การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อหาพื้นที่เหมาะสมสำหรับการปลูกข้าวฟ่างหวานในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ประเทศไทย

Application of GIS for Identifying Land Suitability for Sweet Sorghum Plantation in Northeastern of Thailand

ศิรินภา สมบัติภูธร (Sirinapa Sombutpoothorn)* ดร.พิพัธน์ เรืองแสง (Dr.Pipat Reungsang)**

บทคัดย่อ

ข้าวฟ่างหวาน เป็นพืชพลังงานที่มีศักยภาพสามารถนำไปใช้เป็นวัตถุดิบผลิตเอทานอลได้ดีเทียบเท่ากับอ้อย และเป็นพืชพลังงานที่ไม่เชื่อมโยงกับพืชอาหาร สามารถใช้เป็นวัตถุดิบเสริมหรือเป็นวัตถุดิบทดแทนอ้อยและมันสำปะหลังสำหรับการผลิตเอทานอลได้ โดยภาครัฐตั้งเป้าหมายผลักดันให้ภาคตะวันออกเฉียงเหนือเป็นแหล่งผลิตพืชพลังงานทดแทนที่สำคัญของประเทศ มีนโยบายนำที่ดินทิ้งร้างจากส่วนราชการมาแจกจ่ายให้เกษตรกรเช่าเพื่อปลูกพืชพลังงานทดแทน การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาพื้นที่เหมาะสมในการปลูกข้าวฟ่างหวานในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยประเมินจากคุณภาพที่ดินด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) ร่วมกับเทคนิคการวิเคราะห์เชิงลำดับขั้น (AHP) ผลการศึกษาพบว่า ภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีพื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับปลูกข้าวฟ่างหวานระดับเหมาะสมมาก เหมาะสมปานกลาง เหมาะสมน้อย และไม่เหมาะสม มีเนื้อที่ประมาณ 2.68, 28.84, 62.57 และ 5.92 % ตามลำดับ และพื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับปลูกข้าวฟ่างหวานเฉพาะพื้นที่ทิ้งร้าง มีเนื้อที่ประมาณ 2.25, 28.02, 56.58 และ 13.14 % ของพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ตามลำดับ

ABSTRACT

Sweet sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench.) is a potential non-food energy crop for ethanol production alternative to sugarcane. It can be used as supplementary or substitution materials for energy production instead of cassava and sugarcane. Thai government has set a target to push forward the Northeastern region of Thailand to become a source of renewable energy plants of the country. The deserted areas own by the government will allow to lease for farmers to plant energy crop. This study aimed to identifying land suitability for sweet sorghum plantation in the Northeastern of Thailand using Land Quality Assessment with Geographic Information System (GIS) and Analytical Hierarchical Process AHP) technique. The results showed that land suitability areas for sweet sorghum plantation with highly suitable (S1), moderately suitable (S2), marginally suitable (S3), and not suitable (N) were approximately 2.68, 28.84, 62.57 and 5.92 % with the deserted areas of 2.25, 28.02, 56.58 and 13.14 %, respectively.

คำสำคัญ: ข้าวฟ่างหวาน พื้นที่ทิ้งร้าง การวิเคราะห์เชิงลำดับขั้น

Keywords: Sweet Sorghum, Deserted Area, AHP

** นักศึกษา หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการรับรู้จากระยะไกลและระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น*

*** ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สาขาวิชาการรับรู้จากระยะไกลและระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น*

บทนำ

ประเทศไทยมีการผลิตเอทานอลโดยใช้วัตถุดิบหลักคือ อ้อยและมันสำปะหลัง ซึ่งยังประสบปัญหาปริมาณผันผวนตามสภาพดินฟ้าอากาศ (สถาบันความร่วมมือระหว่างประเทศแห่งมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, 2556) ส่งผลต่อคุณภาพของวัตถุดิบและปริมาณในการผลิตพลังงานเชื้อเพลิงซึ่งมีผลอย่างมีนัยสำคัญต่อต้นทุนการผลิตและศักยภาพในการแข่งขันด้านเชื้อเพลิงชีวภาพ อีกทั้งยังเป็นพืชอาหารของคนและสัตว์ ก่อให้เกิดปัญหาการแย่งพื้นที่เพาะปลูกระหว่างพืชอาหารและพืชที่ใช้ผลิตเป็นพลังงาน ที่สำคัญการนำอ้อยมาผลิตเอทานอลประสบปัญหาในทางกฎหมาย เพราะอ้อยเป็นพืชที่ถูกคุ้มครองตามพระราชบัญญัติอ้อยและน้ำตาลทราย พ.ศ. 2527 ซึ่งกำหนดให้ใช้อ้อยผลิตน้ำตาลทรายเท่านั้น โดยมีระบบการแบ่งปันผลประโยชน์ระหว่างชาวไร่อ้อยกับโรงงานน้ำตาลในอัตราส่วน 70:30 (สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ, 2557) ดังนั้น หากใช้อ้อยไปผลิตเอทานอลจำเป็นต้องแก้กฎหมายฉบับนี้และตกลงเรื่องการแบ่งปันผลประโยชน์ระหว่างชาวไร่อ้อยกับโรงงานให้ได้ เพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าวมาหลายงานวิจัยศึกษาถึงการขยายพื้นที่เพาะปลูกและส่งเสริมการเพิ่มประสิทธิภาพผลผลิตต่อไร่ให้สูงขึ้น รวมถึงการจัดโซนนิ่งในการเพาะปลูกพืชแต่ละชนิด และการปลูกพืชที่เป็นอาหารกับการปลูกพืชเพื่อผลิตพลังงานทดแทนนอกเหนือจากการปลูกอ้อยและมันสำปะหลัง โดยพืชที่มีคุณสมบัติใกล้เคียงกับอ้อยและเป็นพืชพลังงานทดแทนที่ไม่เชื่อมโยงกับพืชอาหารคือ ข้าวฟ่างหวาน ซึ่งสามารถใช้เป็นวัตถุดิบเสริมหรือเป็นวัตถุดิบทดแทนอ้อยและมันสำปะหลังสำหรับการผลิตเอทานอลได้

ข้าวฟ่างหวาน มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า (*Sorghum bicolor* (L.) Moench.) เป็นพืชที่มีน้ำในลำต้นหวานสามารถนำไปใช้ผลิตน้ำตาลโดยไม่ต้องผ่านกระบวนการตกผลึกได้เช่นเดียวกับอ้อย สามารถปลูกได้ทุกสภาพภูมิอากาศ ที่สำคัญเป็นพืชที่ต้องการน้ำและปุ๋ยน้อยกว่าอ้อยประมาณ 60% การตัดต้นมาหีบหลังเก็บเกี่ยวช่อดอกไปแล้วจะใช้ระยะเวลาประมาณ 3-4 เดือน ซึ่งสั้นกว่าอ้อยราว 8 เดือน ทำให้สามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตได้ประมาณปีละ 2-3 ครั้ง ต้นทุนการผลิตต่ำกว่าอ้อยถึง 3 เท่า (ใจศิล, 2548) อีกทั้งกระบวนการผลิตเอทานอลที่ใช้ข้าวฟ่างหวานเป็นวัตถุดิบเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมมากกว่าการใช้กากน้ำตาล คุณภาพในการเผาไหม้ของเอทานอลมีซัลเฟอร์น้อยกว่าเอทานอลที่ผลิตจากอ้อย

