



รายงานฉบับสมบูรณ์

การศึกษาเบื้องต้น ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงบรรยากาศโลกต่อ
ความมั่นคงทางอาหารของไทย
(Preliminary Study of Impacts of Global Climate Change on Thai's Food
Security)

เสนอต่อ

สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย

โดย

อรรถชัย จินตะเวช
ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตร
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

กรกฎาคม ๒๕๔๗

สารบัญ

บทนำ.....	1
ชุดโปรแกรม DSSATv4.0.....	3
โปรแกรม MRB-Rice shell.....	13
ข้อมูลจากแบบจำลองสภาพภูมิอากาศ CCAM.....	32
สรุปผลการศึกษา.....	33
แผนการเยี่ยมเครือข่ายงานวิจัยฯ	34
เอกสารอ้างอิง	36
 ภาคผนวก	
โครงสร้างการฝึกอบรม	37
Daily Program.....	39
รายนามและภาพผู้เข้ารับฝึกอบรม	49
(ตัวอย่างการศึกษาฯ) การจำลองผลกระทบของสภาพบรรยากาศในอนาคตต่อการผลิตข้าว	55

สรุปสำหรับผู้บริหาร

บทนำ

ในสภาพปัจจุบันการผลิตและความมั่นคงด้านอาหารขึ้นอยู่กับความสามารถในการใช้ทรัพยากร และยังต้องพิจารณาประเด็นอื่นร่วมเนื่องจากเริ่มมีความสำคัญ เช่น การเปลี่ยนแปลงและความแปรปรวนของสภาพบรรยากาศ การตรึงธาตุคาร์บอนของระบบดิน รวมถึงผลกระทบระยะยาวที่อาจจะมีต่อการผลิตอาหารและความมั่นคงทางอาหาร และความยั่งยืนของสภาพแวดล้อม ปัจจัยด้านสภาพภูมิอากาศ ดิน พันธุกรรมพืช และการจัดการมีผลต่อความสามารถของพืชในการตอบสนองต่อปัจจัยการผลิต เช่น การชลประทาน ปุ๋ยเคมี และการจัดการอื่น ๆ การกำหนดกลยุทธ์เพื่อการผลิตที่เหมาะสมจึงมีความสำคัญทางเศรษฐกิจและทางสิ่งแวดล้อมเป็นอย่างมาก แบบจำลองคอมพิวเตอร์ของระบบดิน-พืช-บรรยากาศ ประกอบกับระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ที่ง่ายต่อการใช้งานมีส่วนทำให้สร้างความเข้าใจในระดับกระบวนการ และสามารถคาดการณ์การตอบสนองของพืชได้ รวมไปถึงการใช้ทรัพยากรที่เหมาะสม แบบจำลองระบบเหล่านี้สามารถใช้ประกอบการค้นหาวิธีการผลิตพืชที่เหมาะสมและสามารถให้คำแนะนำที่เป็นผลดีต่อการจัดการผลิตพืช รวมทั้งใช้เพื่อการศึกษาผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพบรรยากาศที่อาจจะมีต่อ การตรึงธาตุคาร์บอนของระบบดิน รวมถึงผลกระทบระยะยาวที่อาจจะมีต่อการผลิตอาหารและความมั่นคงทางอาหาร และความยั่งยืนของสภาพแวดล้อม และอาจจะเป็นประโยชน์ต่อการสร้างคำแนะนำในการปรับตัวเมื่อสภาพบรรยากาศมีความแปรปรวน

ปัญหา

- ขาดความเข้าใจและหน่วยงาน-องค์กรที่ทำการศึกษาผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงบรรยากาศโลกต่อการผลิตอาหาร การกระจายอาหาร และการสำรองอาหารเพื่อการรับสถานการณ์ที่อาจจะเกิดขึ้น โดยเฉพาะในระดับอนุภูมิภาคและระดับประเทศ

การดำเนินการของโครงการ

- จัดประชุมสัมมนาและฝึกอบรมโปรแกรมสารสนเทศแก่ผู้ร่วมงานและทีมงานของประเทศไทยและประเทศเพื่อนบ้าน (ลาว, กัมพูชา, เวียดนาม) ระหว่างวันที่ ๑-๑๑ ธันวาคม ๒๕๔๖ ณ ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
- สร้างเครือข่ายและกำหนดหน่วยงานที่จะร่วมมือในการศึกษา

โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการฝึกอบรม

- ระบบสนับสนุนการตัดสินใจเพื่อการถ่ายทอดเทคโนโลยีทางเกษตร (Decision Support System for Agrotechnology Transfer: DSSAT version 4)
- โปรแกรมเชื่อมโยง MRB-Rice shell

Executive Summary

Background

Today more than ever, increased food production and security depend on judicious use of resources. In addition, issues such as climate change, climate variability, soil carbon sequestration and the long-term impact on food production and food security and environmental sustainability, have become important. Many weather, soil, genetic and management factors affect the way a crop will respond to irrigation, fertilizer and other management practices. Determining appropriate crop management strategies under these uncertainties has major economic and environmental implications. Computer simulation models of the soil/plant/atmosphere system with user-friendly GIS interfaces can make a valuable contribution to both furthering our understanding of the processes that determine crop responses and predicting crop performance, resource use and environmental impacts for different environments and management scenarios. User-oriented simulation models greatly facilitate the task of optimizing crop growth and deriving recommendations concerning crop management. They can also be used to determine the potential impact of climate change on crop production and long-term soil carbon sequestration, carbon stock of a landscape, or provide management scenarios for adapting to climate variability.

The Problem

- Lack of understanding and local organization dedicated to the study of impact of climate and global changes on food production systems, food distribution, and food security.

The Activity

- Organize a training workshop for 25 participants from Cambodia, Laos PDR, Vietnam, and Thailand at the Multiple Cropping Center during December 1-11, 2003.
- Establish the research network.

The Tools

- Decision Support System for Agrotechnology Transfer (DSSAT version 4)
- MRB-Rice shell

สภาพภาพของการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับผลกระทบของการเปลี่ยนแปลง บรรยากาศโลกต่อความมั่นคงทางอาหารของไทยและเพื่อนบ้านในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้

บทนำ

การเปลี่ยนแปลงสภาพบรรยากาศของโลกอันเนื่องมาจากกิจกรรมของมนุษย์ในช่วง 100 ปีที่ผ่านมาเป็นสิ่งที่แน่ชัดว่าจะส่งผลกระทบอย่างแน่นอนต่อการผลิตอาหารในระดับโลก (IPCC, 2001a; 2001b; 2001c; and 2001d) แต่ยังไม่มีการศึกษาวิจัยผลกระทบดังกล่าวในระดับภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ และระดับประเทศไทยอย่างจริงจัง

หลักการของความมั่นคงทางด้านอาหาร ได้แก่ ระบบการผลิตที่เหมาะสมต่อสภาพแวดล้อมด้านกายภาพ-ชีวภาพ และสังคมเศรษฐกิจ และมีความยั่งยืนตามระดับของทรัพยากรทั้งที่ผลิตได้เองในประเทศและที่ต้องนำเข้า การผลิตให้มีปริมาณอาหารพอเพียงต่อความต้องการของทุกคนในสังคม การผลิต-การตลาดที่มีอาหารที่มีคุณภาพสูงในด้านโภชนาการต่อการบริโภค และความมั่นคงของครัวเรือนเกษตรกรผู้ผลิตอาหารของประเทศต้องดำรงอยู่ได้ตามสภาพ เป็นเอกลักษณ์ของสังคมชนบทไทย

สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) ได้ให้ทุนวิจัยเพื่อพัฒนาระบบสารสนเทศในการเกษตรตั้งแต่ปี ๒๕๓๗ เป็นต้นมา สามารถพัฒนาระบบสารสนเทศหลายระบบที่เกี่ยวข้องกับ การผลิตอ้อยโรงงาน (อรรถชัย และคณะ, ๒๕๔๐ และ อรรถชัย และคณะ, ๒๕๔๔ และ ๒๕๔๕) การผลิตข้าว (เมธี เอกะสิงห์ และคณะ, ๒๕๔๓ก; และ เมธี เอกะสิงห์ และคณะ, ๒๕๔๓ข) และ การผลิตมันสำปะหลัง (วินัย และคณะ, ๒๕๔๖) เป็นต้น ระบบสารสนเทศทางเกษตรเหล่านี้มีศักยภาพสูงในการพัฒนาเพิ่มเติมเพื่อใช้ประกอบการศึกษาวิจัยคำถามในระดับอนุภูมิภาคและระดับภูมิภาคด้านความมั่นคงทางอาหารของประเทศไทยและประเทศเพื่อนบ้าน และยังมีโอกาสพัฒนาเพื่อใช้ศึกษาประกอบการศึกษามิติต่าง ๆ ของการผลิตและความมั่นคงทางอาหาร

เอกสารฉบับนี้ รายงานสถานการณ์ของการวิจัยและนักวิจัยเกี่ยวกับผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงบรรยากาศโลกต่อความมั่นคงทางอาหารของไทยและเพื่อนบ้านในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ได้แก่ กัมพูชา จีน ลาว เมียนมา เวียดนาม และไทย

สภาพการวิจัย นักวิจัย และเครือข่ายนักวิจัย

ส่วนนี้สรุปสภาพการวิจัยและนักวิจัยเกี่ยวกับผลกระทบการเปลี่ยนแปลงบรรยากาศโลกที่มีต่อการผลิตอาหารของประเทศไทยและประเทศเพื่อนบ้านในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ซึ่งเข้าร่วมการฝึกอบรมโปรแกรม DSSAT 4.0 และ MRB-Rice shell ระหว่างวันที่ 1-11 ธันวาคม 2546 โดยการสนับสนุนทุนบางส่วนจาก สกว. การฝึกอบรมครั้งนี้มีผู้เข้าร่วมการฝึกอบรมทั้งสิ้น 25 คน (ตาราง 1) การอบรมได้ครอบคลุมหัวข้อสำคัญ ๆ โดยเฉพาะที่เกี่ยวกับกระบวนการต่าง ๆ ในแบบจำลองบนพื้นฐานของสรีระวิทยาของพืชและวิทยาศาสตร์ทางเกษตร

ผู้เข้าร่วมฝึกอบรมเคยมีประสบการณ์เกี่ยวกับการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงบรรยากาศโลกต่อการผลิตอาหาร และให้ข้อมูลว่ายังไม่มีการศึกษาฯ อย่างจริงจังในประเทศของตนรวมทั้งประเทศไทย การฝึกอบรมครั้งนี้เป็นโอกาสครั้งแรกในการสร้างความเข้าใจและฝึกการใช้โปรแกรม DSSAT 4.0 และ MRB-Rice shell เพื่อใช้เป็นเครื่องมือศึกษา และเป็นกรอบการศึกษาร่วมกันต่อไป โดยใช้ข้อมูลอากาศจากแบบจำลองอากาศ CCAM

ตาราง 1: จำนวนผู้เข้าร่วมฝึกอบรมการใช้โปรแกรม DSSAT 4& MRB-Rice Shell และสร้างเครือข่าย
การวิจัยเกี่ยวกับผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงบรรยากาศโลกต่อความมั่นคงทางอาหารของไทยและเพื่อน
บ้านในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ในระหว่างวันที่ 1-11 ธันวาคม 2546 ณ ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิต
ทางเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ประเทศ	จำนวนผู้เข้าร่วมฝึกอบรม
เกาหลีใต้	2
ภูฐาน	3
ลาว	1
กัมพูชา	1
อินโดนีเซีย	1
ไทย	14
เวียดนาม	3
รวม	25

รายละเอียดเกี่ยวกับผู้ร่วมฝึกอบรมฯ มีในภาคผนวก ๑

หลังการฝึกอบรมฯ ผู้เข้าร่วมทุกประเทศได้จัดทำโครงการวิจัยเพื่อการใช้งานแบบจำลองพืชในชุดโปรแกรม
DSSAT4.0 และโปรแกรม MRB-Rice shell ในการศึกษาผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงบรรยากาศโลกต่อความ
มั่นคงทางอาหารของไทยและเพื่อนบ้านในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ โดยการสนับสนุนวิจัยบางส่วนจาก START
(<http://www.start.or.th>) พืชที่ดำเนินการศึกษาได้แก่ ข้าว มันสำปะหลัง และอ้อยโรงงาน ผู้ร่วมประชุมจะทำการ
ประชุมเพื่อเสนอความก้าวหน้าของงานวิจัย ณ Science, Technology and Environmental Agency,
Vientiane, Lao PDR ระหว่างวันที่ 29-30 กรกฎาคม 2547

เครือข่ายของนักวิจัยด้านนี้กำลังอยู่ในระหว่างการจัดตั้ง และจะดำเนินการพัฒนาเนื้อหาสำหรับสมาชิกผ่านเครือ
ข่ายอินเทอร์เน็ตได้ที่ <http://mccweb.agri.cmu.ac.th/mccwwwthai/research/DSSARM/Modeling.htm>
ในช่วงเดือนตุลาคม 2547

ชุดโปรแกรม DSSAT 4.0

ลักษณะทั่วไปของโปรแกรม

โปรแกรม DSSAT 4.0 มีชื่อเต็มว่า Decision Support System for Agrotechnology Transfer พัฒนาโดยกลุ่มนักวิจัยทั่วโลกมีศูนย์ประสานงานเรียกว่า ICASA (International Consortium for Application of System Approach) มีสำนักงานตั้งอยู่ที่มหาวิทยาลัยฮาวาย (<http://www.icasa.net>)

โปรแกรม DSSAT 4.0 สามารถใช้งานได้บนเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล (Personal Computer) ที่มีการติดตั้งระบบปฏิบัติการแบบ Windows 2000 และ/หรือ XP ต้องการความจำชนิด RAM ขั้นต่ำ 256 Mbyte มีพื้นที่บน harddisk อย่างน้อย 500 Mbyte

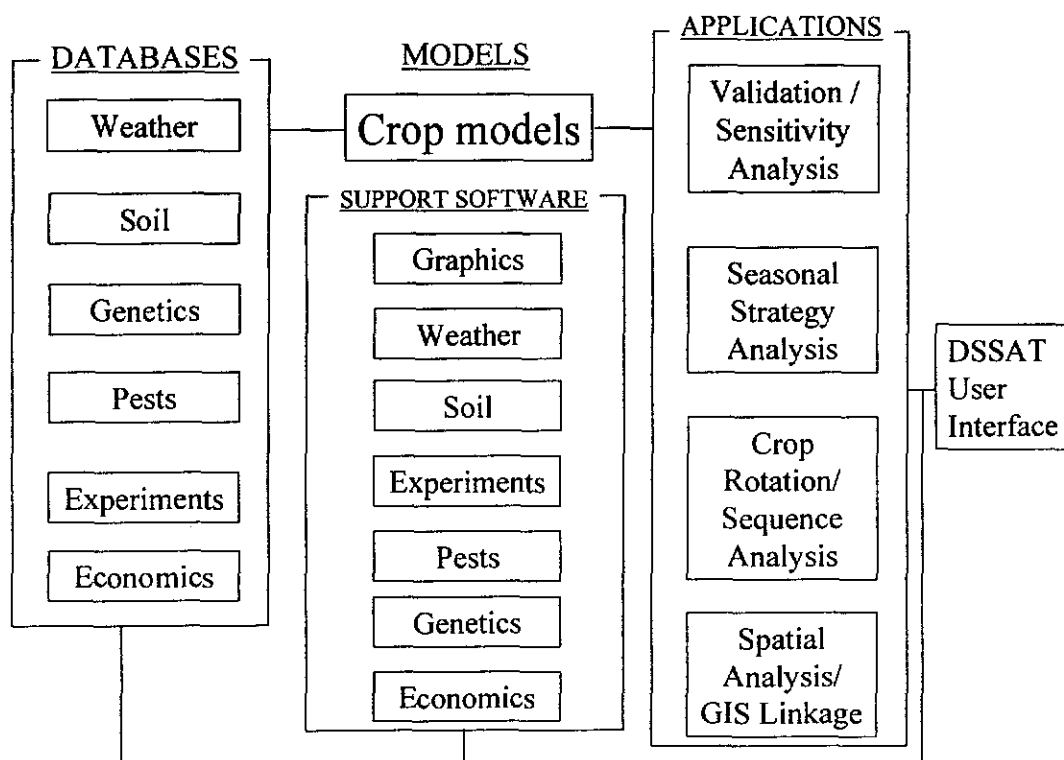
โปรแกรม DSSAT 4.0 เป็นชุดโปรแกรมคอมพิวเตอร์ซึ่งประกอบด้วยโปรแกรกดังต่อไปนี้

- โปรแกรมเรียกใช้และเชื่อมโยง DSSAT รุ่น 4.0
- แบบจำลองพืช (Cropping System Model: CSM) และแฟ้มข้อมูลสัมประสิทธิ์พันธุ์กรรมพืช
- ตัวอย่างแฟ้มข้อมูลของแบบจำลองพืชทุกพืช
- โปรแกรม XBuild – ให้นำเข้าและจัดการข้อมูลการผลิตพืชเพื่อใช้ควบคุมการทำงานของแบบจำลอง
- โปรแกรม GBuild – ให้แสดงรูปภาพผลการคำนวณของแบบจำลองเมื่อทำการหนึ่งเฉพาะฤดูกาล
- โปรแกรม SBuild – ให้นำเข้าและจัดการข้อมูลดิน
- โปรแกรม Weatherman – ให้นำเข้าและจัดการข้อมูลภูมิอากาศเกษตร
- โปรแกรม ICSim – ให้แนะนำวิธีการใช้แบบจำลองพืช
- โปรแกรม EasyGrapher- ให้แสดงรูปภาพผลการคำนวณของแบบจำลอง
- โปรแกรม STATS – ใช้คำนวณค่าทางสถิติผลการคำนวณของแบบจำลอง
- โปรแกรม VARAN – ให้แสดงรูปภาพผลการคำนวณของแบบจำลองเมื่อทำการหลายฤดูกาล
- โปรแกรม SUSTAIN – ให้แสดงผลการคำนวณของแบบจำลองเมื่อทำการผลิตพืชแบบหมุนเวียน
- โปรแกรม ANA – ใช้วิเคราะห์ข้อมูลภูมิอากาศเกษตรในปีที่มีสภาพอากาศเหมือนกัน
- โปรแกรม Croptest – ให้เปรียบเทียบแบบจำลอง
- โปรแกรมแบบจำลองพืชรุ่น DSSAT 3.5 จำนวน 5 พืช ได้แก่ ทานตะวัน ข้าวโรงงาน มันสำปะหลัง เมื่อกและสับปะรด

องค์ประกอบของชุดโปรแกรม DSSAT 4.0

ชุดโปรแกรม DSSAT 4.0 มีโครงสร้างการเชื่อมโยงองค์ประกอบ 4 ส่วนได้แก่ (รูป 1) ส่วนฐานข้อมูล (Database) ส่วนแบบจำลองพืช (Models) ส่วนโปรแกรมสนับสนุน (Support software) และ ส่วนโปรแกรมการใช้งาน (Applications) ทั้ง 4 ส่วนออกแบบให้การเชื่อมโยงภายใต้ DSSAT User Interface ภายใต้ระบบจัดการแบบวินโดวส์

ส่วนฐานข้อมูล (Database) เชื้อให้ผู้ใช้งานจัดการข้อมูลภูมิอากาศ ข้อมูลดิน ข้อมูลพันธุ์กรรมพืช ข้อมูลโรคแมลง ข้อมูลงานทดลอง และข้อมูลต้นทุนและผลกำไรการผลิต



รูป 1: องค์ประกอบของชุดโปรแกรม DSSAT 4.0

แหล่ง: Jones *et al.*, 2003; และ Hoogenboom *et al.* (2003).

ส่วนแบบจำลองพืช (Models) เพื่อให้ผู้ใช้งานเรียกใช้แบบจำลองพร้อมข้อมูลที่ถูกต้องจากส่วนฐานข้อมูลตามสภาพการผลิตที่กำหนดหรือตามที่ต้องการ

ส่วนโปรแกรมสนับสนุน (Support software) เพื่อให้ผู้ใช้งานแสดงผลข้อมูลผลการคำนวณของแบบจำลอง และใช้ตรวจสอบคุณภาพข้อมูลภูมิอากาศ ข้อมูลดิน ข้อมูลงานทดลอง ข้อมูลโรคแมลงศัตรู ข้อมูลพันธุกรรมพืช และข้อมูลเศรษฐศาสตร์เพื่อประกอบการใช้งานแบบจำลอง

ส่วนโปรแกรมการใช้งาน (Applications) เพื่อให้ผู้ใช้งานเรียกใช้แบบจำลองและฐานข้อมูลในการทดสอบแบบจำลอง การวิเคราะห์การผลิตพืชหลายฤดูการปลูก การวิเคราะห์การผลิตพืชหมุนเวียน การวิเคราะห์การผลิตพืชในพื้นที่ขนาดใหญ่ร่วมกับระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

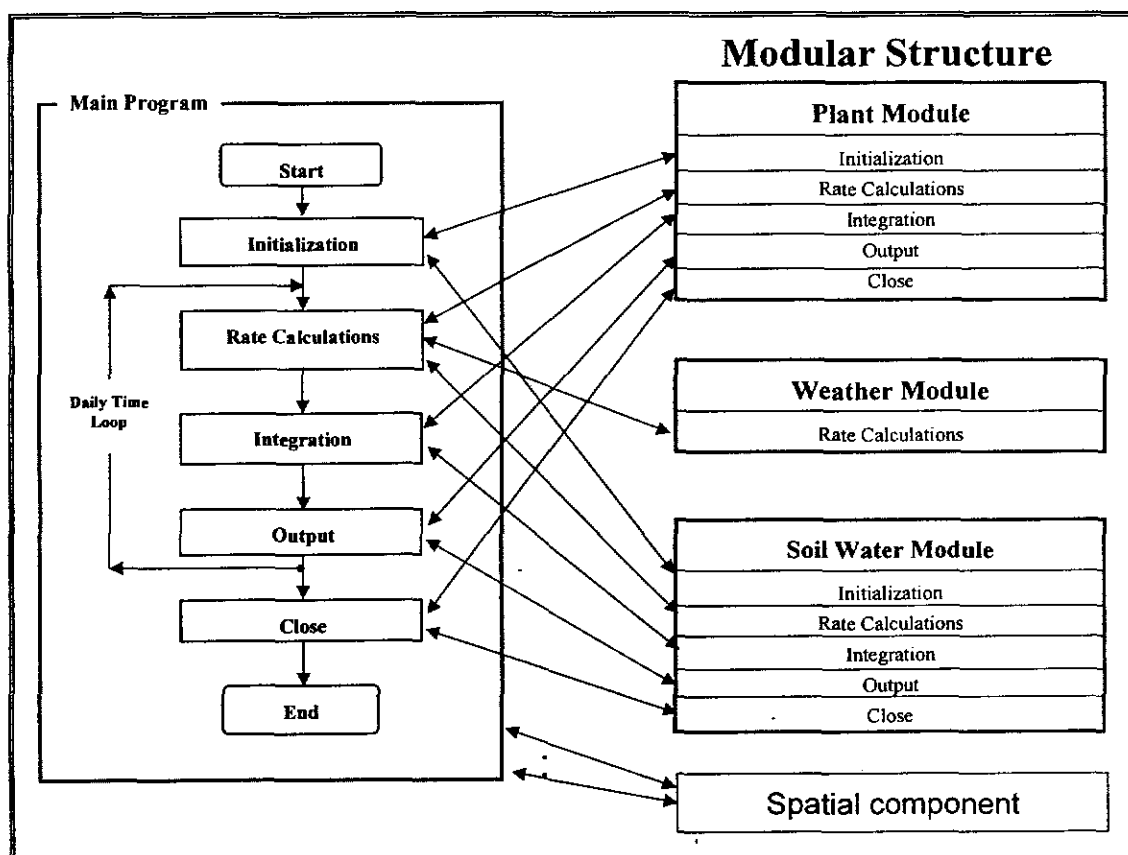
แบบจำลองพืชในโปรแกรม DSSAT 4.0

โปรแกรม DSSAT 4.0 มีแบบจำลองพืชรวมทั้งสิ้น ดังต่อไปนี้

- ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ (Maize), ข้าวบาร์เลย์ (Barley), ข้าว (Rice), ข้าวฟ่าง (Sorghum), และข้าวฟ่างหางกระรอก (Millet)
- ถั่วเหลือง (Soybean), ถั่วลิสง (Peanut), ถั่วเขียว-ถั่วแดง (Dry bean), ถั่วพุ่ม (Cowpea), ถั่ว (Faba bean), ถั่ว (Velvet bean), ถั่วแขก (Chickpea)
- มันฝรั่ง (Potato)
- มะเขือเทศ (Tomato), พริกหยวก (Bell pepper), กะหล่ำ (Cabbage)
- หญ้า Bahia (Bahia grass), (Brachiaria)
- แปลงว่างเปล่า (Bare fallow model)

องค์ประกอบของแบบจำลองพืชของโปรแกรม DSSAT 4.0

แบบจำลองพืชทุกพืชของชุดโปรแกรม DSSAT 4.0 มีโครงสร้างการเชื่อมโยงองค์ประกอบภายในพืชโดยใช้โครงสร้างเดียวกัน (รูป 2) ซึ่งมีโปรแกรมหลัก (Main program) และโปรแกรมย่อย 3 หน่วย (Module) ซึ่งพัฒนาโดยภาษา FORTRAN ทุกหน่วยย่อยสามารถคำนวณอัตราการเปลี่ยนแปลง (Rate calculation) ซึ่งส่งผลกระทบต่อ การสร้าง-สะสมอาหารของแบบจำลองพืชในชุดโปรแกรมได้ทุกแบบจำลองพืช ทำให้ผู้ใช้งานมีความสามารถในการคำนวณและศึกษาผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงบรรยากาศโลกต่อความมั่นคงทางอาหารได้อย่างเป็นระบบและสามารถเชื่อมโยงได้กับการศึกษาผลกระทบในเชิงพื้นที่ได้ผ่านส่วนที่เรียกว่า spatial component



รูป 2: การเชื่อมโยงองค์ประกอบในแบบจำลองพืช

แหล่ง: Jones *et al.*, 2003; และ Hoogenboom *et al.* (2003).

