

การเปลี่ยนแปลงอินทรีย์คาร์บอนของดินส่วนที่เปลี่ยนแปลงได้ง่ายหลังได้รับการเก็บเกี่ยวอ้อยแบบไม่เผาใบ ภายใต้สภาพดินเหนียวที่ได้รับการเผาใบอย่างต่อเนื่อง

วิษณุภาส อีสา^{1,2,3} และ วรณวิภา แก้วประดิษฐ์^{1,2,3*}

¹คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น 40002

²ศูนย์วิจัยอ้อยและน้ำตาลภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มหาวิทยาลัยขอนแก่น อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น 40002

³กลุ่มวิจัยวิศวกรรมประยุกต์เพื่อพืชเศรษฐกิจที่สำคัญ มหาวิทยาลัยขอนแก่น อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น 40002

บทคัดย่อ

ฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอนเป็นปัญหาที่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพของประชาชนเป็นอย่างมาก แหล่งผลิตหนึ่งของฝุ่นดังกล่าวคือการเผาในที่โล่ง การขาดแคลนแรงงานในการเก็บเกี่ยวอ้อยเป็นปัญหาที่สำคัญในปัจจุบัน จึงทำให้เกษตรกรเลือกวิธีการเก็บเกี่ยวอ้อยแบบเผาใบ จนส่งผลให้เกิดปัญหามลพิษทางอากาศและส่งผลกระทบต่อคุณสมบัติของดิน เมื่อมีการเผาใบอ้อยจะไม่เหลือเศษซากอ้อยไว้ในแปลงปลูกทำให้ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินลดต่ำลง กิจกรรมของจุลินทรีย์ ปริมาณธาตุอาหาร และความอุดมสมบูรณ์ของดินจึงลดต่ำลงไปด้วย ดังนั้นงานวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางชีวภาพและเคมีของดินบางประการที่ระยะเก็บเกี่ยวอ้อยปลูกและอ้อยต่อ 1 เมื่อได้รับการเก็บเกี่ยวแบบไม่เผาใบในพื้นที่ที่มีการเก็บเกี่ยวอ้อยแบบเผาใบมาอย่างต่อเนื่อง งานทดลองมีจำนวน 4 ซ้ำ โดยใช้ T-test ในการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างกรรมวิธี ที่ระยะอ้อยปลูก มีจำนวน 2 กรรมวิธี ได้แก่ การเก็บเกี่ยวแบบเผาและไม่เผาใบ ที่ระยะอ้อยต่อ 1 มีจำนวน 3 กรรมวิธีทดลอง ในอ้อยต่อ 1 ได้แก่ 1) การเก็บเกี่ยวแบบเผาใบทั้งอ้อยปลูกและอ้อยต่อ 1 (เผา-เผา) เป็นกรรมวิธีควบคุม 2) การเก็บเกี่ยวแบบไม่เผาใบทั้งในอ้อยปลูกและอ้อยต่อ 1 (ไม่เผา-ไม่เผา) 3) แปลงที่ได้รับการเผาใบในอ้อยปลูกเปลี่ยนเป็นไม่เผาใบในอ้อยต่อ 1 (เผา-ไม่เผา) ผลการศึกษาพบว่าที่ระยะเก็บเกี่ยวอ้อยปลูก ไม่พบความแตกต่างทางสถิติของคุณสมบัติทางชีวภาพและเคมีของดินบางประการ แต่ที่ระยะเก็บเกี่ยวอ้อยต่อ 1 พบว่ากรรมวิธีที่ 2 และ 3 ส่งผลทำให้ปริมาณมวลชีวภาพจุลินทรีย์คาร์บอนในดินเพิ่มสูงขึ้น 332.39 และ 317.60 mg/kg ตามลำดับ แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) นอกจากนี้กรรมวิธีที่ 2 ส่งผลทำให้ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินเพิ่มขึ้นด้วย เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีเผาใบอ้อยก่อนการเก็บเกี่ยว ดังนั้นการศึกษานี้จึงเป็นแนวทางในการตัดสินใจให้เกษตรกรเลือกวิธีการจัดการใบอ้อยก่อนการเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม รวมทั้งคำนึงถึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เพื่อให้การผลิตอ้อยเป็นไปอย่างมีคุณภาพและยั่งยืน

คำสำคัญ: วิธีการเก็บเกี่ยวอ้อย คุณสมบัติของดิน มวลจุลินทรีย์คาร์บอน และ ฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอน

*ผู้เขียนให้ติดต่อ: E-mail: wanwka@gmail.com

Changes in soil labile organic carbon pool after change consecutive pre-harvest burning to unburned sugarcane harvest condition in clay loam soil

Wishchabhas E-sa^{1,2,3} and Wanwipa Kaewpradit^{1,2,3*}

¹Faculty of Agriculture, Khon Kaen University, Khon Kaen, 40002, Thailand

²Northeast Thailand Cane and Sugar Research Center, Khon Kaen University,
Khon Kaen, 40002, Thailand

³Applied engineering for important Crop of the North East Group, Khon Kaen University,
Khon Kaen, 40002, Thailand

Abstract

Particulate Matter 2.5 (PM2.5) is an effecting to the health of people and one of the air pollution sources. And effect to soil properties sugarcane pre-harvest burning not have residue back to soil surface affecting to decrease soil organic matter and microorganism activity. Currently sugarcane harvesting have a labor problem. Therefore, the farmers have to burn sugarcane before harvest to reduce labor requirement. The objectives of this study to investigate change of some soil biological and chemical properties at planted and ratoon cane harvest after change to unburn harvest with consecutive burn management. The experiment have 4 replications and comparison between treatments by T-test. At planted cane harvest, there are 2 treatments i.e. pre-harvest burning and unburn management. At ratoon cane harvest, there are 3 treatments i.e. (1) pre-harvest burning as a control treatment (2) unburned management and (3) burned management at planted cane harvest change to unburned management. Our result indicated that the treatments not effect to some soil biological and chemical properties at planted cane harvest. However, sugarcane pre-harvest burning at planted cane harvest change to unburned management and unburned management both planted and ratoon cane increase soil microbial biomass C 332.39 and 317.60 mg/kg respectively ($P < 0.05$), moreover, treatment 2 provided greater soil organic matter when compared to consecutive pre-harvest burning treatment. Thus, unburn cane harvest may not only environment friendly but also ameliorate soil labile C pool that support sustainability of sugarcane cropping system

Keywords: Sugarcane harvest methods, soil properties, microbial biomass C and PM2.5

