การระบุพื้นที่เหมาะสมสำหรับการปลูกหญ้าเนเปียร์พืชพลังงาน ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย

Spatial Identification of Suitable Area for Napier Grass Energy Crop Planting in Northeast of Thailand

*ณัฐพล การีรัตน์ *สุพาพร ศิริวิ สุวิมล สีหานาม และ พิพัธน์ เรืองแสง [1]

*Natthapon Kareerat *Supaporn Siriwi Suwimon Seehanam and Pipat Reungsang

บทคัดย่อ

พลังงานเป็นปัจจัยสำคัญในการขับเคลื่อนประเทศ การเติบโตทางเศรษฐกิจและสังคมทำให้มีความต้องการการใช้พลังงานเพิ่มมากขึ้น ปัจจุบันรัฐบาลมีการสนับสนุนผ่านนโยบายทางด้านเศรษฐกิจโดยผลักดันให้เกิดอุตสาหกรรมพลังงานสีเขียวจากพืชพลังงาน ซึ่งหญ้าเนเปียร์เป็นพืชทางเลือกที่สามารถนำมาแปรรูปเป็นพลังงานทดแทนได้แต่ยังไม่เป็นที่นิยมปลูกในประเทศไทย การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อระบุหาพื้นที่เหมาะสมสำหรับปลูกหญ้าเนเปียร์ในพื้นที่ครอบคลุมภาคตะวันออกเฉียงเหนือโดยการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศวิเคราะห์ปัจจัยเชิงพื้นที่ทางกายภาพ ที่ประกอบไปด้วย ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน ข้อมูลดิน ข้อมูลปริมาณน้ำฝน ข้อมูลภูมิประเทศ ข้อมูลขอบเขตการปกครอง ข้อมูลลักษณะภูมิสัณฐาน ข้อมูลอุณหภูมิ และข้อมูลความลาดชันของพื้นที่ เป็นต้น ทั้งนี้ผลการศึกษาสามารถนำไปแนะนำพื้นที่เหมาะสมสำหรับปลูกหญ้าเนเปียร์เพื่อเพิ่มรายได้ให้แก่เกษตรกร และเพิ่มความมั่นคงทางด้านพลังงานให้แก่ประเทศในอนาคตต่อไป

คำสำคัญ : หญ้าเนเปียร์, พืชพลังงาน, การระบุพื้นที่เหมาะสม

ABSTRACT

Energy is a key factor in propelling country. Economic and social growths result in increasing energy demand. Government has a policy to support the economy by promoting green energy industry from energy crops. Napier grass is an alternative crop which can be converted into a form of renewable energy which is not well known crop in Thailand. Objective of this study was to identify suitable areas for Napier grass planting in the northeast of Thailand by using geo-information technology to analyze physical and economic factors including land use, soil, rainfall amount, topography, administrative boundary, physiographic, temperature, and slope. Hence, results of the study can be used to recommend suitable areas for Napier grass planting for extra income for farmer and to increase energy security to our country in the future.

KEYWORDS : Napier grass, energy crop, spatial identification of suitable area

[1] สาขาภูมิสารสนเทศศาสตร์ ภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

Geographic Information System Department Computer Science Faculty of Science Khon Kaen University

โทรศัพท์ 043-362-188 โทรสาร 043-342-910 e-mail: mr.samlee.subke@gmail.com

1. บทนำ

ปัจจุบันประเทศไทยได้มีการพัฒนาด้านต่างๆ เพื่อให้ประชาชนเกิดความสะดวกสบาย มีการพัฒนาเทคโนโลยีในหลายๆด้าน ส่งผลให้ความต้องการด้านพลังงานเพิ่มมากขึ้น แต่พลังงานที่มีใช้อยู่ลดน้อยลง รัฐบาลจึงมีนโยบายผลักดันและส่งเสริมด้านพลังงานทดแทน ซึ่งการนำพืชมาแปรรูปเป็นพลังงานหรือพลังงานสีเขียวเป็นอีกหนึ่งทางเลือกที่สามารถนำมาใช้เป็นพลังงานทดแทนได้ พืชที่สามารถนำมาแปรรูปเป็นพลังงานทดแทนได้มีหลายชนิด เช่น อ้อย มันสำประหลัง ปาล์ม ยางพารา หญ้าเนเปียร์ เป็นต้น จากพืชพลังงานข้างต้น พืชส่วนใหญ่จะเป็นพืชเศรษฐกิจที่มีปลูกเป็นจำนวนมากในประเทศไทย ยกเว้นหญ้าเนเปียร์ เพราะหญ้าเนเปียร์เป็นพืชที่ส่วนมากจะปลูกกันในต่างประเทศ ในประเทศไทยพบมากในจังหวัดนครราชสีมา และกำลังขยายพื้นที่การปลูกในจังหวัดต่างๆ ซึ่งหญ้าเนเปียร์พันธุ์ที่นิยมปลูกในประเทศไทยคือ หญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 พันธุ์นี้เป็นพันธุ์ผสมระหว่างหญ้าเนเปียร์ยักษ์และหญ้าไข่มุก ปลูกได้ทุกภาคในประเทศไทย เมื่อเทียบกับหญ้าชนิดอื่นหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 มีมีเทนสูงกว่า และให้ผลผลิตมากกว่า ข้อดีของหญ้าเนเปียร์ คือ หญ้าเนเปียร์ใช้ต้นทุนในการปลูกน้อยกว่า ปลูกครั้งเดียวอยู่ได้นานหลายปี มีโปรตีนสูง ปลูกได้ในดินหลายประเภท เช่น ดินร่วนปนทราย ดินเหนียว ดินลูกรัง เป็นต้น ปลูกในพื้นที่ว่างเปล่าที่ไม่ได้ใช้ประโยชน์ได้ และสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้หลายด้าน เช่น เลี้ยงสัตว์ เช่น ช้าง แกะ แพะ วัว หมู ไก่ เป็นต้น นำไปเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้า, ผลิตเป็นก๊าซชีวภาพ เป็นต้น ทั้งนี้ถ้าปลูกเป็นอาหารสัตว์จะสามารถลดต้นทุนในการซื้ออาหารสัตว์ได้เป็นอย่างมาก ถ้านำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงจะสามารถลดต้นทุนในการซื้อเชื้อเพลิงได้ และเป็นพลังงานสีเขียวที่ไร้มลพิษ นอกจากนี้กระทรวงพลังงานยังส่งเสริมให้ปลูกหญ้าเนเปียร์ แต่ไม่ควรปลูกให้พื้นที่ที่มีพืชเศรษฐกิจเดิมที่มีอยู่แล้ว ควรปลูกในพื้นที่ที่ไม่ได้ใช้ประโยชน์ในการปลูกพืชเศรษฐกิจเพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดในพื้นที่ ดังนั้นจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งในการหาพื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับการปลูกหญ้าเนเปียร์ เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดและไม่มีผลกระทบต่อด้านต่างๆ ทั้งสังคม เศรษฐกิจ และสิ่งแวดล้อม

2. วัตถุประสงค์

เพื่อหาพื้นที่เหมาะสมในการปลูกหญ้าเนเปียร์พืชพลังงาน ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

