

อิทธิพลของเถ้าจากโรงไฟฟ้าชีวมวลร่วมกับการใช้ปุ๋ยต่อการผลิตกระถินยักษ์ภายใต้พื้นที่ดินทราย เค็มและกรดสำหรับการใช้ประโยชน์เชิงพลังงานทดแทน

Influence of Biomass Ash from Power Plant in Combination with Fertilizers on Leucaena Production under Sandy Saline and Acidic Soil for Renewable Energy

นพ ตัณมุขกุล¹ ทรงยศ โชติชูติมา¹ ปิยะ ดวงพัตรา² นิคม แหลมลัก³ และ เอ็ด สโรบล^{1,*}

Nop Tonmukayakul¹, Songyos Chotchutima¹, Piya Duangpatra², Nikhom Laemsak³ and Ed Sarobol^{1,*}

¹ ภาควิชาพืชไร่ฯ คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

² ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

³ ภาควิชาวนผลิตภัณฑ์ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

¹ Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok 10900

² Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok 10900

³ Department of Forest Products, Faculty of Forestry, Kasetsart University, Bangkok 10900

รับเรื่อง: 2 กรกฎาคม 2564 Received: 2 July 2021

ปรับปรุงแก้ไข: 29 กรกฎาคม 2564 Revised: 29 July 2021

รับตีพิมพ์: 2 สิงหาคม 2564 Accepted: 2 August 2021

* Corresponding author: agred@ku.ac.th

ABSTRACT: The study aimed to improve sandy saline and acidic soil around a biomass power plant by using the power plant ash combined with fertilizers to produce leucaena for renewable energy and reduce long-term biomass fuel deficiency. The experiment was done using a randomized complete block design (RCBD) with 4 replications. The treatments were 4 types of mixed fertilizers consisted of mixing of chemical fertilizers 18-46-0 and 0-0-60 with ratio 1 : 1 at the rate of 80 kg rai⁻¹ (F1), mixing the same ratio of chemical fertilizers as F1 at the rate of 40 kg rai⁻¹ combined with 1 t rai⁻¹ of ash mixed with 500 kg rai⁻¹ of farm manure (F2), mixing 2 t rai⁻¹ of ash with 1 t rai⁻¹ of farm manure (F3) and non-fertilizer application (F4). The results revealed that the F3 (328.08 cm) and F1 (276.38 cm) treatments statistically significantly promoted higher plant height than F4 treatment (188.39 cm) ($P < 0.05$). Furthermore, the leucaena under F3 treatment produced the highest total dry matter yield at 1,985.53 kg rai⁻¹ when compared with the rest treatments ($P < 0.05$). For the chemical composition, the wood from all treatments had average nitrogen, sulfur, and chloride contents less than critical values of biomass fuel. They also had the average ash content at 2.15 g 100g⁻¹ dry weight and average heat value at 18.20 MJ kg⁻¹ which passed the standard of biomass fuel. It could be concluded that the powerplant ash can be used to improve the sandy saline and acidic soil by mixed with farm manure at the rate of 2 t rai⁻¹ of the ash and 1 t rai⁻¹ of farm manure.

Keywords: Chemical fertilizer, farm manure, leucaena, power plant ash, sandy saline and acidic soil

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงดินทราย เค็ม และกรดที่อยู่บริเวณใกล้เคียงโรงไฟฟ้าชีวมวล โดยใช้เถ้าจากโรงไฟฟ้าร่วมกับปุ๋ยชนิดต่าง ๆ เพื่อผลิตกระถินยักษ์เป็นเชื้อเพลิงและลดการขาดแคลนเชื้อเพลิงในระยะยาว การทดลองนี้ใช้แผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized complete block design, RCBD) ทำการทดลองจำนวน 4 ซ้ำ ปัจจัยที่ศึกษา คือ รูปแบบการให้ปุ๋ยและเถ้าจากโรงไฟฟ้าชีวมวลที่แตกต่างกัน 4 รูปแบบ ประกอบด้วย ใช้ปุ๋ยเคมีสูตร 18-46-0 ผสมกับ 0-0-60 อัตราส่วน 1 : 1 อัตรา 80 กิโลกรัมต่อไร่ (F1) ใช้ปุ๋ยเคมีในอัตราส่วนเดียวกันกับ F1 ที่อัตรา 40 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับเถ้า 1 ตันต่อไร่ และปุ๋ยคอก 500 กิโลกรัมต่อไร่ (F2) ใช้เถ้า 2 ตันต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยคอก 1 ตันต่อไร่ (F3) และไม่ใช้ปุ๋ย (F4) ผลการทดลอง พบว่า แปลงที่ใส่ปุ๋ยแบบ F3 (328.08 เซนติเมตร) และ F1 (276.38 เซนติเมตร) ทำให้กระถินยักษ์มีความสูงเฉลี่ยสูงกว่าแปลง F4 (188.39 เซนติเมตร) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) นอกจากนี้ ยังพบว่าแปลงที่ใส่ปุ๋ยแบบ F3 ให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งชีวมวลสูงที่สุด เท่ากับ 1,985.53 กิโลกรัมต่อไร่ เมื่อเปรียบเทียบกับทรีตเมนต์อื่น ($P < 0.05$) สำหรับองค์ประกอบทางเคมี พบว่าไม้กระถินยักษ์ทุกทรีตเมนต์มีองค์ประกอบเฉลี่ยของธาตุไนโตรเจน ซัลเฟอร์ และคลอไรด์ต่ำกว่าค่าวิกฤติของเชื้อเพลิงชีวมวล และมีปริมาณเถ้าเฉลี่ย 2.15 กรัมต่อน้ำหนักแห้ง 100 กรัม และมีค่าความร้อนเฉลี่ย 18.20 เมกะจูลต่อกิโลกรัม ซึ่งผ่านค่ามาตรฐานของเชื้อเพลิงชีวมวล จึงสามารถสรุปได้ว่า เถ้าจากโรงไฟฟ้าชีวมวลสามารถนำมาใช้ปรับปรุงสภาพดินทราย เค็ม และกรด โดยผสมกับปุ๋ยคอกในอัตราเถ้า 2 ตันต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยคอก 1 ตันต่อไร่

คำสำคัญ: ปุ๋ยเคมี, ปุ๋ยคอก, กระถินยักษ์, เถ้าจากโรงไฟฟ้าชีวมวล, ดินทราย เค็มและกรด

บทนำ

ปัจจุบันการใช้ประโยชน์จากชีวมวลเพื่อผลิตพลังงานในประเทศไทย ส่วนใหญ่ใช้จากเศษเหลือทางการเกษตร เช่น ชานอ้อย ใบอ้อย แกลบ ฟางข้าว และเศษไม้ เป็นต้น (Ministry of Energy, 2011) ซึ่งราคาของเศษเหลือทางการเกษตรดังกล่าวได้ปรับตัวสูงขึ้นจนทำให้ไม่สามารถใช้เป็นเชื้อเพลิงเพื่อผลิตความร้อนหรือไฟฟ้าได้ ดังนั้น จึงมีแนวความคิดของการใช้พืชชีวมวลจากกระถินยักษ์ที่ปลูกสร้างขึ้นเพื่อมาทดแทนเชื้อเพลิงลักษณะเดิมที่มีราคาสูง เนื่องจากกระถินยักษ์เป็นพืชตระกูลถั่วขึ้นต้นโตเร็ว ปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมได้ดี ทนแล้ง ให้ผลผลิตสูง และสามารถเก็บเกี่ยวได้หลายครั้ง (Tudsri *et al.*, 2002) แต่ปัญหาของการปลูกพืชในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย คือ ดินมีลักษณะเป็นดินทราย เค็ม และเป็นกรด ซึ่งมีปริมาณอินทรีย์วัตถุ ปริมาณธาตุอาหาร และประสิทธิภาพในการอุ้มน้ำต่ำ ส่งผลโดยตรงต่อผลผลิตของพืช (Vityakon, 2007) ซึ่งกระถินยักษ์สามารถเจริญเติบโตได้ในพื้นที่ที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ เนื่องจากกระถินยักษ์สามารถตรึงไนโตรเจนจากอากาศ ทำให้ไม่ต้องพึ่งพาปุ๋ยเคมีไนโตรเจน ประกอบกับใบกระถินที่ร่วงหล่นต่อปีมีปริมาณสูง สามารถเพิ่มปุ๋ยอินทรีย์ทางธรรมชาติได้จากส่วนใบ ขณะที่ลำต้นใช้เป็นพลังงาน (Tudsri *et al.*, 2012) ในส่วนของการปรับปรุงดินทราย เค็ม และเป็นกรด สามารถทำได้โดยการเพิ่มปริมาณอินทรีย์วัตถุหรือเพิ่มสารที่สามารถดูดซับเกลือได้บางส่วน (Yuwanityom, 2003) ซึ่ง Umanu and Babade (2013) รายงานว่า การใช้ปุ๋ยคอกสามารถเพิ่มอินทรีย์วัตถุให้กับดินและปรับปรุงสมบัติการนำไฟฟ้าของดิน นอกจากนี้ เถ้าจากโรงไฟฟ้าชีวมวลที่เหลือจากกระบวนการผลิตไฟฟ้าจำนวนมากเป็นที่น่าสนใจ เนื่องจากเถ้ามีคุณสมบัติเป็นด่างที่สามารถใช้ปรับปรุงดินกรดโดยการยกระดับ pH ของดินได้ (Matsi and Keramidias, 1999) นอกจากนี้ เถ้าที่ได้จากไม้ยังมีธาตุฟอสฟอรัส (P) โพแทสเซียม (K)

