



การศึกษาศักยภาพการปลูก ผลผลิต และการใช้ประโยชน์ของหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 เพื่อเป็นวัตถุดิบพลังงานทดแทนในพื้นที่ลุ่มน้ำลำเชียงไกร จังหวัดนครราชสีมา

A Study of the Potential of Planting, Yield and Utilization of Napier Pakchong 1 Grass as Feedstock for Renewable Energy in Lam Chiang Krai Watershed, Nakhon Ratchasima Province

กฤษกร เข้มพิลลา^{1*} ฌภัทร น้อยน้ำใส¹ และนิรันดร์ คงฤทธิ์¹

Received: February, 2017; Accepted: June 2017

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ในการประเมินศักยภาพค่าที่ดินและหาพื้นที่เหมาะสมในการปลูกหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 โดยใช้หลักการขององค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติเพื่อการศึกษาศักยภาพการปลูก ผลผลิตและการใช้ประโยชน์สำหรับเป็นวัตถุดิบพลังงานทดแทนในพื้นที่ลุ่มน้ำลำเชียงไกร จังหวัดนครราชสีมา การทดลองแบบ 2 x 5 แฟกทอเรียล วางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ 4 ซ้ำ ด้วยแปลงทดลอง ที่มีค่าการนำไฟฟ้าของดิน (EC) ที่ต่างกัน (6.58 และ 7.80 dS/m) และอายุหญ้า 5 ช่วง (30, 45, 60, 75 และ 90 วัน) ผลวิเคราะห์พบว่าส่วนใหญ่เป็นพื้นที่เหมาะสมปานกลาง คิดเป็นร้อยละ 84.78 มีค่า EC 4 - 8 dS/m และมีดัชนีธาตุอาหารต่ำต้องปรับปรุงดินโดยใส่ปุ๋ยก่อนปลูกจากผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของปัจจัยที่ใช้วัดทุกตัวในแต่ละช่วงอายุ พบว่าแปลงทดลองที่ค่า EC 6.58 dS/m มีศักยภาพสูงกว่าแปลงทดลองที่ค่า EC 7.80 dS/m ทุกช่วงอายุอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) ยกเว้นจำนวนหน่อต่อกอ เยื่อใย

¹ Faculty of Science and Technology, Nakhon Ratchasima Rajabhat University

* Corresponding Author E - mail Address: gis_taw51@hotmail.com

NDF และ ADF ที่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.01$) และในภาพรวมปริมาณและคุณภาพที่ช่วงอายุหญ้า 90 วันของการทดลองพบว่า มีการให้ผลผลิตต่อไร่สูงสุดโดยเก็บเกี่ยวผลผลิต 4 รอบต่อปี การใช้ประโยชน์พบว่าพื้นที่ศักยภาพการให้ผลผลิตหญ้าสดเพื่อผลิตไฟฟ้า คือ พื้นที่เหมาะสมสูงปานกลาง และน้อย คิดเป็นร้อยละ 0.47, 84.78 และ 6.13 ของพื้นที่ลุ่มน้ำ ตามลำดับ ในภาพรวมของพื้นที่ลุ่มน้ำสามารถให้ผลผลิตหญ้าสดเฉลี่ย 61.11 ตันต่อไร่ต่อปี คิดเป็นผลผลิตเชิงพื้นที่ร้อยละ 60 ให้ผลผลิตหญ้าสดเพื่อผลิตไฟฟ้าเฉลี่ย 37.45 ล้านตันต่อปี ผลิตไฟฟ้าได้ 1,044.99 เมกะวัตต์ โดยพื้นที่เหมาะสมปานกลางมีศักยภาพการให้ผลผลิตหญ้าสดเพื่อผลิตไฟฟ้าสูงสุด

คำสำคัญ : หญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1; วัตถุประสงค์พลังงานทดแทน; ลุ่มน้ำลำเชียงไกร; ดินเค็ม

Abstract

This research aims to evaluate land, determine suitable areas for the Napier Pakchong 1 grass, using the principles of the Food and Agriculture Organization of the United Nations, and study the potential of planting, yield and utilization as feedstock for renewable energy in Lam Chiang Krai watershed, Nakhon Ratchasima province. An experimental design of 2 x 5 factorial in RCBD, with 4 replication was created including the different electrical conductivity of the two experimental plots (6.58, 7.80 dS/m) and the five periods of plant age (30, 45, 60, 75, 90 days). The results revealed that the majority of watershed's area was moderately suitable area (84.78 %), with EC 4 - 8 dS/m, and Low nutrient availability index, therefore, fertilizing before planting was necessary for good results. It was found that the experimental plot at EC 6.58 dS/m was higher than that of the experimental plot at the EC 7.80 dS/m in all ages, significantly ($P < 0.01$), except for the number of shoots per clump; NDF fiber and ADF fiber, had no statistical significant differences ($P > 0.01$). Overview, the quantity and quality of grass on the experiment at 90 days revealed that the highest yields, harvesting 4 times per year. The Utilization showed that the potential areas yielding fresh grass for the power generation of the suitability areas including highly, moderate and marginal areas were 0.47, 84.78 and 6.13 % of the watershed, respectively. Thus, overview of the watershed area had an average of fresh grass yield at 61.11 tons per rai per year with the spatial yield of 60 %. The potential of the fresh grass yield for power generation mean was at 37.45 million tons per year, power generation at 1,044.99 megawatts. The moderate suitable area had the highest fresh grass yield potential for maximum power generation.

Keywords: Napier Pakchong1; Feedstock of Renewable Energy; Lam Chiang Krai Watershed; Saline Soil

บทนำ

ปัจจุบันประเทศไทยต้องพึ่งพาการนำเข้าพลังงานจากต่างประเทศโดยหาก๊าซธรรมชาติได้เองร้อยละ 80 นำเข้าอีกร้อยละ 20 [1] ถึงจะเพียงพอต่อความต้องการภายในประเทศและจากการพยากรณ์ภาพฉายอนาคตของความต้องการพลังงานในปี 2573 จะเพิ่มขึ้นถึง 1.7 เทา [2] ปัจจุบันปัญหาด้านพลังงานเกิดขึ้นมากมาย และประชาชนไม่ยอมรับการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานด้านพลังงาน เพราะกลัวมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งภาวะโลกร้อนที่เกิดจากการนำเชื้อเพลิงประเภทฟอสซิลมาใช้เป็นวัตถุดิบ (Feedstock) ในการผลิตพลังงาน ก่อให้เกิดปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมทั่วโลก การแก้ไขวิกฤตด้านพลังงานและลดสาเหตุที่ทำให้ภูมิอากาศเปลี่ยนแปลง จึงเป็นสิ่งสำคัญยิ่งในการนำพลังงานทดแทน (Renewable Energy) มาเป็นพลังงานทางเลือก โดยภาครัฐมีนโยบายส่งเสริมเพื่อหาแหล่งพลังงานทดแทนสนับสนุน การปรับโครงสร้างเศรษฐกิจภาคเกษตร ให้กับกลุ่มวิสาหกิจชุมชนสีเขียวและส่งเสริมขยายพื้นที่ปลูกเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตพืชพลังงาน ในท้องถิ่นควบคู่กับการผลิตพืชอาหารหรือพืชเศรษฐกิจท้องถิ่น

พื้นที่ลุ่มน้ำลำเชียงไกรในจังหวัดนครราชสีมาจึงเป็นพื้นที่ที่น่าสนใจในการขยายพื้นที่ปลูกพืชพลังงานมากที่สุด เนื่องจากมีพื้นที่ขนาดใหญ่ 3,322 ตารางกิโลเมตร และเป็นพื้นที่เกิดผลกระทบจากการแพร่กระจายดินเค็มมากกว่าร้อยละ 50 ของพื้นที่ลุ่มน้ำ [3] ส่งผลต่อการใช้ประโยชน์ที่ดินภาคการเกษตรโดยตรง ซึ่งจำเป็นต้องหาแนวทางแก้ไขเพื่อให้เกษตรกรสามารถนำที่ดินมาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด คุ่มค่า และส่งผลที่ดีต่อชุมชน การปลูกพืชพลังงานทดแทนเค็มจึงเป็นพืชทางเลือกที่ใช้ในงานวิจัยครั้งนี้ หญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 (Pennisetumpurpureum) เป็นพืชที่ให้พลังงานประเภทลิกโนเซลลูโลสมีคุณสมบัติในการผลิตก๊าซชีวภาพ (Biogas) ที่ให้ก๊าซมีเทนสูง [4] ปรับตัวได้ดีกับดินทุกสภาพโตเร็ว ดูแลง่าย ทนแล้ง ใช้น้ำน้อย และมีศัตรูพืชน้อย ซึ่งสามารถปลูกร่วมกับพืชเศรษฐกิจอื่นได้ ประกอบกับการปลูกครั้งเดียวสามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตได้นานถึง 6 - 7 ปี [5] และระบบรากฝอยของหญ้ายังสามารถฟื้นฟูดินในการลดความเค็มของดิน และดินเสื่อมโทรมให้กลับมามีสภาพอุดมสมบูรณ์ขึ้นหลังการปลูก [6]

