

การใช้ประโยชน์น้ำเสียและกากตะกอนหมักกรองจากโรงงานน้ำตาล ในการปลูกข้าวโพดหวาน

Utilization of Wastewater and Filter Cake from Sugarcane Factory for Corn Cultivation

กนกภรณ์ ดอนเจดี¹ คณิตา ตังคณานุรักษ์^{1*} และนิพนธ์ ตังคณานุรักษ์¹
Kanockporn Donjee¹, Kanita Tungkananuruk,^{1*} and Nipon Tungkananuruk¹

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประยุกต์ของเสียจากโรงงานผลิตน้ำตาลทรายให้เป็นประโยชน์ในการเกษตร โดยใช้น้ำเสียจากบ่อบำบัดฟัคคัลที่ฟบ่อที่ 1, 2 และ 3 ของระบบบำบัดแบบบ่อปรับเสถียร และกากตะกอนหมักกรอง รวมทั้งใช้มูลสุกรแทนปุ๋ยเคมีในการปลูกข้าวโพด สำหรับการปลูกข้าวโพดหวานพันธุ์ *ไฮบริด 3* วางแผนการทดลอง โดยจัดกลุ่มทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์แปลงทดลอง 19 แปลง ที่อัตราปุ๋ยเคมีตั้งแต่ 25–0 กิโลกรัม/ไร่ ร่วมกับกากตะกอนหมักกรอง และมูลสุกร และใช้น้ำเสียจากบ่อฟัคคัลที่ฟที่แตกต่างกัน พบว่าในแต่ละแปลงที่ใช้น้ำเสียจากบ่อฟัคคัลที่ฟบ่อเดียวกัน ที่ใช้ปุ๋ยเคมีอัตรา 20 กิโลกรัม/ไร่ ให้ผลผลิตดีที่สุด นอกจากนี้ผลจากการวิเคราะห์ของดินหลังจากการปลูกข้าวโพดพบว่าความเป็นกรด – ด่าง อินทรีย์วัตถุ ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ของทุกแปลงทดลองซึ่งใช้กากตะกอนหมักกรองและมูลสุกร มีค่าสูงกว่าแปลงควบคุมที่ใช้เพียงปุ๋ยเคมีอัตรา 25 กิโลกรัม/ไร่ และปริมาณไนโตรเจน – ไนโตรเจน ก็มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในทุกแปลงทดลอง กากตะกอนหมักกรองและมูลสุกรเป็นวัสดุปรับปรุงดินและช่วยลดการเสื่อมสลายของดินได้ ดังนั้นน้ำเสียจากบ่อฟัคคัลที่ฟสามารถใช้แทนน้ำธรรมชาติ และกากตะกอนหมักกรองและมูลสุกรสามารถใช้ทดแทนปุ๋ยเคมีในการปลูกข้าวโพดได้

คำสำคัญ: น้ำเสียบ่อฟัคคัลที่ฟ กากตะกอนหมักกรอง มูลสุกร ข้าวโพด

Abstract

This research aims to apply the waste from the sugar factory to the benefits of agriculture by using wastewater from the 1st, 2nd and 3rd facultative ponds (FP) of stabilization pond treatment system and filter cake (FC) including using pig manure (PM) instead of chemical fertilizer for *Hi-brix 3* sweet corn cultivation. The nineteen experimental treatments were designed by completely randomized design (CRD) at rates of CF from 25 to 0 kg/Rai and in different FP wastewater. The results revealed that the same FP wastewater at rate of 20 kg of CF/rai gave the best productivity. Moreover, the analytical results of soil after planting showed that pH, organic matter, total-nitrogen, of all treatments which using FC and PM were higher than the control treatment which only used CF 25 kg/Rai. Thus, FC and PM were soil amendments and reduced the soil degradation. Therefore, the FP wastewater could be used replace natural water and FC and PM could be used replace CF in corn cultivation.

Keywords: wastewater of facultative pond, filter cake, pig manure, corn

¹ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เขตจตุจักร กรุงเทพฯ ๑ 10900

