

การประเมินและการประยุกต์ใช้แบบจำลอง การเจริญเติบโตของถั่วลิสง Evaluation and Application of a Peanut Growth Model

ปรเมศ บรรเทิง

ปัจจุบัน วิทยาการด้านวิทยาการคอมพิวเตอร์ก้าวหน้าไปมาก พร้อมทั้งองค์ความรู้เกี่ยวกับการตอบสนองทางด้านสรีรวิทยาและชีวเคมีของพืชต่อการจัดการ และสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกันมีเพิ่มมากขึ้น นักวิทยาศาสตร์จึงใช้ประโยชน์จากความรู้ที่มีอยู่ พัฒนาแบบจำลองการเจริญเติบโตของพืช (crop model development) โดยประมวลระบบการเจริญเติบโตและการพัฒนาการของพืชในรูปของสมการทางคณิตศาสตร์ที่ตอบสนองต่อสภาพแวดล้อมภายนอก เช่น อุณหภูมิ ความเข้มแสง ความชื้น และความอุดมสมบูรณ์ของดิน ภายใต้การทำงานของระบบคอมพิวเตอร์ (Penning de Vries et al., 1993) ดังนั้นแบบจำลองการเจริญเติบโตของพืชหลายชนิดได้ถูกพัฒนาขึ้น เช่น แบบจำลองการเจริญเติบโตของอ้อย มันสำปะหลัง ข้าวฟ่าง ข้าวโพดทานตะวัน ข้าว ถั่วเหลือง และแบบจำลองการเจริญเติบโตของถั่วลิสง เป็นต้น

แบบจำลอง CSM-CROPGRO-Peanut เป็นแบบจำลองการเจริญเติบโตของถั่วลิสงที่ถูกพัฒนาขึ้น และมีการประเมินศักยภาพ (model validation) มาก่อนข้างมาก อีกทั้งยังสามารถประยุกต์ใช้แบบจำลองดังกล่าว (model application) เป็นเครื่องมือช่วยสนับสนุนการตัดสินใจทางการเกษตรได้หลายแนวทาง แม้ว่าแบบจำลอง CSM-CROPGRO-Peanut จะผ่านการประเมินและได้รับการยอมรับเพื่อใช้เป็นเครื่องมือช่วยทางการเกษตรอย่างแพร่หลาย อย่างไรก็ตามควรมีการประเมินศักยภาพของแบบจำลองอีกครั้งก่อนนำไปประยุกต์ใช้ ทั้งนี้เนื่องจากเงื่อนไขและสภาพแวดล้อมที่ใช้ในการประเมินแบบจำลองก่อนหน้านี้ อาจแตกต่างหรือไม่ครอบคลุมเงื่อนไขและสภาพแวดล้อมของการประเมินครั้งใหม่

สิ่งสำคัญก่อนการประเมินศักยภาพของแบบจำลอง CSM-CROPGRO-Peanut และนำแบบจำลองดังกล่าวไปประยุกต์ใช้คือ การทำความเข้าใจ

ถึงองค์ประกอบ และเงื่อนไขของแบบจำลอง รวมทั้งข้อมูลที่จำเป็นต้องใช้สำหรับการประเมินและการประยุกต์ใช้แบบจำลอง ดังนั้นจึงได้สรุปความเป็นมาของการพัฒนาแบบจำลองดังกล่าว องค์ประกอบ และเงื่อนไขของแบบจำลอง และเสนอรายละเอียดของข้อมูลตัวป้อนสำหรับการประเมินและการใช้แบบจำลอง CSM-CROPGRO-Peanut นอกจากนี้ยังรวมถึงตัวอย่างของการประเมิน และแนวทางของการประยุกต์ใช้แบบจำลองดังกล่าวเพื่อเป็นเครื่องมือช่วยทางการเกษตร

1. แบบจำลอง CSM-CROPGRO-Peanut

แบบจำลอง CSM-CROPGRO-Peanut เป็นแบบจำลองที่พัฒนาขึ้นโดยกลุ่มของนักวิจัยจากสหสาขาวิชาในมหาวิทยาลัยฟลอริดา ประเทศสหรัฐอเมริกา แบบจำลองดังกล่าวและแบบจำลองการเจริญเติบโตของพืชอีกหลายชนิดได้ถูกบรรจุอยู่ในโปรแกรมระบบสนับสนุนการตัดสินใจเพื่อถ่ายทอดเทคโนโลยีทางการเกษตร (Decision Support System for Agrotechnology Transfer, DSSAT) (Hoogenboom et al., 1992; Hoogenboom et al., 2004) โปรแกรมดังกล่าวประกอบไปด้วยระบบการจัดการฐานข้อมูล แบบจำลองการเจริญเติบโตของพืช และโปรแกรมการใช้งานอื่น ๆ ซึ่งทำงานภายใต้ระบบคอมพิวเตอร์ องค์ประกอบหลักของแบบจำลอง CSM-CROPGRO-Peanut ประกอบด้วยสมการอธิบายพัฒนาการทางด้านการเจริญเติบโต (vegetative development) และพัฒนาการด้านการสืบพันธุ์ (reproductive development) สมดุลของคาร์บอน (carbon balance) สมดุลของไนโตรเจน (nitrogen balance) และสมดุลของน้ำ (water balance) สำหรับสมดุลคาร์บอนของพืช แบบจำลองคำนวณการสังเคราะห์

