ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (พฤกษศาสตร์)

ปริญญา

พฤกษศาสตร์ | พฤกษศาสตร์

สาขา | **ภาควิชา**

เรื่อง ผลของฤดูปลูกและอุณหภูมิต่อลักษณะทางสรีรวิทยาและการเติบโตของถั่วเหลืองสายพันธุ์ดี

Effects of Sowing Dates and Temperature on Physiological Characteristics and Growth of Elite Soybean Lines

นามผู้วิจัย นางสาววิภาพรรณ ชนะภักดิ์

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก .....

(รองศาสตราจารย์ลิลลี่ กาวีต๊ะ, Ph.D.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม .....

(รองศาสตราจารย์มาลี ณ นคร, Ph.D.)

หัวหน้าภาควิชา .....

(รองศาสตราจารย์สรัญญา วัชโรทัย, Dr.rer.nat.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

.....

(รองศาสตราจารย์กัญจนา ธีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ ..... **เดือน** ..... **พ.ศ.** .....

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

ผลของฤดูปลูกและอุณหภูมิต่อลักษณะทางสรีรวิทยาและการเติบโตของถั่วเหลืองสายพันธุ์ดี

Effects of Sowing Dates and Temperature on Physiological Characteristics and Growth of Elite Soybean Lines

โดย

นางสาววิภาพรรณ ชนะภักดิ์

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (พฤกษศาสตร์)

พ.ศ. 2554

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิภาพรรณ ชนะภักดิ์ 2554: ผลของฤดูปลูกและอุณหภูมิต่อลักษณะทางสรีรวิทยาและการเติบโตของถั่วเหลืองสายพันธุ์ดี ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (พฤกษศาสตร์) สาขาวิชาพฤกษศาสตร์ ภาควิชาพฤกษศาสตร์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: รองศาสตราจารย์ลิลลี่ กาวีต๊ะ, Ph.D. 115 หน้า

การศึกษามีวัตถุประสงค์ เพื่อทราบถึงปัจจัยสภาพแวดล้อมของฤดูปลูกและอุณหภูมิที่มีผลต่อการเติบโตพัฒนาการ และการให้ผลผลิตของถั่วเหลืองสายพันธุ์ดีของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ อีกทั้งทราบถึงลักษณะทางสรีรวิทยาที่มีความสัมพันธ์กับการให้ผลผลิต โดยปลูกสายพันธุ์ที่คัดเลือกได้จากโครงการปรับปรุงพันธุ์ถั่วเหลืองและถั่วเขียวแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จำนวน 7 สายพันธุ์ได้แก่ KUSL 3802-1, KUSL 3802-4, KUSL 3802-6, KUSL 20004, NS 1 4-6, NS 1 1-12 และ ST 2 34-1 และพันธุ์แนะนำจำนวน 3 พันธุ์ ได้แก่ ST 2, CM 60 และ Chakkrabhandhu 1 รวม 10 สายพันธุ์ วางแผนการทดลองแบบบล็อคสุ่มสมบูรณ์ มี 3 ซ้ำ ใน 2 ฤดูปลูก คือปลายฤดูฝน (กรกฎาคม 2552) และฤดูแล้ง (ธันวาคม 2552) ณ แปลงทดลองมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม พบว่า ถั่วเหลืองมีการเติบโต ลักษณะทางสรีรวิทยา ผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตแตกต่างกัน ในแต่ละสายพันธุ์และฤดูปลูก การปลูกถั่วเหลืองในปลายฤดูฝนพบว่ามีผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตมากกว่าฤดูแล้ง และการศึกษาความสัมพันธ์ของน้ำหนักเมล็ดต่อต้นกับการเติบโต ลักษณะทางสรีรวิทยาและองค์ประกอบผลผลิตทั้งการปลูกในปลายฤดูฝนและฤดูแล้ง พบว่า ลักษณะที่มีความสัมพันธ์ทางบวกกับน้ำหนักเมล็ดต่อต้น ได้แก่ น้ำหนักแห้งรวมต่อต้น ดัชนีพื้นที่ใบที่ระยะเริ่มติดฝัก (R3) จำนวนฝักต่อต้นและจำนวนเมล็ดต่อต้น นอกจากนี้การวิเคราะห์โดยวิธี Stepwise regression analysis พบว่า ลักษณะหลักที่สัมพันธ์กับน้ำหนักเมล็ดต่อต้นทั้งการปลูกในปลายฤดูฝนและฤดูแล้ง ได้แก่ ดัชนีพื้นที่ใบที่ระยะเริ่มติดฝัก (R3) จำนวนเมล็ดต่อต้นและน้ำหนัก 100 เมล็ด ดังนั้นจึงสามารถใช้ลักษณะดังกล่าวเป็นเกณฑ์ในการคัดเลือกถั่วเหลืองสายพันธุ์ดีที่ให้ผลผลิตสูงได้ ถั่วเหลืองสายพันธุ์คัดเลือกที่ให้ผลผลิตสูงได้แก่ NS 1 4-6 และ KUSL 3802-1 และจากการศึกษาผลของอุณหภูมิต่อลักษณะทางสรีรวิทยาภายใต้สภาพการควบคุมสภาพแวดล้อม พบว่า ถั่วเหลืองแต่ละสายพันธุ์มีลักษณะทางสรีรวิทยาแตกต่างกันเมื่อได้รับอุณหภูมิสูง โดยเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น (38/26 องศาเซลเซียส กลางวัน/กลางคืน) ส่งผลให้ปริมาณ malondialdehyde (MDA) ในใบถั่วเหลือง ที่ระยะ V5 และระยะดอกแรกบาน (R1) ปริมาณคลอโรฟิลล์ที่ระยะ V5 และขนาดปากใบที่ระยะ V5 และระยะดอกแรกบาน (R1) เพิ่มขึ้น ดังนั้นอุณหภูมิจึงเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่มีอิทธิพลต่อลักษณะทางสรีรวิทยาของถั่วเหลือง ถั่วเหลืองสายพันธุ์ที่ทนทานต่ออุณหภูมิสูงได้แก่ KUSL 3802-6, KUSL 20004, NS 1 1-12 และ CM 60

_____ _____ _____ /_____ /_____

ลายมือชื่อนิสิต ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Wipapan Chanapug 2011: Effects of Sowing Dates and Temperature on Physiological Characteristics and Growth of Elite Soybean Lines. Master of Science (Botany), Major Field: Botany, Department of Botany. Thesis Advisor: Associate Professor Lily Kaveeta, Ph.D. 115 pages.

The objective of this study was to determine for the effects of the environmental factors of the sowing date and temperature on growth, development and yield of elite soybean lines and to understand the physiological characteristics that are related with yield. Seven soybean elite lines from the Soybean and Mungbean Breeding Project of Kasetsart University *i.e.,* KUSL 3802-1, KUSL 3802-4, KUSL 3802-6, KUSL 20004, NS 1 4-6, NS 1 1-12 and ST 2 34-1 and 3 recommended varieties *i.e.,* ST 2, CM 60 and Chakkrabhandhu 1 were planted in randomized complete block (RCB) with 3 replications during the rainy season (July 2009) and the dry season (December 2009). The experiment were conducted at Kasetsart University Kamphaengsaen campus, Nakornphathom province. The results showed that there were differences in growth, physiological characteristics, yield and yield components among elite lines and sowing dates. Soybean planting in the late rainy season showed higher yield and yield components than in the dry season. The relationship between seed weight per plant to growth, physiological characteristics and yield component in the late rainy season and dry season were investigated. It was found that total dry weight per plant, leaf area index at R3, number of pods per plant and number of seeds per plant were positive correlated with seed yield in both sowing dates. Stepwise regression analysis showed that leaf area index at R3, numbers of seed per plant and 100 seed weight were yield determinants. Therefore, the physiological characteristics and yield components to be used as selection criteria to increase productivity. Among the elite lines, NS 1 4-6 and KUSL 3802-1 gave higher yield in both sowing dates than other lines. The effect of temperatures on physiological characteristics was also investigated under growth chamber conditions. The results showed that there were differences in physiological characteristics among elite lines. Under higher temperatures of 38/26 ^{0}C day/night result in increased malondialdehyde (MDA) content in leaf at V5 and R1; chlorophyll content at V5 and stomatal size at V5 and R1. Therefore, temperature is another factor influencing the physiological characteristics of soybean. Elite soybean lines exhibited tolerant to high temperatures were KUSL 3802-6, KUSL 20004, NS 1 1-12 and CM 60.

_____ _____ _____ /_____ /_____

Student's signature Thesis Advisor's signature

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.ลิลลี่ กาวีต๊ะ ประธานกรรมการที่ให้คำแนะนำ ปรึกษาในการศึกษาวิจัย ตลอดจนตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์นี้จนสำเร็จสมบูรณ์ ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.มาลี ณ นคร กรรมการที่ปรึกษาร่วม รองศาสตราจารย์ ดร. คณพล จุฑามณี ประธานการสอบวิทยานิพนธ์ และ ดร.ประพันธ์ ประเสริฐศักดิ์ ผู้ทรงคุณวุฒิที่กรุณาให้คำแนะนำตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์ให้ถูกต้องสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบคุณสถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ผ่านชุดโครงการวิจัยการประเมินศักยภาพถั่วเหลืองสายพันธุ์ดีเด่นในพื้นที่ภาคกลางที่ให้การสนับสนุนเรื่องทุนวิจัย ขอขอบคุณ คุณอรรถพล รุกขพันธ์ คุณชัยณรงค์ แสงผา และคุณหล่ำ ชินวงศ์ท้วม ที่กรุณาให้การช่วยเหลือ ประสานงานให้การวิจัยสำเร็จลุล่วง ขอบคุณเพื่อนๆ พี่ๆ และน้องๆ ภาควิชาพฤกษศาสตร์ทุกคนที่ให้ความช่วยเหลือด้วยดีตลอดมา

ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ และพี่น้องทุกคนที่ได้สนับสนุนและให้กำลังใจด้วยดีเสมอมา

วิภาพรรณ ชนะภักดิ์

เมษายน 2554

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(5)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	4
อุปกรณ์และวิธีการ	18
อุปกรณ์	18
วิธีการ	19
ผลและวิจารณ์	24
ผล	24
วิจารณ์	81
สรุป	88
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	90
ภาคผนวก	104
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	115

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ระยะพัฒนาการของถั่วเหลืองสายพันธุ์ดี เมื่อปลูกในปลายฤดูฝนและฤดูแล้ง ณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม	35
2	ความสูงวันเก็บเกี่ยวของถั่วเหลืองสายพันธุ์ดี 10 สายพันธุ์เมื่อปลูกในปลายฤดูฝนและฤดูแล้ง ณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม	39
3	จำนวนข้อต่อต้นของถั่วเหลืองสายพันธุ์ดี 10 สายพันธุ์ เมื่อปลูกในปลายฤดูฝนและฤดูแล้ง ณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม	40
4	จำนวนกิ่งแขนงต่อต้นของถั่วเหลืองสายพันธุ์ดี 10 สายพันธุ์ เมื่อปลูกในปลายฤดูฝนและฤดูแล้ง ณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม	41
5	น้ำหนักแห้งรวมทั้งต้นของถั่วเหลืองสายพันธุ์ดี 10 สายพันธุ์ เมื่อปลูกในปลายฤดูฝนและฤดูแล้ง ณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม	42
6	วันดอกบาน 50 เปอร์เซ็นต์ของถั่วเหลืองสายพันธุ์ดี 10 สายพันธุ์ เมื่อปลูกในปลายฤดูฝนและฤดูแล้ง ณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม	44
7	วันสุกแก่ของถั่วเหลืองสายพันธุ์ดี 10 สายพันธุ์ เมื่อปลูกในปลายฤดูฝนและฤดูแล้ง ณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม	45
8	ดัชนีพื้นที่ใบของถั่วเหลืองสายพันธุ์ดี 10 สายพันธุ์ เมื่อปลูกในปลายฤดูฝนและฤดูแล้ง ณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม	48
9	ปริมาณคลอโรฟิลล์ของถั่วเหลืองสายพันธุ์ดี 10 สายพันธุ์ เมื่อปลูกในปลายฤดูฝนและฤดูแล้ง ณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม	49
10	ความหนาแน่นปากใบของถั่วเหลืองสายพันธุ์ดี 10 สายพันธุ์ เมื่อปลูกในปลายฤดูฝนและฤดูแล้ง ณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม	54

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
11	ดัชนีปากใบของถั่วเหลืองสายพันธุ์ดี 10 สายพันธุ์ เมื่อปลูกในปลายฤดูฝน และฤดูแล้ง ณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม	55
12	ผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของถั่วเหลืองสายพันธุ์ดี 10 สายพันธุ์ เมื่อปลูกในปลายฤดูฝนและฤดูแล้ง ณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม	58
13	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของน้ำหนักเมล็ดต่อต้นต่อการเติบโตของถั่วเหลืองสายพันธุ์ดีเมื่อปลูกในปลายฤดูฝนและฤดูแล้ง	61
14	การวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเส้นตรงแบบขั้นบันได (Backward-Stepwise Regression) ของน้ำหนักเมล็ดต่อต้นต่อการเติบโตเมื่อปลูกในฤดูแล้ง	61
15	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของน้ำหนักเมล็ดต่อต้นต่อลักษณะทางสรีรวิทยาของถั่วเหลืองสายพันธุ์ดีเมื่อปลูกในปลายฤดูฝนและฤดูแล้ง	63
16	การวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเส้นตรงแบบขั้นบันได (Backward-Stepwise Regression) ของน้ำหนักเมล็ดต่อต้นต่อลักษณะทางสรีรวิทยาเมื่อปลูกในปลายฤดูฝน	64
17	การวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเส้นตรงแบบขั้นบันได (Backward-Stepwise Regression) ของน้ำหนักเมล็ดต่อต้นต่อลักษณะทางสรีรวิทยาเมื่อปลูกในฤดูแล้ง	64
18	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของน้ำหนักเมล็ดต่อต้นต่อองค์ประกอบผลผลิตของถั่วเหลืองสายพันธุ์ดีเมื่อปลูกในปลายฤดูฝนและฤดูแล้ง	66
19	การวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเส้นตรงแบบขั้นบันได (Backward-Stepwise Regression) ของน้ำหนักเมล็ดต่อต้นต่อองค์ประกอบผลผลิตเมื่อปลูกในปลายฤดูฝนและฤดูแล้ง	66
20	ปริมาณ MDA ของถั่วเหลืองสายพันธุ์ดีทั้ง 10 สายพันธุ์ที่ระยะ V5 เมื่อปลูกในตู้สภาพควบคุมสภาพแวดล้อม (growth chamber) ภายใต้อุณหภูมิ 3 ระดับ	70

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
21	ปริมาณ MDA ของถั่วเหลืองสายพันธุ์ดีทั้ง 10 สายพันธุ์ที่ระยะดอกแรกบาน (R1) เมื่อปลูกในตู้สภาพควบคุมสภาพแวดล้อม (growth chamber) ภายใต้อุณหภูมิ 3 ระดับ	71
22	ปริมาณคลอโรฟิลล์ ของถั่วเหลืองสายพันธุ์ดีทั้ง 10 สายพันธุ์ที่ระยะ V5 เมื่อปลูกในตู้สภาพควบคุมสภาพแวดล้อม (growth chamber) ภายใต้อุณหภูมิ 3 ระดับ	74
23	ปริมาณคลอโรฟิลล์ของถั่วเหลืองสายพันธุ์ดีทั้ง 10 สายพันธุ์ที่ระยะดอกแรกบาน (R1) เมื่อปลูกในตู้สภาพควบคุมสภาพแวดล้อม (growth chamber) ภายใต้อุณหภูมิ 3 ระดับ	75
24	ขนาดปากใบของถั่วเหลืองสายพันธุ์ดีทั้ง 10 สายพันธุ์ที่ระยะ V5 เมื่อปลูกในตู้สภาพควบคุมสภาพแวดล้อม (growth chamber) ภายใต้อุณหภูมิ 3 ระดับ	77
25	ขนาดปากใบของถั่วเหลืองสายพันธุ์ดีทั้ง 10 สายพันธุ์ที่ระยะดอกแรกบาน (R1) เมื่อปลูกในตู้สภาพควบคุมสภาพแวดล้อม (growth chamber) ภายใต้อุณหภูมิ 3 ระดับ	78
26	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของปริมาณ MDA, ปริมาณคลอโรฟิลล์และขนาดปากใบของถั่วเหลืองสายพันธุ์ดีทั้ง 10 สายพันธุ์ที่ระยะ V5 และระยะดอกแรกบาน (R1) ต่ออุณหภูมิทั้ง 3 ระดับ ภายใต้สภาพควบคุมสภาพแวดล้อม (growth chamber)	80

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ

ตารางที่		หน้า
1	ค่าความชื้นสัมพัทธ์ (เปอร์เซ็นต์) (แกนซ้าย) และปริมาณน้ำฝน (มิลลิลิตรต่อเดือน) (แกนขวา) ระหว่างการปลูกถั่วเหลืองในปลายฤดูฝนและฤดูแล้ง ณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม	24
2	ค่าอุณหภูมิสูงสุด ต่ำสุด และ เฉลี่ย (องศาเซียลเซียส) ระหว่างการปลูกถั่วเหลืองในปลายฤดูฝนและฤดูแล้ง และในรอบ 10 ปี (2543 - 2553) ณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม	26
3	ช่วงแสงธรรมชาติ (ชั่วโมง) ระหว่างการปลูกถั่วเหลืองในปลายฤดูฝนและฤดูแล้ง และในรอบ 10 ปี (2543 - 2553) ณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม	26
4	ค่าเฉลี่ยช่วงแสง (ชั่วโมง) ในแต่ละเดือนที่ละติจูด 21ºN	27
5	ระยะพัฒนาการของถั่วเหลืองสายพันธุ์ดีเมื่อปลูกในปลายฤดูฝน (ซ้าย) และฤดูแล้ง (ขวา) ณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม	31
6	ความสูงของถั่วเหลืองสายพันธุ์ดีตั้งแต่ระยะ VE – V8 เมื่อปลูกในปลายฤดูฝนและฤดูแล้ง ณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม	38
7	รูปร่างของปากใบถั่วเหลืองสายพันธุ์ดี (พื้นที่ 0.25 ตารางมิลลิเมตร กำลังขยาย 40X) เมื่อปลูกในปลายฤดูฝนและฤดูแล้ง ณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม	52

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผลของฤดูปลูกและอุณหภูมิต่อลักษณะทางสรีรวิทยาและการเติบโตของถั่วเหลืองสายพันธุ์ดี

Effects of Sowing Dates and Temperature on Physiological Characteristics and Growth of Elite Soybean Lines

คำนำ

ถั่วเหลืองเป็นพืชเศรษฐกิจชนิดหนึ่งของประเทศไทย เนื่องจากมีปริมาณโปรตีนและน้ำมันในเมล็ดสูง จึงให้ประโยชน์ในด้านโภชนาการตลอดจนการแปรรูปเป็นน้ำมันและอาหารสัตว์ ปัจจุบันมีการใช้ถั่วเหลืองเพิ่มขึ้นทุกปี แต่ผลผลิตรวมที่ได้ยังไม่เพียงพอต่อความต้องการใช้ภายในประเทศ การเพิ่มปริมาณการผลิตรวมทั้งประเทศโดยการขยายพื้นที่ปลูกเพิ่มขึ้นกระทำได้ยาก เนื่องจากมีพื้นที่ปลูกจำกัด โดยในปีพ.ศ. 2553 ประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกถั่วเหลืองทั้งสิ้น 754,530 ไร่ ได้ผลผลิตเฉลี่ยประมาณ 252 กิโลกรัมต่อไร่ ผลผลิตถั่วเหลืองทั้งประเทศประมาณ 190,016 ตัน หรือร้อยละ 12 ของความต้องการบริโภคภายในประเทศ ทำให้ในแต่ละปีต้องนำเข้าจากต่างประเทศ เพื่อตอบสนองต่อความต้องการใช้ของภาคอุตสาหกรรมมากถึงร้อยละ 90 หรือประมาณปีละ 1.57 ล้านตัน (สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร, 2553) ดังนั้นจึงจำเป็นที่ต้องหาแนวทางเพิ่มผลผลิตต่อพื้นที่ ซึ่งก็คือการปรับปรุงพันธุ์และปรับปรุงเทคโนโลยีการผลิต (เอ็จและวิจารณ์, 2534) เพื่อให้ถั่วเหลืองสามารถเติบโตได้ดีภายใต้สภาพแวดล้อมในปัจจุบัน ซึ่งมีความแปรปรวนมาก เช่น ภาวะโลกร้อน และ การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิโลก เป็นต้น สำหรับปัจจัยทางสภาพแวดล้อมที่มีความสำคัญต่อถั่วเหลืองได้แก่ ช่วงแสงและอุณหภูมิ ตลอดจนปฏิสัมพันธ์ร่วมของสองปัจจัยซึ่งมีผลต่อการเติบโต พัฒนาการและการให้ผลผลิตของถั่วเหลือง ดังนั้นการปลูกถั่วเหลืองในสิ่งแวดล้อมใดสิ่งแวดล้อมหนึ่งเพื่อให้ได้ผลผลิตสูง จึงจำเป็นต้องหาพันธุ์ที่สามารถปรับตัวได้ในสภาพแวดล้อมนั้นๆ แต่เนื่องจากพันธุ์ถั่วเหลืองในประเทศไทยยังมีข้อจำกัด คือ ต้นเตี้ย กิ่งน้อย และข้อน้อย ซึ่งเป็นลักษณะทางลำต้นที่ไม่เอื้ออำนวยต่อการให้ผลผลิตสูง จึงจำเป็นต้องมีการคัดเลือกและปรับปรุงสายพันธุ์เพื่อให้ได้สายพันธุ์ดี โดยเฉพาะอย่างยิ่งการปลูกถั่วเหลืองฤดูแล้งหลังเก็บเกี่ยวข้าวในภาคกลาง หากมีการส่งเสริมให้เกษตรกรปลูกถั่วเหลือง นอกจากเป็นการเพิ่มรายได้ให้เกษตรกรแล้วยังเป็นการใช้ที่ดินและใช้ทรัพยากรน้ำให้เกิดประโยชน์สูงสุด อีกทั้งช่วยปรับปรุงดินให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น อย่างไรก็ตามการคัดเลือกสายพันธุ์ดีให้เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมสามารถใช้ลักษณะทางสรีรวิทยาและองค์ประกอบของผลผลิตเป็นเกณฑ์ในการ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

คัดเลือกได้ ดังนั้นจึงได้ศึกษาความแปรปรวนของลักษณะทางสรีรวิทยา การเติบโต และ พัฒนาการของสายพันธุ์คัดเลือกดีเด่นในแต่ละฤดูปลูก และภายใต้สภาพอุณหภูมิสูง ซึ่งข้อมูลที่ได้จากการศึกษานี้จะเป็นประโยชน์สำหรับคัดเลือกสายพันธุ์ที่ได้รับการปรับปรุงพันธุ์ เพื่อให้ได้สายพันธุ์ถั่วเหลืองที่มีพัฒนาการที่เหมาะสมต่อสภาพแวดล้อมและให้ผลผลิตสูง โดยเฉพาะอย่างยิ่งสายพันธุ์ถั่วเหลืองที่ปลูกในภาคกลาง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วัตถุประสงค์

1. เพื่อทราบถึงปัจจัยสภาพแวดล้อมของฤดูปลูก ที่มีผลต่อการเติบโตและพัฒนาการและการให้ผลผลิตของถั่วเหลืองสายพันธุ์ดีของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2. เพื่อทราบถึงลักษณะทางสรีรวิทยา องค์ประกอบของผลผลิต ของถั่วเหลืองสายพันธุ์ดีที่มีความสัมพันธ์กับการให้ผลผลิต

3. ทราบถึงการตอบสนองของถั่วเหลืองสายพันธุ์ดีต่ออุณหภูมิ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การตรวจเอกสาร

ถั่วเหลือง *Glycine max* L. เป็นพืชวันสั้นเติบโตเพียงปีเดียว (annual plant) โดยทั่วไปมีลำต้นตั้งตรงเป็นพุ่ม ความสูงแตกต่างกันไประหว่าง 50-75 เซนติเมตร ประกอบด้วยข้อและปล้อง บนข้อเป็นที่เกิดของใบและกิ่งแขนง ใบของถั่วเหลืองประกอบด้วย ใบเลี้ยงจำนวน 2 ใบ เกิดเป็นคู่ตรงข้ามกันในระยะต้นอ่อน ต่อจากใบเลี้ยงขึ้นไปเป็นใบจริงคู่แรกซึ่งเป็นใบเดี่ยวที่เกิดตรงข้ามกันที่ข้อแรกของลำต้น ใบจริงที่เกิดขึ้นต่อมาเป็นใบประกอบ มี 3 ใบย่อย เกิดแบบสลับ มีดอกเกิดตามมุมใบหรือที่ยอดของลำต้น มีช่อดอกแบบช่อกระจะ (raceme) ดอกมีสีขาวหรือสีม่วงช่อดอกหนึ่งๆมีดอกตั้งแต่ 2-35 ดอก ฝักเกิดเป็นกลุ่ม กลุ่มละ 2-10 ฝัก มีขนสีเทาหรือสีน้ำตาลปกคลุมอยู่ทั่วไป ฝักมีความยาว 2-7 เซนติเมตร แต่ละฝักมีเมล็ด 1-5 เมล็ด ลักษณะเมล็ดมีรูปร่างกลมรีจนถึงยาว อายุเก็บเกี่ยว 75-200 วัน ขึ้นอยู่กับพันธุ์และสภาพแวดล้อม (รังสฤษดิ์, 2541)

ระยะการเติบโตของถั่วเหลือง

การเติบโตของถั่วเหลืองสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ระยะ คือ

1. ระยะการเติบโตทางลำต้น (Vegetative stage, V-stage) เป็นระยะตั้งแต่ใบเลี้ยงโผล่พ้นดิน มีใบจริงคู่แรกและใบประกอบ ซึ่งเจริญตรงข้อลำต้น การนับจำนวนข้อจะนับเฉพาะบนลำต้นหลักเท่านั้น และข้อจะต้องมีใบคลี่กางเต็มที่ ซึ่งสามารถแบ่งระยะพัฒนาการได้ดังนี้ (Fehr and Caviness, 1977)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ระยะ		รายละเอียด
VE	Emergence	ใบเลี้ยงโผล่พ้นดิน
VC	Cotyledon	ใบเลี้ยงกางออกจากกัน และใบจริงคู่แรกมีขอบใบคลี่แยกจากกัน
V1	First node	ใบประกอบใบแรกมีขอบใบคลี่แยกจากกัน
V2	Second node	มี 2 ข้อบนลำต้น ประกอบด้วยใบจริงคู่แรกและใบประกอบใบแรกที่เจริญเต็มที่ แล้วใบบนข้อถัดไปมีขอบใบคลี่แยกจากกัน
V3	Third node	มี 3 ข้อบนลำต้น ประกอบด้วยใบจริงคู่แรก และใบประกอบ 2 ใบที่เจริญเต็มที่แล้วใบบนข้อถัดไปมีขอบใบคลี่แยกออกจากกัน
Vn	n-node	มี n ข้อบนลำต้น ประกอบด้วยใบที่เจริญเต็มที่แล้วบนข้อทั้ง n ข้อ ใบบนข้อที่ n+1 มีขอบใบคลี่แยกจากกัน

2. ระยะการเติบโตทางด้านสืบพันธุ์ (Reproductive stage, R-stage) จะเป็นระยะดอกบานมีการสร้างฝักและเมล็ดจนถึงระยะสุกแก่ โดยแบ่งเป็นระยะพัฒนาการได้ดังนี้ (Fehr and Caviness, 1977)

ระยะ		รายละเอียด
R1	Beginning bloom	มีดอกบานดอกหนึ่งบนข้อใดๆก็ตามบนลำต้น
R2	Full bloom	มีดอกบานที่ข้อใดข้อหนึ่งใน 2 ข้อบนสุดของลำต้น
R3	Beginning pod	ฝักยาว 0.5 มิลลิเมตร ที่ข้อใดข้อหนึ่งใน 4 ข้อบนสุดของลำต้น
R4	Full pod	ฝักยาว 2.0 เซนติเมตร ที่ข้อใดข้อหนึ่งใน 4 ข้อบนสุดของลำต้น
R5	Beginning seed	เมล็ดยาว 3.0 มิลลิเมตร ในฝักที่ข้อใดข้อหนึ่งใน 4 ข้อบนสุดของลำต้น
R6	Full seed	เมล็ดเต็มฝักที่ข้อใดข้อหนึ่งใน 4 ข้อบนสุดของลำต้น
R7	Beginning maturity	ฝักใดฝักหนึ่งบนลำต้นเริ่มแก่
R8	Full maturity	ร้อยละ 95% ของฝักแก่แล้ว (พร้อมเก็บเกี่ยวได้ภายใน 1-2 สัปดาห์)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

นอกจากนี้ยังสามารถจำแนกถั่วเหลืองตามลักษณะการเติบโตได้เป็น 2 กลุ่ม (อภิพรรณ, 2546) คือ

1) ถั่วเหลืองที่มีการเติบโตแบบทอดยอด (indeterminate) โดยถั่วเหลืองยังมีการเติบโตทางลำต้นในขณะที่มีการสร้างดอก ดังนั้นในขณะที่มีพัฒนาการของดอกและการติดฝักในระยะแรกพืชก็ยังมีการเติบโตทางลำต้นอยู่ มีการสร้างดอกไม่พร้อมกัน โดยมีระยะการออกดอกและดอกบานตั้งแต่ข้อล่างและทยอยบานขึ้นข้างบน ดอกเกิดจากตาข้าง (axillary bud) เท่านั้น หลังจากพืชสิ้นสุดการออกดอก การเติบโตทางลำต้นจะสิ้นสุดเช่นกัน

2) ถั่วเหลืองที่มีการเติบโตแบบไม่ทอดยอด (determinate) โดยถั่วเหลืองมีการเติบโตทางลำต้นที่ยาวนานแต่สิ้นสุดลงเมื่อถั่วเหลืองออกดอก ซึ่งดอกเกิดจากตายอด (apical bud) และตาข้าง (axillary bud) การออกดอกจะเกิดพร้อมกันทั้งต้นเป็นเวลา 1-2 วัน หลังจากที่ถั่วเหลืองออกดอกแล้วจะหยุดการเติบโตทางลำต้น โดยถั่วเหลืองจะมีพัฒนาการทางด้านสืบพันธุ์ สร้างฝัก และเมล็ดต่อไป

การเติบโตและพัฒนาการของถั่วเหลือง

1. การเติบโตและพัฒนาการทางลำต้น

การเติบโตทางลำต้น เริ่มตั้งแต่ถั่วเหลืองเริ่มงอก ใบเลี้ยงโผล่พ้นดิน สร้างราก ลำต้น ใบ และสิ้นสุดเมื่อถั่วเหลืองสร้างส่วนสืบพันธุ์ การงอกของถั่วเหลืองเป็นแบบที่ชูใบเลี้ยงขึ้นมาเหนือดิน (epigeal germination) โดยใบเลี้ยงโผล่พ้นดินในเวลา 4-7 วันภายหลังปลูก ถ้าปัจจัยที่จำเป็นสำหรับการงอกนั้นเหมาะสม ใบเลี้ยงที่เจริญพ้นผิวดินขึ้นมาแล้วจะเปลี่ยนเป็นสีเขียวสามารถทำหน้าที่สังเคราะห์แสงได้บ้าง แต่หน้าที่สำคัญของใบเลี้ยงคือ เป็นแหล่งอาหารสำหรับการเจริญของต้นอ่อน จนกว่าต้นอ่อนนั้นตั้งตัว และมีใบจริงเกิดขึ้น หลังจากนั้นใบเลี้ยงจึงเปลี่ยนเป็นสีเหลือง และร่วงหล่นในที่สุด (เฉลิมพล, 2547) การเติบโตทางลำต้นใช้เวลานานประมาณ 4-5 สัปดาห์ สำหรับถั่วเหลืองที่ปลูกในประเทศไทย การเติบโตในระยะนี้ขึ้นอยู่กับอิทธิพลของสภาพแวดล้อม ช่วงการเติบโตและพัฒนาการทางลำต้นนี้มีความสำคัญเป็นอย่างยิ่ง เพราะระยะดังกล่าวพืชสังเคราะห์แสงและนำอาหาร (photosynthate) มาใช้เพื่อสร้างใบ กิ่งก้าน ตลอดจนสะสมไว้เพื่อสร้างดอก ฝัก และเมล็ดต่อไป ความสูงของพืช ขึ้นอยู่กับการเติบโตในระยะนี้และขึ้นกับสภาพแวดล้อมด้วย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การเติบโตในระยะก่อนออกดอกยิ่งนานจะมีการสร้างอาหารสะสมได้มาก (อภิพรรณ, 2546) อภิพรรณและคณะ (2530) รายงานว่า หากถั่วเหลืองมีการเติบโตทางลำต้นก่อนออกดอกนานผลผลิต จำนวนฝักต่อต้น และจำนวนเมล็ดต่อฝักก็ยิ่งเพิ่มมากขึ้น นอกจากนี้การที่ถั่วเหลืองมีการเติบโตก่อนระยะออกดอกนาน ยังทำให้เปอร์เซนต์การร่วงของดอกและฝักลดลง ซึ่งจากรายงานของหฤษฎี (2534) พบว่าการเติบโตทางลำต้นที่ยาวนานต่างกันส่งผลถึงผลผลิต โดยถั่วเหลืองพันธุ์ สจ.4 เมื่อปลูกในเดือนพฤษภาคมพบว่ามีการเติบโตทางลำต้นยาวนาน 42 วันก่อนการออกดอกให้ผลผลิตถึง 20.96 กรัมต่อต้น ซึ่งให้ผลผลิตมากกว่า สจ.4 ที่ปลูกในเดือนธันวาคมที่มีการเติบโตทางลำต้น 36.5 วันโดยให้ผลผลิตเพียง 7.45 กรัมต่อต้น กล่าวคือการมีระยะการเติบโตทางลำต้นยาวนานย่อมมีการสร้างใบและสะสมอาหารสำรองไว้มาก เมื่อถึงระยะพัฒนาการของฝักและเมล็ด จึงมีการสะสมน้ำหนักแห้งในเมล็ดมาก ส่งผลให้มีผลผลิตสูงขึ้น

2. การเติบโตและพัฒนาการทางด้านสืบพันธุ์

หลังจากที่ถั่วเหลืองมีการพัฒนาทางลำต้นได้ระยะหนึ่งตามลักษณะทางพันธุกรรม และเมื่อได้รับอิทธิพลจากสภาพแวดล้อมต่างๆ เช่น ช่วงแสง อุณหภูมิที่เหมาะสม ถั่วเหลืองจึงออกดอก ในการออกดอกนั้นดอกพัฒนาจากตาข้าง แต่ละตาข้างมีการสร้างกลุ่มของดอก (flower cluster) ซึ่งมีดอก 2-35 ดอกต่อกลุ่มและดอกเหล่านี้หลุดร่วงไปถึงร้อยละ 65-75 (Martin *et al*., 2006) พัฒนาการของดอกถั่วเหลืองเริ่มจากตาข้างที่มีเนื่อเยื่อที่พัฒนาไปเป็นลำต้นและปุ่มกำเนิดใบ (leaf primordia) เปลี่ยนไปเป็นเนื่อเยื่อปุ่มกำเนิดดอก (floral primordia) โดยสร้างสารชนิดหนึ่งเพื่อกระตุ้นการออกดอก เรียกว่าฟลอริเจน (florigen) โดยต้องได้รับสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมบางประการ เช่น อุณหภูมิหรือความยาวของวัน (day length) หรือแม้กระทั่งความเครียดน้ำ (water stress) ที่เหมาะสม ทั้งนี้ขึ้นกับชนิดของพืช ฟลอริเจนถูกสร้างที่ใบ แล้วส่งไปยังตาข้าง เพื่อให้พัฒนาเป็นตาดอกต่อไป การกำเนิดดอก (floral initiation) ในถั่วเหลืองแตกต่างกันไปตามชนิดพันธุ์

กระบวนการออกดอกมี 3 ขั้นตอน (ลิลลี่และคณะ, 2552) คือ

1. ระยะ induction หมายถึง ระยะที่พืชได้รับสัญญาณกระตุ้นการเปลี่ยนแปลงของพัฒนาการ ส่งผลให้เนื้อเยื่อเจริญปลายยอดจดจำหรือรับรู้ที่จะสร้างปุ่มกำเนิดดอก (floral primordia) แทนการสร้างปุ่มกำเนิดใบ (leaf primordia)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2. ระยะ evocation เกิดการเปลี่ยนแปลงของกระบวนการทางสรีรวิทยาและชีวเคมีของพืช ที่เนื้อเยื่อเจริญปลายยอด ส่งผลให้ปลายยอดรับรู้จดจำ และสร้างปุ่มกำเนิดดอก (floral primordia) แทนการสร้างปุ่มกำเนิดใบ (leaf primordia)

3. ระยะ floral development หมายถึง กระบวนการสร้างส่วนประกอบของดอกหลังจากที่มีการเปลี่ยนแปลงเป็นดอกแล้ว โดยพืชจะเริ่มสร้างส่วนประกอบของดอก คือ กลีบเลี้ยง กลีบดอก เกสรตัวผู้ และเกสรตัวเมีย ตามลำดับ

ถั่วเหลืองถึงแม้เป็นพืชผสมตัวเอง แต่ก็มีการผสมข้ามไม่เกินร้อยละ 1 (Carlson, 1973) ภายหลังที่มีการผสมเกสรเกิดขึ้นแล้ว จากนั้นถั่วเหลืองจึงสร้างฝักและเมล็ดขึ้น ฝักเติบโตพร้อมๆกับเมล็ดภายในฝักที่ได้รับการผสม ซึ่งมีการสะสมน้ำหนักแห้งขึ้นเรื่อยๆ อัตราการเติบโตของฝักและเมล็ดนั้นจะช้ามากในระยะ 2-3 วันแรก และต่อไปมีอัตราการเติบโตเร็วขึ้น น้ำหนักแห้งที่สะสมในเมล็ดมาจากการสังเคราะห์แสงของใบถั่วเหลืองในระยะการเติบโตหลังการออกดอกเป็นส่วนใหญ่ น้ำหนักแห้งที่สร้างขึ้นในระยะนี้เกิดจากการเคลื่อนย้ายอาหารเข้ามาสะสมไว้ในเมล็ดในรูปของโปรตีน น้ำมัน และแป้ง ดังนั้นในระยะนี้ถั่วเหลืองจึงต้องการน้ำและแสงที่พอเหมาะ เพื่อสามารถสังเคราะห์แสงให้ได้มากที่สุด ระยะเวลาที่เมล็ดสะสมน้ำหนักแห้งเป็นระยะที่มีความสำคัญอย่างยิ่ง อัตราการสะสมน้ำหนักแห้งในเมล็ดจะสูงสุดและคงที่อยู่ระยะหนึ่ง เมื่อถั่วเหลืองสะสมน้ำหนักแห้งในเมล็ดได้สูงสุด จึงเริ่มสุกแก่ จุดที่น้ำหนักแห้งมีปริมาณสูงสุดเรียกว่า จุดสุกแก่ทางสรีระ ซึ่งถั่วเหลืองจะไม่เพิ่มน้ำหนักเมล็ดอีกต่อไป (เฉลิมพล, 2547)

