

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

ส่วนที่ 1

โครงการวิจัยระบบสนับสนุนการตัดสินใจการผลิตพืช : ข้าวในภาคเหนือ ✓



เมธี เอกะสิงห์	ภาควิชาปฐพีศาสตร์และอนุรักษศาสตร์
ศักดิ์ดา จงแก้ววัฒนา	ภาควิชาพืชไร่
อรรถชัย จินตะเวช	ภาควิชาปฐพีศาสตร์และอนุรักษศาสตร์
ถาวร อ่อนประไพ	ภาควิชาปฐพีศาสตร์และอนุรักษศาสตร์
พนมศักดิ์ พรหมบุรณย์	ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตร
จุไรพร แก้วทิพย์	นักวิจัย
จิรวรรณ เวชแพศย์	นักศึกษาปริญญาเอก
สุริย์พร สุดชาติ	นักศึกษาปริญญาโท
เฉลิมพล สำราญพงษ์	นักศึกษาปริญญาโท
สิทธิเดช ณ เชียงใหม่	นักศึกษาปริญญาโท

คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ทวีศักดิ์ เวียรศิลป์

กองสำรวจและจำแนกดิน กรมพัฒนาที่ดิน

อานันท์ ผลวัฒนะ

ศูนย์วิจัยข้าวพิษณุโลก กรมวิชาการเกษตร

สนับสนุนโดยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย

ชุดโครงการ ข้าว พืชไร่สำคัญ และพืชอุตสาหกรรม

คำนำ

เอกสารฉบับนี้เป็นส่วนที่หนึ่งของรายงานผลการวิจัยฉบับสมบูรณ์ของโครงการวิจัย ระบบสนับสนุนการตัดสินใจการผลิตพืช : ข้าวในภาคเหนือ ซึ่งได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) ระหว่างปี 2540-2543 (สัญญาเลขที่ RDG2/010/2540) โดยในโครงการวิจัยนี้ประกอบด้วยงาน 3 งานหลักคือ (1) การพัฒนาฐานข้อมูลเชิงพื้นที่เพื่อเป็นข้อมูลนำเข้าในแบบจำลองข้าวและเพื่อประกอบการวางแผนการผลิตและการจัดการพื้นที่เพาะปลูกข้าว (2) การทดสอบและปรับแบบจำลองข้าวให้สามารถใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ และ (3) การพัฒนาระบบสนับสนุนการตัดสินใจเพื่อวางแผนการผลิตข้าว

รายงานผลการวิจัยฉบับสมบูรณ์ส่วนที่หนึ่งนี้ครอบคลุมแนวความคิดในการพัฒนาระบบสนับสนุนการตัดสินใจการผลิตข้าวและรายงานเชิงวิชาการอันเป็นผลลัพธ์จากงานหลักทั้ง 3 งานดังกล่าวสำหรับการพัฒนาฐานข้อมูลเชิงพื้นที่ วิธีการจัดเก็บและเรียกใช้ พร้อมทั้งแบบฝึกหัดที่สร้างขึ้นเพื่อให้ผู้ใช้ทดลองเรียกใช้ข้อมูลเชิงพื้นที่ ได้รับการตีพิมพ์ในรายงานผลการวิจัยฉบับสมบูรณ์ส่วนที่สอง “ฐานข้อมูลเชิงพื้นที่ในระบบสนับสนุนการตัดสินใจการผลิตข้าว” โดยมีแผ่นซีดีรอมที่บรรจุฐานข้อมูลและแบบฝึกหัดแนบกับรายงานผลการวิจัยฉบับสมบูรณ์ส่วนที่สอง เพื่อความสะดวกในการใช้งาน

คณะผู้วิจัย

บทคัดย่อ

การวางแผนการผลิตข้าวระดับจังหวัดและประเทศไม่จำเป็นการลดหรือขยายพื้นที่เพาะปลูกข้าวหรือการกำหนดพื้นที่เป้าหมายเพื่อส่งเสริมข้าวพันธุ์ดี และปรับปรุงผลผลิตโดยการจัดการปุ๋ยที่เหมาะสมต่างต้องการระบบฐานข้อมูลที่ใช้สามารถเลือกพื้นที่เป้าหมาย จัดการวิเคราะห์ และแสดงผลข้อมูลที่ช่วยให้กระบวนการตัดสินใจเพื่อวางแผนการผลิตเป็นไปอย่างถูกต้อง รวดเร็ว และอยู่ในรูปแบบที่เข้าใจได้ง่าย โครงการวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบสนับสนุนการตัดสินใจที่ใช้การผสมผสานเทคโนโลยีข้อมูลข่าวสารให้สามารถนำไปใช้ในงานการวางแผนการผลิตและปรับปรุงผลผลิตข้าวระดับจังหวัด โดยมีพื้นที่นำร่องครอบคลุมจังหวัดเชียงใหม่และพิษณุโลก

การพัฒนาระบบสนับสนุนการตัดสินใจการผลิตข้าวในงานวิจัยนี้ประกอบด้วยงานหลัก 3 ส่วนคือ (1) การสร้างฐานข้อมูลเชิงพื้นที่ของทรัพยากรสิ่งแวดล้อมและโครงสร้างพื้นฐานที่มีส่วนกำหนดผลผลิตข้าว (2) การทดสอบแบบจำลองข้าว CERES-Rice ในสนามเพื่อให้สามารถใช้งานได้อย่างถูกต้องในระดับที่กำหนด และ (3) การพัฒนาโปรแกรมสำหรับเรียกใช้ข้อมูลและจำลองสถานการณ์เพื่อสนับสนุนงานด้านวางแผนและจัดการผลิตข้าว

การพัฒนาฐานข้อมูลเชิงพื้นที่ได้ดำเนินการในระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ (Geographic Information System, GIS) โดยได้ออกแบบ นำเข้า วิเคราะห์ และแยกจัดเก็บเป็นชั้นข้อมูล (coverage) ซึ่งครอบคลุมพื้นที่เป้าหมายในการศึกษาทั้งจังหวัดเชียงใหม่และพิษณุโลก ข้อมูลเชิงพื้นที่เหล่านี้ ได้แก่ พื้นที่เพาะปลูกข้าว ชุดดิน ข้อมูลภูมิอากาศเฉลี่ยรายเดือนซึ่งประกอบด้วยปริมาณน้ำฝน จำนวนวันฝนตก อุณหภูมิค่าสูงสุดสูงสุด และปริมาณรังสีอาทิตย์ พื้นที่ประสมอุทกภัย รวมทั้งขอบเขตการปกครอง ถนน ระบบชลประทาน

ฐานข้อมูลเชิงพื้นที่ชุดดินที่พัฒนาขึ้นในโครงการนี้ ประกอบด้วยข้อมูลอรรถาธิบายที่เชื่อมโยงกับแต่ละหน่วยแผนที่ดินและจัดเก็บเป็นตารางสัมพันธ์ซึ่งอธิบายอนุกรมวิธาน คุณสมบัติของโปรไฟล์ดิน รวมทั้งคุณสมบัติทางฟิสิกส์และเคมีของแต่ละชั้นดิน ข้อมูลดินทั้งหมดที่แบบจำลอง CERES-Rice ต้องการสามารถเรียกใช้ได้จากฐานข้อมูลดินนี้ นอกจากนี้ฐานข้อมูลที่พัฒนาขึ้นยังสามารถนำไปใช้ในงานวางแผนการเกษตรอื่นๆ เช่น การประเมินคุณภาพที่ดินสำหรับการปลูกพืชเศรษฐกิจ เป็นต้น

แบบจำลองข้าวต้องการภูมิอากาศรายวันเป็นจำนวนมากในการจำลองผลผลิตเพื่อจำลองผลกระทบจากความแปรปรวนของภูมิอากาศในปีต่างๆ ประกอบกับข้อมูลภูมิอากาศที่บันทึกไว้ไม่มีความต่อเนื่องในเชิงพื้นที่ ทำให้มีความจำเป็นต้องทดสอบวิธีการสร้างข้อมูลภูมิอากาศรายเดือนให้เป็นข้อมูลต่อเนื่องเชิงพื้นที่ จากการศึกษาพบว่าวิธีการประมาณค่าต่อเนื่องโดยวิธีการ Thin Plate Spline (TPS) ซึ่งใช้ค่าความสูงของพื้นที่ร่วมกับข้อมูลภูมิอากาศสามารถสร้างข้อมูลภูมิอากาศแบบต่อเนื่องในเชิงพื้นที่ได้ดีกว่าวิธีอื่นๆ กล่าวคือให้ค่าความคลาดเคลื่อนในการประมาณค่าซึ่งวัดโดยค่า root mean square errors (RMSE) ต่ำสุดเมื่อเทียบกับวิธีการประมาณค่าแบบ Kriging, Inverse Distance Weighting

(IDW) และ Thiessen polygon นอกจากนี้ยังพบว่าการสร้างเขตภูมิอากาศจากการวิเคราะห์กลุ่ม (cluster analysis) ของข้อมูลภูมิอากาศรายเดือนสามารถลดจำนวนเนื้อที่ในการจัดเก็บข้อมูล ในขณะที่เดียวกันสามารถจำลองข้อมูลภูมิอากาศรายวันจากข้อมูลรายเดือนสำหรับเขตภูมิอากาศต่างๆ เพื่อเป็นข้อมูลนำเข้าที่แบบจำลองข้าวต้องการได้ดี

ชั้นข้อมูลเชิงพื้นที่ที่นำท่วมได้จากการวิเคราะห์สัญญาณภาพเรดาร์ (Synthetic Aperture Radar, SAR) ที่ส่งมาจากดาวเทียม JERS-1 ในช่วงเวลาท่อน้ำท่วม ขณะน้ำท่วม และหลังน้ำท่วม พร้อมทั้งใช้แบบจำลองลุ่มน้ำ WMS (Watershed Modeling System) เพื่อจำลองเขตน้ำท่วมบริเวณสองฝั่งแม่น้ำและบริเวณที่มีอาคารสูง ทั้งนี้เนื่องจากในบริเวณดังกล่าวสัญญาณภาพเรดาร์มีการสะท้อนคลื่นสลับสับกันทำให้ไม่สามารถระบุสัญญาณภาพได้ชัดเจน ผลของการจำลองเขตน้ำท่วมด้วยแบบจำลอง WMS เมื่อนำไปผนวกกับเขตน้ำท่วมที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูล SAR สามารถเพิ่มความถูกต้องโดยรวมของการจำแนกพื้นที่น้ำท่วมเป็น 83% และแบบจำลอง WMS ยังสามารถใช้ในการจำลองเขตน้ำท่วมลิกระดับต่างๆ พร้อมทั้งจัดเก็บเป็นชั้นข้อมูลเชิงพื้นที่ใน GIS ที่ระยะเวลาต่างๆ เพื่อประโยชน์ในการประมาณผลผลิตข้าวในเขตน้ำท่วม

การสร้างชั้นข้อมูลพื้นที่เพาะปลูกข้าวดำเนินการโดยวิเคราะห์ภาพถ่ายดาวเทียม LANDSAT-TM ที่ได้บันทึกข้อมูลบริเวณพื้นที่ศึกษา 2 ช่วงเวลา โดยช่วงแรกเป็นช่วงเดือนพฤศจิกายนซึ่งตรงกับฤดูกาลปลูกข้าวนาปี และช่วงที่สองคือเดือนมีนาคมซึ่งได้รายละเอียดของพื้นที่ปลูกข้าวนาปรัง จากการศึกษาพบว่า การจำแนกแบบไม่ควบคุม (unsupervised classification) โดยใช้ข้อมูลภาพช่วงคลื่น 5, 4, 3, 1 (R,G,B,intensity) ให้ค่าความถูกต้องดีกว่าวิธีอื่น สามารถผลิตแผนที่แสดงแหล่งปลูกข้าวนาปีและนาปรังของจังหวัดเชียงใหม่และพิษณุโลกได้ดี เมื่อนำแผนที่ดังกล่าวไปวิเคราะห์เชิงพื้นที่ร่วมกับข้อมูลเชิงพื้นที่อื่นที่จัดเก็บในระบบ GIS จะสามารถเรียกตรวจสอบแหล่งเพาะปลูกข้าวตามขอบเขตการปกครองโครงการชลประทาน หรือชนิดของดินได้ตามต้องการ

เมื่อนำข้อมูลเชิงพื้นที่แหล่งปลูกข้าวไปวิเคราะห์ร่วมกับฐานข้อมูลภูมิอากาศ ดิน และแหล่งน้ำ สามารถสร้างหน่วยแผนที่เพื่อการจำลองผลผลิต (Simulation Mapping Unit, SMU) สำหรับนำไปจำลองการเจริญเติบโตและผลผลิตข้าวของแต่ละ SMU ในงานส่วนถัดไป

งานวิจัยเพื่อการประเมินค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมของข้าวไทยโดยใช้ Genotype Coefficient Calculator (GENCALC) ดำเนินการโดยการปลูกข้าว 4 พันธุ์ ได้แก่ ขาวดอกมะลิ 105, เหนียวสันป่าตอง, ชัยนาท 1 และ กว.ก.1 ทั้งหมด 12 วันปลูก ซึ่งแต่ละวันปลูกมีระยะเวลาห่างกันหนึ่งเดือน เริ่มทำการปลูกครั้งแรกเมื่อวันที่ 24 มิถุนายน 2540 ณ แปลงทดลองของศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ข้อมูลที่บันทึกจากแปลงทดลองซึ่งประกอบด้วยพัฒนาการของข้าว การสะสมน้ำหนักแห้งต้น ใบ และรวง ผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิต รวมทั้งข้อมูลอากาศรายวันที่ประกอบด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ อุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุด และปริมาณน้ำฝน ได้นำมาประกอบในการประเมินค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมของข้าวทั้ง 4 พันธุ์สำหรับการใช้ในการจำลองการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของแบบจำลองข้าว CERES-Rice

เมื่อนำค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมที่ได้ของแต่ละพันธุ์มาทำการจำลองการเจริญเติบโตของข้าวกับแบบจำลอง CERES-Rice ในงานทดลองการตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจนในสภาพอาศัยน้ำฝนและน้ำชลประทานของข้าว และงานทดลองการตอบสนองของข้าวต่อวิธีการปลูกแบบปักดำและแบบหว่านน้ำตมที่อัตราเมล็ดพันธุ์ต่างกัน ซึ่งทำการปลูกทดลองที่แปลงทดลองของศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ และศูนย์วิจัยข้าวพิษณุโลก กรมวิชาการเกษตร ผลของการเปรียบเทียบค่าที่ได้จากการจำลองและงานวิจัยในแปลงแสดงให้เห็นว่าแบบจำลองสามารถจำลองพัฒนาการของข้าวได้อย่างแม่นยำ แต่ผลการจำลองผลผลิต องค์ประกอบผลผลิต และการสะสมน้ำหนักรากนั้น แบบจำลองสามารถจำลองการตอบสนองของข้าวต่อปัจจัยต่างๆ ได้ผลดีเป็นที่พอใจระดับหนึ่ง โดยแบบจำลองคำนวณผลผลิตได้สูงกว่าที่บันทึกได้จริงในแปลงทดลอง เนื่องจากแบบจำลองไม่ได้พิจารณาผลของตัวแปรอื่นๆ เช่น ศัตรูพืช และความเสียหายที่เกิดจากการหักล้มของต้นและการตกหล่นของเมล็ด

องค์ประกอบที่สำคัญของระบบสนับสนุนการตัดสินใจการผลิตข้าว คือ โปรแกรมช่วยสนับสนุนการตัดสินใจที่มีชื่อว่า “โพลพ 1.0” ซึ่งประกอบด้วยโปรแกรมย่อยที่ทำหน้าที่แตกต่างกัน ได้แก่ (1) โปรแกรมสร้างแฟ้มข้อมูลคุณสมบัติดินเพื่อนำเข้าข้อมูลในแบบจำลองข้าว CERES-Rice จากฐานข้อมูลเชิงพื้นที่ชุดดิน (2) โปรแกรมสร้างแฟ้มข้อมูลควบคุมการจำลองเพื่อเชื่อมโยงและเพื่อสร้างข้อมูลเกี่ยวกับการจัดการผลิตข้าว (3) โปรแกรมขับเคลื่อนแบบจำลองเพื่อเชื่อมโยงและส่งผ่านข้อมูล พร้อมทั้งขับเคลื่อนแบบจำลองให้ทำการประมาณผลผลิต และ (4) โปรแกรมแสดงแผนที่ผลผลิตข้าวและข้อมูลเชิงพื้นที่อื่นๆ ในพื้นที่เป้าหมาย

โปรแกรมย่อยดังกล่าวเหล่านี้พัฒนาขึ้นโดยใช้ภาษา Avenue และ FORTRAN เพื่อทำหน้าที่เชื่อมโยงฐานข้อมูลกับแบบจำลอง CERES-Rice และโปรแกรม ArcView GIS จึงสะดวกต่อผู้ใช้ในการเลือกพื้นที่เป้าหมาย แสดงข้อมูลเชิงพื้นที่ที่ประกอบ และแสดงผลการจำลองผลผลิตข้าวในรูปแบบที่ท่างจอภาพหรือเครื่องพิมพ์ขนาดต่างๆ ได้สะดวก

ได้ทำการทดสอบโปรแกรม โพลพ 1.0 ในการประมาณค่าผลผลิตข้าวของทั้งสองจังหวัดโดยใช้พันธุ์ข้าวและระดับการจัดการปุ๋ยในฤดูกาลปลูกข้าวนาปีและนาปรังในสภาพอาศัยน้ำฝนและน้ำชลประทาน พบว่าผลผลิตจากการจำลองมีค่าสูงกว่าผลผลิตตามรายงานสถิติการเกษตรระหว่างปี พ.ศ. 2536-2540 ประมาณ 14-36% โดยขึ้นอยู่กับสภาพการผลิต เนื่องจากเหตุผลที่กล่าวมาแล้วในข้างต้น หากมีข้อมูลเชิงพื้นที่เกี่ยวกับความเสียหายเนื่องจากศัตรูพืชต่างๆ และความเสียหายเนื่องจากกระบวนการเก็บเกี่ยวมาใช้วิเคราะห์เชิงพื้นที่ที่ประกอบข้อมูลที่ได้จากการจำลอง จะทำให้ข้อมูลที่ได้มีความถูกต้องยิ่งขึ้น อย่างไรก็ตามแผนที่ผลผลิตที่ได้จากการจำลองในการศึกษานี้แสดงการกระจายตัวของผลผลิตในเชิงพื้นที่ จึงสามารถนำไปวิเคราะห์ส่วนเหลือผลผลิต (yield gap) ระหว่างการจัดการแปลงข้าวที่เกษตรกรปฏิบัติกับการจัดการที่นำไปสู่การปรับปรุงผลผลิตข้าว ดังนั้นจึงสามารถระบุพื้นที่เป้าหมายในการส่งเสริมการปลูกข้าวพันธุ์ดีหรือการปรับปรุงผลผลิตโดยการใส่ปุ๋ยที่เหมาะสม ซึ่งทำให้โครงการเหล่านั้นสามารถดำเนินการได้รวดเร็วและตรงเป้าหมายยิ่งขึ้น

โปรแกรม โฟสฟ 1.0 ยังสามารถนำไปใช้ในการระบุพื้นที่เป้าหมายในการสนับสนุนนโยบาย ปรับโครงสร้างทางเกษตร ผู้ใช้สามารถระบุจำนวนเนื้อที่เป้าหมายในการลดการปลูกข้าวนาปรัง โปรแกรมจะวิเคราะห์พื้นที่เป้าหมายจากผลผลิตที่ได้จากการจำลองที่มีค่าต่ำสุดก่อนและสะสมจนครบ เนื้อที่ปลูกข้าวที่ต้องการลดการปลูกตามต้องการ ผลลัพธ์ที่ได้สามารถแสดงเป็นแผนที่ซึ่งจะอำนวยความสะดวกในการดำเนินงานต่อไป

การใช้งานระบบสนับสนุนการตัดสินใจการผลิตข้าวมี 3 ลักษณะตามประเภทของงานและซอฟต์แวร์ที่ผู้ใช้มีอยู่ ในกรณีที่ผู้ใช้เป็นนักวิจัยซึ่งมีประสบการณ์ในการใช้แบบจำลอง CERSE-Rice และมีโปรแกรม ArcView อยู่แล้ว ระบบ โฟสฟ 1.0 จะอำนวยความสะดวกให้ผู้ใช้เลือกพื้นที่เป้าหมาย พันธุ์ข้าว การจัดการปุ๋ย และวิธีการปลูกข้าว รวมทั้งระยะเวลาในการจำลอง เพื่อทำการจำลองผลผลิตตามที่ใช้ระบุ แบบจำลองจะแสดงการทำงานให้เห็น และเมื่อการจำลองเสร็จสิ้นจะสร้างแผนที่ผลผลิตข้าวในพื้นที่เป้าหมาย ผู้ใช้สามารถเลือกพื้นที่และวิธีการปลูกข้าวใหม่เพื่อทดสอบและเปรียบเทียบผลผลิตตามเงื่อนไขที่ต้องการระบุเองได้

สำหรับกรณีที่ผู้ใช้มีโปรแกรม ArcView แต่ไม่สามารถจำลองผลผลิตทุกเงื่อนไขการผลิตเองได้ ผู้ใช้สามารถเลือกพื้นที่เป้าหมาย เรียกแสดงแผนที่ผลผลิตที่ระบบ โฟสฟ 1.0 ได้จำลองและเก็บผลลัพธ์ไว้แล้ว แผนที่ผลผลิตดังกล่าวได้จากการจำลองผลผลิตตามสถานการณ์การผลิตต่างๆ ที่พบในจังหวัดเชียงใหม่และพิษณุโลก ผู้ใช้สามารถเปรียบเทียบผลผลิตดังกล่าวกับผลผลิตที่ได้จากการจำลองที่ใช้ระดับการจัดการปุ๋ยตามคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตรและสามารถแสดงเป็นส่วนเหลือมของผลผลิตเพื่อช่วยระบุพื้นที่ที่มีศักยภาพในการปรับปรุงผลผลิตข้าวโดยการจัดการปุ๋ยที่เหมาะสมได้ นอกจากนี้ระบบ โฟสฟ 1.0 ยังสามารถเสนอแนะพื้นที่ที่มีศักยภาพในการเพิ่มผลผลิตหากใช้พันธุ์ข้าวส่งเสริม รวมทั้งสามารถระบุพื้นที่เป้าหมายที่ต้องการลดการปลูกข้าวนาปรังโดยอาศัยผลผลิตข้าวเป็นเกณฑ์ได้

ในกรณีที่ผู้ใช้ไม่มีซอฟต์แวร์ ArcView เช่น หน่วยงานวิจัย วางแผน หรือส่งเสริมการเกษตรในระดับจังหวัดและอำเภอ ทางโครงการวิจัยนี้ได้ศึกษาและพัฒนาวิธีการเผยแพร่ข้อมูลเชิงพื้นที่ รวมทั้งผลผลิตข้าวที่ได้จากการจำลองตามเงื่อนไขต่างๆ จำนวนหนึ่ง ทำการจัดเก็บในซีดีรอมพร้อมทั้งโปรแกรม ArcExplorer ที่ผู้ใช้สามารถเรียกข้อมูลเชิงพื้นที่ ค้นหาข้อมูลเชิงพื้นที่ และจัดพิมพ์เป็นแผนที่ตามต้องการ โดยได้ดัดแปลงระบบการเรียกชื่อไฟล์และเนื้อหาข้อมูลบางประการให้สามารถแสดงผลเป็นภาษาไทยส่วนใหญ่ และคาดว่าระบบดังกล่าวจะอำนวยความสะดวกให้แก่ผู้ใช้ที่ปฏิบัติงานในระดับจังหวัดถึงตำบลได้มีโอกาสใช้ข้อมูลเชิงพื้นที่ที่พัฒนาขึ้นในโครงการวิจัยนี้อย่างแพร่หลายมากขึ้นและไม่ต้องใช้งบประมาณในการจัดหาซอฟต์แวร์เพิ่มเติม

Abstract

Strategic planning of rice production at the provincial level is needed to cope with dynamic nature of natural resources required for rice production and marketing systems. An effective information system is therefore essential to support decision to select potential sites for extending improved varieties, effective fertilizer management or reducing yield gap. The desired system should deliver spatial information and their important attributes which are essential for rice yield estimation in any selected area and interacts friendly with a user. This project aims to develop a Rice Decision Support System (RDSS) which integrates information technology in the form that enable decision makers at the provincial level to plan for improved rice production programs and projects. The study areas cover Chiang Mai and Pitsanuloke provinces in northern Thailand.

Three major activities were carried out in order to develop RDSS, (1) development of spatial information system related to rice production environment and its infrastructure, (2) field validation of CERES-Rice model and (3) development of a decision support tool to facilitate retrieval and display of spatial information and simulation results.

The development of spatial databases was implemented in a Geographic Information System, GIS. Spatial data created in this project include soil series, climate (amount of rainfall, rainy days, minimum and maximum temperature and solar radiation) paddy area, flood zone, irrigated area and network, rice mills and other infrastructure such as administrative boundary, road and stream networks.

Soil geographic database was designed to fully utilize all attributes of soil series available from Land Development Department. The relate tables contain data explaining taxonomy, characteristics of the whole soil profile, physical and chemical characteristics of each layer of the soil. Soil data required by CERES-Rice model to simulate rice yield can be retrieved by this database.

Voluminous climatic data are required to run simulation to capture the effects of climatic variation on rice yield. The climatic data were collected from different government agencies and represent specific meteorological station in and around the study areas. Various interpolation techniques were tested for their accuracy and feasibility in building climatic surfaces from point data. It was found that Thin Plate Spline (TPS) method produced the most accurate surface. Cross validation of the interpolation results revealed that TPS yielded lowest values of root mean square errors (RMSE) comparing to Kriging, Inverse Distance Weighting (IDW) and Thiessen polygon methods. Cluster analysis was also used to create climatic zones in order to reduce amount of space required to store daily climatic data. In this study, the climatic zones are stored as GIS coverage in which monthly climatic data are stored as attributes. Daily climatic data can be generated from these monthly values when CERES-Rice is invoked to run yield simulation.

Flood-prone areas were classified from Synthetic Aperture Radar (SAR) images prior to and during the flood event of 1997. It was found that SAR images analysis could be used to detect flooded area reasonably well except in the areas near the river and in the city where tall trees and buildings dominate the landscapes. The Watershed Modeling System (WMS) was therefore employed to simulate flooded areas using daily water level recorded by Royal Irrigation Department. The results of flood zone simulation with WMS was supplemented to those classified by image analysis, causing the overall classification accuracy to be increased to 83%. The probabilities of the areas being flooded at different depth and duration were built as GIS coverages for further rice yield estimation.

Existing paddy lands were classified from LANDSAT-TM recorded in November 1996 and March 1997. The former date coincides with the harvest period of main season rice crop and the later with the dry season rice cultivation. Unsupervised classification of LANDSAT-TM band 5, 4, 3, 1 (R,G,B,intensity) was found to be superior than other classification methods tested in this study. Further analysis in GIS with other coverages can reveal useful information regarding associated administrative unit, irrigation system and canals and soil characteristics and limitation. Spatial data generated from this classification were overlaid with climatic zones and irrigated areas to produce Simulation Mapping Units (SMU) for simulating yield with CERES-Rice.

Field experiments were carried out to determine Genetic Coefficients (GC) of four rice varieties grown in northern Thailand, namely, Khao Dok Mali 105, Niaw San Pa Tong, Chainat 1, and DOA 1. They were planted on twelve different dates at one month interval at the Multiple Cropping Center Experiment Station in Chiang Mai. Genotype Coefficient Calculator (GENCALC) was used to calculate GC for each variety from field data in this experiment. The data collected for the analysis include development stage, biomass in different plant parts, yield and yield component, and climate.

The obtained GCs were stored in the database and subsequently used in the field validation of CERES-Rice model in Chiang Mai and Pitsanuloke. One validation trial focused on the effects of nitrogen fertilizer rates in rainfed and irrigated conditions, the other emphasized the effects of seeding rates and planting methods on growth and yield of rice. The results of different validation trials revealed that the model accurately predicted phenological development of different varieties of rice. However, the model overestimated rice yield and biomass in various treatments. This is not surprising because the model assumes no yield reduction due to pest, disease and weed infestation, and yield loss due to lodging and harvesting.

The important component of RDSS is the decision support tool called POSOP (meaning Rice Angel in Thai). The program consists of four modules, (1) module for generating soil input data for CERES-Rice from soil geographic database, (2) module for generating rice management data files for CERES-Rice from associated attributes of GIS coverages, (3) module for various drivers necessary for linking data files and driving the simulation and (4) module for displaying inputs and outputs of simulation in GIS environment. The modules were developed in Avenue and FORTRAN to link spatial databases, CERES-Rice and ArcView GIS to facilitate users in selecting target areas, displaying spatial information, selecting rice varieties and management practices, number of simulation runs and displaying and printing out the simulation results.

POSOP was used in estimating rice yield for the entire provinces of Chiang Mai and Pitsanuloke with different levels of fertilizer management in two different seasons under rainfed and irrigated conditions. Although the simulated yield were 14–36% higher than those obtained the agricultural statistics during 1993–1997, however, simulated yield can be mapped out and weighted averaged by the extent of cultivated area. Spatial distribution of rice yield can be used for further analyzed to identify yield

gap between existing farmer's and improved practices. Hence, potential areas for disseminating improved varieties or fertilizer technology can be identified. As a result, extension programs and projects can be accelerated and direct to the needed areas. POSOP may also be used to identify potential areas for crop diversification policy in the dry season. Specified areas of irrigated rice that should be replaced by other crops may be identified from accumulating the paddy areas with lowest yield until the target acreage is reached. The results are displayed as a map that can greatly help implementing the project.

RDSS as described above is designed to suit various types of potential users. Rice researchers and planners who have access to and are familiar with the crop model and GIS may use POSOP to simulate rice yield for particular area of interest to test the responses of different varieties, planting plates, fertilizer types, amount and time of applications order to select "best-bet" treatments for on-farm trials. Planners and extension workers at the provincial offices who may not have access to GIS can still use spatial information and results of the simulation of different management practices and scenarios related to rice production in the study area. GIS browser such as ArcExplorer is freely available and can be used to display, make specific query on particular spatial information and yield distribution to assist their decision on specific planning activities. The separate document is also produced with various cases and exercises to facilitate this purpose of use.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สารบัญ

ระบบสนับสนุนการตัดสินใจการผลิตข้าว : แนวคิดและหลักการ 1

คำนำ	1
ระบบสนับสนุนการตัดสินใจในทางการเกษตร	2
จากการวางแผนการผลิตระดับแปลงไปสู่พื้นที่เพาะปลูกระดับจังหวัด	3
บทบาทและการพัฒนาฐานข้อมูลเชิงพื้นที่	4
แนวคิดและหลักการพัฒนาระบบสนับสนุนการตัดสินใจการผลิตข้าว	6
การเชื่อมโยงระหว่างฐานข้อมูลเชิงพื้นที่และแบบจำลองข้าว	7
การปรับค่าและทดสอบแบบจำลองข้าว	8
ระบบเรียกใช้งานและโต้ตอบกับผู้ใช้ (Graphic User Interface, GUI)	8
สรุป	9
เอกสารอ้างอิง	10

การออกแบบและพัฒนาฐานข้อมูลเชิงพื้นที่ชุดดิน 13

คำนำ	13
วิธีการศึกษา	16
แผนที่ชุดดิน	16
การออกแบบฐานข้อมูลดิน	17
การนำเข้าข้อมูลดินในระบบ GIS	17
ผลการศึกษา	19
ฐานข้อมูลเชิงพื้นที่ชุดดิน	19
ฐานข้อมูลอรรถาธิบาย	19
การนำฐานข้อมูลเชิงพื้นที่ชุดดินไปใช้ประโยชน์	21
การสร้างข้อมูลอรรถาธิบายของหน่วยแผนที่ชุดดินที่ไม่ใช่ดินเดี่ยว	23
สรุป	30
เอกสารอ้างอิง	30
ภาคผนวกโครงสร้างและคำอธิบายตารางอรรถาธิบายประกอบชั้นข้อมูลชุดดิน	32

การพัฒนาฐานข้อมูลเชิงพื้นที่ภูมิอากาศในระบบสนับสนุนการตัดสินใจการผลิตข้าว 41

คำนำ	41
วิธีการศึกษา	43
แหล่งข้อมูลและขอบเขตของการศึกษา	43

การเตรียมข้อมูลเพื่อใช้ในการประมาณค่าเชิงพื้นที่	43
การประมาณค่าแบบต่อเนื่องในเชิงพื้นที่	45
การเปรียบเทียบความแม่นยำในการประมาณค่า	47
การสร้างเซตภูมิอากาศ	48
ผลการศึกษา	49
การสร้างชั้นข้อมูลภูมิอากาศเฉลี่ยรายเดือน	49
ผลการประเมินความถูกต้องของวิธีการประมาณค่าภูมิอากาศเชิงพื้นที่	57
ผลการสร้างเซตภูมิอากาศ	61
การนำเซตภูมิอากาศไปใช้ประโยชน์	65
สรุป	67
เอกสารอ้างอิง	74
การสร้างชั้นข้อมูลเชิงพื้นที่ที่นำท่วมจากข้อมูลภาพเรดาร์และแบบจำลองลุ่มน้ำ	77
คำนำ	77
วิธีการศึกษา	80
การจำแนกพื้นที่น้ำท่วมด้วยข้อมูลภาพเรดาร์	80
การจำลองพื้นที่น้ำท่วมด้วยระบบจำลองลุ่มน้ำ	83
ผลการศึกษา	85
ข้อมูลทั่วไปของภาพเรดาร์	85
การจัดตั้งกฎเกณฑ์การบวกลบในข้อมูลภาพเรดาร์	86
การจำแนกรายละเอียดข้อมูล	87
การประเมินความถูกต้องของการจำแนกเขตน้ำท่วม	90
ผลการจำลองเขตน้ำท่วมด้วยแบบจำลอง WMS	91
แผนที่โอกาสการเกิดน้ำท่วม	98
สรุป	102
เอกสารอ้างอิง	103
การสร้างฐานข้อมูลเชิงพื้นที่แสดงพื้นที่ปลูกข้าวด้วยข้อมูลระยะไกล	107
ในระบบสนับสนุนการตัดสินใจการผลิตข้าว	
คำนำ	107
วิธีการศึกษา	109
กรรมวิธีก่อนการจำแนกรายละเอียดข้อมูล	109
การจำแนกรายละเอียดข้อมูล	111
กรรมวิธีหลังการจำแนกรายละเอียดข้อมูล	111
ผลการศึกษา	111
การทดสอบข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม	111
การวิเคราะห์เลือกช่วงคลื่นของข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม	115

การจำแนกรายละเอียดข้อมูล	119
การปรับปรุงค่าความถูกต้องของข้อมูล	119
การจัดสร้างแผนที่แสดงพื้นที่ปลูกข้าว	120
ผลการจำแนกพื้นที่ข้าวนาปี	123
ผลการจำแนกพื้นที่ข้าวนาปรัง	129
ผลการประเมินค่าความถูกต้องในการจำแนก	135
สรุป	138
เอกสารอ้างอิง	138
การประเมินค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมของข้าวสำหรับแบบจำลอง CERES-Rice	141
คำนำ	141
ค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมของข้าว	142
วิธีการศึกษา	144
พันธุ์ข้าวที่เลือกใช้ในการประเมินค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรม	144
การทดลองในแปลง	145
การบันทึกข้อมูล	145
การเตรียมไฟล์และข้อมูลนำเข้า (input files/data) สำหรับการประเมิน	146
ค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรม	
การใช้โปรแกรม GENCALC ในการประเมินค่าสัมประสิทธิ์	146
การทดสอบค่าที่ประเมินได้กับค่าจริงที่ได้จากทรีตเมนต์ทั้งหมด	150
ของการทดลอง 12 วันปลูก	
ผลการศึกษา	150
กระบวนการประเมินสัมประสิทธิ์ของข้าว 4 พันธุ์กับงานทดลอง 12 วันปลูก	150
การกำหนดค่าตั้งต้นของสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมใน RICER980.CUL	150
ผลการใช้ GENCALC ประเมินค่าสัมประสิทธิ์	154
ผลการทดสอบค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมที่ได้จาก GENCALC กับงานทดลอง	156
12 วันปลูกและการกำหนดเงื่อนไขการใช้สัมประสิทธิ์ที่เหมาะสม	
ปัญหาการประเมินสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมที่เกี่ยวข้องกับการทำงาน	161
ของแบบจำลอง CERES-Rice เวอร์ชันต่างๆ	
สรุป	163
เอกสารอ้างอิง	164
การทดสอบแบบจำลองการเจริญเติบโตของข้าว CERES-Rice ภายใต้	167
การจัดการน้ำและระดับปุ๋ยไนโตรเจนที่ต่างกัน	
คำนำ	167
อุปกรณ์และวิธีการทดลอง	168
การบันทึกข้อมูล	168

ผลและวิจารณ์ผลการศึกษา	168
1. ผลของการตอบสนองของข้าวต่อปัจจัยงานทดลอง	168
2. ผลการจำลองการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าว	179
สรุป	187
เอกสารอ้างอิง	188

การทดสอบแบบจำลองการเจริญเติบโตของข้าว CERES-Rice ภายใต้อากาศ191

วิธีการเพาะปลูกแบบปักดำและนาหว่านน้ำตมที่อัตราเมล็ดพันธุ์ต่างกัน

คำนำ	191
อุปกรณ์และวิธีการทดลอง	192
การบันทึกข้อมูล	192
ผลและวิจารณ์ผลการศึกษา	193
1. ผลของการตอบสนองของข้าวต่อปัจจัยงานทดลอง	193
2. ผลการจำลองการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าว	202
สรุป	209
เอกสารอ้างอิง	210

โครงสร้างของระบบสนับสนุนการตัดสินใจการผลิตข้าว : โฟสฟ 1.0213

คำนำ	213
วิธีการศึกษา	215
การสร้างข้อมูลเชิงพื้นที่ที่หน่วยจำลองการผลิตข้าว	216
การจัดเตรียมชั้นข้อมูลเชิงพื้นที่และข้อมูลอธิบายประกอบ	217
แบบจำลองข้าว CERES-Rice	218
การพัฒนาโปรแกรมเชื่อมโยง โปรแกรมขับเคลื่อน และ GUI	220
ผลการศึกษา	222
ชั้นข้อมูลหน่วยการจำลองการผลิตข้าว (Minimum Simulating Unit, MSMU)	222
ชั้นข้อมูลเชิงพื้นที่และข้อมูลอธิบายประกอบ	223
โปรแกรมสร้างแฟ้มข้อมูลเกี่ยวกับชุดดิน	225
โปรแกรมสร้างแฟ้มข้อมูลควบคุมการจำลอง	225
โปรแกรมขับเคลื่อนแบบจำลอง	226
โปรแกรมแสดงแผนที่ผลผลิตจากการจำลอง	229
สรุป	230
เอกสารอ้างอิง	235

การใช้โพลี 1.0 ในการสนับสนุนการวางแผนผลิตข้าวระดับจังหวัด	239
---	-----

คำนำ	239
วิธีการศึกษา	240
การจำลองผลผลิตในระดับการจัดการต่างๆ	240
การวิเคราะห์ส่วนเหลือของผลผลิต	242
การใช้โพลี 1.0 ในการวิเคราะห์เชิงนโยบาย	242
ผลการศึกษา	243
การจำลองผลผลิตเฉลี่ยเชิงพื้นที่ของข้าวนาปีพันธุ์หลัก	243
การจำลองผลผลิตเฉลี่ยเชิงพื้นที่ของข้าวนาปรังพันธุ์หลัก	248
การจำลองผลผลิตเฉลี่ยเชิงพื้นที่ของข้าวนาปีพันธุ์ต่างๆ	248
ระบบเมนูและการใช้งานโดยทั่วไปของโพลี 1.0	251
การวิเคราะห์ส่วนเหลือของผลผลิต	254
การใช้โพลี 1.0 ในการวิเคราะห์เชิงนโยบาย	255
สรุป	256
เอกสารอ้างอิง	257

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
 Copyright© by Chiang Mai University
 All rights reserved

สารบัญรูป

รูปที่ 1-1	แผนที่ภาคเหนือของประเทศไทยแสดงขอบเขตพื้นที่ศึกษา ที่ใช้ในการพัฒนาระบบฐานข้อมูลเชิงพื้นที่	5
รูปที่ 1-2	องค์ประกอบของระบบสนับสนุนการตัดสินใจในการผลิตข้าว	7
รูปที่ 2-1	รายละเอียดและการเชื่อมโยงของตารางสัมพันธ์ฐานข้อมูลชุดดิน	18
รูปที่ 2-2	ตัวอย่างการเรียกใช้และแสดงผลข้อมูลชุดดินระหว่าง 4846IV อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่	21
รูปที่ 2-3	ตัวอย่างการเรียกใช้และแสดงข้อมูลชุดดินในบริเวณอำเภอพรหมพิราม และอำเภอบางระกำที่มีเงื่อนไขเฉพาะตามที่กำหนด	22
รูปที่ 2-4	การเรียกแสดงชุดดินที่พบบนภูมิประเทศประเภท B phase (rolling: 8-16%) หรือ C phase (hilling: 16-30%)	23
รูปที่ 2-5	การเรียกแสดงชุดดินที่มีหินกรวดปนอยู่ในเนื้อดิน (gr และ g ทั้งในระดับ phase และ variant)	24
รูปที่ 2-6	การเชื่อมโยงระหว่าง Soil Geographic Database และโปรแกรม DSSAT	26
รูปที่ 2-7	ตัวอย่างแผนที่แสดงการกระจายตัวของคุณสมบัติทางเคมีบางประการของชั้นดินบน ซึ่งถูกนำมาใช้ในการประเมินความอุดมสมบูรณ์	28
รูปที่ 2-8	การกระจายตัวของระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินชั้นบน ประเมินตามเกณฑ์ของกองสำรวจดิน (กรมพัฒนาที่ดิน)	29
รูปที่ 3-1	สถานีตรวจอากาศที่บันทึกข้อมูลที่ใช้ในการสร้างชั้นข้อมูลเชิงพื้นที่ภูมิอากาศ ในจังหวัดเชียงใหม่และจังหวัดพิษณุโลก	44
รูปที่ 3-2	(ก) ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย ประมาณค่าโดยวิธี Thiessen และ (ข) เส้นชั้นน้ำฝนเฉลี่ย เดือนกรกฎาคมซึ่งประมาณค่าโดยวิธี IDW ในบริเวณจังหวัดเชียงใหม่	51
รูปที่ 3-3	(ก) เส้นชั้นน้ำฝนเฉลี่ย และ (ข) จำนวนวันฝนตกในเดือนกรกฎาคม บริเวณจังหวัดเชียงใหม่ ประมาณค่าโดยวิธี Kriging	52
รูปที่ 3-4	(ก) อุณหภูมิสูงสุดเดือนเมษายน และ (ข) อุณหภูมิต่ำสุดเดือนมกราคม ในจังหวัดเชียงใหม่ ประมาณค่าโดยวิธี Kriging	54
รูปที่ 3-5	ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยเดือนกรกฎาคมในจังหวัดเชียงใหม่ ประมาณค่าโดยวิธี TPS	55
รูปที่ 3-6	ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยเดือนสิงหาคมในจังหวัดพิษณุโลก ประมาณค่าโดยวิธี TPS	55
รูปที่ 3-7	(ก) อุณหภูมิสูงสุดเดือนเมษายน และ (ข) อุณหภูมิต่ำสุดเดือนมกราคม ซึ่งประมาณค่าโดยวิธี TPS ในจังหวัดเชียงใหม่	56

รูปที่ 3-8 (ก) อุณหภูมิสูงสุดเดือนเมษายน และ (ข) อุณหภูมิต่ำสุดเดือนมกราคม 57	
ประมาณค่าโดยวิธี TPS ในจังหวัดพิษณุโลก	
รูปที่ 3-9 เขตภูมิอากาศในจังหวัดเชียงใหม่จำแนกโดยวิธีการวิเคราะห์กลุ่ม 62	
(ก) โดยใช้ข้อมูลภูมิอากาศรายเดือนระหว่างเดือนมกราคม-มิถุนายน	
(ข) โดยใช้ข้อมูลภูมิอากาศรายเดือนระหว่างเดือนกรกฎาคม-ธันวาคม	
รูปที่ 3-10 เขตภูมิอากาศในจังหวัดพิษณุโลก จำแนกโดยวิธีการวิเคราะห์กลุ่ม 66	
โดยใช้ข้อมูลภูมิอากาศรายเดือนระหว่างเดือนกรกฎาคมถึงเดือนธันวาคม	
รูปที่ 3-11 เขตภูมิอากาศในจังหวัดพิษณุโลก จำแนกโดยวิธีการวิเคราะห์กลุ่ม 67	
(ก) โดยใช้ข้อมูลภูมิอากาศรายเดือนระหว่างเดือนตุลาคม-มีนาคม	
(ข) โดยใช้ข้อมูลภูมิอากาศรายเดือนระหว่างเดือนมกราคม-มิถุนายน	
รูปที่ 3-12 การเชื่อมโยงของเขตภูมิอากาศและตารางอธิบายข้อมูลภูมิอากาศ 71	
รูปที่ 4-1 แผนที่ตำแหน่งสถานีวัดน้ำท่าในจังหวัดพิษณุโลกและจังหวัดใกล้เคียง 84	
รูปที่ 4-2 ระดับน้ำรายเดือนตั้งแต่เดือนเมษายน 2538 ถึงเดือนมีนาคม 2539 85	
ที่วัดได้ในแม่น้ำยม (สถานี Y16) และแม่น้ำน่าน (สถานี N5a)	
รูปที่ 4-3 ข้อมูลภาพเรดาร์บริเวณอำเภอเมืองและอำเภ�푼ทรพริมา จังหวัดพิษณุโลก 86	
ช่วงขณะน้ำท่วมวันที่ 27 กันยายน 2538 ก่อนและหลังการทำ Sigma filter	
ขนาดหน้าต่างการคำนวณ 7x7 และ Median filter ด้วยหน้าต่างการคำนวณขนาดเท่ากัน	
รูปที่ 4-4 ข้อมูลภาพเรดาร์บริเวณจังหวัดพิษณุโลกช่วงก่อนน้ำท่วมและขณะน้ำท่วม 87	
รูปที่ 4-5 พื้นที่น้ำท่วมจากการจำแนกแบบไม่ควบคุม (Unsupervised classification) 88	
ข้อมูลภาพเรดาร์จากดาวเทียม JERS-1 โดยการผสมข้อมูลเดือนกันยายน กันยายน และ	
พฤษภาคม เป็นสีแดง เขียว และน้ำเงิน ตามลำดับ	
รูปที่ 4-6 พื้นที่น้ำท่วมจากการจำแนกข้อมูลภาพเรดาร์ดาวเทียม JERS-1 89	
วันที่ 27 กันยายน 2538 ด้วยวิธีการสร้างอัตราส่วนข้อมูล	
รูปที่ 4-7 การเปรียบเทียบระหว่างข้อมูลภาพเรดาร์ที่ปรากฏเป็นสีขาวบริเวณตัวเมืองและริมฝั่งน้ำ 89	
กับผลการจำแนกพื้นที่น้ำท่วมด้วยวิธีการสร้างอัตราส่วนข้อมูล	
รูปที่ 4-8 พื้นที่น้ำท่วมบริเวณจังหวัดพิษณุโลก สร้างจากการจำลองโดยใช้ข้อมูลน้ำท่า 93	
ณ สถานีวัดน้ำต่าง ๆ ด้วยแบบจำลอง WMS	
รูปที่ 4-9 ผลของคันดินกั้นน้ำต่อการจำลองเขตน้ำท่วม 94	
รูปที่ 4-10 ตัวอย่างสัญญาณภาพเรดาร์ วันที่ 27 กันยายน 2538 บริเวณที่อาจเกิดน้ำท่วม 95	
แต่มีอาคารสูงหรือต้นไม้สูงปกคลุมริมฝั่งน้ำ (ภาพสีขาว)	
รูปที่ 4-11 เขตน้ำท่วมบริเวณตัวเมืองและริมฝั่งน้ำที่มีต้นไม้ปกคลุม 95	
สร้างขึ้น จากแบบจำลอง WMS โดยใช้ข้อมูลน้ำท่าระหว่างวันที่ 25-27 กันยายน 2538	
รูปที่ 4-12 พื้นที่น้ำท่วมจากการจำแนกข้อมูลภาพเรดาร์ดาวเทียม JERS-1 97	
วันที่ 27 กันยายน 2538 ด้วยวิธีการสร้างอัตราส่วนข้อมูลร่วมกับข้อมูลที่ได้จากแบบจำลอง	
WMS	

รูปที่ 4-13	ผลการจำลองการเกิดน้ำท่วมความลึก 1 เมตร นานติดต่อกัน 10 วัน และ 20 วัน 97
	ในจังหวัดพิษณุโลก โดยใช้แบบจำลอง WMS และข้อมูลน้ำท่ารายวัน ปี 2538
รูปที่ 4-14	ผลการจำลองการเกิดน้ำท่วมความลึก 2 เมตร นานติดต่อกัน 10 วัน และ 20 วัน 98
	ในจังหวัดพิษณุโลก โดยใช้แบบจำลอง WMS และข้อมูลน้ำท่ารายวัน ปี 2538
รูปที่ 4-15	การเปรียบเทียบผลการลดจำนวนสถานีวัดน้ำท่าที่ใช้ในการจำลองพื้นที่น้ำท่วม 99
	(ก) จำลองจากข้อมูลของทุกสถานีวัดน้ำ วันที่ 5 กันยายน 2538
	(ข) ข้อมูลสถานี N36 ไม่ถูกนำมาใช้ในการจำลอง
	(ค) ข้อมูลสถานี N55 ไม่ถูกนำมาใช้ในการจำลอง
	(ง) จำลองจากข้อมูลของทุกสถานีวัดน้ำ วันที่ 16 กันยายน 2538
	(จ) ข้อมูลสถานี Y16 ไม่ถูกนำมาใช้ในการจำลอง
รูปที่ 4-16	การเปรียบเทียบผลการใช้สถานีสมมติเพิ่มเติมในการจำลองพื้นที่น้ำท่วม 100
	ในโครงการชลประทานแคว
รูปที่ 4-17	แผนที่โอกาสเกิดน้ำท่วมที่ได้จากการจำลอง 101
รูปที่ 5-1	ข้อมูลภาพจากดาวเทียม LANDSAT-5 ระบบ TM ที่ใช้จำแนกพื้นที่ข้าวนาปี 112
	ของจังหวัดเชียงใหม่ บันทึกข้อมูลเมื่อ 16 พ.ย. 2540
รูปที่ 5-2	ข้อมูลภาพจากดาวเทียม LANDSAT-5 ระบบ TM ที่ใช้ในการจำแนกพื้นที่ข้าวนาปี 113
	ของจังหวัดพิษณุโลก บันทึกข้อมูลเมื่อวันที่ 4-11 ธ.ค. 2540
รูปที่ 5-3	ตัวอย่าง Scattergram แสดงค่าสะท้อนช่วงคลื่นของพื้นที่นาข้าว 116
	และการใช้ประโยชน์ที่ดินอื่นๆ ด้วยช่วงคลื่น 1, 5, 4 และ 3 จากข้อมูล LANDSAT-5 ระบบ TM
	ในพื้นที่ศึกษาจังหวัดเชียงใหม่ บันทึกข้อมูลเมื่อวันที่ 16 พ.ย. 2540
รูปที่ 5-4	ขั้นตอนการจำแนกพื้นที่ปลูกข้าวของโครงการวิจัยระบบสนับสนุน 118
	การตัดสินใจการผลิตพืช: ข้าวในภาคเหนือ จังหวัดเชียงใหม่และจังหวัดพิษณุโลก
รูปที่ 5-5	ขั้นตอนการจำแนกนาข้าวในร่องเขานาเล็กด้วยวิธีการซ้อนทับบนสองฟากทางน้ำ 121
	มีขนาดกว้างด้านละ 120 เมตร
รูปที่ 5-6	ข้อมูลจากผลการจำแนกพื้นที่ปลูกข้าวจัดเก็บแบบราสเตอร์และเวกเตอร์หลังกรรมวิธีข้อมูล 122
	เมื่อนำไปซ้อนทับลงบนข้อมูลภาพดาวเทียม
รูปที่ 5-7	การใช้ประโยชน์ที่ดินของจังหวัดเชียงใหม่ที่จำแนกได้จากการวิเคราะห์ข้อมูล 125
	ภาพดาวเทียม LANDSAT-5 ระบบ TM ช่วงคลื่น 1, 3, 4 และ 5
	บันทึกข้อมูลเมื่อวันที่ 16 พ.ย. 2540
รูปที่ 5-8	พื้นที่ปลูกข้าวนาปีของจังหวัดเชียงใหม่ที่จำแนกได้จากการวิเคราะห์ข้อมูล 126
	ภาพดาวเทียม LANDSAT-5 ระบบ TM ช่วงคลื่น 1, 3 และ 5
	บันทึกข้อมูลเมื่อวันที่ 16 พ.ย. 2540
รูปที่ 5-9	การใช้ประโยชน์ที่ดินของจังหวัดพิษณุโลกที่จำแนกได้จากการวิเคราะห์ข้อมูล 127
	ภาพดาวเทียม LANDSAT-5 ระบบ TM ช่วงคลื่น 1, 3, 4 และ 5
	บันทึกข้อมูลเมื่อวันที่ 4-11 ธ.ค. 2540

รูปที่ 5-10	พื้นที่ปลูกข้าวของจังหวัดพิษณุโลกที่จำแนกได้จากการวิเคราะห์ข้อมูล 128
	ภาพดาวเทียม LANDSAT-5 ระบบ TM ช่วงคลื่น 1, 3 และ 5
	บันทึกข้อมูลเมื่อวันที่ 4-11 ธ.ค. 2540
รูปที่ 5-11	การใช้ประโยชน์ที่ดินจังหวัดเชียงใหม่ที่จำแนกได้จากการวิเคราะห์ข้อมูล 131
	ภาพดาวเทียม LANDSAT-5 ระบบ TM ช่วงคลื่น 1, 3, 4 และ 5
	บันทึกข้อมูลเมื่อวันที่ 18 มี.ค. 2541
รูปที่ 5-12	พื้นที่ปลูกข้าวนาปรังจังหวัดเชียงใหม่ที่จำแนกได้จากการวิเคราะห์ข้อมูล 132
	ภาพดาวเทียม LANDSAT-5 ระบบ TM ช่วงคลื่น 5, 4 และ 3
	บันทึกข้อมูลเมื่อวันที่ 18 มี.ค. 2541
รูปที่ 5-13	การใช้ประโยชน์ที่ดินของจังหวัดพิษณุโลกที่จำแนกได้จากการวิเคราะห์ข้อมูล 133
	ภาพดาวเทียม LANDSAT-5 ระบบ TM ช่วงคลื่น 1, 3, 4 และ 5
	บันทึกข้อมูลเมื่อวันที่ 10-17 มี.ค. 2541
รูปที่ 5-14	พื้นที่ปลูกข้าวนาปรังของจังหวัดพิษณุโลกที่จำแนกได้จากการวิเคราะห์ข้อมูล 134
	ภาพดาวเทียม LANDSAT-5 ระบบ TM ช่วงคลื่น 1, 3 และ 5
	บันทึกข้อมูลเมื่อวันที่ 10-17 มี.ค. 2541
รูปที่ 6-1	โครงสร้างของไฟล์ที่เกี่ยวข้องของงานประเมินค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรม 149
	ในระบบ DSSAT3.5
รูปที่ 6-2	เปรียบเทียบอายุสุกแก่ของข้าว (จำนวนวันหลังปักดำ) ระหว่างค่าสังเกต 156
	กับค่าจำลองของข้าว 4 พันธุ์, 12 วันปลูก ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตร
	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2540-41
รูปที่ 6-3	เปรียบเทียบการเจริญเติบโตของข้าวระหว่างค่าสังเกตกับค่าจำลอง 158
	ของข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ปักดำเมื่อวันที่ 25 ส.ค. 40 กับวันที่ 24 ก.พ. 41
รูปที่ 6-4	เปรียบเทียบการเจริญเติบโตระหว่างค่าผลผลิตกับค่าจำลองของข้าวขาวดอกมะลิ 105 159
	ที่ปักดำเมื่อวันที่ 24 ก.พ. 41 ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
รูปที่ 7-1	การตอบสนองของการให้ผลผลิตข้าวต่ออัตราปุ๋ยไนโตรเจนและการจัดการน้ำ (เชียงใหม่) 170
รูปที่ 7-2	การตอบสนองของการสะสมน้ำในดินของข้าวต่ออัตราปุ๋ยไนโตรเจนและการจัดการน้ำ 171
	(เชียงใหม่)
รูปที่ 7-3	ค่าเฉลี่ยน้ำในดิน 100 มิลลิเมตรของข้าวที่ปลูกภายใต้การจัดการน้ำและอัตราปุ๋ยที่แตกต่างกัน 171
	(เชียงใหม่)
รูปที่ 7-4	การตอบสนองของการให้ผลผลิตข้าวต่ออัตราปุ๋ยไนโตรเจน (พิษณุโลก) 175
รูปที่ 7-5	การตอบสนองของการสะสมน้ำในดินของข้าวต่ออัตราปุ๋ยไนโตรเจนและการจัดการน้ำ 175
	(พิษณุโลก)
รูปที่ 7-6	การตอบสนองของน้ำในดิน 100 มิลลิเมตรต่ออัตราปุ๋ยไนโตรเจนและการจัดการน้ำ 176
	(พิษณุโลก)
รูปที่ 7-7	การตอบสนองของจำนวนเมล็ดต่อรวงต่ออัตราปุ๋ยไนโตรเจนและการจัดการน้ำ 177
	(พิษณุโลก)

รูปที่ 7-8	เปรียบเทียบพัฒนาการระหว่างค่าสังเกตกับค่าจำลองของข้าวที่ระดับปุ๋ยไนโตรเจน ต่างกันในสภาพอาศัยน้ำฝนและชลประทาน (ปี 2541)	180
รูปที่ 7-9	เปรียบเทียบผลผลิตระหว่างค่าสังเกตกับค่าจำลองของข้าวที่ระดับปุ๋ยต่างกัน ในสภาพอาศัยน้ำฝนและชลประทาน (ปี 2541)	181
รูปที่ 7-10	เปรียบเทียบพัฒนาการระหว่างค่าสังเกตกับค่าจำลองของข้าวที่ระดับปุ๋ยไนโตรเจน ต่างกันในสภาพอาศัยน้ำฝนและชลประทาน (ปี 2542)	182
รูปที่ 7-11	เปรียบเทียบผลผลิตระหว่างค่าสังเกตกับค่าจำลองของข้าวที่ระดับปุ๋ยต่างกัน ในสภาพอาศัยน้ำฝนและชลประทาน (ปี 2542)	183
รูปที่ 7-12	เปรียบเทียบค่าจำลองและค่าสังเกตของผลผลิตของข้าว 2 พันธุ์ในสภาพ ชลประทานและน้ำฝนที่อัตราปุ๋ยไนโตรเจน 0, 70, 140, และ 210 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์	184
รูปที่ 7-13	ค่า N uptake (kg/ha) ของข้าว inorganic N ของดิน , soil nitrate และ soil ammonium ของดินแต่ละทรีตเมนต์จากการจำลองงานทดลองไนโตรเจน มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2542 (IR = Irrigated, RF = Rainfed และ 0 N, 70 N, 140 N, 210 N = With nitrogen 0, 70, 140 และ 210 kg/ha ตามลำดับ)	186
รูปที่ 8-1	การตอบสนองของน้ำหนักรากต่ออัตราการหว่านเมล็ดพันธุ์และวิธีการปลูกแบบปักดำ (เชียงใหม่)	194
รูปที่ 8-2	การตอบสนองของน้ำหนักราก 100 เมล็ดต่ออัตราการหว่านเมล็ดพันธุ์และวิธีการปลูก แบบปักดำ(เชียงใหม่)	195
รูปที่ 8-3	จำนวนรวงต่อพื้นที่ภายใต้การจัดการปลูกแบบนาหว่านน้ำตมที่อัตราเมล็ดต่างกัน และการปลูกแบบปักดำ (เชียงใหม่)	196
รูปที่ 8-4	จำนวนเมล็ดดีต่อรวงภายใต้การจัดการปลูกแบบนาหว่านน้ำตมที่อัตราเมล็ดต่างกัน และการปลูกแบบปักดำ (เชียงใหม่)	196
รูปที่ 8-5	การตอบสนองของผลผลิตข้าวต่อวิธีการปลูกแบบนาหว่านน้ำตมที่อัตราการหว่านเมล็ด ต่างกันและการปลูกแบบปักดำ (พิษณุโลก)	198
รูปที่ 8-6	การตอบสนองของน้ำหนักรากข้าวต่อวิธีการปลูกแบบนาหว่านน้ำตม ที่อัตราการหว่านเมล็ดต่างกันและการปลูกแบบปักดำ (พิษณุโลก)	199
รูปที่ 8-7	การตอบสนองของจำนวนรวงต่อตารางเมตรของข้าวต่อวิธีการปลูกแบบนาหว่านน้ำตม ที่อัตราการหว่านเมล็ดต่างกันและการปลูกแบบปักดำ (พิษณุโลก)	200
รูปที่ 8-8	เปรียบเทียบอายุออกดอกและผลผลิตที่เป็นค่าสังเกตกับค่าจำลองของการทดลอง ที่มีวิธีการปลูกข้าวแบบปักดำและนาหว่านน้ำตม ที่ใช้อัตราเมล็ดปลูกต่างๆ กัน ที่มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ (CMU) และศูนย์วิจัยข้าวพิษณุโลก (PSL), 2541 (KDML105 = ข้าวดอกมะลิ 105, SPN60= สุพรรณบุรี 60, CNT1= ชัยนาท 1, DOA1= ก.ว.ก.1)	203
รูปที่ 8-9	เปรียบเทียบผลผลิตของข้าวนาหว่านน้ำตมที่อัตราเมล็ดพันธุ์ 10, 20 และ 30 กิโลกรัมต่อไร่ กับผลผลิตของข้าวที่ได้จากวิธีการปักดำของข้าว 4 พันธุ์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่และศูนย์วิจัยข้าวพิษณุโลก 2541	204

รูปที่ 8-10	เปรียบเทียบอายุออกดอกและผลผลิตที่เป็นค่าสังเกตกับค่าจำลองของการทดลอง 205 ที่มีวิธีการปลูกข้าวแบบปักดำและหว่านน้ำตม ที่ใช้อัตราเมล็ดปลูกต่างๆ กัน, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ (CMU) และศูนย์วิจัยข้าวพิษณุโลก (PSL) 2542 โดยที่ KDML105 = ข้าวดอกมะลิ 105, SPB60= สุพรรณบุรี 60, CNT1= ชัยนาท 1 และ DOA1= ก.ว.ก.1	205
รูปที่ 8-11	ผลผลิตค่าสังเกตและค่าจำลองของข้าวหว่านน้ำตมที่อัตราเมล็ดพันธุ์ 206 5, 20 และ 45 กิโลกรัมต่อไร่ กับผลผลิตของข้าวที่ได้จากวิธีการปักดำของข้าว 4 พันธุ์ ที่มหาวิทยาลัยเชียงใหม่และศูนย์วิจัยข้าวพิษณุโลก 2542	206
รูปที่ 8-12	เปรียบเทียบจำนวนหน่อต่อตารางเมตรของข้าวข้าวดอกมะลิ 105 209 ระหว่างค่าจำลอง (sim) ด้วย RICER980 modified ที่ใช้ค่า G3= 0.35 กับค่าสังเกต (obs) โดยการปลูกด้วยวิธีหว่านน้ำตมที่อัตราเมล็ด 5, 20 และ 45 กิโลกรัมต่อไร่และปักดำ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2542	209
รูปที่ 9-1	โครงสร้างของระบบสนับสนุนการตัดสินใจการผลิตข้าวโพส 1.0 215	215
รูปที่ 9-2	การสร้างชั้นข้อมูลหน่วยการจำลองการผลิตข้าว 216	216
รูปที่ 9-3	ข้อมูลนำเข้าสำหรับใช้ในแบบจำลองพืชและข้อมูลที่ได้จากการจำลอง 218 (Tsuiji et al., 1994)	218
รูปที่ 9-4	โครงสร้างชั้นข้อมูลหน่วยการจำลองการผลิตข้าว ชุดโปรแกรมเชื่อมโยง 221 และแฟ้มข้อมูลต่างๆ ภายในโพส 1.0	221
รูปที่ 9-5	ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมขับเคลื่อนแบบจำลองข้าวและ 234 การแสดงผลที่ผลิตที่ได้จากการจำลอง	234
รูปที่ 9-6	ตัวอย่างหน้าจอในขณะที่แบบจำลอง CERES-Rice ทำงานโดยการขับเคลื่อน 235 ของ GISDRV22.EXE ร่วมกับ GISRUN.BAT	235
รูปที่ 10-1	พันธุ์ข้าวหลักที่ปลูกในพื้นที่นาปีของตำบลต่างๆ จังหวัดเชียงใหม่ ปี 2540 243	243
รูปที่ 10-2	พันธุ์ข้าวหลักที่ปลูกในพื้นที่นาปีของจังหวัดพิษณุโลก ปี 2540 243	243
รูปที่ 10-3	การกระจายตัวของผลผลิตข้าวของหน่วยการจำลอง (MSMU) 246 เมื่อการจำลองการผลิตข้าวในปีในพื้นที่รับน้ำชลประทานและอาศัยน้ำฝน ที่ระดับการจัดการของเกษตรกรเป็นเวลา 20 ปี	246
รูปที่ 10-4	การกระจายตัวของผลผลิตข้าวของหน่วยการจำลอง (MSMU) ที่ได้จากการจำลอง 249 การผลิตระดับจังหวัดของข้าวพันธุ์หลัก	249
รูปที่ 10-5	เมนูหลักและการเลือกพื้นที่เป้าหมายในโพส 1.0 251	251
รูปที่ 10-6	แสดงชั้นข้อมูลขอบเขตการปกครองในพื้นที่เป้าหมาย 251	251
รูปที่ 10-7	แสดงชั้นข้อมูล MSMU ร่วมกับชั้นข้อมูลทางน้ำและตำแหน่งโรงสีข้าว 252	252
รูปที่ 10-8	การใช้เมนูเพื่อแสดงผลจากการจำลองที่ได้วิเคราะห์ไว้แล้ว 252	252
รูปที่ 10-9	แผนที่ผลผลิตข้าวประจำปีจากการจำลองภายใต้การจัดการทั่วไปและ 253 ใช้พันธุ์ข้าวหลักของแต่ละพื้นที่ในจังหวัดพิษณุโลก	253
รูปที่ 10-10	การใช้ระบบเพื่อการจำลองผลผลิตข้าวโดยให้ผู้ใช้กำหนดรายละเอียดการเขตกรรม 253	253

รูปที่ 10-11	แสดงการทำงานของ CERES-Rice ขณะทำการจำลองผลผลิตข้าวของพื้นที่เป้าหมาย	254
รูปที่ 10-12	แสดงผลของการจำลองเป็นแผนที่ พร้อมสรุปผลผลิตเฉลี่ยและผลผลิตทั้งหมด ของพื้นที่เป้าหมาย	254
รูปที่ 10-13	เมนูเลือกแสดงส่วนเหลื่อมผลผลิต	255
รูปที่ 10-14	การแสดงผลส่วนเหลื่อมผลผลิตในรูปแบบที่	255
รูปที่ 10-15	การใช้ระบบเพื่อวิเคราะห์หาพื้นที่เป้าหมายตามนโยบายการลดพื้นที่ปลูกข้าวนาปรัง	255
รูปที่ 10-16	ผลการวิเคราะห์เพื่อระบุพื้นที่เป้าหมายสำหรับลดการปลูกข้าวนาปรังจำนวน 50,000 ไร่ ในจังหวัดพิษณุโลก	256

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สารบัญตาราง

ตารางที่ 1-1	ข้อแตกต่างระหว่างการวางแผนการผลิตข้าวระดับแปลงและระดับจังหวัด	3
ตารางที่ 2-1	ตัวอย่างคุณสมบัติทางเคมีบางประการของชุดดินล่ำปาง (Lp) และสันทราย (Sai)	20
ตารางที่ 2-2	ตัวอย่างคุณสมบัติทางฟิสิกส์บางประการของชุดดินล่ำปาง (Lp) และสันทราย (Sai)	20
ตารางที่ 2-3	ตัวอย่างคุณสมบัติทางเคมีบางประการของชุดดินสัมพันธ์ Lp/Sai ที่สร้างขึ้นใหม่เป็น ชั้นละ 20 เซนติเมตร	25
ตารางที่ 2-4	ตัวอย่างคุณสมบัติทางฟิสิกส์บางประการของชุดดินสัมพันธ์ Lp/Sai ที่สร้างขึ้นใหม่เป็น ชั้นละ 20 เซนติเมตร	25
ตารางที่ 2-5	ตัวอย่างคุณสมบัติทางเคมีบางประการของชุดดินสัมพันธ์ Lp/Sai ที่สร้างขึ้นใหม่ เป็นชั้นดินบนและชั้นดินล่าง	27
ตารางที่ 2-6	ตัวอย่างคุณสมบัติทางฟิสิกส์บางประการของชุดดินสัมพันธ์ Lp/Sai ที่สร้างขึ้นใหม่เป็น ชั้นดินบนและชั้นดินล่าง	27
ภาคผนวกตารางที่ 2-1	คำอธิบายฐานข้อมูลหน่วยแผนที่ดิน	32
ภาคผนวกตารางที่ 2-2	คำอธิบายฐานข้อมูลลักษณะพิเศษและข้อจำกัดของชุดดิน	34
ภาคผนวกตารางที่ 2-3	คำอธิบายฐานข้อมูลสมบัติของหน่วยดินตัวแทน	35
ภาคผนวกตารางที่ 2-4	คำอธิบายฐานข้อมูลสมบัติทางฟิสิกส์ของแต่ละชั้นดิน	37
ภาคผนวกตารางที่ 2-5	คำอธิบายฐานข้อมูลสมบัติทางเคมีของแต่ละชั้นดิน	38
ภาคผนวกตารางที่ 2-6	คำอธิบายลักษณะภูมิสัณฐานและประเภทของชุดดิน	39
ภาคผนวกตารางที่ 2-7	คำอธิบายองค์ประกอบหน่วยดินตัวแทนที่ประกอบกันขึ้นเป็นของชุดดิน แต่ละประเภท	40
ตารางที่ 3-1	แฟ้มข้อมูลภูมิอากาศเฉลี่ยรายเดือนที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูล ภูมิอากาศรายวันในโปรแกรม DSSAT	49
ตารางที่ 3-2	ค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ (r^2) และค่าต่างๆ ในโมเดลความสัมพันธ์ ระหว่างค่า semivariance ของค่าอุณหภูมิสูงสุดและระยะทางระหว่าง สถานีตรวจอากาศในจังหวัดเชียงใหม่	53
ตารางที่ 3-3	ค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ (r^2) และค่าต่างๆ ในโมเดลความสัมพันธ์ ระหว่างค่า semivariance ของค่าอุณหภูมิต่ำสุดและระยะทางระหว่าง สถานีตรวจอากาศในจังหวัดเชียงใหม่	53
ตารางที่ 3-4	การเปรียบเทียบการประมาณค่าปริมาณน้ำฝน (มิลลิเมตร) โดยวิธี Thiessen, IDW, Kriging และ TPS	58

ตารางที่ 3-5 ผลการเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อน (RMSE) ในการประมาณค่าเชิงพื้นที่ ของจำนวนวันฝนตกเฉลี่ยรายเดือนของจังหวัดเชียงใหม่และพิษณุโลก ระหว่างวิธี Kriging และวิธี TPS	58
ตารางที่ 3-6 ผลการเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อน (RMSE) ในการประมาณค่าเชิงพื้นที่ ของอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดเฉลี่ยรายเดือนของจังหวัดเชียงใหม่ ระหว่างวิธี Kriging และวิธี TPS	59
ตารางที่ 3-7 ผลการเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อน (RMSE) ในการประมาณค่าเชิงพื้นที่ ของอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดเฉลี่ยรายเดือนของจังหวัดพิษณุโลก ระหว่างวิธี Kriging และวิธี TPS	60
ตารางที่ 3-8 ผลการเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อน (RMSE) เฉลี่ยทุกเดือน ในการประมาณค่าปริมาณน้ำฝนโดยวิธีการ Thiessen, IDW, Kriging และ TPS ในบริเวณที่สูงและที่ราบในจังหวัดเชียงใหม่และพิษณุโลก	60
ตารางที่ 3-9 ข้อมูลภูมิอากาศเฉลี่ยรายเดือนในเขตภูมิอากาศของจังหวัดเชียงใหม่ จำแนกโดยวิธีการวิเคราะห์กลุ่มในเดือนมกราคมถึงมิถุนายน	63
ตารางที่ 3-10 ข้อมูลภูมิอากาศเฉลี่ยรายเดือนในเขตภูมิอากาศของจังหวัดเชียงใหม่ จำแนกโดยวิธีการวิเคราะห์กลุ่มในเดือนกรกฎาคมถึงธันวาคม	64
ตารางที่ 3-11 ข้อมูลภูมิอากาศเฉลี่ยรายเดือนในเขตภูมิอากาศของจังหวัดพิษณุโลก จำแนกโดยวิธีการวิเคราะห์กลุ่มในเดือนกรกฎาคมถึงธันวาคม	68
ตารางที่ 3-12 ข้อมูลภูมิอากาศเฉลี่ยรายเดือนในเขตภูมิอากาศของจังหวัดพิษณุโลก จำแนกโดยวิธีการวิเคราะห์กลุ่มในเดือนตุลาคมถึงมีนาคม	69
ตารางที่ 3-13 ข้อมูลภูมิอากาศเฉลี่ยรายเดือนในเขตภูมิอากาศของจังหวัดพิษณุโลก จำแนกโดยวิธีการวิเคราะห์กลุ่มในเดือนมกราคมถึงมิถุนายน	70
ตารางที่ 3-14 แฟ้มข้อมูล .CLI สำหรับเขตภูมิอากาศที่ 1 ของจังหวัดเชียงใหม่	72
ตารางที่ 3-15 ตัวอย่างผลที่ได้จากการสร้างแฟ้มข้อมูลภูมิอากาศรายวันเป็นจำนวน 20 ปี จากข้อมูลภูมิอากาศรายเดือน (.CLI) ในโปรแกรม DSSAT สำหรับเขตภูมิอากาศที่ 1 ของจังหวัดเชียงใหม่	73
ตารางที่ 4-1 ตาราง Error matrix เพื่อการตรวจสอบความถูกต้องของการจำแนกพื้นที่น้ำท่วม ด้วยข้อมูล SAR โดยวิธีการสร้างอัตราส่วนข้อมูล	90
ตารางที่ 4-2 ตาราง Error matrix เพื่อการตรวจสอบความถูกต้องของการจำแนกพื้นที่น้ำท่วม ด้วยข้อมูล SAR โดยวิธีการสร้างอัตราส่วนข้อมูลร่วมกับผลจากแบบจำลอง WMS	96
ตารางที่ 5-1 ตัวอย่างข้อมูลสถิติของภาพจากดาวเทียมที่ใช้เลือกช่วงคลื่นเพื่อการจำแนกพื้นที่ ปลูกข้าวนาปี จังหวัดเชียงใหม่	114
ตารางที่ 5-2 พื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินแต่ละประเภทและพื้นที่ปลูกข้าวนาปีของพื้นที่ศึกษา จังหวัดเชียงใหม่ที่จำแนกได้จากข้อมูลภาพดาวเทียม LANDSAT-5 ระบบ TM บันทึกข้อมูลเมื่อวันที่ 16 พ.ย. 2540	123

ตารางที่ 5-3	พื้นที่การใช้ประโยชน์แต่ละประเภทและพื้นที่ปลูกข้าวนาปีของพื้นที่ศึกษา 124 จังหวัดพิษณุโลกที่จำแนกได้จากข้อมูลภาพดาวเทียม LANDSAT-5 ระบบ TM บันทึกข้อมูลเมื่อวันที่ 4-11 ธ.ค. 2540	124
ตารางที่ 5-4	พื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินแต่ละประเภทและพื้นที่ปลูกข้าวนาปรังของพื้นที่ศึกษา 130 จังหวัดเชียงใหม่ที่จำแนกได้จากข้อมูลภาพดาวเทียม LANDSAT-5 ระบบ TM บันทึกข้อมูลเมื่อวันที่ 18 มี.ค. 2541	130
ตารางที่ 5-5	พื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินแต่ละประเภทและพื้นที่ปลูกข้าวนาปรังของพื้นที่ศึกษา 130 จังหวัดพิษณุโลกที่จำแนกได้จากข้อมูลภาพดาวเทียม LANDSAT-5 ระบบ TM บันทึกข้อมูลเมื่อวันที่ 10-17 มี.ค. 2541	130
ตารางที่ 5-6	ผลการประเมินค่าความถูกต้องของแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินปี 2540 136 จังหวัดเชียงใหม่ เพื่อจำแนกพื้นที่ปลูกข้าวนาปี	136
ตารางที่ 5-7	ผลการประเมินค่าความถูกต้องของแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินปี 2541 136 จังหวัดเชียงใหม่ เพื่อจำแนกพื้นที่ปลูกข้าวนาปรัง	136
ตารางที่ 5-8	ผลการประเมินค่าความถูกต้องของแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินปี 2540 137 จังหวัดพิษณุโลก เพื่อจำแนกพื้นที่ปลูกข้าวนาปี	137
ตารางที่ 5-9	ผลการประเมินค่าความถูกต้องของแผนการใช้ประโยชน์ที่ดินปี 2541 137 จังหวัดพิษณุโลก เพื่อจำแนกพื้นที่ปลูกข้าวนาปรัง	137
ตารางที่ 6-1	ส่วนหนึ่งของไฟล์ OVERVIEW.OUT ที่แสดงการเปรียบเทียบค่าจากการจำลอง 147 กับค่าสังเกตของข้าวชาวดอกมะลิ 105 ที่ปลูกเมื่อวันที่ 25 กันยายน	147
ตารางที่ 6-2	แสดงตัวแปรและโครงสร้างของไฟล์ GRULES.FILE 148 หรือ GENOTYPE COEFFICIENT RULES FILE ส่วนที่เกี่ยวกับข้าว	148
ตารางที่ 6-3	FILEX ที่ใช้ในการ run CERES-Rice model ของการทดลองปลูกข้าว 151 ชาวดอกมะลิ 105 ทั้ง 12 วันปลูก	151
ตารางที่ 6-4	ตัวอย่าง FILEA ชื่อ CMMC9705.RIA ที่ใช้ในการทำงานของโปรแกรม GENCALC 154 สำหรับข้าวพันธุ์ชาวดอกมะลิ 105 ทั้ง 12 วันปลูก ปี 2540-2541	154
ตารางที่ 6-5	ค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมที่ได้จากการคำนวณโดย GENCALC 155 สำหรับข้าวพันธุ์ชาวดอกมะลิ 105 โดยที่ชุดแรกเป็นค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรม และชุดที่สองเป็นค่าสัมประสิทธิ์การเจริญเติบโต	155
ตารางที่ 6-6	ค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมที่ประเมินได้ของข้าวที่ศึกษาถูกบรรจุไว้ 160 ในไฟล์ RICER980.CUL	160
ตารางที่ 6-7	เปรียบเทียบผลผลิตและจำนวนรวงต่อตารางเมตรของข้าวชาวดอกมะลิ 105 ที่จำลอง 163 โดย CERES-Rice เวอร์ชันต่างๆ ด้วยค่าประสิทธิ์ทางพันธุกรรม G3 ตั้งแต่ 0.1-1.2	163
ตารางที่ 7-1	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (analysis of variance) ของผลผลิต 169 และองค์ประกอบผลผลิตข้าวในงานทดลองการศึกษามูลของระดับปุ๋ยไนโตรเจน ในสภาพอาศัยน้ำฝนและน้ำชลประทาน (เชียงใหม่)	169

ตารางที่ 7-2	จำนวนรวงต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตรของข้าวเฉลี่ยตามพันธุ์และการจัดการน้ำ (เชียงใหม่)	172
ตารางที่ 7-3	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (analysis of variance) ของผลผลิต และองค์ประกอบผลผลิตข้าวในงานทดลองการศึกษามูลของระดับปุ๋ยไนโตรเจน ในสภาพอาศัยน้ำฝนและน้ำชลประทาน (พิษณุโลก)	174
ตารางที่ 7-4	เปรียบเทียบการสะสมน้ำหนักและความเครียดจากการขาดไนโตรเจนของ ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ใน Growth.out ที่ได้จากการจำลองระหว่างทรีดเมนต์ ให้น้ำชลประทานกับอาศัยน้ำฝนอย่างเดียวกันที่ระดับปุ๋ยไนโตรเจน 0 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ ด้วยแบบจำลอง RICER980 modified ที่ใช้ $G3 = 0.35$ (มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2542)	185
ตารางที่ 8-1	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (analysis of variance) ของผลผลิต และองค์ประกอบผลผลิตข้าวในงานทดลองการตอบสนองของข้าวต่อวิธีการปลูกแบบปักดำ และแบบหว่านน้ำตมที่อัตราเมล็ดต่างกัน (เชียงใหม่)	194
ตารางที่ 8-2	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (analysis of variance) ของผลผลิต และองค์ประกอบผลผลิตข้าวในงานทดลองการตอบสนองของข้าวต่อวิธีการปลูกแบบปักดำ และแบบหว่านน้ำตมที่อัตราเมล็ดต่างกัน (พิษณุโลก)	198
ตารางที่ 8-3	การสะสมน้ำหนักส่วนต่างๆ ของข้าวจากการจำลองการปลูกข้าวขาวดอกมะลิ 105 แบบหว่านน้ำตมด้วยอัตราเมล็ด 5, 20, 45 กิโลกรัมต่อไร่ และแบบปักดำที่ระยะ 25x25 เซนติเมตร, 3 ต้นต่อกอด้วยแบบจำลอง RICER980 (modified) ที่ค่า $G3 = 0.35$ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2542	207
ตารางที่ 9-1	คุณสมบัติทางเคมีและฟิสิกส์ของชุดดินที่แบบจำลองข้าว CERES-Rice ต้องการ	219
ตารางที่ 9-2	ตัวอย่างแฟ้มข้อมูลคุณสมบัติของชุดดินที่แบบจำลองนำไปใช้ได้ (SOIL.SOL)	220
ตารางที่ 9-3	ตัวอย่างแฟ้มข้อมูลระดับปริมาณธาตุอาหารในวันที่เริ่มปลูก (SOIL.INI)	220
ตารางที่ 9-4	โครงสร้างตารางอธิบายของชั้นข้อมูลหน่วยการจำลองการผลิต MSMU	224
ตารางที่ 9-5	ชั้นข้อมูลเชิงพื้นที่และตำแหน่งที่จัดเก็บ	224
ตารางที่ 9-6	รายละเอียดระบบการผลิตและรหัสใน FILEX สำหรับระบบการผลิตข้าว ในสภาพนาหว่านอาศัยน้ำฝน หว่านเมล็ดวันที่ 15 กรกฎาคม ในจังหวัดพิษณุโลก	231
ตารางที่ 9-7	รายละเอียด FILEX สำหรับระบบการผลิตข้าวในสภาพนาหว่านอาศัยน้ำฝน หว่านเมล็ดวันที่ 15 กรกฎาคม จังหวัดพิษณุโลก	232
ตารางที่ 9-8	โครงสร้างและตัวอย่างของแฟ้มข้อมูลรายละเอียดของการจำลอง.....	233
ตารางที่ 9-9	ตัวอย่างโครงสร้างและรายละเอียดของแฟ้มข้อมูล .DAT.....	233
ตารางที่ 9-10	ตัวอย่างโครงสร้างและรายละเอียดของแฟ้มข้อมูล .SNS	233
ตารางที่ 9-11	ตัวอย่างตาราง YIELDTAB.DBF	234
ตารางที่ 10-1	ผลผลิตเฉลี่ยเชิงพื้นที่ของข้าวนาปีพันธุ์หลักที่ได้จากการจำลองสถานการณ์ การผลิตข้าวระดับจังหวัด โดยใช้การจัดการปุ๋ยระดับต่างๆ ในจังหวัดเชียงใหม่	244
ตารางที่ 10-2	ผลผลิตเฉลี่ยเชิงพื้นที่ของข้าวนาปีพันธุ์หลักในเขตอาศัยน้ำฝนและเขตชลประทาน ได้จากการจำลองสถานการณ์ที่การจัดการปุ๋ยระดับต่างๆ	247

ตารางที่ 10-3	ผลผลิตเฉลี่ยเชิงพื้นที่ของข้าวนาปรังพันธุ์หลักที่ได้จากการทดลอง	248
	สถานการณ์การผลิตข้าวระดับจังหวัดจังหวัดโดยการจัดการปุ๋ยระดับต่างๆ ในจังหวัดเชียงใหม่	
ตารางที่ 10-4	ผลผลิตเฉลี่ย (กิโลกรัมต่อไร่) ถ่วงน้ำหนักด้วยขนาดเนื้อที่เพาะปลูก	250
	จากการจำลองผลผลิตข้าวนาปีพันธุ์ต่างๆ ในพื้นที่ปลูกข้าวทั้งจังหวัดเชียงใหม่และพิษณุโลก	
ตารางที่ 10-5	ผลผลิตเฉลี่ย (กิโลกรัมต่อไร่) ถ่วงน้ำหนักด้วยขนาดเนื้อที่เพาะปลูก	250
	จากการจำลองผลผลิตข้าวนาปรังพันธุ์ต่างๆ ในพื้นที่เพาะปลูกข้าวทั้งจังหวัดเชียงใหม่และพิษณุโลก	



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
 Copyright© by Chiang Mai University
 All rights reserved

ระบบสนับสนุนการตัดสินใจการผลิตข้าว : แนวคิดและหลักการ

เมธี เอกะสิงห์¹

พนมศักดิ์ พรหมบุรุษย์²

อรรถชัย จินตะเวช¹

และ ศักดิ์ดา จงแก้ววัฒนา³

คำนำ

การปรับปรุงยุทธศาสตร์การผลิตข้าวในแหล่งเพาะปลูกที่สำคัญของประเทศเป็นสิ่งจำเป็น เพื่อตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงทางเศรษฐกิจและสังคม การขยายการปลูกข้าวคุณภาพในที่ดินที่มีความเหมาะสมและการลดพื้นที่เพาะปลูกในเขตที่ไม่เอื้ออำนวยในการผลิต ต่างต้องการความถูกต้องและแม่นยำทั้งในแง่การประเมินผลผลิตและการประมาณพื้นที่เพาะปลูก ระบบข้อมูลเชิงพื้นที่ (Spatial Information System) และการจำลองระบบการผลิตพืช (crop modeling) สามารถสนองต่อความต้องการข้อมูลลักษณะนี้ได้ นอกจากจะช่วยประเมินความเหมาะสมของพื้นที่ในการผลิตข้าวแล้ว เทคโนโลยีดังกล่าวยังสามารถใช้ทำนายผลผลิตในระดับจังหวัด ภาค หรือประเทศ ที่ผันแปรในเชิงพื้นที่และเวลา ตามการเปลี่ยนแปลงของภูมิอากาศ สภาพแวดล้อม และระดับการจัดการของเกษตรกร ดังนั้นจึงช่วยให้การกำหนดนโยบายข้าวสามารถใช้ข้อมูลที่มีความแม่นยำและทันเวลามากขึ้น

การประเมินความเหมาะสมของที่ดินดังกล่าวอาจทำได้ 2 วิธีคือ โดยวิธีเชิงคุณภาพ (qualitative method) และวิธีเชิงปริมาณ (quantitative method) วิธีการที่ใช้อยู่ในประเทศไทยในปัจจุบัน (บัณฑิต และ คำรณ, 2538) เป็นวิธีการเชิงคุณภาพที่อิงกรอบการศึกษาของ FAO (1976) วิธีการนี้เริ่มจากการประเมินคุณสมบัติต่างๆ ของที่ดินแต่ละหน่วยแผนที่ดิน แล้วแปลงเป็นคุณภาพของที่ดินในแง่การผลิตพืช เช่น ความสามารถในการลำเลียงน้ำและธาตุอาหารให้แก่พืช การค้าจุนรากพืช ระดับความเป็นพิษต่อพืช ความสะดวกในการเขตกรรม ตลอดจนระดับการเสื่อมโทรมของดิน เป็นต้น จากนั้นจึงนำคุณภาพของที่ดินแต่ละหน่วยแผนที่ดินไปเปรียบเทียบกับความต้องการของพืช แล้วจึงประเมินระดับชั้นความเหมาะสมโดยรวมของหน่วยแผนที่ดินนั้น ข้อดีของวิธีการนี้คือมีความต้องการข้อมูลปานกลาง แม้นข้อมูลจะไม่สมบูรณ์การประเมินก็ยังคงดำเนินการได้โดยอาศัยวิธีการทางอ้อมเพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลนั้นๆ อย่างไรก็ตามวิธีการดังกล่าวมีจุดอ่อนที่สำคัญคือ ไม่สามารถประเมินผลผลิตของดินเป็นปริมาณของผลผลิตได้โดยตรงและไม่สามารถนำค่าความเสี่ยงจากความแปรปรวนของสภาพภูมิอากาศเข้ามาร่วมประเมินคุณภาพของที่ดินได้สะดวก

¹ ภาควิชาปฐพีศาสตร์และอนุรักษศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

² ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

³ ภาควิชาพืชไร่ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

การประเมินเชิงปริมาณสามารถทำได้โดยอาศัยแบบจำลองซึ่งได้รับการพัฒนามาจากองค์ความรู้และความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ระหว่างตัวแปรต่างๆ ที่มีส่วนกำหนดอัตราการเจริญเติบโต พัฒนาการ และผลผลิตของพืช ข้อมูลที่แบบจำลองต้องการเป็นข้อมูลเชิงปริมาณของภูมิอากาศ ดิน ลักษณะเฉพาะบางประการของพืช รวมทั้งการจัดการพืช เนื่องจากแบบจำลองข้าวได้รับการพัฒนามาในระบบนิเวศเขตร้อนและใช้กับพันธุ์ข้าวที่มีลักษณะพันธุกรรมต่างจากพันธุ์ข้าวในประเทศไทย ดังนั้นจึงมีความจำเป็นต้องทำการศึกษาและทดสอบแบบจำลอง เพื่อให้แน่ใจว่าแบบจำลองดังกล่าวสามารถประเมินผลผลิตข้าวได้ใกล้เคียงกับความเป็นจริง จากนั้นจึงนำไปประยุกต์ใช้ได้กับสภาพแวดล้อมการผลิตข้าวในแหล่งเพาะปลูกที่สำคัญในภาคเหนือต่อไป

อย่างไรก็ตามเพื่อให้ฐานข้อมูล ระบบการประมาณผลผลิตข้าว และการแสดงผล สามารถเชื่อมโยงกันได้ดีและเป็นประโยชน์ต่อผู้ใช้สูงสุด การพัฒนาระบบสนับสนุนการตัดสินใจจึงเป็นสิ่งที่จำเป็น เอกสารฉบับนี้แสดงให้เห็นถึงแนวคิดและกระบวนการพัฒนาระบบสนับสนุนการตัดสินใจการผลิตข้าว (Rice Decision Support System, RDSS) โดยจะเน้นให้เห็นถึงบทบาทของระบบข้อมูลเชิงพื้นที่ในการวางแผนการผลิตข้าวในระดับจังหวัด ตลอดจนหลักการเชื่อมโยงระหว่างระบบข้อมูลเชิงพื้นที่และแบบจำลองการผลิตข้าว ซึ่งเป็นหัวใจในการพัฒนาระบบสนับสนุนการตัดสินใจในการผลิตข้าว

ระบบสนับสนุนการตัดสินใจในทางการเกษตร

ระบบสนับสนุนการตัดสินใจ (Decision Support System, DSS) เป็นระบบคอมพิวเตอร์ที่อำนวยความสะดวกให้ผู้ใช้สามารถใช้ข้อมูล องค์ความรู้ และวิธีการวิเคราะห์ต่างๆ ในการแก้ไขปัญหาที่ซับซ้อน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มขีดความสามารถของผู้ทำหน้าที่ตัดสินใจ ทำให้ย่นระยะเวลาและใช้บุคลากรน้อยลงในกระบวนการวิเคราะห์ เพื่อตัดสินใจแก้ปัญหาหรือวางแผน (Jones et al., 1998) ความก้าวหน้าของเทคโนโลยีข้อมูลข่าวสาร ตลอดจนแนวคิดเชิงระบบในทางการเกษตรในช่วงเวลาที่ผ่านมา ทำให้การพัฒนา DSS ก้าวหน้าไปอย่างรวดเร็ว โดยมีการประยุกต์ใช้ในระดับแปลง (Kropff et al., 1998) ทั้งในระดับฟาร์มและภูมิภาค (Teng et al., 1998)

องค์ประกอบที่สำคัญของ DSS ได้แก่ ระบบจัดการข้อมูล ระบบการวิเคราะห์ประมวลผล ส่วนของการแสดงผลและโต้ตอบกับผู้ใช้ การออกแบบรายละเอียดแต่ละส่วนแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์และกลุ่มผู้ใช้ที่เป็นเป้าหมาย ในอดีตระบบการวิเคราะห์และประมวลผลของ DSS ดำเนินการโดยอาศัยแบบจำลองและการจำลองสถานการณ์ (modeling and simulation) หรือระบบผู้เชี่ยวชาญ (expert system) ระบบสนับสนุนการตัดสินใจการผลิตพืชที่ได้รับการพัฒนาและทดสอบอย่างกว้างขวาง ได้แก่ DSSAT (Decision Support System for Agrotechnology Transfer) ซึ่งเป็นโปรแกรมที่รวบรวมเอาแบบจำลองพืช ฐานข้อมูล และโปรแกรมประยุกต์ใช้งานเข้าด้วยกัน (IBSNAT, 1989) ผู้ใช้ DSSAT สามารถเรียกใช้ข้อมูลดิน พืช ภูมิอากาศ เลือกแบบจำลองพืชที่ต้องการ เพื่อจำลองภูมิอากาศ สมดุลของน้ำ การเจริญเติบโตและผลผลิตของพืชที่เลือก

รวมทั้งวิเคราะห์ผลของการจัดการน้ำ ปุ๋ย และการเขตกรรมระดับต่างๆ ต่อพืชที่ปลูกในแปลง พร้อมทั้งแสดงผลลัพธ์ในรูปของตารางและกราฟตามที่ใช้ต้องการ ต่อมาในปี 1994 ได้มีการพัฒนา DSSAT version 3 โดยเพิ่มขีดความสามารถในการใช้งานให้ง่ายขึ้น ครอบคลุมพืชมากขึ้น อำนวยความสะดวกในการปรับแก้และประเมินแบบจำลองได้ดีขึ้น พร้อมทั้งเพิ่มเติมการวิเคราะห์ความเสี่ยงในแง่ความแปรปรวนของผลผลิตและทางด้านเศรษฐกิจ (Tsuji et al., 1994; Jones et al., 1998)

สำหรับการพัฒนาระบบสนับสนุนการตัดสินใจที่ใช้ระบบผู้เชี่ยวชาญเป็นหลักนั้นเป็นไปอย่างจำกัดกว่าในการใช้แบบจำลองเป็นหลัก เท่าที่ผ่านมาได้มีการประยุกต์ใช้ระบบผู้เชี่ยวชาญในการพัฒนา DSS เพื่อปรับปรุงดิน (Yost, 1988) จัดการพืช (Mohan and Arumujam, 1994) และการจัดการระบบวนเกษตร (Robotham, 1997) เป็นต้น

จากการวางแผนการผลิตระดับแปลงไปสู่พื้นที่เพาะปลูกระดับจังหวัด

การประยุกต์ใช้งานโปรแกรม DSSAT สำหรับการวางแผนการผลิตที่กว้างขวางกว่าแปลงเพาะปลูกไม่สามารถทำได้สะดวก เพราะโปรแกรม DSSAT ได้รับการออกแบบมาใช้ในการจำลองสถานการณ์ระดับแปลงทดลองซึ่งมีความผันแปรและความสลับซับซ้อนน้อยกว่าในพื้นที่เพาะปลูกขนาดใหญ่ในระดับจังหวัด ประเด็นปัญหาที่สำคัญในการนำ DSSAT ไปใช้งานในระดับจังหวัดคือพื้นที่เป้าหมายจะขยายขึ้นเป็นล้านเท่า (ตารางที่ 1-1) สภาพพื้นที่เปลี่ยนจากเรียบสม่ำเสมอในแปลงทดลองไปเป็นสลับซับซ้อน และสภาพแวดล้อมมีความผันแปรสูง ขึ้นข้อมูลที่เกี่ยวข้องในการจำลองและวิเคราะห์ระบบการผลิตจะมีมากขึ้นเพราะต้องครอบคลุมระบบนิเวศการผลิต รวมทั้งหน่วยวางแผนการผลิตและการจัดการที่ไม่มีในสภาพแปลงทดลอง ทำให้ความต้องการข้อมูลเชิงพื้นที่มีมากขึ้น ต้องจัดการฐานข้อมูลซึ่งมีขนาดใหญ่และมีการเชื่อมโยงมากขึ้น ในขณะเดียวกันข้อมูลที่ต้องนำเข้าเพื่อการจำลองสามารถสะท้อนปัญหาที่เกิดขึ้นจริง ผลลัพธ์ที่ได้จากการจำลองสถานการณ์สามารถนำไปประกอบการตัดสินใจเพื่อวางแผนพัฒนาการผลิตทางเกษตรได้ดีขึ้น

ตารางที่ 1-1 ข้อแตกต่างระหว่างการวางแผนการผลิตข้าวระดับแปลงและระดับจังหวัด

	ระดับแปลง	ระดับจังหวัด
พื้นที่เพาะปลูก	0.1-1.0 เฮกตาร์	2-4 ล้านเฮกตาร์
สภาพภูมิประเทศ	สม่ำเสมอ	หลากหลายและซับซ้อน
ตัวแปรที่กำหนดผลผลิต	น้อย	มาก
ความแปรปรวนเชิงพื้นที่	ต่ำ	สูง
บทบาทของข้อมูลเชิงพื้นที่	น้อย	มาก
ข้อมูลที่ต้องจัดการ	น้อย	มาก
การเชื่อมโยงกับนโยบาย	น้อย	มาก

ดังนั้น ระบบ DSS ที่จะพัฒนาให้ใช้งานในระดับจังหวัดได้นั้น จะต้องประกอบด้วยฐานข้อมูลเชิงพื้นที่ที่สามารถให้รายละเอียดสภาพแวดล้อมของแหล่งเพาะปลูก เพื่อเป็นข้อมูลนำเข้าในแบบจำลองการผลิตข้าวที่ได้รับการทดสอบว่าใช้งานได้ดีในภูมิภาคนั้น ระบบเรียกใช้และแสดงผลเป็นองค์ประกอบที่สำคัญที่จะต้องได้รับการออกแบบให้เป็นภาษาไทย และมีประสิทธิภาพในการเลือกพื้นที่เป้าหมายและระดับการจัดการ รวมทั้งเชื่อมโยงกับแบบจำลองและแสดงผลการจำลองในรูปแบบต่างๆ ได้

ระบบสนับสนุนการตัดสินใจการผลิตข้าวต้องการข้อมูลเชิงพื้นที่ที่หลากหลายประเภทในรูปแบบและจากแหล่งที่มาของข้อมูลที่แตกต่างกัน ข้อมูลเหล่านี้ได้แก่ แผนที่ดินระดับชุดดิน (soil series) พื้นที่เพาะปลูกข้าว พื้นที่ชลประทาน แผนที่ภูมิอากาศ ขอบเขตการปกครอง ความลาดชันของพื้นที่ และแผนที่โครงสร้างพื้นฐาน เช่น ถนน ตำแหน่งของโรงสีข้าว เป็นต้น ข้อมูลเหล่านี้สามารถนำไปใช้ในการเลือกพื้นที่เป้าหมาย ประเมินพื้นที่เพาะปลูกข้าวและผลผลิตข้าว ประเมินความเหมาะสมของที่ดินในการผลิตข้าว ตลอดจนระบุพื้นที่ที่สมควรลดหรือขยายการปลูกข้าวเพื่อให้เหมาะสมกับการเปลี่ยนแปลงทางเศรษฐกิจและสังคม

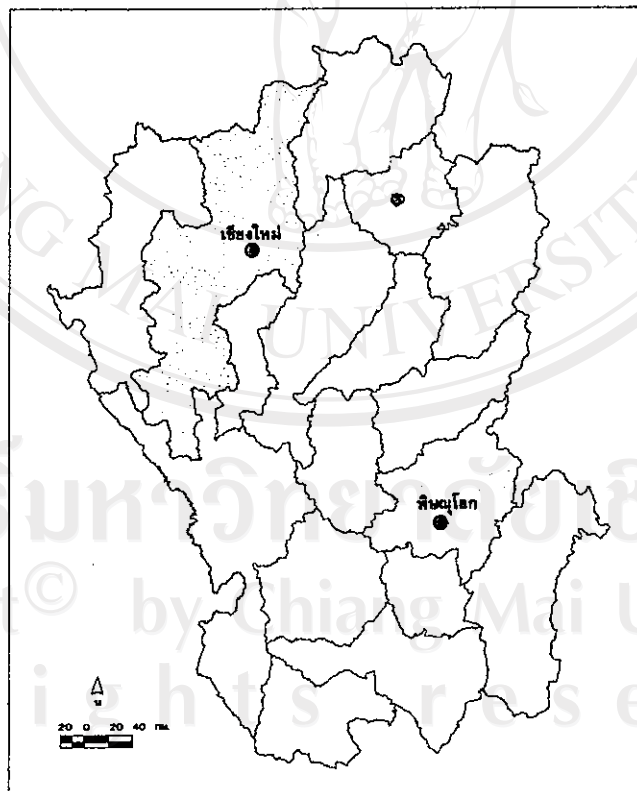
เนื่องจากข้อมูลเชิงพื้นที่เหล่านี้มาจากหลายแหล่งข้อมูลซึ่งมีทั้งตีพิมพ์เป็นแผนที่ของหน่วยราชการต่างๆ และที่โครงการจะต้องวิเคราะห์จากข้อมูลที่มีอยู่และข้อมูลที่ได้จากงานภาคสนาม ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการออกแบบและพัฒนาระบบฐานข้อมูลเชิงพื้นที่ระดับจังหวัด เพื่อให้มีมาตรฐานเดียวกันและสามารถแลกเปลี่ยนได้กับฐานข้อมูลที่หน่วยงานอื่นกำลังพัฒนาอยู่ในบทต่อไปของรายงานฉบับนี้จะแสดงให้เห็นถึงการออกแบบฐานข้อมูลเชิงพื้นที่สำหรับชั้นข้อมูลต่างๆ ในระบบ GIS รวมทั้งวิธีการสร้างชั้นข้อมูลบางประเภทขึ้นใหม่ เพื่อนำไปใช้ในแบบจำลองพืชและระบบเรียกใช้และแสดงผลข้อมูล

บทบาทและการพัฒนาฐานข้อมูลเชิงพื้นที่

ฐานข้อมูลเชิงพื้นที่เป็นองค์ประกอบที่สำคัญของ RDSS ด้วยเหตุผลสามประการดังต่อไปนี้ (1) เป็นข้อมูลที่ใช้สร้างหน่วยแผนที่เพื่อการจำลอง (Simulation Mapping Unit, SMU) ในโครงการวิจัยนี้การสร้าง SMU ดำเนินการโดยวิเคราะห์เชิงซ้อนทับระหว่างชั้นข้อมูลเขตภูมิอากาศ ชุดดิน และพื้นที่ปลูกข้าว แต่ละ SMU สามารถเชื่อมโยงกับตารางสัมพันธ์เพื่อระบุรายละเอียดเกี่ยวกับแฟ้มข้อมูลภูมิอากาศและแฟ้มข้อมูลดิน ตลอดจนนิเวศวิทยาของพื้นที่ปลูกข้าว เช่น ปลูกในเขตชลประทานหรือไม่ โอกาสเกิดน้ำท่วมเป็นเท่าใด ข้าวที่ปลูกส่วนใหญ่เป็นพันธุ์อะไร เป็นต้น โปรแกรมเชื่อมโยงของ RDSS จะเรียกข้อมูลเหล่านี้ไปสกัดเป็นข้อมูลนำเข้าตามโครงสร้างข้อมูลที่เป็นแบบจำลองข้าวต้องการ (2) เป็นข้อมูลที่อำนวยความสะดวกให้ผู้ใช้เลือกพื้นที่เป้าหมาย ตรวจสอบทรัพยากรดินและน้ำ ตลอดจนโครงสร้างพื้นฐานที่ใช้หรือสนับสนุนการผลิตข้าวในพื้นที่เป้าหมาย ซึ่งข้อมูลเชิงพื้นที่กลุ่มนี้ยังมีประโยชน์ในการใช้เป็นจุดอ้างอิงตำแหน่งในแผนที่แหล่งเพาะปลูกและแผนที่ประมาณการณ์ผลผลิตข้าวหลังจากการจำลองสถานการณ์ในรูปแบบต่างๆ แล้ว (3) เป็นข้อมูลพื้นฐานที่สามารถนำไปวิเคราะห์ร่วมกับข้อมูลอื่นตามวัตถุประสงค์ที่นอกเหนือจากโครงการวิจัยนี้ ชั้นข้อมูลเหล่านี้ได้แก่ ข้อมูลขอบเขตการปกครอง ถนน ทางน้ำ โรงสีข้าว ที่ตั้งและขอบเขตโครงการชลประทาน เขตน้ำท่วมและข้อมูลภูมิประเทศเชิงตัวเลข (Digital Elevation Model, DEM)

ข้อมูลเชิงพื้นที่ในโครงการวิจัยนี้ครอบคลุมจังหวัดเชียงใหม่และพิษณุโลก (รูปที่ 1-1) ซึ่งได้รับการพัฒนาและจัดเก็บทั้งในรูปแบบเวกเตอร์ (vector) และรูปแบบราสเตอร์ (raster) ในระบบ GIS ขึ้นอยู่กับลักษณะของข้อมูลและวัตถุประสงค์ในการนำไปใช้ประโยชน์ ข้อมูลเหล่านั้นได้รับการนำเข้า วิเคราะห์ และสร้างขึ้นใหม่ด้วยวิธีการต่างๆ กัน ดังมีรายละเอียดในรายงานของเมธีและคณะ (2543) แต่ในที่สุดชั้นข้อมูลเหล่านี้จะถูกจัดเก็บเป็น shapefile หรือ grid ที่โปรแกรมใน RDSS สามารถเรียกใช้และนำไปวิเคราะห์ต่อได้

ข้อควรพิจารณาอีกประการหนึ่งในการเลือกรูปแบบที่ใช้เพื่อจัดเก็บและแสดงผลข้อมูลเชิงพื้นที่คือ การเผยแพร่ข้อมูลเชิงพื้นที่แก่ผู้ใช้ในหน่วยงานที่ไม่สามารถจัดหาระบบ GIS เป็นของตนเองได้ โดยเฉพาะหน่วยงานระดับจังหวัดและเล็กกว่าจังหวัด ดังนั้นโครงการวิจัยนี้จึงได้ศึกษาและพัฒนาวิธีการเผยแพร่ข้อมูลเชิงพื้นที่โดยใช้โปรแกรม ArcExplorer (www.esri.com) ให้ผู้ใช้สามารถเรียกข้อมูลเชิงพื้นที่ ค้นหาข้อมูลเชิงพื้นที่ และจัดพิมพ์เป็นแผนที่ตามต้องการ โดยพยายามดัดแปลงระบบการเรียกชื่อไฟล์และเนื้อหาข้อมูลบางประการให้สามารถแสดงผลเป็นภาษาไทยส่วนใหญ่ ตามรายละเอียดในรายงานของเมธีและคณะ (2543) คาดว่าระบบดังกล่าวจะอำนวยความสะดวกให้ผู้ใช้ที่ปฏิบัติงานในระดับจังหวัดถึงตำบลมีโอกาสใช้ข้อมูลเชิงพื้นที่ได้อย่างแพร่หลายขึ้น เนื่องจากไม่ต้องใช้งบประมาณในการจัดหาซอฟต์แวร์ GIS เพิ่มเติม

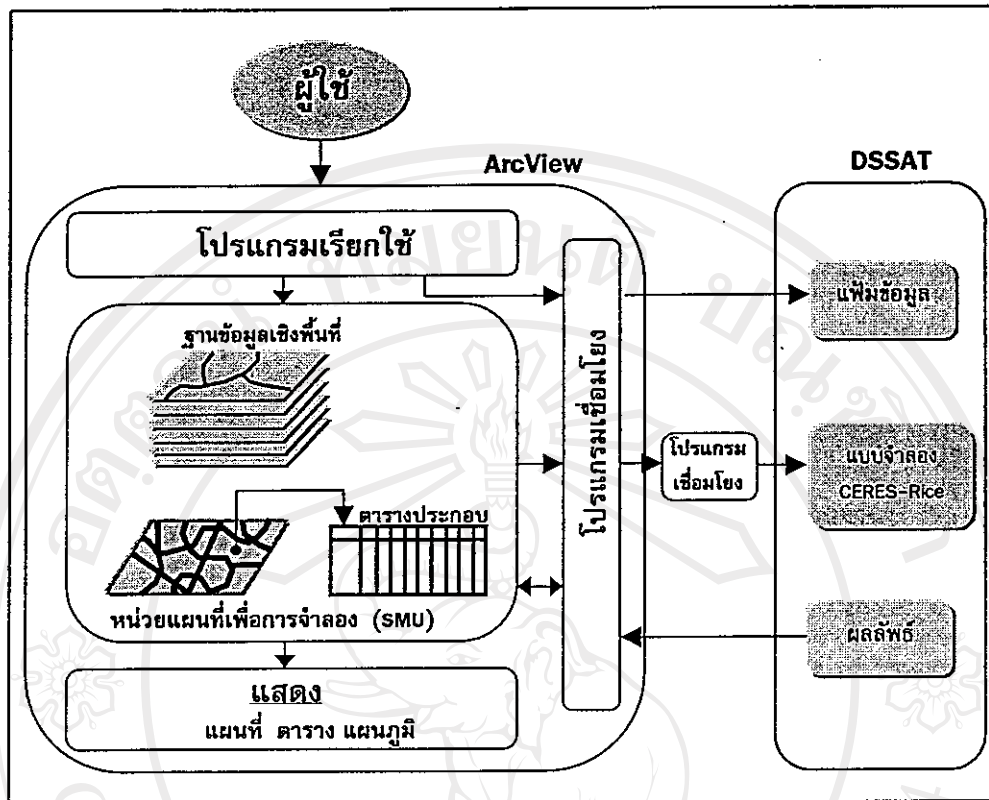


รูปที่ 1-1 แผนที่ภาคเหนือของประเทศไทยแสดงขอบเขตพื้นที่ศึกษาที่ใช้ในการพัฒนาระบบฐานข้อมูลเชิงพื้นที่

แนวคิดและหลักการพัฒนาระบบสนับสนุนการตัดสินใจการผลิตข้าว

ขั้นตอนที่สำคัญของการพัฒนา RDSS คือการเลือกใช้กลยุทธ์ในการเชื่อมโยง GIS เข้ากับแบบจำลอง Hartkamp et al. (1999) ได้บททบทวนผลงานวิจัยที่ได้มีความพยายามเชื่อมโยงระบบดังกล่าวเข้าด้วยกันในการประยุกต์ใช้งานที่หลากหลาย พบว่าสามารถจัดกลไกการเชื่อมโยงได้ 3 ประเภท คือ (1) การเชื่อมโยงอย่างหลวม (Linking) โดยใช้การทำงานของ GIS ในการสร้างแฟ้มข้อมูลเพื่อนำเข้าสู่แบบจำลอง และให้แบบจำลองประมวลผลและส่งผลลัพธ์เข้าแสดงใน GIS ดังนั้นจึงต้องการเพียงการโอนรูปแบบข้อมูลให้เข้ากับความต้องการของระบบทั้งสอง โดยอาจมีโปรแกรมอำนวยความสะดวกในการโต้ตอบกับผู้ใช้ (Graphic User Interface, GUI) ของแต่ละระบบแยกจากกัน การเชื่อมโยงประเภทนี้จึงมีจุดอ่อนที่ไม่ได้ใช้ความสามารถของ GIS ในการวิเคราะห์เชิงพื้นที่อย่างเต็มที่ (2) การเชื่อมโยงแบบผนวกระบบ (Combining) โดยอาศัย GIS เป็นระบบหลักในการประมวลผลเพื่อสร้างข้อมูลที่แบบจำลองต้องการโดยอัตโนมัติและแสดงผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลอง โดยอาศัยความสามารถของ GIS ในการสร้าง GUI ของระบบที่ผนวกเข้าด้วยกัน โปรแกรมการเชื่อมโยงในลักษณะนี้ต้องการการเขียนโปรแกรมที่ซับซ้อนขึ้น เพื่อใช้ความสามารถในการวิเคราะห์เชิงพื้นที่ให้เป็นประโยชน์ต่อระบบมากที่สุด ตัวอย่างเช่น ระบบ AEGIS (Engel et al., 1997) ที่เชื่อมระหว่างแบบจำลองพืชในระบบ DSSAT เข้ากับ ArcView GIS (3) การเชื่อมโยงแบบบูรณาการ (Integrating) เป็นการนำเอาระบบ GIS เข้าไปไว้เป็นส่วนหนึ่งของแบบจำลองหรือนำแบบจำลองเข้าเป็นส่วนหนึ่งของระบบ GIS ดังนั้นการส่งผ่านข้อมูลและการแปลงข้อมูลระหว่างกันจึงเป็นไปโดยอัตโนมัติโดยที่ผู้ใช้ไม่เห็น แต่การเชื่อมโยงในลักษณะนี้ต้องการการสร้างระบบขึ้นมาใหม่ทั้งหมด จึงต้องการผู้พัฒนาที่มีความรู้และประสบการณ์สูงในการเขียนโปรแกรมทั้งในด้าน GIS และการจำลองระบบพืช ตัวอย่างของโปรแกรมที่ใช้กลยุทธ์แบบต่างๆ ถูกแจกแจงไว้อย่างละเอียดใน Hartkamp et al. (1999)

การพัฒนา RDSS ในโครงการวิจัยนี้ได้เลือกใช้การเชื่อมโยงระหว่าง GIS และแบบจำลองข้าวประเภทผนวกระบบ โดยใช้ ArcView GIS (ESRI, 1996) เป็นโปรแกรมหลักในการเรียกใช้และแสดงผล ระบบ RDSS ต้องการโปรแกรมเรียกใช้ที่ทำหน้าที่โต้ตอบอย่างเป็นกันเองกับผู้ใช้ โดยอาศัยฟังก์ชันของ ArcView GIS และภาษา Avenue ในการเรียกดูข้อมูลเชิงพื้นที่และหน่วยแผนที่สำหรับการจำลอง ส่วนแบบจำลองข้าวที่เลือกนำมาใช้งานคือ CERES-Rice ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของระบบ DSSAT (Tsuji et al., 1994) ใน RDSS มีโปรแกรมที่ทำหน้าที่สร้างข้อมูลนำเข้าจากข้อมูลเชิงพื้นที่และรายละเอียดการจำลองที่ผู้ใช้กำหนดให้ในรูปแบบที่ตรงกับความต้องการของ DSSAT เพื่อส่งผ่านไปประมวลผลในแบบจำลอง CERES-Rice และเชื่อมโยงผลลัพธ์จากการจำลองเข้ากับ SMU เพื่อแสดงผลใน ArcView ในรูปของแผนที่ ตาราง หรือแผนภูมิได้ (รูปที่ 1-2) รายละเอียดของการพัฒนาโปรแกรมเหล่านี้แสดงไว้ในพจนมศักดิ์และคณะ (2543ก)



รูปที่ 1-2 องค์ประกอบของระบบสนับสนุนการตัดสินใจในการผลิตข้าว

การเชื่อมโยงระหว่างฐานข้อมูลเชิงพื้นที่และแบบจำลองข้าว

แบบจำลองข้าว CERES-Rice ต้องการข้อมูลภูมิอากาศรายวันซึ่งประกอบด้วยปริมาณน้ำฝน จำนวนวันฝนตก อุณหภูมิต่ำสุด อุณหภูมิสูงสุด และรังสีอาทิตย์ ข้อมูลคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของแต่ละชั้นดิน รายละเอียดการจัดการปลูกข้าว เช่น วันปลูก ความหนาแน่นในการปลูก พันธุ์ข้าว รวมทั้งวิธีการปลูกข้าว เพื่อใช้ในการคาดคะเนการเจริญเติบโตและผลผลิตข้าว

เนื่องจากแหล่งเพาะปลูก พื้นที่รับน้ำชลประทาน พื้นที่เสี่ยงต่ออุทกภัย แผนที่ภูมิอากาศ และแผนที่ดิน เป็นข้อมูลเชิงพื้นที่ที่ได้รับการจัดเก็บในระบบ GIS จึงสามารถนำมาวิเคราะห์เชิงพื้นที่ร่วมกันเพื่อสร้างเป็น SMU ได้ แต่ละหน่วยของ SMU สามารถจัดเก็บรหัสแสดงเขตการจัดการน้ำ เขตภูมิอากาศ และรหัสชนิดของชุดดินในรูปของรายการ (item) ในตารางอธิบายประกอบชั้นข้อมูล รายการข้อมูลเหล่านี้จะเชื่อมโยงกับฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ที่จัดเก็บรายละเอียดต่างๆ ของค่าพารามิเตอร์ทางพันธุกรรมของพันธุ์ข้าวต่างๆ เขตภูมิอากาศ และข้อมูลดิน ฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ดังกล่าวสามารถอำนวยความสะดวกในการส่งผ่านข้อมูลที่จำเป็นต่อการประมวลผลในแบบจำลอง CERES-Rice โดยผ่านโปรแกรมเชื่อมโยงข้อมูลที่พัฒนาขึ้นเฉพาะกิจในโครงการวิจัยนี้ (พนมศักดิ์ และคณะ, 2543ก)

การปรับค่าและทดสอบแบบจำลองข้าว

แบบจำลองข้าวที่นำมาประกอบเป็นระบบสนับสนุนการตัดสินใจคือ แบบจำลอง CERES-Rice ซึ่งบรรจุอยู่ในโปรแกรม DSSAT ถึงแม้แบบจำลองนี้ได้รับการออกแบบให้สามารถใช้ได้กับทุกสภาพแวดล้อม เป็นอิสระจากสถานที่ ฤดูกาล และระบบการจัดการ (Jones et al., 1998) แต่ต้องการข้อมูลค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรม (genetic coefficients) ของข้าวพันธุ์ที่ต้องการจะจำลอง การเจริญเติบโตและผลผลิต เนื่องจากค่าสัมประสิทธิ์ของข้าวบางพันธุ์ที่ปลูกแพร่หลายในภาคเหนือ เช่น เหนียวสันป่าตอง, ชัยนาท 1 และข้าวดอกมะลิ 105 ยังไม่ได้ถูกรวบรวมไว้ จึงจำเป็นต้องดำเนินการวิจัยในภาคสนามเพื่อประมาณค่าสัมประสิทธิ์ดังกล่าว นอกจากนี้ยังมีความจำเป็นต้องทำการทดสอบแบบจำลองในสภาพแวดล้อมและการจัดการที่พบแพร่หลายในภาคเหนือ เพื่อประเมินประสิทธิภาพและความถูกต้องของแบบจำลอง ซึ่งจะนำไปสู่การปรับปรุงแบบจำลองให้สามารถทำงานได้ดีขึ้น ผลของการประเมินค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมและการทดสอบแบบจำลองมีรายละเอียดในรายงานฉบับนี้ (จิรวัดน์ และคณะ, 2543)

ระบบเรียกใช้งานและโต้ตอบกับผู้ใช้ (Graphic User Interface, GUI)

การออกแบบและพัฒนาระบบ GUI มีส่วนสำคัญเป็นอย่างมากในการกำหนดประสิทธิภาพการใช้งานของ RDSS ลักษณะที่ดีของ GUI คือต้องอนุญาตให้ผู้ใช้มีบทบาทในการควบคุมการทำงานได้พอสมควร ง่ายต่อการใช้ มีความคงเส้นคงวา (consistency) ในการใช้เมนู ปุ่มกด และส่วนที่โต้ตอบกับผู้ใช้ ตลอดจนมีคำอธิบายความผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นแก่ผู้ใช้ (Acock, 1999) ตัวอย่างของระบบ GUI ที่ได้รับการพัฒนาเพื่อใช้งานร่วมกับโปรแกรม DSSAT ได้แก่ AEGIS/WIN (Engel et al., 1997) ระบบนี้เขียนขึ้นโดยใช้ภาษา Avenue ของโปรแกรม ArcView

ถึงแม้ว่า AEGIS/WIN จะได้รับการบรรจุเข้าเป็นส่วนหนึ่งของคู่มือการใช้ DSSAT V.3.5 (Hoogenboom et al., 1999) แต่ลักษณะการทำงานหลายประการไม่เหมาะสมกับวัตถุประสงค์ของการนำมาใช้ในการพัฒนาระบบสนับสนุนการตัดสินใจการผลิตข้าวในโครงการนี้ เหตุผลประการแรกคือระบบ RDSS ในโครงการนี้มีวัตถุประสงค์ในการใช้งานระดับจังหวัดซึ่งกินบริเวณกว้างขวางครอบคลุมสภาพภูมิอากาศและดินที่มีความแปรปรวนสูง ประกอบกับสภาพน้ำชลประทาน อุทกภัย และพันธุ์ข้าวที่ใช้อย่างหลากหลาย ทำให้เกิดหน่วยแผนที่เพื่อใช้ในการจำลอง SMU เป็นจำนวนมาก AEGIS/WIN ไม่ได้รวมความสามารถในการสร้าง SMU และรายละเอียดของ SMU โดยอัตโนมัติ ทำให้ผู้ใช้จะต้องใช้เวลาในการนำเข้าข้อมูลดังกล่าวมาก ประการที่สอง AEGIS/WIN ยังมีความเชื่อมโยงกันกับ DSSAT ค่อนข้างสูง การเลือกระดับการจัดการและการวิเคราะห์ยังต้องพึ่งพา GUI ของ DSSAT ดังนั้นผู้ใช้จึงต้องมีความเข้าใจโปรแกรม DSSAT และ ArcView อย่างดี จึงสามารถใช้งานได้ตามต้องการ ผู้ใช้ที่เกี่ยวข้องกับการวางแผนการผลิตข้าวระดับจังหวัดอาจไม่จำเป็นต้องเข้าใจในรายละเอียดของสิ่งที่ทดลองทั้งหมดที่โปรแกรม DSSAT มีอยู่ แต่ต้องการ GUI ที่อนุญาตให้เลือกพื้นที่เป้าหมาย พันธุ์ข้าว ระดับปุ๋ย และวันปลูกที่ต้องการ หลังจากนั้น GUI จะช่วยในการนำเข้าข้อมูลที่เป็นเพื่อจำลองสถานการณ์และแสดงผล และประการสุดท้ายนั้น ผู้ใช้ในระดับจังหวัดต้องการ GUI เป็นภาษาไทยและระบบที่แสดงผลลัพธ์เป็นภาษาไทยเพื่อประโยชน์ในการนำไปปฏิบัติงาน ดังนั้นจึงมีความจำเป็นต้องพัฒนา GUI เป็นภาษาไทยในระบบ GIS ที่มีคุณสมบัติดังกล่าวข้างต้น

โปรแกรมโพสพ 1.0 (พนมศักดิ์ และคณะ, 2543) ที่พัฒนาขึ้นในโครงการวิจัยนี้มีส่วนประกอบที่เป็น GUI ทำงานบนโปรแกรม ArcView ซึ่งพัฒนาจากภาษา Avenue ที่มีชุดคำสั่งที่ประมวลผลและแสดงข้อมูลเชิงพื้นที่ได้ในระบบ ArcView GIS โปรแกรมโพสพ 1.0 จะทำงานร่วมกับโปรแกรมเชื่อมโยงและแปลงข้อมูลโดยผู้ใช้ไม่จำเป็นต้องใช้ GUI ของโปรแกรม DSSAT ดังนั้นการจำลองการผลิตข้าวจึงทำงานอยู่เบื้องหลัง ทำให้ผู้ใช้สามารถโต้ตอบกับระบบได้ง่ายและสะดวกขึ้นเมื่อผู้ใช้ต้องการจำลองสถานการณ์เพื่อประมาณการผลิตข้าวของพื้นที่ที่เลือก โปรแกรมจะอำนวยความสะดวกให้ผู้ใช้ระบุชนิดของพันธุ์ข้าวและระดับของการจัดการโดยผ่านทาง GUI จากนั้นโปรแกรมจะส่งผ่านตัวแปรเหล่านี้ที่ผู้ใช้กำหนดพร้อมกับข้อมูลอัตราขยายที่ได้เชื่อมโยงเข้ากับ SMU ต่างๆ ไปยังฐานข้อมูลแบบจำลองเพื่อทำการประมาณการณ์ผลผลิต พร้อมทั้งตรวจสอบว่าแต่ละหน่วย SMU ในพื้นที่เป้าหมายใช้แฟ้มข้อมูลภูมิอากาศใด จากนั้นจะส่งผ่านหมายเลขรหัสของสถานีไปยังฐานข้อมูลภูมิอากาศรายวันเพื่อเรียกไปประมวลผลในแบบจำลองได้ถูกต้อง

โปรแกรม CERES-Rice จะทำการประมาณผลผลิตของข้าวทุกๆ หน่วย SMU ที่ปรากฏอยู่ในพื้นที่ที่เลือก ผลผลิตที่ได้จะแตกต่างกันตามคุณสมบัติที่อธิบายอยู่ในข้อมูลอัตราขยาย นอกจากนี้โปรแกรมยังประมาณการค่าอื่นๆ เช่น กระบวนการพัฒนาการ (phenology) การเจริญเติบโต (growth) และพลวัตของน้ำในดินและพืช (soil and crop water balance) ผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองนี้จะถูกส่งกลับไปยังโปรแกรม ArcView เพื่อให้ผู้ใช้เลือกแสดงผลในรูปแบบต่างๆ เช่น แผนที่ ตารางสรุป หรือแผนภูมิ ทั้งบนจอภาพและทางเครื่องพิมพ์ในรูปแบบที่ขนาดต่างๆ ซึ่งรายละเอียดของการพัฒนาและการใช้งานโปรแกรมโพสพ 1.0 ปรากฏในรายงานของพนมศักดิ์ และคณะ (2543ก, 2543ข)

สรุป

การพัฒนาระบบสนับสนุนการตัดสินใจการผลิตข้าวเป็นตัวอย่างหนึ่งของความพยายามที่ใช้วิธีการเชิงระบบในการจัดการข้อมูลเชิงพื้นที่ให้อยู่ในรูปแบบที่สามารถนำไปใช้ร่วมกับแบบจำลองพืช เพื่อประโยชน์ในการคาดคะเนผลผลิตข้าวในพื้นที่เป้าหมายภายใต้สภาพแวดล้อมในการผลิตที่มีความแปรปรวนทั้งในเชิงพื้นที่และเวลา ระบบนี้ประกอบด้วยฐานข้อมูลดิน ภูมิอากาศ การจัดการพืช และโครงสร้างพื้นฐานที่เกี่ยวข้องกับการผลิตข้าวในพื้นที่เป้าหมาย ซึ่งฐานข้อมูลดังกล่าวได้รับการจัดเก็บเป็นชั้นข้อมูลในระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ สามารถเรียกใช้และนำเข้าในแบบจำลองการผลิตข้าว ผู้ใช้สามารถกำหนดพื้นที่เป้าหมาย วัตถุประสงค์เชิงกลยุทธ์ และระดับการจัดการต่างๆ เพื่อให้ระบบนี้จำลองการเจริญเติบโต ผลผลิต และปริมาณน้ำที่ใช้ในการผลิต และสามารถแสดงผลการจำลองสถานการณ์ในรูปแบบของแผนที่และตาราง โดยอาศัยระบบเรียกใช้และแสดงผลเป็นภาษาไทยที่มีลักษณะสื่อสารกับผู้ใช้ผ่านทางกราฟิก ระบบนี้มีขีดความสามารถในการสนับสนุนการตัดสินใจการผลิตข้าวระดับจังหวัดโดยมีข้อมูลครอบคลุมแหล่งเพาะปลูกข้าวทั้งหมดในจังหวัดเชียงใหม่และพิษณุโลก

เอกสารอ้างอิง

- จิรวัดน์ เวชแพศย์, ศักดิ์ดา จงแก้ววัฒนา และ อาพันธ์ ผลวัฒน์. 2543. การประเมินค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมของข้าวสำหรับแบบจำลอง CERES-Rice. หน้า 141-165. ใน เมธี เอกะสิงห์ และคณะ (บรรณาธิการ). ระบบสนับสนุนการตัดสินใจการผลิตข้าว รายงานผลการวิจัยฉบับสมบูรณ์ส่วนที่ 1 โครงการวิจัยระบบสนับสนุนการตัดสินใจการผลิตพืช: ข้าวในภาคเหนือ. ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- พนมศักดิ์ พรหมบุรณย์, อรรถชัย จินตะเวช และ เมธี เอกะสิงห์. 2543ก. โครงสร้างของระบบสนับสนุนการตัดสินใจการผลิตข้าว: โฟสฟ 1.0. หน้า 213-237. ใน เมธี เอกะสิงห์ และคณะ (บรรณาธิการ). ระบบสนับสนุนการตัดสินใจการผลิตข้าว รายงานผลการวิจัยฉบับสมบูรณ์ส่วนที่ 1 โครงการวิจัยระบบสนับสนุนการตัดสินใจการผลิตพืช: ข้าวในภาคเหนือ. ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- พนมศักดิ์ พรหมบุรณย์, อรรถชัย จินตะเวช และ เมธี เอกะสิงห์. 2543ข. การใช้โฟสฟ 1.0 ในการสนับสนุนการวางแผนผลิตข้าวระดับจังหวัด. หน้า 239-258. ใน เมธี เอกะสิงห์ และคณะ (บรรณาธิการ). ระบบสนับสนุนการตัดสินใจการผลิตข้าว รายงานผลการวิจัยฉบับสมบูรณ์ส่วนที่ 1 โครงการวิจัยระบบสนับสนุนการตัดสินใจการผลิตพืช: ข้าวในภาคเหนือ. ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2539. สถิติการเกษตรของประเทศไทย ปีเพาะปลูก 2539/40. ศูนย์สารสนเทศการเกษตร สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.
- Acock, B., Y.A. Pachepsky, E.V. Mironenko, F.D. Whisler and V.R. Reddy. 1999. GUICS: A generic user interface for on-farm crop simulations, *Agron. J.* 91:657-655.
- Engel, T., G. Hoogenboom, J.W. Jones and P.W. Wilkens. 1997. AEGIS/WIN-A computer program for the application of crop simulation models across geographic areas. *Agron J.* 89:919-928.
- ESRI. 1996. ArcView, The Geographic Information System for Everyone. Environmental Systems Research Institute, Inc., Redlands, CA.
- FAO. 1976. A framework for Land Evaluation. Soil Bulletin 32. Rome.
- Hoogenboom, G., P.W. Wilkens and G.Y. Tsuji (eds.). 1999. DSSAT version 3. Volume 4. University of Hawaii, Honolulu, HI.

- Hartkamp, A.D., J.W. White and G. Hoogenboom. 1999. Interfacing geographic information systems with agronomic modeling: A Review. *Agron. J.* 9:761-722.
- International Benchmark Sites Network for Agrotechnology Transfer (IBSNAT). 1989. Decision Support System for Agrotechnology Transfer v2.1 (DSSAT v2.1) Development of Agronomy and Soil Science, University of Hawaii, Honolulu, HI.
- Jones, J.W., G.Y. Tsuji, G. Hoogenboom, L.A. Hunt, P.K. Thornton, P.W. Wikins, D.T. Imamura, W.T. Bowen and U. Singh. 1998. Decision support system for agrotechnology transfer : DSSAT v3. p.157-177. *In* G.Y. Tsuji et al. (eds.). Understanding Options for Agricultural Production. Kluwer Academic Publishers.
- Kropff, M.J., P.S. Teng, P.K. Aggarwal, J. Bouman, J.W. Jones and H.H. van Laar (eds.) 1998. Applications of Systems Approaches at the Field Level. Volume 2. Kluwer Academic Publishers, 465 p.
- Mohan, S. and N. Arumujam. 1994. CROPES : A rule-based expert system for crop selection in India. *Trans. ASAE.* 37(3):1355-1363.
- Robotham, M.P. 1998. Modeling socioeconomic influence on agroforestry adaption using a rule-based decision support system. p.153-166. *In* P.S. Teng et al. (eds.). Application of Systems Approaches at the Farm and Regional Levels. Kluwer Academic Publishers.
- Teng, P.S., M.J. Kropff, H.F.M. Fen Berge, J.B. Dent, F.P. Lansigan and H.H. van Laar (eds.). 1998. Applications of Systems Approaches at the Farm and Regional Levels. Volume 1. Kluwer Academic Publishers, 468 p.
- Tsuji, G.Y., G. Vehara and S. Balas (eds.). 1994. DSSAT version 3 Volume 1,2,3. University of Hawaii, Honolulu, HI.
- Yost, R.S., G. Uehara, M. Wade, M. Sudjadi, I.P.G. Widjaja-adhi and Z.C. Li. 1988. Expert systems in agriculture : Determining lime recommendations for soil of the humid tropics. University of Hawaii. CTAHR Research Extension Series Publication No. 089. Honolulu, HI, USA.