3. วิธีการวิจัย

3.1. หลักการวิจัย

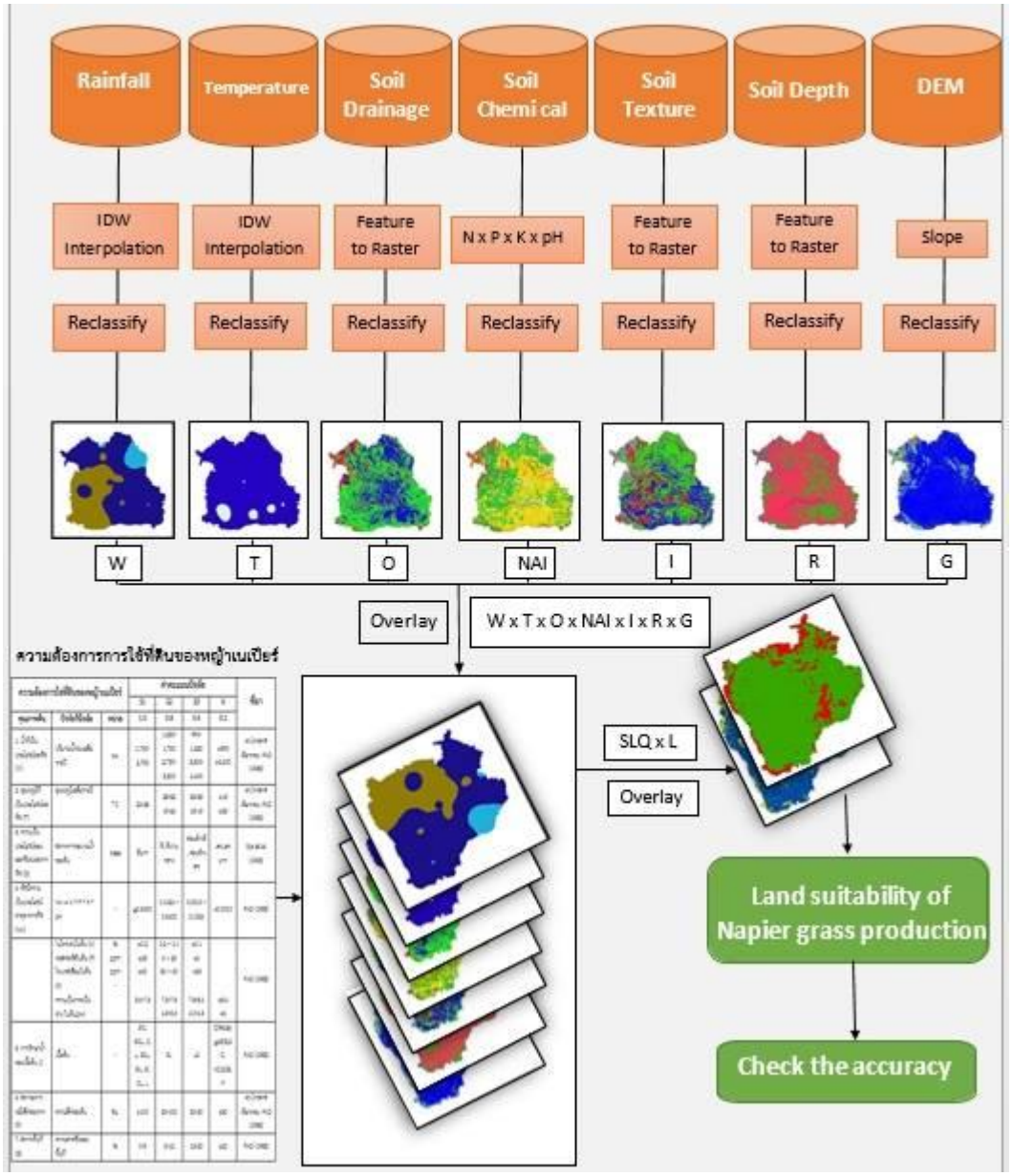
การวิจัยในครั้งนี้ได้จัดทำแผนที่แสดงเหมาะสมสำหรับปลูกหญ้าเนเปียร์ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตามหลักการประเมินที่ดินขององค์การอาหารและการเกษตรแห่งสหประชาชาติ หรือ FAO (1983) โดยอาศัยหลักการวิเคราะห์แบบบูรณาการของคุณภาพที่ดินทางกายภาพหลายด้านเป็นปัจจัย มีการกำหนดช่วงค่าที่เหมาะสม ด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อประเมินความเหมาะสมในภาพรวม การประเมินระดับความเหมาะสมใช้วิธีการคำนวณทางคณิตศาสตร์เชิงพื้นที่ ด้วยวิธีการซ้อนทับแบบคูณ ผลการประเมินความเหมาะสมทางด้านกายภาพในแต่ละคุณภาพที่ดิน ผลลัพธ์ที่ได้ถูกตรวจสอบความถูกต้องโดยนำไปเปรียบเทียบกับพื้นที่ปลูกหญ้าเนเปียร์ที่ได้จากการแปลผลภาพถ่ายดาวเทียมว่ามีความสอดคล้องกันหรือไม่

3.2. ขั้นตอนการวิจัย

การประเมินความเหมาะสมของที่ดินสำหรับปลูกหญ้าเนเปียร์ประกอบไปด้วย การคัดเลือกคุณภาพที่ดินและวิเคราะห์ความต้องการการใช้ที่ดินสำหรับหญ้าเนเปียร์ การรวบรวมข้อมูล การบูรณาการคุณภาพที่ดินด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ การประเมินความเหมาะสมในภาพรวม และการตรวจสอบความถูกต้อง ดังแสดงขั้นตอนการศึกษาดังภาพที่ 1

3.2.1. การวิเคราะห์ความต้องการของหญ้าเนเปียร์

ปัจจัยที่หญ้าเนเปียร์ต้องการใช้เพื่อการเจริญเติบโตและให้ผลผลิต ได้รวบรวมจากผลงานวิจัยที่ได้ดำเนินการทั้งในและนอกพื้นที่ศึกษา โดยรวบรวมไว้ในรูปของคุณภาพที่ดิน (Land Quality) ซึ่งแต่ละคุณภาพที่ดินประกอบด้วยปัจจัยวินิจฉัย (Diagnostic Factor) ประเภทเดียวหรือหลายประเภท โดยข้อมูลของแต่ละคุณภาพที่ดินได้ถูกจัดช่วงความเหมาะสมไว้ การศึกษาครั้งนี้พิจารณาเฉพาะ 7 คุณภาพที่ดิน ได้แก่ น้ำที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (W) อุณหภูมิที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (T) ความเป็นประโยชน์ของออกซิเจนต่อรากพืช (O) ดัชนีความเป็นประโยชน์ธาตุอาหารพืช (NAI) การรักษาน้ำของเนื้อดิน (I) สภาวะการหยั่งลึกของราก (R) และสภาพพื้นที่ (G) ดังตารางที่ 1



ภาพที่ 1 ขั้นตอนการศึกษาวิจัย

ความต้องการใช่ที่ดินของหญ้าเนเปียร์			ค่าคะแนนปัจจัย				ที่มา
			S1	S2	S3	N	
คุณภาพดิน	**ปัจจัยวินิจฉัย**	**หน่วย**	**1.0**	**0.8**	**0.4**	**0.1**	
1. น้ำที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (W)	ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปี	มม.	1,760-2,750	1,320-1,760 2,750-3,300	990-1,320 3,300-4,400	<990 >4,400	ไกรลาศ เขียวทอง, FAO (1983)
2. อุณหภูมิที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (T)	อุณหภูมิเฉลี่ยรายปี	°C	24-28	28-32 19-24	32-35 15-19	<15 >35	ไกรลาศ เขียวทอง, FAO (1983)
3. ความเป็นประโยชน์ของออกซิเจนต่อรากพืช (O)	สภาพการระบายน้ำของดิน	class	ดีมาก	ดี, ดีปานกลาง	ค่อนข้างดี, ค่อนข้างเลว	เลว,เลวมาก	Sys et al (1993)
4. ดัชนีความเป็นประโยชน์ธาตุอาหารพืช (NAI)	NAI = N * P * K * pH	-	≥0.6400	0.1024 – 0.6400	0.0010 – 0.1024	<0.0010	บัณฑิต ตันศิริ (2539)
	ไนโตรเจนในดิน (N) ฟอสฟอรัสในดิน (P) โพแทสเซียมในดิน (K) ความเป็นกรดเป็นด่าง ในดิน(pH)	% ppm ppm -	>0.2 >25 >60 5.6-7.3	0.2 – 0.1 6 – 25 30 – 60 7.3-7.8 4.5-5.6	<0.1 <6 <30 7.8-8.4 4.0-4.5	 >8.4 <4	
5. การรักษาน้ำของเนื้อดิน (I)	เนื้อดิน	-	SiC, SiCL, C, L, SCL, SiL, Si, CL, L	SL	LS	C(%clay≥65)G, SC, AC,S,SS, F	FAO (1983)
6. สภาวะการหยั่งลึกของราก (R)	ความลึกของดิน	ซม.	>100	50-100	30-50	<30	ไกรลาศ เขียวทอง, FAO (1983)
7. สภาพพื้นที่(G)	ความลาดชันของพื้นที่	%	0-5	5-12	12-20	>20	FAO (1983)

