

รายงานผลงานเรื่องเต็มการทดลองที่สิ้นสุดปี 2555

- 1. ชุดโครงการวิจัย** วิจัยและพัฒนาถั่วลิสง
- 2. โครงการวิจัย** วิจัยและพัฒนาเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตถั่วลิสง
กิจกรรม การวิจัยและพัฒนาพันธุ์ถั่วลิสง
กิจกรรมย่อย การศึกษาข้อมูลจำเพาะของพันธุ์
- 3. ชื่อการทดลอง (ภาษาไทย)** ศึกษาความสัมพันธ์พันธุกรรมของถั่วลิสงสายพันธุ์ก้าวหน้าชุดที่ 1
ชื่อการทดลอง (ภาษาอังกฤษ) Study on Genetic Coefficient of Peanut Promising Lines:
Group 1
- 4. คณะผู้ดำเนินงาน** วรยุทธ ศิริชุมพันธ์ มณี หาชนนัท
 ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น สถาบันวิจัยพืชไร่และพืชทดแทนพลังงาน

5. บทคัดย่อ

การศึกษาค่าสัมประสิทธิ์พันธุกรรมของถั่วลิสงสายพันธุ์ก้าวหน้าชุดที่ 1 มีวัตถุประสงค์ เพื่อให้ได้ค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมของถั่วลิสง 4 สายพันธุ์ เพื่อใช้ในแบบจำลอง CSM-CROPGRO-Peanut โดยทำการปลูกถั่วลิสง 4 สายพันธุ์ ได้แก่ สายพันธุ์ KK97-1-8 KK97-44-106 KK97-44-107 และ KK97-44-112 ระหว่างเดือนธันวาคม 2554 ถึงเดือนกันยายน 2555 ทั้งฤดูแล้ง และฤดูฝน รวม 4 แปลง ที่ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น ทำการบันทึกข้อมูลพัฒนาการและการเจริญเติบโตของถั่วลิสง คุณสมบัติทางเคมีของดิน สภาพภูมิอากาศ และการจัดการ นำข้อมูลที่ได้จากแปลงปลูกฤดูแล้ง และฤดูฝน 2 ฤดู มาประมาณค่าสัมประสิทธิ์พันธุกรรมของถั่วลิสงแต่ละพันธุ์ และปรับค่าสัมประสิทธิ์พันธุกรรม (Model calibration) ของแต่ละสายพันธุ์ จนได้ค่าสัมประสิทธิ์พันธุกรรมที่สามารถให้ค่าทำนายลักษณะต่างๆทั้งการพัฒนาการและการเจริญเติบโตของถั่วลิสงใกล้เคียงกับค่าสังเกตที่ได้จากแปลงทดลองทั้ง 2 ฤดู จากนั้นทำการทดสอบค่าสัมประสิทธิ์พันธุกรรม (Model validation) โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์พันธุกรรมที่ได้ทำนายลักษณะต่างๆของถั่วลิสงทั้ง 4 สายพันธุ์ในวันปลูกอื่น แล้วเปรียบเทียบค่าจำลองกับค่าสังเกตที่ได้จากแปลงทดลอง ซึ่งพบว่า ลักษณะด้านพัฒนาการและด้านการเจริญเติบโตของถั่วลิสง มีค่าแตกต่างกันระหว่างพันธุ์และฤดูปลูก โดยฤดูแล้งจะมีระยะการพัฒนาต่างๆยาวกว่าในฤดูฝน แต่ฤดูฝนจะมีการเจริญเติบโตเร็วกว่าฤดูแล้ง การประมาณและปรับค่าสัมประสิทธิ์พันธุกรรมในแบบจำลอง (Model calibration) ใช้ข้อมูลจากฤดูแล้งปี 2554 และฤดูฝนปี 2555 ค่าสัมประสิทธิ์พันธุกรรมที่ปรับค่าแล้ว ให้ค่าจำลองของลักษณะด้านพัฒนาการและการเจริญเติบโตของถั่วลิสง ใกล้เคียงกับค่าสังเกตที่ได้จากแปลงทดลอง จะมีถั่วลิสงบางสายพันธุ์และบางลักษณะที่ค่าจำลองกับค่าสังเกตแตกต่างกันบ้าง ส่วนผลการทดสอบค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรม โดยใช้ข้อมูลแปลงทดลองในฤดูแล้งปี 2555 เป็นข้อมูลอิสระสำหรับทดสอบ ก็พบว่า การใช้ค่าสัมประสิทธิ์พันธุกรรมที่ปรับค่าจากแปลงทดลอง 2 ฤดู ยังสามารถทำนายลักษณะด้านพัฒนาการและการเจริญเติบโตของถั่วลิสงใกล้เคียงกับค่าสังเกตที่ได้จากแปลงทดสอบ จากการทดลองทำให้ได้ค่าสัมประสิทธิ์พันธุกรรมของพันธุ์ถั่วลิสง 4 สายพันธุ์ ที่ใช้ในแบบจำลอง CSM-CROPGRO-Peanut แต่เพื่อให้รหัสการทดลอง 01-14-54-01-01-02-01-54

สามารถใช้ค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมดังกล่าวประเมินศักยภาพของพันธุ์ถั่วลิสงได้ถูกต้องยิ่งขึ้น ดังนั้นควรทำการทดสอบแบบจำลองในสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกันเพิ่มขึ้น แล้วทำการปรับค่าสัมประสิทธิ์พันธุกรรมให้ดียิ่งขึ้น

6. คำนำ

ปัญหาสำคัญในการผลิตถั่วลิสงในประเทศไทย คือ ผลผลิตและคุณภาพต่ำ ตลอดจนต้นทุนการผลิตสูง โดยเฉพาะพันธุ์เป็นปัจจัยหนึ่งที่สำคัญในการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต ดังนั้นจึงจำเป็นต้องวิจัยหาพันธุ์ถั่วลิสงที่ให้ผลผลิตสูง และเหมาะสมกับพื้นที่ อย่างไรก็ตามเนื่องจากลักษณะที่แสดงออกของพันธุ์ถั่วลิสง โดยเฉพาะผลผลิตจะแตกต่างกันไปในแต่ละสภาพแวดล้อม การที่จะแนะนำพันธุ์ใหม่ว่าควรปลูกในพื้นที่หรือสภาพแวดล้อมใดนั้น จำเป็นต้องมีการวิจัยในสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน ซึ่งไม่สามารถดำเนินการได้อย่างกว้างขวาง เนื่องจากต้องใช้งบประมาณและเวลาในการทำการวิจัยเป็นอันมาก

ปัจจุบันได้มีการพัฒนาแบบจำลองการเจริญเติบโตและพัฒนาการของพืช (Crop Growth Model) ซึ่งเป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่สามารถใช้ในการประเมินศักยภาพการให้ผลผลิตพืชแต่ละสภาพแวดล้อม เช่น ข้าว (Richie *et al.*, 1986) ถั่วเหลือง (Wilkerson *et al.*, 1983) มันสำปะหลัง (Matthew and Hunt, 1994) และถั่วลิสง (Boote *et al.*, 1998; Hoogenboom *et al.*, 1994) เป็นต้น โดยทั่วไปการประเมินศักยภาพในการให้ผลผลิตพืชโดยใช้แบบจำลอง ต้องอาศัยข้อมูลค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรม (genetic coefficient ; GC) ข้อมูลดิน (Soil data) ข้อมูลภูมิอากาศ (Weather data) และข้อมูลการจัดการพืช (Plant practice) เป็นข้อมูลนำเข้าที่ทำงานภายใต้โปรแกรม DSSAT (Decision Support System for Agrotechnology) ข้อมูลค่าสัมประสิทธิ์พันธุกรรมพืชเป็นค่าระหว่างพันธุกรรมพืชและสภาพแวดล้อมในแต่ละช่วงของการเจริญเติบโต ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ ค่าสัมประสิทธิ์พัฒนาการ (Phenology coefficient) ซึ่งเป็นค่าอุณหภูมิในแต่ละช่วงพัฒนาการของพืชตั้งแต่ปลูกจนเก็บเกี่ยว และค่าสัมประสิทธิ์การเจริญเติบโตของพืช (Growth coefficient) ที่แสดงอัตราการเจริญเติบโตของพืช ซึ่งเป็นข้อมูลกำหนดความแตกต่างระหว่างพันธุกรรมที่สามารถนำไปใช้ในแบบจำลองการเจริญเติบโต และคาดคะเนผลผลิตถั่วลิสงในระบบจริงได้

แต่ในแบบจำลองถั่วลิสง ยังขาดข้อมูลลักษณะประจำพันธุ์พืชหรือค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมของสายพันธุ์ KK97-1-8 KK97-44-106 KK97-44-107 และ KK97-44-112 ดังนั้นจึงได้ศึกษาค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมของทั้ง 4 สายพันธุ์ เพื่อใช้ในแบบจำลอง CSM-CROPGRO-Peanut

7. วิธีดำเนินการ

อุปกรณ์

1. ถั่วลิสงสายพันธุ์ก้าวน้ำ 4 สายพันธุ์ คือ KK97-1-8 KK97-44-106 KK97-44-107 และ KK97-44-112
2. ปุ๋ยเคมีสูตร 12-24-12 อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่
3. ยิบซัม อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่
4. สารเคมีกำจัดวัชพืช

5. สารเคมีป้องกันกำจัดโรคถั่วลိสงตามคำแนะนำของกองโรคพืชและจุลชีววิทยา
6. สารฆ่าแมลงศัตรูถั่วลิสงตามคำแนะนำของกองกีฏและสัตววิทยา
7. ตู้อบ และเครื่องบดตัวอย่างพืช
8. เครื่องคอมพิวเตอร์
9. โปรแกรมคอมพิวเตอร์ระบบ DSSAT 4.5

วิธีการทดลอง

การศึกษาค่าสัมประสิทธิ์พันธุกรรมของถั่วลิสงสายพันธุ์ก้าวหน้าชุดที่ 1 ประกอบด้วย

1) ศึกษาพัฒนาการ และการเจริญเติบโตของถั่วลิสง

วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block จำนวน 4 ซ้ำ ประกอบด้วย ถั่วลิสงสายพันธุ์ KK97-1-8 KK97-44-106 KK97-44-107 และ KK97-44-107 โดยใช้ระยะปลูก 50x20 เซนติเมตร หลุมละ 2 ต้น ก่อนปลูกคลุกเมล็ดด้วยสารเคมีป้องกันเชื้อราคาร์บ็อกซิน หลังถั่วลิสงงอก 1 สัปดาห์ ทำการถอนแยกให้เหลือ 1 ต้น และใช้สารเคมีฟิโพรนิลพ่นป้องกันกำจัดเพลี้ยไฟพาหนะโรยคอตไหม้ และเมื่ออายุ 15-20 วัน ทำการกำจัดวัชพืชแล้วใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 12-24-12 อัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่ โดยโรยข้างแถวแล้วพรวนดินกลบ กำจัดวัชพืชครั้งที่ 2 ที่อายุ 35-40 วัน แล้วโรยยิปซัมบนต้นถั่วลิสงในอัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ การปลูกในฤดูแล้งมีการให้น้ำชลประทานทุกสัปดาห์ ส่วนการปลูกในฤดูฝนให้น้ำชลประทานในระยะที่มีฝนทิ้งช่วง

การบันทึกข้อมูล

1. ข้อมูลด้านสภาพแวดล้อม

1.1 คุณสมบัติของดิน เก็บตัวอย่างดินก่อนปลูก ที่ระดับความลึก 0-25 25-50 50-75 และ 75-100 เซนติเมตร เพื่อนำมาวิเคราะห์หาค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดิน ปริมาณไนโตรเจนในรูปแอมโมเนียมและไนเตรท ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ โพแทสเซียมและแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ นำข้อมูลที่ได้ไปใส่ในแฟ้มข้อมูลการจัดการในโปรแกรม DSSAT และข้อมูลอีกส่วนหนึ่ง เป็นรายละเอียดเกี่ยวกับสมบัติทางฟิสิกส์ของดินแต่ละชุดดินของกรมพัฒนาที่ดินและจากการวิเคราะห์ดิน โดยมีรหัสประจำของแต่ละชุดดินอยู่ในแฟ้มข้อมูล SOIL.SOL

1.2 สภาพภูมิอากาศ ข้อมูลภูมิอากาศเกษตร ได้จากเครื่องบันทึกสภาพอากาศกึ่งอัตโนมัติของศูนย์วิจัยพืชไร่นอนแก่น บันทึกข้อมูลปริมาณน้ำฝน อุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุด และปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ในรอบวัน และนำข้อมูลที่ได้ออกช่วงการทดลองไปสร้างแฟ้มข้อมูลภูมิอากาศ (WTH)

1.3 ข้อมูลด้านการจัดการ เป็นแฟ้มข้อมูลที่ระบุถึงการจัดการด้านต่างๆในการทดลอง ได้แก่ ชื่อพันธุ์/สายพันธุ์ วันปลูก ระยะปลูก ความหนาแน่นของประชากรต่อตารางเมตร สูตร เวลา และอัตราการใส่ปุ๋ย ปริมาณการให้น้ำ วันเก็บเกี่ยว

2. ข้อมูลด้านพืช ทำการแบ่งพื้นที่แปลงย่อยออกเป็นสวนๆ ดังนี้

2.1 บันทึกข้อมูลพัฒนาการของถั่วลิสง ได้แก่ วันปลูก วันงอก วันที่ปรากฏระยะพัฒนาการต่างๆ คือ VE และ R1-R8 (สกุัญญา, 2547)

VE = วันที่ร้อยละ 50 ของพืชในแต่ละแปลงย่อยที่มีใบแรกโผล่พ้นดิน

- R 1 = วันที่ร้อยละ 50 ของพืชในแต่ละแปลงย่อยที่มีอย่างน้อย 1 ดอกต่อต้าน
- R 2 = วันที่ร้อยละ 50 ของพืชในแต่ละแปลงย่อยที่มีอย่างน้อย 1 เข็มต่อต้าน
- R 3 = วันที่ร้อยละ 50 ของพืชในแต่ละแปลงย่อยที่มีฝักแรกมีขนาดเป็น 2 เท่าของเข็ม
- R 4 = วันที่ร้อยละ 50 ของพืชในแต่ละแปลงย่อยที่มีฝักแรกเจริญเติบโตเต็มที่
- R 5 = วันที่ร้อยละ 50 ของพืชในแต่ละแปลงย่อยที่มีฝักแรกมีการเริ่มสร้างเมล็ด
- R 6 = วันที่ร้อยละ 50 ของพืชในแต่ละแปลงย่อยที่มีฝักแรกมีเมล็ดเจริญเติบโตเต็มที่
- R 7 = วันที่ร้อยละ 50 ของพืชในแต่ละแปลงย่อยที่มีฝักแรกสุกแก่เต็มที่
- R 8 = วันที่ร้อยละ 50 ของพืชในแต่ละแปลงย่อยที่มีเมล็ดสุกแก่ 67-70 เปอร์เซ็นต์

