

ผลของกากตะกอนอ้อยต่อสมบัติทางเคมีดินบางประการ ในกลุ่มชุดดินที่ 35 ของจังหวัดเชียงใหม่

Effects of Sugarcane Filter Cake on Soil Chemical Properties of Soil Series Group No.35, Chiang Mai Province

จิราภรณ์ อินทसार^{1*}, ธัญจิตรา สุวรรณพิงคา¹ และ จัตรปวีณ์ เดชจिरรัตน์ศิริ²
Jiraporn Inthasan^{1*}, Tanjittra Suwanpingka¹ and Chatprawee Dechjiraratthanasiri²

¹สาขาวิชาทรัพยากรดินและสิ่งแวดล้อม คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จ. เชียงใหม่ 50290

¹Division of Soil Resources and Environment, Faculty of Agricultural Production, Maejo University, Chiang Mai 50290, Thailand

²ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

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

*Corresponding author: Email: inthasan@mju.ac.th

(Received: 18 April 2022; Accepted: 12 October 2022)

Abstract: Sugarcane filter cake is a by-product of the sugarcane industry, which has the potential to use as a soil amendment. Therefore, the study of the effects of sugarcane filter cake (a waste product) on soil chemical properties of soil series group No.35 was conducted from April to August 2020. The soil samples were collected at 0-25 cm depth from 2 sites in Sansai district, Chiang Mai province. Six treatments were laid out in a completely randomized design (CRD) with four replications consisting of 1) control (no sugarcane filter cake, C) and follows with 2 - 6 by different rates of sugarcane filter cake at 500, 1,000, 1,500, 3,000, and 4,500 kg/rai, respectively. The sugarcane filter cake was mixed well with soil and incubated for 12 weeks at room temperature. The result showed that the sugarcane filter cake rate at 4,500 kg/rai caused the highest soil pH after 2 weeks of incubation and slightly decreased till the end at 12 weeks in both sites of soil samples. Interestingly, the sugarcane filter cake rate at 4,500 kg/rai provided the highest amount of organic matter, phosphorus, potassium, calcium, magnesium, iron, manganese, copper, and zinc contents in soil series group No. 35 at both sites after 12 weeks of incubation. This study revealed that the sugarcane filter cake could be used as a soil amendment to improve soil fertility and some soil chemical properties of the soil series group No. 35.

Keywords: Soil amendment, soil fertility, sugarcane industrial by-product

บทคัดย่อ: กากตะกอนอ้อยเป็นผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมการผลิตน้ำตาล ซึ่งมีศักยภาพในการนำมาใช้เป็นวัสดุปรับปรุงดิน จึงนำวัสดุเหลือใช้ดังกล่าวมาศึกษาผลของกากตะกอนอ้อยต่อสมบัติทางเคมีดินบางประการในกลุ่มชุดดินที่ 35 ในระหว่างเดือนเมษายนถึงเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2563 โดยทำการเก็บตัวอย่างดินที่ระดับความลึก 0 - 25 เซนติเมตร จาก 2 พื้นที่ในเขตอำเภอสนทราย จังหวัดเชียงใหม่ วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ ประกอบด้วย 6 ตำรับ จำนวน 4 ซ้ำ ดังนี้ 1) ควบคุม (ไม่ใส่กากตะกอนอ้อย) 2 - 6) ตำรับกากตะกอนอ้อยในอัตรา 500, 1,000, 1,500, 3,000 และ 4,500 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ นำกากตะกอนอ้อยมาบ่มกับดินและเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์ ผลการทดลองพบว่า การใส่กากตะกอนอ้อยในอัตรา 4,500 กิโลกรัมต่อไร่ ในดินทั้งสองตัวอย่างมีค่าความเป็นกรด-ด่างสูงที่สุดในสัปดาห์ที่ 2 หลังบ่มดิน จากนั้นค่าความเป็นกรด-ด่างค่อย ๆ ลดลงตามระยะเวลา จนถึงสัปดาห์ที่ 12 นอกจากนี้ อัตราดังกล่าวยังส่งผลให้ปริมาณอินทรีย์วัตถุ ปริมาณฟอสฟอรัส ปริมาณโพแทสเซียม ปริมาณแคลเซียม ปริมาณแมกนีเซียม ปริมาณเหล็ก ปริมาณแมงกานีส ปริมาณสังกะสีและปริมาณทองแดงในดินเพิ่มขึ้นหลังจากการบ่มดินเป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์ การศึกษาในครั้งนี้ชี้ให้เห็นว่ากากตะกอนอ้อยสามารถนำมาใช้เป็นวัสดุปรับปรุงดินเพื่อเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดินและสมบัติทางเคมีของดินบางประการในกลุ่มชุดดินที่ 35

คำสำคัญ: วัสดุปรับปรุงดิน ความอุดมสมบูรณ์ของดิน ผลพลอยได้จากการผลิตน้ำตาล

คำนำ

ปัจจุบันในประเทศไทยมีพื้นที่เพาะปลูกอ้อยทั้งหมดประมาณ 10 ล้านไร่ มีจำนวนอ้อยที่ส่งเข้าโรงงานน้ำตาลประมาณ 67 ล้านตันต่อปี (Office of Cane and Sugar Board, 2021) การผลิตน้ำตาลทำให้มีเศษเหลือใช้หรือผลพลอยได้จากการผลิต เช่น กากตะกอนอ้อย กากอ้อย กากน้ำตาล เป็นต้น กากอ้อยสามารถนำมาทำเป็นเชื้อเพลิงและผลิตไฟฟ้า กากน้ำตาลสามารถนำไปหมักเพื่อผลิตเอทานอล และส่วนกากตะกอนอ้อยที่มีจำนวนไม่น้อยกว่า 2.5 ล้านตันในแต่ละปี สามารถนำไปผสมลงดิน ผสมรองก้นหลุม ใส่ระหว่างร่องปลูกเพื่อปรับปรุงสมบัติของดิน ซึ่งกากตะกอนอ้อย (filter cake, filter mud หรือ press mud) คือสิ่งเจือปน ที่อยู่ในน้ำอ้อยไม่สามารถละลายน้ำได้ สิ่งเจือปนนี้ถูกกำจัดไปในกระบวนการทำใส (clarification) โดยผ่านหม้อกรองสุญญากาศ (vacuum rotary filter) ซึ่งเป็นวัสดุเหลือใช้ที่มาจากกระบวนการผลิตน้ำตาลที่ได้จากการแยกตะกอนออกจากน้ำอ้อยในขั้นตอนสุดท้าย เพื่อนำน้ำอ้อยไปผลิตเป็นน้ำตาลทราย กากตะกอนอ้อยทั่วไปมีลักษณะเปียกชื้นเป็นสีดำ ซึ่งในนั้นประกอบด้วย เศษของพืชในส่วนของใบและกาบใบเป็นส่วนใหญ่ นอกจากนี้ยังพบไซ เศษดิน