ในการศึกษาเพื่อหาศักยภาพการปลูกและผลผลิตต่อไร่ที่เหมาะสมกับพื้นที่ลุ่มน้ำลำเชียงไกร จึงจำเป็นต้องนำเทคโนโลยีที่ทันสมัยและเหมาะสมมาใช้ในการปลูกหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 โดยใช้หลักการประเมินศักยภาพค่าที่ดินขององค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ (Food and Agriculture Organization System : FAO) [7] ด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information System : GIS) ซึ่งหลักการนี้มี کاربرยุกต์ใช้ในการประเมินศักยภาพค่าที่ดิน และการวางแผนการใช้ที่ดินในบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำลำพระเพลิง ด้วยอาศัยการสำรวจข้อมูลทางกายภาพด้านต่าง ๆ ให้ครอบคลุมพื้นที่ศึกษามากที่สุดและเป็นปัจจุบันที่สุดมาวิเคราะห์ร่วมกันกับความต้องการของสายพันธุ์พืชแต่ละชนิด เพื่อประเมินความเหมาะสมของคุณภาพค่าที่ดินกับสภาพพื้นที่ของการทำกิจกรรมต่าง ๆ ในพื้นที่ลุ่มน้ำ ซึ่งสามารถช่วยแก้ปัญหาจากผลกระทบในการใช้ที่ดินที่ไม่ถูกต้องให้น้อยลงได้ และสามารถใช้อย่างยั่งยืนจากทรัพยากรธรรมชาติให้เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น [8] การวิจัยครั้งนี้จะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการส่งเสริมการใช้ที่ดินทำกินเพื่อเกษตรกรรมในพื้นที่ดินเค็มให้เกิดประโยชน์และคุ้มค่าที่สุดในการเสริมรายได้และอาชีพใหม่ให้แก่เกษตรกร

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาการประเมินศักยภาพค่าที่ดินและพื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับปลูกหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 ด้วยเทคโนโลยีระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำลำเชียงไกร จังหวัดนครราชสีมา
2. เพื่อศึกษาศักยภาพการปลูก ผลผลิต และการใช้ประโยชน์ของหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 เพื่อเป็นวัตถุดิบของพลังงานทดแทนในพื้นที่ลุ่มน้ำลำเชียงไกร

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การประเมินศักยภาพค่าที่ดินและหาพื้นที่ที่เหมาะสมเชิงพื้นที่
การศึกษาวิจัยจะทำการประเมินศักยภาพค่าที่ดินและหาพื้นที่ที่เหมาะสมในการปลูกหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 ด้วยหลักการประเมินศักยภาพค่าที่ดินของ FAO โดยนำปัจจัยคุณภาพที่ดินตามความต้องการของหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 ที่ใช้ในการวิเคราะห์ที่ซ้อนทับกัน (Overlay) แบบถ่วงน้ำหนัก ด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) รวบรวมข้อมูลจากแผนที่ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ได้แก่ แผนที่ขอบเขตการปกครอง แผนที่ภูมิประเทศความลาดชันแผนที่แหล่งน้ำผิวดิน แผนที่เส้นทางน้ำ แผนที่พื้นที่เสี่ยงน้ำท่วม แผนที่เส้นทางคมนาคม แผนที่พื้นที่ป่าไม้ และแผนที่แหล่งชุมชน ปี 2547 มาตราส่วน 1 : 50,000 ขององค์การบริหารส่วนจังหวัดนครราชสีมา แผนที่ชุดดินปี 2553 ประกอบด้วย ข้อมูลคุณสมบัติของดินในแต่ละชุดดิน ได้แก่ ปริมาณธาตุอาหารไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม ความเป็นกรดเป็นด่าง เนื้อดิน ความลึกดิน การระบายน้ำในดิน ค่าความจุในการแลกเปลี่ยนแคตไอออน และความอิ่มตัวด้วยค่างในดิน และแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินปี 2554 มาตราส่วน 1 : 25,000 ของกรมพัฒนาที่ดิน และข้อมูลทางสถิติ ได้แก่ ข้อมูลปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปี ในช่วง 30 ปี พ.ศ. 2524 - 2553 จำนวน 5 สถานี และข้อมูลอุณหภูมิเฉลี่ยรายปี ในช่วง 21 ปี พ.ศ. 2524 - 2545 จำนวน 2 สถานี ในพื้นที่ลุ่มน้ำลำเชียงไกร จังหวัดนครราชสีมา กรมอุตุนิยมวิทยา และทำการวิเคราะห์เป็นข้อมูลเชิงพื้นที่ได้แผนที่ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปี และแผนที่อุณหภูมิเฉลี่ยรายปี ซึ่งในการประเมินศักยภาพค่าที่ดินจะใช้คุณภาพที่ดิน 10 ปัจจัย ประกอบด้วย ปัจจัยวินิจัย 15 ปัจจัย ในการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่ โดยการประเมินจะกำหนดเงื่อนไขระดับความเหมาะสมของพื้นที่ ตามเกณฑ์ค่าคะแนนปัจจัยความเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 เกณฑ์ค่าคะแนนปัจจัยความเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1

ความต้องการของหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 (Crop Requirement)			คะแนนค่าปัจจัย (Factor Rating) ความเหมาะสม				ที่ มา
คุณภาพที่ดิน (ตัวย่อ)	ปัจจัยวินิจัย	หน่วย	สูง	ปานกลาง	น้อย	ไม่มี ศักยภาพ	
			(S1 : 1.0)	(S2 : 0.8)	(S3 : 0.5)	(N : 0.2)	
T	อุณหภูมิในช่วงการเจริญเติบโต ของพืช	องศาเซลเซียส	24 - 32	32 - 34 19 - 24	34 - 35 15 - 19	> 35 < 15	[5]

ตารางที่ 1 เกณฑ์ค่าคะแนนปัจจัยความเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 (ต่อ)

ความต้องการของหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 (Crop Requirement)			คะแนนค่าปัจจัย (Factor Rating) ความเหมาะสม				ที่ มา
คุณภาพที่ดิน (ตัวย่อ)	ปัจจัยวินิจฉัย	หน่วย	สูง	ปานกลาง	น้อย	ไม่มี ศักยภาพ	
			(S1 : 1.0)	(S2 : 0.8)	(S3 : 0.5)	(N : 0.2)	
W	ปริมาณน้ำฝนในช่วง การเจริญเติบโตของพืช	มิลลิเมตรต่อปี	≥ 1,000 < 1,500	800 - 900 1,500 - 2,500	500 - 700 2,500 - 4,000	< 500 > 4,000	[5], [7]
O	การระบายน้ำของดิน	Class	ดี, ดีมาก	ดีปานกลาง	ค่อนข้างดี	เลว, เลวมาก	[9]
NAI	ดัชนีธาตุอาหารพืช (NAI = N * P* K* pH)	-	≥ 0.64	0.1024 - 0.6400	0.0010 - 0.1024	< 0.0001	[10]
	- ไนโตรเจน (N)	%	> 0.2	0.1 - 0.2	< 0.1		
	- ฟอสฟอรัส (P)	ppm	> 25	6 - 25	<6	-	
	- โพแทสเซียม (K)	ppm	> 60	30 - 60	<30	-	
	- ความเป็นกรด (pH)	-	5.6 - 7.3	7.4 - 7.8, 4.5 - 5.6	7.9 - 8.4, 4.0 - 4.5	> 8.4, < 4.0	
C	ความจุในการดูดซับธาตุอาหาร (C = C.E.C * B.S.)	-	0.820 - 1.000	0.445 - 0.820	0.145 - 0.445	0.040 - 0.145	
	- ความจุในการแลกเปลี่ยนแคตไอออน (C.E.C): ดินล่าง	mEq/ 100g	> 10	< 10	-	-	[7]
	- ความอิ่มตัวด้วยต่าง ในดิน (B.S.) : ดินล่าง	%	≥ 35	< 35	-	-	
X	เนื้อดิน	-	SiC, L,SiCL, C, SCL, SiL, Si, CL	SL	LS	Cm,SC, SiCm	[7]
R	ความลึกของดิน (ความลึกที่รากหยั่งถึง)	ซม.	>100	50-100	30-50	<30	[5]
F	ความเสียหายจากน้ำท่วม - ความรุนแรงจากน้ำท่วม - จำนวนครั้งในชั่วรอบปี	Class ปี/ครั้ง	ต่ำ 10/1	กลาง 6 - 9/1	สูง 3 - 5/1	- 1 - 2/1	[7]
D	การมีเกลือมากเกินไป - ระดับความเค็ม ของดิน	Class	ไม่เค็ม, เค็มน้อย	ปานกลาง, แพร่กระจายดินเค็ม	เค็มมาก	เค็มจัด - เค็มจัดมาก	[11]
	- การนำไฟฟ้าของดิน	dS/m	2 - 4	4 - 8	8 - 16	> 16	

* L = Loam, LS = Loamy Sand,
S = Sand, SCL = Sandy Clay Loam,
SL = Sandy Loam, Si = Silt,
SiC = Silty Clay, SiCL = Silty Clay Loam,
SiL = Silty Loam, SiCm = Massive Silty Clay,
Cm = Massive Clay

การประเมินศักยภาพค่าที่ดิน ทำการวิเคราะห์โดยนำชั้นข้อมูลคุณภาพที่ดิน 10 ปัจจัย มากำหนดเงื่อนไขระดับความเหมาะสมและให้ค่าคะแนนของแต่ละปัจจัยตามเกณฑ์ที่กำหนด ด้วยการซ้อนทับแบบถ่วงค่าน้ำหนัก โดยเขียนในรูปสมการดังนี้

$$\text{การประเมินศักยภาพค่าที่ดิน} = T * W * O * NAI * C * X * R * F * D * G \quad (1)$$

