

ศึกษาพัฒนาการ การเจริญเติบโต และค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมของมันสำปะหลังพันธุ์ก้าวหน้า

Study on Phenology Growth and Genetic Coefficient of Cassava Promising Lines

วรยุทธ ศิริชุมพันธ์^{1/} มณี หาซ่านนท์^{1/}

บทคัดย่อ

การศึกษาพัฒนาการ การเจริญเติบโต และค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมของมันสำปะหลังพันธุ์ก้าวหน้า มีวัตถุประสงค์ เพื่อให้ได้ข้อมูลพัฒนาการ การเจริญเติบโต และค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมของมันสำปะหลังพันธุ์ OMR 45-27-76 CMR 46-47-137 และ CMR 46-55-23 โดยทำการปลูกมันสำปะหลังทั้ง 3 พันธุ์ในฤดูฝน และปลายฤดูฝน ระหว่างเดือนพฤษภาคม 2553 ถึงเดือน พฤศจิกายน 2554 ที่ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น ทำการบันทึกข้อมูลการพัฒนาการ และสุ่มเก็บตัวอย่างพืชเพื่อวิเคราะห์การเจริญเติบโตเมื่ออายุ 1 2 4 6 8 10 และ 12 เดือนหลังปลูก

ผลการทดลอง พบว่า พันธุ์ CMR 46-47-137 มีการแตกกิ่ง 3 ระดับ ในขณะที่พันธุ์ OMR 45-27-76 และ CMR 46-55-23 มีการแตกกิ่ง 1-2 ระดับ ขึ้นกับฤดูปลูก โดยพันธุ์ OMR 45-27-76 ให้น้ำหนักแห้งของใบ ต้น และหัว สูงกว่าพันธุ์ CMR 46-55-23 และ CMR 46-47-137 ทั้งในฤดูฝน และปลายฤดูฝน ยกเว้นพันธุ์ CMR 46-55-23 ให้น้ำหนักหัวแห้งสูงสุดในปลายฤดูฝน เมื่อนำข้อมูลการพัฒนาการและการเจริญเติบโตของทั้ง 3 พันธุ์ ไปประเมินค่าสัมประสิทธิ์พันธุกรรมในแบบจำลองมันสำปะหลัง และนำค่าที่ได้จากแบบจำลองมาเปรียบเทียบกับค่าสังเกต พบว่า พันธุ์ OMR 45-27-76 ให้น้ำหนักหัวแห้งเมื่อเก็บเกี่ยวจากแบบจำลองในฤดูฝนและปลายฤดูฝน 1,189 และ 1,768 กิโลกรัมต่อไร่ ในขณะที่ค่าสังเกตจากแปลงทดลองให้ค่าเป็น 1,188 และ 1,691 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ โดยมีค่าความแตกต่างระหว่างค่าที่ได้จากแบบจำลองและค่าที่ได้จากแปลงทดลอง (Root Mean Square Error ,RMSE)เท่ากับ 454.6 และ 299.3 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ พันธุ์ CMR 46-47-137 ให้น้ำหนักหัวแห้งเมื่อเก็บเกี่ยวจากแบบจำลองในฤดูฝน และปลายฤดูฝน คือ 1,066 และ 1,179 กิโลกรัมต่อไร่ และให้ค่าสังเกตจากแปลงทดลองเป็น 1,060 และ 1,139 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ โดยมีค่า RMSE เท่ากับ 515.5 และ 264.1 กิโลกรัมต่อไร่ ส่วนพันธุ์ CMR 46-55-23 ให้น้ำหนักหัวแห้งเมื่อเก็บเกี่ยวจากแบบจำลองในฤดูฝน 1,152 กิโลกรัมต่อไร่ ปลายฤดูฝน 1,776 กิโลกรัมต่อไร่ ในขณะที่ค่าสังเกตจากแปลงทดลองให้ค่าเป็น 1,151และ 1,758 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ โดยมีค่า RMSE เท่ากับ 315.6 และ 193.4 กิโลกรัมต่อไร่

จากการทดลองทำให้ได้ค่าสัมประสิทธิ์พันธุกรรมของมันสำปะหลัง 3 พันธุ์ ที่ใช้ในแบบจำลองได้ดีระดับหนึ่ง แต่เพื่อพัฒนาค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมดังกล่าว ให้สามารถใช้ประเมินศักยภาพการให้ผลผลิตของ

พันธุ์มันสำปะหลังได้แม่นยำยิ่งขึ้น ดังนั้นจะได้ดำเนินการทดลองเปรียบเทียบผลการคาดคะเนจากแบบจำลองกับผลจากแปลงทดลองอื่นๆ และการทดสอบแบบจำลองในสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน ต่อไป

คำนำ

ปัญหาสำคัญในการผลิตมันสำปะหลังในประเทศไทย คือ ผลผลิตและคุณภาพต่ำ ตลอดจนต้นทุนการผลิตสูง การใช้ปัจจัยการผลิตไม่ถูกต้องและเหมาะสม โดยเฉพาะพันธุ์เป็นปัจจัยหนึ่งที่สำคัญในการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต ดังนั้นจึงจำเป็นต้องวิจัยหาพันธุ์มันสำปะหลังที่ให้ผลผลิต และเปอร์เซ็นต์แป้งสูง และเหมาะสมกับพื้นที่ อย่างไรก็ตามเนื่องจากลักษณะที่แสดงออกของพันธุ์มันสำปะหลัง โดยเฉพาะผลผลิตจะแตกต่างกันไปในแต่ละสภาพแวดล้อม การที่จะแนะนำพันธุ์มันสำปะหลังพันธุ์ใหม่ว่าควรปลูกในพื้นที่หรือสภาพแวดล้อมใดนั้น จำเป็นต้องมีการวิจัยในสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน ซึ่งไม่สามารถดำเนินการได้อย่างกว้างขวาง เนื่องจากข้อจำกัดงบประมาณและเวลาในการทำการวิจัยเป็นอันมาก

ปัจจุบันได้มีการพัฒนาแบบจำลองการเจริญเติบโตและพัฒนาการของพืช(Crop Growth Model) ซึ่งเป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่สามารถใช้ในการประเมินศักยภาพการให้ผลผลิตพืชแต่ละสภาพแวดล้อม เช่น ข้าว (Richie *et al.*, 1986) ข้าวโพด (Jones and Kinity, 1986) ถั่วเหลือง (Wilkerson *et al.*, 1983) และมันสำปะหลัง (Matthew and Hunt, 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 และคาดคะเนผลผลิตมันสำปะหลังในระบบจริงได้

แต่ในแบบจำลองมันสำปะหลัง ยังขาดข้อมูลลักษณะประจำพันธุ์พืชหรือค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมของพันธุ์ OMR 45-27-76 CMR 46-47-137 และ CMR 46-55-23 ดังนั้นจึงได้ศึกษาพัฒนาการและการเจริญเติบโตของมันสำปะหลังสายพันธุ์ดังกล่าว เพื่อให้ได้ข้อมูลพัฒนาการ การเจริญเติบโต และค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมของทั้ง 3 พันธุ์

วิธีดำเนินการ

อุปกรณ์

1. พันธุ์มันสำปะหลัง 3 พันธุ์ คือ พันธุ์ OMR 45-27-76 CMR 46-47-137 และ CMR 46-55-23
2. ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ และปุ๋ยยูเรีย (46-0-0) และโพแทสเซียมคลอไรด์ (0-0-60) อย่างละ 15 กิโลกรัมต่อไร่
3. สารเคมีป้องกันกำจัดวัชพืชเมโทลาคลอร์
4. Coring ใช้เจาะหาพื้นที่ใบ
5. เครื่องวัดเปอร์เซ็นต์แป้ง (Riemann scale)
6. ตัวอย่างพืช
7. เครื่องบันทึกข้อมูลภูมิอากาศ (data logger)
8. โปรแกรมคอมพิวเตอร์ DSSAT 3.5

วิธีการ

แบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน ซึ่งมีวิธีการทดลองและบันทึกข้อมูล ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การศึกษาพัฒนาการและการเจริญเติบโตของมันสำปะหลัง

วางแผนการทดลองแบบ RCB จำนวน 3 ซ้ำ ประกอบด้วยมันสำปะหลังพันธุ์ OMR 45-27-76 CMR 46-47-137 และ CMR 46-55-23 ใช้ระยะปลูก 1x1 เมตร แบบปักตรงหลุมละ 1 ต้น หลังปลูกทำการพ่นสารเคมีป้องกันกำจัดวัชพืชเมโทลาคลอร์ อัตรา 400 ซีซีต่อไร่ เมื่อมันสำปะหลังอายุ 1 เดือนทำการกำจัดวัชพืชและใส่ปุ๋ยสูตร 15-15-15 อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่โดยวิธีโรยข้างแถวแล้วพูนดินกลบ และทำการกำจัดวัชพืชครั้งที่ 2 เมื่ออายุ 2 เดือน พร้อมทำการใส่ปุ๋ยยูเรีย (46-0-0) และโพแทสเซียม (0-0-60) อย่างละ 15 กิโลกรัมต่อไร่ การปลูกในฤดูฝนให้น้ำชลประทานในระยะที่มีฝนทิ้งช่วง ส่วนปลายฤดูฝนมีการให้น้ำชลประทานประมาณทุก 2 สัปดาห์ต่อครั้ง

การบันทึกข้อมูล

1. ข้อมูลด้านสภาพแวดล้อม

1.1 คุณสมบัติของดิน เก็บตัวอย่างดินก่อนปลูก ที่ระดับความลึก 0-25 25-50 50-75 และ 75-100 เซนติเมตร เพื่อนำมาวิเคราะห์หาค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดิน ปริมาณไนโตรเจนในรูปของอินทรีวิตู แอมโมเนียม และไนเตรท ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ นำข้อมูลที่ได้ไปใส่ในแฟ้มข้อมูลการจัดการในส่วนของ *INITIAL CONDITIONS ในโปรแกรม DSSAT และข้อมูลอีกส่วนหนึ่ง เป็นรายละเอียดเกี่ยวกับสมบัติทางฟิสิกส์ของดินแต่ละชุดดินของกรมพัฒนาที่ดิน โดยมีรหัสประจำของแต่ละชุดดิน อยู่ในแฟ้มข้อมูล SOIL.SOL

1.2 สภาพภูมิอากาศ ข้อมูลภูมิอากาศเกษตร ได้จากเครื่องบันทึกสภาพอากาศกึ่งอัตโนมัติของศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น บันทึกข้อมูลปริมาณน้ำฝน อุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุด และปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ในรอบวัน และนำข้อมูลที่ได้อัดลงช่วงการทดลองไปสร้างแฟ้มข้อมูลภูมิอากาศ

1.3 ข้อมูลด้านการจัดการ เป็นแฟ้มข้อมูลที่ระบุถึงการจัดการด้านต่างๆในการทดลอง แบ่งเป็นส่วนๆ ได้แก่ ส่วน *TREATMENT ที่มีรายละเอียดของระดับต่างๆ ในการทดลอง ส่วน *CULTIVAR ประกอบด้วยพันธุ์