และแคลเซียม (Ca) ซึ่งมีความสำคัญต่อความต้องการธาตุอาหารของกระถินยักษ์ (Khanna *et al.*, 1994) ดังนั้น การทดลองนี้จึงศึกษาอิทธิพลของเถ้าจากโรงไฟฟ้าชีวมวลรวมกับการใช้ปุ๋ยต่อการผลิตกระถินยักษ์ภายใต้พื้นที่ดินทราย เค็ม และเป็นกรดสำหรับการใช้ประโยชน์เชิงพลังงานทดแทน

อุปกรณ์และวิธีการ

การวางแผนการทดลองและการปลูกต้นกล้ากระถินยักษ์

การทดลองนี้ดำเนินการทดลองปลูกกระถินยักษ์ (*Leucaena leucocephala*) ที่ตำบลเก่างิ้ว อำเภอฟล จังหวัดขอนแก่น วางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized complete block design, RCBD) ทำการทดลองจำนวน 4 ซ้ำ ปัจจัยที่ศึกษา คือ การให้ปุ๋ยและเถ้าจากโรงไฟฟ้าชีวมวลในอัตราที่แตกต่างกัน 4 รูปแบบ ได้แก่ ใช้ปุ๋ยเคมีสูตร 18-46-0 ผสมกับปุ๋ยเคมีสูตร 0-0-60 ในอัตราส่วน 1 : 1 อัตรา 80 กิโลกรัมต่อไร่ ใส่ปุ๋ยเคมีโดยหว่านกระจายให้ทั่วแปลง แบ่งใส่ 2 ครั้ง ที่อายุ 1 และ 2 เดือน หลังการปลูกลงในแปลงย่อย (F1) ในขั้นตอนการเตรียมดิน ใช้เถ้าจากโรงไฟฟ้าชีวมวลอัตรา 1 ตันต่อไร่

และปุ๋ยคอกอัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ หว่านกระจายให้ทั่วแปลงแล้วคลุกดิน ร่วมกับปุ๋ยเคมีสูตร 18-46-0 ผสมกับปุ๋ยเคมีสูตร 0-0-60 ในอัตราส่วน 1 : 1 อัตรา 40 กิโลกรัมต่อไร่ ที่อายุ 1 เดือน หลังปลูกลงในแปลงย่อย (F2) ในขั้นตอนการเตรียมดิน ใช้เถ้าจากโรงไฟฟ้าชีวมวลอัตรา 2 ตันต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยคอกอัตรา 1 ตันต่อไร่ หว่านกระจายให้ทั่วแปลงแล้วคลุกดิน (F3) และไม่ใช่ปุ๋ย (F4) โดยคุณสมบัติของเถ้าจากโรงไฟฟ้าชีวมวลและปุ๋ยคอกที่ใช้ในการศึกษามีรายละเอียดดังแสดงใน Table 1

กระถินยักษ์ถูกเพาะจากเมล็ดเพาะเป็นต้นกล้า ภายใต้การให้น้ำและให้ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 จำนวน 1 ครั้ง โดยการผสมน้ำในอัตรา 100 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร แล้วรดต้นกล้าที่อายุ 30 วัน หลังการเพาะกล้าจนกระทั่งต้นกล้ามีอายุ 1 เดือนครึ่ง และมีความสูงเฉลี่ย 30 เซนติเมตร จากระดับผิวดิน จากนั้น นำลงปลูกในแปลงที่เตรียมไว้จำนวน 16 แปลงย่อย แต่ละแปลงย่อยมีขนาด 12 ตารางเมตร เว้นระยะห่างระหว่างแปลงย่อย 3 เมตร ใช้ระยะปลูกในแต่ละแปลงย่อยแบบระบบปลูกแถวคู่ ระยะภายในแถวคู่ห่าง 50 × 50 เซนติเมตร และระยะระหว่างแถวคู่ 150 เซนติเมตร มีจำนวนต้น 6 ต้นต่อแถว มีจำนวนแถว 6 แถว และมีจำนวนต้นทั้งหมด 24 ต้นต่อแปลงย่อย

Table 1 Properties of biomass ash from power plant and farm manure used in the experiment

Properties	Power plant ash	Farm manure
pH	9.13	8.42
Total N (g 100g ⁻¹)	0.42	0.30
Total P (g 100g ⁻¹)	1.69	2.13
Total K (g 100g ⁻¹)	1.29	5.71
Total Ca (g 100g ⁻¹)	1.40	–
Total S (g 100g ⁻¹)	0.0006	–
Salinity (dS m ⁻¹)	0.64	17.29

การเก็บข้อมูล

การเก็บข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยา

การทดลองนี้ใช้ข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยาที่อำเภอพล จากศูนย์อุตุนิยมวิทยาภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน จังหวัดขอนแก่น ซึ่งประกอบด้วย ปริมาณน้ำฝน อุณหภูมิสูงสุด อุณหภูมิต่ำสุด และ อุณหภูมิเฉลี่ยตลอดการทดลองระหว่างเดือน พฤศจิกายน พ.ศ. 2560 ถึงเดือนตุลาคม พ.ศ. 2561

การวิเคราะห์คุณสมบัติของดิน

เก็บตัวอย่างดินในแปลงทดลองที่มีความลึก 15 เซนติเมตร เพื่อวิเคราะห์คุณสมบัติของดินก่อนการทดลอง ระหว่างการทดลองเป็นเวลา 6 เดือน และในช่วงสิ้นสุดการทดลองในเวลา 12 เดือน โดยจัดเก็บตัวอย่างดินในช่วงสัปดาห์ที่ไม่มีฝนตก จากนั้น นำตัวอย่างดินมาวิเคราะห์คุณสมบัติดินที่ห้องปฏิบัติการ โดยวัดค่าความเป็นกรด-ด่างของดินด้วย pH meter (ดิน : น้ำ = 1 : 1) วิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ โดยวิธี Bray II (Bray and Kurtz, 1945) จากนั้น วัดปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ด้วยเครื่อง spectrophotometer วิเคราะห์ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ โดยการสกัดด้วยสารละลาย 1 M NH₄OAc ที่เป็นกลาง (pH 7.0) (Pratt, 1965) จากนั้น วัดปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ด้วยเครื่อง atomic absorption spectrophotometer และวัดค่าความเค็มของดินด้วยการวัดค่าการนำไฟฟ้าประสิทธิผลของสารละลายขณะดินอิ่มตัวด้วยน้ำ (Effective electrical conductivity) ด้วยเครื่อง electrical conductivity meter

