

การจำแนกชนิดของความแห้งแล้งในภาคตะวันออกเฉียงเหนือสำหรับการปลูกข้าวโดยการ
ผสานระหว่างระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์และแบบจำลองสมดุลน้ำผิวดิน
**Characterization and Delineation of Types of Drought in the Northeast of
Thailand for Rice Production through Water Balance Modeling-GIS
Integration**

กฤษณ์ ลินวัฒนา ^{1/}

กิ่งแก้ว คุณเขต ^{4/}

Grisana Linwattana ^{1/}

Kingkaw Kunket ^{4/}

บุญรัตน์ จงดี ^{2/}

วัลย์พร ศะศิประภา ^{5/}

Boonrat Jungdee ^{2/}

Walaiporn Sasiprapa ^{5/}

เกรียงไกร พันธุ์วรรณ ^{3/}

นพรัตน์ ม่วงประเสริฐ ^{3/}

Grienggrai Puntuwan ^{3/}

Nopparat Muangprasert ^{3/}

ABSTRACT

The study was made to quantify the frequency and severity of drought in the area, in order to generate the surface water as an indicator of drought prone in the Northeast (NE) of Thailand. Using weekly long-term records of meteorological data (1987-2003) and soil characteristics, which are erratic distribution and variable by time and spatial. The water balance modeling was created in the Visual Basic Application software integrated with GIS to analyze a large quantity of such data pertaining to the rice-growing seasons. Surface water was simulated by focusing on the early, mid and late rainy seasons according to phynology of rice. In this way, a prediction of the amount of water for rice production in the different areas in weekly surface water was conveniently interpreted. The simulated result was shown that, the upper NE especially in the Nong Khai and Nakhon Phanom provinces corner had sufficient surface water throughout the rice growing seasons however, late

^{1/} ศูนย์วิจัยยางน่าน อ. เมือง จ. น่าน 55000

^{1/} Nan Rubber Research Centre, Muang district, Nan province 55000

^{2/} ศูนย์วิจัยข้าวอุบลราชธานี อ. เมือง จ. อุบลราชธานี 34000

^{2/} Ubon Ratchathani Rice Research Centre, Muang district, Ubon Ratchathani province 34000

^{3/} สถาบันวิจัยข้าว กรมวิชาการเกษตร จตุจักร กรุงเทพฯ 10900

^{3/} Rice Research Institute, Department of Agriculture, Chatuchak, Bangkok 10900

^{4/} ศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี อ. ธัญบุรี จ. ปทุมธานี

^{4/} Pathumthani Rice Research Centre, Thanyaburi district, Pathum Thani province 12000

^{5/} ศูนย์สารสนเทศ กรมวิชาการเกษตร จตุจักร กรุงเทพฯ 10900

^{5/} Information Technology Centre, Department of Agriculture, Chatuchak, Bangkok 10900

season drought may occurred. Conversely, sufficient surface water were found during the end of the rice growing seasons in the lower NE such as Nakhon Ratchasima province like wise, drought occurrence may also found since the very beginning and middle of the rice growing seasons.

Key words: water balance modeling, GIS, rainfed lowland ecosystems, rice

บทคัดย่อ

ดำเนินการนำข้อมูลอุตุวิทยามาเกี่ยวกับปริมาณน้ำฝน และศักยภาพการคายระเหยน้ำ นับตั้งแต่ปี พ.ศ. 2530-2546 กับข้อมูลดินมาจัดระบบแล้วใช้ประโยชน์ร่วมกับความสามารถในการคำนวณตัวเลขในปริมาณมาก ๆ ของคอมพิวเตอร์ โดยการพัฒนาเป็นแบบจำลอง หรือสร้างโปรแกรมประยุกต์สมดุลน้ำผิวดิน ผสมผสานร่วมกับโปรแกรมสำเร็จรูป GIS และป้อนข้อมูลเข้าแบบจำลองร่วมกับการจัดระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ โดยการจัดระบบให้ได้ผลลัพธ์เป็นปริมาณน้ำแต่ละช่วงเวลา ในแปลงนาเป็นสัปดาห์ตลอดฤดูนาปี เพื่อที่จะทราบปริมาณน้ำผิวดิน ได้สอดคล้องกับการพัฒนาการของข้าว จากข้อมูลตัวเลขปรับเปลี่ยนให้เป็นแผนที่ เพื่อสะดวกและง่ายในการอ่านและแปลผล ผลจากการป้อนข้อมูลเข้าแบบจำลองพบว่า แถบด้านมุ่มบนขวาของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เช่น จ. หนองคายและนครพนม โอกาสที่จะมีปริมาณน้ำผิวดินสม่ำเสมอต่อการทำนาปีค่อนข้างมาก อย่างไรก็ตามมีโอกาสมากที่จะเกิดความแห้งแล้ง

ช่วงปลายฤดูปลูก ส่วนแถบด้านมุ่มล่างซ้ายของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เช่น จ. นครราชสีมา มีปริมาณน้ำผิวดินที่ค่อนข้างผันแปร ตั้งแต่ช่วงต้นฤดูทำนา คือมีโอกาสที่จะเกิดความแห้งแล้งขึ้นได้ตั้งแต่ต้นฤดูจนถึงกลางฤดูทำนา แต่ช่วงปลายฤดูทำนามีโอกาสที่จะมีปริมาณน้ำผิวดินพอเพียงมากกว่าภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน ส่วนพื้นที่อื่นๆ ก็พบความแตกต่างของปริมาณน้ำผิวดินเช่นกัน

คำหลัก : แบบจำลองสมดุลน้ำผิวดิน เทคโนโลยีระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ระบบนิเวศนาข้าว

คำนำ

ข้าว เป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย มีมูลค่าการส่งออกปีละ 9 ล้านตัน พื้นที่การผลิตกระจายอยู่ทั่วประเทศ 67 ล้านไร่ (Anon., 2005) โดยมีภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคกลางตอนล่างเป็นแหล่งผลิตที่สำคัญ น้ำเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลกระทบต่อผลผลิตข้าว (Kaewrueng and Goto, 1991) ในเขตชลประทาน เช่น ที่ราบลุ่มภาคกลางตอนล่างโดยเฉลี่ยผลผลิตของข้าวค่อนข้างสูงประมาณ 600-900 กก./ไร่ ในฤดูนาปีและนาปรังตามลำดับ ขณะที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือซึ่งปลูกข้าวนาปีอาศัยน้ำฝนเป็นหลัก ผลผลิตค่อนข้างต่ำประมาณ 250-400 กก./ไร่ การขาดแคลนน้ำในภาคตะวันออกเฉียงเหนือเป็นผลเนื่องมาจากปริมาณน้ำฝนการกระจายตัวของฝน โดยแปรผันตั้งแต่ช่วงเวลาต้นฤดูฝน กลางฤดูฝนและปลายฤดูฝน ซึ่งเป็นฤดูทำนาในภาคนี้ และสภาพดินซึ่งส่วนใหญ่