มันสำปะหลัง ที่ระบุรหัสพันธุ์ตรงกับแฟ้มข้อมูล CSSIM980.CUL ส่วน *FIELDS ระบุรหัสแปลง สถานที่ใช้ ข้อมูลภูมิอากาศ และรหัสชุดดินที่ปลูก ส่วน *PLANTING DETAILS กำหนดวันปลูกและรายละเอียดเกี่ยวกับวิธีการปลูกต่างๆ พร้อมทั้งจำนวนประชากร ส่วน *IRRIGATION AND WATER MANAGEMENT ระบุเกี่ยวกับการจัดการเรื่องน้ำ ส่วน *FERTILIZERS ระบุชนิด วิธีการใส่ และอัตราปุ๋ยที่ใช้ ส่วน *HARVEST DETAILS เป็นวันที่เก็บเกี่ยว และส่วน *SIMULATION CONTROLS ซึ่งกำหนดรายละเอียดการจำลองและการจัดการต่าง ๆ พร้อมทั้งการแสดงผลลัพธ์

2. ข้อมูลด้านพืช

ทำการแบ่งพื้นที่แปลงย่อยออกเป็นส่วนๆ ดังนี้

2.1 บันทึกข้อมูลด้านพัฒนาการของมันสำปะหลังแต่ละพันธุ์ๆละ 10 ต้น โดยนับจำนวนใบที่เกิดใหม่ทุกสัปดาห์ พร้อมทั้งบันทึกวันแตกกิ่ง จำนวนใบแต่ละระดับ

2.2 เก็บตัวอย่างมันสำปะหลังเพื่อศึกษาการเจริญเติบโต ในพื้นที่ 5 ตารางเมตร (5 ต้น) โดยเก็บเมื่ออายุ 1 2 4 6 8 10 และ 12 เดือน โดยบันทึกจำนวนกิ่งที่งอกจากท่อนพันธุ์ จำนวนยอดต่อจุดแตกกิ่ง จำนวนยอดต่อต้น และนำตัวอย่างพืชแต่ละต้นมาแยกเป็นส่วนลำต้น ใบ และหัว นำเข้าตู้อบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส จนแห้ง แล้วนำมาชั่งน้ำหนักแห้งของแต่ละส่วน ส่วนใบนำไปหาพื้นที่ใบโดยวิธี coring method คือ ใช้ที่เจาะรูที่รู้ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง เจาะใบมันสำปะหลังจำนวน 60 รู นำมาชั่งน้ำหนักสดแล้วนำค่าที่ได้ไปคำนวณหาพื้นที่ใบจากน้ำหนักสดของใบทั้งต้น และคำนวณหาค่าดัชนีพื้นที่ใบ

2.3 เก็บเกี่ยว ผลผลิตหัวสดที่อายุ 12 เดือน ในพื้นที่ 24 ตารางเมตร

ขั้นตอนที่2 การประมาณค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมของพันธุ์ถั่วลิสง

ค่าสัมประสิทธิ์พันธุกรรมเป็นปัจจัยนำเข้าสู่ที่สำคัญในแบบจำลองการเจริญเติบโตของพืช ประกอบด้วยค่าต่างๆหลายค่าที่แสดงถึงรูปแบบและศักยภาพการเจริญเติบโต ซึ่งค่าเหล่านี้มีผลมาจากพัฒนาการและการเจริญเติบโต ที่มีความสัมพันธ์กับสภาพแวดล้อมของพืชนั้น อันประกอบด้วยข้อมูลทั้งหมด 15 ค่าโดย 3 ค่าแรกเป็นค่าสัมประสิทธิ์ที่เกี่ยวกับการพัฒนาการ ส่วนอีก 12 ค่า เป็นค่าสัมประสิทธิ์ของการเจริญเติบโต ดังนี้

ค่าสัมประสิทธิ์ของการพัฒนาการ (**Phenology coefficients**) ใช้อักษรย่อ ดังนี้

DUB1: ช่วงเวลาเริ่มงอกถึงการแตกกิ่งระดับที่ 1 มีหน่วยเป็น Biological day (Bday) ซึ่งหมายถึง วันที่มี

อุณหภูมิและแสงแดดเหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโต โดยไม่มีข้อจำกัดเรื่องน้ำและธาตุอาหาร

DUBR : ช่วงเวลาการแตกกิ่งระหว่างแต่ละระดับ มีหน่วยเป็น Biological day

DESP : การตอบสนองต่อช่วงแสง เนื่องจากทุกพันธุ์ที่ใช้ในการทดลองไม่ตอบสนองต่อช่วงแสง

จึงมีค่าเท่ากับ 0

ค่าสัมประสิทธิ์ของการเจริญเติบโต (**Growth coefficients**) ใช้อักษรย่อ ดังนี้

PHCX : อัตราการสังเคราะห์แสงสูงสุด มีหน่วยเป็น กรัม นน.แห้ง/ตารางเมตร/วัน

S#PE : จำนวนลำต้นหลักที่งอกจากท่อนปลูก

S#FX : จำนวนยอดสูงสุดต่อจุดที่มีการแตกกิ่ง

- S#PX : จำนวนยอดทั้งหมดต่อต้น
- SWNX : อัตราส่วนของน้ำหนักช่อดอกต่อน้ำหนักต้น
- L#IS : อัตราการเกิดใบ มีหน่วยเป็น ใบ/ยอด/Bday
- L#IP : ช่วงระยะเวลาการเพิ่มจำนวนใบ มีหน่วยเป็น Bday หลังออก
- LALX : พื้นที่ใบสูงสุด มีหน่วยเป็นตารางเซนติเมตร/ใบ
- LAXA : อายุเมื่อมีพื้นที่ใบสูงสุด มีหน่วยเป็น Bday หลังออก
- LAL3 : พื้นที่ใบที่อายุ 300 วันหลังออก มีหน่วยเป็นตารางเซนติเมตร/ใบ
- LAWS : อัตราส่วนของพื้นที่ใบต่อน้ำหนักใบ มีหน่วยเป็น ตารางเซนติเมตร/กรัม
- LFLI : ช่วงอายุของแต่ละใบ ตั้งแต่เริ่มปรากฏจนถึงใบร่วง มีหน่วยเป็นวัน

นำข้อมูลลักษณะพัฒนาการและการเจริญเติบโตของมันสำปะหลังแต่ละพันธุ์จากแปลงทดลองในขั้นตอนที่ 1 มาทำการประเมินค่าสัมประสิทธิ์พันธุกรรมของแต่ละพันธุ์ โดยการใช้โปรแกรม DSSAT 3.5 ที่มี Rootcrops Cassava บรรจุอยู่ โดยเตรียมแฟ้มข้อมูลต่างๆ ที่จำเป็นในการประเมินค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรม (ภาพที่ 1) ดังนี้

1. สร้างแฟ้มข้อมูล แสดงรายละเอียดของการทดลอง FILE X (Experiment details file) เป็นแฟ้มข้อมูล ที่ระบุถึงการจัดการต่างๆ ในงานทดลองรวมถึง สถานที่ เวลา ข้อมูลอากาศ ชุดดิน และพันธุ์ที่ใช้ในการจำลอง ซึ่งเชื่อมโยงไปยังแฟ้มข้อมูลนำเข้าต่างๆ ที่เตรียมไว้ ได้แก่ แฟ้มข้อมูลอากาศช่วงทำการทดลอง (*WTH)(FILE W) และแฟ้มข้อมูลดิน (SOIL.SOL)(FILE S) ที่มีชุดดินที่ใช้ในการทดลอง
2. สร้างแฟ้มข้อมูล FILE T (Average Time Course Data) เป็นแฟ้มข้อมูลที่ได้จากแปลงทดลองตามระยะพัฒนาการและการเจริญเติบโตของมันสำปะหลัง
3. สร้างแฟ้มข้อมูล FILE A (Average Summary Data) เป็นแฟ้มข้อมูลที่ได้จากแปลงทดลอง เมื่อเก็บเกี่ยวครั้งสุดท้าย
4. ใส่ข้อมูลค่าสัมประสิทธิ์ด้านการพัฒนาการ และค่าสัมประสิทธิ์ของการเจริญเติบโต ทั้ง 15 ค่าที่ได้จากแปลงทดลอง ลงในแฟ้มข้อมูลสัมประสิทธิ์พันธุกรรมของมันสำปะหลัง CSSIM980.CUL ในโปรแกรม DSSAT 3.5

การปรับค่าสัมประสิทธิ์พันธุกรรมในแบบจำลอง (model calibration)

ค่าประมาณสัมประสิทธิ์พันธุกรรมที่จะนำไปใช้ต่อไป ต้องเป็นค่าที่ผ่านการปรับค่าแล้ว การปรับค่ามีขั้นตอนตามวิธี Calibration (Boote, 1999) ดังนี้

1. สั่งแบบจำลองทำงานโดยใช้ค่าตั้งต้น(Default) ค่าสัมประสิทธิ์พันธุกรรมของมันสำปะหลัง ที่อยู่ในแฟ้มข้อมูลชื่อ CSSIM980.CUL ใน Folder Genotype ภายใต้โปรแกรม DSSAT3.5 ตรวจสอบผลลัพธ์ที่ได้กับ FILE OVERVIEW.OUT ซึ่งส่วนหนึ่งของไฟล์นี้จะมีค่าสังเกตของตัวแปรต่างๆ ที่ตั้งมาจาก FILE A และ FILE T ที่เตรียมไว้สำหรับเปรียบเทียบกับค่าจากแบบจำลอง จากนั้นเปลี่ยนค่าสัมประสิทธิ์ที่ได้จากผลการทดลองแทนค่า Default

2.ปรับค่าสัมประสิทธิ์ของระยะพัฒนา (การแตกกิ่ง)ให้ใกล้เคียงกับค่าจากแปลงทดลองมากที่สุดซึ่งอาจต้องทำมากกว่า 1 ครั้ง

3.ปรับค่าสัมประสิทธิ์ของการเจริญเติบโต โดยการปรับค่าสัมประสิทธิ์ที่มีผลต่อการสะสมน้ำหนักแห้งของส่วนเหนือดิน (Top weight) ซึ่งประกอบด้วย น้ำหนักใบแห้ง (ค่าสัมประสิทธิ์ที่มีผลต่อน้ำหนักแห้งใบได้แก่ L#IS, L#IP, LALX, LAXA, LAL3, LAWS และ LFLI) และน้ำหนักต้นแห้ง(ค่าสัมประสิทธิ์ที่มีผลต่อน้ำหนักต้นแห้งได้แก่ SWNX) ค่าสัมประสิทธิ์ดังกล่าวอาจมีมากกว่า 1 ค่า ที่จะต้องปรับจนกระทั่งค่าจากแบบจำลองใกล้เคียงกับค่าจากแปลงทดลอง

4.เมื่อปรับค่าการสะสมน้ำหนักแห้งของส่วนเหนือดิน(Top weight) จากแบบจำลองได้ค่าใกล้เคียงกับค่าจากแปลงทดลองแล้ว ให้ปรับค่าสัมประสิทธิ์ที่มีผลต่อน้ำหนักหัวแห้ง (Storage root yield) ได้แก่ S#PX , S#FX และ LFLI ซึ่งการปรับค่าในครั้งนี้อาจส่งผลกระทบต่อ Top weight ดังนั้นต้องกลับไปปรับค่าสัมประสิทธิ์ที่มีผลต่อ Top weight อีกครั้ง จนกระทั่งได้ค่าการสะสมน้ำหนักแห้งของส่วนเหนือดิน (Top weight) และ น้ำหนักหัวแห้ง (Storage root yield) จากแบบจำลองใกล้เคียงกับค่าจากแปลงทดลองมากที่สุด