ปัจจัยที่มีผลต่อการเติบโตและพัฒนาการของถั่วเหลือง

1. ช่วงแสง

ถั่วเหลืองเป็นพืชวันสั้น ช่วงแสงเป็นตัวกำหนดความยาวนานของระยะการเติบโตก่อนการออกดอก และกำหนดวันออกดอกในถั่วเหลืองควบคู่กันไป โดยช่วงแสงยาวทำให้ระยะการเติบโตก่อนการออกดอกนานขึ้น ส่งผลให้ความสูงและจำนวนข้อเพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับช่วงแสงสั้น (Câmara *et al*., 1997) Han *et al*. (2006) รายงานว่าการให้ช่วงแสงยาวที่ระยะออกดอก ระยะติดฝัก และระยะเมล็ดสะสมน้ำหนักแห้ง ช่วยส่งเสริมการเติบโตทางลำต้นแต่ยับยั้งการเติบโตด้านการสืบพันธุ์ในสายพันธุ์ที่ไวต่อช่วงแสง ส่วน Zhang *et al*. (2001) ศึกษาผลของช่วงแสงต่อการเจริญของตาดอก พบว่าช่วงแสงสั้นระหว่างที่มีการพัฒนาของตาดอกจะเร่งการออกดอกให้ออกดอกเร็วขึ้นและเมื่อย้ายถั่วเหลืองในระยะกำเนิดตาดอกไปอยู่ในสภาพที่ช่วงแสง 16 ชั่วโมงพบว่ายับยั้ง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การเกิดดอกในสายพันธุ์อายุยาว (late-maturity) เนื่องจากสายพันธุ์อายุยาวไวต่อช่วงแสงมากกว่าสายพันธุ์อายุสั้น (early-maturity)

การที่ถั่วเหลืองแต่ละสายพันธุ์ตอบสนองต่อช่วงแสงแตกต่างกันออกไป เนื่องจากในแต่ละสายพันธุ์มีช่วงแสงวิกฤตแตกต่างกัน Hartwig (1954) ทดลองปลูกถั่วเหลืองพันธุ์ปักกิ่งในพื้นที่ 3 แห่ง คือ ประเทศเปอร์โตริโกมีช่วงแสง 12 ชั่วโมง ถั่วเหลืองออกดอกหลังปลูก 30 วัน เมืองสโตนวิลล์ มลรัฐมิซซิสซิปปี้ มีช่วงแสง 13 ชั่วโมง ถั่วเหลืองออกดอกหลังปลูก 30 วัน และกรุงวอชิงตันดีซีมีช่วงแสง 16 ชั่วโมง ถั่วเหลืองออกดอกหลังปลูก 55 วัน ดังนั้นถั่วเหลืองพันธุ์ปักกิ่งจึงมีช่วงแสงวิกฤตอยู่ระหว่าง 13-16 ชั่วโมง เพราะเมื่อช่วงแสงลดลงจาก 13 เป็น 12 ชั่วโมง ก็ไม่ทำให้วันออกดอกแตกต่างกัน

ระยะการออกดอกนั้นมีความสำคัญต่อผลผลิตของถั่วเหลือง เนื่องจากระยะกำเนิดดอกจะเป็นตัวกำหนดความยาวนานของระยะการเติบโตทางลำต้น เมื่อมีการเติบโตทางลำต้นยาวนานย่อมทำให้มีการสะสมน้ำหนักแห้งมาก ส่งผลต่อระยะการเติบโตทางด้านสืบพันธุ์โดยทำให้การสร้างผลผลิตสูงตามไปด้วย สาคร (2540) พบว่า วันออกดอก 50 เปอร์เซ็นต์มีความสำคัญต่อการเติบโตมาก กล่าวคือ ถ้าถั่วเหลืองมีวันออกดอกที่เหมาะสมโดยไม่ออกดอกในระยะที่สั้นหรือยาวเกินไป จะมีเวลาในการเติบโตทางลำต้นเพียงพอ มีดัชนีพื้นที่ใบสูง การรับแสงมากขึ้น ทำให้สะสมอาหารได้มากพอสำหรับการแข่งขันในการเติบโตทางลำต้น การสร้างฝักและเมล็ด โดยวันปลูกและฤดูปลูกที่แตกต่างกัน ส่งผลให้ช่วงแสงแตกต่างกันด้วย อดิศักดิ์ (2535) รายงานว่าการปลูกถั่วเหลือง 3 พันธุ์คือ พันธุ์ NS 1, สจ.4 และพันธุ์ KUSL 20004 ปลูกใน 3 ฤดู คือ ต้นฤดูฝน ปลายฤดูฝน และฤดูแล้ง ถั่วเหลืองให้จำนวนฝักต่อต้นและผลผลิตสูงที่สุดเมื่อปลูกในต้นฤดูฝน และลดลงตามลำดับเมื่อปลูกในปลายฤดูฝนและฤดูแล้ง อาจเนื่องมาจากต้นฤดูฝนมีช่วงแสงที่ยาวกว่า มีความชื้นในดินและในอากาศมากกว่า ทำให้ถั่วเหลืองสามารถสร้างอาหารได้มากจึงสามารถผลิตเมล็ดได้มากขึ้น การปลูกในฤดูแล้งทำให้ถั่วเหลืองมีอายุสุกแก่เร็วขึ้น ขนาดของเมล็ดมีความแปรปรวนไปจากการปลูกในต้นฤดูฝนและปลายฤดูฝนแต่ไม่แตกต่างทางสถิติ และ Egli and Bruening (2000) รายงานว่าเมื่อปลูกถั่วเหลืองในช่วงปลายเดือนพฤษภาคมพบว่าผลผลิตต่ำกว่าการปลูกในช่วงต้นเดือนพฤษภาคมเนื่องจากในช่วงปลายเดือนพฤษภาคมมีช่วงแสงสั้น ส่งผลให้ถั่วเหลืองออกดอกเร็วและมีระยะการเติบโตทางลำต้นสั้น ส่งผลให้ต้นถั่วเหลืองเตี้ย มีข้อน้อยและเมื่อถึงระยะสะสมน้ำหนักแห้งพบว่าถั่วเหลืองมีการสะสมน้ำหนักแห้งน้อยลง ทำให้การเคลื่อนย้ายสารอาหารไปที่ฝักลดลง ส่งผลให้ผลผลิตลดลง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ช่วงแสงส่งผลในระยะการเติบโตหลังการออกดอกเช่นกัน เนื่องจากระยะนี้ถั่วเหลืองไวต่อช่วงแสงมากโดยช่วงนี้จะสิ้นสุดลงประมาณระยะเริ่มติดเมล็ด (R5) (Kantolic and Slafer, 2007) และ Kantolic and Slafer (2001, 2005) รายงานว่าการให้ช่วงแสงยาวหลังออกดอกพบว่าส่งผลให้เพิ่มระยะหลังออกดอกและผลผลิต ส่วน Zhang *et al*. (2001) รายงานว่าทั้งช่วงแสงและพันธุกรรมต่างมีผลต่อพัฒนาการของดอก ซึ่ง Kantolic and Slafer (2001) ทดลองให้ช่วงแสงเพิ่มขึ้น 2 ชั่วโมงแก่ถั่วเหลืองพันธุ์ทอดยอดในระยะเริ่มติดฝัก (R3) ถึงระยะเมล็ดเต็มฝัก (R6) ปรากฏว่าช่วยส่งเสริมการเกิดข้อและเพิ่มข้อดอก

2. อุณหภูมิ

อุณหภูมิของอากาศ และของดินมีบทบาทสำคัญต่อการเติบโต พัฒนาการ กระบวนการตรึงไนโตรเจน คุณภาพของเมล็ด ปริมาณโปรตีน น้ำมัน และการเข้าทำลายของโรคและแมลง อุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการงอกของเมล็ดอยู่ที่ 20 – 25 องศาเซลเซียส (Liu *et al*., 2008) Abel (1970) รายงานว่า เมื่อปลูกถั่วเหลืองในช่วงอุณหภูมิระหว่าง 10-13 องศาเซลเซียส เมล็ดจะงอกภายในเวลา 20 วัน แต่ถ้าปลูกที่อุณหภูมิระหว่าง 26-32 องศาเซลเซียส เมล็ดจะงอกภายในเวลา 5 วัน และ Gibson and Mullen (1996) รายงานว่าต้นถั่วเหลืองที่ได้รับอุณหภูมิกลางวันสูง (35 องศาเซลเซียส) และอุณหภูมิกลางคืนสูง (30 องศาเซลเซียส) ในช่วงสะสมน้ำหนักแห้งจนกระทั่งถึงระยะสุกแก่ส่งผลให้เมล็ดที่ได้มีการงอกต่ำและต้นกล้าผิดปกติ สอดคล้องกับ Egli *et al*. (2005) รายงานว่าต้นถั่วเหลืองที่ได้รับอุณหภูมิสูงในช่วงเมล็ดสะสมน้ำหนักแห้งส่งผลให้เมล็ดที่ได้มีการงอกของเมล็ดลดลง

อุณหภูมิมีบทบาทสำคัญต่อพัฒนาการทางด้านลำต้นของถั่วเหลือง การเติบโตและกิจกรรมของกระบวนการต่างๆภายในต้นเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นจากประมาณ 10 องศาเซลเซียสเป็นต้นไป จนถึงอุณหภูมิที่เหมาะสม โดยอุณหภูมิต่ำส่งผลให้พัฒนาการช้าลง อุณหภูมิสูงยิ่งเร่งอัตราการเติบโตและพัฒนาการ (เฉลิมพล, 2547) สอดคล้องกับ Fei *et al.* (2009) รายงานว่าอุณหภูมิสูงส่งผลให้ระยะเวลาตั้งแต่ถั่วเหลืองงอกจนกระทั่งออกดอกสั้นลง

อุณหภูมิมีอิทธิพลต่อระยะการออกดอก เมื่ออุณหภูมิต่ำถั่วเหลืองออกดอกช้าลง แต่เมื่ออุณหภูมิสูงการออกดอกจะเร็วขึ้น Hatfield and Egli (1974) รายงานว่าถั่วเหลืองจะออกดอกประมาณ 20 วันหลังงอก เมื่อมีอุณหภูมิระหว่างการเติบโตเป็น 30 องศาเซลเซียส และจะออกดอกช้าลงเป็น 30 วันหลังงอก เมื่ออุณหภูมิระหว่างการเติบโตเป็น 20 องศาเซลเซียส Thomas and Raper

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

(1981) รายงานว่าอุณหภูมิต่ำ (อุณหภูมิกลางวัน 18 องศาเซลเซียสและอุณหภูมิกลางคืน 24 องศาเซลเซียส) ทำให้ดอกไม่พัฒนา ส่งผลให้ฝักมีรูปร่างผิดปกติ การเกิดดอกและพัฒนาฝักอย่างปกติเกิดเมื่ออุณหภูมิกลางคืนอยู่ที่ 26 องศาเซลเซียส โดยที่อุณหภูมิกลางวันไม่มีผลต่อการพัฒนา ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Huxley and Summerfield (1974) ที่กล่าวว่าอุณหภูมิที่มีผลต่อการออกดอกของถั่วเหลืองได้แก่ อุณหภูมิตอนกลางคืน อุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับสร้างปุ่มกำเนิดดอก (flower primordia) เท่ากับ 24 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการออกดอกแตกต่างกันไปตามพันธุ์ด้วย

ในช่วงการพัฒนาดอก พืชตระกูลถั่วมีการตอบสนองต่ออุณหภูมิสูงโดยมีผลต่อการเกิดฝักและการสร้างเมล็ด (Monterroso and Wien, 1990; Konsens *et al*., 1991; Gross and Kigel, 1994) Gross and Kigel (1994) พบว่าการติดฝักต่ำสุดเมื่อตาดอกได้รับอุณหภูมิสูง (อุณหภูมิกลางวัน 32 องศาเซลเซียสและอุณหภูมิกลางคืน 27 องศาเซลเซียส) 6-12 วันก่อนระยะออกดอกและที่ระยะออกดอก Kitano *et al*. (2006) ทดลองให้อุณหภูมิสูง (อุณหภูมิกลางวัน 40 องศาเซลเซียสและอุณหภูมิกลางคืน 27 องศาเซลเซียส) 1-7 วันก่อนระยะออกดอกพบว่า ช่วยส่งเสริมการเติบโตด้านลำต้นและเพิ่มอัตราการติดฝัก ในขณะที่ขนาดเมล็ดลดลง และที่อุณหภูมิสูงเป็นเวลา 8-14 วันก่อนระยะออกดอกช่วยเพิ่มจำนวนตาดอก แต่อัตราการติดฝักลดลงเนื่องจากอยู่ในระยะการสร้างละอองเรณู โดยอุณหภูมิสูงส่งผลให้การพัฒนาของละอองเรณูลดลง (Prasad *et al*., 2002, 2003) Mann and Jaworski (1970) พบว่าที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียสการติดฝักลดลงร้อยละ 57-71 Baker *et al.* (1989) รายงานว่าถั่วเหลืองเมื่อปลูกที่อุณหภูมิ 36/29 องศาเซลเซียส (กลางวัน/กลางคืน) มีจำนวนเมล็ดน้อยกว่าที่อุณหภูมิ 26/19 องศาเซลเซียส (กลางวัน/กลางคืน) สำหรับ Gibson and Mullen (1996) รายงานว่าจำนวนเมล็ดต่อฝักน้อยลงเมื่ออุณหภูมิกลางวันเพิ่มจาก 30 เป็น 35 องศาเซลเซียส Seddigh and Jolliff (1984) รายงานว่าอุณหภูมิกลางคืนสูงส่งผลให้ผลผลิตลดลง โดยอุณหภูมิที่สูงกว่า 28/18 องศาเซลเซียส (กลางวัน/กลางคืน) ส่งผลให้จำนวนเมล็ดต่อฝักและผลผลิตเมล็ดลดลง สอดคล้องกับ Thomas *et al*. (2010) รายงานว่าอุณหภูมิที่สูงกว่า 28/18 องศาเซลเซียส (กลางวัน/กลางคืน) ส่งผลให้ระยะพัฒนาการหลังการออกการดอกช้าลง การสร้างเมล็ดช้าลง อัตราการเติบโตของเมล็ดช้าลง และขนาดเมล็ดลดลง โดยขนาดเมล็ดใหญ่ที่สุดที่อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส ส่วนจำนวนฝักต่อต้นมากที่สุดที่อุณหภูมิ 30/14 องศาเซลเซียส (กลางวัน/กลางคืน) และ 26/14 องศาเซลเซียส (กลางวัน/กลางคืน) (Thomas and Raper, 1981) ส่วนในประเทศสหรัฐอเมริกาพบว่าอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นทุกๆ 1 องศาเซลเซียสส่งผลให้ผลผลิตถั่วเหลืองลดลงร้อยละ 17 (Lobell and Asner, 2003)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ลักษณะทางสรีรวิทยาและผลผลิตของถั่วเหลือง

ผลของอุณหภูมิและแสงต่อลักษณะและกระบวนการทางสรีรวิทยา

ปัจจัยที่สำคัญต่อลักษณะและกระบวนการทางสรีรวิทยาของพืชคือ อุณหภูมิและแสง ซึ่งปัจจัยดังกล่าวแปรผันไปตามสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน ดังนั้นเมื่ออุณหภูมิและแสงเปลี่ยนแปลงไปจึงส่งผลให้ลักษณะและกระบวนการทางสรีรวิทยาเปลี่ยนแปลงไปด้วย

1. ปริมาณคลอโรฟิลล์

อุณหภูมิสูงมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของไทลาคอยด์ (Weis and Berry, 1988) จึงมีผลต่อคลอโรฟิลล์เนื่องจากผนังของไทลาคอยด์เป็นที่อยู่ของคลอโรฟิลล์และรงควัตถุอื่นๆ Wentworth *et al*. (2006) พบว่าถั่วแขกที่ได้รับอุณหภูมิสูง อัตราส่วนคลอโรฟิลล์เอต่อคลอโรฟิลล์บีเพิ่มขึ้นและปริมาณคลอโรฟิลล์ลดลง โดยอุณหภูมิสูงลดการสังเคราะห์ปริมาณคลอโรฟิลล์และส่งผลให้คลอโรฟิลล์ถูกทำลายมากขึ้น (Tewari and Tripathy, 1998) การที่คลอโรฟิลล์ถูกทำลายเป็นผลมาจากเยื่อหุ้มเซลล์ถูกทำลาย (Ristic *et al*., 2007) อีกทั้งแสงยังมีผลต่อคลอโรพลาสต์ Burkey and Wells (1991) ทดลองลดจำนวนต้นถั่วเหลืองจาก 15 ต้น เป็น 3 ต้นต่อตารางเมตรพบว่าใบถั่วเหลืองมีการสังเคราะห์แสงมากที่สุดและมีกิจกรรมการขนส่งคลอโรพลาสต์เพิ่มขึ้น เนื่องจากแสงมีผลต่อองค์ประกอบของเยื่อหุ้มไทลาคอยด์ของคลอโรพลาสต์ Fritschi and Ray (2007) พบว่าใบถั่วเหลืองที่ถูกแสงแดดมีปริมาณคลอโรฟิลล์น้อยกว่าและมีอัตราส่วนของคลอโรฟิลล์เอต่อคลอโรฟิลล์บีมากกว่าใบถั่วเหลืองในที่ร่ม Egli (1997) รายงานว่าในระยะเมล็ดสะสมน้ำหนักแห้งใบถั่วเหลืองในที่ร่มมีปริมาณคลอโรฟิลล์ลดลงช้ากว่าใบถั่วเหลืองปกติ การเพิ่มปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบเป็นกลไกหนึ่งในการปรับตัวของพืชเมื่ออยู่ในสภาพที่ได้รับความเข้มแสงน้อยลง เพื่อให้สามารถดูดซับและนำพลังงานแสงที่ได้รับมาใช้ประโยชน์มากขึ้น (Hale and Orcutt, 1987) โดยคลอโรพลาสต์ของใบในที่ร่มมีการพัฒนาคือ มีคลอโรพลาสต์สูง และมีไทลาคอยด์ต่อกรานุมมาก (Anderson, 1986) ตรงข้ามกับการทดลองของ Odeleye *et al*. (2001) พบว่า ใบถั่วเหลืองมีปริมาณคลอโรฟิลล์ลดลงเมื่อใบได้รับแสงน้อย โดยอุณหภูมิและความเข้มแสงนั้นมีความสัมพันธ์กัน โดยที่อุณหภูมิสูง (28 องศาเซลเซียส) เกิดการสะสมของคลอโรฟิลล์เร็ว ภายใต้ทุกความเข้มแสงและอุณหภูมิต่ำ (16 องศาเซลเซียส) โดยเฉพาะเมื่อร่วมกับความเข้มแสงสูง (3000-4500 ft-C) สามารถยับยั้งการสะสมของคลอโรฟิลล์และแคโรทีนอยด์ (McWilliam and Naylor, 1967)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2. ปากใบ

จำนวนปากใบขึ้นกับลักษณะทางพันธุกรรม สภาพแวดล้อมและปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างพันธุกรรมกับสภาพแวดล้อม (Bozoglu and Karayel, 2006) ในถั่วเหลืองจำนวนปากใบของผิวใบด้านบน (upper epidermis) เฉลี่ย 130 ปากใบต่อตารางมิลลิเมตร ส่วนผิวใบด้านล่าง (lower epidermis) มีจำนวนปากใบเฉลี่ย 316 ปากใบต่อตารางมิลลิเมตร (Ciha and Brun, 1975) ความหนาแน่นของปากใบทั้งสองด้านและดัชนีปากใบ (stomatal index) เพิ่มขึ้นเมื่อความเข้มแสงเพิ่มขึ้น (Ciha and Brun, 1975; Lake *et al*., 2002) โดยปากใบของผิวใบด้านล่างของพืชส่วนใหญ่ไวต่อแสงมากกว่าปากใบของผิวใบด้านบน ปากใบของผิวใบด้านล่างจะเปิดปากใบในสภาพความเข้มแสงต่ำและเปิดปากใบกว้างมากกว่าปากใบของผิวใบด้านบนในทุกความเข้มแสง (Willmer and Fricker, 1996) และ Knecht and O'Leary (1972) รายงานว่าถั่วแดงมีความหนาแน่นของปากใบที่ความเข้มแสง 8000 ft-c มากกว่าความเข้มแสง 2,000, 4,000, 6,000 ft-c ส่วน Shimazaki *et al*. (2007) รายงานว่าแสงมีความสัมพันธ์ทางบวกกับค่าการชักนำปากใบพืช (stomatal conductance) อีกทั้งอุณหภูมิมีผลต่อปากใบด้วยเช่นกัน เมื่อถั่วเหลืองได้รับอุณหภูมิสูงขึ้นส่งผลให้ความหนาแน่นปากใบของผิวใบด้านล่างลดลงแต่ไม่มีผลต่อผิวใบด้านบน (Ciha and Brun, 1975) ส่วน Ghosh *et al*. (1996) รายงานว่าถั่วเหลืองมีจำนวนปากใบของผิวใบด้านบนไม่คงที่เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น (15-30 องศาเซลเซียส) แต่จำนวนปากใบของผิวใบด้านล่างลดลงอย่างมีนัยสำคัญเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นทุกๆ 5 องศาเซลเซียส ตรงข้ามกับการทดลองของ Pandey *et al*. (2007) รายงานว่าเมื่อกุหลาบได้รับอุณหภูมิสูง (อุณหภูมิกลางวัน 35 องศาเซลเซียสและอุณหภูมิกลางคืน 25 องศาเซลเซียส) พบว่าความหนาแน่นปากใบเพิ่มขึ้นร้อยละ 68.7 และดัชนีปากใบเพิ่มขึ้นร้อยละ 29.6 โดยความหนาแน่นปากใบมีความสัมพันธ์ทางลบกับขนาดปากใบ

3. พื้นที่ใบ

การรับแสงของพืชนั้นสัมพันธ์กับการเติบโตของใบและพื้นที่ใบตั้งแต่ระยะแรกของการเติบโตทางลำต้น (Shibles and Weber, 1965; Taylor *et al*., 1982; Wells, 1991) ความสัมพันธ์ของดัชนีพื้นที่ใบกับการอัตราการเติบโตของพืชเป็นไปได้หลายลักษณะ อภิพรรณ (2533) รายงานว่าพืชที่มีอัตราการเติบโตถึงจุดสูงสุดแล้ว หากมีการเพิ่มดัชนีพื้นที่ใบอีก อัตราการเติบโตจะลดลง ความสัมพันธ์นี้เรียกว่า optimum LAI ซึ่งพบในข้าวโพดและข้าวสาลี ส่วนในพืชที่มีอัตราการเติบโตสูงสุดแล้ว เมื่อเพิ่มค่าดัชนีพื้นที่ใบให้สูงขึ้นอัตราการเติบโตของพืชจะคงที่อยู่ต่อไปในระยะเวลาหนึ่ง เรียกว่า critical LAI ซึ่งพบในถั่วเหลือง โดยค่า critical LAI ของถั่วเหลืองอยู่

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ระหว่าง 2.0 และ 3.5 (Shibles and Weber, 1965; Taylor *et al*., 1982) ดัชนีพื้นที่ใบมีค่าสูง (5.0 – 6.8) เมื่อปลูกในแปลงที่มีแถวกว้าง (Taylor *et al*., 1982; Wells, 1991) นอกจากนี้ยังพบว่าจำนวนใบที่เหมาะสมย่อมทำให้มีอาหารสำรองมาก เมื่อถึงระยะสร้างฝักและเมล็ด การเคลื่อนย้ายคาร์โบไฮเดรตจึงมีมากและทำให้ผลผลิตสูง เนื่องจากอาหารที่เคลื่อนย้ายมาสะสมยังเมล็ดมาจากปริมาณคาร์โบไฮเดรตสำรองจากลำต้นในระยะก่อนออกดอกคิดเป็นร้อยละ 20 และมาจากใบพืชที่ทำการสังเคราะห์แสงถึงร้อยละ 80 ปัจจัยที่มีผลต่อพื้นที่ใบคือ อุณหภูมิ Watts (1972) ทดลองปลูกข้าวโพดที่อุณหภูมิ 18, 24 และ 30 องศาเซลเซียส พบว่าใบข้าวโพดขยายขนาดเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มอุณหภูมิจาก 0 - 35 องศาเซลเซียส แต่จะลดลงอย่างชัดเจนเมื่ออุณหภูมิอยู่ที่ 35 - 40 องศาเซลเซียส Wentworth *et al*. (2006) พบว่าถั่วแขกที่ได้รับอุณหภูมิสูงมีพื้นที่ใบลดลง Hofstra (1972) รายงานว่าพื้นที่ใบมีค่าสูงสุดที่อุณหภูมิกลางวัน 30 - 27 องศาเซลเซียส สอดคล้องกับ Sato (1976) รายงานว่าใบขยายตัวสูงสุดที่อุณหภูมิ 30/25 องศาเซลเซียส (กลางวัน/กลางคืน) ความเข้มแสงมีผลต่อพื้นที่ใบด้วย เช่นกัน Ciha and Brun (1975) รายงานว่าเมื่อถั่วเหลืองได้รับความเข้มแสงสูง (32,300 lux) ส่งผลให้มีพื้นที่ใบน้อยกว่าที่ความเข้มแสงต่ำ (19,300 lux) ส่วน Odeleye *et al*. (2001) รายงานว่าถั่วเหลืองที่ปลูกภายใต้แสงที่ลดลงพบว่าถั่วเหลืองมีพื้นที่ใบเพิ่มขึ้นเนื่องจากเป็นการปรับตัวเพื่อเพิ่มพื้นที่ในการรับแสงทำให้พืชสังเคราะห์แสงได้มากขึ้น

4. lipid peroxidation

การเกิด lipid peroxidation นั้นเกิดจาก oxidative stress คือ สภาวะเครียด (stress) ที่เกิดจาก active oxygen species (AOS) หรือ reactive oxygen species (ROS) ซึ่งเป็นโมเลกุลของออกซิเจนที่มีความสามารถในการออกซิไดซ์สูง ประกอบด้วย superoxide anion radical , hydrogen peroxide, hydroxyl radical และ singlet oxygen (Baskin และ Salem, 1997) ภายใต้ภาวะการเติบโตปกติ ROS ในเซลล์จะอยู่ในระดับต่ำ ปริมาณของ ROS จะเพิ่มขึ้นจนเป็นพิษต่อเซลล์เมื่อได้รับการกระตุ้นจากสภาวะเครียดจากสิ่งแวดล้อม ได้แก่ สภาวะแห้งแล้ง (drought stress) ความเค็ม (salt stress) ความหนาวเย็น (chilling) อุณหภูมิสูง (heat shock) โลหะหนัก (heavy metals) แสงอัลตราไวโอเลต (ultraviolet radiation) มลพิษในอากาศ (air pollutants) ความเข้มแสง (high light stress) การขาดธาตุอาหาร (nutrient deprivation) เชื้อโรค (pathogen infection) และการเกิดบาดแผล (wounding) (Mittler, 2002)

การเกิด lipid peroxidation สามารถวัดได้จาก MDA หรือ malondialdehyde (Cakmak and Horst, 1991) ซึ่งมีผู้ศึกษาหลายท่านด้วยกัน เช่น Mishra and Singhal (1992) พบว่าเมื่อเพิ่มความ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เข้มแสงหรืออุณหภูมิจะเพิ่มการเกิด lipid peroxidation ในใบข้าวโพดมากขึ้นจนเมื่อถึงระดับ 0.6 µmol ซึ่งทำให้ยับยั้งกิจกรรมการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนอย่างสมบูรณ์ Xu and Zhou (2006) รายงานว่าเมื่ออุณหภูมิสูงรวมกับภาวะแห้งแล้งจะกระตุ้นให้เกิด lipid peroxidation ในใบของต้น *Leymus chinensis* ส่วน Cakmak and Horst (1991) รายงานว่าอลูมิเนียมทำให้เกิด lipid peroxidation ในปลายรากถั่วเหลือง Tambussi *et al.* (2004) ทดลองวัดปริมาณ MDA ที่เยื่อหุ้มไทลาคอยด์ของใบถั่วเหลืองที่ได้รับอุณหภูมิต่ำพบว่าปริมาณ MDA ไม่เพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบใบถั่วเหลืองที่ได้รับอุณหภูมิปกติ แสดงว่าความเครียดจากอุณหภูมิต่ำไม่ได้เป็นสาเหตุให้ปริมาณ lipid peroxidation ที่เยื่อหุ้มไทลาคอยด์เพิ่มขึ้น Djanaguiraman *et al.* (2011) รายงานว่าถั่วเหลืองที่ได้รับอุณหภูมิสูง (อุณหภูมิกลางวัน 38 องศาเซียลเซียสและอุณหภูมิกลางคืน 28 องศาเซียลเซียส) มีอัตราการผลิตเอทิลีนที่ใบเพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นสาเหตุให้เกิด oxidative stress ส่งผลให้ใบและดอกร่วง และเปอร์เซ็นต์การติดฝักลดลง Ali *et al.* (2005) รายงานว่ารากและยอดของ *Phalaenopsis* มีปริมาณ MDA เพิ่มขึ้นเมื่อได้รับอุณหภูมิสูง (40 องศาเซลเซียส)

ลักษณะทางสรีรวิทยาต่อผลผลิต

องค์ประกอบต่าง ๆ ของผลผลิตถั่วเหลืองส่วนหนึ่งเป็นผลมาจากลักษณะและกระบวนการทางสรีรวิทยาที่ควบคุมการเติบโตและการพัฒนาของถั่วเหลือง ดังนั้นเมื่อลักษณะดังกล่าวเปลี่ยนแปลงไปจึงอาจส่งผลต่อผลผลิตได้

1. ปริมาณคลอโรฟิลล์

ปริมาณคลอโรฟิลล์มีความสัมพันธ์ทางบวกกับอัตราการสังเคราะห์แสงของใบพืช (Dawson *et al*., 2003) และธีระพงษ์ (2549) รายงานว่าปริมาณคลอโรฟิลล์ของใบข้าวโพดในช่วงก่อนออกดอกและช่วงหลังออกดอกมีความสัมพันธ์กับผลผลิต นั่นคือการที่ข้าวโพดมีปริมาณคลอโรฟิลล์สูงเป็นปัจจัยสำคัญต่อการให้ผลผลิตสูง Ma *et al.* (1995) รายงานว่าอัตราการสังเคราะห์แสงของใบถั่วเหลืองมีความสัมพันธ์กับปริมาณคลอโรฟิลล์ในระยะติดฝักเต็มที่ (R4) และระยะเริ่มติดเมล็ด (R5) ส่วน Odeleye *et al.* (2001) ทดลองลดแสงในถั่วเหลืองพบว่าใบถั่วเหลืองมีปริมาณคลอโรฟิลล์ลดลงส่งผลให้ผลผลิตลดลงด้วย โดยผลผลิตลดลงมากที่สุดเมื่อถั่วเหลืองได้รับแสงร้อยละ 50 เป็นเวลา 2 สัปดาห์ในระยะพัฒนาฝัก เช่นเดียวกับ Tanaka *et al.* (1964) พบว่าใบข้าวที่มีสีเขียวมากกว่าจะมีอัตราการสังเคราะห์แสงสูงกว่าใบที่มีสีเขียวอ่อน ดังนั้นถ้าทำให้ใบธงและใบบนของข้าวมีความเขียวเพิ่มขึ้นจะทำให้น้ำหนักของเมล็ดเพิ่มขึ้น Ganiger *et al.* (2003) รายงานว่าการ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พ่น TIBA และ NAA ส่งผลให้ถั่วพุ่มมีปริมาณคลอโรฟิลล์สูงขึ้น อัตราการสังเคราะห์แสงเพิ่มขึ้น และผลผลิตมากขึ้น วิธีการวัดปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบพืชนั้นมีด้วยกันหลายวิธี โดยวิธีหนึ่งที่สะดวกและวัดผลได้รวดเร็วคือ การใช้เครื่องมือคลอโรฟิลล์มิเตอร์ (chlorophyll meter) โดย Markwell *et al*. (1995) รายงานว่าค่าปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบถั่วเหลืองที่ได้จากการวัดด้วยวิธี organic extraction และspectrophotometric analysis มีความสัมพันธ์กับการวัดด้วยเครื่องคลอโรฟิลล์มิเตอร์ ดังนั้นจึงสามารถใช้เครื่องคลอโรฟิลล์มิเตอร์วัดปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบถั่วเหลืองได้

2. ปากใบ

ปากใบเป็นอวัยวะส่วนที่สำคัญที่สุดส่วนหนึ่งของพืชที่เกี่ยวข้องโดยตรงกับการสังเคราะห์แสง โดยเป็นทางผ่านเข้าออกของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากอากาศสำหรับการสร้างคาร์โบไฮเดรต ดังนั้นการปิดเปิดของปากใบจึงมีส่วนสัมพันธ์โดยตรงกับการเติบโต และผลผลิตที่เกิดขึ้น อีกทั้งความหนาแน่นของปากใบ ความกว้าง-ยาวของปากใบ หรือพื้นที่ของรูปากใบ สามารถเป็นข้อมูลที่บอกได้ถึงค่าประสิทธิภาพการใช้น้ำ และอัตราการสังเคราะห์แสงของพืช (Malone *et a*l., 1993) โดย Tsunoda and Fukoshima (1986) ศึกษาในข้าวพบว่าการสังเคราะห์แสงของใบและความหนาแน่นปากใบมีความสัมพันธ์กัน โดย Ohsumi *et al.* (2007) รายงานว่าข้าวที่ให้ผลผลิตสูงมีค่าการชักนำปากใบพืช (stomatal conductance) สูงและมีความหนาแน่นของปากใบสูง Wentworth *et al*. (2006) พบว่าถั่วแขกสายพันธุ์ที่ทนทานต่อสภาวะเครียดมีการเพิ่มความหนาแน่นของปากใบส่งผลให้มีค่าการชักนำปากใบพืช (stomatal conductance) เพิ่มขึ้น ทำให้มีการสังเคราะห์แสงเพิ่มขึ้น ส่งผลต่อการเพิ่มผลผลิต Kundu and Tigerstedt (1999) รายงานว่าความหนาแน่นปากใบและความยาวเซลล์คุมของ *Azadirachta indica* มีความสัมพันธ์ทางบวกกับการสังเคราะห์แสง น้ำหนักแห้งทั้งต้นและพื้นที่ใบ ขณะที่ Condon *et al*. (1990) พบว่าค่าการชักนำปากใบพืช (stomatal conductance) และผลผลิตของข้าวสาลีมีความสัมพันธ์กันทางบวก สอดคล้องกับ Lu *et al*. (1998) รายงานว่าในสภาพอุณหภูมิสูงสามารถใช้ค่าการชักนำปากใบพืช (stomatal conductance) เป็นเกณฑ์ในการคัดเลือกข้าวสาลีที่ให้ผลผลิตสูงได้ เนื่องจากพืชที่มีค่าการชักนำปากใบ (stomatal conductance) สูงนั้นสามารถระบายความร้อนจากใบได้ดี ส่งผลให้พืชทนต่อสภาพอุณหภูมิสูงได้ และมีการใช้ดัชนีปากใบเป็นเกณฑ์ในการคัดเลือกข้าวสาลีที่ให้ผลผลิตสูง (Jian-Xiong *et al*., 2005)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3. พื้นที่ใบ

พื้นที่ใบจะแตกต่างกันตามอายุการเติบโตของแต่ละพันธุ์ และสภาพแวดล้อม การเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ใบและระยะเวลาในการรับแสงของใบเป็นสาเหตุที่ทำให้ผลผลิตของพืชแตกต่างกันออกไป โดยเฉพาะดัชนีพื้นที่ใบซึ่งเป็นดัชนีวัดผลผลิตของพืช ถั่วเหลืองถ้ามีดัชนีพื้นที่ใบมากกว่า 6 ทำให้ใบถั่วเหลืองบังแสงแดดใบอื่นๆภายในต้นพืช ส่งผลให้ใบและกิ่งมีข้อยาว ทำให้การสังเคราะห์แสงและผลผลิตต่ำลง (Chang, 1981) พื้นที่ใบที่ลดลงส่งผลต่อผลผลิตเช่นกัน Xia (2008) รายงานว่าการเด็ดใบถั่วปากอ้าใบกลางออกในระยะเริ่มออกดอกทำให้ผลผลิตลดลงถึงร้อยละ 43.4–64.3 และจากการเด็ดใบทิ้งทั้งหมดทำให้ผลผลิตลดลงมากกว่าร้อยละ 70 เช่นเดียวกับ Gazzoni and Moscardi (1998) รายงานว่าการเด็ดใบถั่วเหลืองทิ้งในระยะเมล็ดเต็มฝัก (R6) ที่ระดับร้อยละ 67 และ 100 ทำให้ผลผลิตลดลงร้อยละ 25 และ 38 ตามลำดับ เมื่อถั่วแขกอยู่ในสภาวะความเข้มแสงต่ำพบว่ามีค่าดัชนีพื้นที่ใบเพิ่มขึ้นเนื่องจากต้องการเพิ่มการสังเคราะห์แสงเพื่อป้องกันการสูญเสียผลผลิต ทำให้ช่วงเมล็ดสะสมน้ำหนักแห้งและน้ำหนักเมล็ดเพิ่มขึ้น (Hadi *et al.*, 2006) ส่วน McAlister and Krober (1958) พบว่าใบพืชนอกจากจะทำหน้าที่สังเคราะห์แสงแล้ว ในใบถั่วเหลืองยังทำหน้าที่สะสมอาหารที่ได้จากการสังเคราะห์แสง จากนั้นจะเคลื่อนย้ายไปสะสมที่ฝักและเมล็ด และจากการรายงานของ Du *et a*l. (1988) พบว่าอัตราการสังเคราะห์แสงของพุ่มใบพืชมีความสัมพันธ์กับพื้นที่ใบ โดยมีค่าสูงสุดที่ระยะออกดอกและระยะพัฒนาฝัก จากนั้นจะลดลงในช่วงท้ายของระยะพัฒนาฝักส่วน Broad and Tan (1996) รายงานว่าดัชนีพื้นที่ใบของถั่วเหลืองที่ระยะเริ่มติดเมล็ด (R5) มีความสัมพันธ์กับผลผลิต

4. lipid peroxidation

กระบวนการ lipid peroxidation เป็นกระบวนการซึ่งเป็นผลจากการได้รับสภาวะเครียดทำให้เยื่อหุ้มเซลล์พืชเสียสภาพ (Mishra and Singhal, 1992) เกิดการเสื่อมสภาพ (aging) ของเซลล์ (Xu and Zhou, 2006) ซึ่งจะส่งผลให้เยื่อเลือกผ่าน (permeability) เสื่อมสภาพหรือสูญเสียคุณสมบัติ การเกิด lipid peroxidation ทำให้กิจกรรมการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนลดลง (Mishra and Singhal, 1992) และมีผลลดความสามารถในการสังเคราะห์แสงของพืช (Wang *et al*., 2003; Sharkey, 2005) Malencic *et al.* (2003) ทดลองให้ถั่วเหลืองทั้งหมด 16 พันธุ์อยู่ในสภาวะขาดน้ำพบว่าพันธุ์ที่ทนต่อสภาวะขาดน้ำได้จะมีปริมาณ proline และ กิจกรรมของ superoxide dismutase สูง และมี lipid peroxidation ต่ำ จากนั้นจึงคัดเลือกพันธุ์เหล่านี้ไปใช้ในการปรับปรุงพันธุ์ต่อไป