การเก็บข้อมูลการเจริญเติบโตและผลผลิตของกระถินยักษ์

ประเมินการเจริญเติบโตจากความสูงของต้นกระถินยักษ์ โดยวัดความสูงจากโคนลำต้นกระถินยักษ์ ส่วนเหนือพื้นดินจนถึงปลายยอดของทรงพุ่มจำนวน 16 ต้นต่อแปลงย่อย เก็บข้อมูลทุกเดือน ตั้งแต่ย้ายกล้าลงแปลงทดลองจนถึงเก็บเกี่ยวผลผลิต โดยเก็บเกี่ยว

ผลผลิตที่อายุ 12 เดือน หลังย้ายกล้าลงปลูกในแปลงทดลอง และบันทึกข้อมูลผลผลิตของกระถินยักษ์จากแปลงย่อยทุกแปลง ประกอบด้วย ผลผลิตน้ำหนักสด และผลผลิตน้ำหนักแห้งของใบ กิ่งก้าน และลำต้น และผลผลิตชีวมวลรวม แล้วคำนวณสัดส่วนผลผลิตชีวมวลรวมจากสัดส่วนน้ำหนักแห้งของใบ กิ่งก้าน และลำต้น ในรูปแบบเปอร์เซ็นต์

การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีและคุณสมบัติเชิงพลังงานของกระถินยักษ์

สุ่มตัวอย่างกระถินยักษ์ โดยใช้ส่วนของลำต้นกระถินยักษ์จำนวน 4 ต้น นำมาบดละเอียดด้วยเครื่องบดตัวอย่างพีช Retsch รุ่น SC 100 จากนั้น สุ่มตัวอย่างกระถินยักษ์ที่บดแล้วเพื่อนำมาวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี ประกอบด้วย ปริมาณธาตุไนโตรเจน (Semimicro-Kjeldahl method) ปริมาณธาตุซิลเฟออร์ (Turbidimetric method) และปริมาณธาตุคลอไรด์ (Calorimetric method) และวิเคราะห์คุณสมบัติเชิงพลังงานของกระถินยักษ์ ได้แก่ ปริมาณเถ้า (Proximate analysis) และค่าความร้อน (Bomb calorimeter)

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ทดสอบอิทธิพลของทรีตเมนต์ที่มีต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต องค์ประกอบทางเคมี และคุณสมบัติเชิงพลังงานของกระถินยักษ์ด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance, ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Fisher's least significant difference ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ผลการทดลองและวิจารณ์

ปริมาณน้ำฝนและอุณหภูมิ

ในเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2560 มีปริมาณน้ำฝน 70 มิลลิเมตร ขณะที่ ในเดือนธันวาคม พ.ศ. 2560 จนถึงเดือนมกราคม พ.ศ. 2561 นั้นไม่มีฝนตก จากนั้น ฝนเริ่มกลับมาตกเล็กน้อยในเดือนกุมภาพันธ์

และเดือนมีนาคม พ.ศ. 2561 โดยมีปริมาณน้ำฝน 9.80 และ 16.60 มิลลิเมตร ตามลำดับ ฝนได้ตกเพิ่มขึ้นในเดือนเมษายนถึงเดือนตุลาคม พ.ศ. 2561 โดยตกต่อเนื่อง มีปริมาณน้ำฝนสูงสุด 2 เดือน คือ เดือนพฤษภาคมและเดือนกันยายน พ.ศ. 2561 ที่ 229.30 และ 239.40 มิลลิเมตร ตามลำดับ ขณะที่ เดือนอื่น ๆ มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 48.00–91.60

มิลลิเมตร ทำให้ตลอดการทดลองในปีที่ 1 (ระหว่างเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2560 ถึงเดือนตุลาคม พ.ศ. 2561) มีปริมาณน้ำฝนสะสม 1,036.80 มิลลิเมตร สำหรับอุณหภูมิในระหว่างการทดลอง พบว่า บริเวณพื้นที่ที่ศึกษามีอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ย 32.14 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ย 22.68 องศาเซลเซียส (Figure 1)

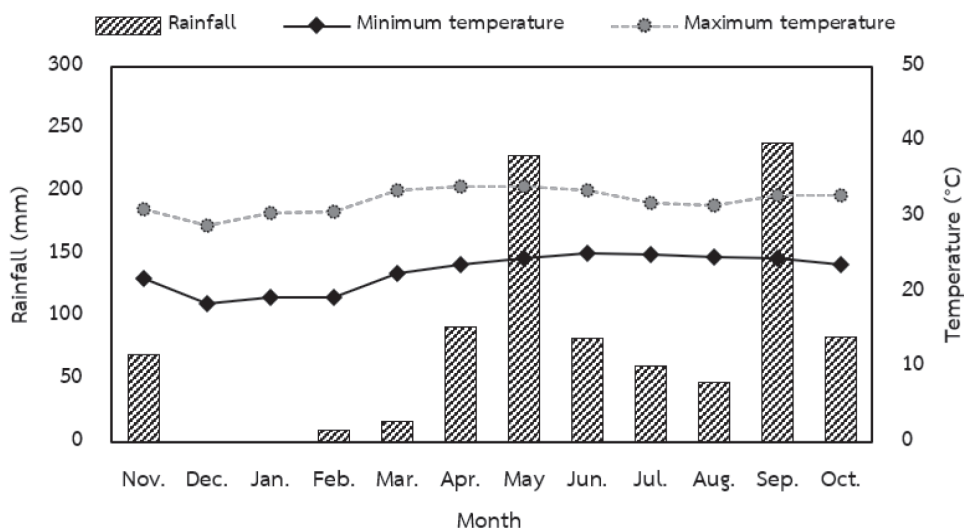


Figure 1 The precipitation and minimum and maximum temperatures from November 2017 to October 2018

คุณสมบัติดิน

ในช่วงเริ่มต้นการทดลอง ค่าความเป็นกรด-ด่างของดินในแต่ละแปลงทดลองมีค่าเป็นกรดใกล้เคียงกัน คือ 5.0–5.1 แต่หลังการปลูก 6 เดือน ในแปลงที่มีการใส่ถ้ำ 2 ตันต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยคอก 1 ตันต่อไร่ คลุกลงในดิน (F3) มีค่าความเป็นกรด-ด่างของดินเพิ่มขึ้นเป็น 5.6 และหลังการปลูก 12 เดือน เพิ่มขึ้นเป็น 6.5 เนื่องจากคุณสมบัติของถ้ำที่เป็นด่าง (Table 1) ซึ่งสูงกว่าแปลงที่มีรูปแบบการใส่ปุ๋ยแบบอื่น ๆ (Figure 2A) ขณะที่ ในแปลงที่ไม่มีการใส่ปุ๋ย (F4) ค่าความเป็นกรด-ด่างของดินมีการเปลี่ยนแปลงต่ำที่สุด โดยมีค่าประมาณ 4.8 หลังการปลูก 6 เดือน และ 5.3 หลังการปลูก 12 เดือน ทั้งนี้ การเพิ่มขึ้นของความเป็นกรด-ด่าง

ของดินในทุกแปลงทดลองในเดือนที่ 12 อาจเนื่องมาจากปริมาณน้ำฝนที่ตกลงมาจำนวนมากในเดือนกันยายน พ.ศ. 2561 (Figure 1) ในด้านของฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในช่วงเริ่มต้นการทดลอง แต่ละแปลงทดลองมีค่าใกล้เคียงกัน คือ มีฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ 3–4 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (Figure 2B) และมีโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ 22–24 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (Figure 2C) แต่หลังการปลูก 12 เดือน ในแปลงที่มีการใส่ถ้ำ 2 ตันต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยคอก 1 ตันต่อไร่ คลุกลงในดิน (F3) มีค่าฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์เพิ่มขึ้นเป็น 21 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และมีโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้เพิ่มขึ้นเป็น 80 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งสูงกว่าวิธีเดิมอื่น ๆ

