

การศึกษาความยาวช่วงฤดูปลูกพืชในพื้นที่ลุ่มน้ำชี

Study on Length of Crop Growing Period in the Chi Watershed

จิตลัดดา กาญจนรักษ์¹, กนกกาญจน์ วรวุฒิ¹ และ เรืองศักดิ์ กตเวทิน^{1,2*}

Jitladda Kanjanarak¹, Kanokkan Worawut¹ and Roengsak Katawatin^{1,2*}

บทคัดย่อ: ในพื้นที่ลุ่มน้ำชีข้อมูลความยาวช่วงฤดูปลูกพืชยังสามารถปรับปรุงให้มีความละเอียด ถูกต้องและเป็นประโยชน์มากขึ้นได้ เนื่องจากในปัจจุบันข้อมูลและเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์และทำแผนที่ที่มีคุณภาพและประสิทธิภาพดีขึ้น วัตถุประสงค์หลักของงานวิจัยนี้ คือเพื่อศึกษาและสร้างแผนที่แสดงความยาวช่วงฤดูปลูกพืชในพื้นที่ลุ่มน้ำชี โดยอาศัยการเปรียบเทียบข้อมูลในรูปแบบกราฟระหว่างครึ่งหนึ่งของค่าศักยภาพการคายระเหย (0.5ET_o) กับปริมาณน้ำฝน เพื่อคำนวณวันเริ่มต้นฤดูปลูก วันสิ้นสุดฤดูปลูก และความยาวช่วงฤดูปลูก ตามเกณฑ์ที่กำหนดโดยการอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ (FAO) ข้อมูลสภาพอากาศที่ใช้ได้จากสถานีตรวจอากาศ 82 สถานี กระจายทั่วพื้นที่ลุ่มน้ำชีและบริเวณใกล้เคียง ผลการคำนวณที่ได้ในขั้นแรก เป็นข้อมูลลักษณะจุด (Point data) ตามสถานีตรวจอากาศต่างๆ จะถูกนำไปสร้างเป็นแผนที่โดยวิธีการประมาณค่าข้อมูลเชิงพื้นที่ (Interpolation) แบบผกผันตามระยะทาง (Inverse Distance Weight , IDW) ในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) ผลการศึกษานี้บ่งชี้ว่า ในพื้นที่ลุ่มน้ำชี วันเริ่มฤดูปลูกอยู่ในช่วงวันที่ 4 เมษายน - 13 พฤษภาคม วันสิ้นสุดฤดูปลูกอยู่ในช่วงวันที่ วันที่ 29 กันยายน-30 ตุลาคม มีความยาวช่วงฤดูปลูก 152 - 206 วัน นอกจากนั้นเมื่อนำปริมาณน้ำฝนจากแต่ละสถานีและแต่ละปี มาคำนวณและสร้างแผนที่โดยวิธีเดียวกันพบว่าพื้นที่ลุ่มน้ำชีมีปริมาณน้ำฝนอยู่ในช่วง 898.27-1733.71 มิลลิเมตร

คำสำคัญ: ลุ่มน้ำชี วันเริ่มฤดูปลูก วันสิ้นสุดฤดูปลูก ความยาวช่วงฤดูปลูก

ABSTRACT : Information on length of crop growing period in the Chi watershed can be improved for better precision and increased usefulness. This is because, presently, accurate weather data recorded from a sizable number of stations are available. Also computerized tools for data analysis and mapping are readily accessible. The objective of this study was to investigate length of crop growing period in this watershed. To achieve the objective amount of rainfall and a half of evapotranspiration (0.5ET_o) were compared. Consequently, the beginning, termination, and length of crop growing period were defined based on the FAO method. Weather data were acquired from 82 stations in the Chi watershed and its vicinity . The interpolation method namely Inverse Distance Weight (IDW) was employed to generate relevant maps. The results showed that in the Chi watershed, the beginning of growing period was April 4th-May 13th, the termination of growing period was September 29thOctober 30th and the length of growing period was approximately 152-206 days. Furthermore, total amount of rainfall in the watershed was around 898.27-1733.71 mm.

