



ใบรับรองวิทยานิพนธ์
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (พืชไร่)

ปริญญา

พืชไร่	พืชไร่นา
สาขา	ภาควิชา
เรื่อง	การวิเคราะห์เส้นทางความสัมพันธ์ของลักษณะผลผลิต องค์ประกอบผลผลิต และลักษณะทางการเกษตรบางประการในถั่วเหลือง Path Analysis of Yield, Yield Components and Some Agronomic Characters in Soybean
นามผู้วิจัย	นางสาวพรทิพย์ มังกรแก้ว
ได้พิจารณาเห็นชอบโดย	
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	(รองศาสตราจารย์รังสฤษฎ์ กาวิต๊ะ, Ph.D.)
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	(รองศาสตราจารย์ชูศักดิ์ จอมพุก, Dr.sc.nat.)
หัวหน้าภาควิชา	(รองศาสตราจารย์รังสฤษฎ์ กาวิต๊ะ, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์กัญจนา วีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ เดือน พ.ศ.

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การวิเคราะห์เส้นทางความสัมพันธ์ของลักษณะผลผลิต องค์ประกอบผลผลิต และลักษณะ
ทางการเกษตรบางประการในถั่วเหลือง

Path Analysis of Yield, Yield Components and Some Agronomic Characters
in Soybean

โดย

นางสาวพรทิพย์ มังกรแก้ว

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (พืชไร่)

พ.ศ. 2555

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พรทิพย์ มังกรแก้ว 2555: การวิเคราะห์เส้นทางความสัมพันธ์ของลักษณะผลผลิต
องค์ประกอบผลผลิต และลักษณะทางการเกษตรบางประการในถั่วเหลือง
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (พืชไร่) สาขาพืชไร่ ภาควิชาพืชไร่นา อาจารย์ที่ปรึกษา
วิทยานิพนธ์หลัก: รองศาสตราจารย์รังสฤษฎ์ กาวิต๊ะ, Ph.D. 92 หน้า

การวิเคราะห์เส้นทางความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิต องค์ประกอบผลผลิต และลักษณะ
ทางการเกษตรอื่นๆ โดยนำสายพันธุ์ถั่วเหลืองที่ได้จากโครงการปรับปรุงพันธุ์ถั่วเหลืองของ
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จำนวน 7 สายพันธุ์ ร่วมกับพันธุ์แนะนำ 3 พันธุ์ มาปลูกที่แปลง
ทดลองมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม วางแผนการทดลอง
แบบ RCB จำนวน 3 ซ้ำ 2 ถั่วปลูก เมื่อศึกษาความสัมพันธ์อิทธิพลรวมของลักษณะต่างๆ ที่มีต่อ
ผลผลิต พบว่า วันออกดอก 50 เปอร์เซ็นต์ วันเก็บเกี่ยว และจำนวนเมล็ดต่อต้น มีอิทธิพลรวมต่อ
ผลผลิต อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ลักษณะน้ำหนัก 100 เมล็ด ความสูงที่ระยะเก็บเกี่ยว และ
จำนวนข้อต่อต้นที่ระยะเก็บเกี่ยว มีอิทธิพลรวมอย่างมีนัยสำคัญต่อผลผลิตเฉพาะในฤดูแล้ง ซึ่งเมื่อ
วิเคราะห์เส้นทางความสัมพันธ์ เพื่อแยกอิทธิพลทางตรง และทางอ้อม พบว่า วันออกดอก 50
เปอร์เซ็นต์ ความสูงของต้นที่ระยะเก็บเกี่ยว จำนวนข้อต่อต้นที่ระยะเก็บเกี่ยว วันเก็บเกี่ยว จำนวน
ฝักต่อต้น จำนวนเมล็ดต่อต้น น้ำหนักเมล็ดต่อต้น และน้ำหนัก 100 เมล็ด มีอิทธิพลทางตรงต่อ
ผลผลิตสูงเฉพาะในฤดูฝน นอกจากนี้ยังมีค่า h^2 ระดับปานกลาง-สูง ลักษณะดังกล่าวสามารถใช้
เป็นเกณฑ์หลักในการคัดเลือกได้ ขณะที่ลักษณะจำนวนกิ่งต่อต้นที่ระยะเก็บเกี่ยว และจำนวน
เมล็ดต่อฝัก มีอิทธิพลทางตรงต่อผลผลิตไม่สูงนักเฉพาะในฤดูฝน เนื่องจากมีอิทธิพลทางอ้อมผ่าน
ลักษณะอื่นๆ เช่น วันออกดอก 50 เปอร์เซ็นต์ วันเก็บเกี่ยว จำนวนฝักต่อต้น และ/หรือจำนวนเมล็ด
ต่อต้น การนำมาใช้เป็นเกณฑ์ในการคัดเลือก จึงควรพิจารณาลักษณะอื่นๆ ที่มีอิทธิพลทางอ้อม
ประกอบด้วย

ลายมือชื่อนิสิต

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

Porntip Mangkornkaew 2012: Path Analysis of Yield, Yield Components and Some Agronomic Characters in Soybean. Master of Science (Agronomy), Major Field: Agronomy, Department of Agronomy. Thesis Advisor: Associate Professor Rungsarid Kaveeta, Ph.D. 92 pages.

Path analysis of yield, yield components and some agronomic characters of seven soybean breeding lines obtained from the Kasetsart University Soybean Breeding Program and 3 recommended varieties were conducted in the RCB with 3 replications in 2 planting seasons at the Field Experiment, Kasetsart University at Khumpaengsaen campus. Total relationships of numerous characteristics revealed that days to harvesting and number of seeds per plant had significant total effect on yield. However, 100 seeds weight, plant height at harvesting and numbers of nodes per plant at harvesting had significant total effect on yield only in dry season. Path analysis to separate the direct and indirect effect showed that days to 50% flowering, plant height at harvesting, numbers of nodes at harvesting, days to harvesting, number of pods per plant, number of seeds per plant, seed weight per plant and 100 seed weight had direct effect on yield and medium-high h_B^2 only in rainy season. These characters could be used as the main selection criteria. Whilst, number of seeds per pod and number of branches per plant at harvesting had low direct effect on yield was observed and indirect effect through other characters *i.e.*, days to 50% flowering, days to harvesting, number of pods per plant and/or number of seeds per plant. Thus, the use of number of seeds per pod and number of branches per plant at harvesting as selection criterion should also consider these indirect effect characters.

Student's signature

Thesis Advisor's signature

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์รังสฤษดิ์ กาวิตะ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก และรองศาสตราจารย์ชูศักดิ์ จอมพุก อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่กรุณาให้คำปรึกษา แนะนำการค้นคว้า ตลอดจนการเขียน และการตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์จนเสร็จสมบูรณ์

ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่ออัมพร และคุณแม่ฉงพางา มังกรแก้ว ที่ให้การสนับสนุนในด้านการศึกษาและให้กำลังใจเป็นอย่างดีตลอดมา

ขอขอบพระคุณมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ.นครปฐม ที่ได้เอื้อเฟื้อสถานที่ และอุปกรณ์การวิจัย รวมทั้งขอบพระคุณเจ้าหน้าที่ พี่ น้อง ลุง และป้าทุกๆ คน ที่ช่วยดูแล แปลงทดลอง และช่วยเก็บข้อมูลให้เป็นอย่างดี รวมถึงเพื่อน พี่ และน้องปริญญาโท-เอก ทุกคนที่ช่วยเหลือกันในทุกๆ เรื่องด้วยดีตลอดมา

พรทิพย์ มังกรแก้ว

เมษายน 2555

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(5)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	4
อุปกรณ์และวิธีการ	16
อุปกรณ์	16
วิธีการ	17
ผลและวิจารณ์	29
สรุป	77
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	79
ภาคผนวก	87
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	92

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ระยะการเจริญเติบโตทางลำต้นของถั่วเหลือง	5
2	ระยะการเจริญพันธุ์ของถั่วเหลือง	5
3	สายพันธุ์ถั่วเหลืองดีเด่นที่ใช้ในงานวิจัย และประวัติของสายพันธุ์	16
4	การวิเคราะห์เส้นทางความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะทางการเกษตรกับผลผลิตของถั่วเหลือง 10 สายพันธุ์	23
5	การวิเคราะห์เส้นทางความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบผลผลิตกับผลผลิตของถั่วเหลือง 10 สายพันธุ์	26
6	วิเคราะห์ความแปรปรวนของลักษณะต่างๆ ของถั่วเหลือง 10 สายพันธุ์/พันธุ์ ใน 2 ฤดูปลูก คือ ฤดูฝน (ก.ค.-ค.ค.52) และฤดูแล้ง (ธ.ค.52-มี.ค.53)	31
7	ค่าเฉลี่ยวันออกดอก 50 เปอร์เซ็นต์ของถั่วเหลือง 10 พันธุ์/สายพันธุ์ ใน 2 ฤดูปลูก	37
8	ค่าเฉลี่ยวันเก็บเกี่ยวของถั่วเหลือง 10 พันธุ์/สายพันธุ์ ใน 2 ฤดูปลูก	38
9	ค่าเฉลี่ยความสูงของต้นที่ระยะออกดอก 50 เปอร์เซ็นต์ (เซนติเมตร) ของถั่วเหลือง 10 พันธุ์/สายพันธุ์ ใน 2 ฤดูปลูก	39
10	ค่าเฉลี่ยความสูงของต้นที่ระยะเก็บเกี่ยว (เซนติเมตร) ของถั่วเหลือง 10 พันธุ์/สายพันธุ์ ใน 2 ฤดูปลูก	40
11	ค่าเฉลี่ยจำนวนข้อต่อต้นที่ระยะออกดอก 50 เปอร์เซ็นต์ของถั่วเหลือง 10 พันธุ์/สายพันธุ์ ใน 2 ฤดูปลูก	44
12	ค่าเฉลี่ยจำนวนข้อต่อต้นที่ระยะเก็บเกี่ยวของถั่วเหลือง 10 พันธุ์/สายพันธุ์ ใน 2 ฤดูปลูก	45
13	ค่าเฉลี่ยจำนวนกิ่งต่อต้นที่ระยะเก็บเกี่ยวของถั่วเหลือง 10 พันธุ์/สายพันธุ์ ใน 2 ฤดูปลูก	46
14	ค่าเฉลี่ยจำนวนฝักต่อต้นของถั่วเหลือง 10 พันธุ์/สายพันธุ์ ใน 2 ฤดูปลูก	47
15	ค่าเฉลี่ยจำนวนเมล็ดต่อฝักของถั่วเหลือง 10 พันธุ์/สายพันธุ์ ใน 2 ฤดูปลูก	48
16	ค่าเฉลี่ยจำนวนเมล็ดต่อต้นของถั่วเหลือง 10 พันธุ์/สายพันธุ์ ใน 2 ฤดูปลูก	52
17	ค่าเฉลี่ยน้ำหนักเมล็ดต่อต้น (กรัม) ของถั่วเหลือง 10 พันธุ์/สายพันธุ์ ใน 2 ฤดูปลูก	53

สารบัญตาราง (ต่อ)

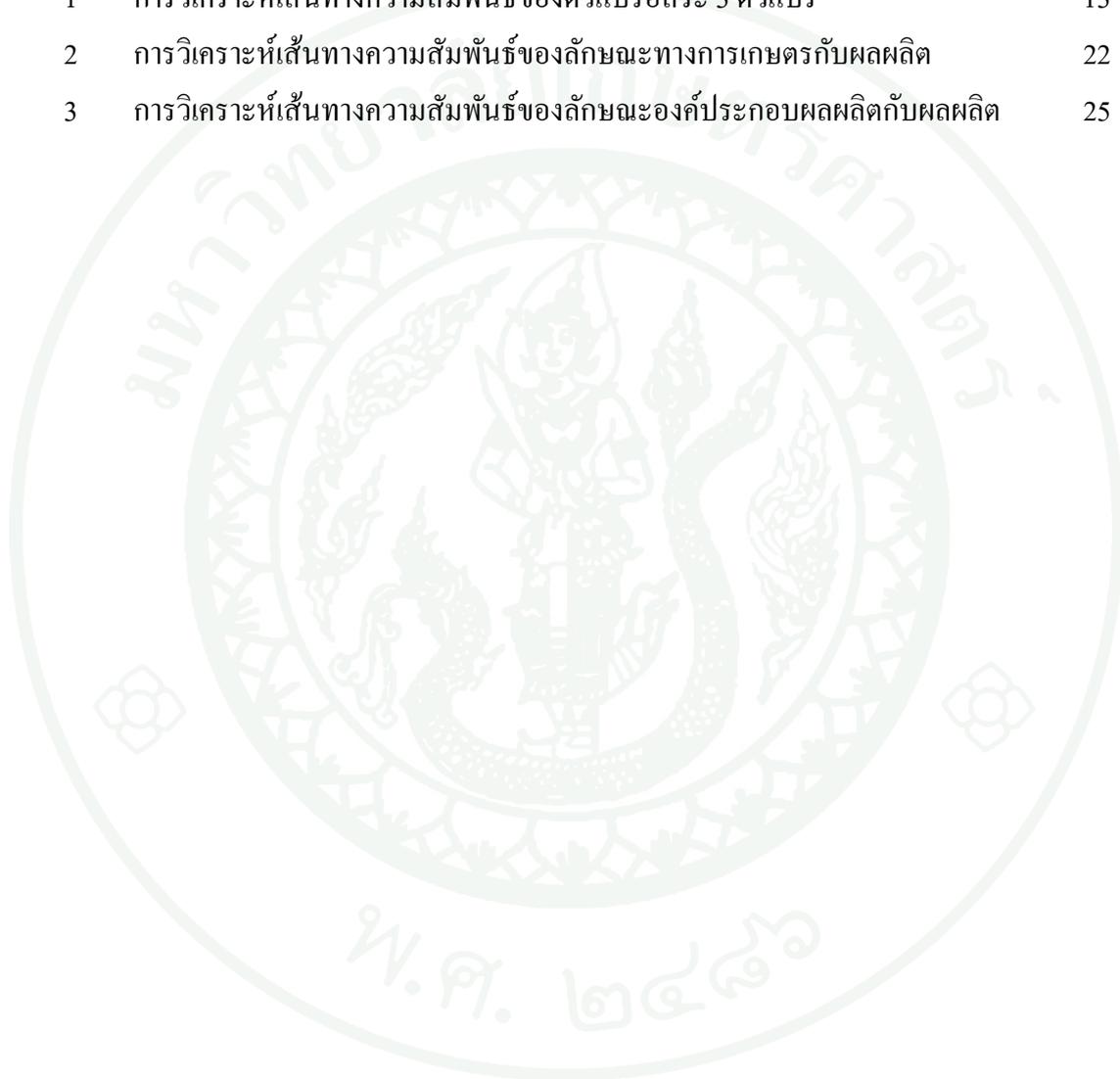
ตารางที่		หน้า
18	ค่าเฉลี่ยน้ำหนัก 100 เมล็ด (กรัม) ของถั่วเหลือง 10 พันธุ์/สายพันธุ์ ใน 2 ฤดูปลูก	54
19	ค่าเฉลี่ยผลผลิตต่อไร่ (กิโลกรัมต่อไร่) ของถั่วเหลือง 10 พันธุ์/สายพันธุ์ ใน 2 ฤดูปลูก	55
20	ความสามารถในการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมอย่างกว้าง (heritability in broad sense; h_b^2) ของถั่วเหลือง 10 สายพันธุ์/พันธุ์ ใน 2 ฤดูปลูก	58
21	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ขององค์ประกอบผลผลิต ที่มีต่อผลผลิตของถั่วเหลือง 10 สายพันธุ์/พันธุ์ ใน 2 ฤดูปลูก	59
22	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของลักษณะทางการเกษตร ที่มีต่อผลผลิตของถั่วเหลือง 10 สายพันธุ์/พันธุ์ ใน 2 ฤดูปลูก	59
23	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของลักษณะต่างๆ ของถั่วเหลือง 10 พันธุ์/สายพันธุ์ ในฤดูฝน (ก.ค.-ต.ค. 52)	60
24	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของลักษณะต่างๆ ของถั่วเหลือง 10 พันธุ์/สายพันธุ์ ในฤดูแล้ง (ธ.ค.-มี.ค. 53)	62
25	อิทธิพลทางตรงของลักษณะต่างๆ ที่มีต่อผลผลิตของถั่วเหลือง 10 สายพันธุ์/พันธุ์ ใน 2 ฤดูปลูก คือ ฤดูฝน (ก.ค.-ต.ค.52) และฤดูแล้ง (ธ.ค.52-มี.ค.53)	65
26	การวิเคราะห์เส้นทางความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบผลผลิตกับผลผลิตของถั่วเหลือง 10 พันธุ์/สายพันธุ์ ที่ปลูกใน 2 ฤดูปลูก	68
27	การวิเคราะห์เส้นทางความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะทางการเกษตรกับผลผลิตของถั่วเหลือง 10 พันธุ์/สายพันธุ์ ที่ปลูกใน 2 ฤดูปลูก	75

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
1	อิทธิพลทางอ้อมของลักษณะต่างๆ ของถั่วเหลือง 10 พันธุ์/สายพันธุ์ ในฤดูฝน (ก.ค.-ต.ค. 52)	88
2	อิทธิพลทางอ้อมของลักษณะต่างๆ ของถั่วเหลือง 10 พันธุ์/สายพันธุ์ ในฤดูแล้ง (ธ.ค.52-มี.ค. 53)	89
3	อิทธิพลทางอ้อมของลักษณะทางการเกษตรของถั่วเหลือง 10 พันธุ์/สายพันธุ์ ในฤดูฝน (ก.ค.-ต.ค. 52)	90
4	อิทธิพลทางอ้อมขององค์ประกอบผลผลิตของถั่วเหลือง 10 พันธุ์/สายพันธุ์ ในฤดูฝน (ก.ค.-ต.ค. 52)	90
5	อิทธิพลทางอ้อมของลักษณะทางการเกษตรของถั่วเหลือง 10 พันธุ์/สายพันธุ์ ในฤดูแล้ง (ธ.ค.52-มี.ค. 53)	91
6	อิทธิพลทางอ้อมขององค์ประกอบผลผลิตของถั่วเหลือง 10 พันธุ์/สายพันธุ์ ในฤดูแล้ง (ธ.ค.52-มี.ค. 53)	91

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	การวิเคราะห์เส้นทางความสัมพันธ์ของตัวแปรอิสระ 3 ตัวแปร	13
2	การวิเคราะห์เส้นทางความสัมพันธ์ของลักษณะทางการเกษตรกับผลผลิต	22
3	การวิเคราะห์เส้นทางความสัมพันธ์ขององค์ประกอบผลผลิตกับผลผลิต	25



การวิเคราะห์เส้นทางความสัมพันธ์ของลักษณะผลผลิต องค์ประกอบผลผลิต และ ลักษณะทางการเกษตรบางประการในถั่วเหลือง

Path Analysis of Yield, Yield Components and Some Agronomic Characters in Soybean

คำนำ

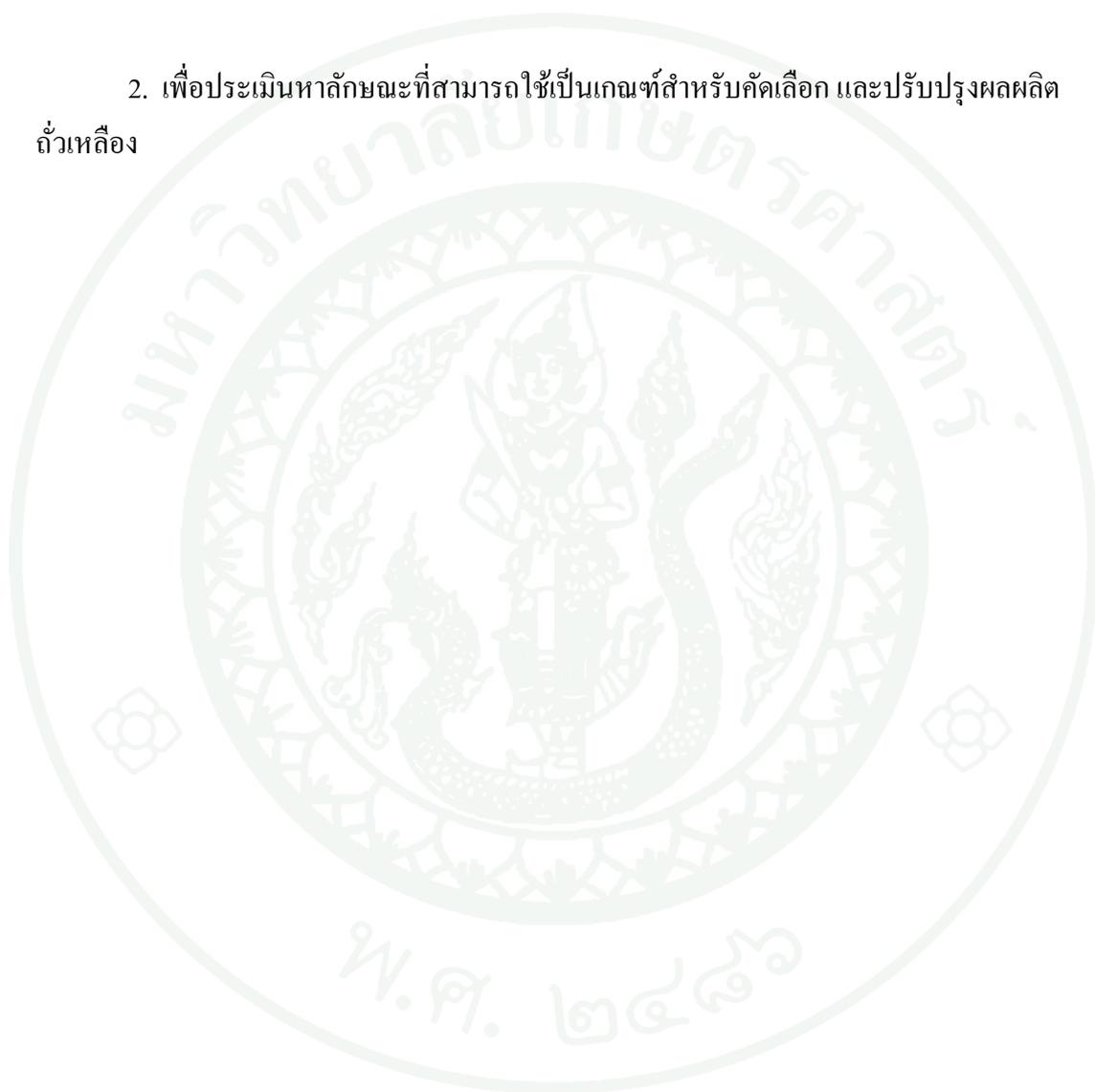
ถั่วเหลือง เป็นพืชน้ำมันที่มีความสำคัญของโลก เนื่องจากสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ทั้ง การบริโภคเมล็ดและน้ำมัน แปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อาหาร กากใช้เป็นอาหารสัตว์ และยังใช้ใน อุตสาหกรรมต่างๆ เช่น สีทาบ้าน พลาสติก และกาว เป็นต้น นอกจากนี้ยังใช้เป็นพืชบำรุงดิน รัฐบาลได้เห็นความสำคัญของถั่วเหลือง จึงส่งเสริมให้มีการปลูกถั่วเหลืองมากขึ้น เนื่องจากมีความ ต้องการใช้ถั่วเหลืองและกากถั่วเหลืองสูง ในขณะที่ผลผลิตภายในประเทศยังไม่เพียงพอ (กรม วิชาการเกษตร, 2550) ในปี 2552 มีการนำเข้าถั่วเหลืองประมาณ 1.63 ล้านตัน แต่ประเทศไทยมี พื้นที่ปลูกถั่วเหลือง 801,000 ไร่ ผลผลิตต่อไร่ 253 กิโลกรัม (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2553) เป็นผลให้ประเทศไทยมีการพัฒนา และปรับปรุงพันธุ์ถั่วเหลืองอย่างต่อเนื่อง เพื่อให้ได้พันธุ์ใหม่ที่มี ศักยภาพในการให้ผลผลิตสูง (กรมวิชาการเกษตร, 2550) แต่เนื่องจากถั่วเหลืองแต่ละพันธุ์มีความ เหมาะสมในบางพื้นที่เท่านั้น จึงเป็นปัญหาสำคัญประการหนึ่งในการเพิ่มผลผลิตของถั่วเหลือง ต้อง มีการคัดเลือกพันธุ์ให้เหมาะสมในแต่ละพื้นที่ การคัดเลือกมีส่วนสำคัญต่อความสำเร็จ และ ความก้าวหน้าของการปรับปรุงพันธุ์พืช เนื่องจากทำให้ความถี่ของยีนในประชากรที่กำลังทำการ ปรับปรุงพันธุ์เปลี่ยนแปลงไปในทางที่ต้องการ (รังสฤษฎ์, 2539) การคัดเลือกเพื่อปรับปรุงลักษณะ องค์ประกอบผลผลิต และลักษณะทางการเกษตรของถั่วเหลือง เช่น ขนาดเมล็ด และจำนวนฝักต่อ ต้น ซึ่งเป็นลักษณะองค์ประกอบของผลผลิตที่สำคัญของถั่วเหลืองเป็นแนวทางหนึ่งที่จะปรับปรุง พันธุ์ถั่วเหลืองให้มีผลผลิตสูงได้ (สุภาพรรณ, 2527) ดังนั้นการปรับปรุงพันธุ์ถั่วเหลืองควรพิจารณา ลักษณะดังกล่าวประกอบด้วย การศึกษาความสัมพันธ์ของลักษณะผลผลิต องค์ประกอบผลผลิต และลักษณะทางการเกษตร มีวิธีการหลักๆ ที่นิยมใช้ในงานปรับปรุงพันธุ์ คือ การวิเคราะห์ สหสัมพันธ์ (correlation analysis) และ การวิเคราะห์การถดถอย (regression analysis) การวิเคราะห์ ทั้ง 2 วิธี บอกถึงอิทธิพลโดยรวมว่าแต่ละลักษณะมีความสัมพันธ์มากหรือน้อย และมีความสัมพันธ์

แบบใด แต่ไม่สามารถบอกถึงอิทธิพลทางตรงและอิทธิพลทางอ้อมผ่านทางลักษณะอื่นๆ (ชูศักดิ์, 2551)

การวิเคราะห์โดยใช้การวิเคราะห์เส้นทางความสัมพันธ์ เป็นการพิจารณาความสัมพันธ์ของตัวแปรต่างๆ โดยจำแนกทิศทางหรือเส้นทางความสัมพันธ์ว่ามีอิทธิพลทางตรงหรืออิทธิพลทางอ้อม ซึ่งช่วยให้ทราบถึงอิทธิพลอื่นๆ ที่มีผลทำให้ความสัมพันธ์ของลักษณะเปลี่ยนไป เช่น การศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อผลผลิตในถั่วเขียว พบว่า จำนวนเมล็ดต่อฝัก มีอิทธิพลทางตรงกับผลผลิต ซึ่งให้ผลต่างไปจากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ของจำนวนเมล็ดต่อฝักไม่สอดคล้องกัน (Kaveeta, 1982) ดังนั้นนักปรับปรุงพันธุ์สามารถใช้ลักษณะนั้นร่วมในการคัดเลือกเพื่อให้ผลผลิตสูงขึ้นได้

วัตถุประสงค์

1. เพื่อประเมินความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิต องค์ประกอบผลผลิต และลักษณะทางการเกษตรบางประการในถั่วเหลือง โดยใช้การวิเคราะห์เส้นทางความสัมพันธ์ (Path Analysis)
2. เพื่อประเมินหาลักษณะที่สามารถใช้เป็นเกณฑ์สำหรับคัดเลือก และปรับปรุงผลผลิตถั่วเหลือง



การตรวจเอกสาร

ประวัติและแหล่งที่มาของถั่วเหลือง

ถั่วเหลืองจัดอยู่ใน family Leguminosae และ sub-family Papilionoideae ชื่อวิทยาศาสตร์ *Glycine max* (L.) Merrill มีถิ่นกำเนิดในแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ตอนกลางของประเทศจีน มีจำนวนโครโมโซม $2n=40$ (อภิพรธ, 2533) ถั่วเหลืองเป็นพืชล้มลุก ลำต้นสูงประมาณ 1-2 เมตร ปกคลุมด้วยขนสีเทาขาว ใบเป็นใบประกอบแบบนิ้วมือ ประกอบด้วยใบย่อย 3 ใบ รูปร่างคล้ายรูปไข่ปลายแหลมใบก่อนข้างหนา ผิวมันทั้งด้านบนและด้านล่าง ดอกเป็นช่อสีขาวหรือม่วงแดง ออกดอกเมื่ออายุประมาณ 25-30 วันเก็บเกี่ยวอายุประมาณ 90-100 วัน ฝักแบนขาคิดเป็นกระจุกที่ข้อของต้น และกิ่งในฝักมีเมล็ด 3-5 เมล็ดรูปไข่ เมล็ดกลม ผิวสีเหลืองมันตาค่อนข้างลึกลึกล้ำตาลอ่อน (คณาจารย์ภาควิชาพืชไร่นา, 2547)

การเจริญเติบโตของถั่วเหลือง

การเจริญเติบโตของถั่วเหลือง แบ่งเป็น 2 ระยะ คือ (Fehr and Caviness, 1977) คือ

1. ระยะการเจริญเติบโตทางลำต้น (Vegetative stages, V-stage) เริ่มตั้งแต่พืชโผล่พ้นดิน (VE) และหลังระยะใบเลี้ยง (VC) ระยะการเจริญเติบโตจะถูกกำหนดโดยลำดับของข้อเป็นเกณฑ์ การนับจำนวนข้อจะนับข้อที่อยู่บนลำต้นหลักเท่านั้น แบ่งเป็นระยะต่างๆ (ตารางที่ 1) ดังนี้

ตารางที่ 1 ระยะการเจริญเติบโตทางลำต้นของถั่วเหลือง

ระยะ	ระยะการเจริญเติบโต	รายละเอียด
VE	Emergence	ใบเลี้ยงโผล่พ้นผิวดิน
VC	Cotyledon	ใบเลี้ยงกางออกจากกัน และใบจริงคู่แรกมีขอบใบคลี่แยกจากกัน
V1	First-node	ใบประกอบใบแรกมีขอบใบคลี่แยกจากกัน
V2	Second-node	มี 2 ข้อบนลำต้น ประกอบด้วยใบจริงคู่แรก และใบประกอบใบแรกที่เจริญเต็มที่แล้ว ใบบนข้อถัดไปมีขอบใบคลี่แยกจากกัน
V3	Third-node	มี 3 ข้อบนลำต้น ประกอบด้วยใบจริงแรก และใบประกอบ 2 ใบที่เจริญเต็มที่แล้ว ใบบนข้อถัดไปมีขอบใบคลี่แยกจากกัน
.	.	.
.	.	.
.	.	.
Vn	n th -node	มี n ข้อบนลำต้น ประกอบไปด้วยใบที่เจริญเต็มที่แล้วบนข้อทั้ง n ข้อ ใบบนข้อถัดขึ้นไปมีขอบใบคลี่แยกจากกัน