แบบจำลองพืชได้รับการออกแบบและพัฒนาให้บรรยายความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรหลัก (State variables) และตัวแปรอัตราการเปลี่ยนแปลง (Rate variables) ในพลวัตของคาร์บอน พลวัตของน้ำในดิน-พืช และพลวัตของธาตุไนโตรเจนในดิน-พืช สามารถคำนวณกระบวนการพัฒนาการ (Phenology process) กระบวนการเจริญเติบโตตามระยะพัฒนาการของพืช (Growth process) ในแปลงพืชที่มีการจัดการผลผลิตอย่างสม่ำเสมอ แบบจำลองพืชในชุดโปรแกรมนี้มีโปรแกรมย่อยจำนวนมาก (ตาราง 2) โดยสร้างขึ้นจากความเข้าใจในระดับกระบวนการที่มีพืช-ดิน

ตาราง 2: การเชื่อมโยงองค์ประกอบในแบบจำลองพืช

โปรแกรมหลัก	โปรแกรมน้อย	หน้าที่
Main Program		ควบคุมเวลาการคำนวณ กำหนดการคำนวณในโปรแกรมน้อยส่วนต่าง ๆ ควบคุมการแสดงผลการคำนวณตามที่ผู้ใช้งานกำหนด
Land unit		ควบคุม
Weather		อ่านหรือคำนวณข้อมูลภูมิอากาศเกษตรที่แบบจำลองต้องการใช้งาน คำนวณค่ารายชั่วโมงเมื่อจำเป็น
Soil	Soil dynamics	คำนวณคุณสมบัติของชั้นดิน ซึ่งปัจจุบันผู้ใช้ต้องนำเข้า แต่ในอนาคตจะมีการเปลี่ยนแปลงตามสภาพการไถพรวน-การเตรียมดินของเกษตรกร
	Soil temperature	คำนวณอุณหภูมิของชั้นดินตามความลึก
	Soil water	คำนวณพลวัตของน้ำในดิน ปริมาณน้ำไหลป่า การซึมผ่านของน้ำลงในชั้นดิน การไหลของน้ำในชั้นดินที่อิ่มตัว ความลึกของระดับน้ำในดิน ความชื้นของน้ำในชั้นดินตามหลักการของกระป๋องน้ำ
	Soil nitrogen & carbon	คำนวณพลวัตของไนโตรเจน-คาร์บอนในชั้นดิน รวมทั้งอินทรีย์และอนินทรีย์ การใช้ปุ๋ยเคมีและปุ๋ยอินทรีย์ การย่อยสลายของอินทรีย์วัตถุ การเคลื่อนที่ของธาตุอาหารพืชในชั้นดิน รวมทั้งการดูดตรึงธาตุของรากพืช
SPAM		คำนวณการแย่งอาหาร น้ำของพืชในระบบ Soil-Plant-Atmosphere (SPAM) โดยการแบ่งพลังงานไปยังส่วนต่าง ๆ ของระบบพืชสำหรับกระบวนการระเหยของน้ำจากผิวดิน การคายน้ำของใบพืช และการดูดตรึงของน้ำโดยรากพืช
CROPGRO		คำนวณพัฒนาการ และการเจริญเติบโตของถั่วต่าง ๆ น้ำหนักส่วนต่าง ๆ ตามชนิดของถั่ว เช่น ถั่วเหลือง ถั่วลิสง ฯลฯ
Plant growth	Maize, Wheat, Rice, Potato, etc.	คำนวณพัฒนาการ และการเจริญเติบโตของพืชตระกูลหญ้า คำนวณน้ำหนักส่วนต่าง ๆ ตามชนิดของพืช เช่น ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ข้าว เป็นต้น
Management operations	Planting	อ่านค่าวันปลูก ระยะแถว จำนวนต้นต่อพื้นที่ ความลึกของการปลูก
	Harvesting	อ่านค่าการเก็บเกี่ยว วันเก็บเกี่ยว กำหนดการเก็บเกี่ยว
	Irrigation	อ่านค่าการใช้น้ำชลประทาน วันที่เติมน้ำ ปริมาณปุ๋ย ชนิดปุ๋ย
	Fertilizer	อ่านค่าในเติมปุ๋ยเคมีในดิน
	Residue	อ่านค่าหรือคำนวณการเติมอินทรีย์วัตถุ-ซากพืช-สัตว์ลงในดิน

แหล่ง: Jones *et al.*, 2003; และ Hoogenboom *et al.* (2003).

ส่วน Plant CROPGRO ออกแบบให้สามารถคำนวณพลวัตของพัฒนาการของพืชและพลวัตของการเจริญเติบโต ในรุ่นปัจจุบันสามารถใช้งานได้กับ 10 พืช ได้แก่ ถั่วเหลือง ถั่วลิสง ถั่วแดง-ถั่วเขียว ถั่วแขก ถั่วพุ่ม Velvet bean, faba bean, มะเขือเทศ และ โดยการกำหนดค่า parameter ในกระบวนการของพืช (ตาราง 3)

ตาราง 3: ค่า parameter ในกระบวนการของพืชในแบบจำลอง CROPGRO

โปรแกรมหลัก	รายละเอียดของ Parameter
Photosynthesis	สำหรับการจัดสรรน้ำหนักในกระบวนการสังเคราะห์แสงตั้งแต่ระยะพืชงอกถึงระยะสุกแก่ทางสรีระ การตายของลำต้นพืชในช่วงที่มีการขาดน้ำ และการเจริญเติบโตของปมรากของพืชตระกูลถั่ว
Respiration	และสมการที่กำหนดอิทธิพลของรังสีดวงอาทิตย์ ความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ อุณหภูมิอากาศ และปริมาณไนโตรเจนในใบพืชที่มีผลต่อกระบวนการสังเคราะห์แสง เกี่ยวกับกระบวนการหายใจของพืช ซึ่งมีผลต่อการเจริญเติบโตในระยะพัฒนาการต่าง ๆ ตลอดอายุพืช ความเข้มข้นของโปรตีนในส่วนของใบ ลำต้น ราก เปลือก เมล็ด และปมรากถั่ว (ค่าสูงสุด ค่าปกติ และค่าเมื่อสุกแก่ทางสรีระ)
Plant composition	เกี่ยวกับอิทธิพลของอุณหภูมิต่อผลผลิตของ Lipid ในเมล็ดพืช ความเข้มข้นของแป้ง ลิพิด ลิกนิน และกรดอินทรีย์ในส่วนของใบ ลำต้น ราก เปลือก เมล็ด และปมรากถั่ว (ค่าสูงสุด ค่าปกติ และค่าเมื่อสุกแก่ทางสรีระ)
Carbon & nitrogen mining	การสะสมแบ่งและคาร์บอนในลำต้น สัดส่วนของแป้งและสารสังเคราะห์ที่พืชสามารถใช้ในการสร้างใบใหม่ ลำต้นใหม่ รากใหม่ รวมทั้งอัตราการเคลื่อนย้ายของแป้งและโปรตีน
Nitrogen fixation	การเจริญเติบโตและการตายของปมรากถั่ว อิทธิพลของอุณหภูมิ การขาดน้ำ และอายุของปมรากถั่ว ต่อการตรึงไนโตรเจนจากอากาศ
Plant growth & partitioning	การกระจายสารสังเคราะห์ไปสู่ ใบ ลำต้น รากในระยะพัฒนาการต่าง ๆ รวมทั้งช่วงการขาดน้ำ อิทธิพลของอุณหภูมิและรังสีดวงอาทิตย์ต่อการขยายพื้นที่ใบ ค่าระดับความลึกของชั้นดินที่รากสามารถหยั่งถึง ความยาวรากเริ่มต้น และค่าการดูดน้ำของรากพืช อิทธิพลของอุณหภูมิที่มีต่อการสะสมน้ำหนักของเมล็ดและการกระจายน้ำหนักของสารสังเคราะห์สู่เมล็ด อิทธิพลของความชื้นในดินที่มีต่อลงเข็มของถั่วลิสงและการขยายขนาดของฝักถั่วลิสง
Senescence factor	การตายของพืชตามอายุ การขาดน้ำ การเคลื่อนย้ายไนโตรเจน การบังแสง
Phenology	อิทธิพลของอุณหภูมิ-ความยาววัน-ความชื้นในดิน ต่อพัฒนาการของลำต้น-ใบ ช่วงเริ่มต้นของการออกดอก และการสุกแก่ทางสรีระ
Canopy height & width growth	ความยาวของข้อลำต้นและการเพิ่มขึ้นของทรงพุ่มพืชตามระยะพัฒนาการทางใบของพืช การเพิ่มขึ้นของความยาวของข้อลำต้นตามอิทธิพลของอุณหภูมิและความเข้มข้นของรังสีดวงอาทิตย์

แหล่ง: Jones *et al.*, (2003); และ Hoogenboom *et al.* (2003).

อิทธิพลของอุณหภูมิ ความยาววัน และความเข้มข้นของรังสีดวงอาทิตย์ เป็นกลไกสำคัญในการศึกษาผลของการเปลี่ยนแปลงบรรยากาศโลกที่มีต่อการผลิตอาหารในแบบจำลองชุด DSSAT4.0

ส่วน Weather หน้าหลักของโปรแกรมส่วนนี้ได้แก่ อ่านค่า หรือการคำนวณค่าสภาพภูมิอากาศรายวัน ได้แก่วัดรังสีดวงอาทิตย์ อุณหภูมิสูงสุด-ต่ำสุด และปริมาณน้ำฝน รวมทั้งระดับความชื้นในอากาศ และความเร็วลม (หากมี) การจัดเก็บในแฟ้มข้อมูลที่กำหนดให้อ่าน อย่างไรก็ตาม โปรแกรมส่วนนี้สามารถคำนวณค่าสภาพอากาศเป็นรายชั่วโมงได้หากต้องการในการคำนวณของกระบวนการต่าง ๆ ในพืช-ดิน นอกจากนี้โปรแกรมส่วนนี้สามารถคำนวณข้อมูลอากาศรายวันได้ในกรณีที่ผู้ใช้งานต้องการใช้เพื่อการคำนวณผลผลิตพืชในระบบการผลิตหลายปีแต่ไม่สามารถจัดหาข้อมูลอากาศที่วัดได้จริงให้แก่แบบจำลอง การคำนวณนี้ใช้วิธีการของ WGEN (Richardson, 1981, 1985) หรือ SIMMETEO (Geng et al., 1986, 1988) ผู้ใช้งานสามารถปรับค่าภูมิอากาศรายวันซึ่งมีการจัดในแฟ้มข้อมูลรายปีและสามารถใช้ประกอบการศึกษาผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพบรรยากาศที่มีต่อการผลิตพืชอาหาร (Climate change study) โดยการปรับค่าระดับรังสีดวงอาทิตย์ อุณหภูมิอากาศ ปริมาณน้ำฝน ความเข้มข้นของก๊าซ คาร์บอนไดออกไซด์

ส่วน Soil เป็นส่วนที่ทำให้แบบจำลองคำนวณการเปลี่ยนแปลงพลวัตของน้ำในดินและพลวัตของไนโตรเจนในดินของแต่ละชั้นดินได้ โดยการบูรณาการส่วนย่อยอีก 4 ส่วนได้แก่ ส่วนพลวัตของน้ำ พลวัตของอุณหภูมิดิน ส่วนของคาร์บอน และส่วนของไนโตรเจน ส่วนพลวัตของน้ำในดินพัฒนาจากพลวัตของน้ำในดินสำหรับข้าวสาลีและพัฒนาขยายผลเพื่อให้สามารถใช้เป็นแบบจำลองกลางสำหรับพืชในแบบจำลองในชุดโปรแกรม DSSAT 3.5 โดยสรุป แบบจำลองพลวัตของน้ำในดินเป็นแบบจำลองมิติความลึกของดินเพียงมิติเดียว ออกแบบให้คำนวณการเปลี่ยนแปลงของน้ำในดินตามกระบวนการซึมผ่านของน้ำลงในผิวดิน (Infiltration) การไหลของน้ำออกจากชั้นดิน (Drainage) การไหลของน้ำในชั้นดินที่ความชื้นไม่อิ่มตัว (Unsaturated flow) การระเหยของน้ำจากผิวดิน (Soil evaporation) และ การดูดน้ำของรากพืช (Root water uptake) โปรแกรมออกแบบให้แยกการคำนวณออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่ ดิน-พืช-บรรยากาศ (Soil-Plant-Atmosphere: SPAM) เพื่อง่ายต่อการพัฒนาแบบจำลองให้และลดความซ้ำซ้อนของการเขียนโปรแกรม

ส่วน SPAM ทำหน้าที่คำนวณอัตราการระเหยน้ำจากดิน (Evaporation) และอัตราการคายน้ำจากใบพืช (Transpiration) โดยใช้ข้อมูลจากแฟ้มข้อมูลนำเข้าจาก ข้อมูลดิน ข้อมูลพืช-พื้นที่ใบ-ความหนาแน่นของราก และข้อมูลสภาพบรรยากาศ มีการคำนวณอัตราการรับรังสีดวงอาทิตย์ ค่าอัตราสูงสุดของการคายระเหยของน้ำ (Potential Evapotranspiration: PET) อัตราแท้จริงของการระเหยน้ำของผิวดิน (Actual Evaporation) อัตราแท้จริงของการคายน้ำของใบพืช (Actual transpiration) และคำนวณปริมาณน้ำที่พืชดูดตรงได้จากชั้นดินตามความลึก อัตราการคายระเหยของพืชแต่ละชนิดคำนวณได้โดยสมการในส่วนนี้ของแบบจำลอง และสามารถใช้ประกอบการศึกษาผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพบรรยากาศที่มีต่อการผลิตพืชอาหาร (Climate change study)

ส่วน Management ทำหน้าที่ตรวจสอบว่าการปลูกพืชเริ่มต้นเมื่อใด และส่งค่าเริ่มต้นเข้าสู่การคำนวณในกระบวนการต่าง ๆ ปัจจุบันผู้ใช้งานสามารถกำหนดวันปลูก ระยะปลูก การเก็บเกี่ยว การใส่ปุ๋ยเคมี การใช้น้ำชลประทาน การเพิ่มเติมสารอินทรีย์ นอกจากนี้ผู้ใช้งานแบบจำลองสามารถกำหนดกิจกรรมการผลิตพืชดังกล่าวแบบอัตโนมัติ กล่าวคือให้แบบจำลองเริ่มต้นการปลูก การให้น้ำ และอื่น ๆ การจัดการเหล่านี้ทำให้ผู้ใช้งานมีความคล่องตัวมากขึ้นในการจำลองสถานการณ์การผลิตพืชรูปแบบหลากหลายขึ้น รวมทั้งการจำลองระบบการผลิตพืชแบบหมุนเวียน และแบบต่อเนื่อง

ส่วน Pest มีการพัฒนาสำหรับแบบจำลองในกลุ่มของ CROPGRO โดยเพิ่มแฟ้มข้อมูลการเข้าทำลายของโรคแมลงที่ผู้ใช้งานตรวจสอบในแปลงผลิจจริง และมีการป้อนกลับข้อมูลการทำงานเพื่อการลดพื้นที่ใบ การลดและการสูญเสียสารสังเคราะห์ การสูญเสียใบอ่อน-ลำต้น-ราก และการสูญเสียความสามารถในการสังเคราะห์เสีย

ข้อมูลที่ใช้ต้องจัดหา

แบบจำลองพืชในชุดโปรแกรม DSSAT4.0 ต้องการข้อมูลขั้นต่ำเพื่อการใช้งาน รวมทั้งเพื่อการศึกษาผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพบรรยากาศที่มีต่อการผลิตพืชอาหาร (ตาราง 4)

ตาราง 4: ข้อมูลชั้นต่ำของพืชในแบบจำลอง DSSAT 4.0

ชุดข้อมูล	รายละเอียดของ Parameter
(ก) สำหรับการศึกษาผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพบรรยากาศที่มีต่อการผลิตพืชอาหาร	
Site	เส้นรุ้ง เส้นแวง ความสูงจากระดับน้ำทะเล อุณหภูมิเฉลี่ยรายปี ความต่างระหว่างค่าเฉลี่ยอุณหภูมิสูงสุด-ต่ำสุด ความลาดเอียงของพื้นที่ และ aspect ของพื้นที่ ชนิดของการระบายน้ำ ปริมาณ-ขนาดหินบนผิวดิน
Weather	ภูมิอากาศรายวัน ประกอบด้วยรวมรังสีดวงอาทิตย์ อุณหภูมิอากาศสูงสุด-ต่ำสุด ปริมาณน้ำฝน
Soil	การจำแนกดินจากระบบของแต่ละประเทศ หรือตามของ Soil Taxonomy ข้อมูลตามความลึกของชั้นดิน ได้แก่ ความหนา ความชื้น ความหนาแน่น ระดับความเป็นกรดเป็นด่าง อินทรีย์คาร์บอน และค่าการระบายน้ำ
Initial conditions	พืชที่ปลูกก่อนหน้า น้ำหนักรากพืช น้ำหนักปมรากแก้ว ความชื้นดิน ความเข้มข้นของไนโตรเจนและแอมโมเนียมตามชั้นดิน
Management	ชนิดพืช และพันธุ์พืชที่ปลูก วันปลูก ความลึกและวิธีการปลูก ระยะปลูก จำนวนต้นต่อพื้นที่ การให้น้ำชลประทาน วันให้น้ำ วิธีการให้น้ำ ปริมาณน้ำชลประทานที่ให้และความลึก การให้ปุ๋ยเคมี วันให้ วิธีการให้ ชนิดปุ๋ยเคมี น้ำหนักปุ๋ยเคมี และความลึก ปุ๋ยอินทรีย์ วันให้ ชนิดของปุ๋ยอินทรีย์ ความลึก และความเข้มข้นของธาตุอาหาร การไถพรวน การปรับสภาพบรรยากาศเพื่อการศึกษาผลกระทบสภาพการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศต่อการผลิตพืช การเก็บเกี่ยว
(ข) สำหรับการทดสอบแบบจำลอง	
พัฒนาการพืช	วันงอก, วันออกดอก, วันสุกแก่ทางสรีระ
การเจริญเติบโต	พื้นที่ใบ น้ำหนักแห้งของส่วนของพืชเหนือดินอย่างน้อย 3 ระยะ น้ำหนักแห้งของผลผลิต ผัก เมล็ด น้ำหนักแห้งของเมล็ดเดียว น้ำหนักแห้งของหัว จำนวนเมล็ดต่อฝัก ต่อรวง จำนวนใบบนลำต้นหลัก ความเข้มข้นของไนโตรเจนในเมล็ด
ข้อมูลดิน	ความชื้นดินตามความลึก ความเข้มข้นของไนโตรเจนและแอมโมเนียม
โรคแมลง	การสูญเสียจากการทำลายของโรคแมลง

แหล่ง: Jones *et al.*, (2003); และ Hoogenboom *et al.* (2003).

กลไกสำคัญในโปรแกรมแบบจำลองพืช

การสร้างทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์เพื่อช่วยในการสร้างความเข้าใจ (Understanding) และรวบรวม (Summarize) องค์ความรู้เกี่ยวกับระบบรอบตัวเราเพื่อประโยชน์ในการคาดการณ์ (Predict) พฤติกรรมของสรรพสิ่งนั้น ส่งผลให้เราควบคุมและจัดการ (Control and manage) ระบบให้เหมาะสมต่อสภาพทางสังคมและเศรษฐกิจทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมของเราไปในทางที่ดีที่เหมาะสมต่อระดับของทรัพยากร การแปลงความเข้าใจเกี่ยวกับระบบให้เป็นสมการทางคณิตศาสตร์และการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยให้การแก้สมการที่ซับซ้อนเป็นไปอย่างแม่นยำ และรวดเร็วเป็นเรื่องการพัฒนาแบบจำลองของระบบที่เราสนใจ หรืออีกนัยหนึ่งคือการสร้างแบบจำลองของระบบที่เราสนใจ

ในปี 1965 ศาสตราจารย์ de Wit ได้เสนอแนะวิธีการคำนวณและคาดการณ์ผลผลิตข้าวสาลีโดยใช้สมการคณิตศาสตร์หลายสมการซึ่งสร้างจากข้อมูลงานทดลองในระดับกระบวนการสำคัญของพืชเช่น กระบวนการสังเคราะห์แสง กระบวนการหายใจ การคายระเหยน้ำ การดูดตรึงธาตุอาหาร เป็นต้น ต่อมาในปี 1969 ได้มีการสัมมนาเรื่อง Prediction and Measurement of Photosynthetic productivity ที่เมือง Trebon ประเทศเชกโกสโลวาเกีย (Czechoslovakia) มีนักวิทยาศาสตร์ทางเกษตรเข้าร่วมมากกว่า 130 ท่าน จาก 10 ประเทศ มีการเสนอเอกสารทางวิชาการเกี่ยวกับการสร้างแบบจำลองทางเกษตรมากมาย และเป็นสัมมนาที่วางรากฐานสำคัญให้แก่งานวิจัยด้านนี้ และได้ขยายตัวอย่างแพร่หลายทั้งในยุโรปและอเมริกา

ในปี 1982 Penning de Vries and van Laar ได้เสนอกรอบงานวิจัยและพัฒนาแบบจำลองระบบการผลิตพืชเพื่อเป็นพื้นฐานในการสื่อสารระหว่างนักพัฒนาแบบจำลองและผู้ดำเนินงานทดลองในระดับกระบวนการต่าง ๆ รวมไปถึงผู้ใช้งานแบบจำลองด้วย การผลิตทั้ง 4 ระดับมีรายละเอียดพอสังเขปดังต่อไปนี้

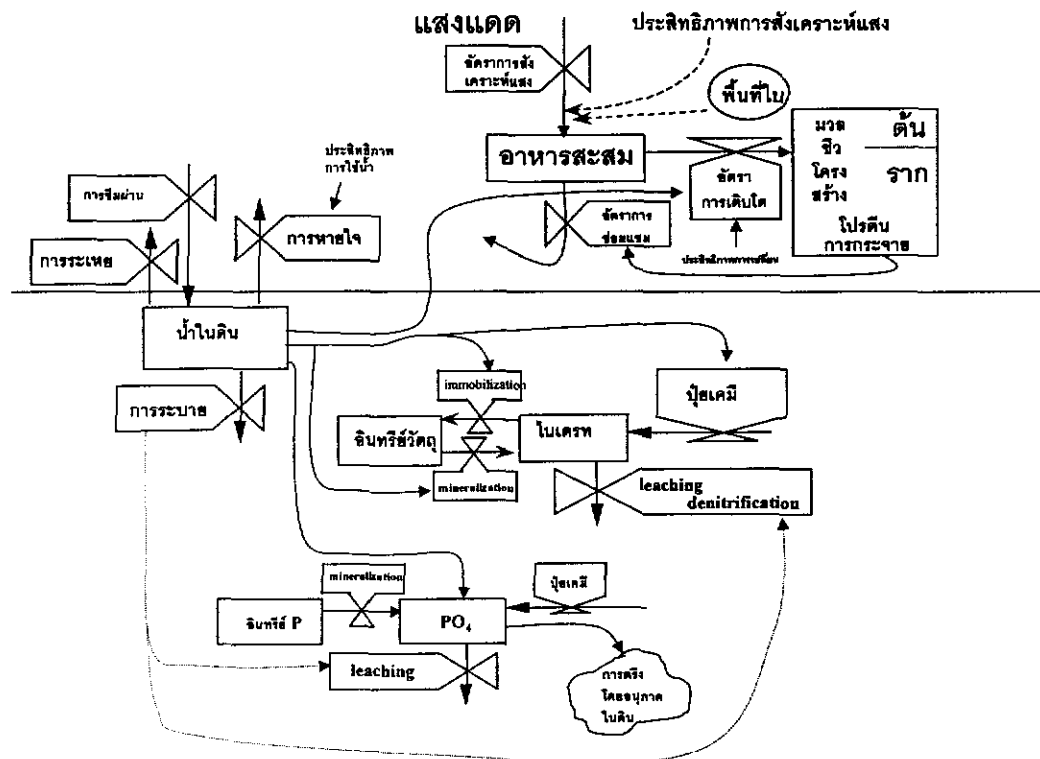
1. ระบบการผลิตพืชขั้นสูงสุด (Potential crop production system)
2. ระบบการผลิตพืชที่มีน้ำเป็นปัจจัยจำกัด (Water limited crop production system)
3. ระบบการผลิตพืชที่มีไนโตรเจนเป็นปัจจัยจำกัด (Nitrogen limited crop production system)
4. ระบบการผลิตพืชที่มีธาตุอาหารอื่น ศัตรูพืช และปัจจัยสังคมเป็นปัจจัยจำกัด (Other plant nutrients, pest, and social factors limited crop production system)

การผลิตระดับ 1: ระบบการผลิตพืชขั้นสูงสุด

ในระบบการผลิตพืชระบบนี้ กระบวนการเจริญเติบโตและกระบวนการพัฒนาการของพืชได้รับปัจจัยการผลิตอย่างเต็มที่ หมายถึงมีปริมาณน้ำและระดับธาตุอาหารของพืชตามความต้องการแต่ไม่เป็นพิษต่อพืชและสภาพแวดล้อม พืชมีอัตราการเจริญเติบโตอยู่ในช่วง 24-56 กิโลกรัมแห้ง/ไร่/วัน เมื่อมีพื้นที่ใบครอบคลุมพื้นที่ดินเต็มพื้นที่ และเป็นอัตราที่ขึ้นอยู่กับสภาพอากาศเกษตรโดยเฉพาะรังสีแสงอาทิตย์ ความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และอุณหภูมิอากาศ การผลิตพืชในระบบนี้มีองค์ประกอบพืชที่สำคัญได้แก่ ต้น ราก และผลผลิต (รูป 3) โดยมีกระบวนการสังเคราะห์แสง การบำรุงรักษาส่วนต่าง ๆ และการกระจายสารสังเคราะห์ เป็นกระบวนการสำคัญ กระบวนการสังเคราะห์แสง เป็นกระบวนการพื้นฐานเช่นเดียวกันหมดของพืชทุกชนิด

ส่วนใหญ่แบบจำลองพืชในระดับของการผลิตพืชระดับนี้ประกอบไปด้วยกระบวนการพัฒนาการและกระบวนการเจริญเติบโตเป็นองค์ประกอบหลัก ไม่มีกระบวนการที่เกี่ยวข้องกับพลวัตของน้ำในดินและพลวัตของธาตุอาหารพืชในดินและในพืช

ตัวอย่างของระบบการผลิตนี้สามารถสร้างได้ในห้องปฏิบัติการ ในสภาพการผลิตจริงก็มีเช่นกัน เช่น ระบบการผลิตข้าวในพื้นที่ภาคกลางของประเทศไทย การผลิตข้าวสาลีและมันฝรั่งในประเทศเนเธอร์แลนด์ เป็นต้น แบบจำลองข้าวของระบบสนับสนุนการตัดสินใจเพื่อการถ่ายทอดเทคโนโลยีทางเกษตร (Decision Support System for Agrotechnology Transfer: DSSAT) สามารถคำนวณผลผลิตของพืชในระดับนี้ได้อย่างแม่นยำ ใกล้เคียงกับผลผลิตที่วัดไปในสภาพแปลงผลิตจริงของเกษตรกร