Keywords: Chi watershed , Beginning of growing period, Termination of growing period, Length of crop growing period

¹ ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรการเกษตร มหาวิทยาลัยขอนแก่น

Department of Plant Science and Agricultural Resources , Khon Kaen University

² ศูนย์วิจัยน้ำบาดาล มหาวิทยาลัยขอนแก่น

Ground Water Research Center, Khon Kaen University

* Corresponding author: katawatin@gmail.com

บทนำ

ลุ่มน้ำชีครอบคลุมพื้นที่ 12 จังหวัด มีพื้นที่เพาะปลูก 31,163.78 ตารางกิโลเมตร (กรมชลประทาน, 2546) หรือคิดเป็นร้อยละ 63 ของพื้นที่ทั้งหมด ลุ่มน้ำนี้เป็นแหล่งเพาะปลูกที่สำคัญของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ พื้นที่ส่วนใหญ่ในลุ่มน้ำใช้ทำการเกษตรแบบอาศัยน้ำฝน ซึ่งเป็นแหล่งน้ำที่มีอยู่อย่างจำกัด จึงต้องมีการวางแผนปลูกพืชให้เหมาะสมกับปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์ การพยากรณ์สภาพสมดุลของน้ำ (Water balance) ในการปลูกพืช โดยกำหนดความยาวช่วงฤดูปลูกซึ่งอาศัยความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝนและค่าศักยภาพการคายระเหยในการวางแผนการปลูกพืชให้เหมาะสมกับปริมาณน้ำ เป็นการจัดการทรัพยากรที่ดินให้เกิดสูงสุด ทั้งยังสามารถช่วยลดปัจจัยการลงทุนและแรงงานในการผลิตพืชของเกษตรกร

จากที่กล่าวมาข้างต้นข้อมูลความยาวช่วงฤดูปลูกจึงมีความสำคัญต่อการวางแผนพัฒนาพื้นที่แห่งนี้ FAO (1996) และชาญชัย (2548) กล่าวว่า แนวคิดของช่วงฤดูปลูกเป็นองค์ประกอบสำคัญของการจำแนกเขตนินเวศเกษตร โดยพัฒนาเป็นฐานข้อมูลสำหรับการปลูกพืชในระบบการผลิตพืชหนึ่ง ๆ โดยอาศัยข้อมูลสภาพอากาศ และเป็นแนวทางในการประเมินศักยภาพการใช้ที่ดิน ซึ่งปัจจุบันการประเมินความยาวช่วงฤดูปลูกที่ใช้เป็นฐานข้อมูลเพื่อพัฒนาการจำแนกเขตนินเวศเกษตรมีเพียงข้อมูลบางส่วน บางพื้นที่ และกระจัดกระจาย หรืออาจเป็นการประเมินความยาวช่วงฤดูปลูกโดยภาพรวมเท่านั้น ประกอบกับเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในอดีตยังเป็นเพียงเครื่องช่วยคำนวณทางคณิตศาสตร์ ยังไม่พัฒนาให้ประยุกต์ใช้ กับงานด้านอื่นๆ ทำให้การประเมินข้อมูลเชิงพื้นที่ ยังไม่ละเอียด เท่ากับเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์สมัยใหม่ ในปัจจุบันนอกจากจะเป็นเครื่องช่วยคำนวณทางคณิตศาสตร์ที่แม่นยำและละเอียดมากขึ้น พัฒนาให้ประยุกต์ใช้กับงานด้านอื่นๆ ได้ เช่น การจัดทำสื่อผสม การแลกเปลี่ยนข้อมูลข่าวสาร เป็นตัวควบคุมเครื่องจักร การจัดการข้อมูล และการประมวลผล

สารสนเทศ (ภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ, ม.ป.ป.)

ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) เป็นหนึ่งในเทคโนโลยีสมัยใหม่ที่ถูกพัฒนา ให้เป็นเครื่องมือที่มีประโยชน์อย่างยิ่งในการสร้างฐานข้อมูล และจัดเก็บข้อมูล ที่มีการอ้างอิงพิกัดทางภูมิศาสตร์ซึ่งมีอยู่มากมายในปัจจุบัน รวมทั้งวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่ที่ได้ละเอียดมากขึ้น ดังนั้นการกำหนดความยาวช่วงฤดูปลูกโดยใช้การคำนวณข้อมูลปริมาณน้ำฝนและค่าศักยภาพการคายระเหยด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ร่วมกับการใช้เทคโนโลยีสมัยใหม่ ทางด้านระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ในการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่ ด้วยวิธีการต่างๆ จึงมีความสำคัญยิ่ง เพื่อใช้วางแผนประกอบกับการตัดสินใจในการผลิตพืช และจัดการทรัพยากรการเกษตรที่เหมาะสม วัตถุประสงค์ของการศึกษานี้คือ เพื่อศึกษาและทำแผนที่วันเริ่มฤดูปลูก วันสิ้นสุดฤดูปลูก ความยาวช่วงฤดูปลูก และปริมาณน้ำฝน เพื่อใช้ประกอบการวางแผนการตัดสินใจในการผลิตพืช และเป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับการพัฒนา เป็นฐานข้อมูลในระดับที่ละเอียดยิ่งขึ้น เช่น การจำแนกเขตนินเวศเกษตร และเขตนินเวศนาข้าว ฯลฯ