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. ถั่วเหลือง 10 สายพันธุ์ประกอบด้วยสายพันธุ์ที่คัดเลือกได้จากโครงการปรับปรุงพันธุ์ถั่วเหลืองและถั่วเขียวแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์จำนวน 7 สายพันธุ์ ได้แก่ KUSL 3802-1, KUSL 3802-4, KUSL 3802-6, KUSL 20004, NS 1 4-6, NS 1 1-12, ST 2 34-1 และพันธุ์แนะนำ 3 พันธุ์คือ ST 2, CM 60 และ Chakkrabhandhu 1 (ตารางผนวกที่ 1)

2. ตู้ควบคุมสภาพแวดล้อม (growth chamber) รุ่น GS-1000B

3. เครื่อง Chlorophyll Meter รุ่น SPAD 502 ผลิตโดย Minolta Camera CO., LTD, Japan

4. กล้องจุลทรรศน์ (compound microscope) รุ่น ZIESS AXIO พร้อมอุปกรณ์ถ่ายภาพระบบอัตโนมัติ

5. เครื่องชั่ง 2 ตำแหน่ง รุ่น Denver Instrument Coutpan

6. อุปกรณ์วิเคราะห์ MDA ได้แก่ โกร่ง, หลอดทดลอง, ขวดรูปชมพู่, ถุงพลาสติก, อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ (water bath), น้ำแข็ง, เครื่องวัดการดูดกลืนแสง (spectrophotometer) และ เครื่องปั่นเหวี่ยงตะกอน (centrifuge)

7. อุปกรณ์ที่ใช้ในแปลง

8. ปุ๋ยและสารเคมีกำจัดศัตรูพืช และสารเคมีวิเคราะห์ปริมาณ MDA ได้แก่ trichloroacetic acid (TBA) และ triobarbituric acid (TBA)

9. วัสดุอื่นๆ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิธีการ

การทดลองที่ 1 ศึกษาผลของฤดูปลูกต่อลักษณะทางสรีรวิทยา พัฒนาการและการเติบโตของถั่วเหลืองสายพันธุ์ดีเด่น

1. การปลูก

ปลูกถั่วเหลือง 10 สายพันธุ์ ในฤดูปลูก 2 ฤดู คือ ปลายฤดูฝน (กรกฎาคม 2552) และฤดูแล้ง (ธันวาคม 2552) ณ แปลงทดลองมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม (14° 01′ N, 99° 58′ E) โดยวางแผนการทดลองแบบ randomized complete block (RCB) มี 3 ซ้ำแต่ละแปลงย่อยมี 4 แถว แถวยาว 5 เมตร ระยะระหว่างหลุม 15 เซนติเมตร ระยะระหว่างแถว 80 เซนติเมตรใส่ปุ๋ยรองพื้นสูตร 15-15-15 อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ ขณะพรวนยกร่องและใช้อัตราปลูกจำนวน 2 ต้นต่อหลุมหลังปลูก 2 สัปดาห์พ่นสารเคมีกำจัดวัชพืชและศัตรูพืชอื่นๆ โดยฉีด cypermethrin 35% อัตรา 20 มิลลิลิตรต่อน้ำ 20 ลิตรและฉีดรากันราแคปเทน (captan) ตามความเหมาะสม

2. การบันทึกข้อมูล

บันทึกลักษณะต่างๆ ของถั่วเหลือง ในแต่ละสายพันธุ์ดังนี้

2.1 บันทึกระยะพัฒนาการตั้งแต่ระยะ VE ถึงระยะ R8 ตามวิธีการของ Fehr and Caviness (1977)

2.2 วันปลูก (sowing date) วันที่ทำการปลูก

2.3 วันงอก (emergence date) วันที่จำนวนต้นถั่วเหลืองงอกแล้ว 50 เปอร์เซ็นต์ นับจากวันปลูก

2.4 วันดอกบาน 50 เปอร์เซ็นต์ (days to 50% flowering) วันที่มีดอกแรกบานจำนวน 50 เปอร์เซ็นต์หรือประมาณครึ่งหนึ่งของจำนวนต้นทั้งแปลง

2.5 วันสุกแก่ (days to maturity) วันที่ถั่วเหลืองมีฝักเปลี่ยนสีเป็นสีน้ำตาลประมาณ 95 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่เก็บเกี่ยว

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.6 น้ำหนักแห้งรวมต่อต้น (total dry weight, TDW) โดยชั่งน้ำหนักแห้งถั่วเหลืองทั้งต้นที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส อย่างน้อย 48 ชั่วโมง จำนวน 10 ต้นต่อแปลงย่อย โดยบันทึกผลที่ระยะสุกแก่ (R8)

2.7 ความสูงต้น (plant height) สุ่มวัด 10 ต้นใน 2 แถวกลางต่อแปลงย่อย จากระดับพื้นดินถึงข้อบนสุดของลำต้นเป็นเซนติเมตร โดยบันทึกผลทุกสัปดาห์

2.8 ลักษณะทางสรีรวิทยา

1) ดัชนีพื้นที่ใบ (leaf area and leaf area index; LAI) บันทึกผลที่ระยะเริ่มติดฝัก (R3) , ระยะเริ่มติดเมล็ด (R5) และระยะเมล็ดเต็มฝัก (R6) การหาดัชนีพื้นที่ใบใช้วิธี punch method (Watson and Watson, 1953) ในแต่ละแปลงย่อยถอนมา 4 ต้นโดยการสุ่มถอนจาก 2 แถว (ถัดจาก border row เข้ามาส่วน 2 แถวกลางสำหรับเก็บผลผลิต) จากนั้นเด็ดใบออกให้หมด จากใบทั้งหมดนี้สุ่มมา 40 ใบวางซ้อนๆกันแล้วใช้ปลอกโลหะกลวงและคม ซึ่งวัดเนื้อที่ทรงกลมได้ 0.8 ตารางเซนติเมตร เจาะ 5 ตำแหน่ง ดังนั้นจะได้ชิ้นส่วนที่เจาะ 200 ชิ้น จากนั้นใส่ในถุงกระดาษ แล้วนำไปอบที่อุณหภูมิประมาณ 60 องศาเซลเซียส ใบที่เหลือจากการสุ่มทั้งหมดรวมกันใส่ถุงกระดาษเพื่ออบแห้งเช่นกันแล้วชั่งน้ำหนักแห้ง เพื่อคำนวณหาพื้นที่ใบทั้งหมด จากนั้นจึงหา LAI (Garner *et al.*, 1985) ใช้สูตรดังนี้

$$LAI = \frac{\text{พื้นที่ใบทั้งหมด}}{\text{พื้นที่ดินที่พืชครอบครอง}}$$

2) ปริมาณคลอโรฟิลล์ วัดปริมาณคลอโรฟิลล์ที่ใบถั่วเหลืองใบกลางใบที่ 3 นับจากยอด โดยใช้เครื่องมือ Chlorophyll Meter รุ่น SPAD 502 ผลิตโดย Minolta Camera CO., LTD, Japan บันทึกผลที่ระยะเริ่มติดฝัก (R3), ระยะเริ่มติดเมล็ด (R5) และระยะเมล็ดเต็มฝัก (R6)

3) ความหนาแน่นของปากใบ (stomatal density) นำสไลด์ผิวใบมาศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์พร้อมอุปกรณ์ถ่ายภาพระบบอัตโนมัติ ที่มีกำลังขยายของเลนส์วัตถุขนาด 40X นับจำนวนปากใบโดยสุ่ม 3 ตำแหน่งแล้วหาค่าเฉลี่ย จากนั้นคำนวนหาจำนวนปากใบบนพื้นที่ 1 ตารางมิลลิเมตร บันทึกผลที่ระยะเริ่มติดฝัก (R3), ระยะเริ่มติดเมล็ด (R5) และระยะเมล็ดเต็มฝัก (R6)

4) ดัชนีปากใบ (stomatal index) บันทึกผลที่ระยะเริ่มติดฝัก (R3), ระยะเริ่มติดเมล็ด (R5) และระยะเมล็ดเต็มฝัก (R6) โดยคำนวณดัชนีปากใบ (Salisbury, 1927) ตามสูตร ดังนี้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

$$\text{stomatal index} = \frac{\text{จำนวนปากใบ}}{\text{จำนวนปากใบ + จำนวนเซลล์ผิวทั้งหมด}} \times 100$$

2.9 ผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิต

1) น้ำหนักเมล็ดต่อต้น (seed weight per plant) ชั่งน้ำหนักเมล็ดแต่ละต้นที่ความชื้น 12 เปอร์เซ็นต์ เฉลี่ยจาก 10 ต้น ในแต่ละแปลงย่อย โดยมีหน่วยเป็นกรัม

2) จำนวนฝักต่อต้น (number of pods per plant) นับฝักที่มีเมล็ดเป็นจำนวนฝักต่อต้น โดยสุ่มวัด 10 ต้นต่อแปลงย่อย

3) จำนวนเมล็ดต่อฝัก (number of seeds per pods)

4) น้ำหนัก 100 เมล็ด (100 seeds weight)

5) จำนวนข้อ (number of nodes) นับจำนวนข้อที่อยู่บนลำต้นหลักตั้งแต่ข้อใบเลี้ยงถึงข้อปลายยอดโดยบันทึกผลทุกสัปดาห์

6) จำนวนกิ่งแขนงต่อต้น (number of branches per plant) นับกิ่งที่แตกจากลำต้นหลัก โดยกิ่งต้องมี 2 ข้อขึ้นไปบันทึกผลที่ระยะสุกแก่ (R8)

3. การเก็บข้อมูลอุตุนิยมวิทยา

ข้อมูลอุตุนิยมวิทยาได้แก่ ปริมาณน้ำฝน ความชื้นสัมพัทธ์ อุณหภูมิต่ำสุด-สูงสุด และอุณหภูมิเฉลี่ยของแต่ละเดือนจากกรมอุตุนิยมวิทยา กำแพงแสน ในช่วงเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2552 – เดือนเมษายน พ.ศ. 2553 และข้อมูลในรอบ 10 ปี (พ.ศ. 2543 - 2553)

4. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวนของลักษณะทางสรีรวิทยา ผลผลิตและองค์ประกอบของผลผลิตโดยใช้โปรแกรมวิเคราะห์สำเร็จรูป นำไปตรวจสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้ Least significant difference (LSD) ที่ระดับ 0.05 และ 0.01 วิเคราะห์สหสัมพันธ์ (correlation analysis) ของลักษณะสรีรวิทยา ผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิต วิเคราะห์เพื่อประเมินลักษณะทางสรีรวิทยาและองค์ประกอบผลผลิตตัวใดที่จะเป็นตัวกำหนดผลผลิต (yield determinant) ที่สำคัญ โดยวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเส้นตรงแบบขั้นบันได (Backward – Stepwise Regression)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การทดลองที่ 2 ศึกษาผลของอุณหภูมิต่อลักษณะทางสรีรวิทยาของถั่วเหลืองสายพันธุ์ดีเด่น

1. การปลูก

ปลูกถั่วเหลือง 10 สายพันธุ์ในกระถางพลาสติกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 นิ้วที่บรรจุส่วนผสมของดิน ทราย และขี้เถ้าแกลบในอัตราส่วน 1:1:1 และปุ๋ยสูตร 15-15-15 พันธุ์ละ 3 กระถางๆละ 3 ต้น และให้มีการเติบโตในสภาพธรรมชาติ จนถึงระยะพัฒนาการที่ระยะ V5 และระยะ R1 จากนั้นย้ายกระถางเข้าตู้ควบคุมสภาพแวดล้อม (growth chamber) ที่มีช่วงแสง 11.5 ชั่วโมง ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 75 และภายใต้การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิกลางวัน และกลางคืนดังนี้ 1) อุณหภูมิกลางวัน 38 องศาเซลเซียสและอุณหภูมิกลางคืน 26 องศาเซลเซียส (38/26 องศาเซลเซียส), 2) อุณหภูมิกลางวัน 34 องศาเซลเซียสและอุณหภูมิกลางคืน 26 องศาเซลเซียส (34/26 องศาเซลเซียส) และ 3) อุณหภูมิกลางวัน 34 องศาเซลเซียสและอุณหภูมิกลางคืน 24 องศาเซลเซียส (34/24 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 1 สัปดาห์

2. การบันทึกข้อมูล

บันทึกลักษณะทางสรีรวิทยาบางประการ ของถั่วเหลือง ในแต่ละสายพันธุ์ ที่ระยะ V5 และระยะดอกแรกบาน (R1) ได้แก่

2.1 ปริมาณของ malondialdehyde (MDA) โดยดัดแปลงจากวิธีของ Velikova *et al.* (2000) โดยใช้น้ำหนักพืช 0.5 กรัม และบดให้ละเอียดด้วยโกร่งในไนโตรเจนเหลว แล้วเติมสารละลาย trichloroacetic acid (TCA) ความเข้มข้น 0.1% (w/v) ปริมาตร 5 มิลลิลิตร ทิ้งไว้ประมาณ 10 นาที และนำไปปั่นเหวี่ยงที่ 10,000 xg นาน 20 นาทีที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นำเฉพาะสารละลายส่วนบนปริมาตร 1 มิลลิลิตร มาเติม triobarbituric acid (TBA) ความเข้มข้น 0.5% (w/v) ใน trichloroacetic acid ความเข้มข้น 20% (w/v) ปริมาตร 2 มิลลิลิตร จากนั้นนำไปแช่ในน้ำอุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที และนำออกมาแช่น้ำแข็งทันที 5 นาที แล้วนำไปปั่นเหวี่ยงอีกครั้งที่ 5000 xg นาน 5 นาที นำเฉพาะสารละลายส่วนบนไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 532 และ 600 นาโนเมตร และนำมาคำนวณหาปริมาณ MDA จากสูตร

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

$$\text{ปริมาณ MDA } (\mu\text{mol/g FW}) = \left[\frac{A_{532} - A_{600}}{155 \times 1} \times Vf \times \frac{Ve}{Va} \right] \div W$$

A_{532} = ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 532 นาโนเมตร

A_{600} = ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 600 นาโนเมตร

Vf = ปริมาตรสุดท้าย (มิลลิลิตร)

Ve = ปริมาตร TCA ที่ใช้ในการสกัด (มิลลิลิตร)

Va = ปริมาตรสารละลายตัวอย่างพืชที่ใช้ในการวิเคราะห์ (มิลลิลิตร)

W = น้ำหนักตัวอย่างพืช (กรัม)

2.2 ปริมาณคลอโรฟิลล์ โดยวัดปริมาณคลอโรฟิลล์ที่ใบถั่วเหลืองใบกลางใบที่ 3 นับจากยอด โดยใช้เครื่องมือ Chlorophyll Meter รุ่น SPAD 502 ผลิตโดย Minolta Camera CO., LTD, Japan

2.3 ขนาดของปากใบ (stomatal size) นำสไลด์ผิวใบมาศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์พร้อมอุปกรณ์ถ่ายภาพระบบอัตโนมัติที่มีกำลังขยายของเลนส์วัตถุขนาด 40X จากนั้นสุ่มวัดขนาดของปากใบ 3 ตำแหน่งๆละ 5 ปากใบ แล้วคำนวณหาค่าเฉลี่ย

3. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณ MDA ปริมาณคลอโรฟิลล์ และขนาดปากใบโดยใช้โปรแกรมวิเคราะห์สำเร็จรูป นำไปตรวจสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้ Least significant difference (LSD) ที่ระดับ 0.05 และ 0.01 วิเคราะห์สหสัมพันธ์ (correlation analysis) ระหว่างอุณหภูมิและปริมาณ MDA ปริมาณคลอโรฟิลล์ และขนาดปากใบ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

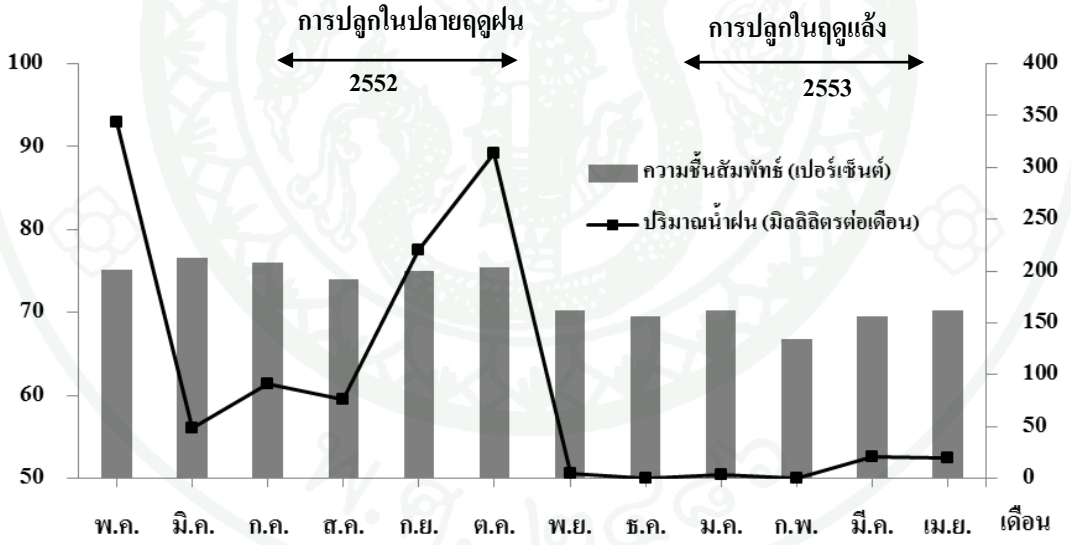
ผลและวิจารณ์

ผล

สภาพภูมิอากาศในแต่ละฤดูปลูก

ปริมาณน้ำฝน

ค่าเฉลี่ยของปริมาณน้ำฝนในแต่ละเดือนตลอดระยะการทดลอง (ภาพที่ 1) ชี้ให้เห็นว่าในปลายฤดูฝนถั่วเหลืองมีการเติบโตในแปลงปลูกในสภาพที่มีปริมาณน้ำฝนค่อนข้างสูงเฉลี่ย 175.25 มิลลิลิตรต่อเดือน ในเดือนตุลาคม พ.ศ. 2552 พบว่ามีปริมาณน้ำฝนสูงมากถึง 313.5 มิลลิลิตรต่อเดือน ขณะที่ในฤดูแล้งถั่วเหลืองในแปลงปลูกอยู่ในสภาพปริมาณน้ำฝนที่ค่อนข้างน้อยเฉลี่ย 6.13 มิลลิลิตรต่อเดือน



ภาพที่ 1 ค่าความชื้นสัมพัทธ์ (เปอร์เซ็นต์) (แกนซ้าย) และปริมาณน้ำฝน (มิลลิลิตรต่อเดือน) (แกนขวา) ระหว่างการปลูกถั่วเหลืองในปลายฤดูฝนและฤดูแล้ง ณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม

ที่มา: สถานีวิจัยอุตุนิยมวิทยา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน (2552, 2553)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ความชื้นสัมพัทธ์

ความชื้นสัมพัทธ์ในแต่ละเดือนตลอดระยะการทดลอง (ภาพที่ 1) พบว่าการปลูกในปลายฤดูฝนถั่วเหลืองมีการเติบโตในแปลงปลูกที่มีความชื้นสัมพัทธ์มากกว่าในฤดูแล้ง เมื่อปลูกถั่วเหลืองในปลายฤดูฝนและฤดูแล้งมีความชื้นสัมพัทธ์อยู่ระหว่าง 74.0 – 76.0 และ 66.0 – 70.0 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

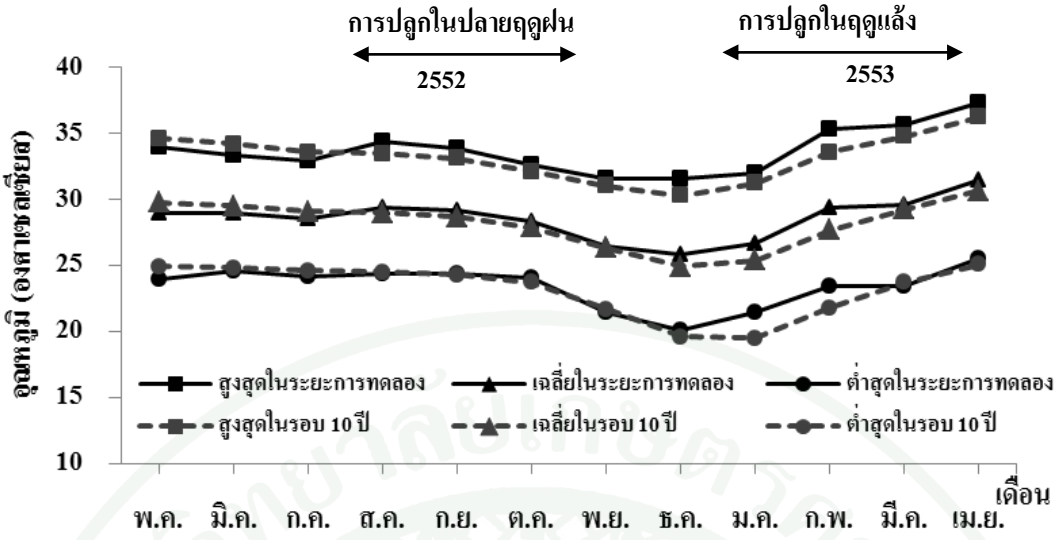
อุณหภูมิ

จากอุณหภูมิในแต่ละเดือนตลอดระยะการทดลอง (ภาพที่ 2) พบว่าการปลูกในปลายฤดูฝนถั่วเหลืองมีการเติบโตในแปลงปลูกที่มีอุณหภูมิต่ำสุดและสูงสุดอยู่ในระดับคงที่ประมาณ 24.0 และ 33.5 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ส่วนการปลูกในฤดูแล้งพบว่าอุณหภูมิต่ำสุดและสูงสุดน้อยกว่าในปลายฤดูฝน ซึ่งอุณหภูมิต่ำสุดและสูงสุดค่อนข้างต่ำมากในเดือนธันวาคม พ.ศ. 2552 คือ 20.1 และ 31.5 องศาเซลเซียส ตามลำดับ หลังจากนั้นอุณหภูมิต่ำสุดและสูงสุดค่อยๆสูงขึ้น ในเดือนมีนาคม พ.ศ. 2553 อุณหภูมิต่ำสุดและสูงสุดอยู่ที่ 23.4 และ 35.6 องศาเซลเซียส ตามลำดับ และพบว่าช่วงปลายฤดูฝนและฤดูแล้งมีอุณหภูมิใกล้เคียงกับอุณหภูมิต่ำสุดและสูงสุดเฉลี่ยในรอบ 10 ปี โดยมีอุณหภูมิเฉลี่ยประมาณ 23.0 – 33.5 องศาเซลเซียส และ 19.5– 35.0 องศาเซลเซียส ตามลำดับ

แสงธรรมชาติ

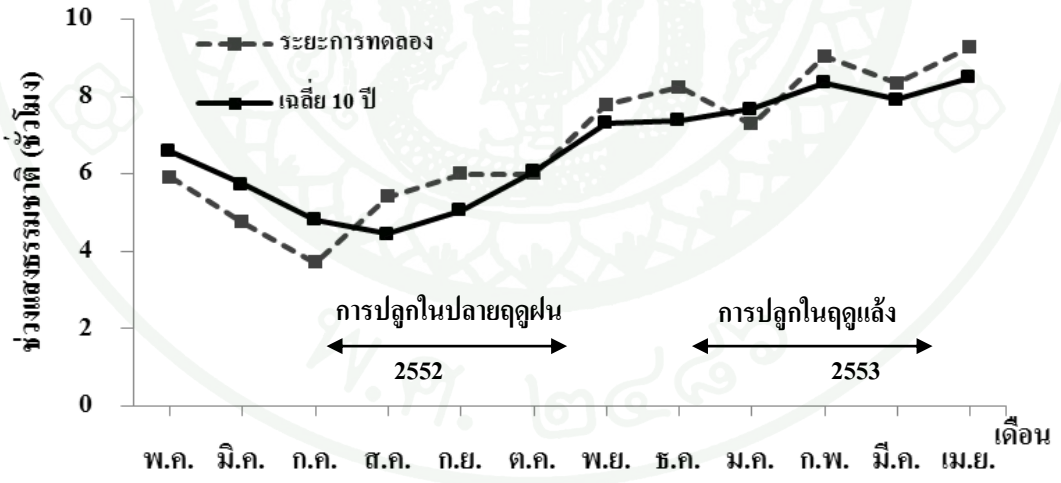
ค่าเฉลี่ยของแสงธรรมชาติ (ชม.) ในแต่ละเดือนตลอดระยะการทดลอง (ภาพที่ 3) การปลูกในปลายฤดูฝนถั่วเหลืองเติบโตในสภาวะที่มีแสงธรรมชาติค่อนข้างน้อยโดยแสงธรรมชาติค่อยๆเพิ่มขึ้นตั้งแต่เดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2552 เฉลี่ย 5.2 ชั่วโมง การปลูกในฤดูแล้งถั่วเหลืองในแปลงปลูกอยู่ในสภาวะที่มีแสงธรรมชาติมากกว่าในปลายฤดูฝนเฉลี่ย 8.2 ชั่วโมง และจากค่าเฉลี่ยของแสงธรรมชาติในรอบ 10 ปี (ภาพที่ 3) พบว่าค่าเฉลี่ยแสงธรรมชาติในระยะการทดลองทั้งในปลายฤดูฝนและฤดูแล้งมีค่ามากกว่าค่าเฉลี่ยของแสงธรรมชาติในรอบ 10 ปี

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 2 ค่าอุณหภูมิสูงสุด ต่ำสุด และ เฉลี่ย (องศาเซียลเซียส) ระหว่างการปลูกถั่วเหลืองในปลายฤดูฝนและฤดูแล้ง และในรอบ 10 ปี (2543 - 2553) ณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม

ที่มา: สถานีวิจัยอุตุนิยมวิทยา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน (2552, 2553)



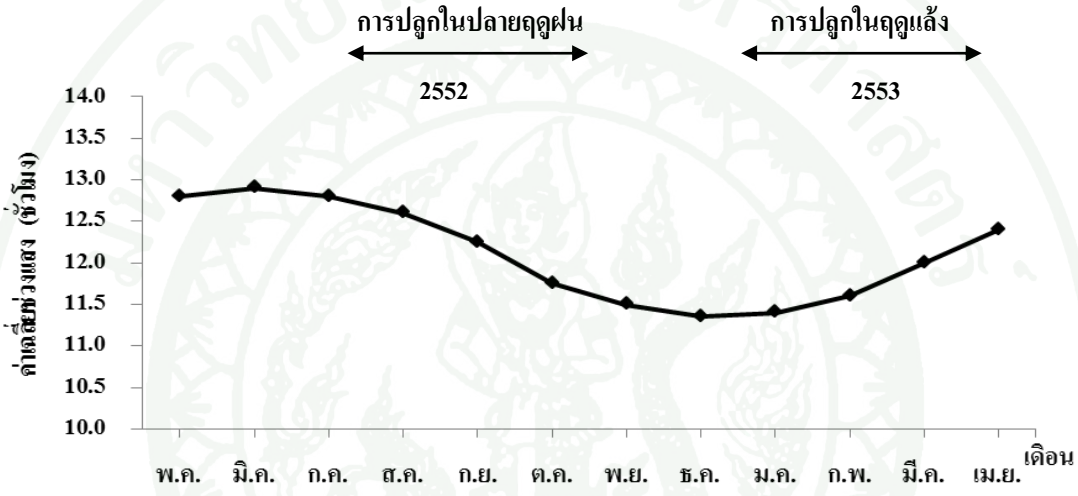
ภาพที่ 3 ช่วงแสงธรรมชาติ (ชั่วโมง) ระหว่างการปลูกถั่วเหลืองในปลายฤดูฝนและฤดูแล้ง และในรอบ 10 ปี (2543 - 2553) ณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม

ที่มา: สถานีวิจัยอุตุนิยมวิทยา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน (2552, 2553)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ช่วงแสง

ค่าเฉลี่ยช่วงแสง (ชม.) ในแต่ละเดือนตลอดระยะการทดลอง (ภาพที่ 4) พบว่าการปลูกในปลายฤดูฝนถั่วเหลืองเติบโตในสภาวะช่วงแสงค่อนข้างยาวเฉลี่ย 12.3 ชั่วโมง เดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2552 มีช่วงแสงยาวที่สุดคือ 12.8 ชั่วโมง หลังจากนั้นพบว่าช่วงแสงค่อยๆลดลง การปลูกในฤดูแล้งถั่วเหลืองในแปลงปลูกอยู่ในสภาวะที่มีช่วงแสงสั้นกว่าปลายฤดูฝนเฉลี่ย 11.5 ชั่วโมง เดือนธันวาคม พ.ศ. 2552 มีช่วงแสงสั้นที่สุดคือ 11.3 ชั่วโมง หลังจากนั้นพบว่าช่วงแสงค่อยๆเพิ่มขึ้น



ภาพที่ 4 ค่าเฉลี่ยช่วงแสง (ชั่วโมง) ในแต่ละเดือนที่ละติจูด 21ºN

ที่มา: ตาราง Smithsonian Table (List, 1963)

การทดลองที่ 1 ศึกษาผลของฤดูปลูกต่อลักษณะทางสรีรวิทยา พัฒนาการและการเติบโตของถั่วเหลืองสายพันธุ์ดีเด่น

จากการปลูกถั่วเหลืองสายพันธุ์ดีจำนวน 10 สายพันธุ์ โดยทดลอง 2 ฤดูปลูก คือ ปลายฤดูฝนและฤดูแล้ง โดยเก็บข้อมูลการเติบโตและพัฒนาการ ได้แก่ ระยะพัฒนาการตั้งแต่ระยะ VE ถึงระยะ R8 ความสูง จำนวนข้อ จำนวนกิ่งแขนง น้ำหนักแห้งรวมต่อต้น วันดอกบาน 50 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อถั่วเหลืองถึงระยะเริ่มติดฝัก (R3) ระยะเริ่มติดเมล็ด (R5) และระยะเมล็ดเต็มฝัก (R6) บันทึกลักษณะทางสรีรวิทยาได้แก่ ดัชนีพื้นที่ใบ ปริมาณคลอโรฟิลล์ ความหนาแน่นปากใบ และดัชนีปากใบรวมทั้งจำนวนข้อ จำนวนกิ่งแขนง ผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตได้แก่ จำนวนฝักต่อต้น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จำนวนเมล็ดต่อฝัก จำนวนเมล็ดต่อต้น น้ำหนัก 100 เมล็ด น้ำหนักเมล็ดต่อต้นและผลผลิตต่อไร่ บันทึกเมื่อถั่วเหลืองถึงระยะเก็บเกี่ยว พบว่า

1.1 อิทธิพลของฤดูปลูกและสายพันธุ์ต่อระยะพัฒนาการของถั่วเหลืองสายพันธุ์ดี

1) ระยะพัฒนาการของถั่วเหลืองสายพันธุ์ดีเมื่อปลูกในปลายฤดูฝน

จากการปลูกถั่วเหลืองสายพันธุ์ดี จำนวน 10 สายพันธุ์ ณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ในช่วงปลายฤดูฝน ซึ่งมีสภาพของอุณหภูมิต่ำสุดและสูงสุดประมาณ 24.0 และ 33.5 องศาเซลเซียส มีความชื้นสัมพัทธ์อยู่ระหว่างร้อยละ 74.0 – 76.0 มีสภาวะช่วงแสงค่อนข้างยาวเฉลี่ยประมาณ 12.35 ชั่วโมงในช่วงการเติบโตและพัฒนาการทางลำต้น และช่วงแสงลดลงเมื่อเข้าสู่การเติบโตและพัฒนาการทางสืบพันธุ์ และพบว่าสายพันธุ์ KUSL 3802-1 มีระยะการเติบโตทางลำต้น จากระยะ VE จนถึงระยะ V4 ช้าที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับสายพันธุ์อื่น (ภาพที่ 5) (ตารางที่ 1) และเมื่อถั่วเหลืองมีพัฒนาการด้านสืบพันธุ์พบว่า สายพันธุ์ KUSL 20004 มีระยะพัฒนาการถึงระยะดอกแรกบาน (R1) เร็วที่สุดประมาณ 28 วันหลังปลูก ส่วน สายพันธุ์ที่ค่อนข้างช้า ได้แก่ KUSL 3802-4, KUSL 3802-6, NS 14-6, NS 1 1-12, ST 2 34-1, ST 2, CM 60 และ Chakkrabhandhu 1 และสายพันธุ์ KUSL 3802-1 มีระยะดอกแรกบาน (R1) ช้าที่สุด 40 วันหลังปลูก นอกจากนี้ยังพบว่าถั่วเหลืองทุกสายพันธุ์มีระยะดอกแรกบาน (R1) โดยมีการพัฒนาทางลำต้นอยู่ที่ระยะ V6 – V7 ยกเว้นสายพันธุ์ KUSL 20004 ที่มีระยะการพัฒนาก่อนการออกดอกเร็วที่สุด คือที่ระยะ V4 –V5 และสายพันธุ์ KUSL 3802-1 และ Chakkrabhandhu 1 มีระยะพัฒนาก่อนการออกดอกนานที่สุด คือที่ระยะ V8 - V10 (ภาพที่ 5) และ ที่ระยะเมล็ดสะสมน้ำหนักแห้ง (R5) พบว่าสายพันธุ์ KUSL 3802-1 มีระยะ R5 สั้นที่สุด รองลงมา ได้แก่ KUSL 3802-4, ST 2 -34-1, ST 2 และ Chakkrabhandhu 1 ส่วนสายพันธุ์ ได้แก่ KUSL 3802-6, KUSL 20004, NS 1 4-6, NS 1 1-12 และ CM 60 ที่มีช่วงการสะสมน้ำหนักแห้งค่อนข้างนาน สำหรับที่ระยะสุกแก่ (R8) พบว่าสายพันธุ์ที่ถึงระยะสุกแก่ (R8) เร็ว ประมาณ 92 วันหลังปลูก ได้แก่ KUSL 3802-6, KUSL 20004, NS 1 4-6 และ NS 1 1-12 สายพันธุ์ที่ถึงระยะสุกแก่ (R8) ช้า 98 วันหลังปลูก ได้แก่ KUSL 3802-1, KUSL 3802-4, ST 2 34-1, ST 2, CM 60 และ Chakkrabhandhu 1 ซึ่งห่างกัน 7 วัน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2) ระยะพัฒนาการของถั่วเหลืองสายพันธุ์ดีเมื่อปลูกในฤดูแล้ง

จากการปลูกถั่วเหลืองสายในช่วงฤดูแล้ง ซึ่งมีสภาพของอุณหภูมิต่ำสุดและสูงสุดประมาณ 23.47 และ 35.60 องศาเซลเซียสมีความชื้นสัมพัทธ์อยู่ระหว่างร้อยละ 66.0 – 70.0 มีสภาวะช่วงแสงสั้น เฉลี่ยประมาณ 11.35 ชั่วโมงในช่วงแรกของการเติบโตและพัฒนาการ และช่วงแสงเพิ่มขึ้นตลอดระยะการเติบโตและพัฒนาการ โดยพบว่า ถั่วเหลืองมีระยะ VE เท่ากันทุกสายพันธุ์ (ภาพที่ 5) (ตารางที่ 1) เมื่อถั่วเหลืองมีพัฒนาการทางด้านสืบพันธุ์พบว่า สายพันธุ์ที่ถึงระยะดอกแรกบาน (R1) เร็ว 26 วันหลังปลูก ได้แก่ KUSL 20004, NS 1 4-6 และ NS 1 1-12 สายพันธุ์ที่ถึงระยะดอกแรกบาน (R1) ค่อนข้างช้า 28 - 30 วันหลังปลูกได้แก่ KUSL 3802-4, KUSL 3802-6, ST 2 34-1, ST 2, CM 60 และ Chakkrabhandhu 1 สายพันธุ์ที่ถึงระยะดอกแรกบาน (R1) ช้าที่สุด 32 วันหลังปลูกคือ KUSL 3802-1 ถั่วเหลืองทุกสายพันธุ์ถึงระยะดอกแรกบาน (R1) โดยมีพัฒนาการทางลำต้นอยู่ที่ระยะ V4 – V5 และเมื่อถึงช่วงที่เมล็ดสะสมน้ำหนักแห้ง (R5) พบว่าสายพันธุ์ที่เมล็ดมีช่วงสะสมน้ำหนักแห้ง (R5) สั้นที่สุด คือ KUSL 3802-1, CM 60 และ Chakkrabhandhu 1 รองลงมา คือ KUSL 3802-4, KUSL 3802-6, NS 1 4-6, NS 1 1-12, ST 2 34-1 และ ST 2 สายพันธุ์ที่เมล็ดมีช่วงสะสมน้ำหนักแห้ง (R5) นานที่สุด คือ KUSL 20004 และที่ระยะสุกแก่ (R8) พบว่าสายพันธุ์ที่ถึงระยะสุกแก่ (R8) เร็ว 81 วันหลังปลูกคือ KUSL 3802-4, KUSL 3802-6, KUSL 20004, NS 1 4-6 และ NS 1 1-12 สายพันธุ์ที่สุกแก่รองลงมา 84 วันหลังปลูกคือ ST 2 34-1, ST 2 และ Chakkrabhandhu 1 สายพันธุ์ที่ถึงระยะสุกแก่ช้า 89 วันหลังปลูกคือ KUSL 3802-1 และ CM 60 ซึ่งห่างกัน 8 วัน