รูป 3: แบบจำลองกระบวนการสำคัญในการผลิตพืชทั้ง 4 ระดับ

แหล่ง: Penning de Vries and van Laar, 1982

การผลิตระดับ 2: ระบบการผลิตพืชที่มีน้ำเป็นปัจจัยจำกัด

อัตราการเจริญเติบโตของพืชในระบบการผลิตนี้มีข้อจำกัดเรื่องน้ำในบางช่วงของการพัฒนาการของพืช แต่อัตราการเจริญเติบโตสามารถดำเนินได้อย่างเต็มที่เหมือนในระบบการผลิตที่ 1 เมื่อมีปริมาณน้ำเพียงพอต่อความต้องการของพืช กระบวนการเพิ่มเติมในระบบการผลิตนี้ได้แก่พลวัตของน้ำในดินและพืช การสูญเสียน้ำในกระบวนการ runoff และ drainage และที่ต้องให้ความสำคัญเป็นพิเศษในระบบการผลิตนี้ได้แก่การถ่ายเทพลังงานความร้อนระหว่างอากาศ พืชและดิน

ส่วนใหญ่แบบจำลองพืชในระดับของการผลิตพืชระดับนี้ประกอบไปด้วยกระบวนการพัฒนาการ กระบวนการเจริญเติบโตเป็นองค์ประกอบหลัก และกระบวนการพลวัตของน้ำในดิน แต่ยังไม่มีการคำนวณที่เกี่ยวข้องกับพลวัตของธาตุอาหารพืชในดิน โดยเฉพาะธาตุไนโตรเจนและธาตุฟอสฟอรัส

ตัวอย่างของระบบการผลิตนี้มีมากมายในพื้นที่เขตร้อนอย่างเช่นในประเทศไทย และการผลิตในเขตกึ่งร้อนกึ่งหนาว

การผลิตระดับ 3: ระบบการผลิตพืชที่มีไนโตรเจนเป็นปัจจัยจำกัด

อัตราการเจริญเติบโตของพืชในระบบการผลิตนี้มีข้อจำกัดเพิ่มเติมจากเรื่องน้ำในบางช่วงของการพัฒนาการของพืช คือระดับของธาตุไนโตรเจนต่ำกว่าความต้องการของพืชในบางช่วงของการพัฒนาการ โดยเฉพาะในช่วงปลายฤดูการผลิตพืช กระบวนการเพิ่มเติมในระบบการผลิตนี้ได้แก่พลวัตของธาตุไนโตรเจนในดินและในพืช การสูญเสียของธาตุไนโตรเจนในกระบวนการ leaching และ denitrification การตอบสนองของพืชต่อธาตุไนโตรเจน และการเคลื่อนย้ายธาตุไนโตรเจนจากส่วนที่มีอายุมากไปยังส่วนของพืชที่เกิดขึ้นใหม่

แบบจำลองพืชในระดับของการผลิตพืชระดับนี้ประกอบไปด้วยกระบวนการพัฒนาการ กระบวนการเจริญเติบโตเป็นองค์ประกอบหลัก พลวัตของน้ำในดิน และพลวัตของธาตุอาหารไนโตรเจนในดินและในพืช แต่ยังไม่มีการคำนวณการที่เกี่ยวข้องกับธาตุฟอสฟอรัสและธาตุอาหารพืชอื่น

ตัวอย่างของระบบการผลิตนี้มีมากมายในพื้นที่เขตร้อนอย่างเช่นในประเทศไทย และการผลิตในเขตกึ่งร้อนกึ่งหนาว

การผลิตระดับ 4: ระบบการผลิตพืชที่มีธาตุอาหารอื่น ศัตรูพืช และปัจจัยสังคมเป็นปัจจัยจำกัด

อัตราการเจริญเติบโตของพืชในระบบการผลิตนี้มีข้อจำกัดเพิ่มเติมจากเรื่องน้ำและเรื่องธาตุไนโตรเจนคือการขาดธาตุฟอสฟอรัส (phosphorus) ธาตุโพแทสเซียม (potassium) ในบางช่วงของการพัฒนาการของพืช การขาดธาตุฟอสฟอรัสมีความเกี่ยวข้องกับการ metabolism ของธาตุไนโตรเจน อัตราการเจริญเติบโตของพืชมีเพียง 1.6-8.0 กิโลกรัมแห้ง/ไร่/วัน ในช่วงการเจริญเติบโตน้อยกว่า 100 วัน นอกจากนี้ยังมีข้อจำกัดด้านสังคมเศรษฐกิจเข้ามาเกี่ยวข้องเป็นอย่างมาก (whole farm model)

ตัวอย่างของระบบการผลิตนี้มีมากมายในพื้นที่เขตร้อนอย่างเช่นในประเทศไทย และการผลิตในเขตกึ่งร้อนกึ่งหนาว

การทดสอบแบบจำลองในประเทศไทย

จากการตรวจเอกสารวิชาการที่มีการตีพิมพ์แล้วพบว่ามีงานวิจัยที่ทำการทดสอบแบบจำลองพืชในระบบ DSSAT หลายแบบจำลอง ได้แก่ แบบจำลองถั่วเหลือง แบบจำลองข้าว แบบจำลองข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ แบบจำลองอ้อย แบบจำลองมันสำปะหลัง และมีการพัฒนาแบบจำลองพืชเส้นใยด้วยข้อมูลของนักวิชาการไทย นอกจากนี้พบว่ามีงานวิจัยที่เน้นการใช้แบบจำลองเพื่อการวิเคราะห์นโยบายการผลิตข้าว และการใช้แบบจำลองในการประมาณผลผลิตอ้อยในพื้นที่ขนาดใหญ่

โดยทั่วไปการทดสอบแบบจำลองพืชของระบบ DSSATv4.0 ต้องทดสอบความสามารถของแบบจำลองในการคาดการณ์ระยะพัฒนาการที่สำคัญของแต่ละพืชก่อน จากนั้นจึงดำเนินการทดสอบความแม่นยำของแบบจำลองในการคาดการณ์ผลผลิต (อรรถชัย และ คณะ, 2543)

สรุปความเป็นไปได้ของการใช้แบบจำลองในการศึกษาผลกระทบ

พิจารณาจาก ลักษณะทั่วไปของโปรแกรม DSSATv4.0 องค์ประกอบของแบบจำลองพืชของโปรแกรม ข้อมูลที่โปรแกรมต้องการ กลไกสำคัญในโปรแกรมแบบจำลองพืช และการทดสอบแบบจำลองพืชในชุดโปรแกรมนี้ในประเทศไทย และการใช้งานในระดับสากล (Parry *et al.*, 2004) ในข้าว (Matthews, 1997) ในถั่วเหลือง (Carbone, 2003; Mall, 2004) ในข้าวสาลี (Tubiello, 1995) เป็นต้น ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่าแบบจำลองพืชในชุดโปรแกรม DSSATv4.0 ใช้งานได้การศึกษาผลกระทบเกี่ยวกับ ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงบรรยากาศโลกต่อความมั่นคงทางอาหารของไทยและเพื่อนบ้านในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ โดยต้องมีการเตรียมบุคลากร เตรียมข้อมูล และเตรียมหน่วยงานวิจัยเพื่อการศึกษาและติดตามผลในระยะยาว

โปรแกรม MRB-Rice shell

ลักษณะทั่วไปของโปรแกรม

โปรแกรม MRB-Rice shell มีชื่อเต็มว่า Mekong River Basin-Rice shell พัฒนาโดยกลุ่มนักวิจัยของศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ เชียงใหม่ เพื่อเป็นตัวเชื่อมโยง (Interface) ระหว่างแบบจำลองพืชในชุดโปรแกรม DSSAT4.0 และฐานข้อมูลเชิงพื้นที่และเชิงอธิบายของพื้นที่ปลูกข้าวในเขตลุ่มน้ำโขง มีการเชื่อมโยงส่วนต่าง ๆ แบบจับคู่หรือ Coupling (Hartkamp *et al.*; 1999) กล่าวคือระบบ GIS และแบบจำลองทำงานเป็นอิสระซึ่งกันและกันแต่มีการแลกเปลี่ยนข้อมูลซึ่งกันและกันผ่านโปรแกรมเชื่อมโยง ซึ่งผู้ใช้งานใช้ติดต่อกับทั้งสององค์ประกอบ

เบื้องต้นผู้วิจัยได้ออกแบบให้โปรแกรม MRB-Rice shell ใช้งานกับ 6 ประเทศ ได้แก่ กัมพูชา จีน ลาว เมียนมา เวียดนาม และไทย

โครงสร้างโปรแกรม

โปรแกรม MRB-Rice shell สามารถใช้งานได้บนเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล (Personal Computer) ที่มีการติดตั้งระบบปฏิบัติการแบบ Windows 2000 และ/หรือ XP ต้องการความจำชนิด RAM ขั้นต่ำ 128 Mbyte มีพื้นที่บน harddisk อย่างน้อย 100 Mbyte

โปรแกรม MRB-Rice shell เป็นชุดโปรแกรมคอมพิวเตอร์ซึ่งประกอบด้วยโปรแกรมหาดังต่อไปนี้

- โปรแกรมเรียกใช้และเชื่อมโยง MRB-Rice shell รุ่น 1.0
- โปรแกรมกำหนดการจัดการการผลิตพืช Xbuild.Exe
- ต้องการชุดโปรแกรม DSSAT4.0
- ต้องการข้อมูลเชิงพื้นที่ในรูปของ Shapefile

ข้อมูลที่ใช้ต้องจัดหา

โปรแกรม MRB-Rice Shell ต้องการข้อมูลขั้นต่ำเพื่อการใช้งาน รวมทั้งเพื่อศึกษาผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพบรรยากาศที่มีต่อการผลิตพืชอาหาร 2 ลักษณะ ได้แก่ ESRI Shapefile format และ CERES-Rice model ASCII file format

ESRI Shapefile format

โปรแกรม MRB-Rice ใช้ข้อมูลเชิงพื้นที่ในรูปแบบของ ESRI shapefile เพื่อการแสดงผลการคำนวณของแบบจำลองข้าว ในพื้นที่ที่ผู้ใช้งานกำหนดและเลือกศึกษาผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศที่มีผลการผลิตข้าว ESRI Shapefiles เป็นรูปแบบข้อมูลเชิงพื้นที่ที่สะดวกต่อการใช้งาน โปรแกรมต้องการข้อมูลขั้นต่ำ 4 ชนิดข้อมูล ได้แก่

- แผนที่ขอบเขตการปกครองระดับประเทศ-จังหวัด-อำเภอ (An Administrative map),
- แผนที่แปลงปลูกข้าว (A rice crop area map),
- แผนที่ชุดดิน หรือกลุ่มดิน (A soil map), and
- แผนที่กริดอากาศของ CCAM (A CCAM weather grid)

แผนที่เหล่านี้ต้องมีโปรแกรม ArcView หรือ ArcGIS หรือ ArcInfo ในการพัฒนา และไม่เกี่ยวข้องกับโปรแกรม MRB-Rice shell

โดยทั่วไปข้อมูลแบบ ESRI shapefile เก็บข้อมูลด้านภูมิศาสตร์ของพื้นที่ที่เกี่ยวข้องในแฟ้มข้อมูล
จำนวน 5 แฟ้มข้อมูล ได้แก่

- .shp - เก็บข้อมูลด้านภูมิศาสตร์ของพื้นที่
- .shx - เก็บข้อมูลดัชนีของข้อมูลด้านภูมิศาสตร์ของพื้นที่
- .dbf - เก็บข้อมูลอธิบายของพื้นที่
- .sbn และ .sbx - เก็บข้อมูลด้านภูมิศาสตร์ของพื้นที่เมื่อมีการคำนวณหรือเกิดการใช้งานแฟ้มข้อมูลดังกล่าว

โปรแกรม MRB-Rice shell สามารถทำงานร่วมกับแฟ้มข้อมูลเหล่านี้ได้ แต่ไม่สามารถสร้างแฟ้มข้อมูลเหล่านี้
ได้ ผู้ใช้งานต้องใช้โปรแกรม GIS เพื่อสร้างแฟ้มข้อมูลเชิงพื้นที่เหล่านี้

การตั้งชื่อแฟ้มข้อมูล ESRI Shapefile ในโปรแกรม MRB Rice

เพื่อให้มีมาตรฐานในการเตรียมข้อมูลและเพื่อให้เกิดความสามารถในการแลกเปลี่ยนข้อมูลได้ จึงกำหนดการตั้งชื่อ
และความหมายดังในตาราง 5

ตาราง 5: การกำหนดชื่อแฟ้มข้อมูลเชิงพื้นที่ในโปรแกรม MRB-Rice shell

หมายเหตุ: CHN=China, CAM=Cambodia, LAO=Laos PDR, MMR=Myanmar, THA=Thailand,
VNM=Vietnam.

Administrative shape file

Admin.shp	สำหรับทั้งลุ่มน้ำโขง ประกอบด้วย Field name ต่อไปนี้ PRV_ID = รหัสจังหวัด PRV_Name_L = ชื่อจังหวัดภาษาท้องถิ่น PRV_NAME_E = ชื่อจังหวัดภาษาอังกฤษ
AdminCCC.shp	สำหรับระดับประเทศ, CCC เป็นรหัสประเทศ เช่น AdminTHA.Shp สำหรับแผนที่ ที่ขอบเขตการปกครองของประเทศไทย
ACCCPPP.shp	สำหรับระดับจังหวัด, PPP เป็นรหัสจังหวัด เช่น ATHA571.SHP เป็นชื่อแผนที่ ขอบเขตการปกครองในจังหวัดอุบลราชธานี

Rice map shape file

Crop.shp	สำหรับทั้งลุ่มน้ำโขง
CropCCC.shp	สำหรับระดับประเทศ, CCC เป็นรหัสประเทศ เช่น CropTHA.SHP สำหรับแผนที่ แปลงข้าวในประเทศไทย
CCCCPPP.shp	สำหรับระดับจังหวัด, PPP เป็นรหัสจังหวัด เช่น CTHA571.SHP เป็นชื่อแผนที่ แปลงข้าวในจังหวัดอุบลราชธานี

Soil map shape file

Soil.shp	สำหรับทั้งลุ่มน้ำโขง
SoilCCC.shp	สำหรับระดับประเทศ, CCC เป็นรหัสประเทศ เช่น SoilTH.Shp สำหรับแผนที่ดินใน ประเทศไทย
SCCCPPP.shp	สำหรับระดับจังหวัด, PPP เป็นรหัสจังหวัด เช่น STHA571.SHP เป็นชื่อแผนที่ดิน ของจังหวัดอุบลราชธานี

Weather map shape file

Weather.shp	สำหรับทั้งลุ่มน้ำโขง
WSTACCC.shp	สำหรับระดับประเทศ, CCC เป็นรหัสประเทศ เช่น WstaTHA.Shp สำหรับแผนที่ก รภูมิอากาศในประเทศไทย
WCCCPPP.shp	สำหรับระดับจังหวัด, PPP เป็นรหัสจังหวัด เช่น WTHA571.SHP เป็นชื่อแผนที่ก รภูมิอากาศของจังหวัดอุบลราชธานี

แผนที่เส้นทางคมนาคม (Road network map shape file)

Road.shp	สำหรับทั้งลุ่มน้ำโขง
RoadCCC.shp	สำหรับระดับประเทศ, CCC เป็นรหัสประเทศ เช่น RoadTHA.Shp สำหรับแผนที่ ทางคมนาคมในประเทศไทย
RoadCCCPPP.shp	สำหรับระดับจังหวัด, PPP เป็นรหัสจังหวัด

แผนที่ทางน้ำ-แม่น้ำ (Stream network map shape file)

Stream.shp	สำหรับทั้งลุ่มน้ำโขง
StrCCC.shp	สำหรับระดับประเทศ, CCC เป็นรหัสประเทศ เช่น StrTHA.shp สำหรับแผนที่ทาง น้ำในประเทศไทย
StrCCCPPP.shp	สำหรับระดับจังหวัด, PPP เป็นรหัสจังหวัด

ตัวอย่างแผนที่ ขอบเขตการปกครอง (Example of ADMIN.SHP)

รูป 4 แสดงตัวอย่างของแฟ้มข้อมูลขอบเขตการปกครองทั้งลุ่มน้ำแม่โขงแบบ shape file โดยใช้ชื่อว่า ADMIN.SHP.



รูป 4: ขอบเขตการปกครองทั้งลุ่มน้ำแม่โขง

รูป 5 แสดงตัวอย่างของข้อมูลในตารางข้อมูลของแฟ้มข้อมูลขอบเขตการปกครองทั้งลุ่มน้ำโขง ซึ่งใช้ชื่อว่า ADMIN.SHP ซึ่งมีข้อมูลดังนี้

- Shape – กำหนดชนิดของข้อมูล polygon type
- Prv_id – รหัสจังหวัด กำหนดโดยเจ้าของข้อมูลแต่ละประเทศ แนะนำให้ใช้ 3 หลัก มีตัวอย่างของประเทศไทยในตาราง 6
- Adminid – รหัสเฉพาะหน่วยแผนที่ กำหนดโดยโปรแกรม
- Country – รหัสประเทศ ได้แก่
 - CHN = จีน
 - KHM = กัมพูชา
 - LAO = สปป. ลาว
 - MMR = เมียนมา
 - THA = ไทย และ
 - VNM = เวียดนาม
- Prv_name_e – ชื่อจังหวัดภาษาอังกฤษ
- Prv_name_l – ชื่อจังหวัดภาษาท้องถิ่น
- Dis_name_e – ชื่ออำเภอภาษาอังกฤษ
- Dis_name_l – ชื่ออำเภอภาษาท้องถิ่น
- Sud_name_e – ชื่อตำบลภาษาอังกฤษ
- Sud_name_l – ชื่อตำบลภาษาท้องถิ่น

Shape	Code	Prv_id	Adminid	Country	Prv_name_e	Prv_name_l	Dis_name_e	Dis_name_l	Sud_name_e	Sud_name_l
Polygon	L	412	764031208	THA	Chiang Rai		Mae Sai			
Polygon	L	412	764031203	THA	Chiang Rai		Chiang Saen			
Polygon	L	412	764031202	THA	Chiang Rai		Chiang Khong			
Polygon	L	412	764031206	THA	Chiang Rai		Mae Chan			
Polygon	L	412	764031213	THA	Chiang Rai		King Amphoe Wiang			
Polygon	L	413	764031310	THA	Chiang Mai		Mae Ai			
Polygon	L	412	764031201	THA	Chiang Rai		Muang Chiang Rai			
Polygon	L	412	764031211	THA	Chiang Rai		Wiang Chai			
Polygon	L	413	764031305	THA	Chiang Mai		Fang			
Polygon	L	412	764031212	THA	Chiang Rai		Phaya Meng Rai			
Polygon	L	412	764031207	THA	Chiang Rai		Mae Suai			
Polygon	L	412	764031214	THA	Chiang Rai		King Amphoe Khun Te			
Polygon	L	412	764031204	THA	Chiang Rai		Thoen			
Polygon	L	412	764031215	THA	Chiang Rai		King Amphoe Mae Lai			
Polygon	L	413	764031303	THA	Chiang Mai		Chiang Dao			
Polygon	L	413	764031303	THA	Chiang Mai		Chiang Dao			
Polygon	L	413	764031303	THA	Chiang Mai		Chiang Dao			
Polygon	L	413	764031321	THA	Chiang Mai		King Amphoe Chaipat			
Polygon	L	412	764031205	THA	Chiang Rai		Phan			
Polygon	L	472	764037206	THA	Phayao		Chiang Kham			

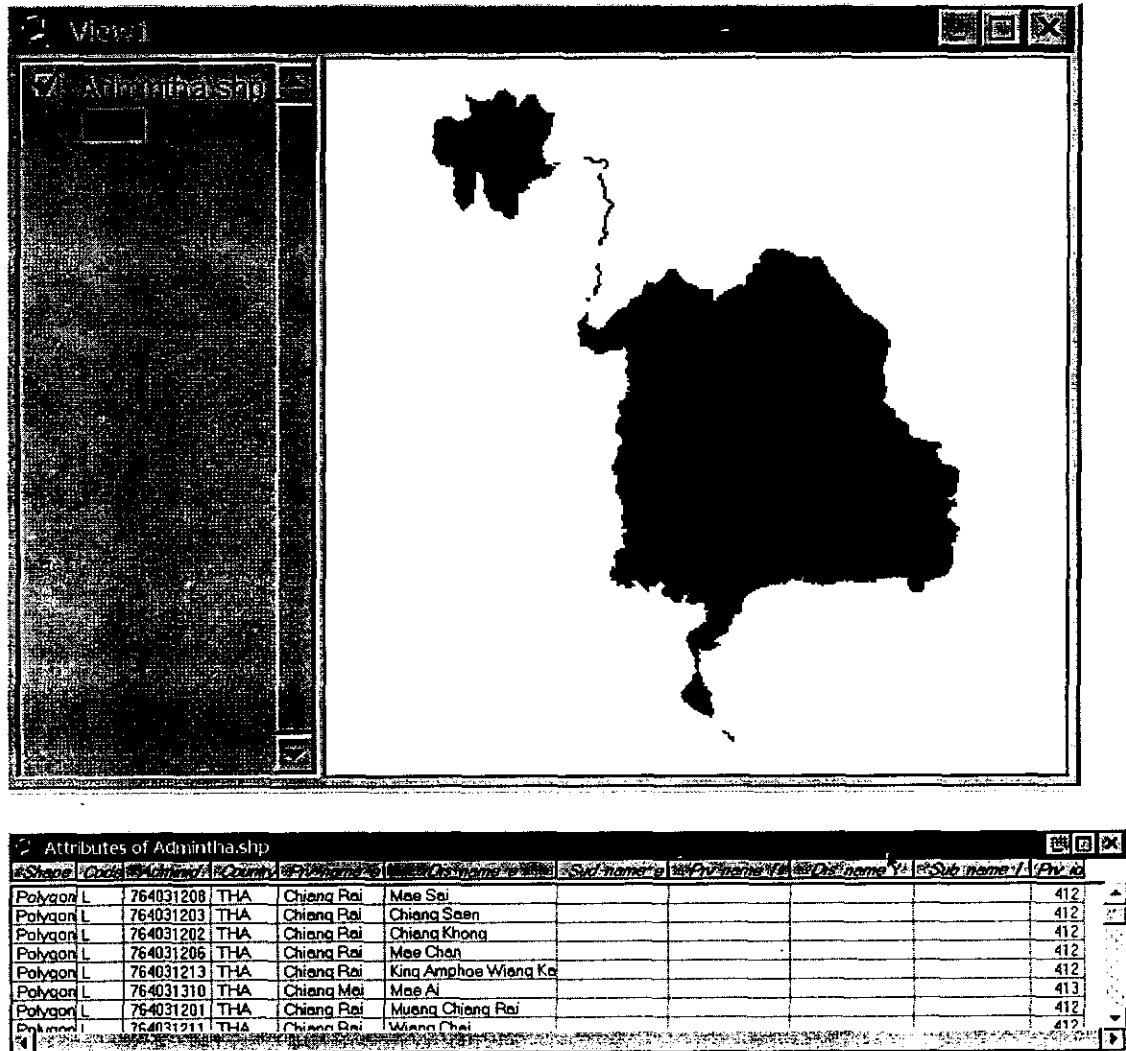
รูป 5: ตัวอย่างตารางข้อมูลในแฟ้มข้อมูลขอบเขตการปกครองทั้งลุ่มน้ำโขง

ตาราง 6: รหัสจังหวัดของประเทศไทย

รหัสจังหวัด	Prv_name_E	Prv_name_L
205	Chamburi	จันทบุรี
215	Trat	ตราด
230	Prachinburi	ปราจีนบุรี
274	Sa Kaen	สระแก้ว
412	Chiang Rai	เชียงราย
413	Chiang Mai	เชียงใหม่
426	Nan	น่าน
437	Phitsanulok	พิษณุโลก
439	Phetchabun	เพชรบูรณ์
450	Lampang	ลำปาง
469	Uttaradit	อุดรดิตถ์
472	Pa Yao	พะเยา
503	Kalasin	กาฬสินธุ์
505	Khon Kaen	ขอนแก่น
510	Chaiyaphum	ชัยภูมิ
517	Yasothon	ยโสธร
520	Nakhon Phanom	นครพนม
521	Nakhon Ratchasima	นครราชสีมา
527	Buriram	บุรีรัมย์
542	Maha Sarakham	มหาสารคาม
545	Roi Et	ร้อยเอ็ด
552	Loei	เลย
553	Si Saket	ศรีสะเกษ
554	Sakon Nakhon	สกลนคร
565	Surin	สุรินทร์
566	Nong Khai	หนองคาย
568	Udon Thani	อุดรธานี
571	Ubon Ratchathani	อุบลราชธานี
573	Mukdahan	มุกดาหาร
575	Nong Bua Lampu	หนองบัวลำภู
576	Amnat Charoen	อำนาจเจริญ

ตัวอย่างแผนที่ ขอบเขตการปกครองประเทศไทย (Example of AdminTHA.SHP)

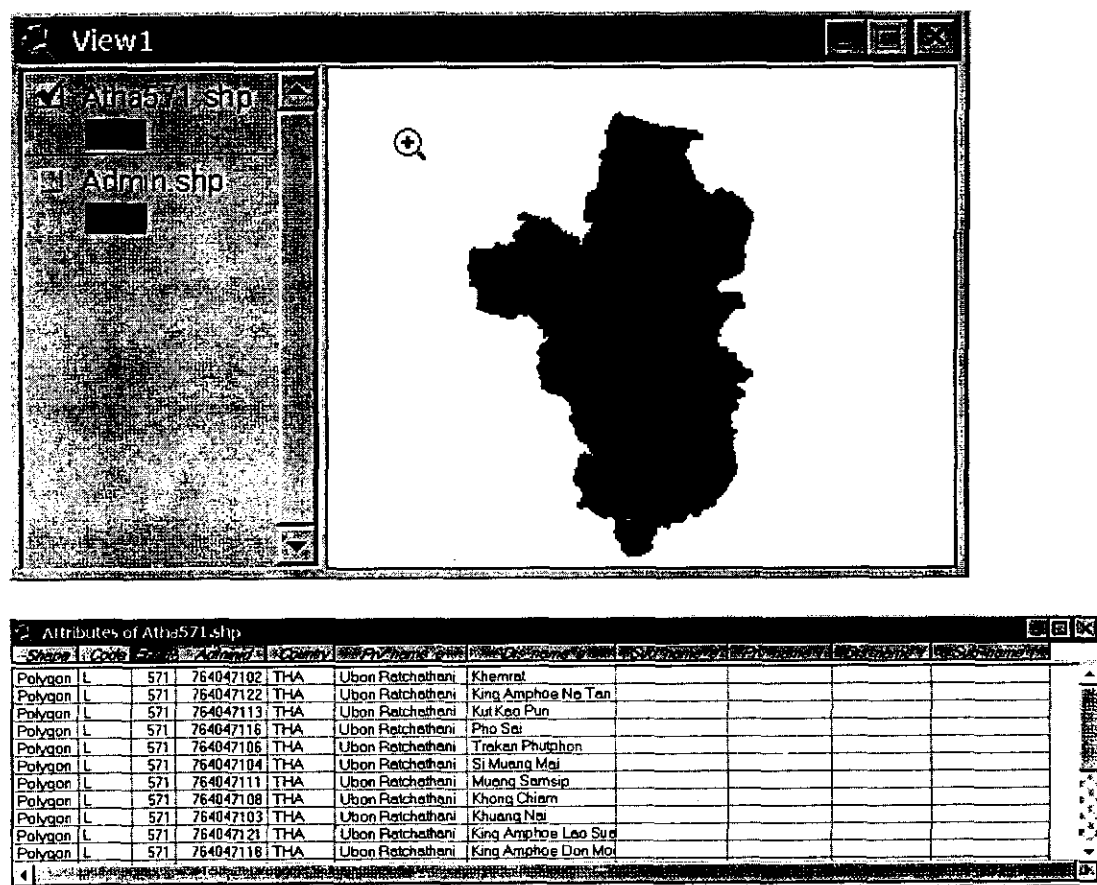
รูป 6 แสดงตัวอย่างขอบเขตการปกครองในประเทศไทยในชุดลุ่มน้ำอิงชื่อว่า AdminTHA.SHP.