ตารางที่ 1 ความต้องการการใช้ที่ดินของหญ้าเนเปียร์

3.2.2. การรวบรวมข้อมูล

การรวบรวมข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์ในครั้งนี้ได้รวบรวมข้อมูลในแต่ละปัจจัยวินิจฉัยและคุณภาพที่ดินที่ได้คัดเลือกซึ่งเป็นข้อมูลเชิงพื้นที่และข้อมูลลักษณะสัมพันธ์ แสดงรายละเอียดดังตารางที่ 2 และตารางที่ 3

ข้อมูลเชิงพื้นที่	ชื่อชั้นข้อมูล	มาตราส่วน	ที่มาของข้อมูล	ปีที่จัดเก็บข้อมูล
กลุ่มชุดดิน	Soil_NE	1:50000	กรมพัฒนาที่ดิน	พ.ศ. 2556
ตำแหน่งสถานีตรวจวัดน้ำฝน	Rain_NE1 Rain_NE2	-	กรมอุตุนิยมวิทยา ขอนแก่น กรมอุตุนิยมวิทยา อุบล	พ.ศ. 2553-2557
ตำแหน่งสถานีตรวจวัดอุณหภูมิ	Temperature_EN1 Temperature_EN2	-	กรมอุตุนิยมวิทยา ขอนแก่น กรมอุตุนิยมวิทยา อุบล	พ.ศ. 2553-2557
การใช้ประโยชน์ที่ดิน	Landuse	1:50000	กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม	พ.ศ. 2553
ขอบเขตการปกครอง	Bnd_NE	1:50000	ศูนย์ภูมิสารสนเทศเพื่อการพัฒนาภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	พ.ศ. 2558
ข้อมูลความสูงภูมิประเทศเชิงเลข	DEM	-	USGS	พ.ศ. 2558

ตารางที่ 2 ข้อมูลเชิงพื้นที่ที่ใช้ในการวิจัย

ข้อมูลลักษณะสัมพันธ์	ที่มาของข้อมูล	รายละเอียดข้อมูล	ปีที่จัดเก็บข้อมูล
ข้อมูลปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปี	กรมอุตุนิยมวิทยา	ข้อมูลน้ำฝนเฉลี่ยสะสมรายปี 5 ปี จำนวน 25 สถานี	พ.ศ. 2553-2557
ข้อมูลอุณหภูมิเฉลี่ยรายปี	กรมอุตุนิยมวิทยา	ข้อมูลน้ำฝนเฉลี่ยสะสมรายปี 5 ปี จำนวน 25 สถานี	พ.ศ. 2553-2557
ข้อมูลคุณสมบัติของดินในแต่ละชุดดิน	กรมพัฒนาที่ดิน	ข้อมูลคุณสมบัติของดิน ได้แก่ ปริมาณธาตุอาหาร N, P, K ในดิน ความเป็นกรดเป็นด่างในดิน เนื้อดิน ความลึกดิน การระบายน้ำในดิน	พ.ศ. 2548

ตารางที่ 3 ข้อมูลลักษณะสัมพันธ์ที่ใช้ในการวิจัย

3.2.3. การบูรณาการคุณภาพที่ดินด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

ขั้นตอนนี้เป็นการวิเคราะห์ความต้องการการใช้ที่ดินสำหรับหญ้าเนเปียร์ในแต่ละปัจจัยวินิจฉัย เพื่อกำหนดระดับความเหมาะสมในแต่ละปัจจัยวินิจฉัย ซึ่งจะนำไปสู่การสร้างหน่วยแผนที่ดินหรือข้อมูลเชิงพื้นที่ที่มีลักษณะสัมพันธ์ที่แสดงถึงระดับความเหมาะสมของชั้นข้อมูลคุณภาพที่ดิน ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน คือ การประเมินความเหมาะสมในแต่ละชั้นคุณภาพที่ดิน และการประเมินความเหมาะสมในภาพรวม

3.2.3.1. การประเมินความเหมาะสมในแต่ละชั้นคุณภาพที่ดิน

(1) น้ำที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (Water Availability) คุณลักษณะที่ดินที่เป็นตัวแทนของชั้นคุณภาพที่ดินนี้คือปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปี ซึ่งข้อมูลปริมาณน้ำฝนที่นำมาวิเคราะห์ในครั้งนี้ เป็นข้อมูลที่เก็บรวบรวมโดยกรมอุตุนิยมวิทยาในช่วงเวลา 5 ปี ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2553-2557 ครอบคลุมพื้นที่ทั้งภาคตะวันออกเฉลียงเหนือจำนวน 25 สถานี แล้วนำมาสร้างเป็นชั้นข้อมูลน้ำฝนเชิงพื้นที่ด้วยการประมาณค่าวิธี Inverse Distance Weighted (IDW) จากนั้นนำข้อมูลมาจัดชั้นข้อมูลใหม่ด้วยเครื่องมือ Reclassify กำหนดเป็นชั้นข้อมูล w ซึ่งกำหนดค่าคะแนนและจัดระดับความเหมาะสมไว้ ดังตารางที่ 1

(2) อุณหภูมิที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (Temperature Availability) คุณลักษณะที่ดินที่เป็นตัวแทนของชั้นคุณภาพที่ดินนี้คืออุณหภูมิเฉลี่ยรายปี ซึ่งข้อมูลอุณหภูมิที่นำมาวิเคราะห์ในครั้งนี้ เป็นข้อมูลที่เก็บรวบรวมโดยกรมอุตุนิยมวิทยาในช่วงเวลา 5 ปี ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2553-2557 ครอบคลุมพื้นที่ทั้งภาคตะวันออกเฉลียงเหนือจำนวน 25 สถานีนำมาสร้างเป็นชั้นข้อมูลน้ำฝนเชิงพื้นที่ ด้วยการประมาณค่าวิธี IDW จากนั้นนำข้อมูลมาจัดชั้นข้อมูลใหม่ด้วยเครื่องมือ Reclassify กำหนดเป็นชั้นข้อมูล T ซึ่งกำหนดค่าคะแนนและจัดระดับความเหมาะสม ดังตารางที่ 1

(3) ความเป็นประโยชน์ของออกซิเจนต่อรากพืช (The benefits of oxygen to roots plant) คุณลักษณะที่ดินที่เป็นตัวแทนของชั้นคุณภาพที่ดินนี้คือข้อมูลความเป็นประโยชน์ของออกซิเจนต่อรากพืช โดยการนำไฟล์ Vector แปลงให้เป็น Raster โดยเครื่องมือ Feature to Raster เพื่อให้ได้กลุ่มดินทั้งหมด 42 กลุ่มดิน จากนั้นนำข้อมูลมาจัดชั้นข้อมูลใหม่ด้วยเครื่องมือ Reclassify กำหนดเป็นชั้นข้อมูล O ซึ่งกำหนดค่าคะแนนและจัดลำดับความเหมาะสม ดังตารางที่ 1