แสงของทรงพุ่มรายวัน ผลที่ได้จากการคำนวณจะถูกแบ่งเป็น 2 ส่วน ส่วนแรกใช้สำหรับการหายใจเพื่อการรักษาสภาพ (maintenance respiration) และส่วนที่สองใช้สำหรับการหายใจเพื่อการเจริญเติบโตของพืช (growth respiration) สำหรับการแบ่งส่วนของอาหาร (partitioning) เพื่อการเจริญเติบโตในช่วงก่อนและหลังการออกดอก จะถูกกำหนดโดยระยะพัฒนาการของถั่วลิสง แบบจำลองคำนวณการโบไฮเดรตที่จำเป็นต้องใช้เพื่อเปลี่ยนผลลัพธ์ที่ได้จากการสังเคราะห์แสง ไปเป็นเนื้อเยื่อใหม่ และสัดส่วนของ โปรตีน ไขมัน ลิพิด โครงสร้างของคาร์โบไฮเดรต กรดอินทรีย์ และธาตุอาหารอื่น ๆ นอกจากนี้แบบจำลองยังคำนวณการเพิ่มของใบ พื้นที่ใบ การหลุดร่วงของใบแก่ จำนวนและน้ำหนักของฝักและเมล็ดที่เพิ่มขึ้นในแต่ละวัน

ส่วนสมดุลของไนโตรเจนนั้น แบบจำลองคำนวณการนำไนโตรเจนมาใช้ของพืช การตรึงไนโตรเจน (N_2 -fixation) การใช้ไนโตรเจนเพื่อสร้างเนื้อเยื่อใหม่ การใช้ประโยชน์ไนโตรเจนจากเนื้อเยื่อพืช และการสูญเสียไนโตรเจนจากการหลุดร่วงของใบแก่ สำหรับสมดุลของน้ำและพืชนั้น แบบจำลองคำนวณการซึมผ่านของทั้งน้ำฝนและน้ำจากการชลประทาน การระเหยของน้ำจากดิน การนำน้ำมาใช้ของรากพืช การระบายของน้ำตลอดพื้นที่ที่รากพืชเจริญเติบโต และการคายน้ำของพืช แบบจำลองได้อธิบายถึงความสัมพันธ์ระหว่างกระบวนการต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในต้นพืช เช่น พัฒนาการของพืช การสังเคราะห์แสง การหายใจ การใช้น้ำ การเจริญเติบโต และการปันส่วนของอาหารที่ถูกสร้างขึ้น กับปัจจัยสภาพแวดล้อม เช่น ความเข้มแสง ความเป็นประโยชน์ของน้ำในดิน และอุณหภูมิรายวัน นอกจากนี้แล้ว แบบจำลองยังใช้ลักษณะจำเพาะพันธุ์ของถั่วลิสงแต่ละพันธุ์ เพื่อทำนายการเจริญเติบโตและพัฒนาการรายวัน ที่ตอบสนองต่อสภาพ

อากาศ ดิน และการจัดการที่แตกต่างกัน ซึ่งเรียก
ลักษณะจำเพาะพันธุ์ดังกล่าวนี้ว่า สัมประสิทธิ์ทาง
พันธุกรรมของพืช (crop genetic coefficients)
(Boote et al., 1998)

2. ข้อมูลสำหรับการประเมินแบบจำลอง และการประยุกต์ใช้แบบจำลอง CSM CROPGRO-Peanut

โดยทั่วไปการประเมินแบบจำลองหมายถึง
การพิจารณาความสอดคล้องระหว่างข้อมูลที่ได้จาก
การจำลองสถานการณ์ด้วยแบบจำลอง และข้อมูล
ที่ได้จากการทดลองจริงที่ไม่ใช่ทั้งข้อมูลที่ใช้สำหรับ
การพัฒนาแบบจำลอง และสำหรับการคำนวณ
ค่าตัวแปรในแบบจำลอง หากแต่เป็นข้อมูลจาก
การทดลองอื่น (independent data sets) ส่วนการ
ประยุกต์ใช้แบบจำลองนั้น ในบางครั้งอาจไม่จำเป็นต้อง
อาศัยข้อมูลจากการทดลองจริงมาเปรียบเทียบ
โดยเป็นเพียงการจำลองสถานการณ์เพื่อศึกษาการ
ตอบสนองของพืช หรือศักยภาพการให้ผลผลิตของ
พืชภายใต้เงื่อนไขที่กำหนด เช่น การศึกษาการตอบ
สนองของพืชภายใต้การจัดการน้ำและปุ๋ยไนโตรเจนที่
แตกต่างกัน การศึกษาศักยภาพในการให้ผลผลิต
ภายใต้สภาพภูมิอากาศที่แตกต่างกัน เป็นต้น เว้น
แต่ในกรณีที่ผู้ประยุกต์ใช้ต้องการทั้งข้อมูลที่ได้จากการ
จำลองสถานการณ์ด้วยแบบจำลองและข้อมูลจริงเพื่อ
ช่วยประกอบการตัดสินใจและสร้างความมั่นใจใน
การตัดสินใจมากยิ่งขึ้น