วิธีการศึกษา

พื้นที่ศึกษา

ลุ่มน้ำชีตั้งอยู่ระหว่างเส้นรุ้งที่ 15 องศา 30 ลิปดา เหนือถึงเส้นรุ้งที่ 17 องศา 30 ลิปดา เหนือ และอยู่ระหว่างเส้นแวงที่ 101 องศา 30 ลิปดา ตะวันออก ถึงเส้นแวงที่ 104 องศา 30 ลิปดา ตะวันออก ทิศเหนือติดกับลุ่มน้ำโขง ทิศใต้ติดกับลุ่มน้ำมูล ทิศตะวันออกติดกับลุ่มน้ำโขงและลุ่มน้ำมูล ทิศตะวันตกติดกับลุ่มน้ำป่าสัก มีพื้นที่ลุ่มน้ำรวมทั้งสิ้น 49,476 ตร.กม. โดยมีพื้นที่ ส่วนใหญ่อยู่ในเขต 12 จังหวัด ได้แก่ ชัยภูมิ ขอนแก่น กาฬสินธุ์ มหาสารคาม ร้อยเอ็ด ยโสธร อุบลราชธานี นครราชสีมา เลยหนองบัวลำภู อุดรธานี และศรีสะเกษ (สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำและการเกษตร, 2555)



Figure 1 Study area (Chi watershed)

Source : Hydro and Agro informatics Institute (2012)

ข้อมูลสภาพอากาศ

รวบรวมข้อมูลสภาพอากาศ 17 ปี (พ.ศ.2538-พ.ศ.2554) 82 สถานี ประกอบด้วย ข้อมูล ปริมาณน้ำฝน (Rainfall) อุณหภูมิ (Temperature) ความชื้นสัมพัทธ์ (Relative humidity) ความเร็วลม (Wind speed) และ ชั่วโมงแสงแดด (Sunshine duration) รายวัน

ในบรรดาสถานีตรวจอากาศทั้งหมด มีเพียง 3 สถานีที่มีข้อมูลครบ 12 สถานี ขาดข้อมูลชั่วโมงแสงแดด และ 67 สถานีมีเพียงข้อมูลปริมาณน้ำฝน จึงต้องแบ่งขอบเขตพื้นที่ โดยใช้ Thiessen polygon ArcGIS 9.2 เพื่อกำหนดการใช้ข้อมูลร่วมกันระหว่างสถานีที่มีข้อมูลครบและสถานีที่มีข้อมูลไม่ครบ ซึ่งมีพื้นที่ใกล้เคียงกัน

โปรแกรมคำนวณค่าศักยภาพการคายระเหย ETo Calculator

โปรแกรม ETo Calculator พัฒนาขึ้นโดย FAO(2009) เพื่อกำหนดค่าศักยภาพการคายระเหย (Evapotranspiration , ETo) รายวัน จากข้อมูล อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความเร็วลม และรังสีสุทธิ ตามสมการ Penman-Monteith (Allen, R., et al, 1998) ดังนี้

$$ET_o = \frac{0.408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34u_2)}$$

โดยที่

ET_o = ค่าศักยภาพการคายระเหย (mm day^{-1})

R_n = รังสีสุทธิจากแสงอาทิตย์ที่พืชปกคลุมดิน ($\text{MJ m}^{-2} \text{day}^{-1}$)

G = การถ่ายเทพลังงานความร้อนจากผิวดิน ($\text{MJ m}^{-2} \text{day}^{-1}$)

T = ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิรายวัน ($^{\circ}\text{C}$)

u_2 = ความเร็วลมที่ความสูง 2 เมตร (m s^{-1})

e_s = ความดันไอน้ำอิ่มตัว (kPa)

e_a = ความดันไอน้ำจริง (kPa)