3) ระยะพัฒนาการของถั่วเหลืองสายพันธุ์ดีเมื่อปลูกในปลายฤดูฝนและฤดูแล้ง

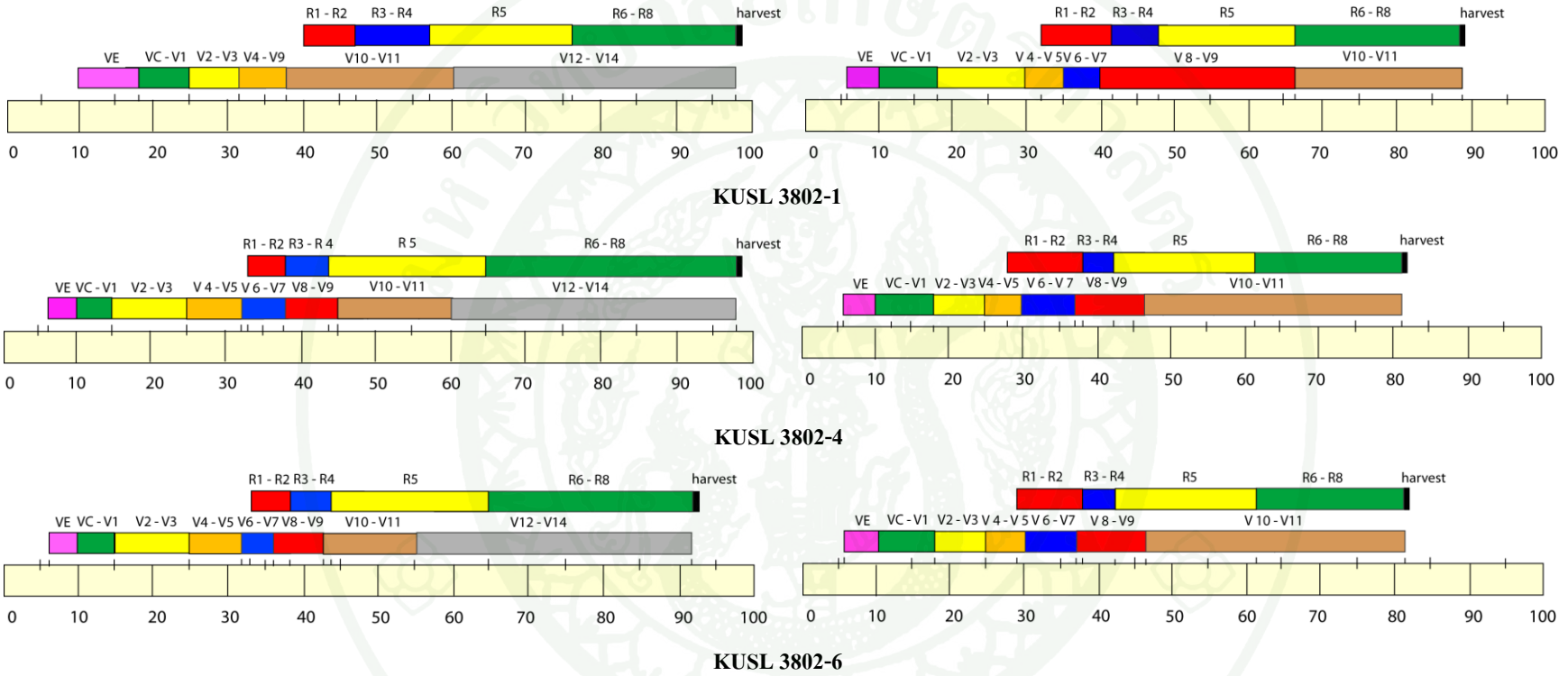
ถั่วเหลืองในแต่ละสายพันธุ์มีระยะพัฒนาการทางลำต้นที่แตกต่างกันเมื่อปลูกในปลายฤดูฝนและฤดูแล้ง ถั่วเหลืองที่ปลูกในปลายฤดูฝนมีพัฒนาการทางลำต้นนานกว่าการปลูกในฤดูแล้ง ยกเว้นสายพันธุ์ KUSL 20004 ที่มีระยะพัฒนาการทางลำต้นก่อนการออกดอกเท่ากันทั้งการปลูกในปลายฤดูฝนและฤดูแล้ง สำหรับในระยะการงอก (VE) พบว่า การปลูกถั่วเหลืองทั้งสองฤดูปลูกมีระยะ VE เท่ากัน ยกเว้นสายพันธุ์ KUSL 3802-1 (ภาพที่ 5) (ตารางที่ 1)

เมื่อถั่วเหลืองมีพัฒนาการด้านสืบพันธุ์พบว่า การปลูกถั่วเหลืองในปลายฤดูฝนมีระยะดอกแรกบาน (R1) ช้ากว่าการปลูกในฤดูแล้งทุกสายพันธุ์ โดยสายพันธุ์ KUSL 20004 มีระยะดอกแรกบานเร็วในช่วง 26 - 28 วันหลังปลูก ทั้งการปลูกในปลายฤดูฝนและฤดูแล้ง ส่วนสายพันธุ์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

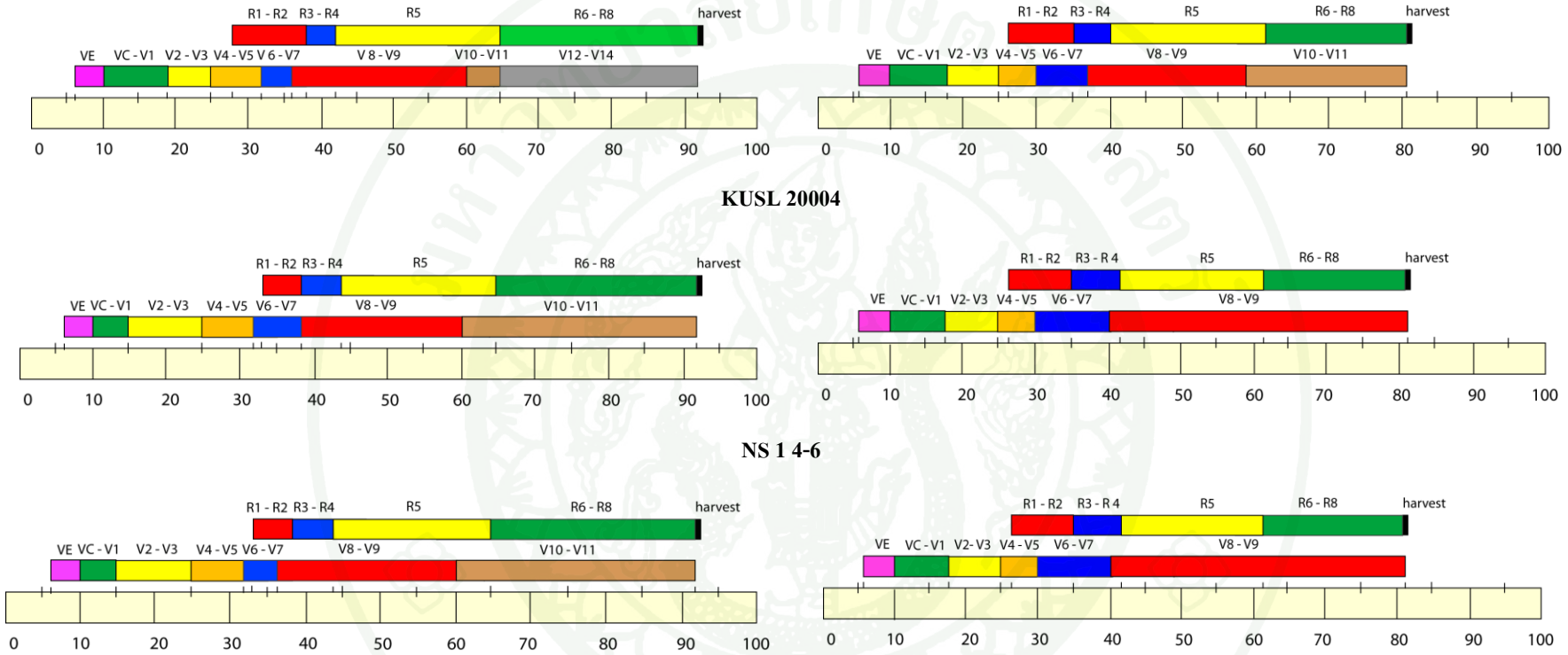
KUSL 3802-1 ถึงระยะดอกแรกบานช้าในช่วง 32 – 40 วันหลังปลูก ทั้งการปลูกในปลายฤดูฝนและฤดูแล้ง และพบว่าการปลูกในปลายฤดูฝนถั่วเหลืองมีช่วงที่เมล็ดสะสมน้ำหนักแห้ง (R5) นานกว่าฤดูแล้ง สำหรับแต่ละสายพันธุ์พบว่าสายพันธุ์ KUSL 3802-1 มีช่วงที่เมล็ดสะสมน้ำหนักแห้งสั้นที่สุดทั้งการปลูกในปลายฤดูฝนและฤดูแล้ง ส่วนสายพันธุ์ KUSL 20004 มีช่วงที่เมล็ดสะสมน้ำหนักแห้งนานที่สุดทั้งการปลูกในปลายฤดูฝนและฤดูแล้ง นอกจากนี้ยังพบว่าการปลูกในปลายฤดูฝนมีระยะสุกแก่ช้ากว่าฤดูแล้งทุกสายพันธุ์ และยังพบว่าสายพันธุ์ KUSL 3802-6, KUSL 20004, NS 1 4-6 และ NS 1 1-12 ถึงระยะสุกแก่เร็ว 81 – 92 วันหลังปลูกทั้งการปลูกในปลายฤดูฝนและฤดูแล้ง ส่วนสายพันธุ์ KUSL 3802-1 ถึงระยะสุกแก่ช้า 89 – 98 วันหลังปลูกทั้งการปลูกในปลายฤดูฝนและฤดูแล้ง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

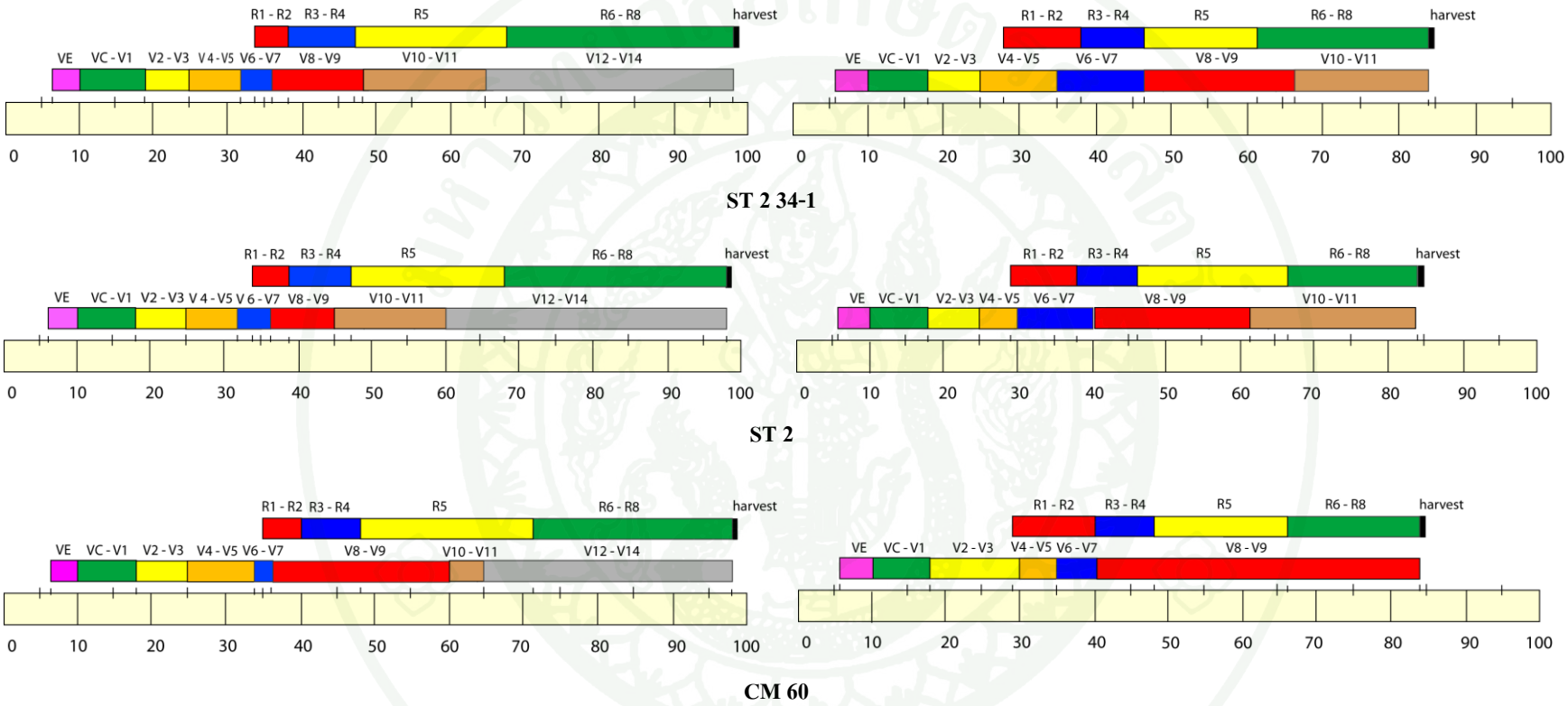


ภาพที่ 5 ระยะพัฒนาการของถั่วเหลืองสายพันธุ์ดีเมื่อปลูกในปลายฤดูฝน (ซ้าย) และฤดูแล้ง (ขวา) ณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์


R1 - R2
R3 - R4
R5
R6 - R8
harvest
VE
VC - V1
V2 - V3
V4 - V5
V6 - V7
V8 - V9
V10 - V11
V12 - V14
0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
KUSL 20004
NS 1 4-6
NS 1 1-12

ภาพที่ 5 (ต่อ)


R1 - R2
R3 - R4
R5
R6 - R8
harvest
VE
VC - V1
V2 - V3
V4 - V5
V6 - V7
V8 - V9
V10 - V11
V12 - V14
0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100
ST 2 34-1
ST 2
CM 60

ภาพที่ 5 (ต่อ)

Chakkrabhandhu 1

ภาพที่ 5 (ต่อ)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 1 ระยะพัฒนาการของถั่วเหลืองสายพันธุ์ดีเมื่อปลูกในปลายฤดูฝน และฤดูแล้ง ณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม

สายพันธุ์	ปลายฤดูฝน (วันหลังปลูก)													ฤดูแล้ง (วันหลังปลูก)										
		VC -	V2 -	V4 -	V6 -	V8 -	V10 -	V12 -	R1 -	R3 -		R6 -			VC -	V2 -	V4 -	V6 -	V8 -	V10 -	R1 -	R3 -		R6 -	
	VE	V1	V3	V5	V7	V9	V11	V14	R2	R4	R5	R7	R8	VE	V1	V3	V5	V7	V9	V11	R2	R4	R5	R7	R8
KUSL 3802-1	10	18	25	32	34	36	38	60	40	47	57	76	98	6	10	18	30	35	40	66	32	42	48	66	89
KUSL 3802-4	6	10	15	25	32	38	45	60	33	38	44	65	98	6	10	18	25	30	37	46	28	38	42	61	81
KUSL 3802-6	6	10	15	25	32	36	43	55	33	38	44	65	92	6	10	18	25	30	37	46	29	38	42	61	81
KUSL 20004	6	10	18	25	32	36	60	65	28	38	42	65	92	6	10	18	25	30	37	59	26	35	40	61	81
NS 1 4-6	6	10	15	25	32	38	60	-	33	38	44	65	92	6	10	18	25	30	40	-	26	35	42	61	81
NS 1 1-12	6	10	18	25	32	36	60	-	33	38	44	65	92	6	10	18	25	30	40	-	26	35	42	61	81
ST 2 34-1	6	10	18	25	32	36	48	65	34	38	47	68	98	6	10	18	25	35	46	66	29	38	46	66	84
ST 2	6	10	18	25	32	36	45	60	34	39	47	68	98	6	10	18	25	30	40	66	29	38	46	66	84
CM 60	6	10	18	25	34	36	60	65	35	40	48	71	98	6	10	21	30	35	40	66	30	40	48	66	89
Chakkrabhandhu 1	6	10	18	28	34	36	38	65	37	43	47	68	98	6	10	18	30	35	40	-	29	40	48	66	84

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1.2 อิทธิพลของฤดูปลูกต่อการเติบโตของถั่วเหลืองสายพันธุ์ดี

1) ความสูงถั่วเหลืองสายพันธุ์ดี

จากการปลูกถั่วเหลืองสายพันธุ์ดีในปลายฤดูฝนและฤดูแล้ง พบว่าถั่วเหลืองมีความสูงตั้งแต่ระยะ VE – V8 เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วง 30 - 40 วันหลังปลูก หลังจากนั้นความสูงไม่เปลี่ยนแปลงมาก (ภาพที่ 6) และเมื่อพิจารณาจากรูปแบบการเติบโตด้านความสูงของต้นยังพบว่าสายพันธุ์ถั่วเหลืองคัดเลือกยังมีการเติบโตด้านความสูงแตกต่างกัน เช่น สายพันธุ์ KUSL 3802-1 และ NS 1 4-6 มีอัตราการเติบโตด้านความสูงสูงที่สุดที่อายุ 30 วันหลังปลูก ขณะที่ KUSL 3802-6 และ NS 1 1-12 มีอัตราการเติบโตด้านความสูงสูงที่สุดที่อายุ 40 วันหลังปลูก และการปลูกในปลายฤดูฝนถั่วเหลืองมีความสูงมากกว่าในฤดูแล้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีความสูงเฉลี่ยเท่ากับ 53.0 และ 41.9 เซนติเมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 2) อีกทั้งยังพบว่าในแต่ละสายพันธุ์มีความสูงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่าเฉลี่ย 47.5 เซนติเมตร สายพันธุ์ที่มีต้นเตี้ย ได้แก่ NS 1 4-6 ส่วนสายพันธุ์ที่มีต้นสูง ได้แก่ KUSL 3802-4, KUSL 3802-6 และ CM 60 การปลูกถั่วเหลืองในปลายฤดูฝนและฤดูแล้งมีความสูงอยู่ระหว่าง 44.1 - 66.4 และ 37.5 – 48.9 เซนติเมตร ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่ามีปฏิสัมพันธ์ร่วมระหว่างฤดูปลูกและสายพันธุ์ถั่วเหลือง ได้แก่ สายพันธุ์ CM 60 ในปลายฤดูฝนถั่วเหลืองมีต้นสูงที่สุด แต่ในฤดูแล้งถั่วเหลืองมีต้นเตี้ยที่สุด อย่างไรก็ตามสายพันธุ์ KUSL 3802-6 และ NS 1 4-6 มีการเติบโตด้านความสูงไม่แตกต่างกันทางสถิติเมื่อปลูกในปลายฤดูฝนและฤดูแล้ง

2) จำนวนข้อต่อต้นของถั่วเหลืองสายพันธุ์ดี

จำนวนข้อต่อต้นของถั่วเหลืองทั้ง 10 สายพันธุ์ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อปลูกในปลายฤดูฝนและฤดูแล้ง (ตารางที่ 3) โดยการปลูกในปลายฤดูฝนมีจำนวนข้อมากกว่าในฤดูแล้งเท่ากับ 13.0 และ 9.8 ข้อ ตามลำดับ ในแต่ละสายพันธุ์มีจำนวนข้อแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่าเฉลี่ย 11.4 ข้อ สายพันธุ์ที่มีจำนวนข้อต่อต้นมากที่สุด ได้แก่ CM 60 ส่วนสายพันธุ์ที่มีจำนวนข้อต่อต้นน้อยที่สุด ได้แก่ NS 1 1-12 การปลูกถั่วเหลืองในปลายฤดูฝนและฤดูแล้งมีจำนวนข้อต่อต้นระหว่าง 11.3 - 14.0 และ 8.9 - 10.8 ข้อ ตามลำดับ ไม่พบว่ามีปฏิสัมพันธ์ร่วมระหว่างฤดูปลูกและสายพันธุ์ถั่วเหลือง (ตารางที่ 3)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

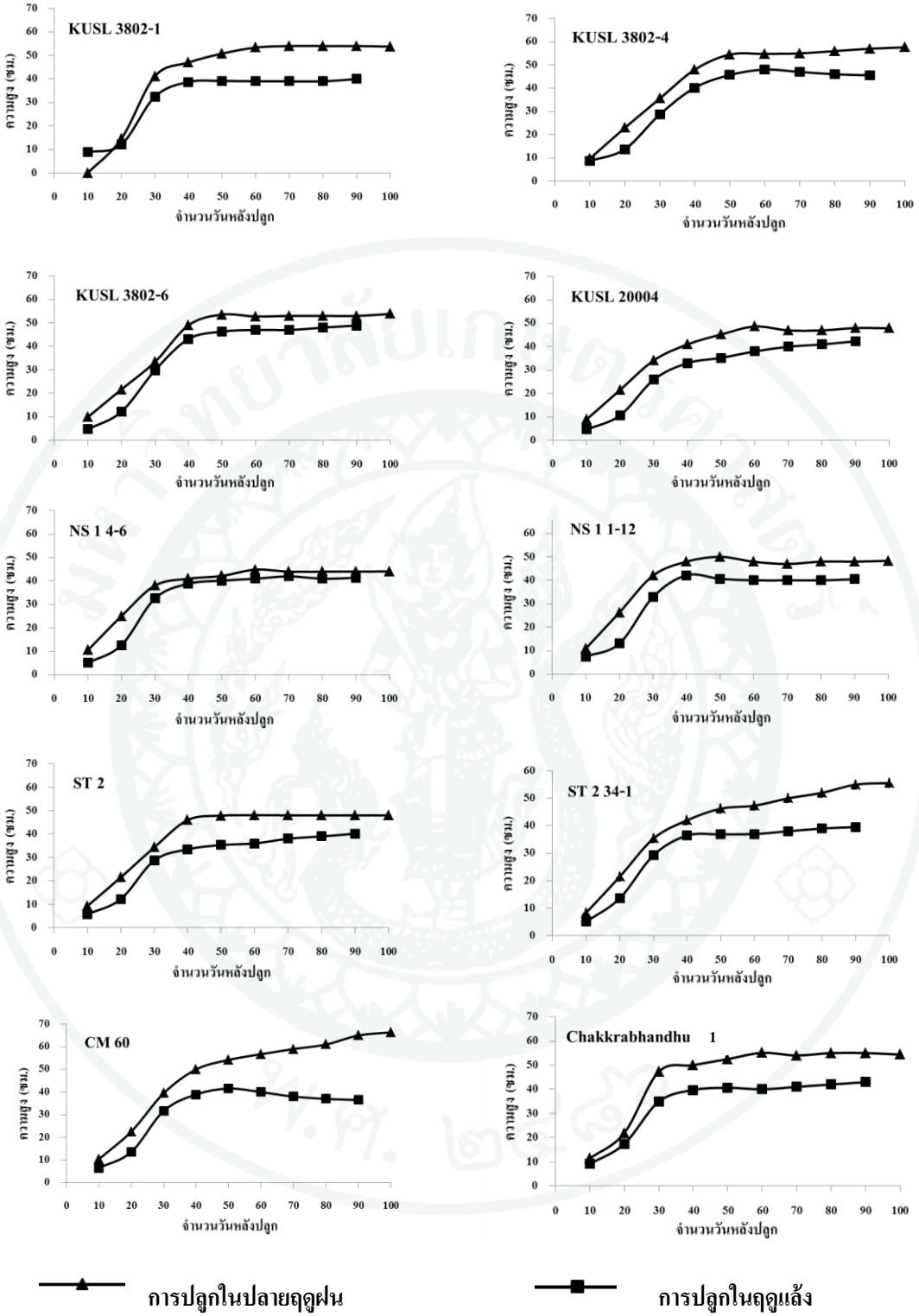
3) จำนวนกิ่งแขนงต่อต้นของถั่วเหลืองสายพันธุ์ดี

จำนวนกิ่งแขนงต่อต้นของถั่วเหลืองทั้ง 10 สายพันธุ์ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทั้งการปลูกในปลายฤดูฝนและฤดูแล้ง (ตารางที่ 4) โดยการปลูกในปลายฤดูฝนมีจำนวนกิ่งแขนงต่อต้นเฉลี่ยมากกว่าฤดูแล้ง เท่ากับ 3.1 และ 2.2 กิ่ง ตามลำดับ และยังพบว่าในแต่ละสายพันธุ์มีจำนวนกิ่งแขนงต่อต้นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่าเฉลี่ย 2.7 กิ่ง สายพันธุ์ที่มีจำนวนกิ่งแขนงต่อต้นมากที่สุด คือ ST 2 ส่วนสายพันธุ์ที่มีจำนวนกิ่งแขนงต่อต้นน้อยที่สุด คือ NS 1 4-6 การปลูกถั่วเหลืองในปลายฤดูฝนและฤดูแล้งมีจำนวนกิ่งแขนงต่อต้นระหว่าง 2.4 – 4.1 กิ่งและ 1.0 – 3.6 กิ่ง ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่ามีปฏิสัมพันธ์ร่วมระหว่างฤดูปลูกและสายพันธุ์ถั่วเหลือง ได้แก่ สายพันธุ์ KUSL 3802-1 ในปลายฤดูฝนมีจำนวนกิ่งแขนงค่อนข้างสูง แต่ในฤดูแล้งมีจำนวนกิ่งแขนงค่อนข้างน้อยกว่าสายพันธุ์อื่น

4) น้ำหนักแห้งรวมต่อต้นของถั่วเหลืองสายพันธุ์ดี

น้ำหนักแห้งรวมต่อต้นของถั่วเหลืองทั้ง 10 สายพันธุ์ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อปลูกในปลายฤดูฝนและฤดูแล้ง (ตารางที่ 5) โดยการปลูกในปลายฤดูฝนมีน้ำหนักแห้งรวมต่อต้นมากกว่าในฤดูแล้งเท่ากับ 19.7 และ 16.8 กรัมตามลำดับ ในแต่ละสายพันธุ์มีน้ำหนักแห้งรวมต่อต้นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่าเฉลี่ย 18.2 กรัม สายพันธุ์ที่มีน้ำหนักแห้งรวมต่อต้นมากที่สุด ได้แก่ KUSL 3802-1 ส่วนสายพันธุ์ที่มีน้ำหนักแห้งรวมต่อต้นน้อยที่สุด ได้แก่ KUSL 3802-6 โดยในปลายฤดูฝนและฤดูแล้งมีน้ำหนักแห้งรวมต่อต้นระหว่าง 16.4 - 22.9 และ 12.9 – 19.9 กรัมตามลำดับ ไม่พบว่ามีปฏิสัมพันธ์ร่วมระหว่างฤดูปลูกและสายพันธุ์ถั่วเหลือง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 6 ความสูงของถั่วเหลืองสายพันธุ์ดีตั้งแต่ระยะ VE – V8 เมื่อปลูกในปลายฤดูฝนและฤดูแล้ง ณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 2 ความสูงของถั่วเหลืองสายพันธุ์ดี 10 สายพันธุ์ เมื่อปลูกในปลายฤดูฝนและฤดูแล้ง ณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม

สายพันธุ์	ความสูง (เซนติเมตร)		
	ปลายฤดูฝน	ฤดูแล้ง	เฉลี่ย
KUSL 3802-1	53.7	40.0	46.9
KUSL 3802-4	57.6	45.5	51.6
KUSL 3802-6	53.8	48.9	51.4
KUSL 20004	47.9	42.3	45.1
NS 1 4-6	44.1	41.4	42.8
NS 1 1-12	48.3	40.5	44.4
ST 2 34-1	55.6	39.5	47.6
ST 2	48.0	40.1	44.1
CM 60	66.4	37.5	52.0
Chakkrabhandhu 1	54.4	43.0	48.7
เฉลี่ย	53.0	41.9	47.5
F-test			
ฤดูปลูก (S)		**	
สายพันธุ์ (V)			**
S × V		**	
$LSD_{0.05}$			
S		2.06	
V			4.62
S × V		6.54	
CV (%)		8.4	

** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 3 จำนวนข้อต่อต้นของถั่วเหลืองสายพันธุ์ดี 10 สายพันธุ์ เมื่อปลูกในปลายฤดูฝนและฤดูแล้ง ณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม

สายพันธุ์	จำนวนข้อ		
	ปลายฤดูฝน	ฤดูแล้ง	ค่าเฉลี่ย
KUSL 3802-1	13.2	10.3	11.8
KUSL 3802-4	14.0	10.4	12.2
KUSL 3802-6	13.6	10.4	12.0
KUSL 20004	12.9	9.7	11.3
NS 1 4-6	12.0	8.6	10.3
NS 1 1-12	11.3	9.0	10.2
ST 2 34-1	13.6	9.9	11.8
ST 2	12.5	9.9	11.2
CM 60	13.8	10.8	12.3
Chakkrabhandhu 1	13.0	9.2	11.1
เฉลี่ย	13.0	9.8	11.4
F-test			
ฤดูปลูก (S)	**		
สายพันธุ์ (V)			**
S × V		ns	
$LSD_{0.05}$			
S	0.37		
V			0.82
S × V		1.16	
CV (%)		6.2	

** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 4 จำนวนกิ่งแขนงต่อต้นของถั่วเหลืองสายพันธุ์ดี 10 สายพันธุ์ เมื่อปลูกในปลายฤดูฝนและฤดูแล้งณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม

สายพันธุ์	จำนวนกิ่งแขนงต่อต้น		
	ปลายฤดูฝน	ฤดูแล้ง	เฉลี่ย
KUSL 3802-1	3.3	2.0	2.7
KUSL 3802-4	3.5	2.6	3.0
KUSL 3802-6	2.8	1.1	2.0
KUSL 20004	2.5	2.4	2.5
NS 1 4-6	2.6	1.0	1.8
NS 1 1-12	2.4	1.7	2.1
ST 2 34-1	3.9	2.7	3.3
ST 2	4.1	3.6	3.9
CM 60	3.0	3.1	3.0
Chakkrabhandhu 1	2.7	2.2	2.4
เฉลี่ย	3.1	2.2	2.7
F-test			
ฤดูปลูก (S)		**	
สายพันธุ์ (V)			**
S × V		*	
$LSD_{0.05}$			
S		0.23	
V			0.53
S × V		0.76	
CV (%)		17.2	

* และ ** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 และ 99 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 5 น้ำหนักแห้งรวมทั้งต้นของถั่วเหลืองสายพันธุ์ดี 10 สายพันธุ์ เมื่อปลูกในปลายฤดูฝนและฤดูแล้ง ณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม

สายพันธุ์	น้ำหนักแห้งรวมต่อต้น (กรัม)		
	ปลายฤดูฝน	ฤดูแล้ง	ค่าเฉลี่ย
KUSL 3802-1	22.9	19.9	21.4
KUSL 3802-4	17.1	15.2	16.1
KUSL 3802-6	16.4	12.9	14.7
KUSL 20004	19.6	16.5	18.0
NS 1 4-6	21.6	17.9	19.8
NS 1 1-12	21.6	19.4	20.5
ST 2 34-1	19.2	15.0	17.0
ST 2	19.2	17.4	18.3
CM 60	19.0	15.8	17.4
Chakkrabhandhu 1	20.3	18.2	19.3
เฉลี่ย	19.7	16.8	18.2
F-test			
ฤดูปลูก (S)	**		
สายพันธุ์ (V)			**
S × V		ns	
$LSD_{0.05}$			
S	9.0		
V			2.0
S × V		2.8	
CV (%)		9.4	

** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

5) วันดอกบาน 50 เปอร์เซ็นต์ของถั่วเหลืองสายพันธุ์ดี

วันดอกบาน 50 เปอร์เซ็นต์ของถั่วเหลืองทั้ง 10 สายพันธุ์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทั้งการปลูกในปลายฤดูฝนและฤดูแล้ง (ตารางที่ 6) โดยการปลูกในปลายฤดูฝนวันดอกบาน 50 เปอร์เซ็นต์โดยเฉลี่ยมากกว่าฤดูแล้ง เท่ากับ 37.2 และ 31.6 วันหลังปลูก ตามลำดับ ในแต่ละสายพันธุ์พบว่ามีวันดอกบาน 50 เปอร์เซ็นต์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่าเฉลี่ย 34.4 วันหลังปลูก สายพันธุ์ที่ออกดอกเร็ว ได้แก่ KUSL 20004 ส่วนสายพันธุ์ที่ออกดอกช้า ได้แก่ KUSL 3802-1 โดยการปลูกถั่วเหลืองในปลายฤดูฝนและฤดูแล้งมีวันดอกบาน 50 เปอร์เซ็นต์เฉลี่ยระหว่าง 31.0 – 44.3 วันหลังปลูก และ 29.0 – 35.3 วันหลังปลูก ตามลำดับ อย่างไรก็ตามพบว่าสายพันธุ์ KUSL 20004 เป็นพันธุ์ที่มีวันดอกบาน 50 เปอร์เซ็นต์ไม่แตกต่างกันทั้งในปลายฤดูฝนและฤดูแล้ง มีค่าเป็น 30 วันหลังปลูก ซึ่งอาจเป็นไปได้ว่า ถั่วเหลืองสายพันธุ์ดังกล่าวมีการตอบสนองต่อฤดูปลูกน้อยกว่าสายพันธุ์อื่นๆ ขณะที่สายพันธุ์ KUSL 3802-1 ถึงแม้ว่าจะปลูกในฤดูแล้งก็ยังคงมีวันดอกบาน 50 เปอร์เซ็นต์ช้ากว่าสายพันธุ์อื่น นอกจากนี้ยังพบว่ามีปฏิสัมพันธ์ร่วมระหว่างฤดูปลูกและสายพันธุ์ถั่วเหลือง ได้แก่ สายพันธุ์ Chakkrabhandhu 1 ในปลายฤดูฝนมีวันดอกบาน 50 เปอร์เซ็นต์ค่อนข้างช้า แต่ในฤดูแล้งพบว่าค่อนข้างเร็วกว่าสายพันธุ์อื่น

6) วันสุกแก่ของถั่วเหลืองสายพันธุ์ดี

วันสุกแก่ของถั่วเหลืองทั้ง 10 สายพันธุ์ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทั้งการปลูกในปลายฤดูฝนและฤดูแล้ง (ตารางที่ 7) โดยในปลายฤดูฝนมีวันสุกแก่ช้ากว่าฤดูแล้ง เท่ากับ 95.6 และ 83.6 วันตามลำดับ ในแต่ละสายพันธุ์พบว่ามีวันสุกแก่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่าเฉลี่ย 89.6 วันหลังปลูก สายพันธุ์ที่สุกแก่เร็ว ได้แก่ KUSL 3802-6, KUSL 20004, NS 1 4-6 และ NS 1 1-12 สายพันธุ์ที่สุกแก่ช้า ได้แก่ KUSL 3802-1 และ CM 60 โดยการปลูกถั่วเหลืองในปลายฤดูฝนและฤดูแล้งมีวันสุกแก่ระหว่าง 92.0 - 98.3 และ 81.0 - 89.0 วันหลังปลูก ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่ามีปฏิสัมพันธ์ร่วมระหว่างฤดูปลูกและสายพันธุ์ถั่วเหลือง ได้แก่ KUSL 3802-4 ในปลายฤดูฝนมีวันสุกแก่ค่อนข้างช้า แต่ในฤดูแล้งพบว่าค่อนข้างเร็วกว่าสายพันธุ์อื่น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 6 วันดอกบาน 50 เปอร์เซ็นต์ของถั่วเหลืองสายพันธุ์ดี 10 สายพันธุ์เมื่อปลูกในปลายฤดูฝนและฤดูแล้ง ณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม

สายพันธุ์	วันดอกบาน 50 เปอร์เซ็นต์		
	ปลายฤดูฝน	ฤดูแล้ง	ค่าเฉลี่ย
KUSL 3802-1	44.3	35.3	39.8
KUSL 3802-4	36.0	31.0	33.5
KUSL 3802-6	36.3	32.3	34.3
KUSL 20004	31.0	30.3	30.7
NS 1 4-6	36.0	29.0	32.5
NS 1 1-12	36.0	29.0	32.5
ST 2 34-1	37.0	32.3	34.7
ST 2	37.3	32.0	34.7
CM 60	37.6	33.0	35.3
Chakkrabhandhu 1	40.3	32.0	36.2
เฉลี่ย	37.2	31.6	34.4
F-test			
ฤดูปลูก (S)		**	
สายพันธุ์ (V)			**
S × V		**	
$LSD_{0.05}$			
S		0.45	
V			1.01
S × V		1.43	
CV (%)		2.5	

** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 7 วันสุกแก่ของถั่วเหลืองสายพันธุ์ดี 10 สายพันธุ์ เมื่อปลูกในปลายฤดูฝนและฤดูแล้ง ณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม

สายพันธุ์	วันสุกแก่		
	ปลายฤดูฝน	ฤดูแล้ง	ค่าเฉลี่ย
KUSL 3802-1	98.3	89.0	93.7
KUSL 3802-4	98.0	81.3	89.7
KUSL 3802-6	92.0	81.0	86.5
KUSL 20004	92.0	81.0	86.5
NS 1 4-6	92.0	81.0	86.5
NS 1 1-12	92.0	81.0	86.5
ST 2 34-1	98.0	84.3	91.2
ST 2	97.8	84.0	90.9
CM 60	98.3	89.0	93.7
Chakkrabhandhu 1	98.0	84.0	91.0
เฉลี่ย	95.6	83.6	89.6
F-test			
ฤดูปลูก (S)	**		
สายพันธุ์ (V)			**
S × V		**	
$LSD_{0.05}$			
S	0.59		
V			1.31
S × V		1.85	
CV (%)		1.3	

** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1.3 อิทธิพลของฤดูปลูกต่อลักษณะทางสรีรวิทยาของถั่วเหลืองสายพันธุ์ดี

1) ดัชนีพื้นที่ใบของถั่วเหลืองสายพันธุ์ดี

ดัชนี้พื้นที่ใบของถั่วเหลืองมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อถั่วเหลืองมีระยะพัฒนาการเพิ่มขึ้น (ตารางที่ 8) โดยถั่วเหลืองเมื่อปลูกในปลายฤดูฝนมีดัชนีพื้นที่ใบมากกว่าฤดูแล้งในทุกระยะพัฒนาการยกเว้นที่ระยะเมล็ดเต็มฝัก (R6) ดัชนีพื้นที่ใบของถั่วเหลืองที่ระยะเริ่มติดฝัก (R3) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทั้งการปลูกในปลายฤดูฝนและฤดูแล้ง โดยการปลูกถั่วเหลืองปลายฤดูฝนมีดัชนีพื้นที่ใบมากกว่าฤดูแล้ง ซึ่งมีดัชนีพื้นที่ใบ เท่ากับ 3.2 และ 2.8 ตามลำดับ และในแต่ละสายพันธุ์ยังมีดัชนีพื้นที่ใบแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่าเฉลี่ย 3.0 ส่วนการปลูกถั่วเหลืองในปลายฤดูฝนและฤดูแล้งมีดัชนีพื้นที่ใบระหว่าง 2.6 – 3.8 และ 2.5 – 3.5 ตามลำดับ สายพันธุ์ที่มีดัชนีพื้นที่ใบมากที่สุด ได้แก่ NS 1 1-12 ส่วนสายพันธุ์ที่มีดัชนีพื้นที่ใบน้อยที่สุด ได้แก่ KUSL 3802-6 อีกทั้งไม่พบปฏิสัมพันธ์ของดัชนีพื้นที่ใบร่วมระหว่างฤดูปลูกและสายพันธุ์ถั่วเหลือง อย่างไรก็ตามพบว่าสายพันธุ์ ST 2 มีดัชนีพื้นที่ใบเท่ากันทั้งการปลูกในปลายฤดูฝนและฤดูแล้งซึ่งมีค่าเป็น 2.8 อาจเป็นไปได้ว่า ถั่วเหลืองสายพันธุ์ดังกล่าวมีการตอบสนองต่อฤดูปลูกน้อยกว่าสายพันธุ์อื่นๆ (ตารางที่ 8)