จากข้อมูลดังกล่าวเห็นได้ว่าข้าวฟ่างหวานสามารถนำไปใช้เป็นวัตถุดิบผลิตเอทานอลได้ดีเช่นเดียวกับอ้อยและสามารถปลูกได้ในประเทศไทย ทั้งนี้ภาครัฐมีนโยบายผลักดันให้ประเทศไทยเป็นศูนย์กลางการผลิตพืชพลังงานที่สำคัญของโลก โดยตั้งเป้าหมายผลักดันให้ภาคตะวันออกเฉียงเหนือเป็นแหล่งผลิตพืชพลังงานทดแทนที่สำคัญของประเทศ ซึ่งคณะรัฐมนตรีมีมติให้กระทรวงการคลังสนับสนุนงบประมาณ 25,000 ล้านบาท เพื่อผลักดันนโยบายพืชพลังงานให้เป็นรูปธรรม มีนโยบายนำที่ดินทิ้งร้างจากส่วนราชการมาแจกจ่ายให้เกษตรกรเช่า เพื่อปลูกพืชพลังงานทดแทน คิดค่าเช่าในอัตรา 20 บาท/ไร่/ปี กำหนดให้เช่าที่ดินนานถึง 30 ปี (สถาบันความร่วมมือระหว่างประเทศแห่งมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, 2556) ดังนั้น การจัดการและวางแผนพื้นที่สำหรับปลูกข้าวฟ่างหวานเพื่อเป็นพืชพลังงานทดแทนอย่างเหมาะสมจึงมีความจำเป็น การปลูกข้าวฟ่างหวานเพื่อให้ได้ผลผลิตมากที่สุดจำเป็นต้องได้รับปัจจัยที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต หากขาดปัจจัยใดที่ทำให้ไม่เพียงพอต่อความต้องการของพืช ปัจจัยเหล่านั้นจะเป็นตัวจำกัดการเจริญเติบโตและผลผลิตของพืช ซึ่งส่วนใหญ่เป็นปัจจัยเชิงพื้นที่ซึ่งมีกระบวนการวิเคราะห์ค่อนข้างยุ่งยาก เนื่องจากต้องพิจารณาปัจจัยต่างๆร่วมกันในคราวเดียว และหากมีการปรับเปลี่ยนปัจจัยเพื่อให้เหมาะสมกับพื้นที่มากยิ่งขึ้นก็จะทำได้ยากและใช้เวลามากขึ้น

ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์มีความสามารถในการนำหลายๆปัจจัยมาวิเคราะห์ร่วมกัน นำเสนอข้อมูลต่างๆในเชิงพื้นที่ และสามารถปรับปรุงข้อมูลให้ทันสมัยได้อย่างรวดเร็ว หากนำมาประยุกต์ใช้ในการหาพื้นที่ที่เหมาะสมในการ

ปลูกข้าวฟ่างหวานสำหรับโรงงานผลิตเอทานอลในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ จะทำให้สามารถวิเคราะห์ข้อมูลได้อย่างถูกต้องมีประสิทธิภาพ ผลลัพธ์ที่ได้สามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานช่วยในการตัดสินใจวางแผนการจัดการที่ดินสำหรับการเพาะปลูกให้สอดคล้องกับความต้องการมากและมียิ่งขึ้น

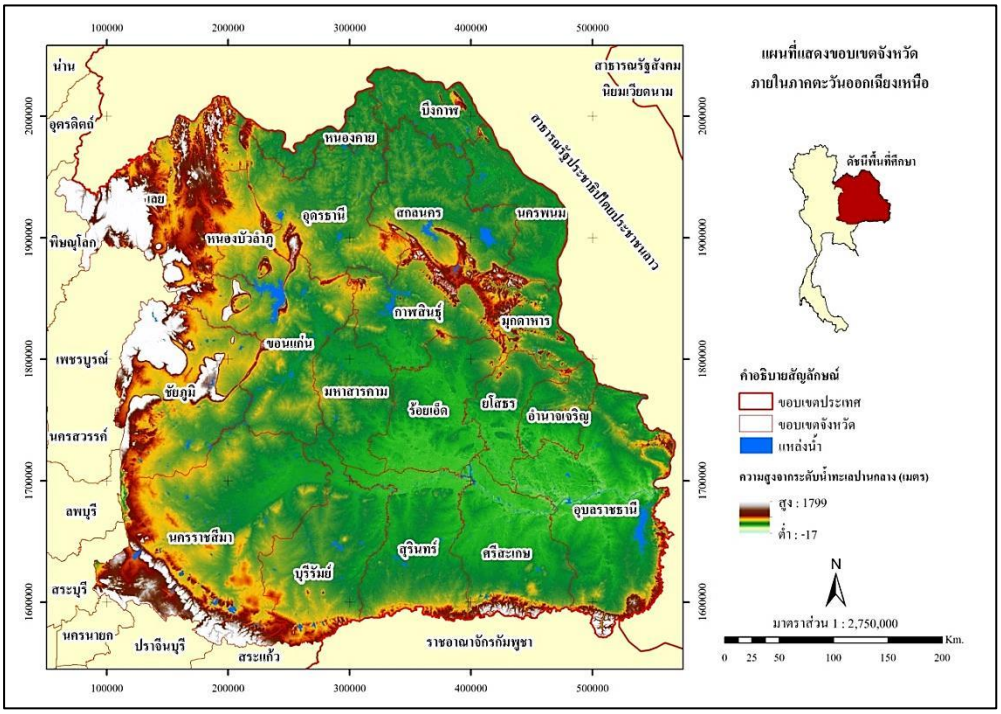
วัตถุประสงค์การศึกษา

เพื่อประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์วิเคราะห์หาพื้นที่เหมาะสมสำหรับการปลูกข้าวฟ่างหวานในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ประเทศไทย

วิธีการศึกษา

พื้นที่ศึกษา

ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ตั้งอยู่ระหว่างเส้นรุ้งที่ 14 และ 19 องศาเหนือ และระหว่างเส้นแวงที่ 101 และ 106 องศาตะวันออก (ภาพที่ 1) มีพื้นที่ประมาณ 105.5 ล้านไร่ ครอบคลุม 20 จังหวัด ลักษณะภูมิประเทศ มีทิวเขาล้อมรอบพื้นที่อยู่เกือบทุกด้าน จึงมีสภาพเป็นที่ราบสูง ปริมาณฝนตกเฉลี่ยต่อปีประมาณ 1,200 มิลลิเมตร อุณหภูมิเฉลี่ยประมาณ 26-27 องศาเซลเซียส ทรัพยากรดิน ส่วนใหญ่เป็นดินร่วนปนทราย พื้นที่ส่วนใหญ่ของภาคตะวันออกเฉียงเหนือใช้ประโยชน์ทางด้านเกษตรกรรม ใช้ในการปลูกข้าวเป็นหลัก และพืชไร่จะปลูกกันมากในพื้นที่ดอนที่มีการระบายน้ำดี พืชไร่ที่สำคัญ ได้แก่ อ้อย และมันสำปะหลัง ผลผลิตทางการเกษตรส่วนใหญ่จะขึ้นอยู่กับการกระจายตัวของปริมาณน้ำฝนและคุณภาพดิน



ภาพที่ 1 พื้นที่ศึกษา

ขั้นตอนการศึกษา

กำหนดปัจจัยความต้องการใช้ที่ดินของข้าวฟ่างหวาน

กำหนดปัจจัยความต้องการใช้ที่ดินของข้าวฟ่างหวานเพื่อใช้ในการเจริญเติบโตและให้ผลผลิต รวมทั้งกำหนดค่าช่วงความเหมาะสมของแต่ละปัจจัย โดยรวบรวมจากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งในประเทศและต่างประเทศ ซึ่งแบ่งระดับความเหมาะสมออกเป็น 4 ระดับ ได้แก่ เหมาะสมมาก (S1) เหมาะสมปานกลาง (S2) เหมาะสมน้อย (S3) และไม่เหมาะสม (N) แสดงรายละเอียดดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ปัจจัยความต้องการใช้ที่ดินของข้าวฟ่างหวาน