2. ระยะการเจริญพันธุ์ (Reproductive stages, R-stage) เริ่มตั้งแต่ดอกแรกบาน มีการสร้างฝักและสร้างเมล็ด จนถึงระยะสุกแก่ (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 ระยะการเจริญพันธุ์ของถั่วเหลือง

ระยะ	ระยะการเจริญเติบโต	รายละเอียด
R1	Beginning bloom	ดอกบานบนข้อใดข้อหนึ่งของลำต้น
R2	Full bloom	ดอกบานบนข้อใดข้อหนึ่งของ 2 ข้อบนสุดของลำต้น
R3	Beginning pod	ฝักยาว 0.5 ซม. ที่ข้อใดข้อหนึ่งบน 4 ข้อบนสุดของลำต้น
R4	Full pod	ฝักยาว 2 ซม. ที่ข้อใดข้อหนึ่งบน 4 ข้อบนสุดของลำต้น
R5	Beginning seed	เมล็ดยาว 0.3 ซม. ในฝักที่ข้อใดข้อหนึ่งบน 4 ข้อบนสุดของลำต้น
R6	Full seed	เมล็ดเต็มฝักที่ข้อใดข้อหนึ่งบน 4 ข้อบนสุดของลำต้น
R7	Beginning maturity	ฝักใดฝักหนึ่งบนลำต้นเริ่มแก่
R8	Full maturity	ร้อยละ 95 ของฝักแก่แล้ว (พร้อมเก็บเกี่ยวได้ภายใน 1 ถึง 2 สัปดาห์)

หลังจากผ่านช่วงของการเจริญทางลำต้น ซึ่งจะแตกต่างกันขึ้นกับพันธุ์ และปัจจัยสิ่งแวดล้อมเช่น ความยาววัน (day length) และอุณหภูมิ ถั่วเหลืองจะเข้าสู่การเจริญทางด้านเจริญพันธุ์ โดยถั่วเหลืองพันธุ์ต่างๆ ที่ใช้ปลูกกันในปัจจุบันมีรูปแบบลักษณะการเจริญเติบโต (growth habit) แบ่งออกเป็น 2 รูปแบบคือ การเจริญเติบโตแบบทอดยอด (indeterminate growth habit) และการเจริญเติบโตแบบไม่ทอดยอด (determinate growth habit)

ถั่วเหลืองที่มีการเจริญเติบโตแบบทอดยอด (indeterminate growth habit) จะมีช่วงการเจริญเติบโตทางลำต้นคาบเกี่ยวกับช่วงการเจริญทางด้านเจริญพันธุ์ (อภิพรธ, 2533) โดยเนื้อเยื่อเจริญปลายยอด (apical meristem) ไม่พัฒนาไปเป็นตาดอก แต่จะมีการเจริญเติบโตทางลำต้น และใบตลอดฤดูปลูก ทำให้การออกดอกและการติดฝักในแต่ละข้อเกิดขึ้นไม่พร้อมกัน เมื่อสุกแก่จะมีฝักเกิดขึ้นเป็นหย่อมกระจายตามกิ่งต่างๆ และมีนอยทางด้านบนของลำต้น ซึ่ง Hartwig (1970) รายงานว่าอัตราความสูงของพันธุ์ถั่วเหลืองที่เป็นแบบทอดยอด จะเป็นสองเท่าหลังจากที่ออกดอกแรก และ Bernard (1972) พบว่าลักษณะการเจริญเติบโตแบบทอดยอด เป็นลักษณะทางพันธุกรรมถูกควบคุมด้วยยีนเด่น Dt_1

ส่วนถั่วเหลืองที่มีการเจริญเติบโตแบบไม่ทอดยอด (determinate growth habit) การออกดอกจะเกิดขึ้นพร้อมกันในระยะเจริญพันธุ์ โดยส่วนของเนื้อเยื่อเจริญปลายยอดจะพัฒนาเป็นดอก และการเจริญเติบโตทางลำต้นจะสิ้นสุดลงเมื่อถั่วเหลืองออกดอก เมื่อเริ่มออกดอก ความสูงของลำต้นจะมีประมาณ 80-87 เปอร์เซ็นต์ของความสูงเมื่อเจริญเติบโตเต็มที่และหลังจากออกดอกแล้ว ความสูงจะเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย โดยจะมีการเจริญทางลำต้นที่ยาวนาน มีการสะสมน้ำหนักแห้งสร้างใบ ลำต้น และรากจนเต็มที่ จึงจะออกดอก สร้างฝักและเมล็ดต่อไป โดยฝักที่เกิดขึ้นตามลำต้นจะมีปริมาณใกล้เคียงกันกับการเกิดฝักตรงปลายยอด (อภิพรธ, 2533) สำหรับยีนที่ควบคุมลักษณะการเจริญเติบโตแบบไม่ทอดยอด นี้คือยีนด้อย dt_1 (Bernard, 1972)

อย่างไรก็ตาม พบว่ามีถั่วเหลืองบางพันธุ์ที่มีลักษณะการเจริญเติบโตก้ำกึ่งอยู่ระหว่างกันซึ่งเรียกถั่วเหลืองที่มีการเจริญเติบโตแบบนี้ว่าแบบกึ่งทอดยอด (semi-indeterminate หรือ semi-determinate) ซึ่งลักษณะดังกล่าวถูกควบคุมด้วยยีนเด่น Dt_2 (Bernard, 1972) โดยจะมีการเจริญเติบโตทางลำต้นอีกเล็กน้อยหลังจากที่ออกดอกแล้ว แต่จะใช้ระยะเวลาสั้นกว่าแบบทอดยอด นอกจากนี้ยังมีจำนวนข้อน้อยกว่าอีกด้วย

การปลูกถั่วเหลืองเพื่อให้ได้ผลผลิตสูงต่อหน่วยพื้นที่นั้น มีปัจจัยที่สำคัญ คือ การใช้พันธุ์ดีที่ให้ผลผลิตสูง ซึ่งพันธุ์ดีเหล่านั้นอาจได้มาจากการปรับปรุงพันธุ์โดยการผสมข้ามระหว่างพันธุ์พ่อแม่ที่ให้ผลผลิตสูง หรืออาจได้มาจากการนำสายพันธุ์จากแหล่งปลูกต่างๆ เข้ามา แล้วคัดเลือกจากประชากรรุ่นลูก (progeny) ที่ให้ผลผลิตสูง สามารถปรับตัวต่อสภาพแวดล้อมได้ดี อย่างไรก็ตาม ในการปรับปรุงพันธุ์นั้นจะต้องมีความแปรปรวนในลักษณะที่ต้องการเสมอ จึงเป็นผลให้ในการคัดเลือกพันธุ์จะต้องใช้เทคนิคและวิธีการที่เหมาะสม ทั้งนี้การคัดเลือกโดยตรงอาจสำเร็จได้ยาก เพราะลักษณะผลผลิตที่ต้องการควบคุมด้วยยีนมากมามีความสลับซับซ้อน และผันแปรตามสภาพแวดล้อม

การคัดเลือกสายพันธุ์ถั่วเหลืองหลังการผสมพันธุ์

การคัดเลือก (selection) เพื่อให้ได้พันธุ์ที่มีพันธุกรรม (genotype) ที่ต้องการเป็นขั้นตอนที่สำคัญที่สุดในกระบวนการปรับปรุงพันธุ์พืช การคัดเลือกมีวิธีที่นิยมใช้ 3 วิธีคือ การคัดเลือกแบบสืบประวัติ (pedigree method) การคัดเลือกแบบเก็บรวม (bulk method) และการคัดเลือกแบบหนึ่งเมล็ดต่อต้น (single seed descent method) ซึ่งใช้เวลาอย่างน้อย 5-6 ปี ในการคัดเลือก และทดสอบสายพันธุ์ที่สร้างขึ้นมาเป็นจำนวนมาก ต้องใช้ปัจจัยในการผลิต และค่าใช้จ่ายมากมาย การคัดเลือต้นที่มีพันธุกรรมที่ต้องการจึงอาศัยการวัดค่าลักษณะที่พืชแสดงออกมา (phenotype) ซึ่งเป็นผลมาจากอิทธิพลทางพันธุกรรม (genetic effects) ของพืช และอีกส่วนหนึ่งจากอิทธิพลของสภาพแวดล้อม (environmental effects) (ริงสฤษดิ์, 2539) ดังนั้นแต่ละพันธุ์จะปรับตัวได้ดีกับสภาพแวดล้อมเฉพาะแห่ง ความแปรปรวนทางพันธุกรรมที่เกิดขึ้นในแต่ละพันธุ์/สายพันธุ์ ในสภาพแวดล้อมหนึ่งๆ จึงเป็นผลดีทำให้สามารถคัดเลือกพันธุ์ที่สามารถปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อม และให้ผลผลิตสูงได้อย่างมีประสิทธิภาพ แต่ในการคัดเลือกพันธุ์หากพิจารณาจากลักษณะผลผลิตเมล็ดอย่างเดียว เพื่อให้ได้พันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูงในชั่วแรกอาจไม่ได้ผล และไม่ได้เป็นหลักประกันว่าจะยังคงให้ผลผลิตสูงในชั่วหลังๆ เนื่องจากความแม่นยำของการคัดเลือกถูกจำกัดโดยขนาดของความแปรปรวนอันเนื่องมาจากสภาพแวดล้อม และลักษณะที่ค่อนข้างซับซ้อน เช่น ผลผลิตเป็นลักษณะทางปริมาณที่ยังคงมีการกระจายตัวทางพันธุกรรมของยีนจำนวนมาก (polygenic) ที่ควบคุมอยู่ในประชากรชั่วแรกๆ มีความสามารถในการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม (heritability, h^2) ต่ำ (กฤษณา, 2528) และมักพบปฏิกริยาสัมพันธ์ระหว่างพันธุกรรมกับสภาพแวดล้อม (GxE interaction) เสมอ ดังนั้นนักปรับปรุงพันธุ์จึงจำเป็นต้องหาเกณฑ์และวิจัย

การคัดเลือกที่เหมาะสม เพื่อลดปฏิกริยาสัมพันธ์และลดความคลาดเคลื่อนที่จะเกิดจากสภาพแวดล้อมให้ได้มากที่สุด

ผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของถั่วเหลือง

ผลผลิตเมล็ด (seed yield) ในถั่วเหลืองประกอบด้วยองค์ประกอบผลผลิตที่สำคัญ 3 ประการ คือ จำนวนฝักต่อต้น จำนวนเมล็ดต่อฝัก และขนาดเมล็ดหรือน้ำหนัก 100 เมล็ด ทั้ง 3 ลักษณะเมื่อรวมกันจะกลายเป็นผลผลิตของพืช องค์ประกอบผลผลิตได้รับอิทธิพลมาจากสภาพแวดล้อม พันธุกรรม และการจัดการ เช่นเดียวกับผลผลิตที่ได้รับอิทธิพลมาจากปัจจัยต่างๆ ดังกล่าวด้วยเช่นกัน (อภิพรณ, 2546) ทั้งนี้ Pookpakdi (1977) รายงานว่า จำนวนฝักต่อต้นผันแปรได้ง่ายที่สุดตามสภาพแวดล้อมที่ได้รับ ในขณะที่จำนวนเมล็ดต่อฝัก และ น้ำหนัก 100 เมล็ด ไม่เปลี่ยนแปลงมากนักเมื่ออัตราปลูกเปลี่ยนไป สอดคล้องกับการทดลองของ ทิพรณิ (2532) ได้วิเคราะห์เสถียรภาพการให้ผลผลิตของถั่วเหลืองในสถานที่ และฤดูปลูกที่ต่างกัน พันธุ์ที่ใช้มีความสม่ำเสมอทางพันธุกรรม เมื่อนำไปปลูกในสถานที่ต่างๆ พบว่า ให้ผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตแตกต่างกัน โดยเฉพาะจำนวนฝักต่อต้นแปรปรวนมากกว่าน้ำหนัก 100 เมล็ด

ความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของถั่วเหลือง

ความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิต มีส่วนช่วยให้ปรับปรุงลักษณะผลผลิตได้ง่ายขึ้น เพราะถ้าลักษณะใดมีความสัมพันธ์กับผลผลิตสูง ก็สามารถใช้ลักษณะนั้นในการคัดเลือก Yohe and Poehlman (1975) ได้สรุปว่า ผลผลิตเป็นลักษณะที่มีการถ่ายทอดที่ซับซ้อน มีความสามารถในการถ่ายทอดทางพันธุกรรมต่ำ ในขณะที่องค์ประกอบผลผลิตมีความสามารถในการถ่ายทอดทางพันธุกรรมสูงกว่า จึงจะนำมาคัดเลือกได้อย่างมีประสิทธิภาพ

นันทิยา (2547) พบว่า จำนวนเมล็ดต่อฝักในถั่วเหลืองที่ปลูกปลายฤดูฝน และฤดูแล้งไม่แตกต่างกัน แสดงว่าจำนวนเมล็ดต่อฝักเป็นองค์ประกอบของผลผลิตที่ไม่ตอบสนองต่อสภาพแวดล้อม หรือตอบสนองต่อสภาพแวดล้อมบ้างเล็กน้อยเท่านั้น ซึ่งเป็นลักษณะที่ถูกควบคุมโดยพันธุกรรมมากกว่าสภาพแวดล้อม อิทธิพลจากการกำหนดการเขตกรรม เช่น ฤดูปลูก วันปลูก จำนวนต้นต่อพื้นที่ ระดับปุ๋ย และปริมาณวัชพืช มักไม่ค่อยมีผลต่อองค์ประกอบดังกล่าว (อภิพรณ, 2546) เมื่อพิจารณาควบคู่กับจำนวนฝักต่อต้น พบว่า พันธุ์ถั่วเหลืองที่มีจำนวนฝักต่อต้น

น้อยจะมีจำนวนเมล็ดต่อฝักมากเนื่องมาจากองค์ประกอบของผลผลิตแต่ละองค์ประกอบมีความสามารถที่จะชดเชยความเสียหาย ซึ่งเกิดขึ้นจากองค์ประกอบของผลผลิตตัวอื่นๆ เพื่อมิให้ผลผลิตพืชลดลงมากเกินไป (Adams, 1967)

น้ำหนัก 100 เมล็ดบ่งบอกถึงขนาดของเมล็ดถั่วเหลือง ขนาดของเมล็ดในแต่ละพันธุ์แตกต่างกัน Egli *et al.* (1981) พบว่าขนาดของถั่วเหลืองทั้ง 7 พันธุ์ มีขนาดแตกต่างกันตั้งแต่ 92 ถึง 262 มิลลิกรัมต่อเมล็ด ความแตกต่างทางพันธุกรรมในเรื่องขนาดของเมล็ดสามารถใช้เป็นข้อมูลในการคัดเลือกพันธุ์เบื้องต้นได้ สอดคล้องกับการทดลองของ รวีวรรณ (2540) ที่รายงานว่าถั่วเหลืองทั้ง 8 พันธุ์ มีน้ำหนัก 100 เมล็ด แตกต่างกันทั้ง 2 ฤดูปลูก ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง 13-16 กรัม นอกจากนี้การบานของดอกถั่วเหลืองที่ระยะเจริญพันธุ์ต่างกันส่งผลให้น้ำหนัก 100 เมล็ดต่างกันด้วย (ชนะภูมิทร์, 2535) ขณะที่การเปลี่ยนแปลง Source-Sink จะทำให้ขนาดเมล็ด (น้ำหนักขณะสุกแก่ต่อเมล็ด) เปลี่ยนแปลงไปเสมอ Munier-Jolain *et al.* (1998) พบว่าน้ำหนักต่อเมล็ดสุกแก่เฉลี่ยของฝักจากข้อที่ 5 มีค่าเพิ่มขึ้นแตกต่างอย่างชัดเจนในต้นที่เด็ดฝักทิ้งเมื่อเปรียบเทียบกับ Control แต่ต้นที่ตัดใบทิ้งกลับมีค่าลดลง ในทำนองเดียวกัน Egli and Bruening (2001) พบว่าการบังแสงทำให้ขนาดเมล็ดลดลงเหลือ 120 มิลลิกรัม ส่วนการเด็ดฝักทิ้งทำให้ขนาดเมล็ดเพิ่มขึ้นเป็น 200 มิลลิกรัม เมื่อเปรียบเทียบกับการไม่บังแสง (Control) ซึ่งมีขนาดเมล็ดหนัก 164 มิลลิกรัม

ความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตและลักษณะทางการเกษตรของถั่วเหลือง

นอกจากการใช้องค์ประกอบผลผลิตเป็นเกณฑ์การคัดเลือกแล้ว การใช้ลักษณะทางการเกษตร เช่น ความสูง วันออกดอก และวันสุกแก่ เป็นลักษณะที่สามารถนำมาใช้เป็นเกณฑ์การคัดเลือกผลผลิตทางอ้อมได้ โดย Ablett *et al.* (1989) พบว่า ในถั่วเหลืองที่มีลักษณะทอดยอด วันออกดอก ความสูง และวันสุกแก่ มีค่าสหสัมพันธ์ทางบวกกับผลผลิต และองค์ประกอบผลผลิต ในขณะที่ถั่วเหลืองพันธุ์ที่ไม่ทอดยอดจะเพิ่มขึ้น เมื่อมีค่าสหสัมพันธ์ทางบวกกับความสูง และวันสุกแก่

Anand and Torrie (1963) ศึกษาอัตราการถ่ายทอดทางพันธุกรรมของความสูง และวันออกดอก ในถั่วเหลือง 3 คู่ผสม ที่มีการเจริญเติบโตแบบทอดยอด ในประชากรชั่วที่ 3 และ 4 พบว่า มีสหสัมพันธ์ทางบวกระหว่างกันของผลผลิต ความสูง และวันออกดอก นอกจากนี้ Han *et al.* (1996) ยังพบว่า ค่าสหสัมพันธ์ของช่วงวันออกดอกถึงวันสุกแก่กับผลผลิตมีค่าเป็นบวกทั้งในฤดูแล้ง และฤดูฝน เช่นเดียวกับ Kusmenoglu and Meauhlbear (1998) พบว่า การใช้ความสูงเป็นเกณฑ์การคัดเลือกผลผลิตทางอ้อมโดยผ่านทาง การเพิ่มปริมาณมวลชีวภาพในถั่วเลนทิลนั้น สามารถคัดเลือกได้ตั้งแต่ชั่วแรก

นัฐภัทร์ (2546) พบว่า ถั่วเหลือง 25 พันธุ์/สายพันธุ์ มีวันสุกแก่ที่แตกต่างกันเมื่อปลูกต่างฤดู ซึ่งให้เห็นว่าวันสุกแก่ถูกควบคุมด้วยอิทธิพลของพันธุกรรม และสภาพแวดล้อมควบคู่กันไป ซึ่งวันสุกแก่ในแต่ละพันธุ์จะแตกต่างกัน (Ablett *et al.*, 1989) โดยวันสุกแก่ของถั่วเหลืองที่ปลูกในฤดูฝนจะสูงกว่าในฤดูแล้ง เนื่องจากมีช่วงแสงที่ยาวนานกว่าฤดูแล้งทำให้ถั่วเหลืองมีการเจริญเติบโตทางลำต้นที่ยาวนาน จากรายงานของ Akhter and Smeller (1996) ซึ่งให้เห็นว่า การเพิ่มช่วงแสงให้กับถั่วเหลือง 14 ชั่วโมงต่อวัน เป็นเวลา 28 วัน หลังถั่วเหลืองงอกทำให้การสุกแก่ช้าออกไปอีก 14.5 วัน นอกจากนี้วันสุกแก่ยังเกี่ยวข้องกับวันออกดอกด้วย คือ ถั่วเหลืองพันธุ์ใดที่มีวันออกดอกเร็ว จะทำให้สุกแก่เร็วขึ้นด้วย (อภิพรธ, 2533)

วันปลูกเป็นอีกปัจจัยที่สำคัญที่มีอิทธิพลต่อผลผลิตของถั่วเหลือง วันปลูกที่แตกต่างกันส่งผลให้พืชได้รับสภาพแวดล้อมแตกต่างกัน หลุยส์ (2534) กล่าวว่าวันปลูกที่แตกต่างกันของถั่วเหลืองจะทำให้ถั่วเหลืองมีลักษณะทางฟีโนไทป์แตกต่างกัน เนื่องจากพืชได้รับอิทธิพลของช่วงแสง อุณหภูมิ และความชื้นที่ต่างกัน ทำให้ขนาดของต้น การแตกกิ่ง การสร้างข้อ และการสะสมน้ำหนักแห้งแตกต่างกัน จากบทสรุปของหลายๆ งานวิจัยที่เกี่ยวกับวันปลูก ซึ่งให้เห็นว่าผลผลิตเฉลี่ยโดยทั่วไปจะเหมือนกัน หากวันปลูกอยู่ในช่วงต้นพฤษภาคม-กลางพฤษภาคม แต่เริ่มลดลงอย่างรวดเร็ว เมื่อปลูกล่าช้าออกไปถึงมิถุนายน ซึ่งเป็นวิธีการปลูกถั่วเหลืองที่ใช้กันในสหรัฐอเมริกา (Tanner and Hume, 1978)

การปลูกถั่วเหลืองตามฤดูปลูก หรือล่าช้าออกไปทำให้ผลผลิตลดลง เนื่องจากถั่วเหลืองได้รับสภาพความแห้งแล้ง เช่น กรณีปลูกก่อนกลางมิถุนายนและปลูกช้าไป 3 วัน ส่งผลให้สุกแก่ช้าไป 1 วัน กรณีปลูกหลังกลางมิถุนายนและปลูกช้าไป 5 วัน ส่งผลให้สุกแก่ช้าไป 1 วัน และกรณีปลูกหลังดอกบาน การพัฒนาของถั่วเหลืองจะตอบสนองต่อ growing-degree-days ในสภาวะอากาศอบอุ่น การพัฒนาจะเกิดขึ้นเร็ว และสภาวะอากาศเย็น มีเมฆหมอก การพัฒนาจะช้า (Holshouser, 2001) แม้ว่าผลผลิตจะลดลงหากปลูกล่าช้า แต่น้ำหนักเมล็ดไม่เปลี่ยนแปลง (Sharma and Anderson, 2003) ในการปลูกถั่วเหลืองทางใต้ของ Texas พบว่าผลผลิตเฉลี่ยถั่วเหลืองสูงสุดหากปลูกต้นเดือนมิถุนายน และลดลงมากหากวันปลูกเลยถึงกลางมิถุนายน (Trostle and Bean, 2001) เช่นเดียวกับการศึกษาของ Steele and Grabau (1997) รายงานว่าผลผลิตตอบสนองต่อวันปลูกโดยผลผลิตสูงมากที่สุด เมื่อปลูกกลางมิถุนายน ถั่วเหลืองพันธุ์ที่สุกแก่เร็วมีผลผลิตต่ำ หากปลูกปลายเมษายน ถั่วเหลืองจะได้รับผลจากอุณหภูมิต่ำระหว่างการเจริญทางลำต้น และอุณหภูมิสูงขณะมีการสะสมน้ำหนักแห้งของเมล็ด (Kane *et al.*, 1997a) อุณหภูมิเย็นที่ได้รับระหว่างการเจริญเติบโตทางลำต้นจะยับยั้งการพัฒนาของทรงพุ่ม หากไม่มีการควบคุมความชื้น การปลูกล่าช้าสามารถช่วยแก้ปัญหาได้ในกรณีการปลูกถั่วเหลืองพันธุ์ที่สุกแก่เร็ว (Kane *et al.*, 1997b)

การประเมินความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะที่ต้องการปรับปรุงพันธุ์

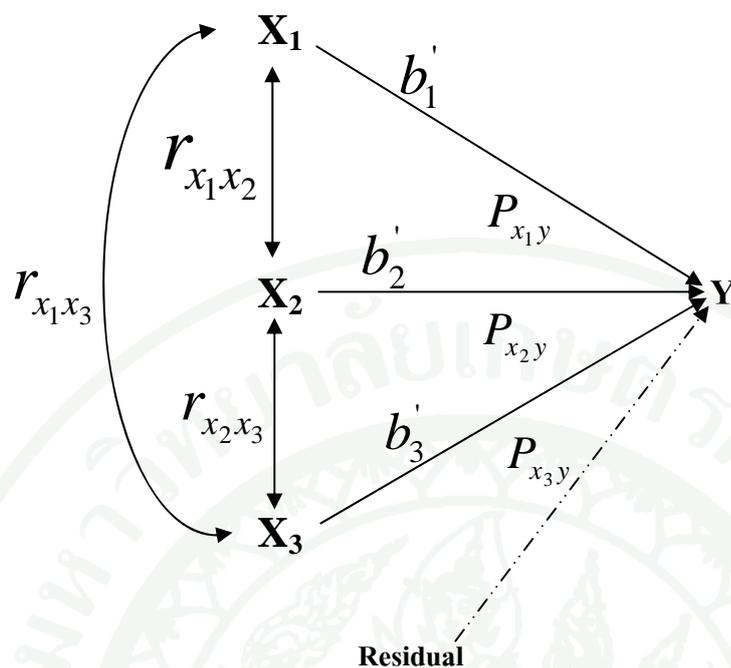
การศึกษาค้นคว้าความสัมพันธ์ของลักษณะต่างๆ เช่น การศึกษาผลผลิต และองค์ประกอบของผลผลิตของข้าวพันธุ์ต่างๆ โดยเก็บข้อมูล ผลผลิต จำนวนหน่อต่อกอ จำนวนรวงต่อกอ จำนวนเมล็ดต่อรวง และน้ำหนักเมล็ด ความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะเหล่านี้ เบื้องต้นทำได้ 2 ลักษณะ คือ การศึกษาค้นคว้าความสัมพันธ์โดยไม่คำนึงถึงรูปแบบของความสัมพันธ์ วิเคราะห์โดยใช้วิธีวิเคราะห์สหสัมพันธ์ (correlation) หรือถ้าต้องการทราบความสัมพันธ์ของลักษณะรวมถึงเหตุและผล สามารถวิเคราะห์โดยการวิเคราะห์สมการถดถอย (regression) อย่างไรก็ตาม การวิเคราะห์ทั้งสองวิธีนี้ ผลจากการวิเคราะห์บอกถึงอิทธิพลโดยรวม (total effect) ว่าแต่ละลักษณะมีความสัมพันธ์มากหรือน้อย และมีความสัมพันธ์แบบใด แต่ไม่ได้บอกถึงลักษณะอื่นๆ นอกเหนือจากสองลักษณะที่ศึกษานั้น ว่ามีผลต่อความสัมพันธ์ของสองลักษณะ ทั้งนี้เนื่องจากอิทธิพลโดยรวมประกอบไปด้วยอิทธิพลทางตรง (direct effect) และอิทธิพลทางอ้อม (indirect effect) ผ่านทางลักษณะอื่นๆ (ชูศักดิ์, 2551)

การวิเคราะห์เส้นทางความสัมพันธ์เป็นวิธีวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะที่เสนอ โดย Wright (1921) มีจุดมุ่งหมายเพื่อพิจารณาความสัมพันธ์ของตัวแปร (variables) ต่างๆ โดยจำแนกทิศทางหรือเส้นทางของแต่ละความสัมพันธ์ ซึ่งแต่ละการวิเคราะห์เส้นทางความสัมพันธ์นั้น ผู้วิเคราะห์สามารถทราบถึงอิทธิพลของตัวแปรอิสระ (independent variables) ที่มีต่อตัวแปรตาม (dependent variables) ตลอดจนความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระเหล่านั้นว่ามีอิทธิพลต่อตัวแปรตามมากน้อยเท่าใด (รังสฤษดิ์, 2539)

จุดประสงค์ของการนำการวิเคราะห์เส้นทางความสัมพันธ์ไปใช้นั้น อาจจำแนกออกได้เป็น 2 ประการ คือ

1. เพื่อตรวจสอบอิทธิพลของปัจจัยต่างๆ ที่เป็นตัวแปรอิสระต่อตัวแปรตาม โดยพิจารณาจากการตอบสนองในรูปของสมการถดถอยแบบเส้นตรง (linear regression responses)
2. เพื่อพิจารณารูปแบบการตอบสนอง (responsive patterns) ของปัจจัยบางตัวที่ไม่อาจวัดอิทธิพลทางตรงที่มีต่อลักษณะอื่นๆ ได้

เพื่อให้ผู้วิเคราะห์แน่ใจได้ว่าตัวแปรอิสระตัวใดมีความสำคัญมากหรือน้อยกว่ากัน โดยจำแนกอิทธิพลทั้งทางตรง และทางอ้อม ของตัวแปรอิสระนั้น ที่มีต่อตัวแปรตามอื่นๆ ถ้าอิทธิพลดังกล่าวมีค่าน้อยมาก ก็อาจพิจารณาตัดตัวแปรอิสระนั้นออกจากแบบหุ่น (model) ในการประมวลผลได้ ดังแสดงในภาพที่ 1 (Dewey and Lu, 1959)



ภาพที่ 1 การวิเคราะห์เส้นทางความสัมพันธ์ของตัวแปรอิสระ 3 ตัวแปร

b'_1 , b'_2 และ b'_3 คือ ค่า standardized partial regression coefficient ของ X_1 , X_2 และ X_3 กับ Y ตามลำดับ

$r'_{x_1x_2}$, $r'_{x_1x_3}$ และ $r'_{x_2x_3}$ คือ ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่าง X_1 กับ X_2 , X_1 กับ X_3 และ X_2 กับ X_3 ตามลำดับ

P'_{x_1y} , P'_{x_2y} และ P'_{x_3y} คือ ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่าง X_1 กับ Y , X_2 กับ Y และ X_3 กับ Y ตามลำดับ

หลักเกณฑ์ในการวิเคราะห์เส้นทางความสัมพันธ์ คือ

1. ตัวแปรอิสระแต่ละตัว (x_i) มีอิทธิพลต่อตัวแปรตามในทางตรง หรือทางอ้อม เป็นลักษณะลูกโซ่กัน กล่าวคือ ไปมีอิทธิพลทางอ้อมผ่านตัวแปรอิสระอื่นๆ
2. ตัวแปรอิสระเหล่านี้ต้องอยู่ในสมการที่ใช้ประมวลผล หรืออยู่ใน predicted equation นั่นคือ มีอิทธิพลต่อตัวแปรตาม และมีความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระเอง
3. ตัวแปรอิสระที่มีอิทธิพลสัมพันธ์กับตัวแปรตาม จะต้องรวมอยู่ในแบบหุ่่น

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการประยุกต์ใช้การวิเคราะห์เส้นทางความสัมพันธ์