(4) ดัชนีความเป็นประโยชน์ธาตุอาหารพืช (Nutrient Availability Index : NAI) คุณลักษณะที่ดินที่เป็นตัวแทนของชั้นคุณภาพที่ดินนี้ ได้แก่ ไนโตรเจนในดิน (N) ฟอสฟอรัสในดิน (P) โพแทสเซียมในดิน (K) และความเป็นกรดด่างในดิน (pH) หลักการนี้เป็นการวิเคราะห์ตามแนวความคิดจาก Radcliffe and Rochette (1982) โดยการให้ค่าคะแนนความเหมาะสมในแต่ละปัจจัยวินิจฉัย จากนั้นนำค่าคะแนนความเหมาะสมในแต่ละปัจจัยมาวิเคราะห์แบบซ้อนทับแบบการคูณด้วยระบบ GIS ดังสมการข้างล่าง

$$NAI = N * P * K * pH$$

โดยที่ NAI แทน คุณภาพที่ดินด้านดัชนีความเป็นประโยชน์ธาตุอาหารพืช
N แทน ค่าคะแนนความเหมาะสมของปัจจัยวินิจฉัยไนโตรเจนในดิน
P แทน ค่าคะแนนความเหมาะสมของปัจจัยวินิจฉัยฟอสฟอรัสในดิน
K แทน ค่าคะแนนความเหมาะสมของปัจจัยวินิจฉัยโพแทสเซียมในดิน
pH แทน ค่าคะแนนความเหมาะสมของปัจจัยวินิจฉัยความเป็นกรดเป็นด่างในดิน

(5) การรักษาน้ำของเนื้อดิน (Water Retention) คุณลักษณะที่ดินที่เป็นตัวแทนของชั้นคุณภาพที่ดินนี้คือข้อมูลการรักษาน้ำของเนื้อดิน โดยการนำไฟล์ Vector แปลงให้เป็น Raster โดยเครื่องมือ Feature to Raster เพื่อให้ได้กลุ่มดินทั้งหมด 42 กลุ่มดิน จากนั้นนำข้อมูลมาจัดชั้นข้อมูลใหม่ด้วยเครื่องมือ Reclassify กำหนดเป็นชั้นข้อมูล I ซึ่งกำหนดค่าคะแนนและจัดลำดับความเหมาะสม ดังตารางที่ 1

(6) สภาวะการหยั่งลึกของราก (Rooting Condition) คุณลักษณะที่ดินที่เป็นตัวแทนของชั้นคุณภาพที่ดินนี้คือข้อมูลสภาวะการหยั่งลึกของราก โดยการนำไฟล์ Vector แปลงให้เป็น Raster โดยเครื่องมือ Feature to Raster เพื่อให้ได้กลุ่มดินทั้งหมด 42 กลุ่มดิน จากนั้นนำข้อมูลมาจัดชั้นข้อมูลใหม่ด้วยเครื่องมือ Reclassify กำหนดเป็นชั้นข้อมูล R ซึ่งกำหนดค่าคะแนนและจัดลำดับความเหมาะสม ดังตารางที่ 1

(7) สภาพพื้นที่ (Topography) คุณลักษณะที่ดินที่เป็นตัวแทนของชั้นคุณภาพที่ดินนี้ คือข้อมูลความลาดชันของพื้นที่ โดยการนำข้อมูล DEM.tif มา Mosaic to New Raster และตัดขอบเขตด้วยเครื่องมือ Clip จากนั้นหาข้อมูลความลาดชันโดยใช้เครื่องมือ Slope และนำมาจัดชั้นข้อมูลใหม่ด้วยเครื่องมือ Reclassify กำหนดเป็นชั้นข้อมูล G ซึ่งกำหนดค่าคะแนนและจัดลำดับความเหมาะสม ดังตารางที่ 1

(8) การใช้ประโยชน์ที่ดิน (Land use) คุณลักษณะที่ดินที่เป็นตัวแทนของการใช้ประโยชน์ที่ดิน โดยการนำข้อมูล Landuse.shp มาแปลงเป็นข้อมูล Raster ด้วยเครื่องมือ Feature to Raster เพื่อให้ได้ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน แล้วนำมาแยกพื้นที่เหมาะสม (1) กับไม่เหมาะสม (0) เพื่อคัดทิ้งข้อมูลพื้นที่ที่ไม่เหมาะสมออก ซึ่งข้อมูลที่คัดทิ้งออกเป็นข้อมูลพื้นที่น้ำ พื้นที่ป่า พื้นที่เมืองและอาคารสิ่งก่อสร้าง และพื้นที่อุตสาหกรรม ทำได้โดยจัดชั้นข้อมูลใหม่ด้วยเครื่องมือ Reclassify กำหนดเป็นชั้นข้อมูล L

3.2.3.2. การประเมินความเหมาะสมในภาพรวม

ขั้นตอนนี้เป็นการนำชั้นข้อมูลคุณภาพที่ดินทั้ง 7 คุณภาพที่ดินกำหนดค่าคะแนนความเหมาะสมและให้ค่าคะแนนมาบูรณาการด้วยการซ้อนทับ และพิจารณาจากผลคูณของสมการ ดังต่อไปนี้

$$SLQ = W * O * NAI * I * R * G * T$$

โดยที่ The suitability of land quality (SLQ) แทน ค่าคะแนนความเหมาะสมของคุณภาพที่ดินสำหรับปลูกหญ้าเนเปียร์ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

W แทน ค่าคะแนนความเหมาะสมของคุณภาพที่ดินด้านน้ำที่เป็นประโยชน์ต่อพืช

O แทน ค่าคะแนนความเหมาะสมของคุณภาพที่ดินด้านความเป็นประโยชน์ของออกซิเจนต่อรากพืช

NAI แทน ค่าคะแนนความเหมาะสมของคุณภาพที่ดินด้านดัชนีความเป็นประโยชน์ธาตุอาหารพืช

I แทน ค่าคะแนนความเหมาะสมของคุณภาพที่ดินด้านการรักษาน้ำของเนื้อดิน

R แทน ค่าคะแนนความเหมาะสมของคุณภาพที่ดินด้านสภาวะการหยั่งลึกของราก

G แทน ค่าคะแนนความเหมาะสมของคุณภาพที่ดินสภาพความลาดชันของพื้นที่

T แทน ค่าคะแนนความเหมาะสมของคุณภาพที่ดินด้านอุณหภูมิที่เป็นประโยชน์ต่อพืช

การประเมินความเหมาะสมของแต่ละความต้องการใช้ที่ดินโดยการจัดระดับความเหมาะสมใหม่จากการนำผลคูณความเหมาะสมในแต่ละคุณภาพที่ดิน มาจัดช่วงค่าคะแนน และกำหนดระดับความเหมาะสมใหม่ โดยนำจำนวนคุณภาพที่ดินที่ได้จากการวิเคราะห์มาร่วมคำนวณด้วย ดังตารางที่ 4 ผลที่ได้คือหน่วยแผนที่ดินที่แสดงถึงศักยภาพของที่ดินเชิงพื้นที่พร้อมทั้งข้อมูลเชื่อมโยงถึงคุณลักษณะของที่ดินที่เหมาะสมสำหรับปลูกหญ้าเนเปียร์ แล้วนำไปจัดทำเป็นแผนที่ความเหมาะสมของที่ดินสำหรับปลูกหญ้าเนเปียร์ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือต่อไป