เนื่องจากแบบจำลอง CSM-CROPGRO-
Peanut จำลองการเจริญเติบโตและพัฒนาการของ
ถั่วลิสงที่ตอบสนองต่อสภาพอากาศ ดิน และการ
จัดการที่แตกต่างกัน จึงต้องการข้อมูลตัวบ่ง
ประกอบด้วย ข้อมูลสภาพอากาศ ข้อมูลแสดง
คุณสมบัติของดิน ข้อมูลการจัดการ และข้อมูลแสดง

ลักษณะจำเพาะของถั่วลิสงแต่ละพันธุ์ (Hoogenboom
et al., 1992) ข้อมูลตัวบ่งสำหรับการประเมิน
แบบจำลอง และสำหรับการประยุกต์ใช้แบบจำลอง
ค่อนข้างคล้ายกัน ต่างกันที่การประเมินแบบจำลอง
ต้องการข้อมูลเพิ่มเติมที่ได้จากการทดลองจริงภายใต้
เงื่อนไขหรือสภาพแวดล้อมเดียวกับที่แบบจำลอง
กำลังถูกประเมิน ซึ่งประกอบด้วย ข้อมูลพืช เช่น
วันออกดอก วันสร้างฝักแรก วันเก็บเกี่ยว น้ำหนัก
แห้งต้น ใบ ฝัก และเมล็ดในแต่ละระยะการเจริญ
เติบโต ผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิต ปริมาณ
โปรตีนในเมล็ด เป็นต้น และข้อมูลดิน เช่น ความชื้น
ของดิน ปริมาณน้ำและไนโตรเจนในดิน อุณหภูมิ
ของดิน เป็นต้น

2.1 ข้อมูลอากาศ

ข้อมูลอากาศที่จำเป็นสำหรับการจำลอง
สถานการณ์ประกอบด้วย ข้อมูลอากาศรายวัน
ของพลังงานแสงอาทิตย์ (เมกาจูล/ตารางเมตร)
อุณหภูมิอากาศต่ำสุดและสูงสุด (องศาเซลเซียส) และ
ปริมาณน้ำฝน (มิลลิเมตร) ข้อมูลอากาศรายวันที่
นำมาจำลองสถานการณ์ อย่างน้อยควรครอบคลุม
ตลอดอายุของถั่วลิสง ข้อมูลที่ใช้อาจเริ่มตั้งแต่วันปลูก
อย่างไรก็ตามข้อมูลอากาศก่อนวันปลูกก็มีความ
สำคัญสำหรับกรณีที่ต้องการจำลองสมดุลของน้ำ
และไนโตรเจนก่อนการปลูก ข้อมูลอากาศเหล่านี้
ควรได้จากสถานีตรวจอากาศที่อยู่ในบริเวณสถานที่
ทำการทดลองจริง หรือสถานที่ที่ต้องการจำลอง
สถานการณ์ หากไม่มีสถานีตรวจอากาศในบริเวณ
ดังกล่าว อาจใช้ข้อมูลอากาศจากสถานีตรวจ
อากาศอื่นที่มีสภาพอากาศคล้ายคลึงกัน และอยู่ใน
บริเวณที่ใกล้เคียงกับแปลงทดลอง หรือพื้นที่
ที่ต้องการจำลองสถานการณ์มากที่สุด ทั้งนี้อาจจะมี
ผลต่อคุณภาพของผลการจำลอง

