6 | 30 | 75 | 82 | 0.34 | 371 | 167 |
| SK1-15 | 6 | 34 | 93 | 100 | 0.18 | 1530 | 359 |
| 9 ส.ค.64 | | | | | | | |
| Songkhla 1 | 6 | 38 | 99 | 106 | 0.14 | 1023 | 186 |
| TVsu 1221 | 6 | 37 | 97 | 104 | 0.29 | 640 | 238 |
| TVsu 89 | 6 | 35 | 80 | 87 | 0.33 | 252 | 109 |
| SK1-15 | 6 | 39 | 98 | 105 | 0.17 | 1252 | 275 |
| 9 ก.ย.64 | | | | | | | |
| Songkhla 1 | 6 | 38 | 103 | 110 | 0.15 | 1278 | 242 |
| TVsu 1221 | 6 | 37 | 101 | 108 | 0.32 | 716 | 288 |
| TVsu 89 | 6 | 35 | 81 | 81 | 0.36 | 257 | 122 |
| SK1-15 | 6 | 38 | 103 | 103 | 0.19 | 1600 | 379 |
| 9 ต.ค.64 | | | | | | | |
| Songkhla 1 | 6 | 39 | 105 | 112 | 0.19 | 1958 | 481 |
| TVsu 1221 | 6 | 38 | 103 | 110 | 0.39 | 1283 | 634 |
| TVsu 89 | 6 | 36 | 86 | 93 | 0.40 | 471 | 248 |
| SK1-15 | 6 | 39 | 105 | 112 | 0.24 | 2481 | 755 |
| 9 พ.ย. 64 | | | | | | | |
| Songkhla 1 | 6 | 42 | 107 | 114 | 0.16 | 2744 | 567 |
| TVsu 1221 | 6 | 41 | 105 | 112 | 0.34 | 1805 | 775 |
| TVsu 89 | 6 | 39 | 87 | 94 | 0.38 | 678 | 340 |
| SK1-15 | 6 | 43 | 107 | 114 | 0.20 | 3379 | 843 |
| 9 ธ.ค.64 | | | | | | | |
| Songkhla 1 | 7 | 42 | 108 | 115 | 0.17 | 2909 | 614 |
| TVsu 1221 | 7 | 41 | 105 | 112 | 0.33 | 2042 | 859 |
| TVsu 89 | 7 | 39 | 87 | 94 | 0.37 | 808 | 397 |
| SK1-15 | 7 | 42 | 107 | 114 | 0.20 | 3619 | 918 |