ดัชนีพื้นที่ใบของถั่วเหลืองที่ระยะเริ่มติดเมล็ด (R5) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเช่นเดียวกับระยะเริ่มติดฝัก (R3) ทั้งการปลูกในปลายฤดูฝนและฤดูแล้ง โดยการปลูกถั่วเหลืองปลายฤดูฝนมีดัชนีพื้นที่ใบมากกว่าฤดูแล้งเท่ากับ 5.6 และ 4.5 ตามลำดับ (ตารางที่ 8) ซึ่งในแต่ละสายพันธุ์มีดัชนีพื้นที่ใบแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยมีค่าเฉลี่ย 5.0 โดยการปลูกในปลายฤดูฝนและฤดูแล้งถั่วเหลืองมีดัชนีพื้นที่ใบระหว่าง 4.3 – 7.0 และ 3.8 – 5.0 ตามลำดับ สายพันธุ์ที่มีดัชนีพื้นที่ใบมากที่สุด ได้แก่ ST 2 34-1 ส่วนสายพันธุ์ที่มีดัชนีพื้นที่ใบน้อยที่สุด ได้แก่ KUSL 3802-4 นอกจากนี้ยังพบปฏิสัมพันธ์ร่วมระหว่างฤดูปลูกและสายพันธุ์ถั่วเหลือง ได้แก่ สายพันธุ์ CM 60 ในปลายฤดูฝนมีดัชนีพื้นที่ใบค่อนข้างสูงกว่าสายพันธุ์อื่น แต่ในฤดูแล้งมีดัชนีพื้นที่ใบน้อยที่สุด (ตารางที่ 8)

ดัชนีพื้นที่ใบของถั่วเหลืองที่ระยะเมล็ดเต็มฝัก (R6) ไม่แตกต่างกันทั้งการปลูกในปลายฤดูฝนและฤดูแล้ง ในขณะที่แต่ละสายพันธุ์มีดัชนีพื้นที่ใบแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยมีค่าเฉลี่ย 4.9 (ตารางที่ 8) การปลูกในปลายฤดูฝนและฤดูแล้งถั่วเหลืองมีดัชนีพื้นที่ใบระหว่าง 3.6 – 6.1 และ 3.1 – 6.3 ตามลำดับ สายพันธุ์ที่มีดัชนีพื้นที่ใบมากที่สุด ได้แก่ KUSL 3802-1 และ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Chakkrabhandhu 1 สายพันธุ์ที่มีดัชนีพื้นที่ใบน้อยที่สุด ได้แก่ KUSL 3802-6 นอกจากนี้ยังพบปฏิสัมพันธ์ร่วมระหว่างฤดูปลูกและสายพันธุ์ถั่วเหลือง ได้แก่ สายพันธุ์ ST 2 34-1 ในปลายฤดูฝนมีดัชนีพื้นที่ใบค่อนข้างน้อย แต่ฤดูแล้งมีดัชนีพื้นที่ใบค่อนข้างมากกว่าสายพันธุ์อื่น

2) ปริมาณคลอโรฟิลล์ของถั่วเหลืองสายพันธุ์ดี

ปริมาณคลอโรฟิลล์ของถั่วเหลืองมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อมีระยะพัฒนาการเพิ่มขึ้น (ตารางที่ 9) ถั่วเหลืองที่ปลูกในปลายฤดูฝนมีปริมาณคลอโรฟิลล์มากกว่าฤดูแล้งทุกระยะพัฒนาการ โดยปริมาณคลอโรฟิลล์ที่ระยะเริ่มติดฝัก (R3) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อปลูกในปลายฤดูฝนและฤดูแล้ง โดยการปลูกปลายฤดูฝนมีปริมาณคลอโรฟิลล์มากกว่าการปลูกในฤดูแล้งซึ่งมีค่าเท่ากับ 37.5 และ 35.9 SPAD unit ตามลำดับ อีกทั้งในแต่ละสายพันธุ์ยังมีปริมาณคลอโรฟิลล์ไม่แตกต่างกันและไม่พบปฏิสัมพันธ์ร่วมระหว่างฤดูปลูกและสายพันธุ์ถั่วเหลือง

ส่วนปริมาณคลอโรฟิลล์ที่ระยะเริ่มติดเมล็ด (R5) พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อปลูกในปลายฤดูฝนและฤดูแล้ง โดยการปลูกในปลายฤดูฝนมีปริมาณคลอโรฟิลล์มากกว่าฤดูแล้งซึ่งมีค่าเท่ากับ 45.7 และ 42.2 SPAD unit ตามลำดับ (ตารางที่ 9) และในแต่ละสายพันธุ์ยังมีปริมาณคลอโรฟิลล์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยมีค่าเฉลี่ย 43.9 SPAD unit ถั่วเหลืองมีปริมาณคลอโรฟิลล์ระหว่าง 42.5 – 47.5 และ 40.6 – 44.3 SPAD unit เมื่อปลูกในปลายฤดูฝนและฤดูแล้งตามลำดับ สายพันธุ์ที่มีปริมาณคลอโรฟิลล์มากที่สุด ได้แก่ Chakkrabhandhu 1 ส่วนสายพันธุ์ที่มีปริมาณคลอโรฟิลล์น้อยที่สุด ได้แก่ KUSL 3802-6 นอกจากนี้ยังพบปฏิสัมพันธ์ร่วมระหว่างฤดูปลูกและสายพันธุ์ถั่วเหลือง ได้แก่ สายพันธุ์ CM 60 ในปลายฤดูฝนมีปริมาณคลอโรฟิลล์ค่อนข้างสูง แต่ในฤดูแล้งมีปริมาณคลอโรฟิลล์ค่อนข้างต่ำกว่าสายพันธุ์อื่น

สำหรับปริมาณคลอโรฟิลล์ที่ระยะเมล็ดเต็มฝัก (R6) พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อปลูกในปลายฤดูฝนและฤดูแล้ง การปลูกในปลายฤดูฝนมีปริมาณคลอโรฟิลล์มากกว่าฤดูแล้งเท่ากับ 46.2 และ 41.3 SPAD unit ตามลำดับ (ตารางที่ 9) อีกทั้งในแต่ละสายพันธุ์มีปริมาณคลอโรฟิลล์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยมีค่าเฉลี่ย 43.7 SPAD unit ส่วนการปลูกในปลายฤดูฝนและฤดูแล้งถั่วเหลืองมีปริมาณคลอโรฟิลล์ระหว่าง 43.9 – 48.6 และ 39.1 – 43.9 SPAD unit ตามลำดับ สายพันธุ์ที่มีปริมาณคลอโรฟิลล์มากที่สุด ได้แก่ Chakkrabhandhu 1 ส่วนสายพันธุ์ที่มีปริมาณคลอโรฟิลล์น้อยที่สุด ได้แก่ KUSL 20004 ไม่พบปฏิสัมพันธ์ร่วมระหว่างฤดูปลูกและสายพันธุ์ถั่วเหลือง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 8 ดัชนีพื้นที่ใบของถั่วเหลืองสายพันธุ์ดี 10 สายพันธุ์ เมื่อปลูกในปลายฤดูฝนและฤดูแล้ง ณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม

สายพันธุ์	ดัชนีพื้นที่ใบ								
	R3			R5			R6		
	ปลายฤดูฝน	ฤดูแล้ง	เฉลี่ย	ปลายฤดูฝน	ฤดูแล้ง	เฉลี่ย	ปลายฤดูฝน	ฤดูแล้ง	เฉลี่ย
KUSL 3802-1	3.6	2.8	3.2	6.1	4.8	5.4	5.0	6.3	5.7
KUSL 3802-4	2.8	2.7	2.8	4.3	4.2	4.2	3.6	4.9	4.2
KUSL 3802-6	2.7	2.5	2.6	4.8	4.0	4.4	3.8	3.1	3.4
KUSL 20004	2.6	2.8	2.7	4.8	4.6	4.7	4.2	4.5	4.3
NS 1 4-6	3.7	3.0	3.4	5.0	4.1	4.5	5.2	5.0	5.1
NS 1 1-12	3.8	3.5	3.6	6.0	4.8	5.4	4.8	5.3	5.1
ST 2 34-1	2.9	2.6	2.8	7.0	4.8	5.9	3.9	5.1	4.5
ST 2	2.8	2.8	2.8	6.2	4.8	5.5	4.9	5.9	5.4
CM 60	3.2	2.9	3.0	6.2	3.8	5.0	5.8	5.4	5.6
Chakkrabhandhu 1	3.7	2.8	3.2	5.7	5.0	5.3	6.1	5.3	5.7
เฉลี่ย	3.2	2.8	3.0	5.6	4.5	5.0	4.7	5.1	4.9
F-test									
ฤดูปลูก (S)	**			**			ns		
สายพันธุ์ (V)		**			**			**	
S × V		ns			*			*	
$LSD_{0.05}$									
S	0.20			0.28			0.36		
V		0.45			0.65			0.80	
S × V		0.63			0.91			1.13	
CV (%)		12.7			11.0			14.0	

* และ ** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 และ 99 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 9 ปริมาณคลอโรฟิลล์ของถั่วเหลืองสายพันธุ์ดี 10 สายพันธุ์ เมื่อปลูกในปลายฤดูฝนและฤดูแล้ง ณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม

สายพันธุ์	ปริมาณคลอโรฟิลล์ (SPAD unit)								
	R3			R5			R6		
	ปลายฤดูฝน	ฤดูแล้ง	เฉลี่ย	ปลายฤดูฝน	ฤดูแล้ง	เฉลี่ย	ปลายฤดูฝน	ฤดูแล้ง	เฉลี่ย
KUSL 3802-1	37.0	36.2	36.6	42.5	44.1	43.3	44.9	43.9	44.4
KUSL 3802-4	37.5	35.4	36.5	46.0	40.6	43.3	45.5	39.1	42.3
KUSL 3802-6	36.3	35.3	35.8	44.0	40.7	42.4	45.0	40.4	42.7
KUSL 20004	38.6	35.9	37.3	46.3	40.8	43.5	43.9	39.8	41.8
NS 1 4-6	37.5	37.2	37.3	46.0	44.2	45.1	45.5	41.6	43.6
NS 1 1-12	37.8	35.5	36.7	46.1	43.1	44.6	46.0	40.2	43.1
ST 2 34-1	36.3	34.6	35.5	45.6	41.2	43.4	46.4	42.2	44.3
ST 2	38.5	34.6	36.5	45.7	42.4	44.1	47.7	40.9	44.3
CM 60	37.6	36.9	37.2	47.1	40.7	43.9	48.5	41.5	45.0
Chakkrabhandhu 1	38.4	37.4	37.9	47.5	44.3	45.9	48.6	43.2	45.9
เฉลี่ย	37.5	35.9	36.7	45.7	42.2	43.9	46.2	41.3	43.7
F-test									
ฤดูปลูก (S)	**			**			**		
สายพันธุ์ (V)			ns			*			*
S × V		ns			**			ns	
$LSD_{0.05}$									
S	0.67			0.77			0.99		
V			1.49			1.71			2.21
S × V		2.11			2.42			3.13	
CV (%)		3.5			3.3			4.3	

* และ ** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 และ 99 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3) ความหนาแน่นปากใบของถั่วเหลืองสายพันธุ์ดี

ปากใบของถั่วเหลืองประกอบด้วยเซลล์คุมและช่องเปิด เซลล์คุมมีรูปร่างคล้ายไตหรือเมล็ดถั่วโดยมีเซลล์เสริมเซลล์คุมประกบแบบขนานเซลล์คุมข้างละหนึ่งเซลล์ (paracytic stomata) (ภาพที่ 7) จากการวัดความหนาแน่นปากใบถั่วเหลืองที่ปลูกทั้งในปลายฤดูฝนและฤดูแล้ง พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติในทุกระยะพัฒนาการ แต่พบว่าในแต่ละสายพันธุ์มีความหนาแน่นปากใบแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 10)

ที่ระยะเริ่มติดฝัก (R3) ในแต่ละสายพันธุ์มีความหนาแน่นปากใบแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยมีค่าเฉลี่ย 235.1 ตารางมิลลิเมตร การปลูกในปลายฤดูฝนและฤดูแล้งมีความหนาแน่นปากใบ ระหว่าง 192.0 – 274.7 และ 213.3 – 255.1 ปากใบต่อตารางมิลลิเมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 10) สายพันธุ์ที่มีความหนาแน่นปากใบมากที่สุด ได้แก่ Chakkrabhandhu 1 ส่วนสายพันธุ์ที่มีความหนาแน่นปากใบน้อยที่สุด ได้แก่ CM 60 นอกจากนี้ยังพบปฏิสัมพันธ์ร่วมระหว่างฤดูปลูกและสายพันธุ์ถั่วเหลือง ได้แก่ สายพันธุ์ KUSL 20004 ในปลายฤดูฝนมีความหนาแน่นปากใบค่อนข้างน้อยแต่ในฤดูแล้งมีความหนาแน่นปากใบมากกว่าสายพันธุ์อื่น

ความหนาแน่นปากใบของถั่วเหลืองที่ระยะเริ่มติดเมล็ด (R5) ไม่แตกต่างกันทั้งการปลูกในปลายฤดูฝนและฤดูแล้ง ในแต่ละสายพันธุ์มีความหนาแน่นปากใบแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยมีค่าเฉลี่ย 246.8 ปากใบต่อตารางมิลลิเมตร การปลูกถั่วเหลืองในปลายฤดูฝนและฤดูแล้งมีความหนาแน่นปากใบระหว่าง 225.8 – 284.4 และ 221.3 – 278.2 ปากใบต่อตารางมิลลิเมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 10) สายพันธุ์ที่มีปากใบมากที่สุด ได้แก่ Chakkrabhandhu 1 ส่วนสายพันธุ์ที่มีความหนาแน่นปากใบน้อยที่สุด ได้แก่ KUSL 3802-4 นอกจากนี้ยังพบปฏิสัมพันธ์ร่วมระหว่างฤดูปลูกและสายพันธุ์ถั่วเหลือง ได้แก่ สายพันธุ์ KUSL 3802-6 ในปลายฤดูฝนมีความหนาแน่นปากใบค่อนข้างน้อยแต่เมื่อปลูกในฤดูแล้งมีความหนาแน่นปากใบค่อนข้างมากกว่าสายพันธุ์อื่น

ความหนาแน่นปากใบของถั่วเหลืองที่ระยะเมล็ดเต็มฝัก (R6) ไม่แตกต่างกันทั้งการปลูกในปลายฤดูฝนและฤดูแล้ง ส่วนแต่ละสายพันธุ์มีความหนาแน่นปากใบแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยมีค่าเฉลี่ย 250.0 ปากใบต่อตารางมิลลิเมตร (ตารางที่ 10) การปลูกในปลายฤดูฝนและฤดูแล้งมีความหนาแน่นปากใบระหว่าง 223.1 -293.3 และ 230.2 – 284.4 ปากใบต่อตารางมิลลิเมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 10) สายพันธุ์ที่มีความหนาแน่นปากใบมากที่สุด ได้แก่

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

KUSL 3802-1 ส่วนสายพันธุ์ที่มีความหนาแน่นน้อยที่สุด ได้แก่ NS 1 4-6 นอกจากนี้ยังพบปฏิสัมพันธ์ร่วมระหว่างฤดูปลูกและสายพันธุ์ถั่วเหลือง ได้แก่ สายพันธุ์ CM 60 ในปลายฤดูฝนมีความหนาแน่นค่อนข้างน้อยแต่ในฤดูแล้งมีความหนาแน่นปากใบค่อนข้างมากกว่าสายพันธุ์อื่น

4) ดัชนีปากใบของถั่วเหลืองสายพันธุ์ดี

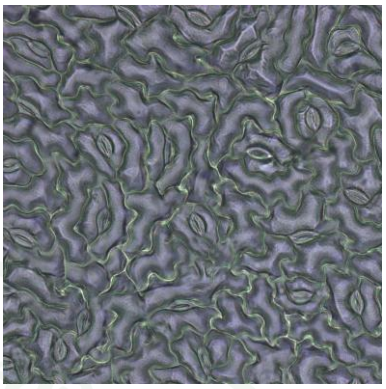
ดัชนีปากใบของถั่วเหลืองเมื่อปลูกในปลายฤดูฝนและฤดูแล้งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระยะเริ่มติดฝัก (R3) เท่านั้น (ตารางที่ 11) การปลูกในปลายฤดูฝนมีค่าดัชนีปากใบมากกว่าฤดูแล้งซึ่งมีค่าเท่ากับ 17.8 และ 16.9 ตามลำดับ ในแต่ละสายพันธุ์มีดัชนีปากใบแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยมีค่าเฉลี่ย 17.3 และการปลูกในปลายฤดูฝนและฤดูแล้งมีดัชนีปากใบระหว่าง 16.3 – 19.1 และ 15.7 -18.5 ตามลำดับ สายพันธุ์ที่มีดัชนีปากใบมากที่สุด ได้แก่ NS 1 1-12 ส่วนสายพันธุ์ที่มีดัชนีปากใบน้อยที่สุด ได้แก่ ST 2 34-1 นอกจากนี้ยังพบปฏิสัมพันธ์ร่วมระหว่างฤดูปลูกและสายพันธุ์ถั่วเหลือง ได้แก่ สายพันธุ์ KUSL 3802-1 ในปลายฤดูฝนมีดัชนีปากใบค่อนข้างสูง แต่ในฤดูแล้งมีดัชนีปากใบค่อนข้างน้อยกว่าสายพันธุ์อื่น

ที่ระยะเริ่มติดเมล็ด (R5) พบว่า ในแต่ละสายพันธุ์มีดัชนีปากใบแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยมีค่าเฉลี่ย 18.2 การปลูกในปลายฤดูฝนและฤดูแล้งมีดัชนีปากใบระหว่าง 16.6 – 19.3 และ 17.5 – 18.9 ตามลำดับ (ตารางที่ 11) โดยสายพันธุ์ที่มีดัชนีปากใบมากที่สุด ได้แก่ NS 1 4-6 ส่วนสายพันธุ์ที่มีดัชนีปากใบน้อยที่สุด ได้แก่ CM 60 ไม่พบปฏิสัมพันธ์ร่วมระหว่างฤดูปลูกและสายพันธุ์ถั่วเหลือง

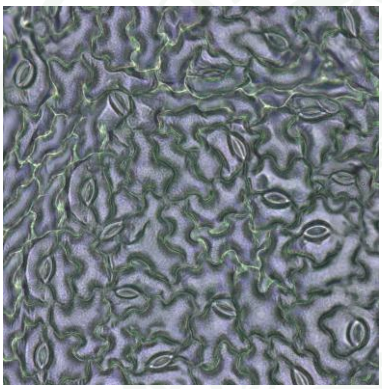
ส่วนที่ระยะเมล็ดเต็มฝัก (R6) พบว่า ในแต่ละสายพันธุ์มีดัชนีปากใบไม่แตกต่างกันโดยมีค่าเฉลี่ย 17.9 นอกจากนี้ยังพบปฏิสัมพันธ์ร่วมระหว่างฤดูปลูกและสายพันธุ์ถั่วเหลือง ได้แก่ สายพันธุ์ ST 2 ในปลายฤดูฝนมีดัชนีปากใบมากที่สุดแต่ในฤดูแล้งมีดัชนีปากใบค่อนข้างน้อยกว่าสายพันธุ์อื่น (ตารางที่ 11)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

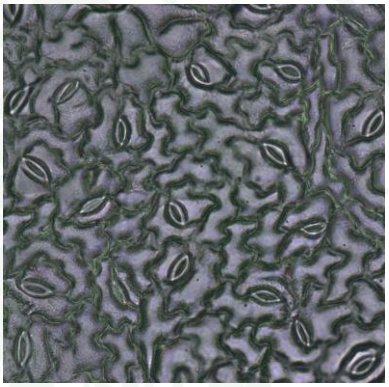
KUSL 3802-1



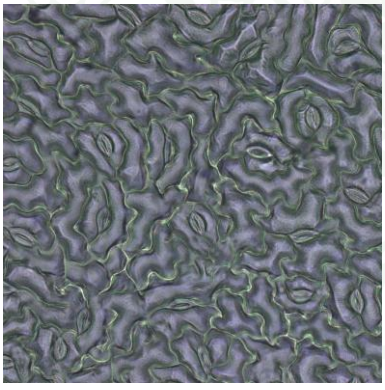
KUSL 3802-4



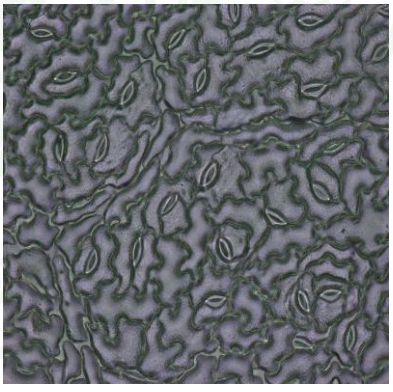
KUSL 3802-6



KUSL 20004



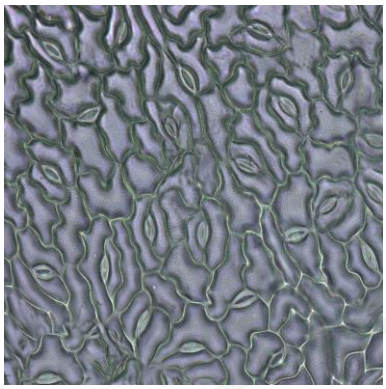
NS 1 4-6



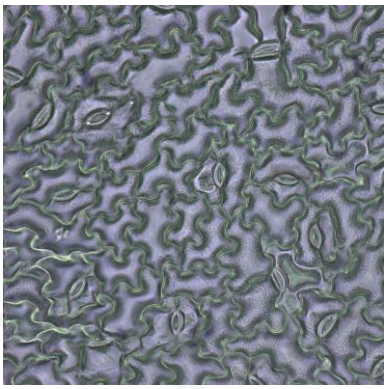
NS 1 1-12

ภาพที่ 7 แสดงรูปร่างของปากใบถั่วเหลืองสายพันธุ์ดี (พื้นที่ 0.25 ตารางมิลลิเมตร กำลังขยาย 40X) เมื่อปลูกในปลายฤดูฝนและฤดูแล้ง ณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม

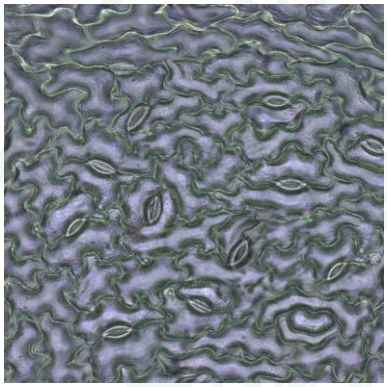
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



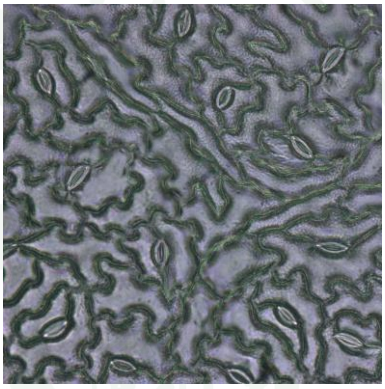
ST 2 34-1



ST 2



CM 60



Chakkrabhandhu 1

ภาพที่ 7 (ต่อ)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 10 ความหนาแน่นปากใบของถั่วเหลืองสายพันธุ์ดี 10 สายพันธุ์ เมื่อปลูกในปลายฤดูฝน และฤดูแล้ง ณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม

สายพันธุ์	ความหนาแน่นปากใบ (จำนวนปากใบต่อตารางมิลลิเมตร)								
	R3			R5			R6		
	ปลายฤดูฝน	ฤดูแล้ง	เฉลี่ย	ปลายฤดูฝน	ฤดูแล้ง	เฉลี่ย	ปลายฤดูฝน	ฤดูแล้ง	เฉลี่ย
KUSL 3802-1	233.8	236.4	235.1	240.0	276.4	258.2	269.3	284.4	276.9
KUSL 3802-4	254.2	247.1	250.7	240.9	221.3	231.1	254.2	240.0	247.1
KUSL 3802-6	240.9	232.0	236.4	225.8	256.0	240.9	248.9	247.1	248.0
KUSL 20004	210.2	240.0	225.1	254.2	244.4	249.3	244.4	230.2	237.3
NS 1 4-6	237.3	231.1	234.2	232.9	247.1	240.0	223.1	240.0	231.6
NS 1 1-12	238.2	255.1	246.7	229.3	237.3	233.3	232.9	244.4	238.7
ST 2 34-1	217.8	228.4	223.1	256.9	248.9	252.9	251.6	256.0	253.8
ST 2	219.6	249.8	234.7	239.1	252.4	245.8	293.3	238.7	266.0
CM 60	192.0	213.3	202.7	235.6	234.7	235.1	242.7	257.8	250.2
Chakkrabhandhu 1	274.7	249.8	262.2	284.4	278.2	281.3	256.9	244.4	250.7
เฉลี่ย	231.9	238.3	235.1	243.9	249.7	246.8	251.7	248.3	250.0
F-test									
ฤดูปลูก (S)	ns			ns			ns		
สายพันธุ์ (V)			**			**			**
S × V		**			**			**	
$LSD_{0.05}$									
S	6.66			6.21			7.54		
V			14.90			13.90			16.86
S × V		21.07			19.65			23.85	
CV (%)		5.4			4.8			5.8	

** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 11 ดัชนีปากใบของถั่วเหลืองสายพันธุ์ดี 10 สายพันธุ์ เมื่อปลูกในปลายฤดูฝนและฤดูแล้ง ณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม

สายพันธุ์	ดัชนีปากใบ								
	R3			R5			R6		
	ปลายฤดูฝน	ฤดูแล้ง	เฉลี่ย	ปลายฤดูฝน	ฤดูแล้ง	เฉลี่ย	ปลายฤดูฝน	ฤดูแล้ง	เฉลี่ย
KUSL 3802-1	18.2	16.1	17.2	18.8	18.5	18.6	18.4	17.9	18.2
KUSL 3802-4	17.4	16.9	17.1	17.6	18.1	17.8	18.4	16.8	17.6
KUSL 3802-6	19.1	17.3	18.2	17.0	18.3	17.7	17.5	17.6	17.6
KUSL 20004	16.7	16.3	16.5	18.6	18.2	18.4	17.9	16.8	17.3
NS 1 4-6	19.0	17.6	18.3	18.8	18.9	18.8	18.8	18.0	18.4
NS 1 1-12	18.9	18.5	18.7	18.3	18.3	18.3	17.3	18.5	17.9
ST 2 34-1	17.0	15.7	16.3	17.9	17.5	17.7	17.6	17.8	17.7
ST 2	16.3	16.9	16.6	18.2	18.7	18.4	19.6	17.5	18.6
CM 60	16.5	16.9	16.7	16.6	17.8	17.2	17.6	18.9	18.2
Chakkrabhandhu1	18.8	16.8	17.8	19.3	18.1	18.7	17.8	17.8	17.8
เฉลี่ย	17.8	16.9	17.3	18.1	18.2	18.2	18.1	17.8	17.9
F-test									
ฤดูปลูก (S)		**			ns			ns	
สายพันธุ์ (V)			**			*			ns
S × V		**			ns			**	
$LSD_{0.05}$									
S	0.36			0.45			0.41		
V			0.81			1.00			0.9
S × V		1.14			1.42			1.30	
CV (%)		4.0			4.7			4.4	

* และ ** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 และ 99 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1.4 อิทธิพลของฤดูปลูกต่อการสร้างผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของถั่วเหลืองสายพันธุ์ดี

เมื่อพิจารณาผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของถั่วเหลือง 10 สายพันธุ์ ที่ปลูกในปลายฤดูฝนและฤดูแล้ง พบว่าถั่วเหลืองมีความแปรปรวนของลักษณะจำนวนฝักต่อต้น จำนวนเมล็ดต่อฝัก จำนวนเมล็ดต่อต้น น้ำหนัก 100 เมล็ด น้ำหนักเมล็ดต่อต้นและผลผลิตต่อไร่อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนี้พบว่ามีปฏิสัมพันธ์ร่วมระหว่างฤดูปลูกและสายพันธุ์ถั่วเหลืองเฉพาะน้ำหนัก 100 เมล็ดเท่านั้น

จำนวนฝักต่อต้นของถั่วเหลืองที่ปลูกปลายฤดูฝนมากกว่าปลูกในฤดูแล้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติคิดเป็น 47.2 และ 35.4 ฝัก ตามลำดับ (ตารางที่ 12) และยังพบว่าในแต่ละสายพันธุ์พบว่ามีจำนวนฝักต่อต้นแตกต่างกันอย่างมีนัยทางสถิติโดยมีค่าเฉลี่ย 41.3 ฝัก และถั่วเหลืองมีจำนวนฝักต่อต้นระหว่าง 34.9 – 62.5 และ 24.4 – 48.7 ฝัก เมื่อปลูกในปลายฤดูฝนและฤดูแล้ง ตามลำดับ สายพันธุ์ที่มีจำนวนฝักต่อต้นมากที่สุด ได้แก่ KUSL 3802-1 ส่วนสายพันธุ์ที่มีจำนวนฝักต่อต้นน้อยที่สุด ได้แก่ KUSL 3802-6

จำนวนเมล็ดต่อฝักไม่แตกต่างกันทั้งการปลูกในปลายฤดูฝนและฤดูแล้ง (ตารางที่ 12) ขณะที่ในแต่ละสายพันธุ์พบว่ามีจำนวนเมล็ดต่อฝักแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยมีค่าเฉลี่ย 2.2 เมล็ด โดยถั่วเหลืองมีจำนวนเมล็ดต่อฝักระหว่าง 2.00 – 3.00 เมล็ด ทั้งการปลูกในปลายฤดูฝนและฤดูแล้ง สายพันธุ์ที่มีจำนวนเมล็ดต่อฝักมากที่สุด ได้แก่ KUSL 3802-6 สายพันธุ์ที่มีจำนวนเมล็ดต่อฝักน้อยที่สุด ได้แก่ KUSL 3802-1, NS 1 4-6, NS 1 1-12, CM 60 และ Chakkrabhandhu 1

จำนวนเมล็ดต่อต้นของถั่วเหลืองในปลายฤดูฝนมีมากกว่าฤดูแล้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเท่ากับ 99.8 และ 73.0 เมล็ดตามลำดับ (ตารางที่ 12) และในแต่ละพันธุ์พบว่ามีจำนวนเมล็ดต่อต้นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยมีค่าเฉลี่ย 86.4 เมล็ด ถั่วเหลืองมีจำนวนเมล็ดต่อต้นระหว่าง 80.9 – 126.0 และ 56.1 – 97.7 เมล็ด เมื่อปลูกในปลายฤดูฝนและฤดูแล้ง ตามลำดับ สายพันธุ์ที่มีจำนวนเมล็ดต่อต้นมากที่สุด ได้แก่ KUSL 3802-1 ส่วนสายพันธุ์ที่มีจำนวนเมล็ดต่อต้นน้อยที่สุด ได้แก่ KUSL 3802-6

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

น้ำหนักเมล็ดต่อต้นของถั่วเหลืองที่ปลูกในปลายฤดูฝนมีมากกว่าฤดูแล้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเท่ากับ 10.6 และ 9.4 กรัม ตามลำดับ (ตารางที่ 12) ในแต่ละสายพันธุ์พบว่ามีน้ำหนักเมล็ดต่อต้นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยมีค่าเฉลี่ย 10.0 กรัม ถั่วเหลืองมีน้ำหนักเมล็ดต่อต้นระหว่าง 8.2 – 12.3 และ 7.4 – 11.5 กรัม เมื่อปลูกในปลายฤดูฝนและฤดูแล้ง ตามลำดับ สายพันธุ์ที่มีน้ำหนักเมล็ดต่อต้นมากที่สุด ได้แก่ NS 1 4-6 ส่วนสายพันธุ์ที่มีน้ำหนักเมล็ดต่อต้นน้อยที่สุด ได้แก่ KUSL 3802-6

น้ำหนัก 100 เมล็ดของถั่วเหลืองที่ปลูกในปลายฤดูฝนมากกว่าฤดูแล้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเท่ากับ 15.7 และ 14.5 กรัม ตามลำดับ (ตารางที่ 12) ในแต่ละสายพันธุ์พบว่ามีน้ำหนัก 100 เมล็ดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยมีค่าเฉลี่ย 15.1 กรัม ถั่วเหลืองมีน้ำหนัก 100 เมล็ดระหว่าง 13.6 – 20.0 และ 12.4 – 18.7 กรัม เมื่อปลูกในปลายฤดูฝนและฤดูแล้ง ตามลำดับ สายพันธุ์ที่มีน้ำหนัก 100 เมล็ดมากที่สุด ได้แก่ NS 1 1-12 ส่วนสายพันธุ์ที่มีน้ำหนัก 100 เมล็ดน้อยที่สุด ได้แก่ KUSL 3802-4 นอกจากนี้ยังพบปฏิสัมพันธ์ร่วมระหว่างฤดูปลูกและสายพันธุ์ถั่วเหลือง ได้แก่ สายพันธุ์ ST 2 34-1 ในปลายฤดูฝนมีน้ำหนัก 100 เมล็ดค่อนข้างมาก แต่ในฤดูแล้งมีน้ำหนัก 100 เมล็ดค่อนข้างน้อยกว่าสายพันธุ์อื่น

ผลผลิตต่อไร่ของถั่วเหลืองที่ปลูกในปลายฤดูฝนมากกว่าฤดูแล้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเท่ากับ 396.9 และ 267.0 กิโลกรัม ตามลำดับ (ตารางที่ 12) ในแต่ละสายพันธุ์พบว่ามีผลผลิตต่อไร่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยมีค่าเฉลี่ย 332.0 กิโลกรัม ถั่วเหลืองมีผลผลิตต่อไร่ระหว่าง 496.7 – 279.1 และ 332.9 – 213.9 กิโลกรัม เมื่อปลูกในปลายฤดูฝนและฤดูแล้ง ตามลำดับ สายพันธุ์ที่มีผลผลิตต่อไร่มากที่สุด ได้แก่ KUSL 3802-1 ส่วนสายพันธุ์ที่มีผลผลิตต่อไร่น้อยที่สุด ได้แก่ KUSL 3802-6 นอกจากนี้ยังพบปฏิสัมพันธ์ร่วมระหว่างฤดูปลูกและสายพันธุ์ถั่วเหลือง ได้แก่ สายพันธุ์ CM 60 ในปลายฤดูฝนมีผลผลิตต่อไร่ค่อนข้างมาก แต่ในฤดูแล้งมีผลผลิตต่อไร่ค่อนข้างน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับสายพันธุ์อื่น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 12 ผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของถั่วเหลืองสายพันธุ์ดี 10 สายพันธุ์ เมื่อปลูกในปลายฤดูฝนและฤดูแล้ง ณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม

สายพันธุ์	จำนวนฝักต่อต้น			จำนวนเมล็ดต่อฝัก			จำนวนเมล็ดต่อต้น		
	ปลายฤดูฝน	ฤดูแล้ง	เฉลี่ย	ปลายฤดูฝน	ฤดูแล้ง	เฉลี่ย	ปลายฤดูฝน	ฤดูแล้ง	เฉลี่ย
KUSL 3802-1	62.5	48.7	55.6	2.0	2.0	2.0	126.0	97.7	111.9
KUSL 3802-4	47.2	35.9	41.6	2.3	2.7	2.5	110.2	85.1	97.6
KUSL 3802-6	34.9	24.4	29.7	3.0	3.0	3.0	94.5	57.8	76.1
KUSL 20004	37.3	33.5	35.4	2.0	2.7	2.3	80.9	73.3	77.1
NS 1 4-6	44.1	32.3	38.2	2.0	2.0	2.0	92.9	74.1	83.5
NS 1 1-12	45.7	36.7	41.2	2.0	2.0	2.0	86.7	70.3	78.5
ST 2 34-1	47.4	31.1	39.3	2.3	2.0	2.2	106.5	56.1	81.3
ST 2	52.5	33.9	43.2	2.0	2.3	2.2	97.4	73.6	85.5
CM 60	54.2	34.8	44.5	2.0	2.0	2.0	109.5	65.7	87.6
Chakkrabhandhu 1	46.5	43.0	44.7	2.0	2.0	2.0	93.2	76.7	85.0
เฉลี่ย	47.2	35.4	41.3	2.2	2.3	2.2	99.8	73.0	86.4
F-test									
ฤดูปลูก (S)	**			ns			**		
สายพันธุ์ (V)			**			**			**
S × V	ns			ns			ns		
$LSD_{0.05}$									
S	3.33			0.15			6.44		
V			7.45			0.34			14.40
S × V	10.54			0.49			20.36		
CV (%)	15.4			13.3			14.3		

** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 12 (ต่อ)

สายพันธุ์	น้ำหนักเมล็ดต่อต้น[1/] (กรัม)			น้ำหนัก 100 เมล็ด[1/] (กรัม)			ผลผลิตต่อไร่[1/] (กิโลกรัม)		
	ปลายฤดูฝน	ฤดูแล้ง	เฉลี่ย	ปลายฤดูฝน	ฤดูแล้ง	เฉลี่ย	ปลายฤดูฝน	ฤดูแล้ง	เฉลี่ย
KUSL 3802-1	11.3	10.9	11.1	13.8	12.6	13.2	496.7	264.7	380.7
KUSL 3802-4	9.2	7.8	8.5	13.6	12.4	13.0	322.3	226.6	274.4
KUSL 3802-6	8.5	7.5	8.0	15.3	13.8	14.5	279.1	213.9	246.5
KUSL 20004	8.2	8.8	8.5	14.5	13.2	13.8	326.0	240.7	283.3
NS 1 4-6	12.3	11.5	11.9	19.7	18.5	19.1	387.9	332.9	360.4
NS 1 1-12	11.5	11.3	11.4	20.0	18.7	19.3	394.9	319.6	357.2
ST 2 34-1	12.2	7.4	9.8	16.3	13.5	14.9	454.9	260.9	357.9
ST 2	11.6	10.0	10.8	16.3	13.6	14.9	435.4	290.0	362.7
CM 60	10.9	8.0	9.4	13.8	13.0	13.4	495.1	242.8	369.0
Chakkrabhandhu 1	10.6	10.3	10.4	14.0	15.7	14.9	376.5	278.3	327.4
เฉลี่ย	10.6	9.4.0	10.0	15.7	14.5	15.1	396.9	267.0	332.0
F-test									
ฤดูปลูก (S)	**			**			**		
สายพันธุ์ (V)		**			**				**
S × V	ns			*			**		
$LSD_{0.05}$									
S	0.87			0.50			26.61		
V		1.95			1.12			59.5	
S × V	2.76			1.58			84.15		
CV (%)	16.7			6.3			15.2		

* และ ** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 และ 99 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

[1/] ที่ความชื้น 12 เปอร์เซ็นต์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1.5 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของน้ำหนักเมล็ดต่อต้นต่อการเติบโตของถั่วเหลืองสายพันธุ์ดี โดยปลูกในปลายฤดูฝนและฤดูแล้ง

จากการหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation analysis) ของน้ำหนักเมล็ดต่อต้นต่อการเติบโตของถั่วเหลืองสายพันธุ์ดีพบว่า น้ำหนักเมล็ดต่อต้นมีความสัมพันธ์กับน้ำหนักแห้งรวมต่อต้นทั้งการปลูกในปลายฤดูฝนและฤดูแล้ง (ตารางที่ 13)