การออกแบบและพัฒนาฐานข้อมูลเชิงพื้นที่ชุดดิน

เมธี เอกะสิงห์¹
ทวีศักดิ์ เวียร์ศิลป์²
พนมศักดิ์ พรหมบุรณย์³
และ สุรีย์พร สุดชาติ¹

คำนำ

ผลการสำรวจและจำแนกดินในระยะเริ่มแรกของกรมพัฒนาที่ดินได้มีการจัดพิมพ์เป็นแผนที่ดินในระดับกลุ่มดินหลักและหน่วยดินสัมพันธ์ของกลุ่มดินหลักในมาตราส่วน 1:250,000 (Moormann and Rojanasoonthon, 1968) ต่อมาจึงมีการสำรวจ จำแนก และผลิตแผนที่ซึ่งมีหน่วยแผนที่ดินระดับชุดดินและประเภท (phase) ของชุดดิน รวมทั้งหน่วยดินสัมพันธ์ (association) และหน่วยดินเบ็ดเตล็ด (miscellaneous) และได้ตีพิมพ์ผลการสำรวจดินทั่วประเทศเป็นรายงานการสำรวจดินรายจังหวัดพร้อมกับแผนที่ดินในระดับชุดดินในขนาดมาตราส่วน 1:1,000,000 (Vijamsorn and Changpakdee, 1979) นอกจากนั้นได้มีการจัดทำระบบสารสนเทศทรัพยากรดิน ซึ่งจัดเก็บคุณสมบัติต่างๆ ของชุดดินตัวแทน (typifying pedon) เป็นระบบการจัดการฐานข้อมูล (Database Management System, DBMS) ที่อำนวยความสะดวกในการนำเข้าเรียกใช้ และรายงานผลข้อมูลดิน (ทวีศักดิ์ และ ชนิษฐศรี, 2534) ในปัจจุบันกรมพัฒนาที่ดินกำลังดำเนินการปรับปรุงทำแผนที่ชุดดินมาตราส่วน 1:50,000 และ 1:25,000 ให้มีความสมบูรณ์ทั่วประเทศ (ชาติ, 2541) อย่างไรก็ตามฐานข้อมูลนี้ยังไม่ได้รับการออกแบบให้เชื่อมโยงกับฐานข้อมูลเชิงพื้นที่ของชุดดินอย่างเป็นระบบ

ในทศวรรษที่ผ่านมาได้มีการปฏิวัติระบบฐานข้อมูลดินในประเทศต่างๆ ให้อยู่ในระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ (Geographic Information System, GIS) เนื่องจากฐานข้อมูลดินเหมาะที่จะจัดเก็บในรูปชั้นข้อมูลซึ่งประกอบด้วยข้อมูลเชิงพื้นที่ (spatial data) อันเป็นขอบเขตของหน่วยแผนที่ดิน และข้อมูลเชิงบรรยาย (attribute data) ที่อธิบายอนุกรมวิธาน (taxonomy) คุณสมบัติของบริเวณที่เกิดดิน และโปรไฟล์ของดิน ตลอดจนข้อมูลอธิบายสมบัติทางฟิสิกส์และเคมีของแต่ละชั้นดิน

การออกแบบชั้นข้อมูลดินใน GIS ทำให้หลายรูปแบบขึ้นอยู่กับความละเอียดของข้อมูลที่มีอยู่ และการนำฐานข้อมูลไปใช้ประโยชน์ Zinck and Valenzuela (1990) ได้ออกแบบฐานข้อมูลดินให้สามารถใช้ร่วมกับระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ILWIS โดยโครงสร้างฐานข้อมูลดินเชิงพื้นที่ประกอบ

¹ ภาควิชาปฐพีศาสตร์และอนุรักษศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

² กองสำรวจและจำแนกดิน กรมพัฒนาที่ดิน

³ ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางการเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ด้วย entities ต่างระดับชั้นตั้งแต่หน่วยแผนที่ดิน (soil mapping unit) และหน่วยดินตัวแทน เพื่อให้ใช้ประโยชน์ได้ทั้งในทางเกษตรกรรมและวิศวกรรม รวมทั้งสามารถนำไปใช้ในการหาค่าคุณภาพที่ดิน (land quality) ในการประเมินที่ดินเพื่อการเกษตร (land evaluation) ตามวิธีการของ FAO (1976)

ระบบฐานข้อมูลดินที่ได้รับการพัฒนาอย่างสมบูรณ์แบบอีกระบบหนึ่ง ได้แก่ ระบบของสำนักอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ (Natural Resources Conservation Service, NRCS) ประเทศสหรัฐอเมริกา ระบบนี้ประกอบด้วยฐานข้อมูลหลัก 3 ระดับคือ (1) Soil Survey Geographic (SSURGO) database ซึ่งพัฒนาสำหรับการใช้ประโยชน์ข้อมูลดินเพื่อการวางแผนในระดับฟาร์ม หมู่บ้าน และเมือง โดยข้อมูลเชิงพื้นที่พัฒนามาจากแผนที่ดินมาตราส่วนระหว่าง 1:63,360 ถึง 1:12,000 และได้รับการจัดเก็บใน GIS ประเภทเวกเตอร์ (2) State Soil Geographic (STATSGO) database เป็นฐานข้อมูลที่ใช้สำหรับการวางแผนในระดับรัฐ ระหว่างรัฐ ภาค หรือ ลุ่มน้ำ โดยมีแผนที่ดินและแผนที่ประกอบอื่นๆ ในมาตราส่วน 1:250,000 และ (3) National Soil Geographic (NATSGO) database เป็นฐานข้อมูลที่ใช้กับการวางแผนระดับกว้าง เช่น ระดับภาค หรือประเทศ โดยข้อมูลเชิงพื้นที่มีมาตราส่วน 1:5,000,000 ฐานข้อมูลของ NRCS มีข้อมูลอธิบาย (attribute) ที่จัดเก็บเป็นตารางสัมพันธ์ (relational table) ในระบบการจัดการฐานข้อมูลที่สามารถเชื่อมโยงกับข้อมูลเชิงพื้นที่ได้ใน GIS ผู้ใช้สามารถค้นหาข้อมูลสมบัติทางฟิสิกส์ และเคมีของดินได้ในระดับชั้นดิน (soil horizon) รวมทั้งสามารถช่วยในการจำแนกดินตามระบบอนุกรมวิธานโดยการระบุสมบัติต่างๆ ของชั้นดินและโปรไฟล์ของดิน (USDA, 1996)

ประเทศแคนาดาเป็นประเทศหนึ่งที่ได้ทำการพัฒนาฐานข้อมูลดินโดยใช้ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ร่วมกับการออกแบบฐานข้อมูลอธิบายเชิงสัมพันธ์ ซึ่งแบ่งออกเป็นระดับต่างๆ ตามลักษณะการนำไปใช้งานดังนี้ (1) แผนที่เขตนิเวศวิทยาของประเทศ (National Ecological Framework : EcoZone, EcoRegions and EcoDistricts) เป็นฐานข้อมูลเชิงพื้นที่มาตราส่วน 1:30,000,000 ถึง 1:1,000,000 ที่แสดงลักษณะทางนิเวศวิทยาพื้นที่ดินรวม โดยพิจารณาจากลักษณะภูมิประเทศ ดิน พืชพรรณ ภูมิอากาศ สิ่งมีชีวิต น้ำ และปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อมนุษย์ ส่วนใหญ่แล้วจะใช้เพื่อการวางแผนในระดับรัฐหรืออำเภอ (2) แผนที่ศักยภาพของดิน (Soil Map of Canada/Land Potential Database : LPDB) เป็นชั้นข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับดิน ภูมิอากาศ ลักษณะทางกายภาพ การใช้ประโยชน์ที่ดิน ศักยภาพทางการผลิต การเสื่อมของดิน การใช้ประโยชน์ที่ดินที่เปลี่ยนแปลงไป สภาพภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลง ความเสี่ยงของการผลิต และอื่นๆ แสดงบนแผนที่มาตราส่วน 1:5,000,000 เป็นข้อมูลที่ใช้เพื่อการวางแผนระดับประเทศ (3) แผนที่เขตเกษตรนิเวศ (Agroecological Resource Areas : ARAs) แสดงบนมาตราส่วน 1:2,000,000 เป็นชั้นข้อมูลที่เกิดรายละเอียดเกี่ยวกับการเกษตรกรรม การใช้ประโยชน์ที่ดิน และการอนุรักษ์ดิน ซึ่งจะนำมาใช้เป็นบรรทัดฐานในการจัดเป็นเขตเกษตรกรรมต่างๆ โดยเป็นชั้นข้อมูลที่คล้ายคลึงกับระดับแรกแต่มีข้อมูลศักยภาพของที่ดินในด้านการเกษตรในระดับที่สองเข้ามาเกี่ยวข้องด้วย (4) แผนที่ระดับภูมิทัศน์ (Soil Landscapes of Canada : SLC) เป็นฐานข้อมูลเชิงพื้นที่ในระดับ

ที่มีมาตราส่วนใหญ่ขึ้นคือ 1:1,000,000 จัดเก็บดินหลักๆ ที่สำคัญๆ และแสดงลักษณะภูมิประเทศของดิน ชนิดของดิน รวมถึงองค์ประกอบของดินในแต่ละหน่วยแผนที่ดินที่เกิดในลักษณะของดินสัมพันธ์ โดยแบ่งออกเป็นระดับจังหวัดและระดับเมือง (5) Canada Land Inventory (CLI) เป็นแผนที่แสดงสมรรถนะของพื้นที่ดินสำหรับการเกษตรกรรม การทำป่าไม้ สิ่งมีชีวิต สถานที่พักผ่อนหย่อนใจ และอื่นๆ ในขนาดมาตราส่วน 1:250,000 (6) แผนที่สำรวจดินชั้นละเอียด (Detailed Soil Surveys) มาตราส่วน 1:250,000 ถึง 1:20,000 เป็นแผนที่ที่มีเนื้อที่ครอบคลุมพื้นที่เกษตรสำคัญของประเทศ มีรายละเอียดและข้อมูลของดินที่ได้จากการสำรวจและจำแนกดิน โดยเก็บให้อยู่ในรูปที่สามารถเข้าถึงและเรียกใช้ได้ง่าย และมีการออกแบบข้อมูลอธิบายเป็น 2 ระดับคือ ระดับผู้ผลิตข้อมูล ซึ่งมีรายละเอียดมากกว่า ผู้ใช้ไม่สามารถเข้ามาทำการเปลี่ยนแปลงได้ และ ระดับผู้ใช้ ซึ่งผู้ใช้สามารถเรียกใช้และแก้ไขได้ (7) ข้อมูลเชิงพื้นที่อื่นๆ เป็นฐานข้อมูลอื่นๆ ทั่วไป เช่น ชั้นข้อมูลโครงสร้างพื้นฐาน ฐานข้อมูลเหล่านี้สามารถเชื่อมโยงกันได้ภายในระดับเดียวกันและสามารถนำไปใช้ร่วมกับฐานข้อมูลระดับอื่นๆ ได้ ในส่วนของข้อมูลเชิงอธิบายได้จัดเก็บอยู่ในตารางสัมพันธ์ที่สามารถเชื่อมโยงกับหมายเลขกำกับหน่วยแผนที่ดินภายในข้อมูลเชิงพื้นที่ดินซึ่งสามารถเชื่อมโยงกับตารางอื่นๆ เช่น ตารางชื่อและรายละเอียดของดิน ตารางแสดงชั้นข้อมูลดิน ตารางแสดงคุณสมบัติอื่นๆ ในแผนที่สำรวจดินชั้นละเอียด ระบบนี้สามารถเรียกใช้เปลี่ยนแปลง แก้ไข และแสดงผลทางกราฟิก รวมทั้งสามารถเชื่อมโยงกับระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์อื่นๆ ได้เป็นอย่างดี (Shultz, 1998)

Fernandez and Rusinkiewicz (1993) ได้แสดงรายละเอียดการออกแบบฐานข้อมูลดินเพื่อใช้ร่วมกับ GIS ที่สมบูรณ์แบบโดยใช้รูปแบบของ Extended Entity-Relationship (EER) การพัฒนาฐานข้อมูลเริ่มจากขั้นตอนการหาความต้องการของการรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล การออกแบบเชิงแนวคิด (conceptual design) การแจงองค์ประกอบและความสัมพันธ์ของข้อมูล (data model mapping) การออกแบบฐานข้อมูลเชิงกายภาพ (physical design) และการลงมือจัดทำฐานข้อมูล (implementation) ฐานข้อมูลดินที่สร้างขึ้นโดยวิธีนี้มีโครงสร้างของข้อมูลเชิงพื้นที่สอดคล้องกับโครงสร้างของ Polygon Attribute Table (PAT) ของโปรแกรม ARC/INFO (ESRI, 1994) โดยมีหมายเลขกำกับหน่วยแผนที่ดินเป็นตัวเชื่อมโยง (primary key) ระหว่างข้อมูลเชิงพื้นที่กับข้อมูลอธิบายสมบัติต่างๆ ของหน่วยแผนที่ดิน การศึกษาดังกล่าวได้แยกเก็บฐานข้อมูลออกเป็นตารางสัมพันธ์หลายตาราง เช่น ตารางอธิบายหน่วยดินเดี่ยวและหน่วยดินผสม (soil consociation/complex) ตารางสมบัติของดินแต่ละหน่วยดิน รวมทั้งตารางแสดงสมบัติทางฟิสิกส์และเคมีของชั้นดิน (soil horizon) เป็นต้น เพื่อความสะดวกในการนำเข้า แก้ไข และเรียกใช้ข้อมูลโดยหลีกเลี่ยงการซ้ำซ้อน (redundance) ของข้อมูล ระบบดังกล่าวยังเอื้ออำนวยต่อการเรียกข้อมูลเฉพาะตามเงื่อนไขต่างๆ แสดงในระบบกราฟิกได้อีกด้วย

การนำเข้าข้อมูลแผนที่ดินสู่ระบบ GIS ในปัจจุบันทำได้สะดวก เพราะนอกจากจะใช้เครื่องแปลงข้อมูลลายเส้นในแผนที่เป็นข้อมูลเชิงตัวเลข (digitizer) แล้ว ยังสามารถทำได้โดยการสแกนภาพด้วยเครื่องสแกนเนอร์ (scanner) ขนาดใหญ่ (AO หรือ A1) ที่มีความละเอียดสูง วิธีนี้จะ

แปลงข้อมูลให้อยู่ในรูป TIF image ซึ่งสามารถแปลงเป็นข้อมูลประเภทเวกเตอร์ (vector) โดยใช้ซอฟต์แวร์เฉพาะทางหรือชุดคำสั่งในระบบ GIS บางระบบ ซึ่งวิธีการนี้เป็นวิธีที่สามารถลดความผิดพลาดจากการแปลงข้อมูลโดยใช้ digitizer พร้อมทั้งประหยัดเวลาและทุนค่าใช้จ่ายโดยรวม (Connett and Mayhan, 1996)

กรมพัฒนาที่ดินได้เริ่มนำระบบ GIS เข้ามาใช้ในการพัฒนาฐานข้อมูลดินเชิงพื้นที่ในระดับกลุ่มชุดดิน (soil group) โดยนำเข้าข้อมูลจากแผนที่มาตราส่วน 1:50,000 เป็นระบบเวกเตอร์ พร้อมทั้งพัฒนาระบบเรียกใช้ข้อมูลดินร่วมกับมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ (พนมศักดิ์ และ เมธี, 2539) ระบบนี้สามารถค้นหากลุ่มชุดดิน ประเมินความเหมาะสมของกลุ่มชุดดินสำหรับปลูกพืชเศรษฐกิจต่างๆ เป็นรายตำบล อำเภอ จังหวัด หรือเป็นระวางแผนที่ พร้อมทั้งแสดงผลบนจอภาพหรือพิมพ์เป็นแผนที่ขนาดต่างๆ ได้ อย่างไรก็ตามฐานข้อมูลนี้มีตารางอธิบายประกอบเป็นจำนวนจำกัดเพราะไม่สามารถระบุหน่วยดินตัวแทนสำหรับแต่ละหน่วยกลุ่มดินได้ ทำให้การเรียกใช้ข้อมูลดินเพื่อการวิเคราะห์บางประเภท เช่น เป็นข้อมูลนำเข้าข้อมูลดินในแบบจำลองพืชทำได้ยากและสูญเสียความถูกต้องไป

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อออกแบบและพัฒนาฐานข้อมูลเชิงพื้นที่ชุดดิน (soil series) ในมาตราส่วน 1:50,000 สำหรับใช้ในระบบ GIS เพื่อการจัดการและวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่ในระบบสนับสนุนการตัดสินใจการผลิตข้าว ฐานข้อมูลดินนั้นนอกจากจัดเก็บสมบัติทางฟิสิกส์และเคมีของแต่ละชุดดินที่จะนำไปประมวลผลในแบบจำลองข้าวแล้ว ยังมีโครงสร้างที่อำนวยความสะดวกในการเรียกข้อมูลดินไปใช้ในการวางแผนและจัดการทางการเกษตรอื่นๆ เช่น การประเมินคุณภาพที่ดินเพื่อการเกษตร การประเมินการสูญเสียดิน และการให้คำแนะนำการใส่ปุ๋ยแก่พืช เป็นต้น

วิธีการศึกษา

แผนที่ชุดดิน

แหล่งข้อมูลที่ใช้ในการพัฒนาฐานข้อมูลคือ แผนที่ชุดดินมาตราส่วน 1:50,000 ของกองสำรวจและจำแนกดิน กรมพัฒนาที่ดิน ซึ่งเป็นแผนที่ต้นฉบับของแผนที่ดินจังหวัดเชียงใหม่และจังหวัดพิษณุโลก ตีพิมพ์ด้วยขนาดมาตราส่วน 1:100,000 หน่วยแผนที่ดินในแผนที่ต้นฉบับเป็นชุดดิน ประเภทภายในชุดดิน ชุดดินสัมพันธ์ ซึ่งประกอบด้วยชุดดินตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไป หรือเป็นชุดดินเชิงซ้อน (soil complex) ซึ่งประกอบด้วยชุดดินหลายชนิดปรากฏตัวในลักษณะปะปนปะกันจนแยกไม่ได้ชัดเจนว่าเป็นชุดดินใด แผนที่ต้นฉบับแต่ละระวางมีเส้นแบ่งขอบเขตและสัญลักษณ์ของแต่ละหน่วยแผนที่ดินอย่างชัดเจน สำหรับคำอธิบายลักษณะของหน่วยแผนที่ดินรวมทั้งสมบัติทางกายภาพและเคมีของชั้นดินแต่ละชั้น ได้มาจากรายงานการสำรวจดินของกรมพัฒนาที่ดินในช่วงเวลาต่างๆ

การออกแบบฐานข้อมูลดิน

ฐานข้อมูลดินที่ได้รับการพัฒนาแล้วในประเทศไทยเป็นฐานข้อมูลสัมพันธ์ (relational database) ซึ่งอยู่ในระบบสารสนเทศทรัพยากรดิน (ทวีศักดิ์ และ ชนิษฐศรี, 2534) ฐานข้อมูลนี้ยังไม่ได้ได้รับการพัฒนาให้เชื่อมโยงกับข้อมูลเชิงพื้นที่ระดับชุดดิน ดังนั้นจึงมีความจำเป็นต้องออกแบบฐานข้อมูลเชิงพื้นที่และตารางอธิบายให้สามารถเชื่อมโยงกัน เพื่ออำนวยความสะดวกให้ผู้ใช้งานสามารถเรียกใช้งานได้หลายทางตามวัตถุประสงค์ของโครงการวิจัยและพัฒนาทางเกษตรซึ่งมีความแตกต่างกัน นอกเหนือไปจากเป็นข้อมูลนำเข้าในแบบจำลองข้าวดังเช่นในโครงการวิจัยนี้

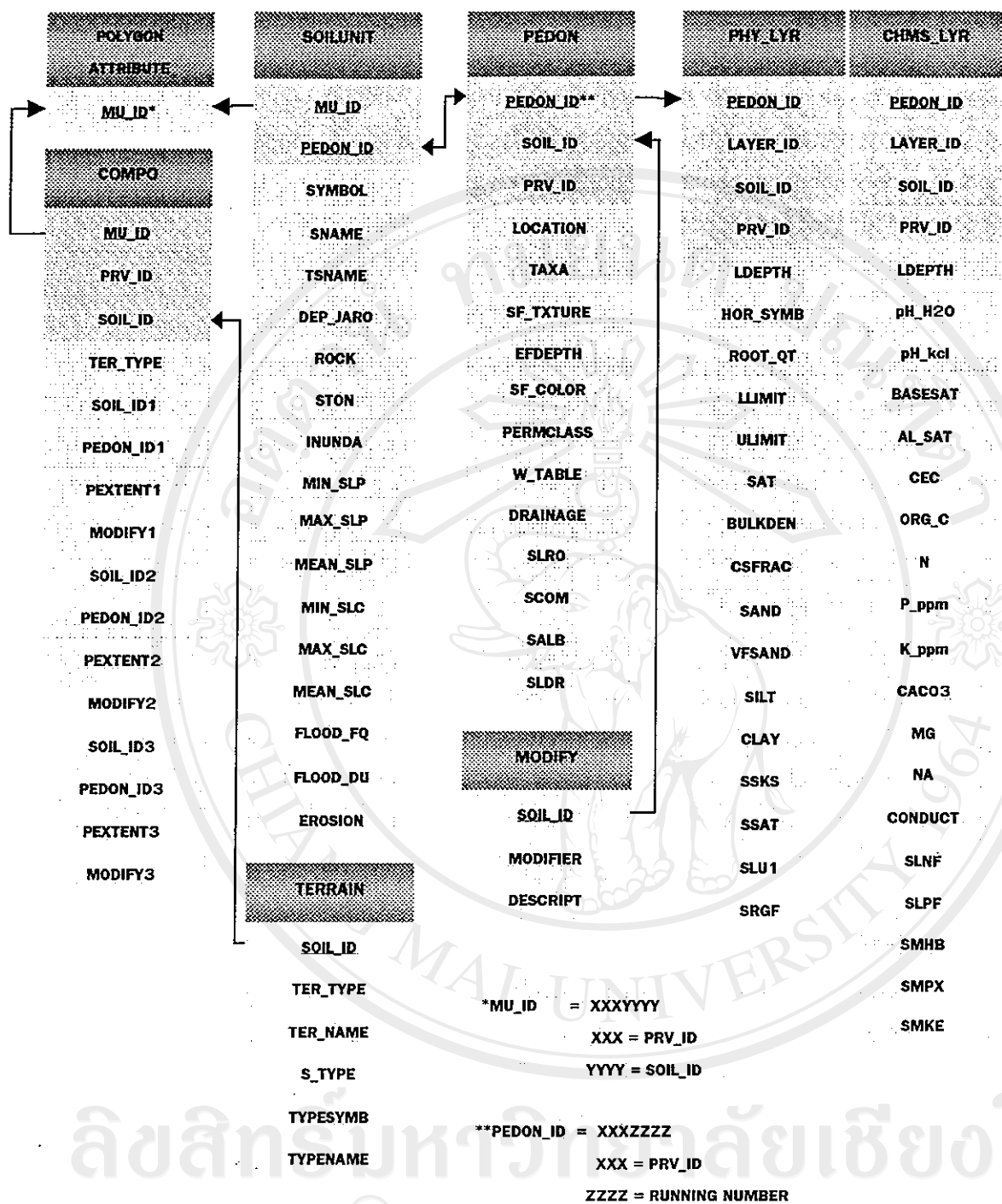
การออกแบบฐานข้อมูลดินในโครงการนี้ใช้วิธีการที่ดัดแปลงมาจาก Fernandez and Rusinkiewicz (1993) และระบบฐานข้อมูลดิน CANSIS (Canadian Soil Information System) แห่งประเทศแคนาดา (Shultz, 1998) หลักการที่สำคัญของวิธีการนี้คือ เมื่อแผนที่ดินได้รับการนำเข้าเป็นข้อมูลดิจิทัลใน GIS แล้ว รูปหลายเหลี่ยม (polygon) แต่ละรูปจะเป็นตัวแทนของแต่ละหน่วยแผนที่ดิน ซึ่งอยู่ในลักษณะหนึ่งใน 3 ลักษณะดังนี้ (1) consociation เป็นกรณีที่มีสมบัติของดินภายในรูปหลายเหลี่ยมอธิบายได้โดยชุดดินเดียว (2) complexes สมบัติของดินภายในรูปหลายเหลี่ยมเป็นสมบัติของดินหลายประเภท และ (3) miscellaneous เป็นรูปหลายเหลี่ยมซึ่งเป็นตัวแทนของวัตถุที่ไม่ใช่ดิน

ขั้นตอนในการออกแบบถัดมาคือการแปลงโครงสร้างฐานข้อมูล (schema) ให้เป็นตารางสัมพันธ์ของฐานข้อมูล (relational table) เพื่อประโยชน์ในการแก้ไขและเรียกใช้ข้อมูล โดยหลีกเลี่ยงความซ้ำซ้อนในการจัดเก็บข้อมูลให้มากที่สุด รูปที่ 2-1 แสดงรายละเอียดการออกแบบตารางสัมพันธ์พร้อมทั้ง item ต่างๆ ในแต่ละตาราง ซึ่งเป็นโครงสร้างฐานข้อมูลที่เตรียมไว้สำหรับขั้นตอนการนำเข้าข้อมูลซึ่งจะกล่าวถึงต่อไป จากนั้นจึงจัดทำคำอธิบายชั้นข้อมูลและโครงสร้างของตารางสัมพันธ์ของฐานข้อมูลดินเพื่ออำนวยความสะดวกต่อผู้ใช้ในการแก้ไขข้อมูล

การนำเข้าข้อมูลดินในระบบ GIS

เริ่มต้นด้วยการนำแผนที่ชุดดินต้นฉบับของกรมพัฒนาที่ดินในมาตราส่วน 1:50,000 มาทำการสแกนด้วยเครื่องสแกนเนอร์ขนาด AO (Calcomp ScanPlusIII 800T) ซึ่งต่อกับเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ โดยตั้งค่าวิกฤติของความเข้มลายเส้นระหว่าง 155-170 และความละเอียดของจุดภาพ 200 จุดต่อนิ้ว (dpi) ขึ้นอยู่กับรายละเอียดและคุณภาพของแผนที่ต้นฉบับ จากนั้นจึงทำการแก้ไขรายละเอียดข้อมูลที่ผ่านมาการสแกนนั้น ข้อมูลที่ได้จะแปลงเป็นข้อมูลประเภท Grid ในโปรแกรม ARC/INFO รุ่น 7.0.4 ซึ่งทำงานภายใต้ระบบปฏิบัติการ UNIX บนเครื่อง SUN SparcStation 20

ข้อมูลเส้นชั้นความสูงที่อยู่ในรูปของไฟล์ประเภท Grid ได้รับการปรับค่าพิกัดให้ถูกต้อง (rectification) และแปลงค่าเป็นข้อมูลประเภทเวกเตอร์ (vectorization) โดยใช้ชุดโปรแกรม ArcScan ใน ARC/INFO เสร็จแล้วจึงส่งข้อมูลที่เป็น coverage แล้วนำมาแก้ไขลองรหัสตรวจสอบความผิดพลาดและแก้ไขอีกครั้งจนสมบูรณ์ก่อนที่จะต่อ coverage จำนวน 52 ชุดเข้าด้วยกันเป็นแผนที่ชุดดินของจังหวัดเชียงใหม่ และ coverage จำนวน 27 ชุดเป็นแผนที่ชุดดินของจังหวัดพิษณุโลก



รูปที่ 2-1 รายละเอียดและการเชื่อมโยงของตารางสัมพันธ์ฐานข้อมูลชุดดิน

ข้อมูลในตารางอธิบายประกอบชั้นข้อมูลเชิงพื้นที่ที่ได้รับการจัดเก็บเป็นตารางสัมพันธ์ในรูปไฟล์ประเภท DBF (รูปที่ 2-1) โดยแยกเก็บเป็นตารางข้อมูลทางกายภาพของบริเวณที่เกิดดิน (SOILUNIT.DBF) ตารางแสดงข้อจำกัดในแต่ละหน่วยแผนที่ที่เป็นดิน (MODIFY.DBF) ส่วนคุณสมบัติโดยรวมของโปรไฟล์ของแต่ละหน่วยตัวแทนดินจะเก็บในตาราง PEDON.DBF ซึ่งสามารถเชื่อมโยงกับสมบัติทางฟิสิกส์และเคมีของแต่ละชั้นดินในแฟ้มข้อมูล PHYS_LYR.DBF และ CHM_LYR.DBF ส่วนตาราง TERRAIN.DBF เป็นตารางอธิบายที่แสดงประเภทของหน่วยแผนที่ดิน ซึ่งเชื่อมโยงกับตาราง COMPO.DBF ที่อธิบายสัดส่วนของหน่วยตัวแทนดิน (pedon) หลักและรอง สำหรับคำอธิบายชั้นข้อมูลดินและตารางอธิบายอย่างละเอียดแสดงไว้ในภาคผนวกตารางที่ 2-1 ถึง 2-7

ผลการศึกษา

ฐานข้อมูลเชิงพื้นที่ชุดดิน

ข้อมูลเชิงพื้นที่ชุดดินทั้งสองจังหวัดได้รับการนำเข้า ลงรหัส ตรวจสอบแก้ไข และเชื่อมต่อแต่ละระวางเข้าเป็นแผนที่ฐานข้อมูลชุดดินที่พร้อมจะเรียกใช้งานได้ โดยใช้เนื้อที่จัดเก็บ 3.6 MB ในกรณีที่เป็น coverage ของเชียงใหม่ และ 4.3 MB สำหรับจังหวัดพิษณุโลก หากจัดเก็บในรูปแฟ้มข้อมูลประเภทแลกเปลี่ยนระหว่างซอฟต์แวร์ต่างชนิดกันได้ (.e00) จะต้องเสียพื้นที่จัดเก็บ 11.7 MB และ 13.6 MB ตามลำดับ ฐานข้อมูลนี้สามารถเชื่อมโยงกับฐานข้อมูลอธิบายของชุดดินโดยใช้ item ชื่อ MU_ID เป็น primary key ที่อยู่ในตาราง SOILUNIT และ COMPO ซึ่งสามารถเชื่อมกับ foreign key ที่อยู่ในตารางประกอบชั้นข้อมูลชุดดิน (PAT.DBF) ที่สร้างขึ้นโดยโปรแกรม ARC/INFO ดังแสดงในรูปที่ 2-1

ฐานข้อมูลอธิบาย

ข้อมูลอธิบายชุดดินได้รับการจัดเก็บในรูปของแฟ้มข้อมูลประเภท DBF โดยแยกเก็บเป็นตารางต่างๆ เพื่อประสิทธิภาพในการนำเข้า แก้ไขปรับปรุง และจัดเก็บ ข้อมูลอธิบายของหน่วยแผนที่ดินพร้อมทั้งคุณสมบัติของบริเวณที่เกิดดินโดยรวมถูกจัดเก็บในตาราง SOILUNIT ในตารางดังกล่าวนี้ยังได้จัดเก็บข้อมูลความลาดชันของพื้นที่ (MIN_SLP, MAX_SLP, MEAN_SLP และ SL_CLASS) ซึ่งได้จากการวิเคราะห์ด้วย GIS (ภาคผนวกตารางที่ 2-1) ตาราง MODIFIER เป็นตารางที่เก็บลักษณะและคำอธิบายของข้อจำกัดหรือลักษณะพิเศษของหน่วยชุดดินที่แตกต่างออกไปจากหน่วยชุดดินเดิม เช่น ในกรณีที่เป็นหน่วยดินคล้ายและประเภทดินภายในชุดดิน (ภาคผนวกตารางที่ 2-2) สำหรับตาราง PEDON (ภาคผนวกตารางที่ 2-3) เป็นตารางอธิบายหน่วยดินตัวแทน (pedon) พร้อมทั้งสมบัติบางประการของดินทั้งโปรไฟล์ ส่วน PHY_LYR เป็นตารางที่แสดงค่าคุณสมบัติทางฟิสิกส์ของแต่ละชั้นดิน (ภาคผนวกตารางที่ 2-4) สำหรับคุณสมบัติทางเคมีของแต่ละชั้นดินได้จัดเก็บไว้ในตาราง CHMS_LYR (ภาคผนวกตารางที่ 2-5) ส่วนตาราง TERRAIN ใช้เก็บข้อมูลที่สามารถระบุชนิดของหน่วยแผนที่ดินว่าเป็นดินหรือไม่

ไผ่ดิน และถ้าเป็นดินเป็นดินประเภทใด (ภาคผนวกตารางที่ 2-6) นอกจากนี้ตาราง COMPO ยังเป็นตารางที่แสดงสัดส่วนชุดดินหลักและรองในหน่วยแผนที่ดิน รวมทั้งข้อจำกัดในแต่ละหน่วยแผนที่ที่เป็นดิน (ภาคผนวกตารางที่ 2-7) ตัวอย่างของข้อมูลคุณสมบัติทางเคมีและฟิสิกส์ของชุดดินเดี่ยวบางชุดในฐานข้อมูลเดิมซึ่งได้จากรายงานการสำรวจดิน แสดงในตารางที่ 2-1 และตารางที่ 2-2 ในกรณีที่หน่วยแผนที่เป็นชุดดินสัมพันธ์และหน่วยดินที่ไม่สามารถระบุสัดส่วนได้ชัดเจนซึ่งไม่มีหน่วยดินตัวแทน สามารถคำนวณค่าคุณสมบัติต่างๆ ได้จากการถ่วงน้ำหนักด้วยความลึกพร้อมทั้งถ่วงน้ำหนักด้วยสัดส่วนพื้นที่ของชุดดินหลักและรอง

ตารางที่ 2-1 ตัวอย่างคุณสมบัติทางเคมีบางประการของชุดดินลำปาง (Lp) และสันทราย (Sai)

SOIL ID	SYMBOL	PEDON ID	LAYER ID	DEPTH (cm)	PRV ID	PHU 50	PHUKL	BASISAT (%)	CEC (cmol/kg)	ORG C (%)	P (ppm)	K (ppm)	MG (milliequ/100g)	NA (milliequ/100g)	CONDUCT (micro/cm)
157	Lp	11	1	12	413	4.6	3.7	36.0	4.2	0.69	2.8	41.0	0.5	0.3	0.389
157	Lp	11	2	28	413	5.9	4.6	78.0	5.0	0.28	1.7	24.0	0.9	0.2	0.096
157	Lp	11	3	47	413	5.5	3.9	46.0	2.9	0.15	2.0	24.0	0.5	0.4	0.051
157	Lp	11	4	66	413	5.6	4.1	43.0	4.4	0.39	1.6	50.0	0.7	0.4	0.053
157	Lp	11	5	100	413	5.9	4.0	38.0	4.2	0.13	2.0	67.0	0.8	0.3	0.048
328	Sai	27	1	11	413	4.7	4.2	49.0	4.2	0.75	6.7	41.0	0.4	0.4	0.431
328	Sai	27	2	18	413	5.3	4.4	67.0	3.6	0.46	6.7	67.0	0.4	0.4	0.354
328	Sai	27	3	30	413	5.1	4.4	49.0	1.9	0.20	8.0	47.0	0.2	0.2	0.384
328	Sai	27	4	44	413	5.8	4.6	50.0	2.3	0.15	3.3	21.0	0.3	0.4	0.050
328	Sai	27	5	68	413	6.1	5.0	83.0	2.9	0.30	1.7	32.0	0.4	0.4	0.095
328	Sai	27	6	100	413	6.7	5.7	74.0	2.5	0.07	3.9	53.0	0.4	0.4	0.161

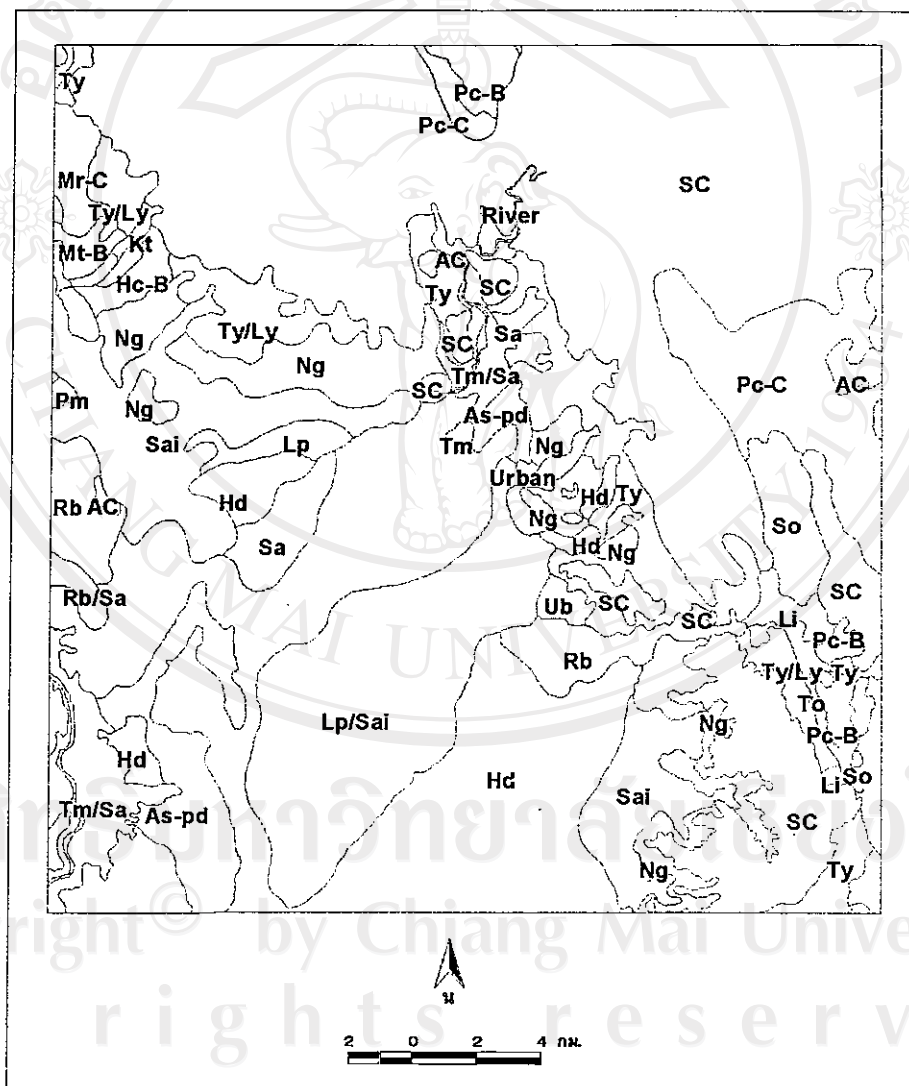
ตารางที่ 2-2 ตัวอย่างคุณสมบัติทางฟิสิกส์บางประการของชุดดินลำปาง (Lp) และสันทราย (Sai)

SOIL ID	SYMBOL	PEDON ID	LAYER ID	PRV ID	HOR SYMB	ROOT QT	LLIMIT	ULIMIT	SAT	BULK DEN (g/cm ³)	SAND (%)	SILT (%)	CLAY (%)	SSIS (cm/h)
157	Lp	11	1	413	Ap	3	0.09	0.23	0.40	1.40	29.5	58.0	12.5	4.24
157	Lp	11	2	413	B1g	2	0.11	0.24	0.39	1.42	30.5	52.0	17.5	3.28
157	Lp	11	3	413	B21g	2	0.11	0.23	0.37	1.50	42.0	41.5	16.5	4.23
157	Lp	11	4	413	B22tg	2	0.15	0.27	0.36	1.52	42.0	32.0	26.0	2.50
157	Lp	11	5	413	B23tg	1	0.18	0.31	0.38	1.45	27.0	40.0	33.0	1.16
328	Sai	27	1	413	Ap _g	3	0.07	0.19	0.33	1.62	62.0	30.5	7.5	12.25
328	Sai	27	2	413	A2 _g	3	0.07	0.19	0.33	1.63	64.0	28.0	8.0	12.95
328	Sai	27	3	413	B11g	2	0.07	0.19	0.34	1.60	59.0	32.0	9.0	10.30
328	Sai	27	4	413	B12g	2	0.08	0.20	0.34	1.58	57.0	33.0	10.0	9.36
328	Sai	27	5	413	B13g	2	0.08	0.20	0.35	1.56	53.5	37.0	9.5	8.48
328	Sai	27	6	413	B21tg	2	0.09	0.21	0.35	1.56	53.0	33.5	13.5	6.90

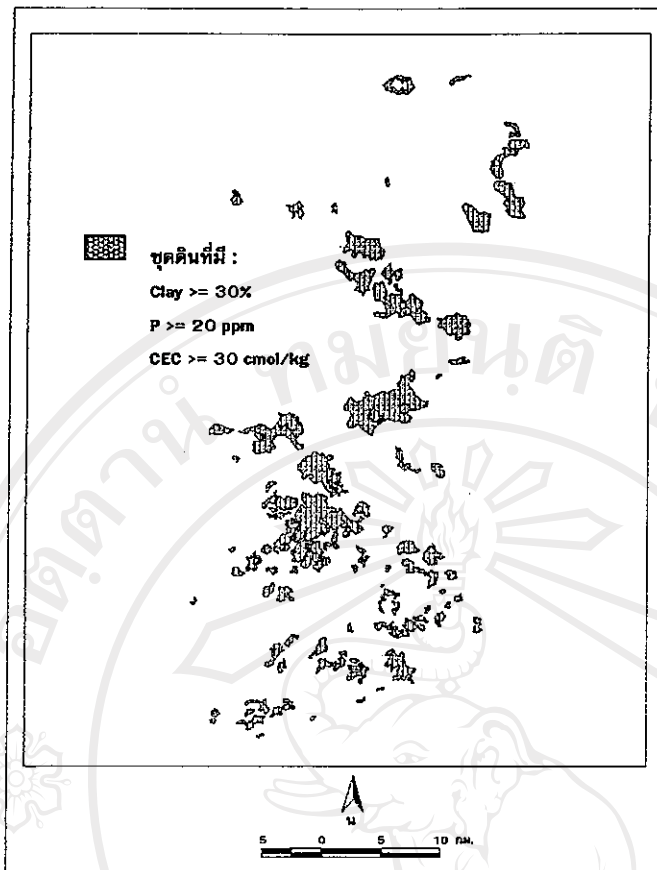
การนำฐานข้อมูลเชิงพื้นที่ชุดดินไปใช้ประโยชน์

การเรียกใช้คุณสมบัติทางฟิสิกส์และเคมีของแต่ละชั้นดิน

ฐานข้อมูลที่ได้รับการพัฒนาแล้วพร้อมที่จะถูกเรียกไปใช้งานได้ ซึ่งการเรียกใช้งานอาจทำได้โดยเรียกใช้เฉพาะชั้นข้อมูลดิน ผู้ใช้อาจเรียกใช้เป็นระวางแผนที่ร่วมกับฐานข้อมูลอื่นๆ เช่น ชั้นข้อมูลขอบเขตการปกครอง เป็นต้น รูปที่ 2-2 แสดงผลของการเรียกฐานข้อมูลชุดดินระวางที่ 4846IV บริเวณอำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ มาแสดงผลและพิมพ์เป็นแผนที่ หรือผู้ใช้อาจเรียกแสดงข้อมูลชุดดินตามชั้นดินโดยการกำหนดเงื่อนไขให้แสดงเฉพาะที่ต้องการ เช่น แสดงหน่วยแผนที่ดินในอำเภอทางดงชั้นบนสุดที่มีปริมาณ clay > 35%, P > 20 ppm และ CEC > 30 cmol/kg



รูปที่ 2-2 ตัวอย่างการเรียกใช้และแสดงผลข้อมูลชุดดินระวางที่ 4846IV อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่

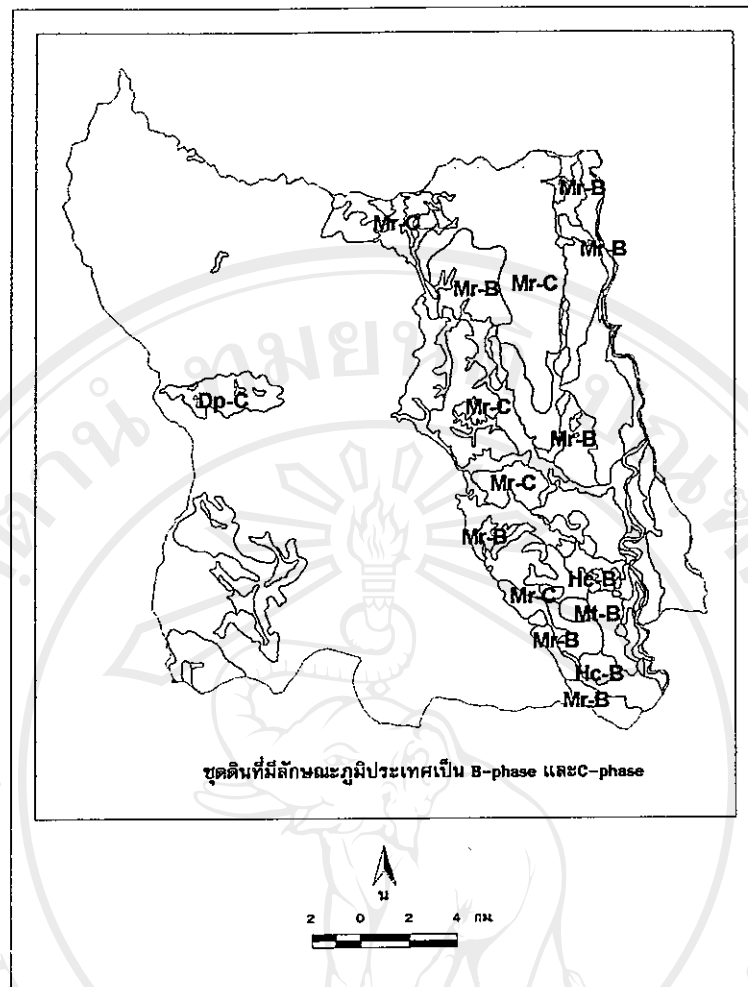


รูปที่ 2-3 ตัวอย่างการเรียกใช้และแสดงข้อมูลชุดดินในบริเวณอำเภอพรหมพิราม และอำเภอบางระกำที่มีเงื่อนไขเฉพาะตามที่กำหนด

และรูปที่ 2-3 แสดงผลการเรียกใช้ข้อมูลเชิงพื้นที่ชุดดินโดยใช้ระบบ GIS ตามเงื่อนไขข้างต้น นอกจากจะเรียกใช้และแสดงผลข้อมูลเป็นแผนที่แล้ว ระบบนี้ยังสามารถแสดงข้อมูลบรรยายของหน่วยแผนที่ดินตามเงื่อนไขที่ระบุโดยเชื่อมโยงตารางสัมพันธ์ของฐานข้อมูลเข้าด้วยกัน

การเรียกแสดงหน่วยแผนที่ดินตามข้อจำกัด

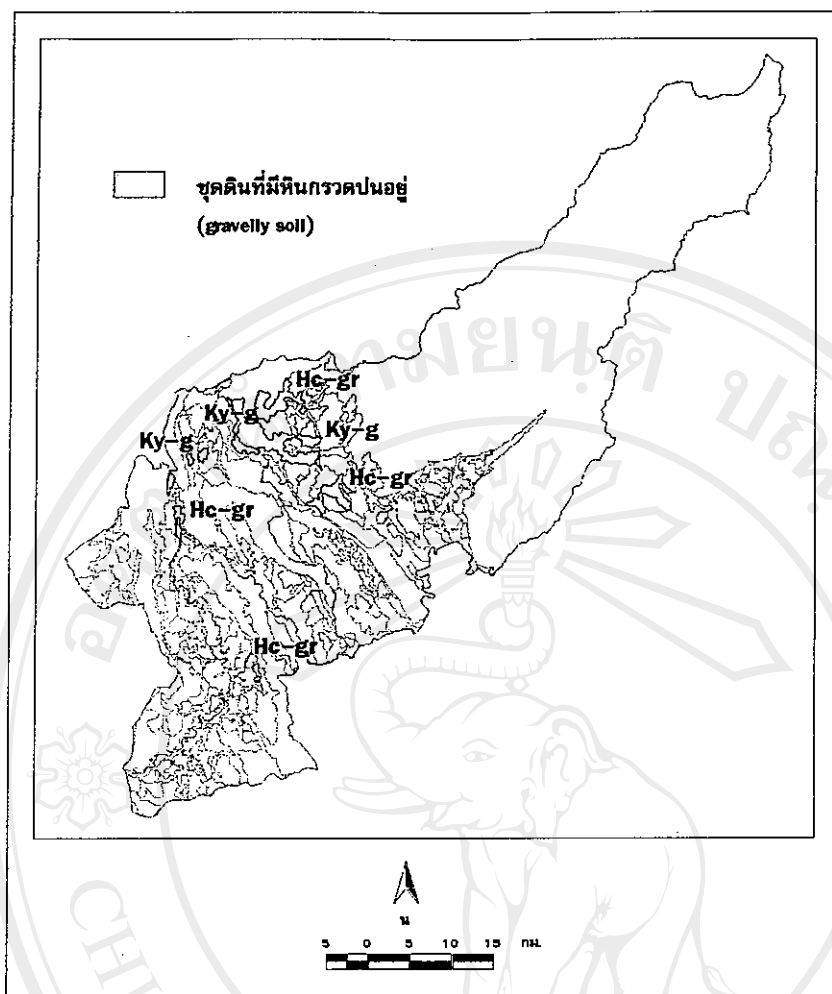
ในส่วนของหน่วยดินประเภทหน่วยดินคล้าย (variant) หรือประเภทดิน (phase) ภายในชุดดิน ซึ่งเป็นดินที่มีลักษณะโดยทั่วไปคล้ายกับชุดดินเดี่ยว แต่อาจจะมีข้อจำกัดหรือลักษณะบางประการที่แตกต่างออกไปจากดินเดิม คุณสมบัติของดินเหล่านี้ได้มาจากหน่วยดินตัวแทนที่เป็นดินเดี่ยว ส่วนลักษณะพิเศษหรือข้อจำกัดนั้นจะเก็บไว้ในตารางแสดงลักษณะพิเศษและข้อจำกัดของหน่วยดิน (ภาคผนวกตารางที่ 2-2) ซึ่งสามารถเรียกใช้ข้อมูลในส่วนนี้โดยผ่านการเชื่อมโยงกับตารางข้อมูลบรรยายอื่นหรือตารางประกอบชั้นข้อมูลชุดดิน รูปที่ 2-4 แสดงการเรียกใช้ดินที่เกิดอยู่ในพื้นที่ที่มีความลาดชันเป็น B-phase (ความลาดชัน 8-16%) และ C-phase (ความลาดชัน 16-30%) ในพื้นที่อำเภอแมริม จังหวัดเชียงใหม่ และรูปที่ 2-5 แสดงผลการเรียกแสดงพื้นที่ที่มีหินกรวดในชั้นดิน (gravelly variant หรือ gravelly phase) ในพื้นที่อำเภอวัดโบสถ์และชาติตระการ จังหวัดพิษณุโลก



รูปที่ 2-4 การเรียกแสดงจุดดินที่พบในภูมิประเทศประเภท B phase (rolling: 8-16%) หรือ C phase (hilling: 16-30%)

การสร้างข้อมูลอธิบายของหน่วยแผนที่จุดดินที่ไม่ใช่ดินเดี่ยว

เนื่องจากข้อมูลอธิบายของหน่วยดินตัวแทนมีเฉพาะหน่วยดินที่เป็นดินเดี่ยว หน่วยดินคล้าย หรือประเภทดินภายในชุดดิน แต่ขาดข้อมูลหน่วยดินประเภทหน่วยดินสัมพันธ์และหน่วยดินที่ไม่สามารถระบุสัดส่วนซึ่งปรากฏในแผนที่จุดดินเป็นจำนวนมาก การนำข้อมูลหน่วยดินตัวแทนหลักมาใช้เป็นตัวแทนหน่วยแผนที่ดินเพียงตัวเดียวนั้น จะทำให้ข้อมูลที่ได้อาจไม่ตรงกับคุณสมบัติของดินตามที่เกิดขึ้นจริง ดังนั้นจึงทำการประมาณค่าคุณสมบัติทางฟิสิกส์และเคมีของหน่วยแผนที่ดินสัมพันธ์และหน่วยแผนที่ดินที่ไม่สามารถระบุสัดส่วนโดยการประมาณค่าเชิงพื้นที่ (spatial interpolation) ด้วยการเฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนักด้วยความหนาของชั้นดินและสัดส่วนของพื้นที่ของแต่ละชุดดินที่พบภายในหน่วยแผนที่ดินนั้นๆ (Flowerdew and Green, 1994 ; Shultz, 1998) การสร้างหน่วยตัวแทนดินผสมจากฐานข้อมูลชุดดินที่เป็นหน่วยดินเดี่ยวได้ใช้สัดส่วนของดินหลักและรองซึ่งกรมพัฒนาที่ดินปฏิบัติอยู่ กล่าวคือถ้าเป็นหน่วยดินสัมพันธ์ให้สัดส่วนระหว่างดินหลักและดินรองเท่ากับ 60:40 แต่ถ้าเป็นหน่วยดินที่ไม่สามารถระบุสัดส่วนได้ชัดเจนนั้นให้ใช้สัดส่วน



รูปที่ 2-5 การเรียกแสดงชุดดินที่มีหินกรวดปนอยู่ในเนื้อดิน
(gr และ g ทั้งในระดับ phase และ variant)

ดินหลักและรองเท่ากับ 50:50 หรือ 50:25:25 ขึ้นอยู่กับจำนวนชุดดินที่ผสม ทั้งนี้เพื่อให้ได้ข้อมูล
ที่สมบูรณ์ถูกต้องและเป็นตัวแทนของข้อมูลที่ใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากที่สุด เพื่อให้การใช้ข้อมูล
เป็นไปได้อย่างมีประสิทธิภาพและเพิ่มความเชื่อมั่นให้แก่ผู้ใช้ข้อมูลดินมากขึ้น

ในกรณีที่ต้องการสร้างค่าคุณสมบัติหน่วยดินตัวแทนสำหรับหน่วยดินสัมพันธ์ เช่น ชุดดิน
สัมพันธ์ Lp/Sai เพื่อเป็นข้อมูลนำเข้าในแบบจำลองพืชในระบบ DSSAT สามารถทำได้โดยนำคุณ
สมบัติทางเคมี (ตารางที่ 2-1) และฟิสิกส์ (ตารางที่ 2-2) ของชุดดินลำปาง (Lp) และสันทราย
(Sai) มาคำนวณ โดยแบ่งชั้นดินออกเป็นชั้นละ 20 เซนติเมตร จากนั้นจึงทำการถ่วงน้ำหนักด้วย
ความหนาของชั้นดินและสัดส่วนของพื้นที่ชุดดินหลัก (ดินลำปาง) และชุดดินรอง (ดินสันทราย)
ของหน่วยแผนที่ดินนั้น จะได้คุณสมบัติของหน่วยชุดดินใหม่ ดังตัวอย่างคุณสมบัติทางเคมีและ
ฟิสิกส์บางประการของชุดดินสัมพันธ์ที่สร้างขึ้นใหม่เป็นชั้นละ 20 เซนติเมตรในตารางที่ 2-3
และตารางที่ 2-4

ตารางที่ 2-3 ตัวอย่างคุณสมบัติทางเคมีบางประการของชุดดินสัมพันธ์ Lp/Sai ที่สร้างขึ้นใหม่เป็นชั้นละ 20 เซนติเมตร

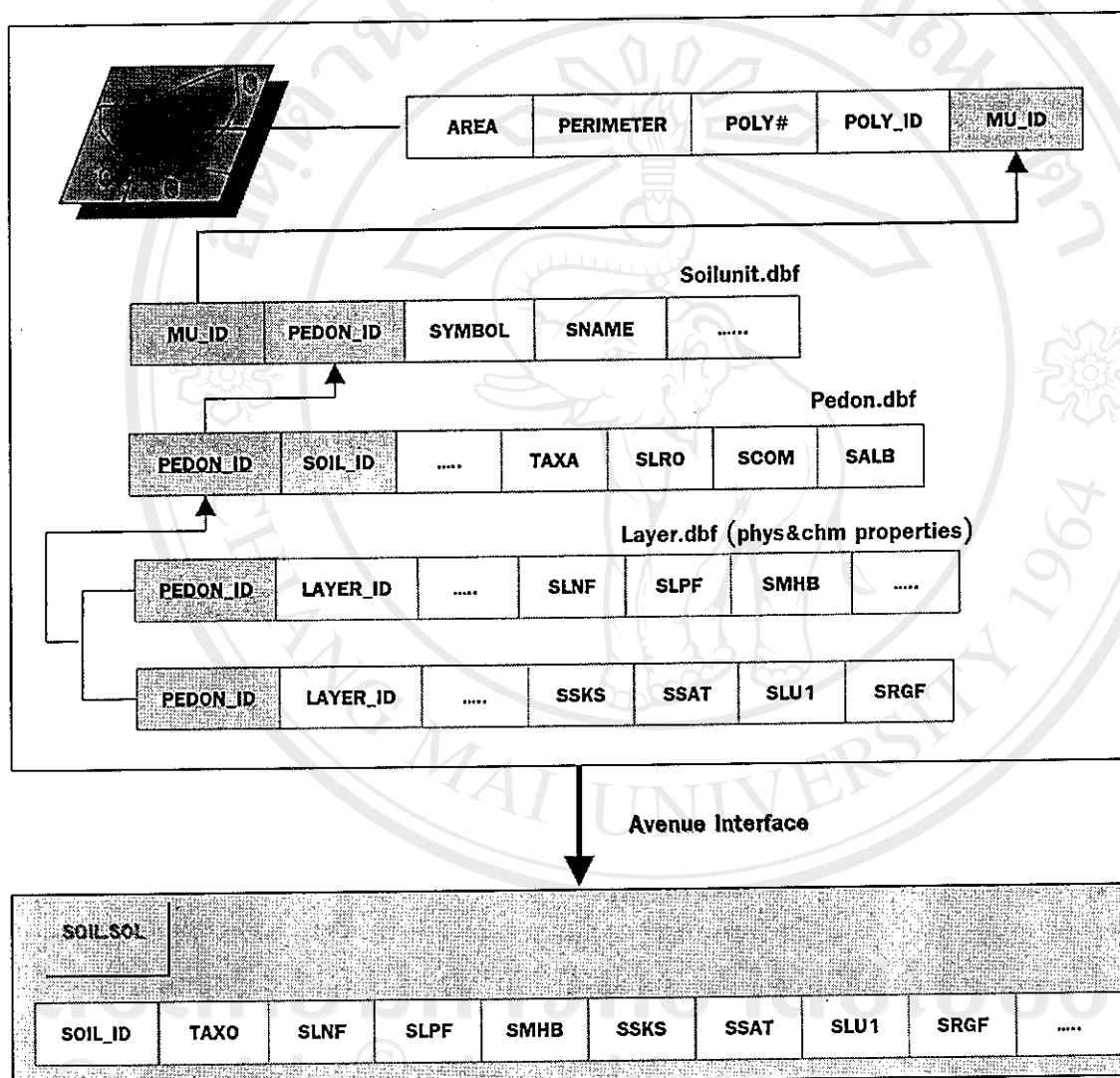
NSOIL ID	SYMBOL	LAYER ID	DEPTH (cm)	PRV ID	PH H ₂ O	PH KCL	BASESAT (%)	CEC (cmol/kg)	ORG C (%)	P PPM	K PPM	Mg (millieqv./100g)	NA (millieqv./100g)	CONDUCT (ms/cm)
4132333	Lp/Sai	1	20	413	5.1	4.2	53.8	4.2	0.55	4.2	40.8	0.6	0.3	0.322
4132333	Lp/Sai	2	40	413	5.6	4.3	55.1	3.1	0.19	3.4	28.0	0.5	0.3	0.130
4132333	Lp/Sai	3	60	413	5.8	4.4	57.0	3.5	0.29	1.8	36.5	0.5	0.4	0.066
4132333	Lp/Sai	4	80	413	6.1	4.6	54.7	3.7	0.19	2.3	55.0	0.6	0.3	0.086
4132333	Lp/Sai	5	100	413	6.2	4.7	52.4	3.5	0.11	2.8	61.4	0.6	0.3	0.094

ตารางที่ 2-4 ตัวอย่างคุณสมบัติทางฟิสิกส์บางประการของชุดดินสัมพันธ์ Lp/Sai ที่สร้างขึ้นใหม่เป็นชั้นละ 20 เซนติเมตร

NSOIL ID	SYMBOL	LAYER ID	PRV ID	DEPTH (cm)	ROOT QT	LLIMIT	ULIMIT	SAT	BULK DEN (g/cm ³)	SAND (%)	SILT (%)	CLAY (%)	SSKS (cm/h)
4132333	Lp/Sai	1	413	20	3	0.087	0.216	0.370	1.49	42.9	45.3	11.8	7.23
4132333	Lp/Sai	2	413	40	2	0.096	0.218	0.363	1.52	45.6	40.4	13.9	6.24
4132333	Lp/Sai	3	413	60	2	0.114	0.234	0.358	1.53	46.9	35.7	17.5	5.33
4132333	Lp/Sai	4	413	80	1	0.137	0.261	0.364	1.51	40.2	36.5	23.3	3.95
4132333	Lp/Sai	5	413	100	1	0.144	0.270	0.368	1.49	37.4	37.4	25.2	3.46

แบบจำลองข้าว CERES-Rice ต้องการข้อมูลนำเข้าด้านคุณสมบัติต่างๆ ของชุดดินในรูปแบบของแฟ้มข้อมูลประเภท ASCII ที่มีโครงสร้างเฉพาะเจาะจง (Tsuji et al., 1994) ซึ่งข้อมูลส่วนใหญ่สามารถนำมาจากฐานข้อมูลชุดดินได้โดยตรง แต่ยังมีข้อมูลบางประเภทยังไม่อยู่ในรูปแบบที่แบบจำลองต้องการ จึงจำเป็นที่จะต้องสร้างข้อมูลคุณสมบัติดินเพิ่มเติม โดยอาศัยความสัมพันธ์ระหว่างคุณสมบัติของชุดดินที่ต้องการกับคุณสมบัติด้านอื่นๆ ที่มีอยู่ในฐานข้อมูลดิน ด้วยการใช้สมการความสัมพันธ์ ซึ่งเป็นผลจากการศึกษาที่ตีพิมพ์โดย Ritchie et al. (1989) Yingjajaval (1993) และ Donatelli and Acutis. (1997) เมื่อได้ค่าคุณสมบัติของชุดดินที่แบบจำลองต้องการแล้ว ทั้งหมดได้ถูกเชื่อมต่อเข้าเป็นแฟ้มข้อมูลเชิงสัมพันธ์พร้อมที่จะแปลงเป็นแฟ้มข้อมูลแบบ ASCII ชื่อ SOIL.SOL เพื่อให้อยู่ในรูปแบบที่แบบจำลอง CERES-Rice สามารถนำไปใช้ได้โดยโปรแกรมเชื่อมโยงที่เขียนด้วยภาษา Avenue (รูปที่ 2-6)

ในกรณีที่ต้องการแบ่งชั้นดินออกเป็นสองชั้นคือ ชั้นดินบน (top soil) ซึ่งมีความลึก 30 เซนติเมตรจากผิวดิน และชั้นดินล่าง (sub soil) เป็นชั้นที่ต่ำกว่า 30 เซนติเมตรลงมาถึงชั้นที่ลึกที่สุดที่มีข้อมูล สามารถประมาณค่าได้โดยวิธีเดียวกันคือการถ่วงน้ำหนักด้วยความหนาของชั้นดินและสัดส่วนของพื้นที่ชุดดินหลักและรองตามชนิดของหน่วยแผนที่ดิน ตารางที่ 2-5 และ ตารางที่ 2-6 แสดงตัวอย่างคุณสมบัติทางเคมีและฟิสิกส์บางประการของหน่วยดินตัวแทนของชุดดิน สัมพันธ์ Lp/Sai สำหรับชั้นดินบนและชั้นดินล่าง



รูปที่ 2-6 การเชื่อมโยงระหว่าง Soil Geographic Database และโปรแกรม DSSAT

ตารางที่ 2-5 ตัวอย่างคุณสมบัติทางเคมีบางประการของชุดดินสัมพันธ์ Lp/Sai ที่สร้างขึ้นใหม่เป็นชั้นดินบน และชั้นดินล่าง

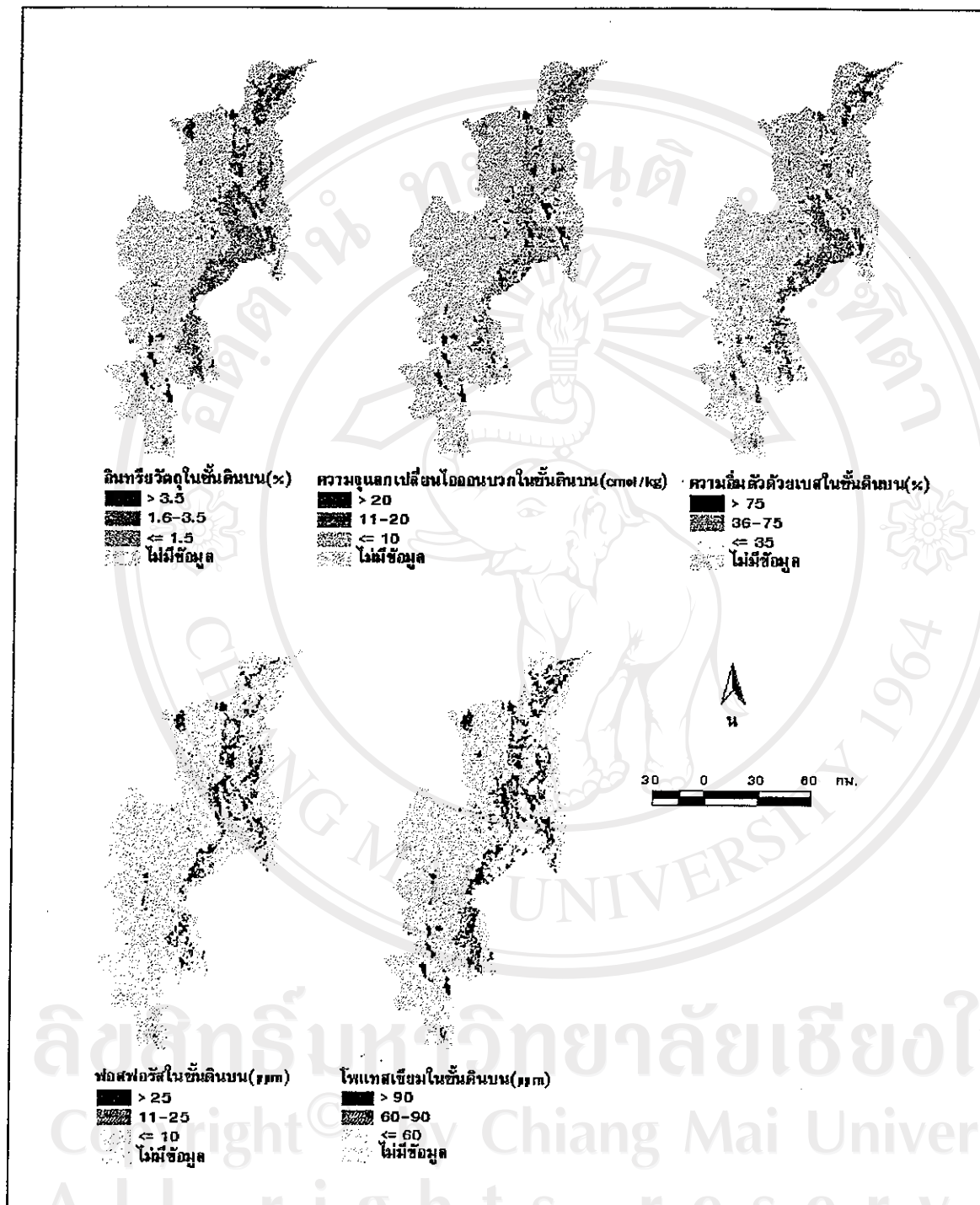
NSOIL ID	SYMBOL	LAYER ID	DEPTH (cm)	PRV ID	PH _{H2O}	PH _{1:1}	BASESAT (%)	CEC (cmol/kg)	ORGLC (%)	P ₁₀₀₀	K ₁₀₀₀	Hg (milliequ./100g)	NA (milliequ./100g)	CONDUCT (ms/cm)
4132333	Lp/Sai	1	30	413	5.2	4.2	56.7	3.9	0.45	4.2	38.3	0.5	0.3	0.284
4132333	Lp/Sai	2	100	413	5.9	4.5	53.7	3.4	0.19	2.3	46.9	0.6	0.4	0.076
4372333	Lp/Sai	1	30	437	5.7	4.8	44.7	5.4	0.73	4.9	26.3	0.4	0.3	0.126
4372333	Lp/Sai	2	117	437	5.4	4.3	36.3	5.9	0.23	2.0	18.5	0.3	0.5	0.052

ตารางที่ 2-6 ตัวอย่างคุณสมบัติทางฟิสิกส์บางประการของชุดดินสัมพันธ์ Lp/Sai ที่สร้างขึ้นใหม่เป็น ชั้นดินบนและชั้นดินล่าง

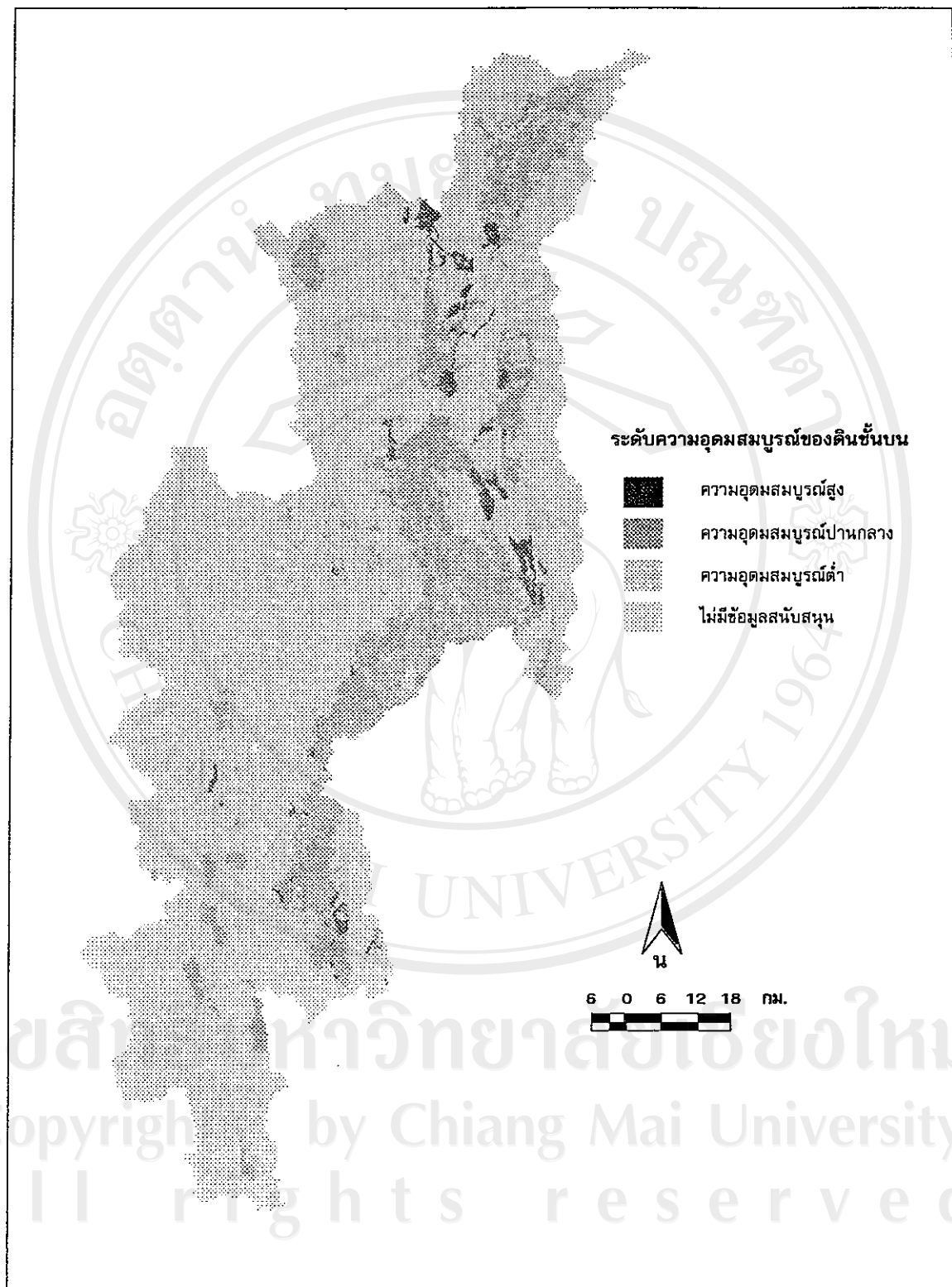
NSOIL ID	SYMBOL	LAYER ID	PRV ID	DEPTH (cm)	ROOT QT	LLIMIT	ULIMIT	SAT	BULK DEN (g/cm ³)	SAND (%)	SILT (%)	CLAY (%)	SSIS (cm/g)
4132333	Lp/Sai	1	413	30	2	0.089	0.217	0.369	1.50	43.03	44.43	12.55	6.889
4132333	Lp/Sai	2	413	100	2	0.127	0.250	0.362	1.51	42.41	36.75	20.83	4.535
4372333	Lp/Sai	1	437	30	2	0.088	0.214	0.348	1.57	52.06	35.80	12.14	9.384
4372333	Lp/Sai	2	437	117	1	0.127	0.246	0.345	1.56	50.02	28.90	21.08	6.307

ฐานข้อมูลชุดดินเชิงพื้นที่ที่สร้างขึ้นด้วยวิธีการดังกล่าวสามารถนำไปใช้ในงานด้านต่างๆ เช่น แสดงการกระจายตัวของคุณสมบัติทางเคมีที่ต้องการของดินในรูปของแผนที่ (รูปที่ 2-7) การประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดินในชั้นดินบนตามเกณฑ์ของกองสำรวจดิน (2523) โดยพิจารณาจากคุณสมบัติทางเคมีจำนวน 5 ชนิดได้แก่ เปอร์เซ็นต์อินทรีย์วัตถุ เปอร์เซ็นต์ความอิ่มตัวด้วยเบส ความจุแลกเปลี่ยนไอออนบวก ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ผลที่ได้จากการประเมินสามารถสร้างเป็นแผนที่แสดงระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินชั้นบนดังแสดงในรูปที่ 2-8

การเรียกแสดงผลข้อมูลเชิงพื้นที่และตารางอธิบายคุณสมบัติต่างๆ ของชุดดินดังกล่าวทำได้โดยใช้ระบบ GIS ที่สามารถอ่านหรือแปลงชั้นข้อมูลประเภท coverage ได้ ส่วนกรณีที่ผู้ใช้ไม่มีระบบ GIS ผู้ใช้สามารถจะโอนโปรแกรมประเภท viewer เช่น ArcExplorer (<http://www.esri.com/software/arcexplorer/index.html>) ได้โดยไม่เสียค่าใช้จ่ายทางระบบอินเทอร์เน็ต เพื่อนำมาใช้ในการแสดงผลและเรียกข้อมูลใช้ตามเงื่อนไขต่างๆ ได้ ตัวอย่างของการใช้งานโปรแกรมดังกล่าวเพื่อเรียกแสดงข้อมูลเชิงพื้นที่ที่สามารถศึกษาเพิ่มเติมได้จากเมธีและคณะ (2543)



รูปที่ 2-7 ตัวอย่างแผนที่แสดงการกระจายตัวของคุณสมบัติทางเคมีบางประการของชั้นดินบนซึ่งถูกนำมาใช้ในการประเมินความอุดมสมบูรณ์



รูปที่ 2-8 การกระจายตัวของระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินชั้นบน ประเมินตามเกณฑ์ของกองสำรวจดิน (กรมพัฒนาที่ดิน)

สรุป

ฐานข้อมูลเชิงพื้นที่ชุดดินสำหรับจังหวัดเชียงใหม่และพิษณุโลกได้รับการพัฒนาจากแผนที่ดินและข้อมูลคุณสมบัติของชุดดินตัวแทนที่กรมพัฒนาที่ดินได้ตีพิมพ์ในรูปเอกสาร ข้อมูลเหล่านี้ได้รับการนำเข้าและจัดเก็บในระบบ GIS เป็นชั้นข้อมูล (coverage) โดยมีจำนวนทั้งสิ้น 79 ชุด ซึ่งใช้เนื้อที่จัดเก็บรวมทั้งหมด 9.3 MB ฐานข้อมูลนี้ได้รับการออกแบบให้สามารถเรียกใช้ข้อมูลคุณสมบัติของชุดดินเดี่ยวและชุดดินสัมพันธ์ เพื่อแปลงเป็นข้อมูลนำเข้าตามโครงสร้างข้อมูลแบบจำลอง CERES-Rice ต้องการ ดังนั้นจึงเป็นองค์ประกอบส่วนหนึ่งของระบบสนับสนุนการตัดสินใจการผลิตข้าว นอกจากนี้ผู้ใช้อย่างยังสามารถใช้ระบบ GIS ในการสืบค้นข้อมูลตามเงื่อนไขเฉพาะเกี่ยวกับคุณสมบัติของดินเพื่อสร้างเป็นแผนที่เฉพาะเรื่อง เช่น แผนที่แสดงระดับความอุดมสมบูรณ์ของดิน เป็นต้น ซึ่งสามารถนำไปประกอบการวิเคราะห์เชิงพื้นที่สำหรับการวางแผนการใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อการเกษตรต่อไป

เอกสารอ้างอิง

- กองสำรวจดิน. 2523. คู่มือการจำแนกความเหมาะสมของที่ดินสำหรับพืชเศรษฐกิจ. เอกสารวิชาการเล่มที่ 28. กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ. 76 หน้า.
- กรมพัฒนาที่ดิน. 2533. คู่มือการบันทึกลักษณะและคุณสมบัติชุดดินของประเทศไทย. ฝ่ายมาตรฐานกองสำรวจและจำแนกดิน. กรุงเทพฯ. 143 หน้า.
- ชาลี ชรานุเคราะห์. 2541. การพัฒนาที่ดินของไทย. วารสารพัฒนาที่ดิน. 35:16-24.
- ทวีศักดิ์ เวียรศิลป์ และ ชนิษฐศรี ส่งสวัสดิ์. 2534. ข้อเสนอเทศรพยากรณ์. เอกสารวิชาการฉบับที่ 223. กองสำรวจและจำแนกดิน กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ.
- พนมศักดิ์ พรหมบุรุษย์ และ เมธี เอกะสิงห์. 2539. โครงสร้างระบบเรียกใช้ข้อมูลดินและความเหมาะสมของดิน. เอกสารวิชาการฉบับที่ 40. ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 64 หน้า.
- เมธี เอกะสิงห์, ภาว อ่อนประไพ, พนมศักดิ์ พรหมบุรุษย์, จุไรพร แก้วทิพย์, สุริย์พร สุดชาติ, เฉลิมพล สำราญพงษ์, สิทธิเดช ณ เชียงใหม่ และ ทนงเกียรติ อุปันโน. 2543. ฐานข้อมูลเชิงพื้นที่ในระบบการตัดสินใจการผลิตข้าว รายงานผลการวิจัยฉบับสมบูรณ์ส่วนที่ 2 โครงการวิจัยระบบสนับสนุนการตัดสินใจการผลิตพืช : ข้าวในภาคเหนือ. ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- Campbell, G.S. 1985. Soil Physics with Basic. Elsevier, Amsterdam.

- Connett, D. and B. Mayhan. 1996. Digital soil development and application. [ONLINE]. Available: <http://www.esri.com/base/common/userconf/proc97/PROC97/T0350/PAP320/P320.htm>.
- Donatelli, M. and M. Acutis. (1997, February 22). Soil Parameters Estimate. [ONLINE]. Available : http://coopext.cahe.wsu.edu/~soilsim/research/SP_Abstract.html
- ESRI. 1994. ARC Commands. Environmental Systems Research Institute, Inc., Redland, CA.
- FAO. 1976. A Framework for Land Evaluation. Soil Bulletin 32. Rome.
- Fernandez, R.N. and M. Rusinkiewicz. 1993. A conceptual design of a soil database for a geographic information system. *Int. J. Geographical Information Systems*. 7(6): 525-539.
- Moormann, F. R. and S. Rojanasoonthon. 1968. Soils of Thailand: A reconnaissance survey with map showing the general soil conditions. Soil Survey Division, Land Development Department, Ministry of National Development, Bangkok.
- Ritchie, J.T., D.C. Godwin and U. Singh. 1989. Soil and weather inputs for the IBSNAT crop models. p.31-46. *In* Prod. of the IBSNAT Sym.: Decision Support System for Agrotechnology Transfer, Las Vegas, NV. 16-18 Oct. 1989. Part I : Sym. Prod. Dept. of Agronomy and Soils, College of Tropical Agric. and Human Resources, Univ. of Hawaii, Honolulu, HI.
- Shultz, P. (1998, November 13). National Soil Database. [ONLINE]. Available : <http://res.agr.ca/CANSIS/NSDB.overview.html>
- USDA. (1996, August 29). State Soil Geographic (STATGO) Database. National Soil Survey Center. USDA Natural Resource Conservation Service. [ONLINE]. Available: <http://www.statlab.iastate.edu/soils/muir/facsheet.html>.
- Vijarnsorn, P. and C. Changpakdee. 1979. General Soil Map of Thailand Scale 1:1,000,000. Soil Survey Division, Department of Land Development, Ministry of Agriculture and Cooperatives, Bangkok.
- Yingjajaval, S. 1993. A Catalogue of Water Retention Functions of Major Soil Series of Thailand. Department of Soil Science, Kasetsart University, Kamphaeng Saen.
- Zinck, J.A. and C.R. Valenzuela. 1990. Soil geographic database: structure and application examples. *ITC Journal* 3:270-293.

ภาคผนวก โครงสร้างและคำอธิบายตารางอธิบายประกอบชั้นข้อมูลชุดดิน

ภาคผนวกตารางที่ 2-1 คำอธิบายฐานข้อมูลหน่วยแผนที่ดิน

ชื่อตาราง	: SOILUNIT.DBF
ประเภทตาราง	: ตารางข้อมูลอธิบาย (attribute table) ประกอบ coverage CM_SOIL และ PN_SOIL
คำอธิบายตาราง	: ตารางอธิบาย สัญลักษณ์ ชื่อ สภาพโดยรอบของพื้นที่และการขังน้ำของหน่วยแผนที่ดิน
แหล่งข้อมูล	: 1. รายงานการสำรวจดินและวิเคราะห์ดินของกรมพัฒนาที่ดิน 2. ข้อเสนอเทศทรัพยากรดิน โดยทวีศักดิ์ เวียร์ศิลป์ และ ชนิษฐศรี ส่งสวัสดิ์ มิถุนายน 2534 กองสำรวจและจำแนกดิน กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

โครงสร้างฐานข้อมูล

ชื่อ Item	ความกว้างของ Item	คำอธิบาย Item
MU_ID	11, N, 0	หมายเลขกำกับหน่วยแผนที่ดิน
PEDON_ID	11, N, 0	หมายเลขกำกับชุดดินตัวแทน
SYMBOL	15, C	สัญลักษณ์กำกับหน่วยแผนที่ดิน
SNAME	70, C	ชื่อชุดดิน
TSNAME	100, C	ชื่อชุดดินภาษาไทย
DEP_JARO	4, N, 0	ความลึกของการพบ jarosite (cm)
ROCK	1, N, 0	ระดับชั้นปริมาณหินไฟส
STON	1, N, 0	ระดับชั้นปริมาณหินก้อนหิน
INUNDA	4, N, 1	ระยะเวลาที่น้ำขังได้ดิน (เดือน)
MIN_SLP	5, N, 1	ความลาดชันต่ำสุด (%) ได้จาก TIN
MAX_SLP	5, N, 1	ความลาดชันสูงสุด (%) ได้จาก TIN
MEAN_SLP	5, N, 1	ความลาดชันเฉลี่ย (%) ได้จาก TIN
MIN_SLC	3, N, 0	ชั้นความลาดชันต่ำสุด
MAX_SLC	3, N, 0	ชั้นความลาดชันสูงสุด
MEAN_SLC	3, N, 0	ชั้นความลาดชันเฉลี่ย
FLOOD_FQ	3, N, 0	ความถี่ของน้ำท่วมขัง (ปี/ครั้ง)
FLOOD_DU	3, N, 0	ระยะเวลาที่น้ำท่วมขัง (วัน)
EROSION	2, N, 0	ระดับชั้นการชะล้างพังทลายของดิน

คำอธิบายรหัสของบาง Item :

SL_CLASS : ค่าระดับชั้นความลาดชัน ซึ่งมีความหมายดังนี้

1	=	0-5%
2	=	5-10%
3	=	10-15%
4	=	15-20%
5	=	20-25%
6	=	25-30%
7	=	30-35%
8	=	มากกว่า 35%

ROCK : ระดับชั้นปริมาณหินโผล่ ซึ่งมีความหมายดังนี้

1	=	$\leq 1\%$
2	=	2-4%
3	=	5-10%
4	=	11-25%
5	=	$> 25\%$

STON : ระดับชั้นปริมาณก้อนกรวด ซึ่งมีความหมายดังนี้

1	=	$\leq 1\%$
2	=	2-5%
3	=	6-15%
4	=	16-40%
5	=	$> 40\%$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาคผนวกตารางที่ 2-2 คำอธิบายฐานข้อมูลลักษณะพิเศษและข้อจำกัดของชุดดิน

- ชื่อตาราง : MODIFY.DBF
- ประเภทตาราง : ตารางข้อมูลรณธธิบย (attribute table) ประกอบ coverage CM_SOIL และ PN_SOIL
- คำอธิบายตาราง : ตารางอธิบายลักษณะพิเศษหรือข้อจำกัดของชุดดินตัวแทน (pedon) โดยเฉพาะหน่วยแผนที่ดิน ชนิดดิน หน่วยดินคล้าย และประเภทดิน
- แหล่งข้อมูล : 1. <http://www.idd.go.th/limits.htm> และ <http://www.idd.go.th/units.htm> ของกรมพัฒนาที่ดิน
2. ข้อเสนอเทศรพยากรดิน โดยทวิศักดิ์ เวียรศิลป์ และ ชนิษฐศรี สงสวัสดิ์ มิถุนายน 2534 กองสำรวจและจำแนกดิน กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

โครงสร้างฐานข้อมูล

ชื่อ Item	ความกว้างของ Item	คำอธิบาย Item
SOIL_ID	4, N, 0	หมายเลขกำกับชุดดิน
MODIFIER	20, C	สัญลักษณ์แสดงลักษณะพิเศษหรือข้อจำกัดของดิน
DESCRIPT	40, C	คำอธิบายสัญลักษณ์แสดงลักษณะพิเศษหรือข้อจำกัดของดิน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาคผนวกตารางที่ 2-3 คำอธิบายฐานข้อมูลสมบัติของหน่วยดินตัวแทน

- ชื่อตาราง** : PEDON.DBF
- ประเภทตาราง** : ตารางข้อมูลอรรถาธิบาย (attribute table) ประกอบ coverage CM_SOIL และ PN_SOIL
- คำอธิบายตาราง** : ตารางอธิบายชุดดินตัวแทน (pedon) พร้อมสมบัติบางประการของดินทั้งโปรไฟล์
- แหล่งข้อมูล** : 1. รายงานการสำรวจดินและวิเคราะห์ดินของกรมพัฒนาที่ดิน
2. ข้อเสนอทรัพยากรดิน โดยทวีศักดิ์ เวียร์ศิลป์ และ ชนิษฐศรี ส่งสวัสดิ์ มิถุนายน 2534 กองสำรวจและจำแนกดิน กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

โครงสร้างฐานข้อมูล

ชื่อ Item	ความกว้างของ Item	คำอธิบาย Item
PEDON_ID	11, N, 0	หมายเลขกำกับหน่วยดินตัวแทน
SOIL_ID	4, N, 0	หมายเลขกำกับชุดดิน
PRV_ID	4, N, 0	หมายเลขรหัสจังหวัด
LOCATION	50, C	บริเวณที่พบหน่วยดินตัวอย่าง
TAXA	25, C	ชื่อตามอนุกรมวิธาน
SF_TEXTURE	20, C	เนื้อดินชั้นบน (surface texture)
EFDEPTH	5, N, 1	ความลึกของดินที่คว่ำจูนพีซได้ (cm)
SF_COLOR	25, C	สีของดินที่ผิวดิน
PERMCLASS	2, N, 0	ระดับการซึมน้ำของผิวดิน
W_TABLE	5, N, 1	ระดับของน้ำใต้ดิน (m)
DRAINAGE	2, N, 0	ระดับชั้นของการระบายน้ำ
SLRO	5, N, 2	ค่า Runoff curve number (CN2)
SCOM	5, N	ค่าสีดิน (Munsell hue วัดเมื่อดินเปียก)
SALB	5, N, 2	ค่าอัลบิโด (Albedo)
SLDR	5, N, 2	สัมประสิทธิ์การซึมน้ำผ่านผิวดิน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

คำอธิบายรหัสของบาง Item :

PERMCLASS : ระดับชั้นการซาบซึมน้ำของผิวดิน มีค่าตั้งแต่ 1-3 โดยมีความหมายดังนี้

- | | | |
|---|---|---------|
| 1 | = | ต่ำ |
| 2 | = | ปานกลาง |
| 3 | = | สูง |

DRAINAGE : ระดับชั้นการระบายน้ำของดิน มีค่าตั้งแต่ 0-6 โดยมีความหมายดังนี้

- | | | |
|---|---|-----------------------|
| 0 | = | ระบายน้ำเลวมาก |
| 1 | = | ระบายน้ำเลว |
| 2 | = | ระบายน้ำค่อนข้างเลว |
| 3 | = | ระบายน้ำค่อนข้างดี |
| 4 | = | ระบายน้ำดี |
| 5 | = | ระบายน้ำค่อนข้างดีมาก |
| 6 | = | ระบายน้ำดีมาก |

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาคผนวกตารางที่ 2-4 คำอธิบายฐานข้อมูลสมบัติทางฟิสิกส์ของแต่ละชั้นดิน

ชื่อตาราง	: PHYS_LYR.DBF
ประเภทตาราง	: ตารางข้อมูลบรรยาย (attribute table) ประกอบ coverage CM_SOIL และ PN_SOIL
คำอธิบายตาราง	: ตารางแสดงค่าคุณสมบัติทางฟิสิกส์ของแต่ละชั้นดิน (soil layer) สำหรับแต่ละชุดดินตัวแทน (pedon)
แหล่งข้อมูล	: กองสำรวจและจำแนกดิน กรมพัฒนาที่ดิน

โครงสร้างฐานข้อมูล

ชื่อ Item	ความกว้างของ Item	คำอธิบาย Item
PEDON_ID	11, N, 0	หมายเลขกำกับชุดดินตัวแทน
LAYER_ID	2, N, 0	หมายเลขกำกับชั้นดิน
SOIL_ID	4, N, 0	หมายเลขกำกับชุดดิน
PRV_ID	3, N, 0	หมายเลขกำกับจังหวัด
LDEPTH	4, N, 0	ความลึกของชั้นดินนับจากผิวดิน (cm)
HOR_SYMB	10, C	สัญลักษณ์กำกับชั้นดิน
ROOT_QT	2, N, 0	ระดับความมากน้อยของรากพืช
LLIMIT	7, N, 3	ความชื้นของดินที่กีดล่างของความชื้นที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (ไม่มีหน่วย)
ULIMIT	7, N, 3	ความชื้นของดินที่กีดบนของความชื้นที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (ไม่มีหน่วย)
SAT	7, N, 3	ความชื้นของดินที่จุดอิ่มตัวด้วยน้ำ (ไม่มีหน่วย)
BULKDEN	6, N, 2	ความหนาแน่นรวมของดิน (g/cm^3)
CSFRAC	6, N, 2	เปอร์เซ็นต์อนุภาคดินที่มีขนาดใหญ่ > 2.0 mm
SAND	6, N, 2	เปอร์เซ็นต์อนุภาคดินขนาด 0.10-2.0 mm
VFSAND	6, N, 2	เปอร์เซ็นต์อนุภาคดินขนาด 0.05-0.10 mm
SILT	6, N, 2	เปอร์เซ็นต์อนุภาคดินขนาด 0.02-0.05 mm
CLAY	6, N, 2	เปอร์เซ็นต์อนุภาคดินขนาด < 0.02 mm
SSKS	6, N, 3	สภาพน้ำที่จุดอิ่มตัว (cm/h)
SSAT	7, N, 3	ความชื้นของดินที่จุดอิ่มตัวด้วยน้ำสูงสุด (cm^3)
SLU1	5, N, 1	ขีดจำกัดการระเหยของน้ำในดิน (cm)
SRGF	7, N, 3	ปัจจัยการเจริญของรากพืช (ไม่มีหน่วย)

คำอธิบายรหัสของบาง Item :

ROOT_QUANTITY : ระดับความมากน้อยของรากพืช

1	=	ไม่มี
2	=	น้อย
3	=	มาก

ภาคผนวกตารางที่ 2-5 คำอธิบายฐานข้อมูลสมบัติทางเคมีของแต่ละชั้นดิน

ชื่อตาราง	: CHMS_LYR.DBF
ประเภทตาราง	: ตารางข้อมูลอธิบาย (attribute table) ประกอบ coverage CM_SOIL และ PN_SOIL
คำอธิบายตาราง	: ตารางแสดงค่าคุณสมบัติทางเคมีของแต่ละชั้นดิน (soil layer) สำหรับแต่ละชุดดินตัวแทน (pedon)
แหล่งข้อมูล	: กองสำรวจและจำแนกดิน กรมพัฒนาที่ดิน

โครงสร้างฐานข้อมูล

ชื่อ Item	ความกว้างของ Item	คำอธิบาย Item
PEDON_ID	11, N, 0	หมายเลขกำกับชุดดินตัวแทน
LAYER_ID	2, N, 0	หมายเลขกำกับชั้นดิน
SOIL_ID	4, N, 0	หมายเลขกำกับหน่วยแผนที่ชุดดิน
PRV_ID	3, N, 0	หมายเลขรหัสจังหวัด
PH_H2O	4, N, 1	pH ของดินวัดในสารละลายดินและน้ำ
PH_KCL	4, N, 1	pH ของดินวัดในสารละลายดินและ KCL
BASESAT	5, N, 1	ความอิ่มตัวด้วยตัวของดิน (%)
AL_SAT	4, N, 1	ความอิ่มตัวด้วยอะลูมิเนียมของดิน (%)
CEC	4, N, 1	ความจุประจุบวกที่แลกเปลี่ยนได้ (CEC) ของดิน (cmol/kg)
ORG_C	5, N, 2	สารอินทรีย์ที่เป็นคาร์บอนดักจับในดิน (%)
N	5, N, 2	เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจน (%)
P_PPM	5, N, 1	ปริมาณฟอสฟอรัส วิเคราะห์โดยวิธี Bray II (ppm)
K_PPM	5, N, 1	ปริมาณโพแทสเซียมในดิน วิเคราะห์โดยวิธีแอมโมเนียมอะซิเตท (ppm)
CACO3	4, N, 1	ปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนตในดิน (ppm)
MG	4, N, 1	ปริมาณธาตุแมกนีเซียมในดิน (milliequiv./100g)
NA	4, N, 1	ปริมาณธาตุโซเดียมในดิน (milliequiv./100g)
CONDUCT	6, N, 3	ความนำประจุไฟฟ้าของดิน (ms/cm)
SLNF	5, N, 2	ปัจจัยการเปลี่ยนรูปของธาตุโดยจุลินทรีย์ (ไม่มีหน่วย)
SLPF	5, N, 2	ปัจจัยในการสังเคราะห์แสง (ไม่มีหน่วย)
SMHB	5, C	รหัสวิธีการในการวัด pH (ไม่มีหน่วย)
SMPX	5, C	รหัสวิธีการสกัดฟอสฟอรัส
SMKE	5, C	รหัสวิธีการหาโพแทสเซียม

ภาคผนวกตารางที่ 2-6 คำอธิบายลักษณะภูมิพื้นฐานและประเภทของชุดดิน

ชื่อตาราง : TERRAIN.DBF
 ประเภทตาราง : ตารางข้อมูลอธิบาย (attribute table) ประกอบ coverage CM_SOIL และ PN_SOIL
 คำอธิบายตาราง : ตารางแสดงลักษณะภูมิพื้นฐานและประเภทของชุดดิน
 แหล่งข้อมูล : กองสำรวจและจำแนกดิน กรมพัฒนาที่ดิน

โครงสร้างฐานข้อมูล

ชื่อ Item	ความกว้างของ Item	คำอธิบาย Item
SOIL_ID	4, N, 0	หมายเลขกำกับชุดดิน
TER_TYPE	3, N, 0	หมายเลขกำกับชนิดลักษณะภูมิพื้นฐานของหน่วยแผนที่ดิน
TER_NAME	15, C	คำอธิบายลักษณะภูมิพื้นฐานของหน่วยแผนที่ดิน
S_TYPE	3, N, 0	หมายเลขกำกับชนิดของหน่วยแผนที่ดิน
TYPESYMB	C, 5	สัญลักษณ์อธิบายชนิดของหน่วยแผนที่ดิน
TYPENAME	C, 30	คำอธิบายชนิดของหน่วยแผนที่ดิน

คำอธิบายรหัสบาง Item :

TER_TYPE

1 = Soil
 2 = Not Soil

S_TYPE

1 = Consociation soil
 2 = Association soil
 3 = Variant Soil
 4 = Soil Phase
 5 = Soil Complex
 6 = Undifferentiated Soil
 7 = Other

ภาคผนวกตารางที่ 2-7 คำอธิบายองค์ประกอบหน่วยดินตัวแทนที่ประกอบกันขึ้นเป็นของชุดดินแต่ละประเภท

ชื่อตาราง	: COMPO.DBF
ประเภทตาราง	: ตารางข้อมูลบรรยาย (attribute table) ประกอบ coverage CM_SOIL และ PN_SOIL
คำอธิบายตาราง	: ตารางแสดงชุดดินที่เป็นตัวแทน (pedon) ที่ประกอบกันขึ้นเป็นชุดดินแต่ละประเภท
แหล่งข้อมูล	: กองสำรวจและจำแนกดิน กรมพัฒนาที่ดิน

โครงสร้างฐานข้อมูล

ชื่อ Item	ความกว้างของ Item	คำอธิบาย Item
MU_ID	11, N, 0	หมายเลขกำกับหน่วยแผนที่ชุดดิน
PRV_ID	4, N, 0	หมายเลขรหัสจังหวัด
SOIL_ID	4, N, 0	หมายเลขกำกับชุดดิน
TER_TYPE	3, N, 0	หมายเลขกำกับชนิดลักษณะภูมิฐานของหน่วยแผนที่ดิน
SOIL_ID1	5, N, 0	หมายเลขกำกับชุดดินที่ 1
PEDON_ID1	4, N, 0	หมายเลขกำกับหน่วยดินตัวแทนของชุดดินที่ 1
PEXTENT1	3, N, 0	เปอร์เซ็นต์องค์ประกอบของดินชุดที่ 1
MODIFY1	10, C	คำอธิบายลักษณะพิเศษของชุดดินที่แตกต่างจากชุดดินเดิมในชุดดินที่ 1
SOIL_ID2	5, N, 0	หมายเลขกำกับชุดดินที่ 2
PEDON_ID2	4, N, 0	หมายเลขกำกับหน่วยดินตัวแทนของชุดดินที่ 2
PEXTENT2	3, N, 0	เปอร์เซ็นต์องค์ประกอบของดินชุดที่ 2
MODIFY2	10, C	คำอธิบายลักษณะพิเศษของชุดดินที่แตกต่างจากชุดดินเดิมในชุดดินที่ 2
SOIL_ID3	5, N, 0	หมายเลขกำกับชุดดินที่ 3
PEDON_ID3	4, N, 0	หมายเลขกำกับหน่วยดินตัวแทนของชุดดินที่ 3
PEXTENT3	3, N, 0	เปอร์เซ็นต์องค์ประกอบของดินชุดที่ 3
MODIFY3	10, C	คำอธิบายลักษณะพิเศษของชุดดินที่แตกต่างจากชุดดินเดิมในชุดดินที่ 3

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การพัฒนาฐานข้อมูลเชิงพื้นที่ภูมิอากาศ ในระบบสนับสนุนการตัดสินใจการผลิตข้าว

เมธี เอกะสิงห์¹ และ จุไรพร แก้วทิพย์²

คำนำ

ข้อมูลภูมิอากาศรายวันเป็นข้อมูลสำคัญที่ใช้ในการคาดคะเนผลผลิตพืช อย่างไรก็ตาม สถานีตรวจอากาศในประเทศไทยมีจำนวนน้อยและกระจายอยู่ไม่ทั่วถึง ซึ่งทำให้การประมาณค่าข้อมูลในพื้นที่อยู่ไกลจากสถานีไม่ถูกต้อง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในพื้นที่ที่มีภูมิประเทศลาดชัน และในบางครั้งอาจตัดสินใจเลือกสถานีที่เป็นตัวแทนทำได้ลำบาก เนื่องจากบริเวณที่ต้องการอยู่ระหว่างสถานีตรวจอากาศหลายสถานี ทำให้การจำลองผลผลิตพืชในพื้นที่ที่อยู่ห่างไกลสถานีทำได้ยาก ดังนั้นการพัฒนาฐานข้อมูลเชิงพื้นที่ภูมิอากาศในระบบสนับสนุนการตัดสินใจการผลิตข้าวจึงเป็นสิ่งจำเป็น เนื่องจากสามารถจัดเก็บ เรียกใช้ และแสดงข้อมูลเชิงพื้นที่ของภูมิอากาศ ณ ตำแหน่งใดๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ฐานข้อมูลที่ได้สามารถแปลงเป็นเพิ่มข้อมูลที่สามารถนำเข้าในแบบจำลองข้าว CERES-Rice รวมทั้งแสดงผลในรูปของแผนที่ภูมิอากาศเพื่อประกอบการวางแผนการปลูกพืชและการจัดการทรัพยากรธรรมชาติ เนื่องจากการประมาณผลผลิตข้าวโดยอาศัยแบบจำลองข้าวต้องการปริมาณน้ำฝน (RTOT), จำนวนวันฝนตก (RNUM), อุณหภูมิสูงสุด (TMAX), อุณหภูมิต่ำสุด (TMIN) และรังสีอาทิตย์ (SRAD) ดังนั้นจึงต้องพัฒนาวิธีการแปลงข้อมูลเชิงตำแหน่งของสถานีตรวจอากาศที่กระจายอยู่ภายในและรอบๆ จังหวัดเชียงใหม่และพิษณุโลกให้เป็นข้อมูลภูมิอากาศเชิงพื้นที่

การประมาณค่าข้อมูลภูมิอากาศเป็นข้อมูลเชิงพื้นที่ที่สามารถทำได้หลายวิธี เช่น การประมาณค่าโดยอาศัยรูปเหลี่ยม Thiessen (Lal and Al-Mushidani; Creutin and Obled, 1982) ซึ่งข้อมูลภูมิอากาศภายในรูปเหลี่ยมแต่ละรูปมีค่าสม่ำเสมอเท่ากันตลอดและเท่ากับค่าที่วัดได้จากสถานีอุตุนิยมวิทยาในรูปเหลี่ยม Thiessen นั้น ส่วนวิธีการถ่วงน้ำหนักตามระยะทาง (Inverse Distance Weighting, IDW) ค่าที่ประมาณได้ขึ้นอยู่กับระยะทางระหว่างตำแหน่งของสถานีตรวจอากาศกับจุดที่ต้องการประมาณค่าหนึ่งๆ (Bonham-Carter, 1994) กล่าวคือบริเวณที่อยู่ใกล้สถานีตรวจอากาศจะมีค่าที่ประมาณได้ใกล้เคียงกับค่าที่วัดได้ ณ สถานีตรวจอากาศ วิธีนี้จะให้ผลดีเมื่อมีการเก็บรวบรวมข้อมูลจากเครือข่ายสถานีตรวจอากาศที่มีความหนาแน่นเพียงพอ

¹ ภาควิชาปฐพีศาสตร์และอนุรักษศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

² ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

การหาค่าถ่วงน้ำหนักเพื่อใช้ประมาณค่าข้อมูลภูมิอากาศ ณ ตำแหน่งใดๆ สามารถทำได้โดยวิธีการ Kriging เช่นกัน ในวิธีการนี้การคำนวณค่าถ่วงน้ำหนักได้จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างคู่ข้อมูลทุกคู่ที่จัดบันทึกได้ ณ สถานีตรวจอากาศสองสถานีที่ห่างกันเป็นระยะทางต่างๆ ทุกคู่สถานีในพื้นที่ศึกษา และแสดงความสัมพันธ์ดังกล่าวในรูปของวาริโอแกรม (variogram) ดังนั้นจึงอาจใช้โมเดลทางคณิตศาสตร์คำนวณหาค่าถ่วงน้ำหนักเพื่อนำไปประมาณค่าข้อมูลภูมิอากาศ ณ ตำแหน่งใดๆ ได้ในพื้นที่ศึกษา Tabios and Sallal (1985) ได้เปรียบเทียบการประมาณค่าปริมาณน้ำฝนโดยวิธีการ Kriging พบว่าให้ผลลัพธ์ที่มีความคลาดเคลื่อนน้อยกว่าวิธีการอื่น อย่างไรก็ตามในพื้นที่ที่มีภูมิประเทศเป็นภูเขาสูงและมีระดับความสูงแตกต่างกันมาก ความแปรปรวนของภูมิอากาศในพื้นที่อาจได้รับอิทธิพลจากความสูงของพื้นที่จากน้ำทะเล โดยเฉพาะอุณหภูมิและปริมาณน้ำฝน ดังนั้นการประมาณค่าข้อมูลภูมิอากาศในเชิงพื้นที่จึงควรนำระดับความสูงเข้ามาเป็นตัวแปรร่วมในการวิเคราะห์ค่าถ่วงน้ำหนักด้วย

วิธีการหนึ่งที่สามารถนำตัวแปรอื่นเข้ามาร่วมวิเคราะห์กับข้อมูลเชิงตำแหน่งของสถานีอุตุนิยมวิทยาในทิศตะวันออก-ตะวันตกและเหนือ-ใต้ คือวิธีการ Co-kriging ซึ่งจะต้องมีการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม (covariance) ก่อนที่จะทำการวิเคราะห์ตามขั้นตอนของวิธีการ Kriging จากการศึกษาที่ผ่านมาในหลายพื้นที่แถบภูเขาสูงพบว่าการนำระดับความสูงมาร่วมในการประมาณค่าปริมาณน้ำฝนโดยวิธีการ Co-kriging ให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่าวิธีอื่น (Phillips et al., 1992; Garen et al., 1994) ข้อจำกัดของวิธีการวิเคราะห์แบบ Co-kriging คือต้องการซอฟต์แวร์ที่ช่วยการวิเคราะห์ที่เฉพาะเจาะจง ซึ่งในปัจจุบันซอฟต์แวร์ที่มีอยู่ยังมีขีดความสามารถจำกัด รวมทั้งใช้เวลานานเกินไปในการประมวลผลเมื่อต้องการประมาณค่าข้อมูลภูมิอากาศให้ได้ผลลัพธ์เป็นกริดที่กินบริเวณกว้าง สำหรับจัดเก็บเป็นชั้นข้อมูลในระบบ GIS

นอกจากจะใช้ระดับความสูงจากน้ำทะเลแล้ว Daly and Taylor (1996) ยังใช้ทิศทางของความลาดชันของพื้นที่ในการประมาณค่าปริมาณน้ำฝนในบริเวณภูมิประเทศที่เป็นเทือกเขา ทั้งนี้เนื่องจากอิทธิพลออโรกราฟิก (orographic effects) ทำให้พื้นที่บริเวณเทือกเขาด้านรับลมมรสุม มีปริมาณน้ำฝนเพิ่มขึ้นตามระดับความสูง การประมาณค่าปริมาณน้ำฝนบริเวณดังกล่าวสามารถทำได้โดยการใช้โมเดล PRISM (Precipitation Elevation Regressions on Independent Slopes Model) ซึ่งพบว่าให้ค่าความคลาดเคลื่อนในการประมาณค่าน้อยกว่าวิธีอื่น และถึงแม้ว่าผลลัพธ์จาก PRISM สามารถจัดเก็บในระบบ GIS ได้ดี แต่ในปัจจุบันโปรแกรมนี้ยังอยู่ในระหว่างการพัฒนา อีกทั้งยังไม่ได้มีการเผยแพร่อย่างกว้างขวาง

การประมาณค่าข้อมูลภูมิอากาศเชิงพื้นที่ที่มีประสิทธิภาพทั้งในแง่ลดความคลาดเคลื่อนและการเชื่อมโยงกับ GIS ได้แก่ วิธีการ Thin Plate Spline, TPS (Hutchinson and Gessler, 1994; Hutchinson, 1996) วิธีการนี้ต้องการข้อมูลนำเข้าเป็นข้อมูลภูมิอากาศเฉลี่ยรายคาบที่มีการบันทึกไว้ ณ สถานีอุตุนิยมวิทยาในพื้นที่ศึกษา นอกจากนี้ยังใช้ระดับความสูงของพื้นที่เพื่อประมาณค่าข้อมูลภูมิอากาศ แล้วสร้างเป็นกริดที่สามารถแสดงข้อมูลภูมิอากาศเป็นข้อมูลต่อเนื่องในระบบ GIS ได้ เนื่องจากวิธีการนี้สามารถประมาณค่าข้อมูลภูมิอากาศที่อาจมีการบันทึกไม่

สมบูรณ์แต่มีข้อมูลเฉลี่ยรายคาบพร้อมจำนวนปีที่บันทึก ประกอบกับการประมวลผลที่มีประสิทธิภาพและสามารถเชื่อมโยงกับ GIS ได้ดี ดังนั้นจึงมีศักยภาพที่จะนำมาทดสอบเพื่อการประมาณค่าข้อมูลภูมิอากาศเชิงพื้นที่ในงานวิจัยนี้

เมื่อพิจารณาจากผลงานวิจัยข้างต้น การพัฒนาฐานข้อมูลเชิงพื้นที่ภูมิอากาศในระบบสนับสนุนการตัดสินใจการผลิตข้าวจึงมีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบวิธีการประมาณค่าข้อมูลภูมิอากาศเชิงพื้นที่โดยวิธีการ Thiessen, IDW, Kriging และ TPS สำหรับนำไปสร้างฐานข้อมูลเชิงพื้นที่จากข้อมูลภูมิอากาศรายวันซึ่งสามารถเชื่อมโยงได้กับแบบจำลองการเจริญเติบโตของพืชเพื่อนำไปใช้ร่วมกับข้อมูลอื่นในการทำนายผลผลิตของพืช

วิธีการศึกษา

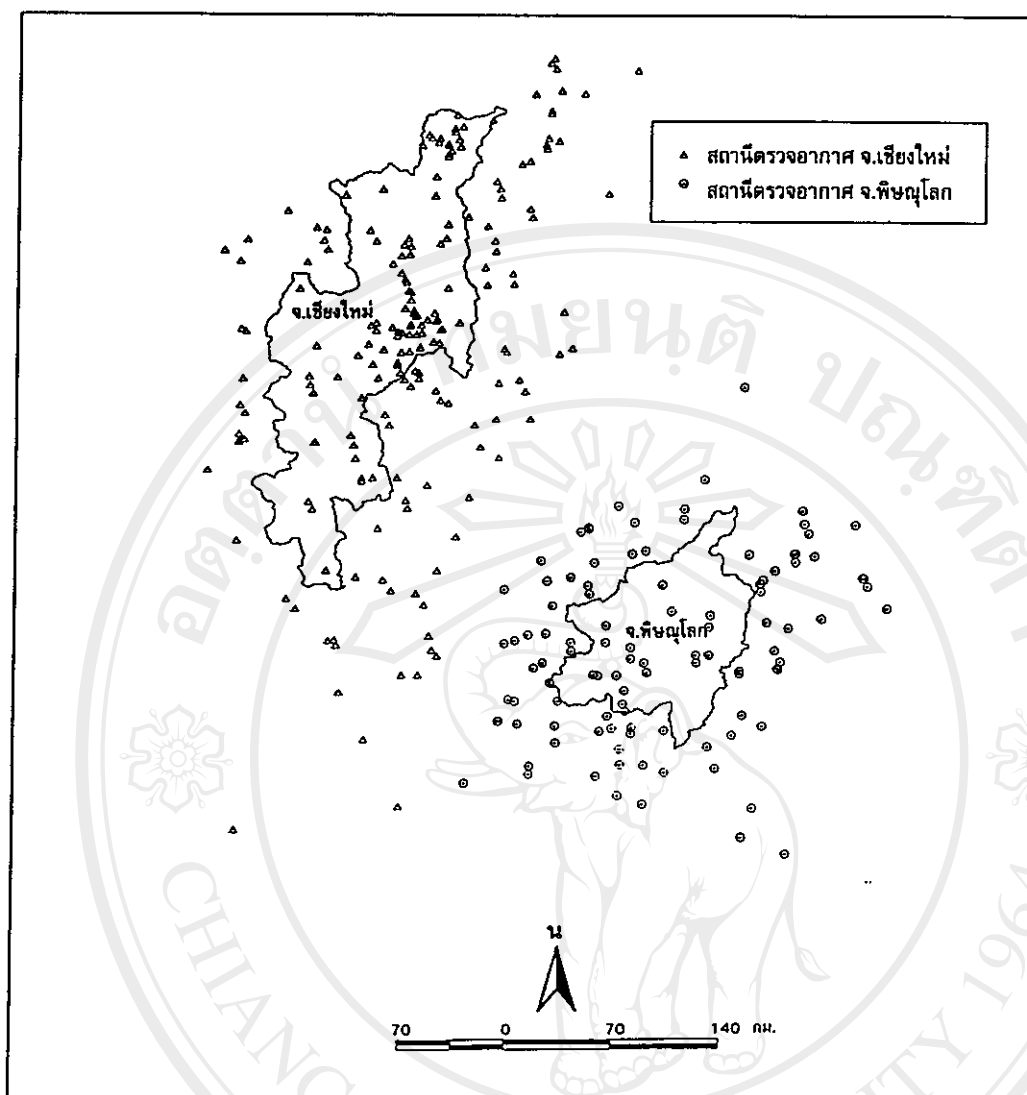
แหล่งข้อมูลและขอบเขตของการศึกษา

ข้อมูลภูมิอากาศที่ใช้ในโครงการวิจัยนี้ ได้แก่ ข้อมูลปริมาณน้ำฝน จำนวนวันฝนตก อุณหภูมิสูงสุด อุณหภูมิต่ำสุด และค่ารังสีอาทิตย์ รวมทั้งรายละเอียดของสถานีตรวจอากาศ เช่น ชื่อสถานีและตำแหน่งที่ตั้ง ได้มาจาก 4 หน่วยงานอันได้แก่ กรมอุตุนิยมวิทยา กรมชลประทาน กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน และมูลนิธิโครงการหลวงซึ่งจะเป็นข้อมูลในส่วนของสถานีตรวจอากาศบนพื้นที่สูงในจังหวัดเชียงใหม่ สำหรับข้อมูลน้ำฝน อุณหภูมิ และค่ารังสีอาทิตย์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ทั้งภายในจังหวัดและจังหวัดที่อยู่ใกล้เคียงมีจำนวน 200, 54 และ 6 สถานี ตามลำดับ ส่วนจังหวัดพิษณุโลกเป็น 105, 19 และ 6 สถานี ตามลำดับเช่นกัน จำนวนปีของข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์แตกต่างกันตามประวัติของสถานีตรวจอากาศ นั่นคือมีตั้งแต่ 5-40 ปี การกระจายตัวของสถานีตรวจอากาศที่ใช้ในการศึกษาแสดงดังรูปที่ 3-1

การเตรียมข้อมูลเพื่อใช้ในการประมาณค่าเชิงพื้นที่

การตรวจสอบความถูกต้อง

การเตรียมข้อมูลสำหรับใช้ในการประมาณค่าเชิงพื้นที่ภูมิอากาศนี้ เริ่มจากการนำข้อมูลจากแหล่งข้อมูลที่อยู่ในรูปของตารางข้อมูล และที่เก็บเป็น text file มาตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลก่อน เพื่อขจัดข้อผิดพลาดจากการนำเข้าข้อมูลและจากความผิดปกติของข้อมูลจากแหล่งข้อมูลเดิม ถ้าพบว่ามีช่วงเวลาใดที่ช่วงของข้อมูลขาดหายไปเป็นเวลานาน ผิดปกติในปีใดของสถานีใด จะพิจารณาตัดข้อมูลในปีนั้นออกจากฐานข้อมูล หรือถ้าสถานีใดมีจำนวนปีในการเก็บข้อมูลน้อยกว่า 5 ปี ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากบางสถานีเพิ่งตั้งใหม่หรือมีการเก็บข้อมูลที่ไม่ดีนัก สถานีนั้นจะไม่ถูกนำมาวิเคราะห์ร่วมกับข้อมูลอื่น เพราะอาจทำให้ผลการวิเคราะห์ข้อมูลผิดพลาดได้ จากนั้นนำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ค่าสถิติเชิงพรรณนาต่างๆ เช่น ค่าต่ำสุด ค่าสูงสุด ค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เป็นต้น เพื่อดูความผิดปกติของข้อมูลแต่ละสถานี จากนั้นจึงแปลงฐานข้อมูลรายวันให้เป็นรายเดือนต่อไป



รูปที่ 3-1 สถานีตรวจอากาศที่บันทึกข้อมูลที่ใช้ในการสร้างชั้นข้อมูลเชิงพื้นที่ภูมิอากาศในจังหวัดเชียงใหม่และจังหวัดพิษณุโลก

การแปลงฐานข้อมูลรายวันเป็นรายเดือน

การจัดเก็บฐานข้อมูลภูมิอากาศเชิงพื้นที่เป็นชั้นข้อมูลรายเดือนแทนที่จะเป็นรายวันในระบบ GIS ทำให้ความต้องการเนื้อที่ในการจัดเก็บน้อยลง แต่สามารถแปลงกลับมาเป็นข้อมูลรายวันได้เมื่อต้องการนำเข้าไปในแบบจำลอง CERES-Rice โดยใช้ชุดโปรแกรมย่อย WGEN (Pickering et al., 1994; Hansen et al., 1994) ในโปรแกรม DSSAT ได้ นอกจากนี้ข้อมูลภูมิอากาศเชิงพื้นที่รายเดือนยังเหมาะที่จะนำไปวิเคราะห์เป็นเขตภูมิอากาศเพื่อสร้างหน่วยแผนที่สำหรับการจำลอง (Simulation Mapping Unit, SMU) ในการประมาณผลผลิตข้าวได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ฐานข้อมูลภูมิอากาศรายเดือนที่ต้องการประกอบด้วยรหัสสถานีตรวจอากาศ พิกัดของสถานี ค่ารังสีอาทิตย์เฉลี่ยรายเดือน อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยรายเดือน อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยรายเดือน ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือน และจำนวนวันฝนตกเฉลี่ยรายเดือน การแปลงข้อมูลภูมิอากาศรายวันเป็นรายเดือนทำได้โดยการจัดข้อมูลทั้งหมดให้อยู่ในรูปที่โปรแกรม DSSAT สามารถอ่านได้ โปรแกรมจะประมวลผลและให้ผลลัพธ์เป็นแฟ้มข้อมูลดังกล่าวของแต่ละสถานีตามต้องการ จากนั้นจึงนำค่าที่ได้ไปใช้ในการประมาณค่าเชิงพื้นที่ นอกจากนี้โปรแกรม DSSAT ยังสามารถสร้างข้อมูลรายวันที่ขาดหายก่อนที่จะแปลงเป็นข้อมูลรายเดือนอีกด้วย

สำหรับข้อมูลรังสีอาทิตย์นั้นเนื่องจากแบบจำลอง CERES-Rice ต้องการข้อมูลที่มีหน่วยเป็น $\text{MJ}/\text{m}^2/\text{d}$ ดังนั้นจึงทำการแปลงข้อมูลจำนวนชั่วโมงที่มีแสงแดดให้เป็นค่ารังสีอาทิตย์โดยใช้สมการความสัมพันธ์ระหว่างค่ารังสีอาทิตย์ที่ผิวโลก (R_g) กับค่ารังสีอาทิตย์ที่ผิวบรรยากาศโลก (extraterrestrial radiation, R_a) ตามรายงานของ Oldeman and Fere (1982)

ขั้นตอนที่สามารถดำเนินการได้ในโปรแกรม DSSAT หลังจากการนำเข้าและตรวจสอบข้อมูลรายวันจำนวนชั่วโมงที่มีแสงแดดแล้ว สร้างแฟ้มข้อมูลรังสีอาทิตย์เฉลี่ยรายเดือนด้วยโปรแกรมวิเคราะห์ภูมิอากาศใน DSSAT เช่นเดียวกับข้อมูลภูมิอากาศอื่นๆ

ชั้นข้อมูลเชิงพื้นที่รายเดือนที่ได้จากขั้นตอนที่กล่าวมาข้างต้น จะนำไปวิเคราะห์เพื่อประมาณค่าแบบต่อเนื่องในเชิงพื้นที่ พร้อมทั้งจัดเก็บข้อมูลในรูปกริด ซึ่งแต่ละกริดมีขนาด 2×2 ตารางกิโลเมตรในขั้นตอนต่อไป ทั้งนี้เพื่อเป็นการลดจำนวนข้อมูลและเวลาในการจำลองให้เหมาะสมกับการทำงานบนเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์โดยไม่สูญเสียรายละเอียดของข้อมูลภูมิอากาศมากนัก

การประมาณค่าแบบต่อเนื่องในเชิงพื้นที่

ทำการสร้างชั้นข้อมูล (coverage) ของสถานีตรวจอากาศใน ARC/INFO (ESRI, 1994a) โดยการนำเข้าหมายเลขกำกับและพิกัดของสถานีตรวจอากาศเป็นไฟล์ประเภท ASCII เนื่องจากพิกัดของสถานีเป็นระบบพิกัดภูมิศาสตร์ (geographic coordinates) ที่มีหน่วยเป็นองศาและลิปดาของเส้นรุ้ง (latitude) และเส้นแวง (longitude) จึงต้องแปลงระบบพิกัดเป็นระบบ Universal Transverse Mercator (UTM) ที่มีหน่วยระยะทางเป็นเมตรซึ่งเป็นระบบพิกัดมาตรฐานสำหรับชั้นข้อมูลทุกชั้นในการศึกษาี้ ดังนั้นในขั้นตอนนี้ ชั้นข้อมูลปริมาณน้ำฝน จำนวนวันฝนตก อุณหภูมิสูงสุดและอุณหภูมิต่ำสุด และรังสีอาทิตย์ จึงเป็นชั้นข้อมูลประเภท point ที่มีพิกัดของสถานีตรวจวัดเป็นระบบ UTM ทั้งหมด

ได้ทำการทดสอบการประมาณค่าเชิงพื้นที่ทั้งหมด 4 วิธีการด้วยกันคือ วิธี Thiessen, วิธีถ่วงน้ำหนักผกผันตามระยะทาง (IDW), วิธีถ่วงน้ำหนักแบบ Kriging และวิธี Thin Plate Spline (TPS)

วิธี Thiessen

การกำหนดเขตของแต่ละสถานีตรวจอากาศด้วยวิธี Thiessen ทำได้โดยการลากเส้นแบ่งครึ่งและตั้งฉากกับเส้นเชื่อมระหว่างสองสถานีตรวจวัดภูมิอากาศที่อยู่ใกล้เคียง จุดตัดของเส้นแบ่งครึ่งและตั้งฉากคือมุมของรูปเหลี่ยม Thiessen ภายในรูปเหลี่ยมจะมีค่าข้อมูลภูมิอากาศค่าเดียวกัน พื้นที่ของรูปเหลี่ยมจะขึ้นอยู่กับความหนาแน่น (จำนวน/พื้นที่) ของสถานีตรวจอากาศ บริเวณที่มีความหนาแน่นของสถานีตรวจอากาศสูง รูปหลายเหลี่ยมจะมีปริมาณมากแต่มีเนื้อที่น้อย แต่ถ้าในพื้นที่ที่มีความหนาแน่นของสถานีวัดน้ำฝนน้อย รูปเหลี่ยม Thiessen จะใหญ่และมีปริมาณน้อย (Watson, 1992) วิธีการนี้สามารถดำเนินการได้โดยอัตโนมัติในโปรแกรม ARC/INFO ด้วยการนำเข้าตำแหน่งที่ตั้งของสถานีตรวจอากาศให้เป็นข้อมูลประเภทจุด (point) ซึ่งค่าข้อมูลภูมิอากาศที่ได้จะเป็นไปตามค่าที่วัดได้จากสถานีตรวจอากาศที่ตกอยู่ในพื้นที่รูปเหลี่ยมนั้นๆ

วิธี IDW

วิธีการนี้ใช้หลักการถ่วงน้ำหนักระหว่างระยะทางจากจุดที่ต้องการหาค่ากับตำแหน่งที่ตั้งของสถานีตรวจอากาศ ด้วยการนำชั้นข้อมูลตำแหน่งที่ตั้งของสถานีเชื่อมต่อกับข้อมูลบรรยายรายเดือนภูมิอากาศ แล้วจึงใช้คำสั่งในโปรแกรม ARC/INFO GRID (ESRI, 1994b) คือ IDW ในการสร้างข้อมูลเชิงพื้นที่ภูมิอากาศ ซึ่งจะได้ผลเป็นกริดที่มีค่าต่อเนื่องกัน และสามารถนำไปสร้างเป็นเส้นชั้นแสดงข้อมูลภูมิอากาศได้

วิธี Kriging

วิธีการนี้ประมาณค่าถ่วงน้ำหนักโดยใช้แบบจำลอง semivariogram ในโปรแกรม GS+ (Robertson, 1998) เพื่อวิเคราะห์หาค่าความสัมพันธ์ในการประมาณค่าข้อมูล ณ ตำแหน่งที่ไม่ได้บันทึกข้อมูล การดำเนินการเริ่มจากนำเข้าพิกัดของสถานีและค่าข้อมูลภูมิอากาศรายเดือนที่ได้ในขั้นตอนที่ผ่านมา ทำการวิเคราะห์ค่า semivariance (γ) และเลือกโมเดลที่ดีที่สุดที่สามารถอธิบายความสัมพันธ์ระหว่าง γ และระยะทาง (lag distance) สำหรับแต่ละชุดข้อมูล โดยพิจารณาจากค่า coefficient of determination (r^2) และ residual sum square (RSS) ของแต่ละโมเดล ถ้าค่า r^2 ให้ค่าต่ำผิดปกติ ต้องตรวจสอบการกระจายตัวของค่าความสัมพันธ์ (variogram cloud) ของข้อมูล ถ้าพบ outlier ให้ตรวจสอบว่าเป็นข้อมูลจากสถานีตรวจอากาศคู่ใด แล้วทำการขจัดข้อมูลคู่นั้นออกจากการวิเคราะห์ ก่อนจะทำการเลือกโมเดลใหม่ที่มีค่า r^2 สูงสุดหรือให้ค่า RSS ต่ำที่สุด เมื่อได้โมเดลที่อธิบายวาริโอแกรมได้ดีที่สุดแล้วจึงทำการประมาณค่าเชิงพื้นที่ต่อไป ผลที่ได้จากการประมาณค่าเป็นกริดที่มีค่าต่อเนื่อง นอกจากนี้ยังแสดงค่าความสัมพันธ์ในรูปแบบแผนที่ได้ ซึ่งทำให้สามารถพิจารณาติดตั้งสถานีตรวจอากาศเพิ่มเติม ณ ตำแหน่งใดในพื้นที่ที่ต้องการ

วิธี TPS

การประมาณค่าโดยวิธี TPS นอกจากจะใช้ข้อมูลรหัสสถานีตรวจอากาศ ชื่อสถานีตรวจอากาศ ตำแหน่งที่ตั้งของสถานีพิกัดเป็นเส้นแวงและเส้นรุ้ง และข้อมูลภูมิอากาศเฉลี่ยรายเดือน พร้อมทั้งค่าความเรียงตัวของข้อมูลแต่ละเดือนแล้ว ยังต้องการความสูงจากระดับน้ำทะเลของที่ตั้งสถานี แยกเก็บเป็นรายชนิดข้อมูล ประกอบด้วยแฟ้มข้อมูลปริมาณน้ำฝน จำนวนวันฝนตก อุณหภูมิสูงสุด และอุณหภูมิต่ำสุด เพื่อใช้ในโปรแกรม ANUSPLIN v.3.2 (Hutchinson, 1997) จากนั้นโปรแกรมจะคำนวณค่าสถิติโดยสรุปของข้อมูล พร้อมทั้งรายงานค่าความคลาดเคลื่อน (residuals) ของแต่ละสถานีตรวจอากาศให้ เพื่อประโยชน์ในการตรวจสอบความผิดพลาดของพิกัดหรือความสูงจากระดับน้ำทะเลของแต่ละสถานี ในที่สุดจะคำนวณค่า generalized cross validation (GCV) และค่า root mean square error (RMSE) ซึ่งเป็นค่าสำหรับวัดระดับความคลาดเคลื่อนในการประมาณค่าข้อมูลของแต่ละเดือนได้ เมื่อได้ค่า surface coefficient ที่ทำให้ค่า GCV และ RMSE ของการประมาณค่าที่ต่ำที่สุดแล้ว ให้เก็บเป็นแฟ้มข้อมูลเพื่อนำไปสร้างเป็นชั้นข้อมูลภูมิอากาศแบบต่อเนื่องในขั้นตอนต่อไป

การสร้างชั้นข้อมูลภูมิอากาศรายเดือนแบบต่อเนื่องทำได้โดยใช้โปรแกรมย่อย ESOCIM ในโปรแกรม ANUCLIM v.1.8 (Hutchinson et al., 1998) ซึ่งต้องการข้อมูลภูมิประเทศเชิงตัวเลข (Digital Elevation Model, DEM) ตามวิธีการสร้างที่อธิบายอย่างละเอียดในเมธีและคณะ (2541) และ surface coefficient ของข้อมูลภูมิอากาศรายเดือนแต่ละชนิดซึ่งสร้างขึ้นจากโปรแกรม ANUSPLIN ในขั้นตอนที่ผ่านมา เมื่อได้ชั้นข้อมูลปริมาณน้ำฝน จำนวนวันฝนตก อุณหภูมิสูงสุด และอุณหภูมิต่ำสุดแล้ว จึงแปลงระบบพิกัดเป็น UTM เพื่อใช้วิเคราะห์ร่วมกับชั้นข้อมูลเชิงพื้นที่อื่นๆ

การประมาณค่าข้อมูลปริมาณน้ำฝน จำนวนวันฝนตก อุณหภูมิสูงสุด และอุณหภูมิต่ำสุด จะใช้วิธีการทั้ง 4 วิธีในการประมาณค่า ก่อนที่จะเลือกวิธีการประมาณค่าที่ดีที่สุดมาใช้กับแต่ละชนิดข้อมูลสำหรับข้อมูลรังสีอาทิตย์นั้น เนื่องจากจำนวนสถานีตรวจอากาศที่บันทึกข้อมูลจำนวนชั่วโมงที่มีแสงแดดมีจำนวนเพียง 6 สถานีรอบจังหวัดเชียงใหม่ และ 6 สถานีรอบจังหวัดพิษณุโลก จึงไม่สามารถประมาณค่าโดยวิธี Kriging ได้ ดังนั้นจึงทำการประมาณค่ารังสีอาทิตย์เชิงพื้นที่ด้วยวิธี IDW ใน ARC/INFO ผลที่ได้จัดเก็บเป็นแฟ้มข้อมูลประเภทกริดเช่นเดียวกันกับข้อมูลภูมิอากาศอื่น

การเปรียบเทียบความแม่นยำในการประมาณค่า

ทำการเปรียบเทียบความแม่นยำในการประมาณค่าของข้อมูลภูมิอากาศ โดยวิธี Cross validation ด้วยการตัดข้อมูลภูมิอากาศที่บันทึกไว้ ณ สถานีตรวจอากาศ 1 สถานีแล้วทำการประมาณค่าเหล่านั้น ณ ตำแหน่งสถานีที่ตัดข้อมูลนั้นออก โดยใช้วิธีการประมาณค่าของแต่ละวิธี ดังรายละเอียดที่ได้กล่าวไปแล้ว ถ้าทำการตัดข้อมูลภูมิอากาศออกครั้งละสถานีเป็นจำนวนมาก ครั้งพอ สามารถนำไปเปรียบเทียบกับข้อมูลที่วัดจริงได้ ณ สถานีเหล่านั้น พร้อมทั้งคำนวณเป็นค่า RMSE ซึ่งจะบ่งชี้ความแม่นยำของการประมาณค่าได้

การสร้างเขตภูมิอากาศ

การสร้างเขตภูมิอากาศทำได้โดยวิธีการวิเคราะห์กลุ่ม (cluster analysis) ซึ่งวิเคราะห์ความคล้ายคลึงกันของข้อมูลภูมิอากาศของพื้นที่แต่ละกริดซึ่งมีขนาด 2×2 ตารางกิโลเมตร ที่สร้างขึ้นจากการประมาณค่าและสร้างชั้นข้อมูลต่อเนื่องโดยวิธี TPS การวิเคราะห์กลุ่มดำเนินการในโปรแกรม SPSS และใช้วิธี K-mean hierarchical clustering (Sharma, 1996) โดยกำหนดให้มี 10 กลุ่มทั้งในจังหวัดเชียงใหม่และพิษณุโลก

การกำหนดเขตภูมิอากาศสำหรับการจำลองผลผลิตข้าวนาปีและข้าวนาปรังนั้นดำเนินการแยกกัน เนื่องจากภูมิอากาศที่กำหนดการเจริญเติบโตของข้าวนาปีและข้าวนาปรังแตกต่างกัน กล่าวคือปริมาณน้ำฝนและจำนวนวันฝนตกมีผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวนาปี โดยเฉพาะเขตอาศัยน้ำฝนมากกว่าที่จะเป็นอุณหภูมิ สำหรับอุณหภูมิต่ำสุดและสูงสุดนั้นจะเป็นตัวกำหนดผลผลิตของข้าวนาปรัง ซึ่งต้องอาศัยน้ำชลประทานมากกว่าที่จะเป็นปริมาณน้ำฝนและจำนวนวันฝนตก เนื่องจากช่วงเวลาดังกล่าวเป็นช่วงฤดูแล้ง ดังนั้นการวิเคราะห์กลุ่มเพื่อกำหนดเขตภูมิอากาศของข้าวนาปีในจังหวัดเชียงใหม่จึงใช้ชั้นข้อมูลภูมิอากาศระหว่างเดือนกรกฎาคมถึงธันวาคมซึ่งอยู่ในช่วงฤดูข้าวนาปี ส่วนเขตภูมิอากาศสำหรับการจำลองผลผลิตข้าวนาปรังในจังหวัดเชียงใหม่ ใช้ชั้นข้อมูลระหว่างเดือนมกราคมถึงมิถุนายน อย่างไรก็ตามข้อมูลภูมิอากาศทั้งสองฤดูปลูกที่ใช้ในการวิเคราะห์กลุ่ม ประกอบด้วยชั้นข้อมูลรายเดือนเฉลี่ยของปริมาณน้ำฝน จำนวนวันฝนตก อุณหภูมิสูงสุด อุณหภูมิต่ำสุด ของแต่ละกริดขนาด 2×2 ตารางกิโลเมตร เช่นเดียวกัน