* Corresponding author: E-mail: wanwka@gmail.com

บทนำ

ฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอน (Particulate Matter 2.5; PM2.5) เป็นฝุ่นละอองที่อันตรายต่อสุขภาพ ซึ่งมีสาเหตุจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงรถยนต์ โรงงานอุตสาหกรรม การเผาป่า และการเผาอ้อย ก็เป็นอีกหนึ่งสาเหตุสำคัญที่ก่อให้เกิดปัญหาฝุ่นละอองในขณะนี้ เนื่องจากปัจจุบันพื้นที่ปลูกอ้อยในประเทศไทยมีแนวโน้มขยายตัวเพิ่มมากขึ้น ประกอบกับรัฐบาลผลักดันนโยบายบริหารพื้นที่เกษตรกรรมของพืช (zoning) โดยเปลี่ยนจากพื้นที่ปลูกข้าวที่ไม่เหมาะสมนำไปสู่การปลูกอ้อยโรงงาน ส่งผลให้พื้นที่ปลูกอ้อยของประเทศไทยเพิ่มสูงขึ้น โดยในปีการผลิต 2560/61 ประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกอ้อยทั้งหมด 11.5 ล้านไร่ และสามารถผลิตอ้อยได้สูงถึง 135 ล้านตัน (The Office of the Cane and Sugar Board, 2018) ในขณะที่พื้นที่ปลูกอ้อยในประเทศไทยมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากอ้อยมีราคาต่ำเกิดปัญหาขาดแคลนแรงงานในการเก็บเกี่ยว เครื่องจักรกลทางการเกษตรมีราคาแพง เกษตรกรเก็บเกี่ยวอ้อยเข้าหีบไม่ทัน ดังนั้นเกษตรกรจึงมีการเผาใบอ้อยก่อนการเก็บเกี่ยวเพิ่มมากขึ้น เพื่อให้ง่ายต่อการจัดการและสะดวกต่อการเก็บเกี่ยวอ้อย ในปีการผลิต 2560/61 ปริมาณอ้อยไฟไหม้ หรืออ้อยเผาใบที่ส่งเข้าโรงงานอยู่ที่ 89 ล้านตัน (คิดเป็น 66.28 %) และปริมาณอ้อยสดที่ส่งเข้าโรงงานมีเพียง 45 ล้านตัน เห็นได้ว่าปริมาณอ้อยเผาใบมีมากกว่าปริมาณอ้อยสดที่ส่งเข้าโรงงานถึง 44 ล้านตัน (The Office of the Cane and Sugar Board, 2018) จากปัญหา PM2.5 ที่ได้กล่าวมาเบื้องต้นรัฐบาลจึงผลักดัน 3 มาตรการการแก้ไขปัญหาการเผาอ้อย คือ มาตรการทางกฎหมายรับอ้อยไฟไหม้เข้าหีบไม่เกินร้อยละ 0-5 % ภายใน 3 ปี มาตรการสนับสนุนจากภาครัฐในการซื้อเครื่องจักรกลทางการเกษตร และมาตรการด้านการบริหารจัดการไร่อ้อยเพื่อเป็นต้นแบบการเก็บเกี่ยวและการขนส่งอ้อยเข้าโรงงานปลอดจากการเผาอ้อย โดยเป็นการส่งเสริมให้เกษตรกรผลิตอ้อยสะอาด และเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

ตามมาตรฐานโลก (Bonsucro) ประกอบกับสำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย (สอน.) ได้จัดทำโครงการเกษตรกรปลอดการเผา zero burn เป็นการลดปัญหาหมอกพิษทางอากาศ ฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM2.5 ที่เกิดจากกิจกรรมทางการเกษตร โดยรณรงค์ให้เกษตรกรเห็นความสำคัญและประโยชน์ของการไม่เผาทำลายวัสดุทั้งก่อนและหลังการเก็บเกี่ยวลดการเผา 100 % ภายใน 3 ปี (The Office of the Cane and Sugar Board, 2019) การเผาใบอ้อยนั้นนอกจากจะส่งผลกระทบต่อมลภาวะทางอากาศแล้ว ยังส่งผลกระทบต่อคุณภาพผลผลิตและสภาพแวดล้อมรอบๆ เป็นอย่างมาก เช่น อ้อยตอตายมากกว่าอ้อยตัดสด ราคาอ้อยเผาใบต่ำกว่าราคาอ้อยตัดสด (Sangla and Suppadit, 2005) ปริมาณเศษซากใบอ้อยในแปลงต่ำ (Sandhu *et al.*, 2017) จึงส่งผลทำให้ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินลดต่ำลงไปด้วย (Hemwong *et al.*, 2009) เนื่องจากอินทรีย์วัตถุเกิดการย่อยสลายเศษซากใบอ้อยโดยจุลินทรีย์ ซึ่ง Land Development Department (2018) ได้อธิบายว่ากิจกรรมของจุลินทรีย์ในการย่อยสลายเศษซากใบอ้อยเป็นส่วนของอินทรีย์คาร์บอนที่อยู่ในดินมีทั้งส่วนที่เปลี่ยนแปลงได้ยาก (อินทรีย์วัตถุ) ใช้ระยะเวลาในการย่อยสลาย และส่วนที่เปลี่ยนแปลงได้ง่ายใช้ (มวลชีวภาพจุลินทรีย์) ใช้ระยะเวลาสั้นๆ ในการย่อยสลายและปลดปล่อยธาตุอาหารให้อ้อยใช้ในการเจริญเติบโต เมื่อมีการเผาใบอ้อยจึงทำให้มวลชีวภาพจุลินทรีย์ในดินลดลง (Souza *et al.*, 2012) และเกิดการสูญเสียธาตุอาหารออกจากแปลงปลูก จึงทำให้เกษตรกรต้องมีการจัดการเรื่องการให้ปุ๋ยเพิ่มเติม อย่างไรก็ตามในพื้นที่ที่เกษตรกรมีการเก็บเกี่ยวอ้อยแบบเผาใบอย่างต่อเนื่อง การเก็บเกี่ยวอ้อยแบบเผาใบและไม่เผาใบอาจส่งผลต่อคุณสมบัติของดินบางประการที่ระยะอ้อยปลูกและอ้อยตอ ดังนั้นงานศึกษาผลของการเปลี่ยนแปลงดังกล่าว อาจเป็นแนวทางให้เกษตรกรสามารถเลือกใช้วิธีการจัดการใบอ้อยที่เหมาะสม และเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