ในการประเมินศักยภาพค่าที่ดินจะกำหนดเกณฑ์ช่วงค่าคะแนนระดับความเหมาะสมใหม่โดยนำปัจจัยคุณภาพที่ดิน 10 ปัจจัย ที่ใช้ในการวิเคราะห์มารวบรวมคำนวณด้วย ทั้งนี้เพราะยังจำนวนปัจจัยที่ใช้ในการพิจารณามากเท่าใด จะส่งผลต่อผลคูณของค่าคะแนนรวมน้อยลงเท่านั้น [8] ซึ่งจะทำให้การประเมินค่าระดับความเหมาะสมไม่ถูกต้อง ซึ่งการจัดช่วงค่าคะแนนระดับความเหมาะสมใหม่ ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 เกณฑ์ช่วงค่าคะแนนและระดับความเหมาะสมของการปลูกหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1

ระดับความเหมาะสม	คะแนน ค่าปัจจัย	ช่วงค่าคะแนน วินิจัย 10 ปัจจัย	ช่วงค่าคะแนน ที่จัดใหม่
ศักยภาพสูง (S1)	1.0	$(1^{10} + 0.8^{10})/2 - (1^{10})$	0.5537 - 1.0000
ศักยภาพปานกลาง (S2)	0.8	$(0.8^{10} + 0.5^{10})/2 - (1^{10} + 0.8^{10})/2$	0.0542 - 0.5536
ศักยภาพน้อย (S3)	0.5	$(0.5^{10} + 0.2^{10})/2 - (0.8^{10} + 0.5^{10})/2$	0.0005 - 0.0541
ไม่มีศักยภาพ (N)	0.2	$0.2^{10} - 0.0004$	0.0000 - 0.0004

การพิจารณาผลการวิจัยระดับความเหมาะสมที่ได้จากการคำนวณปัจจัยคุณภาพที่ดิน มีความสอดคล้องกับผลผลิตของพืชในระดับความเหมาะสมใดจะถือตามหลักเกณฑ์การให้ผลผลิตของ FAO ที่กำหนดไว้ ได้แก่ ระดับเหมาะสมสูง (S1) จะให้ผลผลิตเชิงพื้นที่มากกว่าร้อยละ 80 ระดับเหมาะสมปานกลาง (S2) ให้ผลผลิตเชิงพื้นที่ร้อยละ 40 - 80 และระดับเหมาะสมน้อย (S3) ให้ผลผลิตเชิงพื้นที่ร้อยละ 20 - 40 [8] โดยพื้นที่ที่ไม่เหมาะสม (N) จะไม่นำมาประเมินผลผลิตด้วย ในการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่ของคุณภาพที่ดินจะได้ชั้นข้อมูลการประเมินศักยภาพค่าที่ดิน จากนั้นนำชั้นข้อมูลพื้นที่ที่ไม่เหมาะสมในการทำเกษตรกรรมมาวิเคราะห์ร่วมด้วยการซ้อนทับข้อมูลแบบการรวมข้อมูลเข้าด้วยกัน (Union) ซึ่งผลวิเคราะห์จะได้แผนที่พื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับการปลูกหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1

ทำการตรวจสอบความน่าเชื่อถือและความสอดคล้องของข้อมูลด้วยค่าสัมประสิทธิ์แคปปา ระหว่างข้อมูลเชิงพื้นที่กับพื้นที่จริงจำนวน 30 จุดสำรวจ ด้วยวิธีการสุ่มตัวอย่างแบบง่ายในแผนที่พื้นที่ที่เหมาะสมในการปลูกหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 โดยการเปรียบเทียบข้อมูลดินและการใช้ประโยชน์ที่ดินในแต่ละจุดสำรวจ

คัดเลือกตัวแทนพื้นที่ที่มีพื้นที่มากที่สุดในลุ่มน้ำจากแผนที่พื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับการปลูกหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 เพื่อหาศักยภาพการปลูก ผลผลิต และการใช้ประโยชน์ โดยสุ่มจากแผนที่เพื่อคัดเลือกแปลงทดลองขนาด 1,400 ตารางเมตร ที่มีค่าการนำไฟฟ้าของดิน (EC) ต่างกัน 2 แปลง ๆ ละอำเภอ และลงพื้นที่ภาคสนามเก็บตัวอย่างดินก่อนปลูก ด้วยวิธีการสุ่มเก็บตัวอย่างดิน

จำนวน 15 จุด แบบสลับฟันปลาทั่วแปลงทดลอง โดยดินที่เก็บตัวอย่างแต่ละจุดมีความลึก 15 เซนติเมตร รวบรวมดินและคลุกเคล้าให้เข้ากันอย่างสม่ำเสมอ จัดเก็บดินใส่ถุงพลาสติกหนึ่งกิโลกรัม และนำส่งห้องปฏิบัติการทดลองเพื่อวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของดิน โดยพารามิเตอร์ที่ใช้วัดและวิธีการวิเคราะห์ ได้แก่ ค่าการนำไฟฟ้าของดิน (EC) ด้วยวิธีการ Electrical conductivity meter ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดิน (pH) ด้วยวิธีการ Standard glass electrode ค่าเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจน (%N) ด้วยวิธีการหาปริมาณเปอร์เซ็นต์อินทรีย์วัตถุ $\times 0.05$ ค่าฟอสฟอรัสทั้งหมด (Total P) ด้วยวิธีการ Bray II ค่าโพแทสเซียมทั้งหมด (Total K) ด้วยวิธีการ NH_4OAc and Atomic absorption spectrophotometer ค่าอินทรีย์วัตถุ (OM) ด้วยวิธีการ Wet Oxidation

การเก็บตัวอย่างน้ำผิวดินด้วยวิธีการสุ่มเก็บตัวอย่างน้ำโดยเก็บห่างจากฝั่งประมาณ 30 เซนติเมตร และระดับได้ผิวน้ำ 15 เซนติเมตร จำนวน 5 จุด ซึ่งแต่ละจุดจะเก็บตัวอย่างน้ำใส่ขวดพลาสติกขนาด 1.5 ลิตร และนำมาวิเคราะห์ด้วยเครื่องมือวัดคุณภาพน้ำภาคสนาม (Multi parameter) ทำการบันทึกค่าการนำไฟฟ้าของน้ำ (EC) ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (TDS) และค่าความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำ (pH) ในแต่ละจุดและหาค่าเฉลี่ยแต่ละพารามิเตอร์ โดยผลการวิเคราะห์นั้นจะไม่นำมาคำนวณค่าความแปรปรวนทางสถิติ

2. การศึกษาศักยภาพการปลูก ผลผลิต และประโยชน์ของพืชพลังงาน

การศึกษาศักยภาพการปลูกและผลผลิต จะทำการวางแผนการทดลองทางการเกษตรแบบ 2×5 แฟกทอเรียล (Factorial Experiment) ตามแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (Random Complete Block Design : RCBD) 4 ซ้ำ ศึกษาอิทธิพล 2 ปัจจัยประกอบด้วย ปัจจัยที่ 1 คือ แปลงทดลองที่มีค่า EC ต่างกัน 2 แปลง ๆ ละ 20×70 เมตร ได้แก่ แปลงทดลองที่มีค่า EC 6.58 และ 7.80 dS/m ซึ่งในการสุ่มคัดเลือกแปลงทดลองจากพื้นที่เหมาะสมปานกลางที่เป็นพื้นที่ส่วนใหญ่ในลุ่มน้ำลำเชียงไกรในช่วงค่า EC 4 - 8 dS/m ในการทดลองปลูกจะพิจารณาจากระดับความเค็มของดินที่มีผลกระทบต่อพืชเศรษฐกิจท้องถิ่น โดยสุ่มเลือกพื้นที่ที่มีช่วงค่า EC 6 - 8 dS/m เพราะการนำไฟฟ้า (EC) มีความสัมพันธ์กับความเข้มข้นของเกลือที่ละลายในดิน ซึ่งจะส่งผลต่อศักยภาพการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตต่อไร่ของพืชตามไปด้วย [12] และปัจจัยที่ 2 คือ ช่วงอายุหญ้าต่างกัน 5 ช่วง ๆ ละ 15 วัน ได้แก่ 30, 45, 60, 75 และ 90 วัน ปัจจัยที่ใช้วัด ได้แก่ จำนวนหน่อต่อกอ ความสูง น้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง สัดส่วนใบต่อลำต้น เยื่อใยที่ไม่ละลายในสารฟอกที่เป็นกลาง (Neutral Detergent Fiber : NDF) เยื่อใยที่ไม่ละลายในสารฟอกที่เป็นกรด (Acid Detergent Fiber : ADF) และค่าพลังงานความร้อน (Calories) โดยหลังการปลูกจะทำการเก็บตัวอย่างดินเพื่อวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ทำการวิเคราะห์ผลทางสถิติด้วยค่าความแปรปรวน (Analysis of Variance: ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่มด้วยวิธีของดันแคน (Duncan's New Multiple Range Test : DMRT) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติในการคำนวณ และศึกษาการใช้ประโยชน์ของหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 เพื่อใช้เป็นพืชพลังงานทดแทนจากแหล่งข้อมูลทุติยภูมิ ได้แก่ เอกสารงานวิจัย วารสาร และอินเทอร์เน็ตออนไลน์ที่เชื่อถือได้ โดยทำการทดลองในช่วงฤดูแล้งระหว่างเดือนธันวาคม 2556 ถึงเดือนมีนาคม 2557 ระยะเวลา 90 วัน ประกอบด้วย 2 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การทดลองปลูกหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 โดยการเตรียมดินก่อนปลูกทำการไถพรวนปรับสภาพดินด้วยการใส่ปุ๋ยคอก 1,750 กิโลกรัมต่อแปลง และปุ๋ยรองพื้นสูตรเสมอ (15-15-15) 44 กิโลกรัมต่อแปลง ทำการปลูกแบบยกร่อง (Raised Beds) ด้วยรถไถพาน 4 ยกร่องปลูกระยะ 120 เซนติเมตร ร่องลึก 5 เซนติเมตร ได้ 13 ร่องต่อแปลง นำท่อนพันธุ์หญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 ที่ทำการคัดเลือกท่อนพันธุ์ที่แข็งแรงและมีตาที่สมบูรณ์ มาวางในร่องแบบต่อเนื่องโดยให้ส่วนโคนและยอดสลับเกยกัน ประมาณ 30 เซนติเมตร ได้ร่องละ 23 ท่อน ๆ ละ 3 เมตร ซึ่งจะใช้ท่อนพันธุ์ทั้งหมด 299 ท่อนต่อแปลง ใช้มัดคัตท่อนพันธุ์เป็น 3 ส่วน และกลบดินประมาณ 5 เซนติเมตร โดยใช้แรงงานคนทำการให้น้ำแบบปล่อยน้ำไหลไปตามร่องหน้าดินจากสระน้ำจนดินอิ่มตัวด้วยน้ำ หรือประมาณ 2 ชั่วโมง การให้น้ำจะให้ทุก ๆ 3 - 4 วัน หรือสัปดาห์ละ 2 ครั้ง จนหญ้ามีอายุ 30 วัน หลังจากนั้นลดการให้น้ำเป็นสัปดาห์ละครั้ง ตลอดการทดลองปลูกและหยุดให้น้ำ 1 สัปดาห์ ก่อนการเก็บตัวอย่างครั้งสุดท้ายเมื่อหญ้าอายุ 90 วัน โดยวัดปริมาณน้ำด้วยมิเตอร์วัดน้ำ กำจัดวัชพืชเมื่ออายุหญ้า 14, 30, 45, 60 และ 75 วัน ด้วยการใช้มือถอนและจอบตากกลาง ใส่ปุ๋ยยูเรียสูตร 46-0-0 ประมาณ 18 กิโลกรัมต่อแปลง ได้กอกหญ้ากอละ 1 ช่อนโต๊ะเมื่อหญ้ามีอายุ 30 และ 45 วัน ซึ่งวิธีการเก็บรวบรวมข้อมูลในแปลงทดลองจะทำการแปลงย่อย 4 แปลง โดยการวางตำแหน่งจะใช้วิธีแบบสลับฟันปลากระจายทั่วแปลงทดลอง ด้วยเสาไม้ 4 เสาซึ่งเชือกฟางขนาด 1 x 1 เมตร เพื่อใช้ในการบันทึกข้อมูลและเก็บตัวอย่างหญ้าในแต่ละช่วงอายุ 30, 45, 60, 75 และ 90 วัน ของทั้งสองแปลงทดลอง