รูป 6: ตัวอย่างขอบเขตการปกครองในประเทศไทยในชุดลุ่มน้ำอิงชื่อว่า AdminTHA.SHP.

ตัวอย่างแผนที่ ขอบเขตการปกครองระดับจังหวัดของประเทศไทย (Example of ATHA571.SHP)

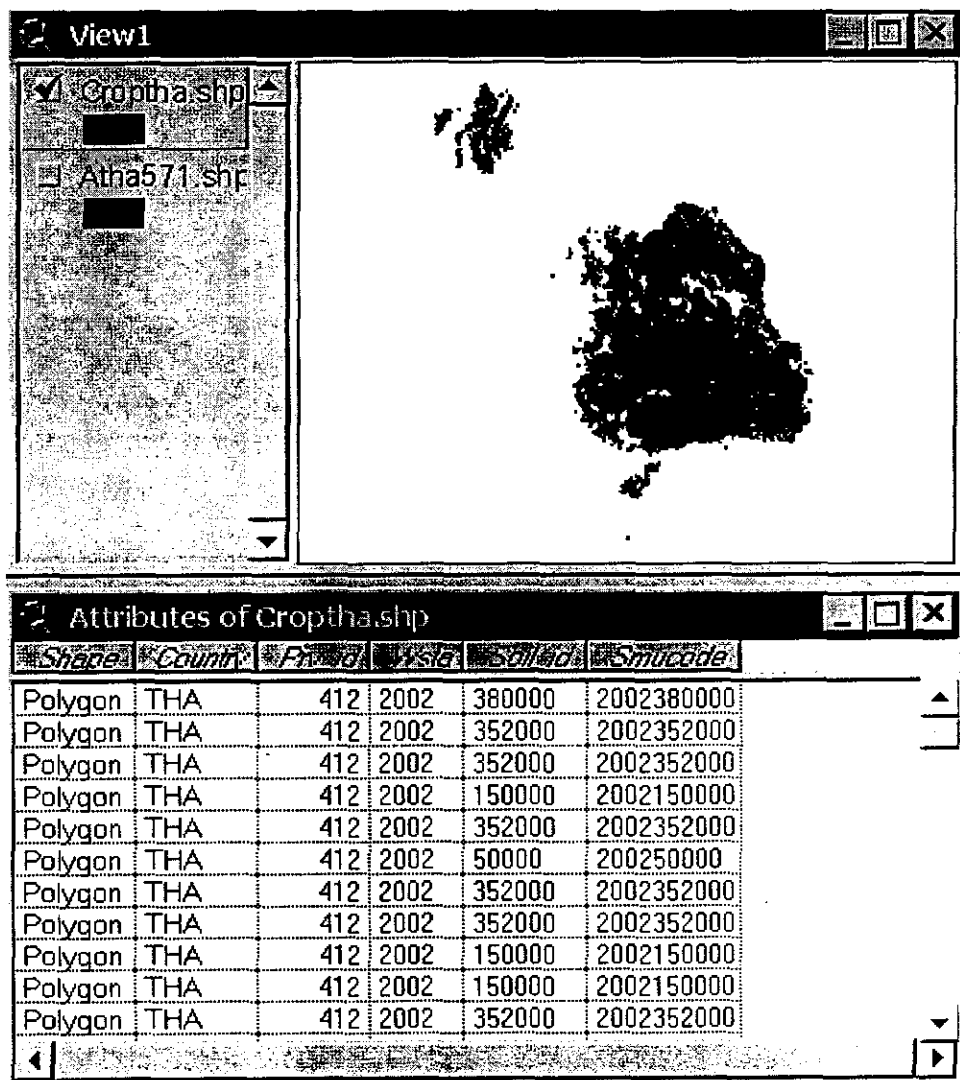
รูป 7 แสดงตัวอย่างขอบเขตการปกครองระดับจังหวัดในประเทศไทยในชุดลุ่มน้ำซึ่งชื่อว่า ATHA571.SHP.



รูป 7: ขอบเขตการปกครองระดับจังหวัดอุบลราชธานี ประเทศไทย ATHA571.SHP

ตัวอย่างแผนที่ แปลงข้าวของประเทศไทย (Example of CROPTHA.SHP)

รูป 8 แสดงตัวอย่างแปลงข้าวในประเทศไทยในเขตลุ่มน้ำโขงชื่อว่า CROPTHA.SHP.



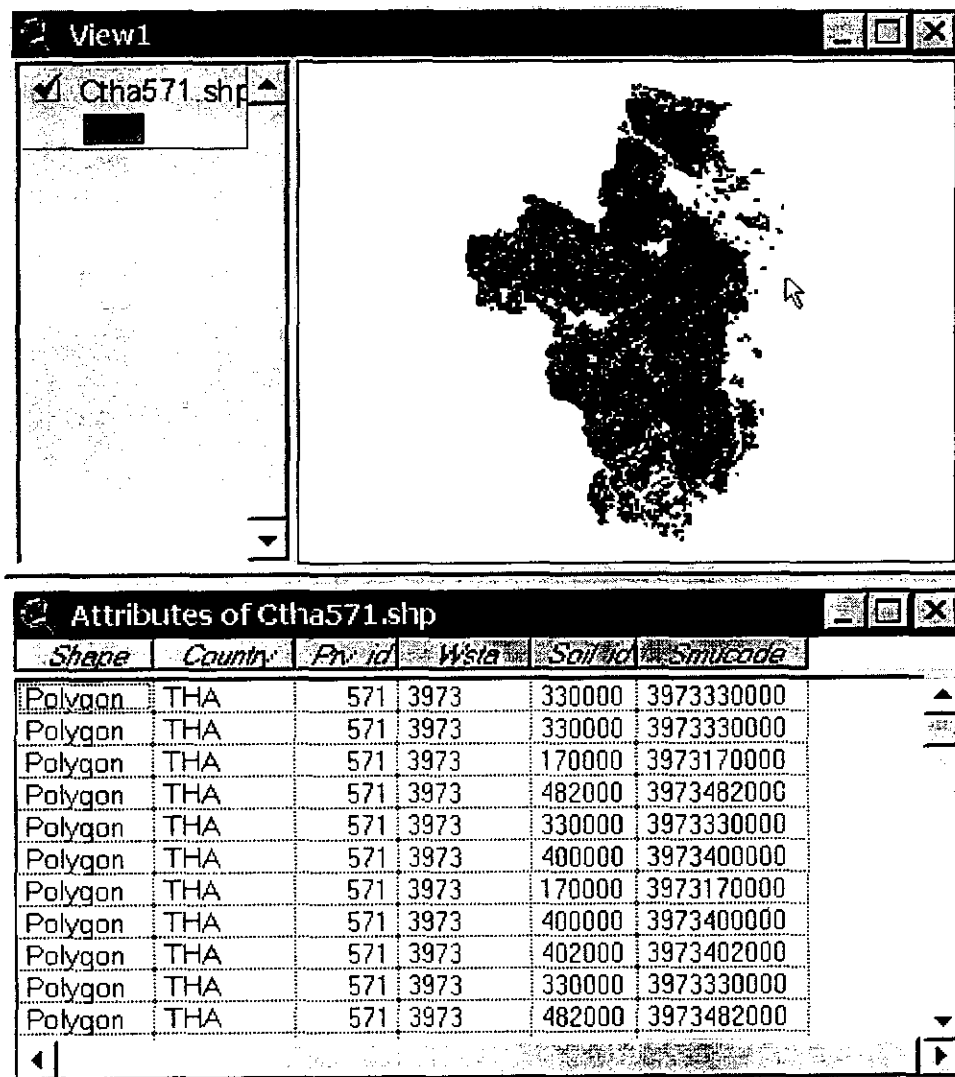
รูป 8: แปลงข้าวในประเทศไทยในเขตลุ่มน้ำโขงชื่อว่า CROPTHA.SHP

แฟ้มข้อมูล Shapefile นี้มีตารางข้อมูลดังนี้ เพื่อการใช้งานแสดงผลการคำนวณของแบบจำลองข้าว

- Shape – กำหนดชนิดของข้อมูลในแต่ละรายการข้อมูล (Record)
- Country – รหัสประเทศเหมือนกับในแฟ้มข้อมูล Admin.shp.
- Prv_id – รหัสจังหวัดเหมือนกับในแฟ้มข้อมูล Admin.shp.
- WSTA – รหัสกริดภูมิอากาศขนาด 10x10 กิโลเมตร
- Soil_id – รหัสหน่วยแผนที่ดิน
- SMUCODE – หน่วยการจำลองแบบจำลองข้าว (Simulation Mapping Unit: SMU) โดย
การรวมรหัสกริดภูมิอากาศ (WSTA) และรหัสหน่วยแผนที่ดิน (Soil_id)

ตัวอย่างแผนที่ แปลงข้าวของจังหวัดอุบลราชธานี (Example of CTHA571.SHP)

รูป 9 แสดงตัวอย่างแปลงข้าวในจังหวัดอุบลราชธานี ประเทศไทย ชื่อว่า CTHA571.SHP

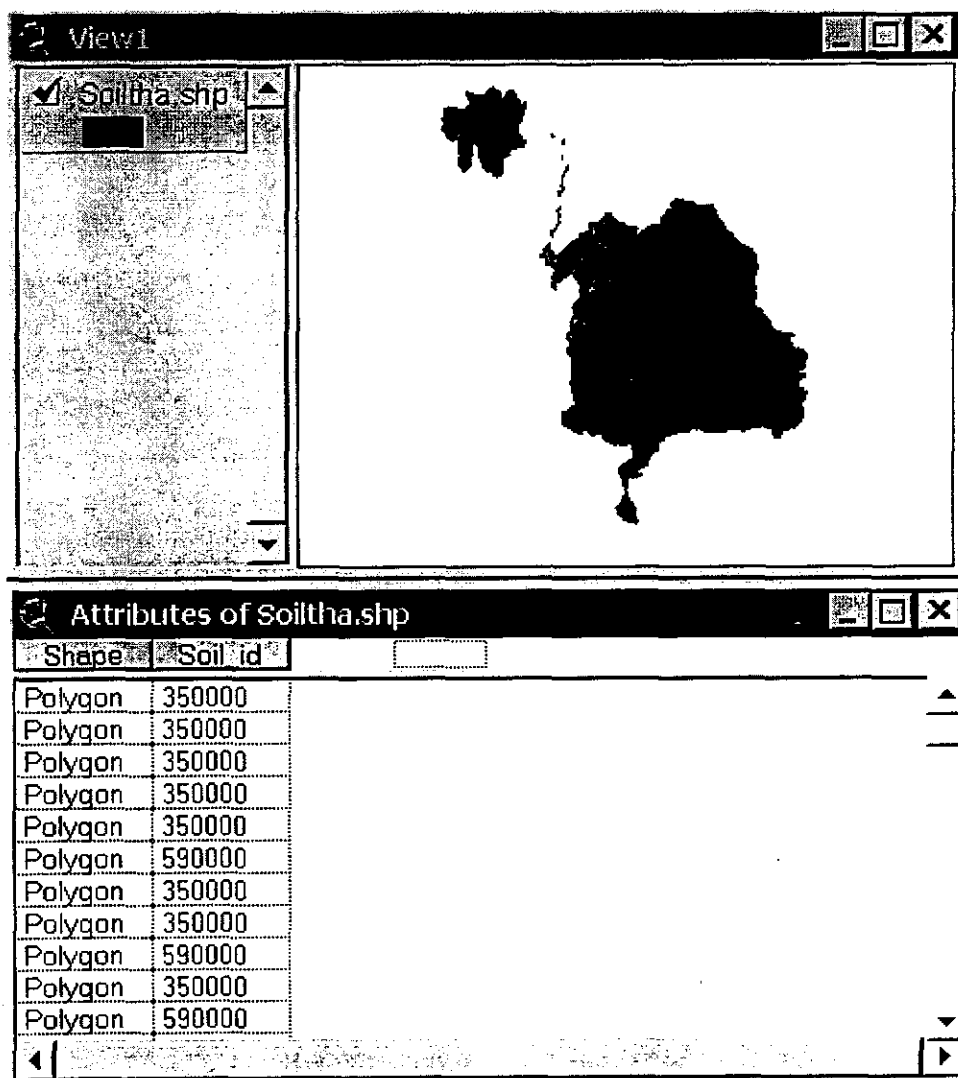


รูป 9: ตัวอย่างแปลงข้าวในจังหวัดอุบลราชธานี ประเทศไทย ชื่อว่า CTHA571.SHP

เพิ่มข้อมูลแปลงข้าวในระดับจังหวัดมีตารางข้อมูลเหมือนกับระดับประเทศเพื่อการแสดงผลการคำนวณของแบบจำลองในระดับจังหวัด

ตัวอย่างแผนที่กลุ่มชุดดินของประเทศไทย (Example of SOILTHA.SHP)

รูป 10 แสดงตัวอย่างแผนที่กลุ่มชุดดินของประเทศไทยชื่อว่า SOILTHA.SHP ได้ซึ่งได้รับความอนุเคราะห์จากกรมพัฒนาที่ดิน



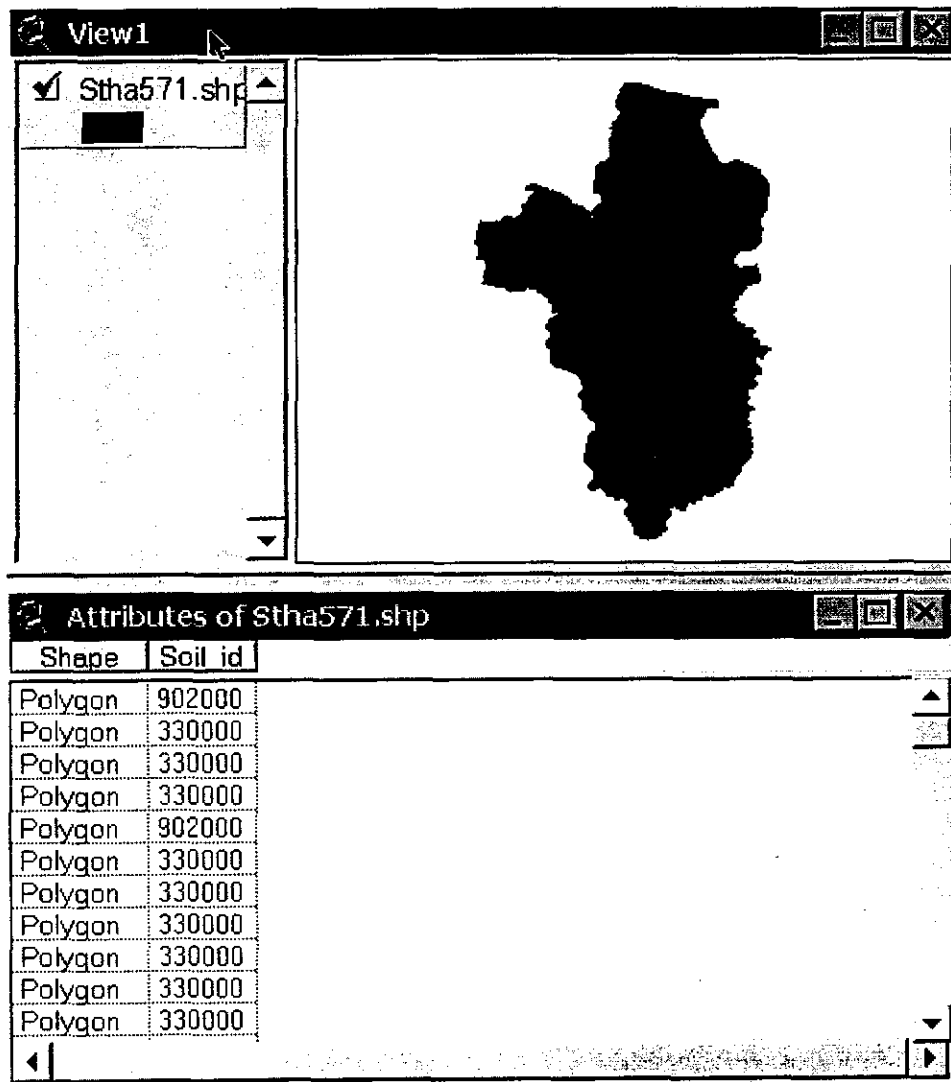
รูป 10: ตัวอย่างแผนที่กลุ่มชุดดินของประเทศไทยชื่อว่า SOILTHA.SHP

แฟ้มข้อมูล Shapefile นี้มีตารางข้อมูลประกอบดังต่อไปนี้

- Shape – กำหนดชนิดของข้อมูลในแต่ละรายการข้อมูล (Record)
- Soil_id – รหัส กลุ่มชุดดิน

ตัวอย่างแผนที่กลุ่มชุดดินของประเทศไทย (Example of STHA571.SHP)

รูป 11 แสดงตัวอย่างแผนที่กลุ่มชุดดินของระดับจังหวัดในประเทศไทยชื่อว่า STHA571.SHP ได้ซึ่งได้รับความอนุเคราะห์จากกรมพัฒนาที่ดิน

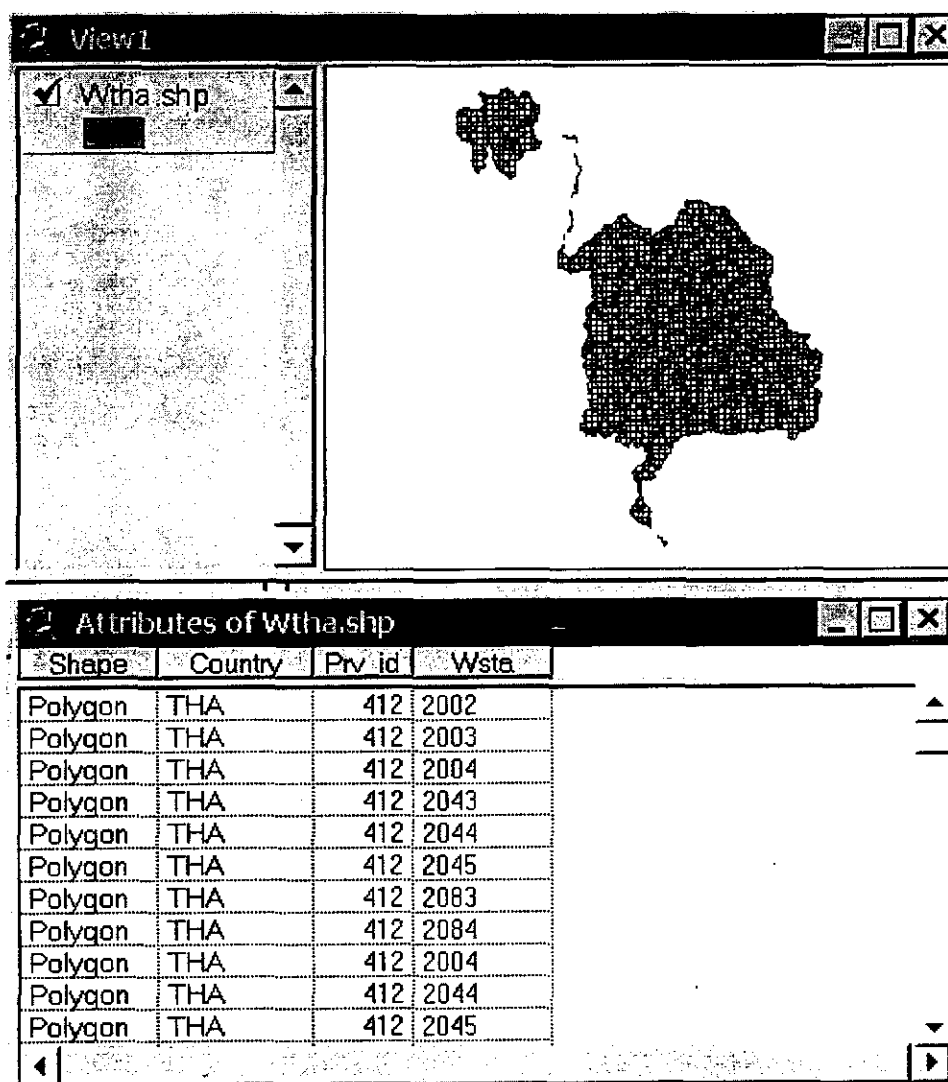


รูป 11: แผนที่กลุ่มชุดดินของระดับจังหวัดในประเทศไทยชื่อว่า STHA571.SHP

แฟ้มข้อมูลนี้มีตารางข้อมูลเช่นเดียวกับ SOILTHA.SHP ในระดับประเทศ ซึ่งมีจุดประสงค์เพื่อการแสดงข้อมูล ยังไม่ได้้นำข้อมูลดินมาประกอบการคำนวณแบบจำลอง

ตัวอย่างแผนที่กริดภูมิอากาศของประเทศไทย (Example of WSTATHA.SHP)

รูป 12 แสดงตัวอย่างแผนที่กริดภูมิอากาศระดับประเทศไทยชื่อว่า WSTATHA.SHP ได้ซึ่งรับความอนุเคราะห์จาก START ซึ่งได้รับจากแบบจำลอง CCAM



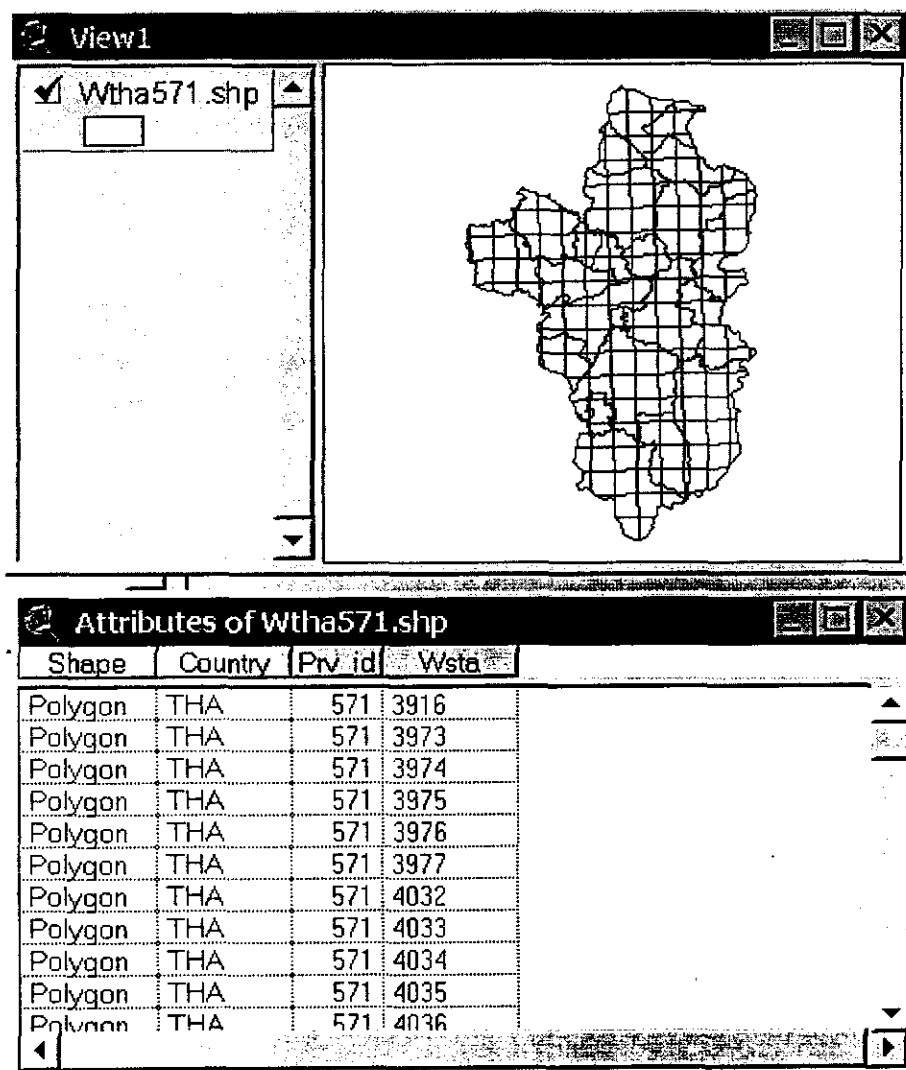
รูป 12: แผนที่กริดภูมิอากาศระดับประเทศไทยชื่อว่า WSTATHA.SHP

เพิ่มข้อมูล Shapefile ประกอบด้วยตารางดังต่อไปนี้

- Shape – กำหนดชนิดของข้อมูลในแต่ละรายการข้อมูล (Record)
- Country – รหัสประเทศ
- Prv_id – รหัสจังหวัด
- WSTA – รหัสกริดภูมิอากาศขนาด 10 x 10 กิโลเมตร

ตัวอย่างแผนที่กริดภูมิอากาศของระดับจังหวัด (Example of WTHA571.SHP)

รูป 13 แสดงตัวอย่างแผนที่กริดภูมิอากาศระดับจังหวัดในประเทศไทยชื่อว่า WTHA571.SHP ของจังหวัดอุบลราชธานี



รูป 13: แผนที่กริดภูมิอากาศระดับจังหวัดอุบลราชธานี ชื่อว่า WTHA571.SHP

แฟ้มข้อมูลนี้มีตารางข้อมูลเช่นเดียวกับ WSTATHA.SHP ในระดับประเทศ ซึ่งมีจุดประสงค์เพื่อการแสดงข้อมูล ข้อมูลภูมิอากาศดินแต่ละปีจัดเก็บในแฟ้มข้อมูลแบบ ASCII แยกจากแฟ้มข้อมูลนี้

CERES-Rice model ASCII file format

แบบจำลองข้าว DSSAT-CERES Rice ใช้แฟ้มข้อมูลแบบ ASCII ทั้งที่แบบน้ำเข้าและที่เป็นผลการคำนวณของแบบจำลอง

แฟ้มข้อมูลนำเข้าเพื่อการคำนวณของแบบจำลอง (Input files)

แบบจำลองข้าว DSSAT-CERES Rice ต้องการข้อมูล 4 ชนิดได้แก่

- ข้อมูลอากาศ มี นามสกุลลงท้ายด้วย *.WTH
- ข้อมูลพันธุกรรมข้าว มี นามสกุลลงท้ายด้วย *.CUL
- ข้อมูลชั้นดิน มี นามสกุลลงท้ายด้วย *.SOL
- ข้อมูลจัดการผลิตข้าว มี นามสกุลลงท้ายด้วย *.RIX

แฟ้มข้อมูลผลการคำนวณของแบบจำลอง (Output files)

แบบจำลองข้าว DSSAT-CERES Rice ส่งออกผลการคำนวณหลากหลาย ได้แก่

- ET.OUT
- Evaluate.OUT
- FloodN.OUT
- FloodW.OUT
- HEADER.OUT
- List.OUT
- OVERVIEW.OUT
- PlantGro.out
- PlantN.out
- SoilN.OUT
- SoilNbal.OUT
- SoilTemp.OUT
- SoilWat.OUT
- SoilWatBal.OUT
- Summary.OUT ใช้เพื่อการแสดงผลการคำนวณผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพบรรยากาศต่อการผลิตข้าว
- Weather.OUT

ตัวอย่างแฟ้มข้อมูลภูมิอากาศรายปีแบบจำลอง (Example of Weather file)

ข้อมูลภูมิอากาศรายวัน (รูป 14) ใช้เพื่อการคำนวณของแบบจำลองข้าว เป็นข้อมูลจำเป็นต่อการคำนวณในกระบวนการสังเคราะห์แสง และการคายน้ำของระบบดิน-พืช-อากาศ ข้อมูลอากาศทำให้ผู้ใช้งานเลือกวันปลูกที่เหมาะสมและประกอบการศึกษามลกระทบของสภาพอากาศได้อย่างสะดวก

*WEATHER DATA :Chiang Mai

@ INSI	LAT	LONG	ELEV	TAV	AMP	REFHT	WNDHT
CMC	18.750	98.920	330	-99.0	-99.0	-99.0	-99.0

@DATE	SRAD	TMAX	TMIN	RAIN
02001	17.1	22.6	9.8	0.0
02002	20.7	24.7	8.2	0.0
02003	20.7	24.4	8.0	0.0
02004	20.8	23.6	5.4	0.0
02005	21.3	21.8	4.0	0.0
02006	21.5	23.0	3.8	0.0

.
.