ทราย กรวด โดยกากตะกอนอ้อยมีปริมาณธาตุไนโตรเจน 1.6 เปอร์เซ็นต์ ฟอสฟอรัส 1.3 เปอร์เซ็นต์ และโพแทสเซียม 0.4 เปอร์เซ็นต์ (Khawairakpam and Bhargava, 2009) นอกจากนี้ ยังมีองค์ประกอบของธาตุอาหารรองเช่น แคลเซียม 23.4 มิลลิกรัมต่อกรัม แมกนีเซียมและกำมะถัน 3.9 มิลลิกรัมต่อกรัม (Rasul *et al.*, 2008) เมื่อนำไปใช้เป็นวัสดุปรับปรุงดินสามารถเพิ่มปริมาณธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืชได้ ช่วยปรับโครงสร้างของดินให้มีการอุ้มน้ำได้ดี ทำให้พืชสามารถดูดธาตุอาหารไปใช้ได้ เพิ่มปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน เป็นแหล่งอาหารของจุลินทรีย์ในดินที่เป็นประโยชน์ (Santos *et al.*, 2014) รวมทั้งยังสามารถเพิ่มเสถียรภาพของเม็ดดิน เพิ่มความสามารถในการอุ้มน้ำ และ ยังลดความหนาแน่นรวมของดินเมื่อมีการใช้กากตะกอนอ้อยใส่ให้กับดินในอัตราตั้งแต่ 20 เมกกะกรัมต่อเฮกตาร์ (de Jesus Duarte *et al.*, 2020; de Mello Prado *et al.*, 2013) ที่มีธาตุอาหารหลายตัว โดยส่วนมากสมบัติของกากตะกอนอ้อยมีค่าความเป็นกรด-ด่างสูงกว่า 7.5 และยังมีปริมาณธาตุอาหารรองเช่น แคลเซียม แมกนีเซียม และกำมะถันในสัดส่วนที่ค่อนข้างสูง จึงทำให้มีศักยภาพในการเพิ่มความสามารถในการแลกเปลี่ยนไอออนบวกของดิน และลดความเป็นพิษของอลูมิเนียม ซึ่งเป็นพิษต่อพืช (Komdorfer and

Anderson, 1997) ขณะที่ค่าความเป็นกรด-ด่างของกากตะกอนอ้อยที่พบในประเทศไทยจาก 3 แหล่งอยู่ในช่วง 5.26 - 7.12 (Boonyuen *et al.*, 2014) จากคุณสมบัติดังกล่าว กากตะกอนอ้อยมีศักยภาพที่จะนำมาเป็นวัสดุปรับปรุงดินเพื่อทำให้เกิดประโยชน์ทางการเกษตร โดยเฉพาะการนำกากตะกอนอ้อยมาในการปรับปรุงดินกรดหรือดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ ซึ่งกลุ่มชุดดินที่ 35 เป็นอีกกลุ่มชุดดินใน ตำบลหนองหาร อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ที่มีลักษณะเป็นกรดและมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ เทียบเคียงใกล้กันกับกลุ่มชุดดินที่ 29 โดยในเขตตำบลหนองหารนั้นมีกลุ่มชุดดิน ที่ 35 และ 29 รวมกันมากกว่า 70 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ (Land Development Department, 2015) ทำให้มีผลกระทบต่อการเกษตรของเกษตรกรในพื้นที่ โดยพื้นที่ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่นา 25 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ทำการเกษตรทั้งหมด รองลงมาคือพืชไร่และไม้ผล จากการสัมภาษณ์เกษตรกรยังไม่มียุทธศาสตร์การจัดการด้านปุ๋ยและปรับปรุงดินที่เหมาะสมกับการเพาะปลูก ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการทำการศึกษาค้นคว้าของกากตะกอนอ้อยจากโรงงานน้ำตาลต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีดินบางประการในกลุ่มชุดดินที่ 35 ของจังหวัดเชียงใหม่ โดยทำการศึกษาค้นคว้าการใช้ของกากตะกอนอ้อยที่เหมาะสมในระดับห้องปฏิบัติการก่อนการนำไปทดสอบและประยุกต์ใช้ในแปลงปลูกของเกษตรกรในสภาพไร่นา เพื่อให้ได้อัตราที่เหมาะสมสำหรับการส่งเสริมการใช้กากตะกอนอ้อย อีกทั้งยังสามารถนำผลพลอยได้จากโรงงานน้ำตาลมาทำให้เกิดประโยชน์สูงสุดในภาคการเกษตรต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

การศึกษาค้นคว้าของกากตะกอนอ้อยต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีดินบางประการได้ดำเนินการ ณ อาคารปฏิบัติการและฝึกอบรมทางดินและปุ๋ยชั้นสูง คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ตั้งแต่เดือนเมษายน - สิงหาคม พ.ศ. 2563 โดยนำกากตะกอนอ้อยที่ผ่านกระบวนการกรองแยกกากตะกอนออกจาก

น้ำอ้อย โดยใช้หม้อกรองสุญญากาศและถูกกองทิ้งไว้ตามธรรมชาติในบริเวณลานตากกากตะกอนมาแล้วไม่น้อยกว่า 3 เดือน จากโรงงานน้ำตาล บริษัทอุตสาหกรรมโคราช จังหวัดนครราชสีมา มาใช้ในการปรับปรุงคุณภาพดินในกลุ่มชุดดินที่ 35 ที่มีลักษณะเป็นกรดค่าความเป็นกรด-ด่างอยู่ในช่วง 4.0 - 5.5 ดินระดับบนมีเนื้อดินเป็นดินร่วนปนทราย ดินล่างเป็นดินร่วนเหนียวปนทราย มีสีดินเป็นสีน้ำตาล สีเหลือง หรือสีแดง อันเกิดจากวัตถุต้นกำเนิดดินพวกตะกอนลำนํ้า หรือเกิดจากการสลายตัวผุพังของหินเนื้อหยาบ และมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ ซึ่งเป็นกลุ่มชุดดินที่เกษตรกรในพื้นที่อำเภอสันทราย ใช้ในการทำการเกษตรและพบปัญหาเกี่ยวกับความเป็นกรดในพื้นที่

การเก็บตัวอย่างดินและการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของดิน

ทำการเก็บตัวอย่างดินรวม (composite sampling) ในกลุ่มชุดดินที่ 35 จากแปลงของเกษตรกร 2 รายในเขตตำบลหนองหาร อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ โดยแปลงของเกษตรกรรายที่ 1 เป็นที่กร้างเกษตรกรใช้เลี้ยงสัตว์ ขณะที่ตัวอย่างดินจากแปลงที่ 2 เป็นแปลงที่เกษตรกรทำการปลูกผักสวนครัวแต่ไม่มีการใช้ปุ๋ยเคมี ใช้ปุ๋ยคอกปีละ 1 ครั้งและไม่ระบุนัตราการใช้ปุ๋ยคอกที่แน่นอน ซึ่งเกษตรกรทั้ง 2 มีเป้าหมายที่จะทำการเพาะปลูกพืชไร่และพืชผักสวนครัวในอนาคตและคาดหวังต่อการจัดการดินที่เหมาะสมในพื้นที่ จึงทำการเก็บตัวอย่างดินในพื้นที่ 1 ไร่ แปลงละ 10 จุด ที่ระดับความลึก 0 - 25 เซนติเมตร จากนั้นทำให้แห้งโดยผึ่งไว้ในที่ร่ม (air-dried) และนำไปบดผ่านตะแกรงร่อนดินขนาด 0.5 และ 2.0 มิลลิเมตร เพื่อนำตัวอย่างดินมาวิเคราะห์หาคุณสมบัติทางเคมีของดินบางประการก่อนและหลังบ่มดิน โดยทำการวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง ใช้ดิน 10 กรัมต่อน้ำกลั่น 10 มิลลิลิตร (1 : 1) โดยใช้เครื่องมือ pH-meter หาปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน (soil organic matter) โดยวิธีของ Walkley and Black (Motsara and Roy, 2008) หาปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (available phosphorous) ด้วยน้ำยาสกัด Bray II ตามวิธีการของ

