

ส่วนที่ 1 การประมาณผลผลิตอ้อยโดยใช้แบบจำลองพัฒนาการและ
การเจริญเติบโตของอ้อย

ชนิดของเชื้อราและเชื้อแบคทีเรียที่ติดมากับ
ท่อนพันธุ์อ้อย

ศักดิ์ดา จงแก้ววัฒนา และ สมเกียรติ สุวรรณศิริ

อ้อยเป็นพืชที่มีโอกาสได้รับการเข้าทำลายด้วยโรคต่าง ๆ มากกว่า 40 ชนิดตลอดระยะเวลาของการเพาะปลูก (ตารางภาคผนวกที่ 1) สาเหตุหลักที่สำคัญประการหนึ่งของการเกิดโรคอ้อยคือเชื้อที่ติดมากับท่อนพันธุ์อ้อย ซึ่งมีเชื้อรา เชื้อแบคทีเรีย และเชื้อไวรัส เป็นสาเหตุของโรคต่าง ๆ เช่น โรคแสดดำ (smut) โรคใบขาว (white leaf) โรคใบด่าง (mosaic) และโรคตอแกระแกรน (ratoon stunting) เป็นต้น ดังนั้นการวินิจฉัยชนิดของเชื้อบนท่อนพันธุ์อ้อยที่ทำให้เกิดโรคได้เป็นแนวทางหนึ่งที่จะช่วยในการเลือกมาตรการที่เหมาะสมในการป้องกันกำจัดโรคเหล่านี้ การศึกษาครั้งนี้เป็นการวินิจฉัยชนิดของเชื้อรา และเชื้อแบคทีเรียที่ติดมากับท่อนพันธุ์อ้อยสองพันธุ์คือ K และ U

อุปกรณ์และวิธีการ

นำพันธุ์อ้อยที่ได้จากศูนย์วิจัยพืชไร่นาพรหมบุรีสองพันธุ์คือ พันธุ์ K และ U มาล้างด้วยน้ำกลั่นที่ฆ่าเชื้อแล้ว และเช็ดด้วยสารละลาย Clorox 10% จากนั้นทำการตัดแยกเนื้อเยื่อส่วนโคน ตา เปลือก และกาบใบ เป็นชิ้นสี่เหลี่ยมจัตุรัส นำชิ้นเนื้อเยื่ออ้อยเหล่านี้มาแช่ในสารละลาย Clorox 10% 5 นาที แล้วนำไปเลี้ยงบนอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA ณ อุณหภูมิห้อง เพื่อตรวจดูชนิดของเชื้อรา และ อาหารเลี้ยงเชื้อ 523 ใน incubator ที่อุณหภูมิ 32 °C เพื่อตรวจดูชนิดของเชื้อแบคทีเรีย

หลังจากการเลี้ยงเชื้อที่อุณหภูมิของอ้อยได้ 24 ชั่วโมง ได้ทำการสังเกตเชื้อที่เกิดขึ้นบนอาหารเลี้ยงเชื้ออย่างต่อเนื่อง เมื่อพบว่ามีเชื้อเกิดขึ้นบนอาหารเลี้ยงเชื้อ ถ้าเป็นเชื้อราก็จะทำการวินิจฉัยโดยการยีสเชื้อมาวางบน slide ที่มีหยดของ lectophenol แล้วตรวจชนิดของเชื้อภายใต้กล้องจุลทรรศน์ ส่วนเชื้อแบคทีเรียที่เกิดขึ้นบนอาหารเลี้ยงเชื้อจะนำไปย้อมสี gram และ flagella ก่อนที่จะนำไปตรวจภายใต้กล้องจุลทรรศน์

ผลการศึกษา

เชื้อรา

เชื้อราที่เกิดขึ้นเป็นเชื้อรา *Fusarium* sp. พบในส่วนของเนื้อเยื่อส่วนโคน ตา เปลือก และ กาบ-ใบ ของทั้งสองพันธุ์ เชื้อรา *Fusarium* sp เป็นสาเหตุของโรคเหี่ยวเฉา (Red rot-wilt, ภาพที่ 1) ซึ่งทำให้อ้อยมีอาการเหี่ยวเฉาปลิ้น ยืนต้นแห้งตาย ใบ กาบใบ และลำต้นจะเป็นสีน้ำตาลแห้ง ภายในปล้องเน่าละ เนื้ออ้อยข้ามน้ำ มีสีน้ำตาลปนม่วง มีจุดสีแดงปนเล็กน้อย และลำต้นจะกลวง เป็นจุด ๆ ภายในลำต้นมีเชื้อราฟูสีขาวปนเทา ภาพของเชื้อรา *Fusarium* sp ที่เลี้ยงได้แสดงในภาพที่ 2 และ 3

เชื้อราที่พบอีกชนิดหนึ่งซึ่งพบในส่วนของตาของพันธุ์ K ได้แก่ *Cladosporium* sp. แต่เชื้อราชนิดนี้ยังไม่พบว่าเป็นสาเหตุของโรคอ้อย

เชื้อแบคทีเรีย

เชื้อแบคทีเรียที่พบบนอาหาร 523 พบว่ามีสองชนิดคือ *Xanthomonas* sp. และ *Erwinia* sp. เชื้อ *Xanthomonas* sp. (ภาพที่ 4) พบในส่วนของตาและเปลือกของพันธุ์ U และพบในเฉพาะส่วนเปลือกของพันธุ์ K

เชื้อแบคทีเรีย *Xanthomonas* sp. เป็นสาเหตุของโรคต่าง ๆ ตาม species คือ โรคใบลวก (Leaf scald, ภาพที่ 5) ซึ่งเกิดจากเชื้อ *Xanthomonas albilineans* มีลักษณะอาการใบเหลืองปนขาว และเหี่ยวแห้งล้มเข้าหากัน มีเส้นขีดขาวยาวจากขอบใบเฉียงเข้าหาเส้นกลางใบไปจนถึงโคนใบ-อ้อยมีอาการแห้งตายทั้งกอโดยเริ่มแห้งมาจากยอด ตา-อ้อยงอกเป็นยอดอ่อนบนลำต้น นอกจากนั้นอาจพบจุด หรือขีดแดงสั้น ๆ บริเวณข้อภายในลำต้น

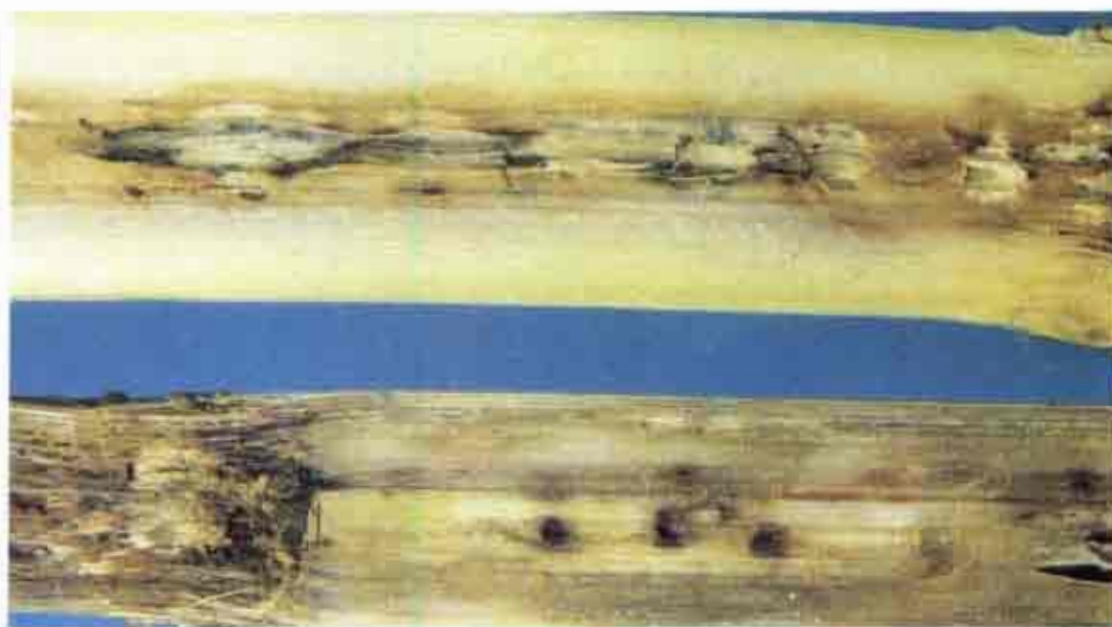
โรคใบขีดแดงและยอดเน่า (Red stripe and top rot, ภาพที่ 6) เกิดจากเชื้อ *Xanthomonas rubriligneans* อาการมีเส้นสีแดงเป็นขีดยาวชัด ตามความยาวของใบอ้อย หรือเกิดอาการยอดเน่าในอ้อยบางพันธุ์โดยไม่มีแผลบนใบเลย หรืออ้อยบางพันธุ์ก็อาจแสดงอาการบนใบ และยอดเน่าพร้อม ๆ กัน ใบยอดเน่านี้เมื่อถึงจะหลุด และมีกลิ่นเหม็น ส่วนภายในปล้องจะเริ่มช้ำ ถ้าแผลแก่จะเป็นสีน้ำตาลหรือแดง ปล้องจะกลวง ขอบแผลบริเวณที่ติดกับเปลือกอ้อยมีสีแดงเข้ม ตาอ้อยด้านข้างก็อาจงอกเป็นหน่อบนต้น

โรคกัมโมซิส (Gumosis) เกิดจากเชื้อ *Xanthomonas vasculorum* โรคนี้พบว่าไม่มีผลเสียหายต่อผลผลิตของอ้อย อย่างไรก็ตาม จากการวินิจฉัยไม่สามารถบอกถึง species ของเชื้อที่พบในอ้อยได้ ดังนั้นเชื้อ *Xanthomonas* sp. อาจเป็น species ใด species หนึ่งดังที่ได้กล่าวมาข้างต้นได้ สำหรับเชื้อ *Erwinia* sp. ที่พบนั้นพบในส่วนเปลือกของทั้งพันธุ์ U และ K และพบในส่วนตาของพันธุ์ U เท่านั้น สำหรับแบคทีเรียชนิดนี้ไม่พบว่าเป็นสาเหตุของโรคอ้อย

สรุป

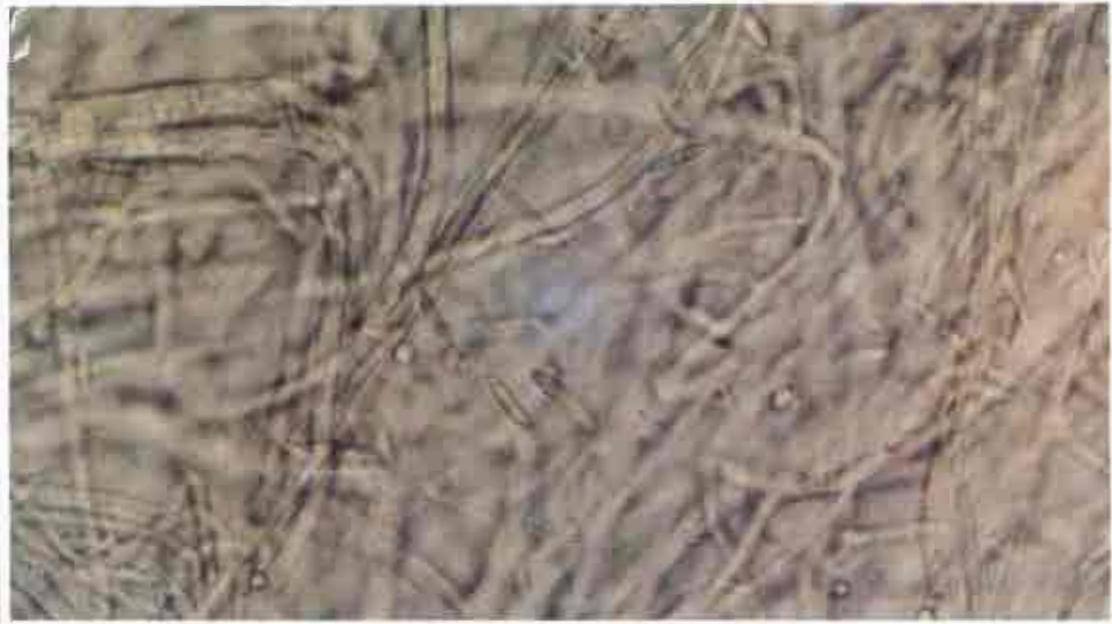
ท่อนพันธุ์อ้อยทั้งสองพันธุ์คือ K และ U มีเชื้อราและเชื้อแบคทีเรียที่เป็นสาเหตุของโรค โดยเฉพาะโรคที่เกิดได้ในระยะเริ่มปลูก คือโรคใบลวก โรคยอดเน่า และโรคเหี่ยวเน่า นอกจากนี้พบเชื้อไวรัสซึ่งเป็นสาเหตุของโรคอ้อยอีกหลายโรคซึ่งไม่สามารถวินิจฉัยจากการศึกษาครั้งนี้ได้ ดังนั้นการเตรียมท่อนพันธุ์อ้อยที่แข็งแรงและปราศจากเชื้อ-โรคจึงเป็นวิธีป้องกันโรคเบื้องต้นตั้งแต่การเริ่มปลูกอ้อย

ภาพที่ 1 โรคเหี่ยวเน่า (red rot wilt) ของข้าว เกิดจากเชื้อ *Fusarium* sp. (กรมวิชาการเกษตร 2528)



ภาพที่ 2: กลุ่มเส้นใยของเชื้อรา *Fusarium* sp. บนอาหาร PDA



ภาพที่ 3: กลุ่ม Mycelium และ spore ของเชื้อ *Fusarium*-sp

ภาพที่ 4: ลักษณะเชื้อแบคทีเรียที่พบบนท่อนพันธุ์อ้อย



ภาพที่ 5. โรคใบตกร (leaf scald) ของข้าว เกิดจากเชื้อแบคทีเรีย *Xanthomonas albilineans* (กรมวิชาการเกษตร 2528)



ภาพที่ 6. โรคใบขีดแดงและยอดเน่า (red stripe and top rot) ของข้าว เกิดจากเชื้อ *Xanthomonas rubrilancea* (กรมวิชาการเกษตร 2528).

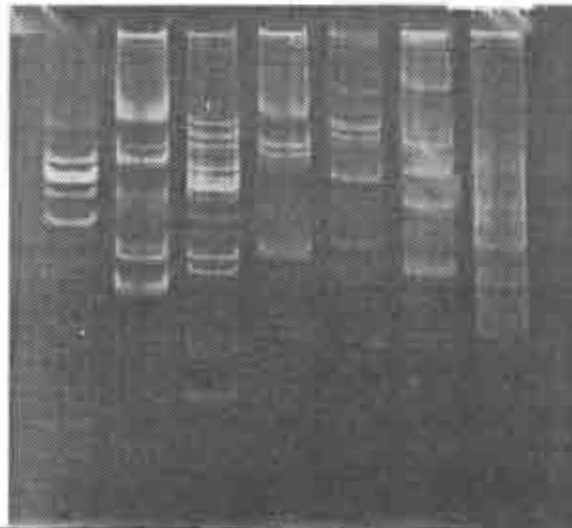


รูปที่ 24:

RAPD ของ genomic DNA จากเชื้อย 1 สายพันธุ์ ที่ถูกเพิ่มปริมาณด้วยเทคนิค PCR โดยใช้ 10-base primer จำนวน 6 ชนิด

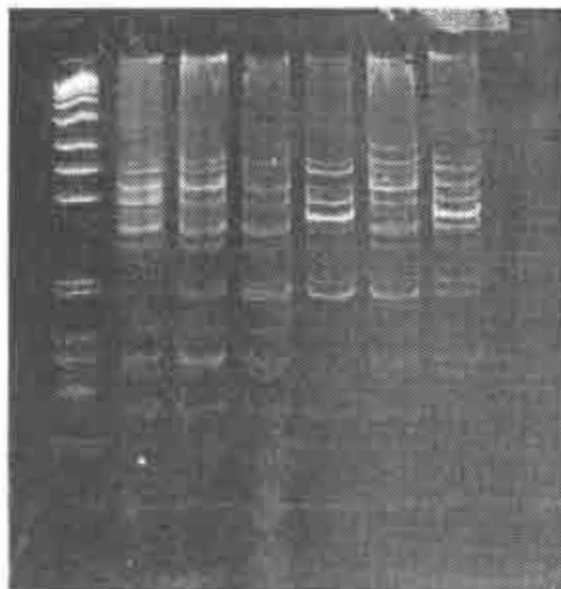
แถวที่ 1 RAPD ของ primer DNA หนึ่งแถวที่ใช้เป็น positive control strain

แถวที่ 2-7: RAPD ของ unknown เชื้อย ที่เกิดจากภาวที่ใช้ primer ที่แตกต่างกัน 6 ชนิด



รูปที่ 25:

เปรียบเทียบแบบแผน RAPD เชื้อยจำนวน 6 ตัวอย่างจากเชื้อย 2 สายพันธุ์ โดยใช้ 10 base primer 1 ชนิด



ส่วนที่ 1 การประมาณผลผลิตอ้อยโดยใช้แบบจำลองพัฒนาการและ
การเจริญเติบโตของอ้อย

PCR-RAPD: A genetic tool for sugarcane
research

วัลลา ตีรพงษ์พิชญ์ และ อีรดา หวังสมบูรณ์

ภาควิชาโรคพืชวิทยา คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

ปัจจุบันได้มีการนำเทคนิคใหม่ ๆ เช่น การเตรียม DNA เพื่อการศึกษา การเพิ่มปริมาณชิ้น DNA ในหลอดแก้ว การศึกษาแบบแผน (profiles) และการศึกษาลำดับของเบส การตัดต่อและย้ายตำแหน่งของยีนด้วยเทคนิค PCR-RAPD เป็นต้น เทคนิคเหล่านี้กระตุ้นให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรม และเป็นประโยชน์ในการศึกษาลักษณะของสิ่งมีชีวิต (Hadrys et al, 1992; และ Williams et al, 1990) เทคนิคเดิมหรือการทำ DNA fingerprint และ molecular marker ของพืชนิยมใช้เทคนิค RFLP ซึ่งต้องเตรียม DNA เป็นปริมาณมากและใช้ restricted endonuclease มากกว่าหนึ่งชนิด เป็นเหตุให้ต้องใช้เวลานานและไม่สะดวก วิธีการใหม่ตามเทคนิคของ PCR ใช้ primer ที่มีลักษณะเป็น arbitrary primer ทำให้สามารถเพิ่มปริมาณชิ้น DNA จากตำแหน่งต่าง ๆ บน chromosome พืช เทคนิคนี้รู้จักในวงการว่า RAPD (Williams et al, 1990) สามารถแสดงให้เห็นความสัมพันธ์ระหว่างพืชชนิดต่าง ๆ นอกจากนี้ผลการเปรียบเทียบวิธีการ RAPD ทำให้ค้นพบ molecular markers ที่สามารถพัฒนาเป็นเครื่องมือในการตรวจสอบความบริสุทธิ์ของสายพันธุ์พืช ความต้านทานโรคของพืช (Dax et al, 1994; Hadrys et al, 1992; และ Klein-Lankhorst et al, 1991)

งานวิจัยนี้ศึกษาการใช้เทคนิค PCR-RAPD ในอ้อยสองพันธุ์ สำหรับเป็นข้อมูลเบื้องต้นในการศึกษาหา molecular markers เพื่อประโยชน์ในการปรับปรุงพันธุ์อ้อย และการบรรยายความแตกต่างระหว่างพันธุ์อ้อยซึ่งอาจจะเป็นประโยชน์ในการพัฒนาและทดสอบแบบจำลองการเจริญเติบโตของอ้อย

อุปกรณ์และวิธีการ

เตรียม genomic DNA จากใบอ้อยที่ยังไม่คลี บดตัวอย่างใบให้ละเอียดด้วยไนโตรเจนเหลวโดยใช้ CTAB ตัวอย่าง PCR-RAPD เตรียมขึ้นจากสารละลาย 50 µl reaction ตามวิธีการของ Williams et al (1990) DNA ที่ได้จากการ amplify นำมาวิเคราะห์เปรียบเทียบ RAPD ด้วย 1.3% agarose หรือ 5% T PAGE

ผลการศึกษา

การเตรียม RAPD ของอ้อย พบว่า 10-base primers จำนวน 5 ใน 6 primers ที่แสดง RAPD ของอ้อย (รูปที่ 24) จากนั้นนำ primer หนึ่งชนิด มาเตรียม RAPD ของอ้อยทั้งสองพันธุ์ จำนวนหกตัวอย่าง ผลการเปรียบเทียบพบว่า primers ที่ใช้สามารถแสดง RAPD ที่มีความแตกต่างระหว่างพันธุ์อ้อย (รูปที่ 25) แบบแผนของ DNA ดังกล่าวมีทั้ง DNA fragments ที่มีความเหมือนและความแตกต่างที่จะนำไปพัฒนาใช้ในการศึกษาพันธุกรรมของอ้อยต่อไป (Silva et al, 1993)

Skorupska et al (1993) ใช้เทคนิคนี้ในการศึกษาลักษณะทางสรีระและทางเกษตรของถั่วเหลืองในสภาพ germplasm ได้สำเร็จ ในอ้อยควรมีการศึกษาต่อไปเพื่อประโยชน์ในการแยกความแตกต่างระหว่างพันธุ์อ้อยในด้านพัฒนาการ (development) และ การเจริญเติบโต (growth)

ส่วนที่ 1 การประมาณผลผลิตอ้อยโดยใช้แบบจำลองพัฒนาการและ
การเจริญเติบโตของอ้อย

การวิเคราะห์หาปริมาณซูโครส (sucrose) ใน
น้ำอ้อย

วิทยา จงแก้ววัฒนา

น้ำอ้อยที่ได้จากส่วนต่าง ๆ ของลำต้นอ้อยหนึ่งลำมีปริมาณซูโครสแตกต่างกัน ดังนั้นการทราบข้อมูลเกี่ยวกับปริมาณซูโครสในส่วนต่าง ๆ ของต้นอ้อยเป็นข้อมูลหนึ่งในการตัดสินใจเพื่อดำเนินการเก็บตัวอย่างน้ำอ้อยเพื่อให้ผลการวิเคราะห์มีความถูกต้อง ซึ่งทำให้การประเมินผลการทดลอง มีพื้นฐานจากผลผลิตน้ำตาลอย่างแท้จริง องค์ประกอบของต้นอ้อย และผลการวิเคราะห์น้ำอ้อยที่ได้จากส่วนต่าง ๆ ของลำอ้อย ที่เรียกว่า millable cane เป็นส่วนของลำต้นอ้อยที่สามารถสกัดน้ำอ้อยได้ปริมาณมาก และมีปริมาณซูโครสมากที่สุด (ตารางที่ 82)

ซูโครสในน้ำอ้อย

ซูโครสเป็นชนิดของน้ำตาลที่พบมากที่สุดคือน้ำอ้อย ซูโครสเป็นสารประกอบคาร์โบไฮเดรตชนิดหนึ่งที่เรียกว่า disaccharides เกิดจากการรวมกันของโมเลกุลสองชนิด คือ กลูโคส (glucose) และฟรุคโตส (fructose) อย่างละหนึ่งโมเลกุล กลูโคสและฟรุคโตสเป็นสารประกอบคาร์โบไฮเดรตชนิด monosaccharides

คาร์โบไฮเดรตทั้งสามชนิดนี้จะละลายน้ำได้ดีมาก ให้รสหวานซึ่งมีอันดับความหวาน (ตารางที่ 83) ซูโครสมีคุณสมบัติเป็น non-reducing sugar ซึ่งสามารถถูกไฮโดรไลซ์ (hydrolyze) หรือทำปฏิกิริยากับเอนไซม์ invertase ให้ผลิตภัณฑ์เป็นกลูโคส และฟรุคโตสอย่างละหนึ่งโมเลกุล นอกจากนี้แล้วซูโครสยังหมุนระนาบของแสงโพลาไรซ์ได้อีกด้วย ซึ่งจากคุณสมบัตินี้สามารถนำไปใช้วิเคราะห์ได้

ตารางที่ 84 แสดงองค์ประกอบชนิดต่าง ๆ ที่จะพบในน้ำอ้อย ซึ่งมีซูโครสเป็นองค์ประกอบหลัก รวมทั้งสารประกอบชนิดอื่นรวมอยู่ด้วยเป็นจำนวนมาก สารประกอบเหล่านี้จะเป็นสารปนเปื้อนที่มีผลกระทบต่อกระบวนการหุงซูโครสเป็นอย่างมาก

วิธีการวิเคราะห์หาปริมาณซูโครสในน้ำอ้อย

จะแบ่งการวิเคราะห์ซูโครสออกเป็น 2 วิธีการ คือ 1) การวิเคราะห์โดยใช้เครื่องมือ และ 2) การวิเคราะห์โดยใช้กระบวนการทางเคมี โดยมีรายละเอียดของแต่ละวิธีการดังนี้

การวิเคราะห์โดยใช้เครื่องมือ

วิธีการนี้อาศัยคุณสมบัติของน้ำตาลชนิดต่าง ๆ ที่สามารถจะหมุนระนาบของแสงโพลาไรซ์ได้มากน้อยแตกต่างกัน น้ำตาลที่หมุนแสงไปทางขวาจะเรียกว่า d-sugar เช่น กลูโคส ส่วนน้ำตาลที่หมุนแสงไปทางซ้ายจะเรียกว่า l-sugar เช่น ฟรุคโตส เครื่องมือที่ใช้วัดการเบี่ยงเบนแสงเรียกว่า โพลาไรมิเตอร์ (polarimeter) การศึกษาเรื่องนี้เรียกว่า โพลาไรมิเตอร์ หน่วยเป็นองศา เรียกว่า observe rotation ใช้สัญลักษณ์ °C ซึ่งขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของสารละลายน้ำตาล ระยะทางที่แสงผ่านสารละลาย (ความยาวของหลอดที่ใส่สารละลายน้ำตาล) ความยาวคลื่นแสง และอุณหภูมิ ปัจจัยดังกล่าวมีความสัมพันธ์ตามสมการ

ตารางที่ 82: องค์ประกอบของสารคาร์โบไฮเดรต ในส่วนต่าง ๆ ของต้นอ้อย

Cane plant parts	% of Whole	Juice Extraction (%)	Juice Analyses (mg/ml)				
			Starch	Soluble polysaccharides	Sucrose	Fructose	Glucose
Leaf blade	11.1	40.0	0.30	5.40	7.72	3.78	6.78
Leaf sheath	4.3	38.8	0.00	4.03	14.20	3.33	6.92
Leaf roll	2.0	48.2	0.09	5.88	8.85	7.66	13.80
Stem tip	1.6	47.8	0.08	5.80	14.80	12.90	17.62
Millable cane							
1 st 60 cm	14.0	69.3	0.07	1.81	130.48	6.88	9.84
2 nd 60 cm	14.8	71.3	0.06	1.45	164.88	8.38	6.08
3 rd 60 cm	17.8	73.6	0.04	1.47	181.86	3.63	4.04
4 th 60 cm	19.5	71.1	0.03	1.30	185.10	3.06	2.80
Stubble	9.3	65.3	0.07	2.01	162.50	3.01	5.94
Roots	1.3	27.2	0.00	1.28	8.76	1.25	2.50
Dead leaves	4.3	37.1	0.00	5.42	0.00	0.00	0.00

"Starch was determined tometrically: soluble polysaccharides were measured as the alcohol-insoluble reactants with phenol-sulfuric acid, and sugars were separated and measured by high-pressure liquid chromatography.

The entire root system was not used, only the part attached to the stubble as it came from the ground was tested.

ตารางที่ 83: ระดับความหวานของสารคาร์โบไฮเดรต

Fructose	1.1-1.8	Glycerol	0.8	Galactose	0.6
Sucrose	1.0	Glucose	0.7	Mannose	0.6
Xylitol	1.0	Mannitol	0.6	Maltose	0.4
Invert sugar	0.9	Xylose	0.6	Lactose	0.4

ตารางที่ 84: ส่วนประกอบของต้นอ้อยและน้ำอ้อย

ส่วนประกอบ	ร้อยละ (%)
ลำอ้อยที่สามารถคั้นน้ำได้ (millable cane)	
Water	73-76
Solids	24-27
soluble solids	10-18
Fiber (dry)	11-18
องค์ประกอบของน้ำอ้อย	Soluble Solids(%)
Sugars	75 - 92
Sucrose	70 - 88
Glucose	2 - 4
Fructose	2 - 4
Salts	3.000 - 4.500
Inorganic acids	1.500 - 4.500
Organic acids	1.000 - 3.000
Organic acids	1.500 - 5.500
Carboxylic acids	1.100 - 3.000
Amino acids	0.500 - 2.500
Other organic nonsugars	
Protein	0.500 - 0.800
Starch	0.001 - 0.050
Gums	0.300 - 0.080
Waxes, fats, phosphatides	0.050 - 0.150
Other	3.000 - 5.000

$$(\alpha)^T_D = (\alpha)_{obs} / C \times L; \text{ โดยที่}$$

$$(\alpha)^T_D = \text{ค่า specific rotation ที่อุณหภูมิ T โดยใช้โซเดียมสเปกตรัม D-line เป็นแหล่งกำเนิดแสง}$$

$$(\alpha)_{obs} = \text{Optical rotation หรือ observe rotation}$$

$$C = \text{ความเข้มข้นของน้ำตาลในหน่วยกรัมต่อมิลลิลิตร}$$

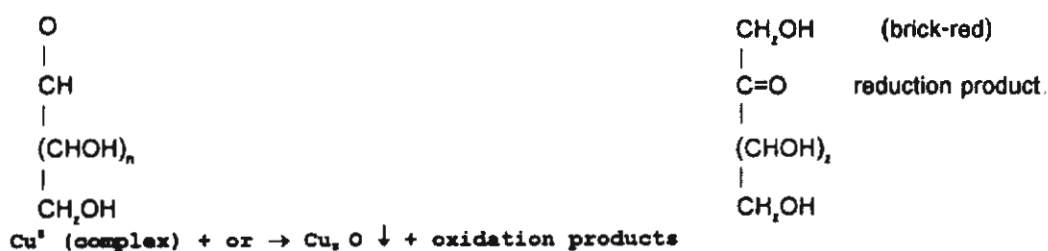
$$L = \text{ความยาวของหลอดที่ใส่สารละลายน้ำตาลในหน่วยเดซิเมตร}$$

ในทางปฏิบัติ การใช้เครื่องมือเป็นสิ่งที่ทำได้ง่าย สะดวก และรวดเร็ว ได้ผลการวิเคราะห์ภายในเวลาไม่เกิน 30 วินาที ดังนั้นจึงเป็นที่นิยมของโรงงานน้ำตาลถึงแม้ว่าจะมีราคาแพง รวมทั้งมีเครื่องคอมพิวเตอร์ช่วยให้เครื่องมือเหล่านี้มีประสิทธิภาพมากขึ้น และประการสำคัญการวิเคราะห์ด้วยเครื่องมือหลีกเลี่ยงการใช้สารเคมีเป็นจำนวนมาก แต่มีจุดอ่อนหลายประการ เช่น การเคลื่อนย้ายเครื่องมือไปยังสถานที่ต่าง ๆ มีความยุ่งยากมาก เครื่องมือมีราคาแพง การควบคุมสภาพของเครื่องให้คงที่ได้ยาก เมื่อมีปัญหาต้องใช้ช่างผู้ชำนาญการ

การวิเคราะห์ตามกระบวนการทางเคมี

มีวิธีการวิเคราะห์สองแบบ คือ 1) Gravimetric เป็นการชั่งน้ำหนักตะกอนที่ได้ ปริมาณน้ำตาล และ 2) Volumetric เป็นการวัดปริมาตรน้ำตาลที่สามารถทำให้เกิดตะกอนสีแดงอิฐกับ สารละลายเฟห์ลิง (Fehling's solution)

วิธีการนี้มีพื้นฐานจากหลักการตามคุณสมบัติของน้ำตาลซึ่งเป็น reduce sugar เมื่อเกิดปฏิกิริยาทางเคมีจะให้ตะกอนสีแดงอิฐ ปริมาณของตะกอนนี้สัมพันธ์กับปริมาณน้ำตาลดังแสดงในปฏิกิริยาข้างล่างนี้



การวิเคราะห์โดยสารเคมีมีจุดเด่นหลายประการ เช่น อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ราคาไม่แพงมาก หาซื้อได้ง่าย มีความถูกต้องแม่นยำดีพอสมควร อุปกรณ์และเครื่องมือสามารถเคลื่อนย้ายได้สะดวก และไม่ค่อยมีปัญหาด้านสภาพการทดลอง ข้อด้อยของการวิเคราะห์โดยสารเคมี คือ ใช้เวลาในการวิเคราะห์ ผู้ปฏิบัติการทดลองต้องได้รับการฝึกฝนจึงจะมั่นใจในผลการทดลอง และ ต้องใช้ความระมัดระวังในการคำนวณผล

**ส่วนที่ 1 การประมาณผลผลิตอ้อยโดยใช้แบบจำลองพัฒนาการและ
การเจริญเติบโตของอ้อย**

แบบจำลองอ้อย ThaiCane 1.0

**อรรถชัย จินตะเวช ศักดิ์ดา จงแก้ววัฒนา และ
N.G. Inman-Bamber**

|

แบบจำลองย่อย ThaiCane 1.0 เป็นแบบจำลองที่ได้รับการพัฒนาจากแบบจำลองพัฒนาการและการเจริญเติบโตย่อย CANEGRO 3.0 ซึ่งมีพื้นฐานจากแบบจำลองธัญพืชในระบบ DSSAT 3.0 แบบจำลองย่อย CANEGRO 3.0 ได้รับการพัฒนาโดย Drs. Inman Bamber และ Greg Kiker มีความสามารถในการจำลองระบบ-การผลิตย่อยในระดับการผลิตที่ระดับที่สอง (ดูเรื่องแนวคิดและหลักการโดย อรรถชัย และ คณะ หน้า 2-19)

แม้ว่าแบบจำลอง ThaiCane 1.0 ยังต้องได้รับการพัฒนาในหลายประเด็น และต้องผ่านการทดสอบเพื่อให้เกิดความมั่นใจสำหรับการนำมาใช้งานประกอบการคาดการณ์ผลผลิตย่อยในพื้นที่ขนาดใหญ่ได้อย่างน่าเชื่อถือ บรรณาธิการและผู้วิจัยเห็นสมควรรวบรวมหลักการสำคัญที่ผู้วิจัยมีความเข้าใจในระดับหนึ่ง เพื่อเป็นประโยชน์ต่อการค้นคว้าในอนาคตโดยเฉพาะในวงการวิจัยที่ใช้แนวคิดและวิธีการ modeling & simulation ทางเกษตร บทนี้จะกล่าวถึงรายละเอียดของโปรแกรม ThaiCane 1.0 ในด้านพัฒนาการ (development) และการเจริญเติบโต (growth) ของย่อย โดยมีพื้นฐานจากเอกสารวิชาการทั้งที่ได้มีการพิมพ์เผยแพร่ และเอกสารที่พิมพ์เพื่อการสนทนาภายในองค์กรต่าง ๆ ที่ผู้วิจัยได้มีโอกาสเข้าร่วม

โครงสร้างของ ThaiCane 1.0

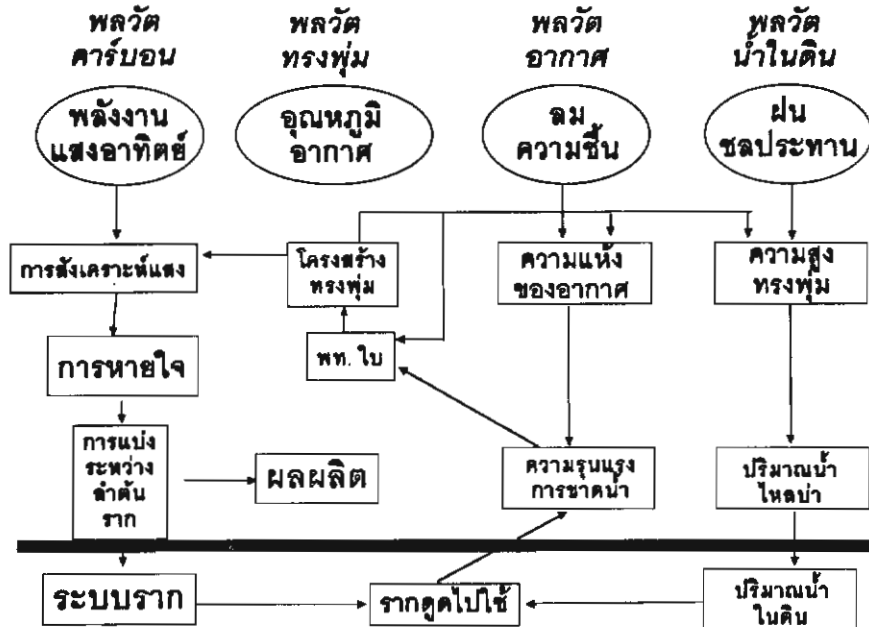
แบบจำลองย่อย ThaiCane รุ่น 1.0 เป็นแบบจำลองย่อยที่ได้รับการพัฒนาให้สามารถคาดการณ์การผลิตย่อยในระบบที่ 1 และ 2 ดังที่ได้กล่าวมาแล้วในตอนต้นของเอกสารนี้ โดยใช้ข้อมูลจากการทดลองกับย่อยสายพันธุ์เดียว (Inman-Bamber and Kiker, 1993) เป็นแบบจำลองย่อยที่ใช้ภาษา FORTRAN 77 ในการพัฒนา เป็นแบบจำลองย่อยที่มีพื้นฐานของ source codes ใกล้เคียงกับแบบจำลองข้าวโพด แบบจำลองข้าว และแบบจำลองธัญพืชอื่น (CERES models) โปรแกรมในรุ่นนี้มีส่วนประกอบย่อยสี่ส่วน (รูปที่ 26) ซึ่งทำให้โปรแกรมนี้สามารถคาดการณ์ 1) พลังงานของการสร้างคาร์บอนในกระบวนการเจริญเติบโต (carbon balance) 2) พัฒนาการของต้นย่อยตั้งแต่ปลูกถึงระยะเก็บเกี่ยว (canopy and phenology) 3) กระบวนการแลกเปลี่ยนพลังงานระหว่างอากาศ-พืช-ดิน และ 4) พลังงานของน้ำบนดินและในดิน (water balance) โดยมีรายการโปรแกรมย่อย (subroutine) รวม 31 โปรแกรม (รูปที่ 27)

กระบวนการสำคัญในแบบจำลอง ThaiCane 1.0

แบบจำลอง ThaiCane 1.0 แยกการคำนวณกระบวนการพัฒนาการ (phenology process) การเจริญเติบโต (growth) และพลังงานของน้ำในดินและในพืช (soil and crop water balance)

รูปที่ 26: กระบวนการและองค์ประกอบของแบบจำลอง ThaiCane.