ชั้นความเหมาะสม	ค่าคะแนน	ค่าคะแนนขอบล่าง เมื่อยกกำลังตามจำนวนคุณภาพที่ดิน	ช่วงความเหมาะสมที่จัดใหม่
เหมาะสมมาก	1.0	$(1^4 \times 0.8^3) - 1.000000$	0.512000 - 1.000000
เหมาะสมปานกลาง	0.8	$(0.8^4 \times 0.4^3) - 0.512000$	0.0262144 - 0.512000
เหมาะสมน้อย	0.4	$(0.4^4 \times 0.1^3) - 0.0262144$	0.0000256 - 0.0262144
ไม่เหมาะสม	0.0	$< (0.4^4 \times 0.1^3)$	< 0.0000256

ตารางที่ 4 การกำหนดค่าคะแนนและความเหมาะสมจากการบูรณาการคุณภาพที่ดินสำหรับปลูกหญ้าเนเปียร์

Land Suitability = SLQ x L

โดยที่ Land Suitability แทน ความเหมาะสมของที่ดินสำหรับปลูกหญ้าเนเปียร์ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

The suitability of land quality (SLQ) แทน ค่าคะแนนความเหมาะสมของคุณภาพที่ดินสำหรับปลูกหญ้าเนเปียร์ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

L แทน ข้อมูลการแยกพื้นที่เหมาะสมกับไม่เหมาะสมในการปลูกหญ้าเนเปียร์ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

3.2.3.3. การตรวจสอบความถูกต้อง

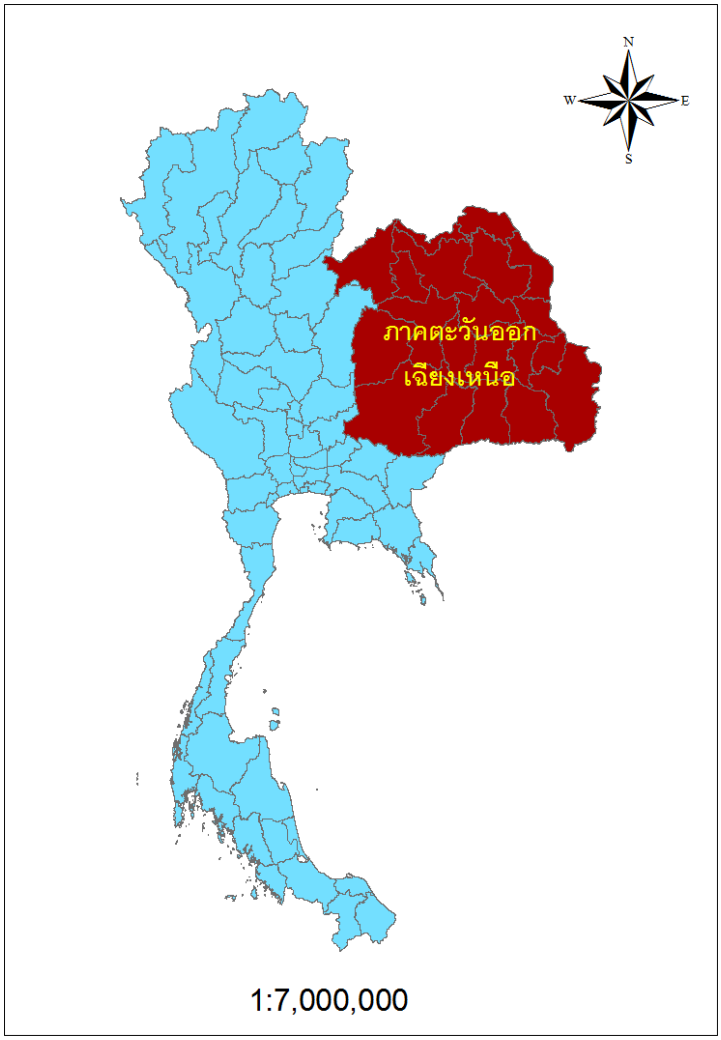
ตรวจสอบความถูกต้องด้วยการหาพื้นที่ปลูกหญ้าเนเปียร์ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือจากภาพถ่ายดาวเทียม แล้วนำพื้นที่ที่ได้มาใส่ค่าพิกัดเพื่อแสดงจุดตำแหน่งพื้นที่ในแผนที่ความเหมาะสมสำหรับการปลูกหญ้าเนเปียร์ในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ จากนั้นนำมาตรวจสอบความถูกต้องด้วยการเช็คตำแหน่งว่ามีความสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์พื้นที่เหมาะสมสำหรับปลูกหญ้าเนเปียร์หรือไม่

3.3. พื้นที่ศึกษา

ภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย มีเนื้อที่ประมาณ 168,825.34 ตารางกิโลเมตร (ชรัตน์ มงคลสวัสดิ์, 2549) คิดเป็น 1 ใน 3 ของพื้นที่ประเทศ และแบ่งการปกครองออกเป็น 20 จังหวัด (ภาพที่ 2)

ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มีสภาพพื้นที่ส่วนใหญ่เป็นที่ราบ โดยลาดเอียงไปทางด้านทิศตะวันออกเฉียงใต้ คล้ายแอ่งกระทะหงาย บริเวณขอบของภูมิภาคด้านทิศเหนือและตะวันออก เป็นแม่น้ำโขง ส่วนด้านตะวันตกและใต้เป็นแนวของเทือกเขา ซึ่งเป็นต้นน้ำสายสำคัญของภูมิภาค ตอนกลางภาคมีแนวเทือกเขาผ่าน ซึ่งได้แบ่งภูมิภาคออกเป็น 2 ส่วน ตามลักษณะการรับน้ำ (Basin) ได้แก่ แอ่งสกลนคร ซึ่งอยู่ทางตอนบน และแอ่งโคราช ซึ่งอยู่ทางตอนล่าง สภาพพื้นที่ภายในแต่ละแอ่ง เป็นที่เนินสลับกับที่ราบ คล้ายลูกคลื่นลอนลาด การใช้ประโยชน์ที่ดินบนพื้นที่เนินหรือที่ดอน ส่วนใหญ่ใช้เพาะปลูกพืชไร่ เช่น อ้อย มันสำปะหลัง ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ เป็นต้น รองลงมาเป็นไม้ผล ยางพารา และป่าไม้ พื้นที่ป่าไม้ของภูมิภาคนี้ ส่วนใหญ่เป็นผืนป่าขนาดเล็ก และอยู่กระจัดกระจายทั่วไป สำหรับการใช้ประโยชน์ที่ดินบนที่ราบหรือที่ราบลุ่ม ใช้เพาะปลูกข้าวเป็นหลัก การกระจายตัวของฝนในภูมิภาคไม่แน่นอน ปริมาณน้ำฝนรายปีเฉลี่ยเชิงพื้นที่อยู่ในช่วง 900-3,000 มิลลิเมตร โดยพื้นที่ส่วนใหญ่ทางด้านตะวันตกมีปริมาณน้อยสุด และปริมาณจะเพิ่มมากขึ้นทางด้านตะวันออก

ภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีพื้นที่ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่เกษตรกรรมจำนวน 82,724,205.94 ไร่ คิดเป็น 78.86% ของพื้นที่ทั้งหมด ถัดมาเป็นพื้นที่ป่าจำนวน 15,113,840.06 ไร่ คิดเป็น 14.41% ของพื้นที่ทั้งหมด ถัดมาเป็นพื้นที่อื่นๆ จำนวน 5,999,281.88 ไร่ คิดเป็น 5.72% ของพื้นที่ทั้งหมด ถัดมาเป็นแหล่งน้ำจำนวน 960,552.56 ไร่ คิดเป็น 0.92% ของพื้นที่ทั้งหมด ถัดมาเป็นพื้นที่เมืองและอาคารสิ่งก่อสร้างจำนวน 101,363.63 ไร่ คิดเป็น 0.10% ของพื้นที่ทั้งหมด และสุดท้ายเป็นพื้นที่โรงงานอุตสาหกรรมจำนวน 3,461.06 ไร่ คิดเป็น 0.003% ของพื้นที่ทั้งหมด