นำข้อมูลพัฒนาการ และการเจริญเติบโตของมันสำปะหลังพันธุ์ OMR 45-27-76 CMR 46-47-137 และ CMR 46-55-23 จากแปลงทดลองฤดูฝนและปลายฤดูฝน ร่วมกับข้อมูลดินของแปลงทดลอง ข้อมูลอากาศ ช่วงทำการทดลอง และข้อมูลการจัดการพืช มาจำลองสถานการณ์(Simulated) แล้วเปรียบเทียบความแตกต่างเฉลี่ยระหว่างค่าที่ได้จากแบบจำลองและค่าสังเกตที่ได้จากแปลงทดลอง ด้วยค่า Root Mean Square Error (RMSE) และค่า Coefficient of determination (R²) ตามสูตร

$$\text{Root Mean Square Error (RMSE)} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum (S_i - O_i)^2 / n}$$

เมื่อ S = ค่าจากแบบจำลอง O = ค่าสังเกตจากแปลงทดลอง n= จำนวนข้อมูล

เวลาและสถานที่

ฤดูฝน ปลูกวันที่ 10 มิถุนายน 2553 เก็บเกี่ยววันที่ 15 มิถุนายน 2554

ปลายฤดูฝน ปลูกวันที่ 3 พฤศจิกายน 2553 เก็บเกี่ยววันที่ 3 พฤศจิกายน 2554

ทำการทดลองที่ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ขั้นตอนที่ 1 การศึกษาพัฒนาการและการเจริญเติบโตของมันสำปะหลัง

คุณสมบัติของดิน

ดินบริเวณแปลงทดลองในศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น เป็นดินชุดยโสธร คุณสมบัติทางเคมีของดินก่อนปลูกมันสำปะหลังที่ระดับความลึก 4 ระดับ ทั้งฤดูฝน และปลายฤดูฝน (ตารางที่ 1) พบว่า ค่าความเป็นกรดต่างของดิน ปริมาณอินทรีย์วัตถุ ไนโตรเจนในรูปของไนเตรท และแอมโมเนีย ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ โพแทสเซียมที่

สกัดได้ ส่วนใหญ่ดินชั้นบนจะมีค่าสูงกว่าดินชั้นล่าง โดยแปลงทดลองปลายฤดูฝนจะมีค่าปริมาณไนโตรเจนในรูปของไนเตรท แอมโมเนีย ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และโพแทสเซียมที่สกัดได้ ทุกระดับสูงกว่าแปลงฤดูฝน

สภาพภูมิอากาศ

สภาพฟ้าอากาศในช่วงปลูกฤดูฝนปี 2553-2554 (ภาพที่ 2) พบว่า ปริมาณน้ำฝนรวมตลอดช่วงการปลูกมันสำปะหลังตั้งแต่เดือนมิถุนายน 2553 ถึงมิถุนายน 2554 มีค่าเท่ากับ 1,064 มิลลิเมตร และมีการให้น้ำชลประทาน 29 มิลลิเมตร รวม 1,093 มิลลิเมตร โดยเดือนที่มีปริมาณฝนตกสูงสุด คือ สิงหาคม 2553 404.9 มิลลิเมตร สำหรับในช่วงเดือนพฤศจิกายน 2553 ถึง มีนาคม 2554 ไม่มีฝนตกเลย อุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุดในเดือนเมษายน 2554 35.5 องศาเซลเซียส เฉลี่ยต่ำสุด 14.1 องศาเซลเซียสในเดือนมกราคม 2554 ปริมาณรังสีดวงอาทิตย์เฉลี่ยสูงสุดในเดือนมิถุนายน 2553 17.6 เมกกะจูนต่อตารางเมตรต่อวัน เฉลี่ยต่ำสุดในเดือนกุมภาพันธ์ 2554 12.7 เมกกะจูนต่อตารางเมตรต่อวัน

ส่วนในช่วงปลูกปลายฤดูฝนปี 2553-2554 (ภาพที่ 3) พบว่า ปริมาณน้ำฝนรวมตลอดช่วงปลูกตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน 2553 ถึง พฤศจิกายน 2554 มีค่าเท่ากับ 1,261 มิลลิเมตร และมีการให้น้ำชลประทาน 182 มิลลิเมตร รวม 1,443 มิลลิเมตร โดยมีปริมาณน้ำฝนตกสูงสุดในเดือนกันยายน 2554 328.5 มิลลิเมตร สำหรับในช่วงเดือนพฤศจิกายน 2553 ถึง มีนาคม 2554 ไม่มีฝนตกเลย อุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุดในเดือนเมษายน 2554 35.5 องศาเซลเซียส เฉลี่ยต่ำสุด 14.1 องศาเซลเซียสในเดือนมกราคม 2554 ปริมาณรังสีดวงอาทิตย์เฉลี่ยสูงสุดในเดือนเมษายน 2554 15.6 เมกกะจูนต่อตารางเมตรต่อวัน เฉลี่ยต่ำสุดในเดือนกันยายน 2554 11.5 เมกกะจูนต่อตารางเมตรต่อวัน

การพัฒนาการของมันสำปะหลัง

การแตกกิ่ง ให้ผลแตกต่างกัน ระหว่างพันธุ์และฤดูปลูก (ตารางที่ 2) โดยฤดูฝน พันธุ์ CMR 46-55-23 มีการแตกกิ่ง 1 ระดับ ขณะที่พันธุ์ OMR45-27-76 และ CMR46-47-137 มีการแตกกิ่ง 2 และ 3 ระดับ ตามลำดับ โดยพันธุ์ CMR 46-55-23 จะแตกกิ่งเร็วกว่า คือ แตกกิ่งระดับ 1 127 วันหลังปลูก ส่วนพันธุ์ OMR45-27-76 แตกกิ่งระดับ 1 190 วันหลังปลูก แตกกิ่งระดับ 2 267 วันหลังปลูก พันธุ์ CMR46-47-137 แตกกิ่งระดับ 1 223 วันหลังปลูก แตกกิ่งระดับ 2 226 วันหลังปลูก แตกกิ่งระดับ 3 333 วันหลังปลูก ส่วนในปลายฤดูฝน พันธุ์ OMR45-27-76 และ CMR 46-55-23 มีการแตกกิ่ง 2 ระดับ ส่วนพันธุ์ OMR46-47-137 มีการแตกกิ่ง 3 ระดับ โดยพันธุ์ OMR45-27-76 มีการแตกกิ่งที่ 1 และ 2 เร็วกว่าอีก 2 พันธุ์ คือที่อายุ 112 และ 174 วันหลังปลูก ตามลำดับ

การเจริญเติบโตของมันสำปะหลัง

น้ำหนักแห้งของส่วนต่างๆ ในฤดูฝน พบว่า ทั้งพันธุ์ OMR 45-27-76 CMR 46-47-137 และ CMR 46-55-23 ให้น้ำหนักใบแห้ง เพิ่มขึ้นจนถึงอายุ 180 วันแล้วลดลงและเพิ่มขึ้นอีกครั้งสูงสุดเป็น 117 108 และ 108 กรัมต่อต้น ที่อายุ 360 วันหลังปลูก ตามลำดับ เมื่อเข้าสู่ฤดูฝน (ภาพที่ 4A) สอดคล้องกับค่าดัชนีพื้นที่ใบของพันธุ์ CMR 46-47-137 และ CMR 46-55-23 ที่ให้ค่าสูงสุดที่อายุ 360 วันหลังปลูก เป็น 2.73 และ 2.50 ตามลำดับ ในขณะที่พันธุ์ OMR 45-27-76 ให้ค่าสูงสุดที่อายุ 120 วันหลังปลูก เป็น 2.86 (ภาพที่ 4B) ส่วนน้ำหนักต้นแห้ง ให้ค่าเพิ่มขึ้นตามอายุ โดยพันธุ์ OMR 45-27-76 CMR 46-47-137 และ CMR 46-55-23 ให้น้ำหนักต้นแห้งสูงสุดที่อายุ 360 วันหลังปลูก เป็น 557 445 และ 504 กรัมต่อต้น ตามลำดับ (ภาพที่ 4A) ส่วนน้ำหนักหัวแห้ง ทั้ง 3 พันธุ์ดังกล่าว เริ่มให้ผลผลิตหัวเมื่ออายุ 60 วันหลังปลูก และเพิ่มขึ้นตามอายุและสูงสุดที่อายุ 240 วันหลังปลูก เป็น 1,496 1,620 และ 1336 กรัมต่อต้น ตามลำดับ (ภาพที่ 4A) สอดคล้องกับน้ำหนักมวลรวมแห้งที่ให้ค่าเพิ่มขึ้นตามอายุ โดยพันธุ์ OMR 45-27-76 CMR 46-47-137 และ CMR 46-55-23 ให้น้ำหนักมวลรวมแห้งสูงสุดที่อายุ 240 วันหลังปลูกเป็น 1,994 2,106 และ 1,826 กรัมต่อต้น ตามลำดับ (ภาพที่ 4A)

ส่วนในปลายฤดูฝน น้ำหนักใบแห้งของทั้ง 3 พันธุ์ คือ OMR 45-27-76 CMR 46-47-137 และ CMR 46-55-23 มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆในช่วงแรก และเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วเมื่อเข้าสู่ฤดูฝน โดยให้ค่าสูงสุดที่อายุ 240 วันหลังปลูกเป็น 166 182 และ 135 กรัมต่อต้น ตามลำดับ (ภาพที่ 5A) ส่วนค่าดัชนีพื้นที่ใบให้ค่าเพิ่มขึ้นตามอายุและสูงสุดที่อายุ 300 วันหลังปลูก โดยพันธุ์ OMR 45-27-76 CMR 46-47-137 และ CMR 46-55-23 ให้ค่าเป็น 7.0 8.2 และ 5.57 ตามลำดับ(ภาพที่ 5B) สำหรับน้ำหนักต้นแห้งให้ค่าเพิ่มขึ้นตามอายุและสูงสุดที่อายุ 360 วันหลังปลูกเป็น 1,416 และ 1,330 กรัมต่อต้น ในพันธุ์ OMR 45-27-76 และ CMR 46-55-23 ตามลำดับ ส่วนพันธุ์ CMR 46-47-137 ให้ค่าสูงสุดที่อายุ 300 วันเป็น 1,606 กรัมต่อต้น(ภาพที่ 5A) ส่วนน้ำหนักหัวแห้งของทั้ง 3 พันธุ์ เริ่มให้ผลผลิตหัวที่อายุ 60 วันหลังปลูก เพิ่มขึ้นตามอายุและสูงสุดที่อายุ 300 วันหลังปลูกในพันธุ์ OMR 45-27-76 CMR 46-47-137 ที่ให้ค่าเป็น 1,515 และ 1,112 กรัมต่อต้น ตามลำดับ ส่วนพันธุ์ CMR 46-55-23 ให้ค่าสูงสุดที่อายุ 360 วันเป็น 1,570 กรัมต่อต้น(ภาพที่ 5A) เช่นเดียวกับน้ำหนักมวลรวมแห้งที่ให้ค่าเพิ่มขึ้นตามอายุ โดยพันธุ์ OMR 45-27-76 และ CMR 46-55-23 ให้น้ำหนักมวลรวมแห้งสูงสุดเป็น 3,081 และ 2,997 กรัมต่อต้น ตามลำดับ ที่อายุ 360 วันหลังปลูก แต่พันธุ์ CMR 46-47-137 ที่ให้ค่าสูงสุดเป็น 2,878 กรัมต่อต้นที่อายุ 300 วันหลังปลูก (ภาพที่ 5A) จากผลการทดลองในฤดูฝน พบว่า การเจริญเติบโตในช่วงแรกของมันสำปะหลังทั้ง 3 พันธุ์ เป็นไปอย่างรวดเร็วกว่าปลายฤดูฝน เพราะได้รับปริมาณน้ำฝนอย่างเพียงพอ ประกอบกับมีอุณหภูมิที่เหมาะสม(ภาพที่ 2) ทำให้สามารถเจริญเติบโตได้ดีในช่วง30-180 วันหลังปลูก ส่วนปลายฤดูฝน การเจริญเติบโตในช่วงแรกเป็นไปอย่างช้าๆในช่วง 30-120 วัน (ธ.ค.-มี.ค.) ทั้งนี้เนื่องจากในช่วงปลูกมีอุณหภูมิต่ำ ประกอบกับอยู่ในช่วงฤดูแล้ง มีปริมาณฝนตกน้อย จึงต้องมีการให้น้ำชลประทานเสริม (ภาพที่ 3) ทำให้มันสำปะหลังงอกและการเจริญเติบโตเป็นไปอย่างช้าๆ หลังจากนั้นการเจริญเติบโตของมันสำปะหลังเป็นไปอย่างรวดเร็ว เนื่องจากเข้าสู่ฤดูฝนทำให้ได้รับน้ำฝน และอุณหภูมิที่เหมาะสม