ขั้นตอนที่ 2 เก็บรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูลทำการบันทึกข้อมูลการเจริญเติบโตและตัวอย่างหญ้าทุกช่วงอายุ ปัจจัยที่ใช้วัด ได้แก่ จำนวนหน่อตอกก ความสูง และน้ำหนักหญ้าสด โดยการสุ่มวัดในแปลงย่อย ทำการสุ่มเก็บตัวอย่างหญ้าสด จำนวน 12 ต้น โดยการตัดแปลงย่อยละ 3 ต้น ทำการแยกใบและลำต้น ชั่งน้ำหนัก และหาค่าเฉลี่ยน้ำหนักสดต่อต้น ชั่งน้ำหนักใบและลำต้นอย่างละ 500 กรัม ด้วยการสับเป็นท่อน ๆ ละ 2 นิ้ว ส่งห้องปฏิบัติการทดลอง เพื่อวิเคราะห์ตัวอย่างหญ้า ปัจจัยที่ใช้วัด ได้แก่ ผลผลิตน้ำหนักแห้ง ด้วยวิธีหาปริมาณความชื้นด้วยตู้อบลมร้อน (Hot Air Oven Method) และหาน้ำหนักแห้งของใบและลำต้น ด้วยวิธีการนำน้ำหนักแห้งที่ช่วงอายุปัจจุบันลบด้วยน้ำหนักแห้งครั้งที่แล้วและหารด้วยน้ำหนักแห้งครั้งที่แล้วคูณด้วยหนึ่งร้อย ซึ่งจะได้น้ำหนักเปอร์เซ็นต์ใบและลำต้นและนำผลทั้งสองปัจจัยมาคำนวณด้วยวิธีการหาร เพื่อหาสัดส่วนใบต่อลำต้นในแต่ละช่วงอายุ และเยื่อใยประเภทคาร์โบไฮเดรตที่ไม่ละลายในน้ำ ได้แก่ เยื่อใยที่ไม่ละลายในสารฟอกที่เป็นกลาง (NDF) เยื่อใยที่ไม่ละลายในสารฟอกที่เป็นกรด (ADF) ด้วยวิธีการใช้สารฟอก (Detergent) โดยวิธีของ Goering, H. K. and Van Soest, P. J. [13] ส่วนการหาค่าพลังงานความร้อนจะทำการวิเคราะห์เมื่อหญ้าอายุ 90 วัน ด้วยวิธีหาค่าพลังงานความร้อนที่สะสมในพีช (Bomb Calorimetry) หลังการเก็บเกี่ยว 90 วัน และเก็บตัวอย่างดินหลังปลูกส่งห้องปฏิบัติการ ในการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีข้อมูลที่เกิดขึ้นรวบรวมได้จากภาคสนามและผลวิเคราะห์จากห้องปฏิบัติการจะนำมาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติในการเปรียบเทียบข้อมูลระหว่างแปลงทดลองที่มีค่า EC ต่างกัน เพื่อพิจารณาความแตกต่างในการเจริญเติบโต ผลผลิตต่อไร่ และดินก่อนและหลังปลูกของทั้งสองแปลง ระยะเวลาการเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมสำหรับใช้เป็นพืชพลังงานและการประเมินศักยภาพในการใช้ประโยชน์ของหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 เพื่อใช้เป็นวัตถุดิบพลังงานทดแทน โดยทำการประมาณค่าการใช้พื้นที่ปลูกตามความต้องการปริมาณหญ้าสดให้เพียงพอ

ต่อการผลิตไฟฟ้าขนาด 1 เมกะวัตต์ ซึ่งเป็นโรงงานไฟฟ้าชีวมวลขนาดเล็กเหมาะสมในการลงทุนและผลิตไฟฟ้าใช้ในชุมชนและภาคอุตสาหกรรมท้องถิ่น จากการศึกษาข้อมูลทุติยภูมิงานวิจัยในการผลิตไฟฟ้าจากหญ้าเนเปียร์พบว่าต้องใช้ปริมาณหญ้าสด 35,837 ตันต่อเมกะวัตต์ [14] ในการวิเคราะห์ศักยภาพพื้นที่ปลูกต่อเมกะวัตต์ จะกำหนดให้พื้นที่ที่เหมาะสมสูง (S1) ให้ผลผลิตเชิงพื้นที่ร้อยละ 81 พื้นที่เหมาะสมปานกลาง (S2) ให้ผลผลิตเชิงพื้นที่ร้อยละ 40 - 80 และพื้นที่เหมาะสมน้อย (S3) ให้ผลผลิตเชิงพื้นที่ร้อยละ 20 - 40 ซึ่งผลผลิตเชิงพื้นที่ร้อยละ 100 จะคำนวณจากผลผลิตต่อไร่ต่อปีที่ทดลองปลูกในพื้นที่เหมาะสมปานกลาง โดยกำหนดให้ผลผลิตเชิงพื้นที่เท่ากับค่าช่วงสูงสุด คือ ร้อยละ 80 ดังสมการที่ (2) - (3)

$$\text{ผลผลิตที่ได้รับเชิงพื้นที่ร้อยละ 100} = \text{ผลผลิตต่อไร่ต่อปีของพื้นที่เหมาะสมปานกลาง} \div 0.8 \quad (2)$$

$$\text{ความต้องการพื้นที่ปลูกต่อเมกะวัตต์} = \frac{\text{ความต้องการปริมาณหญ้าสดต่อเมกะวัตต์ (35,837 ตัน)}}{\text{ผลผลิตเชิงพื้นที่ที่ได้รับ}} \quad (3)$$

ผลการวิจัย

1. ผลการประเมินศักยภาพค่าที่ดินและพื้นที่ที่เหมาะสมในการปลูกหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่ พบว่าพื้นที่ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่เหมาะสมปานกลาง (S2) คิดเป็นร้อยละ 84.78 ของพื้นที่ลุ่มน้ำ และพบว่าคุณภาพที่ดินสอดคล้องกับการให้ผลผลิตเชิงพื้นที่ร้อยละ 40 - 80 ดังตารางที่ 3 และรูปที่ 1