| 9 ม.ค. 65 | | | | | | | |
| Songkhla 1 | 6 | 42 | 110 | 117 | 0.17 | 3017 | 647 |
| TVsu 1221 | 6 | 41 | 107 | 114 | 0.32 | 2247 | 906 |
| TVsu 89 | 6 | 38 | 88 | 95 | 0.36 | 882 | 414 |
| SK1-15 | 6 | 42 | 110 | 117 | 0.20 | 3750 | 962 |
| 9 ก.พ. 65 | | | | | | | |
| Songkhla 1 | 6 | 42 | 115 | 122 | 0.17 | 3286 | 726 |
| TVsu 1221 | 6 | 41 | 111 | 118 | 0.34 | 2507 | 1094 |
| TVsu 89 | 6 | 38 | 91 | 98 | 0.39 | 1012 | 497 |
| SK1-15 | 6 | 43 | 114 | 121 | 0.22 | 4064 | 1121 |
| 9 มี.ค. 65 | | | | | | | |

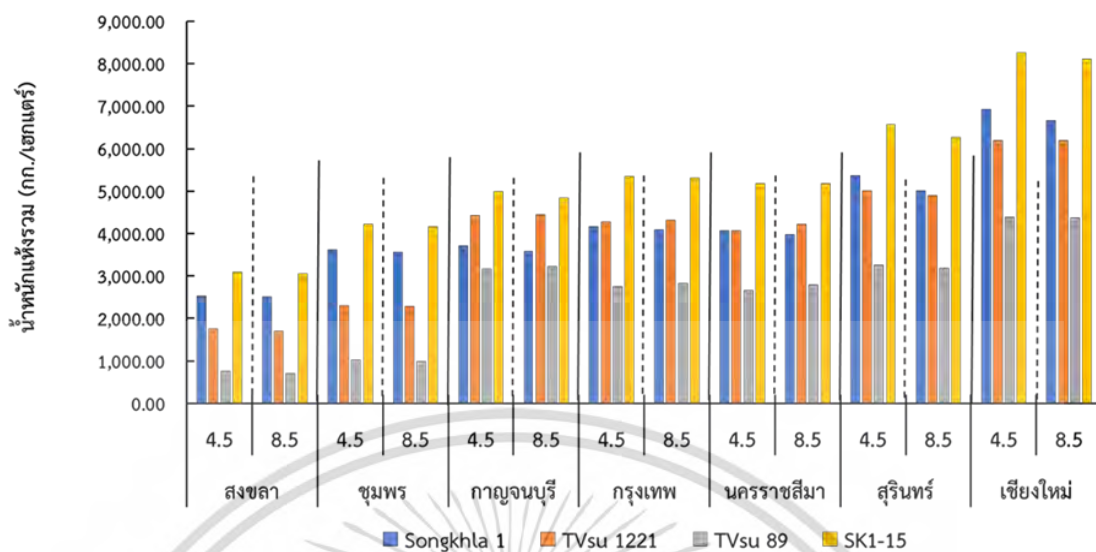
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| | | | | | | | |
|------------|---|----|-----|-----|------|------|------|
| Songkhla 1 | 6 | 44 | 119 | 126 | 0.19 | 3593 | 857 |
| TVsu 1221 | 6 | 43 | 114 | 121 | 0.35 | 3190 | 1440 |
| TVsu 89 | 6 | 41 | 95 | 102 | 0.37 | 1545 | 748 |
| SK1-15 | 6 | 45 | 117 | 124 | 0.23 | 4489 | 1330 |
| 9 เม.ย. 65 | | | | | | | |
| Songkhla 1 | 6 | 46 | 120 | 127 | 0.18 | 3917 | 882 |
| TVsu 1221 | 6 | 45 | 115 | 122 | 0.35 | 3560 | 1600 |
| TVsu 89 | 6 | 42 | 96 | 103 | 0.37 | 1921 | 934 |
| SK1-15 | 6 | 47 | 118 | 125 | 0.23 | 4846 | 1402 |
| 9 พ.ค. 65 | | | | | | | |
| Songkhla 1 | 6 | 46 | 118 | 125 | 0.18 | 3912 | 895 |