.

02365	14.2	23.9	10.1	0.0
-------	------	------	------	-----

รูป 14: ตัวอย่างแฟ้มข้อมูลภูมิอากาศ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ปี 2002

ตัวอย่างแฟ้มข้อมูลพันธุกรรมข้าว (Example of Rice Genetic Coefficient file)

ข้อมูลพันธุกรรมข้าวของแบบจำลอง DSSAT-CERES rice ประกอบด้วย 3 แฟ้มข้อมูลเก็บ ได้แก่

- ข้อมูลเฉพาะของพืชตระกูลข้าว (Crop characteristics: FILEG)
- ข้อมูลนิเวศวิทยาของพืชตระกูลข้าว (Ecotype characteristics within a species: FILEE)
- ข้อมูลเฉพาะพันธุ์ข้าว (Cultivar characteristics within an ecotype grouping: FILEC) รูป 15 มีรายละเอียดของพันธุ์ข้าวที่ได้ทำการทดลองและทดลองแล้ว

*RICE GENOTYPE COEFFICIENTS: RICER030 MODEL

```
!
! COEFF      DEFINITIONS
! =====
! VAR#       Identification code or number for a specific cultivar.
! VAR-NAME   Name of cultivar.
! ECO#       Ecotype code for this cultivar points to the Ecotype in the ECO
!            file (currently not used).
! P1         Time period (expressed as growing degree days [GDD] in °C above
!            a base temperature of 9°C) from seedling emergence during which
!            the rice plant is not responsive to changes in photoperiod. This
!            period is also referred to as the basic vegetative phase of the
!            plant.
! P20        Critical photoperiod or the longest day length (in hours) at
!            which the development occurs at a maximum rate. At values higher
!            than P20 developmental rate is slowed, hence there is delay due
!            to longer day lengths.
! P2R        Extent to which phasic development leading to panicle initiation
!            is delayed (expressed as GDD in °C) for each hour increase in
!            photoperiod above P20.
! P5         Time period in GDD °C from beginning of grain filling (3 to
!            4 days after flowering) to physiological maturity with a base
!            temperature of 9°C.
! G1         Potential spikelet number coefficient as estimated from the
!            number of spikelets per g of main culm dry weight (less lead
!            blades and sheaths plus spikes) at anthesis. A typical value
!            is 55.
! G2         Single grain weight (g) under ideal growing conditions, i.e.
!            nonlimiting light, water, nutrients, and absence of pests
!            and diseases.
! G3         Tillering coefficient (scalar value) relative to IR64 cultivar
!            under ideal conditions. A higher tillering cultivar would have
!            coefficient greater than 1.0.
! G4         Temperature tolerance coefficient. Usually 1.0 for varieties
!            grown in normal environments. G4 for japonica type rice growing
!            in a warmer environment would be 1.0 or greater. Likewise, the
!            G4 value for indica type rice in very cool environments or
!            season would be less than 1.0.
!
!
! @VAR#  VAR-NAME..... ECO#   P1   P2R   P5   P2O   G1   G2   G3   G4
!      1     2     3     4     5     6     7     8
! TR0001 KDML105          IB0001 502.31233.0 386.5 12.7 45.7 .0270 1.00 0.95
! TR0002 NIEW SANPATONG   IB0001 495.81283.4 364.2 12.7 40.7 .0277 0.70 0.85
! TR0003 SUPANBURI 60     IB0001 540.0 154.7 497.0 11.9 77.7 .0280 1.00 1.03
! TR0004 CHAINAT 1        IB0001 570.0 122.8 334.8 11.9 63.1 .0278 1.00 1.00
! TR0005 DOA 1            IB0001 388.5  20.0 381.8 12.0 73.8 .0275 1.10 1.15
```

รูป 15: สัมประสิทธิ์พันธุกรรมข้าวไทยเพื่อใช้งานกับแบบจำลอง DSSAT-CERES Rice

ตัวอย่างแฟ้มข้อมูลดิน (Example of Soil file)

ข้อมูลเฉพาะชั้นดิน (รูป 16) สำหรับการใช้งานกับแบบจำลอง DSSAT-CERES rice ใช้ในการคำนวณของ
พลวัตของน้ำในดิน ไนโตรเจนในดิน การพัฒนา-เจริญเติบโตของรากข้าว ได้จากระบบการจัดเก็บของกรมพัฒนาที่ดิน

*SOIL

!
!

*TH02740001 SCS Re 93 UNKNOWN t 274 Roi Et IB00290001

@SITE COUNTRY LAT LONG SCS FAMILY

UNKNOWN THAILAND -99.000 -99.000 AERIC PALEAQUULTS

@ SCOM SALB SLU1 SLDR SLRO SLNF SLPF SMHB SMPX SMKE

BN 0.13 28.3 0.00 76 1.00 1.00 IB001 IB001 IB001

@ SLB SLMH SLLL SDUL SSAT SRGF SSKS SBDM SLOC SLCL SLST SLCF SLNI SLHW SLHB SCEC

19 AP 0.127 0.241 0.333 0.83 -99.0 1.61 0.33 20.5 11.6 0.0 -99 5.2 4.6 2.5

38 BA 0.147 0.260 0.337 0.57 -99.0 1.60 0.06 25.0 9.6 0.0 -99 5.5 4.5 2.0

50 BT 0.129 0.245 0.336 0.41 -99.0 1.60 0.03 21.0 16.2 0.0 -99 5.5 4.4 2.9

70 BT 0.141 0.255 0.337 0.20 -99.0 1.60 0.04 23.5 13.3 0.0 -99 5.0 4.0 3.3

93 BC 0.127 0.242 0.334 0.19 -99.0 1.61 0.05 20.5 14.2 0.0 -99 5.2 4.0 3.1

รูป 16: ข้อมูลเฉพาะชั้นดินเพื่อการใช้งานแบบจำลอง DSSAT-CERES rice

ตัวอย่างแฟ้มข้อมูลจัดการผลิตข้าว (Example of rice production management file)

แฟ้มข้อมูลจัดการผลิตข้าว (รูป 17) เชื้อให้ผู้ใช้งานแบบจำลองเพื่อการคำนวณผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพบรรยากาศโลกที่มีต่อการผลิตได้อย่างสะดวก สมบูรณ์ ครอบคลุมปัจจัยการผลิตหลักหลายด้าน ได้แก่ ด้านพันธุ์ข้าว การผลิต การใช้น้ำชลประทาน การปุ๋ยเคมีและอินทรีย์

แฟ้มข้อมูลนี้เรียกว่า FILEX ผู้ใช้งานสามารถปรับเปลี่ยนการผลิตได้ตามต้องการ

*EXP.DETAILS: THUB0201RI EFFECTS OF APPL. N & ENVIR. ON RICE

@PEOPLE

-99

@ADDRESS

-99

@SITE

-99

*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	0-0-0 NPK San Sai	1	1	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	1
2	1	0	0	0-0-0 NPK Hang Dong	1	2	0	2	1	1	0	1	0	0	0	0	1
3	1	0	0	0-0-0 NPK San Pa Tong	1	3	0	3	1	1	0	1	0	0	0	0	1
4	1	0	0	0-0-0 NPK Roi Et	1	4	0	4	1	1	0	1	0	0	0	0	1

*CULTIVARS

@C CR INGENO CNAME

1 RI TR0001 KDML 105

*FIELDS

@L	ID	FIELD	WSTA	FLSA	FLOB	FLDT	FLDD	FLDS	FLST	SLTX	SLDP	ID_SOIL	FLNAME
1	CMMC8501	CMMC8501	-99	0	IB000	0	0	00000	-99	51	IB00750001	-99	
2	CMMC8502	CMMC8501	-99	0	IB000	0	0	00000	-99	51	TH01020001	-99	
3	CMMC8503	CMMC8501	-99	0	IB000	0	0	00000	-99	51	IB00720001	-99	
4	CMMC8504	CMMC8501	-99	0	IB000	0	0	00000	-99	51	TH02740001	-99	

@L	XCRD	YCRD	ELEV	AREA	SLEN	FLWR	SLAS
1	0.00000	0.00000	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0
2	0.00000	0.00000	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0
3	0.00000	0.00000	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0
4	0.00000	0.00000	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0

*INITIAL CONDITIONS

@C	PCR	ICDAT	ICRT	ICND	ICRN	ICRE	ICWD	ICRES	ICREN	ICREP	ICRIP	ICRID	ICNAME
1	RI	85246	500	-99	1.00	1.00	1.0	0	0.00	0.00	100	15	-99

@C	ICBL	SH2O	SNH4	SNO3
1	5	0.374	10.0	0.7
1	8	0.374	10.0	0.7
1	19	0.341	5.0	0.5
1	28	0.369	3.0	0.3
1	38	0.369	3.0	0.3
1	51	0.344	3.0	0.3

@C	PCR	ICDAT	ICRT	ICND	ICRN	ICRE	ICWD	ICRES	ICREN	ICREP	ICRIP	ICRID	ICNAME
2	RI	85246	500	-99	1.00	1.00	1.0	0	0.00	0.00	100	15	-99

@C	ICBL	SH2O	SNH4	SNO3
2	7	0.421	10.0	0.7
2	24	0.393	10.0	0.7
2	29	0.414	5.0	0.5
2	74	0.440	3.0	0.3
2	120	0.477	3.0	0.3

@C	PCR	ICDAT	ICRT	ICND	ICRN	ICRE	ICWD	ICRES	ICREN	ICREP	ICRIP	ICRID	ICNAME
3	RI	85246	500	-99	1.00	1.00	1.0	0	0.00	0.00	100	15	-99

@C	ICBL	SH2O	SNH4	SNO3
3	11	0.305	10.0	0.7
3	30	0.317	10.0	0.7
3	75	0.315	5.0	0.5
3	120	0.317	3.0	0.3
3	150	0.320	3.0	0.3

@C	PCR	ICDAT	ICRT	ICND	ICRN	ICRE	ICWD	ICRES	ICREN	ICREP	ICRIP	ICRID	ICNAME
4	RI	85246	500	-99	1.00	1.00	1.0	0	0.00	0.00	100	15	-99

@C	ICBL	SH2O	SNH4	SNO3
4	19	0.333	10.0	0.7
4	38	0.337	10.0	0.7
4	50	0.336	5.0	0.5
4	70	0.337	3.0	0.3
4	93	0.334	3.0	0.3

*PLANTING DETAILS

PLNAME	8P	PDATE	EDATE	PPOP	PPOE	PLME	PLDS	PLRS	PLRD	PLDP	PLWT	PAGE	PENV	PLPH	SPRL
1 85246	-99	75.0	25.0	T	H	20	0	5.0	0	25	25.0	3.0	0.0		

*IRRIGATION AND WATER MANAGEMENT

0I	EFIR	IDEP	ITHR	IEPT	IOFF	IAME	IAMT	IRNAME
1	-99	-99	-99	-99	-99	-99	10	-99

0I	IDATE	IR0P	IRVAL	IIRV
1	85246	IR003	50.0	0
1	85246	IR009	100.0	6
1	85246	IR008	2.0	0
1	85246	IR010	0.0	0

*FERTILIZERS (INORGANIC)

0F	FDATE	FMCD	FACD	FDEP	FAMN	FAMP	FAMK	FAMC	FAMO	FOCD	FERNAME
1	85246	FE002	AP016	10	19	-99	-99	-99	-99	-99	-99
1	85276	FE002	AP012	1	19	-99	-99	-99	-99	-99	-99
2	85246	FE002	AP016	10	37	-99	-99	-99	-99	-99	-99
2	85276	FE002	AP012	1	37	-99	-99	-99	-99	-99	-99
3	85246	FE002	AP016	10	56	-99	-99	-99	-99	-99	-99
3	85276	FE002	AP012	1	56	-99	-99	-99	-99	-99	-99
4	85246	FE002	AP016	10	75	-99	-99	-99	-99	-99	-99
4	85276	FE002	AP012	1	75	-99	-99	-99	-99	-99	-99
5	85246	FE002	AP016	10	94	-99	-99	-99	-99	-99	-99
5	85276	FE002	AP012	1	94	-99	-99	-99	-99	-99	-99

*RESIDUES AND ORGANIC FERTILIZER

0R	RDATE	RCOD	RAMT	RESN	RESP	RESK	RINP	RDEP	RMET	RENAME
1	85246	RE001	500	0.53	-99	-99	-99	15	-99	-99

*SIMULATION CONTROLS

0N	GENERAL	NYERS	NREPS	START	SDATE	RSEED	SNAME					
1	GE	10	1	S	85246	2150	Effects of appl. N & envi					

0N	OPTIONS	WATER	NITRO	SYMBI	PHOSP	POTAS	DISES	CHEM	TILL
1	OP	Y	Y	Y	N	N	N	N	N

0N	METHODS	WTHR	INCON	LIGHT	EVAPO	INFIL	PHOTO	HYDRO	NSWIT	MESOM
1	ME	M	M	E	R	S	C	R	1	G

0N	MANAGEMENT	PLANT	IRRIG	FERTI	RESID	HARVS
1	MA	R	R	R	R	M

0N	OUTPUTS	FNAME	OVVEW	SUMRY	FROPT	GROUT	CAOUT	WAOUT	NIOUT	MIOUT	DIOUT	LONG	CHOUT	OPOUT
1	OU	N	Y	Y	1	Y	N	Y	Y	N	N	Y	N	N

@ AUTOMATIC MANAGEMENT

0N	PLANTING	PFRST	PLAST	PH2OL	PH2OU	PH2OD	PSTMX	PSTMN
1	PL	85239	85253	40	100	30	40	10

0N	IRRIGATION	IMDEP	ITHRL	ITHRU	IROFF	IMETH	IRAMT	IREFF
1	IR	30	50	100	IB001	IB001	10	0.50

0N	NITROGEN	NMDEP	NMTHR	NAMNT	NCODE	NAOFF
1	NI	30	50	25	IB001	IB001

0N	RESIDUES	RIPCN	RTIME	RIDEP
1	RE	100	1	20

0N	HARVEST	HFRST	HLAST	HPCNP	HPCNR
1	HA	0	86246	100	0

รูปที่ 17: แผนการจัดการผลิข้าวเพื่อใช้งานแบบจำลอง DSSAT-CERES rice

ข้อมูลจากแบบจำลองสภาพภูมิอากาศ CCAM

ลักษณะข้อมูล

ได้จากการคำนวณของแบบจำลองภูมิอากาศระดับภูมิภาค (Regional General Circulation Model: RGCM) เรียกว่า CCAM model (Gordon *et al.*, 2002) มีการจัดข้อมูลตามรูปแบบของแฟ้มข้อมูลแบบ ASCII เป็นข้อมูลรายปีของแต่ละกริดภูมิอากาศขนาด 10×10 กิโลเมตร แบบจำลองภูมิอากาศ CCAM model ส่งออกข้อมูลภูมิอากาศรายวันเป็นหลายชนิดข้อมูล และสกัดมาใช้ร่วมกับแบบจำลองข้าว 4 ชนิด ได้แก่

1. SRAD (S_) รังสีดวงอาทิตย์ในช่วงคลื่นสั้น
2. TMAX (S_) อุณหภูมิอากาศสูงสุด
3. TMIN (S_) อุณหภูมิอากาศต่ำสุด
4. RAIN (S_) ปริมาณน้ำฝน

ช่วงเวลาในการจำลอง

แบบจำลอง CCAM ให้ผลลัพธ์เป็น Climate scenarios เพื่อใช้ประกอบการศึกษาผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพบรรยากาศที่ ได้แก่

1. $1.0 \times \text{CO}_2$ ระหว่างปี 1980-1989
2. $1.5 \times \text{CO}_2$ ระหว่างปี 2040-2049
3. $2.0 \times \text{CO}_2$ ระหว่างปี 2060-2069

การใช้ข้อมูล CCAM กับแบบจำลองข้าว DSSAT-CERES Rice

โปรแกรม MRB-Rice shell มีกลไกในการแปลงรูปแบบข้อมูล CCAM ให้เป็นรูปแบบของ ICASA เพื่อการคำนวณของแบบจำลองข้าวได้โดยทำการแยกเก็บเป็นรายปีของแต่ละกริดภูมิอากาศ ข้อมูลรวมทั้งหมดของประเทศไทยใช้พื้นที่ประมาณ 400 Mbyte และสามารถเพิ่มเติมได้อีก

สรุปผลการศึกษา

สถานภาพของงานวิจัยเกี่ยวกับผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงบรรยากาศโลกต่อความมั่นคงทางอาหารของไทยและเพื่อนบ้านในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ได้แก่ กัมพูชา จีน ลาว เมียนมา เวียดนาม และไทย ยังไม่มีงานวิจัยที่ดำเนินงานโดยนักวิจัยในภูมิภาคนี้

สถานภาพของนักวิจัยที่ทำงานวิจัยและสนใจดำเนินงานวิจัยเกี่ยวกับผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงบรรยากาศโลกต่อความมั่นคงทางอาหารของไทยและเพื่อนบ้านในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ได้แก่ กัมพูชา จีน ลาว เมียนมา เวียดนาม และไทยมีจำนวนน้อย ทำงานวิจัยแบบอาสา-ใจรัก และแบบสมัครเล่น ยังไม่มีการดำเนินในระดับบุคคลและองค์กรอย่างจริงจังและต่อเนื่อง ยังไม่สามารถสร้างความเข้าใจและมีความสามารถในการคาดการณ์ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงบรรยากาศโลกต่อการผลิตอาหารของประเทศตนเองและในระดับภูมิภาคได้ นอกจากนี้ยังไม่มีจำนวนมากพอที่จะสร้างกลุ่มก้อนวิกฤต (Critical mass) ได้ อย่างไรก็ตาม การฝึกอบรมเรื่อง DSSATv4.0 และ MRB-Rice shell ระหว่างวันที่ 1-11 ธันวาคม 2547 เป็นโอกาสอันดีที่นักวิจัยหลากหลายสาขาวิชาได้รับทราบคุณสมบัติและความสามารถของโปรแกรมในการประกอบการศึกษา

การสร้างเครือข่ายของนักวิจัยที่ทำงานวิจัยและสนใจดำเนินงานวิจัยเกี่ยวกับผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงบรรยากาศโลกต่อความมั่นคงทางอาหารของไทยและเพื่อนบ้านในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ได้แก่ กัมพูชา จีน ลาว เมียนมา เวียดนาม และไทย มีความเป็นไปได้ในเบื้องต้นโดยผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต

แผนการเยี่ยมเครือข่ายงานวิจัยฯ

วัตถุประสงค์

1. To assess and identify partner institutions for the study of Impacts of Global Climate Change on Thai's Food Security in each country.
2. To carry out need assessment of the partner institutes to participate in the Study.
3. To assess available information for the Study.

ผู้ดำเนินการ

1. รศ. ดร. อรรถชัย จินตะเวช คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
2. รศ. ดร. สุวิทย์ เลานศิริวงศ์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

หน่วยงานเครือข่ายต่างประเทศ

ประเทศภูฏาน (Bhutan)

1. Agromet Office, Council of Research and Extension, Ministry of Agriculture, Thimphu, Mr. Karma Tse-ring ka_tsering@moa.gov.bt

ประเทศกัมพูชา (Cambodia)

1. Royal Agriculture University
2. Ministry of Agriculture
3. Agronomy Dept., Prek Leap National Agriculture, Phnom Penh, Mr. Pech Sithan psithan@yahoo.com

ประเทศสาธารณรัฐประชาชนจีน (China)

1. Yunnan Agricultural University, Yunnan Province

ประเทศสาธารณรัฐประชาชนลาว (Lao PDR)

1. Faculty of Agriculture, National University of Laos
2. National Agricultural Research Center
3. NAFRI, Nong Vieng Kham, Vientiane, (Mr. Thavone Inthavong)
4. Lao-IRRI Project

ประเทศสาธารณรัฐสหภาพเมียนมา (Myanmar)

1. Department of Agriculture

ประเทศสาธารณรัฐประชาชนเวียดนาม (Vietnam)

1. Legume Research and Development Center
2. Hanoi University of Agriculture
3. Ho Chi Minh University of Agriculture
4. Sub-Institute of Hydrometeorology of South Vietnam
5. Can Tho University

กำหนดการเดินทาง

05MAR Mo TG690 BKK-VTE 0815-0925
 06MAR Tu VN840 VTE-HAN 1740-1845
 08MAR Th VN908 HAN-KMG 1120-1405
 11MAR Su CA905 KMG-RGN 1215-1300

13MAR Tu TG304 RGN-BKK 1005-1145
13MAR Tu TG698 BKK-PNH 1730-1845
14MAR We TG699 PNH-BKK 2025-2130

ประมาณการค่าใช้จ่ายสนับสนุนโดย สกว.