จากการหาค่าสหสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักหัวแห้งกับน้ำหนักมวลรวมแห้งของมันสำปะหลังทั้ง 3 พันธุ์ ในฤดูฝน และปลายฤดูฝน พบว่า มีค่าสหสัมพันธ์กันทางบวก คือ ค่า R^2 เท่ากับ 0.986 และ 0.947

ตามลำดับ แสดงว่า น้ำหนักหัวแห้งจะเพิ่มขึ้นตามถ้าน้ำหนักแห้งรวมทั้งต้นเพิ่มขึ้น (ภาพที่ 4D และ 5D) สอดคล้องกับผลการทดลองของ Boerboom,1978 และRamanujam,1990 อ้างโดย Al ves (2002) ที่พบว่า การสะสมของน้ำหนักหัวแห้งมีความสัมพันธ์ทางบวกกับน้ำหนักมวลรวมแห้ง(total dry matter)

เมื่อดูการกระจายคาร์โบไฮเดรตที่ถูกสร้างด้วยขบวนการสังเคราะห์แสงไปอย่างส่วนใบ ลำต้น และหัว ในรูปของสัดส่วนเปอร์เซ็นต์น้ำหนักใบแห้ง ต้นแห้ง และน้ำหนักหัวแห้ง เทียบกับน้ำหนักมวลรวมแห้งที่อายุต่างๆ พบว่า ฤดูฝน เปอร์เซ็นต์น้ำหนักใบแห้งของทั้ง 3 พันธุ์จะมีค่าเพิ่มขึ้นตามอายุและให้ค่าสูงสุดที่ 60 วันหลังปลูก จากนั้นให้ค่าลดลง และเพิ่มขึ้นอีกครั้งจนถึงอายุ 240 วันหลังปลูก (ภาพที่ 4C) ส่วนเปอร์เซ็นต์น้ำหนักต้นแห้งมีค่าลดลงตามอายุจนถึงอายุ 360 วันหลังปลูก สำหรับเปอร์เซ็นต์น้ำหนักหัวแห้ง เริ่มให้น้ำหนักที่อายุ 60 วันหลังปลูก และมีค่าเพิ่มขึ้นตามอายุ โดยให้ค่าสูงสุดที่ 240 วันหลังปลูก ส่วนปลายฤดูฝน เปอร์เซ็นต์น้ำหนักใบแห้งของทั้ง 3 พันธุ์จะมีค่าเพิ่มขึ้นตามอายุ และให้ค่าสูงสุดที่ 60 วันหลังปลูก จากนั้นให้ค่าลดลงและเพิ่มขึ้นสอดคล้องกับปริมาณฝนที่ได้รับ(ภาพที่ 5C) เช่นเดียวกับเปอร์เซ็นต์น้ำหนักต้นแห้งมีค่าลดลงและเพิ่มขึ้น ส่วนเปอร์เซ็นต์น้ำหนักหัวแห้ง เริ่มให้น้ำหนักที่อายุ 60 วันหลังปลูก และมีค่าเพิ่มขึ้นตามอายุ โดยให้ค่าสูงสุดที่ 180 วันหลังปลูก จะเห็นได้ว่าการกระจายของคาร์โบไฮเดรตไปยังส่วนหัวจะเพิ่มสูงขึ้น ถ้าการกระจายไปยังส่วนใบและต้นลดลง

เปอร์เซ็นต์แป้ง ฤดูฝน พันธุ์ OMR 45-27-76 CMR 46-47-137 และ CMR 46-55-23 ให้ค่าเปอร์เซ็นต์แป้งสูงสุดเป็น 29.4 31.3 และ 28.1 เปอร์เซ็นต์ ที่อายุ 240 วันหลังปลูก (ตารางที่ 3) ส่วนในปลายฤดูฝน พันธุ์ OMR 45-27-76 CMR 46-47-137 ให้เปอร์เซ็นต์แป้งสูงสุดที่อายุ 300 วันหลังปลูก เป็น 23.0 และ 22.4 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนพันธุ์ CMR 46-55-23 ให้เปอร์เซ็นต์แป้งสูงสุดที่อายุ 360 วันหลังปลูก เป็น 22.0 เปอร์เซ็นต์ ทั้งนี้ขึ้นกับความชื้นในดินช่วงเก็บเกี่ยว เมื่อเฉลี่ยทั้ง 2 ฤดู พบว่า พันธุ์ CMR 46-47-137 และ OMR 45-27-76 ให้ค่าเปอร์เซ็นต์แป้งที่อายุ 240 วันหลังปลูกสูงสุดและสูงรองลงมา คือ 25.2 และ 23.8 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

ขั้นตอนที่ 2 การประมาณค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมของมันสำปะหลัง

จากข้อมูลการพัฒนาการและการเจริญเติบโตของมันสำปะหลัง 3 พันธุ์ ที่รวบรวมได้จากขั้นตอนที่ 1 รวมทั้งข้อมูลดิน (FILES) ข้อมูลอากาศ (FILEW) และข้อมูลการจัดการพืช นำมาสร้างแฟ้มข้อมูลการจัดการงานทดลอง(FILEX) (ตารางที่ 4) ซึ่งเป็นข้อมูลที่ได้กำหนดรายละเอียดในการทดลองที่สำคัญได้แก่ ส่วนของ *TREATMENT ที่มี 2 วันปลูก *CULTIVAR ประกอบด้วยมันสำปะหลัง 3 พันธุ์ ส่วน *PLANTING DETAIL จะกำหนดวันปลูกและรายละเอียดเกี่ยวกับวิธีการปลูกต่างๆ *IRRIGATION การให้น้ำชลประทานตลอดช่วงเวลาปลูก FERTILIZATION ระยะเวลาชนิดอัตราการใช้ปุ๋ย และ SIMULATION การกำหนดรายละเอียดการจำลองในแต่ละวันปลูก

FILET เป็นแฟ้มข้อมูลที่บันทึกการเจริญเติบโตและพัฒนาการของมันสำปะหลัง ที่ได้จากการเก็บตัวอย่างเมื่ออายุ 1 2 4 6 8 10 และ 12 เดือน จากแปลงทดลอง ซึ่งประกอบด้วย น้ำหนักต้นแห้ง น้ำหนักใบแห้ง น้ำหนักหัวแห้ง ดัชนีที่พื้นที่ใบ จำนวนยอดต่อต้น จำนวนใบสะสมต่อกิ่ง (ตารางที่ 5)

FILEA เป็นแฟ้มข้อมูลจากแปลงทดลองเช่นเดียวกับ FILET แต่เป็นข้อมูลเฉพาะการเก็บเกี่ยวครั้งสุดท้าย รวมทั้งข้อมูลวันที่แตกกิ่งแต่ละระดับ (ตารางที่ 6)

การปรับค่าสัมประสิทธิ์พันธุกรรมในแบบจำลอง (model calibration)

นำข้อมูลลักษณะพัฒนาการและการเจริญเติบโต 15 ค่า ซึ่งอยู่ในแฟ้มข้อมูล CSSIM 980.CUL ในโปรแกรม DSSAT3.5/GENOTYPE มาทำการประเมินค่าสัมประสิทธิ์พันธุกรรม เริ่มต้นด้วยนำค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมของแต่ละพันธุ์(before calibration) (ตารางที่ 7) มาจำลองสถานการณ์ (Simulate) พร้อมกับเปรียบเทียบค่าทำนายที่ได้(Predicted) กับค่าสังเกต(Actual data) โดยใช้ข้อมูลลักษณะน้ำหนักรากแห้ง จากแปลงทดลองในฤดูฝนและปลายฤดูฝน แล้วทำการปรับค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมเพื่อให้ค่าจำลองที่ได้มีค่าใกล้เคียงกับค่าสังเกตจากแปลงทดลองจริง และสามารถใช้ทำนายลักษณะต่างๆได้สอดคล้องกันทั้ง 2 ฤดูมากที่สุด จนกระทั่งได้ค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมของมันสำปะหลัง 3 พันธุ์(after calibration) ซึ่งจะถูกเก็บอยู่ในแฟ้มข้อมูล CSSIM980.cul

การเปรียบเทียบค่าน้ำหนักหัวแห้งจากแบบจำลองกับค่าสังเกตจากแปลงทดลองในฤดูฝน และปลายฤดูฝน พบว่า พันธุ์ OMR 45-27-76 ให้ค่าน้ำหนักหัวแห้งเฉลี่ยทุกอายุเก็บเกี่ยวจากแบบจำลองในฤดูฝน และปลายฤดูฝน คือ 914 และ 835 กิโลกรัมต่อไร่ ในขณะที่น้ำหนักหัวแห้งเฉลี่ยของค่าสังเกตจากแปลงทดลองเป็น 1,233 และ 1,060 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ (ตารางที่ 8) ส่วนน้ำหนักหัวแห้งเมื่อเก็บเกี่ยวจากแบบจำลองทั้ง 2 ฤดู คือ 1,189 และ 1,768 กิโลกรัมต่อไร่ และน้ำหนักหัวแห้งของค่าสังเกตจากแปลงทดลองเป็น 1,188 และ 1,691 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ โดยมีค่า Coefficient of determination (R^2) ระหว่างค่าจากแบบจำลองและค่าสังเกตในฤดูฝน และปลายฤดูฝน เท่ากับ 0.657 และ 0.947 ตามลำดับ (ภาพที่ 6) มีความแตกต่างระหว่างค่าจำลองและค่าสังเกตจากแปลงทดลอง (Root Mean Square Error ,RMSE) ของน้ำหนักหัวแห้งเฉลี่ยในฤดูฝน และปลายฤดูฝนเท่ากับ 454.6 และ 299.3 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ เหตุที่ฤดูฝนมีค่า R^2 ต่ำ และค่า RMSE สูงกว่าปลายฤดูฝน เนื่องจากช่วงปลายฤดูมีการระบาดของเพลี้ยแป้งสีชมพู และไรแดง ระดับปานกลาง ทำให้มีผลกระทบกับน้ำหนักหัวแห้ง

