ผลของการเผาเศษซากพืชต่อความเสื่อมโทรมของดินเพื่อปลูกข้าวและอ้อย

EFFECTS OF CROP RESIDUES BURNED ON SOIL DEGRADATION OF RICE AND SUGARCANE CULTIVATION

จวรรชนก ปรีสงค์

JAWANCHANOK PREESONG

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาเกษตรศาสตร์

คณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2566

KMITL-2023-AG-M-065-398

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

EFFECTS OF CROP RESIDUES BURNED ON SOIL DEGRADATION OF RICE AND SUGARCANE CULTIVATION

JAWANCHANOK PREESONG

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE IN AGRICULTURE
SCHOOL OF AGRICULTURAL TECHNOLOGY
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
2023
KMITL-2023-AG-M-065-398

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COPYRIGHT 2023
SCHOOL OF AGRICULTURAL TECHNOLOGY
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์ ผลของการเผาเศษซากพืชต่อความเสื่อมโทรมของดินเพื่อปลูกข้าวและอ้อย
ชื่อนักศึกษา นางสาวจวรรชนก ปรีสงค์
รหัสประจำตัว 63604020
ปริญญา วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา เกษตรศาสตร์
พ.ศ. 2566
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผศ.ดร. สุกัญญา แย้มประชา

บทคัดย่อ

เกษตรกรไทยนิยมเผาเศษซากพืชภายหลังจากการเก็บเกี่ยวผลผลิตข้าวและอ้อย เพื่อความสะดวกในการเตรียมดินในฤดูถัดไป การเผาเศษซากพืชจึงทำให้เกิดการสูญเสียธาตุอาหารและอินทรียวัตถุไปจากดิน อินทรียวัตถุเป็นสมบัติที่ไวต่อการจัดการดินจึงใช้เป็นดัชนีวัดคุณภาพดินที่ใช้ประเมินความเสื่อมโทรมของดิน งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอิทธิพลของการจัดการตอซังข้าวและใบอ้อยต่อรูปอินทรีย์คาร์บอนในดิน และดัชนีประเมินคุณภาพดิน (Carbon Management Index; CMI) เพื่อประเมินความเสื่อมโทรมของดิน โดยทำการศึกษา 2 การทดลอง วางแผนการทดลองแบบ split-split-plot design 2 ซ้ำ การทดลองที่ 1 ศึกษาผลของการเผาตอซังข้าวต่อความเสื่อมโทรมของดิน ประกอบด้วย main plot คือ จังหวัดที่เก็บตัวอย่างดิน 3 จังหวัด ได้แก่ จังหวัดนครสวรรค์ จังหวัดสุพรรณบุรี และกรุงเทพมหานคร sub plot คือ การจัดการเศษซากพืช 2 รูปแบบ ได้แก่ แปลงนาที่มีการเผาตอซังข้าว และแปลงนาที่ไม่มีการเผาตอซังข้าว sub-sub plot คือ ระดับความลึกของการเก็บตัวอย่างดิน 2 ระดับ ได้แก่ ชั้นดินบน (0-15 เซนติเมตร) และชั้นดินล่าง (15-30 เซนติเมตร) การทดลองที่ 2 ศึกษาผลของการเผาเศษใบอ้อยต่อความเสื่อมโทรมของดิน ประกอบด้วย main plot คือ จังหวัดที่เก็บตัวอย่างจาก 2 จังหวัด ได้แก่ จังหวัดนครสวรรค์ และจังหวัดสุพรรณบุรี sub plot และ sub-sub plot เช่นเดียวกับการทดลองที่ 1 และเก็บตัวอย่างดินป่าไม้ในจังหวัดอุทัยธานี สำหรับใช้เป็นดินอ้างอิงเพื่อคำนวณดัชนีประเมินคุณภาพดิน (CMI) ผลของการทดลองที่ 1 พบว่า จังหวัดที่เก็บตัวอย่างดิน การจัดการตอซังข้าว และระดับความลึก ส่งผลต่อปริมาณอินทรีย์คาร์บอนและไนโตรเจนทั้งหมดในดิน (Total Organic Carbon; TOC และ Total Organic Nitrogen; TON) และอินทรีย์คาร์บอนและไนโตรเจนส่วนที่ย่อยสลายได้ง่ายทั้งการวิเคราะห์ทางกายภาพ ได้แก่ Light Fraction Organic Carbon (LFOC), Heavy Fraction Organic Carbon (HFOC) และ Particulate Organic Carbon (POC) ทางเคมี ได้แก่ Dissolved Organic Carbon (DOC), Dissolved Organic Nitrogen (DON) และ Permanganate Oxidizable Carbon (POXC) และทางชีวภาพ ได้แก่ Microbial Biomass Carbon (MBC) และ Microbial Biomass Nitrogen (MBN) โดยดินที่เก็บจากกรุงเทพมหานคร แปลงไม่เผาตอซังข้าว ในชั้นดินบน มี TOC, TON, LFOC, HFOC, POC, DOC, DON, POXC, MBC และ MBN สูงกว่าทรีทเม้นต์อื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ การคำนวณดัชนีการประเมินคุณภาพดิน พบว่า โดยดินที่เก็บจากกรุงเทพมหานครมีดัชนีแหล่งสะสมอินทรีย์คาร์บอนทั้งหมดในดิน (Carbon Pool Index; CPI) และดัชนีการประเมินคุณภาพดิน (CMI) สูงกว่าจังหวัดอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และดัชนีการประเมินแหล่งอินทรีย์คาร์บอนส่วนที่ย่อยสลายได้ง่าย (Lability Index; LI) ของดินที่เก็บจากจังหวัดสุพรรณบุรีมีสูงกว่าจังหวัดอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ค่า CPI, LI และ CMI จากแปลงที่ไม่เผาตอซังข้าวที่ระดับชั้นดินบน มีสูงกว่าการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เผาตอซังอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดินที่มีปริมาณอนุภาคดินเหนียวสูง การไม่เผาเศษซากพืช และการทับถมสารอินทรีย์ในชั้นดินบน ทำให้ค่า CPI และ LI มีค่าสูงตามปริมาณของอินทรีย์คาร์บอนที่ใส่กลับลงไปในดิน และสภาพดินนามีการย่อยสลายอินทรีย์คาร์บอนต่ำ จึงส่งผลทำให้ดินมีความเสื่อมโทรมต่ำไปด้วย ผลการทดลองที่ 2 พบว่า ดินที่เก็บจากจังหวัดนครสวรรค์มีปริมาณอินทรีย์คาร์บอนและไนโตรเจนทั้งหมดในดิน และอินทรีย์คาร์บอนส่วนที่ย่อยสลายได้ง่ายของการวิเคราะห์ทางกายภาพสูงกว่าดินที่เก็บจากจังหวัดสุพรรณบุรีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ การไม่เผาเศษใบอ้อยทำให้ปริมาณอินทรีย์คาร์บอน ไนโตรเจนทั้งหมดในดิน และอินทรีย์คาร์บอนส่วนที่ย่อยสลายได้ง่ายทั้งการวิเคราะห์ทางกายภาพ ทางเคมี และทางชีวภาพของที่ชั้นดินบนมีค่าสูงกว่าทรีทเม้นต์อื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ การคำนวณดัชนีการประเมินคุณภาพดิน พบว่า ค่า CPI และ CMI มีค่าสูงในดินที่เก็บจากจังหวัดนครสวรรค์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ การไม่เผาใบอ้อยทำให้ค่า CPI และ CMI สูงกว่าการเผาใบอ้อยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่การเผาใบอ้อยทำให้ค่า LI แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับทรีทเม้นต์อื่น ในขณะที่ค่า CPI ของชั้นดินล่างมีค่าสูงกว่าชั้นดินบนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ค่า CMI ของชั้นดินบนสูงกว่าดินล่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ปริมาณดินเหนียว และแคลเซียมคาร์บอเนต ($CaCO_3$) จากวัตถุต้นกำเนิดดินของจังหวัดนครสวรรค์มีปริมาณสูง จึงส่งผลให้ให้มีค่า CPI และ CMI สูงกว่าจังหวัดสุพรรณบุรีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ การเผาเศษใบอ้อยทำให้อินทรีย์คาร์บอนอยู่ในรูปที่สลายตัวได้ง่าย จึงทำให้ค่า CPI ในชั้นดินบนต่ำ จึงทำให้ดินมีความเสื่อมโทรมสูง แสดงให้เห็นว่าความแตกต่างของชุดดินในแต่ละจังหวัด (วัตถุต้นกำเนิดดิน และอนุภาคดินเหนียว) การจัดการเศษซากพืช (เผา/ไม่เผาเศษซากพืช) และชั้นดินที่มีการสะสมสารอินทรีย์ ส่งผลโดยตรงต่ออินทรีย์คาร์บอนทั้งหมดและรูปอินทรีย์คาร์บอนในดิน อีกทั้งสภาพการใช้ที่ดินของดินนาและดินไร่ส่งผลทำให้ความเสื่อมโทรมของดินแตกต่างกัน ดังนั้นเกษตรกรไทยจึงควรไถกลบเศษซากพืชภายหลังจากการเก็บเกี่ยวผลผลิตเพื่อเพิ่มปริมาณอินทรียวัตถุและธาตุอาหารให้แก่ดิน ลดความเสื่อมโทรมของทรัพยากรดินที่จะเกิดขึ้นจากการใช้ประโยชน์ของที่ดิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Effects of crop residues burned on soil degradation for rice and sugarcane cultivation
Student Name	Miss Jawanchanok Preesong
Student ID	63604020
Degree	Master Of Science
Program	Agriculture
Year	2023
Thesis Advisor	Asst. Prof. Dr. Sukunya Yampracha

ABSTRACT

Thai farmers burned crop residues after harvesting of rice and sugarcane crops were popular to facilitate soil preparation for the next season. The burning of crop residues caused the loss of nutrients and soil organic matter and the acceleration of soil degradation. Soil organic matter was a sensitive property of soil management. Therefore, it was used as an indicator of soil quality with assessing soil degradation The objectives of this research were to study the effects of rice stubble and sugarcane trash management on soil organic carbon fraction and to assess Carbon Management Index (CMI) on soil degradation. Two experiments were laid out in split-split-plot design with 2 replications. First experiment was studied the effects of burning stubble on soil degradation, which consisted of the main plot, the sub plot, and the sub-sub plot. The main plot was collecting the soil samples from 3 province such as Nakhon Sawan, Suphan Buri and Bangkok province, the sub plot was 2 types of crop residue managements such as burned and unburned rice stubble, and the sub-sub plot was 2 soil depths 2 such as topsoil (0-15 cm) and subsoil (15-30 cm). Second experiment was studied the effects of sugarcane trash burning on soil degradation consisting of a main plot was collecting of soil samples from 2 provinces e.g., Nakhon Sawan and Suphan Buri province, the sub plot and the sub-sub plot was the same as first experiment. Moreover, forest soil samples from Uthai Thani province were collected as a reference soil to calculate the CMI. The results of experiment 1 showed that soil types, rice stubble management and soil depth from different provinces affected Total Organic Carbon and Nitrogen (TOC and TON) and labile organic carbon and nitrogen by physical analysis e.g. Light Fraction Organic Carbon (LFOC), Heavy Fraction Organic Carbon (HFOC) and Particulate Organic Carbon (POC) chemical analysis e.g. Dissolved Organic Carbon (DOC), Dissolved Organic Nitrogen (DON) and Permanganate Oxidizable Carbon (POXC) and biological analysis e.g. Microbial Biomass Carbon (MBC) and Microbial Biomass Nitrogen (MBN). The soils collected from Bangkok with unburned rice stubble plots in the topsoil had significantly higher in TOC, TON, LFOC, HFOC, POC, DOC, DON, POXC, MBC and MBN

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

than other treatments. CMI calculations found that Carbon Pool Index (CPI) and CMI significantly higher in the soil collected from Bangkok than other provinces. Lability Index (LI) of the soil collected from Suphan Buri province was significantly higher than that of other provinces. The CPI, LI and CMI values from unburned rice stubble plot at topsoil were significantly higher than burned rice stubble plot. Soil with high content of clay particles, unburned plant residues and the deposition of organic material in the topsoil layer resulted in high CPI and LI values according to the amount of soil organic carbon return into the soil. The condition of paddy soil had low soil organic carbon decomposition leading to degradation of soil. The second experiment results showed that total organic carbon and nitrogen and labile organic carbon of the physical analysis of soil collected from Nakhon Sawan province were significantly higher than the soil collected from Suphan Buri province. Unburned sugarcane trash showed significantly higher amount of total organic carbon, total organic nitrogen, and labile organic carbon in physical, chemical, and biological analyzes in topsoil than other treatments. The calculation of CMI found that the CPI and CMI values were significantly higher in the soil collected from Nakhon Sawan province. The values of CPI and CMI values were significantly higher in unburned sugarcane trash than that of burned sugarcane trash, but LI value was significantly higher in burned sugarcane trash. The CPI in subsoil was significantly greater than that of in topsoil whereas the topsoil showed significantly higher CMI value than the subsoil. The CPI and CMI values were significantly higher in Nakhon Sawan province than the soil collected from Suphan Buri province due to high amount of clay content and calcium carbonate ($CaCO_3$) from parent materials of this province. Burning sugarcane trash caused soil organic carbon was easy to decompose that led to low CPI values in topsoil increasing soil degradation. The experimental results showed that the differences in soil series in each province (soil parent material and clay particles), plant residues management (burned/unburned plant residues) and soil layer with organic materials accumulation directly affected on total organic carbon and the labile organic carbon in the soil. However, the land use conditions of lowland and upland soils resulted in different soil degradation. Therefore, Thai farmers should incorporate crop residues into the soil after harvest to increase the amount of soil organic matter and nutrients to the soil, reducing the degradation of soil resources that will occur from land use.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดีได้ด้วยความกรุณาจาก ผศ.ดร.สุกัญญา แย้มประชา ที่เป็นอาจารย์ที่ปรึกษา ช่วยเหลือ แก้ไข และให้คำชี้แนะตลอดระยะเวลา ตั้งแต่ก่อนเริ่มต้นทำงานวิจัย การเขียนโครงร่างการทำวิจัย ระหว่างการวิเคราะห์ตัวอย่าง และเขียนเล่มวิทยานิพนธ์ มีปัญหามากมายในระหว่างการวิเคราะห์ตัวอย่าง คำนวณค่าวิเคราะห์ และเขียนเล่มวิทยานิพนธ์ และได้มอบประสบการณ์ที่ดีตลอดระยะเวลาที่ศึกษาต่อในระดับการเรียนปริญญาโทแก่ตัวข้าพเจ้า

ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.พักตร์เพ็ญ ภูมิพันธ์ และ ผศ.ดร.ภัทรารัตน์ เทียมเก่า กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ที่กรุณาให้คำแนะนำ และชี้แนะทำให้วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จได้ด้วยดี และขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.นิตยา ผกามาศ ที่ช่วยการวางแผนการทดลองของงานวิจัย ช่วยสอน และแนะแนวการทำสถิติของวิทยานิพนธ์เล่มนี้ และยังเป็นกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ที่ให้คำแนะนำจนวิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จได้ด้วยดี

ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณทุนคณะเทคโนโลยีการเกษตร ประจำปีงบประมาณ 2563 และเงินทุนจากอาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร.สุกัญญา แย้มประชา และขอขอบคุณ ห้องปฏิบัติการปฐพีวิทยา หลักสูตรปฐพีวิทยา ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่สนับสนุนวัสดุอุปกรณ์ ตลอดจนเครื่องมือวิทยาศาสตร์ที่ทันสมัย วิทยานิพนธ์เล่มนี้จะสำเร็จมิได้เลยหากไม่ได้การสนับสนุนนี้

สุดท้ายนี้ต้องขอขอบคุณพ่อ คุณแม่ และน้องสาวของข้าพเจ้าที่คอยเป็นแรงผลักดัน เป็นกำลังใจที่ดีเสมอมา ตลอดจนอาจารย์ทุกท่านที่สอนให้ความรู้ในการศึกษาระดับปริญญาโท และขอขอบคุณนางสาว นุจรี บุญแปลง นักวิทยาศาสตร์ประจำหลักสูตรปฐพีวิทยา, นางสาวอารดา บุญอาจ, นางสาวนันทนัช ชาวพะเยาว์, นางสาวทราย ห้วยหงษ์ทอง และ Ms. Kyi Kyi Shwe และน้องๆ ปฐพีวิทยาทุกคนที่คอยช่วยเหลือข้าพเจ้าตลอดการทำวิจัย และขอบคุณกำลังใจเล็กๆจากสัตว์เลี้ยงของข้าพเจ้า น้องอังเปา น้องเฮงเฮง และน้องบาลอง

นางสาวจวรรชนก ปรีสงค์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..........ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..........ค
กิตติกรรมประกาศ..........จ
สารบัญ..........ฉ
สารบัญตาราง..........ฌ
สารบัญรูปภาพ..........ฎ
สารบัญตารางภาคผนวก..........ฐ
สารบัญภาพภาคผนวก..........ฑ

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา..........1
1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา..........2
1.3 สมมติฐานของการศึกษา..........2
1.4 ทฤษฎีหรือแนวคิดที่ใช้ในการวิจัย..........2
1.5 ขอบเขตการวิจัย..........2

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 การเผาเศษซากพืช..........3
2.2 ผลกระทบของการเผาตอซัง..........4
2.2.1 ผลกระทบต่อการเกษตรและสิ่งแวดล้อม..........4
2.2.2 ผลกระทบต่อสุขภาพ..........4
2.2.3 ผลกระทบต่อสภาพเศษฐกิจ..........5
2.3 การจัดการตอซังข้าวในประเทศไทย..........5
2.3.1 การไถกลบตอซังข้าวและการหมักตอซังข้าว..........6
2.3.2 การปล่อยตอซังข้าวไว้ในแปลงนา..........6
2.3.3 การนำตอซังข้าวใช้เป็นอาหารสัตว์หรืออัดเป็นฟางก้อน..........7
2.3.4 การนำตอซังข้าวมาใช้ทำปุ๋ยหมัก..........7
2.3.5 การนำตอซังข้าวมาใช้เป็นวัสดุคลุมดิน..........7
2.3.6 การเผาตอซังข้าว..........7
2.4 การจัดการเศษใบอ้อยในประเทศไทย..........8
2.4.1 การไถกลบเศษใบอ้อย..........8
2.4.2 การอัดใบอ้อยหรือขายใบอ้อยให้โรงงานไฟฟ้าชีวมวล..........9
2.4.3 การใช้ใบอ้อยคลุมดิน..........9
2.4.4 การนำใบอ้อยไปใช้ประโยชน์ด้านอื่น..........9
2.4.5 การเผาใบอ้อย..........9
2.5 อินทรีย์คาร์บอนในดิน..........10
2.5.1 รูปของอินทรีย์คาร์บอนในดิน..........11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.5.1.1 การวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพ......11
2.5.1.2 การวิเคราะห์ลักษณะทางเคมี......11
2.5.1.3 การวิเคราะห์ลักษณะทางชีวภาพ......12
2.6 ปัจจัยที่ควบคุมการย่อยสลายและปลดปล่อยอินทรีย์คาร์บอน......13
2.6.1 ชนิดของสารอินทรีย์ในดิน......13
2.6.2 อุณหภูมิ......14
2.6.3 ความชื้น......14
2.6.4 การถ่ายเทอากาศในดิน......14
2.6.5 ความเป็นกรด-ด่างของดิน......14
2.6.6 สัดส่วนระหว่างคาร์บอนกับไนโตรเจน......14
2.6.7 เนื้อดิน......15
2.6.8 การจัดการพื้นที่ทางการเกษตร......15
2.7 ผลของการจัดการเศษซากพืชต่อความเสื่อมโทรมของดิน......15
2.8 การประเมินคุณภาพดิน......16
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย
3.1 การทดลองที่ 1 การศึกษาผลของการเผาตอซังข้าวต่อความเสื่อมโทรมของดิน......19
3.1.1 วางแผนการทดลอง......19
3.1.2 การเก็บตัวอย่างดิน......19
3.2 การทดลองที่ 2 การศึกษาผลของการเผาเศษใบอ้อยต่อความเสื่อมโทรมของดิน......23
3.2.1 วางแผนการทดลอง......23
3.2.2 การเก็บตัวอย่างดิน......23
3.3 การวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและทางเคมีเบื้องต้นของดิน......27
3.4 การวิเคราะห์รูปของอินทรีย์คาร์บอนและไนโตรเจน......27
3.4.1 Light Fraction Organic Carbon (LFOC) และ
Heavy Fraction Organic Carbon (HFOC)......27
3.4.2 Particulate Organic Carbon (POC)......27
3.4.3 Dissolved Organic Carbon (DOC) และ Nitrogen (DON)......27
3.4.4 Permanganate Oxidizable Carbon (POXC)......28
3.4.5 Microbial Biomass Carbon (MBC) และ Nitrogen (MBN)......28
3.5 การประเมินคุณภาพดิน (Carbon Management Index; CMI)......28
3.6 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ......28
บทที่ 4 ผลการวิจัยและอภิปลายผล
4.1 การทดลองที่ 1 การศึกษาผลของการเผาตอซังข้าวต่อความเสื่อมโทรมของดิน......29
4.1.1 สมบัติดินเบื้องต้นบางประการทางกายภาพและทางเคมีของดิน......29

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.1.2 อิทธิพลของจังหวัดที่เก็บตัวอย่างดิน การจัดการตอซังข้าว
และระดับความลึกของดิน....33
4.1.3 ผลของการเผาตอซังข้าวต่อรูปอินทรีย์คาร์บอนและไนโตรเจน....37
4.1.4 ผลของการเผาตอซังข้าวต่อดัชนีการประเมินคุณภาพดิน (CMI)....46
4.2 การทดลองที่ 2 การศึกษาผลของการเผาเศษใบอ้อยต่อความเสื่อมโทรมของดิน....51
4.2.1 สมบัติดินเบื้องต้นบางประการทางกายภาพและทางเคมีของดิน....51
4.2.2 อิทธิพลของจังหวัดที่เก็บตัวอย่างดิน การจัดการเศษใบอ้อย
และระดับความลึกของดิน....54
4.2.3 ผลของการเผาเศษใบอ้อยต่อรูปอินทรีย์คาร์บอนและไนโตรเจน....57
4.2.4 ผลของการเผาเศษใบอ้อยต่อดัชนีการประเมินคุณภาพดิน (CMI)....61
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ
5.1 ผลของการจัดการตอซังข้าวและใบอ้อยต่อรูปอินทรีย์คาร์บอนในดิน....65
5.1.1 ผลของการจัดการตอซังข้าวต่อรูปอินทรีย์คาร์บอนในดิน....65
5.1.2 ผลของการจัดการเศษใบอ้อยต่อรูปอินทรีย์คาร์บอนในดิน....65
5.2 ผลของการจัดการตอซังข้าวและใบอ้อยต่อดัชนีการประเมินคุณภาพดิน....66
5.1.1 ผลของการจัดการตอซังข้าวต่อดัชนีการประเมินคุณภาพดิน....66
5.1.2 ผลของการจัดการเศษใบอ้อยต่อดัชนีการประเมินคุณภาพดิน....66
5.3 ข้อเสนอแนะ....66
บรรณานุกรม....71
ภาคผนวก....80
ภาคผนวก ก....81
ภาคผนวก ข....89
ประวัติผู้เขียน....94

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

3.1 จุดเก็บตัวอย่างดิน ชุดดิน (Soil series) เนื้อดิน (Texture) การจัดการเศษซากพืช และปีที่เก็บตัวอย่างดินของแปลงนา จำนวน 12 แปลง....22

3.2 จุดเก็บตัวอย่างดิน ชุดดิน (Soil series) เนื้อดิน (Texture) การจัดการเศษซากพืช และปีที่เก็บตัวอย่างดินของแปลงอ้อย จำนวน 8 แปลง....25

4.1 สมบัติดินบางประการทางกายภาพและทางเคมีของดินนา ที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร....30

4.2 โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม และโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดิน เหล็ก แมงกานีส สังกะสี และทองแดงที่สกัดได้ในดินนา ที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร....31

4.3 สมบัติดินบางประการทางกายภาพและทางเคมีของดินนา ที่ระดับความลึก 15-30 เซนติเมตร....32

4.4 โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม และโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดิน เหล็ก แมงกานีส สังกะสี และทองแดงที่สกัดได้ในดินนา ที่ระดับความลึก 15-30 เซนติเมตร....32

4.5 ผลของจังหวัด การจัดการตอซังข้าว และความระดับความลึกต่อสมบัติดิน ทางกายภาพและทางเคมีของดิน....34

4.6 ผลของจังหวัด การจัดการตอซังข้าว และความระดับความลึกต่อโพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม และโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดิน เหล็ก แมงกานีส สังกะสี และทองแดงที่สกัดได้ในดิน....35

4.7 ผลของจังหวัด การจัดการตอซังข้าว และความระดับความลึกต่อ TOC, LFOC, HFOC, POC, DOC, POXC, MBC, TON, DON และ MBN....38

4.8 ผลของจังหวัด การจัดการตอซังข้าว และความระดับความลึกต่อดัชนีการประเมิน คุณภาพของดินนา (Carbon Management Index) 47

4.9 สมบัติดินบางประการทางกายภาพและทางเคมีของดินแปลงอ้อย ที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร....51

4.10 โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม และโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดิน เหล็ก แมงกานีส สังกะสี และทองแดงที่สกัดได้ในดินแปลงอ้อย ที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร....53

4.11 สมบัติดินบางประการทางกายภาพและทางเคมีของดินแปลงอ้อย ที่ระดับความลึก 15-30 เซนติเมตร....53

4.12 โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม และโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดิน เหล็ก แมงกานีส สังกะสี และทองแดงที่สกัดได้ในดินแปลงอ้อย ที่ระดับความลึก 15-30 เซนติเมตร....54

4.13 ผลของจังหวัด การจัดการเศษใบอ้อย และความระดับความลึกต่อสมบัติดิน ทางกายภาพและทางเคมีของดิน....55

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ **หน้า**

4.14 ผลของจังหวัด การจัดการเศษใบอ้อย และความระดับความลึกต่อโพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม โซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดิน เหล็ก แมงกานีส สังกะสี และทองแดงที่สกัดได้ในดิน.....56

4.15 ผลของจังหวัด การจัดการเศษใบอ้อย และความระดับความลึกต่อ TOC, LFOC, HFOC, POC, DOC, POXC, MBC, TON, DON และ MBN.....58

4.16 ผลของจังหวัด การจัดการเศษใบอ้อย และความระดับความลึกต่อ CPI, LI และ CMI.....62

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่ **หน้า**

3.1 แผนผังแสดงขั้นตอนการเก็บตัวอย่างดินการทดลองที่ 1 20
3.2 แผนที่แสดงจุดเก็บตัวอย่างดินแปลงนา จำนวน 12 แปลง 21
3.3 การเก็บตัวอย่างดินในแปลงนา และแปลงอ้อยที่มีการเผาและไม่เผาตอซังข้าว และใบอ้อย 21
3.4 แผนผังแสดงขั้นตอนการเก็บตัวอย่างดินการทดลองที่ 2 24
3.5 แผนที่แสดงจุดเก็บตัวอย่างแปลงอ้อย จำนวน 8 แปลง 25
4.1 ปฏิสัมพันธ์ระหว่างจังหวัดที่เก็บตัวอย่างดิน การจัดการตอซังข้าว และระดับความลึกของดินต่อ Total Organic Carbon (TOC) 40
4.2 ปฏิสัมพันธ์ระหว่างจังหวัดที่เก็บตัวอย่างดิน การจัดการตอซังข้าว และระดับความลึกของดินต่อ Heavy Fraction Organic Carbon (HFOC) 40
4.3 ปฏิสัมพันธ์ระหว่างจังหวัดที่เก็บตัวอย่างดิน การจัดการตอซังข้าว และระดับความลึกของดินต่อ Permanganate Oxidizable Carbon (POXC) 41
4.4 ปฏิสัมพันธ์ระหว่างจังหวัดที่เก็บตัวอย่างดิน การจัดการตอซังข้าว และระดับความลึกของดินต่อ Light Fraction Organic Carbon (LFOC) 42
4.5 ปฏิสัมพันธ์ระหว่างจังหวัดที่เก็บตัวอย่างดิน การจัดการตอซังข้าว และระดับความลึกของดินต่อ Dissolved Organic Carbon (DOC) 42
4.6 ปฏิสัมพันธ์ระหว่างจังหวัดที่เก็บตัวอย่างดิน การจัดการตอซังข้าว และระดับความลึกของดินต่อ Microbial Biomass Carbon (MBC) 43
4.7 ปฏิสัมพันธ์ระหว่างจังหวัดที่เก็บตัวอย่างดิน การจัดการตอซังข้าว และระดับความลึกของดินต่อ Total Organic Nitrogen (TON) 44
4.8 ปฏิสัมพันธ์ระหว่างจังหวัดที่เก็บตัวอย่างดิน การจัดการตอซังข้าว และระดับความลึกของดินต่อ Dissolved Organic Nitrogen (DON) 45
4.9 ปฏิสัมพันธ์ระหว่างจังหวัดที่เก็บตัวอย่างดิน การจัดการตอซังข้าว และระดับความลึกของดินต่อ Microbial Biomass Nitrogen (MBN) 45
4.10 ปฏิสัมพันธ์ระหว่างจังหวัดที่เก็บตัวอย่างดิน การจัดการตอซังข้าว และระดับความลึกของดินต่อ Carbon Pool Index (CPI) 48
4.11 ปฏิสัมพันธ์ระหว่างจังหวัดที่เก็บตัวอย่างดิน การจัดการตอซังข้าว และระดับความลึกของดินต่อ Lability Index (LI) 49
4.12 ปฏิสัมพันธ์ระหว่างจังหวัดที่เก็บตัวอย่างดิน การจัดการตอซังข้าว และระดับความลึกของดินต่อ Carbon Management Index (CMI) 50
4.13 ปฏิสัมพันธ์ระหว่างจังหวัดที่เก็บตัวอย่างดิน การจัดการเศษใบอ้อย และระดับความลึกของดินต่อ Total Organic Carbon (TOC) 60
4.14 ปฏิสัมพันธ์ระหว่างจังหวัดที่เก็บตัวอย่างดิน การจัดการเศษใบอ้อย และระดับความลึกของดินต่อ Light Fraction Organic Carbon (LFOC) 60

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ **หน้า**

4.15 ปฏิสัมพันธ์ระหว่างจังหวัด การจัดการเศษใบอ้อย
และระดับความลึกของดินต่อ Carbon Pool Index (CPI)..63

4.16 ปฏิสัมพันธ์ระหว่างจังหวัด การจัดการเศษใบอ้อย
และระดับความลึกของดินต่อ Lability Index (LI)...64

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตารางภาคผนวก

ตารางภาคผนวกที่ **หน้า**

1.1 สมบัติดินเบื้องต้นทางกายภาพและทางเคมี และรูปอินทรีย์คาร์บอนและไนโตรเจนของดินอ้างอิง (Reference soil) ที่ระดับความลึก 0-15 และ 15-30 เซนติเมตร....82

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพภาคผนวก

ภาพภาคผนวกที่	หน้า
1.1 แปลงที่ 1 (NSS1) เก็บดินจากจังหวัดนครสวรรค์ ไม่มีการเผาตอซังข้าว	83
1.2 แปลงที่ 2 (NSS2) เก็บดินจากจังหวัดนครสวรรค์ ที่มีการเผาตอซังข้าว	83
1.3 แปลงที่ 3 (NSS3) เก็บดินจากจังหวัดนครสวรรค์ ไม่มีการเผาตอซังข้าว	84
1.4 แปลงที่ 4 (NSS4) เก็บดินจากจังหวัดนครสวรรค์ ที่มีการเผาตอซังข้าว	84
1.5 แปลงที่ 5 (SPP1) เก็บดินจากจังหวัดสุพรรณบุรี ไม่มีการเผาตอซังข้าว	85
1.6 แปลงที่ 6 (SPP2) เก็บดินจากจังหวัดสุพรรณบุรี ที่มีการเผาตอซังข้าว	85
1.7 แปลงที่ 7 (SPP3) เก็บดินจากจังหวัดสุพรรณบุรี ไม่มีการเผาตอซังข้าว	86
1.8 แปลงที่ 8 (SPP4) เก็บดินจากจังหวัดสุพรรณบุรี ที่มีการเผาตอซังข้าว	86
1.9 แปลงที่ 9 (BKK1) เก็บดินจากกรุงเทพมหานคร ไม่มีการเผาตอซังข้าว	87
1.10 แปลงที่ 10 (BKK2) เก็บดินจากกรุงเทพมหานคร ที่มีการเผาตอซังข้าว	87
1.11 แปลงที่ 11 (BKK3) เก็บดินจากกรุงเทพมหานคร ไม่มีการเผาตอซังข้าว	88
1.12 แปลงที่ 12 (BKK4) เก็บดินจากกรุงเทพมหานคร ที่มีการเผาตอซังข้าว	88
2.1 แปลงที่ 1 (NSS5) เก็บดินจากจังหวัดนครสวรรค์ ไม่มีการเผาเศษใบอ้อย	90
2.2 แปลงที่ 2 (NSS6) เก็บดินจากจังหวัดนครสวรรค์ ที่มีการเผาเศษใบอ้อย	90
2.3 แปลงที่ 3 (NSS7) เก็บดินจากจังหวัดนครสวรรค์ ไม่มีการเผาเศษใบอ้อย	91
2.4 แปลงที่ 4 (NSS8) เก็บดินจากจังหวัดนครสวรรค์ ที่มีการเผาเศษใบอ้อย	91
2.5 แปลงที่ 5 (SPP5) เก็บดินจากจังหวัดสุพรรณบุรี ไม่มีการเผาเศษใบอ้อย	92
2.6 แปลงที่ 6 (SPP6) เก็บดินจากจังหวัดสุพรรณบุรี ที่มีการเผาเศษใบอ้อย	92
2.7 แปลงที่ 7 (SPP7) เก็บดินจากจังหวัดสุพรรณบุรี ไม่มีการเผาเศษใบอ้อย	93
2.8 แปลงที่ 8 (SPP8) เก็บดินจากจังหวัดสุพรรณบุรี ที่มีการเผาเศษใบอ้อย	93

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันประเทศไทยมีพื้นที่ทำการเกษตร 149 ล้านไร่ แบ่งการใช้พื้นที่เป็นนาข้าว พืชไร่ สวนผลไม้ ไม้ยืนต้น สวนผัก ไม้ดอก ไม้ประดับ และเนื้อที่ใช้ประโยชน์ทางการเกษตรอื่นๆ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2562) ข้าวและอ้อยจัดเป็นพืชเศรษฐกิจ ใน 5 อันดับแรกของประเทศ (สำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร, 2564) ซึ่งเนื้อที่ในการปลูกข้าวนาปีมีพื้นที่ 63.01 ล้านไร่ ข้าวนาปรังมีพื้นที่ 8.34 ล้านไร่ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2564) ส่วนพื้นที่ปลูกอ้อยมีพื้นที่ 10.86 ล้านไร่ (สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาล, 2564) เกษตรกรผู้ปลูกพืชสองชนิดนิยมเผาเศษเหลือตอซังข้าวและใบอ้อยภายหลังการเก็บเกี่ยวผลผลิต เพื่อความสะดวกในการเตรียมดินในการเพาะปลูกในฤดูต่อไป รวมทั้งป้องกันการเกิดไฟไหม้ในกรณีของอ้อยตอ การเผาเศษซากพืชเหล่านี้ส่งผลเสียทั้งด้านสุขภาพ ด้านการเกษตร และด้านเศรษฐกิจ ด้านสุขภาพ ได้แก่ ปัญหาหมอกควัน ฝุ่นละออง เช่น PM 2.5 ซึ่งสาเหตุหลักเกิดจากการเผาเศษซากพืชคิดเป็น 54% ของสาเหตุที่ทำให้เกิด PM 2.5 ในประเทศไทย (การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, 2549) เถ้าเขม่า และ ก๊าซพิษ (CO, NO_2 และ SO_2) ก่อให้เกิดอันตรายต่อระบบทางเดินหายใจ ส่วนปัญหาด้านการเกษตร พบว่า ตอซังข้าวและใบอ้อยมีธาตุอาหารและคาร์บอนเป็นองค์ประกอบหลัก การเผาจึงทำให้สูญเสียทั้งธาตุอาหารและอินทรียวัตถุไปจากดินเป็นสาเหตุให้ดินเสื่อมโทรม (กรมควบคุมมลพิษ, 2563) ส่งผลทำให้เกษตรกรต้องใส่ปุ๋ย และอินทรียวัตถุเพิ่มขึ้นจึงส่งผลกระทบโดยตรงต่อด้านเศรษฐกิจเพราะต้นทุนการผลิตเพิ่มขึ้น นอกจากนี้การสูญเสียอินทรียวัตถุไปจากดินยังเป็นสาเหตุเร่งให้เกิดความเสื่อมโทรมของดินเร็วขึ้น

อินทรียวัตถุในดิน (Soil Organic Matter; SOM) เป็นดัชนีวัดคุณภาพของดิน เพื่อใช้ประเมินความยั่งยืนทางทรัพยากรดิน สามารถประเมินได้จากอินทรีย์คาร์บอนในอินทรียวัตถุ (Grigal and Ohmann, 1992) อินทรีย์คาร์บอนในดิน (Soil Organic Carbon; SOC) สามารถแบ่งรูปตามอัตราการสลายตัวได้เป็น 2 รูป คือ 1) รูปของอินทรีย์คาร์บอนที่ย่อยสลายได้ยาก (Recalcitrant Organic Carbon; ROC) และ 2) รูปของอินทรีย์คาร์บอนที่ย่อยสลายได้ง่าย (Labile Organic Carbon; LOC) ได้แก่ Light Fraction Organic Carbon (LFOC), Particulate Organic Carbon (POC), Dissolved Organic Carbon (DOC), Permanganate Oxidizable Carbon (POXC) และ Microbial Biomass Carbon (MBC) อินทรีย์คาร์บอนส่วนที่เปลี่ยนแปลงได้ง่ายและจะตอบสนองอย่างรวดเร็วต่อการจัดการดิน สามารถสะท้อนให้เห็นถึงความรุนแรงของความเสื่อมโทรมซึ่งเป็นผลมาจากการใช้ที่ดิน (Aumtong *et al*., 2009) ดังนั้นจึงนำรูปของอินทรีย์คาร์บอนเหล่านี้ไปใช้เป็นดัชนีประเมินคุณภาพของทรัพยากรดิน การประเมินคุณภาพของดินโดยใช้รูปของอินทรีย์คาร์บอน (Carbon Management Index; CMI) สามารถวัดการเปลี่ยนแปลงในขั้นเริ่มต้นของการเสื่อมโทรมของดิน (Soil degradation) เพื่อใช้เป็นตัวชี้วัดในเรื่องการปรับปรุงดิน (Soil improvement) เพราะเป็นวิธีที่ง่าย สะดวก และมีความไว (Sensitivity) ต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติดินและการจัดการการใช้ที่ดิน ซึ่งรวมถึงการจัดการเศษซากพืชหลังการเก็บเกี่ยว (Weil *et al.,* 2003) นอกจากนี้ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนยังสามารถใช้บ่งบอกปริมาณของอินทรีย์ไนโตรเจน ซึ่งเป็นธาตุอาหารหลักของพืชได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การใช้ที่ดินปลูกพืชชนิดเดียวติดต่อกันเป็นเวลานานของข้าวและอ้อยของเกษตรกรไทย เกษตรกรมักมีการจัดการเศษซากพืชรูปแบบเดียวกันต่อเนื่องเป็นเวลานาน จึงอาจส่งผลโดยตรงต่อปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดิน การประเมินคุณภาพของดินโดยใช้รูปของอินทรีย์คาร์บอน (CMI) จึงสามารถบอกถึงความเสื่อมโทรมของดินที่ได้รับอิทธิพลจากการจัดการเศษซากพืช การศึกษานี้จึงมีประโยชน์ต่อการวางแผนการจัดการเศษซากพืชหลังการเก็บเกี่ยวข้าวและอ้อย เพื่อป้องกันและแก้ไขความเสื่อมโทรมของดินได้ เพื่อเป็นแนวทางในการแก้ไขปัญหาการเผาเศษซากพืช

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา

1.2.1 เพื่อศึกษาอิทธิพลของการจัดการตอซังข้าวและใบอ้อยที่แตกต่างกันต่อรูปของอินทรีย์คาร์บอนในดิน

1.2.2 เพื่อศึกษาอิทธิพลของการจัดการตอซังข้าวและใบอ้อยที่แตกต่างกันโดยใช้ดัชนีการประเมินคุณภาพดิน (Carbon Management Index; CMI) เพื่อประเมินความเสื่อมโทรมของดิน

1.3 สมมติฐานของการศึกษา

เกษตรกรมีการใช้ที่ดินปลูกข้าวและอ้อยติดต่อกันเป็นเวลานาน และมีการจัดการเศษซากพืชออกจากแปลงโดยวิธีการเผาเศษซากพืชมากที่สุด การเผาเศษซากพืชส่งผลทำให้เกิดผลเสียทั้งด้านสุขภาพ ด้านการเกษตร และด้านเศรษฐกิจ ซึ่งตอซังข้าวและใบอ้อยมีธาตุอาหารและคาร์บอนเป็นองค์ประกอบ การเผาจึงทำให้สูญเสียทั้งธาตุอาหารและอินทรียวัตถุไปจากดิน การประเมินคุณภาพของดินโดยใช้รูปของอินทรีย์คาร์บอน (Carbon Management Index; CMI) จึงสามารถบอกถึงความเสื่อมโทรมของดินได้ ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อการวางแผนการจัดการตอซังข้าวและใบอ้อย เพื่อป้องกันและแก้ไขความเสื่อมโทรมของดิน

1.4 ทฤษฎีหรือแนวคิดที่ใช้ในการวิจัย

ภายหลังการเก็บเกี่ยวเกษตรกรมีการจัดการเศษเหลือตอซังข้าวและใบอ้อยที่แตกต่างกันไป ซึ่งวิธีที่เกษตรกรนิยมใช้จัดการเศษซากพืชมากที่สุดคือ การเผาตอซังข้าวและใบอ้อย เพราะสะดวกและรวดเร็วในการเตรียมดินในฤดูต่อไป เป็นที่รู้กันดีอยู่แล้วว่าการเผาเศษซากพืชเป็นสาเหตุเร่งให้เกิดความเสื่อมโทรมของดินอย่างรวดเร็ว แต่เกิดมากหรือน้อยเพียงใดไม่สามารถประเมินได้จากการวิเคราะห์สมบัติดินทั่วไป แต่การประเมินคุณภาพของดินโดยใช้รูปของอินทรีย์คาร์บอน (CMI) สามารถประเมินความเสื่อมโทรมได้ ดังนั้นการประเมินการใช้ที่ดินโดยใช้ CMI จึงเป็นทางเลือกที่น่าสนใจเพื่อใช้เป็นประโยชน์ต่อการจัดการการใช้ที่ดินอย่างยั่งยืน

1.5 ขอบเขตการวิจัย

ทำการศึกษาเฉพาะในภาคกลาง เก็บตัวอย่างดินจากแปลงนา 3 จังหวัด ได้แก่ จังหวัดนครสวรรค์ จังหวัสุพรรณบุรี และกรุงเทพมหานคร เก็บตัวอย่างดินจากแปลงอ้อย 2 จังหวัด ได้แก่ จังหวัดนครสวรรค์ และจังหวัดสุพรรณบุรี และเก็บตัวอย่างดินอ้างอิง (Reference soil) จากดินป่าไม้ที่เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง จังหวัดอุทัยธานี เพื่อนำไปคำนวณดัชนีการประเมินคุณภาพดิน (Carbon Management Index; CMI)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 การเผาเศษซากพืช

การเผาเศษซากพืชเป็นวิถีการทำการเกษตรของเกษตรกรไทย โดยเฉพาะในอดีตที่ต้องใช้แรงงานคนเป็นหลักในการเตรียมดิน เพราะจะทำให้ง่ายต่อการเตรียมดิน ไม่มีเศษซากพืชและเศษวัสดุต่างๆมาเป็นอุปสรรคในการทำงาน แม้ว่าปัจจุบันเทคโนโลยีทางการเกษตรได้มีการพัฒนาทำเครื่องทุ่นแรงในการทำงานที่มีประสิทธิภาพ แต่เกษตรกรไทยส่วนใหญ่เป็นผู้สูงอายุจึงนิยมเผาเศษซากพืช (สถาบันสิ่งแวดล้อมไทย, 2564) ในช่วงต้นปี 2562 ถึงปัจจุบัน ประเทศไทยต้องประสบกับปัญหามลพิษจากอากาศอย่างหนักและยาวนานรัฐบาลกำหนดมาตรการฉุกเฉินเพื่อแก้ไขปัญหามลพิษในอากาศ (ธีรพงศ์ บริรักษ์, 2561) จากรายงานว่าผลการวิจัยของ Nguyen (2018) พบว่า ในปี 2561 พื้นที่กรุงเทพมหานครและปริมณฑล ตรวจพบปริมาณฝุ่นละออง PM 2.5 เกินค่ามาตรฐาน (ค่ามาตรฐานของกรมควบคุมมลพิษไม่ควรเกิน 50 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร, ค่ามาตรฐานขององค์การอนามัยโลกไม่ควรเกิน 25 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร) ประมาณ 40-50 วันต่อปี ในเดือนมกราคม-มีนาคม ซึ่งสาเหตุหลักที่ทำให้เกิดฝุ่น PM 2.5 มาจาก 2 แหล่งกำเนิดใหญ่ (จุฑามาศ พบสุข, 2562) คือ

1. แหล่งกำเนิดโดยตรง สามารถแบ่งได้ 4 แหล่งกำเนิด ดังนี้

การเผาไฟในที่โล่ง เป็นการปลดปล่อย PM 2.5 มากที่สุดถึง 209,937 ตันต่อปี ส่วนใหญ่มาจากการเผาเศษซากพืชในพื้นที่เกษตรกรรม พบมากบริเวณภาคเหนือตอนบนของประเทศไทย และภูมิภาคลุ่มน้ำโขง สอดคล้องกับงานวิจัยของ Abdurrahman *et al*. (2020) การเผาตอซังข้าวทำให้เกิดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) 3.4 เมกะตัน, ออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x) 0.1 เมกะตัน, คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) 91 เมกะตัน, มีเทน (CH_4) 0.6 เมกะตัน และ PM 1.2 เมกะตัน งานวิจัยของ Junpen *et al*. (2018) พบว่า หลังการเก็บเกี่ยวผลผลิตข้าวจะเหลือตอซังและฟางข้าวอยู่ในแปลงเท่ากับ 61.87 เมกะตันต่อเฮกตาร์ โดยตอซังและฟางข้าวจำนวน 57.33 เมกะตันต่อเฮกตาร์ ถูกนำไปใช้เพื่อวัตถุประสงค์อื่น เช่น ใช้เป็นอาหารสัตว์ อัดก้อนเพื่อขาย ทำปุ๋ยหมัก เป็นต้น ส่วนที่เหลือในแปลงนาอีก 4.54 เมกะตันต่อเฮกตาร์ (7% ของฟางข้าวทั้งหมด) จะถูกเผาไหม้ทำให้เกิดการปลดปล่อยมลพิษทางอากาศ ซึ่งประกอบด้วย คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) 95.34±2.33 กิโลตัน, มีเทน (CH_4) 44±14 กิโลตัน, คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) 422±179 กิโลตัน, ออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x) 2±2 กิโลตัน, ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) 2±2 กิโลตัน, PM 2.5 38±22 กิโลตัน, PM 10 43±29 กิโลตัน, black carbon (BC) 2±1 กิโลตัน และอินทรีย์คาร์บอน (OC) 14±5 กิโลตัน นอกจากนี้มีสาเหตุมาจากการคมนาคมขนส่ง (50,240 ตันต่อปี) การผลิตไฟฟ้า (31,793 ตันต่อปี) และอุตสาหกรรมการ (65,140 ตันต่อปี) (จุฑามาศ พบสุข, 2562)