การประเมินวันที่ถึงระยะพัฒนาการที่กำหนด สำหรับระยะ VE - R 1 ใช้นับหรือวิธีสังเกตต้นถั่วลิสงทั้งแปลง ส่วนระยะ R 2 - R 8 ใช้วิธีถอนต้นถั่วจากแถวริม 5 ต้นต่อแปลงย่อย ทุก 3 วัน

2.2 บันทึกข้อมูลการเจริญเติบโตของถั่วลิสง เก็บตัวอย่างถั่วลิสง 5 ต้นต่อแปลงย่อย ที่ระยะ V 4 (วันที่ร้อยละ 50 ของพืชในแต่ละแปลงย่อยที่มีใบเจริญเติบโตเต็มที่ 4 ใบ) R 4 R 6 R 7 และ R 8 และนำตัวอย่างพืชเฉพาะส่วนเหนือดินแต่ละต้นมาแยกเป็นส่วนลำต้น ใบ ฝักอ่อน ฝักเต็ม และ ฝักแก่ นำเข้าตู้อบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียสจนแห้ง แล้วนำมาชั่งน้ำหนักแห้งของแต่ละส่วน แล้วนำฝักแห้งมากะเทาะเปลือก ชั่งน้ำหนักเมล็ดและนับจำนวนเมล็ด ทำการสุ่มใบนำไปหาพื้นที่ใบโดยวิธี coring method คือ ใช้ที่เจาะรูที่รู้ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง เจาะใบถั่วลิสงสดจำนวน 40 รู จากนั้นนำใบทั้งหมดไปอบเช่นเดียวกับส่วนต่างๆ จนแห้ง แล้วนำมาชั่งน้ำหนักใบแห้ง และสามารถนำไปคำนวณหาพื้นที่ใบด้วย

2.3 เก็บเกี่ยวผลผลิตในระยะ R 8 ในพื้นที่ 2x4 ตารางเมตร แล้วบันทึกข้อมูล จำนวนต้น น้ำหนักฝักเมล็ด และเปอร์เซ็นต์กะเทาะ

2) การประมาณค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมของพันธุ์ถั่วลิสง

ค่าสัมประสิทธิ์พันธุกรรมเป็นปัจจัยนำเข้าที่สำคัญในแบบจำลองการเจริญเติบโตของพืช ประกอบด้วยค่าต่างๆหลายค่าที่แสดงถึงรูปแบบและศักยภาพการเจริญเติบโต ซึ่งค่าเหล่านี้มีผลมาจากพัฒนาการและการเจริญเติบโต ที่มีความสัมพันธ์กับสภาพแวดล้อมของพืช ประกอบด้วยข้อมูลทั้งหมด 15 ค่า (ตารางที่ 1)

โดยนำข้อมูลพัฒนาการและการเจริญเติบโตของถั่วลิสงแต่ละพันธุ์จากแปลงทดลองในขั้นตอนที่ 1 มาทำการประมาณค่าสัมประสิทธิ์พันธุกรรมของพันธุ์ถั่วลิสง ซึ่งประกอบด้วย 2 ขั้นตอน คือ การปรับค่าสัมประสิทธิ์พันธุกรรมในแบบจำลอง (model calibration) และการทดสอบค่าสัมประสิทธิ์พันธุกรรม (model validation) ก่อนการประมาณค่าต้องจัดการข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบที่กำหนดในแบบจำลอง ดังนี้

1. สร้างแฟ้มข้อมูล FILE X (Experiment details file) ที่ระบุถึงการจัดการต่างๆ ในงานทดลองรวมถึงสถานที่ เวลา ข้อมูลอากาศ ชุดดิน และพันธุ์ที่ใช้ในการจำลอง ซึ่งเชื่อมโยงไปยังแฟ้มข้อมูลนำเข้าต่างๆ ได้แก่ แฟ้มข้อมูลอากาศช่วงทำการทดลอง(*WTH) และแฟ้มข้อมูลดิน (SOIL.SOL) ซึ่งมีชุดดินที่ใช้ในการทดลอง

2. สร้างแฟ้มข้อมูล FILE T (Average Time Course Data) เป็นแฟ้มข้อมูลที่ได้จากแปลงทดลองตามระยะพัฒนาการ และการเจริญเติบโตของถั่วลิสง

3. สร้างแฟ้มข้อมูล FILE A (Average Summary Data) เป็นแฟ้มข้อมูลที่ได้จากแปลงทดลอง เมื่อเก็บเกี่ยวครั้งสุดท้าย

4. นำข้อมูลค่าสัมประสิทธิ์ของการพัฒนาการ และการเจริญเติบโต ทั้ง 15 ค่าที่ได้จากแปลงทดลอง ยกเว้นค่า CSDL ที่กำหนดให้มีค่าเท่ากับ 11.84 ชั่วโมง และค่า PPSEN มีค่า 0.00 เนื่องจากพันธุ์ถั่วลิสงที่ศึกษา ไม่มีการตอบสนองต่อช่วงแสง รวมทั้งค่า LFMAX และXFRT ใช้ค่าของพันธุ์ที่มีลักษณะใกล้เคียงกับทั้ง 4 สายพันธุ์ คือ พันธุ์ขอนแก่น 5 ใส่ลงในแฟ้มข้อมูลสัมประสิทธิ์พันธุกรรมของถั่วลิสง (PNGR0045.CUL) ในโปรแกรม DSSAT

นำข้อมูลทั้ง 4 ส่วน ป้อนให้แบบจำลองการเจริญเติบโตของถั่วลิสง CROPGRO-Peanut แล้วส่งให้โปรแกรมจำลองค่าพัฒนาการ และการเจริญเติบโตของพันธุ์ถั่วลิสงออกมา ผลที่ได้จากแบบจำลองจะแสดงในรูปของแฟ้มข้อมูล(file.out) เช่น ค่าพัฒนาการ และการเจริญเติบโตตามระยะที่กำหนด(growth.out) ผลสรุปของการจำลองทั้งระบบ (overview.out)

3) การปรับค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมในแบบจำลอง (model calibration)

ค่าประมาณสัมประสิทธิ์พันธุกรรมที่จะนำไปใช้ต่อไป ต้องเป็นค่าที่ผ่านการปรับค่าแล้ว การปรับค่ามีขั้นตอนดังนี้

1. นำข้อมูลจากการทดลองที่ได้เตรียมไว้ในแฟ้มข้อมูลที่กล่าวมาข้างต้น ใช้เป็นข้อมูลตัวป้อนเริ่มต้นของการจำลองในแบบจำลอง แล้วให้แบบจำลอง CROPGRO-Peanut ประมวลผล

2. นำค่าที่ได้จากการจำลองเปรียบเทียบกับค่าสังเกตที่ได้จากแปลงทดลองของแต่ละพันธุ์ จากนั้นทำการปรับค่าสัมประสิทธิ์พันธุกรรมแต่ละตัว แล้วส่งให้แบบจำลองประมวลผลใหม่ และนำผลที่ได้มาเปรียบเทียบกับค่าสังเกต ทำซ้ำเช่นนี้จนกว่าค่าที่ได้จากการจำลองมีค่าใกล้เคียงกับค่าสังเกตที่ได้จากแปลงทดลองมากที่สุด ซึ่งการปรับค่าสัมประสิทธิ์ของลักษณะพัฒนาการ และการเจริญเติบโตแต่ละตัวมีขั้นตอนตาม Boote (1999) และ Bhalang(2006) ดังนี้

2.1 ปรับค่าอายุถึงวันออกดอก และอายุถึงวันสุกแก่ ให้ปรับจากค่า EMFL และ SDPM จนกว่าค่าจำลองใกล้เคียงกับค่าสังเกตมากที่สุด

2.2 ปรับค่าอัตราการสะสมน้ำหนักราก จากค่า LFMAX ส่วนค่าพื้นที่ใบเฉพาะ และดัชนีพื้นที่ใบ ปรับจากค่า SLAVR และ FLLF ตามลำดับ จากนั้นทำการปรับค่า LFMAX อีกครั้ง จนกระทั่งค่าจากแบบจำลองใกล้เคียงกับค่าสังเกต

2.3 ปรับค่าขนาดเมล็ด จำนวนเมล็ดต่อฝัก และเปอร์เซ็นต์กะเทาะ จากค่า WTPSD SDPDV และ SFDUR จนกว่าค่าจากแบบจำลองใกล้เคียงกับค่าสังเกต

2.4 ปรับค่าระยะเวลาการสร้างฝักและเมล็ด โดยปรับจากค่า FLSH FLSD และ PODUR จนกว่าของค่าจากแบบจำลองใกล้เคียงกับค่าสังเกต หลังจากนั้นทำการปรับค่า SDPM ใหม่อีกครั้งเพื่อให้อายุการสุกแก่ใกล้เคียงกับค่าสังเกต เช่นเดียวกับการปรับค่า WTPSD และ SFDUR อีกครั้ง เนื่องจากค่าขนาดเมล็ด และเปอร์เซ็นต์กะเทาะอาจมีการเปลี่ยนแปลง

2.5 สุดท้ายทำการปรับค่าดัชนีเก็บเกี่ยวของน้ำหนักรากหรือเมล็ด จากค่า XFRT เพื่อให้ได้ค่าจากแบบจำลองใกล้เคียงกับค่าสังเกตมากที่สุด

การประเมินว่าค่าจำลองจะใกล้เคียงกับค่าสังเกตจริงมากน้อยเพียงใดของลักษณะด้านพัฒนาการ ใช้ค่า Coefficient of determination (r^2) และลักษณะด้านการเจริญเติบโต ใช้ค่า The root mean square error (RMSE) (Wallach and Goffinet, 1987) และ The index of agreement (d) (Wilmott, 1982) ดังนี้

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum (S_i - O_i)^2 / n}$$

เมื่อ S = ค่าจากแบบจำลอง

O = ค่าสังเกตจากแปลงทดลอง n = จำนวนข้อมูล

$$d = 1 - \left[\frac{\sum (P_i - O_i)^2}{\sum (|P_i'| + |O_i'|)^2} \right] ; 0 < d < 1$$

เมื่อ P_i = ค่าทำนาย(ค่าจากแบบจำลอง) O_i = ค่าสังเกตจากแปลงทดลอง

$P_i' = P_i - \text{mean } O$ และ $O_i' = O_i - \text{mean } O$

4) การทดสอบค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรม (model validation)

เมื่อได้ค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมของถั่วลิสงทั้ง 4 สายพันธุ์ ในการประเมินว่าค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมของถั่วลิสงดังกล่าว จะสามารถทำนายลักษณะต่างๆของพันธุ์ถั่วลิสงได้ดีเพียงใด ต้องใช้ข้อมูลที่ได้จากวันปลูกอื่นๆ ที่ไม่ได้ใช้ในการประมาณค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมเป็นข้อมูลอิสระสำหรับทดสอบ โดยดำเนินการปลูกถั่วลิสงวันปลูกอื่น มีวิธีดำเนินการการทดลอง และการบันทึกข้อมูลเช่นเดียวกับงานทดลองที่ใช้ประมาณค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรม นำข้อมูลที่ได้ไปจำลองสถานการณ์ เปรียบเทียบค่าจำลองการเจริญเติบโต และพัฒนาการที่ได้กับค่าสังเกตจริงจากแปลงทดลอง โดยการประเมินความสอดคล้องระหว่างค่าที่ได้จากการจำลองและค่าที่วัดได้จริง โดยดูจากค่า Coefficient of determination (r^2) สำหรับลักษณะด้านพัฒนาการ และค่า RMSE และ d-statistic สำหรับลักษณะด้านการเจริญเติบโต เช่นเดียวกับการปรับค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมที่กล่าวมาแล้วข้างต้น

เวลาและสถานที่

ฤดูแล้งปี 2554 ปลูกวันที่ 7 ธันวาคม 2553 เก็บเกี่ยววันที่ 23-24 มีนาคม 2554

ฤดูฝน ปี 2554 ปลูกวันที่ 7 มิถุนายน 2554 เก็บเกี่ยววันที่ 13-14 กันยายน 2554

ฤดูแล้งปี 2555 ปลูกวันที่ 1 ธันวาคม 2554 เก็บเกี่ยววันที่ 8-12 มีนาคม 2555

ฤดูฝน ปี 2555 ปลูกวันที่ 7 มิถุนายน 2555 เก็บเกี่ยววันที่ 7-11 กันยายน 2555

ทำการทดลองที่ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น

8. ผลการทดลองและวิจารณ์

การศึกษาพัฒนาการและการเจริญเติบโตของถั่วลันเตา

คุณสมบัติของดิน

ดินบริเวณแปลงทดลองในศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น เป็นดินชุดยโสธร คุณสมบัติทางเคมีของดินก่อนปลูกถั่วลันเตาที่ระดับความลึก 4 ระดับ ทั้งฤดูแล้ง และฤดูฝน ปี 2554 พบว่า ค่าความเป็นกรดต่างของดิน ปริมาณอินทรีย์วัตถุ ไนโตรเจนในรูปของไนเตรท และแอมโมเนีย ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ โพแทสเซียม และแคลเซียมที่สกัดได้ โดยส่วนใหญ่ดินชั้นบนจะมีค่าสูงกว่าดินชั้นล่าง (ตารางที่ 2) แปลงทดลองฤดูแล้งจะมีค่าปริมาณไนโตรเจนในรูปของไนเตรท แอมโมเนีย ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ โพแทสเซียมและแคลเซียมที่สกัดได้สูงกว่าแปลงฤดูฝน เกือบทุกระดับความลึกอย่างเห็นได้ชัด

สำหรับในฤดูแล้ง และฤดูฝน ปี 2555 แปลงทดลองฤดูแล้ง จะมีค่าปริมาณไนโตรเจนในรูปของไนเตรท แอมโมเนีย สูงกว่าแปลงฤดูฝน แต่มีค่าฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และแคลเซียมที่สกัดได้ ต่ำกว่าแปลงฤดูฝน เกือบทุกระดับความลึก (ตารางที่ 2)

