ระบบสนับสนุนการตัดสินใจเพื่อศึกษาผลกระทบการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลกต่อระบบการผลิตอาหาร
A Decision Support System to Study the Impact of Climate Change on Food Production Systems

อรรถชัย จินตะเวช (Attachai Jintrawet)[1*]

บทคัดย่อ

การพัฒนาระบบสนับสนุนการตัดสินใจเพื่อการศึกษาผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (หรือภาวะโลกร้อน) ต่อระบบการผลิตอาหารได้รับการสนับสนุนจากหน่วยงานระดับชาติและนานาชาติทำให้สามารถพัฒนาโปรแกรมระบบสนับสนุนการศึกษาผลกระทบต่อระบบการผลิตพืช (Crop Production Systems Decision Support System: CropDSS) ผู้ใช้งานสามารถใช้โปรแกรม CropDSS บนเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล สามารถเชื่อมโยงฐานข้อมูลเชิงพื้นที่สี่ชั้นข้อมูลได้แก่ ขอบเขตการปกครอง แผนที่ดิน แผนที่เขตภูมิอากาศ และแผนที่การปลูกพืชรายพืช รวมกับแบบจำลองการผลิตพืชของโปรแกรม DSSAT45 (Decision Support System for Agrotechnology Transfer: DSSAT) แบบจำลองที่ทำการศึกษาอย่างกว้างขวางในประเทศไทยได้แก่ แบบจำลองข้าว แบบจำลองมันสำปะหลัง แบบจำลองอ้อยโรงงาน และแบบจำลองข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ซึ่งต้องการข้อมูลสภาพภูมิอากาศได้แก่ รังสีดวงอาทิตย์ อุณหภูมิสูงสุดต่ำสุด และปริมาณน้ำฝนรายวัน ผู้ใช้งานสามารถใช้โปรแกรม CropDSS ในการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับผลกระทบของภาวะโลกร้อนได้ด้วยการบูรณการข้อมูลและองค์ความรู้เกี่ยวกับภาวะโลกร้อนตามภาพฉายอนาคต

Abstract

Impacts of climate change on crop production systems decision support system tool was developed, under funding support from the Thailand Research Fund (TRF) and the International Consortium for Agricultural Systems Applications (ICASA). The CropDSS tool allows users to link four spatial databases; namely, administrative, crop planted areas, soil boundary, and climate grid maps with four crop simulation models in DSSAT (Decision Support System for Agrotechnology Transfer). The models have been extensively tested in Thailand, requires a minimum data sets of climate data such as solar radiation, temperature, and rainfall. Users may use CropDSS program to study the impacts of climate change on agricultural systems in an integral approach.

คำสำคัญ: ระบบสนับสนุนการผลิตพืช, ระบบสนับสนุนการถ่ายทอดเทคโนโลยีทางเกษตร, ค่าผิดพลาดสัมบูรณ์เฉลี่ย, ค่าผิดพลาดเฉลี่ย, ค่าดัชนีความแตกต่าง, โลกร้อน, ระบบการผลิตพืชอาหาร

Keywords: CropDSS, DSSAT, MAE, RMSE, D-Index, Global warming, food crop production systems

[1] *รองศาสตราจารย์ ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ และศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่*

[*] *Corresponding author, e-mail: attachai@chiangmai.ac.th*

บทนำ

ระบบสนับสนุนการตัดสินใจเป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์บูรณการฐานข้อมูล ฐานแบบจำลอง และการสื่อสารกับผู้ใช้งานเพื่อการวิเคราะห์หาทางเลือกสำหรับการแก้ปัญหาแบบไร้โครงสร้าง ปัญหาที่อาจจะเกิดขึ้นจากผลของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลก หรือ Global climate change เป็นสิ่งที่ต้องเพิ่มขีดความสามารถในการคาดการณ์และการจัดการ

หน่วยงาน USEPA ได้นำใช้โปรแกรม DSSAT ในการศึกษาเรื่องการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลกและอุปทานของพืชอาหารของโลก (Rosenzweig and Parry, 1994) โดยใช้เหตุผลว่าเป็นโปรแกรมที่เครือข่ายผู้ใช้งานทั่วโลก ผ่านการทดสอบในสภาพการผลิตที่หลากหลาย มีฐานข้อมูลมาตรฐานทำงานได้โดยใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ขนาดเล็ก และมีความรวดเร็วในคำนวณและแสดงที่ยอมรับได้ อย่างไรก็ตามโปรแกรม DSSAT ไม่ได้ออกแบบเพื่อรองรับการใช้งานในพื้นที่ขนาดใหญ่ จึงมีการพัฒนาโปรแกรมขึ้นมารองรับหลายโปรแกรม แต่ผู้ใช้งานต้องมีโปรแกรมสารสนเทศภูมิศาสตร์ที่มีค่าใช้จ่าย

บทความนี้มีจุดประสงค์เพื่อรายงานการพัฒนาระบบสนับสนุนการตัดสินใจเพื่อประกอบการศึกษาผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลกต่อระบบการผลิตพืช เป็นโปรแกรมที่พัฒนาเพื่อใช้งานบนเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลและสามารถแสดงผลเป็นข้อมูลเชิงพื้นที่เชิงอรรถาธิบาย

อุปกรณ์และวิธีการ (Material and Methods)

ระบบสนับสนุนการตัดสินใจระบบผลิตพืชเชิงพื้นที่ (Spatial Crop Production Systems Decision Support System: CropDSS)