2.2 ข้อมูลดิน

ข้อมูลดังกล่าวแสดงคุณสมบัติทางด้านเคมีและทางด้านกายภาพของดินในแต่ละระดับชั้น ความลึกที่ครอบคลุมการเจริญเติบโตของรากพืช โดยส่วนใหญ่ ซึ่งอย่างน้อยประกอบด้วย สีของดิน ความสามารถในการระบายน้ำ ความหนาแน่นของดิน (bulk density) คุณสมบัติของเนื้อดิน (เปอร์เซ็นต์ sand, silt และ clay) ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (organic matter) ความเป็นกรดและด่างของดิน และ CEC (cations exchange capacity) ของดิน นอกจากนี้ยังรวมถึงความชื้นของพื้นที่ ข้อมูลแสดงคุณสมบัติของดินเหล่านี้ บางลักษณะนำไปใช้ในการคำนวณคุณสมบัติของดินลักษณะอื่น ๆ ที่แบบจำลองต้องใช้ โดยโปรแกรมคำนวณคุณสมบัติของดินใน DSSAT ตัวอย่างเช่น ใช้ข้อมูลความหนาแน่นของดิน ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน และเปอร์เซ็นต์ sand, silt และ clay เพื่อคำนวณปริมาณน้ำที่อิ่มตัว (saturated water content, SAT) ปริมาณน้ำสูงสุดที่มีการระบาย (drained upper limit of soil water content, DUL) หรือความชื้นระดับสนาม (field capacity) และ ปริมาณน้ำต่ำสุดที่พืชนำไปใช้ (lower limit of plant extractable water, LL) หรือจุดเหี่ยวถาวร (permanent wilting point) เป็นต้น

แบบจำลองสามารถจำลองสถานการณ์ได้ถ้ามีข้อมูลดินทั้งหมดที่กล่าวมา อย่างไรก็ตามหากต้องการผลลัพธ์จากการจำลองสถานการณ์ที่มีคุณภาพมากยิ่งขึ้น ผู้ประเมินและผู้ใช้แบบจำลองควรมีข้อมูลก่อนการปลูกพืชเพิ่มเติม ซึ่งประกอบด้วย ความชื้นของดิน ความเป็นกรดเป็นด่างของดิน ปริมาณของ NO_3^- และ NH_4^+ และปริมาณของอินทรีย์คาร์บอนที่เป็นประโยชน์ในแต่ละระดับชั้น ความลึกของดิน นอกจากนี้หากต้องการจำลองสมดุลของไนโตรเจนทั้งในดินและพืช ประเภทและ

ปริมาณของซากพืชที่ทิ้งไว้ในแปลงก่อนการปลูก ก็จำเป็นต้องใช้เช่นกัน

2.3 ข้อมูลการจัดการ

สำหรับข้อมูลการจัดการ ประกอบด้วย วันปลูก ระยะปลูก ความลึกของการปลูก วันงอก ความหนาแน่นของประชากรพืชต่อตารางเมตร และวันเก็บเกี่ยวผลผลิต ในกรณีของการจำลองการเจริญเติบโตของพืชภายใต้การจัดการน้ำ รายละเอียดของวันที่และปริมาณของการให้น้ำก็มีความสำคัญเช่นกัน ปัจจุบันแบบจำลอง CSM-CROPGRO-Peanut สามารถจำลองสมดุลของไนโตรเจนในพืชและดิน และจำลองการตอบสนองของถั่วลิสงต่อการจัดการปุ๋ยไนโตรเจนที่แตกต่างกันได้ ดังนั้นหากต้องการจำลองการเจริญเติบโตของถั่วลิสงภายใต้เงื่อนไขดังกล่าว จำเป็นต้องมีข้อมูลเพิ่มเติมคือ ประเภทของปุ๋ยไนโตรเจน จำนวนครั้งและปริมาณการให้ปุ๋ย วิธีการให้ และระดับความลึกของการให้ปุ๋ย

2.4 ข้อมูลแสดงลักษณะจำเพาะพันธุ์

แบบจำลอง CROPGRO-Peanut ต้องการข้อมูลแสดงลักษณะจำเพาะของถั่วลิสงแต่ละพันธุ์ หรือสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรม (genetic coefficients) เพื่ออธิบายการเจริญเติบโต และพัฒนาการที่แตกต่างกันของถั่วลิสงแต่ละพันธุ์ ผู้ประเมินและผู้ใช้แบบจำลองจำเป็นต้องศึกษาหรือคำนวณค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมของถั่วลิสง หากยังไม่มีการศึกษาหรือคำนวณค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมของถั่วลิสงพันธุ์ที่ต้องการจำลองสถานการณ์ไว้ก่อนหน้านี้ ซึ่งโดยทั่วไปข้อมูลสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมของถั่วลิสงแต่ละพันธุ์ ได้จากการทดลองปลูกถั่วลิสงพันธุ์นั้นในเรือนทดลองที่มีการควบคุมสภาพแวดล้อม หากไม่มีเรือนควบคุมสภาพแวดล้อม สามารถคำนวณค่าดังกล่าวได้ (model calibration) โดยอาศัย

ข้อมูลจากการปลูกถั่วลิสงพันธุ์นั้นในหลายฤดูหรือหลายสภาพแวดล้อม ส่วนวิธีการคำนวณ สามารถศึกษารายละเอียดเพิ่มเติมได้ในคู่มือการใช้งานโปรแกรม DSSAT (Hoogenboom et al., 1999)