Board *et al.* (1997) ได้ทำการวิเคราะห์เส้นทางความสัมพันธ์ (path analysis) เพื่อหาเกณฑ์การคัดเลือกที่ส่งผลทางตรง และทางอ้อมต่อผลผลิตในถั่วเหลืองที่ปลูกล่าช้าในสหรัฐอเมริกา 12 พันธุ์ พบว่า เกณฑ์การคัดเลือกที่ส่งผลต่อผลผลิตดีที่สุดคือ จำนวนฝักต่อข้อ โดยส่งผลทางอ้อม ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองในปี 1995 ที่พบว่า จำนวนฝักที่ลดลง 21 เปอร์เซ็นต์ จะทำให้ผลผลิตลดลง 11 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่การเพิ่มขนาดเมล็ด 10 เปอร์เซ็นต์ เป็นผลให้จำนวนเมล็ดต่อต้นลดลง 23 เปอร์เซ็นต์ (Board *et al.*, 1995) ซึ่งผลการทดลองของ James *et al.* (1997) ให้ผลในทำนองเดียวกัน คือ จำนวนเมล็ด และขนาดเมล็ดมีความสัมพันธ์ไปในทางลบ กล่าวคือ ถ้ามีจำนวนเมล็ดมาก เมล็ดที่ได้จะมีขนาดเล็ก และจำนวนเมล็ดยังมีอิทธิพลทางตรงต่อผลผลิตมากกว่าขนาดเมล็ด ส่วนจำนวนฝักมีอิทธิพลทางบวกสูงกับจำนวนเมล็ด และจำนวนข้อก็มีอิทธิพลทางตรงในทางบวกสูงกับจำนวนฝักเช่นกัน

จากการทดลองของ นันทิยา (2547) เมื่อพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ร่วมกับค่าการวิเคราะห์เส้นทางความสัมพันธ์ พบว่า อิทธิพลที่มีผลต่อลักษณะจำนวนเซลล์ในใบเลี้ยงต่อผลผลิต หรือน้ำหนัก 100 เมล็ด เกิดจากอิทธิพลทางอ้อมเป็นส่วนใหญ่ โดยอิทธิพลทางอ้อมนี้ผ่านได้สองทางคือผ่านอัตราและระยะเวลาการสะสมน้ำหนักแห้งของเมล็ด ซึ่งจำนวนเซลล์ในใบเลี้ยงจะแสดงอิทธิพลทางอ้อมผ่านระยะเวลาการสะสมน้ำหนักแห้งของเมล็ดน้อยกว่าอัตราการสะสมน้ำหนักแห้งของเมล็ดและมีสหสัมพันธ์กันในทางลบ กล่าวคือ จำนวนเซลล์ในใบเลี้ยงเพิ่มขึ้น อัตราการสะสมน้ำหนักแห้งของเมล็ดสูงขึ้น แต่ระยะเวลาในการสะสมน้ำหนักแห้งของเมล็ดลดลง หรือ

ในทางกลับกัน อีกทั้งระยะเวลาการสะสมน้ำหนักแห้งของเมล็ดเป็นปัจจัยที่ถูกควบคุมจากสภาพแวดล้อมมากกว่าพันธุกรรม (Egli, 1977)



อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. ถั่วเหลืองสายพันธุ์ดีเด่น 7 สายพันธุ์ ที่คัดเลือกได้จากโครงการปรับปรุงพันธุ์ถั่วเหลือง และถั่วเขียวของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 3 สายพันธุ์ถั่วเหลืองดีเด่นที่ใช้ในงานวิจัย และประวัติของสายพันธุ์

สายพันธุ์	ประวัติสายพันธุ์
1. KUSL 3802-1	KUSL 20004 X สุโขทัย 2
2. KUSL 3802-4	KUSL 20004 X สุโขทัย 2
3. KUSL 3802-6	KUSL 20004 X สุโขทัย 2
4. KUSL 20004	Clark 63 X Orba
5. นว.1 1-12	นว.1 ฉายรังสีแกมมา 30 krad จากนั้นคัดเลือกด้วยวิธี single-seed descent
6. นว.1 4-6	นว.1 ฉายรังสีแกมมา 30 krad จากนั้นคัดเลือกด้วยวิธี single-seed descent
7. สท.2 34-1	สท.2 ฉายรังสีแกมมา 30 krad จากนั้นคัดเลือกด้วยวิธี single-seed descent

2. ถั่วเหลืองสายพันธุ์แนะนำ 3 พันธุ์

2.1 สุโขทัย 2 (ST2)

2.2 เชียงใหม่ 60 (CM60)

2.3 จักรพันธุ์ 1 (Chakkrabhandhu No.1)

3. ปุ๋ยเคมีสูตร 12-24-12 อัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่ และสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืช ได้แก่ อะลาคลอร์ (แอสโซ) อัตรา 500 มิลลิลิตรต่อไร่ เบนโนมิล (เบนเลท) อัตรา 3-5 กรัมต่อเมล็ด 1 กิโลกรัม ไตรอะโซฟอส (ฮอสตาธิออน 40 % อีซี) อัตรา 2.5 มิลลิลิตรต่อน้ำ 1 ลิตร อิมิดาโคลพริด (แอคไมร์ 5% อีซี) และเมทามิโทฟอส (อาทาบรอน 5% อีซี) อัตรา 2 มิลลิลิตรต่อน้ำ 1 ลิตร

4. เชื้อไรโซเบียม ที่ใช้สำหรับถั่วเหลือง (Cowpea Strain) ตามคำแนะนำของกรมวิชาการ เกษตร (กรมวิชาการเกษตร, 2547)

5. อุปกรณ์อื่นๆ เช่น ไม้วัดความสูง กรรไกรตัดกิ่ง ถุงพลาสติกใส ถุงกระดาษเก็บตัวอย่าง ตลับเมตรป้าย (tag) และเครื่องชั่งไฟฟ้า เป็นต้น

วิธีการ

วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block (RCB) จำนวน 3 ซ้ำ 2 ฤดูปลูก แต่ละซ้ำมี 10 สิ่งทดลอง ได้แก่ ถั่วเหลืองสายพันธุ์ดีเด่น 7 สายพันธุ์ คือ นว.1 1-12, นว.1 4-6, สท.2 34-1, KUSL 20004, KUSL 3802-1, KUSL 3802-4 และ KUSL 3802-6 และถั่วเหลืองสายพันธุ์แนะนำ 3 พันธุ์ คือ สท.2, ชม.60 และจักรพันธุ์1

การเตรียมพื้นที่ปลูก

เตรียมแปลงทดลอง โดยการไถตะ 1 ครั้ง แล้วตากหน้าดินไว้ จากนั้นไถพรวน 1 ครั้งปลูก ถั่วเหลือง 10 พันธุ์ ที่ปลูกเชื้อไรโซเบียมแล้วหลุมละ 4-5 เมล็ด โดยใช้ระยะปลูกคือ ระยะระหว่างแถว 50 เซนติเมตร ระยะระหว่างต้น 25 เซนติเมตร ขนาดแปลงย่อย 2 x 5 ตารางเมตร ปลูก 2 ฤดูปลูก คือ ต้นฤดูฝน (ก.ค.-ต.ค.) พ.ศ. 2552 และ ฤดูแล้ง (ธ.ค.-มี.ค.) พ.ศ. 2553 หลังจากออกประมาณ 15 วันจึงถอนแยกให้เหลือหลุมละ 3 ต้น สำหรับการเก็บเกี่ยวจะใช้พื้นที่เก็บเกี่ยวเท่ากับ 1 x 2 ตารางเมตร

การปฏิบัติดูแลและรักษา

1. การกำจัดวัชพืช โดยใช้อะลาคลอร์ (แกลสโซ) อัตรา 500 มิลลิลิตรต่อไร่ นิดพ่นทั่วแปลง หลังจากปลูกขณะดินมีความชื้น และกำจัดวัชพืชตามความจำเป็นโดยใช้แรงงานคน

2. การป้องกันกำจัดโรคพืช โดยคลุกเมล็ดก่อนปลูกด้วยเบนโนมิล (เบนเลท) อัตรา 3-5 กรัมต่อเมล็ด 1 กิโลกรัม เพื่อป้องกันโรคโคนต้นเน่า และผสมน้ำอัตรา 0.75-1 กรัมต่อน้ำ 1 ลิตร พ่นเมื่อถั่วเหลืองอยู่ในระยะดอกบานและระยะติดเมล็ด

3. การป้องกันกำจัดแมลง นิดพ่นไตรอะโซฟอส (ฮอสตาธิออน 40 % อีซี) อัตรา 2.5 มิลลิลิตรต่อน้ำ 1 ลิตร หลังจากถั่วเหลืองงอก เพื่อป้องกันหนอนเจาะต้นถั่ว หลังจากนั้นพ่น อิมิดาโคลพริด (แอคไมร์ 5% อีซี) และเมทามีโทฟอส (อาทาบรอน 5% อีซี) อัตรา 2 มิลลิลิตรต่อน้ำ 1 ลิตร เพื่อป้องกันกำจัดแมลงหัวขาวและหนอนเจาะสมอฝ้าย ตามลำดับ

4. การให้น้ำ การทดลองในฤดูแล้งให้น้ำก่อนปลูก หลังจากนั้นให้น้ำทุกสัปดาห์ โดยให้น้ำตามร่องระหว่างแต่ละแปลงปลูก ส่วนในฤดูฝน ให้น้ำเฉพาะเมื่อฝนทิ้งช่วง

5. ใส่ปุ๋ย สูตร 12-24-12 อัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่ เมื่อถั่วเหลืองอายุ 15-20 วัน พร้อมถอนแยกหลังจากนั้นพรวนดินและพูนโคน

การเก็บข้อมูล

บันทึกลักษณะต่างๆ ของถั่วเหลืองในแต่ละพันธุ์และสายพันธุ์โดยสุ่มจำนวน 10 ต้น เพื่อติดตามการบันทึกข้อมูล ดังนี้

1. ลักษณะทางการเกษตร

1.1 วันปลูก (sowing date) วันที่ทำการปลูก

1.2 วันออกดอก 50 เปอร์เซ็นต์ (days to 50% flowering หรือระยะ R1, D50F) จำนวนวันนับจากวันปลูกถึงวันที่ดอกแรกบานจำนวนต้น 50 เปอร์เซ็นต์หรือประมาณครึ่งหนึ่งของจำนวนต้นทั้งหมดที่แปลงย่อยมีดอกแรกบาน

1.3 ความสูงของต้นที่วันออกดอก 50 เปอร์เซ็นต์ (plant height at 50 % flowering, H50F) สุ่มวัด 10 ต้นต่อแปลงย่อยจากระดับพื้นดินถึงข้อบนสุดของลำต้นเป็นเซนติเมตรที่ระยะออกดอก 50 เปอร์เซ็นต์

1.4 จำนวนข้อต่อต้นที่วันออกดอก 50 เปอร์เซ็นต์ (numbers of nodes per plant at 50% flowering, N50F) สุ่มนับ 10 ต้นต่อแปลงย่อยที่ระยะออกดอก 50 เปอร์เซ็นต์ โดยนับเฉพาะข้อที่เกิดบนลำต้นหลัก (main stem)

1.5 วันเก็บเกี่ยว (days to harvesting หรือระยะ R8, DH) จำนวนวันนับจากวันปลูกถึงวันที่ถั่วเหลืองมีฝักเปลี่ยนสีเป็นสีฟางข้าวประมาณ 80 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่เก็บเกี่ยว

1.6 ความสูงของต้นที่วันเก็บเกี่ยว (plant height at harvesting, HH) สุ่มวัด 10 ต้นต่อแปลงย่อยจากระดับพื้นดินถึงข้อบนสุดของลำต้นเป็นเซนติเมตรที่ระยะเก็บเกี่ยว

1.7 จำนวนข้อต่อต้นที่วันเก็บเกี่ยว (numbers of nodes per plant at harvesting, NH) สุ่มนับ 10 ต้นต่อแปลงย่อยที่ระยะเก็บเกี่ยว โดยนับเฉพาะข้อที่เกิดบนลำต้นหลัก

1.8 จำนวนกิ่งต่อต้นที่วันเก็บเกี่ยว (numbers of branches per plant at harvesting, BH) สุ่มนับ 10 ต้นต่อแปลงย่อยที่ระยะเก็บเกี่ยว โดยนับเฉพาะข้อที่เกิดบนลำต้นหลัก

2. ผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิต

2.1 จำนวนฝักต่อต้น (number of pods per plant, NP) นับฝักที่มีเมล็ดเป็นจำนวนฝักต่อต้น โดยสุ่มวัด 10 ต้นต่อแปลงย่อย

2.2 จำนวนเมล็ดต่อต้น (number of seeds per plant, NS) นับจำนวนเมล็ดต่อต้น โดยสุ่มวัด 10 ต้นต่อแปลงย่อย

2.3 น้ำหนักเมล็ดต่อต้น (seed weight per plant, SW) ชั่งน้ำหนักเมล็ดแต่ละต้นที่ความชื้น 12 เปอร์เซ็นต์ เฉลี่ยจาก 10 ต้น ในแต่ละแปลงย่อย มีหน่วยเป็นกรัม

2.4 น้ำหนัก 100 เมล็ด (100 seed weight, 100S) สุ่มนับจำนวน 100 เมล็ด ที่ความชื้น 12 เปอร์เซ็นต์ จำนวน 3 ตัวอย่างต่อแปลงย่อย

2.5 จำนวนเมล็ดต่อฝัก (number of seeds per pod, NSP) นับจำนวนเมล็ดต่อฝัก โดยสุ่มวัด 10 ต้นต่อแปลงย่อย

2.6 ผลผลิตเมล็ดต่อไร่ (seed yield per rai, Y) โดยเก็บเกี่ยวแต่ละแปลงย่อยใช้พื้นที่เท่ากับ 1 x 2 ตารางเมตร จากนั้นทำการกะเทาะฝักถั่วเหลืองที่ได้และนำเมล็ดไปตากแดดประมาณ 3-4 วัน เพื่อให้ความชื้นลดลงเหลือประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ แล้วชั่งน้ำหนักเมล็ดทั้งหมด เพื่อคำนวณหาผลผลิตเป็นกิโลกรัมต่อพื้นที่ 1 ไร่

การเก็บข้อมูลอุตุนิยมวิทยา

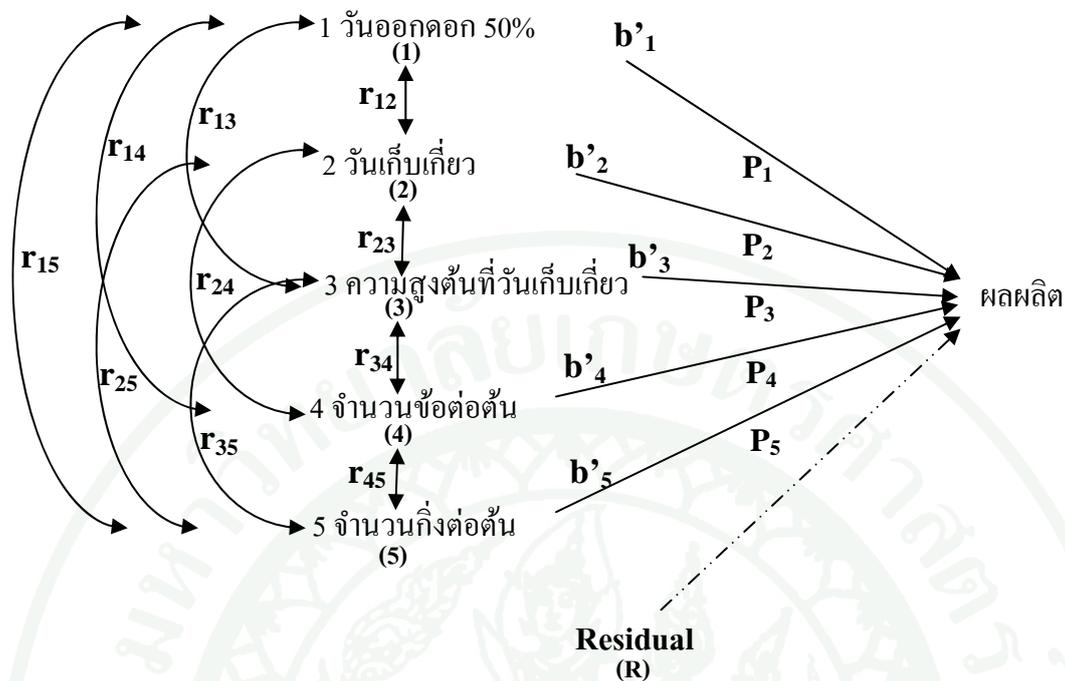
ข้อมูลอุตุนิยมวิทยาได้แก่ ปริมาณน้ำฝน อุณหภูมิต่ำสุด-สูงสุด และอุณหภูมิเฉลี่ยแต่ละเดือน จากสถานีอากาศกำแพงแสน ของกรมอุตุนิยมวิทยา ซึ่งตั้งอยู่ในบริเวณมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน อ.กำแพงแสน จ.นครปฐม

การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลที่เก็บบันทึกได้ในแต่ละฤดูปลูกมาวิเคราะห์ความแปรปรวนของลักษณะต่างๆ ตามแผนการทดลองแบบ RCB เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของแต่ละลักษณะในทุกพันธุ์/สายพันธุ์ของถั่วเหลืองแต่ละฤดูปลูก วิเคราะห์ความแปรปรวนรวม (combined analysis of variance) และวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะต่างๆ ที่มีต่อผลผลิต โดยการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ (correlation analysis) เพื่อประเมินค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ทั้ง genotypic และ phenotypic correlation โดยวิธีการของ (Falconer, 1981) จากนั้นวิเคราะห์เส้นทางความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบผลผลิต และลักษณะทางการเกษตร ที่มีต่อผลผลิต โดยใช้วิธีการวิเคราะห์เส้นทางความสัมพันธ์ (Path Analysis) ตามวิธีการของ Dewey and Lu (1959) ดังต่อไปนี้

ความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะทางการเกษตรกับผลผลิต

มีตัวแปรอิสระ คือ วันออกดอก 50% วันเก็บเกี่ยว ความสูงต้น จำนวนข้อต่อต้น และจำนวนกิ่งต่อต้น กับตัวแปรตามคือ ผลผลิต โดยใช้ Path Analysis ดังแสดงในภาพที่ 2



ภาพที่ 2 การวิเคราะห์เส้นทางความสัมพันธ์ของลักษณะทางการเกษตรกับผลผลิต

b'_1, b'_2, \dots, b'_5 คือ ค่า standardized partial regression coefficient ของลักษณะทางการเกษตร กับผลผลิต ตามลำดับ

$r_{12}, r_{13}, \dots, r_{45}$ คือ ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างลักษณะทางการเกษตร 2 ลักษณะตามลำดับ

P_1, P_2, \dots, P_5 คือ ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างลักษณะทางการเกษตรกับผลผลิตตามลำดับ

ตารางที่ 4 การวิเคราะห์เส้นทางความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะทางการเกษตรกับผลผลิตของ
ถั่วเหลือง 10 สายพันธุ์

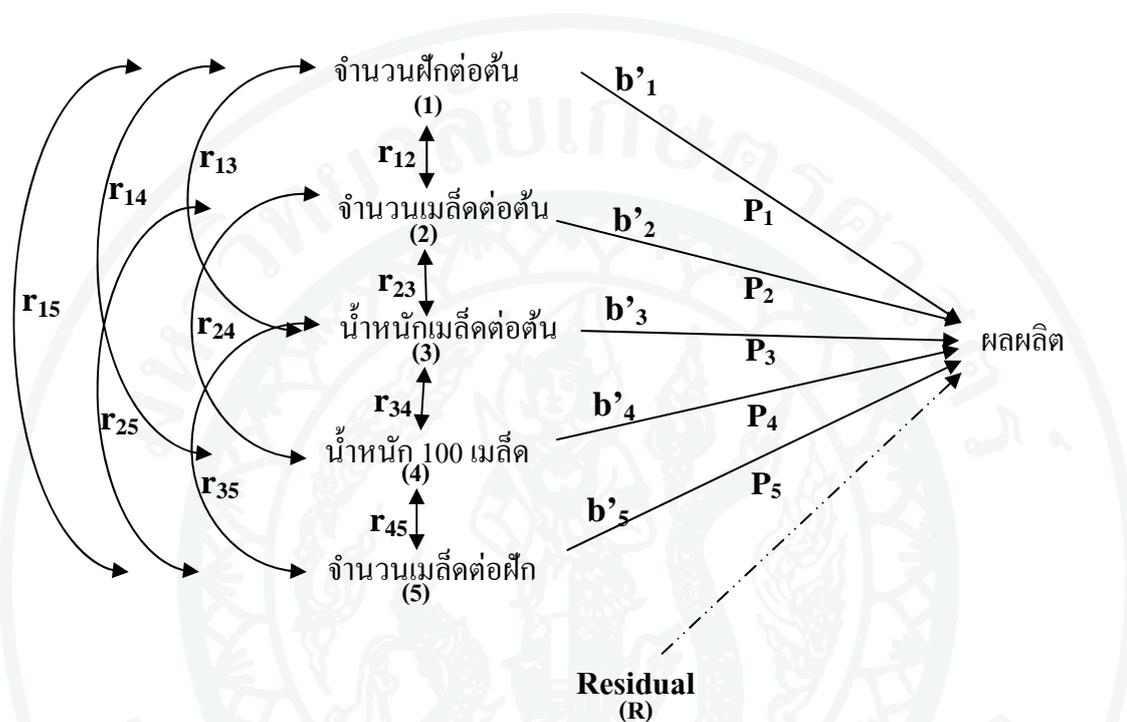
ความสัมพันธ์ด้านต่างๆ	
ความสัมพันธ์ระหว่างวันออกดอก 50% กับผลผลิต	
อิทธิพลทางตรงของวันออกดอก 50% ที่มีต่อผลผลิต	$= b'_1$
อิทธิพลทางอ้อมของวันออกดอก 50% ที่มีต่อผลผลิต ผ่านวันเก็บเกี่ยว	$= r_{12} b'_2$
อิทธิพลทางอ้อมของวันออกดอก 50% ที่มีต่อผลผลิต ผ่านความสูงต้น	$= r_{13} b'_3$
อิทธิพลทางอ้อมของวันออกดอก 50% ที่มีต่อผลผลิต ผ่านจำนวนข้อต่อต้น	$= r_{14} b'_4$
อิทธิพลทางอ้อมของวันออกดอก 50% ที่มีต่อผลผลิต ผ่านจำนวนกิ่งต่อต้น	$= r_{15} b'_5$
อิทธิพลรวมของวันออกดอก 50% ที่มีต่อผลผลิต	$= r_1$
ความสัมพันธ์ระหว่างวันเก็บเกี่ยวเกี่ยวกับผลผลิต	
อิทธิพลทางตรงของวันเก็บเกี่ยวที่มีต่อผลผลิต	$= b'_2$
อิทธิพลทางอ้อมของวันเก็บเกี่ยวที่มีต่อผลผลิต ผ่านวันออกดอก 50%	$= r_{21} b'_1$
อิทธิพลทางอ้อมของวันเก็บเกี่ยวที่มีต่อผลผลิต ผ่านความสูงต้น	$= r_{23} b'_3$
อิทธิพลทางอ้อมของวันเก็บเกี่ยวที่มีต่อผลผลิต ผ่านจำนวนข้อต่อต้น	$= r_{24} b'_4$
อิทธิพลทางอ้อมของวันเก็บเกี่ยวที่มีต่อผลผลิต ผ่านจำนวนกิ่งต่อต้น	$= r_{25} b'_5$
อิทธิพลรวมของวันเก็บเกี่ยวที่มีต่อผลผลิต	$= r_2$
ความสัมพันธ์ระหว่างความสูงต้นกับผลผลิต	
อิทธิพลทางตรงของความสูงต้นที่มีต่อผลผลิต	$= b'_3$
อิทธิพลทางอ้อมของความสูงต้นที่มีต่อผลผลิต ผ่านวันออกดอก 50%	$= r_{31} b'_1$
อิทธิพลทางอ้อมของความสูงต้นที่มีต่อผลผลิต ผ่านวันเก็บเกี่ยว	$= r_{32} b'_2$
อิทธิพลทางอ้อมของความสูงต้นที่มีต่อผลผลิต ผ่านจำนวนข้อต่อต้น	$= r_{34} b'_4$
อิทธิพลทางอ้อมของความสูงต้นที่มีต่อผลผลิต ผ่านจำนวนกิ่งต่อต้น	$= r_{35} b'_5$
อิทธิพลรวมของความสูงต้นที่มีต่อผลผลิต	$= r_3$

ตารางที่ 4 (ต่อ)

ความสัมพันธ์ด้านต่างๆ	
ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนซื้อต่อต้นกับผลผลิต	
อิทธิพลทางตรงของจำนวนซื้อต่อต้นที่มีต่อผลผลิต	$= b'_4$
อิทธิพลทางอ้อมของจำนวนซื้อต่อต้นที่มีต่อผลผลิต ผ่านวันออกดอก 50%	$= r_{41} b'_1$
อิทธิพลทางอ้อมของจำนวนซื้อต่อต้นที่มีต่อผลผลิต ผ่านวันเก็บเกี่ยว	$= r_{42} b'_2$
อิทธิพลทางอ้อมของจำนวนซื้อต่อต้นที่มีต่อผลผลิต ผ่านความสูงต้น	$= r_{43} b'_3$
อิทธิพลทางอ้อมของจำนวนซื้อต่อต้นที่มีต่อผลผลิต ผ่านจำนวนกิ่งต่อต้น	$= r_{45} b'_5$
อิทธิพลรวมของจำนวนซื้อต่อต้นที่มีต่อผลผลิต	$= r_4$
ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนกิ่งต่อต้นกับผลผลิต	
อิทธิพลทางตรงของจำนวนกิ่งต่อต้นที่มีต่อผลผลิต	$= b'_5$
อิทธิพลทางอ้อมของจำนวนกิ่งต่อต้นที่มีต่อผลผลิต ผ่านวันออกดอก 50%	$= r_{51} b'_1$
อิทธิพลทางอ้อมของจำนวนกิ่งต่อต้นที่มีต่อผลผลิต ผ่านวันเก็บเกี่ยว	$= r_{52} b'_2$
อิทธิพลทางอ้อมของจำนวนกิ่งต่อต้นที่มีต่อผลผลิต ผ่านความสูงต้น	$= r_{53} b'_3$
อิทธิพลทางอ้อมของจำนวนกิ่งต่อต้นที่มีต่อผลผลิต ผ่านจำนวนซื้อต่อต้น	$= r_{54} b'_4$
อิทธิพลรวมของจำนวนกิ่งต่อต้นที่มีต่อผลผลิต	$= r_5$

ความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะองค์ประกอบผลผลิตกับผลผลิต

มีตัวแปรอิสระ คือ จำนวนฝักต่อต้น จำนวนเมล็ดต่อต้น น้ำหนักเมล็ดต่อต้น น้ำหนัก 100 เมล็ด และจำนวนเมล็ดต่อฝัก กับตัวแปรตามคือ ผลผลิต โดยใช้ Path Analysis ดังแสดงในภาพที่ 3



ภาพที่ 3 การวิเคราะห์เส้นทางความสัมพันธ์ของลักษณะองค์ประกอบผลผลิตกับผลผลิต

b'_1, b'_2, \dots, b'_5 คือ ค่า standardized partial regression coefficient ของลักษณะองค์ประกอบผลผลิตกับผลผลิต ตามลำดับ

$r_{12}, r_{13}, \dots, r_{45}$ คือ ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างลักษณะองค์ประกอบผลผลิต 2 ลักษณะตามลำดับ

P_1, P_2, \dots, P_5 คือ ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างลักษณะองค์ประกอบผลผลิตกับผลผลิต ตามลำดับ

ตารางที่ 5 การวิเคราะห์เส้นทางความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบผลผลิตกับผลผลิตของ
ถั่วเหลือง 10 สายพันธุ์

ความสัมพันธ์ด้านต่างๆ	
ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนฝักต่อต้นกับผลผลิต	
อิทธิพลทางตรงของจำนวนฝักต่อต้นที่มีต่อผลผลิต	$= b_1'$
อิทธิพลทางอ้อมของจำนวนฝักต่อต้นที่มีต่อผลผลิต ผ่านจำนวนเมล็ดต่อต้น	$= r_{12} b_2'$
อิทธิพลทางอ้อมของจำนวนฝักต่อต้นที่มีต่อผลผลิต ผ่านน้ำหนักเมล็ดต่อต้น	$= r_{13} b_3'$
อิทธิพลทางอ้อมของจำนวนฝักต่อต้นที่มีต่อผลผลิต ผ่านน้ำหนัก 100 เมล็ด	$= r_{14} b_4'$
อิทธิพลทางอ้อมของจำนวนฝักต่อต้นที่มีต่อผลผลิต ผ่านจำนวนเมล็ดต่อฝัก	$= r_{15} b_5'$
อิทธิพลรวมของจำนวนฝักต่อต้นที่มีต่อผลผลิต	$= r_1$
ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนเมล็ดต่อต้นกับผลผลิต	
อิทธิพลทางตรงของวันเก็บเกี่ยวที่มีต่อผลผลิต	$= b_2'$
อิทธิพลทางอ้อมของจำนวนเมล็ดต่อต้นที่มีต่อผลผลิต ผ่านจำนวนฝักต่อต้น	$= r_{21} b_1'$
อิทธิพลทางอ้อมของจำนวนเมล็ดต่อต้นที่มีต่อผลผลิต ผ่านน้ำหนักเมล็ดต่อต้น	$= r_{23} b_3'$
อิทธิพลทางอ้อมของจำนวนเมล็ดต่อต้นที่มีต่อผลผลิต ผ่านน้ำหนัก 100 เมล็ด	$= r_{24} b_4'$
อิทธิพลทางอ้อมของจำนวนเมล็ดต่อต้นที่มีต่อผลผลิต ผ่านจำนวนเมล็ดต่อฝัก	$= r_{25} b_5'$
อิทธิพลรวมของจำนวนเมล็ดต่อต้นที่มีต่อผลผลิต	$= r_2$
ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักเมล็ดต่อต้นกับผลผลิต	
อิทธิพลทางตรงของน้ำหนักเมล็ดต่อต้นที่มีต่อผลผลิต	$= b_3'$
อิทธิพลทางอ้อมของน้ำหนักเมล็ดต่อต้นที่มีต่อผลผลิต ผ่านจำนวนฝักต่อต้น	$= r_{31} b_1'$
อิทธิพลทางอ้อมของน้ำหนักเมล็ดต่อต้นที่มีต่อผลผลิต ผ่านจำนวนเมล็ดต่อต้น	$= r_{32} b_2'$
อิทธิพลทางอ้อมของน้ำหนักเมล็ดต่อต้นที่มีต่อผลผลิต ผ่านน้ำหนัก 100 เมล็ด	$= r_{34} b_4'$
อิทธิพลทางอ้อมของน้ำหนักเมล็ดต่อต้นที่มีต่อผลผลิต ผ่านจำนวนเมล็ดต่อฝัก	$= r_{35} b_5'$
อิทธิพลรวมของน้ำหนักเมล็ดต่อต้นที่มีต่อผลผลิต	$= r_3$

ตารางที่ 5 (ต่อ)