$e_s - e_a$ = ผลต่างระหว่างค่าความดันไอน้ำอิ่มตัวเฉลี่ย (e_s) กับความดันไอน้ำที่เป็นจริงเฉลี่ย (e_a) (kPa)

Δ = ความลาดชันของกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความดันไอน้ำกับอุณหภูมิ ($\text{kPa } ^{\circ}\text{C}^{-1}$)

γ = psychrometric constant ($\text{kPa } ^{\circ}\text{C}^{-1}$)

อนึ่ง ในการศึกษานี้ ขาดข้อมูลรังสีสุทธิ แต่โปรแกรม ETo Calculator เปิดโอกาสให้ใช้ค่าชั่วโมงแสงแดดร่วมกับตำแหน่งพิกัดเส้นรุ้ง เส้นแวง แทนได้ ในการคำนวณ (Allen, R. et al, 1998)

วิธีการเตรียมข้อมูลปริมาณน้ำฝนและค่าศักยภาพการคายระเหย

การเปรียบเทียบเพื่อกำหนดความยาวช่วงฤดูปลูก ใช้ข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายวันของแต่ละปี และแต่ละสถานี คำนวณผลรวมปริมาณน้ำฝนราย 10 วัน เช่น

เดียวกันกับค่าศักยภาพการคายระเหยรายวัน ที่คำนวณได้จากโปรแกรม ETo Calculator ซึ่งถูกนำไปคำนวณครึ่งหนึ่งของค่าศักยภาพการคายระเหย ($0.5ETo$) และคำนวณผลรวมราย 10 วัน (Figure 2)

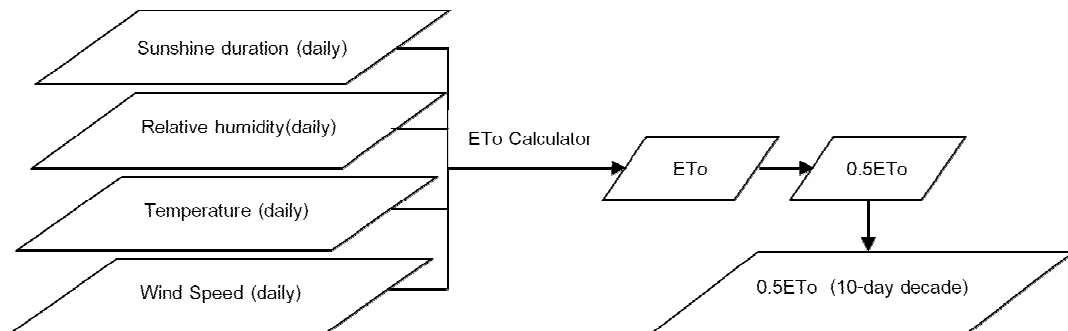


Figure 2 Preparation of data on potential evapotranspiration

กำหนดวันเริ่มฤดูปลูก วันสิ้นสุดฤดูปลูก และความยาวช่วงฤดูปลูกพืช

ในการกำหนดวันเริ่มและสิ้นสุดฤดูปลูก กำหนดตามเกณฑ์ FAO (1996) โดยวันเริ่มฤดูปลูกจะเริ่มเมื่อปริมาณน้ำฝนมากกว่าหรือเท่ากับครึ่งหนึ่งของค่าศักยภาพการคายระเหย ($Rainfall \geq 0.5ETo$) และปริมาณน้ำฝนต้องมีความต่อเนื่อง ในขณะเดียวกันวันสิ้นสุดฤดูปลูกกำหนดจากวันที่ปริมาณน้ำฝนน้อยกว่าครึ่งหนึ่งของค่าศักยภาพการคายระเหย ($Rainfall < 0.5ETo$) อย่างต่อเนื่อง ขั้นตอนการดำเนินงานมีดังต่อไปนี้

1) การเปรียบเทียบข้อมูลปริมาณน้ำฝนและครึ่งหนึ่งของค่าศักยภาพการคายระเหยใช้ผลรวมราย 10 วัน วิเคราะห์ในรูปแบบกราฟ (Figure 3) สำหรับปีอื่นและสถานีอื่นทำแบบเดียวกัน โดยเส้นกราฟปริมาณน้ำฝนใช้ค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ (Moving average) เปรียบเทียบกับครึ่งหนึ่งของค่าศักยภาพการคายระเหยผลรวมราย 10 วัน เนื่องจากการวิเคราะห์เส้นกราฟปริมาณน้ำฝนโดยใช้รายวัน ไม่สามารถประมาณวันเริ่มฤดูปลูกได้ชัดเจน วิเคราะห์ร่วมกับข้อมูลตัวเลขในตาราง เพื่อกำหนดวันเริ่มฤดูปลูก วันสิ้นสุดฤดูปลูก และผลต่างของวันเริ่มฤดูปลูกกับวันสิ้นสุดฤดูปลูกเป็นความยาวช่วงฤดูปลูก