เป็นดินทรายหรือดินร่วนปนทราย สภาพแห้งแล้งช่วงต้นฤดูฝนมีผลกระทบต่อเวลาในการไถพรวน การตกกล้า ทำให้การปักดำต้องล่าช้าออกไป สภาพแห้งแล้งกลางฤดูฝนอาจมีผลกระทบไม่เด่นชัด แต่เป็นช่วงเวลาที่ข้าวแตกกอและเริ่มสร้างรวงอ่อน แต่สภาพแห้งแล้งช่วงปลายฤดูฝน กระบะระยะสร้างเมล็ดซึ่งถือว่าเป็นระยะที่สำคัญ

เมื่อก้าวถึงวัฏจักรของน้ำ จะอนุมานความหมายได้คล้ายกับสมดุลของน้ำ ตัวอย่างเช่นในหน่วยดินที่เล็กที่สุดหน่วยหนึ่ง ๆ (padon) จะมีสมดุลของน้ำ โดยเฉพาะน้ำที่พื้นผิวดินแตกต่างกันไป น้ำที่รับมาส่วนใหญ่มาจากน้ำฝน ส่วนที่จ่ายไปหรือสูญเสียไปก็คือน้ำระเหย หรือศักยภาพการคายระเหยน้ำ ร่วมกับการสูญเสียทางดินได้แก่ การไหลบ่า (runoff) น้ำซึม (infiltration) และน้ำซึบ (percolation) แล้วไหลลงสู่ที่ต่ำกว่า (Kam, 2000) พื้นที่นาที่น้ำฝนส่วนใหญ่ในธรรมชาติก็จะมีวัฏจักรของน้ำ หรือสมดุลของน้ำทำนองเดียวกัน ดังที่ได้กล่าว ขณะที่ปัจจุบันข้อมูลน้ำฝนและน้ำระเหยที่ได้นั้นก็หาได้ สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ร่วมกับข้อมูลทางกายภาพของดิน และใช้ศักยภาพของเครื่องคอมพิวเตอร์ หรือใช้เทคโนโลยีระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information System, GIS) ซึ่งเป็นเทคโนโลยีที่นำข้อมูลทางภูมิศาสตร์มาจัดเก็บ สืบค้น จัดการ วิเคราะห์ ตลอดจนการแสดงผลในรูปแบบแผนที่ ที่สัมพันธ์กับฐานข้อมูล เพื่อสนับสนุนการตัดสินใจและวางแผน (Godilano and Carangal, 1991) นำมาเป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์ข้อมูลและประยุกต์ใช้ในการคำนวณหาสมดุลของน้ำผิวดิน

เพื่อจำแนกความแห้งแล้งในพื้นที่ปลูกข้าว ได้มีการจำแนกระบบนิเวศนาที่น้ำฝนออกเป็นระบบนิเวศย่อยต่างๆ ได้แก่ น้ำฝนที่ใกล้เคียงกับนาชลประทาน (rainfed shallow favourable) แบบแห้งแล้ง (rainfed drought prone) แบบแห้งแล้งและมีน้ำท่วมในฤดูปลูกเดียวกัน (rainfed drought and submergence prone) ระบบนิเวศย่อยแบบน้ำท่วมถึง (rainfed submergence prone) และแบบน้ำขัง (rainfed medium deep waterlogged) ซึ่งระบบนิเวศย่อยที่ได้กล่าว มีความสัมพันธ์กันกับปริมาณน้ำผิวดินในแปลงนาที่อาศัยน้ำฝนเป็นส่วนใหญ่ (Anon., 1984) เพื่อเป็นการจำแนกสมดุลของน้ำ ซึ่งมีความสัมพันธ์โดยตรงกับระบบนิเวศย่อยของนาที่น้ำฝน ในพื้นที่ของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ การพัฒนาแบบจำลองหรือโปรแกรมประยุกต์ เพื่อคำนวณสมดุลของน้ำผิวดินในพื้นที่ปลูกข้าวแล้วจัดทำเป็นแผนที่พร้อมกับคำนวณหาโอกาสของปริมาณน้ำหรือความแห้งแล้งที่จะเกิดขึ้น จะเป็นประโยชน์ต่อการกำหนดนโยบาย เพื่อวางแผนการผลิตข้าวในแต่ละพื้นที่ การปรับเปลี่ยนเทคโนโลยีการผลิตรวมทั้งการใช้พันธุ์ข้าวให้เหมาะสมทั้งข้าวพันธุ์เบาอายุ 90-110 วัน ปานกลาง อายุ 111 - 144 วัน และข้าวพันธุ์หนัก อายุมากกว่า 145 วัน ซึ่งพิจารณาให้เหมาะสมกับปริมาณน้ำในนาที่แปรผันทั้งช่วงเวลาและสถานที่ โดยมีเป้าหมายที่จะเพิ่มผลผลิตข้าว รวมทั้งเป็นข้อมูลในการปรับปรุงพันธุ์ข้าว ให้เหมาะสมกับพื้นที่หรือระบบนิเวศย่อย เป็นแนวทางในการประหยัดต้นทุนการผลิต และใช้ประโยชน์ที่ดินอย่างคุ้มค่า

อุปกรณ์และวิธีการ

1. รวบรวมข้อมูลอุตุนิยมหาวิทยาลัยเกี่ยวกับข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายวัน และปริมาณศักยภาพการคายระเหยน้ำรายวันตั้งแต่ปี พ.ศ. 2530 - 2546 ข้อมูลเชิงพื้นที่ ได้แก่ แผนที่กลุ่มชุดดิน แผนที่ป่าไม้ ขอบเขตการปกครอง การใช้ประโยชน์ในที่ดิน เส้นทางคมนาคมและ เส้นทางน้ำของพื้นที่ศึกษา

2. พัฒนาโปรแกรมประยุกต์ แบบจำลองสมดุลน้ำผิวดิน (Water Balance Modeling, Figure 1) ให้คำนวณปริมาณน้ำผิวดิน จากตารางกริด (grid cell methods)

$$\text{ปริมาณน้ำผิวดิน (SW)} = (\Delta I_w + \Delta \text{Rain}) - (\Delta \text{Pet} + R_n + P_c + I_n f)$$

SW = surface water (mm/week)

ΔI_w = initial water

ΔRain = rainfall

ΔPet = potential evapo-transpiration

R_n = runoff

P_c = percolation

$I_n f$ = infiltration

3. วิเคราะห์ น้ำฝนรายวัน และศักยภาพการคายระเหยน้ำรายวัน โดยจัดทำเป็นค่าเฉลี่ยรายสัปดาห์ (standard meteorological week) เฉลี่ยจากข้อมูล 17 ปี นำเข้าแบบจำลองที่พัฒนาขึ้นจากโปรแกรมประยุกต์

4. สร้างแผนที่ปริมาณน้ำฝน และแผนที่ศักยภาพการคายระเหยน้ำ จากข้อมูลตำแหน่งของสถานีตรวจวัดภูมิอากาศและ ปริมาณน้ำฝน จัดทำให้เป็นข้อมูลเชิงพื้นที่ (point-based interpolation) รายสัปดาห์จากสถานีน้ำฝน 181 สถานี และจากสถานีศักยภาพการคายระเหยน้ำ

