

อิทธิพลของระบบการปลูกพืชเชิงอนุรักษ์ต่อ ดัชนีคุณภาพคาร์บอนอินทรีย์ในดินบนพื้นที่ลาดชัน Effect of Conservation Cropping Systems on Organic Carbon Quality Indices in a Soil on Sloping Area

วรรณัย อ้นสำราญ และณัฐพล จิตมัตย์*

ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน

แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร 10900

อรพิชา วรภักดี

สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 10 กรมพัฒนาที่ดิน

กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ตำบลหินกอง อำเภอมือง จังหวัดราชบุรี 70000

Wattanaï Onsamrarn and Natthapol Chittamart*

Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok Campus,

Latyao, Chatuchak, Bangkok 10900

Onphicha Waraphakdee

Land Development Regional Office 10, Land Development Department,

Ministry of Agriculture and Cooperatives, Hinkong, Muang, Ratchaburi 70000

บทคัดย่อ

คุณภาพของคาร์บอนอินทรีย์ในดินเป็นดัชนีความอุดมสมบูรณ์และสามารถใช้ประเมินความยั่งยืนของระบบปลูกพืชในพื้นที่ลาดชัน การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอิทธิพลของระบบปลูกพืชเชิงอนุรักษ์และการจัดการดินต่อดัชนีคุณภาพคาร์บอนอินทรีย์ในดินบนพื้นที่ลาดชันในภาคตะวันตกของประเทศไทย โดยศึกษาอิทธิพลของระบบปลูกพืชเชิงอนุรักษ์ในแปลงทดลองเป็นระยะเวลา 3 ปีเพาะปลูก ผลการศึกษพบว่าระบบการปลูกพืชเชิงอนุรักษ์ทำให้ดินมีปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์และร้อยละความอิ่มตัวของดินแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ รวมทั้งทำให้ค่าพีเอช ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และอินทรีย์วัตถุลดลงตามระยะเวลาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนี้ระบบปลูกพืชมีผลทำให้ค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนและค่าเฉลี่ยเม็ดดินเสถียรน้ำเพิ่มขึ้น ผลของระบบปลูกพืชเชิงอนุรักษ์ต่อปริมาณและดัชนีคุณภาพคาร์บอนอินทรีย์พบว่าดัชนีคุณภาพคาร์บอนอินทรีย์ระหว่างระบบปลูกพืชเชิงอนุรักษ์ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ยกเว้นคาร์บอนในรูปพาร์ทิเคิล ระบบการปลูกพืชแซมรวมกับการใช้แถบกระถินทำให้ปริมาณคาร์บอนอินทรีย์รูปพาร์ทิเคิลและร้อยละเม็ดดินเสถียรน้ำมี

*ผู้รับผิดชอบบทความ : fagnpc@ku.ac.th

ค่าสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าระบบปลูกพืชแซมร่วมกับการใช้แถบกระถินสามารถเพิ่มคาร์บอนอินทรีย์ในรูปพาร์ติคูลหรือคาร์บอนในเม็ดดินขนาดใหญ่ซึ่งช่วยสร้างเม็ดดินที่คงทน ส่วนอิทธิพลของระยะเวลาที่ใช้ระบบปลูกพืชมีผลทำให้ปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ทั้งหมดลดลงตามเวลาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ยกเว้นคาร์บอนอินทรีย์ที่อยู่ในรูปที่ย่อยสลายได้ง่ายมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการใช้ระบบปลูกพืช

คำสำคัญ : การเก็บกักคาร์บอน; การหมุนเวียนคาร์บอน; คาร์บอนอินทรีย์; พื้นที่ลาดชัน; ระบบการปลูกพืชเชิงอนุรักษ์

Abstract

Organic carbon quality in soils is a soil fertility index and use for sustainability assessment of cropping systems in sloping areas. This study aimed at investigating effects of conservation cropping systems and soil managements on soil organic carbon (SOC) quality indices on a sloping area in western Thailand by studying on conservation cropping systems in plot scale for three crop cycles. The results showed that the conservation cropping systems could help the soil preserve significantly higher available K and base saturation and affected the soil pH, total N, available P and soil organic matter were significantly decreased with time. On the other hand, conservation cropping systems significantly increased cation exchange capacity and mean weight diameter (MWD) of soil aggregates. Additionally, conservation cropping systems had shown no significant difference on soil organic carbon quality indices except particulate organic carbon. The intercropping with *Leucaena* hedgerow significantly increased particulate organic carbon content and aggregate mean weight diameter in soil. This implied that intercropping with *Leucaena* hedgerow can increase particulate organic carbon or organic carbon in soil macroaggregate which can promote stable aggregation in soil. Whereas, the effect of period of time on organic carbon quality indices revealed that total organic carbon in soil was significantly decreased with increasing cropping cycle, except labile SOC pools which tended to increase with increasing period of times of cropping cycle.