ดำเนินการทดลองในสภาพไร่ของเกษตรกรที่มีการเผาใบอ้อยก่อนการเก็บเกี่ยวมาอย่างต่อเนื่อง ณ ตำบลห้วยยาง อำเภอคอนสาร จังหวัดชัยภูมิ โดยสอบถามประวัติการใช้พื้นที่จากเกษตรกร ทำการทดลองช่วงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2559 – ธันวาคม พ.ศ. 2561 และใช้พื้นที่อ้อยที่มีการแนะนำให้เกษตรกรปลูกในพื้นที่ดินร่วนปนเหนียว คือ พันธุ์ kpk98-51 ทำการปลูกในแปลงขนาด 40x10 ตารางเมตร ระยะระหว่างแถว 1.80 เมตร เปิดร่องเพื่อวางท่อนคูโดยขุดลึกลงไป 10-15 เซนติเมตร ดำเนินงานทดลองจำนวน 4 ซ้ำ โดยใช้ T-test ในการเปรียบเทียบวิธีการเก็บเกี่ยวอ้อยแบบเผาใบและไม่เผาใบก่อนการเก็บเกี่ยวในอ้อยปลูกและอ้อยต่อ 1 ที่ระยะอ้อยปลูก มีจำนวน 2 กรรมวิธี ได้แก่ การเก็บเกี่ยวแบบเผาและไม่เผาใบ ที่ระยะอ้อยต่อ 1 มีจำนวน 3 กรรมวิธีทดลอง ในอ้อยต่อ 1 ได้แก่ 1) การเก็บเกี่ยวแบบเผาใบทั้งในอ้อยปลูกและอ้อยต่อ 1 (เผา-เผา) 2) การเก็บเกี่ยวแบบไม่เผาใบทั้งในอ้อยปลูกและอ้อยต่อ 1 (ไม่เผา-ไม่เผา) และ 3) แปลงที่ได้รับการเผาใบในอ้อยปลูกเปลี่ยนเป็นไม่เผาใบในอ้อยต่อ 1 (เผา-ไม่เผา) (Table 1)

Table 1 Treatments of sugarcane harvest management

Treatments	Sugarcane management	
	Planted cane	First ratoon cane
T1 (control)	Burn (B)	Burn
T2	Unburn (UB)	Unburn
T3	Burn (B)	Unburn

การเก็บข้อมูล

1. ข้อมูลดินทางเคมี

ทำการสุ่มเก็บตัวอย่างดินก่อนการทดลอง ดินหลังเก็บเกี่ยวอ้อยปลูก และดินหลังเก็บเกี่ยวอ้อยต่อ ที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร จากพื้นที่ 40x10 ตารางเมตร เพื่อหาค่าความเป็นกรด-ด่าง (soil pH) โดยวิธี pH meter (potentionmetric method) ในสัดส่วนดินต่อน้ำเท่ากับ 1: 1 จากนั้นนำไปวัดด้วยเครื่อง pH meter และบันทึกผล (Black, 1965) ค่าการนำไฟฟ้าของดิน (electrical conductivity; EC) ในสัดส่วนดินต่อน้ำเท่ากับ 1: 5 จากนั้นนำไปวัดด้วยเครื่อง และบันทึกผลการวัดเป็นหน่วย ds/m (Land Development Department, 2004) ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกของดิน (cation exchange capacity; CEC) โดยใช้ ammonium acetate extract ในการสกัดและอ่านค่าจากเครื่อง (flow injection analyzer; FIA) และนำค่าที่ได้ไปคำนวณหาค่าความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกและบันทึกผลการวัดหน่วยเป็น c mol/kg (Land Development Department, 2004) ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน (soil organic matter; OM) โดยวิธี Wet oxidation (Walkley and Black, 1934) ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดิน (total N in soil) โดยการย่อยตามวิธี Kjeldahl nitrogen method และวิเคราะห์ไนโตรเจน โดยใช้เครื่องวิเคราะห์ธาตุอาหารพืชแบบอัตโนมัติ (FIA) (Jackson, 1967) ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน (available P in soil) โดยวิธี Murphy and Riley ตามวิธี Bray II วัดความเข้มข้นสีสารละลายด้วยเครื่อง spectrophotometer นำค่าที่ได้มาเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นกับค่าที่อ่านได้ (Bray and Kurtz, 1954) ปริมาณโพแทสเซียมและแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดิน (exchangeable K, Ca in soil) โดยวิธี Ammonium acetate เป็นตัวสกัด วิเคราะห์หาปริมาณโพแทสเซียมและแคลเซียมด้วยเครื่อง Flame photometer นำค่าที่ได้มาเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นกับค่าที่อ่านได้ (Pratt, 1965) และปริมาณอนินทรีย์ไนโตรเจนในดิน (mineral N in soil; NO₃⁻, NH₄⁺) โดย

เติม 2 N KCl ในอัตราส่วน 1: 5 (ดินสด 20 กรัม: 2 N KCl 100 มิลลิลิตร) และนำไปวิเคราะห์หาอนินทรีย์ไนโตรเจน โดยใช้เครื่องวิเคราะห์ธาตุอาหารพืชแบบอัตโนมัติ (Flow Injection Analyzer; FIA) (Land Development Department, 2004)

2. ข้อมูลมวลชีวภาพจุลินทรีย์

ทำการสุ่มเก็บตัวอย่างดินก่อนการทดลอง ดินหลังเก็บเกี่ยวอ้อยปลูก และดินหลังเก็บเกี่ยวอ้อยต่อ ที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร จากพื้นที่ 40x10 ตารางเมตร นำมาวิเคราะห์หามวลชีวภาพจุลินทรีย์ที่เป็นอินทรีย์คาร์บอนส่วนที่เปลี่ยนแปลงได้ง่าย โดยหามวลชีวภาพจุลินทรีย์คาร์บอน (microbial biomass carbon) ใช้วิธีการรมดินด้วยคลอโรฟอร์มแล้วสกัด (fumigation extraction) โดยนำดินสดมารวมด้วยคลอโรฟอร์มที่ผ่านการล้างและกลั่นเพื่อขจัดแอลกอฮอล์ ใช้เวลาในการรม 36 ชั่วโมง แล้วนำมาวิเคราะห์โดยใช้น้ำยาสกัด 0.5 N K₂SO₄ อัตราส่วน 1: 5 (ดินสด: 0.5 N K₂SO₄) หลังจากนั้นนำสารละลายที่สกัดได้มาวิเคราะห์หาปริมาณมวลชีวภาพจุลินทรีย์คาร์บอน โดยวิธี Wet Oxidation โดยนำมาไตเตรทด้วย 0.01 N (NH₄)₂ [Fe(SO₄)₂].6H₂O และหามวลชีวภาพจุลินทรีย์ไนโตรเจน (microbial biomass nitrogen) ใช้วิธีการรมดินด้วยคลอโรฟอร์มแล้วสกัด (fumigation extraction) โดยนำดินสดมารวมด้วยคลอโรฟอร์มที่ผ่านการล้างและกลั่นเพื่อขจัดแอลกอฮอล์ ใช้เวลาในการรม 36 ชั่วโมง แล้วนำมาวิเคราะห์โดยใช้น้ำยาสกัด 1 N KCl อัตราส่วน 1: 5 (ดินสด: 1 N KCl) จากนั้นนำสารละลายที่สกัดได้มาวิเคราะห์หามวลชีวภาพจุลินทรีย์ไนโตรเจน โดยวิธี Ninhydrin reaction และวัดหาความเข้มข้นจากการดูดกลืนแสง โดยเครื่อง UV Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 570 นาโนเมตร