CropDSS เป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับเครื่องส่วนบุคคล ระบบปฏิบัติการแบบ Windows XP หรือ Vista มีรายการและหน้าจอเป็นภาษาไทยและอังกฤษ ออกแบบให้เป็นโปรแกรมเชื่อมโยงแบบจำลองพัฒนาและการเจริญเติบโตของพืชของโปรแกรม DSSAT เข้ากับฐานข้อมูลดิน ฐานข้อมูลภูมิอากาศ ฐานข้อมูลพันธุกรรมพืช และฐานข้อมูลการจัดการผลิตพืช ผู้ใช้งานสามารถกำหนดการจัดการผลิตพืชได้ การเชื่อมโยงกับฐานข้อมูลภูมิอากาศเป็นส่วนสำคัญทำให้สามารถศึกษาผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศจากภาพอนาคตของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของ SRES (IPCC, 2000) ปัจจุบันสามารถเชื่อมได้กับฐานข้อมูลภูมิอากาศจากแบบจำลอง ECHAM4 SRES scenarios A2, B2, และ A1B

ข้อมูลขั้นต่ำสำหรับโปรแกรม CropDSS

รูปที่ 1 แสดงโครงสร้างข้อมูลนำเข้าสำหรับโปรแกรม CropDSS ซึ่งต้องการข้อมูลสองส่วนได้แก่ ข้อมูลเชิงพื้นที่ (spatial database) และข้อมูลเชิงอรรถ (attribute database)

ข้อมูลเชิงพื้นที่ขั้นต่ำของโปรแกรม CropDSS ประกอบด้วยฐานข้อมูลเชิงพื้นที่ 4 ชั้นข้อมูล ได้แก่ ชั้นข้อมูลการปกครอง ชั้นข้อมูลการผลิตพืช ชั้นข้อมูลแผนที่ดิน ชั้นข้อมูลตารางภูมิอากาศ ชั้นข้อมูลทั้ง 4 ชั้น ประกอบรวมกันเป็นหน่วยแผนที่จำลองสถานการณ์ (Simulation Mapping Unit: SMU) ซึ่งแต่ละ SMU มีค่าเฉพาะของรหัสการปกครอง รหัสแผนที่ดิน และ รหัสตารางภูมิอากาศ ได้ทำการจัดเก็บเชิงพื้นที่ใน sub-directory ดังรายละเอียดในตาราง 1

ข้อมูลเชิงอรรถขั้นต่ำของโปรแกรม CropDSS ประกอบด้วยฐานข้อมูลการจัดการพืช ข้อมูลภูมิอากาศในรูปแบบที่พร้อมใช้งานกับแบบจำลอง ได้ทำการจัดเก็บเชิงพื้นที่ใน sub-directory ดังรายละเอียดในตาราง 1

ปัจจุบันมีข้อมูลเชิงพื้นที่และเชิงอรรถพร้อมใช้งานกับระบบการผลิตพืช 4 พืชในประเทศไทย โปรแกรม CropDSS สามารถประยุกต์ใช้กับพื้นที่อื่นได้ โดยผู้ใช้งานต้องจัดเตรียมข้อมูลขั้นต่ำดังกล่าว

โปรแกรมระบบสนับสนุนการตัดสินใจเพื่อการถ่ายทอดเทคโนโลยีเกษตร (Decision Support System for Agrotechnology Transfer: DSSAT)

DSSAT เป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์เครื่องส่วนบุคคล ระบบปฏิบัติการแบบ Windows XP หรือ Vista ออกแบบให้เป็นโปรแกรมเชื่อมโยงแบบจำลองพัฒนาและการเจริญเติบโตของพืช เข้ากับฐานข้อมูลดิน ฐานข้อมูลกาลอากาศ ฐานข้อมูลพันธุกรรมพืช และฐานข้อมูลการจัดการผลิตพืช โปรแกรมรุ่น 4.5 มีแบบจำลองพืช 30 แบบจำลอง จัดแบ่งออกได้เป็น 9 กลุ่ม ได้แก่ ธัญพืช พืชตระกูลถั่ว พืชหัว พืชน้ำมัน พืชผัก พืชเส้นใย พืชอาหารสัตว์ พืชพลังงาน และไม้ผล ในกลุ่มธัญพืชมีแบบจำลองพืช 6 พืช ได้แก่ ข้าวบาร์เลย์ (*Hordeum vulgare* L.) ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ (Zea mays L.) ข้าวฟ่างหางกระรอก [*Pennisetum glaucum* (L.) R.Br.] ข้าว (*Oryza sativa* L.) ข้าวฟ่าง [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] และข้าวสาลี (*Triticum aestivum* L.) พืชตระกูลถั่วมีแบบจำลองพืช 7 พืช ได้แก่ ถั่วแขก (*Cicer arietinum* L.) ถั่วพุ่ม (*Vigna unguiculata* L.) ถั่วแห้ง (*Phaseolus vulgaris* L.) ถั่วฟาบ้า (*Vicia faba* L.) ถั่วลิสง (*Arachis hypogea* L.) ถั่วเหลือง (*Glycine max* L.) และถั่วเวลเวท [Velvet bean: *Mucuna pruriens* (L.) DC.] พืชหัวมีแบบจำลองพืช 4 พืช ได้แก่ มันสำปะหลัง (*Manihot esculenta Crantz*) มันฝรั่ง (*Solanum tuberosum* L.) ทาเนีย (Taniers; *Xanthosoma spp.*) เผือก [Taro; *Colocasia esculenta* (L.) Schott)] พืชน้ำมัน มีแบบจำลองพืช 1 พืช ได้แก่ ทานตะวัน (*Helianthus* L.) พืชผัก มีแบบจำลองพืช 5 พืช ได้แก่ พริกหวานหรือพริกหยวก (*Capsicum annuum* L.) กระหล่ำหัว (*Brassica oleracea* L.) มะเขือเทศ (*Solanum lycopersicum*) ข้าวโพดหวาน (*Zea mays* L.) และถั่วฝักสด (Green bean; *Phaseolus vulgaris*) พืชเส้นใย มีแบบจำลองพืช 1 พืช ได้แก่ ฝ้าย (*Gossypium* L.) พืชอาหารสัตว์ มีแบบจำลองพืช 2 พืช ได้แก่ หญ้าบาเฮีย (*Paspalum notatum* Flueggé var. notatum) และหญ้า Brachiaria (หรือ signal grass; *Brachiaria* (Trin.) Griseb.) พืชพลังงาน มีแบบจำลองพืช 1 พืช ได้แก่ อ้อยโรงงาน (*Saccharum officinarum* L.) และไม้ผลมีแบบจำลองพืช 1 พืช ได้แก่ สับปะรด (*Ananas* spp. L.) นอกจากนี้มีแบบจำลองช่วงเวลาที่ไม่มีการปลูกพืช (Fallow) เพื่อการศึกษาพลวัตของดินและธาตุอาหารพืช