Watanabe and Olsen (1962) อ่านค่าด้วยเครื่อง spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 882 นาโนเมตร ปริมาณโพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (exchangeable potassium, calcium, magnesium) ด้วย น้ำยาสกัด NH_4OAc pH 7.0 (Onthong and Poonpakdee, 2020) และหาปริมาณ เหล็ก แมงกานีส สังกะสี ทองแดงที่เป็นประโยชน์ (available iron, manganese, zinc and copper) ด้วย น้ำยาสกัด DTPA (diethylene triamine penta acetic acid) จากนั้นนำไปอ่านค่าด้วยเครื่อง atomic absorption spectro-photometer (AAS) (Motsara and Roy, 2008)

การวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในกากตะกอนย่อย

นำตัวอย่างกากตะกอนย่อยที่ได้จากการแยก ตะกอนออกจากน้ำย่อยในขั้นตอนสุดท้ายมาทำการผึ่ง ให้แห้งและบดให้มีขนาดเล็กผ่านตะแกรงร่อน 0.5 และ 2.0 มิลลิเมตร วิเคราะห์หาปริมาณอินทรีย์-คาร์บอน (organic carbon) โดยวิธีของ Walkley and Black (Motsara and Roy, 2008) ปริมาณไนโตรเจน ทั้งหมด (total nitrogen) โดยวิธีของ Kjeldahl Method กากตะกอนย่อยมาย่อยด้วยกรด $\text{HClO}_4 : \text{HNO}_3$ (wet oxidation) ในอัตรา 6 : 1 จากนั้นกรองด้วย กระดาษกรองเบอร์ 5 (whatman No. 5) เพื่อนำมา วิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดด้วยการพัฒนาสี ด้วย vanadomolybdate reagent อ่านค่าด้วยเครื่อง spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 420 นาโนเมตร สำหรับปริมาณโพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม เหล็ก แมงกานีส ทองแดง และสังกะสี อ่านค่าด้วย เครื่อง AAS (Motsara and Roy, 2008)

การวางแผนการทดลอง

ทำการบ่มตัวอย่างดินที่ผ่านการร่อนด้วย ตะแกรงขนาด 2 มิลลิเมตร จำนวน 500 กรัมร่วมกับ กากตะกอนย่อยที่ผ่านการร่อนด้วยตะแกรงขนาด 2 มิลลิเมตรเช่นเดียวกันในแต่ละอัตราส่วนของแต่ละ ตำรับทดลอง โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomized design: CRD) จำนวน 4 ซ้ำ ประกอบด้วยสิ่งที่ทดลอง 6 ตำรับ ดังนี้ 1) ตำรับควบคุม

ไม่มีการใส่การตะกอนย่อย 2) ตำรับกากตะกอนย่อย ในอัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ 3) ตำรับกากตะกอนย่อย ในอัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ 4) ตำรับกากตะกอนย่อย ในอัตรา 1,500 กิโลกรัมต่อไร่ 5) ตำรับกากตะกอนย่อย ในอัตรา 3,000 กิโลกรัมต่อไร่ และ 6) ตำรับกากตะกอนย่อยในอัตรา 4,500 กิโลกรัมต่อไร่ จากนั้นนำดิน มาคลุกเคล้ากับกากตะกอนย่อยในอัตราที่กำหนด ทำ การปรับความชื้นของดินให้อยู่ในระดับ 60 เปอร์เซ็นต์ ของความชื้นดินที่จุดอิ่มตัวด้วยน้ำ คือ 23 เปอร์เซ็นต์ (w/w) ที่ได้จากการวิเคราะห์โดยวิธี gravimetric method (Gardner, 1986) โดยเติมน้ำกลั่น ปริมาตร 13.8 มิลลิเมตร ต่อตัวอย่างดิน 100 กรัม ทำการบ่มดินในระบบปิดด้วย ถุงซีลล๊อคขนาด 6 x 9 นิ้ว ที่อุณหภูมิห้อง (25 - 30 องศาเซลเซียส) เป็นระยะเวลา 3 เดือน (ปรับปรุงจาก Feng *et al.*, 2021) ทำการวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่าง ทุก ๆ 2 สัปดาห์ และวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของดิน ก่อนการทดลองและหลังการบ่มดิน

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยโปรแกรม Statistix 10 ทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (analysis of variance: ANOVA) ตามแผนการทดลองแบบสุ่ม สมบูรณ์ และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่าง ค่าเฉลี่ยโดยวิธีจัดกลุ่มของสิ่งทดลอง (least significant difference: LSD)

ผลการศึกษาและวิจารณ์

สมบัติทางเคมีของดินและกากตะกอนย่อยก่อนทำ การทดลอง

จากการศึกษาสมบัติทางเคมีของกลุ่มชุดดิน ที่ 35 ก่อนทำการทดลอง พบว่า ตัวอย่างดินจากจุดที่ 1 และ จุดที่ 2 มีค่าความเป็นกรด-ด่างอยู่ในเกณฑ์กรด รุนแรง (3.50 และ 3.81) ตามลำดับ ปริมาณอินทรีย์วัตถุ ในดินทั้ง 2 จุดอยู่ในเกณฑ์ต่ำมาก ปริมาณฟอสฟอรัส อยู่ในเกณฑ์ต่ำมากและโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ ในดินอยู่ในเกณฑ์ที่สูง ปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ ในตัวอย่างดินมีค่าอยู่ที่ 3,518 และ 3,501 มิลลิกรัมต่อ

กิโลกรัม ในดินจุดที่ 1 และจุดที่ 2 ตามลำดับ ปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินมีค่าอยู่ที่ 930 (จุดที่ 1) และ 735 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (จุดที่ 2) ส่วนปริมาณธาตุอาหารเสริมในดินก่อนทำการทดลองพบว่า มีปริมาณเหล็กเป็นประโยชน์มีค่าอยู่ที่ 38 - 44 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ปริมาณแมงกานีสที่เป็นประโยชน์มีค่าอยู่ที่ 17 - 19 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ปริมาณทองแดงเป็นประโยชน์มีค่าอยู่ที่ 0.5 - 0.9 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และปริมาณสังกะสีเป็นประโยชน์มีค่าอยู่ที่ 1.9 - 2.5 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (Table 1) โดยดินทั้งสองจุดมีความเป็นกรดต่างต่ำอยู่ในเกณฑ์ใกล้เคียงกับชุดดินที่ 35 ซึ่งมีค่าความเป็นกรด-ด่าง 4.0 - 4.5 แต่มีปริมาณต่ำกว่าเล็กน้อย และมีปริมาณฟอสฟอรัสอยู่ในเกณฑ์ที่ต่ำและมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ (Office of Soil Survey and Land Use Planning, 2005)