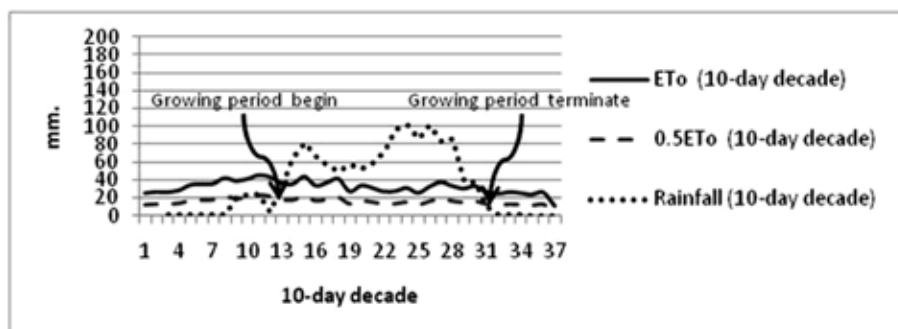


Figure 3 Determination of the beginning and the termination of growing period from graph.

An example from Loei station in 1995.

2) คำนวณค่าเฉลี่ยข้อมูลวันเริ่มฤดูปลูก (Beginning of crop growing period) วันสิ้นสุดฤดูปลูก (Termination of crop growing period) ความยาวช่วงฤดูปลูก (Length of crop growing period) และปริมาณน้ำฝน (Rainfall) ทั้ง 17 ปี สำหรับแต่ละสถานี พร้อมทั้งคำนวณค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (Standard error) ของวันเริ่มฤดูปลูก วันสิ้นสุดฤดูปลูก ความยาวช่วงฤดูปลูก และปริมาณน้ำฝน จากสมการ

$$S.E. = \frac{S.D.}{\sqrt{n}}$$

โดยที่ S.E. = ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน

S.D. = ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation)

n = จำนวนข้อมูลทั้งหมด

3) นำเข้าข้อมูลค่าเฉลี่ยวันเริ่มฤดูปลูก วันสิ้นสุดฤดูปลูก ความยาวช่วงฤดูปลูก และปริมาณน้ำฝนของแต่ละสถานี จากนั้นประมาณค่าข้อมูลเชิงพื้นที่ (Interpolation) ด้วยวิธี ผกผันตามระยะทาง (Inverse Distance Weight, IDW) ซึ่งเป็นการประมาณค่าข้อมูลเชิงพื้นที่จากจุดที่ทราบค่าข้อมูลซึ่งอยู่รอบๆ โดยใช้การถ่วงน้ำหนัก คือจุดที่อยู่ใกล้จะถูกให้น้ำหนักมากกว่าจุดที่อยู่ไกล ผลที่ได้คือ แผนที่วันเริ่มฤดูปลูก วันสิ้นสุดฤดูปลูก ความยาวช่วงฤดูปลูก และปริมาณน้ำฝนสรุปเป็นขั้นตอนได้ดัง Figure 4