ข้อมูลขั้นต่ำสำหรับแบบจำลองพืช DSSAT

ข้อมูลขั้นต่ำหรือ Minimum Data Set (MDS) หมายถึง ข้อมูลที่ต้องใช้งานเพื่อการคำนวณของแบบจำลอง ประกอบด้วยข้อมูลกาลอากาศ (Weather data) ข้อมูลพันธุกรรมพืช (Genetic characteristics) ข้อมูลดิน (Soil data) และข้อมูลการจัดการผลิตพืช ข้อมูลมีการจัดเก็บในรูปแบบ ASCII (American Standard Code for Information Interchange) สามารถเปิดอ่านได้โดยโปรแกรม text editor และสามารถพิมพ์ออกเครื่องพิมพ์แบบหัวเข็ม (Dot-matrix printer) หรือเครื่องพิมพ์แบบหัวลำแสง Laser (Laser printer) รายละเอียดของข้อมูลนำเข้าสำหรับการใช้งานแบบจำลองดังแสดงในตาราง 2

การวิเคราะห์ผลกระทบโลกร้อนต่อระบบผลิตพืช

การเปรียบเทียบค่าจากระบบการผลิตจริงและจากแบบจำลอง

โดยใช้ CropDSS ผู้ใช้งานสามารถเปรียบเทียบค่าที่จัดเก็บจากระบบการผลิตจริง (Observed: OBS) และค่าที่แบบจำลองคำนวณ (Simulated: SIM) โดยสามารถเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) ค่าสูงสุด-ต่ำสุด (Max-Min) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ค่าร้อยละความแปรปรวน (%CV)

นอกจากนี้ ผู้ใช้งานสามารถวิเคราะห์ตรวจสอบความแม่นยำของค่าที่ได้จากแบบจำลองและค่าที่ได้จากระบบจริง Willmolt (1982), Du Toit and du Toit (2003) และ Timsina and Humphreys (2006) ได้เสนอค่าสถิติหลายค่า โปรแกรม CropDSS ได้เลือก

คำนวณดัชนี 3 ดัชนี ได้แก่ 1) ค่า MAE (Mean Absolute Error) คำนวณตามสมการ 1 ซึ่งเหมาะต่อการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงเวลาและแบบจำลองมีความแม่นยำสูงเมื่อค่า MAE เข้าใกล้ 0.0; 2) ค่า Root Mean Square Error (RMSE) คำนวณตามสมการ 2 แบบจำลองมีความแม่นยำสูงเมื่อค่า RMSE เข้าใกล้ 0.00; และ 3) ค่า Agreement index (D-Index) คำนวณตามสมการ 3 แบบจำลองมีความแม่นยำสูงเมื่อค่า D-index เข้าใกล้ 1.00

$$MAE = N^{-1}\left[\sum_{i=1}^{N}|S_i - O_i|\right] \quad [1]$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n}(S_i - O_i)^2} \quad [2]$$

กำหนดให้

n = จำนวนค่าทั้งหมด

Si = ค่าที่ได้จากแบบจำลอง

Oi = ค่าที่ได้จากสภาพจริง

Agreement index (D-Index)

$$D = 1 - \left[\frac{\sum_{i=1}^{N}(S_i - O_i)^2}{\sum_{i=1}^{n}\left[|S_i'| + |O_i'|\right]^2}\right] \quad [3]$$

กำหนดให้

N = จำนวนค่าทั้งหมด

Si = ค่าที่ได้จากแบบจำลอง

Oi = ค่าที่ได้จากสภาพจริง

S_i' = ค่าที่ได้จากแบบจำลอง - ค่าเฉลี่ยของค่าที่ได้จากสภาพจริง ($\bar{O}_i$)

O_i' = ค่าที่ได้จากสภาพจริง - ค่าเฉลี่ยของค่าที่ได้จากสภาพจริง ($\bar{O}_i$)

การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงและผลกระทบต่อผลผลิตพืช

โดยใช้ CropDSS ผู้ใช้งานสามารถวิเคราะห์ตัวแปรระบบการผลิตพืชซึ่งเป็น output จากแบบจำลอง เพื่อทราบแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลง (Trend) ด้วยแสดงตารางผลผลิตข้าวหรือตัวแปรที่ต้องการ และสามารถนำเข้าสู่โปรแกรม MS EXCEL เพื่อคำนวณค่าสถิติพื้นฐานเพื่อการเปรียบเทียบต่อไป

การทดสอบโปรแกรม CropDSS

ใช้ CropDSS ร่วมกับแบบจำลองข้าว CERES-rice จำลองการผลิตข้าวของประเทศไทยในฤดูนาปี ข้อมูลภูมิอากาศรายวันได้จากแบบจำลอง ECHAM 4 SRES A2 ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1960-2099 ใช้ข้อมูลแผนที่กลุ่มชุดดินของกรมพัฒนาที่ดินและมีข้อมูลอรรถาธิบายของแต่ละชั้นดินตามชุดดินตัวแทน ใช้ข้อมูลพันธุกรรมของข้าว กข. ๗ โดยวันปลูก 15 สิงหาคม (นาปี) และ 15 มกราคม (นาปรัง) ของทุกปี จำนวน 16 กอต่อตารางเมตร กอละ 1 ต้น ใช้น้ำฝนเป็นหลัก ไม่มีการเติมน้ำชลประทาน และไม่มีการเติมปุ๋ยไนโตรเจน ใช้ข้อมูลผลผลิตข้าวที่มีการรายงานโดยสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตรในระหว่างปี พ.ศ. 2523-2532 (ค.ศ. 1980-1989) เพื่อเปรียบเทียบความแม่นยำของแบบจำลองข้าว