สำหรับจังหวัดพิษณุโลกนั้นเนื่องจากการปลูกข้าวนาปรังสามารถทำได้ 2 รุ่น โดยที่รุ่นแรกปลูกในช่วงเดือนพฤศจิกายนถึงกุมภาพันธ์ ส่วนรุ่นที่ 2 อยู่ในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ถึงมิถุนายน ดังนั้นจึงได้จัดเขตภูมิอากาศออกเป็น 3 ช่วง ช่วงแรกเป็นเขตภูมิอากาศสำหรับปลูกข้าวนาปีซึ่งสร้างโดยใช้ข้อมูลภูมิอากาศระหว่างเดือนกรกฎาคมถึงธันวาคม ช่วงที่สองเป็นเขตภูมิอากาศสำหรับการปลูกข้าวนาปรังรุ่นที่ 1 สร้างขึ้นโดยใช้ข้อมูลภูมิอากาศระหว่างเดือนตุลาคมถึงมีนาคม และช่วงที่สามเป็นเขตภูมิอากาศสำหรับการปลูกข้าวนาปรังรุ่นที่ 2 โดยการวิเคราะห์กลุ่มจากข้อมูลภูมิอากาศระหว่างเดือนมกราคมถึงมิถุนายน เขตภูมิอากาศทั้งสามช่วงสามารถนำไปใช้ได้กับการปลูกข้าวในจังหวัดพิษณุโลกไม่ว่าช่วงฤดูปลูกจะเป็นช่วงใดของปี

สำหรับข้อมูลอธิบายที่ใช้ประกอบในแต่ละเขตภูมิอากาศนั้นได้มาจากการนำเขตภูมิอากาศและข้อมูลภูมิอากาศที่เป็นกริดทั้งหมดมาวิเคราะห์สถิติเชิงพื้นที่ในโปรแกรม ArcView ดังนั้นจะได้เขตภูมิอากาศที่มีสถิติของข้อมูลภูมิอากาศที่ต้องการประจำแต่ละเขต

ผลของการวิเคราะห์กลุ่มสามารถจัดเก็บเป็นแฟ้มข้อมูลประกอบด้วยหมายเลขระบุตำแหน่งกริด หมายเลขเขตภูมิอากาศ และข้อมูลภูมิอากาศรายเดือนเฉลี่ยของเขตภูมิอากาศนั้นๆ จากนั้นจึงแปลงให้อยู่ในรูปของชั้นข้อมูลซึ่งมีพิกัด UTM ใน GIS เพื่อประโยชน์ในการแสดงผลและวิเคราะห์ร่วมกับชั้นข้อมูลอื่นๆ และเพื่อสร้างเป็น SMU สำหรับจำลองผลผลิตข้าวในแบบจำลอง CERES-Rice ต่อไป

ผลการศึกษา

การสร้างชั้นข้อมูลภูมิอากาศเฉลี่ยรายเดือน

หลังจากนำเข้าข้อมูลภูมิอากาศต่างๆ ที่บันทึกได้ตามสถานีตรวจอากาศแล้ว โปรแกรม DSSAT จะคำนวณค่าสถิติต่างๆ ของทั้งปริมาณน้ำฝน จำนวนวันฝนตก อุณหภูมิสูงสุด และอุณหภูมิต่ำสุด และค่ารังสีอาทิตย์ และจัดเก็บในแฟ้มข้อมูลภูมิอากาศ (.CLI) ประจำสถานีซึ่งมีพิกัดบอกตำแหน่งของสถานีนั้นๆ (ตารางที่ 3-1) ข้อมูลที่ได้ในตารางนี้จะถูกแปลงเป็น item ของตารางประกอบชั้นข้อมูลตำแหน่งของสถานีตรวจอากาศเพื่อนำไปสร้างชั้นข้อมูลภูมิอากาศรายเดือนเฉลี่ยเชิงพื้นที่ การประมาณค่าเชิงพื้นที่ของข้อมูลภูมิอากาศ

ตารางที่ 3-1 แฟ้มข้อมูลภูมิอากาศเฉลี่ยรายเดือนที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลภูมิอากาศรายวัน
ในโปรแกรม DSSAT

*CLIMATE : FANG										
@ INSI	LAT	LONG	ELEV	TAV	AMP	SRAY	TMXY	TMNY	RAIY	
CM01	19.530	99.140	0	26.2	5.8	19.0	32.1	20.2	1377	
@START	DURN	ANGA	ANGB	REFHT	WNDHT	SOURCE				
1975	19	0.25	0.50	-99.0	-99.0	Calculated_from_daily_data				
@ GSST	GSDU									
1	365									
*MONTHLY AVERAGES										
@ MTH	SAMN	XAMN	NAMN	RTOT	RNUM	SHMN	AMTH	BMTH		
1	18.2	28.9	15.0	8.5	0.7	-99.0	0.250	0.500		
2	19.9	32.3	17.9	11.4	0.9	-99.0	0.250	0.500		
3	21.8	35.4	19.9	14.4	1.6	-99.0	0.250	0.500		
4	22.0	37.0	24.5	82.6	6.1	-99.0	0.250	0.500		
5	24.2	39.2	26.1	182.2	14.7	-99.0	0.250	0.500		
6	17.6	33.6	23.9	175.0	14.4	-99.0	0.250	0.500		
7	14.5	30.4	22.8	216.5	17.1	-99.0	0.250	0.500		
8	15.3	28.6	21.9	268.1	19.2	-99.0	0.250	0.500		
9	17.9	29.8	21.8	235.2	13.7	-99.0	0.250	0.500		
10	20.9	32.0	18.5	123.4	9.4	-99.0	0.250	0.500		
11	18.1	29.9	16.5	45.4	3.8	-99.0	0.250	0.500		
12	17.7	28.4	13.7	14.0	1.0	-99.0	0.250	0.500		
*FLAGGED DATA COUNT										
BEGYR	BEGDY	ENDYR	ENDDY							
1988	1	1996	365							
@	TOTAL	SRAD	TMAX	TMIN	RAIN					
TOTAL :	13148	3287	3287	3287	3287					
VALID :	13148	3287	3287	3287	3287					
MISSING:	0	0	0	0	0					
ERROR :	0	0	0	0	0					
ABOVE :	0	0	0	0	0					
BELOW :	0	0	0	0	0					
RATE :	0	0	0	0	0					

อัตรา 633.19

เลขหมู่..... ๖ 543๓

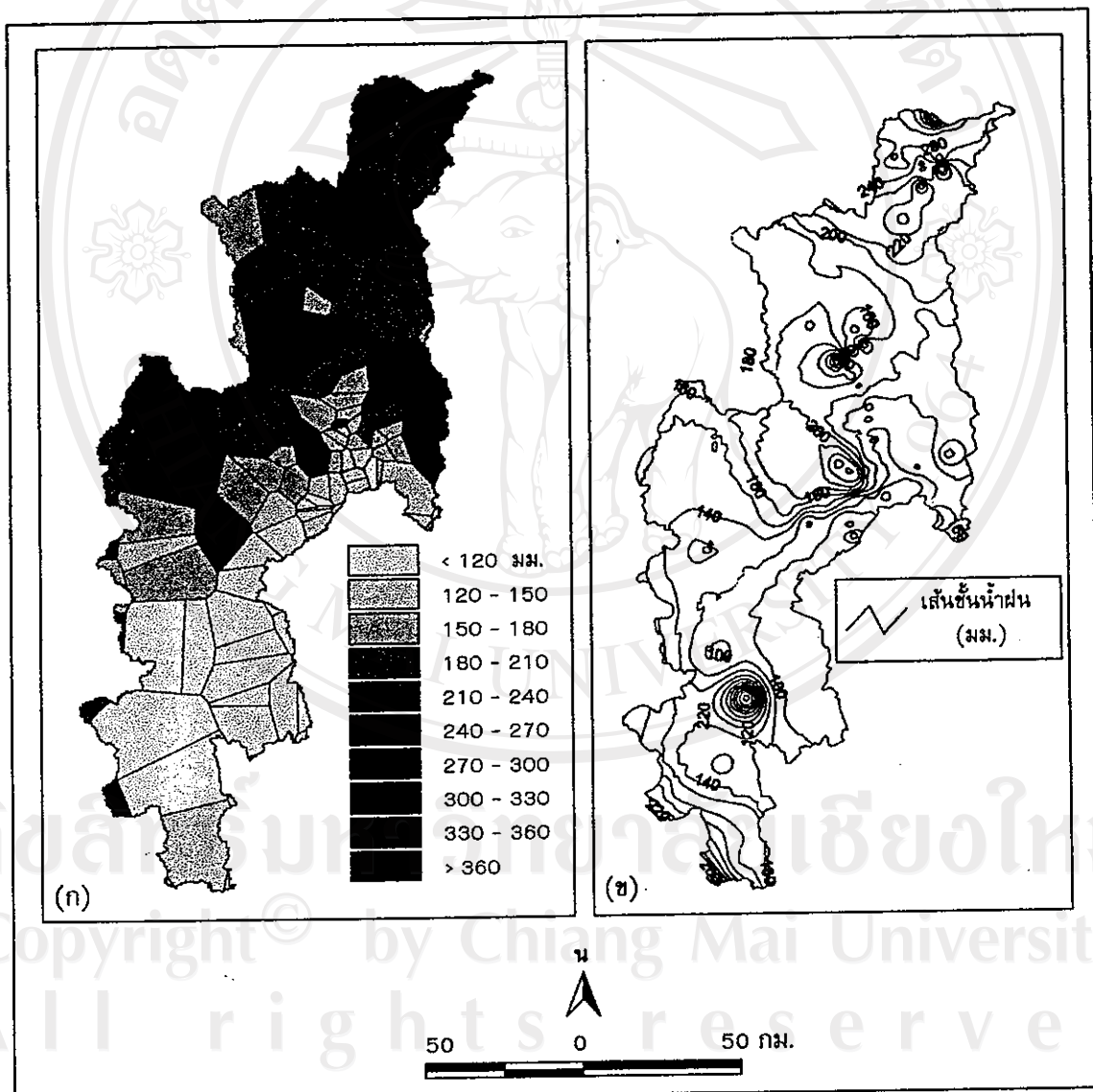
สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

การประมาณข้อมูลภูมิอากาศเชิงพื้นที่โดยวิธี Thiessen และ IDW สามารถดำเนินการได้ในโปรแกรม ARC/INFO โดยวิธี Thiessen ให้ผลลัพธ์ที่แสดงเป็นแผนที่ซึ่งประกอบด้วยรูปหลายเหลี่ยมดังรูปที่ 3-2(ก) ผู้ใช้แผนที่สามารถประมาณค่าข้อมูลภูมิอากาศได้จากค่าของข้อมูลภูมิอากาศเฉลี่ยของสถานีตรวจอากาศที่อยู่ในรูปเหลี่ยมแต่ละรูปนั้น สำหรับวิธี IDW จะให้ผลเป็นข้อมูลภูมิอากาศที่มีความต่อเนื่องกัน ซึ่งจะแสดงผลได้ทั้งข้อมูลราสเตอร์และเส้นชั้นภูมิอากาศ เช่น เส้นชั้นน้ำฝน (Isohyte) ดังรูปที่ 3-2(ข) แผนที่นี้จะมีค่าของปริมาณน้ำฝนกำกับอยู่บนเส้นชั้นน้ำฝน การสร้างชั้นข้อมูลภูมิอากาศโดยวิธี Kriging ในโปรแกรม GS+ สามารถทำได้สะดวก ข้อมูลปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือนในช่วงที่มีฝนตกมาก เช่น เดือนสิงหาคมของจังหวัดเชียงใหม่ และเดือนกันยายนในจังหวัดพิษณุโลก เมื่อวิเคราะห์ค่าวาริโอแกรมแล้วนำไปเทียบกับโมเดลทางคณิตศาสตร์ พบว่าจะเข้าได้กับโมเดล Gaussian และ Exponential ตามลำดับ และค่าวาริโอแกรมแบบรอบทิศทาง (Omnidirectional) สามารถ “fit” โมเดลทางคณิตศาสตร์ได้ดีกว่า จึงนำโมเดลนี้ไปประมาณค่าน้ำฝนเฉลี่ยและสร้างชั้นข้อมูลน้ำฝนรายเดือนแบบต่อเนื่องได้ดังตัวอย่างในรูปที่ 3-3(ก) และ 3-3(ข) ตามลำดับ แผนที่ดังกล่าวได้รับการจัดเก็บเป็น coverage ซึ่งโปรแกรมเรียกใช้ในโครงการวิจัยนี้ (พนมศักดิ์ และคณะ 2543) สามารถเรียกข้อมูลเพื่อแสดงผลบนจอภาพและพิมพ์เป็นแผนที่ได้ สำหรับข้อมูลอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดในบริเวณจังหวัดเชียงใหม่พบว่าการกระจายตัวของค่า semivariance เป็นแบบไม่มีทิศทางแน่ชัด และความสัมพันธ์ระหว่างค่า semivariance ของอุณหภูมิสูงสุดและระยะทางระหว่างสถานีตรวจอากาศ (lag distance) สามารถอธิบายได้โดยโมเดลประเภท Spherical เป็นส่วนใหญ่ โดยมีเฉพาะข้อมูลในเดือนมีนาคมเท่านั้นที่อธิบายได้โดยโมเดลแบบ Exponential (ตารางที่ 3-2) ค่า r^2 เฉลี่ยของทุกเดือนเท่ากับ 0.71 ในทำนองเดียวกันความสัมพันธ์ระหว่างค่า semivariance ของอุณหภูมิต่ำสุดและระยะทาง (lag) ระหว่างสถานีตรวจอากาศสามารถอธิบายได้โดยโมเดลแบบ Spherical ยกเว้นข้อมูลในเดือนกุมภาพันธ์ เมษายน และพฤษภาคมที่มีลักษณะเป็น Exponential (ตารางที่ 3-3) โดยมีค่า r^2 เฉลี่ยเท่ากับ 0.87

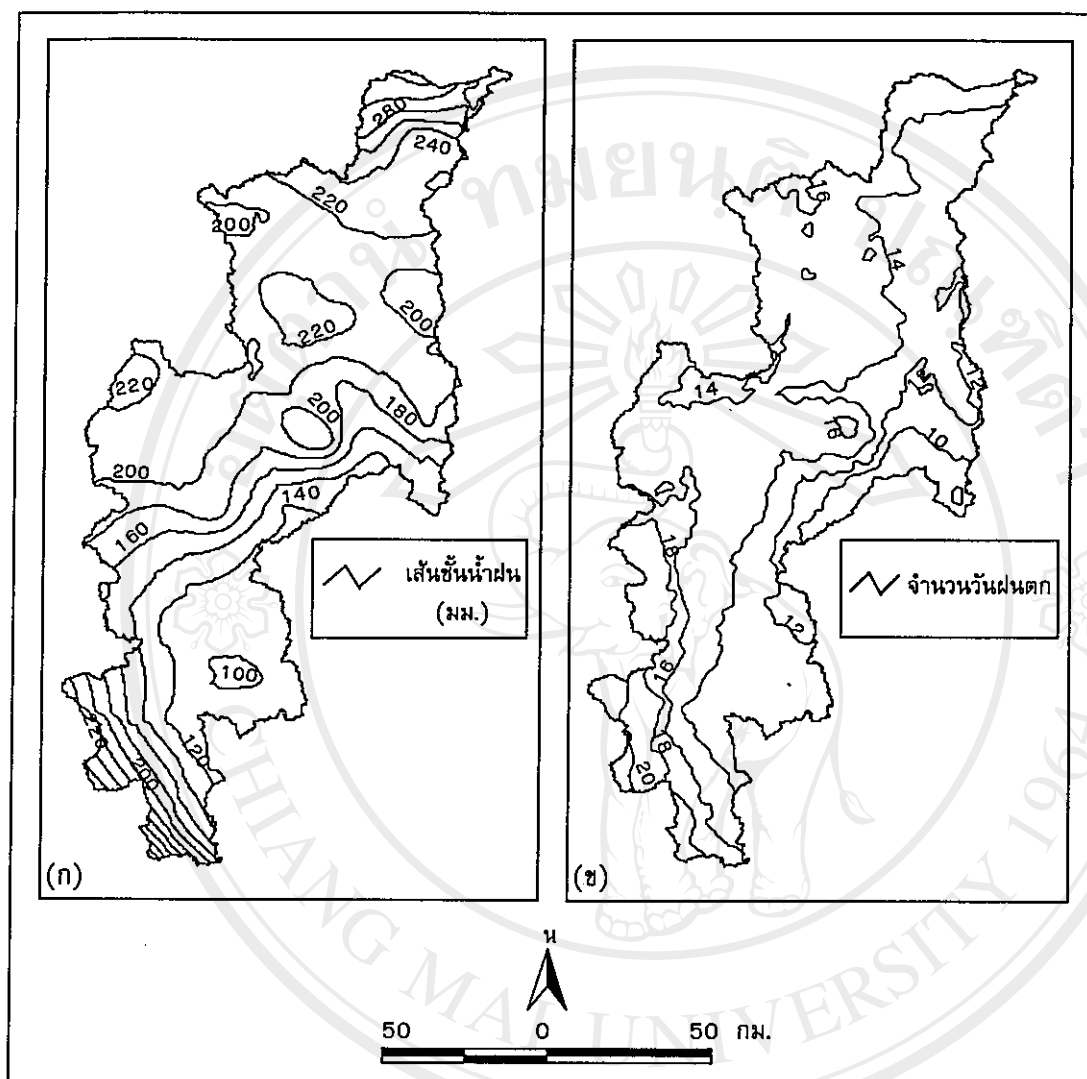
การประมาณค่าอุณหภูมิสูงสุดและอุณหภูมิต่ำสุดอย่างต่อเนื่องเชิงพื้นที่โดยวิธีการ Kriging ดำเนินการโดยอาศัยค่าพารามิเตอร์ที่อธิบายโมเดลของแต่ละเดือนดังปรากฏในตารางที่ 3-2 และ 3-3 ผลที่ได้จัดเก็บเป็นข้อมูลในรูปของกริดตัวอย่างของอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดของจังหวัดเชียงใหม่แสดงดังรูปที่ 3-4(ก) และ 3-4(ข) ซึ่งสามารถนำไปวิเคราะห์ร่วมกับข้อมูลปริมาณน้ำฝนเพื่อสร้างเป็นชุดภูมิอากาศต่อไป

สำหรับการประมาณค่าโดยวิธี TPS พบว่าแผนที่ปริมาณน้ำฝนและจำนวนวันฝนตกเฉลี่ยรายเดือนที่สร้างขึ้นโดยใช้ค่า surface coefficient ซึ่งให้ค่า RMSE ต่ำที่สุด จะให้รายละเอียดการกระจายตัวแบบต่อเนื่องของฝนได้ดีโดยเฉพาะบริเวณพื้นที่ซึ่งมีภูมิประเทศเป็นภูเขาสูง ดังเห็นได้ชัดเจนในรูปที่ 3-5 ซึ่งเป็นชั้นข้อมูลปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยเดือนกรกฎาคมในจังหวัดเชียงใหม่ โดยที่ระดับความสูงของพื้นที่มีอิทธิพลต่อปริมาณน้ำ ฝนเฉลี่ย สำหรับจังหวัดพิษณุโลกที่มีความแตกต่างระหว่างระดับความสูงของพื้นที่น้อยกว่าจังหวัดเชียงใหม่ ผลของการประมาณค่าเชิงพื้นที่ของ

ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยและจำนวนวันฝนตกเฉลี่ยจะได้ดังรูปที่ 3-6 ส่วนข้อมูลอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดนั้น การประมาณค่าโดยวิธีนี้จะช่วยลดค่าความคลาดเคลื่อนในการประมาณค่าได้อย่างชัดเจนทั้งในจังหวัดเชียงใหม่และพิษณุโลก เนื่องจากในจังหวัดเชียงใหม่มีภูมิประเทศที่มีระดับความสูงจากระดับน้ำทะเลแตกต่างกันมากเมื่อเทียบกับจังหวัดพิษณุโลก ดังนั้นการใช้ระดับความสูงเป็นตัวแปรที่นำไปประมาณค่าอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดจึงสามารถลดค่า RMSE ได้อย่างมาก รูปที่ 3-7 เป็นตัวอย่างแผนที่อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยเดือนเมษายนและอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยเดือนมกราคมในจังหวัดเชียงใหม่ที่สร้างขึ้นโดยวิธี TPS และการประมาณค่าอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยและอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยในจังหวัดพิษณุโลกให้ผลทำนองเดียวกันดังรูปที่ 3-8



รูปที่ 3-2 (ก) ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย ประมาณค่าโดยวิธี Thiessen และ (ข) เส้นชั้นน้ำฝนเฉลี่ยเดือนกรกฎาคม ซึ่งประมาณค่าโดยวิธี IDW ในบริเวณจังหวัดเชียงใหม่



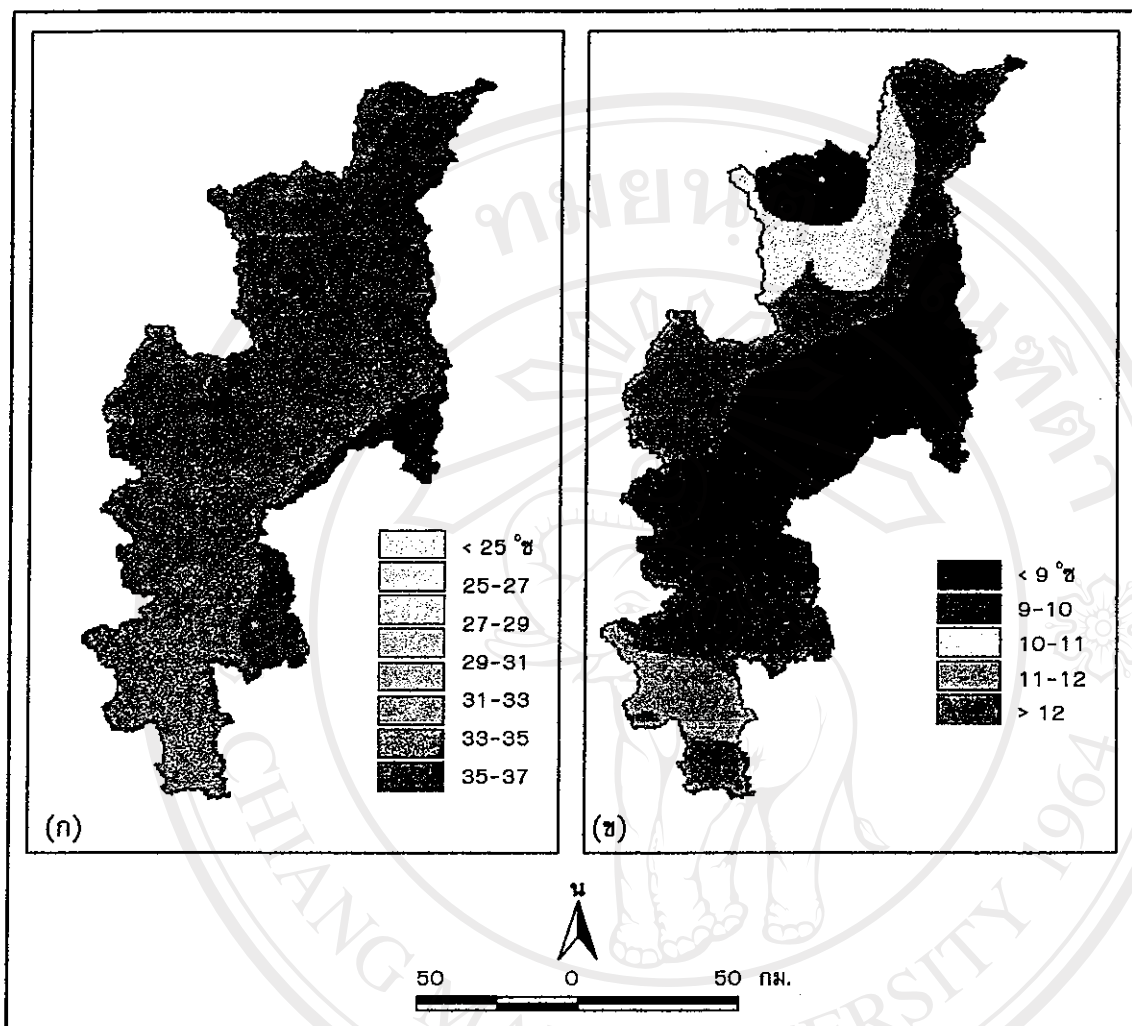
รูปที่ 3-3 (ก) เส้นชั้นน้ำฝนเฉลี่ย และ (ข) จำนวนวันฝนตกในเดือนกรกฎาคม บริเวณจังหวัดเชียงใหม่
ประมาณค่าโดยวิธี Kriging

ตารางที่ 3-2 ค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ (r^2) และค่าต่างๆ ในโมเดลความสัมพันธ์ระหว่างค่า semivariance ของค่าอุณหภูมิสูงสุดและระยะทางระหว่างสถานีตรวจอากาศในจังหวัดเชียงใหม่

เดือน	Nugget	Sill	Range	r^2	RSS	โมเดล
ม.ค.	0.001	2.22	60300	0.88	0.31	Spherical
ก.พ.	0.151	2.81	58700	0.70	1.26	Spherical
มี.ค.	0.638	3.09	115800	0.70	0.02	Exponential
เม.ย.	0.484	3.16	53300	0.78	0.71	Spherical
พ.ค.	0.208	2.27	53500	0.59	2.22	Spherical
มิ.ย.	0.151	2.86	56300	0.66	1.49	Spherical
ก.ค.	0.001	2.94	58400	0.73	1.61	Spherical
ส.ค.	0.001	2.95	57100	0.65	2.31	Spherical
ก.ย.	0.583	2.17	55500	0.45	1.06	Spherical
ต.ค.	0.208	2.37	44300	0.78	0.37	Spherical
พ.ย.	0.186	2.26	49500	0.80	0.41	Spherical
ธ.ค.	0.001	2.44	51600	0.80	0.66	Spherical

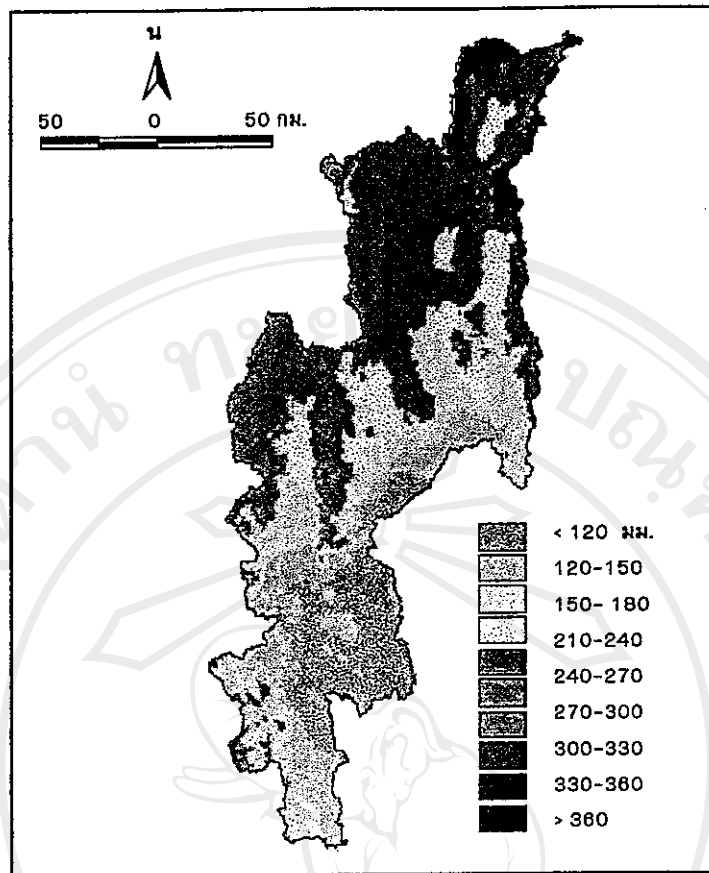
ตารางที่ 3-3 ค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ (r^2) และค่าต่างๆ ในโมเดลความสัมพันธ์ระหว่างค่า semivariance ของค่าอุณหภูมิต่ำสุดและระยะทางระหว่างสถานีตรวจอากาศในจังหวัดเชียงใหม่

เดือน	Nugget	Sill	Range	r^2	RSS	โมเดล
ม.ค.	0.340	3.68	123000	0.86	1.27	Spherical
ก.พ.	0.400	5.07	206700	0.75	2.91	Exponential
มี.ค.	0.660	5.14	153500	0.82	2.69	Spherical
เม.ย.	0.140	4.61	209100	0.79	2.14	Exponential
พ.ค.	0.001	2.24	59800	0.87	0.53	Spherical
มิ.ย.	0.001	1.90	62900	0.94	0.19	Spherical
ก.ค.	0.001	1.85	71100	0.97	0.11	Spherical
ส.ค.	0.001	1.73	56900	0.95	0.14	Spherical
ก.ย.	0.001	1.65	44600	0.88	0.14	Spherical
ต.ค.	0.255	2.54	53800	0.85	0.38	Spherical
พ.ย.	0.184	2.85	98700	0.93	0.19	Exponential
ธ.ค.	0.607	2.31	92800	0.89	0.21	Spherical

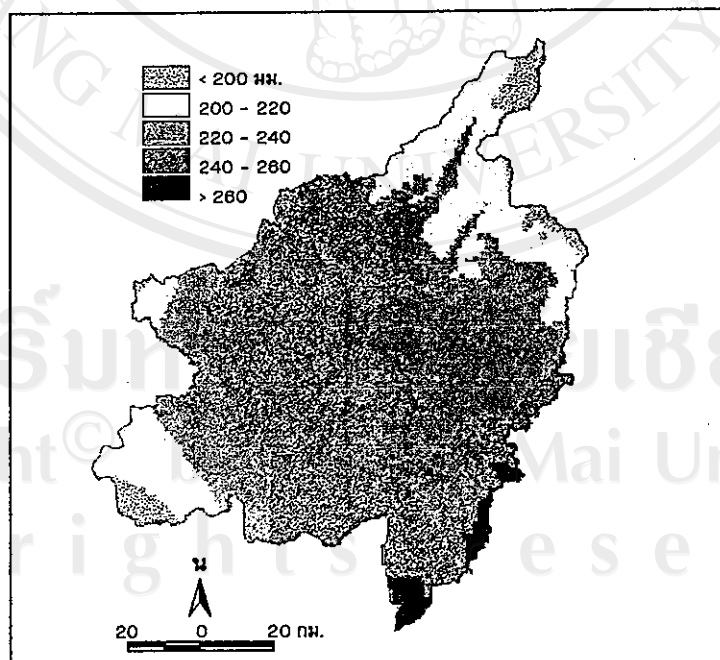


รูปที่ 3-4 (ก) อุณหภูมิสูงสุดเดือนเมษายน และ (ข) อุณหภูมิต่ำสุดเดือนมกราคม ในจังหวัดเชียงใหม่
ประมาณค่าโดยวิธี Kriging

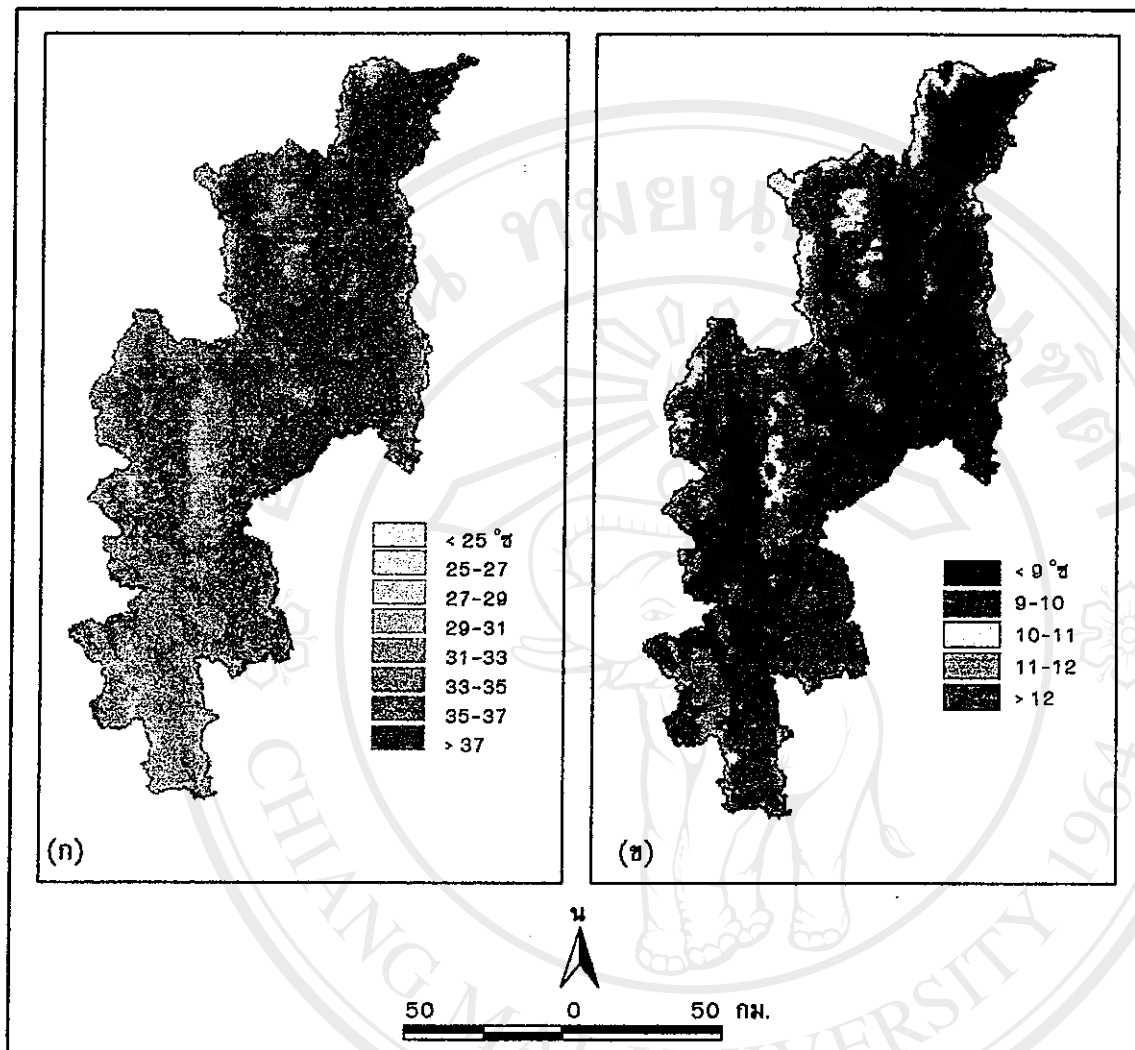
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ 3-5 ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยเดือนกรกฎาคมในจังหวัดเชียงใหม่
ประมาณค่าโดยวิธี TPS

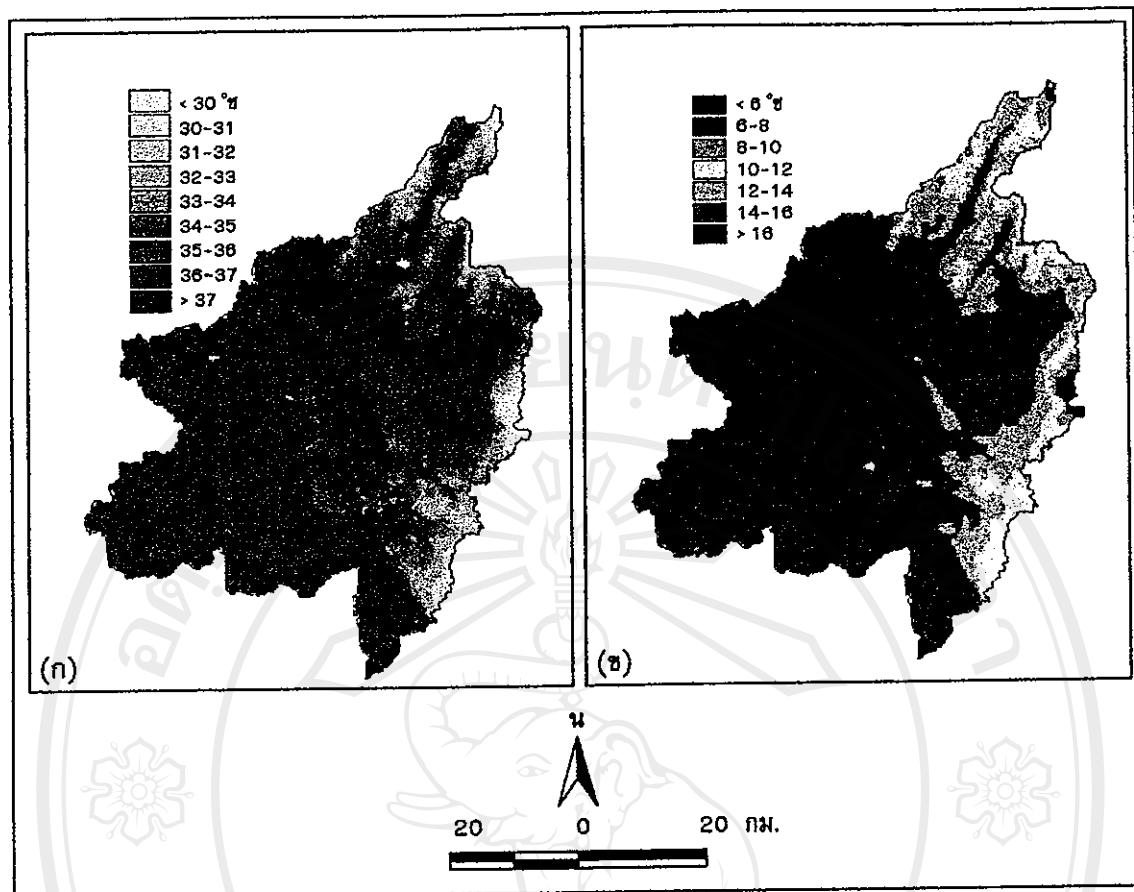


รูปที่ 3-6 ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยเดือนสิงหาคมในจังหวัดพิษณุโลก
ประมาณค่าโดยวิธี TPS



รูปที่ 3-7 (ก) อุณหภูมิสูงสุดเดือนเมษายน และ (ข) อุณหภูมิต่ำสุดเดือนมกราคม ซึ่งประมาณค่าโดยวิธี TPS ในจังหวัดเชียงใหม่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ 3-8 (ก) อุณหภูมิสูงสุดเดือนเมษายน และ (ข) อุณหภูมิต่ำสุดเดือนมกราคม ซึ่งประมาณค่าโดยวิธี TPS ในจังหวัดพิษณุโลก

ผลการประเมินความถูกต้องของวิธีการประมาณค่าภูมิอากาศเชิงพื้นที่

ปริมาณน้ำฝนและจำนวนวันฝนตก

ผลจากการวิเคราะห์เชิงเปรียบเทียบการประมาณค่าปริมาณน้ำฝนรายเดือนในจังหวัดเชียงใหม่โดยวิธีการ Cross validation พบว่าวิธีการประมาณค่าโดย TPS ให้ค่า RMSE ต่ำกว่าวิธีการอื่นๆ ในทุกเดือน (ตารางที่ 3-4) เมื่อนำค่า RMSE ของทุกเดือนมาเฉลี่ยแล้วเปรียบเทียบกัน วิธีการ TPS ให้ค่าความคลาดเคลื่อนในการประมาณค่าเมื่อแสดงเป็นค่า RMSE เท่ากับ 11.1 มิลลิเมตร ในขณะที่วิธีการ Thiessen, IDW และ Kriging ให้ค่า RMSE เท่ากับ 28.7 33.6 และ 23.0 มิลลิเมตร ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าการประมาณค่าปริมาณน้ำฝนโดยวิธี TPS ณ จุดที่ไม่มีการจัดบันทึกข้อมูลโดยใช้ข้อมูลที่บันทึกจากเครือข่ายสถานีวัดน้ำฝนที่มีอยู่ จะให้ผลถูกต้องมากกว่าวิธีการอื่นๆ ที่ใช้ในการศึกษา การประเมินความถูกต้องของการประมาณค่าจำนวนวันที่มีฝนตกให้ผลลัพธ์ในทำนองเดียวกัน กล่าวคือวิธีการ TPS ให้ค่าความคลาดเคลื่อนของการประมาณค่าจำนวนวันที่มีฝนตกน้อยกว่าวิธีการ Kriging, IDW และ Thiessen ในตารางที่ 3-5 แสดงให้เห็นอย่างชัดเจนว่า RMSE ที่ได้จากวิธี TPS มีค่าน้อยกว่าค่า RMSE ที่ได้จากการประมาณค่าโดยวิธี Kriging ทั้งในจังหวัดเชียงใหม่และพิษณุโลก

ตารางที่ 3-4 การเปรียบเทียบการประมาณค่าปริมาณน้ำฝน (มิลลิเมตร) โดยวิธี Thiessen, IDW, Kriging และ TPS

เดือน	RMSE			
	Thiessen	IDW	Kriging	TPS
ม.ค.	6.1	5.3	4.8	2.7
ก.พ.	4.6	4.5	3.1	1.6
มี.ค.	7.6	6.9	6.4	4.6
เม.ย.	16.0	14.6	15.3	5.6
พ.ค.	35.7	34.4	36.7	14.5
มิ.ย.	50.2	67.3	37.0	16.4
ก.ค.	51.8	73.6	34.8	21.9
ส.ค.	65.3	85.5	50.9	25.4
ก.ย.	51.8	47.5	32.7	20.0
ต.ค.	33.7	42.3	34.7	12.1
พ.ย.	14.9	14.7	14.0	5.7
ธ.ค.	7.0	6.7	5.0	3.0
เฉลี่ย	28.7	33.6	23.0	11.1

ตารางที่ 3-5 ผลการเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อน (RMSE) ในการประมาณค่าเชิงพื้นที่ของจำนวนวันฝนตกเฉลี่ยรายเดือนของจังหวัดเชียงใหม่และพิษณุโลก ระหว่างวิธี Kriging และวิธี TPS

เดือน	เชียงใหม่		พิษณุโลก	
	ค่า RMSE ของวันฝนตก		ค่า RMSE ของวันฝนตก	
	วิธี Kriging	วิธี TPS	วิธี Kriging	วิธี TPS
	(วัน)	(วัน)	(วัน)	(วัน)
ม.ค.	0.4	0.6	0.4	0.2
ก.พ.	0.3	0.1	0.6	0.3
มี.ค.	0.5	0.3	1.2	0.4
เม.ย.	1.3	0.6	1.4	0.6
พ.ค.	2.5	1.1	2.4	0.9
มิ.ย.	3.3	1.3	2.6	1.0
ก.ค.	3.5	1.4	3.2	1.3
ส.ค.	4.1	1.5	3.0	1.1
ก.ย.	2.9	1.3	2.9	1.1
ต.ค.	2.5	1.1	2.1	1.1
พ.ย.	1.1	0.5	0.8	0.5
ธ.ค.	0.5	0.3	0.3	0.2
เฉลี่ย	1.9	0.8	1.7	0.7

อุณหภูมิ

การใช้ความสูงจากระดับน้ำทะเลของพื้นที่เป็นตัวแปรในการประมาณค่าอุณหภูมิในวิธี TPS มีผลทำให้การประมาณค่าอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดมีความถูกต้องมากขึ้น โดยเฉพาะในบริเวณที่ความแตกต่างของความสูงของพื้นที่มาก เช่น ในจังหวัดเชียงใหม่ ค่า RMSE ของการประมาณค่าอุณหภูมิสูงสุดโดยวิธีการ TPS ต่ำกว่าค่า RMSE ที่ได้จากการประมาณค่าโดยวิธี Kriging ในทุกเดือน (ตารางที่ 3-6) ค่า RMSE เฉลี่ยทุกเดือนของวิธี TPS เท่ากับ 0.7 องศาเซลเซียส เมื่อเทียบกับ 2.0 องศาเซลเซียสที่ได้จากการประมาณค่าโดยวิธี Kriging การประมาณค่าอุณหภูมิต่ำสุดโดยวิธี TPS ให้ค่า RMSE ต่ำกว่าวิธี Kriging เช่นเดียวกัน กล่าวคือค่า RMSE เฉลี่ยทุกเดือนของวิธีการ TPS และวิธี Kriging เท่ากับ 0.6 และ 1.5 องศาเซลเซียส ตามลำดับ

ตารางที่ 3-6 ผลการเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อน (RMSE) ในการประมาณค่าเชิงพื้นที่ของอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดเฉลี่ยรายเดือนของจังหวัดเชียงใหม่ ระหว่างวิธี Kriging และวิธี TPS

เดือน	ค่า RMSE ของอุณหภูมิสูงสุด		ค่า RMSE ของอุณหภูมิต่ำสุด	
	วิธี Kriging	วิธี TPS	วิธี Kriging	วิธี TPS
	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)
ม.ค.	2.2	0.7	1.2	0.5
ก.พ.	2.3	0.7	1.6	0.7
มี.ค.	2.4	0.7	1.7	0.6
เม.ย.	2.6	0.7	1.7	0.6
พ.ค.	2.0	0.8	1.5	0.5
มิ.ย.	1.5	0.8	1.4	0.6
ก.ค.	2.1	0.8	1.4	0.5
ส.ค.	2.1	0.8	1.4	0.5
ก.ย.	1.7	0.7	1.5	0.5
ต.ค.	1.8	0.7	1.7	0.6
พ.ย.	1.6	0.7	1.6	0.5
ธ.ค.	1.7	0.7	1.3	0.5
เฉลี่ย	2.0	0.7	1.5	0.6

ถึงแม้ว่าการประมาณค่าอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดในจังหวัดพิษณุโลกโดยวิธีการ TPS จะให้ค่า RMSE ต่ำกว่าวิธีการ Kriging แต่ความแตกต่างของการประมาณค่าโดยสองวิธีการจะน้อยลง (ตารางที่ 3-7) เนื่องจากช่วงความแตกต่างระหว่างความสูงของพื้นที่ในจังหวัดพิษณุโลกอยู่ระหว่าง 14 ถึง 210 เมตร ซึ่งช่วงค่านี้นั้นต่ำกว่าในจังหวัดเชียงใหม่ โดยที่ความสูงจากระดับน้ำทะเลของพื้นที่อยู่ในช่วงระหว่าง 200 ถึง 2560 เมตร การเปรียบเทียบค่า RMSE เฉลี่ยทุกเดือน

ในการประมาณค่าปริมาณน้ำฝนโดยวิธีการทังสี่ (ตารางที่ 3-8) ในบริเวณที่สูงและที่ราบทั้งใน จังหวัดเชียงใหม่และพิษณุโลก สามารถยืนยันว่าวิธีการ TPS ยังคงให้ค่า RMSE ต่ำที่สุดทั้งสอง พื้นที่ ถึงแม้ว่าการประมาณค่าปริมาณน้ำฝนในพื้นที่ที่ค่อนข้างสูงจะให้ค่า RMSE ที่สูงกว่าพื้นที่ราบก็ตาม

ตารางที่ 3-7 ผลการเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อน (RMSE) ในการประมาณค่าเชิงพื้นที่ ของอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดเฉลี่ยรายเดือนของจังหวัดพิษณุโลก ระหว่างวิธี Kriging และวิธี TPS

เดือน	ค่า RMSE ของอุณหภูมิสูงสุด		ค่า RMSE ของอุณหภูมิต่ำสุด	
	วิธี Kriging	วิธี TPS	วิธี Kriging	วิธี TPS
	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)
ม.ค.	1.1	0.9	2.6	1.0
ก.พ.	1.2	0.6	2.7	0.8
มี.ค.	5.5	0.8	1.9	1.3
เม.ย.	0.6	0.5	1.9	0.9
พ.ค.	1.4	0.5	1.8	1.2
มิ.ย.	1.0	0.9	1.8	1.3
ก.ค.	1.1	0.9	1.5	2.4
ส.ค.	1.1	0.9	1.5	2.0
ก.ย.	1.4	0.8	0.4	1.5
ต.ค.	0.8	0.7	2.2	1.7
พ.ย.	1.5	0.7	2.4	0.4
ธ.ค.	1.5	0.7	2.4	1.0
เฉลี่ย	1.5	0.7	1.9	1.3

ตารางที่ 3-8 ผลการเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อน (RMSE) เฉลี่ยทุกเดือนในการ ประมาณค่าปริมาณน้ำฝนโดยวิธีการ Thiessen, IDW, Kriging และ TPS ในบริเวณที่สูงและที่ราบในจังหวัดเชียงใหม่และพิษณุโลก

วิธีการประมาณค่า	เชียงใหม่		พิษณุโลก	
	ระดับความสูงจากน้ำทะเล		ระดับความสูงจากน้ำทะเล	
	< 400 m	> 400 m	< 50 m	> 50 m
	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
Thiessen	17.3	29.5	20.7	15.0
IDW	13.2	25.1	16.9	21.3
Kriging	10.7	25.8	16.0	18.5
TPS	5.9	14.6	6.6	8.9

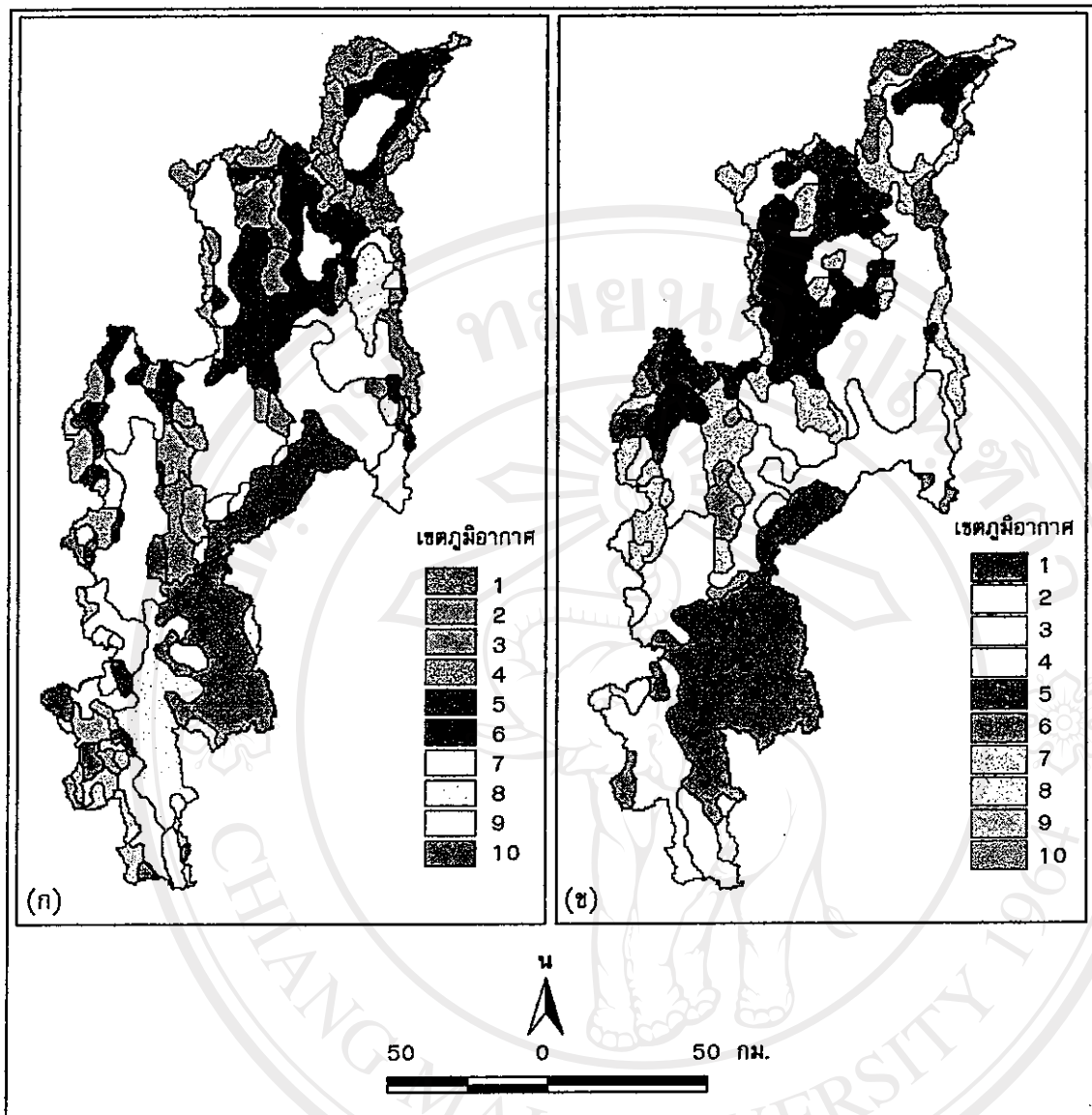
ความสัมพันธ์ระหว่างระดับความสูงของพื้นที่และอุณหภูมิของอากาศเป็นหลักการที่ทราบทั่วไป เนื่องจาก Adiabatic Lapse Rate ทำให้อุณหภูมิของอากาศลดลงประมาณ 0.6-0.8 องศาเซลเซียส ทุก 1000 เมตร ของระดับความสูงที่เพิ่มขึ้น ดังนั้นการใช้ข้อมูลภูมิประเทศเชิงตัวเลข (DEM) ในการประมาณค่าอุณหภูมิในวิธีการ TPS จึงทำให้ได้ชั้นข้อมูลสูงสุดและอุณหภูมิต่ำสุดที่ถูกต้องและละเอียดมากกว่าวิธีการ Kriging, IDW และ Thiessen ดังจะเห็นได้จากรูปที่ 3-7(ก) ซึ่งเป็นแผนที่อุณหภูมิสูงสุดในเดือนเมษายนของจังหวัดเชียงใหม่ที่ได้จากวิธี TPS เมื่อเทียบกับการประมาณค่าอุณหภูมิสูงสุดในเดือนเดียวกันโดยวิธี Kriging (รูปที่ 3-4(ก)) ในทำนองเดียวกันแผนที่แสดงอุณหภูมิต่ำสุดในเดือนมกราคมของจังหวัดเชียงใหม่ที่ประมาณค่าโดยวิธี TPS (รูปที่ 3-7(ข)) ให้รายละเอียดและความถูกต้องดีกว่าแผนที่อุณหภูมิต่ำสุดในพื้นที่และเวลาเดียวกันที่ประมาณค่าได้โดยวิธี Kriging (รูปที่ 3-4(ข))

ดังนั้น ในการสร้างชั้นข้อมูลเชิงพื้นที่ของภูมิอากาศอันประกอบด้วยปริมาณน้ำฝนจำนวนวันฝนตก อุณหภูมิสูงสุด และอุณหภูมิต่ำสุด เพื่อนำไปใช้งานต่อไป จึงดำเนินการโดยใช้วิธีการ TPS ชั้นข้อมูลที่ได้เป็นข้อมูลเฉลี่ยรายเดือนและมีความต่อเนื่องในเชิงพื้นที่ เก็บในรูปแบบกริดที่สามารถเรียกใช้และนำไปวิเคราะห์ได้ในระบบ GIS ดังตัวอย่างของชั้นข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายเดือนเฉลี่ยในจังหวัดเชียงใหม่และพิษณุโลก (รูปที่ 3-5 และรูปที่ 3-6) อุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดในจังหวัดเชียงใหม่ (รูปที่ 3-7) อุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดในจังหวัดพิษณุโลก (รูปที่ 3-8) ข้อมูลภูมิอากาศรายเดือนเฉลี่ยทุกชั้นข้อมูลได้รับการจัดเก็บลงบนแผ่นซีดีรอมร่วมกับชั้นข้อมูลอื่น (เมธี และคณะ, 2543) ซึ่งสามารถเรียกใช้ได้ด้วยระบบ GIS ต่างๆ เช่น ARC/INFO, ArcView และ ArcExplorer เป็นต้น

ผลการสร้างเขตภูมิอากาศ

เหตุผลที่สำคัญในการสร้างเขตภูมิอากาศคือการรวมกลุ่มบริเวณที่มีภูมิอากาศคล้ายคลึงเข้าด้วยกัน เพื่อลดทั้งปริมาณข้อมูลภูมิอากาศรายวันที่จะต้องจัดเก็บและนำเข้าในแบบจำลองจำลองตลอดจนเวลาที่ใช้ในการจำลองผลผลิตข้าว

ผลการวิเคราะห์กลุ่มเพื่อแบ่งเขตภูมิอากาศในจังหวัดเชียงใหม่สำหรับฤดูกาลปลูกข้าวนาปรังพบว่าเขตภูมิอากาศขึ้นอยู่กับความผันแปรของอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดในช่วงเดือนมกราคมถึงเมษายน เนื่องจากปริมาณน้ำฝนในช่วง 4 เดือนดังกล่าวมีปริมาณน้อยและไม่แปรผันมากเท่ากับอุณหภูมิซึ่งขึ้นอยู่กับระดับความสูงของภูมิประเทศ ในบรรดา 10 เขตภูมิอากาศที่จำแนกได้นั้น เขตภูมิอากาศที่ 8 และ 9 (รูปที่ 3-9(ก)) เป็นเขตภูมิอากาศที่มีอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดเฉลี่ยในรอบ 4 เดือนแรกสูงกว่าทุกเขตภูมิอากาศ (ตารางที่ 3-9) เนื่องจากอยู่ในบริเวณแอ่งเชียงใหม่ที่มีความสูงจากระดับน้ำทะเลต่ำกว่าพื้นที่อื่น ส่วนเขตที่ 1 และ 2 เป็นเขตที่มีอุณหภูมิต่ำสุดและต่ำสุดเฉลี่ยน้อยที่สุดในเขตภูมิอากาศทั้งหมด เขตดังกล่าวเป็นพื้นที่ภูเขาสูงบริเวณดอยอินทนนท์ อำเภอจอมทอง และดอยอ่างขาง อำเภอฝาง ส่วนพื้นที่ปลูกข้าวนาปรังในจังหวัดเชียงใหม่ส่วนใหญ่อยู่ในเขตภูมิอากาศที่ 5, 6 และ 8



รูปที่ 3-9 เขตภูมิอากาศในจังหวัดเชียงใหม่ จำแนกโดยวิธีการวิเคราะห์กลุ่ม
 (ก) โดยใช้ข้อมูลภูมิอากาศรายเดือนระหว่างเดือนมกราคม-มิถุนายน
 (ข) โดยใช้ข้อมูลภูมิอากาศรายเดือนระหว่างเดือนกรกฎาคม-ธันวาคม

สำหรับเขตภูมิอากาศที่มีการผลิตข้าวนาปีในจังหวัดเชียงใหม่ สามารถจำแนกได้เป็น 10 เขตเช่นเดียวกัน โดยใช้ข้อมูลระหว่างเดือนกรกฎาคมถึงธันวาคม (รูปที่ 3-9(ข)) ซึ่งความแปรปรวนเชิงพื้นที่ของปริมาณน้ำฝนช่วงเวลาดังกล่าวมีบทบาทในการกำหนดเขตภูมิอากาศมาก จากการวิเคราะห์กลุ่มพบว่าเขตภูมิอากาศที่ 10 มีปริมาณฝนรวมในช่วงดังกล่าวสูงสุด (ตารางที่ 3-10) และในเขตภูมิอากาศที่ 1 มีปริมาณฝนรวมต่ำที่สุด เขตภูมิอากาศที่เหมาะสมในการปลูกข้าวนาปีคือ 1, 2 และ 3

ตารางที่ 3-9 ข้อมูลภูมิอากาศเฉลี่ยรายเดือนในเขตภูมิอากาศของจังหวัดเชียงใหม่ จำแนกโดยวิธีการวิเคราะห์กลุ่ม
ในเดือนมกราคมถึงมิถุนายน

เขตภูมิอากาศ										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ม.ค.										
TMAX	23.8	24.7	25.4	26.0	26.5	26.8	27.0	27.5	28.6	29.5
TMIN	10.5	10.8	11.1	11.3	11.6	11.7	11.7	12.0	12.4	12.7
RTOT	2.5	2.7	2.9	2.7	3.5	3.0	3.5	4.5	3.3	4.1
RNUM	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2
SRAD	18.0	18.2	18.2	17.9	18.2	18.3	18.3	18.3	18.4	18.4
ก.พ.										
TMAX	25.3	26.3	27.1	28.1	28.7	28.7	29.1	29.5	30.9	31.9
TMIN	11.2	11.6	12.0	12.1	12.2	12.7	12.7	13.3	13.5	14.1
RTOT	5.4	4.4	4.5	3.8	3.7	4.0	4.0	5.1	3.7	4.1
RNUM	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
SRAD	20.7	20.9	20.9	20.7	20.9	21.0	21.0	20.8	21.0	21.0
มี.ค.										
TMAX	28.4	29.3	30.0	31.3	31.8	31.6	32.1	32.2	33.7	34.6
TMIN	14.8	15.2	15.7	15.9	16.0	16.5	16.4	17.1	17.3	18.0
RTOT	16.1	14.4	14.4	15.2	14.0	11.6	11.8	11.6	8.1	10.3
RNUM	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.8	0.8	0.9	0.3	0.7
SRAD	21.3	21.4	21.4	21.2	21.3	21.5	21.5	21.5	21.5	21.7
เม.ย.										
TMAX	30.5	31.1	31.6	32.9	33.2	32.7	33.2	33.0	34.5	35.0
TMIN	17.3	17.7	18.2	18.8	19.1	19.2	19.3	19.7	20.4	21.0
RTOT	67.2	60.7	58.0	65.1	57.0	53.6	53.6	51.3	44.0	45.4
RNUM	5.5	5.0	4.8	4.7	4.6	4.4	4.3	4.2	3.6	3.8
SRAD	22.7	22.7	22.8	22.7	22.7	22.8	22.8	22.8	22.7	22.9
พ.ค.										
TMAX	28.5	29.2	29.7	31.2	31.6	31.2	31.7	31.6	33.2	33.9
TMIN	18.2	18.6	19.1	20.2	20.3	20.2	20.4	20.8	21.4	22.1
RTOT	226.7	211.6	202.5	198.1	184.6	190.6	178.3	175.8	152.9	147.6
RNUM	15.1	14.7	14.1	13.9	13.4	13.5	12.6	12.5	11.1	11.3
SRAD	20.5	20.5	20.4	20.5	20.5	20.5	20.6	20.3	20.5	20.7
มิ.ย.										
TMAX	26.5	27.1	27.6	29.4	29.5	29.0	29.6	29.3	31.0	31.7
TMIN	18.5	18.8	19.3	20.7	20.6	20.2	20.6	20.6	21.5	22.2
RTOT	247.8	221.9	205.6	240.1	194.6	195.5	169.6	132.3	144.5	108.0
RNUM	17.7	17.8	17.6	15.9	16.2	17.3	15.2	15.1	14.6	12.3
SRAD	16.4	16.4	16.2	16.4	16.3	16.3	16.3	16.2	16.3	16.5
ม.ค.-มิ.ย.										
TMAX	27.2	27.9	28.5	29.8	30.2	30.0	30.4	30.5	32.0	32.8
TMIN	15.1	15.5	15.9	16.5	16.6	16.7	16.9	17.2	17.8	18.4
RTOT	565.6	515.6	487.8	524.9	457.4	458.2	420.8	380.6	356.4	319.4
RNUM	39.3	38.5	37.5	35.4	35.2	36.0	32.9	32.6	29.7	28.3
SRAD	20.0	20.0	20.0	19.9	20.0	20.0	20.1	20.0	20.1	20.2

ตารางที่ 3-10 ข้อมูลภูมิอากาศเฉลี่ยรายเดือนในเขตภูมิอากาศของจังหวัดเชียงใหม่ จำแนกโดยวิธีการวิเคราะห์กลุ่ม
ในเดือนกรกฎาคมถึงธันวาคม

เขตภูมิอากาศ										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ก.ค.										
TMAX	29.7	29.9	29.8	27.0	28.8	27.5	26.6	27.5	24.3	26.4
TMIN	21.3	21.2	21.1	19.4	20.6	19.7	18.9	19.8	17.3	19.1
RTOT	115.6	157.0	211.9	188.0	242.0	265.7	250.1	276.9	266.8	324.2
RNUM	13.9	15.1	16.7	17.6	17.5	18.2	18.6	19.0	20.6	19.5
SRAD	14.6	14.6	14.6	14.5	14.6	14.7	14.6	14.7	14.7	14.8
ส.ค.										
TMAX	29.1	29.3	29.2	26.6	28.3	27.0	26.2	27.0	24.0	26.0
TMIN	20.9	20.9	20.9	19.1	20.2	19.4	18.6	19.5	17.0	18.8
RTOT	155.0	196.1	260.5	235.6	292.6	322.1	311.0	330.6	335.4	378.3
RNUM	16.5	17.2	18.6	19.8	19.6	20.1	20.6	20.7	22.2	20.7
SRAD	14.3	14.5	14.7	14.2	14.8	14.8	14.7	14.9	14.7	15.0
ก.ย.										
TMAX	29.3	29.4	29.2	26.7	28.3	27.1	26.2	27.0	24.0	25.8
TMIN	21.1	20.9	20.6	19.0	20.0	19.1	18.3	19.1	16.6	18.3
RTOT	209.4	213.4	225.6	257.6	234.9	261.0	294.0	271.7	324.9	316.1
RNUM	16.6	15.5	15.4	18.3	16.2	16.7	18.3	16.8	19.8	16.9
SRAD	16.3	16.6	16.7	16.2	16.7	16.7	16.8	16.7	16.8	16.6
ด.ค.										
TMAX	28.8	29.0	28.7	26.3	27.9	26.7	25.8	26.6	23.7	25.2
TMIN	19.6	19.5	19.3	17.9	18.8	18.0	17.3	18.1	15.9	17.5
RTOT	145.0	123.8	120.7	175.5	127.7	149.3	182.1	160.1	219.4	191.8
RNUM	11.9	10.3	9.6	12.8	9.8	10.3	11.8	10.9	13.4	11.8
SRAD	17.8	18.0	17.7	17.9	17.7	17.7	17.9	17.6	17.9	17.4
พ.ย.										
TMAX	27.6	27.5	27.3	25.0	26.4	25.2	24.4	25.0	22.3	23.7
TMIN	16.2	16.2	16.0	14.8	15.5	14.8	14.4	14.7	13.2	14.0
RTOT	44.9	38.1	41.8	52.7	45.1	52.9	60.5	56.4	74.3	67.2
RNUM	3.6	2.9	2.9	3.5	3.0	2.8	3.7	3.2	3.7	3.5
SRAD	16.6	16.6	16.3	16.6	16.3	16.3	16.4	16.2	16.5	16.1
ธ.ค.										
TMAX	27.0	26.8	26.1	24.6	25.1	23.9	23.5	23.8	21.6	22.5
TMIN	12.9	12.8	12.5	11.9	12.1	11.5	11.4	11.5	10.6	11.0
RTOT	8.9	8.8	14.6	8.6	15.7	16.4	14.1	18.1	11.9	20.5
RNUM	0.0	0.1	0.6	0.3	0.6	0.7	0.8	0.8	0.9	0.6
SRAD	16.9	16.8	16.4	16.9	16.3	16.3	16.5	16.3	16.7	16.1
ก.ค.-ธ.ค.										
TMAX	28.6	28.6	28.4	26.0	27.5	26.2	25.5	26.2	23.3	24.9
TMIN	18.7	18.6	18.4	17.0	17.9	17.1	16.5	17.1	15.1	16.4
RTOT	678.8	737.2	875.1	918.0	957.9	1067.3	1111.8	1113.8	1232.7	1298.0
RNUM	62.5	61.0	63.7	72.2	66.7	68.8	73.6	71.2	80.5	73.0
SRAD	16.1	16.2	16.1	16.0	16.1	16.1	16.2	16.1	16.2	16.0

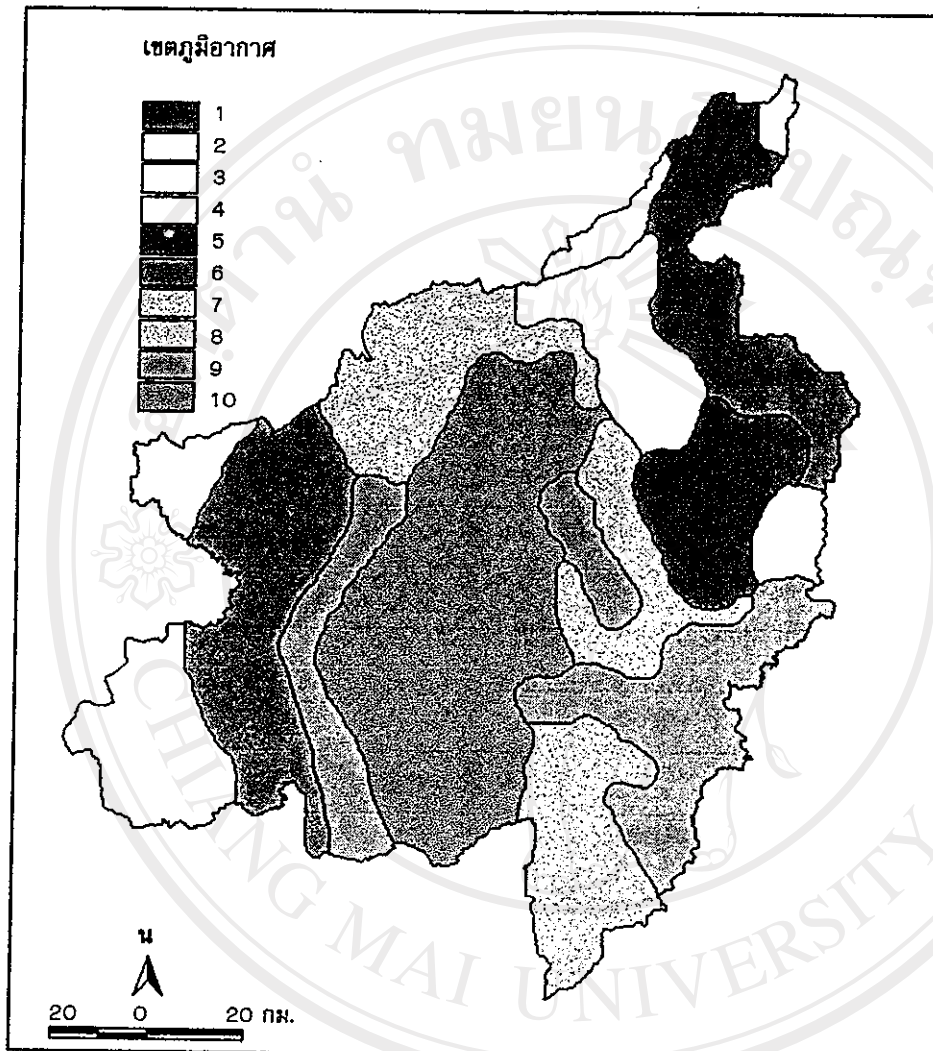
ค่าเฉลี่ยของข้อมูลภูมิอากาศในแต่ละเขตของพืชโลกมีความต่อเนื่องดีกว่าจังหวัดเชียงใหม่ เนื่องจากภูมิประเทศไม่แตกต่างกันมากนัก รูปที่ 3-10 แสดงผลการแบ่งเขตภูมิอากาศในช่วงเดือนกรกฎาคมถึงธันวาคม ซึ่งเป็นช่วงปลูกข้าวนาปีในจังหวัดพืชโลก เขตภูมิอากาศที่ 10 เป็นเขตที่มีปริมาณฝนรวมสูงกว่าเขตอื่น (ตารางที่ 3-11) ในขณะที่อุณหภูมิเฉลี่ยไม่แตกต่างจากเขตอื่นมากนัก ยกเว้นเขตที่ 1 และ 4 ซึ่งเป็นบริเวณภูเขาสูงในอำเภอลำปางและนครไทย พื้นที่ส่วนใหญ่สามารถปลูกข้าวนาปีได้ แต่เขตที่มีในการปลูกข้าวนาปีมากคือเขตภูมิอากาศที่ 7, 8, 9 และ 10 เนื่องจากมีปริมาณฝนรวมค่อนข้างสูง สำหรับเขตภูมิอากาศสำหรับการผลิตข้าวนาปรังในรุ่นที่ 1 ในช่วงเดือนตุลาคมถึงมีนาคม นั้น พบว่ามีการจับกลุ่มกันตามการกระจายตัวของอุณหภูมิต่ำสุด (รูปที่ 3-11(ก)) เขตนี้จะจัดเรียงเนื่องจากอยู่ในช่วงที่มีปริมาณฝนตกค่อนข้างน้อย ดังนั้นปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการแบ่งเขตนี้จึงเป็นอุณหภูมิต่ำสุดมากกว่า ดังจะเห็นได้ว่าเขตภูมิอากาศที่ 1 มีอุณหภูมิต่ำสุดโดยเฉลี่ยน้อยที่สุด ในขณะที่เขตที่มีอุณหภูมิสูงสุดโดยเฉลี่ยมากที่สุดเป็นเขตภูมิอากาศที่ 10 (ตารางที่ 3-12) เขตที่มีการปลูกข้าวนาปรังในรุ่นแรกนี้มากได้แก่เขตภูมิอากาศที่ 7, 8, 9 และ 10 ซึ่งพื้นที่ส่วนใหญ่เป็นที่ราบ นอกจากนี้พบว่าเขตที่ 7 และ 9 มีปริมาณฝนรวมค่อนข้างสูงกว่าเขตอื่น สำหรับพื้นที่ปลูกข้าวนาปรังในรุ่นที่ 2 ในช่วงเดือนมกราคมถึงมิถุนายน ส่วนใหญ่อยู่ในเขตภูมิอากาศที่ 8, 9 และ 10 (รูปที่ 3-11(ข)) ซึ่งเป็นพื้นที่ราบและบริเวณแอ่งนครไทย ค่าอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดเฉลี่ยในช่วงเดือนมกราคมถึงมิถุนายนของเขตดังกล่าวสูงกว่าเขตอื่น (ตารางที่ 3-13) โดยในช่วงเวลานี้เขตภูมิอากาศที่ 8 มีปริมาณน้ำฝนรวมในรอบ 6 เดือนมากกว่าเขต 9 และ 10 สำหรับค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิทั้ง 3 เขตจะมีค่าใกล้เคียงกัน

การนำเขตภูมิอากาศไปใช้ประโยชน์

เขตภูมิอากาศที่สร้างขึ้นจากการวิเคราะห์กลุ่มถูกจัดเก็บเป็นชั้นข้อมูลประเภทเวกเตอร์ใน GIS ดังนั้นจึงสามารถเชื่อมโยงกับตารางอธิบายประกอบข้อมูลเชิงพื้นที่ได้ ซึ่งตารางดังกล่าวจัดเก็บข้อมูลภูมิอากาศรายเดือนเฉลี่ยภายในแต่ละเขตภูมิอากาศเป็นเขตข้อมูล (item) ได้แก่ อุณหภูมิสูงสุด (TMAX), อุณหภูมิต่ำสุด (TMIN), ปริมาณน้ำฝน (RTOT), จำนวนวันฝนตก (RNUM) และรังสีอาทิตย์ (SRAD) ตัวอย่างของโครงสร้างในการจัดเก็บตารางอธิบายประกอบข้อมูลแสดงไว้ในรูปที่ 3-12 ข้อมูลเหล่านี้ถูกแปลงเป็นแฟ้มข้อมูลภูมิอากาศเฉลี่ยรายเดือนในรูปแบบที่โปรแกรม DSSAT ต้องการ (ตารางที่ 3-14) จากนั้นสามารถแปลงเป็นแฟ้มข้อมูลรายวันโดยโปรแกรมย่อย WGEN (Pickering et al., 1994 ; Hansen et al., 1994) ดังตัวอย่างผลการสร้างข้อมูลภูมิอากาศรายวันในตารางที่ 3-15

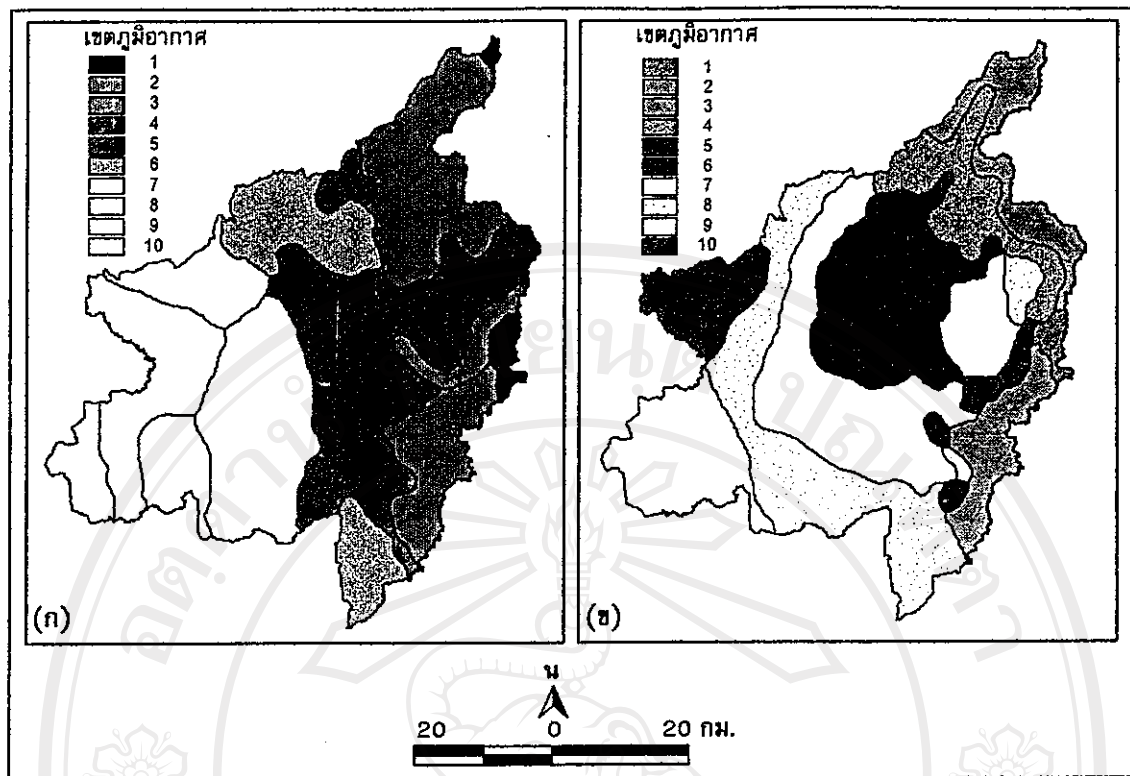
เขตภูมิอากาศที่สร้างขึ้นในงานวิจัยนี้ไม่ได้ถูกจำกัดการใช้งานอยู่ที่การจำลองผลผลิตข้าว การจำลองการเจริญเติบโตและผลผลิตของพืชไร่อื่นที่มีฤดูกาลเพาะปลูกในช่วงเดือนกรกฎาคมถึงเดือนธันวาคม เช่น พืชไร่ที่ปลูกช่วงปลายฝนและพืชฤดูแล้งในเขตชลประทานที่ปลูกในช่วงเดือนมกราคมถึงมิถุนายนในจังหวัดเชียงใหม่และพืชโลก สามารถใช้แฟ้มข้อมูลภูมิอากาศสำหรับเขต

ภูมิอากาศทั้ง 10 เขตที่สร้างไว้แล้วได้ ในกรณีที่ต้องการใช้แฟ้มข้อมูลภูมิอากาศสำหรับพืชไร่ที่ปลูกต้นฤดูฝนในช่วงเมษายนถึงกันยายน จำเป็นจะต้องสร้างเขตภูมิอากาศเฉพาะขึ้นใหม่จากชั้นข้อมูลภูมิอากาศเชิงพื้นที่ที่ประมาณค่าโดยวิธีการ TPS ตามวิธีการที่ได้อธิบายรายละเอียดข้างต้น



รูปที่ 3-10 เขตภูมิอากาศในจังหวัดพิษณุโลก จำแนกโดยวิธีการวิเคราะห์กลุ่มโดยใช้ข้อมูลภูมิอากาศรายเดือนระหว่างเดือนกรกฎาคมถึงเดือนธันวาคม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ 3-11 เขตภูมิอากาศในจังหวัดพิษณุโลก จำแนกโดยวิธีการวิเคราะห์กลุ่ม

(ก) โดยใช้ข้อมูลภูมิอากาศรายเดือนระหว่างเดือนตุลาคม-มีนาคม

(ข) โดยใช้ข้อมูลภูมิอากาศรายเดือนระหว่างเดือนมกราคม-มิถุนายน

สรุป

การพัฒนาฐานข้อมูลเชิงพื้นที่ภูมิอากาศในระบบสนับสนุนการตัดสินใจการผลิตข้าวมีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างแผนที่ภูมิอากาศแบบต่อเนื่องจากข้อมูลที่บันทึกได้ ณ สถานีตรวจอากาศที่อยู่กระจ่ายกันอย่างไม่สม่ำเสมอในบริเวณพื้นที่ศึกษา การทดสอบเปรียบเทียบความแม่นยำของการประมาณค่าโดยพิจารณาจาก RMSE ซึ่งให้เห็นว่าวิธี TPS ซึ่งสามารถนำข้อมูลระดับความสูงของภูมิประเทศมาช่วยในการประมาณค่าข้อมูลภูมิอากาศนั้น ให้ค่า RMSE โดยเฉลี่ยต่ำกว่าวิธี Thiessen, IDW และ Kriging และสามารถจัดเก็บเป็นชั้นข้อมูลกริดที่สามารถนำไปวิเคราะห์ร่วมกับชั้นข้อมูลอื่นในระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ได้สะดวก นอกจากนี้ยังได้จัดทำเขตภูมิอากาศจากการวิเคราะห์การกระจายตัวเชิงพื้นที่ของปริมาณน้ำฝน จำนวนวันฝนตก อุณหภูมิสูงสุด อุณหภูมิต่ำสุด และค่ารังสีอาทิตย์เฉลี่ยรายเดือน โดยวิธีการวิเคราะห์กลุ่ม ซึ่งพบว่าสามารถแบ่งเขตภูมิอากาศได้ตามฤดูกาลเพาะปลูกข้าวนาปีและนาปรังเป็น 10 เขตทั้งในจังหวัดเชียงใหม่และพิษณุโลก เขตภูมิอากาศเป็นข้อมูลเชิงพื้นที่ในระบบ GIS ที่มีตารางอธิบายจัดเก็บข้อมูลภูมิอากาศรายเดือนเฉลี่ยที่สามารถนำไปสร้างฐานข้อมูลภูมิอากาศรายวันที่เป็นข้อมูลนำเข้าในแบบจำลอง CERES-Rice การสร้างฐานข้อมูลภูมิอากาศในรูปแบบนี้สามารถลดจำนวนหน่วยแผนที่ที่ใช้ในการจำลองผลผลิตของข้าวนาปีและข้าวนาปรังในพื้นที่ศึกษา จึงสามารถลดเนื้อที่ในการจัดเก็บข้อมูลภูมิอากาศและลดเวลาการประมวลผลในการจำลองผลผลิตข้าวอีกด้วย

ตารางที่ 3-11 ข้อมูลภูมิอากาศเฉลี่ยรายเดือนในเขตภูมิอากาศของจังหวัดพิษณุโลก จำแนกโดยวิธีการวิเคราะห์กลุ่ม
ในเดือนกรกฎาคมถึงธันวาคม

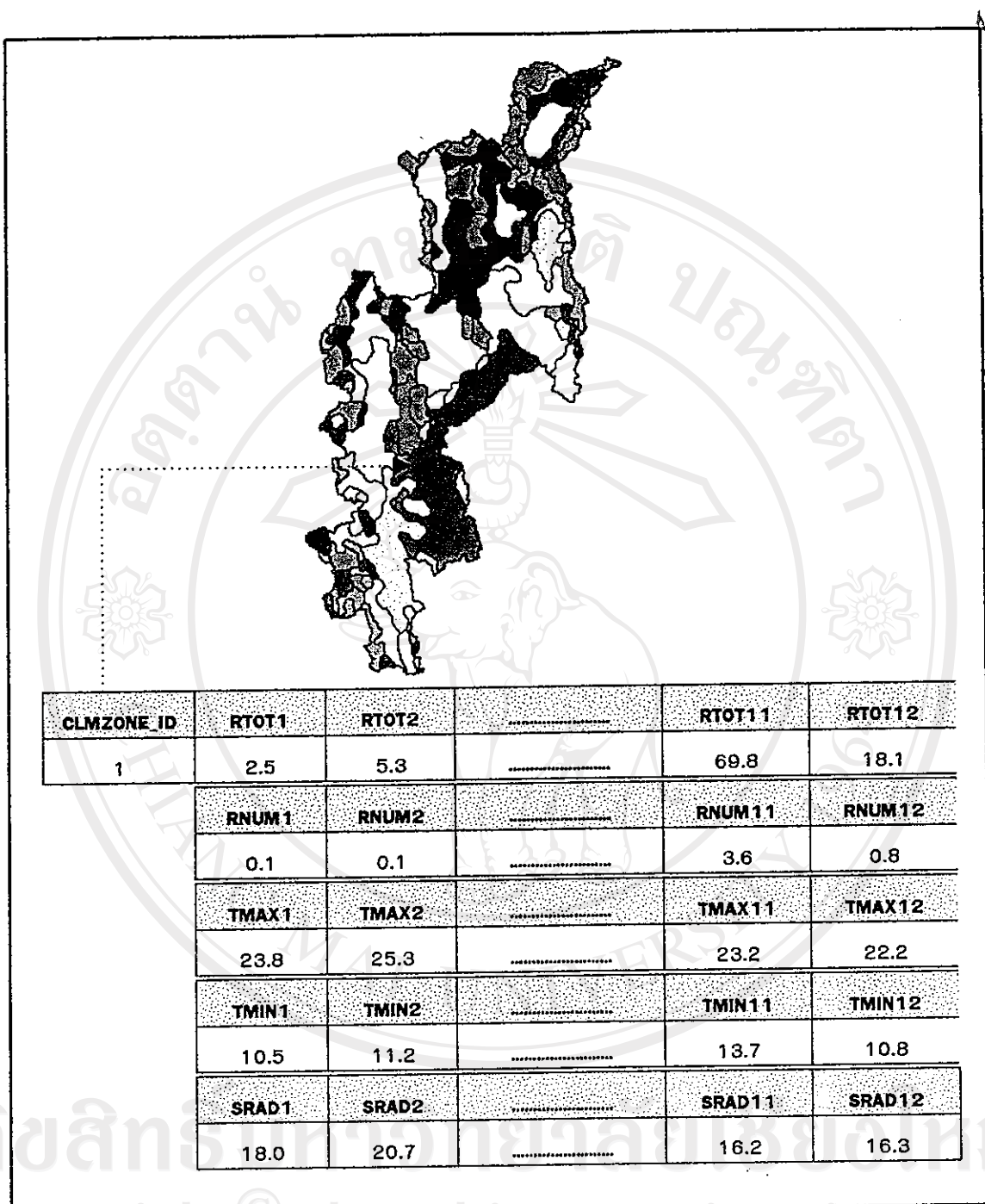
	เขตภูมิอากาศ									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ก.ค.										
TMAX	30.2	31.6	31.8	33.5	30.2	33.7	32.9	31.7	30.7	32.7
TMIN	21.4	22.4	22.0	23.4	21.3	23.3	22.9	21.9	21.6	22.8
RTOT	142.2	134.9	191.2	133.6	158.4	153.6	165.5	187.1	171.4	182.1
RNUM	9.9	9.1	12.9	10.2	10.8	10.8	9.7	13.6	13.5	13.8
SRAD	15.5	15.3	15.8	16.5	15.7	16.5	15.8	16.5	16.5	16.6
ส.ค.										
TMAX	29.2	30.5	31.3	32.6	29.2	32.9	32.1	31.2	29.8	32.0
TMIN	21.2	21.9	21.9	23.0	21.1	23.0	22.8	21.7	21.1	22.2
RTOT	205.7	211.2	231.9	206.4	221.9	235.5	242.7	244.1	240.9	243.7
RNUM	14.2	13.1	15.5	14.1	14.7	14.4	12.8	16.8	16.8	16.5
SRAD	14.9	14.7	15.2	16.0	15.1	15.9	15.2	16.0	15.9	16.1
ก.ย.										
TMAX	29.6	31.1	31.5	32.9	29.5	33.0	32.5	31.2	29.9	32.1
TMIN	21.0	22.2	21.9	23.1	20.9	23.5	23.1	21.7	21.0	22.6
RTOT	214.1	235.8	210.4	229.6	229.4	229.9	248.6	233.5	241.9	252.5
RNUM	13.4	12.3	13.1	12.2	13.5	12.1	11.6	14.8	14.4	14.8
SRAD	16.1	16.3	16.3	16.7	16.3	16.8	16.5	16.6	16.6	16.8
ต.ย.										
TMAX	29.0	30.3	31.2	32.1	29.0	32.7	32.1	31.0	29.6	31.9
TMIN	19.4	20.8	20.6	22.0	19.3	22.4	21.8	20.3	19.5	21.4
RTOT	95.5	117.6	85.3	139.7	103.6	126.1	106.5	107.9	122.0	117.6
RNUM	6.5	7.1	6.8	8.2	6.9	7.7	6.5	7.6	7.9	8.1
SRAD	17.4	17.7	17.8	18.6	17.7	18.5	18.0	18.4	18.3	18.5
พ.ย.										
TMAX	28.1	29.8	30.2	32.0	28.1	32.0	31.3	30.3	28.9	31.2
TMIN	16.2	18.1	18.1	20.0	16.3	20.4	19.5	18.0	16.9	19.2
RTOT	16.9	20.7	10.8	23.3	18.1	22.1	17.1	15.0	18.7	22.1
RNUM	0.3	0.6	1.0	1.5	0.7	1.2	0.8	0.8	1.0	1.2
SRAD	16.9	17.2	17.3	18.0	17.2	18.0	17.5	17.8	17.8	18.0
ธ.ย.										
TMAX	27.9	29.5	29.7	31.6	27.9	31.8	31.1	29.5	28.5	30.7
TMIN	13.0	14.9	15.7	17.2	13.2	17.8	17.1	15.7	14.2	16.9
RTOT	5.9	3.7	4.9	3.9	5.9	3.0	4.2	4.3	5.0	4.6
RNUM	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
SRAD	17.0	17.1	17.2	17.8	17.2	17.8	17.4	17.7	17.7	17.8
ก.ค.-ธ.ย.										
TMAX	29.0	30.5	31.0	32.4	29.0	32.7	32.0	30.8	29.6	31.8
TMIN	18.7	20.1	20.0	21.4	18.7	21.7	21.2	19.9	19.1	20.8
RTOT	580.2	723.9	734.5	736.4	737.3	770.2	784.6	791.9	799.8	822.5
RNUM	44.3	42.2	49.3	46.1	46.7	46.1	41.5	53.6	53.6	54.4
SRAD	16.3	16.4	16.6	17.3	16.5	17.2	16.7	17.2	17.1	17.3

ตารางที่ 3-12 ข้อมูลภูมิอากาศเฉลี่ยรายเดือนในเขตภูมิอากาศของจังหวัดพิษณุโลก จำแนกโดยวิธีการวิเคราะห์กลุ่ม
ในเดือนตุลาคมถึงมีนาคม

เขตภูมิอากาศ										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ด.อ.										
TMAX	24.9	27.9	29.2	31.0	30.9	31.9	32.1	32.5	32.1	32.8
TMIN	16.2	18.1	19.5	20.5	20.5	21.4	21.5	22.3	22.0	22.3
RTOT	115.3	121.6	100.5	85.7	116.1	103.5	120.7	121.8	142.4	130.2
RNUM	7.0	7.8	6.7	6.8	7.8	6.7	8.4	7.5	8.3	7.9
SRAD	17.6	17.7	18.4	18.3	18.2	18.4	18.2	18.5	18.7	17.6
พ.อ.										
TMAX	24.2	27.2	28.3	30.0	30.1	31.1	31.5	32.0	32.0	32.1
TMIN	12.6	15.2	16.5	18.0	18.1	19.0	19.4	20.2	20.0	20.4
RTOT	15.6	15.8	17.7	11.1	19.7	15.0	23.4	20.8	24.1	22.8
RNUM	0.0	1.0	0.5	0.9	1.0	0.7	1.3	1.2	1.6	1.2
SRAD	17.1	17.2	17.9	17.8	17.6	18.0	17.6	17.9	18.2	17.1
อ.อ.										
TMAX	24.0	26.7	28.1	29.6	29.6	30.7	30.9	31.6	31.6	31.9
TMIN	8.5	12.2	13.4	15.5	15.7	16.7	17.2	17.7	17.1	17.8
RTOT	7.2	5.5	5.8	5.0	5.0	4.3	4.0	2.9	4.2	3.2
RNUM	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
SRAD	17.1	17.2	17.7	17.6	17.5	17.8	17.5	17.8	18.0	17.1
ม.อ.										
TMAX	24.5	27.5	28.7	30.4	30.6	31.7	32.1	32.9	33.0	33.1
TMIN	8.0	11.8	12.5	14.5	15.1	16.1	16.9	17.8	18.0	18.1
RTOT	6.4	5.3	4.7	3.9	3.5	1.8	2.3	2.5	2.4	2.8
RNUM	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
SRAD	17.9	17.9	18.2	18.2	18.1	18.3	18.1	18.2	18.4	17.8
ภ.พ.										
TMAX	26.9	29.7	30.8	32.3	32.4	33.5	33.8	34.5	34.7	34.9
TMIN	9.2	13.8	14.0	16.6	17.1	18.3	19.4	19.8	20.0	20.0
RTOT	16.5	16.4	11.9	13.6	14.2	11.2	13.0	10.1	14.8	11.0
RNUM	0.8	1.1	0.8	1.0	1.0	0.5	1.0	0.5	0.9	0.6
SRAD	20.1	20.1	20.6	20.5	20.4	20.6	20.3	20.6	20.9	20.0
ม.อ.										
TMAX	30.6	32.5	33.9	34.9	34.9	35.8	36.0	36.6	36.6	36.9
TMIN	14.8	17.8	18.2	19.8	20.2	21.0	21.7	22.1	23.0	22.6
RTOT	49.3	45.2	38.6	40.0	33.2	28.2	26.5	20.9	23.7	18.3
RNUM	2.6	2.8	2.0	2.1	1.8	1.4	1.6	1.1	1.0	1.0
SRAD	20.8	20.9	21.7	21.4	21.3	21.7	21.2	21.6	21.8	20.7
ด.อ.-ม.อ.										
TMAX	25.9	28.6	29.8	31.4	31.4	32.4	32.7	33.3	33.3	33.6
TMIN	11.6	14.8	15.7	17.5	17.8	18.8	19.3	20.0	20.0	20.2
RTOT	210.3	209.8	179.1	159.4	191.6	164.1	190.0	179.0	211.7	188.4
RNUM	10.4	12.7	10.1	10.7	11.6	9.3	12.3	10.2	11.8	10.8
SRAD	18.4	18.5	19.1	19.0	18.8	19.1	18.8	19.1	19.3	18.4

ตารางที่ 3-13 ข้อมูลภูมิอากาศเฉลี่ยรายเดือนในเขตภูมิอากาศของจังหวัดพิษณุโลก จำแนกโดยวิธีการวิเคราะห์กลุ่ม
ในเดือนมกราคมถึงมิถุนายน

เขตภูมิอากาศ										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ม.ค.										
TMAX	24.2	27.1	27.7	29.0	29.7	31.4	31.4	31.9	32.9	33.2
TMIN	7.8	11.4	11.3	12.8	13.8	15.8	15.9	16.7	18.0	18.1
RTOT	6.5	5.5	5.3	4.3	4.1	3.4	3.2	1.9	2.4	2.9
RNUM	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
SRAD	17.9	18.1	17.8	17.9	18.1	18.2	18.3	18.3	18.4	17.9
ก.พ.										
TMAX	26.7	29.3	29.9	31.0	31.6	33.2	33.1	33.7	34.5	35.0
TMIN	9.1	13.3	12.5	14.3	15.7	17.8	18.1	19.1	20.0	20.0
RTOT	17.4	16.7	11.4	11.4	13.7	13.0	13.6	12.2	13.2	8.0
RNUM	1.0	1.2	0.6	1.0	1.0	0.9	0.9	0.8	0.9	0.1
SRAD	20.0	20.3	19.9	20.1	20.3	20.5	20.6	20.6	20.8	20.2
มี.ค.										
TMAX	30.3	32.2	33.3	34.1	34.3	35.6	35.5	35.9	36.5	37.0
TMIN	14.6	17.4	17.3	18.5	19.3	20.8	20.9	21.4	22.6	22.7
RTOT	50.1	47.0	41.4	36.9	35.5	31.8	31.1	26.9	22.7	15.4
RNUM	2.6	3.0	2.2	1.9	1.9	1.6	1.8	1.5	1.0	1.0
SRAD	20.7	21.2	20.6	20.8	21.2	21.4	21.5	21.6	21.8	21.4
เม.ย.										
TMAX	28.7	32.1	32.4	33.8	34.7	36.5	36.6	37.3	38.0	38.3
TMIN	16.5	19.3	19.7	20.8	21.5	23.1	23.1	23.7	24.6	25.0
RTOT	124.5	111.0	94.5	85.3	76.6	62.4	58.4	53.0	47.0	43.8
RNUM	5.7	5.0	4.7	4.1	4.1	3.3	3.5	2.9	2.1	2.0
SRAD	22.2	22.7	22.1	22.4	22.8	23.1	23.2	23.2	23.5	23.1
พ.ค.										
TMAX	26.9	30.6	30.4	31.8	32.9	34.6	34.9	35.6	36.0	36.0
TMIN	18.7	20.5	20.9	21.6	22.0	23.0	23.1	23.3	24.0	24.0
RTOT	227.0	224.6	191.3	195.8	203.2	216.8	196.6	183.2	178.1	186.6
RNUM	12.2	13.6	10.9	11.2	11.7	11.3	11.0	9.8	9.3	8.1
SRAD	20.1	20.6	19.9	20.2	20.6	21.0	21.2	21.2	21.4	20.7
มิ.ย.										
TMAX	26.7	29.5	29.8	31.0	31.7	33.1	33.2	33.6	34.0	34.3
TMIN	19.4	20.4	21.6	22.0	22.0	22.8	22.7	23.0	23.5	24.0
RTOT	146.3	179.1	141.5	158.5	183.7	194.5	185.6	173.3	161.8	151.7
RNUM	10.2	13.9	10.2	11.2	12.8	12.8	12.7	11.5	12.1	9.3
SRAD	16.7	17.0	16.5	16.7	17.0	17.2	17.4	17.5	17.6	16.8
ม.ค.-มิ.ย.										
TMAX	27.3	30.2	30.6	31.8	32.5	34.1	34.1	34.6	35.3	35.6
TMIN	14.3	17.0	17.2	18.3	19.1	20.5	20.6	21.2	22.1	22.3
RTOT	571.7	583.9	485.3	492.2	516.8	521.8	488.5	450.6	425.1	408.3
RNUM	31.7	36.7	28.7	29.3	31.4	29.9	29.8	26.5	25.4	20.5
SRAD	19.6	20.0	19.5	19.7	20.0	20.2	20.4	20.4	20.6	20.0



รูปที่ 3-12 การเชื่อมโยงของเขตภูมิอากาศและตารางอธิบายข้อมูลภูมิอากาศ

ตารางที่ 3-14 แฟ้มข้อมูล .CLI สำหรับเขตภูมิอากาศที่ 1 ของจังหวัดเชียงใหม่

*CLIMATE : Chiang Mai Zone 1										
๑ INSI	LAT	LONG	ELEV	TAV	AMP	SRAY	TMXY	TMNY	RAIY	
CM01	18.550	94.450	314	20.7	5.8	18.0	25.8	15.6	1839	
๑START	DURN	ANGA	ANGB	REFHT	WNDHT	SOURCE				
1988	9	0.25	0.50	-99.0	-99.0	Climate_surface_TPS				
๑ GSST	GSDU									
1	365									
*MONTHLY AVERAGES										
๑ MTH	SAMN	XAMN	NAMN	RTOT	RNUM	SHMN	AMTH	BMTH		
1	18.0	23.8	10.5	2.5	0.0	-99.0	0.250	0.500		
2	20.7	25.3	11.2	5.3	0.0	-99.0	0.250	0.500		
3	21.3	28.4	14.8	16.1	1.0	-99.0	0.250	0.500		
4	22.7	30.5	17.3	67.2	5.5	-99.0	0.250	0.500		
5	20.5	28.5	18.2	226.7	15.1	-99.0	0.250	0.500		
6	16.4	26.5	18.5	247.8	17.7	-99.0	0.250	0.500		
7	14.8	25.7	18.5	303.5	20.2	-99.0	0.250	0.500		
8	14.8	25.3	18.3	361.5	21.5	-99.0	0.250	0.500		
9	16.6	25.2	17.9	317.4	17.9	-99.0	0.250	0.500		
10	17.6	24.7	17.0	202.8	12.5	-99.0	0.250	0.500		
11	16.2	23.2	13.7	69.8	3.6	-99.0	0.250	0.500		
12	16.3	22.2	10.8	18.1	0.8	-99.0	0.250	0.500		
*FLAGGED DATA COUNT										
BEGYR	BEGDY	ENDYR	ENDDY							
1988	1	1996	365							
๑	TOTAL	SRAD	TMAX	TMIN	RAIN					
TOTAL :	13148	3287	3287	3287	3287					
VALID :	13148	3287	3287	3287	3287					
MISSING:	0	0	0	0	0					
ERROR :	0	0	0	0	0					
ABOVE :	0	0	0	0	0					
BELOW :	0	0	0	0	0					
RATE :	0	0	0	0	0					

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 3-15 ตัวอย่างผลที่ได้จากการสร้างแฟ้มข้อมูลภูมิอากาศรายวันเป็นจำนวน 20 ปี
จากข้อมูลภูมิอากาศรายเดือน (.CU) ในโปรแกรม DSSAT
สำหรับเขตภูมิอากาศที่ 1 ของจังหวัดเชียงใหม่

@DATE	SRAD	TMAX	TMIN	RAIN	PAR
01201	9.5	23.4	19.0	0.0	19.0
01202	6.2	24.9	17.2	28.2	12.5
01203	14.3	22.8	16.5	0.0	28.6
01204	10.1	22.6	15.8	2.0	20.2
01205	9.7	28.3	15.5	6.8	19.3
01206	16.1	27.1	17.7	0.4	32.2
01207	9.5	25.7	14.7	19.9	19.0
01208	7.3	25.3	15.2	5.0	14.6
01209	6.3	25.8	19.5	0.7	12.6
01210	6.2	24.1	17.3	1.3	12.4
		:			
		:			
		:			
		:			
		:			
10201	11.3	30.7	21.2	9.2	22.5
10202	6.2	30.3	22.3	10.0	12.5
10203	17.6	27.4	16.9	21.8	35.1
10204	6.2	20.3	12.7	40.4	12.5
10205	16.9	25.7	14.9	23.6	33.8
10206	13.9	23.0	16.5	2.7	27.8
10207	16.3	27.1	17.8	8.9	32.6
10208	12.8	24.6	18.7	3.3	25.5
10209	9.9	25.2	16.6	81.1	19.8
10210	21.6	26.8	17.7	0.8	43.1
10211	14.2	23.4	16.2	0.0	28.4
		:			
		:			
		:			
		:			
		:			
20201	22.5	29.3	16.0	0.0	45.1
20202	25.9	29.8	17.5	0.0	51.9
20203	7.0	23.6	15.7	12.7	14.0
20204	17.8	22.1	18.3	0.0	35.5
20205	17.8	22.3	15.5	8.6	35.6
20206	17.1	27.3	17.5	4.2	34.2
20207	18.3	27.9	17.5	19.1	36.7
20208	15.8	28.7	17.7	19.1	31.7
20209	21.3	25.1	16.0	0.2	42.6
20210	6.2	21.3	15.7	20.4	12.4
20211	12.4	22.5	15.7	0.1	24.8

เอกสารอ้างอิง

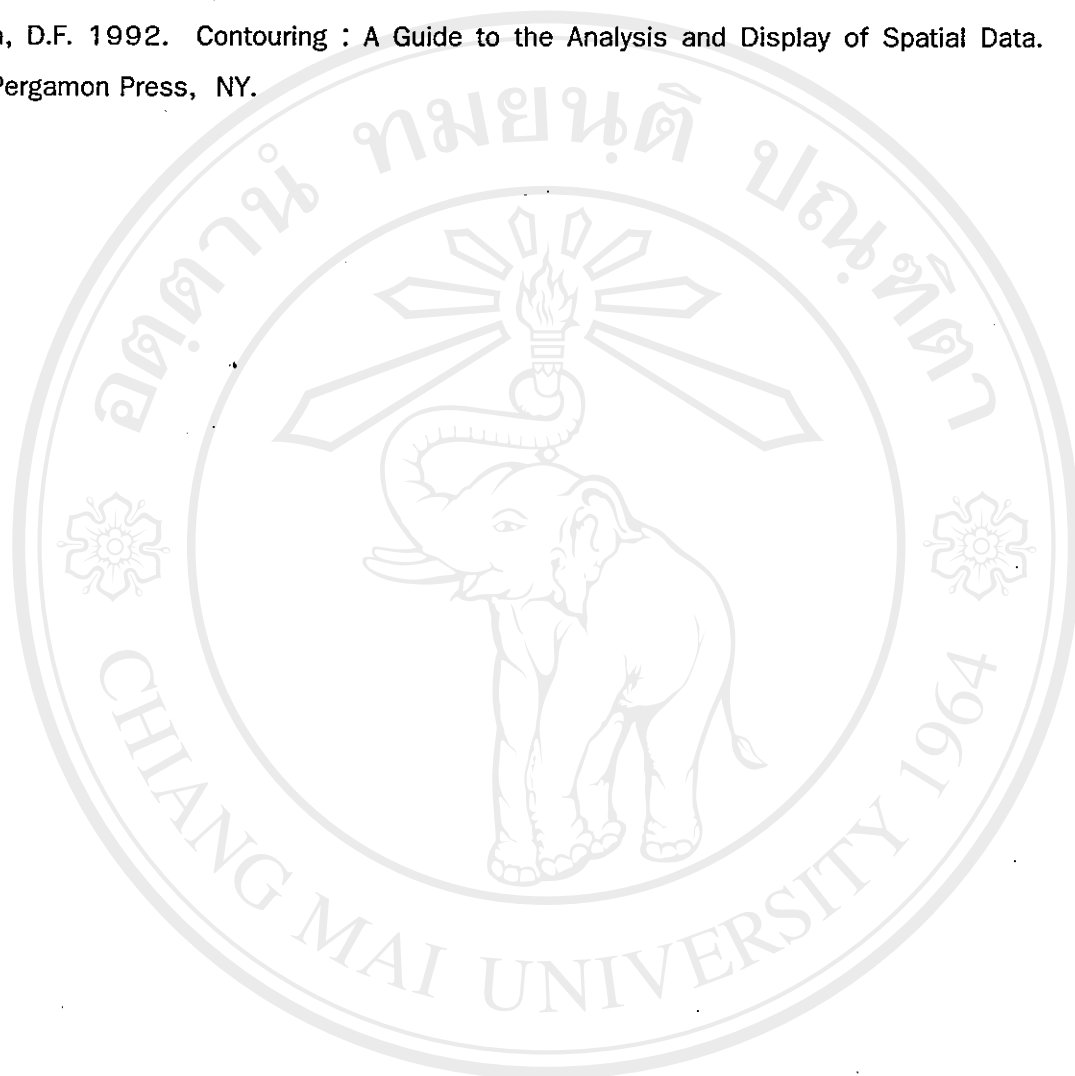
- พนมศักดิ์ พรหมบุรณย์, อรรถชัย จินตะเวช และ เมธี เอกะสิงห์. 2543. โครงสร้างของระบบสนับสนุนการตัดสินใจการผลิตข้าว : โฟสพ 1.0. หน้า 213-237. ใน เมธี เอกะสิงห์ และคณะ (บรรณาธิการ). ระบบสนับสนุนการตัดสินใจการผลิตข้าว รายงานผลการวิจัยฉบับสมบูรณ์ส่วนที่ 1 โครงการวิจัยระบบสนับสนุนการตัดสินใจการผลิตพืช : ข้าวในภาคเหนือ. ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- เมธี เอกะสิงห์, ถาวร อ่อนประไพ, พนมศักดิ์ พรหมบุรณย์, จุไรพร แก้วทิพย์, สุรีย์พร สุดชาติ, เฉลิมพล สำราญพงษ์, สิทธิเดช ณ เชียงใหม่ และ ทนงเกียรติ อุปันโน. 2543. ฐานข้อมูลเชิงพื้นที่ในระบบสนับสนุนการตัดสินใจการผลิตข้าว รายงานผลการวิจัยฉบับสมบูรณ์ส่วนที่ 2 โครงการวิจัยระบบสนับสนุนการตัดสินใจการผลิตพืช: ข้าวในภาคเหนือ. ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- เมธี เอกะสิงห์, ถาวร อ่อนประไพ, พนมศักดิ์ พรหมบุรณย์, ทนงเกียรติ อุปันโน และ เฉลิมพล สำราญพงษ์. 2541. การพัฒนาฐานข้อมูลเชิงพื้นที่ภูมิอากาศในระบบสนับสนุนการตัดสินใจการผลิตข้าว. หน้า 27-33 ใน เมธี เอกะสิงห์ และคณะ. รายงานความก้าวหน้าฉบับที่ 1 โครงการวิจัยระบบสนับสนุนการตัดสินใจการผลิตพืช: ข้าวในภาคเหนือ. ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- Bonham-Carter G.F. 1994. Geographic Information Systems for Geoscientists: Modeling with GIS. Computer Methods in the Geosciences Volume 13. Pergamon (Elsevier Science Ltd.). Ontario.
- Chua, S.H. and R.L. Bras. 1982. Optimal estimators of mean areal precipitation in region of orographic influence. J. Hydrol. 57:23-48.
- Creutin, J.D. and C. Obled. 1982. Objective analyses and mapping techniques for rainfall fields: An objective comparison. Water Resour. Res. 18(2): 413-431.
- Dingman, S.L., D.M. Seely-Reynolds and R.C. Reynolds III. 1988. Application of Kriging to estimating mean annual precipitation in a region of orographic influence. Water Resource Bulletin. 24(2): 329-339.
- ESRI. 1994a. ARC Commands. Environmental Systems Research Institute, Inc., Redland, CA.
- ESRI. 1994b. GRID Commands. Environmental Systems Research Institute, Inc., Redland, CA.
- Garen, C., L. Johnson and L. Hanson. 1994. Mean areal precipitation for daily hydrologic modeling in mountainous regions. Water Resource Bulletin. 30(3):481-491.

- Hutchinson, M.F. and P.E. Gessler. 1994. Splines more than just a smooth interpolator. *Geoderma*. 62:45-67.
- Hutchinson, M.F., H.A. Nix, D.J. Houlder and J.P. McMahon. 1998. ANUCLIM version 1.8 User Guide. Center for Resource and Environmental Studies, The Australian National University, Canberra.
- Hutchinson, M.F. 1996. Thin plate spline interpolation of mean rainfall. p. 85-90. *In* M.F. Goodchild, L.T. Steyaert and B.O. Parks (eds.). *GIS and Environmental Modeling: Progress and Research Issues*, GIS World Books, CO.
- Hutchinson, M.F. 1997. ANUSPLIN Version 3.2 User Guide. Center for Resource and Environmental Studies, The Australian National University, Canberra.
- Kalinger, M.A. and J.A. Skriver. 1981. Kriging Analysis of Mean Annual Precipitation, Powder River Basin, Montana and Wyoming. Water Resources Investigation Report 81-050. U.S. Geological Survey, Tacoma, WA.
- Lal, B.B. and G. Al-Mushidani. 1978. A technique for the determination of areal average rainfall. *Hydrol. Sci. J.* 23(4):445-453.
- Oldeman, L.R. and M. Frere. 1982. A Study of the Agroclimatology of the Humid Tropics of Southeast Asia. FAO, Rome.
- Oliver, M.A. and R. Webster. 1991. How geostatistics can help you. *Soil Use and Management*. 7(4):206-217.
- Phillips, D.L., J. Dolph and D. Marks. 1992. A comparison of geostatistical procedures for spatial analysis of precipitation in mountainous terrain. *Agricultural and Forest Meteorology*. 58:119-141.
- Pickering, N.B., J.W. Hansen, J.W. Jones, H. Chan and D. Godwin. 1994. Weatherman: A utility for managing and generating daily weather data. *Agron. J.* 86(2):332-337.
- Robertson, G.P. 1998. GS+ : Geostatistics for the Environmental Sciences. Gamma Design Software, Plainwell, MI.
- Sharma, S. 1996. *Applied Multivariate Techniques*. John Wiley & Sons, Inc., NY.
- Tabios, G.O. and J.D. Salas. 1985. A Comparative analysis of techniques for spatial interpolation of precipitation. *Water Resource Bulletin*. 21(3):365-380.

Trangmar, B.B., R.S. Yost and G. Uehara. 1985. Application of geostatistics to spatial studies of soil properties. Adv. Agron. 38:45-94.

Tsuji, G.Y., G. Uehara and S. Balas (eds.). 1994. DSSAT v3. University of Hawaii, Honolulu, HI.

Watson, D.F. 1992. Contouring : A Guide to the Analysis and Display of Spatial Data. Pergamon Press, NY.