*Corresponding author, Email: kkanita.kt@gmail.com

คำนำ

ปัจจุบันประเทศไทยส่งออกข้าวโพดหวานในรูปแบบต่าง ๆ สูงเป็นอันดับ 4 ของโลก รองจากสหรัฐอเมริกา ฝรั่งเศส และฮังการี ยอดส่งออกข้าวโพดหวานของประเทศไทยมีการเติบโตอย่างก้าวกระโดดมาตลอด ปัญหาสำคัญในการปลูกข้าวโพดของเกษตรกร คือ ต้นทุนที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะปุ๋ยเคมี (กรมวิชาการเกษตร, 2547) ปุ๋ยเคมีเป็นปุ๋ยที่เกษตรกรรู้จักดี และนิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย สามารถยกระดับปริมาณธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ในดินสำหรับพืชได้ดี สะดวกในการจัดการ แต่ปุ๋ยเคมีมีข้อเสียในด้านความสมดุลของธาตุอาหารในดิน ปุ๋ยเคมีทำลายสมดุลของระบบนิเวศดิน และส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตในดิน ปุ๋ยเคมีจะเร่งอัตราการสลายตัวของอินทรีย์วัตถุ ทำให้โครงสร้างของดินเสื่อมลง ดินจึงกระด้าง ไม่อุ้มน้ำซึ่งจะส่งผลกระทบต่อพืช อีกทั้งการใส่ปุ๋ยเคมีที่มีธาตุไนโตรเจนมากเกินไป จะทำให้ดินเป็นกรด จนธาตุฟอสฟอรัสที่มีอยู่ในดินแปรสภาพไปจากเดิม ซึ่งพืชนำมาใช้ไม่ได้ (วิฑูรย์ ปัญญากุล, 2547) ประกอบกับในประเทศไทยมีอุตสาหกรรมการผลิตน้ำตาลเป็นจำนวนมาก มีกากตะกอนหมักกรอง (filter cake) เป็นผลพลอยได้จากกระบวนการผลิตน้ำตาลทราย (by product) ในปริมาณมากเช่นเดียวกับน้ำตาลทราย และมีสมบัติทางเคมีที่สำคัญ เช่น อินทรีย์วัตถุ ธาตุไนโตรเจน ซึ่งสามารถนำมาใช้ให้เกิดประโยชน์ทางการเกษตรได้ ขณะเดียวกันยังมีน้ำเสียจากกระบวนการผลิตเป็นจำนวนมากที่ต้องได้รับการบำบัดก่อนปล่อยออกสู่ชุมชน ซึ่งมีค่าใช้จ่ายที่สูง นอกจากนี้ยังมีการใช้ปุ๋ยคอก คือ มูลสุกร ซึ่งมีธาตุอาหารที่สำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืชทั้งไนโตรเจน และฟอสฟอรัส การใช้ปุ๋ยคอกมีผลต่อการปรับปรุงดินทั้งในด้านคุณสมบัติทางเคมี ทางกายภาพ ทางชีววิทยา และในด้านการเพิ่มผลผลิต (Fulhage, 2000) โดยผู้วิจัยมุ่งหวังเพื่อช่วยสนับสนุนการจัดการของเสียแบบเป็นศูนย์ (zero waste) ของโรงงานน้ำตาล จากผลการศึกษาค้นคว้าทำให้โรงงานลดขั้นตอนในการบำบัดน้ำเสียและลดการใช้น้ำ ส่วนเกษตรกรลดการใช้ปุ๋ยเคมีและลดต้นทุนการผลิต และยังเป็นการช่วยลดภาวะทางสิ่งแวดล้อมแบบยั่งยืนได้อีกด้วย

วิธีการทดลอง

การเก็บตัวอย่างและการเตรียมตัวอย่างดิน

เก็บตัวอย่างดินจากแปลงทดลอง ณ อำเภอปอพลอย จังหวัดกาญจนบุรี โดยเก็บดินที่ระดับความลึก 15 เซนติเมตร ทั้งหมด 15 จุด นำมาคลุกเคล้าให้ผสมเป็นเนื้อเดียวกัน ผึ่งในที่ร่มจนดินแห้ง บดและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 2.0 และ 0.5 มิลลิเมตร เก็บตัวอย่างไว้วิเคราะห์สมบัติทางเคมีของดิน

การวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของดิน

นำตัวอย่างดินที่เตรียมไว้วิเคราะห์สภาพความเป็นกรดด่างของดิน (pH) ค่าการนำไฟฟ้า (EC) ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (organic matter, OM) โดยวิธี Walkley Black ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดิน (total nitrogen, TN) โดยวิธี Kjeldahl method ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน (available phosphorous) โดยวิธี Bray II และปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (exchangeable potassium) (ทัศนีย์ อัดตะนันท์ และจรัสจักร์ จันทร์เจริญสุข, 2542)

การวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของกากตะกอนหมักกรองและมูลสุกร

นำตัวอย่างของกากตะกอนหมักกรองและมูลสุกร มาวิเคราะห์สภาพความเป็นกรด - ด่าง (pH) ค่าการนำไฟฟ้า (EC) ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (organic matter, OM) โดยวิธี Walkley Black ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (total nitrogen, TN) โดยวิธี Kjeldahl method และปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (available phosphorous) โดยวิธี Bray II (ทัศนีย์ อัดตะนันท์ และจรัสจักร์ จันทร์เจริญสุข, 2542)

การวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของน้ำที่ใช้ทดลอง

นำตัวอย่างน้ำที่ใช้ทดลองคือ น้ำจากแหล่งธรรมชาติ (น้ำจากบ่อบาดาล) น้ำเสียจากบ่อพักคัลที่ฟอปที่ 1 (FP 1), 2 (FP 2) และ 3 (FP 3) จากกระบวนการบำบัดน้ำเสียแบบบ่อปรับเสถียรของโรงงานผลิตน้ำตาลทราย ดัง Figure 1 มาวิเคราะห์ ค่าบีโอดี (Biochemical oxygen demand, BOD) ค่าซีโอดี (Chemical oxygen demand, COD)

ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (Total nitrogen) โดยวิธี Kjeldahl method และปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในน้ำ (Total phosphorous) โดยวิธี Sulfuric acid-Nitric acid Digestion/Ascorbic acid Method (นิพนธ์ ตั้งคณานุรักษ์ และคณิตา ตั้งคณานุรักษ์, 2550)

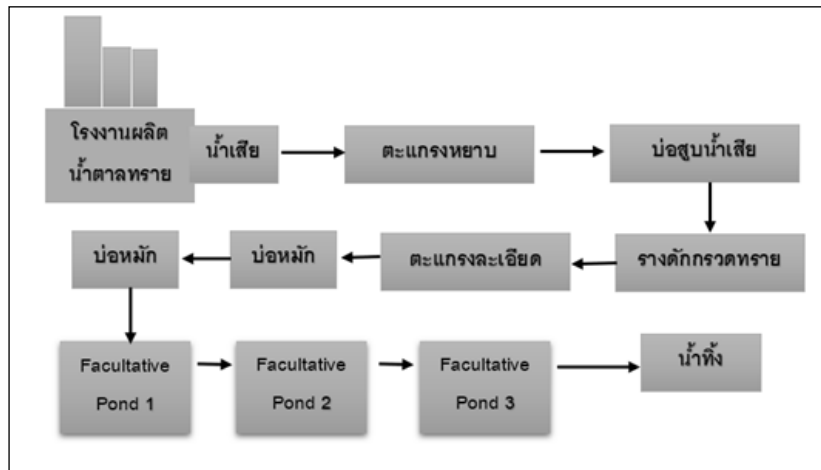


Figure 1 Stabilization pond wastewater treatment system.

การวางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองโดยจัดกลุ่มแบบแฟคทอเรียล $3 \times 6 + 1$ ในแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely randomized design, CRD) ประกอบด้วยปัจจัยที่ศึกษา 2 ปัจจัย ได้แก่ ปัจจัยที่ 1 ชนิดของแหล่งน้ำที่นำมาใช้รดต้นข้าวโพดมี 3 ชนิด คือ น้ำจากบ่อ FP 1, FP 2 และ FP 3 ปัจจัยที่ 2 การใส่ปุ๋ยเคมี (CF) ปากตะกอนหม้อกรอง (FC) และมูลสุกร (PM) 6 รูปแบบ โดยใส่ปุ๋ยเคมีอัตราครั้งละ 25 กิโลกรัม/ไร่ และลดอัตราการใส่ปุ๋ยเคมีครั้งละ 5 กิโลกรัมเป็น 20, 15, 10, 5 และไม่ใส่ปุ๋ยเคมี แบ่งการใส่ปุ๋ยเป็น 3 ครั้ง ครั้งที่ 1 ปุ๋ยเคมีสูตร (16-20-0) และครั้งที่ 2-3 ใส่ปุ๋ยยูเรีย (46-0-0) (กรมวิชาการเกษตร, 2547) ประกอบด้วยอัตราส่วนดังนี้ 1. CF 25 kg/Rai 2. CF 20 kg/Rai + FC + PM 3. CF 15 kg/Rai + FC + PM 4. CF 10 kg/Rai + FC + PM 5. CF 5 kg/Rai + FC + PM และ 6. ไม่ใส่ปุ๋ยเคมี CF 0 kg/Rai + FC + PM และแปลงควบคุมที่ใช้ปุ๋ยเคมีอัตรา 25 กิโลกรัม/ไร่ และน้ำจากแหล่งธรรมชาติ

โดยในแปลงทดลองที่มีการใส่ปุ๋ยเคมี (16-20-0 และ 46-0-0) ปากตะกอนหม้อกรอง และมูลสุกรให้มีปริมาณธาตุอาหารไนโตรเจนเทียบเท่ากับการใส่ปุ๋ยเคมี (16-20-0 และ 46-0-0) ที่ใส่ปุ๋ยเคมีอัตราครั้งละ 25 กิโลกรัม/ไร่ แบ่งการใส่ปุ๋ยเป็น 3 ครั้ง พร้อมการหยอดเมล็ด เมื่อข้าวโพดอายุ 20 วันและข้าวโพดอายุ 40 วัน โดยแปลงทดลองทั้งหมดประกอบด้วย 19 แปลง แต่ละแปลงทดลองซ้ำ 2 ครั้ง