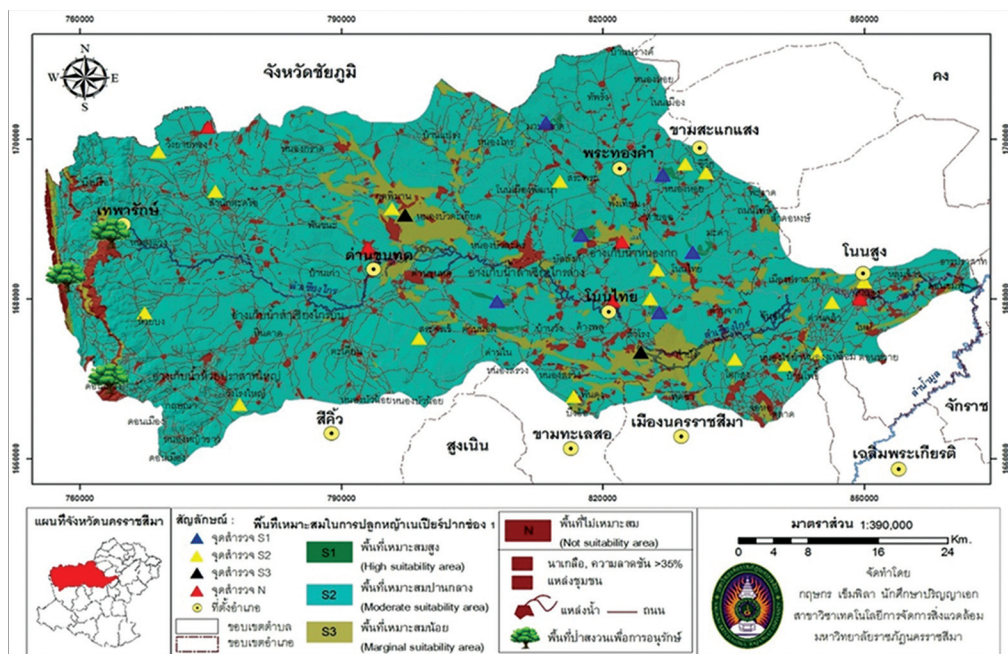
ตารางที่ 3 พื้นที่ระดับความเหมาะสมในการปลูกหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 ในพื้นที่ลุ่มน้ำลำเชียงไกร

ระดับความเหมาะสม	ค่า คะแนน	ค่าช่วงคะแนน ปัจจัยรวม	ขนาดพื้นที่ปลูก		ผลผลิต เชิงพื้นที่ (ร้อยละ)
			ตร.กม.	ร้อยละ	
1. พื้นที่เหมาะสมในการปลูก					
1.1 เหมาะสมสูง (S1)	1.0	0.5537 - 1.0000	15.72	0.47	มากกว่า 80
1.2 เหมาะสมปานกลาง (S2)	0.8	0.0542 - 0.5536	2,816.43	84.78	40 - 80
1.3 เหมาะสมน้อย (S3)	0.5	0.0005 - 0.0541	203.59	6.13	20 - 40
รวมพื้นที่เหมาะสมทั้งหมด			3,035.74	91.38	-
2. พื้นที่ไม่เหมาะสม (N)	0.2	0.0000 - 0.0004	286.32	8.62	-
รวมพื้นที่ทั้งหมด			3,322.06	100.00	-

ตรวจสอบผลการวิเคราะห์แผนที่พื้นที่ที่เหมาะสมในการปลูกหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 พบว่าคุณภาพที่ดิน 10 ปัจจัยมีความสอดคล้องกับค่าคะแนนปัจจัยรวมของแต่ละระดับความเหมาะสมของพื้นที่ปรากฏผลตัวอย่างดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์คุณภาพที่ดิน 10 ปัจจัย ของแผนที่พื้นที่ที่เหมาะสมในการปลูกหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1

จุดตรวจสอบ ในแผนที่ (อำเภอ)	ระดับ ความ เหมาะสม	ค่า คะแนน	คุณภาพที่ดิน 10 ปัจจัย										รวม คะแนน
			T	W	O	NAI	C	R	X	F	D	G	
ด่านขุนทด	S1	1.0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1.00
โนนไทย	S2	0.8	1	1	1	0.8	0.8	1	0.8	1	0.8	1	0.41
เทพารักษ์	S3	0.5	1	0.5	1	0.5	0.8	0.5	0.8	1	0.2	1	0.02
พระทองคำ	N	0.2	1	1	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	1	0.8	1	0.00



รูปที่ 1 แผนที่พื้นที่ที่เหมาะสมในการปลูกหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 และจุดเก็บตัวอย่างเพื่อตรวจสอบกับพื้นที่จริง

ผลการตรวจสอบค่าสัมประสิทธิ์แคปปาเท่ากับ 0.84 พบว่ามีความคลาดเคลื่อนของข้อมูลเชิงพื้นที่กับพื้นที่จริงในระดับพื้นที่ที่เหมาะสมมาก (S1) ปานกลาง (S2) และไม่เหมาะสม (N) ดังตารางที่ 5

2. ผลการศึกษาศักยภาพการปลูก ผลผลิต และการใช้ประโยชน์ในพื้นที่เหมาะสมปานกลาง

2.1 ผลการวิเคราะห์ดินก่อนและหลังปลูกผลการเปรียบเทียบดินก่อนและหลังปลูกของแปลงทดลองที่ค่า EC 6.58 และ 7.80 dS/m โดยปรับปรุงดินก่อนปลูกด้วยวิธีการใส่ปุ๋ยคอกและปุ๋ยเคมี พบว่าอิทธิพลทั้งสองแปลงทดลองมีผลต่อองค์ประกอบทางเคมีของดินเกือบทุกตัวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 แต่ไม่มีผลต่อค่าฟอสฟอรัส (Total P) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) และพบว่าดินหลังปลูกของแปลงทดลองทั้งสองมีความอุดมสมบูรณ์ของดินเพิ่มขึ้นโดยแปลงทดลองที่ค่า EC 6.58 dS/m จะมีศักยภาพของดินหลังปลูกมากกว่าแปลงทดลองที่ค่า EC 7.80 dS/m ดังตารางที่ 6

ตารางที่ 5 ผลการตรวจสอบค่าสัมประสิทธิ์แคปปาระหว่างข้อมูลเชิงแผนที่กับข้อมูลพื้นที่จริง

ระดับพื้นที่เหมาะสม		S1	S2	S3	N	รวมจุดสำรวจ (พื้นที่จริง)	ค่าสัมประสิทธิ์ แคปปา
เหมาะสมมาก	S1	5	-	-	-	5	
เหมาะสมปานกลาง	S2	-	15	-	-	15	
เหมาะสมน้อย	S3	-	-	2	-	2	
ไม่เหมาะสม	N	1	2	-	5	8	
รวมจุดสำรวจ (แผนที่)		6	17	2	5	30	0.84

ตารางที่ 6 ผลเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตัวอย่างดินก่อนและหลังปลูกกระถางแปลงทดลองที่ค่า EC 6.58 และ 7.80 dS/m

แปลงทดลอง (dS/m) อำเภอ	เวลา เก็บตัวอย่าง ดิน (ปลูก)	ค่าเฉลี่ยองค์ประกอบทางเคมีของดิน					
		EC (dS/m)	N (%)	Total P (ppm)	Total K (ppm)	pH	OM (%)
EC 6.58	ก่อน	6.58	0.043	10.30	50.06	5.37	0.86
โนนสูง	หลัง	5.18	0.077	18.80	142.86	5.39	1.54
EC 7.80	ก่อน	7.80	0.033	10.56	23.00	4.50	0.66
ด่านขุนทด	หลัง	6.23	0.073	18.46	112.40	5.34	1.47
ค่าเฉลี่ย $\pm$ S.D.		6.45 ± 0.97	0.06 ± 0.02	14.53 ± 4.24	82.08 ± 49.34	5.15 ± 0.39	1.13 ± 0.39
แปลงทดลอง (P-Value)		0.00*	0.00*	0.64	0.00*	0.00*	0.00*
เวลา (P-Value)		0.00*	0.00*	0.00*	0.00*	0.00*	0.00*

* = Level of Significance (α) = .05 (P < 0.05, DMRT), S.D. = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน, ppm = ส่วนในล้านส่วน

2.2 ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำผลการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำผิวดินพบว่าค่าเฉลี่ยของพารามิเตอร์ที่ใช้วัดทุกตัวไม่เกินค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำเพื่อการเกษตรกรรมทั้งสองแปลงทดลองเมื่อเปรียบเทียบการให้น้ำตลอดการทดลองปลูก 90 วัน พบว่าแปลงทดลองที่ค่า EC 6.58 dS/m มีปริมาณการใช้น้ำน้อยกว่าแปลงทดลองที่ค่า EC 7.80 dS/m ดังตารางที่ 7

2.3 ผลการวิเคราะห์ศักยภาพการปลูกและผลผลิตต่อไร่ผลวิเคราะห์ศักยภาพการปลูกและผลผลิตต่อไร่ พบว่าอิทธิพลร่วมระหว่างแปลงทดลองที่ค่า EC 6.58 และ 7.80 dS/m และช่วงอายุหญ้า (Plots x days) เกือบทุกตัวไม่มีปฏิสัมพันธ์ร่วมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P > 0.01) แสดงว่าอิทธิพลร่วมไม่มีผลต่อปัจจัยที่ใช้วัดเกือบทุกตัวยกเว้นน้ำหนักสดที่พบว่ามีความสัมพันธ์ร่วมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 แสดงว่าอิทธิพลร่วมมีผลต่อน้ำหนักสด โดยพบว่าเมื่อช่วงอายุหญ้ามามากขึ้นค่าเฉลี่ยจำนวนหน่อต่อกอและสัดส่วนใบต่อลำต้นลดลง ค่าเฉลี่ยความสูงและผลผลิตน้ำหนักสดเพิ่มขึ้น ซึ่งการเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ยของแต่ละปัจจัยที่ใช้วัดจะเห็นได้ชัดเจนที่ช่วงอายุ 45 - 60 วัน และที่ช่วงอายุ 90 วัน