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การสร้างชั้นข้อมูลเชิงพื้นที่น้ำท่วมจากข้อมูลภาพเรดาร์ และแบบจำลองลุ่มน้ำ

เมธี เอกะสิงห์¹
เฉลิมพล ส้าราญพงษ์¹
และ ถาวร อ่อนประไพ¹

คำนำ

แผนที่เขตน้ำท่วมเป็นข้อมูลที่สำคัญสำหรับประกอบการตัดสินใจทำการผลิตข้าวภายใต้สภาวะความเสี่ยงจากภัยธรรมชาติ การที่พื้นที่เพาะปลูกถูกน้ำท่วมบ่อยครั้งในระยะเวลาที่ทำความเสียหายให้กับต้นข้าว มีผลต่อการผลิตข้าวเป็นอย่างมาก จังหวัดพิษณุโลกเป็นจังหวัดหนึ่งที่ประสบอุทกภัยอยู่บ่อยครั้ง เนื่องจากความจุของแม่น้ำน่านและแม่น้ำยมไม่สามารถรองรับปริมาณน้ำในลำน้ำดังกล่าวในฤดูฝนบางปีได้ ทำให้พื้นที่เพาะปลูกข้าวเสียหาย จากเหตุการณ์ดังกล่าวนี้ จังหวัดพิษณุโลกซึ่งมีเนื้อที่ปลูกข้าว 1.6 ล้านไร่ในปีการเพาะปลูก 2537 พื้นที่ปลูกข้าวได้รับความเสียหายจากอุทกภัยถึง 15% ของพื้นที่ปลูกข้าวของจังหวัด (สำนักงานสถิติจังหวัดพิษณุโลก, 2538) สำหรับปีการเพาะปลูก 2538 มีเนื้อที่เสียหาย 32% ของพื้นที่ปลูกข้าว (สำนักงานสถิติจังหวัดพิษณุโลก, 2539) เมื่อพิจารณาผลผลิตข้าวเจ้าในฤดูเพาะปลูกทั้งสอง โดยคิดเฉลี่ยผลผลิตต่อไร่เท่ากับ 617-681 กิโลกรัมต่อไร่ จังหวัดพิษณุโลกต้องสูญเสียปริมาณข้าวเจ้า 1.4-3.5 แสนตันต่อปี

แผนที่เขตน้ำท่วมสามารถสร้างได้จากการจำแนกข้อมูลจากเทคนิคการสำรวจระยะไกล (remote sensing) ซึ่งเป็นกระบวนการการได้มาซึ่งข้อมูลหรือคุณสมบัติของวัตถุ พื้นที่ หรือปรากฏการณ์ โดยที่ไม่ต้องมีการสัมผัสวัตถุ พื้นที่ หรือปรากฏการณ์นั้น ด้วยการอาศัยข้อมูลภาพจากดาวเทียม สุริยวิถีและคณะ (2525) ใช้ภาพดาวเทียม LANDSAT 3 แบนด์ 4, 5, 6 และ 7 ที่บันทึกได้ในขณะน้ำท่วม เพื่อวิเคราะห์และแปลภาพเปรียบเทียบกับภาพในช่วงฤดูแล้งด้วยสายตา (visual interpolation) พบว่าสามารถแยกขอบเขตน้ำท่วมที่ไม่สลับซับซ้อนได้ อย่างไรก็ตามเมฆเป็นอุปสรรคสำคัญที่จำกัดการใช้ข้อมูล ดังนั้นจึงมีการพัฒนาการใช้ระบบคลื่นสัญญาณไมโครเวฟ (Microwave) ซึ่งเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่สามารถทะลุผ่านก้อนเมฆไปยังวัตถุ แล้วสะท้อนสัญญาณออกมาได้ เพื่อบันทึกข้อมูลในช่วงที่สภาพอากาศไม่เอื้ออำนวยต่อการบันทึกข้อมูลด้วยระบบสะท้อนสัญญาณในช่วงคลื่นที่ตาสามารถมองเห็น (Profeti and Macintosh, 1997)

¹ ภาควิชาปฐพีศาสตร์และอนุรักษศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ระบบดังกล่าว ได้แก่ ระบบเรดาร์ (Radio Detection and Ranging, RADAR) ซึ่งถูกพัฒนาขึ้นเพื่อใช้คลื่นในการตรวจจับวัตถุและแสดงขนาดของวัตถุนั้น โดยอาศัยการสะท้อนสัญญาณคลื่นไมโครเวฟที่ส่งมาจากอุปกรณ์บนดาวเทียมสำรวจทรัพยากร ดาวเทียม JERS-1 เป็นดาวเทียมสำรวจทรัพยากรของ the National Space Development Agency (NASDA) ประเทศญี่ปุ่น ถูกส่งขึ้นไปโคจรในวันที่ 11 กุมภาพันธ์ ค.ศ. 1992 มีระบบบันทึกข้อมูล 2 ระบบ คือ ระบบ Optical Sensor (OPS) และระบบ Synthetic Aperture Radar (SAR) การโคจรของดาวเทียมเป็นแบบ Sun-synchronous อยู่ที่ระดับความสูงเหนือเส้นศูนย์สูตร 568 กิโลเมตร จำนวน 15 รอบต่อวัน และโคจรกลับมาอยู่ที่ตำแหน่งเดิมทุก 44 วัน ในระบบ SAR ดาวเทียมใช้ความถี่ 1275 MHz L-band มีความละเอียดของภาพ 18 เมตร มีความกว้างของแนวกว้างบันทึก 75 กิโลเมตร ระหว่างแนวกว้างมีการซ้อนทับกัน 19% (Koopmans, 1992; Nishidai, 1993) เนื่องจากเป็นระบบที่ผลิตสัญญาณส่งได้เอง ทำให้สามารถบันทึกข้อมูลได้โดยไม่จำกัดเวลาทั้งในเวลากลางวันและกลางคืน นอกจากนี้คุณสมบัติสำคัญอีกประการหนึ่งคือ ความสามารถในการทะลุเมฆของสัญญาณเรดาร์ ทำให้บันทึกข้อมูลวัตถุในบริเวณที่เมฆปกคลุมได้ โดยเฉพาะในประเทศเขตร้อนซึ่งมีเมฆปกคลุมในฤดูฝน (เขาวลิต, 2536)

กระบวนการจำแนกรายละเอียดข้อมูลอาศัยพื้นฐานในการวิเคราะห์ 3 ประการ คือ การวิเคราะห์โดยอาศัยค่าการสะท้อนที่ปรากฏในข้อมูลภาพ การวิเคราะห์โดยอาศัยรูปร่างลักษณะขนาด หรือรูปแบบของปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นและปรากฏในข้อมูลภาพ และการวิเคราะห์โดยอาศัยข้อมูลต่างช่วงเวลา (Lillesand and Kiefer, 1994)

การใช้ข้อมูลภาพเรดาร์ที่บันทึกต่างช่วงเวลาเพื่อวิเคราะห์พื้นที่น้ำท่วมสามารถทำได้โดยการเลือกช่วงเวลาที่เหมาะสมคือ ช่วงหลังหรือใกล้เคียงกับเวลาที่ภาวะน้ำท่วมมีระดับสูงสุดเท่าที่จะเป็นไปได้ และในอีกช่วงเวลาอาจเป็นช่วงก่อนหรือหลังจากภาวะน้ำท่วมสิ้นสุดแล้ว รัศมี (2540) ใช้ข้อมูลจากดาวเทียม JERS-1 ระบบเรดาร์ในการจำแนกพื้นที่น้ำท่วม โดยใช้ข้อมูลที่บันทึกก่อนเกิดน้ำท่วมและขณะเกิดน้ำท่วม แล้วจำแนกด้วยวิธีการ Unsupervised classification ทำให้สามารถจำแนกพื้นที่น้ำท่วมในบริเวณจังหวัดชุมพร, ระนอง, พังงา, สุราษฎร์ธานี และตรัง ในปี พ.ศ. 2540 อาศัยค่าการสะท้อนพลังงานจากปริมาณความชื้นที่แตกต่างกัน Wang และคณะ (1995) ทำการศึกษาสัญญาณภาพเรดาร์ของพื้นที่น้ำท่วมป่าในประเทศบราซิล โดยการเปรียบเทียบอัตราส่วนของค่าการสะท้อนระหว่างพื้นที่น้ำท่วมและพื้นที่ที่ไม่ถูกน้ำท่วม พบว่าในพื้นที่ป่าที่ไม่ถูกน้ำท่วม เมื่อความชื้นของดินมีค่าเพิ่มขึ้นจาก 10% เป็น 50% ของปริมาณความชื้นดิน ค่าอัตราส่วนระหว่างพื้นที่น้ำท่วมต่อพื้นที่น้ำไม่ท่วมจะเพิ่มขึ้น ดังนั้น ปริมาณความชื้นในดินเป็นปัจจัยที่อาจมีผลกระทบต่อความแม่นยำของการจำแนกพื้นที่น้ำท่วมโดยการใช้ข้อมูลภาพเรดาร์

ข้อมูลภาพจากดาวเทียม JERS-1 จึงเป็นเครื่องมือที่ช่วยในการเก็บข้อมูลได้รวดเร็ว ตรงตามช่วงเวลาที่เกิดเหตุการณ์ และข้อมูลที่ได้มีความถูกต้องสูง อย่างไรก็ตามการจำแนกพื้นที่น้ำท่วมโดยใช้ข้อมูลเรดาร์ยังมีปัญหาด้านการสะท้อนสัญญาณ ทำให้ไม่สามารถแยกแยะวัตถุต่างๆ ในบางสภาพพื้นที่ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในบริเวณที่มีอาคารและต้นไม้สูงหนาแน่น เช่น บริเวณชุมชน (Cihlar et al., 1992) ข้อมูลที่ขาดหายไปนี้อาจได้มาจากการจำลองสถานการณ์น้ำท่วมโดยใช้แบบจำลองลุ่มน้ำ

วัชร (2538) ศึกษาการจำลองน้ำท่วมในลุ่มน้ำอุตะเกา โดยใช้แบบจำลอง MIKE11 ซึ่งเป็นโปรแกรมสำเร็จรูปที่พัฒนาโดย Danish Hydraulic Institute ประเทศเดนมาร์ก แบบจำลองนี้ใช้ค่าข้อมูลน้ำฝนรายวันเฉลี่ย ปริมาณน้ำระเหยรายวันเฉลี่ย สร้างเป็นข้อมูลเชิงพื้นที่ด้วยวิธี Thiessen Polygon ข้อมูลพื้นที่ลุ่มน้ำและลักษณะทางธรณีวิทยาถูกนำเข้าเพื่อใช้ในการพยากรณ์น้ำในจุดต่างๆ ของลำน้ำ ผลที่ได้พบว่าปริมาณน้ำที่ได้จากแบบจำลองมีค่าใกล้เคียงกับค่าที่ได้จากการตรวจวัด โดยเฉพาะอย่างยิ่งช่วงเวลาที่เกิดน้ำขึ้นสูงสุด แต่ในช่วงที่น้ำลด ค่าที่ได้จากการจำลองมีค่าสูงกว่าค่าที่ได้จากการตรวจวัด อย่างไรก็ตาม ผลการจำลองแสดงผลน้ำท่วมในลักษณะของเชิงตำแหน่งไม่สามารถแสดงให้เห็นข้อมูลในเชิงพื้นที่ได้

เพื่อให้ข้อมูลระดับน้ำตามลำน้ำสามารถแสดงเขตน้ำท่วมในเชิงพื้นที่ได้ Richard และ Kraus (1999) ใช้แบบจำลอง HEC-RAS ร่วมกับโปรแกรม ArcView GIS ในการสร้างพื้นที่น้ำท่วมจากข้อมูลจากระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์และแบบจำลองภูมิประเทศโครงข่ายสามเหลี่ยม โดยโปรแกรมจะรวบรวมข้อมูลค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ทางอุทกวิทยาและข้อมูลภาคตัดขวางของลำน้ำ และใช้สมการของแมนนิ่ง (Manning's Equation) ในการคำนวณลักษณะผิวน้ำ ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของท้องน้ำ และอัตราการไหล รวมถึงค่าพารามิเตอร์ที่ใช้คำนวณบริเวณที่ล้นตลิ่งและสะพาน ผลการจำลองสามารถแสดงในรูปแผนที่ได้ด้วยโปรแกรม ArcView GIS

แบบจำลองลุ่มน้ำ (Watershed Modeling System, WMS) เป็นระบบที่พัฒนาขึ้นโดย Engineering Computer Graphic Laboratory (ECGL) มหาวิทยาลัย Brigham Young ประเทศสหรัฐอเมริกา โปรแกรมนี้ถูกออกแบบมาให้ทำหน้าที่จัดการรวบรวมข้อมูลทั้งในรูปแบบของข้อมูลสารสนเทศเชิงภูมิศาสตร์และข้อมูลแบบจำลองสภาพภูมิประเทศ เพื่อใช้ในการคำนวณค่าพารามิเตอร์ทางชลศาสตร์ และสร้างแผนที่น้ำท่วมได้จากค่าระดับน้ำท่าตามสถานีวัดน้ำต่างๆ ที่ได้มีการจัดบันทึกไว้ ผลจากการศึกษาการใช้ WMS จำลองลุ่มน้ำขนาด 1900 ตารางไมล์ในประเทศสหรัฐอเมริกา โดยอาศัยแบบจำลองภูมิประเทศชนิดโครงข่ายสามเหลี่ยม (Triangulated Irregular Network, TIN) และระดับความสูงของน้ำในแม่น้ำตามสถานีวัดน้ำ เพื่อสร้างเป็นขอบเขตพื้นที่น้ำท่วม พร้อมทั้งนำข้อมูลเส้นทางถนนและข้อมูลอ้างอิงตำแหน่งอื่นๆ ซ้อนทับกับพื้นที่น้ำท่วม พบว่า WMS สามารถระบุบริเวณที่เกิดปัญหาน้ำท่วมในพื้นที่ศึกษาได้เป็นอย่างดี (ECGL, 1997)

โครงการวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างแผนที่อาณาเขตนํ้าท่วมในจังหวัดพิษณุโลกจากการวิเคราะห์ข้อมูลภาพจากดาวเทียม JERS-1 ในระบบ SAR พร้อมทั้งทดสอบการใช้แบบจำลองลุ่มนํ้า WMS เพื่อจำลองเขตนํ้าท่วมจากข้อมูลระดับนํ้าที่วัดได้ตามจุดต่างๆ ของลํานํ้าในการจำลองเขตนํ้าท่วม ระยะเวลาที่นํ้าท่วมขังและความลึกของนํ้าที่ท่วมพื้นที่ รวมทั้งโอกาสเกิดนํ้าท่วมในบริเวณต่างๆ ผลลัพธ์ที่ได้อยู่ในรูปของข้อมูลเชิงพื้นที่ สามารถจัดเก็บเป็นชั้นข้อมูลในระบบ GIS เพื่อนําไปวิเคราะห์ร่วมกับชั้นข้อมูลอื่นในการสร้างเป็นเขตการผลิตข้าวตามระบบนิเวศต่างๆ ซึ่งนำไปสู่การจำลองผลผลิตข้าวได้แม่นยำและสอดคล้องกับสภาพปัญหาที่เกิดขึ้นจริงทำให้ระบบสนับสนุนการตัดสินใจการผลิตข้าวที่พัฒนาขึ้นในโครงการวิจัยนี้มีความถูกต้องยิ่งขึ้น

วิธีการศึกษา

การจำแนกพื้นที่นํ้าท่วมในการศึกษานี้แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ การจำแนกพื้นที่นํ้าท่วมด้วยข้อมูลภาพเรดาร์ และการจำลองพื้นที่นํ้าท่วมด้วยระบบจำลองลุ่มนํ้า (WMS) ซึ่งประกอบด้วยการจำลองเขตนํ้าท่วมรายวันและการสร้างแผนที่โอกาสการเกิดนํ้าท่วม

การจำแนกพื้นที่นํ้าท่วมด้วยข้อมูลภาพเรดาร์

การจำแนกด้วยวิธีการนี้ประกอบด้วยขั้นตอนหลัก 3 ขั้นตอนคือ การเตรียมการก่อนการจำแนกรายละเอียดข้อมูล (pre-classification) ขั้นตอนต่อมาคือการจำแนกรายละเอียดข้อมูล (image classification) และขั้นตอนสุดท้ายเป็นขั้นตอนหลังการจำแนกรายละเอียด (post-classification) ซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนการประเมินค่าความถูกต้องของแผนที่พื้นที่นํ้าท่วมที่จำแนกได้ในพื้นที่ศึกษาทั้งหมด

การเตรียมการก่อนการจำแนกรายละเอียดข้อมูล

ขั้นตอนนี้เป็นกระบวนการที่ต้องทำทุกครั้งก่อนการวิเคราะห์และการจำแนกรายละเอียดข้อมูล เพื่อความถูกต้องของรายละเอียดในเชิงตำแหน่งและความชัดเจนของข้อมูล ประกอบด้วย การจัดการรายละเอียดของข้อมูล (data arrangement) การปรับปรุงคุณภาพข้อมูล (image enhancement) และการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเชิงตำแหน่ง (image rectification)

การจัดการรายละเอียดข้อมูลระยะไกล

การจำแนกพื้นที่นํ้าท่วมจากข้อมูลสำรวจระยะไกลเป็นการใช้ข้อมูลภาพดาวเทียม JERS-1 ระบบสัญญาณเรดาร์ ประเภท SAR โดยอยู่ในช่วงคลื่น L-Band HH polarization ด้วยความถี่ 1.25 GHz หรือความยาวคลื่น 23 เซนติเมตร ความละเอียดของจุดสัญญาณภาพ 12.50x12.50 ตารางเมตร พื้นที่ศึกษาในจังหวัดพิษณุโลกและจังหวัดใกล้เคียง ครอบคลุมข้อมูล Bulk full scene

(75x75 ตารางกิโลเมตร) จำนวน 9 ภาพ ใช้ข้อมูลภาพ 2 ช่วงระยะเวลาคือ ในช่วงเวลาก่อนการเกิดน้ำท่วมและช่วงขณะเกิดน้ำท่วม

ข้อมูลภาพเรดาร์จากดาวเทียม JERS-1 ได้รับความอนุเคราะห์จากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ จัดเก็บอยู่ในรูปแบบเทปดาวเทียม (Computer Compatible Tape, CCT) เมื่อแปลงข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบที่โปรแกรม ERDAS Imagine 8.1 (ERDAS, 1991) สามารถอ่านได้แล้ว จึงจัดการข้อมูลพื้นฐานและปรับปรุงข้อมูลภาพที่ได้ถูกบันทึกไว้ใน 2 ช่วงระยะเวลาคือ วันที่ 17 พฤษภาคม 2538 และวันที่ 27 กันยายน 2538 ให้มีระบบพิกัด (coordinate system) เป็นระบบ NUTM (North/Universal Transverse Mercator) อยู่ในกริดโซน (grid zone) ที่ 47 โดยหน่วยการจัดการภาพ (unit) เป็นเมตร ขนาดรายละเอียดของภาพ (resolution) ถูกปรับให้เป็นขนาด 30x30 ตารางเมตร

การปรับปรุงข้อมูลภาพ

เนื่องจากข้อมูล SAR มีสัญญาณรบกวน (speckle noise) ซึ่งเกิดจากคลื่นเรดาร์ที่สะท้อนกลับอย่างไม่เป็นระเบียบจากวัตถุบนผิวโลกที่มีปฏิสัมพันธ์กัน (interaction) ทำให้เกิดจุดภาพสีดำที่เป็นสัญญาณรบกวนอยู่บนข้อมูลภาพ ขั้นตอนแรกของการปรับปรุงคุณภาพข้อมูลภาพคือ การลดปริมาณจุดภาพสีดำของสัญญาณรบกวนโดยใช้วิธีการ Speckle Suppression ในชุดโปรแกรม Radar ของ ERDAS Imagine การลดปริมาณจุดสัญญาณรบกวนดำเนินการเป็น 2 ขั้นตอน คือ ครั้งแรกใช้วิธีการ Sigma filter (Lee, 1981) ขนาดหน้าต่างการคำนวณ 7x7 จากนั้นในครั้งที่สองใช้วิธีการ Median filter ขนาดหน้าต่างการคำนวณ 7x7 ปรับปรุงข้อมูลภาพอีกครั้งหนึ่ง ข้อมูลภาพที่ได้จากการลดปริมาณจุดสัญญาณจะเห็นรายละเอียดในภาพได้อย่างชัดเจนกว่าเดิม

การปรับปรุงคุณภาพของข้อมูลอีกขั้นตอนหนึ่งที่ได้นำมาใช้คือ การพิจารณาค่าการกระจายตัวของความถี่ (histogram) ของค่าการสะท้อนและปรับให้อยู่ในช่วงที่เหมาะสมด้วยวิธี linear stretching ซึ่งเป็นผลทำให้ค่าข้อมูลในภาพมีการกระจายตัวออกในสัดส่วนที่ต่อเนื่องบนพื้นฐานของสมการเส้นตรง (linear equation) และไม่ใช่เส้นตรง (non-linear equation) ซึ่งการปรับปรุงคุณภาพเพื่อปรับค่าการสะท้อนของภาพที่จะนำมาเชื่อมต่อ (mosaic) ให้อยู่ในระดับที่ใกล้เคียงกัน

การปรับแก้ค่าความคลาดเคลื่อนเชิงตำแหน่ง

การปรับแก้ค่าความคลาดเคลื่อนเชิงตำแหน่งเป็นการปรับแก้ความบิดเบี้ยวของข้อมูลภาพโดยการโยงยึดภาพให้เป็นไปตาม map projection ขั้นตอนการปรับแก้เชิงตำแหน่งใช้วิธีการคำนวณค่าความคลาดเคลื่อน RMS Errors (Root Mean Square errors) แบบ image to image

rectification โดยการกำหนดจุดควบคุมภาคพื้น (Ground Control Points, GCPs) กระจายทั่วทั้งข้อมูลภาพเป็นจำนวน 16-25 จุด ขึ้นอยู่กับรายละเอียดและลักษณะภูมิประเทศของข้อมูลภาพ จุดดังกล่าวจะถูกอ้างอิงค่าพิกัดตำแหน่งจากข้อมูลภาพดาวเทียม LANDSAT ที่ได้รับการตรวจสอบและปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเชิงตำแหน่งแล้ว ค่าความคลาดเคลื่อนที่ต้องถูกปรับสามารถคำนวณจากวิธีการคำนวณ Least mean square regression ผลการคำนวณจะได้ค่าสัมประสิทธิ์ที่นำมาประกอบหาค่า RMS Errors ด้วยสมการโพลีโนเมียล ค่า RMS Errors จะเป็นค่าที่ระบุเกณฑ์การยอมรับได้ของความถูกต้องเชิงตำแหน่งในการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนแต่ละภาพ (Jansen, 1986) โดยทั่วไป ค่า RMS Errors ควรมีค่าอยู่ในช่วงไม่เกินขนาดรายละเอียดภาพ (resolution) ของภาพนั้น

การจำแนกรายละเอียดข้อมูล

การศึกษาเพื่อจำแนกพื้นที่น้ำท่วมด้วยข้อมูลระยะไกลนี้ ใช้วิธีการสร้างสัดส่วนข้อมูลใน 2 ช่วงเวลา โดยใช้ข้อมูลที่บันทึกไว้ในวันที่ 17 พฤษภาคม 2538 เป็นช่วงที่ไม่เกิดน้ำท่วม และข้อมูลวันที่ 27 กันยายน 2538 เป็นช่วงที่เกิดน้ำท่วมขึ้นในบริเวณพื้นที่ศึกษา โดยสร้างสมการอัตราส่วนข้อมูลระหว่างค่าการสะท้อนของเดือนพฤษภาคมบวกกับเดือนกันยายน แล้วนำค่าที่ได้หารด้วยค่าการสะท้อนของเดือนพฤษภาคมลบด้วยเดือนกันยายน

ขั้นตอนหลังการจำแนกรายละเอียด

ขั้นตอนหลังการจำแนกรายละเอียดเป็นขั้นตอนที่ทำหลังจากการจำแนกรายละเอียดเสร็จสิ้นแล้ว ขั้นตอนดังกล่าวคือการตรวจสอบความถูกต้องของการจำแนก (accuracy assessment) ซึ่งใช้วิธีการ Error matrix (Verbyla, 1995) และ Kappa statistics (Congalton, 1995) เพื่อประเมินความถูกต้องของข้อมูลพื้นที่น้ำท่วมที่ได้จากการจำแนก

การประเมินความถูกต้องของการจำแนกประกอบด้วยการสุ่มจุดตัวอย่างในห้องปฏิบัติการและการออกสำรวจภาคสนาม การสุ่มจุดสำรวจทำด้วยโปรแกรม ERDAS Imagine โดยทำการสุ่มทั้งสิ้น 124 จุด เป็นจุดที่จำแนกเป็นพื้นที่น้ำท่วม 56 จุด และจุดที่จำแนกได้ว่าน้ำไม่ท่วม 68 จุดกระจายทั่วทั้งพื้นที่ศึกษา จุดที่สุ่มได้จะมีค่าพิกัดทางภูมิศาสตร์ในการสำรวจภาคสนามได้ใช้ระบบกำหนดตำแหน่งพิกัดด้วยดาวเทียม (Global Positioning System, GPS) เป็นเครื่องมือในการนำทางไปยังจุดสุ่มแต่ละจุด เนื่องจากเหตุการณ์น้ำท่วมได้ผ่านไปแล้วในปีพ.ศ. 2538 ข้อมูลภาคสนามจะได้รับการสอบถามเกษตรกรและบุคคลที่อยู่ในพื้นที่ขณะเกิดน้ำท่วมครั้งนั้น นำข้อมูลที่ได้จากภาคสนามมาเปรียบเทียบกับผลการจำแนกเพื่อสร้างเป็นตารางความคลาดเคลื่อนของการจำแนก และใช้วิธีการประเมินความถูกต้องด้วยวิธีการข้างต้น

การจำลองพื้นที่น้ำท่วมด้วยระบบจำลองลุ่มน้ำ

การจำลองพื้นที่น้ำท่วมด้วยระบบจำลองลุ่มน้ำประกอบด้วยขั้นตอนหลัก 3 ขั้นตอน คือ การเตรียมข้อมูลสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ การจำลองเขตน้ำท่วมในระบบจำลองน้ำท่วม และการสร้างแผนที่น้ำท่วมและแผนที่โอกาสการเกิดน้ำท่วม

การเตรียมข้อมูลสารสนเทศทางภูมิศาสตร์

แบบจำลองภูมิประเทศโครงข่ายสามเหลี่ยม

เนื่องจากระบบจำลองลุ่มน้ำสามารถแปลงค่าความสูงของภูมิประเทศได้จากแบบจำลองภูมิประเทศเชิงตัวเลข หรือ DEM ให้เป็นภูมิประเทศชนิดโครงข่ายสามเหลี่ยม (TIN) ได้ จึงได้ใช้ข้อมูลแบบจำลองภูมิประเทศเชิงตัวเลขที่โครงการได้จัดทำไว้แล้ว (เมธี และคณะ, 2543)

การสร้างโครงข่ายลำน้ำ (Stream Networks)

ในขั้นตอนการสร้างแบบจำลองภูมิประเทศเชิงตัวเลข ได้มีการจัดเตรียมข้อมูลเส้นทางน้ำจากแผนที่ภูมิประเทศ จึงนำมาใช้ในระบบจำลองลุ่มน้ำ โดยทำการปรับปรุงข้อมูลทางน้ำให้เป็นไปตามลักษณะภูมิประเทศที่สร้างขึ้น ขั้นตอนได้ทำการสร้างชั้นข้อมูลทิศทางการไหลของน้ำ (flow direction) ในรูปแบบกริด เพื่อกำหนดทิศทางการไหลของน้ำตามทิศทางความชันสูงสุดระหว่างช่องกริดแต่ละช่องที่อยู่ติดกัน จากนั้นจึงสร้างชั้นข้อมูลการรวมตัวกันของน้ำ (flow accumulation) โดยค่าที่ได้ในแต่ละช่องกริดเป็นจำนวนช่องกริดที่มีน้ำไหลมารวมกันที่ช่องกริดนั้น เมื่อกำหนดค่าวิกฤติให้กับชั้นข้อมูลการรวมตัวกันของน้ำ สามารถสร้างเป็นชั้นข้อมูลโครงข่ายลำน้ำ (stream network) ได้

แม้ว่าโครงข่ายลำน้ำที่ได้จะมีความถูกต้องตามลักษณะการระบายน้ำในภูมิประเทศ แต่ในสภาพพื้นที่ราบลุ่ม ทิศทางการไหลก็มีความสับสน ทำให้เส้นทางน้ำไม่สอดคล้องกับสภาพความเป็นจริงในแผนที่ภูมิประเทศ จึงได้ใช้เทคนิค "burn in" ในการสร้างโครงข่ายลำน้ำและขอบเขตลุ่มน้ำตามวิธีการของ Maidment (1996) และ Malacon (1998) โดยการแปลงข้อมูลเส้นทางน้ำที่ได้จากแผนที่ภูมิประเทศให้อยู่ในรูปกริด แล้วเพิ่มข้อมูลดังกล่าวลงในแบบจำลองภูมิประเทศก่อนที่จะนำไปสร้างเป็นข้อมูลทิศทางการไหลและข้อมูลการรวมตัวของน้ำ ทำให้สามารถสร้างข้อมูลโครงข่ายลำน้ำได้อย่างถูกต้อง

ข้อมูลระดับน้ำท่ารายวัน (Stage Height)

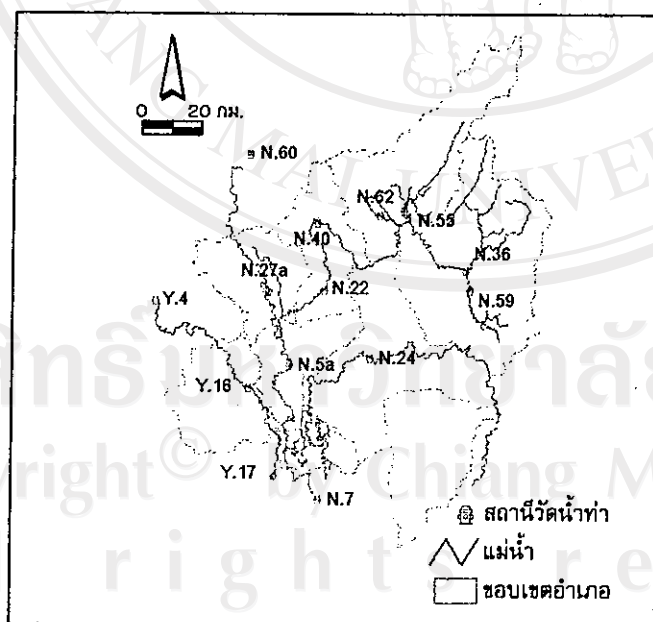
กองอุทกวิทยา กรมชลประทาน ได้ทำการบันทึกปริมาณน้ำท่าและระดับน้ำในลำน้ำที่สำคัญของประเทศไทย สำหรับแม่น้ำยม แม่น้ำน่าน และลำน้ำสาขาของแม่น้ำทั้งสองในบริเวณจังหวัดพิษณุโลกและจังหวัดใกล้เคียง มีการบันทึกข้อมูลตั้งแต่ พ.ศ. 2500 ถึง 2539 รวม 14 สถานี (TRID, 1967-1998) (รูปที่ 4-1) การเก็บข้อมูลระดับน้ำท่าของกองอุทกวิทยาที่สถานี

วัดน้ำจะบันทึกเป็นค่าความสูงของระดับผิวน้ำในลำน้ำวัดจากระดับน้ำทะเลปานกลาง (mean sea level, msl) นำข้อมูลระดับน้ำท่าที่บันทึกเป็นข้อมูลรายวันของแต่ละสถานี มาจัดเรียงข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบที่ระบบจำลองลุ่มน้ำต้องการ

การจำลองพื้นที่น้ำท่วมด้วยระบบจำลองลุ่มน้ำ

หลังจากแปลงข้อมูลภูมิประเทศเชิงตัวเลขให้อยู่ในรูปแบบ ASCII ในโปรแกรม ARC/INFO เพื่อให้ระบบจำลองลุ่มน้ำสามารถอ่านค่าความสูงของภูมิประเทศได้ จึงนำเข้าข้อมูลโครงข่ายลำน้ำและข้อมูลคันดินกั้นน้ำที่กรมชลประทานสร้างขึ้นเพื่อป้องกันน้ำท่วมจากข้อมูลเชิงพื้นที่โครงข่ายชลประทาน (เมธี และ สุรียพร, 2541) ทำการสร้างแบบจำลองภูมิประเทศโครงข่ายสามเหลี่ยมในแบบจำลองลุ่มน้ำด้วยข้อมูลภูมิประเทศเชิงตัวเลข โครงข่ายลำน้ำ และคันดินกั้นน้ำ จากนั้นกำหนดโครงข่ายลำน้ำให้แก่แบบจำลอง โดยให้ทิศทางการไหลของน้ำมีทิศทางจากท้ายน้ำไปยังต้นน้ำ

ใช้ข้อมูลระดับน้ำท่ารายวันของกรมชลประทานที่ได้จัดเตรียมไว้เป็นแฟ้มข้อมูลที่แบบจำลองลุ่มน้ำอ่านได้ในการจำลองเซตน้ำท่วม การจำลองเซตน้ำท่วมจำแนกตามความลึกของระดับน้ำที่ท่วมซึ่งสามารถกำหนดได้จากการกำหนดทางเลือกของการสร้างน้ำท่วมก่อนที่จะสร้างเป็นเซตน้ำท่วมด้วยแบบจำลองลุ่มน้ำ จากนั้นแปลงเป็นชั้นข้อมูลในระบบของโปรแกรม ARC/INFO ข้อมูลที่ได้เป็นข้อมูลเซตน้ำท่วมรายวันที่สามารถนำไปวิเคราะห์สร้างชั้นข้อมูลพื้นที่น้ำท่วมในแต่ละปี และชั้นข้อมูลโอกาสการเกิดน้ำท่วมในรอบจำนวนปีที่มีข้อมูลระดับน้ำท่าได้



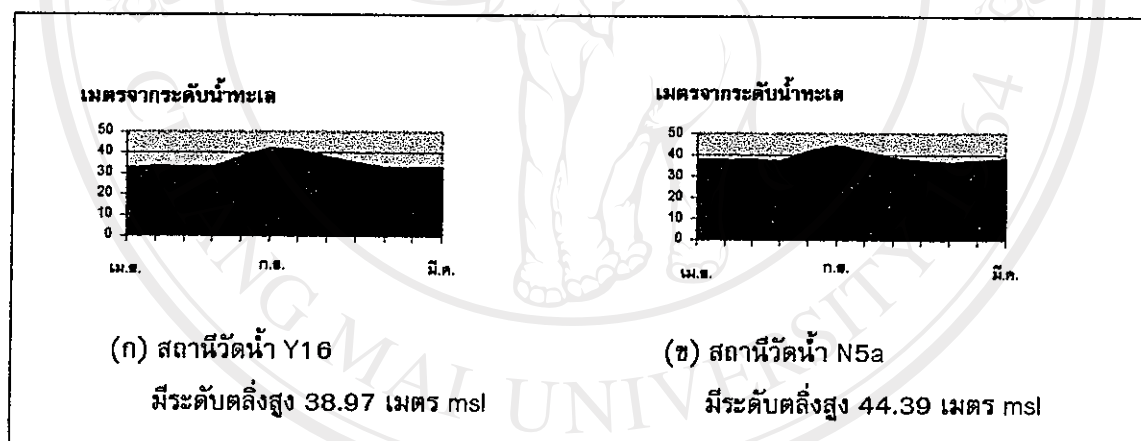
รูปที่ 4-1 แผนที่ตำแหน่งสถานีวัดน้ำท่าในจังหวัดพิษณุโลก และจังหวัดใกล้เคียง

ผลการศึกษา

ข้อมูลทั่วไปของภาพเรดาร์

จากการวิเคราะห์ข้อมูลระดับน้ำรายวันที่จัดบันทึกไว้ตามสถานีวัดน้ำท่าต่างๆ ของกรมชลประทานในช่วงระหว่างเดือนเมษายน 2538 ถึงเดือนมีนาคม 2539 พบว่าในช่วงเดือนเมษายนถึงเดือนกรกฎาคม ปริมาณน้ำท่าในลำน้ำทั้งสองอยู่ในระดับต่ำ ไม่สามารถก่อให้เกิดภาวะน้ำท่วมเนื่องจากการล้นตลิ่งของน้ำท่าได้ (รูปที่ 4-2)

ตั้งแต่เดือนสิงหาคมพบว่าปริมาณน้ำท่าในแม่น้ำยมซึ่งวัดได้ที่สถานี Y16 บริเวณอำเภอบางระกำ ระดับน้ำได้ขึ้นสูงจนกระทั่งล้นระดับตลิ่งตั้งแต่วันที่ 21 สิงหาคม จากนั้นระดับน้ำได้ขึ้นสูงสุดในวันที่ 16 กันยายน แล้วจึงลดระดับลงจนต่ำกว่าระดับตลิ่งในวันที่ 6 พฤศจิกายน รวมเป็นระยะเวลา 47 วัน สำหรับปริมาณน้ำท่าที่วัดได้ ณ สถานีวัดน้ำ N5A ตั้งอยู่ริมฝั่งแม่น้ำน่านบริเวณอำเภอมือเบ่งพิบูลย์ สูงกว่าระดับตลิ่งในวันที่ 3 กันยายน แล้วระดับน้ำขึ้นสูงสุดในวันที่ 9 กันยายน โดยปริมาณน้ำท่าได้ลดลงเล็กน้อยและทรงตัว แล้วจึงลดลงในระดับปกติในวันที่ 29 กันยายน รวมระยะเวลา 28 วัน

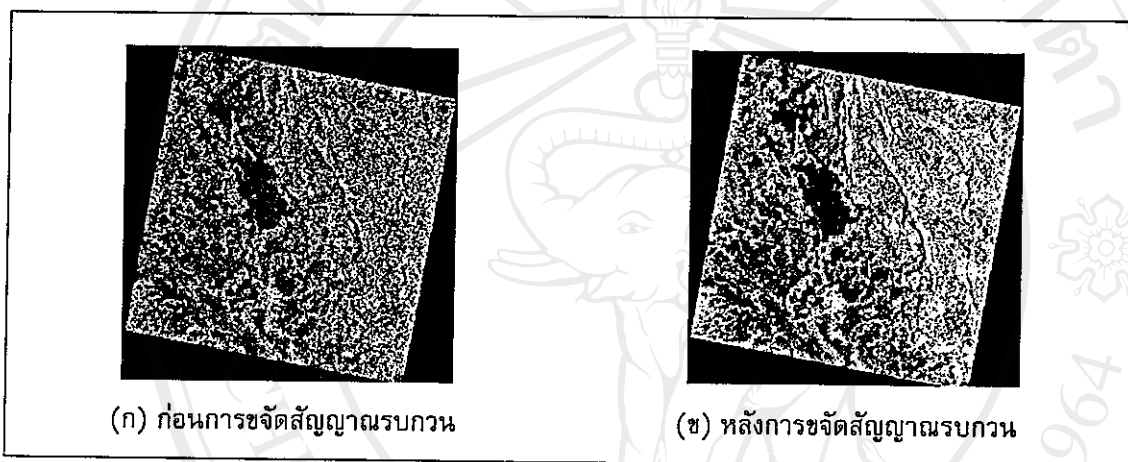


รูปที่ 4-2 ระดับน้ำรายเดือนตั้งแต่เดือนเมษายน 2538 ถึงเดือนมีนาคม 2539 ที่วัดได้ในแม่น้ำยม (สถานี Y16) และแม่น้ำน่าน (สถานี N5a)

ข้อมูลดังกล่าวสอดคล้องกับข้อมูลภาพเรดาร์ที่นำมาใช้ในการศึกษา โดยข้อมูล SAR จากดาวเทียม JERS-1 เป็นภาพที่ทำการบันทึกไว้ในวันที่ 17 พฤษภาคม 2538 ซึ่งเป็นช่วงที่ระดับน้ำที่สถานี Y16 และสถานี N5A มีระดับน้ำในลำน้ำต่ำกว่าระดับตลิ่ง 4.73 เมตร และ 6.62 เมตร ตามลำดับ ข้อมูลในวันที่ 27 กันยายน 2538 ระดับน้ำที่สถานีวัดน้ำเดียวกันมีระดับสูงล้นตลิ่ง โดยมีความสูง 3.42 เมตร และ 0.53 เมตร ตามลำดับ ข้อมูลทั้งสองช่วงเวลาจึงอยู่ในเงื่อนไขของการนำมาวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อทำการจำแนกพื้นที่น้ำท่วมด้วยวิธีการสร้างสัดส่วนข้อมูลระหว่างช่วงเวลา

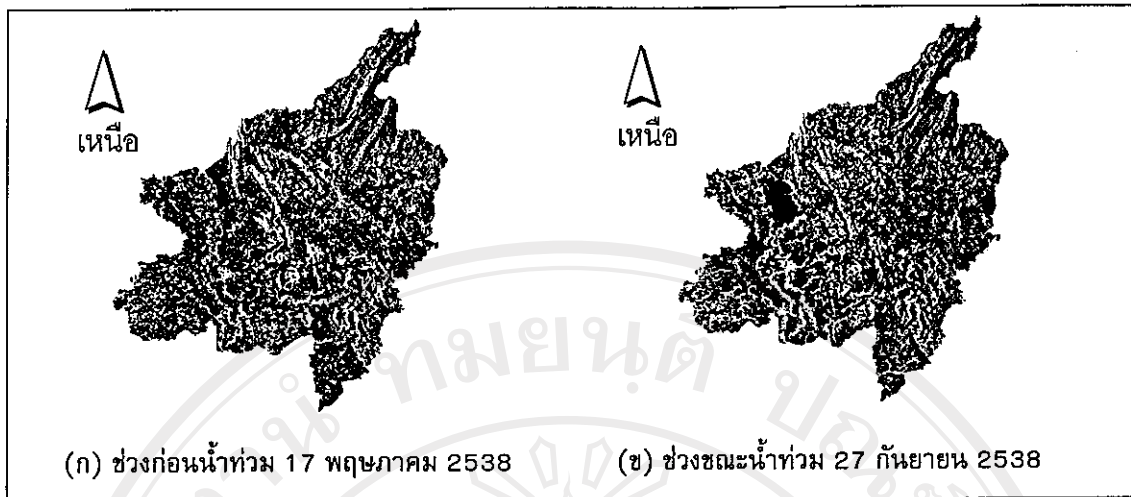
การจัดสัญญาณรบกวนในข้อมูลภาพเรดาร์

ข้อมูลภาพเรดาร์ที่นำมาวิเคราะห์จำเป็นต้องกำจัดสัญญาณรบกวน (speckle noise) ที่บดบังรายละเอียดข้อมูลในบริเวณศึกษา การใช้ Sigma filter ตามวิธีการของ Lee (1981) ด้วยหน้าต่างการคำนวณ 7×7 ซึ่งอาศัยการปรับปรุงคุณภาพข้อมูลด้วยค่า covariance ของข้อมูล แล้วตามด้วยการทำ Median filter หน้าต่างการคำนวณ 7×7 มีผลทำให้จุดต่างดำที่เป็นสัญญาณรบกวนลดลง (รูปที่ 4-3) ได้ผลเช่นเดียวกับกับรายงานของ Delmeire (1997) ซึ่งใช้ Sigma filter ในการจัดสัญญาณรบกวนในข้อมูลภาพ SAR ของดาวเทียม ERS-1 เพื่อวิเคราะห์พื้นที่น้ำท่วมในประเทศฝรั่งเศส



รูปที่ 4-3 ข้อมูลภาพเรดาร์บริเวณอำเภอเมืองและอำเภอยางชุมน้อย จังหวัดศรีสะเกษ ช่วงขณะน้ำท่วม วันที่ 27 กันยายน 2538 ก่อนและหลังการทำ Sigma filter ขนาดหน้าต่างการคำนวณ 7×7 และ Median filter ด้วยหน้าต่างการคำนวณขนาดเท่ากัน

การใช้การกระจายตัวของความถี่สะสม (histogram) ของค่าการสะท้อน และปรับค่าให้อยู่ในช่วงค่าที่เหมาะสมด้วยวิธี linear stretching มีผลทำให้ค่าข้อมูลในภาพมีการกระจายตัวอย่างเป็นสัดส่วน สามารถต่อข้อมูลภาพเรดาร์เข้าด้วยกันจนครอบคลุมพื้นที่ศึกษาได้ทั้งหมด (รูปที่ 4-4) ลักษณะภาพที่ปรากฏบริเวณสีดำในภาพเกิดจากพื้นผิวที่มีลักษณะราบเรียบ เช่น บริเวณที่เกิดน้ำท่วมและแหล่งน้ำที่มีการสะท้อนคลื่นสัญญาณน้อย หรือสะท้อนสัญญาณในทิศทางออกห่างจากเครื่องรับสัญญาณ ในขณะที่พื้นผิวอื่นๆ จะปรากฏภาพสัญญาณในลักษณะและสีที่แตกต่างไปตามคุณสมบัติของวัตถุนั้น



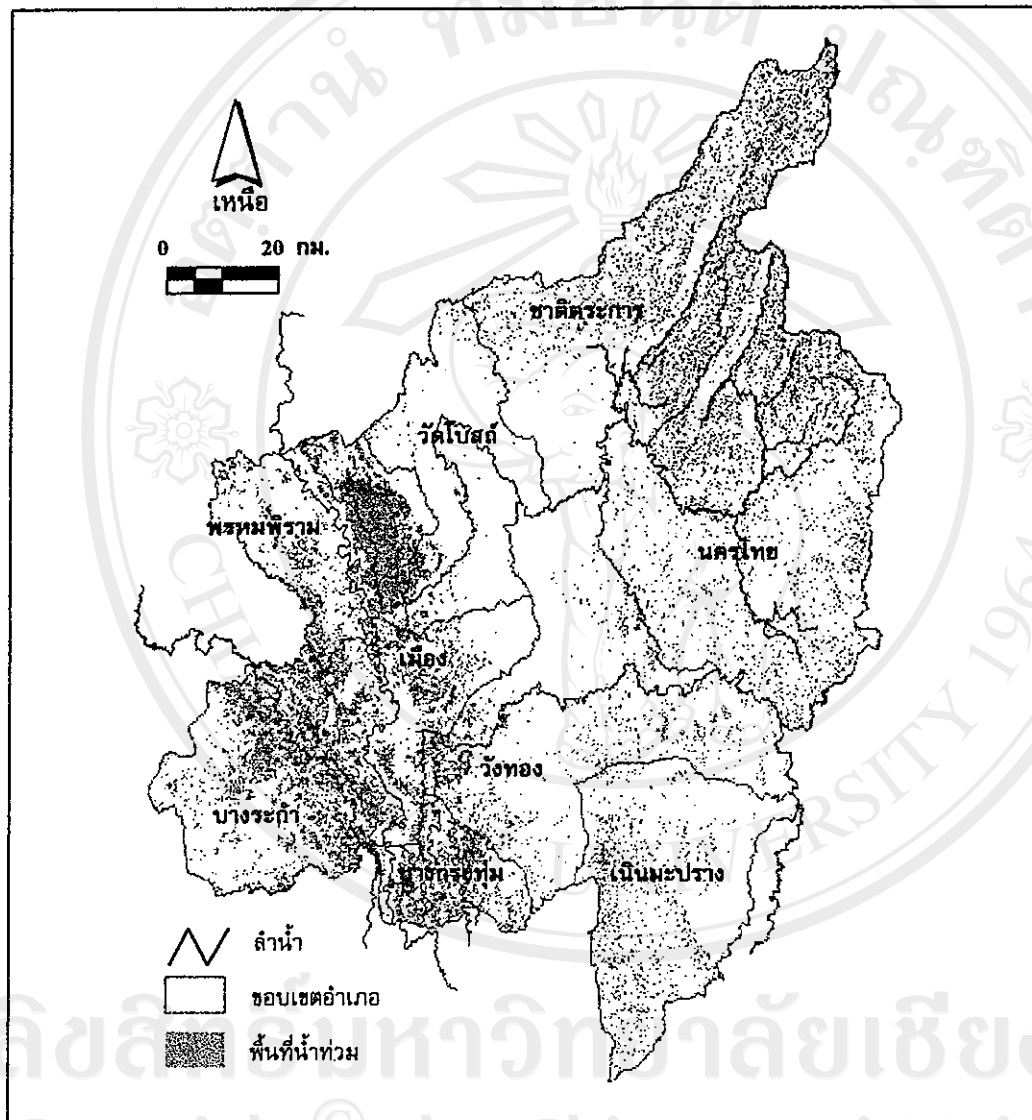
รูปที่ 4-4 ข้อมูลภาพเรดาร์บริเวณจังหวัดพิษณุโลกช่วงก่อนน้ำท่วมและขณะน้ำท่วม

การจำแนกรายละเอียดข้อมูล

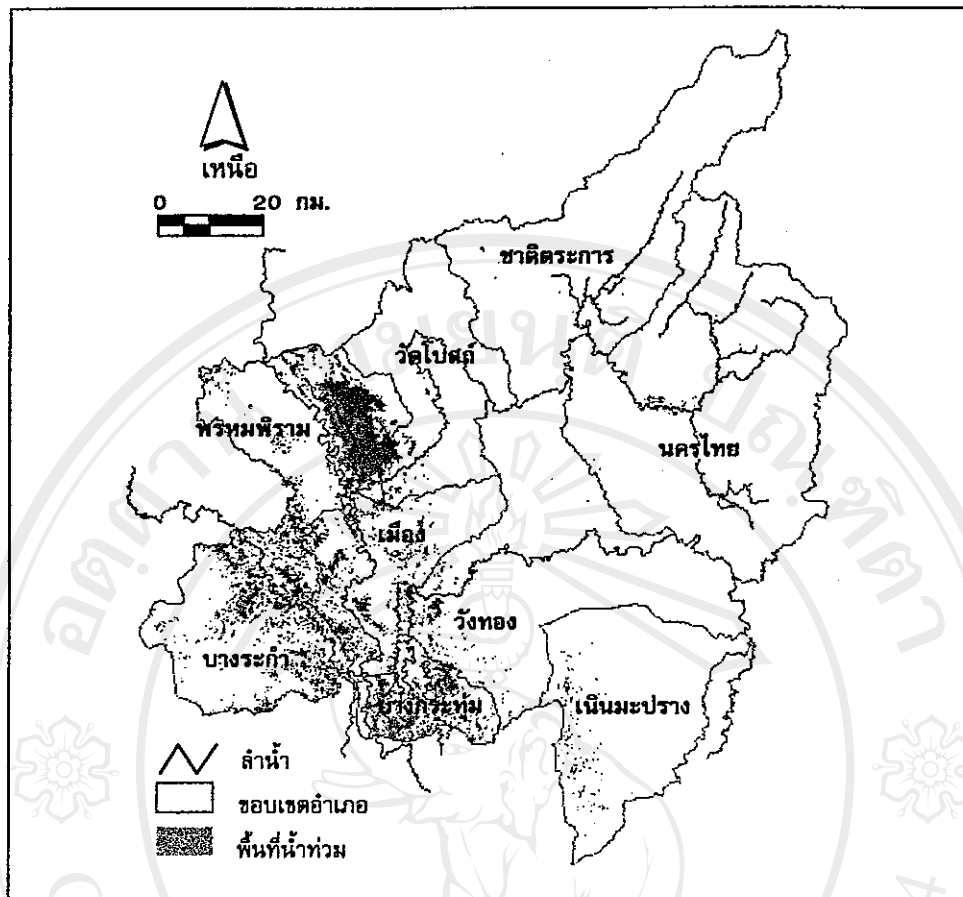
เมื่อนำข้อมูลภาพเรดาร์ช่วงก่อนน้ำท่วมและขณะน้ำท่วม มาจำแนกพื้นที่น้ำท่วมด้วยวิธีการจำแนกแบบไม่ควบคุม โดยใช้เทคนิค ISODATA (Iterative Self-Organizing Data Analysis Technique) พบว่าต้องกำหนดชั้นข้อมูลเริ่มต้น (number of class) เท่ากับ 30 ชั้น และทำการคำนวณซ้ำ (number of iteration) เป็นจำนวน 100 ครั้ง เปอร์เซ็นต์ความคงที่ของผลการจำแนก (percent of unchanged) เท่ากับ 98% ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation) ของข้อมูลแต่ละชั้นข้อมูลเท่ากับ 0.1 และความแตกต่างของค่าต่ำสุดถึงค่าเฉลี่ย (minimum distance to mean) เท่ากับ 0.3 จากนั้นจึงแจกแจงและยุบรวมชั้นข้อมูลลงเพื่อจำแนกพื้นที่น้ำท่วมออกจากการใช้ที่ดินชนิดอื่น ผลการจำแนกไม่สามารถแยกบริเวณน้ำท่วมออกจากพื้นที่ป่าไม้บริเวณภูมิประเทศที่เป็นภูเขาได้ (รูปที่ 4-5) ดังนั้นจึงใช้วิธีการวิเคราะห์ค่าอัตราส่วน (ratioing) ระหว่างช่วงเวลาแทน

การสร้างข้อมูลภาพใหม่จากค่าอัตราส่วนข้อมูลภาพต่างช่วงเวลา จะได้ข้อมูลภาพที่มีทั้งค่าบวกและลบ เมื่อพิจารณาข้อมูลภาพที่ได้จากการจำแนกแบบไม่ควบคุมที่ได้รับการจำแนกเป็นพื้นที่น้ำท่วม ทำการสกัดข้อมูลในกลุ่มดังกล่าวมาทำเป็นเขตสำหรับสรุปค่าสถิติข้อมูลภาพอัตราส่วน (summarize zone) พบว่าค่าเฉลี่ยของข้อมูลอัตราส่วนที่ปรากฏในขอบเขตดังกล่าวนี้มีค่า -0.97 โดยมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 4.01 จึงเลือกใช้ค่าเฉลี่ยบวกและลบด้วยค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานซึ่งอยู่ในช่วงค่า -4.98 ถึง 3.05 เป็นค่าในการจำแนกพื้นที่น้ำท่วม จากนั้นแปลงข้อมูลที่อยู่ในรูปแบบราสเตอร์เป็นข้อมูลแบบเวกเตอร์ (รูปที่ 4-6) แผนที่น้ำท่วมที่ได้จากข้อมูลภาพดาวเทียมสามารถนำไปวิเคราะห์ร่วมกับชั้นข้อมูลอื่นในฐานะข้อมูลเชิงพื้นที่อื่น เช่น ขอบเขตการปกครอง ทางน้ำ ลักษณะภูมิประเทศ ขอบเขตโครงการชลประทาน เป็นต้น พบว่าข้อมูลภาพเรดาร์สามารถจำแนกเขตน้ำท่วมได้ดีพอสมควร สอดคล้องกับรายงานของสำนักงานชลประทาน

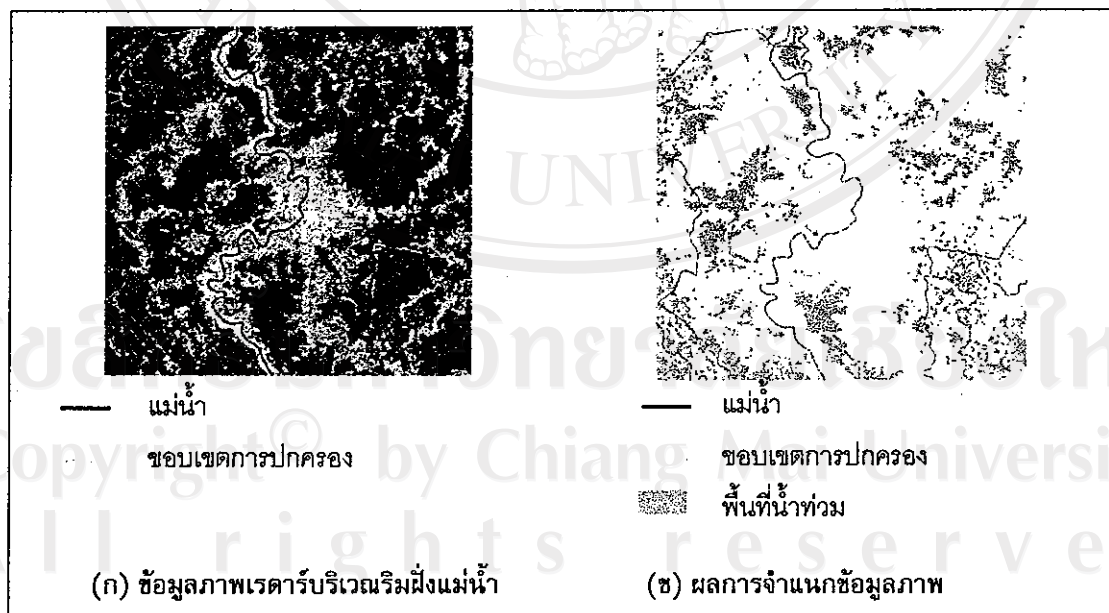
ที่ 3 จังหวัดพิษณุโลกว่ามีพื้นที่น้ำท่วมภายในโครงการชลประทานเรศวรเกิดขึ้นเป็นบริเวณกว้าง คิดเป็นเนื้อที่ 92,200 ไร่ จากพื้นที่โครงการทั้งสิ้น 94,700 ไร่ อย่างไรก็ตาม ข้อมูลภาพเรดาร์ ไม่สามารถจำแนกพื้นที่น้ำท่วมบริเวณริมฝั่งแม่น้ำและบริเวณตัวเมืองพิษณุโลกที่ปรากฏเป็นสีขาว ในภาพข้อมูล ทั้งที่รายงานระดับน้ำทำบริเวณตัวเมืองพิษณุโลกมีระดับสูงกว่าตลิ่ง 53 เซนติเมตร (รูปที่ 4-7)



รูปที่ 4-5 พื้นที่น้ำท่วมจากการจำแนกแบบไม่ควบคุม (Unsupervised classification) ข้อมูลภาพเรดาร์จากดาวเทียม JERS-1 โดยการผสมข้อมูลเดือนกันยายน กันยายน และ พฤษภาคม เป็นสีแดง เขียว และน้ำเงิน ตามลำดับ



รูปที่ 4-6 พื้นที่น้ำท่วมจากการจำแนกข้อมูลภาพเรดาร์ดาวเทียม JERS-1
วันที่ 27 กันยายน 2538 ด้วยวิธีการสร้างอัตราส่วนข้อมูล



รูปที่ 4-7 การเปรียบเทียบระหว่างข้อมูลภาพเรดาร์ที่ปรากฏเป็นสีขาวบริเวณตัวเมืองและริมฝั่งน้ำ
กับผลการจำแนกพื้นที่น้ำท่วมด้วยวิธีการสร้างอัตราส่วนข้อมูล

การประเมินความถูกต้องของการจำแนกเขตน้ำท่วม

การตรวจสอบความถูกต้องของวิธีการจำแนกพื้นที่น้ำท่วม โดยการเปรียบเทียบผลการจำแนกกับผลการตรวจสอบในภาคสนามตามตารางที่ 4-1 พบว่าความถูกต้องโดยรวม (overall accuracy) ของการจำแนกเท่ากับ 80% โดยที่ผลการประเมินความถูกต้องในแง่ของผู้จำแนก (producer accuracy) แสดงให้เห็นว่าความถูกต้องของการจำแนกพื้นที่น้ำท่วมเท่ากับ 64% ขณะที่การจำแนกพื้นที่น้ำไม่ท่วมถูกต้อง 93% เมื่อพิจารณาผลการประเมินความถูกต้องในแง่ของผู้ใช้ (user accuracy) พบว่าในบรรดาพื้นที่ที่ถูกน้ำท่วมนั้น โอกาสที่ผู้ใช้พบว่าบริเวณนั้นมีน้ำท่วมจริงเท่ากับ 87% ส่วนบริเวณที่ถูกจำแนกว่าเป็นพื้นที่น้ำไม่ท่วมนั้น ผู้ใช้มีโอกาสพบว่าน้ำไม่ท่วมจริงเท่ากับ 76% สำหรับการประเมินความถูกต้องด้วยวิธีการวิเคราะห์สถิติ Kappa พบว่าค่าสถิติโดยรวม (overall $\hat{K}$) เท่ากับ 0.58 โดยค่า Conditional $\hat{K}$ สำหรับพื้นที่น้ำท่วมและพื้นที่น้ำไม่ท่วมเท่ากับ 0.76 และ 0.42 ตามลำดับ

ตารางที่ 4-1 ตาราง Error matrix เพื่อการตรวจสอบความถูกต้องของการจำแนกพื้นที่น้ำท่วมด้วยข้อมูล SAR โดยวิธีการสร้างอัตราส่วนข้อมูล

ข้อมูลจากการจำแนก	ข้อมูลจากภาคสนาม		
	น้ำท่วม	น้ำไม่ท่วม	รวม
น้ำท่วม	36	5	41
น้ำไม่ท่วม	20	63	83
รวม	56	68	124

Producer's Accuracy		User's Accuracy	
น้ำท่วม	$36/56 = 0.64$	น้ำท่วม	$36/41 = 0.87$
น้ำไม่ท่วม	$63/68 = 0.93$	น้ำไม่ท่วม	$63/83 = 0.76$

Overall Accuracy = 0.80

Overall Kappa = 0.58	Conditional Kappa _{flood} = 0.76
	Conditional Kappa _{non-flood} = 0.42

จากตารางที่ 4-1 แสดงให้เห็นว่าการจำแนกพื้นที่น้ำท่วมโดยการวิเคราะห์ข้อมูลภาพเรดาร์ยังให้ผลความคลาดเคลื่อนอยู่ในบางส่วน ทั้งนี้เนื่องจากพื้นที่ศึกษาจังหวัดพิษณุโลกเป็นพื้นที่ที่มีการทำนาตลอดปี หลังจากการเก็บเกี่ยวแล้วจะมีการเตรียมที่และสูบน้ำเข้าพื้นที่นาทันที เพื่อปลูกข้าวในช่วงต่อไป ด้วยเหตุนี้ ค่าการสะท้อนของภาพเรดาร์ในเดือนพฤษภาคมจึงปรากฏพื้นที่สีดำ เนื่องจากพื้นที่นาที่มีการสูบน้ำเข้าที่นาแล้ว จะดูดกลืนพลังงาน ซึ่งมีลักษณะคล้ายกับพื้นที่น้ำท่วม ปัญหาดังกล่าวจึงเป็นอุปสรรคหนึ่งในการจำแนก

ปัญหาอีกประการหนึ่งของการจำแนกข้อมูลด้วยภาพเรดาร์คือ ภาพสัญญาณเรดาร์ที่นำมาวิเคราะห์ในวันที่ 27 กันยายน 2538 เป็นช่วงเวลาที่มีปริมาณน้ำท่ารายวันที่วัดได้จากสถานีวัดน้ำต่าง ๆ ในแม่น้ำยมและแม่น้ำน่านบริเวณพื้นที่ศึกษาได้ขึ้นสูงกว่าระดับตลิ่งมาเป็นช่วงระยะเวลาหนึ่งและผ่านจุดสูงสุดไปแล้ว พื้นที่เขตนํ้าท่วมที่ได้จากการวิเคราะห์จึงอาจแผ่กว้างไม่มากเท่ากับในช่วงเวลาการขึ้นสูงสุดของระดับน้ำ ประกอบกับไม่มีหน่วยงานใดสร้างแผนที่เขตนํ้าท่วมปีพ.ศ. 2538 เพื่อใช้เป็นแผนที่อ้างอิง (reference map) ได้ การประเมินความถูกต้องอาศัยวิธีการสัมภาษณ์เกษตรกรในจุดลุ่มตัวอย่างหลังจากเกิดเหตุการณ์แล้ว 2 ปี อาจทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนได้ วิธีการหนึ่งซึ่งสามารถช่วยให้การสร้างแผนที่เขตนํ้าท่วมแม่นยำมากยิ่งขึ้นคือการใช้แบบจำลองลุ่มน้ำ WMS ซึ่งนำมาใช้ในการจำลองเขตนํ้าท่วมในช่วงเวลาใกล้เคียงกับการบันทึกภาพ โดยอาศัยสภาพภูมิประเทศและระดับน้ำท่าที่วัดได้จริงที่สถานีวัดน้ำในช่วงเวลาดังกล่าว

ผลการจำลองเขตนํ้าท่วมด้วยแบบจำลอง WMS

พื้นที่น้ำท่วม ณ เวลาใดเวลาหนึ่งในสภาพความเป็นจริง นอกจากจะขึ้นอยู่กับสภาพภูมิประเทศแล้ว ยังขึ้นอยู่กับช่วงเวลาในการเอ่อล้นของน้ำในลำน้ำ โครงสร้างทางวิศวกรรมที่มีผลโดยตรงต่อการควบคุมน้ำท่วม เช่น แนวคันดินกั้นน้ำ ตำแหน่งท่อลอด ถนน สะพาน เป็นต้น ดังนั้นการจำลองพื้นที่น้ำท่วมจึงต้องพิจารณาปัจจัยเหล่านี้ประกอบ

ผลของช่วงเวลาที่น้ำเอ่อล้นต่อการจำลองน้ำท่วม

แบบจำลอง WMS ต้องการข้อมูลน้ำเข้าเป็นระดับน้ำในลำน้ำซึ่งเปลี่ยนแปลงไปตามเวลา การเลือกวันที่ทำการจำลอง มีผลกระทบต่อผลการจำลองเขตนํ้าท่วมที่จำลองได้ตามพลวัตของน้ำในลำน้ำ จากการทดสอบการจำลองเขตนํ้าท่วมโดยนำเข้าสู่ข้อมูลระดับน้ำท่า 3 ช่วงเวลา คือ วันที่ 2 กันยายน 2538 ซึ่งเป็นวันที่ระดับน้ำท่าได้ระดับสูงสุดที่สถานีวัดน้ำท่าที่อยู่เหนือจังหวัดพิษณุโลกเล็กน้อย วันที่ 6 กันยายน 2538 เมื่อระดับน้ำท่าสูงสุดที่อำเภอพรหมพิราม และวันที่ 27 กันยายน 2538 เป็นวันที่ดาวเทียม JERS-1 บันทึกข้อมูลเรดาร์ ผลการทดสอบพบว่าในวันที่ 2 กันยายน (รูปที่ 4-8(ก)) มีระดับน้ำสูงกว่าตลิ่ง ทำให้เกิดน้ำท่วมกินบริเวณกว้างตั้งแต่อำเภอพรหมพิรามจนถึงอำเภอบางกระทุ่ม และมีพื้นที่บางส่วนในอำเภอนครไทยและอำเภอชาติตระการเกิดน้ำท่วมเป็นบริเวณไม่กว้างขวางนัก เมื่อระดับน้ำที่อำเภอพรหมพิรามเริ่มสูงขึ้น

ในวันที่ 6 กันยายน (รูปที่ 4-8(ข)) ระดับน้ำทำในลำน้ำน่านเหนือจังหวัดพิษณุโลกจะเริ่มลดลง ระดับน้ำที่เพิ่มขึ้นที่อำเภอพรหมพิรามทำให้เกิดพื้นที่น้ำท่วมเป็นบริเวณกว้างในเขตอำเภอเมือง และอำเภอวังทอง ส่วนพื้นที่น้ำท่วมที่จำลองได้ในวันที่ 27 กันยายน จะเริ่มลดลง เนื่องจากระดับน้ำทำในสถานีวัดน้ำต่างๆ เริ่มลดลง (รูปที่ 4-8(ค))

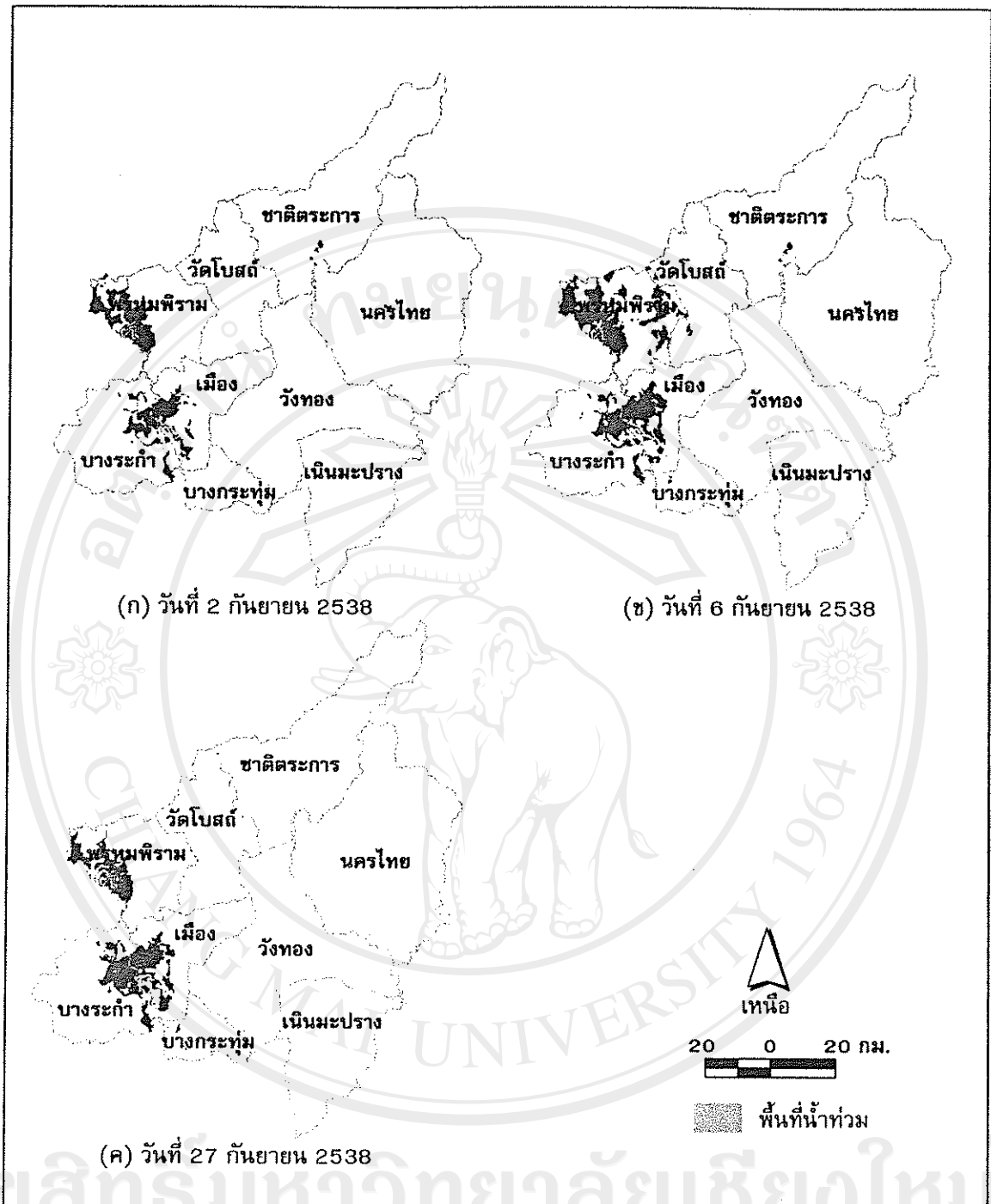
แบบจำลอง WMS ต้องการข้อมูลนำเข้าเป็นระดับน้ำในลำน้ำซึ่งเปลี่ยนแปลงไปตามเวลา ดังนั้น การเลือกวันที่ทำการจำลองมีผลกระทบต่อผลการจำลองเขตน้ำท่วมที่จำลองได้ตามพลวัตของน้ำในลำน้ำ

ผลของคันดินกั้นน้ำต่อการจำลองเขตน้ำท่วม

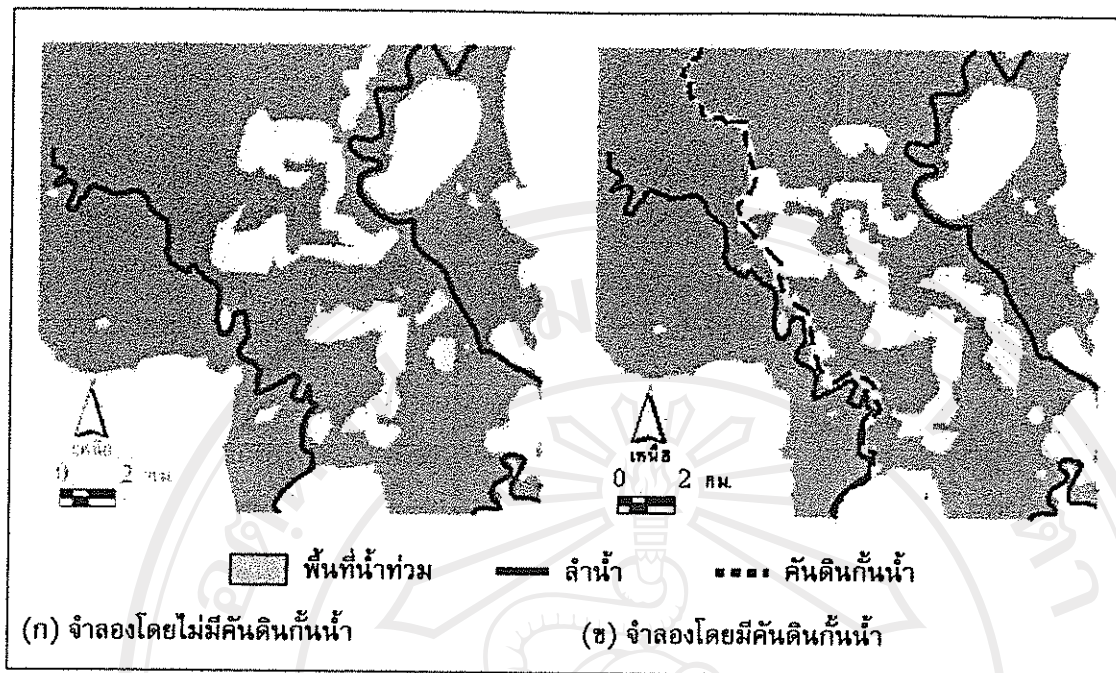
การกำหนดแนวคันดินกั้นน้ำสามารถทำได้ในแบบจำลองด้วยการนำเข้าแนวคันดินได้ออกแบบและสร้างขึ้นโดยสำนักงานชลประทานที่ 3 จังหวัดพิษณุโลก ในการจำลองได้กำหนดระดับคันดินให้มีความสูง 4 เมตรจากระดับพื้นดินตลอดแนวคันดิน ผลการจำลองเขตน้ำท่วมด้วยแบบจำลองจะแตกต่างจากที่ไม่ได้กำหนดแนวคันดินในการจำลองอย่างชัดเจน เมื่อพิจารณาผลการจำลองเขตน้ำท่วมในบริเวณอำเภอบางระกำโดยไม่ได้กำหนดแนวคันดิน (รูปที่ 4-9(ก)) เปรียบเทียบกับการจำลองที่กำหนดแนวคันดิน (รูปที่ 4-9(ข)) จะเห็นได้ว่าพื้นที่บริเวณน้ำไม่ท่วมมีขนาดเพิ่มขึ้น และตำแหน่งของบริเวณน้ำท่วมจะเปลี่ยนแปลงไปโดยเฉพาะบริเวณหลังแนวคันดินกั้นน้ำ ดังนั้นในการจำลองเขตน้ำท่วมในพื้นที่ที่ศึกษาจึงได้รวมแนวคันดินทุกแนวตามรายละเอียดในแผนที่ของสำนักงานชลประทานที่ 3

ผลของการใช้แบบจำลอง WMS ร่วมกับภาพเรดาร์ในการจำแนกพื้นที่น้ำท่วม

การสะท้อนสัญญาณที่ไม่สม่ำเสมอบริเวณพื้นที่น้ำท่วมที่มีอาคารสูงหรือได้ทรงพุ่มต้นไม้บริเวณริมฝั่งน้ำ (รูปที่ 4-10) เมื่อใช้ข้อมูลน้ำท่วมที่จำลองได้จากแบบจำลอง WMS ในช่วงเวลา 3 วันก่อนการบันทึกข้อมูลภาพเรดาร์ โดยเลือกบริเวณที่เป็นชุมชนและพื้นที่ที่อยู่ริมฝั่งน้ำ (รูปที่ 4-11) มารวมกับผลการจำแนกเขตน้ำท่วมด้วยข้อมูลภาพเรดาร์ พบว่าค่าความถูกต้องของการจำแนกน้ำท่วมจากการใช้แบบจำลอง WMS ร่วมกับภาพเรดาร์สามารถเพิ่มความถูกต้องของการจำแนกโดยรวม (overall accuracy) จากเดิม 80% เป็น 83% (ตารางที่ 4-2) นอกจากนี้ค่าสถิติ Kappa โดยรวมได้เพิ่มขึ้นจาก 0.58 เป็น 0.65 (รูปที่ 4-12)



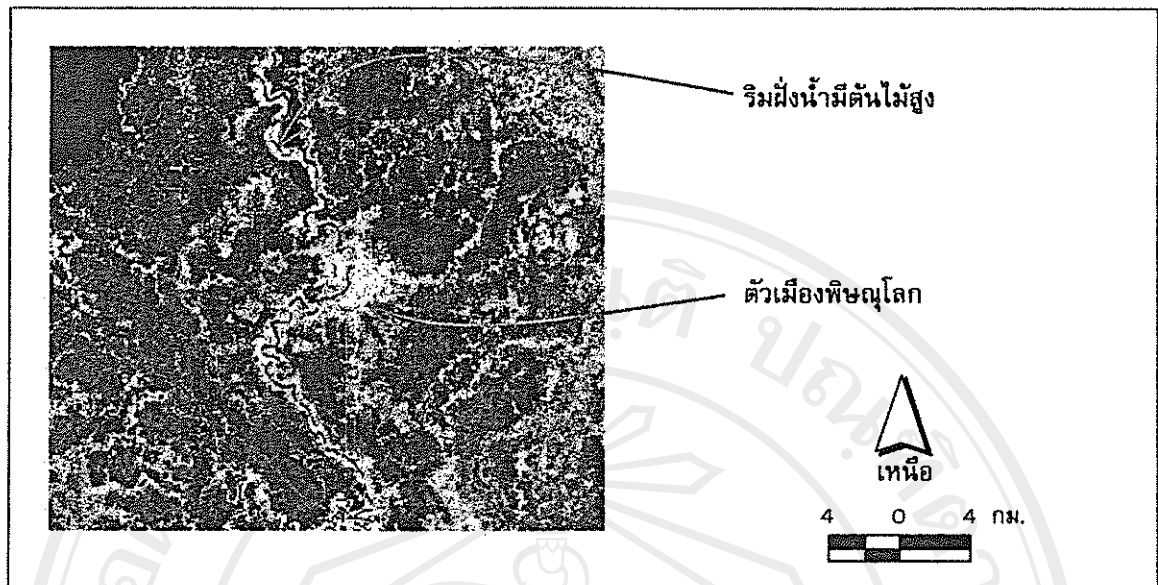
รูปที่ 4-8 พื้นที่น้ำท่วมบริเวณจังหวัดพิษณุโลก สร้างจากการจำลองโดยใช้ข้อมูลน้ำท่า ณ สถานีวัดน้ำต่างๆ ด้วยแบบจำลอง WMS



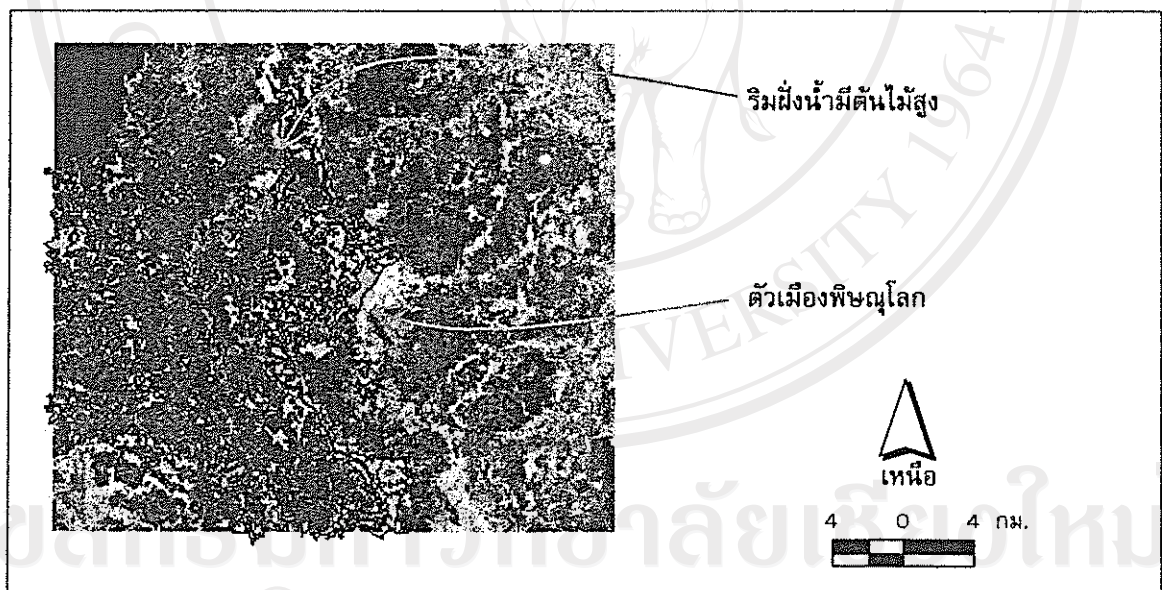
รูปที่ 4-9 ผลของคันดินกันน้ำต่อการจำลองเซตน้ำท่วม

เหตุการณ์น้ำท่วมในปี 2538 ก่อให้เกิดความเสียหายอย่างกว้างขวาง จากการสำรวจของสำนักงานเกษตรจังหวัดพิษณุโลกและรายงานในสมุดรายงานสถิติจังหวัด (สำนักงานสถิติจังหวัดพิษณุโลก, 2539) พบว่ามีเนื้อที่ปลูกข้าวในจังหวัดพิษณุโลกเสียหายรวม 525,746 ไร่ หรือ 33% ของพื้นที่ปลูกข้าว โดยอำเภอวังทองมีความเสียหายมากที่สุดถึง 270,969 ไร่ รองลงมาได้แก่ อำเภอบางระกำและพรหมพิราม ซึ่งมีเนื้อที่เสียหาย 168,669 และ 157,296 ไร่ ตามลำดับ เมื่อนำผลการวิเคราะห์ข้อมูลภาพเรดาร์ร่วมกับแบบจำลอง WMS ไปวิเคราะห์เชิงซ้อนทับร่วมกับขอบเขตการปกครอง สามารถคำนวณเป็นเนื้อที่ของเซตน้ำท่วมในแต่ละอำเภอของจังหวัดพิษณุโลกได้ พบว่าอำเภอบางระกำเป็นอำเภอที่มีน้ำท่วมกินบริเวณกว้างขวางที่สุด 159,423 ไร่ รองลงมาเป็นอำเภอพรหมพิรามและอำเภอเมือง มีเนื้อที่เสียหาย 135,724 และ 116,564 ไร่ ตามลำดับ สำหรับอำเภอวังทองมีเนื้อที่เสียหายอยู่ในลำดับที่ 4 คิดเป็นเนื้อที่ 20,960 ไร่ เมื่อเปรียบเทียบขนาดเนื้อที่ความเสียหายจากทั้งสองแหล่ง พบว่ามีความสอดคล้องกัน ยกเว้นในอำเภอวังทองซึ่งผลการจำแนกมีความแตกต่างจากรายงานเป็นอย่างมาก

Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ 4-10 ตัวอย่างสัญญาณภาพเรดาร์ วันที่ 27 กันยายน 2538 บริเวณที่อาจเกิดน้ำท่วม แต่มีอาคารสูงหรือต้นไม้สูงปกคลุมริมฝั่งน้ำ (ภาพสีขาว)



รูปที่ 4-11 เขตน้ำท่วมบริเวณตัวเมืองและริมฝั่งน้ำที่มีต้นไม้ปกคลุมสร้างขึ้นจากแบบจำลอง WMS โดยใช้ข้อมูลน้ำท่าระหว่างวันที่ 25-27 กันยายน 2538

ตารางที่ 4-2 ตาราง Error matrix เพื่อการตรวจสอบความถูกต้องของการจำแนกพื้นที่น้ำท่วมด้วยข้อมูล SAR โดยวิธีการสร้างอัตราส่วนข้อมูลร่วมกับผลจากแบบจำลอง WMS

ข้อมูลจากการจำแนก	ข้อมูลจากภาคสนาม		
	น้ำท่วม	น้ำไม่ท่วม	รวม
น้ำท่วม	42	7	49
น้ำไม่ท่วม	14	61	75
รวม	56	68	124

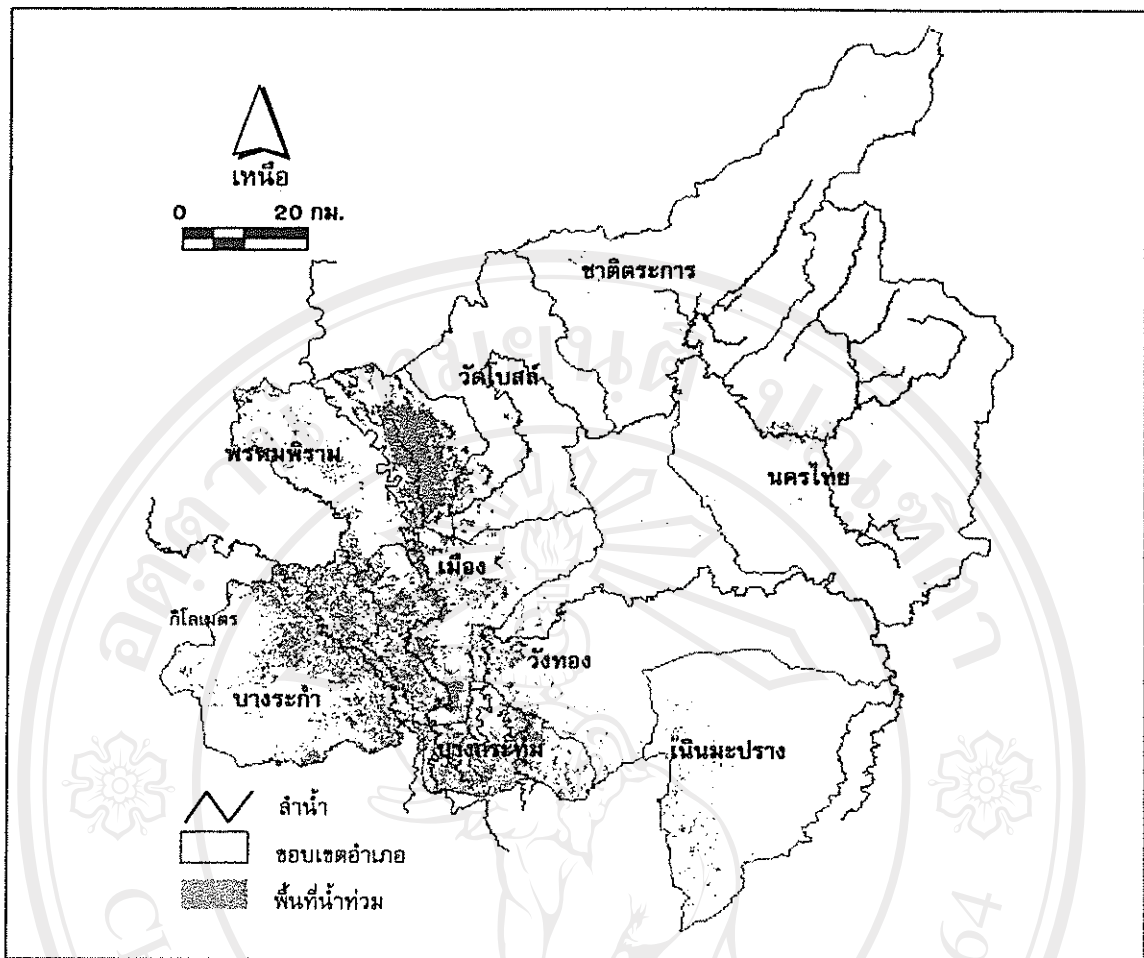
Producer's Accuracy		User's Accuracy	
น้ำท่วม	$42/56 = 0.75$	น้ำท่วม	$42/49 = 0.85$
น้ำไม่ท่วม	$61/68 = 0.90$	น้ำไม่ท่วม	$61/75 = 0.81$
Overall Accuracy = 0.83			
Overall Kappa = 0.65		Conditional Kappa _{flood}	= 0.72
		Conditional Kappa _{non-flood}	= 0.59

ผลการจำลองความยาวนานการเกิดน้ำท่วม

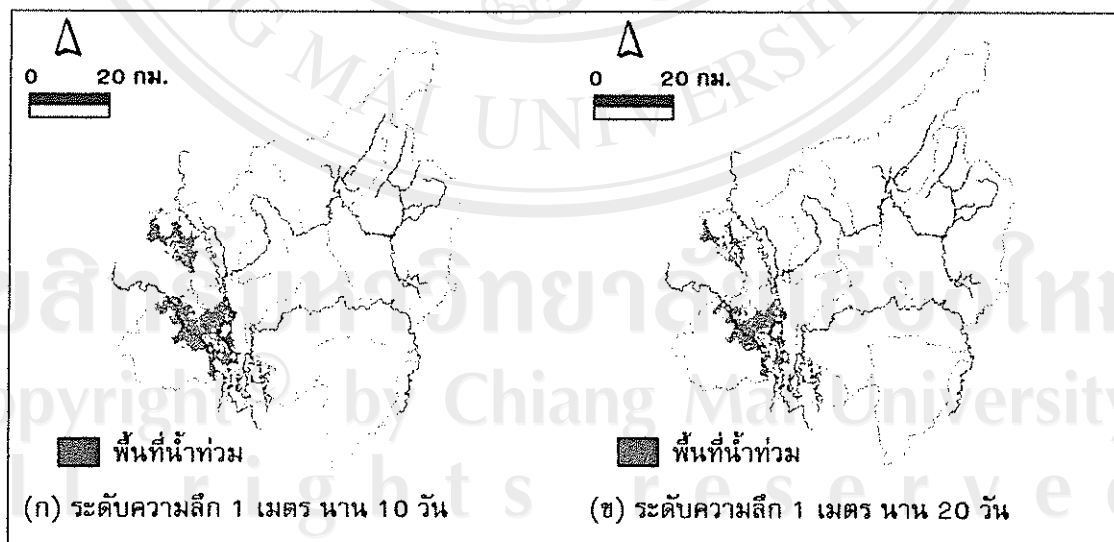
แบบจำลอง WMS สามารถจำลองความยาวนานในการเกิดน้ำท่วมบริเวณจังหวัดพิษณุโลกจากข้อมูลน้ำท่ารายวันในปี 2538 ได้เป็นอย่างดี โดยผลการจำลองชี้ให้เห็นว่าขอบเขตพื้นที่น้ำท่วมขึ้นอยู่กับระดับความลึกของน้ำ ตลอดจนความยาวนานในการเกิดน้ำท่วมที่จำลองและสร้างเป็นแผนที่ เขตน้ำท่วมจะกินบริเวณกว้างขวางถ้าระดับความลึกของน้ำที่ท่วมกำหนดไว้มีค่าต่ำและความยาวนานของการเกิดอยู่ในช่วงระยะเวลานั้น ผลการจำลองเขตน้ำท่วมที่ระดับความลึกอย่างน้อย 1 เมตร ยาวนาน 5, 10, 15 และ 20 วัน (รูปที่ 4-13) แสดงให้เห็นว่าพื้นที่น้ำท่วมลึกอย่างน้อย 1 เมตร นานต่อเนื่องกัน 5 วัน กินบริเวณกว้างขวางที่สุด และลดหลั่นลงตามระยะเวลาที่เพิ่มขึ้น สอดคล้องกับพื้นที่น้ำท่วมที่มีความลึกอย่างน้อย 2 เมตร (รูปที่ 4-14)

ผลของจำนวนสถานีวัดน้ำในเครือข่ายลำน้ำต่อเขตน้ำท่วมที่ได้จากการจำลอง

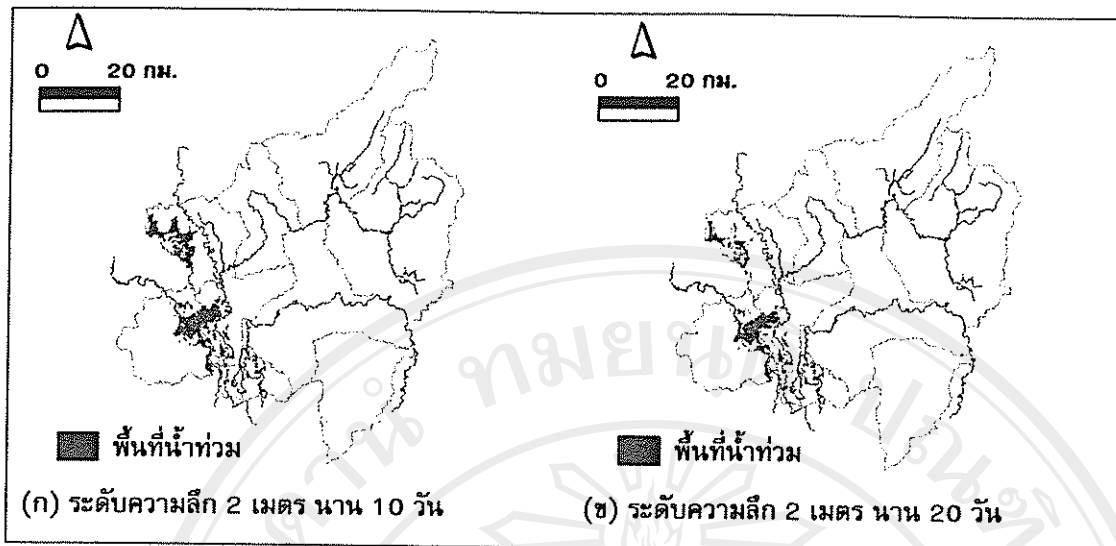
จำนวนสถานีวัดน้ำในเครือข่ายลำน้ำมีผลต่อเขตน้ำท่วมที่จำลองได้ด้วยแบบจำลอง WMS เมื่อทดสอบการขาดหายไปของสถานีวัดน้ำท่าบางสถานี เทียบกับการจำลองด้วยข้อมูลที่ครบตามจำนวนสถานีที่กรมชลประทานรายงาน พบว่าลักษณะเขตน้ำท่วมที่ปรากฏมีขนาดลดลงและเปลี่ยนแปลงตำแหน่งไปจากเดิม เป็นผลให้ได้ข้อมูลที่ไม่ถูกต้องสมบูรณ์ (รูปที่ 4-15)



รูปที่ 4-12 พื้นที่น้ำท่วมจากการจำแนกข้อมูลภาพเรดาร์ดาวเทียม JERS-1 วันที่ 27 กันยายน 2538 ด้วยวิธีการสร้างอัตราส่วนข้อมูลร่วมกับข้อมูลที่ได้จากแบบจำลอง WMS



รูปที่ 4-13 ผลการจำลองการเกิดน้ำท่วมความลึก 1 เมตร นานติดต่อกัน 10 วัน และ 20 วัน ในจังหวัดพิษณุโลก โดยใช้แบบจำลอง WMS และข้อมูลน้ำท่ารายวัน ปี 2538

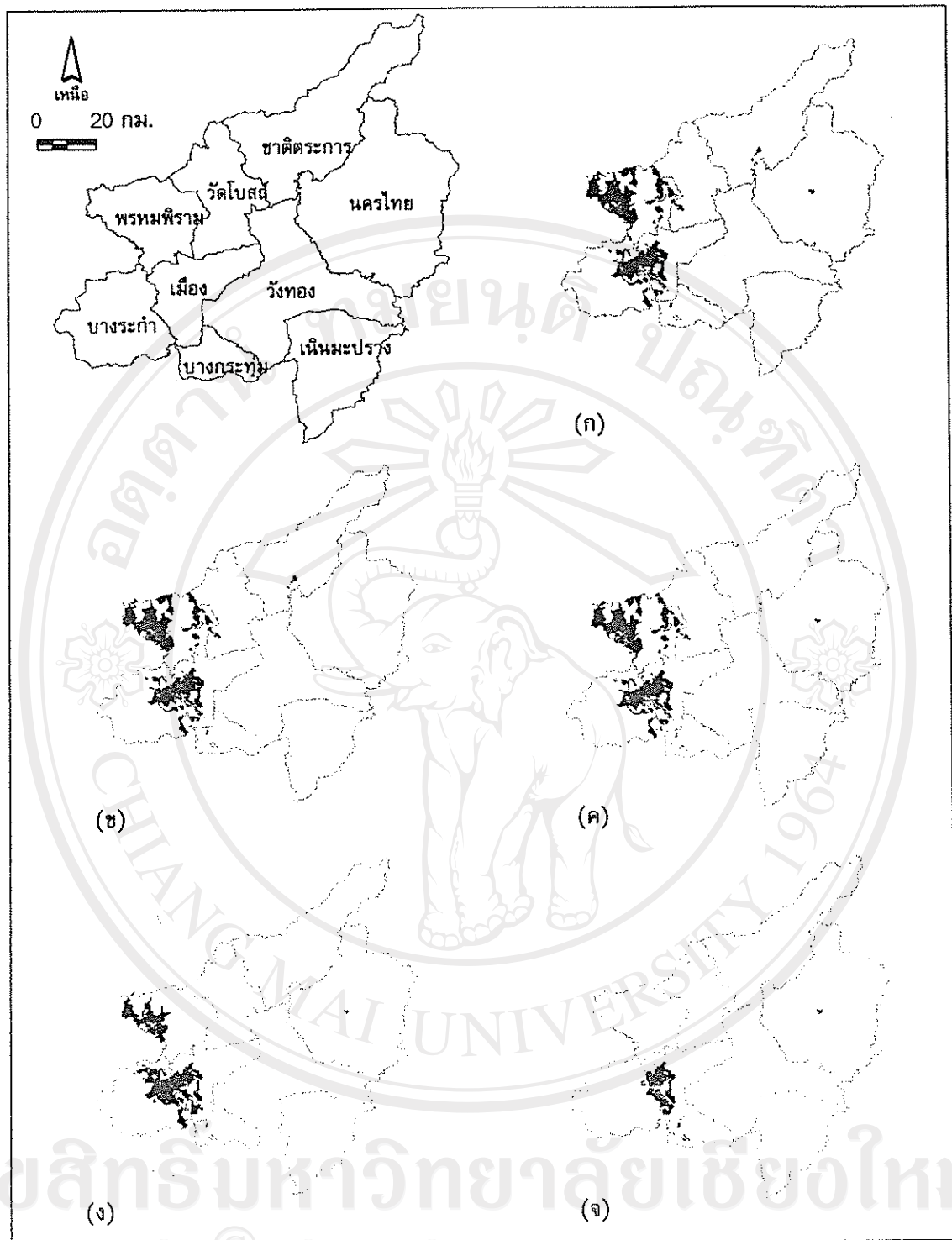


รูปที่ 4-14 ผลการจำลองการเกิดน้ำท่วมความลึก 2 เมตร นานติดต่อกัน 10 วัน และ 20 วัน
ในจังหวัดพิษณุโลก โดยใช้แบบจำลอง WMS และข้อมูลน้ำท่ารายวันปี 2538

เมื่อทดสอบการเพิ่มสถานีวัดน้ำสมมติในบางตำแหน่งที่ไม่มีการจัดบันทึกข้อมูลเนื่องจากขาดสถานีวัดน้ำในบางบริเวณ เช่น บริเวณโครงการชลประทานนเรศวร ซึ่งการจำลองไม่ปรากฏว่ามีน้ำท่วม ผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่าการเพิ่มสถานีมีผลต่อการจำลองพื้นที่น้ำท่วม โดยในพื้นที่โครงการชลประทานนเรศวรเกิดน้ำท่วมเป็นบริเวณกว้างใกล้เคียงกับลักษณะที่ปรากฏในภาพเรดาร์ (รูปที่ 4-16) อย่างไรก็ตามขนาดและรูปร่างของพื้นที่น้ำท่วมมีความแตกต่างจากความเป็นจริง เนื่องจากค่าระดับน้ำที่กำหนดให้กับสถานีเป็นค่าที่สมมติขึ้น อาจมาก น้อย หรือไม่สัมพันธ์กับความเป็นจริง การทดสอบทั้งสองแสดงให้เห็นว่าการลดหรือเพิ่มสถานีวัดน้ำในโครงข่ายลำน้ำมีผลต่อความแม่นยำในการจำลองพื้นที่น้ำท่วมด้วยแบบจำลอง WMS

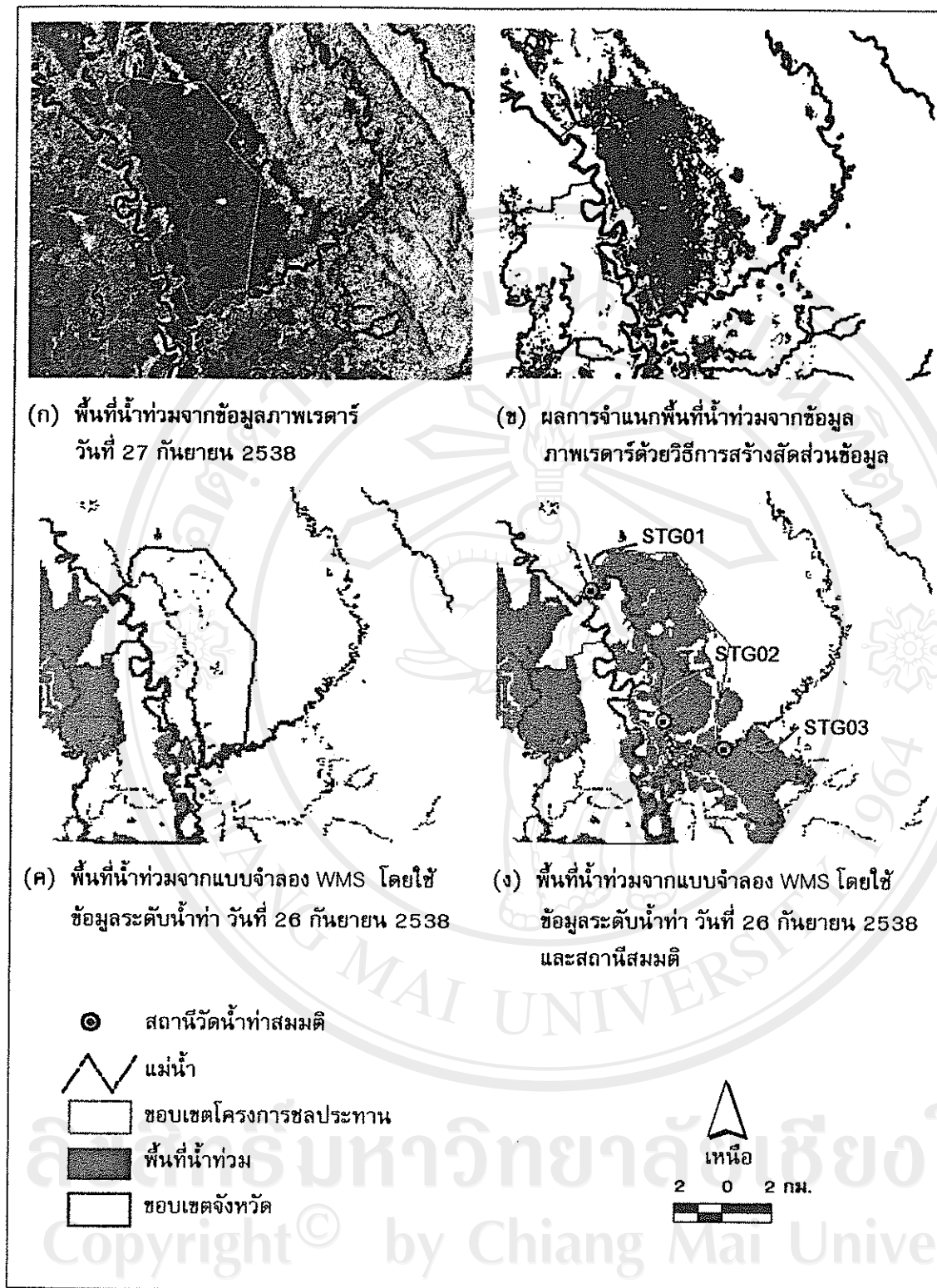
แผนที่โอกาสการเกิดน้ำท่วม

เมื่อนำข้อมูลระดับน้ำท่ารายวันในปี 2534 ถึง 2539 มาสร้างเขตน้ำท่วมที่มีความลึก 1.5 เมตร และมีช่วงความยาวนานการท่วมขัง 10 วัน จากนั้นจึงแปลงข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบราสเตอร์ โดยกำหนดค่าในช่องกริดที่เป็นพื้นที่น้ำท่วมให้มีค่าเท่ากับ 1 และพื้นที่ที่ไม่ถูกน้ำท่วมมีค่าเท่ากับ 0 ใช้ชั้นข้อมูลทั้งหมดมาบวกกันและหารด้วยจำนวนปีของข้อมูลคือ 6 ปี ค่าที่ได้ในแต่ละช่องกริดจะแสดงโอกาสการเกิดน้ำท่วมในรอบระยะเวลา 6 ปี แต่เนื่องจากค่าผลลัพธ์ที่ได้เป็นค่าทศนิยม ไม่สะดวกในการจัดเก็บ จึงแปลงค่าเป็นรอบการเกิดน้ำท่วมซ้ำในรอบ 6 ปี เพื่อให้สะดวกในการจัดเก็บฐานข้อมูลโอกาสการเกิดน้ำท่วมในรูปแบบเวกเตอร์



รูปที่ 4-15 การเปรียบเทียบผลการลดจำนวนสถานีวัดน้ำท่าที่ใช้ในการจำลองพื้นที่น้ำท่วม

- (ก) จำลองจากข้อมูลของทุกสถานีวัดน้ำ วันที่ 5 กันยายน 2538
- (ข) ข้อมูลสถานี N36 ไม่ถูกนำมาใช้ในการจำลอง
- (ค) ข้อมูลสถานี N55 ไม่ถูกนำมาใช้ในการจำลอง
- (ง) จำลองจากข้อมูลของทุกสถานีวัดน้ำ วันที่ 16 กันยายน 2538
- (จ) ข้อมูลสถานี Y16 ไม่ถูกนำมาใช้ในการจำลอง



รูปที่ 4-16 การเปรียบเทียบผลการใช้สถานีสมมติเพิ่มเติมในการจำลองพื้นที่น้ำท่วมในโครงการชลประทานนเรศวร

ข้อมูลระดับน้ำท่าตามสถานีวัดน้ำต่างๆ ในเขตจังหวัดพิษณุโลกและจังหวัดใกล้เคียงที่ได้ทำการบันทึกไว้โดยกรมชลประทาน สามารถนำมาจำลองพื้นที่น้ำท่วมรายปีและสร้างเป็นแผนที่โอกาสการเกิดน้ำท่วมที่มีความลึก 1.5 เมตร ยาวนานติดต่อกันอย่างน้อย 10 วันได้ นอกจากนี้ยังสามารถสร้างแผนที่โอกาสการเกิดน้ำท่วมในระดับความลึกและช่วงความยาวนานต่างๆ ทั้งโอกาสการเกิดน้ำท่วมในรอบปีหรือโอกาสการเกิดน้ำท่วมในวันต่างๆ ของปี เพื่อให้สอดคล้องกับความต้องการของแบบจำลองข้าวได้ อย่างไรก็ตามจำนวนข้อมูลที่มีการบันทึกไว้ยังมีระยะเวลาไม่นานมากพอ จึงเป็นข้อจำกัดที่ไม่สามารถสร้างเป็นแผนที่โอกาสการเกิดน้ำท่วมที่มีความถูกต้องสูงได้ แต่แผนที่ในรายงานฉบับนี้จะเป็นตัวอย่างของข้อมูลเชิงพื้นที่ที่มีความสำคัญในการใช้ปรับลดผลผลิตข้าวในแบบจำลองข้าว เพื่อให้ระบบสนับสนุนการตัดสินใจการผลิตข้าวสามารถทำนายผลผลิตข้าวในพื้นที่น้ำท่วมรุนแรงได้ถูกต้องมากขึ้น

เอกสารอ้างอิง

เขาวลิต ศิลปทอง. 2536. ข้อมูลทั่วไปและการใช้ประโยชน์ข้อมูล SAR ของ JERS-1. จุลสารดาวเทียม. 46:1-4.

เมธี เอกะสิงห์, ถาวร อ่อนประไพ, พนมศักดิ์ พรหมบุรณย์, จุไรพร แก้วทิพย์, สุรีย์พร สุดชาลี เฉลิมพล สำราญพงษ์, สิทธิเดช ณ เชียงใหม่ และ ทนงเกียรติ อุปันโน. 2543.ฐานข้อมูลเชิงพื้นที่ในระบบสนับสนุนการตัดสินใจการผลิตข้าว รายงานผลการวิจัยฉบับสมบูรณ์ส่วนที่ 2 โครงการวิจัยระบบสนับสนุนการตัดสินใจการผลิตพืช: ข้าวในภาคเหนือ. ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

เมธี เอกะสิงห์ และ สุรีย์พร สุดชาลี. 2541. การพัฒนาระบบข้อมูลเชิงพื้นที่โครงการชลประทานในระบบสนับสนุนการตัดสินใจการผลิตข้าว. หน้า 2-37. ใน: เมธี เอกะสิงห์ และคณะ. รายงานความก้าวหน้าฉบับที่ 2 โครงการวิจัยระบบสนับสนุนการตัดสินใจการผลิตพืช: ข้าวในภาคเหนือ. ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

รัศมี สุวรรณวีระกำธร. 2540. การศึกษาพื้นที่น้ำท่วมบริเวณจังหวัดสุราษฎร์ธานีและพื้นที่ใกล้เคียงในช่วงเดือนสิงหาคม 2540. จุลสารดาวเทียม. 62:1-3.

วัชร วีระพันธุ์. 2538. การจำลองน้ำท่วมในลุ่มน้ำอุตะเกา. เอกสารวิชาการเลขที่ 556.166-01-2538. กรมอุตุนิยมวิทยา, กรุงเทพฯ. 44 หน้า.

- สุวิทย์ วิบูลย์เศรษฐ์, ไพบูลย์ เรืองศิริ, ราเชนทร์ ศรีภูมิพันธ์, สุภาพิศ ผลงาม และ
พรทิพย์ กาญจนสุนทร. 2525. การใช้ภาพจากดาวเทียมแสดงขอบเขตพื้นที่น้ำท่วม
บริเวณลุ่มน้ำมูล-ชี. จุลสารดาวเทียม. 5:20-28.
- สำนักงานสถิติจังหวัดพิษณุโลก. 2538-39. สมุดรายงานสถิติจังหวัดพิษณุโลก. สำนักงานสถิติ
แห่งชาติ, สำนักนายกรัฐมนตรี.
- Cihlar, J., T.J. Pultz and A.L. Gray. 1992. Change detection with synthetic aperture
radar. Remote Sensing Journal. 11:401-414..
- Congalton, R.G. 1991. A review of assessing the accuracy of classification of remotely
sensed data. Remote Sens. Environ. 37:35-46..
- Delmeire, S. 1997. Use of ERS-1 data for the extraction of flooded areas. Hydrol. Process.
11:1393-1396.
- Engineering Computer Graphic Laboratory (ECGL). 1997. WMS Reference Manual.
Brigham Young University, UT.
- ERDAS. 1991. ERDAS Field Guide. Third Edition. ERDAS Inc. Atlanta, GA.
- Jansen, J.R. 1986. Introductory Digital Image Processing : A remote sensing
perspective. Prentice-Hall, NJ. 379 p.
- Koopmans,. N.B. 1992. Japanese earth resources satellite (JERS-1) launched. ITC
Journal. 2:202-203.
- Lee, J. 1981. Speckle analysis and smoothing of synthetic aperture radar images.
Computergraphic and Image Processing. 17:24-32.
- Lillesand T.M. and R.W. Kiefer. 1994. Remote Sensing and Image Interpretation : Third
Edition. John Wiley & Sons, Inc., USA. 750 p.
- Maidment, D.R. 1996. GIS and hydrologic modeling—an assessment of progress.
[ONLINE]. Available: [http://ncgia.ucsb.edu/conf/SANTA_FE_CD-ROM/st_papers/
maidment/maidment.htm](http://ncgia.ucsb.edu/conf/SANTA_FE_CD-ROM/st_papers/maidment/maidment.htm).
- Melancon, P.A. 1998. Modeling the hydrology of Tillamook Bay. [ONLINE]. Available:
<http://www.ce.utexas.edu/stu/melanpcpa/gistern.html>.

- Nishidai, T. 1993. Early results from 'Fuyo-1' Japan's Earth Resources Satellite (JERS-1). Remote Sensing Journal. 14:1825-1833.
- Profeti, G. and H. Macintosh. 1997. Flood management through LANDSAT TM and ERS SAR data : a case study. Hydrol. Process. 11:1397-1408.
- Richard, A. and P.E. Kraus. 1999. Flood plain determination using ArcView and HEC-RAS. [ONLINE]. Available: <http://www.esri.com/library/userconf/proc99/proceed/papers/pap808/p808.htm>.
- Thailand Royal Irrigation Department (TRID). 1967-1998. Thailand Hydrological Yearbook, Wateryear 1964-1996. Thailand Royal Irrigation Department. Hydrological Division. Bangkok.
- Verbyla, D.L. 1995. Satellite Remote Sensing of Natural Resources. CRC Press Inc., FL. 198 p.
- Wang, Y., L.L. Hess., S. Filoso. and J.M. Melack. 1995. Understanding the radar backscattering from flooded and nonflooded Amazonian forests : results from canopy backscatter modeling. Remote Sens. Environ. 54:324-332.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การสร้างฐานข้อมูลเชิงพื้นที่แสดงพื้นที่ปลูกข้าวด้วยข้อมูลระยะไกล ในระบบสนับสนุนการตัดสินใจการผลิตข้าว

ถาวร อ่อนประไพ¹
สิทธิเดช ณ เชียงใหม่¹
และ เมธี เอกะสิงห์¹

คำนำ

การจำแนกพื้นที่ปลูกข้าวสามารถทำได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลระยะไกลประเภทต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นภาพถ่ายทางอากาศจนถึงข้อมูลดิจิทัลจากสัญญาณดาวเทียมชนิดต่างๆ ซึ่งมีความละเอียดแตกต่างกัน การเลือกใช้ประเภทของข้อมูลระยะไกลและวิธีการจัดการขึ้นอยู่กับขนาดและภูมิประเทศของพื้นที่เป้าหมาย วัตถุประสงค์ ตลอดจนทรัพยากรและงบประมาณที่มีอยู่ ในกรณีที่ต้องการจำแนกพื้นที่ปลูกข้าวบริเวณที่ราบกว้างใหญ่ ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม LANDSAT ระบบ TM และ SPOT จะมีการนำมาใช้งานอย่างแพร่หลาย

Barrs and Prathapar (1994) ได้พัฒนาวิธีการจำแนกพื้นที่ปลูกข้าวจากวิธีการเดิม คือการจำแนกจากข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศมาเป็นการจำแนกจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม LANDSAT (แบนด์ 3, 4, 5) โดยวิธีการจำแนกแบบไม่ควบคุม (unsupervised classification) โดยใช้วิธีคำนวณแบบ Nearest neighbor ซึ่งเป็นวิธีการที่สามารถจำแนกพื้นที่ปลูกข้าวได้ง่ายกว่าและสามารถให้ความถูกต้องมากกว่า 90% โดยข้อมูลแบนด์ที่ 3 (0.63-0.69 μm) ให้ข้อมูลเด่นชัดในการแยกชนิดพืชพันธุ์ (vegetation types) ออกจากกัน แบนด์ที่ 4 อยู่ในช่วงคลื่น near infrared (0.76-0.90 μm) ใช้จำแนกชนิดพืชและความหนาแน่นของพืช แบนด์ที่ 5 อยู่ในช่วงคลื่น middle-infrared (1.55-1.75 μm) ให้ข้อมูลพืชที่มีความชื้นแตกต่างกันและข้อมูลดิน นอกจากนี้ถ้าใช้วิธีการดังกล่าวข้างต้นกับข้อมูลแบนด์ 1, 2, 3 และ 5 เพื่อการจำแนกพื้นที่ปลูกข้าวในช่วงเวลาที่เก็บเกี่ยว สามารถแก้ปัญหาการจำแนกพื้นที่ที่มีค่าการสะท้อนที่ใกล้เคียงกันได้

วิธีการจำแนกพื้นที่ปลูกข้าวที่ให้รายละเอียดมากที่สุดควรใช้ข้อมูลอย่างน้อยสองช่วงเวลา ช่วงแรกคือช่วงเวลาที่มีการปลูกข้าว ช่วงที่สองคือช่วงที่ข้าวมีการเจริญเติบโตเต็มที่ (Rao and Mohankumar, 1994) โดยเฉพาะนาข้าวจะมีค่าการสะท้อนที่แตกต่างกันอย่างชัดเจน เมื่อเปรียบเทียบข้อมูลระหว่างเดือนมิถุนายนกับเดือนกันยายน (Tennakoon et al., 1992) นอกจากนี้การใช้วิธีวิเคราะห์แบบ Principle Components Analysis (PCA) กับข้อมูลหลายช่วงเวลาสามารถช่วยเพิ่มความถูกต้องในการจำแนกได้ (Panigrahy and Shamar, 1995) การจำแนกชนิดหรือผลผลิตของข้าวสามารถประเมินได้จากความหนาแน่นของพืชพันธุ์ โดยพิจารณาจากพัฒนาการ

¹ ภาควิชาปฐพีศาสตร์และอนุรักษศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

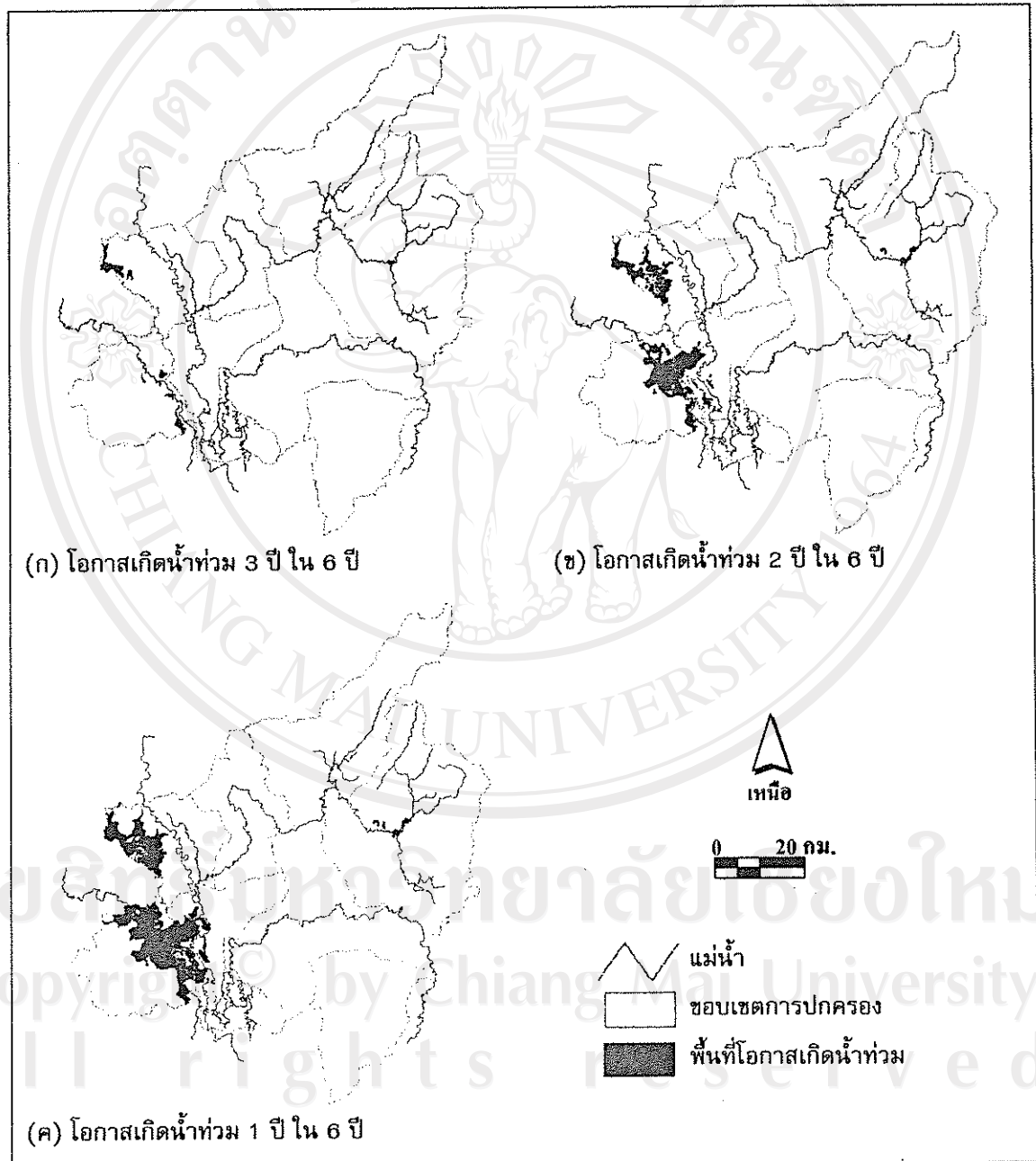
ของพืชพันธุ์ตามวงจรชีวิตด้วยการประเมินค่าดัชนีพืชพรรณ (vegetation index) ซึ่งเป็นการคำนวณค่าการสะท้อนระหว่างช่วงคลื่น visible และ near infrared นอกจากนี้ Miyazato et al. (1992) ได้ทดสอบ 2 วิธีการจำแนกคือ multilevel slice และ band ratio ให้ข้อมูลการจำแนกที่มีความถูกต้องไม่ต่างจากการใช้ข้อมูลจำนวน 3 หรือ 4 แบนด์อย่างเด่นชัด ด้วยเหตุนี้การกำหนดแบนด์และจำนวนแบนด์ในการจำแนกจึงมีความสำคัญต่อการลดต้นทุนและลดเวลาในการวิเคราะห์

อย่างไรก็ตามจากการศึกษาของ Tennakoon et al. (1992) ได้พบว่าปัญหาหลักของการนำข้อมูล LANDSAT-TM เพื่อจำแนกคือปริมาณเมฆที่ปกคลุมพื้นที่ศึกษาและค่าความชื้นจากการใช้ประโยชน์ที่ดินมีผลกระทบต่อการจำแนกพื้นที่ปลูกข้าว นอกจากนี้ปัญหาดังกล่าวแล้ว จากประสบการณ์ในการจำแนกพื้นที่การเกษตรในภาคเหนือของประเทศไทยยังพบว่าการจำแนกพื้นที่ปลูกข้าวในบริเวณร่องเขาและพื้นที่ปลูกข้าวไร่ไม่สามารถแยกออกจากพื้นที่ข้างเคียงได้อย่างชัดเจน (ถาวร และคณะ, 2540) เนื่องจากค่าการสะท้อนที่ใกล้เคียงกันและการใช้ประโยชน์ที่ดินที่หลากหลาย เช่น แปลงนาข้าวระหว่างหุบเขาที่ยังไม่ได้เก็บเกี่ยวหรือเก็บเกี่ยวแล้วและพื้นที่นาข้าวบริเวณร่องเขาที่เก็บเกี่ยวแล้วและการเตรียมดินปลูกพืชฤดูสอง รวมทั้งพื้นที่ปลูกข้าวไร่ปล่อยทิ้งร้างในฤดูแล้งลักษณะดังกล่าวทำให้ค่าความถูกต้องของผลการจำแนกพื้นที่ดังกล่าวจากข้อมูลภาพถ่ายเทียมเพียงอย่างเดียวมีค่าต่ำ

การนำข้อมูลเชิงพื้นที่ประเภทอื่นมาประกอบกับข้อมูลภาพถ่ายเทียมสามารถทำให้การจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินถูกต้องมากยิ่งขึ้น โดยเฉพาะข้อมูลภูมิประเทศเชิงตัวเลข (Digital Elevation Model, DEM) เพื่อจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณภูมิประเทศที่เป็นภูเขา (Janssen et al., 1990) การใช้ข้อมูลความสูงภูมิประเทศสามารถช่วยให้การจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินในบริเวณลุ่มน้ำสะแกกรังมีความถูกต้องเพิ่มขึ้นจาก 65.3% เป็น 77.5% เมื่อใช้วิธีการจำแนกแบบไม่ควบคุม และเพิ่มเป็น 84.3% เมื่อจำแนกแบบควบคุม (supervised classification) และความถูกต้องของการจำแนกเพิ่มขึ้นอีกถ้าใช้ข้อมูลความลาดชันของพื้นที่และระบอบความชื้นของดิน (Eiumnoh and Shretha, 2000)

อย่างไรก็ตามการจำแนกพื้นที่ปลูกข้าวโดยใช้ข้อมูลระยะไกลที่ผ่านมา ยังไม่ได้ครอบคลุมบริเวณร่องนาขนาดเล็กระหว่างหุบเขาที่มีค่าการสะท้อนรังสีที่ใกล้เคียงกับการใช้ประโยชน์ที่ดินอื่น ซึ่งจะต้องใช้ข้อมูลอื่นที่ได้จากระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ เช่น ระยะทางจากลำน้ำและความลาดชันของพื้นที่เพื่อประกอบการจำแนกข้อมูลภาพถ่ายเทียม ดังนั้นจึงต้องการพัฒนาวิธีการวิเคราะห์ดังกล่าวสำหรับการจำแนกพื้นที่เพาะปลูกข้าวในสภาพภูมิประเทศที่หลากหลาย

ระดับน้ำลึก 1.5 เมตร ยาวนานติดต่อกัน 10 วัน เป็นระดับวิกฤติสำหรับข้าวที่จะได้รับความเสียหายจากภัยน้ำท่วม แผนที่โอกาสการเกิดน้ำท่วมที่ระดับดังกล่าวจึงมีความสำคัญต่อการตัดสินใจปลูกข้าวภายใต้ความเสี่ยงที่พิจารณาความเสียหายในรอบระยะเวลา 6 ปี ซึ่งมีทั้งปีที่น้ำท่วมรุนแรงเกินบริเวณกว้างขวางและปีที่ไม่ปรากฏว่ามีน้ำท่วมเกิดขึ้นเลย เมื่อพิจารณาระดับความเสี่ยงการเกิดน้ำท่วม 3 ปี ในรอบ 6 ปี (รูปที่ 4-17(ก)) ซึ่งเป็นระดับความเสี่ยงสูงสุดที่เกิดขึ้นในจังหวัดพิษณุโลก พื้นที่ที่มีโอกาสดังกล่าวมีขอบเขตไม่กว้างขวางนักในเขตอำเภอพรหมพิราม อำเภอบางระกำ และอำเภอนครไทย



รูปที่ 4-17 แผนที่โอกาสเกิดน้ำท่วมที่ได้จากการจำลอง

ผลการวิเคราะห์โอกาสการเกิดน้ำท่วม 2 ปี ในรอบ 6 ปี (รูปที่ 4-17(ข)) เป็นระดับความเสี่ยงที่น้อยกว่า แต่พื้นที่ที่อาจเกิดน้ำท่วมมีขนาดใหญ่ขึ้น พบว่าบางส่วนของอำเภอเมืองและบางกระทุ่มมีโอกาสเกิดน้ำท่วมเป็นบริเวณไม่กว้างขวางนัก สำหรับอำเภอพรหมพิรามบางระกำ และนครไทย ยังคงมีพื้นที่ที่มีโอกาสเกิดน้ำท่วมในระดับความเสี่ยงดังกล่าว สำหรับโอกาสการเกิดน้ำท่วม 1 ปี ในรอบ 6 ปี (รูปที่ 4-17(ค)) เป็นระดับความเสี่ยงที่น้อยที่สุด แต่พื้นที่ที่มีโอกาสจะเกิดขึ้นกินบริเวณกว้าง โดยส่วนใหญ่เกิดขึ้นในพื้นที่อำเภอบางระกำและพรหมพิราม

อำเภอชาติตระการ วังทอง วัดโบสถ์ และเนินมะปราง เป็นอำเภอที่ไม่ปรากฏว่ามีพื้นที่เสี่ยงในการเกิดน้ำท่วมที่ระดับความลึก 1.5 เมตร ยาวนานติดต่อกัน 10 วัน อย่างไรก็ตามไม่ได้หมายความว่าอำเภอดังกล่าวจะไม่ได้รับความเสียหายจากน้ำท่วม ซึ่งอาจเกิดขึ้นในความยาวนานไม่เกิน 10 วัน หรือมีระดับความลึกน้อยกว่า 1.5 เมตร ทำให้ทั้งสี่อำเภอไม่ปรากฏพื้นที่เสี่ยงภัยน้ำท่วมที่ระดับดังกล่าว

สรุป

ผลของการจำแนกและการตรวจสอบเขตน้ำท่วมที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลภาพเรดาร์จากดาวเทียม JERS-1 แสดงให้เห็นว่าข้อมูลภาพเรดาร์ช่วงก่อนน้ำท่วมและขณะเกิดน้ำท่วมสามารถนำมาใช้ในการจำแนกเขตน้ำท่วมในจังหวัดพิษณุโลกได้ดีพอสมควร ผลของการจำแนกเมื่อเปรียบเทียบกับตรวจสอบในภาคสนาม มีความถูกต้องโดยรวม 83% และส่วนใหญ่ตกอยู่ในเขตอำเภอที่สอดคล้องกับรายงานของสำนักงานสถิติจังหวัดพิษณุโลก เกี่ยวกับพื้นที่เพาะปลูกข้าวที่เสียหายในฤดูเพาะปลูก 2538-2539 แต่การจำแนกโดยใช้ข้อมูลเรดาร์และเก็บเป็นชั้นข้อมูลใน GIS สามารถให้ข้อมูลเพิ่มเติมในด้านการกระจายตัวของเขตน้ำท่วมในระดับความละเอียด 30x30 ตารางเมตร ซึ่งเมื่อนำไปวิเคราะห์ร่วมกับข้อมูลเชิงพื้นที่อื่น สามารถสรุปเขตน้ำท่วมในแต่ละตำบลและให้ข้อมูลพื้นที่เพาะปลูกข้าวที่เสียหายได้อย่างแม่นยำขึ้น

การประยุกต์ใช้แบบจำลอง WMS เพื่อการปรับปรุงการสร้างแผนที่เขตน้ำท่วมจากการจำแนกด้วยข้อมูลเรดาร์ ด้วยการนำผลการจำลองเขตน้ำท่วมโดยเฉพาะบริเวณที่มีอาคารและต้นไม้สูงในช่วงเวลาเดียวกันกับที่ดาวเทียม JERS-1 บันทึกข้อมูลภาพเรดาร์ไปเสริมผลการจำแนกข้อมูลเรดาร์ ทำให้แผนที่เขตน้ำท่วมที่จำแนกได้มีความถูกต้องยิ่งขึ้น นอกจากนี้ยังได้ใช้แบบจำลอง WMS จำลองเขตน้ำท่วมที่ระดับความลึกและระยะเวลาที่น้ำท่วมนานติดต่อกันในระดับต่างๆ พบว่าแบบจำลอง WMS สามารถสร้างแผนที่แสดงเขตน้ำท่วมตามเงื่อนไขดังกล่าวได้เป็นอย่างดี

วิธีการศึกษา

กรรมวิธีก่อนการจำแนกรายละเอียดข้อมูล

ขั้นตอนนี้เป็นกระบวนการก่อนการวิเคราะห์กรรมวิธีข้อมูลและการจำแนกรายละเอียดข้อมูล ซึ่งต้องกระทำทุกครั้งเพื่อความถูกต้องของรายละเอียดในเชิงตำแหน่งและความชัดเจนของข้อมูล ได้แก่ การจัดการรายละเอียดข้อมูล (data arrangement) การปรับแก้ค่าความคลาดเคลื่อนในเชิงตำแหน่ง (image rectification) กรรมวิธีการปรับปรุงคุณภาพของข้อมูล (image enhancement) และการตรวจสอบภาคสนาม

รายละเอียดข้อมูลจากระยะไกลและการจัดการข้อมูล

ข้อมูลระยะไกลที่ใช้ในการศึกษาคือข้อมูลภาพดาวเทียม LANDSAT-5 ระบบ TM (Thematic Mapper) ทั้งหมด 7 ช่วงคลื่น (bands) ขนาดรายละเอียด (resolution) 30 เมตร จำนวน 2 ช่วงเวลา เพื่อศึกษาพื้นที่ปลูกข้าวนาปีช่วงหนึ่งและพื้นที่ข้าวนาปรังอีกช่วงหนึ่ง ซึ่งพื้นที่ศึกษาจังหวัดเชียงใหม่ประกอบด้วยข้อมูลขนาด Bulk full scene (185×172 ตารางกิโลเมตร) จำนวน 2 ภาพ อยู่ใน path 131, row 46-48 บันทึกข้อมูลเมื่อ 16 พ.ย. 2540 สำหรับวิเคราะห์พื้นที่ข้าวนาปี และอีกจำนวน 2 ภาพ บันทึกข้อมูลเมื่อ 18 มี.ค. 2541 สำหรับวิเคราะห์พื้นที่ข้าวนาปรัง ส่วนพื้นที่ศึกษาจังหวัดพิษณุโลก ข้อมูลอยู่ใน path 129, row 48-49 และ path 130, row 48-49 จำนวน 2 ภาพ ซึ่งบันทึกข้อมูลเมื่อ 4 และ 11 ธ.ค. 2540 สำหรับวิเคราะห์พื้นที่ข้าวนาปี และอีกจำนวน 2 ภาพ บันทึกข้อมูลเมื่อ 10 และ 17 มี.ค. 2541 สำหรับวิเคราะห์พื้นที่ข้าวนาปรัง

ข้อมูลภาพดาวเทียมทั้งหมดได้จัดซื้อจากกองสำรวจทรัพยากรธรรมชาติด้วยดาวเทียม สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ จัดเก็บแบบ BSQ (Band Sequential) อยู่ในเทป Exabyte ขนาด 8 มิลลิเมตร โดยนำเข้าโปรแกรม ER Mapper เพื่อการจัดการข้อมูลพื้นฐานและการวิเคราะห์อย่างต่อเนื่อง ข้อมูลต้นฉบับ (raw data) ขนาด 1 Bulk full scene จำนวน 7 ช่วงคลื่น มีขนาด 280 MB ทั้งนี้ยังไม่นับรวมข้อมูลที่จะเกิดขึ้นในระหว่างการวิเคราะห์ อย่างไรก็ตามเทคนิคและวิธีการวิเคราะห์ของโปรแกรม ER Mapper ที่โครงการฯ ได้นำมาใช้ นับว่าเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในเรื่องของการประหยัดเนื้อที่ในระหว่างกรรมวิธีวิเคราะห์ข้อมูลด้วยวิธีของ Virtual dataset (ER Mapper, 1995)

ข้อมูลเมื่อถูกนำเข้าได้ถูกจัดการข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับตัวข้อมูลภาพคือพื้นหลักฐาน (datum) เป็น Indian75 ระบบพิกัด NUTM (North/Universal Transverse Mercator) กริดโซนที่ 47, ขนาดข้อมูลภาพ (row, column) เท่ากับ 6920×5728 โดยมีขนาดจุดภาพ (cell size) เท่ากับ 30 เมตร

การปรับแก้ค่าความคลาดเคลื่อนในเชิงตำแหน่ง

ขั้นตอนการปรับแก้เชิงตำแหน่งใช้วิธีการคำนวณค่าความคลาดเคลื่อน (Root Mean Square Errors, RMSE) แบบ Image to map rectification โดยการวางจุดควบคุมภาคพื้น (Ground Control Points, GCPs) ให้กระจายทั่วทั้งพื้นที่ข้อมูลภาพเป็นอย่างน้อยจำนวน 50 จุด (source data) ซึ่งอ้างอิงค่าพิกัดตำแหน่งจากแผนที่สภาพภูมิประเทศ มาตราส่วน 1:50,000 ของกรมแผนที่ทหาร (reference data) หรือไม่เช่นนั้นอาจได้มาจากการสำรวจจริงวัดพิกัดในภาคสนามด้วยระบบกำหนดตำแหน่งด้วยดาวเทียม (GPS) หรือจากพิกัดของข้อมูลภาพจากดาวเทียมที่ทำการปรับแก้แล้ว โดยวิธีนี้ใช้สำหรับการปรับแก้เชิงตำแหน่งของข้อมูลสำหรับการจำแนกพื้นที่ชั่วคราว ค่าความคลาดเคลื่อนที่ถูกรับจะคำนวณได้จากชุด GCPs ด้วย Least mean square regression ผลการคำนวณจะได้ค่าสัมประสิทธิ์ที่นำมาประกอบการคำนวณหาค่า RMSE ด้วยสมการโพลีโนเมียล ซึ่งค่า RMSE จะเป็นค่าระบุเกณฑ์การยอมรับได้ของความถูกต้องเชิงตำแหน่งในการปรับแก้แต่ละภาพ (Jensen, 1986) โดยทั่วไปค่า RMSE ไม่ควรเกินขนาดรายละเอียดของข้อมูลภาพนั้น เช่น น้อยกว่าหรือเท่ากับ 30 เมตรในกรณีข้อมูลภาพจากดาวเทียม LANDSAT ระบบ TM เป็นต้น

การปรับปรุงคุณภาพของข้อมูล

ขั้นตอนของการปรับปรุงคุณภาพข้อมูลเป็นการทำให้ข้อมูลภาพมีความชัดเจนด้วยวิธีการจัดค่าและปรับปรุงค่าการสะท้อนช่วงคลื่นของข้อมูลในแต่ละแบนด์ (digital number, DN) ให้มีความสัมพันธ์และการกระจายตัวที่ดีขึ้น เช่น การแบ่งค่าข้อมูลให้อยู่ในช่วงชั้นที่เหมาะสม (density slicing) หรือการสร้างภาพดัชนี (index image) เพื่อเน้นข้อมูลอย่างใดอย่างหนึ่ง เช่น ภาพดัชนีพืชพรรณ (vegetation index) เป็นต้น สำหรับวิธีการปรับปรุงคุณภาพข้อมูลภาพจากดาวเทียมเพื่อจำแนกพื้นที่ปลูกข้าวของโครงการฯ ในขั้นต้นใช้การสร้างข้อมูลภาพสีผสม (color combination) โดยเลือกข้อมูลในช่วงคลื่นที่มีคุณสมบัติเด่นชัดสำหรับการวิเคราะห์พื้นที่ปลูกข้าวและการใช้ประโยชน์ที่ดินอื่นๆ จำนวน 3 ช่วงคลื่น ผ่านแม่สีแสงหลัก (primary color) คือ แดง (red), เขียว (green) และน้ำเงิน (blue) เช่น 5,4,3/R,G,B หรือ 4,3,2/R,G,B เป็นต้น ซึ่งจะทำให้ได้ข้อมูลภาพที่เด่นชัด และถือเป็นขั้นตอนหนึ่งของการปรับปรุงคุณภาพข้อมูล อีกขั้นตอนหนึ่งของการปรับปรุงคุณภาพข้อมูลที่น่ามาใช้คือการพิจารณาค่าความถี่สะสม (histogram) ของการสะท้อนช่วงคลื่นและปรับให้อยู่ในช่วงที่เหมาะสมด้วยวิธี Linear stretching และ Histogram equalization แล้วแต่กรณี ซึ่งจะเป็นผลให้ค่าข้อมูลในภาพมีการกระจายออกในสัดส่วนที่ต่อเนื่องเท่าๆ กันบนพื้นฐานของสมการเส้นตรง (linear equation) และที่ไม่ใช่เส้นตรง (non-linear equation) ตามลำดับ เพื่อสร้างเป็นภาพใหม่ที่ชัดเจนกว่า (Jensen, 1986)

การตรวจสอบภาคสนาม

การตรวจสอบภาคสนามเป็นขั้นตอนที่จำเป็นสำหรับงานจำแนกรายละเอียดข้อมูลจากระยะไกล โครงการฯ ได้ดำเนินการในส่วนนี้เป็นระยะสำหรับพื้นที่ศึกษาทั้งสองจังหวัด ข้อมูลภาคสนามที่จำเป็นคือ ก่อนการจำแนกรายละเอียดข้อมูลเพื่อตรวจสอบลักษณะการสะท้อนช่วงคลื่นและตำแหน่งที่สัมพันธ์กันกับข้อมูล และหลังการจำแนกรายละเอียดข้อมูลเพื่อการประเมินค่าความถูกต้อง การตรวจสอบภาคสนามอาศัยเทคนิควิธีการของการรังวัดตำแหน่งพิกัดด้วยดาวเทียม GPS ประกอบกับแผนที่สภาพภูมิประเทศ มาตราส่วน 1:50,000 และการปรับแก้ตำแหน่งให้มีความถูกต้องแม่นยำขึ้น (differential correction) ด้วยโปรแกรม Pathfinder ที่ช่วยจัดการข้อมูลพิกัดในงานรังวัดตำแหน่งนี้ (Trimble Navigation, 1992)

การจำแนกรายละเอียดข้อมูล

ในการศึกษาเพื่อจำแนกพื้นที่ปลูกข้าวด้วยข้อมูลระยะไกลนี้ใช้วิธีการจำแนกแบบไม่ควบคุมที่อาศัยการคำนวณเพื่อจำแนกรายละเอียดด้วยชุดค่าสถิติของตัวข้อมูลภาพทั้งภาพเอง โดยใช้เทคนิค ISODATA (Iterative Self-Organizing Data Analysis Technique) กับทุกชุดข้อมูลที่ทำ การจำแนก รายละเอียดผลการจำแนกได้แสดงไว้ในผลการศึกษา

กรรมวิธีหลังการจำแนกรายละเอียดข้อมูล

กรรมวิธีนี้กระทำหลังจากการจำแนกรายละเอียดเสร็จสมบูรณ์แล้ว ซึ่งขั้นตอนประกอบด้วยการปรับปรุงค่าความถูกต้องของข้อมูลโดยใช้เทคนิคและวิธีการของระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์เข้าช่วยในการวิเคราะห์ และขั้นตอนของการประเมินค่าความถูกต้อง (accuracy assessment) ซึ่งใช้วิธีการ Error Matrix (Lillesand and Kiefer, 1994) และ Kappa statistics (Congalton, 1991) ทำการประเมินแผนที่แสดงการใช้ประโยชน์ที่ดินและพื้นที่ปลูกข้าวฉบับสมบูรณ์ ซึ่งได้รายงานในผลการศึกษาต่อไป

ผลการศึกษา

การทดสอบข้อมูลภาพดาวเทียม

จากการตรวจเอกสารและทดสอบการปรับปรุงคุณภาพข้อมูลด้วยการทำข้อมูลภาพสีผสมในชุดข้อมูลต่างๆ และเลือกพื้นที่ตัวอย่าง (training area) เพื่อสร้างค่าข้อมูลสถิติตัวอย่างของชนิดการใช้ประโยชน์ที่ดิน และ scatterplots เพื่อพิจารณาลักษณะการสะท้อนช่วงคลื่นของข้อมูลในเบื้องต้น พบว่าโดยทั่วไปข้อมูลภาพจากดาวเทียม LANDSAT ระบบ TM ในช่วงคลื่น 3, 4 และ 5 (รูปที่ 5-1 และรูปที่ 5-2) มีศักยภาพในการจำแนกพื้นที่ปลูกข้าวได้ดีเมื่อเทียบกับช่วงคลื่นอื่นๆ ในข้อมูลเดียวกัน แต่อย่างไรก็ตามมีข้อน่าสังเกตจากรายงานการจำแนกพื้นที่ปลูกข้าวที่ผ่านมาคือส่วนใหญ่เป็นการจำแนกข้อมูลในพื้นที่นาผืนใหญ่และบางแห่งลักษณะภูมิประเทศเป็นที่ราบลุ่ม

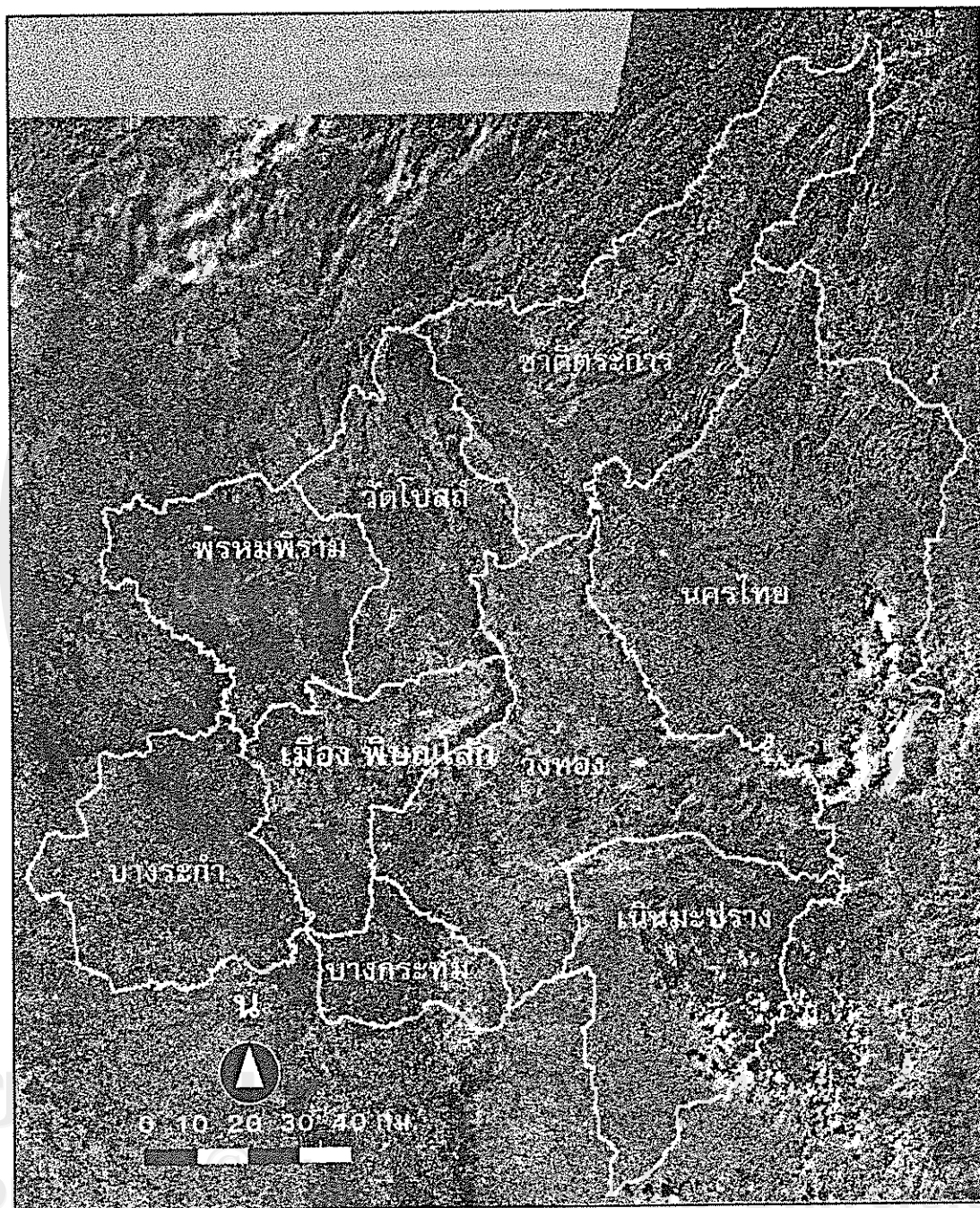
[illegible]

รูปที่ 5-1 ข้อมูลภาพจากดาวเทียม LANDSAT-5 ระบบ TM
ที่ใช้จำแนกพื้นที่ข้าวนาปีของจังหวัดเชียงใหม่
บันทึกข้อมูลเมื่อ 16 พ.ย. 2540

จังหวัดพิษณุโลก

LANDSAT-5 :TM 5,4,3/R,G,B

Acq. Date: Dec4-11,1997



รูปที่ 5-2 ข้อมูลภาพจากดาวเทียม LANDSAT-5 ระบบ TM ที่ใช้ในการจำแนกพื้นที่ข้าวนาปีของจังหวัดพิษณุโลก บันทึกข้อมูลเมื่อวันที่ 4-11 ค.ศ. 2540

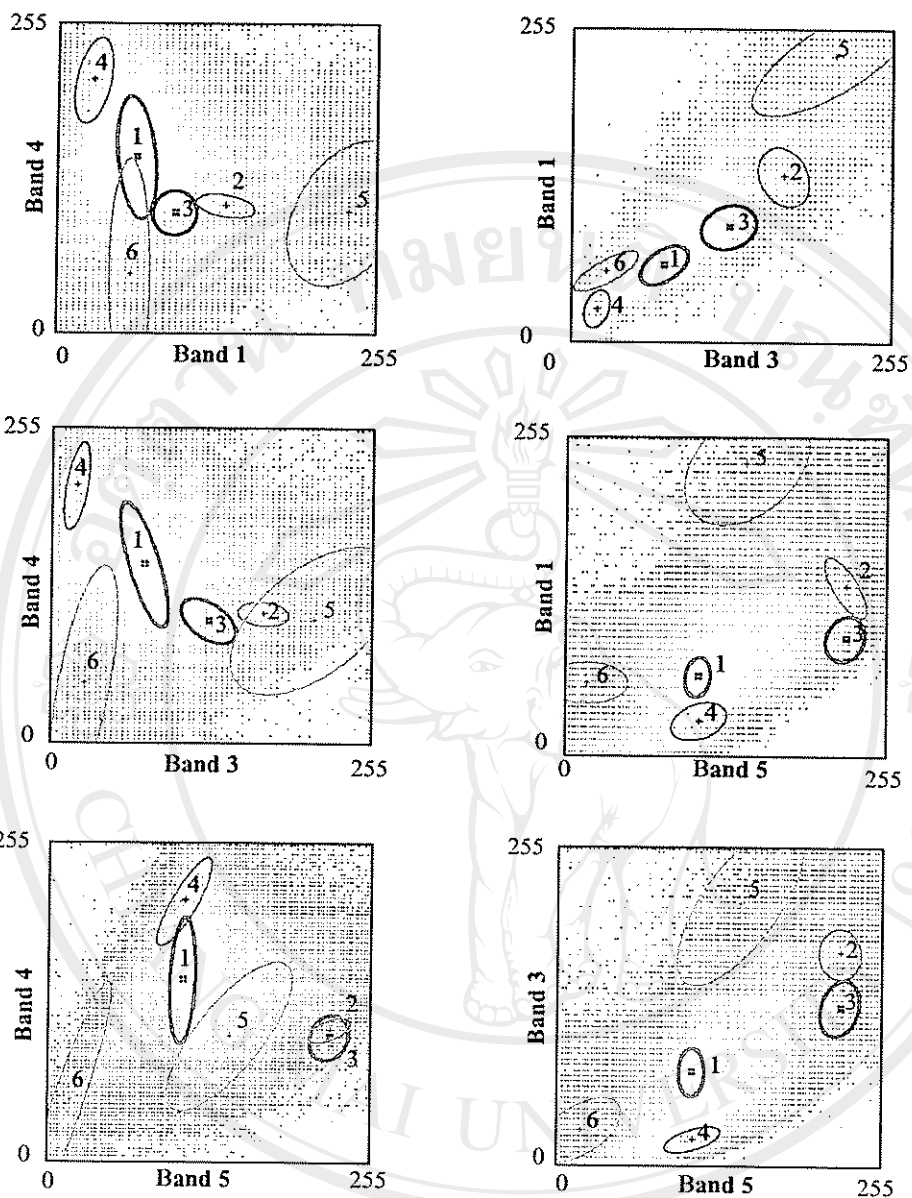
ตารางที่ 5-1 ตัวอย่างข้อมูลสถิติของภาพจากดาวเทียมที่เลือกช่วงคลื่นเพื่อการจำแนกพื้นที่ปลูกข้าวนาปี
จังหวัดเชียงใหม่

Unl variance	Band1	Band2	Band3	Band4	Band5	Band6	Band7
Area (ha)	3238477.92	3238878.24	3235740.48	3237069.60	3237936.48	3168053.28	3237518.88
Minimum	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Maximum	255.000	255.000	255.000	255.000	255.000	255.000	255.000
Mean	71009	30.191	20.607	66.834	63.390	26.564	22.874
Median	60.000	24.000	11.000	65.000	59.000	27.000	18.000
Std.Dev	37.479	24.000	34.253	27.621	32.858	10.032	20.983
Correlation	Band1	Band2	Band3	Band4	Band5	Band6	Band7
Band1	1.000	0.940	0.959	0.680	0.833	-0.169	0.877
Band2	0.940	1.000	0.978	0.731	0.853	0.000	0.898
Band3	0.956	0.978	1.000	0.709	0.860	-0.065	0.905
Band4	0.680	0.731	0.709	1.000	0.869	0.053	0.736
Band5	0.833	0.853	0.860	0.869	1.000	0.039	0.916
Band6	-0.169	0.000	-0.065	0.053	0.039	1.000	0.106
Band7	0.877	0.898	0.905	0.736	0.916	0.106	1.000
Covariance	Band1	Band2	Band3	Band4	Band5	Band6	Band7
Band1	1404.693	854.216	1230.593	704.427	1025.763	-63.386	689.595
Band2	854.216	588.271	812.280	489.697	679.602	0.106	456.779
Band3	1230.593	812.280	1173.271	671.058	967.914	-22.336	650.436
Band4	704.427	489.697	671.058	762.920	788.572	14.555	426.706
Band5	1025.763	679.602	967.914	788.572	1079.624	12.849	631.791
Band6	-63.386	0.106	-22.336	14.555	12.849	100.642	22.227
Band7	689.595	456.779	650.436	426.706	631.791	22.227	440.289

Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การวิเคราะห์เลือกช่วงคลื่นของข้อมูลภาพดาวเทียม