Keywords: carbon sequestration; carbon cycle; organic carbon; slope area; conservation cropping systems

1. บทนำ

ปัจจุบันระบบการเกษตรเชิงอนุรักษ์หลากหลายวิธีได้นำมาใช้ร่วมกันเพื่อการจัดการดินในพื้นที่ลาดชัน ได้แก่ การลดการไถพรวน การปลูกพืชหมุนเวียน การใส่วัสดุอินทรีย์ และการไถกลบเศษซากพืช

เป็นต้น ซึ่งช่วยส่งเสริมการเก็บกักคาร์บอนในดินมากกว่าการจัดการดินด้วยวิธีใดวิธีหนึ่งเพียงอย่างเดียว [1] ซึ่งคาร์บอนอินทรีย์ในดินส่วนใหญ่มาจากอินทรีย์วัตถุจากพืชหรือสัตว์โดยตรง [2] มีบทบาทสำคัญในการส่งเสริมคุณภาพดินและความอุดมสมบูรณ์ของดิน [3]

โดยคุณภาพดิน (soil quality) นั้นประกอบด้วยปัจจัยต่าง ๆ ได้แก่ ปัจจัยทางชีวภาพ เคมี และกายภาพของดิน ซึ่งสามารถใช้ประเมินศักยภาพของทรัพยากรดินได้ [4] นอกจากนี้การใช้ที่ดินเพื่อการเกษตรเป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้สมบัติทางเคมี กายภาพ และชีวภาพของดินเปลี่ยนแปลง โดยเฉพาะการเกษตรในพื้นที่ลาดชันได้มีการขยายวงกว้าง มีการใช้ประโยชน์พื้นที่ลาดชันด้วยวิธีการปฏิบัติและการใช้ระบบการปลูกพืชที่ไม่คำนึงถึงการอนุรักษ์ดิน ก่อให้เกิดความเสียหายกับพื้นที่เพาะปลูก เกิดการกร่อนดิน ท้ายที่สุดทำให้ดินสูญเสียความอุดมสมบูรณ์ ส่งผลให้ผลผลิตภาพของดินลดลงและส่งผลกระทบต่อคุณภาพดินและน้ำตามมา

การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินจากสภาพป่าธรรมชาติมาใช้ในการเกษตร ทำให้ปริมาณอินทรีย์วัตถุลดลงอย่างมีนัยสำคัญ [5] โดยทำให้ปริมาณเศษซากพืชที่จะกลับคืนลงสู่ดินน้อยลง ประกอบกับการไถพรวนเป็นตัวเร่งที่สำคัญทำให้เกิดกระบวนการย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ดินได้อย่างรวดเร็ว ส่งผลให้คุณภาพของอินทรีย์วัตถุลดลงตามปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ทั้งหมดที่ลดลง อินทรีย์วัตถุที่หลงเหลือจากการปลูกพืชส่วนใหญ่จะมีการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางชีวเคมี และถูกเก็บกักไว้ในส่วนที่คงทนต่อการสลายตัว [6] และคาร์บอนอินทรีย์เหล่านี้จะถูกเก็บกักไว้ในอนุภาคขนาดทรายแป้งและดินเหนียว [7,8] ซึ่งเกิดจากการปกป้องทางกายภาพ (physical protection) และเกิดเป็นสารเชิงซ้อนระหว่างอินทรีย์วัตถุ (organo-mineral complex) กับผิวหน้าของแร่ดินเหนียว

ระบบการปลูกพืชเชิงอนุรักษ์นั้นมีการจัดการดินในหลายรูปแบบ เช่น การเพิ่มเติมเศษซากพืชที่เหลือทิ้งจากระบบการปลูกพืชไว้บนผิวดินอย่างต่อเนื่อง ทำให้คาร์บอนอินทรีย์หมุนเวียนกลับสู่ดินและช่วยส่งเสริมให้ดินมีความหนาแน่นรวมต่ำ การขบขีมน้ำและการอุ้มน้ำสูง รวมทั้งการทำให้อุณหภูมิของ