การเตรียมแปลงทดลอง

เตรียมแปลงการทดลองย่อยจำนวน 38 แปลง แปลงทดลองมีพื้นที่ 1.5 ตารางเมตร (กว้าง 1 เมตร และยาว 1.5 เมตร) โดยในขั้นตอนแรกทำการไถด้วยผานสาม 1 ครั้ง ลึก 20 - 30 เซนติเมตร ตากดิน 7 - 10 วัน พรวนด้วยผานเจ็ด 1 ครั้ง ทั้งพื้นที่หลังจากนั้นทำการขึ้นแปลงของแต่ละแปลง พร้อมกับปรับดินให้พื้นที่มีความสม่ำเสมอเพื่อรักษาสภาพพื้นที่ให้เหมาะสมแก่การเพาะปลูกข้าวโพด

การเพาะปลูกข้าวโพด

การทดลองนี้ใช้ข้าวโพดพันธุ์ไฮบริด 3 โดยนำเมล็ดข้าวโพดไปปลูกด้วยมือด้วยการหยอดใส่หลุมละ 2 เมล็ด มีระยะระหว่างต้น 25 เซนติเมตร และทำการกลบด้วยดินบนแปลงทดลองขนาด 1.5 ตารางเมตร จำนวน 38 แปลง ที่เตรียมไว้ เมื่อข้าวโพดหวานอายุประมาณ 14 วัน ถอนแยกให้เหลือ 1 ต้นต่อหลุม

การใส่ปุ๋ยและการดูแลรักษา

ผสมปุ๋ยเคมี ปากตะกอนหมักกรอง และมูลสุกรตามอัตราส่วนต่าง ๆ ที่ได้กำหนดไว้ในตารางที่ 1 และ 2 จากนั้นทำการใส่ปุ๋ยครั้งที่ 1 ในระยะแรกพร้อมกับการปลูก ในขณะที่ครั้งที่ 2 ใส่เมื่อข้าวโพดหวานอายุ 20 วันและครั้งที่ 3 ใส่เมื่อข้าวโพดหวานมีอายุ 40 วันโดยวิธีการใส่ปุ๋ยจะใช้การโรยปุ๋ยที่ข้างต้นข้าวโพดแล้วพรวนกลบ และใช้แรงงานคนในการให้ปุ๋ยเพื่อให้มีความสม่ำเสมอทั่วทั้งพื้นที่ นอกจากนี้ทำการดูแลแปลงทดลอง ได้แก่ การให้น้ำโดยข้าวโพดมีความต้องการน้ำประมาณ 500 มิลลิตร/ไร่/ฤดูกาลปลูก (กรมวิชาการเกษตร, 2547) ซึ่งใช้น้ำจากแหล่งธรรมชาติ และน้ำจากแหล่งอุตสาหกรรม มีการจัดการปริมาณน้ำให้เท่าๆ กันในแต่ละแปลงทดลองโดยการนำน้ำใส่ถังที่มีความจุเท่ากันและต่อท่อต่อสู่แปลงทดลองโดยตรง เพื่อป้องกันการปนเปื้อนต่อแปลงทดลองอื่นๆ โดยทำการให้น้ำข้าวโพดหวานในระยะแรกอย่างน้อย 2 วัน/ครั้ง และเมื่อข้าวโพดตั้งต้นได้อาจให้เพียง 3 วัน/ครั้ง ในอัตราที่ดินไม่แฉะ และน้ำไม่ท่วมขัง และอาจมีการใช้สารเคมีตามความเหมาะสม (กรมวิชาการเกษตร, 2547)

การเก็บเกี่ยวผลผลิตและตรวจวัดผลผลิต

ทำการเก็บเกี่ยวผลผลิตข้าวโพด 20 วัน หลังจากวันออกไหม 50 เปอร์เซ็นต์ ใช้แรงงานคนในการเก็บเกี่ยวและนำฝักข้าวโพดไปวิเคราะห์องค์ประกอบผลผลิตในแต่ละแปลงทดลอง การศึกษาครั้งนี้ทำการวัดผลผลิตทางด้าน ส่วนสูงของลำต้น ความยาวฝัก เส้นผ่านศูนย์กลางฝัก น้ำหนักฝักสดทั้งเปลือก น้ำหนักฝักสดเปลือกเปลือก จำนวนแถว เมล็ดต่อฝัก จำนวนเมล็ดต่อแถว และผลผลิตต่อไร่ในแต่ละแปลงทดลอง

การเก็บตัวอย่างดินและวิเคราะห์สมบัติทางเคมี

ทำการเก็บตัวอย่างดินจากแปลงทดลองขนาด 1.5 ตารางเมตร ทั้งหมด 38 แปลง โดยในแต่ละแปลงทดลองทำการเก็บตัวอย่างดินแปลงทดลองละ 3 จุด ที่ความลึก 15 เซนติเมตรและนำตัวอย่างดินทั้ง 3 จุดมาผสมคลุกเคล้าให้เป็นเนื้อเดียวกัน หลังจากนั้นนำมาผึ่งในที่ร่มจนดินแห้ง บดและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 0.5 มิลลิเมตร เก็บตัวอย่างดินที่ได้ในแต่ละแปลงทดลอง ในถุงพลาสติกที่ระบุหมายเลขแปลงทดลองอย่างชัดเจน และนำตัวอย่างดินมาวิเคราะห์สภาพ ความเป็นกรด-ด่างของดิน (pH) ค่าการนำไฟฟ้า (EC) ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (organic matter, OM) โดยวิธี Walkley Black ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดิน (total nitrogen) โดยวิธี Kjeldahl method และปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน (available phosphorous) โดยวิธี Bray II (ทัศนีย์ อัดตะนันท์ และจรงค์ จันทร์เจริญสุข, 2542) เพื่อทำการเปรียบเทียบสมบัติทางเคมีของดินในแต่ละแปลงทดลอง