การศึกษาความสัมพันธ์ของค่าการสะท้อนช่วงคลื่นภายในแต่ละแบนด์และระหว่างแบนด์ของชุดข้อมูลเอง กระทำเพื่อคัดเลือกช่วงคลื่นข้อมูลที่สามารถใช้ประโยชน์ในการจำแนกได้จริง และเป็นการลดความซ้ำซ้อนของข้อมูล (Jensen, 1986) การศึกษาใช้วิธีการเลือกข้อมูลโดยพิจารณาจากค่าข้อมูลสถิติและจากรูปแบบ scatterplot ที่เป็นค่าความถี่สะสมแบบกราฟิก ประกอบกับคุณสมบัติการสะท้อนช่วงคลื่นของวัตถุ ตัวอย่างเช่น ข้อมูลพื้นที่ศึกษาจังหวัดเชียงใหม่ซึ่งอยู่ใน path 131, row 46-48 บันทึกข้อมูลเมื่อ 16 พ.ย. 2540 ข้อมูลที่น่าพิจารณาสำหรับการวิเคราะห์จากจำนวน 7 แบนด์คือ ช่วงคลื่น 1, 3, 4 และ 5 โดยขั้นแรกพิจารณาจากค่าความแปรปรวน (variance) ค่าสูงๆ อันแสดงถึงความหลากหลายของข้อมูลคือ 1404.69, 1173.27, 762.92 และ 1079.62 ตามลำดับ (ตารางที่ 5-1) ช่วงคลื่นที่มีความหลากหลายมากกว่าในชุดเป็นช่วงคลื่นที่จะให้ผลการจำแนกที่ดีกว่า แต่อย่างไรก็ตามมิได้หมายความว่าสามารถจำแนกพื้นที่ปลูกข้าวได้ดีที่สุด เนื่องจากค่าความหลากหลายนั้นอาจเกิดจากค่าการสะท้อนช่วงคลื่นของการใช้ประโยชน์ที่ดินอื่นๆ ด้วยก็ได้ ค่าที่พิจารณาเป็นลำดับต่อมาคือค่าความแปรปรวนร่วม (covariance) และค่าสหสัมพันธ์ (correlation) ระหว่างแบนด์ที่แสดงความคล้ายคลึงกันและแตกต่างกันของข้อมูลแต่ละคู่ เช่น ช่วงคลื่น 1:4 (cov.704.42, r 0.680), 1:5 (cov.=1025.76, r=0.833), 4:5 (cov.=788.57, r=0.869) เป็นต้น ลักษณะความสัมพันธ์ของคู่ข้อมูลที่จะนำมาจำแนกร่วมกันไม่ควรมีความคล้ายคลึงกันมากเกินไป (ค่า r เข้าใกล้ 1) ควรมีความแตกต่างกันบ้าง แต่ทั้งนี้ต้องพิจารณาคุณสมบัติการสะท้อนช่วงคลื่นของคู่นั้นด้วย ขั้นที่สองพิจารณาจากความซ้ำซ้อนของการสะท้อนช่วงคลื่นระหว่างพื้นที่ปลูกข้าวกับการใช้ประโยชน์ที่ดินอื่นๆ ด้วยวิธีแบบกราฟิกและช่วยในการเลือกโดยการใช้ scatterplots (รูปที่ 5-3) ทั้งนี้พิจารณาจากตัวอย่างการกระจายและการซ้อนทับของค่าการสะท้อนช่วงคลื่นในแต่ละแบนด์ กล่าวคือค่าการสะท้อนช่วงคลื่นของการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทหนึ่งในแต่ละช่วงคลื่นและระหว่างช่วงคลื่นที่มีลักษณะซ้อนทับกับค่าการสะท้อนของการใช้ประโยชน์ที่ดินอีกประเภทหนึ่งจะมีโอกาสจำแนกผิดพลาดได้ง่ายกว่าค่าการสะท้อนที่เป็นอิสระซ้อนทับกับข้อมูลอื่นๆ น้อย หรือที่ดีที่สุดคือไม่ซ้อนทับเลย สุดท้ายโดยพิจารณาจากคุณสมบัติของข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่อการจำแนกพื้นที่นาข้าว ได้แก่ ข้อมูลความแตกต่างระหว่างดินกับพืชพรรณและการใช้ประโยชน์ที่ดินที่บันทึกได้จากช่วงคลื่นที่ 1 และ 3 (visible ; 0.45-0.52 μm , 0.63-0.69 μm) ข้อมูลพืชพรรณจากช่วงคลื่นที่ 4 (near-infrared ; 0.76-0.90 μm) และข้อมูลความชื้นในดินและในพืชพรรณจากช่วงคลื่นที่ 5 (middle-infrared ; 1.55-1.74 μm) ทำให้สรุปรูปแบบชุดข้อมูลเพื่อการวิเคราะห์และจำแนกพื้นที่ปลูกข้าวจากข้อมูลภาพสีผสมได้ 3 รูปแบบคือ 5,4,3/R,G,B 1,5,4,3/R,G,B, intensity และ 1,5,3/R,G,B ตามลำดับ



คำอธิบายความสัมพันธ์ของค่าการสะท้อนในแต่ละช่วงคลื่น

หมายเลข การใช้ประโยชน์ที่ดิน

- 1 นาข้าวที่เก็บเกี่ยวแล้ว
- 3 พืชไร่และพื้นที่อื่นๆ
- 5 ชุมชน ตัวเมือง

หมายเลข การใช้ประโยชน์ที่ดิน

- 2 นาข้าวที่เก็บเกี่ยวแล้วปลูกพืชฤดูที่สอง
- 4 ป่าไม้และไม้ยืนต้น
- 6 แหล่งน้ำ

รูปที่ 5-3 ตัวอย่าง Scattergram แสดงค่าสะท้อนช่วงคลื่นของพื้นที่นาข้าวและการใช้ประโยชน์ที่ดินอื่นๆ ด้วยช่วงคลื่น 1, 5, 4 และ 3 จากข้อมูล LANDSAT-5 ระบบ TM ในพื้นที่ศึกษาจังหวัดเชียงใหม่ บันทึกข้อมูลเมื่อวันที่ 16 พ.ย. 2540

การเลือกข้อมูลชุดแรก (5,4,3/R,G,B) เพื่อการจำแนกพื้นที่ปลูกข้าวเป็นไปตามการพิจารณาค่าสถิติของข้อมูลและลักษณะ scatterplots ตามที่กล่าวไว้ในข้างต้น โดยที่ชุดที่สอง (1,5,4,3/R,G,B,intensity) เพิ่มช่วงคลื่นที่ 1 เข้ามา เนื่องจากประการแรกพิจารณาข้อมูลทั้งหมดโดยรวมแล้ว ช่วงคลื่นที่ 1 มีค่าแสดงความหลากหลายของข้อมูลมากที่สุดซึ่งจะเป็นส่วนสนับสนุนในการจำแนกให้ดีขึ้น โดยเฉพาะข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินทั่วไป เช่น ชุมชน ตัวเมือง หมู่บ้าน ถนน และแหล่งน้ำ เป็นต้น และประการที่สองโดยคุณสมบัติของข้อมูลในช่วงคลื่น visible ซึ่งช่วงคลื่นที่ 1 สามารถที่จะแยกพืชพรรณออกจากพื้นดินที่ว่างเปล่าหรือที่มีพืชน้อยกว่าได้เป็นอย่างดี เช่น พื้นที่นาข้าวที่อยู่ระหว่างการเก็บเกี่ยวกับนาข้าวที่เก็บเกี่ยวเสร็จสิ้นแล้ว สำหรับข้อมูลชุดที่สาม (1,5,3/R,G,B) ใช้เพื่อจำแนกรายละเอียดพื้นที่ปลูกข้าวโดยเฉพาะโดยพิจารณาตัดช่วงคลื่นที่ 4 ออกไป ด้วยเหตุผลที่ค่าการสะท้อนคลื่นแสงของพื้นที่ปลูกข้าวมีความใกล้เคียงและซ้ำซ้อนอยู่กับพื้นที่พืชไร่บางชนิด เนื่องจากข้อมูลภาพดาวเทียมเป็นช่วงหลังของการเก็บเกี่ยวผลผลิตที่เพิ่งผ่านพ้นไปแล้วของพื้นที่พืชทั้งสองชนิด เมื่อพิจารณาลักษณะการสะท้อนคลื่นแสงที่เกี่ยวกับพืชพรรณในช่วงคลื่นที่ 4 จึงไม่แตกต่างกันมาก ซึ่งเป็นเหตุผลที่ข้อมูลช่วงคลื่นที่ 4 มีส่วนทำให้การจำแนกพื้นที่ปลูกข้าวในส่วนที่ซ้ำซ้อนกับพื้นที่พืชไร่ดังกล่าวไม่สามารถแยกออกจากกันได้ อย่างชัดเจน สรุปคือช่วงคลื่นที่ 4 ไม่มีประโยชน์สำหรับการจำแนกพื้นที่ในลักษณะนี้และเป็นการเสียเวลาสำหรับการจำแนกอีกด้วย

ในการเตรียมข้อมูลก่อนการจำแนกได้นำเข้าข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินที่สำรวจโดยกรมพัฒนาที่ดินในปี 2528 (จังหวัดพิษณุโลก) และปี 2532 (จังหวัดเชียงใหม่) ใน GIS พร้อมทั้งแยกพื้นที่นาข้าวในปีสำรวจดังกล่าวออกเป็นชั้นข้อมูลเฉพาะ เพื่อนำมาครอบ (masking) ลงบนข้อมูลช่วงคลื่น 1,5,3/R,G,B ซึ่งใช้จำแนกข้าวนาปี แล้วทำการจำแนกพื้นที่ปลูกข้าวภายในบริเวณดังกล่าว ทั้งนี้มีสมมติฐานว่าไม่มีการขยายพื้นที่ปลูกข้าวนาปีระหว่างปี 2528 หรือ 2532 ถึงปี 2540 แต่ในทางตรงกันข้ามคาดว่าพื้นที่ปลูกข้าวจะมีขนาดลดลงเนื่องจากการขยายตัวของชุมชนและมีการทิ้งที่นาว่างเปล่ามากขึ้น นอกจากนี้แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินที่สำรวจในปี 2528 และ 2532 ได้ใช้ภาพถ่ายทางอากาศมาตราส่วน 1:15,000 เป็นพื้นฐานในการทำแผนที่ซึ่งสามารถจำแนกขอบเขตของนาข้าวออกจากการใช้ประโยชน์ที่ดินอื่นได้ชัดเจน ความถูกต้องของแผนที่ในปีการสำรวจนั้นจึงมีค่อนข้างสูง ดังนั้น การใช้ชั้นข้อมูลดังกล่าวมาช่วยในการจำแนกจึงสามารถลดความสับสนของค่าการสะท้อนรังสีระหว่างนาข้าวกับการใช้ประโยชน์ที่ดินอื่นได้ นอกจากนี้ยังเป็นการปรับปรุงชั้นข้อมูลที่มีอยู่ให้ทันสมัยยิ่งขึ้น จากนั้นนำมาวิเคราะห์ร่วมกับแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินที่จำแนกได้จากข้อมูลชุด 1,5,4,3/R,G,B,intensity แผนที่แสดงข้อมูลเมฆ และแผนที่แสดงแหล่งน้ำทางน้ำที่ได้จาก Highlight cloud และ Highlight water (ER Mapper, 1998) ตามลำดับ (รูปที่ 5-4) ทำการกำจัดเมฆออกและตรวจสอบยืนยันพื้นที่แหล่งน้ำ ผลการวิเคราะห์จะได้เป็นแผนที่แสดงการใช้ประโยชน์ที่ดินรวมกับพื้นที่ปลูกข้าวที่สมบูรณ์ จากนั้นนำไปประเมินค่าความถูกต้องและแปลงข้อมูลให้เป็นแผนที่แสดงพื้นที่ปลูกข้าวที่อยู่ในรูปแบบราสเตอร์ (raster) และแบบเวกเตอร์ (vector) ต่อไป

สำหรับการจำแนกพื้นที่ข้าวนาปรังของพื้นที่ศึกษาทั้งสองจังหวัดนั้นใช้ช่วงคลื่นชุด 5,4,3/R,G,B โดยนำข้อมูลพื้นที่นาข้าวที่ได้จากแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินของกรมพัฒนาที่ดิน มาครอบก่อนแล้วจึงทำการจำแนกรายละเอียด

การจำแนกรายละเอียดข้อมูล

ในการศึกษาครั้งนี้ทุกชุดข้อมูลใช้วิธีการจำแนกแบบไม่ควบคุมที่อาศัยการคำนวณเพื่อจำแนกรายละเอียดด้วยชุดค่าสถิติของตัวข้อมูลภาพทั้งภาพเอง โดยใช้เทคนิค ISODATA กำหนดจำนวนชั้นข้อมูลเริ่มต้น (No. of class) เท่ากับ 150 ชั้น และทำการคำนวณซ้ำ (No. of iteration) เป็นจำนวน 100 ครั้ง เปอร์เซ็นต์ความคงที่ของผลการจำแนก (percent of unchanged) เท่ากับ 98% ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation) ของข้อมูลในแต่ละชั้นข้อมูลเท่ากับ 0.1 และความแตกต่างของ MDM (Hodgson, 1988) เท่ากับ 0.3 จากนั้นจึงแจกแจงและยุบรวมชั้นข้อมูลลงจนได้จำนวนชั้นของการใช้ประโยชน์ที่ดินที่ต้องการ ผลการทดสอบครั้งหลังสุดพบว่าการใช้ข้อมูลในการจำแนกช่วงคลื่นชุด 1,5,4,3/R,G,B,intensity ให้ผลการจำแนกในส่วนของการใช้ประโยชน์ที่ดินต่างๆ ที่หลากหลายมากกว่าการใช้ช่วงคลื่นชุดอื่นๆ แต่ในขณะเดียวกันการจำแนกด้วยช่วงคลื่นชุด 1,5,3/R,G,B ให้ผลการจำแนกในส่วน of พื้นที่ปลูกข้าวที่แยกออกจากการใช้ประโยชน์ที่ดินอื่นๆ ได้ดีกว่าข้อมูลชุด 5,4,3/R,G,B และ 1,5,4,3/R,G,B, intensity

สำหรับการจำแนกพื้นที่ข้าวนาปรังใช้วิธีการจำแนกเช่นเดียวกับการจำแนกพื้นที่ข้าวนาปี แต่จะใช้เฉพาะข้อมูลชุด 5,4,3/R,G,B ที่ถูกรวมโดยชั้นข้อมูลพื้นที่นาข้าวที่ได้จากแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินของกรมพัฒนาที่ดินก่อน แล้วจึงทำการจำแนก

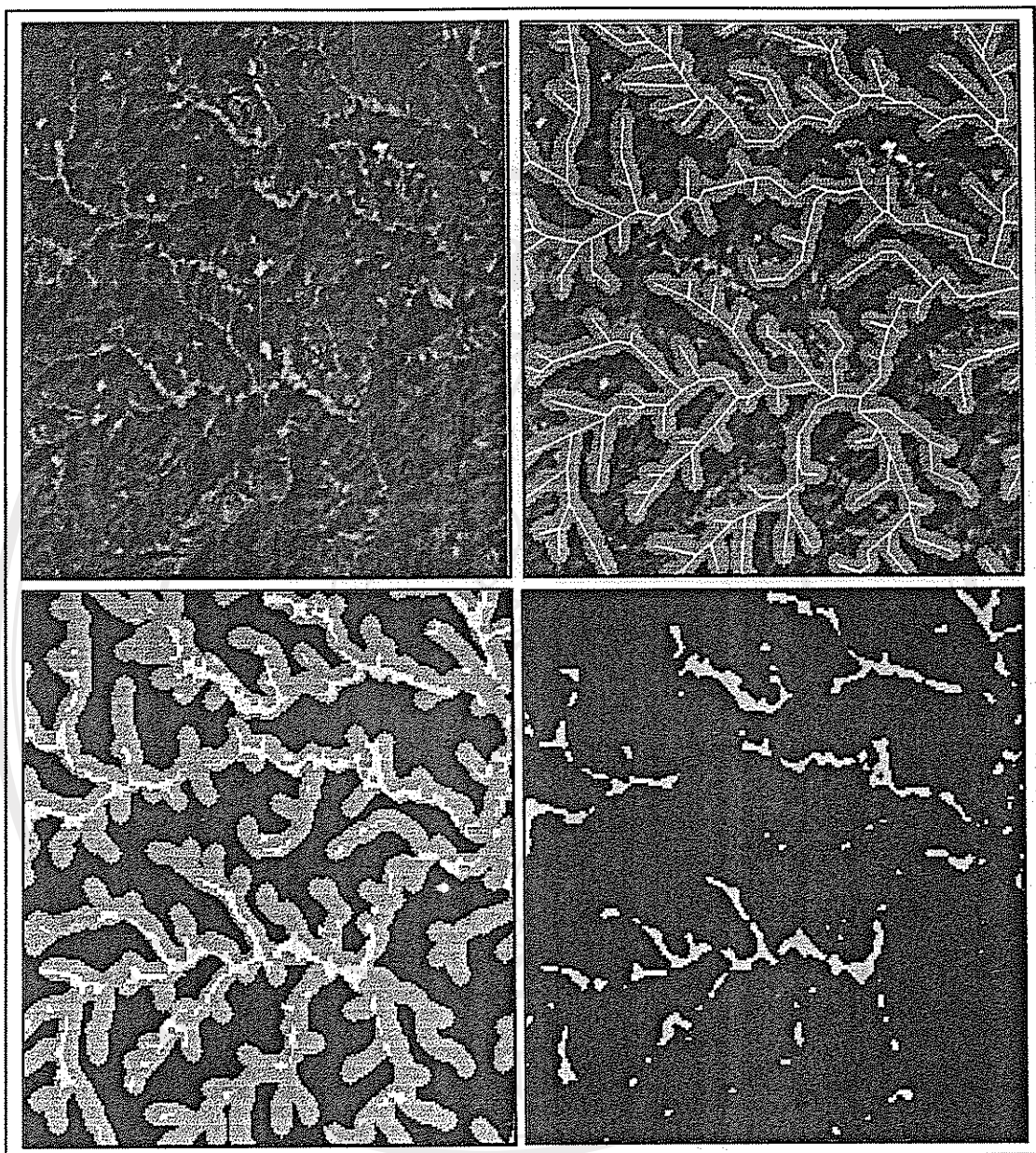
การปรับปรุงค่าความถูกต้องของข้อมูล

ข้อมูลแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินและพื้นที่นาข้าวของพื้นที่ศึกษาทั้งสองจังหวัดที่ผ่านกระบวนการจำแนกรายละเอียดแล้วนั้น ถูกนำไปผ่านกระบวนการจัดข้อมูลจุดภาพเล็กๆ ที่ไม่มีความหมายในการแสดงผลเป็นพื้นที่ปลูกข้าวทั้งไปในระดับหนึ่งด้วยวิธีการ Majority filtering จากนั้นข้อมูลจะถูกแปลงจากข้อมูลแบบราสเตอร์เป็นแบบเวกเตอร์เพื่อการปรับปรุงค่าความถูกต้องของแผนที่แสดงพื้นที่ปลูกข้าวโดยใช้เทคนิคและวิธีการของระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ การแปลงข้อมูลประเภท .ers โดยใช้วิธีส่งออกจากโปรแกรม ER Mapper เป็นข้อมูลภาพแบบ Band Interleave by Line (.bil) เพื่อนำเข้าโปรแกรม ARC/INFO เป็น coverage และ grid ตามลำดับ พื้นที่ปลูกข้าวที่ถูกวิเคราะห์แบ่งออกได้ 3 กลุ่ม โดยที่กลุ่มแรกคือพื้นที่ข้าวนาปีในพื้นที่ราบขนาดใหญ่ เช่น แอ่งเชียงใหม่และพื้นที่ราบจังหวัดพิษณุโลก กลุ่มที่สองคือพื้นที่ข้าวนาปีในพื้นที่ราบระหว่างหุบเขา ซึ่งอยู่ในจังหวัดเชียงใหม่ และกลุ่มสุดท้ายคือพื้นที่ข้าวนาปรังของทั้งสองจังหวัด

พื้นที่ข้าวนาปีในจังหวัดเชียงใหม่ที่ได้จากการจำแนกถูกแบ่งออกเป็นสองส่วนด้วย ข้อมูลสภาพภูมิประเทศเชิงตัวเลข (Digital Elevation Model, DEM) ส่วนแรกเป็นพื้นที่ข้าวนาปีที่อยู่ต่ำกว่าระดับความสูง 550 เมตร ซึ่งส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ข้าวนาปีในพื้นที่ราบขนาดใหญ่ต่อเนื่องกันต่ำกว่า 2 ไร่ จะถูกขจัดออกไปเพื่อให้ความสะดวกในการใช้แผนที่ ส่วนที่สองเป็นนาข้าวที่อยู่สูงกว่าระดับความสูง 550 เมตร ซึ่งเป็นพื้นที่ข้าวนาปีในพื้นที่ราบระหว่างหุบเขา พื้นที่ดังกล่าวยังอาจมีพื้นที่พืชไร่และการใช้ประโยชน์ที่ดินอื่นปะปนอยู่ ดังนั้นจึงทำการแยกแยะนาข้าวออกจากพื้นที่เหล่านั้นโดยกระบวนการวิเคราะห์เชิงพื้นที่ใน GIS โดยนำพื้นที่นาข้าวในส่วนที่สองไปซ้อนทับกับทางน้ำที่ถูกขยายออกไปด้านข้างข้างละ 120 เมตร (stream buffer) แล้วเก็บข้อมูลนาข้าวที่อยู่ในเขต Buffer ไว้ (รูปที่ 5-5) พื้นที่นาดังกล่าวถือว่าเป็นนาข้าวในร่องเขาขนาดเล็กที่มักจะอยู่ขนานไปกับทางน้ำในร่องเขาขนาดเล็ก จากนั้นจึงนำพื้นที่นาข้าวขนาดใหญ่ (ส่วนที่หนึ่ง) และในพื้นที่นาขนาดเล็กระหว่างหุบเขา (ส่วนที่สอง) มารวมกัน เป็นแผนที่แสดงพื้นที่ปลูกข้าวนาปีของจังหวัดเชียงใหม่ แล้วแปลงให้อยู่ในรูปแบบเวกเตอร์ สุดท้ายทำการปรับเส้นขอบเขตพื้นที่ปลูกข้าวให้มีความเหมาะสมโดยพยายามรักษารูปร่างและเนื้อที่ให้ใกล้เคียงกับผลการจำแนกมากที่สุด สำหรับพื้นที่ศึกษาจังหวัดพิษณุโลกส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ข้าวนาปีในพื้นที่ราบขนาดใหญ่ ซึ่งใช้วิธีการปรับปรุงค่าความถูกต้องและการแปลงข้อมูลเป็นรูปแบบเวกเตอร์เช่นเดียวกัน การแปลงข้อมูลด้วยวิธีดังกล่าวนอกจากเป็นการตรวจสอบและปรับค่าความถูกต้องแล้ว ยังเป็นการประหยัดเนื้อที่ในการจัดเก็บข้อมูลด้วย

การจัดสร้างแผนที่แสดงพื้นที่ปลูกข้าว

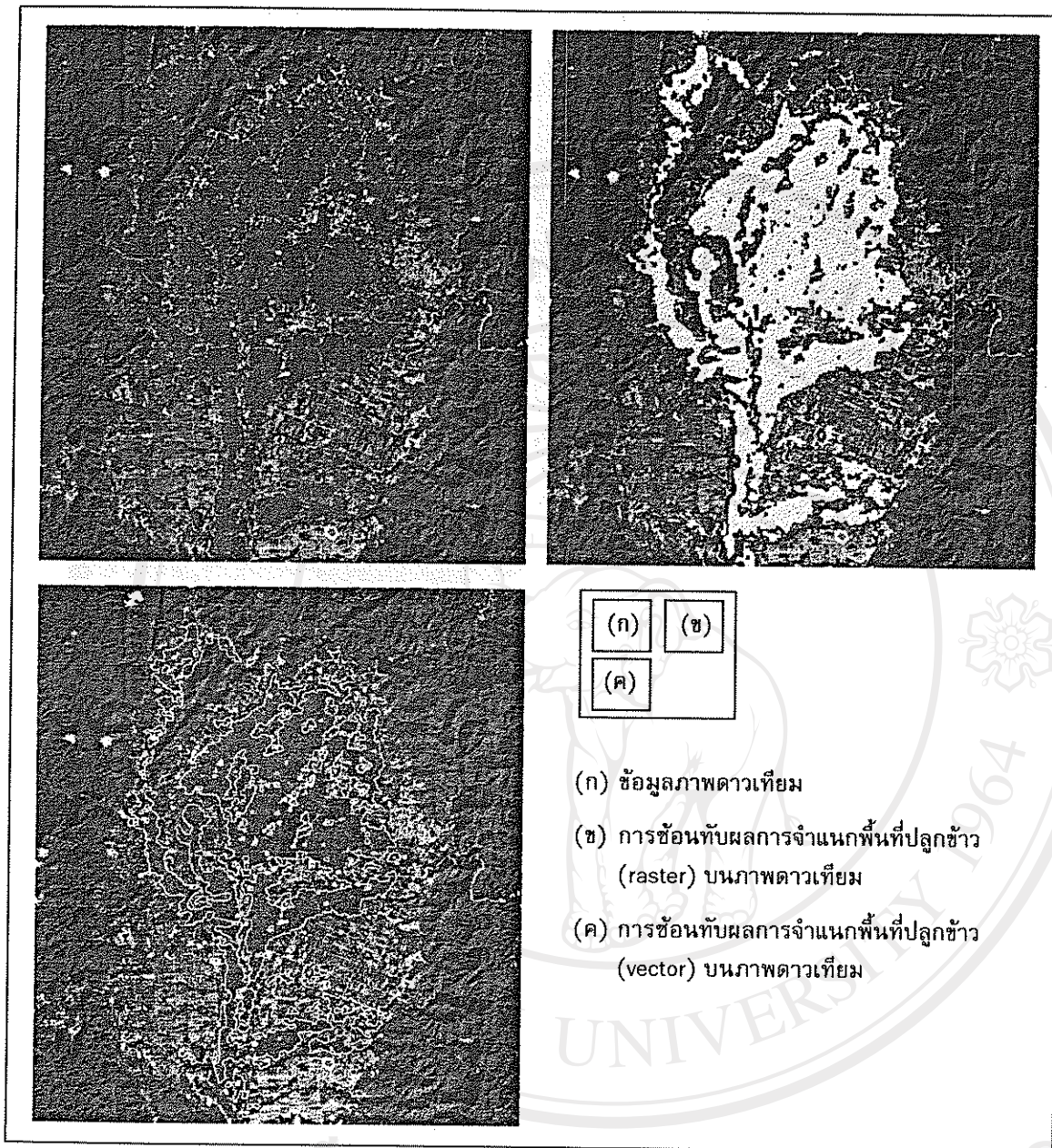
แผนที่แสดงพื้นที่ปลูกข้าวนาปีและข้าวนาปรังของพื้นที่ศึกษาทั้งสองจังหวัดเมื่อผ่านขั้นตอนการปรับค่าความถูกต้องแล้ว ในทางปฏิบัติจะได้รับการจัดทำเป็นแผนที่ใน 2 รูปแบบคือแบบราสเตอร์และแบบเวกเตอร์ (รูปที่ 5-6) ข้อมูลแบบราสเตอร์จะถูกนำกลับไปซ้อนทับ (overlay) กับแผนที่แสดงการใช้ประโยชน์ที่ดินที่จำแนกได้จากข้อมูลชุด 1,5,4,3/R,G,B, intensity เพื่อนำไปประเมินค่าความถูกต้องต่อไป แผนที่ที่ได้มีจำนวน 4 ชุด ได้แก่ (1) แผนที่แสดงการใช้ประโยชน์ที่ดินรวมพื้นที่ข้าวนาปีของจังหวัดเชียงใหม่ (2) แผนที่แสดงการใช้ประโยชน์ที่ดินรวมพื้นที่ข้าวนาปีของจังหวัดพิษณุโลก (3) แผนที่แสดงการใช้ประโยชน์ที่ดินรวมพื้นที่ข้าวนาปรังของจังหวัดเชียงใหม่ และ (4) แผนที่แสดงการใช้ประโยชน์ที่ดินรวมพื้นที่ข้าวนาปรังของจังหวัดพิษณุโลก สำหรับแผนที่แสดงพื้นที่ปลูกข้าวนาปีและข้าวนาปรังของพื้นที่ศึกษาทั้งสองจังหวัดที่เป็นแบบเวกเตอร์ได้ถูกนำไปใช้ร่วมกับโปรแกรมเชื่อมโยงเพื่อประเมินผลผลิตข้าวต่อไป



(ก)	(ข)
(ค)	(ง)

- (ก) ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมสีผสม 1,5,3/R,G,B
 (ข) การซ้อนทับทางน้ำที่ขยายข้าง (stream buffer) 120 เมตร
 (ค) พื้นที่ปลูกข้าวที่อยู่ภายใน stream buffer 120 เมตร
 (ง) พื้นที่ปลูกข้าวในร่องเขาขนาดเล็กจากผลการวิเคราะห์

รูปที่ 5-5 ขั้นตอนการจำแนกนาข้าวในร่องเขาขนาดเล็กด้วยวิธีการซ้อนทับบนสองฟากทางน้ำที่มีขนาดกว้างด้านละ 120 เมตร



รูปที่ 5-6 ข้อมูลจากผลการจำแนกพื้นที่ปลูกข้าวจัดเก็บแบบราสเตอร์และเวกเตอร์หลังกรรมวิธีข้อมูล เมื่อนำไปซ้อนทับลงบนข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม

Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ผลการจำแนกพื้นที่ข้าวนาปี

ในพื้นที่ศึกษาจังหวัดเชียงใหม่ ความพยายามที่จะจำแนกแปลงนาขนาดเล็กในร่องเขาเป็นสิ่งจำเป็น เนื่องจากเกษตรกรในชุมชนที่สูงของจังหวัดเชียงใหม่ต้องพึ่งแปลงนาดังกล่าวเพื่อการผลิตข้าว ความมั่นคงในการผลิตอาหารของชุมชนจึงขึ้นอยู่กับแปลงนาเหล่านี้ด้วย ดังนั้นการประเมินความมั่นคงของการผลิตอาหารของชุมชนบนที่สูงจะมีความถูกต้องใกล้เคียงกับความเป็นจริงถ้าการจำแนกแปลงนาเหล่านี้มีความถูกต้องสูง จากการจำแนกรายละเอียดพื้นที่ปลูกข้าวนาปีและการใช้ประโยชน์ที่ดินด้วยวิธีการดังกล่าวข้างต้น จึงสามารถจัดสร้างเป็นแผนที่ข้อมูลเชิงตัวเลขที่แสดงการใช้ประโยชน์ที่ดินรวมกับพื้นที่ปลูกข้าวนาปีของพื้นที่ศึกษาจังหวัดเชียงใหม่ (รูปที่ 5-7 และรูปที่ 5-8) ได้พื้นที่ปลูกข้าวนาปีในพื้นที่ราบขนาดใหญ่และที่ราบระหว่างหุบเขา รวมทั้งสิ้น 494,146 ไร่ (ตารางที่ 5-2)

ตารางที่ 5-2 พื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินแต่ละประเภทและพื้นที่ปลูกข้าวนาปีของพื้นที่ศึกษาจังหวัดเชียงใหม่ที่จำแนกได้จากข้อมูลภาพถ่ายเทียม LANDSAT-5 ระบบ TM บันทึกข้อมูลเมื่อวันที่ 16 พ.ย. 2540

การใช้ประโยชน์ที่ดิน	พื้นที่ (ไร่)
ข้าวนาปี	494,146
พืชไร่และพื้นที่รกร้าง	620,871
ป่าไม้และไม้ยืนต้น	12,501,618
พื้นที่ชุมชนผสมไม้ผล	143,681
แหล่งน้ำ	60,068
รวมทั้งสิ้น	13,820,385

ในขณะที่การจำแนกพื้นที่ปลูกข้าวนาปีของพื้นที่ศึกษาจังหวัดพิษณุโลกมีปัญหาที่แตกต่างจากจังหวัดเชียงใหม่ โดยที่พื้นที่ปลูกข้าวของจังหวัดพิษณุโลกสามารถแบ่งออกได้เป็นสองส่วนคือพื้นที่ที่ปลูกข้าวได้ครั้งเดียวต่อปีซึ่งอาศัยน้ำฝนเป็นหลักและพื้นที่ที่สามารถปลูกข้าวได้ตลอดปีโดยพื้นที่ปลูกข้าวส่วนใหญ่อยู่บนพื้นที่ราบที่กว้างใหญ่ ไม่มีความลาดชัน ซึ่งอาศัยน้ำชลประทานและโครงการสูบน้ำด้วยพลังไฟฟ้า ตลอดจนบางส่วนที่อาศัยน้ำบาดาลจากบ่อดกของตนเอง แต่ปัญหาจะอยู่ที่พื้นที่ปลูกข้าวของจังหวัดพิษณุโลกที่เป็นพื้นที่ที่สามารถทำนาได้ตลอดปีมักเกิดน้ำท่วมในฤดูน้ำหลากเนื่องจากสภาพพื้นที่ที่ราบและต่ำ เกษตรกรจึงเริ่มปลูกข้าวไม่พร้อมกันทีเดียวทั้งนี้แล้วแต่ประสบการณ์ที่ได้รับและการคาดคะเนของเกษตรกรในพื้นที่ว่าในปีนั้นๆ จะเกิดน้ำท่วมหรือไม่ เกษตรกรที่ไม่ต้องการเสี่ยงจึงเริ่มปลูกข้าวล่าช้ากว่าในบางพื้นที่ และเมื่อถึงฤดูการเก็บเกี่ยว พื้นที่ที่เริ่มลงมือปลูกก่อนก็จะทำการเก็บเกี่ยวก่อน ในขณะที่บางพื้นที่ข้าวเพิ่งจะเริ่มจะสุกไปจนกระทั่งบางพื้นที่ข้าวเริ่มจะเจริญเติบโต การดำเนินการที่ไม่พร้อมกันเช่นที่กล่าวมานี้ มีผลทางด้านกายภาพซึ่งทำให้ค่าการสะท้อนช่วงคลื่นของพื้นที่นาข้าวปีที่ต้องการคำนวณหา มีความ

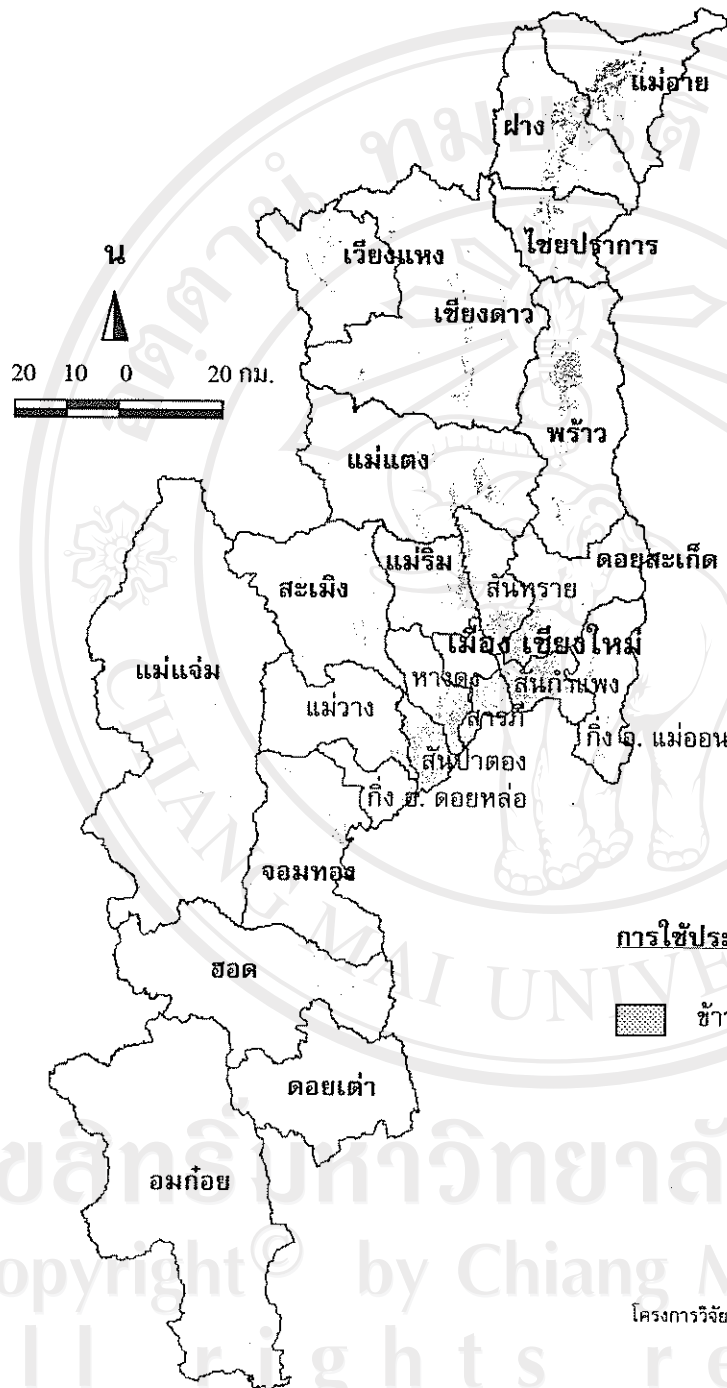
แตกต่างกันในหลายระดับ ซึ่งวิธีการจำแนกข้อมูลเพื่อแก้ปัญหาจำเป็นต้องศึกษาลักษณะค่าการสะท้อนช่วงคลื่นในแต่ละระยะของการปลูกข้าวในแต่ละพื้นที่ของจังหวัดพิษณุโลก แล้วนำมาคำนวณร่วมกันเป็นพื้นที่ปลูกข้าวนาปีทั้งหมด ผลการจำแนกพื้นที่ปลูกข้าวนาปีของพื้นที่ศึกษา จังหวัดพิษณุโลก (รูปที่ 5-9 และรูปที่ 5-10) ได้พื้นที่ปลูกข้าวนาปีรวมทั้งสิ้น 1,197,864 ไร่ (ตารางที่ 5-3)

ตารางที่ 5-3 พื้นที่การใช้ประโยชน์แต่ละประเภทและพื้นที่ปลูกข้าวนาปีของพื้นที่ศึกษา จังหวัดพิษณุโลกที่จำแนกได้จากข้อมูลภาพดาวเทียม LANDSAT-5 ระบบ TM บันทึกข้อมูลเมื่อ 4-11 ธ.ค. 2540

การใช้ประโยชน์ที่ดิน	พื้นที่ (ไร่)
ข้าวนาปี	1,197,864
ป่าไม้และไม้ยืนต้น	3,377,637
พืชไร่และพื้นที่รกร้าง	1,462,464
สวนไม้ผลผสมชุมชน	318,429
ชุมชนและตัวเมือง	58,266
แหล่งน้ำ	194,841
รวมทั้งสิ้น	6,609,501

การศึกษานี้ชี้ให้เห็นถึงบทบาทของข้อมูลเชิงพื้นที่อื่นๆ อย่างชัดเจน นอกเหนือจากข้อมูลภาพดาวเทียม โดยเฉพาะการจำแนกแปลงนาขนาดเล็กในสภาพพื้นที่ที่เป็นภูเขาสูง ซึ่งลักษณะภูมิประเทศที่แตกต่างกันมากมีส่วนทำให้ค่าการสะท้อนช่วงคลื่นของประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินที่แตกต่างกันมีค่าใกล้เคียงกันและไม่เป็นระเบียบ หากใช้ข้อมูลภาพจากดาวเทียมเพียงอย่างเดียวจะทำให้ผลการจำแนกได้พื้นที่ที่ไม่ต่อเนื่องครบถ้วน การใช้ข้อมูลเชิงพื้นที่อื่นๆ เช่น ข้อมูลสภาพภูมิประเทศเชิงตัวเลข (DEM) ช่วยในการสร้างทางน้ำลำดับต่างๆ ซึ่งอาจไม่ปรากฏในแผนที่ ทำให้การวิเคราะห์แปลงนาในร่องเขามีความแม่นยำขึ้น เนื่องจากแปลงนาเหล่านั้นมักอยู่สองฟากลำน้ำ เป็นต้น นอกจากนี้การใช้วิธีการขยายพื้นที่ขอบเขตตามลำน้ำ และการใช้ข้อมูลค่ารูปร่างและขนาดของพื้นที่จากการวิเคราะห์เชิงพื้นที่ใน GIS ยังเป็นกรรมวิธีที่ช่วยแยกแยะแปลงนาขนาดเล็กที่มีรูปร่างยาวไปตามลำน้ำออกจากพื้นที่การเกษตรอื่นได้ดี เช่น พื้นที่ปลูกพืชไร่หรือข้าวไร่ เพราะพื้นที่เหล่านี้มักมีรูปร่างที่ไม่ยาวเหมือนแปลงนาในร่องเขา

แผนที่แสดงพื้นที่ข้าวนาปีฤดูปลูกปี 2540 ของจังหวัดเชียงใหม่

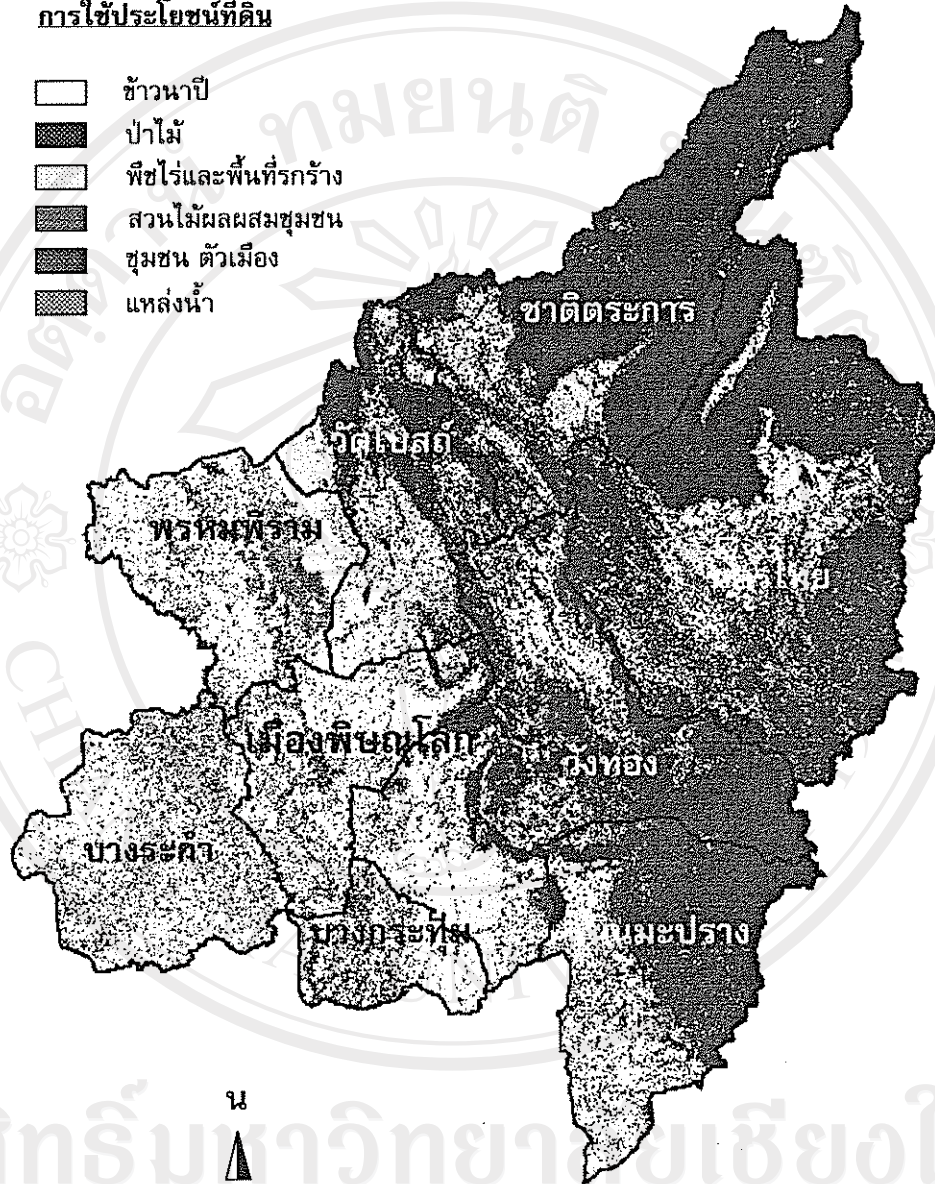


รูปที่ 5-8 พื้นที่ปลูกข้าวนาปีของจังหวัดเชียงใหม่ที่จำแนกได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลภาพถ่ายเทียม LANDSAT-5 ระบบ TM ช่วงคลื่น 1, 3 และ 5 บันทึกข้อมูลเมื่อวันที่ 16 พ.ย. 2540

แผนที่แสดงการใช้ประโยชน์ที่ดินปี 2540 ของจังหวัดพิษณุโลก

การใช้ประโยชน์ที่ดิน

-  ข้าวนาปี
-  ป่าไม้
-  พืชไร่และพื้นที่รกร้าง
-  สวนไม้ผลผสมชุมชน
-  ชุมชน ตัวเมือง
-  แหล่งน้ำ



โครงการวิจัยระบบสนับสนุนการตัดสินใจการผลิตพืช :
ข้าวในภาคเหนือ
ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตร
คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

รูปที่ 5-9 การใช้ประโยชน์ที่ดินของจังหวัดพิษณุโลกที่จำแนกได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลภาพดาวเทียม
LANDSAT-5 ระบบ TM ช่วงคลื่น 1, 3, 4 และ 5 บันทึกข้อมูลเมื่อวันที่ 4-11 ธ.ค. 2540

แผนที่แสดงพื้นที่ข้าวนาปีฤดูปลูกปี 2540 ของจังหวัดพิษณุโลก



โครงการวิจัยระบบสนับสนุนการตัดสินใจการผลิตพืช :
ข้าวในภาคเหนือ
ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตร
คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

รูปที่ 5-10 พื้นที่ปลูกข้าวของจังหวัดพิษณุโลกที่จำแนกได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลภาพถ่ายเทียม LANDSAT-5 ระบบ TM ช่วงคลื่น 1, 3 และ 5 บันทึกข้อมูลเมื่อวันที่ 4-11 ธ.ค. 2540

ผลการจำแนกพื้นที่ข้าวนาปรัง

ขั้นตอนการจำแนกพื้นที่ข้าวนาปรังของพื้นที่ศึกษาจังหวัดเชียงใหม่ไม่มีความซับซ้อนเท่ากับการจำแนกพื้นที่ข้าวนาปี สาเหตุเนื่องจากสภาพการใช้ประโยชน์ที่ดินในขณะช่วงฤดูปลูกข้าวนาปรัง (กุมภาพันธ์-เมษายน) ในแต่ละพื้นที่ของจังหวัดเชียงใหม่ไม่มีกิจกรรมทางการเกษตรมากนัก ในบางพื้นที่ของจังหวัดเชียงใหม่มีการปลูกพืชหลังข้าวบ้างแทนการปลูกข้าวนาปรัง เช่น หอม กระเทียม ถั่วเหลือง เป็นต้น แต่ค่าการสะท้อนช่วงคลื่นของพืชเหล่านี้ไม่มีความซับซ้อนกับค่าของพื้นที่ข้าวนาปรังแต่อย่างใด ผลการจำแนกได้พื้นที่ปลูกข้าวนาปรังของพื้นที่ศึกษาจังหวัดเชียงใหม่ (รูปที่ 5-11 และรูปที่ 5-12) รวมทั้งสิ้น 31,359 ไร่ (ตารางที่ 5-4)

สำหรับการจำแนกพื้นที่ข้าวนาปรังในพื้นที่ศึกษาจังหวัดพิษณุโลกค่อนข้างที่จะซับซ้อนมากกว่าการจำแนกพื้นที่ข้าวนาปรังของจังหวัดเชียงใหม่ โดยมีสาเหตุมาจากการดำเนินการปลูกข้าวนาปีที่ไม่พร้อมกันดังที่กล่าวมาแล้ว ซึ่งพื้นที่ที่ทำการปลูกข้าวนาปีแรกสุดจะเก็บเกี่ยวก่อน และหลังจากเก็บเกี่ยวข้าวนาปีแล้วเสร็จจะมีการเตรียมพื้นที่และเอาน้ำเข้านาทันทีเพื่อปลูกข้าวนาปรังในช่วงต่อไป และทำเช่นนี้ไล่กันมาในแต่ละพื้นที่ ความไม่พร้อมกันนี้ทำให้ค่าการสะท้อนช่วงคลื่นของข้าวนาปรังในบางส่วนจะซับซ้อนกับพื้นที่นาซึ่งที่เตรียมพื้นที่ปลูกข้าวนาปรังและซับซ้อนกับค่าการสะท้อนช่วงคลื่นของแหล่งน้ำจริง ตลอดจนซับซ้อนกับพื้นที่นาซึ่งบางส่วนในเขตชลประทานนเรศวรในพื้นที่ทุ่งสาม ซึ่งการจำแนกยังคงถือตามค่าการสะท้อนช่วงคลื่นของพื้นที่ข้าวนาปรังเป็นหลักและรวมกับพื้นที่นาซึ่งบางส่วนที่คาดว่าเป็นการเตรียมการปลูกข้าวนาปรังจริงๆ อย่างไรก็ตามในการวิเคราะห์หาพื้นที่ปลูกข้าวนาปรังของจังหวัดพิษณุโลกจะพบว่าข้อมูลคลาดเคลื่อนจากความเป็นจริงไปส่วนหนึ่ง ด้วยลักษณะการปลูกข้าวของจังหวัดพิษณุโลกภายในแต่ละปีที่เป็นแบบต่อเนื่องดังที่กล่าวมาแล้ว จะมีการปลูกข้าวนาปรังครั้งที่หนึ่งทันทีเมื่อเสร็จสิ้นจากการเก็บเกี่ยวข้าวนาปี และเมื่อเก็บเกี่ยวข้าวนาปรังครั้งที่หนึ่งเสร็จก็จะทำการปลูกข้าวนาปรังครั้งที่สองต่อไปอีกจนถึงฤดูกาลทำนาปีอีกครั้งหนึ่ง ซึ่งแต่ละพื้นที่จะคาบเกี่ยวกันเรื่องวันปลูกและวันเก็บเกี่ยว ปัญหาที่เกิดขึ้นในการวิเคราะห์และจำแนกพื้นที่ข้าวนาปรังคือข้อมูลไม่สามารถครอบคลุมค่าการสะท้อนช่วงคลื่นของพื้นที่ปลูกข้าวนาปรังให้ครบทุกระยะได้ ซึ่งมีผลทำให้การจำแนกพื้นที่ปลูกข้าวนาปรังของพื้นที่ศึกษาจังหวัดพิษณุโลกขาดหายไปบางส่วน โดยส่วนที่ขาดหายไปจะเป็นช่วงการปลูกข้าวนาปรังในระหว่างเดือนมีนาคมจนถึงมิถุนายน (ก่อนการทำนาปีครั้งใหม่) ผลการจำแนกพื้นที่ปลูกข้าวนาปรังของพื้นที่ศึกษาจังหวัดพิษณุโลก (รูปที่ 5-13 และรูปที่ 5-14) ได้พื้นที่ปลูกข้าวนาปรังรวมทั้งสิ้น 203,274 ไร่ (ตารางที่ 5-5)

ตารางที่ 5-4 พื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินแต่ละประเภทและพื้นที่ปลูกข้าวนาปรัง
ของพื้นที่ศึกษาจังหวัดเชียงใหม่ที่จำแนกได้จากข้อมูลภาพดาวเทียม
LANDSAT-5 ระบบ TM บันทึกข้อมูลเมื่อวันที่ 18 มี.ค. 2541

การใช้ประโยชน์ที่ดิน	พื้นที่ (ไร่)
ข้าวนาปรัง	31,359
ถั่วเหลือง	84,306
พืชสวน	331,356
ที่นาว่างเปล่า	47,125
พื้นที่อื่นๆ	620,871
ป่าไม้และไม้ยืนต้น	12,501,619
ชุมชน	143,681
แหล่งน้ำ	60,069
รวมทั้งสิ้น	13,820,385

ตารางที่ 5-5 พื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินแต่ละประเภทและพื้นที่ปลูกข้าวนาปรัง
ของพื้นที่ศึกษาจังหวัดพิษณุโลกที่จำแนกได้จากข้อมูลภาพดาวเทียม
LANDSAT-5 ระบบ TM บันทึกข้อมูลเมื่อวันที่ 10-17 มี.ค. 2541

การใช้ประโยชน์ที่ดิน	พื้นที่ (ไร่)
ข้าวนาปรัง	203,274
ที่นาว่างเปล่า	994,590
ป่าไม้และไม้ยืนต้น	3,377,637
พื้นที่รกร้าง	1,462,464
สวนไม้ผลผสมป่าชุมชน	318,429
ชุมชนและตัวเมือง	58,266
แหล่งน้ำ	194,841
รวมทั้งสิ้น	6,609,501

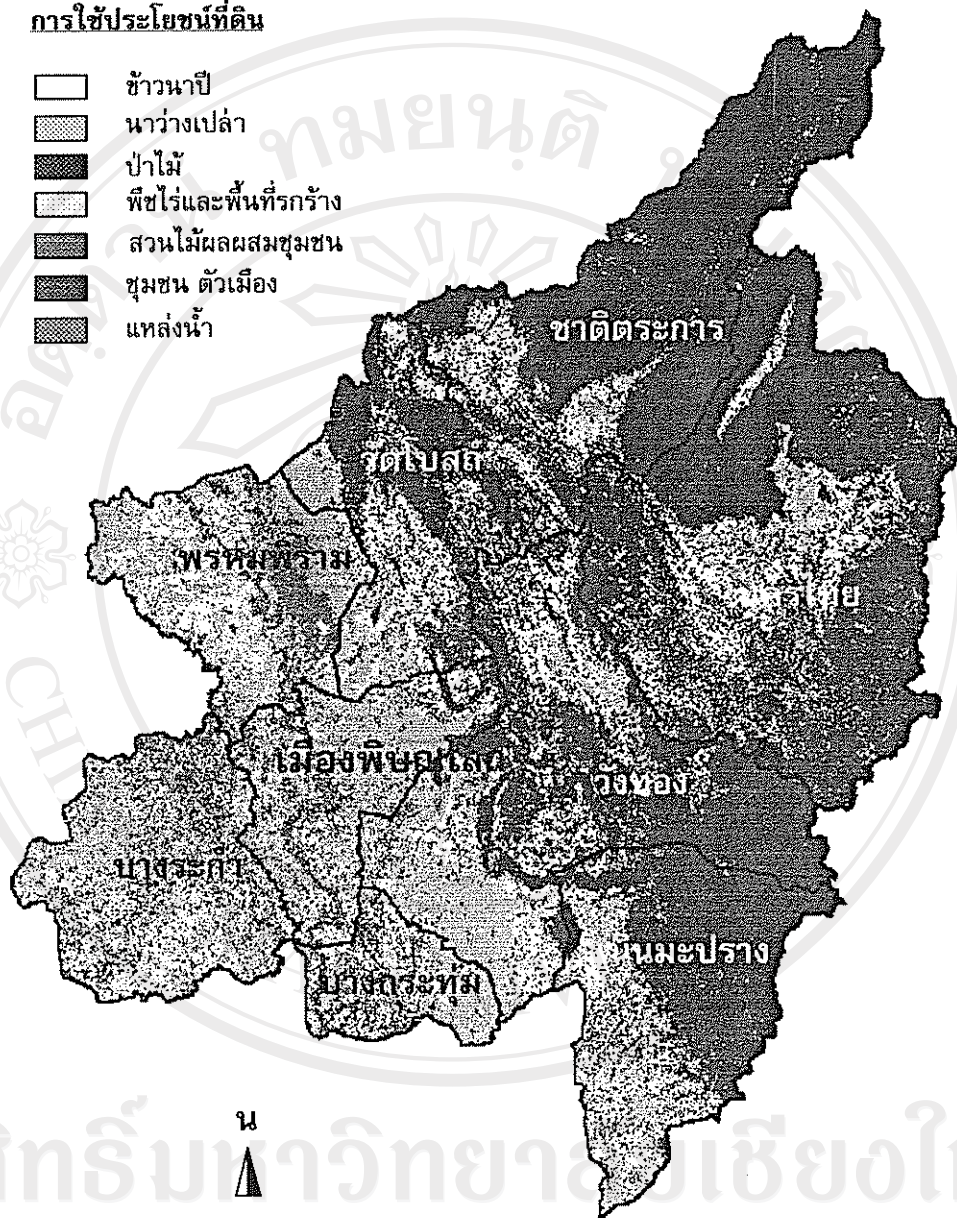
แผนที่แสดงพื้นที่ข้าวนาปรังฤดูปลูกปี 2541 ของจังหวัดเชียงใหม่



รูปที่ 5-12 พื้นที่ปลูกข้าวนาปรังจังหวัดเชียงใหม่ที่จำแนกได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลภาพดาวเทียม LANDSAT-5 ระบบ TM ช่วงคลื่น 5, 4 และ 3 บันทึกข้อมูลเมื่อวันที่ 18 มี.ค. 2541

การใช้ประโยชน์ที่ดิน

- | | |
|---|---------------------------|
|  | ข้าวนาปี |
|  | นาว่างเปล่า |
|  | ป่าไม้ |
|  | พืชไร่และพื้นที่ที่รกร้าง |
|  | สวนไม้ผลผสมชุมชน |
|  | ชุมชน ตัวเมือง |
|  | แหล่งน้ำ |





โครงการวิจัยระบบสนับสนุนการตัดสินใจการผลิตพืช :
ข้าวในภาคเหนือ
ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตร
คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

การสร้างฐานข้อมูลเชิงพื้นที่ที่แสดงพื้นที่ปลูกข้าวด้วยข้อมูลระยะไกลในระบบสนับสนุนการตัดสินใจการผลิตข้าว 133

แผนที่แสดงพื้นที่ข้าวนาปรังฤดูปลูกปี 2541 ของจังหวัดพิษณุโลก



โครงการวิจัยระบบสนับสนุนการตัดสินใจการผลิตพืช :
ข้าวในภาคเหนือ
ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตร
คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

รูปที่ 5-14 พื้นที่ปลูกข้าวนาปรังของจังหวัดพิษณุโลกที่จำแนกได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลภาพถ่ายเทียม
LANDSAT-5 ระบบ TM ช่วงคลื่น 1, 3 และ 5 บันทึกข้อมูลเมื่อวันที่ 10-17 มี.ค. 2541

ผลการประเมินค่าความถูกต้องในการจำแนก

การประเมินค่าความถูกต้องของแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินที่แสดงพื้นที่ปลูกข้าวนาปี และพื้นที่ปลูกข้าวนาปรังซึ่งได้ดำเนินการโดยวิธีการต่างๆ ดังกล่าวข้างต้น ด้วยวิธีการ Error Matrix (Lillesand and Kiefer, 1994) และ Kappa statistics (Congalton, 1991) โดยแผนที่แสดงพื้นที่ปลูกข้าวนาปีที่วิเคราะห์ได้จากข้อมูลชุด 1,5,3/R,G,B จะถูกซ้อนทับลงบนแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินโดยทำการประเมินแยกเป็นค่าความถูกต้องในแต่ละชนิดของการใช้ประโยชน์ที่ดิน รวมทั้งพื้นที่ปลูกข้าวนาปีและข้าวนาปรังของพื้นที่ศึกษาจังหวัดเชียงใหม่และพิษณุโลก

ผลของการประเมินค่าความถูกต้องของการจำแนกพื้นที่ปลูกข้าวนาปีและข้าวนาปรังในพื้นที่ศึกษาจังหวัดเชียงใหม่ที่เป็นพื้นที่ราบขนาดใหญ่และที่ราบในหุบเขา และจังหวัดพิษณุโลกซึ่งส่วนใหญ่เป็นพื้นที่นาบนที่ราบขนาดใหญ่ พบว่าการจำแนกโดยใช้ข้อมูลภาพดาวเทียมด้วยวิธีแบบไม่ควบคุม โดยใช้ช่วงคลื่นชุด 1,3 และ 5 ให้ความถูกต้องมากที่สุด รายละเอียดมีดังนี้

ในพื้นที่ศึกษาจังหวัดเชียงใหม่ แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินรวมกับข้อมูลพื้นที่ปลูกข้าวนาปีที่จำแนกจากข้อมูลภาพดาวเทียมชุด 1,5,4,3/R,G,B,intensity และ 1,5,3/R,G,B ตามลำดับ มีค่าความถูกต้องโดยรวม (overall accuracy) 95.3% มีค่า Overall kappa เท่ากับ 0.93 โดยพื้นที่ปลูกข้าวนาปีมีค่าความถูกต้องของ Producer's accuracy 99.3%, User's accuracy 97.8% และ Conditional kappa เท่ากับ 0.96 (ตารางที่ 5-6) สำหรับแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินรวมกับข้อมูลพื้นที่ปลูกข้าวนาปรังที่จำแนกจากข้อมูลภาพดาวเทียมชุด 1,5,4,3/R,G,B,intensity และ 5,4,3/R,G,B ตามลำดับ มีค่าความถูกต้องโดยรวม (overall accuracy) 92.7% ค่า Overall kappa เท่ากับ 0.91 โดยพื้นที่ปลูกข้าวนาปรังมีค่าความถูกต้องของ Producer's accuracy 97.2%, User's accuracy 96.4% และ Conditional kappa เท่ากับ 0.96 (ตารางที่ 5-7)

ในพื้นที่ศึกษาจังหวัดพิษณุโลก แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินรวมกับข้อมูลพื้นที่ปลูกข้าวนาปีที่จำแนกจากชุดข้อมูลภาพดาวเทียมเช่นเดียวกับจังหวัดเชียงใหม่คือ 1,5,4,3/R,G,B,intensity และ 1,5,3/R,G,B ตามลำดับ มีค่าความถูกต้องโดยรวม (overall accuracy) 87.1% มีค่า Overall kappa เท่ากับ 0.87 โดยพื้นที่ปลูกข้าวนาปีมีค่าความถูกต้องของ Producer's accuracy 90.9%, User's accuracy 94.4% และ Conditional kappa เท่ากับ 0.81 (ตารางที่ 5-8) สำหรับแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินรวมกับข้อมูลพื้นที่ปลูกข้าวนาปรังจำแนกจากข้อมูลภาพดาวเทียมชุด 1,5,4,3/R,G,B,intensity และ 5,4,3/R,G,B ตามลำดับ มีค่าความถูกต้องโดยรวม (overall accuracy) 86.2% มีค่า Overall kappa เท่ากับ 0.83 โดยพื้นที่ปลูกข้าวนาปรังมีค่าความถูกต้องของ Producer's accuracy 86.7%, User's accuracy 84.1% และ Conditional kappa เท่ากับ 0.81 (ตารางที่ 5-9)

ตารางที่ 5-6 ผลการประเมินค่าความถูกต้องของแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินปี 2540 จังหวัดเชียงใหม่
เพื่อจำแนกพื้นที่ปลูกข้าวนาปี

การใช้ที่ดิน	1	2	3	4	5	รวม	คำอธิบาย	
1	904	12	2	6	0	924	หมายเลข	ประเภทการใช้ที่ดิน
2	4	305	5	16	0	330	1	นาปี
3	0	17	290	7	0	314	2	พืชไร่/พื้นที่อื่นๆ
4	2	12	3	347	0	364	3	ป่าไม้
5	0	0	12	0	146	158	4	ชุมชน
รวม	910	346	312	376	146	2090	5	แหล่งน้ำ

<u>Overall accuracy</u> = 95.3%				<u>Kappa statistics</u> = 0.93			
ประเภทการใช้ที่ดิน	<u>Producer's accuracy</u>		<u>User's accuracy</u>		<u>Conditional Kappa</u>		
นาปี	=	99.3%	=	97.8%	=	0.96	
พืชไร่/พื้นที่อื่นๆ	=	88.2%	=	92.4%	=	0.91	
ป่าไม้	=	93.0%	=	92.4%	=	0.91	
ชุมชน	=	92.3%	=	95.3%	=	0.94	
แหล่งน้ำ	=	100.0%	=	92.4%	=	0.91	

ตารางที่ 5-7 ผลการประเมินค่าความถูกต้องของแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินปี 2541 จังหวัดเชียงใหม่
เพื่อจำแนกพื้นที่ปลูกข้าวนาปรัง

การใช้ที่ดิน	1	2	3	4	5	6	รวม	คำอธิบาย	
1	215	7	1	0	0	0	223	หมายเลข	ประเภทการใช้ที่ดิน
2	0	238	0	0	0	31	269	1	นาปรัง
3	0	9	290	8	0	7	314	2	นาว่างเปล่า/พื้นที่ทิ้งร้าง
4	0	0	0	347	0	17	364	3	ป่าไม้
5	0	0	8	0	150	0	158	4	ชุมชน
6	6	7	3	20	0	345	381	5	พืชไร่และพืชสวน
รวม	221	261	302	375	150	400	1709	6	แหล่งน้ำ

Overall accuracy

=

92.7%

ประเภทการใช้ที่ดิน

Producer's accuracy

User's accuracy

Conditional Kappa

นาปรัง

=

97.2%

=

96.4%

=

0.96

นาว่างเปล่า/พื้นที่ทิ้งร้าง

=

91.1%

=

88.4%

=

0.86

ป่าไม้

=

96.0%

=

92.3%

=

0.91

ชุมชน

=

92.5%

=

95.3%

=

0.94

พืชไร่/พืชสวน

=

100.0%

=

94.9%

=

0.94

แหล่งน้ำ

=

86.2%

=

90.5%

=

0.88

Kappa statistics

=

0.91

ตารางที่ 5-8 ผลการประเมินค่าความถูกต้องของแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินปี 2540 จังหวัดพิษณุโลก
เพื่อจำแนกพื้นที่ปลูกข้าวนาปี

การใช้ที่ดิน	1	2	3	4	5	6	รวม
1	170	-	8	-	5	4	187
2	-	35	1	3	-	-	39
3	2	3	26	-	-	-	31
4	-	8	1	26	-	-	35
5	5	-	-	-	21	1	27
6	3	-	-	-	1	27	31
รวม	180	46	36	29	27	32	350

คำอธิบาย

หมายเลข ประเภทการใช้ที่ดิน

- นาปี
- ป่าไม้/ไม้ยืนต้น
- พืชไร่/พื้นที่ทิ้งร้าง
- สวนไม้ผล/หมู่บ้าน
- ชุมชน/สิ่งก่อสร้าง
- แหล่งน้ำ

Overall accuracy = 87.1%

Kappa statistics = 0.87

ประเภทการใช้ที่ดิน

Producer's accuracy

User's accuracy

Conditional kappa

นาปี	=	90.9%	=	94.4%	=	0.81
ป่าไม้/ไม้ยืนต้น	=	89.7%	=	76.0%	=	0.88
พืชไร่/พื้นที่ทิ้งร้าง	=	83.8%	=	72.2%	=	0.82
สวนไม้ผล/หมู่บ้าน	=	74.2%	=	89.6%	=	0.72
ชุมชน/สิ่งก่อสร้าง	=	77.7%	=	77.7%	=	0.76
แหล่งน้ำ	=	87.1%	=	84.3%	=	0.86

ตารางที่ 5-9 ผลการประเมินค่าความถูกต้องของแผนการใช้ประโยชน์ที่ดินปี 2541 จังหวัดพิษณุโลก
เพื่อจำแนกพื้นที่ปลูกข้าวนาปรัง

การใช้ที่ดิน	1	2	3	4	5	6	7	รวม	คำอธิบาย
1	85	1	-	-	5	4	3	98	หมายเลข ประเภทการใช้ที่ดิน
2	5	85	-	7	-	-	-	97	1 นาปรัง
3	2	-	30	-	3	-	-	35	2 นาว่างเปล่า
4	-	2	3	30	-	-	-	35	3 ป่าไม้/ไม้ยืนต้น
5	1	-	2	-	26	1	-	30	4 พืชไร่/พื้นที่ทิ้งร้าง
6	4	-	-	-	1	25	-	30	5 สวนไม้ผล/หมู่บ้าน
7	4	-	-	-	-	-	21	25	6 ชุมชน/สิ่งก่อสร้าง
รวม	180	88	35	37	35	30	24	350	7 แหล่งน้ำ

Overall accuracy	=	86.2%	Kappa statistics	=	0.83	
ประเภทการใช้ที่ดิน	Producer's accuracy	User's accuracy	Conditional kappa			
นาปรัง	=	86.7%	=	84.1%	=	0.81
นาว่างเปล่า	=	87.6%	=	96.5%	=	0.83
ป่าไม้/ไม้ยืนต้น	=	85.7%	=	85.7%	=	0.84
พืชไร่/พื้นที่ทิ้งร้าง	=	85.7%	=	81.0%	=	0.84
สวนไม้ผล/หมู่บ้าน	=	86.6%	=	74.2%	=	0.85
ชุมชน/สิ่งก่อสร้าง	=	83.3%	=	83.3%	=	0.82
แหล่งน้ำ	=	84.0%	=	87.5%	=	0.83

สรุป

การจำแนกพื้นที่ปลูกข้าวนาปีและข้าวนาปรังในพื้นที่ศึกษาจังหวัดเชียงใหม่และพิษณุโลก ได้ใช้เทคนิคกรรมวิธีข้อมูลภาพจากดาวเทียมของระบบข้อมูลระยะไกลทำการจำแนกค่าการสะท้อนช่วงคลื่นของการใช้ประโยชน์ที่ดินชนิดต่างๆ รวมทั้งพื้นที่ปลูกข้าว และใช้เทคนิคของระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ช่วยในการปรับปรุงค่าความถูกต้องของข้อมูลให้มีความถูกต้องน่าเชื่อถือมากยิ่งขึ้น อีกทั้งยังได้ใช้ข้อมูลพื้นที่ปลูกข้าวจากแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินของกรมพัฒนาที่ดินที่ได้สำรวจไว้เดิมนำมาเป็นฐานในการช่วยวิเคราะห์พื้นที่ปลูกข้าวด้วย

ผลการจำแนกรายละเอียดด้วยข้อมูลภาพจากดาวเทียมสามารถสรุปได้คือข้อมูลที่ต้องการใช้ในการจำแนกพื้นที่ปลูกข้าวนาปีจะมี 2 ชุดคือ ชุดแรกใช้ช่วงคลื่น 1, 3, 4 และ 5 สำหรับการจำแนกพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินโดยทั่วไป และชุดที่สองใช้ช่วงคลื่น 1, 3 และ 5 สำหรับการจำแนกพื้นที่ปลูกข้าวนาปีโดยเฉพาะ ส่วนการจำแนกพื้นที่ปลูกข้าวนาปรังใช้ข้อมูลช่วงคลื่น 3, 4 และ 5 เพียงอย่างเดียว

ผลการประเมินค่าความถูกต้องของวิธีการจำแนกด้วยค่า Conditional kappa ของพื้นที่ปลูกข้าวจังหวัดเชียงใหม่ พบว่าการจำแนกพื้นที่ปลูกข้าวนาปีได้ค่าความถูกต้องเท่ากับพื้นที่ปลูกข้าวนาปรังคือ 0.96 สำหรับจังหวัดพิษณุโลกได้ค่าความถูกต้องของการจำแนกพื้นที่ปลูกข้าวนาปีเท่ากับพื้นที่ปลูกข้าวนาปรังเช่นเดียวกันคือ 0.81 ดังนั้นผลการจำแนกจึงสามารถนำไปจัดทำเป็นแผนที่แสดงพื้นที่ปลูกข้าวนาปีและพื้นที่ข้าวนาปรัง เพื่อนำไปใช้ในการประมาณการณ์ผลผลิตของข้าวในระบบสนับสนุนการตัดสินใจการผลิตข้าวต่อไป

เอกสารอ้างอิง

ถาวร อ่อนประไพ, เมธี เอกะสิงห์ และ สิทธิเดช ณ เชียงใหม่. 2540. การสร้างฐานข้อมูลเชิงพื้นที่ปลูกข้าวด้วยข้อมูลภาพจากดาวเทียม. หน้า 46-43. ใน เมธี และคณะ. รายงานความก้าวหน้า ฉบับที่ 1 งานแรก (1 เมษายน-30 กันยายน 2540) โครงการวิจัยระบบสนับสนุนการตัดสินใจการผลิตพืช: ข้าวในภาคเหนือ เสนอต่อสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย. ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

Barrs, H.D., and S.A. Prathapar. 1994. An inexpensive and effective basis for monitoring rice areas using GIS and remote sensing. Australian Journal of Experimental Agriculture. 34:1079-83.

Congalton, R.G. 1991. A review of assessing the accuracy of classification of remotely sensed data. Remote Sens. Environ. 37:35-46.

- Eiumnoh, A. and R. Shrestha. 2000. Application of DEM data to Landsat image classification : Evaluation in a tropical wet-dry landscape of Thailand. PE&RS. 66 (3):297-304.
- ER Mapper. 1995. ER Mapper V.5.5 Reference. Earth Resource Mapping Pty. Ltd., San Diego, CA.
- ER Mapper. 1998. ER Mapper V.6.0 Reference. Earth Resource Mapping Pty. Ltd., San Diego, CA.
- Janssen, L.F., J. Jaarsma and E. van der Linder. 1990. Integrating topographic data with remote sensing for land-cover classification. PE&RS. 56(11):1503-1506.
- Janssen, L.F. and H. Middelkoop. 1992. Knowledge-based crop classification of a LANDSAT Thematic Mapper image. Int. J. Remote Sensing. 13(15):2827-2837.
- Jensen, J.R. 1986. Introductory Digital Image Processing : A Remote Sensing Perspective. Prentice-Hall, Englewood Cliffs. NJ.
- Lillesand, T.M. and R.W. Kiefer, 1994. Digital Image Processing : Remote Sensing and Image Interpretation. 3rd ed. John Wiley&Sons Inc., USA. p.611-618.
- Miyazato, M., E. Ishiguro., Y. Hidaka, M. Sato, S. Yoshida, and J. Y. Chen. 1992. Estimation of the area of rice paddy field using satellite data by multi level slice method and band ratio method. Field Crop Abstracts. 47(9):113-119.
- Panigrahy, S. and S.A. Sharma. 1995. Mapping of crop rotation using multirate Indian remote sensing satellite digital data. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing. 52(2):85-91.
- Rao, P.P.N. and A. Mohankumar. 1994. Cropland inventory in the command area of Krishnarajasagar Project using satellite data. Int. J. Remote Sensing. 15(6):1295-1305.
- Tennakorn, S.B., V.V.N. Murty, and A. Eiumnoh. 1992. Estimation of crop area and grain yield of rice using remote sensing data. Int. J. Remote Sensing. 13(3):427-439.
- Trimble Navigation. 1992. Operating the GPS Pathfinder Basic Receivers. Trimble Navigation Ltd., CA.

การประเมินค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมของข้าว สำหรับแบบจำลอง CERES-Rice

จิรวัดน์ เวชแพศย์¹
ศักดิ์ดีดา จงแก้ววัฒนา¹
และ อานันท์ ผลวัฒนะ²

คำนำ

CERES-Rice เป็นแบบจำลองพืช (crop simulation model) หนึ่งในตระกูลแบบจำลองพืช CERES (Crop-Environment Resource Synthesis) บรรจุในโปรแกรมระบบสนับสนุนการตัดสินใจ DSSAT (Decision Support System for Agrotechnology Transfer) ที่พัฒนาโดยโครงการ IBSNAT (The International Benchmark Sites Network for Agrotechnology Transfer) (Uehara and Tsuji, 1998) แบบจำลองนี้ยึดกระบวนการทางสรีรวิทยาและการสะสมน้ำหนักรวมของส่วนต่างๆ ของพืชในแต่ละช่วงเวลาเป็นหลัก และออกแบบขึ้นเพื่อให้สามารถใช้ได้กับทุกสภาพแวดล้อม เป็นอิสระจากสถานที่ ฤดูกาล และระบบการจัดการ (Jones et al., 1998) โดยก่อนที่จะนำแบบจำลองนี้มาใช้กับพืชพันธุ์ใดๆ ในสภาพแวดล้อมและระบบการจัดการหนึ่งๆ ต้องมีข้อมูลที่เป็นปัจจัยนำเข้าที่เรียกว่าค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรม (genetic coefficients) ของพันธุ์นั้นๆ ซึ่งเป็นค่าที่ประกอบด้วยตัวแปรชุดหนึ่งที่แบบจำลองกำหนดให้เป็นค่าเฉพาะพันธุ์และเป็นส่วนที่กำหนดศักยภาพของแต่ละพันธุ์ในการตอบสนองต่อข้อมูลนำเข้าที่เป็นข้อมูลเชิงพื้นที่ที่อันได้แก่ ข้อมูลทางภูมิอากาศ ดิน และข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการจัดการ

งานวิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการวิจัยระบบสนับสนุนการตัดสินใจการผลิตพืช: ข้าวในภาคเหนือ ที่ได้รับการสนับสนุนจากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย โดยมีวัตถุประสงค์หลักคือการประเมินค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมสำหรับ CERES-Rice ของพันธุ์ข้าวที่ปลูกในพื้นที่นาภาคเหนือ เพื่อนำไปสู่การทดสอบใช้แบบจำลองนี้ในสภาพแวดล้อมและการจัดการต่างๆ ที่รายงานโดยศักดิ์ดีดาและคณะ (2543) และเพื่อนำแบบจำลองพร้อมกับสัมประสิทธิ์ที่ประเมินได้ รวมทั้งเงื่อนไขไปใช้ในระบบการตัดสินใจการผลิตข้าวที่เชื่อมโยงกับระบบฐานข้อมูลเชิงพื้นที่และข้อมูลการจัดการภายใต้โครงการเดียวกันนี้ต่อไป นอกจากนี้ยังมีวัตถุประสงค์เพื่อการศึกษาและทดสอบวิธีการหาค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมสำหรับแบบจำลอง CERES-Rice ของข้าวพันธุ์ต่างๆ ที่ปลูกในภาคเหนือที่มีความแตกต่างทางสรีรวิทยาโดยเฉพาะในเรื่องการตอบสนองต่อช่วงแสงและอุณหภูมิ ด้วยชุดโปรแกรม GENCALC (Hunt and Pararajasingham, 1994) พร้อมทั้งศึกษาถึงข้อจำกัดและความแตกต่างของผลการจำลองกับค่าที่วัดได้จริง เพื่อประโยชน์ในการใช้แบบจำลองในงานวิจัยและพัฒนา และในการพัฒนาตัวแบบจำลองต่อไป

¹ภาควิชาพืชไร่ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

²ศูนย์วิจัยข้าวพิษณุโลก กรมวิชาการเกษตร

ค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมของข้าว

ค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมคือข้อมูลเฉพาะพันธุ์ข้าวที่ได้อธิบายไว้ในไฟล์สัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรม RICER980.CUL ของแบบจำลอง CERES-Rice ประกอบด้วยค่าสัมประสิทธิ์ของระยะพัฒนาการ (Development coefficients) ซึ่งเป็นตัวแปรที่กำหนดการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของข้าว เช่น การออกดอกและการสุกแก่ทางสรีรวิทยา มีทั้งหมด 4 ค่า (P1, P20, P2R และ P5) และค่าสัมประสิทธิ์ของการเจริญเติบโต (Growth coefficients) ที่ควบคุมการเปลี่ยนแปลงเชิงปริมาณหรือการสร้างผลผลิตข้าว 4 ค่า (G1, G2, G3 และ G4) Hoogenboom et al. (1994) ได้นิยามค่าสัมประสิทธิ์ต่างๆ ไว้ดังนี้

P1 คือระยะเวลา (growing degree days, GDD (องศาเซลเซียส ; °C)) ที่เกินจากอุณหภูมิพื้นฐาน (base temperature) เท่ากับ 9 องศาเซลเซียส ตั้งแต่ระยะกล้าจนถึงระยะสิ้นสุดการเจริญพื้นฐาน (basic vegetative phase) หรือเป็นระยะที่ข้าวไม่ตอบสนองต่อช่วงความยาวแสง

P20 เป็นค่าความยาววันวิกฤติ (critical photoperiod) หรือช่วงเวลากลางวันที่ยาวที่สุด (ชั่วโมง) ที่ทำให้การกำเนิดช่รวงเกิดขึ้นในอัตราสูงสุด ถ้าค่าความยาววันมากกว่า P20 อัตราการพัฒนาจะลดลง

P2R เป็นระยะเวลาที่มีการชะลอการเกิดช่รวง (panicle initiation, PI) (GDD เป็นองศาเซลเซียส) ต่อเวลา 1 ชั่วโมงของความยาววันที่เกิน P20

P5 คือระยะเวลาเป็น GDD (องศาเซลเซียส) ตั้งแต่เริ่มสะสมน้ำหนักเมล็ด (grain filling) (3-4 วันหลังจากออกดอก) จนสุกแก่ทางสรีรวิทยาที่มี base temperature เท่ากับ 9 องศาเซลเซียส

G1 คือจำนวน Potential spikelet ที่ประมาณจากจำนวนดอกย่อย (spikelet) ต่อน้ำหนักแห้งของต้นแม่ (main culm) 1 กรัม (โดยที่ไม่รวมแผ่นใบและกาบใบและ spikes) ในช่วง anthesis ค่าต้นแบบ (typical value) คือ 55

G2 คือน้ำหนักเมล็ดหนึ่งเมล็ด (g) ภายใต้สภาพการปลูกแบบ ideal growing condition หมายถึงไม่มีข้อจำกัดทางแสง น้ำ ธาตุอาหาร และไม่มีแมลงศัตรูและโรค

G3 คือค่าสัมประสิทธิ์การแตกกอ Tillering coefficient (scaler value) โดยเทียบกับพันธุ์ IR64 ภายใต้สภาพไม่มีข้อจำกัดของสภาพแวดล้อม พันธุ์ที่มีการแตกกอสูงกว่าพันธุ์ดังกล่าวจะมีค่าสัมประสิทธิ์มากกว่า 1.0

G4 คือสัมประสิทธิ์ความทนทานเชิงอุณหภูมิ ค่าปกติ 1.0 สำหรับพันธุ์ที่ปลูกในสภาพปกติ ค่า G4 สำหรับข้าวชนิด Japonica ที่ปลูกในสภาพที่ร้อนจะเท่ากับหรือมากกว่า 1.0 และค่า G4 สำหรับข้าวชนิด Indica ในสภาพอากาศเย็นมากจะน้อยกว่า 1.0

ฐานข้อมูลในโปรแกรม DSSAT3.5 ได้บรรจุค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมทั้ง 8 ค่าดังกล่าวข้างต้นของข้าว 41 พันธุ์ไว้ในไฟล์ RICER980.CUL

อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณานิยามสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมข้าวและค่าสัมประสิทธิ์ตัวอย่างที่บรรจุในไฟล์ RICER980.CUL สามารถตั้งข้อสังเกตได้ว่าค่า P1, P2R และ P5 เป็น GDD ซึ่งอยู่ในรูปของ thermal time ที่มีหน่วยเป็นองศาเซลเซียส เป็นการบอกระยะเวลาในรูปเป็นอุณหภูมิสะสมของแต่ละวันซึ่งสัมพันธ์กับกระบวนการทางชีวเคมีของพืชมากกว่าเวลาที่มีหน่วยเป็นชั่วโมงหรือวันแบบปกติ ผลรวมของค่า $[(\text{อุณหภูมิสูงสุด} + \text{อุณหภูมิต่ำสุด})/2 - \text{base temperature}]$ ของแต่ละวัน (Ritchie and Nesmith, 1991) เมื่อ base temperature เป็นอุณหภูมิต่ำสุดที่กระบวนการทางสรีรวิทยายังไม่หยุดชะงักเท่ากับ 9 องศาเซลเซียส สำหรับจังหวัดเชียงใหม่ในปี 2541 ที่มีช่วงอุณหภูมิ 10-40 องศาเซลเซียส ระยะเวลาหนึ่งวันอาจเท่ากับระยะเวลาที่เป็น GDD อยู่ระหว่าง 15-25 องศาเซลเซียส

สำหรับค่าสัมประสิทธิ์ที่เกี่ยวข้องกับความไวต่อช่วงแสงนั้นมีสองค่าคือ P20 และ P2R ที่ต้องพิจารณาประกอบกันตามนิยามข้างต้น โดยอาศัยลักษณะการเป็นพืชวันสั้น (short-day plant) ของข้าว P2R มีหน่วยเป็นองศาเซลเซียส เป็นค่าที่ผันแปรตามระดับความไวต่อช่วงแสงโดยนิยามนั้นจะสัมพันธ์กับค่า P20 ที่มีหน่วยเป็นชั่วโมงของความยาววัน กล่าวคือถ้าข้าวพันธุ์หนึ่งมี P2R เท่ากับ 200 องศาเซลเซียส และ P20 เท่ากับ 12.0 ชั่วโมง หมายความว่าถ้าข้าวพันธุ์นั้นเจริญผ่านระยะ P1 หรือ basic vegetative phase แล้ว เวลาการเกิดรวงสำหรับข้าวจะชะลอไปเท่ากับ 200 องศาเซลเซียส ถ้าความยาววันในช่วงนั้นเท่ากับ 13.0 ชั่วโมง หรือจะชะลอไป 400 องศาเซลเซียสในช่วงเวลาที่ความยาววันเท่ากับ 14.0 ชั่วโมง หรือถ้าความยาววันในขณะนั้นเท่ากับ 12.0 ชั่วโมง ข้าวจะกำเนิดช่อรวงทันกำหนดพอดี

ค่า P2R มีช่วงค่ากว้างกว่าค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมอื่นๆ กล่าวคือตั้งแต่ 5-300 องศาเซลเซียส แสดงให้เห็นถึงความแตกต่างที่มีช่วงห่างมากของการตอบสนองต่อช่วงแสงของพันธุ์ข้าว แต่สังเกตได้ว่าพันธุ์ข้าวที่บรรจุใน RICER980.CUL เป็นข้าวที่ไม่ไวต่อช่วงแสงหรือไวน้อยมาก เพราะเมื่อเทียบกับข้าวพันธุ์ข้าวดอกมะลิที่ประมาณค่าโดย Jintrawet (1989) ได้เท่ากับ 1200 องศาเซลเซียส

เมื่อพิจารณาค่า G3 ที่เป็นสัมประสิทธิ์การแตกกอของข้าวจำนวน 41 พันธุ์ มีเพียง 2 พันธุ์ที่มีค่าไม่เท่ากับ 1.0 คือมีค่า 0.6 สำหรับพันธุ์ UPLRI5 (พันธุ์ที่ 10) และ 1.1 สำหรับพันธุ์ IR64 (พันธุ์ที่ 34)

จากคำจำกัดความของ G4 ที่อธิบายว่า G4 สำหรับข้าวประเภท Japonica ที่ปลูกในสภาพอากาศร้อนจะเท่ากับหรือมากกว่า 1.0 และค่า G4 สำหรับข้าวประเภท Indica ในสภาพอากาศเย็นมากจะน้อยกว่า 1.0 แสดงว่า G4 ไม่เป็นอิสระจากสภาพแวดล้อมอย่างที่ควรจะเป็น แต่ขึ้นอยู่กับสภาพอุณหภูมิที่ปลูกด้วย

จากการตรวจสอบฐานข้อมูลค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมของโปรแกรม DSSAT พบว่าไม่มีข้อมูลของข้าวพันธุ์ที่ปลูกแพร่หลายในภาคเหนือ ดังนั้นจึงมีความจำเป็นต้องประเมินค่า

สัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมของพันธุ์ข้าวที่ไม่ได้ถูกบรรจุในฐานข้อมูลเหล่านั้นด้วยการทดสอบในแปลงทดลองภายใต้สภาพที่ไม่มีข้อจำกัดการเจริญเติบโตของข้าว

วิธีการศึกษา

ขั้นตอนหลักในการศึกษาและประเมินค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมของโครงการนี้ ประกอบด้วยการทดลองปลูกข้าวในแปลงปลูก (field experiment) เพื่อนำข้อมูลระยะพัฒนาการ และการเจริญเติบโตมาเปรียบเทียบกับข้อมูลที่ได้จากการจำลองงานทดลองในแปลงด้วยแบบจำลอง CERES-Rice version RICER980 modified โดยใช้ข้อมูลดิน อากาศ และการจัดการต่างๆ ตามสภาพที่ทำการทดลองในแปลงปลูกจริง ๆ เพื่อปรับค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมทั้ง 8 ค่า ของพันธุ์ที่ทดสอบ ซึ่งจะทำให้ได้ค่าจากการจำลองที่สอดคล้องกับค่าที่วัดได้จากแปลงปลูกจริง มากที่สุดโดยโปรแกรม GENCALC3.5 ภายใต้ระบบสนับสนุนการตัดสินใจ DSSAT3.5

พันธุ์ข้าวที่เลือกใช้ในการประเมินค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรม

หลักเกณฑ์ในการเลือกพันธุ์ข้าวเพื่อการศึกษาของโครงการนี้คือเป็นพันธุ์ที่นิยมปลูกและ ได้รับการส่งเสริมให้ปลูกได้ในพื้นที่นาภาคเหนือ และแต่ละพันธุ์ที่เลือกควรจะมี ความแตกต่างทางพันธุกรรมกันอย่างชัดเจนและเป็นตัวแทนของพันธุ์ข้าวชนิดต่างๆ ที่ปลูกในพื้นที่นาภาคเหนือได้

เมื่อเริ่มโครงการในปี 2540 ทางโครงการได้เลือกพันธุ์ข้าว 4 พันธุ์ เพื่อนำมาศึกษา ประเมินค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรม ได้แก่ ขาวดอกมะลิ 105, เหนียวสันป่าตอง, ชัยนาท 1 และ ก.วก.1 (ชาซานิกิ) โดยข้าวทั้งสี่พันธุ์เป็นพันธุ์ข้าวแนะนำโดยกรมวิชาการเกษตร ข้าวขาวดอกมะลิ 105 เป็นข้าวเจ้าที่ไวต่อช่วงแสง มีกลิ่นหอม เป็นที่นิยมของผู้บริโภค และได้รับการส่งเสริมให้ปลูกมากที่สุดสำหรับนาข้าวไร่ นอกจากนั้นค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมของข้าวขาวดอกมะลิ 105 สามารถนำไปใช้ได้กับข้าว กข6 ที่เป็นข้าวเหนียวที่นิยมปลูกมากที่สุด เนื่องจาก กข6 คือข้าวดอกมะลิ 105 ที่ฉายรังสีเพื่อให้เปลี่ยนเป็นข้าวเหนียว ข้าวเหนียวสันป่าตองถูกเลือกให้เป็นตัวแทนของข้าวเหนียวที่ไวต่อช่วงแสง ข้าวชัยนาท 1 เป็นข้าวเจ้าที่ไม่ไวต่อช่วงแสงซึ่งได้รับการรับรองเป็นพันธุ์แนะนำและได้รับการส่งเสริมอย่างแพร่หลายตั้งแต่ปี 2540 นิยมปลูกกันมากในขณะนี้ในเขตภาคเหนือตอนล่างและภาคกลางตอนบน สำหรับข้าว ก.วก.1 เป็นข้าวญี่ปุ่นประเภท Japonica ซึ่งมีลักษณะทางสรีรวิทยาและสัณฐานวิทยาที่แตกต่างกับข้าวพันธุ์อื่นๆ ข้าวต้นที่เป็นประเภท Indica โดย ก.วก.1 ได้รับการคัดเลือกจากพันธุ์ข้าวญี่ปุ่นหลายพันธุ์ว่าสามารถทนอากาศร้อนในประเทศไทยได้และมีการปลูกเพื่อเป็นการค้าในหลายพื้นที่ในภาคเหนือ

ในปีที่สองของการดำเนินงานคือปี พ.ศ. 2541 ทางโครงการได้เพิ่มการประเมินค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมของพันธุ์สุพรรณบุรี 60 เพิ่มขึ้นอีกพันธุ์หนึ่ง เนื่องจากว่าเป็นข้าวนาชลประทานที่ไม่ไวต่อช่วงแสงอีกพันธุ์หนึ่งที่นิยมปลูกในเขตพื้นที่ภาคเหนือตอนล่างและมีลักษณะทางสรีรวิทยาที่ต่างจากพันธุ์ชัยนาท 1 หลายประการ

การทดลองในแปลง

หลักการประเมินและศึกษาค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมที่จะใช้ในการจำลองการเจริญเติบโตของพันธุ์พืชหนึ่งๆ กับสภาพแวดล้อมต่างๆ คือ ต้องมีข้อมูลงานทดลองในแปลงเพาะปลูกที่มีทรีตเมนต์ครอบคลุมการตอบสนองของพืชต่อสภาพแวดล้อมอย่างหลากหลายมาเปรียบเทียบ (Hunt and Boote, 1989) ในการศึกษานี้ได้เลือกใช้พันธุ์ข้าวที่ทราบในเบื้องต้นแล้วว่าการตอบสนองต่อช่วงแสงและอุณหภูมิที่ต่างกันอย่างชัดเจน และเพื่อให้อยู่ในสภาพแวดล้อมภูมิอากาศของการปลูกที่แตกต่างกันในสภาพแปลงปลูกจริงๆ จึงออกแบบการทดลองเพื่อศึกษาเปรียบเทียบข้าวแต่ละพันธุ์ที่ปลูกเมื่อเวลาต่างๆ กันในรอบปี ซึ่งหมายถึงการให้ต้นข้าวมีการเจริญในช่วงความยาววันและอุณหภูมิต่างๆ กัน ในขณะที่ควบคุมปัจจัยอื่นให้เหมือนกันมากที่สุด

การทดลองวางแผนแบบ Split plot design จำนวน 3 ซ้ำ โดยวันปลูก (ปักดำ) เป็น main plot มี 12 วันปลูก ระยะห่างกันหนึ่งเดือน และพันธุ์ข้าว 4 พันธุ์เป็น sub-plot ได้แก่ ข้าวดอกมะลิ 105, เหนียวสันป่าตอง, ชัยนาท 1 และ กว.ก.1 (ชาธานีซิก) ขนาดแปลงทดลองย่อย 4.5×6.0 ตารางเมตร ทำการทดลองที่แปลงทดลองศูนย์วิจัยเพิ่มผลผลิตทางเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เริ่มปักดำข้าวสำหรับวันปลูกที่หนึ่งเมื่อวันที่ 24 มิถุนายน 2540 และครั้งสุดท้ายหรือวันปลูกที่ 12 เมื่อวันที่ 24 พฤษภาคม 2541 ใช้อายุกล้า 24-30 วัน ระยะปักดำ 25×25 เซนติเมตร จำนวนกล้า 3 ต้นต่อจับ

การจัดการหรือดูแลรักษาให้อยู่ในระดับที่เหมาะสมสำหรับแต่ละพันธุ์และแต่ละระยะเวลาพัฒนาการ โดยปฏิบัติตามคำแนะนำของสถาบันวิจัยข้าว กรมวิชาการเกษตร ได้แก่ ควบคุมระดับน้ำขังในแปลงให้สูงประมาณ 5 เซนติเมตรตลอดฤดูปลูก หว่านปุ๋ยสูตร 15-15-15 ในอัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่หลังปักดำ และหว่านปุ๋ยยูเรียในอัตรา 5 กิโลกรัมต่อไร่สำหรับข้าวขาวดอกมะลิ 105 และเหนียวสันป่าตอง และ 10 กิโลกรัมต่อไร่สำหรับชัยนาท 1 และ กว.ก.1 เมื่อข้าวถึงระยะกำเนิดช่อดอก รวมถึงการใช้สารเคมีป้องกันและกำจัดโรคและแมลงตามสมควร ป้องกันนกจากการทำลายข้าวเมื่อเริ่มออกรวง และทำค้างค้ายันป้องกันนกการหักล้ม เป็นต้น

การบันทึกข้อมูล

ทำการบันทึกข้อมูลตามแบบฟอร์มของ IBSNAT (1988) โดยบันทึกระยะพัฒนาการ (phenology) ของข้าวตามระยะการเจริญเติบโตที่สำคัญคือ วันออกดอก 80% และวันสุกแก่ 80% และข้อมูลการเจริญเติบโต (growth) อันได้แก่ การเปลี่ยนแปลง น้ำหนักต้น น้ำหนักใบ น้ำหนักรวง จำนวนหน่อ (tiller) จำนวนรวงต่อตารางเมตรและน้ำหนัก และจำนวนเมล็ดดี-เมล็ดลีบต่อรวง ชุดดินที่ปลูก ข้อมูลไนโตรเจนในดินก่อนปลูก และข้อมูลภูมิอากาศรายวัน ได้แก่ ข้อมูลพลังงานแสงอาทิตย์ อุณหภูมิสูงสุด อุณหภูมิต่ำสุด และปริมาณน้ำฝน โดยอาศัยเครื่องวัดภูมิอากาศอัตโนมัติ (Data Logger) นอกจากนั้นยังต้องบันทึกข้อสังเกตสภาพการเจริญเติบโตที่น่าจะส่งผลถึงการเจริญเติบโตของข้าว ได้แก่ อาการผิดปกติต่างๆ ของข้าว เช่น การขาดน้ำ หรือน้ำท่วม การถูกทำลายโดยโรคแมลง และศัตรูข้าวอื่นๆ เช่น นก หรือการหักล้ม เป็นต้น

การเตรียมไฟล์และข้อมูลนำเข้า (input files/data) สำหรับการประเมินค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรม

เมื่อได้ข้อมูลจากแปลงทดลองตามที่ต้องการแล้ว ขั้นตอนต่อไปของการประเมินค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมของแต่ละพันธุ์โดยการใช้โปรแกรม DSSAT3.5 ที่มี CERES-Rice (RICER980 (modified date: 30 June 1999)) บรรจุอยู่ และมีการเตรียมไฟล์ต่างๆ ที่จำเป็นในการประเมินค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมดังต่อไปนี้

1. สร้างไฟล์แสดงรายละเอียดของการทดลอง FILEX (Experiment details file) และไฟล์ที่เกี่ยวข้อง FILEX ระบุถึงการจัดการต่างๆ ในงานทดลองที่รวมถึงสถานที่และเวลาของข้อมูลอากาศ ชุดดิน และพันธุ์ที่ใช้ในการจำลอง ซึ่งเชื่อมโยงไปยังไฟล์ข้อมูลนำเข้าต่างๆ ที่ต้องเตรียมไว้เช่นกัน ได้แก่ ไฟล์ข้อมูลอากาศขณะที่ทำการทดลอง (*.WTH) และไฟล์ข้อมูลดิน SOIL.SOL ที่มีชุดดินที่ใช้ในการทดลอง และไฟล์ข้อมูลทางพันธุกรรมซึ่งจะได้กล่าวโดยละเอียดต่อไป รูปแบบการสร้าง FILEX ดูรายละเอียดได้ในคู่มือ DSSAT3.0 Volume 2-1 (Jones et al., 1994)
2. สร้างไฟล์แสดงค่าเฉลี่ยผลการทดลอง FILEA (Average value of experiment performance data file) ที่เป็นไฟล์เก็บข้อมูลที่ได้จากการวัดหรือสังเกตจากแปลงทดลอง สร้างตามฟอร์มและรายละเอียดในคู่มือ DSSAT3.0 Volume 2-1 (Jones et al., 1994)
3. เตรียมพันธุ์ข้าวที่ต้องการหาค่าสัมประสิทธิ์และกำหนดค่าตั้งต้นหรือค่าประมาณของสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมของพันธุ์นั้นๆ ในไฟล์สัมประสิทธิ์พันธุกรรมของข้าวที่บรรจุอยู่ใน DSSAT3.5 สำหรับแบบจำลอง RICER980 modified คือ RICER980.CUL

การใช้โปรแกรม GENCALC ในการประเมินค่าสัมประสิทธิ์

การประเมินหาค่าสัมประสิทธิ์จากไฟล์ที่เตรียมไว้ข้างต้นนั้น อาจใช้วิธีการลองผิดลองถูกปรับค่าสัมประสิทธิ์ จนกว่าจะให้ค่าจำลองที่พอใจหรือสอดคล้องกับค่าที่วัดได้จากการทดลอง แต่เนื่องจากสัมประสิทธิ์พันธุกรรมของข้าวมีจำนวนมากถึง 8 ตัว และการปรับค่าใดค่าหนึ่งของตัวหนึ่งมีผลกระทบหรือสัมพันธ์กับสัมประสิทธิ์ตัวอื่นด้วย ในการประเมินค่าสัมประสิทธิ์ในรายงานนี้จึงได้ทดลองใช้โปรแกรม GENCALC3.5 ใน DSSAT3.5 ซึ่งเป็นชุดโปรแกรมที่สร้างขึ้นเพื่อใช้ช่วยในการหาค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมของแบบจำลองพืชได้อย่างสะดวก รวดเร็ว และเป็นระบบที่อาศัยข้อมูลในไฟล์ที่เตรียมไว้ในหัวข้อข้างต้น

โครงสร้างและการทำงานของ GENCALC โดยสรุปคือ GENCALC จะเรียก FILEX และไฟล์สัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมที่เตรียมไว้ แล้วสั่งให้แบบจำลองเริ่มทำงานโดยใช้สัมประสิทธิ์พันธุกรรมตั้งต้น ซึ่งจะได้ผลลัพธ์เป็น OVERVIEW.OUT โดยส่วนหนึ่งของไฟล์นี้จะมีค่าที่สังเกตของตัวแปรต่างๆ ที่ดึงมาจาก FILEA ที่เตรียมไว้เพื่อมาเทียบกับค่าจากการจำลองดังตัวอย่างในตารางที่ 6-1 ซึ่งโปรแกรมจะปรับค่าสัมประสิทธิ์พร้อมทั้งสั่งให้แบบจำลองทำงานและเปรียบเทียบกับค่าวัดจริงไปเรื่อยๆ จนกว่าจะได้ค่าจำลองที่ใกล้เคียงกับค่าสังเกตภายใต้การควบคุมค่าเงื่อนไขต่างๆ ของการ run ด้วยไฟล์ GCRULES.CTR ซึ่งเป็นไฟล์ชั่วคราวที่คัดลอกมาจาก GCRULES.FLE อันประกอบด้วยค่าควบคุมการทำงานของ GENCALC ของพืชทุกชนิดใน DSSAT ดังตัวอย่างที่แสดงส่วนที่เป็นข่าวในตารางที่ 6-2

ตารางที่ 6-1 ส่วนหนึ่งของไฟล์ OVERVIEW.OUT ซึ่งแสดงการเปรียบเทียบค่าจากการจำลองกับค่าสังเกตของข้าวชาวดอกมะลิ 105 ที่ปลูกเมื่อวันที่ 25 กันยายน

อ	VARIABLE	PREDICTED	MEASURED
	-----	-----	-----
	FLOWERING DATE	61	63
	PHYSIOL. MATURITY	94	94
	GRAIN YIELD (kg/ha) AT 14% H ₂ O	3035	2424
	WT. PER GRAIN (g)	.027	0.027
	GRAIN NUMBER (GRAIN/m ²)	9665	08996
	PANICLE NUMBER (PANICLE/m ²)	625.42	-99
	MAXIMUM LAI (m ² /m ²)	1.17	-99
	BIOMASS (kg/ha) AT ANTHESIS	2792	-99
	BIOMASS N (kg N/ha) AT ANTHESIS	44	-99
	BIOMASS (kg/ha) AT HARVEST MAT.	4058	6096
	STALK (kg/ha) AT HARVEST MAT.	1448	-99
	HARVEST INDEX (kg/kg)	.643	-99
	FINAL LEAF NUMBER	16	-99
	GRAIN N (kg N/ha)	58	-99
	BIOMASS N (kg N/ha)	71	-99
	STALK N (kg N/ha)	13	-99
	SEED N (%)	2.22	-99

หมายเหตุ VARIABLE คือตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับพัฒนาผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของข้าว

PREDICTED คือข้อมูลที่ได้จากการจำลอง

MEASURED คือข้อมูลที่ได้จากแปลงปลูกจริง

-99 หมายถึงไม่มีข้อมูลจากแปลงมาเปรียบเทียบ

ค่าใน GCRULES.FLE หรือ GCRULES.CTR ประกอบด้วยค่าที่กำหนดลำดับการทำงานของแบบจำลองและตัวแปรต่างๆ ที่ให้ผู้ใช้ปรับเปลี่ยนได้ ได้แก่ ค่าช่วงทางการเปลี่ยนค่าสัมประสิทธิ์ในการคำนวณ ระดับความคลาดเคลื่อนต่ำสุดที่ยอมรับ จำนวนการทำงานของแบบจำลองสูงสุด ค่าสัมประสิทธิ์ต่ำสุดและสูงสุด และไฟล์นี้ยังแสดงค่า REFERENCED TRAITS ที่บ่งบอกถึงความสัมพันธ์ของสัมประสิทธิ์กับค่าระยะพัฒนาการและองค์ประกอบผลผลิตของข้าวที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น

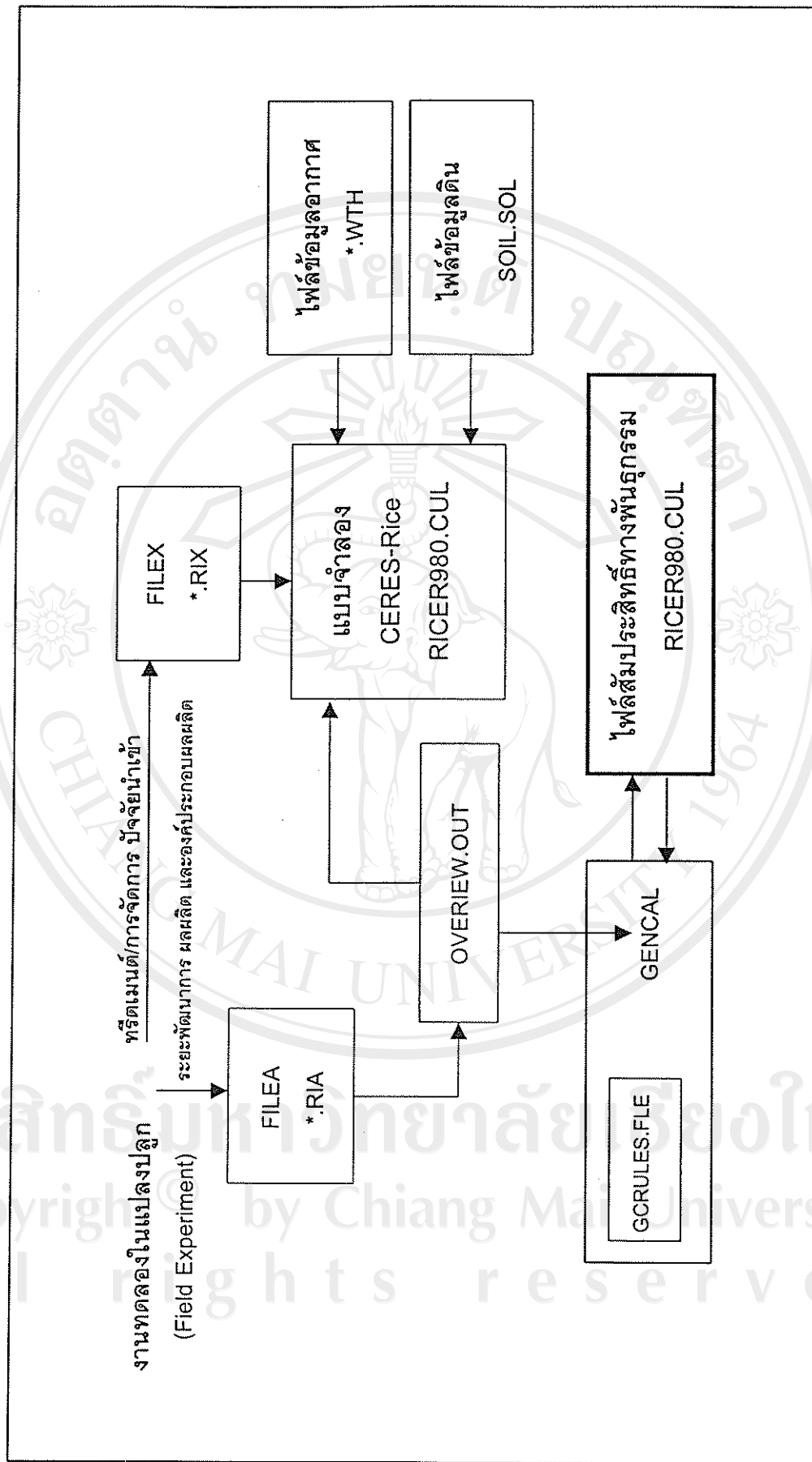
ตารางที่ 6-2 แสดงตัวแปรและโครงสร้างของไฟล์ GRULES.FILE หรือ GENOTYPE COEFFICIENT RULES FILE ส่วนที่เกี่ยวข้องกับข้าว

อศ#	CNAME	REF_NOS	STEP	ERRMX	RMX	MNCEF	MXCEF	REFERENCE_TRAIT(S)
*RICER980 1 RICE								
2	DESP(P2R)	1/00*00	20.0	1.0	20	50.0	2500.0	HEADING DATE
4	DETP(P20)	1/00*00	0.5	1.0	9	8.0	15.0	HEADING DATE
1	DUJU(P1)	1/00*00	50.0	1.0	9	0.0	1000.0	HEADING DATE
3	DUGF(P5)	2/00*00	10.0	1.0	9	100.0	1000.0	MATURITY DATE
5	GNUM(G1)	5/00*00	20.0	500.0	40	10.0	200.0	GRAINS M-2
6	GGRO(G2)	4/00*00	0.01	0.002	9	0.0	0.05	GRAIN WEIGHT
7	TNUM(G3)	6/00*00	0.1	25.0	9	0.3	1.5	PANICLES M-2
8	GNST(G4)	5/00*00	0.05	500.0	40	0.2	1.7	GRAINS M-2

หมายเหตุ COEFF = สัมประสิทธิ์ (ตัวเลขในสองคอลัมน์แรกแสดงถึงลำดับในไฟล์สัมประสิทธิ์)
REF = ลักษณะอ้างอิง (REFERENCE TRAIT)
STEP = ระยะห่างของค่าของสัมประสิทธิ์ที่เปลี่ยนไป
ERRMX = ความคลาดเคลื่อนสูงสุดที่ยอมรับได้
RMX = จำนวนการ run สูงสุด
MNCEF = ค่าสัมประสิทธิ์ต่ำสุด
MXCEF = ค่าสัมประสิทธิ์สูงสุด

โปรแกรม GENCALC จะคำนวณค่าสัมประสิทธิ์พัฒนาการแต่ละตัวตามลำดับที่กำหนดของแต่ละทรีตเมนต์ที่เลือกมาใช้ ภายใต้ข้อกำหนดใน GRULES.CTR แล้วจะแสดงค่าสัมประสิทธิ์ที่หาได้ของแต่ละทรีตเมนต์ ซึ่งอาจจะมีการค้างของโปรแกรม หรือหากยังไม่สามารถหาค่าที่เหมาะสมได้ ก็ให้ลองปรับเปลี่ยนค่าสัมประสิทธิ์ตั้งต้น หรือปรับค่าใน GRULES.CTR หรือเลือกทรีตเมนต์ที่เหมาะสม และสั่งให้โปรแกรมคำนวณใหม่จนกว่าจะได้ค่าที่พอใจ

เมื่อได้ค่าสัมประสิทธิ์ที่น่าพอใจแล้ว โปรแกรมจะคำนวณค่าเฉลี่ยเฉพาะค่าสัมประสิทธิ์ที่สามารถหาค่าที่ใกล้เคียงกับค่าจริงในระดับที่โปรแกรมยอมรับได้ของแต่ละทรีตเมนต์ และจะแสดงผลเปรียบเทียบระหว่างชุดสัมประสิทธิ์เก่ากับชุดสัมประสิทธิ์ใหม่ รวมทั้งแสดงค่า CV (coefficient of variation = standard deviation/mean) ของสัมประสิทธิ์ใหม่แต่ละตัวด้วย ค่าเฉลี่ยชุดที่มีค่า SD แสดงความแปรปรวนของสัมประสิทธิ์หนึ่งๆ ของทรีตเมนต์ต่างๆ ที่เฉลี่ยจะเป็นข้อมูลช่วยในการตัดสินใจเลือกชุดสัมประสิทธิ์ที่น่าจะเหมาะสมที่สุดของพันธุ์นั้นๆ ได้ โดยที่รายละเอียดวิธีการใช้ GENCALC และตัวอย่างดูได้จาก Hunt and Pararajasingham (1994) และจิรวัดน์และคณะ (2542) ซึ่งสรุปเป็นโครงสร้างไฟล์ที่เกี่ยวข้องกับการประเมินค่าสัมประสิทธิ์ดังรูปที่ 6-1



รูปที่ 6-1 โครงสร้างของไฟล์ที่เกี่ยวข้องของงานประเมินค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมในระบบ DSSAT3.5

การทดสอบค่าที่ประเมินได้กับค่าจริงที่ได้จากทรีตเมนต์ทั้งหมดของการทดลอง 12 วันปลูก

การทดสอบดังกล่าวนี้เป็นการทดสอบแบบจำลองข้าวที่ใช้ค่าสัมประสิทธิ์ที่ประเมินได้ในเบื้องต้นว่าค่าสัมประสิทธิ์จะให้ค่าจำลองในระดับที่น่าพอใจเมื่อเปรียบเทียบกับค่าจริงของการปลูกข้าวทั้ง 12 วันปลูกต่างๆ ได้หรือไม่ เพื่อเป็นแนวทางในการปรับแก้ไขค่าสัมประสิทธิ์หรือการกำหนดเงื่อนไขการใช้แบบจำลองและ/หรือค่าสัมประสิทธิ์ได้อย่างถูกต้องยิ่งขึ้น ก่อนที่จะนำไปทดสอบความถูกต้องใช้ได้ (validation) กับงานทดลองอื่น ดังที่จะนำเสนอในเรื่องการทดสอบแบบจำลองกับการทดลองอื่นๆ ต่อไป

ผลการศึกษา

กระบวนการประเมินสัมประสิทธิ์ของข้าว 4 พันธุ์กับงานทดลอง 12 วันปลูก

FILEX และ FILEA

จากรายละเอียดการวางแผนและการจัดการงานทดลองปลูกข้าว 12 วันปลูกของข้าว 4 พันธุ์ ได้นำมาออกแบบสร้างเป็นไฟล์การทดลองหรือ FILEX ที่แยกแต่ละพันธุ์สำหรับ FILEX หนึ่งๆ ดังตัวอย่าง FILEX ของพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ในตารางที่ 6-3 ซึ่งไฟล์นี้ได้กำหนดรายละเอียดในการทดลองที่สำคัญ ได้แก่ ส่วนทรีตเมนต์ *TREATMENT ที่มี 12 วันปลูก *CULTIVAR ที่เป็นการระบุโค๊ดของพันธุ์นั้นๆ ที่ตรงกันกับ RICER980.CUL โดยที่ *PLANTING DETAIL จะกำหนดวันปลูกและรายละเอียดเกี่ยวกับวิธีการปลูกต่างๆ สำหรับการให้น้ำ *IRRIGATION ในที่นี้กำหนดเป็นแบบอัตโนมัติให้มีระดับน้ำสูง 5 เซนติเมตร (คั่นน้ำสูง 10 เซนติเมตร) ตลอดฤดูปลูกตั้งแต่วันปักดำ ควบคุมวัน ชนิดและอัตราปุ๋ยใน *FERTILIZATION ตรงตามที่ใส่จริง รวมทั้งกำหนดรายละเอียดการจำลอง *SIMULATION สำหรับแต่ละวันปลูกด้วย และชุดข้อมูลจากการสังเกตที่ได้จากการทดลองจริงนั้น นำค่าเฉลี่ยของระยะพัฒนาการและองค์ประกอบผลผลิตและผลผลิตมาสร้างเป็น FILEA ที่เป็นตัวอย่างของข้าวขาวดอกมะลิ 105 ของการทดลอง 12 วันปลูก (ตารางที่ 6-4)

การกำหนดค่าตั้งต้นของสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมใน RICER980.CUL

การกำหนดค่าประมาณตั้งต้นของสัมประสิทธิ์ของข้าวทั้งสี่พันธุ์ที่ศึกษานั้น พันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ได้จากรายงานของ Jintrawet (1989) เหนียวสันป่าตองใช้ค่าตั้งต้นที่คล้ายคลึงกับข้าวดอกมะลิ 105 ยกเว้นน้ำหนักเมล็ดที่กำหนดให้มากกว่า กำหนดค่าสัมประสิทธิ์ตั้งต้นของพันธุ์ชัยนาท 1 เท่ากับ RD23 และ ก.วก.1 กำหนดค่าตั้งต้นเท่ากับข้าวญี่ปุ่น การกำหนดค่าสัมประสิทธิ์บางค่าสามารถประมาณจากลักษณะประจำพันธุ์ที่เราทราบแล้ว เช่น น้ำหนักเมล็ดที่เป็นค่าคงที่ประจำพันธุ์หรือค่าสัมประสิทธิ์ G4 (temperature tolerance) ความคงทนต่ออุณหภูมิต่ำ เช่น พันธุ์ ก.วก.1 มีความทนต่ออุณหภูมิต่ำดี จึงกำหนดให้มากกว่า 1.0 ตามพันธุ์ตัวอย่างที่ให้มา

ตารางที่ 6-3 FILEX ที่ใช้ในการ run CERES-Rice model ของการทดลองปลูกข้าวชาวดอกมะลิ 105
ทั้ง 12 วันปลูก

*EXP.DETAILS: CMMC9705RI PLANTING DATE/KDML105

*GENERAL

@PEOPLE

SAKDA JONGKAEWATTANA AND CHIRAWAT VEJPAS

@ADDRESS

MULTIPLE CROPPING CENTER, CHIANG MAI UNIVERSITY, THAILAND

@SITE

CHIANG MAI, THAILAND. 18.78 N, 98.95 E

@ PAREA PRNO PLEN PLDR PLSP PLAY HAREA HRNO HLEN HARM.....