ในส่วน of ค่าความเค็ม พบว่า ค่าความเค็มของดินในแต่ละแปลงทดลองมีค่าใกล้เคียงกัน คือ 3.7–3.9 เดซิซีเมนต่อเมตร ซึ่งอยู่ในระดับความเค็มน้อย (Shahid and Rahman, 2010) แต่หลังการปลูก 6 เดือน ซึ่งอยู่ในช่วงต้นเดือนเมษายน พ.ศ. 2561 พบว่า ค่าความเค็มของดินในแต่ละแปลงทดลองมีค่าลดลงอยู่ในช่วงระหว่าง

0.50–0.94 เดซิซีเมนต่อเมตร ซึ่งอยู่ในระดับไม่เค็ม (Shahid and Rahman, 2010) และหลังการปลูก 12 เดือน พบว่า แปลงที่มีการใส่ถั่ว 2 ตันต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยคอก 1 ตันต่อไร่ คลุกกลในดิน (F3) มีค่าความเค็ม 0.15 เดซิซีเมนต่อเมตร ซึ่งต่ำกว่าแปลงที่ไม่มีการใส่ปุ๋ย (F4) ที่มีค่าความเค็ม 0.29 เดซิซีเมนต่อเมตร (Figure 2D)

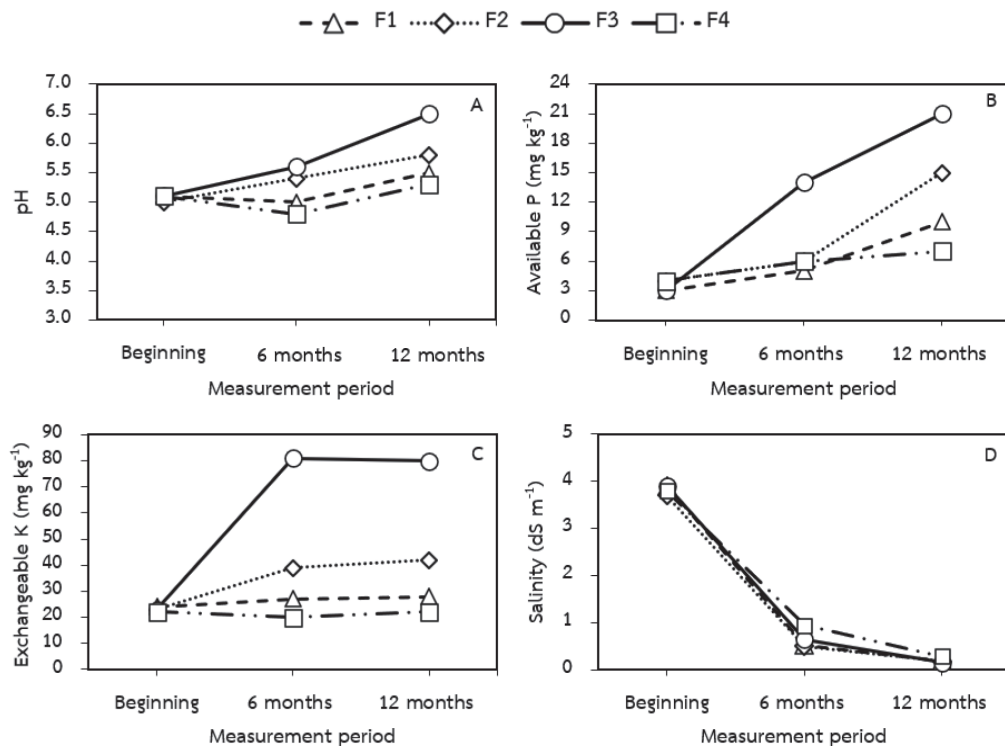


Figure 2 Trends of change in soil properties of experimental plot averaged from 4 replications at the beginning, 6 months and 12 months (Harvest) of the experiment: (A) soil pH, (B) available phosphorus, (C) exchangeable potassium and (D) salinity. F1 = mixing of chemical fertilizers 18–46–0 and 0–0–60 with ratio 1 : 1 at the rate of 80 kg ra⁻¹, F2 = mixing the same ratio of chemical fertilizers as F1 at the rate of 40 kg ra⁻¹ combined with 1 t ra⁻¹ of ash mixed with 500 kg ra⁻¹ of farm manure, F3 = mixing 2 t ra⁻¹ of ash with 1 t ra⁻¹ of farm manure, and F4 = non-fertilizer application

ความสูง

ความสูงของต้นกระถินยักษ์ในเดือนที่ 1 (พฤศจิกายน พ.ศ. 2560) ถึงเดือนที่ 7 (พฤษภาคม พ.ศ. 2561) ในแต่ละทรีตเมนต์ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่เมื่อเข้าสู่เดือนที่ 8 และ 9 พบว่า แปลงที่มีการใส่เถ้า 2 ตันต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยคอก 1 ตันต่อไร่ (F3) และแปลงที่ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 18-46-0 ผสมกับปุ๋ยเคมีสูตร 0-0-60 อัตราส่วน 1 : 1 ในอัตรา 80 กิโลกรัมต่อไร่ (F1) ต้นกระถินยักษ์สูงกว่าแปลงที่ใส่เถ้า 1 ตันต่อไร่ ปุ๋ยคอก 500 กิโลกรัมต่อไร่ และใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 18-46-0 ผสมกับปุ๋ยเคมีสูตร 0-0-60 อัตราส่วน 1 : 1 อัตรา 40 กิโลกรัมต่อไร่ (F2) และแปลงที่ไม่ใส่ปุ๋ย (F4) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ขณะที่ ในเดือนที่ 10, 11 และ 12 พบว่า ต้นกระถินยักษ์ในแปลงที่ใส่เถ้า 2

ตันต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยคอก 1 ตันต่อไร่ (F3) มีความสูงมากกว่าต้นกระถินยักษ์ในแปลงที่ใส่เถ้า 1 ตันต่อไร่ ปุ๋ยคอก 500 กิโลกรัมต่อไร่ และใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 18-46-0 ผสมกับปุ๋ยเคมีสูตร 0-0-60 อัตราส่วน 1:1 อัตรา 40 กิโลกรัมต่อไร่ (F2) และแปลงที่ไม่ใส่ปุ๋ย (F4) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยในเดือนที่ 12 ต้นกระถินยักษ์ในแปลงที่ใส่เถ้า 2 ตันต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยคอก 1 ตันต่อไร่ (F3) มีความสูงเฉลี่ย 328.08 เซนติเมตร ซึ่งสูงกว่าต้นกระถินยักษ์ในแปลงที่ใส่เถ้า 1 ตันต่อไร่ ปุ๋ยคอก 500 กิโลกรัมต่อไร่ และใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 18-46-0 ผสมกับปุ๋ยเคมีสูตร 0-0-60 อัตราส่วน 1 : 1 อัตรา 40 กิโลกรัมต่อไร่ (F2) และแปลงที่ไม่ใส่ปุ๋ย (F4) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ซึ่งมีความสูงเฉลี่ย 228.27 และ 188.39 เซนติเมตร ตามลำดับ (Figure 3)