(Source: Inman-Bamber, 1994)



รูปที่ 27: โปรแกรมย่อยในแบบจำลอง CANEGRO ต้นแบบของแบบจำลองย่อย ThaiCane

```

GETARG
ERROR
IPIBS      readin IBSNAT30.INP file ----- SEASONAL LOOP
IPECO

      IPPARM
      IPPROG
SOILSI
      INSEQ
PROGRI
CANINT (cane canopy)
YR_DOY -----BEGIN DAILY LOOP
WEATHR
SOILTI
SOILNI
NBAL
SOLT
CWATBAL (NTRANS not included)
AULFLT (automatic planting)

PHENOL
CGROSUB
      CGROSUB(XLAT)
AUTHAR
      OUTPUT ->OPDAY ->OPHARV -----END DAILY LOOP
      ->OPDPS
      OPDONE (CLOSE ALL FILES)
  
```

กระบวนการพัฒนาการของพืช (crop phenology)

พัฒนาการของพืช (crop phenology) หมายถึง การเปลี่ยนแปลงรูปร่าง (morphology) สถานะภาพ (stage) ของพืช เป็นการเปลี่ยนแปลงที่ย้อนกลับไม่ได้ แบบจำลองอ้อยได้แบ่งระยะพัฒนาการของกออ้อยออกเป็นเก้าระยะ (ตารางที่ 85) และมี source code อยู่ใน subroutine PHENOL.FOR ผลการศึกษาเรื่องพัฒนาการของอ้อยภายใต้กิจกรรมของโครงการโดย บุญมี ศิริ และ คณะ รวมทั้งวิทยานิพนธ์ปริญญาโทโดย อ้อยทิน จันทรเมือง จะช่วยให้คณะผู้วิจัยพัฒนา phenology map ของอ้อยที่ใช้ในประเทศไทยได้ดีขึ้น และสามารถนำไปปรับปรุงแบบจำลองเพื่อการคาดการณ์ระยะต่าง ๆ ได้อย่างแม่นยำ

ตารางที่ 85: พัฒนาการของอ้อยที่มีการกำหนดในแบบจำลองอ้อย ThaiCane 1.0

รหัส	ความหมาย
7	วันปลูก
8	วันงอก
9	วันที่ส่วนใดส่วนหนึ่งของต้นอ้อยโผล่พ้นผิวดิน
1	วันที่ใบที่ 14 แผ่เต็มที่
2	ระยะแตกกอ และลำต้น
3	ใบคลุมพื้นที่ร้อยละ 70
4	ระยะที่มีจำนวนหน่อสูงสุด
5	ระยะที่มีจำนวนหน่อคงที่
5.1	ระยะแทงช่อดอก (panicle initiation)
5.2	ระยะช่อดอกโผล่ (panicle emergence)
6	ระยะเจริญเต็มที่

ในแต่ละวัน ThaiCane 1.0 คำนวณค่าอุณหภูมิสะสมรายวัน DTTi ตามสมการข้างล่างนี้

$$DTTi = TEMPMi - TBASE$$

TEMPMi คือค่าเฉลี่ยอุณหภูมิรายวัน และ TBASE ค่าอุณหภูมิพื้นฐานสำหรับพัฒนาการของอ้อย ซึ่ง Inman-Bamber และ Kiker แนะนำให้ใช้ 10 °C ในกรณีที่ TEMPMi น้อยกว่า TBASE แบบจำลองให้ค่า DTTi เป็น 0.0 จากนั้นแบบจำลองจะรวมค่าอุณหภูมิสะสมไว้ที่ SUMDDT ซึ่งจะเป็นตัวแปรที่ใช้ตลอดการคำนวณพัฒนาการของอ้อย

$$SUMDDT = SUMDDT + DTTi$$

จากนั้นแบบจำลองคำนวณค่าความยาววัน (day length) ซึ่งมีผลต่อการออกดอกของอ้อยบางพันธุ์ จากสมการ

```

DEC = 0.4093 * SIN(0.0172 * (DOY - 82.2))
DLV = ((-S1 * SIN(DEC) + 0.1047) / (C1 * COS(DEC)))
DLV = AMAX1 (DLV, -0.87)
TWILEN = 7.639 * ACOS(DLV)

```

คำนวณมุมดวงอาทิตย์ (sun declination: DEC) ในแต่ละวัน โดยยึดวัน vernal equinox เป็นหลักของวงโคจร $0.4093 = 23.45$ องศา แปลงเป็น radian โดยคูณกับ $\pi/180$ และค่า 0.0172 เป็นค่าส่วนของวงโคจรของโลกในแต่ละวันคือ $2\pi/365$ S1 คือค่า sin ของมุม latitude เป็น radian $= \sin(\text{LAT} * 0.01745)$ และ C1 คือค่า cos ของมุม latitude เป็น radian $= \cos(\text{LAT} * 0.01745)$ และ 0.1047 เป็นค่ามุมดวงอาทิตย์ 6 องศา และแปลงให้เป็น radian ค่า 7.639 คือ $24/\pi$ และ $\text{ACOS(DLV)} = \text{ARCCOS(DLV)} =$ มุมระหว่างดวงอาทิตย์ขึ้นและดวงอาทิตย์ตกในวันนั้น ๆ

ค่าเริ่มต้นของตัวแปรบางตัวในการคำนวณพัฒนาการของช้อย ได้แก่

DTTPI	= 1526	อ่านจากแฟ้ม SCCAN950.CUL หมายถึงจำนวน GDD ที่ต้องการเพื่อเปลี่ยนระยะ P1 เป็น P2
P1	= 8500	อ่านจากแฟ้ม SCCAN950.CUL
P9	= 200 + (10 * SDEPTH)	คำนวณใน PHASE1.FOR
SDEPTH	= RTDEP = RTDEP + (0.15 * DTTi)	คำนวณใน PHASE1.FOR

ระยะ 7: วันปลูก

แบบจำลองให้ค่าระยะพัฒนาการเริ่มที่ 7.0 และเก็บค่าไว้ที่ตัวแปร ISTAGE จากนั้นแบบจำลองอ่านค่าวันปลูกจากแฟ้มจัดการ (FILEX) และทำการตรวจสอบว่าความลึกของการปลูกช้อย (SDEPTH) ลึกกว่าชั้นดิน (CUMDEP) หรือไม่ จากสมการ

$$SDEPTH < CUMDEP$$

ถ้าจริง แบบจำลองให้ค่า ISTAGE = 8.0 และพร้อมที่จะตรวจสอบวันงอกในระยะถัดไป

ระยะ 8: วันงอก

ISTAGE = 8.0 แบบจำลองตรวจสอบความชื้นดิน (SWSD) ของชั้นดินที่มีท่อนช้อยว่ามีความชื้นมากกว่าความชื้นต่ำสุดหรือไม่และเพียงพอต่อความสามารถในการไหลผ่านผิวดินของตาช้อยหรือไม่ และตาช้อยจะต้องมี

ส่วนของพืชสวนใดส่วนหนึ่งไหลผ่านผิวดินภายในเวลา 40 วัน ซึ่งเป็นประเด็นที่น่าจะมีการศึกษาเพื่อทำความเข้าใจกลไกสำคัญในสภาพของระบบการผลิตของประเทศไทยต่อไป

ระยะ 9: วันที่สวนใดส่วนหนึ่งของต้นอ้อยไหลผ่านผิวดิน

ISTAGE = 9.0 แบบจำลองคำนวณวันที่สวนใดส่วนหนึ่งของอ้อยจะปรากฏเหนือผิวดิน ซึ่งคำนวณโดยมีพื้นฐานจากค่าอุณหภูมิสะสม (SUMDTT) เมื่อ SUMDTT มีค่ามากกว่า P9 ตามสมการ

$$\text{SUMDTT} > P9$$

แบบจำลองจะคำนวณค่าระยะเวลาที่ใช้เพื่อไหลผ่านผิวดิน

$$\text{RTDEP} = \text{RTDEP} + (0.15 * \text{DTTi})$$

ระยะ 1: วันที่ใบที่ 14 แผ่เต็มที่

ISTAGE = 1.0
ระยะนี้่อ้อยเริ่มสร้างใบจริง (มีสีเขียว) ซึ่งมีระยะเวลาเท่ากับอุณหภูมิสะสม DTTPI ของแต่ละพันธุ์ตามสมการ

$$\begin{aligned}\text{CUMDTT} &> \text{DTTPI} \\ \text{XSTAGE} &= 2 * \text{SUMDTT}/P1\end{aligned}$$

ระยะ 2: ระยะแตกกอ และเริ่มสร้างลำต้น

ISTAGE = 2.0
XSTAGE = 2 + SIND
และจะตรวจสอบว่าเริ่มมีการสะสมน้ำหนักลำต้นหรือไม่

$$\text{STKDM} > 0.0$$

ระยะ 3: ใบคลุมพื้นที่ร้อยละ 70

ISTAGE = 3.0
XSTAGE = 3.0 + (2.0 * SUMDTT)/CUMDTT
ตรวจสอบว่าค่าพื้นที่ใบมีมากกว่าร้อยละ 70 หรือไม่

$$\text{LI} > 0.70$$

ระยะ 4: ระยะที่มีจำนวนหน่อสูงสุด

ISTAGE = 4.0
ตรวจสอบว่าค่าอุณหภูมิสะสมมีมากกว่า P4 หรือไม่

$$\begin{aligned} \text{SUMDTT} &> P4 \\ \text{XSTAGE} &= (\text{SUMDTT}/\text{CUMDTT}) + 4.0 \end{aligned}$$

ระยะ 5: ระยะที่มีจำนวนหน่อคงที่

$$\text{ISTAGE} = 5.0$$

ตรวจสอบว่าค่าพื้นที่ใบมีมากกว่าร้อยละ 70 หรือไม่

$$\begin{aligned} \text{SUMDTT} &> P4 \\ \text{XSTAGE} &= 4.5 + (5.5 * \text{SUMDTT})/\text{CUMDTT} \end{aligned}$$

ระยะ 5.1: ระยะแทงช่อดอก (panicle initiation)

$$\text{ISTAGE} = 5.0$$

แบบจำลองอัลย ThaiCane 1.0 สามารถคาดการณ์การออกดอกของอ้อยสองสายพันธุ์ที่ทำการทดลองอยู่ได้อย่างน่าพอใจ แต่เนื่องจากคณะผู้วิจัยพบว่าอ้อยพันธุ์ U-Thong 2 และ K 84-200 ที่ทำการทดลองในระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ - พฤศจิกายน 2538 มีการออกดอกในระหว่างเดือนพฤศจิกายน และ ธันวาคม 2538 และ 2539 ตามลำดับ ผู้วิจัยจะดำเนินการให้แบบจำลองอัลย ThaiCane 1.0 สามารถคาดการณ์การออกดอกของอ้อยพันธุ์ต่าง ๆ ในประเทศไทย โดยอาจจะแทรกเข้าไปในระหว่างพัฒนาการระยะที่ 5 และ 6 (ตารางที่ 86) โดยใช้ source code ตามตารางที่ 87

ระยะ 5.2: ระยะช่อดอกโผล่ (panicle emergence)

$$\text{ISTAGE} = 5.0$$

ระยะ 6: ระยะเจริญเต็มที่

$$\text{ISTAGE} = 6.0$$

แบบจำลองอัลย ThaiCane 1.0 หยุดการคำนวณพัฒนาการของอ้อยเมื่อ $\text{ISTAGE} = 6.0$

กระบวนการการเจริญเติบโตของพืช (crop growth)

การเจริญเติบโตของพืช (crop growth) หมายถึง การเปลี่ยนแปลงขนาด (shape and size) น้ำหนักมวลชีวภาพ (biomass) ของพืช เป็นการเปลี่ยนแปลงที่เพิ่มขึ้นและลดลงได้ โปรแกรมแบบจำลองอัลย ThaiCane 1.0 มีกระบวนการด้านสรีรวิทยาที่เกี่ยวข้องกับการสร้าง การเพิ่มน้ำหนักรากส่วนต่าง ๆ ของอ้อยอยู่หลายกระบวนการ ได้แก่ การสังเคราะห์แสงอาทิตย์ การกระจายสารสังเคราะห์ที่พืชสร้างได้ในแต่ละวันไปยังส่วนต่าง ๆ ของต้นพืช ในช่วงระยะเวลาพัฒนาการระยะต่าง ๆ

ตารางที่ 86: Source code สำหรับเพิ่มเติมใน ThaiCane 1.0 เพื่อการคาดการณ์วันออกดอกของอ้อยในประเทศไทย

```
C >> ISTAGE = 5.1 Panicle initiation <<
C to accommodate Thai's cane flowering event... (Attachai J.)
C
C      IF (CROP .EQ. 'SC' .AND. TWILEN .GT. P2O) THEN
C          .AND. SIND .LE. 1.0) THEN
C              RATEIN = 1.0/(100.0+P2*(TWILEN-P2O))
C P2O = critical photoperiod, a cultivar specific coeff.
C P22 = thermal time for BVP after stabilized pop. stage was reached
C P2 = slope of the curve b/w TWILEN and DAYL
C
C          RATEIN = 1.0/(P22+P2*(TWILEN-P2O))
C          SIND = SIND + RATEIN
C          IF (SIND .LE. 1.0) THEN
C              RETURN
C          ELSE
C              pause
C              ISTAGE = 10
C              IPRINT = 0
C              STGDOY(istage) = YRDOY
C          ENDIF
C
```

การรับแสง (light interception)

เริ่มต้นด้วยการโดยใช้กฎของ Beer's ในการคำนวณปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์ที่ถูกต้องและนำไปใช้เพื่อการผลิตสารคาร์บอนในแต่ละวัน โดยกำหนดให้ความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เป็นค่าคงที่ (300 ppm)

$$Li = 1 - \exp(-k \text{ LAI})$$

k คือ extinction coefficient ของสมการ และมีค่าเป็น 0.58 เมื่ออ้อยเจริญเติบโตมีใบน้อยกว่า 14 ใบ และ k จะมีค่าเป็น 0.85 เมื่ออ้อยเจริญเติบโตมีใบมากกว่า 14 ใบ k เป็นสัดส่วนระหว่างพื้นที่ใบอ้อยที่ถูกบังแสงและพื้นที่ใบอ้อยทั้งหมดในขณะนั้น LAI คือ ดัชนีพื้นที่ใบ (leaf area index) น้ำหนักของคาร์บอนที่สังเคราะห์ได้ต่อวันแบ่งออกเป็นสองส่วน ได้แก่

1. น้ำหนักสารสังเคราะห์ได้ของใบที่ไม่ถูกบังแสง

$$= P_{\max} (1 - \exp(-\phi k (1 - 0.2) \text{ PAR} / P_{\max}))$$
2. น้ำหนักสารสังเคราะห์ได้ของใบที่ถูกบังแสง

$$= P_{\max} (1 - \exp(-\phi f / P_{\max}))$$

ϕ = ประสิทธิภาพการเปลี่ยนพลังงานแสง (quantum efficiency) มีค่าเท่ากับ 0.065 mol/mol

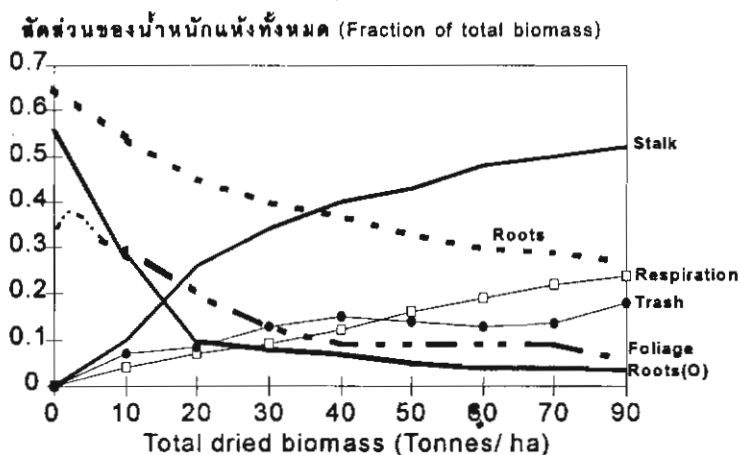
$$f = 0.2PAR(1-\exp(-k \cdot LAI_n))/LAI_n$$

PAR = photosynthesis active radiation = ประมาณ 50% ของ total daily solar radiation ที่วัดได้โดยเครื่อง UNIDATA

การกระจายสารสังเคราะห์ (assimilate partitioning)

แบบจำลองอ้อย ThaiCane 1.0 แบ่งสารสังเคราะห์ (photosynthate) ที่ได้ในแต่ละวันไปยังส่วนต่าง ๆ ของกออ้อย ได้แก่ ราก ใบและกาบใบ ลำต้น และน้ำตาล sucrose ตามระยะพัฒนาการของอ้อย (รูปที่ 28) คำสั่งมีในโปรแกรม PARTIT.FOR การกระจายสารสังเคราะห์ในพันธุ์อ้อยของประเทศไทยควรได้รับการศึกษามากขึ้น เพื่อตรวจสอบผังการกระจาย

รูปที่ 28: ผังการกระจายสารสังเคราะห์ (น้ำหนักแห้ง) ในแบบจำลองอ้อย ThaiCane 1.0.



กระบวนการพลวัตของน้ำในดิน (soil-crop water balance)

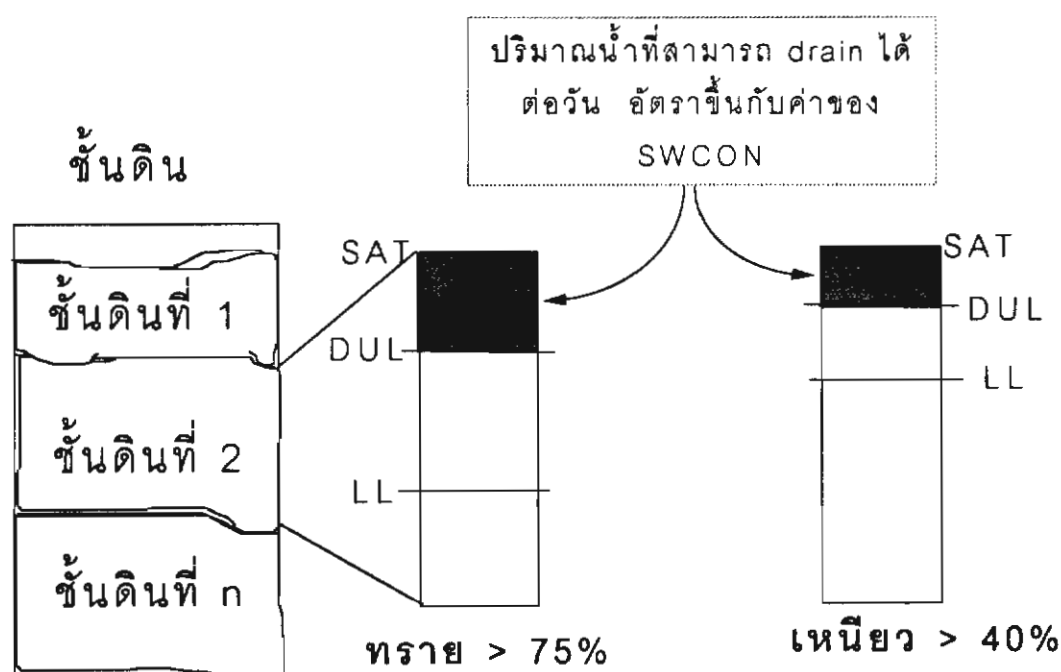
การคำนวณการเปลี่ยนแปลงของน้ำในดินและในพืชที่มีในแบบจำลองอ้อย ThaiCane 1.0 ใช้แบบจำลองน้ำที่มีการเสนอและทดสอบโดย Dr. J.T. Ritchie แห่งมหาวิทยาลัยมิชิแกน ซึ่งได้ทำการศึกษาเพื่อสร้างแบบจำลองพลวัตของน้ำในดินและในพืชที่สามารถคาดการณ์ในระดับที่ยอมรับได้และมีข้อมูลดินที่สามารถหาได้มาประกอบการใช้งานแบบจำลองเพื่อจัดการระบบให้น้ำชลประทานพืชอย่างมีประสิทธิภาพ

Ritchie ได้เสนอแนวคิดให้มีการแบ่งชั้นดินในระดับรากพืชออกเป็นชั้นดินที่มีความหนาน้อยลงตามคุณสมบัติทางกายภาพของเนื้อดิน ในแบบจำลองย่อย ThaiCane 1.0 ผู้ใช้งานสามารถกำหนดให้ชั้นดินที่ทำการศึกษามีได้ถึง 15 ชั้นดิน ความชื้นดินในแต่ละชั้นจะได้รับการคำนวณอย่างต่อเนื่องตลอดเวลา Ritchie ได้เสนอแนวคิดเกี่ยวกับการคำนวณความชื้นดินโดยให้ชื่อว่า ปริมาณน้ำที่พืชสามารถนำไปใช้ได้ (plant extractable soil water) ซึ่งสามารถประมาณการได้จาก LL และ DUL ของชั้นดินแต่ละชั้น (รูปที่ 29) ความชื้นของดินชั้นบนที่สุดขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำฝน ปริมาณน้ำชลประทาน และระเหย การซึมผ่านลงสู่ดินชั้นล่าง และการดูดไปใช้ของรากพืช

การเคลื่อนที่ขึ้นสู่ดินชั้นบนหรือสู่อากาศของน้ำในดินเกิดขึ้นได้สองทาง คือ การระเหยในกระบวนการ evaporation และกระบวนการดูดน้ำของรากพืช (root absorption) ปริมาณน้ำระเหยสูงสุด (PET) คำนวณโดยใช้สมการ Priestly and Taylor (1972) และ Penman (1981) ส่วนปริมาณน้ำระเหยจริง (AET) คำนวณโดยวิธีการที่เสนอโดย Ritchie (1985)

ปริมาณน้ำที่พืชดูดไปใช้คำนวณโดยพิจารณาจาก ความหนาแน่นของรากพืช (root length density) ปริมาณน้ำในดินที่พืชสามารถนำมาใช้ได้

รูปที่ 29: การจำลองพลวัตของน้ำในดินตามวิธีการของ Ritchie



กระบวนการที่ควรพัฒนาเพิ่มเติมใน ThaiCane 1.0

พลวัตของธาตุไนโตรเจน (nitrogen dynamic)

แบบจำลองย่อย ThaiCane 1.0 ยังไม่สามารถจำลองพลวัตของธาตุไนโตรเจนที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของข้าว แต่เนื่องจากธาตุไนโตรเจนมีส่วนมากในการเพิ่มผลผลิตข้าว คณะผู้วิจัยจะดำเนินการเพื่อหาวิธีการเพิ่มโปรแกรมย่อย (subroutine) ในส่วนนี้ในโอกาสต่อไป โดยการร่วมมือกับนักวิจัยในกลุ่ม ICASA และนักวิจัยในประเทศ

พลวัตของธาตุฟอสฟอรัส (phosphorus dynamic)

แบบจำลองย่อย ThaiCane 1.0 ยังไม่มีพลวัตของธาตุฟอสฟอรัสที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของข้าว คณะผู้วิจัยจะดำเนินการเพื่อหาวิธีการเพิ่มโปรแกรมย่อย (subroutine) ในส่วนนี้ในโอกาสต่อไป รวมทั้งธาตุอาหารอื่นด้วยหากมีความสำคัญต่อการคาดการณ์ผลผลิตข้าว

ข้อมูลพื้นฐานที่ที่ต้องการ

แบบจำลองย่อยมีข้อมูลพื้นฐานที่ใช้ในการเปรียบเทียบระหว่างพันธุ์มีเฉพาะความแตกต่างของพัฒนาการของใบ จำเป็นต้องพัฒนาความเข้าใจด้านลักษณะการแตกกอ การให้ตอ การตอบสนองต่อสารอาหารในดิน ซึ่งอาจจะสามารถหาได้โดยวิธีการพันธุ์วิศวกรรมตามที่ได้มีการศึกษาเบื้องต้นแล้วโดย วลดา และธีรดา (ส่วนที่ 1 ของรายงานฉบับนี้)

ส่วนที่ 2

การทำแผนที่ปลูกอ้อยโดยใช้ข้อมูลดาวเทียม

- แนวคิดและหลักการ (principles & concepts)
- วิธีการวิจัย (research methodology)
- กรณีศึกษาระวางน้ำพอง จังหวัดขอนแก่น
- กรณีศึกษาระวางอุ้มทอง จังหวัดสุพรรณบุรี
- ระบบการผลิตอ้อยในตำบลโนนท่อน

ส่วนที่ 2 การทำแผนที่ปลูกอ้อยโดยใช้ข้อมูลดาวเทียม

แนวคิดและหลักการ (principles & concepts)

ถาวร อ่อนประไพ และ อรรถชัย จินตะเวช

โครงการ พทอ. ทำการศึกษาเพื่อพัฒนาและประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ ประกอบการพัฒนาวิธีการทำแผนที่พื้นที่ปลูกอ้อยอย่างเหมาะสมให้มีความถูกต้องตามเกณฑ์ที่เชื่อถือได้ เพื่อให้ประกอบการประเมินผลผลิตของอ้อยในพื้นที่ขนาดใหญ่ เทคโนโลยีสารสนเทศที่นำมาประยุกต์ใช้ได้แก่ เทคนิคข้อมูลระยะไกลด้วยภาพจากดาวเทียม (RS) และเทคนิคการกำหนดตำแหน่งพิกัดบนพื้นผิวโลกด้วยดาวเทียม (GPS) ซึ่งเป็นเทคโนโลยีสารสนเทศที่มีบทบาทมากในการตัดสินใจเพื่อการผลิตทางเกษตรทั้งในปัจจุบันและอนาคต

ขั้นตอนแรกเป็นการพัฒนาวิธีการและเทคนิคการทำแผนที่พื้นที่ปลูกอ้อยจากข้อมูลดาวเทียม โดยต้องมีความถูกต้องอยู่ในเกณฑ์ที่น่าเชื่อถือได้ ซึ่งหมายถึงความถูกต้องในเชิงตำแหน่ง (position accuracy) และความถูกต้องในเชิงคุณสมบัติ (attribute accuracy) ของข้อมูลพื้นที่ปลูกอ้อย โดยใช้วิธีการประเมินค่าความถูกต้องด้วยหลักการทางคณิตศาสตร์ และเป็นวิธีการที่ต้องสามารถถ่ายทอดให้แก่ผู้ที่เกี่ยวข้องสามารถนำไปปฏิบัติงานได้อย่างเหมาะสมต่อไป

ขั้นตอนที่สองเป็นการพัฒนาแผนที่พื้นที่ปลูกอ้อยให้อยู่ในรูปแบบข้อมูลเชิงพื้นที่เพื่อการเชื่อมโยงเข้ากับระบบสนับสนุนการตัดสินใจเพื่อการผลิตอ้อย ThaiSIS 1.0 (อรรถชัย จินตะเวช และ Thomton, 2540) สำหรับการประเมินผลผลิตของอ้อยในพื้นที่ขนาดใหญ่โดยใช้แบบจำลองการเจริญเติบโตอ้อย ThaiCane 1.0 แผนที่การปลูกอ้อยที่ผลิตได้ในกิจกรรมที่สองนี้จะใช้ร่วมกับข้อมูลเชิงพื้นที่อื่น เช่น แผนที่ดิน แผนที่สภาพอากาศ ฯลฯ โดยใช้เทคนิคของระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ (GIS)

ชนิดข้อมูลภาพจากดาวเทียม

ดาวเทียมสำรวจทรัพยากรโลกที่ถูกส่งขึ้นไปโคจรรอบโลกมีอยู่หลายระบบและได้รับการติดตั้งระบบบันทึกข้อมูล (sensor) ระดับการสะท้อนของพลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของวัตถุต่าง ๆ บนผิวโลก ที่มีสมรรถนะต่างกัน เช่น ดาวเทียม LANDSAT 5 ของประเทศสหรัฐอเมริกา มีการติดตั้งระบบบันทึกข้อมูล TM สามารถบันทึกรายละเอียดข้อมูลการสะท้อนได้เจ็ดช่วงคลื่น และระบบดาวเทียม SPOT ของประเทศฝรั่งเศสมีการติดตั้งระบบบันทึกข้อมูล HRV สามารถบันทึกรายละเอียดข้อมูลได้สามช่วงคลื่น เป็นต้น ระบบดาวเทียมสำรวจทรัพยากรโลกโดยทั่วไปจะโคจรในลักษณะสัมพันธ์กับดวงอาทิตย์ (sun-synchronous orbit) เนื่องจากดาวเทียมใช้แสงอาทิตย์เป็นแหล่งพลังงานส่วนหนึ่ง และจะโคจรในแนวเหนือ-ใต้ และกลับมาซ้ำพื้นที่เดิมตามกำหนดของดาวเทียมแต่ละดวง ทำให้มีข้อมูลการสะท้อนแสงเป็นระยะเวลาต่าง ๆ ซึ่งเมื่อนำไปวิเคราะห์ทางหลักการจะทำให้ทราบการเปลี่ยนแปลงของวัตถุต่าง ๆ บนผิวโลกได้ ในกรณีนี้คือการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ปลูกอ้อย

โครงการ พทอ. ทำการศึกษาเพื่อพัฒนาวิธีการทำแผนที่พื้นที่ปลูกอ้อยด้วยข้อมูลภาพจากดาวเทียม LANDSAT 5 ระบบ TM ขนาดรายละเอียด (resolution) 25 เมตร ซึ่งใช้พื้นที่ศึกษาครอบคลุมขอบเขตประมาณ 27 X 27 ตร.กม. ตามขนาดข้อมูลภาพดาวเทียมชนิด subscene geocode ทั้งนี้เพื่อสะดวกแก่การจัดเตรียมข้อมูลเชิงพื้นที่อื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องด้วย ข้อมูลมีขนาดหนึ่งระวาง ของแผนที่ภูมิประเทศ มาตราส่วน 1:50,000 ของกรมแผนที่ทหาร โดยข้อมูลจะถูกเก็บไว้ในรูปแบบข้อมูลเชิงตัวเลข (digital format) ด้วยเทปแบบ CCT ขนาด 9 tracks หรือ เทป exabyte ขนาด 8 มม.

หลักการวิเคราะห์ข้อมูลภาพจากดาวเทียม

ขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูลภาพจากดาวเทียมเพื่อการสร้างฐานข้อมูลเชิงพื้นที่ของพื้นที่ปลูกอ้อย มีทั้งหมดหกขั้นตอน ดังนี้ 1) การแก้ไขความถูกต้องในเชิงตำแหน่งของข้อมูล (image rectification) 2) การปรับปรุงคุณภาพของข้อมูลภาพดาวเทียม (image enhancement) 3) การสร้างภาพสีผสมของข้อมูล (color composite) 4) การตรวจสอบภาคสนาม (field checking) 5) การจำแนกรายละเอียดข้อมูลภาพดาวเทียม (image classification) และ 6) การประเมินค่าความถูกต้องของการจำแนกข้อมูล (classification accuracy assessment) รายละเอียดของแต่ละขั้นตอนมีใน *วิธีการวิจัยส่วนที่ 2*

การเลือกใช้ข้อมูลภาพจากดาวเทียม

การเลือกชนิดข้อมูลภาพจากดาวเทียมเพื่อการจำแนกพื้นที่การปลูกอ้อย หรือการใช้ประโยชน์ที่ดินอื่น ๆ สามารถพิจารณาได้จากคุณสมบัติข้อมูลภาพจากดาวเทียม ดังนี้

คุณสมบัติทางด้านคลื่นแสง (spectral characteristic)

เป็นคุณสมบัติที่แสดงรายละเอียดด้วยค่าของการสะท้อนพลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของพื้นที่ปลูกอ้อยและการใช้ประโยชน์ที่ดินต่าง ๆ ด้วยค่าข้อมูลเชิงตัวเลข (digital number) ในแต่ละช่วงคลื่น ดาวเทียมแต่ละดวงมีระบบการบันทึกข้อมูลที่แตกต่างกัน เช่น ระบบ TM ของดาวเทียม LANDSAT-5 เก็บข้อมูลไว้ในเจ็ดช่วงคลื่น หรือระบบ HRV ของดาวเทียม SPOT เก็บบันทึกข้อมูลไว้ในสามช่วงคลื่น เป็นต้น คุณสมบัติทางด้านคลื่นแสงช่วยผู้วิเคราะห์จำแนกรายละเอียดพื้นที่การปลูกอ้อยออกจากพื้นที่พืชไร่ การเกษตร และการใช้ประโยชน์ที่ดินอื่น ๆ ด้วยลักษณะของสี (color) ระดับสี (tone) เงา (shadow) และความคมชัด (contrast)

คุณสมบัติทางด้านพื้นที่ (spatial characteristic)

เป็นคุณสมบัติที่แสดงขนาดรายละเอียดในการเก็บบันทึกข้อมูลในแต่ละจุดภาพ (pixel) โดยทั่วไปพิจารณาเลือกภาพที่มีขนาดรายละเอียด (resolution) ต่ำสุดที่ข้อมูลจากดาวเทียมจะแสดงได้ เช่น ระบบ MSS และระบบ TM ของดาวเทียม LANDSAT 5 มีขนาดของจุดภาพเป็น 80 และ 25 เมตร ตามลำดับ ระบบ HRV panchromatic และ multispectral มีขนาดของจุดภาพเป็น 10 และ 20 เมตร เป็นต้น คุณสมบัติทางด้านพื้นที่ช่วยผู้วิเคราะห์จำแนกรายละเอียดพื้นที่การปลูกอ้อยออกจากพื้นที่พืชไร่ การเกษตร และการใช้ประโยชน์ที่ดินอื่น ๆ ด้วยลักษณะทางด้าน ขนาด (size) รูปร่าง (shape) รูปแบบ (pattern) และความหยابละเอียด (texture) ของข้อมูล

คุณสมบัติทางด้านเวลา (temporal characteristic)

เป็นคุณสมบัติของดาวเทียมแต่ละดวงในการโคจรรอบโลกและเก็บบันทึกข้อมูลดาวเทียมสำหรับวิทยากรโลกจะโคจรในลักษณะสัมพันธ์กับดวงอาทิตย์ในแนวเหนือ-ใต้ ลักษณะดังกล่าวทำให้เกิดคุณสมบัติทางด้านเวลา กล่าวคือมีการโคจรกลับมาบันทึกซ้ำที่เดิมตามระยะเวลาที่กำหนด ดาวเทียม LANDSAT 5 และ ดาวเทียม SPOT มีวงโคจร เป็น 16 และ 26 วัน ตามลำดับ การจำแนกพื้นที่การปลูกอ้อยออกจากพื้นที่พืชไร่ การเกษตร และการใช้ประโยชน์ที่ดินอื่น ๆ อาศัยคุณสมบัตินี้เข้ากับช่วงเวลาการเจริญเติบโตของอ้อย ช่วยในการเลือกข้อมูลที่เหมาะสมที่สุด

หลักการระบบดาวเทียมเพื่อกำหนดตำแหน่งพิภคบนพื้นโลก (GPS)

ระบบดาวเทียมเพื่อกำหนดตำแหน่งบนพื้นผิวโลกแบบใหม่ได้รับการติดตั้งเมื่อปี ค.ศ. 1973 ด้วยการพัฒนาที่ต่อเนื่องมาจากระบบดาวเทียม Transit โดยแนวความคิดและหลักการ NAVSTAR ของกระทรวงกลาโหมสหรัฐอเมริกา (DoD) ในความดูแลและรับผิดชอบของ สำนักงานแผนงานร่วม (JPO) ระบบดาวเทียมเพื่อกำหนดตำแหน่งบนพื้นผิวโลกแบบใหม่นี้มีชื่อเรียกสั้น ๆ ว่า Global Positioning System หรือ GPS (กรมแผนที่ทหาร, 2533)

GPS เป็นระบบดาวเทียมที่ใช้คลื่นวิทยุในการกำหนดตำแหน่งนำร่องและเวลาได้ทุกสภาพอากาศ มีขีดความสามารถสูงสามารถใช้กับผู้ใช้ได้อย่างไม่จำกัดจำนวน ในระยะเวลาเดียวกัน และเป็นการเปิดระบบให้ผู้ใช้ได้อย่างเสรี ไม่มีจำกัดสิทธิ์ ตลอดจนระบบพิภคที่ใช้เป็นระบบที่ยั่งยืนซึ่งใช้กันอย่างแพร่หลายทั่วโลก

ในการรับส่งสัญญาณระหว่างผู้ใช้และกลุ่มดาวเทียม GPS ดาวเทียม GPS จะปรากฏบนท้องฟ้าอย่างน้อยสี่ดวงตลอดเวลา ไม่ว่าจะเป็นส่วนไหนของพื้นผิวโลก ดาวเทียม GPS จะส่งข้อมูลมายังผู้ใช้ด้วยความถี่สองช่วงคลื่น คือ L1 และ L2 ความถี่อ้างอิง L1 จะมีค่า 1575.42 Mhz และ L2 มีค่า 1227.60 MHz การรังวัดทั้งสองความถี่นี้จะช่วยให้ผู้ใช้สามารถแก้ความล่าช้าของการแพร่ของคลื่นในบรรยากาศชั้นไอโอโนสเฟียร์ได้ คลื่นสัญญาณทั้งสองความถี่จะถูกปรับคลื่น (modulate) ออกมาเป็นสองรหัสคือ 1) P code ที่ให้การรังวัดอย่างละเอียด และ 2) C/A code (Coarse /Acquisition) ซึ่งสามารถรังวัดได้ง่ายและส่งผ่านไปยัง P code รหัสทั้งสองสร้างขึ้นบนดาวเทียมโดยอาศัย Pseudo Random Noise P code เป็นรหัสยาวปรับคลื่น 10.23 เมกกะบิตต่อวินาที (MBS) และซ้ำทุก 267 วัน แต่ผู้ใช้ก็เข้าถึงรหัสนี้ได้ยาก C/A code เป็นรหัสสั้นปรับคลื่น 1.023 เมกกะบิตต่อวินาที (MBS) และซ้ำทุก ๆ 1/1,000 วินาที แต่ให้การรังวัดที่หยาบกว่า P code สัญญาณ L1 จะปรับคลื่นทั้ง P code และ C/A code ขณะที่สัญญาณ L2 ปรับคลื่นเฉพาะ P code ทั้งสัญญาณ L1 และ L2 จะปรับคลื่นอย่างต่อเนื่องเป็นกระแสข้อมูลการนำวิถีด้วยอัตรา 50 บิตต่อวินาที (BPS) ผู้ใช้สามารถหาระยะทาง (pseudorange) ไปยังดาวเทียมได้โดยการหาความสัมพันธ์ระหว่างสัญญาณที่เครื่องรับกับสัญญาณจากดาวเทียมที่รับได้ระบบ GPS ในทางปฏิบัติแล้วจะให้บริการข้อมูลการนำร่องสองประเภท คือ ประเภทแรกประเภทความละเอียดถูกต้องสูง (PPS) ซึ่งสัญญาณของ PPS เป็นชนิด P code และจะให้บริการกำหนดหน่วยทางการทหารของสหรัฐอเมริกา และประเทศพันธมิตรบางประเทศเท่านั้น ส่วนหน่วยงานพลเรือนของสหรัฐอเมริกาบางหน่วย

อาจให้บริการ PPS ได้หากเพื่อเป็นการพิทักษ์ผลประโยชน์ของชาติ โดยจะต้องมีระบบการรักษาความปลอดภัยที่ดีพอ และไม่สามารถจัดหาเครื่องมือที่มีความละเอียดถูกต้องทัดเทียมกันมาทดแทนได้ ประเภทที่สอง คือ ประเภทที่มีระดับความละเอียดถูกต้องน้อยกว่า ซึ่งเปิดบริการให้แก่ผู้ใช้ C/A code โดยทั่วไป การบริการนี้เรียกว่า SPS

ระบบดาวเทียมเพื่อกำหนดตำแหน่งพื้นผิวโลกแบ่งออกเป็นสามส่วนหลัก ๆ ได้แก่ (Trimble Navigation, 1992; Kennedy, 1996)

ส่วนปฏิบัติงานในอวกาศ (space segment) ประกอบด้วยกลุ่มดาวเทียม NAVSTAR มีวงโคจรที่ระดับความสูงประมาณ 20,200 กม. มีทั้งหมด 24 ดวง แบ่งออกเป็นหกชุดๆ ละ สี่ดวง แต่ละชุดโคจรอยู่ในระนาบเดียวกัน แต่ละระนาบวงโคจรทำมุม 55 องศา กับเส้นศูนย์สูตร ดาวเทียมแต่ละดวงโคจรรอบโลก 12 ชม. ต่อ หนึ่งรอบ และทำมุม 120 องศาซึ่งกันและกัน ดาวเทียมแต่ละดวงทำหน้าที่ให้ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับตำแหน่งและเวลาที่ถูกต้อง (ธาตุ cesium ใช้กับนาฬิกาอะตอม atomic clock ทำให้ระบบเวลาของ GPS มีความละเอียดถูกต้องสูง ในอนาคตจะมีการใช้ธาตุ hydrogen maser แทนธาตุ cesium ซึ่งจะทำให้ระบบเวลาของ GPS มีความละเอียดถูกต้องสูงยิ่งขึ้น) ด้วยสัญญาณคลื่นวิทยุด้วยรหัสเฉพาะ ระยะห่างของดาวเทียม (phasing) จากระนาบหนึ่งไปยังอีกระนาบหนึ่งทำมุม 40 องศา ตัวอย่างเช่น ดาวเทียมดวงหนึ่งบนระนาบหนึ่งจะอยู่ข้างหน้าของดาวเทียมอีกดวงหนึ่งบนระนาบข้างเคียง ซึ่งอยู่ทางทิศตะวันตกด้วยมุม 40 องศา โดยดาวเทียมโคจรจากทิศใต้ไปทิศเหนือ

