# การปรับแต่งและการทดสอบแบบจำลองมันสำปะหลัง CSM - Cropsim - Cassava สำหรับการปลูกปลายและต้นฝนฤดู

# Calibration and Validation of CSM - Cropsim - Cassava Simulation Model for Late and Early Rainy Season Plantings

**อรรถชัย จินตะเวช[1*] วินัย ศรวัต[2] โอภาษ บุญเส็ง[3] และ เทวินทร์ แก้วเมืองมูล[4]**

**Attachai Jintrawet[1*] Vinai Sarawat[2] Opas Boonseng[3] and Tewin Kaewmuangmoon[4]**

[1]ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ และศูนย์วิจัยระบบทรัพยากรเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 50200
[2]ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น กรมวิชาการเกษตร อ.เมือง จ.ขอนแก่น 40000
[3]ศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง กรมวิชาการเกษตร อ.เมือง จ.ระยอง 21150
[4]ศูนย์วิจัยระบบทรัพยากรเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 50200

## บทคัดย่อ

แบบจำลองมันสำปะหลัง CSM-Cropsim-DSSAT เอื้อให้ผู้ใช้งานจำลองการผลิตมันสำปะหลังครอบคลุมปัจจัยและทรัพยาการผลิตด้าน ฤดูปลูก พันธุ์มันสำปะหลัง การจัดการน้ำชลประทานและการจัดปุ๋ยไนโตรเจนแต่ต้องมีการปรับแต่งและทดสอบแบบจำลองมันสำปะหลังเพื่อช่วยสนับสนุนการจัดการทรัพยากรการผลิตมันสำปะหลังในประเทศไทยจึงทำการปรับแต่งแบบจำลองโดยใช้ข้อมูลงานทดลองมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 1 ระยอง 90 ระยอง 5 เกษตรศาสตร์ 50 และระยอง 72 ปลูกในดินชุดห้วยโป่ง ณ ศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง จังหวัดระยอง ผลการปรับแต่งแบบจำลอง (Model Calibration) โดยใช้ข้อมูลน้ำหนักแห้งส่วนที่อยู่เหนือดินของวันปลูกต้นฤดูฝนในเดือนพฤษภาคม ปี 2543 ของทั้งห้าพันธุ์ได้ค่า D-Stat อยู่ในช่วง 0.849-0.939 และเมื่อใช้ข้อมูลน้ำหนักแห้งส่วนหัวได้ค่า D-Stat อยู่ในช่วง 0.918-0.990 ผลการทดสอบแบบจำลอง (Model Validation) โดยใช้ข้อมูลน้ำหนักแห้งส่วนที่อยู่เหนือดินของวันปลูกปลายฤดูฝนในเดือนตุลาคม ปี 2542 ของทั้งห้าพันธุ์ได้ค่า D-Stat อยู่ในช่วง 0.757-0.934 และเมื่อใช้ข้อมูลน้ำหนักแห้งส่วนหัวได้ค่า D-Stat อยู่ในช่วง 0.769-0.972 แนะนำว่าต้องทำการปรับแต่งและทดสอบแบบจำลองโดยใช้ข้อมูลน้ำหนักแห้งส่วนใบและลำต้นเพื่อความมั่นใจต่อการใช้งานประกอบการตัดสินใจในการจัดการทรัพยากรการผลิตมันสำปะหลังในเชิงพื้นที่และเชิงเวลา

**คำสำคัญ** : DSSATv4.5 / น้ำหนักแห้งส่วนที่อยู่เหนือดิน / น้ำหนักแห้งหัว / D-Stat / RMSE

## ABSTRACT

CSM-Cropsim-Cassava model allows users to simulate the effect of decision making to allocate production resources such as planting season, cassava varieties, irrigation regimes, chemical fertilizer on cassava production systems.Model calibration and validation is needed for implementation of model to assist in resource management of cassava production in Thailand.We used observed data sets collected from a series of field experiment conducted on Rayong 1, Rayong 90, Rayong 5, Kasetart 50and Rayong 72 cassava varieties at Rayong Field Crop Research Center. The calibration process, using the early rainy season experimental data setplanted in May 2000, reveals that d-stat value of total aboveground dried weight and storage root dried weight of five cassava varieties range 0.849-0.939

and 0.918-0.990, respectively. The model validation results, using the late rainy season data setplanted in October 1999, reveal that d-stat values of total aboveground dried weight and storage root dried weight of five cassava varieties range 0.757-0.934 and 0.769-0.972, respectively. Were commend that additional calibration and validation is needed,using dried stem and leaf weight data set, to improve the model's accuracy and user's confident.