ทดสอบความแตกต่างของกรรมวิธีด้วยวิธี Independent sample T-test โดยใช้โปรแกรม excel

ผลและวิจารณ์ผลการวิจัย

1. คุณสมบัติของดินก่อนการทดลอง

ดินก่อนการทดลองมีคุณสมบัติทางกายภาพที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร มีลักษณะเนื้อดินประกอบด้วย Sand 32.3 %, Silt 30.1 % และ Clay 37.6% ซึ่งมีลักษณะเนื้อดินเป็นดินร่วนปนเหนียว โดยที่คุณสมบัติดินทางเคมีที่ระดับความลึก 0-15 มีค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) เท่ากับ 7.6 ค่าการนำไฟฟ้า เท่ากับ 0.1 ds/m ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (CEC) เท่ากับ 73.3 c mol/kg ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (OM) เท่ากับ 3.5 % ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดิน (Total N) เท่ากับ 0.2 % ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน (available P) เท่ากับ 85.5 mg/kg ปริมาณโพแทสเซียมและแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดิน (exchangeable K, Ca) เท่ากับ 122.4 และ 10600.0 mg/kg ตามลำดับ และปริมาณอนินทรีย์ไนโตรเจน (mineral N) เท่ากับ 9.20 mg/kg ในขณะที่คุณสมบัติทางชีวภาพของดินที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร พบว่าดินมีปริมาณมวลชีวภาพจุลินทรีย์คาร์บอน (microbial biomass carbon) เท่ากับ 250.00 mg/kg และมีปริมาณมวลชีวภาพจุลินทรีย์ไนโตรเจน (microbial biomass nitrogen) เท่ากับ 36.00 mg/kg

2. มวลชีวภาพจุลินทรีย์คาร์บอน

ดินก่อนการทดลองที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร มีปริมาณมวลชีวภาพจุลินทรีย์คาร์บอนอยู่ที่ 250.00 mg/kg เมื่อได้รับวิธีการจัดการใบอ้อยที่แตกต่างกัน พบว่าในอ้อยปลูก กรรมวิธีที่มีการจัดการใบอ้อยแบบไม่เผาใบมีปริมาณมวลชีวภาพจุลินทรีย์คาร์บอน เท่ากับ 284.93 mg/kg ซึ่งแตกต่างกับการจัดการใบอ้อยแบบเผาใบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สอดคล้องกับงานทดลองของ Souza et al. (2012) ที่ทำการศึกษาเกี่ยวกับการจัดการการเก็บเกี่ยวอ้อยที่ส่งผลต่อคุณสมบัติของดินมี 3 กรรมวิธี คือ การเผาใบอ้อย การไม่เผาใบอ้อย และการ

จัดการแบบพื้นเมือง พบว่ากรรมวิธีที่ไม่เผาใบอ้อยก่อนการเก็บเกี่ยวมีปริมาณมวลชีวภาพจุลินทรีย์คาร์บอนมากกว่ากรรมวิธีเผาใบอ้อยก่อนการเก็บเกี่ยว เนื่องจากกรรมวิธีการเผาใบอ้อยมีการใช้ความร้อน อุณหภูมิในดินสูงขึ้น จึงทำให้กิจกรรมของมวลชีวภาพจุลินทรีย์ในดินลดลง และปริมาณมวลชีวภาพจุลินทรีย์คาร์บอนในดินลดลงตามไปด้วย การศึกษาในอ้อยต่อ 1 พบว่ากรรมวิธีที่มีการเผาในอ้อยปลูก-ไม่เผาในอ้อยต่อ 1 (เผา-ไม่เผา) และกรรมวิธีที่ไม่เผาใบทั้งในอ้อยปลูกและอ้อยต่อ 1 (ไม่เผา-ไม่เผา) ทั้งสองกรรมวิธีนั้นทำให้ปริมาณมวลชีวภาพจุลินทรีย์คาร์บอนในดินเพิ่มสูงขึ้น แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีที่มีการเผาใบอ้อยอย่างต่อเนื่องก่อนการเก็บเกี่ยว กรรมวิธีเผาใบในอ้อยปลูก-ไม่เผาใบอ้อยในอ้อยต่อ 1 (เผา-ไม่เผา) และกรรมวิธีที่ไม่เผาใบทั้งในอ้อยปลูกและอ้อยต่อ 1 (ไม่เผา-ไม่เผา) มีปริมาณเศษซากอ้อยไว้คลุมแปลง และไม่มีการใช้ความร้อน อุณหภูมิไม่สูง จึงทำให้ในดินมีปริมาณมวลชีวภาพจุลินทรีย์คาร์บอนเพิ่มขึ้น ซึ่งจะคล้ายคลึงกันกับงานทดลองของ Graham et al. (2002) ที่ทำการทดลองเกี่ยวกับปริมาณอินทรีย์วัตถุ และการใช้ปุ๋ยที่มีการจัดการแบบเผาใบและการไว้เศษซากแบบระยะยาว มี 3 กรรมวิธี คือ การเผาใบ การเผาใบรวมกับการไถ และการไม่เผาใบ พบว่ากรรมวิธีที่ไม่มีการเผาใบอ้อยจะหลงเหลือเศษซากไว้คลุมแปลงส่งผลทำให้มีปริมาณมวลชีวภาพ

จุลินทรีย์คาร์บอนมากกว่าการเผาใบอ้อย และการเผาใบรวมกับการไถ ตามลำดับ อีกทั้งการคลุมเศษซากใบอ้อยจะส่งผลต่อกิจกรรมของมวลชีวภาพจุลินทรีย์ภายในดินให้เพิ่มสูงขึ้น โดยจะมีความแตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัดเมื่อเวลาผ่านไปประมาณ 1-2 ปี หลังจากมีการคลุมเศษซากใบอ้อย (Morais et al., 2019) การแบ่งแยกส่วนของอินทรีย์คาร์บอนในดินตามการสลายตัวสามารถแบ่งได้ 2 แบบ คือ อินทรีย์คาร์บอนในดินส่วนที่เปลี่ยนแปลงได้ง่ายและอินทรีย์คาร์บอนในดินส่วนที่เปลี่ยนแปลงช้าหรือเสถียร อินทรีย์คาร์บอนส่วนที่เปลี่ยนแปลงได้ง่ายในดิน (soil labile C pool) เป็นส่วนที่มีการสลายตัวเร็ว เช่น มวลชีวภาพจะมีการสลายตัวและปลดปล่อยธาตุอาหารอย่างรวดเร็ว (Land Development Department, 2018) ส่งผลทำให้กรรมวิธีเผาใบในอ้อยปลูก-ไม่เผาใบในอ้อยต่อ 1 (เผา-ไม่เผา) มีปริมาณมวลชีวภาพจุลินทรีย์คาร์บอนเพิ่มขึ้น ซึ่งจะเห็นได้ว่าดินที่ได้รับกรรมวิธีการจัดการใบอ้อยแบบไม่เผาใบส่งผลทำให้มวลชีวภาพจุลินทรีย์คาร์บอนในดินมีปริมาณที่เพิ่มสูงขึ้นที่ดินหลังการทดลองอ้อยต่อ 1 > ดินหลังการทดลองอ้อยปลูก > ดินก่อนการทดลอง ตามลำดับ โดยที่มวลชีวภาพจุลินทรีย์คาร์บอนจะเพิ่มขึ้นในกรรมวิธีเผาใบในอ้อยปลูก-ไม่เผาใบในอ้อยต่อ 1 (เผา-ไม่เผา) > กรรมวิธีที่ไม่เผาใบทั้งในอ้อยปลูกและอ้อยต่อ 1 (ไม่เผา-ไม่เผา) > กรรมวิธีที่เผาใบทั้งในอ้อยปลูกและอ้อยต่อ 1 (เผา-เผา) ตามลำดับ (Fig. 1a)