ส่วนควบคุม (control segment) ประกอบด้วยสถานีควบคุมหลัก MCS หนึ่งสถานี สถานีรับส่งสัญญาณภาคพื้นดิน (upload station) สามสถานี และสถานีโคจรข่ายรับสัญญาณ (monitor station) ตั้งกระจายอยู่ทั่วประเทศสหรัฐอเมริกา รวมห้าสถานี คือที่ Kwajalein, Diego Garcia, Ascension, Honolulu และที่ฐานทัพอากาศ Falcon มลรัฐ Colorado แต่ละสถานีโคจรข่ายรับสัญญาณจะมีเครื่องรับสัญญาณดาวเทียม GPS แต่ละดวง และสถานีเหล่านี้ได้ทำการสำรวจหาค่าพิกัดอย่างละเอียดโดยหน่วยงานแผนที่สหรัฐอเมริกา (DMA) แต่ละสถานีจะทำการรวบรวมข้อมูลการรังวัดระยะแบบ pseudorange (หมายถึง ระยะทางระหว่างจุดรังวัดกับดาวเทียม) ข้อมูลชั้นบรรยากาศ Ionosphere ข้อมูลสภาพอากาศ เพื่อนำมาคำนวณหาตำแหน่งที่แน่นอนของแต่ละสถานีทุกๆ 15 นาที แต่ละสถานีโคจรข่ายจะส่งข้อมูลไปยังสถานีควบคุมหลัก MCS ซึ่งตั้งอยู่ที่ CSOS ในฐานทัพอากาศ Falcon สถานีควบคุมหลักทำการประมวลผลข้อมูลการรังวัดจากทุก ๆ สถานีโคจรข่ายเพื่อหาค่าวงโคจรและทำนายเวลาของดาวเทียมแต่ละดวง ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้จะถูกส่งกลับไปยังดาวเทียมโดยผ่านทางสถานีรับส่งภาคพื้นดิน (upload station) แห่งใดแห่งหนึ่งในสามสถานีด้วยเครื่องรับส่งสัญญาณ S-Band ในทุก ๆ แปดชั่วโมง ข้อมูลตำแหน่งของดาวเทียมแต่ละดวงในแต่ละวงโคจรที่แม่นยำทำให้การกำหนดตำแหน่งที่พิกัดบนพื้นผิวโลกเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ

ส่วนผู้ใช้ (user segment) คือส่วนชุดเครื่องรับสัญญาณดาวเทียม GPS ประกอบด้วยชุดเสาอากาศ ส่วนรับสัญญาณ ส่วนประมวลผลข้อมูลและหน่วยควบคุมการแสดงผลซึ่งสามารถใช้ได้ทั้งในผืนแผ่นดิน ทางทะเล และทางอากาศ ชุดเครื่องรับสัญญาณจะคำนวณตำแหน่งโดยใช้พื้นฐานอ้างอิง WGS 84 (World Geodetic System.1984) โดยมีจุดศูนย์กลางมวลสารของโลกเป็นจุดกำเนิด ซึ่งค่าพิกัดตำแหน่งระบบนี้สามารถแปลงไปเป็นค่าพิกัดบนพื้นหลักฐานท้องถิ่นอื่น ๆ ได้ถึง 46 ระบบ รวมทั้งระบบพิกัด UTM ด้วย

วิธีการกำหนดตำแหน่งด้วยดาวเทียม GPS

การกำหนดตำแหน่งของระบบดาวเทียม GPS. สามารถแบ่งออกได้เป็นสองวิธี ดังนี้

การกำหนดตำแหน่งสัมบูรณ์ (absolute positioning)

เป็นการรับวัดค่าพิกัดด้วยเครื่องรับสัญญาณ GPS แบบอิสระจุดต่อจุด ไม่มีการอ้างอิงตำแหน่ง หรือจุดอื่นๆ ขณะรับสัญญาณ เครื่องรับสัญญาณ GPS. ในตำแหน่งอิสระดังกล่าวจะรับสัญญาณตามค่าดาวเทียมอย่างน้อยสี่ดวง

การกำหนดตำแหน่งสัมบูรณ์ เป็นการคำนวณเพื่อหาค่าพิกัดในระบบแกนพิกัดของโลก เช่น ระบบพิกัดฉาก ที่มีจุดศูนย์กลางเกิดอยู่ที่จุดศูนย์กลางมวลสารของโลก โดยแกน z อยู่ในแนวแกนหมุนของโลก แกน x ชี้ไปยังเมริเดียนศูนย์องศา แกน y ตั้งฉากกับแกน x และแกน z บางครั้งเรียก single-point positioning ด้วยเหตุว่าเป็นการเปิดรับสัญญาณจากกลุ่มดาวเทียมอย่างน้อยสี่ดวง เพื่อดำเนินการทราบค่าพิกัดของจุด ๆ เดียวโดยไม่มี การคำนวณที่เกี่ยวข้องกับตำแหน่งอื่น

การกำหนดตำแหน่งสัมพัทธ์ (relative positioning)

นอกจากนี้เรายังอาจแบ่งการกำหนดตำแหน่งออกเป็น การกำหนดตำแหน่งสถิตย์ (static) และการกำหนดตำแหน่งจลน์ (kinematic) ในการกำหนดตำแหน่งสถิตย์นั้นเครื่องรับจะถูกวางอยู่กับที่ วิธีนี้ใช้เมื่อต้องการค่าพิกัดที่มีความละเอียดถูกต้องสูง โดยที่ความเร็วของการวัดและการคำนวณตำแหน่งที่มีความสำคัญเป็นอันดับรองลงมา ส่วนการกำหนดตำแหน่งจลน์ (kinematic) เครื่องรับอยู่ในภาวะที่กำลังเคลื่อนที่ ในกรณีนี้การคำนวณตำแหน่งให้รู้ได้ในทันที (real time) เป็นเรื่องที่มีความสำคัญมาก การหาตำแหน่งจลน์นำมาประยุกต์ใช้กับการนำวิธีที่ต้องการค่าพิกัดแบบสัมบูรณ์ ด้วยเหตุนี้วิธีการวัดจึงเป็นวิธีวัดแบบ pseudorange ที่วัดระยะจากดาวเทียมสี่ดวง ในขณะที่เดียวกันในการนำวิธีบางครั้งมีการคำนวณค่าพิกัดแบบสัมพัทธ์ เนื่องจากงานนี้เป็นการหาตำแหน่งของเครื่องรับเครื่องหนึ่งเปรียบเทียบกับอีกเครื่องหนึ่ง จึงจำเป็นต้องมีคลื่นวิทยุเชื่อมโยงระหว่างเครื่องรับทั้งสองนี้ เพื่อให้สามารถนำข้อมูลที่วัดได้มาเปรียบเทียบเพื่อคำนวณหาตำแหน่งได้ในทันที วิธีการกำหนดตำแหน่งในลักษณะนี้ประยุกต์ใช้ในการขุดเจาะหาน้ำมัน และการใช้ในการควบคุมการลากจูงเรือไปตามร่องน้ำ การกำหนดตำแหน่งแบบสัมพัทธ์นี้ บางครั้งเรียกว่าการรับวัดแบบแก้ค่าความต่าง (differential correction)

ในการใช้ระบบดาวเทียม GPS เพื่อช่วยในการจำแนกพื้นที่การปลูกพืชจำเป็นต้องใช้วิธีการรับวัดจากทั้งสองวิธีการ ซึ่งจะได้กล่าวในรายละเอียดต่อไปในวิธีการวิจัย

ส่วนที่ 2 การทำแผนที่ปลูกอ้อยโดยใช้ข้อมูลดาวเทียม

วิธีการวิจัย (research methodology)

ถาวร อ่อนประไพ และ อรรถชัย จินตะเวช

...

กิจกรรมวิจัยส่วนนี้เน้นการพัฒนาวิธีการและขั้นตอนการทำแผนที่ปลูกอ้อยจากข้อมูลภาพจากดาวเทียม LANDSAT 5 TM ขนาดรายละเอียดของจุดภาพ 25 เมตร เพื่อนำมาวิเคราะห์ร่วมกับระบบสนับสนุนการตัดสินใจ เพื่อการผลิตอ้อย ThaiSIS 1.0 เพื่อประเมินผลผลิตของอ้อยได้ในพื้นที่ขนาดใหญ่ต่อไป

วัตถุประสงค์

1. เพื่อพัฒนาวิธีการและขั้นตอนการสร้างฐานข้อมูลเชิงพื้นที่ของพื้นที่ปลูกอ้อยจากข้อมูลดาวเทียม
2. เพื่อผลิตแผนที่การปลูกอ้อยสำหรับประกอบการใช้วิเคราะห์ร่วมกับฐานข้อมูลเชิงพื้นที่อื่น ๆ ในการคาดการณ์ระดับผลผลิตอ้อยในพื้นที่ขนาดใหญ่ร่วมกับโปรแกรม ThaiSIS 1.0

อุปกรณ์การวิจัย

Computer hardwares

1. เครื่องคอมพิวเตอร์ Sun workstation LX มีหน่วยความจำ (RAM) 32 MB
2. เครื่องมือรังวัดพิกัดจากดาวเทียม (GPS) จำนวน 2 ชุด (Base Station and Rover Sets)
3. เทปข้อมูลภาพจากดาวเทียม LANDSAT-5 ระบบ TM ครอบคลุมอำเภอ น้ำพอง จังหวัดขอนแก่น และ และระวางอำเภออุทอง จังหวัดสุพรรณบุรี ได้รับความอนุเคราะห์จากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ซึ่งเป็นข้อมูลที่ถูกบันทึกเมื่อวันที่ 3 พฤศจิกายน 2537 และ วันที่ 10 เมษายน 2538

Computer softwares

1. โปรแกรม ERDAS ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลดาวเทียม บนระบบ UNIX เครื่องคอมพิวเตอร์ Sun workstation

อุปกรณ์อื่น

1. แผนที่ภูมิประเทศ 1:50,000 ครอบคลุมอำเภอ น้ำพอง จังหวัดขอนแก่น
2. แผนที่ภูมิประเทศ 1:50,000 ครอบคลุมอำเภออุทอง จังหวัดสุพรรณบุรี

วิธีการวิจัย

ขั้นตอนแรกเป็นการศึกษาและจำแนกรายละเอียดข้อมูลพื้นที่การปลูกอ้อยและการใช้ประโยชน์ที่ดิน ข้อมูลที่ใช้เป็นข้อมูลภาพจากดาวเทียม LANDSAT-5 TM ขนาดรายละเอียดของจุดภาพ 25 เมตร มีการบันทึกการสะท้อน

คลื่นทั้งหมดเจ็ดช่วงคลื่น โดยทำการศึกษาข้อมูลภาพจากดาวเทียมในสองช่วงเวลายันที่ข้อมูล คือ ข้อมูลภาพเดือนพฤศจิกายน 2537 และ ข้อมูลภาพเดือนเมษายน 2538 ภาพทั้งสองช่วงทำให้สามารถศึกษาและจำแนกลักษณะคลื่นแสงของพื้นที่ปลูกอ้อยเมื่อเจริญเติบโตเต็มที่ก่อนการตัดเข้าโรงงาน (ภาพเดือนพฤศจิกายน 2537) และต้นฤดูการปลูก (โดยประมาณข้อมูลภาพเดือนเมษายน 2538) หลังจากการตัดเข้าโรงงานเพื่อเปรียบเทียบกับพืชไร่และการใช้ประโยชน์ที่ดินอื่น ๆ และเลือกพื้นที่ศึกษาสองแห่ง คือ ะวางอำเภอป่าพอง จังหวัดขอนแก่น และระวางอำเภออุ้มทอง จังหวัดสุพรรณบุรี ขนาดพื้นที่หนึ่งระวาง 27×27 ตร.กม. รวมข้อมูลที่ใช้กรรมวิธีข้อมูลภาพจากดาวเทียมเพื่อจำแนกพื้นที่ปลูกอ้อยทั้งหมดสี่ชุด แต่ละชุดใช้วิธีการจำแนกทั้งแบบควบคุม (supervised classification) และแบบไม่ควบคุม (unsupervised classification) เทคโนโลยีเชิงพื้นที่ดังกล่าวนี้เน้นความถูกต้องของพื้นที่ปลูกอ้อยในเชิงคุณสมบัติ (attribute accuracy)

เทคโนโลยีข้อมูลเชิงพื้นที่อีกชนิดหนึ่งซึ่งสามารถนำมาประยุกต์ใช้เพื่อควบคุมความถูกต้องของพื้นที่ปลูกอ้อยในเชิงตำแหน่ง (position accuracy) คือ ระบบการกำหนดตำแหน่งพิกัดบนพื้นโลก โดยใช้สำรวจหาและกำหนดตำแหน่งพื้นที่ตัวอย่าง (training area) ของข้อมูลพื้นที่ปลูกอ้อยและการใช้ประโยชน์ที่ดินอื่น ๆ ภายในระวางข้อมูลทั้งสอง ด้วยวิธีการรังวัดแบบสัมบูรณ์ (absolute positioning) และใช้กำหนดจุดควบคุมในการปรับแก้ค่าความคลาดเคลื่อนของข้อมูลภาพจากดาวเทียม (image rectification) และการทำแผนที่พื้นที่ปลูกอ้อยในระดับตำบล ด้วยวิธีการรังวัดแบบสัมพัทธ์ (relative positioning) ซึ่งสามารถควบคุมความถูกต้องของแผนที่แสดงพื้นที่การปลูกอ้อยให้อยู่ในเกณฑ์ได้ถึง ± 5 เมตร ด้วยวิธีการปรับแก้ค่าความต่าง (differential correction) จากหมุดหลักฐานการรังวัด GPS ชั้นที่หนึ่งของกรมแผนที่ทหาร โดยใช้เป็น base station ของการสำรวจเพื่อการทำแผนที่พื้นที่ปลูกอ้อย

ขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูลดาวเทียม

การดำเนินการวิธีวิเคราะห์ข้อมูลภาพจากดาวเทียมเพื่อทำแผนที่พื้นที่การปลูกอ้อย เป็นการศึกษาลักษณะค่าการสะท้อนพลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของพื้นที่อ้อยกับพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินอื่น ๆ โดยเฉพาะพื้นที่การเกษตรที่มีฤดูกาลปลูกและลักษณะค่าการสะท้อนพลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าใกล้เคียงกัน เช่น พื้นที่ปลูกพืชไร่ต่าง ๆ และพื้นที่นาข้าว เป็นต้น ผลการศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูลภาพจากดาวเทียมจะทำให้สามารถจำแนกรายละเอียดของพื้นที่ปลูกอ้อยออกจากพื้นที่ศึกษาได้

ขั้นตอนกรรมวิธีวิเคราะห์ข้อมูลภาพจากดาวเทียมเพื่อทำแผนที่พื้นที่การปลูกอ้อย สามารถแบ่งออกได้หกขั้นตอน และมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

การแก้ไขความถูกต้องในเชิงตำแหน่งของข้อมูล (image rectification)

การแก้ค่าความคลาดเคลื่อนในเชิงตำแหน่งของภาพดาวเทียม คือกระบวนการปรับข้อมูลภาพให้มีความถูกต้องตรงตามตำแหน่งแท้จริงบนพื้นที่ผิวโลก หมายถึง การเพิ่มค่าความสูงต่ำของจุดภาพให้ใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากที่สุด เนื่องจากข้อมูลภาพที่ได้จากดาวเทียมทำให้จุดภาพแต่ละจุดมีสภาพเหมือนกับแบนเป็นระนาบเดียวกัน

ทุกจุดภาพ การแก้ไขเชิงตำแหน่งดำเนินการโดยยึดหลักระบบพิกัดตามมาตรฐานสากล โดยใช้วิธีการอ้างอิงจุดพิกัด (map coordinates) จากแผนที่สภาพภูมิประเทศ มาตราส่วน 1:50,000 ของกรมแผนที่ทหาร เป็นมาตรฐานในการสร้างจุดควบคุม (GCPs) เพื่อการปรับแก้ให้พื้นที่ในข้อมูลภาพถ่ายเทียมมีความถูกต้องทางตำแหน่งโดยหลักการ georeferencing เป็นวิธีการที่นำค่าพิกัดของจุดในแนวระนาบ (x, y coordinates) ของแต่ละจุดควบคุมในข้อมูลภาพจากดาวเทียมและแผนที่ภูมิประเทศ มาตราส่วน 1:50,000 ด้วยวิธี Least Mean Square Regression ผลการคำนวณได้ค่าสัมประสิทธิ์ จากนั้นผู้วิเคราะห์สามารถนำค่าสัมประสิทธิ์ประกอบการคำนวณค่า RMS Error โดยสมการโพลีโนเมียล (polynomial equation) ค่า RMS Error เป็นค่าที่บ่งชี้ความถูกต้องของข้อมูลในเชิงตำแหน่ง โดยทั่วไปควรได้ค่า RMS Error ค่าน้อยที่สุดและไม่เกินขนาดรายละเอียด (resolution) ของภาพจากดาวเทียม ในกรณีของภาพของ LANDSAT 5 TM ใช้ค่า RMS Error น้อยกว่า 25 เมตร

การปรับปรุงคุณภาพของข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม (image enhancement)

การปรับปรุงคุณภาพของข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมมีวัตถุประสงค์เพื่อปรับความคมชัดของข้อมูลภาพให้เหมาะสมแก่การจำแนกในขั้นต้นด้วยสายตาเพื่อประกอบการวิเคราะห์ด้วยคอมพิวเตอร์ ข้อมูลภาพจากดาวเทียมเป็นค่าข้อมูลตัวเลข ซึ่งมีค่าระหว่าง 0-255 ในแต่ละช่วงคลื่นทั้งหมดเจ็ดช่วงคลื่น ภาพที่ได้จากข้อมูลเหล่านี้สร้างขึ้นเป็นภาพขาว-ดำที่มีรายละเอียดของข้อมูลภาพตามค่าของข้อมูลในแต่ละจุดภาพซึ่งเรียกว่าค่าระดับสีเทา (grey level) โดยปกติค่าระดับสีเทาที่ได้รับมาจากสัญญาณดาวเทียมและนำมาสร้างเป็นภาพจะยังไม่สามารถให้ความคมชัดเท่าที่ควร ซึ่งอาจเกิดมาจากสาเหตุหลายประการ เช่น ปฏิกริยาของบรรยากาศที่มีต่อพลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า หรือความบกพร่องของเครื่องมือบันทึกข้อมูล (detector) วิธีปรับความคมชัดกระทำได้หลายวิธี โดยพิจารณาจากลักษณะค่าความถี่สะสมของค่าข้อมูลทั้งภาพว่าเป็นอย่างไร และขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ว่าต้องการเน้นความคมชัดของข้อมูลในลักษณะใด วิธีการปรับปรุงคุณภาพของข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมมีหลายวิธี เช่น การใช้สมการเส้นตรงและเส้นโค้งในการยืดค่าข้อมูลให้เกิดความแตกต่างมากขึ้น (linear and non-linear contrast stretching) การทำภาพ ration band การทำภาพ principal component analysis การทำภาพ vegetation index หรือ การปรับปรุงคุณภาพของภาพข้อมูลโดยใช้การปรับเชิงพื้นที่ (spatial filtering) เช่น low-frequency filtering หรือ high-frequency filtering เป็นต้น (Jensen, 1986)

การสร้างภาพสีผสมของข้อมูล (color composite)

การสร้างภาพสีผสมของข้อมูลภาพจากดาวเทียมเป็นวิธีการปรับปรุงคุณภาพของภาพเพื่อสะดวกต่อผู้ศึกษาในการทำความเข้าใจลักษณะของข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมได้ชัดเจนยิ่งขึ้นกว่าการใช้ภาพขาว-ดำ การสร้างภาพสีผสมดำเนินการด้วยวิธีผสมข้อมูลภาพดาวเทียมของช่วงคลื่นที่ต้องการศึกษาผ่านเข้ากับแม่สีหลัก (สีแดง สีเขียว และสีน้ำเงิน) ของทั้งสามช่วงคลื่น ภาพที่ได้จะเกิดเป็นภาพสีที่เน้นความชัดเจนของรายละเอียดข้อมูลได้มากกว่าภาพขาว-ดำของในแต่ละช่วงคลื่น ทั้งนี้เพื่อเป็นพื้นฐานในการนำไปเป็นข้อมูลเพื่อจำแนกหรือวิเคราะห์ด้วยคอมพิวเตอร์ต่อไป

สำหรับการศึกษาข้อมูลพื้นที่ปลูกอ้อยของทั้งสองระวาง ผู้วิจัยได้ทำการสร้างภาพสีผสมในหลายลักษณะ เช่น ภาพสีผสมจริง (true color composite) ภาพสีผสมเท็จ (false color composite) และภาพสีผสมเท็จที่ใกล้เคียงความจริง (pseudocolor composite) โดยได้ผสมช่วงคลื่นต่าง ๆ ที่สามารถบันทึกข้อมูลพืชพรรณต่าง ๆ เข้ามาผสมกัน ซึ่งทำให้ผู้วิจัยสามารถศึกษาแนวทางในการจำแนกพื้นที่ปลูกอ้อยออกจากพื้นที่เกษตรกรรมอื่น ๆ ได้ดีพอสมควร นอกจากนี้ทำให้ผู้วิจัยมีแนวทางจำแนกพืชพรรณออกจากกันแล้ว ยังสามารถใช้ประโยชน์ในการตรวจสอบทางภาคสนาม ทำให้การเปรียบเทียบข้อมูลภาพและสภาพจริงดำเนินการได้อย่างมีประสิทธิภาพ

การตรวจสอบภาคสนาม (field checking)

การตรวจสอบภาคสนามมีความจำเป็นอย่างยิ่งในการศึกษาข้อมูลเชิงพื้นที่ (รูปที่ 30) โดยใช้เทคนิคข้อมูลระยะไกล (RS) และระบบดาวเทียมกำหนดตำแหน่งบนพื้นผิวโลก (GPS) มีประโยชน์สองทางคือ เพื่อเก็บข้อมูลในสนามและเพื่อการตรวจสอบความถูกต้องของการแปลภาพ นอกจากนี้ยังสามารถประกอบกับการตรวจสอบความถูกต้องของการคาดการณ์ผลผลิตอ้อยในพื้นที่ขนาดใหญ่ได้ โดยเฉพาะผลผลิตที่ได้จากแบบจำลองอ้อยที่ผ่านการ validate แล้ว (Monteith, 1994)

คณะผู้วิจัยได้ทำการตรวจสอบภาคสนามบริเวณพื้นที่ที่มีการปลูกอ้อยและพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทอื่นที่คาดว่าจะมีค่าคุณสมบัติการสะท้อนคลื่นแสง (spectral reflectance) ใกล้เคียงและอาจผสมผสานกับการสะท้อนคลื่นแสงของพื้นที่ปลูกอ้อยอย่างละเอียด โดยทำการรังวัดพิกัดของจุดตรวจสอบตัวอย่าง (checking area) ในพื้นที่การเกษตรต่าง ๆ ด้วยเครื่องมือ GPS และนำค่าพิกัดของตำแหน่งตรวจสอบเหล่านั้นมากำหนดลงในข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม เพื่อสร้างเป็นพื้นที่ตัวอย่าง (training site) ของแต่ละกิจกรรม อนึ่งการตรวจสอบภาคสนามยังเป็นการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมในการปรับแก้เชิงตำแหน่ง (image rectification) อีกทางหนึ่งด้วยหลังจากที่การปรับแก้เชิงตำแหน่งได้ปฏิบัติในสำนักงาน และควบคุมความถูกต้องด้วยค่า transformation matrix

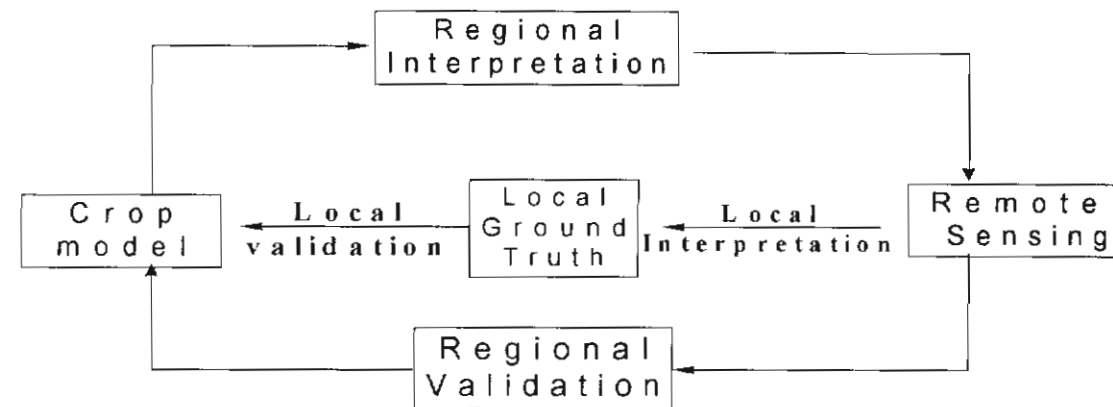
รูปที่ 31 แสดงขั้นตอนการดำเนินงานสำรวจพื้นที่ปลูกอ้อยโดยใช้ GPS (อ่านเรื่องแนวคิดและหลักการของระบบ GPS ได้ใน ถาวร อ่อนประไพ และอรรถชัย จินตะเวช ในเอกสารฉบับนี้)

การจำแนกรายละเอียดข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม (image classification)

หมายถึงการจัดจำแนกภาพถ่ายภายในระวางภาพถ่ายดาวเทียมออกเป็นประเภทของการใช้ที่ดิน (land use type) หรือเป็นข้อมูลครุ มคลุมที่ดิน (land cover) ชนิดต่าง ๆ โดยใช้หลักการทางสถิติกับข้อมูลทุกช่วงคลื่นที่ถูกบันทึกเก็บไว้เป็นข้อมูลเชิงตัวเลขของภาพถ่ายดาวเทียม สามารถแบ่งออกเป็นวิธีการจำแนกรายละเอียดข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมได้เป็นสองวิธีการ คือ การจำแนกแบบควบคุม และการจำแนกแบบไม่ควบคุม

การจำแนกแบบควบคุม (supervised classification) ใช้ข้อมูลจากภาคสนาม แผนที่ ภาพถ่ายทางอากาศหรือข้อมูลอื่น ๆ ที่ทราบตำแหน่งและคุณลักษณะของพื้นที่แน่นอน รวมในการคำนวณค่าสถิติของจุดภาพในพื้นที่ตัว-

รูปที่ 30: ความสัมพันธ์ของการตรวจสอบภาคสนามกับงานข้อมูลเชิงพื้นที่ (Monteith, 1994)

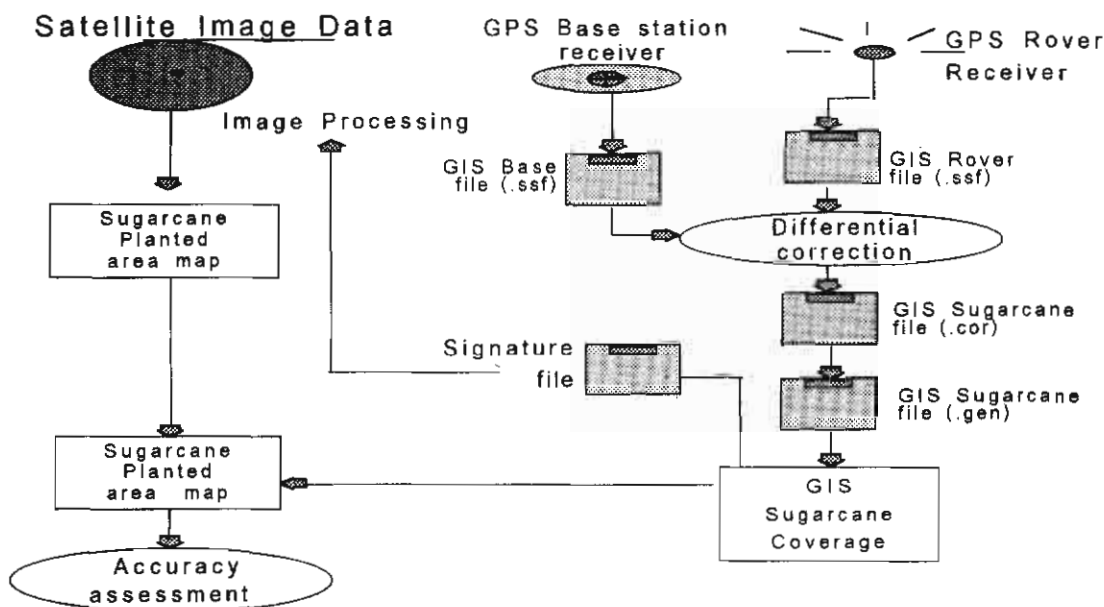


อย่าง (training area) โดยนำมาสร้างเป็นข้อมูลการสะท้อนแสง (signature file) ของพื้นที่ปลูกอ้อยและพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินอื่น ๆ โดยเฉพาะพื้นที่การปลูกพืชไร่อื่น ๆ ที่ข้างเคียงกับพื้นที่ปลูกอ้อย ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อการทำเพิ่มข้อมูล สำหรับลักษณะการสะท้อนแสงของพื้นที่เหล่านั้น ทั้งนี้เพื่อนำไปใช้สำหรับการจำแนกรายละเอียดข้อมูลภาพจากดาวเทียมที่ระวางด้วยวิธีแบบควบคุม ค่าการสะท้อนแสงของข้อมูลในแต่ละจุดภาพ (pixel) ของข้อมูลภาพจากดาวเทียมจะถูกคำนวณโดยมีค่าข้อมูลของ training area เป็นต้นแบบ และข้อมูลของทุก ๆ pixel จะถูกตัดสินด้วยวิธีการทางสถิติว่าควรเป็นข้อมูลที่ตกอยู่ในลักษณะพืชผล หรือการใช้ที่ดินประเภทใด (รูปที่ 32)

การจำแนกแบบไม่ควบคุม (unsupervised classification) ใช้หลักการจำแนกค่าการสะท้อนแสงของวัตถุเป็นหลัก (spectral classes) โดยไม่ใช้ค่าข้อมูลตัวอย่าง (training data) ในการกำหนดประเภทของการใช้ที่ดิน (รูปที่ 32) นั่นคือใช้ลักษณะการจับกลุ่มของข้อมูลที่มีค่าการสะท้อนของคลื่นแสงที่ใกล้เคียงกันให้อยู่ในชุดเดียวกัน และจากนั้นทำการเปรียบเทียบหรือให้ความหมาย (identify) ค่าข้อมูลที่ถูกจัดให้อยู่ในกลุ่มเดียวกันตามข้อมูลต่าง ๆ ที่มีอยู่ เช่น ข้อมูลภาคสนาม แผนที่และภาพถ่ายทางอากาศ และข้อมูลภาพดาวเทียมที่มีการจำแนกไว้ในเกณฑ์มาตรฐานที่เชื่อถือได้ (Lillesand and Kieffer, 1994a) ในทางปฏิบัติการจำแนกแบบนี้เรียกว่า การจัดกลุ่ม (clustering) อีกนัยหนึ่งเป็นการจัดกลุ่มของชุดข้อมูลค่าการสะท้อนคลื่นแสงของวัตถุที่ต้องการศึกษาซึ่งมีสองวิธีการ คือ 1) isodata clustering และ 2) RGB clustering คณะผู้วิจัยเลือกวิธีการจัดกลุ่มข้อมูลแบบแรกสำหรับการจำแนกพื้นที่ปลูกอ้อยของทั้งสองพื้นที่

การจัดกลุ่มค่าเหมือนกัน (isodata clustering) เป็นเทคนิคการวิเคราะห์ข้อมูลที่มีการวิเคราะห์ซ้ำด้วยค่าข้อมูลเดิมตั้งแต่ขั้นตอนการจำแนกข้อมูลถึงขั้นตอนการคำนวณทางสถิติ โดยใช้ค่า spectral distance ที่น้อยที่สุดในการกำหนดกลุ่มของข้อมูลแต่ละชุด โดยเริ่มจากค่าเฉลี่ยของกลุ่มข้อมูลที่ระบุไว้ และคำนวณซ้ำจนกระทั่งค่าเฉลี่ยของกลุ่มข้อมูลต่าง ๆ เหล่านั้น เปลี่ยนค่าเป็นค่าเฉลี่ยของกลุ่มข้อมูลในทั้งชุดของภาพ (ERDAS, 1994a)

รูปที่ 31: ขั้นตอนการดำเนินงานสำรวจพื้นที่ปลูกอ้อยโดยใช้ GPS

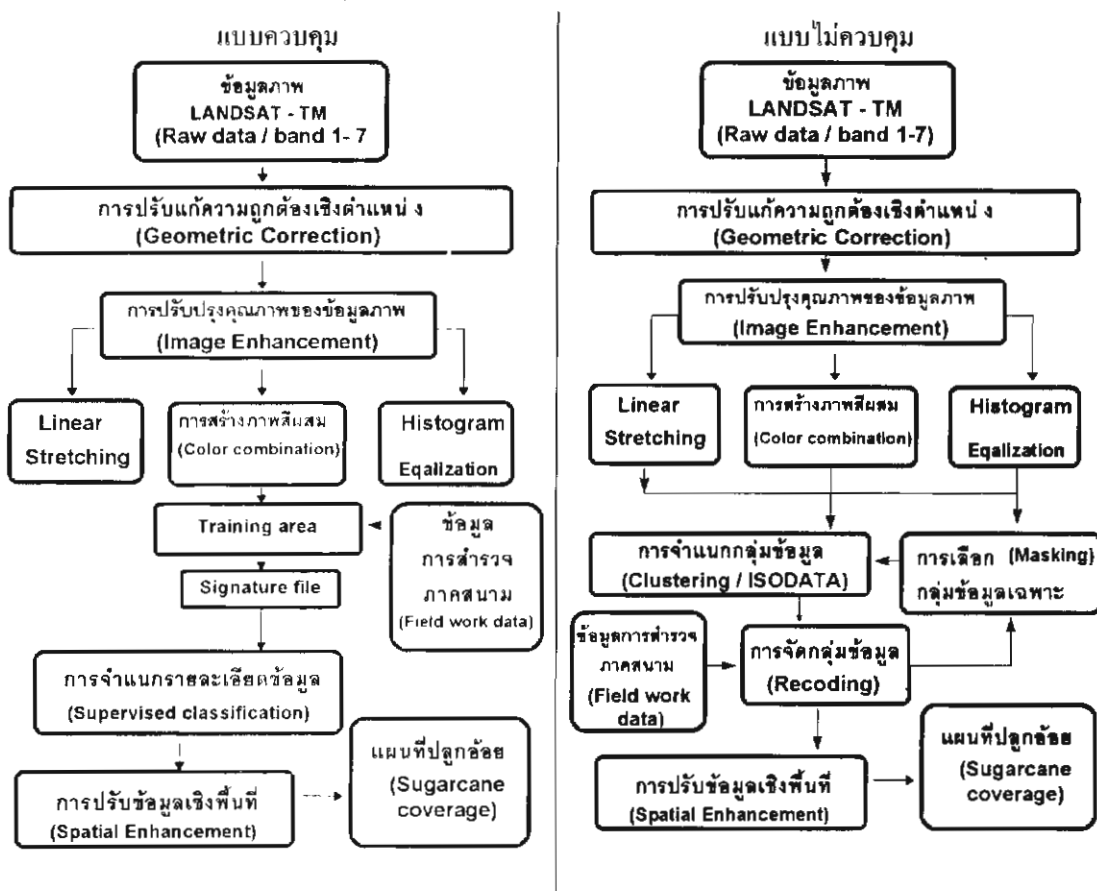


การประเมินค่าความถูกต้อง (classification accuracy assessment)

การประเมินค่าความถูกต้องของการจำแนกค่าข้อมูลภาพจากดาวเทียมทั้งแบบควบคุมและไม่ควบคุมการจำแนก เป็นกิจกรรมที่มีความสำคัญและจำเป็นมาก คณะผู้วิจัยได้ดำเนินการประเมินความถูกต้องสองวิธีการ ได้แก่ error matrix และ KHAT statistic (Congalton, 1991; Carstensen, 1987; และ Foody, 1992) วิธีการแรกเป็นตารางแสดงจำนวนจุด (pixel) ที่กำหนดให้เป็นการใช้ที่ดินชนิดใดชนิดหนึ่งตามสภาพการใช้ที่ดินที่มีการตรวจสอบในสนาม (reference data) การสร้างตารางโดยทั่วไปกำหนดให้แนวดิ่ง (columns) แสดงจำนวนจุดที่มีตรงกับค่าที่ได้จากสนาม และในแนวนอน (row) แสดงจำนวนจุดที่ได้จากการแปลภาพ ในกรณีที่การประเมินมีความถูกต้องสูงมากจะได้ตารางที่มีจำนวนจุดในแนวทแยงมุมของตารางเป็นจำนวนมาก นอกจากนี้การสร้างตาราง error matrix ยังทำให้คำนวณดัชนีความถูกต้องได้ 3 ค่าคือ ดัชนีกำหนด (producer accuracy) ดัชนีจริง (user accuracy) และดัชนีรวม (overall accuracy)

ดัชนีกำหนด (producer accuracy) คำนวณตามแนวดิ่งเป็นสัดส่วนระหว่างจำนวนจุดกำหนดที่ตรงกับการใช้ที่ดินประเภทนั้นในสภาพจริงตามกำหนดในสนามและจำนวนจุดกำหนดที่รวมของจุดประเภทต่าง ๆ ที่ตกอยู่ในสภาพการใช้ที่ดินประเภทนั้น ๆ ดัชนีจริง (user accuracy) คำนวณตามแนวนอนเป็นสัดส่วนระหว่างจำนวนจุดกำหนดที่ตรงกับการใช้ที่ดินประเภทนั้นในสภาพจริงตามกำหนดในสนามและจำนวนรวมของจุดสภาพจริงประเภทนั้น ๆ ที่ตกอยู่ในค่ากำหนดของสภาพจริงประเภทอื่น ๆ ดัชนีรวม (overall accuracy) คำนวณตาม

รูปที่ 32: ขั้นตอนการจำแนกพื้นที่ปลูกอ้อยด้วยวิธีแบบควบคุม (supervised classification) และวิธีแบบไม่ควบคุม (unsupervised classification)



แนวทแยงมุมหลัก ตารางเป็นสัดส่วนระหว่างผลรวมของค่าที่สภาพกำหนดตรงกับสภาพจริงและผลรวมของจุดทั้งหมดในตาราง (Congalton, 1991) KHAI สามารถคำนวณได้สองลักษณะคือ KHAT รวม และ KHAT เฉพาะประเภทการใช้ที่ดิน Congalton (1991) ได้เสนอสมการที่ใช้ในการคำนวณ KHAT ดังนี้

$$K = \frac{N \sum_{i=1}^r x_{ii} - \sum_{i=1}^r (x_{i+} * x_{+i})}{N^2 - \sum_{i=1}^r (x_{i+} * x_{+i})}$$

โดยที่ r จำนวนแถวในตาราง matrix

x_{ii} จำนวนข้อมูลที่วัดในแถวที่ i สอดคล้องที่ i

x_{i+} และ x_{+i} จำนวนรวมที่แถว i และสดมภ์ i ตามลำดับ

N จำนวนรวมของข้อมูลที่วัดทั้งหมด

ส่วนที่ 2 การทำแผนที่ปลูกอ้อยโดยใช้ข้อมูลดาวเทียม

กรณีศึกษาระวางน้ำพอง จังหวัดขอนแก่น

ถาวร อ่อนประไพ อรรถชัย จินตะเวช

ศักดิ์ดา จงแก้ววัฒนา ทินกร กลมสอาด และ

สุวิทย์ เลหาศิริวงศ์

การจำแนกพื้นที่ปลูกอ้อยด้วยข้อมูลภาพจากดาวเทียม กรณีศึกษาระวางอำเภอน้ำพอง จังหวัดขอนแก่น ได้ใช้วิธีการศึกษาและกรรมวิธีข้อมูล ดังที่ได้กล่าวแล้วในวิธีการวิจัย เป็นข้อมูลภาพเดือนพฤศจิกายน 2537 (ภาพที่ 7 และ 8) และข้อมูลภาพเดือนเมษายน 2538 และใช้วิธีการจำแนกแบบควบคุม และแบบไม่ควบคุม พื้นที่ระวางอำเภอเมืองน้ำพองมีกิจกรรมการเกษตรหลายประเภทผสมผสานกัน (ภาพที่ 9 และ 10) ลักษณะคลื่นแสงของพื้นที่เกษตรกรรมหลัก ได้แก่ ข้าว อ้อย ข้าวโพด ปอ และมันสำปะหลัง นอกจากนี้ยังมีลักษณะคลื่นแสงของพืชพรรณอื่น เช่น ป่าไม้ สวนป่าปลูก (ยูคาลิปตัส) และสวนมะม่วง ลักษณะการใช้พื้นที่ดังกล่าวทำให้เกิดการผสมผสานกันของค่าคลื่นแสงภายในระวาง