แบบจำลองสามารถจำลองสถานการณ์ได้ เมื่อข้อมูลตัวป้อนที่กล่าวมาทั้งหมดถูกจัดเก็บไว้ในระบบฐานข้อมูลที่โปรแกรม DSSAT เรียกใช้ได้ ในขณะที่แบบจำลองกำลังทำงาน ซึ่งสามารถศึกษารายละเอียดของวิธีการเตรียมและการสร้างฐานข้อมูลตัวป้อนตามข้อกำหนดมาตรฐานของแบบจำลอง CSM-CROPGRO-Peanut ได้ในคู่มือการใช้งานโปรแกรม DSSAT (Tsuji et al., 1994) ผู้ประเมินและผู้นำแบบจำลองไปประยุกต์ใช้ควรตระหนักไว้เสมอว่า คุณภาพของผลที่ได้จากการจำลองสถานการณ์ด้วยแบบจำลองไม่ได้ขึ้นอยู่กับแบบจำลองเพียงอย่างเดียว แต่ยังขึ้นอยู่กับคุณภาพของข้อมูลที่ใช้เป็นข้อมูลตัวป้อนด้วย กล่าวคือ ข้อมูลตัวป้อนจะต้องมีความถูกต้อง และน่าเชื่อถือมากพอ

3. ตัวอย่างการประเมินศักยภาพแบบจำลอง CSM-CROPGRO-Peanut และแนวทางการประยุกต์ใช้เพื่อเป็นเครื่องมือช่วยสนับสนุนการตัดสินใจทางการเกษตร

ปัจจุบัน ได้มีการประเมินศักยภาพในการจำลองสถานการณ์ของแบบจำลองการเจริญเติบโตของพืชหลายชนิด สำหรับแบบจำลอง CSM-CROPGRO-Peanut นั้นพบว่า ผู้พัฒนาแบบจำลองและผู้นำแบบจำลองไปประยุกต์ใช้ ได้ทำการประเมินศักยภาพของแบบจำลองดังกล่าวภายใต้เงื่อนไขและสภาพแวดล้อมที่ต่างกันแตกต่างกัน ยกตัวอย่างเช่น Singh et al. (1994a) ได้ทำการประเมินศักยภาพของแบบจำลอง CSM CROPGRO-Peanut ในการจำลองการตอบสนองของถั่วลิสงพันธุ์

Robut 33-1 ต่อวันปลูก ฤดูปลูก และการจัดการน้ำที่แตกต่างกัน โดยอาศัยข้อมูลจากการทดลองที่ประเทศอินเดีย ซึ่งผลจากการประเมินพบว่า โดยส่วนใหญ่แล้วผลผลิตฝักแห้งที่ได้จากการจำลองสถานการณ์และจากการทดลองจริงจะแตกต่างกันไม่มาก โดยที่สัดส่วนความแตกต่าง ของผลที่ได้จากการทดลองจริง มีค่าตั้งแต่ 0% ถึง 95.7% ของน้ำหนักฝักแห้งที่ได้จากการทดลองจริง (Table 1)

Singh et al. (1994b) ได้ประเมินศักยภาพของแบบจำลอง CSM-CROPGRO-Peanut ในการจำลองการตอบสนองของถั่วลิสงพันธุ์ Robut 33-1 ต่อระยะปลูกและความหนาแน่นของประชากรภายใต้สภาพแวดล้อมในประเทศอินเดีย โดยมีระยะระหว่างแถวปลูก 3 ระยะ คือ 20, 30 และ 60 เซนติเมตร และความหนาแน่นของประชากร 3 ระดับ คือ 10, 20 และ 40 ต้นต่อตารางเมตร ซึ่งผลจากการประเมินพบว่า แบบจำลองสามารถจำลองวันออกดอก วันเริ่มสร้างเข็ม ฝัก และเมล็ดได้ใกล้เคียงกับข้อมูลจากการทดลองจริงซึ่งต่างกันมากที่สุดเพียง 4 วัน หากเปรียบเทียบระหว่างผลผลิตฝักแห้งที่ได้จากการจำลองสถานการณ์และที่ได้จากการทดลองจริงพบว่า โดยส่วนใหญ่แล้วจะแตกต่างกันไม่มากนัก โดยที่สัดส่วนของความแตกต่างมีค่าตั้งแต่ 0% ถึง 40.9% ของน้ำหนักฝักแห้งที่ได้จากการทดลองจริง (Table 2) ข้อมูลจากการทดลองจริงชี้ให้เห็นว่า ผลผลิตฝักแห้งของถั่วลิสงจะเพิ่มขึ้นเมื่อความหนาแน่นของประชากรต่อพื้นที่เพิ่มขึ้น ในขณะที่ระยะปลูกที่แตกต่างกันไม่มีผลทำให้ผลผลิตฝักแห้งแตกต่างกันมากนัก และผลดังกล่าวสอดคล้องกับข้อมูลที่ได้จากการจำลองสถานการณ์ ดังนั้นผู้ประเมินแบบจำลองจึงได้สรุปไว้ว่า แบบจำลอง CSM-CROPGRO-Peanut สามารถประเมินอิทธิพลของประชากรต่อพื้นที่ และระยะห่างระหว่างแถวปลูกต่อการเจริญเติบโตของถั่วลิสงได้ดี