ความต้องการของพืช (Crop Requirement)			ระดับความเหมาะสม				ที่มา
คุณภาพที่ดิน (Land Quality)	ปัจจัยวินิจฉัย (Diagnostic factor)	หน่วย (Unit)	เหมาะสมมาก (S1)	เหมาะสมปานกลาง (S2)	เหมาะสมน้อย (S3)	ไม่เหมาะสม (N)	
(1) ปัจจัยด้านคุณสมบัติทางเคมี-กายภาพ							
(1.1) ภูมิประเทศ	(1.1.1) ความลาดชัน (Slope)	%	0-4	4-8	8-16	>16	Sys et al. (1993)
	(1.1.2) ความสูงของพื้นที่ (Elevation)	m.	0-200	200-400	400-600	>600	ประสิทธิ์ ใจศิล (สัมภาษณ์ 2558)
(1.2) ภูมิอากาศ	(1.2.1) ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปี (Mean Annual rainfall)	mm.	1200-1500	1000-1200	800-1000	<800	
	(1.2.2) อุณหภูมิเฉลี่ย (Temperature)	° C	24-26	21-24, 26-32	18-21, 32-40	<18, >40	ECOWAS (2012)
(1.3) ศักยภาพของดิน							
(1.3.1) ความเป็นประโยชน์ต่อรากพืช (Oxygen Availability)	การระบายน้ำของดิน (Soil drainage)	class	ดีมาก, ดี	ดีปานกลาง	ค่อนข้างเลว	เลว, เลวมาก	กรมพัฒนาที่ดิน (2539)
(1.3.2) การหยั่งลึกของราก (Rooting Conditions)	ความลึกของดิน (Soil depth)	cm.	>100	50-100	25-50	<25	
(1.3.3) ความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหาร (Nutrient Availability) (N*P*K*pH)	ไนโตรเจน (N)	%	>0.2	0.1-0.2	<0.1	-	ประสิทธิ์ ใจศิล (2557)
	ฟอสฟอรัส (P)	ppm	>40	21-40	11-20	6-10, <6	
	โพแทสเซียม (K)	ppm	>120	90-120	60-90	30-60, <30	
	ค่าปฏิกิริยาของดิน (pH)	pH	>6.5-7.75	>5.5-6.5	5-5.5	<5, >7.75	
(1.3.4) ความจุในการอุ้มน้ำ (Water Retention)	เนื้อดิน (Soil Texture)	class	c, cl, sicl, sc	l, sil, sic, scl	sl, ls	S	Ahmed and Jeb (2014)
(1.3.5) การมีเกลือมากเกินไป (Excess of salts)	ความเค็มของดิน	mmho/cm	<2	2-4	4-8	>8	กรมพัฒนาที่ดิน (2539)
(1.4) แหล่งน้ำ (ระยะห่างจาก)	(1.4.1) เส้นทางน้ำที่มีน้ำไหลตลอดทั้งปี	m.	<500	500-1000	1000-1500	>1500	Boonyanuphap et al. (2004)
	(1.4.2) แหล่งน้ำผิวดิน	m.	<500	500-1000	1000-1500	>1500	
	(1.4.3) เขตชลประทาน	km.	ในเขตชลประทาน	นอกเขต 0-1 km.	นอกเขต 0-5 km.	นอกเขต >5 km.	การศึกษาเพื่อกำหนดพื้นที่เสี่ยงภัยแล้งในพื้นที่ลุ่มน้ำภาคเหนือ
(2) ปัจจัยด้านเศรษฐกิจ							
(2.1) เศรษฐกิจ (ระยะห่างจาก)	(2.1.1) ถนนสายหลัก	km.	<1	1-5	5-10	>10	Boonyanuphap et al. (2004)
	(2.1.2) โรงงานผลิตเอทานอล	km.	<50	>50-70	>70-100	>100	Tienwong (2008)

การวิเคราะห์ค่าน้ำหนักของปัจจัย (Weight)

การวิเคราะห์ค่าน้ำหนักของปัจจัยได้ใช้เทคนิคกระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับขั้น (Analytical Hierarchical Process: AHP) โดยมีขั้นตอนดังนี้

1. การให้ค่าคะแนนความสำคัญของปัจจัยโดยผู้เชี่ยวชาญ

ทำการสร้างแบบสอบถามและให้ผู้เชี่ยวชาญเป็นผู้พิจารณาให้ค่าคะแนนความสำคัญของปัจจัย โดยทำการเปรียบเทียบแต่ละคู่ปัจจัย เริ่มจากเปรียบเทียบปัจจัยหลักก่อนแล้วตามด้วยการเปรียบเทียบปัจจัยย่อยจนครบทุกปัจจัย ค่าคะแนนความสำคัญในการพิจารณามีค่าตั้งแต่ 1-9 ทั้งนี้ เพื่อความสอดคล้องกันในการคำนวณหาค่าน้ำหนักจึงได้เลือกผู้เชี่ยวชาญจากหน่วยงานภาครัฐและเอกชนที่มีความรู้ด้านข้าวฟ่างหวานจำนวน 5 ท่าน มาเป็นผู้พิจารณาให้ค่าคะแนน

2. การคำนวณค่าน้ำหนักของปัจจัย

นำค่าคะแนนความสำคัญของปัจจัยจากผู้เชี่ยวชาญมาสร้างตารางเปรียบเทียบและคำนวณด้วยวิธี Pairwise Comparison Matrix (PCM) ในโปรแกรม Microsoft Excel เพื่อคำนวณหาค่าน้ำหนักที่เหมาะสมของแต่ละปัจจัย ดังตารางที่ 2 และ 3

ตารางที่ 2 ตารางการเปรียบเทียบค่าคะแนนความสำคัญของปัจจัยที่ได้จากผู้เชี่ยวชาญ

ปัจจัย	ภูมิประเทศ	ภูมิอากาศ	ศักยภาพของดิน	แหล่งน้ำ
ภูมิประเทศ	1	1/3	1/5	1/5
ภูมิอากาศ	3	1	1/7	1/5
ศักยภาพของดิน	5	7	1	1
แหล่งน้ำ	5	5	1	1
ผลรวม	14.00	13.33	2.34	2.40

ตารางที่ 3 ตารางการคำนวณค่าน้ำหนักของปัจจัย (Weight)

ปัจจัย	ภูมิประเทศ	ภูมิอากาศ	ศักยภาพของดิน	แหล่งน้ำ	**รวม**	**ค่าน้ำหนัก (Weight)**
ภูมิประเทศ	0.071	0.025	0.085	0.083	0.264	0.066
ภูมิอากาศ	0.214	0.075	0.061	0.083	0.433	0.108
ศักยภาพของดิน	0.357	0.525	0.427	0.417	1.726	0.432
แหล่งน้ำ	0.357	0.375	0.427	0.417	1.558	0.390
ผลรวม	1	1	1	1	4	1

ตารางที่ 4 ตารางการคำนวณค่าความสอดคล้อง (Consistency Ratio)

ปัจจัย	ภูมิประเทศ	ภูมิอากาศ	ศักยภาพของดิน	แหล่งน้ำ	**รวม**	**Consistency Vector**
ภูมิประเทศ	0.066	0.036	0.086	0.078	0.266	4.03
ภูมิอากาศ	0.198	0.108	0.062	0.078	0.446	4.13
ศักยภาพของดิน	0.330	0.756	0.432	0.390	1.908	4.42
แหล่งน้ำ	0.330	0.540	0.432	0.390	1.692	4.34
ผลรวม						16.92