ภาพที่ 2 พื้นที่ศึกษา ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

4. ผลการวิจัย

4.1. ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่หาความเหมาะสมสำหรับปลูกหญ้าเนเปียร์ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

การจัดทำแผนที่ความเหมาะสมสำหรับปลูกหญ้าเนเปียร์ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ตามวิธีขององค์การอาหารและการเกษตรแห่งสหประชาชาติ หรือ FAO เป็นการนำชั้นข้อมูลคุณภาพที่ดินทั้ง 7 คุณภาพที่ดิน มากำหนดค่าคะแนนความเหมาะสม แล้วนำค่าคะแนนมาบูรณาการด้วยการซ้อนทับ (Overlay) แบบการคูณ ค่าปัจจัยความเหมาะด้วยเครื่องมือ Raster Calculator จากนั้นนำผลลัพท์ที่ได้มาซ้อนทับกับชั้นข้อมูล Land Use ทั้งนี้ผลจากการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่ ได้ค่าความเหมาะสมของพื้นที่แต่ละปัจจัยดังนี้

4.1.1. น้ำที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (W)

จากการวิเคราะห์ปัจจัยน้ำที่เป็นประโยชน์ต่อพืช จะพบว่าพื้นที่เหมาะสมสำหรับปลูกหญ้าเนเปียร์ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ตามตารางที่ 5

น้ำที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (W)		ความเหมาะสม	คิดเป็นร้อยละ
ช่วงค่าคะแนน	หน่วย		
1,760-2,750	มิลลิเมตร	เหมาะสมมาก	6.42
1,320-1,760 , 2,750-3,300	มิลลิเมตร	เหมาะสมปานกลาง	62.48
990-1,320 , 3,300-4,400	มิลลิเมตร	เหมาะสมน้อย	31.09
<990 , >4,400	มิลลิเมตร	ไม่เหมาะสม	0
รวม			100

ตารางที่ 5 การวิเคราะห์น้ำที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (W)

4.1.2. อุณหภูมิที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (T)

จากการวิเคราะห์ปัจจัยอุณหภูมิที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (T) จะพบว่าพื้นที่เหมาะสมสำหรับปลูกหญ้าเนเปียร์ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ตามตารางที่ 6

อุณหภูมิที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (T)		ความเหมาะสม	คิดเป็นร้อยละ
ช่วงค่าคะแนน	หน่วย		
24-27.9	องศาเซลเซียส	เหมาะสมมาก	95.17
28-31.9 , 19-23.9	องศาเซลเซียส	เหมาะสมปานกลาง	4.83
32-34.9 , 15-18.9	องศาเซลเซียส	เหมาะสมน้อย	0
<15 , >35	องศาเซลเซียส	ไม่เหมาะสม	0
รวม			100

ตารางที่ 6 อุณหภูมิที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (T)

4.1.3. ความเป็นประโยชน์ของออกซิเจนต่อรากพืช (O)

จากการวิเคราะห์ปัจจัยความเป็นประโยชน์ของออกซิเจนต่อรากพืช (O) จะพบว่าพื้นที่เหมาะสมสำหรับปลูกหญ้าเนเปียร์ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ตามตารางที่ 7

ความเป็นประโยชน์ของออกซิเจนต่อรากพืช (O)	ความเหมาะสม	คิดเป็นร้อยละ

ช่วงค่าคะแนน	หน่วย		
ดีมาก	class	เหมาะสมมาก	8.19
ดี, ดีปานกลาง	class	เหมาะสมปานกลาง	47.93
ค่อนข้างดี, ค่อนข้างเลว	class	เหมาะสมน้อย	34.86
เลว,เลวมาก	class	ไม่เหมาะสม	9.03
รวม			100

ตารางที่ 7 ความเป็นประโยชน์ของออกซิเจนต่อรากพืช (O)

4.1.4. ดัชนีความเป็นประโยชน์ธาตุอาหารพืช (NAI)

จากการวิเคราะห์ปัจจัยดัชนีความเป็นประโยชน์ธาตุอาหารพืช (NAI) จะพบว่าพื้นที่เหมาะสมสำหรับปลูกหญ้าเนเปียร์ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ตามตารางที่ 8

ดัชนีความเป็นประโยชน์ธาตุอาหารพืช (NAI)		ความเหมาะสม	คิดเป็นร้อยละ
ช่วงค่าคะแนน	หน่วย		
>0.6400	-	เหมาะสมมาก	0.28
0.1024 – 0.6400	-	เหมาะสมปานกลาง	35.81
0.0010 – 0.1024	-	เหมาะสมน้อย	51.82
<0.0010	-	ไม่เหมาะสม	12.09
รวม			100

ตารางที่ 8 ดัชนีความเป็นประโยชน์ธาตุอาหารพืช (NAI)

4.1.5. การรักษาน้ำของเนื้อดิน (I)

จากการวิเคราะห์ปัจจัยการรักษาน้ำของเนื้อดิน (I) จะพบว่าพื้นที่เหมาะสมสำหรับปลูกหญ้าเนเปียร์ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ตามตารางที่ 9

การรักษาน้ำของเนื้อดิน (I)		ความเหมาะสม	คิดเป็นร้อยละ
ช่วงค่าคะแนน	หน่วย		
SiC, SiCL, C, L, SCL, SiL, Si, CL, L	-	เหมาะสมมาก	18.98
SL	-	เหมาะสมปานกลาง	41.98
LS	-	เหมาะสมน้อย	24.04
C(%clay≥65)G,SC, AC,S,SS, F	-	ไม่เหมาะสม	15.01
รวม			100

ตารางที่ 9 การรักษาน้ำของเนื้อดิน (I)

4.1.6. สภาวะการหยั่งลึกของราก (R)

จากการวิเคราะห์ปัจจัยสภาวะการหยั่งลึกของราก (R) จะพบว่าพื้นที่เหมาะสมสำหรับปลูกหญ้าเนเปียร์ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ตามตารางที่ 10

สภาวะการหยั่งลึกของราก (R)		ความเหมาะสม	คิดเป็นร้อยละ
ช่วงค่าคะแนน	หน่วย		
>100	เซนติเมตร	เหมาะสมมาก	67.40
50-100	เซนติเมตร	เหมาะสมปานกลาง	21.18
30-50	เซนติเมตร	เหมาะสมน้อย	1.09
<30	เซนติเมตร	ไม่เหมาะสม	10.34
รวม			100

ตารางที่ 10 สภาวะการหยั่งลึกของราก (R)

4.1.7. สภาพพื้นที่ (G)

จากการวิเคราะห์ปัจจัยสภาพพื้นที่ (G) จะพบว่าพื้นที่เหมาะสมสำหรับปลูกหญ้าเนเปียร์ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ตามตารางที่ 11

สภาพพื้นที่ (G)		ความเหมาะสม	คิดเป็นร้อยละ
ช่วงค่าคะแนน	หน่วย		
0-5	เปอร์เซ็นต์	เหมาะสมมาก	83.98
5-12	เปอร์เซ็นต์	เหมาะสมปานกลาง	10.34
12-20	เปอร์เซ็นต์	เหมาะสมน้อย	3.49
>20	เปอร์เซ็นต์	ไม่เหมาะสม	2.19
รวม			100

ตารางที่ 11 สภาพพื้นที่ (G)