จะให้ผลผลิตมากที่สุด เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยปัจจัยที่ใช้วัดในแต่ละช่วงอายุ พบว่าแปลงทดลองที่ค่า EC 6.58 dS/m มีศักยภาพสูงกว่าแปลงทดลองที่ค่า EC 7.80 dS/m ทุกช่วงอายุ ยกเว้นค่าเฉลี่ยจำนวนหน่อต่อกอที่มีค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกันทางสถิติของทั้งสองแปลงทดลอง ปรากฏผลดังตารางที่ 8

ตารางที่ 7 ผลเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคุณภาพน้ำผิวดินระหว่างแปลงทดลองที่ค่า EC 6.58 และ 7.80 dS/m

แปลงทดลอง (dS/m) อำเภอทดลองปลูก	ค่าเฉลี่ยองค์ประกอบทางเคมีของน้ำและ *คุณภาพน้ำเพื่อการเกษตรกรรม						
	EC : (dS/m)	คุณภาพ น้ำ EC	pH	คุณภาพ น้ำ pH	**TDS (mg/l)	คุณภาพ น้ำ TDS	การใช้ ปริมาณน้ำ (m ³)
EC 6.58 อำเภอโนนสูง	0.71	≤ 3	8.00	≤ 8.5	1,240.00	≤ 2,000	231.47
EC 7.80 อำเภอด่านขุนทด	0.26		8.30		620.00		245.28

* ค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำเพื่อการเกษตรกรรมของ FAO [12],

** TDS = Total Dissolved Solid

ตารางที่ 8 ผลเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของจำนวนหน่อต่อกอ ความสูง น้ำหนักสดและสัดส่วนใบต่อลำต้นระหว่างแปลงทดลองที่ค่า EC 6.58 และ 7.80 dS/m ที่ช่วงอายุต่างกัน

แปลง EC (dS/m)	ปัจจัย ที่ใช้วัด	ช่วงอายุทุย้านเปียร์ปากช่อง 1 (วัน)					Mean	Plotsxdays (P-Value)
		30 (*Mean ± S.D.)	45 (Mean ± S.D.)	60 (Mean ± S.D.)	75 (Mean ± S.D.)	90 (Mean ± S.D.)		
6.58	หน่อต่อกอ	30.33 ^a ± 1.26	28.67 ^b ± 1.16	23.17 ^c ± 1.26	22.00 ^c ± 0.82	22.00 ^c ± 1.29	37.70	0.681
7.80	(หน่อ)	30.17 ^a ± 1.63	28.67 ^b ± 0.82	22.67 ^c ± 1.63	22.00 ^c ± 1.41	21.66 ^c ± 0.82		
6.58	ความสูง	72.15 ^c ± 1.58	110.30 ^d ± 0.67	164.60 ^c ± 2.91	185.50 ^b ± 3.20	206.75 ^a ± 2.76	146.56	0.408
7.80	(ชม.)	69.75 ^c ± 1.50	108.50 ^d ± 1.47	163.35 ^c ± 0.60	180.65 ^b ± 0.87	204.00 ^a ± 1.41		
6.58	น้ำหนักสด	5,392 ^c ± 0.07	9,248 ^d ± 0.10	14,096 ^c ± 1.14	17,584 ^b ± 1.16	21,360 ^a ± 0.83	12,800	**0.000
7.80	(กก./ไร่)	4,528 ^c ± 0.61	8,784 ^d ± 1.25	12,816 ^c ± 1.30	14,816 ^b ± 0.89	19,376 ^a ± 1.11		
6.58	สัดส่วนใบ ต่อลำต้น	2.66 ^a ± 0.09	1.74 ^b ± 0.06	1.19 ^c ± 0.05	1.05 ^d ± 0.01	1.03 ^d ± 0.02	1.49	0.013
7.80	(ร้อยละ)	2.45 ^a ± 0.12	1.65 ^b ± 0.04	1.11 ^c ± 0.01	1.02 ^d ± 0.03	1.01 ^d ± 0.03		

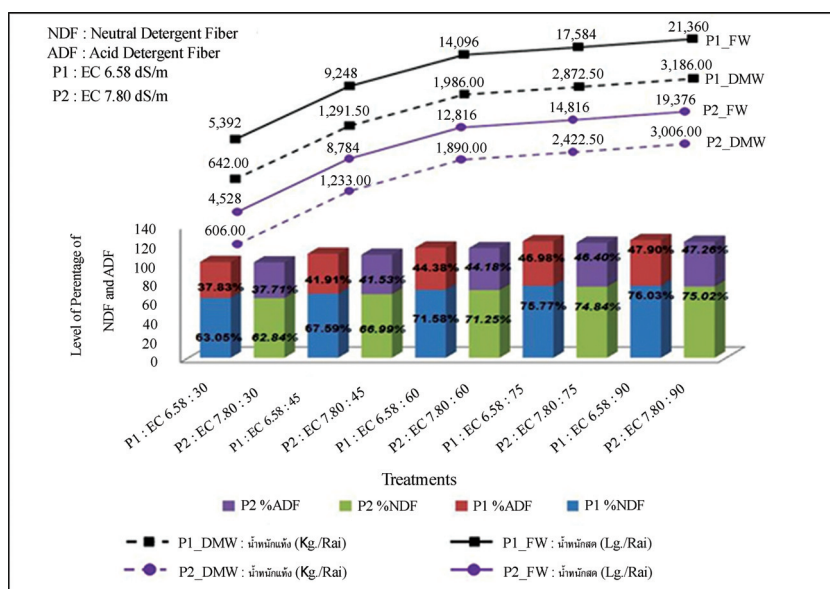
abcde = ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรเดียวกันในแนวนอนเดียวกันไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P > 0.01, DMRT)

* = ค่าเฉลี่ยในแต่ละช่วงอายุจากแปลงทดลองย่อยขนาด 1 × 1 เมตร จำนวน 4 แปลง

** = มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P < 0.01) ของอิทธิพลร่วมระหว่างแปลงทดลองทั้งสองและช่วงอายุทุย้าน (Plots x days)

จากผลการวิเคราะห์น้ำหนักแห้งและเยื่อใยของหญ้า พบว่าผลผลิตน้ำหนักสดมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับผลผลิตน้ำหนักแห้งระดับเยื่อใยที่ไม่ละลายในสารฟอกที่เป็นกลาง (NDF) และเยื่อใยที่ไม่ละลายในสารฟอกที่เป็นกรด (ADF) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 และที่ช่วงอายุ 90 วัน พบว่าให้ผลผลิตต่อไร่มากที่สุด เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของปัจจัยที่ใช้วัดในแต่ละช่วงอายุ พบว่าแปลงทดลองที่ค่า EC 6.58 dS/m มีศักยภาพผลผลิตน้ำหนักแห้งสูงกว่าแปลงทดลองที่ค่า EC 7.80 dS/m ทุกช่วงอายุ ส่วนระดับเยื่อใย NDF และระดับเยื่อใย ADF พบว่ามีศักยภาพการให้ผลผลิตต่อไร่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ทั้งสองแปลงทดลองดังรูปที่ 2

ผลการเปรียบเทียบการให้ค่าพลังงานความร้อน พบว่าที่ช่วงอายุ 90 วัน พบว่าแปลงทดลองที่ค่า EC 6.58 dS/m มีค่าเฉลี่ยพลังงานความร้อน 4,148 แคลอรีต่อกรัมน้ำหนักแห้ง (17.27 เมกะจูลต่อกิโลกรัม) ซึ่งสูงกว่าแปลงทดลองที่ค่า EC 7.80 dS/m ที่มีค่าความร้อน 4,101 แคลอรีต่อกรัมน้ำหนักแห้ง (17.17 เมกะจูลต่อกิโลกรัม)



รูปที่ 2 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยผลผลิตน้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง และระดับเยื่อใย NDF และ ADF

2.4 ผลการประเมินศักยภาพการใช้ประโยชน์หญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 เพื่อเป็นวัตถุดิบพลังงานทดแทนในภาพรวมของพื้นที่ลุ่มน้ำลำเชียงไกรพบว่า พื้นที่ที่มีศักยภาพในการใช้ประโยชน์ร้อยละ 91.38 โดยมีพื้นที่เหมาะสมสูง (S1) ปานกลาง (S2) และน้อย (S3) คิดเป็นร้อยละ 0.47, 84.78 และ 6.13 ตารางกิโลเมตร ตามลำดับ พบว่าค่ารวมเฉลี่ยของศักยภาพพื้นที่ลุ่มน้ำสามารถให้ผลผลิตหญ้าสดเฉลี่ย 61.11 ตันต่อไร่ต่อปี คิดเป็นผลผลิตเชิงพื้นที่เฉลี่ยร้อยละ 60 มีศักยภาพพื้นที่การให้ผลผลิตหญ้าสดเพื่อผลิตไฟฟ้าเฉลี่ย 37.45 ล้านตันต่อปี โดยสามารถผลิตไฟฟ้า 1,044.99 เมกะวัตต์ ดังตารางที่ 9

ตารางที่ 9 ผลการประเมินพื้นที่ศักยภาพการปลูกหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 เพื่อผลิตไฟฟ้าในพื้นที่ลุ่มน้ำลำเชียงไกร