ความสัมพันธ์ด้านต่างๆ	
ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนัก 100 เมล็ดกับผลผลิต	
อิทธิพลทางตรงของน้ำหนัก 100 เมล็ดที่มีต่อผลผลิต	$= b'_4$
อิทธิพลทางอ้อมของน้ำหนัก 100 เมล็ดที่มีต่อผลผลิต ผ่านจำนวนฝักต่อต้น	$= r_{41} b'_1$
อิทธิพลทางอ้อมของน้ำหนัก 100 เมล็ดที่มีต่อผลผลิต ผ่านจำนวนเมล็ดต่อต้น	$= r_{42} b'_2$
อิทธิพลทางอ้อมของน้ำหนัก 100 เมล็ดที่มีต่อผลผลิต ผ่านน้ำหนักเมล็ดต่อต้น	$= r_{43} b'_3$
อิทธิพลทางอ้อมของน้ำหนัก 100 เมล็ดที่มีต่อผลผลิต ผ่านจำนวนเมล็ดต่อฝัก	$= r_{45} b'_5$
อิทธิพลรวมของน้ำหนัก 100 เมล็ดที่มีต่อผลผลิต	$= r_4$
ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนเมล็ดต่อฝักกับผลผลิต	
อิทธิพลทางตรงของจำนวนเมล็ดต่อฝักที่มีต่อผลผลิต	$= b'_5$
อิทธิพลทางอ้อมของจำนวนเมล็ดต่อฝักที่มีต่อผลผลิต ผ่านจำนวนฝักต่อต้น	$= r_{51} b'_1$
อิทธิพลทางอ้อมของจำนวนเมล็ดต่อฝักที่มีต่อผลผลิต ผ่านจำนวนเมล็ดต่อต้น	$= r_{52} b'_2$
อิทธิพลทางอ้อมของจำนวนเมล็ดต่อฝักที่มีต่อผลผลิต ผ่านน้ำหนักเมล็ดต่อต้น	$= r_{53} b'_3$
อิทธิพลทางอ้อมของจำนวนเมล็ดต่อฝักที่มีต่อผลผลิต ผ่านน้ำหนัก 100 เมล็ด	$= r_{54} b'_4$
อิทธิพลรวมของจำนวนเมล็ดต่อฝักที่มีต่อผลผลิต	$= r_5$

สถานที่ทดลอง

แปลงทดลองของโครงการพืชโปรตีนและพืชน้ำมันสูง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน อ.กำแพงแสน จ.นครปฐม

ระยะเวลาที่ทำการทดลอง

การทดลองเริ่มตั้งแต่เดือนมิถุนายนปี พ.ศ. 2552 สิ้นสุดการทดลองเดือนเมษายนปี พ.ศ. 2553



ผลและวิจารณ์

การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ตารางที่ 6) ซึ่งให้เห็นว่า พันธุกรรม (พันธุ์/สายพันธุ์) มีอิทธิพลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$ และ/หรือ $P < 0.01$) แทบทุกลักษณะที่ศึกษาทั้ง 2 ฤดูปลูก และซึ่งให้เห็นว่ามีความแตกต่างกันมากในแต่ละพันธุ์/สายพันธุ์ โดยในฤดูฝนลักษณะที่มีนัยสำคัญทางสถิติ คือ ความสูงของต้นที่ระยะออกดอก 50 เปอร์เซ็นต์ จำนวนข้อต่อต้นที่ระยะออกดอก 50 เปอร์เซ็นต์ วันออกดอก 50 เปอร์เซ็นต์ ความสูงของต้นที่ระยะเก็บเกี่ยว จำนวนกิ่งต่อต้นที่ระยะเก็บเกี่ยว จำนวนข้อต่อต้นที่ระยะเก็บเกี่ยว วันเก็บเกี่ยว จำนวนฝักต่อต้น จำนวนเมล็ดต่อต้น น้ำหนักเมล็ดต่อต้น น้ำหนัก 100 เมล็ด และผลผลิตต่อไร่ ส่วนในฤดูแล้งลักษณะที่มีนัยสำคัญทางสถิติ คือ ความสูงของต้นที่ระยะออกดอก 50 เปอร์เซ็นต์ วันออกดอก 50 เปอร์เซ็นต์ ความสูงของต้นที่ระยะเก็บเกี่ยว จำนวนกิ่งต่อต้นที่ระยะเก็บเกี่ยว จำนวนข้อต่อต้นที่ระยะเก็บเกี่ยว วันเก็บเกี่ยว จำนวนฝักต่อต้น จำนวนเมล็ดต่อต้น น้ำหนักเมล็ดต่อต้น น้ำหนัก 100 เมล็ด และผลผลิตต่อไร่ เมื่อพิจารณาความแปรปรวนทั้ง 2 ฤดูปลูก พบว่า ความแปรปรวนในฤดูฝนชัดเจนกว่าในฤดูแล้ง

จะเห็นได้ว่าความแตกต่างในแต่ละพันธุ์/สายพันธุ์ ในแต่ละฤดูมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่เมื่อวิเคราะห์ปฏิกริยาสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์/สายพันธุ์ของทั้ง 2 ฤดูปลูก ในการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม (combined analysis of variance) กลับพบว่า มีความแตกต่างเพียงบางลักษณะ ลักษณะที่มีความแตกต่างกัน คือ จำนวนกิ่งต่อต้นที่ระยะเก็บเกี่ยว จำนวนข้อต่อต้นที่ระยะเก็บเกี่ยว จำนวนเมล็ดต่อฝัก น้ำหนักเมล็ดต่อต้น และน้ำหนัก 100 เมล็ด แสดงว่าสภาพแวดล้อมมีผลต่อลักษณะดังกล่าวน้อยมาก ส่วนลักษณะที่ไม่มีความแตกต่าง ได้แก่ ความสูงของต้นที่ระยะออกดอก 50 เปอร์เซ็นต์ จำนวนข้อต่อต้นที่ระยะออกดอก 50 เปอร์เซ็นต์ วันออกดอก 50 เปอร์เซ็นต์ ความสูงของต้นที่ระยะเก็บเกี่ยว วันเก็บเกี่ยว จำนวนฝักต่อต้น จำนวนเมล็ดต่อต้น และผลผลิตต่อไร่ แสดงว่าสภาพแวดล้อมมีผลต่อลักษณะดังกล่าวค่อนข้างมาก ทำให้การตอบสนองหรือความแตกต่างของทั้ง 2 ฤดูปลูกมีทิศทางตรงข้ามกัน เมื่อนำมาวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมแล้วความแตกต่างนั้นลดลง

ส่วนปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างพันธุกรรม กับสภาพแวดล้อม พบว่า มีนัยสำคัญทางสถิติเกือบทุกลักษณะ ซึ่งให้เห็นว่าถั่วเหลืองแต่ละพันธุ์/สายพันธุ์ที่ศึกษามีความแปรปรวนของลักษณะความสูงของต้นที่ระยะออกดอก 50 เปอร์เซ็นต์ จำนวนข้อต่อต้นที่ระยะออกดอก 50 เปอร์เซ็นต์ วันออกดอก 50 เปอร์เซ็นต์ ความสูงของต้นที่ระยะเก็บเกี่ยว จำนวนกิ่งต่อต้นที่ระยะเก็บเกี่ยว วันเก็บเกี่ยว จำนวนฝักต่อต้น จำนวนเมล็ดต่อต้น น้ำหนักเมล็ดต่อต้น น้ำหนัก 100 เมล็ด และผลผลิตต่อไร่ ขึ้นกับอิทธิพลของสภาพแวดล้อม อาจกล่าวได้ว่าแต่ละพันธุ์/สายพันธุ์มีการตอบสนองต่อฤดูปลูกแตกต่างกันไป

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของลักษณะผลผลิต องค์ประกอบผลผลิต และลักษณะทางการเกษตรของถั่วเหลือง 10 พันธุ์/สายพันธุ์ ใน 2 ฤดูปลูก พบว่า

ตารางที่ 6 วิเคราะห์ความแปรปรวนของลักษณะต่างๆ ของถั่วเหลือง 10 สายพันธุ์/พันธุ์ ใน 2 ฤดูปลูก คือ ฤดูฝน (ก.ค.-ต.ค.52) และฤดูแล้ง (ธ.ค.52-มี.ค.53)

Source of variation	df	Mean Square						
		H50F	N50F	D50F	HH	BH	NH	DH
ฤดูฝน (ก.ค.-ต.ค.52)								
Rep	2	0.157	0.290	6.933**	3.343	0.028	0.805	0.533
Lines	9	33.052**	1.452**	42.300**	132.634**	1.351**	2.236**	38.167**
Error	18	3.029	0.234	0.267	10.003	0.039	0.501	1.200
ฤดูแล้ง (ธ.ค.52-มี.ค.53)								
Rep	2	2.895	0.091	4.433	4.372	0.013	0.096	10.300
Lines	9	20.118**	0.694	9.352**	37.542*	2.042**	2.161**	19.126*
Error	18	1.539	0.338	2.174	11.304	0.153E-01	0.083	5.781
Season (S)	1	272.853**	11.971**	141.067**	1730.210**	11.013**	133.803**	138.017**
Rep within Season	4	1.526	0.191	005.683**	3.858	0.020	0.451	5.417
Lines (L)	9	26.618	1.060	23.882	72.747	2.711*	3.983**	40.646
S*L	9	26.552**	1.087**	27.770**	97.429**	0.681**	0.414	16.646**
Error	36	2.284	0.286	1.220	10.654	0.027	0.292	3.491

ตารางที่ 6 (ต่อ)

Source of variation	df	Mean Square					
		NP	NSP	NS	SW	100S	YIELD
ฤดูฝน (ก.ค.-ต.ค.52)							
Rep	2	29.332	1.200*	1.731	2.032	0.722	781.569
Lines	9	221.653**	0.059	805.679**	5.161**	17.177**	17953.400**
Error	18	16.544	0.237	67.508	1.368	0.366	953.665
ฤดูแล้ง (ธ.ค.52-มี.ค.53)							
Rep	2	11.919	0.633	20.221	0.077	3.571**	199.386
Lines	9	105.980**	0.078	503.118**	8.334**	13.324**	9403.870**
Error	18	9.235	0.300	11.960	0.282	0.575	542.132
Season (S)	1	2258.290**	0.017	10371.400**	84.527**	79.714**	183366.000**
Rep within Season	4	20.626	0.917*	10.946	1.055	2.146**	490.477
Lines (L)	9	217.725	0.120**	765.380	11.087*	29.332**	20213.000
S*L	9	109.908**	0.017	543.417**	2.408**	1.169*	7144.320**
Error	36	12.890	0.269	39.734	0.825	0.470	747.899

ตารางที่ 6 (ต่อ)

หมายเหตุ * และ ** = มีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P < 0.05$ และ $P < 0.01$ ตามลำดับ

H50F	=	ความสูงของต้นที่ระยะออกดอก 50 เปอร์เซ็นต์	N50F	=	จำนวนข้อต่อต้นที่ระยะออกดอก 50 เปอร์เซ็นต์
D50F	=	วันออกดอก 50 เปอร์เซ็นต์	HH	=	ความสูงของต้นที่ระยะเก็บเกี่ยว
BH	=	จำนวนกิ่งต่อต้นที่ระยะเก็บเกี่ยว	NH	=	จำนวนข้อต่อต้นที่ระยะเก็บเกี่ยว
DH	=	วันเก็บเกี่ยว	NP	=	จำนวนฝักต่อต้น
NSP	=	จำนวนเมล็ดต่อฝัก	NS	=	จำนวนเมล็ดต่อต้น
SW	=	น้ำหนักเมล็ดต่อต้น	100S	=	น้ำหนัก 100 เมล็ด
Yield	=	ผลผลิตต่อไร่			

วันออกดอก 50 เปอร์เซ็นต์

ถั่วเหลืองทั้ง 10 พันธุ์/สายพันธุ์ มีวันออกดอก 50 เปอร์เซ็นต์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทั้ง 2 ฤดูปลูก โดยในฤดูแล้ง (ช.ค.52-มี.ค.53) มีวันออกดอก 50 เปอร์เซ็นต์ยาวนานกว่า โดยเฉลี่ย 40.8 วัน ส่วนฤดูฝน (ก.ค.-ต.ค.52) มีค่าเฉลี่ย 38.0 วัน (ตารางที่ 7) โดยเฉลี่ยในฤดูฝน มีวันออกดอก 50 เปอร์เซ็นต์อยู่ระหว่าง 31.3-44.3 วัน และฤดูแล้ง เฉลี่ยอยู่ระหว่าง 36.3-42.3 วัน เมื่อพิจารณาในแต่ละพันธุ์/สายพันธุ์ พบว่า พันธุ์/สายพันธุ์ มีวันออกดอก 50 เปอร์เซ็นต์ใกล้เคียงกัน เฉลี่ยอยู่ระหว่าง 36.5-43.3 วัน โดยสายพันธุ์ KUSL 20004 มีวันออกดอก 50 เปอร์เซ็นต์เร็วที่สุด เฉลี่ย 36.5 วัน ทั้ง 2 ฤดูปลูกมีลำดับแตกต่างกันมาก แสดงว่า สภาพแวดล้อมมีผลต่อวันออกดอก 50 เปอร์เซ็นต์ของสายพันธุ์ KUSL 20004 มาก ส่วนสายพันธุ์ KUSL 3802-1 มีวันออกดอก 50 เปอร์เซ็นต์ช้าที่สุดทั้ง 2 ฤดูปลูก เฉลี่ย 36.5 วัน แสดงว่า สภาพแวดล้อมมีผลต่อวันออกดอก 50 เปอร์เซ็นต์ของสายพันธุ์ KUSL 3802-1 น้อยมาก

การที่ถั่วเหลืองทั้ง 10 พันธุ์/สายพันธุ์ มีวันออกดอก 50 เปอร์เซ็นต์ ที่แตกต่างกันเมื่อปลูกต่างฤดู ชี้ให้เห็นว่าลักษณะดังกล่าวถูกควบคุมด้วยอิทธิพลของพันธุกรรม และสภาพแวดล้อม ซึ่งสอดคล้องกับฐกัทร์ (2546) และ Tyagi and Khan (2010) ที่พบว่า วันออกดอก 50 เปอร์เซ็นต์ มีความแปรปรวนไปตามพันธุ์/สายพันธุ์ และสภาพแวดล้อม อีกปัจจัยหนึ่งที่ทำให้ถั่วเหลืองออกดอกแตกต่างกันคือ ช่วงแสง เพราะการออกดอกของถั่วเหลืองขึ้นกับช่วงแสงวิกฤต (critical day length) เมื่อถั่วเหลืองได้รับช่วงแสงที่ยาวขึ้นจะออกดอกล่าช้า และมีการเจริญเติบโตทางลำต้นนานขึ้น (อภิพรพรณ, 2533)

วันเก็บเกี่ยว

ถั่วเหลืองทั้ง 10 พันธุ์/สายพันธุ์ มีวันเก็บเกี่ยวแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทั้ง 2 ฤดูปลูก (ตารางที่ 8) โดยในฤดูแล้ง (ช.ค.52-มี.ค.53) มีวันเก็บเกี่ยวเร็วกว่าเฉลี่ย 92.8 วัน ส่วนฤดูฝน (ก.ค.-ต.ค.52) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 95.8 วัน โดยเฉลี่ยในฤดูฝน มีวันเก็บเกี่ยวอยู่ระหว่าง 91.3-102.3 วัน และฤดูแล้ง เฉลี่ยอยู่ระหว่าง 90.3-98.7 วัน เมื่อพิจารณาในแต่ละพันธุ์/สายพันธุ์ พบว่า พันธุ์/สายพันธุ์ มีวันเก็บเกี่ยวใกล้เคียงกัน เฉลี่ยอยู่ระหว่าง 90.8-98.0 วัน โดยสายพันธุ์ KUSL 20004 และ KUSL 3802-6 มีวันเก็บเกี่ยวเร็วที่สุดทั้ง 2 ฤดูปลูก เฉลี่ย 90.8 วัน แสดงว่า สภาพแวดล้อมมีผลต่อวันเก็บเกี่ยวของสายพันธุ์ KUSL 20004 KUSL 3802-4 และ KUSL 3802-6 น้อยมาก ส่วนพันธุ์ ชม.

60 มีวันเก็บเกี่ยวช้าที่สุด เฉลี่ย 98.0 วัน ทั้ง 2 ฤดูปลูกมีลำดับใกล้เคียงกัน แสดงว่า สภาพแวดล้อมมีผลต่อวันเก็บเกี่ยวของสายพันธุ์ ชม. 60 ก่อนข้างน้อย

การที่ถั่วเหลืองทั้ง 10 พันธุ์/สายพันธุ์ มีวันเก็บเกี่ยวที่แตกต่างกันเมื่อปลูกต่างฤดู ซึ่งให้เห็นว่าลักษณะดังกล่าวถูกควบคุมด้วยอิทธิพลของพันธุกรรม และสภาพแวดล้อม ซึ่งสอดคล้องกับ Ablett *et al.* (1989) และ Fehr and Caviness (1977) ที่พบว่า วันเก็บเกี่ยวมีความแปรปรวนไปตามสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนไปแต่ละฤดูกาล และพันธุกรรม โดยวันสุกแก่ของถั่วเหลืองที่ปลูกในฤดูฝนจะสูงกว่าในฤดูแล้ง เนื่องจากมีช่วงแสงที่ยาวนานกว่าทำให้ถั่วเหลืองออกดอกล่าช้า และมีการเจริญเติบโตทางลำต้นยาวนานขึ้น

ความสูงของต้น

ถั่วเหลืองทั้ง 10 พันธุ์/สายพันธุ์ มีความสูงของต้นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทั้งลักษณะวันออกดอก 50 เปอร์เซ็นต์ และวันเก็บเกี่ยวในทุกฤดูปลูก (ตารางที่ 9-10) โดยในฤดูฝน (ก.ค.-ค.ค.52) มีความสูงของต้นที่วันออกดอก 50 เปอร์เซ็นต์ สูงกว่าเฉลี่ย 36.19 เซนติเมตร ส่วนฤดูแล้ง (ธ.ค.52-มี.ค.53) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 31.93 เซนติเมตร โดยเฉลี่ยในฤดูฝน ความสูงของต้นที่วันออกดอก 50 เปอร์เซ็นต์ อยู่ระหว่าง 31.53-42.17 เซนติเมตร และฤดูแล้ง เฉลี่ยอยู่ระหว่าง 28.87-38.13 เซนติเมตร เมื่อพิจารณาในแต่ละพันธุ์/สายพันธุ์ พบว่า แต่ละพันธุ์/สายพันธุ์ มีความสูงของต้นที่วันออกดอก 50 เปอร์เซ็นต์ ใกล้เคียงกัน เฉลี่ยอยู่ระหว่าง 31.52-37.35 เซนติเมตร โดยสายพันธุ์ นว. 1 1-12 มีความสูงของต้นที่วันออกดอก 50 เปอร์เซ็นต์สูงที่สุด เฉลี่ย 37.35 เซนติเมตร ทั้ง 2 ฤดูปลูกมีลำดับใกล้เคียงกัน แสดงว่า สภาพแวดล้อมมีผลต่อความสูงของต้นที่วันออกดอก 50 เปอร์เซ็นต์ของสายพันธุ์ นว. 1 1-12 น้อย ขณะที่สายพันธุ์ KUSL 20004 มีความสูงของต้นที่วันออกดอก 50 เปอร์เซ็นต์ต่ำที่สุด เฉลี่ย 37.35 เซนติเมตร ทั้ง 2 ฤดูปลูกมีลำดับใกล้เคียงกัน แสดงว่า สภาพแวดล้อมมีผลต่อความสูงของต้นที่วันออกดอก 50 เปอร์เซ็นต์ของสายพันธุ์ KUSL 20004 น้อย

ส่วนความสูงของต้นที่วันเก็บเกี่ยวในฤดูฝน มีความสูงมากกว่าเฉลี่ย 52.99 เซนติเมตร และฤดูแล้ง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 42.25 เซนติเมตร โดยเฉลี่ยในฤดูฝน มีความสูงของต้นเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 44.10-66.37 เซนติเมตร และฤดูแล้ง เฉลี่ยอยู่ระหว่าง 36.50-49.50 เซนติเมตร เมื่อพิจารณาในแต่ละพันธุ์/สายพันธุ์ พบว่า มีความสูงของต้นที่วันเก็บเกี่ยวใกล้เคียงกันระหว่าง 42.75-52.97 เซนติเมตร

โดยสายพันธุ์ KUSL 3802-4 มีความสูงของต้นที่วันเก็บเกี่ยวสูงที่สุด เฉลี่ย 52.97 เซนติเมตร ทั้ง 2 ฤดูปลูกได้ลำดับที่ 2 เหมือนกัน แสดงว่า สภาพแวดล้อมมีผลต่อความสูงของต้นที่วันเก็บเกี่ยวของสายพันธุ์ KUSL 3802-4 น้อยมาก ขณะที่สายพันธุ์ นว. 1 4-6 มีความสูงของต้นที่วันเก็บเกี่ยวเฉลี่ยที่สุด เฉลี่ย 42.75 เซนติเมตร ทั้ง 2 ฤดูปลูกมีลำดับที่แตกต่างกัน แสดงว่า สภาพแวดล้อมมีผลต่อความสูงของต้นที่วันเก็บเกี่ยวของสายพันธุ์ นว. 1 4-6 มาก

ถั่วเหลืองทั้ง 10 พันธุ์/สายพันธุ์ มีความสูงของต้นที่แตกต่างกันเมื่อปลูกต่างฤดู ซึ่งให้เห็นว่าลักษณะดังกล่าวถูกควบคุมด้วยอิทธิพลของพันธุกรรม และสภาพแวดล้อม โดยความสูงของถั่วเหลืองที่ปลูกในฤดูฝน สูงกว่า เนื่องจากมีช่วงแสงที่ยาวนานกว่าทำให้มีการเจริญเติบโตทางลำต้นนานกว่า (Manglik *et al.*, 1998) ทำให้ความยาวระหว่างข้อเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ความสูงของต้นเพิ่มขึ้น นอกจากนี้อุณหภูมิยังเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อความสูงของถั่วเหลือง Qu *et al.* (2010) และ Tanaka *et al.* (2000) พบว่า ความสูงของถั่วเหลืองลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น และขึ้นกับช่วงแสงที่ยาวนานกว่าช่วงแสงวิกฤต (critical day length)

ตารางที่ 7 ค่าเฉลี่ยวันออกดอก 50 เปอร์เซ็นต์ของถั่วเหลือง 10 พันธุ์/สายพันธุ์ ใน 2 ฤดูปลูก

พันธุ์/สายพันธุ์	ฤดูฝน (ก.ค.-ต.ค. 52)		ฤดูแล้ง (ธ.ค. 52-มี.ค.53)		เฉลี่ย 2 ฤดู	
	เฉลี่ย	ลำดับ	เฉลี่ย	ลำดับ	เฉลี่ย	ลำดับ
ชม. 60	37.3d	8	42.3a	1	39.8	3
สท. 2	39.3b	2	40.3a	7	39.8	3
จักรพันธุ์ 1	38.3c	7	41.3a	5	39.8	3
KUSL 20004	31.3f	10	41.7a	4	36.5	10
KUSL 3802-1	44.3a	1	42.3a	1	43.3	1
KUSL 3802-4	32.3e	9	41.3a	5	36.8	9
KUSL 3802-6	39.3b	2	40.3a	7	39.8	3
สท. 2 34-1	39.3b	2	42.0a	3	40.7	2
นว. 1 1-12	39.3b	2	36.3a	10	37.8	8
นว. 1 4-6	39.3b	2	40.3b	7	39.8	3
เฉลี่ย	38.0		40.8			
F-test	**		**		ns	
%CV	1.4		3.6		2.8	
LSD 0.05	0.89		2.53		-	

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรเหมือนกันในแนวตั้ง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ $P < 0.05$

โดยวิธี Fisher's LSD

** = มีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P < 0.01$

ns = ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P < 0.05$

ตารางที่ 8 ค่าเฉลี่ยวันเก็บเกี่ยวของถั่วเหลือง 10 พันธุ์/สายพันธุ์ ใน 2 ฤดูปลูก

พันธุ์/สายพันธุ์	ฤดูฝน		ฤดูแล้ง		เฉลี่ย 2 ฤดู	
	(ก.ค.-ต.ค. 52)		(ธ.ค. 52-มี.ค.53)			
	เฉลี่ย	ลำดับ	เฉลี่ย	ลำดับ	เฉลี่ย	ลำดับ
ชม. 60	97.3b	2	98.7a	1	98.0	1
สท. 2	97.3b	2	93.0b	4	95.2	3
จักรพันธุ์ 1	97.3b	2	93.7b	3	95.5	4
KUSL 20004	91.3d	8	90.3c	9	90.8	9
KUSL 3802-1	102.3a	1	92.7b	5	97.5	2
KUSL 3802-4	91.3d	8	91.0b	7	91.2	8
KUSL 3802-6	91.3d	8	90.3c	9	90.8	9
สท. 2 34-1	95.3c	7	94.7b	2	95.0	5
นว. 1 1-12	97.3b	2	91.0b	7	94.2	7
นว. 1 4-6	97.3b	2	92.7b	5	95.0	5
เฉลี่ย	95.8		92.8			
F-test	**		*		ns	
%CV	1.1		2.6		2.0	
LSD 0.05	1.88		4.12		-	

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรเหมือนกันในแนวตั้ง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ $P < 0.05$

โดยวิธี Fisher's LSD

* และ ** = มีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P < 0.05$ และ $P < 0.01$ ตามลำดับ

ns = ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P < 0.05$

ตารางที่ 9 ค่าเฉลี่ยความสูงของต้นที่ระยะออกดอก 50 เปอร์เซ็นต์ (เซนติเมตร) ของถั่วเหลือง 10 พันธุ์/สายพันธุ์ ใน 2 ฤดูปลูก

พันธุ์/สายพันธุ์	ฤดูฝน		ฤดูแล้ง		เฉลี่ย 2 ฤดู	
	(ก.ค.-ต.ค. 52)		(ธ.ค. 52-มี.ค.53)			
	เฉลี่ย	ลำดับ	เฉลี่ย	ลำดับ	เฉลี่ย	ลำดับ
ชม. 60	36.73bc	4	29.50d	9	33.12	6
สท. 2	34.17cd	8	30.36d	8	32.27	8
จักรพันธุ์ 1	34.93bc	6	38.13a	1	36.53	2
KUSL 20004	34.17cd	8	28.87d	10	31.52	10
KUSL 3802-1	41.17a	2	31.00cd	6	36.09	3
KUSL 3802-4	31.53d	10	32.17bc	5	31.85	9
KUSL 3802-6	34.37cd	7	32.50bc	4	33.44	5
สท. 2 34-1	35.00bc	5	31.00cd	6	33.00	7
นว. 1 1-12	42.17a	1	32.53b	3	37.35	1
นว. 1 4-6	37.67b	3	33.20b	2	35.44	4
เฉลี่ย	36.19		31.93			
F-test	**		**		ns	
%CV	4.8		3.9		4.4	
LSD 0.05	2.99		2.13		-	

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรเหมือนกันในแนวตั้ง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ $P < 0.05$

โดยวิธี Fisher's LSD

** = มีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P < 0.01$

ns = ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P < 0.05$

ตารางที่ 10 ค่าเฉลี่ยความสูงของต้นที่ระยะเก็บเกี่ยว (เซนติเมตร) ของถั่วเหลือง 10 พันธุ์/สายพันธุ์
ใน 2 ฤดูปลูก

พันธุ์/สายพันธุ์	ฤดูฝน		ฤดูแล้ง		เฉลี่ย 2 ฤดู	
	(ก.ค.-ต.ค. 52)		(ธ.ค. 52-มี.ค.53)			
	เฉลี่ย	ลำดับ	เฉลี่ย	ลำดับ	เฉลี่ย	ลำดับ
ชม. 60	66.37a	1	36.50c	10	51.44	2
สท. 2	48.00ef	8	40.13bc	8	44.07	9
จักรพันธุ์ 1	54.37c	4	42.97b	4	48.67	5
KUSL 20004	47.90ef	9	42.33b	5	45.12	7
KUSL 3802-1	53.73cd	5	39.97bc	9	46.85	6
KUSL 3802-4	60.40b	2	45.53a	2	52.97	1
KUSL 3802-6	51.13de	6	49.50a	1	50.32	3
สท. 2 34-1	55.57bc	3	43.70b	3	49.64	4
นว. 1 1-12	48.33def	7	40.47bc	7	44.40	8
นว. 1 4-6	44.10f	10	41.40bc	6	42.75	10
เฉลี่ย	52.99		42.25			
F-test	**		*		ns	
%CV	6.0		8.0		6.9	
LSD 0.05	5.43		5.77		-	

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรเหมือนกันในแนวตั้ง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ $P < 0.05$

โดยวิธี Fisher's LSD

* และ ** = มีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P < 0.05$ และ $P < 0.01$ ตามลำดับ

ns = ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P < 0.05$

จำนวนข้อต่อต้น

ถั่วเหลืองทั้ง 10 พันธุ์/สายพันธุ์มีจำนวนข้อต่อต้นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทั้ง ลักษณะวันออกดอก 50 เปอร์เซ็นต์ และวันเก็บเกี่ยวทั้ง 2 ฤดูปลูก (ตารางที่ 11-12) ยกเว้นจำนวนข้อต่อต้นที่วันออกดอก 50 เปอร์เซ็นต์ในฤดูแล้ง โดยในฤดูฝน มีจำนวนข้อต่อต้นที่วันออกดอก 50 เปอร์เซ็นต์ มากกว่าเฉลี่ย 6.80 ข้อ และฤดูแล้ง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.91 ข้อ ส่วนจำนวนข้อต่อต้นที่วันเก็บเกี่ยวในฤดูฝน มีจำนวนข้อมากกว่าเฉลี่ย 12.99 ข้อ และฤดูแล้ง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 10.00 ข้อ