สมบัติทางเคมีบางประการในกากตะกอนอ้อยพบว่า กากตะกอนอ้อยมีความเป็นด่างปานกลาง 7.92 ซึ่งใกล้เคียงกับ Ossom (2010) มีค่า pH อยู่ที่ 7.98 ปริมาณอินทรีย์คาร์บอน 16.7 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดของกากตะกอนอ้อยอยู่ที่ 1.90

เปอร์เซ็นต์ ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดอยู่ที่ 0.54 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณแคลเซียมทั้งหมดอยู่ที่ 3.33 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณแมกนีเซียมทั้งหมดอยู่ที่ 0.71 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีค่าสูงกว่าข้อมูลของ de Mello Prado *et al.* (2013) ที่พบปริมาณไนโตรเจน (2.0 เปอร์เซ็นต์) ปริมาณฟอสฟอรัส (1.1 เปอร์เซ็นต์) ปริมาณโพแทสเซียม (0.3 เปอร์เซ็นต์) ปริมาณแคลเซียม (2.1 เปอร์เซ็นต์) และปริมาณแมกนีเซียม (0.6 เปอร์เซ็นต์) ส่วนปริมาณธาตุอาหารเสริมในกากตะกอนอ้อยที่วิเคราะห์ก่อนการทดลองพบว่า ปริมาณเหล็ก แมงกานีส ทองแดง และสังกะสีทั้งหมดอยู่ที่ 1,801 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม 1,415 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม 132 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และ 59 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ขณะที่รายงานของ Office of Cane and Sugar Board (2021) ได้รวบรวมข้อมูลสมบัติของกากตะกอนอ้อยจากตะกอนหมักกรองมีความเป็นกรดต่างอยู่ในช่วง 8.0 - 9.0 มีปริมาณไนโตรเจน 3.0 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณฟอสฟอรัส 0.24 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณโพแทสเซียม 0.2 เปอร์เซ็นต์ โดยผลการวิเคราะห์กากตะกอนอ้อยที่ใช้ในงานทดลองครั้งนี้สูงกว่าถึง 0.54 เปอร์เซ็นต์ (Table 2)

Table 1. Soil chemical properties before Sugarcane filter cake application

Soil	pH	OM (%)	Extractable-forms							
			P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn	Cu
			(-----mg/kg-----)							
Site 1	3.50	0.22	1.5	83	439	114	1.7	0.6	0.8	0.30
Site 2	3.81	0.22	1.0	87	493	110	1.6	0.6	1.0	0.30

Table 2. Chemical properties of Sugarcane filter cake

pH	Total contents									
	OC	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn	Cu
(-----%-----)							(-----mg/kg-----)			
7.92	16.7	1.95	1.90	0.54	3.33	0.71	1,801	1,415	132	59

ค่าความเป็นกรด-ด่างของกลุ่มชุดดินที่ 35 หลังการทดลอง

ตัวอย่างดินจุดที่ 1 หลังการบ่ม พบว่า ความเป็นกรด-ด่างในตำรับการใช้กากตะกอนขี้เถ้าในอัตรา 4,500 กิโลกรัมต่อไร่ ส่งผลให้มีค่าความเป็นกรด-ด่างสูงที่สุดในทุกสัปดาห์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) แต่ไม่มีความแตกต่างกับตำรับที่ใส่กากตะกอนขี้เถ้าในอัตรา 3,000 กิโลกรัมต่อไร่ โดยพบว่า ในสัปดาห์ที่ 2 หลังการบ่มทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างสูงที่สุดคือ 4.61 ขณะที่ตำรับควบคุมมีค่าความเป็นกรด-ด่างต่ำที่สุดในทุกสัปดาห์หลังการบ่ม (Table 3)

ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างดินจุดที่ 2 ตำรับที่ใส่กากตะกอนขี้เถ้าในอัตรา 4,500 กิโลกรัมต่อไร่ มีค่าความเป็นกรด-ด่างสูงที่สุดคือ 4.52 ซึ่งไม่มีความแตกต่างในทางสถิติกับตำรับ 1,500 และ 3,000 กิโลกรัมต่อไร่ ($P < 0.05$) หลังจากบ่มดินครบ 2 สัปดาห์ ขณะที่ตำรับควบคุมพบค่าความเป็นกรด-ด่างน้อยที่สุดคือ 4.25 ระยะเวลา 4 - 10 สัปดาห์หลังบ่ม ค่าความเป็นกรด-ด่างสูงที่สุดพบในตำรับที่ใส่กากตะกอนขี้เถ้าในอัตรา 4,500 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งไม่มีความแตกต่างในทางสถิติกับตำรับที่ใส่กากตะกอนขี้เถ้าในอัตรา 3,000 กิโลกรัมต่อไร่ ($P < 0.01$) (Table 3)

Table 3. Soil acidity (soil pH) after incubation of soil series group No. 35

Treatment	0 weeks	2 weeks	4 weeks	6 weeks	8 weeks	10 weeks	12 weeks
Site 1							
Control	4.07 ^c	4.07 ^b	4.10 ^b	4.12 ^c	4.12 ^d	4.09 ^c	3.94 ^c
Filter cake 500	4.20 ^b	4.38 ^b	4.22 ^b	4.15 ^{bc}	4.16 ^{cd}	4.12 ^c	4.12 ^c
Filter cake 1,000	4.32 ^b	4.39 ^b	4.19 ^b	4.24 ^{bc}	4.19 ^{bcd}	4.18 ^{bc}	4.14 ^{bc}
Filter cake 1,500	4.38 ^b	4.48 ^b	4.30 ^b	4.26 ^b	4.26 ^{bc}	4.17 ^{bc}	4.21 ^{ab}
Filter cake 3,000	4.50 ^{ab}	4.55 ^{ab}	4.53 ^a	4.40 ^a	4.30 ^b	4.30 ^{ab}	4.22 ^{ab}
Filter cake 4,500	4.58 ^a	4.61 ^a	4.60 ^a	4.50 ^a	4.46 ^a	4.39 ^a	4.28 ^a
Grand mean	4.34	4.41	4.32	4.28	4.25	4.21	4.15
CV (%)	1.91	1.70	1.46	1.21	1.12	1.47	0.78
F-test	*	**	**	**	**	**	**
Site 2							
Control	4.24 ^c	4.25 ^c	4.22 ^c	4.21 ^c	4.19 ^c	4.21 ^b	4.18
Filter cake 500	4.30 ^{bc}	4.39 ^{bc}	4.23 ^{bc}	4.26 ^c	4.27 ^{bc}	4.21 ^b	4.23
Filter cake 1,000	4.40 ^{bc}	4.39 ^{bc}	4.24 ^{bc}	4.24 ^c	4.22 ^{bc}	4.25 ^b	4.26
Filter cake 1,500	4.47 ^{ab}	4.49 ^{ab}	4.28 ^{bc}	4.32 ^{bc}	4.24 ^{bc}	4.25 ^b	4.31
Filter cake 3,000	4.50 ^{ab}	4.44 ^{abc}	4.40 ^{ab}	4.47 ^{ab}	4.33 ^{ab}	4.36 ^{ab}	4.34
Filter cake 4,500	4.52 ^a	4.52 ^a	4.50 ^a	4.49 ^a	4.45 ^a	4.43 ^a	4.43
Grand mean	4.41	4.41	4.31	4.33	4.28	4.29	4.29
CV (%)	1.59	1.29	1.39	2.29	1.33	2.02	2.62
F-test	*	*	**	*	**	*	ns