Table 1 Observed (O) and simulated (S) pod yield (t/ha) for peanut at final harvest in various seasons, sowing dates and moisture regimes at Patancheru and Anantapur, India

Year	Sowing date	Moisture regime	Pod yield (t/ha)		(S-O)x100/O
			S	O	
Patancheru					
1984	9 June	Rainfed	1.6	1.2	33.3
1987	13 July	Rainfed	2.3	2.0	15.0
		Irrigated	4.5	2.3	95.7
1990	19 June	Rainfed	4.1	3.9	5.1
1990	4 June	Rainfed	4.2	4.0	5.0
1991	4 December	Rainfed	3.4	2.6	30.8
1992	27 June	Rainfed	4.2	4.2	0.0
Anantapur					
1998	12 July	Rainfed	0.8	1.0	-20.0
		Irrigated	2.1	2.8	-25.0
1989	12 August	Rainfed	2.2	2.1	4.8
		Irrigated	2.3	2.5	-8.0
	11 July	Rainfed	1.6	1.4	14.3
		Irrigated	2.6	2.8	-7.1
1990	16 June	Rainfed	0.6	0.7	-14.3
		Irrigated	1.9	1.8	5.6
	4 August	Rainfed	1.8	1.8	0.0
		Irrigated	2.1	2.1	0.0

Source: Singh et al. (1994a)

Table 2 Observed (O) and simulated (S) pod yield (t/ha) for peanut at final harvest in various plant spacings and plant populations during the 1992 rainy season at Patancheru, Andhra Pradesh, India

Plant spacing	Plant population (plant/m ²)	Pod yield (t/ha)		(S-O)x100/O
		S	O	
20	10	3.33	2.80	18.9
	20	3.80	3.50	8.6
	40	4.12	4.20	-1.9
30	10	3.30	2.60	26.9
	20	3.80	3.40	11.8
	40	4.09	4.10	-0.2
60	10	3.24	2.30	40.9
	20	3.57	3.00	19.0
	40	3.80	3.80	0.0

Source: Singh et al. (1994b)

นอกจากนี้แล้ว Banterng et al. (2003) ยังได้ทำการประเมินศักยภาพของแบบจำลอง CSM-CROPGRO-Peanut ในการจำลองการแสดงผลของสายพันธุ์ถั่วลิสง ภายใต้สภาพแวดล้อมที่แตกต่างกันในภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย โดยอาศัยข้อมูลจากการทดลองปลูกเปรียบเทียบพันธุ์สำหรับถั่วลิสงกลุ่มเมล็ดโต (virginia type) จำนวน 11 สายพันธุ์กับอีก 1 พันธุ์ตรวจสอบใน 12 สภาพแวดล้อม และสำหรับถั่วลิสงกลุ่มเมล็ดเล็ก (spanish type) จำนวน 11 สายพันธุ์ กับอีก 3 พันธุ์ตรวจสอบใน 3 สภาพแวดล้อม ผลการประเมินพบว่า สัดส่วนของความแตกต่างระหว่างน้ำหนักแห้งฝักที่ได้จากการจำลองสถานการณ์และที่ได้จากการทดลองจริง คิดเป็นร้อยละ 27 ของผลที่ได้จากการทดลองจริงสำหรับถั่วลิสงกลุ่มเมล็ดโต และคิดเป็นร้อยละ 14 และของผลที่ได้จากการทดลองจริงสำหรับถั่วลิสงกลุ่มเมล็ดเล็ก และค่าระดับความสัมพันธ์ (r) ระหว่างน้ำหนักแห้งฝักที่ได้จากการ

จำลองสถานการณ์และจากการทดลองจริงค่อนข้างสูง ($r = 0.90$ สำหรับถั่วลิสงกลุ่มเมล็ดโต และ $r = 0.79$ สำหรับถั่วลิสงกลุ่มเมล็ดเล็ก) และมีนัยสำคัญทางสถิติ (Fig. 1) นอกจากนั้นแล้วยังพบว่า ลำดับที่ของสายพันธุ์เรียงตามผลผลิตเฉลี่ยที่ได้จากการทดลองจริงและจากการจำลองสถานการณ์ไม่เหมือนกัน อย่างไรก็ตามในถั่วลิสงกลุ่มเมล็ดโต 6 สายพันธุ์แรกที่เกิดผลผลิตจากการทดลองจริง เป็น 6 สายพันธุ์เดียวกันที่คัดเลือกได้ด้วยแบบจำลอง ส่วนถั่วลิสงกลุ่มเมล็ดเล็กพบว่า ทั้งผลที่ได้จากการทดลองจริงและผลที่ได้จากการจำลองสามารถคัดเลือกได้ตรงกัน 5 สายพันธุ์จาก 7 สายพันธุ์แรกที่ให้ผลผลิตสูงสุด ดังนั้นจากการศึกษาที่ได้ชี้ให้เห็นถึงแนวทางของการนำแบบจำลอง CSM-CROPGRO-Peanut ไปประยุกต์ใช้เพื่อเป็นเครื่องมือช่วยสนับสนุนการตัดสินใจในการจำแนกกลุ่มพันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูง ซึ่งจะเป็นประโยชน์อย่างมากในงานปรับปรุงพันธุ์พืช