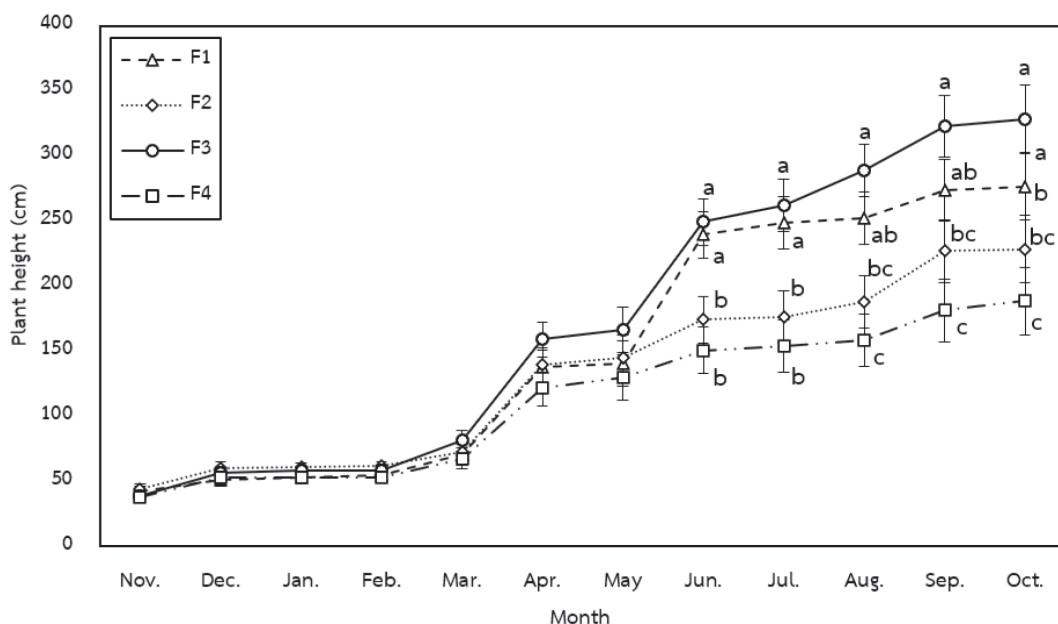


Figure 3 Plant height of leucaena since November 2017 until October 2018 under 4 fertilizer types: F1 = mixing of chemical fertilizers 18-46-0 and 0-0-60 with ratio 1 : 1 at the rate of 80 kg rai^{-1} , F2 = mixing the same ratio of chemical fertilizers as F1 at the rate of 40 kg rai^{-1} combined with 1 t rai^{-1} of ash mixed with 500 kg rai^{-1} of farm manure, F3 = mixing 2 t rai^{-1} of ash with 1 t rai^{-1} of farm manure, and F4 = non-fertilizer application. Error bar is the standard error. Means in the same month for each component showed by the same lowercase letter are not significantly different at $P < 0.05$

ผลการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่า แปลงที่ใส่ถั่ว 2 ต้นต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยคอก 1 ต้นต่อไร่ (F3) ทำให้กระถินยักษ์มีความสูงมากกว่าแปลงที่ไม่ใส่ปุ๋ย (F4) แต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติกับแปลงที่ใส่แต่ปุ๋ยเคมี (F1) เนื่องจากกระถินยักษ์ในแปลงนี้ได้รับธาตุอาหารในปริมาณมากแม้จะอยู่ภายใต้สภาพดินที่เป็นกรดมากกว่า ซึ่งกระถินยักษ์จะเจริญเติบโตได้ดีในดินที่มีความเป็นด่างอ่อน ๆ (Tudsri, 2004) ดังนั้น การใส่ถั่ว ที่มีคุณสมบัติเป็นด่าง สามารถปรับสภาพดินที่เป็นกรด ให้มีค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) สูงขึ้น ส่งผลต่อการเจริญเติบโตทางความสูงของกระถินยักษ์ที่เพิ่มขึ้น โดยสังเกตได้จากความแตกต่างของค่าความเป็นกรด-ด่างของดินในเดือนที่ 12 (Figure 2) ขณะที่ การใส่ปุ๋ยคอก สามารถเพิ่มค่าความเป็นกรด-ด่างของดินกรดได้เช่นกัน โดยการใส่ปุ๋ยคอก 40 กรัมต่อน้ำหนักแห้ง 1 กิโลกรัม สามารถเพิ่มค่าความเป็นกรด-ด่างของดิน จาก 4.8 เป็น 6.0 และ 5.5 เป็น 6.3 โดยความเป็นกรด-ด่างของดินที่มีการใส่ปุ๋ยคอกมีการเปลี่ยนแปลงสูงกว่าดินที่ไม่มีการใส่ปุ๋ยคอก (Whalen *et al.*, 2000) นอกจากนี้ ปุ๋ยคอกยังอุดมไปด้วยอินทรีย์วัตถุที่จะเป็นตัวช่วยในการปรับปรุงสมบัติทางเคมี ชีวภาพ และกายภาพของดินที่ส่งผลโดยตรงต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติของดิน การเจริญเติบโต และการให้ผลผลิตของพืชภายใต้สภาพของดินที่มีความเค็ม (Choudhary *et al.*, 2004)

ผลผลิตน้ำหนักแห้งชีวมวล

ต้นกระถินยักษ์ในแปลงที่ใส่ถั่ว 2 ต้นต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยคอก 1 ต้นต่อไร่ (F3) มีน้ำหนักแห้งชีวมวลเฉลี่ย 1,985.53 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งสูงกว่าต้นกระถินยักษ์ในแปลงที่ใส่ปุ๋ยรูปแบบอื่นและแปลงที่ไม่ใส่ปุ๋ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) (Figure 4) ความแตกต่างทางสถิติที่เกิดขึ้นนี้อาจเกิดจากดินที่ปลูกมีเนื้อดินทรายปนดินร่วน (Loamy sand) ค่าความเค็มของดินประมาณ 3.7–3.9 เดซิซีเมนต่อเมตร ซึ่งอยู่ในระดับความเค็มน้อย (Shahid and Rahman, 2010) และมีความเป็นกรด-ด่างของดินที่ 5.0–5.1 ซึ่งอยู่ในระดับ

กรดจัด (United States Department of Agriculture, 1998) การใส่ถั่วที่เป็นสิ่งเหลือทิ้งจากโรงไฟฟ้าชีวมวล ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นด่าง จึงสามารถช่วยปรับปรุงดินกรด โดยการยกระดับความเป็นกรด-ด่างของดินและสามารถใช้แทนปูนขาวได้ (Matsi and Keramidias, 1999) เนื่องจากการใช้ปุ๋ยชีวภาพในทางการเกษตรเป็นหนึ่งในสาเหตุสำคัญของ การปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ที่ส่งผลต่อการเกิดภาวะโลกร้อน (Bernoux *et al.*, 2003) ซึ่ง Montes-Hernandez *et al.* (2009) รายงานว่า การใช้ถั่วในการปรับปรุงดิน ปริมาณ 1 ตัน สามารถกักเก็บคาร์บอนไดออกไซด์ถึง 26 กิโลกรัม โดยในถั่วยังมีธาตุฟอสฟอรัส โพแทสเซียม และแคลเซียม ซึ่งมีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของกระถินยักษ์ (Tudsri, 2004) นอกจากนี้ Basu *et al.* (2009) รายงานว่า การใช้ถั่วเพื่อปรับปรุงดิน สามารถทำให้ความหนาแน่นของดินลดลง และเพิ่มความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน ขณะที่ การได้รับปุ๋ยคอก ช่วยเพิ่มอินทรีย์วัตถุให้แก่ดิน และยังช่วยปรับปรุงสมบัติการนำไฟฟ้าของดิน (Umanu and Babade, 2013) ซึ่ง Melero *et al.* (2007) รายงานว่า การใส่ปุ๋ยคอกให้กับดินเค็มสามารถเพิ่มปริมาณและคุณภาพของคาร์บอนอินทรีย์ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส จุลินทรีย์ และกิจกรรมของเอนไซม์ ส่งผลโดยตรงต่อการปรับปรุงโครงสร้างของดินและประสิทธิภาพการซึมผ่านของน้ำในดิน ช่วยเพิ่มการชะล้างของเกลือ ลดการระเหยของน้ำบริเวณผิวดิน และยับยั้งการสะสมของเกลือที่ผิวดิน (Raychev *et al.*, 2001) การใส่ปุ๋ยคอกจึงเป็นหนึ่งวิธีการแก้ไขปัญหาดินเค็มที่มีต้นทุนต่ำ เรียบง่าย และประสบความสำเร็จในการแก้ไขปัญหาดินเค็ม (Mitchell *et al.*, 2000) อย่างไรก็ตาม การปลูกกระถินยักษ์ในพื้นที่ที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ ในปีแรกจะให้ผลผลิตต่ำ การยืดอายุการตัดครั้งแรกให้มากกว่า 1 ปี จะทำให้กระถินยักษ์ให้ผลผลิตสูงขึ้น ต่อจะมีขนาดใหญ่และทำให้ต้นใหม่เจริญเติบโตได้ดียิ่งขึ้น (Tudsri *et al.*, 2017)