ผล

หน่วยแผนที่การจำลอง (SMU) ของพื้นที่การปลูกข้าวนาปีของประเทศไทยมีทั้งสิ้น 9,681 หน่วย โปรแกรม CropDSS คำนวณการผลิตข้าวในช่วงปี พ.ศ. 2503-2642 (ค.ศ. 1960-2099) เป็นระยะเวลา 140 ปี ใช้เวลาในการคำนวณอย่างต่อเนื่องในแต่ละวันปลูก 12 ชั่วโมง

การเปรียบเทียบค่าจากระบบการผลิตจริงและจากแบบจำลอง

ทำการเปรียบเทียบค่าผลผลิตข้าวในช่วงปี พ.ศ. 2523-2532 (ค.ศ. 1980-1989) เป็นข้อมูลจากการรายงานประจำปีของสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร ซึ่งมีระบบจัดเก็บจากระบบการผลิตข้าวจริง (Observed: OBS) และค่าที่แบบจำลองข้าวคำนวณได้ (Simulated: SIM) พบว่ามีค่าผลผลิตข้าวสูงสุด 3,422 และ 4,577 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ ค่าผลผลิตข้าวต่ำสุด 1,179 และ 1,700 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ และค่าเฉลี่ยผลผลิตข้าว 2,089 และ 2,885 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ แบบจำลองคำนวณผลผลิตข้าวได้มากกว่าผลผลิตข้าวที่มีในรายงานซึ่งเป็นไปตามความคาดหมายและเป็นที่ยอมรับของผู้พัฒนาแบบจำลองเนื่องจากแบบจำลองข้าวไม่มี module เกี่ยวกับพลวัตของธาตุอาหารอื่นนอกเหนือจากไนโตรเจนและไม่มีพลวัตของโรคแมลงประกอบในการคำนวณ ผลผลิตข้าวมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 543 และ 533 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ แสดงว่าค่าทั้งสองมีความเบี่ยงเบนใกล้เคียงกัน อย่างไรก็ตามค่าทั้งสองมีค่าร้อยละความแปรปรวนของผลผลิตในช่วงเวลาดังกล่าวค่อนข้างแตกต่างกับเป็น 26 และ 19 ตามลำดับ แสดงว่าระบบการผลิตข้าวในฤดูนาปีของไทยมีความแตกต่างกันมาก พร้อมทั้งต้องทำการศึกษาเพิ่มเติมเพื่อพัฒนาแบบจำลองข้าวและแบบจำลองภูมิอากาศ ECHAM4 เพื่อเพิ่มความสามารถในการคำนวณผลผลิตที่แตกต่างได้

นอกจากนี้ โปรแกรม CropDSS สามารถคำนวณและแสดงผลค่าสถิติสามตัว (รูป 2) เพื่อช่วยการเปรียบเทียบระหว่างค่า OBS และ SIM พบว่าค่า MAE เท่ากับ 796.5 และ ค่า RMSE เท่ากับ 808.0 แสดงว่าค่าความแตกต่างมีขนาดใกล้เคียงกัน และค่า D-stat ติดลบเท่ากับ -0.78 หมายความว่าแบบจำลอง overestimate ผลผลิตข้าว

สรุป แบบจำลองข้าว CERES-Rice ของโปรแกรม DSSAT สามารถใช้ประกอบการศึกษาผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อการผลิตข้าวในประเทศไทยได้ และควรแบ่งการศึกษาให้ละเอียดเป็นเฉพาะระบบนิเวศน์ของแต่ละภูมิภาคของประเทศไทย

การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงและผลกระทบต่อผลผลิตพืช

ผู้ใช้งานสามารถวิเคราะห์ตัวแปรระบบการผลิตพืชเพื่อทราบแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลง (Trend) ได้ทั้งหมด 5 กลุ่ม (ตาราง 4) ได้แก่ ตัวแปรเกี่ยวกับวันที่จัดการผลิต ตัวแปรเกี่ยวกับน้ำหนักผลผลิต ตัวแปรเกี่ยวกับพลวัตของน้ำในระบบการผลิต ตัวแปรเกี่ยวกับการจัดการธาตุไนโตรเจนระหว่างการผลิต ตัวแปรเกี่ยวกับพลวัตของอินทรียวัตถุ และตัวแปรเกี่ยวกับผลผลิตของการใช้น้ำ ผู้ใช้งานสามารถแสดงผลตัวแปรค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน สามารถแสดงในรูปแบบแผนที่ รูปแบบกราฟแท่ง รูปแบบกราฟวงกลม

บทเรียนการพัฒนาโปรแกรม CropDSS

จุดแข็ง (Strength) ของโปรแกรม CropDSS ได้แก่เป็นผลลัพธ์ของเครือข่ายนักวิจัยด้านเกษตรและด้านเทคโนโลยีสารสนเทศที่มีความพยายามบูรณการและดำเนินงานอย่างต่อเนื่องตั้งแต่ปี 2543 เป็นผลลัพธ์ที่น่าภาคภูมิใจ และก่อเกิดมาตรฐานด้านฐานข้อมูล ด้านแบบจำลอง และด้านการปฏิบัติงานร่วมกันของเครือข่าย สามารถนำใช้ได้กับพืชสำคัญของไทยจำนวน 4 พืช ได้แก่ ข้าว ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ อ้อยโรงงานและมันสำปะหลัง ซึ่งไม่เคยมีมาก่อนในอดีต