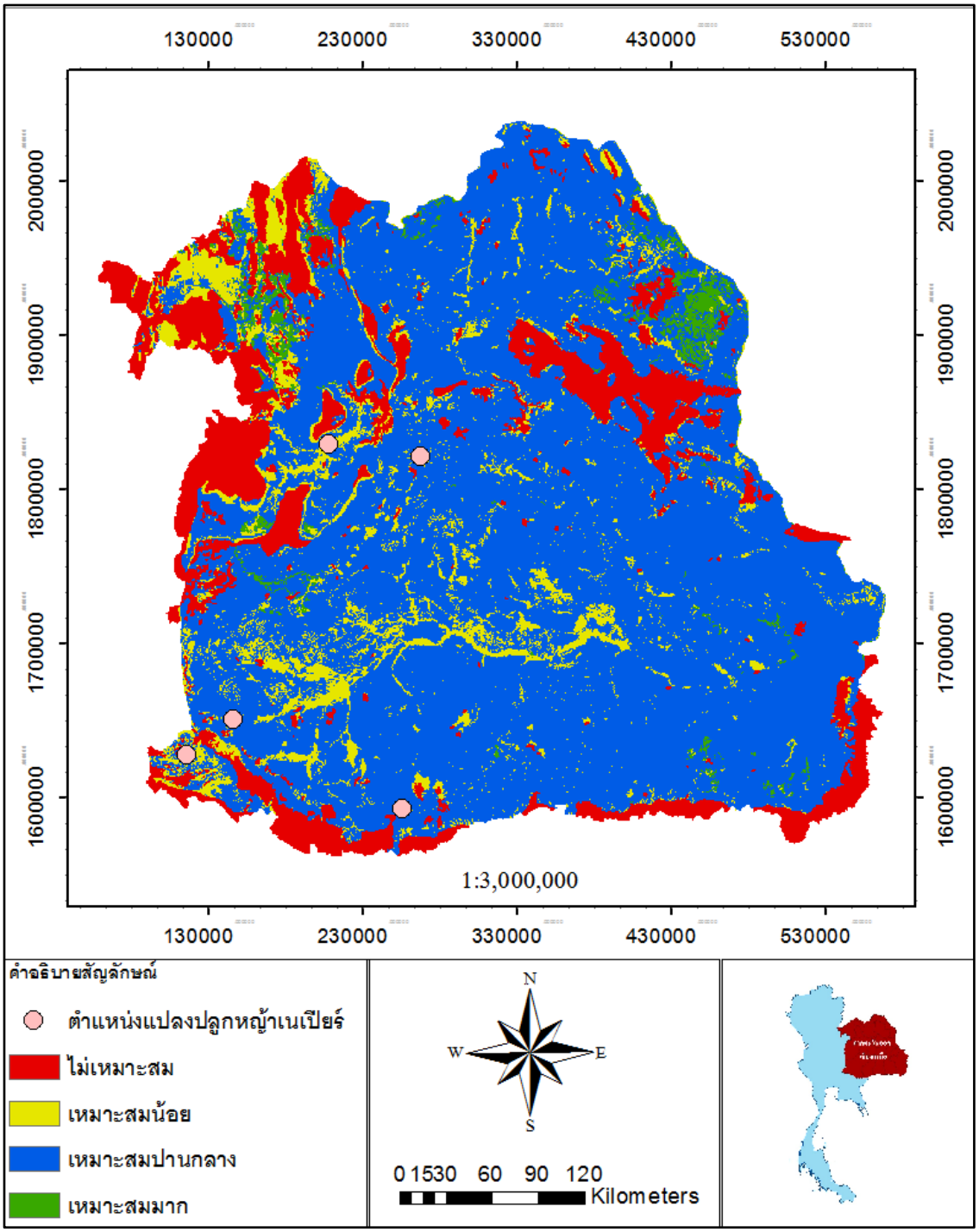
4.2. ผลการจัดทำแผนที่ความเหมาะสมสำหรับปลูกหญ้าเนเปียร์ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

ผลการประเมินความเหมาะสมของพื้นที่สำหรับปลูกหญ้าเนเปียร์ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือจากการบูรณาการคุณภาพที่ดิน 7 คุณภาพที่ดิน ได้แก่ น้ำที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (W) อุณหภูมิที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (T) ความเป็นประโยชน์ของออกซิเจนต่อรากพืช (O) ดัชนีความเป็นประโยชน์ธาตุอาหารพืช (NAI) การรักษาน้ำของเนื้อดิน (I) สภาวะการหยั่งลึกของราก (R) และสภาพพื้นที่ (G) สามารถจำแนกพื้นเหมาะสมได้ 4 ระดับ ได้แก่พื้นที่เหมาะสมมาก

พื้นที่เหมาะสมปานกลาง พื้นที่เหมาะสมน้อย และไม่เหมาะสม และได้คำนวณเนื้อที่ในแต่ละระดับความเหมาะสม ดังตารางที่ 12 และภาพที่ 3

ระดับความเหามะสม	เนื้อที่ความเหมาะสม	
	ไร่	ร้อยละ
เหมาะสมมาก (S1)	2,150,669.813	2.06
เหมาะสมปานกลาง (S2)	76,094,517.94	72.96
เหมาะสมน้อย (S3)	9,972,221.625	9.56
ไม่เหมาะสม (N)	16,072,473.94	15.41
รวม	104,289,883.3	100

ตารางที่ 12 เนื้อที่ความเหมาะสมสาหรับปลูกหญ้าเนเปียร์ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ



ภาพที่ 3 แผนที่ความเหมาะสมและตำแหน่งแปลงปลูกหญ้าเนเปียร์ ของที่ดินสาหรับปลูกหญ้าเนเปียร์ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

4.3. ผลการตรวจสอบความถูกต้อง

การตรวจสอบความถูกต้องเป็นการนำตำแหน่งแปลงปลูกหญ้าเนเปียร์ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือจากภาพถ่ายดาวเทียม จำนวนทั้งสิ้น 5 จุด มาเปรียบเทียบกับระดับความเหมาะสมที่อ่านได้แผนที่ในภาพที่ 3 พบว่าตำแหน่งจุดที่มีการปลูกหญ้าเนเปียร์นั้นสอดคล้องกับพื้นที่ที่มีความเหมาะสมปานกลางสำหรับการปลูกหญ้าเนเปียร์ในผลการวิเคราะห์พื้นที่เหมาะสมทั้งหมดจำนวน 5 จุด