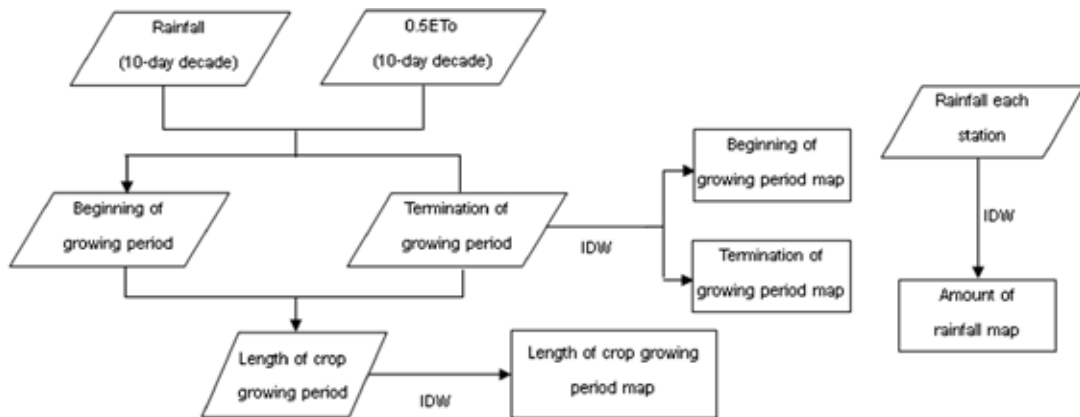


Figure 4 Method employed to generate various maps in this study

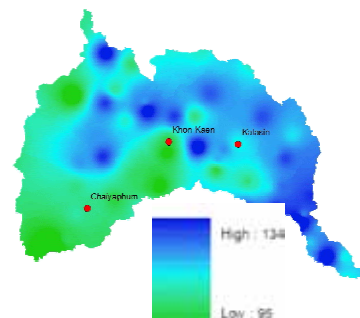
ผลการศึกษา

1) วันเริ่มฤดูปลูก

พื้นที่ลุ่มน้ำชี เริ่มฤดูปลูกวันที่ 95-134 ของปี ซึ่งตรงกับวันที่ 4 เมษายน-13 พฤษภาคม และมีค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (Standard error) 3-11 วัน (Figure 5)



(a)



(b)

Figure 5 Beginning of crop growing period (a) Point map (b) Interpolated map

2) วันสิ้นสุดฤดูปลูก

สิ้นสุดฤดูปลูกวันที่ 273-304 ของปี ซึ่งตรงกับวันที่ 29 กันยายน-30 ตุลาคม และมีค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (Standard error) 3-12 วัน (Figure 6)

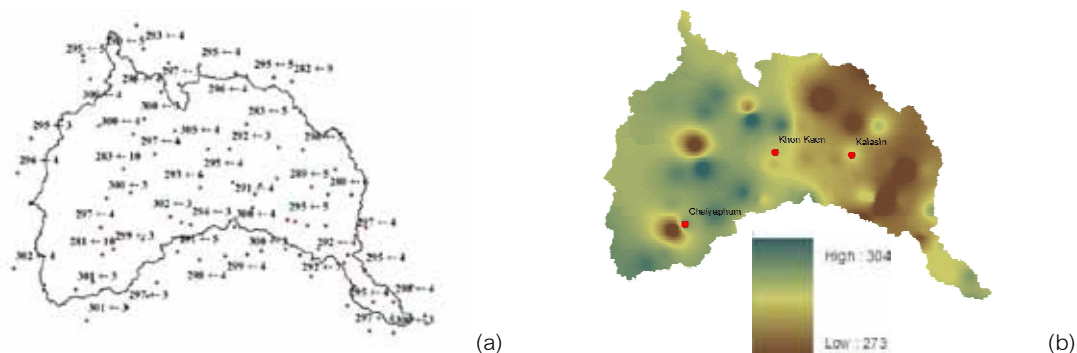


Figure 6 Termination of crop growing period (a) Point map (b) Interpolated map

3) ความยาวช่วงฤดูปลูก

ความยาวช่วงฤดูปลูก 152-206 วัน มีค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (Standard error) 5-14 วัน (Figure 7)

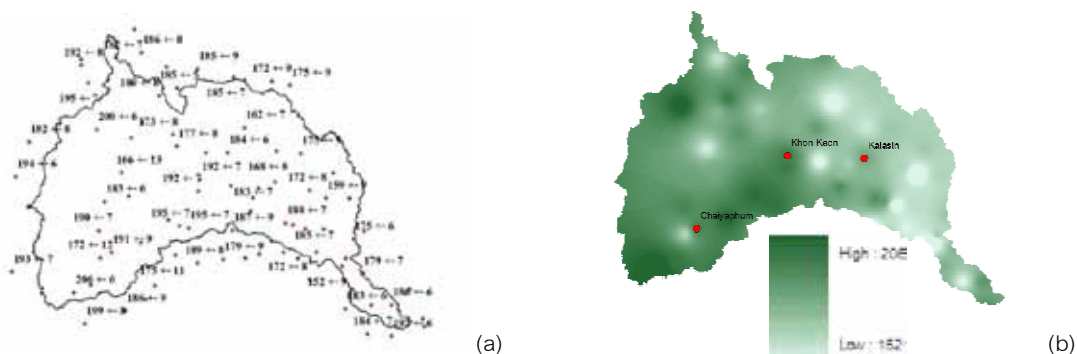


Figure 7 Length of crop growing period (a) Point map (b) Interpolated map

4) ปริมาณน้ำฝน

ปริมาณน้ำฝนในพื้นที่ลุ่มน้ำชี 898.27-1,317.62 มม. มีความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน 38.14-164.41 มม.