ผลการศึกษาและวิจารณ์

สมบัติทางเคมีของดินก่อนการทดลอง

ผลการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของดินก่อนการทดลอง ดังแสดงใน Table 1 พบว่าดินในพื้นที่ทำการศึกษามีความเป็นกรด - ด่าง เท่ากับ 7.5 ค่าการนำไฟฟ้า 4.0 เดซิซีเมนต/เมตร ดินมีคุณสมบัติเค็มปานกลางและส่งผลต่อการเจริญเติบโตของพืชบางชนิด ปริมาณอินทรีย์วัตถุเท่ากับ 1.80 % โดยมวล ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดเท่ากับ 0.043 % โดยมวล ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์เท่ากับ 48.35 มิลลิกรัม/กิโลกรัม และปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ 32.97 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ซึ่งตามปทานุกรมปฐพีวิทยาจัดได้ว่าดินในพื้นที่การศึกษานี้มีความเป็นด่างอ่อน ปริมาณอินทรีย์วัตถุอยู่ในระดับปานกลาง ปริมาณไนโตรเจนอยู่ในระดับต่ำมาก และปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับสูงมาก (กรมพัฒนาที่ดิน, 2537)

Table 1 Some properties of soil before planting.

property	Value
1. pH	7.50
2. EC (dS/m)	4.00
3. OM (%w/w)	1.80
4. TN (%w/w)	0.043
5. Available P (mg/kg)	48.35
6. Exchangeable K (mg/kg)	32.97

สมบัติทางเคมีของกากตะกอนหมักกรองและมูลสุกร

กากตะกอนหมักกรองมีลักษณะทางกายภาพเป็นผงสีน้ำตาล ผลการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของกากตะกอนหมักกรอง พบว่ากากตะกอนหมักกรองมีค่าความเป็นกรด - ด่างเท่ากับ 6.7 ค่าการนำไฟฟ้า 1.25 เดซิซีเมนต์/เมตร ปริมาณอินทรีย์วัตถุที่สูงถึง 42.03 %โดยมวล ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด 2.13 % โดยมวล และปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ 2.52 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ส่วนมูลสุกรเป็นปุ๋ยคอกชนิดหนึ่งมีลักษณะสีน้ำตาล ซึ่งมีปริมาณธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช โดยเฉพาะอย่างยิ่งธาตุไนโตรเจน (กรมพัฒนาที่ดิน, 2549) ผลวิเคราะห์พบว่า มูลสุกรมีค่าความเป็นกรด - ด่าง 5.8 ค่าการนำไฟฟ้า 2.30 เดซิซีเมนต์/เมตร ปริมาณอินทรีย์วัตถุที่สูงถึง 35.21 % โดยมวล ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด 2.69 % โดยมวล และปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ 8.45 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ดังแสดงใน Table 2

Table 2 Some properties chemical of filter cake and pig manure.

property	Value	
	filter cake	pig manure
1. pH	6.70	5.80
2. EC (dS/m)	1.25	2.30
3. OM (%w/w)	42.03	35.21
4. TN (%w/w)	2.13	2.69
5. Available P (mg/kg)	2.52	8.45

สมบัติทางเคมีของน้ำที่นำมาใช้ทดลอง

จากการศึกษาของน้ำที่ใช้ทดลองแสดงดัง Table 3 พบว่า น้ำจากแหล่งธรรมชาติและน้ำที่มาจากระบบบำบัดในบ่อพักคัลทีฟ บ่อ 1, 2 และ 3 มีค่า BOD เท่ากับ <2.00, 22.00, 13.00 และ 7.75 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ COD เท่ากับ 15.20, 289.00, 213.00 และ 190.00 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด เท่ากับ 0.63, 6.20, 6.71, และ 9.07 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ และพบว่าปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดมีค่าเท่ากับ 0.17, 1.59, 1.36 และ 1.70 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับซึ่งปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดและปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดที่มาจากบ่อบำบัดมีค่าใกล้เคียงกันทั้ง 3 บ่อ และมีค่ามากกว่าน้ำที่มาจากแหล่งธรรมชาติดังนั้นจึงได้นำน้ำจากบ่อบำบัดมาใช้ทดแทนน้ำจากแหล่งธรรมชาติเพื่อลดขั้นตอนในการบำบัด และใช้น้ำเสียให้เกิดประโยชน์