Mean in the column followed by different letters were different significantly by LSD, * $P < 0.05$, ** $P < 0.01$ and ns = non-significant

หลังจากบ่มครบเป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์ ค่าความเป็นกรด-ด่างทุกตัวรับการทดลองไม่มีความแตกต่างในทางสถิติ โดยมีค่าความเป็นกรด-ด่าง เฉลี่ยอยู่ที่ 4.29 ตัวรับที่ใส่กากตะกอนอ้อยในอัตรา 4,500 กิโลกรัมต่อไร่ มีค่าความเป็นกรด-ด่างสูงที่สุดคือ 4.43 และตัวรับควบคุมพบค่าความเป็นกรด-ด่างน้อยที่สุดคือ 4.18 การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด-ด่างในชุดดินที่ 35 พบว่าการใส่กากตะกอนอ้อยทุกตัวรับการทดลองทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างในดินเพิ่มขึ้นทั้งสองตัวอย่าง โดยตัวรับใส่กากตะกอนอ้อยในอัตรา 4,500 กิโลกรัมต่อไร่ สามารถทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างเพิ่มขึ้นมากที่สุด ใน 2 สัปดาห์แล้วค่อย ๆ ลดลงเล็กน้อยในสัปดาห์ต่อมา โดยการเพิ่มขึ้นในระยะแรกของความเป็นกรด-ด่างอาจเป็นผลของออกไซด์และคาร์บอนเนตของแคลเซียมที่เป็นองค์ประกอบของกากตะกอนอ้อย (Table 2) ทำปฏิกิริยากับไฮโดรเจนและน้ำ (Vance, 1996) ขณะที่เมื่อเวลาผ่านไปอาจเกิดกระบวนการสลายตัวของหินและแร่ทำให้มีการปลดปล่อยแคลเซียมต่าง ๆ ออกมาในสารละลายดิน รวมทั้งกระบวนการสลายตัวของหินที่เกิดขึ้นจากอินทรีย์วัตถุในรูปที่เป็นกรดอินทรีย์และอนินทรีย์ ทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่าง ลดลงเล็กน้อย (McLaren and Camero, 1996) แต่จะพบว่า การใส่กากตะกอนอ้อยยังทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างสูงกว่าตัวควบคุมเมื่อเวลาผ่านไป 12 สัปดาห์ ซึ่งสอดคล้องกับงานทดลองของ Srinarong and Panchaban (2003) ได้ทำการทดสอบผลของกากตะกอนอ้อยกับปุ๋ยเคมีต่อการเจริญเติบโตของผลผลิตข้าว 5 สายพันธุ์ที่ปลูกในดินเค็ม พบว่า เมื่อใส่กากตะกอนอ้อยในอัตรา 3,000 กิโลกรัมต่อไร่ ทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างเพิ่มขึ้น จาก 6.2 เป็น 6.8 เช่นเดียวกัน Dee *et al.* (2002) ทำการศึกษาการนำของเสียจากโรงงานน้ำตาลมาปรับปรุงดิน ซึ่งทำการเก็บตัวอย่างดินที่เมือง KwaZulu-Natal ประเทศแอฟริกาใต้ พบว่า การใส่กากตะกอนอ้อยในดิน Cartref ส่งผลให้ค่าความเป็นกรด-ด่างเพิ่มขึ้น จาก 4.6 เป็น 5.4 จากการใส่กากตะกอนอ้อยในอัตรา 10 มิลลิกรัมต่อกรัม และ 5.6 จากการใส่กากตะกอนอ้อยในอัตรา 20 มิลลิกรัมต่อกรัม ในดินหลังการทดลอง

สมบัติทางเคมีบางประการของดินหลังทำการทดลอง

จากผลการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของกลุ่มชุดดินที่ 35 หลังการบ่มเป็นเวลา 3 เดือน พบว่า ดินจุดที่ 1 ในตัวรับที่ใส่กากตะกอนอ้อยในอัตรา 4,500 กิโลกรัมต่อไร่ มีปริมาณอินทรีย์วัตถุและปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินสูงที่สุด อยู่ที่ 0.73 เปอร์เซ็นต์ และ 98 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งมีความแตกต่างกันในทางสถิติกับทุกตัวรับทดลอง ($P < 0.01$) ตัวรับควบคุมมีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่ำที่สุดคือ 2 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติกับตัวรับที่ใส่กากตะกอนอ้อยในอัตรา 500 และ 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ ($P < 0.01$) ปริมาณโพแทสเซียม ปริมาณแคลเซียม และแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินสูงที่สุดพบในตัวรับที่ใส่กากตะกอนอ้อยในอัตรา 4,500 กิโลกรัมต่อไร่ คือ 115 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม 1,071 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และ 234 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างกันทางสถิติกับทุกตัวรับทดลอง ($P < 0.01$) ปริมาณธาตุอาหารเสริมที่ทำการวิเคราะห์ได้ผลดังนี้ ปริมาณเหล็ก และแมงกานีส และสังกะสีที่แลกเปลี่ยนได้ในดินสูงที่สุดคือตัวรับที่ใส่กากตะกอนอ้อยในอัตรา 4,500 กิโลกรัมต่อไร่ มีค่าอยู่ที่ 6.0 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม 16.3 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และ 1.36 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ($P < 0.01$) ส่วนปริมาณทองแดงที่แลกเปลี่ยนได้ในดินตัวรับที่ใส่กากตะกอนอ้อยในอัตรา 4,500 กิโลกรัมต่อไร่ มีปริมาณสูงที่สุดคือ 0.50 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติกับตัวรับที่ใส่กากตะกอนอ้อยในอัตรา 1,500 และ 3,000 กิโลกรัมต่อไร่ ($P < 0.05$) (Table 4)