ระดับความ เหมาะสม ของพื้นที่	พื้นที่ ลุ่มน้ำ ลำเชียงไกร (ตร.กม.)	ผลผลิต เชิงพื้นที่ (ร้อยละ)	ค่าเฉลี่ย ผลผลิต หญ้าสด (ตัน/ไร่/ปี)	ประเมิน พื้นที่ปลูก เพื่อผลิตไฟฟ้า (*ไร่ต่อเมกะวัตต์)	พื้นที่ศักยภาพการปลูก หญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 เพื่อผลิตไฟฟ้า ของลุ่มน้ำลำเชียงไกร	
					(เมกะวัตต์)	(ล้านตันหญ้าสด/ปี)
มาก (S1)	15.72	80 - 100	81.47 - 101.84	439.87 - 549.84	22.34 - 27.93	0.80 - 1.00
ปานกลาง (S2)	2,816.43	40 - 80	40.74 - 81.47	439.87 - 879.74	2,000.90 - 4,001.79	71.71 - 143.41
น้อย (S3)	203.59	20 - 40	20.37 - 40.74	879.74 - 1,759.48	72.32 - 144.64	2.59 - 5.18
ไม่เหมาะสม (N)	286.32	< 20	-	-	-	-
รวมทั้งหมด	3,322.06	**รวมเฉลี่ย	61.11	824.76	1,044.99	37.45

* 1 ตารางกิโลเมตร = 625 ไร่, ** รวมเฉลี่ย = ผลรวมของค่าเฉลี่ยทั้งหมดหารด้วยจำนวนของข้อมูล

การอภิปรายผล

1. ผลการวิจัยการประเมินศักยภาพค่าที่ดินและพื้นที่ที่เหมาะสมเชิงพื้นที่ในการปลูกหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 พบว่าส่วนใหญ่เป็นพื้นที่เหมาะสมปานกลาง (S2) คิดเป็นร้อยละ 84.78 ของพื้นที่ลุ่มน้ำ เนื่องจากพื้นที่ส่วนใหญ่อยู่ในกลุ่มชุดดินที่ 20 คุณภาพที่ดินมีลักษณะเด่นเป็นดินเค็มและธาตุอาหารหลักของพืชต่ำ โดยเฉพาะลักษณะเนื้อดินบนเป็นดินร่วนปนทรายมีการระบายน้ำดี และดินล่างเป็นดินเหนียวร่วนปนทรายอุ้มน้ำได้ดี แต่มีข้อจำกัดของการสูญเสียไนโตรเจนในดินสูงทำให้ดินเกิดการขาดแคลนความชื้น [15] ต้องใช้น้ำในการเกษตรมากขึ้นโดยเฉพาะหน้าแล้ง ส่วนสภาพอากาศมีระดับเหมาะสมสูงถึงน้อย มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 700 - 1,000 มิลลิเมตรต่อปี และอุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุด 32 องศาเซลเซียส เนื่องจากหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 ต้องการน้ำฝนปริมาณเฉลี่ย 1,000 มิลลิเมตรต่อปี และอุณหภูมิเฉลี่ยไม่เกิน 32 องศาเซลเซียส [5] โดยลักษณะภูมิประเทศส่วนใหญ่มีความลาดชันร้อยละ 0 - 5 เป็นลูกคลื่นลอนลาดถึงที่ราบ จึงเหมาะสมสูงต่อการปลูกหญ้าเนเปียร์ [7] สอดคล้องกับผลการวิจัยของ Kareerat, N. et al. [16] ที่ประเมินพื้นที่ที่เหมาะสมในการปลูกหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 พบว่าส่วนใหญ่เป็นพื้นที่เหมาะสมปานกลางมีลักษณะพื้นที่เป็นที่ราบพบกระจายอยู่ทั่วไปในพื้นที่ศึกษา มีพื้นที่ร้อยละ 72.96 ของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และจากข้อจำกัดบริเวณพื้นที่ราบลุ่มน้ำลำเชียงไกรส่วนใหญ่จะพบการแพร่กระจายดินเค็ม เพราะมีชั้นเกลือหินของแอ่งโคราชอยู่บริเวณด้านล่างในตอนกลางของพื้นที่ไปทางทิศตะวันออกเป็นพื้นที่ต่ำมากพบการแพร่กระจายร้อยละ 50 ของพื้นที่ลุ่มน้ำ [3] และพื้นที่ดินเค็มส่วนใหญ่อยู่ในระดับปานกลางมีช่วงค่า EC 4 - 8 dS/m [11]

2. ศักยภาพการปลูก ผลผลิต และการใช้ประโยชน์พบว่าหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 สามารถเจริญเติบโตได้ในพื้นที่ดินเค็มที่ระดับความเค็มปานกลาง ที่ค่า EC 6.58 - 7.80 dS/m โดยต้องมีการปรับปรุงดินก่อนปลูก เนื่องจากดินมีดัชนีธาตุอาหารพืชต่ำกว่าความต้องการของหญ้าและเป็นดินเค็มด้วยการใส่ปุ๋ยคอกและปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 เนื่องจากปุ๋ยคอกมีฮิวมัสสูงมีคุณสมบัติเป็นปุ๋ยจุลสามารถดูดซับ

ประจวบถ้วนได้บนผิวและแลกเปลี่ยนประจวบถ้วนที่อยู่ในสารละลายดินได้ จึงมีผลทำให้โซเดียมคลอไรด์ในดินลดลงและเพิ่มธาตุอาหารในดิน ทำให้หลังการปลูกดินมีความอุดมสมบูรณ์เพิ่มขึ้น และจากศักยภาพการเจริญเติบโตในภาพรวม พบว่าช่วงระยะการเจริญเติบโตของหญ้ามมีการเปลี่ยนแปลงอย่างชัดเจนทั้งทางกายภาพและค่าเฉลี่ยของปัจจัยที่ใช้วัดในช่วงอายุหญ้า 45 - 60 วัน และชะลอการเจริญเติบโตที่อายุ 60 - 90 วัน ซึ่งเป็นไปตามกฎของการเจริญเติบโตรูปตัวเอส (S-curve) เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของปัจจัยที่ใช้วัดแต่ละช่วงอายุในการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตเฉลี่ยต่อไร่ พบว่าแปลงทดลองที่ค่า EC 6.58 dS/m จะมีศักยภาพพื้นที่สูงกว่าแปลงทดลองที่มีค่า EC 7.80 dS/m เพราะค่าการนำไฟฟ้าของดิน (EC) จะมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับระดับความเข้มข้นของเกลือในดินที่อาจส่งผลต่อศักยภาพการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของหญ้าสดและจากผลการวิจัยศักยภาพการปลูกของพื้นที่เหมาะสมปานกลางในภาพรวม พบว่าเมื่อช่วงอายุหญ้ามมากขึ้นจำนวนหน่อตอกลดลงและความสูงหญ้าเพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Wjitphan, S. [17] ที่กล่าวถึงการตัดหญ้าที่อายุมากทำให้ความสูงของหญ้าเพิ่มขึ้นและเกิดการแย่งแสงแดดกันส่งผลให้การแตกหน่อใหม่ลดลงและแขนงเก่าตายลง และเมื่อเปรียบเทียบศักยภาพการปลูกและผลผลิตในพื้นที่ศึกษาอื่นพบว่าให้ผลแตกต่างจากงานวิจัยของ Hoshino, M. [18] ในการทดลองปลูกหญ้ามเนเปียร์ในดินชุดปากช่อง อำเภอปากช่อง พบว่าการเก็บเกี่ยวที่อายุ 60 วัน จะให้ผลผลิตน้ำหนักสดสูงสุด 58 ตันต่อไร่ ซึ่งมีศักยภาพการให้ผลผลิตสูงกว่าผลการวิจัยที่ให้ผลผลิตน้ำหนักสด 20.37 ตันต่อไร่ ที่การเก็บเกี่ยว 90 วัน โดยความแตกต่างของผลผลิตต่อไร่อาจมาจากความอุดมสมบูรณ์ของดิน เพราะดินชุดปากช่องจะมีความอุดมสมบูรณ์มากกว่าดินชุดกุลาร้องไห้และชุดดินประทาย และไม่เป็นดินเค็ม รวมทั้งปริมาณและคุณภาพน้ำที่ได้รับมีศักยภาพสูงกว่าด้านการให้ผลผลิตระดับย่อย NDF และ ADF พบว่าสอดคล้องกับงานวิจัยของ Satchapong, R. [19] ที่ทดลองปลูกหญ้ามเนเปียร์ในจังหวัดลพบุรี โดยทำการเก็บเกี่ยว 60 วัน พบว่ามีค่าเฉลี่ยร้อยละ 66.50 และ 50.50 และผลงานวิจัยมีค่ารวมเฉลี่ยของทั้งสองแปลงคิดเป็นร้อยละ 71.42 และ 44.28 ด้านการเก็บเกี่ยวผลผลิตที่เหมาะสมจากรายงานของ Kulasuwan, P. et al. [20] กล่าวว่าเมื่อตัดหญ้าอายุมากที่ระยะการเก็บเกี่ยว 180 วัน หญ้าสดจะให้ผลผลิตสูงสุดและให้ก๊าซชีวภาพที่มีก๊าซมีเทนต่อพื้นที่สูงสุดและจากผลการวิจัยพบว่าการให้ผลผลิตสูงสุดอยู่ที่ช่วงอายุ 90 วันของการทดลอง และด้านการใช้ประโยชน์การประเมินศักยภาพพื้นที่ลุ่มน้ำเพื่อการผลิตไฟฟ้า พบว่าสามารถให้ผลผลิตหญ้าสดรวมเฉลี่ย 61.11 ตันต่อไร่ต่อปี ซึ่งต้องใช้พื้นที่ปลูกรวมเฉลี่ย 824.76 ไร่ต่อเมกะวัตต์ จากรายงานของ Jeenanurugk, D. [14] ที่ศึกษาสภาพทั่วไปของการปลูกหญ้ามเนเปียร์ปากช่อง 1 ในตำบลลำสมพุง อำเภอมวกเหล็ก จังหวัดสระบุรี พบว่าพื้นที่มีศักยภาพการให้ปริมาณหญ้าสด 60 - 80 ตันต่อไร่ต่อปี ใช้พื้นที่ปลูกประมาณ 500 ไร่ซึ่งเพียงพอต่อการนำไปเป็นเชื้อเพลิงหลักสำหรับโรงไฟฟ้าชีวมวลขนาด 1 เมกะวัตต์ โดยจะใช้ปริมาณหญ้าสด 35,837 ตันต่อปีต่อเมกะวัตต์ ซึ่งพบว่าศักยภาพการให้ผลผลิตหญ้าสดมีความใกล้เคียงกับศักยภาพพื้นที่เหมาะสมปานกลางในพื้นที่ลุ่มน้ำลำเชียงไกรที่ให้ผลผลิตหญ้าสด 40.78 - 81.47 ตันต่อไร่ต่อปี โดยใช้พื้นที่ปลูก 439.87 - 879.74 ไร่ต่อเมกะวัตต์