Table 3 Some properties chemical of watering.

property	Value			
	Natural water	FP 1	FP 2	FP 3
1. BOD (mg/l)	<2.00	22.00	13.00	7.75
2. COD (mg/l)	15.20	289.00	213.00	190.00
3. Total Nitrogen (mg/l)	0.63	6.20	6.71	9.07
4. Total Phosphorous (mg/l)	0.17	1.59	1.36	1.70

ผลผลิตของข้าวโพด

เมื่อศึกษาผลผลิตของข้าวโพด ทดสอบด้วยวิธีทางสถิติ โดยใช้ F-test โดย ปัจจัยน้ำจากบ่อ FP1, FP2, และ FP 3 พบว่า ปริมาณผลผลิตและคุณภาพของข้าวโพด ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และเมื่อศึกษาปัจจัยปุ๋ยเคมีในอัตราที่แตกต่างกัน พบว่า อัตราปุ๋ยเคมี 20 กิโลกรัม/ไร่ ให้ปริมาณผลผลิตต่อไร่มากที่สุด และไม่แตกต่างกับการใช้อัตราปุ๋ยเคมี 25 กิโลกรัม/ไร่ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่อัตราปุ๋ยเคมี 15 10 5 กิโลกรัม/ไร่ และ ไม่ใช้ปุ๋ยเคมี ส่งผลต่อปริมาณผลผลิตที่ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อศึกษาคุณภาพของข้าวโพด พบว่า อัตราปุ๋ยเคมีที่ต่างกัน ไม่ส่งผลต่อขนาดความยาวฝักอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของฝักข้าวโพด พบว่า อัตราปุ๋ยเคมี 20 กิโลกรัม/ไร่ ให้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญ รองลงมาคือ อัตราปุ๋ยเคมี 25 และ 15 กิโลกรัม/ไร่ นอกจากนี้ยังพบว่า ในอัตราปุ๋ยเคมี 20 กิโลกรัม/ไร่ ให้จำนวนเมล็ดต่อแถว และ จำนวนแถวต่อฝักสูงสุด แต่ไม่ต่างกับการใช้อัตราปุ๋ยเคมี 25 กิโลกรัม/ไร่ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังแสดงใน Table 4

Table 4 Effect of various proportion of fertilizer and different source of used watering on productivity.

Treatment	Ear fresh wt. (g/ear)	Ear without husk fresh wt.(g/ear)	Yield (kg/rai)	Ear length (cm)	Ear diameter (cm)	No. of kernels per row	No. of kernels per ear
Watering							
1. Natural water	489.60	379.50	4,177.92	22.10	6.15	43.00	22.00
2. FP 1	470.94	372.91	4,031.43	21.60	7.05	40.00	19.00
3. FP 2	479.30	386.78	4,090.03	22.00	6.05	42.58	20.33
3. FP 3	473.82	381.24	4,043.24	22.05	6.01	41.00	19.33
Fertilizer							
1. CF 25 kg/rai	494.20 ^e	385.00 ^{ab}	4,217.17	22.15	6.13 ^c	43.67 ^b	22.00 ^b
2. CF 20 kg/rai + FC + PM	499.27 ^e	390.67 ^b	4,260.41	22.20	6.27 ^d	46.00 ^b	21.30 ^b
3. CF 15 kg/rai + FC + PM	484.20 ^d	371.00 ^a	4,131.84	21.72	6.10 ^c	40.00 ^a	18.67 ^a
4. CF 10 kg/rai + FC + PM	471.80 ^c	380.48 ^{ab}	4,026.03	21.67	6.00 ^b	40.00 ^a	18.67 ^a
5. CF 5 kg/rai + FC + PM	458.83 ^b	378.37 ^{ab}	3,940.98	21.68	5.97 ^b	39.30 ^a	18.67 ^a
6. CF 0 kg/rai + FC + PM	439.80 ^a	376.33 ^{ab}	3,752.96 ^a	21.87	5.70 ^a	38.17 ^a	18.00 ^a
F-test							
Watering	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Fertilizer	**	ns	**	ns	**	**	**
CV (%)	5.0	3.0	45.0	2.0	3.0	8.0	9.0

** significant at 0.05 significant level; ns non-significant

The same letter in the same column are not significantly different by LSD at 0.05 significant level