**Keywords** : DSSATv4.5 / Total Aboveground Dried Weight / Storage Root Dried Weight / D-Stat / RMSE

## บทนำ

มันสำปะหลังเป็นพืชเศรษฐกิจที่มีมูลค่าการส่งออกรองจากข้าว ยางพาราและอ้อยน้ำตาล ในปี พ.ศ. 2552 มีมูลค่าการส่งออกประมาณ 52 หมื่นล้านบาท (สุดใจ สูนาสวน และคณะ. 2554) ในปี พ.ศ. 2554 จังหวัดที่มีพื้นที่ปลูกในห้าอันดับแรกของประเทศได้แก่ นครราชสีมา กำแพงเพชร ชัยภูมิ สระแก้ว และฉะเชิงเทรา (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2555) มีพื้นที่รวม 3.3 ล้านไร่ คิดเป็นร้อยละ 45 ของพื้นที่ปลูกทั้งประเทศ ผลิตมันสำปะหลังรวมทั้งสิ้น 9.7 ล้านตัน คิดเป็นร้อยละ 44 ของผลผลิตมันสำปะหลังทั้งประเทศ มันสำปะหลังเป็นพืชเศรษฐกิจที่มีความสำคัญต่อความเป็นอยู่ของครัวเรือนเกษตรผู้ผลิตและเศรษฐกิจระดับประเทศ มีการศึกษาวิจัยนำใช้แบบจำลองมันสำปะหลัง GUMCAS รุ่น 3.5 ในระดับสากล (Matthews and Hunt, 1994) และระดับประเทศ (วินัย ศรวัต และคชาโชค สกุลสุแก้ว. 2547; สุกิจ รัตนศรีวงษ์ และคณะ. 2553) เพื่อสนับสนุนการวางแผนและการปฏิบัติงานจัดการทรัพยากรการผลิตให้มีประสิทธิภาพโดยเป็นส่วนหนึ่งของระบบสนับสนุนการตัดสินใจ (เมธี เอกะสิงห์. 2547) อย่างไรก็ตามยังไม่มีการปรับแต่งและการทดสอบแบบจำลองมันสำปะหลัง CSM-Cropsim-Cassava รุ่น 4.5 ในประเทศไทย ซึ่งเป็นแบบจำลองที่ออกแบบเพิ่มเติมจากแบบจำลองรุ่น 3.5 ให้ผู้ใช้งานจำลองการผลิตมันสำปะหลังครอบคลุมปัจจัยและทรัพยากรการผลิตด้าน ฤดูปลูก พันธุ์มันสำปะหลัง การจัดการน้ำชลประทานและการจัดการปุ๋ยไนโตรเจน

### วัตถุประสงค์

วัตถุประสงค์ของบทความนี้เพื่อรายงานผลการปรับแต่งและการทดสอบแบบจำลองมันสำปะหลัง CSM-Cropsim-Cassava รุ่น 4.5 โดยใช้ข้อมูลงานทดลองภาคสนามที่มีจัดเก็บตลอดฤดูปลูกในศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 6 กรมวิชาการเกษตร

## วิธีการศึกษา

### ข้อมูลงานทดลองมันสำปะหลัง

รายละเอียดของงานทดลองภาคสนามมีในรายงานของโอภาษและคณะ (2547) ข้อมูลที่นำมาประกอบเป็นฐานข้อมูลเพื่อใช้งานปรับแต่งและการทดสอบแบบจำลองมันสำปะหลังได้แก่

ข้อมูลกาลอากาศรายวันของศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง มีการจัดเก็บระหว่างปี ค.ศ.1999-2002 (พ.ศ.2542-2545) ได้แก่รังสีดวงอาทิตย์ อุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุด และปริมาณน้ำฝน

ข้อมูลความชื้นดินและความเข้มข้นของไอออนไนเตรทและแอมโมเนียมของแต่ละชั้นดินก่อนการปลูก ใช้ข้อมูลกายภาพจากฐานข้อมูลของกรมพัฒนาที่ดินคำนวณข้อมูลเฉพาะของแต่ละชั้นดินของดินชุดห้วยโป่ง ซึ่งเป็นดินร่วนเหนียวทราย (Sandyclayloam, Clayey, Mixed : Typic Paleudult ปัจจุบันเป็น TypicKandiudults)

ข้อมูลการจัดการผลิต ทำการทดลองปลูกมันสำปะหลังสองวันปลูกได้แก่วันปลูกปลายฤดูฝนในวันที่ 10 ตุลาคม 2542 และ วันปลูกต้นฤดูฝนในวันที่ 18 เมษายน 2543 ปลูกทดสอบมันสำปะหลัง 5 พันธุ์ได้แก่ ระยอง 1 (R1) ระยอง 90 (R90) ระยอง 5 (R5) เกษตรศาสตร์ 50 (KU50) และระยอง 72 (R72) ใช้ระยะปลูก 1x1 เมตร ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ เมื่อมันสำปะหลังมีอายุ 1 เดือนหลังปลูก