3. การตรวจสอบค่าความสอดคล้อง (Consistency Ratio: CR)

การตรวจสอบค่าความสอดคล้องโดยที่ CR < 0.1 แสดงว่าข้อมูลที่ใช้มีความสอดคล้องกัน หาก CR > 0.1 จะต้องมีการย้อนกลับไปตรวจสอบค่าคะแนนความสำคัญของแต่ละปัจจัย และให้ผู้เชี่ยวชาญปรับการค่าคะแนนความสำคัญอีกครั้ง แล้วจึงนำข้อมูลมาคำนวณใหม่จนผ่านเกณฑ์ที่ยอมรับได้ มีขั้นตอนการคำนวณดังนี้

คำนวณหาค่า λ_{max} = Consistency Vector / n = 16.92-4 = 4.23

คำนวณหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (Consistency Index : CI) = $(\lambda_{max} - n) / (n-1)$ = (4.23-4)/(4-1) = 0.077

คำนวณหาค่าความสอดคล้อง (Consistency Ratio: CR) = CI / RI = 0.077/0.9 = 0.086

ดังนั้น CR < 0.1 แสดงถึงระดับความสอดคล้องกันของการเปรียบเทียบแต่ละปัจจัยผ่านเกณฑ์ที่ยอมรับได้

ตารางที่ 5 แสดงค่า Random Inconsistency Index (RI)

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
RI	0	0	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49	1.51	1.48	1.53	1.57	1.59

เมื่อ n = 1, 2, 3…, 15

การคำนวณค่าคะแนนระดับความเหมาะสมของปัจจัย (Rating)

ในการคำนวณค่าคะแนนระดับความเหมาะสมของปัจจัย (S1-N) ใช้วิธีการ Linear Scale Transformation เพื่อแปลงค่าน้ำหนักเป็นค่าคะแนนระดับความเหมาะสมซึ่งค่าคะแนนที่ได้จะอยู่ในช่วง 0-1 (Tienwong, 2008 cited from Malczewski, 1999) คำนวณได้จากสมการดังนี้

$X'_{ij} = X_{ij} / X_{j\max}$

X'_{ij} คือ ค่าคะแนนระดับความเหมาะสม (S1-N)

X_{ij} คือ ค่าน้ำหนักของปัจจัยแต่ละแถวในตาราง

$X_{j\max}$ คือ ค่าคะแนนความสำคัญสูงสุดในตาราง

ตารางที่ 6 ตารางการเปรียบเทียบค่าคะแนนความสำคัญของระดับความเหมาะสมของปัจจัยที่ได้จากผู้เชี่ยวชาญ

Slope	S1	S2	S3	N
S1	1	3	5	7
S2	1/3	1	3	5
S3	1/5	1/3	1	3
N	1/7	1/5	1/3	1

ตารางที่ 7 ตารางการคำนวณค่าคะแนนระดับความเหมาะสมของปัจจัย (Rating : S1-N)

Slope	S1	S2	S3	N	**Sum**	**Weight (X_{ij})**	**Rating**
S1	0.597	0.662	0.536	0.438	2.232	0.558	1.00
S2	0.199	0.221	0.321	0.313	1.053	0.263	0.49
S3	0.119	0.074	0.107	0.188	0.487	0.122	0.18
N	0.085	0.044	0.036	0.063	0.228	0.057	0.09

การวิเคราะห์ความเหมาะสมของพื้นที่สำหรับปลูกข้าวฟ่างหวานโดยใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS)

หลังจากที่ได้ค่าน้ำหนัก (Weight) และค่าคะแนนระดับความเหมาะสมของปัจจัย (Rating) แล้ว ทำการสร้างแผนที่ความเหมาะสมของที่ดินโดยวิธีการซ้อนทับชั้นข้อมูล (Overlay) แบบ Weight Sum ด้วยโปรแกรมระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) มีสมการดังนี้

$$S = \sum_{i=1}^{n} W_i \times R_i$$

S คือ ค่าคะแนนความเหมาะสมรวม (ของแต่ละหน่วยที่ดิน)

n คือ จำนวนของปัจจัยที่ใช้ในการวิเคราะห์

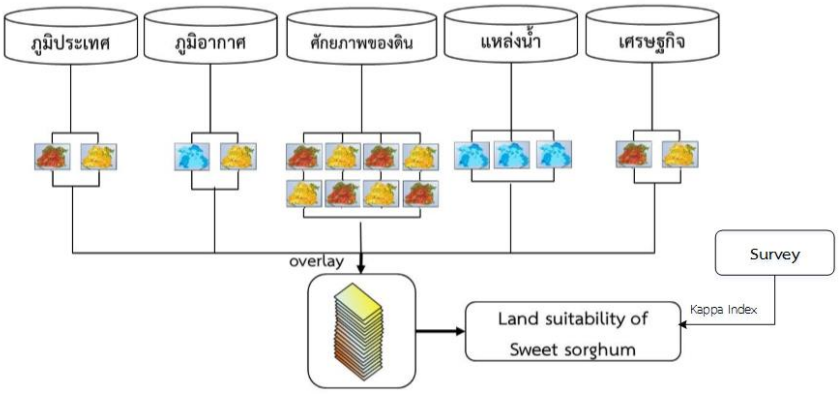
W_i คือ ค่าน้ำหนักในแต่ละลำดับชั้น (หรือ Total Weight)

R_i คือ ค่าคะแนนระดับความเหมาะสมของแต่ละปัจจัย (S1-N)

คะแนนความเหมาะสมรวม (Total Suitability Score) ของแต่ละหน่วยที่ดินจะมีค่าอยู่ในช่วง 0-1 และนำมาสร้างแผนที่ความเหมาะสมของที่ดินสำหรับการปลูกข้าวฟ่างหวาน โดยจะจัดช่วงคะแนนความเหมาะสม ดังตารางที่ 8

ตารางที่ 8 แสดงช่วงของคะแนนสำหรับการจำแนกความเหมาะสมของที่ดิน (Tienwong, 2008)

ระดับความเหมาะสม	**ช่วงคะแนนความเหมาะสม**
พื้นที่เหมาะสมมาก (S1)	0.8-1.0
พื้นที่เหมาะสมปานกลาง (S2)	0.4-0.8
พื้นที่เหมาะสมน้อย (S3)	0.2-0.4
พื้นที่ไม่เหมาะสม (N)	0.0-0.2