การปรับปรุงคุณภาพดิน

จากการวิเคราะห์คุณภาพดินก่อนปลูก และหลังปลูก แสดงดัง Table 5 พบว่า ปัจจัยน้ำจากบ่อ FP1, FP2, และ FP 3 ไม่ส่งผลต่อการปรับปรุงคุณภาพของดินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และเมื่อศึกษาปัจจัยปุ๋ยเคมีในอัตราที่แตกต่างกันพบว่า การลดอัตราการใช้ปุ๋ยเคมีทุกอัตราส่วน สามารถปรับปรุงคุณภาพของดินได้ ทั้งสภาพความเป็นกรดต่างของดิน ค่าการนำไฟฟ้า และนอกจากนี้ส่งผลให้ปริมาณอินทรีย์วัตถุ ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ปริมาณไนโตรเจน – ไนโตรเจน เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังนั้นการผลิตข้าวโพดหวานโดยลดการใช้ปุ๋ยเคมีและใช้ร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์ จะช่วยชะลอการลดลงของเสื่อมไทม์ของดิน ตลอดจนช่วยปรับปรุงสมบัติทางกายภาพและชีวภาพของดิน (อานันท์ ตันโช, 2549) ส่วนปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินที่มีปริมาณลดลง เนื่องจากข้าวโพดต้องการธาตุอาหารเพื่อการพัฒนาและสร้างผลผลิต นำไปใช้ในกระบวนการทางสรีรวิทยาและการสะสมสังเคราะห์ในส่วนต่าง ๆ ของข้าวโพด และข้าวโพดต้องการธาตุอาหารไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในปริมาณที่สูง ส่วนธาตุอื่น ๆ

ต้องการในปริมาณที่ไม่มากนักขึ้นอยู่กับความอุดมสมบูรณ์ของดินด้วย (คณาจารย์ภาควิชาไร่นา, 2542) ข้าวโพดต้องการฟอสฟอรัสในช่วงตั้งแต่เริ่มงอกและต้องการสูงสุดจนถึงระยะข้าวโพดแก่ (ราเชนทร์ ถิรพร, 2539) อาจเป็นสาเหตุให้ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินลดลง

Table 5 Some chemical properties of soil after planting.

Treatment	Parameters						
	pH	EC (dS/m)	OM (%w/w)	TN (%w/w)	NH ₄ -N (mg/kg)	NO ₃ -N (mg/ kg)	Avai. P (mg/kg)
Watering							
1. Natural water	7.90	2.80	1.89	0.05	1.31	28.32	42.33
2. FP 1	8.18	2.45	2.63	0.20	0.51	35.81	27.69
3. FP 2	8.22	2.38	2.67	0.21	0.53	36.46	27.87
3. FP 3	8.22	2.28	2.66	0.20	0.44	36.22	28.38
Fertilizer							
1. CF 25 kg/Rai	8.13 ^{ab}	2.73 ^d	1.91 ^a	0.06 ^a	1.23 ^e	27.84 ^a	40.79 ^f
2. CF 20 kg/Rai + FC + PM	8.23 ^b	2.53 ^c	2.33 ^b	0.12 ^b	0.89 ^d	29.51 ^b	35.03 ^e
3. CF 15 kg/Rai + FC + PM	8.00 ^a	2.43 ^c	2.65 ^c	0.16 ^c	0.47 ^c	32.24 ^c	31.65 ^d
4. CF 10 kg/Rai + FC + PM	8.27 ^{bc}	2.37 ^{bc}	2.76 ^d	0.26 ^d	0.25 ^b	35.47 ^d	27.85 ^c
5. CF 5 kg/Rai + FC + PM	8.40 ^c	2.23 ^b	2.94 ^e	0.28 ^e	0.11 ^{ab}	42.74 ^e	21.24 ^b
6. CF 0 kg/Rai + FC + PM	8.20 ^b	1.93 ^a	3.33 ^f	0.33 ^f	0.02 ^a	49.18 ^f	11.32 ^a
F-test							
Watering	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Fertilizer	**	**	**	**	**	**	**
CV (%)	2.0	12.0	18.0	50.0	92.0	22.0	36.0

** significant at 0.05 significant level; ns non-significant

The same letter in the same column are not significantly different by LSD at 0.05 significant level

สรุปผลการศึกษา

จากการศึกษาการใช้ประโยชน์น้ำเสียและกากตะกอนหมักกรองจากโรงงานน้ำตาลร่วมกับมูลสุกรในการปลูกข้าวโพดหวาน สามารถสรุปผลการทดลองตามวัตถุประสงค์ได้ดังนี้

1. การใช้น้ำจากบ่อบำบัดคัลที่ฟของระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงานผลิตน้ำตาลทรายทั้ง 3 บ่อ มาทดแทนการใช้น้ำจากแหล่งธรรมชาติในการปลูกข้าวโพด พบว่าไม่ส่งผลต่อปริมาณผลผลิตและคุณภาพของข้าวโพด และการปรับปรุงคุณภาพดินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

2. การนำกากตะกอนหมักกรองและมูลสุกรมาใช้ทดแทนการใช้ปุ๋ยเคมี ส่งผลต่อปริมาณผลผลิตข้าวโพด โดยอัตราปุ๋ยเคมี 20 กิโลกรัม/ไร่ ให้ปริมาณผลผลิตต่อไร่และคุณภาพของข้าวโพดสูงสุด และไม่แตกต่างกับการใช้อัตราปุ๋ยเคมี 25 กิโลกรัม/ไร่ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