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาศักยภาพการปลูก ผลผลิต และการใช้ประโยชน์ของหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 เพื่อเป็นวัตถุดิบพลังงานทดแทน ในพื้นที่ลุ่มน้ำลำเชียงไกร สรุปได้ว่า ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่เหมาะสมปานกลาง (S2) (EC 4 - 8 dS/m) คิดเป็นร้อยละ 84.78 ของพื้นที่ลุ่มน้ำ ก่อนปลูกต้องปรับปรุงสภาพดินโดยการใส่ปุ๋ยคอก และปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 เพื่อลดความเค็มของดินและเพิ่มธาตุอาหาร และใส่ปุ๋ยยูเรียในการเร่งผลผลิต (30 และ 45 วัน) ทั้งนี้แปลงที่ค่า EC น้อยกว่า (6.58 dS/m) จะให้ผลผลิตน้ำหนัสดและน้ำหนักแห้งต่อไร่สูงกว่าแปลงที่ค่า EC สูง (7.80 dS/m) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) การพิจารณาภาพรวมทั้งปริมาณและคุณภาพที่เหมาะสมจากการทดลองที่ช่วงอายุ 90 วัน จะให้ผลผลิตต่อไร่สูงสุด เหมาะสมในการผลิตก๊าซชีวภาพที่ให้อาชน้ำสูงและพบว่าศักยภาพการใช้ประโยชน์พื้นที่ลุ่มน้ำสามารถให้ผลผลิตหญ้าสดเฉลี่ย 61.11 ตันต่อไร่ต่อปี คิดเป็นผลผลิตเชิงพื้นที่เฉลี่ยร้อยละ 60 มีศักยภาพการให้ผลผลิตหญ้าสดเพื่อผลิตไฟฟ้าเฉลี่ย 37.45 ล้านตันต่อปี สามารถใช้ผลิตไฟฟ้า 1,044.99 เมกะวัตต์ โดยพบว่าพื้นที่เหมาะสมปานกลาง (S2) มีศักยภาพพื้นที่มากที่สุดในการให้ผลผลิตหญ้าสดเพื่อการผลิตไฟฟ้าสูงสุด

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณกองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน ที่สนับสนุนทุนวิจัย แผนพลังงานทดแทน ปีงบประมาณ 2556 มา ณ โอกาสนี้รวมทั้งท่านอาจารย์และผู้เชี่ยวชาญทุกท่านที่ให้ความปรึกษาด้านวิชาการ และเกษตรกรทุกท่านที่ร่วมมือและให้องค์ความรู้ในการทำเกษตรกรรมท้องถิ่น

References

- [1] Ministry of Energy. (2014). **AEC : Connecting Energy for Stability and a Business Opportunity Thailand Energy. Energy Knowledge Management.** Access (9 September 2016). Available (<http://energy.go.th/km-energy/wp-content/uploads/2016/08/AEC5.pdf>)
- [2] Bandit Uea-aphon. (2012). **The Energy Crisis with the Direction of the AEC Linkages, and Exit of Thailand 1/4.** Access (9 December 2013). Available (<http://www.siamintelligence.com/energy-crisis-linkages-aec-and-thai-1-4/>)
- [3] Noinumsai, N. and Foypikul, W. (2012). **Saline Soil Distribution Potential Assessment and Ecological Environmental Technology Development for Rehabilitate Lam Chiang Kai Basin Ecosystem in Non Thai District, Nakhon Ratchasima Province.** Research report. Nakhon Ratchasima Rajabhat University (in Thai)
- [4] Buranasing, N. (2015). **Energy Crop : Napier Grass.** Access (13 February 2016). Available (http://www.parliament.go.th/ewtadmin/ewt/parliament_parcy/ewt_dl_link.php?nid=30598)

- [5] Kiyothong, K. (2011). **Napier Pakchong 1 Grass Manual**. Nakhon Ratchasima : Mittraphap Karnpim (in Thai)
- [6] Chongjian Ma., Ravi Naidu., Faguang Liu., Changhua Lin., and Hui Ming. (2012). Influence of Hybrid Giant Napier Grass on Salt and Nutrient Distributions with Depth in a Saline Soil. **Biodegradation**. Vol. 23, No. 6, pp. 907-916. DOI: 10.1007/s10532-012-9583-4
- [7] Food and Agriculture Organization of the United Nations. (1983). **Guideline : Land Evaluation for Rainfed Agriculture**. FAO soils bulletin no:52 0253-2050. Bibliography. pp.233-237
- [8] Charupatt, T. (2002). **Landuse Change Detection, Land Evaluation and Landuse Planning in Lam Phra Phloeng Watershed**. Doctor of Science Thesis in Soil Science, Graduate School, Khon Kaen University (in Thai)
- [9] Sys, C., Van Ranst, E., and Debaveye, j. (1991). **Land Evaluation-Part I : Principles in Land Evaluation and Crop Production Calculation**. Agricultural Publication-Number 7. General Administration for Development Cooperation. Place du Champ de Mars 5 bte 5-1050 Brussels, Belgium
- [10] Tansiri, B. (1999). **A Guide to Evaluation Land for Crops**. Bangkok : Office of Soil Resources Survey and Research, Land Development Department
- [11] Land Development Department. (2004). **Management of Soil Salinity**. Bangkok : Ministry of Agriculture and Cooperatives
- [12] Ayers, R. S. and Westcot, D. W. (1994). **Water Quality for Agriculture**. FAO Corporate Document Repository. Handbook. Access (25 December 2013). Available : (<http://www.fao.org/docrep/003/T0234E/T0234E00.html>)
- [13] Goering, H. K. and Van Soest, P. J. (1970). **Forage Fiber Analysis (apparatus, reagents, procedures and some applications)**. USDA Agricultural. Handbook, No. 379. Access (25 May 2015). Available (<https://naldc.nal.usda.gov/download/CAT87209099/PDF>)
- [14] Jeenanurugk, D. (2014). **The Feasibility Study of Investment on Biomass Power Plant from Napier Pakchong 1 Grass Amphoe Muak Lek Changwat Saraburi**. Master of Economics, Business Economics, Faculty of Economics at Sriracha (in Thai)
- [15] Encyclopædia Thai. (n.d). **Some Important Properties of Soil Associated with Cultivation. The Encyclopedia Project for Thai youth. Vol. 18, Title 8. Soil and Fertilizer**. Access (30 April 2015). Available (<http://kanchanapisek.or.th/kp6/sub/book/book.php?book=18&chap=8&page=t18-8-infodetail04.html>)
- [16] Kareerat, N., Siriwi, S., and Reungsang, P. (2015). **Spatial Identification of Suitable Area for Napier Grass Energy Crop Planting in Northeast of Thailand**. Access (23 October 2016). Available(<http://www.arts.chula.ac.th/~geography/TSG2015/docs/FullPaper/FullPaper/1.8%20Napier%20Grass.pdf>)

- [17] Wijitphan, S. (2011). Effects of Cutting Interval on Yields and Nutritive Values of King Napier Grass (*Pennisetum purpureum* cv. King grass) under Irrigation Supply. **KKU Research Journal**. Vol. 6, No. 3, pp. 215-224 (in Thai)
- [18] Hoshino, M. (1975). **Studies on the Tropical Forage Crop in Thailand**. TARC. Ministry of Agriculture and Forestry. Japan
- [19] Satchapong, R., Maneerat, W., and Putsakum, M. (2007). Effect of Napier Pak Chong 1 Grass on Productive Performance in Thai Lavo Chicken. In **the 5th STOU Graduate Research Conference**. November 27, 2015. Sukhothai Thammathirat Open University. P-ST 026. (in Thai)
- [20] Kulasuwan, P., Thobunluepop, P., Tonmukayakyl, N., Mani-in, P., Pongtip, A., Muangpan, J., Vinijchevit, N., and Changkaewmanee, J. (2014). Effect of Seasonal and Cutting Interval of Napier Pak Chong 1 on Growth Biomass and Biogas Productivity. **Agricultural Science Journal**. Vol. 45, No. 2, pp. 721-724 (in Thai)