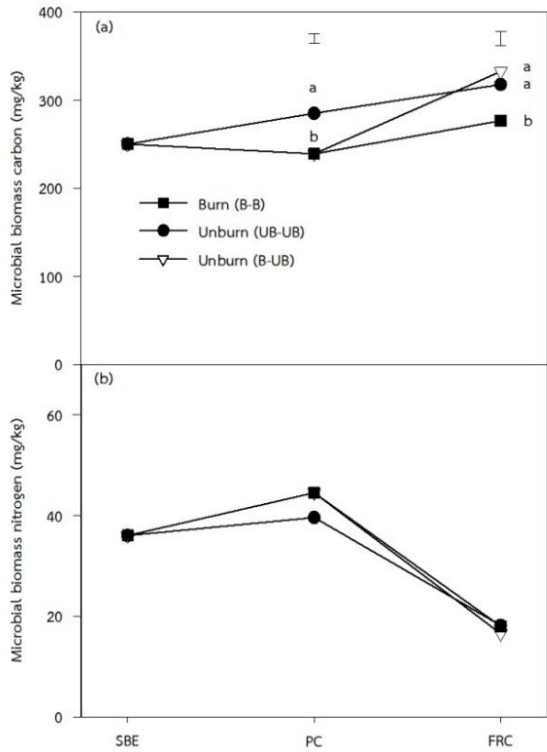


Fig. 1 Microbial biomass carbon (a) and microbial biomass nitrogen (b) dynamics in SBE; soil before the experiment, PC; plant cane and FRC; first ratoon cane under different sugarcane pre-harvest management, B-B; Burn of both year, UB-UB; Unburn of both year, B-UB; Burn in plant cane and change to unburn in first ratoon cane. Vertical bars represent \pm SED

3. มวลชีวภาพจุลินทรีย์ในโตรเจน

ปริมาณมวลชีวภาพจุลินทรีย์ในโตรเจนก่อนการทดลอง เท่ากับ 36.00 mg/kg เมื่อได้รับวิธีการจัดการใบอ้อยที่ต่างกัน พบว่าในอ้อยปลูกนั้นปริมาณมวลชีวภาพจุลินทรีย์ในโตรเจนมีปริมาณที่เพิ่มขึ้น แต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติทั้ง 2 กรรมวิธี ในอ้อยต่อ 1 พบว่าปริมาณมวลชีวภาพจุลินทรีย์ในโตรเจนลดลงและไม่แตกต่างกันทางสถิติทั้ง 3 กรรมวิธี (Fig. 1b) ซึ่งเป็นไปในทางเดียวกันกับงานทดลองของ Hemwong *et al.* (2008) ที่ทำการทดลองเกี่ยวกับการจัดการเศษซากอ้อยแทนการเผาใบมี 3 กรรมวิธี คือ การเผาใบอ้อย การปล่อยใบอ้อยไว้คลุมแปลง และการไถกลบใบอ้อย พบว่ากรรมวิธีที่มีการเผาใบอ้อย และการปล่อยใบอ้อยไว้คลุมแปลงมีปริมาณมวลชีวภาพจุลินทรีย์ในโตรเจนเพิ่มขึ้นในช่วงแรกของการเจริญเติบโต และมีปริมาณลดลงในช่วงท้ายของการเจริญเติบโต ซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติทั้ง 2 กรรมวิธี ทั้งนี้เนื่องจากกิจกรรมของจุลินทรีย์ที่ทำการย่อยสลายอินทรีย์วัตถุในดินทำให้สารอินทรีย์ในโตรเจนเปลี่ยนเป็นสารอนินทรีย์ในโตรเจนด้วยกระบวนการ mineralization จึงทำให้ปริมาณอนินทรีย์ในโตรเจนเพิ่มขึ้น (Fig. 3c) และปริมาณมวลชีวภาพจุลินทรีย์ในโตรเจนลดลง Puttaso (2019) ได้อธิบายว่าใบอ้อยที่ปล่อยไว้คลุมแปลงถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ ซึ่งการทำงานของจุลินทรีย์นั้นจำเป็นต้องอาศัยพลังงานมาช่วยในการเปลี่ยนสารอินทรีย์ในโตรเจนให้กลายเป็นสารอนินทรีย์ในโตรเจนที่พืชสามารถนำไปใช้ได้ ส่งผลทำให้มวลชีวภาพจุลินทรีย์ในโตรเจนในช่วงท้ายของการเจริญเติบโตมีปริมาณที่ลดลง

4. ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน

ดินก่อนการทดลองที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร มีปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน เท่ากับ 3.50 % หลังจากได้รับกรรมวิธีการจัดการใบอ้อยก่อนเก็บเกี่ยวที่ต่างกัน ใน 2 ฤดูกาลเก็บเกี่ยว ที่ระยะอ้อยปลูก กรรมวิธีเผาใบอ้อยมีปริมาณอินทรีย์วัตถุ เท่ากับ 3.80 % ซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติกับกรรมวิธีไม่เผาใบอ้อยก่อน