ผลการศึกษา

การจำแนกพื้นที่ปลูกอ้อยจากเทคนิคข้อมูลระยะไกลด้วยวิธีแบบควบคุม (supervised classification) และแบบไม่ควบคุม (unsupervised classification) ในพื้นที่ระวางน้ำพอง จังหวัดขอนแก่น (ตารางที่ 87) พบว่าการจำแนกแบบควบคุมประเมินพื้นที่ปลูกอ้อยได้มากกว่าพื้นที่ปลูกอ้อยจริง เนื่องจากการจำแนกแบบควบคุมใช้ค่าจุดศูนย์กลางพื้นที่อ้อยและการสะท้อนแสงของพื้นที่ปลูกอ้อยเป็นค่าสถิติในการจำแนก ซึ่งการศึกษาพบว่าค่าจุดศูนย์กลางพื้นที่อ้อยมีการซ้ำซ้อนของค่าข้อมูลการใช้พื้นที่ดินประเภทอื่น ๆ ในระวางน้ำพองรวมอยู่ในค่าจุดศูนย์กลางพื้นที่ปลูกอ้อย นอกจากนี้พื้นที่ที่ดำเนินการศึกษาเป็นบริเวณที่กว้างมาก (ประมาณ 455,625 ไร่) การหาจุดศูนย์กลางสำหรับการจำแนกแบบควบคุมอาจจะยังไม่ทั่วถึงทุก ๆ ประเภทของลักษณะการใช้ที่ดิน อาจเป็นสาเหตุทำให้เกิดความซ้ำซ้อนของค่าการสะท้อนแสงดังในประการแรกได้

สำหรับการจำแนกแบบไม่ควบคุมนั้น (ภาพที่ 11 และ 12) ประเมินพื้นที่ปลูกอ้อยได้ต่ำกว่าพื้นที่ปลูกอ้อยจริง เนื่องจากการจำแนกแบบไม่ควบคุมนี้สามารถใช้ค่าสถิติของข้อมูลทุก ๆ จุดภาพ แบ่งกลุ่มข้อมูลออกได้ภายในภาพเอง แต่จะมีปัญหาที่สำคัญ คือ ในกรรมวิธีนี้ยังไม่สามารถระบุพื้นที่ที่ติดอ้อย (ข้อมูลภาพเดือนพฤศจิกายน 2537) พื้นที่เตรียมดินเพื่อจะปลูกใหม่ (ข้อมูลภาพเดือนพฤศจิกายน 2537) และพื้นที่ที่อ้อยยังมีขนาดเล็ก (ข้อมูลภาพเดือนเมษายน 2538) ได้ เนื่องจากลักษณะค่าการสะท้อนแสง

ตารางที่ 87: ผลการจำแนกพื้นที่ปลูกอ้อยของระวางน้ำพอง จังหวัดขอนแก่น

ข้อมูลภาพดาวเทียม	พื้นที่การปลูกอ้อย (ไร่)	
	การจำแนกแบบควบคุม (supervised classification)	การจำแนกแบบไม่ควบคุม (unsupervised classification)
LANDSAT-5 TM		
บันทึกข้อมูลเมื่อ		
3 พ.ย. 2537	65,662.5	40,101.8
10 เม.ย. 2538	72,192.5	80,199.3

ของพื้นที่เหล่านี้ ส่วนใหญ่จะรวมอยู่ในพื้นที่ว่างเปล่า (bare soil) เช่นบริเวณสนามโรงเรียน ลานตากมันสำปะหลัง และที่รกร้างบางพื้นที่ อีกทั้งไม่สามารถระบุได้ว่าพื้นที่ที่เกษตรกรกำลังเตรียมดินอยู่นั้นจะใช้ปลูกพืชชนิดใด

การประเมินค่าความถูกต้อง ระวางอำเภอ น้ำพอง

การประเมินค่าความถูกต้องของการวิเคราะห์ข้อมูลดาวเทียมระวางอำเภอ น้ำพอง พบว่ามีค่าความถูกต้องอยู่ในระดับใกล้เคียงกันมาก (ตารางที่ 89) ค่าดัชนีความถูกต้องรวมและ ค่า Kappa statistics รวมของทั้งสองวิธีการแปลภาพดาวเทียมมีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 73-79 และ 69-75 ตามลำดับ ซึ่งเป็นค่าที่น่าพอใจสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานต่อไปได้ โดยเฉพาะการจำแนกข้อมูลภาพเดือนเมษายน 2538 ด้วยวิธีการแบบไม่ควบคุม นอกจากนี้ค่าดัชนีความถูกต้องรวมของวิธีการดังกล่าวยังมีค่าสูงที่สุด อย่างไรก็ตาม ค่า Kappa statistics ของพื้นที่อ้อยซึ่งมีการจำแนกแบบไม่ควบคุมของข้อมูลทั้งสองช่วงมีค่าใกล้เคียงกัน ซึ่งให้เห็นว่าในพื้นที่บริเวณศึกษานี้ การใช้ข้อมูลภาพเดือนพฤศจิกายน 2537 และทำการจำแนกรายละเอียดแบบไม่ควบคุม (unsupervised classification) จะให้ผลการจำแนกที่ถูกต้องมากที่สุด

การสำรวจพื้นที่ปลูกอ้อยในขอบเขตระดับตำบล

ในพื้นที่ระดับตำบล คณะผู้วิจัยได้ดำเนินการสำรวจพื้นที่ปลูกอ้อยด้วยเทคนิค ระบบดาวเทียมกำหนดตำแหน่งบนพื้นผิวโลก (GPS) ของพื้นที่ตำบลโนนท่อน อำเภอ น้ำพอง จังหวัดขอนแก่น ในระหว่างเดือนมกราคม-กุมภาพันธ์ 2538 หลังจากที่ได้ทำการแปลภาพถ่ายดาวเทียมของพื้นที่ดังกล่าว เพื่อเป็นการเก็บข้อมูลภาคสนามประกอบการศึกษาวิธีการทำแผนที่ปลูกอ้อยจากภาพถ่ายดาวเทียม รวมทั้งเป็นการเก็บข้อมูลช่วยในการสำรวจพิกัดตำแหน่งของพื้นที่ตัวอย่างการปลูกอ้อย (training area) ในการสร้างข้อมูลค่าการสะท้อนแสง (signature file) ของพื้นที่ปลูกอ้อย และพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินอื่น ๆ เพื่อใช้ในการจำแนกรายละเอียดแบบควบคุม (supervised classification) ตลอดจนถึงการใช้ GPS ในการสำรวจขอบเขตและพื้นที่ปลูกอ้อยภายในพื้นที่สุ่มตัวอย่าง 1 ตำบล เพื่อเปรียบเทียบพื้นที่ปลูกอ้อยจริงกับพื้นที่ปลูกอ้อยที่ได้จากการจำแนกรายละเอียดด้วยข้อมูลภาพจากดาวเทียม ขั้นตอนการดำเนินงานโดยใช้ GPS ได้แสดงไว้ในรูปที่ 31

การสำรวจพื้นที่ปลูกอ้อยภายในขอบเขตพื้นที่ตำบลสุ่มตัวอย่าง ได้ใช้วิธีการเดินสำรวจขอบเขต และรังวัดรอบทุก ๆ แปลงสำรวจโดยเครื่องมือ GPS การรังวัดจำเป็นต้องใช้ค่าความถูกต้องที่สุด สำหรับการคำนวณตำแหน่ง และพื้นที่ของพื้นที่ปลูกอ้อยทุก ๆ แปลง จึงใช้วิธีรังวัดแบบแก้ค่าความต่าง โดยดาวเทียม GPS จะทำการคำนวณค่าความแตกต่างระหว่างจุดที่รู้จักที่แน่นอนแล้ว (base station) กับจุดที่กำลังคำนวณค่าพิกัดให้ (rover) และทำการปรับแก้ (โดยเปรียบเทียบกับจุดที่รู้จัก) ให้มีค่าความถูกต้องมากที่สุด (ภายในรัศมี 5 เมตร) การปฏิบัติงานรังวัดทั้งหมดนี้ เรียกว่า differential correction (Trimble Navigation; 1992) ซึ่งอาศัยค่าพิกัดจากหมุดหลักฐานดาวเทียม GPS ขั้นที่ 1 ของกรมแผนที่ทหารในบริเวณใกล้เคียง เป็น base station ในการปฏิบัติ-

ตารางที่ 89: ดัชนีความถูกต้อง และ Kappa statistics ที่ได้จากการจำแนกข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมสองวิธี: การของข้อมูลจากดาวเทียมทั้งสองช่วง ระวังน้ำพอง จังหวัดขอนแก่น

	ดัชนีความถูกต้อง			Kappa statistics	
	Producer	User	รวม	ย่อย	รวม
ควบคุม พย. 37	75.7	63.6	73.8	57.5	68.8
ไม่ควบคุม พย. 37	71.9	85.2	78.9	83.1	74.6
ควบคุม เม.ย. 38	75.0	61.2	75.0	54.1	70.1
ไม่ควบคุม เม.ย. 38	78.3	85.2	78.9	82.6	74.9

งาน ข้อมูลพื้นที่ปลูกอ้อยของบริเวณพื้นที่ศึกษา ได้ถูกนำมาสร้างเป็นไฟล์ข้อมูลพื้นที่ปลูกอ้อยจริงภายในขอบเขตตำบล และถูกผนวกเข้ากับข้อมูลลักษณะค่าการสะท้อนแสง (signature file) ของพื้นที่ปลูกอ้อย เพื่อใช้ในการจำแนกรายละเอียดแบบ supervised classification อีกด้วย (ตารางที่ 90)

ตารางที่ 90: เปรียบเทียบพื้นที่การปลูกอ้อยในตำบลโนนท่อน อำเภอ น้ำพอง จังหวัดขอนแก่น จากการแปลภาพถ่ายดาวเทียม

วิธีการ	ใหม่	เก่า
	พื้นที่ปลูกอ้อย (ไร่)	พื้นที่ปลูกอ้อย (ไร่)
การแปลภาพแบบควบคุม ภาพเดือน พย. 2537	4,388	3,900
การแปลภาพแบบไม่ควบคุมภาพเดือน พย. 2537	4,278	4,813
การแปลภาพแบบควบคุม ภาพเดือน เม.ย. 2538	6,298	11,400
การแปลภาพแบบไม่ควบคุมภาพเดือน เม.ย 2538	3,638	8,356
ผลการสำรวจโดย GPS	1,344	1,244
การสอบถามเกษตรกรในภาคสนาม	2,842	2,842

ส่วนที่ 2 การทำแผนที่ปลูกอ้อยโดยใช้ข้อมูลดาวเทียม

กรณีศึกษาระวางอุทอง จังหวัดสุพรรณบุรี

ถาวร อ่อนประไพ อรรถชัย จินตะเวช

ศักดิ์ดา จงแก้ววัฒนา ทินกร กลมสอาด

ปรีชา พราหมณีย์ และ เฉลิมพล ไหลรุ่งเรือง

การจำแนกพื้นที่ปลูกอ้อยด้วยข้อมูลภาพจากดาวเทียมระวางอำเภอรูทอง จังหวัดสุพรรณบุรี ใช้วิธีการศึกษาและกรรมวิธีข้อมูลเช่นเดียวกับระวางอำเภอน้ำโพรง จังหวัดขอนแก่น เป็นข้อมูลภาพเดือนพฤศจิกายน 2537 (ภาพที่ 13) และข้อมูลภาพเดือนเมษายน 2538 (ภาพที่ 14)

ผลการศึกษา

พบว่าผลการจำแนกพื้นที่ปลูกอ้อยจากเทคนิคข้อมูลระยะไกลด้วยวิธีแบบควบคุม (ภาพที่ 15-18) ในพื้นที่ระวางอู๋ทอง จังหวัดสุพรรณบุรี ของข้อมูลแต่ละเดือนมีผลใกล้เคียงกัน (ตารางที่ 91) ผลการจำแนกพื้นที่ปลูกอ้อยโดยใช้ข้อมูลเดือนพฤศจิกายน 2537 มีมากกว่าพื้นที่ปลูกอ้อยข้อมูลเดือนเมษายน 2538

ตารางที่ 91: ผลการจำแนกพื้นที่ปลูกอ้อยของระวางอู๋ทอง จังหวัดสุพรรณบุรี

บันทึกข้อมูลเมื่อ	พื้นที่การปลูกอ้อย (ไร่)	
	การจำแนกแบบควบคุม	การจำแนกแบบไม่ควบคุม
3 พ.ย. 2537	129,125.0	121,528.7
10 เม.ย. 2538	75,892.5	81,641.2

การประเมินค่าความถูกต้อง ระวางอำเภอรูทอง

พบว่ามีค่าความถูกต้องอยู่ในระดับที่ค่อนข้างสูงและมีค่าใกล้เคียงกัน (ตารางที่ 92) ค่าดัชนีรวมอยู่ในช่วงร้อยละ 82-87 ของทั้งสองวิธีการจำแนกข้อมูลดาวเทียม และมีค่า Kappa statistics อยู่ในช่วงร้อยละ 77-84 ซึ่งจัดเป็นค่าความถูกต้องในระดับที่พอใช้ได้ถึงระดับค่อนข้างดี ยกเว้นการจำแนกข้อมูลดาวเทียมของเดือนเมษายน 2538 ด้วยวิธีการแบบควบคุมที่ค่อนข้างคลาดเคลื่อนเล็กน้อย อย่างไรก็ตาม ผลการเปรียบเทียบค่าดัชนีเฉพาะพื้นที่อ้อยตามค่า Kappa statistics ของการประเมินค่าความถูกต้อง ชี้ให้เห็นว่าในพื้นที่ที่ทำการศึกษานี้การใช้ข้อมูลภาพเดือนพฤศจิกายน 2537 และทำการจำแนกรายละเอียดแบบควบคุม (supervised classification) ให้ผลการจำแนกที่ถูกต้องมากกว่าการใช้ข้อมูลจากดาวเทียมในเดือนเมษายน 2538 และใช้วิธีการจำแนกแบบไม่ควบคุม (unsupervised classification)

ตารางที่ 92: ดัชนีความถูกต้อง และ Kappa statistics ระวางอู๋ทอง จังหวัดสุพรรณบุรี

	ดัชนีความถูกต้อง			Kappa Statistics	
	Producer	User	รวม	อ้อย	รวม
ควบคุม พ.ย. 37	90.0	85.7	87.1	81.3	84.0
ไม่ควบคุม พ.ย. 37	92.9	82.8	84.3	77.8	81.0
ควบคุม เม.ย. 38	87.8	85.7	82.0	82.9	77.7
ไม่ควบคุม เม.ย. 38	82.2	80.4	83.5	76.2	80.1

สรุปและวิจารณ์ผลการศึกษา

โครงการ พทอำเภอบ ได้ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศสามประเภทได้แก่ เทคนิคข้อมูลระยะไกล (RS) ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ (GIS) และแบบจำลองการเจริญเติบโตของอ้อย เพื่อพัฒนาและหาวิธีการประเมินผลผลิตของอ้อยให้ได้อย่างถูกต้องและน่าเชื่อถือมากที่สุด เทคโนโลยีสารสนเทศสองอย่างแรกเป็นเทคโนโลยีที่สามารถจัดการข้อมูลเชิงพื้นที่ได้ดี การใช้เทคโนโลยีข้อมูลเชิงพื้นที่นี้ ได้เน้นการพัฒนาวิธีการจำแนกรายละเอียด เพื่อทำแผนที่ของพื้นที่การปลูกอ้อยด้วยข้อมูลภาพจากดาวเทียมได้ใช้วิธีการจำแนกรายละเอียดแบบใช้ลักษณะค่าการสะท้อนแสงของพืชพรรณภายในพื้นที่ตัวอย่าง (training area) เป็นหลักในการจำแนก (supervised classification) คือ คำนวณการตัดสินใจภาพของข้อมูลภาพดาวเทียมจากค่าสถิติของพื้นที่ตัวอย่าง และนำมาจัดจำแนกเป็นข้อมูลการใช้ประโยชน์ในเชิงพื้นที่ และทำการจำแนกด้วยวิธีแบบไม่ควบคุม (unsupervised classification) เพื่อเปรียบเทียบวิธีการและผลการจำแนก

กรณีระวางอำเภอน้ำพอง จังหวัดขอนแก่น

ผลการจำแนกด้วยวิธีแบบควบคุมยังไม่ได้ผลดีมากนัก เนื่องจากหลังการจำแนกแล้วยังมีความการสะท้อนแสงของพืชพรรณ (spectral reflectance) บางชนิด เช่นมันสำปะหลัง ที่ปะปนอยู่กับค่าการสะท้อนแสงของพื้นที่การปลูกอ้อย สำหรับการจำแนกรายละเอียดข้อมูล โดยเน้นวิธีการเฉพาะทางสถิติ. าร่วมกับข้อมูลภาพสนาม หรือแบบไม่ควบคุม จากรายละเอียดผลการประเมินค่าความถูกต้อง ให้ผลที่น่าจะใกล้เคียงมากกว่า

ปัญหาที่สำคัญอีกประการหนึ่งในการจำแนกพื้นที่ปลูกอ้อย คือลักษณะความซับซ้อนของแปลงปลูกที่มีขนาดเล็ก และปลูกพืชไร่อื่นหมุนเวียนทำให้ยากแก่การจำแนกด้วยวิธีดังกล่าว Keig et al (1991) ได้พยายามใช้ข้อมูลจากภาพดาวเทียม LANDSAT TM และ SPOT ที่มีขนาดรายละเอียดสูง จำแนกพื้นที่ปลูกอ้อยในประเทศออสเตรเลียและเชื่อมโยงเข้ากับ GIS และระบบการจัดการฐานข้อมูลการปลูกอ้อย PROSPER ซึ่งยังมีปัญหาเช่นเดียวกัน คือ ความซับซ้อนของข้อมูลที่มีรายละเอียดเล็กเกินไป และขณะนี้ยังคงมีความพยายามในการวิเคราะห์ศักยภาพ ของค่าคุณสมบัติการสะท้อนแสงของอ้อยและพืชอื่น ๆ ต่อไป

จากการประเมินค่าความถูกต้องของการจำแนกรายละเอียด วิธีการจำแนกแบบไม่ควบคุมเป็นวิธีการที่ให้ค่าดัชนีความถูกต้องทั้งสามค่าและค่า KHAT สูงกว่าวิธีการแปลภาพแบบควบคุมของข้อมูลดาวเทียมเดือนพฤศจิกายน 2537 และเดือนเมษายน 2538 เนื่องจากมีความแตกต่างกันในด้านเทคนิคบางประการที่ใช้ในการจำแนกรายละเอียดจากทั้งสองวิธี วิธีการจำแนกแบบควบคุมใช้การแบ่งประเภทรายละเอียดตาม signature file ที่ได้จาก training area ของสภาพการเกษตรกรรมและสภาพการใช้ที่ดินแต่ละประเภทจากภาคสนาม ในทางปฏิบัติผู้วิเคราะห์สามารถที่จะเลือกตัวแทนของสภาพการใช้ที่ดินแต่ละประเภท ให้มีค่าการสะท้อนแสง (spectral reflectance) ของกิจกรรมนั้น ๆ ที่เป็นเอกภาพ (unique) มากที่สุด คือไม่ให้มีลักษณะการใช้ที่ดินอื่น ๆ ผสมผสาน หรือมีแต่น้อยที่สุด เพื่อเป็นค่า signature file ที่สมบูรณ์ที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ แต่ในทางความเป็นจริง มีความเป็นไปได้เช่นกันที่ค่าการสะท้อนแสงของกิจกรรมอื่น ๆ ในพื้นที่ที่กว้างใหญ่ที่ผู้วิเคราะห์ไม่สามารถกำหนดจุด training area ครอบคลุมถึง จะมีการปะปน หรือมีค่าใกล้เคียงกับค่า training area ที่ได้เลือกไว้สำหรับการใช้

ที่ดินแต่ละประเภท จำนวน training area และการรู้จักลักษณะกิจกรรมทางการเกษตรและการใช้ประโยชน์ที่ดิน จากภาคสนามและจากข้อมูลอื่น ๆ ของพื้นที่จึงมีความสำคัญอย่างยิ่งสำหรับวิธีการนี้ ซึ่งจะเห็นได้ว่ายิ่งขนาดพื้นที่ที่มีความใหญ่มากขึ้นเท่าใด ความยากลำบากในการกำหนด training area เพื่อการสร้าง signature file ก็จะยิ่งยากขึ้นตามลำดับ สำหรับการจำแนกรายละเอียดแบบไม่ควบคุม ในทางปฏิบัติไม่มีการเลือก training area เพื่อการสร้าง signature file ของแต่ละประเภทการใช้ที่ดิน การแบ่งและจำแนกประเภทการใช้ที่ดินด้วยวิธีแบบไม่ควบคุมนี้ใช้ค่าสถิติของข้อมูลที่เป็นค่าการสะท้อนแสงของลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินแต่ละประเภทเป็นตัวกำหนดชั้นของประเภทข้อมูล และข้อมูลภาคสนามหรือข้อมูลเชิงพื้นที่อื่น ๆ เป็นตัวช่วยระบุชนิดของการใช้ประโยชน์ที่ดิน ซึ่งสามารถแบ่งให้ละเอียดได้เท่าที่ค่าข้อมูลจะจำแนกได้ การจำแนกด้วยวิธีนี้ลักษณะค่าการสะท้อนแสงของการใช้ประโยชน์ที่ดินจึงเป็นตัวกำหนดชั้นของข้อมูลเอง โดยค่าลักษณะการสะท้อนแสงของกิจกรรมแต่ละอย่างจะถูกแบ่งออกเป็นชั้น ๆ เป็นประเภทของข้อมูลที่จำแนกได้อย่างชัดเจน อีกทั้งยังสามารถทำการแยกชนิดข้อมูลที่ผู้วิเคราะห์ไม่ต้องการออกจากการจำแนกได้

อย่างไรก็ตาม ความถูกต้องของทั้งสองวิธี มีส่วนเกี่ยวข้องกับขนาดพื้นที่ที่ทำการจำแนก จำนวนชั้นประเภทของข้อมูลที่ต้องการจำแนก และความพร้อมในการปฏิบัติงานของผู้วิเคราะห์ กล่าวคือ หากเป็นพื้นที่ขนาดเล็ก มีความแปรปรวนและความซับซ้อนทางข้อมูลน้อย ผู้วิเคราะห์สามารถเก็บข้อมูล training area ได้อย่างละเอียดถี่ถ้วน การจำแนกแบบควบคุมจะให้ค่าความถูกต้องของข้อมูลที่จำแนกได้ดีกว่า ในขณะที่หากเป็นพื้นที่ขนาดใหญ่ ผู้วิเคราะห์ไม่สามารถที่จะสำรวจและหา training area ได้อย่างครอบคลุมทั่วทุกพื้นที่ การจำแนกแบบไม่ควบคุมน่าจะเหมาะสมและให้ค่าความถูกต้องในการจำแนกรายละเอียดข้อมูลได้ดีกว่า และเนื่องจากพื้นที่ในการศึกษานี้มีขนาดพื้นที่ที่ใหญ่ ด้วยเหตุผลดังกล่าวนี้ ค่าความถูกต้องของการจำแนกแบบไม่ควบคุมจึงให้ค่าที่ดีกว่าการจำแนกแบบควบคุม

กรณีระวางอำเภออุ้มทอง จังหวัดสุพรรณบุรี

ผลการจำแนกพื้นที่ปลูกอ้อยของระวางอำเภออุ้มทอง จังหวัดสุพรรณบุรี ให้ผลการจำแนกด้วยวิธีแบบควบคุม และแบบไม่ควบคุมที่ได้ผลค่อนข้างดี เนื่องจากพื้นที่เกษตรกรรมในระวางมีรูปแบบและความต่อเนื่องที่ชัดเจน ทำให้ค่าลักษณะการสะท้อนแสงของข้อมูลมีความซับซ้อนน้อยกว่าค่าข้อมูลของระวางอำเภอน้ำโพรง

การประเมินค่าความถูกต้องของการจำแนกรายละเอียด ของระวางอำเภออุ้มทอง จังหวัดสุพรรณบุรี พบว่ามีค่าความถูกต้องที่ค่อนข้างสูงและอยู่ในระดับใกล้เคียงกันมาก คือมีค่าดัชนีรวมอยู่ในช่วงร้อยละ 82-87 ของทั้งสี่วิธีการแปลภาพดาวเทียม ในขณะที่ค่า KHAT รวมที่คำนวณได้มีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 77-84 ซึ่งเป็นค่าความถูกต้องในระดับที่ค่อนข้างดี สำหรับการแปลภาพดาวเทียมของเดือนเมษายน 2538 ด้วยวิธีการแบบควบคุมค่อนข้างคลาดเคลื่อนเล็กน้อย อย่างไรก็ตามจากผลการเปรียบเทียบค่าดัชนีเฉพาะพื้นที่อ้อยตามค่า Kappa statistics ของการประเมินค่าความถูกต้องแล้ว ชี้ให้เห็นว่าในพื้นที่บริเวณศึกษานี้ การใช้ข้อมูลภาพเดือน พฤศจิกายน และการจำแนกรายละเอียดแบบควบคุมจะให้ผลการจำแนกที่ถูกต้องมากที่สุด

การแปลงภาพถ่ายดาวเทียมเพื่อผลิตแผนที่ปลูกอ้อยเชิงตัวเลขมีประโยชน์สองส่วน ส่วนแรกเป็นการพัฒนาวิธีการที่เหมาะสมในทางปฏิบัติเพื่อการแปลงข้อมูลที่ได้จากดาวเทียมเพื่อแสดงตำแหน่งที่แท้จริงของพื้นที่การปลูกอ้อย วิธีการที่ได้จากการกิจกรรมการวิจัยนี้จะทำให้ผู้ปฏิบัติงานในส่วนราชการและส่วนเอกชนสามารถผลิตและประมาณพื้นที่การปลูกอ้อยได้ใกล้เคียงกับพื้นที่ผลิตจริงมากขึ้นกว่าเดิม ข้อมูลที่ได้จากดาวเทียมมีปริมาณมากและมีข้อมูลใหม่ทุก 16 วันตามรอบของดาวเทียมที่มีกำหนดผ่านพื้นที่ประเทศไทย ประโยชน์ในส่วนที่สองได้แก่ความสามารถในการนำแผนที่การปลูกอ้อยที่ได้จากการแปลงข้อมูลดาวเทียมไปเชื่อมโยงเข้ากับระบบสนับสนุนการตัดสินใจเพื่อการผลิตอ้อย ThaiSIS 1.0 ซึ่งเป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่เอื้อให้ผู้ใช้งานสามารถเชื่อมข้อมูลเชิงพื้นที่ชุดอื่นในระบบ รวมทั้งแบบจำลองการเจริญเติบโตของอ้อย ThaiCane 1.0 เป็นระบบที่ผู้ใช้งานสามารถประมาณการผลผลิตอ้อยในพื้นที่ขนาดใหญ่ได้ ในกรณีศึกษาที่คณะผู้วิจัยได้เลือกทำการศึกษาจะสามารถคาดการณ์ผลผลิตอ้อยในพื้นที่ขนาด 27 x 27 ตารางกิโลเมตร ในทางปฏิบัติการผลิตแผนที่การปลูกอ้อยในระดับชาวไร่มีขนาดเล็กกว่าพื้นที่ที่ผู้วิจัยเลือกทำการศึกษาเป็นอย่างมาก ในระดับโรงงานน้ำตาลอาจมีความต้องการแผนที่การปลูกอ้อยที่มีขนาดใหญ่กว่าพื้นที่ตัวอย่างมากและในทางปฏิบัติแล้ววิธีการที่ผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้นนี้สามารถขยายได้ตามความต้องการของผู้ใช้งาน แต่อาจจะต้องการขนาดข้อมูลดาวเทียมใหญ่ขึ้นและต้องการเครื่องคอมพิวเตอร์ขนาดใหญ่ขึ้นเพื่อความรวดเร็วในการวิเคราะห์ข้อมูล

การเตรียมข้อมูลเชิงพื้นที่บนเครื่องคอมพิวเตอร์แบบ PC

การแปลงภาพถ่ายดาวเทียม (image processing) เป็นขั้นตอนหนึ่งของการเตรียมข้อมูลที่มีผลลัพธ์ที่สำคัญต่อการประเมินพื้นที่การผลิตอ้อยโดยใช้เทคโนโลยีสารสนเทศนั้นคือ แผนที่การปลูกอ้อยเชิงตัวเลข (digital sugarcane map)

ตั้งแต่เริ่มโครงการวิจัยนี้ คณะผู้วิจัยได้ดำเนินการแปลงภาพถ่ายจากดาวเทียมโดยใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ในระดับ workstation ผลิตโดยบริษัท SUN เป็นเครื่องคอมพิวเตอร์ระดับกลาง มีระบบจัดการเครื่องแบบ UNIX และใช้โปรแกรมแปลงภาพถ่ายดาวเทียม ERDAS

ในระยะ 5 ปี ที่ผ่านมาการพัฒนาเครื่องคอมพิวเตอร์แบบ PC มีอัตราสูงมาก และมีเทคโนโลยีด้าน hardware ออกมาหลายรุ่นที่มีความสามารถประมวลผลข้อมูลตัวเลขในระดับสูง รวมทั้งมีโปรแกรมคอมพิวเตอร์ซึ่งผู้ใช้งานเครื่องคอมพิวเตอร์แบบ PC สามารถใช้แปลงข้อมูลจากดาวเทียมได้ (ตารางที่ 93)

การขยายผลการศึกษา

หมายถึงการวิจัยเพื่อศึกษาโอกาสและความเป็นไปได้เพื่อใช้วิธีการจำแนกข้อมูลดาวเทียมของทั้งสองระวางเพื่อใช้ในการจำแนกข้อมูลหลายระวางที่ครอบคลุมพื้นที่ระดับจังหวัดและเขตการผลิตอ้อย การศึกษาลักษณะคลื่นแสงของข้อมูลภาพจากดาวเทียมเพื่อทำแผนที่แสดงพื้นที่การปลูกอ้อยที่ผ่านมา โครงการ พทอ. ได้ใช้กรณีศึกษา

ตารางที่ 93: ข้อเปรียบเทียบด้าน hardware software และ การฝึกอบรม ของเครื่องคอมพิวเตอร์แบบ PC และ SUN

ระบบ	PC	SUN workstation
Hardware:		
• operating system	MS-DOS	Solaris 2.3
• hard disk space	10 MB	250 MB
• swap space		90 MB
• memory on main board	at least 8 MB	32 MB (64 MB when using a 24-bit display)
• window manager	Windows 3.1 and 95	Open Windows 3.2
Software:		
• ชื่อ	IDRISI 1.0 for Windows	ERDAS 8.2
• ราคารวม	80,000 บาท	1,200,000 บาท
• ประสิทธิภาพ	มีคำสั่งและทางเลือกในการปฏิบัติงานพอสมควรเหมาะสมต่องานที่ต้องการรายละเอียดในการจำแนกภาพถ่ายในระดับการจำแนกปานกลาง	มีคำสั่งและทางเลือกในการปฏิบัติงานมากกว่า เหมาะสมต่องานที่ต้องการรายละเอียดในการจำแนกภาพถ่ายในระดับการจำแนกสูงถึงสูงมาก
การฝึกอบรม:		
	ใช้อุปกรณ์ งบประมาณและระยะเวลาในการฝึกอบรมน้อยกว่าเครื่อง SUN	ใช้อุปกรณ์ งบประมาณและระยะเวลาในการฝึกอบรมมากกว่าเครื่อง PC

เป็นเฉพาะระวางตัวอย่าง ที่มีขนาดพื้นที่ sub-fullscene ของเทปข้อมูลภาพถ่ายเทียม ซึ่งเท่ากับขนาด 1 ระวางของแผนที่สภาพภูมิประเทศ มาตราส่วน 1 : 50,000 ของกรมแผนที่ทหาร (27x27 ตร.กม.) ซึ่งลักษณะคลื่นแสงของข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินมีการผสมผสาน และมีค่าเฉพาะภายในข้อมูลของระวางนั้น ๆ โครงการ พทอ. ได้คาดหวังว่างานจำแนกข้อมูลพื้นที่การปลูกอ้อยที่ควรจะได้ทดลองศึกษา คือ

- หากทำการจำแนกข้อมูลในพื้นที่ระดับจังหวัด หรือภูมิภาคที่ขนาดมากกว่า 1 path การโคจรของดาวเทียม โดยใช้ค่าของ signature file ที่เกิดจากพื้นที่ตัวอย่าง (training area) ภายใน 1 ระวาง หรือ 1 path จะสามารถกระทำได้หรือไม่

- ซึ่งถ้าสามารถทำได้ ก็จะเป็นประโยชน์ต่องานจำแนกพื้นที่การปลูกอ้อยเป็นอย่างมาก เนื่องจากจะเป็นการประหยัดเวลา และกำลังในการหาพื้นที่และสร้าง signature file ข้อมูลสำหรับพื้นที่ใหญ่ ๆ ดังกล่าว แต่อย่างไรก็ตาม หากไม่สามารถทำได้สำเร็จ กรรมวิธีข้อมูลด้วยเทคนิคต่าง ๆ ก็จะสามารถช่วยงานจำแนกข้อมูลในพื้นที่ขนาดใหญ่ได้ แต่ประเด็นปัญหาที่สำคัญน่าจะอยู่ที่ประสิทธิภาพของ hardware และการจัดการข้อมูลจำนวนมากจะมีวิธีการอย่างไรที่จะสามารถดำเนินการวิธีข้อมูลเหล่านั้นให้ได้แผนที่แสดงพื้นที่การปลูกอ้อยได้ทันเวลาตามที่ต้องการ

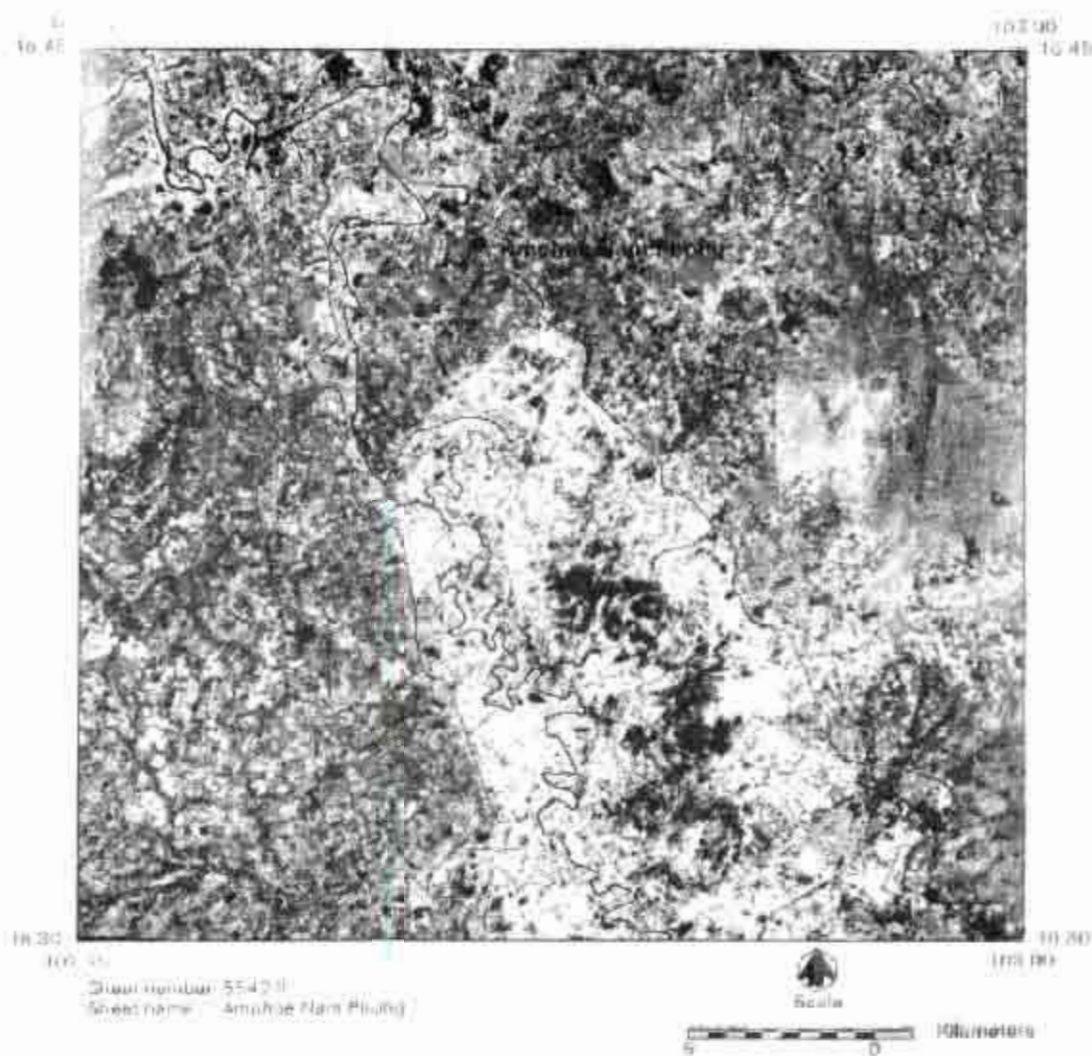
การจำแนกพื้นที่ปลูกอ้อยโดยใช้ข้อมูลดาวเทียมในช่วงคลื่น Microwave

ปัญหาที่สำคัญอีกประการหนึ่งคือ ข้อมูลภาพจากดาวเทียมที่สามารถแสดงพื้นที่ปลูกอ้อยที่สมบูรณ์จริง ๆ จะอยู่ในช่วงปลายฤดูฝน ซึ่งข้อมูลพื้นที่ส่วนใหญ่มีปัญหาเรื่องข้อมูลเมฆบดบังรายละเอียด และข้อมูลปกติในช่วงคลื่น visible และ infrared ของดาวเทียม LANDSAT และดาวเทียมอื่น ๆ ในช่วงคลื่นเดียวกันไม่สามารถทะลุผ่านได้

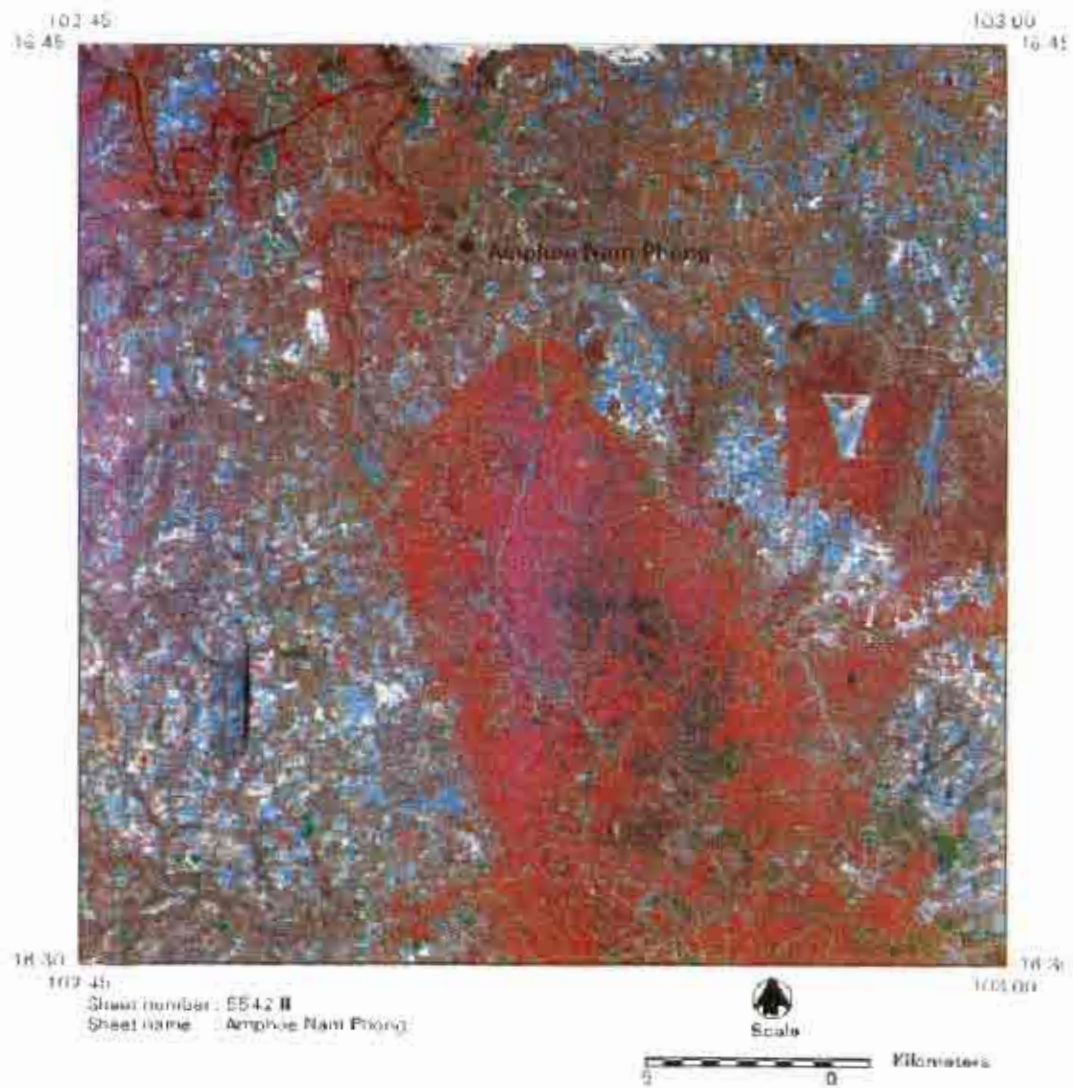
ข้อมูลระยะไกลในช่วงคลื่น microwave ถูกเก็บบันทึกด้วยแถบพลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความยาวช่วงคลื่นประมาณ 1 มิลลิเมตร ถึง 1 เมตร ซึ่งมีความยาวกว่าแถบช่วงคลื่นที่สั้นที่สุดถึง 2,500,000 เท่า ระบบบันทึกข้อมูลในช่วงคลื่นนี้เรียกว่า RADAR ซึ่งถือเป็นแบบ active remote sensing คือสามารถผลิตสัญญาณขึ้นได้เองโดยส่งสัญญาณจากพาหนะบันทึกข้อมูลไปยังพื้นที่เป้าหมาย จากนั้นสัญญาณจะสะท้อนกลับสู่ระบบบันทึกข้อมูลนั้นอีกครั้งหนึ่ง ระบบ active remote sensing จึงสามารถบันทึกข้อมูลได้ทั้งกลางวันและกลางคืน คุณสมบัติของระบบบันทึกข้อมูลแบบ RADAR ในช่วงคลื่น microwave คือ (Lillesand and Kiefer, 1994a&b)

- สามารถผ่านทะลุบรรยากาศได้เกือบทุกสภาพ เช่น เมฆ หมอก หมอกแดด หิมะ ฝน และควัน เป็นต้น
- ลักษณะการสะท้อนช่วงคลื่น microwave ของข้อมูลบางชนิดบนพื้นโลกจะแตกต่างกับการสะท้อนในช่วงคลื่น visible เช่นลักษณะพื้นผิวที่ปรากฏในช่วงคลื่น visible เป็นพื้นผิวที่ขรุขระอาจปรากฏในช่วงคลื่น microwave เป็นพื้นผิวที่ราบเรียบได้ ทั้งนี้เกิดจากข้อมูลที่เป็นการสะท้อนแสงหรือแผ่รังสีพลังงานความร้อนในช่วงคลื่น microwave นี้ ทำให้เห็นลักษณะพื้นผิวที่ต่างจากช่วงคลื่น visible โดยลักษณะการส่งผ่านสัญญาณข้อมูล RADAR เป็นแบบช่วงคลื่น (wavelength) และแบบส่งโดยตรง (polarization) ข้อมูลระยะไกลที่ประยุกต์ใช้ช่วงคลื่น microwave นี้ สามารถแบ่งออกได้ 2 ลักษณะตามประเภทยานพาหนะในการเก็บข้อมูล คือข้อมูล RADAR ที่ได้จากเครื่องบิน (airborne) และดาวเทียม (spaceborne) ในการเก็บบันทึกข้อมูล ซึ่งระบบ SAR ทำงานโดยกำหนดช่วงคลื่นออกตั้งแต่ K-band ที่ความยาว 0.75-1.1 ซม. จนถึง P-band ที่ความยาว 30-100 ซม.