27.0 18 6.0 -99 150 N-S 5.0 4 5.0 HAND HARVEST

@NOTES

Planting date experiment with 4 cultivars of rice; KDML105, SPT, CNT1, and DOA1 with 12 planting dates of 1-month interval

*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 PD1 1 1 0 0 1 1 1 0 0 0 0 0 1

2 1 0 0 PD2 1 1 0 0 2 2 2 0 0 0 0 0 2

3 1 0 0 PD3 1 1 0 0 3 3 3 0 0 0 0 0 3

4 1 0 0 PD4 1 1 0 0 4 4 4 0 0 0 0 0 4

5 1 0 0 PD5 1 1 0 0 5 5 5 0 0 0 0 0 5

6 1 0 0 PD6 1 1 0 0 6 6 6 0 0 0 0 0 6

7 1 0 0 PD7 1 1 0 0 7 7 7 0 0 0 0 0 7

8 1 0 0 PD8 1 2 0 0 8 8 8 0 0 0 0 0 8

9 1 0 0 PD9 1 2 0 0 9 9 9 0 0 0 0 0 9

10 1 0 0 PD10 1 2 0 0 10 10 10 0 0 0 0 0 10

11 1 0 0 PD11 1 2 0 0 11 11 11 0 0 0 0 0 11

12 1 0 0 PD12 1 2 0 0 12 12 12 0 0 0 0 0 12

*CULTIVARS

@C CR INGENO CNAME

1 RI TR0007 KDML

*FIELDS

@L ID_FIELD WSTA.... FLSA FLOB FLDT FLDD FLDS FLST SLTX SLDP ID_SOIL

1 CMMC0001 CMMC9701 -99 0 DR000 0 0 0 -99 51

IB00630001

2 CMMC0001 CMMC9801 -99 0 DR000 0 0 0 -99 51

IB00630001

*PLANTING DETAILS

@P PDATE EDATE PPOP PPOE PLME PLDS PLRS PLRD PLDP PLWT PAGE PENV

PLPH

1 97172 -99 48.0 48.0 T H 25 0 5.0 30 30 25.0

3.0

2 97204 -99 48.0 48.0 T H 25 0 5.0 110 31 25.0

3.0

3 97237 -99 48.0 48.0 T H 25 0 5.0 30 31 25.0

3.0

4 97268 -99 48.0 48.0 T H 25 0 5.0 25 27 25.0

5 97297 -99 48.0 48.0 T H 25 0 5.0 29 25 25.0

3.0

3.0

6 97328 -99 48.0 48.0 T H 25 0 5.0 32 26 25.0

ตารางที่ 6-3 (ต่อ)

3.0	7	97358	-99	48.0	48.0	T	H	25	0	5.0	30	25	25.0
3.0	8	98023	-99	48.0	48.0	T	H	25	0	5.0	30	25	25.0
3.0	9	98055	-99	48.0	48.0	T	H	25	0	5.0	30	25	25.0
3.0	10	98083	-99	48.0	48.0	T	H	25	0	5.0	30	25	25.0
3.0	11	98114	-99	48.0	48.0	T	H	25	0	5.0	30	25	25.0
3.0	12	98145	-99	48.0	48.0	T	H	25	0	5.0	30	25	25.0
3.0													
*IRRIGATION AND WATER MANAGEMENT													
01	EFIR	IDEP	ITHR	IEPT	IOFF	IAME	IAMT						
1	-99	-99	-99	-99	-99	-99	-99						
01	IDATE	IROP	IRVAL										
1	97172	IR010	0										
1	97172	IR008	2										
1	97172	IR009	100										
1	97172	IR006	50										
.													
.													
01	EFIR	IDEP	ITHR	IEPT	IOFF	IAME	IAMT						
12	-99	-99	-99	-99	-99	-99	-99						
01	IDATE	IROP	IRVAL										
12	98145	IR010	0										
12	98145	IR008	2										
12	98145	IR009	100										
12	98145	IR006	50										
*FERTILIZERS (INORGANIC)													
01	FDATE	FMCD	FACD	FDEP	FAMN	FAMP	FAMK	FAMC	FAMO	FOCD			
1	97178	FE002	AP01	0	23	-99	-99	-99	-99	-99			
1	97257	FE005	AP01	0	14	-99	-99	-99	-99	-99			
2	97210	FE002	AP01	0	23	-99	-99	-99	-99	-99			
2	97262	FE005	AP01	0	14	-99	-99	-99	-99	-99			
3	97243	FE002	AP01	0	23	-99	-99	-99	-99	-99			
3	97262	FE005	AP01	0	14	-99	-99	-99	-99	-99			
4	97274	FE002	AP01	0	23	-99	-99	-99	-99	-99			
4	97299	FE005	AP01	0	14	-99	-99	-99	-99	-99			
5	97304	FE002	AP01	0	23	-99	-99	-99	-99	-99			
5	97334	FE005	AP01	0	14	-99	-99	-99	-99	-99			
6	97334	FE002	AP01	0	23	-99	-99	-99	-99	-99			
6	97365	FE005	AP01	0	14	-99	-99	-99	-99	-99			
7	97365	FE002	AP01	0	23	-99	-99	-99	-99	-99			
7	98030	FE005	AP01	0	14	-99	-99	-99	-99	-99			
8	98030	FE002	AP01	0	23	-99	-99	-99	-99	-99			
8	98063	FE005	AP01	0	14	-99	-99	-99	-99	-99			
9	98063	FE002	AP01	0	23	-99	-99	-99	-99	-99			
9	98093	FE005	AP01	0	14	-99	-99	-99	-99	-99			
10	98090	FE002	AP01	0	23	-99	-99	-99	-99	-99			
10	98240	FE005	AP01	0	14	-99	-99	-99	-99	-99			
11	98121	FE002	AP01	0	23	-99	-99	-99	-99	-99			
11	98240	FE005	AP01	0	14	-99	-99	-99	-99	-99			
12	98152	FE002	AP01	0	23	-99	-99	-99	-99	-99			
12	98240	FE005	AP01	0	14	-99	-99	-99	-99	-99			

ตารางที่ 6-3 (ต่อ)

```

*SIMULATION CONTROLS
@N GENERAL      NYERS NREPS START SDATE RSEED SNAME.....
1 GE            1      1      S 97172  2150  VALIDATION OF CERES-RICE
@N OPTIONS      WATER NITRO SYMBI PHOSP POTAS DISES
1 OP            Y      Y      Y      N      N      N
@N METHODS      WTHR  INCON LIGHT  EVAPO  INFIL PHOTO
1 ME            M      M      E      R      S      C
@N MANAGEMENT   PLANT  IRRIG  FERTI  RESID  HARVS
1 MA            R      A      R      R      M
@N OUTPUTS      FNAME OVVEW SUMRY FROPT GROUT CAOUT WAOUT NIOUT MIOUT DIOUT
LONG
1 OU            N      Y      Y      3      Y      N      Y      Y      N      N
Y

@ AUTOMATIC MANAGEMENT
@N PLANTING      PFRST PLAST PH2OL PH2OU PH2OD PSTMX PSTMN
1 PL            155    200    40    100    30    40    10
@N IRRIGATION    IMDEP ITHRL ITHRU IROFF IMETH IRAMT IREFF
1 IR            30     50    100 GS000 IR001    10  0.50
@N NITROGEN      NMDEP NMTHR NAMNT NCODE NAOFF
1 NI            30     50    25 FE001 GS001
@N RESIDUES      RIPCN RTIME RIDEF
1 RE            100     1    20
@N HARVEST       HFRST HLAST HPCNP HPCNR
1 HA            0     365   100    0

.
@N GENERAL      NYERS NREPS START SDATE RSEED SNAME.....
12 GE           1      1      S 98145  2150  VALIDATION OF CERES-RICE
@N OPTIONS      WATER NITRO SYMBI PHOSP POTAS DISES
12 OP           Y      Y      Y      N      N      N
@N METHODS      WTHR  INCON LIGHT  EVAPO  INFIL PHOTO
12 ME           M      M      E      R      S      C
@N MANAGEMENT   PLANT  IRRIG  FERTI  RESID  HARVS
12 MA           R      A      R      R      M
@N OUTPUTS      FNAME OVVEW SUMRY FROPT GROUT CAOUT WAOUT NIOUT MIOUT DIOUT
LONG
12 OU           N      Y      Y      3      Y      N      Y      Y      N      N
Y

@ AUTOMATIC MANAGEMENT
@N PLANTING      PFRST PLAST PH2OL PH2OU PH2OD PSTMX PSTMN
12 PL           155    200    40    100    30    40    10
@N IRRIGATION    IMDEP ITHRL ITHRU IROFF IMETH IRAMT IREFF
12 IR           30     50    100 GS000 IR001    10  0.50
@N NITROGEN      NMDEP NMTHR NAMNT NCODE NAOFF
12 NI           30     50    25 FE001 GS001
@N RESIDUES      RIPCN RTIME RIDEF
12 RE           100     1    20
@N HARVEST       HFRST HLAST HPCNP HPCNR
12 HA           0     365   100    0

```

ตารางที่ 6-4 ตัวอย่าง FILEA ชื่อ CMMC9705.RIA ที่ใช้ในการทำงานของโปรแกรม GENCALC สำหรับข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ทั้ง 12 วันปลูก ปี 2540-2541

@TRNO	HWAM	HWUM	H#AM	H#UM	LAIX	CWAM	BWAH	ADAT	MDAT	GNXM	CNAM	SNAM	GNAM
1	2699	0.027	11596	149	-99	10014	-99	292	322	-99	-99	-99	-99
2	4103	0.027	15111	140	-99	8509	-99	295	329	-99	-99	-99	-99
3	3697	0.027	13788	156	-99	7535	-99	299	330	-99	-99	-99	-99
4	2424	0.027	08996	115	-99	6096	-99	331	362	-99	-99	-99	-99
5	1950	0.026	7900	284	-99	4208	-99	356	34	-99	-99	-99	-99
6	693	0.025	2972	188	-99	1311	-99	29	65	-99	-99	-99	-99
7	2806	0.026	10224	255	-99	5003	-99	71	100	-99	-99	-99	-99
8	2457	0.026	9828	232	-99	5405	-99	102	132	-99	-99	-99	-99
9	1882	0.024	7620	269	-99	3853	-99	120	151	-99	-99	-99	-99
10	5804	0.027	22416	258	-99	20152	-99	284	313	-99	-99	-99	-99
11	5588	0.027	22252	323	-99	17362	-99	285	314	-99	-99	-99	-99
12	6271	0.027	23084	304	-99	14005	-99	285	314	-99	-99	-99	-99

คำอธิบายตัวแปรเฉพาะที่เป็นตัวหนาซึ่งบันทึกจากการทดลอง :

@TRNO ทริตเมนต์ที่ 1-12 ในที่นี้หมายถึงวันปักดำแรก 20 มิถุนายน 2540 ถึงวันปักดำสุดท้ายครั้งที่ 12 คือ 24 พฤษภาคม 2541 ปลูกห่างกันประมาณ 1 เดือน

HWAM MAT YIELD kg/ha	ผลผลิตเมื่อสุกแก่ (kg dm/ha)
HWUM WEIGHT mg/unit	น้ำหนักเมล็ดเมื่อสุกแก่ (mg dm/unit)
H#AM NUMBER #/m ²	จำนวนเมล็ดเมื่อสุกแก่ (no/m ²)
H#UM NUMBER #/unit	จำนวนรวงเมื่อสุกแก่ (no/unit)
LAIX LAI MAXIMUM	ดัชนีพื้นที่ใบสูงสุด
CWAM TOPS WT kg/ha	น้ำหนักส่วนเหนือดินเมื่อสุกแก่ (kg dm/ha)
BWAH BYPRODUCT kg/ha	By-product harvest (kg dm/ha)
ADAT ANTHESIS day	วันออกดอก (YrDoy)
MDAT MATURITY day	วันสุกแก่ทางสรีรวิทยา (YrDoy)

ผลการใช้ GENCALC ประเมินค่าสัมประสิทธิ์

การประเมินหรือคำนวณค่าสัมประสิทธิ์ทำโดยใช้ GENCALC คำนวณหาสัมประสิทธิ์พัฒนาการก่อน แล้วจึงใช้สัมประสิทธิ์พัฒนาการที่ได้ใหม่มาประเมินสัมประสิทธิ์ทางการเจริญเติบโต ดังตารางที่ 6-5

ตารางที่ 6-5 ค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมที่ได้จากการคำนวณโดย GENCALC สำหรับข้าวพันธุ์ชาวดอกมะลิ 105 โดยที่ชุดแรกเป็นค่าสัมประสิทธิ์ทางพัฒนาการและชุดที่สองเป็นค่าสัมประสิทธิ์การเจริญเติบโต

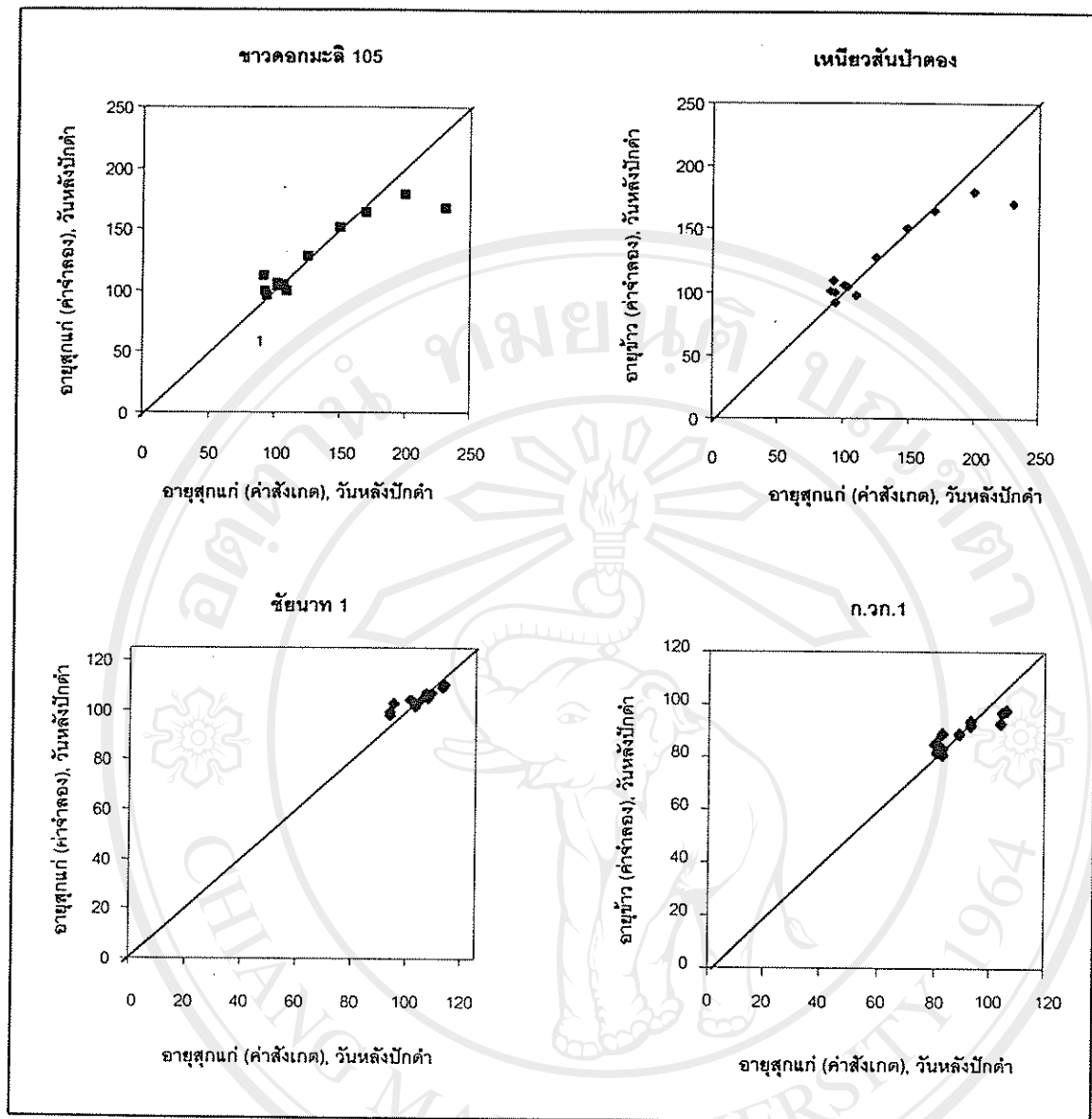
ผลการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์ทางพัฒนาการ													
ANGENO	EXPMENT	R	RUN	T	ETYPE	P1	P2R	P5	P20	G1	G2	G3	G4
TR0007	CMMC9705	2	1	1	IB0001	480.	1293.	380.	12.70	75.00U	.0270U	.7000U	1.000U
TR0007	CMMC9705	2	1	2	IB0001	480.	1080.	400.	12.70	75.00U	.0270U	.7000U	1.000U
TR0007	CMMC9705	2	1	3	IB0001	480.	640.	360.	12.70	75.00U	.0270U	.7000U	1.000U
TR0007	CMMC9705	2	1	4	IB0001	500.	1200.N	370.	15.00N	75.00U	.0270U	.7000U	1.000U
TR0007	CMMC9705	2	1	5	IB0001	430.	400.N	470.	15.00N	75.00U	.0270U	.7000U	1.000U
TR0007	CMMC9705	2	1	6	IB0001	430.	400.N	400.	15.00N	75.00U	.0270U	.7000U	1.000U
TR0007	CMMC9705	2	1	7	IB0001	597.	1200.N	350.	15.00N	75.00U	.0270U	.7000U	1.000U
TR0007	CMMC9705	2	1	8	IB0001	681.	1200.N	380.	15.00N	75.00U	.0270U	.7000U	1.000U
TR0007	CMMC9705	2	1	9	IB0001	480.	348.	380.	12.70	75.00U	.0270U	.7000U	1.000U
TR0007	CMMC9705	2	1	10	IB0001	480.	2312.	380.	12.70	75.00U	.0270U	.7000U	1.000U
TR0007	CMMC9705	2	1	11	IB0001	480.	1747.	380.	12.70	75.00U	.0270U	.7000U	1.000U
TR0007	CMMC9705	2	1	12	IB0001	480.	1414.	380.	12.70	75.00U	.0270U	.7000U	1.000U
ผลการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การเจริญเติบโตจากค่าพัฒนาการข้างต้น													
TR0007	CMMC9705	3	2	1	IB0001	502.U	800.U	387.U	12.70U	35.20	.0270	.7000D	1.000
TR0007	CMMC9705	3	2	2	IB0001	502.U	800.U	387.U	12.70U	48.69	.0270	.7000D	1.000
TR0007	CMMC9705	3	2	3	IB0001	502.U	800.U	387.U	12.70U	75.00	.0270	.7000D	1.000
TR0007	CMMC9705	3	2	4	IB0001	502.U	800.U	387.U	12.70U	200.M	.0270	.7000D	.9307R
TR0007	CMMC9705	2	2	5	IB0001	502.U	800.U	387.U	12.70U	14.65	.0245	.7000D	1.000
TR0007	CMMC9705	3	2	6	IB0001	502.U	800.U	387.U	12.70U	14.65	.0245	.7000D	1.000
TR0007	CMMC9705	3	2	7	IB0001	502.U	800.U	387.U	12.70U	37.97	.0270	.7000D	1.000
TR0007	CMMC9705	3	2	8	IB0001	502.U	800.U	387.U	12.70U	37.42	.0270	.7000D	1.000
TR0007	CMMC9705	3	2	9	IB0001	502.U	800.U	387.U	12.70U	28.66	.0238	.7000D	.6208
TR0007	CMMC9705	3	2	10	IB0001	502.U	800.U	387.U	12.70U	52.48R	.0270	.7000D	.8357R
TR0007	CMMC9705	3	2	11	IB0001	502.U	800.U	387.U	12.70U	55.00	.0270	.7000D	1.000
TR0007	CMMC9705	3	2	12	IB0001	502.U	800.U	387.U	12.70U	75.00	.0270	.7000D	1.000

คำอธิบายคำย่อที่ใช้

@NGENO	คือโค้ดของพันธุ์ TR0007 ในที่นี้คือชาวดอกมะลิ 105
EXPMENT	เป็นไฟล์การทดลองหรือ FILEX
R	คือลำดับการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์ หมายถึงข้อมูลนี้ได้จากการคำนวณครั้งที่ 2 และ 3
ETYPE	เป็น ecotype (ยังไม่มีการใช้)
P1, P2R, P5 ถึง G4	คือค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมตามนิยามข้างต้น
T	เป็นทริตเมนต์ หมายถึงวันปลูกที่ 1-12 คือ 20 มี.ย. 40, 20 ก.ค. 40, 20 ส.ค. 40, 24 ก.พ. 41

ตัวย่อหลังตัวเลขสัมประสิทธิ์แต่ละสัมประสิทธิ์ในแต่ละทริตเมนต์

D	ไม่มีข้อมูลเปรียบเทียบ
M	ค่าสูงสุดหรือต่ำสุด
N	ไม่มีการตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงค่าสัมประสิทธิ์
R	ทำการ run จนถึงจำนวนการ run สูงสุด
U	สัมประสิทธิ์ไม่ได้คำนวณ



รูปที่ 6-2 เปรียบเทียบอายุสุกแก่ของข้าว (จำนวนวันหลังปักดำ) ระหว่างค่าสังเกตกับค่าจำลองของข้าว 4 พันธุ์, 12 วันปลูก ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2540-41

ผลการทดสอบค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมที่ได้จาก GENCALC กับงานทดลอง 12 วันปลูก และการกำหนดเงื่อนไขการใช้สัมประสิทธิ์ที่เหมาะสม

เมื่อทดสอบการใช้ค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมที่ได้จากการประเมินทั้ง 12 วันปลูกในการจำลองการเจริญเติบโตของข้าวทั้ง 4 พันธุ์ทั้ง 12 วันปลูก ด้วยแบบจำลอง RICER980 แล้วพบว่าแบบจำลองประเมินวันสุกแก่ได้ใกล้เคียงกับค่าสังเกตในข้าวไม่ไวแสงทุกพันธุ์ (ชัยนาท 1 และ ก.วก.1) แต่สำหรับข้าวที่ไวแสง (ข้าวดอกมะลิ 105 และเหนียวสันป่าตอง) แบบจำลองประเมินวันสุกแก่ช้ามากเกินไปสำหรับข้าวที่ปักดำปลายเดือนกุมภาพันธ์ (23 วัน) และเร็วเกินไปสำหรับที่ปักดำในปลายเดือนมีนาคมและปลายเดือนเมษายน (62 วัน และ 22 วัน ตามลำดับ) ดังแสดงในรูปที่ 6-2 จึงทำให้ต้องกลับไปศึกษาทบทวนความแตกต่างของชุดสัมประสิทธิ์ระหว่างทรีตเมนต์ก่อนที่จะเฉลี่ยจากตารางที่ 6-5

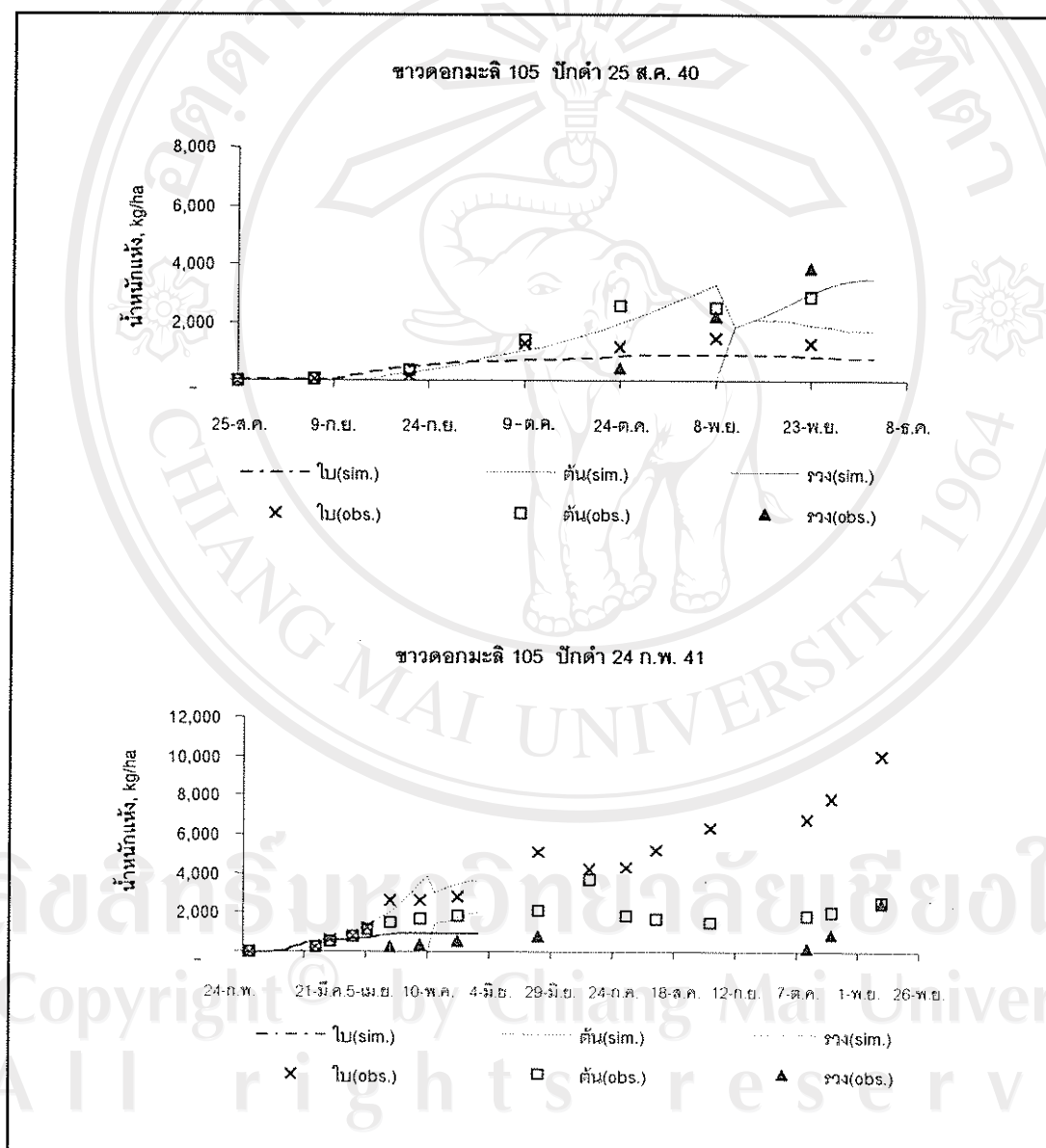
พบว่าค่าสัมประสิทธิ์ P2R ที่แสดงถึงความไวต่อช่วงแสงนั้นมีความแปรปรวนระหว่างทรีตเมนต์มากที่สุด โดยสามารถแบ่งออกเป็นสองกลุ่มด้วยกันคือกลุ่มที่แสดงการตอบสนองต่อช่วงแสงและที่ไม่ตอบสนองต่อช่วงแสงคือที่ติดค่า N แต่กลุ่มที่ตอบสนองต่อช่วงแสงมีค่า P2R ต่างกันมากตั้งแต่ 1000 ถึง 2600 ซึ่งถ้านำมาเฉลี่ยแล้วจะทำให้การนำค่าที่ได้ไปใช้ในการทำนายสูงเกินไป ดังนั้นจึงต้องแบ่งเป็นอีกสองกลุ่มคือกลุ่ม T1-8 และ T12 (ปักดำปลายพฤษภาคมถึงปลายกันยายน) ที่มีค่า P2R อยู่ระหว่าง 1000-1500 และรวมที่ไม่ตอบสนองต่อช่วงแสง และที่มากกว่า 1800 สำหรับ T10-11 คือที่มีปลูกต้นฤดูมากๆ การเจริญทางต้นและใบมากกว่าจะออกดอก

ส่วนข้าวขาวดอกมะลิ T9 ที่ปักดำครั้งที่ 9 หรือในวันที่ 24 กุมภาพันธ์ 2541 และการจำลองให้ค่าวันออกดอกช้ากว่าค่าที่สังเกตจริง 23 วัน มีค่า P2R ต่ำกว่าทรีตเมนต์อื่น แต่ต้องแยกเป็นกรณีพิเศษ (ตารางที่ 6-7) เพราะพบว่าในการปลูกจริงนั้นมีการออกดอกเป็นสองช่วง แยกกันชัดเจนนานกว่า 6 เดือน กล่าวคือมีการออกดอกโดยต้นแม่ครั้งแรกในเดือนเมษายน และอีกครั้งโดยหน่อลูกรุ่นที่เกิดทีหลังในเดือนตุลาคม ซึ่งแบบจำลองไม่สามารถจำลองสภาพนี้ได้ จากการสังเกตพบว่าหน่อรุ่นลูกและต้นแม่จะอยู่ในระยะกำเนิดช่อดอก (PI) วันที่ 20-22 มีนาคม และออกดอกครั้งแรกเฉพาะต้นแม่ในวันที่ 24 เมษายน เนื่องจากเป็นระยะที่ต้นแม่มีอายุการเจริญทางต้นและใบพื้นฐานพอเพียงประกอบกับเป็นวันที่ความยาวของวันหรือช่วงแสงยังสั้นกว่าช่วงวิกฤติของความยาววัน (critical day length) ของข้าวขาวดอกมะลิ 105 ซึ่งมีค่าประมาณ 12 ชั่วโมง (อานันท์ และคณะ, 2539) เมื่อถึงวันที่ 21 มีนาคม (equinox) และหลังจากวันนั้นความยาววันจะมากขึ้นจนเกินระยะช่วงวิกฤติของความยาววัน มีผลทำให้หน่อที่เกิดทีหลังเป็นส่วนใหญ่ อายุยังอ่อนเกินไปที่จะกำเนิดช่อดอกได้ทันวันที่ 21 มีนาคม ทำให้ไม่สามารถกำเนิดช่อดอกได้ ซึ่งหน่อรุ่นหลังนี้จะเจริญทางต้นและใบต่อไปจนถึงประมาณวันที่ 21 เดือนกันยายนซึ่งเป็นวันที่ความยาววันลดต่ำกว่า 12 ชั่วโมงอีกครั้ง ทำให้ข้าวขาวดอกมะลิ 105 หรือเหนียวสันป่าตองสามารถกำเนิดช่อดอกได้พร้อมๆ กับที่ปลูกในวันถัดไป ดังนั้นจึงพบว่าแบบจำลองไม่สามารถจำลองพัฒนาการของข้าวทั้งพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และเหนียวสันป่าตองได้อย่างสภาพที่พบในแปลงทดลองดังกล่าวข้างต้นได้เลย จากการใช้ค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมชุดที่ประเมินได้พบว่าแบบจำลองสามารถจำลองการสะสมน้ำหนักรากแห้งได้เพียงช่วงแรกของการเจริญเติบโตเพียงช่วงเดียว แต่สภาพความเป็นจริงของพืชนั้น การสะสมน้ำหนักรากแห้งของส่วนต้น ใบ และรวงของต้นแม่ มีการสะสมที่ยาวนานกว่าดังแสดงในรูปที่ 6-3

สำหรับค่า P1 ระยะ basic vegetative ในความเป็นจริงนั้นควรจะเป็นค่าที่ใกล้เคียงกันตามทฤษฎีอุณหภูมิสะสม แต่ผลจากการทดสอบด้วยโปรแกรม GENCALC ในตารางที่ 6-5 สังเกตได้ว่าค่า P1 ของข้าวที่ปลูกฤดูหนาว (T7 และ T8 หรือปลายธันวาคมและปลายมกราคม) จะมากกว่าช่วงอื่นๆ ทั้งนี้อาจเนื่องจากข้าวขาวดอกมะลิ 105 มีความอ่อนไวอย่างมากต่ออุณหภูมิต่ำ ทำให้เกิดชะงักการเจริญเติบโต จึงต้องการเวลาที่เป็นอุณหภูมิสะสมที่นานมากขึ้น ไม่สัมพันธ์เป็น linear relationship แบบทฤษฎี

ดังนั้นในการหาสัมประสิทธิ์พันธุกรรมทางสำหรับข้าวดอกมะลิ 105 หรือข้าวเหนียวสันป่าตอง จึงเลือกที่จะเฉลี่ยเฉพาะทรีตเมนต์ที่ 1, 2, 3, 4, 5, 6 และ 12 สำหรับการหาสัมประสิทธิ์พัฒนาการและการเจริญเติบโตในช่วงฤดูกาลนาปีที่มีการปลูกข้าวพันธุ์นี้อย่างแพร่หลาย

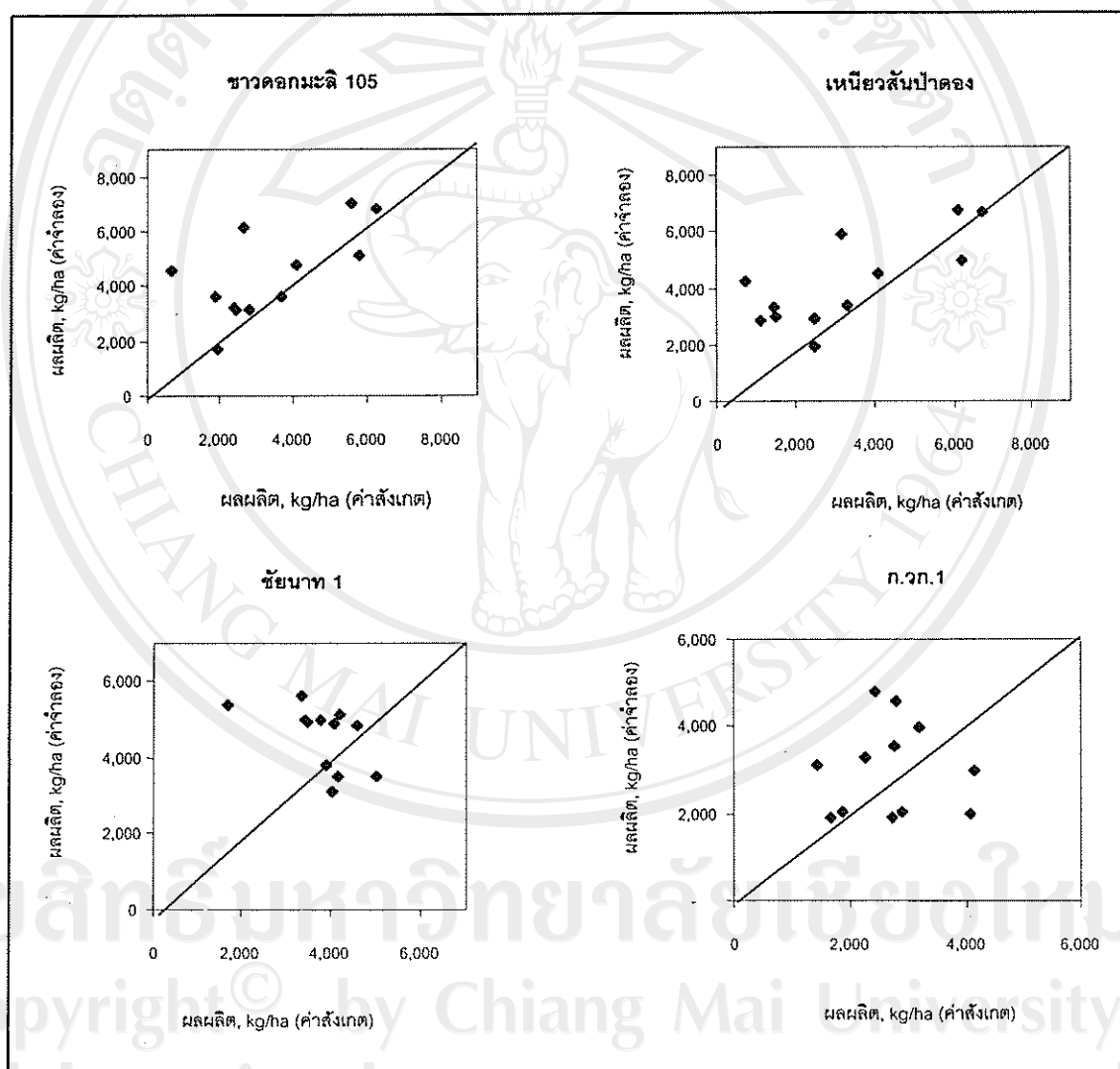
ส่วนการหาสัมประสิทธิ์การเจริญเติบโตของข้าวขาวดอกมะลิ 105 และเหนียวสันป่าตอง พบว่า T5 และ T6 ในการทดลองปลูกจริงให้ผลผลิตที่ต่ำมาก และให้ค่า G1 และ G2 ที่ต่ำกว่าทรีตเมนต์อื่นๆ แสดงว่าข้าวน่าจะถูกจำกัดการเจริญเติบโตอย่างมากโดยอุณหภูมิที่ต่ำในช่วงออกดอกและสะสมน้ำหนักเมล็ด ดังนั้นในการหาสัมประสิทธิ์การเจริญเติบโตจึงตัดสองวันปลูกนี้ออกไปจากการเฉลี่ย



รูปที่ 6-3 เปรียบเทียบการเจริญเติบโตของข้าวระหว่างค่าสังเกตกับค่าจำลองของข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ปลูกเมื่อวันที่ 25 ส.ค. 40 กับวันที่ 24 ก.พ. 41

จากผลการทดลองอาจสรุปได้ว่าในกรณีของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และเหนียวสันป่าตอง ควรที่จะต้องแบ่งชุดค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมออกเป็น 3 ชุด โดยชุดแรกเป็นค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมของวันปลูกเดือนกุมภาพันธ์ ชุดที่สองเป็นค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมของวันปลูกเดือนมีนาคมและเมษายน และชุดที่สามเป็นค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมของวันปลูกของเดือนอื่นๆ ในรอบปี

สำหรับผลผลิตนั้นควรที่จะเลือกเฉลี่ยตามสัมประสิทธิ์ทางพัฒนาการและตัดทริตเมนต์ 5 และ 6 ออก พบว่าแบบจำลองประเมินค่าผลผลิตสูงกว่าค่าสังเกตสำหรับวันปลูกส่วนใหญ่ (รูปที่ 6-4)



รูปที่ 6-4 เปรียบเทียบการเจริญเติบโตระหว่างค่าผลผลิตกับค่าจำลองของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ที่ปักดำเมื่อวันที่ 24 ก.พ. 41 ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

โดยหลักการแล้วในการหาค่าสัมประสิทธิ์ทางการเจริญเติบโตควรจะต้องหาค่าที่ค่าสังเกตของผลผลิตที่ต่ำเกินไปอันเนื่องมาจากปัจจัยอื่นที่แบบจำลองไม่ครอบคลุมถึง เช่น มีการทำลายของโรค แมลง หรือการหักล้ม

นอกจากนี้ยังพบว่าแบบจำลองไม่สามารถจำลองสภาพการเกิดตรงที่ไม่พร้อมกันหรือห่างกันหลายๆ วัน เช่น การปลูกในอุณหภูมิต่ำ หรือการปลูกในสภาพวันสั้นมากๆ เนื่องจากแบบจำลองใช้สมมติฐานว่าข้าวต้นเดียวกันจะออกดอกวันเดียวกัน

สำหรับการหาค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมของข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 60 ที่ไม่ได้ระบุในงานทดลอง 12 วันปลูกนั้น สามารถหาได้โดยประมาณค่าสัมประสิทธิ์ตั้งต้นจาก กข7 ที่มีอายุใกล้เคียงแล้วใช้ GENCALC ทำการประเมินค่าสัมประสิทธิ์โดยเปรียบเทียบกับงานทดลองเพื่อการทดสอบแบบจำลองที่เปรียบเทียบวิธีการหว่านน้ำตามหลายอัตราปลูกกับวิธีปักดำ ซึ่งทำในปี 2541 และ 2542 ที่มหาวิทยาลัยเชียงใหม่และศูนย์วิจัยข้าวพิษณุโลก โดยรายละเอียดการทดลองจะแสดงในส่วนที่ว่าด้วยการทดสอบความถูกต้องใช้ได้ของแบบจำลองในบทต่อไป

ตารางที่ 6-6 ค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมที่ประเมินได้ของข้าวที่ศึกษาถูกบรรจุไว้ในไฟล์ RICER980.CUL

VAR#	VRNAME.....	ECO#	P1	P2R	P5	P20	G1	G2	G3	G4
IB0001	IR 8	IB0001	880.0	52.0	550.0	12.1	65.0	.0280	1.00	1.00
TR0001	KDML105	IB0001	502.11233.0	386.5	12.7	45.7	.0270	0.35	0.95	
TR0002	KDML-9	IB0001	502.0	159.0	364.0	12.7	28.5	.0238	0.35	1.00
TR0003	KDML105-EARLYPLT	IB0001	480.02100.0	385.0	12.7	86.0	.0270	0.35	1.00	
TR0004	NIEW SANPATONG	IB0001	495.81283.4	364.2	12.7	40.7	.0277	0.30	0.85	
TR0005	NSPT-9	IB0001	495.0	159.0	364.0	12.7	21.2	.0277	0.30	0.85
TR0006	NSPT-EARLYPLT	IB0001	495.02100.0	389.0	12.7	32.2	.0277	0.30	0.85	
TR0007	CHAINAT 1	IB0001	570.0	122.8	334.8	11.9	63.1	.0278	0.45	1.00
TR0008	DOA 1	IB0001	388.5	20.00	381.8	12.0	73.8	.0275	0.60	1.15
TR0009	SUPANBURI60	IB0001	540.0	154.7	497.0	11.9	77.7	.0280	0.28	1.03

หมายเหตุ

KDML105 และ NIEW SANPATONG	หมายถึงข้าวดอกมะลิ 105 และเหนียวสันป่าตองที่ปักดำเดือนพฤษภาคมถึงเดือนมกราคม
SUPANBURI60, CHAINAT1, DOA1	หมายถึงสุพรรณบุรี 60, ชัยนาท 1, ก.วก.1
KDML105-EARLYPLR, NSPT-EARLYPLT	หมายถึงข้าวดอกมะลิ 105 และเหนียวสันป่าตองที่ปลูกในเดือนมีนาคมและเมษายน
KDML-9 และ NSPT-9	หมายถึงข้าวดอกมะลิ 105 และเหนียวสันป่าตองที่ปลูกในเดือนกุมภาพันธ์

ปัญหาการประเมินสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมที่เกี่ยวข้องกับการทำงานของแบบจำลอง CERES-Rice เวอร์ชันต่าง ๆ

การหาสัมประสิทธิ์ที่เหมาะสมด้วย GENCALC อาจไม่สามารถแก้ไขได้ด้วยวิธีการออกแบบ การทดลองหรือเลือกทรีตเมนต์ใหม่ เพราะปัญหาของความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นอาจจะมาจาก เงื่อนไขหรือกลไกการคำนวณของแบบจำลองเอง ซึ่งต้องปรับแก้ที่ตัวแบบจำลองหรือกำหนดเงื่อนไข ในการใช้ให้สอดคล้องกับความเป็นจริง ตัวอย่างเช่น ในการทำนายพัฒนาการโดยเฉพาะเรื่อง วันออกดอกของข้าวที่ไวต่อช่วงแสงอย่างมากเช่นข้าวดอกมะลิ 105 นั้น และความอ่อนไหวต่อ อุณหภูมิต่ำ ทำให้เห็นว่าไม่สามารถหาค่าสัมประสิทธิ์ชุดเดียวกันสำหรับข้าวพันธุ์เดียวกันที่ปลูก ในสภาพแวดล้อมต่างกันได้อย่างที่ควรจะเป็น ทั้งนี้เนื่องจากแบบจำลองยังมีข้อจำกัด เช่น การ ที่ไม่ไวต่ออุณหภูมิสูงหรือต่ำ หรือฟังก์ชันการคำนวณการตอบสนองต่อช่วงแสงไม่ครอบคลุมข้าวที่ ตอบสนองต่อช่วงแสงอย่างมาก

สำหรับปัญหาค่าสัมประสิทธิ์ G3 นั้น เมื่อใช้แบบจำลอง RICER940 และ RICER980 จะไม่สามารถปรับค่า G3 นี้ด้วย GENCALC เพราะโปรแกรมไม่สามารถดึงข้อมูลจำนวนรวงต่อ ตารางเมตรที่เป็นค่าสังเกตมาเปรียบเทียบกับค่าจากการจำลองใน OVERVIEW.OUT ได้ ซึ่งเป็น ความคลาดเคลื่อนของระบบ input/output ระหว่างโปรแกรมแบบจำลองกับ FILEA และปัญหาที่ สำคัญคือค่าสัมประสิทธิ์พันธุกรรม G3 ใน RICER940 ใน DSSAT 3.0 และ RICER980 (266 KB , modified date: 15 Nov 1993) ที่พัฒนาโดย Singha et al. (1998) ที่อยู่ใน DSSAT3.5 ไม่สามารถปรับเปลี่ยนให้ G3 อยู่ในระดับต่ำมาก ๆ (<0.7) เพื่อที่จะให้อัตราการแตกกอใกล้เคียง กับค่าที่วัดจริง เนื่องจากค่า G3 ที่ต่ำลงนั้น มีผลทำให้ได้ผลผลิตที่เพิ่มขึ้นจนคลาดเคลื่อนมาก เกินไป แต่แบบจำลอง RICER980 (modified) (267 KB, modified date 30 June 1999) นั้น ได้แก้ไขปัญหาดังกล่าวที่เกี่ยวกับเรื่อง input/output และการคำนวณการแตกกอ โดยสามารถ ปรับค่าสัมประสิทธิ์ G3 ให้มีค่าต่ำๆ ได้ และให้ค่าการแตกกอหรือความหนาแน่นของรวงที่ใกล้เคียงกับค่าจริง รวมทั้งไม่ทำให้การคำนวณผลผลิตคลาดเคลื่อนมากเกินไป

เนื่องจากในการศึกษาวิจัยนี้เริ่มต้นด้วยการใช้แบบจำลองการเจริญเติบโตของข้าว CERES-Rice ใน version RICER940 ที่บรรจุใน DSSAT3.0 ในการรายงานความก้าวหน้าของ โครงการตั้งแต่ฉบับที่ 1 ถึง 4 แต่เนื่องจากในขณะดำเนินงานโครงการได้มีการปรับปรุงแบบ จำลองเป็น RICER980 ที่บรรจุใน DSSAT3.5 ซึ่งออกมาเมื่อ 11 พฤศจิกายน 2541 และหลังจากนั้นยังได้มีการปรับปรุงแก้ไข RICER980 ที่ได้ทำการปรับปรุงครั้งล่าสุดเมื่อวันที่ 30 กรกฎาคม 2542 ในที่นี้เรียกว่าเป็น RICER980 modified เป็นเวอร์ชันที่นำมาศึกษาในครั้งนี้

เมื่อทดสอบเบื้องต้นถึงการจำลองการเจริญเติบโตของข้าวทั้งสามเวอร์ชันของแบบจำลอง CERES-Rice โดยใช้ข้อมูลจากการศึกษาภาคสนามและโดยการเปรียบเทียบผลลัพธ์ของแบบจำลอง เวอร์ชันต่างๆ ทำให้ได้ข้อสังเกตบางอย่างดังต่อไปนี้

1. แบบจำลอง RICER980 หรือ RICER980 modified ที่อยู่ใน DSSAT3.5 มีการปรับปรุงระบบรายละเอียดการนำเข้าและแสดงผลลัพธ์ของการจำลองบางอย่างที่แตกต่างจาก RICER940 ใน DSSAT3.0 แต่สามารถนำมาใช้แทนกันได้ในระบบ DSSAT3.5 ด้วย FILEX และ FILEA เดียวกัน
2. RICER980 modified ที่จัดทำขึ้นเพื่อแก้ไขการที่ไม่สามารถปรับค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมที่เกี่ยวข้องกับการแตกกอ (G3) ให้อยู่ในระดับต่ำๆ ได้โดยไม่ทำให้ผลผลิตคลาดเคลื่อนมากเกินไป จากการเปรียบเทียบการจำลองค่าผลผลิตและการแตกกอในรูปของจำนวนรวงต่อตารางเมตรของทั้งสามแบบจำลองโดยปรับค่า G3 ตั้งแต่ 0.1–1.2 ในตารางที่ 6-7 แสดงให้เห็นว่าการปรับค่า G3 ลดลงจาก 1.0 เพื่อให้การแตกกอใกล้เคียงกับค่าจริงที่วัดได้จากแปลงทดลองของ RICER940 จะทำให้ผลผลิตสูงขึ้นในทำนองเดียวกับแบบจำลอง RICER980 เนื่องจากค่าสัมประสิทธิ์ G3 ไม่เพียงจะกำหนดศักยภาพของการแตกกอของแต่ละพันธุ์ในสมการคำนวณจำนวนกอสสูงสุดแล้วยังเป็นสัมประสิทธิ์ในสมการคำนวณผลผลิตต่อต้นอีกด้วย (ศึกษาจาก source code ที่เป็นภาษาฟอร์แทรน RICER940) ซึ่งแบบจำลอง RICER980 modified ได้ปรับปรุงขึ้นเพื่อให้สามารถปรับค่า G3 ลดลง เป็นผลให้การแตกกอลดลงใกล้กับค่าจริง โดยที่ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าผลผลิตมากเกินไปเหมือนในเวอร์ชันเดิม
3. แบบจำลอง RICER980 และ RICER980 modified จะคำนวณค่าไนโตรเจนจากดินและการให้น้ำชลประทานแบบอัตโนมัติที่ต่างกับ RICER940 ค่าไนโตรเจนในดินเมื่อเริ่มทำการจำลองที่คำนวณจากข้อมูล soil profile ของชุดดินหนึ่งๆ โดยแบบจำลอง RICER980 จะน้อยกว่าที่ได้จากแบบจำลอง RICER940 ค่อนข้างมาก ตัวอย่างเช่น ชุดดินสันทรายที่สภาพแวดล้อมเดียวกัน แบบจำลอง RICER940 คำนวณค่า total Nitrogen ตั้งต้นได้ในเดรต 6.5 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ และแอมโมเนียม 2.9 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ ในขณะที่ RICER980 คำนวณได้ 1.9 และ 2.1 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ ซึ่งน่าจะเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ค่าผลผลิตจากการจำลองของ RICER980 ต่ำกว่าที่ได้จาก RICER940 ในกรณีมีการให้ปุ๋ยไนโตรเจนระดับต่ำ (แต่จากการเปรียบเทียบกับผลการจำลองไนโตรเจนระดับต่างๆ พบว่า RICER980 มีการตอบสนองต่อระดับปุ๋ยไนโตรเจนมากกว่า RICER940 โดยเฉพาะที่ระดับปุ๋ยสูงๆ ที่ค่า G3 เดียวกัน)

จากข้อสังเกตดังกล่าวนี้ สรุปได้ว่าแบบจำลอง RICER980 modified สามารถปรับค่า G3 ให้อยู่ในระดับต่ำสามารถให้การจำลองได้ทั้งค่าผลผลิตและการแตกกอ ในขณะที่ RICER940 หรือ RICER980 ที่แม้จะไม่สามารถปรับให้มีจำลองการแตกกอได้ใกล้เคียงแต่สามารถใช้ในการทำนายการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวได้เช่นกัน

ตารางที่ 6-7 เปรียบเทียบผลผลิตและจำนวนรวงต่อตารางเมตรของข้าวขาวดอกมะลิที่จำลองด้วย CERES-Rice เวอร์ชันต่างๆ ด้วยค่าประสิทธิภาพทางพันธุกรรม G3 ตั้งแต่ 0.1-1.2

G3	RICER940		RICER980 original		RICER980 modified	
	ผลผลิต (kg/ha)	รวงต่อตารางเมตร	ผลผลิต (kg/ha)	รวงต่อตารางเมตร	ผลผลิต (kg/ha)	รวงต่อตารางเมตร
0.1	11,987	271	9628	283	5819	264
0.2	8843	398	7277	423	5982	384
0.3	7730	526	6512	561	5938	505
0.4	6974	657	5729	702	5897	625
0.5	6323	791	5221	841	5545	745
0.6	5936	921	4853	915	5220	865
0.7	5695	882	4630	833	4998	882
0.8	5517	834	4487	777	4831	826
0.9	5375	810	4376	742	4700	792
1.0	5239	816	4304	730	4711	786

สรุป

การประเมินค่าสัมประสิทธิ์ของแบบจำลองข้าวให้ถูกต้องและสามารถนำไปใช้ได้นั้นต้องมีการเตรียมไฟล์องค์ประกอบที่สำคัญคือ ไฟล์ควบคุมการทดลอง (FILEX) และไฟล์ผลการทดลอง (FILEA) ในการกำหนดค่าตั้งต้นของสัมประสิทธิ์พันธุกรรมในไฟล์สัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรม ต้องมีการพิจารณาปรับค่าในไฟล์ข้อบังคับ GCRULE.CTR สำหรับค่าที่วัดได้จากการทดสอบปลูกข้าวจริงที่จะนำมาเปรียบเทียบกับค่าจำลองนั้นอาจเลือกจากการทดลองที่มีอยู่แล้วหรือจะทำการออกแบบงานทดลองใหม่ก็ได้ แต่ต้องมีการคัดเลือกทริตเมนต์ที่เหมาะสมในการหาสัมประสิทธิ์สำหรับแต่ละทริตเมนต์ ซึ่งต้องพิจารณาสภาพเงื่อนไขและข้อมูลที่ได้จากการทดลองจริงประกอบด้วย ทั้งนี้เพื่อให้ได้ค่าเฉลี่ยสัมประสิทธิ์ที่เป็นตัวแทนที่ดีของพันธุ์นั้นๆ สำหรับใช้เป็นตัวแทนนำเข้าในการจำลองต่อไป หรือถ้าจำเป็นอาจต้องปรับแก้ไขตัวแบบจำลองเพื่อให้สามารถจำลองการเจริญเติบโตของข้าวได้ถูกต้องตามความเป็นจริงและในสภาพที่หลากหลายมากขึ้น

จากผลการประเมินหาค่าสัมประสิทธิ์และการทดสอบกลับกับข้อมูลจริงของแบบจำลองการเจริญเติบโตของข้าว CERES-Rice ด้วยค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมที่ประเมินได้ สรุปได้ว่าแบบจำลองมีความสามารถที่จะจำลองการเจริญเติบโต การพัฒนาการ และการให้ผลผลิตของข้าวได้ผลดีในระดับที่น่าพอใจระดับหนึ่ง อย่างไรก็ตามการที่จะนำแบบจำลอง CERES-Rice มาใช้งานไม่ว่าจะเป็นเครื่องมือในการประกอบการตัดสินใจการผลิตข้าว การประเมินผลผลิตข้าว หรือการหากลยุทธ์การจัดการ หรือการเปลี่ยนพันธุ์ ฯลฯ จะต้องคำนึงถึงความถูกต้องของข้อมูลนำเข้า และต้องมีความเข้าใจในข้อจำกัดของแบบจำลองและเงื่อนไขของการใช้ชุดสัมประสิทธิ์นั้นๆ ด้วย

เอกสารอ้างอิง

- จิรวัดน์ เวชแพศย์ และ ศักดิ์ดีดา จงแก้ววัฒนา. 2542. คู่มือการหาค่าสัมประสิทธิ์พันธุกรรมพืชด้วยโปรแกรม GENCALC ภายใต้ DSSAT กรณีตัวอย่างการหาค่าสัมประสิทธิ์พันธุกรรมข้าวขาวดอกมะลิ 105. หน้า 98-120. ใน เมธี เอกะสิงห์ และคณะ. รายงานความก้าวหน้าฉบับที่ 5. โครงการวิจัยระบบสนับสนุนการตัดสินใจการผลิตพืช : ข้าวในภาคเหนือ. ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- ศักดิ์ดีดา จงแก้ววัฒนา และ จิรวัดน์ เวชแพศย์. 2541. ผลของวันปลูกที่มีต่อพัฒนาการของข้าว. หน้า 109-125. ใน เมธี เอกะสิงห์ และคณะ. รายงานความก้าวหน้าฉบับที่ 2. โครงการวิจัยระบบสนับสนุนการตัดสินใจการผลิตพืช : ข้าวในภาคเหนือ. ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- ศักดิ์ดีดา จงแก้ววัฒนา, จิรวัดน์ เวชแพศย์ และ อานันท์ ผลวัฒน์. 2542. การประเมินสัมประสิทธิ์พันธุกรรมข้าวโดยใช้ Genotype Coefficient Calculator (GenCalc). หน้า 84-111. ใน เมธี เอกะสิงห์ และคณะ. รายงานความก้าวหน้าฉบับที่ 4. โครงการวิจัยระบบสนับสนุนการตัดสินใจการผลิตพืช : ข้าวในภาคเหนือ. ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- ศักดิ์ดีดา จงแก้ววัฒนา, จิรวัดน์ เวชแพศย์ และ อานันท์ ผลวัฒน์. 2543. การทดสอบแบบจำลองการเจริญเติบโตของข้าว CERES-Rice ภายใต้การจัดการน้ำและระดับปุ๋ยในโตรเจนที่ต่างกัน. หน้า 167-189. ใน เมธี เอกะสิงห์ และคณะ (บรรณาธิการ). ระบบสนับสนุนการตัดสินใจการผลิตข้าว รายงานผลการวิจัยฉบับสมบูรณ์ส่วนที่ 1 โครงการวิจัยระบบสนับสนุนการตัดสินใจการผลิตพืช : ข้าวในภาคเหนือ. ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- ศักดิ์ดีดา จงแก้ววัฒนา, จิรวัดน์ เวชแพศย์ และ อานันท์ ผลวัฒน์. 2543. การทดสอบแบบจำลองการเจริญเติบโตของข้าว CERES-Rice ภายใต้วิธีเพาะปลูกแบบปักดำและนาหว่านน้ำตามที่อัตราเมล็ดพันธุ์ต่างกัน. หน้า 191-211. ใน เมธี เอกะสิงห์ และคณะ (บรรณาธิการ). ระบบสนับสนุนการตัดสินใจการผลิตข้าว รายงานผลการวิจัยฉบับสมบูรณ์ส่วนที่ 1 โครงการวิจัยระบบสนับสนุนการตัดสินใจการผลิตพืช : ข้าวในภาคเหนือ. ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- อานันท์ ผลวัฒน์, สุเทพ นุชสวาท, ประภา ทองเสน, วิญญู วงศ์อุบล และ บุญโฮม ชำนาญกุล. 2536. การเจริญเติบโตและดัชนีการเก็บเกี่ยวของข้าวหอมที่ปลูกในช่วงแสงต่างๆ กัน. เอกสารประกอบการสัมมนาทางวิชาการเรื่องข้าวและธัญพืชเมืองหนาวครั้งที่ 4. ศูนย์วิจัยข้าวพิษณุโลก. 13-14 กุมภาพันธ์ 2536.
- Hoogenboom, G., J.W. Jones, P.W. Wilkens, W.D. Batchelor, W.T. Bowen, L.A. Hunt, N.B. Pickering, U. Singh, D.C. Godwin, B. Baer, K.J. Boote, J.T. Ritchie and J.W. White. 1994. DSSAT version 3 Volume 2-2 Crop models. International Benchmark Sites Network for Agrotechnology Transfer. University of Hawaii, Honolulu, HI. p.95-244.

- Hunt, L.A., S. Pararajasingham, J.W. Jones, G. Hoogenboom, D.T. Imamura and R.M. Ogoshi. 1993. GENCALC—software to facilitate the use of crop models for analyzing field experiments. *Agron. J.* 85:1090–1094.
- Hunt, L.A. and S. Pararajasingham. 1994. GENCALC : Genotype Coefficient Calculator USER'S GUIDE Version 3.0. Department of Crop Science, University of Guelph. Publication No. LAH-01-94. Crop Simulation Series No.3.
- Hunt, L.A. and K.J. Boote. 1989. Data for model operation, calibration, and evaluation. p.9–39. *In* G.Y. Tsuji et al. (eds.). *Understanding options for agricultural production*. Kluwer Academic Publishers.
- IBSNAT. 1988. Experimental Design and Data Collection Procedures for IBSNAT. IBSNAT Technical Report 1, Third Edition, Revised 1988. International Benchmark Sites Network for Agrotechnology Transfer. University of Hawaii, Honolulu, HI.
- Jones, J.W., L.A. Hunt, G. Hoogenboom, D.C. Godwin, U. Singh, G.Y. Tsuji, N.B. Pickering, P.K. Thornton, W.T. Bowen, K.J. Boote, and J.T. Ritchie. 1994. DSSAT version 3. Volume 2-1 Input and Output Files. International Benchmark Sites Network for Agrotechnology Transfer. University of Hawaii, Honolulu, HI. 94 p.
- Jones, J.W., G.Y. Tsuji, G. Hoogenboom, L.A. Hunt, P.K. Thornton, P.W. Wilkens, D.T. Imamura, W.T. Bowen and U. Singh. 1998. Decision support system for agrotechnology transfer: DSSAT v3. p.157–177 *In* G.Y. Tsuji et al. (eds.). *Understanding options for agricultural production*. Kluwer Academic Publishers.
- Jones, J.W. 1993. Decision support systems for agricultural development. p. 459–471. *In* F.W.T. Penning de Vries et al. (eds.). *Systems approaches for agricultural development*.
- Ritchie, J.T., E.C. Alocilja, and G. Uehara. 1986. IBSNAT/CERES Rice Model. *Agrotechnology Transfer*. 3:1–5.
- Ritchie, J.T. and D.S. Nesmith. 1991. Temperature and Crop Development. p.5–27. *In* Hank and Ritchie (eds.). *Modeling Plant and Soil Systems—Agronomy Monograph No.31*. ASA-CSSA-SSSA, Madison, WI.
- Ritchie, J.T. 1993. Genetic specific data for crop modeling. p.77–93. *In* F.W.T. Penning de Vries et al. (eds.). *Systems approaches for agricultural development*.
- Singh, U., D.C. Godwin, J.T. Ritchie, W.T. Bowen, P.W. Wilkens, B. Baer, G. Hoogenboom and L.A. Hunt. 1998. CERES-RICE 3.5 (98.0) International Fertilizer Development Research Center. [RICER980.EXE Program file].
- Uehara, G., and G.Y. Tsuji. 1998. Overview of IBSNAT. p.1–7. *In* G.Y. Tsuji et al. (eds.). *Understanding options for agricultural production*. Kluwer Academic Publishers.

การทดสอบแบบจำลองการเจริญเติบโตของข้าว CERES-Rice ภายใต้การจัดการน้ำและระดับปุ๋ยในโตรเจนที่ต่างกัน

ศักดิ์ดา จงแก้ววัฒนา¹

จิรวัดน์ เวชแพศย์¹

อานันท์ ผลวัฒนะ²

และ ทุสยันธ์ ปาละ²

คำนำ

หลังจากที่ได้ประเมินค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมของข้าวพันธุ์ไทย ได้แก่ ขาวดอกมะลิ 105, เหนียวสันป่าตอง, ชัยนาท 1 และ ก.วก.1 สำหรับใช้ในแบบจำลองการเจริญเติบโตของข้าว CERES-Rice (Ritchie et al., 1986) เป็นส่วนหนึ่งของโครงการวิจัย “ระบบสนับสนุนการตัดสินใจการผลิตพืช: ข้าวในภาคเหนือ” (จิรวัดน์ และคณะ, 2543) ขั้นตอนที่จะต้องมาคือการทดสอบเพื่อประเมินความแม่นยำของแบบจำลอง หรือ model validation โดยอาศัยข้อมูลที่ได้จากสภาพความเป็นจริง ซึ่งแหล่งข้อมูลที่จะนำมาใช้ในการทดสอบแบบจำลองนี้ Anderson (1974) อ้างอิงโดย Dent และ Blackie (1979) เสนอว่ามี 4 แหล่งด้วยกันคือ (1) ข้อมูลที่ถูกนำมาใช้ในการพัฒนาแบบจำลอง (2) ข้อมูลที่มีอยู่เดิมแต่ไม่ได้นำมาใช้ในการพัฒนาแบบจำลอง (3) ข้อมูลที่ถูกเก็บรวบรวมเมื่อแบบจำลองได้พัฒนาเสร็จแล้ว และ (4) ข้อมูลที่เก็บรวบรวมจากงานทดลองเพื่อการทดสอบแบบจำลอง อย่างไรก็ตามข้อมูลที่ใช้ในการพัฒนาแบบจำลองหรือปรับแบบจำลอง (เช่น การประมาณค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรม) โดยปกติแล้วไม่จัดว่าเป็นข้อมูลที่ถูกต้องและเหมาะสมที่จะนำมาใช้ในการทดสอบความถูกต้องและแม่นยำของแบบจำลอง (validation) ดังนั้นการศึกษานี้จึงได้สร้างงานทดลองขึ้นเพื่อวัตถุประสงค์ในการที่จะศึกษาการตอบสนองของข้าวต่อการจัดการน้ำ (นาชลประทานและนาอาศัยน้ำฝน) รวมทั้งอัตราปุ๋ยไนโตรเจนที่ระดับต่างกัน และใช้ข้อมูลที่ได้จากงานวิจัยครั้งนี้มาทดสอบความถูกต้องและแม่นยำของแบบจำลอง CERES-Rice โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมที่ได้จากการศึกษาของจิรวัดน์ และคณะ (2543) ในการทดสอบแบบจำลองครั้งนี้จะได้เปรียบเทียบพฤติกรรมของการจำลองการเจริญเติบโตของข้าว รวมทั้งการให้ผลผลิตกับข้อมูลที่ได้จากงานทดลองภาคสนาม

¹ ภาควิชาพืชไร่ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

² ศูนย์วิจัยข้าวพิษณุโลก กรมวิชาการเกษตร

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

งานศึกษานี้ได้ทำการทดลองในช่วงปี 2541 และ 2542 เพื่อศึกษาความแปรปรวนของสภาพแวดล้อมในระหว่างปีที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของข้าวภายใต้ทรีตเมนต์ที่กำหนด โดยวางแผนการทดลองแบบ Split-split plot มี main plot คือการจัดการน้ำแบบอาศัยน้ำฝน (นาน้ำฝน) กับให้น้ำชลประทาน (น้ำชลประทาน) ซึ่งได้ควบคุมให้มีระดับน้ำสูง 10-15 เซนติเมตรเหนือผิวดินตลอดฤดูปลูก ใช้พันธุ์ข้าว 2 พันธุ์คือ ข้าวดอกมะลิ 105 และ ชัยนาท 1 เป็น sub-plot และอัตราปุ๋ยไนโตรเจน 4 ระดับคือ 0, 45, 90 และ 135 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อเฮกตาร์ (งานทดลองในปี 2541) และอัตราปุ๋ยไนโตรเจน 4 ระดับคือ 0, 70, 140 และ 210 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อเฮกตาร์ (งานทดลองในปี 2542) เป็น sub-sub plot มีจำนวน 3 ซ้ำ ขนาดแปลงย่อยเท่ากับ 4×8 ตารางเมตร ทำการปลูกโดยวิธีปักดำที่ระยะ 25×25 เซนติเมตร และมีการจัดการอื่นๆ ในระดับที่เหมาะสม สถานที่ทำการทดลองมีสองแห่งคือสถานีวิจัยและศูนย์ฝึกอบรมการเกษตรแม่เหียะ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ และศูนย์วิจัยข้าวพิษณุโลก ปักดำเมื่อวันที่ 19 และ 17 สิงหาคม 2541 (งานทดลองในปี 2541) ตามลำดับ และวันที่ 6 และ 13 สิงหาคม 2542 ณ ศูนย์วิจัยข้าวพิษณุโลก และสถานีวิจัยและศูนย์ฝึกอบรมการเกษตรแม่เหียะ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ตามลำดับ (งานทดลองในปี 2542)

การบันทึกข้อมูล

ในระหว่างการทดลองได้ทำการบันทึกพัฒนาการของข้าวตามระยะการเจริญเติบโตตามแบบฟอร์มของ IBSNAT (1988) การเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักต้น น้ำหนักใบ และน้ำหนักรวงของข้าวในระยะการเจริญเติบโตต่างๆ ได้แก่ ระยะข้าวแตกกอ ระยะกำเนิดช่อรวง ระยะออกดอก และระยะสุกแก่ โดยสุ่มวัดจำนวน 2 กอทุกๆ สองสัปดาห์ นอกจากนี้ยังทำการนับจำนวนต้น จำนวนหน่อ จำนวนรวงต่อต้น น้ำหนักและจำนวนเมล็ดดีเมล็ดลีบต่อรวง รวมทั้งวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนในดินที่ระยะก่อนปลูกและปริมาณไนโตรเจนในต้น ใบ เมล็ดข้าวสาร ข้าวกล้อง และแกลบในช่วงเก็บเกี่ยว สำหรับการบันทึกข้อมูลอากาศรายวันนั้นได้บันทึกข้อมูลพลังงานแสงอาทิตย์ ความยาววัน อุณหภูมิสูงสุดต่ำสุด ปริมาณน้ำฝนในช่วงการทดลอง โดยอาศัยเครื่องวัดภูมิอากาศอัตโนมัติ (Data Logger)

ผลและวิจารณ์ผลการศึกษา

1. ผลของการตอบสนองของข้าวต่อปัจจัยงานทดลอง

เนื่องจากผลการศึกษาในปี 2541 พบว่าแปลงทดลองปลูกข้าวที่กำหนดเป็นแปลงอาศัยน้ำฝน (rainfed) ทั้งที่มหาวิทยาลัยเชียงใหม่และศูนย์วิจัยข้าวพิษณุโลก เกิดการซึมของน้ำจากแปลงที่ให้น้ำชลประทานเข้าสู่แปลงนาน้ำฝน ทำให้สภาพความเป็นจริงของข้าวในแปลงที่กำหนดให้อาศัยน้ำฝนในการเจริญเติบโตเพียงอย่างเดียวมิได้เป็นไปตามแผนที่กำหนด โดยพบว่าต้นข้าว

ไม่เกิดอาการเครียดเพราะการขาดน้ำ (drought stress) แต่ได้มีการแก้ไขข้อผิดพลาดในงานทดลองในปี 2542 ดังนั้นการรายงานผลการศึกษาคือการตอบสนองของผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของข้าวต่อปัจจัยงานทดลองซึ่งได้แก่การจัดการน้ำและปุ๋ยไนโตรเจนจะเสนอผลของการศึกษาในปี 2542 เท่านั้น

ผลการศึกษาที่มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ผลผลิต

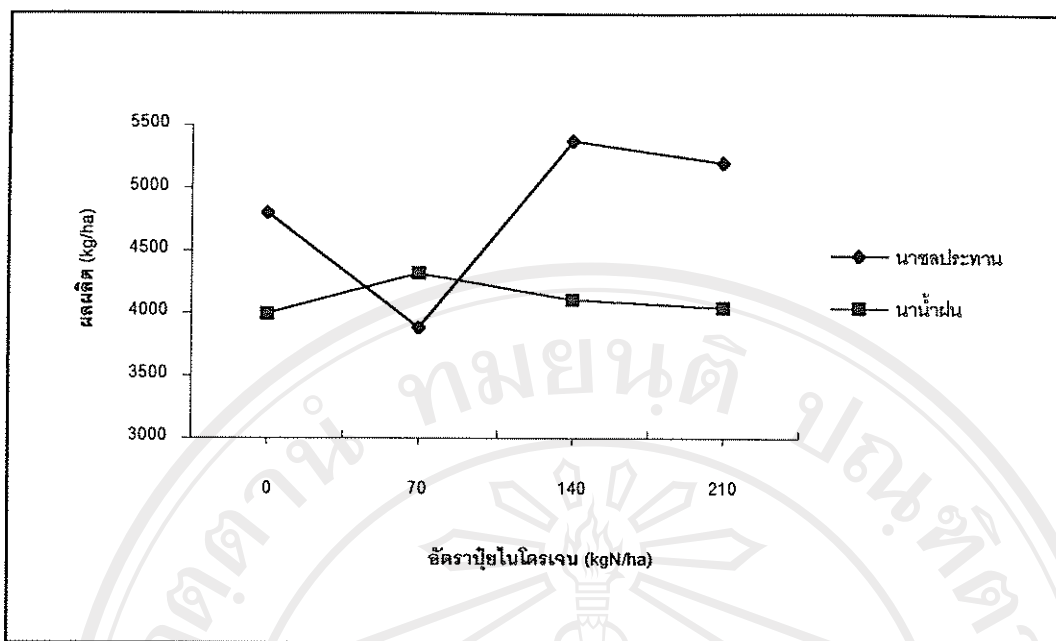
จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (analysis of variance) (ตารางที่ 7-1) พบว่าอัตราปุ๋ยไนโตรเจนมีผลต่อการให้ผลผลิตของข้าวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) และผลการวิเคราะห์ยังพบว่ามีสหสัมพันธ์ระหว่างระบบการจัดการน้ำและอัตราปุ๋ยไนโตรเจน ($I \times N$ interaction, $p < 0.01$) ต่อผลผลิตของข้าว

ตารางที่ 7-1 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (analysis of variance) ของผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตข้าวในงานทดลองการศึกษาระดับปุ๋ยไนโตรเจนในสภาพอาศัยน้ำฝนและน้ำชลประทาน (เชียงใหม่)

Source of Variance	ผลผลิต	น้ำหนักแห้ง	น้ำหนัก 100 เมล็ด	เปอร์เซ็นต์ เมล็ดลีบ	จำนวนรวง ต่อพื้นที่	จำนวนเมล็ดดี ต่อรวง
การให้น้ำ (I)	ns	*	ns	*	*	ns
พันธุ์ (V)	ns	ns	ns	ns	ns	ns
ปุ๋ยไนโตรเจน (N)	*	**	ns	ns	**	ns
I x V	ns	ns	*	ns	ns	ns
I x N	**	*	ns	ns	**	ns
V x N	ns	ns	ns	ns	**	ns
I x V x N	ns	ns	ns	ns	ns	ns

หมายเหตุ * significant level at 0.05
 ** significant level at 0.01
 ns non-significant

อย่างไรก็ตามไม่พบว่าการให้ผลผลิตมีความแตกต่างระหว่างพันธุ์ข้าว รูปที่ 7-1 แสดงให้เห็นว่าผลผลิตของข้าวที่มีการให้น้ำแบบชลประทานตอบสนองต่ออัตราปุ๋ยไนโตรเจนที่ใส่มากขึ้น ทั้งนี้ผลผลิตของข้าวที่ได้สูงสุดอยู่ในระดับปุ๋ยไนโตรเจนที่ 140 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อเฮกตาร์ ซึ่งให้ผลผลิต 4750 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ ส่วนข้าวที่ปลูกโดยอาศัยน้ำฝนนั้นผลผลิตไม่ได้เพิ่มขึ้น ถึงแม้ว่าจะใส่ปุ๋ยไนโตรเจนมากขึ้นก็ตาม ทั้งนี้ข้าวในแปลงที่อาศัยน้ำฝนให้ผลผลิตเฉลี่ยเท่ากับ 4120 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์



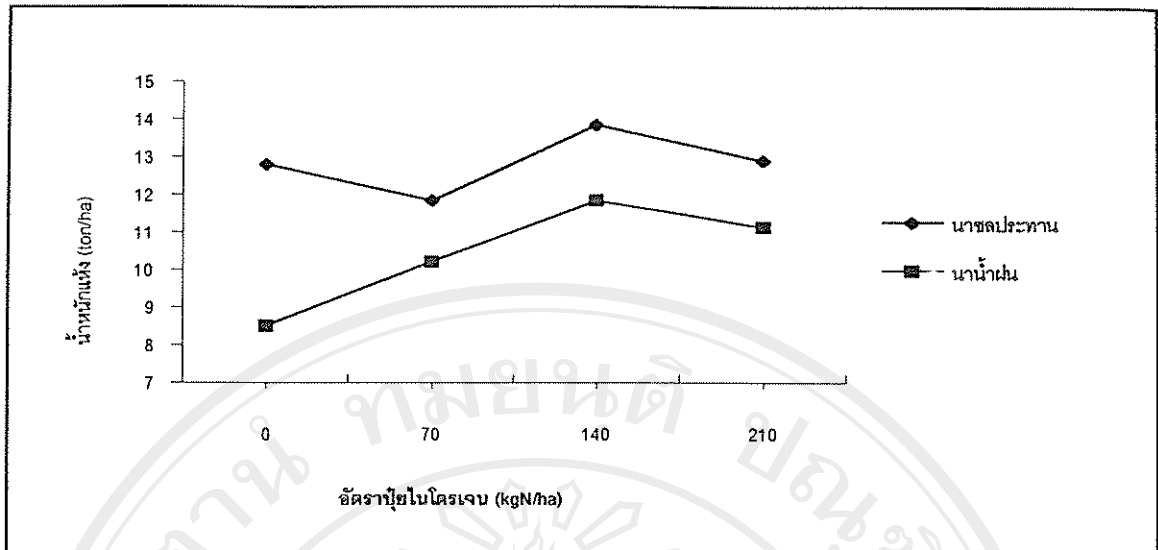
รูปที่ 7-1 การตอบสนองของการให้ผลผลิตข้าวต่ออัตราปุ๋ยไนโตรเจนและการจัดการน้ำ (เชียงใหม่)

น้ำหนักแห้งรวม

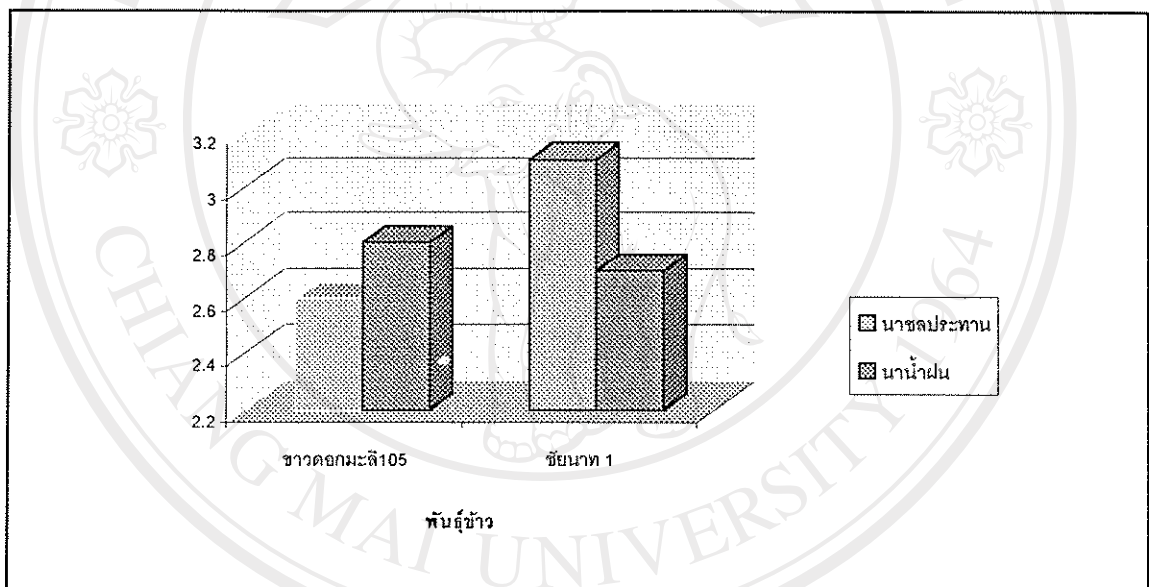
ในทำนองเดียวกับผลผลิต จากผลการวิเคราะห์ (ตารางที่ 7-1) พบว่าอัตราปุ๋ยไนโตรเจนมีผลต่อน้ำหนักแห้งรวม (total dry matter) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) และพบค่าสหสัมพันธ์ระหว่างระบบการจัดการน้ำและอัตราปุ๋ยไนโตรเจน ($I \times N$ interaction, $p < 0.05$) ต่อน้ำหนักแห้งรวม นอกจากนี้ยังพบว่ามีค่าแตกต่างในน้ำหนักแห้งรวมระหว่างระบบการให้น้ำชลประทานกับการปลูกโดยอาศัยน้ำฝนเพียงอย่างเดียว ($p < 0.05$) รูปที่ 7-2 แสดงให้เห็นว่าการสะสมน้ำหนักแห้งรวมของข้าวมีแนวโน้มที่มากขึ้นตามอัตราปุ๋ยไนโตรเจนที่ใส่ และน้ำหนักแห้งรวมของข้าวที่มีการให้น้ำชลประทานจะสูงกว่าน้ำหนักแห้งรวมของข้าวที่อาศัยน้ำฝนเพียงอย่างเดียว โดยเฉลี่ยแล้วน้ำหนักแห้งรวมของข้าวที่ปลูกโดยอาศัยน้ำชลประทานและอาศัยน้ำฝนจะได้ 12.8 ตันต่อเฮกตาร์ และ 10.4 ตันต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ

น้ำหนัก 100 เมล็ด

ผลจากการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของผลผลิต (ตารางที่ 7-1) พบว่ามีค่าสหสัมพันธ์ระหว่างทรีตเมนต์การจัดการน้ำและพันธุ์ ($I \times V$ interaction, $p < 0.05$) ทั้งนี้ น้ำหนัก 100 เมล็ดของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ค่อนข้างจะคงที่ไม่ว่าจะปลูกในระบบการให้น้ำแบบชลประทานหรืออาศัยน้ำฝนโดยมีค่าเฉลี่ยที่ 2.7 กรัม/100 เมล็ด (รูปที่ 7-3) ในขณะที่น้ำหนักเมล็ดของข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 เมื่อปลูกในระบบที่ให้น้ำชลประทานมีน้ำหนักเมล็ดเฉลี่ย (3.1 กรัม/100 เมล็ด) ซึ่งมากกว่าน้ำหนักเมล็ดข้าวที่ปลูกอาศัยน้ำฝนที่มีน้ำหนักเฉลี่ย 2.7 กรัม/100 เมล็ด



รูปที่ 7-2 การตอบสนองของการสะสมน้ำหนักแห้งข้าวต่ออัตราปุ๋ยไนโตรเจนและการจัดการน้ำ (เชียงใหม่)



รูปที่ 7-3 ค่าเฉลี่ยน้ำหนัก 100 เมล็ดของข้าวที่ปลูกภายใต้การจัดการน้ำและอัตราปุ๋ยที่ต่างกัน (เชียงใหม่)

เปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบต่อรวง

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (ตารางที่ 7-1) พบว่าเปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเฉพาะวิธีจัดการน้ำเท่านั้น โดยพบว่าการปลูกข้าวโดยการให้น้ำชลประทานจะทำให้ข้าวมีเปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบสูงเฉลี่ย 25.2% ในขณะที่ข้าวที่ปลูกโดยอาศัยน้ำฝนมีเปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบเท่ากับ 14.9% เท่านั้น ผลการวิเคราะห์ไม่พบว่ามี ความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของเปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบในพันธุ์และอัตราปุ๋ยไนโตรเจน

จำนวนรวงต่อตารางเมตร

จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (ตารางที่ 7-1) พบว่ามีความแตกต่างกันของจำนวนรวงต่อพื้นที่อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของทรีตเมนต์การจัดการน้ำ ($p < 0.05$), อัตราปุ๋ยไนโตรเจนที่ใส่ ($p < 0.01$) และค่าสหสัมพันธ์ระหว่างการจัดการน้ำกับอัตราปุ๋ยไนโตรเจน ($I \times N$, $p < 0.01$) และพันธุ์กับอัตราปุ๋ยไนโตรเจน ($V \times N$, $p < 0.01$) ตารางที่ 7-2 แสดงจำนวนเฉลี่ยของรวงต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตร โดยทั่วไปแล้วจะเห็นได้ว่าการเพิ่มอัตราปุ๋ยไนโตรเจนจะทำให้จำนวนรวงเฉลี่ยต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตรของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และชัยนาท 1 เพิ่มขึ้น แต่การเพิ่มขึ้นของจำนวนรวงต่อพื้นที่นี้ข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 จะตอบสนองต่อการเพิ่มของอัตราปุ๋ยไนโตรเจนที่ใส่มากกว่าข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ในทำนองเดียวกันข้าวที่ปลูกทั้งในระบบการจัดการให้น้ำชลประทานและอาศัยน้ำฝนเมื่อเพิ่มอัตราปุ๋ยไนโตรเจนจะทำให้จำนวนรวงต่อพื้นที่เพิ่มขึ้น แต่การตอบสนองของข้าวในการแตกรวงต่ออัตราปุ๋ยไนโตรเจนของข้าวที่ปลูกในระบบการให้น้ำชลประทานจะสูงกว่าการตอบสนองของข้าวในการแตกรวงต่ออัตราปุ๋ยไนโตรเจนของข้าวที่ปลูกอาศัยน้ำฝน

ตารางที่ 7-2 จำนวนรวงต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตรของข้าวเฉลี่ยตามพันธุ์และการจัดการน้ำ (เชียงใหม่)

ปริมาณไนโตรเจน (กิโลกรัมต่อไร่)	พันธุ์ข้าว		การจัดการน้ำ	
	ขาวดอกมะลิ 105	ชัยนาท 1	นาชลประทาน	นาหน้าฝน
0	314	298	346	266
70	302	314	300	315
140	379	422	413	389
210	380	450	434	396
เฉลี่ย	344	371	373	341

จำนวนเมล็ดต่อรวง

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (ตารางที่ 7-1) พบว่าจำนวนเมล็ดต่อรวงไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในทุกทรีตเมนต์ของการทดลอง โดยเฉลี่ยแล้วข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และชัยนาท 1 มีจำนวนเมล็ดต่อรวงเท่ากับ 79.7 เมล็ด และ 75.0 เมล็ดตามลำดับ

ผลการศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าผลผลิตและการสะสมน้ำหนักแห้งรวมของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และชัยนาท 1 ตอบสนองต่อการจัดการน้ำและอัตราปุ๋ยไนโตรเจนในระดับที่น่าพอใจแตกต่างกับผลการศึกษาในปี 2541-2542 ซึ่งเกิดความผิดพลาดจากการควบคุมน้ำในแปลงทดลอง โดยพบว่าแปลงทดลองปลูกข้าวที่กำหนดเป็นแปลงอาศัยน้ำฝน (rainfed) เกิดการซึมของน้ำจากแปลงที่ให้น้ำชลประทานเข้าสู่แปลงดังกล่าว (ศักดิ์ดา และคณะ, 2542) ทำให้สภาพความเป็นจริงของข้าวในแปลงที่กำหนดให้อาศัยน้ำฝนในการเจริญเติบโตเพียงอย่างเดียว

มิได้เป็นไปตามแผนที่กำหนด จากการสังเกตพบว่าไม่เกิดสภาวะความเครียดของข้าวเนื่องจาก การขาดน้ำในแปลงเพาะปลูกข้าว ส่งผลให้ผลการวิเคราะห์ผลผลิตข้าวไม่มีความแตกต่างกันอย่าง มีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างแปลงที่ปลูกในแปลงที่ให้น้ำชลประทานและแปลงที่อาศัยน้ำฝนเพียง อย่างเดียว การทดลองในปี 2542-2543 ได้ทำการแก้ไขข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นดังกล่าวโดยการ แยกแปลงปลูกที่อาศัยน้ำฝนเพียงอย่างเดียวกับแปลงปลูกทดลองที่ให้น้ำชลประทาน ซึ่งการแก้ไข ดังกล่าวสามารถทำให้เห็นผลของการตอบสนองของการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตของข้าวต่อ อัตราการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอย่างมีนัยสำคัญในแปลงที่ปลูกโดยการให้น้ำชลประทาน จากผลการ ศึกษาพบว่าผลผลิตและการสะสมน้ำหนักแห้งรวมของข้าวทั้งพันธุ์ข้าวดอกมะลิ 105 และชัยนาท 1 ในแปลงที่ให้น้ำชลประทานเมื่อใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 70 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อเฮกตาร์ หรือ 22.4 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ ให้ทั้งผลผลิตเมล็ดและน้ำหนักแห้งพวงสูงสุด แสดงให้เห็นว่าอัตราปุ๋ย ไนโตรเจนดังกล่าวเป็นอัตราที่ทำให้ข้าวทั้งสองพันธุ์ตอบสนองในช่วงเหมาะสมสำหรับการศึกษา ครึ่งนี้ ส่วนการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในแปลงที่อาศัยน้ำฝนเพียงอย่างเดียวผลผลิตจะไม่เพิ่มขึ้นตาม อัตราการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนที่ใส่ แต่น้ำหนักแห้งพวงเพิ่มขึ้นตามอัตราการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนจนถึง น้ำหนักพวงสูงสุดที่อัตราปุ๋ยไนโตรเจน 70 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อเฮกตาร์ ผลดังกล่าวชี้ให้เห็นว่า การเพิ่มปุ๋ยไนโตรเจนในนาข้าวในสภาพที่แปลงนาขาดน้ำเป็นระยะๆ เช่น ในกรณีที่ฝนขาดช่วงจะ ไม่ช่วยทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นแต่การตอบสนองของข้าวจะเป็นการเพิ่มขึ้นของพวงเป็นหลัก

เป็นที่น่าสังเกตว่าเปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบของข้าวที่ปลูกในสภาพอาศัยน้ำฝนน้อยกว่าข้าวที่ ปลูกโดยการให้น้ำชลประทาน อาจอธิบายผลดังกล่าวได้ว่าเนื่องจากการปลูกข้าวโดยไม่ขาดน้ำส่งผล ให้จำนวนรวงต่อพื้นที่มากกว่าข้าวที่ปลูกแบบอาศัยน้ำฝนเพียงอย่างเดียว ซึ่งอาจเป็นไปได้ว่า โอกาสการเกิดเมล็ดลีบจะมีมากกว่า และจากการศึกษา ยังแสดงผลที่สอดคล้องกันโดยพบว่าน้ำหนัก เมล็ดของข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ปลูกโดยอาศัยน้ำฝนจะสูงกว่าน้ำหนักเมล็ดของข้าวที่ปลูกโดย ใช้น้ำชลประทาน และในทำนองกลับกันข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 มีน้ำหนักเมล็ดของข้าวที่ปลูกโดยใช้ น้ำชลประทานสูงกว่าข้าวที่ปลูกโดยอาศัยน้ำฝน ผลดังกล่าวสอดคล้องกับจำนวนเมล็ดดีต่อรวง โดยพบว่าจำนวนเมล็ดดีต่อรวงของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ที่ปลูกโดยอาศัยน้ำฝน (เฉลี่ย 78 เมล็ด) มีน้อยกว่าจำนวนเมล็ดที่ได้จากการปลูกโดยการให้น้ำชลประทาน (เฉลี่ย 82 เมล็ด) และ ในทางตรงกันข้ามข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 ที่ปลูกโดยให้น้ำชลประทานมีจำนวนเมล็ดดีต่อรวง (เฉลี่ย 73 เมล็ด) น้อยกว่าจำนวนเมล็ดต่อรวงของข้าวที่ปลูกโดยอาศัยน้ำฝน (เฉลี่ย 78 เมล็ด) ซึ่งผล ดังกล่าวชี้ให้เห็นว่าการที่มีจำนวนเมล็ดต่อรวงมากจะส่งผลให้น้ำหนัก 100 เมล็ดลดลง โดยอาจ เป็นผลมาจากการเฉลี่ยถ่ายสารสังเคราะห์จาก source ที่จำกัดไปสู่ sink ที่มากกว่า (Matsushima, 1970)

ผลการศึกษาที่ศูนย์วิจัยข้าวพิษณุโลก

ผลผลิต

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (analysis of variance) (ตารางที่ 7-3) พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในประเด็นของการจัดการน้ำ คงพบแต่พันธุ์และอัตราปุ๋ยในโตรเจนเท่านั้นที่มีผลต่อผลผลิตที่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับเดียวกัน ($p < 0.01$) และไม่พบสหสัมพันธ์ต่อปัจจัยต่างๆ ต่อผลผลิต โดยพบว่าพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ให้ผลผลิตเฉลี่ย 1839 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ ในขณะที่พันธุ์ชัยนาท 1 ได้ให้ผลผลิตเฉลี่ย 2939 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ สำหรับการตอบสนองของข้าวต่อระดับปุ๋ยในโตรเจนพบว่าที่อัตรา 140 กิโลกรัมในโตรเจนต่อเฮกตาร์ ได้ให้ผลผลิตข้าวเฉลี่ยสูงสุด 2799 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ (รูปที่ 7-4)

ตารางที่ 7-3 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (analysis of variance) ของผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตข้าวในงานทดลองการศึกษาผลของระดับปุ๋ยในโตรเจนในสภาพอาศัยน้ำฝนและน้ำชลประทาน (พิษณุโลก)

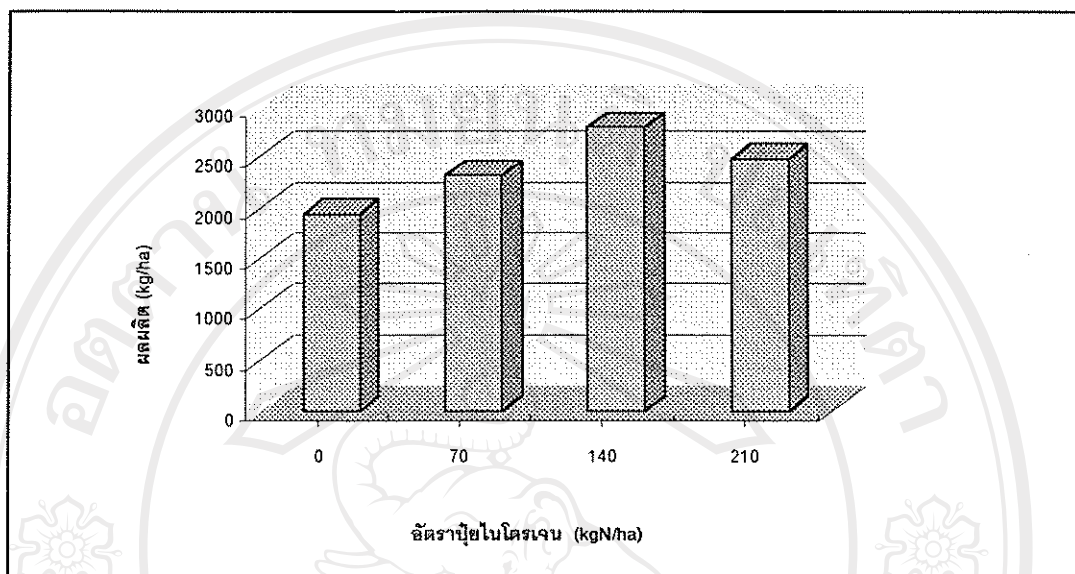
Source of variance	ผลผลิต	น้ำหนักแห้ง	น้ำหนักเมล็ด	เปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบ	จำนวนรวงต่อพื้นที่	จำนวนเมล็ดต่อรวง
การให้น้ำ (I)	ns	*	ns	ns	ns	ns
พันธุ์ (V)	**	**	**	*	ns	ns
ไนโตรเจน (N)	**	**	ns	ns	ns	ns
I x V	ns	*	ns	*	ns	ns
I x N	ns	**	*	ns	ns	**
V x N	ns	ns	ns	ns	ns	ns
I x V x N	ns	ns	ns	ns	ns	ns

หมายเหตุ * significant level at 0.05
 ** significant level at 0.01
 ns non significant

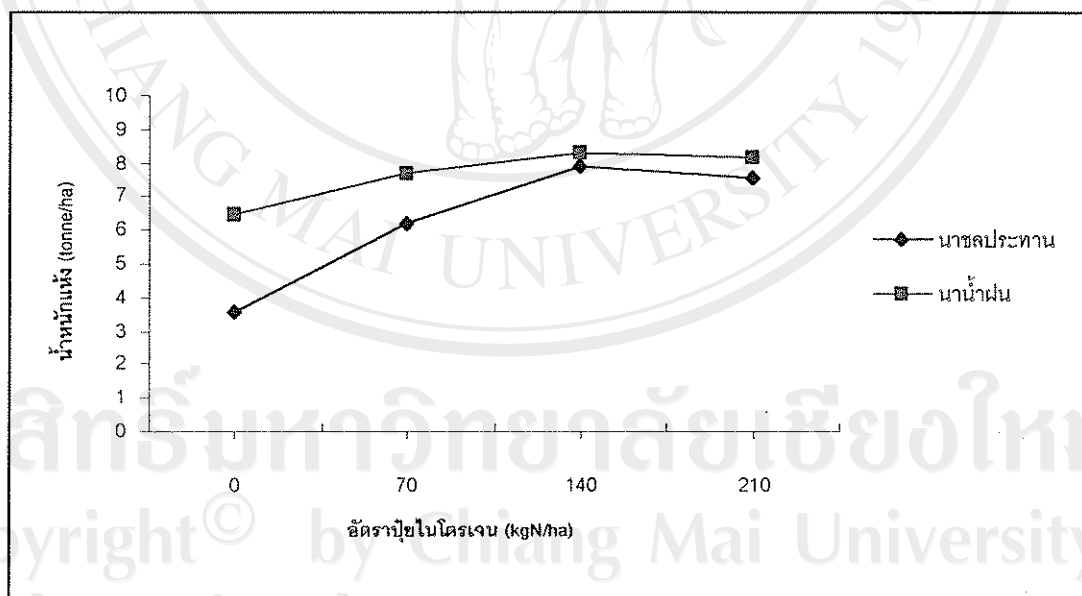
น้ำหนักแห้งรวม

ในทำนองเดียวกับผลผลิต ผลการวิเคราะห์ (ตารางที่ 7-3) พบว่าการจัดการน้ำมีผลต่อน้ำหนักแห้งรวมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เช่นเดียวกันพันธุ์และอัตราปุ๋ยในโตรเจนก็มีผลต่อน้ำหนักแห้งรวมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในระดับเดียวกัน ($p < 0.01$) และพบค่าสหสัมพันธ์ระหว่างการจัดการน้ำกับพันธุ์ (I x V interaction, $p < 0.05$) และการจัดการน้ำกับอัตราปุ๋ยในโตรเจน (I x N interaction, $p < 0.05$) มีผลต่อน้ำหนักแห้งรวมดังที่ได้กล่าวไว้ในตอนแรก การทดลองในปี 2542 มีฝนดีต้นข้าวจึงไม่เกิดอาการเครียดเพราะขาดน้ำและดินแปลงนาที่ใช้ในการทดลองการให้น้ำทั้งสองระบบเป็นดินต่างชนิดกัน ดังนั้นผลการทดลองที่ได้จึงพบว่าพันธุ์ข้าวดอกมะลิ 105 ให้น้ำหนักแห้งรวม 7.9 ตันต่อเฮกตาร์เมื่อปลูกในนาข้าวฝน และ 6.9 ตันต่อเฮกตาร์

เมื่อปลูกในนาชลประทาน ทำนองเดียวกันพันธุ์ชัยนาท 1 ให้น้ำหนักแห้งรวม 7.5 ตันต่อเฮกตาร์ ในน่าน้ำฝน และ 5.7 ตันต่อเฮกตาร์ในนาชลประทาน และที่ระดับปุ๋ยไนโตรเจน 140 กิโลกรัม ต่อเฮกตาร์ ทำให้ได้น้ำหนักแห้งรวมของข้าวสูงสุดทั้งน่าน้ำฝนและนาชลประทานที่ 8.3 ตันต่อ เฮกตาร์และ 7.9 ตันต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ (รูปที่ 7-5)



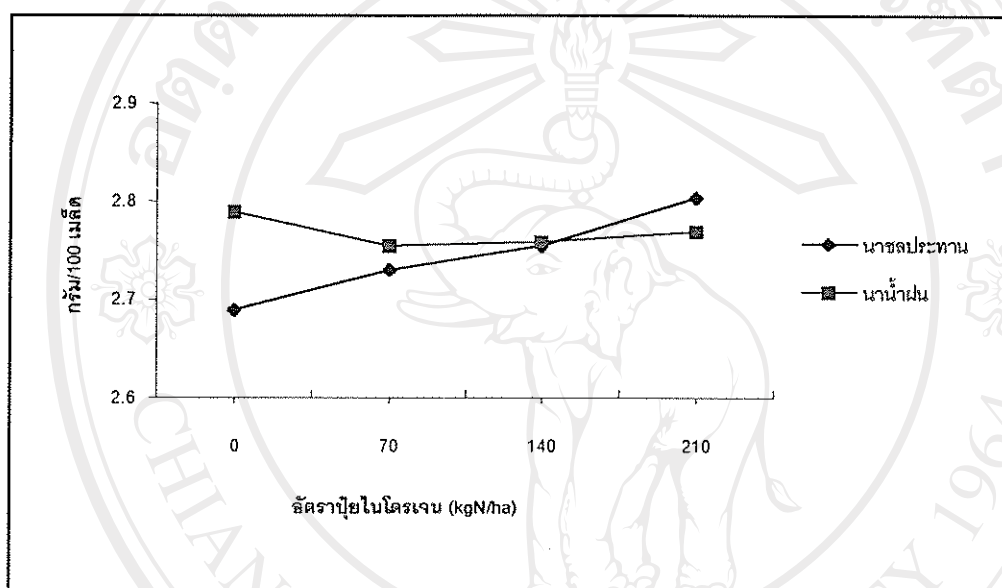
รูปที่ 7-4 การตอบสนองของการให้ผลผลิตข้าวต่ออัตราปุ๋ยไนโตรเจน (พิษณุโลก)



รูปที่ 7-5 การตอบสนองของการสะสมน้ำหนักแห้งข้าวต่ออัตราปุ๋ยไนโตรเจนและการจัดการน้ำ (พิษณุโลก)

น้ำหนัก 100 เมล็ด

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (ตารางที่ 7-3) พบว่าความแตกต่างระหว่างพันธุ์มีผลต่อน้ำหนัก 100 เมล็ดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) และยังพบอีกว่าสหสัมพันธ์ระหว่างการจัดการน้ำกับอัตราปุ๋ยไนโตรเจนมีผลต่อน้ำหนัก 100 เมล็ดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($I \times N$ interaction, $p < 0.05$) โดยพบว่าการปลูกข้าวที่แปลงน่าน้ำฝนทำให้น้ำหนัก 100 เมล็ดเท่ากับ 2.8 กรัม ไม่ว่าจะใส่ปุ๋ยในระดับใด ในขณะที่ในแปลงนาชลประทานน้ำหนัก 100 เมล็ดวัดได้ 2.7 กรัมที่ระดับปุ๋ยไนโตรเจน 0 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ และ 2.8 กรัมที่อัตราปุ๋ยไนโตรเจน 210 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ (รูปที่ 7-6)



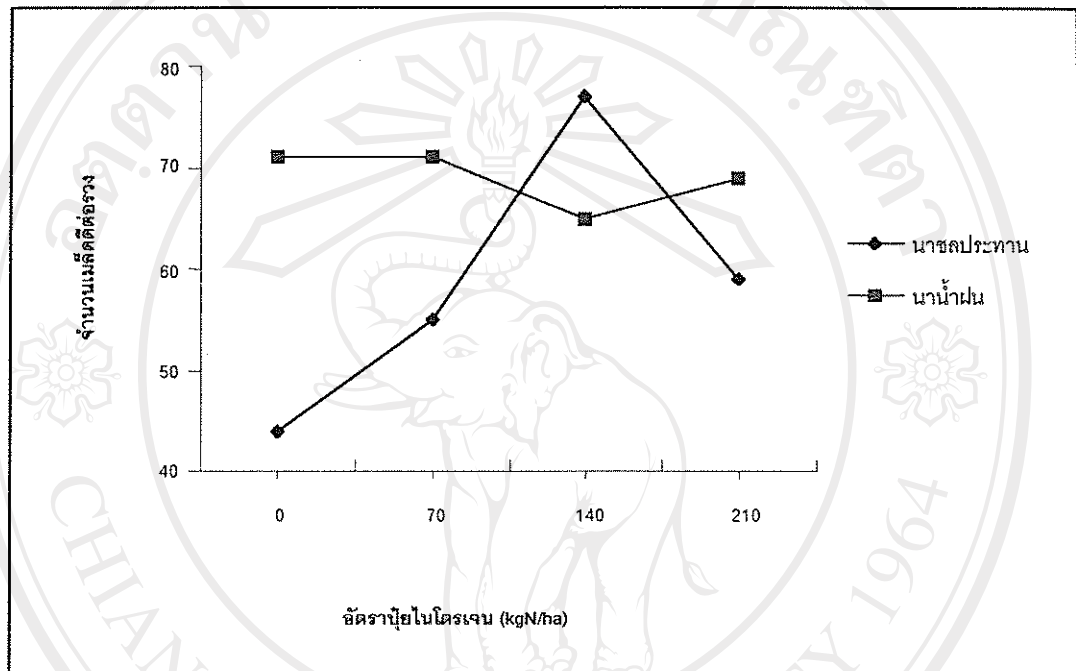
รูปที่ 7-6 การตอบสนองของน้ำหนัก 100 เมล็ดต่ออัตราปุ๋ยไนโตรเจนและการจัดการน้ำ (พิษณุโลก)

เปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบต่อรวง

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (ตารางที่ 7-3) พบว่าความแตกต่างระหว่างข้าวทั้ง 2 พันธุ์มีผลต่อเปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบต่อรวงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) อีกทั้งยังพบว่าสหสัมพันธ์ระหว่างการให้น้ำกับพันธุ์มีผลต่อเปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบต่อรวงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($I \times V$ interaction, $p < 0.05$) แสดงให้เห็นว่าการปลูกข้าวแบบน่าน้ำฝนและชลประทานมีผลต่อเปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบต่อรวงเมื่อปลูกข้าวต่างพันธุ์กัน โดยพบว่าพันธุ์ข้าวดอกมะลิ 105 มีเปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบต่อรวง 23% ในน่าน้ำฝน ในขณะที่พบ 31% ในนาชลประทาน แต่สำหรับพันธุ์ชัยนาท 1 กลับพบว่าข้าวมีเปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบต่อรวง 21% ไม่ว่าจะปลูกแบบน่าน้ำฝนหรือชลประทาน

จำนวนเมล็ดดีต่อรวง

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (ตารางที่ 8-3) พบว่าสหสัมพันธ์ระหว่างการจัดการน้ำกับอัตราปุ๋ยไนโตรเจน มีผลต่อจำนวนเมล็ดดีต่อรวงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($I \times N$ interaction, $p < 0.01$) โดยพบว่าการปลูกข้าวแบบนาหว่านน้ำฝนได้จำนวนเมล็ดดี 71 เมล็ดต่อรวงเท่ากันเมื่อใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 0 และ 70 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ แต่เมื่อให้น้ำแบบชลประทาน การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 140 กิโลกรัมต่อไร่ได้ให้จำนวนเมล็ดดีต่อรวงสูงสุด 77 เมล็ดต่อรวง (รูปที่ 7-7)



รูปที่ 7-7 การตอบสนองของจำนวนเมล็ดดีต่อรวงต่ออัตราปุ๋ยไนโตรเจนและการจัดการน้ำ (พิษณุโลก)

ผลการศึกษาในปี 2542-2543 พบว่าที่พิษณุโลกมีฝนในช่วงฤดูปลูกข้าวดีเกินไป ทำให้แปลงข้าวที่ถูกสมมติให้ได้รับน้ำฝนแต่เพียงอย่างเดียวไม่ขาดน้ำตลอดฤดูปลูก ต้นข้าวจึงไม่แสดงอาการเครียดเพราะภัยแล้ง นอกจากนี้ฝนหลงฤดูในวันที่ 31 ตุลาคม 2542 โดยวัดปริมาณได้ 126 มิลลิเมตร ทำให้พันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 และ ชัยนาท 1 ที่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราสูงเกิดการหักล้มและแช่น้ำ นอกเหนือจากนั้นยังพบว่าแปลงข้าวนาหว่านซึ่งแยกห่างจากแปลงชลประทานประมาณ 300 เมตร เพื่อป้องกันการไหลซึมของน้ำจากแปลงชลประทาน มีคุณสมบัติของดินร่วนปนทรายที่มีอัตราการไหลซึมของน้ำ (percolation rate) ประมาณ 4 มิลลิเมตรต่อวัน (Jongdee et al., 1997) ซึ่งเอื้ออำนวยต่อการถ่ายเทก๊าซ O_2 ในดิน จึงดูเหมือนว่าไม่ปรากฏก๊าซ H_2S และ N_2O ในดินที่เป็นสารยับยั้งการเจริญเติบโตของรากและการสะสมน้ำหนักรากของต้น รวมทั้งผลผลิต ในทางตรงกันข้ามแปลงข้าวนาชลประทานที่พบว่ามีคุณสมบัติของดินร่วนเหนียวที่มีอัตราการไหลซึมของน้ำ 1 มิลลิเมตรต่อวัน (Jongdee et al., 1997) จึงลดการถ่ายเทของก๊าซ

O₂ ในดิน และเกิดกระบวนการ oxidation อันเป็นต้นเหตุของก๊าซพิษที่สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของข้าวดังกล่าว (Takenaga, 1995) ดังนั้นจึงไม่ใช่เรื่องผิดปกติที่ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในเรื่องการให้ผลผลิตระหว่างการให้น้ำแบบนาชลประทานและน่าน้ำฝนในประเด็นของพันธุ์เช่นเดียวกันที่พบว่าพันธุ์ชัยนาท 1 ซึ่งเป็นพันธุ์ผสมที่ให้ผลผลิตสูง (high yielding variety) มีคุณสมบัติในการตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราสูงและเจริญเติบโตได้ดีสูงกว่าพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ซึ่งไม่ตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราสูง (กรมวิชาการเกษตร, 2533) อย่างไรก็ตามจากที่ได้กล่าวไว้แล้วในตอนต้นถ้าต้นข้าวไม่เกิดการหักล้มจากฝนที่ผิดปกติปลายฤดูผลผลิตเฉลี่ยของข้าวทั้ง 2 พันธุ์อาจสูงกว่าที่พบในการทดลองครั้งนี้ ในประเด็นของไนโตรเจนพบว่าอัตรา 140 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ได้ให้ผลผลิตเฉลี่ยของข้าวสูงสุด 2068 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ แม้กระนั้นก็ตามถ้าต้นข้าวไม่เกิดการหักล้มเพราะพายุฝนดังที่ได้กล่าวมาแล้วและมีการปรับอัตราปุ๋ยฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมที่ใช้ในการทดลอง 37.5 P₂O₅ กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ และ 37.5 K₂O กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ (กรมวิชาการเกษตร, 2536) ให้สมดุลกับอัตราปุ๋ยไนโตรเจน (Takenaga, 1995) ผลผลิตของข้าวทั้ง 2 พันธุ์อาจได้สูงกว่าที่พบในการทดลองครั้งนี้

ในประเด็นของสสสัมพันธ์ระหว่างการจัดการน้ำกับพันธุ์ และการจัดการน้ำกับอัตราปุ๋ยไนโตรเจนตามที่ได้กล่าวมาแล้ว ต้นข้าวในแปลงน่าน้ำฝนไม่ได้เกิดอาการเครียดจากการขาดน้ำ (drought stress) เนื่องจากในระหว่างทำการทดลองมีฝนดี ดังนั้นสาเหตุในด้านความแตกต่างในเรื่องน้ำหนักแห้งรวมในแปลงน่าน้ำฝนจึงเป็นบทบาทในด้านคุณสมบัติของดินที่มีอัตราการซึมของน้ำที่ดีกว่าซึ่งไม่ได้กระตุ้นการเกิดก๊าซ H₂S และ N₂O ที่เป็นพิษกับรากของข้าวดังกล่าวข้างต้น

ในส่วนของน้ำหนัก 100 เมล็ด พบว่าข้าวที่ปลูกในแปลงน่าน้ำฝนมีน้ำหนักเฉลี่ย 100 เมล็ดเท่ากับ 2.8 กรัมที่อัตราปุ๋ยไนโตรเจน 0 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ ซึ่งสูงกว่าในแปลงนาชลประทานที่วัดได้ 2.7 กรัมในอัตราปุ๋ยไนโตรเจนเท่ากัน ความแตกต่างเพียงเล็กน้อยนี้เป็นเรื่องปกติที่เกิดขึ้นได้ภายในสถานที่เดียวกันแต่ปีทดลองต่างกัน หรือระหว่างสถานที่ทดลองที่มีระดับความสมบูรณ์ของดินต่างกันหรือระดับปุ๋ยไนโตรเจนต่างกัน (สถาบันวิจัยข้าว, 2533) อย่างไรก็ตามน้ำหนัก 100 เมล็ดของข้าวแต่ละพันธุ์จะคงที่ถ้าได้รับอาหารพอเพียงและมีสิ่งแวดล้อมอื่นๆ ใกล้เคียงกัน (สถาบันวิจัยข้าว, 2533) ดังนั้นจึงพบว่าน้ำหนัก 100 เมล็ดในแปลงข้าว น่าน้ำฝนที่มีคุณสมบัติของดินที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของข้าว นั้นไม่ตอบสนองต่ออัตราปุ๋ยไนโตรเจน ในขณะที่แปลงนาชลประทานตอบสนองเล็กน้อยจาก 2.7 กรัมเป็น 2.8 กรัม

สำหรับเปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบพบว่าทั้งพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 และ ชัยนาท 1 ไม่ว่าจะปลูกในสภาพการจัดการน้ำอย่างไรก็มีเปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบต่อรวงระหว่าง 21-23% ยกเว้นพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 แปลงข้าวนาชลประทานที่พบเมล็ดลีบเฉลี่ย 31% ความผิดพลาดของการทดลองจากการปฏิบัติงานและการหักล้มจนรวงข้าวบางส่วนจุ่มน้ำอาจเป็นสาเหตุของเรื่องดังกล่าว

ในประเด็นของจำนวนเมล็ดดีต่อรวงโดยทฤษฎีแล้วจะเป็นปฏิกิริยาผกผันกับจำนวนรวงต่อตารางเมตร ถ้ามีสิ่งแวดล้อมเหมือนกัน แต่เนื่องจากงานทดลองในปี 2542-2543 นี้มีความแตกต่างกันในเรื่องความอุดมสมบูรณ์ของดินระหว่างแปลงข้าวนาห้วยน้ำฝั้นกับข้าวนาชลประทานตามที่ได้กล่าวมาแล้ว ดังนั้นจึงเป็นเรื่องที่เป็นไปได้ที่จะทำให้ได้ผลผลิตต่างกันและองค์ประกอบผลผลิตบางส่วนต่างกัน (Matsushima, 1970) ดังที่พบในการทดลองครั้งนี้

2. ผลการจำลองการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าว

งานศึกษาในปี 2541

การประเมินความถูกต้องและแม่นยำของแบบจำลองกับผลงานทดลองการตอบสนองต่อระดับปุ๋ยไนโตรเจนในสภาพอาศัยน้ำฝนและน้ำชลประทานของข้าว พบว่าแบบจำลองสามารถประเมินค่าการพัฒนารวมในแง่ของวันออกดอกและวันสุกแก่ของข้าวได้ใกล้เคียงกับค่าสังเกตของทุกทรีตเมนต์ (รูปที่ 7-8) ทั้งสองสถานที่การทดลอง แต่การประเมินค่าผลผลิตนั้นพบว่าผลผลิตที่ได้จากการจำลองทั้งที่เชียงใหม่และพิษณุโลกมากกว่าผลผลิตที่วัดได้จากข้าวที่ปลูกในระบบการให้น้ำแบบชลประทานในทุกระดับของปุ๋ยไนโตรเจนที่ใส่ ซึ่งสาเหตุที่เป็นเช่นนี้เนื่องมาจากการที่แบบจำลองมีข้อสมมติฐานที่กำหนดไว้ว่าการจำลองการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของข้าวนั้นจะไม่มีปัจจัยภายนอกที่มีผลต่อการลดผลผลิตข้าว เช่น ผลของการแก่งแย่งแข่งขันของวัชพืช การเข้าทำลายโดยศัตรูพืช และการหักล้มหรือตกหล่นของเมล็ดข้าวขณะเก็บเกี่ยว เป็นต้น ซึ่งในสภาพแปลงเพาะปลูกจริงจะมีปัจจัยดังกล่าวมาเกี่ยวข้องในระดับหนึ่งจึงทำให้ผลผลิตจากการจำลองน่าจะเป็นผลผลิตที่ควรจะได้รับ (attainable yield) ส่วนข้าวที่ปลูกโดยอาศัยน้ำฝนพบว่าแบบจำลองประเมินผลผลิตได้ต่ำกว่าค่าที่วัดได้จากแปลงทดลอง (รูปที่ 7-9) ซึ่งทั้งนี้เป็นผลจากการที่น้ำที่ให้น้ำแปลงปลูกแบบระบบการให้น้ำชลประทานไหลซึมไปสู่แปลงที่ปลูกโดยอาศัยน้ำฝนด้วยเหตุนี้ทำให้ข้าวที่ปลูกในแปลงที่อาศัยน้ำฝนไม่แสดงอาการเครียดเพราะขาดน้ำ แต่การจำลองข้าวที่อาศัยน้ำฝนแต่เพียงอย่างเดียวพบว่ามีอาการเครียดของต้นข้าวเนื่องจากขาดน้ำในช่วงของการเจริญเติบโต จึงทำให้ผลผลิตที่ได้จากการจำลองต่ำกว่าผลผลิตที่ได้จากการวัดจริง

งานศึกษาในปี 2542

ผลการเปรียบเทียบค่าที่ได้จากแบบจำลองกับค่าที่วัดได้จากแปลงทดลองพบว่าในด้านการพัฒนารวมของข้าว แบบจำลองสามารถจำลองค่าวันออกดอกและสุกแก่ได้ใกล้เคียงกับค่าที่วัดจริง (รูปที่ 7-10) เช่นเดียวกับการทดสอบในปี 2541 ที่ผ่านมา และแบบจำลองทำนายการสุกแก่ของทรีตเมนต์ที่ไม่ได้ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนให้ค่าวันออกดอกและสุกแก่เร็วกว่าทรีตเมนต์อื่นๆ ที่มีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนทั้งในสภาพนาห้วยน้ำฝั้นของแปลงทดลองที่เชียงใหม่ และทั้งสภาพนาห้วยน้ำฝั้นและชลประทานที่พิษณุโลก ซึ่งสอดคล้องจากการสังเกตจากแปลงปลูกทั้งสองสถานที่ที่ทำการศึกษ โดยพบว่าแปลงที่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนที่ระดับ 210 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ ข้าวจะออกดอกและสุกแก่ช้ากว่าทรีตเมนต์อื่นๆ ประมาณ 4-5 วัน ผลที่เกิดขึ้นดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าแบบจำลองสามารถ

ชัณษาท 1

อายุ, วันหลังปักดำ (ค่าจำลอง)

อายุ, วันหลังปักดำ (ค่าสังเกต)

Legend:

- CMU-Rainfed
- CMU-Irrigated
- PSRRC-Rainfed
- PSRRC-Irrigated

Treatment	Observed Age (days)	Simulated Age (days)
CMU-Rainfed	65	65
CMU-Irrigated	65	65
PSRRC-Rainfed	95	95
PSRRC-Irrigated	95	95

ชาวดอกมะลิ 105

อายุ, วันหลังปักดำ (ค่าจำลอง)

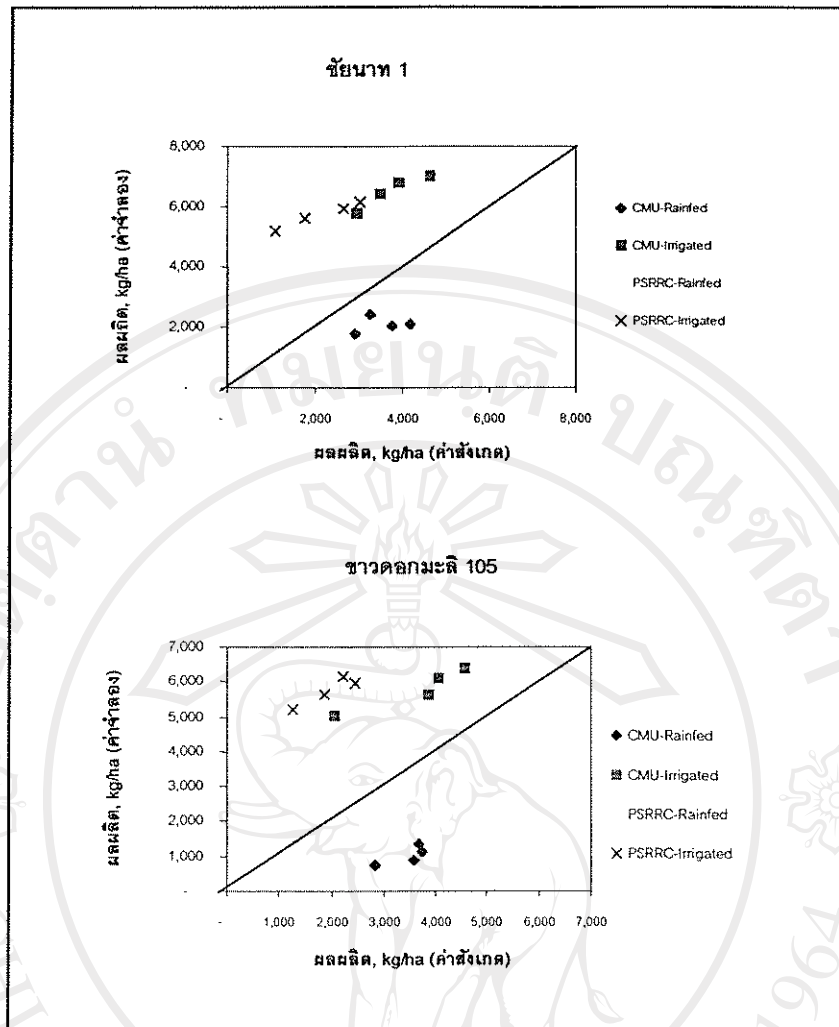
อายุ, วันหลังปักดำ (ค่าสังเกต)

Legend:

- CMU-Rainfed
- CMU-Irrigated
- PSRRC-Rainfed
- PSRRC-Irrigated

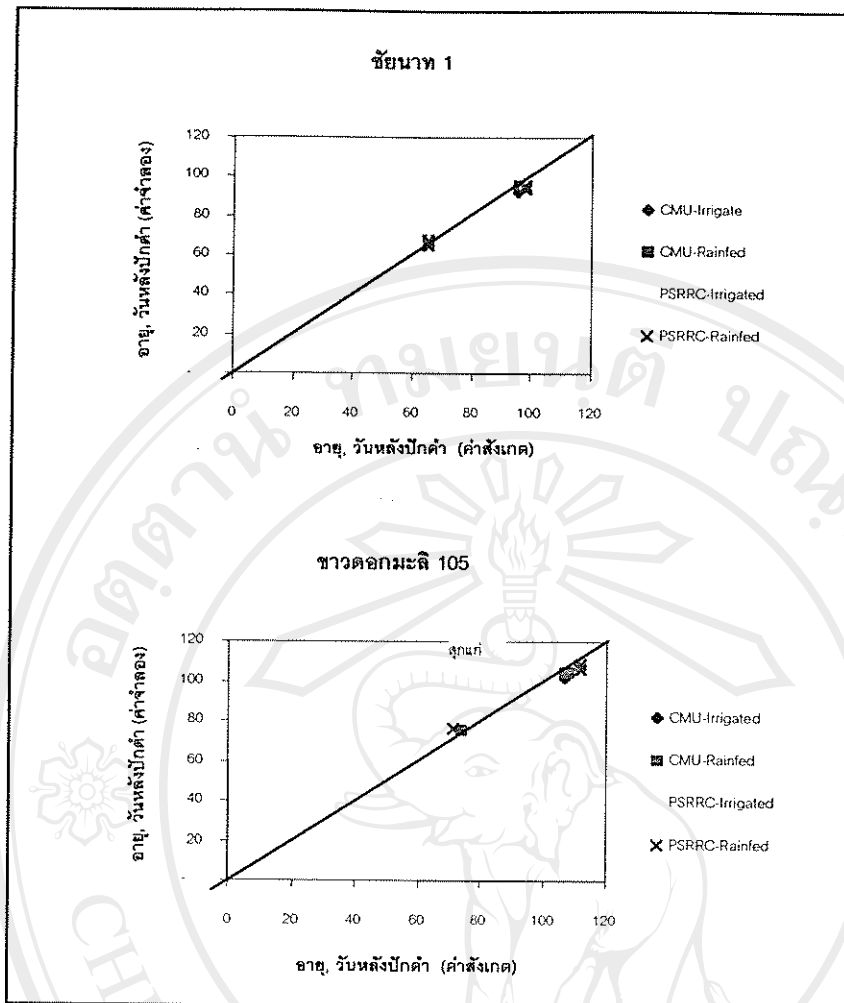
Treatment	Observed Age (days)	Simulated Age (days)
CMU-Rainfed	65	65
CMU-Irrigated	65	65
PSRRC-Rainfed	105	105
PSRRC-Irrigated	105	105

180 ระบบสนับสนุนการตัดสินใจการผลิตข้าว



รูปที่ 7-9 เปรียบเทียบผลผลิตระหว่างค่าสังเกตกับค่าจำลองของข้าวที่ระดับปุ๋ยต่างกัน
ในสภาพอาศัยน้ำฝนและชลประทาน (ปี 2541)

สำหรับผลผลิตที่จำลองได้จากแบบจำลองพบว่า การตอบสนองของผลผลิตข้าวต่อไนโตรเจนมีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นเมื่อระดับปุ๋ยสูงขึ้นเช่นเดียวกันทั้งในสภาพน้ำฝนและนาชลประทานแม้ในระดับปุ๋ยไนโตรเจนที่ 210 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ ซึ่งในสภาพแปลงปลูกต้นข้าวเกิดการหักล้ม ส่งผลให้ผลผลิตที่ได้จากแปลงที่ใส่ปุ๋ยระดับสูง 210 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ต่ำกว่าผลผลิตที่ได้จากแปลงที่ใส่ปุ๋ยในระดับที่ต่ำกว่าทั้งที่เชียงใหม่และพิษณุโลก ผลการจำลองพบประเด็นสำคัญที่น่าสังเกตว่าแบบจำลองให้ค่าผลผลิตที่ต่ำกว่าค่าจริงมากหรือให้ค่าที่เป็นลบที่ระดับปุ๋ยไนโตรเจนตั้งไว้เท่ากับศูนย์ (รูปที่ 7-11 และ 7-12) เมื่อตรวจสอบค่าการสะสมน้ำหนักรากส่วนต่างๆ ของข้าวในไฟล์ GROWTH.OUT ของการจำลอง พบว่ามีการจำลองการเพิ่มขึ้นของน้ำหนักรากในช่วงออกดอกอย่างผิดปกติ ทำให้น้ำหนักเมล็ดที่ได้จากการหักลบค่าน้ำหนักทั้งต้นด้วยน้ำหนักต้นและน้ำหนักใบมีค่าน้อยมากจนถึงติดลบ ผลการจำลองยังพบอีกว่ามีค่าความเครียดจากการขาดไนโตรเจน (Nitrogen stress) ตลอดระยะการเจริญในทรีตเมนต์ที่เป็นนาข้าวมากกว่านาชลประทาน (ตารางที่ 7-4) ซึ่งผลดังกล่าวสอดคล้องกับสภาพความเป็นจริง

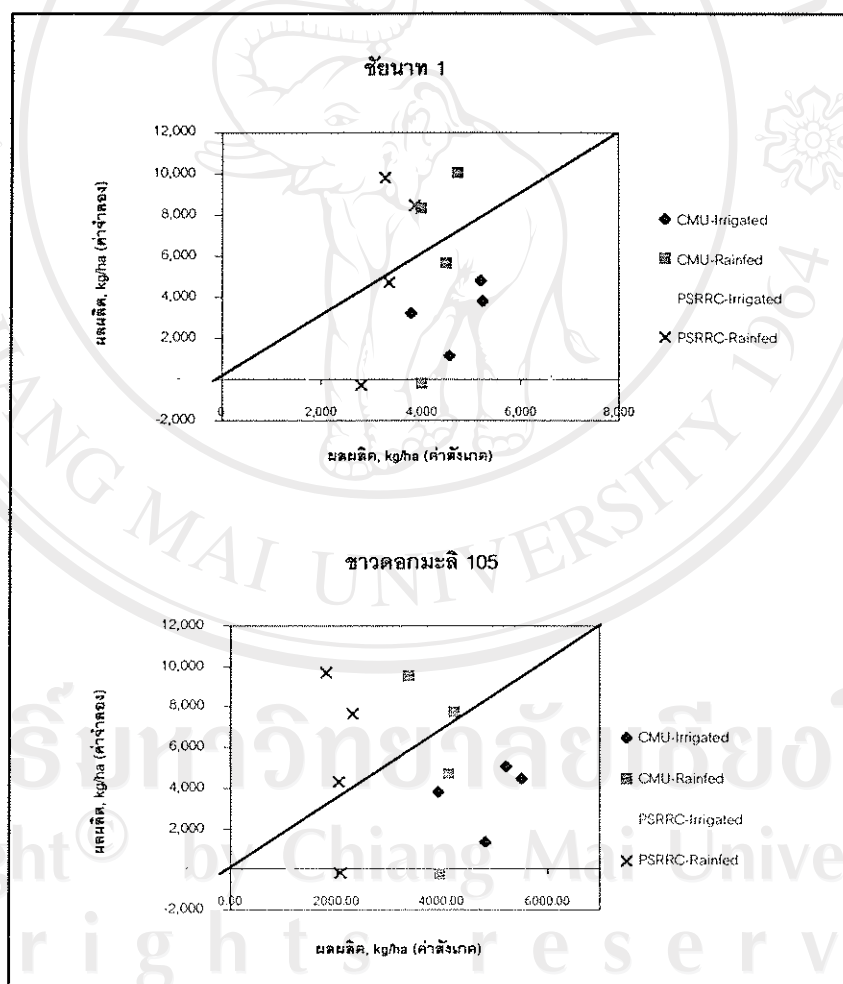


รูปที่ 7-10 เปรียบเทียบพัฒนาการระหว่างค่าสังเกตกับค่าจำลองของข้าวที่ระดับปุ๋ยไนโตรเจนต่างกันในสภาพอาศัยน้ำฝนและชลประทาน (ปี 2542)

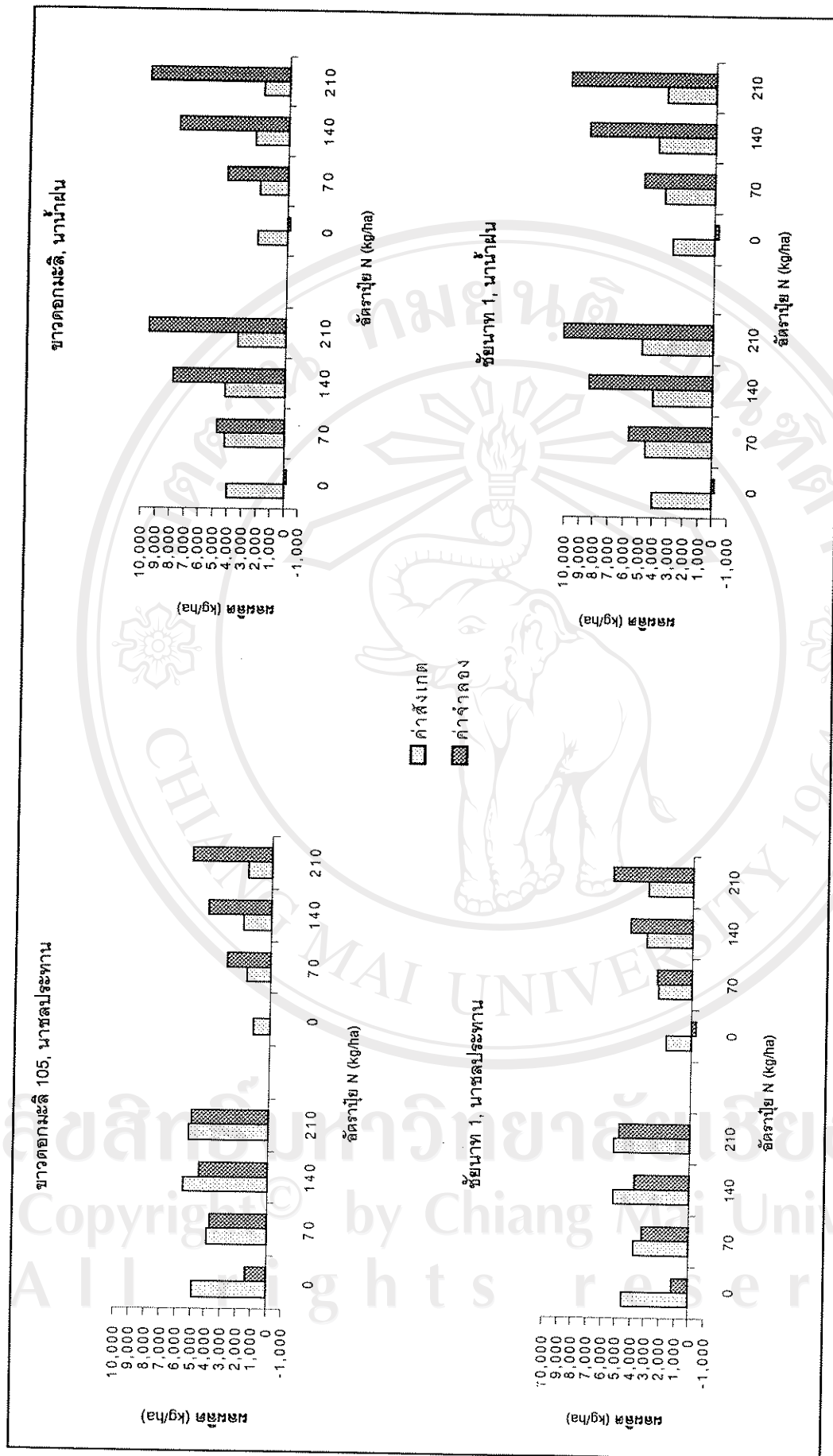
เมื่อเปรียบเทียบระหว่างสภาพนาข้าวกับชลประทาน ผลจากการจำลองพบว่าข้าวมีการตอบสนองต่อระดับปุ๋ยไนโตรเจนในสภาพนาข้าวมากกว่านาชลประทานทั้งสองสถานที่การทดลอง (รูปที่ 7-12) ซึ่งเป็นผลตรงข้ามกับค่าที่ได้จากการสังเกตในงานทดลองปี 2542 และให้ผลตรงกันข้ามกับผลการจำลองในปี 2541 ด้วย เมื่อตรวจสอบผลการจำลองความเครียดเนื่องจากสภาพการขาดน้ำในระยะเวลาเจริญเติบโตต่างๆ ของข้าวจากไฟล์แสดงผล OVERVIEW.OUT ไม่พบว่ามีความเครียดจากการขาดน้ำตลอดฤดูปลูกในทุกๆ ทรินิตีเมนต์ทั้งสองสถานที่ที่ทำการศึกษา แต่พบว่ามีค่าความเครียดดังรูปที่ 7-12 ซึ่งจากผลการเปรียบเทียบค่าจำลองและค่าสังเกตของผลผลิตของข้าว 2 พันธุ์ในสภาพชลประทานและน้ำฝน ที่อัตราปุ๋ยไนโตรเจน 0, 70, 140, และ 210 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ พบว่ามีภาวะการขาดไนโตรเจนของนาชลประทานแม้ที่ระดับปุ๋ยไนโตรเจน 210 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ ดังนั้นสาเหตุที่การจำลองให้ผลตรงข้ามกับค่าสังเกตอาจเป็นเพราะในปีที่ศึกษาครั้งนี้ (2542) มีปริมาณน้ำฝนในช่วงฤดูปลูกอยู่ในเกณฑ์ดี (มากกว่า 800 มิลลิเมตร) ไม่ส่งผลให้ข้าวเกิดภาวะเครียดเพราะการขาดน้ำ ดังนั้นการกำหนดการให้น้ำในนาชลประทานในกรณีที่ฝนดีอาจส่งผลให้เกิดการ runoff ของปุ๋ยได้ ผลการจำลองจึงแสดง

ความเครียดของสภาวะการขาดปุ๋ยไนโตรเจน ในขณะที่ปี 2541 มีปริมาณฝนในช่วงฤดูปลูกน้อยกว่าทั้งสองสถานที่ (น้อยกว่า 500 มิลลิเมตร) และแบบจำลองแสดงผลว่ามีความเครียดจากการขาดน้ำในแปลงอาศัยน้ำฝน ทำให้การตอบสนองของแปลงชลประทานดีกว่าซึ่งสอดคล้องกับผลที่ได้จากแปลงปลูกจริง

เมื่อตรวจสอบไฟล์แสดงผลเกี่ยวกับระดับไนโตรเจนในไฟล์ NITROGEN.OUT พบว่าปริมาณของไนโตรเจนในดินโดยเฉพาะ NH_4^+ เพิ่มขึ้นอย่างมากในสภาพน้ำฝนมากกว่าสภาพชลประทานตั้งแต่เริ่มจำลองใส่ปุ๋ยไนโตรเจนครั้งแรก ทำให้การดูดใช้ธาตุไนโตรเจนของข้าวที่ปลูกในแปลงอาศัยน้ำฝนสูงกว่า ส่งผลให้ผลผลิตสูงกว่า (รูปที่ 7-13) อย่างไรก็ตามไม่สามารถตรวจสอบผลที่เกิดขึ้นดังกล่าวว่าเกี่ยวข้องกับการให้น้ำได้อย่างชัดเจน อาจเป็นไปได้ว่าเนื่องจากในปี 2542 ทั้งสองสถานที่ทำการทดลองได้รับน้ำฝนปริมาณมากพอ และการให้น้ำชลประทานที่มากเกินไปในตอนต้นโดยอัตโนมัติทำให้เกิด runoff มากกว่าจากที่แสดงในไฟล์แสดงผล WATER.OUT ซึ่งไนโตรเจนที่ใส่ไปจะหายไปกับน้ำส่วนที่ runoff ออกไปจากแปลง



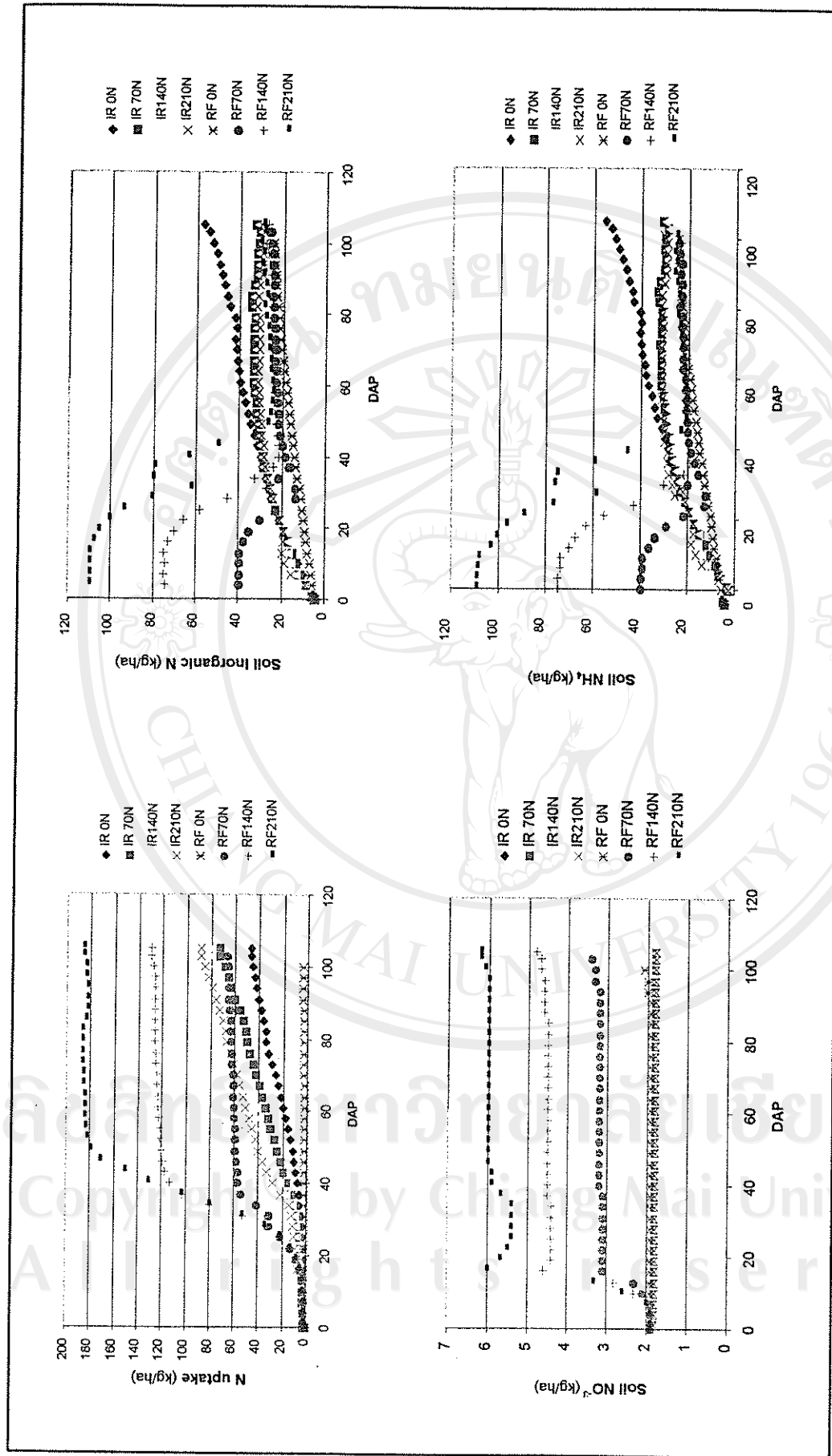
รูปที่ 7-11 เปรียบเทียบผลผลิตระหว่างค่าสังเกตกับค่าจำลองของข้าวที่ระดับปุ๋ยต่างกัน ในสภาพอาศัยน้ำฝนและชลประทาน (ปี 2542)



รูปที่ 7-12 เปรียบเทียบค่าจำลองและค่าสังเกตของผลผลิตของข้าว 2 พันธุ์ในสภาพชลประทานและอาศัยน้ำที่อัตราปุ๋ยไนโตรเจน 0, 70, 140, และ 210 กิโลกรัมต่อไร่

ตารางที่ 7-4 เปรียบเทียบการสะสมน้ำหนักรวมและความเครียดจากการขาดไนโตรเจนของข้าวขาวดอกมะลิ 105 ใน Growth.out ที่ได้รับการจำลองระหว่างพรีเมนต์
 ให้ผลลัพธ์การสะสมน้ำหนักรวมและความเครียดที่ระดับไนโตรเจน 0 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ ด้วยแบบจำลอง RICER980 modified ที่ใช้ G3 = 0.35
 (มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2542)

With Irrigation, 0 kgN/ha														Rainfed, 0 kgN/ha																
IYR	Days after plant	Grow stage	Dry weight (kg/ha)				Panic Wgt. (kg/ha)	Tiller No.	Water Stress (0-1)	Nitrogen Stress (0-1)	Leaf N %	Leaf N %				Panic Wgt. (kg/ha)	Tiller No.	Water Stress (0-1)	Nitrogen Stress (0-1)	Leaf N %	Leaf N %				Panic Wgt. (kg/ha)	Tiller No.	Water Stress (0-1)	Nitrogen Stress (0-1)	Leaf N %	
			Leaf	Stem	Grain	Root						Leaf	Stem	Grain	Root						Leaf	Stem	Grain	Root						Leaf
DATE	CDAY	GSTD	LWAD	SWAD	GWAD	RWAD	CWAD	EWAD	T#AD	WSPD	WSGD	LWAD	SWAD	GWAD	RWAD	CWAD	EWAD	T#AD	WSPD	WSGD	LWAD	SWAD	GWAD	RWAD	CWAD	EWAD	T#AD	WSPD	WSGD	LWAD
99225	0	1	52	1	0	37	53	0	144	0	0	52	1	0	37	53	0	144	0	0	52	1	0	37	53	0	144	0	0	52
99226	1	1	52	1	0	48	53	0	144	0	0	52	1	0	48	53	0	144	0	0	52	1	0	48	53	0	144	0	0	52
99229	4	1	54	1	0	86	55	0	144	0	0	54	1	0	86	55	0	144	0	0	54	1	0	86	55	0	144	0	0	54
99232	7	1	56	1	0	123	57	0	144	0	0.24	56	1	0	123	57	0	144	0	0.24	56	1	0	123	57	0	144	0	0.24	56
99235	10	1	61	1	0	159	62	0	144	0	0.29	61	1	0	159	62	0	144	0	0.29	61	1	0	159	62	0	144	0	0.29	61
99238	13	1	68	1	0	189	69	0	144	0	0.38	68	1	0	189	69	0	144	0	0.38	68	1	0	189	69	0	144	0	0.38	68
99241	16	2	98	12	0	192	111	0	246	0	0.69	98	12	0	192	111	0	246	0	0.69	98	12	0	192	111	0	246	0	0.69	98
99244	19	2	106	26	0	192	132	0	253	0	0.80	104	23	0	191	127	0	251	0	0.84	104	23	0	191	127	0	251	0	0.84	104
99247	22	2	110	38	0	191	148	0	259	0	0.85	106	32	0	190	138	0	256	0	0.88	106	32	0	190	138	0	256	0	0.88	106
99250	25	2	114	49	0	180	162	0	266	0	0.80	108	39	0	188	147	0	260	0	0.92	108	39	0	188	147	0	260	0	0.92	108
99253	28	2	121	67	0	160	187	0	284	0	0.78	110	45	0	186	155	0	266	0	0.94	110	45	0	186	155	0	266	0	0.94	110
99256	31	2	129	91	0	192	220	0	311	0	0.79	111	51	0	185	162	0	273	0	0.96	111	51	0	185	162	0	273	0	0.96	111
99259	34	2	142	118	0	194	260	0	345	0	0.72	111	54	0	182	168	0	278	0	0.97	111	54	0	182	168	0	278	0	0.97	111
99262	37	2	156	147	0	198	304	0	384	0	0.69	112	57	0	180	169	0	282	0	0.97	112	57	0	180	169	0	282	0	0.97	112
99265	40	2	178	193	0	202	372	0	451	0	0.67	113	60	0	178	172	0	287	0	0.98	113	60	0	178	172	0	287	0	0.98	113
99268	43	3	193	240	0	205	433	0	500	0	0.70	113	61	0	175	174	0	290	0	0.98	113	61	0	175	174	0	290	0	0.98	113
99271	46	3	222	268	0	207	490	0	517	0	0.63	115	82	0	173	177	0	290	0	0.97	115	82	0	173	177	0	290	0	0.97	115
99274	49	3	263	308	0	211	599	0	513	0	0.64	118	83	0	171	180	0	288	0	0.97	118	83	0	171	180	0	288	0	0.97	118
99277	52	3	304	342	0	215	646	0	510	0	0.63	121	83	0	168	184	0	288	0	0.96	121	83	0	168	184	0	288	0	0.96	121
99280	55	3	345	399	0	220	744	0	508	0	0.58	124	87	0	167	191	0	284	0	0.92	124	87	0	167	191	0	284	0	0.92	124
99283	58	3	396	458	0	226	854	0	503	0	0.56	129	72	0	165	201	0	282	0	0.92	129	72	0	165	201	0	282	0	0.92	129
99286	61	3	453	535	0	235	988	0	487	0	0.52	134	77	0	163	211	0	279	0	0.92	134	77	0	163	211	0	279	0	0.92	134
99289	64	3	520	626	0	245	1145	0	490	0	0.48	140	82	0	162	222	0	278	0	0.91	140	82	0	162	222	0	278	0	0.91	140
99292	67	3	578	706	0	253	1281	0	481	0	0.36	145	88	0	161	234	0	271	0	0.86	145	88	0	161	234	0	271	0	0.86	145
99295	70	3	651	845	0	268	1496	0	470	0	0.30	151	99	0	160	250	0	267	0	0.85	151	99	0	160	250	0	267	0	0.85	151
99298	73	3	713	1040	0	287	1753	0	458	0	0.24	151	119	0	159	269	0	264	0	0.81	151	119	0	159	269	0	264	0	0.81	151
99301	76	4	713	1383	0	313	2096	0	450	0	0.00	151	158	0	160	308	-855	259	0	0.52	151	158	0	160	308	-855	259	0	0.52	151
99304	79	4	712	1641	0	331	2354	0	442	0	0.00	151	1368	-387	162	684	-819	259	0	0.00	151	1368	-387	162	684	-819	259	0	0.00	151
99307	82	4	712	1885	0	347	2597	640	432	0	0.00	151	1403	-345	184	740	-768	259	0	0.00	151	1403	-345	184	740	-768	259	0	0.00	151
99310	85	5	711	1932	412	364	2893	799	432	0	0.00	149	1482	-300	167	844	-727	259	0	0.00	149	1482	-300	167	844	-727	259	0	0.00	149
99313	88	5	708	1757	572	374	3295	946	432	0	0.00	148	1492	-260	188	913	-690	259	0	0.00	148	1492	-260	188	913	-690	259	0	0.00	148
99316	91	5	705	1854	719	382	3505	1075	432	0	0.00	148	1507	-222	189	964	-858	259	0	0.00	148	1507	-222	189	964	-858	259	0	0.00	148
99319	94	5	701	1943	848	388	3719	1201	432	0	0.00	148	1513	-180	188	1002	-852	259	0	0.00	148	1513	-180	188	1002	-852	259	0	0.00	148
99322	97	5	687	1987	874	392	3885	1317	432	0	0.00	138	1519	-185	168	1005	-852	259	0	0.00	138	1519	-185	168	1005	-852	259	0	0.00	138
99325	100	5	667	1985	1080	392	3969	1346	432	0	0.00	138	1519	-185	168	1005	-852	259	0	0.00	138	1519	-185	168	1005	-852	259	0	0.00	138
99328	103	7	640	1985	1212	392	3971	1346	432	0	0.00	1							1		1									1



รูปที่ 7-13 ค่า N uptake (kg/ha) ของข้าว, inorganic N ของดิน, soil nitrate และ soil ammonium ของดินแต่ละที่เริ่มต้นจากการจำลองงานทดลองไนโตรเจน มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2542 (IR = Irrigated, RF = Rainfed และ ON, 70N, 140N, 210N = With Nitrogen 0, 70, 140 และ 210 kg/ha ตามลำดับ)

สรุป

จากผลการศึกษาในปี 2541 และ 2542 แสดงให้เห็นว่าแบบจำลองมีพื้นฐานการประเมินระยะพัฒนาการของข้าวได้ดีไม่ว่าจะเป็นข้าวที่ไวแสงหรือไม่ไวแสงภายใต้การจัดการน้ำและอัตราปุ๋ยไนโตรเจนที่ต่างกัน แต่ทั้งนี้ความถูกต้องและแม่นยำของการจำลองค่าดังกล่าวขึ้นอยู่กับความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมของข้าวแต่ละพันธุ์และข้อมูลนำเข้าที่ใช้ในการจำลองด้วย

ในเรื่องของการคาดการณ์ผลผลิต แบบจำลองสามารถจำลองอิทธิพลของปุ๋ยไนโตรเจนและสภาพการปลูกแบบให้น้ำชลประทานและนาอาศัยน้ำฝนได้ดี ซึ่งผลการจำลองมีแนวโน้มที่ถูกต้องตามทฤษฎีที่ควรจะเป็น เช่น ระยะพัฒนาการที่ขยายออกเนื่องจากอิทธิพลของปุ๋ยไนโตรเจนหรือการเพิ่มของผลผลิตข้าวอันเนื่องมาจากการเพิ่มอัตราปุ๋ยไนโตรเจน ซึ่งจากผลการจำลองอิทธิพลของปุ๋ยไนโตรเจนที่มีต่อผลผลิตข้าวนี้อาจกล่าวได้ว่าเป็นค่าผลผลิตที่ควรจะได้ในสภาพการจัดการที่ดีหรือที่เรียกว่า attainable yield ซึ่งในกรณีนี้จะไม่มีการพิจารณาปัจจัยอื่นๆ ที่มีส่วนการลดผลผลิตของข้าว เช่น วัชพืชหรือศัตรูพืชอื่นๆ รวมทั้งการหักล้างของต้นข้าวเมื่อมีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราที่สูง และการตกหล่นของเมล็ดข้าวขณะเก็บเกี่ยว เป็นต้น

กล่าวสรุปโดยรวมแล้วแบบจำลองการเจริญเติบโตของข้าว CERES-Rice มีความสามารถที่จะจำลองการเจริญเติบโต การพัฒนาการ และการให้ผลผลิตของข้าวได้ผลดีในระดับที่น่าพอใจ ทั้งนี้จะเห็นได้จากการที่แบบจำลองมีความสามารถตอบสนองต่อการจัดการ ได้แก่ อัตราปุ๋ยไนโตรเจนและการจัดการน้ำได้ดีและสอดคล้องกับงานที่ทำการทดสอบในภาคสนาม อย่างไรก็ตามการที่จะนำแบบจำลอง CERES-Rice มาใช้งานไม่ว่าเพื่อที่จะเป็นเครื่องมือในการประกอบการตัดสินใจการผลิตข้าว การประเมินผลผลิตข้าว หรือการหากลยุทธ์การจัดการเพื่อเพิ่มผลผลิตข้าว ผู้ใช้พึงต้องตระหนักว่าแบบจำลองดังกล่าวมีข้อสมมติฐานที่เป็นตัวจำกัดแบบจำลองที่จะผนวกปัจจัยอื่นๆ ในสภาพแปลงเพาะปลูกจริง ถึงแม้แบบจำลองสามารถที่จะตอบสนองต่อปัจจัยหลักๆ ที่มีผลต่อการพัฒนา การเจริญเติบโต และการให้ผลผลิตของข้าว แต่ปัจจัยอื่นๆ ที่ไม่สามารถถูกควบคุมด้วยแบบจำลอง เช่น ศัตรูพืช ธาตุอาหารอื่นๆ นอกเหนือจากไนโตรเจน หรือความสูญเสียเนื่องจากการหักล้างหรือตกหล่นของเมล็ด ซึ่งปัจจัยดังกล่าวส่งผลให้แบบจำลองไม่สามารถประเมินค่าการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตที่ตรงกับสภาพความเป็นจริงได้ นอกจากนั้นการศึกษาลักษณะพันธุ์ในรูปแบบของค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมก็เป็นปัจจัยสำคัญที่จะบ่งชี้ถึงความถูกต้องและแม่นยำในการจำลองของแบบจำลอง ดังนั้นในการใช้แบบจำลองไม่ว่าจะใช้ในการประเมินกลยุทธ์การจัดการ หรือการเปลี่ยนพันธุ์ ฯลฯ ถ้าหากข้อมูลนำเข้าไม่ว่าสภาพภูมิอากาศหรือดิน รวมทั้งข้อมูลค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมที่ไม่มีความถูกต้อง จะส่งผลให้แบบจำลองทำการจำลองและประเมินผลออกมาในทิศทางที่ไม่ถูกต้อง และส่งผลต่อการนำผลที่ได้จากการจำลองดังกล่าวผิดพลาดจากความเป็นจริงได้ ดังนั้นการประยุกต์ใช้แบบจำลองจะต้องคำนึงถึงความถูกต้องของข้อมูลนำเข้าเป็นสำคัญ

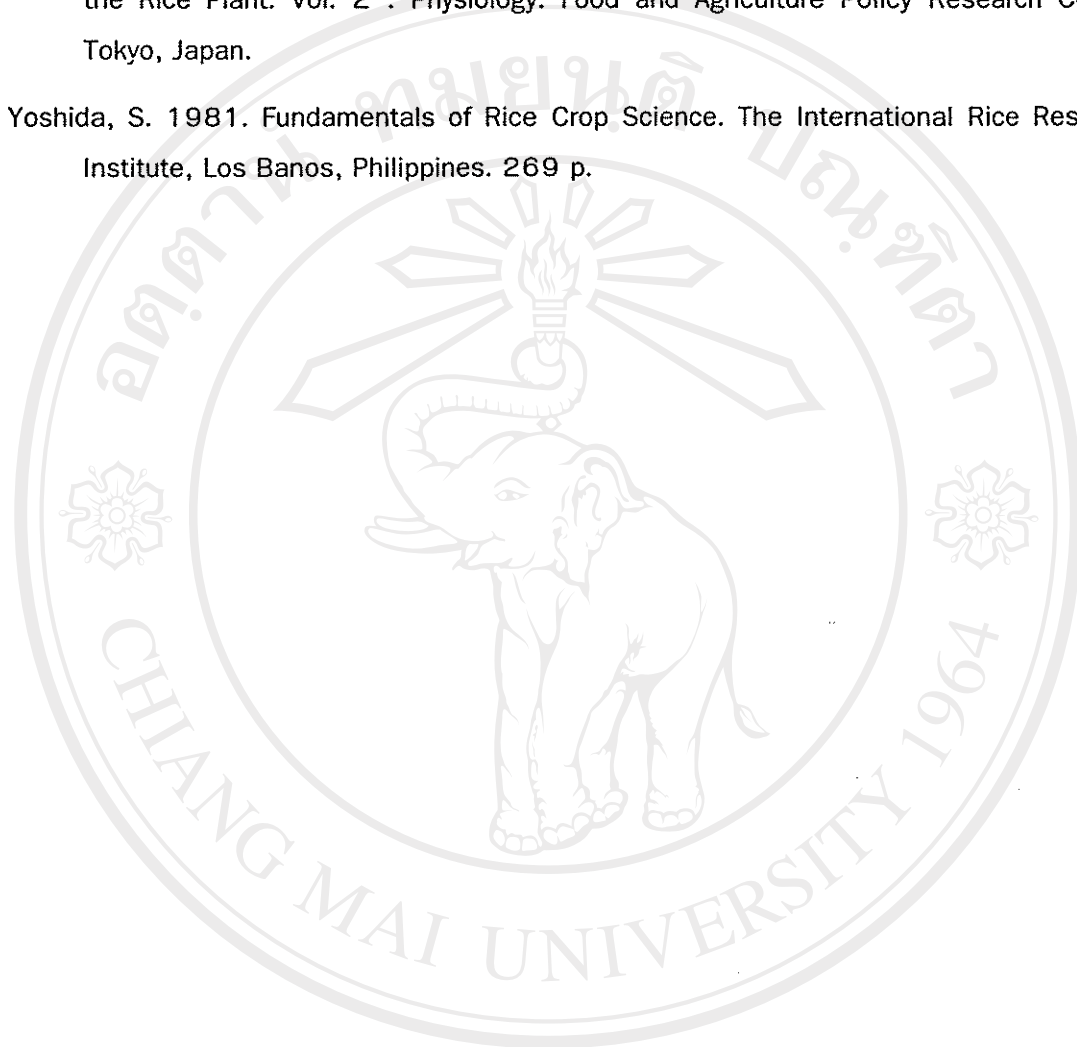
เอกสารอ้างอิง

- กรมวิชาการเกษตร. 2533. เอกสารแนะนำข้าวและธัญพืชเมืองหนาวพันธุ์ดี 59 พันธุ์. สถาบันวิจัยข้าว กรมวิชาการเกษตร. 30 หน้า.
- กรมวิชาการเกษตร. 2536. คำแนะนำการใช้ปุ๋ยให้มีประสิทธิภาพกับพืชเศรษฐกิจ. โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด. 106 หน้า.
- จิรวัดน์ เวชแพศย์, ศักดิ์ดีดา จงแก้ววัฒนา และ อานันท์ ผลวัฒน์. 2543. การประเมินค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมของข้าวสำหรับแบบจำลอง CERES-Rice. หน้า 141-165. ใน เมธี เอกะสิงห์ และคณะ (บรรณาธิการ). ระบบสนับสนุนการตัดสินใจการผลิตข้าว รายงานผลการวิจัยฉบับสมบูรณ์ส่วนที่ 1 โครงการวิจัยระบบสนับสนุนการตัดสินใจการผลิตพืช: ข้าวในภาคเหนือ. ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- ศักดิ์ดีดา จงแก้ววัฒนา, จิรวัดน์ เวชแพศย์ และ อานันท์ ผลวัฒน์. 2542. การประเมินค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมของข้าวโดยการใช้ Genotype Coefficient Calculator (GENCALC). หน้า 84-111. ใน เมธี เอกะสิงห์ และคณะ. รายงานความก้าวหน้าฉบับที่ 4 โครงการวิจัยระบบสนับสนุนการตัดสินใจการผลิตพืช: ข้าวในภาคเหนือ. ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- สถาบันวิจัยข้าว. 2533. รายงานประจำปี 2532. สถาบันวิจัยข้าว กรมวิชาการเกษตร. เอกสารโรเนียวเย็บเล่ม. 321 หน้า.
- De Datta, S.K. 1981. Principles and Practices of Rice Production. John Wiley & Sons, Inc., NY. 618 p.
- Hunt, L.A. and S. Pararajasingham. 1994. GENCALC: Genotype Coefficient Calculator USER'S GUIDE Version 3.0. Department of Crop Science, University of Guelph. Publication No. LAH-01-94. Crop Simulation Series No.3
- IBSNAT, 1988. Experimental Design and Data Collection Procedures for IBSNAT. IBSNAT Technical Report 1, Third Edition, Revised 1988. International Benchmark Sites Network for Agrotechnology Transfer. University of Hawaii, Honolulu. HI.
- Jongdee, S., J.H. Mitchell, and S. Fukui. 1997. Modelling approach for estimation of rice yield reduction due to drought in Thailand. p.65-73. In Fukui, S., M. Cooper and J. Salisbury (eds.). Breeding Strategies for Rainfed Lowland Rice in Drought-prone Environments. Proceedings of an International Workshop, Ubon Ratchathani, Thailand, 5-8 November 1996. ACIAR Proceeding No.77.
- Matsushima, S. 1970. Crop Science in Rice. Fuji Publ. Co. Ltd., Tokyo. 367 p.