เมื่อนำการเติบโตมาวิเคราะห์หาลักษณะหลักที่สัมพันธ์กับการสร้างน้ำหนักเมล็ดต่อต้นของถั่วเหลืองด้วยการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเส้นตรงแบบขั้นบันได (Backward – Stepwise Regression) พบว่าลักษณะทางการเติบโตที่มีความสัมพันธ์ถดถอยเชิงเส้นตรงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับน้ำหนักเมล็ดต่อต้นในการปลูกฤดูแล้ง ได้แก่ น้ำหนักแห้งรวมต่อต้นและวันสุกแก่ ส่วนการปลูกในปลายฤดูฝนพบว่าไม่มีลักษณะใดที่มีความสัมพันธ์ถดถอยเชิงเส้นตรงกับน้ำหนักเมล็ดต่อต้น (ตารางที่ 14)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 13 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของน้ำหนักเมล็ดต่อต้นต่อการเติบโตของถั่วเหลืองสายพันธุ์ดี เมื่อปลูกในปลายฤดูฝนและฤดูแล้ง

ลักษณะ	น้ำหนักเมล็ดต่อต้น	
	ปลายฤดูฝน	ฤดูแล้ง
ความสูง	-0.256	-0.107
จำนวนข้อต่อต้น	-0.327	-0.243
จำนวนกิ่งต่อต้น	0.181	-0.184
น้ำหนักแห้งรวมต่อต้น	0.464**	0.865**
วันดอกบาน 50 เปอร์เซ็นต์	0.354	-0.215
วันสุกแก่	-0.042	-0.016

ตารางที่ 14 การวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเส้นตรงแบบขั้นบันได (Backward-Stepwise Regression) ของน้ำหนักเมล็ดต่อต้นต่อการเติบโต เมื่อปลูกในฤดูแล้ง

ลักษณะ	น้ำหนักเมล็ดต่อต้น
	ฤดูแล้ง
a (Y-intercep)	10.398
น้ำหนักแห้ง	-0.239
วันสุกแก่	0.923

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1.6 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของน้ำหนักเมล็ดต่อต้นต่อลักษณะทางสรีรวิทยาของถั่วเหลืองสายพันธุ์ดี โดยปลูกในปลายฤดูฝนและฤดูแล้ง

จากการหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation analysis) ของน้ำหนักเมล็ดต่อต้น พบว่า เมื่อปลูกถั่วเหลืองในปลายฤดูฝนน้ำหนักเมล็ดต่อต้นมีความสัมพันธ์ทางบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับดัชนีพื้นที่ใบที่ระยะเริ่มติดฝัก (R3) และระยะเริ่มติดเมล็ด (R5) เมื่อปลูกในฤดูแล้ง น้ำหนักเมล็ดต่อต้นมีความสัมพันธ์ทางบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับดัชนีพื้นที่ใบที่ระยะเริ่มติดฝัก (R3) และดัชนีปากใบที่ระยะเริ่มติดเมล็ด (R5) (ตารางที่ 15)

เมื่อนำลักษณะทางสรีรวิทยามาวิเคราะห์หาลักษณะหลักที่สัมพันธ์กับการสร้างน้ำหนักเมล็ดต่อต้นของถั่วเหลืองด้วยการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเส้นตรงแบบขั้นบันได (Backward – Stepwise Regression) พบว่าลักษณะทางสรีรวิทยาที่มีความสัมพันธ์ถดถอยเชิงเส้นตรงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับน้ำหนักเมล็ดต่อต้นในการปลูกปลายฤดูฝน (ตารางที่ 16) ได้แก่ ดัชนีพื้นที่ใบที่ระยะเริ่มติดฝัก (R3) และดัชนีปากใบที่ระยะเริ่มติดฝัก (R3) สำหรับการปลูกในฤดูแล้ง (ตารางที่ 17) ได้แก่ ดัชนีพื้นที่ใบที่ระยะเริ่มติดฝัก (R3) ความหนาแน่นปากใบที่ระยะเริ่มติดเมล็ด (R5) และดัชนีปากใบที่ระยะเริ่มติดเมล็ด (R5)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 15 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของน้ำหนักเมล็ดต่อต้นต่อลักษณะทางสรีรวิทยาของถั่วเหลืองสายพันธุ์ดี เมื่อปลูกในปลายฤดูฝนและฤดูแล้ง

ระยะพัฒนาการ	ลักษณะ	น้ำหนักเมล็ดต่อต้น	
		ปลายฤดูฝน	ฤดูแล้ง
เริ่มติดฝัก (R3)			
	ปริมาณคลอโรฟิลล์	0.183	0.226
	ดัชนีพื้นที่ใบ	0.481**	0.571**
	ความหนาแน่นปากใบ	-0.152	-0.068
	ดัชนีปากใบ	-0.117	0.024
เริ่มติดเมล็ด (R5)			
	ปริมาณคลอโรฟิลล์	0.032	0.260
	ดัชนีพื้นที่ใบ	0.369*	0.269
	ความหนาแน่นปากใบ	0.102	0.296
	ดัชนีปากใบ	0.158	0.429*
เมล็ดเต็มฝัก (R6)			
	ปริมาณคลอโรฟิลล์	0.244	-0.090
	ดัชนีพื้นที่ใบ	0.302	0.246
	ความหนาแน่นปากใบ	0.021	0.011
	ดัชนีปากใบ	0.192	-0.015

* และ ** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 และ 99 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 16 การวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเส้นตรงแบบขั้นบันได (Backward-Stepwise Regression) ของน้ำหนักเมล็ดต่อต้นต่อลักษณะทางสรีรวิทยา เมื่อปลูกในปลายฤดูฝน

ลักษณะ	น้ำหนักเมล็ดต่อต้น
a (Y-intercep)	14.239
ดัชนีพื้นที่ใบที่ระยะเริ่มติดฝัก (R3)	0.606
ดัชนีปากใบที่ระยะเริ่มติดฝัก (R3)	-0.339

ตารางที่ 17 การวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเส้นตรงแบบขั้นบันได (Backward-Stepwise Regression) ของน้ำหนักเมล็ดต่อต้นต่อลักษณะทางสรีรวิทยา เมื่อปลูกในฤดูแล้ง

ลักษณะ	น้ำหนักเมล็ดต่อต้น
a (Y-intercep)	14.239
ดัชนีพื้นที่ใบที่ระยะเริ่มติดฝัก (R3)	0.621
ความหนาแน่นปากใบที่ระยะเริ่มติดเมล็ด (R5)	0.282
ดัชนีปากใบที่ระยะเริ่มติดเมล็ด (R5)	0.372

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1.7 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของน้ำหนักเมล็ดต่อต้นต่อองค์ประกอบผลผลิตของถั่วเหลืองสายพันธุ์ดี โดยปลูกในปลายฤดูฝนและฤดูแล้ง

จากการหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของน้ำหนักเมล็ดต่อต้นต่อองค์ประกอบผลผลิตของถั่วเหลืองสายพันธุ์ดี พบว่าเมื่อปลูกถั่วเหลืองในปลายฤดูฝน น้ำหนักเมล็ดต่อต้นมีความสัมพันธ์ทางบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับจำนวนฝักต่อต้น และจำนวนเมล็ดต่อต้น (ตารางที่ 18) สำหรับการปลูกในฤดูแล้งพบว่าน้ำหนักเมล็ดต่อต้นมีความสัมพันธ์ทางบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับจำนวนฝักต่อต้น จำนวนเมล็ดต่อต้นและน้ำหนัก 100 เมล็ด (ตารางที่ 18)

เมื่อนำองค์ประกอบผลผลิตมาวิเคราะห์หาลักษณะหลักที่สัมพันธ์กับการสร้างน้ำหนักเมล็ดต่อต้นของถั่วเหลืองด้วยการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเส้นตรงแบบขั้นบันได (Backward – Stepwise Regression) พบว่าองค์ประกอบผลผลิตที่มีความสัมพันธ์ถดถอยเชิงเส้นตรงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับน้ำหนักเมล็ดต่อต้นทั้งการปลูกปลายฤดูฝนและฤดูแล้งได้แก่ จำนวนเมล็ดต่อต้นและน้ำหนัก 100 เมล็ด (ตารางที่ 19)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 18 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของน้ำหนักเมล็ดต่อต้นต่อองค์ประกอบผลผลิตของถั่วเหลืองสายพันธุ์ดี เมื่อปลูกในปลายฤดูฝนและฤดูแล้ง

องค์ประกอบผลผลิต	น้ำหนักเมล็ดต่อต้น	
	ปลายฤดูฝน	ฤดูแล้ง
จำนวนฝักต่อต้น	0.438*	0.557**
จำนวนเมล็ดต่อฝัก	-0.153	-0.173
จำนวนเมล็ดต่อต้น	0.393*	0.669**
น้ำหนัก 100 เมล็ด	0.356	0.578**

* และ ** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 และ 99 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

ตารางที่ 19 การวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเส้นตรงแบบขั้นบันได (Backward-Stepwise Regression) ของน้ำหนักเมล็ดต่อต้นต่อองค์ประกอบผลผลิต เมื่อปลูกถั่วเหลืองในปลายฤดูฝนและฤดูแล้ง

ลักษณะ	น้ำหนักเมล็ดต่อต้น	
	ปลายฤดูฝน	ฤดูแล้ง
a (Y-intercep)	-4.657	-5.322
จำนวนเมล็ดต่อต้น	0.652	0.675
น้ำหนัก 100 เมล็ด	0.625	0.584

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การทดลองที่ 2 ศึกษาผลของอุณหภูมิต่อลักษณะทางสรีรวิทยาของถั่วเหลืองสายพันธุ์ดีเด่น

ศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิ 3 ระดับได้แก่ อุณหภูมิกลางวัน 38 องศาเซลเซียสและอุณหภูมิกลางคืน 26 องศาเซลเซียส (38/26 องศาเซลเซียส), อุณหภูมิกลางวัน 34 องศาเซลเซียสและอุณหภูมิกลางคืน 26 องศาเซลเซียส (34/26 องศาเซลเซียส) และอุณหภูมิกลางวัน 34 องศาเซลเซียสและอุณหภูมิกลางคืน 24 องศาเซลเซียส (34/24 องศาเซลเซียส) ต่อลักษณะทางสรีรวิทยาของถั่วเหลือง โดยการปลูกถั่วเหลืองสายพันธุ์ดีทั้ง 10 สายพันธุ์ในตู้ควบคุมสภาพแวดล้อม (growth chember) ที่ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 75 และช่วงแสง 11.5 ชั่วโมง โดยลักษณะทางสรีรวิทยาที่ศึกษาได้แก่ ปริมาณ malonyldehyde (MDA) ปริมาณคลอโรฟิลล์ และขนาดปากใบ เมื่อถั่วเหลืองถึงระยะ V5 และระยะดอกแรกบาน (R1) ผลการศึกษาพบว่า

2.1 ผลของอุณหภูมิต่อปริมาณ malonyldehyde (MDA) ในถั่วเหลืองสายพันธุ์ดี

1) ปริมาณ MDA ที่ระยะ V5

การเติบโตและพัฒนาการของถั่วเหลืองสายพันธุ์คัดเลือกที่ระยะ V5 ภายใต้ตู้ควบคุมสภาพแวดล้อม (growth chamber) ที่มีอุณหภูมิ 38/26, 34/26 และ 34/24 องศาเซลเซียส (กลางวัน/กลางคืน) พบว่า อุณหภูมิทั้ง 3 ระดับมีผลต่อการเกิด oxidative stress ในถั่วเหลืองสายพันธุ์คัดเลือกแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยพิจารณาจากปริมาณ MDA ที่แตกต่างกัน และพบว่าเมื่อปลูกถั่วเหลืองที่อุณหภูมิสูง ทั้งกลางวัน/กลางคืน (38/26 องศาเซลเซียส) ปริมาณ MDA สูงมากกว่า ที่ปลูกในอุณหภูมิต่ำกว่า โดยมีปริมาณ MDA เฉลี่ย 7.2, 7.0 และ 5.5 นาโนโมลต่อกรัมน้ำหนักสด เมื่อปลูกถั่วเหลืองในอุณหภูมิ 38/26, 34/26 และ 34/24 องศาเซลเซียส ตามลำดับ (ตารางที่ 20)

อีกทั้งพบว่าถั่วเหลืองสายพันธุ์คัดเลือกมีการตอบสนองต่ออุณหภูมิสูงที่แตกต่างกัน สายพันธุ์ที่ทนต่อสภาพอุณหภูมิกลางวันและกลางคืนสูงได้แก่ สายพันธุ์ KUSL 20004, KUSL 3802-6 และ KUSL 3802-4 ส่วนสายพันธุ์ที่เกิดสภาพเกิด oxidative stress สูงได้แก่ KUSL 3802-1

ปริมาณ MDA ในอุณหภูมิทั้ง 3 ระดับพบว่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยที่อุณหภูมิ 38/26, 34/26 และ 34/24 องศาเซลเซียสมีปริมาณ MDA เฉลี่ย 7.2, 7.0 และ 5.5 นาโนโมลต่อกรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ (ตารางที่ 20) ถั่วเหลืองมีการตอบสนองต่ออุณหภูมิที่แตกต่างกัน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

โดยเมื่อทั้งอุณหภูมิกลางวันสูงขึ้นจาก 34 องศาเซลเซียสเป็น 38 องศาเซียลเซียสและอุณหภูมิกลางคืนจาก 24 องศาเซียลเซียสเป็น 26 องศาเซียลเซียส ทำให้ปริมาณ MDA ของถั่วเหลืองสูงขึ้น ที่อุณหภูมิ 38/26 องศาเซลเซียส สายพันธุ์ที่มีปริมาณ MDA น้อยที่สุดที่อุณหภูมิ 38/26 องศาเซลเซียส ได้แก่ KUSL 20004 ที่อุณหภูมิ 34/26 องศาเซลเซียส ได้แก่ KUSL 3802-1 และ ST 2 และที่อุณหภูมิ 34/24 องศาเซลเซียส ได้แก่ Chakkrabhandhu 1 จากข้อมูลยังพบปฏิสัมพันธ์ร่วมระหว่างอุณหภูมิและสายพันธุ์ถั่วเหลือง ได้แก่ สายพันธุ์ Chakkrabhandhu 1 มีปริมาณ MDA สูงที่อุณหภูมิ 38/26 และ 34/26 องศาเซลเซียส โดยปริมาณ MDA ลดลงเมื่ออยู่ที่อุณหภูมิ 34/24 องศาเซลเซียส

2) ปริมาณ MDA ที่ระยะ R1

สำหรับการเติบโตและพัฒนาการของถั่วเหลืองสายพันธุ์คัดเลือกที่ระยะ R1 ภายใต้ตู้ควบคุมสภาพแวดล้อม (growth chamber) ที่มีอุณหภูมิ 38/26, 34/26 และ 34/24 องศาเซลเซียส (กลางวัน/กลางคืน) พบว่า อุณหภูมิทั้ง 3 ระดับมีผลต่อการเกิด oxidative stress ในถั่วเหลืองสายพันธุ์คัดเลือกแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยพิจารณาจากปริมาณ MDA ที่แตกต่างกัน และพบว่าเมื่อปลูกถั่วเหลืองที่อุณหภูมิสูง 38/26 และ 34/26 องศาเซลเซียสปริมาณ MDA สูงมากกว่าที่ปลูกในอุณหภูมิ 34/24 องศาเซลเซียส โดยมีปริมาณ MDA เฉลี่ย 7.6, 7.5 และ 6.0 นาโนโมลต่อกรัมน้ำหนักสด เมื่อปลูกถั่วเหลืองในอุณหภูมิ 38/26, 34/26 และ 34/24 องศาเซลเซียส ตามลำดับ (ตารางที่ 21)

อีกทั้งพบว่าถั่วเหลืองสายพันธุ์คัดเลือกมีการตอบสนองต่ออุณหภูมิสูงที่แตกต่างกัน สายพันธุ์ที่ทนต่อสภาพอุณหภูมิกลางวันและกลางคืนสูงได้แก่ สายพันธุ์ NS 1 1-12 โดยมีปริมาณ MDA เป็น 6.9, 6.3 และ 5.8 นาโนโมลต่อกรัมน้ำหนักสด เมื่อปลูกภายใต้สภาพอุณหภูมิ อุณหภูมิ 38/26, 34/26 และ 34/24 องศาเซลเซียส ตามลำดับ (ตารางที่ 21) ส่วน พันธุ์ CM 60 ทนทานต่อสภาพอุณหภูมิสูง 38/26 องศาเซลเซียสได้ดีกว่า โดยมีปริมาณ MDA เป็น 6.3 นาโนโมลต่อกรัมน้ำหนักสด ขณะที่สายพันธุ์ Chakkrabhandhu 1 ทนทานต่อต่อสภาพอุณหภูมิสูง 34/24 องศาเซลเซียสได้ดีกว่าสายพันธุ์คัดเลือกอื่น โดยมีปริมาณ MDA เป็น 3.6 นาโนโมลต่อกรัมน้ำหนักสด (ตารางที่ 21)

ปริมาณ MDA ในอุณหภูมิทั้ง 3 ระดับพบว่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยที่อุณหภูมิ 38/26, 34/26 และ 34/24 องศาเซลเซียสมีปริมาณ MDA เฉลี่ย 7.6, 7.5 และ 6.0 นาโนโมลต่อกรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ (ตารางที่ 21) ถั่วเหลืองมีการตอบสนองต่ออุณหภูมิที่แตกต่างกัน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

โดยเมื่อทั้งอุณหภูมิกลางวันสูงขึ้นจาก 34 องศาเซลเซียสเป็น 38 องศาเซียลเซียสและอุณหภูมิกลางคืนจาก 24 องศาเซียลเซียสเป็น 26 องศาเซียลเซียส ทำให้ปริมาณ MDA ของถั่วเหลืองสูงขึ้น สายพันธุ์ที่มีปริมาณ MDA น้อยที่สุดเมื่อปลูกที่อุณหภูมิ 38/26 องศาเซลเซียส ได้แก่ CM 60 ที่อุณหภูมิ 34/26 องศาเซลเซียส ได้แก่ NS 1 4-6 และ NS 1 1-12 และที่อุณหภูมิ 34/24 องศาเซลเซียส ได้แก่ Chakkrabhandhu 1 จากข้อมูลพบปฏิสัมพันธ์ร่วมระหว่างอุณหภูมิและสายพันธุ์ถั่วเหลือง ได้แก่ สายพันธุ์ CM 60 ที่ปริมาณ MDA สูงสุดที่อุณหภูมิ 34/26 องศาเซลเซียสโดยปริมาณ MDA ลดลงเมื่ออยู่ที่อุณหภูมิ 38/26 องศาเซลเซียสและ 34/24 องศาเซลเซียส

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 20 ปริมาณ MDA ของถั่วเหลืองสายพันธุ์ดี 10 สายพันธุ์ที่ระยะ V5 เมื่อปลูกในตู้สภาพควบคุมสภาพแวดล้อม (growth chamber) และภายใต้อุณหภูมิ 3 ระดับ

สายพันธุ์	ปริมาณ MDA (นาโนโมลต่อกรัมน้ำหนักสด)			
	อุณหภูมิ (กลางวัน/กลางคืน)			
	38/26	34/26	34/24	เฉลี่ย
KUSL 3802-1	8.9	5.6	5.9	6.8
KUSL 3802-4	6.7	6.1	5.4	6.1
KUSL 3802-6	6.2	6.0	5.4	5.9
KUSL 20004	6.0	6.3	4.8	5.7
NS 1 4-6	6.5	7.6	6.2	6.8
NS 1 1-12	7.5	7.8	5.7	7.0
ST 2 34-1	7.9	9.8	7.4	8.4
ST 2	7.2	5.6	5.5	6.1
CM 60	7.9	7.8	5.0	6.9
Chakkrabhandhu 1	7.0	7.2	4.1	6.1
เฉลี่ย	7.2	7.0	5.5	6.6
F-test				
อุณหภูมิ (T)		**		
สายพันธุ์ (V)				**
T × V			**	
$LSD_{0.05}$				
T		0.35		
V				0.64
T × V			1.10	
CV (%)			10.2	

** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 21 ปริมาณ MDA ของถั่วเหลืองสายพันธุ์ดี 10 สายพันธุ์ที่ระยะดอกแรกบาน (R1) เมื่อปลูกในตู้สภาพควบคุมสภาพแวดล้อม (growth chamber) และภายใต้อุณหภูมิ 3 ระดับ

สายพันธุ์	ปริมาณ MDA (นาโนโมลต่อกรัมน้ำหนักสด)			
	อุณหภูมิ (กลางวัน/กลางคืน) องศาเซลเซียส			
	38/26	34/26	34/24	เฉลี่ย
KUSL 3802-1	7.5	6.6	6.0	6.7
KUSL 3802-4	7.7	6.4	5.6	6.6
KUSL 3802-6	7.8	7.2	6.0	7.0
KUSL 20004	8.3	8.3	6.2	7.6
NS 1 4-6	8.2	6.3	6.1	6.9
NS 1 1-12	6.9	6.3	5.8	6.3
ST 2 34-1	8.8	9.2	7.7	8.5
ST 2	7.1	8.5	6.8	7.5
CM 60	6.3	8.0	5.6	6.7
Chakkrabhandhu 1	7.1	8.0	3.6	6.3
เฉลี่ย	7.6	7.5	6.0	7.0
F-test				
อุณหภูมิ (T)		**		
สายพันธุ์ (V)				**
T × V			**	
$LSD_{0.05}$				
T		0.45		
V				0.83
T × V			1.43	
CV (%)			12.4	

** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.2 ผลของอุณหภูมิต่อปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบถั่วเหลืองสายพันธุ์ดี

1) ปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบถั่วเหลืองที่ระยะ V5

การเติบโตและพัฒนาการของถั่วเหลืองสายพันธุ์คัดเลือกที่ระยะ V5 ภายใต้ตู้ควบคุมสภาพแวดล้อม (growth chamber) ที่มีอุณหภูมิ 38/26, 34/26 และ 34/24 องศาเซลเซียส (กลางวัน/กลางคืน) พบว่า อุณหภูมิทั้ง 3 ระดับมีผลต่อปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นส่งผลให้ปริมาณคลอโรฟิลล์เพิ่มขึ้น โดยมีปริมาณเฉลี่ย 32.6, 30.7 และ 30.1 SPAD Unit เมื่อปลูกที่อุณหภูมิ 38/26, 34/26 และ 34/24 องศาเซลเซียส ตามลำดับ (ตารางที่ 22) อีกทั้งพบว่าในแต่ละสายพันธุ์มีปริมาณคลอโรฟิลล์ไม่ความแตกต่างกันเมื่อปลูกในอุณหภูมิแตกต่างกันโดยปริมาณคลอโรฟิลล์แปรปรวนกับอุณหภูมิที่แตกต่างกันเท่านั้นและไม่พบปฏิสัมพันธ์ร่วมระหว่างอุณหภูมิและสายพันธุ์ถั่วเหลือง

ปริมาณคลอโรฟิลล์ของถั่วเหลืองเมื่อปลูกในอุณหภูมิทั้ง 3 ระดับพบว่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยที่อุณหภูมิ 38/26, 34/26 และ 34/24 องศาเซลเซียส มีปริมาณคลอโรฟิลล์เฉลี่ย 32.6, 30.7 และ 30.1 SPAD Unit ตามลำดับ (ตารางที่ 22) ถั่วเหลืองมีการตอบสนองต่ออุณหภูมิที่แตกต่างกัน โดยเมื่อทั้งอุณหภูมิกลางวันสูงขึ้นจาก 34 องศาเซลเซียสเป็น 38 องศาเซียลเซียสและอุณหภูมิกลางคืนจาก 24 องศาเซียลเซียสเป็น 26 องศาเซียลเซียส ทำให้ปริมาณคลอโรฟิลล์ของถั่วเหลืองสูงขึ้น โดยในแต่ละสายพันธุ์พบว่ามีปริมาณคลอโรฟิลล์ไม่แตกต่างกันเมื่อปลูกในอุณหภูมิแตกต่างกัน โดยปริมาณคลอโรฟิลล์แปรปรวนกับอุณหภูมิที่แตกต่างกันเท่านั้นไม่พบปฏิสัมพันธ์ร่วมระหว่างอุณหภูมิและสายพันธุ์ถั่วเหลือง (อาจเนื่องมาจากแต่ละสายพันธุ์มีปริมาณคลอโรฟิลล์ในแต่ละอุณหภูมิไม่แตกต่างกัน)

2) ปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบถั่วเหลืองที่ระยะ R1

การเติบโตและพัฒนาการของถั่วเหลืองสายพันธุ์คัดเลือกที่ระยะ R1 ภายใต้ตู้ควบคุมสภาพแวดล้อม (growth chamber) ที่มีอุณหภูมิ 38/26, 34/26 และ 34/24 องศาเซลเซียส (กลางวัน/กลางคืน) พบว่าเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นส่งผลให้ปริมาณคลอโรฟิลล์ลดลง ปริมาณคลอโรฟิลล์ของถั่วเหลืองเมื่อปลูกในอุณหภูมิ 3 ระดับแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ โดยมีปริมาณคลอโรฟิลล์เฉลี่ย 30.5, 30.2 และ 32.3 SPAD Unit เมื่อปลูกที่อุณหภูมิ 38/26, 34/26 และ 34/24 องศาเซลเซียส ตามลำดับ (ตารางที่ 23) ถั่วเหลืองมีการตอบสนองต่ออุณหภูมิที่แตกต่างกัน โดยเมื่อ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ทั้งอุณหภูมิกลางวันสูงขึ้นจาก 34 องศาเซลเซียสเป็น 38 องศาเซียลเซียสและอุณหภูมิกลางคืนจาก 24 องศาเซียลเซียสเป็น 26 องศาเซียลเซียส พบว่าปริมาณคลอโรฟิลล์ลดลง โดยในแต่ละสายพันธุ์พบว่ามีปริมาณคลอโรฟิลล์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สายพันธุ์ที่มีปริมาณคลอโรฟิลล์มากที่สุด ได้แก่ NS 1 4-6, NS 1 1-12 และ ST 2 34-1 เมื่อปลูกที่อุณหภูมิ 38/26, 34/26 และ 34/24 องศาเซลเซียส ตามลำดับ พบปฏิสัมพันธ์ร่วมระหว่างอุณหภูมิและสายพันธุ์ถั่วเหลือง ได้แก่ สายพันธุ์ ST 2 34-1 มีปริมาณคลอโรฟิลล์สูงที่อุณหภูมิ 34/24 องศาเซลเซียส เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นพบว่าปริมาณคลอโรฟิลล์ลดลง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 22 ปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบถั่วเหลืองสายพันธุ์ดี 10 สายพันธุ์ที่ระยะ V5 เมื่อปลูกในตู้สภาพควบคุมสภาพแวดล้อม (growth chamber) และภายใต้อุณหภูมิ 3 ระดับ

สายพันธุ์	ปริมาณคลอโรฟิลล์ (SPAD Unit)			
	อุณหภูมิ (กลางวัน/กลางคืน) องศาเซลเซียส			
	38/26	34/26	34/24	เฉลี่ย
KUSL 3802-1	33.2	29.1	27.7	30.0
KUSL 3802-4	33.8	27.3	31.9	31.0
KUSL 3802-6	33.3	32.4	29.0	31.6
KUSL 20004	30.0	29.4	28.3	29.2
NS 1 4-6	32.9	32.2	33.8	33.0
NS 1 1-12	33.9	30.4	30.0	31.4
ST 2 34-1	32.3	31.3	31.8	31.8
ST 2	30.5	30.8	30.5	30.6
CM 60	33.4	31.0	27.8	30.7
Chakkrabhandhu 1	33.3	33.2	30.0	32.2
เฉลี่ย	32.6	30.7	30.1	31.1
F-test				
อุณหภูมิ (T)		**		
สายพันธุ์ (V)				ns
T × V			ns	
$LSD_{0.05}$				
T		1.38		
V				2.52
T × V			4.37	
CV (%)			8.6	

** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 23 ปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบถั่วเหลืองสายพันธุ์ดี 10 สายพันธุ์ที่ระยะ R1 เมื่อปลูกในตู้สภาพควบคุมสภาพแวดล้อม (growth chamber) และภายใต้อุณหภูมิ 3 ระดับ

สายพันธุ์	ปริมาณคลอโรฟิลล์ (SPAD Unit)			
	อุณหภูมิ (กลางวัน/กลางคืน) องศาเซลเซียส			
	38/26	34/26	34/24	เฉลี่ย
KUSL 3802-1	31.3	26.7	31.3	29.8
KUSL 3802-4	28.8	29.9	30.1	29.6
KUSL 3802-6	31.1	29.4	34.9	31.8
KUSL 20004	30.0	27.8	29.1	29.0
NS 1 4-6	34.4	34.3	33.9	34.2
NS 1 1-12	29.9	34.7	29.2	31.3
ST 2 34-1	29.7	30.3	35.9	31.9
ST 2	30.8	29.5	34.1	31.5
CM 60	28.9	28.5	32.1	29.8
Chakkrabhandhu 1	29.9	30.9	32.0	30.9
เฉลี่ย	30.5	30.2	32.3	31.0
F-test				
อุณหภูมิ (T)		**		
สายพันธุ์ (V)				**
T × V			**	
$LSD_{0.05}$				
T		0.94		
V				1.71
T × V			2.97	
CV (%)			5.9	

** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.3 ผลของอุณหภูมิต่อขนาดปากใบของถั่วเหลืองสายพันธุ์ดี

1) ขนาดปากใบของถั่วเหลืองที่ระยะ V5

การเติบโตและพัฒนาการของถั่วเหลืองสายพันธุ์คัดเลือกที่ระยะ V5 ภายใต้ตู้ควบคุมสภาพแวดล้อม (growth chamber) ที่มีอุณหภูมิ 38/26, 34/26 และ 34/24 องศาเซลเซียส (กลางวัน/กลางคืน) พบว่า อุณหภูมิทั้ง 3 ระดับมีผลต่อต่อขนาดปากใบ โดยเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นพบว่าขนาดปากใบใหญ่ขึ้น ขนาดปากใบมีค่าเฉลี่ย 19.2, 17.0 และ 17.3 ไมโครเมตร เมื่อปลูกที่อุณหภูมิ 38/26, 34/26 และ 34/24 องศาเซลเซียสตามลำดับ (ตารางที่ 24) ถั่วเหลืองในแต่ละสายพันธุ์มีขนาดปากใบแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ สายพันธุ์ KUSL 3802-4 มีขนาดปากใบใหญ่ที่สุดเมื่อปลูกที่อุณหภูมิ 34/24 และ 38/26 องศาเซลเซียส ส่วน Chakkrabhandhu 1 ขนาดปากใบใหญ่ที่สุดเมื่อปลูกที่อุณหภูมิ 34/26 องศาเซลเซียส พบปฏิสัมพันธ์ร่วมระหว่างอุณหภูมิและสายพันธุ์ถั่วเหลือง ได้แก่ สายพันธุ์ KUSL 3802-1 มีขนาดปากใบใหญ่ที่สุดที่อุณหภูมิ 38/26 องศาเซลเซียส เมื่ออุณหภูมิลดลงพบว่าปากใบมีขนาดเล็กลง

2) ขนาดปากใบของถั่วเหลืองที่ระยะ R1

การเติบโตและพัฒนาการของถั่วเหลืองสายพันธุ์คัดเลือกที่ระยะ R1 ภายใต้ตู้ควบคุมสภาพแวดล้อม (growth chamber) ที่มีอุณหภูมิ 38/26, 34/26 และ 34/24 องศาเซลเซียส (กลางวัน/กลางคืน) พบว่า อุณหภูมิทั้ง 3 ระดับมีผลต่อขนาดปากใบเช่นเดียวกับที่ระยะ V5 โดยเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นพบว่าขนาดปากใบใหญ่ขึ้น ขนาดปากใบมีค่าเฉลี่ย 18.7, 17.9 และ 17.2 ไมโครเมตร เมื่อปลูกที่อุณหภูมิ 38/26, 34/26 และ 34/24 องศาเซลเซียสตามลำดับ (ตารางที่ 25) ถั่วเหลืองในแต่ละสายพันธุ์มีขนาดปากใบแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ สายพันธุ์ KUSL 3802-4 มีขนาดปากใบใหญ่ที่สุดเมื่อปลูกที่อุณหภูมิ 34/24 และ 38/26 องศาเซลเซียส ส่วน Chakkrabhandhu 1 ขนาดปากใบใหญ่ที่สุดเมื่อปลูกที่อุณหภูมิ 34/26 องศาเซลเซียส พบปฏิสัมพันธ์ร่วมระหว่างอุณหภูมิและสายพันธุ์ถั่วเหลือง ได้แก่ สายพันธุ์ CM 60 มีขนาดปากใบใหญ่ที่สุดที่อุณหภูมิ 38/26 องศาเซลเซียส เมื่ออุณหภูมิลดลงพบว่าปากใบมีขนาดเล็กลง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 24 ขนาดปากใบของถั่วเหลืองสายพันธุ์ดีทั้ง 10 สายพันธุ์ระยะ V5 เมื่อปลูกในตู้สภาพควบคุมสภาพแวดล้อม (growth chamber) และภายใต้อุณหภูมิ 3 ระดับ

สายพันธุ์	ขนาดปากใบ (ไมโครเมตร)			
	อุณหภูมิ (กลางวัน/กลางคืน) องศาเซลเซียส			
	38/26	34/26	34/24	เฉลี่ย
KUSL 3802-1	20.3	16.7	16.5	17.8
KUSL 3802-4	20.9	17.5	18.2	18.9
KUSL 3802-6	19.3	17.4	17.4	18.0
KUSL 20004	18.2	16.0	17.1	17.1
NS 1 4-6	18.6	16.4	16.9	17.3
NS 1 1-12	19.2	16.3	18.0	17.8
ST 2 34-1	18.9	18.3	17.2	18.1
ST 2	19.8	16.7	17.6	18.0
CM 60	18.3	16.2	16.4	17.0
Chakkrabhandhu 1	18.7	18.9	17.5	18.4
เฉลี่ย	19.2	17.0	17.3	17.8
F-test				
อุณหภูมิ (T)		**		
สายพันธุ์ (V)				**
T × V			**	
$LSD_{0.05}$				
T		0.29		
V				0.53
T × V			0.91	
CV (%)			3.1	

** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 25 ขนาดปากใบของถั่วเหลืองสายพันธุ์ดีทั้ง 10 สายพันธุ์ระยะดอกเริ่มบาน (R1) เมื่อปลูกในตู้สภาพควบคุมสภาพแวดล้อม (growth chamber) และภายใต้อุณหภูมิ 3 ระดับ

สายพันธุ์	ขนาดปากใบ (ไมโครเมตร)			
	อุณหภูมิ (กลางวัน/กลางคืน) องศาเซลเซียส			
	38/26	34/26	34/24	เฉลี่ย
KUSL 3802-1	18.5	17.8	17.1	17.8
KUSL 3802-4	20.3	17.6	18.0	18.6
KUSL 3802-6	18.2	18.5	17.6	18.1
KUSL 20004	19.1	18.7	16.9	18.3
NS 1 4-6	17.5	18.2	17.5	17.7
NS 1 1-12	17.8	17.1	17.0	17.3
ST 2 34-1	19.4	17.9	17.2	18.2
ST 2	19.7	17.4	17.5	18.2
CM 60	18.0	16.7	16.3	17.0
Chakkrabhandhu 1	19.0	19.0	17.0	18.4
เฉลี่ย	18.7	17.9	17.2	17.9
F-test				
อุณหภูมิ (T)		**		
สายพันธุ์ (V)				**
T × V			**	
$LSD_{0.05}$				
T		0.29		
V				0.53
T × V			0.91	
CV (%)			3.1	

** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.4 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของอุณหภูมิต่อปริมาณ MDA ปริมาณคลอโรฟิลล์และขนาดปากใบของถั่วเหลืองสายพันธุ์ดี ที่ระยะ V5 และระยะดอกแรกบาน (R1)

จากการหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation analysis) ของอุณหภูมิต่อปริมาณ MDA พบว่า อุณหภูมิมีค่าสัมประสิมธิ์สหสัมพันธ์ทางบวกกับปริมาณ MDA ที่ระยะ V5 และระยะดอกเริ่มบาน (R1) (ตารางที่ 26)

จากการหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation analysis) ของอุณหภูมิต่อปริมาณคลอโรฟิลล์ พบว่าที่ระยะ V5 อุณหภูมิมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ทางบวกกับปริมาณคลอโรฟิลล์ แสดงว่าเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นส่งผลให้ปริมาณคลอโรฟิลล์เพิ่มขึ้น และที่ระยะดอกแรกบาน (R1) พบว่าอุณหภูมิมีค่าสัมประสิมธิ์สหสัมพันธ์ทางลบกับปริมาณคลอโรฟิลล์ (ตารางที่ 26)

จากการหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation analysis) ของอุณหภูมิต่อขนาดปากใบพบว่า อุณหภูมิมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ทางบวกกับขนาดปากใบที่ระยะ V5 และระยะดอกเริ่มบาน (R1) (ตารางที่ 26)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 26 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของปริมาณ MDA, ปริมาณคลอโรฟิลล์ และ ขนาดปากใบของถั่วเหลืองสายพันธุ์ดีทั้ง 10 สายพันธุ์ที่ระยะ V5 และระยะดอกแรกบาน (R1) ต่ออุณหภูมิทั้ง 3 ระดับ ภายใต้สภาพควบคุมสภาพแวดล้อม (growth chamber)

ลักษณะทางสรีรวิทยา	อุณหภูมิ
ปริมาณ MDA ที่ระยะ V5	0.439**
ปริมาณ MDA ที่ระยะดอกแรกบาน (R1)	0.434**
ปริมาณคลอโรฟิลล์ที่ระยะ V5	0.373**
ปริมาณคลอโรฟิลล์ที่ระยะดอกแรกบาน (R1)	-0.221**
ขนาดปากใบที่ระยะ V5	0.599**
ขนาดปากใบที่ระยะดอกแรกบาน (R1)	0.637**

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิจารณ์

การทดลองที่ 1 ศึกษาผลของฤดูปลูกต่อลักษณะทางสรีรวิทยา พัฒนาการและการเติบโตของถั่วเหลืองสายพันธุ์ดีเด่น