ส่วนถั่วเหลืองแต่ละพันธุ์/สายพันธุ์ พบว่า ที่วันออกดอก 50 เปอร์เซ็นต์ มีจำนวนข้อต่อต้นเฉลี่ยใกล้เคียงกัน ซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 5.73-6.95 ข้อ โดยสายพันธุ์ สท. 2 34-1 มีจำนวนข้อต่อต้นที่วันออกดอก 50 เปอร์เซ็นต์มากที่สุด เฉลี่ย 6.95 ข้อ ทั้ง 2 ฤดูปลูกมีลำดับที่แตกต่างกัน แสดงว่า สภาพแวดล้อมมีผลต่อจำนวนข้อต่อต้นที่วันออกดอก 50 เปอร์เซ็นต์ของสายพันธุ์ สท. 2 34-1 มาก ส่วนพันธุ์ จักรพันธุ์ 1 มีจำนวนข้อต่อต้นที่วันออกดอก 50 เปอร์เซ็นต์น้อยที่สุด เฉลี่ย 5.73 ข้อ ทั้ง 2 ฤดูปลูกมีลำดับที่แตกต่างกัน แสดงว่า สภาพแวดล้อมมีผลต่อจำนวนข้อต่อต้นที่วันออกดอก 50 เปอร์เซ็นต์ของสายพันธุ์ จักรพันธุ์ 1 มาก ในขณะที่วันเก็บเกี่ยว มีจำนวนข้อต่อต้นเฉลี่ยแตกต่างกัน โดยพันธุ์ ชม. 60 มีจำนวนข้อต่อต้นที่วันเก็บเกี่ยวมากที่สุด เฉลี่ย 12.32 ข้อ ทั้ง 2 ฤดูปลูกได้ลำดับที่ 2 เหมือนกัน แสดงว่า สภาพแวดล้อมมีผลต่อจำนวนข้อต่อต้นที่วันเก็บเกี่ยวของพันธุ์ ชม. 60 น้อยมาก ส่วนสายพันธุ์ นว. 1 1-12 มีจำนวนข้อต่อต้นที่วันเก็บเกี่ยวน้อยที่สุด เฉลี่ย 10.13 ข้อ ทั้ง 2 ฤดูปลูกมีลำดับใกล้เคียงกัน แสดงว่า สภาพแวดล้อมมีผลต่อจำนวนข้อต่อต้นที่วันเก็บเกี่ยวของสายพันธุ์ นว. 1 1-12 ค่อนข้างน้อย

การที่ถั่วเหลืองทั้ง 10 พันธุ์/สายพันธุ์ มีจำนวนข้อต่อต้นที่แตกต่างกันเมื่อปลูกต่างฤดู ชี้ให้เห็นว่าลักษณะดังกล่าวถูกควบคุมด้วยอิทธิพลของพันธุกรรม และสภาพแวดล้อม โดยจำนวนข้อต่อต้นในฤดูฝนมากกว่าในฤดูแล้ง เนื่องจากมีช่วงแสงที่ยาวนานกว่าทำให้มีการเจริญเติบโตทางลำต้นยาวนานขึ้น และมีจำนวนข้อต่อต้นมากขึ้น สอดคล้องกับ (Kantolic and Slafer, 2001) ที่พบว่า ช่วงแสงที่เพิ่มขึ้น ทำให้ถั่วเหลืองมีจำนวนข้อต่อต้นมากขึ้น Akhter and Sneller (1996) ยังพบว่า จำนวนข้อต่อต้นมีสหสัมพันธ์ทางบวกกับผลผลิต และสามารถใช้เป็นเกณฑ์การคัดเลือกผลผลิตได้ การที่จำนวนข้อต่อต้นมากขึ้น จะทำให้ความสูงเพิ่มขึ้น และอาจมีการหักล้มมากขึ้นด้วย

จำนวนกิ่งต่อต้น

ถั่วเหลืองทั้ง 10 พันธุ์/สายพันธุ์ มีจำนวนกิ่งต่อต้นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทั้ง 2 ฤดูปลูก โดยในฤดูฝน (ก.ค.-ต.ค.52) มีจำนวนกิ่งต่อต้นมากกว่าเฉลี่ย 3.10 กิ่ง และฤดูแล้ง (ธ.ค. 52-มี.ค.53) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.20 กิ่ง (ตารางที่ 13) โดยเฉลี่ยในฤดูฝน มีจำนวนกิ่งต่อต้นอยู่ระหว่าง 2.20-4.07 กิ่ง และฤดูแล้ง เฉลี่ยอยู่ระหว่าง 1.05-3.47 กิ่ง เมื่อพิจารณาในแต่ละพันธุ์/สายพันธุ์ พบว่า พันธุ์ สท. 2 มีจำนวนกิ่งต่อต้นมากที่สุดทั้ง 2 ฤดูปลูก เฉลี่ย 3.77 กิ่ง แสดงว่า สภาพแวดล้อมมีผลต่อจำนวนกิ่งต่อต้นของพันธุ์ สท. 2 น้อยมาก ส่วนสายพันธุ์ นว. 1 4-6 มีจำนวนกิ่งต่อต้นน้อยที่สุด เฉลี่ย 1.90 กิ่ง ทั้ง 2 ฤดูปลูกมีลำดับใกล้เคียงกัน แสดงว่า สภาพแวดล้อมมีผลต่อจำนวนกิ่งต่อต้นของสายพันธุ์ นว. 1 4-6 ค่อนข้างน้อย

การที่ถั่วเหลืองทั้ง 10 พันธุ์/สายพันธุ์ มีจำนวนกิ่งต่อต้นที่แตกต่างกันเมื่อปลูกต่างฤดู ชี้ให้เห็นว่าลักษณะดังกล่าวถูกควบคุมด้วยอิทธิพลของพันธุกรรม และสภาพแวดล้อม สอดคล้องกับ Adriana and Gustava (2001) ที่พบว่า จำนวนกิ่งต่อต้นของถั่วเหลืองผันแปรไปตามพันธุ์ โดยจำนวนกิ่งต่อต้นของถั่วเหลืองที่ปลูกในฤดูฝนมีมากกว่า เนื่องจากมีช่วงแสงที่ยาวนานกว่าทำให้มีการเจริญเติบโตทางลำต้นที่ยาวนาน การเพิ่มขึ้นของจำนวนกิ่งต่อต้นยังขึ้นกับจำนวนประชากรที่ใช้ปลูก โดยการปลูกถั่วเหลืองที่มีจำนวนต้นต่อพื้นที่น้อย การแตกกิ่งจะมีมากกว่า (อภิพรรณ, 2533) Carpenter and Board (1997) ยังพบว่า ต้นที่มีจำนวนกิ่งต่อต้นมากย่อมให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นด้วย

จำนวนฝักต่อต้น

ถั่วเหลืองทั้ง 10 พันธุ์/สายพันธุ์ มีจำนวนฝักต่อต้นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทั้ง 2 ฤดูปลูก โดยในฤดูฝน (ก.ค.-ต.ค.52) มีจำนวนฝักต่อต้นมากกว่าเฉลี่ย 47.08 ฝัก และฤดูแล้ง (ธ.ค. 52-มี.ค.53) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 34.81 ฝัก (ตารางที่ 14) โดยเฉลี่ยในฤดูฝน มีจำนวนฝักต่อต้นอยู่ระหว่าง 34.90-62.47 ฝัก และฤดูแล้ง เฉลี่ยอยู่ระหว่าง 24.40-44.45 ฝัก เมื่อพิจารณาในแต่ละพันธุ์/สายพันธุ์ พบว่า สายพันธุ์ KUSL 3802-1 มีจำนวนฝักต่อต้นมากที่สุดทั้ง 2 ฤดูปลูก เฉลี่ย 53.46 ฝัก แสดงว่า สภาพแวดล้อมมีผลต่อจำนวนฝักต่อต้นของสายพันธุ์ KUSL 3802-1 น้อยมาก ขณะที่สายพันธุ์ KUSL 3802-6 มีจำนวนฝักต่อต้นน้อยที่สุดทั้ง 2 ฤดูปลูก เฉลี่ย 29.65 ฝัก แสดงว่า สภาพแวดล้อมมีผลต่อจำนวนฝักต่อต้นของสายพันธุ์ KUSL 3802-6 น้อยมาก

การที่ถั่วเหลืองทั้ง 10 พันธุ์/สายพันธุ์ มีจำนวนฝักต่อต้นที่แตกต่างกันเมื่อปลูกต่างฤดู ชี้ให้เห็นว่าลักษณะดังกล่าวถูกควบคุมด้วยอิทธิพลของพันธุกรรม และสภาพแวดล้อม โดยจำนวนฝักต่อต้นของถั่วเหลืองที่ปลูกในฤดูฝนจะสูงกว่าในฤดูแล้ง เนื่องจากในฤดูฝนมีช่วงแสงที่ยาวนานกว่าทำให้มีการเจริญเติบโตทางลำต้นที่ยาวนาน ทั้งนี้ Manglik *et al.* (1998) และ Kantolic and Slafer (2001) พบว่า เมื่อช่วงแสงยาวนานขึ้น จะทำให้ความสูงของต้น จำนวนข้อต่อต้น และจำนวนฝักต่อต้นเพิ่มขึ้น Liu *et al.* (2006) ยังพบว่า จำนวนฝักต่อต้นของถั่วเหลืองเปลี่ยนแปลงไปตามสภาพแวดล้อม และจะมีจำนวนฝักต่อต้นลดลงเมื่ออุณหภูมิต่ำ (Kurosaki and Yumoto, 2003)

จำนวนเมล็ดต่อฝัก

ถั่วเหลืองทั้ง 10 พันธุ์/สายพันธุ์ มีจำนวนเมล็ดต่อฝักไม่แตกต่างกันทางสถิติทั้ง 2 ฤดูปลูก โดยในฤดูแล้ง (ช.ค.52-มี.ค.53) มีจำนวนเมล็ดต่อฝักมากกว่าเฉลี่ย 2.43 เมล็ด และฤดูฝน (ก.ค.-ต.ค.52) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.37 เมล็ด (ตารางที่ 15) โดยเฉลี่ยในฤดูฝน มีจำนวนเมล็ดต่อฝักอยู่ระหว่าง 2.00-2.67 เมล็ด และฤดูแล้ง เฉลี่ยอยู่ระหว่าง 2.00-3.00 เมล็ด เมื่อพิจารณาในแต่ละพันธุ์/สายพันธุ์ พบว่า สายพันธุ์ KUSL 3802-4 และ KUSL 3802-6 มีจำนวนเมล็ดต่อฝักมากที่สุดทั้ง 2 ฤดูปลูก เฉลี่ย 2.67 เมล็ด แสดงว่า สภาพแวดล้อมมีผลต่อจำนวนเมล็ดต่อฝักของสายพันธุ์ KUSL 3802-4 และ KUSL 3802-6 น้อยมาก ขณะที่สายพันธุ์ สท. 2 34-1 มีจำนวนเมล็ดต่อฝักน้อยที่สุดทั้ง 2 ฤดูปลูก เฉลี่ย 2.17 เมล็ด แสดงว่า สภาพแวดล้อมมีผลต่อจำนวนเมล็ดต่อฝักของสายพันธุ์ สท. 2 34-1 น้อยมาก

การที่ถั่วเหลืองทั้ง 10 พันธุ์/สายพันธุ์ มีจำนวนเมล็ดต่อฝักไม่แตกต่างกันเมื่อปลูกต่างฤดู ชี้ให้เห็นว่าลักษณะดังกล่าวไม่ถูกควบคุมด้วยอิทธิพลของสภาพแวดล้อม หรือมีอิทธิพลเพียงเล็กน้อย ซึ่งเป็นลักษณะที่ถูกควบคุมด้วยพันธุกรรมมากกว่า อภิพรธ (2546) กล่าวว่า ฤดูปลูก วันปลูก จำนวนต้นต่อพื้นที่ ปุ๋ย และวัชพืช ไม่ค่อยมีผลต่อจำนวนเมล็ดต่อฝัก จากการทดลอง พบว่าจำนวนเมล็ดต่อฝักในฤดูฝนจะมากกว่าในฤดูแล้ง เมื่อพิจารณาควบคู่ไปกับจำนวนฝักต่อต้น พบว่าพันธุ์/สายพันธุ์ถั่วเหลืองที่มีจำนวนฝักต่อต้นน้อยจะมีจำนวนเมล็ดต่อฝักมาก (นันทยา, 2547) เนื่องจากองค์ประกอบผลผลิตแต่ละลักษณะมีความสามารถในการชดเชยความเสียหายที่เกิดจากลักษณะอื่นๆ เพื่อไม่ให้ผลผลิตลดลงมากไป (Adams, 1967)

ตารางที่ 11 ค่าเฉลี่ยจำนวนข้อต่อต้นที่ระยะออกดอก 50 เปอร์เซ็นต์ของถั่วเหลือง 10 พันธุ์/สายพันธุ์ ใน 2 ฤดูปลูก

พันธุ์/สายพันธุ์	ฤดูฝน		ฤดูแล้ง		เฉลี่ย 2 ฤดู	
	(ก.ค.-ต.ค. 52)		(ธ.ค. 52-มี.ค.53)			
	เฉลี่ย	ลำดับ	เฉลี่ย	ลำดับ	เฉลี่ย	ลำดับ
ชม. 60	6.93bc	5	5.43	10	6.18	7
สท. 2	6.77bc	6	6.53	2	6.65	3
จักรพันธุ์ 1	5.43d	10	6.03	4	5.73	10
KUSL 20004	6.20cd	9	5.57	7	5.89	9
KUSL 3802-1	7.87a	1	5.83	5	6.85	2
KUSL 3802-4	7.40ab	2	5.63	6	6.52	5
KUSL 3802-6	7.27ab	3	5.47	9	6.37	6
สท. 2 34-1	7.17ab	4	6.73	1	6.95	1
นว. 1 1-12	6.70bc	7	6.37	3	6.54	4
นว. 1 4-6	6.30c	8	5.50	8	5.90	8
เฉลี่ย	6.80		5.91			
F-test	**		ns		ns	
%CV	7.1		9.8		8.4	
LSD 0.05	0.83		-		-	

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรเหมือนกันในแนวตั้ง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ $P < 0.05$

โดยวิธี Fisher's LSD

** = มีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P < 0.01$

ns = ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P < 0.05$

ตารางที่ 12 ค่าเฉลี่ยจำนวนข้อต่อต้นที่ระยะเก็บเกี่ยวของถั่วเหลือง 10 พันธุ์/สายพันธุ์ ใน 2 ฤดูปลูก

พันธุ์/สายพันธุ์	ฤดูฝน		ฤดูแล้ง		เฉลี่ย 2 ฤดู	
	(ก.ค.-ต.ค. 52)		(ธ.ค. 52-มี.ค.53)			
	เฉลี่ย	ลำดับ	เฉลี่ย	ลำดับ	เฉลี่ย	ลำดับ
ชม. 60	13.80a	2	10.83a	2	12.32a	1
สท. 2	12.47bc	8	9.93b	6	11.20b	8
จักรพันธุ์ 1	12.97abc	6	9.60b	8	11.29b	7
KUSL 20004	12.90abc	7	9.93b	6	11.42ab	6
KUSL 3802-1	13.23ab	5	10.57a	4	11.90ab	5
KUSL 3802-4	14.03a	1	10.03b	5	12.03ab	4
KUSL 3802-6	13.63ab	3	10.80a	3	12.22a	3
สท. 2 34-1	13.60ab	4	10.90a	1	12.25a	2
นว. 1 1-12	11.30d	10	8.97c	9	10.14c	10
นว. 1 4-6	12.00cd	9	8.40d	10	10.20c	9
เฉลี่ย	12.99		10.00			
F-test	**		**		**	
%CV	5.4		2.9		4.7	
LSD 0.05	1.21		0.50		0.84	

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรเหมือนกันในแนวตั้ง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ $P < 0.05$

โดยวิธี Fisher's LSD

** = มีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P < 0.01$

ตารางที่ 13 ค่าเฉลี่ยจำนวนกิ่งต่อต้นที่ระยะเก็บเกี่ยวของถั่วเหลือง 10 พันธุ์/สายพันธุ์ ใน 2 ฤดูปลูก

พันธุ์/สายพันธุ์	ฤดูฝน		ฤดูแล้ง		เฉลี่ย 2 ฤดู	
	(ก.ค.-ต.ค. 52)		(ธ.ค. 52-มี.ค.53)			
	เฉลี่ย	ลำดับ	เฉลี่ย		เฉลี่ย	ลำดับ
ชม. 60	2.63cd	7	3.07b	3	2.85abcd	4
สท. 2	4.07a	1	3.46a	1	3.77a	1
จักรพันธุ์ 1	3.03b	5	2.36c	4	2.70abcd	5
KUSL 20004	2.20e	10	1.88d	6	2.04cd	8
KUSL 3802-1	3.10b	4	1.74d	7	2.42bcd	6
KUSL 3802-4	3.83a	3	2.33c	5	3.08abc	3
KUSL 3802-6	2.83bc	6	1.05f	10	1.94cd	9
สท. 2 34-1	3.90a	2	3.13b	2	3.52ab	2
นว. 1 1-12	2.40de	9	1.74d	7	2.07cd	7
นว. 1 4-6	2.56cd	8	1.23e	9	1.90d	10
เฉลี่ย	3.10		2.20			
F-test	**		**		*	
%CV	6.4		5.6		6.2	
LSD 0.05	0.34		0.21		1.08	

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรเหมือนกันในแนวตั้ง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ $P < 0.05$

โดยวิธี Fisher's LSD

* และ ** = มีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P < 0.05$ และ $P < 0.01$ ตามลำดับ

ตารางที่ 14 ค่าเฉลี่ยจำนวนฝักต่อต้นของถั่วเหลือง 10 พันธุ์/สายพันธุ์ ใน 2 ฤดูปลูก

พันธุ์/สายพันธุ์	ฤดูฝน		ฤดูแล้ง		เฉลี่ย 2 ฤดู	
	(ก.ค.-ต.ค. 52)		(ธ.ค. 52-มี.ค.53)			
	เฉลี่ย	ลำดับ	เฉลี่ย	ลำดับ	เฉลี่ย	ลำดับ
ชม. 60	50.65bc	4	34.83bc	5	42.74	3
สท. 2	55.03b	2	30.85c	9	42.94	2
จักรพันธุ์ 1	41.03de	7	42.97a	2	42.00	5
KUSL 20004	37.97e	9	37.50b	3	37.74	8
KUSL 3802-1	62.47a	1	44.45a	1	53.46	1
KUSL 3802-4	52.23bc	3	32.85bc	6	42.54	4
KUSL 3802-6	34.90e	10	24.40d	10	29.65	10
สท. 2 34-1	50.37bc	5	31.13c	8	40.75	7
นว. 1 1-12	45.73cd	6	36.73b	4	41.23	6
นว. 1 4-6	40.37de	8	32.33bc	7	36.35	9
เฉลี่ย	47.08		34.81			
F-test	**		**		ns	
%CV	8.6		8.7		8.8	
LSD 0.05	6.98		5.21		-	

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรเหมือนกันในแนวตั้ง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ $P < 0.05$

โดยวิธี Fisher's LSD

** = มีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P < 0.01$

ns = ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P < 0.05$

ตารางที่ 15 ค่าเฉลี่ยจำนวนเมล็ดต่อฝักของถั่วเหลือง 10 พันธุ์/สายพันธุ์ ใน 2 ฤดูปลูก

พันธุ์/สายพันธุ์	ฤดูฝน		ฤดูแล้ง		เฉลี่ย 2 ฤดู	
	(ก.ค.-ต.ค. 52)		(ธ.ค. 52-มี.ค.53)			
	เฉลี่ย	ลำดับ	เฉลี่ย	ลำดับ	เฉลี่ย	ลำดับ
ชม. 60	2.33	3	2.33	5	2.33bc	4
สท. 2	2.33	3	2.33	5	2.33bc	4
จักรพันธุ์ 1	2.33	3	2.33	5	2.33bc	4
KUSL 20004	2.33	3	2.67	1	2.50ab	3
KUSL 3802-1	2.33	3	2.33	5	2.33bc	4
KUSL 3802-4	2.67	1	2.67	1	2.67a	1
KUSL 3802-6	2.67	1	2.67	1	2.67a	1
สท. 2 34-1	2.00	10	2.33	5	2.17c	10
นว. 1 1-12	2.33	3	2.33	5	2.33bc	4
นว. 1 4-6	2.33	3	2.33	5	2.33bc	4
เฉลี่ย	2.37a		2.43a			
F-test	ns		ns		**	
%CV	20.3		22.5		21.4	
LSD 0.05	-		-		0.17	

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรเหมือนกันในแนวตั้ง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ $P < 0.05$

โดยวิธี Fisher's LSD

** = มีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P < 0.01$

ns = ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P < 0.05$

จำนวนเมล็ดต่อต้น

ถั่วเหลืองทั้ง 10 พันธุ์/สายพันธุ์ มีจำนวนเมล็ดต่อต้นแตกต่างกันทางสถิติทั้ง 2 ฤดูปลูก โดยในฤดูฝน (ก.ค.-ต.ค.52) มีจำนวนเมล็ดต่อต้นมากกว่าเฉลี่ย 98.60 เมล็ด และฤดูแล้ง (ธ.ค.52-มี.ค.53) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 72.41 เมล็ด (ตารางที่ 16) โดยเฉลี่ยในฤดูฝน มีจำนวนเมล็ดต่อต้นเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 75.40-126.03 เมล็ด และฤดูแล้ง เฉลี่ยอยู่ระหว่าง 56.13-92.90 เมล็ด เมื่อพิจารณาในแต่ละพันธุ์/สายพันธุ์ พบว่า ทุกพันธุ์/สายพันธุ์ มีจำนวนเมล็ดต่อต้นใกล้เคียงกันระหว่าง 77.70-107.77 เมล็ด โดยสายพันธุ์ KUSL 3802-1 มีจำนวนเมล็ดต่อต้นมากที่สุด เฉลี่ย 107.77 เมล็ด ทั้ง 2 ฤดูปลูกมีลำดับใกล้เคียงกัน แสดงว่า สภาพแวดล้อมมีผลต่อจำนวนเมล็ดต่อต้นของสายพันธุ์ KUSL 3802-1 ก่อนข้างน้อย สายพันธุ์ KUSL 20004 มีจำนวนเมล็ดต่อต้นน้อยที่สุด เฉลี่ย 77.70 เมล็ด ทั้ง 2 ฤดูปลูกมีลำดับแตกต่างกันมาก แสดงว่า สภาพแวดล้อมมีผลต่อจำนวนเมล็ดต่อต้นของสายพันธุ์ KUSL 20004 มาก

การที่ถั่วเหลืองทั้ง 10 พันธุ์/สายพันธุ์ มีจำนวนเมล็ดต่อต้นแตกต่างกันเมื่อปลูกต่างฤดูชี้ให้เห็นว่าลักษณะดังกล่าวถูกควบคุมด้วยอิทธิพลของพันธุกรรม และสภาพแวดล้อม โดยจำนวนเมล็ดต่อต้นของถั่วเหลืองที่ปลูกในฤดูฝนสูงกว่าในฤดูแล้ง เนื่องจากในฤดูฝนมีช่วงแสงที่ยาวนานกว่า และมีการเจริญเติบโตทางลำต้นที่ยาวนานขึ้น ทำให้ความสูงของต้น จำนวนข้อต่อต้น และจำนวนฝักต่อต้นเพิ่มขึ้น ส่งผลให้จำนวนเมล็ดต่อต้นเพิ่มขึ้นด้วย

น้ำหนักเมล็ดต่อต้น

ถั่วเหลืองทั้ง 10 พันธุ์/สายพันธุ์ มีน้ำหนักต่อต้นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้ง 2 ฤดูปลูก โดยในฤดูฝน (ก.ค.-ต.ค.52) มีน้ำหนักต่อต้นมากกว่าเฉลี่ย 9.40 กรัม และฤดูแล้ง (ธ.ค.52-มี.ค.53) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.06 กรัม (ตารางที่ 17) โดยเฉลี่ยในฤดูฝน มีน้ำหนักต่อต้นอยู่ระหว่าง 7.27-10.83 กรัม และฤดูแล้ง เฉลี่ยอยู่ระหว่าง 4.75-10.39 กรัม เมื่อพิจารณาในแต่ละพันธุ์/สายพันธุ์ พบว่า สายพันธุ์ นว. 1 4-6 มีน้ำหนักต่อต้นมากที่สุดทั้ง 2 ฤดูปลูก เฉลี่ย 10.61 กรัม แสดงว่า สภาพแวดล้อมมีผลต่อน้ำหนักต่อต้นของสายพันธุ์ นว. 1 4-6 น้อยมาก ขณะที่สายพันธุ์ KUSL 3802-6 มีน้ำหนักต่อต้นน้อยที่สุดทั้ง 2 ฤดูปลูก เฉลี่ย 6.01 กรัม แสดงว่า สภาพแวดล้อมมีผลต่อน้ำหนักต่อต้นของสายพันธุ์ KUSL 3802-6 น้อยมาก

การที่ถั่วเหลืองทั้ง 10 พันธุ์/สายพันธุ์ มีจำนวนเมล็ดต่อฝักที่แตกต่างกันเมื่อปลูกต่างฤดู ชี้ให้เห็นว่าลักษณะดังกล่าวถูกควบคุมด้วยอิทธิพลของพันธุกรรม และสภาพแวดล้อม โดยน้ำหนักต่อต้นของถั่วเหลืองที่ปลูกในฤดูฝนจะสูงกว่าในฤดูแล้ง เนื่องจากในฤดูฝนมีช่วงแสงที่ยาวนานกว่า ทำให้มีการเจริญเติบโตทางลำต้นที่ยาวนาน สอดคล้องกับ Manglik *et al.* (1998) ที่พบว่า ในสภาพที่มีช่วงแสงยาวนานจะทำให้ความสูงของต้น จำนวนข้อต่อต้น และจำนวนฝักต่อต้นเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น นอกจากนี้น้ำหนักเมล็ดต่อต้นของถั่วเหลืองยังมีความสัมพันธ์ทางบวกกับจำนวนฝักต่อต้น และจำนวนกิ่งต่อต้น กล่าวคือ เมื่อจำนวนฝักต่อต้น และจำนวนกิ่งต่อต้นมากขึ้น จะทำให้น้ำหนักเมล็ดต่อต้นเพิ่มขึ้นด้วย (Adeniji, 2007)

น้ำหนัก 100 เมล็ด

ถั่วเหลืองทั้ง 10 พันธุ์/สายพันธุ์ มีน้ำหนัก 100 เมล็ดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้ง 2 ฤดูปลูก โดยในฤดูฝน (ก.ค.-ต.ค.52) มีน้ำหนัก 100 เมล็ดมากกว่าเฉลี่ย 15.73 กรัม และฤดูแล้ง (ธ.ค.52-มี.ค.53) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 13.33 กรัม (ตารางที่ 18) โดยเฉลี่ยในฤดูฝน มีน้ำหนัก 100 เมล็ดอยู่ระหว่าง 13.59-19.98 กรัม และฤดูแล้ง เฉลี่ยอยู่ระหว่าง 11.43-17.38 กรัม เมื่อพิจารณาในแต่ละพันธุ์/สายพันธุ์ พบว่า สายพันธุ์ นว.1 1-12 และ นว. 1 4-6 มีน้ำหนัก 100 เมล็ดมากที่สุดทั้ง 2 ฤดูปลูก เฉลี่ย 18.68 และ 18.23 กรัม ตามลำดับ แสดงว่า สภาพแวดล้อมมีผลต่อน้ำหนัก 100 เมล็ดของสายพันธุ์ นว. 1 1-12 และ นว. 1 4-6 น้อยมาก ขณะที่สายพันธุ์ KUSL 3802-1 และ KUSL 3802-4 มีน้ำหนัก 100 เมล็ดน้อยที่สุดทั้ง 2 ฤดูปลูก เฉลี่ย 12.74-12.51 กรัม ตามลำดับ สภาพแวดล้อมมีผลต่อน้ำหนัก 100 เมล็ดของสายพันธุ์ KUSL 3802-1 และ KUSL 3802-4 น้อยมาก

การที่ถั่วเหลืองทั้ง 10 พันธุ์/สายพันธุ์ มีจำนวนเมล็ดต่อฝักที่แตกต่างกันเมื่อปลูกต่างฤดู ชี้ให้เห็นว่าลักษณะดังกล่าวถูกควบคุมด้วยอิทธิพลของพันธุกรรม และสภาพแวดล้อม สอดคล้องกับ รวีวรรณ (2540) ที่พบว่า ถั่วเหลืองทั้ง 8 พันธุ์มีน้ำหนัก 100 เมล็ด แตกต่างกันทั้ง 2 ฤดูปลูก นอกจากนี้การบานของดอกถั่วเหลืองที่ต่างกันจะทำให้น้ำหนัก 100 เมล็ดต่างกันด้วย (ชนะภูมิทร์, 2535) น้ำหนัก 100 เมล็ดยังบอกถึงขนาดของเมล็ดที่แตกต่างกันในแต่ละพันธุ์ ซึ่งขนาดเมล็ดที่แตกต่างกันสามารถใช้เป็นข้อมูลในการคัดเลือกพันธุ์เบื้องต้นได้ (Egli *et al.*, 1981) จากการทดลองของ Board *et al.* (1999) พบว่า น้ำหนัก 100 เมล็ดมีความสัมพันธ์ในทางลบกับจำนวนเมล็ดต่อต้น กล่าวคือ จำนวนเมล็ดต่อต้นมากขนาดของเมล็ดจะเล็กลง

ผลผลิตต่อไร่

ถั่วเหลืองทั้ง 10 พันธุ์/สายพันธุ์ มีผลผลิตต่อไร่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทั้ง 2 ฤดูปลูก โดยในฤดูฝน (ก.ค.-ต.ค.52) มีผลผลิตต่อไร่มากกว่าเฉลี่ย 382.14 กิโลกรัมต่อไร่ และฤดูแล้ง (ธ.ค.52-มี.ค.53) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 271.58 กิโลกรัมต่อไร่ (ตารางที่ 19) โดยเฉลี่ยในฤดูฝน มีผลผลิตต่อไร่อยู่ระหว่าง 234.29-495.09 กิโลกรัมต่อไร่ และฤดูแล้ง เฉลี่ยอยู่ระหว่าง 182.03-354.16 กิโลกรัมต่อไร่ เมื่อพิจารณาในแต่ละพันธุ์/สายพันธุ์ พบว่า แต่ละพันธุ์/สายพันธุ์ให้ผลผลิตต่อไร่ใกล้เคียงกัน โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 208.16-385.90 กิโลกรัมต่อไร่ โดยพันธุ์ ชม 60 ให้ผลผลิตต่อไร่มากที่สุด เฉลี่ย 385.90 กิโลกรัมต่อไร่ ทั้ง 2 ฤดูปลูกมีลำดับแตกต่างกันมาก แสดงว่า สภาพแวดล้อมมีผลต่อผลผลิตของพันธุ์ ชม. 60 ก่อนข้างมาก ขณะที่สายพันธุ์ KUSL 3802-6 ให้ผลผลิตต่อไร่น้อยที่สุดทั้ง 2 ฤดูปลูก เฉลี่ย 385.90 กิโลกรัมต่อไร่ แสดงว่า สภาพแวดล้อมมีผลต่อผลผลิตของพันธุ์ KUSL 3802-6 น้อยมาก