Table 5. Soil chemical properties after 3 months incubated

Treatment	OM (%)	Extractable-forms (-----mg/kg-----)							
		P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn	Cu
Control	0.25 ^d	2.0 ^d	84 ^d	312 ^d	92 ^c	3.0 ^b	1.0 ^d	0.86 ^b	0.33 ^b
Filter cake 500	0.27 ^d	6.6 ^d	89 ^{cd}	397 ^d	98 ^c	4.0 ^b	2.0 ^d	0.96 ^b	0.33 ^b
Filter cake 1,000	0.34 ^c	14 ^d	89 ^c	573 ^c	118 ^c	4.3 ^b	4.3 ^c	1.03 ^b	0.33 ^b
Filter cake 1,500	0.38 ^c	28 ^c	92 ^c	688 ^c	152 ^b	4.0 ^b	5.3 ^c	1.10 ^b	0.40 ^{ab}
Filter cake 3,000	0.64 ^b	67 ^b	104 ^b	880 ^b	182 ^b	4.3 ^b	10.6 ^b	0.93 ^b	0.43 ^{ab}
Filter cake 4,500	0.73 ^a	98 ^a	115 ^a	1,071 ^a	234 ^a	6.0 ^a	16.3 ^a	1.36 ^a	0.50 ^a
Grand mean	0.44	36	95	653	146	4.3	6.6	1.04	0.39
CV (%)	8.59	13.77	2.29	8.49	8.74	15.58	7.13	16.43	14.43
F-test	*	**	**	**	**	**	**	*	*
Control	0.27 ^d	2.3 ^e	88 ^c	438 ^d	94 ^c	3.0 ^d	1.0 ^e	0.93 ^c	0.30 ^c
Filter cake 500	0.33 ^{cd}	6.0 ^e	97 ^c	577 ^{cd}	114 ^{bc}	5.0 ^b	2.0 ^{de}	1.03 ^{bc}	0.30 ^c
Filter cake 1,000	0.40 ^c	13 ^d	94 ^c	673 ^{bc}	135 ^{bc}	5.0 ^b	3.0 ^d	1.03 ^{bc}	0.33 ^c
Filter cake 1,500	0.45 ^{bc}	26 ^c	97 ^c	802 ^b	144 ^b	4.0 ^c	5.0 ^c	1.16 ^{bc}	0.36 ^{bc}
Filter cake 3,000	0.58 ^b	73 ^b	115 ^b	1,042 ^a	215 ^a	4.6 ^{bc}	11.3 ^b	1.20 ^{ab}	0.46 ^{ab}
Filter cake 4,500	0.68 ^a	100 ^a	133 ^a	1,189 ^a	234 ^a	6.6 ^a	16.7 ^a	1.43 ^a	0.53 ^a
Grand mean	0.45	37	104	757	156	4.7	6.5	1.13	0.38
CV (%)	13.46	4.41	4.21	9.24	11.66	7.06	8.11	9.30	12.30
F-test	*	**	**	**	**	**	**	**	**

Mean in the same column followed by different letters were different significantly by LSD, **P* < 0.05 and ***P* < 0.01

ผลวิเคราะห์ดินหลังบ่มจุดที่ 2 พบว่า ค่ารับที่ใส่กากตะกอนย่อยในอัตรา 4,500 กิโลกรัมต่อไร่ ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินสูงที่สุดคือ 0.68 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีความแตกต่างกันในทางสถิติกับทุกค่ารับทดลอง โดยค่ารับควบคุมมีปริมาณอินทรีย์วัตถุต่ำที่สุด ($P < 0.01$) ปริมาณฟอสฟอรัสเป็นประโยชน์และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินค่ารับที่ใส่กากตะกอนย่อยในอัตรา 4,500 กิโลกรัมต่อไร่ มีปริมาณสูงที่สุดคือ 100 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมและ 133 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ โดยมีความแตกต่างในทางสถิติกับทุกค่ารับทดลอง ปริมาณฟอสฟอรัสเป็นประโยชน์และโพแทสเซียมน้อยที่สุดพบในค่ารับควบคุม ($P < 0.01$) ส่วนปริมาณแคลเซียมและแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินพบว่า ค่ารับที่ใส่กากตะกอนย่อยในอัตรา 4,500 กิโลกรัมต่อไร่ มีปริมาณแคลเซียมและแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้สูงที่สุดคือ 1,189 และ 234 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ซึ่งไม่แตกต่างกันในทางสถิติกับค่ารับที่ใส่กากตะกอนย่อยในอัตรา 3,000 กิโลกรัมต่อไร่ ส่วนค่ารับควบคุมมีปริมาณแคลเซียมและแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ต่ำที่สุด ($P < 0.01$) ปริมาณเหล็กและแมงกานีสเป็นประโยชน์ในดินพบว่า ค่ารับที่ใส่กากตะกอนย่อยในอัตรา 4,500 กิโลกรัมต่อไร่ มีปริมาณสูงที่สุดอยู่ที่ 6.6 และ 16.7 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างกันในทางสถิติกับทุกค่ารับทดลองอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ปริมาณสังกะสีเป็นประโยชน์ในดินค่ารับที่ใส่กากตะกอนย่อยในอัตรา 4,500 กิโลกรัมต่อไร่ มีปริมาณสังกะสีสูงที่สุดมีค่าอยู่ที่ 1.43 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติกับค่ารับใส่กากตะกอนย่อยในอัตรา 3,000 กิโลกรัมต่อไร่ ส่วนค่ารับควบคุมมีปริมาณสังกะสีเป็นประโยชน์ต่ำที่สุดคือ 0.93 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ปริมาณทองแดงที่เป็นประโยชน์ในดินพบสูงที่สุดในค่ารับที่ใส่กากตะกอนย่อยในอัตรา 4,500 กิโลกรัมต่อไร่ มีค่าอยู่ที่ 0.53 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติกับค่ารับใส่กากตะกอนย่อยในอัตรา 3,000 กิโลกรัมต่อไร่ ($P < 0.05$) (Table 4)

ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินการใส่กากตะกอนย่อย 4,500 กิโลกรัมต่อไร่ ของดินทั้งสองจุด สามารถทำให้ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินเพิ่มขึ้นมากที่สุด สอดคล้องกับการทดลองของ Donjedee *et al.* (2019) โดยทำการทดลองการใส่ประโยชน์น้ำเสียและกากตะกอนย่อยจากโรงงานน้ำตาลในการปลูกข้าวโพด ซึ่งการใช้ปุ๋ยเคมีร่วมกับกากตะกอนย่อยและมูลสุกรสามารถทำให้ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินเพิ่มมากขึ้น ซึ่งเป็นผลจากปริมาณอินทรีย์คาร์บอนที่เป็นองค์ประกอบของกากตะกอนย่อย ซึ่งมีสูงถึง 16.7 เปอร์เซ็นต์ อีกทั้งการใส่กากตะกอนย่อยในอัตรา 4,500 กิโลกรัมต่อไร่ ยังช่วยเพิ่มปริมาณฟอสฟอรัส ปริมาณโพแทสเซียม ปริมาณแคลเซียม ปริมาณแมกนีเซียม และปริมาณธาตุอาหารเสริมในดินให้เพิ่มสูงขึ้น เช่นเดียวกับการทดลอง Nekir *et al.* (2019) ที่ทำการศึกษาผลของกากตะกอนย่อยและขานย่อยต่อการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติเคมีของดินที่เมือง Amibara ในประเทศเอธิโอเปีย โดยพบว่า การใช้กากตะกอนย่อยในอัตรา 10 ตันต่อเฮกตาร์ (1,600 กิโลกรัมต่อไร่) ร่วมกับขานย่อย 20 ตันต่อเฮกตาร์ (3,200 กิโลกรัมต่อไร่) ทำให้ปริมาณฟอสฟอรัสและปริมาณโพแทสเซียมในดินมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น คล้ายกับงานทดลองของ Yao *et al.* (2018) ที่ทดสอบความสามารถในการแลกเปลี่ยนไอออนบวกของดินและผลผลิตย่อยจากอิทธิพลกากตะกอนย่อยและปุ๋ยในเมือง Borotou ทางตะวันตกเฉียงเหนือของประเทศโกตดิวัวร์ (Cote d'Ivoire) โดยใส่กากตะกอนย่อยในอัตรา 15 ตันต่อเฮกตาร์ (2,400 กิโลกรัมต่อไร่) ร่วมกับปุ๋ยไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในอัตรา 350 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ ทำให้ปริมาณแคลเซียมและปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินเพิ่มขึ้น และยังสอดคล้องกับการทดลองของ Goncalves *et al.* (2018) ที่ทดสอบอิทธิพลของการใส่กากตะกอนย่อยต่อคุณสมบัติทางเคมีของดินในประเทศบราซิล พบว่า การใส่กากตะกอนย่อยในอัตรา 25 ตันต่อเฮกตาร์ (4,000 กิโลกรัมต่อไร่) ในดินเป็นระยะเวลา 90 วัน ส่งผลให้ค่าความเป็นกรด-ด่าง อินทรีย์วัตถุ ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ ปริมาณแคลเซียมและปริมาณโพแทสเซียม

ที่แลกเปลี่ยนได้ ปริมาณ สังกะสี แมงกานีส ทองแดง และปริมาณเหล็กที่เป็นประโยชน์ในดินเพิ่มขึ้น ทั้งนี้ การบ่มดินที่อยู่ในระบบปิดมีการย่อยสลาย อินทรีย์วัตถุเกิดขึ้น ทำให้มีการเพิ่มขึ้นของปริมาณ คาร์บอนไดออกไซด์ ส่งผลทำให้แคลไซต์ที่ไม่ละลายน้ำ เปลี่ยนรูปมาเป็นแคลเซียมไบคาร์บอเนตที่ละลายได้ง่ายกว่า รวมทั้งมีกรดคาร์บอนิกที่ไปละลายธาตุอาหารต่าง ๆ ที่กล่าวมาได้อีกด้วย (Mengel and Kirkby, 1987) ซึ่งผลดังกล่าวเป็นอัตราที่ใกล้เคียงกับอัตรา 4,500 กิโลกรัมต่อไร่ ที่ใช้ในงานทดลองนี้ ซึ่งแม้ว่าเป็น การทดสอบในระดับห้องปฏิบัติการ แต่เห็นได้ว่าการเปลี่ยนแปลงของธาตุอาหารต่าง ๆ ในดินเป็นไปในทิศทางที่ใกล้เคียงกับงานวิจัยหลาย ๆ ประเทศ ที่ทำการศึกษาในสภาพแปลงทดลอง จึงเป็นเรื่อง น่าสนใจที่จะนำอัตราส่วนที่ได้จากการทดสอบครั้งนี้ ไปทำการทดสอบต่อในระดับไร่นา เพื่อติดตาม การเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมี การเปลี่ยนแปลง การเคลื่อนที่ของธาตุอาหารกลุ่มต่าง ๆ อีกด้วย ซึ่ง การศึกษาที่ผ่านมาได้มีการนำกากตะกอนอ้อยมาใช้ในการ เกษตรในประเทศบ้างแต่เป็นการวัดการตอบสนอง ของพืชในด้านการให้ผลผลิต เช่น Somphob *et al.* (2002) พบว่า การใช้กากตะกอนอ้อย 8 ตันต่อไร่ ทำให้อ้อยต่อมีผลผลิตสูงกว่าการใช้กากตะกอนอ้อย 4 และ 12 ตันต่อไร่ ทั้งนี้ หากพิจารณาถึงความคุ้มค่า ทางเศรษฐศาสตร์พบว่า กากตะกอนอ้อยจากการผลิต ของโรงงานน้ำตาลหลายที่ เช่น จากโรงงานน้ำตาล บริษัทอุตสาหกรรมโคราช จังหวัดนครราชสีมา เป็นผลพลอยได้และไม่ได้มีการจัดจำหน่าย ในปัจจุบัน เกษตรกรหรือผู้ที่สนใจสามารถนำกากตะกอนอ้อย ไปใช้ประโยชน์ทางด้านการเกษตรได้โดยไม่มี ค่าใช้จ่าย ทำให้สามารถใช้กากตะกอนอ้อยเพื่อ เป็นวัสดุปรับปรุงดินต่อไปในอนาคตควรมีการศึกษา เพิ่มเติมถึงต้นทุนในการขนส่งประกอบกับการนำไปใช้ ประโยชน์ในพื้นที่ใกล้เคียงของโรงงานน้ำตาล หรือนำข้อมูลเบื้องต้นจากวิจัยครั้งนี้ไปประยุกต์ ใช้กับดินเขตพื้นที่จังหวัดนครราชสีมาและจังหวัด ใกล้เคียงเช่น ขอนแก่นและบุรีรัมย์ ที่มีกลุ่มชุดดิน ที่ 35 40 และ 41 ซึ่งเป็นกลุ่มชุดดินที่มีความเป็น

กรด-ด่างน้อยกว่า 5.5 จึงจะให้นำกากตะกอนอ้อยไป ประยุกต์ใช้ในแง่วัสดุปรับปรุงได้ต่อไปในอนาคต

สรุป

การศึกษาปริมาณกากตะกอนอ้อยที่เหมาะสม ต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีดินบางประการพบว่า การบ่มดิน ด้วยการใส่กากตะกอนอ้อยอัตรา 4,500 กิโลกรัมต่อไร่ ส่งผลให้ความเป็นกรด-ด่างเพิ่มขึ้น ปริมาณอินทรีย์วัตถุ ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ ปริมาณพแทสเซียมแลกเปลี่ยนได้ในดินเพิ่มสูงที่สุด รวมทั้งยังทำให้ปริมาณเหล็ก แมงกานีส ทองแดง และสังกะสีที่เป็นประโยชน์สูงที่สุดในดินทั้งสองพื้นที่ การใช้กากตะกอนอ้อยในอัตราตั้งแต่ 3,000 กิโลกรัม ต่อไร่ สามารถลดความเป็นกรดของดินในชุดดินกลุ่ม ที่ 35 ในจังหวัดเชียงใหม่ได้ ทั้งนี้ ยังเพิ่มปริมาณธาตุ อาหารหลัก ธาตุอาหารรอง และธาตุอาหารเสริมหลัง ทำการบ่มดินเป็นเวลา 12 สัปดาห์ ผลการทดลองครั้งนี้ มีแนวโน้มชี้ให้เห็นว่า การใช้วัสดุพลอยได้จากการผลิต น้ำตาลหรือกากตะกอนอ้อย ในอัตรา 3,000 - 4,500 กิโลกรัมต่อไร่ มีศักยภาพสูงและเหมาะสมสำหรับ ปรับปรุงดินในกลุ่มชุดดินที่ 35 และกลุ่มดินที่มีความ อุดมสมบูรณ์ต่ำ อย่างไรก็ตามการนำกากตะกอนอ้อย ในอัตราดังกล่าวไปทดสอบกับสภาพไร่นา เป็นเรื่อง ที่จำเป็นต้องศึกษาเพื่อยืนยันความเป็นไปได้ ก่อนนำไป ส่งเสริมให้แก่เกษตรกรนำไปใช้งานในพื้นที่ต่อไป