ส่วนพันธุ์ CMR 46-47-137 ให้ค่าน้ำหนักหัวแห้งเฉลี่ยทุกอายุเก็บเกี่ยวจากแบบจำลองในฤดูฝน และปลายฤดูฝน คือ 868 และ 516 กิโลกรัมต่อไร่ ในขณะที่ให้ค่าสังเกตจากแปลงทดลองเป็น 1,075 และ 777 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ ส่วนน้ำหนักหัวแห้งเมื่อเก็บเกี่ยวจากแบบจำลอง คือ 1,066 และ 1,179 กิโลกรัมต่อไร่ และน้ำหนักหัวแห้งของค่าสังเกตจากแปลงทดลอง 1,060 และ 1,139 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ โดยมีค่า R^2 ระหว่างค่าจากแบบจำลองและค่าสังเกตในฤดูฝน และปลายฤดูฝนเท่ากับ 0.637 และ 0.963 ตามลำดับ มีความแตกต่างระหว่างค่าที่ได้จากแบบจำลอง และค่าที่ได้จากแปลงทดลอง (RMSE)ของน้ำหนักหัวแห้งเฉลี่ยในฤดูฝน และปลายฤดูฝนเท่ากับ 515.5 และ 264.1 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ สำหรับพันธุ์ CMR 46-55-23 ให้ค่าน้ำหนักหัวแห้งเฉลี่ยทุกอายุเก็บเกี่ยวจากแบบจำลองในฤดูฝน และปลายฤดูฝน คือ 981 และ 830 กิโลกรัมต่อไร่ ในขณะที่ให้ค่าสังเกตจากแปลงทดลองเป็น 1,033 และ 990 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับส่วนน้ำหนักหัวแห้งเมื่อเก็บเกี่ยวจากแบบจำลองทั้ง 2 ฤดู คือ 1,152 และ 1,776 กิโลกรัมต่อไร่ และน้ำหนักหัวแห้งของค่าสังเกตจากแปลงทดลองเป็น 1,151 และ 1,758 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ โดยมีค่า R^2 ระหว่างค่าจากแบบจำลองและค่าสังเกต

ในฤดูฝน และปลายฤดูฝนเท่ากับ 0.843 และ 0.956 ตามลำดับ มีความแตกต่างระหว่างค่าที่ได้จากแบบจำลอง และค่าที่ได้จากแปลงทดลอง (RMSE) ของน้ำหนักหัวแห้งเฉลี่ยในฤดูฝน และปลายฤดูฝนเท่ากับ 315.6 และ 193.4 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ

สรุปผลการทดลองและคำแนะนำ

จากการศึกษาการพัฒนาการ การเจริญเติบโต และค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมของมันสำปะหลังพันธุ์ พันธุ์ OMR 45-27-76 CMR 46-47-137 และ CMR 46-55-23 พบว่า พันธุ์ CMR 46-47-137 มีการแตกกิ่ง 3 ระดับ ในขณะที่พันธุ์ OMR 45-27-76 และ CMR 46-55-23 มีการแตกกิ่ง 1-2 ระดับ ขึ้นกับฤดูปลูก โดยพันธุ์ OMR 45-27-76 ให้น้ำหนักแห้งของใบ ต้น และหัว สูงกว่าพันธุ์ CMR 46-55-23 และ CMR 46-47-137 ทั้งใน ฤดูฝน และปลายฤดูฝน ยกเว้นพันธุ์ CMR 46-55-23 ให้น้ำหนักหัวแห้งสูงสุดในปลายฤดูฝน เมื่อนำข้อมูลการ พัฒนาและการเจริญเติบโตของทั้ง 3 พันธุ์ ไปประเมินค่าสัมประสิทธิ์พันธุกรรมในแบบจำลองมันสำปะหลังทั้ง ในฤดูฝน และทดสอบในปลายฤดูฝน ทำให้ได้ค่าสัมประสิทธิ์พันธุกรรมของพันธุ์มันสำปะหลัง 3 สายพันธุ์ ที่ สามารถใช้ในแบบจำลองได้ระดับหนึ่ง แต่เนื่องจากข้อมูลผลผลิตในฤดูฝน มีความแปรปรวนมากกว่าปลายฤดูฝน เนื่องจากมีการระบาดของเพลี้ยแป้งสีชมพู และไรแดง ดังนั้นจะได้ดำเนินการทดลองเปรียบเทียบผลการคาดคะเน จากแบบจำลองกับผลจากแปลงทดลองอื่นๆ และการทดสอบแบบจำลองในสภาพแวดล้อมที่ต่างกันไป เพื่อจะ ได้พัฒนาค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมดังกล่าวให้สามารถใช้ในการประเมินศักยภาพในการให้ผลผลิตของพันธุ์มัน สำปะหลัง ทั้ง 3 สายพันธุ์ได้แม่นยำยิ่งขึ้น

การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

ใช้ค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมของพันธุ์ OMR 45-27-76 CMR 46-47-137 และ CMR 46-55-23 ในแบบจำลองมันสำปะหลัง เมื่อผ่านการทดสอบความแม่นยำในแปลงทดลองต่างๆแล้ว เพื่อประเมินศักยภาพการ ให้ผลผลิตของพันธุ์มันสำปะหลังในสภาพแวดล้อมต่างๆ

เอกสารอ้างอิง

- Alves, A.A.C . 2002. Cassava botany and Physiology. pp 67-89 . In Cassava : Biology ,Production and Utilization. R.J. Hillocks, J.M. Thresh and A.C. Bellotti (ed). CABI Publishing, Wallingford ,U.K
- 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.

- Hunt, L.A., J.W. Jones, J.T. Ritchie, and P.S. Theng. 1989. Genetic coefficients for the IBSNAT crop models. Pages15-19. In IBSNAT Symposium Part I : Symposium Proceedings. Nevada. USA.
- Jones, C.A.,and Kiniry, 1986. CERES-Maize. A Simulation Model of Maize Growth and Development. Texas A&M Univ. Press.
- Matthews, R.B., and L.A. Hunt. 1994. GUMCAS:A model describing the growth of cassava (Manihot esculenta L. Crantz). Field Crop Research 36 : 69-84.
- Ritchie, J.T., E.C. Alocilja, and G. Uehara. 1986. IBSNAT/CERES Rice Model. Agrotechnology Transfer. 3:1-5.
- Tsuji.G.Y., G. Uehar and S. Balas (eds.) 1994. DSSAT v.3 Volume2. University of Hawaii. Honolulu, Hawaii. Page 6.
- 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.

ตารางที่ 1 คุณสมบัติทางเคมีของดิน ก่อนปลูกมันสำปะหลังที่ระดับความลึก 4 ระดับ แปลงทดลอง ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น ฤดูฝนปี 2553 และปลายฤดูฝนปี 2553

ระดับ (ซม.)	pH	OM (%)	N-NO3 (ppm)	N-NH4 (ppm)	Avail.P (ppm)	Exch.K (ppm)
ฤดูฝน						
0-25	5.0	0.41	7.0	2.8	9.5	32.3
25-50	4.8	0.34	7.6	1.9	6.6	24.3
50-75	4.7	0.32	6.5	3.2	3.9	16.0
75-100	4.6	0.26	5.8	1.9	2.5	8.7

ปลายฝน						
0-25	4.9	0.48	8.3	8.0	19.5	42.3
25-50	4.7	0.39	10.5	16.6	15.7	32.0
50-75	4.6	0.31	9.4	8.1	6.6	23.7
75-100	4.7	0.26	7.3	16.7	3.7	17.0

ตารางที่ 2 จำนวนวันแตกกิ่งแต่ละระดับของมันสำปะหลัง 3 พันธุ์ แปลงทดลองศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น ฤดูฝนปี 2553 และปลายฤดูฝนปี 2553

ระดับ การแตก กิ่ง	จำนวนวันแตกกิ่งแต่ละระดับ (วัน)					
	OMR 45-27-76		CMR 46-47-137		CMR 46-55-23	
	ฝน	ปลายฝน	ฝน	ปลายฝน	ฝน	ปลายฝน
1	190	112	223	115	227	261
2	267	174	226	180	-	324
3	-	-	333	264	-	-

ตารางที่ 3 เปอร์เซ็นต์แบ่งของมันสำปะหลัง 3 พันธุ์ แปลงทดลองศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น ฤดูฝนปี 2553 และปลายฤดูฝน ปี 2553

วัน (หลังปลูก)	เปอร์เซ็นต์แบ่ง								
	OMR 45-27-76			CMR 46-47-137			CMR 46-55-23		
	ฝน	ปลายฝน	เฉลี่ย	ฝน	ปลายฝน	เฉลี่ย	ฝน	ปลายฝน	เฉลี่ย
240	29.4	18.1	23.8	31.3	19.0	25.2	28.1	17.4	22.8
300	22.9	23.0	23.0	24.5	22.4	23.5	23.3	21.0	22.2
360	18.6	21.0	19.8	19.8	20.5	20.2	17.8	22.0	19.9

ตารางที่ 4 เพิ่มข้อมูลการจัดการทดลอง (File X) ที่ใช้กับแบบจำลองมันสำปะหลัง

*EXP.DETAILS: DTKK5301CS Cassava Phenology & Growth 3 cultivars
 *GENERAL
 @PEOPLE
 S.WORAYUTH AND COWORKER
 @ADDRESS
 KKFCRC
 @SITE

KHON KAEN, Rain-Late Rainy 2010-11

*TREATMENTS -----FACTOR LEVELS-----

@N	R	O	C	TNAME	CU	FL	SA	IC	MP	MI	MF	MR	MC	MT	ME	MH	SM
1	1	0	0	OMR45-27-76 R1	1	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1
2	1	0	0	CMR46-47-137 R1	2	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1
3	1	0	0	CMR46-55-23 R1	3	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1
4	1	0	0	OMR45-27-76 L1	1	1	0	2	2	2	2	0	0	0	0	2	2
5	1	0	0	CMR46-47-137 L1	2	1	0	2	2	2	2	0	0	0	0	2	2
6	1	0	0	CMR46-55-23 L1	3	1	0	2	2	2	2	0	0	0	0	2	2

*CULTIVARS

@C	CR	INGENO	CNAME
1	CS	TH0001	OMR45-27-76
2	CS	TH0002	CMR46-47-137
3	CS	TH0003	CMR46-55-23

*FIELDS

@L	ID	FIELD	WSTA	FLSA	FLOB	FLDT	FLDD	FLDS	FLST	SLTX	SLDP	ID	SOIL
1	DTKK	5301	DTKK	-99	-99	-99	-99	-99	-99	-99	-99	TH0	4150001

*INITIAL CONDITIONS

@C	PCR	ICDAT	ICRT	ICND	ICRN	ICRE
1	-99	53161	-99	0	0.00	0.00

@C	ICBL	SH2O	SNH4	SNO3
1	25	0.200	2.8	7.0
1	50	0.201	1.9	7.6
1	75	0.172	3.2	6.5
1	100	0.113	1.9	5.8

@C	PCR	ICDAT	ICRT	ICND	ICRN	ICRE
2	-99	53307	-99	0	0.00	0.00

@C	ICBL	SH2O	SNH4	SNO3
2	25	0.091	8.0	8.3
2	50	0.091	16.6	10.5
2	75	0.116	8.1	9.4
2	100	0.113	16.7	7.3

*PLANTING DETAILS

@P	PDATE	EDATE	PPOP	PPOE	PLME	PLDS	PLRS	PLRD	PLDP	PLWT	PAGE	PENV	PLPH
1	53161	53178	1.0	1.0	C	H	100	90	10.0	-99	-99	-99	1.0
2	53307	53326	1.0	1.0	C	H	100	90	10.0	-99	-99	-99	1.0

*IRRIGATION AND WATER MANAGEMENT

@I	EFIR	IDEP	ITHR	IEPT	IOFF	IAME	IAMT
1	1.00	30	50	100	GS000	IR004	10

@I	IDATE	IROP	IRVAL
1	53193	IR004	29.2

@I	EFIR	IDEP	ITHR	IEPT	IOFF	IAME	IAMT
2	1.00	30	50	100	GS000	IR004	10

@I	IDATE	IROP	IRVAL
2	53308	IR004	40.0
2	53319	IR004	31.6
2	53333	IR004	25.7
2	54007	IR004	24.9
2	54012	IR004	33.5
2	54040	IR004	26.4

ตารางที่ 4 (ต่อ) เพิ่มข้อมูลการจัดการทดลอง (File X) ที่ใช้กับแบบจำลองมันสำปะหลัง

*FERTILIZERS (INORGANIC)

@F	FDATE	FMCD	FACD	FDEP	FAMN	FAMP	FAMK	FAMC	FAMO
1	53195	FE005	AP004	10	102	0	0	0	0
1	53195	FE013	AP004	10	0	48	0	0	0
1	53195	FE016	AP004	10	0	0	94	0	0
1	53223	FE005	AP004	10	94	0	0	0	0
1	53223	FE016	AP004	10	0	0	94	0	0

2	53343	FE005	AP004	10	102	0	0	0	0
2	53343	FE013	AP004	10	0	102	0	0	0
2	53343	FE016	AP004	10	0	0	78	0	0
2	54006	FE005	AP004	10	109	0	0	0	0
2	54006	FE016	AP004	10	0	0	83	0	0

*HARVEST DETAILS

@H	HDATE	HSTG	HCOM	H SIZE	HPC
1	54166	-99	-99	-99	100
2	54305	-99	-99	-99	100

*SIMULATION CONTROLS

```

@N GENERAL      NYERS NREPS  START  SDATE  RSEED  SNAME.....
1 GE            1      1      S 53161  2150  Cassava growth
@N OPTIONS      WATER NITRO  SYMBI  PHOSP  POTAS  DISES
1 OP            Y      Y      N      N      N      N
@N METHODS      WTHER INCON  LIGHT  EVAPO  INFIL  PHOTO
1 ME            M      M      E      R      S      C
@N MANAGEMENT  PLANT  IRRIG  FERTI  RESID  HARVS
1 MA            R      R      R      N      R
@N OUTPUTS      FNAME  OVVEW  SUMRY  FROPT  GROUT  CAOUT  WAOUT  NIOUT  MIOUT  DIOUT  LONG
1 OU            N      Y      Y      5      Y      N      Y      Y      N      N      Y

```

@ AUTOMATIC MANAGEMENT

```

@N PLANTING      PFRST  PLAST  PH2OL  PH2OU  PH2OD  PSTMX  PSTMN
1 PL            53154  53168   40    100    30     40    10
@N IRRIGATION    IMDEP  ITHRL  ITHRU  IROFF  IMETH  IRAMT  IREFF
1 IR            30     50    100  GS000  IR004   10    1.00
@N NITROGEN      NMDEP  NMTHR  NAMNT  NCODE  NAOFF
1 NI            5     50    25  FE001  GS000
@N RESIDUES      RIPCN  RTIME  RIDEP
1 RE            100    1     20
@N HARVEST       HFRST  HLAST  HPCNP  HPCNR
1 HA            54159  54173  100    0

```

*SIMULATION CONTROLS

```

@N GENERAL      NYERS NREPS  START  SDATE  RSEED  SNAME.....
2 GE            1      1      S 53307  2150  Cassava growth
@N OPTIONS      WATER NITRO  SYMBI  PHOSP  POTAS  DISES
2 OP            Y      Y      N      N      N      N
@N METHODS      WTHER INCON  LIGHT  EVAPO  INFIL  PHOTO
2 ME            M      M      E      R      S      C
@N MANAGEMENT  PLANT  IRRIG  FERTI  RESID  HARVS
2 MA            R      R      R      N      R
@N OUTPUTS      FNAME  OVVEW  SUMRY  FROPT  GROUT  CAOUT  WAOUT  NIOUT  MIOUT  DIOUT  LONG
2 OU            N      Y      Y      5      Y      N      Y      Y      N      N      Y

```

@ AUTOMATIC MANAGEMENT

```

@N PLANTING      PFRST  PLAST  PH2OL  PH2OU  PH2OD  PSTMX  PSTMN
2 PL            53300  53314   40    100    30     40    10
@N IRRIGATION    IMDEP  ITHRL  ITHRU  IROFF  IMETH  IRAMT  IREFF
2 IR            30     50    100  GS000  IR004   10    1.00
@N NITROGEN      NMDEP  NMTHR  NAMNT  NCODE  NAOFF
2 NI            5     50    25  FE001  GS000
@N RESIDUES      RIPCN  RTIME  RIDEP
2 RE            100    1     20
@N HARVEST       HFRST  HLAST  HPCNP  HPCNR
2 HA            54298  54312  100    0

```

ตารางที่ 5 เพิ่มข้อมูลพัฒนาการและการเจริญเติบโตของมันสำปะหลัง เก็บตามระยะเวลา (File T)

*EXP.DATA(T): DTKK5101CS Cassava Phenology & Growth 3 cultivars

! DAP = days after planted
! SWAD = stem dried wt (kg/ha)
! LWAD = leaf dried wt (kg/ha)
! HWAD = Tuber dried wt
! CWAM = stem +leaf dried wt

! TWAM = stem +leaf+Tuber dried wt
! LAID = leaf area index
! S#PD = no. shoots/plant (Fig.1a).
! L#SD = cumulative leaf no per stem (apex).

@TRNO	DATE	SWAD	LWAD	HWAD	CWAM	TWAM	LAID	S#PD	L#SD
1	53194	106	13	0	118	118	0.06	2	8
1	53222	264	168	22	432	454	0.77	2	25
1	53284	1666	777	3108	2443	5551	2.86	2	60
1	53347	2885	395	7919	3281	11200	1.33	2	31
1	54054	3286	198	10475	3484	13959	0.50	3	17
1	54109	3189	271	9594	3460	13054	0.75	4	20
1	54164	3900	818	7424	4718	12142	2.54	7	26
2	53194	170	7	0	177	177	0.03	2	5
2	53222	212	119	5	331	336	0.48	2	18
2	53284	765	417	875	1182	2057	1.52	2	36
2	53347	2523	601	7519	3124	10643	1.91	2	37
2	54054	3053	349	11343	3402	14745	0.88	5	19
2	54109	2105	266	7226	2371	9597	0.74	10	13
2	54164	3114	755	6623	3869	10492	2.73	15	20
3	53194	111	5	0	116	116	0.02	1	5
3	53222	247	138	14	385	399	0.64	1	30
3	53284	763	303	1320	1064	2380	1.13	1	42
3	53347	2301	305	6027	2606	8633	1.10	2	24
3	54054	3162	271	9349	3433	12782	0.74	3	24
3	54109	2745	420	8405	3164	11571	1.25	2	27
3	54164	3531	757	7191	4287	11479	2.50	2	54
4	53337	139	3	0	142	142	0.00	2	5
4	54004	176	71	6	247	253	0.37	2	14
4	54062	773	458	951	1231	2182	1.91	4	19
4	54123	515	127	3526	1642	5168	2.43	10	20
4	54185	3758	1164	7469	4922	12392	4.06	25	18
4	54263	7496	989	10606	8485	19091	6.98	19	20
4	54305	9914	1086	10569	11000	21569	6.13	23	18
5	53337	123	5	0	128	128	0.00	3	4
5	54004	172	74	3	247	250	0.24	3	12
5	54062	864	528	862	1392	2254	2.39	5	20
5	54123	1536	129	2718	1665	4383	2.77	7	26
5	54185	4615	1271	5809	5886	11695	5.20	19	19
5	54263	11245	1118	7784	12363	20147	8.19	31	13
5	54305	11118	1066	7121	12183	19305	5.75	26	17
6	53337	151	7	0	158	158	0.00	2	5
6	54004	208	99	8	307	315	0.46	2	14
6	54062	913	435	1001	1348	2349	1.93	2	35
6	54123	1489	183	2579	1672	4251	2.38	2	45
6	54185	4132	945	6197	5077	11274	4.76	2	48
6	54263	6595	773	10172	7368	17540	5.57	9	23
6	54305	9308	680	10989	9988	20977	4.27	13	16

ตารางที่ 6 แฟ้มข้อมูลพัฒนาการและการเจริญเติบโตของมันสำปะหลัง เก็บเกี่ยวครั้งสุดท้าย(File A)

*EXP.DATA (A) : DTKK5101CS Cassava Phenology & Growth 3 cultivars

@TRNO	SWAM	LWAM	HWAM	CWAM	VWAM	LAI	BR1D	BR2D	BR3D	BR4D
1	3900	818	7424	4718	12142	2.86	53351	54063	-99	-99
2	3114	755	6623	3869	10492	2.73	54019	54062	-99	-99
3	3531	757	7191	4287	11479	2.50	53288	-99	-99	-99
4	9914	1086	10569	11000	21569	6.98	54054	54116	-99	-99
5	11118	1066	7121	12183	19305	8.19	54057	54122	54206	-99

6 9308 680 10989 9988 20977 5.57 54203 54266 -99 -99

ตารางที่ 7 ค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมของมันสำปะหลัง 3 พันธุ์

*CASSAVA GENOTYPE COEFFICIENTS - CSSIM980 MODEL

! Most phase durations are expressed in 'biological' days (Bday); these are
! equivalent to chronological days at the optimum temperature and daylength,
! and with no water or nutrient limitations.

! DUB1 Duration of branch 1 phase (Bday germination to first branch)

! DUBR Duration of branch 2 and greater phases (Bday between branches)

! DESP Development, sensitivity to photoperiod (h-1) (0=insensitive)

! PHCX Photosynthesis, canopy, maximum rate (g dm m⁻² d⁻¹)

! S#PE Stem number per plant at emergence (#)

! S#FX Shoot no per fork, maximum (#)

! S#PX Shoot no per plant, maximum (#)

! SWNX Stem weight to node weight ratio (fr)

! L#IS Leaf number, increase rate, standard (leaves(shoot-1) Bday⁻¹)

! L#IP Leaf number, increase period (Bday after emergence)

! LALX Leaf area, maximum (cm² leaf⁻¹) DUB3 DUBR

! LAXA Leaf area, maximum, age at which reached (Bday after emergence)

! LAL3 Leaf area, 300 days after emergence (cm² leaf⁻¹)

! LAWS Leaf area to weight ratio, standard (cm² g⁻¹)

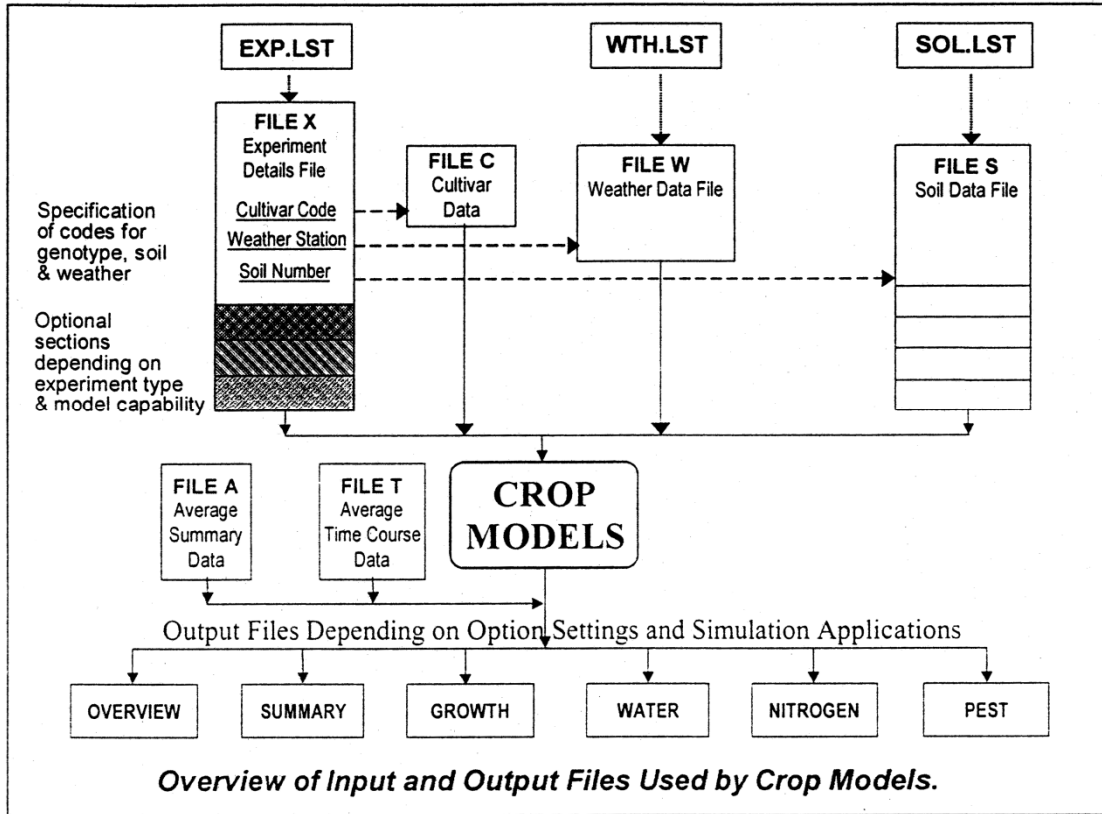
! LFLI Leaf life (Day)

@NGENO	NAME	TYPE	DUB1	DUBR	DESP	PHCX	S#PE	S#FX	S#PX	SWNX	L#IS	L#IP	LALX	LAXA	LAL3	LAWS	LFLI
Before calibration																	
TH0001	OMR45-27-76	1	1	139.01000.0	0.00	27.5	2.00	3.00	4.00	0.65	1.11	280	330	82	105	251	151
TH0001	OMR45-27-76	2	1	139.01000.0	0.00	27.5	2.00	3.00	4.00	0.65	1.13	280	330	82	105	251	151
TH0001	OMR45-27-76	3	1	139.01000.0	0.00	27.5	2.00	3.00	4.00	0.65	1.13	280	330	82	103	251	151
TH0002	CMR46-47-137	1	1	155.01000.0	0.00	27.5	2.00	3.00	15.00	0.65	0.87	250	310	82	129	351	84
TH0002	CMR46-47-137	2	1	155.01000.0	0.00	27.5	2.00	3.00	15.00	0.65	0.87	250	310	82	129	351	85
TH0002	CMR46-47-137	3	1	155.01000.0	0.00	27.5	2.00	3.00	23.00	0.65	0.87	250	310	82	129	351	85
TH0003	CMR46-55-23	1	1	96.0 00.0	0.00	27.5	2.00	3.00	7.00	0.76	1.19	235	310	76	153	270	114
TH0003	CMR46-55-23	2	1	96.0 00.0	0.00	27.5	2.00	3.00	7.00	0.76	1.23	235	310	76	153	270	114
TH0003	CMR46-55-23	3	1	96.0 00.0	0.00	27.5	2.00	3.00	7.00	0.76	1.23	235	308	76	153	270	114
After calibration																	
TH0001	OMR45-27-76	1	1	139.01000.0	0.00	27.5	2.00	3.00	4.00	0.65	1.13	280	330	82	103	251	150
TH0002	CMR46-47-137	2	1	155.01000.0	0.00	27.5	2.00	3.00	23.00	0.65	0.87	250	310	82	129	351	85
TH0003	CMR46-55-23	3	1	96.0 00.0	0.00	27.5	2.00	3.00	7.00	0.76	1.23	235	308	76	153	270	114

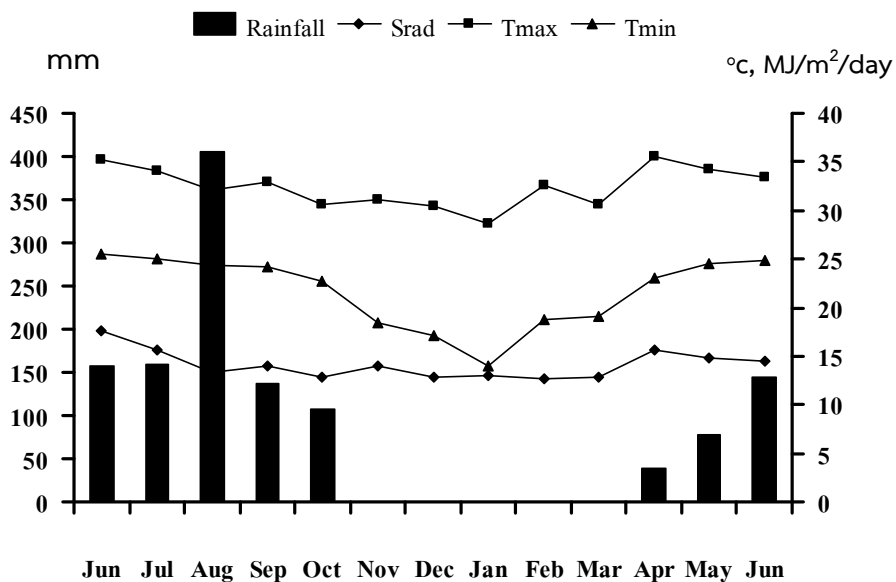
ตารางที่ 8 เปรียบเทียบค่าจากแบบจำลองกับค่าสังเกตของน้ำหนักหัวแห้งของพันธุ์มันสำปะหลัง 3 พันธุ์ เมื่อใช้ค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมที่ปรับแล้ว แปลงทดลองศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น ฤดูฝน ปี 2553 และปลายฤดูฝน ปี 2553

พันธุ์	ผลผลิตหัวแห้ง (กก./ไร่)			
	ค่าจำลอง	ค่าสังเกต	ผลต่าง	RMSE
พันธุ์ OMR 45-27-76				
ฤดูฝน (เฉลี่ยทุกอายุเก็บ)	914	1,233	-318	454.6
ฤดูฝน (เก็บเกี่ยว)	1,189	1,188	1	-
ปลายฤดูฝน(เฉลี่ยทุกอายุเก็บ)	835	1,060	-225	299.3
ปลายฤดูฝน (เก็บเกี่ยว)	1,768	1,691	77	-
พันธุ์ CMR 46-47-137				
ฤดูฝน (เฉลี่ยทุกอายุเก็บ)	868	1,075	-207	515.5
ฤดูฝน (เก็บเกี่ยว)	1,066	1,060	6	-
ปลายฤดูฝน(เฉลี่ยทุกอายุเก็บ)	516	777	-217	264.1
ปลายฤดูฝน (เก็บเกี่ยว)	1,179	1,139	40	-
พันธุ์ CMR 46-55-23				
ฤดูฝน (เฉลี่ยทุกอายุเก็บ)	981	1,033	-52	315.6
ฤดูฝน (เก็บเกี่ยว)	1,152	1,151	1	-
ปลายฤดูฝน(เฉลี่ยทุกอายุเก็บ)	830	990	-160	193.4
ปลายฤดูฝน (เก็บเกี่ยว)	1,776	1,758	18	-

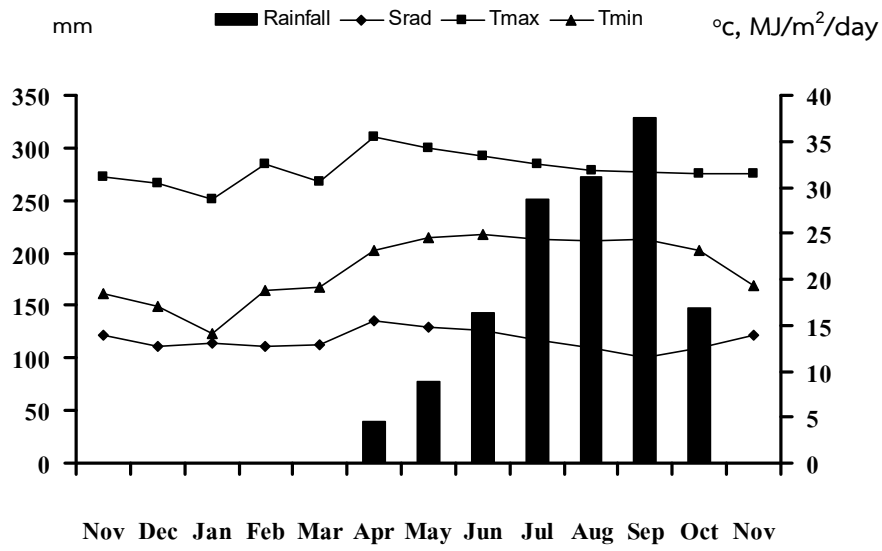
Root Mean Square Error (RMSE) = ค่าความแตกต่างเฉลี่ยระหว่างค่าจากแบบจำลองและค่าสังเกตจากแปลงทดลอง



ภาพที่ 1 โครงสร้างของแบบจำลองพืช (Tsuji *et al.*, 1994)

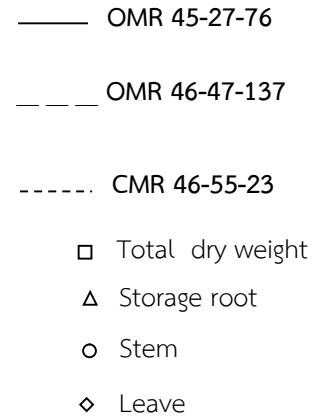
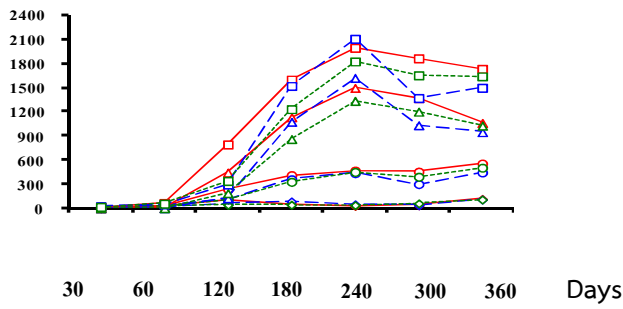


ภาพที่ 2 สภาพภูมิอากาศรายเดือนตลอดช่วงการทดลองปลายฤดูฝน ปี 2553-2554 ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น

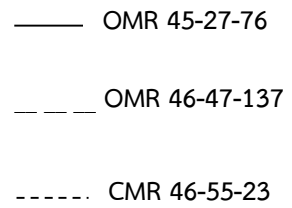
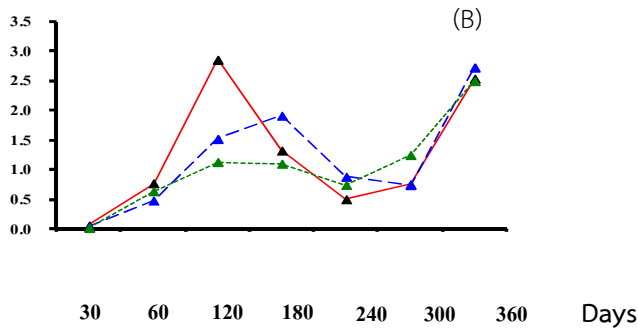


ภาพที่ 3 สภาพภูมิอากาศรายเดือนตลอดช่วงการทดลองปลายฤดูฝน ปี 2553-2554 ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น

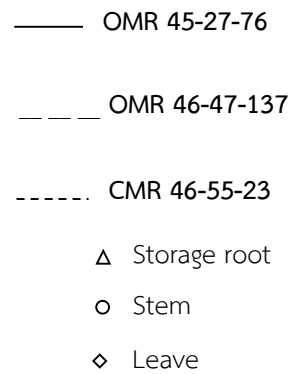
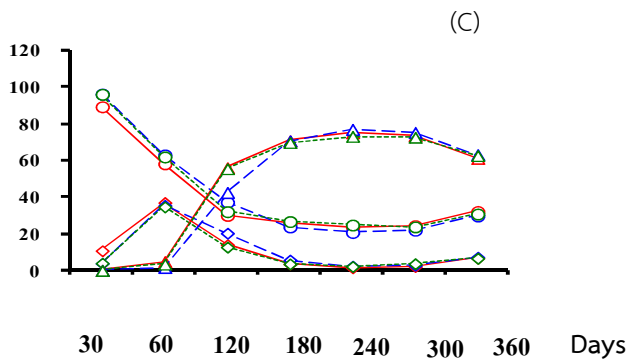
Dry weight (g)



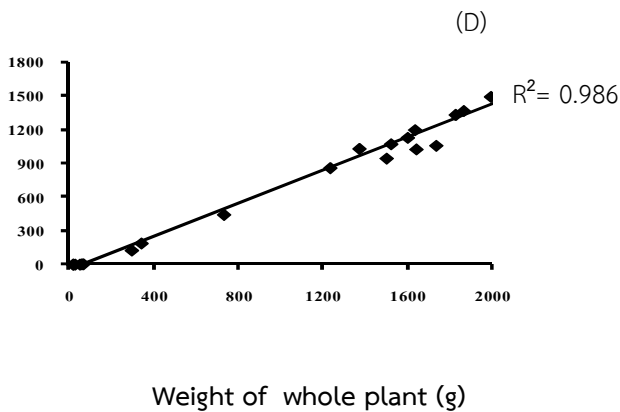
LAI



% from total dry weight

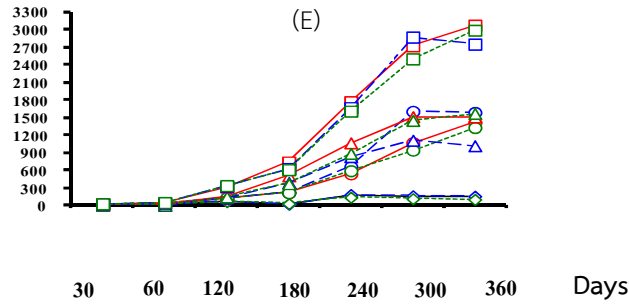


Weight of storage root



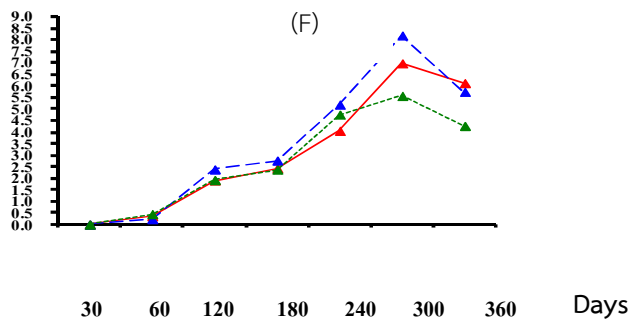
ภาพที่ 4 น้ำหนักของใบ ต้น หัว น้ำหนักมวลรวม ดัชนีพื้นที่ใบ และความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักหัวกับน้ำหนักมวลรวม ของมันสำปะหลัง 3 พันธุ์ ฤดูฝน ปี 2553/2554 ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น

Dry weight (g)



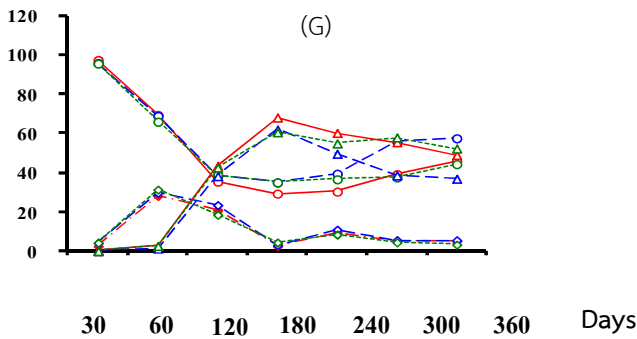
- OMR 45-27-76
- - - OMR 46-47-137
- - - - CMR 46-55-23
- Total dry weight
- △ Storage root
- Stem
- ◇ Leave

LAI



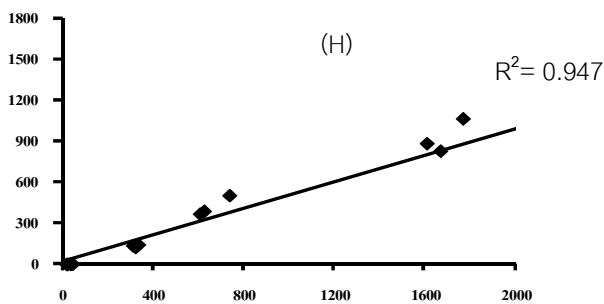
- OMR 45-27-76
- - - OMR 46-47-137
- - - - CMR 46-55-23

% from total dry weight



- OMR 45-27-76
- - - OMR 46-47-137
- - - - CMR 46-55-23
- △ Storage root
- Stem
- ◇ Leave

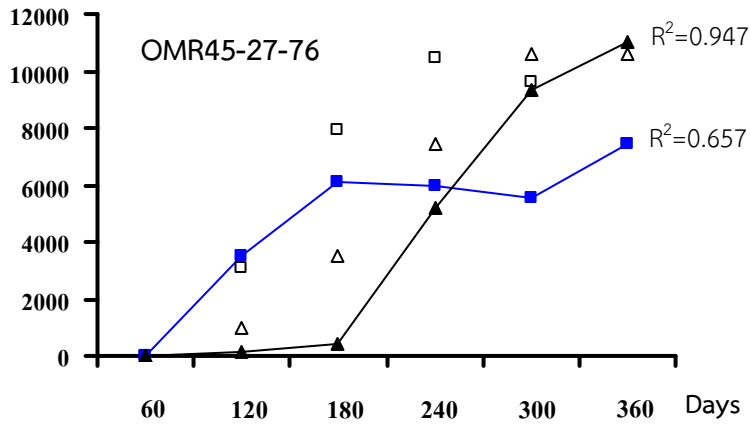
Weight of storage root (g)



Weight of whole plant (g)

ภาพที่ 5 น้ำหนักของใบ ต้น หัว น้ำหนักมวลรวม ดัชนีพื้นที่ใบ และความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักหัวกับน้ำหนักมวลรวม ของมันสำปะหลัง 3 พันธุ์ ปลายฤดูฝน ปี 2553/2554 ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น

Storage root dry wt.(kg/ha)



ฤดูฝน

■ ค่าจำลอง

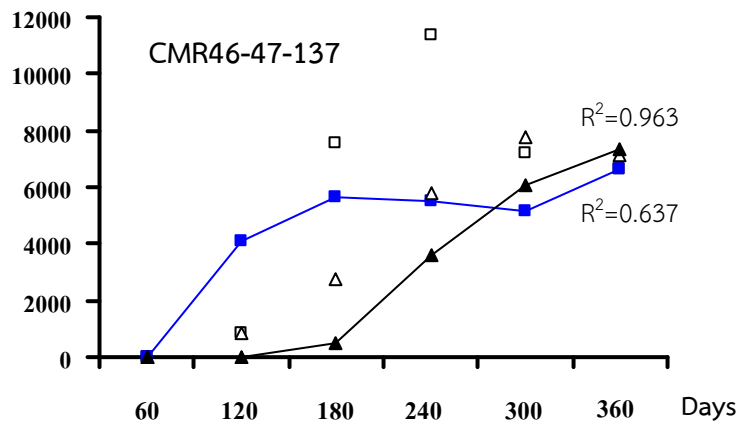
□ ค่าสังเกต

ปลายฤดูฝน

▲ ค่าจำลอง

△ ค่าสังเกต

Storage root dry wt.(kg/ha)



ฤดูฝน

■ ค่าจำลอง

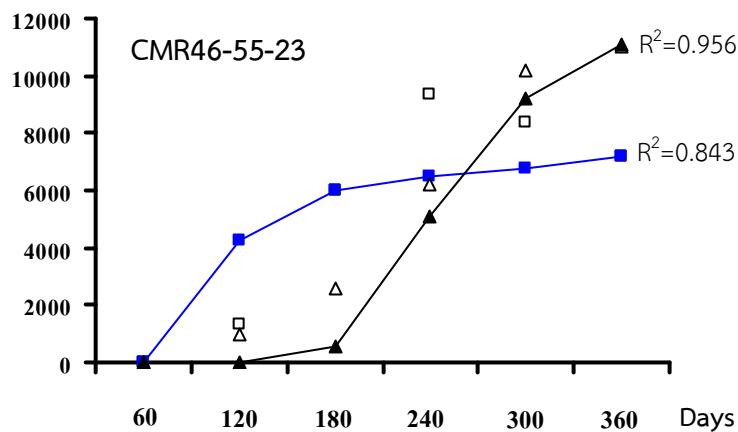
□ ค่าสังเกต

ปลายฤดูฝน

▲ ค่าจำลอง

△ ค่าสังเกต

Storage root dry wt.(kg/ha)



ฤดูฝน

■ ค่าจำลอง

□ ค่าสังเกต

ปลายฤดูฝน

▲ ค่าจำลอง

△ ค่าสังเกต

ภาพที่ 6 เปรียบเทียบค่าจากแบบจำลองกับกับค่าสังเกตของน้ำหนักหัวแห้งของมันสำปะหลัง 3 พันธุ์ แปลงปลูกฤดูฝน และปลายฤดูฝน ปี 2553/2554 ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น