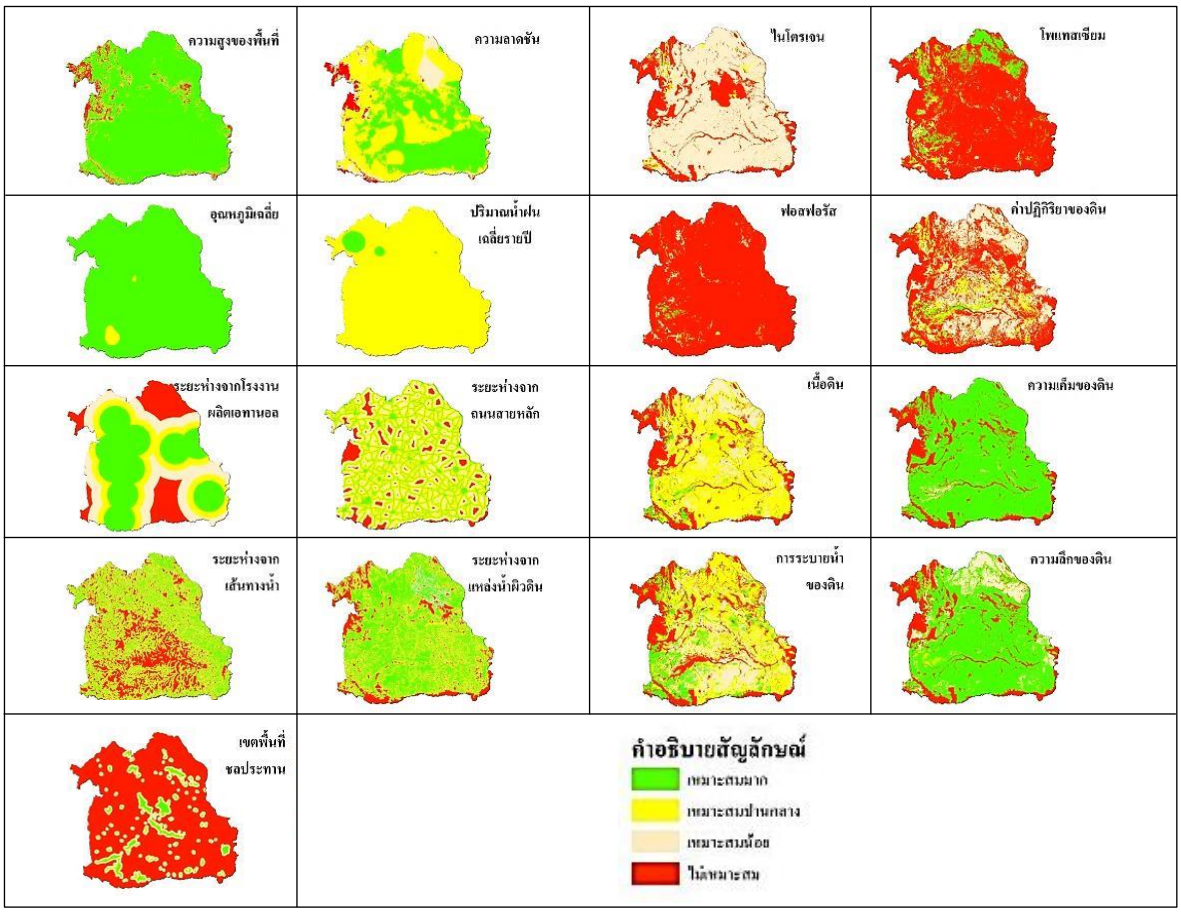


ภาพที่ 3 แสดงขั้นตอนการสร้างแผนที่ความเหมาะสมของที่ดินโดยใช้วิธีการซ้อนทับ (Overlay)

การวิเคราะห์ความเหมาะสมของพื้นที่สำหรับปลูกข้าวฟ่างหวาน จะทำการวิเคราะห์พื้นที่ครอบคลุมบริเวณภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และทำการประเมินพื้นที่เฉพาะบริเวณพื้นที่ทิ้งร้าง โดยใช้ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินจากกรมพัฒนาที่ดินปี พ.ศ. 2558 มาซ้อนทับ และใช้วิธีการ Intersect ซึ่งจะได้แผนที่พื้นที่เหมาะสมในการปลูกข้าวฟ่างหวานเฉพาะพื้นที่ทิ้งร้าง ในเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ทั้งนี้จะจำแนกพื้นที่แหล่งน้ำ และพื้นที่อนุรักษ์ (เขตอุทยานแห่งชาติ, เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่า, เขตห้ามล่าสัตว์, ป่าสงวนแห่งชาติ) ออกไป โดยการซ้อนทับและจัดเก็บแยกไว้เป็นข้อมูลนอกเขตเกษตรกรรม ทั้งนี้ กรมพัฒนาที่ดิน (ม.ป.ป.) ได้ให้นิยามและความหมายของ พื้นที่ทิ้งร้าง หมายถึง พื้นที่ที่ถูกปล่อยทิ้งไว้โดยไม่ได้เข้าทำประโยชน์ต่อเนื่องกัน ตั้งแต่ 1 ปีขึ้นไป โดยอาจเป็นและไม่เป็นพื้นที่ที่เคยทำการเกษตรกรรมมาก่อนแต่ถูกปล่อยทิ้งไว้ไม่เข้าทำประโยชน์ด้วยสาเหตุต่างๆ สภาพปัจจุบัน ได้แก่ นาร้าง ไร่ร้าง ทุ่งหญ้า ป่าละเมาะ ที่ลุ่ม และเหมืองแร่ร้าง

การตรวจสอบความถูกต้อง

ทำการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองความเหมาะสมของที่ดินสำหรับปลูกข้าวฟ่างหวาน โดยการสุ่มจุดสำรวจภาคสนาม และเนื่องจากในภาคตะวันออกเฉียงเหนือยังไม่มีพื้นที่ที่ปลูกข้าวฟ่างหวานเพื่อการค้าอย่างจริงจัง จึงทำให้เป็นอุปสรรคในการตรวจสอบ และจะทำการตรวจสอบกับพืชอื่นที่มีลักษณะใกล้เคียงกับข้าวฟ่างหวาน



ภาพที่ 4 แสดงระดับความเหมาะสมของแต่ละปัจจัย

ผลการศึกษา

ผลการวิเคราะห์โดยใช้เทคนิคกระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น (AHP)

จากการสอบถามและประเมินความสำคัญของปัจจัยเพื่อกำหนดค่าความสำคัญของแต่ละปัจจัย โดยผู้เชี่ยวชาญทั้งจากหน่วยงานของรัฐและเอกชน ข้อมูลที่ได้ถูกนำมาคำนวณค่าน้ำหนัก (Weight) และค่าคะแนนความเหมาะสมของปัจจัย (Rating) ด้วยวิธีการ Pairwise Comparison Matrix และทำการตรวจสอบความสอดคล้องของการให้ค่าความสำคัญ CR < 0.1 ผลที่ได้จากการคำนวณแสดงดังตารางที่ 5

ผลการคำนวณค่าคะแนนระดับความเหมาะสมด้วยวิธี Linear Scale Transformation

จากการคำนวณด้วยวิธี Linear Scale Transformation โดยการแปลงค่าน้ำหนักเป็นค่าคะแนนระดับความเหมาะสม จะแบ่งออกเป็น 4 ระดับ (S1-N) ซึ่งค่าคะแนนที่ได้จะอยู่ในช่วง 0-1 ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 แสดงค่าน้ำหนัก (Weight) และค่าคะแนนความเหมาะสมของปัจจัย (Rating)