สภาพภูมิอากาศ

สภาพฟ้าอากาศในช่วงปลูกฤดูแล้งปี 2554 ทุก 10 วัน (ภาพที่ 1) พบว่า ไม่มีฝนตกตลอดช่วงปลูกถั่วลันเตา แต่มีการให้น้ำชลประทานทุกสัปดาห์รวม 253.9 มิลลิเมตร ซึ่งเพียงพอกับความต้องการของพืช ส่วนอุณหภูมิเนื่องจากเป็นช่วงฤดูหนาว จึงมีอุณหภูมิต่ำกว่า 20 องศาเซลเซียสในช่วงเดือนธันวาคมถึงมกราคม โดยมีค่าต่ำสุดกลางเดือนมกราคม 13.0 องศาเซลเซียส หลังจากนั้นอุณหภูมิจึงสูงขึ้นและเฉลี่ยสูงสุดอยู่ในช่วงต้นเดือนมีนาคม 33.5 องศาเซลเซียส สำหรับปริมาณรังสีดวงอาทิตย์มีความแปรปรวนต่ำ คือ ระหว่าง 11-14 เมกกะจูลต่อตารางเมตรต่อวัน ส่วนในช่วงปลูกฤดูฝนปี 2554 (ภาพที่ 2) พบว่า ปริมาณน้ำฝนรวมตลอดช่วงปลูกตั้งแต่เดือนมิถุนายน ถึง กันยายน 2554 มีค่าเท่ากับ 801.4 มิลลิเมตร โดยมีปริมาณน้ำฝนตกสูงสุดในช่วงต้นเดือนกันยายน ต่ำสุดในช่วงกลางเดือนมิถุนายน แต่มีการให้น้ำชลประทานเสริมในช่วงฝนทิ้งช่วง อุณหภูมิอยู่ระหว่าง 24-34 องศาเซลเซียส และมีเฉลี่ยต่ำสุดในช่วงกลางเดือนสิงหาคม 24.0 องศาเซลเซียส เฉลี่ยสูงสุดในช่วงต้นเดือนมิถุนายน 34.2 องศาเซลเซียส ปริมาณรังสีดวงอาทิตย์มีความแปรปรวนสูงระหว่าง 11-16 เมกกะจูลต่อตารางเมตรต่อวัน เนื่องจากท้องฟ้ามีเมฆมาก เฉลี่ยสูงสุดในช่วงกลางเดือนมิถุนายน เฉลี่ยต่ำสุดในช่วงกลางเดือนกันยายน

สภาพฟ้าอากาศในช่วงปลูกฤดูแล้งปี 2555 ทุก 10 วัน (ภาพที่ 3) พบว่า ไม่มีฝนตกระหว่างเดือนธันวาคม 2554 ถึงกุมภาพันธ์ 2555 แต่มีการให้น้ำชลประทานทุกสัปดาห์รวม 265.2 มิลลิเมตร ในช่วงเดือนธันวาคมถึงกุมภาพันธ์ มีอุณหภูมิต่ำกว่า 20 องศาเซลเซียส โดยมีค่าต่ำสุดกลางเดือนธันวาคม 14.2 องศาเซลเซียส หลังจากนั้นอุณหภูมิจึงสูงขึ้นและเฉลี่ยสูงสุดอยู่ในช่วงต้นเดือนมีนาคม 36.3 องศาเซลเซียส ท้องฟ้าไม่มีเมฆ ปริมาณรังสีดวงอาทิตย์จึงมีความแปรปรวนต่ำอยู่ระหว่าง 11-15 เมกกะจูลต่อตารางเมตรต่อวัน ส่วนในช่วงปลูกฤดูฝนปี 2555 ทุก 10 วัน (ภาพที่ 4) พบว่า ปริมาณน้ำฝนรวมตลอดช่วงปลูกตั้งแต่เดือนมิถุนายน ถึง กันยายน 2555 มีค่าเท่ากับ 488.6 มิลลิเมตร และมีการให้น้ำชลประทานเสริมในช่วงฝนทิ้งช่วง 40.0 มิลลิเมตรรวม 528.6 มิลลิเมตร โดยมีปริมาณน้ำฝนตกสูงสุดในช่วงต้นเดือนกันยายน 121.8 มิลลิเมตร ต่ำสุดในช่วงกลางเดือนมิถุนายน 1.2 มิลลิเมตร อุณหภูมิอยู่ในช่วง 24-34 องศาเซลเซียส และมีค่าเฉลี่ยต่ำสุดในช่วงปลาย

เดือนสิงหาคม 24.0 องศาเซลเซียส เฉลี่ยสูงสุดในช่วงกลางเดือนกรกฎาคม 34.0 องศาเซลเซียส ปริมาณรังสีดวงอาทิตย์มีความแปรปรวนสูงระหว่าง 11-20 เมกะจูลต่อตารางเมตรต่อวัน เฉลี่ยสูงสุดในช่วงกลางเดือนกรกฎาคม เฉลี่ยต่ำสุดในช่วงต้นเดือนสิงหาคม

ลักษณะด้านพัฒนาการของถั่วลันเตา

ลักษณะด้านพัฒนาการของถั่วลันเตา 4 สายพันธุ์ ได้แก่ อายุถึงวันออกดอก อายุถึงวันสร้างฝักแรก อายุถึงวันสร้างเมล็ดแรก และอายุถึงวันสุกแก่ ของวันปลูกต่างๆ จะมีค่าแตกต่างกันระหว่างพันธุ์และฤดูปลูก (ตารางที่ 3) โดยในฤดูแล้งปี 2554 จะมีการพัฒนาถึงระยะต่างๆยาวกว่าในฤดูฝน เนื่องจากระยะเวลาพัฒนาการตรงกับช่วงฤดูหนาวที่มีอุณหภูมิต่ำ ทำให้ถั่วลันเตาออกและเจริญเติบโตช้ากว่าในฤดูฝน โดยฤดูแล้งปี 2554 ถั่วลันเตาทั้ง 4 สายพันธุ์มีอายุถึงวันออกดอก อายุถึงวันสร้างฝักแรก อายุถึงวันสร้างเมล็ดแรก และอายุถึงวันสุกแก่ เท่ากัน คือ 35 55 66 และ 104 วัน ตามลำดับ ยกเว้น พันธุ์ KK 97-1-8 ที่มีอายุถึงวันออกดอก 34 วัน สำหรับในฤดูฝนปี 2554 มีความแตกต่างของลักษณะพัฒนาการดังกล่าว ระหว่างพันธุ์มากกว่าในฤดูแล้ง กล่าวคือ มีอายุถึงวันออกดอก 25-28 วัน อายุถึงวันสร้างฝักแรก 39-40 วัน อายุถึงวันสร้างเมล็ดแรก 49-50 วัน และอายุถึงวันสุกแก่ 86-87 วัน สำหรับในฤดูแล้งปี 2555 พบว่า มีการพัฒนาถึงระยะต่างๆยาวกว่าในฤดูฝน โดยถั่วลันเตาทั้ง 4 สายพันธุ์มีอายุถึงวันออกดอก 36-40 วัน อายุถึงวันสร้างฝักแรก 50-54 วัน อายุถึงวันสร้างเมล็ดแรก 56-61 วัน และอายุถึงวันสุกแก่ 98-99 วัน ส่วนในฤดูฝนปี 2555 มีอายุถึงวันออกดอก 23-24 วัน อายุถึงวันสร้างฝักแรก 32-36 วัน อายุถึงวันสร้างเมล็ดแรก 49-51 วัน และอายุถึงวันสุกแก่ 91-95 วัน ในภาพรวม พบว่า พันธุ์ KK 97-1-8 มีอายุถึงระยะพัฒนาการต่างๆเร็วกว่าทุกพันธุ์

ลักษณะด้านการเจริญเติบโตของถั่วลันเตา

ลักษณะด้านการเจริญเติบโตของถั่วลันเตา ได้แก่ น้ำหนักแห้งของส่วนต่างๆ มีค่าแตกต่างกันในแต่ละพันธุ์และฤดูปลูก (ภาพที่ 5-8) ระยะการเจริญเติบโตในฤดูแล้งปี 2554 ประกอบด้วย V4 (20 วันหลังปลูก) R5 (72 วันหลังปลูก) R6 (78 วันหลังปลูก) R7 (91 วันหลังปลูก) และ R8(104 วันหลังปลูก) จากกราฟลักษณะน้ำหนักใบแห้ง มีค่าเพิ่มขึ้นสูงสุดที่อายุ 78 วัน หลังจากนั้นก็มีค่าลดลง ยกเว้นพันธุ์ KK 97-1-8 ที่ให้ค่าสูงสุดที่อายุ 72 วัน โดยพันธุ์ KK 97-1-8 ให้น้ำหนักใบแห้งสูงกว่าอีก 3 พันธุ์ เกือบทุกระยะการเจริญเติบโต (ภาพที่ 5A) ค่าดัชนีพื้นที่ใบของทุกพันธุ์มีค่าเพิ่มขึ้นสูงสุดที่อายุ 78 วัน ยกเว้นพันธุ์ KK 97-1-8 ที่ให้ค่าสูงสุดที่อายุ 91 วัน (ภาพที่ 5B) ส่วนน้ำหนักต้นแห้ง น้ำหนักมวลรวมแห้ง และน้ำหนักฝักแห้งให้ค่าเพิ่มขึ้นตามอายุ โดยพันธุ์ KK 97-44-106 ให้น้ำหนักต้นแห้งสูงกว่าทุกพันธุ์ เกือบทุกระยะการเจริญเติบโต (ภาพที่ 5C) ส่วนน้ำหนักมวลรวมแห้ง พันธุ์ KK 97-44-106 และ KK 97-44-112 ให้น้ำหนักสดคล้องกับน้ำหนักต้นแห้ง (ภาพที่ 5D) สำหรับน้ำหนักฝักแห้ง พันธุ์ KK 97-1-8 ให้ค่าเพิ่มขึ้นสูงกว่าอีก 3 พันธุ์ แต่ที่อายุ 104 วัน พันธุ์ KK 97-44-106 กลับให้ค่าสูงกว่า (ภาพที่ 5E)

ส่วนในฤดูฝนปี 2554 น้ำหนักแห้งของส่วนต่างๆของต้นถั่วลันเตาแต่ละระยะของการเจริญเติบโต คือ V4 (16 วันหลังปลูก) R5 (46 วันหลังปลูก) R6 (60 วันหลังปลูก) R7 (81 วันหลังปลูก) และ R8(87 วันหลังปลูก) พบว่า น้ำหนักใบแห้ง พันธุ์ KK 97-44-107 ให้น้ำหนักต้นแห้งสูงกว่าทุกพันธุ์ เกือบทุกระยะการเจริญเติบโต โดยให้ค่าสูงสุดที่อายุ 60 วันแล้วลดลง (ภาพที่ 6A) ค่าดัชนีพื้นที่ใบของทุกพันธุ์มีค่าเพิ่มขึ้นสูงสุดที่อายุ 81 วัน แล้ว

ลดลง ยกเว้นพันธุ์ KK 97-44-107 ที่ให้ค่าสูงสุดที่อายุ 60 วัน(ภาพที่ 6B) ส่วนน้ำหนักต้นแห้ง น้ำหนักมวลรวมแห้ง และน้ำหนักฝักแห้ง ให้ค่าเพิ่มขึ้นตามอายุ โดยพันธุ์ KK 97-44-107 ให้ค่าทั้ง 3 ลักษณะดังกล่าวสูงกว่าทุกพันธุ์เกือบทุกระยะการเจริญเติบโต(ภาพที่ 6C 6D และ 6E)

ฤดูแล้งปี 2555 น้ำหนักแห้งของส่วนต่างๆของต้นถั่วลิสงแต่ละระยะของการเจริญเติบโตประกอบด้วย V4 (29 วันหลังปลูก) R5 (56 วันหลังปลูก) R6 (74 วันหลังปลูก) R7 (90 วันหลังปลูก) และ R8(98 วันหลังปลูก) จากกราฟลักษณะน้ำหนักใบแห้ง มีค่าเพิ่มขึ้นสูงสุดที่อายุ 74 วัน หลังจากนั้นมึค่าลดลง(ภาพที่ 7A) โดยพันธุ์ KK 97-44-112 ให้น้ำหนักใบแห้งสูงกว่าอีก 3 พันธุ์ เกือบทุกระยะการเจริญเติบโต ค่าดัชนีพื้นที่ใบของทุกพันธุ์มีค่าเพิ่มขึ้นสูงสุดที่อายุ 74 วัน สอดคล้องกับน้ำหนักใบแห้ง(ภาพที่ 7B) ส่วนน้ำหนักต้นแห้ง น้ำหนักมวลรวมแห้ง และน้ำหนักฝักแห้งให้ค่าเพิ่มขึ้นตามอายุ โดยพันธุ์ KK 97-44-106 ให้น้ำหนักต้นแห้งสูงกว่าทุกพันธุ์ เกือบทุกระยะการเจริญเติบโต (ภาพที่ 7C) ส่วนน้ำหนักมวลรวมแห้ง พันธุ์ KK 97-44-106 และ KK 97-44-112 ให้น้ำหนักสอดคล้องกับน้ำหนักต้นแห้ง (ภาพที่ 7D) สำหรับน้ำหนักฝักแห้ง พันธุ์ KK 97-44-112 ให้ค่าเพิ่มขึ้นสูงกว่าอีก 3 พันธุ์ (ภาพที่ 7E)

ส่วนฤดูฝนปี 2555 น้ำหนักแห้งของส่วนต่างๆของต้นถั่วลิสงแต่ละระยะของการเจริญเติบโต คือ V4 (18 วันหลังปลูก) R5 (43 วันหลังปลูก) R6 (64 วันหลังปลูก) R7 (82 วันหลังปลูก) และ R8(92 วันหลังปลูก) พบว่าน้ำหนักใบแห้ง ให้ค่าสูงสุดที่อายุ 82 วันแล้วลดลง ยกเว้นพันธุ์ KK 97-44-106 ที่ให้ค่าสูงสุดที่อายุ 64 วัน โดยพันธุ์ KK 97-44-107 ให้น้ำหนักแห้งสูงกว่าทุกพันธุ์ เกือบทุกระยะการเจริญเติบโต (ภาพที่ 8A) ค่าดัชนีพื้นที่ใบของทุกพันธุ์มีค่าเพิ่มขึ้นสูงสุดที่อายุ 82 วัน แล้วลดลง ยกเว้นพันธุ์ KK 97-44-106 ที่ให้ค่าสูงสุดที่อายุ 64 วัน (ภาพที่ 8B) ส่วนน้ำหนักต้นแห้ง น้ำหนักมวลรวมแห้ง และน้ำหนักฝักแห้ง ให้ค่าเพิ่มขึ้นตามอายุ โดยพันธุ์ KK 97-44-112 ให้ค่าทั้ง 3 ลักษณะดังกล่าวสูงกว่าทุกพันธุ์เกือบทุกระยะการเจริญเติบโต (ภาพที่ 8C 8D และ 8E)