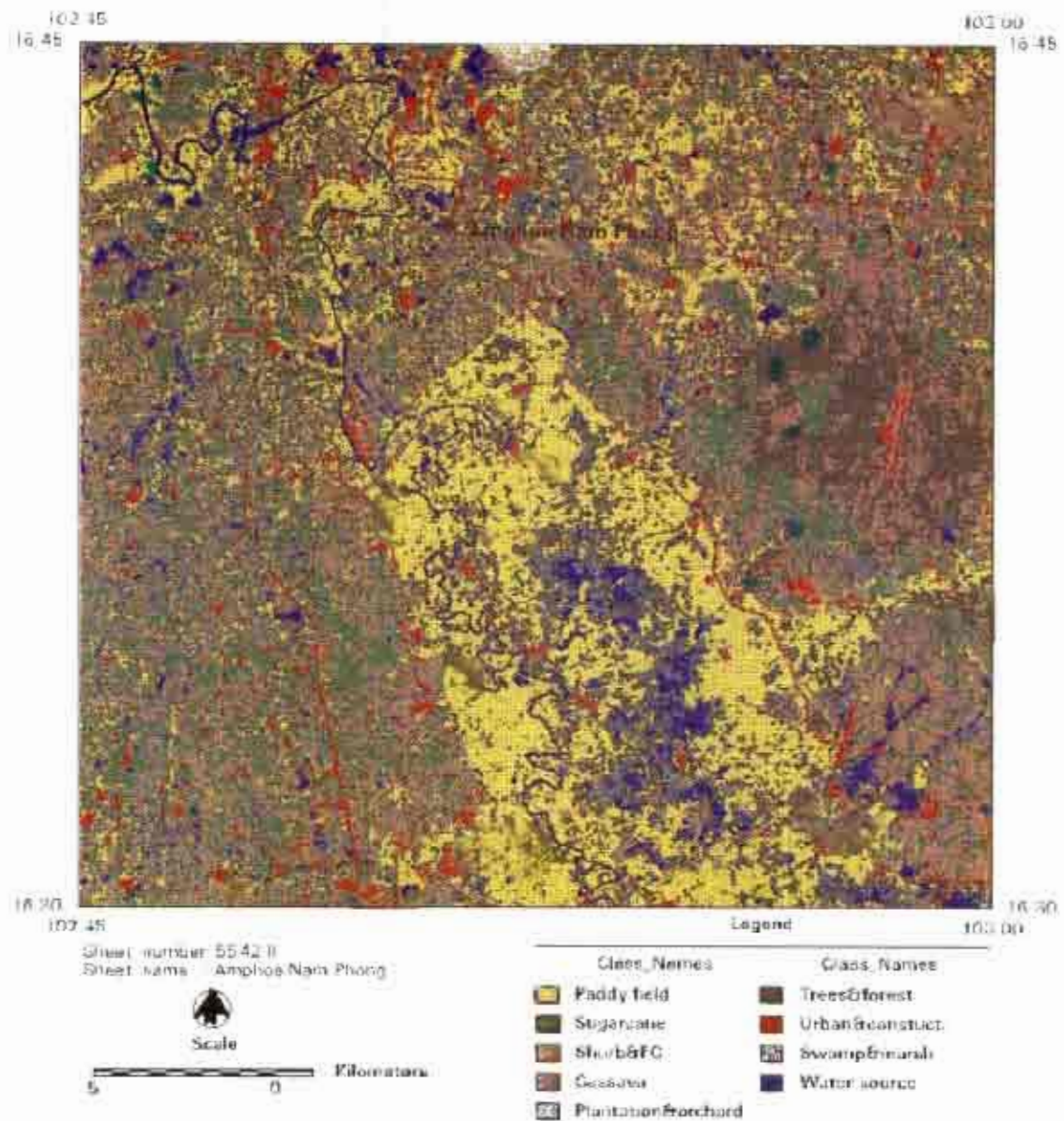
ภาพที่ 7 ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม LANDSAT ระบบ TM แบนด์ 4 ระหว่าง ยำน้ำพอง จังหวัดขอนแก่น
บันทึกข้อมูลเมื่อ พ.ย. 2537



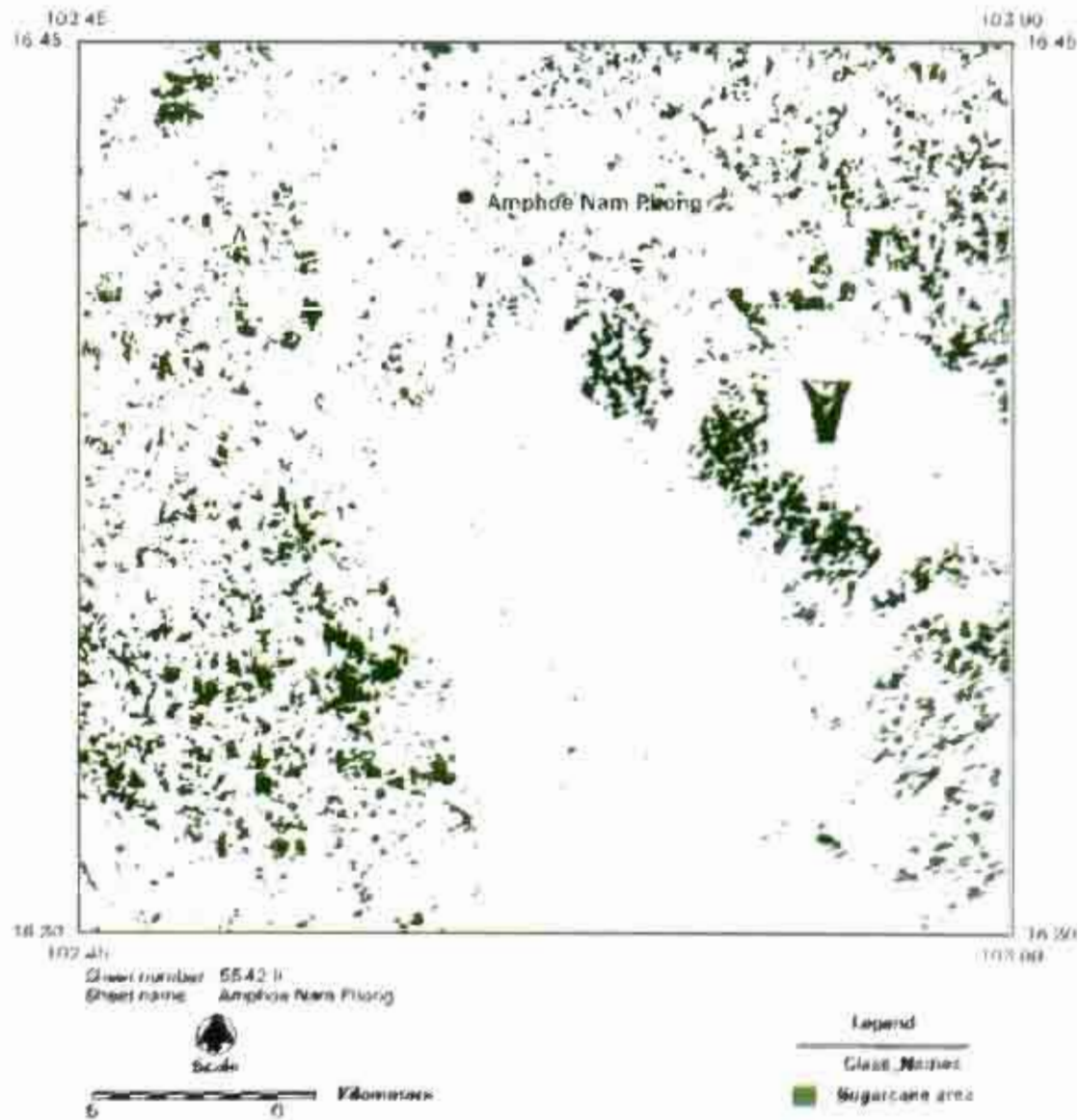
ภาพที่ 8: ข้อมูลภาพสีผสม แบนด์ 5,4,3/RGB จากดาวเทียม LANDSAT ระบบ TM พระราชวัง อำเภอ น้ำพอง จังหวัดขอนแก่น บันทึกข้อมูลเมื่อ พ.ย. 2537



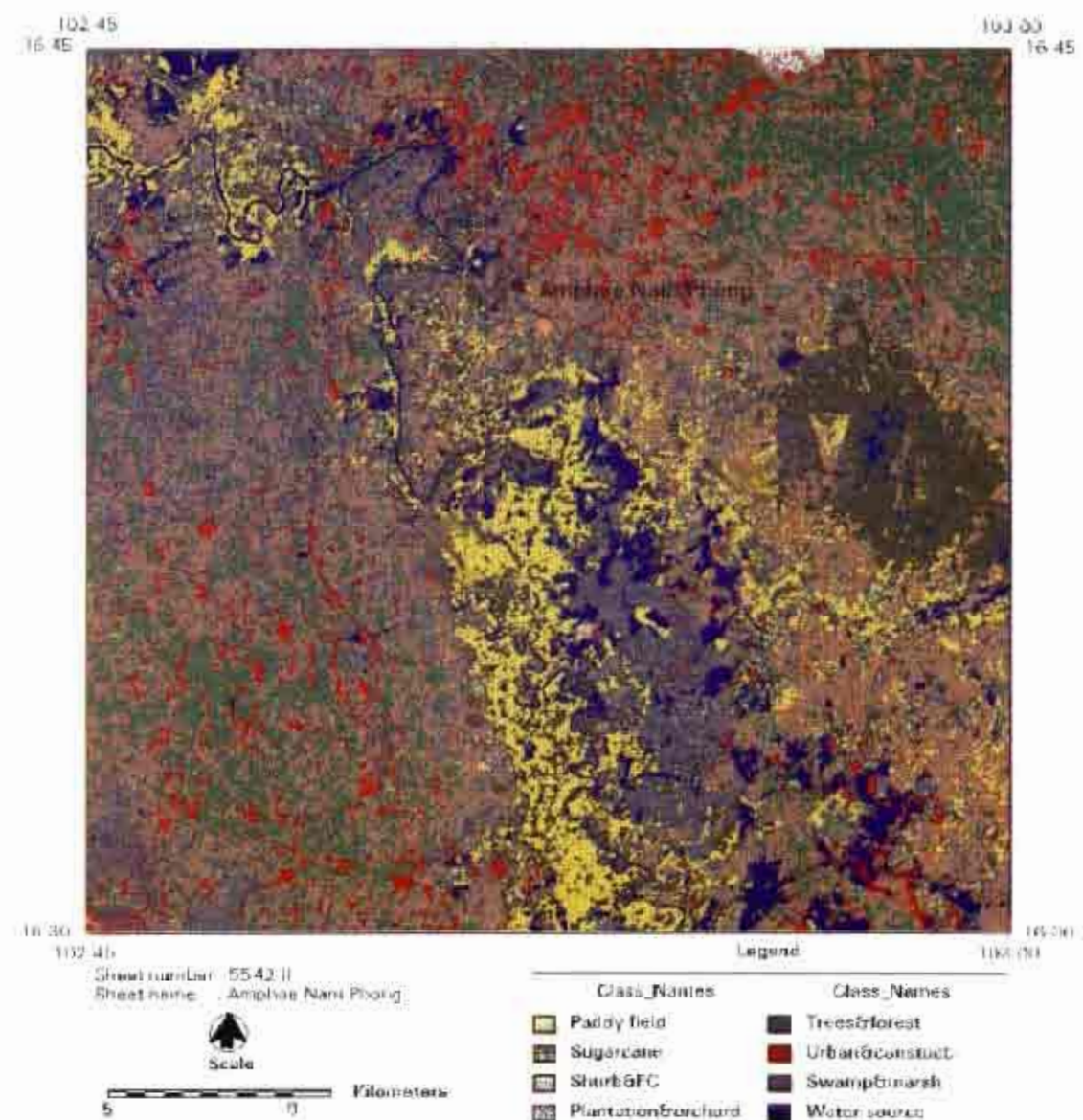
ภาพที่ 9: การใช้ประโยชน์ที่ดินระหว่าง อำเภอ น้ำพอง จังหวัดขอนแก่น จำแนกด้วยวิธีแบบไม่ควบคุม (unsupervised classification) ข้อมูล LANDSAT/TM บันทึกข้อมูลเมื่อ พ.ย. 2537



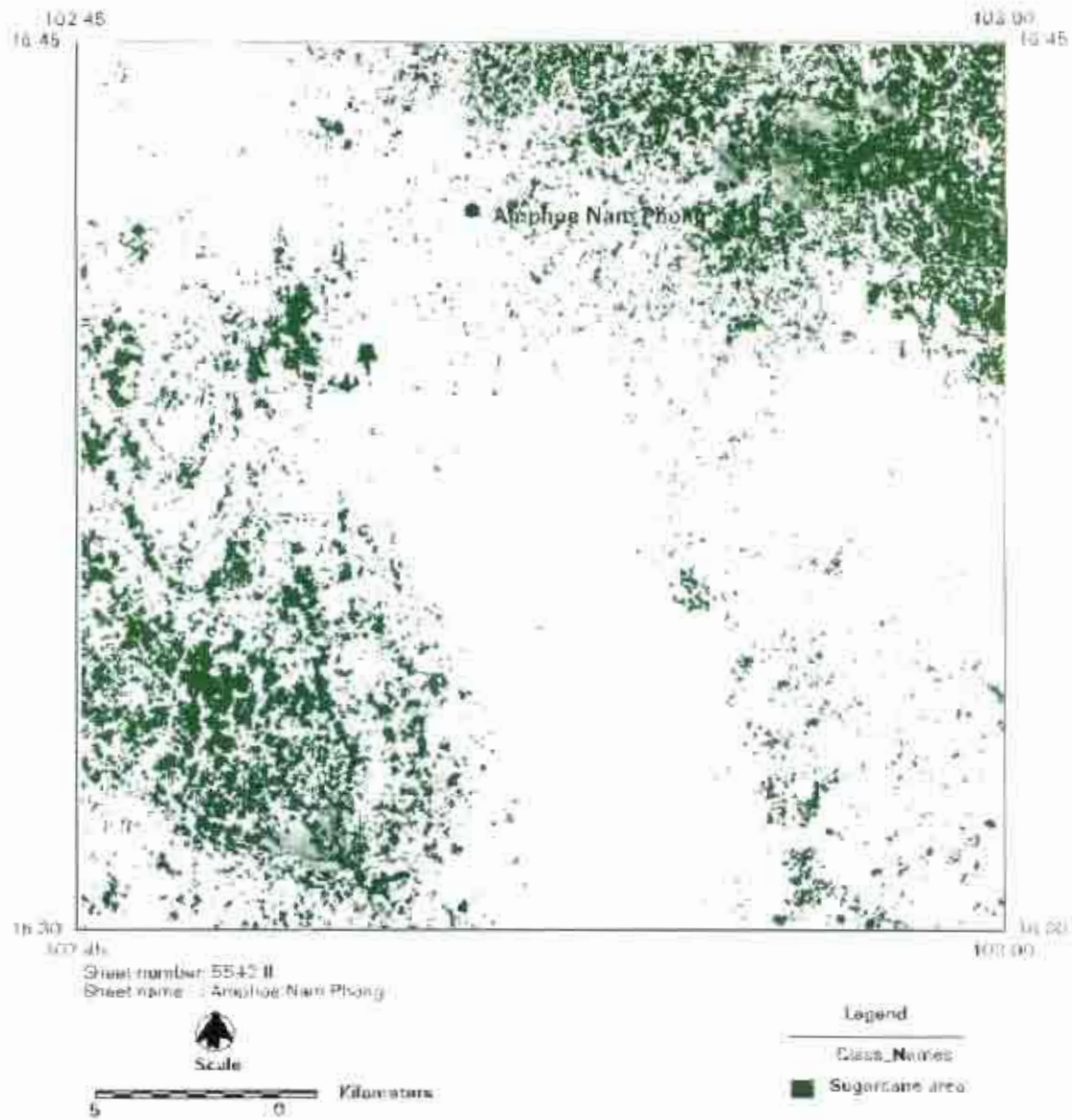
ภาพที่ 10: พื้นที่ปลูกอ้อยระหว่าง อำเภอน้ำพอง จังหวัดขอนแก่น จำแนกด้วยวิธีแบบไม่ควบคุม (unsupervised classification) ข้อมูล LANDSAT/TM บันทึกข้อมูลเมื่อ พ.ย. 2537



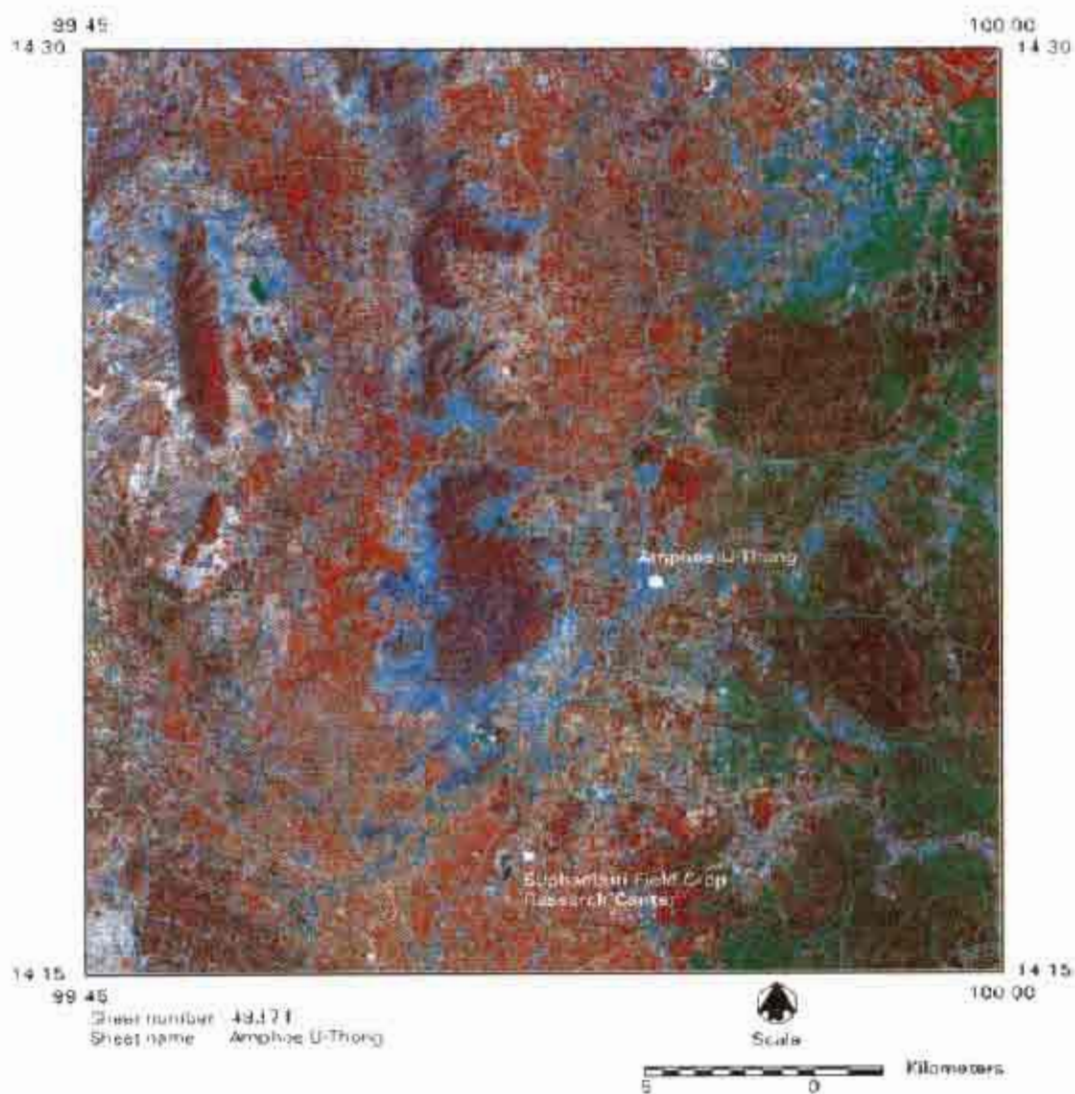
ภาพที่ 11: การใช้ประโยชน์ที่ดินระวาง อำเภอ น้ำพอง จังหวัดขอนแก่น จำแนกด้วยวิธีแบบไม่ควบคุม (unsupervised classification) ข้อมูล LANDSAT/TM บันทึกข้อมูลเมื่อ เม.ย. 2538



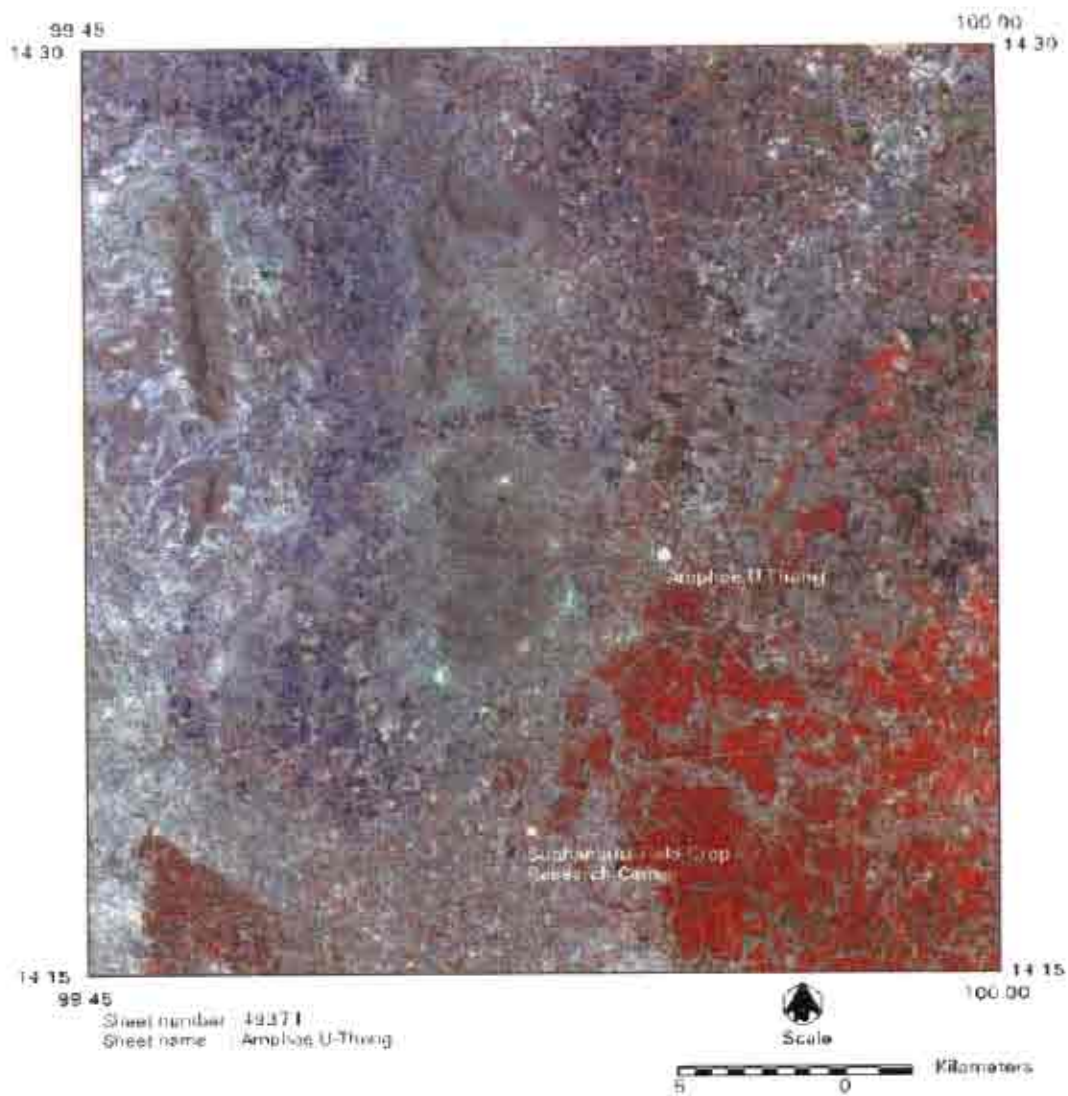
ภาพที่ 12: พื้นที่ปลูกอ้อยระวาง อำเภอน้ำพอง จังหวัดขอนแก่น จำแนกด้วยวิธีแบบไม่ควบคุม (unsupervised classification) ข้อมูล LANDSAT/TM บันทึกข้อมูลเมื่อ เม.ย. 2538



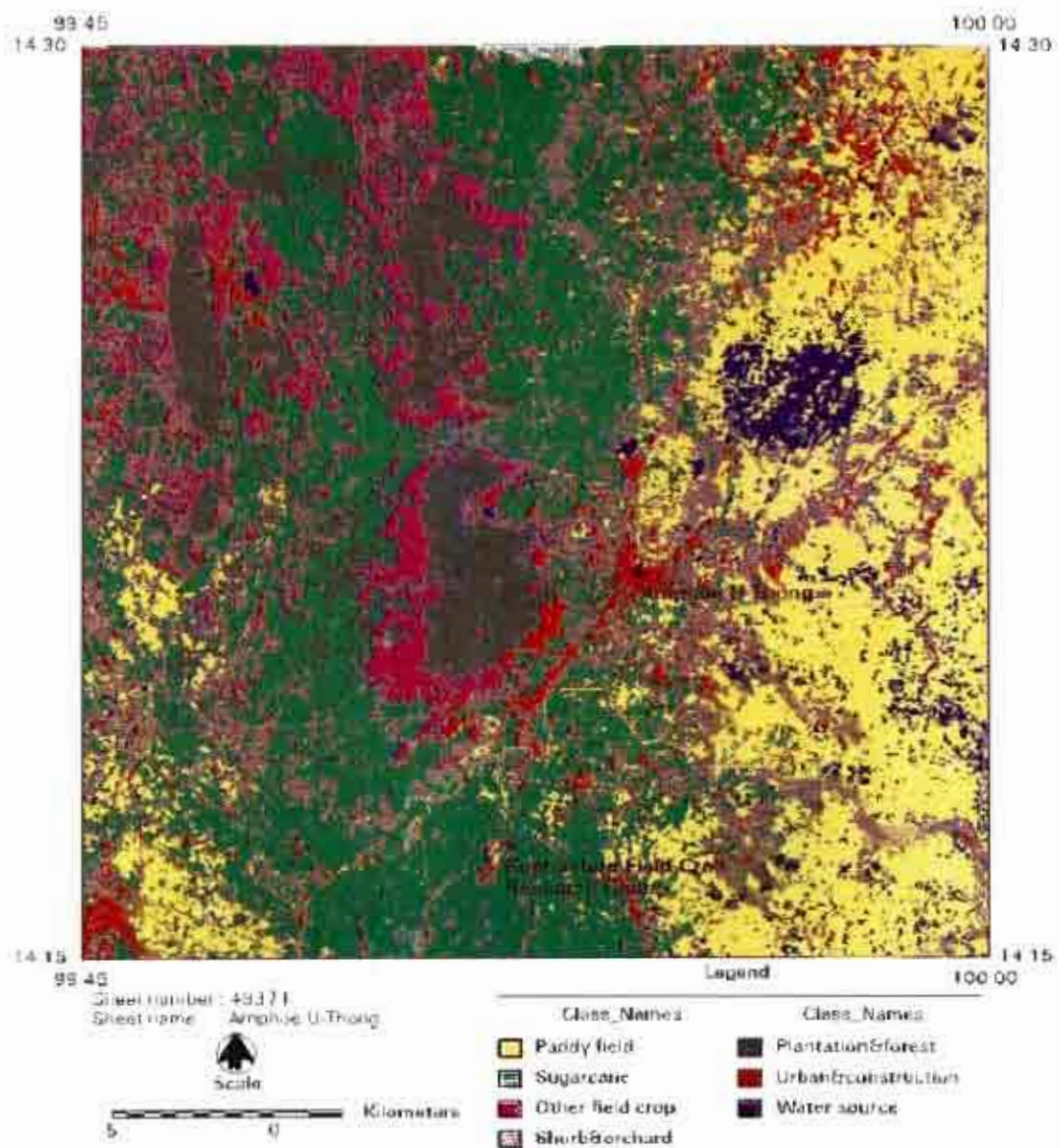
ภาพที่ 13: ข้อมูลภาพถ่ายสีผสม แบนด์ 4,3,6/RGB จากดาวเทียม LANDSAT ระบบ TM ระหว่างอำเภออุทุมพร
จังหวัดสุพรรณบุรี บันทึกข้อมูลเมื่อ พ.ย. 2537



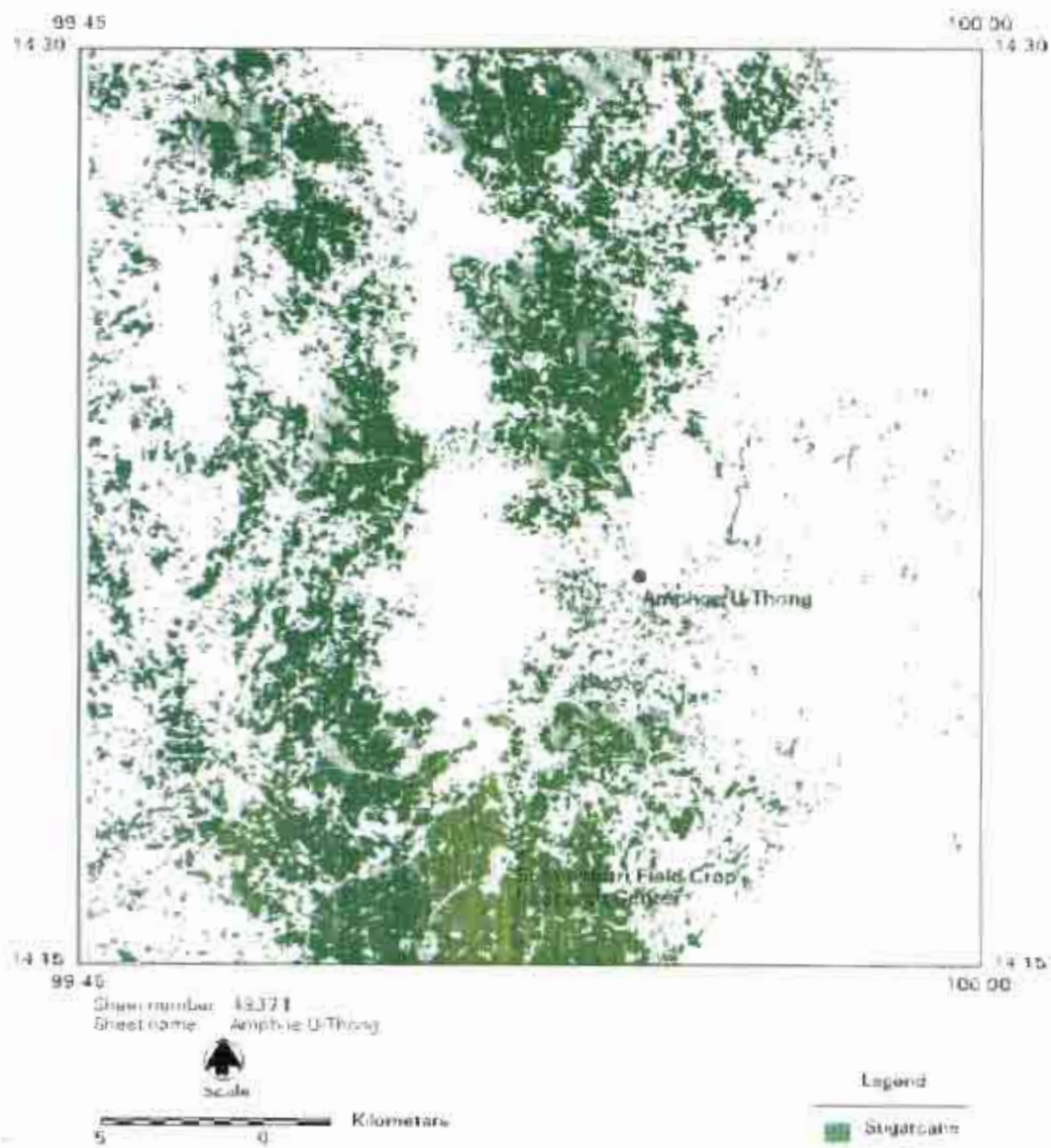
ภาพที่ 14: ข้อมูลภาพสีผสม แบบสี 4,3,6/RGB จากดาวเทียม LANDSAT ระบบ TM ะวาง อำเภออุทของ จังหวัดสุพรรณบุรี บันทึกข้อมูลเมื่อ เม.ย. 2538



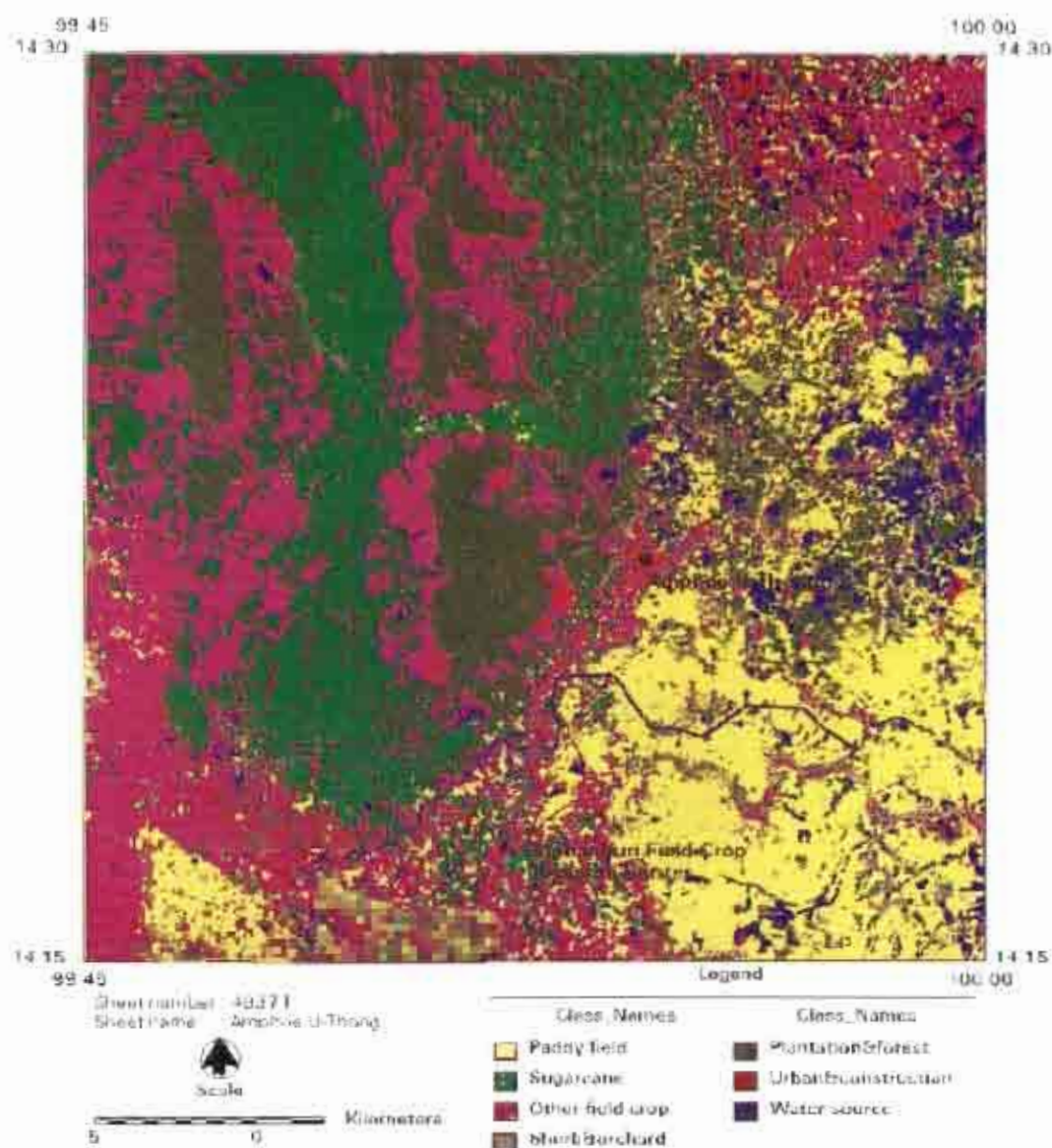
ภาพที่ 15 การใช้ประโยชน์ที่ดินระวาง อำเภออุ้มทอง จังหวัดสุพรรณบุรี จำแนกด้วยวิธีแบบควบคุม (supervised classification) จากดาวเทียม LANDSAT ระบบ TM บันทึกข้อมูลเมื่อ พ.ย. 2537