(Figure 8)

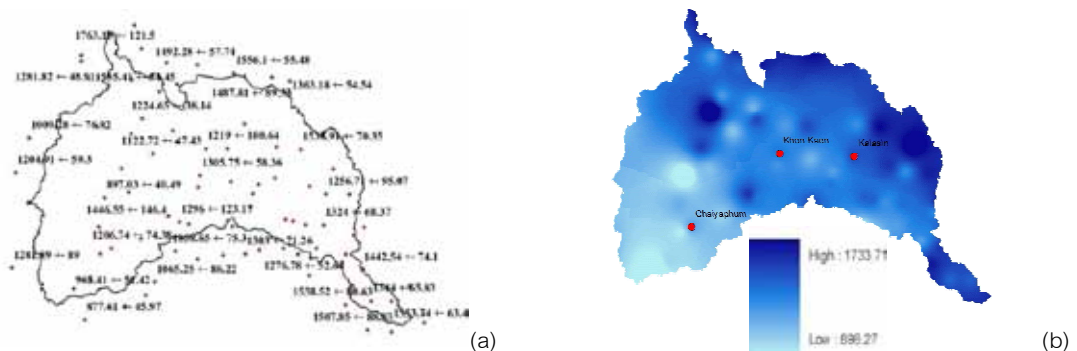


Figure 8 Amount of rainfall in Chi watershed (a) Point map (b) Interpolated map

สรุปและวิจารณ์

การศึกษาความยาวช่วงฤดูปลูกในพื้นที่ลุ่มน้ำชี โดยการวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณน้ำฝนร่วมกับค่าครึ่งหนึ่งของศักยภาพการคายระเหย พบว่า ในพื้นที่ลุ่มน้ำชี มีวันเริ่มฤดูปลูกอยู่ในช่วงวันที่ 95 - 134 ตรงกับวันที่ 4 เมษายน-13 พฤษภาคม มีค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (Standard error) 3 -11 วัน วันสิ้นสุดฤดูปลูกอยู่ในช่วงวันที่ 273-304 ตรงกับวันที่ 29 กันยายน-30 ตุลาคม มีความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน 3-12 วัน ความยาวช่วงฤดูปลูก อยู่ในช่วง 152-206 วัน มีค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน 5-14 วัน และปริมาณ

น้ำฝน อยู่ในช่วง 898.27-1,317.62 มม. มีความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน 38.14-164.41 มม.

พื้นที่ด้านทิศตะวันตกเฉียงใต้ เช่น จังหวัดชัยภูมิ เริ่มฤดูปลูกเร็วกว่า แต่สิ้นสุดฤดูปลูกช้ากว่าพื้นที่ด้านทิศตะวันออกเฉียงเหนือ เช่น จังหวัดกาฬสินธุ์ ทำให้พื้นที่ด้านจังหวัดชัยภูมิมีความยาวช่วงฤดูปลูกยาวกว่า แต่มีปริมาณน้ำฝนน้อยกว่าพื้นที่ด้านจังหวัดกาฬสินธุ์ และสามารถอธิบายเพิ่มเติมได้จากกราฟที่ใช้กำหนดวันเริ่มฤดูปลูก วันสิ้นสุดฤดูปลูก จังหวัดชัยภูมิมีช่วงกราฟปริมาณน้ำฝนที่ยาวกว่าจังหวัดกาฬสินธุ์ แต่เส้นกราฟปริมาณน้ำฝนจะต่ำกว่าจังหวัดกาฬสินธุ์ ที่มีช่วงกราฟสั้นกว่า (Figure 9)