| TVsu 1221 | 6 | 45 | 113 | 120 | 0.34 | 3493 | 1523 |
| TVsu 89 | 6 | 42 | 96 | 103 | 0.36 | 1868 | 877 |
| SK1-15 | 6 | 46 | 116 | 123 | 0.22 | 4913 | 1410 |
| 9 มี.ย. 65 | | | | | | | |
| Songkhla 1 | 6 | 45 | 114 | 121 | 0.19 | 3922 | 956 |
| TVsu 1221 | 6 | 43 | 111 | 118 | 0.35 | 3413 | 1542 |
| TVsu 89 | 6 | 41 | 93 | 100 | 0.38 | 1786 | 891 |
| SK1-15 | 6 | 45 | 113 | 120 | 0.23 | 4870 | 1427 |
| 9 ก.ค. 65 | | | | | | | |
| Songkhla 1 | 6 | 45 | 111 | 118 | 0.19 | 3761 | 923 |
| TVsu 1221 | 6 | 44 | 109 | 116 | 0.34 | 3312 | 1422 |
| TVsu 89 | 6 | 41 | 91 | 98 | 0.36 | 1682 | 798 |
| SK1-15 | 6 | 45 | 111 | 118 | 0.23 | 4643 | 1346 |
| 9 ส.ค. 65 | | | | | | | |
| Songkhla 1 | 6 | 44 | 108 | 115 | 0.18 | 3251 | 757 |
| TVsu 1221 | 6 | 42 | 105 | 112 | 0.34 | 2667 | 1147 |
| TVsu 89 | 6 | 40 | 88 | 95 | 0.37 | 1218 | 591 |
| SK1-15 | 6 | 44 | 107 | 114 | 0.21 | 4039 | 1097 |
| 9 ก.ย. 65 | | | | | | | |
| Songkhla 1 | 6 | 42 | 106 | 113 | 0.18 | 2814 | 632 |
| TVsu 1221 | 6 | 41 | 104 | 111 | 0.33 | 2156 | 909 |
| TVsu 89 | 6 | 39 | 93 | 93 | 0.37 | 922 | 449 |
| SK1-15 | 6 | 43 | 112 | 112 | 0.21 | 3456 | 909 |
| 9 ต.ค. 65 | | | | | | | |
| Songkhla 1 | 6 | 40 | 105 | 112 | 0.17 | 2299 | 487 |
| TVsu 1221 | 6 | 39 | 103 | 110 | 0.33 | 1557 | 663 |