ข้อมูลการเติบโตของมันสำปะหลัง ทำการเก็บตัวอย่างมันสำปะหลังรายเดือนโดยแบ่งเป็นน้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินและน้ำหนักแห้งของหัวมันสำปะหลังและจัดให้อยู่ในรูปแบบ File A และ File T (Hunt ,T. and K. B. Boote, 1998) เพื่อทำการปรับแต่งและการทดสอบแบบจำลอง

**แบบจำลองมันสำปะหลัง**

แบบจำลองมันสำปะหลัง CSM-Cropsim-Cassava หรือ CSM-CRCRP-Cassava รุ่น 4.5 พัฒนาต่อยอดจากแบบจำลองมันสำปะหลัง GUMCAS (Matthews R. B. and L. A. Hunt,. 1994 คำว่า GUMaya เป็นคำในภาษาตากาล็อกประเทศฟิลิปปินส์หมายถึงการจำลอง หรือ Simulate) แบบจำลองมันสำปะหลังเป็นแบบจำลองเชิงพลวัต (Dynamic model) หรือเชิงกระบวนการ (Process-Oriented Model) โดยแบ่งกระบวนการพัฒนาการและกระบวนการเติบโตออกจากกันเนื่องจากทั้งสองกระบวนการได้รับอิทธิพลและตอบสนองต่อสภาพแวดล้อมของพืชและการจัดการที่แตกต่างกัน กระบวนการพัฒนาการ (Phenology Process) ของมันสำปะหลังแบ่งออกเป็น 6 ระยะซึ่งอ่านชื่อระยะพัฒนาการจากแฟ้มข้อมูล *.SPE ได้แก่ ระยะปลูกถึงรากงอกรากงอกถึงระยะแตกกิ่งแรก ระยะแตกกิ่งแรกถึงระยะแตกกิ่งที่สอง ระยะแตกกิ่งที่สองถึงระยะแตกกิ่งที่สาม ระยะแตกกิ่งที่สามถึงระยะแตกกิ่งที่สี่ ระยะแตกกิ่งที่สี่ถึงระยะเก็บเกี่ยวหรือระยะพัฒนาการสิ้นสุด กระบวนการพัฒนาการช่วงต้นเน้นการพัฒนาทางลำต้นและใบเป็นระยะที่ได้รับอิทธิพลจากอุณหภูมิอากาศและความแห้งแล้ง การเข้าสู่ระยะสืบพันธุ์ของมันสำปะหลังเป็นกระบวนที่ได้รับอิทธิพลจากอุณหภูมิอากาศความแห้งแล้งและจากช่วงแสง

กระบวนการเติบโต (Growth Process) ของแบบจำลองมันสำปะหลัง CSM-Cropsim-Cassava รุ่น 4.5 มีรายละเอียดพอสังเขปดังนี้ อุณหภูมิและการขาดน้ำส่งผลโดยตรงต่อพื้นที่ใบจำเพาะ (Specific Leaf Area) อัตราการปรากฏของใบลดลงตามจำนวนใบข้อมูล Partition Fraction to Top (PTF) เป็นผลการคำนวณสัดส่วนระหว่างราก/ลำต้น การขาดน้ำส่งผลต่อการสร้างพื้นที่ใบ เพิ่มระยะการกำเนิดหัวมันสำปะหลัง เพิ่มจำนวนหัวเริ่มต้นฤดูปลูก เพิ่มสัดส่วนเบื้องต้นของหัวมันสำปะหลัง ช่วงแสงมีผลต่อกระบวน การพัฒนาการมีการคำนวณความเข้มข้นของไนโตรเจนในหัว และมีการป้องกันการเคลื่อนที่และใช้ไนโตรเจนเพื่อการเติบโตของใบในภาวะที่ขาดไนโตรเจน

**การปรับแต่ง การทดสอบแบบจำลองและการวิเคราะห์ข้อมูล**

ใช้โปรแกรม GENCALC ในการปรับแต่งแบบจำลองและใช้สถิติ D-Stat หรือ Agreement Index (Willmott, C. J. 1984 และอรรถชัย จินตะเวช. 2555) ค่า Root Mean Square Error (RMSE) และค่า R2 ในการเปรียบเทียบผลการคำนวณ (Simulated Values) ของแบบจำลองมันสำปะหลัง CSM-Cropsim-Cassava และ ค่าที่จัดเก็บจากภาคสนาม (Observed Values) ซึ่งมีบรรจุในโปรแกรม DSSAT4.5 (Hoogenboom et al. 2010)