การที่ถั่วเหลืองทั้ง 10 พันธุ์/สายพันธุ์ มีผลผลิตต่อไร่ที่แตกต่างกันเมื่อปลูกต่างฤดู ซึ่งเห็นว่าลักษณะดังกล่าวถูกควบคุมด้วยอิทธิพลของพันธุกรรม และสภาพแวดล้อม โดยผลผลิตต่อไร่ของถั่วเหลืองที่ปลูกในฤดูฝนจะสูงกว่าในฤดูแล้ง เนื่องจากในฤดูฝนมีช่วงแสงที่ยาวนานกว่าทำให้มีการเจริญเติบโตทางลำต้นที่ยาวนาน สอดคล้องกับ Han *et al.* (1996) ที่พบว่า การเจริญเติบโตทางลำต้นที่ยาวนานทำให้ผลผลิตของถั่วเหลืองเพิ่มขึ้น อุณหภูมิเป็นอีกปัจจัยที่ทำให้ผลผลิตของถั่วเหลืองลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น (Gibson and Mullen, 1996) Ojo *et al.* (2002) พบว่า ความชื้นสัมพัทธ์มีความสัมพันธ์ทางบวกกับผลผลิต กล่าวคือ ความชื้นสัมพัทธ์สูงผลผลิตของถั่วเหลืองจะเพิ่มขึ้นด้วย

ตารางที่ 16 ค่าเฉลี่ยจำนวนเมล็ดต่อต้นของถั่วเหลือง 10 พันธุ์/สายพันธุ์ ใน 2 ฤดูปลูก

พันธุ์/สายพันธุ์	ฤดูฝน		ฤดูแล้ง		เฉลี่ย 2 ฤดู	
	(ก.ค.-ต.ค. 52)		(ธ.ค. 52-มี.ค.53)			
	เฉลี่ย	ลำดับ	เฉลี่ย	ลำดับ	เฉลี่ย	ลำดับ
ชม. 60	112.30ab	3	57.85cd	9	85.08	3
สท. 2	97.37c	6	60.05c	8	78.71	9
จักรพันธุ์ 1	84.70d	8	76.73b	4	80.72	5
KUSL 20004	75.40d	10	80.00b	3	77.70	10
KUSL 3802-1	126.03a	1	89.50a	2	107.77	1
KUSL 3802-4	117.50a	2	92.90a	1	105.20	2
KUSL 3802-6	100.00bc	5	62.45c	7	81.23	4
สท. 2 34-1	102.50b	4	56.13d	10	79.32	7
นว. 1 1-12	86.67cd	7	74.30b	5	80.49	6
นว. 1 4-6	83.53d	9	74.13b	6	78.83	8
เฉลี่ย	98.60		72.41			
F-test	**		**		ns	
%CV	8.3		4.8		7.4	
LSD 0.05	14.09		5.93		-	

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรเหมือนกันในแนวตั้ง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ $P < 0.05$

โดยวิธี Fisher's LSD

** = มีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P < 0.01$

ns = ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P < 0.05$

ตารางที่ 17 ค่าเฉลี่ยน้ำหนักเมล็ดต่อต้น (กรัม) ของถั่วเหลือง 10 พันธุ์/สายพันธุ์ ใน 2 ฤดูปลูก

พันธุ์/สายพันธุ์	ฤดูฝน		ฤดูแล้ง		เฉลี่ย 2 ฤดู	
	(ก.ค.-ต.ค. 52)		(ธ.ค. 52-มี.ค.53)			
	เฉลี่ย	ลำดับ	เฉลี่ย	ลำดับ	เฉลี่ย	ลำดับ
ชม. 60	9.43ab	6	7.07c	5	8.25bc	6
สท. 2	10.59a	3	8.12b	3	9.36ab	2
จักรพันธุ์ 1	9.34abc	7	8.39b	2	8.87abc	3
KUSL 20004	7.88bc	9	5.85d	7	6.87cd	8
KUSL 3802-1	10.35a	4	6.88c	6	8.62abc	5
KUSL 3802-4	7.94bc	8	5.66de	9	6.80cd	9
KUSL 3802-6	7.27c	10	4.75e	10	6.01d	10
สท. 2 34-1	10.79a	2	5.71d	8	8.25bc	6
นว. 1 1-12	9.88ab	5	7.72bc	4	8.80abc	4
นว. 1 4-6	10.83a	1	10.39a	1	10.61a	1
เฉลี่ย	9.40		7.06			
F-test	**		**		*	
%CV	12.4		7.5		11.0	
LSD 0.05	2.01		0.91		2.03	

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรเหมือนกันในแนวตั้ง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ $P < 0.05$

โดยวิธี Fisher's LSD

* และ ** = มีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P < 0.05$ และ $P < 0.01$ ตามลำดับ

ตารางที่ 18 ค่าเฉลี่ยน้ำหนัก 100 เมล็ด (กรัม) ของถั่วเหลือง 10 พันธุ์/สายพันธุ์ ใน 2 ฤดูปลูก

พันธุ์/สายพันธุ์	ฤดูฝน		ฤดูแล้ง		เฉลี่ย 2 ฤดู	
	(ก.ค.-ต.ค. 52)		(ธ.ค. 52-มี.ค.53)			
	เฉลี่ย	ลำดับ	เฉลี่ย	ลำดับ	เฉลี่ย	ลำดับ
ชม. 60	13.80c	9	12.34bcd	7	13.07cd	8
สท. 2	16.26b	3	12.59bc	5	14.43bc	4
จักรพันธุ์ 1	14.03c	7	13.56b	3	13.80bcd	5
KUSL 20004	14.52c	6	12.39bcd	6	13.46bcd	7
KUSL 3802-1	13.84c	8	11.63cd	9	12.74d	9
KUSL 3802-4	13.59c	10	11.42d	10	12.51d	10
KUSL 3802-6	15.31bc	5	11.73cd	8	13.52bcd	6
สท. 2 34-1	16.26b	4	13.48b	4	14.87b	3
นว. 1 1-12	19.98a	1	17.38a	1	18.68a	1
นว. 1 4-6	19.66a	2	16.79a	2	18.23a	2
เฉลี่ย	15.73		13.33			
F-test	**		**		**	
%CV	3.9		5.7		4.7	
LSD 0.05	1.04		1.30		1.41	

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรเหมือนกันในแนวตั้ง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ $P < 0.05$

โดยวิธี Fisher's LSD

** = มีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P < 0.01$

ตารางที่ 19 ค่าเฉลี่ยผลผลิตต่อไร่ (กิโลกรัมต่อไร่) ของถั่วเหลือง 10 พันธุ์/สายพันธุ์ ใน 2 ฤดูปลูก

พันธุ์/สายพันธุ์	ฤดูฝน		ฤดูแล้ง		เฉลี่ย 2 ฤดู	
	(ก.ค.-ต.ค. 52)		(ธ.ค. 52-มี.ค.53)			
	เฉลี่ย	ลำดับ	เฉลี่ย	ลำดับ	เฉลี่ย	ลำดับ
ชม. 60	495.09a	1	276.70b	5	385.90	1
สท. 2	435.37b	4	301.43b	3	368.40	3
จักรพันธุ์ 1	351.10cd	7	273.33bc	6	312.22	7
KUSL 20004	326.00d	8	223.18c	9	274.59	8
KUSL 3802-1	437.77b	3	296.25b	4	367.01	4
KUSL 3802-4	322.27d	9	224.32c	8	273.30	9
KUSL 3802-6	234.29e	10	182.03d	10	208.16	10
สท. 2 34-1	454.92ab	2	235.51c	7	345.22	6
นว. 1 1-12	394.89bc	5	348.83a	2	371.86	2
นว. 1 4-6	369.69c	6	354.16a	1	361.93	5
เฉลี่ย	382.14		271.58			
F-test	**		**		ns	
%CV	8.1		8.6		8.4	
LSD 0.05	52.97		39.94		-	

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรเหมือนกันในแนวตั้ง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ $P < 0.05$

โดยวิธี Fisher's LSD

** = มีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P < 0.01$

ns = ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P < 0.05$

ความสามารถในการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมอย่างกว้าง

จากการประเมินหาค่าความสามารถในการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมอย่างกว้าง (heritability in broad sense; h_B^2) พบว่า ทั้ง 2 ฤดูปลูก ผลผลิต องค์ประกอบผลผลิต และลักษณะทางการเกษตรมีการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมผ่านไปยังชั่วลูกชั่วหลานในระดับสูง (ตารางที่ 20) ได้แก่ ความสูงของต้นที่ระยะออกดอก 50 เปอร์เซ็นต์ (0.768-0.800) จำนวนกิ่งต่อต้นที่ระยะเก็บเกี่ยว (0.921-0.977) วันเก็บเกี่ยว (0.777-0.911) น้ำหนัก 100 เมล็ด (0.881-0.899) และผลผลิต (0.845-0.856) แสดงว่าลักษณะดังกล่าวได้รับอิทธิพลจากสภาพแวดล้อมค่อนข้างน้อย อาจกล่าวได้ว่ามีโอกาสประสบความสำเร็จหากใช้ลักษณะเหล่านี้เป็นเกณฑ์การคัดเลือกเพื่อเพิ่มผลผลิต เมื่อพิจารณาลักษณะที่มีสหสัมพันธ์กับผลผลิต (ตารางที่ 22-23) พบว่า วันเก็บเกี่ยวมีสหสัมพันธ์กับผลผลิตทั้ง 2 ฤดูปลูก อาจกล่าวได้ว่ามีโอกาสประสบความสำเร็จ หากใช้ลักษณะวันเก็บเกี่ยวเป็นเกณฑ์การคัดเลือกเพื่อเพิ่มผลผลิต

ส่วนลักษณะวันออกดอก 50 เปอร์เซ็นต์ (0.524-0.990) ความสูงของต้นที่ระยะเก็บเกี่ยว (0.436-0.803) จำนวนข้อต่อต้นที่ระยะเก็บเกี่ยว (0.535-0.903) จำนวนเมล็ดต่อต้น (0.435-0.788) และน้ำหนักเมล็ดต่อต้น (0.481-0.905) มีการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมในระดับปานกลาง-สูง ขึ้นกับฤดูปลูก เมื่อพิจารณาลักษณะที่มีสหสัมพันธ์กับผลผลิต (ตารางที่ 22-23) พบว่า น้ำหนักเมล็ดต่อต้นมีสหสัมพันธ์กับผลผลิตทั้ง 2 ฤดูปลูก ขณะที่วันออกดอก 50 เปอร์เซ็นต์ และจำนวนเมล็ดต่อต้นมีสหสัมพันธ์กับผลผลิตเฉพาะในฤดูฝน และจำนวนข้อต่อต้นที่ระยะเก็บเกี่ยวมีสหสัมพันธ์กับผลผลิตเฉพาะในฤดูแล้ง

ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ขององค์ประกอบผลผลิต และลักษณะทางการเกษตร

องค์ประกอบผลผลิต

จากตารางที่ 21 พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักเมล็ดต่อต้นกับผลผลิตมีนัยสำคัญทางสถิติทั้ง 2 ฤดูปลูก และมีค่าไปในทางบวก (0.684** และ 0.814** ตามลำดับ) แสดงให้เห็นว่า แม้ปลูกต่างฤดู แต่ถ้าน้ำหนักเมล็ดต่อต้นมากจะทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นตามไปด้วย ส่วนค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างจำนวนฝักต่อต้น และจำนวนเมล็ดต่อต้นกับผลผลิตมีนัยสำคัญทางสถิติในฤดูฝน (0.657** และ 0.326* ตามลำดับ) และเป็นไปในทางบวก แสดงให้เห็นว่าจำนวนฝัก

ต่อต้น และจำนวนเมล็ดต่อต้นมีปริมาณมาก ส่งผลให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น สอดคล้องกับ Narjesi *et al.* (2007) และ Turkec (2005) ที่รายงานว่า จำนวนฝักต่อต้นมีความสัมพันธ์กับผลผลิตสูง และมีค่าเป็นบวก ซึ่งจำนวนฝักต่อต้นสามารถนำไปใช้เป็นเกณฑ์ในการคัดเลือกเพื่อเพิ่มผลผลิตของถั่วเหลืองได้ (Vatsa and Minakshi, 2008) ส่วนค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนัก 100 เมล็ดกับผลผลิตมีนัยสำคัญทางสถิติในฤดูแล้งเป็นไปในทางบวก (0.676**) แสดงว่าน้ำหนัก 100 เมล็ดมาก ผลผลิตจะมากขึ้นด้วย จากการทดลอง พบว่า เมื่อเปลี่ยนฤดูค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ขององค์ประกอบผลผลิตจะเปลี่ยนแปลงไปด้วย แสดงว่าลักษณะดังกล่าวได้รับอิทธิพลจากสภาพแวดล้อม

ลักษณะทางการเกษตร

การหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างลักษณะทางการเกษตรกับผลผลิต ทั้ง 2 ฤดูปลูก พบว่า วันออกดอก 50 เปอร์เซ็นต์ และวันเก็บเกี่ยวกับผลผลิตมีนัยสำคัญทางสถิติทั้ง 2 ฤดูปลูก (ตารางที่ 22) โดยวันออกดอก 50 เปอร์เซ็นต์ ในฤดูฝน (ก.ค.-ต.ค. 52) มีค่าเป็นบวก (0.347*) ส่วนในฤดูแล้ง (ธ.ค. 52-มี.ค.53) มีค่าเป็นลบ (-0.404*) ส่วนค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างวันเก็บเกี่ยวกับผลผลิตมีนัยสำคัญทางสถิติไปในทางบวกทั้ง 2 ฤดูปลูก (0.631** และ 0.323* ตามลำดับ) แสดงให้เห็นว่า วันออกดอก 50 เปอร์เซ็นต์ และวันเก็บเกี่ยวที่มีระยะเวลานานในฤดูฝน จะส่งผลให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น ซึ่งให้เห็นว่าลักษณะดังกล่าวถูกควบคุมด้วยอิทธิพลของสภาพแวดล้อม ส่วนลักษณะความสูงของต้นที่ระยะเก็บเกี่ยว และจำนวนข้อต่อต้นที่ระยะเก็บเกี่ยวกับผลผลิตมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ไปในทางลบ (-0.534** และ -0.663** ตามลำดับ) เฉพาะในฤดูแล้ง แสดงว่า ความสูงของต้นที่ระยะเก็บเกี่ยว และจำนวนข้อต่อต้นที่ระยะเก็บเกี่ยวน้อย จะทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นในฤดูแล้ง

เมื่อพิจารณาลักษณะทางการเกษตรร่วมกับองค์ประกอบผลผลิต (ตารางที่ 23-24) พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนัก 100 เมล็ดกับความสูงของต้นที่ระยะออกดอก 50 เปอร์เซ็นต์ วันออกดอก 50 เปอร์เซ็นต์ และจำนวนข้อต่อต้นที่ระยะเก็บเกี่ยวมีนัยสำคัญทางสถิติในฤดูฝน ส่วนใหญ่มีค่าเป็นลบ แสดงว่า ถั่วเหลืองที่ออกดอกเร็ว ต้นเตี้ย และจำนวนข้อต่อต้นน้อย น้ำหนัก 100 เมล็ดจะเพิ่มขึ้น สอดคล้องกับ Gautam and Singh (1977) รายงานว่า น้ำหนัก 100 เมล็ดมีความสัมพันธ์ทางลบกับวันออกดอก 50 เปอร์เซ็นต์ วันสุกแก่ ความสูงของต้น จำนวนกิ่งต่อต้น และจำนวนฝักต่อต้น ส่วน Onemli (2003) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิต องค์ประกอบผลผลิตของถั่วเหลือง พบว่า จำนวนฝักต่อต้นมีความสัมพันธ์ทางบวกกับจำนวนกิ่งต่อต้น ความสูง

ของต้น ความยาวฝัก ความยาวเมล็ด และน้ำหนัก 100 เมล็ด ซึ่งสอดคล้องกับ Rajanna *et al.* (2000) รายงานว่า วันสุกแก่ ความสูงของต้น จำนวนกิ่งต่อต้นมีความสัมพันธ์ทางบวกกับจำนวนฝักต่อต้นของถั่วเหลือง

ตารางที่ 20 ความสามารถในการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมอย่างกว้าง (heritability in broad sense; h_B^2) ของถั่วเหลือง 10 สายพันธุ์/พันธุ์ ใน 2 ฤดูปลูก

ลักษณะ	ฤดูฝน (ก.ค.-ต.ค. 52)	ฤดูแล้ง (ธ.ค. 52-มี.ค.53)
ความสูงของต้นที่ระยะออกดอก 50 เปอร์เซ็นต์	0.768	0.800
จำนวนข้อต่อต้นที่ระยะออกดอก 50 เปอร์เซ็นต์	0.634	0.261
วันออกดอก 50 เปอร์เซ็นต์	0.990	0.524
ความสูงของต้นที่ระยะเก็บเกี่ยว	0.803	0.436
จำนวนกิ่งต่อต้นที่ระยะเก็บเกี่ยว	0.921	0.977
จำนวนข้อต่อต้นที่ระยะเก็บเกี่ยว	0.535	0.903
วันเก็บเกี่ยว	0.911	0.777
จำนวนฝักต่อต้น	0.805	0.304
จำนวนเมล็ดต่อฝัก	-0.224	-0.327
จำนวนเมล็ดต่อต้น	0.785	0.435
น้ำหนักเมล็ดต่อต้น	0.481	0.905
น้ำหนัก 100 เมล็ด	0.899	0.881
ผลผลิต	0.856	0.845

ตารางที่ 21 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ขององค์ประกอบผลผลิต ที่มีต่อผลผลิตของถั่วเหลือง
10 สายพันธุ์/พันธุ์ ใน 2 ฤดูปลูก

ลักษณะ	ฤดูฝน (ก.ค.-ต.ค. 52)	ฤดูแล้ง (ธ.ค. 52-มี.ค.53)
จำนวนฝักต่อต้น	0.657**	-0.165
จำนวนเมล็ดต่อฝัก	-0.190	0.060
จำนวนเมล็ดต่อต้น	0.326*	0.117
น้ำหนักเมล็ดต่อต้น	0.684**	0.814**
น้ำหนัก 100 เมล็ด	0.019	0.676**

หมายเหตุ * และ ** = มีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P < 0.05$ และ $P < 0.01$ ตามลำดับ

ตารางที่ 22 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของลักษณะทางการเกษตร ที่มีต่อผลผลิตของถั่วเหลือง
10 สายพันธุ์/พันธุ์ ใน 2 ฤดูปลูก

ลักษณะ	ฤดูฝน (ก.ค.-ต.ค. 52)	ฤดูแล้ง (ธ.ค. 52-มี.ค.53)
วันออกดอก 50 เปอร์เซ็นต์	0.347*	-0.404*
ความสูงของต้นที่ระยะเก็บเกี่ยว	0.239	-0.534**
จำนวนกิ่งต่อต้นที่ระยะเก็บเกี่ยว	0.204	-0.020
จำนวนข้อต่อต้นที่ระยะเก็บเกี่ยว	-0.087	-0.663**
วันเก็บเกี่ยว	0.631**	0.323*

หมายเหตุ * และ ** = มีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P < 0.05$ และ $P < 0.01$ ตามลำดับ

ตารางที่ 23 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของลักษณะต่างๆ ของถั่วเหลือง 10 พันธุ์/สายพันธุ์ ในฤดูฝน (ก.ค.-ต.ค. 52)

	H50F	N50F	D50F	HH	BH	NH	DH	NP	NSP	NS	SW	100S	YIELD
D50H	1.000												
D50N	0.135	1.000											
D50D	0.607**	0.263	1.000										
HH	-0.138	0.264	-0.148	1.000									
HB	-0.419*	0.277	0.109	0.186	1.000								
HN	-0.469**	0.286	-0.198	0.583**	0.309	1.000							
HD	0.681**	0.090	0.771**	-0.024	0.039	-0.323*	1.000						
HP	0.175	0.462**	0.363*	0.261	0.544**	0.233	0.545**	1.000					
HSP	-0.047	0.071	-0.127	-0.032	-0.054	-0.126	-0.148	-0.122	1.000				
HS	-0.014	0.677**	0.297	0.498**	0.449**	0.557**	0.199	0.731**	0.092	1.000			
HW	0.304	0.021	0.504**	-0.253	0.223	-0.427*	0.608**	0.382*	-0.110	0.136	1.000		

ตารางที่ 23 (ต่อ)

	H50F	N50F	D50F	HH	BH	NH	DH	NP	NSP	NS	SW	100S	YIELD
100S	0.421*	-0.138	0.251	-0.592**	-0.239	-0.678**	0.161	-0.231	-0.050	-0.455**	0.368*	1.000	
YIELD	0.295	0.116	0.347*	0.239	0.204	-0.087	0.631**	0.657**	-0.190	0.326*	0.684**	0.019	1.000

หมายเหตุ * และ ** = มีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P < 0.05$ และ $P < 0.01$ ตามลำดับ

H50F = ความสูงของต้นที่ระยะออกดอก 50 เปอร์เซ็นต์

D50F = วันออกดอก 50 เปอร์เซ็นต์

BH = จำนวนกิ่งต่อต้นที่ระยะเก็บเกี่ยว

DH = วันเก็บเกี่ยว

NSP = จำนวนเมล็ดต่อฝัก

SW = น้ำหนักเมล็ดต่อต้น

Yield = ผลผลิตต่อไร่

N50F = จำนวนข้อต่อต้นที่ระยะออกดอก 50 เปอร์เซ็นต์

HH = ความสูงของต้นที่ระยะเก็บเกี่ยว

NH = จำนวนข้อต่อต้นที่ระยะเก็บเกี่ยว

NP = จำนวนฝักต่อต้น

NS = จำนวนเมล็ดต่อต้น

100S = น้ำหนัก 100 เมล็ด

ตารางที่ 24 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของลักษณะต่างๆ ของถั่วเหลือง 10 พันธุ์/สายพันธุ์ ในฤดูแล้ง (ช.ค.-มี.ค. 53)

	H50F	N50F	D50F	HH	BH	NH	DH	NP	NSP	NS	SW	100S	YIELD
D50H	1.000												
D50N	0.091	1.000											
D50D	-0.063	-0.180	1.000										
HH	0.208	-0.060	-0.071	1.000									
HB	-0.220	0.346*	0.277	-0.337*	1.000								
HN	-0.368*	0.028	0.440*	0.175	0.357*	1.000							
HD	0.207	0.037	0.057	-0.312	0.032	-0.116	1.000						
HP	0.027	0.256	0.263	-0.073	-0.123	0.019	-0.106	1.000					
HSP	0.215	-0.228	0.012	0.097	-0.420*	-0.310	0.505**	0.045	1.000				
HS	-0.077	-0.180	0.224	-0.342*	0.518	0.304	0.159	-0.421*	-0.361*	1.000			
HW	0.360	0.014	-0.221	-0.401*	-0.008	-0.722**	0.294	-0.222	0.045	0.218	1.000		

ตารางที่ 24 (ต่อ)

	H50F	N50F	D50F	HH	BH	NH	DH	NP	NSP	NS	SW	100S	YIELD
100S	0.321	0.139	-0.546**	-0.234	-0.255	-0.772**	0.017	-0.202	-0.057	-0.067	0.654**	1.000	
YIELD	0.102	0.191	-0.404*	-0.534**	-0.020	-0.663**	0.323*	-0.165	0.060	0.117	0.814**	0.676**	1.000

หมายเหตุ * และ ** = มีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P < 0.05$ และ $P < 0.01$ ตามลำดับ

H50F = ความสูงของต้นที่ระยะออกดอก 50 เปอร์เซ็นต์

D50F = วันออกดอก 50 เปอร์เซ็นต์

BH = จำนวนกิ่งต่อต้นที่ระยะเก็บเกี่ยว

DH = วันเก็บเกี่ยว

NSP = จำนวนเมล็ดต่อฝัก

SW = น้ำหนักเมล็ดต่อต้น

Yield = ผลผลิตต่อไร่

N50F = จำนวนข้อต่อต้นที่ระยะออกดอก 50 เปอร์เซ็นต์

HH = ความสูงของต้นที่ระยะเก็บเกี่ยว

NH = จำนวนข้อต่อต้นที่ระยะเก็บเกี่ยว

NP = จำนวนฝักต่อต้น

NS = จำนวนเมล็ดต่อต้น

100S = น้ำหนัก 100 เมล็ด

การวิเคราะห์เส้นทางความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบผลผลิต และลักษณะทางการเกษตรที่มีต่อผลผลิตของถั่วเหลือง 10 พันธุ์/สายพันธุ์

การศึกษาครั้งนี้ได้ประเมินค่าความสัมพันธ์ขององค์ประกอบผลผลิต และลักษณะทางการเกษตร โดยพิจารณาจากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) เพื่อบ่งบอกถึงลักษณะความสัมพันธ์ที่เกิดขึ้นว่าเป็นไปในทางเดียวกัน หรือในทางตรงกันข้าม แต่เนื่องจากลักษณะที่ศึกษาตามวิธีข้างต้นบอกเพียงอิทธิพลรวม (total effect) ว่าแต่ละลักษณะมีความสัมพันธ์กันอย่างไร แต่ไม่สามารถบอกถึงอิทธิพลทางตรง (direct effect) และอิทธิพลทางอ้อม (indirect effect) ผ่านลักษณะอื่นๆ (ชูศักดิ์, 2551) ดังนั้นการศึกษาความสัมพันธ์นอกจากการพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แล้วยังใช้วิธี Path Analysis เพื่อให้เกิดความเข้าใจถึงความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะต่างๆ ได้ดียิ่งขึ้น

จากการทดลอง พบว่า ลักษณะที่เป็นตัวกำหนดผลผลิตทั้ง 2 ฤดูปลูกคือ จำนวนฝักต่อต้น จำนวนเมล็ดต่อฝัก จำนวนเมล็ดต่อต้น น้ำหนักเมล็ดต่อต้น น้ำหนัก 100 เมล็ด วันออกดอก 50 เปอร์เซ็นต์ ความสูงของต้นที่ระยะเก็บเกี่ยว จำนวนกิ่งต่อต้นที่ระยะเก็บเกี่ยว จำนวนข้อต่อต้นที่ระยะเก็บเกี่ยว และวันเก็บเกี่ยว เมื่อวิเคราะห์เส้นทางความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะที่กล่าวมา โดยรวมค่าอิทธิพลทางตรงในฤดูฝนจะมากกว่าในฤดูแล้งแทบทุกลักษณะ (ตารางที่ 25) และเมื่อวิเคราะห์แยกระหว่างองค์ประกอบผลผลิตกับผลผลิต พบว่า ในฤดูฝนค่าอิทธิพลทางตรงก็ยังสูงกว่าในฤดูแล้ง และมีค่าที่เด่นชัดมากขึ้น เช่นเดียวกับการวิเคราะห์แยกระหว่างลักษณะทางการเกษตรกับผลผลิตในฤดูฝนค่าอิทธิพลทางตรงก็ยังสูงกว่าในฤดูแล้ง และมีค่าที่เด่นชัดมากขึ้น หมายความว่าลักษณะต่างๆ ในฤดูฝนใช้เป็นเกณฑ์ในการคัดเลือกได้ดีกว่า เนื่องจากมีค่าอิทธิพลทางตรงที่เด่นชัดกว่าในทุกลักษณะ ซึ่งได้ผลดังนี้

ตารางที่ 25 อิทธิพลทางตรงของลักษณะต่างๆ ที่มีต่อผลผลิตของถั่วเหลือง 10 สายพันธุ์/พันธุ์
ใน 2 ฤดูปลูก คือ ฤดูฝน (ก.ค.-ต.ค.52) และฤดูแล้ง (ธ.ค.52-มี.ค.53)

ลักษณะ	ลักษณะทางการเกษตร		องค์ประกอบผลผลิต		ลักษณะทางการเกษตร และองค์ประกอบผลผลิต	
	ฤดูฝน	ฤดูแล้ง	ฤดูฝน	ฤดูแล้ง	ฤดูฝน	ฤดูแล้ง
D50F	-7.86	-0.46	-	-	2.72	-1.00
HH	-15.86	-0.45	-	-	1.83	-1.18
BH	-2.72	-0.29	-	-	-1.37	-0.57
NH	17.96	-0.40	-	-	-0.37	-0.36
DH	13.35	0.49	-	-	-3.67	0.50
NP	-	-	24.45	0.27	3.53	-0.46
NSP	-	-	4.92	0.11	0.03	0.21
NS	-	-	-16.42	-0.07	-2.92	0.32
SW	-	-	-13.38	0.62	0.96	0.26
100S	-	-	6.81	0.39	3.53	-0.46

หมายเหตุ D50F= วันออกดอก 50 เปอร์เซ็นต์

HH = ความสูงของต้นที่ระยะเก็บเกี่ยว

BH = จำนวนกิ่งต่อต้นที่ระยะเก็บเกี่ยว

NH = จำนวนข้อต่อต้นที่ระยะเก็บเกี่ยว

DH = วันเก็บเกี่ยว

NP = จำนวนฝักต่อต้น

NSP = จำนวนเมล็ดต่อฝัก

NS = จำนวนเมล็ดต่อต้น

SW = น้ำหนักเมล็ดต่อต้น

100S = น้ำหนัก 100 เมล็ด

ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนฝักต่อต้นกับผลผลิต

จากการวิเคราะห์เส้นทางความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนฝักต่อต้นกับผลผลิตในฤดูฝน พบว่าจำนวนฝักต่อต้นมีอิทธิพลทางตรงต่อผลผลิตสูงถึง 24.45 (ตารางที่ 26) และมีอิทธิพลทางอ้อมผ่านจำนวนเมล็ดต่อฝัก จำนวนเมล็ดต่อต้น น้ำหนักเมล็ดต่อต้น และน้ำหนัก 100 เมล็ดเท่ากับ -4.55, 19.14, 14.84 และ -6.58 ตามลำดับ ส่วนในฤดูแล้ง พบว่าจำนวนฝักต่อต้นมีอิทธิพลทางตรงต่อผลผลิตค่อนข้างต่ำ 0.27 และมีอิทธิพลทางอ้อมผ่านจำนวนเมล็ดต่อฝัก จำนวนเมล็ดต่อต้น น้ำหนักเมล็ดต่อต้น และน้ำหนัก 100 เมล็ดเพียงเล็กน้อยคือ -0.06, 0.16, 0.08 และ 0.02 ตามลำดับ

การที่พบว่าถั่วเหลืองที่ปลูกในฤดูฝน จำนวนฝักต่อต้นมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์กับผลผลิต มีค่าเป็นบวกสูง (0.657**) และมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อวิเคราะห์เส้นทางความสัมพันธ์พบว่า มีอิทธิพลทางตรงสูงและเป็นบวก นอกจากนี้ยังมี h_b^2 ในระดับสูง (0.805) จึงกล่าวได้ว่าสามารถใช้จำนวนฝักต่อต้นเป็นเกณฑ์การคัดเลือกผลผลิตถั่วเหลืองได้เป็นอย่างดีในฤดูฝน เช่นเดียวกับ นัฐภัทร์ (2546) และ Gai and You (1997) ที่พบว่าจำนวนฝักต่อต้นใช้เป็นเกณฑ์ในการคัดเลือกผลผลิตได้ดีกว่าการคัดเลือกจากผลผลิตโดยตรง

ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนเมล็ดต่อฝักกับผลผลิต

ลักษณะผลผลิตกับจำนวนเมล็ดต่อฝักมีสหสัมพันธ์กันค่อนข้างต่ำในฤดูฝน (-0.19) และไม่มีความนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อพิจารณาจากการวิเคราะห์เส้นทางความสัมพันธ์ กลับพบว่า ในฤดูฝนจำนวนเมล็ดต่อฝักมีอิทธิพลทางตรงต่อผลผลิต 4.92 สูงกว่าอิทธิพลรวม (-0.190) เนื่องจากมีอิทธิพลทางอ้อมที่เป็นลบผ่านจำนวนฝักต่อต้น น้ำหนักเมล็ดต่อต้น และน้ำหนัก 100 เมล็ดเท่ากับ -0.92, -4.95 และ -1.45 ตามลำดับ (ตารางที่ 26) ส่งผลให้ความสัมพันธ์ของจำนวนเมล็ดต่อฝักกับผลผลิตเป็นไปในทางลบ โดยเกิดจากอิทธิพลทางอ้อมผ่านจำนวนฝักต่อต้น น้ำหนักเมล็ดต่อต้น และน้ำหนัก 100 เมล็ด นอกจากนี้ยังมีอิทธิพลทางอ้อมที่เป็นบวกผ่านจำนวนเมล็ดต่อต้น (0.82)

ส่วนในฤดูแล้ง พบว่าจำนวนเมล็ดต่อฝักมีสหสัมพันธ์กับผลผลิตค่อนข้างต่ำ (0.06) และไม่มีความนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อพิจารณาจากการวิเคราะห์เส้นทางความสัมพันธ์จำนวนเมล็ดต่อฝักมีอิทธิพลทางตรงต่อผลผลิตค่อนข้างต่ำคือ 0.11 และมีอิทธิพลทางอ้อมผ่านจำนวนฝักต่อต้น จำนวน

เมล็ดต่อต้น น้ำหนักเมล็ดต่อต้น และน้ำหนัก 100 เมล็ดเพียงเล็กน้อยคือ -0.03, 0.03, -0.04 และ -0.03 ตามลำดับ

ดังนั้นในการคัดเลือกพันธุ์/สายพันธุ์ถั่วเหลือง หากใช้จำนวนเมล็ดต่อฝักเป็นเกณฑ์สามารถทำได้ในฤดูฝน เพราะมีค่าอิทธิพลทางตรง และอิทธิพลทางอ้อมที่ชัดเจนกว่า แต่มีค่า h_b^2 ต่ำมาก (-0.224) แสดงว่าจำนวนเมล็ดต่อฝักได้รับอิทธิพลจากสภาพแวดล้อมสูงมาก ความสามารถในการถ่ายทอดลักษณะจำนวนเมล็ดต่อฝักไปยังชั่วลูกชั่วหลานเป็นไปได้้น้อยมาก จึงควรพิจารณาลักษณะอื่นเช่น จำนวนเมล็ดต่อต้น และน้ำหนักเมล็ดต่อต้นควบคู่ไปด้วย ซึ่งจะทำให้ประสิทธิภาพในการคัดเลือกดีขึ้น

ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนเมล็ดต่อต้นกับผลผลิต

จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของผลผลิตกับจำนวนเมล็ดต่อต้น พบว่า มีสหสัมพันธ์กันในทางบวก (0.326*) และแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเฉพาะในฤดูฝน (ตารางที่ 21) จากการวิเคราะห์เส้นทางความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนเมล็ดต่อต้นกับผลผลิตทำให้เข้าใจได้ชัดเจนว่าจำนวนเมล็ดต่อต้นมีอิทธิพลทางตรงต่อผลผลิตสูงถึง -16.42 และมีอิทธิพลทางอ้อมเป็นลบผ่านจำนวนฝักต่อต้นค่อนข้างสูงเช่นกัน (-12.85) (ตารางที่ 26) นอกจากนี้ยังมี h_b^2 ในระดับสูง (0.785) จึงกล่าวได้ว่าสามารถใช้จำนวนเมล็ดต่อต้นเป็นเกณฑ์การคัดเลือกผลผลิตถั่วเหลืองได้ในฤดูฝน แต่ต้องดูจำนวนฝักต่อต้นควบคู่กันไปด้วย

ส่วนในฤดูแล้งมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์กันในทางบวก (0.117) แต่ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อพิจารณาจากการวิเคราะห์เส้นทางความสัมพันธ์ พบว่า จำนวนเมล็ดต่อต้นมีอิทธิพลทางตรงต่อผลผลิตค่อนข้างต่ำคือ -0.07 และมีอิทธิพลทางอ้อมผ่านจำนวนฝักต่อต้น จำนวนเมล็ดต่อฝัก น้ำหนักเมล็ดต่อต้น และน้ำหนัก 100 เมล็ดเพียงเล็กน้อยคือ -0.04, -0.02, 0.001 และ 0.01 ตามลำดับ (ตารางที่ 27) จากการทดลองในฤดูแล้งจำนวนเมล็ดต่อต้นให้ค่าอิทธิพลทางตรง และอิทธิพลทางอ้อมไม่แตกต่างกัน จึงควรใช้ลักษณะนี้เป็นเกณฑ์ในการคัดเลือกในฤดูแล้ง

ตารางที่ 26 การวิเคราะห์เส้นทางความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบผลผลิตกับผลผลิตของ
ถั่วเหลือง 10 พันธุ์/สายพันธุ์ ที่ปลูกใน 2 ฤดูปลูก

เส้นทางความสัมพันธ์	ฤดูฝน	ฤดูแล้ง
ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนฝักต่อต้นกับผลผลิต		
อิทธิพลทางตรงของจำนวนฝักต่อต้น	24.45	0.27
อิทธิพลทางอ้อมผ่านจำนวนเมล็ดต่อฝัก	-4.55	-0.06
อิทธิพลทางอ้อมผ่านจำนวนเมล็ดต่อต้น	19.14	0.16
อิทธิพลทางอ้อมผ่านน้ำหนักเมล็ดต่อต้น	14.84	0.08
อิทธิพลทางอ้อมผ่านน้ำหนัก 100 เมล็ด	-6.58	0.02
อิทธิพลรวม	0.657**	-0.165
ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนเมล็ดต่อฝักกับผลผลิต		
อิทธิพลทางตรงของจำนวนเมล็ดต่อฝัก	4.92	0.11
อิทธิพลทางอ้อมผ่านจำนวนฝักต่อต้น	-0.92	-0.03
อิทธิพลทางอ้อมผ่านจำนวนเมล็ดต่อต้น	0.82	0.03
อิทธิพลทางอ้อมผ่านน้ำหนักเมล็ดต่อต้น	-4.95	-0.04
อิทธิพลทางอ้อมผ่านน้ำหนัก 100 เมล็ด	-1.45	-0.03
อิทธิพลรวม	-0.190	0.060
ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนเมล็ดต่อต้นกับผลผลิต		
อิทธิพลทางตรงของจำนวนเมล็ดต่อต้น	-16.42	-0.07
อิทธิพลทางอ้อมผ่านจำนวนฝักต่อต้น	-12.85	-0.04
อิทธิพลทางอ้อมผ่านจำนวนเมล็ดต่อฝัก	-2.74	-0.02
อิทธิพลทางอ้อมผ่านน้ำหนักเมล็ดต่อต้น	0.51	0.001
อิทธิพลทางอ้อมผ่านน้ำหนัก 100 เมล็ด	8.76	0.01
อิทธิพลรวม	0.326*	0.117

ตารางที่ 26 (ต่อ)

เส้นทางความสัมพันธ์	ฤดูฝน	ฤดูแล้ง
ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักเมล็ดต่อต้นกับผลผลิต		
อิทธิพลทางตรงของน้ำหนักเมล็ดต่อต้น	-13.38	0.62
อิทธิพลทางอ้อมผ่านจำนวนฝักต่อต้น	-8.12	0.18
อิทธิพลทางอ้อมผ่านจำนวนเมล็ดต่อฝัก	13.45	-0.25
อิทธิพลทางอ้อมผ่านจำนวนเมล็ดต่อต้น	0.41	0.01
อิทธิพลทางอ้อมผ่านน้ำหนัก 100 เมล็ด	-7.49	0.42
อิทธิพลรวม	0.684**	0.814**
ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนัก 100 เมล็ดกับผลผลิต		
อิทธิพลทางตรงของน้ำหนัก 100 เมล็ด	6.81	0.39
อิทธิพลทางอ้อมผ่านจำนวนฝักต่อต้น	-1.83	0.02
อิทธิพลทางอ้อมผ่านจำนวนเมล็ดต่อฝัก	-2.00	-0.10
อิทธิพลทางอ้อมผ่านจำนวนเมล็ดต่อต้น	-3.64	-0.04
อิทธิพลทางอ้อมผ่านน้ำหนักเมล็ดต่อต้น	3.81	0.27
อิทธิพลรวม	0.019	0.676**

หมายเหตุ ** = มีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P < 0.05$ และ $P < 0.01$ ตามลำดับ

ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักเมล็ดต่อต้นกับผลผลิต

ถั่วเหลืองที่ปลูกในฤดูฝน พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักเมล็ดต่อต้นกับผลผลิตมีค่าเป็นบวกสูง (0.684**) และมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 21) กล่าวได้ว่าถั่วเหลืองที่มีน้ำหนักเมล็ดต่อต้นมากมีแนวโน้มที่จะให้ผลผลิตสูงขึ้น จากการวิเคราะห์เส้นทางความสัมพันธ์พบว่า น้ำหนักเมล็ดต่อต้น มีอิทธิพลทางตรงต่อผลผลิตสูง -13.38 เมื่อเทียบกับอิทธิพลรวม (0.684**) เนื่องจากมีอิทธิพลทางอ้อมผ่านจำนวนฝักต่อต้น จำนวนเมล็ดต่อฝัก จำนวนเมล็ดต่อต้น และน้ำหนัก 100 เมล็ด เท่ากับ -8.12, 13.45, 0.41 และ -7.49 ตามลำดับ (ตารางที่ 26)

ส่วนในฤดูแล้ง ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักเมล็ดต่อต้นกับผลผลิตมีค่าเป็นบวกสูง (0.814**) และมีนัยสำคัญทางสถิติ กล่าวได้ว่าถั่วเหลืองที่มีน้ำหนักเมล็ดต่อต้นมากมีแนวโน้มที่จะให้ผลผลิตสูงขึ้น จากการวิเคราะห์เส้นทางความสัมพันธ์ กลับพบว่า น้ำหนักเมล็ดต่อต้นมีอิทธิพลทางตรงต่อผลผลิตค่อนข้างต่ำ 0.62 และมีอิทธิพลทางอ้อมผ่านจำนวนฝักต่อต้น จำนวนเมล็ดต่อฝัก จำนวนเมล็ดต่อต้น และน้ำหนัก 100 เมล็ด เพียงเล็กน้อยคือ 0.18, -0.25, 0.01 และ 0.42 ตามลำดับ

ดังนั้นในการคัดเลือกพันธุ์/สายพันธุ์ถั่วเหลือง หากใช้น้ำหนักเมล็ดต่อต้นเป็นเกณฑ์สามารถทำได้ในฤดูฝน เพราะมีค่าอิทธิพลทางตรง และอิทธิพลทางอ้อมที่เด่นชัดกว่า แต่ควรพิจารณาลักษณะอื่นเช่น จำนวนฝักต่อต้น จำนวนเมล็ดต่อฝัก และน้ำหนัก 100 เมล็ดประกอบไปด้วยเนื่องจากน้ำหนักเมล็ดต่อต้นค่อนข้างมีความแปรปรวนต่อสภาพแวดล้อม

ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนัก 100 เมล็ดกับผลผลิต

จากการวิเคราะห์ลักษณะที่เป็นตัวกำหนดผลผลิต พบว่า ในฤดูฝนน้ำหนัก 100 เมล็ด ซึ่งมีรายงานว่าเป็นตัวกำหนดผลผลิตปัจจัยหนึ่ง แต่ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (0.019) (ตารางที่ 21) เมื่อวิเคราะห์เส้นทางความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนัก 100 เมล็ดกับผลผลิต กลับพบว่าในฤดูฝน น้ำหนัก 100 เมล็ดมีอิทธิพลทางตรงต่อผลผลิตสูง (6.81) เมื่อเทียบกับอิทธิพลรวม (0.019) และมีอิทธิพลทางอ้อมที่เป็นบวกผ่านน้ำหนักเมล็ดต่อต้น (3.81) นอกจากนี้ยังมีอิทธิพลทางอ้อมที่เป็นลบผ่านจำนวนฝักต่อต้น จำนวนเมล็ดต่อฝัก และจำนวนเมล็ดต่อต้น เท่ากับ -1.83, -2.00 และ -3.64 ตามลำดับ (ตารางที่ 26) แสดงว่าผลผลิตจะเพิ่มขึ้น เมื่อน้ำหนัก 100 เมล็ดเพิ่มขึ้น

ส่วนในฤดูแล้งค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนัก 100 เมล็ดกับผลผลิตมีค่าเป็นบวก และมีนัยสำคัญทางสถิติ (0.676**) แสดงว่าน้ำหนัก 100 เมล็ดเพิ่ม ผลผลิตจะเพิ่มตามไปด้วย เมื่อวิเคราะห์เส้นทางความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนัก 100 เมล็ดกับผลผลิต กลับพบว่า น้ำหนัก 100 เมล็ดมีอิทธิพลทางตรงต่อผลผลิตค่อนข้างต่ำ 0.39 และมีอิทธิพลทางอ้อมผ่านจำนวนฝักต่อต้น จำนวนเมล็ดต่อฝักจำนวนเมล็ดต่อต้น และน้ำหนักเมล็ดต่อต้น เพียงเล็กน้อยคือ 0.02, -0.10, -0.04 และ 0.27 ตามลำดับ

ดังนั้นในการคัดเลือกพันธุ์/สายพันธุ์ถั่วเหลือง หากใช้น้ำหนัก 100 เมล็ดเป็นเกณฑ์สามารถทำได้ในฤดูฝน เพราะมีค่าอิทธิพลทางตรง และอิทธิพลทางอ้อมที่ชัดเจนกว่า แต่ควรพิจารณาลักษณะอื่นเช่น น้ำหนักเมล็ดต่อต้น ประกอบไปด้วยเนื่องจากน้ำหนัก 100 เมล็ดค่อนข้างมีความแปรปรวนต่อสภาพแวดล้อม ทั้งนี้ Frank and Fehr (1981) ใช้ความกว้างของฝักเป็นเกณฑ์การคัดเลือกเพื่อเพิ่มน้ำหนักเมล็ด แทนการคัดเลือกน้ำหนักเมล็ด โดยตรง พบว่า ความกว้างของฝักมีประสิทธิภาพในการคัดเลือกดีกว่า

ความสัมพันธ์ระหว่างวันออกดอก 50 เปอร์เซ็นต์กับผลผลิต

ถั่วเหลืองที่ปลูกในฤดูฝน พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างวันออกดอก 50 เปอร์เซ็นต์กับผลผลิตมีค่าเป็นบวก (0.347*) และมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 21) กล่าวได้ว่าถั่วเหลืองที่มีวันออกดอก 50 เปอร์เซ็นต์ที่ยาวนานจะให้ผลผลิตสูงขึ้น จากการวิเคราะห์เส้นทางความสัมพันธ์ พบว่าวันออกดอก 50 เปอร์เซ็นต์มีอิทธิพลทางตรงต่อผลผลิตสูง -7.86 เมื่อเทียบกับอิทธิพลรวม (0.347*) และมีอิทธิพลทางอ้อมผ่านความสูงของต้นที่ระยะเก็บเกี่ยว จำนวนกิ่งต่อต้นที่ระยะเก็บเกี่ยว จำนวนข้อต่อต้นที่ระยะเก็บเกี่ยว และวันเก็บเกี่ยว เท่ากับ 1.30, -0.89, 2.12 และ -6.35 ตามลำดับ (ตารางที่ 27)

ส่วนในฤดูแล้ง พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างวันออกดอก 50 เปอร์เซ็นต์กับผลผลิตมีค่าเป็นลบ (-0.404*) และมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 16) กล่าวได้ว่าถั่วเหลืองที่มีวันออกดอก 50 เปอร์เซ็นต์เร็วจะให้ผลผลิตสูงขึ้น จากการวิเคราะห์เส้นทางความสัมพันธ์ กลับพบว่า วันออกดอก 50 เปอร์เซ็นต์มีอิทธิพลทางตรงต่อผลผลิตค่อนข้างต่ำ -0.46 และมีอิทธิพลทางอ้อมผ่านความสูงของต้นที่ระยะเก็บเกี่ยว จำนวนกิ่งต่อต้นที่ระยะเก็บเกี่ยว จำนวนข้อต่อต้นที่ระยะเก็บเกี่ยว และวันเก็บเกี่ยวเพียงเล็กน้อยคือ 0.01, -0.16, -0.34 และ 0.31 ตามลำดับ

ดังนั้นในการคัดเลือกพันธุ์/สายพันธุ์ถั่วเหลือง หากใช้วันออกดอก 50 เปอร์เซ็นต์เป็นเกณฑ์ สามารถทำได้ในฤดูฝน เพราะมีค่าอิทธิพลทางตรง และอิทธิพลทางอ้อมที่ชัดเจนกว่า แต่ควรพิจารณาลักษณะอื่นเช่น จำนวนข้อต่อต้นที่ระยะเก็บเกี่ยว และวันเก็บเกี่ยวประกอบไปด้วยเนื่องจาก วันออกดอก 50 เปอร์เซ็นต์ค่อนข้างมีความแปรปรวนต่อสภาพแวดล้อม

ความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของต้นที่ระยะเก็บเกี่ยวกับผลผลิต

ถั่วเหลืองที่ปลูกในฤดูฝน พบว่า ความสูงของต้นที่ระยะเก็บเกี่ยวไม่มีสหสัมพันธ์กับผลผลิต เนื่องจากความสูงของต้นที่ระยะเก็บเกี่ยวของถั่วเหลืองได้รับอิทธิพลจากสภาพแวดล้อม จากการวิเคราะห์เส้นทางความสัมพันธ์ กลับพบว่า ความสูงของต้นที่ระยะเก็บเกี่ยว มีอิทธิพลทางตรงต่อผลผลิตสูง -15.86 เมื่อเทียบกับอิทธิพลรวม (0.239) เนื่องจากมีอิทธิพลทางอ้อมผ่านวันออกดอก 50 เปอร์เซ็นต์ จำนวนกิ่งต่อต้นที่ระยะเก็บเกี่ยว จำนวนข้อต่อต้นที่ระยะเก็บเกี่ยว และวันเก็บเกี่ยว เท่ากับ 2.62, -4.23, -14.06 และ 0.27 ตามลำดับ (ตารางที่ 27)

ส่วนในฤดูแล้ง พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างความสูงของต้นที่ระยะเก็บเกี่ยวกับผลผลิตมีค่าเป็นลบ (-0.534**) และมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 16) กล่าวได้ว่าถั่วเหลืองที่มีความสูงของต้นที่ระยะเก็บเกี่ยวสูงจะให้ผลผลิตสูงขึ้น จากการวิเคราะห์เส้นทางความสัมพันธ์ กลับพบว่าความสูงของต้นที่ระยะเก็บเกี่ยว มีอิทธิพลทางตรงต่อผลผลิตค่อนข้างต่ำ -0.45 และมีอิทธิพลทางอ้อมผ่านวันออกดอก 50 เปอร์เซ็นต์ จำนวนกิ่งต่อต้นที่ระยะเก็บเกี่ยว จำนวนข้อต่อต้นที่ระยะเก็บเกี่ยว และวันเก็บเกี่ยวเพียงเล็กน้อยคือ 0.01, -0.24, -0.07 และ 0.44 ตามลำดับ

ดังนั้นในการคัดเลือกพันธุ์/สายพันธุ์ถั่วเหลือง หากใช้ความสูงของต้นที่ระยะเก็บเกี่ยว เป็นเกณฑ์สามารถทำได้ในฤดูฝน เพราะมีค่าอิทธิพลทางตรง และอิทธิพลทางอ้อมที่ชัดเจนกว่า แต่ควรพิจารณาลักษณะอื่นเช่น จำนวนข้อต่อต้นที่ระยะเก็บเกี่ยว ประกอบไปด้วยเนื่องจากความสูงของต้นที่ระยะเก็บเกี่ยว ค่อนข้างมีความแปรปรวนต่อสภาพแวดล้อม

ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนกิ่งต่อต้นที่ระยะเก็บเกี่ยวเกี่ยวกับผลผลิต

ถั่วเหลืองที่ปลูกในฤดูฝน พบว่า จำนวนกิ่งต่อต้นที่ระยะเก็บเกี่ยวไม่มีสหสัมพันธ์กับผลผลิต จากการวิเคราะห์เส้นทางความสัมพันธ์ กลับพบว่าจำนวนกิ่งต่อต้นที่ระยะเก็บเกี่ยวมีอิทธิพลทางตรงต่อผลผลิต -2.72 และมีอิทธิพลทางอ้อมผ่านวันออกดอก 50 เปอร์เซ็นต์ ความสูงของต้นที่ระยะเก็บเกี่ยว จำนวนข้อต่อต้นที่ระยะเก็บเกี่ยว และวันเก็บเกี่ยว เท่ากับ -0.31 , -0.73 , -1.22 และ -0.01 ตามลำดับ (ตารางที่ 27)

ส่วนในฤดูแล้ง พบว่า จำนวนกิ่งต่อต้นที่ระยะเก็บเกี่ยวไม่มีสหสัมพันธ์กับผลผลิต จากการวิเคราะห์เส้นทางความสัมพันธ์ กลับพบว่าจำนวนกิ่งต่อต้นที่ระยะเก็บเกี่ยวมีอิทธิพลทางตรงต่อผลผลิตค่อนข้างต่ำ -0.29 และมีอิทธิพลทางอ้อมผ่านวันออกดอก 50 เปอร์เซ็นต์ ความสูงของต้นที่ระยะเก็บเกี่ยว จำนวนข้อต่อต้นที่ระยะเก็บเกี่ยว และวันเก็บเกี่ยวเพียงเล็กน้อยคือ -0.10 , 0.16 , -0.11 และ -0.22 ตามลำดับ

ดังนั้นในการคัดเลือกพันธุ์/สายพันธุ์ถั่วเหลือง หากใช้จำนวนกิ่งต่อต้นที่ระยะเก็บเกี่ยวเป็นเกณฑ์สามารถทำได้ในฤดูฝน เพราะมีค่าอิทธิพลทางตรง และอิทธิพลทางอ้อมที่ชัดเจนกว่า แต่ควรพิจารณาลักษณะอื่นเช่น จำนวนกิ่งต่อต้นที่ระยะเก็บเกี่ยวประกอบไปด้วย ซึ่งจะทำให้ประสิทธิภาพในการคัดเลือกดีขึ้น

ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนข้อต่อต้นที่ระยะเก็บเกี่ยวเกี่ยวกับผลผลิต

ถั่วเหลืองที่ปลูกในฤดูฝน พบว่า จำนวนข้อต่อต้นที่ระยะเก็บเกี่ยวไม่มีสหสัมพันธ์กับผลผลิต เนื่องจากจำนวนข้อต่อต้นของถั่วเหลืองได้รับอิทธิพลจากสภาพแวดล้อม จากการวิเคราะห์เส้นทางความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนข้อต่อต้นที่ระยะเก็บเกี่ยวเกี่ยวกับผลผลิต กลับพบว่า จำนวนข้อต่อต้นที่ระยะเก็บเกี่ยวมีอิทธิพลทางตรงต่อผลผลิตสูง 17.96 และมากกว่าอิทธิพลรวม (-0.087) เนื่องจากมีอิทธิพลทางอ้อมที่เป็นบวกผ่านความสูงของต้นที่ระยะเก็บเกี่ยว (15.92) และจำนวนกิ่งต่อต้นที่ระยะเก็บเกี่ยว (8.02) ในขณะที่มีอิทธิพลทางอ้อมที่เป็นลบผ่านทางวันออกดอก 50 เปอร์เซ็นต์ (-4.85) และวันเก็บเกี่ยว (-6.53) (ตารางที่ 27)

ส่วนในฤดูแล้ง พบว่า มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างจำนวนข้อต่อต้นที่ระยะเก็บเกี่ยวกับผลผลิตมีค่าในทางลบสูง (-0.663^{**}) และมีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงว่า จำนวนข้อต่อต้นน้อยผลผลิตจะมากขึ้น จากการวิเคราะห์เส้นทางความสัมพันธ์ กลับพบว่า จำนวนข้อต่อต้นที่ระยะเก็บเกี่ยวมีอิทธิพลทางตรงต่อผลผลิตค่อนข้างต่ำ -0.40 และมีอิทธิพลทางอ้อมผ่านวันออกดอก 50 เปอร์เซ็นต์ ความสูงของต้นที่ระยะเก็บเกี่ยว จำนวนกิ่งต่อต้นที่ระยะเก็บเกี่ยว และวันเก็บเกี่ยวเพียงเล็กน้อยคือ -0.29 , -0.06 , -0.15 และ -0.15 ตามลำดับ

ดังนั้นในการคัดเลือกพันธุ์/สายพันธุ์ถั่วเหลือง หากใช้จำนวนข้อต่อต้นที่ระยะเก็บเกี่ยวเป็นเกณฑ์สามารถทำได้ในฤดูฝน เพราะมีค่าอิทธิพลทางตรง และอิทธิพลทางอ้อมที่ชัดเจนกว่า แต่ควรพิจารณาลักษณะอื่นเช่น ความสูงของต้นที่ระยะเก็บเกี่ยว และจำนวนกิ่งต่อต้นที่ระยะเก็บเกี่ยวประกอบไปด้วย ซึ่งจะทำให้ประสิทธิภาพในการคัดเลือกดีขึ้น

ความสัมพันธ์ระหว่างวันเก็บเกี่ยวกับผลผลิต

ถั่วเหลืองที่ปลูกในฤดูฝน พบว่า มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างวันเก็บเกี่ยวกับผลผลิตมีค่าในทางบวกสูง (0.631^{**}) และมีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงว่า วันเก็บเกี่ยวที่ยาวนานผลผลิตจะมากขึ้น จากการวิเคราะห์เส้นทางความสัมพันธ์ พบว่าวันเก็บเกี่ยวมีอิทธิพลทางตรงต่อผลผลิตสูง 13.35 เมื่อเทียบกับอิทธิพลรวม (0.631^{**}) เนื่องจากมีอิทธิพลทางอ้อมผ่านวันออกดอก 50 เปอร์เซ็นต์ ความสูงของต้นที่ระยะเก็บเกี่ยว จำนวนกิ่งต่อต้นที่ระยะเก็บเกี่ยว และจำนวนข้อต่อต้นที่ระยะเก็บเกี่ยว เท่ากับ 10.78 , -0.23 , 0.06 และ -4.85 ตามลำดับ (ตารางที่ 27)

ส่วนในฤดูแล้ง พบว่า วันเก็บเกี่ยวไม่มีสหสัมพันธ์กับผลผลิต เนื่องจากวันเก็บเกี่ยวของถั่วเหลืองได้รับอิทธิพลจากสภาพแวดล้อม จากการวิเคราะห์เส้นทางความสัมพันธ์ระหว่างวันเก็บเกี่ยวกับผลผลิต พบว่า วันเก็บเกี่ยวมีอิทธิพลทางตรงต่อผลผลิตค่อนข้างต่ำ 0.49 และมีอิทธิพลทางอ้อมผ่านวันออกดอก 50 เปอร์เซ็นต์ ความสูงของต้นที่ระยะเก็บเกี่ยว จำนวนกิ่งต่อต้นที่ระยะเก็บเกี่ยว และจำนวนข้อต่อต้นที่ระยะเก็บเกี่ยว เพียงเล็กน้อยคือ 0.32 , -0.48 , -0.36 และ 0.18 ตามลำดับ

ดังนั้นในการคัดเลือกพันธุ์/สายพันธุ์ถั่วเหลือง หากใช้วันเก็บเกี่ยวเป็นเกณฑ์สามารถทำได้ในฤดูฝน เพราะมีค่าอิทธิพลทางตรง และอิทธิพลทางอ้อมที่ชัดเจนกว่า แต่ควรพิจารณาลักษณะอื่น เช่น วันออกดอก 50 เปอร์เซ็นต์ ประกอบไปด้วย ซึ่งจะทำให้ประสิทธิภาพในการคัดเลือกดีขึ้น

ตารางที่ 27 การวิเคราะห์เส้นทางความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะทางการเกษตรกับผลผลิตของถั่วเหลือง 10 พันธุ์/สายพันธุ์ ที่ปลูกใน 2 ฤดูปลูก

เส้นทางความสัมพันธ์	ฤดูฝน	ฤดูแล้ง
ความสัมพันธ์ระหว่างวันออกดอก 50 เปอร์เซ็นต์กับผลผลิต		
อิทธิพลทางตรงของวันออกดอก 50 เปอร์เซ็นต์	-7.86	-0.46
อิทธิพลทางอ้อมผ่านความสูงของต้นที่ระยะเก็บเกี่ยว	1.30	0.01
อิทธิพลทางอ้อมผ่านจำนวนกิ่งต่อต้นที่ระยะเก็บเกี่ยว	-0.89	-0.16
อิทธิพลทางอ้อมผ่านจำนวนข้อต่อต้นที่ระยะเก็บเกี่ยว	2.12	-0.34
อิทธิพลทางอ้อมผ่านวันเก็บเกี่ยว	-6.35	-0.31
อิทธิพลรวม	0.347*	-0.404*
ความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของต้นที่ระยะเก็บเกี่ยวกับผลผลิต		
อิทธิพลทางตรงของความสูงของต้นที่ระยะเก็บเกี่ยว	-15.86	-0.45
อิทธิพลทางอ้อมผ่านวันออกดอก 50 เปอร์เซ็นต์	2.62	0.01
อิทธิพลทางอ้อมผ่านจำนวนกิ่งต่อต้นที่ระยะเก็บเกี่ยว	-4.23	0.24
อิทธิพลทางอ้อมผ่านจำนวนข้อต่อต้นที่ระยะเก็บเกี่ยว	-14.06	-0.07
อิทธิพลทางอ้อมผ่านวันเก็บเกี่ยว	0.27	0.44
อิทธิพลรวม	0.239	-0.534**
ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนกิ่งต่อต้นที่ระยะเก็บเกี่ยวกับผลผลิต		
อิทธิพลทางตรงของจำนวนกิ่งต่อต้นที่ระยะเก็บเกี่ยว	-2.72	-0.29
อิทธิพลทางอ้อมผ่านวันออกดอก 50 เปอร์เซ็นต์	-0.31	-0.10
อิทธิพลทางอ้อมผ่านความสูงที่ระยะเก็บเกี่ยว	-0.73	0.16
อิทธิพลทางอ้อมผ่านจำนวนข้อที่ระยะเก็บเกี่ยว	-1.22	-0.11
อิทธิพลทางอ้อมผ่านวันเก็บเกี่ยว	-0.01	-0.22
อิทธิพลรวม	0.204	-0.020

ตารางที่ 27 (ต่อ)