| TVsu 89 | 6 | 37 | 84 | 91 | 0.36 | 608 | 289 |
| SK1-15 | 6 | 41 | 105 | 112 | 0.20 | 2895 | 728 |
| 9 พ.ย. 65 | | | | | | | |
| Songkhla 1 | 6 | 40 | 105 | 112 | 0.17 | 2161 | 472 |
| TVsu 1221 | 6 | 40 | 102 | 109 | 0.35 | 1463 | 648 |
| TVsu 89 | 6 | 37 | 85 | 92 | 0.39 | 577 | 297 |

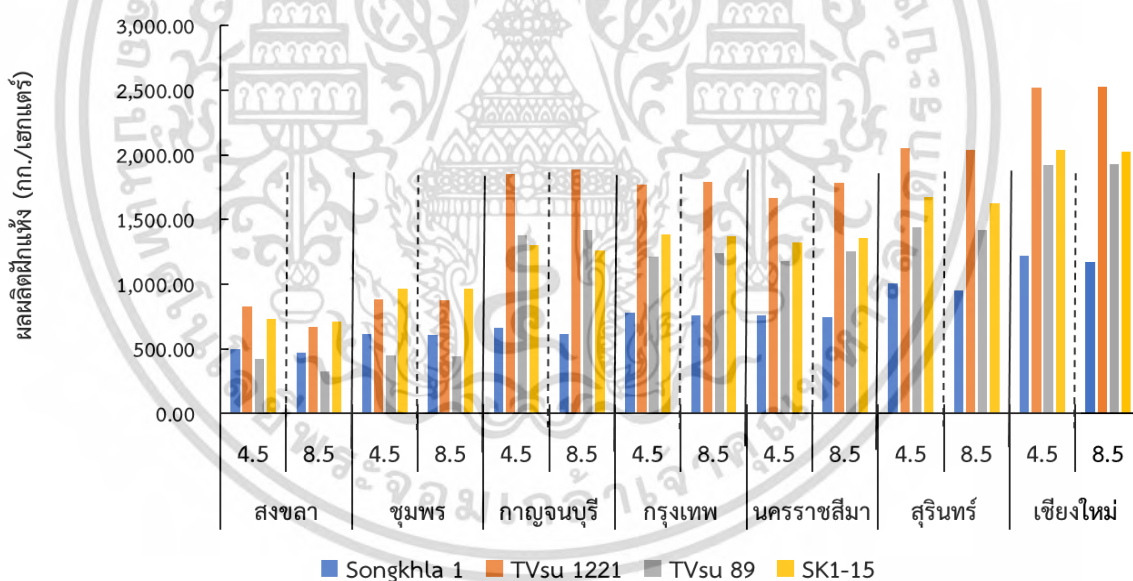
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| | | | | | | | |
|------------|---|----|-----|-----|------|------|------|
| SK1-15 | 6 | 41 | 104 | 111 | 0.21 | 2714 | 726 |
| 9 ธ.ค. 65 | | | | | | | |
| Songkhla 1 | 6 | 41 | 105 | 112 | 0.17 | 2382 | 515 |
| TVsu 1221 | 6 | 40 | 102 | 109 | 0.33 | 1598 | 682 |
| TVsu 89 | 6 | 37 | 84 | 91 | 0.37 | 581 | 282 |
| SK1-15 | 6 | 41 | 104 | 111 | 0.21 | 3041 | 799 |
| 9 ม.ค. 66 | | | | | | | |
| Songkhla 1 | 6 | 41 | 112 | 119 | 0.15 | 3350 | 640 |
| TVsu 1221 | 6 | 40 | 109 | 116 | 0.32 | 2034 | 822 |
| TVsu 89 | 6 | 37 | 87 | 94 | 0.37 | 741 | 362 |
| SK1-15 | 6 | 41 | 111 | 118 | 0.18 | 4115 | 962 |
| 9 ก.พ. 66 | | | | | | | |
| Songkhla 1 | 6 | 41 | 121 | 131 | 0.18 | 3346 | 781 |
| TVsu 1221 | 6 | 40 | 117 | 124 | 0.38 | 2568 | 1256 |
| TVsu 89 | 6 | 37 | 95 | 102 | 0.39 | 1102 | 571 |
| SK1-15 | 6 | 41 | 120 | 127 | 0.24 | 4231 | 1275 |