Layer 1		Layer 2		Layer 3		Total Weight (W_i)	Rating (R_i)			
Factor	Weight	Factor	Weight	Factor	Weight		S1	S2	S3	N
(1) ด้านคุณสมบัติทางเคมี-กายภาพ	0.833	(1.1) ภูมิประเทศ	0.055	(1.1.1) ความลาดชัน	0.750	0.034	1	0.40	0.18	0.09
				(1.1.2) ความสูงของพื้นที่	0.250	0.012	1	0.24	0.13	0.08
		(1.2) ภูมิอากาศ	0.109	(1.2.1) ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปี	0.857	0.078	1	0.42	0.22	0.06
				(1.2.2) ปริมาณอุณหภูมิเฉลี่ยรายปี	0.143	0.013	1	0.45	0.21	0.08
		(1.3) ศักยภาพของดิน	0.426	(1.3.1) การระบายน้ำของดิน	0.030	0.011	1	0.30	0.12	0.06
				(1.3.2) ความลึกของดิน	0.046	0.016	1	0.35	0.15	0.06
				(1.3.3) ไนโตรเจน	0.199	0.071	1	0.33	0.08	-
				(1.3.4) ฟอสฟอรัส	0.199	0.071	1	0.30	0.11	0.06
				(1.3.5) โพแทสเซียม	0.197	0.070	1	0.25	0.12	0.05
				(1.3.6) ค่าปฏิกิริยาของดิน (pH)	0.186	0.066	1	0.31	0.13	0.05
				(1.3.7) เนื้อดิน	0.057	0.020	1	0.30	0.12	0.05
				(1.3.8) ความเค็มของดิน	0.089	0.032	1	0.32	0.15	0.06
		(1.4) แหล่งน้ำ	0.411	(1.4.1) เส้นทางน้ำที่มีน้ำไหลตลอดปี	0.154	0.053	1	0.31	0.14	0.06
				(1.4.2) แหล่งน้ำผิวดิน	0.092	0.032	1	0.33	0.14	0.05
				(1.4.3) เขตชลประทาน	0.755	0.259	1	0.32	0.14	0.05
(2) ด้านเศรษฐกิจ	0.167	(2.1) การตลาด	1	(2.1.1) ถนนสายหลัก	0.167	0.028	1	0.33	0.15	0.06
				(2.1.2) โรงงานผลิตเอทานอล	0.833	0.139	1	0.27	0.10	0.07

ผลการวิเคราะห์ความเหมาะสมของที่ดินสำหรับปลูกข้าวฟ่างหวาน ในเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

พื้นที่เหมาะสมมาก เป็นบริเวณพื้นที่ที่มีคุณสมบัติทางกายภาพที่เหมาะสมหรือเป็นพื้นที่ที่มีศักยภาพมากต่อการปลูกข้าวฟ่างหวาน พบว่า มีเนื้อที่เหมาะสมรวมพื้นที่ทั้งภาคประมาณ 2,733.08 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 2.67 และพื้นที่เฉพาะพื้นที่ทิ้งร้างที่เหมาะสมมีเนื้อที่ประมาณ 122.37 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 2.25 พบมากในพื้นที่จังหวัดนครราชสีมา มหาสารคาม และขอนแก่น

พื้นที่เหมาะสมปานกลาง เป็นบริเวณพื้นที่ที่มีคุณสมบัติทางกายภาพที่เหมาะสมระดับปานกลางต่อการปลูกข้าวฟ่างหวาน พบว่า มีเนื้อที่เหมาะสมรวมพื้นที่ทั้งภาคประมาณ 29,476.52 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 28.84 พบมากในพื้นที่จังหวัดขอนแก่น กาฬสินธุ์ และมหาสารคาม และพื้นที่เฉพาะพื้นที่ทิ้งร้างที่เหมาะสมมีเนื้อที่ประมาณ 1,521.45 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 28.02 พบมากในพื้นที่จังหวัดขอนแก่น อุบลราชธานี ชัยภูมิ และหนองบัวลำภู

พื้นที่เหมาะสมน้อย เป็นบริเวณพื้นที่ที่มีคุณสมบัติทางกายภาพที่เหมาะสมระดับน้อยหรือต่ำมากต่อการปลูกข้าวฟ่างหวาน พบว่า มีเนื้อที่เหมาะสมรวมพื้นที่ทั้งภาคประมาณ 63,950.46 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 62.57 พบมากในพื้นที่จังหวัดสุรินทร์ อำนาจเจริญ และร้อยเอ็ด และพื้นที่เฉพาะพื้นที่ทิ้งร้างที่เหมาะสมมีเนื้อที่ประมาณ 3,072.25 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 56.58 พบมากในพื้นที่จังหวัดอุดรธานี หนองคาย และสกลนคร

พื้นที่ไม่เหมาะสม เป็นบริเวณพื้นที่ที่มีคุณสมบัติทางกายภาพที่ไม่เหมาะสมต่อการปลูกข้าวฟ่างหวาน เนื่องจากมีข้อจำกัดทางกายภาพค่อนข้างมาก เช่น พื้นที่ลุ่มน้ำท่วมขัง พื้นที่ที่มีกรวดหิน เป็นต้น พื้นที่ที่ไม่เหมาะสมมีเนื้อที่รวมพื้นที่ทั้งภาคประมาณ 6,047.56 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 5.92 และพื้นที่เฉพาะพื้นที่ทิ้งร้างที่ไม่เหมาะสมมีเนื้อที่ประมาณ 713.41 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 13.14 พบการกระจายอยู่ทั่วทั้งภาค

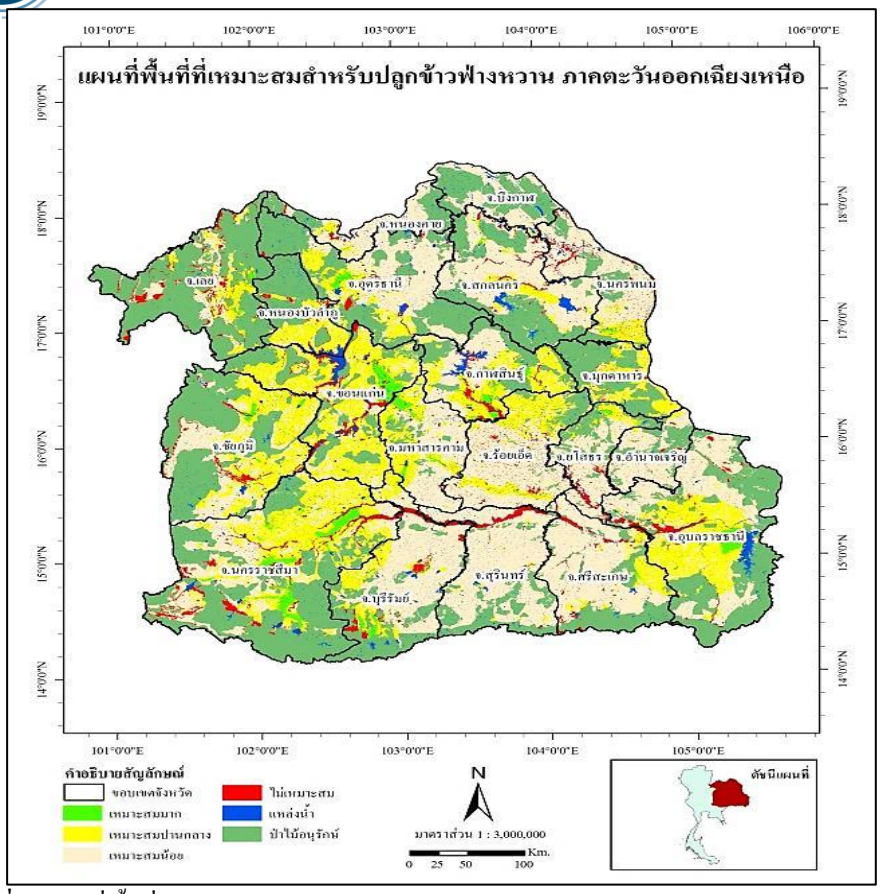
ตารางที่ 6 แสดงเนื้อที่ของพื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับปลูกข้าวฟ่างหวานในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และเฉพาะพื้นที่ทิ้งร้าง

พื้นที่เหมาะสมสำหรับปลูกข้าวฟ่างหวาน		**เนื้อที่ (ตร.กม.)**	**ร้อยละของเนื้อที่ (%)**
พื้นที่เหมาะสมสำหรับปลูกข้าวฟ่างหวาน ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	เหมาะสมมาก (S1)	2,733.08	2.67
	เหมาะสมปานกลาง (S2)	29,476.52	28.84
	เหมาะสมน้อย (S3)	63,950.46	62.57
	ไม่เหมาะสม (N)	6,047.56	5.92
พื้นที่เหมาะสมสำหรับปลูกข้าวฟ่างหวาน เฉพาะพื้นที่ทิ้งร้าง	เหมาะสมมาก (S1)	122.37	2.25
	เหมาะสมปานกลาง (S2)	1,521.45	28.02
	เหมาะสมน้อย (S3)	3,072.25	56.58
	ไม่เหมาะสม (N)	713.41	13.14