Ritchie, J.T., E.C. Alocilja, and G. Uehara, 1986. IBSNAT/CERES Rice Model. Agrotechnology Transfer. 3:1-5.

Takenaga, H. 1995. Nutrient absorption in relation to environmental factors. p. 278-310. In Matsuo, T., K. Kumazawa, R. Ishii, K. Ishihara, and H. Hirata (eds.). Science of the Rice Plant. Vol. 2 : Physiology. Food and Agriculture Policy Research Center, Tokyo, Japan.

Yoshida, S. 1981. Fundamentals of Rice Crop Science. The International Rice Research Institute, Los Banos, Philippines. 269 p.



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การทดสอบแบบจำลองการเจริญเติบโตของข้าว CERES-Rice ภายใต้วิธีการเพาะปลูกแบบปักดำและนาหว่านน้ำตมที่อัตราเมล็ดพันธุ์ต่างกัน

ศักดิ์ดา จงแก้ววัฒนา¹

จิรวัดน์ เวชแพศย์¹

อานันท์ ผลวัฒน์²

และ ทุสยันธ์ ปาละ²

คำนำ

การทดสอบแบบจำลองการเจริญเติบโตของข้าว CERES-Rice ภายใต้การจัดการน้ำและระดับปุ๋ยไนโตรเจนที่ต่างกัน (ศักดิ์ดา และคณะ, 2543) แสดงให้เห็นถึงความสามารถของแบบจำลองในการจำลองการตอบสนองของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และชัยนาท 1 (ข้าวเจ้าพันธุ์ดีของไทยที่มีคุณลักษณะที่แตกต่างกันในเรื่องของความไวต่อช่วงแสง) ต่ออัตราปุ๋ยไนโตรเจนในระดับต่างๆ ที่ใส่ภายใต้การปลูกในแปลงนาที่มีการให้น้ำชลประทานและแปลงปลูกที่อาศัยน้ำฝนเพียงอย่างเดียว แบบจำลอง CERES-Rice สามารถจำลองระยะพัฒนาการและผลผลิตของข้าวได้ผลดีในระดับที่น่าพอใจ ทั้งนี้เห็นได้จากการที่แบบจำลองมีความสามารถตอบสนองต่อการจัดการด้านอัตราปุ๋ยไนโตรเจนและการจัดการน้ำได้ดีและสอดคล้องกับงานที่ทำการทดสอบในภาคสนาม อย่างไรก็ตามปัจจัยการผลิตที่สำคัญนอกเหนือจากการกำหนดอัตราปุ๋ยไนโตรเจนและสภาพพื้นที่เพาะปลูกที่แบ่งออกเป็นพื้นที่รับน้ำชลประทานและพื้นที่อาศัยน้ำฝนจะมีผลต่อการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของข้าวแล้ว ปัจจัยซึ่งจัดว่าเป็นกรรมวิธีการจัดการการผลิตที่เกษตรกรไทยมีส่วนในการกำหนดและมีผลต่อการพัฒนาการและผลผลิตของข้าว ได้แก่ พันธุ์ข้าวและกรรมวิธีการปลูกซึ่งแบ่งออกเป็นการปักดำข้าวและการหว่านน้ำตม ดังนั้นเพื่อให้การทดสอบแบบจำลอง CERES-Rice ครอบคลุมปัจจัยและวิธีการจัดการการปลูกข้าวของเกษตรกรไทยได้กว้างมากขึ้น การศึกษาครั้งนี้จึงได้ทำการออกแบบงานวิจัยเพื่อศึกษาการตอบสนองของข้าวพันธุ์ไทยต่อวิธีการปลูกแบบปักดำและแบบหว่านน้ำตมที่อัตราเมล็ดพันธุ์ต่างกัน โดยมีเป้าหมายหลักเพื่อที่จะสร้างความมั่นใจให้กับผู้ใช้แบบจำลองข้าว CERES-Rice ดังเช่นการนำแบบจำลองดังกล่าวมาใช้ในการตัดสินใจการตัดสินใจการปลูกข้าวที่พนมศักดิ์และคณะ (2543) ได้ทำการสร้างระบบสนับสนุนการตัดสินใจการผลิตข้าว โพสพ 1.0 โดยใช้แบบจำลอง CERES-Rice เป็นเครื่องมือการประเมินผลผลิตข้าวเป็นต้น การศึกษาครั้งนี้ได้ทำการศึกษการตอบสนองของข้าวในเรื่องพัฒนาการและการให้ผลผลิตต่อวิธีการปลูกแบบปักดำและแบบหว่านน้ำตมที่ปลูกโดยใช้อัตราเมล็ดพันธุ์ต่างกัน รวมทั้งเพื่อเป็นการทดสอบแบบจำลอง CERES-Rice กับข้าวพันธุ์ไทย 4 พันธุ์ที่มีความหลากหลายใน

¹ ภาควิชาพืชไร่ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

² ศูนย์วิจัยข้าวพิษณุโลก กรมวิชาการเกษตร

ลักษณะการเจริญเติบโต ได้แก่ ขาวดอกมะลิ 105, สุพรรณบุรี 60, ชัยนาท 1 และ ก.วก.1 ซึ่งข้าวพันธุ์ดังกล่าวนี้ จิรวัดและคณะ (2543) ได้ทำการประมาณค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมสำหรับใช้กับแบบจำลอง CERES-Rice ไว้แล้ว

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

งานศึกษาได้ทำการทดลอง 2 ครั้งคือในปี 2541 และ 2542 เพื่อเป็นการศึกษาความแปรปรวนของสภาพแวดล้อมในระหว่างปีที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของข้าวภายใต้ทริตเมนต์ที่กำหนด งานทดลองทั้งสองปีได้วางแผนการทดลองแบบ Split-split plot โดยกำหนดให้ main-plot เป็นการทดลองที่เปรียบเทียบวิธีการปลูกแบบปักดำ (ระยะ 25×25 เซนติเมตร มีจำนวนประชากรข้าว 16 กอต่อตารางเมตร) และการปลูกแบบหว่านโดยใช้เมล็ดในอัตรา 10, 20 และ 30 กิโลกรัมต่อไร่ (62.5, 125 และ 187.5 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์) ในปี 2541 และอัตราเมล็ดพันธุ์ที่ใช้ในการหว่านน้ำตมที่ 5, 20 และ 45 กิโลกรัมต่อไร่ (31.25, 125.00 และ 281.25 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์) ในปี 2542 กำหนดให้ sub-plot เป็นพันธุ์ข้าวซึ่งมี 4 พันธุ์ได้แก่ ขาวดอกมะลิ 105, สุพรรณบุรี 60, ชัยนาท 1 และ ก.วก.1 ระหว่างทำการทดลองได้มีการจัดการน้ำและปุ๋ยในอัตราที่เหมาะสม สถานที่ทำการทดลองมีสองแห่งคือแปลงทดลองของศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ และศูนย์วิจัยข้าวพิษณุโลก กรมวิชาการเกษตร จังหวัดพิษณุโลก งานทดลองในปีแรกที่ทำมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ได้ทำการหว่านข้าวเมื่อวันที่ 24 กรกฎาคม 2541 และปักดำเมื่อวันที่ 18 สิงหาคม 2541 และที่ศูนย์วิจัยข้าวพิษณุโลกทำการหว่านข้าวเมื่อวันที่ 20 กรกฎาคม 2541 และปักดำเมื่อวันที่ 17 สิงหาคม 2541 ส่วนงานทดลองในปีที่สองได้เริ่มทำการหว่านเมล็ดข้าวออกเมื่อ 10 สิงหาคม 2542 และปักดำเมื่อ 6 กันยายน 2542 ที่แปลงทดลองของศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ โดยมีขนาดแปลงย่อยเท่ากับ 4×4 ตารางเมตร และที่ศูนย์วิจัยข้าวพิษณุโลก กรมวิชาการเกษตร โดยทำการหว่านเมล็ดข้าวออกเมื่อ 14 กรกฎาคม 2542 และปักดำข้าวเมื่อวันที่ 13 สิงหาคม 2542 โดยกำหนดขนาดแปลงย่อยเท่ากับ 4.5×6.0 ตารางเมตร ใช้กล้าอายุ 30 วันเท่ากันสำหรับแปลงปักดำทั้งสองสถานที่ทดลอง

การบันทึกข้อมูล

ทำการบันทึกข้อมูลพัฒนาการของข้าวตามระยะการเจริญเติบโตตามแบบฟอร์มของ IBSNAT (1988) การเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักต้น น้ำหนักใบ และน้ำหนักรวงของข้าวในระยะการเจริญเติบโตต่างๆ ได้แก่ ระยะข้าวแตกกอ ระยะกำเนิดช่อรวง ระยะออกดอก และระยะสุกแก่ โดยสุ่มวัดจำนวน 2 กอทุกสองสัปดาห์ นอกจากนี้ได้นับจำนวนต้น จำนวนหน่อ จำนวนรวงต่อต้น น้ำหนักและจำนวนเมล็ดดีเมล็ดลีบต่อรวง ในช่วงเวลาก่อนปลูกได้วิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจนในดิน และในช่วงเก็บเกี่ยวข้าวได้เก็บตัวอย่างพืชเพื่อวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนในต้น ใบ เมล็ด ข้าวสาร ข้าวกล้อง และแกลบ สำหรับข้อมูลอากาศรายวันนั้นได้เก็บบันทึกข้อมูลพลังงานแสงอาทิตย์ ความยาววัน อุณหภูมิสูงสุดต่ำสุด ปริมาณน้ำฝนตลอดช่วงฤดูปลูก โดยอาศัยเครื่องวัดภูมิอากาศอัตโนมัติ (Data Logger)

ผลและวิจารณ์ผลการศึกษา

1. ผลของการตอบสนองของข้าวต่อปัจจัยงานทดลอง

เนื่องจากผลจากการศึกษาในปี 2541 แสดงให้เห็นว่ากรรมวิธีการทดลองซึ่งกำหนดอัตราเมล็ดพันธุ์ในการหว่านที่ 10, 20 และ 30 กิโลกรัมต่อไร่ (62.5, 125 และ 187.5 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์) รวมทั้งการปักดำข้าว ไม่ส่งผลให้ระยะพัฒนาการและผลผลิตของข้าวมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยพบว่าต้นข้าวที่ปลูกที่ระดับความหนาแน่นต่างกัน สามารถมีการทดแทนองค์ประกอบผลผลิต (yield compensation) ทำให้ผลผลิตอยู่ในระดับที่ใกล้เคียงกัน ดังนั้นงานทดลองในปีถัดไปคืองานทดลองในปี 2542 ได้มีการขยายช่วงอัตราเมล็ดพันธุ์เป็น 5, 20 และ 45 กิโลกรัมต่อไร่ (31.25, 125.00 และ 281.25 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์) โดยคาดว่าข้าวแต่ละพันธุ์จะตอบสนองต่ออัตราเมล็ดพันธุ์ดังกล่าว ดังนั้นการรายงานผลการศึกษาการตอบสนองของผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของข้าวต่อการวิธีการปลูกและอัตราการหว่านเมล็ดพันธุ์จะเสนอเฉพาะผลการศึกษาในปี 2542 เท่านั้น

ผลการศึกษาที่มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ผลผลิต

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (analysis of variance) (ตารางที่ 8-1) พบว่าผลผลิตมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ระหว่างพันธุ์ แต่ไม่พบว่าผลผลิตมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างอัตราการหว่านเมล็ดและการปักดำ ผลผลิตข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 (3403 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์) ขาวดอกมะลิ 105 (3283 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์) และสุพรรณบุรี 60 (3469 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์) จะสูงกว่าข้าวพันธุ์ ก.ว.ก.1 (2441 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์)

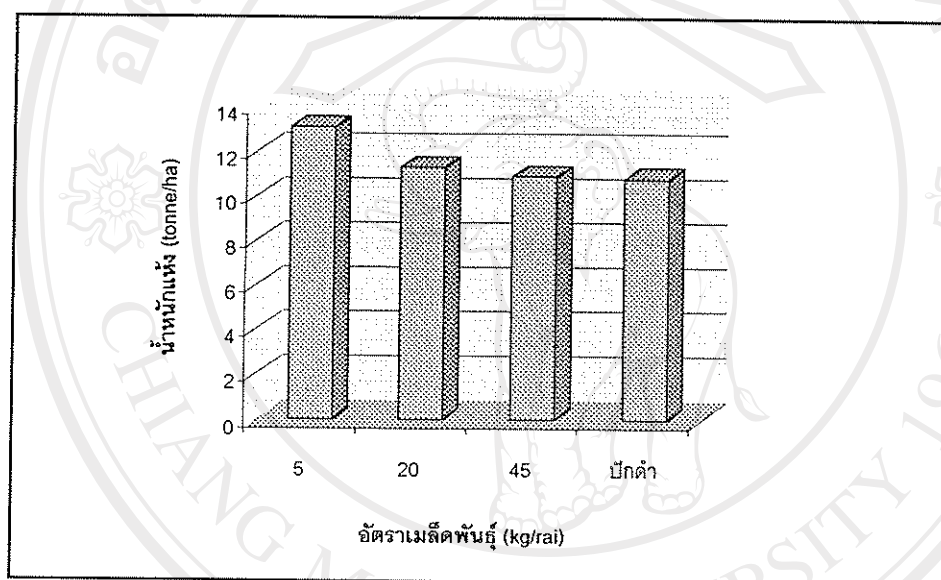
น้ำหนักรวม

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (ตารางที่ 8-1) พบว่าน้ำหนักรวมของข้าวมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) ที่ระดับอัตราเมล็ดพันธุ์ที่ใช้ในการปลูก โดยพบว่า การปลูกที่อัตราเมล็ดพันธุ์ที่ต่ำมีแนวโน้มของการสะสมน้ำหนักรวมสูง (รูปที่ 8-1) โดยที่ การปลูกแบบหว่านนํ้าตมที่อัตราเมล็ดพันธุ์ 5 กิโลกรัมต่อไร่ มีน้ำหนักรวมสูงที่สุดคือ 13.1 ตันต่อเฮกตาร์ ในขณะที่ข้าวที่ปลูกในอัตราเมล็ดพันธุ์ 45 กิโลกรัมต่อไร่ มีการสะสมน้ำหนักรวมเพียง 11.0 ตันต่อเฮกตาร์ สำหรับข้าวที่ปลูกแบบปักดำมีน้ำหนักรวมเฉลี่ย 10.8 ตันต่อเฮกตาร์

ตารางที่ 8-1 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (analysis of variance) ของผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตข้าวในงานทดลองการตอบสนองของข้าวต่อวิธีการปลูกแบบปักดำและแบบหว่านน้ำตามที่อัตราเมล็ดต่างกัน (เชียงใหม่)

Source of Variance	ผลผลิต	น้ำหนักแห้ง	น้ำหนักเมล็ด	เปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบ	จำนวนรวงต่อพื้นที่	จำนวนเมล็ดต่อรวง
พันธุ์ (V)	*	ns	**	ns	ns	**
อัตราเมล็ด (S)	ns	*	ns	ns	**	**
VxS	ns	ns	**	ns	ns	ns

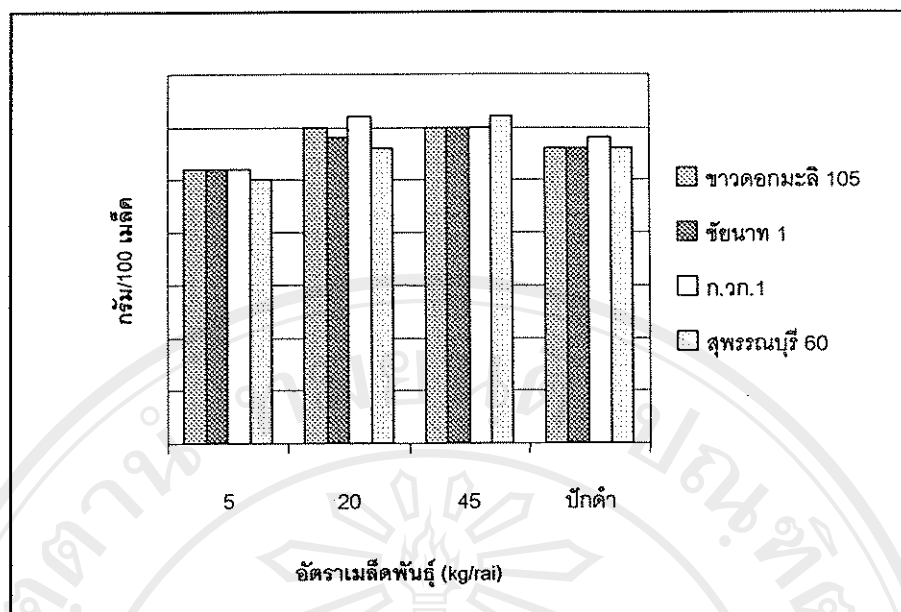
หมายเหตุ * significant level at 0.05
 ** significant level at 0.01
 ns non-significant



รูปที่ 8-1 การตอบสนองของน้ำหนักแห้งต่ออัตราการหว่านเมล็ดพันธุ์และวิธีการปลูกแบบปักดำ (เชียงใหม่)

น้ำหนัก 100 เมล็ด

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของน้ำหนัก 100 เมล็ด (ตารางที่ 8-1) พบว่า สหสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์และอัตราเมล็ดพันธุ์ในการปลูกมีผลต่อน้ำหนักเมล็ดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) รูปที่ 8-2 แสดงให้เห็นว่าโดยเฉลี่ยแล้วข้าวขาวดอกมะลิ 105 มีน้ำหนัก 100 เมล็ดต่ำที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับพันธุ์ชัยนาท 1, สุพรรณบุรี 60 และ ก.วก. 1 น้ำหนักเมล็ดเฉลี่ยของข้าวขาวดอกมะลิ 105 เท่ากับ 2.6 กรัม/100 เมล็ด ในขณะที่น้ำหนักเมล็ดเฉลี่ยของข้าวพันธุ์ชัยนาท 1, สุพรรณบุรี 60 และ ก.วก. 1 เท่ากับ 2.9, 3.0 และ 2.8 กรัม/100 เมล็ด ตามลำดับ ผลการวิเคราะห์ยังแสดงให้เห็นว่าข้าวที่ปลูกแบบปักดำมีแนวโน้มที่จะให้น้ำหนักเมล็ดน้อยกว่าข้าวที่ปลูกแบบหว่านน้ำตามในทุกพันธุ์ ยกเว้นพันธุ์ ก.วก.1 ที่ให้ผลตรงกันข้าม



รูปที่ 8-2 การตอบสนองของน้ำหนัก 100 เมล็ดต่ออัตราการหว่านเมล็ดพันธุ์และวิธีการปลูกแบบปักดำ (เชียงใหม่)

เปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบ

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (ตารางที่ 8-1) ไม่พบความแตกต่างของจำนวนเมล็ดลีบของทุกพันธุ์ข้าวและทุกอัตราเมล็ดพันธุ์ที่ใช้ในการปลูก โดยเฉลี่ยแล้วเปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบของข้าวที่ปลูกในการศึกษาครั้งนี้มีเท่ากับ 19.8%

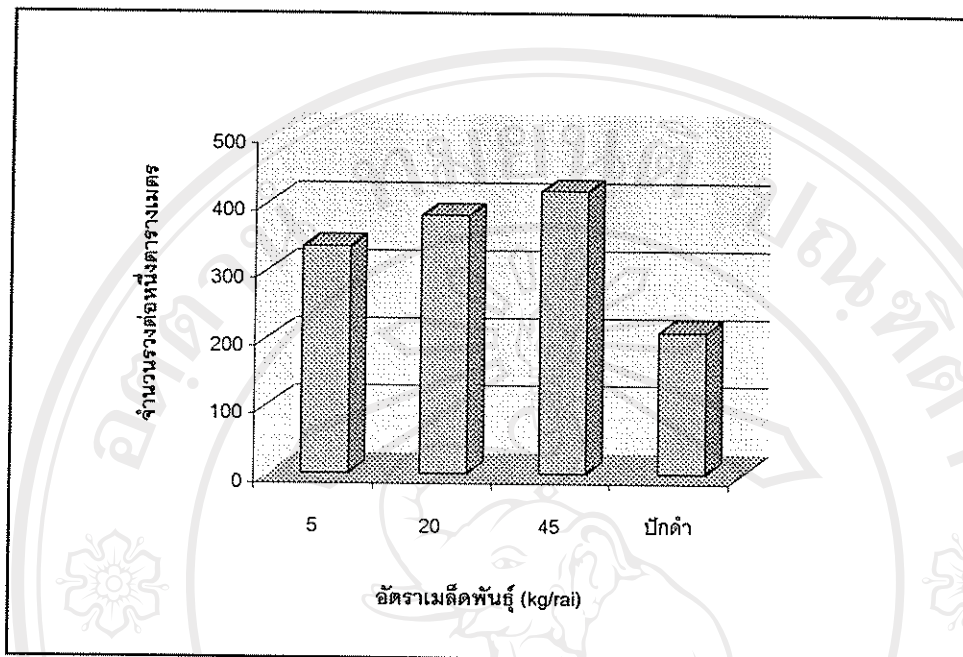
จำนวนรวงต่อพื้นที่

จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (ตารางที่ 8-1) พบว่าจำนวนรวงต่อพื้นที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) ของข้าวที่ปลูกในอัตราเมล็ดที่ต่างกัน โดยพบว่าการเพิ่มอัตราเมล็ดพันธุ์ในการปลูกจะทำให้จำนวนรวงต่อพื้นที่เพิ่มมากขึ้นด้วยในทุกพันธุ์ (รูปที่ 8-3) และข้าวที่ทำการปลูกแบบปักดำจะให้จำนวนรวงต่อพื้นที่น้อยที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับการปลูกแบบหว่านน้ำตม ซึ่งโดยเฉลี่ยแล้วการปลูกข้าวแบบหว่านน้ำตมที่อัตราปลูก 0, 20 และ 45 กิโลกรัมต่อไร่ ให้จำนวนเมล็ดต่อ 1 ตารางเมตรเท่ากับ 336, 382 และ 418 รวงตามลำดับ ในขณะที่การปลูกข้าวแบบปักดำจะให้จำนวนรวงต่อพื้นที่เพียง 210 รวงต่อตารางเมตร

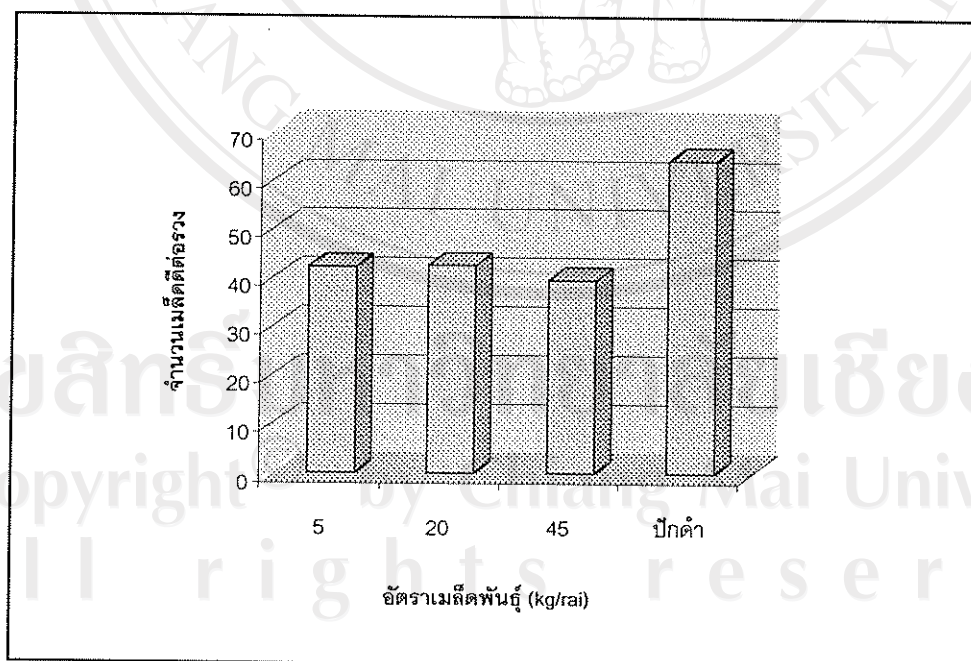
จำนวนเมล็ดต่อรวง

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (ตารางที่ 8-1) ของจำนวนเมล็ดต่อรวงพบว่าจำนวนเมล็ดต่อรวงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) ระหว่างพันธุ์ และข้าวที่ปลูกในอัตราเมล็ดที่ต่างกันก็มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) โดยพบว่าข้าวพันธุ์ข้าวดอกมะลิ 105 มีจำนวนเมล็ดต่อรวงมากที่สุด (62.9 เมล็ดต่อรวง) และข้าวพันธุ์ ก.ว.ก.1 มีจำนวนเมล็ดต่อรวงน้อยที่สุด (33.3 เมล็ดต่อรวง) ส่วนข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 และ

สุพรรณบุรี 60 มีจำนวนเมล็ดต่อรวงเท่ากับ 47.4 และ 45.5 เมล็ดต่อรวง ตามลำดับ การเพิ่มขึ้นของอัตราเมล็ดพันธุ์ในการปลูกไม่มีผลต่อการเพิ่มขึ้นของจำนวนเมล็ดต่อรวง แต่การปลูกข้าวแบบปักดำพบว่าจำนวนเมล็ดต่อรวงจะมีมากกว่าการปลูกแบบนาหว่านน้ำตม (รูปที่ 8-4)



รูปที่ 8-3 จำนวนรวงต่อพื้นที่ภายใต้การจัดการปลูกแบบนาหว่านน้ำตมที่อัตราเมล็ดต่างกัน และการปลูกแบบปักดำ (เชียงใหม่)



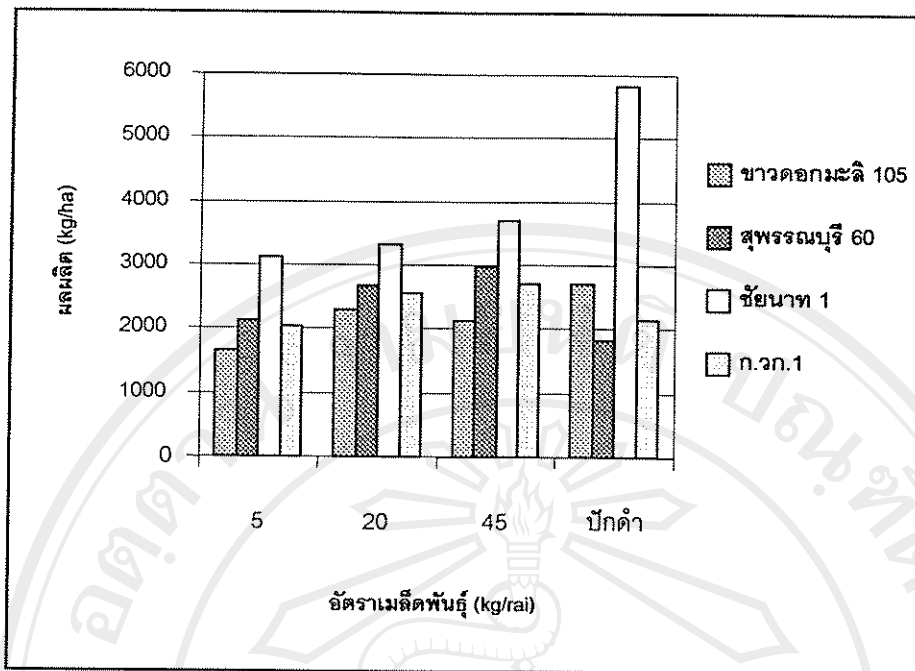
รูปที่ 8-4 จำนวนเมล็ดต่อรวงภายใต้การจัดการปลูกแบบนาหว่านน้ำตมที่อัตราเมล็ดต่างกัน และการปลูกแบบปักดำ (เชียงใหม่)

ผลการศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าการศึกษากการตอบสนองของข้าวต่อวิธีการปลูกแบบปักดำ และแบบหว่านน้ำตามอัตราเมล็ดต่างกันในงานทดลองของปี 2542-2543 พบว่าผลผลิตของ ข้าวที่หว่านในอัตราเมล็ดพันธุ์ที่ต่างกันและการปักดำข้าวไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ทางสถิติ ซึ่งผลที่ได้ยืนยันผลการศึกษาในเรื่องเดียวกันของปี 2541-2542 (ศักดิ์ดา และคณะ, 2542) ถึงแม้ว่าการศึกษาในปี 2542-2543 จะได้ปรับขยายช่วงอัตราเมล็ดพันธุ์ที่มากขึ้นก็ตาม ผลการศึกษาดังกล่าวชี้ให้เห็นว่าผลผลิตของข้าวทั้ง 4 พันธุ์ที่ใช้ในการทดลองตอบสนองต่อประชากร การปลูกข้าวที่เหมือนกัน โดยข้าวที่ปลูกด้วยความหนาแน่นต่ำกว่ามีการทดแทนของการแตกกอและ องค์ประกอบผลผลิต ซึ่งผลสุดท้ายจะได้ผลผลิตที่ใกล้เคียงกับข้าวที่ปลูกในจำนวนประชากรที่สูง (Matsushima, 1970) อย่างไรก็ตามการเพิ่มอัตราเมล็ดพันธุ์ต่อไร่มากขึ้นจะทำให้ได้น้ำหนัก แห้งของฟางที่ลดน้อยลง ซึ่งชี้ให้เห็นว่าหน่อ (tiller) ของข้าวที่ปลูกที่อัตราเมล็ดพันธุ์ต่อไร่ที่ต่ำกว่า จะมีขนาดใหญ่กว่าหน่อที่แตกจากเมล็ดในกรณีที่หว่านโดยใช้อัตราเมล็ดพันธุ์ต่อไร่สูง แต่น้ำหนัก แห้งฟางข้าวที่ปลูกแบบปักดำจะให้น้ำหนักต่ำกว่าที่ได้จากการหว่าน ผลดังกล่าวนี้แสดงให้เห็นว่า การปลูกแบบปักดำในจำนวนประชากรที่ 16 กอต่อ 1 ตารางเมตร (ระยะปักดำ 25×25 เซนติเมตร) เป็นจำนวนประชากรที่ค่อนข้างเหมาะสมถ้าปลูกโดยใช้วิธีการปักดำ ทั้งนี้เพราะผลผลิต ที่ได้อยู่ในระดับเดียวกับการปลูกที่ใช้วิธีการหว่านน้ำตามแต่น้ำหนักฟางแห้งกลับต่ำกว่า สิ่งต่างๆ เหล่านี้ชี้ให้เห็นถึงประสิทธิภาพของการให้ผลผลิตโดยมีค่า harvest index สูง นอกจากนี้จะเห็นได้ ว่าจำนวนเมล็ดดีต่อรวงของข้าวที่ปลูกแบบปักดำจะมีมากกว่าจำนวนเมล็ดดีต่อรวงของข้าวที่ปลูก โดยการหว่าน ดังนั้นจำนวนเมล็ดดีต่อรวงจึงเป็นตัวแปรสำคัญที่พบว่ามีส่วนทำให้ผลผลิตของข้าว ที่ปลูกแบบปักดำสูงพอกับการปลูกข้าวแบบหว่านถึงแม้ว่าจะมีจำนวนประชากรที่อยู่ในระดับต่ำ เมื่อเปรียบเทียบกับจำนวนประชากรข้าวที่ได้จากการหว่าน (Matsushima, 1970)

ผลการศึกษาที่ศูนย์วิจัยข้าวพิษณุโลก

ผลผลิต

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (ตารางที่ 8- 2) พบว่าทั้งพันธุ์และวิธีการปลูก มีผลต่อผลผลิตข้าวแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในระดับ ($p<0.01$) เหมือนกันและยังพบ อีกว่าสหสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์และวิธีการปลูกมีผลต่อผลผลิตข้าวแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทาง สถิติ ($V \times S$ interaction, $p<0.01$) แสดงให้เห็นว่าเมื่อใช้พันธุ์ข้าวที่แตกต่างกันและวิธีการปลูกไม่ เหมือนกัน ทำให้ได้ผลผลิตที่แตกต่างกัน โดยพบว่าพันธุ์ชัยนาท 1 และขาวดอกมะลิ 105 เมื่อ ปลูกโดยวิธีปักดำให้ผลผลิตสูงสุด 5829 และ 2699 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ตามลำดับ ในขณะที่ พันธุ์สุพรรณบุรี 60 และ ก.วก.1 ให้ผลผลิตสูงสุด 2957 และ 2712 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ ตาม ลำดับ เมื่อปลูกโดยวิธีการหว่านน้ำตามอัตราเมล็ดพันธุ์ 281.25 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ (รูปที่ 8-5)



รูปที่ 8-5 การตอบสนองของผลผลิตข้าวต่อวิธีการปลูกแบบหว่านน้ำตามที่มีอัตรา
การหว่านเมล็ดต่างกันและการปลูกแบบปักดำ (พิษณุโลก)

ตารางที่ 8-2 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (analysis of variance) ของผลผลิตและองค์ประกอบ
ผลผลิตข้าวในงานทดลองการตอบสนองของข้าวต่อวิธีการปลูกแบบปักดำและแบบหว่านน้ำตาม
ที่มีอัตราเมล็ดต่างกัน (พิษณุโลก)

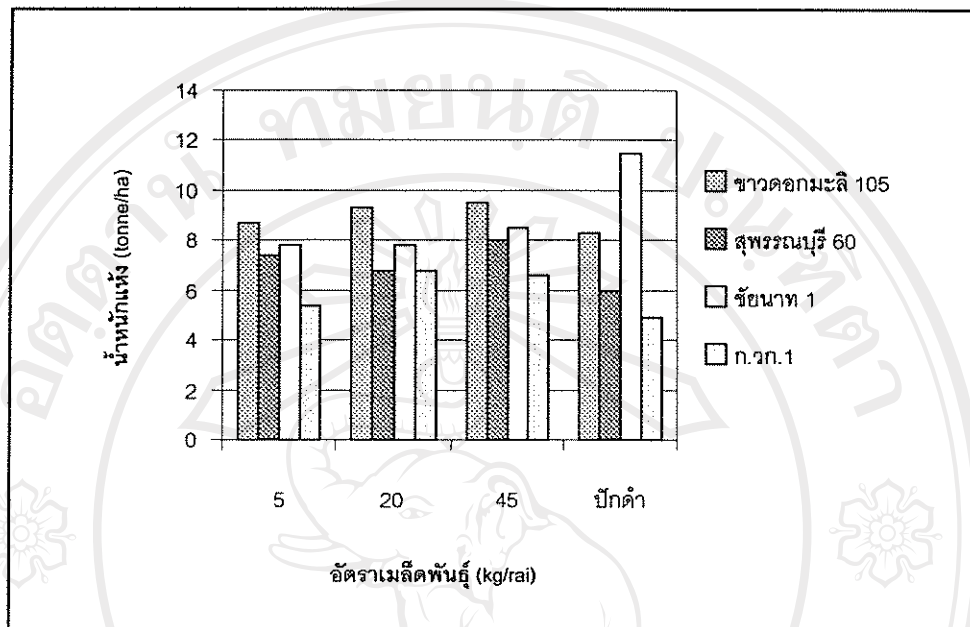
Source of variance	ผลผลิต	น้ำหนัก แห้ง	น้ำหนัก 100 เมล็ด	เปอร์เซ็นต์ เมล็ดลีบต่อ รวง	จำนวน ต่อพื้นที่	จำนวน เมล็ดดี ต่อรวง
พันธุ์ (V)	**	**	**	ns	*	ns
อัตราเมล็ดพันธุ์ (S)	**	ns	**	**	**	**
V×S	**	**	ns	ns	*	**

หมายเหตุ * significant level at 0.05
** significant level at 0.01
ns non-significant

น้ำหนักแห้งรวม

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (ตารางที่ 8-2) พบว่าพันธุ์ข้าวที่ใช้ในการทดลอง มีน้ำหนักแห้งรวมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p < 0.01$ ในขณะที่วิธีปลูกแบบต่างๆ ไม่มีผลต่อน้ำหนักแห้งรวม แต่สหสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์และวิธีการปลูกยังคงมีผลต่อน้ำหนักแห้งรวม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($V \times S$ interaction, $p < 0.01$) ซึ่งให้ผลเช่นเดียวกับผลผลิตโดยพบว่าพันธุ์ชัยนาท 1 ให้น้ำหนักแห้งรวมสูงสุด 11.5 ตันต่อเฮกตาร์เมื่อปลูกโดยวิธีปักดำ ในขณะที่

พันธุ์ข้าวดอกมะลิ 105 และสุพรรณบุรี 60 ให้น้ำหนักแห้งสูงสุด 9.5 และ 7.9 ตันต่อเฮกตาร์ ตามลำดับเมื่อปลูกโดยวิธีหว่านน้ำตมอัตราเมล็ดพันธุ์ 281.25 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ สำหรับพันธุ์ ก.วก.1 เมื่อปลูกโดยวิธีหว่านน้ำตมอัตราเมล็ดพันธุ์ 125.00 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ ให้น้ำหนักแห้ง รวมสูงสุด 6.8 ตันต่อเฮกตาร์ (รูปที่ 8-6)



รูปที่ 8-6 การตอบสนองของน้ำหนักแห้งข้าวต่อวิธีการปลูกแบบหว่านน้ำตมที่อัตราการ หว่านเมล็ดต่างกันและการปลูกแบบปักดำ (พิษณุโลก)

น้ำหนัก 100 เมล็ด

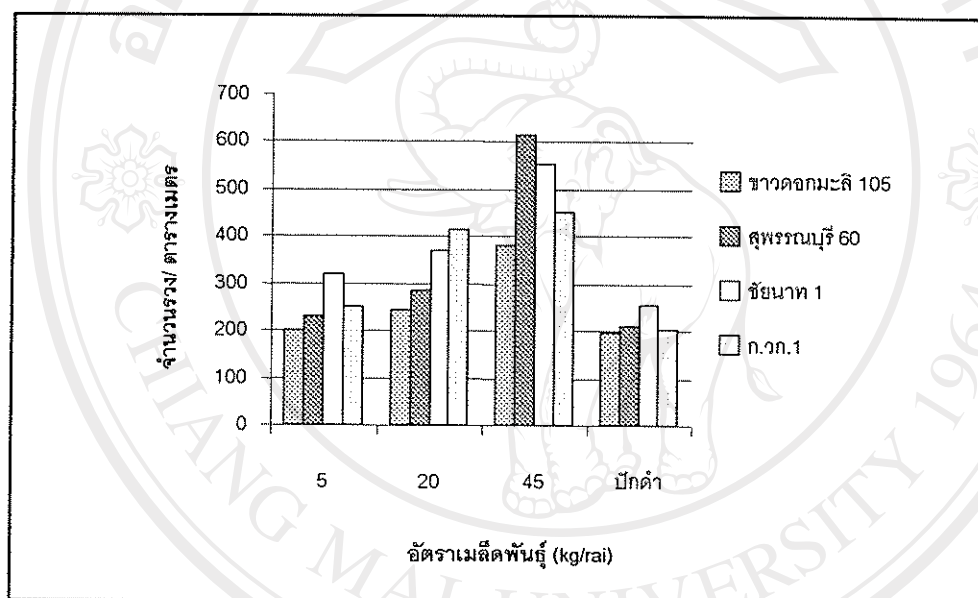
ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (ตารางที่ 8-6) พบว่าพันธุ์ข้าวและวิธีปลูกมี ผลต่อน้ำหนัก 100 เมล็ดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) โดยพบว่าพันธุ์ชัยนาท 1 และ สุพรรณบุรี 60 มีน้ำหนัก 100 เมล็ด เฉลี่ยเท่ากับ 3.0 กรัม ในขณะที่พันธุ์ข้าวดอกมะลิ 105 และ ก.วก.1 มีน้ำหนักเมล็ดเฉลี่ย 2.6 กรัมเท่ากัน การหว่านน้ำตมโดยใช้อัตราเมล็ดพันธุ์ 125 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ และ 281.25 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ พบว่ามีน้ำหนัก 100 เมล็ดเฉลี่ยเท่ากับ 2.84 กรัม แต่การหว่านโดยใช้อัตราเมล็ดพันธุ์ที่ 31.25 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ และการปลูกโดย วิธีปักดำมีน้ำหนัก 100 เมล็ดเฉลี่ยเท่ากับ 2.74 กรัม

เปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบ

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (ตารางที่ 8-2) พบว่าวิธีปลูกมีผลต่อ เปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) โดยพบว่าข้าวที่ปลูกแบบปักดำ มีเปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบสูงสุดเท่ากับ 36.0% ในขณะที่การปลูกข้าวโดยการหว่านทุกอัตรา มี เปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบเฉลี่ย 23.5%

จำนวนรวงต่อตารางเมตร

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (ตารางที่ 8-2) พบว่าพันธุ์ข้าวที่ใช้ในการทดลองมีผลต่อจำนวนรวงต่อตารางเมตรที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เช่นเดียวกับวิธีปลูกก็มีผลต่อจำนวนรวงต่อตารางเมตรที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) และยังพบว่าสหสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์กับวิธีการปลูกก็มีผลต่อจำนวนรวงต่อตารางเมตรอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($V \times S$ interaction, $p < 0.05$) โดยพบว่าพันธุ์ข้าวทั้ง 4 พันธุ์ที่ใช้ในการทดลอง เมื่อปลูกโดยวิธีหว่านน้ำตมอัตราเมล็ดพันธุ์ 281.25 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ ให้จำนวนรวงต่อตารางเมตรเฉลี่ยสูงสุด ได้แก่ พันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 จำนวน 382 รวงต่อตารางเมตร พันธุ์สุพรรณบุรี 60 จำนวน 615 รวงต่อตารางเมตร, พันธุ์ชัยนาท 1 จำนวน 554 รวงต่อตารางเมตร และพันธุ์ ก.วก.1 จำนวน 452 รวงต่อตารางเมตร ดังแสดงในรูปที่ 8-7



รูปที่ 8-7 การตอบสนองของจำนวนรวงต่อตารางเมตรของข้าวต่อวิธีการปลูกแบบนาหว่านน้ำตมที่อัตราการหว่านเมล็ดต่างกันและการปลูกแบบปักดำ (พิษณุโลก)

จำนวนเมล็ดดีต่อรวง

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (ตารางที่ 8-2) พบว่าวิธีปลูกมีผลต่อจำนวนเมล็ดดีต่อรวง ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) โดยวิธีปลูกแบบปักดำของข้าวทั้ง 4 พันธุ์ให้จำนวนเมล็ดดีต่อรวงสูงสุด ได้แก่ ขาวดอกมะลิ 105 (จำนวน 79 เมล็ดดี/รวง), สุพรรณบุรี 60 (จำนวน 67 เมล็ดดี/รวง), ชัยนาท 1 (จำนวน 109 เมล็ดดี/รวง) และ ก.วก.1 (จำนวน 63 เมล็ดดี/รวง)

ผลของการศึกษาการตอบสนองของข้าวต่อวิธีปลูกแบบปักดำและหว่านน้ำตมโดยใช้อัตราเมล็ดพันธุ์ 3 ระดับดังเสนอมาช้างต้น พบว่าพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105, สุพรรณบุรี 60 และ ก.วก.1 ให้ผลผลิตเฉลี่ยคล้ายๆ กันไม่ว่าจะปลูกโดยวิธีใดซึ่งสอดคล้องกับที่ De Datta (1981) ได้กล่าวไว้ว่าโดยทั่วไปข้าวพันธุ์ใดพันธุ์หนึ่งไม่ว่าจะปลูกโดยวิธีใดมีแนวโน้มในการให้ผลผลิตคล้ายๆ กัน ถ้าได้รับการปฏิบัติดูแลรักษาที่เหมือนกัน อย่างไรก็ตามในกรณีของชัยนาท 1 ที่พบว่าการปลูกโดยวิธีปักดำได้ให้ผลผลิตสูงถึง 5829 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์นั้นอาจเกิดจากสาเหตุที่การปลูกแบบปักดำมีพื้นที่ระหว่างกอข้าวมากกว่า รากจึงเจริญเติบโตได้ดีกว่า ดังนั้นเมื่อต้นข้าวโดนพายุฝนในช่วงระยะสร้างเมล็ดดังกล่าวข้างต้น กลุ่มที่ปลูกแบบปักดำจึงไม่หักล้ม ในขณะที่กลุ่มที่ปลูกแบบหว่านน้ำตมทุกอัตราเมล็ดพันธุ์หักล้มแช่น้ำ สิ่งทีกล่าวนี้นี้จึงเป็นข้อได้เปรียบที่สำคัญของการปลูกข้าวโดยวิธีปักดำต่อการต้านทานการหักล้มทั้งในกรณีที่ต้องเผชิญกับพายุฝนในระยะสร้างเมล็ดและในกรณีที่มีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราสูง

สำหรับเปอร์เซ็นต์เมล็ดสีพบพบว่าพันธุ์ข้าวดอกมะลิ 105 และ ชัยนาท 1 ซึ่งมีอายุเก็บเกี่ยวอย่างน้อยประมาณ 120 วัน เมื่อปลูกโดยวิธีปักดำ เมื่อนำข้าวทั้ง 2 พันธุ์ไปปลูกโดยวิธีหว่านน้ำตมหรือปักดำ จึงมีระยะการเจริญเติบโตทางลำต้นและใบ (vegetative stage) ประมาณ 55-60 วันก่อนถึงระยะสร้างรวงอ่อน (panicle initiation) ซึ่งยาวนานพอสำหรับการพัฒนาในการสร้างรวงอ่อนทั้งจากแม่รวง (main culm) และลูกรวงที่เกิดจาก tiller ดังนั้นข้าวทั้ง 2 พันธุ์ไม่ว่าจะนำไปปลูกแบบปักดำหรือหว่านน้ำตมจึงมีเปอร์เซ็นต์เมล็ดสีใกล้เคียงกัน แต่สำหรับพันธุ์ข้าวที่มีอายุเก็บเกี่ยวเบาคือพันธุ์สุพรรณบุรี 60 และ ก.วก.1 ซึ่งเมื่อปลูกโดยวิธีหว่านจะมีอายุเก็บเกี่ยวเพียง 108 และ 94 วัน ตามลำดับ ดังนั้นจึงมีระยะเวลาในช่วง vegetative stage ที่น้อยกว่า 2 พันธุ์แรก นอกจากนี้เมื่อนำไปปลูกแบบปักดำ ต้นกล้าที่ถูกถอนไปปักดำซึ่งอยู่ในระยะที่ใกล้จะสิ้นสุด vegetative stage หรือใกล้ระยะ panicle initiation จึงเกิดการบอบช้ำ (transplanting shock) ซึ่งเป็นสาเหตุของการชะงักการเจริญเติบโตในช่วงแรก นี่คือการอธิบายสาเหตุที่ทำให้การปลูกข้าวแบบปักดำมีอายุการเก็บเกี่ยวที่ล่าช้ากว่าวิธีหว่านประมาณ 7 วัน (De Datta, 1981) นอกจากนี้ลูกรวงที่เกิดจาก tiller ซึ่งมีระยะเวลา vegetative stage ที่สั้นกว่าจะมีการสะสมน้ำหนักแห้งที่น้อยกว่าและอาจส่งผลต่อเปอร์เซ็นต์เมล็ดสีที่สูงกว่าในกรณีของพันธุ์ข้าวที่มีอายุเก็บเกี่ยวเบา

ในประเด็นของจำนวนรวงต่อตารางเมตร ไม่มีข้อสงสัยใดๆ สำหรับการที่ข้าว 4 พันธุ์ได้ผลิตจำนวนรวงต่อตารางเมตรที่เพิ่มขึ้นเมื่อใช้อัตราเมล็ดพันธุ์ในการหว่านเพิ่มขึ้น และทุกอัตราเมล็ดพันธุ์ยังพบจำนวนรวงต่อตารางเมตรสูงกว่าวิธีปักดำซึ่งใช้ระยะปักดำ 25x25 เซนติเมตร หรือ 16 กอต่อตารางเมตร (Matsushima, 1970) ในขณะที่อัตราเมล็ดพันธุ์ขั้นต่ำสุดของการทดลองในครั้งนี้ที่ระดับ 31.25 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ ก็ยังมีจำนวนต้น 115 ต้นต่อตารางเมตร ถ้าเมล็ดพันธุ์มีความงอก 100% อย่างไรก็ตามจำนวนรวงต่อตารางเมตรยังไม่ใช้สัญญาณบ่งชี้เกี่ยวกับระดับผลผลิตโดยตรง นอกจากนี้การพยายามเพิ่มจำนวนรวงต่อตารางเมตรด้วยการเพิ่มอัตราเมล็ดพันธุ์นั้นยังเป็นสาเหตุของการหักล้มของต้นข้าว เมื่อใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราที่สูงหรือเกิดพายุฝนในขณะที่ต้นข้าวอยู่ในระยะสร้างเมล็ด (grain filling)

ในการศึกษาครั้งนี้พบว่าจำนวนเมล็ดดีต่อรวงเป็นปฏิภาคผกผันกับจำนวนประชากรหรืออัตราเมล็ดพันธุ์ต่อไร่ในการหว่าน ซึ่งสอดคล้องกับที่ Yoshida (1981) รายงานไว้ว่าข้าวทั้ง 4 พันธุ์ได้ผลิตจำนวนเมล็ดดีต่อรวงสูงสุดเมื่อปลูกโดยวิธีปักดำและลดลงเมื่อใช้อัตราเมล็ดพันธุ์เพิ่มขึ้น

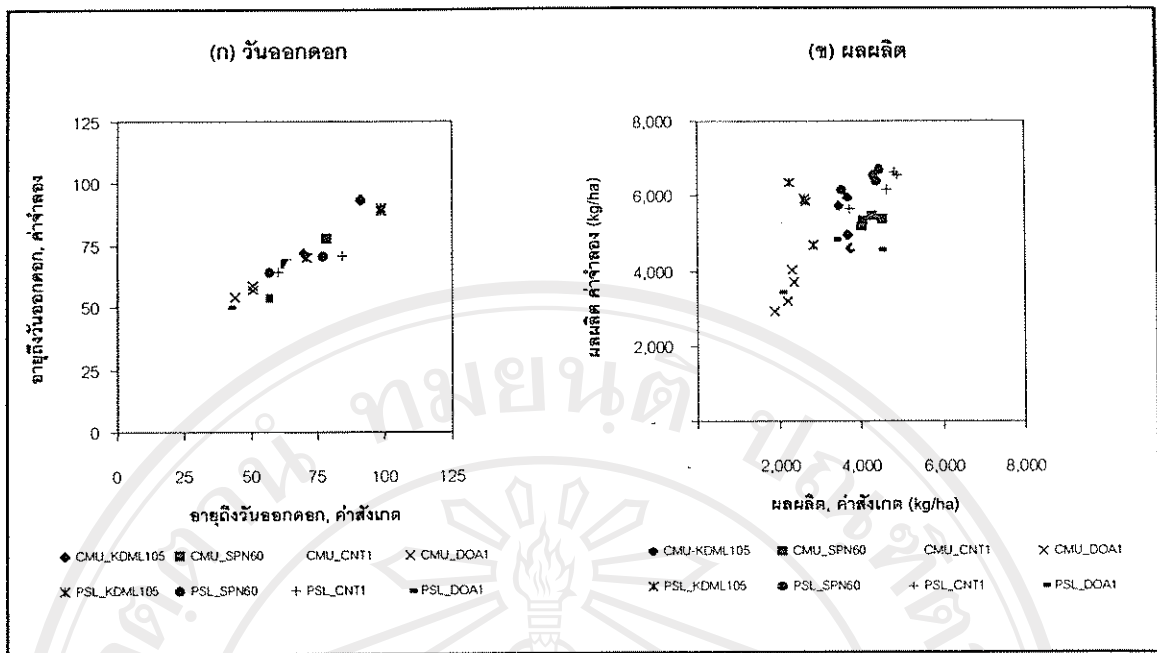
2. ผลการจำลองการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าว

งานศึกษาในปี 2541

การประเมินความถูกต้องแม่นยำของแบบจำลอง CERES-Rice ด้วยค่าสัมประสิทธิ์ที่ประเมินได้จากงานทดลอง 12 วันปลูก (สำหรับค่าสัมประสิทธิ์ของข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 60 นั้น เนื่องจากไม่ได้ใช้ในการทดลอง 12 วันปลูก จึงประเมินจากการทดลองการเปรียบเทียบการใช้วิธีปักดำกับหว่านน้ำตามที่ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางการเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ และศูนย์วิจัยข้าวพิษณุโลกในปี 2541) (จิรวัฒน์ และคณะ, 2543) กับงานทดลองเปรียบเทียบวิธีการปลูกข้าวแบบนาดำกับนาหว่านของข้าว 4 พันธุ์ในปี 2541 พบว่าแบบจำลองสามารถประเมินค่าพัฒนาการข้าวในแง่วันออกดอกและวันสุกแก่ได้ใกล้เคียงกับค่าที่สังเกตได้จากแปลงทดลองทั้งการปลูกในสภาพนาหว่านและปักดำทั้งที่เชียงใหม่และพิษณุโลก (รูปที่ 8-8(ก)) นอกจากนี้แบบจำลองประเมินค่าผลผลิตข้าวที่ได้จากการทดลองทั้งสองสถานที่สูงกว่าค่าที่วัดได้จากแปลงทดลอง (รูปที่ 8-8(ข)) ซึ่งเหตุผลที่แบบจำลองสามารถจำลองผลผลิตข้าวได้มากกว่าข้อมูลที่สังเกตได้จริงเป็นไปได้เพราะแบบจำลองมีข้อสมมติฐานที่ว่า การจำลองการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของข้าวนั้นจะไม่มีปัจจัยภายนอกที่มีผลต่อการลดผลผลิตข้าว เช่น ผลของการแก่งแย่งแข่งขันของวัชพืช การเข้าทำลายโดยศัตรูพืช และการหักล้มหรือตกหล่นของเมล็ดข้าวขณะเก็บเกี่ยว เป็นต้น ซึ่งในสภาพแปลงเพาะปลูกจริงจะมีปัจจัยดังกล่าวมาเกี่ยวข้องในระดับหนึ่ง จึงทำให้ผลผลิตจากการจำลองน่าจะเป็นผลผลิตที่ควรจะได้รับ (attainable yield) ในสภาพการปลูกการจัดการที่เหมาะสม เมื่อทำการเปรียบเทียบผลผลิตตามอัตราปลูก (รูปที่ 8-9) ในทำนองเดียวกันพบว่าแบบจำลองสามารถจำลองผลผลิตได้มากกว่าค่าที่วัดได้จากแปลงทดลองทั้งที่เชียงใหม่และพิษณุโลก อย่างไรก็ตามแนวโน้มของการตอบสนองของข้าวต่ออัตราเมล็ดในการหว่านนั้นมีทิศทางที่สอดคล้องกับค่าที่วัดได้จากแปลงทดลองทั้งสองสถานที่ทำการทดลอง

งานศึกษาในปี 2542

เนื่องจากการทดสอบแบบจำลอง CERES-Rice ในปี 2541 ได้ใช้แบบจำลองการเจริญเติบโตของข้าว CERES-Rice เวอร์ชันที่เรียกว่า RICER940 ซึ่งบรรจุใน DSSAT3.0 ในการจำลองข้าวพันธุ์ไทยทั้ง 4 พันธุ์ดังเสนอข้างต้น แต่เนื่องจากได้มีการปรับปรุงแบบจำลองเป็น RICER980 พร้อมกับ DSSAT3.5 ซึ่งออกมาเมื่อ 11 พฤศจิกายน 2541 และหลังจากนั้นยังได้มีการปรับปรุงแก้ไข RICER980 ที่ได้ทำการปรับปรุงครั้งล่าสุดเมื่อวันที่ 30 กรกฎาคม 2542 เพื่อให้แบบจำลองสามารถทำปรับค่าการแตกกอลดลงใกล้เคียงกับค่าจริง โดยในที่นี้เรียกว่า RICER980 modified



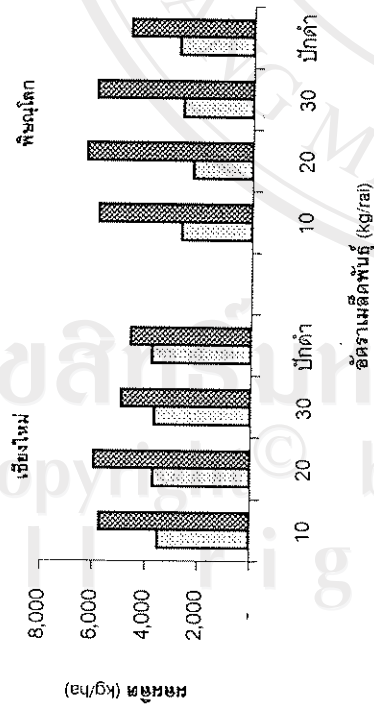
รูปที่ 8-8 เปรียบเทียบอายุออกดอกและผลผลิตที่เป็นค่าสังเกตกับค่าจำลองของการทดลองที่มีวิธีการปลูกข้าวแบบปักดำและหว่านน้ำตมที่ใช้อัตราเมล็ดปลูกต่างๆ กันที่มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ (CMU) และศูนย์วิจัยข้าวพิษณุโลก (PSL), 2541 (KDML105 = ข้าวดอกมะลิ 105, SPN60= สุพรรณบุรี 60, CNT1 = ชัยนาท 1, DOA1= ก.ว.ก.1)

ซึ่งเป็นซอฟต์แวร์ที่นำมาศึกษาในการทดสอบความถูกต้องแม่นยำของแบบจำลองในการทดลองปี 2542 นี้ รายละเอียดของการปรับค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมของข้าว 4 พันธุ์ที่นำมาศึกษา กับ RICER980 modified เสนอในจิรวัดณ์และคณะ (2543)

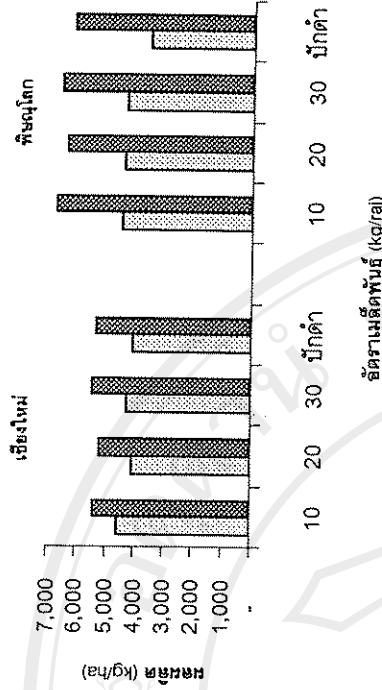
ผลจากการจำลองพบว่าแบบจำลองสามารถทำนายพัฒนาการของข้าวได้ใกล้เคียงกับค่าที่ได้จากการสังเกตจากแปลงปลูกทั้งสองสถานที่ที่ทำการศึกษา (รูปที่ 8-10(ก)) อย่างไรก็ตามแบบจำลองทำนายค่าวันออกดอกและสุกแก่ของข้าวที่หว่านน้ำตมช้ากว่าค่าที่วัดได้จริงจากการสังเกตประมาณ 6-10 วัน แต่แบบจำลองสามารถทำนายวันออกดอกและสุกแก่ของข้าวที่ปลูกแบบปักดำใกล้เคียงมากกว่าโดยมีความคลาดเคลื่อนจากค่าสังเกตไม่เกิน 5 วัน ซึ่งจากการสังเกตจากแปลงปลูกจริงพบว่าข้าวที่ปลูกแบบปักดำด้วยอายุกล้า 25-30 วัน จะสุกแก่ช้ากว่าข้าวที่ปลูกแบบหว่านน้ำตม (ที่หว่านวันเดียวกับหว่านกล้าสำหรับปักดำ) ประมาณ 5-7 วัน

ผลการจำลองเพื่อทำนายผลผลิตพบว่าค่าผลผลิตที่ได้จากการจำลองส่วนใหญ่ให้ค่าจากการจำลองมากกว่าค่าที่ได้จากการวัดจากแปลงปลูก จากการสังเกตพบว่าการทดลองที่พิษณุโลกข้าวได้รับความเสียหายจากการล้มโดยเฉพาะนาหว่าน ทำให้ผลผลิตน้อยกว่าที่ได้จากการจำลองมาก ยกเว้นข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 ที่ปักดำ ซึ่งได้ผลผลิตมากกว่าค่าจากการจำลองมากและมีค่าจำลองที่ได้ค่าติดลบซึ่งเป็นค่าผลผลิตของการหว่านด้วยอัตรา 45 กิโลกรัมต่อไร่ (รูปที่ 8-10(ข) และ 8-11)

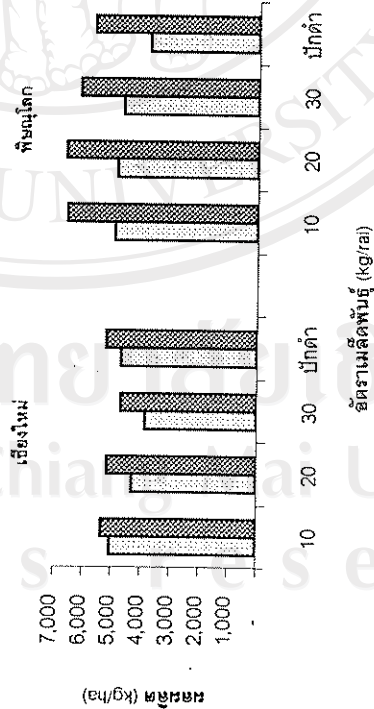
ข้าวดอกมะลิ 105



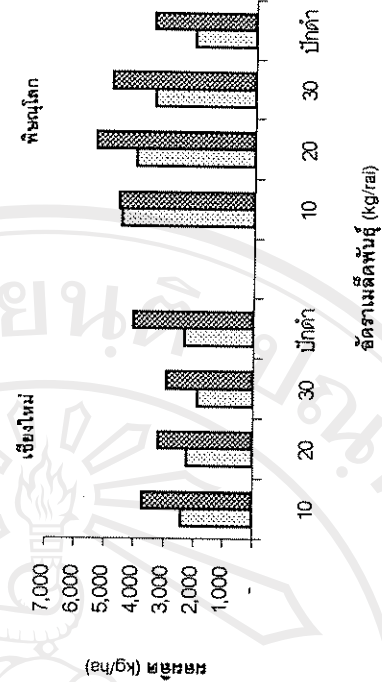
สุพรรณบุรี 60



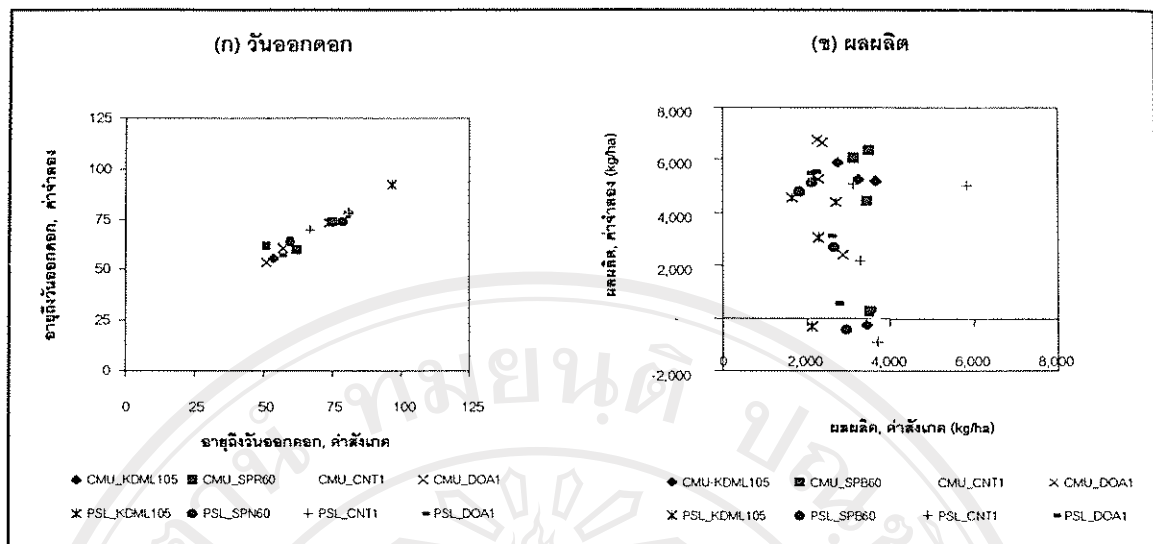
ชัยนาท 1



ก.จก.1



รูปที่ 8-9 เปรียบเทียบผลผลิตของข้าวหว่านน้ำตามีอัตราเมล็ดพันธุ์ 10, 20 และ 30 กิโลกรัมต่อไร่ กับผลผลิตของข้าวที่ได้จากการปักดำของข้าว 4 พันธุ์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่และศูนย์วิจัยข้าวพิษณุโลก 2541

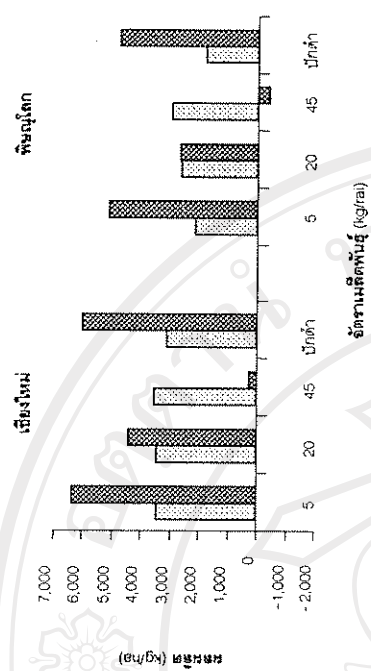


รูปที่ 8-10 เปรียบเทียบอายุออกดอกและผลผลิตที่เป็นค่าสังเกตกับค่าจำลองของการทดลองที่มีวิธีการปลูกข้าวแบบปักดำและหว่านน้ำตม ที่ใช้อัตราเมล็ดปลูกต่างๆ กัน, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ (CMU) และศูนย์วิจัยข้าวพิษณุโลก (PSL) 2542 โดยที่ KDML105 = ข้าวดอกมะลิ 105, SPB60 = สุพรรณบุรี 60, CNT1 = ชัยนาท 1 และ DOA1 = ก.ว.ก.1

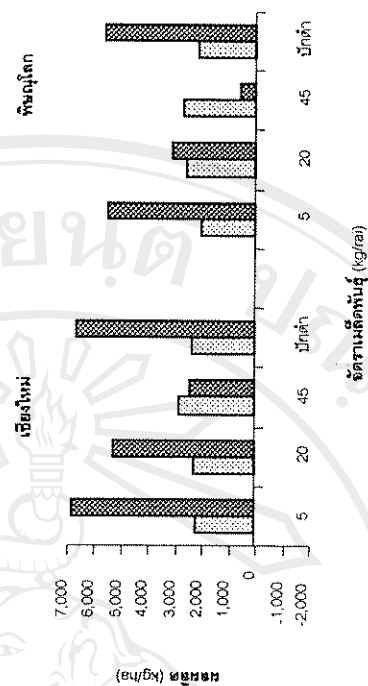
สำหรับการตอบสนองของการให้ผลผลิตข้าวต่ออัตราการหว่านเมล็ดพันธุ์ แบบจำลองไม่สามารถจำลองการปลูกด้วยอัตราเมล็ด 45 กิโลกรัมต่อไร่ได้ โดยได้ค่าผลผลิตที่เป็นลบและให้ผลผลิตสูงสุดที่อัตราเมล็ดต่ำ กล่าวคือที่อัตราเมล็ด 5 กิโลกรัมต่อไร่ต่างกับการตอบสนองในค่าสังเกตที่พบว่าไม่มีความแตกต่างกันมากระหว่างอัตราเมล็ดพันธุ์ต่างๆ กัน 3 ระดับ รวมถึงระหว่างการหว่านกับการปักดำ (รูปที่ 8-11) จากการวิเคราะห์ผลของการจำลองเมื่อกำหนดอัตราการหว่านเมล็ดสูง เมื่อการจำลองเข้าสู่ช่วงการสร้างเมล็ดจะมีการเพิ่มขึ้นของน้ำหนักรากอย่างมาก ทำให้เมื่อหักน้ำหนักรวมทั้งต้นออกจากรากน้ำหนักรากและน้ำหนักรากต้น จะได้ค่าน้ำหนักรวงที่เป็นลบ และยังสังเกตได้ว่าไม่มีการเปลี่ยนแปลงของจำนวนหน่อต่อตารางเมตรในตลอดช่วงการเจริญเติบโต (ตารางที่ 8-3)

การเปรียบเทียบค่าจำนวนหน่อต่อตารางเมตรระหว่างค่าจริงกับค่าสังเกต พบว่าแบบจำลอง RICER980 modified ให้ค่าจำนวนหน่อใกล้เคียงกับค่าสังเกตสำหรับอัตราเมล็ด 5 กิโลกรัมต่อไร่และวิธีการปักดำ แต่ให้ค่าที่แตกต่างกันมากสำหรับอัตราการหว่านเมล็ดที่ 45 กิโลกรัมต่อไร่ โดยจากการวัดพบว่าการลดลงของประชากรในทรีตเมนต์ต่างๆ จนถึงระดับความหนาแน่น 300-400 หน่อต่อตารางเมตร ในขณะที่แบบจำลองให้ค่าค่อนข้างคงที่ตลอดช่วงการเจริญเติบโต (รูปที่ 8-12)

09 ฐานพระมโหรี

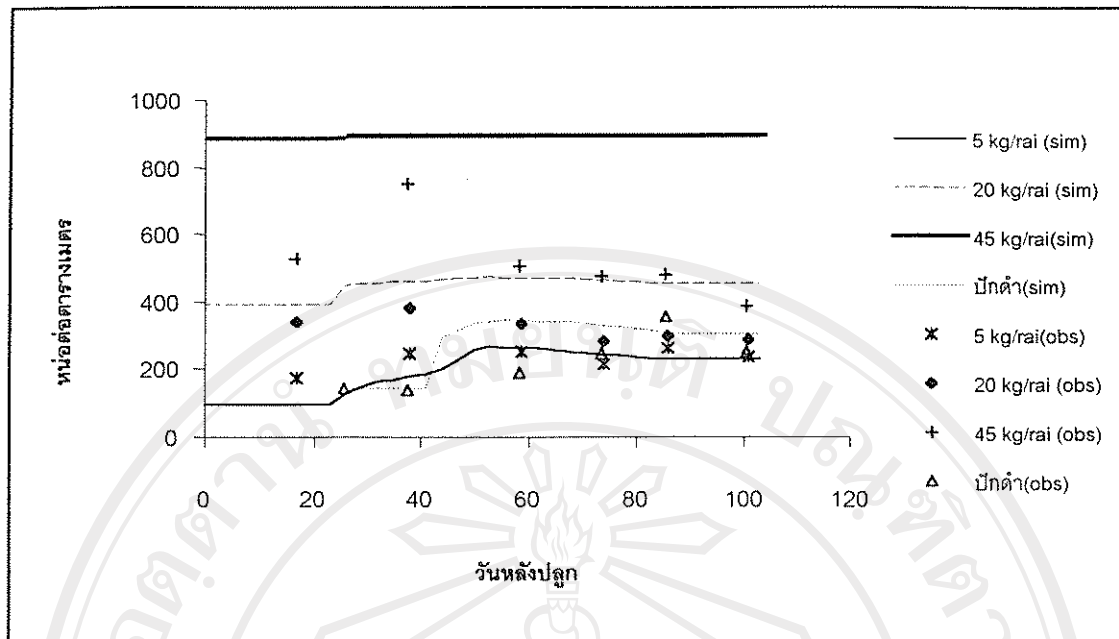


0.20.1



รูปที่ 8-11 ผลผลิตค่าสังเกตและค่าจำลองของชาวสวนผลไม้ตามท้องตราเมล็ดพันธุ์ 5, 20 และ 45 กิโลกรัมต่อไร่ กับผลผลิตข้าวที่ได้อาจวิธีการปักดำของข้าว 4 พันธุ์
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่และศูนย์วิจัยข้าวพิษณุโลก 2542

[illegible]



รูปที่ 8-12 เปรียบเทียบจำนวนหน่อต่อตารางเมตรของข้าวขาวดอกมะลิ 105 ระหว่างค่าจำลอง (sim) ด้วย RICER980 modified ที่ใช้ค่า $G3 = 0.35$ กับค่าสังเกต (obs) โดยการปลูกด้วยวิธีหว่านน้ำตมที่อัตราเมล็ด 5, 20 และ 45 กิโลกรัมต่อไร่และปักดำ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2542

สรุป

แบบจำลอง CERES-Rice ทั้งเวอร์ชันดั้งเดิม (RICER940) และเวอร์ชันปรับปรุงใหม่ (RICER980 modified) ต่างก็มีความสามารถในการประเมินระยะพัฒนาการของข้าวได้ดีไม่ว่าจะเป็นข้าวที่ไวแสงหรือไม่ไวแสงก็ตาม แต่ข้อได้เปรียบของแบบจำลองในเวอร์ชัน RICER980 modified ได้แก่ การที่แบบจำลองดังกล่าวสามารถจำลองจำนวนหน่อที่ตอบสนองต่อจำนวนประชากรข้าวได้เป็นที่น่าพอใจ แต่แบบจำลองเวอร์ชันนี้มีข้อจำกัดที่การกำหนดประชากรข้าวในอัตราที่สูง

สำหรับการจำลองผลผลิตข้าวที่มีการหว่านปลูกในอัตราเมล็ดพันธุ์ที่ระดับต่างกันและการปลูกแบบปักดำ แบบจำลองสามารถแสดงให้เห็นถึงการทดแทนของประชากรบนพื้นที่ในกรณีที่มีการปลูกที่อัตราความหนาแน่นเมล็ดพันธุ์ที่ต่ำ ส่งผลให้ผลผลิตที่ได้รับสอดคล้องกับผลที่วัดได้จริงกับงานทดลองในแปลงเพาะปลูก

สรุปโดยรวมแล้วแบบจำลองการเจริญเติบโตของข้าว CERES-Rice มีความสามารถที่จะจำลองการพัฒนาการและการให้ผลผลิตของข้าวได้ผลดีในระดับที่น่าพอใจ ทั้งนี้จะเห็นได้จากการที่แบบจำลองมีความสามารถตอบสนองต่อการจัดการวิธีการปลูกข้าว รวมทั้งความหนาแน่นประชากรข้าวได้ดี และโดยรวมแล้วสอดคล้องกับผลที่วัดได้จากงานที่ทำการทดสอบในภาคสนาม อย่างไรก็ตามการที่จะนำแบบจำลอง CERES-Rice มาใช้งานไม่ว่าเพื่อที่จะเป็นเครื่องมือในการ

ประกอบการตัดสินใจการผลิตข้าว หรือจะเป็นการประเมินผลผลิตข้าวหรือการหากลยุทธ์การจัดการเพื่อเพิ่มผลผลิตข้าวก็ตาม ผู้ใช้พึงต้องตระหนักว่าแบบจำลองดังกล่าวมีข้อสมมติฐานที่เป็นตัวจำกัดแบบจำลองที่จะผนวกปัจจัยอื่นๆ ในสภาพแปลงเพาะปลูกจริง เช่น ปัจจัยที่ไม่สามารถถูกควบคุมด้วยแบบจำลอง เช่น ศัตรูพืช (แมลง วัชพืช และโรค) และธาตุอาหารอื่นๆ นอกเหนือจากไนโตรเจน เป็นต้น ซึ่งปัจจัยดังกล่าวส่งผลให้แบบจำลองไม่สามารถจำลองพัฒนาการและผลผลิตที่ตรงกับสภาพความเป็นจริงได้สมบูรณ์แบบ จากผลการศึกษาครั้งนี้ได้พบข้อจำกัดของการใช้แบบจำลอง ได้แก่ การกำหนดอัตราการใช้ปุ๋ยให้มีประสิทธิภาพกับพืชเศรษฐกิจ. โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด. 106 หน้า.

เอกสารอ้างอิง

- กรมวิชาการเกษตร. 2533. เอกสารแนะนำข้าวและธัญพืชเมืองหนาวพันธุ์ดี 59 พันธุ์. สถาบันวิจัยข้าว กรมวิชาการเกษตร. 30 หน้า.
- กรมวิชาการเกษตร. 2536. คำแนะนำการใช้ปุ๋ยให้มีประสิทธิภาพกับพืชเศรษฐกิจ. โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด. 106 หน้า.
- จิรวัดน์ เวชแพศย์, ศักดิ์ดา จงแก้ววัฒนา, อานันท์ ผลวัฒนะ และ ทุสยน์ส์ ปาละ. 2543. การประเมินค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมของข้าวสำหรับแบบจำลอง CERES-Rice. หน้า 141-165. ใน เมธี เอกะสิงห์ และคณะ (บรรณาธิการ). รายงานผลการวิจัยฉบับสมบูรณ์ส่วนที่ 1 โครงการวิจัยระบบสนับสนุนการตัดสินใจการผลิตพืช: ข้าวในภาคเหนือ. ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- พนมศักดิ์ พรหมบุรณย์, อรรถชัย จินตะเวช และ เมธี เอกะสิงห์. 2543. โครงสร้างของระบบสนับสนุนการตัดสินใจการผลิตข้าว : โฟสพ 1.0. หน้า 213-237. ใน เมธี เอกะสิงห์ และคณะ (บรรณาธิการ). รายงานผลการวิจัยฉบับสมบูรณ์ส่วนที่ 1 โครงการวิจัยระบบสนับสนุนการตัดสินใจการผลิตพืช: ข้าวในภาคเหนือ. ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- ศักดิ์ดา จงแก้ววัฒนา, จิรวัดน์ เวชแพศย์ และ อานันท์ ผลวัฒนะ. 2542. การประเมินค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมของข้าวโดยใช้ Genotype Coefficient Calculator (GENCALC). หน้า 84-111. ใน เมธี เอกะสิงห์ และคณะ. รายงานความก้าวหน้าฉบับที่ 4 โครงการวิจัยระบบสนับสนุนการตัดสินใจการผลิตพืช: ข้าวในภาคเหนือ. ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- สถาบันวิจัยข้าว. 2533. รายงานประจำปี 2532. สถาบันวิจัยข้าว กรมวิชาการเกษตร. เอกสารโรเนียวเย็บเล่ม. 321 หน้า.

- De Datta, S.K. 1981. Principles and Practices of Rice Production. John Wiley & Sons, Inc., NY. 618 p.
- Hunt, L.A. and S. Pararajasingham. 1994. GENCALC: Genotype Coefficient Calculator USER'S GUIDE Version 3.0. Department of Crop Science, University of Guelph. Publication No. LAH-01-94. Crop Simulation Series No.3.
- IBSNAT. 1988. Experimental Design and Data Collection Procedures for IBSNAT. IBSNAT Technical Report 1, Third Edition, Revised 1988. International Benchmark Sites Network for Agrotechnology Transfer. University of Hawaii, Honolulu, HI.
- Jongdee, S., J.H. Mitchell, and S. Fukai. 1997. Modeling Approach for Estimation of Rice Yield Reduction Due to Drought in Thailand. p.65-73. *In* Fukui, S., M. Cooper and J. Salisbury (eds.). Breeding Strategies for Rainfed Lowland Rice in Drought-prone Environments. Proceedings of an International Workshop, Ubon Ratchathani, Thailand, 5-8 November 1996. ACIAR Proceeding No.77.
- Matsushima, S. 1970. Crop Science in Rice. Fuji Publ. Co. Ltd., Tokyo. 367 p.
- Ritchie, J.T., E.C. Alocilja, and G. Uehara, 1986. IBSNAT/CERES Rice Model. Agrotechnology Transfer. 3:1-5.
- Takenaga, H. 1995. Nutrient Absorption in Relation to Environmental Factors. p. 278-310. *In* Matsuo, T., K. Kumazawa, R. Ishii, K. Ishihara, and H. Hirata (eds.). Science of the Rice Plant. Vol. 2 Physiology. Food and Agriculture Policy Research Center, Tokyo, Japan.
- Yoshida, S. 1981. Fundamentals of Rice Crop Science. The International Rice Research Institute, Los Banos, Philippines. 269 p.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

โครงสร้างของระบบสนับสนุนการตัดสินใจการผลิตข้าว : โฟสพ 1.0

พนมศักดิ์ พรหมบุรณย์¹

อรรณชัย จินตะเวช²

และ เมธี เอกะสิงห์²

คำนำ

ระบบสนับสนุนการวางแผนการผลิตพืชในพื้นที่เป้าหมายที่มีขนาดใหญ่จำเป็นต้องมีองค์ประกอบหลัก 3 ประการ คือ (1) ข้อมูลสิ่งแวดล้อมทางกายภาพและชีวภาพซึ่งเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อระดับผลผลิตพืช ทั้งด้านพื้นที่เพาะปลูกพืช คุณสมบัติของดิน สภาพภูมิอากาศ พันธุ์พืชที่ปลูก และการเขตกรรม โดยอาศัยเทคโนโลยีระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ (Geographic Information System, GIS) ในการจัดทำและจัดการข้อมูลเชิงพื้นที่เหล่านี้ (2) ระบบประมาณการณ์ผลผลิตที่จะได้รับจากการปลูกพืชภายใต้สิ่งแวดล้อมและการจัดการต่างๆ โดยใช้แบบจำลองผลผลิตพืช (crop model) ซึ่งต้องการข้อมูลในองค์ประกอบที่ 1 มาใช้ในการประเมิน (3) โปรแกรมเชื่อมโยง (interface) ระหว่างข้อมูลเชิงพื้นที่กับแบบจำลองพืช รวมทั้งระหว่างผู้ใช้กับแบบจำลองพืช ทั้งนี้ควรเป็นระบบที่สามารถสื่อสารโต้ตอบอย่างเป็นกันเองและสะดวกกับผู้ใช้ และแสดงผลการจำลองและการวิเคราะห์ในรูปแบบต่างๆ ได้

ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์เป็นระบบที่ประกอบด้วยซอฟต์แวร์และฮาร์ดแวร์คอมพิวเตอร์ ใช้จัดการข้อมูลเชิงพื้นที่ในด้านการรวบรวม บันทึก แก้ไขปรับปรุง และมีความสามารถในการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่เพื่อวัตถุประสงค์ที่เฉพาะเจาะจง พร้อมทั้งนำเสนอผลในรูปแบบแผนที่ ใน GIS ข้อมูลต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นได้จากภาพถ่ายทางอากาศ ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม หรือแผนที่ มีการจัดแยกเก็บเป็นชั้นข้อมูล (layer) ในชั้นข้อมูลจะประกอบด้วยองค์ประกอบหลัก 2 ประเภทคือ ค่าตำแหน่งหรือพิกัดภูมิศาสตร์ของวัตถุที่ปรากฏในพื้นที่และข้อมูลที่อธิบายคุณลักษณะของวัตถุนั้นๆ (ESRI, 1995) เนื่องจาก GIS มีคุณสมบัติที่สามารถนำไปใช้วิเคราะห์และจัดการในด้านทรัพยากรธรรมชาติ การเกษตร เศรษฐกิจ และอื่นๆ จึงได้รับพัฒนาและนำไปใช้อย่างกว้างขวางในเชิงบูรณาการ ทำให้ในปัจจุบัน GIS จึงไม่ได้หมายถึงเฉพาะเทคโนโลยีทางด้านคอมพิวเตอร์เท่านั้น (Maguire, 1991)

แบบจำลองข้าว CERES-Rice ได้รับการพัฒนาและออกแบบมาโดยมีเป้าหมายเพื่อใช้คาดการณ์ผลผลิตในระดับแปลงทดลองภายใต้เงื่อนไขการผลิตที่เฉพาะเจาะจง เพื่อใช้ทดสอบการออกแบบการแก้ปัญหาหรือการพัฒนาการผลิตแทนการดำเนินการจริงในแปลงทดลอง (อรรณชัย และคณะ, 2540) ซึ่งในการคาดการณ์ผลผลิตในแต่ละครั้งจะเกี่ยวข้องกับตัวแปรด้าน

¹ ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

² ภาควิชาปฐพีศาสตร์และอนุรักษศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

สิ่งแวดล้อมและการจัดการที่มีความผันแปรไม่มากนัก เช่น ชนิดและคุณสมบัติของชุดดิน ปริมาณน้ำฝน การจัดการน้ำและปุ๋ย อุณหภูมิ และแสงอาทิตย์ เป็นต้น ดังนั้นการกำหนดเงื่อนไข การจัดการ ปังจัย และสิ่งแวดล้อมของการจำลองนั้น สามารถกระทำได้โดยอาศัยการป้อนข้อมูลผ่านระบบเมนูของ DSSAT Shell (Tsuji et al., 1994) แต่เมื่อพื้นที่เป้าหมายที่ต้องการคาดการณ์ผลผลิตมีขนาดใหญ่มากขึ้น เช่น ครอบคลุมทั้งจังหวัด หรือภูมิภาค ส่งผลให้ความผันแปรของปังจัยและเงื่อนไขการผลิตมีเพิ่มมากขึ้น (เมธี และคณะ, 2543)

การเชื่อมโยงระหว่างโปรแกรมทางด้าน GIS กับโปรแกรมแบบจำลองสามารถทำได้หลายวิธีโดยขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์การนำไปใช้ หลักการในการเชื่อมโยงดังกล่าวอาศัยการส่งผ่านตัวแปรหรือคำสั่งที่รับรู้ได้ระหว่างสองโปรแกรมหรือมากกว่า (Integration protocol) เช่น การใช้ชุดคำสั่ง ภาษา Avenue, ภาษา C และ Remote Procedure Call (Yates and Bishop, 1997)

Hartkamp et al. (1999) ได้จัดแบ่งวิธีการเชื่อมโยงระหว่าง GIS กับแบบจำลองพืชจากระบบที่ได้มีการพัฒนาด้วยวิธีการต่างๆ ออกเป็น 3 ประเภทหลัก คือ (1) การเชื่อมโยง (Linking) ซึ่งเป็นเพียงการนำผลที่ได้จากแบบจำลองไปใช้สำหรับการแสดงผลใน GIS ส่วน user interface ของแต่ละส่วนยังแยกกันอยู่ (2) การผสมผสาน (Combining) เป็นลักษณะที่มีการส่งผ่านหรือแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่าง GIS กับแบบจำลองแบบอัตโนมัติ มี user interface ระบบเดียว แต่องค์ประกอบหลักยังแยกส่วนกันเหมือนเดิม และ (3) การบูรณาการ (Integrating) คือการผนวก GIS และแบบจำลองเข้าเป็นระบบเดียวกันและสามารถทำงานต่อเนื่องกันจนเสร็จสิ้นกระบวนการ

ในประเทศไทยได้มีการนำ GIS มาพัฒนาระบบฐานข้อมูลเชิงพื้นที่ในระดับประเทศ ซึ่งประกอบด้วยฐานข้อมูลเชิงพื้นที่และระบบเรียกใช้ในรูปแบบกราฟิก (Graphic User Interface, GUI) ที่เป็นภาษาไทย โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อใช้วิเคราะห์และสนับสนุนการจัดการทรัพยากรดินและการใช้ประโยชน์ที่ดินทางการเกษตร (เมธี และคณะ, 2542) นอกจากนี้ อรรถชัย และ Thornton (2540) ได้พัฒนาระบบประมาณการณ์ผลผลิตอ้อยในพื้นที่ขนาดใหญ่โดยใช้ GIS และฐานข้อมูลเชิงพื้นที่หลักแบบราสเตอร์ (raster) ร่วมกับแบบจำลองอ้อย โดยมีโปรแกรมระบบเชื่อมโยงส่วนใหญ่ทำงานภายใต้ระบบปฏิบัติการ MS-DOS

โครงการวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อที่จะพัฒนาระบบสนับสนุนการตัดสินใจการผลิตข้าวที่มีสมรรถนะในการเชื่อมโยงฐานข้อมูลเชิงพื้นที่และข้อมูลอรรถาธิบาย (attribute data) ต่างๆ เข้ากับแบบจำลองข้าว มีระบบ GUI เป็นภาษาไทยสำหรับผู้ใช้งาน เพื่อกำหนดพื้นที่ ระบุรายละเอียดการจัดการ การเชื่อมโยงกับแบบจำลองข้าว CERES-Rice เพื่อทำการประเมินผลผลิตให้ได้ในระดับตำบล อำเภอ และจังหวัด พร้อมทั้งแสดงผลการจำลองในรูปของแผนที่และตาราง นอกจากนี้ยังสามารถจำลองสถานการณ์การลดการขยายพื้นที่ปลูกข้าวพันธุ์ต่างๆ ในจังหวัดเชียงใหม่และพิษณุโลกด้วย ซึ่งระบบนี้ให้ชื่อว่า ไพศพ 1.0

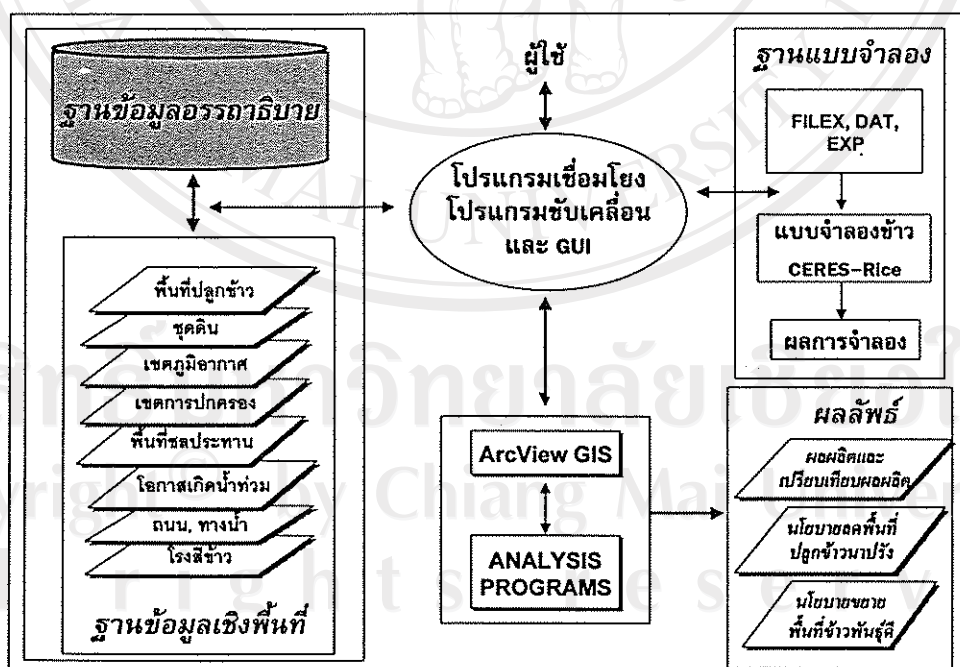
วิธีการศึกษา

ระบบ โฟสพ 1.0 ที่ได้พัฒนาขึ้นในโครงการวิจัยนี้จัดได้ว่าเป็นระบบสนับสนุนการตัดสินใจในการผลิตพืชที่อิงข้อมูลเชิงพื้นที่ที่ระบบแรกในประเทศไทยมีส่วนประกอบหลักดังนี้ และโครงสร้างหลักของระบบ โฟสพ 1.0 แสดงดังรูปที่ 9-1

1. **ฐานข้อมูลเชิงพื้นที่** ประกอบด้วยชั้นข้อมูลหลักคือ ชุดดิน ขอบเขตการปกครอง ตำแหน่งโรงสีข้าว ถนน ทางน้ำ เขตภูมิอากาศ พื้นที่ปลูกข้าว พื้นที่ชลประทาน และชั้นข้อมูลที่สำคัญสำหรับนำไปเชื่อมโยงเข้ากับแบบจำลองข้าว ได้แก่ ชั้นข้อมูลหน่วยจำลองการผลิตย่อย (Minimum Simulating Mapping Unit, MSMU) ซึ่งได้สร้างขึ้นจากการวิเคราะห์เชิงซ้อนทับ (overlay) ของชั้นข้อมูลพื้นที่เพาะปลูกข้าว เขตภูมิอากาศ ชุดดิน พื้นที่รับน้ำชลประทาน และความเสี่ยงต่อการเกิดน้ำท่วม ซึ่งจะได้กล่าวถึงรายละเอียดในภายหลัง

2. **ฐานข้อมูลบรรยาย** เป็นข้อมูลใช้อธิบายคุณลักษณะต่างๆ ของแต่ละข้อมูลเชิงพื้นที่ที่จำเป็นสำหรับการทำงานของแบบจำลองพืช เช่น คุณสมบัติของชุดดิน ภูมิอากาศ ถนน ชื่อขอบเขตการปกครอง ตำแหน่งและชื่อของโรงสี เป็นต้น

3. **ระบบปฏิบัติการ** ระบบ โฟสพ 1.0 ได้รับการออกแบบและพัฒนาให้สามารถทำงานบนเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ ภายใต้ระบบปฏิบัติการ Windows 95/98/NT Thai edition ซึ่งสามารถรองรับการประมวลผลหรือการทำงานหลายอย่างพร้อมกัน (multitasking) และสนับสนุนการแสดงผลภาษาไทย



รูปที่ 9-1 โครงสร้างของระบบสนับสนุนการตัดสินใจการผลิตข้าว โฟสพ 1.0

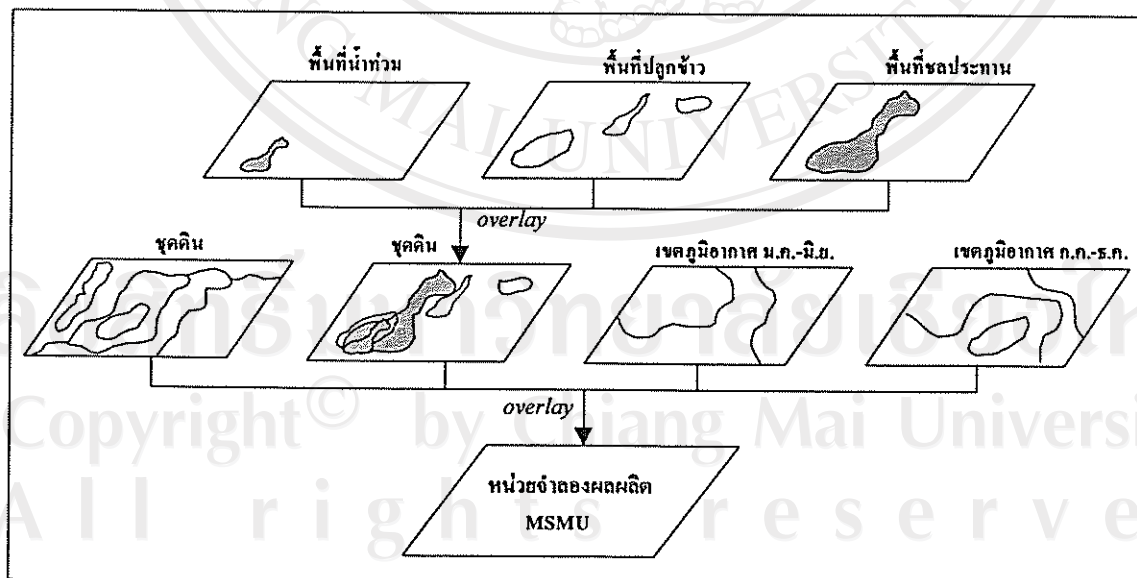
4. แบบจำลองข้าว โครงการนี้ได้เลือกใช้แบบจำลองข้าว CERES-Rice ซึ่งได้ทำการศึกษาทดลองเพื่อปรับค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับพันธุ์ข้าวที่ใช้ในโครงการวิจัยนี้

5. ArcView 3.1 เป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์ด้านระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ที่มีความสามารถในการเรียกใช้ วิเคราะห์ และแสดงผลข้อมูลเชิงพื้นที่ในรูปแบบที่และตารางข้อมูล อร์ราธิบาย (ESRI, 1996a)

6. โปรแกรมเชื่อมโยงและโปรแกรมขับเคลื่อน เป็นส่วนสำคัญของระบบ มีหน้าที่หลักในการสื่อสารและโต้ตอบกับผู้ใช้แบบกราฟิก (GUI) ภาษาไทย โดยเชื่อมโยงฐานข้อมูลเชิงพื้นที่และข้อมูลออร์ราธิบายเข้ากับแบบจำลอง ขับเคลื่อนให้แบบจำลองทำการคำนวณผลผลิต และนำเสนอผลลัพธ์ในรูปแบบต่างๆ

การสร้างข้อมูลเชิงพื้นที่หน่วยจำลองการผลิตข้าว

นำชั้นข้อมูลพื้นที่ปลูกข้าวนาปีและนาปรังของจังหวัดเชียงใหม่และพิษณุโลก (ถาวร และคณะ, 2543) มาวิเคราะห์เชิงซ้อนทับกับชั้นข้อมูลพื้นที่รับน้ำชลประทานของโครงการขนาดใหญ่ ขนาดกลาง และขนาดเล็ก ที่สร้างขึ้นในโครงการวิจัยนี้ (เมธี และ สุริย์พร, 2543) โดยใช้คำสั่ง UNION ใน ARC/INFO เพื่อจำแนกพื้นที่ปลูกข้าวในเขตชลประทานและนอกเขตชลประทาน แล้วจึงใช้ชั้นข้อมูลโอกาสที่จะเกิดน้ำท่วม (เมธี และคณะ, 2543) มาซ้อนทับด้วยวิธีการเดียวกัน (รูปที่ 9-2) เพื่อจำแนกนิเวศการผลิตข้าวที่สามารถบ่งบอกถึงพื้นที่ปลูกข้าวในและนอกเขตชลประทานที่มีโอกาสถูกน้ำท่วมในระดับต่างๆ



รูปที่ 9-2 การสร้างชั้นข้อมูลหน่วยการจำลองการผลิตข้าว

นำชั้นข้อมูลนิเวศการผลิตข้าวที่ได้ไปวิเคราะห์เชิงซ้อนทับใน ARC/INFO ร่วมกับฐานข้อมูลเชิงพื้นที่ที่เป็นปัจจัยสนับสนุนการผลิตข้าวอื่นๆ ได้แก่ ฐานข้อมูลชุดดินที่ได้พัฒนาขึ้นโดยเมธีและคณะ (2543) และข้อมูลเชิงพื้นที่ขอบเขตภูมิอากาศซึ่งได้จัดสร้างแยกเป็น 2 ชุด โดยเป็นชั้นข้อมูลสำหรับช่วงมกราคม-มิถุนายนและช่วงกรกฎาคม-ธันวาคม ดังรายละเอียดที่เมธีและจุไรพร (2543) ได้อธิบายไว้ในรายงานฉบับนี้ ทำให้ได้ชั้นข้อมูลหน่วยการจำลองการผลิตย่อย MSMU ของการผลิตข้าวนาปี มีรหัสของเขตภูมิอากาศที่วิเคราะห์จากข้อมูลช่วงเดือนกรกฎาคม-ธันวาคม และในส่วนของเขตการผลิตข้าวนาปรังมีรหัสของเขตภูมิอากาศที่วิเคราะห์จากข้อมูลช่วงเดือนมกราคม-มิถุนายนกำกับ

เพื่ออำนวยความสะดวกให้ผู้ใช้งานสามารถเลือกพื้นที่เป้าหมายได้ตามขอบเขตตำบล อำเภอ หรือทั้งจังหวัด จึงได้นำชั้นข้อมูล MSMU วิเคราะห์เชิงซ้อนทับกับชั้นข้อมูลขอบเขตการปกครองระดับตำบลโดยใช้วิธี IDENTITY ใน ARC/INFO เพื่อให้สามารถระบุได้ว่า MSMU ใดตกอยู่ในเขตตำบลใด

นอกจากนี้ยังได้นำเข้าข้อมูลพื้นฐานการผลิตข้าวของแต่ละตำบลซึ่งทำการสำรวจและรวบรวมไว้โดยกรมส่งเสริมการเกษตรในฤดูปลูกข้าวปี 2540 เพื่อให้ทราบถึงพันธุ์ข้าวหลักที่เกษตรกรปลูกในแต่ละตำบล จากนั้นนำไปเชื่อมโยงเข้ากับชั้นข้อมูล MSMU เพื่อระบุพันธุ์ข้าวที่ปลูกในแต่ละ MSMU ทั้งนี้เพื่อให้สามารถประมาณการผลผลิตได้ใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากขึ้น

ดังนั้นจึงสามารถระบุข้อมูลที่เป็นสภาพแวดล้อมและปัจจัยต่างๆ ในการกำหนดผลผลิตข้าว ได้แก่ ชุดดิน การจัดการน้ำ เขตภูมิอากาศ เขตการปกครอง และพันธุ์ข้าวหลักที่เกษตรกรปลูกในแต่ละ MSMU ซึ่งข้อมูลเหล่านี้สามารถนำไปใช้สร้างข้อมูลนำเข้าในแบบจำลอง CERES-Rice เพื่อประมาณผลผลิตต่อไป

การจัดเตรียมชั้นข้อมูลเชิงพื้นที่และข้อมูลอรรถาธิบายประกอบ

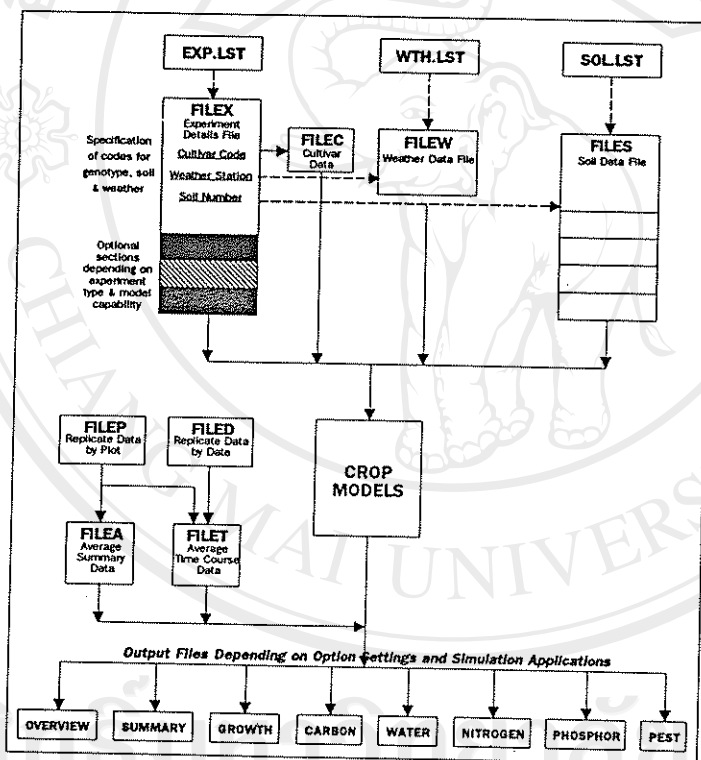
ข้อมูลเชิงพื้นที่ที่ได้บรรจุไว้ในระบบ ได้แก่ ตำแหน่งโรงสี ถนน ทางน้ำ รวมทั้งแผนที่แสดงปัจจัยที่มีผลต่อระดับผลผลิตข้าว ได้แก่ พื้นที่เพาะปลูกข้าว เขตภูมิอากาศ ชุดดิน พื้นที่รับน้ำชลประทาน และเขตโอกาสเกิดน้ำท่วม ชั้นข้อมูลทั้งหมดได้จัดเก็บในรูปแบบ shapefile ที่ ArcView สามารถเรียกใช้ได้ โดยทำการแยกเก็บเป็นสัดส่วนใน sub-directory ต่างๆ ตามประเภทของข้อมูล

ส่วนข้อมูลอรรถาธิบายในระบบนี้ได้รับการจัดเก็บในรูปแบบของตารางสัมพันธ์ ซึ่งได้ปรับปรุงจากโครงสร้างฐานข้อมูลเดิมที่พัฒนาขึ้นในโครงการวิจัยนี้ ทั้งนี้เพื่อให้สอดคล้องและรองรับการทำงานของระบบที่ได้ออกแบบและพัฒนาขึ้น ข้อมูลอรรถาธิบายทั้งหมดสามารถจัดแบ่งออกเป็น 2 ประเภทหลัก คือ (1) ข้อมูลที่ใช้สำหรับอธิบายหรือให้รายละเอียดประกอบชั้นข้อมูลเชิงพื้นที่ ได้แก่ ข้อมูลโครงการชลประทาน ข้อมูลโรงสีข้าว ข้อมูลชื่อขอบเขตการปกครอง

(2) ข้อมูลที่ใช้สำหรับการวิเคราะห์และการจำลองผลผลิตข้าว ได้แก่ ข้อมูลคุณสมบัติชุดดิน และข้อมูลอุณหภูมิต่อแต่ละเขตภูมิอากาศ

แบบจำลองข้าว CERES-Rice

ได้ทำการศึกษาโครงสร้างของข้อมูลและรูปแบบของข้อมูลที่เป็นปัจจัยกำหนดผลผลิตข้าว ในแบบจำลองผลผลิตพืชของระบบ DSSAT 3.0 (รูปที่ 9-3) เพื่อเป็นแนวทางในการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่สำหรับสร้างแฟ้มข้อมูลควบคุมการจำลอง (FILEX) ซึ่งเป็นแฟ้มข้อมูลแบบ ASCII บรรจुरายละเอียดตัวแปรและปัจจัยของสถานการณ์การผลิตพืชต่างๆ ที่แบบจำลองข้าว CERES-Rice ต้องการสำหรับการคาดการณ์ผลผลิต เช่น พันธุ์ข้าว ชุดดิน แหล่งข้อมูลภูมิอากาศ การจัดการน้ำ การจัดการปุ๋ย วันปลูก และวิธีการปลูก เป็นต้น ดังโครงสร้างหลักและรายละเอียดของ FILEX ใน Tsuji et al. (1994)



รูปที่ 9-3 ข้อมูลนำเข้าสำหรับใช้ในแบบจำลองพืชและข้อมูลที่ได้จากการจำลอง (Tsuji et al., 1994)

การคำนวณผลผลิตข้าวของ CERES-Rice ต้องการข้อมูลคุณสมบัติของชุดดินด้านเคมีและฟิสิกส์ (ตารางที่ 9-1) ในชั้นความลึกต่างๆ และระดับปริมาณธาตุอาหารในวันที่เริ่มปลูกในรูปแบบแฟ้มข้อมูล ASCII ชื่อ SOIL.SOL และ SOIL.INI ตามลำดับ (ตารางที่ 9-2 และตารางที่ 9-3) พร้อมทั้งชุดข้อมูลภูมิอากาศซึ่งได้วิเคราะห์และจัดเตรียมไว้เป็นแฟ้มข้อมูลประเภท CLI (เมธี และ จุไรพร, 2543)

นอกจากนี้ยังมีแฟ้มข้อมูลที่ทำหน้าที่กำหนดและควบคุมการจำลองของแบบจำลองข้าว อีก 2 แฟ้มข้อมูล คือ แฟ้มข้อมูลรายละเอียดและจำนวนของการจำลอง (EXP.LST) และแฟ้มข้อมูลหน่วยการจำลองที่ระบุรหัสชุดดินและรหัสเขตภูมิอากาศ (*.DAT) ซึ่งจำนวนของการจำลองที่ระบุในสองแฟ้มข้อมูลนี้จะเท่ากับจำนวนของ MSMU ที่ไม่ซ้ำกัน (Unique Minimum Simulating Mapping Unit, UMSMU) ที่กระจายตัวอยู่ในพื้นที่ที่สนใจ

ตารางที่ 9-1 คุณสมบัติทางเคมีและฟิสิกส์ของชุดดินที่แบบจำลองข้าว CERES-Rice ต้องการ

Header	Description	Items
SCOM	Color, moist, Munsell hue	SCOM
SALB	Albedo, fraction	SALB*
SLU1	Evaporation limit, cm	SLU1*
SLDR	Drainage rate, fraction day ⁻¹	SLDR*
SLRO	Runoff curve number	SLOR*
SLNF	Mineralization factor	SLNF*
SLPF	Photosynthesis factor	SLPF*
SMHB	pH in buffer determination method	SMHB
SMPX	Phosphorus, extractable, determination	SMPX
SMKE	Potassium determination method	SMKE*
SLB	Depth, base of layer, cm	LSEPTE
SLMH	Master horizon	HOR_SYMB
SLLL	Lower limit, cm ³ cm ⁻³	LLIMIT
SDUL	Upper limit, drained, cm ³ cm ⁻³	ULIMIT
SSAT	Upper limit, saturated, cm ³ cm ⁻³	SSAT*
SRGF	Root growth factor	SRGF*
SSKS	Saturated hydraulic conductivity, macropore cm h ⁻¹	SSKS*
SBDM	Bulk density, moist, g cm ⁻³	BULKDEN
SLOC	Organic carbon, %	ORG_C
SLCL	Clay (<0.002 mm), %	CLAY
SLSI	Silt (0.05–0.002 mm), %	SILT
SLCF	Coarse fraction (>2 mm), %	CSFRAC
SLNI	Total nitrogen, %	N
SLHW	pH in water	PH_H2O
SLHB	pH in buffer	PH_KCL
SCEC	Cation exchange capacity, cmol kg ⁻¹	CEC

* ข้อมูลเหล่านี้ไม่มีการศึกษาและบันทึกไว้ในฐานข้อมูลเดิมของกรมพัฒนาที่ดินแต่สามารถหาได้จาก ค่าความสัมพันธ์กับคุณสมบัติอื่นๆ หรือให้ค่าตามที่ได้มีการกำหนดไว้ (default)

ตารางที่ 9-2 ตัวอย่างแฟ้มข้อมูลคุณสมบัติของชุดดินที่แบบจำลองนำไปใช้ได้ (SOIL.SOL)

* Soil Input File															
! Prepared by Panomsak Promburom															
*CMCM980102 MCCDL -99 107 Fine sandy clay loam															
@SITE	COUNTRY	LAT	LONG	SCS_FAMILY											
MCC_CMU	Thailand	18.80	98.90												
@ SCOM	SALB	SLU1	SLDR	SLRO	SLNF	SLPF	SMHB	SMPX	SMKE						
-99	0.13	9.8	0.05	84.00	1.00	1.00	SA008	SA003	-99						
@ SLB	SLMH	SLLL	SDUL	SSAT	SRGF	SSKS	SBDM	SLOC	SLCL	SLSI	SLCF	SLNI	SLHW	SLHB	SCEC
16	Apg	0.090	0.220	0.425	0.850	0.5	1.50	1.06	13.0	45.0	0.0	-99	5.8	4.8	62.0
26	B12tg	0.170	0.280	0.425	0.660	0.2	1.50	0.00	30.0	33.0	0.0	-99	7.7	6.1	11.0
44	B22tg	0.170	0.280	0.425	0.500	0.2	1.50	0.00	27.5	33.5	0.0	-99	7.8	6.3	12.0
107	B23tg	0.170	0.280	0.425	0.220	0.2	1.50	0.00	30.5	32.5	0.0	-99	8.4	6.8	10.0
*CMCM980153 MCCDL -99 55 Clay loam															
@SITE	COUNTRY	LAT	LONG	SCS_FAMILY											
MCC_CMU	Thailand	18.80	98.90	Lithic Haplust											
@ SCOM	SALB	SLU1	SLDR	SLRO	SLNF	SLPF	SMHB	SMPX	SMKE						
-99	0.13	9.8	0.25	84.00	1.00	1.00	SA008	SA003	-99						
@ SLB	SLMH	SLLL	SDUL	SSAT	SRGF	SSKS	SBDM	SLOC	SLCL	SLSI	SLCF	SLNI	SLHW	SLHB	SCEC
7	A1	0.110	0.230	0.395	0.930	0.7	1.58	2.73	16.0	27.5	0.0	-99	5.0	4.3	12.0
19	A2	0.130	0.250	0.395	0.770	0.5	1.58	1.70	21.5	22.5	0.0	-99	5.1	4.0	12.0
55	B2t	0.240	0.360	0.421	0.480	0.0	1.51	0.93	47.0	24.5	0.0	-99	4.3	3.6	15.0
100	C	0.260	0.470	0.421	0.210	0.0	1.51	0.60	52.5	22.5	0.0	-99	5.2	3.8	14.0

ตารางที่ 9-3 ตัวอย่างแฟ้มข้อมูลระดับปริมาณธาตุอาหารในวันที่เริ่มปลูก (SOIL.INI)

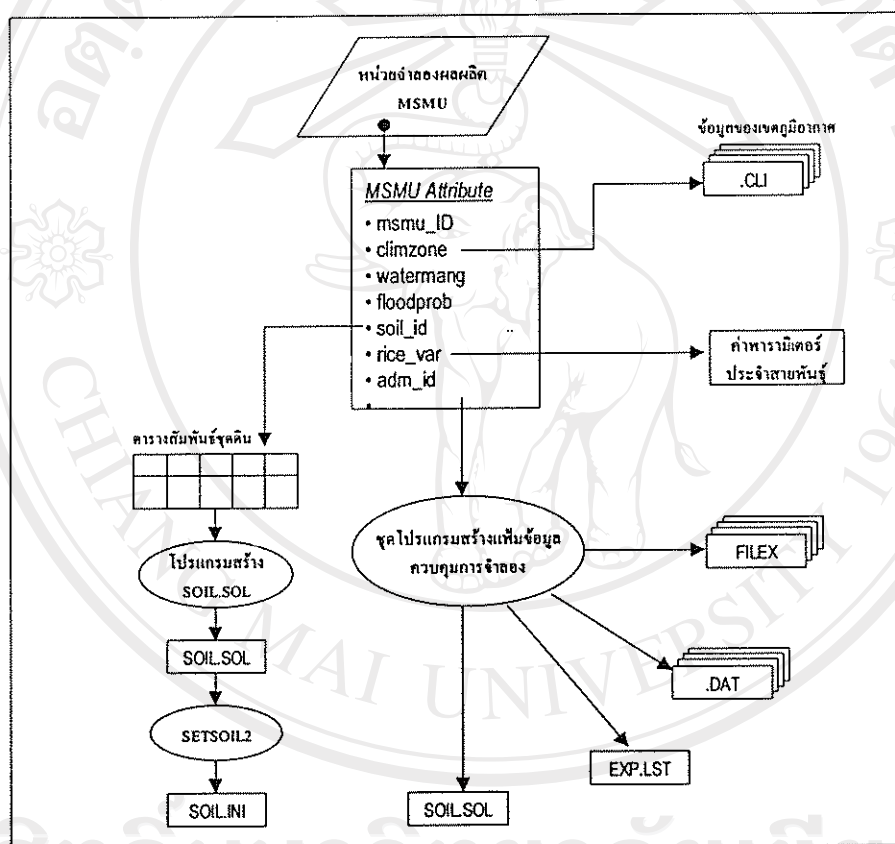
SOILINITCON_ID	PCR	ICDAT	ICRT	ICND	ICRN	ICRE	ICBL1	SH20	SNH4	SNO3	ICBL2	SH20	SNH4	SNO3
CMCM990012_001			100	0	1.00	1.00	17	.220	1.0	2.0	65	.310	1.0	1.0
96	.350	1.0	1.0	130	.330	1.0	1.0							
CMCM990047_001			100	0	1.00	1.00	5	.250	1.0	2.0	25	.330	1.0	1.0
100	.390	1.0	1.0	140	.400	1.0	1.0	180	.380	1.0	1.0			
CMCM990055_001			100	0	1.00	1.00	12	.050	1.0	2.0	33	.050	1.0	1.0
55	.050	1.0	1.0	100	.090	1.0	1.0							
CMCM990058_001			100	0	1.00	1.00	9	.120	1.0	2.0	34	.220	1.0	1.0
56	.240	1.0	1.0	80	.250	1.0	1.0							
CMCM990077_001			100	0	1.00	1.00	15	.090	1.0	2.0	22	.170	1.0	1.0
50	.270	1.0	1.0	79	.280	1.0	1.0	115	.280	1.0	1.0			
CMCM990080_001			100	0	1.00	1.00	22	.120	1.0	2.0	42	.160	1.0	1.0
75	.190	1.0	1.0	97	.190	1.0	1.0	145	.190	1.0	1.0			
CMCM990101_001			100	0	1.00	1.00	6	.050	1.0	2.0	19	.070	1.0	1.0
27	.100	1.0	1.0	48	.130	1.0	1.0	105	.210	1.0	1.0			
CMCM990102_001			100	0	1.00	1.00	16	.090	1.0	2.0	26	.170	1.0	1.0
44	.160	1.0	1.0	107	.170	1.0	1.0							

การพัฒนาโปรแกรมเชื่อมโยง โปรแกรมขับเคลื่อน และ GUI

โปรแกรมต่างๆ และ GUI ในระบบฯ พัฒนาขึ้นจาก Avenue (ESRI, 1996b) ซึ่งเป็นภาษาคอมพิวเตอร์ประเภท Object Oriented Programming (OOP) เพื่อกำหนดการทำงานของ ArcView ให้เป็นไปในรูปแบบที่ผู้ใช้ต้องการ ร่วมกับ ArcView Dialog Designer (ESRI, 1997) ซึ่งเป็นภาษาที่ใช้ในการพัฒนาโปรแกรมเสริมสำหรับสื่อสารกับผู้ใช้อย่างเป็นกันเองในแบบ GUI ชุดโปรแกรมหลักที่พัฒนาขึ้นเพื่อทำหน้าที่ต่างๆ ในระบบประกอบด้วยโปรแกรมสร้างแฟ้มข้อมูลคุณสมบัติของชุดดินสำหรับแบบจำลองข้าว โปรแกรมสร้างแฟ้มข้อมูลควบคุมการจำลอง โปรแกรมขับเคลื่อนแบบจำลอง และโปรแกรมแสดงแผนที่ผลผลิตจากการจำลอง

โปรแกรมสร้างแฟ้มข้อมูลคุณสมบัติของชุดดินสำหรับแบบจำลองข้าว

ฐานข้อมูลคุณสมบัติต่างๆ ของชุดดินที่จะนำมาใช้สำหรับแบบจำลองข้าว CERES-Rice ต้องได้รับการแปลงให้เป็นแฟ้มข้อมูล SOIL.SOL (รูปที่ 9-4) ที่แบบจำลองสามารถนำไปใช้ได้ โดยใช้โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นจากภาษา Avenue เพื่อทำหน้าที่สกัดเอารหัสของชุดดินที่ปรากฏอยู่ในชั้นข้อมูลชุดดินของจังหวัดพิษณุโลกและเชียงใหม่ หรือพื้นที่ศึกษาอื่นๆ ที่สนใจ แล้วเชื่อมโยงเข้ากับฐานข้อมูลอธิบายชุดดินที่ออกแบบและพัฒนาขึ้นในโครงการวิจัยนี้ (เมธี และคณะ, 2543ข) เพื่อดึงเอาคุณสมบัติของชุดดินที่ตรงกับที่ปรากฏในพื้นที่ นำมาสร้างเป็นแฟ้มข้อมูล SOIL.INI จากนั้นใช้โปรแกรมที่สร้างจากภาษา FORTRAN สกัดเอาข้อมูลค่าคุณสมบัติเริ่มต้นของชุดดินจาก SOIL.SOL แล้วสร้างเป็นแฟ้มข้อมูล SOIL.INI ที่แบบจำลองข้าว CERES-Rice ต้องการ



รูปที่ 9-4 โครงสร้างชั้นข้อมูลหน่วยการจำลองการผลิตข้าว ชุดโปรแกรมเชื่อมโยง และแฟ้มข้อมูลต่างๆ ภายใน โฟสพ 1.0

โปรแกรมสร้างแฟ้มข้อมูลควบคุมการจำลอง

การจำลองผลผลิตสามารถทำได้โดยการสร้างชุดโปรแกรมจากภาษา Avenue เพื่อสกัดเอา MSMU ที่แตกต่างกัน นำมาสร้างชุดแฟ้มข้อมูลการจัดการการผลิตข้าว (FILEX) ที่ครอบคลุมทุก MSMU ในจังหวัดพิษณุโลก พร้อมกับสร้างชุดของแฟ้มข้อมูล EXP.LST และ *.DAT ที่ใช้ประกอบกับ FILEX เพื่อใช้ในการจำลองผลผลิต

เมื่อสร้างแฟ้มข้อมูลที่เป็นสำหรับการจำลองแล้ว ระบบจะเรียกใช้โปรแกรมขับเคลื่อนแบบจำลอง เพื่อควบคุมให้แบบจำลอง CERES-Rice ทำการจำลองผลผลิตข้าวสำหรับแต่ละ UMSMU ตามจำนวนปีที่ได้กำหนดไว้อย่างต่อเนื่อง

ภายหลังจากการจำลองเสร็จสิ้นแล้ว ชุดโปรแกรมจะสกัดเอาข้อมูลผลผลิตจากแฟ้มข้อมูล OUTPUT ที่ได้จากการจำลอง คำนวณหาผลผลิตเฉลี่ย เพื่อนำไปเชื่อมโยงกับชั้นข้อมูล MSMU สำหรับการแสดงผลในรูปแบบต่อไป

โปรแกรมขับเคลื่อนแบบจำลอง

ต้นแบบของโปรแกรมขับเคลื่อน (driver program) ได้พัฒนาขึ้นจากภาษา FORTRAN และมีการทดลองใช้แล้วกับแบบจำลองอ้อยโดยอรรถชัยและคณะ (2542) ต่อมาได้ทำการปรับแก้และทดสอบเพื่อใช้กับระบบนี้ โปรแกรมนี้จะทำหน้าที่เชื่อมโยงและส่งผ่านข้อมูลในแฟ้มข้อมูลควบคุมการจำลองที่กล่าวมาข้างต้นเพื่อขับเคลื่อนให้แบบจำลองทำการคำนวณผลผลิตของทุก UMSMU ในพื้นที่เป้าหมาย

โปรแกรมแสดงแผนที่ผลผลิตจากการจำลอง

โปรแกรมนี้ทำหน้าที่สรุปข้อมูลผลผลิตที่ได้จากแบบจำลอง ส่งย้อนกลับไปเชื่อมโยงกับข้อมูลเชิงพื้นที่ที่หน่วยการจำลองโดยใช้รหัสของ MSMU ในการจับคู่เชื่อมโยง จากนั้นกำหนดให้นำข้อมูลที่ได้นำมาแสดงในรูปของแผนที่ พร้อมทั้งทำการคำนวณผลผลิตและค่าผลผลิตเฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนักด้วยขนาดพื้นที่ของแต่ละ MSMU เพื่อให้ได้ค่าผลผลิตรวมและผลผลิตเฉลี่ยทั้งหมดของพื้นที่เป้าหมาย ขั้นตอนการแสดงผลนี้อาศัยการทำงานของชุดโปรแกรม Avenue เช่นเดียวกัน

ผลการศึกษา

ชั้นข้อมูลหน่วยจำลองการผลิตข้าว (Minimum Simulating Unit, MSMU)

เมื่อนำข้อมูลพื้นที่เพาะปลูกข้าวนาปีและนาปรังมาวิเคราะห์ร่วมกับฐานข้อมูลชุดดิน (soil series), เขตภูมิอากาศ (climate zone) พื้นที่รับน้ำชลประทาน และความเสี่ยงต่อการเกิดน้ำท่วม โดยวิธีการ overlay ทำให้สามารถสร้าง MSMU ของพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่และจังหวัดพิษณุโลก จังหวัดละ 2 ชั้นข้อมูลคือ MSMU ของข้าวนาปี (CMSMUR1, PLSMUR1) และ MSMU ของข้าวนาปรัง (CMSMUR2, PLSMUR2)