| 9 มี.ค. 66 | | | | | | | |
| Songkhla 1 | 6 | 48 | 129 | 136 | 0.19 | 3607 | 859 |
| TVsu 1221 | 6 | 47 | 123 | 130 | 0.36 | 3610 | 1669 |
| TVsu 89 | 6 | 44 | 103 | 110 | 0.38 | 2135 | 1060 |
| SK1-15 | 6 | 49 | 126 | 133 | 0.24 | 4509 | 1360 |
| 9 เม.ย. 66 | | | | | | | |
| Songkhla 1 | 6 | 49 | 128 | 135 | 0.20 | 3452 | 866 |
| TVsu 1221 | 6 | 48 | 123 | 130 | 0.36 | 3724 | 1737 |
| TVsu 89 | 6 | 45 | 104 | 111 | 0.38 | 2377 | 1204 |
| SK1-15 | 6 | 50 | 126 | 133 | 0.24 | 4416 | 1362 |
| 9 พ.ค. 66 | | | | | | | |
| Songkhla 1 | 6 | 49 | 124 | 131 | 0.14 | 3664 | 638 |
| TVsu 1221 | 6 | 39 | 120 | 127 | 0.31 | 3614 | 1435 |
| TVsu 89 | 6 | 45 | 101 | 108 | 0.36 | 2320 | 1112 |
| SK1-15 | 6 | 50 | 123 | 130 | 0.17 | 4524 | 1012 |
| 9 มิ.ย. 66 | | | | | | | |
| Songkhla 1 | 6 | 47 | 120 | 127 | 0.19 | 3780 | 932 |
| TVsu 1221 | 6 | 46 | 117 | 124 | 0.35 | 3611 | 1605 |
| TVsu 89 | 6 | 43 | 97 | 104 | 0.36 | 2097 | 1000 |
| SK1-15 | 6 | 48 | 119 | 126 | 0.23 | 4600 | 1370 |
| 9 ก.ค. 66 | | | | | | | |
| Songkhla 1 | 6 | 46 | 117 | 124 | 0.19 | 3761 | 935 |
| TVsu 1221 | 6 | 45 | 115 | 122 | 0.35 | 3245 | 1444 |
| TVsu 89 | 6 | 42 | 95 | 102 | 0.38 | 1621 | 807 |
| SK1-15 | 6 | 47 | 117 | 124 | 0.23 | 4660 | 1382 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