การเก็บเกี่ยวที่มีปริมาณอินทรีย์วัตถุ เท่ากับ 3.84 % เนื่องจากปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินเป็นอินทรีย์คาร์บอน ส่วนที่มีการเปลี่ยนแปลงช้าหรือเสถียร (stable C pool) ต้องใช้เวลาในการย่อยสลายนานหลายปี ซึ่งประกอบด้วย อินทรีย์วัตถุส่วนที่เป็นฮิวมัสแท้หรือสารฮิวมิก (Land Development Department, 2018) จึงส่งผลทำให้ ปริมาณอินทรีย์วัตถุในอ้อยปลูกไม่มีความแตกต่างกัน แต่ ในขณะที่อ้อยต่อ 1 พบว่ากรรมวิธีที่ไม่เผาใบทั้งในอ้อย ปลูกและอ้อยต่อ 1 (ไม่เผา-ไม่เผา) มีปริมาณอินทรีย์วัตถุ เท่ากับ 4.58 % มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทาง สถิติเมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีที่เผาใบทั้งในอ้อยปลูก และอ้อยต่อ 1 (เผา-เผา) และกรรมวิธีเผาใบในอ้อยปลูก- ไม่เผาใบในอ้อยต่อ 1 (เผา-ไม่เผา) เนื่องจากกรรมวิธีไม่ เผาใบอ้อยก่อนการเก็บเกี่ยวมีปริมาณเศษซากอ้อยไว้คลุม แปลงนานถึง 1 ปีจึงทำให้ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินมี ปริมาณเพิ่มขึ้นในดินหลังการทดลองอ้อยต่อ 1 (Fig. 2) สอดคล้องกับ Mendoza (2017) ทำการทดลองเกี่ยวกับการ ไม่เผาเศษซากอ้อยที่ส่งผลต่อปริมาณคาร์บอน พบว่า การที่มีเศษซากไว้คลุมแปลงจะช่วยเพิ่มปริมาณ อินทรีย์วัตถุให้แก่ดินประมาณ 15 % เนื่องจากเกิดการ ย่อยสลายเศษซากอ้อยโดยจุลินทรีย์ในดิน แต่กรรมวิธีเผา ใบอ้อยก่อนการเก็บเกี่ยวนั้นทำให้ปริมาณอินทรีย์วัตถุใน ดินลดลง โดยที่ Alemayehu and Lantinga (2018) ได้ ทำการศึกษาเกี่ยวกับการเผาใบอ้อยก่อนการเก็บเกี่ยวที่ ส่งผลต่อคุณภาพของดินและการสูญเสียน้ำหนักของอ้อย อธิบายว่าการเผาใบอ้อยก่อนการเก็บเกี่ยวส่งผลทำให้ ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินลดลง 33 % เนื่องจากเป็นการ สูญเสียปริมาณเศษซากอ้อยไปกับการเผา ซึ่งจะเห็นได้ว่า ดินที่ได้รับกรรมวิธีจัดการใบอ้อยที่แตกต่างกัน ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินก็จะแตกต่างกันไปด้วย

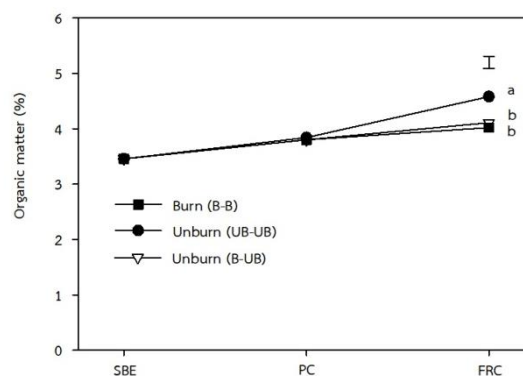


Fig. 2 Patten of soil organic matter in soil depth 0-15 cm. on SBE; soil before the experiment, PC; plant cane and FRC; first ratoon cane under different sugarcane pre-harvest management, B-B; Burn of both year, UB-UB; Unburn of both year, B-UB; Burn in plant cane and change to unburn in first ratoon cane. Vertical bars represent \pm SED

5. อินทรีย์ในโตรเจน

ในดินก่อนการทดลองมีปริมาณแอมโมเนียม เท่ากับ 1.08 mg/kg เมื่อได้รับกรรมวิธีจัดการใบอ้อย ที่แตกต่างกัน พบว่าในอ้อยปลูก กรรมวิธีเผาใบอ้อยก่อน การเก็บเกี่ยว และกรรมวิธีไม่เผาใบอ้อยก่อนการเก็บเกี่ยว มีปริมาณแอมโมเนียมไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่ในอ้อย ต่อ 1 พบว่ากรรมวิธีที่เผาใบทั้งในอ้อยปลูกและอ้อยต่อ 1 (เผา-เผา) มีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีเผาใบในอ้อยปลูก-ไม่เผาใบในอ้อยต่อ 1 (เผา-ไม่เผา) และกรรมวิธีที่ไม่เผาใบทั้งในอ้อยปลูกและอ้อยต่อ 1 (ไม่เผา-ไม่เผา) โดยที่ Robertson and Thorburn (2007) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการย่อยสลายของเศษ ซากอ้อยหลังจากการเก็บเกี่ยว พบว่าประมาณ 82-98 % ของเศษซากอ้อยไม่ได้สัมผัสกับบริเวณผิวหน้าดินส่งผลให้

การย่อยสลายเศษซากอ้อยใช้เวลานาน ซึ่ง 12 เดือน ใบอ้อยย่อยสลายได้ประมาณ 1-5 กิโลกรัมต่อเดือน ทำให้กรรมวิธีเผาใบในอ้อยปลูก-ไม่เผาใบในอ้อยต่อ 1 (เผา-ไม่เผา) และกรรมวิธีที่ไม่เผาใบทั้งในอ้อยปลูกและอ้อยต่อ 1 (ไม่เผา-ไม่เผา) มีปริมาณแอมโมเนียมน้อยกว่ากรรมวิธีที่เผาใบทั้งในอ้อยปลูกและอ้อยต่อ 1 (เผา-เผา) (Fig. 3a)

ปริมาณไนเตรทในดินก่อนการทดลอง เท่ากับ 8.12 mg/kg เมื่อได้รับกรรมวิธีการจัดการใบอ้อยที่แตกต่างกัน พบว่าที่ระยะเก็บเกี่ยวอ้อยปลูก กรรมวิธีเผาใบอ้อยก่อนการเก็บเกี่ยว และกรรมวิธีไม่เผาใบอ้อยก่อนการเก็บเกี่ยวมีปริมาณไนเตรทไม่แตกต่างกันทางสถิติทั้ง 2 กรรมวิธี ซึ่งสอดคล้องกันกับอ้อยต่อ ที่พบว่าปริมาณไนเตรทมีปริมาณลดลงแต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติทั้ง 3 กรรมวิธี (Fig. 3b) ไนโตรเจนในดินที่เป็นประโยชน์แก่พืชส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปไนเตรทมากกว่าแอมโมเนียม และปริมาณแอมโมเนียมในดินจะถูกจุลินทรีย์ออกซิไดซ์ให้กลายเป็นไนเตรทซึ่งจะอยู่ในรูปที่พืชสามารถดูดใช้ได้ทันที (Prikmak et al., 2018) อย่างไรก็ตามงานทดลองนี้พบว่าดินในระบบปลูกอ้อยมีปริมาณแอมโมเนียมมากกว่าไนเตรท ทั้งนี้อาจเป็นเพราะดินมีความชื้นค่อนข้างสูง 15.07 % (ความชื้นเฉลี่ย) ทำให้อินทรีย์ไนโตรเจนอยู่ในรูปแอมโมเนียมเป็นส่วนใหญ่ ส่งผลทำให้ปริมาณไนเตรทในดินไม่มีความแตกต่างกัน ประกอบกับ Rachid et al. (2012) ทำการศึกษาเกี่ยวกับคุณสมบัติของดินที่เปลี่ยนแปลงไปหลังจากมีการจัดการก่อนการเก็บเกี่ยวอ้อยที่แตกต่างกัน คือ กรรมวิธีควบคุม กรรมวิธีไม่เผาใบ และกรรมวิธีเผาใบ พบว่าปริมาณอินทรีย์ไนโตรเจนในดินพบแอมโมเนียมมาก และเกิดกระบวนการ nitrification ที่เปลี่ยนรูปจากแอมโมเนียมให้เป็นไนเตรทที่พืชสามารถดูดใช้ได้ ดังนั้นจึงทำให้ปริมาณไนเตรทในดินไม่มีความแตกต่างกัน

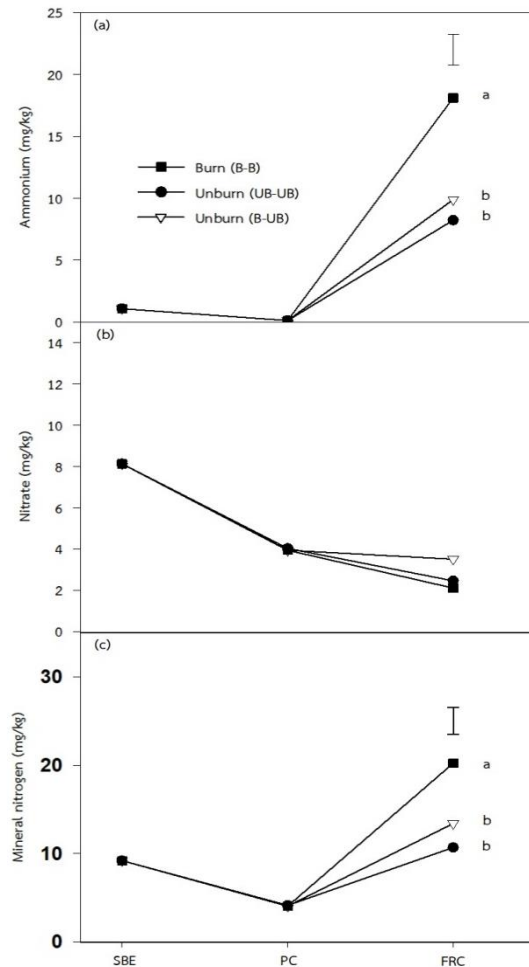


Fig. 3 Ammonium NH_4^+ (a) nitrate NO_3^- (b) mineral N (c) dynamics in SBE; soil before the experiment, PC; plant cane and FRC; first ratoon cane under different sugarcane pre-harvest management, B-B; Burn of both year, UB-UB; Unburn of both year, B-UB; Burn in plant cane and change to unburn in first ratoon cane. Vertical bars represent \pm SED

ในขณะที่ดินก่อนการทดลองที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร มีปริมาณนินทรีนในโตรเจนทั้งหมด 9.20 mg/kg เมื่อได้รับวิธีการจัดการใบอ้อยที่แตกต่างกัน พบว่าที่ระยะเก็บเกี่ยวอ้อยปลูก ปริมาณนินทรีนในโตรเจนทั้งหมดมีปริมาณที่ลดลง แต่ไม่มีความแตกต่างกันในทั้ง 2 กรรมวิธี (Fig. 3c)

ในขณะที่ระยะเก็บเกี่ยวอ้อยต่อ 1 พบว่าปริมาณนินทรีนในโตรเจนทั้งหมดในกรรมวิธีที่เผาใบทั้งในอ้อยปลูกและอ้อยต่อ 1 (เผา-เผา) เท่ากับ 20.21 mg/kg ซึ่งมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีเผาใบในอ้อยปลูก-ไม่เผาใบในอ้อยต่อ 1 (เผา-ไม่เผา) และกรรมวิธีที่ไม่เผาใบทั้งในอ้อยปลูกและอ้อยต่อ 1 (ไม่เผา-ไม่เผา) จะเห็นว่าปริมาณนินทรีนในโตรเจนในดินมีปริมาณเพิ่มขึ้นทั้ง 3 กรรมวิธี เนื่องจากจุลินทรีย์ได้ทำการย่อยสลายอินทรีย์วัตถุในดิน ซึ่งเป็นอินทรีย์คาร์บอนส่วนที่เปลี่ยนแปลงได้ยาก จึงส่งผลทำให้ปริมาณนินทรีนในโตรเจนมีปริมาณเพิ่มขึ้นในดินหลังการทดลองของอ้อยต่อ 1 โดยที่อ้อยสามารถนำนินทรีนในโตรเจนไปใช้ประโยชน์ในการเจริญเติบโตได้หรืออาจจะนำไปเก็บสะสมไว้ในใบและลำอ้อย เพื่อนำไปใช้ในกระบวนการต่างๆ ต่อไป ประกอบกับอุณหภูมิที่เพิ่มสูงขึ้นอาจไปกระตุ้นการทำงานของจุลินทรีย์บางชนิดส่งผลทำให้ปริมาณนินทรีนในโตรเจนมีในกรรมวิธีเผาใบมีปริมาณเพิ่มสูงขึ้น โดยที่ Hemwong *et al.* (2008) ทำการทดลองเกี่ยวกับการจัดการเศษซากอ้อยแทนการเผาใบ พบว่าปริมาณนินทรีนในโตรเจนในกรรมวิธีเผาใบอ้อยมีปริมาณที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากความร้อนจากการเผาใบส่งผลทำให้อุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้น และไปกระตุ้นการทำงานของจุลินทรีย์ในกลุ่มเอไมด์และกรดอะมิโนบางชนิด ทำให้ปริมาณนินทรีนในโตรเจนเพิ่มขึ้นหลังจากมีการเผาใบอ้อย อย่างไรก็ตามปริมาณนินทรีนในโตรเจนที่เพิ่ม

สูงขึ้นที่ระยะเก็บเกี่ยวอ้อยนั้น อาจเกิดการสูญเสียออกจากระบบการปลูกพืชได้ เนื่องจากอ้อยยังมีการดูดใช้ไม่มากนักที่ระยะดังกล่าว

สรุปผลการวิจัย

กรรมวิธีที่เผาใบทั้งในอ้อยปลูกและอ้อยต่อ 1 (เผา-เผา) ส่งผลทำให้ปริมาณนินทรีนในโตรเจน และปริมาณแอมโมเนียมในดินเพิ่มสูงขึ้น ส่วนกรรมวิธีเผาใบในอ้อยปลูก-ไม่เผาใบในอ้อยต่อ 1 (เผา-ไม่เผา) ส่งผลทำให้ปริมาณมวลชีวภาพจุลินทรีย์คาร์บอนที่อยู่ในรูปของอินทรีย์คาร์บอนส่วนที่เปลี่ยนแปลงง่ายเพิ่มสูงขึ้น ขณะที่กรรมวิธีที่ไม่เผาใบทั้งในอ้อยปลูกและอ้อยต่อ 1 (ไม่เผา-ไม่เผา) ส่งผลทำให้ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินเพิ่มขึ้น และส่งผลให้ปริมาณมวลชีวภาพจุลินทรีย์คาร์บอนที่อยู่ในรูปของอินทรีย์คาร์บอนส่วนที่เปลี่ยนแปลงง่ายเพิ่มสูงขึ้นตามไปด้วย ดังนั้นการจัดการใบอ้อยแบบไม่เผาใบที่หลงเหลือเศษซากใบอ้อยไว้คลุมแปลง จึงส่งเสริมให้อินทรีย์คาร์บอนในส่วนที่เปลี่ยนแปลงง่ายเพิ่มขึ้นและเกิดการกักเก็บคาร์บอนเข้าสู่ระบบการปลูกอ้อย เพื่อให้อ้อยได้ใช้ในการเจริญเติบโตต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณผู้ที่เกี่ยวข้องข้องในการทำงานวิจัยในครั้งนี้ ขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย (สอน.) งบประมาณ 2560-2561 และกลุ่มวิจัยวิศวกรรมประยุกต์เพื่อพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่สนับสนุนงบประมาณในการดำเนินงานวิจัย

References

- Alemayehu, D., & Lantinga, E. 2018. Effect of Pre-Harvest Cane Burning on Human Health, Soil Quality and Rate of Cane Weight Loss in Ethiopian Sugarcane Plantations. *Adv Crop Sci Tech*, 6(396), 2.
- Black, C.A. 1965. Method of soil analysis part II: Chemical and microbiological properties. American Society of Agronomy. Incorporation Medison Wisconsin, USA.
- Bray, R.A. and L.T. Kurtz. 1954. Determination of total organic and available form of phosphorus in soil. *Soil Sci.* 59: 39-45.
- Graham, M. H., Haynes, R. J., & Meyer, J. H. 2002. Soil organic matter content and quality: effects of fertilizer applications, burning and trash retention on a long-term sugarcane experiment in South Africa. *Soil Biol Biochem.* 34(1): 93-102.
- Hemwong, S., Cadisch, G., Toomsan, B., Limpinuntana, V., Vityakon, P., & Patanothai, A. 2008. Dynamics of residue decomposition and N₂ fixation of grain legumes upon sugarcane residue retention as an alternative to burning. *Soil Till Res.* 99(1): 84-97.
- Hemwong, S., Toomsan, B., Cadisch, G., Limpinuntana, V., Vityakon, P., & Patanothai, A. 2009. Sugarcane residue management and grain legume crop effects on N dynamics, N losses and growth of sugarcane. *Nutr Cycl Agroecosys.* 83(2): 135.
- Jackson, M.L. 1967. Nitrogen determination for soils and plant tissue. In *Soil Chemical Analysis*. pp. 183-203. Prentice-Hall of India Private Limited, New Delhi.
- Land Development Department. 2004. Manual on soil, plant and water analysis. Office of Science for Land Development. Bangkok. 235 pp. (in Thai)
- Land Development Department. 2018. Survey and study on soil carbon upper part of Northeast Thailand. Research report of land development department. June 2018. (in Thai)
- Mendoza, T. C. 2017. No Burning Sugarcane Trashes Makes Sugarcane production-Net Carbon Sequestering. *Journal of Agricultural Technology*, 13(2), 247-267.
- Morais, M. C., Ferrari, B. M., Borges, C. D., Cherubin, M. R., Tsai, S. M., Cerri, C. C., & Feigl, B. J. (2019). Does Sugarcane Straw Removal Change the Abundance of Soil Microbes?. *BioEnergy Research*, 1-8.
- Pratt, P.E. 1965. Potassium, pp. 1022-1030. In C.A. Black (ed.). *Method of soil analysis. part II.* American Society of Agronomy. Incorporation Medison Wisconsin, USA.
- Prikmak R., Chittamart N., Tawornpruek S., and Aramrak S. 2018. Effect of Sugarcane Trash Mulching with Nutrient Management on the Contents and Forms of Nitrogen in a Sugarcane-Grown Soil, Sa Kaeo Province. *Songklanakarin J. Pl. Sci.* 5:52-61. (in Thai)
- Puttaso, A. 2019. Soil organic carbon, soil microbial biomass and aggregate size distribution in sandy soil under sugarcane residue burning. Academic conference of Land Development Department. 18-20 August 2019 (in Thai)

- Rachid, C. T., Piccolo, M. C., Leite, D. C. A., Balieiro, F. C., Coutinho, H. L. C., van Elsas, J. D., ... & Rosado, A. S. 2012. Physical-chemical and microbiological changes in Cerrado Soil under differing sugarcane harvest management systems. *BMC microbiology*. 12(1): 170.
- Robertson, F. A., & Thorburn, P. J. 2007. Decomposition of sugarcane harvest residue in different climatic zones. *Soil Res*. 45(1): 1-11.
- Sandhu, H. S., Singh, M. P., Gilbert, R. A., Subiros-Ruiz, F., Rice, R. W., & Shine Jr, J. M. 2017. Harvest management effects on sugarcane growth, yield and nutrient cycling in Florida and Costa Rica. *Field Crops Res*. 214: 253-260.
- Sangla, L., & Suppadit, T. 2005. The impacts of sugarcane leaf burning and solving methods. *Thai J. Environ. Manag. Nida Thail*. 2: 85-102.
- Souza, R. A., Telles, T. S., Machado, W., Hungria, M., Tavares Filho, J., & de Fátima Guimarães, M. 2012. Effects of sugarcane harvesting with burning on the chemical and microbiological properties of the soil. *Agr. ecosys & envi*. 155: 1-6.
- The Office of the Cane and Sugar Board. 2018. The report of sugarcane cultivation area in the 2017/18 season [online]. [Accessed February 5, 2019]. Available from: URL: <http://www.ocsb.go.th/upload/journal/fileupload/923-3254.pdf>. (in Thai)
- The Office of the Cane and Sugar Board. 2019. Preventive measures of burning sugarcane. [online]. [Accessed September 20, 2019]. Available from: URL: <http://www.ocsb.go.th/upload/journal/fileupload/923-3254.pdf>. (in Thai)
- Walkley, A., and C.A. Black. 1934. An examination of degtjareff method for determining soil organic matter and proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Sci*. 37: 29-35.