จากผลการทดลอง พบว่า ฤดูฝนจะมีการเจริญเติบโตเร็วกว่าฤดูแล้ง เพราะได้รับปริมาณน้ำฝนอย่างเพียงพอ ประกอบกับมีอุณหภูมิที่เหมาะสมกับการเจริญเติบโต (ภาพที่ 2 และ 4) ส่วนฤดูแล้ง การเจริญเติบโตในช่วงแรกเป็นไปอย่างช้าๆ ทั้งนี้เนื่องจากในช่วงงอกมีอุณหภูมิต่ำ ประกอบกับอยู่ในช่วงฤดูแล้ง จึงต้องมีการให้น้ำชลประทานตลอดฤดูปลูก แต่อย่างไรก็ตามฤดูแล้งกลับให้น้ำหนักฝักแห้งสูงกว่าฤดูฝน เนื่องจากมีปริมาณรังสีดวงอาทิตย์สม่ำเสมอตลอดฤดูปลูก และมีระยะเวลาสร้างและพัฒนาการของฝักและเมล็ดยาวนานกว่าฤดูฝน

การประมาณและปรับค่าสัมประสิทธิ์พันธุกรรมในแบบจำลอง (model calibration)

ได้ทำการประมาณค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมของถั่วลิสงแต่ละพันธุ์ โดยใช้ข้อมูลที่ได้จากแปลงทดลองที่ดำเนินการต่างฤดูปลูกกัน คือ ฤดูแล้งปี2554 และฤดูฝนปี 2555 (แทนฤดูฝนปี 2554 เนื่องจากข้อมูลลักษณะทางด้านพัฒนาการและการเจริญเติบโตของฤดูฝนปี2554 ที่จะนำมาประมาณค่ามีความแปรปรวนสูง) จากนั้นทำการปรับค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมของถั่วลิสงแต่ละพันธุ์จนได้ผลการจำลองลักษณะทางด้านพัฒนาการและการเจริญเติบโตใกล้เคียงกับค่าสังเกตจากทั้ง 2 แปลงทดลองมากที่สุด

การเปรียบเทียบค่าจำลองกับค่าสังเกตของลักษณะด้านพัฒนาการ ได้แก่ อายุถึงวันออกดอก อายุถึงวันสร้างฝักแรก อายุถึงวันสร้างเมล็ดแรก และอายุถึงเก็บเกี่ยว พบว่า ค่าจำลองและค่าสังเกตจะให้ค่าแตกต่างกันไป โดยค่าจำลองอายุถึงวันออกดอกของทั้ง 2 ฤดูให้ค่าใกล้เคียงกับค่าสังเกต โดยให้ค่าRMSE เท่ากับ 2.1 วัน และ r^2

เท่ากับ 0.98** (ภาพที่ 9A) อายุถึงวันสร้างฝักแรก และอายุถึงวันสร้างเมล็ดแรกก็ให้ค่าใกล้เคียงกับค่าสังเกต โดยให้ค่า RMSE เท่ากับ 3.1 และ 2.6 วัน และค่า r^2 เท่ากับ 0.98** และ 0.98** ตามลำดับ(ภาพที่ 9B และ 9C) สำหรับและอายุถึงเก็บเกี่ยวของค่าจำลองและค่าสังเกต ให้ค่า RMSE เท่ากับ 8.6 วัน และ r^2 เท่ากับ 0.95** (ภาพที่ 9D) จากผลการทดลอง ถูกล้างจะมีอายุถึงวันออกดอก อายุถึงวันสร้างฝักแรก อายุถึงวันสร้างเมล็ดแรก และอายุถึงเก็บเกี่ยวยาวกว่าฤดูฝน ทั้งนี้เนื่องจากในช่วงปลูกมีอุณหภูมิต่ำ การเจริญเติบโตในช่วงแรกเป็นไปอย่างช้าๆ ทำให้ต้องใช้เวลาในการพัฒนาการจนถึงระยะต่างๆเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังพบความแตกต่างของค่าจำลองกับค่าสังเกตของลักษณะของอายุถึงวันสร้างฝักแรก และอายุถึงวันสร้างเมล็ดแรก อายุถึงเก็บเกี่ยวค่อนข้างสูง ทั้งนี้เนื่องจากการประเมินลักษณะดังกล่าว ต้องถอนต้นถั่วขึ้นมาดู โดยจำนวนต้นที่ถอนแต่ละครั้งมีจำนวนน้อย และไม่ได้ถอนทุกวัน ประกอบกับความแปรปรวนระหว่างต้นมีสูง เป็นผลทำให้ค่าสังเกตมีความแปรปรวนของสูง

สำหรับการเปรียบเทียบข้อมูลลักษณะด้านการเจริญเติบโต ได้แก่ น้ำหนักรวมเหนือดิน น้ำหนักใบ น้ำหนักต้น และน้ำหนักฝักแห้ง ระหว่างค่าจำลองและค่าสังเกตจากแปลงทดลองในฤดูแล้งปี 2554 และฤดูฝน ปี 2555 แสดงดังภาพที่ 10 และ 11 สำหรับความแตกต่างระหว่างค่าจำลองและค่าสังเกต แสดงโดยค่า RMSE และ d-statistic กล่าวคือ ถ้า RMSE มีค่าต่ำ แสดงว่า ค่าจำลองและค่าสังเกตมีค่าใกล้เคียงกัน ส่วนค่า d จะมีค่าระหว่าง 0-1 ค่า d ที่มีค่าใกล้กับ 1 แสดงว่า ค่าจำลองและค่าสังเกตมีค่าใกล้เคียงกันเช่นกันดังแสดงตารางที่ 4 และ 5 ที่พบว่า ฤดูแล้งปี 2554 น้ำหนักรวมเหนือดินให้ค่า d-statistic เฉลี่ยระหว่างค่าจำลองและค่าสังเกต เท่ากับ 0.90 น้ำหนักต้น และน้ำหนักฝักแห้ง 0.96 และ 0.93 ตามลำดับ แสดงว่า ค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมที่ปรับค่าแล้ว ให้ค่าจำลองน้ำหนักต้น น้ำหนักฝัก และน้ำหนักมวลรวมใกล้เคียงกับค่าสังเกตจากแปลงทดลองมาก สำหรับลักษณะน้ำหนักใบ และดัชนีพื้นที่ใบ(LAI) มีค่า d เฉลี่ยเท่ากับ 0.84 เท่ากัน แสดงว่า ค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมที่ปรับค่าแล้ว สามารถใช้ทำนายลักษณะทั้งสองได้ดี ส่วนในฤดูฝนปี 2555 ให้ค่า d เฉลี่ยของน้ำหนักรวมเหนือดิน น้ำหนักใบ น้ำหนักต้น น้ำหนักฝักแห้ง และค่าดัชนีพื้นที่ใบ(LAI) เป็น 0.82 0.60 0.74 0.98 และ 0.65 ตามลำดับ โดยให้ค่าน้ำหนักใบ และดัชนีพื้นที่ใบ(LAI) ค่อนข้างต่ำ ทั้งนี้ก็เนื่องมาจากในระยะใกล้เก็บเกี่ยวมีการระบาดของโรคทางใบ มีผลทำให้ใบร่วง ข้อมูลจึงมีความแปรปรวนสูงกว่าลักษณะอื่นๆ แต่อย่างไรก็ตามการปรับค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมของพันธุ์ต่างๆ โดยใช้ข้อมูล 2 ฤดูที่แตกต่างกัน ทำให้ได้ค่าสัมประสิทธิ์พันธุกรรมที่สามารถใช้กับแบบจำลองในการทำนายลักษณะต่างๆ ทั้งด้านพัฒนาการและการเจริญเติบโตของถั่วลิสงทั้ง 4 สายพันธุ์ได้ใกล้เคียงกับค่าสังเกตจากแปลงทดลอง

ผลการทดสอบค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรม (model validation)

เมื่อได้ค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมของถั่วลิสงทั้ง 4 สายพันธุ์ ที่ผ่านการปรับค่าตามในขั้นตอนที่กล่าวข้างต้น ในการประเมินว่าค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมของถั่วลิสงดังกล่าว จะสามารถทำนายลักษณะต่างๆของพันธุ์ถั่วลิสงได้ดีเพียงใด จึงต้องใช้ข้อมูลที่ได้จากวันปลูกอื่นๆ ที่ไม่ได้ใช้ในการประมาณค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมเป็นข้อมูลอิสระสำหรับทดสอบ ในที่นี้ใช้ข้อมูลฤดูแล้งปี 2555 เป็นข้อมูลอิสระสำหรับทดสอบ โดยนำข้อมูลที่ไปจำลองสถานการณ์ แล้วเปรียบเทียบค่าจำลองการเจริญเติบโตและพัฒนาการที่ได้กับค่าสังเกตจริงจากแปลงทดลองดังกล่าว ผลการประเมินลักษณะด้านพัฒนาการ พบว่า อายุถึงวันออกดอก อายุถึงวันสร้างฝักแรก มีความสอดคล้องระหว่างค่าที่ได้จากการจำลองและค่าสังเกตที่วัดได้จริงสูง คือ มีค่า r^2 เท่ากับ 0.93 และ

0.91 ให้ค่า RMSE ต่ำ 1.0 และ 1.3 วัน ตามลำดับ (ภาพที่ 12A และ 12B) ส่วนลักษณะด้านการเจริญเติบโต ได้แก่ น้ำหนักฝักแห้ง และน้ำหนักเมล็ด ก็มีความสอดคล้องระหว่างค่าที่ได้จากการจำลองและค่าสังเกตสูงเช่นกัน คือ มีค่า r^2 เท่ากับ 0.99** และ 0.96* ตามลำดับ (ภาพที่ 12C และ 12D)

สำหรับการเปรียบเทียบข้อมูลลักษณะด้านการเจริญเติบโต ได้แก่ น้ำหนักรวมเหนือดิน น้ำหนักใบ น้ำหนักต้น และน้ำหนักฝักแห้ง ระหว่างค่าจำลองและค่าสังเกตจากแปลงทดลองของทั้ง 4 สายพันธุ์แสดงดังภาพที่ 13 ส่วนความแตกต่างระหว่างค่าจำลองและค่าสังเกตของน้ำหนักรวมเหนือดินให้ค่า d ระหว่าง 0.85-0.90 เฉลี่ย 0.87 (ตารางที่ 6 และ 7) น้ำหนักต้น และน้ำหนักฝักแห้งให้ค่า d ระหว่าง 0.91-0.98 เฉลี่ย 0.95 และระหว่าง 0.92-0.96 เฉลี่ย 0.94 ตามลำดับ แสดงว่า ค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมที่ได้ให้ค่าจำลองของน้ำหนักต้น น้ำหนักฝักแห้ง และน้ำหนักรวมเหนือดินใกล้เคียงกับค่าสังเกตจากแปลงทดลองมาก ส่วนลักษณะน้ำหนักใบ และดัชนีพื้นที่ใบ(LAI) มีค่า d ระหว่าง 0.72-0.85 เฉลี่ย 0.80 และระหว่าง 0.75-0.85 เฉลี่ย 0.82 แสดงว่า ค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมที่ได้ สามารถใช้ทำนายลักษณะทั้งสองได้ดี

จากผลการทดลองแสดงว่า ค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมของถั่วลิสงทั้ง 4 สายพันธุ์ ที่ผ่านการปรับค่าตาม ในขั้นตอนที่กล่าวข้างต้น สามารถทำนายลักษณะต่างๆของพันธุ์ถั่วลิสงได้ดี

9. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาค่าสัมประสิทธิ์พันธุกรรมของถั่วลิสงสายพันธุ์ก้าวหน้าชุดที่ 1 พบว่า ลักษณะด้านพัฒนาการ ได้แก่ อายุถึงวันออกดอก อายุถึงวันสร้างฝักแรก อายุถึงวันสร้างเมล็ดแรก และอายุถึงวันเก็บเกี่ยว และด้านการเจริญเติบโตของถั่วลิสง ได้แก่ น้ำหนักแห้งของส่วนต่างๆของถั่วลิสง 4 สายพันธุ์ ของฤดูปลูกต่างๆ มีค่าแตกต่างกันระหว่างพันธุ์และฤดูปลูก โดยในฤดูแล้ง มีระยะการพัฒนาดังกล่าวยาวกว่าในฤดูฝน แต่ฤดูฝนจะมีการเจริญเติบโตเร็วกว่าฤดูแล้ง ผลการประมาณและปรับค่าสัมประสิทธิ์พันธุกรรมในแบบจำลอง (Model calibration) จากข้อมูล 2 ฤดู คือ ฤดูแล้งปี 2554 และฤดูฝนปี 2555 พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์พันธุกรรมที่ปรับค่าแล้วให้ค่าจำลองลักษณะด้านพัฒนาการ และการเจริญเติบโตของถั่วลิสง ใกล้เคียงกับค่าสังเกตที่ได้จากแปลงทดลอง จะมีลักษณะทางพัฒนาการและการเจริญเติบโตของถั่วลิสงบางสายพันธุ์บางระยะที่ค่าจำลองกับค่าสังเกตแตกต่างกันมาก เนื่องจากความคลาดเคลื่อนจากการปฏิบัติในการเก็บข้อมูล ส่วนผลการทดสอบค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรม(Model validation) โดยใช้ข้อมูลแปลงทดลองในฤดูแล้งปี 2555 เป็นข้อมูลอิสระสำหรับทดสอบ พบว่า การใช้ค่าสัมประสิทธิ์พันธุกรรมที่ได้จากปรับค่าแล้วจาก 2 ฤดู ยังสามารถทำนายลักษณะด้านพัฒนาการ และการเจริญเติบโตของถั่วลิสงใกล้เคียงกับค่าสังเกตที่ได้จากแปลงทดสอบ อย่างไรก็ตามค่าสัมประสิทธิ์พันธุกรรมของถั่วลิสงทั้ง 4 สายพันธุ์จะมีความถูกต้องยิ่งขึ้น ถ้ามีการทดสอบในหลายแปลงหรือหลายสภาพแวดล้อมเพิ่มขึ้น แล้วทำการปรับค่าสัมประสิทธิ์พันธุกรรมให้ดียิ่งขึ้น

10. การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

ใช้ค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมของพันธุ์ KK97-1-8 KK97-44-106 KK97-44-107 และ KK97-44-112 ในแบบจำลองถั่วลิสง เมื่อผ่านการทดสอบความแม่นยำในแปลงทดลองต่างๆแล้ว เพื่อประเมินศักยภาพการให้ผล

ผลิตของพันธุ์ถั่วลิสงในสภาพแวดล้อมต่างๆ

11. คำขอบคุณ

-

12. เอกสารอ้างอิง

สุกัญญา สุจริยา. 2547. วันปลูกที่เหมาะสมในการทดลองเพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์พันธุ์กรรมของสายพันธุ์ถั่วลิสง สำหรับการใช้แบบจำลอง CROPGRO-Peanut ในงานปรับปรุงพันธุ์. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาพืชไร่ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 80 หน้า.