3. การนำกากตะกอนหมักกรองและมูลสุกรมาใช้ประโยชน์ร่วมกับปุ๋ยเคมีและลดอัตราการใช้ปุ๋ยเคมี ส่งผลต่อความเป็นกรดของดิน ค่าการนำไฟฟ้า การเพิ่มขึ้นของปริมาณอินทรีย์วัตถุ และปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด โดยจากผลการวิเคราะห์กากตะกอนหมักกรองพบว่า กากตะกอนหมักกรองมีความเป็นกลาง และมีปริมาณธาตุอาหารโดยเฉพาะอย่างยิ่งปริมาณอินทรีย์วัตถุ ส่วนมูลสุกรมีปริมาณไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบสูง ดังนั้นเมื่อนำกากตะกอนหมักกรองและมูลสุกรมาใช้ร่วมกับปุ๋ยเคมีจึงส่งผลต่อการเพิ่มแหล่งธาตุอาหารในดิน พร้อมทั้งปรับปรุงคุณสมบัติทางเคมีของดิน และการนำน้ำจากบ่อกักคัลที่ฟองระบบบำบัดน้ำเสียทั้ง 3 บ่อ สามารถนำมาใช้ให้เกิดประโยชน์และทดแทนน้ำจากแหล่งธรรมชาติได้ โดยจากที่กล่าวมาแสดงให้เห็นว่าการใช้น้ำจากระบบบำบัดน้ำเสีย และการนำกากตะกอนหมักกรองและมูลสุกรมาใช้ประโยชน์ร่วมกับปุ๋ยเคมีเป็นแนวทางในการลดต้นทุนการผลิตของเกษตรกรพร้อมกับเป็นแนวทางในการจัดการของเสียจากภาคอุตสาหกรรมและเกษตรกรรมอีกด้วย

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยครั้งนี้ ได้รับการสนับสนุนการวิจัยจากทุนวิจัยเพื่อพัฒนาระบบบัณฑิตศึกษา คณะสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เอกสารอ้างอิง

- กรมพัฒนาที่ดิน. 2549. การไถกลบตอซังเพื่อปรับปรุงดินและเพิ่มผลผลิตข้าว. แหล่งที่มา: http://www.ddd.go.th/menu_/POSTER/rice/rice.htm. LECO Corporation; Saint Joseph, Michigan USA. Instrument: TruSpec N., 2 กันยายน 2560.
- กรมพัฒนาที่ดิน. 2537. คู่มือเจ้าหน้าที่ของรัฐ เรื่อง การปรับปรุงดินด้วยอินทรีย์วัตถุ. โครงการปรับปรุงบำรุงดินด้วยอินทรีย์วัตถุ กลุ่มอินทรีย์วัตถุและวัสดุเหลือใช้ กองอนุรักษ์ดินและน้ำ กรมพัฒนาที่ดิน. กรุงเทพมหานคร.
- กรมวิชาการเกษตร. 2547. ข้าวโพดฝักสด. เอกสารวิชาการข้าวโพดฝักสด. กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.
- คณาจารย์ภาควิชาพืชไร่ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 2542. พืชเศรษฐกิจ. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- ทัศนีย์ อุตตะนันท์ และ จงรักษ์ จันทร์เจริญสุข. 2542. แบบฝึกหัดและคู่มือปฏิบัติการการวิเคราะห์ดินและพืช. ภาควิชาปฐพีวิทยา, คณะเกษตร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 108 น.
- นิพนธ์ ตั้งคณานุรักษ์ และ คณิตา ตั้งคณานุรักษ์. 2550. หลักการตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำทางเคมี. พิมพ์ครั้งที่ 1. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- ราเชนทร์ ธีรพร. 2539. ข้าวโพด. ภาควิชาพืชไร่ สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- วิฑูรย์ ปัญญากุล. เกษตรยั่งยืน วิธีการเกษตรเพื่ออนาคต. กรุงเทพฯ. มูลนิธิสายใยแผ่นดิน, 2547. แหล่งที่มา: <https://www.bloggang.com/mainblog.php?id=coffee&month=02-11-2010&group=6&gblog=4>, 5 สิงหาคม 2560.
- อานัฐ ตันโช. 2549. การวิเคราะห์และประเมินผลสำเร็จของการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับอินทรีย์วัตถุ ปุ๋ยพืชสด ปุ๋ยหมักและวัสดุปรับปรุงดินในประเทศไทย. แหล่งที่มา: http://www.dld.go.th/nutrition/exhibition/Resesrch/research_full/2531/, 5 สิงหาคม 2560.
- Fulhage, D. C. 2000. Land Application Consideration for Animal Manure. Available from <http://muextension.missouri.edu/xplor/envqual/egg0202>, 13 August 2017.

วันรับบทความ (Received date) : 17 พ.ย. 60

วันแก้ไขบทความ (Revised date) : 16 มี.ค. 61

วันตอบรับบทความ (Accepted date) : 4 พ.ค. 61