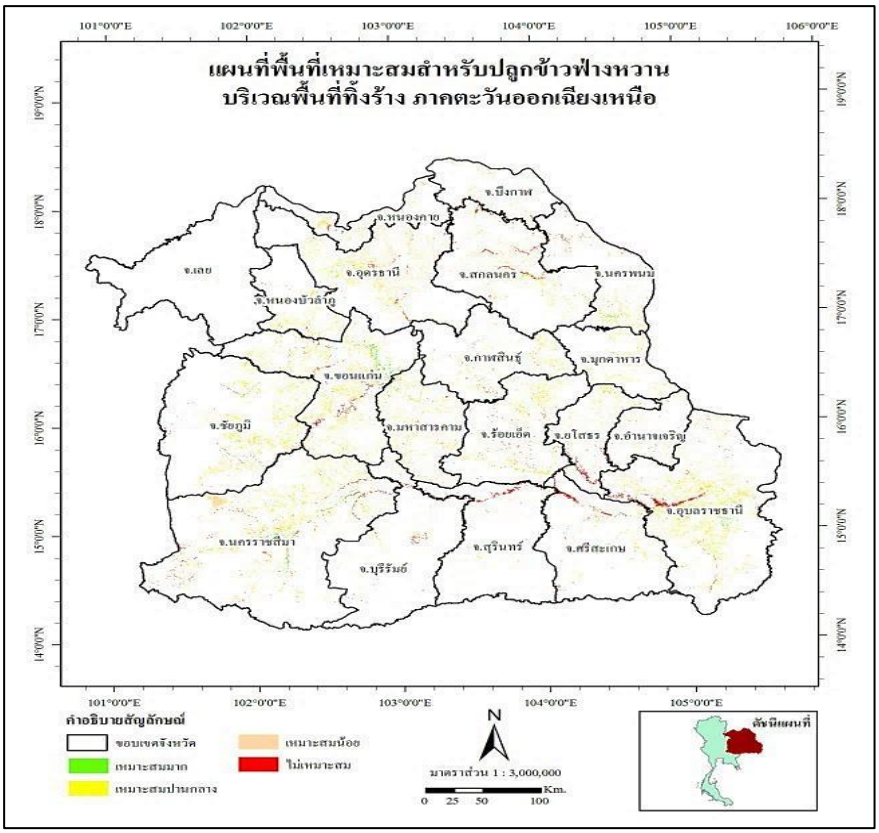
ตารางที่ 7 แสดงเนื้อที่เป็นรายจังหวัดของพื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับปลูกข้าวฟ่างหวานในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และเฉพาะพื้นที่ทิ้งร้าง

จังหวัด	พื้นที่จังหวัด (ไร่)	ร้อยละของเนื้อที่พื้นที่เหมาะสมภาคตะวันออกเฉียงเหนือ					ร้อยละของเนื้อที่พื้นที่เหมาะสมเฉพาะพื้นที่ทิ้งร้าง				
		S1	S2	S3	N	พื้นที่นอกเขตเกตรกรรม	S1	S2	S3	N	พื้นที่นอกเขตเกตรกรรม
กาฬสินธุ์	4,365,304.63	2.96	30.74	31.44	3.96	30.89	0.08	0.92	0.78	0.13	98.09
ขอนแก่น	6,750,055.49	3.49	42.35	18.54	5.06	30.56	0.25	2.28	1.09	0.64	95.74
ชัยภูมิ	7,967,730.47	0.95	23.99	25.49	2.84	46.73	0.04	1.44	1.09	0.18	97.24
นครพนม	3,525,404.21	0.58	9.45	59.49	5.60	24.88	0.06	0.60	1.93	0.29	97.13
นครราชสีมา	12,988,781.71	4.50	22.77	23.86	4.56	44.31	0.18	1.06	1.51	0.35	96.9
บุรีรัมย์	6,325,809.15	1.60	12.75	51.57	4.32	29.76	0.01	0.07	3.38	0.11	96.44
บึงกาฬ	2,501,444.13	-	0.84	35.76	0.87	62.53	-	0.17	0.63	0.45	98.74
มหาสารคาม	3,545,491.75	4.12	28.59	54.04	1.37	11.87	0.20	1.42	3.17	0.12	95.09
มุกดาหาร	2,590,280.08	0.14	25.96	9.05	2.02	62.83	0.01	1.40	0.28	0.05	98.26
ยโสธร	2,586,651.56	0.79	6.99	55.45	5.97	30.80	0.04	0.58	3.56	1.34	94.48
ร้อยเอ็ด	4,937,704.78	0.20	21.35	61.89	4.02	12.54	0.02	1.07	2.58	0.31	96.02
เลย	6,567,327.89	0.59	8.17	11.53	5.62	74.09	0	0.02	0.03	0	99.95
ศรีสะเกษ	5,602,977.91	0.25	8.41	61.19	3.06	27.10	0.02	0.29	1.25	0.83	97.61
สกลนคร	5,992,780.41	0.24	6.94	49.46	2.44	40.92	0.02	0.45	3.57	0.70	95.26
สุรินทร์	5,534,039.91	-	0.98	69.24	3.88	25.89	-	0.04	1.38	0.86	97.73
หนองคาย	2,052,082.16	0.32	5.14	50.24	3.57	40.73	0.03	0.37	3.69	0.26	95.64
หนองบัวลำภู	2,575,419.15	0.06	26.66	8.90	3.53	60.84	0	1.44	0.41	0.15	97.99
อำนาจเจริญ	2,061,492.19	0.03	3.66	64.85	2.49	28.98	0	0.18	3.21	0.21	96.4
อุดรธานี	6,928,779.07	1.18	12.03	37.31	1.45	48.04	0.05	0.79	3.76	0.22	95.18
อุบลราชธานี	9,786,178.06	2.29	21.37	32.26	2.90	41.18	0.12	1.75	2.33	0.79	95.02
รวมทั้งภาค	**105,185,734.70**	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

หมายเหตุ: S1: เหมาะสมมาก S2: เหมาะสมปานกลาง S3: เหมาะสมน้อย N: ไม่เหมาะสม



ภาพที่ 5 แผนที่พื้นที่เหมาะสมสำหรับปลูกข้าวฟ่างหวาน ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ



ภาพที่ 6 แผนที่พื้นที่เหมาะสมสำหรับปลูกข้าวฟ่างหวานเฉพาะพื้นที่ทิ้งร้าง ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

ผลการตรวจสอบความถูกต้อง

จากการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลที่ทำการสำรวจพื้นที่ในภาคสนามพื้นที่จริงโดยทำการตรวจสอบกับอ้อย จำนวนตำแหน่งสำรวจทั้งสิ้น 43 ตำแหน่ง นำมาตรวจสอบความสอดคล้องของข้อมูลด้วยค่าสัมประสิทธิ์ KAPPA ข้อมูลผลการวิเคราะห์ความเหมาะสมพื้นที่ปลูกข้าวฟ่างหวานและข้อมูลสำรวจภาคสนามของพื้นที่ปลูกอ้อย เมื่อนำข้อมูลที่ได้มาแทนค่าในสมการ พบว่า มีค่าเท่ากับ 0.01

$$K = \frac{nD - \sum t_i t_u}{n^2 - \sum t_i t_u} = \frac{(43*13) - (4*0+13*19+18*11+8*13)}{43^2-(4*0+13*19+18*11+8*13)} = 0.01$$