Bhalang Suriham. 2006. Application of the CSM-CROPGRO-Peanut Model in Assisting Multi-Location Evaluation of Peanut Breeding Lines and Designing Peanut Ideotype for a Target Environment. Doctor of Philisophy Thesis in Agronomy, Graduate School, Khon Kaen University.

Boote ,K.J .1999. Concepts for Calibrating Crop Growth Models. Pages180-199. In: G.Hoogenboom , P.W. Wilkens, and G.Y. Tsuji (eds) DSSAT v3. Vol.4-6. University of Hawaii, Honolulu, Hawaii.

Hoogenboom, G., Jones, J.W., Wilkens, P.W., Batchelor, W.D., Bowen, W.T., Hunt, L.A., Peckering, N.B., Singh, U., Godwin, D.C., Baer, B., Boote, K.J., Ritchie, J.T., White, J.W., 1994. Crop models. In : Tsuji, G.Y., Uehara, G., Balas. S., (Ed) DSSAT Version 3, Volume 2. University of Hawaii, Honolulu, Hawaii, pp. 95-244.

Ritchie, J.T., E.C. Alocilja, and G. Uehara. 1986. IBSNAT/CERES Rice Model. Agrotechnology Transfer. 3:1-5.

Wallach, D., and B. Goffinet. 1987. Mean squared error of prediction in models for studying ecological and agronomic systems. Biometrics 43:561-573.

Wilkerson, G.G., J.W. Jones, K.J.Boots, K.T. Ingram, and J.W. Mishoe. 1983. Modeling Soybean Growth for Management. Trans. ASAE 26.63-73.

Willmott, C.J., 1982. Some commemts on the evaluation of model performance. Bull . Amer. Meteor. Sco. 63: 1309-1313.

ตารางที่ 1 ค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมของถั่วลิสง และลักษณะที่ใช้ปรับค่า

สัญลักษณ์	ค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมของถั่วลิสง	ลักษณะที่ใช้ปรับค่า
CSDL	ค่าวันวิกฤตวันสั้น	ค่าคงที่
PPSEN	ลักษณะความชื้นของพัฒนาการที่ตอบสนองต่อช่วงวันสั้น	ค่าคงที่
EMFL	ระยะเวลาจากดอกถึงออกดอกแรก	วันออกดอกแรก
FLSH	ระยะเวลาออกดอกแรกถึงเกิดฝักแรก	วันสร้างฝักแรก
FLSD	ระยะเวลาออกดอกแรกถึงเริ่มสร้างเมล็ด	วันสร้างเมล็ดแรก
SDPM	ระยะเวลาจากเริ่มสร้างเมล็ดถึงระยะสุกแก่ทางสรีระ	ค่า SLA และ LAI
FLLF	ระยะเวลาออกดอกแรกถึงระยะที่ใบขยายเต็มที่	วันเก็บเกี่ยว
LFMAX	อัตราสังเคราะห์แสงสูงสุดของใบ	มวลชีวภาพ
SLAVR	พื้นที่ใบเฉพาะ(Specific leaf area: SLA)	ค่า SLA และ LAI
SIZLF	ขนาดของใบสูงสุด	ค่า LAI และ SLA
XFRT	สัดส่วนของอาหารสูงสุดที่ส่งไปยังฝักและเมล็ด	ผลผลิตฝักและเมล็ด
WTPSD	น้ำหนักสูงสุดต่อเมล็ด	น้ำหนักเมล็ดสูงสุด และผลผลิตเมล็ด
SDPDV	จำนวนเมล็ดต่อฝัก	จำนวนเมล็ดต่อฝักและผลผลิตเมล็ด
SFDUR	ระยะเวลาในการสร้างเมล็ด	%กะเทาะ และระยะเวลาการสร้างเมล็ด
PODUR	ระยะเวลาในการสร้างฝัก	ระยะเวลาการสร้างเมล็ด

ที่มา : ดัดแปลงจากสุภัญญา (2547)

ตารางที่ 2 คุณสมบัติทางเคมีของดิน ก่อนปลูกถั่วลิสงที่ระดับความลึก 4 ระดับ แปลงทดลอง
ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น ปี 2554 และปี 2555

ระดับ (ซม.)	pH	N-NO ₃ (ppm)	N-NH ₄ (ppm)	Avail.P (ppm)	Exch.K (ppm)	Exch.Ca (ppm)
ฤดูแล้ง 54						
0-25	5.0	7.6	12.6	30.2	39.5	144.0
25-50	5.1	7.7	15.7	26.2	39.5	141.8
50-75	4.9	6.9	5.9	17.0	28.3	122.8
75-100	4.7	6.5	9.0	7.1	14.3	111.5
ฤดูฝน 54						
0-25	5.6	5.9	8.4	7.7	26.8	71.8
25-50	5.4	7.7	11.2	3.5	17.0	70.8
50-75	5.1	5.4	7.3	2.5	11.7	58.0
75-100	5.1	5.1	8.7	2.3	17.0	61.8
ฤดูแล้ง 55						
0-25	5.6	25.6	34.1	23.9	41.0	172.0
25-50	5.4	15.9	17.0	16.1	40.5	172.5
50-75	5.1	7.6	11.7	9.5	37.5	163.0
75-100	5.0	13.6	16.0	6.3	20.0	112.0
ฤดูฝน 55						
0-25	5.8	5.0	9.3	32.7	43.5	200.0
25-50	5.5	5.2	14.2	28.2	38.5	184.5
50-75	5.1	6.3	14.4	16.6	35.0	163.0
75-100	4.9	6.6	13.1	7.9	27.0	135.5

ตารางที่ 3 ลักษณะด้านพัฒนาการของพันธุ์ถั่วลิสง 4 สายพันธุ์ แปลงทดลองศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น
ปี 2554 และปี 2555

ลักษณะ	พันธุ์ถั่วลิสง			
	KK 97-1-8	KK 97-44-106	KK 97-44-107	KK 97-44-112
ฤดูแล้ง 54				
อายุถึงวันออกดอก(วัน)	34	35	35	35
อายุถึงวันสร้างฝักแรก(วัน)	55	55	55	55
อายุถึงวันสร้างเมล็ดแรก(วัน)	66	66	66	66
อายุถึงวันสุกแก่(วัน)	104	104	104	104
ฤดูฝน 54				
อายุถึงวันออกดอก(วัน)	25	27	28	28
อายุถึงวันสร้างฝักแรก(วัน)	40	40	40	39
อายุถึงวันสร้างเมล็ดแรก(วัน)	50	50	49	50
อายุถึงวันสุกแก่(วัน)	87	87	86	86
ฤดูแล้ง 55				
อายุถึงวันออกดอก(วัน)	36	40	39	40
อายุถึงวันสร้างฝักแรก(วัน)	50	52	53	54
อายุถึงวันสร้างเมล็ดแรก(วัน)	56	59	59	61
อายุถึงวันสุกแก่(วัน)	98	99	98	98
ฤดูฝน 55				
อายุถึงวันออกดอก(วัน)	23	23	23	24
อายุถึงวันสร้างฝักแรก(วัน)	32	35	36	35
อายุถึงวันสร้างเมล็ดแรก(วัน)	49	49	51	49
อายุถึงวันสุกแก่(วัน)	95	91	93	95

ตารางที่ 4 ค่า Root mean square error (RMSE) และ index of agreement (d) ของลักษณะถั่วลิสง 4 สายพันธุ์ เมื่อใช้ค่า
สัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมที่ปรับแล้ว แปลงทดลองศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น ฤดูแล้ง 2554 และ ฤดูฝน 2555

ลักษณะ	ฤดูแล้ง 54				ฤดูฝน 55			
	RMSE(Kg/rai)		d		RMSE(Kg/rai)		d	
	ค่าเฉลี่ย	ระหว่าง	ค่าเฉลี่ย	ระหว่าง	ค่าเฉลี่ย	ระหว่าง	ค่าเฉลี่ย	ระหว่าง
น้ำหนักรวมเหนือดิน	183	159-221	0.90	0.86-0.93	321	254-381	0.82	0.78-0.85
น้ำหนักใบแห้ง	77	68-88	0.84	0.80-0.89	167	137-198	0.60	0.54-0.67
น้ำหนักต้นแห้ง	59	20-86	0.96	0.94-0.99	278	185-353	0.74	0.70-0.83
น้ำหนักฝักแห้ง	46	30-58	0.93	0.89-0.98	21	16-27	0.98	0.95-0.99
ดัชนีพื้นที่ใบ	0.97	0.87-1.18	0.84	0.80-0.87	1.83	1.59-2.25	0.65	0.58-0.72

ตารางที่ 5 ค่า d-statistic ระหว่างค่าจำลองและค่าสังเกต ของลักษณะถั่วลิสง 4 สายพันธุ์ เมื่อใช้ค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมที่ปรับแล้ว แปลงทดลองศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น ฤดูแล้ง 2554 และ ฤดูฝน 2555

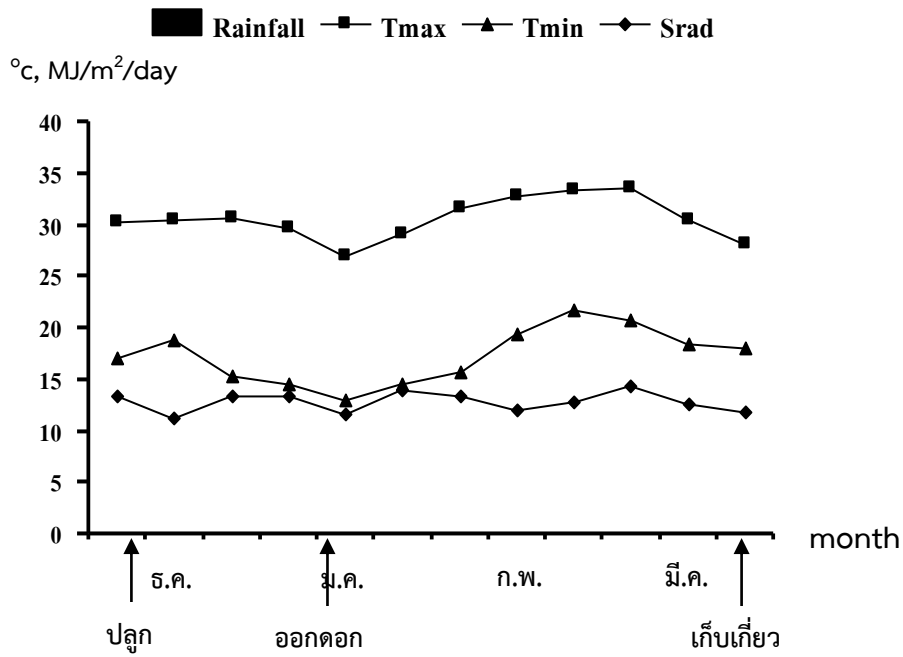
ลักษณะ	พันธุ์ถั่วลิสง							
	KK 97-1-8		KK 97-44-106		KK 97-44-107		KK 97-44-112	
	แล้ง 54	ฝน 55	แล้ง 54	ฝน 55	แล้ง 54	ฝน 55	แล้ง 54	ฝน 55
น้ำหนักรวมเหนือดิน	0.91	0.85	0.93	0.86	0.91	0.78	0.86	0.81
น้ำหนักใบ	0.89	0.60	0.87	0.67	0.82	0.54	0.80	0.58
น้ำหนักต้น	0.99	0.83	0.94	0.71	0.97	0.71	0.95	0.70
น้ำหนักฝัก	0.89	0.99	0.98	0.98	0.93	0.96	0.94	0.98
ดัชนีพื้นที่ใบ	0.86	0.67	0.87	0.72	0.85	0.58	0.80	0.63

ตารางที่ 6 ค่า Root mean square error (RMSE) และ index of agreement (d) ของลักษณะถั่วลิสง 4 สายพันธุ์ เมื่อใช้ค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมที่ปรับแล้ว แปลงทดลองศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น ฤดูแล้งปี 2555

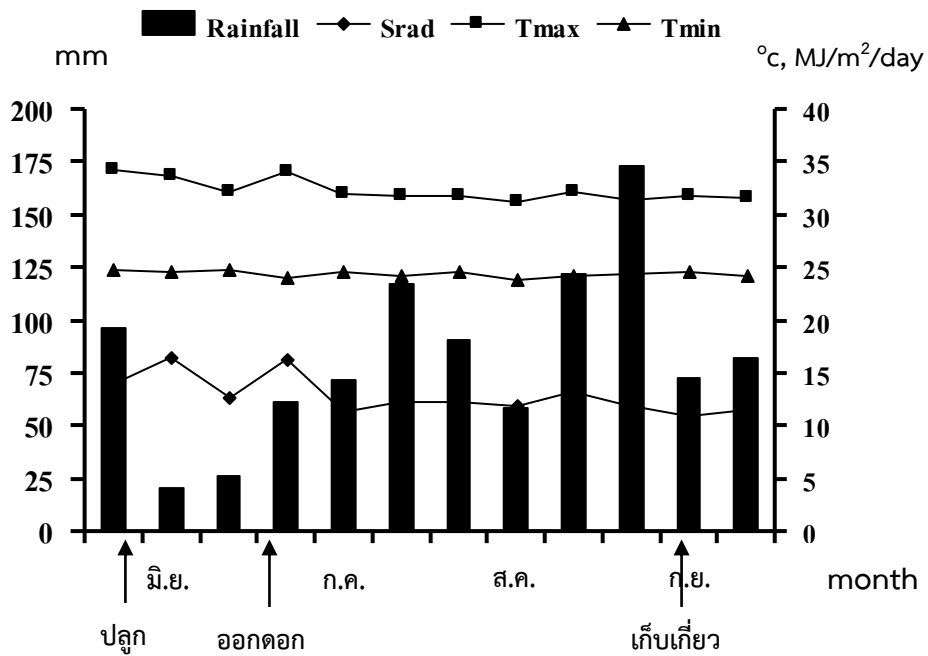
ลักษณะ	RMSE(Kg/rai)		d	
	ค่าเฉลี่ย	ระหว่าง	ค่าเฉลี่ย	ระหว่าง
	น้ำหนักรวมเหนือดิน	217	191-234	0.87
น้ำหนักใบแห้ง	80	74-92	0.80	0.72-0.85
น้ำหนักต้นแห้ง	77	45-105	0.95	0.91-0.98
น้ำหนักฝักแห้ง	68	57-87	0.94	0.92-0.96
ดัชนีพื้นที่ใบ	1.0	0.96-1.1	0.82	0.75-0.85