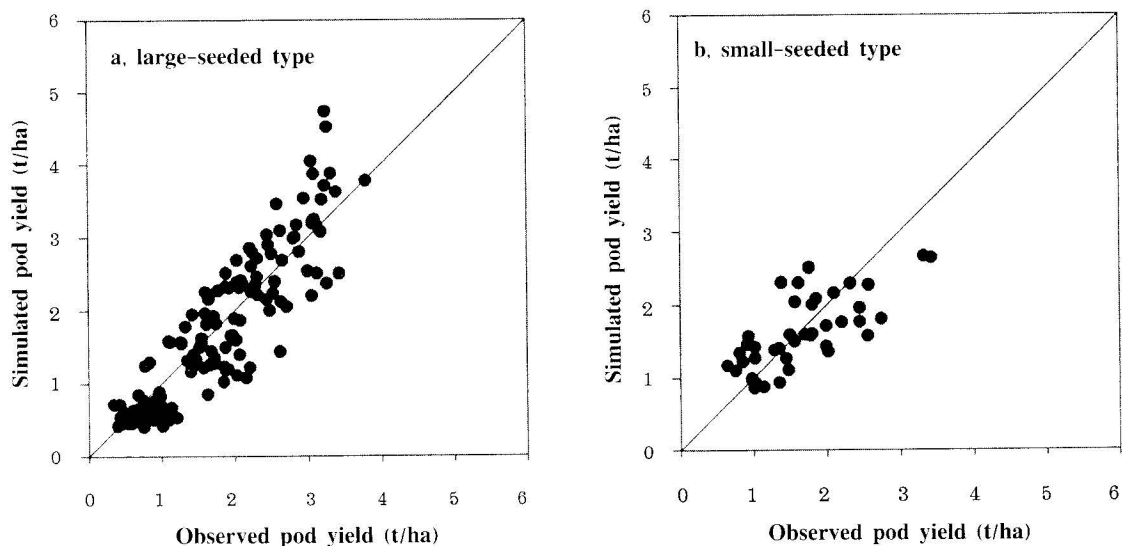


Fig. 1 Comparison between observed and simulated pod yield (t/ha) of all peanut lines at all locations for pod yield of large-seeded type (a) and small-seeded type (b)

Source: Banterng et al. (2003)

สำหรับแนวทางการประยุกต์ใช้แบบจำลอง CSM-CROPGRO-Peanut เพื่อเป็นเครื่องมือช่วยสนับสนุนการตัดสินใจทางการเกษตรนั้นมีหลายแนวทาง ตัวอย่างเช่น การใช้แบบจำลองช่วยประเมินการจัดการที่เหมาะสมเพื่อเพิ่มผลผลิตทางการเกษตร ประเมินศักยภาพการผลิตในสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน ประเมินความเสี่ยงในการผลิตภายใต้สภาพอากาศที่มีความแปรปรวน และ การใช้แบบจำลองช่วยจำแนกสภาพแวดล้อมและกำหนดพื้นที่การผลิต เป็นต้น (Egli and Bruening, 1992; Meinke et al., 1993; Aggarwal and Kalra, 1994; Meinke and Hammer, 1995) นอกจากนี้ ยังมีแนวทางการประยุกต์ใช้แบบจำลอง CSM-CROPGRO-Peanut สำหรับงานปรับปรุงพันธุ์ถั่วลิสง เช่น การใช้แบบจำลองช่วยกำหนดลักษณะของถั่วลิสงที่มีศักยภาพการให้ผลผลิตสูง (plant-type design) สร้างความเข้าใจของการเกิดปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างพันธุกรรมกับสภาพแวดล้อม (G X E) กำหนดสภาพแวดล้อมสำหรับปลูกทดสอบสายพันธุ์ถั่วลิสง (Aggarwal et al., 1995; White, 1998; White and Hoogenboom, 1996) และช่วยประเมินการส่งออกของพันธุ์ภายใต้สภาพแวดล้อมที่มีน้ำและไนโตรเจนเป็นปัจจัยจำกัด เป็นต้น