ตารางที่ 7 แสดงความสอดคล้องระหว่างผลการสำรวจภาคสนามพื้นที่ปลูกอ้อยและผลการวิเคราะห์ความเหมาะสมพื้นที่ปลูกข้าวฟ่างหวาน

ผลการสำรวจพื้นที่จริง (พื้นที่ปลูกอ้อย)	**ผลการวิเคราะห์ความเหมาะสม (พื้นที่ปลูกข้าวฟ่างหวาน)**				**Total(t_i)**
	S1	S2	S3	N	
S1	-	2	1	1	**4**
S2	-	5	3	5	**13**
S3	-	7	6	5	**18**
N	-	5	1	2	**8**
Total(t_u)	**0**	**19**	**11**	**13**	**43**

อภิปรายและสรุปผลการศึกษา

จากการศึกษาเพื่อหาพื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับปลูกข้าวฟ่างหวาน ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และเฉพาะพื้นที่ทิ้งร้าง โดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์เชิงลำดับขั้น (AHP) พบว่า ปัจจัยที่มีค่าน้ำหนักมากที่สุด คือ ระยะห่างจากโรงงานผลิตเอทานอล ซึ่งหมายถึงปัจจัยนั้นมีความสำคัญมากที่สุดในการปลูกข้าวฟ่างหวาน เพราะระยะห่างจากโรงงานผลิตเอทานอลมีผลต่อค่าใช้จ่ายในการขนส่ง ซึ่งหากมีระยะทางไกลเกินไปจะทำให้มีค่าใช้จ่ายในการขนส่งสูงขึ้นและใช้เวลานาน ทำให้ประสิทธิภาพความหวานของวัตถุดิบลดลง และการวิเคราะห์ร่วมกับระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) ผลจากการศึกษาพบว่า ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มีพื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับปลูกข้าวฟ่างหวานระดับเหมาะสมมาก เหมาะสมปานกลาง เหมาะสมน้อย และไม่เหมาะสม มีเนื้อที่ประมาณ 2.68, 28.84, 62.57 และ 5.92 % ของพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ตามลำดับ โดยระดับพื้นที่เหมาะสมน้อยมีเนื้อที่สำหรับปลูกข้าวฟ่างหวานมากที่สุดซึ่งส่วนใหญ่เป็นพื้นที่นาข้าว และพื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับปลูกข้าวฟ่างหวานเฉพาะพื้นที่ทิ้งร้าง มีเนื้อที่ประมาณ 2.25, 28.02, 56.58 และ 13.14 % ตามลำดับ โดยระดับพื้นที่เหมาะสมน้อยมีเนื้อที่สำหรับปลูกข้าวฟ่างหวานมากที่สุดซึ่งส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ทุ่งหญ้าสลับไม้พุ่มหรือไม้ละเมาะ พื้นที่ที่มีความเหมาะสมมากและพื้นที่ที่มีความเหมาะสมปานกลางส่วนใหญ่พบในพื้นที่ที่ใกล้กับโรงงานผลิตเอทานอลตั้งอยู่ ได้แก่ นครราชสีมา ขอนแก่น กาฬสินธุ์ อุบลราชธานี ชัยภูมิ หนองบัวลำภู และมุกดาหาร พื้นที่ที่ไม่เหมาะสมส่วนใหญ่พบบริเวณพื้นที่ที่น้ำท่วมถึง หรือบริเวณพื้นที่ชุ่มน้ำ และพื้นที่ที่เต็มไปด้วยภูเขา

ข้อเสนอแนะ

ในการศึกษาครั้งนี้ทำการวิเคราะห์พื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับปลูกข้าวฟ่างหวานทั้งภาคตะวันออกเฉียงเหนือ สำหรับการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลควรทำการสำรวจภาคสนามกระจายทั่วทั้งภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และควรสำรวจพื้นที่ที่ปลูกข้าวฟ่างหวานพื้นที่จริงเพื่อให้มีความถูกต้องและสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์มากยิ่งขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณผู้เชี่ยวชาญทุกท่านอย่างสูง ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการตอบแบบสอบถามสำหรับการทำวิจัยในครั้งนี้ ตลอดจนภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

เอกสารอ้างอิง

บัณฑิต ตันศิริ, คำรณ ไทรฟัก. คู่มือการประเมินคุณภาพที่ดิน สำหรับพืชเศรษฐกิจ. พิมพ์ครั้งที่ 2/2535. กรุงเทพฯ: กองวางแผนการใช้ที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์; 2539.

ประสิทธิ์ ใจศิล. ศักยภาพของการใช้ข้าวฟ่างหวานเป็นวัตถุดิบเสริมในระบบการผลิตเอทานอลเชิงพานิชย์. เอกสารประกอบการประชุมวิชาการข้าวโพดข้าวฟ่างแห่งชาติ ครั้งที่ 32; 13-15 กรกฎาคม 2548; สุโขทัย.

ประสิทธิ์ ใจศิล. ข้าวฟ่างหวาน [สัมภาษณ์]. รองคณบดีฝ่ายวิจัย คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น; 17 พฤศจิกายน 2558

ระบบสารสนเทศพื้นที่เสี่ยงภัยแล้ง [ออนไลน์] ม.ป.ป. [อ้างเมื่อ 5 ตุลาคม 2558]. จาก http://negistda.kku.ac.th/drought/ed_method.htm

สถาบันความร่วมมือระหว่างประเทศแห่งมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ (TISIC) พืชพลังงานของไทย: ยุทธศาสตร์ขับเคลื่อนพลังงานทดแทนในอนาคต [ออนไลน์] 2556 [อ้างเมื่อ 11 มกราคม 2559. จาก www.apecthai.org/1365-เศรษฐศาสตร์กับสิ่งแวดล้อม/เศรษฐศาสตร์กับสิ่งแวดล้อม-2552/7523-พืชพลังงานของไทย-ยุทธศาสตร์ขับเคลื่อนพลังงานทดแทนในอนาคต-16-22-ก-พ-52.html.

สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ (สศช.) [ไม่ได้ตีพิมพ์]. (2557). เอกสาประกอบการเยี่ยมชมโรงงานในกลุ่มน้ำตาลราชบุรี และโครงการสร้างโรงงานน้ำตาลที่จังหวัดกาญจนบุรี; [ม.ป.ป]

Almodares A, Hadi M R. Production of bioethanol. African Journal of Agricultural Research sweet sorghum A review 2009; 4(9): 772-780.

Boonyanuphap J, Wattanachaiyingcharoen D, Sakurai K. GIS-based land suitability assessment for Musa (ABB group) plantation. J. Appl. Hort 2004; 6(1): 3-10.

FAO. Guidelines: Land Evaluation for Rainfed Agriculture. FAO Soils Bulletin 52. FAO Rome; 1983.

Tienwong K. Applications of geoinformatics technology to land evaluation for energy economic crops in western Thailand [Doctor Thesis in Geoinformatics]. Nakhon Rachasima: The Graduate School, Suranaree University of Technology; 2008

ECOWAS. Regional Potential Assessment of Novel Bio-energy Crops in Fifteen ECOWAS countries [Online] 2012 [cited 2015 Sep 25]. Available from: http://www.globalbioenergy.org/fileadmin/user_upload/gbep/docs/2012_events/WGCB_Activity_1_Rome_13-14_November_2012/1.2_-_JOOS.pdf

Sys Ir C, Ranst E V. Land Evaluation Part III Crop Requirements. Agricultural Publication No. 7. ITC Ghent; 1993.