เอกสารอ้างอิง

- Boonyuen, N., L. Manoch, C. Chamsawang, J.J. Luangsa-Ard, O. Piasai, V. Sri-Indrasutdhi, J. Ueapattanakit and C. Chuaseeharonnachai. 2014. Fungal occurrence on sugarcane filter cake and bagasse isolated from sugar refineries in Thailand. *Thai Journal of Agricultural Science* 47(2): 77-86.
- Dee, B.M., R.J. Haynes and J.H. Meyer. 2002. Sugar mill wastes can be important soil

- amendments. *Proceedings of South African Sugar Technologists Association* 76: 51-60.
- de Jesus Duarte, S., B. Glaser., B.L.P. Pano and C.E.P. Cerri. 2022. Biochar and sugar cane filter cake interaction on physical and hydrological soil properties under tropical field conditions. *Biochar* 2(2): 195-210.
- de Mello Prado, R., G. Caione and C.N.S. Campos. 2013. Filter cake and vinasse as fertilizers contributing to conservation agriculture. *Applied and Environmental Soil Science* 2013: 581984, doi: 10.1155/2013/581984.
- Donjedee, K., K. Tungkananuruk and N. Tungkananuruk. 2019. Utilization of wastewater and filter cake from sugarcane factory for corn cultivation. *King Mongkut's Agricultural Journal* 37(2): 284-292. (in Thai)
- Feng, H., J. Guo, S. Malghani, M. Han, P. Cao, J. Sun, X. Xu and W. Wang. 2021. Effect of soil moisture and temperature on microbial regulation of methane fluxes in a poplar plantation. *Forests* 12(4): 407, doi: 10.3390/f12040407.
- Gardner, W.H. 1986. Water content. pp. 493-544. *In*: A. Klute (ed.). *Method of Soil Analysis, Part 1: Physical and Mineralogical Methods*. 2nd ed. American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin.
- Goncalves, J.C., N. Caetano Vasques, C.N. da Silva, E.P. de Souza Paccola, E. Schmidt Filho, N. Ueba Yamaguchi, M. Aparecida Andreazzi and F. Gasparotto. 2018. Influence of the application of filter cake on soil chemical characteristics. *Chemical Engineering Transactions* 65: 775-780.
- Khwairakpam, M. and R. Bhargava. 2009. Bioconversion of filter mud using vermicomposting employing two exotic and one local earthworm species. *Bioresource Technology* 100(23): 5846-5852.
- Korndorfer, G.H. and D.L. Anderson. 1997. Use and impact of sugar-alcohol residues vinasse and filter on sugarcane production in Brazil. *Sugar Y Azucar* 92(3): 26-35.
- Land Development Department. 2015. LDD soil guide. (Online). Available: <http://lddsoilguide.ddd.go.th/soilguide/#/app/map> (June 15, 2022). (in Thai)
- McLaren, R.G. and K.C. Cameron. 1996. *Soil Science*. 2nd ed. Oxford University Press, Victoria. 304 p.
- Mengel, K. and E. A. Kirkby. 1987. *Principles of Plant Nutrition*. 4th ed. International Potash Institute, Worblaufen-Bern. 687 p.
- Motsara, M.R. and R.N. Roy. 2008. *Guide to Laboratory Establishment for Plant Nutrient Analysis*. FAO Fertilizer and Plant Nutrition Bulletin No. 19. FAO, Rome. 103 p.
- Nekir, B., L. Wogi and S. Tamiru. 2019. Effect of filter cake and bagasse on selected physicochemical properties of calcareous sodic soils at Amibara, Ethiopia. *International Journal of Agronomy and Agricultural Research* 14(5): 20-28.
- Office of Cane and Sugar Board. 2021. Report of sugarcane production in 2020/2021. (Online). Available: <http://www.ocsb.go.th/upload/journal/fileupload/923-9200.pdf> (April 4, 2022). (in Thai)
- Office of Soil Survey and Land Use Planning. 2005. *Soil Miracles*. Land Development Department, Bangkok. 137 p. (in Thai)
- Onthong, J. and C. Poonpakdee. 2020. *Guideline for Soil and Plant Analysis*. Songkhla: Faculty of Natural Resources, Prince of Songkla University, Songkla. 181 p. (in Thai)

- Ossom, E.M. 2010. Effects of filter cake fertilization on weed infestation, disease incidence and tuber yield of cassava (*Manihot esculenta*) in Swaziland. International Journal of Agriculture and Biology 12(1): 45-50.
- Rasul, G., K.S. Khan, T. Müller and R.G. Joergensen. 2008. Soil-microbial response to sugarcane filter cake and biogenic waste compost. Journal of Plant Nutrition and Soil Science 171(3): 355-360.
- Santos, D.H., M. de Almeida Silva, C.S. Tiritan and C.A.C. Crusciol. 2014. The effect of filter cakes enriched with soluble phosphorus used as a fertilizer on the sugarcane ratoons. Acta Scientiarum: Agronomy 36(3): 365-372.
- Somphob, J., D. Thavornmas and U. Rattanrak. 2002. Appropriate nitrogen and filter cake rates for sugarcane grown on various soil in Sa Kaeo province. Thai Agricultural Research Journal 20(3): 275-284. (in Thai)
- Srinarong, S. and S. Panchaban. 2003. Effect of filter cake, sludge cake and chemical fertilizer on growth and yield of five rice cultivars (*Oryza sativa* L.) grown on saline soil. Pakistan Journal of Biological Sciences 6(5): 432-436.
- Vance, E.D. 1996. Land application of wood-fired and combination boiler ashes: an overview. Journal of Environmental Quality 25(5): 937-944.
- Watanabe, F.S. and S.R. Olsen. 1962. Colorimetric determination of phosphorus in water extracts of soil. Soil Science 93(3): 183-188.
- Yao, K., B.T.J. Gala, F.G. Messoum and A. Yao-Kouame. 2018. Soil cation exchange capacity and sugarcane yield as influenced by filter cake and mineral fertilizer in Borotou, Northwestern Cote d'Ivoire. International Journal of Agricultural Policy and Research 6(1): 1-6.
-