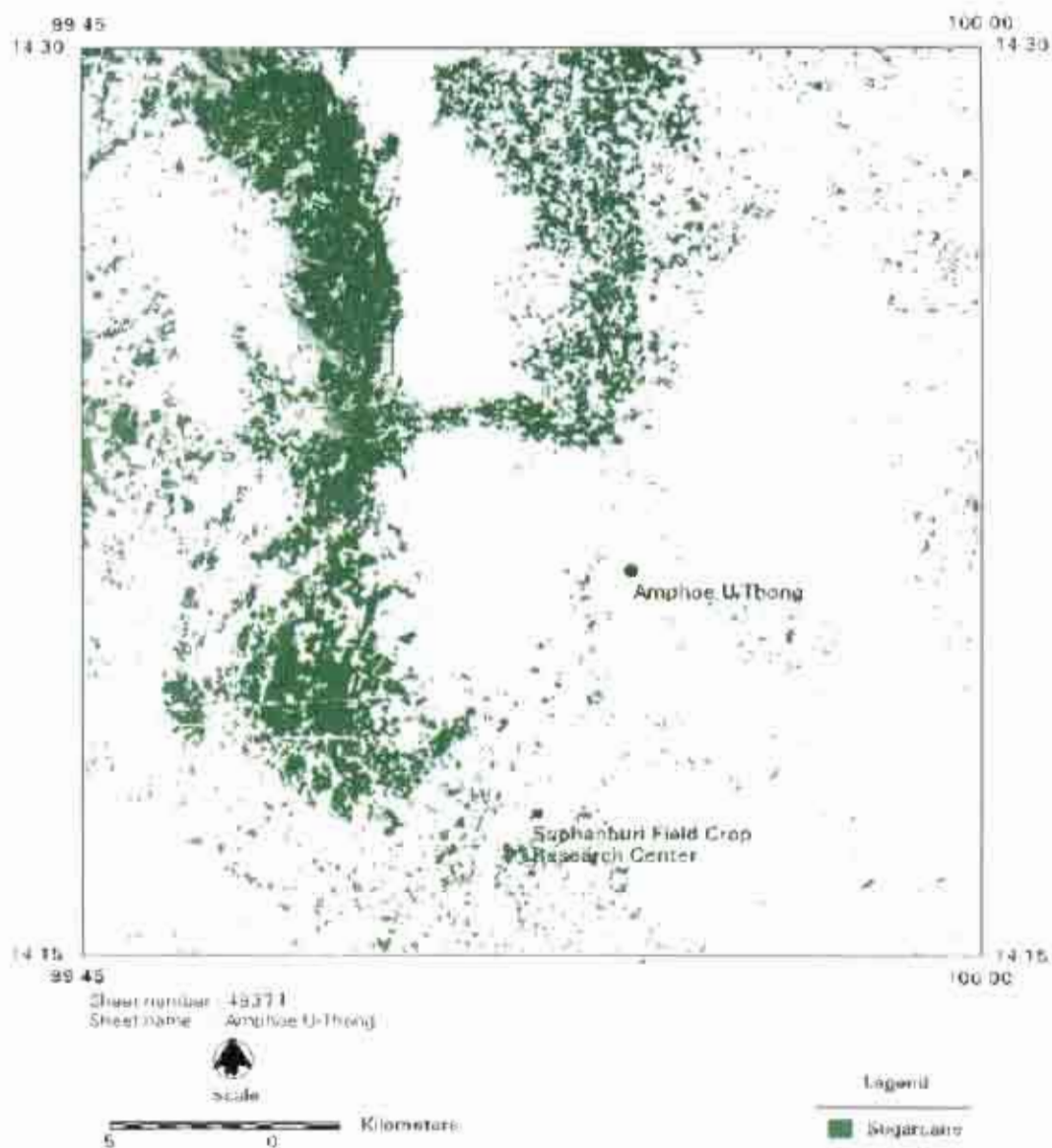
ภาพที่ 16: พื้นที่ปลูกอ้อยระหว่าง อำเภออุทง จังหวัดสุพรรณบุรี จำแนกด้วยวิธีแบบควบคุม (supervised classification) จากดาวเทียม LANDSAT ระบบ TM บันทึกข้อมูลเมื่อ พ.ศ. 2537



ภาพที่ 17- การใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณ อำเภออุ้มผาง จังหวัดสุพรรณบุรี จำแนกด้วยวิธีแบบควบคุม (supervised classification) จากดาวเทียม LANDSAT ระบบ TM บันทึกข้อมูลเมื่อ เม.ย. 2538



ภาพที่ 18. พื้นที่ปลูกอ้อยระวาง อำเภอรูทอง จังหวัดสุพรรณบุรี จำแนกด้วยวิธีแบบควบคุม (supervised classification) จากดาวเทียม LANDSAT ระบบ TM บันทึกข้อมูลเมื่อ เม.ย. 2538



โครงการ พทอ. คาดว่าหากมีการนำข้อมูลจากดาวเทียมในช่วงคลื่น microwave หรือที่เรียกโดยทั่วไปว่า ข้อมูล RADAR มาใช้ควบคู่กับข้อมูล TM ของดาวเทียม LANDSAT แล้วจะทำให้การจำแนกข้อมูลภาพจากดาวเทียมเพื่อการทำแผนที่แสดงพื้นที่ปลูกอ้อยมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น โดยจะไม่ต้องติดเงื่อนไขในการที่จะได้รับข้อมูลภาพในวันเวลาที่เหมาะสมอีกต่อไป ซึ่งควรได้รับการศึกษาวิจัยเพิ่มเติมเพื่อให้เข้าใจเงื่อนไขและวิธีการปฏิบัติที่มีประสิทธิภาพโดยเฉพาะเพื่อนำไปใช้งานจริง

ส่วนที่ 2 การทำแผนที่ปลูกอ้อยโดยใช้ข้อมูลดาวเทียม

ระบบการผลิตอ้อยใน ตำบลโนนทัน อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น

ทินกร กลมสอาด สุวิทย์ เลหาศิริวงศ์ และ อรรถชัย จินตะเวช

ความเข้าใจระบบการผลิตอ้อยของเกษตรกรเป็นสิ่งที่จำเป็นต่อการพัฒนา และ/หรือ การปรับปรุงประสิทธิภาพระบบการผลิต ความเข้าใจนี้อาจจะเป็นความเข้าใจเชิงบรรยายหรือเชิงปริมาณ ซึ่งสามารถชี้ประเด็นปัญหาและอุปสรรคในการผลิตรวมทั้งโอกาสของการปรับปรุงด้านต่าง ๆ เช่น ด้านปัจจัยกายภาพ ชีวภาพ และสังคมเศรษฐกิจ เป็นต้น ความเข้าใจที่ได้ อาจจะทำให้เฝ้าระวังการแก้ปัญหาในระดับต่าง ๆ ของระบบการผลิต เช่น ระดับไร่นา ระดับองค์กรเกษตรกร และระดับ โรงงานอ้อย เป็นต้น

จุดประสงค์ของการสำรวจอีกประการหนึ่งคือการสำรวจหาข้อมูลพื้นที่ปลูกอ้อยจริงโดยใช้เครื่องตรวจวัดพิกัด GPS เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการเปรียบเทียบกับผลการแปลภาพถ่ายดาวเทียมข้อมูลเดือนพฤศจิกายน 2537 และเดือนเมษายน 2538

วิธีการสำรวจ

ใช้วิธีการสัมภาษณ์เกษตรกรในตำบลโนนท่อนที่ผลิตอ้อยทุกราย โดยใช้แบบสอบถามประเภทคำถามปิดและการสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้าง semi-structured (สุเกสิณี สุภธีระ, 2528)

ผลการสำรวจ

ประเภทเกษตรกร

เกษตรกรผู้ปลูกอ้อยต้องได้รับอนุญาตตามระบบโควตาจากโรงงานน้ำตาลในสังกัดจึงจะปลูกอ้อยได้ เจ้าหน้าที่ฝ่ายไร่ของโรงงานน้ำตาลเป็นผู้ดำเนินการตรวจสอบสภาพพื้นที่และกำหนดโควตา ระบบการผลิตอ้อยในตำบลโนนท่อนมีการจัดการหลายระดับตามขนาดพื้นที่ปลูก การสำรวจเกษตรกรผลิตอ้อยจำนวน 24 ราย (ตารางที่ 94) สามารถแบ่งตามขนาดพื้นที่ปลูกได้เป็นสองกลุ่มคือ

1. เกษตรกรที่มีพื้นที่ปลูกอ้อยน้อยกว่า 100 ไร่
2. เกษตรกรที่มีพื้นที่ปลูกอ้อยมากกว่า 100 ไร่

เกษตรกรปลูกอ้อยส่วนใหญ่มีฐานะเป็นหัวหน้าครอบครัว มีอายุตั้งแต่ 35-62 ปี การศึกษาชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ถึงมัธยมปลายปีที่ 5 และแรงงานในครัวเรือนมีตั้งแต่ 1-5 คน (ตารางที่ 95) เงินทุนที่เกษตรกรใช้ในการผลิตอ้อยส่วนใหญ่เป็นเงินของตัวเอง และโรงงานน้ำตาล สำหรับเกษตรกรทั้งสองกลุ่มและมีเกษตรกรบางรายได้เงินทุนมาจากสหกรณ์ ธกส. ญาติและเพื่อนบ้าน

ระบบการผลิตอ้อยของเกษตรกร

เกษตรกรปลูกอ้อยโดยใช้น้ำฝนเป็นหลัก และส่วนใหญ่ปลูกอ้อยข้ามแล้ง คือปลูกอ้อยระหว่างเดือนพฤศจิกายน-เดือนมกราคม เกษตรกรบางส่วนปลูกอ้อยต้นฝนคือปลูกอ้อยในระหว่างเดือนพฤษภาคมถึงเดือนมิถุนายน การ

ในหมู่เพื่อนเกษตรกรผู้ปลูก้อยด้วยกัน และในเกษตรกรรายที่มีต้นทุนในการผลิตที่สูงนั้นจะมีการบำรุงรักษา้อยเป็นอย่างดี ทำให้รายรับที่ได้จากการขาย้อยสูงไปด้วย ในขณะที่เกษตรกรในกลุ่มที่สองนั้นมีต้นทุนและรายรับจากการขาย้อยพอประมาณ แต่เกษตรกรในกลุ่มนี้จะมีโควต้า้อยจำนวนมาก เกษตรกรในกลุ่มนี้มีรายได้สามส่วนส่วนแรกจากค่าหัวตัน้อย ส่วนที่สองเป็นส่วนแบ่งจากการขายน้ำตาล และส่วนที่สามจากการขายท่อนพันธุ์้อย การสำรวจพบว่าร้อยละ 20-57 ของต้นทุนในการผลิต้อยเป็นค่าใช้จ่ายในการเก็บเกี่ยว้อย (ตารางที่ 97)

ปัญหาในการผลิต

การสำรวจเพื่อทราบระบบการผลิต้อยของเกษตรกรในพื้นที่ ต.โนนท่อน อ.เมือง จ.ขอนแก่น สามารถสรุปปัญหาของเกษตรกรได้ดังนี้

ปัญหาด้านกายภาพ

1. การผลิตส่วนใหญ่ผลิตบนดินขุดน้ำพอง ซึ่งเป็นดินที่มีลักษณะเป็นดินทราย และมีระดับความอุดมสมบูรณ์ต่ำ
2. การผลิตอาศัยน้ำฝนเป็นหลัก เกษตรกรไม่สามารถควบคุมเวลาและปริมาณของน้ำตามความต้องการของพืช

ปัญหาด้านชีวภาพ

1. พันธุ์้อยที่ใช้อยู่คิดว่ายังไม่ดีพอ อยากเปลี่ยนพันธุ์ถ้ามีพันธุ์ที่ดีกว่า และเกษตรกรอยากจะรู้ว่าในดินแต่ละที่ควรจะใช้พันธุ์อะไรปลูกถึงจะดี
2. เกษตรกรมีปัญหาในการกำจัดวัชพืชรากในการปลูกต้นฤดูฝน ยังไม่มีความรู้ที่ดีพอเกี่ยวกับการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดวัชพืชที่เหมาะสม
3. ไม่มีการบำรุง้อยต่อที่ดีพอ ทำให้ผลผลิตของ้อยต่อดำ
4. ปัญหาในเรื่องของโรคใบขาว และโรคแฉ้ดำ
5. ้อยตายแล้ง ขาดแหล่งน้ำ มีการระบาดของหนอนกอและปลวกเมื่อประสบภาวะแล้ง

ปัญหาด้านสังคมเศรษฐกิจ

1. การผลิต้อยใช้เงินทุนค่อนข้างสูง เกษตรกรขาดแหล่งเงินทุนที่มีดอกเบี้ยต่ำ เนื่องจากแหล่งเงินทุนที่เกษตรกรได้รับส่วนใหญ่คิดดอกเบี้ยในอัตราสูงมากประมาณร้อยละ 18 บาทต่อปี ส่วนใหญ่ได้รับจากโรงงานน้ำตาล
2. ้วยมีราคาสูงมาก และราคา้วยไม่แน่นอนในแต่ละปี
3. ราคา้อยไม่แน่นอน
4. คิดว่าค่าจ้างของโรงงานไม่ได้มาตรฐาน การจ่ายเช็คล่วงหน้าของโรงงาน ทำให้ถูกหักเงินเมื่อนำเช็คไปขึ้นเงิน
5. ปัญหาในเรื่องของแรงงานมีราคาแพงและหาได้ยาก ทำให้เกษตรกรบางรายคิดอยากเลิกปลูก้อย

ตารางที่ 97: ต้นทุนและรายได้จากการผลิตย่อย ในเขตตำบลโนนท่อน อ.เมือง จ.ขอนแก่น

รายชื่อ เกษตรกร	ค่าใช้จ่าย							ค่ากำจัดวัชพืช			ค่าเก็บ- เกี่ยว				
	เช่า แปลง	เชื้อเพลิง	ท่อน พันธุ์	ดูแล	จ้าง ปลูก	ปุ๋ย	ใส่ปุ๋ย	คน	ควาย	สาร เคมี	มัด	อบ	ต้นทุน รวม	ต้นทุน	รายได้
	บาท/ไร่ (น/อ)													%	น/อ
----- กลุ่มที่ 1 -----															
โนนท่อน 01	300	360	894		431	270			80	85	500	1,135	4,085	39	8,300
โนนท่อน 02		340	500		104	300		89		233					
โนนท่อน 03		340	127		251	396	107	190	80		480	1,143	3,114	52	4,190
โนนท่อน 04		310	115		280	393	80	185	133	180	300	570	2,551	34	2,708
โนนท่อน 05	200	350	204		194	553	15	186	80	164	275	600	2,821	31	4,580
โนนท่อน 06															
โนนท่อน 07		450	1,088		200	360	80				408	899	3,465	38	4,080
โนนท่อน 08															
โนนท่อน 09		360	1,300		500	700	184	150		110	750	1,733	5,787	43	8,267
โนนท่อน 10		330	839			660				51	550	1,210	3,840	48	7,150
โนนท่อน 11		340	269			254				40	692	500	2,095	57	2,000
โนนท่อน 12		330	811			340				148	457	1,006	3,092	47	4,846
โนนท่อน 13	200	330	714		95	540			38	11					
โนนท่อน 14		450	1,258		280	265			70	156					
โนนท่อน 15		380	650		350	700	80	180		240	400	1,100	4,060	37	8,000
โนนท่อน 16		390	545		182	273		500							
----- กลุ่มที่ 2 -----															
โนนท่อน 17		360	182		300	299	100	300		156	316	580	2,593	35	3,295
โนนท่อน 18	400	340	58		300	442	80	300	80	166	375	975	3,516	38	4,500
โนนท่อน 19	400	340	58		300	442	80	300	80	166	375	975	3,516	38	4,500
โนนท่อน 20		390		650		450					400	1,200	3,090	52	4,800
โนนท่อน 21		380	750	600		330					575	2,013	4,648	56	6,900
โนนท่อน 22		380	750	600		330					575	2,013	4,648	56	6,900
โนนท่อน 23	250	370	450		350	606	90	250	70	176	457	1,050	4,119	36	5,479
โนนท่อน 24		390		600		480					375	938	2,783	47	4,200
โนนท่อน 25		360	700		500	680	125		70	216	211	464	3,326	20	6,000
โนนท่อน 26		480			154	513	66		50	128	325	715	2,431	43	3,900

6. เกษตรกรบางรายที่เริ่มการผลิตข้าวขาดความเข้าใจระบบการตลาดข้าวเป็นอย่างมาก ทำให้ประสบภาวะขาดทุน และเนื่องจากความไม่เข้าใจวิธีการขายข้าว

ความช่วยเหลือที่เกษตรกรต้องการ

ความต้องการในระดับรายเกษตรกร และกลุ่มเกษตรกร

1. เพิ่มผลผลิตข้าว โดยการเปลี่ยนพันธุ์ข้าว
2. การจัดอบรมเกษตรกรผู้ปลูกข้าว เพื่อให้ได้ความรู้ที่ถูกต้องในการผลิตข้าว
3. ต้องการแหล่งเงินทุนที่มีดอกเบี้ยต่ำ เพื่อนำมาใช้ในการผลิตข้าว
4. ต้องการปุ๋ยเคมีราคาถูก

ความต้องการในระดับไตรภาคี (เกษตรกร-โรงงาน-รัฐ)

1. ต้องการมีคิวเสิร์ฟข้าวตลอด
2. ประกันราคาข้าวที่แน่นอนในแต่ละปี คิดว่าราคาไม่ควรต่ำกว่าตันละ 520 บาท โดยที่ยังไม่รวมค่าความหวาน

สรุป

การผลิตข้าวในเขตตำบลโนนท่อนเป็นการผลิตที่ใช้เทคโนโลยีทางเกษตรในระดับต่ำ ฟังพาททรัพยากรธรรมชาติเป็นอย่างมาก ทำให้เกษตรกรมีโอกาสน้อยในการควบคุมปัจจัยการผลิต ประสิทธิภาพของระบบการผลิตต่ำ ปัญหาของการผลิตด้านกายภาพคือดินเป็นดินทรายมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ ปัญหาในด้านชีวภาพคือโรคระบาดในฤดูฝน ปัญหาในด้านสังคมเศรษฐกิจคือการขาดระบบสินเชื่อที่เป็นธรรม ความต้องการในระดับครัวเรือนและกลุ่มเกษตรกรคือการให้ความรู้ที่ถูกต้องในการผลิตข้าว และความต้องการในระดับสหกรณ์คือราคาข้าวที่เป็นธรรม

ส่วนที่ 3

การประมาณผลผลิตอ้อยในพื้นที่ขนาดใหญ่
โดยใช้โปรแกรมเชื่อมโยง ThaiSIS 1.0

- แนวคิดและหลักการ (principles & concepts)
- ระบบฐานข้อมูลเชิงพื้นที่และเชิงอรรถ



ส่วนที่ 3 การประมาณผลผลิตอ้อยในพื้นที่ขนาดใหญ่โดยใช้
โปรแกรมเชื่อมโยง ThaiSIS 1.0

แนวคิดและหลักการ (principles & concepts)

อรรถชัย จินตะเวช สุวิทย์ เลหาศิริวงศ์ และ
เฉลิมพล ไหลรุ่งเรือง

การประมาณผลผลิตข้าวในพื้นที่ขนาดใหญ่ ระดับอำเภอ จังหวัด และเขตการผลิตข้าวเป็นกิจกรรมที่มีความสำคัญต่อการกำหนดราคาข้าวขึ้นต่ำของประเทศ เป็นกิจกรรมที่ดำเนินการอย่างต่อเนื่องในหลายองค์กรทั้งของภาครัฐและของภาคเอกชน วิธีการที่ใช้ส่วนใหญ่มีพื้นฐานจากการสำรวจภาคสนามและจากข้อมูลการผลิตในปีที่ผ่านมา เป็นวิธีการที่ยังไม่สะดวกต่อการผนวกปัจจัยด้านสภาพภูมิอากาศเกษตร ลักษณะทางกรรมพันธุ์ของข้าว ความชื้นดิน ระดับความอุดมสมบูรณ์ของดิน พัฒนาการและการเจริญเติบโตของข้าวแต่ละพันธุ์ในระดับการจัดการที่แตกต่างกันตามสภาพสังคมและเศรษฐกิจของเกษตรกร ซึ่งปัจจัยเหล่านี้เป็นปัจจัยที่มีความสำคัญต่อการให้ผลผลิตของข้าวเป็นอย่างมาก

โครงการ พทอ. ทำการวิจัยเพื่อพัฒนาและทดสอบแบบจำลองพัฒนาการและการเจริญเติบโตของข้าวซึ่งสามารถนำปัจจัยดังกล่าวประมวลกันอย่างเป็นระบบในรูปของแบบจำลองข้าว เมื่อแบบจำลองข้าวได้รับการทดสอบกับข้อมูลในประเทศไทยอย่างเพียงพอ ผู้ใช้งานสามารถนำแบบจำลอง-ข้าวร่วมในการประมาณผลผลิตข้าว ร่วมกับเทคโนโลยีสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ และเทคโนโลยี-ข้อมูลระยะไกล ทำให้การคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงในระดับกระบวนการทำได้อย่างมีประสิทธิภาพ อย่างไรก็ตามหลักการสำคัญประการหนึ่งในการใช้แบบจำลองร่วมกับเทคโนโลยีสารสนเทศอื่น ๆ คือการที่ผู้ใช้งานทั่วไปที่ไม่ต้องมีความเข้าใจและการฝึกอบรมอย่างหนัก ก็สามารถใช้เครื่องมือเหล่านี้ในการศึกษา ประเมินผลของระบบการผลิตข้าว และผลลัพธ์ของระบบการผลิตในพื้นที่ต่าง ๆ

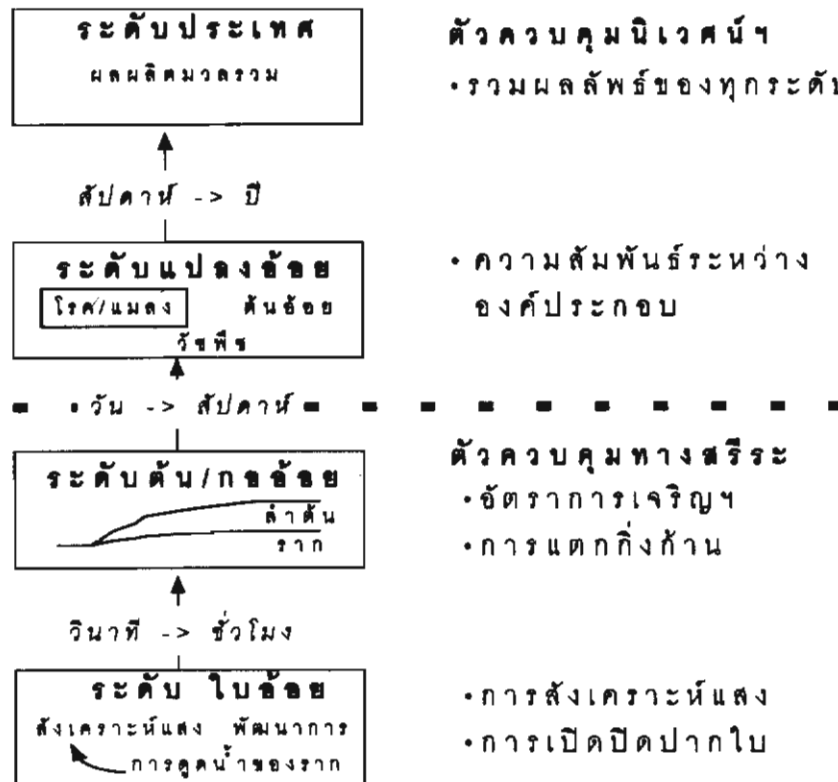
โปรแกรมเชื่อมโยง ThaiSIS 1.0 พัฒมาขึ้นเพื่อให้ผู้ใช้งานประมาณผลผลิตข้าวในพื้นที่ขนาดใหญ่ได้ โดยผู้ใช้งานต้องมีข้อมูลเชิงพื้นที่และเชิงเวลาที่เหมาะสม ประการสำคัญในการใช้งานโปรแกรมคือความเข้าใจเกี่ยวกับการขยายผลการคาดการณ์ที่ได้จากการใช้แบบจำลองข้าว ThaiCane ร่วมกับฐานข้อมูลทั้งสองฐาน

การขยายผล (scaling from field to regional level)

นักวิชาการเกษตรในสาขาวิชา ปรับปรุงพันธุ์พืช ปฐพีวิทยา ภูมิวิทยา โรคพืช วิศวกรรม และอื่น ๆ อีกมากมายมีความมุ่งหวังที่จะเห็นการขยายผลงานวิจัยในสถานทดลองไปสู่เกษตรกร เพื่อการพัฒนาและปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตทางพืชและทางสัตว์ เพื่อความมั่นคงในการผลิตอาหาร ปัญหาที่สำคัญมากคือ การวิเคราะห์โครงสร้างของระบบเกษตร และการคาดการณ์ผลลัพธ์ของระบบเกษตรในพื้นที่ขนาดใหญ่ (regional level) ให้มากกว่าแปลงทดลอง (field level) ที่นักวิชาการเกษตรคุ้นเคยในสถานทดลอง เป็นปัญหาที่ท้าทายความสามารถและเป็นปัญหาที่มีความซับซ้อนมาก เนื่องจากระบบเกษตรซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของระบบนิเวศธรรมชาตินั้นเมืองค-ประกอบมากมาย แต่ละองค์ประกอบมีหน้าที่ บทบาท ในระบบแตกต่างกัน เป็นความแตกต่างในด้านเวลา (temporal) และสถานที่ (spatial)

การขยายผล (scaling up) และการย่อส่วนของผล (scaling down) งานวิจัยทางเกษตรเป็นการขยาย-ผลกระบวนการทางชีวภาพและทางกายภาพจากระดับใบข้าวถึงระดับประเทศ (รูปที่ 33) การเปลี่ยนแปลงระดับการสังเคราะห์แสงของใบข้าวส่งผลกระทบต่อการสะสมน้ำหนักรวมของข้าวทั้งน้ำหนักลำต้นและน้ำหนัก

รูปที่ 33: กรอบการขยายผลจากระดับใบย่อยถึงระดับประเทศ
in temporal scale only *NEEDED* spatial scale



ราก และมีผลโดยตรงต่อผลผลิตน้ำตาล การที่อ้อยมีอัตราการเจริญเติบโตลดลงส่งผลกระทบต่อความสามารถในการสังเคราะห์แสงเนื่องจากการสร้างใบใหม่มีน้อยลง ดังนั้นการขยายผลงานวิจัยในระดับกออ้อยขึ้นสู่ระดับแปลงอ้อยและในที่สุดระดับประเทศต้องเข้าใจว่าอิทธิพลของปัจจัยทางชีวภาพและกายภาพมีผลอย่างไร ขนาดเท่าใดต่อกระบวนการในระดับที่เล็กที่สุดที่จะทำได้ ในที่นี้คือระดับใบอ้อย ต้องเข้าใจอิทธิพลทั้งทางตรงและทางอ้อมของปัจจัยเหล่านั้น

หลักการที่สำคัญประการหนึ่งการขยายผลงานวิจัยในระดับเล็กสู่ระดับใหญ่ คือ ระยะเวลาในการตอบสนอง (time scale) ของกระบวนการที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมหรือระดับการจัดการ หมายถึงการเปลี่ยนแปลงอัตราการใส่ปุ๋ยเคมีชนิดต่างๆ ในอ้อยแต่ละพันธุ์ ในระดับใบอ้อยการลดลงของระดับความชื้นในดินมีผลทันทีต่อการเปิดปิดของปากใบ และในทางตรงส่งผลกระทบต่อกระบวนการสังเคราะห์ในเวลาเพียงไม่กี่วินาทีและส่งผลกระทบต่อสมรรถนะของกออ้อยในทางตรงเช่นกันแต่อาจจะใช้เวลาเป็นวันถึงจะเห็นผลชัดเจน

การพัฒนาแบบจำลองส่วนใหญ่เน้นการพัฒนาแบบจำลองเพื่อบรรยายกระบวนการของพืช-ดิน (process) เพื่อทราบสถานะภาพและพฤติกรรมของพืช-ดิน (behavior) และเพื่อทราบผลลัพธ์ของการจัดการพืช-ดิน (performance) ทั้งสามคำมีความหมายต่างกัน ลองพิจารณาตัวอย่างต่อไปนี้ การระบายน้ำออกจากดิน การ-

สังเคราะห์แสงเป็นกระบวนการ ดินแห้งมีพฤติกรรมคล้ายกับสปริงมีความแข็ง ในขณะที่ดินชื้นมีพฤติกรรมคล้ายกับฟองน้ำมีความนุ่ม ดินอิมน้ำมีพฤติกรรมคล้ายกับของเหลว ส่วนผลลัพธ์เห็นได้ชัดว่าดินที่มีการระบายน้ำดีเหมาะสมต่อการปลูกข้าวโพด มากกว่าการปลูกข้าวนาดำ หรือพืชที่มีกระบวนการสังเคราะห์แสงเป็น C4 จะมีผลผลิตดีกว่าในสภาพอากาศร้อน การขยายผลของกระบวนการในระดับเล็กสู่พื้นที่ขนาดใหญ่โดยใช้แบบจำลองพืช ในที่นี้คือแบบจำลองอ้อย ThaiCane 1.0 ทำให้ผู้ใช้งานมีความมั่นใจมากกว่าวิธีการขยายผลวิธีการอื่นเนื่องจากได้ประมวลผลความเข้าใจในระดับกระบวนการ พฤติกรรมของพืช-ดิน และผลลัพธ์ของการจัดการพืชดินไว้ในแบบจำลองแล้ว คุณสมบัติเฉพาะของดิน-พืชในเวลาและพื้นที่ต่าง ๆ แตกต่างกันไป และมีผลโดยตรงต่อกระบวนการ พฤติกรรมของพืช-ดิน และผลลัพธ์คุณสมบัติเฉพาะของดิน-พืช

เนื่องจากระบบเกษตรมีความซับซ้อน การที่จะขยายผลงานวิจัยได้อย่างมีประสิทธิภาพจำเป็นต้องมีข้อมูลสภาพภูมิอากาศเกษตร ข้อมูลดิน ข้อมูลระบบจัดการผลิตพืช เพื่อประกอบการคาด-การณ์ผลผลิตพืชในพื้นที่ต่าง ๆ รวมทั้งระดับการจัดการต่าง ๆ ของเกษตรกรจำนวนมากได้อย่างเหมาะสม แม้ที่จริงแล้วประเทศไทยเป็นประเทศที่มีข้อมูลทางเกษตรเป็นจำนวนมากประเทศหนึ่งในโลก กระจัดกระจายอยู่ตามหน่วยงานที่รับผิดชอบทั้งในระดับกรม และระดับกระทรวง หลักการสำคัญประการหนึ่งในการขยายผลงานวิจัยทางเกษตรโดยใช้แบบจำลองพืชและระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์คือการจัดฐานข้อมูลเชิงพื้นที่และฐานข้อมูลเชิงอรรถให้มีมาตรฐานเดียวกัน สามารถแลกเปลี่ยนกันได้ และสามารถตรวจสอบและปรับปรุงให้ทันสมัยได้ตลอดเวลา

สรุป

การคาดการณ์ผลผลิตอ้อยในพื้นที่ขนาดใหญ่เป็นกิจกรรมที่มีความซับซ้อนมาเนื่องจากมีกระบวนการทางชีวภาพและกายภาพที่สำคัญหลายกระบวนการ รวมทั้งมีปัจจัยเกี่ยวข้องมากมาย หลักการสำคัญที่ควรคำนึงในการขยายผลงานวิจัยจากระดับท้องถิ่นถึงระดับประเทศคือต้องทำความเข้าใจอิทธิพลของปัจจัยต่าง ๆ ต่อกระบวนการในระดับที่สนใจ และต้องพิจารณาถึงระยะเวลาที่กระบวนการในระดับต่าง ๆ ใช้ในการตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงของระดับปัจจัยด้วย ประการสำคัญในการขยายผลการวิจัยคือระบบฐานข้อมูลมาตรฐานที่สามารถแลกเปลี่ยน ตรวจสอบ และปรับปรุงได้

ฐานข้อมูลที่ดี น่าเชื่อถือ เป็นผลลัพธ์ส่วนหนึ่งของการดำเนินงานวิจัยตามแนว modeling & system simulation ปัจจุบันมีหน่วยงานที่ปฏิบัติงานจัดเก็บข้อมูลอยู่มากมาย มีองค์ประกอบของข้อมูลตามภารกิจของหน่วยงาน ที่น่าจะเป็นไปได้ในประเทศไทยคือฐานข้อมูลมาตรฐาน หรือรูปแบบมาตรฐานของข้อมูลที่ถูกเก็บรักษาข้อมูลแต่ละหน่วยทำความเข้าใจและใช้ร่วมกันเพื่อประโยชน์ของการใช้ข้อมูลในการตัดสินใจทางเกษตร เช่น ใช้ร่วมกับแบบจำลองอ้อยในการคาดการณ์ผลผลิตอ้อยในพื้นที่ขนาดใหญ่ เป็นต้น

ส่วนที่ 3 การประมาณผลผลิตอ้อยในพื้นที่ขนาดใหญ่โดยใช้
โปรแกรมเชื่อมโยง ThaiSIS 1.0

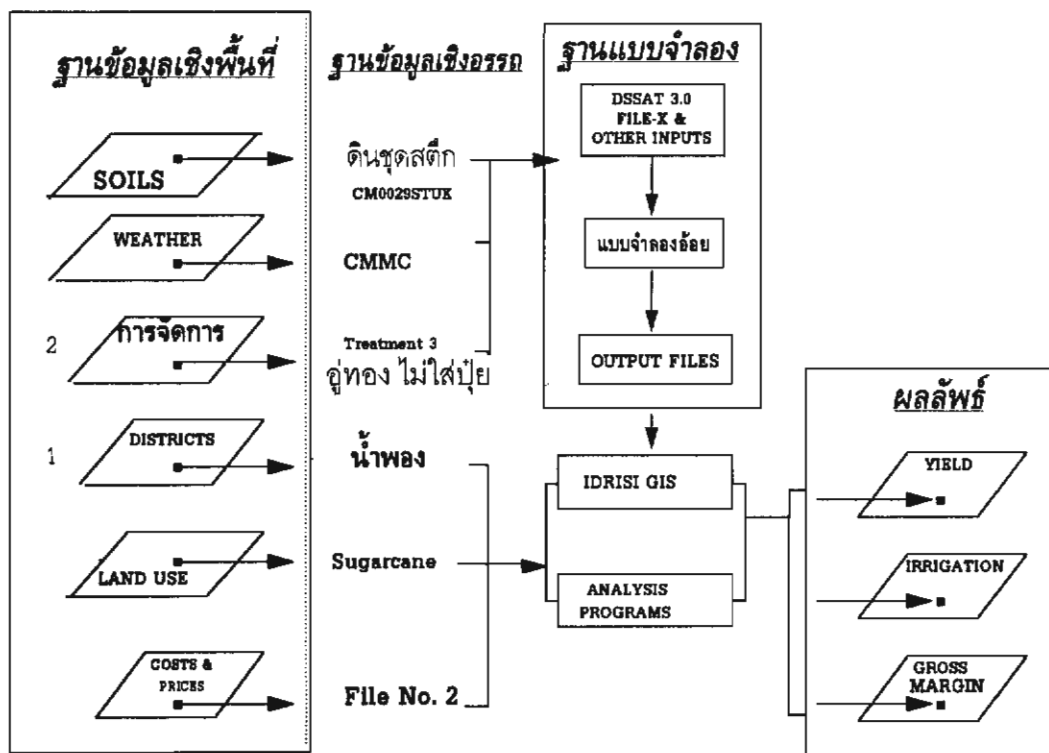
ระบบฐานข้อมูล ThaiSIS 1.0

อรรถชัย จินตะเวช และ Phillip K. Thornton

การเสนอให้มีฐานข้อมูลทางเกษตรที่ผู้ใช้งานสามารถเข้าถึง เรียกใช้ ปรับปรุงให้ทันสมัย เป็นเรื่องที่มีมาช้านานทั้งในระดับนานาชาติ (Nix, 1984; Tsuji et al, 1994) และระดับชาติ (พนมศักดิ์ พรหมบุญ และ เมธี เอกสิงห์ และ, 2539)

โครงการ พทอ. ดำเนินการวิจัยเพื่อพัฒนาและทดสอบแบบจำลองพัฒนาการและการเจริญเติบโตของอ้อยที่เหมาะสมในประเทศ โดยคำนึงถึงปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการสำคัญในอากาศพืช-ดิน แบบจำลองอ้อยที่พัฒนาได้นำไปประกอบการคาดการณ์ผลผลิตอ้อยในพื้นที่ขนาดใหญ่โดยการเชื่อมโยงของโปรแกรม ThaiSIS 1.0 ภายใต้ระบบฐานข้อมูลมาตรฐานซึ่งสามารถนำปัจจัยดังกล่าวประมวลกันอย่างเป็นระบบ ผู้ใช้งานโปรแกรม ThaiSIS 1.0 ต้องมีฐานข้อมูลเชิงพื้นที่ (spatial database) และฐานข้อมูลเชิงอรรถ (attribute database) ขึ้นตัว (รูปที่ 34) เพื่อใช้โปรแกรมในการคาดการณ์ผลผลิตอ้อยในพื้นที่ขนาดใหญ่

รูปที่ 34: ฐานข้อมูล ThaiSIS เพื่อการขยายผลจากระดับต้นอ้อยถึงระดับประเทศ



ฐานข้อมูลเชิงพื้นที่

เป็นฐานข้อมูลแสดงคุณสมบัติทางภูมิศาสตร์ของวัตถุ และ/หรือ สิ่งของบนพื้นผิวโลก แสดงลักษณะทั้งในด้านรูปร่าง ขนาด ขอบเขต (shape) และตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ (position) เป็นข้อมูลที่มี 2 dimensions ขึ้นไป ซึ่ง

แสดงความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลนั้น ๆ กับระยะทาง เป็นข้อมูลที่ผู้ใช้งานต้องทราบจุดพิกัดของแต่ละตำแหน่งของข้อมูล เช่น ข้อมูลแสดงขอบเขตของคณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ข้อมูลแสดงขอบเขตที่ดินในแปลงทดลองของสถานีวิจัยและฝึกอบรมแม่เหียะของคณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ หรือ ข้อมูลแสดงขอบเขตราคาที่ดินในเขตตำบลสุเทพ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ เป็นต้น ปัญหาหลักของข้อมูลเชิงพื้นที่คือรูปแบบของการจัดเก็บของแต่ละหน่วยงาน มีความหลากหลายตามโปรแกรมและระบบที่ใช้ในหน่วยงาน มีความหลากหลายในด้านมาตราส่วน projection ระยะเวลาในการจัดเก็บ ลักษณะของข้อมูลในรูปแบบของ raster และ vector

ในกรณีของโปรแกรม ThaiSIS 1.0 ต้องการข้อมูลเชิงพื้นที่ที่สามารถใช้งานร่วมกันทั้งสิ้นหกประเภท (ตารางที่ 98) เป็นข้อมูลประเภท image file ของโปรแกรม IDRISI รุ่นที่สามารถปฏิบัติงานได้บนระบบจัดการ DOS เครื่องคอมพิวเตอร์แบบ PC ข้อมูลเหล่านี้มีที่มาจากหลายแหล่ง เช่น แผนที่ดินของกรมพัฒนาที่ดิน แผนที่สภาพภูมิประเทศของกรมแผนที่ทหาร แผนที่ได้จากการแปลข้อมูลดาวเทียม การสำรวจภาคสนาม และภาพถ่ายทางอากาศ ผู้ใช้งานสามารถพัฒนาและสืบหาได้จากหน่วยงานต่าง ๆ โดยทั่วไปสามารถนำเข้าข้อมูลเหล่านี้ได้โดยการ digitize, scanning, image processing, direct data entry, data transfer technologies

ข้อมูลแสดงขอบเขตการปกครองหรือเขตการผลิตย่อย

เป็นแผนที่แสดงขอบเขตตำบล และ/หรือ ขอบเขตอำเภอ และ/หรือ เขตการผลิตย่อย และ/หรือ ขอบเขตอื่น ๆ ที่ผู้ใช้งานระบบกำหนด ใช้กำหนดขนาดและที่ตั้งของหน่วยต่าง ๆ ที่กล่าวมาแล้ว โปรแกรม ThaiSIS 1.0 ใช้ขอบเขตใดขอบเขตหนึ่งในการจำกัดขนาดของข้อมูลเชิงอรรถในการคาดการณ์ผลผลิตย่อย ผู้ใช้งานสามารถนำเข้าแผนที่เหล่านี้โดยใช้ไดอะนำเข้าข้อมูล (digitizer)

ตารางที่ 98: ข้อมูลในระบบ ThaiSIS 1.0

ชนิดข้อมูล	ที่มา	วิธีการนำเข้าคอมพิวเตอร์
ขอบเขตภูมิอากาศ	กรมอุตุนิยมวิทยา	digitize
ขอบเขตดิน	กรมพัฒนาที่ดิน	digitize
ขอบเขตการปกครอง	กรมการปกครอง	digitize
ขอบเขตราคาอ้อย	สอน.	Digitize
ขอบเขตต้นทุนการผลิตอ้อย	สอน.	Digitize
ขอบเขตพื้นที่ปลูกอ้อย	ข้อมูลดาวเทียม	แปลข้อมูลดาวเทียม

ข้อมูลแสดงขอบเขตภูมิอากาศเกษตร

เป็นแผนที่แสดงขอบเขตสภาพอากาศเกษตรรายปี แสดงว่าในพื้นที่หนึ่ง ๆ มีสภาพภูมิอากาศเกษตรเป็นลักษณะใด ครอบคลุมพื้นที่ในลักษณะไหน โปรแกรม ThaiSIS 1.0 ใช้ขอบเขตนี้ในการเรียกข้อมูลเชิงอรรถสภาพอากาศเกษตรได้แก่ พลังงานแสงอาทิตย์ อุณหภูมิอากาศสูง-ต่ำ และปริมาณน้ำฝนรายวัน เพื่อใช้ร่วมกับแบบจำลองย่อย ThaiCane ในการคาดการณ์ผลผลิตย่อย ผู้ใช้งานสามารถนำเข้าแผนที่แสดงขอบเขตภูมิอากาศเกษตรโดยใช้โต๊ะนำเข้าข้อมูล (digitizer)

ข้อมูลแสดงขอบเขตชุดดิน

เป็นแผนที่แสดงขอบเขตชุดดิน หรือกลุ่มชุดดินในพื้นที่หนึ่ง ๆ ตามคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีที่มีผลต่อการจัดการเพื่อผลิตย่อย ทั้งทางเกษตรและสิ่งแวดล้อม โปรแกรม ThaiSIS 1.0 ใช้ขอบเขตนี้ในการเรียกข้อมูลเชิงอรรถคุณสมบัติดังกล่าวได้แก่ ความหนาแน่นรวม %sand %silt %ทรายหยาบ ความเป็นกรดเป็นด่าง ระดับธาตุไนโตรเจน ระดับธาตุฟอสฟอรัส ระดับธาตุโพแทสเซียม เพื่อใช้ร่วมกับแบบจำลองย่อย ThaiCane ในการคาดการณ์ผลผลิตย่อย ผู้ใช้งานสามารถนำเข้าแผนที่แสดงขอบเขตชุดดิน หรือ กลุ่มชุดดินได้โดยใช้โต๊ะนำเข้าข้อมูล (digitizer)

ข้อมูลแสดงขอบเขตการจัดการ

เป็นแผนที่แสดงขอบเขตระบบการจัดการผลิตย่อย ตามสภาพสังคมและสภาพเศรษฐกิจของชาวไร่ และระบบการสนับสนุนของโรงงานน้ำตาล โปรแกรม ThaiSIS 1.0 ใช้ขอบเขตนี้ในการเรียกข้อมูลเชิงอรรถที่เก็บในแฟ้มข้อมูล LF IEX (Tsuji et al, 1994) เพื่อใช้ร่วมกับแบบจำลองย่อย ThaiCane 1.0 ในการคาดการณ์ผลผลิตย่อย แผนที่นี้สามารถนำเข้าในระบบโดยใช้โต๊ะนำเข้าข้อมูล (digitizer)

ข้อมูลแสดงขอบเขตของต้นทุนการผลิตและราคาย่อย

เป็นแผนที่แสดงขอบเขตของต้นทุนการผลิตย่อยและราคาย่อยตามระบบการซื้อขายของโรงงาน โปรแกรม ThaiSIS 1.0 ใช้ขอบเขตนี้ในการเรียกข้อมูลเชิงอรรถที่เก็บในแฟ้มข้อมูล PRICE (Tsuji et al, 1994) เพื่อใช้ในการคำนวณรายจ่าย-รายได้จากการผลิตย่อย

ข้อมูลแสดงขอบเขตพื้นที่ปลูกย่อย

เป็นแผนที่แสดงขอบเขตแปลงปลูกย่อยที่มีในพื้นที่จริง โปรแกรม ThaiSIS 1.0 ใช้ขอบเขตนี้ในการซ้อนทับกับขอบเขตสภาพอากาศเกษตร และขอบเขตชุดดิน เพื่อกำหนดข้อมูลเชิงอรรถที่จำเป็นในการปฏิบัติงานของแบบจำลอง ThaiCane 1.0 ซึ่งจะทำให้การคาดการณ์ผลผลิตย่อยเฉพาะในพื้นที่ปลูกย่อยเท่านั้น ผู้ใช้งานสามารถนำเข้า

แผนที่แสดงขอบเขตพื้นที่การปลูกข้าวได้โดยการแปลงข้อมูลดาวเทียมซึ่งได้มีการวิจัยและแสดงผลการศึกษาโดยถาวร อ่อนประไพ และคณะ ในรายงานฉบับนี้

ฐานข้อมูลเชิงอรรถ

ThaiSIS 1.0 ใช้ระบบฐานข้อมูลเชิงอรรถ (attribute database) เช่นเดียวกับระบบฐานข้อมูล DSSAT 3.0 (Tsuji et al, 1994) ฐานข้อมูลเชิงอรรถเป็นข้อมูลแสดงคุณสมบัติของสิ่งของ และ/หรือวัตถุ เช่น ข้อมูลแสดงระดับความสูงจากน้ำทะเลปานกลางของคณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ข้อมูลแสดงชื่อชุดดินในแปลงทดลองของสถานีวิจัยและมีกอบรมแม่เหียะของคณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ หรือ ข้อมูลราคาที่ดินในเขตตำบลสุเทพ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ เป็นต้น

ในระบบโปรแกรม ThaiSIS 1.0 ต้องการข้อมูลเชิงอรรถสี่ประเภท (ตารางที่ 99) เป็นข้อมูลที่เก็บในรูปแบบ ASCII ของเครื่องคอมพิวเตอร์แบบ PC ข้อมูลเหล่านี้มีที่มาจากหลายแหล่ง เช่น ข้อมูลดินจากกรมพัฒนาที่ดิน ข้อมูลสภาพอากาศจากกรมอุตุนิยมวิทยา ข้อมูลการจัดการพืช-ดิน ผู้ใช้งานสามารถพัฒนาและสืบหาได้จากหน่วยงานต่าง ๆ โดยทั่วไปสามารถนำเข้าสู่ข้อมูลเหล่านี้ได้โดยการ key board input

ตารางที่ 99: ข้อมูลเชิงอรรถในระบบ ThaiSIS 1.0

ชนิดข้อมูล	ที่มา	วิธีการนำเข้าในคอมพิวเตอร์
สภาพอากาศเกษตรรายวัน	• สถานีตรวจอากาศ กรมอุตุนิยมวิทยา • ศูนย์วิจัยพืชไร่และสถานีทดลองพืชไร่ กรมวิชาการเกษตร • กรมชลประทาน • กรมป่าไม้ • มหาวิทยาลัย	โดย keyboard ในแฟ้มข้อมูลที่มีนามสกุล *.WTH.
คุณสมบัติทางกายภาพ/เคมีดิน	กรมพัฒนาที่ดิน	นำเข้าโดยโปรแกรม DLDSIS ในแฟ้ม SOIL.SOL
ลักษณะเฉพาะพันธุ์	กรมวิชาการเกษตร	นำเข้าโดย keyboard ในแฟ้มข้อมูลที่มีนามสกุล *.CUL
การจัดการผลผลิตย่อย	ผู้ใช้งานโปรแกรม ThaiSIS 1.0	นำเข้าโดย keyboard ในแฟ้ม FILEX

ส่วนที่ 4

การขยายหลักการ

- หลักการของอักษรสัมพันธ์และสหสื่อ
- สหสื่อ CANEFOPEDIA
- โครงสร้างการฝึกอบรม ThaiSIS 1.0



ส่วนที่ 4: การขยายหลักการ

หลักการของอักษรสัมพันธ์และสหสื่อ

ศักดิ์ดา จงแก้ววัฒนา และ อรรถชัย จินตะเวช

การขยายหลักการในที่นี้หมายถึงกิจกรรมที่กำหนดขึ้นและจะดำเนินการเพื่อย้ายหลักการและแนววิจัยโดยใช้ modeling and simulation technique ในวงการวิจัยเกษตร เน้นแบบจำลองพืชเป็นหลัก โดยจะดำเนินการให้เกิดผลในทางปฏิบัติหลายทาง เช่น การใช้สื่อนี้ และการฝึกอบรมหลักการและการใช้งานแบบจำลองย่อย ThaiCane 1.0 การใช้โปรแกรมเชื่อมโยง ThaiSIS 1.0 และ การทำงานทดลองจริงเพื่อให้เกิดความเข้าใจและเกิดเป็นกลุ่มวิจัยในประเทศไทยในอีก 3-5 ปี ข้างหน้า ในบทนี้กล่าวถึงหลักการสำคัญของเทคโนโลยีสารสนเทศ อักษรสัมพันธ์และสื่อนี้

อักษรสัมพันธ์ (hypertext) และ สื่อนี้ (multimedia) เป็นเทคโนโลยีสารสนเทศที่เอื้อให้มีการสอดประสาน การใช้งานข้อมูลในรูปแบบต่าง ๆ (complex information management systems) เป็นไปอย่างมีความสะดวกและมีประสิทธิภาพ ผู้พัฒนาเทคโนโลยีชนิดนี้สามารถ สร้าง เชื่อมโยง และแลกเปลี่ยนข้อมูลที่อยู่ในรูปตัวอักษร (text) ภาพนิ่ง (graphics) เสียง (audio) ภาพเคลื่อนไหว (video) ภาพการจำลองเหตุการณ์ (animation) และ โปรแกรมคอมพิวเตอร์ (programs) ทั้งสื่อนี้และอักษรสัมพันธ์สนับสนุนให้ผู้ใช้งานเข้าถึง (access) ข้อมูลข่าวสารแบบไม่เป็นเส้นตรง (non-linear) หรือแบบไม่ตามลำดับได้ (non-sequential) ซึ่งทำให้ผู้ใช้งานข้อมูลและเทคโนโลยีสารสนเทศประเภทนี้สามารถตัดสินใจเพื่อประกอบกิจกรรมด้านต่าง ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพและประสิทธิผลมากกว่าวิธีการเดิม เช่น การค้นคว้าจากหนังสือและตำรา หรือฐานข้อมูลทั่วไป ผู้ใช้งานสามารถจะเรียนรู้และสืบเสาะองค์ความรู้ตามความเหมาะสมและความถนัดของแต่ละคนโดยไม่จำเป็นต้องเดินตามกระบวนการดั้งเดิม

งานวิจัยส่วนหนึ่งของโครงการ พทอ. คือการวิจัยเพื่อนำผลงานวิจัยไปสู่ผู้ใช้งานของผลวิจัยนี้อย่างแพร่หลายในทุกรูปแบบ และให้เป็นประโยชน์ต่อผู้ใช้งานทุกระดับ โครงการได้กำหนดรูปแบบของการเผยแพร่ผลงานวิจัยไว้ 3 รูปแบบ คือ 1) การฝึกอบรมเพื่อให้ผู้สนใจสามารถใช้โปรแกรมเชื่อมโยง ThaiSIS ในการคาดการณ์ผลผลิตย่อยในพื้นที่ขนาดใหญ่ได้ 2) การพิมพ์เอกสารเผยแพร่ผลงานวิจัยในสิ่งพิมพ์สาธารณะรูปแบบต่าง ๆ และ 3) การพัฒนา อักษรสัมพันธ์ และ สื่อนี้ ที่เกี่ยวข้องกับข้อมูล เช่น สื่อนี้ CANEFOPEdia ซึ่งรวบรวมเรื่องราวเกี่ยวกับพันธุ์ย่อย การจัดการแปลงย่อย แบบจำลองพัฒนาการและการเจริญเติบโตของข้อมูล และการใช้งานโปรแกรม ThaiSIS 1.0 เป็นต้น

หลักการของอักษรสัมพันธ์และสื่อนี้ (hypertext and multimedia principles)

อักษรสัมพันธ์ (hypertext หรือ non-linear text) หมายถึง แนวทางหนึ่งในการรวบรวมข้อมูล digital ซึ่งสภาพเดิมเป็นตัวอักษร (text) และ/หรือ รูปภาพ (graphic) ให้อยู่ในสภาพที่เหมาะสม (node) สามารถเชื่อมโยง (link) กันได้ ประการสำคัญอักษรสัมพันธ์เป็นแนวคิด เป็นหลักการและเป็นวิธีการ แต่ไม่ได้เป็นผลผลิต หรือ ผลิตภัณฑ์ (product) ของเทคโนโลยีสารสนเทศ ผลผลิตที่เกิดจากแนวคิดนี้ในวงการเทคโนโลยีสารสนเทศ เช่น สื่อนี้ในรูปแบบของแผ่นซีดีรอม (CD-ROM) และ ข่ายเชื่อมโยงโลกกว้าง (WWW) เป็นต้น

หนังสือ หมายถึง ผลิตภัณฑ์ (product) ของเทคโนโลยีสารสนเทศซึ่งรวบรวมและเชื่อมโยงข้อมูล digital ของสื่อแต่ละชนิดเข้าด้วยกันอย่างเหมาะสมต่อการใช้งาน หนังสือหนึ่ง ๆ อาจจะประกอบไปด้วยข้อมูลที่เป็นตัวอักษร (text) ภาพนิ่ง (graphics or picture) ภาพของจริงเคลื่อนไหว (video) ภาพจำลองเหตุการณ์เคลื่อนไหว (animation) และเสียง (sound) หนังสือมีลักษณะเฉพาะดังต่อไปนี้

1. เป็น Graphic User Interface ที่ช่วยให้ผู้ใช้งานสามารถเข้าถึงข้อมูลที่ต้องการโดยการเชื่อมโยงของข้อมูลข่าวสารในกลุ่มเดียวกัน (รูปที่ 35) และสามารถอ่าน ทำความเข้าใจและพิมพ์ข้อมูลเหล่านั้นได้
2. เป็นโปรแกรมช่วยในการสร้างการเชื่อมโยงและปรุงแต่งรูปแบบของข้อมูลข่าวสารให้อยู่ในรูปแบบที่เชื่อมโยงกันได้โดยวิธี digital
3. เป็นเทคโนโลยีสารสนเทศที่ให้ความสำคัญแก่ผู้ใช้งาน

ผลลัพธ์ของงานวิจัยโดยใช้หลักการอักษรสัมพันธ์

ในโครงการ พทอ. ผลลัพธ์หรือผลผลิตของการวิจัยโดยใช้แนวคิดและหลักการอักษรสัมพันธ์คือเทคโนโลยีสารสนเทศที่เรียกว่า หนังสือสารานุกรมอ้อย CANEFOPEdia ซึ่งคาดว่าจะสามารถนำเผยแพร่ต่อผู้ใช้งานในระยะเวลายาวนานนี้ ทำให้สามารถเข้าถึงข้อมูลเกี่ยวกับอ้อยได้อย่างอิสระ

ข้อดีของเทคโนโลยี

1. ผู้พัฒนาหนังสือและอักษรสัมพันธ์สามารถเก็บข้อมูลในรูปแบบ digital ได้มากกว่าการเก็บรูปหนังสือ ทำให้การเชื่อมโยงข้อมูลที่สัมพันธ์กันเป็นไปอย่างสมบูรณ์
2. ผู้พัฒนาและผู้ใช้งานสามารถปรับปรุงเนื้อหาหรือข้อมูลได้ในระยะเวลายาวนาน
3. ผู้ใช้งานสามารถสืบค้นข้อมูลได้อย่างรวดเร็ว เนื่องการจัดเก็บในรูปแบบ digital มีระบบจัดเก็บที่มีประสิทธิภาพสูงกว่า
4. ผู้ใช้งานสามารถนำข้อมูลที่สืบค้นได้ไปใช้งานทันทีในรูปแบบ digital

สรุป

การผลิตหนังสือนั้นสิ่งสำคัญคือองค์ความรู้ในเรื่องนั้น ๆ (knowledge bases) อุปกรณ์สนับสนุนการผลิตหนังสือและบุคคลากรที่มีความชำนาญในการใช้โปรแกรม

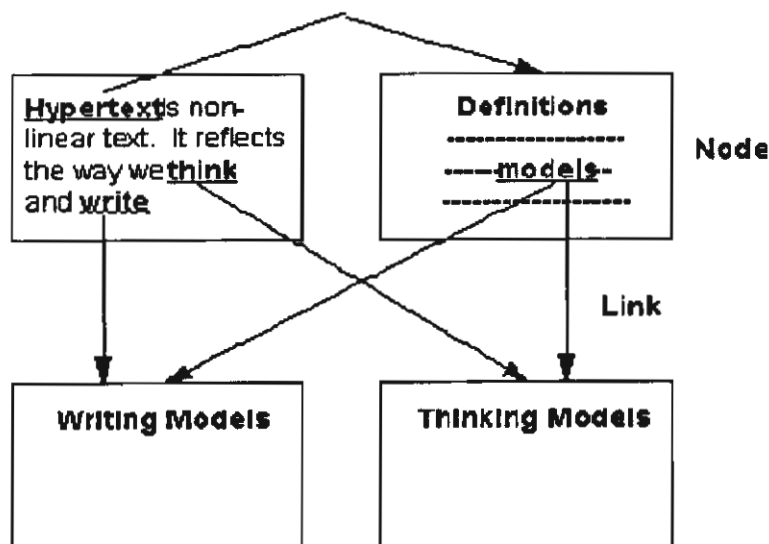
ในด้านองค์ความรู้นั้นคณะผู้วิจัยฯ จะเริ่มต้นดำเนินการประสานกับกรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ สำนักงานอ้อยและน้ำตาลทราย กระทรวงอุตสาหกรรม และเกษตรกรผู้ชำนาญงาน เพื่อรวบรวมเอกสารวิชาการและสถิติเกี่ยวกับเรื่องอ้อย โดยจะเริ่มจากเรื่องที่มีความอึดตัวแล้วในเชิงวิชาการและเป็นประเด็นสำคัญในการผลิตอ้อย ไม่ซับซ้อนมากเกินไปในการพัฒนาหนังสือรุ่นแรก กลยุทธ์แรกคือการรวบรวมเอกสารแหล่ง

นั้นให้อยู่ในสถานที่เดียวกัน อยู่ในรูปแบบที่สามารถสังเคราะห์ให้เป็นองค์ความรู้ (real knowledge base) ที่บุคคลทั่วไปสามารถนำไปใช้งานได้ก่อน

ในด้านอุปกรณ์การผลิตสื่อนั้น เนื่องจากต้องการ software ที่เกี่ยวข้องมากชนิด เช่น authoring tool (AUTHORWARE, DIRECTOR, etc) hypertext software, sound edit, image processing เป็นต้น คณะผู้วิจัยจะดำเนินการประสานงานกับกลุ่มวิจัยอื่นทั้งในและต่างประเทศที่ได้พัฒนาความชำนาญและมีประสบการณ์ในการใช้โปรแกรมผลิตสื่อนี้แล้ว เช่น โครงการวิจัยของ อ. ดร. วสันต์ จันทราทิตย์ ภาควิชาจุลชีววิทยาคณิศ คณะเทคนิคการแพทย์ และโครงการวิจัยของ อ.ดร.เมธี เอกะสิงห์ ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ที่กำลังพัฒนาเอกสารโครงการวิจัย เป็นต้น

ในด้านบุคลากรสำหรับผลิตสื่อนี้ คณะผู้วิจัยฯ จะดำเนินการขยายจำนวนผู้วิจัยทั้งในและนอกมหาวิทยาลัย รวมทั้งการเพิ่มจำนวนนักศึกษาปริญญาตรีและโทช่วยวิจัย

รูปที่ 35: ตัวอย่างของเพิ่มข้อมูลในรูปแบบของอักษรสัมพันธ์ (hypertext)
(Balasubramanian, V., 1997)



สหสื่อสารานุกรมอ้อย CANEFOPEDIA

ศักดิ์ดา จงแก้ววัฒนา อรรถชัย จินตะเวช
เฉลิมพล ไหลรุ่งเรือง นิพนธ์ เอี่ยมสุภานิต
ปรีชา พราหมณีย์ อัปสร เปลี่ยนสินไชย และ
อ้อยทิน จันทรเมือง

ในสาขาวิชาต่าง ๆ โดยเฉพาะสาขาวิชาทางเกษตร นักวิชาการสายนี้มักจะได้รับคำถามหลากหลายจากเกษตรกรโดยตรง หรือเป็นคำถามที่ถูกตั้งขึ้นจากนักวิชาการด้วยกันเอง แต่นักวิชาการคนหนึ่ง ๆ นั้นอาจจะมีความรู้ความสามารถเฉพาะเรื่อง เช่น วัชพืช หรือ โรคพืช เป็นต้น ดังนั้นการที่จะค้นหาคำตอบในทุก ๆ เรื่องจากนักวิชาการท่านหนึ่งท่านใดคงเป็นไปได้ยาก อย่างไรก็ตามการค้นหาคำตอบจากเอกสารวิชาการก็เป็นหนทางเลือกอีกทางหนึ่งในการที่จะหาคำตอบเหล่านั้น แต่แหล่งข้อมูลจากเอกสารต่าง ๆ เหล่านี้อาจจะอยู่กระจัดกระจายเช่นเดียวกับการกระจายของนักวิชาการที่มีความรู้เฉพาะเรื่อง นอกจากนั้นการเสนอข้อมูลในเอกสารวิชาการอาจไม่ชัดเจนนัก ดังนั้นถ้าหากว่าเราสามารถนำความรู้จากนักวิชาการผู้เชี่ยวชาญในแต่ละสาขา และรวบรวมความรู้จากเอกสารวิชาการแล้วสามารถเสนอความรู้ที่รวบรวมมาอย่างมีระบบ และง่ายต่อการค้นหา สิ่งนี้จะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งไม่เฉพาะในวงการการศึกษา หรืองานวิชาการ แต่จะมีประโยชน์ต่อผู้ปฏิบัติโดยเฉพาะอย่างยิ่งการใช้ข้อมูลที่ได้ เพื่อช่วยสนับสนุนการตัดสินใจในเรื่องใดเรื่องหนึ่ง

ปัจจุบันเทคโนโลยีทางคอมพิวเตอร์ที่สามารถใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลและเสนอผลในรูปแบบที่ชัดเจนและเป็นที่น่าสนใจได้แก่ สหสื่อ หรือ multimedia ซึ่งสหสื่อเป็นเครื่องมือที่รวบรวมความรู้ในเรื่องหนึ่งเรื่องใดในรูปแบบของตัวอักษร (text) รูปภาพ เสียง ภาพเคลื่อนไหว และการจำลองเหตุการณ์ (animation) แล้วถ่ายทอดความรู้ในรูปแบบต่าง ๆ เหล่านี้โดยอาศัยคอมพิวเตอร์ ทั้งนี้การเสนอความรู้โดยอาศัยสื่อต่าง ๆ ที่กล่าวมาแล้วนั้นจะเป็นการถ่ายทอดอย่างมีระบบ เพื่อที่จะให้ผู้เข้าใช้ในเรื่องราวต่าง ๆ นั้นได้ง่าย ปัจจุบันเทคโนโลยีการพัฒนาสหสื่อเป็นที่แพร่หลายเช่นสหสื่อแสดงพรรณไม้ในสวนหลวง ร.๙ (นิรนาม, 2536) สหสื่อสารานุกรม MULTIMEDIA ENCYCLOPEDIA (Anon., 1992) สหสื่อเสนอเรื่องราวเกี่ยวกับระบบสุริยะ BEYOND PLANET EARTH (Anon., 1993) และสหสื่อเสนอขั้นตอนการพัฒนาของพืช HOW THINGS GROW (Anon., 1994) เป็นต้น สหสื่อเหล่านี้ถูกพัฒนาให้อยู่ในรูปแบบของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ง่ายต่อการใช้ รวดเร็วต่อการค้นหาเรื่องที่ผู้ต้องการรู้ และแสดงผลเป็นที่เข้าใจง่ายและชัดเจน ปกติแล้วสหสื่อที่ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อเผยแพร่จะถูกเก็บไว้ในรูปแบบของ CD-ROM

การพัฒนาสหสื่อในวงการวิชาการอ้อยนั้น นับว่าเป็นสิ่งที่จำเป็นอย่างยิ่งโดยเฉพาะในอนาคตอันใกล้นี้ ทั้งนี้เพราะปัญหาที่เกิดขึ้นในการเพาะปลูกอ้อย ไม่ว่าจะเป็นโรค แมลง พันธุ์ มักจะเกิดขึ้นเสมอ และเป็นปัญหาที่ไม่ซ้ำกัน ดังนั้นการที่จะติดตามการแก้ปัญหาต่าง ๆ เหล่านี้จะต้องมีข้อมูลหรือแหล่งความรู้เฉพาะเรื่องนั้น ๆ อยู่ประจำไม่ว่าจะเป็นที่ศูนย์วิจัยพืชไร่ หรือแม้แต่ในมหาวิทยาลัยเองก็ตาม นอกจากนั้นการคาดหวังว่าจะสามารถพบผู้เชี่ยวชาญเหล่านี้ย่อมเป็นไปได้ยาก ดังนั้นถ้าหากว่าเราสามารถรวบรวมความรู้จากการศึกษา หรือจากผู้เชี่ยวชาญในแต่ละด้านเข้าเป็นระบบและสามารถเสนอผลได้อย่างชัดเจน และพัฒนาเป็นสหสื่อแล้ว โอกาสการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นจะเป็นไปได้อย่างรวดเร็ว โดยเฉพาะปัญหาซึ่งต้องนำมาซึ่งการตัดสินใจ

เหตุผลที่สำคัญประการหนึ่งซึ่งจะสนับสนุนการพัฒนาสหสื่อ เพื่อช่วยในการสนับสนุนการตัดสินใจ หรือการค้นคว้าทางวิชาการ ได้แก่การที่อุปกรณ์คอมพิวเตอร์โดยเฉพาะส่วนที่เป็น hardware นั้นมีราคาไม่แพงดังเช่นในอดีตที่ผ่านมา ปัจจุบันชุดคอมพิวเตอร์ที่ใช้ CPU Pentium พร้อมอุปกรณ์ที่สามารถใช้งานกับระบบสหสื่อ (CD-ROM, Sound Card) มีราคาที่ไม่แพง ดังนั้น ถ้าหากเราสามารถพัฒนาสหสื่อความรู้ทางอ้อยได้แล้ว การเผยแพร่

หนังสือเหล่านี้ไปตามสถานที่ต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นศูนย์วิจัยพืชไร่ เกษตรอำเภอ โรงงานน้ำตาล ฯลฯ ก็เปรียบเสมือนการนำผู้เชี่ยวชาญในทุกสาขาไปประจำในสถานที่นั้น ๆ ที่พร้อมที่จะให้บริการการค้นคว้าหาความรู้ต่าง ๆ ที่จะ เป็นข้อมูลสำคัญในการใช้ในงานวิจัย หรือการผลิตอ้อยต่อไป

กิจกรรมการวิจัยในส่วนหนังสือสารานุกรมอ้อย CANEFOPEDIA เป็นผลลัพธ์ของการพัฒนาระบบฐานข้อมูลเอกสารวิชาการอ้อยให้อยู่ในรูปของหนังสือ ทั้งนี้โดยเป็นการรวบรวมความรู้ และข้อมูลในด้านต่าง ๆ เช่น ลักษณะทางพฤกษศาสตร์และพันธุ์อ้อย โรคและแมลงศัตรูอ้อย และการจัดการการเพาะปลูกอ้อย เป็นต้น อย่าง เป็นระบบ และมีความชัดเจนง่ายต่อการศึกษาหรือค้นคว้าหาความรู้ในเรื่องต่าง ๆ ที่ต้องการ

การพัฒนาสหนังสือ

การพัฒนาสหนังสือนั้นเป็นการทำงานที่ต้องอาศัยทีมงานซึ่งประกอบไปด้วย ผู้เชี่ยวชาญในสาขาต่าง ๆ (Vaughan, 1994) คือ

1. ผู้จัดการโครงการ (project manager) ซึ่งเป็นผู้ควบคุมการพัฒนาระบบหนังสือทั้งหมด
2. ผู้เขียนบท (writer) ซึ่งเป็นผู้ออกแบบรูปแบบการเสนอความรู้ในด้านตัวอักษร
3. ผู้เชี่ยวชาญทางวิดีโอ (video specialist) จะเป็นผู้ที่สร้าง และตัดต่อความรู้ที่จะเสนอในรูปแบบของการถ่าย ทอดภาพเคลื่อนไหว
4. ผู้เชี่ยวชาญทางการบันทึกและถ่ายทอดเสียง (audio specialist) จะเป็นผู้ที่จะบันทึก และตัดต่อเสียง โดยจะ นำเสนอความรู้ในรูปแบบของเสียง
5. ผู้เขียนโปรแกรม เป็นบุคคลสำคัญคนหนึ่งในทีมงานพัฒนาสหนังสือ เพราะจะเป็นผู้รวบรวมความรู้ต่าง ๆ ที่ได้ จากผู้เขียนบท ผู้เชี่ยวชาญทางวิดีโอ และผู้เชี่ยวชาญทางการบันทึกและถ่ายทอดเสียง กับทั้งนำแนวความคิด ของผู้จัดการโครงการมาถ่ายทอดในรูปลักษณะของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ซึ่งจะต้องเป็นโปรแกรมที่ง่ายต่อ การใช้งาน

โครงสร้างและเนื้อหาของ CANEFOPEDIA

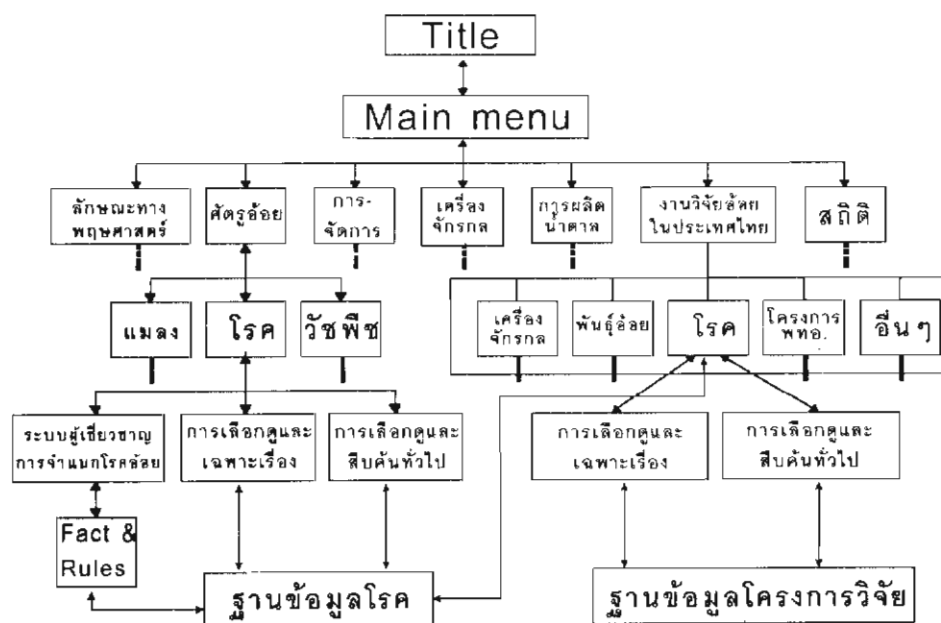
โครงสร้างของ CANEFOPEDIA จะมีลักษณะเป็นลำดับชั้นของเนื้อหา (hierarchical structure) นี้โดยแบ่งเนื้อหา ออกเป็นหัวข้อหลัก ๆ ไปได้แก่ ลักษณะทางพฤกษศาสตร์และพันธุ์ การจัดการการเพาะปลูก เครื่องจักรกล ศัตรูอ้อย ผลงานวิจัยอ้อยในประเทศไทย การผลิตน้ำตาล และสถิติ (ภาพที่ 19) ในแต่ละหัวข้อหลักก็จะแบ่งย่อยออกเป็น หัวข้อรอง (รูปที่ 36)

ในการแสดงข้อมูลของ CANEFOPEDIA นั้นโดยทั่วไปจะแสดงในลักษณะ hypertext ซึ่งหมายถึงผู้ใช้ สามารถจะเลือกหรือค้นหาเรื่องที่สนใจศึกษาได้โดยไม่ต้องเรียงตามลำดับหัวข้อ ทั้งนี้โดยอาศัย pointer device เช่น mouse ในการเลือกค้นสิ่งที่ต้องการ สำหรับในส่วน of พันธุ์อ้อย โรคอ้อย วัชพืชในไร่อ้อย และ แมลงศัตรู อ้อยจะแบ่งออกเป็นสองส่วนคือส่วนที่ให้ผู้ใช้งานสามารถค้นหาความรู้ได้เกี่ยวกับเรื่องต่าง ๆ เหล่านี้ในลักษณะที่เป็น

ภาพที่ 19: โครงสร้างหลักของ CANEFOPEDIA 1.0



รูปที่ 35: หัวข้อย่อยในภายใต้โครงสร้างของ CANEFOPEDIA 1.0



hypertext และส่วนที่เป็นระบบผู้เชี่ยวชาญหรือ expert system ซึ่งจะช่วยให้ผู้ใช้สามารถวินิจฉัยชนิดประเภทของพันธุ์ โรค วัชพืช และแมลงได้ โดยอาศัยตัวอย่างที่นำมา ทั้งนี้โครงสร้างระบบผู้เชี่ยวชาญที่กล่าวถึงจะอาศัยต้นแบบจากโปรแกรม WIX (ศักดิ์ดา จงแก้ววัฒนา และ ชานชัย แสงชโยสวัสดิ์, 2536)

โปรแกรมคอมพิวเตอร์ใช้ในการพัฒนา CANEFOPEDIA

การสร้าง CANEFOPEDIA ต้องใช้โปรแกรมสองประเภท 1) โปรแกรมสร้างสหสื่อ (multimedia authoring software) และ 2) โปรแกรมใช้งานขั้นพื้นฐาน โปรแกรมประเภทแรกคณะผู้วิจัยได้เลือกใช้โปรแกรม Authorware Professional (Authorware Professional เป็นชื่อการค้าของ Macromedia ตั้งอยู่ที่ 600 Townsend, Suite 310W, San Francisco, CA 94107) ซึ่งได้รับการออกแบบให้ผู้ใช้สามารถรวบรวมข้อมูลหลายรูปแบบเข้าด้วยกัน เช่น ข้อความ (text) ภาพนิ่ง (graphics) ภาพวิดีโอ (video) ภาพการจำลองระบบ (animations) และเสียง (sound) เข้าด้วยกัน

สำหรับโปรแกรมใช้งานพื้นฐานนั้นได้แก่โปรแกรมที่จะสร้างภาพ หรือตัวอักษรรวมทั้งโปรแกรมที่ใช้สำหรับตัดต่อภาพวิดีโอ และเสียง ซึ่งหลายโปรแกรมได้แก่

- โปรแกรมสำหรับการวาดภาพ เช่น Fractal Design Planter
- โปรแกรมสำหรับสร้างภาพสามมิติและการจำลองเหตุการณ์ เช่น Ray's Dream Studio
- โปรแกรมสำหรับตัดแต่งภาพ เช่น PhotoStyler
- โปรแกรมสำหรับสร้าง Text เช่น Microsoft-Word
- โปรแกรมสำหรับตัดแต่งเสียง เช่น WaveEdit
- โปรแกรมสำหรับตัดต่อภาพวิดีโอ เช่น VideoSpigot

ตัวอย่างของฐานข้อมูลที่จะบรรจุใน CANEFOPEDIA

แมลง

CANEFOPEDIA 1.0 มีข้อมูลเกี่ยวกับแมลงศัตรูอ้อยที่สำคัญ (ตารางที่ 101) ซึ่งพบการแพร่กระจายและมีระดับการทำลายถึงขั้นสูญเสียผลผลิตในประเทศไทยรวม 18 ชนิด ได้แก่ ตัวงวงอ้อย (*Sepiomus sp.*) ตัวงวงหนวดขาว ตั๊กแตนโลกัสดา (*Locusta migratoria manilensis* Meigen) ตั๊กแตนไฮโรไกลฟัส (*Hieroglyphus banian* Fabricius) ปลวก (*Odontotermes takensis* Ahmad) เพลี้ยกระโดดดำ (*Callitetrax versicolor* Fabricius) เพลี้ยแป้งสีชมพู (*Saccharicoccus sacchari* Cockerell) เพลี้ยสำลี (*Oregma sp.*) เพลี้ยหอยอ้อย (*Aulacaspis tegalensis* Zehntner) มวนอ้อย (*Phaenacantha saccharicida* Karsch) แมลงงูหนวด (*Lepidiotia stigma* Fabricius) แมลงหีขาวอ้อย (*Aleurolobus barodensis* Muskell) หนอนกอหลายจุดเล็ก

(*Chilo infuscatellus* Snellen). หนอนกอลายจุดใหญ่ (*Chilo tumidicostalis* Hampson.) หนอนกอลายใหญ่ (*Chilo sacchariphagus* Bojer.) หนอนกอสีขาว (*Scirpophaga excerptalis* Walker) หนอนกอสีชมพู (*Sesamia inferens* Walker) หนอนบู่ (*Eupterote testacea* Walker)

โครงสร้างฐานข้อมูล ที่เกี่ยวกับแมลงแต่ละชนิดประกอบด้วย รูปร่าง ขนาด ลักษณะ และชีวประวัติ ลักษณะการทำลาย ฤดูกาลและเขตการระบาด และ การป้องกันกำจัดหลายวิธี

โรค

CANEFOPEDIA 1.0 มีข้อมูลเกี่ยวกับโรคอ้อยที่สำคัญ ซึ่งพบการระบาดมีระดับการทำลายถึงขั้นสูญเสียผลผลิตในประเทศไทยรวม 14 โรค ได้แก่ กลิ่นสับปะรด (*Ceratocystis paradoxa*) กอตะไคร้ (*Mycoplasma*) เน่าคออ้อย (*Erwinia* sp.) ใบขาว ใบขีดแดงและยอดเน่า (*Xanthomonas rubrilineans*) ใบจุดเหลือง (*Mycovellosiella koepkii*) พืช รากโคนเน่า (*Marasmiellus* sp.) รากเน่าเกิดจากเชื้อรา *Pythium* sp. ราสนิม (*Puccinia melanocephala*) ลำต้นเน่า (*Fusarium moniliforme*) ลำต้นเน่าแดง แล่ดำ (*Ustilago scitaminea*) เหี่ยวเน่าแดง (*Colletotrichum falcatum*) และ (*Fusarium moniliforme*)

โครงสร้างของฐานข้อมูลโรคอ้อยประกอบด้วย ชนิดโรคที่สำคัญของอ้อย เชื้อสาเหตุ ลักษณะอาการของโรคแต่ละชนิด การป้องกันและกำจัด พื้นที่การแพร่กระจายของโรคในเขตเพาะปลูกอ้อยของประเทศไทย พันธุ์อ้อยที่ต้านทานต่อโรค และ โรคที่เกิดกับอ้อยพันธุ์ที่ปลูกเป็นการค้าและพันธุ์ที่น่าสนใจในประเทศไทย

ฐานข้อมูลทางพฤกษศาสตร์ พันธุกรรม การจัดการการเพาะปลูก และอื่น ๆ

ข้อมูลทางพฤกษศาสตร์ และพันธุกรรมของอ้อยแบ่งออกเป็นส่วนใหญ่ ๆ คือ การจำแนกชนิดพันธุ์อ้อย แหล่งกำเนิด การแพร่กระจายของพันธุ์อ้อย ประวัติและลักษณะของอ้อยแต่ละชนิด ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ และขั้นตอนการเจริญเติบโต

ข้อมูลการจัดการประกอบด้วย สภาพแวดล้อมที่เหมาะสมสำหรับการปลูกอ้อย การจัดการดินและปุ๋ย การจัดการการให้น้ำ การควบคุมและป้องกันกำจัดศัตรูอ้อย และการเก็บเกี่ยว

ข้อมูลอื่น ๆ ได้แก่ ความสำคัญทางเศรษฐกิจ โรงงานน้ำตาลและขบวนการการผลิตน้ำตาล การใช้ประโยชน์และผลพลอยได้จากการผลิตน้ำตาล สรุปและการรวบรวมผลงานวิจัยอ้อยในประเทศไทย

โครงสร้างการฝึกอบรม

อรรถชัย จินตะเวช สุวิทย์ เลหาศิริวงศ์
เฉลิมพล ไหลรุ่งเรือง ศักดิ์ดา จงแก้ววัฒนา
ถาวร อ่อนประไพ นิพนธ์ เอี่ยมสุภาชาติ
ปรีชา พราหมณีย์ และ อัปสร เปลี่ยนสินไชย

การนำผลการวิจัยของโครงการ พทอ. ไปเผยแพร่ยังผู้ใช้งานในระดับต่าง ๆ จัดว่าเป็นกิจกรรมสำคัญประการหนึ่งของโครงการวิจัย ซึ่งส่วนใหญ่เป็นกิจกรรมที่ไม่ค่อยไปพบเห็นมากนักโดยเฉพาะในวงการเกษตร ทั้งนี้คณะผู้วิจัยให้ความสนใจที่จะพัฒนาหลักสูตรการฝึกอบรมเพื่อสนับสนุนการใช้งานเทคโนโลยีสารสนเทศทางเกษตร ซึ่งเป็นผลลัพธ์ของโครงการ พทอ. เช่น ระบบสนับสนุนการตัดสินใจ ThaiSIS 1.0 แบบจำลองย่อย ThaiCane 1.0 และการใช้ประโยชน์จากข้อมูลระยะไกลเพื่อการประมาณการผลผลิตย่อยในพื้นที่ขนาดใหญ่ เป็นต้น

บทนี้กล่าวถึงโครงสร้างเพื่อการฝึกอบรมเจ้าหน้าที่ของรัฐและภาคเอกชนเพื่อให้เกิดความเข้าใจและสามารถประยุกต์ใช้โปรแกรม ThaiSIS 1.0, ThaiCane 1.0 และ CANEFOPEDIA 1.0 ไปประกอบการใช้งานสภาพจริง

โครงสร้างการฝึกอบรม

การฝึกอบรมนี้ออกแบบสำหรับ 14-15 เดือน เป็นกิจกรรมหนึ่งที่คณะผู้วิจัยเชื่อว่าจะเป็นการเผยแพร่ความรู้ความเข้าใจในเรื่องวิธีหนึ่ง โดยจะจัดในรูปแบบของการฝึกอบรมปฏิบัติการ (workshop) ร่วมกับปฏิบัติการจริงในสนาม (field work) สำหรับนักวิชาการและผู้เกี่ยวข้องในการผลิตย่อยของประเทศไทย โดยแบ่งเป็นภาคหลักการและภาคสนาม มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ภาคหลักการ (5 วัน)

กิจกรรมในภาคบรรยายเน้นการเสนอแนวคิดและแนวปฏิบัติ ตามวิธีการ modeling & simulation และ เปิดโอกาสให้ผู้เข้าร่วมกิจกรรมได้เสนอโครงการวิจัยเพื่อนำวิธีการไปประยุกต์ใช้ในหน่วยงานต้นสังกัด (ตารางที่ 100)

ภาคสนาม (ประมาณ 14 เดือน)

กิจกรรมภาคสนาม (ตารางที่ 101) เพื่อสนับสนุนการเผยแพร่แนวคิดและวิธีการ modeling & simulation ในประเทศมีหลักการสำคัญสองประการ คือ หนึ่งให้ผู้เข้าร่วมกิจกรรมและคณะผู้วิจัยได้มีโอกาสร่วมงานกันมากขึ้น และสองให้โอกาสแก่ทั้งสองฝ่ายในการปรับปรุงวิธีการวิจัยให้เหมาะสมและสามารถประยุกต์ใช้แนวคิดได้อย่างกลมกลืนกับงานเดิม

สื่อที่คาดว่าจะใช้และต้องพัฒนาสำหรับการฝึกอบรม

1. คู่มือโปรแกรม DSSAT 3.1T, ThaiCane 1.0, และ ThaiSIS 1.0
2. หนังสือ CANEFOPEDIA 1.0

ตารางที่ 100: กำหนดการฝึกอบรมเพื่อขยายแนวความคิดและหลักการการวิจัยตามแนว modeling & simulation in agriculture ภาคบรรยายและหลักการ

วัน	9:00-12:00	13:00-16:30	หมายเหตุ
1	การใช้คอมพิวเตอร์กับการวิจัย-ส่งเสริมพัฒนาการเกษตร (เมธี เอกะสิงห์) แนวคิด/หลักการระบบสนับสนุนการตัดสินใจทางเกษตร (อรรถชัย จินตะเวช) โครงสร้างระบบ DSSAT, I/O structure และ กลุ่มข้อมูลพื้นฐาน (MDS) อากาศ-พืช-ดิน (อรรถชัย จินตะเวช)	การติดตั้งระบบ DSSAT ใน Hard disk ของเครื่องคอมพิวเตอร์แบบ PC (วิทยากร)	ประชุม มวางแผนวิจัยร่วม (วิทยากร และทีมงาน)
2	โครงสร้าง FILEX เพื่อการกำหนดหน่วยงานทดลองทางเกษตร (ศักดิ์ดา จงแก้ววัฒนา)	การสร้าง FILEX และการทำงานกับแบบจำลองอ้อย ThaiCane 1.0 โครงสร้างข้อมูลอากาศ และการนำเข้าข้อมูลอากาศผ่านโปรแกรม DSSAT 3.1	ประชุม มวางแผนวิจัยร่วม
3	หลักการของกระบวนการที่สำคัญในดินพลวัตของน้ำในดิน ระบบฐานข้อมูลดิน DLDSIS	การเรียกข้อมูลดิน DLDSIS จาก DSSAT 3.1	ประชุม มวางแผนวิจัยร่วม
4	แนะนำหลักการแบบจำลองการเจริญเติบโตของพืชและแบบจำลองอ้อย หลักการและการใช้งานแบบจำลองการเจริญเติบโตอ้อย ThaiCane 1.0 (CANEGRO)	ฝึกการใช้ แบบจำลองอ้อยและ DSSAT 3.1 ในการประเมินทางเลือกเพื่อการผลิต	ประชุม มวางแผนวิจัยร่วม
5	โครงสร้างโปรแกรม ThaiSIS 1.0 และแนวทางการใช้แบบจำลองอ้อย ร่วมกับ ThaiSIS 1.0 หลักการการแปลภาพถ่ายดาวเทียมเพื่อการเกษตร ทำแผนที่พื้นที่การปลูกอ้อย	ฝึกการใช้ แบบจำลองอ้อยและ ThaiSIS 1.0 ในการประเมินผลผลิตอ้อยในพื้นที่ขนาดใหญ่	สรุปแผนวิจัยร่วม

ตารางที่ 101: กำหนดการฝึกอบรมเพื่อขยายแนวความคิดและหลักการการวิจัยตามแนว modeling & simulation in agriculture ภาคสนาม

เดือน	กิจกรรม	ผลลัพธ์
1	ฝึกอบรม ThaiSIS 1.0 วางแผนงานทดลอง	เข้าใจระบบสามารถปฏิบัติงานได้ แผนงานทดลองร่วม
1.5-12	ดำเนินการทดลอง	แปลงทดลอง/ข้อมูล
13	เก็บเกี่ยวงานทดลองย่อย	ข้อมูลที่สมบูรณ์
14	ประชุมเสนอผลงาน/แผนงานวิจัยร่วม	รายงานการประชุม/แผนงานวิจัยร่วม

3. ในระหว่างปี 2539-41 คณะผู้วิจัย คาดว่า จะสามารถผลิตหนังสือเพื่อสนับสนุนการเผยแพร่องค์ความรู้ที่ได้จากโครงการวิจัยหลายเรื่อง เช่น

- หนังสือการผลิตย่อยให้มีผลผลิตภาพ เสถียรภาพ และถาวรภาพอยู่ในระดับสูง
- หนังสือการใช้ระบบสนับสนุนการตัดสินใจเพื่อการผลิตย่อย ThaiSIS 1.0 และ DSSAT 3.1T

เอกสารที่ได้พัฒนาแล้ว

โครงการ พทอ. 2540 คู่มืออ้างอิง โปรแกรม ThaiSIS 1.0 หน้า 74-100 ในรายงานความก้าวหน้าโครงการ พทอ.

ระยะที่ 5 ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

โครงการ พทอ. 2540 ฐานข้อมูลสำหรับ ThaiSIS 1.0 ระวางน้ำพอง หน้า 101-124 ในรายงานความก้าวหน้าโครงการ

พทอ. ระยะที่ 5 ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ศักดิ์ดา จงแก้ววัฒนา 2540 การกำหนดหน่วยงานทดลอง (experimental unit) ในแบบจำลองการเจริญเติบโต

ของพืช หน้า 148-167 ในรายงานความก้าวหน้าโครงการ พทอ. ระยะที่ 5 ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

อรรถชัย จินตะเวช 2539 หลักการของระบบสนับสนุนการตัดสินใจทางเกษตร หน้า 99-107 ในรายงานความ

ก้าวหน้าโครงการ พทอ. ระยะที่ 4 ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

อรรถชัย จินตะเวช และทวีศักดิ์ เวียรศิลป์ 2540 การเรียกข้อมูลดินจาก DLDSIS หน้า 143-147 ในรายงานความ

ก้าวหน้าโครงการ พทอ. ระยะที่ 5 ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

อรรถชัย จินตะเวช และศักดิ์ดา จงแก้ววัฒนา 2540 กลุ่มข้อมูลพื้นฐาน อากาศ-พืช-ดิน เพื่อประกอบการใช้งาน

แบบจำลองย่อย หน้า 132-137 ในรายงานความก้าวหน้าโครงการ พทอ. ระยะที่ 5 ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

อรรถชัย จินตะเวช และศักดิ์ดา จงแก้ววัฒนา 2540 ฝึกปฏิบัติ: นำเข้าข้อมูลอากาศเกษตรใน shell DSSAT 3.0
หน้า 138-142 ในรายงานความก้าวหน้าโครงการ พทอ. ระยะที่ 5 ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตร
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

เอกสารอ้างอิง และบรรณานุกรม

- กรมแผนที่ทหาร 2533. ระบบการกำหนดตำแหน่งพิกัดบนพื้นโลกด้วยดาวเทียม;หลักการและระเบียบปฏิบัติ-งานสนาม. กองยี่ออเดซี กรมแผนที่ทหาร. 48 หน้า.
- กรมวิชาการเกษตร 2528 โรคอ้อย เอกสารวิชาการ เล่มที่ 11 กองแผนงานและวิชาการ กรมวิชาการเกษตร 96 หน้า
- นิรนาม 2536 พรรณไม้ในสวนหลวง ร.๙ บริษัท จินดา อีเลคทรอนิกส์ พับลิชชิง จำกัด
- พนมศักดิ์ พรหมบุญ และ เมธี เอกสิงห์ 2539 โครงสร้างระบบข้อมูลดิน รายงานวิชาการ #40 ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 64 หน้า
- ศักดิ์ดา จงแก้ววัฒนา และ ชัญชัย แสงไชยสวัสดิ์ 2536 วัชพืชในระบบการปลูกถั่วเหลืองในประเทศไทย: 2. การจัดการฐานข้อมูลและระบบผู้เชี่ยวชาญ เอกสารประกอบการประชุมวิชาการอรัญญาพิชแห่งชาติ ครั้งที่ 1 20-22 ตุลาคม 2536 ณ โรงแรมรามารการ์เดนส์ กรุงเทพฯ
- ศูนย์วิจัยพืชไร่สุพรรณบุรี 2537 เอกสารวิชาการการปลูกพืชไร่ สถาบันวิจัยพืชไร่ กรมวิชาการเกษตร.
- สุเกสินี สุภธีระ 2528 การใช้เทคนิคการประเมินสภาพชนบทแบบเร่งด่วน (Rapid Rural Appraisal) ในการศึกษาสภาพพื้นที่ เอกสารเสนอในการประชุม ระบบการทำฟาร์มครั้งที่ 2 มหาวิทยาลัยขอนแก่น จังหวัด-ขอนแก่น หน้า 77-99
- อรรถชัย จินตะเวช และ ศักดิ์ดา จงแก้ววัฒนา 2540 แบบจำลองอ้อย ThaiCane 1.0 รายงานความก้าวหน้า-ระยะที่ 5 โครงการ พทอ. ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 183 หน้า
- อาร์นต์ พัฒโนทัย 2528 บรรยายพิเศษเกี่ยวกับการดำเนินงานวิจัยและพัฒนาระบบการทำฟาร์ม คำบรรยายประกอบสไลด์ชุด Introduction to Farming Systems Research and Extension (FSR/E) เอกสารเสนอในการประชุม ระบบการทำฟาร์มครั้งที่ 2 มหาวิทยาลัยขอนแก่น จังหวัด-ขอนแก่น หน้า 1-28
- Aase, J.K. 1978. Relationship between leaf area and dry matter in winter wheat. *Agron. J.* 70:563-565.
- Anonymous. 1960. A critique of the heat unit approach to plant response studies. *Ecology.* 41:785-790.
- Anonymous. 1992. MULTIMEDIA ENCYCLOPEDIA. Online Computer Systems, Inc. USA.
- Anonymous. 1993. BEYOND PLANET EARTH. Discovery Communications, Inc. USA.
- Anonymous. 1994. HOW THINGS GROW. Interactive Publishing Corporation. USA..
- Arnold, C.Y. 1959. The determination and significance of the base temperature in a linear heat_unit system. *Am. Soc. Hort. Sci.* 74: 430-445.
- Baker, J.M. 1996. Use and abuse of crop simulation models. *Agron. J.* 88: 689.
- Balasubramanian, V., 1997. State of the Art Review on Hypermedia Issues And Applications. Graduate School of Management, Rutgers University, Newark, New Jersey [bala@pegasus.rutgers.edu]
- Bhagsari, A.S., R.H. Brown. 1986. Leaf photosynthesis and its correlation with leaf area. *Crop Sci.* 26:127-132.
- Bleasdale, J.K.A. 1967. Systematic design for spacing experiment. *Exp. Agric.* 3:73-85.
- Boote, K.J. 1992. Growth stages of peanut (*Arachis hypogaeae* L.). *Peanut Science.* 9:35-40.
- Boote, K.J., J.W. Jones, N.B. Pickering. 1996. Potential uses and limitations of crop models. *Agron. J.* 88: 704-716.

- Bull, T.A. 1975. Row spacing and potential productivity in sugarcane. *Agron. J.* 67:421-423.
- Cao, W., and D.N. Moss. 1989. Temperature effect on leaf emergence and phyllochron in wheat and barley. *Crop Sci.* 29: 1018-1021.
- Carstensen, L.W., Jr. 1987. A Measure of Similarity for cellular maps. *Amer. Cart.* 14:345-358.
- Congalton, R.G., 1991. A review of assessing the accuracy of classifications of remotely sensed data. *Remote Sens. Environ.* 37:35-46.
- Dax, E., O. Livneh, O. Edelbaum, N. Kedar, N. Gavish, H. Karchi, J. Milo, I. Sela, and H.D. Rabinowitz. 1994. A random amplified polymorphic DNA (RAPD) molecular marker for the TM-2 gene in tomato. *Euphytica* 74: 159-163.
- Dent, J.B., and M.J. Blackie. 1979. Simulation in Agriculture. Applied Sci., Pub., Ltd., London. 180 pp.
- de Wit, C.T. 1982. Simulation of living systems. In F.W.T. Penning de Vries, and H.H. van Laar (eds.) Simulation of plant growth and crop production. Simulation monographs, CABO, Wageningen, p 3-8.
- Egli, D.B. 1994. Mechanism responsible for soybean yield response to equidistant planting pattern. *Agron. J.* 86:1046-1049.
- Ekasingh, M., A. Jintrawet, S. Jongkaewwattana, and S. Buranaviriyakul. 1992. Simulation models in agriculture: Activities at Chiang Mai University. A paper presented in a workshop on "Simulation model in agricultural Development in Thailand", Aug. 21, 1992. Field Crop Research Inst., Bangkok, Thailand.
- ERDAS, Inc., 1991. Classification ERDAS Field Guide. ERDAS Inc., 2801 Bufford Highway, NE, Suite 300, Atlanta, Georgia 30329-2137, USA. 225-278 pp.
- ERDAS, Inc., 1994a. Classification ERDAS Field Guide. ERDAS Inc., 2801 Bufford Highway, NE, Suite 300, Atlanta, Georgia 30329-2137, USA. 225-278 pp.
- ERDAS, Inc., 1994b. Rectification ERDAS Field Guide. ERDAS Inc., 2801 Bufford Highway, NE, Suite 300, Atlanta, Georgia 30329-2137, USA. 279-318 pp.
- Fehr, W.R., C.E. Caviness, D.T. Burmood, and J.S. Pennington. 1971. Stage and development descriptions for soybean (*Glycine max* L.) Merrill. *Crop Sci.* 11:929-931.
- Foody, G.M. 1992. On the Compensation for Change Agreement in Image Classification Accuracy Assessment. *Photog. Eng. & Remote Sens.* 58: 1459-1460.
- Freeman, K.C. 1968. Influence of row spacing on yield and quality of sugarcane in Georgia. *Agron. J.* 60:421-423.
- Hadrys, H., M. Black, and B. Schierwater. 1992. Applications of random amplified polymorphic DNA (RAPD) in molecular ecology. *Molecular Ecology.* 1: 55-63.
- Hanway, J.F., 1963. Growth stage of corn (*Zea mays* L.). *Agron. J.* 55: 487-492.
- Hesketh, J.D. and I.J. Warrington. 1989. Corn growth response to temperature: rate and duration of leaf emergence. 81:969-701.
- Hodges, T., and E.T. Kanemasu. 1977. Modeling daily dry matter production of winter wheat. *Agron. J.* 69:674-678.
- Hunt, L.A., J.W. Jones, J.T. Ritchie, and P.S. Teng. 1989. Genetic coefficients for the IBSNAT crop models. Proc. IBSNAT Symp., held at the 81th Ann. Meeting of ASA, Las Vegas, Nevada, Oct 17, 1989.

- IDRISI, 1995. Installation Guide: IDRISI for Windows 1995. Clark labs for Cartographic Technology and Geographic Analysis, Clark University, Worcester, MA 01616-1477, USA.
- Inman-Bamber, N.G. 1991. A growth model for sugarcane based on a simple carbon balance and the CERES-Maize water balance. *S. Afr. J Plant and Soil*. 8:93-99.
- Irvine, J.E. 1967. Photosynthesis in sugarcane varieties under field conditions. *Crop Sci*. 7:297-300.
- James C.P. Chen. 1985. Cane Sugar Handbook-A manual for cane sugar manufactures and their chemists. 11th Edition, John Willey & Sons, London.
- Jensen, J.R. 1986. Image Enhancement: Introductory Digital Image processing, A Remote Sensing Perspective. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, USA. DT 632, 117-173 pp.
- Jintrawet., A. 1991. A decision support system for rapid appraisal of rice-based agricultural innovations. Ph.D. disser., U. of Hawaii, USA., 167 pp.
- Jongkaewwattana, S. 1995. Systems simulation and modeling. Multiple Cropping Center, Chiang Mai Univ., Chiang Mai, 50200, Thailand., 199. pp.
- Keig Q., J.R. McAlpine, and E.M. Pointing, 1991. Cane-land productivity monitoring and Enhancement-Appropriate use of Information Technology. Proceedings of Australian Society of Sugarcane. Technologist 1991, 138-145 pp.
- Kennedy, M. 1996. The global positioning system and GIS. Ann Arbor Press, Inc., Chelsea, Michigan, USA., 268 pp.
- Klein-Lankhorst, R.M., A.Vermunt, R.Weide, T.Liharska, and P.Zabel. 1991. Isolation of molecular markers for tomato (*L. esculentum*) using random amplified polymorphic DNA (RAPD). *Theo. Appl. Genet.* 83: 108-114.
- Lillesand, T.M., and R.W. Kiefer. 1994a. Image Classification: Digital Image Processing, Remote Sensing and Image Interpretation. Third Edition John Wiley & Sons, Inc. USA, 585-607 pp.
- Lillesand, T.M., and R.W. Kiefer. 1994b. Classification Accuracy Assessment: Digital Image Processing. Remote Sensing and Image Interpretation; Third Edition John Wiley & Sons, Inc. USA. 611-618pp.
- Mongelard, J.C., and L. Mimura. 1971. Growth studies on the sugarcane plant. I. Effect of temperature. *Crop Sci*. 11: 795-800.
- Monteith, J.L. 1994. Remote Sensing in Agriculture: Progress and Prospects. International Crop Research Institute for the Semi-Arid Tropics, Patancheru P.O. , Andhra Pradesh 502324 , India , Conference paper No. 1485 ICRISAT. 397-402pp.
- Nelder, J.R. 1962. New kind of systematic design for spacing experiment. *Biometric*. 18:283-307.
- Nelson. Ted., 1965. A File Structure for the Complex, The Changing and The Indeterminate, ACM 20th National Conference, 1965.
- Nix, H. 1984. Minimum data sets for agrotechnology transfer. *In ICRISAT Proc. of the Inter. Sym. on Minimum Data Sets for Agrotechnology Transfer*, 21-26 March, 1983. India.
- O'Toole, J.C., and C.O. Stackle. 1991. Conceptual and simulation modeling in plant breeding. 205-225 pp. Proceeding of the International Symposium. 26-29 October, 1987 Cordoba, Spain.
- Penning de Vries, F.W.T. 1982. Systems analysis and models of crop growth. *In F.W.T. Penning de Vries, and H.H. van Laar (eds.) Simulation of plant growth and crop production. Simulation monographs*, CABO, Wageningen, p 9-19.

- Penning, de Vries, F.W.T., D.M. Jansen, H.F.M.* Berge and A.Bajena. 1989. Simulation of ecophysiological process of growth in several annual crops. Wageningen 271p.
- Silva, J.A. 1989. Sugarcane. p 201-223. In D.L. Plucknett and H.B. Sprague. Detecting mineral nutrient deficiencies in tropical and temperate crops. Westview tropical agric. series #7. Colo., USA.
- Silva, J.A.G., M.E. Sorells, W.L. Burnquist, and S.D. Tanksley. 1993. RFLP linkage map genome analysis of *Saccharum spontaneum* L. Genome 36: 782-791.
- Skorupska, H.T., R.C. Shoemaker, A. Warner, E.R. Shipe, and W.C. Bridges. 1993. Restriction fragment length polymorphism in soybean germplasm of the Southern USA. Crop Sci. 33:1169-1176.
- Soil Survey Staff. 1975. Soil Taxonomy, a Basic system of soil classification for Making and Interpreting soil Surveys. USDA Agric. Handbook No. 436. US. Govt. Print. Off., Washington, D.C.
- Tanimoto, T.T.(1969). Floral differentiation in sugarcane and the subsequent rate of development of the differentiated tissues. Agron. J.(60): 275-278.
- Tetio-Kagho, F., and F.P Guarduer. 1988. Response of maize to plant density. I. Canopy development, light relationship, and vegetative growth. Agron. J. 80:930-935.
- Tollenaar, M., T.B. Daynard, and R.B. Hunner. 1979. Effect of temperature on rate of leaf appearance and flowering date in Maize. Crop Sci. 19: 363-366.
- Trimble Navigation, 1992. General Reference, GPS Pathfinder System Trimble Navigation, Ltd. 585 North Mary Ave. P.O.Box 3642 Sunnyvale, CA, 94088 - 3642 USA
- Tsuji, G.Y., S. Balas and G. Uehara. (Eds.) 1994. DSSAT 3.0 user's manual. University of Hawaii, Manoa, Honolulu, HI 96848, USA.
- Vanderlip, R.L. and H.F. Reeves. 1992. Growth Stage of Sorghum (*Sorghum bicolor*, (L.) Moench.). Agron.J. 64: 13-16.
- Vaughan, T. 1994. Multimedia: Make it Work (2nd. Ed.). Osborne McGraw-Hill. 560 p.
- Wahua, T.A.T., and D.A. Miller. 1978. Relative yield totals and yield component of intercropped sorghum and soybeans. Agron. J. 70:287-291.
- Warrington, I.J, and E.T. Kanemasu. 1983. Corn growth response to temperature and photoperiod II. Leaf-initiation and leaf appearance rates. Agron. J. 75:755-761.
- Wilcox, J.R. 1974. Response of three soybean strains to equidistant spacing. Agron J. 66:409-412.
- William Horwitz. 1965. Official Methods of Analysis of the Association of Official Agricultural Chemists. 10th Edition Association of official Agricultural chemists Publishing.
- Williams, J.G.K., A.R. Kubelic, K.J. Livak, J.A. Rafalski, and S.V. Tingey. 1990. DNA polymorphisms amplified by arbitrary primers are useful as genetics markers. Nucleic Acids Research 18: 6531-6535.
- Witty, J.E., and R.W. Arnold. 1987. Soil Taxonomy: An overview. Outlook on Agriculture. 16:8-13.
- Xingming, F. 1995. Grain yield assessment of quality protein maize in different environments using a modeling approach. M.S. Thesis, Grad. Sch, Chiang Mai Univ., Chiang Mai, Thailand, 144 pp.

ภาคผนวก 1

สมการที่ใช้ในการคำนวณงานทดลองรูปแบบพัด

(จาก Bleasdale, 1967)

อัตราการพัฒนาของแต่ละจุดในแต่ละแถว

$$(2N - 2)\log\alpha = \log A_N - \log A_1 \text{-----} (1)$$

$$\alpha = \exp\left[\frac{(\log A_N - \log A_1)}{(2N - 2)}\right] \text{-----} (2)$$

มุมระหว่างแถว สามารถคำนวณได้ดังนี้

$$\theta = \frac{T(\alpha - 1)}{\sqrt{\alpha}} \text{-----} (3)$$

ระยะห่างของจุดแรกจากจุดหลัก สามารถคำนวณได้ดังนี้

$$r_0 = \sqrt{\frac{2A_1}{\theta(\alpha^3 - \alpha)}} \text{-----} (4)$$

ระยะห่างต่างๆ สามารถคำนวณได้ดังนี้

$$r_{N+1} = \alpha * r_N, \text{-----} (5)$$

ขนาดของแต่ละพื้นที่ต่อต้น สามารถคำนวณได้ดังนี้

$$A_N = \frac{(r_N)^2 \theta (\alpha^2 - 1)}{2\alpha} \text{-----} (6)$$

ตารางภาคผนวกที่ 1 โรคที่เข้าทำลายในระหว่างการเจริญเติบโตต่าง ๆ ของอ้อย

ระยะการเติบโตของอ้อย	ชื่อโรค	อาการโรค
ระยะเริ่มปลูก	ใบขาว แล้ดำ ท่อนพันธุ์เน่า กลืนสับประรด ลำต้นเน่าแดง ราน้ำค้าง ใบขาว แล้ดำ พืช ใบลวก	ท่อนพันธุ์งอกน้อยหรือไม่งอก การไวต่อไม่ดี
ระยะต้นอ่อน	ใบขาว ใบลวก เส้นใบแดง รา น้ำค้าง ใบด่างขีดเหลือง ใบ ขีด ใบด่าง ความผิดปกติ ทางพันธุกรรม	ยอดเหี่ยว ใบด่างหรือ ขีดทาง สีขาว
	พืช ตอแคะแกรน	ยอดบิดเบี้ยว ใบหนาสั้นจิก ขาดสีเขียวเข้ม
ระยะย่างปล้อง	ใบขาว ใบด่าง ใบด่างขีดเหลือง ใบขีด ใบลวก ใบขีดแดง โคนเน่า ราน้ำค้าง อาการผิดปกติทางพันธุกรรม ขาด ธาตุเหล็ก ไฟลวก ราสนิม ใบจุดสีเหลือง ใบจุดสี น้ำตาล ใบจุดวงแหวน ใบจุด แผลใหญ่ ใบจุดรูปตา ใบจุด แผลซ้อน ใบจุดดำ ใบจุด ม่วง ยอดบิด พืช ใบลวก ยอดเน่า เหี่ยวเน่า น้ำ ขัง แล้งจัด ใบขาว แล้ดำ ใบลวก อ้อยตอ แคะแกรน โคนเน่า ราน้ำ ค้าง ใบด่างขีดเหลือง พืช	ใบด่าง หรือ มีขีดเป็นทาง เนื้อใบตาย ใบจุด รูปร่างใบสั้นปิด จี๋ขาด ใบแห้งตาย การเจริญต่ำมาก หรือตาย หรือลำผอมยาว
ระยะเติบโตเต็มที่	ใบขาว ใบลวก ใบจุดรูปตา ใบ จุด-เหลือง ใบลวก ใบขาว แล้ดำ กลืนสับประรด ลำต้นเน่าแดง ลำ ต้นแห้ง เหี่ยวเน่า ใบขาว แล้ดำ ตอแคะแกรน พืช ราน้ำค้าง	ใบแห้งตายก่อนแก่ ต้นอ่อนงอกจากตาข้าง ลำต้นถูกทำลายหรือตาย กอสูงไม่สม่ำเสมอ

(ที่มา: กรมวิชาการเกษตร, 2528)

ภาคผนวก 2

การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ

สารที่ใช้เตรียม PDA

มันฝรั่ง 200 กรัม, น้ำตาล dextrose 20 กรัม, และ ไข่ 17 กรัม

วิธีทำ PDA

ปอกเปลือกมันฝรั่งแล้วนำไปล้าง สับให้ละเอียดแล้วนำไปต้มให้สุก โดยใส่น้ำกลั่นลงไป 400 มิลลิลิตร เมื่อมันฝรั่งสุกแล้วกรองเอาแต่น้ำ นำน้ำต้มมันฝรั่งที่ได้ผสมกับน้ำตาล dextrose บน hot plate ให้ น้ำตาลละลาย นำไข่ใส่ในบีเกอร์ขนาด 1,000 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่น 400 มิลลิลิตร คนให้เข้ากัน แล้วนำไปต้มที่หม้ออบความดัน (autoclave) ใช้ความดันต่ำ และต้มนาน 10 นาที นำน้ำอุ่นที่ได้มาผสมกับน้ำต้มมันฝรั่ง แล้วเติมน้ำให้ครบ 1,000 มิลลิลิตร เทลง flask ขนาด 250 มิลลิลิตร flask ละ 200 มิลลิลิตร นำไปฆ่าเชื้อในหม้ออบความดัน ประมาณ 15-20 นาที แล้วนำมาเทใน plate เพื่อที่จะใช้ต่อไป

สารที่ใช้เตรียม 523

Sucrose 10 gm/lit, Casein enzymatic hydrolyzate 8 gm/lit, Yeast Extract 4 gm/lit, K_2HPO_4 (anhydrous) 2 gm/lit, $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ 0.3 gm/lit, Agar 15 gm/lit

วิธีทำ 523

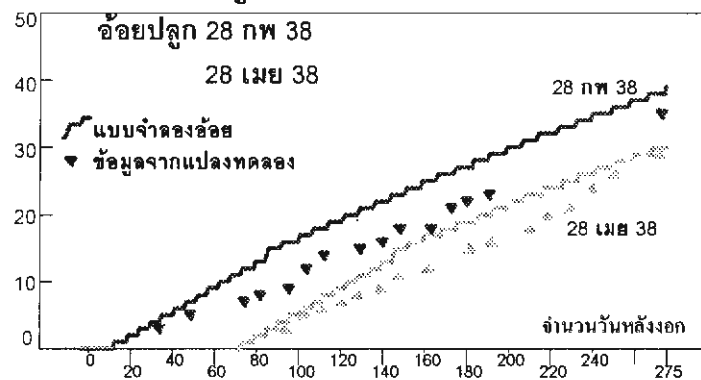
ชั่งสารตามรายการ แล้วนำมาผสมกันในบีเกอร์ขนาด 500 มิลลิลิตร เติมน้ำ 400 มิลลิลิตร นำไปต้มบน hot plate นำไข่ในบีเกอร์ขนาด 1,000 มิลลิลิตร แล้วเติมน้ำกลั่น 400 มิลลิลิตร คนให้เข้ากัน นำไปต้มที่หม้ออบความดัน (autoclave) ใช้ความดันต่ำ ต้มนาน 10 นาที นำน้ำอุ่นที่ได้มาผสมกับสารละลาย เสร็จแล้วเทลง flask ขนาด 250 มิลลิลิตร flask ละ 200 มิลลิลิตร นำไปฆ่าเชื้อในหม้ออบความดัน หลังจากนั้นสามารถนำไปเลี้ยงเชื้อได้

ภาคผนวก 3: เปรียบเทียบการคาดการณ์การปรากฏของใบอ้อย

รูปภาคผนวก 3.1 การปรากฏของใบอ้อยบนลำหลักระหว่างแบบจำลองอ้อย และข้อมูลในสนาม

1. วันปลูกที่ ม. เชียงใหม่ พัฒนาการอ้อยปลูก

จำนวนใบบนลำหลัก อู๋ทอง 2

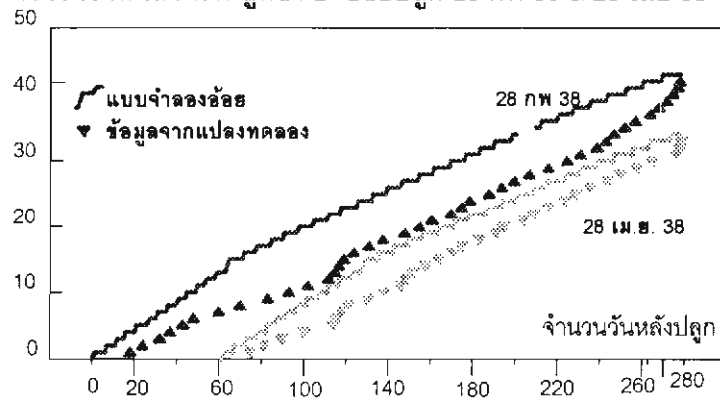


Multiple C. Leaping Center Chiang Mai Univ. Thailand

รูปภาคผนวก 3.2 การปรากฏของใบอ้อยบนลำหลักระหว่างแบบจำลองอ้อย และข้อมูลในสนาม

1. วันปลูกที่ ม. ขอนแก่น

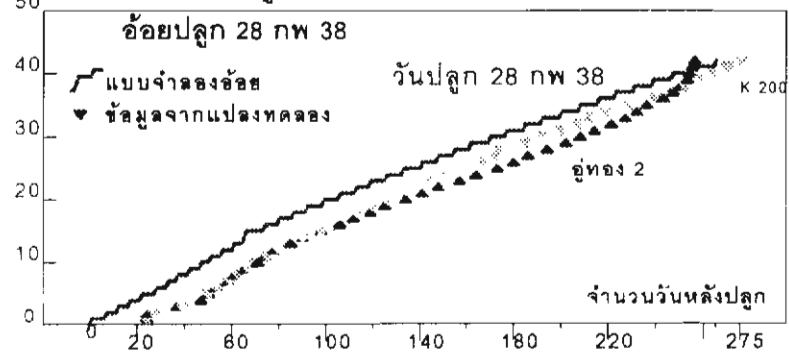
จำนวนใบบนลำหลัก อู๋ทอง 2 อ้อยปลูก 28 กพ 38 & 28 เมย 38



รูปภาคผนวก 3.3 การปรากฏของใบอ้อยบนลำหลักระหว่างแบบจำลองอ้อย และข้อมูลในสนาม

1. วันปลูกที่ ศว.ร. สุพรรณบุรี

จำนวนใบบนลำหลัก อู่ทอง 2 และ K84-200



แนวคิดและ

ระบบฐาน

ภาคผนวก 4: Julian date (DAY OF YEAR)

		*STANDARD YEARS												
		MONTH	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC
หลักการ	1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
	2	1	32	60	91	121	152	182	213	244	274	305	335	365
	3	2	33	61	92	122	153	183	214	245	275	306	336	366
สหสื่อสาร	4	3	34	62	93	123	154	184	215	246	276	307	337	367
	5	4	35	63	94	124	155	185	216	247	277	308	338	368
	6	5	36	64	95	125	156	186	217	248	278	309	339	369
โครงสร้าง	7	6	37	65	96	126	157	187	218	249	279	310	340	370
	8	7	38	66	97	127	158	188	219	250	280	311	341	371
	9	8	39	67	98	128	159	189	220	251	281	312	342	372
	10	9	40	68	99	129	160	190	221	252	282	313	343	373
	11	10	41	69	100	130	161	191	222	253	283	314	344	374
	12	11	42	70	101	131	162	192	223	254	284	315	345	375
	13	12	43	71	102	132	163	193	224	255	285	316	346	376
	14	13	44	72	103	133	164	194	225	256	286	317	347	377
	15	14	45	73	104	134	165	195	226	257	287	318	348	378
เอกสาร	16	15	46	74	105	135	166	196	227	258	288	319	349	379
	17	16	47	75	106	136	167	197	228	259	289	320	350	380
	18	17	48	76	107	137	168	198	229	260	290	321	351	381
ภาคผนวก	19	18	49	77	108	138	169	199	230	261	291	322	352	382
	20	19	50	78	109	139	170	200	231	262	292	323	353	383
	21	20	51	79	110	140	171	201	232	263	293	324	354	384
	22	21	52	80	111	141	172	202	233	264	294	325	355	385
	23	22	53	81	112	142	173	203	234	265	295	326	356	386
	24	23	54	82	113	143	174	204	235	266	296	327	357	387
	25	24	55	83	114	144	175	205	236	267	297	328	358	388
	26	25	56	84	115	145	176	206	237	268	298	329	359	389
	27	26	57	85	116	146	177	207	238	269	299	330	360	390
	28	27	58	86	117	147	178	208	239	270	300	331	361	391
	29	28	59	87	118	148	179	209	240	271	301	332	362	392
	30	29	60	88	119	149	180	210	241	272	302	333	363	393
	31	30	89	120	150	181	211	242	273	303	334	364	394	394
		31	90	121	151	182	212	243	274	304	335	365	395	395
		*LEAP YEARS												
		MONTH	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC
หลักการ	1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
	2	1	32	61	92	122	153	183	214	245	275	306	336	366
	3	2	33	62	93	123	154	184	215	246	276	307	337	367
สหสื่อสาร	4	3	34	63	94	124	155	185	216	247	277	308	338	368
	5	4	35	64	95	125	156	186	217	248	278	309	339	369
	6	5	36	65	96	126	157	187	218	249	279	310	340	370
โครงสร้าง	7	6	37	66	97	127	158	188	219	250	280	311	341	371
	8	7	38	67	98	128	159	189	220	251	281	312	342	372
	9	8	39	68	99	129	160	190	221	252	282	313	343	373
	10	9	40	69	100	130	161	191	222	253	283	314	344	374
	11	10	41	70	101	131	162	192	223	254	284	315	345	375
	12	11	42	71	102	132	163	193	224	255	285	316	346	376
	13	12	43	72	103	133	164	194	225	256	286	317	347	377
	14	13	44	73	104	134	165	195	226	257	287	318	348	378
	15	14	45	74	105	135	166	196	227	258	288	319	349	379
เอกสาร	16	15	46	75	106	136	167	197	228	259	289	320	350	380
	17	16	47	76	107	137	168	198	229	260	290	321	351	381
	18	17	48	77	108	138	169	199	230	261	291	322	352	382
ภาคผนวก	19	18	49	78	109	139	170	200	231	262	292	323	353	383
	20	19	50	79	110	140	171	201	232	263	293	324	354	384
	21	20	51	80	111	141	172	202	233	264	294	325	355	385
	22	21	52	81	112	142	173	203	234	265	295	326	356	386
	23	22	53	82	113	143	174	204	235	266	296	327	357	387
	24	23	54	83	114	144	175	205	236	267	297	328	358	388
	25	24	55	84	115	145	176	206	237	268	298	329	359	389
	26	25	56	85	116	146	177	207	238	269	299	330	360	390
	27	26	57	86	117	147	178	208	239	270	300	331	361	391
	28	27	58	87	118	148	179	209	240	271	301	332	362	392
	29	28	59	88	119	149	180	210	241	272	302	333	363	393
	30	29	60	89	120	150	181	211	242	273	303	334	364	394
	31	30	90	121	151	182	212	243	274	304	335	365	395	395
		31	91	122	152	183	213	244	275	305	336	366	396	396