## ผลการศึกษา

**ผลการปรับแต่งแบบจำลอง (Model calibration)**

การปรับแต่งแบบจำลองใช้ข้อมูลของวันปลูกต้นฤดูฝนของปี พ.ศ. 2543-44 (ค.ศ. 2000-01) ใช้โปรแกรม GENCALC และด้วยประสบการณ์โดยใช้ข้อมูลน้ำหนักแห้งเหนือดินและน้ำหนักแห้งหัวมันสำปะหลัง ได้ค่าสัมประสิทธิ์พันธุกรรมของมันสำปะหลังทั้ง 5 พันธุ์ทั้ง 16 ค่า (Table1) ค่า $R^2$, RMSE, และ D-Stat ที่ได้จากการใช้สัมประสิทธิ์พันธุกรรมดังกล่าวแสดงใน Table 2

**Table1** : Genetic coefficients of five cassava varieties calibrated using the observed data set from the early rainy season planting date during April 2000-March 2001 at Rayong Field Crop Research Center, OARD 6, Dept. of Agriculture, Thailand.

| @VAR# VAR-NAME..... EXP# | ECO# | PPS1 | P1L | P2L | P4L | P5L | SR#WT | SRFR | LA1S | LAXS | LAXND | LAFS | LAFND | LAWS | PHINT | LLIFA | STFR |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| TH0001 Rayong1 (R1) . 990005 | | 1 2 3 | 4 5 | 6 | 7 8 | 9 10 | 11 12 | 13 14 | 15 | 16 | | | | | | | |
| TH0001 Rayong1 (R1) . 990005 | 0 | 16.50 | 100 | 30 | 200 | 0.25 | 0.15 | 300 | 2000 | 78 | 30 | 150 | 254 | 15.0 | 10.6 | 0.25 | |
| TH0002 Rayong90 (R90). 990005 | 0 | 20 | 15 | 30 | 200 | 0.25 | 0.30 | 300 | 3550 | 72 | 30 | 150 | 254 | 15.0 | 10.6 | 0.10 | |
| TH0003 Rayong5 (R5) . 990005 | 0 | 10 | 15 | 30 | 200 | 0.25 | 0.10 | 300 | 2800 | 82 | 30 | 150 | 220 | 15.4 | 15.0 | 0.10 | |
| TH0004 KU50 (KU50) . 990005 | 0 | 10 | 15 | 30 | 200 | 0.25 | 0.40 | 300 | 2000 | 72 | 30 | 150 | 160 | 20.0 | 15.0 | 0.20 | |
| TH0005 Rayong72 (R72) . 990005 | 0 | 10 | 15 | 30 | 200 | 0.25 | 0.40 | 200 | 2000 | 82 | 30 | 150 | 240 | 16.0 | 8.0 | 0.15 | |

แบบจำลองมันสำปะหลังรุ่น 4.5 ใช้ค่าสัมประสิทธิ์พันธุกรรมทั้งสิ้น 16 ค่าในการแสดงแตกต่างระหว่างพันธุ์มันสำปะหลัง โดยหกค่าแรกมีส่วนเกี่ยวกับระยะเวลาของช่วงพัฒนาทั้งหกช่วงของแต่ละพันธุ์และที่เหลือสิบค่าเกี่ยวกับการเติบโตทางใบและสัดส่วนของการแบ่งน้ำหนักระหว่างส่วนลำต้นและส่วนหัวมันสำปะหลัง สัมประสิทธิ์พันธุกรรมที่เกี่ยวกับระยะเวลาของช่วงพัฒนามีความแตกต่างมากระหว่างพันธุ์ได้แก่ P1L และ P2L มีค่าระหว่าง 10-20 และ 15-100 ตามลำดับ ซึ่งหมายถึงจำนวนใบของแต่ละช่วงการแตกกิ่ง

**Table 2** : Observed (OBS) and simulated (SIM) total aboveground and storage root dried weight (kg/ha) of the early rainy season planting during April 2000-March 2001 at Rayong Field Crop Research Center, OARD 6, Dept. of Agriculture, Thailand and three statistics used in model comparison during the calibration process.

| **Cultivar** / Variable Name | Mean | | r-Square | RMSE | d-Stat. | Used Obs. | Total Number Obs. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Observed | Simulated | | | | | |
| **R 1** | | | | | | | |
| Total aboveground | 6548 | 8537 | 0.891 | 2895 | 0.939 | 12 | 12 |
| Storage root | 4045 | 3960 | 0.930 | 1619 | 0.933 | 12 | 12 |
| **R 90** | | | | | | | |
| Total aboveground | 5650 | 8282 | 0.977 | 2843 | 0.931 | 12 | 12 |
| Storage root | 4431 | 5296 | 0.978 | 1079 | 0.983 | 12 | 12 |
| **R 5** | | | | | | | |
| Total aboveground | 8525 | 11298 | 0.969 | 3147 | 0.930 | 11 | 12 |
| Storage root | 6508 | 7137 | 0.982 | 887 | 0.990 | 11 | 12 |
| **KU 50** | | | | | | | |
| Total aboveground | 9494 | 13706 | 0.905 | 5513 | 0.849 | 12 | 12 |
| Storage root | 6437 | 8774 | 0.987 | 2923 | 0.923 | 12 | 12 |
| **R 72** | | | | | | | |
| Total aboveground | 8345 | 11904 | 0.911 | 4492 | 0.857 | 12 | 12 |
| Storage root | 6550 | 8484 | 0.905 | 2717 | 0.918 | 12 | 12 |