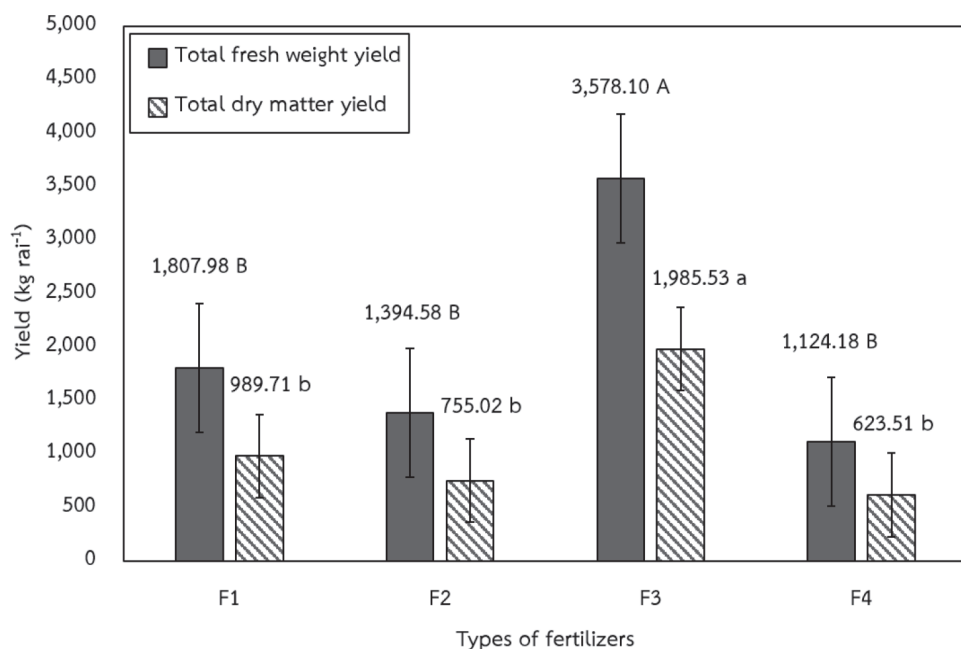


Figure 4 Total fresh weight yield and total dry matter yield of the 1st year harvest leucaena wood under 4 fertilizer types: F1 = mixing of chemical fertilizers 18–46–0 and 0–0–60 with ratio 1 : 1 at the rate of 80 kg rai⁻¹, F2 = mixing the same ratio of chemical fertilizers as F1 at the rate of 40 kg rai⁻¹ combined with 1 t rai⁻¹ of ash mixed with 500 kg rai⁻¹ of farm manure, F3 = mixing 2 t rai⁻¹ of ash with 1 t rai⁻¹ of farm manure, and F4 = non-fertilizer application. Error bar is the standard error. Means for total fresh weight yield showed by the same uppercase letter are not significantly different at $P < 0.05$ and means for total dry matter yield showed by the same lowercase letter are not significantly different at $P < 0.05$

องค์ประกอบผลผลิต

รูปแบบการใส่ปุ๋ยที่แตกต่างกันไม่ส่งผลต่อองค์ประกอบผลผลิตชีวมวลส่วนใบและกิ่งก้าน ($P > 0.05$) แต่ส่งผลต่อองค์ประกอบผลผลิตชีวมวลส่วนลำต้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยพบว่า แปลงที่ใส่เถ้า 2 ตันต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยคอก 1 ตันต่อไร่ คลุกลงในดิน (F3) ให้สัดส่วนของผลผลิตลำต้น 85.01 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสูงกว่าแปลงที่ใส่เถ้า 1 ตันต่อไร่ ปุ๋ยคอก 500 กิโลกรัมต่อไร่ คลุกลงในดิน และใส่ปุ๋ย

เคมีสูตร 18–46–0 ผสมปุ๋ยเคมีสูตร 0–0–60 อัตราส่วน 1 : 1 อัตรา 40 กิโลกรัมต่อไร่ (F2) ที่มีองค์ประกอบผลผลิตส่วนลำต้น 73.05 เปอร์เซ็นต์ และแปลงที่ไม่ใส่ปุ๋ย (F4) ที่มีองค์ประกอบผลผลิตส่วนลำต้น 75.80 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) แต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติกับแปลงที่ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 18–46–0 ผสมปุ๋ยเคมีสูตร 0–0–60 อัตราส่วน 1 : 1 อัตรา 80 กิโลกรัมต่อไร่ (F1) ที่มีองค์ประกอบผลผลิตส่วนลำต้น 81.63 เปอร์เซ็นต์ (Figure 5)

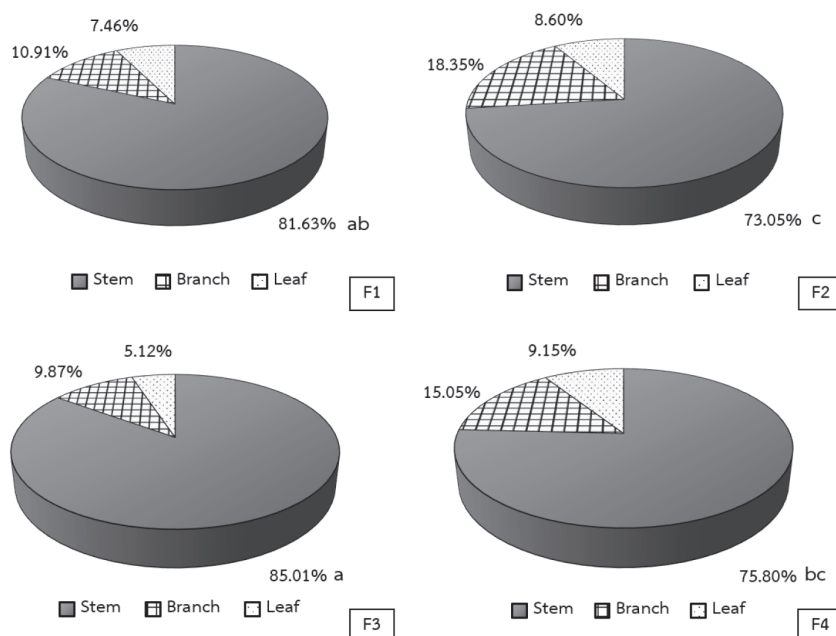


Figure 5 Percentages of yield component (Stem, branch and leaf) of leucaena at the 1st year harvest under 4 fertilizer types: F1 = mixing of chemical fertilizers 18–46–0 and 0–0–60 with ratio 1 : 1 at the rate of 80 kg rai⁻¹, F2 = mixing the same ratio of chemical fertilizers as F1 at the rate of 40 kg rai⁻¹ combined with 1 t rai⁻¹ of ash mixed with 500 kg rai⁻¹ of farm manure, F3 = mixing 2 t rai⁻¹ of ash with 1 t rai⁻¹ of farm manure, and F4 = non-fertilizer application. Means for each component showed by the same lowercase letter are not significantly different at $P < 0.05$

เมื่อเปรียบเทียบองค์ประกอบผลผลิตชีวมวลในส่วนลำต้นกับงานทดลองอื่น ๆ พบว่า งานทดลองนี้มีองค์ประกอบผลผลิตชีวมวลในส่วนลำต้นสูงกว่างานทดลองในดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำของ Tudsri *et al.* (2009) ที่ทดลองปลูกกระถินยักษ์ในดินลูกรังอำเภอเมือง จังหวัดสกลนคร ที่พบว่า ให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งชีวมวล 1,077 กิโลกรัมต่อไร่ โดยส่วนลำต้นเป็นองค์ประกอบที่มีสัดส่วนมากที่สุด 618 กิโลกรัมต่อไร่ คิดเป็น 57.38 เปอร์เซ็นต์ และมีองค์ประกอบผลผลิตชีวมวลในส่วนลำต้นใกล้เคียงกันกับงานทดลองในดินที่มีความอุดมสมบูรณ์สูงกว่าของ