1.1 อิทธิพลของฤดูปลูกต่อระยะพัฒนาการและการเติบโตของถั่วเหลืองสายพันธุ์ดี

จากการศึกษาระยะพัฒนาการของถั่วเหลืองทั้ง 10 สายพันธุ์ เมื่อปลูกในปลายฤดูฝนและฤดูแล้ง พบว่า การปลูกในปลายฤดูฝนถั่วเหลืองมีระยะพัฒนาการทางด้านการเติบโตทางลำต้นและการสืบพันธุ์ช้ากว่าฤดูแล้ง และการปลูกในปลายฤดูฝนถั่วเหลืองมีระยะการเติบโตก่อนการออกดอกนานกว่าฤดูแล้ง เนื่องจากในปลายฤดูฝนมีช่วงแสงยาวทำให้ช่วงระยะพัฒนาการทางลำต้นยาวนานขึ้น และช่วงแสงเป็นตัวกำหนดความยาวนานของระยะการเติบโตก่อนออกดอก และกำหนดวันออกดอกในถั่วเหลืองควบคู่กันไป โดยช่วงแสงยาวทำให้ระยะการเติบโตก่อนออกดอกนานขึ้น (Câmara *et al*., 1997; Jiang *et al*., 2011) ถั่วเหลืองออกดอกในระหว่างวันที่ 26 – 40 วันหลังปลูก หลังจากนั้นจึงเข้าสู่ช่วงเมล็ดสะสมน้ำหนักแห้ง (R5) สายพันธุ์ที่มีช่วงสะสมน้ำหนักแห้งค่อนข้างนาน ได้แก่ KUSL 20004 เนื่องจากเป็นสายพันธุ์ที่ออกดอกเร็วจึงมีช่วงที่เมล็ดสะสมน้ำหนักแห้งนานกว่าสายพันธุ์ที่ออกดอกช้า (Egli *et al*., 1987) หากถั่วเหลืองมีช่วงที่เมล็ดสะสมน้ำหนักแห้งนาน ส่งผลให้มีการเคลื่อนย้ายสารอาหารและสะสมไว้ที่เมล็ดได้มากขึ้น ผลผลิตจึงเพิ่มขึ้น (Egli, 1998) นักปรับปรุงพันธุ์จึงใช้ช่วงที่เมล็ดสะสมน้ำหนักแห้งเป็นเกณฑ์ในการคัดเลือกผลผลิต ซึ่งสอดคล้องกับรายงานงานของ Gay *et al.* (1980) ทดลองปลูกถั่วเหลืองสายพันธุ์ดั้งเดิมและสายพันธุ์ใหม่ พบว่าถั่วเหลืองสายพันธุ์ใหม่มีผลผลิตมากกว่าสายพันธุ์ดั้งเดิมร้อยละ 34 – 88 โดยสายพันธุ์ใหม่มีช่วงเมล็ดสะสมน้ำหนักแห้งนานกว่าสายพันธุ์ดั้งเดิมร้อยละ 12 ส่งผลให้สามารถเคลื่อนย้ายสารอาหารที่ได้จากการสังเคราะห์แสงไปที่เมล็ดมากขึ้น ผลผลิตจึงเพิ่มขึ้น

เมื่อปลูกถั่วเหลืองในปลายฤดูฝนพบว่าถั่วเหลืองมีความสูง จำนวนข้อต่อต้น จำนวนกิ่งแขนงต่อต้นและน้ำหนักแห้งรวมต่อต้นมากกว่าฤดูแล้ง เนื่องจากในปลายฤดูฝนมีช่วงแสงที่ยาวนานกว่าทำให้มีการเติบโตทางลำต้นที่ยาวนาน (Manglik *et al.*, 1998) และมีการสร้างข้อที่ลำต้นหลักและที่กิ่งเพิ่มขึ้น (Kantolic and Slafer, 2001, 2005) ส่งผลให้ความยาวระหว่างข้อเพิ่มขึ้นเป็นผลให้มีความสูงเพิ่มขึ้น สอดคล้องกับ Han *et al.* (1996) รายงานว่าถั่วเหลืองที่ได้รับวันยาวในช่วงก่อนและหลังการออกดอก จะทำให้ความสูงของถั่วเหลืองเพิ่มขึ้น โดยจำนวนข้อมีความสัมพันธ์กับ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จำนวนดอกของถั่วเหลือง (Egli, 2005) สายพันธุ์ที่มีความสูงและจำนวนข้อมากที่สุด ได้แก่ CM 60 สายพันธุ์ที่มีกิ่งแขนงมากที่สุด ได้แก่ ST 2 และสายพันธุ์มีน้ำหนักแห้งรวมต่อต้นมากที่สุดได้แก่ KUSL 3802-1 การเติบโตและพัฒนาการทางลำต้นมักมีความแปรปรวนเกิดขึ้นเสมอ เนื่องจากปัจจัยต่างๆ ทั้งพันธุกรรมและสภาพแวดล้อม โดยช่วงของการเติบโตและพัฒนาการทางลำต้นนี้มีความสำคัญเป็นอย่างยิ่ง เพราะระยะนี้พืชจะสังเคราะห์แสงและนำอาหารที่ได้มาใช้สำหรับสร้างใบ กิ่งก้าน ตลอดจนสะสมไว้เพื่อสร้างดอก ฝัก และเมล็ดต่อไป หากมีระยะการเติบโตและพัฒนาการทางลำต้นยาวนาน รวมทั้งมีจำนวนใบมาก ย่อมทำให้พืชมีอาหารสำรองมากเพื่อสร้างฝักและเมล็ด ทำให้ได้ผลผลิตสูง เนื่องจากอาหารที่มาสะสมยังมล็ดมาจากปริมาณคาร์โบไฮเดรทสำรองจากลำต้นในระยะก่อนออกดอกร้อยละ 20 และมาจากใบพืชที่ทำการสังเคราะห์แสงถึงร้อยละ 80 (อภิพรรณ, 2533; Egli, 1997) การเติบโตและพัฒนาการทางลำต้นสำหรับพันธุ์ถั่วเหลืองที่ปลูกในประเทศไทยมีระยะเวลายาวนานประมาณ 4-5 สัปดาห์ โดยระยะนี้มีผลอย่างมากต่อความสูงและจำนวนดอกที่สร้างขึ้น ดังนั้นการเติบโตทางลำต้นจึงเป็นตัวกำหนดความสามารถในการให้ผลผลิตที่สำคัญ

การปลูกถั่วเหลืองในปลายฤดูฝนพบว่าวันดอกบาน 50 เปอร์เซ็นต์ ช้ากว่าการปลูกในฤดูแล้ง เนื่องจากในปลายฤดูฝนมีช่วงแสงยาวกว่าฤดูแล้งมีผลให้ถั่วเหลืองออกดอกล่าช้า การออกดอกของถั่วเหลืองขึ้นกับช่วงแสงวิกฤต ถั่วเหลืองจะออกดอกเมื่อได้รับช่วงแสงต่ำกว่าช่วงแสงวิกฤต (critical day length) ซึ่งแตกต่างกันไปในแต่ละพันธุ์ ดังนั้นอายุออกดอกของถั่วเหลืองแต่ละพันธุ์จะแตกต่างกันไปตามสถานที่และวันปลูก สายพันธุ์ที่ออกดอกเร็ว ได้แก่ KUSL 20004 ส่วนสายพันธุ์ที่ออกดอกช้า ได้แก่ KUSL 3802-1 อย่างไรก็ตามพบว่าสายพันธุ์ KUSL 20004 มีวันดอกบาน 50 เปอร์เซนต์ไม่แตกต่างกันทั้งการปลูกในปลายฤดูฝนและฤดูแล้ง อาจเนื่องมาจากถั่วเหลืองสายพันธุ์นี้ตอบสนองต่อฤดูปลูกน้อยกว่าสายพันธุ์อื่น โดยวันออกดอก 50 เปอร์เซ็นต์มีความสำคัญต่อการเติบโตกล่าวคือ ถ้าถั่วเหลืองมีวันออกดอกที่เหมาะสมโดยไม่ออกดอกในวันที่สั้นหรือยาวเกินไป จะมีเวลาในการเติบโตทางลำต้นเพียงพอ มีดัชนีพื้นที่ใบสูง การรับแสงมากขึ้น ทำให้สะสมอาหารได้มากพอสำหรับการแข่งขันในการเติบโตทางลำต้น การสร้างฝักและเมล็ด (สาคร, 2540)

การปลูกถั่วเหลืองในปลายฤดูฝนพบว่ามีวันสุกแก่ช้ากว่าฤดูแล้ง เนื่องจากปลายฤดูฝนมีช่วงแสงที่ยาวนานกว่าฤดูแล้งทำให้ถั่วเหลืองมีการเติบโตทางลำต้นยาวนานกว่า ซึ่ง Akhter and Smeller (1996) รายงานว่าการเพิ่มช่วงแสงให้กับถั่วเหลืองเป็น 14 ชั่วโมงต่อวัน เป็นเวลานาน 28 วันหลังถั่วเหลืองงอกทำให้การสุกแก่ของถั่วเหลืองช้าออกไปอีก 14.5 วัน นอกจากนี้วันสุกแก่ยังเกี่ยวข้องกับวันออกดอกด้วยกล่าวคือถั่วเหลืองพันธุ์ใดที่มีวันออกดอกเร็ว จะทำให้สุกแก่เร็วขึ้นด้วย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

(อภิพรรณ, 2533) โดยสายพันธุ์ที่สุกแก่เร็ว ได้แก่ KUSL 3802-6, KUSL 20004, NS 1 4-6 และ NS 1 1-12 สายพันธุ์ที่สุกแก่ช้า ได้แก่ KUSL 3802-1 และ CM 60

1.2 อิทธิพลของฤดูปลูกต่อลักษณะทางสรีรวิทยาของถั่วเหลืองสายพันธุ์ดี

ดัชนีพื้นที่ใบของถั่วเหลืองมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อถั่วเหลืองมีระยะพัฒนาการเพิ่มขึ้น โดยดัชนีพื้นที่ใบของถั่วเหลืองที่ปลูกในปลายฤดูฝนมากกว่าฤดูแล้ง เนื่องจากในช่วงปลายฤดูฝนถั่วเหลืองได้รับปริมาณน้ำฝนเพียงพอและได้รับช่วงแสงยาว ทำให้มีการเติบโตทางลำต้นเต็มที่ การปลูกถั่วเหลืองในปลายฤดูฝนพบว่าถั่วเหลืองถึงค่าดัชนีพื้นที่ใบสูงสุดที่ระยะเริ่มติดเมล็ด (R5) หลังจากนั้นดัชนีพื้นที่ใบลดลง ซึ่งต่างจากฤดูแล้งที่ดัชนีพื้นที่ใบมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจนถึงระยะเมล็ดเต็มฝัก (R6) ดัชนีพื้นที่ใบเป็นดัชนีที่ชี้วัดความสามารถในการรับแสงของพืช (Well, 1991) ส่วนลักษณะที่ชี้วัดประสิทธิภาพในการสังเคราะห์แสงของพืชคือปริมาณคลอโรฟิลล์ เนื่องจากปริมาณคลอโรฟิลล์มีความสัมพันธ์ทางบวกกับอัตราการสังเคราะห์แสงของใบพืช (Dawson *et al*., 2003) โดยปริมาณคลอโรฟิลล์ของถั่วเหลืองมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อมีระยะพัฒนาการเพิ่มขึ้น การปลูกในปลายฤดูฝนถั่วเหลืองมีปริมาณคลอโรฟิลล์มากกว่าการปลูกในฤดูแล้ง เนื่องจากในช่วงปลายฤดูฝนมีปริมาณน้ำฝนเพียงพอและได้รับช่วงแสงยาว ส่งผลให้ถั่วเหลืองมีการเติบโตทางลำต้นเต็มที่ การปลูกในปลายฤดูฝนปริมาณคลอโรฟิลล์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจนถึงระยะเมล็ดเต็มฝัก (R6) ซึ่งต่างจากการปลูกในฤดูแล้งพบว่าปริมาณคลอโรฟิลล์สูงสุดที่ระยะเริ่มติดเมล็ด (R5) หลังจากนั้นมีแนวโน้มลดลง อาจเนื่องมาจากในปลายฤดูฝนถั่วเหลืองได้รับแสงธรรมชาติน้อยกว่าฤดูแล้ง (ภาพที่ 3) ถั่วเหลืองจึงมีการปรับตัวโดยการเพิ่มปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบ เพื่อให้สามารถดูดซับและนำพลังงานแสงที่ได้รับมาใช้ประโยชน์มากขึ้น (Hale and Orcutt, 1987) สอดคล้องกับ Egli (1997) รายงานว่าในระยะเมล็ดสะสมน้ำหนักแห้ง ใบถั่วเหลืองในที่ร่มมีปริมาณคลอโรฟิลล์ลดลงช้ากว่าใบถั่วเหลืองปกติ เป็นที่น่าสังเกตว่าการปลูกในปลายฤดูฝนถึงแม้ดัชนีพื้นที่ใบจะมีแนวโน้มลดลงหลังจากระยะเริ่มติดเมล็ด (R5) แต่ปริมาณคลอโรฟิลล์กลับมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นแสดงว่าใบถั่วเหลืองยังมีประสิทธิภาพในการสังเคราะห์แสงและสามารถเคลื่อนย้ายสารอาหารไปที่เมล็ดได้ ซึ่งอาจส่งผลให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น

จากการศึกษาความหนาแน่นปากใบ และดัชนีปากใบพบว่าไม่แตกต่างกันทั้งการปลูกในปลายฤดูฝนและฤดูแล้ง เนื่องจากลักษณะดังกล่าวถูกควบคุมด้วยลักษณะทางพันธุกรรม สภาพแวดล้อมและปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างพันธุกรรมกับสภาพแวดล้อม (Bozoglu and Karayel,

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2006) ยกเว้นดัชนีปากใบที่ระยะเริ่มติดฝัก (R3) ที่การปลูกในปลายฤดูฝนมีดัชนีปากใบมากกว่าฤดูแล้ง

1.3 อิทธิพลของฤดูปลูกต่อผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของถั่วเหลืองสายพันธุ์ดี

การปลูกในปลายฤดูฝนพบว่าถั่วเหลืองมีจำนวนฝักต่อต้น จำนวนเมล็ดต่อฝัก จำนวนเมล็ดต่อต้น น้ำหนัก 100 เมล็ด และน้ำหนักเมล็ดต่อต้นมากกว่าการปลูกในฤดูแล้ง เนื่องจากช่วงปลายฤดูฝน ถั่วเหลืองได้รับช่วงแสงยาวทำให้ถั่วเหลืองออกดอกช้าลง ส่งผลให้มีการเติบโตทางลำต้นก่อนการออกดอกนานขึ้น ถั่วเหลืองจึงมีสารอาหารมากพอสำหรับเก็บสะสมเพื่อใช้ในการเคลื่อนย้ายไปที่ฝักและเมล็ดต่อไป และในช่วงปลายฤดูฝนมีปริมาณน้ำฝนเพียงพอ ส่งผลให้ถั่วเหลืองมีการเติบโตได้เต็มที่ ส่วน Egli and Bruening (2000) รายงานว่าเมื่อปลูกถั่วเหลืองในช่วงปลายเดือนพฤษภาคมพบว่าผลผลิตต่ำกว่าการปลูกในช่วงต้นเดือนพฤษภาคมเนื่องจากในช่วงปลายเดือนพฤษภาคมมีช่วงแสงสั้น ส่งผลให้ถั่วเหลืองออกดอกเร็วและมีระยะการเติบโตทางลำต้นสั้น ส่งผลให้ต้นถั่วเหลืองเตี้ย มีข้อน้อยและถั่วเหลืองมีการสะสมน้ำหนักแห้งน้อยลง ทำให้การเคลื่อนย้ายสารอาหารไปที่ฝักลดลง ส่งผลให้ผลผลิตลดลง สอดคล้องกับอภิพรรณและคณะ (2530) รายงานว่าหากถั่วเหลืองมีการเติบโตทางลำต้นก่อนออกดอกนาน ผลผลิต จำนวนฝักต่อต้น และจำนวนเมล็ดต่อฝักจะเพิ่มมากขึ้น นอกจากนี้การที่ถั่วเหลืองมีการเติบโตก่อนระยะออกดอกนาน ยังทำให้เปอร์เซ็นต์การร่วงของดอกและฝักลดลง ซึ่งจากรายงานของหฤษฎี (2534) พบว่าการเติบโตทางลำต้นที่ยาวนานต่างกันส่งผลถึงผลผลิต โดยถั่วเหลืองพันธุ์ สจ.4 เมื่อปลูกในเดือนพฤษภาคมพบว่ามีการเติบโตทางลำต้นยาวนาน 42 วันก่อนการออกดอกให้ผลผลิตถึง 20.96 กรัมต่อต้นซึ่งให้ผลผลิตมากกว่า สจ.4 ที่ปลูกในเดือนธันวาคมที่มีการเติบโตทางลำต้น 36.5 วันโดยให้ผลผลิตเพียง 7.45 กรัมต่อต้น กล่าวคือการมีระยะการเติบโตทางลำต้นยาวนานย่อมมีการสร้างใบและสะสมอาหารสำรองไว้มาก เมื่อถึงระยะพัฒนาการของฝักและเมล็ด จึงมีการสะสมน้ำหนักแห้งในเมล็ดมาก ส่งผลให้มีผลผลิตสูงขึ้น

1.4 ความสัมพันธ์ของลักษณะการเติบโตและพัฒนาการต่อผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของถั่วเหลืองสายพันธุ์ดี

ลักษณะการเติบโตของถั่วเหลืองที่มีความสัมพันธ์กับผลผลิตทั้งการปลูกในปลายฤดูฝนและฤดูแล้ง ได้แก่ น้ำหนักแห้งรวมต่อต้น เมื่อนำมาวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเส้นตรงแบบขั้นบันไดพบว่า ลักษณะหลักที่สัมพันธ์กับผลผลิตในฤดูแล้ง คือ น้ำหนักแห้งรวมต่อต้นและวันสุกแก่ สอดคล้องกับนัฐภัทร์ (2546) ที่รายงานว่าวันสุกแก่สัมพันธ์กับผลผลิตถั่วเหลือง เนื่องจากถั่ว

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เหลืองที่มีวันสุกแก่ช้าจะมีระยะเวลาในการสร้างฝักและเมล็ด และส่งอาหารไปสะสมยังเมล็ดได้เพิ่มขึ้น ส่งผลให้ผลผลิตต่อต้นจะเพิ่มขึ้น (Ablett *et al*., 1989) อีกทั้ง Duncan *et al*. (1978) รายงานว่าพืชที่มีการสะสมน้ำหนักแห้งในส่วนของลำต้นและใบมาก จะเคลื่อนย้ายอาหารเหล่านั้นไปสู่ส่วนของฝักและเมล็ด ส่งผลให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น

ลักษณะทางสรีรวิทยาที่สัมพันธ์กับน้ำหนักเมล็ดต่อต้นทั้งการปลูกในปลายฤดูฝนและฤดูแล้ง คือ ดัชนีพื้นที่ใบที่ระยะเริ่มติดฝัก (R3) ซึ่งสอดคล้องกับการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเส้นตรงแบบขั้นบันไดที่พบว่าดัชนีพื้นที่ใบที่ระยะเริ่มติดฝัก (R3) เป็นลักษณะหลักที่สัมพันธ์กับน้ำหนักเมล็ดต่อต้นทั้งการปลูกในปลายฤดูฝนและฤดูแล้ง สอดคล้องกับ Hunt *et al*. (1994) รายงานว่าผลผลิตของถั่วเหลืองมีความสัมพันธ์กับดัชนีพื้นที่ใบที่ระยะเริ่มติดฝัก (R3) อาจเนื่องมาจากระยะนี้ถั่วเหลืองเริ่มมีการสร้างฝัก หากช่วงนี้ถั่วเหลืองมีดัชนีพื้นที่ใบสูง ส่งผลให้รับแสงได้มาก จึงมีการสังเคราะห์แสงเพื่อนำสารอาหารที่ได้เคลื่อนย้ายไปที่ฝักและเมล็ด สอดคล้องกับ Jiang and Egli (1993) และ Egli and Bruening (2005) รายงานว่าการสังเคราะห์แสงที่ระยะออกดอกและติดฝักมีความสัมพันธ์กับจำนวนเมล็ดและการติดฝักของถั่วเหลือง ดังนั้นจึงสามารถใช้ดัชนีพื้นที่ใบที่ระยะเริ่มติดฝัก (R3) เป็นเกณฑ์ในการคัดเลือกถั่วเหลืองที่ให้ผลผลิตสูงได้

องค์ประกอบผลผลิตที่มีความสัมพันธ์กับผลผลิตทั้งการปลูกในปลายฤดูฝนและฤดูแล้ง คือ จำนวนฝักต่อต้นและจำนวนเมล็ดต่อต้น และจากการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเส้นตรงแบบขั้นบันไดพบว่าจำนวนเมล็ดต่อต้นและน้ำหนัก 100 เมล็ดเป็นลักษณะหลักที่สัมพันธ์กับน้ำหนักเมล็ดต่อต้นทั้งการปลูกในปลายฤดูฝนและฤดูแล้ง Lui *et al*. (2005) รายงานว่าจำนวนฝักและจำนวนเมล็ดมีความสัมพันธ์กับผลผลิต ส่วน Showkat and Tyagi (2010) รายงานว่าจำนวนฝักต่อต้นและน้ำหนัก 100 เมล็ดมีความสัมพันธ์กับผลผลิต สอดคล้องกับ Board and Harvill. (1996) รายงานว่าจำนวนฝักมีความสัมพันธ์กับผลผลิต โดยจำนวนฝักที่ลดลง 21 เปอร์เซ็นต์ทำให้ผลผลิตลดลง 11 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นจึงสามารถใช้จำนวนฝักต่อต้น จำนวนเมล็ดต่อต้น และน้ำหนัก 100 เมล็ดเป็นเกณฑ์ในการคัดเลือกถั่วเหลืองสายพันธุ์ดีที่ให้ผลผลิตสูงได้ ส่วนน้ำหนัก 100 เมล็ดหากนำมาใช้เป็นเกณฑ์ในการคัดเลือกผลผลิตควรพิจารณาลักษณะอื่นด้วย เนื่องจากลักษณะดังกล่าวเจาะจงกับฤดูปลูก (นัฐภัทร, 2546)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การทดลองที่ 2 ศึกษาผลของอุณหภูมิต่อลักษณะทางสรีรวิทยา ของถั่วเหลืองสายพันธุ์ดีเด่น

จากการศึกษาลักษณะสรีรวิทยา ได้แก่ ปริมาณ MDA ปริมาณคลอโรฟิลล์ และขนาดปากใบของถั่วเหลืองสายพันธุ์คัดเลือกที่ระยะ V1 และ R1 ภายใต้การเติบโตในสภาพตู้ควบคุมสภาพแวดล้อม (growth chamber) ที่มีอุณหภูมิ 38/26, 34/26 และ34/24 องศาเซลเซียส (กลางวัน/กลางคืน) พบว่าเมื่ออุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นส่งผลให้ปริมาณ MDA เพิ่มขึ้นสอดคล้องกับ Djanaguiraman and Prasad (2010) รายงานว่าอุณหภูมิสูง (38/28 องศาเซลเซียส) ส่งผลให้ถั่วเหลืองมีปริมาณ MDA สูงขึ้น โดย MDA เป็นดัชนีชี้วัดการเกิด lipid peroxidation ซึ่ง lipid peroxidation เกิดขึ้นเมื่อพืชเกิด oxidative stress โดยส่งผลต่อเซลล์พืชคือ ทำให้เยื่อหุ้มเซลล์พืชเสียสภาพ เกิดการเสื่อมสภาพ (aging) ของเซลล์ซึ่งจะส่งผลให้สมบัติเยื่อเลือกผ่าน (permeability) ของเยื่อหุ้มเซลล์เสียสภาพ และในที่สุดจะทำให้เซลล์ตาย (Liu and Huang, 2000) และ Qing-hua (2009) รายงานว่าถั่วเหลืองสายพันธุ์ทนแล้งมีปริมาณ MDA น้อยว่าสายพันธุ์ไม่ทนแล้ง เนื่องจากสายพันธุ์ทนแล้งมีกิจกรรมของ superoxide dismutase (SOD), peroxidase (POD), catalase (CAT) สูง ซึ่งเอนไซม์เหล่านี้ทำหน้าที่ป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันและสามารถยับยั้งหรือป้องกัน ROS (reactive oxygen species) ที่ทำอันตรายแก่เซลล์ได้ ซึ่งในสายพันธุ์ KUSL 3802-6, KUSL 20004 และสายพันธุ์ NS 1 1-12 และ CM 60 อาจมีกิจกรรมของเอนไซม์ดังกล่าวสูงเนื่องจากเมื่อวัดปริมาณ MDA สายพันธุ์ KUSL 20004 และ KUSL 3802-6 ที่ระยะ V5 และสายพันธุ์ NS 1 1-12 และ CM 60 ที่ระยะดอกแรกบาน (R1) ในสภาพอุณหภูมิสูง (38/26 องศาเซลเซียส) พบว่ามีปริมาณ MDA ค่อนข้างน้อย ซึ่งแสดงว่าถั่วเหลืองเกิด oxidative stress เนื่องจากอุณหภูมิสูงค่อนข้างต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับสายพันธุ์อื่น ซึ่ง Djanaguiraman *et al*. (2011) รายงานว่าถั่วเหลืองที่ได้รับอุณหภูมิสูง (อุณหภูมิกลางวัน 38 องศาเซียลเซียสและอุณหภูมิกลางคืน 28 องศาเซียลเซียส) มีอัตราการผลิตเอทิลีนที่ใบเพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นสาเหตุให้เกิด oxidative stress ส่งผลให้ใบและดอกร่วง และเปอร์เซ็นต์การติดฝักลดลง Ali *et al*. (2005) รายงานว่ารากและยอดของ *Phalaenopsis* มีปริมาณ MDA เพิ่มขึ้นเมื่อได้รับอุณหภูมิสูง (40 องศาเซลเซียส) Malencic *et al.* (2003) ทดลองให้ถั่วเหลืองทั้งหมด 16 สายพันธุ์อยู่ในสภาวะขาดน้ำพบว่าสายพันธุ์ที่ทนต่อสภาวะขาดน้ำได้จะมีปริมาณ proline และ กิจกรรมของ superoxide dismutase (SOD) สูง และมี lipid peroxidation ต่ำ โดยสายพันธุ์เหล่านี้สามารถนำใช้ในการเพาะปลูกและเหมาะสำหรับปรับปรุงพันธุ์ต่อไป โดยการตอบสนองของพืชต่อความเครียดนั้นขึ้นกับระยะพัฒนาการด้วย จากการทดลองพบว่าถั่วเหลืองทั้ง 10 สายพันธุ์มีปริมาณ MDA เฉลี่ยที่ระยะดอกแรกบาน (R1) มากกว่าที่ระยะ V5 สอดคล้องกับ Qi-ming (2005) รายงานว่าถั่วเหลืองสายพันธุ์เดียวกันเมื่อได้รับสภาพขาดน้ำที่ระยะพัฒนาการแตกต่างกันพบว่าที่ระยะออกดอกถั่วเหลืองมีปริมาณ MDA มากกว่าระยะการเติบโตทางลำต้น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ส่วนผลอุณหภูมิสูงต่อปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบถั่วเหลืองสายพันธุ์คัดเลือกที่ระยะ V5 พบว่าปริมาณคลอโรฟิลล์เพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น ขณะที่ปริมาณคลอโรฟิลล์ ในใบถั่วเหลืองสายพันธุ์คัดเลือกที่ระยะดอกแรกบาน (R1) ลดลงเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น เนื่องจากการเติบโตทางลำต้นสามารถทนต่ออุณหภูมิสูงได้มากกว่าการเติบโตทางด้านสืบพันธุ์ (Allen *et al*., 2005) โดยอุณหภูมิสูงลดการสังเคราะห์คลอโรฟิลล์และส่งผลให้คลอโรฟิลล์ถูกทำลายมากขึ้น (Tewari and Tripathy, 1998) การที่คลอโรฟิลล์ถูกทำลายเป็นผลมาจากเยื่อหุ้มเซลล์ถูกทำลาย (Ristic *et al*., 2007) สอดคล้องกับ Djanaguiraman and Prasad (2010) รายงานว่าเมื่อถั่วเหลืองได้รับอุณหภูมิสูงที่ระยะเริ่มติดฝัก (R3) ส่งผลให้ปริมาณคลอโรฟิลล์ลดลงอาจเนื่องมาจากเกิด lipid peroxidation ภายในเยื่อหุ้มคลอโรพลาสต์ อีกทั้งอุณหภูมิสูงยังมีผลต่อปากใบเช่นกันโดยเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นพบว่าขนาดปากใบใหญ่ขึ้น สอดคล้องกับ Ghosh *et al*. (1996) รายงานว่าเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น (15 – 30 องศาเซลเซียส) พบว่าขนาดปากใบมีความยาวเพิ่มขึ้นทุกๆ 5 องศาเซลเซียส โดยขนาดปากใบมีความสัมพันธ์กับค่าชักนำปากใบพืช (stomatal conductance) (Ohsumi *et al*., 2007) Lu *et al*. (1998) รายงานว่าในสภาพอุณหภูมิสูงสามารถใช้ค่าชักนำปากใบพืชเป็นเกณฑ์ในการคัดเลือกข้าวสาลีที่ให้ผลผลิตสูงได้ เนื่องจากข้าวสาลีที่มีค่าชักนำปากใบสูงสามารถระบายความร้อนจากใบได้ดี ส่งผลให้พืชทนต่อสภาพอุณหภูมิสูงได้

จากการวัดปริมาณ MDA เพื่อเป็นดัชนีชี้วัดการเกิดสภาพ oxidative stress ในถั่วเหลืองที่ได้รับอุณหภูมิสูง (38/26 องศาเซลเซียส กลางวัน/กลางคืน) พบว่าสายพันธุ์คัดเลือกที่มีปริมาณ MDA น้อยแสดงว่าเกิดสภาพ oxidative stress ต่ำส่งผลให้สามารถทนต่อสภาพอุณหภูมิสูง (38/26 องศาเซลเซียส กลางวัน/กลางคืน) ได้ สายพันธุ์คัดเลือกดังกล่าวได้แก่ สายพันธุ์ KUSL 3802-6, KUSL 20004, NS 1 1-12 และ CM 60 เมื่อพิจารณาจากผลผลิตของถั่วเหลืองสายพันธุ์ดังกล่าว พบว่าสายพันธุ์ NS 1 1-12 นอกจากสามารถทนต่ออุณหภูมิสูงได้แล้ว ผลผลิตที่ได้ยังค่อนข้างสูงทั้งการปลูกในปลายฤดูฝนและฤดูแล้ง ดังนั้นสายพันธุ์ NS 1 1-12 จึงเป็นอีกสายพันธุ์หนึ่งที่เหมาะสมสำหรับการปลูกในฤดูแล้งหลังการเก็บเกี่ยวในภาคกลาง เพราะนอกจากผลผลิตสูงแล้วยังสามารถทนต่ออุณหภูมิสูงในช่วงฤดูแล้งได้อีกด้วย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สรุป

1. การปลูกถั่วเหลืองในปลายฤดูฝนมีระยะพัฒนาการทางด้านการเติบโตและการสืบพันธุ์นานกว่าฤดูแล้ง

2. ลักษณะการเติบโตของถั่วเหลืองแปรปรวนไปตามฤดูปลูก ได้แก่ ความสูง จำนวนข้อ จำนวนกิ่งแขนง น้ำหนักแห้งรวมต่อต้น วันดอกบาน 50 เปอร์เซ็นต์ และวันสุกแก่ โดยการปลูกในปลายฤดูฝนมีค่ามากกว่าฤดูแล้ง สายพันธุ์ที่ออกดอกเร็ว ได้แก่ KUSL 20004 ส่วนสายพันธุ์ที่ออกดอกช้า ได้แก่ KUSL 3802-1

3. ลักษณะทางสรีรวิทยาของถั่วเหลืองแปรปรวนไปตามฤดูปลูก ได้แก่ ดัชนีพื้นที่ใบที่ระยะเริ่มติดฝัก (R3) และระยะเริ่มติดเมล็ด (R5) ปริมาณคลอโรฟิลล์ที่ระยะเริ่มติดเมล็ด (R3) ระยะเริ่มติดเมล็ด (R5) และระยะเมล็ดเต็มฝัก (R6) และดัชนีปากใบที่ระยะเริ่มติดฝัก (R3)

4. จำนวนฝักต่อต้น จำนวนเมล็ดต่อต้น น้ำหนัก 100 เมล็ด และน้ำหนักเมล็ดต่อต้นแปรปรวนไปตามฤดูปลูก สายพันธุ์ NS 1 4-6 เป็นสายพันธุ์ที่ให้น้ำหนักเมล็ดต่อต้นมากที่สุด ส่วนสายพันธุ์ KUSL 3802-1 เป็นสายพันธุ์ที่ให้ผลผลิตต่อไร่มากที่สุด

5. สายพันธุ์ NS 1 4-6 ที่ให้ผลผลิตสูงทั้งการปลูกปลายฝนและฤดูแล้ง สายพันธุ์ KUSL 3802-1 ให้ผลผลิตสูงในปลายฤดูฝน และสายพันธุ์ NS 1 4-6 ให้ผลผลิตสูงในฤดูแล้ง

6. ลักษณะการเติบโต ลักษณะทางสรีรวิทยาและองค์ประกอบผลผลิตที่สัมพันธ์กับน้ำหนักเมล็ดต่อต้นทั้งการปลูกในปลายฤดูฝนและฤดูแล้ง ได้แก่ น้ำหนักแห้งรวมต่อต้น ดัชนีพื้นที่ใบที่ระยะเริ่มติดฝัก (R3) จำนวนฝักต่อต้นและจำนวนเมล็ดต่อต้น

7. จากการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเส้นตรงแบบขั้นบันได (Backward – Stepwise Regression) พบว่า ลักษณะหลักที่สัมพันธ์กับน้ำหนักเมล็ดต่อต้นทั้งการปลูกในปลายฤดูฝนและฤดูแล้ง ได้แก่ ดัชนีพื้นที่ใบที่ระยะเริ่มติดฝัก (R3) จำนวนเมล็ดต่อต้นและน้ำหนัก 100 เมล็ด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

8. เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น (38/26 องศาเซลเซียส กลางวัน/กลางคืน) ส่งผลให้ปริมาณ MDA ในใบถั่วเหลืองที่ระยะ V5 และระยะดอกแรกบาน (R1) ปริมาณคลอโรฟิลล์ที่ระยะ V5 และขนาดปากใบที่ระยะ V5 และระยะดอกแรกบาน (R1) เพิ่มขึ้น

9. สายพันธุ์คัดเลือกที่ทนต่อสภาพอุณหภูมิสูง (38/26 องศาเซลเซียส กลางวัน/กลางคืน) ได้แก่ สายพันธุ์ KUSL 3802-6, KUSL 20004, NS 1 1-12 และ CM 60

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

เฉลิมพล แซมเพชร. 2547**. สรีรวิทยาการผลิตพืชไร่**. ภาควิชาพืชไร่ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.

ธีระพงศ์ โทนุสิน. 2549. **ผลของสภาวะขาดน้ำที่ระยะการเจริญเติบโตต่างๆ ต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณคลอโรฟิลล์ การเจริญเติบโต และผลผลิตของข้าวโพด.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

นัฐภัทร์ คำหล้า. 2546. **ความแปรปรวนของมวลชีวภาพเพื่อใช้เป็นเกณฑ์การคัดเลือกการให้ผลผลิตถั่วเหลือง**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

รังสฤษดิ์ กาวีต๊ะ. 2541. ถั่วเหลือง, น. 73-78. *ใน* วาสนา วงษ์ใหญ่, อุดม พูลเกษ, รังสฤษดิ์ กาวีต๊ะ และ วิทยา แสงแก้วสุข, บรรณาธิการ. **พฤกษศาสตร์พืชเศรษฐกิจ**. สำนักพิมพ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ลิลลี่ กาวีต๊ะ, มาลี ณ นคร, ศรีสม สุวรรณวงศ์ และ สุรียา ตันติวิวัฒน์. 2552. **สรีรวิทยาของพืช.** สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สาคร สมจิตร. 2540. **การศึกษาปัจจัยทางเขตกรรมที่สำคัญต่อการปรับตัวและผลผลิตของสายพันธุ์ถั่วเหลืองจากประเทศบราซิล ในฤดูแล้งในภาคกลางของประเทศไทย**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร. 2553. **สถานการณ์สินค้าเกษตรที่สำคัญและแนวโน้มปี 2554**. ศูนย์สารสนเทศการเกษตร สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, กรุงเทพฯ.

หฤษฎี ภัทรดิลก. 2534. **การพัฒนาการเจริญเติบโตและผลผลิตของถั่วเหลือง ถั่วเขียว และถั่วเขียวผิวดำที่ปลูกในวันปลูกและอัตราปลูกต่างๆ**. วิทยานิพนธ์ปริญญาเอก, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อดิศักดิ์ สุวิทวัส. 2535**. การเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตถั่วเหลืองที่ปลูกในวันปลูกและอัตราปลูกต่างกัน**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อภิพรรณ พุกภักดี, หฤษฎี ภัทรดิลก และไสว พงษ์เก่า. 2530. การปรับตัวของถั่วเหลืองในสภาพแวดล้อมกำแพงแสน**, การสัมนาเชิงปฏิบัติการเรื่องงานวิจัยถั่วเหลือง ครั้งที่ 2**, 22-25 ธันวาคม 2530 ณ โรงแรมไพรินทร์, จ.พิษณุโลก.

อภิพรรณ พุกภักดี. 2546. **ถั่วเหลืองพืชทองของไทย**. พิมพ์ครั้งที่ 1. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

เอ็จ สโรบล และ วิจารณ์ วิชชุกิจ. 2534. ผลผลิตที่เพิ่มขึ้นต่อปีโดยพันธุกรรมของพันธุ์ถั่วเหลืองไทย. **วารสารเกษตรศาสตร์ (วิทย.)**. 25: 127-132.

Abel, G.H. 1970. Winter and summer soybean growth in Southtern California. **Agron. J.** 62: 118-120.

Ablett, G.R., W.D. Beverdof and V.A. Dirks. 1989. Performance and stability of indeterminate and determinate soybean in short-season environments. **Crop Sci**. 29: 1428-1433.

Akhter, M. and C.H. Sneller. 1996. Yield and yield components of early soybean genotypes in the Mid-South**. Crop Sci**. 36: 877-882.

Ali, M.B., E.J. Hahn and K.Y. Paek. 2005. Effects of temperature on oxidative stress defense systems, lipid peroxidation and lipoxygenase activity in *Phalaenopsis*. **Plant Physiol Biochem**. 43: 213-223.

Allen, L.H., Jr, K.J. Boote, P.V.V. Prasad, J.M.G. Thomas and J.C.V. Vu. 2005. Hazards of temperature on food availability in changing environments (hot-face): global warming could cause failure of seed yields of major foodcrops. **Proceedings of the 7th International Carbondioxide Conference**, 25-30 Sept., Washington, DC, USA.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Anderson, J.M. 1986. Photoregulation of the composition, function and structure of thylakoid membranes. **Annu. Rev. Plant Physiol.** 37: 93-136.

Baker, J.T., L.H. Allen Jr., K.J. Boote, P. Jones and J.W. Jones. 1989. Response of soybean to air temperature and carbon dioxide concentration. **Crop Sci.** 29: 98-105.

Baskin, S.I. and H. Salem. 1997. **Oxidants, antioxidants and free radicals**. Taylor and Francis. London.

Board, J.E. and B.G. Harville. 1996. Growth dynamics during the vegetative period affects yield of narrow-row late planted soybean. **Agron. J.** 88 : 567–572.

Bozoglu, H. and R. Karayel. 2006. Investigation of stomata densities in pea (*Pisum sativum* L.) Lines/Cultivars. **J. Biol. Sci.** 6: 56-61.

Burkey, K. and R. Wells. 1991. Response of soybean photosynthesis and chloroplast membrane function to canopy development and mutual shading. **Plant Physiol.** 97: 245-252.