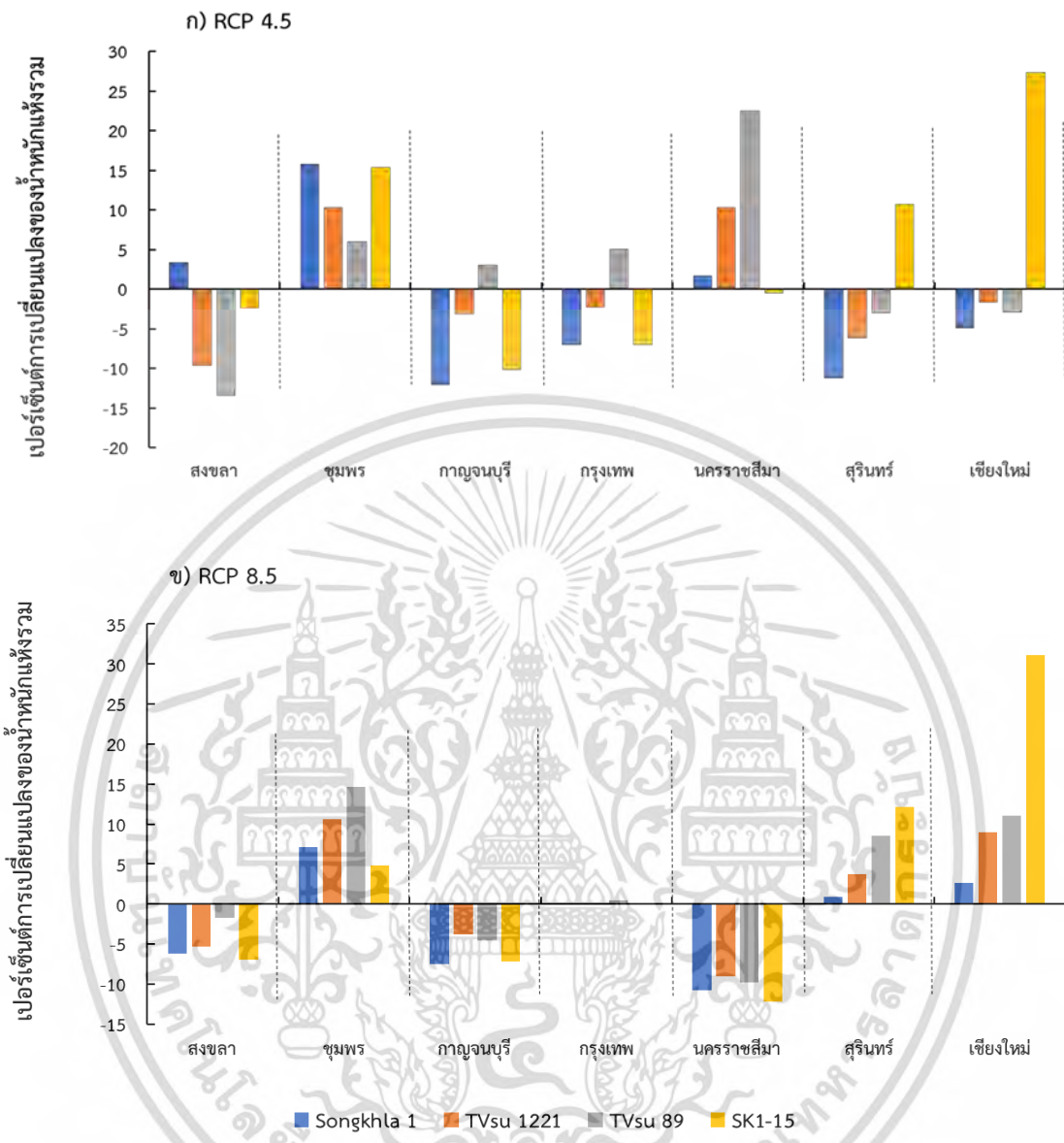


ภาพผนวกที่ 1 ผลการทำนายน้ำหนักรวมเฉลี่ยจาก 30 ปี (2021-2052) และจาก 3 วันปลูกในแต่ละสถานที่ภายใต้สถานการณ์ RCP 4.5 และ 8.5



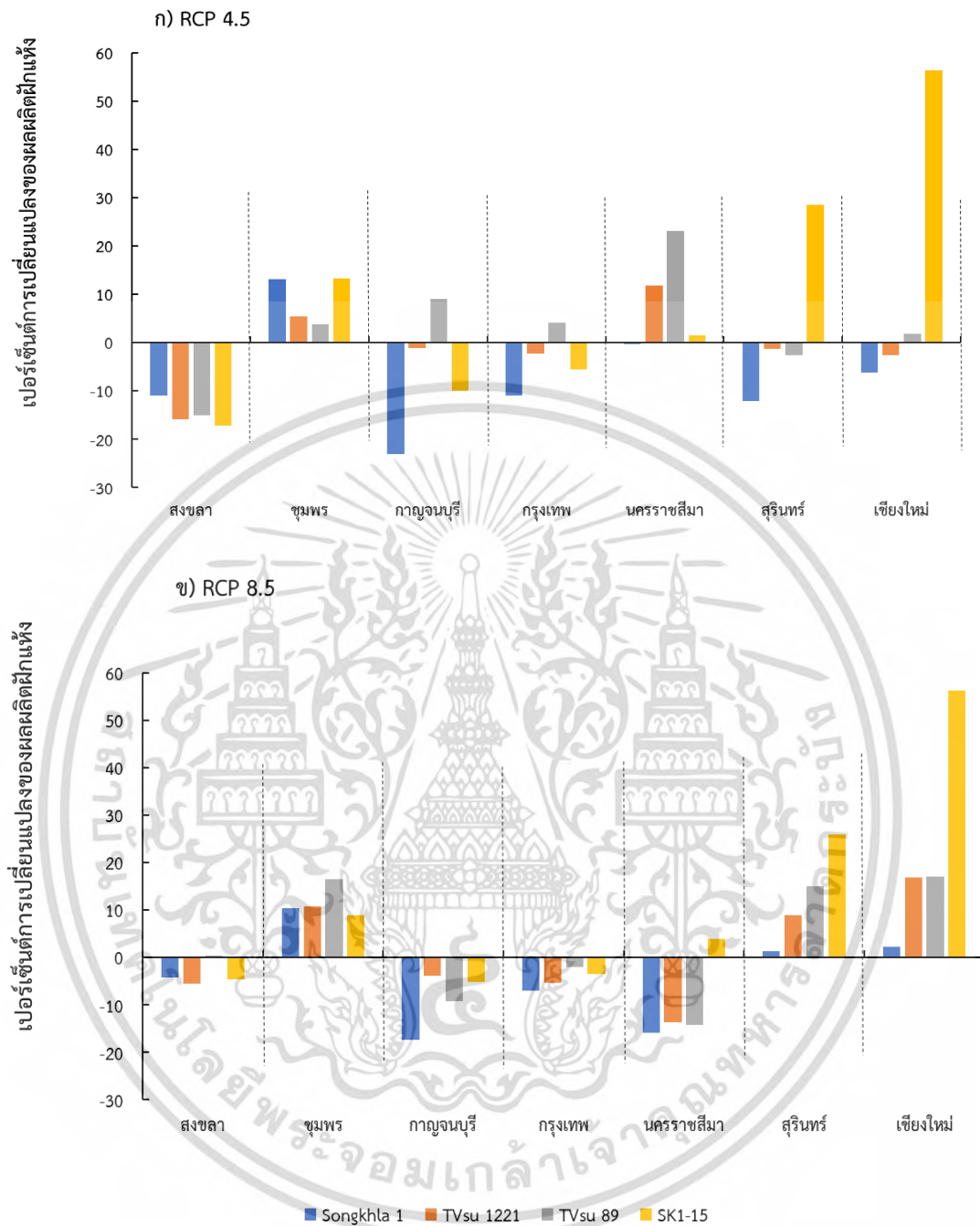
ภาพผนวกที่ 2 ผลการทำนายผลผลิตฝักแห้งเฉลี่ยจาก 30 ปี (2021-2052) และจาก 3 วันปลูกในแต่ละสถานที่ภายใต้สถานการณ์ RCP 4.5 และ 8.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพผนวกที่ 3 ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักแห้งรวมจากข้อมูล 30 ปีจาก 3 วันปลูกที่ได้จากการจำลองในสถานการณ์แบบ สำหรับ ก) RCP 4.5 และ ข) RCP 8.5 ของถั่วหรั่ง 4 พันธุ์ ใน 7 สถานที่ปลูก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพผนวกที่ 4 ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงผลผลิตฝักแห้งจากข้อมูล 30 ปีจาก 3 วันปลูกที่ได้จากการจำลองในสถานการณ์แบบ สำหรับ ก) RCP 4.5 และ ข) RCP 8.5 ของถั่วหรั่ง 4 พันธุ์ ใน 7 สถานที่ปลูก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพผนวกที่ 5 ลักษณะต้น ฝัก เมล็ด สีเยื่อหุ้มเมล็ดของถั่วหรั่งพันธุ์สงขลา 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพผนวกที่ 6 ลักษณะต้น ฝัก เมล็ด สีเยื่อหุ้มเมล็ดของถั่วเหลืองสายพันธุ์ TVsu 1221

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



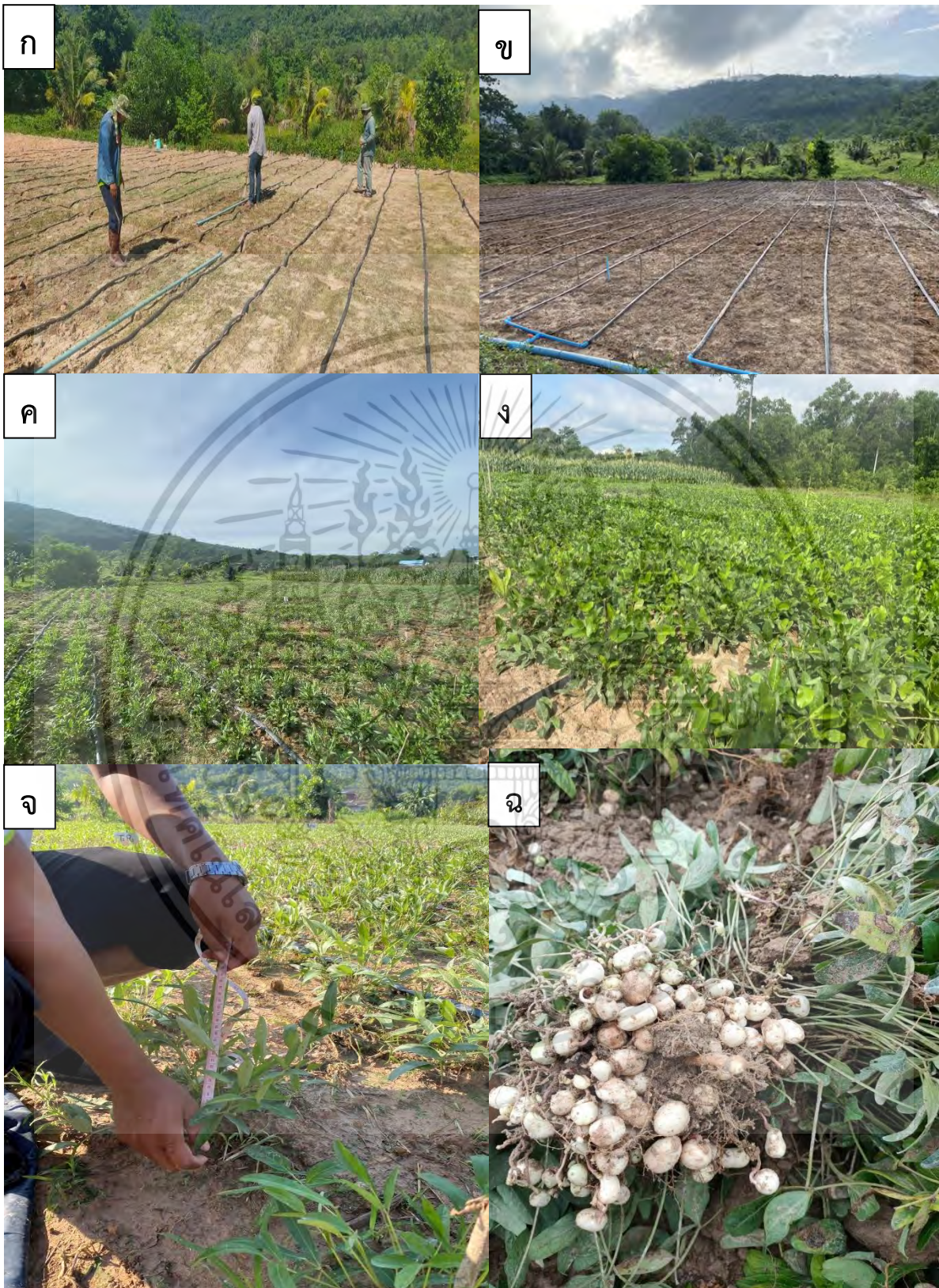