ราคาตัวเครื่องบิน 50,000 บาท ต่อคน

ค่าเบี้ยเลี้ยง 10 วัน x 2,000 บาท = 20,000 บาท ต่อคน

ค่าที่พัก 10 วัน x 4,000 บาท = 40,000 บาท ต่อคน

ค่าวีซ่า 2,000 บาท ต่อประเทศ x 3 ประเทศ = 6,000 บาท ต่อคน

ค่าภาษีสนามบิน 1,000 บาท ต่อประเทศ x 5 ประเทศ = 5,000 บาท ต่อคน

ค่าเดินทางในประเทศ 2,500 บาทต่อประเทศ x 5 ประเทศ = 12,500 บาท ต่อคน

รวม 133,500 บาท ต่อคน

เอกสารอ้างอิง

- เมธี เอกะสิงห์ และคณะ ๒๕๔๓ก รายงานฉบับสมบูรณ์ ส่วนที่ ๑ โครงการวิจัย ระบบสนับสนุนการตัดสินใจการผลิตพืช: ข้าวในภาคเหนือ ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ๒๕๔๔ หน้า
- เมธี เอกะสิงห์ และคณะ ๒๕๔๓ข รายงานข้อมูลเชิงพื้นที่ในระบบสนับสนุนการตัดสินใจการผลิตข้าว รายงานฉบับสมบูรณ์ ส่วนที่ ๒ โครงการวิจัย ระบบสนับสนุนการตัดสินใจการผลิตพืช: ข้าวในภาคเหนือ ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ๑๒๗ หน้า
- วินัย ศรวัต และคณะ ๒๕๔๖ รายงานความก้าวหน้า ครั้งที่ ๒ โครงการวิจัย ระบบสนับสนุนการตัดสินใจเพื่อผลิตมันสำปะหลัง: มันไทย ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น ๗๐ หน้า
- อรรถชัย จินตะเวช สุวิทย์ เลหาศิริวงศ์ และ เอลิมพล ไหลรุ่งเรือง ๒๕๔๐ การประมาณผลผลิตข้าวในพื้นที่ขนาดใหญ่โดยใช้แบบจำลองคอมพิวเตอร์ ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ๑๙๖ หน้า
- อรรถชัย จินตะเวช พนมศักดิ์ พรหมบุรุษย์ การว อ่อนประไพ ศักดิ์คำ จงแก้ววัฒนา ปราการ ศรีงาม ๒๕๔๔ คู่มืออ้างอิง เฮอร์วัน ๑.๐ และฐานข้อมูลโรงงานราชสีมา ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ๑๐๗ หน้า
- อรรถชัย จินตะเวช และ ศรินทิพย์ พรหมฤทธิ์ (บรรณาธิการ) ๒๕๔๕ รายงานฉบับสมบูรณ์ โครงการวิจัย การประมาณการผลิตข้าวด้วยแบบจำลองคอมพิวเตอร์ ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ๕๐๘ หน้า
- อรรถชัย จินตะเวช, วินัย ศรวัต และ ก้อนทอง พวงประโคน, หัสไชย บุญจุ, เกริก ปั่นเหล่งเพชร, พนมศักดิ์ พรหมบุรุษย์ และ ปรีชา พรหมณีย์ 2543 แบบจำลองระบบการผลิตพืชกับงานวิจัยระบบการทำฟาร์ม เอกสารประกอบการสัมมนา ระบบเกษตรเพื่อการจัดการทรัพยากรและพัฒนาองค์กรชุมชนอย่างยั่งยืน ๑๕-๑๗ พฤศจิกายน ๒๕๔๓ โรงแรมหลุยส์ แพเวอร์ิน กทม.
- Carbone, G.J., L.O. Mearns, T. Mavromatis, E.J. Sadler, D. Stooksbury. 2003. Evaluating CROPGRO-Soybean Performance for Use in Climate Impact Studies. *Agronomy Journal*. 95: 537-544.
- Gordon, H.B., L.D. Rotstayn, J.L. McGregor, M.R. Dix, E.A. Kowalczyk, S.P. O'Farrell, L.J. Waterman, A.C. Hirst, S.G. Wilson, M.A. Collier, I.G. Watterson, and T.I. Elliott. 2002. The CSIRO Mk3 Climate System Model. CSIRO Atmospheric Research Technical Paper No.60.
- Hartkamp, A.D., J.W. White, G. Hoogenboom. 1999. Interfacing geographic information systems with agronomic modeling: A review. *Agronomy Journal*. 91: 761-777.
- Hoogenboom, G., P.W. Wilkens, and G.Y. Tsuji. (eds.). 1999. DSSAT 3. vol 4. University of Hawaii, Honolulu, Hawaii.
- 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. USA.
- IPCC. 2001a. Climate Change 2001: The Scientific Basis. Cambridge, U.K.; New York: Cambridge University Press. <http://www.ipcc.ch>
- IPCC. 2001b. Climate Change 2001: Impacts, Adaption and Vulnerability. Cambridge, U.K.; New York: Cambridge University Press. <http://www.ipcc.ch>
- IPCC. 2001c. Climate Change 2001: Mitigation. Cambridge, U.K.; New York: Cambridge University Press. <http://www.ipcc.ch>
- IPCC. 2001d. Climate Change 2001: Synthesis Report. Cambridge, U.K.; New York: Cambridge University Press. <http://www.ipcc.ch>
- Jones, J.W., G. Hoogenboom, C.H. Porter, K.J. Boote, W.D. Batchelor, L.A. Hunt, P.W. Wilkens, U. Singh, A.J. Gijsman, and J.T. Ritchie. 2003. The DSSAT cropping system model. *European Journal of Agronomy* 18: 235-265.
- Mall, R.K., M. Lal, V.S. Bhatia, L.S. Rathore, and Ranjeet Singh. 2004. Mitigating climate change impact on soybean productivity in India: a simulation study. *Agricultural and Forest Meteorology* 121: 113-125.
- Matthews, R.B., M.J. Kropff, T. Horie, and D. Bachelet. 1997. Simulating the Impact of Climate Change on Rice Production in Asia and Evaluating Options for Adaption. *Agricultural Systems*. 54: 399-425.
- Parry, M.L., C. Rosenzweig, A. Iglesias, M. Livermore, G. Fischer. 2004. Effects of climate change on global food production under SRES emissions and socio-economic scenarios. *Global Environmental Change* 14: 53-67.
- Penning de Vries, F.W.T., and H.H. van Laar. 1982. Simulation of plant growth and crop production. Simulation Monograph, PUDOC, Wageningen, The Netherlands, 308 pp.
- Tsuji, G.Y., G. Uehara, S. Balas (eds.). 1994. DSSAT 3. vol 1-3. University of Hawaii, Honolulu, Hawaii.
- Tubiello, F.N., C. Rosenzweig, T. Volk. 1995. Interactions of CO₂, Temperature and Management Practices: Simulations with a Modified Version of CERES-Wheat. *Agricultural Systems*. 49: 135-152.

ภาคผนวก

โครงสร้างการฝึกอบรม

โครงสร้างการฝึกอบรม

การฝึกอบรมระหว่างวันที่ ๑-๑๑ ธันวาคม ๒๕๕๖ ได้ดำเนินการฝึกอบรมโปรแกรม DSSAT 4 และระบบ MRB-Rice shell GIS เพื่อประกอบการศึกษาร่วมกันในเครือข่าย โดยมีหัวข้อบรรยายและแบบฝึกหัดตามรายการต่อไปนี้

หัวข้อบรรยาย

1. Introduction to model
2. DSSAT, IBSNAT, and ICASA History and Overview
3. Simulation of biological processes (J.W. Jones & J.C. Luyten)
4. Simulating basic growth and development processes: Carbon balance
5. Simulating basic growth and development processes: Phenological Development
6. Simulating basic growth and development processes: Growth and Development
7. Minimum Data Set Concept
8. Estimating Genetic Coefficients Concepts
9. Cultivar Coefficients CERES Model
10. Genetic Coefficients for Growth and Development
11. Soil data inputs and utilities
12. Water limited production, soils, and weather
13. Weather data
14. Nitrogen Limited Production
15. Nitrogen Limited Production: Plant Processes
16. Experimentation, Model testing, and calibration of parameters
17. Systematic Procedures for model calibration
18. Evaluating risk and sustainability
19. SEA START RC: Research on impacts of climate change
20. Simulating long-term changes in soil carbon and productivity
21. Climate changes and climate variability effects on crop production
22. Crop production systems modeling in a spatial framework
23. Decision Support System for Cassava Production: MunThai 1.0
24. Simulating spatial variability
25. Simulating pest damage
26. Using crop growth models to analyze yield gaps from pests, soils, weather, and management

แบบฝึกหัด

1. Installation DSSAT version 4.0
2. Using XBuild to construct a FileX for Potential Production
3. Effects of Different Cultivar and Genetic Coefficients and creating a New Cultivar
4. CERES-Rice Species coefficients – simple definitions
5. CROPGRO Species coefficients – simple definitions
6. CERES-Maize Species coefficients – simple definitions
7. Steps in genetic coefficient estimation
8. Using WEATHERMAN to create and check weather data files for use with the crop models
9. Converting soil survey information into DSSAT crop model soil profile inputs
10. Using XBuild to modify a FileX: Production with water limitations

11. Soybean in Thailand and Field Experiment at the Multiple Cropping Center, CMU Irrigation Experimental Station
12. Using XBuild to modify a FileX: Production with water and nitrogen limitations
13. Calibration and evaluation of DSSAT models using in-season growth analyses data
14. Creating crop measurement files for model validation
15. Using XBuild to create a FileX for seasonal analysis
16. Seasonal analysis exercises
17. Creating a sequence FileX using XBuild
18. Sequence analysis exercises
19. Case study
20. Spatial analysis exercises
21. Creating FileX with environmental modification and crop management files (FileT) for plant growth data from the Georgia Envirotron
22. Creating FileA and T to simulate Pest damage

DAILY PROGRAM

A Training Program on DSSAT 4 and MRB-Rice shell GIS tools

Assessing Food Security, Crop Production, Nutrient Management, Climatic Risk and Environmental Sustainability with Simulation Models and GIS tools

December 1 – 11, 2003

Chiang Mai University, Chiang Mai, Thailand

International Consortium for Agricultural Systems Applications

The University of Georgia, Griffin, Georgia, USA

International Center for Soil Fertility and Agricultural Development, Muscle Shoals, Alabama, USA.

Introduction

<u>Day</u>	<u>Hour</u>	<u>Activity</u>	<u>Responsibility</u>
Mon. Dec 1	0830	Registration	Woralux Somjit, Pawida
	0900	Welcome	Phrek Gymmantasiri
	0920	Opening Ceremony	Dean, Agriculture
	0945	Introduction of Participants and Faculty Administrative Issues	Attachai/Gerrit Attachai
	1015	Break Group Picture	Kongtat
	1045	Goals, Course Outline, Schedule	Gerrit/Attachai
	1100	Computer & Network Issues/Computer setup	Chalermpol/Prakan
	1200	Lunch, MCC terrace	
	1300	History and Overview of DSSAT, IBSNAT, and ICASA	Gerrit Hoogenboom

**READING/REFERENCE: UEHARA CHAPTER IN KLUWER BOOK, PP. 1-7,
JONES CHAPTER, PP. 157-178**

	1400	Introduction to Systems Approach	Gerrit Hoogenboom
	<i>Reading/Reference</i> <i>Chapter on Modeling Biological Systems (Handout)</i>		<i>Jones and Luijten</i>
	1500	Break	
	1530	Distribution and Installation of DSSAT Version 4.0 Software	Gerrit Hoogenboom/ Paul W.
Wilkens/Attachai			
	<i>Reading/Reference</i>		<i>Handouts</i>
	1630	Exercises: Running Crop Models	Gerrit Hoogenboom/ Paul W. Wilkens Attachai/Prakan

	1730	Reception, MCC's courtyard	Woralux/Pratana
Potential Production			
<u>Day</u>	<u>Hour</u>	<u>Activity</u>	<u>Responsibility</u>
Tue. Dec 2	0830	Simulating Basic Growth & Development Processes: Phenological Development	Gerrit Hoogenboom
<i>Reading/Reference</i>		<i>Boote et al. chapter in Kluwer book, pp. 99-128</i>	
	1000	Break	
	1030	Simulating Basic Growth and Development Processes: C Balance & Growth (CROPGRO)	Gerrit Hoogenboom
<i>Reading/Reference</i>		<i>Boote et al. chapter in Kluwer book, pp. 99-128</i> <i>Jones et al., (DSSAT documentation)</i>	
	1100	Simulating Potential Production, ICSim	Gerrit Hoogenboom
<i>Reading/Reference</i>		<i>DSSAT4 Volume 3 Chapter 1 User's guide (pdf file)</i>	
	1200	Lunch	
	1300	Simulating Basic Growth and Development Processes: C Balance & Growth (CERES)	Gerrit Hoogenboom
<i>Reading/Reference</i>		<i>Ritchie et al. chapter in Kluwer book, pp. 79-98</i>	
	1430	Minimum Data Set Concept	Gerrit Hoogenboom
<i>Reading/Reference</i>		<i>Hunt and Boote chapter in Kluwer book, pp. 9-40</i>	
	1500	Break	
	1530	Learning the DSSAT 4.0 File System	Gerrit Hoogenboom
<i>Reading/Reference</i>		<i>DSSAT3 Volume 2, Chapter 1</i>	
	1600	Creating FileX: Potential Production	Gerrit Hoogenboom/ Paul W.
Wilkens/Attachai <i>Reading/Reference</i>		<i>DSSAT3 Volume 2, Chapter 1, pp. 1-93;</i> <i>DSSAT3 Volume 1, Chapter 4, pp. 111-143</i>	
	1630	Exercises: Simulating Potential Production	Paul W. Wilkens/ Gerrit /Attachai
	1730	Adjourn	

Genetic Coefficients for Growth and Development

<u>Day</u>	<u>Hour</u>	<u>Activity</u>	<u>Responsibility</u>
Wed. Dec 3	0830	Feedback on exercises and software	Gerrit Hoogenboom
	0900	Concept of Species vs. Genetic Coefficients	Gerrit Hoogenboom
<i>Reading/Reference</i>		<i>Boote, handout of definitions</i>	
	0930	Cultivar Coefficients – CERES Models	Paul Wilkens/ Gerrit/Attachai
<i>Reading/Reference</i>		<i>Ritchie et al. chapter in Kluwer book, pp. 79-98</i>	
	1000	Break	
	1030	Cultivar Coefficients - CROPGRO and Other Models	Gerrit/Attachai
<i>Reading/Reference</i>		<i>Boote et al. chapter in Kluwer book, pp. 99-128</i>	
	1100	Species Coefficients, CROPGRO and CERES Models	Gerrit/Attachai
	1200	Lunch	
	1300	Estimating Genetic Coefficients, Concepts	Gerrit Hoogenboom
<i>Reading/Reference</i>		<i>Mavromatis et al.(DSSAT Documentation)</i>	
	1330	Exercises: Genotypic Sensitivity Analyses	Gerrit/Attachai
<i>Reading/Reference</i>		<i>DSSAT3 Volume 3, Chapter-4, pp. 201-233</i>	
	1500	Break	
	1530	Exercise: Genetic Coefficient Calibration	Gerrit/Attachai
	1730	Adjourn	

Water Limited Production, Soils and Weather

<u>Day</u>	<u>Hour</u>	<u>Activity</u>	<u>Responsibility</u>
Thurs. Dec 4	0830	Feedback on Exercises and Software	Gerrit/Attachai
	0900	Simulating Water Limited Production	Gerrit Hoogenboom
<i>Reading/Reference</i>		<i>Ritchie chapter in Kluwer book, pp. 41-54</i>	
	1030	Break	
	1030	Soil Data Inputs and Utilities	Gerrit Hoogenboom
<i>Reading/Reference</i>		<i>DSSAT3 Volume 1, Chapter -3, pp. 49-90 Saxton's soil parameter utility; Gijsman et al (DSSAT Documentation)</i>	
	1130	Exercises: Soil Data Files	Gerrit/Attachai
	1200	Lunch	
	1300	Weather Data Inputs and Utilities	PWWilkens/Attachai
<i>Reading/Reference</i>		<i>Pickering Paper Handout DSSAT3 Volume 3, Chapter 3</i>	
	1400	Exercises: Weather Data Files	Paul W. Wilkens/ Gerrit Hoogenboom/ Attachai
	1500	Break	
	1530	Creating File X: Water Balance On	Gerrit Hoogenboom/ PWWilkens/Attachai
<i>Reading/Reference</i>		<i>DSSAT3 Volume 2, Chapter 1, pp. 1-93 DSSAT4 Volume 2, Chapter2</i>	
	1600	Exercises: Water Limited Production	Paul W. Wilkens/ Gerrit/Attachai
	1730	Adjourn	

Nitrogen Limited Production

<u>Day</u>	<u>Hour</u>	<u>Activity</u>	<u>Responsibility</u>
Fri.			
Dec 5	0900	Feedback on Exercises and Software	Gerrit Hoogenboom
	1000	Break	
	1030	Simulating Nitrogen Limited Production Processes in the Soil	PW/Attachai
<i>Reading/Reference</i>		<i>Godwin and Singh chapter in Kluwer book, pp. 55-7 Gijsman et al., AJ paper (DSSAT Documentation)</i>	
	1200	Lunch	
	1300	Simulating Nitrogen Limited Production	PW/Attachai
Processes in the Plant			
<i>Reading/Reference</i>		<i>Bowen et al. chapter in Kluwer book, pp. 189-204</i>	
	1400	Creating FileX: Water and N Balance On	Paul W. Wilkens/ Gerrit Hoogenboom
<i>Reading/Reference</i>		<i>DSSAT3 Volume 2, Chapter 1, pp. 1-93 DSSAT4 Volume 2, Chapter2</i>	
	1500	Break	
	1530	Exercises: Nitrogen Limited Production	Paul/Attachai Gerrit Hoogenboom
	1730	Adjourn	

Experimentation, Model Testing and Calibration of Parameters

<u>Day</u>	<u>Hour</u>	<u>Activity</u>	<u>Responsibility</u>
Sat. Dec 6	0830	Tour of MCC Research Farm	Attachai Jintrawet
	0930	Feedback on Exercises and Software	Gerrit/Attachai
	1000	Break	
	1030	Simulating N in soil	Gerrit Hoogenboom
	1100	Plant N	GH
	1200	Lunch	
	1300	Systematic Procedure for Model Calibration	Gerrit Hoogenboom/ Paul/Attachai
<i>Reading/Reference</i>		<i>DSSAT Volume 4, Chapter-6</i>	
	1400	Exercises: Model Calibration	Gerrit Hoogenboom/ Paul/Attachai
	1500	Break	
	1530	Continue Exercises	
	1730	Adjourn	
Sunday			
Dec 7		Free day Continue Exercises	Gerrit Hoogenboom/ Paul/Attachai

Model Validation and Calibration

<u>Day</u>	<u>Hour</u>	<u>Activity</u>	<u>Responsibility</u>
Mon. Dec 8	0830	Exercise: Model validation & Calibration	Gerrit Hoogenboom
	1000	Break	
	1030	Exercise: Continue	Gerrit Hoogenboom Paul/Attachai
	1200	Lunch	
		Exercise: Continue	PWW/GH/AJ
	1500	Break	
	1530	Uncertainty, Risk, BMPs, and Sustainability	Gerrit Hoogenboom
	1730	Adjourn	

Model Applications

<u>Day</u>	<u>Hour</u>	<u>Activity</u>	<u>Responsibility</u>
Tue. Dec 9	0830	Research on Climate Change	Suppakorn Chinvanno
	0900	Exercises: Seasonal Analysis	Paul/Attachai Gerrit Hoogenboom
	1000	Break	
	1100	Exercises: Seasonal Analysis	Paul/Attachai Gerrit Hoogenboom
	1200	Lunch	
	1500	Break	
	1530	Continue Exercises	Paul/Attachai Gerrit Hoogenboom
		Adjourn	

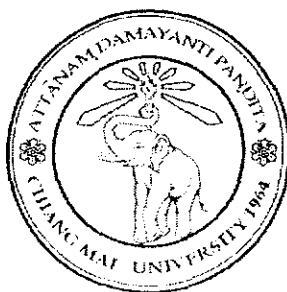
Model Applications

<u>Day</u>	<u>Hour</u>	<u>Activity</u>	<u>Responsibility</u>
Wed. Dec 10	0845	Climate Change and Climate Variability	Gerrit Hoogenboom
		<i>Reading/Reference</i> <i>Rosenzweig and Iglesias chapter in Kluwer book, pp. 267-292</i>	
	0920	Soil Organic Carbon	Gerrit Hoogenboom
	0937	Demo Create File X: Sequence Analysis MZ-Fallow-SB-Fallow Three handouts: Case study, Creating a sequence File X using XBUILD, and Sequence Analysis Exercise.	Paul Wilkens
	1000	Break	
	1030	Demo Create File X: Sequence Analysis	Paul Wilkens/GH
	1100	Exercise: Sequence Analysis Case Study Experimental Data	
	1200	Lunch	
	1300	Simulating Spatial Variability	Gerrit Hoogenboom
	1330	Spatial Analysis	Paul Wilkens
	1400	Demo: IDSS	Paul Wilkens
		Demo: MTDSS	Attachai/ Vinai Sarawat
	1500	Break	
	1530	Continue Exercises	
	1730	Adjourn	
	1900	Dinner @ Thai Restaurant	The River Bar

Model Applications

<u>Day</u>	<u>Hour</u>	<u>Activity</u>	<u>Responsibility</u>
Thr.			
Dec 11	0830	Yield Improvement and Yield Gap Analysis	Gerrit Hoogenboom
		<i>Reading/Reference</i>	<i>White chapter in Kluwer book, pp. 179-188</i>
	0930	Continue Exercises Case Study Experimental Data	
	1000	Break	
	1100	Closing Ceremony and Certificates	Vice President for Research Affairs, Prof. Dr. Chackree Senthong Gerrit/Paul/Attachai
	1200	Lunch	
	1300	Model Applications: Decision Support Systems	Gerrit Hoogenboom
	1400	Continue Exercises Case Study Experimental Data	
	1500	Break	
	1530	Group Discussion of Applications and Needs	Gerrit Hoogenboom/ Attachai
	1700	Adjourn	

รายนามและภาพผู้เข้ารับการศึกษาอบรม



Training Program on Assessing Crop Production, Nutrient Management, Climatic Risk and Environmental Sustainability with Simulation Models

1 - 11 December, 2003



Participants

DSSAT4 & GIS Tools Training Program

December 1-11, 2003

Bhutan

1. Mr. Mahesh Ghimiray mghimire@druknet.bt
RNRRC-Bajo, Council of Research and Extension (CORE),
Ministry of Agriculture, Bajothang, Wangdue,
Wangduephodrang, Bhutan, 252
2. Mr. Tirtha Bdr Katwal tirthakatwal@hotmail.com
RNRRC-Khangma, Council of Research and Extension (CORE),
Ministry of Agriculture, Yongphula Road, Kanglung,
Trashigang, Bhutan 252

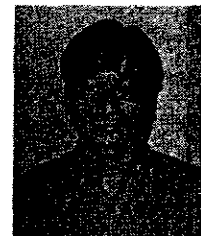


3. Mr. Karma Tse-ring ka_tsering@moa.gov.bt
Agromet Office, Council of Research and Extension,
Ministry of Agriculture, Thimphu,
Thimphu, Thimphu, Bhutan 252



Cambodia

1. Mr. Pech Sithan psithan@yahoo.com
Agronomy Dept., Prek Leap National Agriculture
Phnom Penh
Cambodia



Iran

2. Mr. Nozar Ghahreman nghahreman@yahoo.com
Ph.D. Student
Dept. of Agronomy and Agrometeorology
Punjab Agricultural University (PAU)
Ludhiana, 141004, India



Laos

3. Mr. Thavone Inthavong i_thavone@yahoo.com
GIS Specialist
National Agriculture and Forestry Research Institute (NAFRI),
P.O. Box. 811, Nong Vieng Kham
Vientiane, Lao PDR 856



South Korea

4. Dr. Hwang KyuHong agromet@chol.com
Encosys Co., Ltd., Research Part, RM 231, 8-Dong, Industrial
Complex, #555-9, Hogae, Dongan, Anyang, KyungGi, South
Korea, 430-080
5. Dr. Shim Kyomoon kmshim@rda.go.kr
National Institute of Agricultural Science and Technology
Division of Agricultural Environment and Ecology
249 Seodundong, Suwon, Gyeonggi, South Korea, 441-707



Thailand

6. Dr. Poramate Banterng bporam@kku.ac.th
Lecturer, Dept. of Agronomy, Faculty of Agriculture
Khon Kaen University, Khon Kaen, Thailand, 40002
7. Dr. Hatsachai Boonjung boonjung@ccs.sut.ac.th
Asst. Prof., Suranaree University of Technology,
Muang, Nakhon Ratchasima, 30000, Thailand.
8. Mr. Chitnucha Buddhaboorn chitnucha@yahoo.com
Researcher, Prachinburi Rice Research Center
Ban Sang, Prachinburi 25150 Thailand
Phone :0-9803-2295 Fax :0-3727-1009
9. Dr. Vichien Kerdsuk vich_ke@kku.ac.th
Researcher, Research and Development Institute
Khon Kaen University, Khon Kaen, Thailand, 40002
10. Dr. Jirawan Kitchaicharoen jirawank@chiangmai.ac.th
Lecturer, Dept. of Agricultural Economics, Faculty of
Agriculture,
Chiang Mai University, Chiang Mai,
Thailand, 50200
11. Mr. Sahaschai Kongton sahask@access.inet.co.th
Researcher, Land Development Dept.
Ministry of Agriculture, Bangkok
Thailand, 10900
12. Dr. Suwit Laohasiriwong suwit@kku.ac.th
Associate Prof., Dept. of Agronomy, Faculty of Agriculture
Khon Kaen University, Khon Kaen, Thailand, 40002
13. Ms. Nittaya Phakamas nittaya_p@hotmail.com
Ph.D. Student
Graduate student, Dept. of Agronomy,
Khon Kaen University, Khon Kaen, 40002, Thailand.
14. Ms. Prancheewan Ponphang-nga pporn@csc.ku.ac.th
Lecturer, Faculty of Natural Resource and Agro-Industry
Kasetsart University Chalermphrakiat SakonNakhon
59 Chiangcure Muang District, SakonNakhon Thailand. 47000
Phone: 0-4275-4088-106 Fax: 0-4275-4098



15. Dr. Preecha Prammanee pramm@access.inet.co.th
Researcher, Suphanburi Field Crop Research Center
U-Thong, Suphanburi
16. Mr. Sukit Ratanasriwong sukit_r@hotmail.com
Researcher, Roi Et Agricultural Technical Service Center,
Roi Et, Thailand, 45000
17. Mr. Vinai Sarawat vinsar@kku.ac.th
Researcher, Khon Kaen Field Crop Research Center
Khon Kaen, Thailand, 40000
18. Ms. Sureeporn Sudchalee sureeporns@icraf-cm.org
Researcher, ICRAF Chiang Mai Office, P.O. Box 267,
CMU post Office, Suthep, Chiang Mai, 50200, Thailand.
Tel: 0-5335-7906-7 Fax: 0-5335-7908
19. Mr. Bhalang Suriharn bsuriharn@hotmail.com
Ph.D. Student, Dept. of Agronomy,
Khon Kaen University, Khon Kaen, 40002, Thailand.



Vietnam

20. Ms. Nguyen Thi Chuc chucnt@yahoo.com
Legume Research and Development Center
Vietnam Agricultural Research Institute, Thanh Tri
Ha Noi, Vietnam
21. Ms. Nguyen Thi My Hanh ntmhanh76@yahoo.com
Vietnam Agricultural Science Institute
Legumes Research And Development Center
Van Dien - Thanh Tri, Hanoi, Vietnam
22. Ms. Nguyen Thi Hien Thuan hien.thuan@hcm.vnn.vn or
hienthuanvn@yahoo.com
Sub-Institute of Hydrometeorology of South Vietnam
19 Nguyen Thi Minh Khai, District 1
Ho Chi Minh City, Vietnam, 8408



Observers

1. Ms. Sarinthip Promrit sarinthip@chiangmai.ac.th
Multiple Cropping Center, CMU



2. Mr. Chanwit Soontornmuang changwits@icraf-cm.org
ICRAF Chiang Mai Office, P.O. Box 267, CMU Post Office,
Suthep, Chiang Mai, 50200, Thailand.
3. Ms. Pantip Nonsee pantipnonsee@hotmail.com
Multiple Cropping Center, CMU



Faculty

1. Dr. Gerrit Hoogenboom gerrit@griffin.uga.edu
Professor, Department of Biological and Agricultural Engineering
The University of Georgia
165 Gordon Futral Court
Griffin, Georgia 30223-1797, USA
2. Dr. Paul W. Wilkens pwilkens@ifdc.org
Resource Development Division
International Center for Soil Fertility and Agricultural
Development (IFDC)
P.O. Box 2040
Muscle Shoals, Alabama 35662, USA.
3. Dr. Attachai Jintrawet attachai@chiangmai.ac.th
Assistant Prof., Soil Science and Conservation Dept., and
Multiple Cropping Center, Chiang Mai University
Chiang Mai, 50200, Thailand.