ตารางที่ 7 ค่า d-statistic ระหว่างค่าจำลองและค่าสังเกต ของลักษณะถั่วลิสง 4 สายพันธุ์ เมื่อใช้ค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมที่ปรับแล้ว แปลงทดลองศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น ฤดูแล้งปี 2555

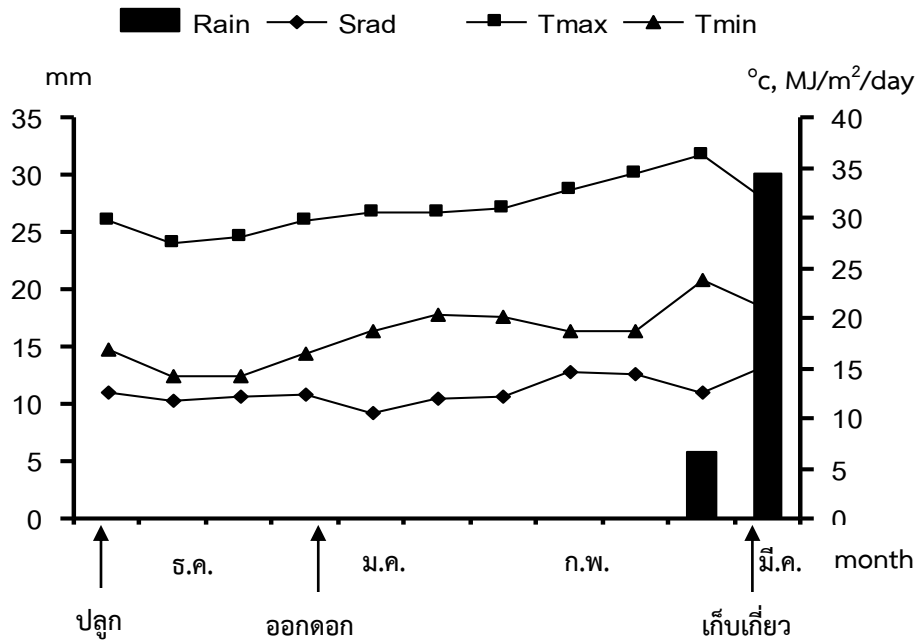
ลักษณะ	KK 97-1-8	KK 97-106	KK 97-107	KK 97-112
น้ำหนักรวมเหนือดิน	0.95	0.90	0.85	0.88
น้ำหนักใบ	0.83	0.80	0.72	0.85
น้ำหนักต้น	0.98	0.91	0.95	0.94
น้ำหนักฝัก	0.95	0.96	0.93	0.92
ดัชนีพื้นที่ใบ	0.82	0.82	0.75	0.84



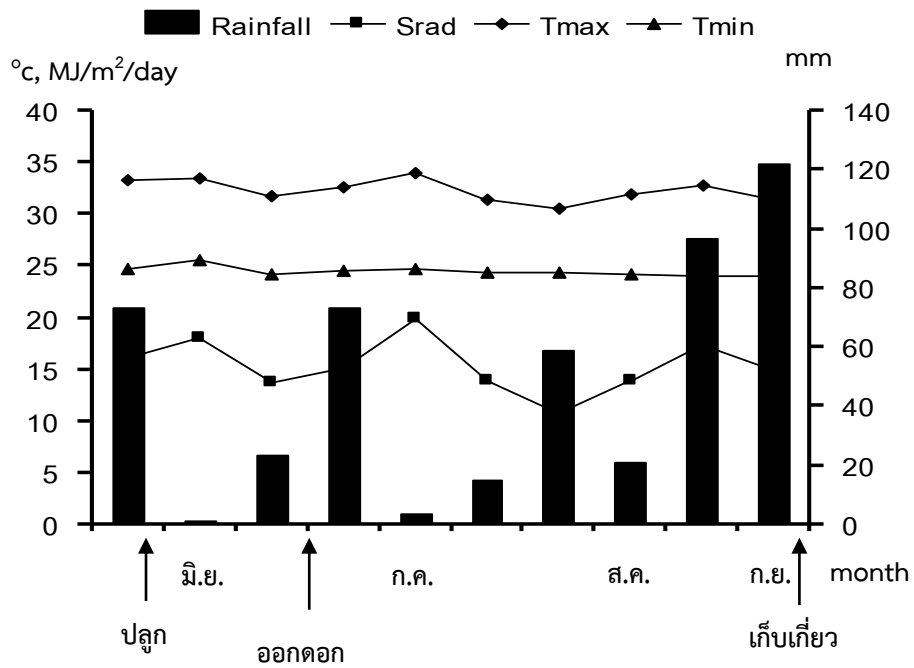
ภาพที่ 1 สภาพภูมิอากาศราย 10 วัน ตลอดช่วงการทดลองในฤดูแล้งปี 2553/54 ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น



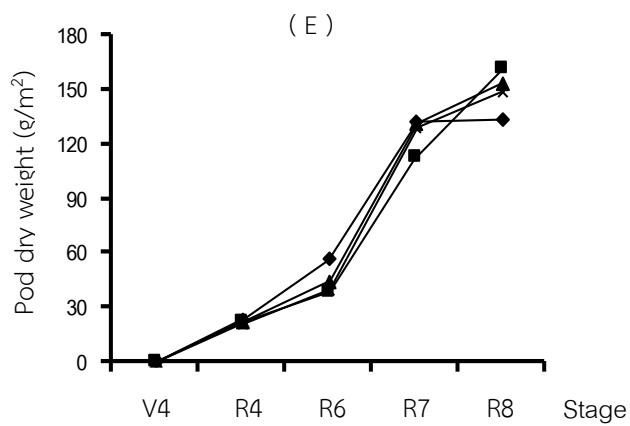
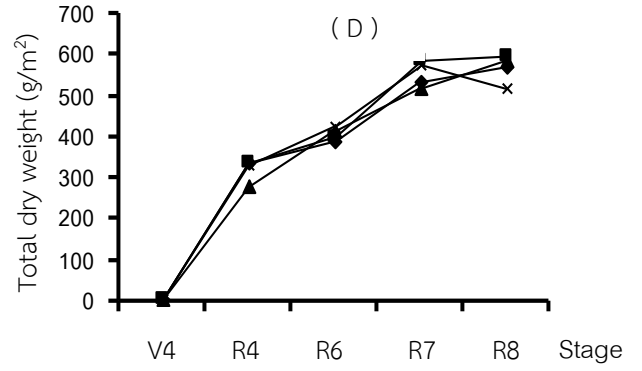
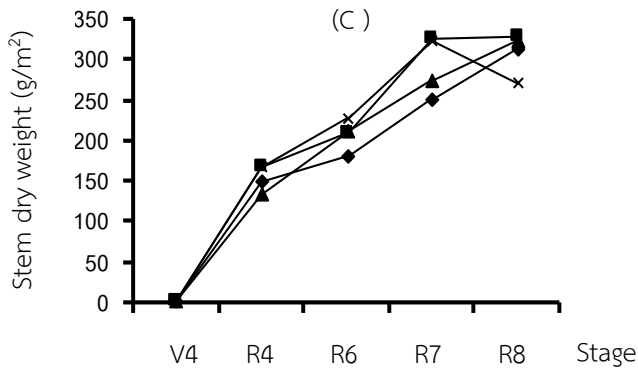
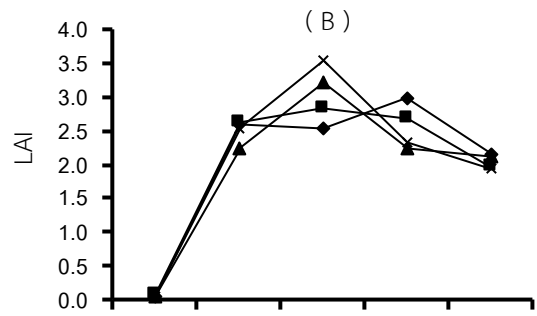
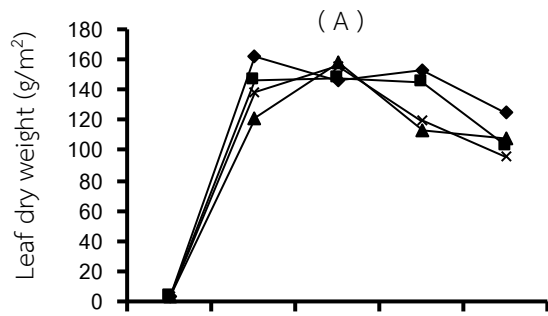
ภาพที่ 2 สภาพภูมิอากาศราย 10 วัน ตลอดช่วงการทดลองในฤดูฝนปี 2554 ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น



ภาพที่ 3 สภาพภูมิอากาศราย 10 วัน ตลอดช่วงการทดลองในฤดูแล้งปี 2554/55 ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น

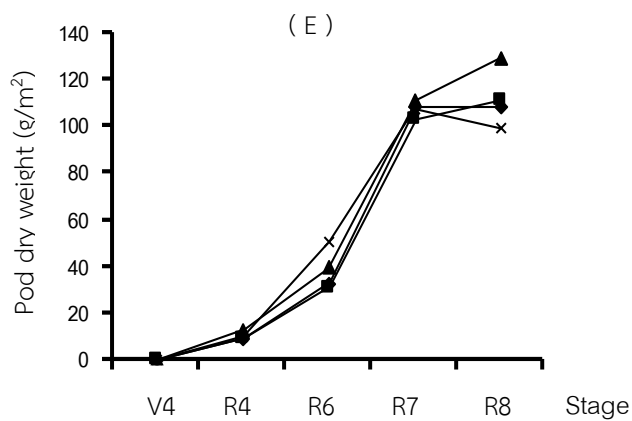
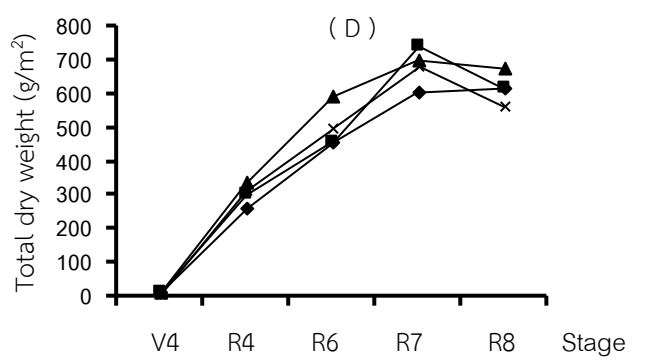
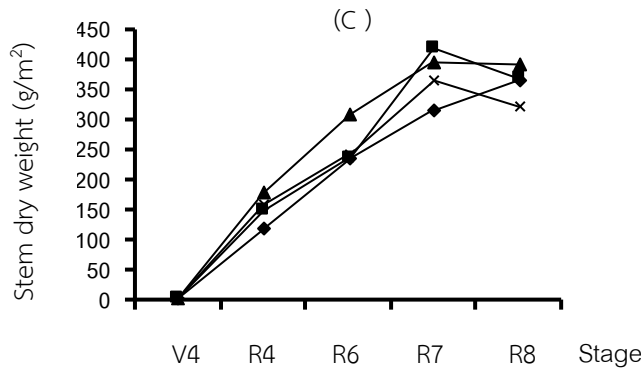
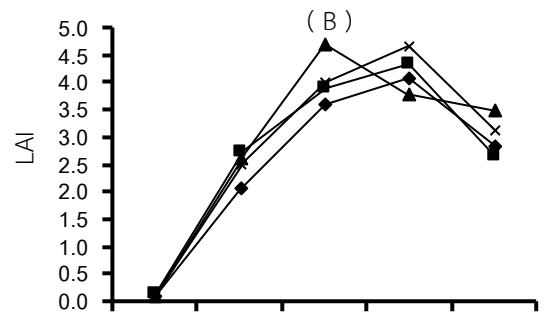
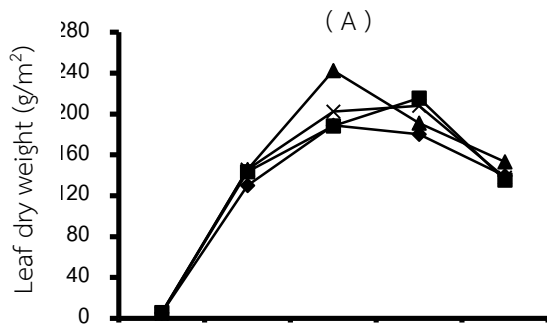


ภาพที่ 4 สภาพภูมิอากาศราย 10 วัน ตลอดช่วงการทดลองในฤดูฝนปี 2555 ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น