ข้อมูลน้ำหนักแห้งเหนือดินและข้อมูลน้ำหนักแห้งหัวมันสำปะหลังที่จัดเก็บจากภาคสนาม (OBS) ของวันปลูกต้นฤดูฝนมีค่าอยู่ในช่วง 5650-9494 และ 4431-6550 กิโลกรัม/เฮกตาร์ตามลำดับ ส่วนข้อมูลน้ำหนักแห้งเหนือดินและข้อมูลน้ำหนักแห้งหัวมันสำปะหลังที่ได้จากแบบจำลอง (SIM) มีค่าอยู่ในช่วง 8282-13706 และ 5296-8774 กิโลกรัม/เฮกตาร์ตามลำดับ

การเปรียบเทียบผลการปรับแต่งโดยใช้สัมประสิทธิ์พันธุกรรมในตารางที่ 1 และใช้ค่าสถิติ $R^2$ สำหรับน้ำหนักแห้งเหนือดินมีค่าอยู่ระหว่าง 0.891-0.977 แสดงว่าแบบจำลองและค่าสัมประสิทธิ์พันธุกรรมชุดนี้ของมันสำปะหลังทั้งห้าพันธุ์สามารถอธิบายความแปรปรวนของน้ำหนักแห้งเหนือดินจากการเก็บข้อมูลภาคสนามครั้งนี้ได้ร้อยละ 89.1-97.7 ส่วนค่าสถิติ $R^2$ สำหรับน้ำหนักแห้งหัวมันสำปะหลังมีค่าอยู่ระหว่าง 0.905-0.987 คือสามารถอธิบายความแปรปรวนของน้ำหนักแห้งหัวมันสำปะหลังได้ร้อยละ 90.5-98.7

เมื่อเปรียบเทียบผลการปรับแต่งโดยใช้ค่าสถิติ RMSE สำหรับน้ำหนักแห้งเหนือดินมีค่าอยู่ระหว่าง 2843-5513 กิโลกรัม/เฮกตาร์ส่วนค่าสถิติ RMSE สำหรับน้ำหนักแห้งหัวมันสำปะหลังมีค่าอยู่ระหว่าง 887-2843 กิโลกรัม/เฮกตาร์ ซึ่งยังต้องปรับแต่งให้ลดลงโดยเฉพาะน้ำหนักแห้งเหนือดิน

เมื่อเปรียบเทียบผลการปรับแต่งโดยใช้ค่าสถิติ d-stat สำหรับน้ำหนักแห้งเหนือดินมีค่าอยู่ระหว่าง 0.849-0.939 ส่วนค่าสถิติ d-stat สำหรับน้ำหนักแห้งหัวมันสำปะหลังมีค่าอยู่

ระหว่าง 0.918-0.990 แสดงว่าแบบจำลองสามารถอธิบายรูปแบบการแปรปรวนของค่าที่วัดจากภาคสนามได้ค่อนข้างดี และเป็นไปในทิศทางเดียวกับค่าสถิติ $R^2$

**ผลการทดสอบแบบจำลอง (Model validation)**

การทดสอบแบบจำลองใช้ข้อมูลของวันปลูกปลายฤดูฝนในปี พ.ศ. 2542-43 (ค.ศ. 1999-2000) และค่าสัมประสิทธิ์พันธุกรรม (Table1) โดยไม่มีการปรับแต่งสัมประสิทธิ์พันธุกรรม ทำการเปรียบเทียบความสามารถของแบบจำลองโดยใช้ค่าสถิติ $R^2$, RMSE, และ D-Stat (Table3)

**Table 3 :** Observed (OBS) and simulated (SIM) total aboveground and storage root dried weight (kg/ha) for late rainy season planting during October1999-Septmber 2000 at Rayong Field Crop Research Center, OARD 6, Dept. of Agriculture, Thailand and three statistics used in model comparison during the validation process.