CropDSS จะเป็นโปรแกรมที่มีลักษณะคล้ายกับชานชาลา (Platform) ให้หน่วยงานต่างๆ ด้านการเกษตรสามารถดำเนินงานด้านภาวะโลกร้อนอย่างจริงจัง (Organizational engagement) โดยใช้เป็นเครื่องมือเพื่อการสื่อสาร และยกระดับของความสำนึกเกี่ยวกับภาวะโลกร้อนและผลกระทบที่จะเกิดต่อระบบการผลิตพืชและระบบสังคมความเป็นอยู่

จุดอ่อน (Weaknesses) ของโปรแกรม CropDSS ได้แก่ผู้ใช้งานต้องผ่านกระบวนการฝึกอบรม

และปฏิบัติจริงอย่างต่อเนื่อง การปรับปรุงหน้าจอและระบบฐานข้อมูลให้สะดวกต่อการใช้งานเป็นสิ่งที่ต้องพัฒนาเพิ่มเติม และประการสำคัญได้แก่การร่วมพัฒนาและ/หรือการใช้งาน CropDSS ต้องได้รับการยินยอมจากนักวิจัยและต้นสังกัด ในด้านเวลาและประเด็นวิจัยซึ่งต้องสอดคล้องกับเป้าหมายวัตถุประสงค์และผลลัพธ์ของหน่วยงาน/องค์กรต้นสังกัด นอกจากนี้การจำลองระบบการผลิตหลายพืชในระดับไร่นาหรือครัวเรือนเกษตรกรต้องมีการพัฒนาเพิ่มเติม ตลอดจนการวิเคราะห์ทางเลือกที่เหมาะสม

การปรับปรุงข้อมูล (Updating data) ให้ทันสมัยเป็นจุดอ่อนประการหนึ่งของ CropDSS ซึ่งทีมงานของผู้ใช้งานและผู้เป็นเจ้าของข้อมูลมีความจำเป็นที่ต้องสร้างกลไกและระบบรองรับการนำเข้าข้อมูลใหม่ ได้แก่ ข้อมูล Scenarios จากแบบจำลองภูมิอากาศ GCM & RCM อื่น ๆ นอกเหนือจาก ECHAM4

สรุป

โปรแกรม CropDSS จัดเป็นความสำเร็จของการวิจัยและพัฒนาโปรแกรมซึ่งออกแบบให้ผู้ใช้งานสามารถบูรณการข้อมูลเชิงพื้นที่ ข้อมูลอรรถาธิบาย และแบบจำลองพืชหลายแบบจำลองเพื่อประกอบการวิเคราะห์และศึกษาผลกระทบที่อาจจะเกิดขึ้นต่อระบบการผลิตพืชเมื่อสภาพภูมิอากาศเปลี่ยนแปลงไป ทำให้ผู้ใช้งานนำผลที่ได้ในรูปแบบแผนที่และตารางผลลัพธ์สื่อสารกับผู้ใช้งานและกระตุ้นให้เกิดความร่วมมือ (Engagement) และความตระหนัก (Awareness-raising) เกี่ยวกับสภาพการผลิตพืชที่อาจจะได้รับจากภาวะโลกร้อน

บทเรียนที่ได้รับในกระบวนการวิจัยและพัฒนา CropDSS ได้สะท้อนถึงโอกาสในการวิจัยและพัฒนาของไทยในหัวข้อเกี่ยวกับภาวะโลกร้อน และสามารถใช้แนวทางเกี่ยวกับในการสร้างความร่วมมือทางวิชาการกับประเทศเพื่อนบ้านใกล้ชิดของไทยและร่วมมือวิจัยในอนาคตเพื่อประโยชน์ในการกำหนดนโยบายร่วมเพื่อรองรับและปรับตัวเข้ากับสภาพที่อาจจะเกิดจาก IPCC SRES Scenarios

คำนิยม

ขอขอบคุณ คุณสิทธิพงษ์ โมรารายและ คุณรัชภูมิ ใจกล้า ที่ช่วยเหลือด้านการพัฒนาโปรแกรม CropDSS รุ่น 1 และ รุ่น MWCropDSS ขอขอบคุณคณะนักวิชาการเกษตร ของกรมวิชาการเกษตรซึ่งได้ช่วยเหลือในการทดสอบและให้ความเห็นที่เป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาโปรแกรม ข้อมูลดินได้รับการสนับสนุนจาก สำนักสำรวจดิน กรมพัฒนาที่ดิน และขอขอบคุณคณะผู้วิจัยจาก START-SEA ที่ให้การสนับสนุนข้อมูล SRES A2 & B2 scenarios เพื่อการทดสอบโปรแกรม

เอกสารอ้างอิง

พนมศักดิ์ พรหมบุรมย์ เมธี เอกะสิงห์ และ อรรถชัย จินตะเวช 2543. โครงสร้างของระบบสนับสนุนการตัดสินใจผลิตข้าว: “โพสพ 1.0” หน้า 213-237 ใน เมธี เอกะสิงห์ และคณะ รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ ระบบสนับสนุนการตัดสินใจผลิตพืช : ข้าวในภาคเหนือ. ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

พนมศักดิ์ พรหมบุรมย์ เมธี เอกะสิงห์ และ อรรถชัย จินตะเวช 2545. ระบบการประมาณผลผลิตอ้อยในพื้นที่ขนาดใหญ่ “อ้อยไทย 1.0” หน้า 55-112. ใน อรรถชัย จินตะเวช และ ศรินทิพย์ พรหมฤทธิ์ รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ การประมาณผลผลิตอ้อยด้วยแบบจำลองคอมพิวเตอร์. ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

อรรถชัย จินตะเวช 2551. วิธีการและเครื่องมือในการศึกษาผลกระทบโลกร้อนต่อระบบการผลิตอาหาร ใน รายงานการประชุมสัมมนาวิชาการระบบเกษตรแห่งชาติ ครั้งที่ 4 ระหว่างวันที่ 27-28 พฤษภาคม 2551 ณ ศูนย์ประชุมนานาชาติเอ็มเพรส เชียงใหม่ หน้า 28-38

อรรถชัย จินตะเวช ปราการ ศรีงาม และ วินัย ศรวัต 2546. โครงสร้างโปรแกรมเชื่อมโยง มันไทย ๑.๐: ระบบสนับสนุนการตัดสินใจเพื่อการผลิตมันสำปะหลังในระดับจังหวัด ใน วินัย ศรวัต และคณะ รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ ระบบสนับสนุนการตัดสินใจผลิตมันสำปะหลัง. ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น กรมวิชาการเกษตร

Hoogenboom, G., J.W. Jones, C.H. Porter, P.W. Wilkens, K.J. Boote, W.D. Batchelor, L.A.Hunt, and G.Y. Tsuji (Editors). 2003. Decision Support System for Agrotechnology Transfer Version 4.0.Volume 1: Overview. University of Hawaii, Honolulu, HI.

Timsina, J., and E. Humphreys. Xxxx. Performance of CERES-Rice and CERES-Wheat models in rice-wheat systems: A review. **Agricultural Systems,** 90: 5-31.

Willmott, C.J. 1982. Some comments on the evaluation of model performance. **Bulletin American Meteorological Society,** 63: 1309-1313.

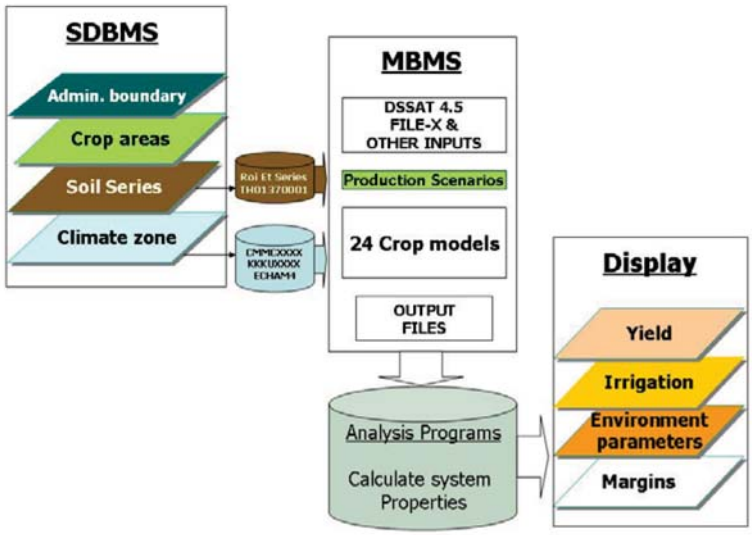

Figure 1. Overview of the components and modular structure of CropDSS interface.

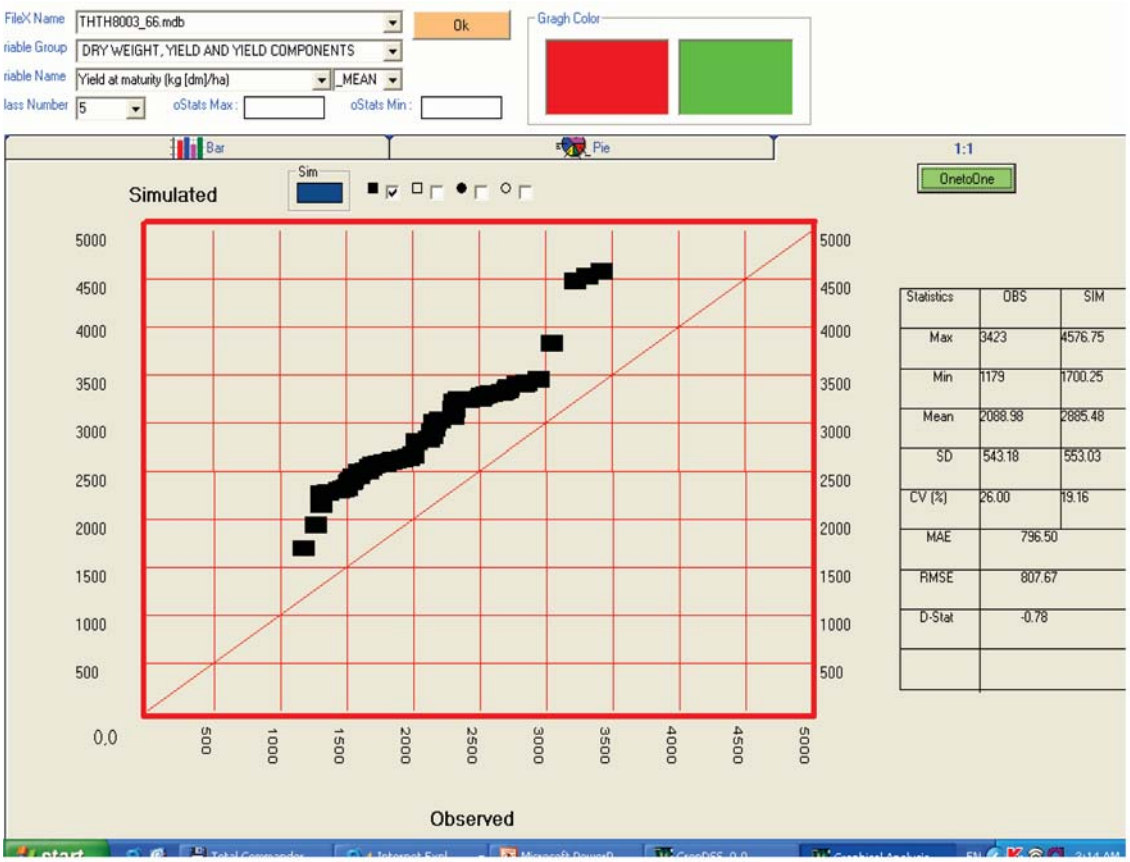

Figure 2. Comparison between the observed (OBS) and simulated (SIM) averaged rice yields during 1980-1989 from 76 provinces in Thailand using eight different statistics.

ตาราง 1. ข้อมูลนำเข้าสำหรับโปรแกรม CropDSS (Inputs requirements of CropDSS shell)

ข้อมูลเชิงพื้นที่

1. D:\Project066\Admin เก็บแผนที่ขอบเขตการปกครอง
2. D:\Project066\Crop เก็บแผนที่ขอบเขตการผลิตพืช
3. D:\Project066\Soil เก็บแผนที่ขอบเขตแผนที่ดิน
4. D:\Project066\Weather เก็บแผนที่ตารางภูมิอากาศ

ข้อมูลเชิงอรรถาธิบาย

5. D:\Project066\FileX เก็บข้อมูลการจัดการพืช
6. D:\Project066\Model เก็บข้อมูลรหัสเขตการปกครองที่เลือกทำการศึกษาวิจัย
7. D:\Project066\Observed เก็บข้อมูลการผลิตพืชระบบจริงเพื่อเทียบกับผลการคำนวณ
8. D:\Project066\Output เก็บข้อมูลผลการคำนวณของแบบจำลอง
9. E:\E1980-89\ เก็บข้อมูลภูมิอากาศ ECHAM scenario A2 ของปี 1980-89
10. F:\E1980-89\ เก็บข้อมูลภูมิอากาศ ECHAM scenario B2 ของปี 1980-89
11. G:\E1980-89\ เก็บข้อมูลภูมิอากาศ ECHAM scenario A1B ของปี 1980-89

ตาราง 2. ข้อมูลนำเข้าสำหรับแบบจำลอง DSSAT (Inputs requirements of DSSAT shell)

1. C:\DSSAT45\Weather เก็บข้อมูลกาลอากาศ (Weather data) รายวันของแต่ละสถานีตรวจอากาศ ประกอบด้วย
   a. รังสีดวงอาทิตย์ (Solar radiation in MJ m^{-2} day^{-1})
   b. อุณหภูมิสูงสุด-ต่ำสุด (Maximum and minimum temperature in $^{\circ}C$)
   c. ปริมาณน้ำฝน (Rainfall in mm day^{-1})
   d. เส้นรุ่ง(Latitude in decimal)
   e. ความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2 in ppm)
2. C:\DSSAT45\Soil เก็บข้อมูลดิน (Soil data) แต่ละชุดดิน
   a. เฉพาะชุดดิน (General)
      i. Soil water simulation
         - Surface runoff
         - Soil Albedo
         - Permeability
         - Drainage
         - First stage soil evaporation
      ii. Soil N Simulation
         - Weight of organic residue of previous crop
         - Weight of root residue of previous crop
         - C/N ratio of surface residue of previous crop
         - Depth and percent incorporation of surface residue incorporation
   b. เฉพาะแต่ละชั้นดิน (For each soil layer)
      i. Soil water simulation
         - Depth to bottom of each layer
         - Saturated soil water content
         - Drained Upper Limit of extractable plant water (Field Capacity)
         - Lower Limit of extractable plant water (Wilting Point)
         - Initial soil water content
         - Relative root distribution
      ii. Soil N simulation
         - Soil pH
         - Bulk density
         - Organic C
         - Initial soil nitrate concentration
         - Initial soil ammonium concentration
3. C:\DSSAT45\Crop name เก็บข้อมูลการจัดการผลิต
   a. วันปลูก (Planting date)
   b. ความหนาแน่นพืช (Planting density)
   c. ระยะปลูก (Row spacing)
   d. การให้น้ำชลประทาน (Irrigation management including dates, amount, and depth of applications)
   e. การให้ปุ๋ยไนโตรเจน (N fertilizer management including dates, amount, depth, and types of applications)
   f. พันธุ์ที่ใช้ปลูก (Cultivar selection)
   g. รหัสชุดดินปลูก (Soil type)
   h. รหัสสถานีตรวจอากาศ (Weather site)
4. C:\DSSAT45\GENOTYPE เก็บข้อมูลพันธุกรรมพืช
   a. เกี่ยวกับพัฒนาการ (Phenology coefficients)
   b. เกี่ยวกับการเติบโต (Growth coefficients)

ตาราง 3. รายการตัวแปรซึ่งผู้ใช้งานสามารถแสดงผลในโปรแกรม CropDSS shell (Outputs options for CropDSS shell)

ตัวแปรเกี่ยวกับวันเวลาของฤดูการเพาะปลูก (DATES)

- SDAT (วันเริ่มการจำลอง วันของปี Simulation date (YrDoy)
- PDAT (วันปลูก วันของปี Planting date (YrDoy)
- ADAT (วันออกดอกวันของปี Anthesis date (YrDoy))
- MDAT (วันสุกแก่ทางสรีระ Maturity date)
- HDAT (วันเก็บเกี่ยว Harvest date)
- DTF (ระยะเวลาระหว่างปลูก-ออกดอก)
- DTM (ระยะเวลาระหว่างปลูก-สุกแก่ทางสรีระ)

ตัวแปรเกี่ยวกับน้ำหนักแห้ง (DRY WEIGHT, YIELD AND YIELD COMPONENTS)

- DWAP (น้ำหนักเมล็ดหรือท่อนพันธุ์ปลูก (กก ต่อเฮกแตร์) Planting material weight (kg [dm]/ha)
- CWAM (น้ำหนักเมล็ดหรือท่อนพันธุ์ปลูก (กก ต่อเฮกแตร์) Planting material weight (kg [dm]/ha)
- HWAM (น้ำหนักผลผลิตเมื่อสุกแก่ทางสรีระ (กก ต่อเฮกแตร์) Yield at harvest maturity (kg [dm]/ha)
- HWAH (น้ำหนักผลผลิตเมื่อเก็บเกี่ยว (กก ต่อเฮกแตร์) Harvested yield Harvested yield (kg [dm]/ha)
- BWAH (น้ำหนักซากที่เหลือระหว่างการเก็บเกี่ยว (กก ต่อเฮกแตร์) By-product removed during harvest (kg [dm]/ha)
- PWAM (น้ำหนักฝัก/รวงเมื่อสุกแก่ทางสรีระ (กก ต่อเฮกแตร์) Pod/Ear/Panicle weight at maturity (kg [dm]/ha))
- HWUM (น้ำหนัก/เมล็ดเมื่อสุกแก่ทางสรีระ (กรัมต่อเมล็ด) Weight g/unit Unit wt at maturity (g [dm]/unit))
- H#AM (จำนวนฝัก/รวงเมื่อสุกแก่ทางสรีระ (จน. ต่อ ตรม.) Number #/m2 Number at maturity (no/m2))
- H#UM (จำนวนเมล็ด/รวงหรือฝักเมื่อสุกแก่ทางสรีระ (จน. ต่อรวงหรือฝัก) Number #/unit Number at maturity (no/unit))
- HIAM (จำนวนเมล็ด/ตรม. เมื่อสุกแก่ทางสรีระ Number #/m2 Number at maturity (no/m2))
- LAIX (พื้นที่ใบสูงสุด LAI maximum Leaf area index, maximum)

ตัวแปรเกี่ยวกับน้ำ (WATER)

- IR#M (จำนวนครั้งการให้น้ำชลประทาน (ครั้ง) Irrig apps # Irrigation applications (no))
- IRCM (ปริมาณน้ำชลประทาน (มม.) Season irrigation (mm))
- PRCM (ปริมาณน้ำฝนทั้งฤดูปลูก (มม.) Total season precipitation (mm))
- ETCM (ปริมาณน้ำคายระเหย (มม.) Total season evapotranspiration (mm))
- EPCM (ปริมาณน้ำคายระเหย (มม.) Total season transpiration (mm))
- ESCM (ปริมาณน้ำระเหยจากผิวดิน (มม.) Total season soil evaporation (mm))
- ROCM (ปริมาณน้ำไหลบ่า (มม.) Season surface runoff (mm))
- DRCM (ปริมาณน้ำซึมลึก (มม.) Season water drainage (mm))
- SWXM (ปริมาณน้ำที่พืชดึงได้เมื่อสุกแก่ทางสรีระ (มม.) Extractable water at maturity (mm))

ตาราง 3. (ต่อ) (Con't)

ตัวแปรเกี่ยวกับไนโตรเจน (NITROGEN)

NI#M [จำนวนครั้งของการใช้ปุ๋ยไนโตรเจน (N application # N applications (no)]
NICM [น้ำหนักของปุ๋ยไนโตรเจนที่ใส่(Total Inorganic N applied (kg [N]/ha)]
NFXM [น้ำหนักของธาตุไนโตรเจนที่ตรึงได้ตลอดฤดูกาลเพาะปลูก (N fixed during season (kg/ha)]
NUCM [น้ำหนักของธาตุไนโตรเจนที่พืชดูดใช้ (N uptake during season (kg [N]/ha)]
NLCM [น้ำหนักของธาตุไนโตรเจนที่ถูกชะล้างจากชั้นดิน (N leached during season (kg [N]/ha)]
NIAM [น้ำหนักของธาตุอนินทรีย์ไนโตรเจนในดินเมื่อเก็บเกี่ยว (Soil Inorganic N at maturity (kg [N]/ha)]
CNAM [น้ำหนักของธาตุไนโตรเจนในส่วนเหนือดินของพืช (Tops N at maturity (kg/ha))]
GNAM [น้ำหนักของธาตุไนโตรเจนในเมล็ดของพืช(Grain N at maturity (kg/ha))]

ตัวแปรเกี่ยวกับอินทรียวัตถุในดิน (ORGANIC MATTER)

RECM [น้ำหนักของเศษซากพืชที่ใส่ (Residue applied (kg/ha))]
ONTAM [น้ำหนักของอินทรีย์ไนโตรเจนในดินและบนผิวดิน (Total Organic N at maturity, soil and surface (kg/ha))]
ONAM [น้ำหนักของอินทรีย์ไนโตรเจนในดิน (Organic soil N at maturity (kg/ha))]
OPTAM [น้ำหนักของอินทรีย์ฟอสฟอรัสในดินและบนผิวดิน (Total Organic P at maturity, soil and surface (kg/ha))]
OPAM [น้ำหนักของอินทรีย์ฟอสฟอรัสในดินเมื่อเก็บเกี่ยว (Organic soil P at maturity (kg/ha))]
OCTAM [น้ำหนักของอินทรีย์คาร์บอนในดินและบนผิวดิน (Total Organic C at maturity, soil and surface (kg/ha))]
OCAM [น้ำหนักของอินทรีย์คาร์บอนในดินเมื่อเก็บเกี่ยว (Organic soil C at maturity (kg/ha))]

ตัวแปรเกี่ยวกับผลิตภาพของน้ำ (WATER PRODUCTIVITY)

DMPPM [ผลิตภาพ น้ำหนักแห้งต่อปริมาณน้ำฝน (Dry matter-rainfall productivity (kg[DM]/ha/mm[rain])]
DMPEM [ผลิตภาพ น้ำหนักแห้งต่อปริมาณน้ำคายระเหย (Dry matter-ET productivity (kg[DM]/ha/mm[ET])]
DMPTM [ผลิตภาพ น้ำหนักแห้งต่อปริมาณน้ำระเหย (Dry matter-transp. productivity (kg[DM]/ha/mm[EP])]
YPPM [ผลิตภาพ ผลผลิตต่อปริมาณน้ำฝน (Yield-rainfall productivity (kg[yield]/ha/mm[rain]))]
YPEM [ผลิตภาพ ผลผลิตต่อปริมาณน้ำคายระเหย (Yield-ET productivity (kg[yield]/ha/mm[ET]))]
YPTM [ผลิตภาพ ผลผลิตต่อปริมาณน้ำระเหย (Yield-transpiration productivity (kg[yield]/ha/mm[EP]))]