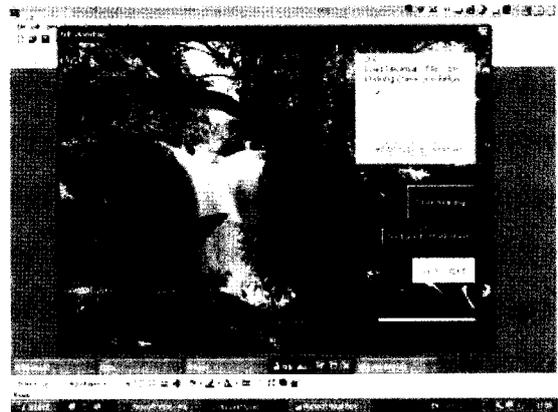


Figure 1. Water balance modeling programme for analysing a large quantity of geographic data pertaining to rice growing seasons according to weekly surface water

25 สถานี จนกระทั่งได้ครบทั้ง 52 สัปดาห์ แล้วปรับให้เป็นข้อมูลรหัสแอสกี (ASC II) แยกเป็น

4.1 แผนที่ปริมาณน้ำผิวดินของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ใช้ค่าเฉลี่ยข้อมูลภูมิอากาศ (ปริมาณน้ำฝน และศักยภาพการคายระเหยน้ำ) ของแต่ละสัปดาห์ของปี พ.ศ. 2530-2546

4.2 โอกาสความเป็นไปได้ ที่จะเกิดปริมาณน้ำผิวดินของจังหวัดหนองคายและ นครราชสีมาใช้ข้อมูลภูมิอากาศวิเคราะห์แต่ละสัปดาห์ รวม 52 สัปดาห์/ปี จำนวน 17 ปี ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2530-2546

5. นำข้อมูลแผนที่กลุ่มชุดดินของกรมพัฒนาที่ดิน (นิรนาม, 2543) มาตรฐาน 1: 50,000 ในรูปแบบข้อมูลดิจิทัล มาปรับให้เป็นข้อมูลรหัส ASC II โดยอาศัยการจำแนกลักษณะจากดัชนีเนื้อดิน (Soil Texture Index : TI) ที่ได้จากแผนที่กลุ่มชุดดินของแต่ละจังหวัดในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ จำนวน 62 กลุ่มชุดดิน โดยใช้สูตรของ Sillanpaa (1982)

$$TI = (0.3 \times \% \text{ sand}) + (0.1 \times \% \text{ silt}) + (\% \text{ clay})$$

แบ่งค่า T I ออกเป็น 5 ลำดับชั้นได้แก่
 ที่มีค่า T I ระหว่าง 10-20 = sandy loam ที่มีค่า
 T I ระหว่าง 21-30 = sandy clay loam T I ที่
 มีค่า T I ระหว่าง 31-40 = sandy clay ค่า T I
 ระหว่าง 41-50 = clay loam และ clay มีค่า T I
 > 51 หลังจากนั้น จัดกลุ่มออกเป็น ดินเนื้อละเอียด
 ดินเนื้อปานกลาง และดินเนื้อหยาบ ส่วน
 ลักษณะดินอื่นๆ ที่นอกจากค่า T I ดังกล่าว จำแนก
 ให้เป็น หน่วยดินผสมและหน่วยดินในที่ลาดชัน
 (alluvial complex and slope complex) ตาม
 วิธีการของ Yingjajaval (1993)

5.1 ดินเนื้อละเอียดมีค่า runoff rate^{1/}
 เท่ากับ 14.04 มล./สัปดาห์ percolation rate^{1/}
 เท่ากับ 1.03 มล./สัปดาห์ infiltration rate^{1/} เท่ากับ
 2.25 มล./สัปดาห์

5.2 ดินเนื้อปานกลางมีค่า runoff
 rate เท่ากับ 13.20 มล./สัปดาห์ percolation rate
 เท่ากับ 5.40 มล./สัปดาห์ infiltration rate เท่ากับ
 7.40 มล./สัปดาห์

5.3 ดินเนื้อหยาบมีค่า runoff rate
 เท่ากับ 12.11 มล./สัปดาห์ percolation rate
 เท่ากับ 8.05 มล./สัปดาห์ infiltration rate เท่ากับ
 10.34 มล./สัปดาห์

5.4 ส่วนดินที่นอกจากนี้ เช่น ที่
 ลาดชัน ที่อยู่อาศัย และอื่นๆ มีค่า runoff rate,
 percolation rate และ infiltration rate มากกว่า
 15 มล./สัปดาห์

6. การนำข้อมูลเชิงตัวเลขที่ได้จากข้อ 4
 และข้อ 5 มาวิเคราะห์ด้วยแบบจำลองสมดุลน้ำ
 ผิวดิน

7. นำผลลัพธ์ที่ได้จากข้อ 6 มาหาค่า
 เฉลี่ยของแต่ละสัปดาห์ แล้วจัดทำเป็นแผนที
 ชนิดของความแห้งแล้ง ของภาคตะวันออกเฉียง
 เหนือ ได้ค่าเฉลี่ยตั้งแต่สัปดาห์ที่ 1-52 แล้วเน้น
 แปรผลความแตกต่างชนิดของความแห้งแล้งที่
 สัปดาห์ที่ 21-25 ซึ่งเป็นต้นฤดูทำนา สัปดาห์ที่
 34-38 กลางฤดูทำนา และ สัปดาห์ที่ 42-46 ปลาย
 ฤดูทำนา ส่วนสัปดาห์อื่นนอกจากนี้อาจไม่มีผล
 กระทบเด่นชัดต่อการทำงานปี

8. หลังจากที่เราทราบความแตกต่างของ
 ความแห้งแล้ง ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือทั้งต้น
 ฤดูทำนา กลางฤดูและปลายฤดูทำนาแล้วเห็น
 ความแตกต่างอย่างคร่าวๆ ที่ชัดเจน ของส่วน
 ของพื้นที่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ จึงได้
 ทำการศึกษาลงในรายละเอียด โดยเปรียบเทียบ
 ระหว่างภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน ซึ่งใช้
 พื้นที่ จ. หนองคายเป็นตัวแทน และภาคตะวัน
 ออกเฉียงเหนือตอนใต้โดยใช้พื้นที่ จ. นครราชสีมา
 เป็นตัวแทน นำข้อมูลภูมิอากาศ แต่ละสัปดาห์
 ของแต่ละปี และข้อมูลดินของ จ. นครราชสีมา
 และจ. หนองคาย มาวิเคราะห์โดยใช้แบบจำลอง
 สมดุลน้ำผิวดินตามวิธีการ ขั้นตอน ข้อที่ 1-6 เพื่อ
 คำนวณหาโอกาสของความแห้งแล้งที่จะเกิดขึ้น
 ของทั้งสองจังหวัด โดยการใช้ข้อมูลอุตุนิยมวิทยา
 รายสัปดาห์จำนวน 52 สัปดาห์ เพื่อนำไปคำนวณ
 หาโอกาสของความแห้งแล้งไปใช้ในข้อ 9

9. นำผลลัพธ์ที่ได้จากข้อ 8 (ของพื้นที่
 ทั้งสองจังหวัดดังกล่าว) มาคำนวณค่าโอกาสของ
 ความเป็นไปได้ที่จะมีปริมาณน้ำบนผิวดินมากกว่า
 10 มม. รายสัปดาห์ โดยใช้สูตร

^{1/} Runoff rate, percolation rate, infiltration rate of soil water at saturation point

$$\text{Probability of standing water} = \sum_{x > 10 \text{ mm}}^{1-r} x/n$$

เมื่อ $x = \text{Week_n}$

$n = \text{Number of years at week_n}$

แผนภูมิขั้นตอนในการสร้างแผนที่สมมูลน้ำผิวดิน ชนิดและโอกาสความแห้งแล้ง ดังที่แสดงใน Figure 2

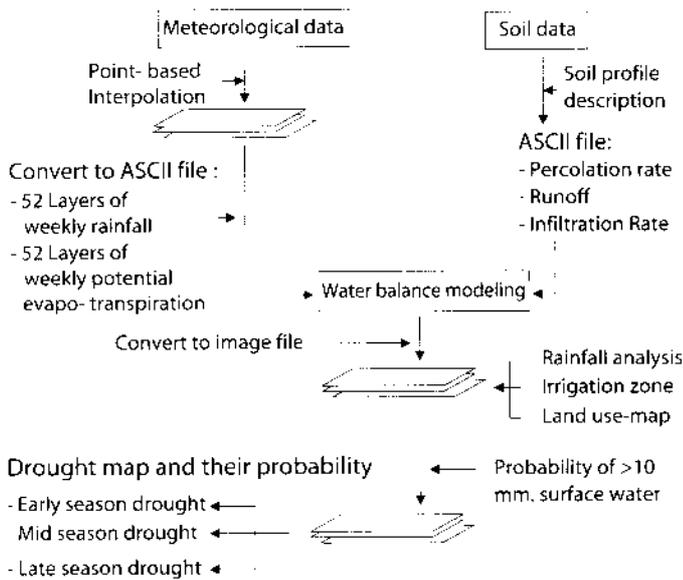


Figure 2. Basic flow diagram showing the feeding of a large quantity of geographic data into the water balance modeling programme and evaluating the standard types of drought and their probability.

ผลการทดลองและวิจารณ์

ปริมาณน้ำผิวดินที่ได้จากการนำข้อมูลเข้าแบบจำลองในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

เมื่อได้ดำเนินการตามวิธีการ ในขั้นตอนที่ 1-5 คือ รวบรวมและป้อนข้อมูลเข้าแบบจำลองสมมูลน้ำผิวดินแล้ว ทำการเปลี่ยนให้เป็นข้อมูลเชิงแผนที่ จนได้ผลเป็นปริมาณน้ำผิวดินในแปลง

นา ที่เป็นตัวชี้วัดชนิดความแห้งแล้งในภาคตะวันออกเฉียงเหนือแล้ว การกระจายตัวของปริมาณน้ำผิวดินจากค่าเฉลี่ยรายสัปดาห์ของปี พ.ศ. 2530-2546 (Figure 3) โดยทั่วไป ฤดูกาลทำนาก็จะเริ่มตั้งแต่เดือนเมษายนถึงเดือนพฤศจิกายน (สัปดาห์ที่ 15-46) เพื่อให้สอดคล้องกับพัฒนาการของพันธุ์ข้าวนาปีที่นิยมปลูกส่วนใหญ่ ซึ่งต่างก็มีพัฒนาการแตกต่างกัน อย่างไรก็ตาม ได้เน้นการแปลผลจากผลการศึกษ สามช่วงเวลาได้แก่ ในสัปดาห์ที่ 15-25 เป็นต้นฤดูทำนา (early season) สัปดาห์ที่ 34-38 เป็นกลางฤดูทำนา (mid season) และสัปดาห์ที่ 42-46 เป็นปลายฤดูทำนา (late season) ส่วนสัปดาห์อื่น ไม่มีผลกระทบต่อพัฒนาการของข้าวนาปี เพราะระยะที่ตอบสนองมากต่อการขาดน้ำได้แก่ระยะแตกกอ สร้างรวงอ่อนและระยะสร้างเมล็ด แผนที่ชนิดของความแห้งแล้งช่วงต้นฤดูนาปีสัปดาห์ที่ 22 (Figure 4) และชนิดของความแห้งแล้งกลางฤดูนาปี สัปดาห์ที่ 38 (Figure 5) และชนิดของความแห้งแล้งปลายฤดูนาปี สัปดาห์ที่ 43 (Figure 6)

ในต้นฤดูนาปี ปริมาณน้ำบนผิวดินที่มีระดับน้อยที่นับว่าแห้งแล้งคือปริมาณน้ำบนผิวดิน (surface water) ที่น้อยกว่า 10 มม. ส่วนมากกระจายตัวในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนใต้ เช่น ที่จ. นครราชสีมา ส่วนปริมาณน้ำผิวดินในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน เช่น จ.หนองคาย ส่วนใหญ่มีปริมาณน้ำพอเพียงต่อการทำนาในช่วงต้นฤดูปลูก (Figure 4) ส่วนชนิดของความแห้งแล้งกลางฤดูก็มีแนวโน้มแตกต่างกันในแต่ละพื้นที่ (Figure 5) แต่พอเข้าปลายฤดูทำนา ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนใต้

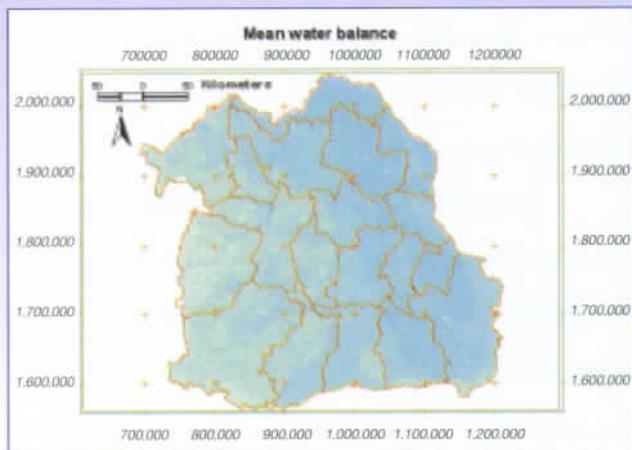


Figure 3. Annual (mean) spatial distribution of surface water in the Northeast of Thailand by using meteorological data 1987-2003 and soil unit

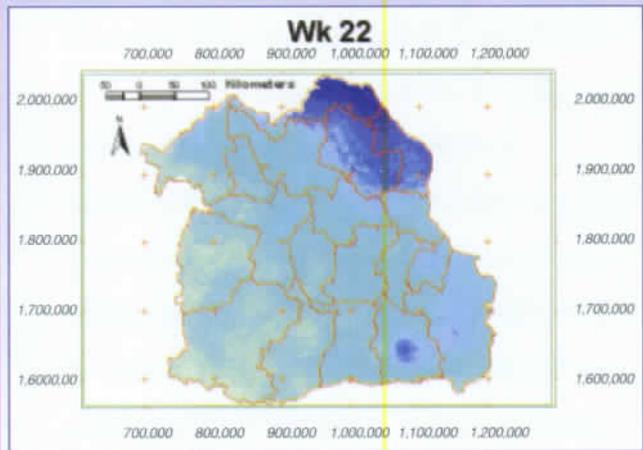


Figure 4. Spatial distribution of having standing water in the 22nd standard meteorological week during 26th May-1st June in the Northeast of Thailand

Surface water (mm)

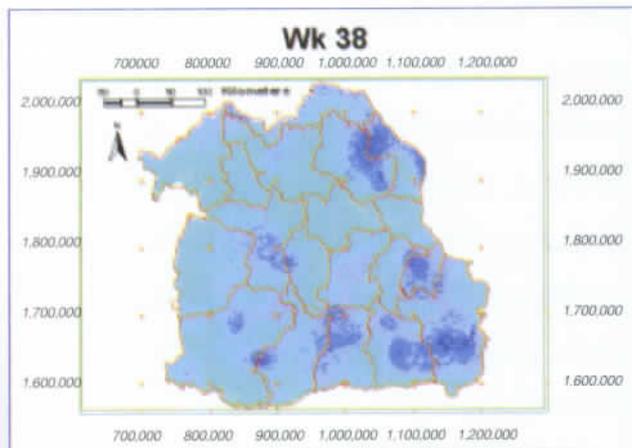
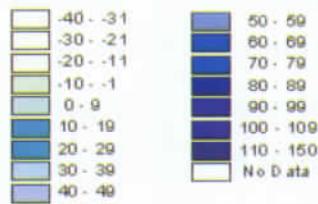


Figure 5. Spatial distribution of having standing water in the 38th standard meteorological week during 15th Sept - 21st Sept in the Northeast of Thailand

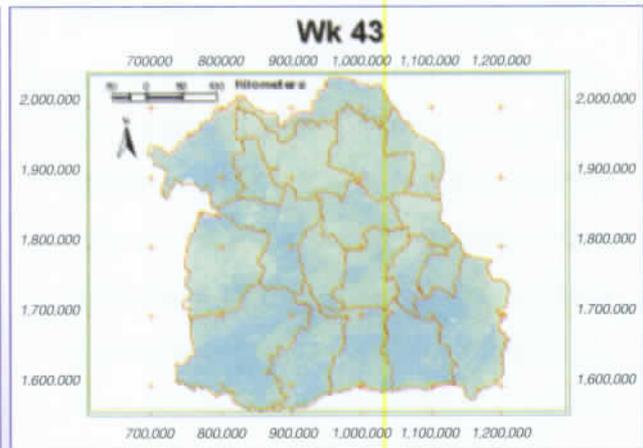


Figure 6. Spatial distribution of having standing water in the 43rd standard meteorological week during 20th Oct - 26th Oct in the Northeast of Thailand

คงมีปริมาณน้ำผิวดินเพียงพอมากกว่าภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน (Figure 6)

ผลที่ได้ทำให้ทราบถึงการกระจายตัวของปริมาณน้ำผิวดินระดับภาค ที่จะเป็นตัวชี้ถึงชนิดของความแห้งแล้งโดยการอนุมานว่าสมมูลน้ำผิวดินที่มีค่าประมาณ 0-10 มม. ในแปลงนามีค่าเท่ากับจุดอิ่มตัวของน้ำในดิน (soil water at saturation point) ดังนั้น พื้นที่ใดที่มีค่าปริมาณน้ำผิวดินน้อยกว่า 10 มม. จึงอนุมานได้ว่าเริ่มแห้งแล้ง และพื้นที่ใดที่มีค่าปริมาณน้ำผิวดินน้อยกว่า 10 มม. มากเท่าใดก็จะบ่งบอกถึงความแห้งแล้งที่จะเพิ่มขึ้นตามไปด้วย (frequency and severity of drought) ซึ่งในทางตรงกันข้าม พื้นที่ใดที่มีปริมาณน้ำผิวดินมากกว่า 10 มม. ก็จะมีปริมาณน้ำเพียงพอต่อการทำนา การวิเคราะห์ปริมาณน้ำผิวดินให้สอดคล้องกับระยะพัฒนาการของข้าว เนื่องจากการพัฒนาการของข้าวแต่ละระยะ มีการตอบสนองต่อสภาพแห้งแล้งที่แตกต่างกัน โดยทั่วไปการปักดำจะเริ่มขึ้นช่วงเดือนกรกฎาคม - สิงหาคม ถ้าเกิดความแห้งแล้งช่วงนี้จะทำให้การปักดำต้องล่าช้าออกไป ผลก็คืออายุกล้าจะมากขึ้นมีผลให้ผลผลิตลดลง การปักดำที่ล่าช้าก็มีผลกระทบต่อออกดอกที่ต้องล่าช้าตามไปด้วย ซึ่งทำให้มีโอกาสที่ระยะสร้างเมล็ดจะกระทบแล้งปลายฤดู ทำให้ผลผลิตลดลง เพราะเมล็ดลีบมากขึ้น ความแห้งแล้งปลายฤดูเพียงอย่างเดียวทำให้ผลผลิตลดลงถึง 30% ความแห้งแล้งก่อนระยะผสมเกสร (anthesis) มีผลทำให้ผลผลิตลดลง เพราะมีจำนวนเมล็ดลีบมากกระทบต่อองค์ประกอบของผลผลิต อย่างไรก็ตามเกษตรกรสามารถหลีกเลี่ยงโดยใช้พันธุ์

ข้าวเบา เพื่อลดความสูญเสียของผลผลิตในพื้นที่ที่จะมีโอกาสที่จะกระทบแล้ง ทั้งกลางฤดูและปลายฤดูทำนา

ในหลายๆ พื้นที่มีวิธีการหลีกเลี่ยงผลกระทบจากความแห้งแล้ง โดยเฉพาะแล้งต้นฤดู โดยใช้วิธีการทำนาหว่าน อย่างไรก็ตามเทคโนโลยีต่างๆ สำหรับการทำนาหว่านในประเทศไทยยังอยู่ในระยะเริ่มต้น โดยเฉพาะในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (Naklang, 1997) เทคโนโลยีการทำนาหว่านอาจต้องอาศัยการศึกษาเพิ่มขึ้น ทั้งอัตราเมล็ดต่อไร่ วิธีการหว่านหรือหยอดเมล็ดรวมทั้งในเรื่องเครื่องจักรกลที่ใช้เตรียมดินและหยอดเมล็ด (Dingkuhn *et al.*, 1990, 1991, 1992; Schnier *et al.*, 1990) เทคโนโลยีทางด้านการใช้ปุ๋ยและการกำจัดวัชพืช รวมถึงคุณสมบัติทางกายภาพของพื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับทำนาหว่าน (ภุชงค์และคณะ, 2545a) ซึ่งสิ่งเหล่านี้จำเป็นต้องวิเคราะห์โดยเฉพาะพื้นที่แต่ละแห่ง ให้ทราบถึงโอกาสที่จะเกิดความแห้งแล้งระยะต้นฤดู (early season drought) โดยทั่วไปอาจต้องดำเนินการวิเคราะห์เพื่อให้ทราบว่าพื้นที่ใดที่เหมาะสมในการทำนาหว่านหรือนาดำ (ภุชงค์และคณะ, 2545b) ดังนั้น จะเห็นได้ว่าความสัมพันธ์ระหว่างชนิดของความแห้งแล้งกับระยะพัฒนาการของข้าว เป็นส่วนสำคัญที่จะทราบแนวทางเพิ่มผลผลิตข้าวในพื้นที่ในระบบนิเวศนาข้าว

โอกาสที่จะเกิดความแตกต่างของปริมาณน้ำผิวดิน ปริมาณน้ำผิวดินเป็นตัวชี้วัดชนิดของความแห้งแล้งในการศึกษาค้างนี้ ซึ่งผลการศึกษาในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ พบความ

แตกต่างกันของปริมาณน้ำผิวดินมากและน้อยทั่วทั้งภาค ทั้งต้นฤดูทำนาและปลายฤดูทำนา และจากความแตกต่างกันนี้ทำให้สามารถแบ่งพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ออกเป็นระบบนิเวศย่อยของการปลูกข้าวแบบต่างๆได้ค่อนข้างชัดเจน อย่างไรก็ตาม การนำข้อมูลเฉพาะพื้นที่ด้วยมาตราส่วนที่ใหญ่ขึ้น (big scale) มาวิเคราะห์ อาจทำให้ทราบรายละเอียดเพิ่มขึ้น จึงทำการศึกษาในพื้นที่ที่พบความแตกต่างกันของระบบนิเวศย่อยสำหรับปลูกข้าวที่ชัดเจน ทั้งสองพื้นที่ โดยใช้พื้นที่บริเวณ จ. นครราชสีมาและ จ. หนองคาย เพื่อเป็นตัวอย่างอีกครั้งด้วยวิธีการเดียวกัน แต่ด้วยมาตราส่วนของแผนที่ที่ใหญ่ขึ้นเป็นระดับจังหวัด โดยวิธีการเดียวกันกับการศึกษาของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ซึ่งก็เป็นอีกขั้นตอนหนึ่งที่จะคำนวณหาโอกาสของความแห้งแล้ง โดยนำข้อมูลเข้าแบบจำลองตลอดทั้งปีครั้งละปี รวม 17 ปี และครั้งละสัปดาห์ รวม 52 สัปดาห์/ปี ผลการวิเคราะห์โอกาสของความเป็นไปได้ พบว่า จ. หนองคาย โอกาสที่จะมีปริมาณน้ำบนผิวดินที่มากกว่า 0 -10 มม. เริ่มต้นตั้งแต่สัปดาห์ที่ 15 และมีแนวโน้มสม่ำเสมอของโอกาสที่จะมีน้ำในนาไปตลอดจนถึงสัปดาห์ที่ 38-39 ในขณะที่ จ. นครราชสีมา มีโอกาสที่จะเกิดความแห้งแล้งตั้งแต่ต้นฤดูนาปีจนถึงกลางฤดูนาปี อย่างไรก็ตาม มีความสม่ำเสมอของปริมาณน้ำบนผิวดินในสัปดาห์ที่ 40-42 ซึ่งเป็นช่วงปลายฤดูปลูก (Figure 7) จากการวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่าปริมาณน้ำผิวดินทางมุมขวาบนของภาคตะวันออกเฉียงเหนือเกิดขึ้นเร็ว และมีปริมาณมาก ลักษณะเช่นนี้ในพื้นที่เดียวกันอาจเกิดระบบนิเวศย่อยมากกว่าหนึ่งลักษณะ เช่น

ลักษณะระบบนิเวศย่อยแบบแห้งแล้งและมีน้ำท่วมในฤดูปลูกเดียวกัน ในพื้นที่นี้มีโอกาสที่ปริมาณน้ำจะหมดไปเร็วตอนปลายฤดูทำนาค่อนข้างสูง ส่วนแถบมุมล่างซ้ายของภาคตะวันออกเฉียงเหนือที่ถึงแม้ว่าจะมีปริมาณน้ำน้อยและเกิดขึ้นช้า แต่ตอนปลายฤดูทำนา ยังคงมีโอกาสที่จะมีน้ำพอเพียงมากกว่าภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน และมีโอกาสที่จะเกิดระบบนิเวศย่อยแบบแห้งแล้งค่อนข้างสูง ทำนองเดียวกันการคำนวณหาโอกาสของความแห้งแล้งในพื้นที่อื่นๆ ก็สามารถดำเนินได้ไปที่ละพื้นที่ โดยใช้วิธีการหรือแบบจำลองสมมูลน้ำผิวดินที่พัฒนาขึ้นมาพร้อมๆ กับการพิจารณาสถานีตรวจอากาศที่มีอยู่ควบคุมไปด้วย ซึ่งเป็นการวิเคราะห์หาชนิดของความแห้งแล้ง และโอกาสความเป็นไปได้ของความแห้งแล้ง หรือระบบนิเวศย่อยของข้าวแบบต่างๆ ที่จะเกิดขึ้น เนื่องจากความผันแปรของข้อมูลแต่ละช่วงเวลา โดยเฉพาะข้อมูลอุตุนิยมวิทยาสามารถใช้โอกาสความเป็นไปได้ช่วยในการตัดสินใจ

การนำผลการศึกษาไปใช้ประโยชน์

ผลการศึกษาแผนที่สมมูลน้ำผิวดินของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (Figures 3-6) และโอกาสที่จะเกิดความแห้งแล้งของ จ.หนองคาย และ จ.นครราชสีมา (Figure 7) หากจะพิจารณาร่วมกับการปฏิบัติของเกษตรกรในสองพื้นที่ เช่น การใช้พันธุ์ข้าวปลูกในพื้นที่ บ่งบอกนัยยะบางประการระหว่างประสิทธิภาพของเกษตรกรกับผลการศึกษาคั้งนี้ กล่าวคือ เกษตรกรใน จ. หนองคาย นิยมใช้ข้าวพันธุ์เบา เช่น ข้าวหอมสกลนคร เพื่อหลีกเลี่ยงสภาพแห้งแล้งปลาย

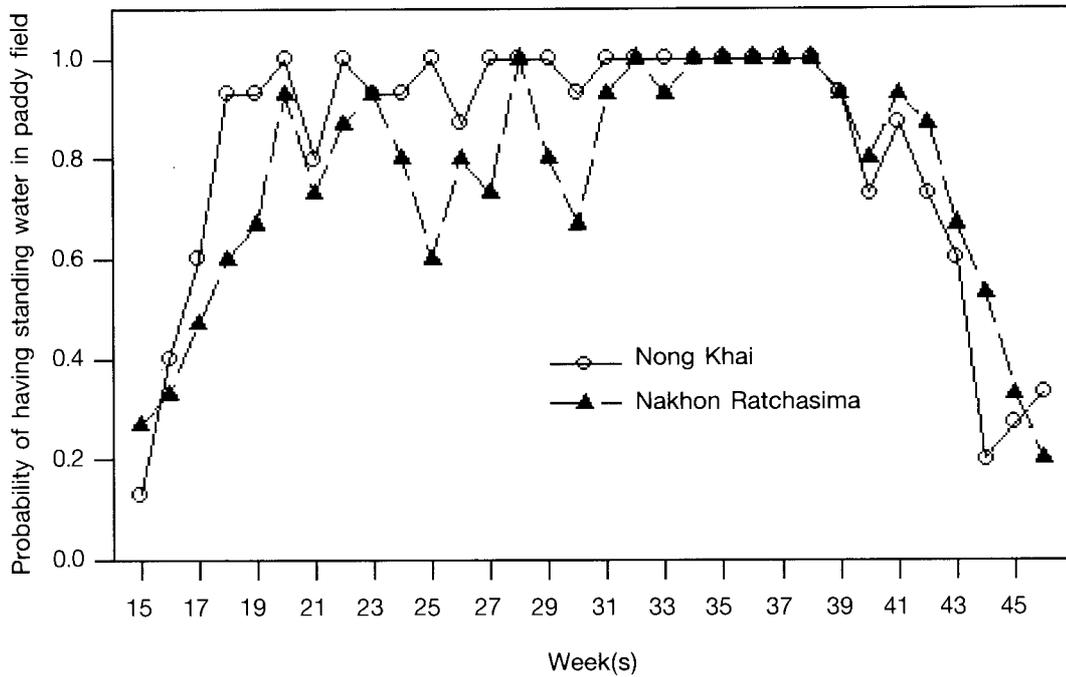


Figure 7. Probability of having standing water in paddy field during different weeks in Nong Khai and Nakhon Ratchasima provinces by using meteorological data from 1987-2003 and soil units of the two provinces

ฤดูปลูก ในขณะที่เกษตรกรใน จ. นครราชสีมา นิยมปลูกข้าวพันธุ์ที่มีอายุปานกลางถึงหนัก เช่น ข้าวขาวดอกมะลิ 105 เนื่องจากยังมีปริมาณน้ำบนผิวดินเพียงพอในช่วงปลายฤดูทำนา (บุญรัตน์, 2546) ประโยชน์อีกประการที่สำคัญสำหรับเกษตรกร คือ การวางแผนปลูกพืชหลังนาในพื้นที่ที่มีปริมาณน้ำผิวดินที่ยังมีพอเพียงหลังการเกี่ยวข้าว เป็นการใช้จ่ายเรื่องดินและน้ำที่แตกต่างกันในพื้นที่ ในการพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อเพิ่มรายได้ในพื้นที่ที่มีอยู่อย่างจำกัด เช่น การพัฒนาเทคโนโลยีการปลูกพืชก่อนและหลังนา ที่สามเหลี่ยมปากแม่น้ำโขง ประเทศเวียดนาม (Minh, 1995) ทำนองเดียวกันบางพื้นที่ในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนใต้ ที่มีปริมาณน้ำผิวดินพอเพียงปลายฤดู อาจวางแผนใช้ข้าว

พันธุ์เบาปลูก แล้วปลูกตามด้วยพืชไร่อายุสั้น เพื่อเป็นการเพิ่มรายได้ต่อไปให้มากขึ้น หรือการกำหนดพื้นที่สำหรับการทำนาดำหรือการทำนาหว่าน โดยการนำผลลัพธ์จากการศึกษาครั้งนี้ เป็นแนวทางในการวางแผนการใช้ประโยชน์ในที่ดิน

ข้อจำกัดและข้อดีของวิธีการ

การจำแนกชนิดของความแห้งแล้งโดยอาศัยปริมาณน้ำผิวดินเป็นเครื่องชี้วัด ด้วยการพัฒนาแบบจำลองสมดุลน้ำผิวดิน สามารถทำได้ผลการศึกษาที่น่าไปใช้ประโยชน์ได้ อย่างไรก็ตาม โปรแกรมประยุกต์ที่พัฒนาขึ้นนี้มีข้อจำกัดสามารถรองรับการคำนวณเมื่อใช้ตารางกริดช่วยคำนวณได้เฉพาะจำนวนสดมภ์ (row) ไม่เกิน 65,536 ช่อง และจำนวนแถว (column) ไม่เกิน

256 ชอง ดังนั้นเมื่อต้องการข้อมูลที่มีความละเอียดมากขึ้น จึงจำเป็นต้องทำการวิเคราะห์ข้อมูลใหม่จากมาตราส่วนของแผนที่ที่ใหญ่ขึ้นเพื่อใช้ตารางกริดให้ได้ประโยชน์เต็มประสิทธิภาพหรืออาจพิจารณาใช้วิธีการอื่นเข้ามาสนับสนุน ขณะเดียวกันในการสร้างข้อมูลที่มีลักษณะเป็นตำแหน่งที่ตั้งให้เป็นข้อมูลเชิงพื้นที่ของพื้นที่ศึกษาก็ต้องพิจารณาตำแหน่งพิกัดและจำนวนของสถานีตรวจอากาศที่มีอยู่ควบคู่ไปด้วย การนำเอาความสามารถในการคำนวณของคอมพิวเตอร์มาใช้ประโยชน์ร่วมกับข้อมูลภูมิอากาศ ที่บันทึกไว้ย้อนหลังหลายๆ ปี มาจัดระบบและวิเคราะห์ร่วมกับแบบจำลอง จะช่วยลดความยุ่งยากซับซ้อนและลดขั้นตอนในการวิเคราะห์ข้อมูลตัวเลขปริมาณมากๆ ซึ่งสามารถทำได้รวดเร็วและมีความแม่นยำสูง

ผลที่ได้จากการศึกษานี้ คือ สมดุลน้ำผิวดินในแปลงนา แล้วปรับให้เป็นแผนที่การกระจายตัวของปริมาณน้ำ และโอกาสที่จะมีน้ำพอเพียงหรือไม่และเท่าใด ตลอดฤดูทำนาปี การนำระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์มาช่วยในการวิเคราะห์และแสดงผลข้อมูล ทำให้การแสดงผลการศึกษามีความชัดเจนเป็นรูปธรรมมากขึ้น

สรุปผลการทดลอง

การวิเคราะห์สมดุลน้ำผิวดินจากข้อมูลภูมิอากาศและข้อมูลเนื้อดิน โดยจัดทำเป็นแผนที่การกระจายตัวของปริมาณน้ำผิวดิน หรือน้ำในแปลงนา ตลอดจนโอกาสความเป็นไปได้ที่จะเกิดปริมาณน้ำผิวดินของระบบนิเวศนาข้าวในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยการแบ่งการวิเคราะห์เป็นรายสัปดาห์รวม 52 สัปดาห์ พบ

ความแตกต่างกันของปริมาณน้ำผิวดินมากและน้อยทั่วภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ทั้งต้นฤดูทำนาและปลายฤดูทำนา และจากความแตกต่างกันนี้ทำให้สามารถแบ่งพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือออกเป็นระบบนิเวศย่อยของการปลูกข้าวนาข้าวแบบต่างๆ ได้ค่อนข้างชัดเจน ซึ่งมากกว่า 70% ของพื้นที่เป็นระบบนิเวศย่อยของนาข้าวแบบแห้งแล้ง การพิจารณาผลการศึกษาที่ได้ในช่วงต้นกลาง และปลายฤดูทำนา ก็เพื่อให้สอดคล้องกับปฏิทินการปลูกข้าวในพื้นที่และพัฒนาการของข้าวช่วยให้สะดวกในการจัดการทางด้านพันธุ์ข้าว ตลอดจนการเกษตรกรรม หรือเทคโนโลยีการผลิต การจำแนกชนิดของความแห้งแล้งซึ่งเป็นประโยชน์ต่อการกำหนดระบบนิเวศย่อยของนาข้าว และเป็นข้อมูลสำหรับเกษตรกรในการกำหนดแนวทางการเลือกชนิดพันธุ์ข้าว หรือเทคโนโลยีที่จะใช้ในแต่ละพื้นที่ที่เหมาะสมได้ง่ายขึ้น สอดคล้องกับความแห้งแล้งที่เกิดขึ้นในแต่ละพื้นที่ ตลอดจนใช้วางแผนการจัดการน้ำตั้งแต่ต้นฤดูปลูกจนถึงปลายฤดู นำไปประกอบพิจารณาเพื่อหลีกเลี่ยงความแห้งแล้งจากโอกาสความแห้งแล้งที่จะเกิดขึ้นไว้ล่วงหน้าในแต่ละช่วงเวลา ดังตัวอย่างที่ใช้แบบจำลองสมดุลน้ำผิวดินกับพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ส่วนรายละเอียด จ. นครราชสีมาและ จ.หนองคาย เป็นการวิเคราะห์หาโอกาสความแห้งแล้ง ในทำนองเดียวกันนักปรับปรุงพันธุ์ข้าวก็สามารถที่จะนำเอาข้อมูลดังกล่าวไปประกอบเพื่อพิจารณาคัดเลือกพันธุ์ ปรับปรุงพันธุ์ข้าวให้เหมาะสมกับพื้นที่หรือระบบนิเวศย่อยอื่นๆ นอกจากการศึกษาครั้งนี้โดยการใช้วิธีการและขั้นตอนเดียวกัน ผลลัพธ์ที่ได้ช่วยในการวางแผนระยะสั้นและ

ระยะยาวในการเพิ่มผลผลิตข้าว ให้สอดคล้องกับ
ปริมาณความต้องการแต่ละฤดูกาลผลิตข้าวซึ่ง
เป็นพืชส่งออกที่สำคัญของประเทศ

คำขอบคุณ

คณะผู้จัดทำใคร่ขอขอบคุณ กรม
พัฒนาที่ดินและกรมอุตุฯนิยมหาวิทยาลัย ที่ให้ความ
อนุเคราะห์ข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ และ
นางสาวไพระนันท์ พันธุ์แก้ว ที่ช่วยในการบันทึก
ข้อมูลของการทดลอง

เอกสารอ้างอิง

- กฤษณ์ ลินวัฒนา V.P Singh, J. S. Lales. 2545a.
เวลาและสัดส่วนที่เหมาะสมในการใส่ปุ๋ย
ไนโตรเจนสำหรับข้าวนาหว่าน. *วารสาร
วิชาการเกษตร* 20(1): 32-44.
- กฤษณ์ ลินวัฒนา V.P. Singh, J. S. Lales.
2545b. การใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์
ช่วยในการนำเทคโนโลยีข้าวนาหว่านและ
การจัดการปุ๋ยไนโตรเจนไปใช้ในจังหวัด
อุบลราชธานี. *วารสารวิชาการเกษตร* 20(3):
237-249.
- นิรนาม. 2543. คู่มือการจำแนกความเหมาะสม
ของดินสำหรับพืชเศรษฐกิจของประเทศ
ไทย. เอกสารวิชาการฉบับที่ 453 กอง
สำรวจและจำแนกที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน.
74 หน้า.
- บุญรัตน์ จงดี. 2546. ติดต่อด่วนตัว. ศูนย์วิจัย
ข้าวอุบลราชธานี สถาบันวิจัยข้าว กรม
วิชาการเกษตร อ. เมือง จ. อุบลราชธานี
- Anon. 1984. Terminology for Rice Growing

Seasons. International. Rice Research
Institute. Los Baños, Laguna, Philippines.
35 p.

- Anon. 2005. Survey of Major Rice in Crop
Year 2003/2004 to 2004/2005. Centre
for Agricultural Statistics, Office of
Agricultural Economics, Ministry of
Agricultural and Co-operatives, Bangkok,
Thailand. 311 p.
- Dingkhun, M., S.K. De Datta, R. Pamplona,
C. Javellana and H.F. Schnier. 1992.
Effect of late-season N fertilization on
photosynthesis and yield of trans-
planted and direct-seeded flooded rice
II. a canopy stratification study. *Field
Crops Res.* 28: 235-249.
- Dingkhun, M., H.F. Schnier, S.K. De Datta,
K. Dorffling and C. Javellana. 1991.
Relationships between ripening-phase
productivity and crop duration, canopy
photosynthesis and senescence in
transplanted and direct-seeded
lowland rice. *Field Crops Res.* 26: 327-
345.
- Dingkhun, M., H.F. Schnier, S.K. De Datta,
K. Javellana and R. Pamplona. 1990.
Diurnal and developmental changes
in canopy gas exchange in relation to
growth in transplanted and direct-
seeded flooded rice. *Aust. J. Plant
Physiol.* 17: 119-134.

- Godilano, E.C., and V.R. Carangal. 1991. Geographic information system: a tool in FSR/E technology extrapolation. Training report in extrapolation of agricultural technologies using geographic information systems. International Rice Research Institute, Los Baños, Philippines. 101 p.
- Kaewrueng, S. and A. Goto. 1991. Constraint factors and mathematical models for forecasting rice production in Thailand. *Kasetsart. J. Nat. Sci.* 25:261-268.
- Kam, S.P. 2000. Lecture Note: GIS-Modeling Integration for Natural Resources Management. IRRI Training courses on GIS-Modeling, May 8-26, 2000. International Rice Research Institute, Los Baños, Laguna, Philippines. (unpublished)
- Minh, V.Q. 1995. Use of soil and agrohydrological characteristics in developing technology extrapolation methodology: a case study of the Mekong delta, Vietnam. M.S. Thesis. University of the Philippines, Los Baños, Philippines. 164 p.
- Naklang, K. 1997. Direct seeded rainfed rowland rice in Thailand. Pages 126-136 *In: The Proceedings of an International Workshop on Breeding Strategies for Rainfed Lowland Rice in Drought-prone Environments, held at Ubon Ratchathani, Thailand, Nov. 5-8, 1997. ACIAR Proceedings No. 77.*
- Schnier, H.F., M. Dingkhun, S.K. De data, K. Mengel, E. Wijangco and C. Javellana. 1990. Nitrogen economy and canopy carbon dioxide assimilation of tropical lowland rice. *Agron. J.* 82: 451-459.
- Sillanpaa, M. 1982. Micro-nutrients and Nutrient Status of Soil: A Global Study. FAO Bull. No. 48, United Nations, Rome. 78 p.
- Yingjajaval, S. 1993. A Catalogue of Water Retention Functions of Major Soil Series of Thailand. Department of Soil Science, Kasetsart University, Kamphaeng Saen, Thailand. 39 p.