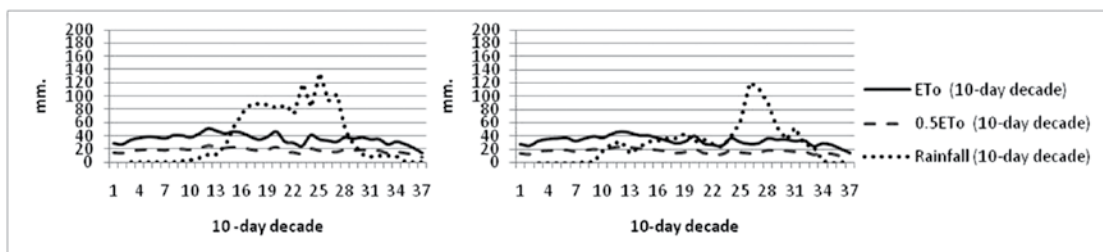


Figure 9 An example graph, comparing length of crop growing period and amount of rainfall in 2005

(a) Kalasin (b) Chaiyaphum

ในการศึกษานี้ มีข้อจำกัดในการใช้ข้อมูลสำหรับการกำหนดความยาวช่วงฤดูปลูก ซึ่งหลายสถานียังมีข้อมูลไม่ครบ จึงจำเป็นต้องใช้ข้อมูลร่วมกับสถานีอื่นที่มีข้อมูลครบ และในการคำนวณค่าศักยภาพการคายระเหยโดยสมการ Penman-Monteith ต้องการข้อมูลรังสีสุทธิ (Net radiation) แต่เนื่องด้วยขาดข้อมูลรังสีสุทธิ จึงใช้ข้อมูลชั่วโมงแสงแดดร่วมกับข้อมูลตำแหน่งพิกัดที่ตั้งของสถานี (เส้นรุ้ง/เส้นแวง) จึงอาจมีความคลาดเคลื่อนในการประเมินได้

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากศูนย์วิจัยน้ำบาดาล โครงการกลุ่มวิจัยดินปัญหาในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มหาวิทยาลัยขอนแก่น และทุนอุดหนุนทั่วไปมหาวิทยาลัยขอนแก่น ปี 2556

เอกสารอ้างอิง

- กรมชลประทาน, 2546. โครงการศึกษาเพื่อทำแผนหลักรองรับการพัฒนาแหล่งน้ำและปรับปรุงโครงการชลประทานสำหรับแผนฯ. แหล่งข้อมูล <http://kromchol.rid.go.th/lproject/2010/index.php/-25-/107-04->. ค้นเมื่อวันที่ 19 มกราคม 2556.
- ชาญชัย แสงชโยสวัสดิ์. 2548. การประมาณช่วงฤดูปลูกพืชเชิงพื้นที่ในภาคเหนือตอนบน. แหล่งข้อมูล <http://www.mcc.cmu.ac.th/Seminar/pdf/1247.pdf>. ค้นเมื่อ 11 ธันวาคม 2555.
- ภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ. ม.ป.ป. คอมพิวเตอร์เทคโนโลยี จากอดีตถึงปัจจุบันสู่อนาคต. แหล่งข้อมูล www.sci.nu.ac.th/csitnew/introcom/docfile/001272Lecture1.pdf. ค้นเมื่อ 9 กุมภาพันธ์ 2556.
- ศูนย์ป้องกันวิกฤตน้ำ. 2553. ลุ่มน้ำในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. แหล่งข้อมูล <http://mekhala.dwr.go.th/main/index.php/2010-04-07-07-00-38/2010-04-07-07-01-20/99-2010-02-28-19-32-27>. ค้นเมื่อ 19 มกราคม 2556.
- สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำและการเกษตร. 2555. ขอบเขตลุ่มน้ำสาขาลุ่มน้ำชี. แหล่งข้อมูล <http://www.haii.or.th/wiki/index.php/ไฟล์:ขอบเขตลุ่มน้ำสาขาลุ่มน้ำชี.jpg>. ค้นเมื่อ 17 ธันวาคม 2555.
- Allen, R., L.S. Pereira, D. Raes, and M. Smith. 1998. Crop evapotranspiration-Guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper N°56. Rome, Italy.
- FAO. 1996. Agro-ecological Zoning Guidelines. FAO Soils Bulletin NO.73. Food and Agriculture Organization of the United Nations. FAO, Rome, Italy.
- FAO. 2009. ETo Calculator. Land and Water Digital Media Series, No.36. Rome, Italy.
- Hydro and Agro informatics Institute. 2012. Subwatershed boundary in Chi watershed. <http://www.haii.or.th/wiki/index.php/ไฟล์:ขอบเขตลุ่มน้ำสาขาลุ่มน้ำชี.jpg>. Accessed 17 Dec 2012. (in Thai)