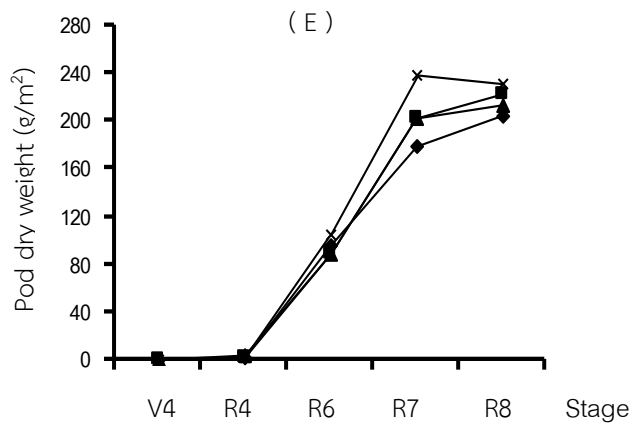
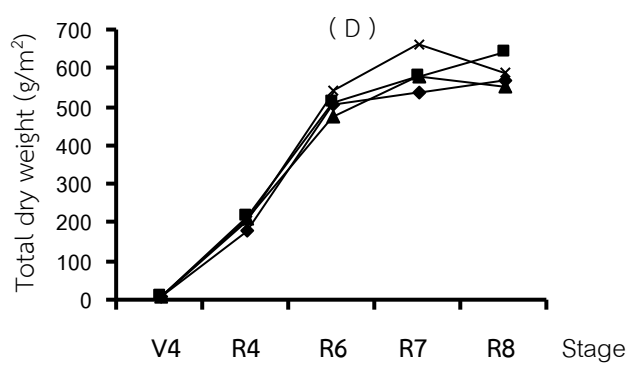
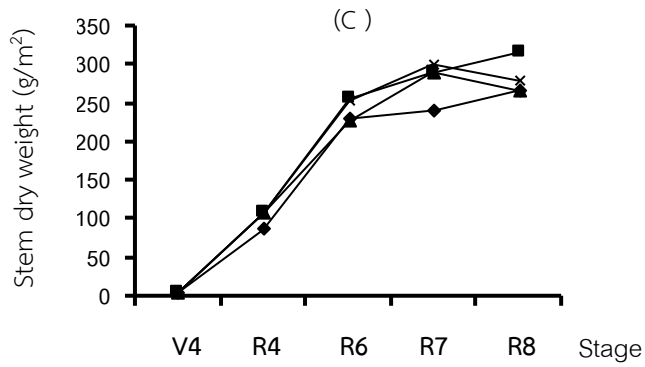
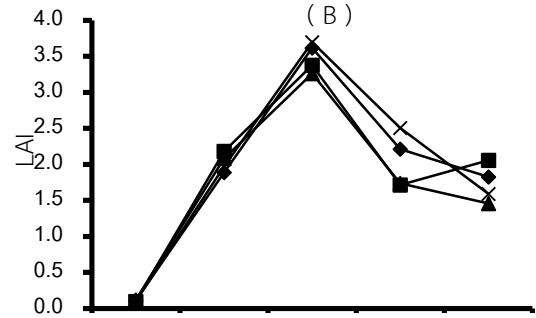
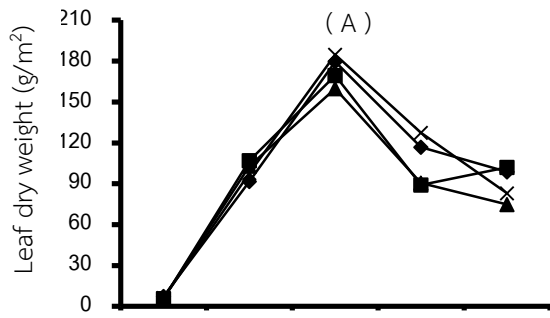
◆ KK 97-1-8 ■ KK 97-44-106 ▲ KK 97-44-107 X KK 97-44-112

ภาพที่ 5 น้ำหนักใบแห้ง ดัชนีพื้นที่ใบ(LAI) น้ำหนักต้นแห้ง น้ำหนักมวลรวมแห้ง และน้ำหนักฝักแห้ง ของถั่วลิสง 4 สายพันธุ์ ที่ปลูกในฤดูแล้งปี 2554 ที่ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น



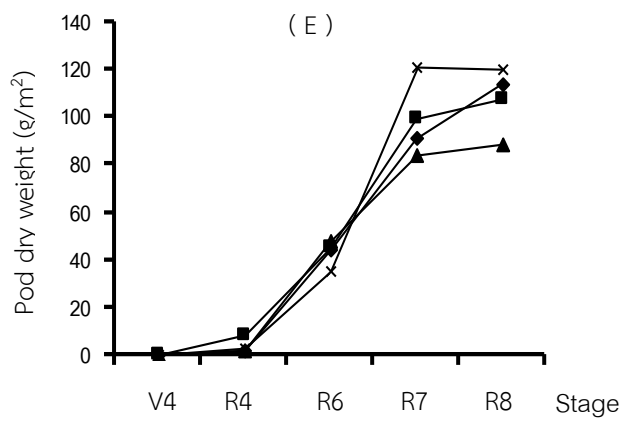
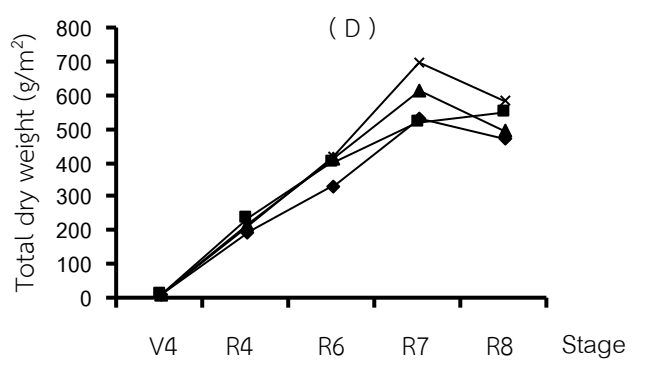
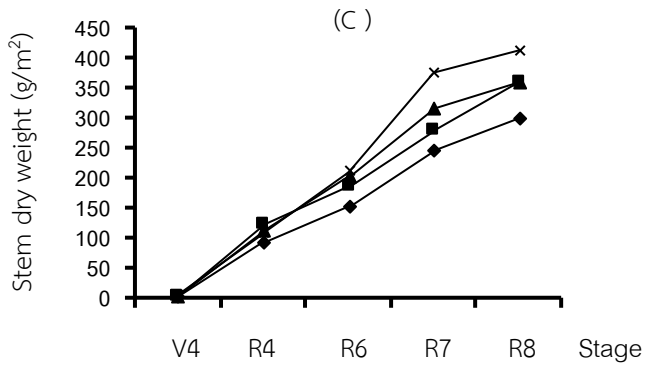
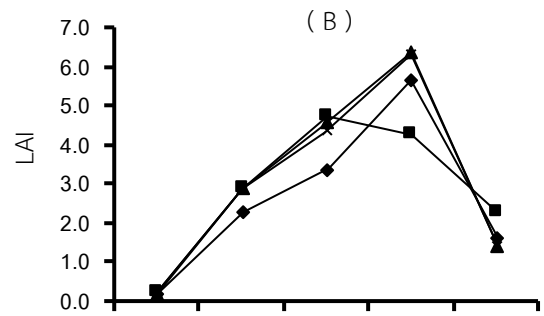
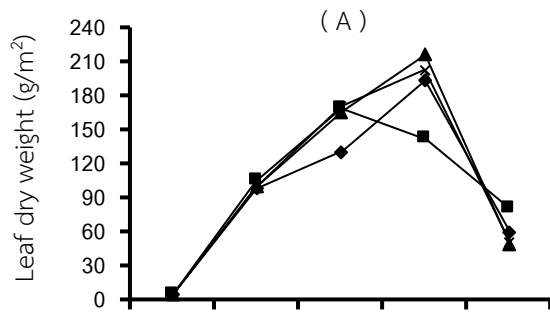
◆ KK 97-1-8 ■ KK 97-44-106 ▲ KK 97-44-107 × KK 97-44-112

ภาพที่ 6 น้ำหนักใบแห้ง ดัชนีพื้นที่ใบ(LAI) น้ำหนักต้นแห้ง น้ำหนักมวลรวมแห้ง และน้ำหนักฝักแห้ง ของถั่วลิสง 4 สายพันธุ์ ที่ปลูกในฤดูฝนปี 2554 ที่ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น



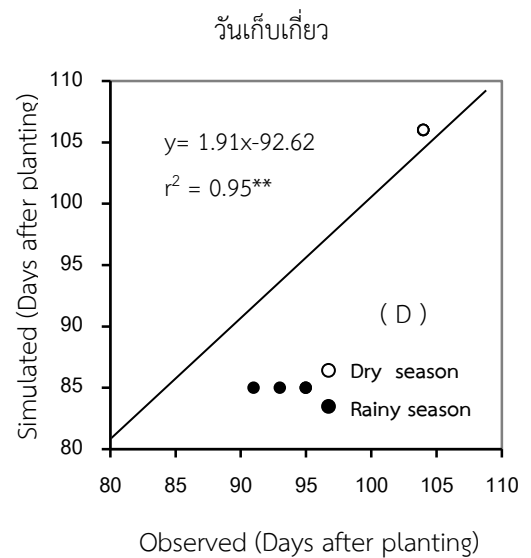
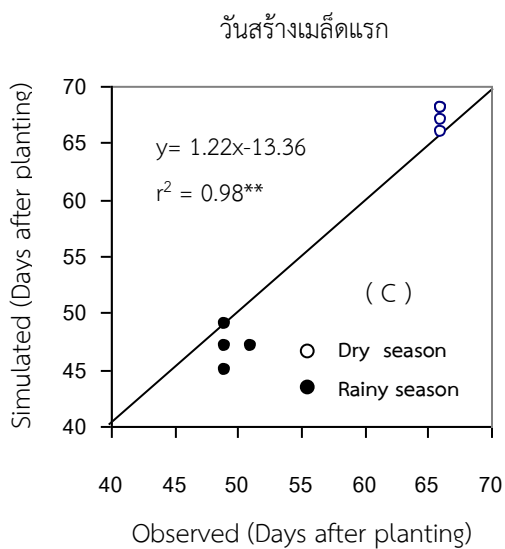
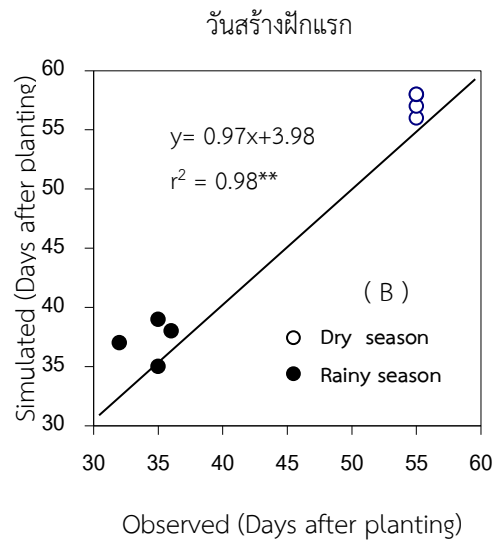
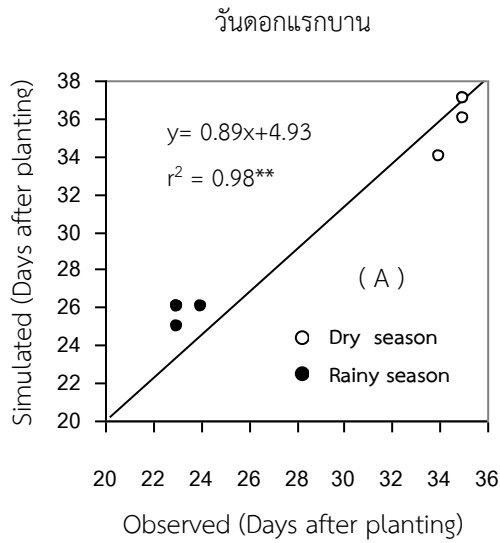
◆ KK 97-1-8 ■ KK 97-44-106 ▲ KK 97-44-107 × KK 97-44-112

ภาพที่ 7 น้ำหนักใบแห้ง ดัชนีพื้นที่ใบ(LAI) น้ำหนักต้นแห้ง น้ำหนักมวลรวมแห้ง และน้ำหนักฝักแห้ง ของถั่วลิสง 4 สายพันธุ์ ที่ปลูกในฤดูแล้งปี 2555 ที่ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น