Invited Speaker

1. Mr. Suppakorn Chinvanho suppakorn@start.or.th
Advisor, Water Resource Group
Chulalongkorn University
Southeast Asia START Regional Center
Old SWU Pathumwan 5 Building, 5th Floor
Henri Dunant Rd., Bangkok 10330
Thailand



Chiang Mai University Participants

1. Prof. Dr. Chuckree Senthong agicsnth@chiangmai.ac.th
Vice President for Research Affairs
Chiang Mai University, Chiang Mai, 50200, Thailand.
2. Assist. Dr. Pitaya Suansiri deanagri@chiangmai.ac.th
Dean, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai,
50200, Thailand.
3. Mr. Phrek Gymatasiri phrek@chiangmai.ac.th
Associate Director
Multiple Cropping Center, Chiang Mai University, Chiang Mai,
50200, Thailand.
4. Dr. Methi Ekasingh methi@chiangmai.ac.th
Head, Decision Support Systems for Agricultural Resources
Management Research Unit, Multiple Cropping Center, Chiang
Mai University, Chiang Mai, 50200, Thailand.
5. Mr. Prakan Sringam prakan@chiangmai.ac.th
Programmer, Decision Support Systems for Agricultural Resources
Management Research Unit, Multiple Cropping Center, Chiang
Mai University, Chiang Mai, 50200, Thailand.
6. Mr. Ratchabhum Jaikla
Programmer, Decision Support Systems for Agricultural Resources
Management Research Unit, Multiple Cropping Center, Chiang
Mai University, Chiang Mai, 50200, Thailand.



(ตัวอย่างการศึกษา)

การจำลองผลกระทบของสภาพบรรยากาศในอนาคตต่อการผลิตข้าว

อรรถชัย จินตะเวช

ภาควิชาปฐพีศาสตร์และอนุรักษศาสตร์ และศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ๕๐๒๐๐

ปรากร ศรีงาม

ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ๕๐๒๐๐

และ

อานนท์ สนิทวงศ์

ศูนย์ START จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพมหานคร

บทคัดย่อ

ระบบเกษตรเป็นระบบหนึ่งที่มีความอ่อนไหวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพบรรยากาศ ถึงแม้ว่าแบบจำลองที่ใช้ในการคาดการณ์ขนาดของการเปลี่ยนแปลงสภาพบรรยากาศยังต้องได้รับการปรับปรุงให้มีความแม่นยำเพิ่มขึ้น แต่ด้วยความจำเป็นต่อการสร้างกลยุทธ์เพื่อการปรับปรุงและการปรับตัวให้เข้ากับสภาพการเปลี่ยนแปลงที่จะเกิดขึ้น การศึกษาครั้งนี้ดำเนินการในพื้นที่จังหวัดขอนแก่นและจังหวัดเชียงใหม่ โดยใช้แบบจำลองข้าว CERES-rice ซึ่งได้มีการทดสอบอย่างกว้างขวางทั้งในและต่างประเทศ และแบบจำลองภูมิอากาศ CCAM ผลการศึกษาพบว่าปริมาณน้ำฝนจากแบบจำลอง CCAM ในระหว่างปี 2549-68 ของจังหวัดขอนแก่นและจังหวัดเชียงใหม่จะเพิ่มขึ้นร้อยละ 20 และ 50 ตามลำดับ หากไม่มีการเปลี่ยนแปลงวิธีการจัดการใช้ที่ดิน แบบจำลองข้าว CERES-rice ประเมินการผลิตข้าวได้ในระดับใกล้เคียงกับผลผลิตข้าวที่ผ่านมา ที่จังหวัดขอนแก่น ข้าวเหนียวสันป่าตองและ กข 7 ได้ผลผลิตอยู่ในช่วง 116-486 และ 135-642 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ จังหวัดเชียงใหม่ข้าวเหนียวสันป่าตองและ กข 7 ได้ผลผลิตอยู่ในช่วง 432-1287 และ 512-1634 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ อย่างไรก็ตามปริมาณน้ำฝนที่เพิ่มขึ้นอาจจะมีผลต่อสภาพน้ำท่วมขังและการระบาดของโรคและแมลงเพิ่มขึ้น

Simulating the Impact of future changes of climate on rice production systems

Attachai Jintrawet

Dept. of Soil Sci. and Conservation and Multiple Cropping Center, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University

Prakan Sringam

Multiple Cropping Center, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University

Anond Snidwong

START, Chulalongkorn University

Abstract

Agricultural systems is one of the sensitive areas which would be influenced by the projected global warming and associated climate change. Despite uncertainties about the precise magnitude of climate change on regional scales, and assessment of the possible impacts of changes in key climatic elements on our agricultural resources is important for formulating response strategies. In this study, rice crop yields in North and Northeast Thailand under future climate scenarios from the CCAM model are examined. The CCAM model predicted that during 2006-2024 the annual rainfall amount of Khon Kaen and Chiang Mai should be increased around 20 and 50% as compare to the annual rainfall during 1975-2000. The CERES-Rice model predicted similar ranges of yield for both locations. In Khon Kaen, NSPT and RD7 rice varieties gave a yield range of 116-486 and 135-642 kg ha⁻¹, whereas Chiang Mai area yield a higher yield range, i.e., 432-1287 and 512-1634 kg ha⁻¹, respectively. However, one should bare in mind the predicted amount of rainfall and the relationship of more incidents of insect pests.

บทนำ

สภาวะอากาศโลกมีการเปลี่ยนแปลงทั้งในระยะสั้นและยาว นักวิทยาศาสตร์มีความเห็นร่วมกันว่าการเปลี่ยนแปลงเกิดจากการเพิ่มขึ้นของก๊าซเรือนกระจกหลัก ๆ ได้แก่ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ก๊าซมีเทน (CH_4) ก๊าซไนตรัสออกไซด์ (NO_2) และก๊าซคลอโรฟลูโอโรคาร์บอน (CFCs) ซึ่งเป็นการกระทำของมนุษย์ (Houghton and Yihui, 2001) โดยเฉพาะหลังการเจริญเติบโตด้านอุตสาหกรรม มีการศึกษาผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงในด้านต่าง ๆ (Watson et al., 2001) และการลดผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงที่อาจจะเกิดขึ้นในอนาคต (Metz et al., 2001)

มีการศึกษาผลกระทบของสภาวะโลกร้อนที่มีต่อการผลิตข้าวอย่างกว้างขวางทั้งในระดับนานาชาติ (Olszyk et al, 1999) และระดับชาติ (Lal et al., 1998) การศึกษาของ Matthews et al (1995) ในภาคพื้นเอเชียโดยใช้แบบจำลองสองแบบจำลองสรุปว่าผลผลิตข้าวของประเทศไทยมีแนวโน้มลดลง รวมทั้งประเทศบังคลาเทศและประเทศอินเดีย ทางตะวันตก ภาพรวมผลการศึกษาพบว่าผลผลิตข้าวมีแนวโน้มลดลงจากระดับปัจจุบันร้อยละ 4 ในขณะที่ประชากรมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในอัตรา 1.5

การศึกษามลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศอันเนื่องมาจากการเพิ่มขึ้นของความเข้มข้นของก๊าซเรือนกระจกที่มีต่อระบบเกษตรมีผู้เสนอแนะไว้อย่างน้อย 3 แนวทาง ได้แก่

แนวทางที่หนึ่ง เป็นการสมมุติสถานการณ์โดยการกำหนดให้อุณหภูมิอากาศเพิ่มขึ้นจากระดับปัจจุบันเป็น $+1^\circ\text{C}$ หรือ $+2^\circ\text{C}$ หรือ $+4^\circ\text{C}$ พร้อมกับและเพิ่มขึ้น/ลดลงของปริมาณน้ำฝนร้อยละ 10 โดยใช้แบบจำลองระบบการผลิตพืชแต่ละชนิดตามที่นักวิจัยต้องการศึกษา ซึ่งเป็นขั้นตอนพื้นฐาน แต่มีข้อจำกัดว่าอาจจะไม่ได้ประสมประสานอิทธิพลของ Radiative forcing และการเปลี่ยนแปลงกายภาพของบรรยากาศ เช่น การเพิ่มขึ้นหรือลดลงของปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

แนวทางที่สอง ใช้แบบจำลองสมุทร-ดิน-บรรยากาศในการจำลองสภาพอากาศในอนาคต ซึ่งได้มีการพัฒนาหลายแบบจำลอง (ตาราง 1) รวมเรียกว่า General Circulation Models (GCMs) ซึ่งได้รับการออกแบบและพัฒนาให้คำนวณการไหลเวียนของลมในระดับต่าง ๆ ของชั้นบรรยากาศโลก การคำนวณคุณสมบัติทางกายภาพของบรรยากาศ และคำนวณปริมาณน้ำฝน รังสีดวงอาทิตย์ และปริมาณน้ำฝนเป็นตาราง (grid-based) แบบจำลองเหล่านี้มีพื้นฐานจากหลักวิทยาศาสตร์และกฎทางกายภาพบรรยากาศโลก

แนวทางที่สาม ใช้ข้อมูลอากาศสภาพอากาศในอดีตที่มีการเก็บไว้แล้ว และมีสภาพคล้ายคลึงกับสภาวะที่น่าจะเป็นในอนาคตใช้ประกอบการคำนวณของแบบจำลอง วิธีการนี้มีข้อจำกัดที่ว่า การเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศในอนาคตเกิดขึ้นในอัตราที่สูงมากกว่าเดิม และอาจจะเกิดเป็นระยะเวลายาวนานหลายเดือนและอาจจะเป็นปีได้ นอกจากนี้สภาพอากาศที่เปลี่ยนแปลงโดยการเพิ่มขึ้นของความเข้มข้นของก๊าซเรือนกระจกแตกต่างจากการเปลี่ยนแปลงของสภาพอากาศที่เกิดจากการรับรังสีดวงอาทิตย์ (solar insolation)

จุดประสงค์ของเอกสารนี้ เพื่อแสดงผลการศึกษาโดยใช้วิธีการที่หนึ่งและสอง ถึงผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศที่มีต่อระบบการผลิตข้าวของสองระบบนิเวศหลักของประเทศไทยที่จังหวัดขอนแก่นและจังหวัดเชียงใหม่ ในช่วง 20 ปีข้างหน้า ระหว่าง (พ.ศ. 2549-2568) ค.ศ. 2006-2025 และเสนอแนวคิดในการดำเนินการเพื่อการปรับตัวให้เข้ากับสภาพอากาศดังกล่าว

ตาราง 1: ลักษณะของแบบจำลองภูมิอากาศโลก (General Circulation Models: GCMs)

แบบจำลองการไหลเวียนอากาศโลก				
ข้อเปรียบเทียบ		GFDL	GISS	UKMO
แหล่งวิจัย		Geographical Fluid Dynamics Laboratory	Goddard Institute for Space Studies	United Kingdom Meteorological Office
อ้างอิง		Wetherald & Manabe (1988)	Hansen et al. (1988)	Wilson & Mitchell (1987)
ความละเอียดแนวนอน		4.44° x 7.5°	7.83° x 10.0°	5.00° x 7.5°
ความละเอียดแนวตั้ง		9	9	11
ความเข้มข้น CO ₂		300	300	323
มาตรฐาน				
อุณหภูมิอากาศเพิ่มขึ้น		+4.0	+4.2	+5.2
(°C)				
ปริมาณน้ำฝนเพิ่มขึ้น		8	11	15
(%)				
แหล่ง: (Bachelet et al., 1995)				

เครื่องมือศึกษา

ระบบการผลิตข้าวนาปี

ข้อมูลการผลิตข้าวและข้อมูลประชากรของทั้งประเทศ ของจังหวัดขอนแก่น (ตัวแทนบ้านหินลาด ต.บ้านค้อ อ.เมือง จ.ขอนแก่น) และจังหวัดเชียงใหม่ (ตัวแทน บ้านห้วยแก้ว ต.แม่แฝก อ.สันทราย จ.เชียงใหม่) ระหว่างปี 2517-2543 (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2518-44; URL1) ข้อมูลการผลิตข้าวประกอบด้วยพื้นที่ปลูก พื้นที่เก็บเกี่ยว ผลผลิตข้าวรวม และผลผลิตเฉลี่ยต่อไร่

ข้อมูลภูมิอากาศเกษตร WTH

ใช้ข้อมูลภูมิอากาศเกษตรรายวันระหว่างปี 2528-42 ที่มีการเก็บในแปลงทดลองหมวดพืชไร่ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น และสถานีวิจัยเกษตรชลประทาน ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ประกอบด้วยรังสีดวงอาทิตย์ อุณหภูมิสูงสุด-ต่ำสุด และปริมาณน้ำฝน เพื่อประกอบการคำนวณของแบบจำลองระบบการผลิตข้าว ข้อมูลที่ใช้เป็นข้อมูลภูมิอากาศรายวันจัดเก็บในรูปแบบของ DSSAT3.5 (Tsuiji et al., 1994)

แบบจำลองข้าว

แบบจำลองข้าว CERES-Rice ได้รับการพัฒนา โดยนักวิจัยในเครือข่าย IBSNAT (Alocilja and Ritchie, 1988; Jintrawet, 1995; Tsuiji et al., 1994) สามารถจำลองพัฒนาการ(ตาราง ๒) และการเจริญเติบโตของข้าวตามกระบวนการทางด้านสรีระของข้าว โดยแบ่งออกเป็นส่วนของราก ลำต้น ใบ เมล็ดข้าวและไนโตรเจนในเมล็ดข้าว รวมทั้งพลวัตของน้ำในพืชและในดิน (Ritchie, 1998) และพลวัตของไนโตรเจนในพืชและในดิน (Godwin and Singh, 1998) เป็นแบบจำลองที่ได้รับการทดลองอย่างกว้างขวางทั้งในต่างประเทศและในประเทศไทย (Jintrawet, 1995; อรรถชัย และ คณะ, 2544)

ตาราง 2: พัฒนาการและการคำนวณส่วนต่าง ๆ ของข้าวตามแบบจำลองข้าว CERES-Rice

รหัส พัฒนาการ	ความหมาย	ส่วนของพืชที่แบบ จำลองคำนวณ
7	เมล็ดลงในดิน Sowing	
8	50% ของต้นมีรากงอก Germinate	
9	50% ของต้นมียอดโผล่พ้นผิวดิน Emergence	ราก
1	50% ของต้นสิ้นสุดระยะการเจริญทางต้น End Juvenile	ราก, ใบ
2	50% ของต้นระยะแทงช่อดอก Panicle Initiation	ราก, ใบ, ต้น
3	50% ของต้นถึงระยะสิ้นสุดการสร้างใบ End leaf growth	ราก, ใบ, ต้น
4	50% ของต้นระยะเริ่มต้นการสะสมน้ำหนักเมล็ด Begin Grain Filling	ราก, ต้น, รวง
5	50% ของต้นระยะสุกแก่ทางสรีระ Maturity	ราก, เมล็ด
6	50% ของต้นเก็บเกี่ยว Harvest	

แหล่ง: Ritchie et al., 1998.

แบบจำลองภูมิอากาศ CCAM

แบบจำลองสภาพอากาศ CCAM (Gordon and O'Farrell, 1997) เป็นแบบจำลองกายภาพของบรรยากาศโลก มีความละเอียดของพื้นที่เล็กที่สุดขนาด 200 กิโลเมตร เป็นแบบจำลองสภาพอากาศชนิด spectral atmospheric GCM และเชื่อมโยงกับแบบจำลองสมุทรศาสตร์ GFDL (Watherald and Manabe, 1988; และ URL2) แบบจำลอง CCAM ใช้หลักการของการเคลื่อนที่ของเมฆแบบ cumulus แบบมวลเคลื่อนที่ที่พลวัตสูงตามหลักการ convection และจำลองการแลกเปลี่ยนอุณหภูมิดินและความชื้นโดยแบ่งดินออกเป็น 6 ชั้น

ใช้แบบจำลอง CCAM คำนวณ ค่ารังสีดวงอาทิตย์ อุณหภูมิสูงสุด-ต่ำสุด และปริมาณน้ำฝน ของจังหวัดขอนแก่น และจังหวัดเชียงใหม่ 2 ระยะ ระยะแรกระหว่างปี 2528-2543 เป็นการจำลองสภาพอากาศ (climate scenarios) โดยกำหนดให้ความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2 เรียกว่า 1x CO_2 scenario) เป็น 330ppm ระยะที่สองระหว่างปี 2549-2568 (2006-2064) เป็นการจำลองสภาพอากาศโดยเพิ่มความเข้มข้นของ CO_2 เป็น 660ppm (เรียกว่า 2x CO_2 scenario) และทำการปรับรูปแบบข้อมูลเพื่อแบบจำลองข้าวสามารถนำไปใช้ได้โดยโปรแกรม WeaData (ปรากฏ และ อรรถชัย, 2545)

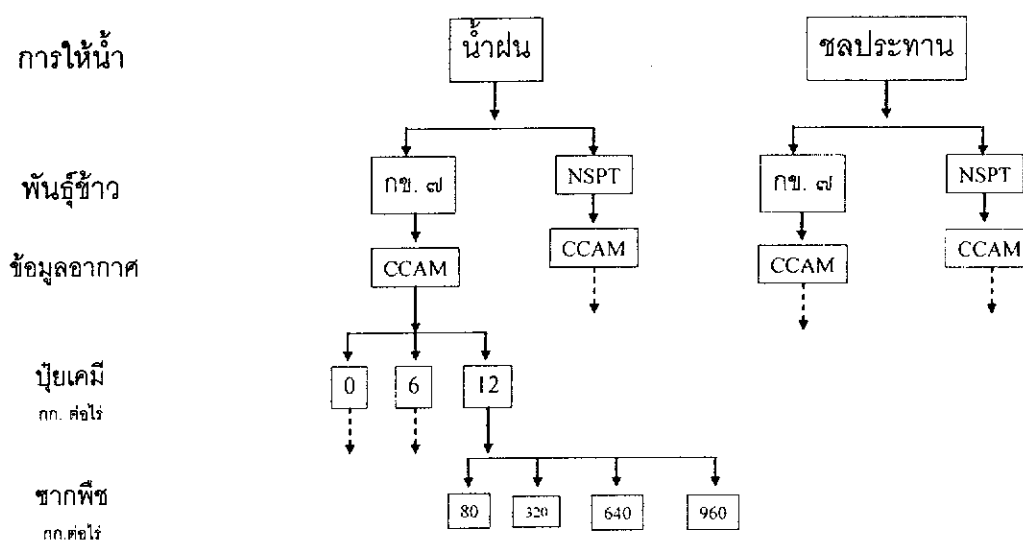
การจำลองระบบการผลิตข้าว (Rice simulation experimental design)

มีการจำลองสองแบบ (Scenario) ได้แก่ 1x CO_2 และ 2x CO_2 (รูป 1)

Scenario 1x CO_2 ใช้ข้อมูลอากาศที่มีการวัดจริง (WTH) และข้อมูลอากาศจากแบบจำลองอากาศ CCAM ของขอนแก่น (KK) และเชียงใหม่ (CM) จำลองระบบการผลิตข้าวเหนียวสันป่าตอง และข้าว กข. ๗ ในระหว่างปี 2528-2542 ทั้งแบบใช้น้ำฝนอย่างเดียวและใช้น้ำชลประทานอย่างเต็มที่

Scenario 2x CO_2 ใช้ข้อมูลอากาศจากแบบจำลองภูมิอากาศ CCAM ระหว่างปี 2549-2568 ของจังหวัดขอนแก่น (KK) และจังหวัดเชียงใหม่ (CM) จำลองระบบการผลิตข้าวเหนียวสันป่าตอง และข้าวเจ้า กข. 7 แบบใช้น้ำฝนอย่างเดียวและใช้น้ำชลประทานอย่างเต็มที่ พร้อมทั้งการจัดการปุ๋ยไนโตรเจน

รวม ๒๔ ระบบจัดการผลิตข้าว จำลองระบบละ ๒๐ ปี



รูป 1: แผนผังการจำลองการผลิตข้าวของจังหวัดเชียงใหม่ จังหวัดขอนแก่น และทั่วประเทศ ระหว่างปี 2549-68

การวิเคราะห์ความแตกต่าง

เพื่อประเมินความแตกต่างของผลผลิตที่ได้จากการจำลองของแบบจำลองข้าว CERES-Rice โดยใช้ข้อมูลภูมิอากาศจากการวัดจริง (WTH) และ จากแบบจำลองอากาศ (CCAM) จึงใช้ค่า RMSE (Root Mean Square Error = $[(\text{Simulated}-\text{Observed})^2/N]^{1/2}$ และค่า MD (Mean Deviation = $[(\text{Simulated}-\text{Observed})/N]$) ค่า RMSE แสดงถึงการเกาะตัวหรือการกระจายตัวของค่าที่ได้จากแบบจำลอง (Simulated) และค่าที่ได้จากการตรวจวัดจริงของระบบการผลิต (Observed) ค่า RMSE แสดงการกระจายตัวของผลผลิตข้าวที่ได้จากชุดข้อมูลอากาศที่มีการวัดจริง (WTH) และชุดข้อมูลอากาศที่ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศ CCAM เมื่อเทียบกับข้อมูลผลผลิตข้าวที่มีการสำรวจและรายงานโดยสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตรของ ๒ จังหวัดในระหว่างปี 2528-2542 (OAE) ส่วนค่า MD แสดงถึงความสามารถของแบบจำลองว่าคาดการณ์เกินความจริง (Overestimate) หรือ น้อยกว่าความจริง (Underestimate) เมื่อเทียบกับค่าที่ได้จากการตรวจวัดจริงของระบบการผลิต (Observed) กล่าวคือ หากได้ค่า MD เป็นลบหมายถึงแบบจำลองข้าวที่ใช้ข้อมูลอากาศชุดนั้น ๆ คำนวณผลผลิตข้าวได้น้อยกว่าผลผลิตข้าว OAE

ผลการศึกษา

การผลิตข้าวปี ๒๕๑๗-๒๕๔๔

ตั้งแต่ปี 2517 พื้นที่การปลูกข้าวของทั้งประเทศเพิ่มขึ้นปีละ 141,000 ไร่ ในปี 2544 มีพื้นที่รวมทั้งสิ้น 56.9 ล้านไร่ พื้นที่ปลูกข้าวของจังหวัดขอนแก่นเพิ่มขึ้นปีละ 12,000 ไร่ ในปี 2544 มีพื้นที่รวมทั้งสิ้น 2.0 ล้านไร่ แต่จังหวัดเชียงใหม่มีพื้นที่ปลูกข้าวลดลงปีละ 9,400 ไร่ ในปี 2544 มีพื้นที่รวมทั้งสิ้น 0.46 ล้านไร่

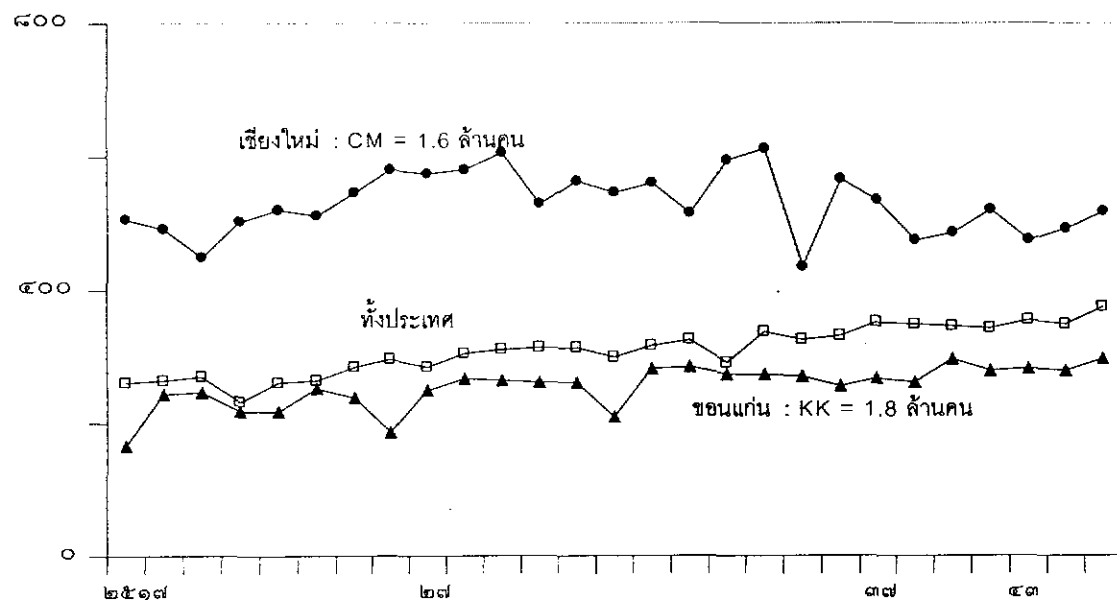
ผลผลิตข้าวต่อไร่ของทั้งประเทศ จังหวัดขอนแก่น และจังหวัดเชียงใหม่แสดงในรูป 2 ตั้งแต่ปี 2517 ผลผลิตข้าวของทั้งประเทศเพิ่มขึ้นปีละ 4.2 กก/ไร่/ปี ในปี 2544 มีผลผลิตเฉลี่ย 375 กก/ไร่ ผลผลิตข้าวของจังหวัดขอนแก่น ลดลงปีละ 0.5 กก/ไร่/ปี และในปี 2544 มีผลผลิตเฉลี่ย 295 กก/ไร่ จังหวัดเชียงใหม่มีผลผลิตข้าวเพิ่มขึ้นปีละ 2.8 กก/ไร่ และในปี 2544 มีผลผลิตเฉลี่ย 517 กก/ไร่

การผลิตข้าวในจังหวัดขอนแก่นพื้นที่ส่วนใหญ่เป็นการผลิตข้าวแบบอาศัยน้ำฝน ใช้ต้นทุนการผลิตต่ำ ส่วนการผลิตในจังหวัดเชียงใหม่เป็นการผลิตข้าวที่มีน้ำชลประทานเสริมตั้งแต่ต้นฤดูปลูก และมีการใช้ปุ๋ยเคมีเสริมการผลิตในอัตราสูงกว่าจังหวัดขอนแก่น