2. แหล่งกำเนิดมลพิษจากธรรมชาติ

การรวมตัวของก๊าซอื่นๆในบรรยากาศ โดยเฉพาะซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) และออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x) รวมทั้งสารพิษอื่นๆ ที่เป็นอันตรายต่อร่างกายมนุษย์ เช่น สารปรอท (Hg), แคดเมียม (Cd), อาร์เซนิก (As) หรือโพลีไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน (PAHs) ซึ่งเป็นสารพิษที่เป็นอันตรายต่อร่างกายมนุษย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อได้รับฝุ่น PM 2.5 ส่งผลให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพ ดังนี้ เกิดการไอ จาม หรือภูมิแพ้, เกิดโรคทางเดินหายใจเรื้อรัง, เกิดโรคหลอดเลือดและหัวใจเรื้อรัง และเกิดโรคปอดเรื้อรัง หรือมะเร็งปอด ส่วนผลกระทบทางผิวหนัง จะมีผื่นคันตามตัว ปวดแสบปวดร้อน มีอาการระคายเคือง ทำร้ายเซลล์ผิวหนัง ทำให้ผิวอ่อนแอ และเหี่ยวย่นง่าย (กรมควบคุมมลพิษ, 2562)

2.2 ผลกระทบของการเผาตอซัง

จากการศึกษาชี้ให้เห็นผลของการเผาตอซัง ส่งผลกระทบใน 3 ด้านหลัก ดังนี้

2.2.1 ผลกระทบต่อการเกษตรและสิ่งแวดล้อม

สูญเสียอินทรียวัตถุ และธาตุอาหารในดิน ทำให้ดินเสื่อมโทรม (วิสุทธิ์ เลิศไกร, 2564) การเผาตอซังข้าวทำให้สูญเสียไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม และ ซัลเฟอร์ 100, 22.2, 21.8 และ 75.0 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (Sharma and Mishra, 2001) เช่นเดียวกันกับงานวิจัยของ Dobermann and Fairhurst (2002) พบว่า การเผาตอซังข้าวทำให้สูญเสียไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม และ ซัลเฟอร์ ประมาณ 100, 25, 20 และ 5-60 เปอร์เซ็นต์ จากงานวิจัยของ Hani *et al*. (2021) พบว่า การเผาตอซังข้าวทำให้มีอินทรียวัตถุในดินลดลง จาก 14.63 เปอร์เซ็นต์ เหลือ 8.51 เปอร์เซ็นต์ การสูญเสียอินทรียวัตถุส่งผลต่อความยั่งยืนของการใช้ที่ดิน ทำลายโครงสร้างของดิน (Blair, 2000) ดินจับตัวกันแน่น ส่งผลต่อการแพร่กระจายของรากพืช อุณหภูมิของผิวดินเพิ่มสูงขึ้นภายหลังจากการเผาทำให้ผิวหน้าดินมีสีดำ จึงส่งผลทำให้ดินมีอุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นมากถึง 10 องศาเซลเซียส (Beaton, 1957) ทำลายจุลินทรีย์และสิ่งมีชีวิตที่เป็นประโยชน์ในดิน ทำให้ปริมาณและกิจกรรมของจุลินทรีย์ดินลดลง จากงานวิจัยของ Pietikäinen *et al*. (2005) พบว่า จุลินทรีย์กลุ่มของเชื้อรามีความสามารถในการย่อยสลายวัสดุที่ทนทานต่อการย่อย เช่น เซลลูโลส และ ลิกนิน เชื้อราเป็นกลุ่มที่ไม่ทนต่อความร้อน เมื่อมีการเผาตอซังทำให้เชื้อราตาย จึงส่งผลต่อการปลดปล่อยไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และ ซัลเฟอร์ เพราะธาตุอาหารดังกล่าวเป็นองค์ประกอบของเซลลูโลสและลิกนิน และเป็นสาเหตุเกิดภาวะโลกร้อนจากก๊าซเรือนกระจกที่ถูกปลดปล่อยออกจากภาคการเกษตร (จิตลดา หมายมั่น และคณะ, 2560) ได้แก่ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ก๊าซมีเทน (CH_4) และก๊าซไนตรัสออกไซด์ (N_2O) การงานวิจัยของ Hung *et al*. (2020) พบว่า การเผาตอซังข้าว 1 ตัน ทำให้มีการปลดปล่อยก๊าซมีเทน, ไนตรัสออกไซด์, PM 2.5 และ PM 10 เท่ากับ 4.5, 0.07, 10 และ 6 กิโลกรัมต่อตัน ตามลำดับ

2.2.2 ผลกระทบต่อสุขภาพ

การเผาตอซังส่งผลทำให้เกิดปัญหาหมอกควัน ฝุ่นละออง เถ้าเขม่า และ ก๊าซพิษ (CO, NO_2 และ SO_2) ก่อให้เกิดปัญหาต่อสุขภาพในระยะสั้นและระยะยาว (โรงพยาบาลไทยนครินทร์, 2565) ได้แก่ ผลต่อระบบผิวหนัง ทำให้มีปัญหาผื่นคัน ผื่นแพ้ และลมพิษ ผลต่อระบบทางเดินหายใจกระตุ้นภูมิแพ้ โรคหืด โรคถุงลมโป่งพอง ทำให้เกิดโรคหายใจเรื้อรัง มะเร็งปอด ผลต่อการพัฒนาการสติปัญญาของเด็ก ผลต่อการเจริญเติบโตของร่างกายเด็ก และสามารถส่งผลถึงทารกในครรภ์ ทำให้เจริญเติบโตช้าหรือคลอดก่อนกำหนด

World Health Organization (2020) รายงานว่า ในแต่ละปีมีคนเสียชีวิตจากมลพิษทางอากาศปีละ 3.2 ล้านคนต่อปี จากโรคร้ายแรงหลายชนิด ได้แก่ ปอดอักเสบ โรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง โรคมะเร็งปอด โรคหัวใจ โรคหลอดเลือดสมอง จากงานวิจัยของ ชัชวาลย์ จันทรวิจิตร (2565)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พบว่า การสัมผัสควันไฟนอกจากจะทำให้มีอาการในระบบทางเดินหายใจแล้ว ยังทำให้เกิดโรคติดเชื้อในทางเดินหายใจชนิดเฉียบพลันในเด็ก โรคหลอดลมอักเสบเรื้อรัง โรคต้อกระจก โรคมะเร็งปากมดลูก โรคหอบหืด โรคหัวใจ และวัณโรค นอกจากนี้ยังส่งผลต่อความสามารถในการเรียนรู้ของเด็ก ภาวะน้ำหนักแรกคลอดต่ำกว่าเกณฑ์

2.2.3 ผลกระทบต่อสภาพเศรษฐกิจ

การเผาตอซังส่งผลเสียต่อสิ่งแวดล้อมอย่างรุนแรง เนื่องจากเกิดการสูญเสียสมบัติดินทางกายภาพ ทางเคมี และทางชีวภาพ กระตุ้นทำให้เกิดความเสื่อมโทรมของดิน การสูญเสียสมบัติดินทางกายภาพ ได้แก่ ความสามารถในการอุ้มน้ำลดลง ความหนาแน่นรวมของดินสูงขึ้น ความพรุนของดินลดลง (กรมพัฒนาที่ดิน, 2566) การสูญเสียสมบัติดินทางเคมี ได้แก่ อินทรียวัตถุ และอินทรีย์คาร์บอนในดินลดลง ธาตุอาหารพืชลดลงโดยเฉพาะอย่างยิ่ง ไนโตรเจน ภายหลังการเผาตอซังจะสูญเสียไนโตรเจน คาร์บอน และ ซัลเฟอร์ทันที เพราะธาตุดังกล่าวจะเปลี่ยนเป็นรูปของก๊าซ (Sharma and Mishra, 2001; Dobermann and Fairhurst, 2002) ระดับของ pH ดินเพิ่มขึ้น ความสามารถในการแลกเปลี่ยนไอออนบวกลดลง การสูญเสียสมบัติดินทางชีวภาพ ได้แก่ จุลินทรีย์ และสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กและใหญ่ในดินลดลง (Pietikäinen *et al.*, 2005) อีกทั้งยังส่งผลกระทบต่อมลพิษทางอากาศ จากการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก ส่งผลเสียต่อสุขภาพของมนุษย์ ผลเสียดังกล่าวส่งผลทำให้เกษตรกรต้องเพิ่มต้นทุนในการผลิตมากขึ้น เช่น เพิ่มการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมเพิ่มขึ้นจากเดิม เพิ่มการใส่อินทรียวัตถุให้กับดินมากขึ้นเพื่อเพิ่มคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมี Bacon (1987) รายงานว่า หลังจากการเผาตอซังกลายเป็นขี้เถ้า ซึ่งขี้เถ้ามีส่วนประกอบของอัลคาไลในสัดส่วนที่สูงจึงทำให้ดินเป็นด่างชั่วขณะ การใส่ปุ๋ยยูเรียลงดินสัมผัสกับขี้เถ้าจึงทำให้เปลี่ยนรูปเป็นแอมโมเนียอย่างรวดเร็วโดยการระเหย ส่งผลทำให้ความเข้มข้นของไนโตรเจนในดินลดลง จึงต้องใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราที่สูงขึ้น

2.3 การจัดการตอซังข้าวในประเทศไทย

ข้าว (*Oryza sativa* L.) เป็นอาหารหลักของประชากรในประเทศไทย ในปี พ.ศ. 2564/65 ประเทศไทยมีพื้นที่เพาะปลูกข้าวนาปรังประมาณ 8.34 ล้านไร่ ผลผลิต 5.31 ล้านตัน ส่วนข้าวนาปีมีพื้นที่เพาะปลูกประมาณ 63.01 ล้านไร่ ผลผลิต 26.81 ล้านตัน (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2563) โดยเฉลี่ยประเทศไทยจะมีฟางข้าวประมาณปีละ 42.33 ล้านตันต่อปี ในพื้นที่ปลูกข้าว 1 ไร่ มีปริมาณฟางข้าวและตอซังเฉลี่ยปีละ 650 กิโลกรัม (มูลนิธิเกษตรรักษ์สิ่งแวดล้อม, 2563) โดยตอซังเป็นวัสดุที่ย่อยสลายได้ง่ายและมีความเข้มข้นของธาตุอาหารบางธาตุสูง โดยเฉพาะ โพแทสเซียม ซึ่งมีความสำคัญต่อความอุดมสมบูรณ์ของดินและการเจริญเติบโตของพืช แต่เกษตรกรส่วนใหญ่ยังคงเลือกใช้วิธีการนำฟางข้าวออกจากแปลงหรือเผาฟางข้าว เพื่อให้เกิดความสะดวกในการไถเตรียมดินสำหรับการปลูกข้าวในรอบต่อไป

การผลิตข้าวของประเทศไทยแบ่งเป็น 2 ฤดู คือ การผลิตข้าวนาปีเป็นการทำนาในฤดูกาลผลิตเพาะปลูกในฤดูฝนอาศัยน้ำฝนเป็นหลัก และการผลิตข้าวนาปรังเป็นการผลิตข้าวนอกฤดูกาลผลิตเพาะปลูกในฤดูแล้ง อาศัยน้ำจากการชลประทานเป็นหลัก (กรมการข้าว, 2555) ภายหลังจากการเก็บเกี่ยวผลผลิตจะเหลือตอซังข้าวไว้ในแปลงนา เกษตรกรมีการจัดการตอซังข้าวก่อนปลูกในฤดูถัดไปหลายวิธีการ (วิรัตน์ นาคเอี่ยม และคณะ, 2557) ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.1 การไถกลบตอซังข้าวและการหมักตอซังข้าว

เป็นการไถกลบตอซังลงไปใต้ดิน แล้วทิ้งไว้ให้เกิดการย่อยสลายกลายเป็นแหล่งอินทรียวัตถุและธาตุอาหารให้กับดิน ซึ่งช่วยเร่งให้เกิดกิจกรรมการย่อยสลายของจุลินทรีย์เร็วขึ้น ฟางข้าวเมื่อย่อยสลายแล้วจะเป็นอินทรียวัตถุในดินช่วยปรับปรุงสมบัติทางกายภาพและชีวภาพของดิน งานวิจัยของเครือมาศ สมัครการ (2554) พบว่า การใส่ฟางข้าวสับเพิ่มปริมาณอินทรีย์คาร์บอนสูงที่สุด โดยมีค่าอินทรีย์คาร์บอน เท่ากับ 2.02 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมากกว่าการใส่ฟางข้าวเผา มีค่าเท่ากับ 1.97 เปอร์เซ็นต์ การใส่ฟางข้าวลงในดินจึงเป็นการเพิ่มปริมาณอินทรีย์สาร อินทรียวัตถุในดินและป้องกันไม่ให้ผิวดินแห้ง Liu *et al.* (2014) พบว่า การไถกลบตอซังข้าวลงดินสามารถเพิ่มความเข้มข้นของอินทรีย์คาร์บอนในดินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเฉลี่ย 12.8 ± 0.4 เปอร์เซ็นต์ โดยเพิ่มขึ้นจาก 27.4 ± 1.4 เปอร์เซ็นต์ เป็น 56.6 ± 1.8 เปอร์เซ็นต์ Ponnamperuma (1984) พบว่า การใส่ตอซังข้าวช่วยเพิ่มปริมาณของคาร์บอน ไนโตรเจน เพิ่มความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัส โพแทสเซียม เหล็กที่แลกเปลี่ยนได้ละลายออกมาอยู่ในสารละลายดินได้มากขึ้น รวมทั้งทำให้ดินมีปริมาณอินทรียวัตถุสูง ทำให้การดูดซับประจุบวกที่แลกเปลี่ยนได้มากตามไปด้วย ส่งผลให้ธาตุอาหารที่อยู่ในรูปไม่เป็นประโยชน์เปลี่ยนรูปเป็นประโยชน์ต่อพืชสูงขึ้น จึงมีส่วนช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตในข้าวดีขึ้น นอกจากนี้ยังช่วยเพิ่มผลผลิตของข้าวอีกด้วย งานวิจัยของอนนท์ สุขสวัสดิ์ และคณะ (2548) พบว่า การไถกลบตอซังมีแนวโน้มให้ผลผลิตข้าวสูงกว่าการเผาตอซังข้าว 14 เปอร์เซ็นต์ และการไถกลบตอซังข้าวอัตรา 2,000 กิโลกรัมต่อไร่ ให้ผลผลิตข้าวสูงกว่าการเก็บเกี่ยวตอซังข้าวแบบชิดดินและการเผาตอซังข้าวแล้วไถกลบ มัจฉา แก้วพิลา และคณะ (2556) รายงานว่า การไถกลบฟางข้าวร่วมกับปุ๋ยเคมีให้ผลผลิตข้าวสูงขึ้น อยู่ในช่วง 660-757 กิโลกรัมต่อไร่ เมื่อเทียบกับแปลงควบคุม (283 กิโลกรัมต่อไร่) และพบว่าความหนาแน่นรวมของดินหลังปลูกมีค่า 1.27-1.17 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตรลดลงเมื่อเทียบกับดินก่อนการทดลอง (1.45 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร) นอกจากนั้นยังช่วยเพิ่มความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก และส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช แต่อย่างไรก็ตามการไถกลบตอซังเป็นการเพิ่มการปลดปล่อยก๊าซมีเทน (CH_4) ซึ่งเป็นก๊าซที่ทำให้เกิดภาวะโลกร้อนได้ บังอร อุบล และคณะ (2559) รายงานว่า การไถกลบตอซังข้าวส่งเสริมให้มีปริมาณอินทรียวัตถุในดินมากที่สุด และมีปริมาณเพิ่มมากขึ้นเมื่อเทียบกับปริมาณอินทรียวัตถุในดินก่อนการทดลอง โดยดินที่เผาตอซังและดินที่ไถกลบตอซังมีปริมาณอินทรียวัตถุ 7.21 และ 7.72 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และมีปริมาณอินทรีย์คาร์บอน 3.61 และ 3.71 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ นอกจากนั้นการไถกลบตอซังยังช่วยเพิ่มกิจกรรมของจุลินทรีย์ช่วยในเปลี่ยนแปลงธาตุอาหารให้อยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืชในระยะยาวมากกว่าการใส่ปุ๋ยเคมี ซึ่งจะช่วยลดค่าใช้จ่ายการซื้อปุ๋ยเคมีของเกษตรกรลงได้ แต่การไถกลบจะมีความยุ่งยาก ต้องใช้แรงงานในการขนย้ายฟางใส่ทุ่งนา และความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารเกิดช้ากว่าในปุ๋ยเคมี การไถกลบอาจทำให้โรคและแมลงศัตรูพืชสามารถพักตัวในดินได้ และอาจทำให้ดินล่างเกิดความแน่นทึบจากการใช้เครื่องจักรกล (อินแปง ดวงวงสา, 2553)

2.3.2 การปล่อยตอซังข้าวไว้ในแปลงนา

เป็นวิธีดั้งเดิมที่เกษตรกรนิยมใช้ในพื้นที่ปลูกข้าวนาปี ปลูกข้าวเพียงฤดูเดียวต่อปีและอาศัยน้ำจากน้ำฝน ซึ่งการปล่อยตอซังและฟางทิ้งไว้ในแปลงนาให้เกิดการย่อยสลายตามธรรมชาติ ซึ่งเป็นวิธีที่ง่าย เสียค่าใช้จ่ายน้อย ใช้แรงงานและเวลาในการจัดการน้อย แต่จะมีปริมาณธาตุอาหารที่สะสมในดินน้อย เนื่องจากการทิ้งฟางข้าวไว้นานข้ามปีจนกว่าจะถึงฤดูการทำนาครั้งต่อไปอาจทำให้ปริมาณของฟางข้าวและอินทรีย์คาร์บอนลดลง และสูญเสียธาตุอาหาร จากงานวิจัยของ Asari *et al.*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(2007) พบว่า การปล่อยตอซังข้าวไว้บนผิวดินในสภาพไม่มีน้ำขัง ฟางข้าวถูกย่อยสลายด้วยจุลินทรีย์ดินช้ากว่าการไถกลบฟางข้าวลงไปในดิน แต่มีอัตราการสลายตัวไม่แตกต่างกันซึ่งเป็นการเพิ่มอินทรีย์คาร์บอนอินทรีย์ไนโตรเจน และไนเตรท ตลอดจนเป็นที่อยู่ของจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ และเป็นแหล่งคาร์บอนสำหรับจุลินทรีย์ เป็นต้น

2.3.3 การนำตอซังข้าวใช้เป็นอาหารสัตว์หรืออัดเป็นฟางก้อน

เป็นการนำตอซังไปใช้เป็นอาหารในการเลี้ยงสัตว์ ซึ่งเกษตรกรสามารถประหยัดค่าอาหารในการเลี้ยงสัตว์ และมีรายได้เพิ่มจากการขายฟางข้าว แต่วิธีการนี้ฟางข้าวจะถูกนำออกจากแปลงจนเกือบหมด อาจทำให้ดินสูญเสียความอุดมสมบูรณ์ไปเรื่อยๆ การนำตอซังมาอัดเป็นก้อน เพื่อจำหน่ายหรือใช้ประโยชน์อื่นๆ สามารถใช้เป็นอาหารสัตว์ในช่วงหน้าแล้งและหน้าฝน และยังเพิ่มรายได้จากการขายฟางข้าว สะดวกในการขนย้าย และเก็บรักษา แต่การใช้เครื่องจักรในการอัดฟางต้องเสียค่าใช้จ่ายเพิ่มจากการจ้างรถอัดฟาง และดินจะแน่นทึบจากการใช้เครื่องอัดฟาง และสูญเสียธาตุอาหารไปจากดิน จากงานวิจัยของ Liu *et al*. (2011) พบว่า ประเทศจีนนำตอซังฟางข้าวที่เหลือในแปลงมาอัดก้อนขาย เพื่อวัตถุประสงค์อื่น เช่น เพาะเห็ด การผลิตเชื้อเพลิงในการปรุงอาหาร อาหารสัตว์ คอกสัตว์ และผลิตกระดาษ โดยแต่ละปีจะใช้ตอซังข้าวในการทำผลิตภัณฑ์ดังที่กล่าวมาประมาณ 242, 97, 22 และ 11 เมกกะตันต่อปีในประเทศจีน อินเดีย ไทย และ ฟิลิปปินส์ ตามลำดับ (Gadde *et al*., 2009)

2.3.4 การนำตอซังข้าวมาใช้ทำปุ๋ยหมัก

เป็นการนำฟางข้าวหมักร่วมกับมูลสัตว์ ปุ๋ยเคมี หรือจุลินทรีย์ เมื่อหมักฟางข้าวจนสภาพเปลี่ยนไปจากเดิม จนมีลักษณะเป็นผงเปื่อยยุ่ยสีน้ำตาลปนดำจึงจะสามารถนำไปใช้เป็นปุ๋ยหมักได้ การหมักจะทำให้ปริมาณธาตุอาหารเพิ่มสูงขึ้น สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ง่าย สามารถเพิ่มรายได้ให้กับเกษตรกร แต่เป็นวิธีปฏิบัติที่ยุ่งยาก ต้องใช้ค่าใช้จ่าย เวลา และแรงงานในการจัดการ ทัศนีย์ อัตตะนันทน์ (2550) รายงานระยะเวลาในการหมักฟางข้าว คาร์โบไฮเดรตจะสลายตัว และน้ำหนักฟางข้าวลดลง ปริมาณธาตุอาหารเพิ่มขึ้น เมื่อระยะเวลาหมักมีมากขึ้น จะทำให้มีธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อข้าวมากขึ้น

2.3.5 การนำตอซังข้าวมาใช้เป็นวัสดุคลุมดิน

เป็นการนำตอซังมาใช้คลุมดินสำหรับการเพาะปลูกพืชชนิดอื่น ซึ่งสามารถรักษาความชื้นในดินและควบคุมวัชพืช (Amamsiri and Wickramasinghe, 1979) และลดการใช้ยาฆ่าหญ้ากำจัดวัดพืชได้ แต่วิธีการนี้ต้องใช้แรงงานในการขนย้าย และสูญเสียธาตุอาหารไปจากแปลงปลูกข้าว Siczek and Frac (2012) รายงานการใช้ฟางข้าวปกคลุมดินช่วยลดอุณหภูมิของดินและลดการระเหยของน้ำในดินจึงสามารถกักเก็บน้ำไว้ในดินได้

2.3.6 การเผาตอซังข้าว

เป็นวิธีที่เกษตรกรนิยม ในการเผาตอซังและฟางข้าว เป็นการทำลายโรคและแมลงที่อาศัยในฟางข้าว สะดวกและรวดเร็วเพื่อการเพาะปลูกในฤดูกาลต่อไป และยังประหยัดแรงงานการขนส่งฟางออกจากแปลง แต่วิธีการนี้จะทำลายสิ่งมีชีวิตที่เป็นประโยชน์ในดิน ทำลายโครงสร้างดิน และสูญเสียธาตุอาหารในดินอย่างมหาศาล เช่น คาร์บอน และ ไนโตรเจน จะกลายเป็นก๊าซสู่ชั้นบรรยากาศ เกิดมลพิษส่งผลกระทบต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อม (อินแปง ดวงวงสา, 2553) พงษ์พันธุ์ กาวิละ (2548) รายงานว่า ผลของการเผาฟางข้าวทำให้สูญเสียธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม และ กำมะถัน เท่ากับ 0.59, 0.08, 1.56, 0.38, 0.23 และ 0.08 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตามลำดับ คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา (2548) กล่าวว่า การเผาฟางเป็นวิธีการกำจัดฟางที่ง่าย สะดวกรวดเร็ว เพื่อปรับพื้นที่เพื่อการเพาะปลูกครั้งต่อไป ช่วยทำลายเชื้อโรค ประหยัดแรงงานในการขนส่งฟางออกจากแปลงนา แต่กลับมีข้อเสียอย่างมาก การเผาฟาง 5 ตันจะทำให้สูญเสียไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม และกำมะถัน เท่ากับ 45, 10, 125 และ 10 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ El-Sobky (2017) รายงานว่า การเผาตอซังข้าวส่งผลให้มีพื้นที่ใบธง น้ำหนัก 1,000 เมล็ด ผลผลิตรวมทั้งหมด และเมล็ดลดลง Miura and Kanno (1997) พบว่า ฟางข้าวที่ถูกเผาจะปลดปล่อยคาร์บอนและไนโตรเจนออกมาในรูป CO_2-C 57–81, CO-C 5–9, CH_4-C 0.43–0.90 และ N_2O-N 1.16–1.50 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

2.4 การจัดการเศษใบอ้อยในประเทศไทย

อ้อย (*Saccharum spp.*) เป็นพืชเศรษฐกิจหลักที่สำคัญของประเทศ เป็นวัตถุดิบสำหรับอุตสาหกรรมน้ำตาล ซึ่งประเทศไทยส่งออกน้ำตาลทรายเป็นอันดับ 5 ของโลก ในปีการผลิต พ.ศ. 2563/64 (USDA Foreign Agricultural Service, 2022) ประเทศไทยมีพื้นที่เพาะปลูกอ้อยทั่วประเทศ 47 จังหวัด จำนวน 10.86 ล้านไร่ ซึ่งมีพื้นที่ปลูกลดลงจากปีการผลิต 2562/63 จำนวน 1.10 ล้านไร่ คิดเป็นร้อยละ 9.17 โดยภาคที่มีพื้นที่เพาะปลูกมากที่สุด คือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ รองลงมาคือ ภาคกลาง ภาคเหนือ และภาคตะวันออก ตามลำดับ (สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย, 2563) โดยในพื้นที่ปลูกอ้อย 1 ไร่ หลังจากเก็บเกี่ยวอ้อยจะมีเศษใบอ้อยเหลือ (Sugarcane trash) ประมาณ 0.63-1.51 ตันต่อไร่ โดยในแต่ละปีเพาะปลูกประเทศไทยมีการเผาอ้อยอยู่ระหว่าง 2.52-6.16 ล้านตัน โดยใบอ้อยและเศษซากอ้อย มีไนโตรเจนอยู่ 0.35-0.66 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นในแต่ละปีจะสูญเสียไนโตรเจนจากดิน 8,820-40,656 ตันไนโตรเจนต่อปี (กรมวิชาการเกษตร, 2556) การจัดการเศษใบอ้อยของเกษตรกรมีด้วยกันหลายวิธี ดังนี้

2.4.1 การไถกลบเศษใบอ้อย

เป็นการไถกลบเศษใบอ้อยลงดิน เป็นการช่วยเพิ่มอินทรียวัตถุและธาตุอาหารให้แก่ดิน ทำให้ดินร่วนซุย การถ่ายเทอากาศดี มีการระบายน้ำได้ดี และเป็นแหล่งอาหารของจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ในดิน แต่วิธีการนี้จะเสียค่าใช้จ่ายในการพรวนสับเศษซากใบให้ละเอียดคลุกเคล้าให้เข้ากับดิน และดินแน่นทึบจากเครื่องจักรกล งานวิจัยของ วิมล ภูกองไชย และวรรณวิภา แก้วประดิษฐ์ (2561) พบว่า การไถกลบเศษซากใบอ้อยจะมีเปอร์เซ็นต์การปลดปล่อยปริมาณธาตุอาหารที่มากกว่าการวางเศษซากใบอ้อยไว้บนผิวดิน เนื่องจากการไถกลบเป็นการทำให้ขนาดของเศษซากใบอ้อยเล็กลง ช่วยให้จุลินทรีย์สามารถย่อยสลายได้ง่าย ส่งผลให้มีการปลดปล่อยธาตุอาหารได้ดี อีกทั้งการย่อยสลายเศษซากใบอ้อย ยังเป็นการช่วยเพิ่มอินทรียวัตถุในดินทำให้โครงสร้างของดินดีขึ้น สามารถเก็บความชื้นและทำให้การไหลซึมของน้ำดี รวมถึงทำให้จุลินทรีย์และสัตว์ในดินมีกิจกรรมมากขึ้น ประสิทธิ์ ขุนสนิท และสุนทรี ยิ่งชัชวาล (2555) พบว่า อ้อยพันธุ์ K95-84 มีปริมาณความเข้มข้นของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และ แมกนีเซียมในใบสด เท่ากับ 1.55, 0.25, 1.57, 0.31 และ 0.17 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนในใบแห้ง เท่ากับ 0.49, 0.10, 0.22, 0.72 และ 0.21 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เช่นเดียวกับงานทดลองของ สุรเดช จินตกานนท์ และคณะ (2542) ที่พบว่า ในส่วนของใบอ้อยรวมกับกาบใบ มีปริมาณธาตุอาหารไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม และ กำมะถัน เท่ากับ 0.66, 0.12, 1.30, 0.22, 0.14 และ 0.25 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และมีปริมาณเหล็ก แมงกานีส สังกะสี ทองแดง และ โบรอน เท่ากับ 248.5, 241.8, 34.4, 10.9 และ 8.2 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ

2.4.2 การอัดใบอ้อยหรือขายใบอ้อยให้โรงงานไฟฟ้าชีวมวล

เป็นการนำเศษเหลือจากอ้อย เช่น ชานอ้อน ใบอ้อย และยอดอ้อย มาใช้เป็นเชื้อเพลิงผลิตกระแสไฟฟ้า สามารถเพิ่มรายได้จากการขายใบอ้อย ลดการเกิดมลพิษจากการเผา และเชื้อเพลิงที่ได้มามีราคาถูกเนื่องจากใช้เศษหรือกากอ้อยที่แหลือใช้ ทำให้สามารถใช้ไฟฟ้าได้ด้วยต้นทุนต่ำ แต่วิธีนี้อาจจะทำให้ดินแน่นทึบเพิ่มขึ้น เนื่องจากเครื่องจักรอัดใบอ้อย

2.4.3 การใช้ใบอ้อยคลุมดิน

เป็นการใช้ใบอ้อยปกคลุมไว้บนดิน ซึ่งสามารถเก็บความชื้นไว้ในดินและป้องกันการงอกของวัชพืช ทำให้เกษตรกรลดการใช้สารเคมีกำจัดวัชพืช แต่วิธีการนี้มีความเสี่ยงต่อการเกิดไฟไหม้และเป็นแหล่งที่อยู่อาศัยของสิ่งมีชีวิต เช่น หนู และงู เป็นต้น จากงานวิจัยของ ฤทัย พริกมาก และคณะ (2561) พบว่า การไม่เผาใบอ้อยและคลุมเศษเหลือใบอ้อยไว้ที่ผิวดิน ร่วมกับใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน และการไม่เผาใบอ้อยและคลุมเศษเหลือใบอ้อยไว้ที่ผิวดิน ร่วมกับใส่ปุ๋ยแบบเกษตรกรไนโตรเจนทั้งหมดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาของการคลุมดิน โดยไนโตรเจนในรูปไนเตรท (NO_3^-) มีปริมาณสูงกว่ารูปแอมโมเนียม (NH_4^+) รูปแบบที่มีการจัดการปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน ทำให้ไนโตรเจนในดินเปลี่ยนรูปเป็นไนเตรทได้เร็วกว่าการใส่ปุ๋ยแบบเกษตรกร Miura *et al*. (2013) พบว่า การไถกลบใบอ้อยและการวางเศษซากใบอ้อยคลุมดิน (CTM) ช่วยให้คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของดินดีกว่าทรีทเม้นต์อื่น

2.4.4 การนำใบอ้อยไปใช้ประโยชน์ด้านอื่น

เป็นการนำใบอ้อยไปใช้ประโยชน์ต่างๆ เช่น เปลี่ยนเป็นถ่านชีวภาพหรือไบโอชาร์ น้ำมันเชื้อเพลิง เป็นต้น เป็นการเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ในดิน การใช้เป็นเชื้อเพลิง การใช้เป็นวัสดุดูดซับ และการกักเก็บคาร์บอน แต่วิธีนี้ต้องใช้ใบอ้อยในปริมาณมากถึงจะได้ไบโอชาร์ และน้ำมันเชื้อเพลิง จากงานวิจัยของ รัชพล สันติวรากร และคณะ (2559) รายงานว่า การสกัดใบอ้อยเป็นน้ำมันด้วยการสร้างเตาปฏิกรณ์ฟลูอิดไดซ์เบด ผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงด้วยเทคนิคการผลิต "ไพโรไลซิส" โดยนำใบอ้อย 1 กิโลกรัมไปผ่านกระบวนการกลั่นจะได้น้ำมันดีเซล 300 ซีซี สามารถนำไปใช้กับเครื่องยนต์ระบบดีเซลได้

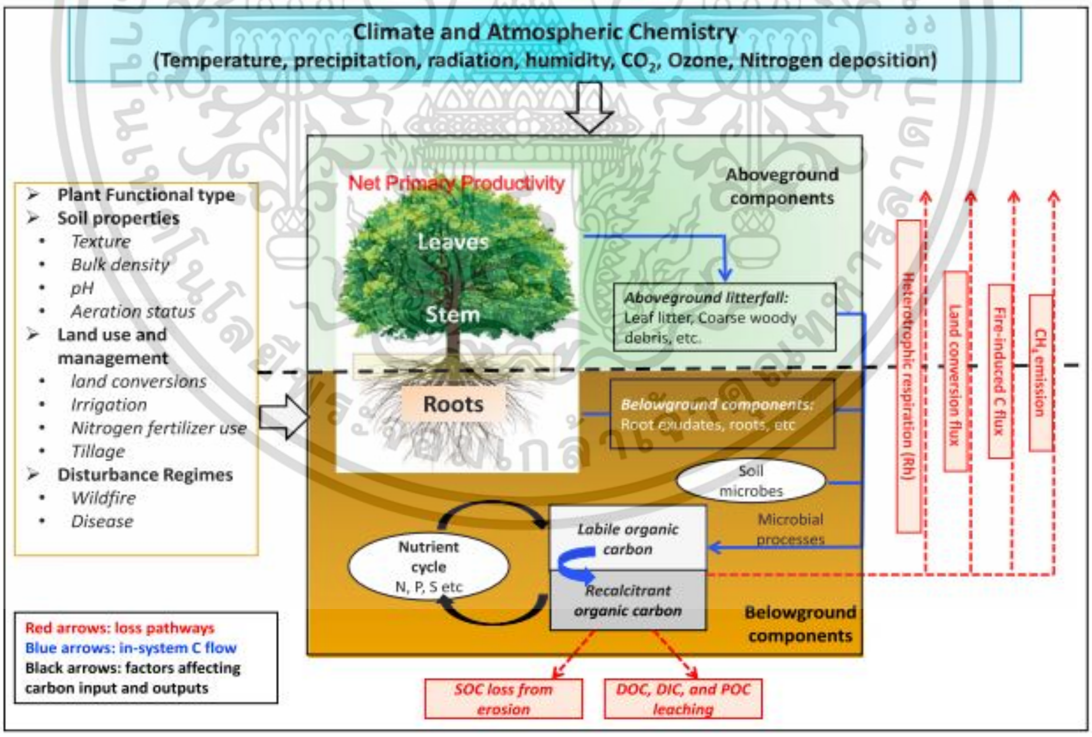
2.4.5 การเผาใบอ้อย

เกษตรกรนิยมเผาใบอ้อย เพราะเป็นการกำจัดเศษซากอ้อยและวัชพืช เพื่อให้สะดวกในการเตรียมดินปลูก เกิดปัญหาการขาดแคลนแรงงาน เพื่อให้แรงงานตัดอ้อยได้รวดเร็วขึ้นเพราะไม่ต้องเสียเวลาในการลอกกาบใบ และเกษตรกรเผาเศษซากใบอ้อยที่คลุมอยู่บนแปลงหลังการเก็บเกี่ยวเพื่อป้องกันไฟไหม้อ้อยตอหลังจากที่มีหน่องอกแล้ว และทำให้สามารถใส่ปุ๋ยได้สะดวกยิ่งขึ้น (ละอองดาว แสงหล้า และธวัชชัย ศุภดิษฐ์, 2548) แต่วิธีนี้จะทำให้เกิดมลพิษทางอากาศ ดินขาดความอุดมสมบูรณ์ สูญเสียอินทรียวัตถุ ทำลายจุลินทรีย์ดิน และโดยเฉพาะอย่างยิ่งทำให้สูญเสียธาตุอาหาร ใบอ้อยมีธาตุคาร์บอน ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม และ กำมะถัน ประมาณ 42.00, 0.46-0.54, 0.05-0.09, 0.47-0.66, 0.18-0.41, 0.09-0.17 และ 0.06-0.17 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (Robertson and Thorburn, 2007)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 อินทรีย์คาร์บอนในดิน

อินทรีย์คาร์บอน (soil organic carbon; SOC) เป็นสารประกอบคาร์บอนที่แตกต่างกัน เริ่มตั้งแต่น้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวไปจนถึงโมเลกุลที่มีความซับซ้อน ซึ่งสามารถย่อยสลายได้ภายในชั่วโมงจนถึงพันปี ปัจจัยที่มีผลต่อการสะสมและการปลดปล่อยอินทรีย์คาร์บอน มีดังนี้ ชนิดและผลผลิตของพืช (Ren *et al*., 2012), สมบัติเบื้องต้นของดิน เช่น เนื้อดิน ความหนาแน่นดิน ความเป็นกรด-ด่างของดิน สภาพการถ่ายเทอากาศของดิน, การจัดการและการใช้ที่ดิน เช่น การจัดการเศษซากพืช การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน (Post and Kwon, 2000) การชลประทาน การใส่ปุ๋ยไนโตรเจน การไถพรวนดิน และสิ่งรบกวน (disturbance regimes) เช่น โรค แมลง และ ไฟป่า (Harden *et al*., 2000) รวมไปถึงภูมิอากาศและเคมีบรรยากาศ เช่น อุณหภูมิ (Davidson and Janssens, 2006) หยาดน้ำฟ้า รังสี ความชื้น คาร์บอนไดออกไซด์ และ โอโซน เป็นต้น ปัจจัยเหล่านี้สามารถส่งผลต่อขนาดของแหล่งอินทรีย์คาร์บอนได้ ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดินแสดงถึงความสมดุลระหว่างคาร์บอนที่อยู่ในรูปแบบของมวลชีวภาพในใบไม้ ลำต้น และราก อินทรีย์คาร์บอนเหล่านี้ถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ดินและปลดปล่อยธาตุอาหารพืชออกมา (Davidson and Janssens, 2006; Regnier *et al*., 2013; Tian *et al*., 2015) อินทรีย์คาร์บอนสามารถสูญเสียไปจากดินได้โดยกระบวนการชะล้างพังทลายของดิน (soil erosion) อินทรีย์คาร์บอนที่ละลายได้ง่าย อนินทรีย์คาร์บอนที่ละลายได้ง่าย และอนุภาคของอินทรีย์คาร์บอนสูญเสียไปจากดินได้ด้วยกระบวนการชะละลาย (leaching) และอินทรีย์คาร์บอนในดินยังถูกปลดปล่อยเข้าสู่บรรยากาศได้จากการปลดปล่อยมีเทน (CH_4) การเผาไหม้ การใช้ที่ดินและการหายใจของจุลินทรีย์ (ภาพที่ 2.1)



ภาพที่ 2.1 แสดงกระบวนการหลัก การควบคุม และการตรึงอินทรีย์คาร์บอนไว้ในดิน (Tian *et al*., 2015)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.1 รูปของอินทรีย์คาร์บอนในดิน

อินทรีย์คาร์บอนในดิน (SOC) เป็นองค์ประกอบของอินทรียวัตถุ 58 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งอินทรียวัตถุถูกใช้เป็นดัชนีชี้วัดที่สำคัญที่สุดในการประเมินคุณภาพดิน โดยทั่วไปการวิเคราะห์หาปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดินจะวิเคราะห์ในรูปทั้งหมด (Total Organic Carbon; TOC) แต่การวัดในรูปอินทรีย์คาร์บอนทั้งหมดในดินไม่ได้แสดงให้เห็นถึงความสามารถในการสลายตัว และการปลดปล่อยอินทรีย์คาร์บอน จึงจำเป็นจะต้องวิเคราะห์อินทรีย์คาร์บอนที่แยกตามความสามารถในการสลายตัว สามารถแบ่งได้เป็น 2 รูป พิจารณาได้จากความยากหรือง่ายของการย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบทางเคมีของสารอินทรีย์นั้น 1) อินทรีย์คาร์บอนที่ย่อยสลายได้ยาก (Recalcitrant Organic Carbon; ROC) เช่น ส่วนที่มีฮิวมัส สารลิกนิน หรือถ่านหินเป็นองค์ประกอบซึ่งต้องใช้เวลาในการย่อยสลายตั้งแต่ 100-1,000 ปี (Krull *et al*., 2004) และ 2) อินทรีย์คาร์บอนที่ย่อยสลายได้ง่าย (Labile Organic Carbon; LOC) เป็นรูปที่เปลี่ยนแปลงได้ง่าย เช่น คาร์โบไฮเดรท กรดอะมิโน อะมิโนซูการ์ ไลปิด รวมถึงสารอินทรีย์ในกลุ่มของลิกนิน เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส ไขมัน เรซีน (Tirol-Padre and Ladha, 2004) สารเหล่านี้ตอบสนองต่อการจัดการดินแบบต่างๆได้อย่างรวดเร็ว ถูกเปลี่ยนแปลงในระยะเวลาอันสั้นเพียง 1-5 ปี (ภาพที่ 2.2)

อินทรีย์คาร์บอนที่ย่อยสลายได้ง่าย (LOC) สามารถแบ่งตามลักษณะของการวิเคราะห์เป็น 3 กลุ่ม (ภาพที่ 2.2) คือ

2.5.1.1 การวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพ เป็นการวิเคราะห์หาขนาดของอินทรีย์คาร์บอนซึ่งเกี่ยวข้องกับโครงสร้างของดินและการเกิดเป็นเม็ดดิน (Lal, 2001) ได้แก่

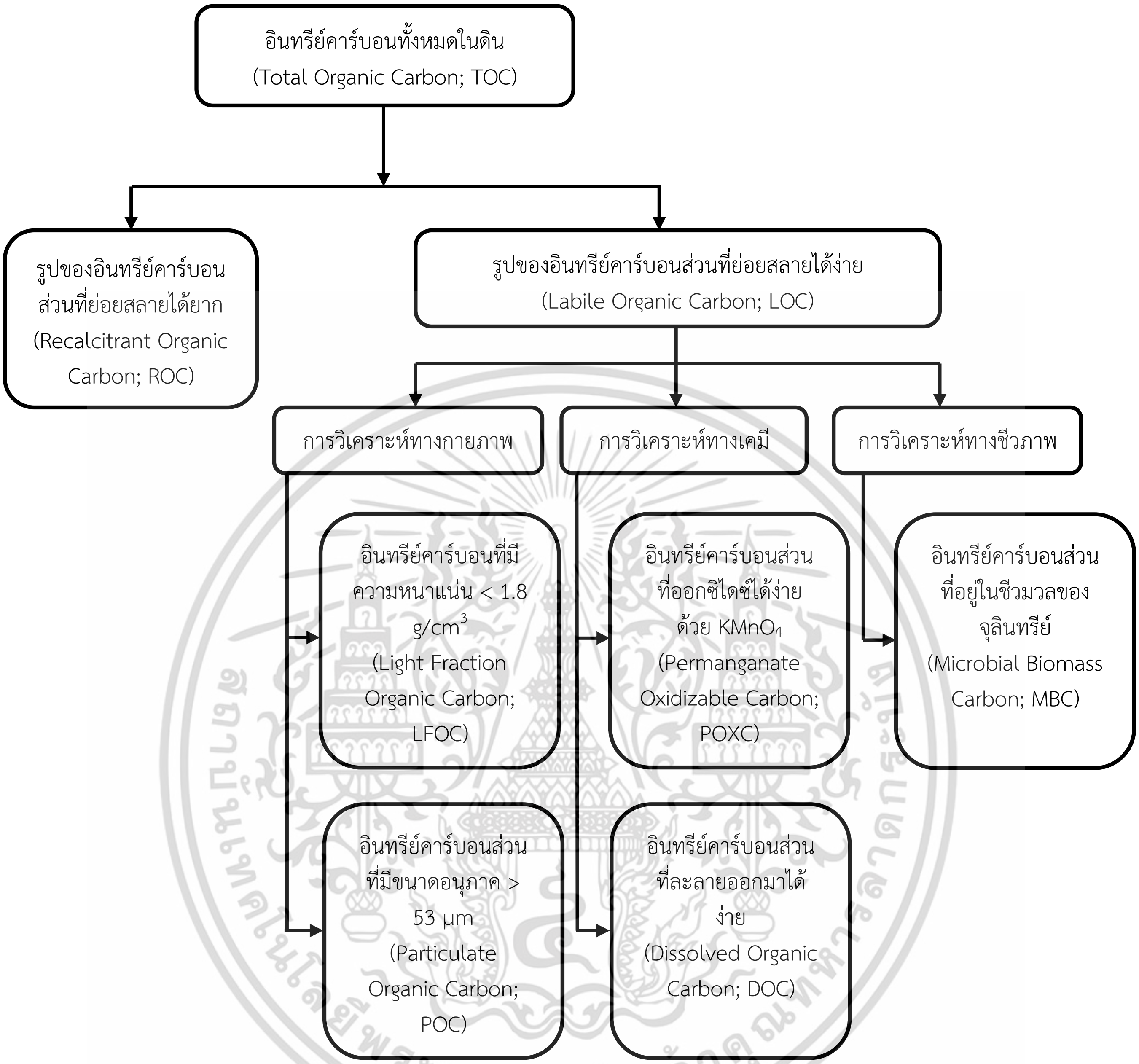
Light Fraction Organic Carbon (LFOC) คือ ส่วนของพืชที่เน่าเปื่อย หรือผลิตภัณฑ์จากสัตว์ สามารถวิเคราะห์ได้โดยวิเคราะห์อินทรีย์คาร์บอนส่วนที่เบาลอยอยู่เหนือผิวน้ำ ซึ่งมีความหนาแน่นน้อยกว่า 1.8 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร มีบทบาทในการสร้างและเสถียรภาพของโครงสร้างดิน โดยเฉพาะรักษาเสถียรภาพของมวลรวมเม็ดดิน (Miller and Jastrow, 1990; Cambardella and Elliott, 1992)

Particulate Organic Carbon (POC) คือ อนุภาคของอินทรีย์คาร์บอน คิดเป็น 10% ของ TOC คาร์บอนส่วนนี้มีขนาดอนุภาค 53 ไมโครเมตรถึง 2 มิลลิเมตร POC มีความไวต่อแนวทางการจัดการมากกว่าอินทรีย์คาร์บอนทั้งหมดในดิน (TOC) และมีส่วนสำคัญในการปลดปล่อยธาตุอาหารและกิจกรรมของจุลินทรีย์เนื่องจากจุลินทรีย์ย่อยสลายได้ง่าย (Cambardella and Elliott, 1992) จากงานวิจัยของ Blair (2000) รายงานว่า การเผาเศษใบอ้อยทำให้ POC ลดลง 11 เปอร์เซ็นต์เมื่อเทียบกับการไถกลบเศษใบอ้อย นอกจากนั้นการเผายังมีผลกระทบต่อปริมาณอินทรียวัตถุ และโครงสร้างดินแล้วยังทำให้โลกร้อนขึ้น

2.5.1.2 การวิเคราะห์ลักษณะทางเคมี เป็นการวิเคราะห์หาอินทรีย์คาร์บอนรูปที่ละลายออกมาได้ง่ายและรูปที่ถูกออกซิไดซ์ได้ง่าย ได้แก่

Dissolved Organic Carbon (DOC) คือ อินทรีย์คาร์บอนส่วนที่ละลายน้ำได้ง่าย คิดเป็น 2% ของ TOC เป็นแหล่งคาร์บอนที่สำคัญของการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ รวมถึงคาร์โบไฮเดรต น้ำตาล และกรดอะมิโน ซึ่งเป็นส่วนของคาร์บอนที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (Neff and Asner, 2001) DOC มีขนาดโมเลกุลเท่ากับ 0.20–0.45 ไมโครเมตร วิเคราะห์โดยวิธี Walkley and Black (Jones and Willett, 2006)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.2 แผนผังแสดงรูปของอินทรีย์คาร์บอนในดิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

งานวิจัยของ Ibrahim *et al.* (2015) รายงานว่า ผลของการให้น้ำ (40, 55, 70, 85 และ 100% Water-holding capacity (WHC)) ต่อการใส่และไม่ใส่ฟางข้าว พบว่า แปลงที่ใส่ฟางข้าวร่วมกับการให้น้ำ 70% WHC มีค่า DOC มากกว่าแปลงที่ไม่ใส่ฟางข้าวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

Permanganate Oxidizable Carbon (POXC) คือ อินทรีย์คาร์บอนส่วนที่ถูกออกซิไดซ์ได้ง่ายด้วยโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$) คิดเป็น 5-30% ของ TOC ได้แก่ ไฮดรอกซิล คีโตนหรือคาร์บอกซิล double bond linkages สารประกอบอะลิฟาติก คาร์โบไฮเดรตโมเลกุลเดี่ยว กรดอะมิโน เอมีนด์ (Loginow *et al.*, 1987) และรวมถึงส่วนประกอบอินทรีย์อื่นๆที่สามารถออกซิไดซ์ได้อย่างรวดเร็ว อินทรีย์คาร์บอนส่วนนี้เป็นส่วนที่เปลี่ยนแปลงได้ง่ายและตอบสนองอย่างรวดเร็วเมื่อมีการจัดการดินหรือถูกเปลี่ยนแปลงในระยะเวลาสั้นๆ สามารถสะท้อนให้เห็นถึงความรุนแรงและระยะเวลาของการใช้ที่ดิน (Aumtong *et al.*, 2009; Blair *et al.*, 1995) จากงานวิจัยของ ศุภธิดา อ่ำทอง และคณะ (2560) พบว่า การเผาตอซังข้าวทำให้มีปริมาณลิกนินเพิ่มมากขึ้น จึงอาจทำให้โพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตสามารถออกซิไดซ์ลิกนินที่เกิดจากการเผาตอซังข้าวได้ Weil *et al.* (2003) ศึกษาการตอบสนองของ POXC ต่อการไถพรวน พบว่า พื้นที่ที่ไม่มีการไถพรวนมี POXC สูงกว่าพื้นที่ที่มีการไถอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เนื่องจากการไถจะไปเร่งให้มีการย่อยสลายอินทรีย์คาร์บอนเพิ่มขึ้นและการไถยังทำให้เกิด erosion ได้ง่าย ศุภธิดา อ่ำทอง และคณะ (2561) รายงานว่า ดินปลูกพืชที่มีการไถพรวนแบบเข้มข้นและการใส่ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียวทำให้ POXC ในดินลดลงส่งผลต่อคุณภาพของดิน

2.5.1.3 การวิเคราะห์ลักษณะทางชีวภาพ เป็นการวิเคราะห์อินทรีย์คาร์บอนที่อยู่ในรูปชีวมวลของจุลินทรีย์ ได้แก่

Microbial Biomass Carbon (MBC) คือ อินทรีย์คาร์บอนส่วนที่อยู่ในชีวมวลของจุลินทรีย์ดิน คิดเป็น 1-5 % ของ TOC ชีวมวลจุลินทรีย์มีบทบาทสำคัญในการหมุนเวียนธาตุอาหารและกระบวนการ mineralization ของอินทรีย์คาร์บอน (Nunan *et al.*, 1998) สามารถเพิ่มปริมาณมากขึ้นจากการย่อยสลายสารอินทรีย์เพื่อนำสารอาหารมาสร้างเป็นเนื้อเยื่อของจุลินทรีย์ (ปัทมา วิตยากร, 2547) ดังนั้นชีวมวลจุลินทรีย์จึงเป็นการวัดปริมาณธาตุอาหารในเนื้อเยื่อจุลินทรีย์ เช่น คาร์บอน, ไนโตรเจน, ฟอสฟอรัส และ ซัลเฟอร์ เป็นต้น สามารถวิเคราะห์ได้โดยวิธี Chloroform Fumigation-Extraction method แบ่งดินสดเป็น 2 ส่วน ส่วนที่รมด้วยคลอโรฟอร์ม และส่วนที่ไม่รม คลอโรฟอร์มถูกนำมาใช้เป็นสารรมควันจุลินทรีย์เพื่อทำให้เซลล์จุลิทรีย์แตกออก แล้วสกัดด้วย 0.5N K_2SO_4 (ดิน:น้ำยาสกัด=1:4) และหาชีวมวลจุลินทรีย์คาร์บอนจากส่วนต่างระหว่างปริมาณคาร์บอนที่ได้จากดินที่รมและไม่รมคลอโรฟอร์ม (Vance *et al.*, 1987)

2.6 ปัจจัยที่ควบคุมการย่อยสลายและปลดปล่อยอินทรีย์คาร์บอน

การสลายตัวและปลดปล่อยอินทรีย์คาร์บอนในดิน เกิดขึ้นช้าหรือเร็ว ขึ้นอยู่กับ 8 ปัจจัย (หฤษฎี ภัทรดิลก, 2556) ดังนี้

2.6.1 ชนิดของสารอินทรีย์ในดิน

มวลชีวภาพเมื่อเข้าสู่ดินส่วนหนึ่งจะคงสภาพของอินทรียวัตถุ เป็นแหล่งพลังงานของจุลินทรีย์ในดิน ซึ่งจุลินทรีย์เหล่านี้จะทำหน้าที่ย่อยสลายอินทรียวัตถุ ซึ่งกระบวนการนี้ส่งผลต่อการปลดปล่อยอินทรีย์คาร์บอน และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และอีกส่วนหนึ่งเป็นส่วนที่ย่อยสลายได้ยากหรือคงทนจะแปรสภาพเป็นสารฮิวมิค (Tippayachan, 2006) บุปผา โตภาคงาม (2549) รายงานว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัสดุอินทรีย์ที่แตกต่างกันมีผลทำให้จุลินทรีย์เกิดกิจกรรมในการย่อยสลายและปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ได้ในอัตราที่แตกต่างกันส่งผลต่อการสะสมอินทรีย์คาร์บอนในดิน ศกุนตลา สุภาสัย (2561) พบว่า วัสดุอินทรีย์ที่มีองค์ประกอบคาร์บอนสูง ปริมาณเซลลูโลสต่ำ ส่งผลให้มีการสะสมอินทรีย์คาร์บอนในดินสูง

2.6.2 อุณหภูมิ

อุณหภูมิควบคุมปริมาณของจุลินทรีย์ดินชนิดต่างๆ จุลินทรีย์ดินบางชนิดเจริญเติบโตได้ดีในสภาพอุณหภูมิต่ำ บางชนิดเจริญเติบโตได้ดีในอุณหภูมิสูง ความเร็วในการสลายตัวของอินทรีย์คาร์บอนขึ้นกับปริมาณจุลินทรีย์และความสามารถในการย่อยสลายของจุลินทรีย์ดิน จึงกล่าวได้ว่าอุณหภูมิเป็นปัจจัยหนึ่งที่ควบคุมการสลายตัวของอินทรีย์คาร์บอน นอกจากนี้ อุณหภูมิยังมีผลต่อปฏิกิริยาต่างๆ โดยอุณหภูมิสูงทำให้ปฏิกิริยาต่างๆเกิดขึ้นได้เร็วกว่าอุณหภูมิต่ำ อุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการย่อยสลายตัวประมาณ 25-30 องศาเซลเซียส

2.6.3 ความชื้น

ความชื้นมีส่วนควบคุมอัตราเร็วในการย่อยสลายตัว เพราะการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ดินขึ้นอยู่กับความชื้น นอกจากนี้ ความชื้นในดินยังควบคุมการถ่ายเทอากาศในดิน เมื่อดินมีความชื้นประมาณร้อยละ 60-80 ของความชื้นที่ดินสามารถอุ้มไว้ได้ จัดเป็นความชื้นที่เหมาะสมสำหรับการสลายตัวของอินทรีย์คาร์บอน Borken *et al.* (1999) รายงานว่า เมื่อดินอยู่ในสภาพแห้งการหายใจของดินจะมีค่าต่ำ แต่เมื่อดินมีสภาพเปียกและแห้งสลับกันไป การหายใจของดินเพิ่มสูงขึ้น 48-144 เปอร์เซ็นต์

2.6.4 การถ่ายเทอากาศในดิน

การถ่ายอากาศมีส่วนควบคุมการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ ทั้งจุลินทรีย์ประเภทที่เจริญเติบโตได้ดีในสภาพที่มีอากาศและจุลินทรีย์ประเภทที่เจริญเติบโตได้ดีในสภาพที่ไม่มีอากาศ โดยทั่วไปจุลินทรีย์ประเภทที่เจริญเติบโตได้ดีสภาพที่มีอากาศจะการย่อยสลายอินทรีย์คาร์บอนได้เร็วกว่าจุลินทรีย์ประเภทที่เจริญเติบโตได้ดีในสภาพที่ไม่มีอากาศ

2.6.5 ความเป็นกรด-ด่างของดิน

จุลินทรีย์แต่ละชนิดเจริญเติบโตได้ดีในสภาพที่ดินมีค่าความเป็นกรด-ด่างที่เหมาะสม เช่น จุลินทรีย์ดินกลุ่มราเจริญเติบโตได้ดีในดินที่มีค่าความเป็นกรด-ด่างต่ำ ส่วนแบคทีเรียเจริญเติบโตได้ดีในดินที่มีความเป็นกรด-ด่างค่อนข้างเป็นกลาง นอกจากนี้ค่าความเป็นกรด-ด่างยังมีผลต่อเอนไซม์ที่จุลินทรีย์ดินขับออกมาย่อยสลายอินทรีย์คาร์บอน โดยการย่อยสลายและปลดปล่อยอินทรีย์คาร์บอนในดินเกิดขึ้นได้ดีในช่วงค่าความเป็นกรด-ด่าง 6-7 ดังนั้น การใช้ปูนเพื่อลดความเป็นกรดของดินจึงทำให้การสลายตัวของอินทรีย์คาร์บอนเกิดเร็วขึ้น

2.6.6 สัดส่วนระหว่างคาร์บอนกับไนโตรเจน

สัดส่วนระหว่างคาร์บอนและไนโตรเจน (C:N ratio) มีผลต่อการย่อยสลายของอินทรีย์คาร์บอน โดยคาร์บอนเป็นส่วนประกอบสำคัญของคาร์โบไฮเดรต ส่วนไนโตรเจนเป็นส่วนประกอบสำคัญของโปรตีนและสารประกอบอื่นๆ จุลินทรีย์ย่อยสลายอินทรีย์คาร์บอนได้ดีเมื่อมีสัดส่วนระหว่างคาร์บอนและไนโตรเจนในช่วง 20:1-30:1 เพราะเป็นช่วงที่เหมาะสมต่อการเกิดกระบวนการ mineralization ในดิน จากงานวิจัยของ Thuy *et al*. (2008) รายงานว่า อัตราส่วนของ C:N ratio ของสารอินทรีย์ ส่งผลต่ออัตราการย่อยสลายและปลดปล่อยคาร์บอนออกมาจากสารอินทรีย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

C:N ratio ที่สูง แสดงถึงอัตราการย่อยสลายตัวช้า ส่วน C:N ratio ที่ต่ำ แสดงถึงอัตราการย่อยสลายตัวเร็ว

2.6.7 เนื้อดิน

เนื้อดินต่างกันส่งผลต่อการปลดปล่อยอินทรีย์คาร์บอนต่างกัน ซึ่งดินเหนียวสามารถปลดปล่อยอินทรีย์คาร์บอนได้มากกว่าดินทราย จากการทดลองของ Galdos *et al.* (2009) พบว่าในดินเหนียวมีปริมาณคาร์บอนที่สูงกว่าดินร่วนปนทรายอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จึงกล่าวได้ว่าสัดส่วนอนุภาคดินเหนียวอาจเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลให้มีความเข้มเข้นของคาร์บอน ศุภธิดา อ่ำทอง และคณะ (2566) รายงานว่า ชนิดดิน ปริมาณและชนิดของแร่ดินเหนียว สภาพพื้นที่ สมบัติดินต่างๆ ภูมิอากาศ และธรณีสัณฐานวิทยา ส่งผลต่อการเกิดและการย่อยสลายอินทรีย์วัตถุ อินทรีย์คาร์บอน และอินทรีย์คาร์บอนส่วนที่ย่อยสลายได้ง่าย Ruehlmann and Körschens (2009) พบว่า ดินที่มีเนื้อดินละเอียดจะมีปริมาณคาร์บอนอินทรีย์คาร์บอนสูง รองลงมาคือดินที่มีเนื้อดินปานกลาง และดินที่มีเนื้อดินหยาบจะมีปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดินต่ำ

2.6.8 การจัดการพื้นที่ทางการเกษตร

การจัดการพื้นที่ทางการเกษตร ได้แก่ การไถพรวนดิน การใส่ปุ๋ย ชนิดของพืช และการจัดการเศษซากพืช เป็นต้น การจัดการพื้นที่ทางการเกษตรที่ต่างกัน ส่งผลต่อการปลดปล่อยอินทรีย์คาร์บอนออกมาได้มากหรือน้อยต่างกันด้วย ถ้าเกษตรกรมีการจัดการพื้นที่ทางการเกษตรที่ไม่เหมาะสมร่วมกับมีการจัดการแบบนั้นซ้ำๆ เป็นประจำต่อเนื่องเป็นเวลานาน จะทำให้ดินเกิดความเสื่อมโทรม งานวิจัยของ อุเทน จันละบุตร และภูวดล โกมณเฑียร (2557) พบว่า การใช้ที่ดินต่างกันส่งผลต่อปริมาณคาร์บอนในดิน ได้แก่ พื้นที่นาข้าวมีปริมาณคาร์บอนในดินสูงที่สุด เท่ากับ 16.69 ± 10.80 ตันต่อเฮกตาร์ รองลงมา คือ พื้นที่ปลูกอ้อย พื้นที่ปลูกมันแกว และพื้นที่ปลูกมันสำปะหลัง ซึ่งมีคาร์บอนในดิน เท่ากับ 9.46 ± 3.57, 7.82 ± 2.84 และ 7.39 ± 2,85 ตันต่อเฮกตาร์ West and Marland (2002) พบว่า การไม่ไถพรวนดินมีการปลดปล่อยคาร์บอน 21.92 กิโลกรัมคาร์บอนต่อไร่ ส่วนการไถพรวนดินมีการปลดปล่อยคาร์บอน 26.88 กิโลกรัมคาร์บอนต่อไร่ แสดงให้เห็นว่าการลดการไถพรวนจะช่วยเพิ่มการกักเก็บคาร์บอนและลดการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์

2.7 ผลของการจัดการเศษซากพืชต่อความเสื่อมโทรมของดิน

การไถกลบฟางข้าวลงดินจะเป็นการใช้แรงงานคนและต้องใช้เครื่องจักรในการผสมลงดินอย่างมีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในพื้นที่ที่ให้ผลผลิตข้าวสูง ย่อมมีส่วนที่เหลือ เช่น เศษฟางข้าว ตอซังข้าว และรากข้าว ซึ่งการไถกลบช่วยเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ เพิ่มอินทรีวัตถุ เพิ่มธาตุอาหารอื่นให้แก่ดิน แต่การเผาฟางข้าวมีผลกระทบในทางลบต่อความอุดมสมบูรณ์ของดินและอินทรียวัตถุในดิน (Prasad *et al*., 1999) Ponnmperum (1984) รายงานการเผาทำให้สูญเสียธาตุอาหาร อินทรียวัตถุและอินทรีย์คาร์บอนในดินลดลง และสิ่งมีชีวิตในดินที่เป็นประโยชน์ลดลง (Mandal *et al*., 2004) อย่างไรก็ตาม ขี้เถ้าที่ได้จากการเผาอุดมไปด้วยโพแทสเซียม ส่งผลต่อวัฏจักรของโพแทสเซียมในระยะยาวจะส่งผลให้ขาดโพแทสเซียมในแปลงที่มีการนำฟางข้าวออกนอกแปลง แต่จะทำให้สูญเสียไนโตรเจน คาร์บอน และ ซัลเฟอร์เปลี่ยนเป็นก๊าซโดยทันที (Dobermann and Fairhurst, 2000) Vijayaprabhaka (2017) การกำจัดฟางข้าวออกนอกแปลงหรือเผาส่งผลในทางตรงและทางอ้อมต่อระบบนิเวศ รวมทั้งอินทรีย์คาร์บอนในดินลดลง ผลกระทบทางตรงที่สำคัญ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ได้แก่ ปริมาณคาร์บอนต่อชีวมวลต่ำ การหมุนเวียนธาตุอาหารลดลง และแหล่งอาหาร พลังงานสำหรับสิ่งมีชีวิตในดินลดลง ส่งผลต่อคุณภาพของดิน

2.8 การประเมินคุณภาพดิน

การใช้ดินอย่างยั่งยืนเป็นการปรับปรุงบำรุงดินให้มีความอุดมสมบูรณ์ เพื่อให้พืชสามารถเจริญเติบโตได้ดี สามารถให้ผลผลิตพืชอย่างสม่ำเสมอ และใช้ทรัพยากรดินได้อย่างยั่งยืน โดยเน้นการจัดการอินทรียวัตถุและการส่งเสริมสิ่งมีชีวิตในดิน รักษาธาตุอาหารและสร้างสมดุลของวงจรธาตุอาหาร รูปของอินทรีย์คาร์บอนสามารถใช้เพื่อประเมินคุณภาพของดิน (Carbon Management Index; CMI) การประเมินคุณภาพของดินโดยใช้ CMI เป็นการบ่งชี้ความเสื่อมโทรมของดินเพื่อตอบสนองต่อการใช้ที่ดิน ซึ่งเป็นการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของแหล่งคาร์บอนทั้งหมด (TOC) และคาร์บอนส่วนที่ย่อยสลายได้ง่าย (LOC) เป็นผลที่เกิดขึ้นจากการจัดการทางการเกษตร เช่น การจัดการเศษซากพืช การไถพรวน การใส่ปุ๋ย เป็นต้น โดยเน้นการเปลี่ยนแปลงจากแหล่งคาร์บอนส่วนที่ย่อยสลายได้ง่าย มากกว่าที่จะเน้นแหล่งคาร์บอนที่ย่อยสลายได้ยากหรือคาร์บอนทั้งหมด (Blair *et al*., 1998) ซึ่งสามารถคำนวณได้ดังนี้

1) ดัชนีประเมินแหล่งสะสมอินทรีย์คาร์บอนทั้งหมดในดิน (Carbon Pool Index; CPI)

แหล่งสะสมคาร์บอนทั้งหมดในดิน เช่น มวลชีวภาพเหนือดิน มวลชีวภาพใต้ดิน ซากพืช ซากสัตว์ อินทรียวัตถุ เป็นต้น การจัดการเศษซากพืชที่ต่างกันส่งผลทำให้ดินมีแหล่งสะสมคาร์บอนต่างกัน การคำนวณแหล่งสะสมคาร์บอน คำนวณได้จากอินทรีย์คาร์บอนทั้งหมดของตัวอย่างดินของทรีทเม้นต์ต่ออินทรีย์คาร์บอนทั้งหมดของตัวอย่างดินที่อ้างอิง ค่า CPI ที่ต่ำ บ่งบอกถึงการสูญเสียอินทรีย์คาร์บอน และค่า CPI>1 ชี้ให้เห็นถึงการมีปริมาณอินทรีย์คาร์บอนอยู่มาก (Wendling *et al*., 2008) สูตรคำนวณอธิบายตาม Blair *et al*. (1995) ดังสมการที่ 1

$$\text{Carbon Pool Index (CPI)} = \frac{\text{Total Organic Carbon in treatment (mg/g)}}{\text{Total Organic Carbon in reference soil (mg/g)}} \quad ......(1)$$

เมื่อ Carbon Pool Index (CPI) คือ ดัชนีประเมินแหล่งสะสมอินทรีย์คาร์บอนในดิน

Total Organic Carbon in treatment คือ ความเข้มข้นของอินทรีย์คาร์บอนทั้งหมดในดินในทรีทเม้นต์ (มิลลิกรัมต่อกรัม)

Total Organic Carbon in reference soil คือ ความเข้มข้นของอินทรีย์คาร์บอนทั้งหมดในดินในดินอ้างอิง (มิลลิกรัมต่อกรัม)

2) ดัชนีประเมินแหล่งอินทรีย์คาร์บอนส่วนที่ย่อยสลายได้ง่าย (Lability Index; LI)

การสูญเสียอินทรีย์คาร์บอนส่วนที่ย่อยสลายได้ง่าย (LOC) ส่งผลเสียมากกว่าการสูญเสียคาร์บอนส่วนที่ย่อยสลายได้ยาก (ROC) เนื่องจากการหมุนเวียนคาร์บอนและธาตุอาหารที่ถูกปลดปล่อยออกมาจากดินจะอยู่ในส่วนของอินทรีย์คาร์บอนส่วนของ LOC มีความสำคัญเป็นอย่างมากต่อปัจจัยทางกายภาพของดิน (Whitbread, 1995) การเปลี่ยนแปลงของค่า LI จะเกิดสูงกว่าค่า CPI เพราะมีประสิทธิภาพในการตรวจจับการเปลี่ยนแปลงของอินทรีย์คาร์บอนได้ดีกว่า สูตรคำนวณอธิบายตาม Blair *et al*. (1995) ดังสมการที่ 2 และสมการที่ 3 ตามลำดับ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\text{Lability of C (L)} = \frac{\text{Permanganate Oxidizable Carbon (POXC) (mg labile C/g soil)}}{\text{TOC - POXC (mg labile C/g soil)}} \quad ......(2)$$

$$\text{Lability Index (LI)} = \frac{\text{Lability of carbon in treatment}}{\text{Lability of carbon in reference soil}} \quad ......(3)$$

เมื่อ Lability of C (L) คือ การประเมินแหล่งอินทรีย์คาร์บอนส่วนที่ย่อยสลายได้ง่าย

Permanganate Oxidizable Carbon (POXC) คือ ความเข้มข้นของอินทรีย์คาร์บอนในรูปที่ถูกออกซิไดซ์ได้ง่ายด้วยโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตในทรีทเม้นต์ (มิลลิกรัมต่อกรัม)

TOC- POXC คือ ความเข้มข้นของอินทรีย์คาร์บอนในรูปคาร์บอนทั้งหมดลบกับความเข้มข้นของอินทรีย์คาร์บอนรูป POXC (มิลลิกรัมต่อกรัม)

Lability Index (LI) คือ ดัชนีการประเมินแหล่งอินทรีย์คาร์บอนส่วนที่ย่อยสลายได้ง่าย

Lability of Carbon in treatment คือ ค่า L ของทรีทเม้นต์

Lability of Carbon in reference soil คือ ค่า L ของดินอ้างอิง

3) ดัชนีการประเมินคุณภาพของดิน (Carbon Management Index; CMI)

เป็นการใช้รูปของอินทรีย์คาร์บอน ร่วมกับแหล่งสะสมอินทรีย์คาร์บอน มาใช้ในประเมินคุณภาพของดิน เนื่องจากจำนวนประชากรที่เพิ่มขึ้น ความต้องการที่ดินเพื่อทำการเกษตรมีมากขึ้น จึงมีความจำเป็นที่จะต้องเพิ่มการผลิตเพื่อให้เหมาะสมกับสภาพเศรษฐกิจและสังคมที่เปลี่ยนไปส่งผลทำให้มีการใช้ทรัพยากรดินเพิ่มมากยิ่งขึ้น (สถิระ อุดมศรี, 2547) เกิดความเสื่อมโทรมของทรัพยากรดิน จึงควรมีการตรวจสอบคุณภาพดิน เพื่อพิจารณาแนวทางในการป้องกันดินจากความเสื่อมโทรมและทำให้มีการจัดการดินเพื่อการใช้อย่างยั่งยืน (Stenberg, 1999) ดินป่าไม้หรือดินที่มีความอุดมบูรณ์สูงจะมีค่า CMI เท่ากับ 100 คำนวณได้จากการสมการที่ 4 (Blair *et al*., 1995) รายละเอียดดังนี้

$$\text{Carbon Management Index (CMI)} = \text{CPI} \times \text{LI} \times 100 \quad ......(4)$$

เมื่อ CMI คือ ดัชนีการประเมินคุณภาพของดิน

CPI คือ ดัชนีประเมินแหล่งสะสมอินทรีย์คาร์บอนทั้งหมดในดิน

LI คือ ดัชนีการประเมินแหล่งอินทรีย์คาร์บอนส่วนที่ย่อยสลายได้ง่าย

Guimaraes *et al.* (2014) ได้ทำการศึกษาการเปลี่ยนพื้นที่ป่าเป็นพื้นที่ปลูกส้มและกล้วยในประเทศบราซิล พบว่า ค่า CPI ในดินที่ปลูกส้มมีค่าน้อยกว่า 1 ส่วนดินปลูกกล้วยมีค่ามากกว่า 1 เป็นเพราะปริมาณใบส้มที่ร่วงหล่นบนผิวดินมีปริมาณน้อยกว่าใบกล้วย รวมถึงขนาดของทรงพุ่มของต้นส้มที่เล็กกว่าต้นกล้วยจึงส่งผลต่อปริมาณอินทรีย์คาร์บอนทั้งหมดในดินต่ำ สามารถบอกได้ว่าค่า CPI ที่มากกว่า 1 บ่งชี้ถึงคุณภาพของการเกิดเป็นเม็ดดิน (soil aggregate) ดินที่มีอินทรียวัตถุมากจะมีโครงสร้างดินที่ดีและเม็ดดินคงทนต่อการสลายตัว ตรงข้ามกันกับค่า CPI ที่น้อยกว่า 1 แสดงให้เห็นถึงการสูญเสียอินทรีย์คาร์บอนไปจากดินในปริมาณมาก ค่า LI ของดินบน (0-10 cm) ในดินปลูกกล้วยเท่ากับ 0.29 เป็นเพราะมีปริมาณ POC ต่ำ แสดงให้เห็นถึงการย่อยสลายของอินทรีย์คาร์บอนใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณมาก ตรงกันข้ามกับดินที่ปลูกส้มของดินล่าง (10-30 cm) มีค่า LI เท่ากับ 2.05 เพราะเกิดการย่อยสลายอินทรีย์คาร์บอนต่ำ อัตราการย่อยสลาย ซึ่งบอกได้ว่า ค่า LI จะเพิ่มสูงขึ้นตามความลึกของดิน จึงมีผลทำให้ค่า CMI ของดินล่าง มีค่าเท่ากับ 116.5 ส่วนค่า CMI ของดินบนทั้งดินที่ปลูกกล้วยและส้ม มีค่าเท่ากับ 34.0 และ 37.8 ตามลำดับ ชี้ให้เห็นว่าทั้งการปลูกกล้วยและส้มทำให้ความอุดมสมบูรณ์ของดินลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับดินป่าไม้ที่มีค่า CMI เท่ากับ 100 ดังนั้นชนิดของพืชที่ปลูกรวมทั้งการจัดการดินส่งผลต่อค่า CMI

Sainepo *et al*. (2018) รายงานว่า การใช้ที่ดินที่แตกต่างกันส่งผลให้ค่า CMI แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยกำหนดให้การจัดการที่ดินแบบไม้พุ่ม เป็นดินที่ใช้อ้างอิง ซึ่งมีค่า CMI เท่ากับ 100 ค่า CPI และ LI สูงกว่าการใช้ที่ดินแบบอื่น เพราะเป็นพื้นที่ที่ปิดฟื้นฟูมาแล้ว 4 ปี รองลงมาเป็นการใช้ที่ดินจากการเกษตรกรรม (CMI=53) และมีค่า CMI ต่ำที่สุดในการใช้ที่ดินจากการปลูกหญ้า (CMI=41) และพื้นที่ว่างเปล่า (CMI=31) ค่า CMI ของการใช้ที่ดินจากการเกษตรกรรมสูงกว่าการปลูกหญ้าและพื้นที่ว่างเปล่า เพราะในพื้นที่เกษตรกรรมมีการใส่ปุ๋ยจึงทำให้มีค่า CMI ที่สูงกว่า จึงเห็นได้ว่าการจัดการดินส่งผลต่อค่า CMI

Ball-Coelho *et al*. (1993) รายงานว่า การเปลี่ยนแปลงระยะยาวของแหล่งคาร์บอนจากการทดลองการปลูกอ้อยและหลังปลูกอ้อย 12 เดือนในบลาซิล พบว่า หลังปลูกอ้อย 12 เดือนโดยปล่อยให้หญ้าปกคลุมมีการเปลี่ยนแปลงของ TOC, LOC และ ROC ที่สูงขึ้นอย่างเห็นได้ชัดเมื่อเทียบกับช่วงปลูกอ้อย จึงส่งผลทำให้ค่า LI, CPI และ CMI สูงขึ้น

Naklang *et al*. (1998) รายงานว่า การทำเกษตรกรรมทำให้ค่า TOC และ LOC ลดลงตั้งแต่ที่ระดับความลึก 0-10 เซนติเมตร (TOC 6.76 และ LOC 1.37 มิลลิกรัมต่อกรัม) และ 10-20 เซนติเมตร (TOC 3.81 และ LOC 0.44 มิลลิกรัมต่อกรัม) เมื่อเทียบกับดินป่าไม้ที่ระดับความลึก 0-10 เซนติเมตร (TOC 23.02 และ LOC 4.55 มิลลิกรัมต่อกรัม) และ 10-20 เซนติเมตร (TOC 6.88 และ LOC 1.45 มิลลิกรัมต่อกรัม) จึงส่งผลทำให้มีค่า CMI ลดลงที่ระดับความลึก 0-10 เซนติเมตรมีค่า CMI เท่ากับ 30 และ 10-20 เซนติเมตรมีค่า CMI เท่ากับ 27 เมื่อเทียบกับดินป่าไม้ที่มีค่า CMI เท่ากับ 100

Tang *et al*. (2022) ได้ทำการศึกษาการไถพรวนร่วมกับการจัดการเศษเหลือจากการปลูกข้าว 4 ทรีทเม้นต์ ดังนี้ 1) การไถพรวนแบบธรรมดาร่วมกับไถกลบเศษตอซังข้าว (CT) 2) การไถพรวนแบบ rotary ร่วมกับไถกลบเศษตอซังข้าว (RT) 3) ไม่มีการไถพรวนร่วมกับการปล่อยเศษเหลือจากตอซังข้าวไว้ในแปลง (NT) และ 4) การไถพรวนแบบ rotary ร่วมกับการนำเศษตอซังข้าวออกจากแปลงและเป็นทรีทเม้นต์ควบคุม (RTO) พบว่า ที่ระดับความลึก 5-10 cm และ 10-20 cm ในทรีทเม้นต์ CT มีค่าอินทรีย์คาร์บอนสูงกว่าทุกทรีทเม้นต์ทั้งปี 2016 และ 2017 จึงทำให้ค่า CMI สูงที่สุด รองลงมาเป็นทรีทเม้นต์ RT, RTO และ NT ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีการดำเนินงานวิจัย

3. วิธีการดำเนินงาน

แบ่งการศึกษาออกเป็น 2 การทดลอง ดังต่อไปนี้

3.1 การทดลองที่ 1 การศึกษาผลของเผาตอซังข้าวต่อความเสื่อมโทรมของดิน

3.1.1 วางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบ split-split-plot design โดยกำหนดให้ main plot คือ จังหวัดที่เก็บตัวอย่างดิน 3 จังหวัด ได้แก่ จังหวัดนครสวรรค์ จังหวัดสุพรรณบุรี และกรุงเทพมหานคร sub plot คือ การจัดการเศษซากพืช 2 รูปแบบ ได้แก่ แปลงนาที่มีการเผาตอซังข้าว และแปลงนาที่ไม่มีการเผาตอซังข้าว และ sub-sub plot คือ ระดับความลึกที่เก็บตัวอย่างดิน 2 ระดับ ได้แก่ 0-15 และ 15-30 เซนติเมตร

3.1.2 การเก็บตัวอย่างดิน

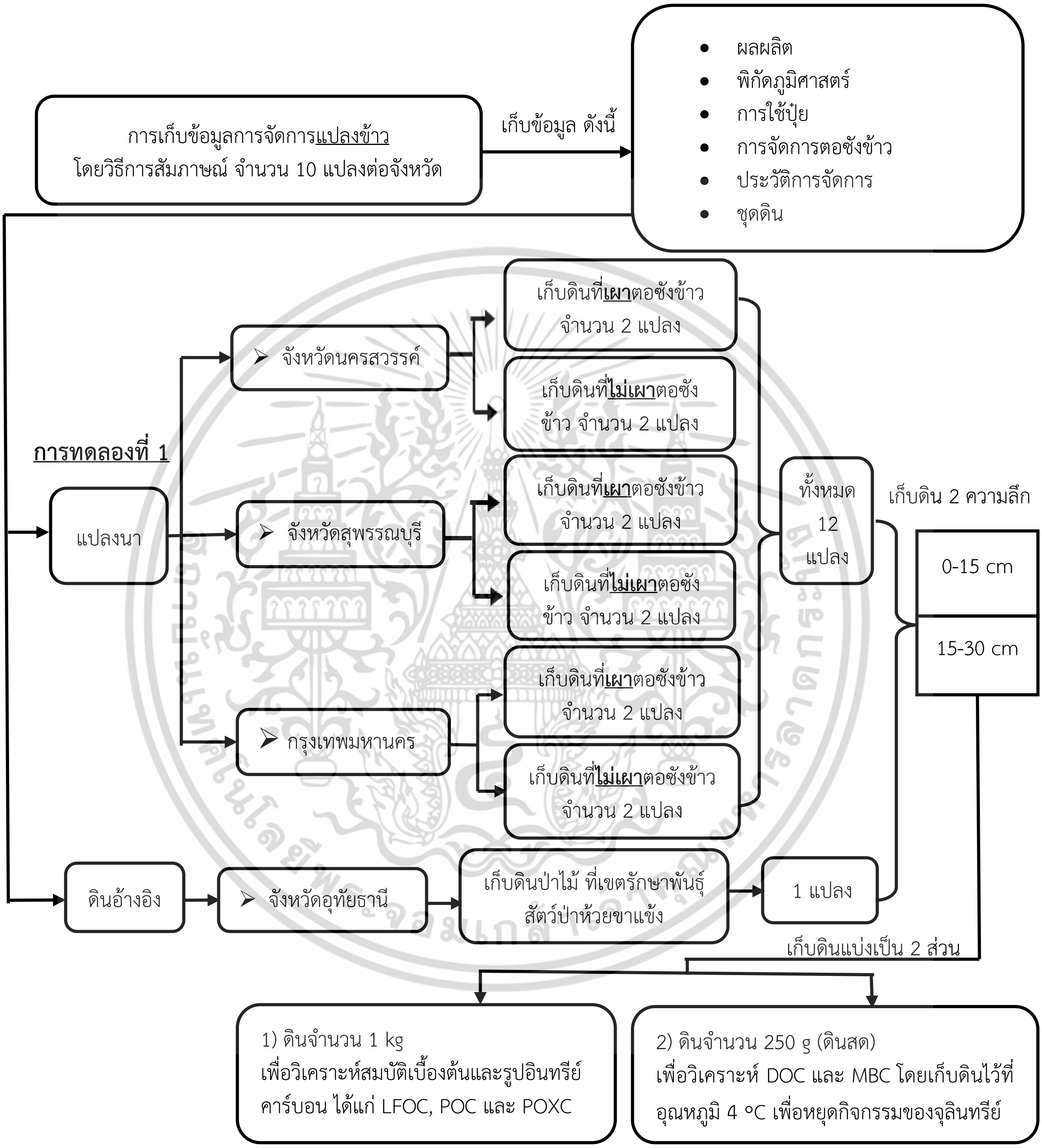
คัดเลือกแปลงนา 3 จังหวัด ได้แก่ จังหวัดนครสวรรค์ จังหวัดสุพรรณบุรี และจังหวัดกรุงเทพมหานคร เพื่อเก็บข้อมูลของแปลงตัวอย่างโดยวิธีการสัมภาษณ์ โดยเก็บข้อมูลผลผลิต พิกัดภูมิศาสตร์ การใช้ปุ๋ย การจัดการตอซัง ประวัติการจัดการแปลง และตรวจสอบชุดดิน จำนวน 10 แปลงต่อจังหวัด แล้วนำมาคัดเลือกให้เหลือจำนวน 4 แปลงต่อจังหวัด คัดเลือกโดยใช้แผนที่ชุดดินมาตราส่วน 1 : 25,000 ของกรมพัฒนาที่ดิน โดยเลือกชุดดินเดียวกันจากพื้นที่ที่ใกล้เคียงกันแต่มีการเผาและไม่เผาตอซังข้าว (กรมพัฒนาที่ดิน, 2562) และเก็บตัวอย่างดินป่าไม้ที่เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง จังหวัดอุทัยธานี เพื่อใช้สำหรับเป็นดินอ้างอิง โดยมีหลักการในการเลือกจุดเก็บตัวอย่างดินอ้างอิง ดังนี้ 1) จุดเก็บตัวอย่างดินอ้างอิงต้องอยู่ใกล้เคียงบริเวณที่เก็บตัวอย่างดินในแปลงนาทั้ง 3 จังหวัด มีสภาพภูมิอากาศ เช่น อุณหภูมิ ความชื้น และ ปริมาณน้ำฝน ซึ่งเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่ออัตราการย่อยสลายตัวของอินทรีย์คาร์บอนใกล้เคียงกันกับแปลงนาที่เก็บตัวอย่างดิน และ 2) ต้องเป็นป่าไม้ที่อุดมสมบูรณ์ไม่ถูกรบกวนโดยกิจกรรมของมนุษย์และสัตว์ เพื่อนำไปคำนวณหาค่า CMI (ภาพที่ 3.1)

เก็บตัวอย่างดินหลังการเพาะปลูกข้าวจากแปลงเกษตรกรในแต่ละจังหวัดตั้งแต่ปี พ.ศ. 2563-2564 โดยในแต่ละจังหวัดเก็บตัวอย่างดินในแปลงนาที่มีการเผาตอซังเป็นประจำมากกว่า 10 ปี จำนวน 2 แปลง และแปลงนาที่ไม่มีการเผาตอซังต่อเนื่องมากกว่า 10 ปี จำนวน 2 แปลง แต่ละแปลงเก็บตัวอย่างดินที่ 2 ระดับความลึก คือ 0-15 และ 15-30 เซนติเมตร ทำให้เก็บตัวอย่างดินทั้งหมดจำนวน 12 แปลง แบ่งออกเป็นแปลงนาที่เผาตอซังข้าวจำนวน 6 แปลง และแปลงนาที่ไม่เผาตอซังจำนวน 6 แปลง (ภาพที่ 3.2 และ ตารางที่ 3.1)

โดยแต่ละแปลงเก็บตัวอย่างดินแบบรบกวนตัวอย่างดิน (disturbed soil samples) ด้วยวิธีเก็บตัวอย่างแบบรวม (composite sample) จำนวน 5 จุดต่อแปลง (ภาพที่ 3.3) แล้วนำตัวอย่างดินในแต่ละจุดที่ระดับความลึกเดียวกัน ผสมคลุกเคล้าให้เข้ากันแล้วจึงสุ่มตัวอย่างดินที่ละระดับความลึกแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่หนึ่งจำนวน 1 กิโลกรัม เพื่อนำไปผึ่งลมให้แห้งเพื่อนำไปวิเคราะห์สมบัติเบื้องต้นของดินและรูปของอินทรีย์คาร์บอน ได้แก่ LFOC, POC และ POXC ส่วนที่สองเก็บดินจำนวน 250 กรัม เก็บในภาชนะที่สามารถรักษาอุณหภูมิที่ 4 องศาเซลเซียส เพื่อนำไปวิเคราะห์ MBC และ DOC นอกจากนี้ในแต่ละแปลงจะเก็บตัวอย่างดินแบบไม่รบกวนตัวอย่างดิน (undisturbed soil

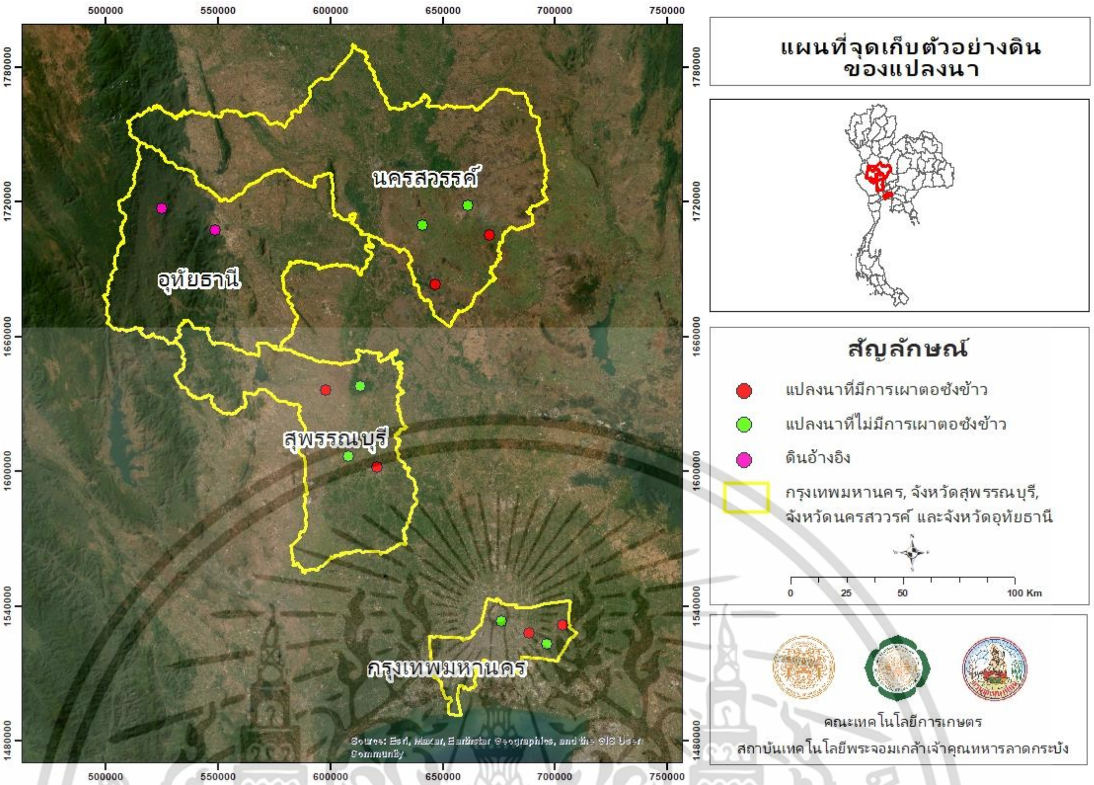
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

samples) ที่ระดับความลึก 0-15 และ 15-30 เซนติเมตร ด้วยวิธี core sample จำนวน 2 จุดต่อแปลง เพื่อนำไปวิเคราะห์ความหนาแน่นรวมของดินด้วยวิธี core method (กรมพัฒนาที่ดิน, 2553)



ภาพที่ 3.1 แผนผังแสดงขั้นตอนการเก็บตัวอย่างดินการทดลองที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.2 แผนที่แสดงจุดเก็บตัวอย่างดินแปลงนา จำนวน 12 แปลง และดินอ้างอิง

ภาพที่ 3.3 การเก็บตัวอย่างดินในแปลงนา แปลงอ้อยที่มีการเผา ไม่เผาตอซังข้าวและใบอ้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 จุดเก็บตัวอย่างดิน ชุดดิน (Soil series) เนื้อดิน (Texture) การจัดการเศษซากพืช และปีที่เก็บตัวอย่างดินของแปลงนา จำนวน 12 แปลง

แปลงที่	ชื่อแปลง	จังหวัด	ชุดดิน*	เนื้อดิน (0-15 เซนติเมตร)	การจัดการเศษซากพืช	เดือนที่เก็บตัวอย่างดิน	ปีที่เก็บตัวอย่างดิน
1	NSS1	จังหวัดนครสวรรค์	ชุดดินลพบุรี (Lb)	ดินเหนียว	ไม่มีการเผาตอซังข้าว	พฤศจิกายน	2564
2	NSS2	จังหวัดนครสวรรค์	ชุดดินลพบุรี (Lb)	ดินเหนียว	มีการเผาตอซังข้าว	พฤศจิกายน	2564
3	NSS3	จังหวัดนครสวรรค์	ชุดดินชัยนาท (Cn)	ดินเหนียวปนทรายแป้ง	ไม่มีการเผาตอซังข้าว	พฤศจิกายน	2564
4	NSS4	จังหวัดนครสวรรค์	ชุดดินชัยนาท (Cn)	ดินเหนียวปนทรายแป้ง	มีการเผาตอซังข้าว	พฤศจิกายน	2564
5	SPP1	จังหวัดสุพรรณบุรี	ดินคล้ายชุดดินลพบุรีที่มีจุดประสีเทา (Lb-gm)	ดินเหนียว	ไม่มีการเผาตอซังข้าว	ธันวาคม	2564
6	SPP2	จังหวัดสุพรรณบุรี	ดินคล้ายชุดดินลพบุรีที่มีจุดประสีเทา (Lb-gm)	ดินเหนียวปนทรายแป้ง	มีการเผาตอซังข้าว	ธันวาคม	2564
7	SPP3	จังหวัดสุพรรณบุรี	ชุดดินพิษณุโลก (Psl)	ดินร่วนเหนียวปนทรายแป้ง	ไม่มีการเผาตอซังข้าว	ธันวาคม	2564
8	SPP4	จังหวัดสุพรรณบุรี	ชุดดินพิษณุโลก (Psl)	ดินเหนียวปนทรายแป้ง	มีการเผาตอซังข้าว	ธันวาคม	2564
9	BKK1	กรุงเทพมหานคร	ชุดดินบางกอก (Bk)	ดินเหนียวปนทรายแป้ง	ไม่มีการเผาตอซังข้าว	ธันวาคม	2562
10	BKK2	กรุงเทพมหานคร	ชุดดินบางกอก (Bk)	ดินเหนียวปนทรายแป้ง	มีการเผาตอซังข้าว	กุมภาพันธ์	2563
11	BKK3	กรุงเทพมหานคร	ชุดดินบางกอก (Bk)	ดินเหนียว	ไม่มีการเผาตอซังข้าว	สิงหาคม	2563
12	BKK4	กรุงเทพมหานคร	ชุดดินบางกอก (Bk)	ดินเหนียว	มีการเผาตอซังข้าว	สิงหาคม	2563

หมายเหตุ: *ตรวจสอบชุดดินจากแผนที่ชุดดินมาตราส่วน 1 : 25,000 ของกรมพัฒนาที่ดิน (กรมพัฒนาที่ดิน, 2562)

3.2 การทดลองที่ 2 การศึกษาผลของการเผาเศษใบอ้อยต่อความเสื่อมโทรมของดิน

3.2.1. วางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบ Split-Split-Plot Design โดยกำหนดให้ main plot คือ จังหวัดที่เก็บตัวอย่างดิน ได้แก่ จังหวัดนครสวรรค์ และจังหวัดสุพรรณบุรี sub plot คือ การจัดการเศษซากพืช 2 รูปแบบ ได้แก่ แปลงนาที่มีการเผาเศษใบอ้อย และแปลงนาที่ไม่มีการเผาเศษใบอ้อย และ sub-sub plot คือ ระดับความลึกที่เก็บตัวอย่างดิน 2 ระดับ ได้แก่ 0-15 และ 15-30 เซนติเมตร

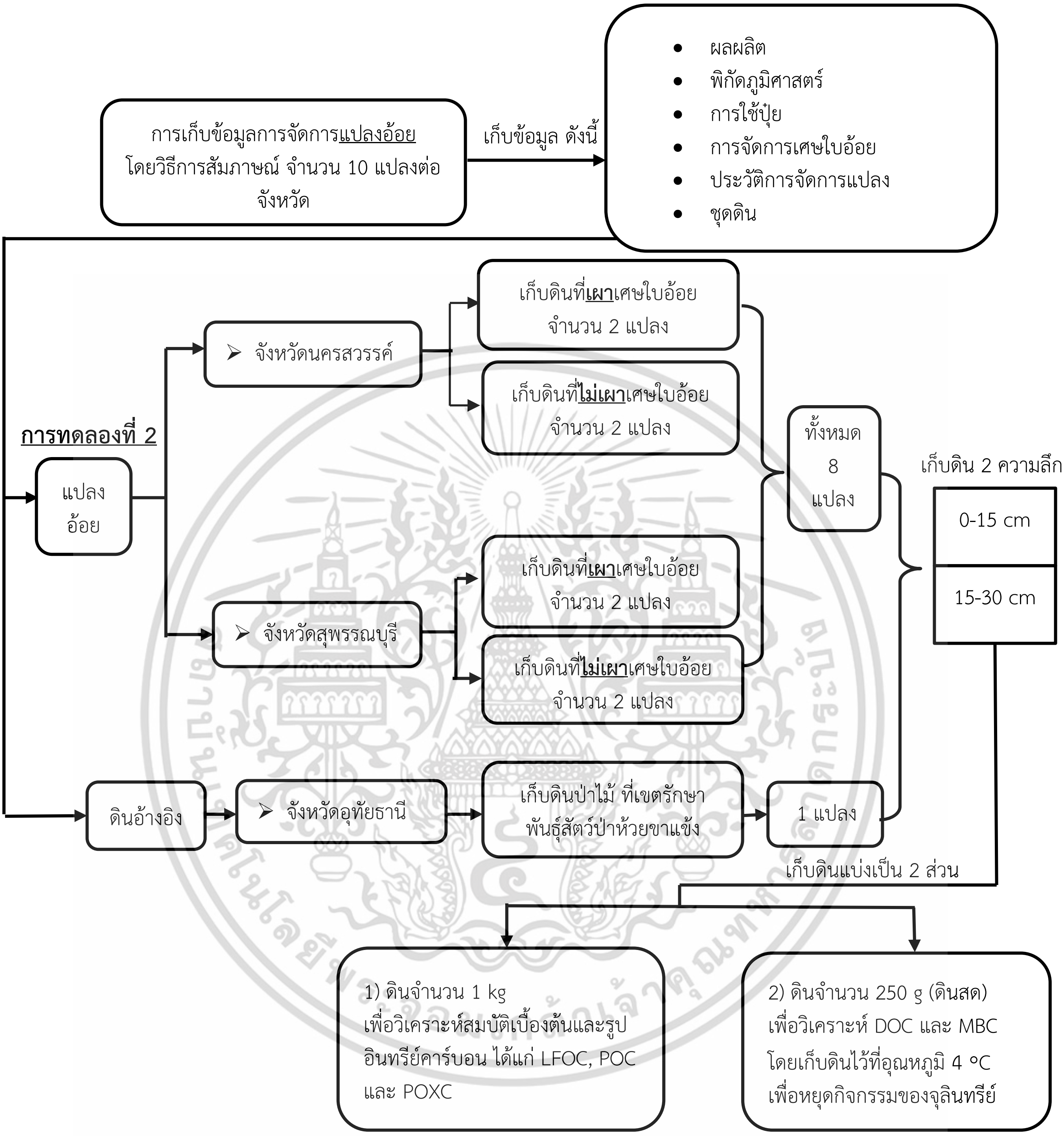
3.2.2. การเก็บตัวอย่างดิน

เก็บตัวอย่างดินจากไร่อ้อย จำนวน 2 จังหวัด ได้แก่ จังหวัดนครสวรรค์ และสุพรรณบุรี เก็บข้อมูลของแปลงตัวอย่างโดยวิธีการสัมภาษณ์ โดยเก็บข้อมูลผลผลิต พิกัดภูมิศาสตร์ การใช้ปุ๋ย การจัดการเศษใบอ้อย ประวัติการจัดการแปลง และตรวจสอบชุดดิน จำนวน 10 แปลงต่อจังหวัด แล้วนำมาคัดเลือกให้เหลือจำนวน 4 แปลงต่อจังหวัด คัดเลือกโดยใช้แผนที่ชุดดินมาตราส่วน 1 : 25,000 ของกรมพัฒนาที่ดิน โดยเลือกชุดดินเดียวกันจากพื้นที่ที่ใกล้เคียงกันแต่มีการเผาและไม่เผาใบอ้อย (กรมพัฒนาที่ดิน, 2562) และเก็บตัวอย่างดินป่าไม้ที่เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง จังหวัดอุทัยธานี เพื่อใช้สำหรับเป็นดินอ้างอิง โดยมีหลักการในการเลือกจุดเก็บตัวอย่างดินอ้างอิง ดังนี้ 1) จุดเก็บตัวอย่างดินอ้างอิงต้องอยู่ใกล้เคียงบริเวณที่เก็บตัวอย่างดินในแปลงอ้อยทั้ง 2 จังหวัด มีสภาพภูมิอากาศ เช่น อุณหภูมิ ความชื้น และ ปริมาณน้ำฝน ซึ่งเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่ออัตราการย่อยสลายตัวของอินทรีย์คาร์บอนใกล้เคียงกันกับแปลงอ้อยที่เก็บตัวอย่างดิน และ 2) ต้องเป็นป่าไม้ที่อุดมสมบูรณ์ไม่ถูกรบกวนโดยกิจกรรมของมนุษย์และสัตว์ เพื่อนำไปคำนวณหาค่า CMI (ภาพที่ 3.4)

เก็บตัวอย่างดินหลังการปลูกอ้อยจากแปลงเกษตรกรในจังหวัดสุพรรณบุรีปี พ.ศ. 2562 และจังหวัดนครสวรรค์ปี พ.ศ. 2564 โดยในแต่ละจังหวัดเก็บตัวอย่างดินในแปลงอ้อยที่มีการเผาเศษใบอ้อยเป็นประจำมากกว่า 10 ปี จำนวน 2 แปลง และแปลงอ้อยที่ไม่มีการเผาเศษใบอ้อยต่อเนื่องมากกว่า 10 ปี จำนวน 2 แปลง โดยแต่ละแปลงเก็บตัวอย่างดินที่ 2 ระดับความลึก คือ 0-15 และ 15-30 เซนติเมตร โดยจะเก็บตัวอย่างดินทั้งหมดจำนวน 8 แปลง แบ่งออกเป็นแปลงอ้อยที่เผาเศษใบอ้อยจำนวน 4 แปลง และแปลงอ้อยที่ไม่เผาเศษใบอ้อยจำนวน 4 แปลง (ภาพที่ 3.5 และ ตารางที่ 3.2)

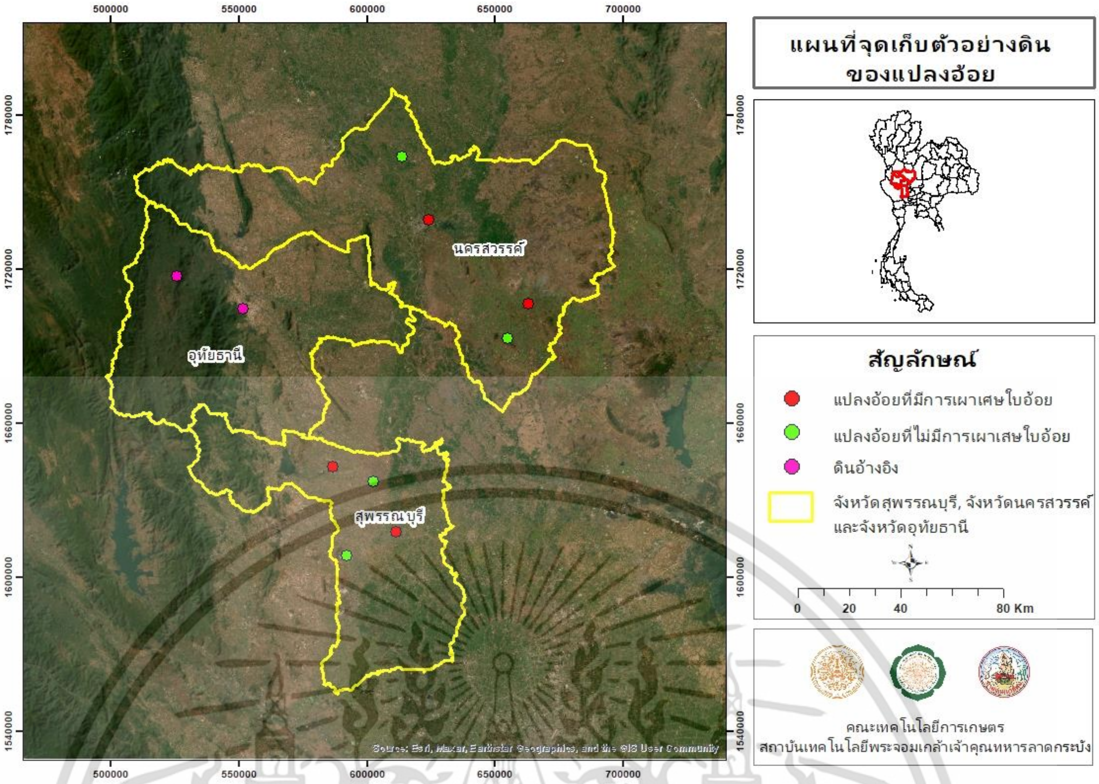
โดยแต่ละแปลงเก็บตัวอย่างดินแบบรบกวนตัวอย่างดิน (disturbed soil samples) ด้วยวิธีเก็บแบบตัวอย่างรวม (composite sample) จำนวน 5 จุดต่อแปลง (ภาพที่ 3.3) แล้วนำตัวอย่างดินในแต่ละจุดที่ระดับความลึกเดียวกัน ผสมคลุกเคล้าให้เข้ากันแล้วจึงสุ่มตัวอย่างดินที่ละระดับความลึกแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่หนึ่งจำนวน 1 กิโลกรัม เพื่อนำไปผึ่งลมให้แห้งเพื่อนำไปวิเคราะห์สมบัติเบื้องต้นของดินและรูปของอินทรีย์คาร์บอน ได้แก่ LFOC, POC และ POXC ส่วนที่สองเก็บดินจำนวน 250 กรัม เก็บในภาชนะที่สามารถรักษาอุณหภูมิที่ 4 องศาเซลเซียส เพื่อนำไปวิเคราะห์ MBC และ DOC นอกจากนี้ในแต่ละแปลงจะเก็บตัวอย่างดินแบบไม่รบกวนตัวอย่างดิน (undisturbed soil samples) ที่ระดับความลึก 0-15 และ 15-30 เซนติเมตร ด้วยวิธี core sample จำนวน 2 จุดต่อแปลง เพื่อนำไปวิเคราะห์ความหนาแน่นรวมของดินด้วยวิธี core method (กรมพัฒนาที่ดิน, 2553)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.4 แผนผังแสดงขั้นตอนการเก็บตัวอย่างดินการทดลองที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.5 แผนที่แสดงจุดเก็บตัวอย่างแปลงอ้อย จำนวน 8 แปลง และดินอ้างอิง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.2 จุดเก็บตัวอย่างดิน ชุดดิน (Soil series) เนื้อดิน (Texture) การจัดการเศษซากพืช และปีที่เก็บตัวอย่างดินของแปลงอ้อย จำนวน 8 แปลง

แปลงที่	ชื่อแปลง	จังหวัด	ชุดดิน*	เนื้อดิน (0-15 เซนติเมตร)	การจัดการเศษซากพืช	เดือนที่เก็บตัวอย่างดิน	ปีที่เก็บตัวอย่างดิน
1	NSS5	จังหวัดนครสวรรค์	ชุดดินลพบุรี (Lb)	ดินเหนียว	ไม่มีการเผาเศษใบอ้อย	พฤศจิกายน	2564
2	NSS6	จังหวัดนครสวรรค์	ชุดดินลพบุรี (Lb)	ดินเหนียว	มีการเผาเศษใบอ้อย	พฤศจิกายน	2564
3	NSS7	จังหวัดนครสวรรค์	ชุดดินโพทะเล (Plo)	ดินร่วน	ไม่มีการเผาเศษใบอ้อย	พฤศจิกายน	2564
4	NSS8	จังหวัดนครสวรรค์	ชุดดินโพทะเล (Plo)	ดินร่วน	มีการเผาเศษใบอ้อย	พฤศจิกายน	2564
5	SPP5	จังหวัดสุพรรณบุรี	ชุดดินกลางดง (Kld)	ดินร่วนเหนียว	ไม่มีการเผาเศษใบอ้อย	กุมภาพันธ์	2562
6	SPP6	จังหวัดสุพรรณบุรี	ชุดดินกลางดง (Kld)	ดินเหนียว	มีการเผาเศษใบอ้อย	กุมภาพันธ์	2562
7	SPP7	จังหวัดสุพรรณบุรี	ดินคล้ายชุดดินเขาพลองที่มีธาตุเป็นด่างสูงและเป็นดินร่วนละเอียด (Kpg-hb,fl)	ดินร่วนปนทราย	ไม่มีการเผาเศษใบอ้อย	กุมภาพันธ์	2562
8	SPP8	จังหวัดสุพรรณบุรี	ดินคล้ายชุดดินเขาพลองที่มีธาตุเป็นด่างสูงและเป็นดินร่วนละเอียด (Kpg-hb,fl)	ดินร่วนปนทราย	มีการเผาเศษใบอ้อย	กุมภาพันธ์	2562

หมายเหตุ: *ตรวจสอบชุดดินจากแผนที่ชุดดินมาตราส่วน 1 : 25,000 ของกรมพัฒนาที่ดิน (กรมพัฒนาที่ดิน, 2562)

3.3 การวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและทางเคมีเบื้องต้นของดิน

ตัวอย่างดินส่วนที่นำมาผึ่งลมให้แห้ง บด ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 2 มิลลิเมตร แล้วทำการวิเคราะห์สมบัติดิน ดังนี้ วิเคราะห์เนื้อดิน โดยวิธีปิเปต (Pipette method) (Gee and Bauder, 1986) วิเคราะห์ความหนาแน่นรวมของดิน ด้วยวิธี Core method (กรมพัฒนาที่ดิน, 2553) วิเคราะห์ความเป็นกรด - ด่างของดิน (pH) วิเคราะห์โดยใช้อัตราส่วนดินต่อน้ำ 1:1 วัดด้วยเครื่อง pH meter (National Soil Survey Center, 1996) วิเคราะห์ค่าการนำไฟฟ้าของดิน (EC) วิเคราะห์โดยใช้อัตราส่วนดินต่อน้ำ 1:5 วัดด้วยเครื่อง EC meter (Richards, 1954) วิเคราะห์ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนทั้งหมด ไนโตรเจนทั้งหมด และซัลเฟอร์ทั้งหมด (TOC, TON และ TS) วิเคราะห์ด้วยวิธี Dry Combustion โดยใช้เครื่อง CNS analyzer (LECO Corporation, 2016) วิเคราะห์ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ สกัดด้วย Bray II วัดโดย Spectrophotometer wavelength 882 nm (Bray and Kurtz, 1945) วิเคราะห์เบสที่แลกเปลี่ยนได้ในดิน สกัดด้วย 1*N* ammonium acetate pH 7.0 (Soil Chemical research center, 2001) วิเคราะห์เหล็ก แมงกานีส สังกะสี และทองแดง ที่สกัดได้ในดินด้วย 0.005 M DTPA pH 7.3 วัดความเข้มข้นของธาตุอาหารด้วยเครื่อง Inductively couple plasma-optical emission spectrometer (ICP-OES) (Lindsay and Norvell, 1978) และวิเคราะห์ความจุในการแลกเปลี่ยนไอออนบวก สกัดด้วย 1*N* ammonium acetate pH 7.0 แล้วกลั่นด้วยเครื่องกลั่น Distillation apparatus (IITA, 1979)

3.4 การวิเคราะห์รูปของอินทรีย์คาร์บอนและไนโตรเจน

3.4.1 Light Fraction Organic Carbon (LFOC) และ Heavy Fraction Organic Carbon (HFOC)

ชั่งดิน 10 กรัม สกัดด้วย Sodium iodide 30 ml (ความหนาแน่น 1.80 g/cm^3) เขย่า 200 rpm นาน 60 นาที แล้วนำมาเหวี่ยงที่ความเร็ว 1000 x g เป็นเวลา 10 นาที นำส่วนที่อยู่เหนือตะกอนดินมากรองผ่านกระดาษกรองขนาด 0.45 µm เป็นส่วนของ LFOC ส่วนตะกอนดินด้านล่างนำมาวิเคราะห์ HFOC โดยการเติมน้ำกลั่น 20 ml เขย่า แล้วเทสารละลายส่วนใสออกจากหลอด centrifuge ล้างน้ำกลั่น 3 รอบ แล้วล้างดินใส่ moisture can นำ LFOC และ HFOC อบที่อุณหภูมิ 60 °C นาน 48 ชั่วโมง ชั่งน้ำหนักแล้วร่อนผ่านตะแกรงขนาด 0.100 mm วิเคราะห์ด้วยวิธี dry combustion ด้วยเครื่อง CNS analyzer (Cambardella and Elliott, 1992)

3.4.2 Particulate Organic Carbon (POC)

ชั่งดิน 10 กรัม สกัดด้วย Sodium hexametaphosphate 30 ml (ที่มีความเข้มข้น 5.0 g/L) เขย่า 200 rpm นาน 15 ชั่วโมง กรองผ่านตะแกรงร่อนขนาด 53 µm ล้างด้วยน้ำกลั่นแล้วล้างดินใส่ moisture can อบที่อุณหภูมิ 50 °C ชั่งน้ำหนักดิน นำวิเคราะห์ด้วยวิธี dry combustion ด้วยเครื่อง CNS analyzer (Cambardella and Elliott, 1992)

3.4.3 Dissolved Organic Carbon (DOC) และ Dissolved Organic Nitrogen (DON)

ชั่งดิน 2.5 กรัม สกัดด้วย 2*M* KCl 25 ml เขย่า 200 rpm นาน 15 นาที นำไปเหวี่ยงที่ความเร็ว 8000 x g นาน 10 นาที กรองด้วยกระดาษกรองขนาด 0.45 µm วิเคราะห์หาคาร์บอน (DOC) โดยวิธีของ Walkley and Black และวิเคราะห์หาไนโตรเจน (DON) ด้วยเครื่องกลั่น Distillation apparatus (เก็บสารละลายไว้ที่ -20 °C) (Jones and Willett, 2006)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.4 Permanganate Oxidizable Carbon (POXC)

ชั่งดิน 1.xxxx กรัม (ร่อนผ่านตะแกรง 0.5 mm) สกัดด้วย 0.033*M* $KMnO_4$ 25 ml เขย่า 120 rpm นาน 1 ชั่วโมง นำมาเหวี่ยงที่ 1030 x g นาน 5 นาที กรองสารละลายด้วย Whatman No.1 วัดด้วย Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 565 nm (Blair *et al*., 1995)

3.4.5 Microbial Biomass Carbon (MBC) และ Microbial Biomass Nitrogen (MBN)

ชั่งดินสด 10 กรัม (ความชื้น 40% field capacity) บ่มตัวอย่าง 7 วันที่อุณภูมิห้อง แล้วแบ่งดินเป็น 2 ชุด ดินชุดที่ 1 นำมารมควัน (Fumigated) ด้วย Chloroform ($CHCl_3$) นาน 48 ชั่วโมง และดินชุดที่ 2 ไม่รมควัน (Non-fumigated) เก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง นำตัวอย่างดินทั้งรมควันและไม่รมควัน สกัดด้วย 0.5*M* K_2SO_4 40 ml กรองด้วย Whatman No.5 นำสารละลายมาวิเคราะห์หามวลชีวภาพคาร์บอนของจุลินทรีย์ (MBC) โดยวิธีของ Walkley and Black และวิเคราะห์มวลชีวภาพไนโตรเจนของจุลินทรีย์ (MBN) ด้วยเครื่องกลั่น Distillation apparatus (Vance *et al*. 1987)

3.5 การประเมินคุณภาพดิน (Carbon Management Index; CMI)

นำผลวิเคราะห์ TOC และ POXC ของดินทั้ง 2 การทดลองมาคำนวณค่า CMI โดยใช้วิธีคำนวณตาม Blair *et al*. (1995) ซึ่งวิธีคำนวณที่เป็นที่ยอมรับในหลายงานวิจัยใช้เพื่อประเมินคุณภาพดิน จากการจัดการดินที่แตกต่างกัน สามารถคำนวณตามสมการที่ 1, 2, 3 และ 4 ดังที่กล่าวมาข้างต้น

$$CMI = CPI \times LI \times 100$$

โดยที่ CMI คือ ดัชนีการประเมินคุณภาพของดิน

CPI คือ ดัชนีประเมินแหล่งสะสมอินทรีย์คาร์บอนในดิน (Carbon Pool Index)

LI คือ ดัชนีการประเมินแหล่งอินทรีย์คาร์บอนส่วนที่ย่อยสลายได้ง่าย (Lability Index)

CPI และ LI คำนวณได้ดังนี้

$$\text{Carbon Pool Index (CPI)} = \frac{\text{Total Organic Carbon in treatment}}{\text{Total Organic Carbon in reference soil}}$$

$$\text{Lability Index (LI)} = \frac{\text{Lability of Carbon in treatment}}{\text{Lability of Carbon in reference soil}}$$

$$\text{Lability of Carbon (L)} = \frac{\text{Permanganate Oxidizable Carbon (POXC)}}{\text{TOC - POXC}}$$

3.6 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วิเคราะห์สถิติเชิงพรรณนาของสมบัติดินทางเคมีเบื้องต้น ได้แก่ ค่าต่ำสุด (Minimum), ค่าสูงสุด (Maximum), ค่าเฉลี่ย (Mean), ค่ามัธยฐาน (Median), และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation; SD) ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ

วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของสมบัติทางเคมีเบื้องต้น รูปของอินทรีย์คาร์บอนและไนโตรเจน และดัชนีการประเมินคุณภาพดิน โดยกำหนดให้ main plot คือ จังหวัดที่เก็บตัวอย่างดิน sub plot คือ การจัดการเศษซากพืช และ sub-sub plot คือ ระดับความลึกดิน ประเมินความแตกต่างของค่าเฉลี่ยข้อมูลโดยวิธี Least significant difference (LSD) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p<0.05$) ด้วยโปรแกรม Statistix 8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการวิจัยและการอภิปรายผล

4.1 การทดลองที่ 1 การศึกษาผลของเผาตอซังข้าวต่อความยั่งยืนของการใช้ที่ดิน

4.1.1 สมบัติดินเบื้องต้นบางประการทางกายภาพและทางเคมีของดิน

ผลการวิเคราะห์สถิติเชิงพรรณนาของสมบัติเบื้องต้นบางประการทางกายภาพและทางเคมีของดินที่ปลูกข้าว ที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร (ตารางที่ 4.1) พบว่า ค่า pH อยู่ในช่วง 4.81-7.91 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.17 แสดงว่าค่า pH ส่วนใหญ่เป็นกรดเล็กน้อย (slightly acid) ค่าการนำไฟฟ้าของดิน (Electrical conductivity; EC) อยู่ในช่วง 0.09-0.40 mS/cm อยู่ในระดับที่ไม่เค็มและไม่เป็นอันตรายต่อต้นข้าว การสลายตัวของฟางข้าวและตอซังข้าวทำให้ปริมาณไอออนต่างๆ ละลายออกมาอยู่ในสารละลายดินมากขึ้น ทั้งประจุบวกและลบจึงทำให้มีค่า EC สูงขึ้น (มัจฉา แก้วพิลา และคณะ, 2556) ปริมาณอนุภาคทราย (sand) อนุภาคทรายแป้ง (silt) และอนุภาคดินเหนียว (clay) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 56.92, 404 และ 539 g/kg ตามลำดับ เนื้อดินส่วนใหญ่เป็นเนื้อดินประเภทกลุ่มดินเนื้อละเอียดเพราะมีปริมาณของอนุภาคดินเหนียวสูง ข้าวเป็นพืชที่สามารถเจริญเติบโตได้ดีในดินทรายจนถึงดินเหนียว แต่ดินเหนียวจะเจริญเติบโตได้ดีกว่าเพราะเก็บรักษาน้ำไว้ได้มากกว่า (กลุ่มงานวิจัยความอุดมสมบูรณ์ของดินปุ๋ยข้าวและธัญพืชเมืองหนาว, 2543) ความหนาแน่นรวมของดิน (Bulk density; BD) อยู่ในช่วง 1.09-1.54 g/cm^3 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.32 g/cm^3 ดินเหนียวโดยทั่วไปมีความหนาแน่นรวมของดินประมาณ 1.0-1.6 g/cm^3 (หฤษฎี ภัทรดิลก, 2556) ขั้นตอนการเตรียมดินสำหรับปลูกข้าวจะเพิ่มความหนาแน่นรวมของดิน เมื่อโครงสร้างของดินถูกทำลายจากการทำเทือกช่องว่างขนาดใหญ่ในดินหายไปเหลือแต่ช่องว่างขนาดเล็กมีผลทำให้ความหนาแน่นรวมของดินมีค่าสูงขึ้น (สุกัญญา แย้มประชา, 2556) ความหนาแน่นรวมของดินเหนียวที่มีผลต่อการชอนไชของรากพืชมีค่าเท่ากับหรือมากกว่า 1.3 g/cm^3 จะทำให้ช่องว่างของอากาศในดินลดลง (กรมพัฒนาที่ดิน, 2547)

อินทรีย์คาร์บอนทั้งหมดของดิน (Total Organic Carbon; TOC) อยู่ในช่วง 14.11-28.88 g/kg (ตารางที่ 4.1) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 23.01 g/kg คาร์บอนทั้งหมดเป็นองค์ประกอบของอินทรียวัตถุ เมื่อนำมาคำนวณหาปริมาณอินทรียวัตถุในดินมีค่าเท่ากับ 3.97 เปอร์เซ็นต์ ดินมีอินทรียวัตถุอยู่ในระดับสูง อินทรีย์ไนโตรเจนทั้งหมดของดิน (Total Organic Nitrogen; TON) อยู่ในช่วง 1.25-2.86 g/kg มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.97 g/kg ดินมี TON อยู่ในระดับต่ำ ซัลเฟอร์ทั้งหมดของดิน (Total Sulfur; TS) อยู่ในช่วง 0.24-5.39 g/kg มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.70 g/kg ดินมี TS อยู่ในระดับสูงมาก ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน (Available P) อยู่ในช่วง 2.35-112 mg/kg มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 26.95 mg/kg ดินมี available P อยู่ในระดับสูง ความจุในการแลกเปลี่ยนไอออนบวก (Cation Exchange Capacity; CEC) อยู่ในช่วง 27.68-78.87 cmol/kg มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 48.74 cmol/kg ค่า CEC ของดินส่วนใหญ่อยู่ในระดับสูงมาก การขังน้ำของดินนาไม่ได้ทำให้ค่าความจุในการแลกเปลี่ยนแคตไอออนเปลี่ยนแปลง แต่ส่วนใหญ่ดินนาของประเทศไทยมีเนื้อดินเป็นดินเหนียวจึงมีแร่ดินเหนียวสูง และมีความสามารถในการดูดยึดแคตไอออนได้สูง ดังนั้นการไถกลบตอซังข้าวจึงเป็นการเพิ่มปริมาณอินทรียวัตถุ ทำให้ช่วยเพิ่มคอลลอยด์ให้แก่ดินได้ (สุกัญญา แย้มประชา, 2556) ตอซังและฟางข้าวที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สลายตัวประกอบด้วยซากอินทรีย์หมู่ฟังชันประจุลบต่างๆ เช่น hydroxyl, carboxyl และ phenol เป็นต้น ประจุลบเหล่านี้สามารถจับกับประจุบวกในดินได้มากขึ้น ส่งผลให้มีค่า CEC ในดินเพิ่มสูงขึ้น (มัจฉา แก้วพิลา และคณะ, 2556)

ตารางที่ 4.1 สมบัติดินบางประการทางกายภาพและทางเคมีของดินนา ที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร (*n*=48)

Parameter	Minimum	Maximum	Mean	Median	SD
Soil pH (1:1)	4.81	7.91	6.17	6.04	0.98
EC (1:5) (mS/cm)	0.09	0.40	0.21	0.19	0.10
Sand (g/kg)	3.33	160	56.9	42.5	51.6
Silt (g/kg)	272	505	404	429	80.3
Clay (g/kg)	351	718	539	534	114
BD (g/cm^3)	1.09	1.54	1.32	1.30	0.13
Total Organic Carbon (g/kg)	14.11	28.88	23.01	24.59	5.26
Total Organic Nitrogen (g/kg)	1.25	2.86	1.97	1.80	0.54
Total Sulfur (g/kg)	0.24	5.39	1.70	0.81	1.66
Available P (mg/kg)	2.35	112	26.95	16.63	29.94
Cation Exchange Capacity (cmol/kg)	27.68	78.87	48.74	43.16	18.06

เบสที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable Base) และจุลธาตุในดิน ที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร (ตารางที่ 4.2) พบว่า โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable K), แคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable Ca), แมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable Mg) และโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable Na) ในดิน มีค่าอยู่ในช่วง 63.64-356, 1,683-11,268, 287-1,151 และ 85.80-586 mg/kg ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 153, 3,788, 680 และ 283 mg/kg ตามลำดับ ดินส่วนใหญ่มี exchangeable K, Ca, Mg และ Na อยู่ในระดับสูง พื้นที่ปลูกข้าว 1 ไร่ภายหลังจากการเก็บเกี่ยวผลผลิตจะเหลือตอซังข้าวไว้ในแปลงประมาณ 0.86-1.08 ตัน/ไร่ ตอซังข้าวประกอบด้วยธาตุคาร์บอน ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม และ ซัลเฟอร์ มีค่าเท่ากับ 346-353, 5.32-7.46, 0.50-0.66, 0.66-18.50, 2.60-3.08, 1.16-2.11 และ 1.90-2.99 g/kg ตามลำดับ เมื่อเกิดการย่อยสลายตัวของตอซังข้าวทำให้ธาตุอาหารพืชละลายออกมาอยู่ในสารละลายดินในประมาณสูง (นันทนัช ชาวพะเยาว์ และคณะ, 2563) สอดคล้องกับงานทดลองของ เครือมาศ สมัครการ (2554) พบว่า การใส่ฟางข้าวสับช่วยเพิ่มปริมาณอินทรีย์คาร์บอน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในดินสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม และโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดิน เหล็ก แมงกานีส สังกะสี และทองแดงที่สกัดได้ในดินนา ที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร (*n*=48)

Parameter	Minimum	Maximum	Mean	Median	SD
Exchangeable K (mg/kg)	63.64	356	153	136	88.44
Exchangeable Ca (mg/kg)	1,683	11,268	3,788	2,446	3,302
Exchangeable Mg (mg/kg)	287	1,151	680	632	308
Exchangeable Na (mg/kg)	85.80	586	283	262	155
Extractable Fe (mg/kg)	36.33	312	161	173	92.45
Extractable Mn (mg/kg)	10.46	117	47.79	31.86	35.72
Extractable Zn (mg/kg)	0.52	11.01	2.49	1.67	2.81
Extractable Cu (mg/kg)	1.67	5.61	3.52	3.31	1.22

เหล็กที่สกัดได้ (Extractable Fe), แมงกานีสที่สกัดได้ (Extractable Mn), สังกะสีที่สกัดได้ (Extractable Zn) และทองแดงที่สกัดได้ (Extractable Cu) ในดิน (ตารางที่ 4.2) มีค่าอยู่ในช่วง 36.33-312, 10.46-117, 0.52-11.01 และ 1.67-5.61 mg/kg ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 161, 47.79, 2.49 และ 3.52 mg/kg ตามลำดับ ดินส่วนใหญ่มี extractable Fe, Mn และ Cu อยู่ในระดับสูง ส่วน extractable Zn อยู่ในระดับปานกลาง ตอซังข้าวมีปริมาณธาตุเหล็ก แมงกานีส สังกะสี และ ทองแดง เท่ากับ 219-436, 308-387, 10.01-12.81 และ 15.35-15.60 mg/kg ตามลำดับ (นันทนัช ชาวพะเยาว์ และคณะ, 2563) จุลินทรีย์ย่อยสลายตอซังข้าวจะปลดปล่อยจุลธาตุออกมามากหรือน้อยขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของธาตุอาหารในตอซังข้าว

ผลการวิเคราะห์สถิติเชิงพรรณนาของสมบัติเบื้องต้นทางกายภาพและทางเคมีของดินที่ปลูกข้าว ที่ระดับความลึก 15-30 เซนติเมตร (ตารางที่ 4.3) พบว่า ค่า pH อยู่ในช่วง 5.01-8.01 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.60 แสดงว่าค่า pH ส่วนใหญ่เป็นกลาง (neutral) ค่า EC อยู่ในช่วง 0.11-0.47 mS/cm อยู่ในระดับที่ไม่เค็ม ปริมาณ sand, silt และ clay มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 52.88, 383 และ 564 g/kg ตามลำดับ เนื้อดินส่วนใหญ่เป็นเนื้อดินประเภทกลุ่มดินเนื้อละเอียดเช่นเดียวกันกับที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร BD อยู่ในช่วง 1.19-1.81 g/cm^3 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.51 g/cm^3 ซึ่งมี BD มากกว่าที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร ดินชั้นล่างจะมีความหนาแน่นรวมของดินเพิ่มขึ้นตามความลึกของดิน (Brady and Weil, 2002) และความหนาแน่นของดินจะเพิ่มขึ้นมาก ตามปริมาณของอินทรียวัตถุที่ลดลงในดิน (กรกนก ดีพรมกุล และคณะ, 2563) TOC อยู่ในช่วง 6.32-29.06 g/kg มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 14.27 g/kg คำนวณเป็นปริมาณอินทรียวัตถุในดินมีค่าเท่ากับ 2.41 เปอร์เซ็นต์ ดินส่วนใหญ่มีอินทรียวัตถุอยู่ในระดับปานกลาง TON อยู่ในช่วง 0.42-2.00 g/kg มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.15 g/kg TON อยู่ในระดับต่ำมาก ปริมาณ TOC และ TON ชั้นดินบน (0-15 เซนติเมตร) ได้รับอิทธิพลจากเศษซากพืชส่วนเหนือดินและชั้นไถพรวน เมื่อเกิดการย่อยสลายตัว จึงทำให้ชั้นดินบนมีปริมาณอินทรียวัตถุ และไนโตรเจนสูงกว่าชั้นดินล่าง (Brady and Weil, 2002) TS อยู่ในช่วง 0.06-4.62 g/kg มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.19 g/kg ส่วนใหญ่ดินมี TS อยู่ในระดับสูงมาก available P อยู่ในช่วง 1.99-62.43 mg/kg มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 12.75 mg/kg ดินมี available P อยู่ในระดับสูงมาก CEC อยู่ในช่วง 27.23-72.33 cmol/kg มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 45.23 cmol/kg อยู่ในระดับสูงมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 สมบัติดินบางประการทางกายภาพและทางเคมีของดินนา ที่ระดับความลึก 15-30 เซนติเมตร (*n*=48)

Parameter	Minimum	Maximum	Mean	Median	SD
Soil pH (1:1)	5.01	8.01	6.60	6.76	0.95
EC (1:5) (mS/cm)	0.11	0.47	0.22	0.17	0.11
Sand (g/kg)	8.67	112	52.9	51.4	38.5
Silt (g/kg)	264	494	383	399	66.7
Clay (g/kg)	401	728	564	589	93.2
BD (g/cm^3)	1.19	1.81	1.51	1.49	0.14
Total Organic Carbon (g/kg)	6.32	29.06	14.27	14.35	7.11
Total Organic Nitrogen (g/kg)	0.42	2.00	1.15	1.03	0.47
Total Sulfur (g/kg)	0.06	4.62	1.19	0.35	1.45
Available P (mg/kg)	1.99	62.43	12.75	10.00	15.79
Cation Exchange Capacity (cmol/kg)	27.23	72.33	45.23	41.68	14.81

เบสที่แลกเปลี่ยนได้ในดิน (Exchangeable base) และจุลธาตุที่สกัดได้ในดินของดินปลูกข้าว ที่ระดับความลึก 15-30 เซนติเมตร (ตารางที่ 4.4) พบว่า exchangeable K, Ca Mg และ Na มีค่าอยู่ในช่วง 66.05-404, 1,398-11,005, 367-1,264 และ 135-705 mg/kg ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 153, 3,679, 762 และ 348 mg/kg ตามลำดับ ดินส่วนใหญ่มี exchangeable K, Ca Mg และ Na อยู่ในระดับสูง เนื่องด้วยชุดดินทั้ง 3 จังหวัดมีวัตถุต้นกำเนิดดินที่มีเบสที่แลกเปลี่ยนได้สูงตลอดทั้งหน้าตัดดินส่งผลทำให้ระดับความลึก 15-30 เซนติเมตรมีค่าเบสที่แลกเปลี่ยนได้สูง (กรมพัฒนาที่ดิน, 2566) extractable Fe, Mn, Zn และ Cu ในดิน มีค่าอยู่ในช่วง 13.64-223, 9.75-110, 0.25-3.52 และ 1.12-5.20 mg/kg ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 87.61, 43.69, 1.38 และ 2.89 mg/kg ตามลำดับ ดินส่วนใหญ่มี extractable Fe, Mn และ Cu อยู่ในระดับสูง ส่วน extractable Zn อยู่ในระดับปานกลาง

ตารางที่ 4.4 โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม และโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดิน เหล็ก แมงกานีส สังกะสี และทองแดงที่สกัดได้ในดินนา ที่ระดับความลึก 15-30 เซนติเมตร (*n*=48)

Parameter	Minimum	Maximum	Mean	Median	SD
Exchangeable K (mg/kg)	66.05	404	153	101	115
Exchangeable Ca (mg/kg)	1,398	11,005	3,680	2,374	3,369
Exchangeable Mg (mg/kg)	367	1,264	762	724	339
Exchangeable Na (mg/kg)	135	705	348	316	169
Extractable Fe (mg/kg)	13.64	223	87.61	47.96	74.22
Extractable Mn (mg/kg)	9.75	110	43.69	29.55	34.09
Extractable Zn (mg/kg)	0.25	3.52	1.38	1.01	1.10
Extractable Cu (mg/kg)	1.12	5.20	2.89	2.33	1.35

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2 อิทธิพลของจังหวัดที่เก็บตัวอย่างดิน การจัดการตอซังข้าว และระดับความลึกของดิน

ผลของจังหวัดที่เก็บตัวอย่างดิน การจัดการตอซังข้าว และระดับความลึกของดินส่งผลต่อสมบัติดินเบื้องต้นทางกายภาพและทางเคมีของดิน (ตารางที่ 4.5 และ 4.6) ดินที่เก็บจากกรุงเทพมหานครมีปริมาณอนุภาคดินเหนียว, EC, TS, exchangeable K, exchangeable Mg, exchangeable Na, extractable Fe, extractable Zn, extractable Mn และ extractable Cu สูงกว่าจังหวัดนครสวรรค์และจังหวัดสุพรรณบุรีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่าเท่ากับ 617 g/kg, 0.34 mS/cm, 3.43 g/kg, 256, 989, 399, 213, 3.65, 62.75 และ 4.26 mg/kg ตามลำดับ ดินเหนียวเป็นอนุภาคที่มีความสามารถในการดูดซับอินทรีย์คาร์บอนได้มากกว่าดินทรายแป้งและดินทราย ดังนั้นดินที่มีส่วนประกอบของดินเหนียวในปริมาณสูงจะมีปริมาณคาร์บอนสูงเช่นเดียวกัน (พจนีย์ มอญเจริญ และทวีศักดิ์ เวียรศิลป์, 2544) ดินที่เก็บจากจังหวัดสุพรรณบุรีมีปริมาณของอนุภาคทราย, อนุภาคทรายแป้ง, BD และ available P สูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับจังหวัดนครสวรรค์และกรุงเทพมหานคร โดยมีค่าเท่ากับ 90.42, 430 g/kg, 1.48 g/cm^3 และ 33.29 mg/kg ความหนาแน่นรวมของดินจะมีความสัมพันธ์กับปริมาณอินทรียวัตถุในดิน เนื่องจากดินที่เก็บจากสุพรรณบุรีมีปริมาณอนุภาคทรายสูง มีอินทรียวัตถุต่ำ จึงส่งผลทำให้มีความหนาแน่นรวมของดินสูงด้วยเช่นกัน (สุวณี ศรีธวัช ณ อยุธยา และคณะ, 2536) ดินที่เก็บจากจังหวัดนครสวรรค์มีค่า pH, CEC และ exchangeable Ca สูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับจังหวัสุพรรณบุรีและกรุงเทพมหานคร โดยมีค่า pH เท่ากับ 7.01, CEC มีค่าเท่ากับ 53.14 meq/100g และ exchangeable Ca เท่ากับ 6,623 mg/kg ดินที่เก็บจากจังหวัดนครสวรรค์เป็นชุดดินลพบุรี (Lb) มีวัตถุต้นกำเนิดดินเป็นตะกอนน้ำพาทับถมอยู่บนลานตะพักปูนมาร์ล ซึ่งมี pH อยู่ในช่วง 6.5-8.0 ซึ่งปูนมาร์ลมีแคลเซียมคาร์บอเนต ($CaCO_3$) เป็นองค์ประกอบหลักจึงส่งผลทำให้มีค่า pH และ exchangeable Ca สูง (กรมพัฒนาที่ดิน , 2566)

การไม่เผาตอซังข้าวมีปริมาณอนุภาคทราย, EC, available P, CEC, exchangeable K, extractable Fe, extractable Zn, extractable Mn และ extractable Cu สูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับการเผาตอซังข้าว โดยมีค่าเท่ากับ 56.88 g/kg, 0.23 mS/cm, 24.42 mg/kg, 48.57 meq/100g, 163, 147, 2.55, 48.54 และ 3.44 mg/kg ตามลำดับ ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนทั้งหมดในดินมีความสัมพันธ์ในเชิงบวกกับค่า CEC, TON, อนุภาคทรายแป้ง และ อนุภาคดินเหนียวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (อุเทน จันละบุตร และภูวดล โกมณเฑียร, 2557) การไถกลบตอซังข้าวส่งเสริมให้เกิดการสะสมคาร์บอนและไนโตรเจนให้แก่ดิน (Wang *et al*., 2015) แต่อย่างไรก็ตามการไถพรวนที่บ่อยครั้งอาจส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของคาร์บอนในดิน (Chen *et al*., 2015) นอกจากนี้การไถกลบตอซังข้าวช่วยเร่งปฏิกิริยารีดักชันในดิน และเพิ่ม pH และ EC ผลที่ตามมาคือมี Fe^{2+}, Mn^{2+} NH_4^+, K^+, กรดอินทรีย์ และ CO_2 ในสารละลายดินเพิ่มขึ้น (ทัศนีย์ อัตตะนันทน์, 2550)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.5 ผลของจังหวัด การจัดการตอซังข้าว และความระดับความลึกต่อสมบัติดินทางกายภาพและทางเคมีของดิน

Factor	Sand (g/kg)	Silt (g/kg)	Clay (g/kg)	pH (1:1)	EC (1:5) (mS/cm)	BD (g/cm^3)	Available P (mg/kg)	TS (g/kg)	CEC (meq/100g)
Province (P)									
Nakhon Sawan	64.21 b	377 b	559 b	7.01 a	0.18 b	1.44 b	18.41 b	0.32 c	53.14 a
Suphan Buri	90.42 a	430 a	480 c	6.49 b	0.13 c	1.48 a	33.29 a	0.59 b	50.17 b
Bangkok	10.08 c	373 b	617 a	5.66 c	0.34 a	1.32 c	7.87 c	3.43 a	37.66 c
CV (%) for province	6.80	3.20	1.85	0.19	0.67	0.71	5.69	8.67	3.79
Management (M)									
Unburn	56.88 a	388 b	555	6.01 b	0.23 a	1.39	24.42 a	1.45	48.57 a
Burn	52.92 b	399 a	548	6.76 a	0.20 b	1.44	15.29 b	1.44	45.40 b
CV (%) for management	3.03	2.74	1.82	0.13	2.40	4.04	2.41	4.69	4.92
Depth (D)									
0-15 (cm)	56.92 a	404 a	539 b	6.17 b	0.21 a	1.32 b	26.95 a	1.70 a	48.74 a
15-30 (cm)	52.88 b	383 b	564 a	6.60 a	0.22 b	1.51 a	12.75 b	1.19 b	45.23 b
P x M	**	*	**	**	**	ns	**	ns	*
P x D	**	*	**	**	**	*	**	*	**
M x D	**	ns	ns	**	**	ns	**	ns	ns
P x M x D	**	ns	ns	**	**	*	**	ns	ns
CV (%) for interaction	4.56	2.75	2.11	0.26	2.21	4.84	4.78	14.32	6.68

EC = Electrical conductivity, BD = Bulk density, TS = Total sulfur, CEC = Cation exchange capacity, ** และ * = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p<0.05$), ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ, ตัวอักษรที่แตกต่างกันในตารางแสดงถึงความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p<0.05$) โดยวิธี Least significant difference (LSD)

ตารางที่ 4.6 ผลของจังหวัด การจัดการตอซังข้าว และความระดับความลึกต่อโพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม และโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดิน เหล็ก แมงกานีส สังกะสี และทองแดงที่สกัดได้ในดิน

Factor	Exch. K (mg/kg)	Exch. Ca (mg/kg)	Exch. Mg (mg/kg)	Exch. Na (mg/kg)	Extra. Fe (mg/kg)	Extra. Zn (mg/kg)	Extra. Mn (mg/kg)	Extra. Cu (mg/kg)
Province (P)								
Nakhon Sawan	114 b	6,623 a	747 b	363 b	82.59 b	1.39 b	58.12 b	3.47 b
Suphan Buri	89.4 c	2,613 b	428 c	183 c	77.46 c	0.75 c	16.35 c	1.88 c
Bangkok	256 a	1,967 c	989 a	399 a	213 a	3.65 a	62.75 a	4.26 a
CV (%) for province	5.24	1.03	0.70	1.88	0.36	4.16	0.87	1.83
Management (M)								
Unburn	163 a	3,615 b	689 b	307 b	147 a	2.55 a	48.54 a	3.44 a
Burn	143 b	3,854 a	753 a	323 a	102 b	1.32 b	42.94 b	2.97 b
CV (%) for management	4.91	0.53	1.27	1.07	1.11	4.88	0.72	1.40
Depth (D)								
0-15 (cm)	153	3,789 a	680 b	283 b	161 a	2.48 a	47.79 a	3.52 a
15-30 (cm)	153	3,680 b	762 a	348 a	87.6 b	1.38 b	43.69 b	2.89 b
P x M	ns	**	**	**	**	**	**	**
P x D	**	**	**	**	**	**	**	**
M x D	**	ns	*	**	**	**	ns	**
P x M x D	ns	**	**	ns	**	**	**	**
CV (%) for interaction	4.03	1.12	1.47	2.21	1.52	5.12	1.22	0.82

Exch. K=โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดิน, Exch. Ca=แคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดิน, Exch. Mg=แมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดิน, Exch. Na=โซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดิน, Extra. Fe=เหล็กที่สกัดได้ในดิน, Extra. Zn=สังกะสีที่สกัดได้ในดิน, Extra. Mn=แมงกานีสที่สกัดได้ในดิน และ Extra. Cu=ทองแดงที่สกัดได้ในดิน, ** และ * = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p<0.05$), ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ, ตัวอักษรที่แตกต่างกันในตารางแสดงถึงความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p<0.05$) โดยวิธี Least significant difference (LSD)

ส่วนการเผาตอซังข้าวมีปริมาณอนุภาคทรายแป้ง, pH exchangeable Ca, exchangeable Mg และ exchangeable Na สูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับการไม่เผาตอซังข้าว โดยมีค่าเท่ากับ 399 g/kg, 6.76, 3,854, 753 และ 323 mg/kg ตามลำดับ การเผาตอตังข้าวเป็นการเปลี่ยนรูปจากวัสดุอินทรีย์เป็นขี้เถ้า ซึ่งประกอบไปด้วยคาร์บอเนตของโลหะแอลคาไล (alkali metal) และแอลคาไลน์เอิร์ท (alkali earth metal) นอกจากนี้ยังประกอบด้วย ซิลิก้า (silica), โลหะหนัก (heavy metal), sesquioxide, ฟอตเฟต (phosphates), อินทรีย์ไนโตรเจน (organic N) และอนินทรีย์ไนโตรเจน (inorganic N) (Raison, 1979) ภายหลังจากการเผาตอซังข้าว ปริมาณของฟอสฟอรัส, แมกนีเซียม, โพแทสเซียม และ แคลเซียม ถูกปลดปล่อยออกมาทั้งรูปทั้งหมดและรูปที่เป็นประโยชน์ในดิน เมื่อเวลาผ่านไประยะหนึ่งขี้เถ้าถูกทับถมลงไปในดินทำให้ค่า pH สูงขึ้น 3 units หรือมากกว่านั้น ส่งผลทำให้ธาตุอาหารพืชที่อยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์ละลายออกมามากขึ้น (Nye and Greeland, 1960) ขี้เถ้าฟางข้าวมีองค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ SiO_2, Al_2O_3, Fe_2O_3, CaO, MgO, Na_2O, K_2O และ SO_3 เป็นต้น (บุรฉัตร ฉัตรวีระ, 2544) เมื่อเติมน้ำในแปลงนาจะเพิ่ม Si, Al, Fe, Ca, Mg, Na, K และ S ในสารละลายดินจึงส่งผลทำให้ในดินที่มีการเผามี Ca, Mg และ Na สูง แต่ในทางกลับกันถ้าน้ำมีปริมาณมากเกินไปจะทำให้สูญเสียธาตุอาหารไปตามน้ำที่ไหลบ่าตามผิวดิน (runoff) และ การกร่อนของดิน (erosion) ส่งผลให้ความอุดมสมบูรณ์ของดินลดลง (ยงยุทธ โอสถสภา, 2558)

ปริมาณอนุภาคทราย, อนุภาคทรายแป้ง, EC, available P, TS, CEC, exchangeable Ca, extractable Fe, extractable Zn, extractable Mn และ extractable Cu ที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตรมีค่าสูงกว่าระดับความลึก 15-30 เซนติเมตรอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่าเท่ากับ 56.92 g/kg, 404 g/kg, 0.21 mS/cm, 26.95 mg/kg, 1.70 g/kg และ 48.74 meq/100g, 3,789, 161, 2.48, 47.79 และ 3.52 mg/kg ตามลำดับ ปริมาณอนุภาคดินเหนียว, pH, BD, exchangeable Mg และ exchangeable Na ที่ระดับความลึก 15-30 เซนติเมตรมีค่าสูงกว่าระดับความลึก 0-15 เซนติเมตรอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่าเท่ากับ 564 g/kg, 6.60, 1.51 g/cm^3, 762 และ 348 mg/kg ตามลำดับ ดินที่เก็บจากจังหวัดนครสวรรค์เป็นชุดดินชัยนาท จังหวัดสุพรรณบุรีเป็นชุดดินลพบุรีและชุดดินพิษณุโลก และกรุงเทพมหานครเป็นชุดดินบางกอก ทั้ง 3 จังหวัด พบว่าดินล่างมี pH อยู่ในช่วง 7.0-9.0 ส่งผลทำให้มี exchangeable Mg และ Na สูงในดินชั้นล่าง (กรมพัฒนาที่ดิน, 2566) และยังได้รับอิทธิพลจากวัตถุต้นกำเนิดดิน ได้แก่ ชุดดินชัยนาท และชุดดินพิษณุโลกมีวัตถุต้นกำเนิดดินเป็นตะกอนน้ำพา ชุดดินลพบุรีมีวัตถุต้นกำเนิดดินเป็นตะกอนน้ำพาทับถมอยู่บนลานตะพักปูนมาร์ล และชุดดินบางกอกมีวัตถุต้นกำเนิดเป็นตะกอนน้ำผสมกับตะกอนทะเล วัตถุต้นกำเนิดดินที่กล่าวมาทำให้ดินล่างมี exchangeable Mg และ Na สูง (กรมพัฒนาที่ดิน, 2548)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.3 ผลของการเผาตอซังข้าวต่อรูปอินทรีย์คาร์บอนและไนโตรเจน

จังหวัดที่เก็บตัวอย่างดิน การจัดการตอซังข้าว และระดับความลึกของการเก็บตัวอย่างดิน ส่งผลต่อ TOC, LFOC, HFOC, POC, DOC, POXC, MBC, TON, DON และ MBN แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 4.7) ตัวอย่างดินที่เก็บจากกรุงเทพมหานครมีค่า TOC, LFOC, HFOC, POXC, TON, DON และ MBN สูงกว่าจังหวัดนครสวรรค์ และจังหวัดสุพรรณบุรีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่าเท่ากับ 21.87, 0.13, 20.40 g/kg, 2.75 mg/kg, 2.19 g/kg, 14.12 mg/kg และ 11.56 µg/g ตามลำดับ ดินที่เก็บจากกรุงเทพมหานครมีปริมาณดินเหนียว, TOC และ TON สูง จึงส่งผลทำให้มีรูปของอินทรีย์คาร์บอนสูงตามเช่นเดียวกัน (พจนีย์ มอญเจริญ และทวีศักดิ์ เวียรศิลป์, 2544; Wang *et al*., 2015) ส่วนตัวอย่างดินที่เก็บจากจังหวัดนครสวรรค์ มีค่า POC และ MBC สูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับจังหวัดสุพรรณบุรีและกรุงเทพมหานคร โดยมีค่าเท่ากับ 2.33 g/kg และ 324 mg/g ตามลำดับ ดินที่เก็บจากนครสวรรค์มีค่า pH เท่ากับ 7.01 เป็นช่วง pH ที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ มีผลต่อเอนไซม์ที่จุลินทรีย์ดินขับออกมาย่อยอินทรียวัตถุ โดยการย่อยสลายอินทรียวัตถุเกิดขึ้นได้ดีในช่วง pH 6-7 จึงส่งผลทำให้มีค่า POC และ MBC สูง (หฤษฎี ภัทรดิลก, 2556)

แปลงนาที่ไม่มีการเผาตอซังข้าวมีค่า TOC, HFOC, MBC และ DON สูงกว่าแปลงนาที่มีการเผาตอซังข้าวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่าเท่ากับ 18.75 g/kg, 16.42 g/kg, 226 และ 13.44 mg/kg ตามลำดับ การไถกลบตอซังข้าวทำให้มีปริมาณ TOC, LFOC, DOC และ MBC สูงกว่าการไม่ใส่ฟางข้าวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ค่า DOC และ LFOC แสดงให้เห็นศักยภาพของการย่อยสลายอินทรียวัตถุและการปลดปล่อยธาตุอาหาร (Xu *et al*., 2011) การสลายตัวของฟางข้าวจะปลดปล่อยสารอินทรีย์ที่ละลายน้ำได้ เช่น เฮมิเซลลูโลส, แป้ง, โมโนแซ็กคาไรด์ และ โอลิโกแซ็กคาไรด์ (Chen *et al*., 2015) (Wang *et al*., 2015; Lou *et al*., 2007; Ibrahim *et al*., 2015) ปริมาณของ TOC เพิ่มขึ้นตามปริมาณของตอซังข้าวที่ใส่ลงไปในดินและมีผลต่อความเข้มข้นของปริมาณไนโตรเจนในดิน ซึ่ง TOC มีความสัมพันธ์เชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับ TON ซึ่งแสดงให้เห็นว่าธาตุไนโตรเจนถูกปลดปล่อยออกมาจากการย่อยสลายตอซังข้าว นอกจากนี้ปริมาณไนโตรเจนในดินยังส่งผลต่อรูปของคาร์บอนที่ย่อยสลายตัวได้ง่าย Begum *et al*. (2021) รายงานการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนที่ระดับ 120 กับ 140 เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจน ส่งผลให้มีค่า TOC, MBC, POC และ POXC สูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนที่ระดับ 60 กับ 80 เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนและการไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน นอกจากนี้ผลผลิตและมวลชีวภาพของข้าวยังเพิ่มไนโตรเจน เมื่อเกิดการย่อยสลายส่งผลให้มีปริมาณอินทรียวัตถุในดินเพิ่มสูงขึ้น (Xu *et al*., 2011) แปลงนาที่มีการเผาตอซังข้าว มีค่า LFOC, POC, TON, DON และ MBN สูงกว่าแปลงนาที่ไม่มีการเผาตอซังข้าวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ มีค่าเท่ากับ 0.11, 2.36 g/kg, 4.48 mg/kg, 1.57 g/kg และ 9.42 µg/g ตามลำดับ ขี้เถ้าของตอซังข้าวมีองค์ประกอบของอินทรีย์ไนโตรเจนและอนินทรีย์ไนโตรเจนภายหลังการเผาจึงทำให้มี TON, DON และ MBN ในปริมาณที่สูงกว่าการไม่เผาตอซังข้าว (Raison, 1979) การเผาตอซังข้าวทำให้ขี้เถ้าอยู่ในรูปที่ละลายน้ำได้ ทั้ง DOC และ DON นอกจากนี้ปริมาณขี้เถ้าที่เพิ่มขึ้นหลังการเผาส่งผลให้มีธาตุอาหาร และ pH สูงขึ้น จึงทำให้มีจุลินทรีย์เพิ่มมากขึ้นกว่าเดิม โดยเฉพาะแบคทีเรีย (Renbuss *et al*., 1973) ในการทดลองของ Huang *et al*. (2021) พบว่า การเผาตอซังข้าวมีค่า DOC สูงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่อุณหภูมิ 90°C ทำให้มีเอนไซม์ β-xylosidase เพิ่มขึ้น เอนไซม์นี้มีส่วนร่วมในกระบวนการผลิต DOC และการเพิ่มกิจกรรมของเอนไซม์นี้สามารถช่วยเร่งการย่อยสลายคาร์บอน เช่น เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนินในดินได้มากขึ้น (Waldrop *et al*., 1994)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.7 ผลของจังหวัด การจัดการตอซังข้าว และความระดับความลึกต่อ TOC, LFOC, HFOC, POC, DOC, POXC, MBC, TON, DON และ MBN

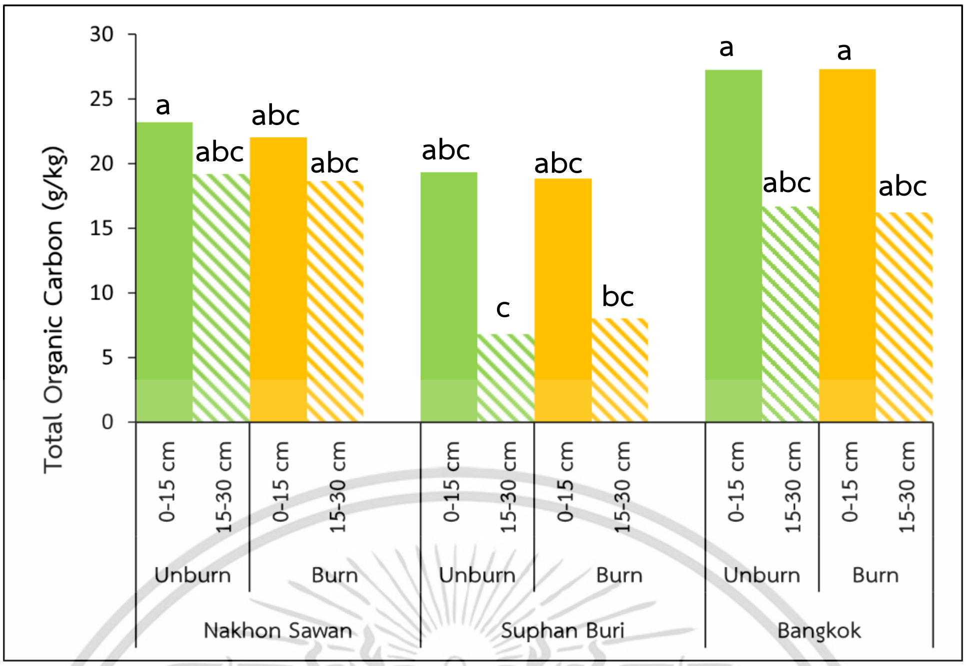
Factor	TOC (g/kg)	LFOC (g/kg)	HFOC (g/kg)	POC (g/kg)	DOC (mg/kg)	POXC (mg/kg)	MBC (mg/g)	TON (g/kg)	DON (mg/kg)	MBN (µg/g)
Province (P)										
Nakhon Sawan	20.78 b	0.06 b	17.17 b	2.33 a	nd	2.02 b	324 a	1.29 b	9.22 b	7.82 b
Suphan Buri	13.26 c	0.08 b	10.68 c	2.28 ab	0.24	1.85 c	152 b	1.20 b	4.54 c	3.79 c
Bangkok	21.87 a	0.13 a	20.40 a	2.03 b	11.83	2.75 a	0.40 c	2.19 a	14.12 a	11.56 a
CV (%) for province	0.60	13.68	1.34	8.61	6.46	1.98	15.89	4.28	18.83	30.62
Management (M)										
Unburn	18.75 a	0.07 b	16.42 a	2.07 b	3.56 b	2.23	226 a	1.55 b	13.44 a	6.02 b
Burn	18.52 b	0.11 a	15.75 b	2.36 a	4.48 a	2.19	91.9 b	1.57 a	5.14 b	9.42 a
CV (%) for management	1.17	10.26	1.26	12.03	0.00	2.15	3.06	0.78	11.61	24.87
Depth (D)										
0-15 (cm)	23.01 a	0.15 a	19.99 a	3.07 a	4.23 a	2.98 a	157	1.97 a	11.46 a	10.56 a
15-30 (cm)	14.27 b	0.02 b	12.18 b	1.36 b	3.81 b	1.43 b	161	1.15 b	7.13 b	4.88 b
P x M	**	**	**	*	**	**	**	**	**	*
P x D	**	**	**	**	**	**	**	**	ns	**
M x D	**	**	**	ns	**	**	**	*	ns	ns
P x M x D	**	**	**	ns	**	**	**	*	**	*
CV (%) for interaction	0.80	9.90	1.94	12.06	8.20	2.27	35.11	3.62	29.61	29.48

TOC=อินทรีย์คาร์บอนทั้งหมดในดิน, LFOC=อินทรีย์คาร์บอนที่มีความหนาแน่น < 1.8 g/cm^3, HFOC=อินทรีย์คาร์บอนส่วนที่เป็น heavy, POC=อินทรีย์คาร์บอนส่วนที่มีขนาดอนุภาค > 53 µm, DOC=อินทรีย์คาร์บอนส่วนที่ละลายออกมาได้ง่าย, POXC=อินทรีย์คาร์บอนส่วนที่ออกซิไดซ์ได้ง่ายด้วย $KMnO_4$, MBC=อินทรีย์คาร์บอนส่วนที่อยู่ในชีวมวลของจุลินทรีย์, TON=อินทรีย์ไนโตรเจนทั้งหมดในดิน, DON=อินทรีย์ไนโตรเจนส่วนที่ละลายออกมาได้ง่าย, MBN=อินทรีย์ไนโตรเจนส่วนที่อยู่ในชีวมวลของจุลินทรีย์, ** และ * = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p<0.05$), ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ, ตัวอักษรที่แตกต่างกันในตารางแสดงถึงความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p<0.05$) โดยวิธี Least significant difference (LSD)

ค่า TOC, LFOC, FOC, POC, DOC, POXC, TON, DON และ MBN ที่ระดับความลึกของดินที่ 0-15 เซนติเมตรสูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับระดับความลึก 15-30 เซนติเมตร มีค่าเท่ากับ 23.01, 0.15, 19.99, 3.07 g/kg, 4.23, 2.98 mg/kg, 1.97 g/kg, 11.46 mg/kg และ 10.56 μg/g ตามลำดับ การใส่ฟางข้าวและปุ๋ยคอกในระยะยาวทำให้มีปริมาณอินทรีย์คาร์บอนทั้งหมด และอินทรีย์คาร์บอนส่วนที่ย่อยสลายได้ง่ายเพิ่มขึ้น ที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร (Benbi *et al*., 2015)

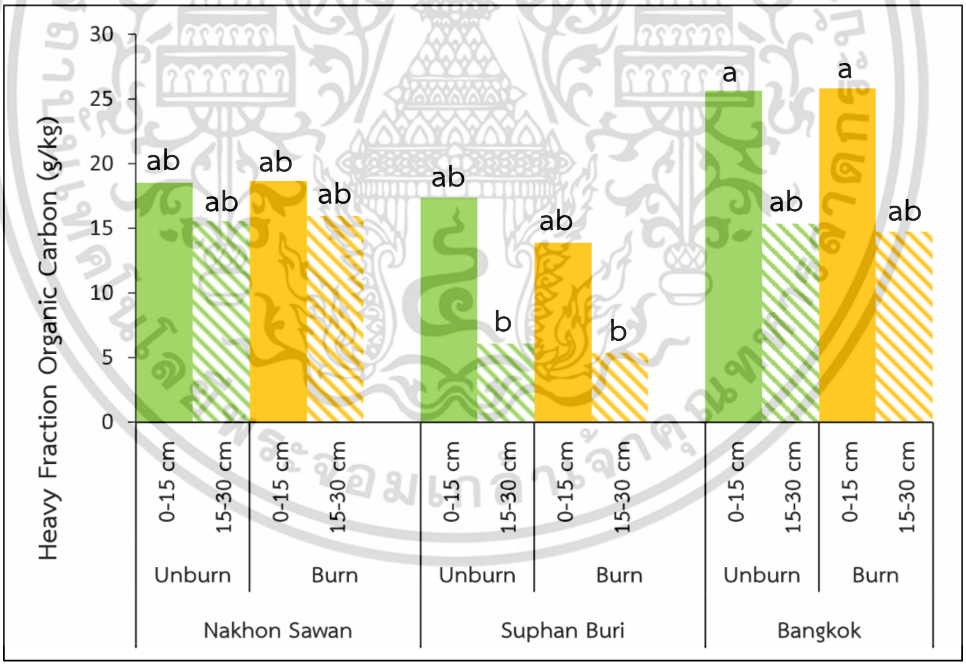
พบปฏิสัมพันธ์ระหว่างจังหวัดที่เก็บตัวอย่างดินและการจัดการตอซังข้าว จังหวัดที่เก็บตัวอย่างดินและระดับความลึก การจัดการตอซังข้าวและระดับความลึก และปฏิสัมพันธ์ร่วมทั้ง 3 ปัจจัยต่อ TOC, HFOC และ POXC (ตารางที่ 4.7) ซึ่งมีแนวโน้มในทางเดียวกัน จากภาพที่ 4.1, 4.2 และ 4.3 แสดงปฏิสัมพันธ์ร่วมทั้ง 3 ปัจจัยต่อ TOC, HFOC และ POXC ตามลำดับ พบว่า ดินที่เก็บจากจังหวัดนครสวรรค์ จังหวัดสุพรรณบุรี และกรุงเทพมหานครที่มีการเผาและไม่มีการเผาตอซังข้าวที่ระดับความลึก 0-15 และ 15-30 เซนติเมตรมีค่า TOC, HFOC และ POXC ไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยมีค่า TOC อยู่ในช่วง 16.21-27.29 g/kg, HFOC มีค่าอยู่ในช่วง 14.73-25.85 g/kg และ POCX มีค่าอยู่ในช่วง 0.09-0.38 mg/kg แต่แตกต่างกันทางสถิติกับจังหวัดสุพรรณบุรีทั้งมีการเผาและไม่มีการเผาตอซังข้าวที่ระดับความลึก 15-30 เซนติเมตร มีค่า TOC เท่ากับ 8.04 และ 6.82 g/kg และมีค่า HFOC เท่ากับ 6.10 และ 5.39 g/kg ตามลำดับ ส่วนค่า POXC จากดินที่เก็บจากจังหวัดสุพรรณบุรีที่ไม่มีการเผาตอซังข้าวที่ระดับความลึก 15-30 เซนติเมตรต่ำกว่าทรีทเม้นต์อื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่า POXC เท่ากับ 0.04 mg/kg ดินที่เก็บจากจังหวัดสุพรรณบุรีมีค่า TOC, HFOC และ POXC ต่ำกว่าจังหวัดอื่นเป็นเพราะมีเนื้อดินส่วนใหญ่เป็นอนุภาคทราย และอนุภาคทรายแป้งจึงส่งผลต่อการย่อยสลายอินทรีย์คาร์บอนทั้งหมดในดิน ดินเนื้อหยาบ มีการถ่ายเทอากาศดีจุลินทรีย์สามารถย่อยสลายอินทรีย์คาร์บอนได้อย่างรวดเร็ว จึงส่งผลทำให้มีอินทรีย์คาร์บอนในดินต่ำกว่าดินเนื้อละเอียด (คณาจารย์ภาคปฐพีวิทยา, 2541)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.1 ปฏิสัมพันธ์ระหว่างจังหวัดที่เก็บตัวอย่างดิน การจัดการตอซังข้าว และระดับความลึกของดินต่อ Total Organic Carbon (TOC)

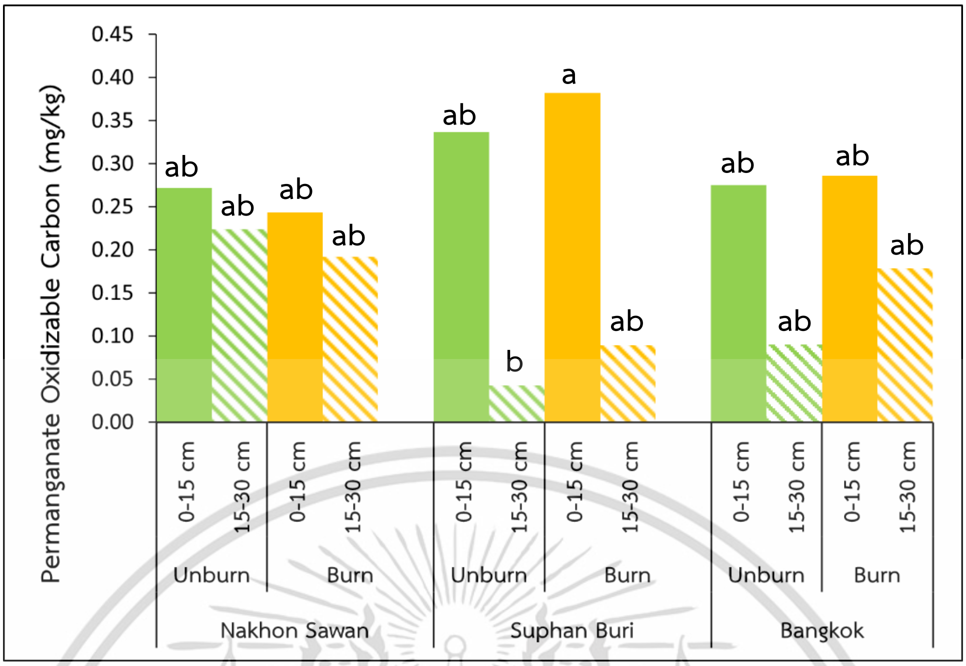
ตัวอักษรที่แตกต่างกันในตารางแสดงถึงความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p<0.05$)



ภาพที่ 4.2 ปฏิสัมพันธ์ระหว่างจังหวัดที่เก็บตัวอย่างดิน การจัดการตอซังข้าว และระดับความลึกของดินต่อ Heavy Fraction Organic Carbon (HFOC)

ตัวอักษรที่แตกต่างกันในตารางแสดงถึงความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p<0.05$)

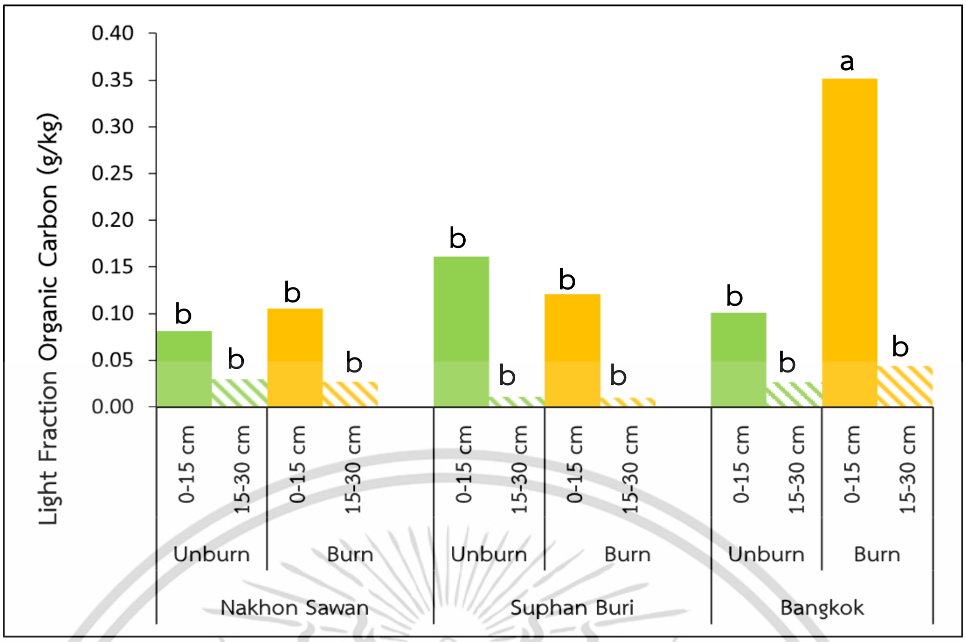
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.3 ปฏิสัมพันธ์ระหว่างจังหวัดที่เก็บตัวอย่างดิน การจัดการตอซังข้าว และระดับความลึกของดินต่อ Permanganate Oxidizable Carbon (POXC)
ตัวอักษรที่แตกต่างกันในตารางแสดงถึงความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p<0.05$)

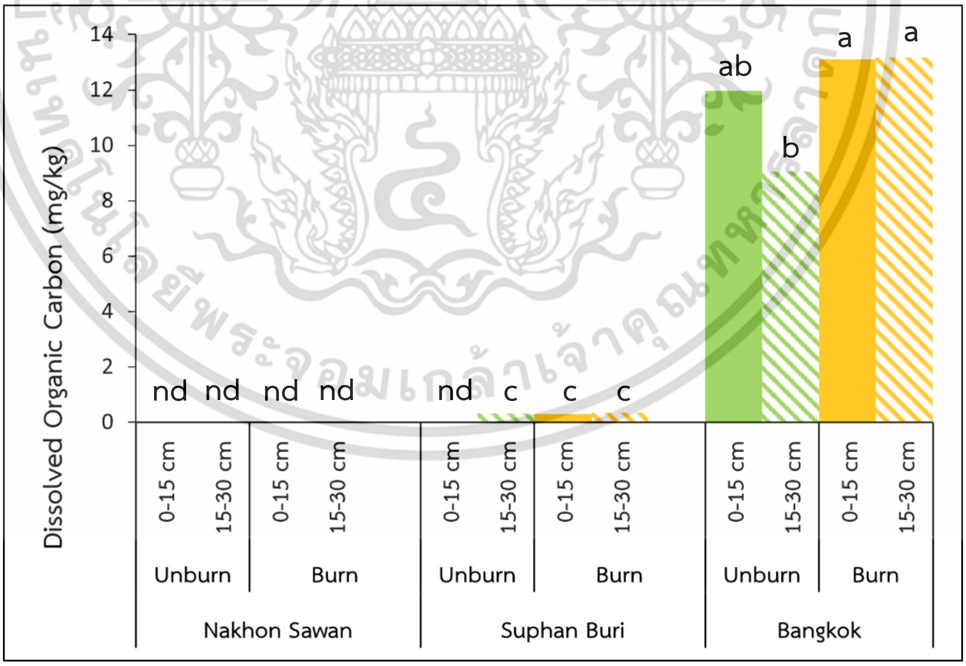
พบปฏิสัมพันธ์ระหว่างจังหวัดที่เก็บตัวอย่างดินและการจัดการตอซังข้าว จังหวัดที่เก็บตัวอย่างดินและระดับความลึก การจัดการตอซังข้าวและระดับความลึก และปฏิสัมพันธ์ร่วมทั้ง 3 ปัจจัยต่อ LFOC (ตารางที่ 4.7) จากภาพที่ 4.4 แสดงปฏิสัมพันธ์ร่วมทั้ง 3 ปัจจัยต่อ LFOC พบว่า ดินที่เก็บจากกรุงเทพมหานครที่มีการเผาตอซังข้าวที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตรมีค่า LFOC สูงกว่าทรีทเม้นต์อื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่า LFOC เท่ากับ 0.35 g/kg LFOC เป็นแหล่งธาตุอาหารของดินในระยะเวลาสั้น มีคาร์บอนอิสระเป็นองค์ประกอบหลัก กระบวนการย่อยสลายเปลี่ยนรูปอินทรีย์เป็นอนินทรีย์ได้อย่างรวดเร็ว (mineralization) (Gu *et al*., 2016) หลังจากการเผาตอซังข้าวเกิดการย่อยสลายตอซังข้าวได้ทั้งหมดหรือบางส่วน ทำให้มีส่วนของ LFOC เพิ่มมากขึ้นเพราะเป็นส่วนที่มีน้ำหนักเบา ลอยอยู่บนผิวน้ำได้ (Nguyen and Nguyen, 2019) พบปฏิสัมพันธ์ระหว่างจังหวัดที่เก็บตัวอย่างดินและการจัดการตอซังข้าว จังหวัดที่เก็บตัวอย่างดินและระดับความลึก การจัดการตอซังข้าวและระดับความลึก และปฏิสัมพันธ์ร่วมทั้ง 3 ปัจจัยต่อ DOC (ตารางที่ 4.7) จากภาพที่ 4.5 แสดงปฏิสัมพันธ์ร่วมทั้ง 3 ปัจจัยต่อ DOC พบว่า ดินที่เก็บจากกรุงเทพมหานครทั้งที่มีการเผาและไม่เผาตอซังข้าวที่ระดับความลึก 0-15 และ 15-30 เซนติเมตร มีค่า DOC สูงกว่าทรีทเม้นต์อื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่า DOC เท่ากับ 13.18, 13.10, 11.98 และ 9.05 mg/kg ตามลำดับ ในสภาพแวดล้อมของดินนา และการจัดการตอซังข้าวภายในแปลงนา เช่น การให้น้ำ การจัดการตอซังข้าว และการใส่ปุ๋ย ส่งผลต่อการละลายออกมาของค่า DOC (Pigna *et al*., 2015)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.4 ปฏิสัมพันธ์ระหว่างจังหวัดที่เก็บตัวอย่างดิน การจัดการตอซังข้าว และระดับความลึกของดินต่อ Light Fraction Organic Carbon (LFOC)

ตัวอักษรที่แตกต่างกันแสดงถึงความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p<0.05$)

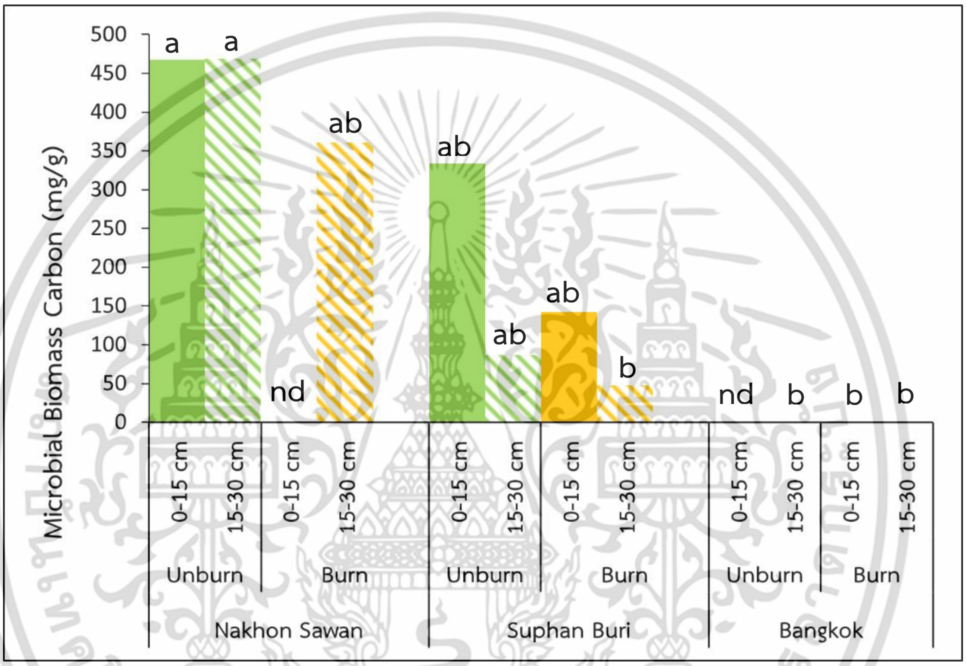


ภาพที่ 4.5 ปฏิสัมพันธ์ระหว่างจังหวัดที่เก็บตัวอย่างดิน การจัดการตอซังข้าว และระดับความลึกของดินต่อ Dissolved Organic Carbon (DOC)

ตัวอักษรที่แตกต่างกันแสดงถึงความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p<0.05$), nd=ตรวจไม่พบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

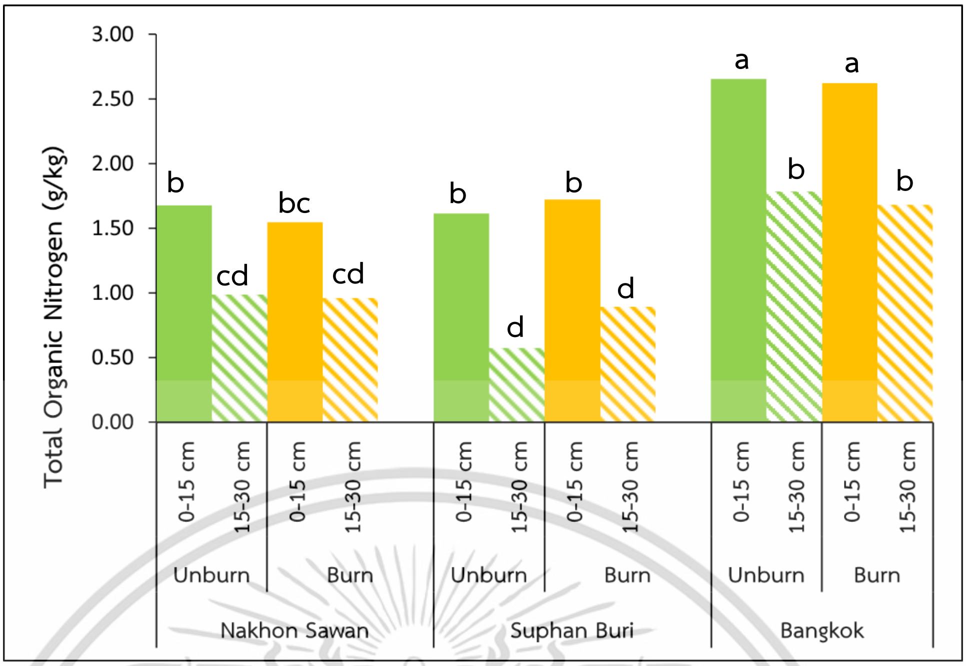
พบปฏิสัมพันธ์ระหว่างจังหวัดที่เก็บตัวอย่างดินและการจัดการตอซังข้าว จังหวัดที่เก็บตัวอย่างดินและระดับความลึก การจัดการตอซังข้าวและระดับความลึกและปฏิสัมพันธ์ร่วมทั้ง 3 ปัจจัยต่อ MBC (ตารางที่ 4.7) จากภาพที่ 4.6 แสดงปฏิสัมพันธ์ร่วมทั้ง 3 ปัจจัยต่อ MBC พบว่า ดินที่เก็บจากจังหวัดนครสวรรค์และจังหวัดสุพรรณบุรีที่ไม่มีการเผาและมีการเผาตอซังที่ระดับความลึก 0-15 และ 15-30 เซนติเมตร มีค่า MBC ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ยกเว้นดินที่เก็บจากจังหวัดนครสวรรค์ที่มีการเผาตอซังที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร และดินที่เก็บจากจังหวัดสุพรรณบุรีที่มีการเผาตอซังที่ระดับความลึก 15-30 เซนติเมตร โดยมีค่า MBC อยู่ในช่วง 86.4-469 mg/g แต่แตกต่างกันทางสถิติกับดินที่เก็บในกรุงเทพมหานครทั้งที่มีการเผาและไม่เผาตอซังข้าวที่ระดับความลึก 0-15 และ 15-30 เซนติเมตร โดยมีค่า MBC เท่ากับ 0.10, 0.80 และ 0.70 mg/kg ตามลำดับ



ภาพที่ 4.6 ปฏิสัมพันธ์ระหว่างจังหวัดที่เก็บตัวอย่างดิน การจัดการตอซังข้าว และระดับความลึกของดินต่อ Microbial Biomass Carbon (MBC)
ตัวอักษรที่แตกต่างกันแสดงถึงความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p<0.05$), nd=ตรวจไม่พบ

พบปฏิสัมพันธ์ระหว่างจังหวัดที่เก็บตัวอย่างดินและการจัดการตอซังข้าว จังหวัดที่เก็บตัวอย่างดินและระดับความลึก การจัดการตอซังข้าวและระดับความลึก และปฏิสัมพันธ์ร่วมทั้ง 3 ปัจจัยต่อ TON (ตารางที่ 4.7) จากภาพที่ 4.7 แสดงปฏิสัมพันธ์ร่วมทั้ง 3 ปัจจัยต่อ TON พบว่า ดินที่เก็บจากกรุงเทพมหานครทั้งที่ไม่มีการเผาและมีการเผาตอซังข้าวที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตรมีค่า TON สูงกว่าทรีทเม้นต์อื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่า TON เท่ากับ 2.66 และ 2.62 g/kg ตามลำดับ พบปฏิสัมพันธ์ระหว่างจังหวัดที่เก็บตัวอย่างดินและการจัดการตอซังข้าว จังหวัดที่เก็บตัวอย่างดินและระดับความลึก และปฏิสัมพันธ์ร่วมทั้ง 3 ปัจจัยต่อ DON และMBN (ตารางที่ 4.7)

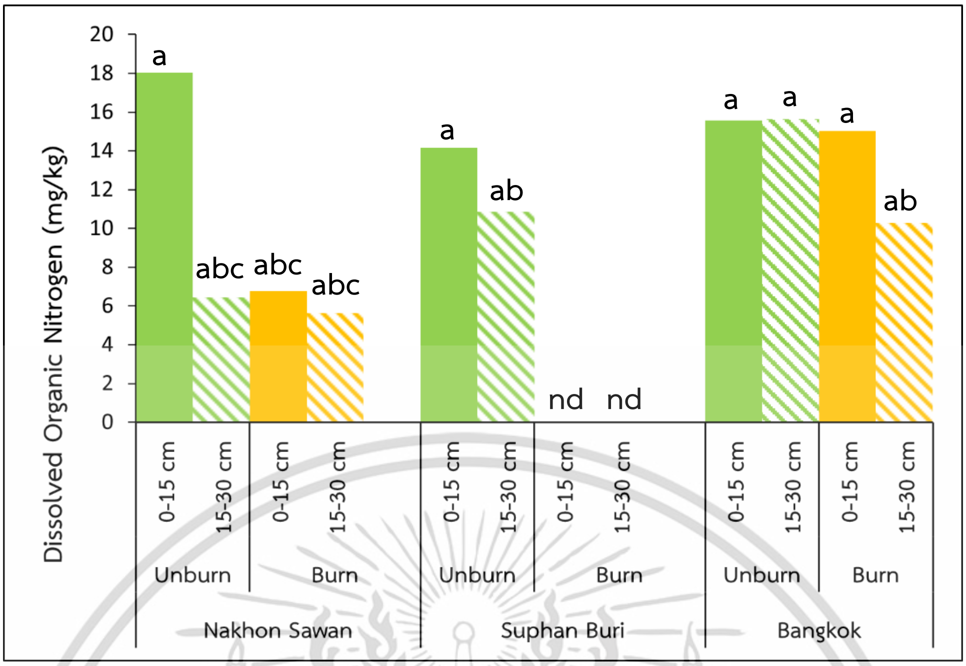
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



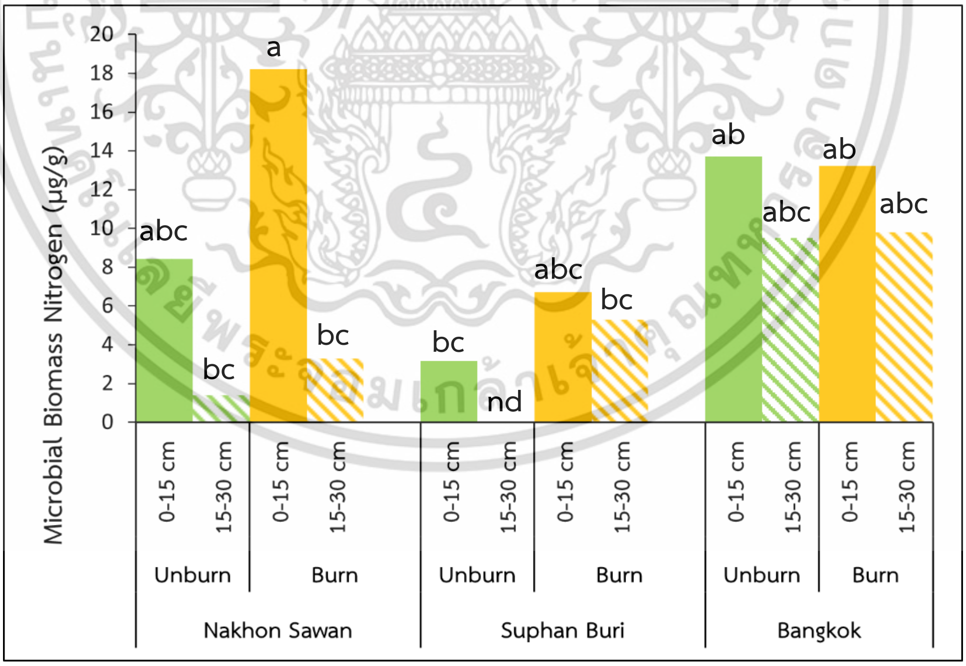
ภาพที่ 4.7 ปฏิสัมพันธ์ระหว่างจังหวัดที่เก็บตัวอย่างดิน การจัดการตอซังข้าว และระดับความลึกของดินต่อ Total Organic Nitrogen (TON)
ตัวอักษรที่แตกต่างกันแสดงถึงความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p<0.05$)

จากภาพที่ 4.8 และ 4.9 แสดงปฏิสัมพันธ์ร่วมทั้ง 3 ปัจจัยต่อ DON และ MBN ตามลำดับ พบว่า ดินที่เก็บจากจังหวัดนครสวรรค์ จังหวัดสุพรรณบุรี และกรุงเทพมหานครที่ไม่มีการเผาตอซังและมีการเผาตอซังข้าวที่ระดับความลึก 0-15 และ 15-30 เซนติเมตรมีค่า DON ไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยมีค่า DON อยู่ในช่วง 5.63-18.02 mg/kg และ MBN มีค่าอยู่ในช่วง 9.49-18.21 µg/g ตามลำดับ แต่แตกต่างกันทางสถิติกับดินที่เก็บจากจังหวัดสุพรรณบุรีที่มีการเผาตอซังข้าวทั้ง 2 ระดับความลึก โดยค่า DON ที่วิเคราะห์ได้มีน้อยมากจนไม่สามารถวัดค่าได้ และ MBN แต่แตกต่างกันทางสถิติกับดินที่เก็บจากจังหวัดนครสวรรค์ที่ไม่มีการเผาและมีการเผาตอซังที่ระดับความลึก 15-30 เซนติเมตร และดินที่เก็บจากจังหวัดสุพรรณบุรีที่ไม่มีการเผาตอซังข้าวทั้ง 2 ระดับความลึกและที่มีการเผาตอซังที่ระดับความลึก 15-30 เซนติเมตร โดยมีค่า MBN เท่ากับ 1.40, 3.27, 3.16, 5.30 µg/g ตามลำดับ ภายหลังการเผาตอซังข้าวทำให้มีค่า pH, EC, TON และธาตุอาหารในดิน (available P, K, Ca และ Mg) เพิ่มขึ้นทันทีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เนื่องด้วยปริมาณของขี้เถ้าฟางข้าวที่เพิ่มขึ้นในดิน จึงส่งผลทำให้ไนโตรเจนทั้งหมด และรูปไนโตรเจนมีค่าสูงในดินที่มีการเผา (Arunrat *et al*., 2023) และยังพบว่าการเผาฟางข้าวและตอซังข้าวในสภาวะที่ดินมีความชื้นสูงความรุนแรงของการเผาไม่เพียงพอที่จะทำให้อุณหภูมิของดินสูงขึ้น จึงไม่ส่งผลต่อกิจกรรมของจุลินทรีย์ดิน ค่า MBN จึงสูงกว่าการไม่เผาตอซังข้าวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.8 ปฏิสัมพันธ์ระหว่างจังหวัดที่เก็บตัวอย่างดิน การจัดการตอซังข้าว และระดับความลึกของดินต่อ Dissolved Organic Nitrogen (DON)
ตัวอักษรที่แตกต่างกันแสดงถึงความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (p<0.05), nd=ตรวจไม่พบ



ภาพที่ 4.9 ปฏิสัมพันธ์ระหว่างจังหวัดที่เก็บตัวอย่างดิน การจัดการตอซังข้าว และระดับความลึกของดินต่อ Microbial Biomass Nitrogen (MBN)
ตัวอักษรที่แตกต่างกันแสดงถึงความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (p<0.05), nd=ตรวจไม่พบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.4 ผลของการเผาตอซังข้าวต่อดัชนีการประเมินคุณภาพดิน (CMI)

จังหวัดที่เก็บตัวอย่างดิน การจัดการตอซังข้าว และระดับความลึกของการเก็บตัวอย่างดินส่งผลต่อค่า Carbon Pool Index (CPI), Lability Index (LI) และ Carbon Management Index (CMI) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 4.8) ค่า CPI คือค่าที่แสดงแหล่งสะสมคาร์บอนหรืออินทรีย์คาร์บอนทั้งหมด ค่า LI คือค่าที่แสดงแหล่งของคาร์บอนที่ย่อยสลายได้ง่าย ทั้งค่า CPI และ LI หากมีค่ามากกว่า 1 จะแสดงให้เห็นถึงการมีอินทรีย์คาร์บอนสะสมอยู่ปริมาณมากในดิน (ดินอ้างอิง CPI และ LI มีค่าเท่ากับ 1) ซึ่งจะส่งผลให้มีค่า CMI สูงตามไปด้วย ค่า CMI ที่สูงแสดงถึงความอุดมสมบูรณ์ของดิน และคุณภาพของดินที่ดี (ดินอ้างอิง CMI มีค่าเท่ากับ 100) (Blair *et al*., 1998) จากผลการทดลอง พบว่า ดินที่เก็บจากกรุงเทพมหานคร มีค่า CPI และ CMI สูงกว่าจังหวัดนครสวรรค์ และจังหวัดสุพรรณบุรีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่าเท่ากับ 0.58 และ 74.86 ตามลำดับ แต่จากค่า CPI และ CMI ที่น้อยกว่า 1 และ 100 แสดงให้เห็นว่าดินที่เก็บจากกรุงเทพมหานครเริ่มมีอินทรีย์คาร์บอนทั้งหมดในดินลดลง ดินเริ่มเสื่อมโทรมลงแต่เสื่อมโทรมน้อยกว่าจังหวัดอื่น ส่วนดินที่เก็บจากจังหวัดสุพรรณบุรี มีค่า LI สูงกว่าดินที่เก็บจากกรุงเทพมหานคร และจังหวัดนครสวรรค์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่า LI เท่ากับ 1.59 ค่า LI เป็นส่วนของอินทรีย์คาร์บอนที่ย่อยสลายได้ง่ายซึ่งเปลี่ยนแปลงในดินได้ง่ายตามตามการจัดการดิน (Aumtong *et al*., 2009) จังหวัดสุพรรณบุรีมีอนุภาคทรายในปริมาณสูงจึงส่งผลทำให้อินทรีย์คาร์บอนส่วนที่ย่อยสลายได้ง่ายย่อยสลายออกมาได้สูงกว่าจังหวัดอื่น จึงสูญเสียอินทรีย์คาร์บอนได้ง่ายกว่าจังหวัดอื่น ส่งผลทำให้ดินเสื่อมโทรมไวขึ้นซึ่งค่า CMI ต่ำที่สุดเท่ากับ 55.68

แปลงนาที่ไม่มีการเผาตอซังข้าว มีค่า CPI, LI และ CMI สูงกว่าแปลงนาที่มีการเผาตอซังข้าวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่าเท่ากับ 0.50, 1.36 และ 63.98 ตามลำดับ ค่า CPI, LI และ CMI ของการไม่เผาตอซังข้าวที่สูงกว่าการเผาตอซังข้าว แสดงให้เห็นถึงความเสื่อมโทรมของดินมีน้อยกว่าการเผาตอซังข้าว แต่ถ้าเทียบกับดินอ้างอิง ทั้งเผาและไม่เผาตอซังข้าวทำให้ดินเกิดความเสื่อมโทรมลง การไม่เผาตอซังข้าวทำให้ดินสะสมมวลชีวภาพของของตอซังข้าวที่อยู่เหนือดิน และรากข้าวที่อยู่ใต้ดินเป็นการเพิ่มแหล่งสะสมคาร์บอน (CPI) จึงทำให้มีแหล่งอินทรีย์คาร์บอนส่วนที่ย่อยสลายได้ง่าย (LI) ในดินสูง (Wendling *et al*., 2008) จึงทำให้ค่า CMI สูงกว่าการเผาตอซังข้าว สอดคล้องกันกับงานวิจัยของ Wang *et al*. (2015) พบว่า การไถกลบตอซังข้าวทำให้มีค่า CMI สูงกว่าทรีทเม้นต์ควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งสอดคล้องกับค่า TOC และ LOC ที่สูงขึ้น ค่า CPI, LI และ CMI ที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตรสูงกว่าระดับความลึก 15-30 เซนติเมตรอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่าเท่ากับ 0.56, 1.44 และ 80.03 ตามลำดับ ชั้นดินบนจะมีปริมาณอินทรียวัตถุ และอินทรีย์คาร์บอนในปริมาณที่สูงกว่าชั้นดินล่าง (คณาจารย์ภาคปฐพีวิทยา, 2541) รวมทั้งมีการใส่ปุ๋ยอินทรีย์เพิ่มแหล่งคาร์บอนให้กับดิน มวลชีวภาพบนดิน และใต้ดินส่วนใหญ่อยู่ในช่วง 0-15 เซนติเมตร จึงทำให้ชั้นดินบนมีความเสื่อมโทรมน้อยกว่าดินล่างที่มีค่า CMI เพียง 46.28

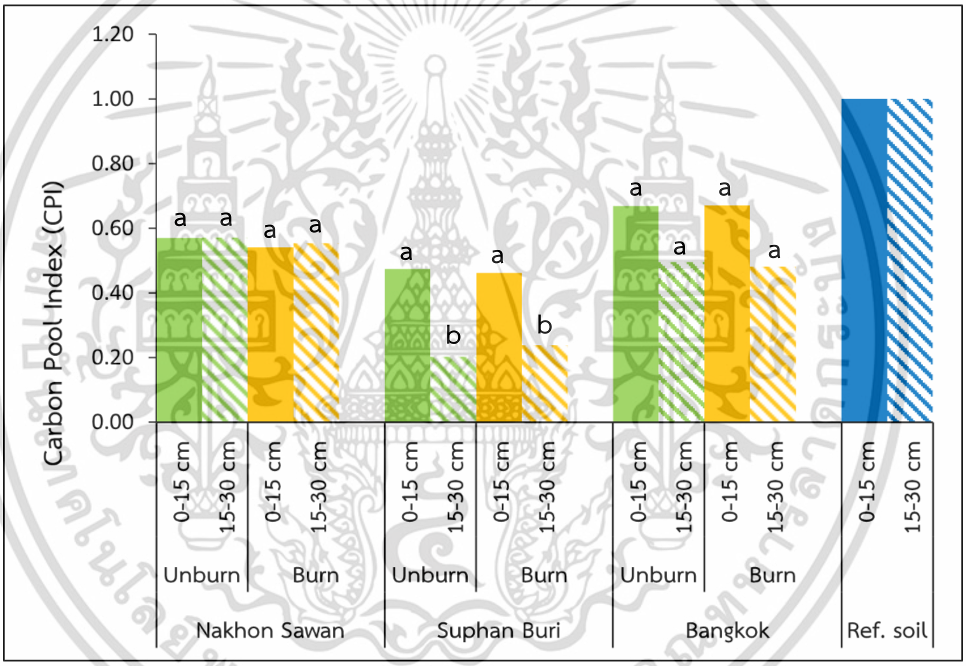
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.8 ผลของจังหวัด การจัดการตอซังข้าว และความระดับความลึกต่อดัชนีการประเมินคุณภาพของดินของแปลงนา (Carbon Management Index)

Factor	Carbon Pool Index (CPI)	Lability Index (LI)	Carbon Management Index (CMI)
Province (P)			
Nakhon Sawan	0.56 b	1.12 c	58.93 b
Suphan Buri	0.34 c	1.59 a	55.68 c
Bangkok	0.58 a	1.28 b	74.86 a
CV (%) for province	0.68	1.60	2.20
Management (M)			
Unburn	0.50 a	1.36 a	63.98 a
Burn	0.49 b	1.30 b	62.33 b
CV (%) for management	1.11	2.68	2.33
Depth (D)			
0-15 (cm)	0.56 a	1.44 a	80.03 a
15-30 (cm)	0.42 b	1.22 b	46.28 b
P x M	**	**	**
P x D	**	**	**
M x D	**	ns	**
P x M x D	**	**	**
CV (%) for interaction	0.77	2.00	2.00

** และ * = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p<0.05$), ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ, ตัวอักษรที่แตกต่างกันในตารางแสดงถึงความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p<0.05$) โดยวิธี Least significant difference (LSD)

พบปฏิสัมพันธ์ระหว่างจังหวัดที่เก็บตัวอย่างดินและการจัดการตอซังข้าว จังหวัดที่เก็บตัวอย่างดินและระดับความลึก การจัดการตอซังข้าวและระดับความลึก และปฏิสัมพันธ์ร่วมทั้ง 3 ปัจจัยต่อ CPI (ตารางที่ 4.8) จากภาพที่ 4.10 แสดงปฏิสัมพันธ์ร่วมทั้ง 3 ปัจจัยต่อค่า CPI พบว่า ดินที่เก็บจากกรุงเทพมหานคร จังหวัดนครสวรรค์ และจังหวัดสุพรรณบุรี ที่มีการเผาและไม่มีการเผาตอซังข้าวที่ระดับความลึก 0-15 และ 15-30 เซนติเมตรมีค่า CPI ไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยมีค่าอยู่ในช่วง 0.47-0.67 แต่แตกต่างกันทางสถิติกับดินที่เก็บจากจังหวัดสุพรรณบุรีที่ไม่มีการเผาและมีการเผาตอซังข้าวที่ระดับความลึก 15-30 เซนติเมตร โดยมีค่า CPI เท่ากับ 0.20 และ 0.24 ตามลำดับ ค่า CPI ของดินที่เก็บจังหวัดสุพรรณบุรีมีค่าต่ำ เป็นเพราะมีแหล่งสะสมอินทรีย์คาร์บอนในดินต่ำกว่าจังหวัดอื่นเป็นผลมาจากเนื้อดินที่ส่งผลต่ออัตราการย่อยสลายของอินทรีย์วัตถุในดิน (คณาจารย์ภาคปฐพีวิทยา, 2541) เมื่อเปรียบเทียบกันระหว่าง 3 จังหวัดค่า CPI ของดินที่เก็บจากกรุงเทพมหานคร > จังหวัดนครสวรรค์ > จังหวัดสุพรรณบุรี ค่า CPI ที่น้อยจึงอาจส่งผลให้ดินเกิดความเสื่อมโทรม



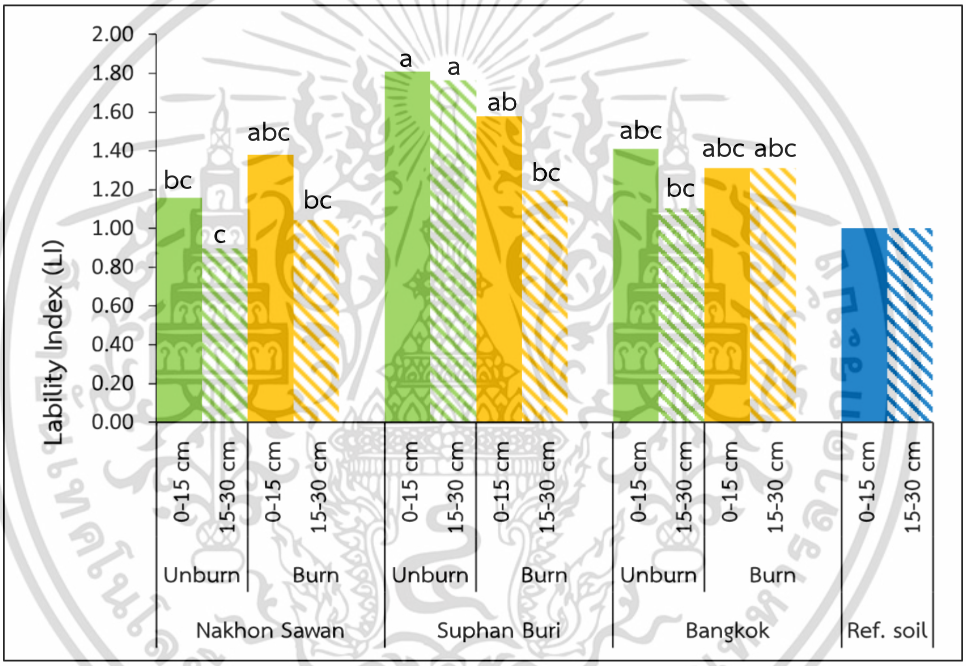
ภาพที่ 4.10 ปฏิสัมพันธ์ระหว่างจังหวัด การจัดการตอซังข้าว และระดับความลึกของดินต่อ Carbon Pool Index (CPI)

Ref. soil คือ ดินอ้างอิง, ตัวอักษรที่แตกต่างกันแสดงถึงความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p<0.05$)

พบปฏิสัมพันธ์ระหว่างจังหวัดที่เก็บตัวอย่างดินและการจัดการตอซังข้าว จังหวัดที่เก็บตัวอย่างดินและระดับความลึก การจัดการตอซังข้าวและระดับความลึก และปฏิสัมพันธ์ร่วมทั้ง 3 ปัจจัยต่อค่า LI (ตารางที่ 4.8) จากภาพที่ 4.11 แสดงปฏิสัมพันธ์ร่วมทั้ง 3 ปัจจัยต่อค่า LI พบว่า ดินที่เก็บจากจังหวัดสุพรรณบุรี กรุงเทพมหานคร และจังหวัดนครสวรรค์ที่ไม่มีการเผาและเผาตอซังข้าวที่ระดับความลึก 0-15 และ 15-30 เซนติเมตร มีค่า LI ไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยมีค่าอยู่ในช่วง 1.31-1.81 แต่แตกต่างกันทางสถิติกับดินที่เก็บจากจังหวัดนครสวรรค์ทั้งที่มีการเผาและไม่เผาตอซังข้าวที่ระดับความลึก 15-30 เซนติเมตร ดินที่เก็บจากจังหวัดสุพรรณบุรีที่มีการเผาตอซังข้าวที่ระดับความ

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ห้ามนำไปใช้ในเชิงพาณิชย์
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลึก 15-30 เซนติเมตร และดินที่เก็บจากกรุงเทพมหานครที่ไม่มีการเผาตอซังข้าวที่ระดับความลึก 15-30 เซนติเมตร โดยมีค่า LI เท่ากับ 0.89, 1.04, 1.20 และ 1.10 ตามลำดับ ค่า LI ที่มากกว่าหรือเท่ากับ 1 ชี้ให้เห็นถึงปริมาณของอินทรีย์คาร์บอนส่วนที่ย่อยสลายได้ง่ายถูกปลดปล่อยออกมาจากดินในปริมาณมาก เมื่อเปรียบเทียบระหว่างดินที่เก็บมา 3 จังหวัด พบว่า ดินทั้ง 3 จังหวัดมีปริมาณอินทรีย์คาร์บอนส่วนที่ย่อยสลายได้ง่าย (LI) มากกว่า 1 ซึ่งมีค่ามากกว่าดินอ้างอิง เพราะอินทรีย์คาร์บอนส่วนที่ย่อยสลายได้ง่ายมีความไว (Sensitivity) อย่างมากต่อการจัดการการใช้ที่ดิน เช่น การไถพรวน สภาวะแห้งสลับเปียก การใส่ปุ๋ย เป็นต้น อินทรีย์คาร์บอนส่วนนี้สามารถเพิ่ม และสูญหายได้ง่ายจากดิน (Blair *et al*., 1998) ค่า LI ของดินที่ทำการเกษตรจะสูงกว่าดินป่าไม้เป็นเพราะอัตราการย่อยสลายตัวของอินทรีคาร์บอนในดินที่ทำการเกษตรเกิดขึ้นได้เร็วกว่า เนื่องด้วยการใส่ปุ๋ย และปูนทางการเกษตร มีส่วนช่วยในการปรับปรุงความสมดุลของธาตุอาหารในดิน เพิ่มกิจกรรมของจุลินทรีย์จึงส่งผลต่อการย่อยสลายอินทรีย์คาร์บอนในดิน (Guimaraes *et al*., 2014)



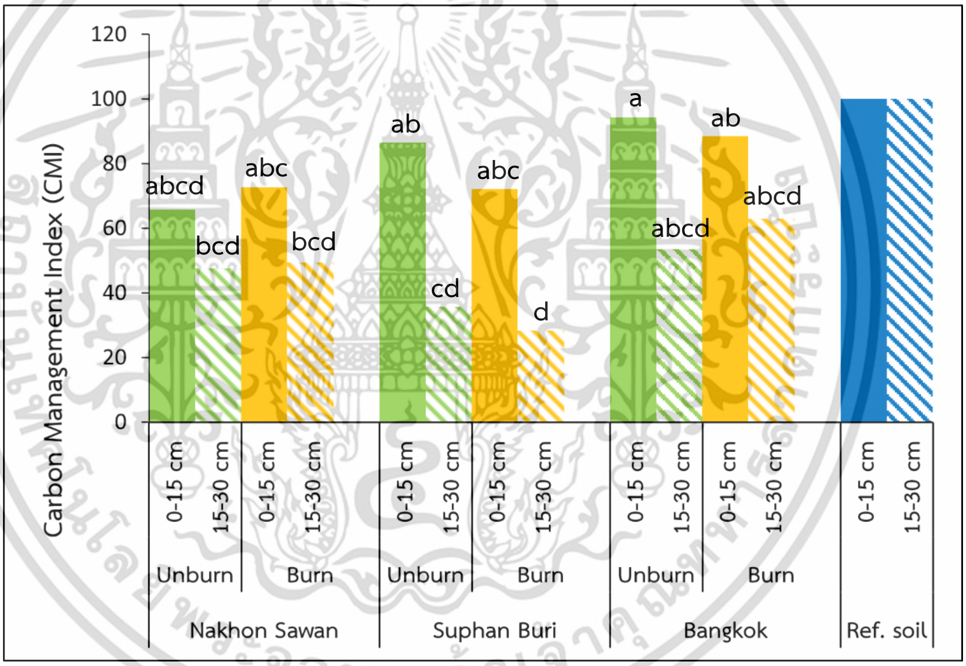
ภาพที่ 4.11 ปฏิสัมพันธ์ระหว่างจังหวัดที่เก็บตัวอย่างดิน การจัดการตอซังข้าว และระดับความลึกของดินต่อ Lability Index (LI)

Ref. soil คือ ดินอ้างอิง, ตัวอักษรที่แตกต่างกันแสดงถึงความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p<0.05$)

พบปฏิสัมพันธ์ระหว่างจังหวัดที่เก็บตัวอย่างดินและการจัดการตอซังข้าว จังหวัดที่เก็บตัวอย่างดินและระดับความลึก การจัดการตอซังข้าวและระดับความลึก และปฏิสัมพันธ์ร่วมทั้ง 3 ปัจจัยต่อ CMI (ตารางที่ 4.8) จากภาพที่ 4.12 แสดงปฏิสัมพันธ์ร่วมทั้ง 3 ปัจจัยต่อค่า CMI พบว่า ดินที่เก็บจากกรุงเทพมหานคร จังหวัดนครสวรรค์ และจังหวัดสุพรรณบุรีที่มีการเผาและไม่เผาตอซังข้าวที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร และดินที่เก็บจากกรุงเทพมหานครทั้งที่มีการเผาและไม่เผาที่ระดับความลึก 15-30 เซนติเมตร มีค่า CMI ไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยมีค่า CMI อยู่ในช่วง 53.64-94.37 แต่แตกต่างกันทางสถิติกับดินที่เก็บจากจังหวัดนครสวรรค์ และจังหวัดสุพรรณบุรีที่ไม่มีการเผาและมีการเผาตอซังข้าวที่ระดับความลึก 15-30 เซนติเมตร โดยมีค่าเท่ากับ 47.70, 49.43, 35.66 และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่มีลิขสิทธิ์ ... ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

28.28 ตามลำดับ ค่า CMI ที่แสดงถึงคุณภาพดินที่ดี มีความอุดมสมบูรณ์สูง มีค่าเท่ากับ 100 (Reference Soil) หากเปรียบเทียบระหว่างดินที่เก็บมาทั้ง 3 จังหวัด พบว่าค่า CMI ของดินที่เก็บจากกรุงเทพมหานคร > จังหวัดนครสวรรค์ > จังหวัดสุพรรณบุรี ตามลำดับ มีค่าเท่ากับ 74.86, 58.93 และ 55.68 ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าดินที่เก็บมาจากจังหวัดสุพรรณบุรีมีความเสื่อมโทรมของดินมากกว่าจังหวัดอื่น ซึ่งสอดคล้องกับผลวิเคราะห์สมบัติดินเบื้องต้น และรูปอินทรีย์คาร์บอนในดินที่มีต่ำกว่าจังหวัดอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จากภาพที่ 4.12 ระดับความลึกของดินส่งผลต่อความเสื่อมโทรมของดิน เป็นเพราะปริมาณอินทรีย์คาร์บอนทั้งหมดในดิน และอินทรีย์คาร์บอนส่วนที่ย่อยสลายได้ง่ายในดินจะมีปริมาณลดลงตามระดับความลึกของดินที่เพิ่มมากขึ้น (Brady and Weil, 2002) การทำเกษตรกรรม รวมถึงการจัดการเศษซากพืชภายหลังจากการเก็บเกี่ยวผลผลิต ทำให้ดินเกิดความเสื่อมโทรมเมื่อเปรียบเทียบกับดินอ้างอิงหรือดินป่าไม้ที่ไม่ถูกรบกวน และมีปริมาณอินทรียวัตถุสูงมากจากการทับถมของเศษใบไม้ กิ่งไม้ เศษซากพืช และซากสัตว์ เกิดกระบวนการย่อยสลายตัวโดยจุลินทรีย์กลายเป็นอินทรียวัตถุสะสมเป็นชั้นอยู่เหนือผิวดิน ทำให้ดินมีความอุดมสมบูรณ์ส่งผลให้ดินมีคุณภาพที่ดีขึ้น (Sainepo *et al*. 2018; Naklang *et al*. ,1998)



ภาพที่ 4.12 ปฏิสัมพันธ์ระหว่างจังหวัดที่เก็บตัวอย่างดิน การจัดการตอซังข้าว และระดับความลึกของดินต่อ Carbon Management Index (CMI)
Ref. soil คือ ดินอ้างอิง, ตัวอักษรที่แตกต่างกันแสดงถึงความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p<0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 การทดลองที่ 2 การศึกษาผลของการเผาเศษใบอ้อยต่อความยั่งยืนของการใช้ที่ดิน

4.2.1 สมบัติดินเบื้องต้นบางประการทางกายภาพและทางเคมีของดิน

ผลการวิเคราะห์สถิติเชิงพรรณาของสมบัติเบื้องต้นบางประการทางกายภาพและทางเคมีของดินที่ปลูกอ้อย ที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร (ตารางที่ 4.9) พบว่า ค่า pH อยู่ในช่วง 5.44-8.01 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.93 แสดงว่าค่า pH ส่วนใหญ่ของดินที่ปลูกอ้อยเป็นกลาง (neutral) เหมาะสมต่อการปลูกอ้อย และเป็นช่วง pH ที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบเติบของจุลินทรีย์ ทำให้เกิดการย่อยสลายอินทรีย์คาร์บอนได้ดี (หฤษฎี ภัทรดิลก, 2556) ปรีชา พราหมณีย์ (2542) รายงานดินที่ปลูกอ้อยควรมี pH อยู่ในช่วง 5.5-7.5 หากปลูกอ้อยในดินกรด อ้อยจะมีผลผลิตต่ำ เนื่องจากฟอสฟอรัสถูกตรึงให้อยู่ในรูปของเหล็ก และอะลูมินัมฟอสเฟตซึ่งไม่สามารถละลายออกมาในรูปที่เป็นประโยชน์ได้ ในทางกลับกันในดินด่าง อ้อยอาจขาดธาตุเหล็ก สังกะสี และ แมงกานีส เนื่องจากธาตุเหล่านี้ละลายออกมาได้น้อยในสภาวะที่เป็นด่าง (กองปฐพีวิทยา, 2543) ค่า EC มีค่าอยู่ในช่วง 0.04-0.20 mS/cm อยู่ในระดับที่ไม่เค็ม ไม่เป็นอันตรายต่ออ้อย

ตารางที่ 4.9 สมบัติดินบางประการทางกายภาพและทางเคมีของดินแปลงอ้อย ที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร (*n*=32)

Parameter	Minimum	Maximum	Mean	Median	SD
Soil pH (1:1)	5.44	8.01	6.93	7.20	0.95
EC (1:5) (mS/cm)	0.04	0.20	0.09	0.08	0.04
Sand (g/kg)	67.4	646	358	343	195
Silt (g/kg)	202	504	333	311	91.3
Clay (g/kg)	141	629	309	248	166
BD (g/cm^3)	0.36	2.11	1.36	1.22	0.49
Total Organic Carbon (g/kg)	7.38	53.55	17.25	11.68	14.72
Total Organic Nitrogen (g/kg)	0.47	1.63	1.06	0.97	0.39
Total Sulfur (g/kg)	0.09	0.52	0.22	0.17	0.12
Available P (mg/kg)	5.68	283	86.34	48.44	87.04
Cation Exchange Capacity (cmol/kg)	1.58	104	27.83	12.96	35.66

อนุภาคทราย อนุภาคทรายแป้ง และอนุภาคดินเหนียวมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 358, 333 และ 309 g/kg ตามลำดับ (ตารางที่ 4.9) เนื้อดินส่วนใหญ่เป็นกลุ่มดินเนื้อหยาบเพราะมีปริมาณอนุภาคทรายสูงที่สุด รองลงมาคือ อนุภาคทรายแป้ง และ อนุภาคดินเหนียว ตามลำดับ กลุ่มดินเนื้อหยาบจะส่งผลต่อการย่อยสลายอินทรีย์คาร์บอนได้ดีกว่าดินเนื้อละเอียด จึงทำให้อินทรีย์คาร์บอนในดินสลายตัวเร็ว ความอุดมสมบูรณ์ของดินจึงมีน้อยกว่ากลุ่มดินเนื้อละเอียด (คณาจารย์ภาคปฐพีวิทยา, 2541) ดินที่เหมาะสมต่อการปลูกอ้อยควรมีเนื้อดินเป็นดินร่วนถึงร่วนเหนียว (ศูนย์วิจัยพืชไร่สุพรรณบุรี, 2542) BD อยู่ในช่วง 0.36-2.11 g/cm^3 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.36 g/cm^3 ดินร่วนมีความหนาแน่นรวมประมาณ 1.0-1.6 g/cm^3 (หฤษฎี ภัทรดิลก, 2556) ซึ่งจากการทดลอง BD อยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด TOC มีค่าอยู่ในช่วง 7.38-53.55 g/kg มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 17.25 g/kg เมื่อคำนวณเป็นค่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อินทรียวัตถุมีค่าเท่ากับ 2.93 เปอร์เซนต์ อยู่ในระดับสูง อ้อยเจริญเติบโตได้ดีในดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ปานกลาง มีอินทรียวัตถุไม่ต่ำกว่า 1.5 เปอร์เซ็นต์ (กรมวิชาการเกษตร, 2545) ภูมิอากาศของประเทศไทยอยู่ในเขตร้อนชื้น ทำให้ส่งเสริมอัตราการย่อยสลายอินทรีย์คาร์บอนในดินเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว ร่วมกับมีเนื้อดินเป็นดินทราย เมื่อมีฝนตกทำให้เกิดการชะล้างอินทรีย์คาร์บอนไปจากหน้าดินได้ง่าย (สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย, 2558)

TON มีค่าอยู่ในช่วง 0.47-1.63 g/kg มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.06 g/kg ดินมีอินทรีย์ไนโตรเจนทั้งหมดอยู่ในระดับต่ำมาก ในกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์ หากมี C:N ratio กว้างการย่อยสลายสารอินทรีย์จะเกิดได้ช้า จุลินทรีย์จึงต้องนำไนโตรเจนในดิน เช่น NH_4^+ หรือ NO_3^- มาใช้เพื่อการสร้างเซลล์ เกิดกระบวนการ immobilization เป็นการทำให้ไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ต่อพืชในดินลดลง จนทำให้พืชขาดธาตุไนโตรเจนได้ (คณาจารย์ภาคปฐพีวิทยา, 2541) TS อยู่ในช่วง 0.09-0.52 g/kg มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.22 g/kg ดินมีซัลเฟอร์ทั้งหมดอยู่ในระดับสูง available P มีค่าอยู่ในช่วง 5.68-283 mg/kg มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 86.34 mg/kg ดินมีฟอสฟอรัสอยู่ในระดับสูงมาก เกินความต้องการของอ้อย (10 mg/kg) (กรมวิชาการเกษตร, 2545) CEC ค่าอยู่ในช่วง 1.58-104 cmol/kg มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 27.83 cmol/kg ดินมีค่า CEC อยู่ในระดับสูง เนื่องด้วยดินมีอินทรีย์คาร์บอนในปริมาณสูง ค่า CEC จึงสูงตามไปด้วย ค่า CEC ในดินมีมากหรือน้อย ขึ้นอยู่กับอิทธิพลของประเภทของแร่ดินเหนียว อินทรียวัตถุ และ อัตราการผุพัง (weathering rate) (Pincus *et al.,* 2017)

เบสที่แลกเปลี่ยนได้ในดิน และจุลธาตุที่สกัดได้ในดินของดินแปลงอ้อย ที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร (ตารางที่ 4.10) พบว่า exchangeable K, Ca, Mg และ Na มีค่าอยู่ในช่วง 80.7-283, 482-11,946, 90.66-410 และ 5.10-49.77 mg/kg ตามลำดับ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 159, 3,970, 213 และ 24.83 mg/kg ตามลำดับ ดินมี exchangeable K และ Ca อยู่ในระดับสูง, exchangeable Mg และ Na อยู่ในระดับปานกลางและต่ำ ตามลำดับ ดินที่ปลูกอ้อยควรมี exchangeable K ไม่น้อยกว่า 80 mg/kg (กรมวิชาการเกษตร, 2545) โพแทสเซียมเป็นธาตุที่อ้อยต้องการในปริมาณมาก เนื่องจากมีหน้าที่สำคัญช่วยในกระบวนการสังเคราะห์แสง ทำให้สร้างชีวมวลของต้นอ้อยได้เยอะตาม (ปรีชา พราหมณีย์, 2542) extractable Fe, Mn, Zn และ Cu มีค่าอยู่ในช่วง 9.88-153, 25.85-74.19, 0.26-10.72 และ 0.70-2.77 mg/kg ตามลำดับ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 60.06, 46.71, 2.33 และ 1.71 mg/kg ตามลำดับ ดินมี extractable Fe, Mn และ Cu อยู่ในระดับสูง ส่วน extractable Zn อยู่ในระดับปานกลาง ใบอ้อยประกอบด้วยธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม และ ซัลเฟอร์ เท่ากับ 6.2-11.5, 0.6-3.6, 5.6-28.0, 1.4-12.9, 0.9-4.1 และ 1.1-2.4 kg/rai ตามลำดับ (Oliveira *et al.*, 2002) สอดคล้องกับงานทดลองของสุรเดช จินตกานนท์ และคณะ (2542) ที่พบว่า ใบอ้อยรวมกาบใบ มีปริมาณธาตุอาหาร ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม และ กำมะถัน เท่ากับ 6.60, 1.20, 13.00, 2.20, 1.40 และ 2.50 g/kg ตามลำดับ มีปริมาณ เหล็ก แมงกานีส สังกะสี ทองแดง และ โบรอน เท่ากับ 248, 241, 34.40, 10.90 และ 8.20 mg/kg ตามลำดับ เมื่อเกิดการย่อยสลายใบอ้อยธาตุอาหารจะถูกปลดปล่อยออกมาในดินมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับความเข้มข้นที่มีอยู่ในใบอ้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.10 โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม และโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดิน เหล็ก แมงกานีส สังกะสี และทองแดงที่สกัดได้ในดินแปลงอ้อย ที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร (*n*=32)

Parameter	Minimum	Maximum	Mean	Median	SD
Exchangeable K (mg/kg)	80.70	283	159	109	79.30
Exchangeable Ca (mg/kg)	482	11,946	3,970	1,909	4,027
Exchangeable Mg (mg/kg)	90.66	410	213	180	121
Exchangeable Na (mg/kg)	5.10	49.77	24.83	25.55	12.81
Extractable Fe (mg/kg)	9.88	153	60.06	43.78	56.08
Extractable Mn (mg/kg)	25.85	74.19	46.71	40.11	17.84
Extractable Zn (mg/kg)	0.26	10.72	2.33	0.84	3.35
Extractable Cu (mg/kg)	0.70	2.77	1.71	1.66	0.68

ผลการวิเคราะห์สถิติเชิงพรรณาของสมบัติเบื้องต้นบางประการทางกายภาพและทางเคมีของดินที่ปลูกอ้อย ที่ระดับความลึก 15-30 เซนติเมตร (ตารางที่ 4.11) พบว่า ค่า pH อยู่ในช่วง 5.40-7.99 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.04 แสดงว่าค่า pH ส่วนใหญ่เป็นกลาง EC มีค่าอยู่ในช่วง 0.04-0.15 mS/cm อยู่ในระดับที่ไม่เค็ม อนุภาคทราย อนุภาคทรายแป้ง และ อนุภาคดินเหนียว มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 345, 353 และ 302 g/kg ตามลำดับ เนื้อดินจัดอยู่ในกลุ่มดินเนื้อหยาบ BD อยู่ในช่วง 1.06-2.27 g/cm^3 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.48 g/cm^3 TOC มีค่าอยู่ในช่วง 4.01-55.71 g/kg มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 16.00 g/kg คำนวณเป็นปริมาณอินทรียวัตถุมีค่าเท่ากับ 2.76 เปอร์เซ็นต์ มีอินทรียวัตถุอยู่ในระดับสูง TON มีค่าอยู่ในช่วง 0.43-1.55 g/kg มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.90 g/kg ดินมีค่า TON อยู่ในระดับต่ำมาก TS อยู่ในช่วง 0.01-0.42 g/kg มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.15 g/kg ดินมี TS อยู่ในระดับสูง available P มีค่าอยู่ในช่วง 2.86-170 mg/kg มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 42.55 mg/kg ดินมี available P อยู่ในระดับสูง CEC ค่าอยู่ในช่วง 0.23-107 cmol/kg ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 28.07 cmol/kg ดินมีค่า CEC อยู่ในระดับสูง

ตารางที่ 4.11 สมบัติดินบางประการทางกายภาพและทางเคมีของดินแปลงอ้อย ที่ระดับความลึก 15-30 เซนติเมตร (*n*=32)

Parameter	Minimum	Maximum	Mean	Median	SD
Soil pH (1:1)	5.40	7.99	7.04	7.22	0.86
EC (1:5) (mS/cm)	0.04	0.15	0.08	0.09	0.03
Sand (g/kg)	72.9	612	345	340	184
Silt (g/kg)	226	662	353	304	109
Clay (g/kg)	145	631	302	250	157
BD (g/cm^3)	1.06	2.27	1.48	1.34	0.42
Total Organic Carbon (g/kg)	4.01	55.71	16.00	9.03	16.30
Total Organic Nitrogen (g/kg)	0.43	1.55	0.90	0.82	0.38
Total Sulfur (g/kg)	0.01	0.42	0.15	0.13	0.09
Available P (mg/kg)	2.86	170	42.55	24.91	53.01
Cation Exchange Capacity (cmol/kg)	0.23	107	28.07	12.16	36.83

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เบสที่แลกเปลี่ยนได้ในดิน และจุลธาตุที่สกัดได้ในดินของดินแปลงอ้อย ที่ระดับความลึก 15-30 เซนติเมตร (ตารางที่ 4.12) พบว่า exchangeable K, Ca, Mg และ Na มีค่าอยู่ในช่วง 49.5-260, 506-12,246, 87.5-400 และ 10.21-60.15 mg/kg ตามลำดับ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 98, 4,030, 192 และ 33.34 mg/kg ตามลำดับ ดินมีเบสที่แลกเปลี่ยนได้ในดินอยู่ในระดับสูง extractable Fe, Mn, Zn และ Cu มีค่าอยู่ในช่วง 10.68-87.78, 20.16-70.46, 0.48-9.61 และ 0.75-2.31 mg/kg ตามลำดับ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 42.45, 41.00, 2.17 และ 1.60 mg/kg ตามลำดับ ดินมีจุลธาตุที่สกัดได้ในดินอยู่ในระดับสูง เนื่องจากชุดดินในจังหวัดนครสวรรค์เป็นชุดดินโพทะเล (Plo) และชุดดินลพบุรี (Lb) มีวัตถุต้นกำเนิดดินเป็นตะกอนน้ำพา และตะกอนน้ำพามาทับถมบนลานตะพักปูนมาร์ล ตามลำดับ จึงทำให้มีเบสที่แลกเปลี่ยนได้ปริมาณสูงตลอดหน้าตัดดินจึงส่งผลทำให้เบสที่แลกเปลี่ยนได้ในชั้นดินล่างมีปริมาณสูง (กรมพัฒนาที่ดิน, 2566)

ตารางที่ 4.12 โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม และโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดิน เหล็ก แมงกานีส สังกะสี และทองแดงที่สกัดได้ในดินแปลงอ้อยที่ระดับความลึก 15-30 เซนติเมตร (*n*=32)

Parameter	Minimum	Maximum	Mean	Median	SD
Exchangeable K (mg/kg)	49.5	260	98	66	66.1
Exchangeable Ca (mg/kg)	506	12,246	4,030	1,930	4,108
Exchangeable Mg (mg/kg)	87.5	400	192	167	108
Exchangeable Na (mg/kg)	10.21	60.15	33.34	35.06	14.66
Extractable Fe (mg/kg)	10.68	87.78	42.45	40.35	27.89
Extractable Mn (mg/kg)	20.16	70.46	41.00	36.80	16.99
Extractable Zn (mg/kg)	0.48	9.61	2.17	1.25	2.80
Extractable Cu (mg/kg)	0.75	2.31	1.60	1.74	0.51

4.2.2 อิทธิพลของจังหวัดที่เก็บตัวอย่างดิน การจัดการเศษใบอ้อย และระดับความลึกของดิน

ผลของจังหวัดที่เก็บตัวอย่างดิน การจัดการเศษใบอ้อย และระดับความลึกของดินที่เก็บตัวอย่างส่งผลสมบัติดินเบื้องต้นทางกายภาพและเคมีดินมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 4.13 และ 4.14) ดินที่เก็บจากจังหวัดนครสวรรค์มีปริมาณอนุภาคดินเหนียว, pH, BD, available P, CEC, exchangeable Ca, exchangeable Mg, extractable Fe, extractable Zn และ extractable Cu สูงกว่าจังหวัดสุพรรณบุรีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่าเท่ากับ 382 g/kg, 7.35, 1.80 g/cm^3, 78.44 mg/kg, 52.19 meq/100g, 6,142, 277, 64.23, 3.69 และ 2.04 mg/kg ตามลำดับ ดินที่เก็บจากจังหวัดนครสวรรค์มีปริมาณอนุภาคดินเหนียว และ TOC สูง เป็นสารคอลลอยด์ในดินที่มีความสามารถในการดูดซับไอออนบวกสูง (CEC) (คณาจารย์ภาคปฐพีวิทยา, 2541) ดินที่เก็บจากจังหวัดสุพรรณบุรีมีค่า EC และ exchangeable K สูงกว่าจังหวัดนครสวรรค์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่าเท่ากับ 0.10 mS/cm และ 133 mg/kg ตามลำดับ ความแตกต่างของเนื้อดิน ชุดดิน และแร่ดินเหนียว ส่งผลต่อปริมาณความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารแตกต่างกัน (Duniway *et al.,* 2010)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.13 ผลของจังหวัด การจัดการเศษใบอ้อย และความระดับความลึกต่อสมบัติดินทางกายภาพและทางเคมีของดิน

Factor	Sand (g/kg)	Silt (g/kg)	Clay (g/kg)	pH (1:1)	EC (1:5) (mS/cm)	BD (g/cm^3)	Available P (mg/kg)	TS (g/kg)	CEC (meq/100g)
Province (P)									
Nakhon Sawan	259	359	382 a	7.35 a	0.08 b	1.80 a	78.44 a	0.21	52.19 a
Suphan Buri	444	328	228 b	6.61 b	0.10 a	1.05 b	50.46 b	0.15	3.71 b
CV (%) for province	18.77	22.63	3.86	0.28	1.84	11.33	6.04	42.38	1.80
Management (M)									
Unburn	348	361	291 b	7.52 a	0.10 a	1.51	103 a	0.22 a	23.91 b
Burn	354	326	320 a	6.44 b	0.07 b	1.34	25.96 b	0.14 b	31.99 a
CV (%) for management	22.80	25.75	5.24	0.13	4.39	12.57	5.91	7.91	3.43
Depth (D)									
0-15 (cm)	358	353	309 a	6.93 b	0.09 a	1.36	86.34 a	0.22 a	27.83
15-30 (cm)	344	333	302 b	7.04 a	0.08 b	1.48	42.55 b	0.15 b	28.07
P x M	*	ns	*	**	**	ns	*	ns	**
P x D	ns	ns	**	*	ns	ns	**	ns	ns
M x D	ns	ns	**	**	**	ns	**	ns	ns
P x M x D	ns	ns	ns	ns	**	ns	**	ns	ns
CV (%) for interaction	20.81	20.21	2.17	0.31	2.40	9.76	5.89	35.86	8.03

EC = Electrical conductivity, BD = Bulk density, TS = Total sulfur, CEC = Cation exchange capacity, ** และ * = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p<0.05$), ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ, ตัวอักษรที่แตกต่างกันในตารางแสดงถึงความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p<0.05$) โดยวิธี Least significant difference (LSD)

ตารางที่ 4.14 ผลของจังหวัด การจัดการเศษใบอ้อย และความระดับความลึกต่อโพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม และโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดิน เหล็ก แมงกานีส สังกะสี และทองแดงที่สกัดได้ในดิน

Factor	Exch. K (mg/kg)	Exch. Ca (mg/kg)	Exch. Mg (mg/kg)	Exch. Na (mg/kg)	Extra. Fe (mg/kg)	Extra. Zn (mg/kg)	Extra. Mn (mg/kg)	Extra. Cu (mg/kg)
Province (P)								
Nakhon Sawan	125 b	6,142 a	277 a	34.44	64.23 a	3.69 a	42.74	2.04 a
Suphan Buri	133 a	1,857 b	128 b	23.73	38.28 b	0.81 b	44.97	1.27 b
CV (%) for province	0.90	0.10	0.31	30.23	0.55	4.18	3.83	1.14
Management (M)								
Unburn	150 a	4,047 a	213 a	28.75	49.58 b	3.50 a	29.13 b	1.76 a
Burn	107 b	3,952 b	192 b	29.42	52.93 a	1.01 b	58.58 a	1.56 b
CV (%) for management	2.06	0.55	1.54	23.65	2.27	6.79	4.38	1.46
Depth (D)								
0-15 (cm)	159 a	4,029 a	213 a	24.83	60.06 a	2.33 a	46.71 a	1.71 a
15-30 (cm)	97.9 b	3,970 b	192 b	33.34	42.45 b	2.17 b	41.00 b	1.60 b
P x M	**	**	**	*	**	**	**	**
P x D	**	**	**	ns	**	**	ns	**
M x D	*	**	**	ns	ns	ns	ns	ns
P x M x D	ns	ns	**	ns	ns	**	**	**
CV (%) for interaction	4.65	0.88	1.08	36.79	1.99	4.14	3.25	1.21

Exch. K=โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดิน, Exch. Ca=แคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดิน, Exch. Mg=แมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดิน, Exch. Na=โซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดิน, Extra. Fe= เหล็กที่สกัดได้ในดิน, Extra. Zn=สังกะสีที่สกัดได้ในดิน, Extra. Mn=แมงกานีสที่สกัดได้ในดิน และ Extra. Cu=ทองแดงที่สกัดได้ในดิน, ** และ * = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p<0.05$), ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ, ตัวอักษรที่แตกต่างกันในตารางแสดงถึงความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p<0.05$) โดยวิธี Least significant difference (LSD)

การจัดการเศษใบอ้อยที่ไม่มีการเผาเศษใบอ้อยมีค่า pH, EC, available P, TS, exchangeable K, exchangeable Ca, exchangeable Mg, extractable Zn และ extractable Cu สูงกว่าการเผาเศษใบอ้อยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่าเท่ากับ 7.52, 0.10 mS/cm, 102 mg/kg, 0.22 g/kg, 150, 4,047, 213, 3.50 และ 1.76 mg/kg ตามลำดับ การไถกลบเศษซากพืชช่วยเพิ่มค่า pH ของดิน เนื่องจากอินทรียวัตถุจากเศษซากพืชที่ใช้ในการไถกลบ มีคุณสมบัติในการเพิ่มความต้านทาน การเปลี่ยนแปลงความเป็นกรด-ด่างของดิน (Buffer capacity) ซึ่งทำให้ค่า pH ของดินอยู่ในระดับที่เพิ่มขึ้นหรือเป็นกลาง (พิทยากร ลิ่มทอง, 2535) งานทดลองนี้ขัดแย้งกับงานวิจัยของ เสาวคนธ์ เหมวงษ์ และปัทมา วิตยากร (2562) พบว่า การเผาใบอ้อยทำให้มีปริมาณเถ้าสูงส่งผลทำให้มีค่า pH เพิ่มสูงขึ้นในดิน การไถกลบใบอ้อยยังช่วยทำให้ขนาดของเศษใบอ้อยลดลง จุลินทรีย์สามารถย่อยสลายได้ง่ายส่งผลต่อการปลดปล่อยธาตุอาหารในดิน (วิมล ภูกองไชย และวรรณวิภา แก้วประดิษฐ์, 2561) ส่วนการเผาเศษใบอ้อยมีปริมาณอนุภาคดินเหนียว, CEC, extractable Fe และ extractable Mn สูงกว่าการไม่เผาเศษใบอ้อยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่าเท่ากับ 320 g/kg, 31.99 meq/100g, 52.93 และ 58.58 mg/kg ตามลำดับ งานทดลองนี้แปลงที่มีการเผาเศษใบอ้อยส่วนใหญ่มีปริมาณอนุภาคดินเหนียวสูงกว่าแปลงที่ไม่เผาเศษใบอ้อย จึงส่งผลทำให้แปลงที่มีการเผามีอนุภาคดินเหนียว และ CEC ที่สูงกว่าแปลงที่ไม่เผาเศษใบอ้อย

ปริมาณอนุภาคดินเหนียว, EC, available P, TS, exchangeable K, exchangeable Ca, exchangeable Mg, extractable Fe, extractable Zn, extractable Mn และ extractable Cu ที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร มีค่าสูงกว่าระดับความลึก 15-30 เซนติเมตรอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่าเท่ากับ 309 g/kg, 0.09 mS/cm, 86.34 mg/kg, 0.22 g/kg, 159, 4,029, 213, 60.06, 2.33, 46.71 และ 1.71 mg/kg ตามลำดับ ส่วนค่า pH ที่ระดับความลึก 15-30 เซนติเมตรมีค่าสูงกว่า 0-15 เซนติเมตรอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่า pH เท่ากับ 7.04

4.2.3 ผลของการเผาเศษใบอ้อยต่อรูปอินทรีย์คาร์บอนและไนโตรเจน

ผลของจังหวัดที่เก็บตัวอย่างดิน การจัดการเศษใบอ้อย และระดับความลึกของดินที่เก็บตัวอย่างมีค่า TOC, LFOC, HFOC, POC, DOC, POXC, MBC, TON, DON และ MBN แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 4.15) ดินที่เก็บจากจังหวัดนครสวรรค์มีค่า TOC, HFOC, POC, POXC และ TON สูงกว่าดินที่เก็บจากจังหวัดสุพรรณบุรีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่าเท่ากับ 23.30 g/kg, 22.85 g/kg, 2.64 g/kg, 1.31 mg/kg และ 1.20 g/kg ตามลำดับ ดินของจังหวัดนครสวรรค์มีปริมาณดินเหนียว และ ค่า CEC สูงกว่าจังหวัดสุพรรณบุรีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 4.13) จึงส่งผลทำให้มีค่า TOC, HFOC, POC และ TON สูง สอดคล้องกับงานวิจัยของ Akkajit (2015) พบว่า ดินที่มีอินทรียวัตถุ และสัดส่วนของอนุภาคดินเหนียวสูงมีผลทำให้ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกในดินสูงด้วย ส่วนดินที่เก็บจากจังหวัดสุพรรณบุรีมีค่า LFOC, MBC และ DON สูงกว่าจังหวัดอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่าเท่ากับ 0.23 g/kg, 653 mg/g และ 8.69 mg/kg ตามลำดับ ดินที่เก็บจากจังหวัดสุพรรณบุรีมีอนุภาคทรายสูงกว่าจังหวัดนครสวรรค์จึงส่งผลต่อค่า LFOC ซึ่งเป็นส่วนที่ลอยน้ำได้ง่าย และจุลินทรีย์สามารถย่อยสลายได้ง่ายและรวดเร็วในดินทราย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.15 ผลของจังหวัด การจัดการเศษใบอ้อย และความระดับความลึกต่อ TOC, LFOC, HFOC, POC, DOC, POXC, MBC, TON, DON และ MBN

Factor	TOC (g/kg)	LFOC (g/kg)	HFOC (g/kg)	POC (g/kg)	DOC (mg/kg)	POXC (mg/kg)	MBC (mg/g)	TON (g/kg)	DON (mg/kg)	MBN (µg/g)
Province (P)										
Nakhon Sawan	23.30 a	0.09 b	22.85 a	2.64 a	12.56	1.31 a	217 b	1.20 a	4.60 b	6.30
Suphan Buri	9.95 b	0.23 a	5.39 b	0.05 b	nd	0.99 b	653 a	0.76 b	8.69 a	3.74
CV (%) for province	0.54	13.36	2.77	11.26	0.99	4.75	7.38	7.99	2.92	13.16
Management (M)										
Unburn	21.98 a	0.15	20.24 a	2.08 a	5.91	1.24 a	387 b	1.11 a	7.50 a	5.66
Burn	11.27 b	0.17	7.99 b	0.62 b	4.84	1.07 b	483 a	0.85 b	5.80 b	4.38
CV (%) for management	1.19	12.35	0.46	6.77	22.50	1.68	11.55	0.82	9.51	44.12
Depth (D)										
0-15 (cm)	17.25 a	0.22 a	14.41 a	1.44 a	5.31	1.29 a	485 a	1.06 a	7.12	3.62 b
15-30 (cm)	16.00 b	0.10 b	13.83 b	1.25 b	5.45	1.01 b	386 b	0.90 b	6.17	6.42 a
P x M	**	*	**	**	ns	**	ns	**	*	ns
P x D	**	**	**	*	**	**	ns	**	*	*
M x D	**	**	ns	ns	ns	ns	**	*	ns	ns
P x M x D	**	**	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV (%) for interaction	0.54	9.61	2.51	8.77	3.55	1.71	8.38	4.37	20.06	37.5

TOC=อินทรีย์คาร์บอนทั้งหมดในดิน, LFOC=อินทรีย์คาร์บอนที่มีความหนาแน่น < 1.8 g/cm^3, HFOC=อินทรีย์คาร์บอนส่วนที่เป็น heavy, POC=อินทรีย์คาร์บอนส่วนที่มีขนาดอนุภาค > 53 um, DOC=อินทรีย์คาร์บอนส่วนที่ละลายออกมาได้ง่าย, POXC=อินทรีย์คาร์บอนส่วนที่ออกซิไดซ์ได้ง่ายด้วย $KMnO_4$, MBC=อินทรีย์คาร์บอนส่วนที่อยู่ในชีวมวลของจุลินทรีย์, TON=อินทรีย์ไนโตรเจนทั้งหมดในดิน, DON=อินทรีย์ไนโตรเจนส่วนที่ละลายออกมาได้ง่าย, MBN=อินทรีย์ไนโตรเจนส่วนที่อยู่ในชีวมวลของจุลินทรีย์, ** และ * = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (p<0.05), ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ, ตัวอักษรที่แตกต่างกันในตารางแสดงถึงความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (p<0.05) โดยวิธี Least significant difference (LSD)

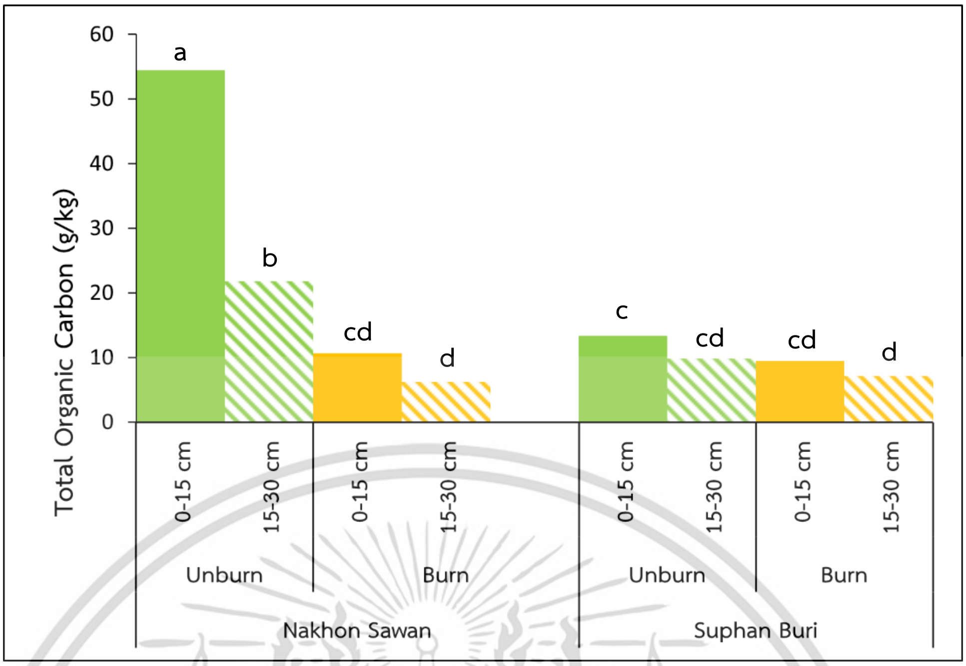
ดินทรายจะมีสารเชื่อมปริมาณน้อย เป็นผลจากการชะล้างของน้ำพาอนุภาคอื่นๆไปจากดินได้ง่าย (อำนาจ ชิดไธสง และณัฐพล ลิไชยกุล, 2548)

การจัดการเศษใบอ้อยในแปลงอ้อยที่ไม่มีการเผาเศษใบอ้อยมีค่า TOC, HFOC, POC, POXC, TON และ DON สูงกว่าแปลงอ้อยที่มีการเผาเศษใบอ้อยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่าเท่ากับ 21.98, 20.24, 2.08 g/kg, 1.24 mg/kg, 1.11 g/kg และ 7.50 mg/kg สอดคล้องกับงานวิจัยของ Galdos *et al*. (2009) การไม่เผาเศษใบอ้อยทำให้มีค่า TOC, POC และ MBC สูงกว่าการเผาเศษใบอ้อย Silva *et al*. (2007) รายงานค่า POC ลดลงอย่างรวดเร็วเมื่อเปลี่ยนแปลงดินป่าไม้มาปลูกอ้อย อย่างไรก็ตามค่า POC เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ หลังจากปลูกอ้อยเป็นระยะเวลา 25 ปี แต่ค่า POC ยังคงต่ำกว่าดินป่าไม้ เช่นเดียวกันกับ Bayer *et al*. (2006) พบว่าพื้นที่ที่ไม่มีการไถพรวนดินมีค่า POC สูงกว่าการไถพรวนดิน ด้วยเหตุนี้ในหลายงานวิจัยจึงใช้ค่า POC เป็นตัวบ่งชี้คุณภาพดิน เพราะมีความอ่อนไหวต่อการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและการจัดการดิน นันทนัช ชาวพะเยาว์ (2565) รายงานเศษใบอ้อยมีปริมาณของเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และ ลิกนิน สูงกว่าตอซังข้าวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่าเท่ากับ 420, 254 และ 6,390 g/kg จึงส่งผลทำให้เมื่อเกิดการย่อยสลายอินทรีย์คาร์บอนทั้งหมด (TOC) ในดินแปลงอ้อยมีค่าสูงกว่าแปลงนา แปลงอ้อยที่มีการเผาเศษใบอ้อยมีค่า MBC สูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับแปลงอ้อยที่ไม่มีการเผาเศษใบอ้อย โดยมีค่า MBC เท่ากับ 483 mg/g สอดคล้องกับงานวิจัยของ Arunrat *et al*. (2023) พบว่าภายหลังจากการเผาทำให้มีขี้เถ้าในปริมาณมาก หากดินมีความชื้นจะทำให้ธาตุอาหารละลายออกมาในรูปที่พืชสามารถดูดใช้ได้ทันที จึงส่งผลต่อประชากรของจุลินทรีย์ทำให้มีปริมาณเพิ่มมากขึ้นอย่างรวดเร็ว Liu *et al*. (2007) รายงานว่า MBC เพิ่มขึ้นหลังจากการเผาทันที และการหายใจของดิน (soil respiration) ลดลง ค่า MBC จะลดลงตามกาลเวลา Hemwong *et al*. (2009) รายงานว่าภายหลังการเผาใบอ้อยจะสูญเสียคาร์บอน ไนโตรเจน และ ซัลเฟอร์ ผ่านกระบวนการ volatilization แต่จะมีโพแทสเซียม และฟอสฟอรัสสูง

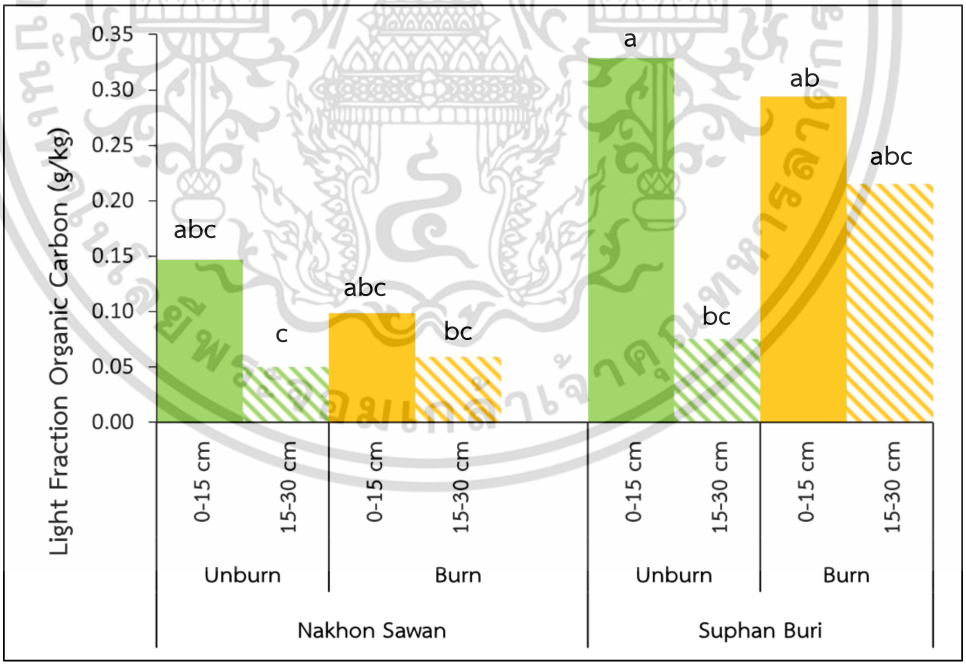
ค่า TOC, LFOC, HFOC, POC, POXC, MBC และ TON ที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตรมีค่าสูงกว่าระดับความลึก 15-30 เซนติเมตรอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่าเท่ากับ 17.25, 0.22, 14.41, 1.44 g/kg, 1.29 mg/kg, 485 mg/g และ 1.06 g/kg ตามลำดับ ยกเว้นค่า MBN ที่ระดับ 15-30 เซนติเมตรมีค่าสูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่าเท่ากับ 6.42 μg/g

พบปฏิสัมพันธ์ระหว่างจังหวัดที่เก็บตัวอย่างดินและการจัดการใบอ้อย จังหวัดที่เก็บตัวอย่างดินและระดับความลึก การจัดการใบอ้อยและระดับความลึก และปฏิสัมพันธ์ร่วมของทั้ง 3 ปัจจัยต่อ TOC จากภาพที่ 4.13 แสดงปฏิสัมพันธ์ร่วมทั้ง 3 ปัจจัยต่อค่า TOC พบว่า ดินที่เก็บจากจังหวัดนครสวรรค์ที่ไม่มีการเผาเศษใบอ้อยที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร มีค่า TOC สูงกว่าทุกทรีทเม้นต์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่า TOC เท่ากับ 54.45 g/kg พบปฏิสัมพันธ์ระหว่างจังหวัดที่เก็บตัวอย่างดินและการจัดการใบอ้อย จังหวัดที่เก็บตัวอย่างดินและระดับความลึก การจัดการใบอ้อยและระดับความลึก และปฏิสัมพันธ์ร่วมของทั้ง 3 ปัจจัยต่อ LFOC จากภาพที่ 4.14 แสดงปฏิสัมพันธ์ร่วมทั้ง 3 ปัจจัยต่อค่า LFOC พบว่า ดินที่เก็บจากจังหวัดนครสวรรค์และจังหวัดสุพรรณบุรีทั้งที่มีการเผาและไม่เผาเศษใบอ้อยที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร และดินที่เก็บจากจังหวัดสุพรรณบุรีที่มีการเผาเศษใบอ้อยที่ระดับความลึก 15-30 เซนติเมตรมีค่า LFOC ไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยมีค่าอยู่ในช่วง 0.10-0.33 g/kg แต่แตกต่างกันทางสถิติกับดินที่เก็บจากจังหวัดนครสวรรค์และสุพรรณบุรีทั้งที่มีการเผาและไม่เผาเศษใบอ้อยที่ระดับความลึก 15-30 เซนติเมตร โดยมีค่า LFOC เท่ากับ 0.05, 0.06 และ 0.08 g/kg ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.13 ปฏิสัมพันธ์ระหว่างจังหวัดที่เก็บตัวอย่างดิน การจัดการเศษใบอ้อย และระดับความลึกของดินต่อ Total Organic Carbon (TOC)
ตัวอักษรที่แตกต่างกันแสดงถึงความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p<0.05$)



ภาพที่ 4.14 ปฏิสัมพันธ์ระหว่างจังหวัดที่เก็บตัวอย่างดิน การจัดการเศษใบอ้อย และระดับความลึกของดินต่อ Light Fraction Organic Carbon (LFOC)
ตัวอักษรที่แตกต่างกันแสดงถึงความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p<0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.4 ผลของการเผาเศษใบอ้อยต่อดัชนีการประเมินคุณภาพดิน (CMI)

ผลของจังหวัดที่เก็บตัวอย่างดิน การจัดการใบอ้อย และระดับความลึกของดินมีผลต่อ CPI, LI และ CMI แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 4.16) ดินที่เก็บจากจังหวัดนครสวรรค์มีค่า CPI และ CMI สูงกว่าดินที่เก็บจากจังหวัดสุพรรณบุรีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่าเท่ากับ 0.63 และ 37.83 ตามลำดับ ดินที่เก็บจากจังหวัดนครสวรรค์มีปริมาณอนุภาคดินเหนียว, TOC และ CEC สูงกว่าจังหวัดสุพรรณบุรีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 4.13) จึงทำให้ค่า CPI มีค่าสูงส่งผลทำให้ค่า CMI มีค่าสูงตามไปด้วย ค่า CPI ของดินที่เก็บจากจังหวัดนครสวรรค์มีค่าต่ำกว่า 1 และ CMI มีค่าเพียง 37.83 แสดงให้เห็นถึงความเสื่อมโทรมอย่างมากจากการใช้ที่ดินเพื่อปลูกอ้อย เกษตรกรควรที่จะปรับปรุงดินเพิ่มแหล่งคาร์บอนให้กับดินปริมาณมาก ปริมาณอินทรียวัตถุ และอินทรีย์คาร์บอนทั้งหมดในดินของแปลงพืชไร่จะมีปริมาณที่น้อยกว่าระบบวนเกษตร (อรรณพ พุทธโส และคณะ, 2555) เกิดจากกิจกรรมการปฏิบัติในแปลงของเกษตรกร โดยเฉพาะการไถพรวนดิน และการไม่เติมอินทรียวัตถุกลับคืนสู่แปลง ส่งผลให้เกิดความเสื่อมโทรมและสูญเสียอินทรีย์คาร์บอนไปจากดิน ค่า LI ของดินที่เก็บจากทั้ง 2 จังหวัดมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยมีค่า LI อยู่ในช่วง 0.98-1.11

การจัดการใบอ้อยของแปลงที่ไม่มีการเผาเศษใบอ้อยมีค่า CPI และ CMI สูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับแปลงอ้อยที่มีการเผาเศษใบอ้อย โดยมีค่าเท่ากับ 0.59 และ 36.11 ตามลำดับ การไม่เผาเศษใบอ้อยเป็นการเพิ่มแหล่งสะสมอินทรียคาร์บอนทั้งหมดให้แก่ดิน ได้มาจากเศษใบอ้อย ตออ้อย รากอ้อย สอดคล้องกับงานทดลองของ Wood (1991) การไถกลบใบอ้อยช่วยเพิ่มผลผลิตและปรับปรุงความอุดมสมบูรณ์ของดิน เป็นผลทำให้มีอินทรียวัตถุสูงขึ้นและช่วยปรับปรุงโครงสร้างดิน ส่วนค่า LI ของแปลงอ้อยที่มีการเผาเศษใบอ้อยมีค่า LI สูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับแปลงอ้อยที่ไม่มีการเผาเศษใบอ้อย โดยมีค่าเท่ากับ 1.17 การเผาอ้อยก่อนการเก็บเกี่ยวในแอฟริกาใต้เป็นสาเหตุหลักที่ทำให้ดินสูญเสียอินทรียวัตถุ ซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้ดินเกิดความเสื่อมโทรม (van Antwerpen and Meyer, 1996)

ค่า CPI ที่ระดับความลึก 15-30 เซนติเมตรมีค่าสูงกว่าที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตรอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่า CPI เท่ากับ 0.48 ค่า LI ที่ระดับความลึก 0-15 และ 15-30 เซนติเมตรไม่แตกต่างกันทางสถิติ ค่า CMI ที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตรมีค่าสูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความลึก 15-30 เซนติเมตร โดยมีค่าเท่ากับ 34.53

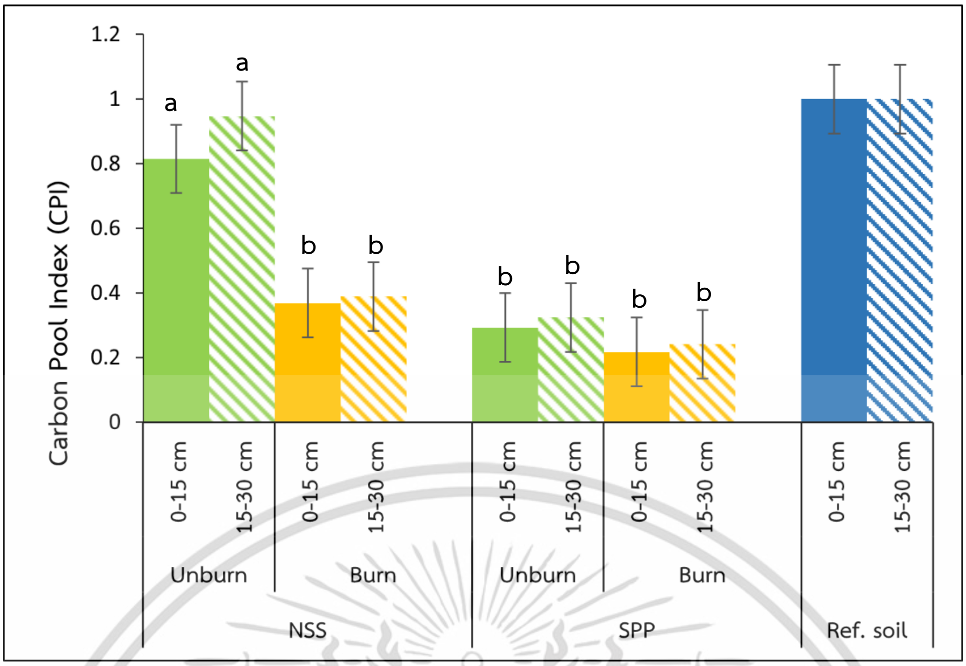
พบปฏิสัมพันธ์ระหว่างจังหวัดที่เก็บตัวอย่างดินและการจัดการใบอ้อย จังหวัดที่เก็บตัวอย่างดินและระดับความลึก การจัดการใบอ้อยและระดับความลึก และปฏิสัมพันธ์ร่วมของ 3 ปัจจัยต่อ CPI (ภาพที่ 4.15) แสดงปฏิสัมพันธ์ร่วมของทั้ง 3 ปัจจัยต่อ CPI พบว่า ดินที่เก็บจากจังหวัดนครสวรรค์ที่ไม่มีการเผาเศษใบอ้อยที่ระดับความลึก 0-15 และ 15-30 เซนติเมตรมีค่าสูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับทรีทเม้นต์อื่น โดยมีค่า CPI เท่ากับ 0.82 และ 0.94 ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.16 ผลของจังหวัด การจัดการเศษใบอ้อย และความระดับความลึกต่อ CPI, LI และ CMI

Factor	Carbon Pool Index (CPI)	Lability Index (LI)	Carbon Management Index (CMI)
Province (P)			
Nakhon Sawan	0.63 a	0.98	37.83 a
Suphan Buri	0.27 b	1.11	29.94 b
CV (%) for province	0.56	8.01	5.48
Management (M)			
Unburn	0.59 a	0.92 b	36.11 a
Burn	0.30 b	1.17 a	31.66 b
CV (%) for management	1.17	3.00	1.94
Depth (D)			
0-15 (cm)	0.42 b	1.05	34.53 a
15-30 (cm)	0.48 a	1.04	33.25 b
P x M	**	**	**
P x D	**	*	**
M x D	**	ns	ns
P x M x D	**	*	ns
CV (%) for interaction	0.48	2.86	1.84

** และ * = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p<0.05$), ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ, ตัวอักษรที่แตกต่างกันในตารางแสดงถึงความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p<0.05$) โดยวิธี Least significant difference (LSD)

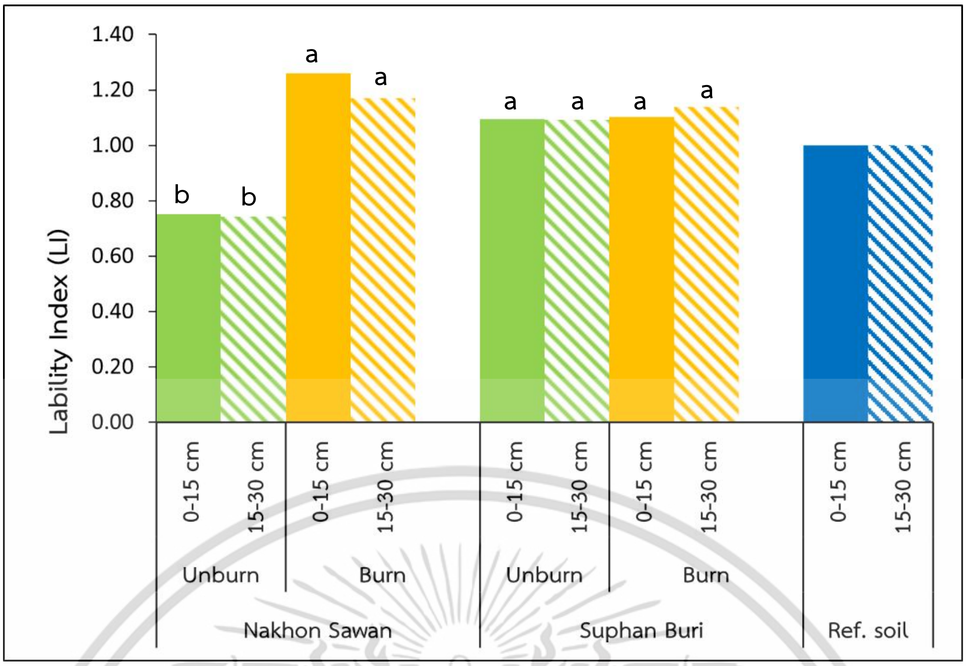


ภาพที่ 4.15 ปฏิสัมพันธ์ระหว่างจังหวัด การจัดการเศษใบอ้อย และระดับความลึกของดินต่อ Carbon Pool Index (CPI)

Ref. soil คือ ดินอ้างอิง, ตัวอักษรที่แตกต่างกันแสดงถึงความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p<0.05$)

พบปฏิสัมพันธ์ระหว่างจังหวัดที่เก็บตัวอย่างดินและการจัดการใบอ้อย จังหวัดที่เก็บตัวอย่างดินและระดับความลึก การจัดการใบอ้อยและระดับความลึกต่อLI (ภาพที่ 4.16) จากภาพดินที่เก็บจากจังหวัดนครสวรรค์ที่ไม่มีการเผาเศษใบอ้อยที่ระดับความลึก 0-15 และ 15-30 เซนติเมตรมีค่า LI ต่ำกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับทรีทเม้นต์อื่น โดยมีค่า LI เท่ากับ 0.75 และ 0.74 ตามลำดับ ดินที่เก็บจากจังหวัดสุพรรณบุรีทั้งที่มีการเผาและไม่เผาเศษใบอ้อยที่ระดับความลึก 0-15 และ 15-30 เซนติเมตร และดินที่เก็บจากจังหวัดนครสวรรค์ที่มีการเผาเศษใบอ้อยที่ระดับความลึก 0-15 และ 15-30 เซนติเมตร มีค่า LI ไม่แตกต่างกันทางสถิติ มีค่าอยู่ในช่วง 1.09-1.26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.16 ปฏิสัมพันธ์ระหว่างจังหวัด การจัดการเศษใบอ้อย และระดับความลึกของดินต่อ Lability Index (LI)

Ref. soil คือ ดินอ้างอิง, ตัวอักษรที่แตกต่างกันแสดงถึงความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p<0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 ผลของการจัดการตอซังข้าวและใบอ้อยต่อรูปอินทรีย์คาร์บอนในดิน

5.1.1 ผลของการจัดการตอซังข้าวต่อรูปอินทรีย์คาร์บอนในดิน

จังหวัดที่เก็บตัวอย่างดิน การจัดการตอซังข้าว และระดับความลึกของดินส่งผลต่อค่าอินทรีย์คาร์บอนทั้งหมดในดิน (TOC), อินทรีย์คาร์บอนที่มีความหนาแน่น < 1.8 g/cm^3 (LFOC), อินทรีย์คาร์บอนส่วนที่เป็น heavy (HFOC), อินทรีย์คาร์บอนส่วนที่มีขนาดอนุภาค > 53 µm (POC), อินทรีย์คาร์บอนส่วนที่ละลายออกมาได้ง่าย (DOC), อินทรีย์คาร์บอนส่วนที่ออกซิไดซ์ได้ง่ายด้วย $KMnO_4$ (POXC), อินทรีย์คาร์บอนส่วนที่อยู่ในชีวมวลของจุลินทรีย์ (MBC), อินทรีย์ไนโตรเจนทั้งหมดในดิน (TON), อินทรีย์ไนโตรเจนส่วนที่ละลายออกมาได้ง่าย (DON), อินทรีย์ไนโตรเจนส่วนที่อยู่ในชีวมวลของจุลินทรีย์ (MBN) ดินที่เก็บจากกรุงเทพมหานครมีค่า TOC, LFOC, HFOC, DOC, POXC TON, DON และ MBN สูงกว่าจังหวัดนครสวรรค์ และจังหวัดสุพรรณบุรี ยกเว้นค่า MBC และ POC มีค่าสูงในดินที่เก็บจากจังหวัดนครสวรรค์ การไม่เผาตอซังข้าวมีค่า TOC, HFOC, MBC และ DON สูงกว่าการเผาตอซังข้าว ยกเว้นค่า LFOC, POC, TON, DON และ MBN มีค่าสูงในการจัดการตอซังที่มีการเผาตอซังข้าว ค่า TOC, LFOC, HFOC, DOC, POXC, TON และ DON ที่ระดับชั้นดินบน (0-15 เซนติเมตร) มีค่าสูงกว่าชั้นดินล่าง (15-30 เซนติเมตร) ดินที่เก็บจากกรุงเทพมหานครมีปริมาณอนุภาคดินเหนียว และอินทรีย์คาร์บอนทั้งหมดสูงกว่าจังหวัดอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จึงส่งผลทำให้มีอินทรีย์คาร์บอนส่วนที่ย่อยสลายได้ง่ายทั้งการวิเคราะห์ทางกายภาพ ทางเคมี และทางชีวภาพสูงตามไปด้วย อีกทั้งการไม่เผาตอซังข้าวทำให้มีปริมาณของสารอินทรีย์ที่สะสมอยู่ในชั้นดินบนปริมาณสูง จึงทำให้ดินมีอินทรีย์คาร์บอนสูง

5.1.2 ผลของการจัดการเศษใบอ้อยต่อรูปอินทรีย์คาร์บอนในดิน

จังหวัดที่เก็บตัวอย่างดิน การจัดการเศษใบอ้อย และระดับความลึกของดินส่งผลต่อค่า TOC, LFOC, HFOC, POC, POXC, DOC, MBC, TON, DON และ MBN ดินที่เก็บจากจังหวัดนครสวรรค์มีค่า TOC, HFOC, POC, POXC และ TON มีค่าสูงกว่าดินที่เก็บจากจังหวัดสุพรรณบุรี ยกเว้นค่า LFOC, MBC และ DON มีค่าสูงในดินที่เก็บจากจังหวัดสุพรรณบุรี การไม่เผาเศษใบอ้อยมีค่า TOC, HFOC, POC, POXC, TON และ DON สูงกว่าการเผาเศษใบอ้อย ยกเว้นค่า MBC มีค่าสูงในดินที่มีการเผาเศษใบอ้อย ค่า TOC, LFOC, HFOC, POC, POXC, MBC และ TON มีค่าสูงในชั้นดินบน ยกเว้นค่า MBN มีค่าสูงในชั้นดินล่าง ดินที่เก็บจากจังหวัดนครสวรรค์มีปริมาณอนุภาคดินเหนียว และอินทรีย์คาร์บอนทั้งหมดในดินสูงกว่าจังหวัดสุพรรณบุรีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เนื่องด้วยวัตถุต้นกำเนิดดินของจังหวัดนครสวรรค์มีปริมาณแคลเซียมคาร์บอนเนต ($CaCO_3$) เป็นองค์ประกอบหลัก จึงส่งผลทำให้ดินมีอินทรีย์คาร์บอนส่วนที่ย่อยสลายได้ง่ายของรูปที่วิเคราะห์ทางกายภาพและทางเคมีสูงตาม นอกจากนี้การไม่เผาเศษใบอ้อย ทำให้มีสารอินทรีย์ทับถมอยู่ที่ชั้นดินบน จึงส่งผลทำให้มีอินทรีย์คาร์บอนทั้งหมดและอินทรีย์คาร์บอนส่วนที่ย่อยสลายได้ง่ายมีปริมาณสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 ผลของการจัดการตอซังข้าวและใบอ้อยต่อดัชนีการประเมินคุณภาพดิน

5.2.1 ผลของการจัดการตอซังข้าวต่อดัชนีการประเมินคุณภาพดิน

จังหวัดที่เก็บตัวอย่างดิน การจัดการตอซังข้าว และระดับความลึกของดินส่งผลต่อดัชนีประเมินแหล่งสะสมอินทรีย์คาร์บอนในดิน (CPI), ดัชนีการประเมินแหล่งอินทรีย์คาร์บอนส่วนที่ย่อยสลายได้ง่าย (LI) และดัชนีการประเมินคุณภาพดิน (CMI) ดินที่เก็บจากกรุงเทพมหานครมีค่า CPI และ CMI สูง ส่วนค่า LI มีค่าสูงในดินที่เก็บจากจังหวัดสุพรรณบุรี การไม่เผาตอซังข้าวมีค่า CPI, LI และ CMI สูงกว่าการเผาตอซังข้าว และค่า CPI, LI และ CMI มีค่าสูงในชั้นดินบน ดินที่เก็บจากกรุงเทพมหานครมีปริมาณอนุภาคดินเหนียว และอินทรีย์คาร์บอนทั้งหมดในดินในปริมาณสูง อีกทั้งสภาพของดินนาทำให้เกิดกระบวนการย่อยสลายของอินทรีย์คาร์บอนต่ำจึงส่งผลทำให้ดินที่เก็บจากกรุงเทพมหานครมีความเสื่อมโทรมของการใช้ที่ดินต่ำกว่าจังหวัดอื่น ส่วนดินที่เก็บจากจังหวัดสุพรรณบุรีมีปริมาณอนุภาคดินทรายสูงและอินทรีย์คาร์บอนทั้งหมดต่ำ แม้จะอยู่ในสภาพดินนาเช่นกันแต่การย่อยสลายอินทรีย์คาร์บอน ของอนุภาคดินทรายเกิดได้เร็วกว่าอนุภาคดินเหนียว จึงส่งผลให้มีแหล่งของอินทรีย์คาร์บอนส่วนที่ย่อยสลายได้ง่าย (LI) มีปริมาณที่มากกว่าดินที่เก็บจากกรุงเทพมหานคร นอกจากนี้การไม่เผาตอซังข้าว ทำให้มีปริมาณอินทรีย์ทับถมในชั้นดินบนในปริมาณสูง ส่งผลทำให้ดินมีความเสื่อมโทรมต่ำกว่าการเผาตอซังข้าวและดินชั้นล่าง

5.2.1 ผลของการจัดการเศษใบอ้อยต่อดัชนีการประเมินคุณภาพดิน

จังหวัดที่เก็บตัวอย่างดิน การจัดการเศษใบอ้อย และระดับความลึกของดินส่งผลต่อ CPI, LI และ CMI ดินที่เก็บจากจังหวัดนครสวรรค์มีค่า CPI และ CMI สูง ส่วนดินที่เก็บจากจังหวัดสุพรรณบุรีมีค่า LI สูง การไม่เผาเศษใบอ้อยทำให้มีค่า CPI และ CMI สูง ส่วนการเผาเศษใบอ้อยมีค่า LI สูง ค่า CPI มีค่าสูงที่ระดับชั้นดินล่าง ค่า LI ทั้ง 2 ระดับความลึกไม่แตกต่างกัน และค่า CMI มีค่าสูงในชั้นดินบน ดินที่เก็บจากจังหวัดนครสวรรค์มีปริมาณอนุภาคดินเหนียว และอินทรีย์คาร์บอนทั้งหมดในดินสูง เนื่องมาจากวัตถุต้นกำเนิดดิน การย่อยสลายอินทรีย์คาร์บอนในดินจึงเกิดได้ช้ากว่าดินที่เก็บจากสุพรรณบุรี ทำให้ความเสื่อมโทรมของดินเกิดขึ้นได้น้อย ส่วนดินที่เก็บจากจังหวัดสุพรรณบุรีมีปริมาณอนุภาคดินทรายสูง อีกทั้งในสภาพดินไร่เกิดการย่อยสลายของอินทรีคาร์บอนได้ง่าย ทำให้อินทรีย์คาร์บอนส่วนที่ย่อยสลายได้ง่ายปลดปล่อยออกมาได้อย่างรวดเร็ว จึงส่งผลทำให้ดินเกิดความเสื่อมโทรมสูง นอกจากนี้การเผาเศษใบอ้อยทำให้อินทรีย์คาร์บอนอยู่ในรูปที่สลายตัวได้ง่าย จึงทำให้สูญเสียอินทรีย์คาร์บอนไปจากชั้นดินบนได้ง่ายอาจทำให้ความเสื่อมโทรมของดินเกิดขึ้นได้อย่างรวดเร็ว

5.3 ข้อเสนอแนะ

เกษตรกรควรไถกลบเศษซากพืชภายหลังจากเก็บเกี่ยวผลผลิตข้าวและอ้อย เพราะเป็นการเพิ่มปริมาณสารอินทรีย์ที่ทับถมอยู่ในชั้นดินบน ทำให้มีอินทรีย์คาร์บอนและไนโตรเจนทั้งหมดเพิ่มสูงขึ้นในดิน ส่งผลให้ดินมีความเสื่อมโทรมช้าลงจากการใช้ประโยชน์ของที่ดินเพื่อทำการเกษตร ทำให้ใช้ที่ดินได้อย่างยั่งยืน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

กรกนก ดีพรมกุล, นิวัติ อนงค์รักษ์ และสุนทร คำยอง. 2563. การจำแนกความเหมาะสมของดินอัลทิซอลส์และแอลฟิซอลส์ในสวนลองกอง อำเภอลับแล จังหวัดอุตรดิตถ์. **วารสารเกษตรพระจอมเกล้า.** 38 (3): 315-324.

กรมกรมพัฒนาที่ดิน. 2562. **ดินออนไลน์ บริการข้อมูลดินและการใช้ที่ดิน** (ออนไลน์). แหล่งที่มา (Available source) : https://dinonline.ldd.go.th/Tracking.aspx (30 มกราคม 2562).

กรมการข้าว. 2555. **เส้นทางสู่อนาคตข้าวไทย.** กรุงเทพฯ: กรมการข้าว.

กรมควบคุมมลพิษ. 2548. **แผนแม่บทแห่งชาติว่าด้วยการควบคุมการเผาในที่โล่งกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม** (ออนไลน์). แหล่งที่มา (Available source) : http://www.pcd.go.th. (30 มีนาคม 2564).

กรมควบคุมมลพิษ. 2562. **ข้อมูลดัชนีคุณภาพอากาศ** (ออนไลน์). แหล่งที่มา (Available source) : http://air4thai.pcd.go.th/webV2/aqi_info.php. (30 มีนาคม 2564).

กรมควบคุมมลพิษ. 2563. **วารสารเกษตรกรรมปลอดการเผา** (ออนไลน์). แหล่งที่มา (Available source):http://infofile.pcd.go.th/air/1_doae.pdf?CFID=135613&CFTOKEN=28484443. (29 มีนาคม 2564).

กรมพัฒนาที่ดิน. 2547. **คู่มือการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน น้ำ ปุ๋ย พืช วัสดุปรับปรุงดิน และการวิเคราะห์เพื่อตรวจรับรองมาตรฐานสินค้า.** กรุงเทพฯ: สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน: 184 หน้า.

กรมพัฒนาที่ดิน. 2548. **มหัศจรรย์พันธุ์ดิน กลุ่มชุดดินสำหรับการปลูกพืชเศรษฐกิจประเทศไทย.** กรุงเทพฯ: กรมพัฒนาที่ดิน สำนักสำรวจดินและวางแผนการใช้ดิน: 137 หน้า.

กรมพัฒนาที่ดิน. 2553. **คู่มือการปฏิบัติงานกระบวนการวิเคราะห์ทางกายภาพ.** กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ (ออนไลน์). แหล่งที่มา (Available source) : https://www.ldd.go.th/PMQA/2553/ Manual/OSD-04.pdf. (30 มีนาคม 2564)

กรมพัฒนาที่ดิน. 2566. **กลุ่มชุดดิน 62 กลุ่ม** (ออนไลน์). แหล่งที่มา (Available source) : http://oss101.ldd.go.th/web_thaisoils/62_soilgroup/main_62soilgroup.htm (30 เมษายน 2566).

กรมพัฒนาที่ดิน. 2566. **ข้อมูลการจัดการดิน** (ออนไลน์). แหล่งที่มา (Available source) : https://www.ldd.go.th/Web_Soil/Page_02.htm (28 เมษายน 2566).

กรมวิชาการเกษตร. 2556. **งานวิจัยเครื่องจักรกลการเกษตร** (ออนไลน์). แหล่งที่มา (Available source) : http://www.sugarzone.in.th/cane/cane_ machine56.pdf. (30 มีนาคม 2564).

กลุ่มงานวิจัยความอุดมสมบูรณ์ของดินและปุ๋ยข้าวและธัญพืชเมืองหนาว. 2543. **คำแนะนำปุ๋ยข้าวธัญพืชเมืองหนาว.** กองปฐพีวิทยา กรมวิชาการเกษตร. 47 หน้า.

กองปฐพีวิทยา. 2543. **ลักษณะอาการขาดธาตุอาหารของพืช.** โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย, กรุงเทพฯ. 119 หน้า.

การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย. 2549. **สาเหตุของการเกิดฝุ่น PM 2.5. ภูมิภาค** (ออนไลน์). แหล่งที่มา (Available source) : https://www.egat.co.th/home/. (30 มีนาคม 2564).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. 2541. **ปฐพีวิทยาเบื้องต้น.** พิมพ์ครั้งที่ 8. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 547 หน้า.

คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. 2548. **ปฐพีวิทยาเบื้องต้น.** พิมพ์ครั้งที่ 10. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 547 หน้า.

คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. 2555. **บทปฏิบัติการวิชาปฐพีวิทยาเบื้องต้น.** กรุงเทพฯ: สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

เครือมาศ สมัครการ. 2554. **แนวโน้มการสะสมคาร์บอนในดินที่ใช้ปลูกข้าวจากการใส่ฟางข้าวและฟางข้าวเผา.** Veridian E-Journal SU. 4(1): 932-941.

จิตลดา หมายมั่น, อติกร เสรีพัฒนานนท์, บัณฑิต รัตนไตร และสมบัติ ทีฆทรัพย์. 2560. คาร์บอนฟุตปริ้นท์ขององค์กร. **วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเชียฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.** 11(1): 57-66.

จุฑามาศ พบสุข. 2562. ภูมิแพ้กรุงเทพ PM 2.5. **วารสารวิชาการโรงเรียนนายเรือ ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี**. 2(1): 48-55.

ชัชวาลย์ จันทรวิจิตร. 2565. ควันจากการเผาชีวมวล .... อาจอันตรายกว่าที่คิด. **วารสารสิ่งแวดล้อม.** 2: 1-7.

ทัศนีย์ อัตตะนันทน์. 2550. **ดินที่ใช้ปลูกข้าว.** มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน คณะเกษตร ภาควิชาปฐพีวิทยา. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ. 359 หน้า.

ธีรพงศ์ บริรักษ์. 2561. ถอดบทเรียนวิกฤต PM 2.5. **วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเชียฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี**. 13(3): 45-58.

นันทนัช ชาวพะเยาว์, อารดา บุญอาจ, พัชรินทร์ สุรินทร์, จวรรชนก ปรีสงค์ และสุกัญญา แย้มประชา. 2563. อิทธิพลของพันธุ์ข้าวต่อการสะสมมวลชีวภาพและปริมาณธาตุอาหาร. หน้า 614-625. ใน **รายงานการประชุมวิชาการนำเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษาแห่งชาติ ครั้งที่ 50.** สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ.

นันทนัช ชาวพะเยาว์. 2565. ผลของสมบัติถ่านชีวภาพจากฟางข้าวและเศษใบอ้อยต่อการกักเก็บคาร์บอนรูปของคาร์บอนในดินนาน้ำขัง การเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าว. วิทยานิพนธ์หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเกษตรศาสตร์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

บังอร อุบล, ชัยสิทธิ์ ทองจู, จุฑามาศ ร่มแก้ว และศุภชัย อำคา. 2559. ผลของการจัดการตอซังข้าวร่วมกับการไถพรวนและชนิดของปุ๋ยต่อการเจริญเติบโต ผลผลิตข้าว และการเก็บกักคาร์บอน. **วารสารพืชศาสตร์สงขลานครินทร์.** 3(2): 39-49.

บุปผา โตภาคงาม. 2549. **ดินเค็มภาคตะวันออกเฉียงเหนือ.** ภาควิชาทรัพยากรที่ดินและสิ่งแวดล้อม คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.

บุรฉัตร ฉัตรวีระ. 2544. คุณสมบัติทางกลของซีเมนต์เพสต์ผสมเถ้าฟางข้าว. **วารสารวิจัยและพัฒนามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี**. 24(1): 85-99.

ประสิทธิ์ ขุนสนิท และสุนทรี ยิ่งชัชวาล. 2555. ปริมาณมหธาตุอาหารของอ้อยพันธุ์ K95-84. **วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร.** 43: 217-226.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปรีชา พราหมณีย์, ทักษิณา ศันสยะวิชัย, เกษมศรี อารีย์ และสุนี ศรีสิงห์. 2543. การสำรวจการจัดการดินและการใช้ปุ๋ยของเกษตรกรชาวไร่อ้อย. หน้า 357-374. ใน **รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2540**. ศูนย์วิจัยพืชไร่สุพรรณบุรี สถาบันวิจัยพืชไร่ กรมวิชาการเกษตร.

ปรีชา พราหมณีย์. 2542. การจัดการดินและการใช้ปุ๋ยในไร่อ้อย. ใน **เอกสารประกอบการฝึกอบรมหลักสูตร เทคโนโลยีการผลิตอ้อย.** สถาบันวิจัยพืชไร่และสำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 5 กรมวิชาการเกษตร. หน้า 27-71.

ปัทมา วิตยากร. 2547. **ความอุดมสมบูรณ์ของดินขั้นสูง.** ภาควิชาทรัพยากรที่ดินและสิ่งแวดล้อม คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 423 หน้า.

พงษ์พันธุ์ กาวิละ. 2548. **ผลของการจัดการตอซังและฟางข้าวที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงทางเคมีของดินและผลผลิตพืช.** เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยแม่โจ้.

พจนีย์ มอญเจริญ และทวีศักดิ์ เวียรศิลป์. 2544. **คาร์บอนในดินของประเทศไทย.** กรุงเทพฯ. กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 144 หน้า.

พิทยากร ลิ่มทอง. 2535. การปรับปรุงบำรุงดินดวยปุ๋ยหมักและปุ๋ยพืชสด. ใน **คู่มือการปรับปรุงดินและการใช้ปุ๋ย.** คณะกรรมการจัดกิจกรรมเพื่อเพิ่มกองทุน ศ.ดร.สรสิทธิ์ วัชโรทยาน ภาควิชาปฐพีวิทยาคณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร กรุงเทพฯ. หน้า 82-84.

มัจฉา แก้วพิลา, นิภา ธรรมโสม, พฤกษ หล้าวงษา และพัชรี แสนจันทร์. 2556. ผลของฟางข้าวต่อผลผลิตข้าว คุณสมบัติความเป็นกรดด่าง การนำไฟฟ้า และความหนาแน่นรวมของดินนา. **วารสารวิจัย (บศ.)** 13(2): 1-9.

มูลนิธิเกษตรรักษ์สิ่งแวดล้อม. 2563. **การผลิตข้าวในประเทศไทย** (ออนไลน์). แหล่งที่มา (Available source) : http://www.aecth.org/upload /13823/Yg2qa- xoQyg.pdf. (29 มีนาคม 2564).

ยงยุทธ โอสถสภา (ผู้รวบรวม). 2558. **ดิน ธาตุอาหารและปุ๋ยข้าว.** กรุงเทพฯ. สมาคมดินและปุ๋ยแห่งประเทศไทย. 454 หน้า.

รัชพล สันติวรากร, ธราพงษ์ รัตนสุทธิ และวศกร ตรีเดช. 2559. การผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงชีวภาพจากชานอ้อย. **วารสารวิศวกรรมฟาร์มและเทคโนโลยีการควบคุมอัตโนมัติ.** 2(2): 117-130.

โรงพยาบาลไทยนครินทร์. 2565. **ค่าฝุ่น PM 2.5 สูง กระทบสุขภาพสะสมระยะยาว.** (ออนไลน์). แหล่งที่มา (Available source) : https://www.matichon.co.th/publicize/news_2545549. (16 มีนาคม 2565).

ฤทัย พริกมาก, ณัฐพล จิตมาตย์, เสาวนุช ถาวรพฤกษ์ และสุรเชษฎ์ อร่ามรักษ์. 2561. ผลของการคลุมเศษเหลือใบอ้อยร่วมกับการจัดการธาตุอาหารต่อปริมาณและรูปของไนโตรเจนในดินปลูกอ้อยจังหวัดสระแก้ว. **วารสารพืชศาสตร์สงขลานครินทร์** 5(1): 52-61.

ละอองดาว แสงหล้า และธวัชชัย ศุภดิษฐ์. 2548. ผลกระทบจากการเผาใบอ้อยและแนวทางการแก้ไข. **วารสารการจัดการสิ่งแวดล้อม.** 2(1): 86-102.

วิมล ภูกองไชย และวรรณวิภา แก้วประดิษฐ์. 2561. การจัดการเศษซากใบอ้อยที่ส่งผลต่อการย่อยสลายและปลด ปล่อยไนโตรเจน. **แก่นเกษตร** 46(1): 25-29.

วิรัตน์ นาคเอี่ยม, สุนันท์ สีสังข์ และพรชุลีย์ นิลวิเศษ. 2557. การผลิตข้าวและการจัดการตอซังข้าวของเกษตรกรชลประทานในอำเภอวัดโบสถ์ จังหวัดพิษณุโลก. ใน **การจัดประชุมเสนอผลงานวิจัย**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระดับบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ครั้งที่ 4. The 4th STOU Graduate Research Conference. น 1-10. มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช, นนทบุรี.

วิสุทธิ์ เลิศไกร. 2564. **การหมุนเวียนธาตุอาหารและเพิ่มอินทรียวัตถุในดินจากเศษซากพืชในแปลงเกษตรกรรมด้วยวิธีการไถกลบตอซัง** (ออนไลน์). แหล่งที่มา (Available source) : https://www.alro.go.th. (22 พฤษภาคม 2564)

ศกุนตลา สุภาสัย, วิทยา ตรีโลเกศ และอรรณพ พุทธโส. 2561. การสลายตัวของวัสดุอินทรีย์ การปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และปริมาณอินทรีย์คาร์บอน ในดินเค็มเนื้อทราย ภายใต้การใส่วัสดุอินทรีย์ต่างชนิดกัน. **วารสารดินและปุ๋ย.** 40(1): 45-54.

ศุภธิดา อ่ำทอง, ชาคริต โชติอมรศักดิ์ และบัณฑิต สมจิตร. 2566. ปจจัยที่มีผลตออินทรียวัตถุและคาร์บอนอินทรีย์ส่วนต่างๆภายใต้ดินเกษตรภาคเหนือตอนบนของไทย. **วารสารผลิตกรรมการเกษตร.** 5(1): 62-79.

ศุภธิดา อ่ำทอง, ทวี ชัยพิมลผลิน และชาคริต โชติอมรศักดิ์. 2561. ความสัมพันธ์ของคาร์บอนอินทรีย์โดยวิธีเพอร์แมงกาเนตออสซิไดส์เซเบิลกับอินทรียวัตถุ เพื่อเป็นดัชนีคุณภาพของดินปลูกลำไยและดินปลูกข้าว. **วารสารวิจัยและส่งเสริมวิชาการเกษตร.** 36(1): 1-10.

ศุภธิดา อ่ำทอง, แทนไท กล่อมจินดา และปวีณ์นุช ปวงวงค์คำ. 2560. รูปแบบการปลูกข้าวหมุนเวียนที่มีผลต่อปริมาณและการกักเก็บคาร์บอนอินทรีย์ส่วนต่างๆ ในดิน. หน้า 246-258. **การประชุมวิชาการดินและปุ๋ยแห่งชาติ ครั้งที่ 5** วันที่ 1-2 สิงหาคม 2560. โรงแรมเซ็นทรา บาย เซ็นทารา, แจ้งวัฒนะ, กรุงเทพมหานคร.

ศูนย์วิจัยพืชไร่สุพรรณบุรี. 2542. **การผลิตอ้อยอย่างถูกต้องและเหมาะสม.** สถาบันวิจัยพืชไร่. กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 309 หน้า.

สถาบันสิ่งแวดล้อมไทย. 2564. **การจัดการและลดการเผาในพื้นที่เกษตรของประเทศไทย** (ออนไลน์). แหล่งที่ มา (Available source) : https://tei.or.th/th/blog_detail.php?blog_id=70 (26 ตุลาคม 2564).

สถิระ อุดมศรี. 2547. สถานะทรัพยากรที่ดินในประเทศไทย. ใน **เอกสารประกอบการบรรยายพิเศษประกอบรายวิชาดินของประเทศไทย (028443).** ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตรกำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตรวิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม.

สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาล. 2558. การปรับปรุงดินที่ใช้ปลูกอ้อยด้วยอินทรียวัตถุ. ใน **คู่มือการจัดการไร่อ้อยอย่างยั่งยืน.** สำนักพัฒนาอุตสาหกรรมอ้อย น้ำตาลทราย และอุตสาหกรรมต่อเนื่อง. 64 หน้า.

สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย. 2563. **รายงานพื้นที่ปลูกอ้อย ปีการผลิต 2563/64** (ออนไลน์). แหล่งที่มา (Available source) : http://www.ocsb.go.th/upload/journal/fileupload/923-9200.pdf. (10 พฤษภาคม 2565).

สำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร 2564. **พืชเศรษฐกิจ สินค้าสร้างรายได้ในครัวเรือนและประเทศ** (ออนไลน์). แหล่งที่มา (Available source) : https://www.arda.or.th/knowledge_detail.php?id=40. (30 มีนาคม 2564).

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2562. **ข้อมูลการผลิตสินค้าเกษตร** (ออนไลน์). แหล่งที่มา (Available source) : http://www.oae.go.th. (30 มีนาคม 2564).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2563. **ข้อมูลการผลิตสินค้าเกษตร** (ออนไลน์). แหล่งที่มา (Available source) : http://www.oae.go.th/view/1/ข้อมูลการผลิตสินค้าเกษตร/TH-TH. (30 มีนาคม 2564).

สุกัญญา แย้มประชา. 2556. ดินไร่และดินนา. หน่วยที่ 5 หน้า 1-44. ใน บรรณาธิการ (สิริกร ชุมทอง). **เอกสารการสอนชุดวิชา ดิน น้ำ และปุ๋ย.** นนทบุรี: มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

สุรเดช จินตกานนท์, เกษม สุขสถาน และ ผกาทิพย์ จินตกานนท์. 2542. การศึกษาผลผลิตและองค์ประกอบธาตุอาหารพืชของอ้อย. **วิทยาสารเกษตรศาสตร์ สาขาวิทยาศาสตร์.** 33(1): 10-20.

สุรเดช จินตกานนท์, เกษม สุขสถาน และผกาทิพย์ จินตกานนท์. 2542. การศึกษาผลผลิตและองค์ประกอบธาตุอาหารพืชของอ้อย. **วิทยาสารเกษตรศาสตร์ สาขาวิทยาศาสตร์.** 33: 10–20.

สุวณี ศรีธวัช ณ. อยุธยา, สมปอง นิลพันธ์ และ เจดีย์ ปิยานนท์. 2536. **การศึกษาเปรียบเทียบความหนาแน่นรวมของชุดดินต่างๆตามกลุ่มชุดดิน.** กองสำรวจและจำแนกดิน กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ. 45 หน้า.

เสาวคนธ์ เหมวงษ์ และปัทมา วิตยากร. 2562. ผลของการจัดการวัสดุอินทรีย์ต่อความอุดมสมบูรณ์ของดิน การเจริญเติบโต และผลผลิตอ้อย. **วารสารเกษตรพระวรุณ.** 16(2): 361–373.

หฤษฎี ภัทรดิลก. 2556. สมบัติของดิน. หน่วยที่ 2 หน้า 1-48. ใน บรรณาธิการ (สิริกร ชุมทอง). **เอกสารการสอนชุดวิชา ดิน น้ำ และปุ๋ย.** นนทบุรี: มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

อนนท์ สุขสวัสดิ์, ประเสริฐ สองเมือง, กรีพล ลิ้มสมวงศ์, ดิเรก อินตาพรม และแพรวพรรณ กุลนทีทิพย์. 2548. การใส่ปุ๋ยหมักฟางข้าวระยะยาวต่อสรีระนิเวศวิทยาของข้าว และสมบัติของดินที่ศูนย์วิจัยข้าวพิษณุโลก. หน้า 114-119. ใน **รายงานผลการค้นคว้าวิจัยความอุดมสมบูรณ์ของดิน และปุ๋ยข้าว และธัญพืชเมืองหนาว ประจำปี 2536 – 2539**. กรมวิชาการเกษตร กองปฐพีวิทยา กลุ่มงานวิจัยความอุดมสมบูรณ์ของดิน และปุ๋ยข้าวและธัญพืชเมืองหนาว.

อรรณพ พุทธโส โกศล เคนทะ นิลภัทร คงพ่วง และศุภฤกษ์ กลิ่นหวล. 2555. สมบัติของดิน ปริมาณและแหล่งกักเก็บคาร์บอนและไนโตรเจนในดินภายใต้การใช้ประโยชน์ที่ดินต่างกัน. **วารสารมหาวิทยาลัยนครพนม.** หน้า 304-311.

อำนาจ ชิดไธสง และณัฐพล ลิไชยกุล. 2548. การกักเก็บและปลดปล่อยคาร์บ่อนในดินป่าดิบแล้ง ดินป่าปลูก และดินทำการเกษตร. หน้า 95-105. **รายงานการประชุมวิชาการการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศทางด้านป่าไม้ "ศักยภาพการสนับสนุนพิธีสารเกียวโต"**. โรงแรมมารวย การ์เดน กรุงเทพฯ.

อินแปง ดวงวงสา. 2553. การจัดการฟางข้าวเพื่ออนุรักษ์ธาตุ N, P, และ K ในดินนาของประเทศลาว. วิทยานิพนธ์ปริญญาตรี. คณะเกษตรศาสตร์. มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี. หน้า 1-7.

อุเทน จันละบุตร และภูวดล โกมณเฑียร. 2557. ปริมาณคาร์บอนสะสมในดินในพื้นที่เกษตรกรรมในลุ่มน้ำชีตอนกลาง จังหวัดมหาสารคาม. **วารสารพระจอมเกล้า.** 34(1) : 79-88.

Abdurrahman, M. I., Chaki, S., and Saini, G. 2020. Stubble burning: Effects on health and environment, regulations and management practices. **Environmental Advances.** 2: 1-12.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Akkajit, P. 2015. Review of the current situation of Cd contamination in agricultural field in the Mae Sot District, Tak Province, Northwestern Thailand. **Applied Environmental Research.** 37(1): 71-82.

Amamsiri, S.L. and Wickramasinghe, K. 1979. **Use of rice straw as a fertilizer material.** Central Agricultural Research Institute, Gannoruwa, Peradeniya.

Arunrat, N., Sereenonchai, S., Sansupa, C., Kongsurakan, P., and Hatano, R. 2023. Effect of rice straw and stubble burning on soil physicochemical properties and bacterial communities in central Thailand. **Biology.** 12 (501): 1-22.

Asari, N., Ishihara, R., Nakajima Y., Kimura, M., and Asakawa, S. 2007. Succession and phylogenetic composition of eubacterial communities in rice straw during decomposition on the surface of paddy field soil. **Soil Science and Plant Nutrition.** 53: 56-65.

Aumtong, S., Magid, J., Bruun, S., and Neergaard, A. 2009. Relating soil carbon fractions to land use in sloping uplands in northern Thailand**. Agriculture, Ecosystems and Environment.** 131(3): 229-239.

Bacon, P. E. 1987. Effect of nitrogen fertilization and rice stubble management techniques on soil moisture content, soil nitrogen status, and nitrogen uptake by wheat. **Field Crops Research.** 17: 75–90.

Ball-Coelho, B., Tiessen, H., Stewart, J. W., Salcedo, I. H., and Sampaio, E. V. S. B. 1993. Residue management effects on sugarcane yield and soil properties in Northeastern Brazil. **Agronomy.** 85(5): 1004-1008.

Bayer, C., Mielniczuk, J., and Giasson, E. 2006. Tillage effects on particulate and mineralassociated organic matter in two tropical Brazilian soils. **Communications in Soil Science and Plant Analysis.** 37: 389–400.

Beaton, J. D. 1959. The influence of burning on the soil in the timber area of Lac le Jeune, British Columbia. I. Physical properties. **Canadian Journal of Soil Science.** 39: 1-5.

Begum, R., Jahangir, M.M.R., Jahiruddin M., Islam, R., Rahman, T., Rahman, L., Ali, Y., Hossain, B., and Islam, K.R. 2021. Nitrogen fertilization impact on soil carbon pools and their stratification and lability in subtropical wheat-mungbean-rice agroecosystems. **PLOS ONE.** 16(10): 1-17.

Benbi, D.K., Brar, K., Toor, A.S., and Sharma, S. 2015. Sensitivity of labile soil organic carbon pools to long-term fertilizer, straw, and manure management in system. **Pedosphere.** 25(4), 534-545.

Blair, G. J., Lefory, R. D. B., and Lisle, L. 1995. Soil carbon fractions based on their degree of oxidation and the development of a carbon management index for agricultural system. **Australian Journal of Agricultural Research.** 46(7): 1459–1466.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Blair, G., Rod, L., Anthony, W., Nelly, B., and Heiko, D. 1998. The use of a Carbon Management Index (CMI) to monitor changes in soil carbon and to determine the sustainability of agricultural systems. **Agronomy and Soil Science, University of New England, Armidale NSW 2351 Australia.** pp 1-7.

Blair, N. 2000. Impact of cultivation and sugarcane green trash management on carbon fractions and aggregate stability for a Chromic Luvisol in Queensland. **Australia Soil and Tillage Research.** 55(3): 183-191.

Borken, W., Xu, Y.J., Brumme, R., and Lamersdorf, N. 1999. A climate change scenario for carbon dioxide and dissolved organic carbon fluxes from a temperate forest soil. **Soil Science Society of America Journal.** 63: 1848-1855.

Bray, R. H. and Kurtz, L. T. 1945. Determination of total organic and available forms of phosphorus in soil. **Soil Science.** 59: 39-45.

Cambardella, M. R. and Elliott, E. T. 1992. Particulate soil organic matter changes across a grassland cultivation sequence. **Soil Science Society of America Journal.** 56: 777-783.

Chen, Z.D., Dikgwatlhe, S.B., Xue, J.F., Zhang H.L., Chen, F., and Xiao X.P. 2015. Tillage impacts on net carbon flux in paddy soil of the Southern China. **Journal of Cleaner Production.** 103: 70-76.

Davidson, E. A. and Janssens, I. A. 2006. Temperature sensitivity of soil carbon decomposition and feedbacks to climate change. **Nature.** 440: 165-173.

Dobermann, A. and Fairhurst, T. 2002. Rice straw management. **Better Crops International.** 16: 7-11.

Dobermann, A. and Witt, C. 2000. The potential impact of crop intensification on carbon and nitrogen cycling in intensive rice systems. **International Rice Research Institute (IRRI)**: 1-25.

Duniway, M.C., Bestelmeyer, B., and Tugel, A. 2010. Soil processes and properties that distinguish ecological sites and states. **Rangelands.** 32: 9-15.

El-Sobky, E. A. 2017. Effect of burned rice straw, phosphorus and nitrogen fertilization on wheat (*Triticum aestivum* L.). **Annals of Agricultural Science.** 62 (1): 113–120.

Gadde, B., Bonnet, S., Menke, C., and Garivait, S. 2009. Air pollutant emissions from rice straw open field burning in India, Thailand and the Philippines. **Environmental Pollution.** 157 (5): 1554–1558.

Galdos, M. V., Cerri, C. C., and Cerri, C. E. P. 2009. Soil carbon contents under burned and unburned sugarcane in Brazil. **Geoderma .**153: 347-352.

Gee, G. W. and Bauder, J. W. 1986. **Particle-size analysis. Methods of Soil Analysis: Part 1 Physical and Mineralogical Methods, 5.1, Second Edition.** Soil Science Society of America, Inc. Madison, Wisconsin, USA. pp. 383-441.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Grigal, D. F. and Ohmann, L. F. 1992. Carbon storage in upland forests of the lake states. **Soil science society of America journal.** 56(3): 935-943.

Guimarães, D. V., Gonzaga, M. I. S., and Melo Neto, José de O. 2014. Management of soil organic matter and carbon storage in tropical fruit crops. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental.** 18(3): 301-306.

Hani, N. W., Rashid, N. F. A., and Hashim, M. H. 2021. Effects of burning rice residues on soil chemical properties in sekinchan rice field. 172-176. in **Proceeding –10th Kuala Lumpur International Agriculture, Forestry and Plantation Conference (KLIAFP10)**, 22-23 June 2021. Bangi Resort Hotel, Bangi, Malaysia.

Harden, J., Trumbore, S. E., Stocks, B. J., Hirsch, A. I., Gower, S. T., Neill, K. P. O., and Kasischke, E. 2000. The role of fire in the boreal carbon budget. **Global Change Biology.** 6: 174–184.

Hemwong, S., Toomsan, B., Cadisch, G., Limpinuntana, V., Vityakon, P., and Poltanothai, A. 2009. Sugarcane residue management and grain legume crop effects on N dynamics, N losses and growth of sugarcane. **Nutrient Cycling in Agroecosystems.** 83: 135-151.

Huang, W., Wu, J., Pan, X., Tan, X., Zeng, Y., Shi, Q., Liu, T., and Zeng, Y. 2021. Effects of long-term straw return on soil organic carbon fractions and enzyme activities in a double-cropped rice paddy in South China. **Journal of Integrative Agriculture.** 20(1): 236–247.

Hung, N.V., Migo, M. V., Quilloy, R., Chivenge, P., and Gummert, M. 2020. Life cycle assessment applied in rice production and residue management. M. Gummert et al. (eds.). **Sustainable Rice Straw Management.** pp. 161-174.

Ibrahim, M., Cao, C. G., and Zhan, M. 2015. Changes of CO_2 emission and labile organic carbon as influenced by rice straw and different water regimes. **International Journal of Environmental Science and Technology.** 12: 263–274.

IITA. 1979. **Selected methods for soil and plant Analysis.** IITA (International Institute for Tropical Agriculture). Manual Series No.1, Ibadan.

Jones, D. L., and Willett, V. B. 2006. Experimental evaluation of methods to quantify dissolved organic nitrogen (DON) and dissolved organic carbon (DOC) in soil. **Soil Biology and Biochemistry.** 38(5): 991–999.

Junpen, A., Pansuk, J., Kamnoet, O., Cheewaphongphan, P., and Garivait, S. 2018. Emission of air pollutants from rice residue open burning in Thailand. **Atmosphere.** 9(11): 1-23.

Krull, E. S., Baldock, J. A., and Skjemstad, J. O. 2004. Importance of mechanisms and processes of the stabilization of soil organic matter for modeling carbon turnover. **Functional Plant Biology.** 30(2): 207-222.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Lal, R. 2001. Potential of desertification control to sequester carbon and mitigate the greenhouse effect. **Climatic Change.** 51(1): 35-72.

LECO Corporation. 2016. **Operation In: Trumac CNS/NS Carbon/Nitrogen/Sulfur Determinators Instruction Manual.** LECO Europe B.V., U.S., pp. 1-56.

Lindsay, W. L., and Norvell, W. A. 1978. Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese, and copper. **Soil Science Society of America Journal.** 42(3): 421-428.

Liu, C., Lu, M., Cui, J., Li, B., and Fang, C. 2014. Effects of straw carbon input on carbon dynamics in agricultural soils: a meta-analysis. **Global Change Biology.** 20(5): 1366-1381.

Liu, W., Xu W., Han Yi., Wang C., and Wan S. 2007. Responses of microbial biomass and respiration of soil to topography, burning, and nitrogen fertilization in a temperate steppe. **Biology and Fertility of Soils.** 44: 259-268.

Liu, Z., Xu, A., and Zhao, T. 2011. Energy from combustion of rice straw: status and challenges to China. **Energy and Power Engineering.** 3: 325–331.

Loginow, W., Wisniewski, W., Gonet, S. S., and Ciescinska, B. 1987. Fractionation of organic carbon based on susceptibility to oxidation. **Polish Journal of Soil Science.** 20: 47–52.

Lou, Y., Ren, L., Li, Z., Zhang, T., and Inubushi, K. 2007. Effect of rice residues on carbon dioxide and nitrous oxide emissions from a paddy soil of subtropical China. **Water Air Soil Pollution.** 178: 157–168.

Mandal, K.G., Misra, A.K., Hati, K.M., Bandyopadhyay, K.K., Ghosh, P.K., and Mohanty, M. (2004) Rice residue-management options and effects on soil properties and crop productivity. **Journal of Food, Agriculture and Environment.** 2: 224–231

Miller, R. and Jastrow J. 1990. Hierarchy of root and mycorrhizal fungal interactions with soil aggregation. **Soil Biology and Biochemistry.** 22: 579-584.

Miura, T., Niswati, A., Swibawa, I. G., Haryani, S., Gunito, H., and Kaneko, N. 2013. No tillage and bagasse mulching alter fungal biomass and community structure during decomposition of sugarcane leaf litter in Lampung Province, Sumatra, Indonesia. **Soil Biology and Biochemistry.** 58: 27-35.

Miura, Y. and Kanno, T. 1997. Emissions of trace gases (CO_2, CO, CH_4, and N_2O) resulting from rice straw burning. **Soil Science and Plant Nutrition.** 43(4): 849–854.

Naklang, K., Whitbread, A., Lefroy, R. D. B., Blair, G. J., Wonprasaid, S., Konboon, Y., and Suriya-awnroj, D. 1998. The management of rice straw, fertilizers and leaf litters in rice cropping systems in Northeast Thailand. 1. Soil carbon dynamics. **Plant Soil.** 209: 21-28.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

National Soil Survey Center. 1996. **Soil survey laboratory method manual. Soil survey investigation**. Report No. 42, Version 3.0. National resources conservation service. United states department of agriculture, USA.

Neff, J. C. and Asner, G. P. 2001. Dissolved organic carbon in terrestrial ecosystems: synthesis and a model. **Ecosystems.** 4(1): 29-48.

Nguyen, A.T.Q. and Nguyen, M.N., 2019**.** Straw phytolith for less hazardous open burning of paddy straw. **Scientific Reports.** 9 (1): 20043.

Nguyen, T. K. O. 2018. **A study in urban air pollution improvement in Asia.** (online). Available source: http://www.reserchgate.net/profile/Nguyen_Thi_Oanh/2.

Nunan, N., Morgan, M. A., and Herlihy, M. 1998. Ultraviolet Absorbance (280 nm) of compounds released from soil during chloroform fumigation as an estimate of the Biochem. Microbial biomass. **Journal of Soil Biology.** 30(12): 1599-1988.

Nye, P. H. and Greenland, D.J. 1960 The Soil under Shifting Cultivation. **Journal of Technical Writing and Communication.** 51, Commonwealth Bureau of soil science. 156 p.

Oliveira, M.W., Trivelin, P.C.O., Kingston, G.M., Barbosa, M.H.P., and Vitti, A.C.2002. Decomposition and release of nutrients from sugarcane trash in two agricultural environments in Brazil. pp. 1-10. In: **Proceedings of the Australian Society of Sugar Cane Technologists**.

Pietikäinen, J., Pettersson, M., and Bååth, E. 2005. Comparison of temperature effects on soil respiration and bacterial and fungal growth rates. **FEMS Microbiology Ecology.** 52: 49–58.

Pigna, M., Caporale, A.G., Cavalca, L., Sommella, A., and Violante, A. 2015. Arsenic in the soil environment: mobility and phytoavailability. **Environmental Engineering Science.** 32: 551–563.

Pincus, L.N., Ryan, P.C., Huertas, F.J., and Alvarado, G.E. 2017. The influence of soil age and regional climate on clay mineralogy and cation exchange capacity of moist tropical soils: A case study from Late Quaternary chronosequences in Costa Rica. **Geoderma.** (308): 130-148.

Ponnamperuma, F. N. 1984**. Straw as a source of nitrogen for wetland rice.** In: Banta, S., Mandoza, C.V. (Eds.). pp: 117–136. Organic Matter and Rice. IRRI, Los Banos, Philippines.

Post, W. M. and Kwon K. C. 2000. Soil carbon sequestration and land-use change: Processes and potential. **Global Change Biology.** 6(3): 317–327.

Prasad R, Gangaiah B., and Aipe K. 1999. Effect of crop residue management in a rice–wheat cropping system on growth and yield of crops and on soil fertility. **Experimental Agriculture.** 35: 427–435.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Regnier, P., Friedlingstein, P., Ciais, P., and Mackenzie, F. T. 2013. Anthropogenic perturbation of the carbon fluxes from land to ocean. **Nature Geoscience.** 6: 597-607.

Ren, W., Tian H. Q., Tao B., Huang Y., and Pan S. F. 2012. China's crop productivity and soil carbon storage as influenced by multifactor global change. **Global Change Biology.** 18(9): 2945–2957.

Renbuss, M., Chilvers, G. A., and Pryer, L. D. 1973. Microbiology of an ashed. **Proceedings of the Linnean Society of New South Wales.** 97: 302-310.

Richards, L. A. 1954. **Diagnosis and improvement of saline and alkali soil.** US Department of Agriculture. Handbook 60. Washington, D. C.

Robertson, F. A., and Thorburn, P. J. 2007. Management of sugarcane harvest residues: consequences for soil carbon and nitrogen. **Australian Journal of Soil Research.** 45(1): 13–23.

Ruehlmann, J. and M, Körschens. 2009. Calculating the effect of soil organic matter concentration on soil bulk density. **Soil Science Society of America Journal.** 73: 876-885.

Sainepo, B. M., Gachene, C. K., and Karuma, A. 2018. Assessment of soil organic carbon fractions and carbon management index under different land use types in Olesharo Catchment, Narok County, Kenya. **Carbon Balance Manage.** 13(4): 1-9.

Sharma, P.K. and Mishra, B. 2001. Effect of burning rice and wheat crop residues: Loss of N, P, K, and S from soil and changes in the nutrient availability. **Journal of the Indian Society of Soil Science.** 49: 425-429.

Siczek, A. and Frac, M. 2012. Soil microbial activity as influenced by compaction and straw mulching. **International Agrophysics.** 26(1): 65-69.

Silva, A.J.N., Ribeiro, M.R., Carvalho, F.G., Silva, V.N., and Silva, L.E.S.F. 2007. Impact of sugarcane cultivation on soil carbon fractions, consistence limits and aggregate stability of a Yellow Latosol in Northeast Brazil. **Soil and Tillage Research.** 94: 420–424.

Soil Chemical Research Center. 2001. **Soil and plant analysis manual.** Soil science. department of agriculture. Bangkok, Thailand.

Stenberg, B. 1999. Monitoring soil quality of arable land: microbiological indicators. Acta Agriculture Scandinavica, Section B: **Plant Soil Science.** 49: 1-24.

Tang, H., Li, C., Shi, L., Cheng, K., Wen, Li., Li, W., and Xiao, X. 2022. Effects of short-term tillage managements on CH_4 and N_2O emissions from a double-cropping rice field in Southern of China. **Agronomy.** 12: 1-13.

Thuy, N.H, Shan, Y., Bijay-Singh, W.K., Cai, Z., and Yadvinder-Singh, B.R.J. 2008. Nitrogen supply in rice-based cropping systems as affected by crop residue management. **Soil Science Society of America Journal.** 72: 514–523.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Tian, H., Lu, C., Yang, J., Banger, K., Huntzinger, D. N., Schwalm, C. R., Michalak, A. M. *et al*. 2015. Global patterns and controls of soil organic carbon dynamics as simulated by multiple terrestrial biosphere models: Status and future directions. **Global Biogeochemical Cycles.** 29: 775–792.

Tippayachan, H. 2006. The determination of carbon loss by soil erosion and sediment transport process in Mea Thang watershed, Rong Kwang district, Phrae province. Unpublished master's thesis, Mahidol university, Faculty of environment and resource studies, Department of appropriate technology for resource and environment development.

Tirol–Padre, A. and Ladha, J. K. 2004. Assessing the reliability of permanganate–oxidizable carbon as an index of soil labile carbon. **Soil Science Society of America Journal** 68: 969-978.

USDA Foreign Agricultural Service. 2022. **Sugar: World Markets and Trade** (online). Available source: https://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/sugar.pdf.

van Antwerpen, R. and Meyer, J.H. 1996. Soil degradation under sugarcane cultivation in northern KwaZulu-Natal. **South African Sugar Technologists' Association.** 70: 29-33.

Vance, E. D., Brookcs, P. C., and Jenkinson, D. S. 1987. Microbial biomass measurements in forest soils: determination of k_c values and tests of hypotheses to explain the failure of the chloroform fumigation-incubation method in acid soils. **Soil Biology and Biochemistry.** 19(6): 689-696.

Vijayaprabhaka, A., Durairaj, S.N., and Vinoth, J. 2017. Effect of rice straw management options on soil available macro and micronutrients in succeeding rice field. **International Journal of Chemical Studies.** 5: 410–413

Wang, W., Lai, D.Y F., Wang, C., Pan, T., and Zeng, C. 2015. Effects of rice straw incorporation on active soil organic carbon pools in a subtropical paddy field. **Soil and Tillage Research.** 152: 8-16.

Weil, R. R., Islam, K. R., Stine, M. A., Gruver, J. B., and Samson-Liebig, S. E. 2003. Estimating active carbon for soil quality assessment: A simplified method for laboratory and field use. **American Journal of Alternative Agriculture.** 18(1): 3-17.

Wendling, B., Jucksch, I., Mendonça, E. S., Neves, J. C. L., Silva, I. R., and Costa, L. M. 2008. Organic-matter lability and carbon-management indexes in agrosylvopasture system on Brazilian savannah. **Communications in Soil Science and Plant Analysis.** 39: 1750-1772.

Whitbread, A. M. 1995. Soil organic matter: its fractionation and role in soil structure. Soil Organic Matter Management for Sustainable Agriculture. pp. 124-130. In **ACIAR Proceedings No. 56.**, 24-26 August 1994. Ubon, Thailand.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Wood, A.W. 1991. Management of crop residues following green harvesting of sugarcane in north Queensland. **Soil and Tillage Research.** 20: 69-85.

World Health Organization. 2020. **Household air pollution.** (online). Available source: https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/household-air-pollution-and-health.

Xu, M., Lou, Y., Sun, X., Wang, W., Baniyamuddin, M., and Zhao, K. 2011. Soil organic carbon active fractions as early indicators for total carbon change under straw incorporation. **Biology and Fertility of Soils.** 47: 745–752.

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

การทดลองที่ 1 การศึกษาผลของการเผาตอซังข้าวต่อความยั่งยืนของการใช้ที่ดิน

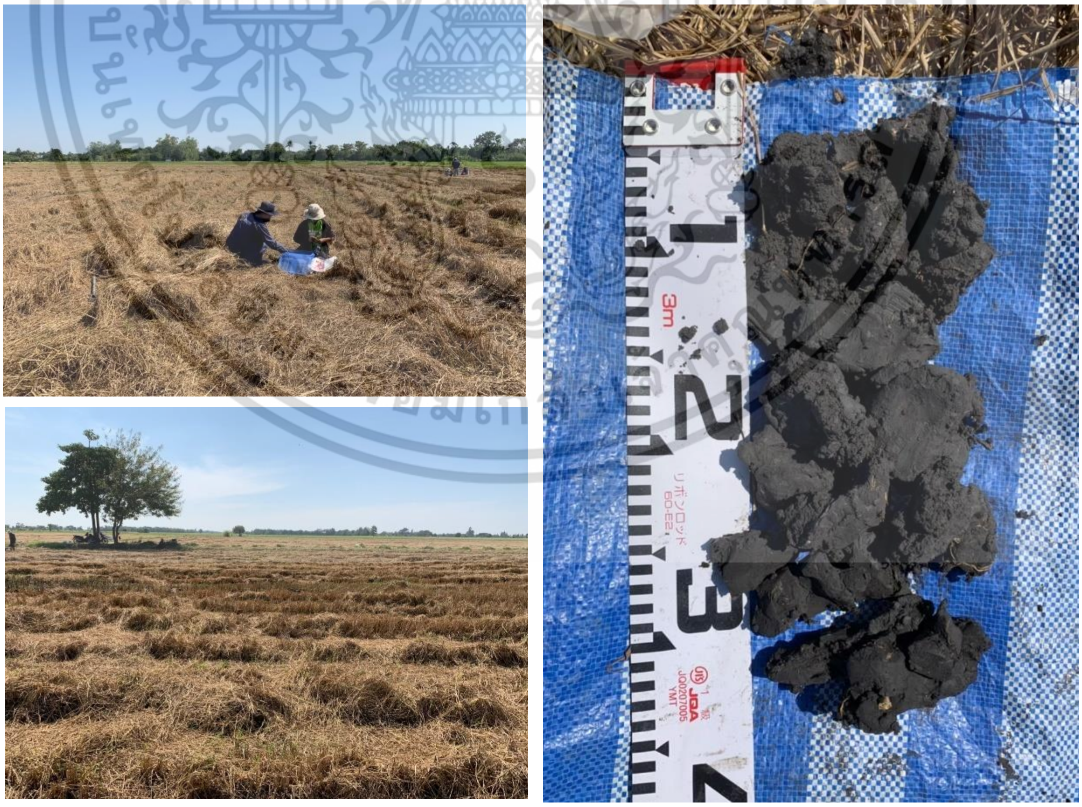
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 1 สมบัติดินเบื้องต้นทางกายภาพและทางเคมี และรูปอินทรีย์คาร์บอนและไนโตรเจนของดินอ้างอิง (Reference soil) ที่ระดับความลึก 0-15 และ 15-30 เซนติเมตร

Parameter	**0-15 cm**	**15-30 cm**
Soil pH (1:1)	6.52	6.45
Electrical conductivity (1:5) (mS/cm)	0.05	0.06
Sand (g/kg)	629	649
Silt (g/kg)	180	162
Clay (g/kg)	191	189
Texture	Sandy Loam	Sandy Loam
Bulk density (g/cm^3)	2.14	2.51
Total Organic Carbon (g/kg)	40.75	33.66
Total Organic Nitrogen (g/kg)	3.44	2.89
Total Sulfur, (g/kg)	0.65	0.56
Available P (mg/kg)	14.50	11.17
Cation Exchange Capacity (cmol/kg)	16.78	15.71
Exchangeable K (mg/kg)	6.54	6.30
Exchangeable Ca (mg/kg)	114	94
Exchangeable Mg (mg/kg)	15.37	13.92
Exchangeable Na (mg/kg)	0.89	1.19
Extractable Fe (mg/kg)	29.72	27.99
Extractable Mn (mg/kg)	6.05	4.30
Extractable Zn (mg/kg)	0.38	0.28
Extractable Cu (mg/kg)	0.13	0.15
Light Fraction Organic Carbon (g/kg)	1.08	1.17
Heavy Fraction Organic Carbon (g/kg)	32.41	28.33
Particulate Organic Carbon (mg/kg)	0.52	0.25
Dissolved Organic Carbon (mg/kg)	10,189	11,239
Permanganate Oxidizable Carbon (mg/kg)	3.75	3.07
Microbial Biomass Carbon (mg/g)	742	694
Dissolved Organic Nitrogen (mg/kg)	15.27	16.74
Microbial Biomass Nitrogen (ug/g)	41.74	24.38

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพภาคผนวกที่ 1.1 แปลงที่ 1 (NSS1) เก็บดินจากจังหวัดนครสวรรค์ ไม่มีการเผาตอซังข้าว



ภาพภาคผนวกที่ 1.2 แปลงที่ 2 (NSS2) เก็บดินจากจังหวัดนครสวรรค์ ที่มีการเผาตอซังข้าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพภาคผนวกที่ 1.3 แปลงที่ 3 (NSS3) เก็บดินจากจังหวัดนครสวรรค์ ไม่มีการเผาตอซังข้าว

ภาพภาคผนวกที่ 1.4 แปลงที่ 4 (NSS4) เก็บดินจากจังหวัดนครสวรรค์ ที่มีการเผาตอซังข้าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพภาคผนวกที่ 1.5 แปลงที่ 5 (SPP1) เก็บดินจากจังหวัดสุพรรณบุรี ไม่มีการเผาตอซังข้าว

ภาพภาคผนวกที่ 1.6 แปลงที่ 6 (SPP2) เก็บดินจากจังหวัดสุพรรณบุรี ที่มีการเผาตอซังข้าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพภาคผนวกที่ 1.7 แปลงที่ 7 (SPP3) เก็บดินจากจังหวัดสุพรรณบุรี ไม่มีการเผาตอซังข้าว

ภาพภาคผนวกที่ 1.8 แปลงที่ 8 (SPP4) เก็บดินจากจังหวัดสุพรรณบุรี ที่มีการเผาตอซังข้าว

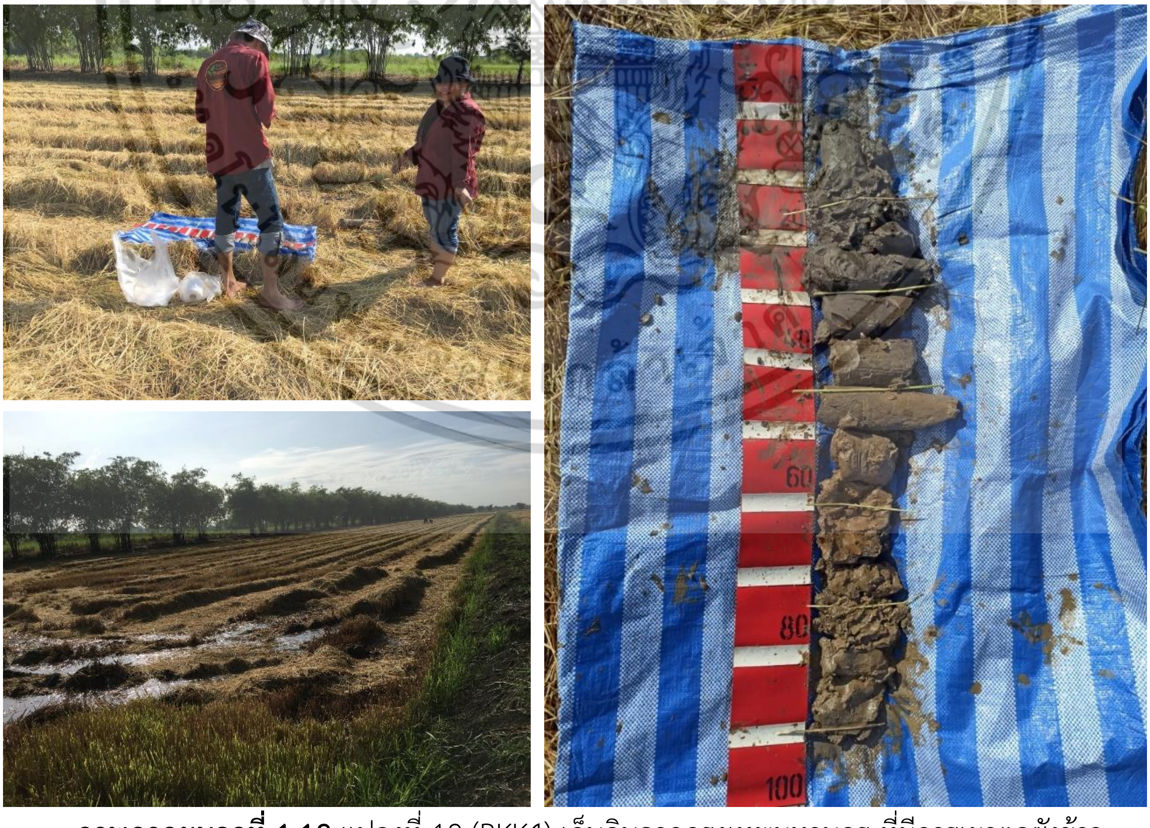
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพภาคผนวกที่ 1.9 แปลงที่ 9 (BKK1) เก็บดินจากกรุงเทพมหานคร ไม่มีการเผาตอซังข้าว

ภาพภาคผนวกที่ 1.10 แปลงที่ 10 (BKK2) เก็บดินจากกรุงเทพมหานคร ที่มีการเผาตอซังข้าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพภาคผนวกที่ 1.11 แปลงที่ 11 (BKK3) เก็บดินจากกรุงเทพมหานคร ไม่มีการเผาตอซังข้าว



ภาพภาคผนวกที่ 1.12 แปลงที่ 12 (BKK4) เก็บดินจากกรุงเทพมหานคร ที่มีการเผาตอซังข้าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

การทดลองที่ 2 การศึกษาผลของการเผาใบอ้อยต่อความยั่งยืนของการใช้ที่ดิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพภาคผนวกที่ 2.1 แปลงที่ 1 (NSS5) เก็บดินจังหวัดนครสวรรค์ ไม่มีการเผาเศษใบอ้อย

ภาพภาคผนวกที่ 2.2 แปลงที่ 2 (NSS6) เก็บดินจังหวัดนครสวรรค์ ที่มีการเผาเศษใบอ้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพภาคผนวกที่ 2.3 แปลงที่ 3 (NSS7) เก็บดินจังหวัดนครสวรรค์ ไม่มีการเผาเศษใบอ้อย

ภาพภาคผนวกที่ 2.4 แปลงที่ 4 (NSS8) เก็บดินจังหวัดนครสวรรค์ ที่มีการเผาเศษใบอ้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพภาคผนวกที่ 2.5 แปลงที่ 5 (SPP5) เก็บดินจังหวัดสุพรรณบุรี ไม่มีการเผาเศษใบอ้อย

ภาพภาคผนวกที่ 2.6 แปลงที่ 6 (SPP6) เก็บดินจังหวัดสุพรรณบุรี ที่มีการเผาเศษใบอ้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพภาคผนวกที่ 2.7 แปลงที่ 7 (SPP7) เก็บดินจังหวัดสุพรรณบุรี ไม่มีการเผาเศษใบอ้อย

ภาพภาคผนวกที่ 2.8 แปลงที่ 8 (SPP8) เก็บดินจังหวัดสุพรรณบุรี ที่มีการเผาเศษใบอ้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล (ภาษาไทย) นางสาวจวรรชนก ปรีสงค์
ชื่อ-นามสกุล (ภาษาอังกฤษ) Miss Jawanchanok Preesong
วัน เดือน ปีเกิด 5 กรกฎาคม พ.ศ. 2536
ที่อยู่ 55/750 หมู่ 2 ตำบลศีรษะจรเข้น้อย อำเภอบางเสาธง จังหวัดสมุทรปราการ 10540
โทรศัพท์ 087-5024545
E-mail address 63604020@kmitl.ac.th
ประวัติการศึกษา (ปีการศึกษา 2557) วิทยาศาสตรบัณฑิต (เกษตรศาสตร์) หลักสูตรปฐพีวิทยา (เกียรตินิยมอันดับ 2) สาขาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ผลงานวิจัย

Supsuan, P., Preesong, J. and Yampracha, S. 2019. Effect of timing and different types of organic fertilizer application on rice growth and yield under organic cultivation. **3rd International Symposium on Agricultural Technology**, Krabi, Thailand.

Preesong, J. and Yampracha, S. 2022. Changes in soil properties of in Bangkok soil series from rice stubble burning. **International Journal of Agricultural Technology** 18(2): 733-744.

Preesong, J. and Yampracha, S. 2023. Impact of sugarcane trash burning on soil chemical properties. **International Journal of Advances in Science, Engineering and Technology (IJASEAT)-IJASEAT** 11(1): 194-198.

นันทนัช ชาวพะเยาว์, อารดา บุญอาจ, พัชรินทร์ สุรินทร์, จวรรชนก ปรีสงค์ และ สุกัญญา แย้มประชา. 2563. อิทธิพลของพันธุ์ข้าวต่อการสะสมมวลชีวภาพและปริมาณธาตุอาหาร. **งานประชุมวิชาการนำเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษาแห่งชาติ ครั้งที่ 50**. กรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

อารดา บุญอาจ, จวรรชนก ปรีสงค์ และ สุกัญญา แย้มประชา. 2565. ผลของการจัดการตอซังข้าวต่อการกักเก็บคาร์บอน ปริมาณคาร์บอนและไนโตรเจนทั้งหมดในดินนา. หน้า 59-66. **งานประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 60**. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จวรรชนก ปรีสงค์, อารดา บุญอาจ, นันทนัช ชาวพะเยาว์, ทราย ห้วยหงษ์ทอง และ สุกัญญา แย้มประชา. 2566. การเปรียบเทียบวิธีการวิเคราะห์และการทำนายปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดินพื้นที่ลุ่ม (Lowland) และ พื้นที่ดอน (Upland). **วารสารเกษตร** 39(3). (in press).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้