5. วิจารณ์ผลและสรุปผล

การศึกษาครั้งนี้ เพื่อจัดทำแผนที่ความเหมาะสมสำหรับปลูกหญ้าเนเปียร์ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยการประเมินความเหมาะสมจากการบูรณาการนำปัจจัยคุณภาพที่ดินมาสร้างเป็นชั้นข้อมูลเชิงพื้นที่ด้วยวิธีของ FAO แยกปัจจัยสร้างช่วงค่าความเหมาะสมเพื่อนำมาวิเคราะห์หาผลลัพธ์พื้นที่ที่เหมาะสม ทำการศึกษาในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ที่นำมาใช้ในการตัดกรอบพื้นที่ในการวิเคราะห์ข้อมูลมีเนื้อที่จำนวน 104,289,883.3 ไร่ ข้อมูลคุณภาพที่ดินที่ใช้ในการศึกษามีทั้งหมด 7 คุณภาพที่ดิน ได้แก่ น้ำที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (W) อุณหภูมิที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (T) ความเป็นประโยชน์ของออกซิเจนต่อรากพืช (O) ดัชนีความเป็นประโยชน์ธาตุอาหารพืช (NAI) การรักษาน้ำของเนื้อดิน (I) สภาวะการหยั่งลึกของราก (R) และสภาพพื้นที่ (G) คุณภาพที่ดินทั้ง 7 ประเภท ผลการศึกษาพบว่าในภาคตะวันตะวันออกเฉียงเหนือ มีพื้นที่เหมาะสมระดับมากมีเนื้อที่ 2,150,669.813 คิดเป็นร้อยละ 2.06 ของพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มีลักษณะพื้นที่เป็นที่ราบ ที่มีความเหมาะสมจากทุกปัจจัยในระดับเหมาะสมมาก และพบมากบริเวณ จังหวัดนครพนม และจังหวัดเลย พื้นที่เหมาะสมปานกลางมีเนื้อที่ 76,094,517.94 คิดเป็นร้อยละ 72.96 ของพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เป็นพื้นที่ราบและพบกระจายอยู่ทั่วทั้งพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ พื้นที่เหมาะสมระดับน้อยมีเนื้อที่ 9,972,221.625 คิดเป็นร้อยละ 9.56 ของพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มีลักษณะพื้นที่ส่วนมากเป็นที่ราบลุ่ม และบริเวณเชิงเขา พบมากทางบริเวณ เขตจังหวัดเลย ขอบเขตรอยต่อของจังหวัดนครราชสีมา จังหวัดบุรีรัมย์ จังหวัดสุรินทร์ และจังหวัดร้อยเอ็ด และไม่เหมาะสม โดยมีเนื้อที่ 16,072,473.94 คิดเป็นร้อยละ 15.41 ของพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มีลักษณะพื้นที่เป็น เทือกเขา พื้นที่ป่าสงวน แหล่งน้ำ และเขตชุมชน และพบมากในบริเวณจังหวัดที่มีภูมิประเทศเป็นเทือกเขา จากการตรวจสอบความสอดคล้องของพื้นที่จริงกับพื้นที่ที่ได้จากการวิเคราะห์พบว่าข้อมูลมีความสอดคล้องกันทั้ง 5 จุดสำรวจ แสดงให้เห็นถึงความถูกต้องของผลการวิเคราะห์พื้นที่เหมาะสมสำหรับการปลูกหญ้าเนเปียร์ สรุปได้ว่าการจัดทำแผนที่ความเหมาะสมสำหรับปลูกหญ้าเนเปียร์ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ เป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพ สามารถนำใช้เป็นข้อมูลสนับสนุนในการกำหนดพื้นที่และส่งเสริมการปลูกหญ้าเนเปียร์ของหน่วยงานภาครัฐได้

เอกสารอ้างอิง

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. (2558). **หญ้าเนเปียร์พืชพลังงานสีเขียว**. ค้นเมื่อ 20 กันยายน 2558, จาก http://webkc.dede.go.th/testmax/node/152

ไกรลาศ เขียวทอง. (2558). **คู่มือการปลูกหญ้าเนเปียร์ปากช่อง1**. ค้นเมื่อ 17 กันยายน 2558, จาก http://extension.dld.go.th/th1/images/stories/cattle_buff_bord/napiagrass.pdf

ไกรลาศ เขียวทอง, วีรชัย อาจหาญ, อิทธิพล เผ่าไพศาล, เรืองเดช ปั่นด้วง และสรยุทธ วินิจฉัย. (2556). **คู่มือการปลูกหญ้าเนเปียร์ปากช่อง1**. นครราชสีมา : มิตรภาพการพิมพ์.

จริยา บุญจรัชชะ, จีรพัฒน์ วงศ์พิพัฒน์ และเฉลา พิทักษ์สินสุข. (2553). **รายงานผลการวิจัยการรวบรวมและจัดทำข้อมูลด้านคุณค่าทางโภชนะของพืชอาหารสัตว์**. (ม.ป.ท.). กองอาหารสัตว์ กรมประศุสัตว์ กระทรวงการเกษตรและสหกรณ์.

ชรัตน์ มงคลสวัสดิ์ และวาสนา พุฒกลาง. (2553). **การประกอบแบบจำลองเชิงพื้นที่สำหรับประเมินความเหมาะสมของที่ดินสำหรับปลูกยางพาราในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ**. ศูนย์ภูมิสารสนเทศเพื่อการพัฒนาภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

นรากร ลุนธาตุ และมณฑิดา สีหล้า. (2556). **พลังงานแห่งอนาคต.** ค้นเมื่อ 19 กันยายน 2558, จาก https://sites.google.com /site/bioenergynaka/phlangngan-haeng-xnakht

บัณฑิต ตันศิริ, และคำรณ ไทรฟัก. (2539). **เอกสารวิชาการคู่มือการประเมินคุณภาพที่ดินสำหรับพืชเศรษฐกิจ.** 2. กรุงเทพฯ : กองวางแผนการใช้ที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

พืชพลังงานนวัตกรรมเปลี่ยนโลก. (2556). **วารสารสานสุข**, **8**(8), 23-22.

ฟาริดา พรหมมา, ดุษณี ธนะบริพัฒน์ และปราโมทย์ ศิริโรจน์. (2557). การผลิตก๊าซชีวภาพจากหญ้าเนเปียร์ 3 สายพันธุ์. **วารสารวิทยาศาสตร์ลาดกระบัง**, **23**(2), 30-50.

วราภรณ์ บุญนาค, สุพัตรา ศรีสุวรรณ และสุรินทร์ นิยมางกูร. (2556). **การศึกษาสภาพการปลูกหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1**. เกษตรกรผู้เลี้ยงโคนม จังหวัดนครราชสีมา.

สถาบันวิจัยและพัฒนาพลังงานนครพิงค์. (2556). เทคโนโลยีก๊าซชีวภาพจากพืชพลังงาน. (CMU–CSTR Technology). **วารสารการส่งเสริมการเกษตรและการสื่อสาร**, **2**(9), 21-29.

หญ้าเนเปียร์ปากช่อง1 หญ้าเลี้ยงสัตว์. (2558). ค้นเมื่อ 21 กันยายน 2558. จาก http://www. kasetporpeangclub. com/forums/สัตว์เลี้ยง-สัตว์เศรษฐกิจ/2748-หญ้าเนเปียร์ปากช่อง1-หญ้าเลี้ยงสัตว์.html

อุดร วงศ์นาค. (2555). **การใช้หญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 หมักเป็นอาหารเลี้ยงเป็ดไข่.** ค้นเมื่อ 19 กันยายน 2558, จาก http://www.e-manage.mju.ac.th/openFile.aspx?id=NzEzNDY

Devin T. and Samir Kumar K., (2015). Characterizing compositional changes of Napier grass atdifferent stages of growth for biofuel and biobased products potential. **Bioresource Technology**, (188), 103-108.

FAO. (1983). **Guidelines Land Evaluation For Rained Agriculture Soils Bulletin No.52.** Food And Agriculture Organization of The United Nations. Rome.

Mitsuru S., Tomoyuki K., Pimpaporn P. and Taweesak C. (n.d.). **Evaluation of Quality and Nutritive Value of Napier Grass Silage with Different Growth Stages Either Chopped or Unchopped in Northeast Thailand.** FAO Electronic Conference on Tropical Silage.

Natthawud D., Kamoldara R. and Rameshprabu R., (2014). Potential development of compressed bio-methane gas production from pig farms and elephant grass for transporttation inthailand. **Bioresource Technology**, (155), 438-441.

Rafael Fuisa de Morais et al. (2009). Elephant grass genotypes for bioenergy production by direct biomass combustion. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, **2**(44), 133-140.

Thanarat P., Warunee T., Somchart S. and Adisak N. (2015). GIS-Based Assessment of Napier Grass Potential for Electricity Generation in Thailand: A Case Study of Unsuitable Area for Planting Economic Crops. **School of Energy**, 102-107.

Vladimir S., Tim J. Evans and Chris H. (2008). Thermal conversion of elephant grass (Pennisetum Purpureum Schum) to bio-gas, bio-oil and charcoal. **Bioresource Technology**, **17**(99), 8394-8399.