Chotchutima *et al.* (2013) ที่รายงานสัดส่วนผลผลิตของกระถินยักษ์ที่ปลูกในศูนย์วิจัยข้าวโพดข้าวฟ่างแห่งชาติ จังหวัดนครราชสีมา ซึ่งมีสัดส่วนผลผลิตของลำต้น 83.27 เปอร์เซ็นต์ และสูงกว่างานทดลองที่ปลูกกระถินยักษ์ในดินร่วนปนทรายของ Lopez *et al.* (2008) ที่รายงานสัดส่วนผลผลิตของลำต้นในปีที่ 1 เท่ากับ 73.44 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งในการนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับการผลิตพลังงาน ส่วนของลำต้นเป็นส่วนที่สำคัญที่สุด เนื่องจากมีคุณสมบัติเหมาะสมมากกว่าส่วนอื่นและมีปริมาณมากที่สุด (Tudsri *et al.*, 2017)

องค์ประกอบทางเคมี

แปลงที่มีการใส่เถ้า 2 ต้นต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยคอก 1 ต้นต่อไร่ คลุกลงในดิน (F3) มีปริมาณธาตุไนโตรเจนสูงที่สุด ($P < 0.05$) ที่ 0.90 ± 0.01 กรัมต่อน้ำหนักแห้ง 100 กรัม ขณะที่ ปริมาณธาตุซัลเฟอร์และคลอไรด์ในแปลงทดลองที่ใส่ปุ๋ยต่างกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (Table 2) โดยกระถินยักษ์มีปริมาณธาตุซัลเฟอร์เฉลี่ย 99.06 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และมีปริมาณคลอไรด์เฉลี่ย 0.19 กรัมต่อน้ำหนักแห้ง 100 กรัม ซึ่งเมื่อนำปริมาณธาตุไนโตรเจน ซัลเฟอร์ และคลอไรด์ของกระถินยักษ์จากการทดลองนี้เปรียบเทียบกับค่าวิกฤติของปริมาณธาตุในชีวมวลของ Lewandowski and Kicherer (1997) พบว่า แปลงทดลองที่ศึกษามีปริมาณธาตุไนโตรเจน ซัลเฟอร์ และคลอไรด์ต่ำกว่าค่าวิกฤติ ซึ่งกำหนดไว้ว่า ปริมาณ

ไนโตรเจนไม่ควรเกินค่าวิกฤติที่ 1.00 กรัมต่อน้ำหนักแห้ง 100 กรัม เนื่องจากไนโตรเจนสามารถทำปฏิกิริยากับออกซิเจนเกิดเป็นไนตรัสออกไซด์ และถูกปลดปล่อยเข้าสู่ชั้นบรรยากาศได้ สำหรับปริมาณซัลเฟอร์ไม่ควรเกินค่าวิกฤติที่ 3,000 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม เนื่องจากซัลเฟอร์เป็นองค์ประกอบหลักของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ปริมาณซัลเฟอร์ที่สูงจะก่อให้เกิดการกัดกร่อนเตาปฏิกรณ์ชีวมวล (Van Paasen *et al.*, 2006) และปริมาณคลอไรด์ไม่ควรเกินค่าวิกฤติที่ 0.20 กรัมต่อน้ำหนักแห้ง 100 กรัม เนื่องจากในการเผาไหม้ชีวมวล คลอไรด์จะมีผลต่อการกัดกร่อนเตาปฏิกรณ์ชีวมวล โดยจะเกิดการกัดกร่อนโลหะในเตาปฏิกรณ์ชีวมวลจากก๊าซ เช่น Cl_2 , HCl , $NaCl$ และ KCl ที่อาจทำให้เกิดการกัดกร่อนโดยตรงจากการเร่งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Nielsen *et al.*, 2000)

Table 2 The contents of nitrogen, sulfur, chloride and ash, and heat value of the 1st year harvest leucaena wood under 4 fertilizer types

Types of fertilizers ¹	Nitrogen (g 100g ⁻¹)	Sulfur (mg kg ⁻¹)	Chloride (g 100g ⁻¹)	Ash (g 100g ⁻¹)	Heat value (MJ kg ⁻¹)
F1	0.63 ± 0.01^b	101.29 ± 11.25	0.19 ± 0.01	2.10 ± 0.15	18.32 ± 0.15
F2	0.64 ± 0.01^b	104.73 ± 9.23	0.18 ± 0.02	2.16 ± 0.26	18.15 ± 0.15
F3	0.90 ± 0.01^a	94.83 ± 3.29	0.19 ± 0.01	2.06 ± 0.12	18.13 ± 0.15
F4	0.61 ± 0.01^b	95.37 ± 7.29	0.21 ± 0.01	2.27 ± 0.26	18.20 ± 0.15
Mean	0.70	99.06	0.19	2.15	18.20
LSD	0.06	ns	ns	ns	ns
CV (%)	4.99	17.01	11.19	11.62	4.83
Critical values ²	< 1.00	< 3,000	< 0.20	< 9.00	> 14.00

¹ F1 = mixing of chemical fertilizers 18–46–0 and 0–0–60 with ratio 1 : 1 at the rate of 80 kg rai^{-1} , F2 = mixing the same ratio of chemical fertilizers as F1 at the rate of 40 kg rai^{-1} combined with 1 t rai^{-1} of ash mixed with 500 kg rai^{-1} of farm manure, F3 = mixing 2 t rai^{-1} of ash with 1 t rai^{-1} of farm manure, and F4 = non-fertilizer application

² Critical values for biomass fuel reported by Lewandowski and Kicherer (1997)

^{a, b} Means $\pm$ standard error for each component followed by the same lowercase letter are not significantly different at $P < 0.05$. ns = not significant at $P < 0.05$

LSD = least significant difference, CV = coefficient of variation

เถาและค่าความร้อน

รูปแบบการใส่ปุ๋ยที่แตกต่างกันไม่ส่งผลต่อปริมาณเถาและค่าความร้อนของกระถินยักษ์ ($P > 0.05$) (Table 2) โดยพบว่า กระถินยักษ์มีปริมาณเถาเฉลี่ย 2.15 กรัมต่อน้ำหนักแห้ง 100 กรัม และมีค่าความร้อนเฉลี่ย 18.20 เมกะจูลต่อกิโลกรัม โดยเมื่อนำปริมาณเถาและค่าความร้อนของกระถินยักษ์จากการทดลองนี้ เปรียบเทียบกับค่าวิกฤติของปริมาณเถาและค่าความร้อนในชีวมวลของ Lewandowski and Kicherer (1997) พบว่าเถามีปริมาณต่ำกว่าค่าวิกฤติ ซึ่งกำหนดไว้ว่า ปริมาณเถาทั้งหมดที่มีอยู่ในชีวมวลที่จะนำไปใช้เป็นพลังงานไม่ควรเกินค่าวิกฤติที่ 9 กรัมต่อน้ำหนักแห้ง 100 กรัม เนื่องจากเถาเป็นองค์ประกอบสำคัญที่เกี่ยวข้องกับคุณสมบัติในการเผาไหม้และค่าพลังงานความร้อนที่ได้รับ ชีวมวลที่มีปริมาณเถาส่งผลทำให้ค่าความร้อนลดลง ขณะที่ค่าความร้อนของกระถินยักษ์ของการทดลองนี้สูงกว่าค่าวิกฤติ ซึ่งกำหนดไว้ว่า ค่าความร้อนในชีวมวลที่จะนำไปใช้เป็นพลังงานไม่ควรต่ำกว่าค่าวิกฤติที่ 14 เมกะจูลต่อกิโลกรัม เนื่องจากค่าความร้อนเป็นตัวชี้วัดคุณภาพของไม้ในการใช้เป็นเชื้อเพลิง ทั้งนี้ ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบทางเคมี ปริมาณเถา และความชื้นในไม้ (Montes *et al.*, 2011)