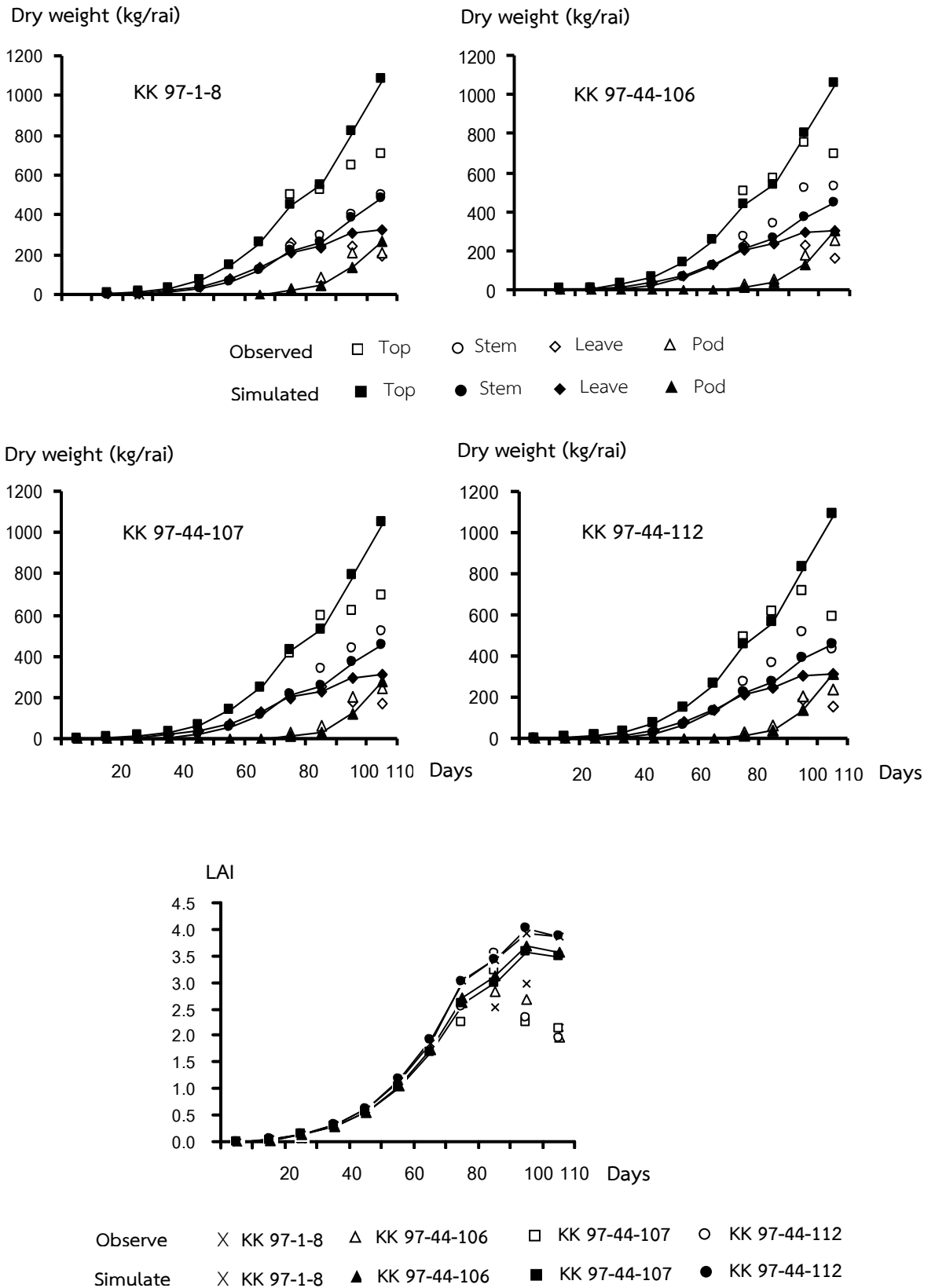


◆ KK 97-1-8 ■ KK 97-44-106 ▲ KK 97-44-107 X KK 97-44-112

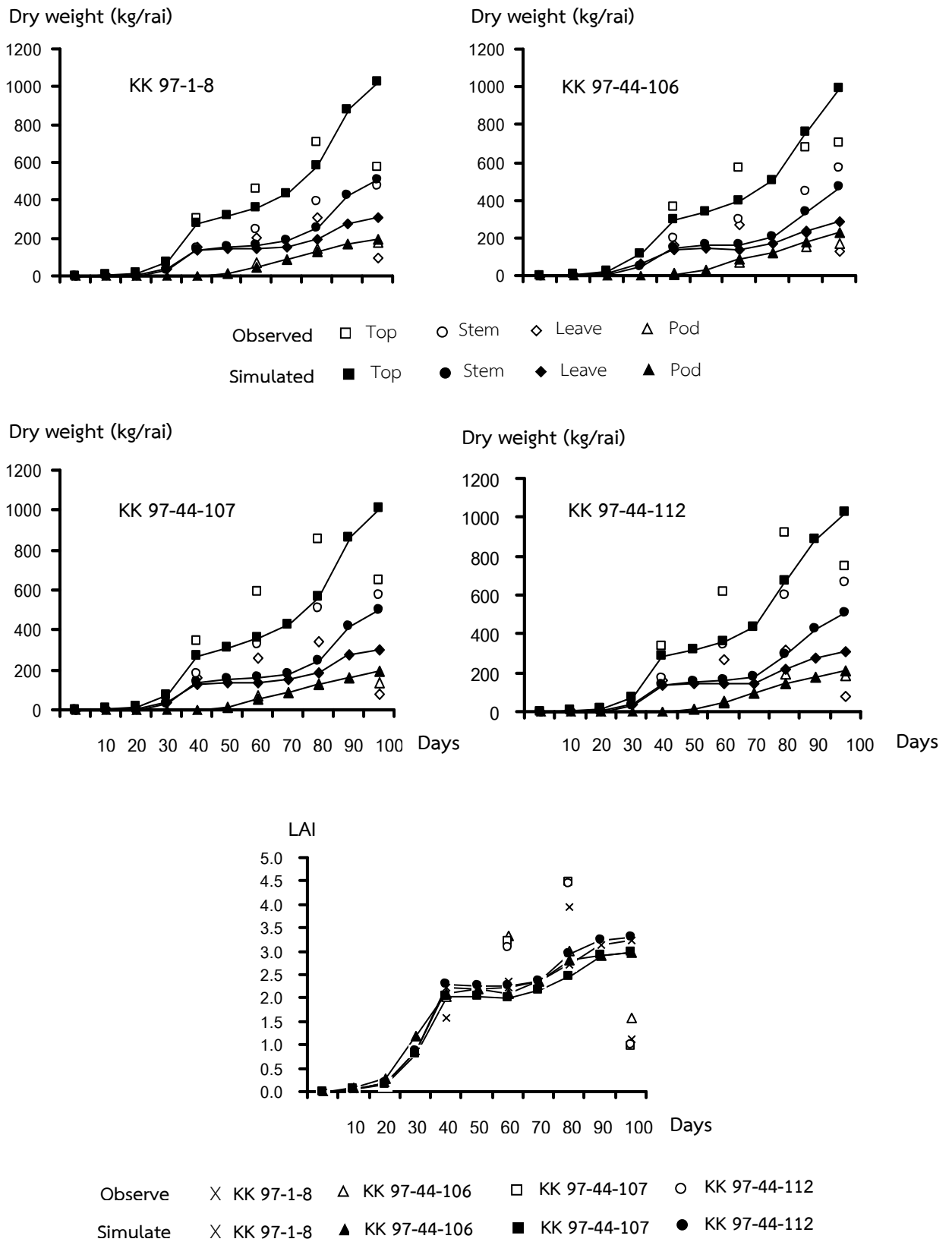
ภาพที่ 8 น้ำหนักใบแห้ง ดัชนีพื้นที่ใบ(LAI) น้ำหนักต้นแห้ง น้ำหนักมวลรวมแห้ง และน้ำหนักฝักแห้ง ของถั่วลิสง 4 สายพันธุ์ ที่ปลูกในฤดูฝนปี 2555 ที่ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น



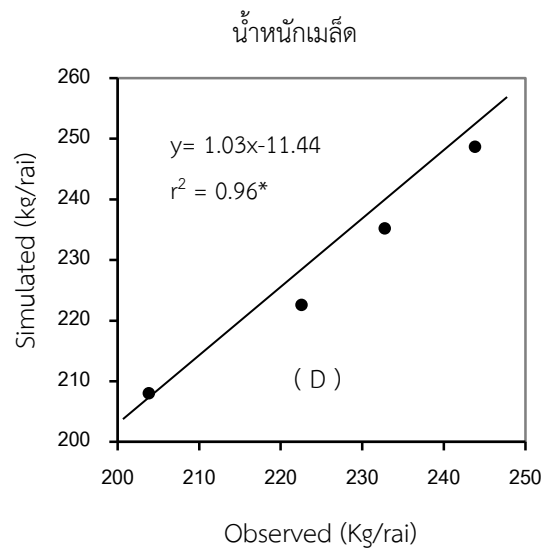
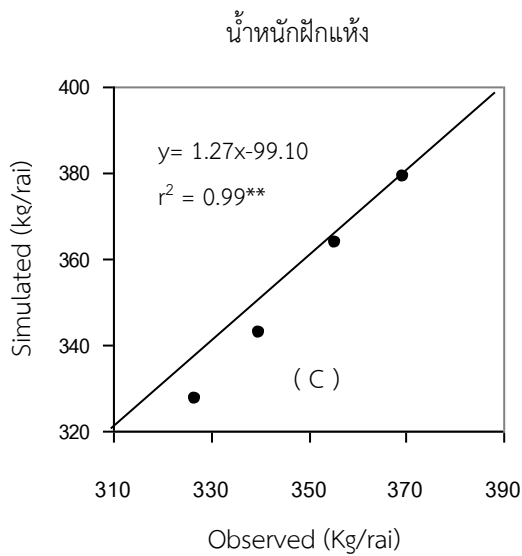
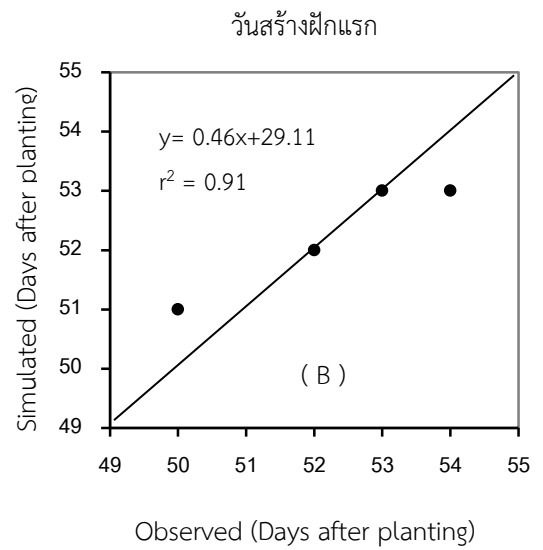
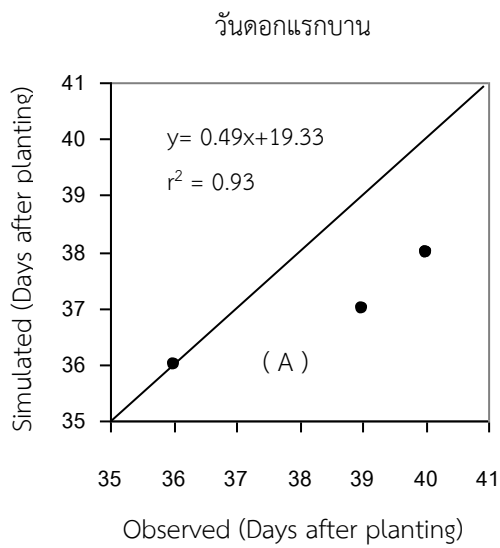
ภาพที่ 9 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าจำลองกับค่าสังเกตของลักษณะวันดอกแรกบาน วันสร้างฝักแรก วันสร้างเมล็ดแรก และวันเก็บเกี่ยวของถั่วลิสง 4 สายพันธุ์ ปลูกในฤดูแล้งปี 2554 และฝนปี 2555



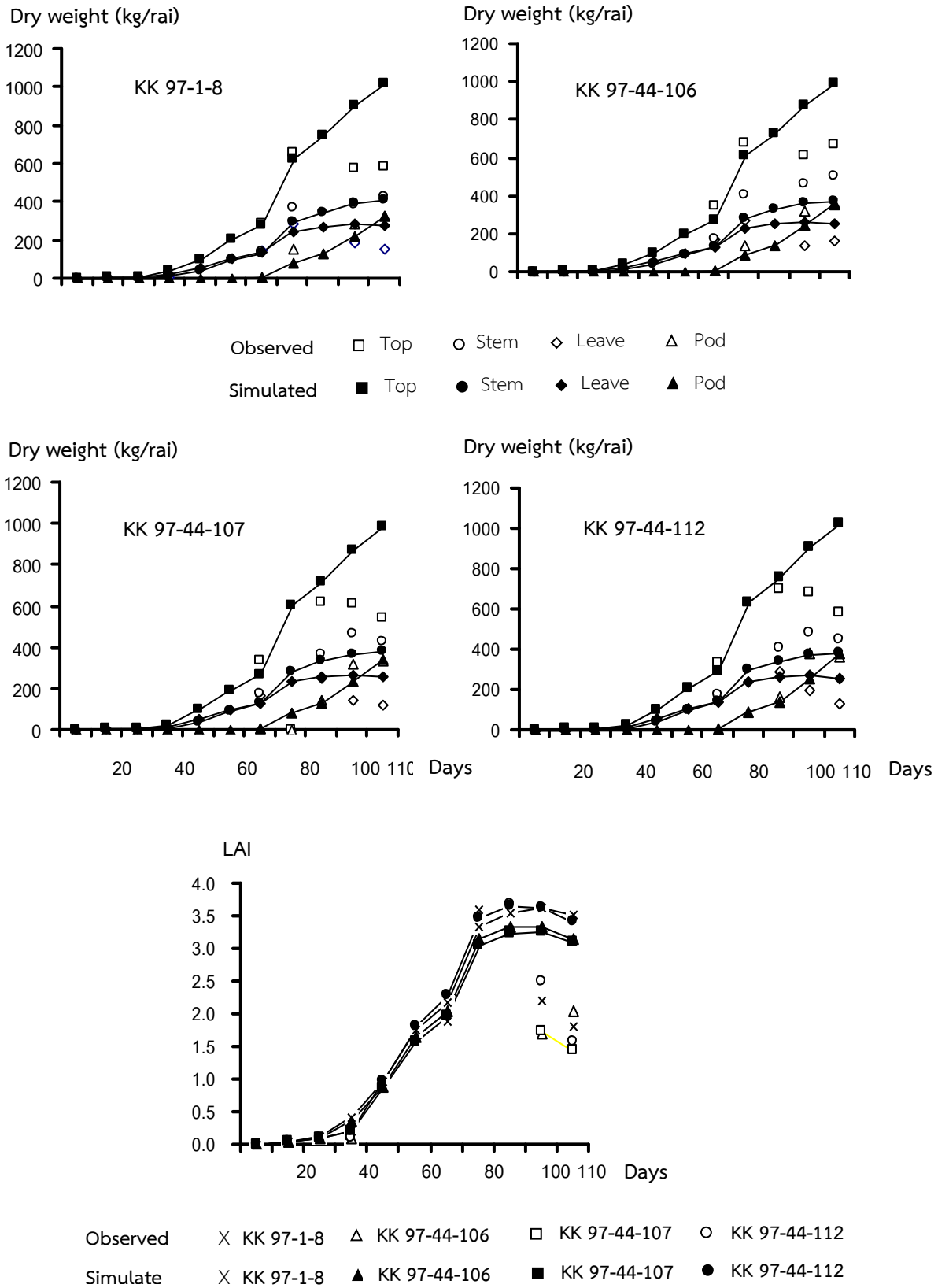
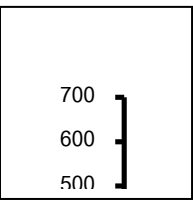
ภาพที่ 10 ค่าจำลอง(เส้น) และค่าสังเกต(สัญลักษณ์)ของลักษณะน้ำหนักมวลเหนือดิน น้ำหนักต้น น้ำหนักใบ และน้ำหนักฝักของถั่วลิสง 4 สายพันธุ์ ปลูกในฤดูแล้งปี 2554



ภาพที่ 11 ค่าจำลอง(เส้น) และค่าสังเกต(สัญลักษณ์)ของลักษณะน้ำหนักมวลเหนือดิน น้ำหนักต้น น้ำหนักใบ และน้ำหนักฝัก ของถั่วลิสง 4 สายพันธุ์ ปลูกในฤดูฝนปี 2555



ภาพที่ 12 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าจำลองกับค่าสังเกตของลักษณะวันดอกแรกบาน วันสร้างฝักแรก น้ำหนักฝักแห้ง และน้ำหนักเมล็ดของถั่วลิสง 4 สายพันธุ์ ปลูกในฤดูแล้งปี 2555



ภาพที่ 13 ค่าจำลอง(เส้น) และค่าสังเกต(สัญลักษณ์)ของลักษณะน้ำหนักมวลเหนือดิน น้ำหนักต้น น้ำหนักใบ และน้ำหนักฝัก ของถั่วลิสง 4 สายพันธุ์ ปลูกในฤดูแล้งปี 2555