เส้นทางความสัมพันธ์	ฤดูฝน	ฤดูแล้ง
ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนข้อต่อต้นที่ระยะเก็บเกี่ยวกับผลผลิต		
อิทธิพลทางตรงของจำนวนข้อต่อต้นที่ระยะเก็บเกี่ยว	17.96	-0.40
อิทธิพลทางอ้อมผ่านวันออกดอก 50 เปอร์เซ็นต์	-4.85	-0.29
อิทธิพลทางอ้อมผ่านความสูงของต้นที่ระยะเก็บเกี่ยว	15.92	-0.06
อิทธิพลทางอ้อมผ่านจำนวนกิ่งต่อต้นที่ระยะเก็บเกี่ยว	8.02	-0.15
อิทธิพลทางอ้อมผ่านวันเก็บเกี่ยว	-6.53	-0.15
อิทธิพลรวม	-0.087	-0.663**
ความสัมพันธ์ระหว่างวันเก็บเกี่ยวกับผลผลิต		
อิทธิพลทางตรงของวันเก็บเกี่ยว	13.35	0.49
อิทธิพลทางอ้อมผ่านวันออกดอก 50 เปอร์เซ็นต์	10.78	0.32
อิทธิพลทางอ้อมผ่านความสูงของต้นที่ระยะเก็บเกี่ยว	-0.23	-0.48
อิทธิพลทางอ้อมผ่านจำนวนกิ่งต่อต้นที่ระยะเก็บเกี่ยว	0.06	0.36
อิทธิพลทางอ้อมผ่านจำนวนข้อต่อต้นที่ระยะเก็บเกี่ยว	-4.85	0.18
อิทธิพลรวม	0.631**	0.323*

หมายเหตุ * และ ** = มีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P < 0.05$ และ $P < 0.01$ ตามลำดับ

สรุป

1. การวิเคราะห์ความแปรปรวนของผลผลิต องค์ประกอบผลผลิต และลักษณะทางการเกษตร พบว่า ถั่วเหลืองทั้ง 10 พันธุ์/สายพันธุ์ ในทั้ง 2 ฤดูปลูกมีความแตกต่างกันแทบทุกลักษณะ ยกเว้น จำนวนเมล็ดต่อฝัก และจำนวนข้อต่อต้นที่ระยะเก็บเกี่ยวในฤดูแล้ง การแสดงออกของผลผลิต องค์ประกอบผลผลิต และลักษณะทางการเกษตร ได้รับอิทธิพลจากสภาพแวดล้อม (ฤดูปลูก) โดยมีความแปรปรวนในฤดูฝนมากกว่าในฤดูแล้ง
2. การประเมินหาค่าความสามารถในการถ่ายทอดทางพันธุกรรมอย่างกว้าง พบว่า ความสูงของต้นที่ระยะออกดอก 50 เปอร์เซ็นต์ จำนวนกิ่งต่อต้นที่ระยะเก็บเกี่ยว วันเก็บเกี่ยว น้ำหนัก 100 เมล็ด และผลผลิต มีค่าสูง ทั้ง 2 ฤดูปลูก ส่วนออกดอก 50 เปอร์เซ็นต์ ความสูงของต้นที่ระยะเก็บเกี่ยว จำนวนข้อต่อต้นที่ระยะเก็บเกี่ยว จำนวนเมล็ดต่อต้น และน้ำหนักเมล็ดต่อต้น มีค่าปานกลางถึงสูง ทั้ง 2 ฤดูปลูก และยัง พบว่า จำนวนฝักต่อต้น และจำนวนข้อต่อต้นที่ระยะออกดอก 50 เปอร์เซ็นต์ มีค่าสูงเฉพาะในฤดูฝน
3. การวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ พบว่า จำนวนเมล็ดต่อต้น น้ำหนักเมล็ดต่อต้น น้ำหนัก 100 เมล็ด และวันเก็บเกี่ยว มีค่าความสัมพันธ์ทางบวกกับผลผลิตทั้ง 2 ฤดูปลูก ในขณะที่ จำนวนข้อต่อต้นที่ระยะเก็บเกี่ยวมีค่าสหสัมพันธ์ทางลบ ส่วนวันออกดอก 50 เปอร์เซ็นต์ ความสูงของต้นที่ระยะเก็บเกี่ยว และจำนวนข้อต่อต้นที่ระยะเก็บเกี่ยว มีความสัมพันธ์กับผลผลิตเฉพาะในฤดูแล้ง
4. การวิเคราะห์เส้นทางความสัมพันธ์ของลักษณะต่างๆ ต่อผลผลิต พบว่า ค่าอิทธิพลทางตรงในฤดูฝนให้ค่าเด่นชัดมากกว่าในฤดูแล้ง แสดงว่าลักษณะองค์ประกอบผลผลิต และลักษณะทางการเกษตรในฤดูฝนสามารถใช้เป็นเกณฑ์ในการคัดเลือกได้ดีกว่า โดยวันออกดอก 50 เปอร์เซ็นต์ ความสูงของต้นที่ระยะเก็บเกี่ยว จำนวนข้อต่อต้นที่ระยะเก็บเกี่ยว วันเก็บเกี่ยว จำนวนฝักต่อต้น จำนวนเมล็ดต่อต้น น้ำหนักเมล็ดต่อต้น และน้ำหนัก 100 เมล็ด มีอิทธิพลทางตรงต่อผลผลิตสูงเฉพาะในฤดูฝน มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเฉพาะวันออกดอก 50 เปอร์เซ็นต์ วันเก็บเกี่ยว จำนวนฝักต่อต้น จำนวนเมล็ดต่อต้น และน้ำหนักเมล็ดต่อต้น และมีค่า h_b^2 ระดับปานกลาง-สูง จึงน่าจะมีประสิทธิภาพในการใช้เป็นเกณฑ์หลักในการคัดเลือก ขณะที่จำนวนกิ่งต่อต้นที่ระยะเก็บเกี่ยว จำนวนเมล็ดต่อฝัก แม้จะมีค่า h_b^2 ในระดับสูง แต่มีอิทธิพล

ทางตรงกับผลผลิตไม่สูงนัก และเจาะจงกับฤดูปลูก การนำมาใช้เป็นเกณฑ์การคัดเลือก จึงควรพิจารณาลักษณะอื่นๆ ที่มีอิทธิพลทางอ้อมประกอบด้วย



เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กรมวิชาการเกษตร. 2547. ถั่วเหลือง. เอกสารวิชาการลำดับที่ 10/2547. สถาบันวิจัยพืชไร่ กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ.

กรมวิชาการเกษตร. 2550. ข้อมูลพืช กรมวิชาการเกษตร. แหล่งที่มา: <http://doa.go.th/>, 4 กรกฎาคม 2551.

กฤษฎา สัมพันธรักษ์. 2528. การปรับปรุงพันธุ์พืช. ภาควิชาพืชไร่นา. คณะเกษตร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

คณาจารย์ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 2547. พืชเศรษฐกิจ. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ชูศักดิ์ จอมพุก. 2551. สถิติการวางแผนการตลาด และการวิเคราะห์ข้อมูลในงานวิจัยด้านพืชไร่ ด้วย R. ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ทิพรรณี เสนะวงค์. 2532. การเปรียบเทียบผลผลิตของสายพันธุ์ถั่วเหลืองโดยการวิเคราะห์เสถียรภาพ 3 วิธี. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ชนะภูมินทร์ สาครศ. 2535. อิทธิพลของวันดอกบานที่มีต่อคุณภาพของเมล็ดพันธุ์และลักษณะที่สำคัญทางการเกษตรบางลักษณะของถั่วเหลืองพันธุ์ส่งเสริม 6 พันธุ์. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

นัฐภัทร์ คำหล้า. 2546. ความแปรปรวนของมวลชีวภาพเพื่อใช้เป็นเกณฑ์การคัดเลือกการให้ผลผลิตของถั่วเหลือง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

นันทิยา พนมจันทร์. 2547. อิทธิพลของพันธุ์และวันปลูกต่อจำนวนเซลล์ในใบเลี้ยง อัตราร และระยะเวลาการสะสมน้ำหนักแห้งของเมล็ดถั่วเหลือง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

รวีวรรณ เชื้อกิตติศักดิ์. 2540. ลักษณะทางการเกษตรและสรีรวิทยาที่สัมพันธ์กับการให้ผลผลิตของถั่วเหลือง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

รังสฤษฎ์ กาวิตะ. 2539. การปรับปรุงพันธุ์พืชชั้นสูง I. ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สุภาพรณ สุตาคำ. 2527. การถ่ายทอดลักษณะต้านทานต่อโรคใบจุดนูนของถั่วเหลือง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2553. สถานการณ์สินค้าเกษตรที่สำคัญและแนวโน้มปี 2553. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

หฤษฎ์ ภัทรคติ. 2534. การพัฒนาการเจริญเติบโตและผลผลิตของถั่วเหลือง ถั่วเขียว และถั่วเขียวผิวดำที่ปลูกในวันปลูกและอัตราปลูกต่างๆ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อภิพรรณ พุกภักดี. 2533. สรีรวิทยาการผลิตพืชตระกูลถั่ว. ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

อภิพรรณ พุกภักดี. 2546. ถั่วเหลือง : พืชทองของไทย. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

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.

Adams, M.W. 1967. Basic of yield component compensation in crop plants with special references to the field bean (*Phaseolus vulgaris*). **Crop Sci.** 7: 505-510.

Adeniji, O.T. 2007. Step wise regression and path analysis of dry matter accumulation in the vegetative and reproduction parts of soybeans (*Glycine max* (L.) Merrill). **Agric. J.** 2(6): 697-701.

- Adriana, G.K. and G.A. Slafer. 2001. Photoperiod sensitivity after flowering and seed number determination in indeterminate soybean cultivars. **Crop Research**. 72: 109-118.
- Akhter, M. and C.H. Sneller. 1996. Yield and yield components of early soybean genotypes in the Mid-South. **Crop Sci**. 36: 877-882.
- Anand, S.C. and J.H. Torries. 1963. Heritability of yield and other traits and interrelationships among traits in the F3 and F4 generation of three soybean crosses. **Crop Sci**. 3: 508-511.
- Board, J.E., A.T. Wier and D.J. Boethel. 1995. Source strength influence on soybean yield formation during early and late reproductive development. **Crop Sci**. 35: 1104-1110.
- Board, J.E., M.S. Kang and B.G. Harville. 1997. Path analysis identify indirect selection criteria for yield of late-planted soybean. **Crop Sci**. 37: 879-884.
- Board, J.E., M.S. Kang and B.G. Harville. 1999. Path analyses of the yield formation process for late-planted soybean. **Agron. J**. 91: 128-135.
- Bernard, H.R. 1972. Two genes affecting stem termination in soybeans. **Crop Sci**. 12: 235-239.
- Carpenter, A.C. and J.E. Board. 1997. Branch yield components controlling soybean yield stability across plant populations. **Crop Sci**. 37: 885-891.
- Deway, D.R. and K.H. Lu. 1959. A correlation and path-coefficient analysis of components of crested wheat grass production. **Agron. J**. 51: 515-518.
- Egli, D.B. 1977. Cultivar maturity and response of soybean to shade stress during seed filling. **Field Crops Res**. 52: 1-8.

- Egli, D.B. and W.P. Bruening. 2001. Source-sink relationships, seed sucrose levels and seed growth rates in soybean. **Ann. Bot.** 88: 235-242.
- _____. J. Fraser, J.E. Leggett and C.G. Poneleit. 1981. Control of seed growth in soya beans [*Glycine max* (L.) Merrill]. **Ann. Bot.** 48: 171-176.
- Falconer, D.S. 1981. **Introduction to quantitative genetics.** 2nd Edition. Longman, London.
- Fehr, W.R. and C.E. Caviness. 1977. **Stage of soybean development.** Iowa State A.E.S. Special Report 80.
- Frank, S.J. and W.R. Fehr. 1981. Associations among pod dimensions and seed weight in soybeans. **Crop Sci.** 21: 547-550.
- Gautam, P.L. and H.B. Singh. 1977. Analysis of character association in soybean. **Crop Improvement.** 4(2): 184-190.
- Gai, J.Y. and M.A. You. 1997. Genetics of quantitative traits of soybeans, pp.74-82. *In* **Proceedings: World Soybean Research Conference V. 21-27 February 1994,** Chiang Mai, Thailand.
- Gibson, L.R. and R.E. Mullen. 1996. Influence of day night temperature on soybean seed yield. **Crop Sci.** 36(1): 98-104.
- 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. **Chinese Journal of Applied Ecology.** 7(2): 169-173.
- Hartwig, E.E. 1970. Growth and reproductive characteristics of soybean (*Glycine max* (L.) Merr) grown under short-day conditions. **Trop. Sci.** 12: 47-53.

- Holshouser, D.L. 2001. **Virginia soybean update**. Available Source: <http://www.vaes.vt.edu/tidewater/soybean/soybeanup/0106/0106.html>, July 12, 2003.
- James, A.T., A. Chotiyawong, S. Lachasiriwong, P. Nakirack, N. Neumaier, S. Pinthongkum and A. Pookpakdi. 1997. Exploiting the long juvenile trait in asian production system, pp. 69-73. *In Proceeding: World Soybean Research Conference V. 21-27 February 1994*, Chiang Mai, Thailand.
- Kane, M.V., C.C. Steele and L.J. Grabau. 1997a. Early-maturing soybean cropping system: I. Yield response to planting date. **Agron. J.** 89: 454-458.
- _____. 1997b. Early-maturing soybean cropping system: II. Growth and development responses to environmental conditions. **Agron. J.** 89: 459-464.
- Kantolic, A.G. and G.A. Slafer. 2001. Photoperiod sensitivity after flowering and seed number determination in indeterminate soybean cultivars. **Field Crops Research.** 72(2): 109-118.
- Kaveeta, R. 1982. Path-coefficient analysis of yield attributes in selected AVRDC advanced mungbean breeding lines, pp. 28-44. *In Training Report Asian Vegetable Research and Development Center.*
- Kurosaki, H. and S. Yumoto. 2003. Effects of low temperature and shading during flowering on the yield components in soybeans. **Plant Production Science.** 6(1): 17-23.
- Kusmenoglu, I. and F.J. Muehlbauer. 1998. Genetic variation for biomass and residue production in lentil: I. Relation to agronomic traits. **Crop Sci.** 38: 907-910.
- Leroy, A.R., S.R. Cianzio and W.R. Fehr. 1991. Direct and indirect selection for small seed of soybean in temperate and tropical environments. **Crop Sci.** 31: 697-699.

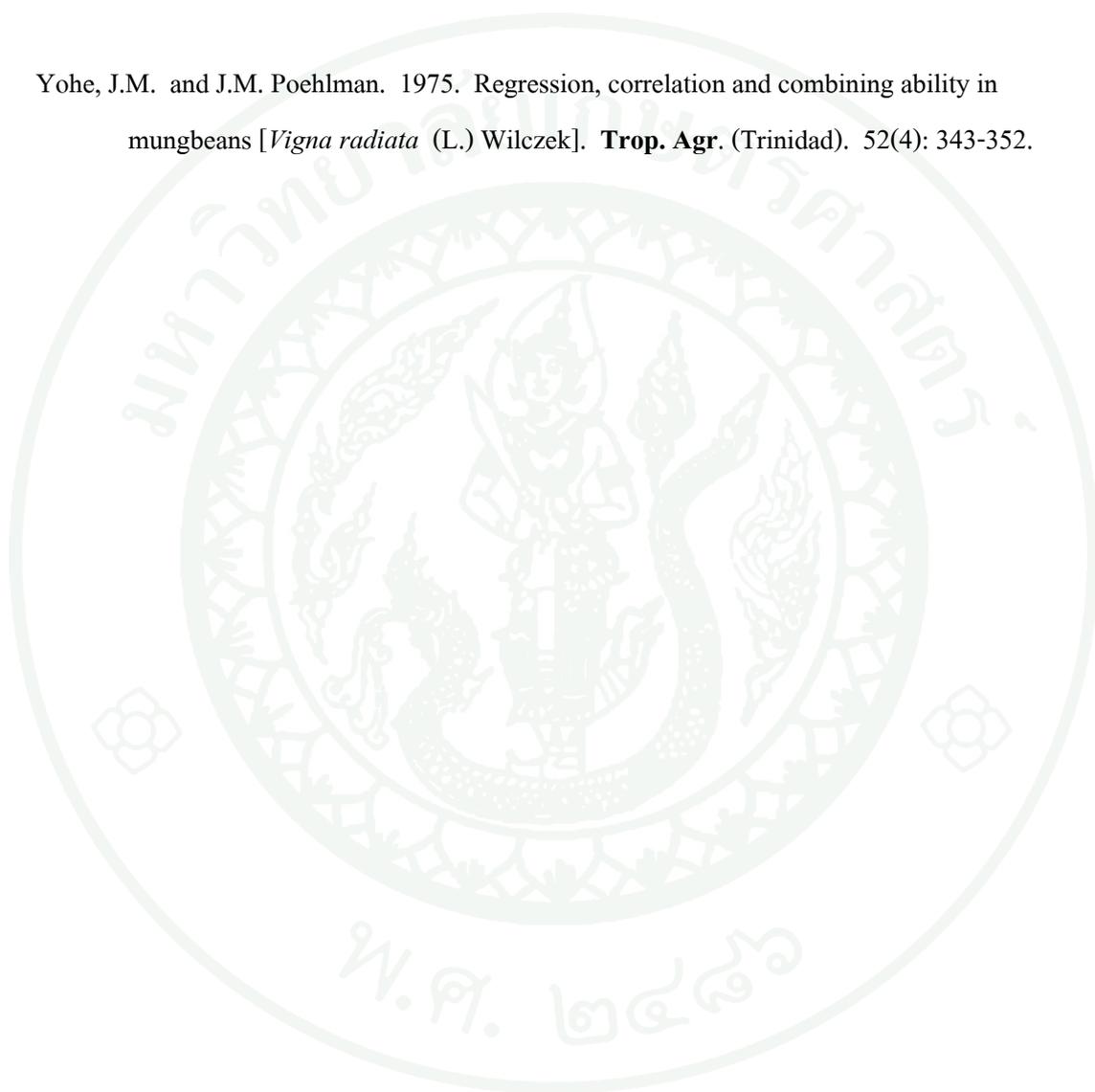
- Liu, X., S.J. Herbert, A.M. Hashemi, G.V. Litchfield, Q. Zhang and A.R. Barzegar. 2006. Yield and yield components responses of old and new soybean cultivars to source-sink manipulation under light enrichment. **Plant Soil Environ.** 52(4): 150-158.
- Manglik, P., V.S. Bhatia and K.N. Guruprasad. 1998. Effect of varying photoperiods on vegetative and reproductive characters in early and late maturing varieties of soybean. **Plant Physiology and Biochemistry.** 25 (1): 51-55.
- Munier-Jolain, N.G., N.M. Munier-Jolain, R. Roche, B. Ney and C. Duthion. 1998. Seed growth rate in grain legumes I. Effect of photoassimilate availability on seed growth rate. **J. Exp. Bot.** 49: 1963-1969.
- Narjesi, V., H.Z. Khaneghah and A. Zali. 2007. Evaluation of genetic relationship of some important agronomic traits with seed yield in soybean [*Glycine max* (L.) Merr.] by multivariate analysis methods. **Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources.** 11(41): 227-236.
- Ojo, D.K., M.A. Adebisi and A.W. Salau. 2002. Effect of seed production environments on seed germination, seed yield and yield components in tropical soybean genotypes. **Moore Journal of Agricultural Research.** 3(1): 68-75.
- Onemli, F. 2003. Association and path coefficient analysis for some yield components of soybean. **Bulgarian Journal of Agricultural Science.** 9(3): 339-342.
- Pookpakdi, A. 1977. **A study of growth and yield components of soybean.** Ph.D. dissertation, University of Missouri-Columbia.
- Qu M.N. S. Sun, C.X. Wu, Z.H. Fei, Y.H. Guo W.S. Hou and T.F. Han. 2010. Inquisition of MiniMax, an early maturing, dwarf, and small-seed genotype, as a research model in soybean. **Acta Agronomica Sinica.** 36(11): 1990-1997.

- Rajanna, M.P., S.R. Viswanatha, R.S. Kulkarni and S. Ramesh. 2000. Correlation and path analysis in soybean [*Glycine max* (L.) Merrill]. **Crop Research (Hisar)**. 20(2): 244-247.
- Sharma, D.L. and W.K. Anderson. 2003. The influence of climate factors and crop nutrition on seed vigour in wheat. **Proceedings of the 11th Australian Agronomy Conference, Geelong, 2003**. Available Source: <http://www.regional.org.au/au/asa/2003/c/6/sharma.htm>, July 9, 2003.
- Steele, C.C. and L.J. Grabau. 1997. Planting dates for early-maturing soybean cultivars. **Agron. J.** 89: 449-453.
- Tanaka, R.T., H.A.A. Mascarenhas, M.F. Ito, J.C.V.N.A. Pereira, P.B. Gallo and I.P. Otsuk. 2000. Effect of a year of high temperatures on the plant growth and development of canker in soybeans. **Revista de Agricultura (Piracicaba)**. 75(1): 119-127.
- Tanner, J.W. and D.J. Hume. 1978. Management and production. In A.G. Norman, Ed. **Soybean physiology, agronomy and utilization**. Academic Press, New York.
- Trostle, C. and B. Bean. 2001. **Effect of planting date and maturity group on soybean yield in the Texas South plain in 2001**. Available Source: <http://msucares.com/pubs/researchreports/rr23-4.pdf>, February 28, 2003.
- Turkec, A. 2005. Correlation and path analysis of yield components in soybean varieties. **Turkish Journal of Field Crops**. 10(1): 43-48.
- Tyagi, S.D. and Khan. 2010. Genotype x environment interaction and stability analysis for yield and its components in soybean [(*Glycine max* L.) Merr]. **Soybean Genetics Newsletter, Ames, USA**. 37(14): 1-9.

Vatsa, V.K. and S. Minakshi. 2008. Correlation studies of quantitative and qualitative traits in soybean (*Glycine max* (L.) Merrill). **Vegetos**. 21(2): 129-135.

Wright, S. 1921. Correlation and causation. **J. Agric. Res.** 20: 557-585.

Yohe, J.M. and J.M. Poehlman. 1975. Regression, correlation and combining ability in mungbeans [*Vigna radiata* (L.) Wilczek]. **Trop. Agr. (Trinidad)**. 52(4): 343-352.





ภาคผนวก

ตารางผนวกที่ 1 อิทธิพลทางอ้อมของลักษณะต่างๆ ของถั่วเหลือง 10 พันธุ์/สายพันธุ์ ในฤดูฝน (ก.ค.-ต.ค. 52)

	D50F	HH	BH	NH	DH	NP	NSP	NS	SW	100S
D50F	2.73	-0.30	-0.16	0.10	-2.96	1.43	-0.01	-0.98	0.70	-0.17
HH	-0.45	1.83	-0.37	-0.32	0.06	1.58	0.00	-2.22	-0.15	0.45
BH	0.31	0.49	-1.37	-0.16	-0.02	2.01	0.00	-1.47	0.28	0.16
NH	-0.74	1.62	-0.61	-0.37	1.33	0.49	0.02	-1.97	-0.44	0.61
DH	2.20	-0.03	-0.01	0.13	-3.67	2.26	-0.01	-0.95	0.90	-0.10
NP	1.10	0.82	-0.78	-0.05	-2.35	3.53	-0.01	-2.29	0.58	0.17
NSP	-0.73	0.29	0.08	-0.20	1.74	-0.66	-0.03	-0.49	-0.96	0.19
NS	0.91	1.39	-0.69	-0.25	-1.20	2.76	0.01	-2.92	-0.03	0.34
SW	1.98	-0.29	-0.40	0.17	-3.43	2.14	-0.03	0.09	0.96	-0.36
100S	0.72	-1.30	0.34	0.35	-0.57	-0.95	-0.01	1.56	0.54	-0.63

หมายเหตุ H50F= ความสูงที่ระยะออกดอก 50 เปอร์เซ็นต์ N50F = จำนวนข้อที่ระยะออกดอก 50 เปอร์เซ็นต์ D50F = วันออกดอก 50 เปอร์เซ็นต์
 HH = ความสูงที่ระยะเก็บเกี่ยว BH = จำนวนกิ่งที่ระยะเก็บเกี่ยว NH = จำนวนข้อที่ระยะเก็บเกี่ยว
 DH = วันเก็บเกี่ยว NP = จำนวนฝักต่อต้น NSP = จำนวนเมล็ดต่อฝัก
 NS = จำนวนเมล็ดต่อต้น SW = น้ำหนักเมล็ดต่อต้น 100S = น้ำหนัก 100 เมล็ด
 Yield= ผลผลิตต่อไร่

ตารางผนวกที่ 2 อิทธิพลทางอ้อมของลักษณะต่างๆ ของถั่วเหลือง 10 พันธุ์/สายพันธุ์ ในฤดูแล้ง (ช.ค.52-มี.ค. 53)

	D50F	HH	BH	NH	DH	NP	NSP	NS	SW	100S
D50F	-1.00	0.02	-0.20	-0.26	0.33	-0.11	-0.04	0.01	-0.08	0.80
HH	0.01	-1.18	0.31	-0.05	-0.48	0.32	0.17	0.03	-0.17	0.23
BH	-0.34	0.63	-0.57	-0.14	0.36	-0.01	-0.05	-0.14	-0.01	0.25
NH	-0.73	-0.18	-0.22	-0.36	0.18	0.09	0.04	-0.10	-0.21	0.74
DH	-0.66	1.16	-0.42	-0.13	0.50	-0.05	-0.02	-0.20	0.06	0.03
NP	-0.24	0.81	-0.01	0.07	0.05	-0.46	-0.05	0.19	0.08	-0.05
NSP	0.21	-0.98	0.13	-0.06	-0.05	0.11	-0.21	0.08	-0.11	0.34
NS	-0.03	-0.12	0.25	0.11	-0.32	-0.28	0.05	0.32	0.00	0.08
SW	0.29	0.78	0.02	0.29	0.12	-0.14	-0.08	0.00	0.26	-0.62
100S	0.90	0.30	0.16	0.30	-0.02	-0.02	-0.08	-0.03	0.19	-0.89

หมายเหตุ H50F= ความสูงที่ระยะออกดอก 50 เปอร์เซ็นต์ N50F = จำนวนข้อที่ระยะออกดอก 50 เปอร์เซ็นต์ D50F = วันออกดอก 50 เปอร์เซ็นต์
 HH = ความสูงที่ระยะเก็บเกี่ยว BH = จำนวนกิ่งที่ระยะเก็บเกี่ยว NH = จำนวนข้อที่ระยะเก็บเกี่ยว
 DH = วันเก็บเกี่ยว NP = จำนวนฝักต่อต้น NSP = จำนวนเมล็ดต่อฝัก
 NS = จำนวนเมล็ดต่อต้น SW = น้ำหนักเมล็ดต่อต้น 100S = น้ำหนัก 100 เมล็ด
 Yield= ผลผลิตต่อ

ตารางผนวกที่ 3 อิทธิพลทางอ้อมของลักษณะทางการเกษตรของถั่วเหลือง 10 พันธุ์/สายพันธุ์
ในฤดูฝน (ก.ค.-ต.ค. 52)

	D50F	HH	BH	NH	DH
D50F	-7.86	2.62	-0.31	-4.85	10.78
HH	1.30	-15.86	-0.73	15.92	-0.23
BH	-0.89	-4.23	-2.72	8.02	0.06
NH	2.12	-14.06	-1.22	17.96	-4.85
DH	-6.35	0.27	-0.01	-6.53	13.35

หมายเหตุ D50F= วันออกดอก 50 เปอร์เซ็นต์ HH = ความสูงที่ระยะเก็บเกี่ยว
BH = จำนวนกิ่งที่ระยะเก็บเกี่ยว NH = จำนวนข้อที่ระยะเก็บเกี่ยว
DH = วันเก็บเกี่ยว

ตารางผนวกที่ 4 อิทธิพลทางอ้อมขององค์ประกอบผลผลิตของถั่วเหลือง 10 พันธุ์/สายพันธุ์
ในฤดูฝน (ก.ค.-ต.ค. 52)

	NP	NSP	NS	SW	100S
NP	24.45	-0.92	-12.85	-8.12	-1.83
NSP	-4.55	-4.92	-2.74	13.45	-2.00
NS	19.14	0.82	-16.42	0.41	-3.64
SW	14.84	-4.95	0.51	-13.38	3.81
100S	-6.58	-1.45	8.76	-7.49	6.81

หมายเหตุ NP = จำนวนฝักต่อต้น NSP = จำนวนเมล็ดต่อฝัก
NS = จำนวนเมล็ดต่อต้น SW = น้ำหนักเมล็ดต่อต้น
100S = น้ำหนัก 100 เมล็ด

ตารางผนวกที่ 5 อิทธิพลทางอ้อมของลักษณะทางการเกษตรของถั่วเหลือง 10 พันธุ์/สายพันธุ์
ในฤดูแล้ง (ช.ค.52-มี.ค. 53)

	D50F	HH	BH	NH	DH
D50F	-0.46	0.01	-0.10	-0.29	0.32
HH	0.01	-0.45	0.16	-0.06	-0.48
BH	-0.16	0.24	-0.29	-0.15	0.36
NH	-0.34	-0.07	-0.11	-0.40	0.18
DH	-0.31	0.44	-0.22	-0.15	0.49

หมายเหตุ D50F = วันออกดอก 50 เปอร์เซ็นต์
 BH = จำนวนกิ่งที่ระยะเก็บเกี่ยว
 DH = วันเก็บเกี่ยว
 HH = ความสูงที่ระยะเก็บเกี่ยว
 NH = จำนวนข้อที่ระยะเก็บเกี่ยว

ตารางผนวกที่ 6 อิทธิพลทางอ้อมขององค์ประกอบผลผลิตของถั่วเหลือง 10 พันธุ์/สายพันธุ์
ในฤดูแล้ง (ช.ค.52-มี.ค. 53)

	NP	NSP	NS	SW	100S
NP	0.27	-0.03	-0.04	0.18	0.02
NSP	-0.06	-0.11	-0.02	-0.25	-0.10
NS	0.16	0.03	-0.07	0.01	-0.04
SW	0.08	-0.04	0.00	0.61	0.27
100S	0.02	-0.03	0.01	0.42	0.39

หมายเหตุ NP = จำนวนฝักต่อต้น
 NSP = จำนวนเมล็ดต่อฝัก
 NS = จำนวนเมล็ดต่อต้น
 SW = น้ำหนักเมล็ดต่อต้น
 100S = น้ำหนัก 100 เมล็ด

ประวัติการศึกษา และการทำงาน

ชื่อ – นามสกุล	นางสาวพรทิพย์ มังกรแก้ว
วัน เดือน ปี ที่เกิด	8 เมษายน 2528
สถานที่เกิด	จังหวัดชัยภูมิ
ประวัติการศึกษา	วท.บ.(เกษตรศาสตร์) มหาวิทยาลัยนเรศวร
ประวัติการทำงาน	-
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	-
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	-
ผลงานดีเด่นและรางวัลทางวิชาการ	-
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	-