Cakmak, I. and W.J. Horst. 1991. Effect of aluminium on lipid peroxida-tion, superoxide dismutase, catalase and peroxidase activities in root tips of soybean (*Glycine max*). **Plant Physiol.** 83: 463–468.

Carlson, J.B. 1973. Morphology. pp. 71–95. *In*: Caldwell, B.E. (ed.) **Soybeans: Improvement, Production, and Uses**. Agronomy Monograph 16. American Society of Agronomy, Madison, WI, USA.

Câmara, G.M.S., T. Sediyama , D. Dourado-Neto and M.S. Bernardes. 1997. Influence of photoperiod and air temperature on the growth, flowering and maturation of soybean *(Glycine max* (L.) Merrill). **Sci. agric.** 54: 149-154.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Chang, Y.Z. 1981. Lai of high-yielding cultivation in soybean. **Sci. Agric. Sin.** 2: 22–26.

Ciha., A.J. and W.A. Brun. 1975. Stomatal size and frequency in soybeans. **Crop Sci.** 15: 309-313.

Condon, A.G., G.D. Farquhar and R.A. Richards. 1990. Genotypic variation in carbon isotope discrimination and transpiration efficiency in wheat. Leaf gas exchange and whole plant studies. **Aust. J. Plant Physiol.** 17: 9-22.

Dawson, T.P., P.R.J. North, S.E. Plummer and P.J. Curran. 2003. Forest ecosystem chlorophyll content: implications for remotely sensed estimates of net primary productivity. **Int. J. Remote Sens.** 24: 611-617.

Djanaguiraman, M. and P.V.V. Prasad. 2010. Ethylene production under high temperature stress causes premature leaf senescence in soybean. **Funct. Plant Biol**. 37: 1071–1084.

Djanaguiraman, M., P.V.V. Prasad and K. Al-Khatib. 2010. Ethylene perception inhibitor 1-MCP decreases oxidative damage of leaves through enhanced antioxidant defense mechanisms in soybean plants grown under high temperature stress. **Environ. Exp. Bot**. 71: 215-223.

Du, W.G., G.R. Zhang and C.Y. Huang. 1988. Relationship between high photosynthetic efficiency and high yield in soybean. **Soybean Sci.** 7: 337–340.

Duncan, W.G., D.E. McClound, R.J. MaGraw and K.J. Boote. 1978. Physiology aspects of peanut yield improvement. **Crop Sci**. 18: 1015-1020.

Egli, D.B. 1997. Cultivar maturity and response of soybean to shade stress during seed filling**.** **Field Crops Res.** 52: 1-8.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Egli, D.B. 1998. **Seed Biology and the Yield of Grain Crops**. CAB International, Wallingford, UK.

Egli, D.B. 2005. Flowering, pod set and reproductive success in soya bean. **J Agron Crop Sci**. 191: 283–291.

Egli, D.B. and W.P.Bruening. (2000) Potential of early-maturing soybean cultivars in late plantings. **Agron. J.** 92, 532–537.

Egli, D.B. and W.P.Bruening. 2005. Shade and temporal distribution of pod production and pod set in soybean. **Crop Sci**. 45: 1764–1769.

Egli, D.B., R.A Wiralaga, T. Bustamam, Y. Zhen-wen and D.M. TeKrony. 1987. Time of flowering opening and seed mass in soybean. **Agron. J**. 79: 697–700.

Egli, D.B., D.M. TeKrony, J.J. Heitholt and J. Rupe. 2005. Air temperature during seed filling and soybean seed germination and vigor. **Crop Sci**. 45: 1329-1335.

Fehr, W.R. and C.E. Carviness. 1977. **Stages of soybean development**. Special Report 80. Iowa State University, USA.

Fei, Z.H., C.X. Wu, H.B. Sun, W.S. Hou, B.S. Zhang and T.F. Han. 2009. Identification of photothermal responses in soybean by integrating photoperiod treatmentsbwith planting-date experiments. **Acta Agron. Sin**. 35: 1525–1531.

Fritschi, F.B. and J.D. Ray. 2007. Soybean leaf nitrogen, chlorophyll content, and chlorophyll *a/b* ratio. **Photosynthetica.** 45: 92-98.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Ganiger T. S., S. R. Kareekatti and B. C. Patil. 2003. Seed Yield and Chlorophyll Content in Cowpea as Influenced by Different Growth Regulators. **Karnataka J. Agric. Sci**. :16: 128-130.

Garner, F.B., R.B. Pearce and R.L. Mitchell. 1985. **Physiology of Crop Plants**. Lowa State University Press, Ames, Iowa.

Gay, S., D.B. Egli and D.A Reicosky. 1980. Physiological aspects of yield improvement in soybeans. **Agron J**. 72: 387–391.

Gazzoni, D.L. and F. Moscardi. 1998. Effect of defoliation levels on recovery of leaf area, on yield and agronomic traits of soybeans. **Pesq. Agropec. Bras., Brasilia.** 33: 411-424.

Ghosh., A.K., M. Ichii., K.A. Sanuma and A. Kusutani. 1996. Optimum and sub-optimal temperature effects on stomata and photosynthesis rate of determinate soybeans. **Acta Hort.** 440: 81-86.

Gibson, L.R. and R.E. Mullen. 1996. Soybean seed quality reductions by high day and night temperature. **Crop Sci**. 36: 1615–1619.

Gross, Y. and J. Kigel. 1994. Differential sensitivity to high temperature of stages in reproduction development of common beans (*Phaseolus vulgaris* L.). **Field Crops Res.** 36: 201-212.

Hadi, H., K. G. Golezani, F. R. Khoei, M. Valizadeh and M. R. Shakiba. 2006. Response of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) to different levels of shade. **Agron. J.** 5: 595-599.

Hale, M.G. and D.M. Orcutt. 1987. **The Physiology of Plant under Stress**. Wiley and Sons. USA.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Han, T., C. Wua, Z. Tongc, R.S. Mentreddyd, K. Tanc and J. Gaib. 2006. Postflowering photoperiod regulates vegetative growth and reproductive development of soybean. **Environ Exper Bot**. 55: 120–129.

Han, T.F., J.L. Wang, B.B. Fan, W.Q. Yao and Q.K. Yang. 1996. Effect of post-flowering daylength on agronomic characters of soybean. **Chin J Appl Ecol**. 7: 169-173.

Hartwig, E.E. 1954. **Factors affecting time of planting soybeans in the Southern States**. Washington, D.C., United States Department of Agriculture.

Hatfield, J.L. and D.B. Egli. 1974. Effect of temperature on the rate of soybean hypocotyl elongation and field emergence. **Crop Sci.** 14: 423-429.

Hofstra, G. 1972. Response of soybeans to temperature under high light intensities. **Can. J. Plant Sci**. 52: 535-543.

Hunt, T.E., L.G. Higley and J.F. Witkowski. 1994. Soybean growth and yield after simulated bean leaf beetle injury to seedlings. **Agron. J**. 86:140-146.

Huxley, P.A. and R.J. Summerfield. 1974. Effects of night temperature and photoperiod on the reproductive ontogeny of cultivars of cowpea and of soyabean selected for the wet tropics**. Plant Sci. Letters.** 3: 11-17.

Jiang, H. and D.B Egli. 1993. Shade induced changes in flower and pod number and fruit abscission in soybean. **Agron J**. 85: 221–225.

Jiang, Y., C. Wua, L. Zhangc, P. Hua, W. Houa, W. Zub and T. Hana. 2011. Long-day effects on the terminal inflorescence development of photoperiod-sensitive soybean [Glycine max (L.) Merr.] variety. **Plant Sci**. 180: 504–510

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Jian-Xiong, L., C. Jie and W. Gen-Xuan. 2005. Stomatal density and gas exchange in six wheat cultivars. **Cereal res. commun.** 33: 719-726.

Kantolic, A.G. and G.A. Slafer. 2001. Photoperiod sensitivity after flowering and seed number determination in indeterminate soybean cultivars. **Field Crops Res.** 72: 109–118.

Kantolic, A.G. and G.A. Slafer. 2005. Reproductive development and yield components in indeterminate soybean as affected by post-flowering photoperiod. **Field Crops Res.** 93: 212–222.

Kantolic, A.G. and G.A. Slafer. 2007. Development and seed number in indeterminate soybean as affected by timing and duration of exposure to long photoperiods after flowering. **Ann. Bot.** 99: 925–933.

Kitano, M., K. Saitoh and T. Kuroda. 2006. Effects of high temperature on flowering and pod set in soybean. **Sci. Fac. Agr. Okayama Univ.** 95: 49-55.

Knecht, G.N. and J.W. O'Leary. 1972. The effect of light intensity on stomata number and density of *Phaseolus vulgaris L*. Leaves. **Bot. Gaz.** 133: 132-134.

Konsens, I., M. Ofir and J. Kigel. 1991. The effect of temperature on the production and abscission of flowers and pod in snap bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **Ann. Bot.** 67: 391-399.

Kundu, S.K. and P.M.A. Tigerstedt. 1999. Variation in net photosynthesis, stomatal characteristics, leaf area and whole-plant phytomass production among ten provenances of neem (*Azadirachta indica*). **Tree Physiol.** 19: 47-52.

Lake, J.A., I. Woodward and W.P. Quick. 2002. Long-distance co_2 signalling in plants. **J. Exp. Bot.** 53: 183–193.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

List, R .J.(ed.). 1963. **SmithsonianM eteorological Tables**, 6th Ed. Smithsonian Institution Washington, D.C.

Liu, X. and B. Huang. 2000. Heat stress injury in relation to membrane lipid peroxidation in creeping bentgrass. **Crop Sci**. 40: 503–510.

Liu, X., J. Jin, S.J. Herbert, Q. Zhang and G Wang. 2005. Yield components, dry matter, LAI and LAD of soybeans in Northeast China. **Field Crops Res**. 93: 85-93.

Liu, X. J. Jian, W. Guanghua and S.J. Herbert. 2008. Soybean yield physiology and development of high- yielding practices in Northeast China. **Field Crops Res**. 105: 157-171.

Lobell, D.B. and G.P. Asner. 2003. Climate and management contributions to recent trends in US agricultural yields**. Science**. 299: 1032-1032.

Lu, Z., R.G. Percy, C.O. Qualset and E. Zeiger. 1998. Stomatal conductance predicts yields in irrigated Pima cotton and bread wheat grown at high temperatures. **J. Exp. Bot**. 49: 453–460

Ma, B.L., M.J. Morrison and H.D. Voldeng. 1995. Leaf greenness and photosynthetic rates in soybean. **Crop Sci.** 35: 1411-1414.

Malencic, D.J., M. Popovic and J. Miladinovic. 2003. Stress tolerance parameters in different genotpyes of soybean. **Biologia Plantarum.** 46: 141-143.

Malone, S.R, H.S. Mayeux, H.B. Johnson and H.W. Polley. 1993. Stomatal density and aperture length in four plant species grown across a subambient co_2 gradient. **Am. J. Bot.** 80: 1413-1418.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Manglik, P., V.S. Bhatia and K.N. Guruprasad. 1998. Effect of varying photoperiods on vegetative and reproductive characters in early and late maturing varieties of soybean. **Plant Physiol Biochem**. 25: 51-55.

Mann, J.D. and E.G. Jaworski. 1970. Comparison of stresses which may limit soybean yield. **Crop sci.** 10: 620-624.

Markwell, J., J.C. Osterman and J.L. Mitchell. 1995. Calibration of the Minolta SPAD-502 leaf chlorophyll meter**.** Photosynth Res. 46: 467-472.

Martin, J.H., R.P. Waldren and D.L. Stamp. 2006**. Principles of Field Crop Production**. Upper Saddle River, N.J.: Pearson Prentice Hall. U.S.A.

Mc Alister, D.F. and O.A. Krober. 1958. Response of soybean to leaf and pod removal. **Agron. J.** 50: 647-677.

Mc William., J. R. and A.W. Naylor. 1967. Temperature and plant adaptation. I. interaction of temperature and light in the synthesis of chlorophyll in corn. **Plant Physiol.** 42: 1711-1715.

Mishra, R.K. and G.S. Singhal. 1992. Function of photosynthetic apparatus of intact wheat leaves under high light and heat stress and its relationship with peroxidation of thylakoid lipids. **Plant Physiol.** 98: 1-6**.**

Mittler, R. 2002. Oxidative stress, antioxidants and stress tolerance. **Trends Plant Sci.** 7: 405–410.

Monterroso, V.A. and H.C. Wien. 1990. Flower and pod abscission due to heat stress in beans. **J. Am. Soc. Hort. Sci.** 115: 631–634.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Odeleye, F.O., A.O. Togun and T.O. Tayo. 2001. The effect of light intensity on the growth, development and yield of soybean in southwest Nigeria. **Afr. Crop. Sci. J.** 9: 577-590.

Ohsumi A., T. Kanemura, K. Homma, T. Horie and T. Shiraiwa. 2007. Genotypic variation of stomatal conductance in relation to stomatal density and lengtn in rice (*Oryza sativa* L.). **Prod. Sci**. 10: 322-328.

Pandey R., P.M. Chacko, M.L. Choudhary, K.V. Prasad and M. Pal. 2007. Higher than optimum temperature under CO2 enrichment influences stomata anatomical characters in rose (Rosa hybrida). **Sci Hort**. 113: 74–81.

Prasad, P.V.V., K.J. Boote., L.H. Allen Jr. and J.M.G. Thomas. 2002. Effects of elevated temperature and carbon dioxide on seed-set and yield of kidney bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **Global Change Biol.** 8: 710-721.

Prasad, P.V.V., K.J. Boote., L.H. Allen Jr. and J.M.G. Thomas. 2003. Supra-optimal temperatures are detrimental to peanut (*Arachis hypogaea* L.) reproductive processes and yield at ambient and elevated carbon dioxide. **Global Change Biol.** 9: 1775-1787.

Qi-ming, W. 2005. Effect of Drought Stress on the Plasma Membrane Permeability of Soybean Leaf in Different Development Stages. **Anhui. Agric. Sci** (In Chinese, abstract in English). 9. Available Source: http://en.cnki.com.cn/Journal_en/D-D000-AHNY-2005-09.htm, March 1, 2011.

Qing-hua, C. 2009. Effects of the Drought Stress on the Protective Enzyme Activity and Membrane Lipid Peroxidation of Leaf in Soybean Seedling. **Anhui Agric Sci** (In Chinese, abstract in English). 14. Available Source: http://en.cnki.com.cn/Journal_en/D-D000-AHNY-2009-14.htm, March 1, 2011.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Ristic, Z, U. Bukovnik. and P.V.V. Prasad. 2007. Correlation between heat stability of thylakoid membranes and loss of chlorophyll in winter wheat under heat stress**. Crop Sci**. 47: 2067–2073.

Salisbury, E.J. 1927. On the causes and ecological significance of stomatal frequency, with special reference to the woodland flora. **Philos. Trans. R. Soc. London B.** 216: 1–65.

Sato, K. 1976. The growth responses of soybean plant to photoperiod and temperature. I. Responses in vegetative growth. **Proc.Crop Sci.Soc.Japan.** 45: 443-449.

Seddigh, M. and G.D. Jolliff. 1984. Night temperature effects on morphology, phenology, yield components of indeterminate fieldgrown soybean. **Agron. J**. 76: 824-828.

Sharkey, T.D. 2005. Effects of moderate heat stress on photosynthesis: importance of thylakoid reactions, rubisco deactivation, reactive oxygen species, and thermotolerance provided by iso-prene. **Plant Cell Environ.** 28: 269–277.

Shibles, R.M. and C.R. Weber. 1965. Leaf area, solar radiation interception and dry matter production by soybean. **Crop Sci.** 5: 575-577.

Shimazaki, K.I., M. Dio, S.M. Assmann and T. Kinoshita. 2007. Light regulation of stomatal movement. **Annu Rev Plant Biol.** 58: 219–247.

Showkat, M. and S.D. Tyagi. 2010. Correlation and Path Coefficient Analysis of Some Quantitative Traits in Soybean (Glycine max L. Merrill.). **Res. J. Agric. Sci.** 1: 102-106

Tambussi, E.A., C.G. Bartoli, J.J. Guiamet, J. Beltrano and J.L. Araus. 2004. Oxidative stress and photodamage at low temperatures in soybean (Glycine max L. Merr.) leaves. **Plant Sci**. 167: 19-26.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Tanaka, A., S.A. Navasero, C.V. Garcia, F.T. Parao and E. Ramirer. 1964. Growth habit of the rice plant in the tropics and its effect on nitrogen response. **IRRI. Tech. Bull.** 3: 1-80.

Taylor, H.M., W.K. Mason, A.T.P. Bennie and H.R. Rowse. 1982. Response of soybeans to two row spacings and two soil water levels. I. An analysis of biomass accumulation, canopy development, solar radiation interception and components of seed yield. **Field Crops Res.** 5: 1–14.

Tewari, A.K.and B.C. Tripathy. 1998. Temperature-stress induced impairment of chlorophyll biosynthetic reactions in cucumber and wheat**. Plant Physiol.** 117: 851–858.

Thomus, J.F. and C.D. Raper, Jr. 1981. Day and night temperature influence on carpel initiation and growth in soybeans. **Bot. Gaz.** 142: 183-187.

Thomas, J.M.G., K.J. Boote., D. Pan and L.H. Allien, Jr. 2010. Elevated temperature delays onset of reproductive growth and reduces seed growth rate of soybean. **J Agro.Crop Sci**. 1: 19-32.

Tsunoda, S. and M.T. Fukoshima. 1986. Leaf properties related to the photosynthesic response to drought in upland andlowland varieties. **Ann. Bot**. 58: 531-539

Velikova, V., I. Yordanov and A. Edreva. 2000. Oxidative stress and some antioxidant system in acid rain treated bean plants: protective role of exogenous polyammines. **Plant Sci.** 151: 59-66.

Wang, W., B. Vinocur and A. Altman. 2003. Plant response to drought, salinity and extreme temperatures: towards genetic engineering for stress tolerance. **Planta.** 218: 1-14.

Watts, W.R. 1972. Leaf extension in Zea mays II. leaf extension in response to independent variation of the temperature of the apical meristem of the air around the leaves, and of the root- zone. **J. Exp. Bot.** 23: 713-721.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Weis, E. and J.A. Berry . 1988. Plants and high temperature stress. **Symp. Soc. Exp. Biol.** 42: 329-46.

Wells, R. 1991. Soybean growth response to plant density: Relationship among canopy photosynthesis, leaf area and light interception. **Crop Sci**. 31: 755–761.

Wentworth, M., E.H. Murchie, J.E. Gray, D. Villegas, C. Pastenes, M. Pinto and P. Horton. 2006. Differential adaptation of two varieties of common bean to abiotic stress. II. Acclimation of photosynthesis. **J. Exp. Bot.** 57: 699–709.

Willmer, C.M. and M. Fricker**.** 1996. **Stomata**. Chapman & Hall. London.

Xia, M.Z. 2008. Effects of faba bean leaves in different positions on the yield and photosynthetic compensation after defoliation. **J. Agron. Crop Sci.** 171: 145-152.

Xu, Z.Z. and G.S. Zhou. 2006. Combined effects of water stress and high temperature on photosynthesis, nitrogen metabolism and lipid peroxidation of a perennial grass *Leymus chinensis* . **Planta.** 224: 1080-1090.

Zhang, L., R. Wang, and J.D. Hesketh. 2001. Effects of photoperiod on growth and development of soybean floral bud in different maturity. **Agron. J.** 93: 944–948.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาคผนวก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 1 ที่มาของสายพันธุ์ถั่วเหลืองที่คัดเลือกได้จากโครงการปรับปรุงพันธุ์ถั่วเหลืองและถั่วเขียวแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ลำดับที่	สายพันธุ์	แหล่งที่มา
1	KUSL 3802-1	KUSL 20004 × ST 1
2	KUSL 3802-4	KUSL 20004 × ST 1
3	KUSL 3802-6	KUSL 20004 × ST 1
4	KUSL 20004	Clark 63 × Orba
5	NS 1 4-6	NS 1 ที่ได้รับการเหนี่ยวนำด้วยรังสีแกมม่า 30 krad
6	NS 1 1-12	NS 1 ที่ได้รับการเหนี่ยวนำด้วยรังสีแกมม่า 30 krad
7	ST 2 34-1	ST 2 ที่ได้รับการเหนี่ยวนำด้วยรังสีแกมม่า 30 krad
8	ST 2	7016 × ST 1
9	CM 60	Williams × สจ. 4
10	Chakkrabhandhu 1	UFV 80-85

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 2 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนลักษณะการเติบโตของถั่วเหลือง 10 สายพันธุ์ เมื่อปลูกในปลายฤดูฝนและฤดูแล้ง ณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ.นครปฐม

Source of Variance	df	Mean Square					
		PH	No N/PL	No B/PL	TDW	50%F	DM
season (S)	1	1883.84**	148.52**	11.42**	127.7**	476.02**	2160.00**
varieties (V)	9	90.70**	3.37**	2.50**	25.47**	32.56**	42.60**
S × V	9	90.70**	0.30	0.56*	1.19	7.61**	14.93**
Error	38	15.65	0.50	0.21	2.93	0.75	1.26
CV (%)		8.4	6.2	17.2	9.4	2.5	1.3

หมายเหตุ PH = ความสูงต้น No N/PL = จำนวนข้อต่อต้น
No B/PL = จำนวนกิ่งแขนงต่อต้น TDW = น้ำหนักแห้งรวมต่อต้น
50%F = วันดอกบาน 50 เปอร์เซ็นต์ DM = วันสุกแก่
* และ ** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 และ 99 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 3 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของถั่วเหลือง 10 สายพันธุ์ เมื่อปลูกในปลายฤดูฝนและฤดูแล้ง ณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ.นครปฐม

Source of Variance	df	Mean Square											
		LAI_{R3}	LAI_{R5}	LAI_{R6}	CHL_{R3}	CHL_{R5}	CHL_{R6}	SD_{R3}	SD_{R5}	SD_{R6}	SI_{R3}	SI_{R5}	SI_{R6}
season (S)	1	1.94**	18.82**	1.71	39.95**	180.06*	364.28**	624.11	500.7	175.69	11.50**	0.25	1.69
varieties (V)	9	0.73**	1.84**	3.42**	3.26	6.10**	9.86*	1606.95**	1341.85**	1090.17**	4.27**	1.76*	0.93
S × V	9	0.19	0.84*	1.05*	1.84	7.64**	4.82	506.07**	488.86**	721.49**	1.42**	0.9	1.81*
Error	38	0.15	0.31	0.47	1.63	2.16	3.60	162.57	141.37	208.21	0.48	0.74	0.62
CV (%)		12.7	11.0	14.0	3.5	3.3	4.3	5.4	4.8	5.8	4.0	4.7	4.4

หมายเหตุ LAI_{R3} = ดัชนีพื้นที่ใบระยะเริ่มติดฝัก (R3) LAI_{R5} = ดัชนีพื้นที่ใบระยะเริ่มติดเมล็ด (R5)
LAI_{R6} = ดัชนีพื้นที่ใบระยะเมล็ดเต็มฝัก (R6) CHL_{R3} = ปริมาณคลอโรฟิลล์ระยะเริ่มติดฝัก (R3)
CHL_{R5} = ปริมาณคลอโรฟิลล์ระยะเริ่มติดเมล็ด (R5) CHL_{R6} = ปริมาณคลอโรฟิลล์ระยะเมล็ดเต็มฝัก (R6)
SD_{R3} = หนาแน่นปากใบระยะเริ่มติดฝัก (R3) SD_{R5} = หนาแน่นปากใบระยะเริ่มติดเมล็ด (R5)
SD_{R6} = หนาแน่นปากใบระยะเมล็ดเต็มฝัก (R6) SI_{R3} = ดัชนีปากใบที่ระยะเริ่มติดฝัก (R3)
SI_{R5} = ดัชนีปากใบระยะเริ่มติดเมล็ด (R5) SI_{R6} = ดัชนีปากใบระยะเมล็ดเต็มฝัก (R6)

* และ ** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 และ 99 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 4 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของถั่วเหลือง 10 สายพันธุ์เมื่อปลูกในปลายฤดูฝนและฤดูแล้ง ณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ.นครปฐม

Source of Variance	df	Mean Square				
		No P/PL	NO S/P	NO S/PL	100 SW	SW/PL
season (S)	1	2083.88**	0.15	10714.70**	23.43**	23.68**
varieties (V)	9	275.59**	0.63**	711.55**	31.2**	11.01**
S × V	9	44.88	0.11	268.51	2.16*	3.70
Error	38	40.69	0.09	151.73	0.91	2.79
CV (%)		15.4	13.3	14.3	6.3	16.7

หมายเหตุ No P/PL = จำนวนฝักต่อต้น NO S/PL = จำนวนเมล็ดต่อฝัก

NO S/PL = จำนวนเมล็ดต่อต้น 100 SW = น้ำหนัก 100 เมล็ด

SW/PL = น้ำหนักเมล็ดต่อต้น

* และ ** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 และ 99 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 5 ค่าสัมประสิทธ์สหสัมพันธ์ของการเติบโต ลักษณะทางสรีรวิทยา องค์ประกอบผลผลิตและผลผลิตของถั่วเหลืองสายพันธุ์ดีในปลายฤดูฝน

	PH	No N/PL	No B/PL	TDW	50%F	DM	LAI_{R3}	LAI_{R5}	LAI_{R6}	CHL_{R3}	CHL_{R5}	CHL_{R6}	SD_{R3}	SD_{R5}	SD_{R6}	SI_{R3}	SI_{R5}	SI_{R6}	No P/PL	NO S/P	NO S/PL	100 SW
No N/PL	0.60**																					
No B/PL	0.12	0.46*																				
TDW	-0.38*	-0.39*	-0.11																			
50%F	0.27	0.11	0.30	0.37*																		
DM	0.50**	0.52**	0.53**	-0.38	0.30																	
LAI_{R3}	-0.15	-0.28	-0.24	0.28**	0.44*	-0.45*																
LAI_{R5}	0.20	-0.02	0.15	0.25	0.29	-0.31	0.27															
LAI_{R6}	0.12	-0.13	-0.07	0.45*	0.39*	-0.31	0.54**	0.26														
CHL_{R3}	-0.19	-0.17	-0.13	0.13	-0.16	-0.33	0.08	-0.01	0.23													
CHL_{R5}	0.07	-0.14	-0.07	-0.18	-0.35	0.32	-0.09	-0.14	0.25	0.23												
CHL_{R6}	0.33	0.07	0.34	-0.02	0.32	0.02	0.22	0.21	0.57**	0.29	0.48**											
SD_{R3}	-0.17	-0.07	-0.05	0.07	0.32	-0.29	0.25	-0.33	0.03	-0.13	0.00	0.00										
SD_{R5}	0.01	0.06	-0.03	0.14	0.14	-0.24	0.13	0.21	0.28	0.24	0.34	0.20	0.33									
SD_{R6}	0.01	0.14	0.60**	-0.10	0.37*	0.46**	-0.25	0.16	-0.01	0.18	-0.15	0.21	-0.02	0.11								
SI_{R3}	-0.18	-0.27	-0.39*	0.21	0.26	-0.36*	0.37*	-0.28	0.09	-0.33	-0.17	-0.16	0.70**	-0.07	-0.33							
SI_{R5}	-0.41*	-0.41*	-0.28	0.51**	0.14	-0.45*	0.43*	0.16	0.17	0.12	-0.10	-0.18	0.39*	0.56**	0.04	0.26						
SI_{R6}	-0.31	-0.12	0.29	0.05	0.12	0.13	-0.21	0.02	0.07	0.35	-0.04	-0.01	-0.02	0.03	0.60**	-0.20	0.18					
No P/PL	0.11	0.30	.54**	0.44*	0.57**	0.24	0.37*	0.26	0.34	-0.07	-0.19	0.27	-0.10	-0.04	0.19	-0.25	-0.09	0.10				
NO S/P	0.06	0.24	-0.08	0.57**	-0.10	0.38*	-0.27	-0.16	0.53**	-0.13	-0.29	-0.22	0.04	-0.13	0.05	0.09	-0.30	0.42*	0.05			
NO S/PL	0.29	0.56**	0.53**	0.12	0.56**	0.46**	0.19	0.13	0.09	-0.09	-0.34	0.10	-0.12	-0.11	0.19	0.24	-0.33	0.07	0.80**	0.05		
100 SW	0.55**	0.69**	-0.31	0.37*	-0.23	-0.42*	0.27	0.12	0.02	-0.04	0.04	-0.14	0.07	-0.27	-0.40*	0.40*	0.19	0.04	-0.21	-0.16	0.41*	
SW/PL	-0.26	-0.33	0.18	0.46**	0.35	-0.04	0.48**	0.37*	0.30	0.18	0.03	0.24	-0.15	0.10	0.02	-0.12	0.16	0.19	0.46*	-0.15	0.39*	0.37

* และ ** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 และ 99 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 6 ค่าสัมประสิทธ์สหสัมพันธ์ของการเติบโต ลักษณะทางสรีรวิทยา องค์ประกอบผลผลิตและผลผลิตของถั่วเหลืองสายพันธุ์ดีในฤดูแล้ง

	PH	No N/PL	No B/PL	TDW	50%F	DM	LAI_{R3}	LAI_{R5}	LAI_{R6}	CHL_{R3}	CHL_{R5}	CHL_{R6}	SD_{R3}	SD_{R5}	SD_{R6}	SI_{R3}	SI_{R5}	SI_{R6}	No P/PL	NO S/P	NO S/PL	100 SW
No N/PL	0.36																					
No B/PL	0.40*	0.22																				
TDW	-0.24	-0.20	-0.03																			
50%F	0.14	0.39*	0.19	-0.08																		
DM	0.52**	0.33	0.42*	0.24	0.52**																	
LAI_{R3}	-0.26	-0.16	-0.03	0.63**	0.49**	0.04																
LAI_{R5}	-0.11	-0.17	0.15	0.36	0.23	-0.04	0.29															
LAI_{R6}	-0.33	0.12	0.42*	0.44*	0.18	0.50**	0.31	0.33														
CHL_{R3}	0.07	0.03	-0.26	0.15	-0.10	0.11	-0.03	-0.20	0.20													
CHL_{R5}	0.04	-0.23	-0.10	0.30	0.25	0.08	0.14	0.36	0.44*	0.24												
CHL_{R6}	-0.38	-0.06	-0.03	0.00	0.19	0.43*	-0.20	-0.01	0.35	0.22	0.27											
SD_{R3}	0.22	-0.25	0.01	0.00	-0.05	-0.30	-0.05	0.20	0.15	-0.20	0.27	0.13										
SD_{R5}	0.14	0.02	-0.16	0.30	0.59**	0.25	-0.14	0.40*	0.12	0.24	0.54**	0.35	0.00									
SD_{R6}	-0.24	0.21	-0.16	0.10	0.54**	0.50**	0.03	0.37*	0.31	0.04	0.32	0.24	-0.19	0.35								
SI_{R3}	0.14	-0.22	-0.30	-0.08	-0.42*	-0.29	0.23	-0.27	-0.02	0.20	0.26	0.03	0.51**	-0.24	-0.22							
SI_{R5}	0.26	-0.14	-0.12	0.30	0.06	-0.20	-0.03	0.02	-0.10	0.14	0.42*	-0.33	-0.05	0.27	0.30	0.03						
SI_{R6}	-0.22	-0.04	0.02	0.03	0.04	0.29	0.11	0.09	0.30	0.26	0.43*	0.23	-0.15	0.12	0.52**	0.20	0.16					
No P/PL	-0.10	0.11	0.14	0.72**	0.30	0.46*	0.25	0.03	0.50**	0.33	0.24	0.10	0.15	0.36	0.24	-0.12	0.12	-0.07				
NO S/P	0.32	0.16	-0.20	-0.03	-0.15	-0.40*	-0.14	-0.26	0.62**	-0.39*	0.57**	-0.30	-0.09	-0.21	-0.27	-0.16	0.04	0.51**	-0.43*			
NO S/PL	-0.10	0.08	0.03	0.68**	0.58**	-0.41*	0.32	0.14	0.37*	0.15	0.09	0.02	-0.04	0.17	0.15	-0.27	0.24	-0.26	0.68**	0.08		
100 SW	0.79	0.59**	0.45*	0.45*	0.58**	-0.41*	0.55**	0.19	-0.50	0.18	0.37*	-0.03	0.15	0.30	-0.16	0.46*	0.19	0.17	0.01	-0.28	-0.01	
SW/PL	-0.11	-0.24	-0.18	0.87**	-0.22	-0.02	0.57**	0.27	0.25	0.23	0.26	-0.09	-0.07	0.03	0.01	0.20	0.43*	-0.20	0.56**	-0.17	0.67**	0.58**

* และ ** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 และ 99 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 7 การวิเคราะห์สมการถดถอยเส้นตรงเชิงพหุแบบขั้นบันได (Backward – Stepwise Regression Models) ของน้ำหนักเมล็ดต่อต้นต่อลักษณะทางสรีรวิทยาของถั่วเหลืองสายพันธุ์ดีเมื่อปลูกในปลายฤดูฝน

Model Character	Standardized Coefficients	Standard Error	t	Sig
Constant	14.239	4.543	3.135	0.004
ดัชนีพื้นที่ใบที่ระยะเริ่มติดเมล็ด (LAI_{R3})	0.606	0.538	0.357	0.001
ดัชนีปากใบที่ระยะเริ่มติดฝัก (SS_{R3})	-0.339	0.274	-2.005	0.055
$R^2 = 0.281$				
$Y = 14.239 + 1.925 (LAI_{R3}) - 0.550 (SS_{R3})$				

ตารางผนวกที่ 8 การวิเคราะห์สมการถดถอยเส้นตรงเชิงพหุแบบขั้นบันได (Backward – Stepwise Regression Models) ของน้ำหนักเมล็ดต่อต้นต่อลักษณะทางสรีรวิทยาของถั่วเหลืองสายพันธุ์ดีเมื่อปลูกในฤดูแล้ง

Model Character	Standardized Coefficients	Standard Error	t	Sig
Constant	-28.372	7.539	3.763	0.001
ดัชนีพื้นที่ใบที่ระยะเริ่มติดฝัก (LAI_{R3})	0.621	0.617	4.944	0.000
ความหนาแน่นปากใบที่ระยะเริ่มติดเมล็ด (SD_{R5})	0.282	0.015	2.162	0.040
ดัชนีปากใบที่ระยะเริ่มติดเมล็ด (SI_{R5})	0.372	0.396	3.763	0.001
$R^2 = 0.551$				
$Y = -28.372 + 3.051(LAI_{R3}) + 0.033(SD_{R5}) + 1.142(SI_{R5})$				

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 9 การวิเคราะห์สมการถดถอยเส้นตรงเชิงพหุแบบขั้นบันได (Backward – Stepwise Regression Models) ของน้ำหนักเมล็ดต่อต้นต่อองค์ประกอบผลผลิตของถั่วเหลืองสายพันธุ์ดีเมื่อปลูกในปลายฤดูฝน

Model Character	Standardized Coefficients	Standard Error	t	Sig
Constant	-4.657	3.086	1.509	0.143
จำนวนเมล็ดต่อต้น (NO S/PL)	0.652	0.017	4.271	0.000
น้ำหนัก 100 เมล็ด (100 SW)	0.625	0.124	4.098	0.000
$R^2 = 0.440$				
Y = -4.657 + 0.508(NO S/PL) + 0.073(100 SW)				

ตารางผนวกที่ 10 การวิเคราะห์สมการถดถอยเส้นตรงเชิงพหุแบบขั้นบันได (Backward – Stepwise Regression Models) ของน้ำหนักเมล็ดต่อต้นต่อองค์ประกอบผลผลิตของถั่วเหลืองสายพันธุ์ดีเมื่อปลูกในฤดูแล้ง

Model Character	Standardized Coefficients	Standard Error	t	Sig
Constant	-5.322	1.500	-3.547	0.001
จำนวนเมล็ดต่อต้น (NO S/PL)	0.675	0.013	7.633	0.000
น้ำหนัก 100 เมล็ด (100 SW)	0.584	0.080	6.609	0.000
$R^2 = 0.773$				
Y = -5.322 + 0.096(NO S/PL) + 0.531(100 SW)				

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 11 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของถั่วเหลืองสายพันธุ์ดีทั้ง 10 สายพันธุ์ ต่ออุณหภูมิทั้ง 3 ระดับ (38/26, 34/26 และ34/24 องศาเซลเซียส) ภายใต้สภาพควบคุมสภาพแวดล้อม

Source of Variance	df	Mean Square					
		MDA_{V5}	MDA_{R1}	CHL_{V5}	CHL_{R1}	SS_{V5}	SS_{R1}
temperature (T)	2	23.21**	25.19**	53.58**	37.54**	42.71**	18.06**
varieties (V)	9	5.72**	4.27**	10.51	29.18**	3.12**	2.29**
T × V	18	2.10**	1.87**	8.02	7.70**	1.50**	1.22**
Error	58	0.46	0.77	7.15	3.3	0.31	1.11
CV (%)		10.2	12.4	8.6	5.9	3.1	3.1

หมายเหตุ MDA_{V5} = ปริมาณ MDA ที่ระยะ V5 MDA_{R1} = ปริมาณ MDA ที่ระยะดอกแรกบาน (R1)

CHL_{V5} = ปริมาณคลอโรฟิลล์ที่ระยะ V5 CHL_{R1} = ปริมาณคลอโรฟิลล์ที่ระยะดอกแรกบาน (R1)

SS_{V5} = ขนาดปากใบที่ระยะที่ระยะ V5 SS_{R1} = ขนาดปากใบที่ระยะดอกแรกบาน (R1)

** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 12 ค่าสัมประสิทธ์สหสัมพันธ์ของของปริมาณ MDA ปริมาณคลอโรฟิลล์ และขนาดปากใบของถั่วเหลืองสายพันธุ์ดีทั้ง 10 สายพันธุ์ที่ระยะ V5 และระยะดอกแรกบาน (R1) ต่ออุณหภูมิทั้ง 3 ระดับ (38/26, 34/26 และ 34/24 องศาเซลเซียส) ภายใต้สภาพควบคุมสภาพแวดล้อม

	MDA_{V5}	MDA_{R1}	CHL_{V5}	CHL_{R1}	SS_{V5}	SS_{R1}
MDA_{R1}	0.491**					
CHL_{V5}	0.310**	0.260*				
CHL_{R1}	0.063	-0.146	0.069			
SS_{V5}	0.219*	0.331**	0.322**	-0.278**		
SS_{R1}	0.242*	0.196	0.330**	-0.073	0.570**	
T	0.439**	0.434**	0.373**	-0.221*	0.599**	0.637**

* และ ** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 และ 99 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ประวัติการศึกษาและการทำงาน

ชื่อ	นางสาววิภาพรรณ ชนะภักดิ์
เกิดวันที่	24 เมษายน 2529
สถานที่เกิด	อำเภอเมือง จังหวัดนครปฐม
ประวัติการศึกษา	วท.บ. (ชีววิทยา) มหาวิทยาลัยศิลปากร
ตำแหน่งปัจจุบัน	-
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	-
ผลงานทางวิชาการ	นำเสนอผลงานในการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 48 เรื่อง ลักษณะทางสรีรวิทยาที่สัมพันธ์กับผลผลิตในถั่วเหลืองสายพันธุ์ดี
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	-

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์