จากการตรวจสอบจำนวนของ MSMU ใน CMSMUR1, CMSMUR2, PLSMUR1, และ PLSMUR2 พบว่ามีจำนวนของ MSMU ที่ไม่ซ้ำกัน (Unique Minimum Simulating Mapping Unit, UMSMU) ทั้งสิ้น 291, 86, 795, และ 203 UMSMUs ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาถึงความแตกต่างของพันธุ์ข้าวหลักที่เกษตรกรใช้ในแต่ละตำบลร่วมด้วย พบว่ามี UMSMU ทั้งสิ้น 437, 124, 821, 320 ตามลำดับ ซึ่งจำนวน UMSMU ดังกล่าวนี้นี้แสดงให้เห็นถึงจำนวนครั้งที่แบบจำลองข้าวต้องทำการคำนวณผลผลิตเพื่อคาดการณ์ปริมาณผลผลิตของข้าวทั้งจังหวัดสำหรับแต่ละฤดูปลูก

เพื่อให้โปรแกรมต่างๆ ภายในระบบสามารถอ้างอิง MSMU ที่เฉพาะเจาะจงได้ จึงได้ทำการปรับปรุงโครงสร้างข้อมูลอรรถาธิบายภายใน shapefile ของ MSMU ให้มีโครงสร้างสอดคล้องกับการนำไปใช้งานในระบบฯ โดยสร้าง item ใหม่ 2 item คือ (1) SMUCODEFLD จัดเก็บรหัสที่ใช้แทนหน่วยแผนที่ย่อยดังกล่าวนี้เพิ่มเติมใน shape.dbf ซึ่งรหัสนี้ได้มาจากการ overlay ชั้นข้อมูลพื้นที่เพาะปลูกข้าว (นาปี, นาปรัง) ประเภทของการจัดการน้ำ (น้ำฝน, ชลประทาน) ขุดดิน เขตภูมิอากาศ และโอกาสเกิดน้ำท่วม และ (2) SMUVARFLD ซึ่งมีลักษณะคล้ายกับ SMUCODEFLD แต่จะมีรายละเอียดของพันธุ์ข้าวหลักที่มีการปลูกอยู่ในแต่ละตำบลเพิ่มเข้ามา เช่น รหัส R1005803KDML_50 ใช้อ้างอิงถึงหน่วยแผนที่ที่อยู่ในเขตนาข้าวฝน (Rainfed) ขุดดินรหัส 0058 (58), เขตภูมิอากาศที่ 3 (03), พันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 (KDML) และมีโอกาสเกิดน้ำท่วม 50% หรือปีเว้นปี หลังจากทีระบบทำการจำลองเพื่อคาดการณ์ผลผลิตข้าวเสร็จแล้ว ข้อมูลผลผลิตที่ได้จะถูกส่งกลับมายังชั้นข้อมูลหน่วยแผนที่ย่อยเพื่อการจำลอง เพื่อแสดงผลเป็นแผนที่โดยอ้างอิงจาก 2 item ดังกล่าว ดังนั้นหากผู้ใช้เลือกการจำลองผลผลิตโดยใช้พันธุ์หลักในพื้นที่ ระบบจะใช้ SMUVARFLD ในการเชื่อมโยงกับผลลัพธ์ที่ได้จากการจำลองเพื่อแสดงผลในรูปแบบแผนที่ หรือถ้าผู้ใช้เลือกการจำลองโดยใช้พันธุ์ข้าวที่สนใจทั้งพื้นที่เป้าหมาย ระบบจะใช้ SMUCODEFLD สำหรับการเชื่อมโยงแทน รายละเอียดโครงสร้างของชั้นข้อมูลหน่วยจำลองการผลิตแสดงไว้ในตารางที่ 9-4

ชั้นข้อมูลเชิงพื้นที่และข้อมูลอรรถาธิบายประกอบ

ชั้นข้อมูลเชิงพื้นที่อื่นๆ นอกเหนือจากชั้นข้อมูลหน่วยจำลองการผลิตที่รวมอยู่ในระบบ ประกอบด้วยชั้นข้อมูลขุดดิน เขตภูมิอากาศ พื้นที่รับน้ำชลประทาน เขตการปกครองระดับตำบล และระดับอำเภอ ความเสี่ยงต่อการเกิดน้ำท่วม ถนน ทางน้ำ และโรงสีข้าว หลังจากที่ได้นำไปวิเคราะห์เชิงซ้อนทับกับชั้นข้อมูลขอบเขตการปกครองโดยวิธี Identity แล้ว ในแต่ละชั้นข้อมูลจะมีขอบเขตตำบลและเลขรหัสของตำบลกำกับอยู่ และเพื่อให้ระบบฯ สามารถเรียกใช้เป็นรายตำบลและอำเภอตามที่ใช้ระบุได้ ชั้นข้อมูลดังกล่าวได้แปลงให้เป็น shapefile แล้วจัดเก็บแยกไว้ตาม sub-directory ต่างๆ ดังแสดงในตารางที่ 9-5

ส่วนข้อมูลอธิบายประกอบชั้นข้อมูลเชิงพื้นที่ต่างๆ นั้น หลังจากการปรับโครงสร้างแล้วได้แยกเก็บตาม sub-directory ตามความสัมพันธ์กับชั้นข้อมูลเชิงพื้นที่นั้นๆ เช่น ข้อมูลอธิบายคุณสมบัติทางเคมีและฟิสิกส์ของชุดดิน จัดเก็บไว้ใน sub-directory \soil และข้อมูลรายชื่อขอบเขตการปกครอง จัดเก็บไว้ใน sub-directory \admin เป็นต้น

ตารางที่ 9-4 โครงสร้างตารางอธิบายของชั้นข้อมูลหน่วยการจำลองการผลิต MSMU

ชื่อ Item	ชนิดของ Item	คำอธิบาย Item
AREA	13, N, 0	พื้นที่ของ MSMU (m ²)
AREA_RAI	13, N, 0	พื้นที่ของ MSMU (rai)
PERIMETER	11, N, 0	เส้นรอบรูปของ polygon
POLY_ID	11, N, 0	หมายเลขประจำ MSMU
SOIL_ID	4, N, 01	เลขรหัสชุดดิน
SYMBOL	11, C	รหัสตัวอักษรของชุดดิน
SOILNAME	100, C	ชื่อชุดดิน
ADM_ID	7, N, 0	เลขรหัสตำบล
TAM_NAME	25, C	ชื่อตำบล
AMP_ID	5, N, 0	เลขรหัสอำเภอ
AMP_NAME	25, C	ชื่ออำเภอ
SMUCODEFLD	12, C	รหัสเชื่อมโยงของหน่วยจำลองการผลิต
SMUVARFLD	20, C	รหัสเชื่อมโยงของหน่วยจำลองการผลิตที่แจ้งตามพันธุ์ข้าวหลัก
WATERMANG	15, C	การจัดการน้ำ
FLOODPROB	5, N, 0	ระดับความเสี่ยงต่อการเกิดน้ำท่วม
CLIMZONE	2, N, 0	เลขรหัสเขตภูมิอากาศ
RICE_VAR	15, C	ชื่อพันธุ์ข้าว

ตารางที่ 9-5 ชั้นข้อมูลเชิงพื้นที่และตำแหน่งที่จัดเก็บ

ชั้นข้อมูล	Sub-directory
ขอบเขตการปกครอง	\admin
ชุดดิน	\soil
เขตภูมิอากาศ	\climate
พื้นที่รับน้ำชลประทาน	\irrigate
เขตการปกครอง	\admin
ความเสี่ยงต่อการเกิดน้ำท่วม	\flood
ถนน	\road
ทางน้ำ	\river
ตำแหน่งโรงสีข้าว	\mill

โปรแกรมสร้างแฟ้มข้อมูลเกี่ยวกับชุดดิน

โปรแกรมที่ใช้สร้าง SOIL.SOL จากข้อมูลคุณสมบัติของชุดดินที่อยู่ในแฟ้มข้อมูลแบบ dBase พัฒนาจากภาษา Avenue โดยการทำงานของโปรแกรมจะสกัดเอาค่าคุณสมบัติที่แบบจำลองต้องการจากทุกชั้นดิน แล้วบันทึกเก็บเป็นแฟ้มข้อมูลตามโครงสร้างของ SOIL.SOL ส่วนโปรแกรมที่ใช้สร้างแฟ้มข้อมูล SOIL.INI พัฒนาขึ้นจากภาษา FORTRAN โดยโปรแกรมจะเปิดแฟ้มข้อมูล SOIL.SOL อ่านค่าข้อมูล ณ ตำแหน่งที่เฉพาะเจาะจงต่างๆ ที่เป็นค่าเริ่มต้นของคุณสมบัติชุดดิน แล้วสร้างเป็นแฟ้มข้อมูลประเภท ASCII โปรแกรมนี้ได้ทำการคอมไพล์และให้ชื่อว่า SETSOIL12.EXE

โปรแกรมสร้างแฟ้มข้อมูลควบคุมการจำลอง

เมื่อเริ่มต้นการใช้งาน ผู้ใช้สามารถเลือกพื้นที่เป้าหมาย ชนิดพันธุ์ข้าว วันปลูก วิธีการปลูก การจัดการปุ๋ย และจำนวนปีที่ต้องการจำลองผลผลิต ดังนั้นระบบการผลิตข้าวภายในพื้นที่ศึกษาจะมีปัจจัยด้านพันธุ์ข้าว ปุ๋ย และวันปลูกคงที่ ส่วนปัจจัยที่เหลือนี้ได้แก่ ชุดดิน ภูมิอากาศ การจัดการน้ำ และความเสี่ยงต่อการเสียหายของผลผลิตที่เกิดจากน้ำท่วม จะแปรผันไปตามสภาพพื้นที่และการจัดการที่ปรากฏในพื้นที่

เนื่องจากความหลากหลายของปัจจัยการผลิตของพื้นที่ศึกษาจังหวัดพิษณุโลกและข้อจำกัดบางประการของแบบจำลองข้าว CERES-Rice ที่ไม่สามารถทำการจำลองภายใต้การกำหนดปัจจัยการผลิตที่ซับซ้อนที่ระบุอยู่ใน FILEX แบบต่อเนื่องได้ จึงกำหนดให้แต่ละ FILEX เป็นตัวแทนของหน่วยการผลิตเพียง 1 หน่วย หรือ 1 UMSMU แต่ละ UMSMU มีคุณสมบัติของชุดดิน การจัดการน้ำ และอยู่ภายใต้เขตภูมิอากาศที่แตกต่างกันไปตามที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่และมีการจัดการด้านอื่นๆ ที่ผู้ใช้กำหนดดังกล่าวข้างต้น

โปรแกรมที่ทำหน้าที่สร้างแฟ้มข้อมูล FILEX สำหรับพื้นที่หนึ่งๆ ในระบบ โฟสพ 1.0 เป็นชุดโปรแกรม Avenue ที่ทำงานประสานกับส่วน GUI ของระบบที่จะทำหน้าที่ให้ผู้ใช้เลือกพื้นที่เป้าหมายและรายละเอียดการเขตกรรม ซึ่งจะมีขั้นตอนการทำงานดังนี้

1. ตรวจสอบพื้นที่ที่ถูกเลือก พันธุ์ข้าว วันปลูก วิธีการปลูก รายละเอียดการจัดการปุ๋ย จำนวนปีในการจำลองที่ผู้ใช้ระบุโดยผ่าน GUI
2. ติดต่อกับชั้นข้อมูล SMU (ตามพื้นที่ที่ผู้ใช้เลือก) อ่านข้อมูลจาก item ชื่อ SMUVARFLD หรือ SMUCODEFLD ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับว่าผู้ใช้ระบุพันธุ์ข้าวที่สนใจหรือใช้พันธุ์ข้าวหลักของแต่ละตำบลตามรายละเอียดที่กล่าวมาข้างต้น จากนั้นจึงสกัดหา UMSMU ทั้งหมดของพื้นที่เป้าหมาย สร้างเป็นแฟ้มข้อมูล Database ชั่วคราว (temporary file)

3. แฟ้มข้อมูลในขั้นตอนที่ 2 จะถูกอ่านและส่งต่อไปยังกลุ่มโปรแกรมหลักที่ทำหน้าที่สร้างแฟ้มข้อมูลควบคุมการจำลอง เพื่อสร้าง FILEX ขึ้นมาตามจำนวน UMSMU ซึ่งในแต่ละ FILEX มีการกำหนดรายละเอียดชุดดิน เขตภูมิอากาศ การจัดการน้ำที่สอดคล้องกับรหัสของ UMSMU จากนั้นจัดเก็บไว้ใน sub directory \RIX โดยตั้งชื่อแฟ้มข้อมูลที่ประกอบด้วย รหัสจังหวัด การจัดการน้ำ รหัสชุดดิน และรหัสตัวอักษรที่เกิดจากเขตภูมิอากาศและพันธุ์ข้าวที่ปรากฏอยู่ภายใต้สิ่งแวดล้อมเหล่านี้ และมีนามสกุล .SNX เช่น PL10102A.SNX หมายถึง FILEX สำหรับหน่วยการจำลองผลผลิตข้าวในเขตอาศัยน้ำฝนจังหวัดพิษณุโลกที่มีรหัสชุดดิน 102 รายละเอียดและตัวอย่าง FILEX ของระบบการผลิตแบบนาหว่านอาศัยน้ำฝนจังหวัดพิษณุโลก แสดงในตารางที่ 9-6 และตารางที่ 9-7 ตามลำดับ
4. ในระหว่างการทำงานในขั้นตอนที่ 3 โปรแกรมจะทำการสกัดและรวบรวมชื่อและคำอธิบายโดยย่อของแต่ละ FILEX พร้อมกันไปด้วย เพื่อสร้างเป็นแฟ้มข้อมูลชื่อ EXP.LST ที่ใช้ระบุชื่อและจำนวนของ FILEX ที่จะถูกส่งผ่านไปยังแบบจำลองข้าวในภายหลัง นอกจากนี้แล้วจะมีชุดโปรแกรมทำหน้าที่สร้างแฟ้มข้อมูลที่ระบุหน่วยการจำลองย่อยที่มีอยู่ภายใต้แต่ละ FILEX ซึ่งเป็นแฟ้มข้อมูลประเภท ASCII ภายในมีรายละเอียดของชุดดิน และรหัสเขตภูมิอากาศ โดยมีชื่อแฟ้มข้อมูลเช่นเดียวกันกับ FILEX แต่จะมีนามสกุลเป็น .DAT ตัวอย่างของแฟ้มข้อมูล EXP.LST และ .DAT แสดงไว้ในตารางที่ 9-8 และตารางที่ 9-9 ตามลำดับ

แฟ้มข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการจำลองที่กล่าวมาทั้งหมดจะถูกส่งผ่านไปยังแบบจำลองข้าว CERES-Rice ต่อไป โดยอาศัยโปรแกรมขับเคลื่อนที่ชื่อ GISDRV22.EXE (รูปที่ 9-5) ซึ่งจะได้กล่าวรายละเอียดในส่วนถัดไป

โปรแกรมขับเคลื่อนแบบจำลอง

ผู้พัฒนาระบบ DSSAT 3.0 มีข้อตกลงร่วมเพื่อประสิทธิภาพของการพัฒนาแบบจำลองพืชใหม่ๆ และระบบการจัดการข้อมูลที่เป็นต่อการใช้แบบจำลอง โดยให้แยกการพัฒนาระบบฐานข้อมูลที่แบบจำลองต้องการ (input data) ออกจากการพัฒนาโปรแกรมแบบจำลองพืชชนิดต่างๆ รวมทั้งแบบจำลองข้าว CERES-Rice ดังนั้นการส่งผ่านข้อมูลให้แบบจำลองพืชจึงเป็นหน้าที่ของโปรแกรมขับเคลื่อนแบบจำลอง ในระบบ DSSAT 3.0 มีโปรแกรมขับเคลื่อนหลายโปรแกรมสามารถแยกได้เป็น 3 กลุ่มคือ โปรแกรมขับเคลื่อนที่สามารถส่งผ่านข้อมูลแบบโต้ตอบได้ โปรแกรมขับเคลื่อนที่สามารถส่งผ่านข้อมูลแบบโต้ตอบได้บางส่วน และโปรแกรมขับเคลื่อนที่ส่งผ่านข้อมูลแบบไม่มีการโต้ตอบ ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. โปรแกรมขับเคลื่อนที่สามารถส่งผ่านข้อมูลแบบโต้ตอบได้ (*interactive mode*) ผู้ใช้งานต้องเลือกระบบการผลิตและปัจจัยการผลิตที่จะให้แบบจำลองคาดการณ์ผลผลิตและตัวแปรอื่น ซึ่งจำลองการผลิตพืชฤดูปลูกเดียว สามารถจำลองการผลิตพืชได้ครั้งละหนึ่งหน่วยการจำลอง (MSMU) โดยการกำหนดในแฟ้มข้อมูลการจัดการพืช (FILEX) โปรแกรมขับเคลื่อนในกลุ่มนี้มี 2 โปรแกรมซึ่งต้องใช้ร่วมกัน ได้แก่ MDRIV980.EXE และ MINPT980.EXE โปรแกรมดังกล่าวใช้ได้กับแบบจำลองทั่วไปในระบบ DSSAT (Tsuji et al., 1994)
2. โปรแกรมขับเคลื่อนที่สามารถส่งผ่านข้อมูลแบบโต้ตอบได้บางส่วน (*semi-interactive mode*) ผู้ใช้งานต้องเลือกระบบการผลิตที่ให้แบบจำลองคาดการณ์ผลผลิตและตัวแปรอื่น แต่ไม่ต้องกำหนดปัจจัยการผลิต โปรแกรมขับเคลื่อนในกลุ่มนี้สามารถส่งผ่านข้อมูลให้แบบจำลองคาดการณ์การผลิตพืชหลายฤดูปลูก สามารถจำลองการผลิตพืชได้ครั้งละมากกว่าหนึ่งหน่วยการจำลองโดยการกำหนดในแฟ้มข้อมูลการจัดการพืช (FILEX) โปรแกรมขับเคลื่อนในกลุ่มนี้มี 2 โปรแกรม ซึ่งใช้งานแยกกัน ได้แก่ SEADRV.EXE และ SEQDRV.EXE และสามารถใช้งานได้ทั่วไปในระบบ DSSAT (Tsuji et al., 1994)
3. โปรแกรมขับเคลื่อนที่สามารถส่งผ่านข้อมูลแบบไม่มีการโต้ตอบ (*non-interactive mode*) ผู้ใช้งานไม่ต้องกำหนดระบบการผลิตและปัจจัยการผลิต โปรแกรมขับเคลื่อนในกลุ่มนี้สามารถส่งผ่านข้อมูลให้แบบจำลองคาดการณ์การผลิตพืชมากกว่าหนึ่งตัวแปรปัจจัยการผลิต และสามารถจำลองการผลิตพืชได้ครั้งละมากกว่าหนึ่งหน่วยการจำลองโดยการกำหนดใน FILEX และแฟ้มข้อมูลที่บรรจุข้อมูลหน่วยการจำลอง (.DAT) โปรแกรมขับเคลื่อนในกลุ่มนี้มี 1 โปรแกรม ได้แก่ GISDRV22.EXE ซึ่งได้ทดลองใช้แล้วกับแบบจำลองอ้อย (อรรถชัย และคณะ, 2542)

การพัฒนาการเชื่อมโยงระหว่างฐานข้อมูลชนิดต่างๆ และแบบจำลองข้าวของระบบ *Phospho 1.0* เลือกใช้โปรแกรมขับเคลื่อนกลุ่มที่ 3 คือ GISDRV22.EXE ซึ่งได้รับการศึกษาและพัฒนาตั้งแต่เริ่มต้นโครงการวิจัย ได้ทำการทดสอบและให้ผลในระดับที่น่าพอใจ

โดยทั่วไปผู้ใช้งานสามารถเรียกใช้โปรแกรม GISDRV22.EXE ที่ DOS prompt ตามลำดับดังคำสั่งต่อไปนี้

```
GISDRV22.EXE PL10058B.SNX PL10058B.DAT OUT.DAT
```

โปรแกรม GISDRV22.EXE ต้องการค่าพารามิเตอร์ 3 ค่าดังที่ปรากฏในคำสั่งข้างต้นนั้น พารามิเตอร์ค่าที่ 1 คือ PL10058B.SNX เป็นชื่อแฟ้มข้อมูล FILEX พารามิเตอร์ค่าที่ 2 คือ PL10058B.DAT เป็นชื่อแฟ้มข้อมูลหน่วยการจำลอง และพารามิเตอร์ค่าที่ 3 OUT.DAT เป็นชื่อแฟ้มข้อมูลที่เก็บผลลัพธ์การจำลองการผลิตพืชโดยมีค่าพารามิเตอร์ที่จำเป็นต้องใช้กับข้อมูลประเภทราสเตอร์ ซึ่งในระบบ *Phospho 1.0* ไม่ได้ใช้แฟ้มข้อมูลนี้

นอกเหนือจากค่าพารามิเตอร์ทั้งสาม โปรแกรม GISDRV22.EXE ยังต้องการแฟ้มข้อมูลชุดดิน 2 แฟ้มข้อมูล ได้แก่ SOIL.SOL และ SOIL.INI เก็บภายใต้ sub-directory \modelrun ซึ่งเป็นที่เก็บแฟ้มข้อมูลที่เป็นค่าพารามิเตอร์ทั้งสามดังกล่าวข้างต้น

โปรแกรม GISDRV22.EXE ต้องการค่าเริ่มต้นซึ่งระบุที่จัดเก็บแฟ้มข้อมูลควบคุมการจำลองอยู่ในแฟ้มข้อมูลชื่อ WORKING.INI และรายละเอียดข้อมูลและสถานที่จัดเก็บในแฟ้ม DSSATPRO.FLE ซึ่งแบบจำลองต้องอ่านค่าเหล่านี้ในขั้นตอนการจำลองผลผลิต

ข้อมูลเฉพาะของโปรแกรมขับเคลื่อน GISDRV22.EXE มีดังนี้

ภาษาที่ใช้พัฒนา: FORTRAN 77

Compiler: Microsoft FORTRAN 5-0 (Microsoft, 1989)

Linker: Microsoft FORTRAN 5-0

Library: LLIBFOR7.LIB 5-0

Local Calls GETARG, ZERO2, ZERO1, UPPER, READINI, RFILX, ZEROR2, FIXOUT, GETPTS, SPAWN, TUKEY

ระบบปฏิบัติการ: DOS 6.0, Windows 95, Windows 98.

ความจำพื้นฐาน 590 KB

- ลำดับการทำงาน:
1. อ่านค่าที่เก็บแฟ้มข้อมูลจาก WORKING.INI
 2. เปิดแฟ้มข้อมูลหน่วยการจำลอง อ่านรหัสชุดดินและรหัสภูมิอากาศ จำกัดที่ 2000 หน่วยการจำลอง
 3. เปิดแฟ้มบรรจุข้อมูลผลลัพธ์การจำลอง
 4. อ่านค่าเริ่มต้นการจำลองการผลิตพืช GREYF.ILE
 5. เปิดและอ่านแฟ้มข้อมูลงานทดลองจากแฟ้ม EXP.LST
 6. อ่านข้อมูลในแฟ้มจัดการผลิตข้าวใน FILEX
 7. อ่านแฟ้มข้อมูลค่าเริ่มต้นชุดดิน SOIL.INI
 8. เขียนแฟ้มข้อมูลการจัดการผลิตข้าว (FILEX) ใหม่เฉพาะหน่วยทดลองนั้นๆ เปลี่ยนรหัสชุดดิน (soil_id) รหัสภูมิอากาศ (weather_id) รหัสหน่วยทดลอง (field_id) ค่าเริ่มต้นของชุดดิน (initial conditions) และค่าความลาดเทของชุดดิน (SLDP)
 9. เขียนค่าเริ่มต้นของชุดดินของแต่ละหน่วยการจำลองที่ท้ายแฟ้มจัดการผลิตพืช FILEX
 10. เรียกแบบจำลองข้าวและ run แบบจำลอง
 11. หลังการ run แบบจำลอง เขียนแฟ้มข้อมูล SUMMARY.OUT และแฟ้มข้อมูล SUMMARY.SNS

เนื่องจากว่าโปรแกรมขับเคลื่อน GISDRV22.EXE ได้ถูกออกแบบและพัฒนาให้ทำการขับเคลื่อนแบบจำลองสำหรับ 1 ชุดระบบการผลิตเท่านั้น เช่น จำลองผลผลิตข้าวภายใต้ปัจจัย 1 ชุดดิน กับ 3 เขตภูมิอากาศ และ 2 พันธุ์ หากพื้นที่เป้าหมายครอบคลุมระบบการผลิตและปัจจัยการผลิตที่หลากหลาย จะต้องปรับปรุงระบบให้สามารถทำการจำลองผลผลิตได้อย่างต่อเนื่องครอบคลุมลักษณะของการจัดการการผลิตข้าวทั่วทั้งพื้นที่เป้าหมาย ดังนั้นจึงได้พัฒนา Avenue script เพื่อสร้างแฟ้มข้อมูลคำสั่งต่อเนื่อง (batch file) โดยให้ชื่อว่า GISRUN.BAT ซึ่งประกอบด้วยบรรทัดคำสั่งเพื่อให้โปรแกรมขับเคลื่อนทำงาน ตามด้วยบรรทัดคำสั่งของ DOS เพื่อเปลี่ยนชื่อแฟ้มข้อมูลบันทึกผลการจำลองจาก SUMMARY.SNS ให้เป็นชื่อเดียวกันกับ FILEX มีนามสกุลเป็น .SNS เช่น PL1_0102.SNS โครงสร้างของ GISRUN.BAT มีรายละเอียดดังตัวอย่างต่อไปนี้

```
GISDRV22.EXE PL10058B.SNX PL10058B.DAT OUT.DAT
RENAME SUMMARY.SNS PL10058B.SNS
GISDRV22.EXE PL10102A.SNX PL10102A.DAT OUT.DAT
RENAME SUMMARY.SNS PL10102A.SNS
```

ขั้นตอนการทำงานของชุดโปรแกรมขับเคลื่อนการจำลองและข้อมูลที่ใช้ประกอบแสดงไว้ดังรูปที่ 9-5 เมื่อระบบทำการจำลองผลผลิตข้าวครบทุกปัจจัยการผลิตของพื้นที่เป้าหมาย ผลลัพธ์ที่ได้คือแฟ้มข้อมูลที่มีนามสกุล .SNS ตามจำนวนของ FILEX ซึ่งระบบจะใช้แฟ้มข้อมูลเหล่านี้ในการแสดงผลในรูปของแผนที่ในขั้นตอนต่อไป รูปที่ 9-6 แสดงตัวอย่างการทำงานของแบบจำลองข้าวจากการขับเคลื่อนของ GISRUN.BAT และ GISDRV22.EXE

โปรแกรมแสดงแผนที่ผลผลิตจากการจำลอง

หลังจากโปรแกรม CERES-Rice ทำการประมาณผลผลิตของแต่ละ UMSMU เสร็จสิ้น จะได้ผลลัพธ์เป็นแฟ้มข้อมูลประเภท ASCII ที่มีชื่อสอดคล้องกับที่ปรากฏใน EXP.LST และมีนามสกุล .SNS ภายในแต่ละแฟ้มข้อมูลนี้จะมีรายละเอียดต่างๆ ดังตัวอย่างโครงสร้างในตารางที่ 9-10 ซึ่งรวมทั้งผลผลิตต่อเฮกตาร์ในคอลัมน์ที่ชื่อว่า HWAH

ในขั้นตอนการแสดงผล ชุดโปรแกรม Avenue จะทำการสร้างแฟ้มข้อมูล Dbase ชื่อ YIELDTAB.DBF โดยมีโครงสร้างดังแสดงในตารางที่ 9-11 SMUVARCODE ใช้บันทึกรหัสหน่วยการผลิตเป็น UMSMU เป็น item ที่เชื่อมโยงกับชั้นข้อมูลหน่วยจำลองการผลิตซึ่งมี SMUVARFLD และ SMUCODEFLD อยู่ ข้อมูลอื่นๆ ภายใน YIELDTAB.DBF ได้จากการอ่านแฟ้มข้อมูล .SNS แต่ละแฟ้ม แล้วสกัดเอาข้อมูลผลผลิตในคอลัมน์ HWAH เพื่อคำนวณหาค่าผลผลิตเฉลี่ย

ในการคำนวณผลผลิตเฉลี่ยนั้น ถ้าหาก UMSMU ไດมีระดับความเสี่ยงต่อการเกิดน้ำท่วมระดับลึกเกิน 1.5 เมตร เป็นระยะเวลา 10 วันที่บันทึกไว้ใน item ชื่อ FLOODPROB ผลผลิตสูงสุดในจำนวนปีตามสัดส่วนของความเสี่ยง จะถูกแทนค่าด้วยศูนย์แล้วจึงคำนวณหาค่าเฉลี่ย เช่นที่

ระดับความเสี่ยงเท่ากับ 50% ถ้าผู้ใช้กำหนดการจำลองเป็นเวลา 20 ปี ผลผลิตจากการจำลองที่มีค่าสูงสุดจำนวน 10 ปี จะถูกปรับค่าเป็นศูนย์ก่อนแล้วจึงนำมาคำนวณผลผลิตเฉลี่ยใน 20 ปี ทั้งนี้เพื่อให้ผลลัพธ์ที่ได้สะท้อนถึงสภาพความเป็นจริงที่มีความเสียหายของผลผลิตอันเกิดจากน้ำท่วม ผลลัพธ์ที่ได้ซึ่งมีหน่วยเป็นกิโลกรัมต่อเฮกตาร์บันทึกไว้ใน item ชื่อ YIELD_HA จากนั้นคำนวณผลผลิตเฉลี่ยให้มีหน่วยเป็นกิโลกรัมต่อไร่บันทึกไว้ใน item ที่ชื่อ YIELD_RAI

สำหรับขั้นตอนการแสดงผลการผลิตในรูปแบบที่นั้น ใช้ชุดโปรแกรม Avenue ทำการเชื่อมต่อ (JOIN) แฟ้มข้อมูล YELDTAB.DBF เข้ากับตารางอธิบายของชั้นข้อมูล MSMU โดยใช้ item ชื่อ SMUVARCODE เชื่อมเข้ากับ SMUCODEFLD หรือ SMUVERFLD และกำหนดสีที่กำกับในแต่ละช่วงปริมาณผลผลิต สุดท้ายแสดงผลเป็นแผนที่ทางจอภาพ นอกจากนี้ระบบยังทำการคำนวณหาค่าผลผลิตทั้งหมดของพื้นที่เป้าหมาย ซึ่งได้จากผลรวมของผลผลิตของทุก MSMU พร้อมทั้งคำนวณค่าผลผลิตเฉลี่ยของพื้นที่เป้าหมายทั้งหมดโดยทำการถ่วงน้ำหนักด้วยขนาดพื้นที่ของ MSMU จากนั้นแสดงผลลัพธ์ประกอบกับแผนที่ผลผลิต

สรุป

ระบบสนับสนุนการตัดสินใจการผลิตข้าวเป็นการผสมผสานการทำงานของระบบจำลองข้าว CERES-Rice เข้ากับเทคโนโลยีสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ อันประกอบด้วยโปรแกรม ArcView GIS และฐานข้อมูลเชิงพื้นที่หน่วยจำลองการผลิตข้าว ซึ่งได้จากการวิเคราะห์เชิงซ้อนทับชั้นข้อมูลที่เป็นปัจจัยการผลิตข้าวคือ พื้นที่ปลูกข้าว พื้นที่ชลประทาน เขตภูมิอากาศ ชุดดิน พันธุ์ข้าว และความเสี่ยงต่อการสูญเสียของผลผลิตจากน้ำท่วม ทั้งหมดนี้ทำงานประสานเข้าด้วยกันแบบ Combining ด้วยโปรแกรมเชื่อมโยง ไฟสพ 1.0 ที่พัฒนาขึ้นจากชุดคำสั่ง Avenue Dialog designer และโปรแกรมขับเคลื่อน GISDRV22.EXE โดยผู้ใช้สามารถสื่อสารและใช้งานระบบผ่านทาง GUI ที่เป็นภาษาไทย

การเชื่อมโยงข้อมูลเชิงพื้นที่เข้ากับแบบจำลองข้าวใช้หลักการวิเคราะห์ชั้นข้อมูลเชิงพื้นที่ให้เป็นหน่วยจำลองการผลิต (MSMU) ที่เป็นตัวแทนของระบบการผลิตข้าวภายใต้สภาพแวดล้อมและปัจจัยการผลิตที่เฉพาะเจาะจง แล้วส่งรายละเอียดของระบบการผลิตในรูปแบบของ data input ไปยังแบบจำลองข้าว CERES-Rice เพื่อทำการจำลอง แล้วนำผลลัพธ์ที่ได้ไปวิเคราะห์และเชื่อมโยงกลับไปยัง MSMU โดยใช้รหัสประจำ MSMU เพื่อแสดงผลเป็นแผนที่

ระบบสนับสนุนการตัดสินใจการผลิตข้าว ไฟสพ 1.0 เอื้ออำนวยความสะดวกให้ผู้ใช้สามารถทำการจำลองสถานการณ์การผลิตข้าวภายใต้เงื่อนไขการจัดการที่สนใจ รวมไปถึงการวิเคราะห์เชิงนโยบายในพื้นที่เป้าหมายที่มีพื้นที่ขนาดใหญ่ได้โดยสะดวกและรวดเร็ว และสามารถใช้เป็นพื้นฐานนำไปสู่ในการพัฒนาฐานข้อมูลเชิงพื้นที่และข้อมูลอธิบายเพื่อใช้ระบบนี้คาดการณ์ผลผลิตข้าวในพื้นที่อื่นๆ ของประเทศไทยอีกต่อไปในอนาคต

ตารางที่ 9-6 รายละเอียดระบบการผลิตและรหัสใน FILEX สำหรับระบบการผลิตข้าวในสภาพนาหว่านอาศัยน้ำฝน
หว่านเมล็ดวันที่ 15 กรกฎาคม ในจังหวัดพิษณุโลก

ปัจจัยการผลิตข้าว	รายละเอียด	รหัสใน FILEX
พันธุ์	ข้าวเจ้าปลูกได้ทั้งนาปีและนาปรัง พันธุ์ชัยนาท 1	*CULTIVARS @C CR INGENO CNAME 1 RI TR0004 CHAINAT
วันปลูก	นาปี 15 กรกฎาคม	*PLANTING DETAILS @P PDATE EDATE PPOP PPOE PLME PLDS PLRS PLRD PLDP PLWT PAGE PENV PLPH SPRL 1 01197 -99 300.0 300.0 P B 1 0 0.1 -99 1 25.0 1.0 0.0
วิธีการปลูก	แบบหว่าน ความหนาแน่น 300 ต้นต่อตารางเมตร ระยะระหว่างเมล็ด 2 เซนติเมตร หว่านลึก 1 เซนติเมตร น้ำหนักแห้งเมล็ดข้าว 8.16 กิโลกรัมต่อไร่	มีแสดงในส่วนข้อมูลวันปลูก
การจัดการน้ำ	อาศัยน้ำฝน	IRRIG = N
การใส่ปุ๋ยเคมี	แบ่งใส่ 2 ครั้ง ครั้งแรกใส่หลังปลูก 20 วัน (01217) ใช้ปุ๋ย 16-20-0 ในอัตรา 156 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ (25 กิโลกรัม/ไร่) และครั้งที่สองเมื่อข้าว ถึงระยะตั้งท้อง (01237) ใช้ปุ๋ยยูเรีย อัตรา 62 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ (10 กิโลกรัม/ไร่) โดยใส่แบบหว่าน	*FERTILIZERS (INORGANIC) @I FDATE FMCD FACD FDEP FAMN FAMP FAMK FAMC FAMO FOCD 1 01217 FE002 AP001 1 156 -99 -99 -99 -99 -99 1 01237 FE005 AP001 1 62 -99 -99 -99 -99 -99
การควบคุม การกำจัด	จำนวนปี	NYERS = 1
	วันเริ่มการกำจัด	SDATE = 01197 (15 กรกฎาคม)
	วันปลูก	PLANT = R ตามกำหนดใน section *PLANTING DETAILS
	การให้น้ำ	IRRIG = N แบบอาศัยน้ำฝน
	การใส่ปุ๋ยเคมี	FERTI = R ตามกำหนดใน section *FERTILIZERS (INORGANIC)
	การใส่ปุ๋ยพืชสด	RESID = N ไม่ใส่
	การเก็บเกี่ยว	HARVS = M ตามระยะพัฒนาที่แบบจำลองคำนวณคือ สุกแก่ทางสรีระ

ตารางที่ 9-7 รายละเอียดใน FILEX สำหรับระบบการผลิตข้าวในสภาพนาหว่านอาศัยน้ำฝน หว่านเมล็ดวันที่
15 กรกฎาคม จังหวัดพิษณุโลก

```

*EXP DETAILS: PL10054a PLRice 1

*GENERAL
@PEOPLE
  Rice Decision Support System (RDSS) Project
@ADDRESS
  MCC, CMU
@SITE
  PL, THAILAND
  !Rainfed RF PL, THAILAND
  !Broadcasted is used,
  !Planted on 01197
  !CHAINAT Cultivar

*TREATMENTS
@N R O C TNAME..... CU FL SA IC MP MI MF MR MC MT ME MH SM
  1 1 0 0 PL02 PL RF B 197      1 1 0 1 1 1 1 0 0 0 0 0 1

*FACOR LEVELS-----
*CULTIVARS
@C CR INGENO CNAME
  1 RI TR0004 CHAINAT

*FIELDS
@L ID FIELD WSTA.... FLISA FLOB FLDT FLDD FLDS FLST SLTX SLDP ID_SOIL
  1 PL10054a PL02    -99.0  0 DR000  0  0  0  -99  0 CMLP990054

*INITIAL CONDITIONS
@C PCR ICDAT ICRT ICND ICRN ICRE ICWD ICRES ICREN ICREP ICRIP ICRID
  1 RI 01192 100  0 1.00 1.00 1.0  0 0.00 0.00 100 15
@C ICBL SH20 SNH4 SNO3

*PLANTING DETAILS
@P PDATE EDATA PPOP PPOE PLME PLDS PLRS PLRD PLDP PLWT PAGE PENV PLPH SPRL
  1 01197  -99 300.0 300.0  P  B  1  0  0.1  -99  1 25.0  1.0  0.0

*IRRIGATION AND WATERMANAGEMENT
@I EFIR IDEP ITHR IEPT IOFF IAME IAMT
  1 0.90  30  50 100 GS005 IR003 10

*FERTILIZERS (INORGANIC)
@I FDATE FMCD FACD FDEP FAMN FAMP FAMK FAMC FAMO FOCD
  1 01217 FE002 AP001  1 156 -99 -99 -99 -99 -99
  1 01237 FE005 AP001  1  62 -99 -99 -99 -99 -99

*SIMULATION CONTROLS
@N GENERAL  NYERS NREPS START SDATE RSEED SNAME.....
  1 GE      20  1  S 01197 0219 PL RF B 197
@N OPTIONS  WATER NITRO SYMBI PHOSP POTAS DISES CHEM TILL
  1 OP      Y  Y  Y  N  N  N  N  N
@N METHODS  WTHR INCON LIGHT EVAPO INFIL PHOTO HYDRO
  1 ME      S  M  E  R  S  C  R
@N MANAGEMENT PLANT IRRIG FERTI RESID HARVS
  1 MA      R  N  R  N  M
@N OUTPUTS  FNAME OVVEW SUMRY FROPT GROUT CAOUT WAOUT NIOUT MIOUT DIOUT LONG CHOUT OPOUT
  1 OU      N  Y  Y  30  N  N  N  N  N  N  N  N  N  N  N

@ AUTOMATIC MANAGEMENT
@N PLANTING  PFRST PLAST PH2OL PH2OU PH2OD PSTMX PSTMN
  1 PL      11288 11360  40 100  30  40 10
@N IRRIGATION IMDEP ITHRL ITHRU IROFF IMETH IRAMT IREFF
  1 IR      30  50 100 GS005 IR003 10 1.00
@N NITROGEN  NMDEP NMTHR NAMNT NCODE NAOFF
  1 NI      15  15 12 FE005 GS005
@N RESIDUES  RIPCN RTIME RIDEF
  1 RE      100  1 20
@N HARVEST   HFRST HLAST HPCNP HPCNR
  1 RE      0 12305 100  0

```

ตารางที่ 9-8 โครงสร้างและตัวอย่างของแฟ้มข้อมูลรายละเอียดของการจำลอง
(EXP.LST) ในระบบ DSSAT3.0 (Tsuji et al., 1994)

```
@# FILENAME EXT
1 PL20047a SNX PL IR B
2 PL20053a SNX PL IR B
3 PL20053b SNX PL IR B
4 PL20053c SNX PL IR B
5 PL20053d SNX PL IR B
6 PL20053e SNX PL IR B
7 PL20053f SNX PL IR B
8 PL20053g SNX PL IR B
9 PL20053h SNX PL IR B
10 PL20054a SNX PL IR B
11 PL20054b SNX PL IR B
12 PL20054c SNX PL IR B
13 PL20054d SNX PL IR B
14 PL20054e SNX PL IR B
15 PL20058a SNX PL IR B
```

ตารางที่ 9-9 ตัวอย่างโครงสร้างและรายละเอียดของแฟ้มข้อมูล .DAT

```
*SMU      SOIL_ID      SOIL-INITIAL  WSTA TRT
1  CMPL990047  CMPL990047_001  PL08  1
```

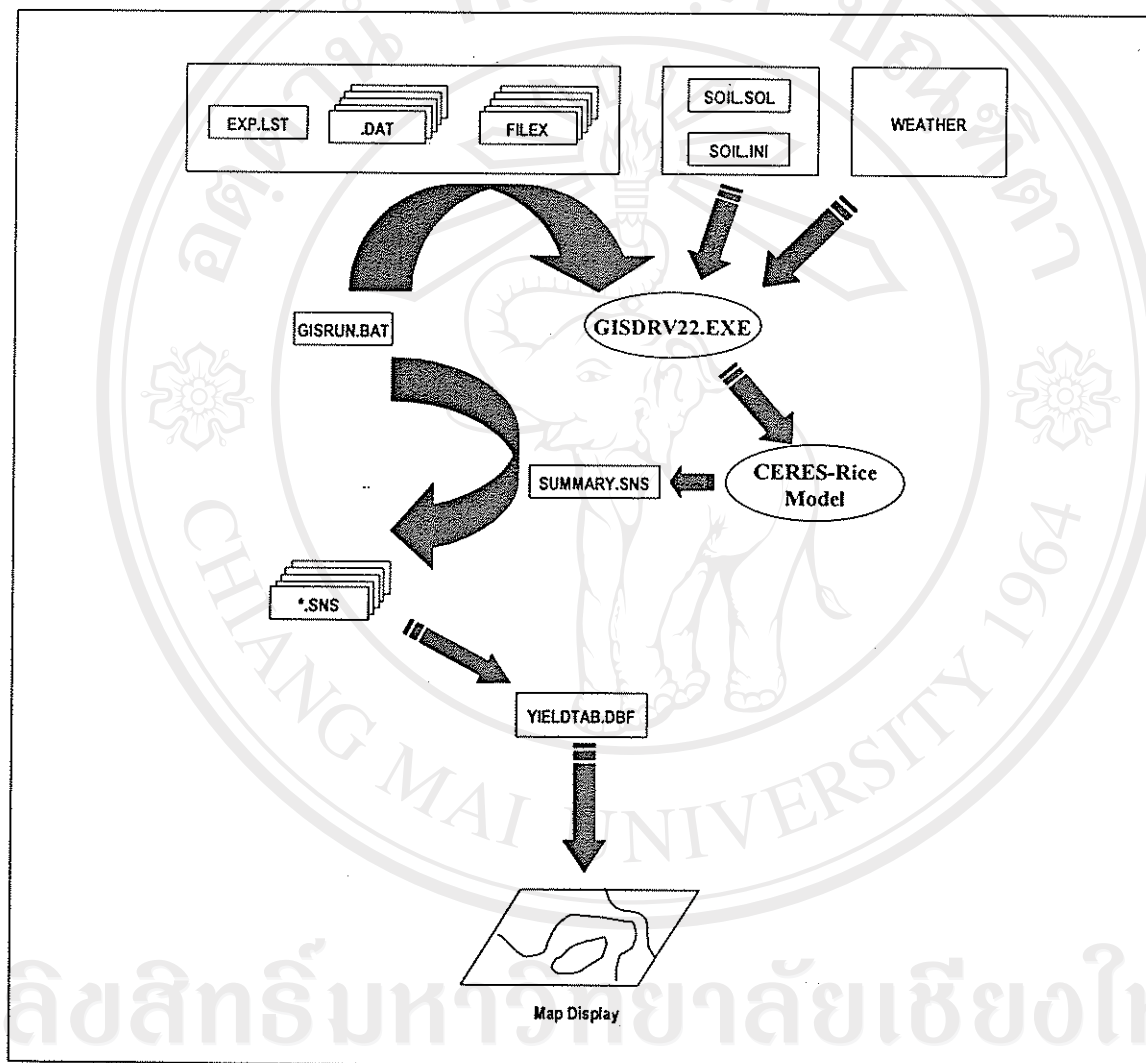
ตารางที่ 9-10 ตัวอย่างโครงสร้างและรายละเอียดของแฟ้มข้อมูล .SNS

*SUMMARY : CM10058aSN CM RF T

```
!IDENTIFIERS..... DATES..... DRY
WEIGHTS..... WATER.....
NITROGEN..... ORGANIC MATTER... PHOSPHORUS.....
@RP TN ROC CR TNAM      FNAME      SDAT PDAT ADAT MDAT HDAT DWAP CWAM HWAM BWAH
HWUM H#AM H#UM IR#M IRCM PRCM ETCM ROCM DRCM SWXM NI#M NICM NEXM NUCM NLCM NIAM CNAM
GNAM RECM ONAM OCAM PO#M POCM CPAM SPAM
1 1 100 RI      CM03 CM EROS0001 1213 1218 1311 1351 1351      8 9098 5224 5224 0
28 16269 365.7 0 0 561 420 89 45 7 2 71 0 84 2 0 84
39 0 10866 108 0 0 0 0 0
2 1 100 RI      CM03 CM EROS0001 2213 2218 2311 2352 2352      8 7380 4745 4745 0
28 14778 343.8 0 0 833 454 238 121 20 2 71 0 62 5 0 62
35 0 10863 108 0 0 0 0 0
3 1 100 RI      CM03 CM EROS0001 3213 3218 3311 3357 3357      8 3336 1918 1918 0
28 5973 170.7 0 0 652 350 94 195 12 2 71 0 31 7 0 31
14 0 10871 109 0 0 0 0 0
4 1 100 RI      CM03 CM EROS0001 4213 4218 4319 4362 4362      8 8187 5208 5208 0
28 16219 344.3 0 0 563 452 62 46 2 2 71 0 82 2 0 82
34 0 10868 108 0 0 0 0 0
5 1 100 RI      CM03 CM EROS0001 5213 5218 5313 5359 5359      8 5071 2665 2665 0
28 8300 143.6 0 0 527 427 37 58 5 2 71 0 48 2 0 48
15 0 10868 109 0 0 0 0 0
```

ตารางที่ 9-11 ตัวอย่างตาราง YIELDTAB.DBF

FXNAME	SMUVARCODE	FLOODPROB	YIELD_HA	YIELD_RAI
PL20047A	I2004708CHAINAT_0	0	5,751	920
PL20047B	I2004708KDML_0	0	5,529	885
PL20053A	I2004708KDML_16	16	5,588	894
PL20053A	I2004708KDML_50	50	3,190	510



รูปที่ 9-5 ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมขับเคลื่อนแบบจำลองข้าวและการแสดงแผนที่ผลผลิตที่ได้จากการจำลอง

```

MS-DOS Prompt - RICE990
The crop model is currently running in a
NON-INTERACTIVE MODE.
Do not interrupt this SIMULATION.
Please do not TOUCH the keyboard !!

[2]
RUN TRT FLO MAT TOPHT SEEDW TRAIN TIRR CET PESH TNUP TNLC TNLF TSON TSOC
1 RI 1 87 122 4757 2373 440 mm 0 372 mm 92 68 kg/ha 0 17635 kg/ha
Polygon 2 of 5 :
[2]
RUN TRT FLO MAT TOPHT SEEDW TRAIN TIRR CET PESH TNUP TNLC TNLF TSON TSOC
1 RI 2 80 108 3696 2183 478 mm 0 358 mm 143 56 kg/ha 0 17653 kg/ha
Polygon 3 of 5 :

```

รูปที่ 9-6 ตัวอย่างหน้าจอในขณะที่แบบจำลอง CERES-Rice ทำงานโดยการขับเคลื่อนของ GISDRV22.EXE ร่วมกับ GISRUN.BAT

เอกสารอ้างอิง

ถาวร อ่อนประไพ, เมธี เอกะสิงห์ และ สิทธิเดช ณ เชียงใหม่. 2543. การสร้างฐานข้อมูลเชิงพื้นที่แสดงพื้นที่ปลูกข้าวด้วยข้อมูลระยะไกลในระบบสนับสนุนการตัดสินใจการผลิตข้าว. หน้า 107-139. ใน เมธี เอกะสิงห์ และคณะ (บรรณาธิการ). ระบบสนับสนุนการตัดสินใจการผลิตข้าว รายงานผลการวิจัยฉบับสมบูรณ์ส่วนที่ 1 โครงการวิจัยระบบสนับสนุนการตัดสินใจการผลิตพืช: ข้าวในภาคเหนือ. ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

เมธี เอกะสิงห์, พนมศักดิ์ พรหมบุรณย์, อรรถชัย จินตะเวช และ ศักดิ์ดา จงแก้ววัฒนา. 2543. ระบบสนับสนุนการตัดสินใจการผลิตข้าว : แนวคิดและหลักการ. หน้า 1-11. ใน เมธี เอกะสิงห์ และคณะ (บรรณาธิการ). ระบบสนับสนุนการตัดสินใจการผลิตข้าว รายงานผลการวิจัยฉบับสมบูรณ์ส่วนที่ 1 โครงการวิจัยระบบสนับสนุนการตัดสินใจการผลิตพืช: ข้าวในภาคเหนือ. ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

เมธี เอกะสิงห์ และ จุไรพร แก้วทิพย์. 2543. การพัฒนาฐานข้อมูลเชิงพื้นที่ในระบบสนับสนุนการตัดสินใจการผลิตข้าว. หน้า 41-76. ใน เมธี เอกะสิงห์ และคณะ (บรรณาธิการ). ระบบสนับสนุนการตัดสินใจการผลิตข้าว รายงานผลการวิจัยฉบับสมบูรณ์ส่วนที่ 1 โครงการวิจัยระบบสนับสนุนการตัดสินใจการผลิตพืช: ข้าวในภาคเหนือ. ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

- เมธี เอกะสิงห์, เฉลิมพล สำราญพงษ์ และ ดาวร อ่อนประไพ. 2543. การสร้างชั้นข้อมูลเชิงพื้นที่น้ำท่วมจากข้อมูลภาพเรดาร์และแบบจำลองลุ่มน้ำ. หน้า 77-105. ใน เมธี เอกะสิงห์ และคณะ (บรรณาธิการ). ระบบสนับสนุนการตัดสินใจการผลิตข้าว รายงานผลการวิจัยฉบับสมบูรณ์ส่วนที่ 1 โครงการวิจัยระบบสนับสนุนการตัดสินใจการผลิตพืช: ข้าวในภาคเหนือ. ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- เมธี เอกะสิงห์, ทวีศักดิ์ เวียรศิลป์, พนมศักดิ์ พรหมบุรณย์ และ สุรีย์พร สุดชาลี. 2543. การออกแบบและพัฒนาฐานข้อมูลเชิงพื้นที่ชุดดิน. หน้า 13-40. ใน เมธี เอกะสิงห์ และคณะ (บรรณาธิการ). ระบบสนับสนุนการตัดสินใจการผลิตข้าว รายงานผลการวิจัยฉบับสมบูรณ์ส่วนที่ 1 โครงการวิจัยระบบสนับสนุนการตัดสินใจการผลิตพืช: ข้าวในภาคเหนือ. ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- เมธี เอกะสิงห์, พนมศักดิ์ พรหมบุรณย์, ชาญชัย แสงชโยสวัสดิ์, เบญจพรรณ เอกะสิงห์ ธิญา พรหมบุรณย์, เฉลิมพล สำราญพงษ์ และ จุไรพร แก้วทิพย์. 2542. รายงานฉบับสมบูรณ์ โครงการพัฒนาระบบฐานข้อมูลดินระยะที่ 2. ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- เมธี เอกะสิงห์ และ สุรีย์พร สุดชาลี. 2541. การพัฒนาระบบข้อมูลเชิงพื้นที่โครงการชลประทานในระบบสนับสนุนการตัดสินใจการผลิตข้าว. หน้า 2-37. ใน เมธี เอกะสิงห์ และคณะ. ระบบสนับสนุนการตัดสินใจการผลิตข้าว รายงานฉบับที่ 2 โครงการวิจัยระบบสนับสนุนการตัดสินใจการผลิตพืช: ข้าวในภาคเหนือ. ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- อรรถชัย จินตะเวช, สุวิทย์ เลหาศิริวงศ์, เฉลิมพล ไหลรุ่งเรือง และ ศักดิ์ดา จงแก้ววัฒนา. 2540. การประมาณผลผลิตอ้อยโดยใช้แบบจำลองพัฒนาการและการเจริญเติบโตของอ้อย: แนวคิดและหลักการ (principles & concepts). หน้า 2-15. ใน อรรถชัย จินตะเวช, สุวิทย์ เลหาศิริวงศ์ และ เฉลิมพล ไหลรุ่งเรือง (บรรณาธิการ). การพัฒนาและการทดสอบแบบจำลองการเจริญเติบโตของอ้อยในประเทศไทย. 196 หน้า.
- อรรถชัย จินตะเวช และ P. K. Thornton. 2540. การประมาณผลผลิตอ้อยในพื้นที่ขนาดใหญ่โดยใช้โปรแกรมเชื่อมโยง ThaiSIS 1.0. หน้า 161-170. ใน อรรถชัย จินตะเวช, สุวิทย์ เลหาศิริวงศ์ และ เฉลิมพล ไหลรุ่งเรือง (บรรณาธิการ). การพัฒนาและการทดสอบแบบจำลองการเจริญเติบโตของอ้อยในประเทศไทย. 196 หน้า.
- อรรถชัย จินตะเวช และ P. K. Thornton. 2540. การประมาณผลผลิตอ้อยโดยใช้แบบจำลองพัฒนาการและการเจริญเติบโตของอ้อย. หน้า 102-112. ใน อรรถชัย จินตะเวช, สุวิทย์ เลหาศิริวงศ์ และ เฉลิมพล ไหลรุ่งเรือง (บรรณาธิการ). การพัฒนาและการทดสอบแบบจำลองการเจริญเติบโตของอ้อยในประเทศไทย. 196 หน้า.

- อรรถชัย จินตะเวช, P. K. Thornton, P.W. Wilkens, ถาวร อ่อนประไพ และ ศักดิ์ดา จงแก้ววัฒนา. 2542. คู่มืออ้างอิง ThaiSIS 1.0 และกรณีตัวอย่างฐานข้อมูลระวางน้ำพอง. ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 72 หน้า.
- ESRI. 1994. ARC Command. Environmental Systems Research Institute, Inc., Redlands, CA.
- ESRI. 1995. Understanding GIS: The ARC/INFO Method. Self-study Workbook Version 7 for UNIX and Open VMSI. John Wiley & Sons Inc., NY.
- ESRI. 1996a. ArcView: The Geographic Information System for Everyone. Environmental Systems Research Institute, Inc., Redlands, CA.
- ESRI. 1996b. Avenue: Customization and Application Development for ArcView. Environmental Systems Research Institute, Inc., Redlands, CA.
- ESRI. 1997. ArcView Dialog Designer: Using ArcView Dialog Designer. Environmental Systems Research Institute, Inc., Redlands, CA.
- Hartkamp, A.D., J.W. White, and G. Hoogenboom, 1999. SIMULATION & MODELING: Interfacing geographic information systems with agronomic modeling: A review. *Agron. J.* 91:761-772.
- Maguire, D. J. 1991. An Overview and Definition of GIS. p.9-20. In Maguire, David J., Michael F. Goodchild, and David W. Rhind (eds.). 1991. *Geographical Information Systems, Volume 1: Principles*. Longman Scientific & Technical.
- Tsuji, G.Y., G. Uehara, and S. Balas (eds.). 1994. DSSAT v3. University of Hawaii, Honolulu, HI.
- Yates, P. and I. Bishop. 1997. A Method for the Integration of Existing GIS and Modeling Systems. p.191-197. In *Proceeding of GeoComputation'97 & SIRC'97*.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การใช้ โฟสฟ 1.0 ในการสนับสนุนการวางแผนผลิตข้าวระดับจังหวัด

พนมศักดิ์ พรหมบุรณย์¹

อรรณชัย จินตะเวช²

และ เมธี เอกะสิงห์²

คำนำ

ระบบสนับสนุนการตัดสินใจด้านการผลิตข้าวที่ดีต้องมีความสามารถในการประมาณค่าผลผลิต เสนอแนะพื้นที่เป้าหมายเพื่อการปรับปรุงผลผลิต การส่งเสริมพันธุ์ข้าว และการลดพื้นที่ปลูกข้าวตั้งแต่ระดับตำบล อำเภอ จังหวัด หรือแม้กระทั่งระดับประเทศ โดยอาศัยข้อมูลที่มีความแม่นยำและถูกต้อง

โฟสฟ 1.0 เป็นระบบสนับสนุนการตัดสินใจในการผลิตข้าวซึ่งประกอบด้วยฐานข้อมูลเชิงพื้นที่และข้อมูลอธิบายที่เป็นปัจจัยสำหรับการเจริญเติบโตของข้าวและเป็นข้อมูลประกอบในการวิเคราะห์สภาพการณ์ต่างๆ ครอบคลุมพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่และพิษณุโลก ร่วมกับแบบจำลองข้าว CERES-Rice ที่เป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ทำหน้าที่จำลองการเจริญเติบโตและคำนวณผลผลิตของข้าว ดังนั้นจึงมีความสามารถที่จะประมาณค่าผลผลิตของข้าวภายใต้สภาพแวดล้อมของพื้นที่เป้าหมายและเงื่อนไขการเกษตรกรรมที่ระบุโดยผู้ใช้ รวมทั้งใช้วิเคราะห์แนวโน้มนโยบายหลักที่เกี่ยวข้องกับการผลิตข้าว แล้วแสดงผลในรูปแบบที่พร้อมทั้งข้อมูลประกอบอื่นๆ

เนื่องจากผลผลิตข้าวถูกกำหนดโดยปัจจัยทางด้านกายภาพ ชีวภาพ และระดับการจัดการที่มีความแปรปรวนในเชิงพื้นที่และเวลา ดังนั้นจึงจำเป็นต้องทำการทดสอบการทำงานและการตอบสนองของระบบสนับสนุนการตัดสินใจต่อความต้องการในการใช้ระบบเพื่อวัตถุประสงค์ต่างๆ ในพื้นที่เป้าหมายขนาดต่างๆ ตั้งแต่ระดับหน่วยแผนที่เพื่อการจำลอง (Minimum Simulation Mapping Unit, MSMU) จนถึงระดับจังหวัดซึ่งมีข้อมูลเชิงพื้นที่พร้อมใช้งานอยู่แล้ว รายงานส่วนนี้จะอธิบายถึงผลการทดสอบการจำลองสถานการณ์การผลิตข้าวในระดับจังหวัด การวิเคราะห์แนวโน้มนโยบายการลดพื้นที่ปลูกข้าวนาปรัง ตลอดจนวิธีการใช้งานระบบ

¹ ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

² ภาควิชาปฐพีศาสตร์และอนุรักษศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

วิธีการศึกษา

การจำลองผลผลิตในระดับการจัดการต่าง ๆ

ผลผลิตข้าวนอกจากจะถูกกำหนดโดยปัจจัยทางกายภาพ เช่น คุณสมบัติของดินที่ใช้ในการเพาะปลูก ภูมิอากาศ และระดับความเป็นประโยชน์ของน้ำที่ใช้เพาะปลูก หากยังขึ้นอยู่กับพันธุ์ข้าวและการเกษตรกรรมของเกษตรกรโดยเฉพาะระดับการจัดการปุ๋ยในนาข้าว ดังนั้นการจำลองผลผลิตข้าวในระดับจังหวัดจึงจำเป็นต้องมีข้อมูลเชิงพื้นที่ดังกล่าวที่ใกล้เคียงกับความจริง ข้อมูลเชิงพื้นที่ของปัจจัยทางกายภาพเป็นข้อมูลที่ได้รับการพัฒนาขึ้นในโครงการวิจัยนี้โดยวิธีการต่าง ๆ (เมธี และคณะ, 2543) และเป็นข้อมูลที่เชื่อมโยงกับแต่ละ MSMU สำหรับการกระจายตัวของพันธุ์ข้าวได้มาจากข้อมูลการสำรวจภาคสนามในปี 2540 ของกรมส่งเสริมการเกษตร ซึ่งข้อมูลเหล่านี้เป็นข้อมูลรายตำบล จึงสามารถจัดเก็บเป็นข้อมูลเชิงพื้นที่ตามขอบเขตของนาข้าวในแต่ละตำบล โดยใช้พันธุ์ข้าวที่มีพื้นที่เพาะปลูกมากที่สุดเป็นพันธุ์ข้าวหลักประจำตำบลนั้น

เมื่อระบบสนับสนุนการตัดสินใจการผลิตข้าวได้รับการพัฒนาให้องค์ประกอบส่วนต่างๆ เชื่อมโยงกันได้สมบูรณ์แล้ว ได้ทำการทดสอบการจำลองผลผลิตข้าวในระดับจังหวัด ณ สถานการณ์ต่างๆ ดังนี้ (1) จำลองผลผลิตเฉลี่ยของข้าวนาปีและนาปรังระดับจังหวัดตามข้าวพันธุ์หลักที่เกษตรกรปลูก (2) จำลองผลผลิตเฉลี่ยระดับจังหวัดของข้าวนาปีในเขตอาศัยน้ำฝนและเขตชลประทาน (3) จำลองผลผลิตเฉลี่ยระดับจังหวัดของข้าวนาปีและนาปรังแยกตามพันธุ์ต่างๆ ที่ได้ทำการศึกษาเพื่อปรับค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมแล้ว การจำลองดังกล่าวดำเนินการโดยแบบจำลอง CERES-Rice ทำการประเมินผลผลิตของแต่ละหน่วยแผนที่เพื่อการจำลอง (MSMU) แต่ละหน่วย โดยใช้ข้อมูลอากาศรายวันเป็นเวลา 20 ปี ผลผลิตของแต่ละ MSMU ที่ได้นำมาหาค่าเฉลี่ยของจังหวัดโดยการถ่วงน้ำหนักด้วยขนาดพื้นที่ของแต่ละ MSMU

การทดสอบการจำลองในระดับจังหวัดได้เปรียบเทียบการจัดการปุ๋ย 3 ระดับดังต่อไปนี้ (1) การใส่ปุ๋ยระดับต่ำหรือการจัดการโดยทั่วไปของเกษตรกร (2) การจัดการปุ๋ยตามคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตร และ (3) การจัดการปุ๋ยแบบประณีต (intensive) โดยในแต่ละระดับของการจัดการมีความแตกต่างกันในด้านของปริมาณปุ๋ย จำนวนครั้งที่ให้ และวันที่ใส่ปุ๋ย

กำหนดวันปลูกข้าวพันธุ์ต่างๆ ของจังหวัดเชียงใหม่ตรงกับวันที่ 5 สิงหาคม โดยใช้วิธีปักดำ การกำหนดระยะห่างของการปักดำนั้นให้ขึ้นอยู่กับพันธุ์ข้าว กล่าวคือ ข้าวพันธุ์สันป่าตอง, ข้าวดอกมะลิ 105, และ กข6 ปลูกที่ระยะห่าง 25 เซนติเมตร (16 กอต่อตารางเมตร) ส่วนข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 และ ก.ว.ก.1 ได้กำหนดระยะปลูกเป็น 20 เซนติเมตร (25 กอต่อตารางเมตร)

การจัดการปุ๋ยระดับค่อนข้างต่ำ ได้กำหนดให้มีการใส่ปุ๋ยครั้งแรกในวันปลูกเป็นปุ๋ยเกรด 16-20-0 ที่อัตรา 13 กิโลกรัมต่อไร่สำหรับข้าวพันธุ์ไม่ไวแสง และอัตรา 10 กิโลกรัมต่อไร่สำหรับข้าวพันธุ์ไวแสง และการใส่ปุ๋ยครั้งที่สองใช้ปุ๋ยยูเรีย (46-0-0) อัตรา 4 กิโลกรัมต่อไร่ โดยใส่หลังจากวันปลูก 40 วัน สำหรับข้าวพันธุ์ไม่ไวแสง และอัตรา 3 กิโลกรัมต่อไร่หลังจากวันปลูก 45 วันสำหรับข้าวพันธุ์ไวแสง

การจัดการตามคำแนะนำ เป็นการจัดการปุ๋ยตามคำแนะนำการผลิตข้าวอย่างถูกต้องและเหมาะสมของสถาบันวิจัยข้าว กรมวิชาการเกษตร (ศูนย์วิจัยข้าวพิษณุโลก, 2542) ส่วนข้าวพันธุ์ไม่ไวแสงกำหนดให้ใส่ปุ๋ยครั้งแรกเกรด 16-20-0 อัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่ในวันปลูก และใส่ปุ๋ยครั้งที่สองเป็นปุ๋ยยูเรียในอัตรา 10 กิโลกรัมต่อไร่เมื่อข้าวมีอายุ 40 วัน สำหรับข้าวพันธุ์ไวแสงกำหนดให้ใส่ปุ๋ยครั้งแรกเกรด 16-20-0 อัตรา 20 กิโลกรัมต่อไร่ในวันปลูก และใส่ปุ๋ยครั้งที่สองใช้ปุ๋ยยูเรียในอัตรา 6 กิโลกรัมต่อไร่เมื่อข้าวมีอายุ 45 วัน

การจัดการปุ๋ยแบบประณีต เป็นการจำลองผลผลิตในระดับที่เกษตรกรพึงได้รับสูงสุดภายใต้การให้ปุ๋ยยูเรีย 4 ครั้ง โดยครั้งแรกใส่ปุ๋ยในอัตรา 7, 7, 15 และ 7 กิโลกรัมต่อไร่เมื่อข้าวมีอายุได้ 20, 50, 60 และ 80 วัน ตามลำดับ สำหรับข้าวพันธุ์ไวแสง และใส่ปุ๋ยในอัตรา 9, 9, 19 และ 9 กิโลกรัมต่อไร่ เมื่อข้าวมีอายุได้ 20, 50, 60 และ 80 วัน ตามลำดับ สำหรับข้าวพันธุ์ไม่ไวแสง

สำหรับจังหวัดพิษณุโลก กำหนดให้ปลูกข้าวพันธุ์ไม่ไวแสง ซึ่งได้แก่ ข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 และ ก.วก.1 ในวันที่ 15 กรกฎาคม ส่วนข้าวพันธุ์ไวแสงกำหนดวันปลูกในวันที่ 5 สิงหาคม ทั้งนี้ใช้วิธีปลูกแบบนาหว่านน้ำตมซึ่งเป็นวิธีที่เกษตรกรปฏิบัติโดยทั่วไป และอัตราเมล็ดที่ใช้สำหรับหว่าน 300 เมล็ดต่อตารางเมตร หรือใช้อัตราเมล็ดประมาณ 11 กิโลกรัมต่อไร่ (ที่น้ำหนัก 23 กรัมต่อ 1,000 เมล็ด)

การจัดการปุ๋ยข้าวในจังหวัดพิษณุโลกจึงแตกต่างจากที่จังหวัดเชียงใหม่ กล่าวคือในการจำลองผลผลิตข้าวที่ใส่ปุ๋ยระดับค่อนข้างต่ำ กำหนดให้มีการใส่ปุ๋ยครั้งแรกเมื่อข้าวมีอายุได้ 20 วัน โดยใช้เกรด 16-20-0 ในอัตรา 13 กิโลกรัมต่อไร่สำหรับข้าวพันธุ์ไม่ไวแสง และอัตรา 10 กิโลกรัมต่อไร่สำหรับข้าวพันธุ์ไวแสง และใส่ปุ๋ยครั้งที่สองโดยใช้ปุ๋ยยูเรีย (46-0-0) อัตรา 4 กิโลกรัมต่อไร่หลังจากวันปลูก 40 วัน สำหรับข้าวพันธุ์ไม่ไวแสง และอัตรา 3 กิโลกรัมต่อไร่หลังจากวันปลูก 45 วันสำหรับข้าวพันธุ์ไวแสง

การจำลองที่มีจัดการปุ๋ยตามคำแนะนำการผลิตข้าวอย่างถูกต้องและเหมาะสม สำหรับข้าวพันธุ์ไม่ไวแสงได้กำหนดให้ใส่ปุ๋ยครั้งแรกเกรด 16-20-0 อัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่เมื่อข้าวมีอายุได้ 20 วัน และใส่ปุ๋ยครั้งที่สองเป็นปุ๋ยยูเรียในอัตรา 10 กิโลกรัมต่อไร่เมื่อข้าวมีอายุ 40 วัน สำหรับข้าวพันธุ์ไวแสงกำหนดให้ใส่ปุ๋ยครั้งแรกเกรด 16-20-0 อัตรา 20 กิโลกรัมต่อไร่เมื่อข้าวมีอายุได้ 20 วัน และใส่ปุ๋ยครั้งที่สองเป็นปุ๋ยยูเรียในอัตรา 6 กิโลกรัมต่อไร่เมื่อข้าวมีอายุ 45 วัน

สำหรับการจำลองจัดการปุ๋ยแบบประณีตมีรายละเอียดเช่นเดียวกับการจำลองจัดการในเชียงใหม่

ในการจำลองผลผลิตของแต่ละ MSMU ได้กำหนดให้ทำการจำลองอย่างต่อเนื่องเป็นระยะเวลา 20 ปี ด้วยการใช้ข้อมูลภูมิอากาศที่จำลองขึ้นโดยชุดโปรแกรมในแบบจำลองข้าวซึ่งอาศัยข้อมูลลักษณะของภูมิอากาศในแต่ละเขตที่ได้พัฒนาขึ้นโดยเมธีและจุไรพร (2543) จากนั้นนำผลจากการจำลองมาคำนวณหาค่าผลผลิตเฉลี่ยของแต่ละ MSMU และทำการคำนวณผลผลิตเฉลี่ยเชิงพื้นที่

ของแต่ละตำบลโดยใช้ผลรวมของผลผลิตในแต่ละ MSMU ในตำบลนั้นซึ่งได้จากผลผลิตเฉลี่ย 20 ปี คูณกับพื้นที่ของ MSMU จากนั้นหารด้วยพื้นที่ปลูกข้าวทั้งหมดของตำบลดังกล่าว ทั้งนี้เพื่อให้สามารถนำผลไปวิเคราะห์เปรียบเทียบกับรายงานผลผลิตข้าวรายตำบลที่ได้จากการสำรวจของกรมส่งเสริมการเกษตรในปี 2540

นอกจากนี้ยังได้ทำการจำลองสถานการณ์โดยประมาณการผลผลิตข้าวของแต่ละพื้นที่ในพื้นที่ทั้งจังหวัด เพื่อใช้วิเคราะห์เปรียบเทียบผลผลิตระหว่างพื้นที่ข้าวและวิเคราะห์นโยบายการลดพื้นที่หรือขยายพื้นที่ปลูกข้าวพื้นที่ส่งเสริม

การวิเคราะห์ส่วนเหลือของผลผลิต

ส่วนเหลือของผลผลิต (yield gap) เป็นข้อมูลที่สำคัญที่สามารถบ่งบอกศักยภาพในการปรับปรุงผลผลิตของข้าวในพื้นที่นั้นๆ ข้อมูลดังกล่าวนี้เป็นที่ต้องการของนักวิชาการเกษตรที่ใช้แนวทางระบบการทำฟาร์มในสำนักวิจัยและพัฒนา กรมวิชาการเกษตร รวมทั้งเจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตรในระดับจังหวัด

การแสดงผลส่วนเหลือของผลผลิตที่การจัดการระดับต่างๆ มีวัตถุประสงค์เพื่อระบุพื้นที่ที่มีศักยภาพในการปรับปรุงการผลิตและเพิ่มผลผลิต โดยพัฒนาระบบการทำงานของ โฟสฟ 1.0 ให้ทำการเปรียบเทียบผลผลิตของแต่ละ MSMU ระหว่างผลผลิตที่ได้จากการใส่ปุ๋ยตามคำแนะนำ และการจัดการปุ๋ยที่ดีมากกับผลผลิตเฉลี่ยที่ได้จากการสำรวจภาคสนามของกรมส่งเสริมการเกษตรในปีเพาะปลูก 2540 ทั้งนี้ได้ทำการเปรียบเทียบผลผลิตสองวิธี คือ (1) เปรียบเทียบในระดับ MSMU และ (2) เปรียบเทียบผลผลิตเฉลี่ยเชิงพื้นที่ในระดับตำบล แล้วแสดงผลในลักษณะส่วนเหลือของผลผลิตเป็นแผนที่ในพื้นที่เป้าหมาย

การใช้ โฟสฟ 1.0 ในการวิเคราะห์เชิงนโยบาย

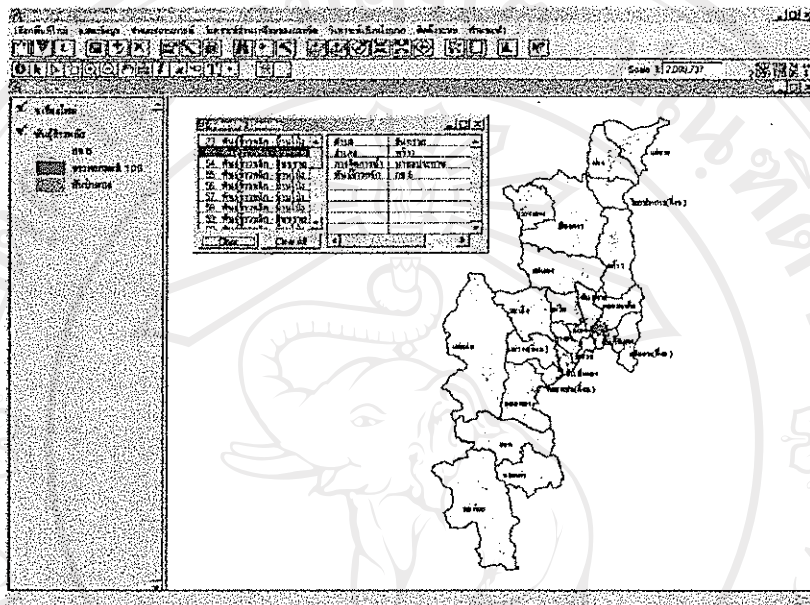
ความสามารถอีกประการหนึ่งของระบบ โฟสฟ 1.0 ที่ได้พัฒนาขึ้นคือการวิเคราะห์ในเชิงนโยบายเพื่อระบุพื้นที่เป้าหมายสำหรับลดหรือขยายการผลิตข้าว ซึ่งที่ผ่านมาเป็นนโยบายที่รัฐบาลใช้เพื่อปรับเปลี่ยนกลยุทธ์ในการผลิตให้สอดคล้องกับสภาวะการผลิตและการตลาด หรือเพื่อให้สอดคล้องกับปริมาณน้ำต้นทุนในแหล่งกักเก็บน้ำเพื่อการเกษตรที่มีอยู่ในแต่ละปี ในการศึกษาครั้งนี้ได้จำลองการวิเคราะห์เชิงนโยบายการลดพื้นที่ปลูกข้าวนาปรังในเขตโครงการชลประทานขนาดใหญ่ เพื่อลดปริมาณการใช้น้ำจากชลประทานซึ่งมีอย่างจำกัด

ในระบบ โฟสฟ 1.0 ได้เพิ่มการทำงานในส่วนของการวิเคราะห์เชิงนโยบาย โดยอนุญาตให้ผู้ใช้กำหนดขนาดของพื้นที่ข้าวนาปรังที่ต้องการลดการปลูก จากนั้นสกัดเอาพื้นที่ที่มีผลผลิตต่ำออกให้ครบตามขนาดพื้นที่ที่ผู้ใช้กำหนดและแสดงพื้นที่เหล่านี้ในรูปแบบแผนที่ พร้อมทั้งแสดงชั้นข้อมูลประกอบต่างๆ โดยการซ้อนทับ เพื่ออ้างอิงตำแหน่งและขอบเขตของพื้นที่นั้น

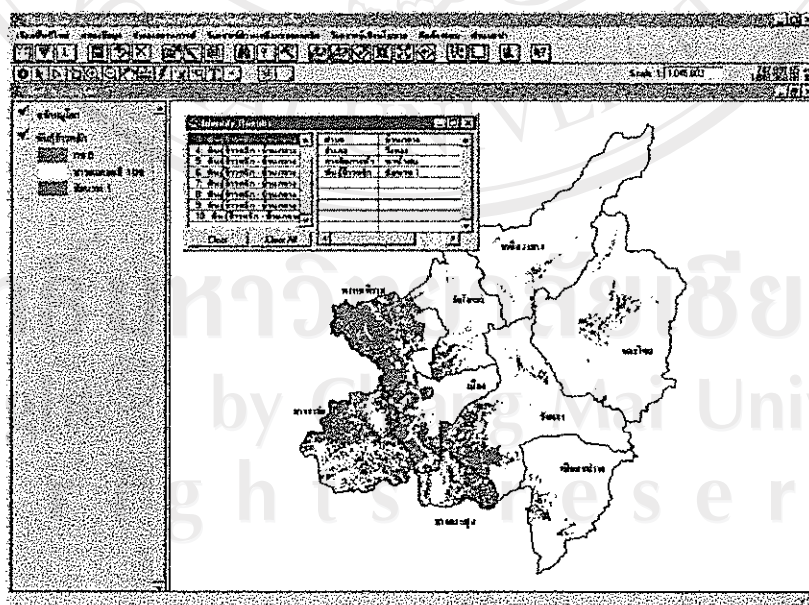
ผลการศึกษา

การจำลองผลผลิตเฉลี่ยเชิงพื้นที่ของข้าวนาปีพันธุ์หลัก

จากข้อมูลการสำรวจของกรมส่งเสริมการเกษตร พบว่าพันธุ์ข้าวหลักที่เกษตรกรปลูกตามตำบลต่างๆ ในจังหวัดเชียงใหม่ คือ กข6, สันป่าตอง และชาวดอกมะลิ 105 ส่วนในจังหวัดพิษณุโลกคือ กข6, ชัยนาท 1 และชาวดอกมะลิ 105 (รูปที่ 10-1 และ 10-2)



รูปที่ 10-1 พันธุ์ข้าวหลักที่ปลูกในพื้นที่นาปีของตำบลต่างๆ จังหวัดเชียงใหม่ ปี 2540



รูปที่ 10-2 พันธุ์ข้าวหลักที่ปลูกในพื้นที่นาปีของจังหวัดพิษณุโลก ปี 2540

จากการใช้ระบบ โฟสพ 1.0 จำลองสถานการณ์การผลิตข้าวนาปีพันธุ์หลักโดยใช้ระดับการจัดการปุ๋ย 3 ระดับคือ (ก) การจัดการในระดับค่อนข้างต่ำ (ข) การจัดการตามคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตร และ (ค) การจัดการปุ๋ยแบบประณีต พบว่าข้าวนาปีในจังหวัดเชียงใหม่และพิษณุโลกประกอบด้วยหน่วยจำลองการผลิตที่ไม่ซ้ำกัน (Unique Minimum Simulating Unit, UMSMU) ทั้งสิ้น 437 และ 821 หน่วย ตามลำดับ ใช้เวลาจำลองผลผลิตประมาณ 30 และ 90 นาที ตามลำดับ ในการจำลองเป็นระยะเวลา 20 ปี ส่วนข้าวนาปรังในจังหวัดเชียงใหม่และพิษณุโลกที่มี UMSMU ทั้งหมด 124 และ 320 หน่วย ตามลำดับ ใช้เวลาในการจำลองผลผลิตประมาณ 10 และ 25 นาที ตามลำดับ

ผลจากการจำลองแสดงให้เห็นว่าผลผลิตเฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนักด้วยพื้นที่เพาะปลูกของข้าวนาปีในจังหวัดพิษณุโลกมีค่าต่ำกว่าผลผลิตเฉลี่ยของจังหวัดเชียงใหม่ในทุกระดับการจัดการปุ๋ย กล่าวคือในระดับการจัดการปุ๋ยตามที่เกษตรกรปฏิบัติ ระบบฯ ประมาณค่าผลผลิตเฉลี่ยของข้าวนาปีในจังหวัดเชียงใหม่และพิษณุโลกได้เท่ากับ 702 ± 44 และ 667 ± 60 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ (ตารางที่ 10-1) หากใช้ระดับการจัดการปุ๋ยสูงขึ้นตามคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตร ผลผลิตของข้าวนาปีในจังหวัดทั้งสองเพิ่มขึ้นเป็น 874 ± 69 และ 845 ± 85 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ ถ้าทำการใส่ปุ๋ยให้ดินทุกหน่วย 4 ครั้งในปริมาณที่ระบุไว้ข้างต้น พบว่าผลผลิตเฉลี่ยของข้าวนาปีทั้งจังหวัดเชียงใหม่และพิษณุโลกเพิ่มขึ้นเป็น $1,438 \pm 72$ และ $1,239 \pm 73$ กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ

ตารางที่ 10-1 ผลผลิตเฉลี่ยเชิงพื้นที่ของข้าวนาปีพันธุ์หลักที่ได้จากการจำลองสถานการณ์การผลิตข้าวระดับจังหวัด โดยใช้การจัดการปุ๋ยระดับต่างๆ ในจังหวัดเชียงใหม่

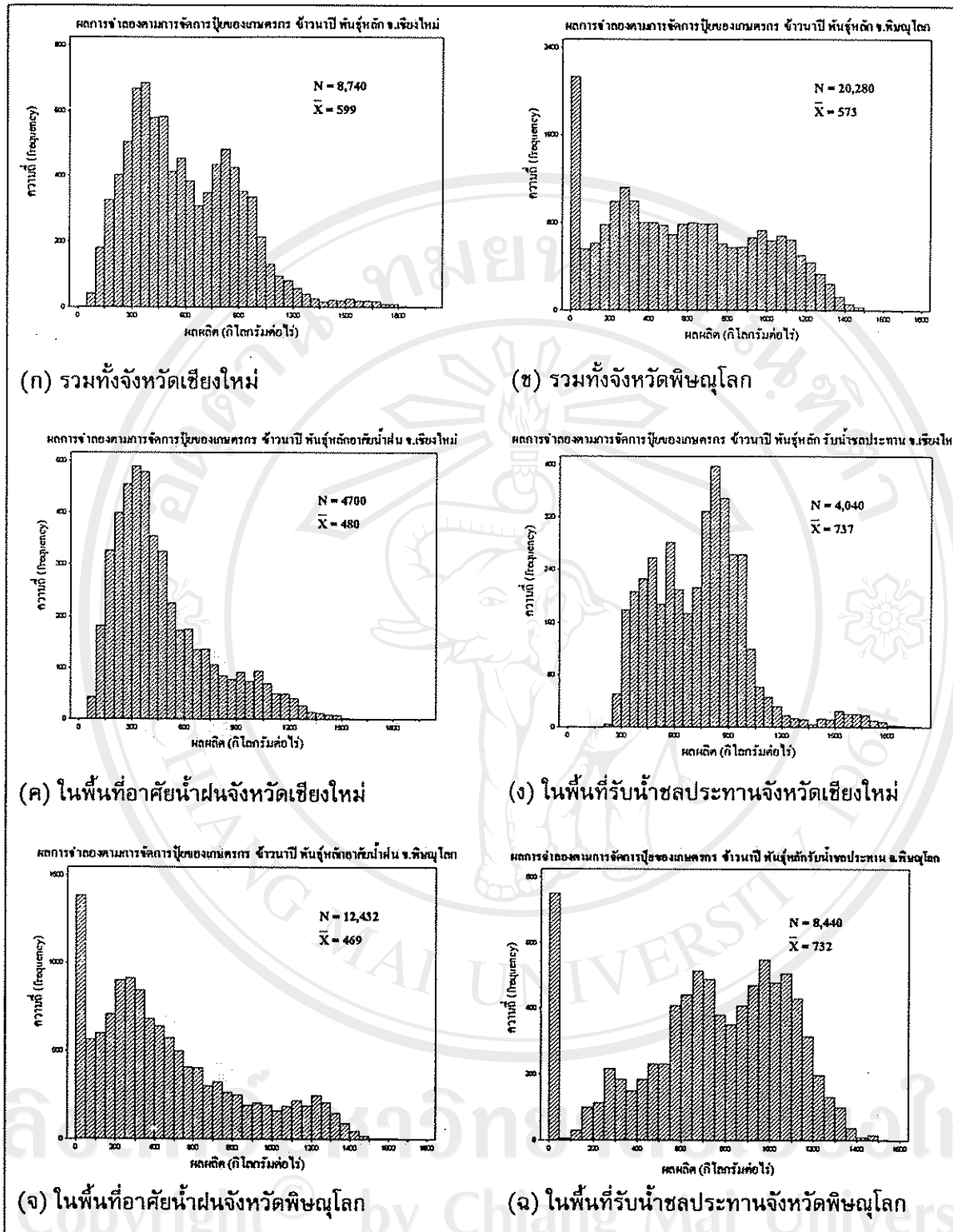
ระดับการจัดการปุ๋ย	ผลผลิตข้าวนาปี (กิโลกรัม/ไร่)	
	เชียงใหม่	พิษณุโลก
ค่อนข้างต่ำ	702 ± 44	677 ± 60
ตามคำแนะนำ	874 ± 69	845 ± 85
แบบประณีต	$1,438 \pm 72$	$1,239 \pm 73$

ผลผลิตเฉลี่ยของข้าวนาปีระดับจังหวัดที่ได้จากการสำรวจของสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตรระหว่างปี 2537-2540 เป็นไปในทางเดียวกัน กล่าวคือผลผลิตเฉลี่ยของจังหวัดเชียงใหม่ (503 ± 25 กิโลกรัมต่อไร่) มีค่าสูงกว่าจังหวัดพิษณุโลก (432 ± 20 กิโลกรัมต่อไร่) เมื่อได้เปรียบเทียบกับผลผลิตเฉลี่ยจากการจำลองในระดับการจัดการปุ๋ยของเกษตรกรดังกล่าวข้างต้น พบว่าผลผลิตจากการจำลองมีค่าสูงกว่าจากการสำรวจประมาณร้อยละ 28-35 ซึ่งสาเหตุสำคัญ 2 ประการที่ทำให้ผลผลิตจากการจำลองสูงกว่าที่ได้จากการสำรวจคือ ประการแรก ผลผลิตที่ได้จากการจำลองยังไม่มีส่วนการจำลองผลกระทบของการระบาดของโรคแมลงศัตรูพืช วัชพืช และความเสียหายจากต้นข้าวหักล้มที่จะมีผลต่อผลผลิตข้าวที่จำลองได้ และในการปฏิบัติจริงของเกษตรกร

ทำให้ผลผลิตบางส่วนได้รับความเสียหายอันเนื่องมาจากการระบาดของโรคใบไหม้ด้วย ประสานและคณะ (2516ก) ได้ประเมินความสูญเสียผลผลิตข้าวเนื่องจากวัชพืชในนาดำในบริเวณภาคกลางของประเทศไทย พบว่าอาจมีค่าสูงถึงร้อยละ 2-33 หากไม่มีการกำจัดวัชพืช สำหรับนาหว่านน้ำตมในบริเวณเดียวกันมีความสูญเสียจากการไม่กำจัดวัชพืชประมาณร้อยละ 15-47 (ประสานและคณะ, 2516ข) ดังนั้นถ้าเกษตรกรไม่มีการกำจัดวัชพืชหรือกำจัดวัชพืชไม่เต็มประสิทธิภาพผลผลิตข้าวจากการสำรวจจะต่ำกว่าที่ได้จากการจำลอง นอกจากนี้วินิตและคณะ (2543) ได้ทำการศึกษาความสูญเสียของข้าวที่เกิดขึ้นระหว่างและหลังกระบวนการเก็บเกี่ยวในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย พบว่ามีการสูญเสียของผลผลิตข้าวจากขั้นตอนต่างๆ อันได้แก่ การเกี่ยว การตากแห้ง การมัดฟ่อน การขนย้าย และการนวดโดยใช้แรงงานคน โดยเฉลี่ยทั้งสิ้นประมาณร้อยละ 6.0 และหากใช้เครื่องจักรเกี่ยวและนวดและคัดแยก การสูญเสียจะลดลงเหลือร้อยละ 3.7

ประการที่สอง คือผลผลิตเฉลี่ยที่ได้จากการจำลองเป็นการเฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนักเชิงพื้นที่ กล่าวคือนำผลผลิต (กิโลกรัมต่อไร่) ของแต่ละ MSMU คูณกับเนื้อที่เพาะปลูกของแต่ละ MSMU ก่อนที่จะนำไปหาค่าผลผลิตเฉลี่ยทั้งจังหวัด การคำนวณในลักษณะนี้จะมีความแม่นยำมากกว่าการนำข้อมูลเฉพาะจุดหรือตำแหน่งมาคำนวณหาค่าเฉลี่ย โดยเฉพาะในกรณีที่ผลผลิตข้าวมีความแปรปรวนสูง เนื่องจากสภาพแวดล้อมในการผลิต เช่น ดิน สภาพภูมิประเทศ น้ำท่วมข้าว และน้ำที่เป็นประโยชน์ต่อพืช ผลจากการพัฒนาระบบข้อมูลเชิงพื้นที่ในโครงการวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่าความหลากหลายของพื้นที่ปลูกข้าวในจังหวัดพิษณุโลกและเชียงใหม่มีผลทำให้ผลผลิตข้าวมีความแปรปรวนสูง โดยขึ้นอยู่กับว่าแหล่งเพาะปลูกข้าวอยู่ในเขตชลประทานหรือเขตน้ำฝน น้ำท่วมหรือไม่ และอยู่บนดินเหนียวหรือดินทราย ดังนั้นการนำผลผลิตที่ได้จากการสุ่มตัวอย่างในแปลงนาเฉพาะจุดหรือได้จากการสอบถามเกษตรกรตัวอย่างจำนวนจำกัด แล้วนำมาหาค่าผลผลิตเฉลี่ยโดยไม่ได้ถ่วงน้ำหนักด้วยเนื้อที่เพาะปลูก อาจทำให้การประเมินผลผลิตเฉลี่ยในระดับจังหวัดคลาดเคลื่อนได้ นอกจากปัจจัยดังกล่าวนี้แล้ว ในกระบวนการจำลองผลผลิตโดย CERES-Rice ยังมีสมมติฐานว่าปุ๋ยที่ใส่มีปริมาณธาตุอาหารที่ครบถ้วนสมบูรณ์ตามที่ระบุไว้ข้างต้น

ผลของสภาพแวดล้อมในการผลิตต่อการคิดค่าเฉลี่ยของผลผลิตระดับจังหวัดสามารถเห็นได้ชัดเจนเมื่อแสดงผลของการกระจายผลผลิตของข้าวนาปีของแต่ละ MSMU ที่มีระดับการจัดการแบบที่เกษตรกรใช้ปฏิบัติ ผลผลิตข้าวนาปีในจังหวัดเชียงใหม่ที่ได้จากการจำลองผลผลิตเป็นเวลา 20 ปี โดยมีจำนวนทั้งสิ้น 8,740 ผลการจำลอง การกระจายตัวของผลผลิตมีลักษณะ Bimodal (รูปที่ 10-3(ก)) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าผลผลิตข้าวที่ปลูกในเขตอาศัยน้ำฝนและเขตชลประทานเป็นประชากรต่างกลุ่มกัน และเมื่อแสดงการกระจายตัวของผลผลิตแยกกันพบว่าผลผลิตข้าวนาปีที่ปลูกโดยอาศัยน้ำฝนในจังหวัดเชียงใหม่มีค่าเฉลี่ยแบบไม่ใช้พื้นที่เพาะปลูกถ่วงน้ำหนักเท่ากับ 480 กิโลกรัมต่อไร่ (รูปที่ 10-3(ค)) ในขณะที่ข้าวนาปีปลูกบนพื้นที่รับน้ำชลประทานมีผลผลิตเฉลี่ย 737 กิโลกรัมต่อไร่ (รูปที่ 10-3(ง))



รูปที่ 10-3 การกระจายตัวของผลผลิตข้าวของหน่วยการจำลอง (MSMU) เมื่อจำลองการผลิตข้าวในปี
ในพื้นที่รับน้ำชลประทานและอาศัยน้ำฝน ที่ระดับการจัดการของเกษตรกร เป็นเวลา 20 ปี

สำหรับข้าวนาปีในจังหวัดพิษณุโลก เมื่อทำการจำลองเป็นเวลา 20 ปี โดยมีผลลัพธ์ที่ได้รวมทั้งสิ้น 20,280 ผลการจำลอง แล้วคำนวณค่าผลผลิตเฉลี่ยแบบไม่ใช้พื้นที่เพาะปลูกถ่วงน้ำหนักพบว่าผลผลิตเฉลี่ยเท่ากับ 573 กิโลกรัมต่อไร่ (รูปที่ 10-3(ข)) ซึ่งน้อยกว่าการคิดผลผลิตเฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนักด้วยพื้นที่โดยได้ค่าผลผลิตเฉลี่ย 667 กิโลกรัมต่อไร่ (ตารางที่ 10-1) สาเหตุที่ผลผลิตเฉลี่ยแบบไม่ถ่วงน้ำหนักมีค่าน้อยกว่านั้น เนื่องจากมี MSMU จำนวนมากที่ผลผลิตข้าวมีค่าเท่ากับศูนย์ (รูปที่ 10-3(ข)) ซึ่งเป็นผลเนื่องมาจากน้ำท่วมเสียหาย แต่การที่ MSMU มีขนาดพื้นที่เล็กเมื่อเปรียบเทียบกับ MSMU อื่น เมื่อทำการคำนวณค่าเฉลี่ยโดยไม่ถ่วงน้ำหนักด้วยขนาดพื้นที่ ผลลัพธ์ที่ได้จึงมีค่าต่ำกว่าการนำขนาดพื้นที่ไปคำนวณค่าเฉลี่ย

การตอบสนองของแบบจำลองต่อการให้น้ำชลประทานเห็นได้ชัดเจนจากการกระจายตัวของผลผลิตข้าวนาปีที่ปลูกในเขตชลประทานจังหวัดพิษณุโลก (รูปที่ 10-3(จ)) เมื่อเทียบกับการกระจายตัวของผลผลิตข้าวนาปีในพื้นที่อาศัยน้ำฝน (รูปที่ 10-3(ข)) พบว่าผลผลิตเฉลี่ยโดยไม่ถ่วงน้ำหนักด้วยเนื้อที่เพาะปลูกของข้าวนาปีที่ปลูกในพื้นที่รับน้ำชลประทานมีค่าเท่ากับ 732 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งสูงกว่าผลผลิตเฉลี่ยในเขตอาศัยน้ำฝนที่เท่ากับ 469 กิโลกรัมต่อไร่ อย่างไรก็ตามผลผลิตเฉลี่ยดังกล่าวมีค่าต่ำกว่าผลผลิตเฉลี่ยที่ได้จากการถ่วงน้ำหนักด้วยขนาดพื้นที่เพาะปลูก (ตารางที่ 10-2) เป็นที่น่าสังเกตว่าเมื่อแยกการคำนวณผลผลิตข้าวนาปีเฉลี่ยตามพื้นที่อาศัยน้ำฝนและพื้นที่รับน้ำชลประทาน ปรากฏว่าผลผลิตข้าวนาปีเฉลี่ยของทั้งสองระบบการผลิตในจังหวัดพิษณุโลกมีค่าสูงกว่าจังหวัดเชียงใหม่ ซึ่งไม่สอดคล้องกับผลผลิตเฉลี่ยทั้งจังหวัดโดยไม่แยกเขตการผลิต (ตารางที่ 10-1) ทั้งนี้เนื่องจากว่าในจังหวัดเชียงใหม่มีสัดส่วนของพื้นที่ข้าวนาปีในเขตรับน้ำชลประทานและพื้นที่ข้าวนาปีอาศัยน้ำฝนเท่ากับร้อยละ 66 และร้อยละ 34 ตามลำดับ ในขณะที่ในจังหวัดพิษณุโลกเท่ากับร้อยละ 34 และร้อยละ 66 ตามลำดับ ดังนั้นเมื่อคำนวณผลผลิตรวมทั้งจังหวัดจึงได้ผลผลิตข้าวนาปีในจังหวัดเชียงใหม่สูงกว่าจังหวัดพิษณุโลกดังตารางที่ 10-1

ตารางที่ 10-2 ผลผลิตเฉลี่ยเชิงพื้นที่ของข้าวนาปีพันธุ์หลักในเขตอาศัยน้ำฝนและเขตชลประทานได้จากการจำลองสถานการณ์ที่การจัดการปุ๋ยระดับต่างๆ

ระดับการจัดการปุ๋ย	ผลผลิตข้าว (กิโลกรัม/ไร่)			
	เชียงใหม่		พิษณุโลก	
	อาศัยน้ำฝน	รับน้ำชลประทาน	อาศัยน้ำฝน	รับน้ำชลประทาน
ค่อนข้างต่ำ	520±124	774±24	563±91	863±22
ตามคำแนะนำ	720±199	935±39	732±131	1,062±32

การจำลองผลผลิตเฉลี่ยเชิงพื้นที่ของข้าวนาปรังพันธุ์หลัก

พื้นที่เพาะปลูกข้าวนาปรังทั้งหมดสามารถรับน้ำชลประทานจากโครงการชลประทานขนาดต่าง ๆ ทั้งที่อยู่ในความรับผิดชอบดูแลของกรมชลประทาน การพลังงานแห่งชาติ และที่เกษตรกรจัดหาและดูแลรักษาเอง ดังนั้นผลผลิตที่ได้จากการจำลองจึงใกล้เคียงกับการจำลองผลผลิตข้าวนาปรังในเขตชลประทาน (ตารางที่ 10-2 และตารางที่ 10-3) รูปที่ 10-4(ก) และรูปที่ 10-4(ข) แสดงการกระจายตัวของผลผลิตจากการจำลอง MSMU ที่อยู่ในเขตพื้นที่ชลประทานในจังหวัดเชียงใหม่และพิษณุโลก ตามลำดับ ที่ระดับการจัดการปุ๋ยค่อนข้างต่ำ เช่น ในแปลงเกษตรกรผลผลิตเฉลี่ยแบบไม่ถ่วงน้ำหนักด้วยพื้นที่ของข้าวนาปรังในจังหวัดเชียงใหม่และพิษณุโลกเท่ากับ 799 และ 789 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ ถ้าเกษตรกรใส่ปุ๋ยตามคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตรผลผลิตเฉลี่ยข้าวนาปรังในจังหวัดเชียงใหม่และจังหวัดพิษณุโลกจะเพิ่มขึ้นเป็น 960 และ 1,001 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ (รูปที่ 10-4(ค) และรูปที่ 10-4(ง))

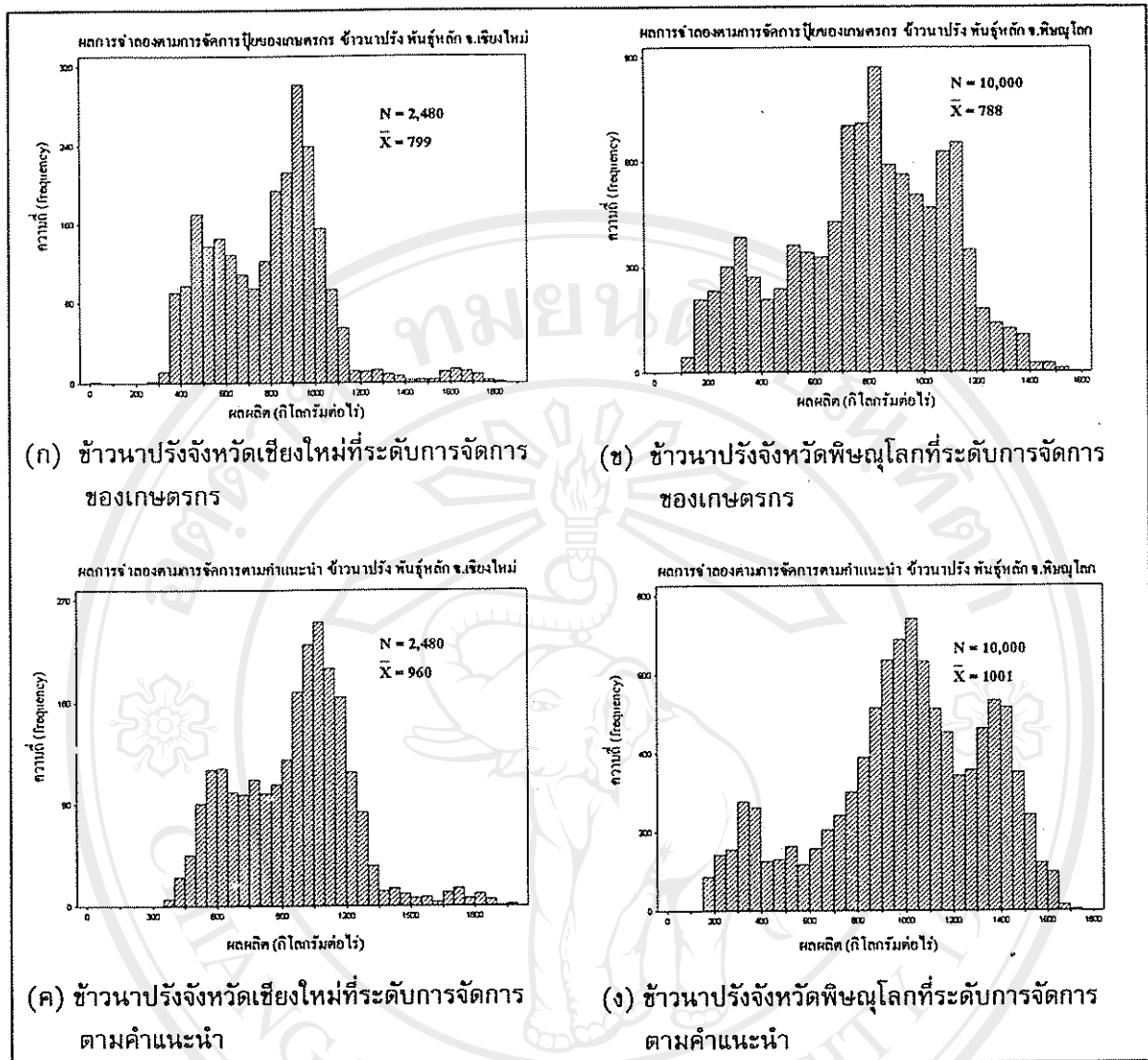
ตารางที่ 10-3 ผลผลิตเฉลี่ยเชิงพื้นที่ของข้าวนาปรังพันธุ์หลักที่ได้จากการจำลองสถานการณ์การผลิตข้าวระดับจังหวัด โดยใช้การจัดการปุ๋ยระดับต่างๆ ในจังหวัดเชียงใหม่

ระดับการจัดการปุ๋ย	ผลผลิตข้าวนาปรัง(กิโลกรัม/ไร่)	
	เชียงใหม่	พิษณุโลก
ค่อนข้างต่ำ	850±9	992±16
ตามคำแนะนำ	1,004±25	1,235±20
แบบประณีต	1,473±61	1,401±73

การจำลองผลผลิตเฉลี่ยเชิงพื้นที่ของข้าวพันธุ์ต่าง ๆ

เมื่อประมาณการณ์ผลผลิตข้าวของแต่ละพันธุ์ที่ได้ปรับค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมในโครงการวิจัยนี้ (จิรวุฒน์ และคณะ, 2543) อันได้แก่ ชัยนาท 1, ก.ว.ก.1, ขาวดอกมะลิ 105 และสันป่าตอง ในพื้นที่ทั้งสองจังหวัดทั้งข้าวนาปีและนาปรัง ซึ่งได้ผลลัพธ์ผลผลิตเฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนักด้วยพื้นที่เพาะปลูกแสดงในตารางที่ 10-4 และ 10-5 การจำลองสถานการณ์ในลักษณะนี้ถึงแม้ว่ามีจำนวน USMU น้อยกว่าการจำลองตามพันธุ์หลัก แต่ระยะเวลาที่ใช้ในการจำลองไม่มีความแตกต่างกัน

ผลการจำลองผลผลิตข้าวพันธุ์ต่างๆ ในตารางที่ 10-4 และตารางที่ 10-5 แสดงให้เห็นถึงบทบาทของระบบ ไซสฟ 1.0 ในการใช้เป็นเครื่องมือที่ช่วยย่นระยะเวลาและลดค่าใช้จ่ายในการทดสอบการตอบสนองของพันธุ์ข้าวต่อสภาพแวดล้อมการผลิต อันได้แก่ สภาพดินและภูมิอากาศที่แตกต่างกันในพื้นที่เพาะปลูกทั้งสองจังหวัด ทั้งในสภาพอาศัยน้ำฝนและน้ำชลประทาน



รูปที่ 10-4 การกระจายตัวของผลผลิตข้าวของหน่วยการจำลอง (MSMU) ที่ได้จากการจำลองการผลิตระดับจังหวัดของข้าวพันธุ์หลัก

ในการจำลองผลผลิตข้าวนาปีของจังหวัดเชียงใหม่พบว่าข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 และ ก.ว.ก.1 ให้ผลผลิตสูงกว่าข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และสันป่าตอง ประมาณ 17% และ 14% ตามลำดับ เมื่อมีการจัดการปุ๋ยระดับต่ำ แต่ถ้าเกษตรกรใส่ปุ๋ยเพิ่มขึ้นในระดับที่กรมวิชาการเกษตรแนะนำ ผลผลิตของข้าวพันธุ์ชัยนาท 1, ก.ว.ก.1, ขาวดอกมะลิ 105 และสันป่าตอง จะมีผลผลิตเพิ่มขึ้น 31%, 24%, 22% และ 22% ตามลำดับ ในสภาพแวดล้อมการผลิตหลากหลายที่พบในจังหวัดเชียงใหม่ การจำลองผลผลิตในจังหวัดพิษณุโลกให้ผลในทำนองเดียวกัน กล่าวคือผลผลิตเฉลี่ยของพันธุ์ข้าวดังกล่าวเพิ่มขึ้น 36%, 36%, 13% และ 30% ตามลำดับ

ตารางที่ 10-4 ผลผลิตเฉลี่ย (กิโลกรัมต่อไร่) ถ่วงน้ำหนักด้วยขนาดเนื้อที่เพาะปลูก จากการจำลองผลผลิตข้าวนาปีพันธุ์ต่างๆ ในพื้นที่ปลูกข้าวทั้งจังหวัดเชียงใหม่และพิษณุโลก

ระดับการจัดการปุ๋ย	ชัยนาท 1	ก.วก.1	ขาวดอกมะลิ 105	สันป่าตอง
เชียงใหม่				
ค่อนข้างต่ำ	784	766	664	666
ตามคำแนะนำ	1000	923	792	797
แบบประณีต	1,591	1,058	1,177	1,314
พิษณุโลก				
ค่อนข้างต่ำ	707	672	480	464
ตามคำแนะนำ	972	919	644	626
แบบประณีต	1,439	1,202	924	805

ตารางที่ 10-5 ผลผลิตเฉลี่ย (กิโลกรัมต่อไร่) ถ่วงน้ำหนักด้วยขนาดเนื้อที่เพาะปลูก จากการจำลองผลผลิตข้าวนาปรังพันธุ์ต่างๆ ในพื้นที่ปลูกข้าวทั้งจังหวัดเชียงใหม่และพิษณุโลก

ระดับการจัดการปุ๋ย	ชัยนาท 1	ก.วก.1
เชียงใหม่		
ค่อนข้างต่ำ	907	936
ตามคำแนะนำ	1,113	1,116
แบบประณีต	1,702	1540
พิษณุโลก		
ค่อนข้างต่ำ	1,009	946
ตามคำแนะนำ	1,299	1,186
แบบประณีต	1,626	1,502

เมื่อเปรียบเทียบผลผลิตเฉลี่ยทั้งจังหวัดของข้าวนาปีและข้าวนาปรังที่ได้จากการจำลอง พบว่าข้าวนาปรังให้ผลผลิตสูงกว่าข้าวนาปีในทุกพื้นที่ที่ใช้ปลูก นอกจากนี้ถ้าเพิ่มระดับการจัดการปุ๋ยจากระดับต่ำไปเป็นการจัดการปุ๋ยตามคำแนะนำ ผลผลิตข้าวนาปรังจะเพิ่มขึ้นประมาณ 24-25% ถ้าพื้นที่ที่ใช้ปลูกเป็นพื้นที่ชัยนาท 1

ผลจากการจำลองยังแสดงให้เห็นว่าการใส่ปุ๋ยแบบประณีตโดยแยกใส่ 4 ครั้งตามระยะเวลาการเจริญเติบโตของข้าว สามารถให้ผลผลิตสูงกว่าการให้ปุ๋ยในปริมาณเดียวกันแต่ใส่เพียง 2 ครั้งมาก ซึ่งจะเห็นได้จากความแตกต่างระหว่างผลผลิตในการจัดการปุ๋ยตามคำแนะนำและแบบประณีต ทั้งนี้เพราะการใส่ปุ๋ยเป็นปริมาณมากแต่บ่อยครั้งทำให้ธาตุอาหารมีการสูญเสียไปก่อนที่ต้นข้าวจะสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในช่วงของการเจริญเติบโตที่ต้องการ ดังนั้นการจัดการใส่ปุ๋ยที่เหมาะสมสามารถยกระดับผลผลิตข้าวได้ และยังเป็นการใช้ปุ๋ยอย่างมีประสิทธิภาพ ลดค่าใช้จ่ายในการผลิตอีกด้วย แต่อย่างไรก็ดีการแยกใส่ปุ๋ยหลายครั้งต้องใช้แรงงานเพิ่มขึ้นซึ่งถือว่าเป็นค่าใช้จ่ายในการผลิตที่เพิ่มขึ้นเช่นกัน

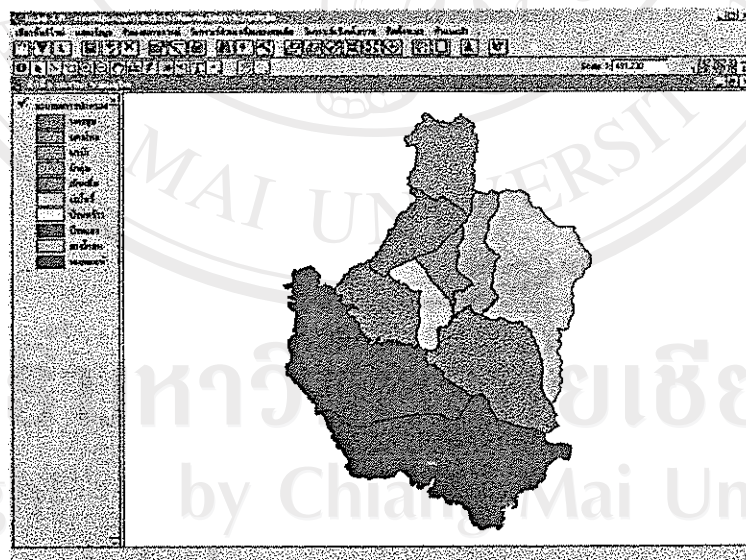
ระบบเมนูและการใช้งานโดยทั่วไปของ โฟสพ 1.0

การจำลองสถานการณ์การผลิตข้าวระดับจังหวัดดังกล่าวข้างต้นสามารถดำเนินการได้ในระบบ **โพสพ 1.0** โดยเมื่อเริ่มเข้าสู่ระบบ จะปรากฏเมนูหลักเป็นภาษาไทยสำหรับให้ผู้ใช้เลือกพื้นที่เป้าหมายในจังหวัดเชียงใหม่หรือพิษณุโลก โดยการระบุชื่อตำบล อำเภอ หรือทั้งจังหวัด (รูปที่ 10-5) จากนั้นระบบจะแสดงชั้นขอบเขตการปกครองของพื้นที่เป้าหมาย พร้อมกับเมนูเพื่อเลือกใช้งาน (รูปที่ 10-6)

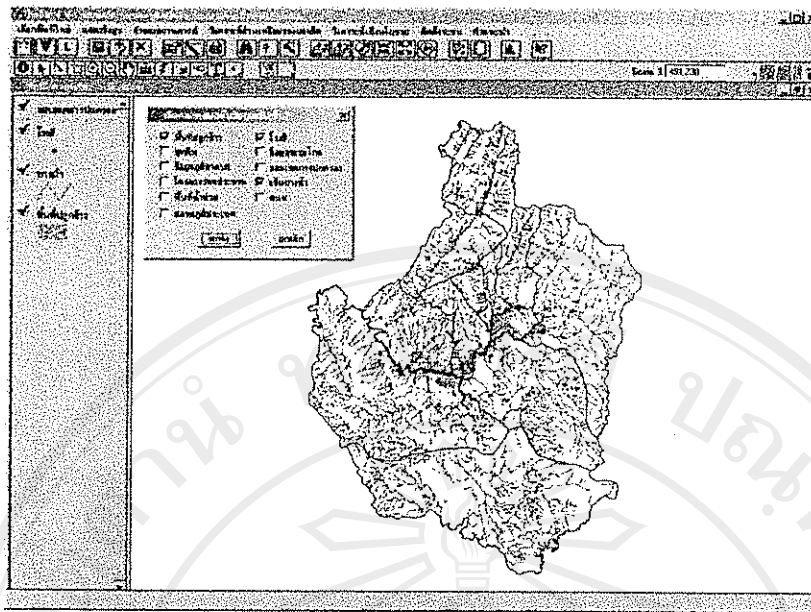
ขั้นตอนต่อมาผู้ใช้สามารถเรียกแสดงชั้นข้อมูลพื้นที่ปลูกข้าว (MSMU) และชั้นข้อมูลประกอบอื่นๆ ซ้อนทับกันเป็นแผนที่ (รูปที่ 10-7)



รูปที่ 10-5 เมนูหลักและการเลือกพื้นที่เป้าหมายใน โฟสพ 1.0

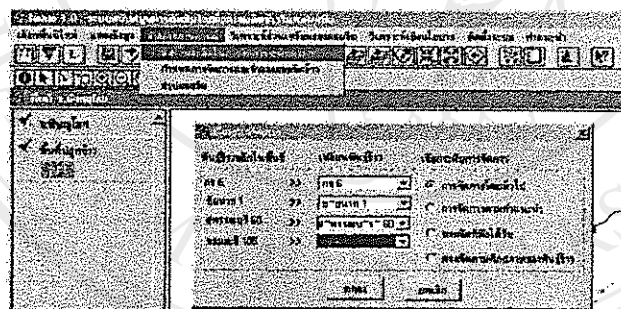


รูปที่ 10-6 แสดงชั้นข้อมูลขอบเขตการปกครองในพื้นที่เป้าหมาย



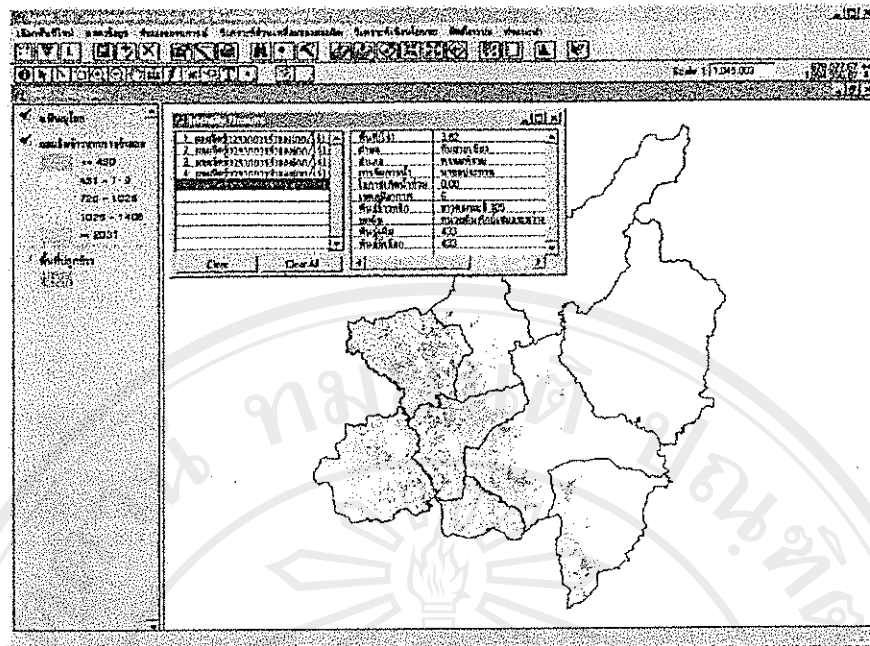
รูปที่ 10-7 แสดงชั้นข้อมูล MSMU ร่วมกับชั้นข้อมูลทางน้ำและตำแหน่งโรงสีข้าว

ภายใต้เมนู “จำลองสถานการณ์” มีเมนูย่อยให้ผู้ใช้เรียกแสดงผลจากการจำลองภายใต้การจัดการปุ๋ยที่ระดับต่างๆ รวมทั้งอนุญาตให้ผู้ใช้เลือกเปลี่ยนพันธุ์ข้าวจากเดิมที่เกษตรกรใช้ปลูกเป็นหลักเป็นพันธุ์ที่สนใจได้ แล้วแสดงผลเป็นแผนที่ (รูปที่ 10-8 และ 10-9)



รูปที่ 10-8 การใช้เมนูเพื่อแสดงผลจากการจำลองที่ได้วิเคราะห์ไว้แล้ว

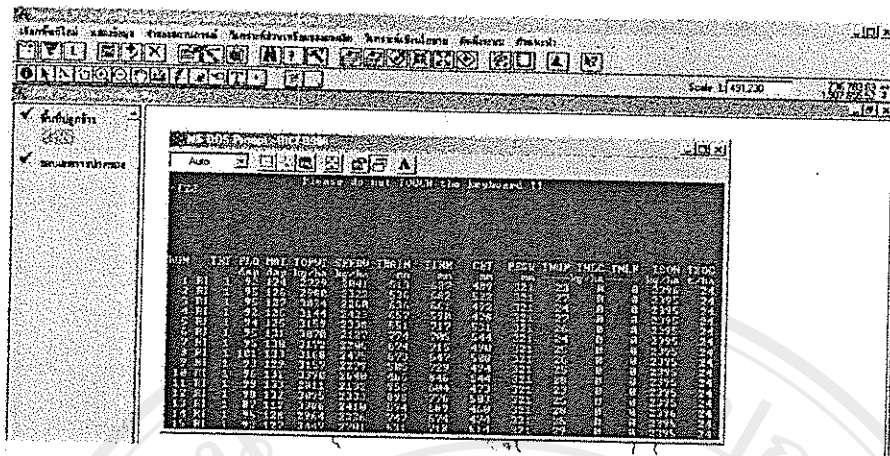
นอกจากนี้ภายใต้เมนู “จำลองสถานการณ์” ผู้ใช้สามารถจำลองผลผลิตของพื้นที่เป้าหมายโดยระบุรายละเอียดการเขตกรรมตามต้องการ เริ่มตั้งแต่พันธุ์ข้าว วันปลูก วิธีการปลูก จำนวนครั้งในการใส่ปุ๋ย ชนิดของปุ๋ย และวันที่ใส่ปุ๋ย รวมถึงการกำหนดจำนวนปีที่จะทำการจำลอง โดยการเลือกเมนู “กำหนดการจัดการและจำลองผลผลิตข้าว” แล้วกำหนดรายละเอียดในหน้าต่าง GUI (รูปที่ 10-10) จากนั้นระบบจะทำการจำลองผลผลิตตามเงื่อนไขที่ระบุ (รูปที่ 10-11) เมื่อการจำลองเสร็จสิ้น ผู้ใช้สามารถเลือกเมนู “สรุปผลผลิต” เพื่อแสดงผลการกระจายตัวของผลผลิตในพื้นที่พร้อมทั้งจำนวนผลผลิตเฉลี่ยและผลผลิตรวมทั้งหมด (รูปที่ 10-12)



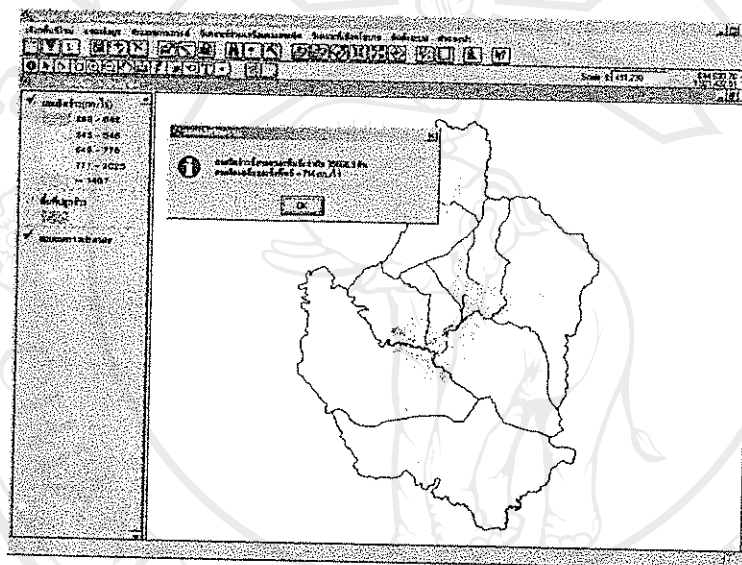
รูปที่ 10-9 แผนที่ผลผลิตข้าวนาปีจากการจำลองภายใต้การจัดการโดยทั่วไป และใช้พันธุ์ข้าวหลักของแต่ละพื้นที่ในจังหวัดพิษณุโลก

ตำบล	พื้นที่ (ไร่)	ผลผลิต (ตัน)
...	...	...
...	...	...
...	...	...
...	...	...

รูปที่ 10-10 การใช้ระบบเพื่อจำลองผลผลิตข้าวโดยให้ผู้ใช้กำหนดรายละเอียดการเขตกรรม



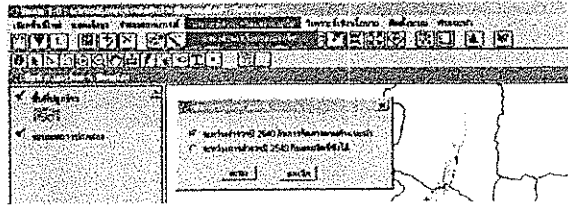
รูปที่ 10-11 แสดงการทำงานของ CERES-Rice ขณะทำการจำลองผลผลิตข้าวของพื้นที่เป้าหมาย



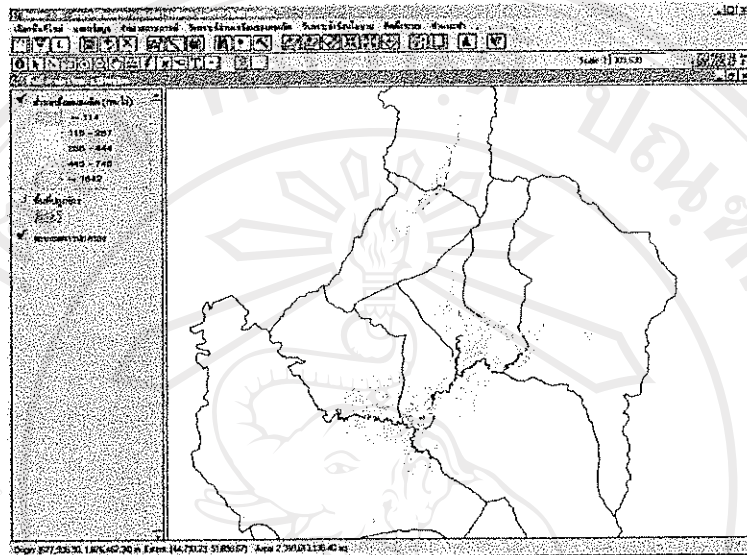
รูปที่ 10-12 แสดงผลของการจำลองเป็นแผนที่ พร้อมสรุปผลผลิตโดยเฉลี่ย และผลผลิตทั้งหมดของพื้นที่เป้าหมาย

การวิเคราะห์ส่วนเหลือของผลผลิต

โฟสฟ 1.0 มีเมนู “วิเคราะห์ความเหลือของผลผลิต” เพื่อให้ผู้ใช้เลือกวิเคราะห์ประเภทของส่วนเหลือระหว่างการจัดการตามคำแนะนำหรือการจัดการปุ๋ยที่ดีมากกับข้อมูลผลผลิตเฉลี่ยรายตำบล (รูปที่ 10-13) แล้วแสดงผลเป็นแผนที่ (รูปที่ 10-14) จากผลการวิเคราะห์พบว่าส่วนเหลือของผลผลิตระหว่างการจัดการตามคำแนะนำกับข้อมูลผลผลิตเฉลี่ยรายตำบลในบางแห่งมีค่าติดลบ ทั้งนี้เป็นเพราะข้อมูลผลผลิตรายตำบลเป็นค่าเฉลี่ยรวมทั้งหมดของพื้นที่ปลูกข้าวทั้งตำบลซึ่งในบางแห่งอาจจะให้ผลผลิตที่สูงต่ำแตกต่างกัน เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับผลผลิตของ MSMU ซึ่งเป็นหน่วยการผลิตที่ย่อยกว่า ในบางแห่งจึงมีค่าน้อยกว่าค่าเฉลี่ยรายตำบลและบางแห่งมีค่าส่วนเหลือที่สูงกว่ามาก อย่างไรก็ตามการวิเคราะห์ส่วนเหลือนี้สามารถใช้เป็นแนวทางในการวางแผนและส่งเสริมเพื่อยกระดับผลผลิตข้าว ซึ่งจะส่งผลถึงการเพิ่มผลผลิตข้าวของเกษตรกรและเพิ่มประสิทธิภาพของการใช้ปุ๋ยได้อีกด้วย



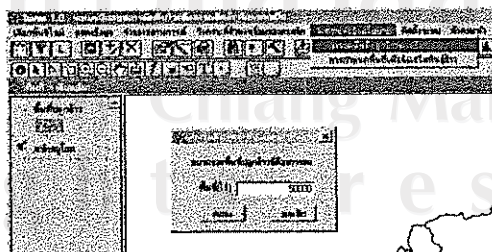
รูปที่ 10-13 เมนูเลือกแสดงส่วนเหลี่ยมผลผลิต



รูปที่ 10-14 การแสดงส่วนเหลี่ยมผลผลิตในรูปแบบที่

การใช้ โฟสพ 1.0 ในการวิเคราะห์เชิงนโยบาย

ผู้ใช้งานสามารถใช้ระบบ โฟสพ 1.0 เพื่อช่วยในการวิเคราะห์นโยบายการผลิตข้าวในหลายประเด็น เช่น การกำหนดตำแหน่งของพื้นที่นาปรังที่ต้องการลดการปลูก ผู้ใช้สามารถเลือกเมนู “การวิเคราะห์เชิงนโยบาย” แล้วระบบจะแสดงหน้าต่างโต้ตอบเพื่อให้ผู้ใช้ระบุขนาดของพื้นที่ปลูกข้าวที่ต้องการจะลด (รูปที่ 10-15) จากนั้นระบบจะเชื่อมโยงข้อมูลผลผลิตข้าวที่ได้จากการจำลองภายใต้การให้ปุ๋ยในระดับต่ำ แล้วสกัดเอาหน่วยแผนที่การผลิตที่ได้ผลผลิตต่ำสุดจนครบตามจำนวนพื้นที่ที่ผู้ใช้ระบุและแสดงผลในรูปแบบของแผนที่ ดังตัวอย่างรูปที่ 10-16



รูปที่ 10-15 การใช้ระบบเพื่อวิเคราะห์หาพื้นที่เป้าหมายตามนโยบายการลดพื้นที่ปลูกข้าวนาปรัง

นี้สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในงานอื่นอีกหลายด้าน เช่น สามารถนำไปตรวจสอบศักยภาพและปัญหาของพื้นที่ในการผลิตข้าวพันธุ์ต่างๆ ช่วยในการเสนอแนะพื้นที่เป้าหมายเพื่อขยายพื้นที่เพาะปลูกข้าวพันธุ์ที่ต้องการส่งเสริม ลดค่าใช้จ่ายในการทดสอบพันธุ์ข้าวหรือการจัดการปุ๋ยในบริเวณกว้างระดับจังหวัด ระบบ โฟสพ 1.0 สามารถใช้เป็นพื้นฐานสำหรับการพัฒนาระบบการพยากรณ์ผลผลิตข้าวเพื่อเป็นประโยชน์ในการกำหนดนโยบายการผลิตและการตลาดในอนาคตได้ แต่ทั้งนี้ต้องอาศัยการพัฒนาปรับปรุงระบบฐานข้อมูลดังเช่นที่พัฒนาขึ้นในโครงการวิจัยนี้ให้ครอบคลุมพื้นที่ปลูกข้าวหลักของประเทศเพิ่มขึ้น และการพัฒนาระบบเครือข่ายข้อมูลภูมิอากาศให้สามารถรายงานการบันทึกข้อมูลรายวันเข้าสู่ศูนย์ปฏิบัติการได้ เพื่อให้ข้อมูลที่น่ามาใช้จ่ายของผลผลิตข้าวเป็นข้อมูล ณ ปัจจุบัน ส่งผลให้การคาดการณ์ผลผลิตข้าวของฤดูปลูกที่สนใจสามารถดำเนินการได้เนื่องจากเป็นการจำลองจากข้อมูลภูมิอากาศในฤดูปลูกนั้น ทำให้สามารถพยากรณ์ผลผลิตข้าวล่วงหน้าก่อนที่จะถึงฤดูกาลเก็บเกี่ยว ซึ่งจะเป็นประโยชน์อย่างมากต่อการวางแผนการผลิตและการตลาดข้าวของประเทศ

จะเห็นได้ว่าระบบ โฟสพ 1.0 สามารถใช้เป็นแนวทางให้นักวิจัยทำการศึกษาและปรับปรุงเพิ่มเติมเพื่อใช้ในระดับละเอียดหรือขยายผลเพื่อใช้ในพื้นที่อื่นๆ และพืชเศรษฐกิจอื่นต่อไปในอนาคตได้

เอกสารอ้างอิง

จิรวัดน์ เวชแพศย์, ศักดิ์ดา จงแก้ววัฒนา และ อานันท์ ผลวัฒนะ. 2543. การประเมินค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมของข้าวสำหรับแบบจำลอง CERES-Rice. หน้า 141-165. ใน เมธี เอกะสิงห์ และคณะ (บรรณาธิการ). ระบบสนับสนุนการตัดสินใจการผลิตข้าว รายงานผลการวิจัยฉบับสมบูรณ์ส่วนที่ 1 โครงการวิจัยระบบสนับสนุนการตัดสินใจการผลิตพืช: ข้าวในภาคเหนือ. ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ประสาน วงศาโรจน์, พชรินทร์ วณิชยอนันตกุล, ทวี แสงทอง, จรัส ประทุมวงษ์ และ สติติ จันทรเดช. 2516ก. การค้นคว้าจุดวิกฤติในการแข่งขันของวัชพืชในข้าวนาดำ. หน้า 105-108. ใน รายงานผลการทดลองและวิจัย โครงการสถาบันค้นคว้าวิทยาการวัชพืชแห่งชาติ. กองวิทยาการ กรมวิชาการเกษตร.

ประสาน วงศาโรจน์, ทวี แสงทอง, ไขยยศ สุพัฒน์สกุล, พชรินทร์ วณิชยอนันตกุล จรัส ประทุมวงษ์ และ เสรี ทรงศักดิ์. 2516ข. การศึกษาเปรียบเทียบสารเคมีกำจัดวัชพืชที่มีประสิทธิภาพแบบก่อนการงอกของวัชพืชในนาหว่านข้าวออก. หน้า 78-82. ใน รายงานผลการทดลองและวิจัยประจำปี 2510-18 โครงการสถาบันค้นคว้าวิทยาการวัชพืชแห่งชาติ. กองวิทยาการ กรมวิชาการเกษตร.

เมธี เอกะสิงห์ และ จุไรพร แก้วทิพย์. 2543. การพัฒนาฐานข้อมูลเชิงพื้นที่ภูมิในระบบสนับสนุนการตัดสินใจการผลิตข้าว. หน้า 41-76. ใน เมธี เอกะสิงห์ และคณะ (บรรณาธิการ). ระบบสนับสนุนการตัดสินใจการผลิตข้าว รายงานผลการวิจัยฉบับสมบูรณ์ ส่วนที่ 1 โครงการวิจัยระบบสนับสนุนการตัดสินใจการผลิตพืช: ข้าวในภาคเหนือ. ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

วินิต ชินสุวรรณ, วสุ อุดมเพทายกุล, สมชาย ชวนอุดม, วราจิต พะยอม, ณรงค์ ปัญญา, สุชาติ กลิ่นทองกลาง, ดาเรศร์ กิตติโยภาส, ชวาลวุฒ ไชยhurst, วีระ พิริยพันธุ์, นคร แสงปลั่ง, สूरเวทย์ กฤษณเศรษฐี และ จารุวัฒน์ มงคลธนทรศ. (2543). ระบบการใช้เครื่องจักรกลเกษตรสำหรับเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและเพิ่มคุณภาพของผลผลิตข้าวหอมมะลิในเขตทุ่งกุลาร้องไห้. รายงานผลการศึกษา โครงการการจัดระบบการใช้เครื่องจักรกลเกษตรเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตข้าวหอมมะลิในเขตทุ่งกุลาร้องไห้ (ระยะที่ 1): การศึกษากลยุทธ์และพัฒนาระบบ. มหาวิทยาลัยขอนแก่นและกรมส่งเสริมการเกษตร.

ศูนย์วิจัยข้าวพิษณุโลก. 2542. การผลิตข้าวอย่างถูกต้องและเหมาะสม Good Agricultural Practice for Rice. สถาบันวิจัยข้าว กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

ศูนย์สารสนเทศการเกษตร. 2542ก. รายงานผลการสำรวจข้าวนาปี ปีเพาะปลูก 2540/41. เอกสารสถิติการเกษตรเลขที่ 14/2542, พฤษภาคม 2542. สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

ศูนย์สารสนเทศการเกษตร. 2542ข. ผลการสำรวจข้าวนาปี 2541. เอกสารสถิติการเกษตรเลขที่ 22/2542, มิถุนายน 2542. สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved