การประมาณช่วงฤดูปลูกพืชเชิงพื้นที่ในภาคเหนือตอนบน

ชาญชัย แสงชโยสวัสดิ์[1]

บทคัดย่อ

การประมาณช่วงความยาวของฤดูกาลเพาะปลูกพืชเชิงพื้นที่ เพื่อพัฒนาเป็นฐานข้อมูลสำหรับการปลูกพืชในระบบการผลิตพืชหนึ่ง ๆ โดยอาศัยข้อมูลภูมิอากาศรายวัน ที่ได้จากการรวบรวมข้อมูลจากสถานีวัดอากาศในพื้นที่ภาคเหนือตอนบน ได้จากการพัฒนาชั้นข้อมูลสภาพภูมิอากาศเชิงพื้นที่ และทำการศึกษาเปรียบเทียบวิธีการประเมินช่วงฤดูกาลเพาะปลูกพืช 2 แนวทาง คือ วิธี FAO และ Stern ทั้งนี้เพื่อใช้เป็นข้อมูลสนับสนุนการจำแนกเขตนิเวศเกษตร ผลการประเมินวันเริ่มฤดูปลูกโดยใช้วิธี FAO และ Stern พบว่าทั้ง 2 วิธีใช้ข้อมูลปริมาณน้ำฝน และค่าศักยภาพการคายระเหยน้ำในการประเมินเหมือนกัน ขณะที่การกระจายตัวเชิงพื้นที่ของข้อมูลวันสิ้นฤดูปลูกของทั้งสองวิธีการมีความแตกต่างอย่างชัดเจน ทั้งนี้เนื่องจากวิธีการของ Stern ได้นำค่าความชื้นในดินที่เหลือก่อนวันประเมินมาประมาณค่า จากการเปรียบเทียบผลการประมาณค่าโดยใช้ตำแหน่งที่สุ่มแบบตารางกริดในพื้นที่ทั้งหมด 41 จุด พบว่าวันเริ่มฤดูปลูกโดยวิธีการของ FAO จะเริ่มก่อนวิธี Stern อยู่ประมาณ 0 -11 วัน ขณะที่วันสิ้นสุดฤดูปลูกของวิธี Stern จะล่าช้ากว่าวิธีการ FAO ประมาณ 11 – 20 วัน ซึ่งผลการประเมินช่วงความยาวฤดูปลูกในพื้นที่ศึกษาพบว่าวิธีการ Stern จะมีช่วงที่กว้างกว่าวิธีการ FAO ประมาณ 11 – 29 วัน ดังนั้นชั้นข้อมูลเชิงพื้นที่ช่วงฤดูปลูกที่สร้างขึ้นโดยแนวทางของ Stern ที่ใช้ข้อมูลความเป็นประโยชน์ของน้ำในดิน น่าจะเหมาะสมและสามารถนำไปพัฒนาเป็นระบบฐานข้อมูล เพื่อใช้ในการวิเคราะห์และสนับสนุนการจำแนกระบบนิเวศเกษตรเชิงพื้นที่ต่อไป

คำสำคัญ: วันเริ่มฤดูปลูก วันสิ้นสุดฤดูปลูก ช่วงฤดูกาลเพาะปลูก ภูมิสารสนเทศ

คำนำ

ข้อจำกัดในการพัฒนาระบบการผลิตทางเกษตรในแต่ละพื้นที่ ส่วนหนึ่งถูกกำหนดโดยความสามารถในการให้ผลผลิตของที่ดิน ซึ่งรวมเอาปัจจัยด้านสภาพภูมิอากาศ ทรัพยากรดิน และการจัดเรียงตัวของสภาพภูมิประเทศ ตลอดจนการใช้ประโยชน์ที่ดินเป็นตัวกำหนด การจัดกลุ่มพื้นที่ตามปัจจัยเหล่านี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อการจำแนกระบบนิเวศเกษตรตามสภาพแวดล้อมทางกายภาพและชีวภาพ จึงเป็นประโยชน์ต่อการวางแผนการพัฒนาระบบการผลิตและจัดการทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพ

ข้อมูลพื้นฐานทางด้านการเกษตร ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมที่เกี่ยวข้องกับการผลิตพืชปัจจุบันได้มีการจัดเก็บ และทำเป็นฐานข้อมูลเชิงพื้นที่ในระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ (Geographic Information System, GIS) โดยหน่วยงานต่าง ๆ ของรัฐ เช่นฐานข้อมูลกลุ่มชุดดิน การจัดเรียงตัวของสภาพภูมิประเทศ การใช้ประโยชน์ที่ดินในประเทศไทย และโครงสร้างด้านสาธารณูปโภค (เมธี และคณะ, 2543) อนึ่งข้อมูลด้านสภาพภูมิอากาศได้มีการพัฒนาและจัดเก็บเป็นฐานข้อมูลเชิงพื้นที่โดยเฉพาะในจังหวัดเชียงใหม่ และพิษณุโลก ทั้งนี้เพื่อใช้ในระบบสนับสนุนการตัดสินใจการผลิตข้าว (เมธี และคณะ, 2542) อย่างไรก็ตามข้อมูลสภาพภูมิอากาศที่ช่วยกำหนด

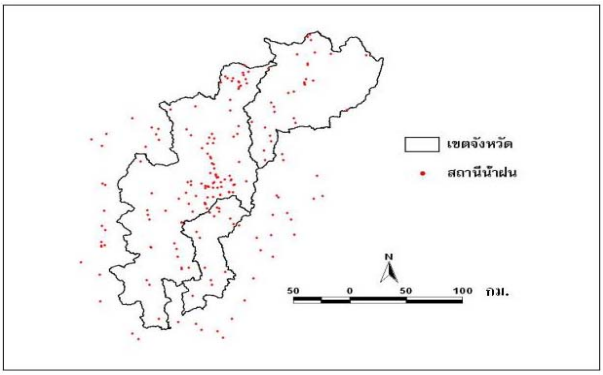
[1] ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ชนิดและระยะเวลาในการปลูกพืชของระบบการผลิตพืชหนึ่ง ๆ โดยเฉพาะข้อมูลช่วงฤดูการปลูกพืชยังขาดการพัฒนาและจัดเก็บเป็นฐานข้อมูลเชิงพื้นที่ ดังนั้นการศึกษาครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อนำฐานข้อมูลเชิงพื้นที่ด้านภูมิอากาศ (ปริมาณน้ำฝน อุณหภูมิสูงสุด และต่ำสุด รังสีแสงอาทิตย์ เป็นต้น) ที่พัฒนาจากข้อมูลสภาพภูมิอากาศรายวัน ที่รวบรวมจากสถานีวัดอากาศในภาคเหนือตอนบน และข้อมูลชุดดินในพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่ ลำพูน และเชียงราย มาเปรียบเทียบและพัฒนาการประเมินช่วงฤดูกาลเพาะปลูกพืชโดยวิธีการต่าง ๆ เพื่อพัฒนาและจัดเก็บเป็นฐานข้อมูลเชิงพื้นที่ ทั้งนี้เพื่อใช้เป็นข้อมูลสนับสนุนการจำแนกเขตนิเวศเกษตร

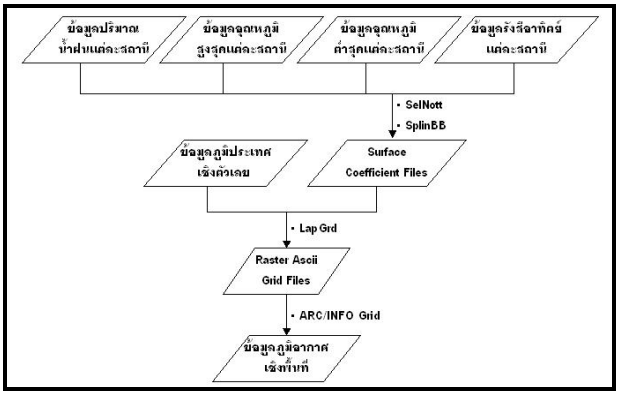
วิธีการศึกษา

การพัฒนาฐานข้อมูลภูมิอากาศ

จากการศึกษาการประมาณค่าข้อมูลภูมิอากาศในจังหวัดเชียงใหม่ และพิษณุโลก โดยวิธีการ Thiessen (Lal and Al-Mushidani, 1978; Creutin and Obled, 1982), วิธีถ่วงน้ำหนักผกผันตามระยะทาง (IDW) (Bonham–Carter, 1994), วิธีถ่วงน้ำหนักแบบ Kriging และวิธี Thin Plate Spline (TPS) (Hutchinson and Gessler, 1994) โดย เมธี และคณะ (2543) พบว่า วิธี TPS ซึ่งสามารถนำข้อมูลระดับความสูงของภูมิประเทศมาช่วยในการประมาณค่าข้อมูลภูมิอากาศนั้น ให้ค่าความถูกต้องโดยเฉลี่ยดีกว่าวิธี Thiessen, IDW และ Kriging และสามารถจัดเก็บเป็นชั้นข้อมูลกริดที่สามารถนำไปวิเคราะห์ร่วมกับชั้นข้อมูลอื่นในระบบภูมิสารสนเทศได้สะดวก นอกจากนั้นยังให้รายละเอียดการกระจายตัวแบบต่อเนื่องของฝนได้ดี โดยเฉพาะบริเวณพื้นที่ซึ่งมีภูมิประเทศเป็นภูเขาสูง ดังนั้นการพัฒนาฐานข้อมูลภูมิอากาศในพื้นที่โครงการนี้จึงอาศัยวิธี TPS เป็นแนวทางในการประมาณค่าภูมิอากาศเชิงพื้นที่ โดยเตรียมข้อมูลภูมิอากาศรายเดือนของสถานีตรวจอากาศที่รวบรวมได้จากกรมอุตุนิยมวิทยา กรมชลประทาน กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน และมูลนิธิโครงการหลวง โดยสถานีทั้งหมดจะครอบคลุมจังหวัดเชียงใหม่ เชียงราย ลำพูน ลำปาง แม่ฮ่องสอน และตาก รวมทั้งสิ้น 201 สถานี (ภาพที่ 1) พร้อมข้อมูลความสูงเหนือระดับน้ำทะเลในแต่ละสถานี มาประมาณค่า surface coefficient เพื่อนำไปสร้างชั้นข้อมูลภูมิอากาศแบบต่อเนื่อง (ชั้นข้อมูลเชิงพื้นที่ปริมาณน้ำฝน จำนวนวันที่ฝนตก อุณหภูมิสูงสุด อุณหภูมิต่ำสุด ค่าศักยภาพการคายระเหยน้ำ และปริมาณรังสีอาทิตย์) โดยอาศัยชั้นข้อมูลภูมิประเทศเชิงตัวเลข (Digital Elevation Model, DEM) ประกอบการประมาณด้วย โปรแกรม ANUSPLIN v.3.2 (Hutchinson, 1997) และ ARC/INFO GRID (ESRI, 1994) ดังภาพที่ 2 ผลจากการสร้างชั้นข้อมูลภูมิอากาศแบบต่อเนื่อง ถูกนำไปประยุกต์ใช้ในการประเมินช่วงฤดูปลูกเชิงพื้นที่แบบต่อเนื่อง และเก็บเป็นฐานข้อมูลภูมิอากาศเชิงพื้นที่ในพื้นที่ภาคเหนือตอนบน



ภาพที่ 1 ตำแหน่งที่ตั้งสถานีตรวจอากาศที่ครอบคลุมพื้นที่เป้าหมาย



ภาพที่ 2 ขั้นตอนการสร้างชั้นข้อมูลภูมิอากาศเชิงพื้นที่โดยวิธี TPS

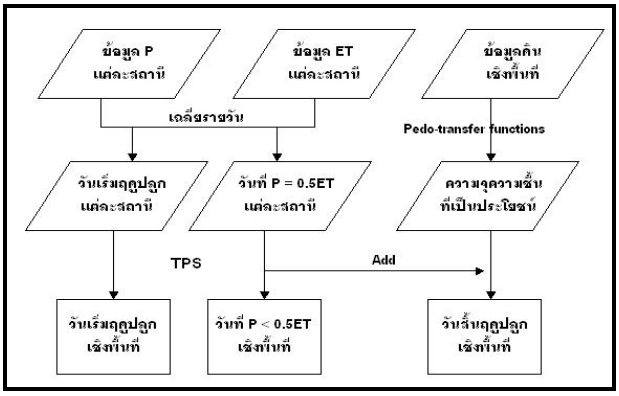
การประมาณค่าข้อมูลช่วงฤดูปลูก

การพัฒนาฐานข้อมูลช่วงฤดูกาลเพาะปลูกพืชเชิงพื้นที่ประกอบด้วยการนำฐานข้อมูลภูมิอากาศรายวันที่พัฒนาได้จากขั้นตอนแรก และฐานข้อมูลชุดดินเชิงพื้นที่ มาทำการประเมินช่วงฤดูปลูกพืชตามวิธีการประเมินของ FAO (1986) และ Stern *et al*. (1982) ผลการประเมินที่ได้นำไปสร้างแผนที่ช่วงฤดูปลูกพืชของจังหวัดเชียงใหม่ เชียงราย และลำพูน ข้อมูลภูมิอากาศที่ใช้ในการประเมินช่วงฤดูปลูกครั้งนี้ประกอบด้วย ข้อมูลปริมาณน้ำฝน ค่าศักยภาพการคายระเหยน้ำรายวัน พร้อมพิกัดแสดงที่ตั้งของสถานี และข้อมูลชุดดินที่ประกอบด้วยข้อมูลอรรถาธิบายด้านเปอร์เซ็นต์ sand, silt, clay และอินทรีย์วัตถุ เพื่อใช้ในการประเมินค่าความจุความชื้นดินที่เป็นประโยชน์ต่อการปลูกพืช ตามสมการ pedo-transfer functions (Reynolds *et al*., 1999)

การประมาณค่าช่วงฤดูปลูกเชิงพื้นที่โดยวิธีการ FAO

นำข้อมูลปริมาณน้ำฝน (P) และค่าศักยภาพการคายระเหยน้ำเฉลี่ยรายวัน (ET) ในรอบปีของแต่ละสถานี มาประเมินหาวันเริ่มต้นและวันสิ้นสุดของฤดูปลูก โดยวิธีการของ FAO ซึ่งอาศัยหลักการสมดุลของน้ำ (water balance) โดยใช้ข้อมูลปริมาณน้ำฝน และค่าศักยภาพการคายระเหย

น้ำ (PET) เป็นตัวกำหนดวันเริ่มต้นและสิ้นสุดฤดูปลูก โดยวันเริ่มฤดูปลูกแต่ละปีจะเริ่มเมื่อค่าปริมาณน้ำฝนมากกว่าครึ่งหนึ่งของ PET ขณะที่วันสิ้นฤดูปลูกประเมินได้จากวันที่ปริมาณน้ำฝนน้อยกว่าครึ่งหนึ่งของ PET (ที่ความชื้นในดินเท่ากับศูนย์) จากนั้นนำผลลัพธ์ที่ได้ไปสร้างเป็นชั้นข้อมูลวันเริ่มต้นและวันสิ้นสุดฤดูปลูกตามวิธีการ FAO โดยวิธีการ TPS (ภาพที่ 3) ส่วนช่วงฤดูปลูกเชิงพื้นที่ประมาณจากผลต่างระหว่างแผนที่วันสิ้นฤดูปลูกและวันเริ่มฤดูปลูก



ภาพที่ 3 ขั้นตอนการสร้างชั้นข้อมูลวันเริ่ม และสิ้นฤดูปลูกโดยวิธีการ FAO

การประมาณค่าช่วงฤดูปลูกเชิงพื้นที่โดยวิธีการ Stern

การประมาณวันเริ่มต้นของฤดูปลูกตามแนวทางของ Stern อาศัยการวิเคราะห์ปริมาณน้ำฝนแต่ละปี โดยถือว่าวันที่ฝนตกอย่างน้อย 20 มม. ภายใน 2 วันติดต่อกัน และหลังจากนี้ 60 วัน พบว่าไม่เกิดฝนทิ้งช่วงนานเกิน 10 วัน เป็นวันเริ่มต้นของฤดูปลูก วิธีการนี้สามารถวิเคราะห์วันเริ่มฤดูปลูกที่ความน่าจะเป็นระดับต่าง ๆ ได้ ในการศึกษานี้กำหนดระดับความน่าจะเป็นที่ 75% สำหรับวันสิ้นสุดฤดูการปลูกพืชประเมินจากปริมาณความชื้นที่เหลือในดินเท่ากับศูนย์ ซึ่งอาศัยหลักสมดุลของน้ำ โดยใช้ข้อมูลฝน ปริมาณการคายระเหยน้ำ และความจุความชื้นของดินเข้ามาเกี่ยวข้องในการประเมินดังสมการต่อไปนี้

$$W_n = W_{n-1} + P_n - ET_n$$

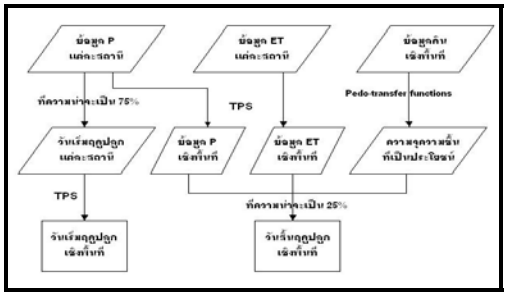
W_n = ปริมาณความชื้นที่เป็นประโยชน์ของดินในวันที่ n (มม.)

W_{n-1} = ปริมาณความชื้นที่เป็นประโยชน์ของดินเมื่อสิ้นสุดวันที่ n-1 (มม.)

P_n = ปริมาณน้ำฝนของวันที่ n (มม.)

ET_n = การคายระเหยน้ำของพืชและดินของวันที่ n (มม.)

โดยกำหนดให้โอกาสในการเกิดสะสมที่ 25% เป็นวันสิ้นสุดของฤดูปลูก และสร้างเป็นชั้นข้อมูลวันเริ่มต้นและวันสิ้นสุดฤดูปลูกเชิงพื้นที่ตามวิธีการ Stern (ภาพที่ 4) ส่วนช่วงฤดูปลูกเชิงพื้นที่ประมาณจากผลต่างระหว่างแผนที่วันสิ้นฤดูปลูกและวันเริ่มฤดูปลูก

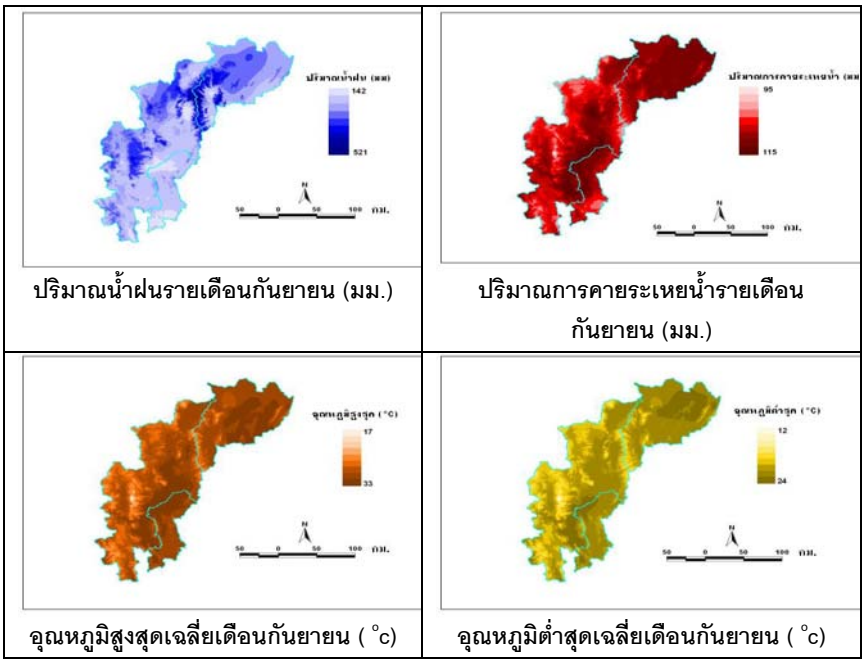


ภาพที่ 4 ขั้นตอนการสร้างชั้นข้อมูลวันเริ่ม และสิ้นฤดูปลูกโดยวิธีการ stern

ผลการดำเนินการ

ฐานข้อมูลภูมิอากาศเชิงพื้นที่แบบต่อเนื่อง

การประมาณข้อมูลภูมิอากาศเชิงพื้นที่โดยวิธี TPS สามารถดำเนินการได้โดยใช้โปรแกรม ANUSPLIN v.3.2 และ ARC/INFO Grid ให้ผลลัพธ์ที่แสดงเป็นแผนที่ภูมิอากาศที่มีความต่อเนื่องในจังหวัดเชียงใหม่ เชียงราย และลำพูน โดยทำการจัดเก็บข้อมูลในพื้นที่ศึกษาเป็นข้อมูลรายเดือน ซึ่งประกอบด้วยชั้นข้อมูลภูมิอากาศที่ประมาณได้ 4 ชั้นข้อมูล คือ ปริมาณน้ำฝน อุณหภูมิสูงสุด ต่ำสุด และปริมาณการคายระเหยน้ำ (ภาพที่ 5)



ภาพที่ 5 ข้อมูลภูมิอากาศเชิงพื้นที่แบบต่อเนื่องเดือนกันยายน จังหวัดเชียงใหม่ เชียงราย และลำพูน

การประมาณช่วงฤดูปลูกพืช

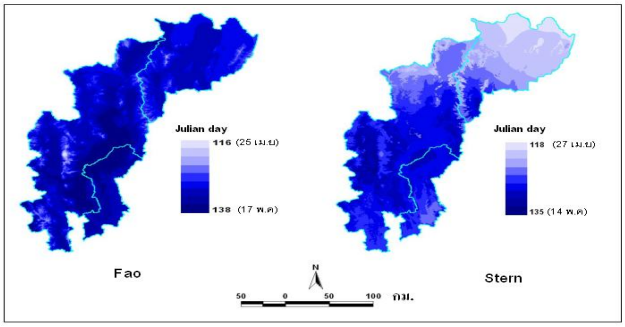
จากการประเมินช่วงฤดูปลูกโดยใช้ข้อมูลน้ำฝน ค่าการคายระเหยน้ำรายวัน และชุดดิน โดยวิธีการของ FAO และ Stern ในพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่ เชียงราย และลำพูน สามารถสร้างชั้นข้อมูลวันเริ่มต้น วันสิ้นสุด และช่วงฤดูปลูกเชิงพื้นที่แบบต่อเนื่องได้ ผลของข้อมูลวันเริ่มฤดูปลูกที่ได้จากการประเมินทั้ง 2 วิธี ถูกนำมาเปรียบเทียบโดยใช้ตำแหน่งที่ได้จากการสุ่มแบบตารางกริดในพื้นที่ศึกษาทั้งหมด 41 จุด พบว่าวันเริ่มฤดูปลูกที่วิเคราะห์ได้โดยวิธีการของ FAO ในพื้นที่ 3 จังหวัด มาถึงเร็วกว่าวันเริ่มฤดูปลูกที่ได้จากวิธีการ Stern อยู่ประมาณ 0 - 11 วัน (ตารางที่ 1) โดยวันเริ่มฤดูปลูกของการประเมินโดยวิธี FAO เกิดขึ้นระหว่างวันที่ 25 เมษายน ถึง 17 พฤษภาคม โดยพื้นที่ส่วนใหญ่มีวันเริ่มฤดูปลูกในช่วงต้นเดือนพฤษภาคม ขณะที่การประเมินโดยวิธีการของ stern ให้ช่วงวันเริ่มฤดูปลูกตั้งแต่วันที่ 27 เมษายน ถึง 24 พฤษภาคม โดยพื้นที่ส่วนใหญ่จะเริ่มฤดูปลูกในช่วงต้นเดือนพฤษภาคม (ภาพที่ 6)

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบวันเริ่มฤดูปลูกระหว่างแนวทาง FAO และ stern

ตำแหน่งที่สุ่ม	วิธีการ FAO	วิธีการ Stern	ความแตกต่าง	ตำแหน่งที่สุ่ม	วิธีการ FAO	วิธีการ Stern	ความแตกต่าง
1	133	126	7	22	129	130	0
2	127	127	0	23	132	125	7
3	129	127	1	24	132	127	6
4	132	128	4	25	131	127	4
5	134	131	4	26	132	126	6
6	137	129	8	27	131	124	7
7	135	127	8	28	130	122	8
8	134	131	2	29	134	125	9
9	127	127	0	30	132	125	7
10	136	128	8	31	133	123	10
11	133	128	5	32	131	122	9
12	129	128	2	33	130	122	8
13	130	129	1	34	131	123	8
14	138	129	9	35	130	122	8
15	136	129	7	36	131	121	10
16	133	131	3	37	132	121	11
17	133	130	3	38	130	121	9
18	132	128	4	39	131	121	10
19	136	128	8	40	131	120	11
20	133	127	6	41	130	120	10
21	130	128	2				

เมื่อพิจารณาวันสิ้นสุดฤดูการปลูกพืชทั้ง 2 วิธี พบว่าวันสิ้นสุดฤดูปลูกที่วิเคราะห์ได้โดยวิธีการของ FAO ในพื้นที่ 3 จังหวัด จะสิ้นสุดก่อนวันสิ้นสุดฤดูปลูกที่ได้จากวิธีการ stern อยู่ประมาณ 11 - 20 วัน (ตารางที่ 2) โดยวิธีการของ FAO ให้วันสิ้นสุดฤดูปลูกอยู่ในช่วงวันที่ 6 พฤศจิกายน ถึงวันที่ 6 เดือนธันวาคม (ภาพที่ 7) โดยการกระจายเชิงพื้นที่ส่วนใหญ่มีวันสิ้นสุดฤดู

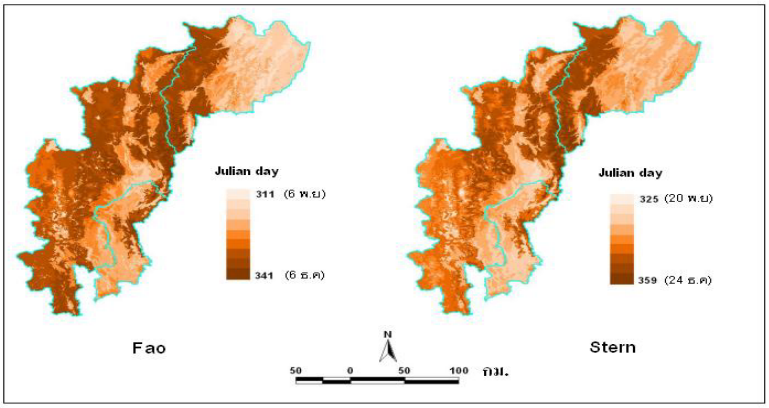
ปลูกในช่วงต้นเดือนธันวาคม ขณะที่วิธีการของ stern จะอยู่ในช่วงวันที่ 20 พฤศจิกายน ถึงวันที่ 24 ธันวาคม โดยพื้นที่ส่วนใหญ่จะสิ้นสุดในช่วงกลางเดือนธันวาคม จากการประเมินความยาวของช่วงฤดูปลูกทั้ง 2 วิธี พบว่า การกระจายของช่วงฤดูปลูกโดยวิธีของ FAO และ stern มีช่วงระหว่าง 177 – 213 และ 195 – 235 วัน ตามลำดับ (ภาพที่ 8) โดยวิธีการของ FAO พื้นที่ส่วนใหญ่มีช่วงความยาวของฤดูปลูก อยู่ในช่วง 185 – 195 วัน ขณะที่การประเมินตามแนวทางของ stern พื้นที่ส่วนใหญ่มีช่วงความยาวของฤดูปลูก อยู่ในช่วง 210 – 230 วัน



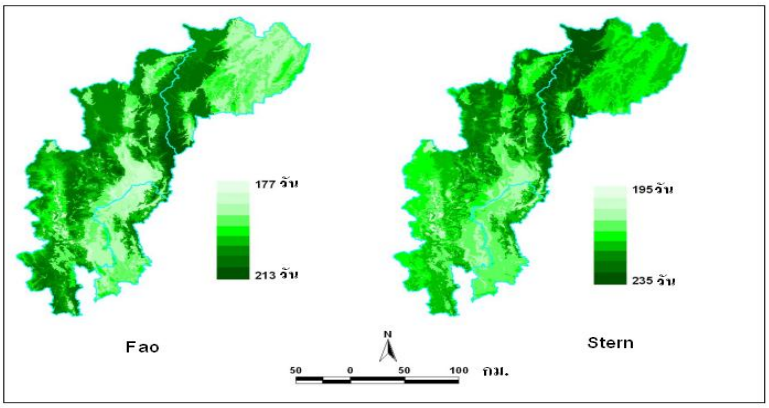
ภาพที่ 6 การกระจายตัวของวันเริ่มฤดูปลูกเชิงพื้นที่ในจังหวัดเชียงใหม่ เชียงราย และลำพูน

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบวันสิ้นสุดฤดูปลูกระหว่างแนวทาง FAO และ stern

ตำแหน่งที่สุ่ม	วิธีการ FAO	วิธีการ Stern	ความแตกต่าง	ตำแหน่งที่สุ่ม	วิธีการ FAO	วิธีการ Stern	ความแตกต่าง
1	325	339	-13	21	339	359	-19
2	332	343	-11	22	339	359	-20
3	335	348	-13	23	332	347	-15
4	325	340	-14	24	334	350	-16
5	332	345	-13	25	335	352	-17
6	324	338	-13	26	325	342	-16
7	324	338	-13	27	318	335	-17
8	331	345	-14	28	333	348	-16
9	334	346	-12	29	321	336	-14
10	337	350	-13	30	336	352	-16
11	332	345	-13	31	326	342	-15
12	332	344	-12	32	321	339	-18
13	335	350	-15	33	319	338	-18
14	326	340	-14	34	335	353	-17
15	322	336	-14	35	335	353	-18
16	330	346	-15	36	336	353	-17
17	334	350	-16	37	323	340	-17
18	335	350	-15	38	316	335	-18
19	320	334	-14	39	334	352	-18
20	320	334	-14	40	316	334	-18
21	325	339	-13				



ภาพที่ 7 การกระจายตัวของวันสิ้นฤดูปลูกเชิงพื้นที่ในจังหวัดเชียงใหม่ เชียงราย และลำพูน



ภาพที่ 8 การกระจายตัวของช่วงฤดูปลูกเชิงพื้นที่ในจังหวัดเชียงใหม่ เชียงราย และลำพูน

สรุป

การพัฒนาข้อมูลช่วงฤดูปลูกเชิงพื้นที่ สามารถจัดทำได้โดยใช้สมรรถนะของเทคโนโลยีด้านภูมิสารสนเทศมาช่วยในการวิเคราะห์ โดยอาศัยข้อมูลพื้นฐานด้านภูมิอากาศ และดินในพื้นที่ศึกษามาใช้ในการประมาณค่า ผลของการประเมินช่วงฤดูปลูกโดยใช้แนวทางของ FAO และ Stern ซึ่งใช้ข้อมูลในการประเมินที่แตกต่างกัน พบว่าความยาวของฤดูปลูกทั้ง 2 วิธี มีแนวโน้มที่จะได้ผลการประเมินที่คล้ายคลึง โดยเฉพาะการประเมินวันเริ่มฤดูปลูก ทั้งนี้ทั้ง 2 วิธีใช้ข้อมูลปริมาณน้ำฝนและ PET ในการประเมินเหมือนกัน ขณะที่การประเมินวันสิ้นฤดูปลูกจะเห็นความแตกต่างของการกระจายเชิงพื้นที่ได้ชัดเจน ทั้งนี้เนื่องจาก วิธีการของ Stern ได้นำความชื้นในดินที่เหลือก่อนวันประเมินมาประมาณ ดังนั้นชั้นข้อมูลเชิงพื้นที่ช่วงฤดูปลูกที่สร้างขึ้นโดยแนวทางของ Stern จึงถูกนำไปพัฒนาเป็นระบบฐานข้อมูลเพื่อใช้ในวิเคราะห์การจำแนกระบบนิเวศเกษตรต่อไป

เอกสารอ้างอิง

เมธี เอกะสิงห์ ชาญชัย แสงชโยสวัสดิ์ พนมศักดิ์ พรหมบุรมย์ เฉลิมพล สำราญพงษ์ สุรีพรย์ สุดชาลี และปิ่นเพชร สกุลส่องบุญศิริ. 2543. ***รายงานฉบับสมบูรณ์โครงการพัฒนาฐานข้อมูลดินและการใช้ประโยชน์ที่ดิน ระยะที่ 3.*** ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 166 น.

เมธี เอกะสิงห์ ถาวร อ่อนประไพ พนมศักดิ์ พรหมบุรมย์ จุไรพร แก้วทิพย์ สุรีย์พร สุดชาลี เฉลิมพล สำราญพงษ์ สิทธิเดช ณ เชียงใหม่ และทนงเกียรติ อุปันโน. 2543. ***ฐานข้อมูลเชิงพื้นที่ในระบบสนับสนุนการตัดสินใจการผลิตข้าว รายงานผลการวิจัยฉบับสมบูรณ์ส่วนที่ 2 โครงการวิจัยระบบสนับสนุนการตัดสินใจการผลิตพืช***: ข้าวในภาคเหนือ. ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

Bonham-Carter G.F. 1994. Geographic Information Systems for Geoscientists: Modeling with GIS. Computer Methods in the Geosciences Volume 13. ***Pergamon (Elsevier Science Ltd.)***. Ontario.

Creutin, J.D. and C. Obled. 1982. Objective analyses and mapping techniques for rainfall fields: An objective comparison. ***Water Resour. Res***. 18(2): 413-431.

ESRI. 1994. ***GRID Commands***. Environmental Systems Research Institute, Inc., Redland, CA.

FAO. 1978. ***Report on the Agro-ecological Zone Project*** *Vol 1*. I. Methodology and Results for Africa World Soil Resources. Report No. 58. Rome.

Hutchinson, M.F. 1997. ***ANUSPLIN Version 3.2 User Guide***. Center for Resource and Environmental Studies, The Australian National University, Canberra.

Hutchinson, M.F. and P.E. Gessler. 1994. Splines more than just a smooth interpolator. ***Geoderma.*** 62:45-67.

Lal, B.B. and G. Al-Mushidani. 1978. A technique for the determination of areal average rainfall. ***Hydrol. Sci. J.*** 23(4): 445-453.

Reynolds, C.A., T. J. Jackson and W.J. Rawls. 1999. ***Estimating available water content by linking the FAO Soil Map of the World with global soil profile databases and pedo-transfer functions.*** Proceedings of the AGU 1999 Spring Conference, Boston, MA. May 31-June 4, 1999.

Stern, M.D., R.D. Dennett and I.C. Dale. 1982. Analyzing daily rainfall measurement to give agronomically useful results. ***Experimental Agriculture*** 18 : 223 – 236.