

บทคัดย่อ

การวางแผนการผลิตข้าวระดับจังหวัดและประเทศไม่ว่าจะเป็นการผลิตหรือขยายพื้นที่เพาะปลูกข้าวหรือการกำหนดพื้นที่เป้าหมายเพื่อส่งเสริมข้าวพันธุ์ดี 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 อุณหภูมิต่ำสุดสูงสุด และปริมาณรังสีอาทิตย์ พื้นที่ประสมอุทกภัย รวมทั้งขอบเขตการปกครอง ถนน ระบบชลประทาน

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

แบบจำลองข้าวต้องการภูมิอากาศรายวันเป็นจำนวนมากในการจำลองผลผลิตเพื่อจำลองผลกระทบจากความแปรปรวนของภูมิอากาศในปีต่างๆ ประกอบกับข้อมูลภูมิอากาศที่บันทึกไว้ไม่มีความต่อเนื่องในเชิงพื้นที่ ทำให้มีความจำเป็นต้องทดสอบวิธีการสร้างข้อมูลภูมิอากาศรายเดือนให้เป็นข้อมูลต่อเนื่องเชิงพื้นที่ จากการศึกษาพบว่าการประมาณค่าต่อเนื่องโดยวิธีการ 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

ชั้นข้อมูลเชิงพื้นที่น้ำท่วมได้จากการวิเคราะห์สัญญาณภาพเรดาร์ (Synthetic Aperture Radar, SAR) ที่ส่งมาจากดาวเทียม JERS-1 ในช่วงเวลาท่อน้ำท่วม ขณะน้ำท่วม และหลังน้ำท่วม พร้อมทั้งใช้แบบจำลองลุ่มน้ำ WMS (Watershed Modeling System) เพื่อจำลองเขตน้ำท่วมบริเวณสองฝั่งแม่น้ำและบริเวณที่มีอาคารสูง ทั้งนี้เนื่องจากในบริเวณดังกล่าวสัญญาณภาพเรดาร์มีการสะท้อนคลื่นสลับส่นทำให้ไม่สามารถระบุสัญญาณภาพได้ชัดเจน 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, เหนียวสันป่าดอง, ชัยนาท 1 และ ก.ว.ก.1 ทั้งหมด 12 วันปลูก ซึ่งแต่ละวันปลูกมีระยะเวลาห่างกันหนึ่งเดือน เริ่มทำการปลูกครั้งแรกเมื่อวันที่ 24 มิถุนายน 2540 ณ แปลงทดลองของศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตรมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ข้อมูลที่บันทึกจากแปลงทดลองซึ่งประกอบด้วยพัฒนาการของข้าว การสะสมน้ำหนักแห้งต้น ใบ และรวง ผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิต รวมทั้งข้อมูลอากาศรายวันที่ประกอบด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ อุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุด และปริมาณน้ำฝน ได้นำมาประกอบในการประเมินค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมของข้าวทั้ง 4 พันธุ์สำหรับใช้ในการจำลองการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของแบบจำลองข้าว CERES-Rice

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

องค์ประกอบที่สำคัญของระบบสนับสนุนการตัดสินใจการผลิตข้าว คือ โปรแกรมช่วยสนับสนุนการตัดสินใจที่มีชื่อว่า "ไพสพ 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 แสดงข้อมูลเชิงพื้นที่ประกอบ และแสดงผลการจำลองผลผลิตข้าวในรูปแบบที่ทางจอภาพหรือเครื่องพิมพ์ขนาดต่างๆ ได้สะดวก

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

โปรแกรม โพลท 1.0 ยังสามารถนำไปใช้ในการระบุพื้นที่เป้าหมายในการสนับสนุนนโยบายปรับโครงสร้างทางเกษตร ผู้ใช้สามารถระบุจำนวนเนื้อที่เป้าหมายในการลดการปลูกข้าวนาปรัง โปรแกรมจะวิเคราะห์พื้นที่เป้าหมายจากผลผลิตที่ได้จากการจำลองที่มีค่าต่ำสุดก่อนและสะสมจนครบเนื้อที่ปลูกข้าวที่ต้องการลดการปลูกตามต้องการ ผลลัพธ์ที่ได้สามารถแสดงเป็นแผนที่ซึ่งจะอำนวยความสะดวกในการดำเนินงานต่อไป

การใช้งานระบบสนับสนุนการตัดสินใจการผลิตข้าวมี 3 ลักษณะตามประเภทของงานและซอฟต์แวร์ที่ผู้ใช้มีอยู่ ในกรณีที่ผู้ใช้เป็นนักวิจัยซึ่งมีประสบการณ์ในการใช้แบบจำลอง CERSE-Rice และมีโปรแกรม ArcView อยู่แล้ว ระบบ โพลท 1.0 จะอำนวยความสะดวกให้ผู้ใช้เลือกพื้นที่เป้าหมายพันธุ์ข้าว การจัดการปุ๋ย และวิธีการปลูกข้าว รวมทั้งระยะเวลาในการจำลอง เพื่อทำการจำลองผลผลิตตามที่ใช้ระบุ แบบจำลองจะแสดงการทำงานให้เห็น และเมื่อการจำลองเสร็จสิ้นจะสร้างแผนที่ผลผลิตข้าวในพื้นที่เป้าหมาย ผู้ใช้สามารถเลือกพื้นที่และวิธีการปลูกข้าวใหม่เพื่อทดสอบและเปรียบเทียบผลผลิตตามเงื่อนไขที่ต้องการระบุเองได้

สำหรับกรณีที่ผู้ใช้มีโปรแกรม ArcView แต่ไม่สามารถจำลองผลผลิตทุกเงื่อนไขการผลิตเองได้ ผู้ใช้สามารถเลือกพื้นที่เป้าหมาย เรียกแสดงแผนที่ผลผลิตที่ระบบ โพลท 1.0 ได้จำลองและเก็บผลลัพธ์ไว้แล้ว แผนที่ผลผลิตดังกล่าวได้จากการจำลองผลผลิตตามสถานการณ์การผลิตต่างๆ ที่พบในจังหวัดเชียงใหม่และพิษณุโลก ผู้ใช้สามารถเปรียบเทียบผลผลิตดังกล่าวกับผลผลิตที่ได้จากการจำลองที่ใช้ระดับการจัดการปุ๋ยตามคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตรและสามารถแสดงเป็นส่วนเหลือมของผลผลิตเพื่อช่วยระบุพื้นที่ที่มีศักยภาพในการปรับปรุงผลผลิตข้าวโดยการจัดการปุ๋ยที่เหมาะสมได้ นอกจากนี้ระบบ โพลท 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 accept 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.