ปริมาณฝนระหว่างปี 2549-2568

แบบจำลองภูมิอากาศ CCAM คาดการณ์ปริมาณฝนระหว่างปี 2549-2568 (scenario 2) ของจังหวัดเชียงใหม่และจังหวัดขอนแก่นได้สูงกว่าปริมาณน้ำฝนที่ได้รับในช่วง 2528-2542 (scenario 1) ร้อยละ 55 และ 19 คือจาก 1,761 มม. เป็น 1,132 มม. และ 1,314 มม. เป็น 1,105 มม. ตามลำดับ ซึ่งให้เห็นว่าการผลิตข้าวของทั้งสองพื้นที่อาจประสบปัญหาการมีน้ำมากเกินไปสำหรับพื้นที่ราบลุ่ม ถึงระดับที่ไม่อาจทำการผลิตข้าวได้หากมีระยะเวลาการท่วมขังเป็นระยะยาว อาจจะต้องทำการเปลี่ยนพันธุ์ข้าวจากพันธุ์ปัจจุบัน เป็นข้าวที่สามารถทนได้กับภาวะดังกล่าว

ผลผลิตข้าว (กิโลกรัมต่อไร่)



รูป 2: ผลผลิตภาพของข้าวในจังหวัดเชียงใหม่ จังหวัดขอนแก่น และทั้งประเทศ ระหว่างปี ๒๕๑๗-๔๓

แหล่งข้อมูล: สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร <http://www.oae.go.th>

เปรียบเทียบผลผลิตข้าว พ.ศ. 2528-2542 (Scenario 1: 1xCO2)

แบบจำลองข้าวคำนวณผลผลิตข้าวที่ความชื้นร้อยละ 14 ของทั้งสองจังหวัดโดยใช้ข้อมูลอากาศแบบ WTH CCAM มีแนวโน้มไปในทางเดียวกัน ทุกแบบการผลิตข้าว (ตาราง 3) คือให้สูงกว่าผลผลิต OAE ทั้งสองจังหวัด ยกเว้น การปลูกข้าวแบบอาศัยน้ำฝนและใช้ข้อมูลอากาศชุด CCAM ซึ่งให้ผลผลิตข้าวต่ำกว่าผลผลิต OAE พบว่าใช้ข้อมูลอากาศจากแบบจำลองภูมิอากาศ CCAM ทำให้ข้าวมีการขาดน้ำในขนาดที่ข้าวอยู่ในระยะสิ้นสุดการสร้างใบ ถึงระยะเริ่ม

ต้นการสร้างรวง และพบว่าชุดดินทั้งสองของสองจังหวัดมีปริมาณการระบายน้ำสูงมาก คือมีอัตราการระบายน้ำเป็น 46 และ 307 มม. ที่ขอนแก่น และ 103 และ 418 มม. ที่จังหวัดเชียงใหม่ ตามลำดับ

การเปรียบเทียบผลผลิตข้าวที่ได้จากแบบจำลองข้าวเมื่อใช้ข้อมูลภูมิอากาศทั้งสองชุดโดยใช้ค่า RMSE และค่า MD (ตาราง ๔) พบว่าค่าการกระจายตัวของผลผลิต (RMSE) มีแนวโน้มไปในทางเดียวกันและใกล้เคียงกัน ยกเว้นกรณีการผลิตโดยใช้น้ำฝนและใช้ข้อมูลภูมิอากาศชุด CCAM เนื่องจากสาเหตุที่ได้กล่าวข้างต้นแล้ว

การเปรียบเทียบแสดงว่าสามารถใช้แบบจำลองข้าวในการจำลองผลกระทบที่อาจจะมีการผลิตข้าวทั้งสองพันธุ์ได้ในช่วง Scenario 2-2xCO₂ เนื่องจากความเสถียรภาพของแบบจำลองข้าว และข้อมูลภูมิอากาศที่ได้จาก CCAM

ตาราง 3: ผลผลิตข้าวเฉลี่ย (กิโลกรัมต่อไร่) ที่ได้จากแบบจำลองข้าวในสองจังหวัดเมื่อใช้ข้อมูลภูมิอากาศจากการตรวจวัด (WTH) แบบจำลองภูมิอากาศ (CCAM) และข้อมูลผลผลิตข้าวจากการรายงานสถิติ (OAE)

จังหวัด	การให้น้ำ	พันธุ์ข้าว	WTH	CCAM	OAE
ขอนแก่น	น้ำฝน	เหนียวสันป่าตอง (NSPT)	352	142	267
		กข. ๗	420	160	267
	ชลประทาน	NSPT	413	397	267
		กข. ๗	493	521	267
		RMSE	16		
เชียงใหม่	น้ำฝน	เหนียวสันป่าตอง (NSPT)	566	422	533
		กข. ๗	672	477	533
	ชลประทาน	NSPT	645	637	533
		กข. ๗	763	826	533
		RMSE			

เปรียบเทียบผลผลิตข้าว พ.ศ. ๒๕๕๙-๒๕๖๔ (Scenario 2: 2xCO₂)

แบบจำลองข้าว CERES-Rice คำนวณผลผลิตข้าวที่ความชื้นร้อยละ 14 ของทั้งสองจังหวัดมีแนวโน้มไปในทางเดียวกันทุกแบบการผลิตข้าว (ตาราง ๕) โดยใช้ข้อมูลภูมิอากาศจากแบบจำลอง CCAM

ที่จังหวัดขอนแก่น การผลิตข้าวแบบอาศัยน้ำฝนและใช้ปุ๋ยยูเรียให้ผลผลิตข้าวทั้งสองพันธุ์สูงขึ้นตามอัตราปุ๋ยที่เพิ่ม แต่ในข้าวพันธุ์ กข. ๗ มีอัตราการเพิ่มขึ้นของผลผลิตข้าวในอัตราที่สูงกว่าอัตราการเพิ่มขึ้นของผลผลิตข้าวเหนียวสันป่าตอง คือมีอัตราการเพิ่มขึ้นของผลผลิตข้าวอยู่ในช่วงระหว่าง 113-117 และ 97-99 กิโลกรัมข้าวต่อกิโลกรัมของปุ๋ยยูเรียที่ใช้สำหรับการผลิตข้าวทั้งสองพันธุ์แบบใช้น้ำชลประทานทำให้ผลผลิตข้าวทั้งสองพันธุ์เพิ่มขึ้น 139-144 และ 105-109 กิโลกรัมข้าวต่อกิโลกรัมของปุ๋ยยูเรีย ตามลำดับ เมื่อมีการใช้ปุ๋ยพืชสดอย่างเดียวในผลิตข้าวแบบอาศัยน้ำฝนพบว่าผลผลิตของข้าว กข. ๗ และข้าวเหนียวสันป่าตองมีอัตราการเพิ่มขึ้นเพียงร้อยละ 6.8 และ 7.1 ตามลำดับ เมื่อเทียบกับการใส่ปุ๋ยพืชสดในอัตราต่ำที่สุด และเมื่อใช้มีการน้ำชลประทานเสริมพบว่าอัตราการเพิ่มขึ้นผลผลิตข้าวเป็นเพียงร้อยละ 16.0 และ 17.4 ตามลำดับ

ที่จังหวัดเชียงใหม่ในการผลิตข้าวแบบอาศัยน้ำฝนและใช้ปุ๋ยยูเรียให้ผลผลิตข้าวสูงขึ้นตามอัตราปุ๋ยที่เพิ่มในข้าวทั้งสองพันธุ์ แต่อัตราการเพิ่มขึ้นของผลผลิตข้าว กข. ๗ เพิ่มในอัตราที่สูงกว่าอัตราการเพิ่มขึ้นของผลผลิตข้าวเหนียวสันป่าตอง โดยเฉพาะในระบบการผลิตข้าวที่ใช้ปุ๋ยพืชสดในอัตราต่ำ (80 กิโลกรัมแห้งของปุ๋ยพืชสดต่อไร่) กล่าวคือระบบการผลิตที่อาศัยน้ำฝนอย่างเดียวการใช้ปุ๋ยพืชสดอัตราต่ำทำให้ข้าวมีผลผลิตเพิ่มขึ้นเป็น 109 กิโลกรัมข้าวต่อกิโลกรัมของปุ๋ยยูเรีย เทียบกับเพียง 27.6 กิโลกรัมข้าวต่อกิโลกรัมของปุ๋ยยูเรียเมื่อใช้ปุ๋ยพืชสดในอัตรา 960 กิโลกรัมปุ๋ยพืชสดต่อไร่

เมื่อมีการใช้ปุ๋ยพืชสดในอย่างเดียวในผลิตข้าวแบบอาศัยน้ำฝนพบว่าผลผลิตของข้าวเหนียวสันป่าตองและข้าว กข. 7 มีอัตราการเพิ่มขึ้นร้อยละ 107.3 และ 104.9 เมื่อเทียบกับการใส่ปุ๋ยพืชสดในอัตราต่ำที่สุด และเมื่อใช้มีการน้ำชล

ประทานเสริมพบว่าอัตราการเพิ่มขึ้นผลผลิตข้าวเป็นร้อยละ 102.3 และ 104.0 ตามลำดับ อัตราการเพิ่มขึ้นนี้สูงกว่าอัตราที่เพิ่มขึ้นในจังหวัดขอนแก่นเป็นอย่างมาก

ตาราง 4 ค่า RMSE และ MD (กิโลกรัมต่อไร่) ของผลผลิตข้าวที่ได้จากแบบจำลองข้าวจากชุดข้อมูลอากาศ 2 ชุด

จังหวัด	การให้น้ำ		RMSE		MD	
			WTH	CCAM	WTH	CCAM
ขอนแก่น	น้ำฝน	เหนียวสันป่าตอง (NSPT)	21.7	32.6	5.6	-8.4
		กข. 7	39.1	28.1	6.0	-7.2
	ชลประทาน	NSPT	37.3	33.3	6.9	7.5
		กข. 7	58.0	65.2	7.1	7.8
เชียงใหม่	น้ำฝน	เหนียวสันป่าตอง (NSPT)	12.8	30.9	8.1	-6.9
		กข. 7	37.8	32.3	8.3	-3.3
	ชลประทาน	NSPT	30.9	29.9	9.2	9.8
		กข. 7	61.3	77.6	9.5	10.1

การผลิตแบบใช้น้ำชลประทานเสริมในช่วงที่ข้าวขาดน้ำ ร่วมกับการใช้ปุ๋ยยูเรียและการใส่ปุ๋ยพืชสดอัตรา 960 กิโลกรัมต่อไร่ทำให้ข้าวเหนียวสันป่าตองมีผลผลิตเพิ่มขึ้น 24.8 กิโลกรัมข้าวต่อกิโลกรัมของปุ๋ยยูเรีย และทำให้ข้าว กข 7 มีผลผลิตเพิ่มขึ้น 27.5 กิโลกรัมข้าวต่อกิโลกรัมของปุ๋ยยูเรีย ในทางตรงกันข้ามการใช้ปุ๋ยยูเรียและการใส่ปุ๋ยพืชสดอัตรา 80 กิโลกรัมต่อไร่ทำให้ข้าวเหนียวสันป่าตองมีผลผลิตเพิ่มขึ้น 83.7 กิโลกรัมข้าวต่อกิโลกรัมของปุ๋ยยูเรีย และทำให้ข้าว กข ๗ มีผลผลิตเพิ่มขึ้น 126.6 กิโลกรัมข้าวต่อกิโลกรัมของปุ๋ยยูเรีย

การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ได้ผลที่แตกต่างจากผลการศึกษาลักษณะเดียวกันของหลายสถาบัน (Matthews et al., 1997) ซึ่งส่วนใหญ่จะคาดการณ์ว่าผลผลิตข้าวของประเทศไทยมีแนวโน้มลดลงเมื่อถึงช่วงที่สภาพบรรยากาศเปลี่ยนแปลงอย่างแท้จริง เพราะการศึกษาในอดีตกำหนดให้อิทธิพลของการเพิ่มอุณหภูมิอากาศต่อผลผลิตข้าวเป็นแบบเส้นตรง ซึ่งอาจจะไม่ได้สะท้อนการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศอย่างที่แบบจำลองภูมิอากาศ CCAM คาดการณ์

การจำลองระบบการผลิตข้าวโดยใช้วิธีการนี้ในสภาวะการณ์ที่ภูมิอากาศเปลี่ยนแปลงการรักษาและการเพิ่มผลผลิตข้าวในทั้งสองระบบนิเวศน์ควรใช้ทั้งสองแนวทางในการใช้ปุ๋ยพืชแบบบูรณาการ (Integrated Nutrients Management System: INMS) กล่าวคือ ควรใช้ทั้งปุ๋ยพืชสดร่วมกับปุ๋ยเคมีในอัตราที่เกษตรกรสามารถปฏิบัติได้ และเหมาะสมต่อความต้องการและสภาพแวดล้อมที่ต้องการด้วย ในกรณีที่เกษตรกรสามารถผลิตปุ๋ยพืชสดได้เองจะทำให้การพึ่งพาปุ๋ยเคมีลดลงด้วย

อย่างไรก็ตาม การเพิ่มขึ้นของระดับอุณหภูมิอากาศทำให้การระบาดของโรค-แมลงศัตรูข้าวเพิ่มขึ้น และอาจจะมี ความรุนแรงมากขึ้น แต่แบบจำลองข้าว CERES-Rice รุ่นปัจจุบันยังไม่ได้นำเอาปัจจัยดังกล่าวเข้ามาประกอบการ คำนวณผลผลิตข้าว ซึ่งต้องมีการพัฒนาต่อไป

ข้อจำกัดของแบบจำลองภูมิอากาศ CCAM

แบบจำลองภูมิอากาศ CCAM เป็นแบบจำลองที่มีขนาดของตารางพื้นผิวโลกในแนวนอนขนาด 200x200 กิโลเมตร ยังต้องปรับปรุงในด้านนี้เพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังมีความไม่แน่นอนเกี่ยวกับการคาดการณ์อัตราการผลิตของบรรยากาศโลก กระบวนการเคลื่อนที่ของความร้อนในมหาสมุทรเป็นส่วนสำคัญที่ต้องทำการศึกษาเพิ่มเติมในด้าน วิทยาศาสตร์เพื่อให้ความเข้าใจในการปรับปรุงแบบจำลอง นอกจากนี้การใช้ scenario 2 ซึ่งให้มีการเพิ่มขึ้นของความ

เข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์อย่างทันทีในปี 2549 นั้นอาจจะไม่สะท้อนความเป็นจริง เนื่องจากความเข้มข้นของก๊าซเรือนกระจกในชั้นบรรยากาศเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องและค่อยเป็นค่อยไป

ตาราง 5 ผลผลิตข้าวเฉลี่ย 20 ปี (2549-2568) ที่ได้จากการคำนวณของแบบจำลองข้าวที่จังหวัดขอนแก่นและจังหวัดเชียงใหม่โดยใช้ข้อมูลภูมิอากาศจากแบบจำลอง CCAM

		ระบบการผลิตข้าว					
		โดยอาศัยน้ำฝน			โดยใช้น้ำชลประทาน		
		อัตราปุ๋ยยูเรีย (กิโลกรัมต่อไร่)			อัตราปุ๋ยยูเรีย (กิโลกรัมต่อไร่)		
		0	6	12	0	6	12
ขอนแก่น	อัตราปุ๋ยพืชสด (กิโลกรัมต่อไร่)						
เหินหว้านป่าดอง	960	124	240	318	274	430	486
	640	122±	236	315	246	404	463
	320	119±	238	317	261	417	474
	80	116±	236	315	246	404	463
กข. 7	960	144	282	376	363	573	642
	640	142	280	375	351	561	631
	320	139	278	373	332	547	617
	80	135	276	372	313	530	602
เชียงใหม่							
เหินหว้านป่าดอง	960	896	917	951	1238	1257	1287
	640	620	697	763	833	893	956
	320	792	811	850	1050	1084	1132
	80	432	549	651	612	698	779
กข. 7	960	1049	1067	1102	1580	1600	1634
	640	961	980	1007	1377	1419	1463
	320	784	866	928	1098	1173	1247
	80	512	679	814	774	924	1028

ข้อจำกัดของแบบจำลองข้าว CERES-Rice

แบบจำลองข้าว CERES-Rice เป็นแบบจำลองกระบวนการต่าง ๆ ที่เกิดในพืชและดินเท่าที่จะมีความเข้าใจ และเป็นแบบจำลองที่พิจารณาระบบการผลิตเป็นจุด (point-based) กล่าวคือเป็นแปลงผลิตพืชข้าว-ที่มีความสม่ำเสมอในด้านการจัดการผลิต สภาพทางเคมีและกายภาพของดิน นอกจากนี้แบบจำลองยังขาดพลวัตของธาตุอาหารพืชอีกหลายตัวที่สำคัญ โดยเฉพาะในสภาพการผลิตที่มีปริมาณน้ำฝนมากขึ้นกว่าในปัจจุบัน ซึ่งคาดว่าจะมีการระบายน้ำสูงกว่าระดับปัจจุบันหลายเท่าตัว

การเตรียมตัว

ในระดับเกษตรกร ควรเตรียมการเกี่ยวกับสภาพที่มีน้ำฝนมากกว่าระดับปัจจุบันถึงร้อยละ 40-50 ควรมีการปรับวิธีการระบายน้ำ การปรับปรุงวิธีการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเหมาะสมเพื่อให้ได้ประสิทธิภาพเท่าเดิมรวมทั้งระดับผลผลิตข้าวที่ต้องการด้วย การที่น้ำฝนมีมากขึ้นตามแบบจำลองภูมิอากาศ CCAM นั้นอาจกระตุ้นให้เกิดปัญหาด้านโรคแมลงมากขึ้น มีการระบาดของเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม

ในระดับเจ้าหน้าที่เกษตรในระดับพื้นที่ ควรเตรียมการด้านการเตือนภัย พัฒนาระบบเฝ้าระวังภัย และระบบการป้องกัน-แก้ไขสถานการณ์ที่อาจจะเกิดจากสภาพน้ำฝนมาก ควรเตรียมพัฒนาระบบเครือข่ายด้านนี้ในระดับพื้นที่ที่สามารถแลกเปลี่ยนข้อมูลข่าวสารในระดับพื้นที่สูงพื้นที่ และพื้นที่ศูนย์ขยายให้มากขึ้น

ควรเตรียมการเพื่อดำรงรักษาความอุดมสมบูรณ์ของดินในสภาพที่มีน้ำฝนมากขึ้นกว่าเดิมโดยการ การเพิ่มอินทรีย์วัตถุในดิน หรือ การปลูกพืชเสริมก่อนการไถนา เพื่อเสริมและเติมระดับของธาตุคาร์บอนในดินซึ่งเป็นองค์ประกอบสำคัญทางโครงสร้างของจุลินทรีย์ในดิน

สรุป

การใช้แบบจำลองพืชซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของโปรแกรม DSSAT 3.5 และแบบจำลองภูมิอากาศ CCAM สามารถประเมินผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่อาจเกิดขึ้นได้ ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าการผลิตข้าวในสองระบบนิเวศได้รับผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ ในระหว่างปี 2549-2568 ระบบการผลิตข้าวของทั้งสองจังหวัดมีแนวโน้มที่จะได้ผลผลิตไม่น้อยกว่าช่วงที่ผ่านมา และพบว่ามีปริมาณน้ำฝนมากกว่าระดับที่เคยได้รับ สิ่งที่เป็นแบบจำลองข้าวยังไม่ให้ผลผลิตได้แก่ พืชของก๊าซเรือนกระจก เช่น ก๊าซมีเทน พืชของโรคแมลงในภาวะอากาศอนาคต และพัฒนาการของพันธุ์ข้าวในอีก 20 ปีข้างหน้า ในแบบจำลองภูมิอากาศยังคงลดขนาดของดาวหางของพื้นที่ให้สามารถจำลองสภาพภูมิอากาศเฉพาะพื้นที่ได้

คำนิยม

น.ส. ศรินทิพย์ พรหมฤทธิ์ช่วยเตรียมข้อมูลการผลิตข้าวในสองจังหวัดจากเอกสารและเว็บเพจของสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร

เอกสารอ้างอิง

- ปรากฏ ศริงาม และ อรรถชัย จินตะเวช ๒๕๔๕ คู่มือการใช้งานโปรแกรมจัดการข้อมูลภูมิอากาศ WeaData 1.0 หน้า ๓๕๓-๓๕๔ ใน อรรถชัย จินตะเวชและ ศรินทิพย์ พรหมฤทธิ์ (บรรณาธิการ) รายงานฉบับสมบูรณ์ โครงการวิจัยการประมาณผลผลิตข้าวด้วยแบบจำลองคอมพิวเตอร์ ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ อ.เมือง จ.เชียงใหม่ สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. ๒๕๑๔-๔๔. สถิติการเกษตรของประเทศไทย. ศูนย์สารสนเทศการเกษตร สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์
- อรรถชัย จินตะเวช วินัย ศรีวัด ก้อนทอง พวงประโคน นัสไชย บุญสูง เกริก ปันเหม่งเพชร พนมศักดิ์ พรหมบุญ และ ปรีชา พรหมณีย์ ๒๕๔๔ แบบจำลองระบบการผลิตพืชกับงานวิจัยระบบการทำฟาร์ม เอกสารเสนอในการสัมมนาในระบบเกษตรแห่งชาติ ครั้งที่ ๑ กรุงเทพฯ ๑๕-๑๗ พ.ย. ๒๕๔๓
- Alocilja, E.C., and J.T. Ritchie. 1988. Upland rice simulation and its use in multicriteria optimization. Univ. of Hawaii and Michigan State Univ. IBSNAT. 95 pp.
- Baker, J.T., L.H. Allen, Jr., and K.J. Boote. 1990. Growth and yield responses of rice to CO₂ concentration. J. Agric. Sci. 115: 313-320.
- Buendia, L.V., H-U. Neue, R. Wassmann, R.S. Lantin, A.M. Javellana, Y. Xu, A.K. Makarim, T.M. Corton, and N. Charoensilp. 1997. Understanding the Nature of Methane Emission from Rice Ecosystems as Basis of Mitigation Strategies. Applied Energy. 56: 433-444.

- Godwin, D.C., and U. Singh. 1998. Nitrogen balance and crop response to nitrogen in upland and lowland cropping systems, p. 55-78. In: G.Y. Tsuji, G. Hoogenboom, and P.K. Thornton. (eds.). *Understanding Options for Agricultural Production*. Kluwer Aca. Pub., London, UK.
- Gordon, H.B., and S.P. O'Farrell. 1997. Transient climate change in the CSIRO global coupled model with dynamical sea ice. *Mon. Wea. Rev.* 125: 875-907.
- Gordon, H.B., L.D. Rotstayn, J.L. McGregor, M.R. Dix, E.A. Kowalczyk, S.P. O'Farrell, L.J. Waterman, A.C. Hirst, S.G. Wilson, M.A. Collier, I.G. Watterson, and T.I. Elliott. 2002. The CSIRO CCAM Climate System Model. CSIRO Atmospheric Research Tech. Paper No. 60.
- Hansen, J., I. Fung, A. Lacis, D. Rind, S. Lebedeff, R. Ruedy, and G. Russell. 1988. Global climate changes as forecast by Goddard Institute for Space Studies three-dimensional model. *J. Geophys. Res.* 93: 9341-9364.
- Houghton, J., and D. Yihui, et al. (eds.). 2001. *Climate Change 2001: The Scientific Basis*. Cambridge, U.K., New York: Cambridge University Press, UK, 881 pp.
- Houghton, R.A. 2002. Magnitude, distribution and causes of terrestrial carbon sinks and some implications for policy. *Climate Policy*. 1: 71-88.
- Jintrawet, A. A Decision Support System for Rapid Assessment of Lowland Rice-based Cropping Alternatives in Thailand. *Agric. Syst.* 47: 247-258.
- Lal, M., K. K. Singh, L. S. Rathore, G. Srinivasan, and S. A. Saseendran. 1998. Vulnerability of rice and wheat yields in NW India to future changes in climate. *Agricultural and Forest Meteorology*. 89:101-114.
- Matthews, R. B., M. J. Kropff, T. Horie, and D. Bachelet. 1997. Simulating the Impact of Climate Change on Rice Production in Asia and Evaluating Options for Adaptation. *Agricultural Systems*. 54: 399-425.
- McCarthy, J.J., et al (eds.). 2001. *Climate change 2001: impacts, adaptation, and vulnerability : contribution of Working Group II to the third assessment report of the Intergovernmental Panel*. Cambridge; New York: Published for the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press. 1032 pp.
- Metz, B., et al (eds.). 2001. *Climate Change 2001: Mitigation*. Cambridge; New York : Published for the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press. 752 pp.
- Olszyk, D.M., H. G. S. Centeno, L. H. Ziska, J. S. Kern, and R. B. Matthews. 1999. Global climate change, rice productivity and methane emissions: Comparison of simulated and experimental results. *Agricultural and Forest Meteorology*. 97: 87-101.
- Ritchie, J.T. 1998. Soil water balance and plant water stress, p. 41-54. In: G.Y. Tsuji, G. Hoogenboom, and P.K. Thornton. (eds.). *Understanding Options for Agricultural Production*. Kluwer Aca. Pub., London, UK.
- Ritchie, J.T., U. Singh, D.C. Godwin, and W.T. Bowen. 1998. Cereal growth, development and yield, p. 79-98. In: G.Y. Tsuji, G. Hoogenboom, and P.K. Thornton. (eds.). *Understanding Options for Agricultural Production*. Kluwer Aca. Pub., London, UK.
- Tsuji, G.Y., G. Uehara, and S. Balas (eds.). 1994. *DSSAT v3*. University of Hawaii, Honolulu, Hawaii.
- van Vuuren, D.P., and H.J.M. de Vries. 2002. Mitigation scenarios in a world oriented at sustainable development: the role of technology, efficiency and timing. *Climate Policy*. 1:189-210.
- Watherald, R.T., and S. Manabe. 1988. Cloud feedback processes in a general circulation model. *J. Atmos. Sci.* 45: 1397-1415.
- Wilson, C.A., and J.F.B. Mitchell. 1987. A doubled CO₂ climate sensitivity experiment with a GCM including a simple ocean. *J. Geophys. Res.* 92: 13315-13343.
- URL1: <http://www.oae.go.th/>
- URL2: <http://www.gfdl.noaa.gov/reference.html>