| **Cultivar** | Mean | | $R^2$ | RMSE | d-stat | Used | Total |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Variable names | OBS | SIM | | | | OBS | OBS |
| **R1** | | | | | | | |
| Total aboveground | 9020 | 13422 | 0.965 | 5092 | 0.847 | 12 | 12 |
| Storage root | 5902 | 7414 | 0.955 | 1834 | 0.950 | 12 | 12 |
| **R90** | | | | | | | |
| Total aboveground | 7746 | 10829 | 0.967 | 3514 | 0.903 | 11 | 12 |
| Storage root | 5863 | 7130 | 0.978 | 1600 | 0.965 | 11 | 12 |
| **R5** | | | | | | | |
| Total aboveground | 7181 | 6770 | 0.939 | 2861 | 0.934 | 11 | 12 |
| Storage root | 5371 | 3377 | 0.910 | 3856 | 0.769 | 11 | 12 |
| **KU50** | | | | | | | |
| Total aboveground | 5393 | 8411 | 0.955 | 3960 | 0.883 | 12 | 12 |
| Storage root | 4149 | 5014 | 0.955 | 1372 | 0.972 | 12 | 12 |
| **R72** | | | | | | | |
| Total aboveground | 4189 | 7956 | 0.849 | 4423 | 0.757 | 12 | 12 |
| Storage root | 3364 | 5588 | 0.864 | 2689 | 0.844 | 12 | 12 |

ข้อมูลน้ำหนักแห้งเหนือดินและข้อมูลน้ำหนักแห้งหัวมันสำปะหลังที่จัดเก็บจากภาคสนาม (OBS) ของวันปลูกปลายฤดูฝนทั้งห้าพันธุ์มีค่าอยู่ในช่วง 4189-9020 และ 3364-5902 กิโลกรัม/เฮกตาร์ตามลำดับ ส่วนข้อมูลน้ำหนักแห้งเหนือดินและข้อมูลน้ำหนักแห้งหัวมันสำปะหลังที่ได้จากแบบจำลอง (SIM) มีค่าอยู่ในช่วง 6770-13422 และ 3377-7414 กิโลกรัม/เฮกตาร์ตามลำดับแบบจำลองคาดการณ์ (SIM) ได้มากกว่าค่าที่จัดเก็บจากภาคสนาม (OBS) ทั้งสองตัวแปร (น้ำหนักแห้งเหนือดินและข้อมูลน้ำหนักแห้งหัวมันสำปะหลัง)

การเปรียบเทียบผลการทดสอบแบบจำลองโดยวันปลูกปลายฤดูฝนทั้งห้าพันธุ์ใช้ค่าสถิติ R2 สำหรับน้ำหนักแห้งเหนือดินมีค่าอยู่ระหว่าง 0.849-0.967 แสดงว่าแบบจำลองและค่าสัมประสิทธิ์พันธุกรรมชุดนี้ของมันสำปะหลังทั้งห้าพันธุ์สามารถอธิบายความแปรปรวนของน้ำหนักแห้งเหนือดินจากการเก็บข้อมูลภาคสนามครั้งนี้ได้ร้อยละ 84.9-96.7 ส่วนค่าสถิติ $R^2$ สำหรับน้ำหนักแห้งหัวมันสำปะหลังมีค่าอยู่ระหว่าง 0.864-0.978 คือสามารถอธิบายความแปรปรวนของน้ำหนักแห้งหัวมันสำปะหลังได้ร้อยละ 86.4-97.8

เมื่อเปรียบเทียบผลการปรับแต่งโดยใช้ค่าสถิติ RMSE สำหรับน้ำหนักแห้งเหนือดินมีค่าอยู่ระหว่าง 2861-5093 กิโลกรัม/เฮกตาร์ส่วนค่าสถิติ RMSE สำหรับน้ำหนักแห้งหัวมันสำปะหลังมีค่าอยู่ระหว่าง 1372-3856 กิโลกรัม/เฮกตาร์ ซึ่งค่าอยู่ในช่วงเดียวกับกระบวนการปรับแต่งแบบจำลอง

เมื่อเปรียบเทียบผลการปรับแต่งโดยใช้ค่าสถิติ D-Stat สำหรับน้ำหนักแห้งเหนือดินมีค่าอยู่ระหว่าง 0.757-0.934 ส่วนค่าสถิติ D-Stat สำหรับน้ำหนักแห้งหัวมันสำปะหลังมีค่าอยู่ระหว่าง 0.769-0.972 แสดงว่าแบบจำลองสามารถอธิบายรูปแบบการแปรปรวนของค่าที่วัดจากภาคสนามได้ค่อนข้างดี และเป็นไปในทิศทางเดียวกับค่าสถิติ $R^2$ แต่มีค่าต่ำกว่าที่ได้รับในกระบวนการปรับแต่งแบบจำลอง

## วิจารณ์ผล

การปรับแต่งแบบจำลองเป็นขั้นตอนสำคัญขั้นตอนแรกในการนำใช้แบบจำลองในสภาพของประเทศไทย ได้ใช้ข้อมูลของวันปลูกมันสำปะหลังต้นฤดูฝนของปี พ.ศ. 2543-44 (ค.ศ. 2000-01) และทำการทดลองโดยใช้มันสำปะหลังห้าพันธุ์สำคัญของวงการวิชาการและอุตสาหกรรมมันสำปะหลัง มันสำปะหลังทั้งห้าพันธุ์มี Phenology, Morphology & Growth ที่แตกต่างกันและเป็นตัวแทนที่ดีของมันสำปะหลังของประเทศไทยเป็นชุดข้อมูลที่ดีมากชุดหนึ่งของประเทศไทย มีการจัดเก็บอย่างเป็นระบบและมีความอุตสาหะเป็นอย่างสูงของคณะผู้วิจัยของศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง การปรับแต่งโดยการใช้โปรแกรม GENCALC และประสบการณ์เป็นวิธีการที่ใช้แพร่หลาย อย่างไรก็ตามการปรับแต่งแบบจำลองมันสำปะหลังซึ่งเป็นพืชอายุยาวมีอายุเก็บเกี่ยว 12 เดือน ต้องการข้อมูลน้ำหนักแห้งลำต้นและน้ำหนักแห้งของใบในการปรับแต่งเพื่อให้ได้ค่าสัมประสิทธิ์พันธุกรรมที่เกี่ยวข้องกับการคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักส่วนต่าง ๆ ตลอดระยะเวลาที่มันสำปะหลังอยู่ในแปลงทดลอง นอกจากนี้ การปรับแต่งแบบจำลองต้องการข้อมูลพัฒนาการได้แก่ข้อมูลวันแตกกิ่งของมันสำปะหลังแต่ละพันธุ์ ข้อมูลจำนวนใบบนลำหลักโดยนับเป็นรายสัปดาห์และข้อมูลพื้นที่ใบเพื่อการคำนวณดัชนีพื้นที่ใบ

การทดสอบแบบจำลองใช้ข้อมูลของวันปลูกมันสำปะหลังปลายฤดูฝนของปี พ.ศ. 2542-43 (ค.ศ.1999-2000) มีการจัดเก็บข้อมูลและเป็นชุดข้อมูลที่ดีมากชุดหนึ่งของประเทศไทยและอาจจะนับได้ว่าในระดับสากล การทดสอบแบบจำลองใช้ค่าสถิติมาตรฐานสามค่า ได้แก่ ค่า $R^2$, RMSE, และ D-Stat ให้ผลเป็นที่น่าพอใจมาก และสามารถใช้ทดสอบแบบจำลองมันสำปะหลัง CSM-Cropsim-Cassava ในพื้นที่อื่นของประเทศไทยได้โดยผู้ใช้งานแบบจำลองต้องจัดรูปแบบข้อมูลตามความต้องการของแบบจำลองเมื่อผ่านขั้นตอนนี้แล้วสามารถทำการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของแบบจำลอง (Sensitivity Analysis) จนถึงขั้นตอนการนำใช้แบบจำลองเพื่อสนับสนุนการตัดสินใจจัดการทรัพยากรเกษตรทั้งในเชิงพื้นที่และเชิงเวลาต่อไป

## สรุปผล

ข้อมูลที่ใช้ในการปรับแต่งแบบจำลองมันสำปะหลัง CSM-Cropsim-Cassava มีการจัดเก็บจากภาคสนามของงานทดลองวันปลูกต้นฤดูฝน โดยใช้ข้อมูลน้ำหนักแห้งเหนือดินและน้ำหนักแห้งหัวมันสำปะหลัง การเปรียบเทียบโดยใช้ค่าสถิติสามค่า ได้แก่ $R^2$, RMSE, และ D-Stat มีผลอยู่ในเกฑฑ์ที่ดีมาก แสดงว่าแบบจำลองสามารถอธิบายรูปแบบการแปรปรวนของค่าดังกล่าวที่วัดจากภาคสนามได้ค่อนข้างดีส่วนการทดสอบแบบจำลองนั้นใช้ข้อมูลจากภาคสนามที่มีการจัดเก็บจากงานทดลองวันปลูกปลายฤดูฝนให้ผลเป็นที่น่าพอใจเช่นกัน อย่างไรก็ตามเพื่อเพิ่มความแม่นยำและความมั่นใจในการนำใช้แบบจำลองมันสำปะหลัง จึงเสนอให้มีการจัดทำการทดลองภาคสนามมาตรฐาน และจัดเก็บข้อมูลการแตกกิ่ง การเพิ่มขึ้น-ลดลงของจำนวนใบ ดัชนีพื้นที่ใบ การสะสมน้ำหนักแห้งในส่วนหัวมันสำปะหลัง ลำต้น และใบเพื่อใช้ในการปรับแต่งแบบจำลองมันสำปะหลังตามกระบวนการพัฒนาการและกระบวนการเติบโต ซึ่งจะทำให้ได้ข้อมูลสัมประสิทธิ์พันธุกรรมประจำพันธุ์มันสำปะหลังพันธุ์ที่สำคัญของอุตสาหกรรมมันสำปะหลังเป็นประโยชน์ต่อการนำใช้แบบจำลองเพื่อสนับสนุนการตัดสินใจจัดการทรัพยากรการผลิตมันสำปะหลัง ให้มีประสิทธิภาพทั้งเชิงพื้นที่และเชิงเวลา

## เอกสารอ้างอิง

เมธี เอกะสิงห์. (2547). การจำลองและวิเคราะห์สถานการณ์ในระบบสนับสนุนการตัดสินใจทางการเกษตร หน้า 369-388 ใน รายงานสัมนาวิชาการระบบเกษตรแห่งชาติครั้งที่ 3 **เรื่องสู่ระบบการผลิตอาหารที่ปลอดภัย สร้างมูลค่าเพิ่ม และใช้ทรัพยากรอย่างยั่งยืน** ณ โรงแรมโลตัสปางสวนแก้ว จ.เชียงใหม่ ระหว่างวันที่ 9-11 พฤศจิกายน พ.ศ. 2547.

วินัย ศรวัต และ คชาโชค สกุลสุแก้ว (บรรณาธิการ). (2547). **ระบบสนับสนุนการตัดสินใจเพื่อการผลิตมันสำปะหลัง: มันไทย** ๑.๐.รายงานฉบับสมบูรณ์ โครงการวิจัยรหัส NIG45O0003 เสนอต่อสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) กรุงเทพฯ.198 หน้า.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. (2555). **การผลิตสินค้าการเกษตรที่สำคัญ.** [ออนไลน์], เข้าถึงได้จาก : http://www.oae.go.th/ewt_news.php?nid=9704 [18 กรกฎาคม 2555].

สุกิจ รัตนศรีวงษ์ วินัย ศรวัต และจักรพรรดิ์ วุ้นสีแซง. (2553). **ระบบสนับสนุนการตัดสินใจเพื่อจัดการปุ๋ยในการผลิตมันสำปะหลัง** รายงานฉบับสมบูรณ์โครงการวิจัยรหัส RDG51O0005 เสนอต่อสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) กรุงเทพฯ.151 หน้า.

สุดใจ สูนาสวน, ยรรยง สมบัติวิชาธ, สิริมา ธนพงศ์พิพัฒน์, คนางค์ ดวงมณี, เสาวณิต วรดิษฐ์. (2554). **รายงานผลการศึกษาสินค้าเกษตรประเภทมันสำปะหลัง.** กลุ่มทำงานศึกษาและวิเคราะห์สินค้าเกษตรประเภทมันสำปะหลัง, สำนักงานคณะกรรมการกำกับการซื้อขายสินค้าเกษตรล่วงหน้า, กรุงเทพฯ. 92 หน้า.

อรรถชัย จินตะเวช. (2555). **แบบจำลองระบบดิน-พืชและระบบเกษตร.** โรงพิมพ์นพบุรีการพิมพ์ อ.เมือง จ.เชียงใหม่. 186 หน้า.

โอภาษ บุญเส็ง จิณณจาร์ หาญเศรษฐสุข เมธี คำหุ่ง และอุดม จันทะมณี. (2547). การศึกษาการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักแห้ง ชีวเคมีในหัว และคุณสมบัติทางเคมีฟิสิกส์ของแป้งมันสำปะหลัง : พันธุ์ที่ใช้เพื่ออุตสาหกรรมเกษตรหน้า 901-973. ใน **รายงานผลงานวิจัยมันสำปะหลังประจำปี 2544-2545-2546.** เล่มที่ 2 ศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 6 กรมวิชาการเกษตร.

Hoogenboom, G., J.W. Jones, C.H. Porter, P.W. Wilkens, K.J. Boote, L.A. Hunt, and G.Y. Tsuji (Editors). (2010). **Decision Support System for Agrotechnology Transfer Version 4.5. Volume 1: Overview.** University of Hawaii, Honolulu, HI.78 pp.

Hunt, T., and K. B. Boote. (1998). Data for model operation, calibration and evaluation. Page 9-39. *In* G.Y Tsuji et al. (eds.) : **Understanding Options for Agricultural Production.** Kluwer Academic Publishers, Printed in Great Britain.

Matthews, R. B. and L. A. Hunt. (1994). GUMCAS : a model describing the growth of cassava *(Manihotesculenta* L. Crantz). **Field Crops Research,** 36(1) : 69-84.

Willmott, C. J. (1984). Some comments on the evaluation of model performance. **Bulletin of the American Meteorological Society.** 63 : 1309-1313.