ภาพผนวกที่ 7 ลักษณะต้น ฝัก เมล็ด สีเยื่อหุ้มเมล็ดของถั่วหรั่งสายพันธุ์ TVsu 89

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพผนวกที่ 8 ลักษณะต้น ฝัก เมล็ด สีเยื่อหุ้มเมล็ดของถั่วหรั่งสายพันธุ์ SK1-15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพผนวกที่ 9 การเตรียมแปลงปลูกถั่วหรั่ง (ก-ข) และการเก็บข้อมูลในแปลง (ค-ฉ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพผนวกที่ 10 การเตรียมวัสดุ (ก-ข) การเพาะเมล็ด (ค-จ) และ การเก็บข้อมูลต้น (ฉ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

- ชื่อ – นามสกุล : นางสาวสายสุรีย์ วงศ์วิชัยวัฒน์
 วัน เดือน ปีเกิด : วันที่ 21 เมษายน พ.ศ. 2527
 ที่อยู่ปัจจุบัน : 97/270 เมอร์ลินทาวเวอร์ 1 ซอยจันทน์ 16 แยก 18 ถนนจันทน์ แขวงทุ่งวัด
 ดอน เขตสาทร กรุงเทพฯ 10120
- สถานที่ทำงาน : ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรสงขลา กรมวิชาการเกษตร
 โทรศัพท์ : 08-8790-9320
- การศึกษา : พ.ศ. 2542 สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนนนทรีวิทยา
 จังหวัดกรุงเทพฯ
 พ.ศ. 2544 สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนสีคิ้ว-สวัสดิ์
 ผดุงวิทยา อำเภอสีคิ้ว จังหวัดนครราชสีมา
 พ.ศ. 2550 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี วิทยาศาสตร์บัณฑิต (พืชไร่)
 คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้า
 คุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ
 พ.ศ. 2552 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาโท วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต
 (พืชไร่) คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอม
 เกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ
 พ.ศ. 2564 ถึงปัจจุบัน กำลังศึกษาระดับปริญญาเอก ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต
 (เกษตรศาสตร์และการจัดการทรัพยากร) คณะเทคโนโลยีการเกษตร
 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง,
 กรุงเทพฯ
- ผลงานการวิจัย : **Wongwichaiwat, S., Chotechung, S., Anothai, J. and Phakamas, N.**
 (2023). Growth and yield performance of Bambara groundnut
 advanced line and introduced accessions grown in the rainy
 season in the South of Thailand. *International Journal of
 Agricultural Technology* 19(3):1391-1406.
- : **Wongwichaiwat, S., Chotechung, S., Kinnaret, P., Kaewtaphan, P.,**
 Anothai, J. and Phakamas, N. (2024). Influence of seed moisture
 content on seed quality of Bambara groundnut (*Vigna
 subterranean* L. Verdc). *International Journal of Agricultural
 Technology* 20(2):867-876.
- ทุนการศึกษาที่ได้รับ : โครงการปริญญาเอกเฉลิมพระเกียรติทรงครองราชย์ 70 ปี ประจำปี 2564
 โดย สำนักวิจัยการเกษตร(องค์การมหาชน) เลขสัญญาทุน HRD6401087

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้