จากที่กล่าวมาทั้งหมดได้ชี้ให้เห็นว่า แบบจำลอง CSM-CROPGRO-Peanut ถูกพัฒนาขึ้นภายใต้เงื่อนไขที่เฉพาะเจาะจง ซึ่งยังมีอีกหลายกระบวนการที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตและพัฒนาการของถั่วลิสง และไม่ได้อธิบายไว้ในแบบจำลอง CSM-CROPGRO-Peanut เช่น การตอบสนองต่อโรคและแมลง การแข่งขันกับวัชพืช การตอบสนองต่อธาตุอาหารหลักและธาตุอาหารรองอื่น ๆ เป็นต้น ดังนั้นผู้ประเมินแบบจำลองควรประเมินภายใต้เงื่อนไขที่กำหนดไว้ในแบบจำลอง และผู้ใช้

แบบจำลองควรตระหนักเสมอว่า ข้อมูลจากการจำลองไม่สามารถแทนข้อมูลจากการทดลองจริงทั้งหมด หากแต่สามารถใช้ข้อมูลดังกล่าวเพื่อช่วยประกอบการตัดสินใจ และช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของงานวิจัยได้

เอกสารอ้างอิง

- Aggarwal, P.K. and N. Kalra. 1994. Analyzing the limitation set by climatic factors, genotype, and water and nitrogen availability on productivity of wheat: II. Climatically potential yields and management strategies. *Field Crops Res.* 36: 161-166.
- Aggarwal, P.K., R.B. Matthews, and M.J. Kropff. 1995. Opportunities for the application of systems approaches in plant breeding. Pp. 135-144 in: Aggarwal, P.K., R.B. Matthews, M.J. Kropff and H.H. van Laar (Eds.). *SARP Research Proceeding*. International Rice Research Institute, Los Banos, Philippines.
- Bantern, P., A. Patanothai, K. Pannangpetch, S. Jogloy, and G. Hoogenboom. 2003. Applicability of the CROPGRO-Peanut model in assisting multi-location evaluation of peanut breeding lines. *Thai J. Agric. Sci.* 37(7): 407-418.
- Boote, K.J., J.W. Jones, and G. Hoogenboom. 1998. Simulation of crop growth: CROPGRO MODEL. Pp. 651-692 in: Peart, R.M. and R.B. Curry (Eds.). *Agricultural Systems Modeling and Simulation*. Marcel Dekker, Inc., New York.
- Egli, D.B. and W. Bruening. 1992. Planting date and soybean yield: evaluation of environmental effect with a crop simulation model: SOYGRO. *Agric. For. Meteorol.* 62: 19-29.
- Hoogenboom, G., J.W. Jones, and K.J. Boote. 1992. Modeling growth, development, and yield of grain legumes using SOYGRO, PNUTGRO and BEANGRO : a review. *Transactions of the ASAE* 35: 2043-2056.

- Hoogenboom, G., J.W. Jones, P.W. Wilkens, C.H. Porter, W.D. Batchelor, L.A. Hunt, K.J. Boote, U. Singh, O. Uryasev, W.T. Bowen, A.J. Gijssman, A.S. Du Toit, J.W. White, and G.Y. Tsuji. 2004. Decision Support System for Agrotechnology Transfer Version 4.0. [CD-ROM]. University of Hawaii, Honolulu, Hawaii.
- Hoogenboom, G., P.W. Wilkens, and G.Y. Tsuji (Eds.). 1999. DSSAT Version 3, Volume 4. University of Hawaii, Honolulu, Hawaii.
- Meinke, H. and G.L. Hammer. 1995. A peanut simulation model: II. Assessing regional production potential. *Agron. J.* 87: 1093-1099.
- Meinke, H., G.L. Hammer, and S.C. Chapman. 1993. A sunflower simulation model: II. Simulating production risks in a variable subtropical environment. *Agron. J.* 85: 735-742.
- Penning de Vries, F., P. Teng, and K. Metselaar (Eds.). 1993. Systems approaches for agricultural development. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands.
- Singh, P., K.J. Boote, A.Y. Rao, M.R. Iruthayaraj, A.M. Sheikh, S.S. Hundal, R.S. Narang, and P. Singh. 1994a. Evaluation of the groundnut model PNUTGRO for crop response to water availability, sowing dates, and seasons. *Field Crop Res.* 39: 147-162.
- Singh, P., K.J. Boote, and S.M. Virmani. 1994b. Evaluation of the groundnut model PNUTGRO for crop response to plant population and row spacing. *Field Crop Res.* 39: 163-170.
- Tsuji, G. Y., G. Uehara, and S. Balas (Eds.). 1994. DSSAT Version 3, Volumes 1, 2 and 3. University of Hawaii, Honolulu, Hawaii.
- White, J.W. 1998. Modeling and crop improvement. Pp. 179-188 in: Tsuji, G.Y., G. Hoogenboom and P.K. Thornton (Eds.). *Understanding Options for Agricultural Production*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, the Netherlands.
- White, J.W. and G. Hoogenboom. 1996. Simulating effects of genes for physiological traits in a process-oriented crop model. *Agron. J.* 88: 416-422.