สรุป

การปลูกกระถินยักษ์เพื่อใช้ประโยชน์ในเชิงพลังงานภายใต้พื้นที่ดินทรายและเค็ม และดินมีสภาพความเป็นกรด (pH 5.0–5.1) สามารถทำได้โดยการใส่เถาจากโรงไฟฟ้าชีวมวลร่วมกับปุ๋ยคอกในอัตราเถา 2 ตันต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยคอก 1 ตันต่อไร่ ซึ่งอินทรีย์วัตถุจากปุ๋ยคอกจะสามารถลดค่าความเค็มของดิน ในขณะเดียวกัน เถาจากโรงไฟฟ้าชีวมวลจะช่วยปรับค่าความเป็นกรด-ด่างของดินให้เข้าใกล้ความเป็นกลางมากขึ้น ทำให้กระถินยักษ์ที่ปลูกในสภาพพื้นที่ดินดังกล่าวสามารถเจริญเติบโตและให้ผลผลิตชีวมวลที่มีคุณภาพผ่านมาตรฐานค่าวิกฤติเชื้อเพลิงชีวมวล

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนการวิจัยจากทุนพัฒนานักศึกษาระดับปริญญาตรี ประจำปีงบประมาณ 2563 จากสำนักงานการวิจัยแห่งชาติ และขอขอบคุณบริษัท ขอนแก่นกรีน พาวเวอร์ จำกัด สำหรับการสนับสนุนพื้นที่ในการดำเนินงานวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- Basu, M., M. Pande, P.B.S. Bhadoria and S.C. Mahapatra. 2009. Potential fly-ash utilization in agriculture: a global review. *Prog. Nat. Sci.* 19: 1173–1186.
- Bernoux, M., B. Volkoff, M.C.S. Carvalho and C.C. Cerri. 2003. CO₂ emissions from liming of agricultural soils in Brazil. *Global Biogeochem. Cy.* 17(2): 1049.
- Bray, R.H. and L. Kurtz. 1945. Determination of total, organic, and available forms of phosphorus in soils. *Soil Sci.* 59(1): 39–45.
- Chotchutima, S., K. Kangvansaichol, S. Tudsri and P. Sripichitt. 2013. Effect of spacing on growth, biomass yield and quality of leucaena (*Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit.) for renewable energy in Thailand. *J. Sustain. Bioenergy Syst.* 3: 48–56.

- Choudhary, O.P., A.S. Josan, M.S. Bajwa and M.L. Kapur. 2004. Effect of sustained sodic and saline-sodic irrigation and application of gypsum and farmyard manure on yield and quality of sugarcane under semi-arid conditions. *Field Crops Res.* 87(2–3): 103–116.
- Khanna, P.K., R.J. Raison and R.A. Falkiner. 1994. Chemical properties of ash derived from Eucalyptus litter and its effects on forest soils. *For. Ecol. Manag.* 66: 107–125.
- Lewandowski, I. and A. Kicherer. 1997. Combustion quality of biomass: practical relevance and experiments to modify the biomass quality of *Miscanthus x giganteus*. *Eur. J. Agron.* 6: 163–177.
- Lopez, F., M.M. Garcia, R. Yanez, R. Tapias, M. Fernandez and M. Diaz. 2008. *Leucaena* species valoration for biomass and paper production in 1 and 2 year harvest. *Bioresour. Technol.* 99(11): 4846–4853.
- Matsi, T. and V.Z. Keramidis. 1999. Fly ash application on two acid soils and its effect on soil salinity, pH, B, P and on ryegrass growth and composition. *Environ. Pollut.* 104(1): 107–112.
- Melero, S., E. Madejon, J.C. Ruiz and J.F. Herencia. 2007. Chemical and biochemical properties of a clay soil under dryland agriculture system as affected by organic fertilization. *Eur. J. Agron.* 26(3): 327–334.
- Ministry of Energy. 2011. Biomass Energy. Energy Policy and Planning Office, Ministry of Energy, Bangkok, Thailand. 90 pp. (in Thai)
- Mitchell, J.P., C. Shennan, M.J. Singer, D.W. Peters, R.O. Miller, T. Prichard, S.R. Grattan, J.D. Rhoades, D.M. May and D.S. Munk. 2000. Impacts of gypsum and winter cover crops on soil physical properties and crop productivity when irrigated with saline water. *Agric. Water Manag.* 45(1): 55–71.
- Montes, C.S., D.A. da Silva, R.A. Garcia, G.I.B. de Muniz and J.C. Weber. 2011. Calorific value of *Prosopis africana* and *Balanites aegyptiaca* wood: relationships with tree growth, wood density and rainfall gradients in the West African Sahel. *Biomass Bioenerg.* 35: 346–353.
- Montes-Hernandez, G., R. Perez-Lopez, F. Renard, J.M. Nieto and L. Charlet. 2009. Mineral sequestration of CO₂ by aqueous carbonation of coal combustion fly-ash. *J. Hazard. Mater.* 161(2–3): 1347–1354.
- Nielsen, H.P., F.J. Frandsen, K. Dam-Johansen and L.L. Baxter. 2000. The implications of chlorine-associated corrosion on the operation of biomass-fired boilers. *Prog. Energy Combust. Sci.* 26(3): 283–298.
- Pratt, P.E. 1965. Potassium, pp. 1023–1031. In C.A. Black, ed. *Methods of Soil Analysis. Part II. Chemical and Microbiological Properties.* Agronomy No. 9. American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin, USA.

- Raychev, T., S. Popandova, G. Jozefaciuk, M. Hajnos and Z. Sokolowska. 2001. Physicochemical reclamation of saline soils using coal powder. *Int. Agrophysics*. 15(1): 51–54.
- Shahid, S.A. and K. Rahman. 2010. Soil salinity development, classification, assessment, and management in irrigated agriculture, pp. 23–39. *In* M. Pessaraki, ed. *Handbook of Plant and Crop Stress*. 3rd edition. CRC Press, FL, USA.
- Tudsri, S. 2004. *Tropical Forage Crop*. Kasetsart University Press, Bangkok, Thailand. 534 pp. (in Thai)
- Tudsri, S., K. Kangwansaichol and S. Butnak. 2017. *Leucaena: Sustainable Renewable Energy Crop*. PS. Print Printing House, Nonthaburi, Thailand. 107 pp. (in Thai)
- Tudsri, S., P. Sripichitt, N. Tunmookhaya and S. Boonprong. 2012. *Leucaena Management on Low and High Fertile Soil for Energy Application. The 4th Progress Report*. PTT Research and Technology Institute, PTT Public Company Limited, Bangkok, Thailand. 62 pp. (in Thai)
- Tudsri, S., P. Sripichitt, N. Wongsuwan and K. Nakmanee. 2009. *Leucaena Biomass Production for Sustainable Renewable Energy*. National Research Council of Thailand, Bangkok, Thailand. 139 pp. (in Thai)
- Tudsri, S., Y. Ishii and H. Numaguchi. 2002. Yield and quality tree grass species intercropped with *Leucaena leucocephala*. *J. ISSAAS*. 7: 83–90.
- Umanu, G. and M.F. Babade. 2013. Biological degradation of kerosene in soil amended with poultry droppings. *Int. J. Adv. Biol. Res.* 3(2): 254–259.
- United States Department of Agriculture. 1998. Soil quality indicators: pH. Available Source: https://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/nrcs142p2_052208.pdf, June 29, 2021.
- Van Paasen, S.V.B, M.K. Cieplik and N.P. Phokawat. 2006. *Gasification of Non-woody Biomass. Economic and Technical Perspectives of Chlorine and Sulphur Removal from Product Gas (Non-confidential Version)*. Energy Research Centre of the Netherlands, Petten, Netherland. 54 pp.
- Vityakon, P. 2007. Degradation and restoration of sandy soils under different agricultural land uses in northeast Thailand: a review. *Land Degrad. Dev.* 18(5): 567–577.
- Whalen, J.K., C. Chang, G.W. Clayton and J.P. Carefoot. 2000. Cattle manure amendments can increase the pH of acid soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 64(3): 962–966.
- Yuwanियอม, A. 2003. *Management of Saline Soil*. Land Development Department, Bangkok, Thailand. 83 pp. (in Thai)