ดินต่ำลง นอกจากนี้ยังส่งผลให้การระเหยของน้ำจากดินลดลง และลดอัตราการย่อยสลายของสารอินทรีย์ให้ช้าลง [9,10] ฉะนั้นการคลุมเศษซากพืชไว้บนผิวดินจะช่วยลดการกร่อนดินได้อย่างมีประสิทธิภาพ [11,12] โดยลดอิทธิพลของเม็ดฝนที่ตกกระทบหน้าดิน ทั้งนี้คุณภาพของเศษซากพืชยังมีส่วนช่วยให้ดินมีผลผลิตภาพสูง ซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดและองค์ประกอบทางเคมีของเศษพืชเป็นหลัก [13] การไม่ไถพรวนจะช่วยลดปริมาณน้ำไหลบ่าหน้าดินและการสูญเสียดิน เนื่องจากมีปริมาณอินทรีย์วัตถุสะสมในดินมากขึ้น ซึ่งทำให้ดินมีช่องว่างในดิน มีความเสถียรของเม็ดดินเพิ่มขึ้น และช่วยเพิ่มการแทรกซึมน้ำของดินได้ดีขึ้น [14] อย่างไรก็ตาม การศึกษาอิทธิพลของระบบการปลูกพืชในพื้นที่ลาดชันที่มีผลต่อปริมาณและคุณภาพของคาร์บอนอินทรีย์ในดินนั้น มีน้อย ซึ่งการศึกษาการจัดการอินทรีย์วัตถุในปัจจุบันส่วนใหญ่ทำการศึกษาในพื้นที่ราบ ทำให้การประยุกต์ใช้ข้อมูลจึงอาจไม่เหมาะสมสำหรับพื้นที่ลาดชัน ดังนั้นการศึกษาลักษณะรูปแบบการปลูกพืชเชิงอนุรักษ์ในพื้นที่ลาดชันต่อการหมุนเวียนของคาร์บอนในดิน ปริมาณของคาร์บอนที่ถูกเก็บกักไว้ในดิน และคุณภาพของอินทรีย์วัตถุในพื้นที่ลาดชัน จะทำให้ได้องค์ความรู้และเข้าใจการเปลี่ยนแปลงคาร์บอนอินทรีย์ในดินและได้รูปแบบของการจัดการดินและมาตรการเชิงอนุรักษ์ให้เหมาะสมกับพื้นที่ลาดชัน และทำให้การเกษตรบนพื้นที่สูงและพื้นที่ลาดชันมีผลผลิตภาพสูงและยั่งยืน

2. อุปกรณ์และวิธีการ

2.1. พื้นที่ศึกษา

โดยศึกษาด้วยการสร้างแปลงทดลองในพื้นที่ฟาร์มตัวอย่างตามพระราชดำริของสมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์ บำบัดบ่อหวี ตำบลตะนาวศรี อำเภอสามฝั่ง จังหวัดราชบุรี ซึ่งเป็นพื้นที่ลาดชัน มีความลาดเอียงระหว่าง

10-30 เปอร์เซ็นต์ โดยดินที่ศึกษามีลักษณะเป็นดินปนกรวดในกลุ่มดินย่อย Kanhaplic Haplustult โดยดินมีเนื้อดินเป็นดินร่วนปนทรายปนกรวด (gravelly sandy clay loam) ดินมีพีเอชอยู่ในช่วง 5.6-6.3 อยู่ในช่วงกรดเล็กน้อยถึงกรดจัด

2.2. การวางแผนการทดลอง

การทดลองนี้เป็นการศึกษาคุณภาพคาร์บอนอินทรีย์ในแปลงทดลองภายใต้ระบบการปลูกพืชเชิงอนุรักษ์ 6 รูปแบบการปลูกพืช และการจัดการดินดังตารางที่ 1 โดยเก็บข้อมูลทั้งหมด 3 ปีเพาะปลูก (พ.ศ. 2557-2559)

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ภายในบล็อก (randomized complete block design) โดยแต่ละรูปแบบการจัดการมีขนาดแปลงขนาด 52 ตร.ม. (กว้าง 4 เมตร x ยาว 13 เมตร) ทำ 3 ซ้ำ ทุกดำรับทดลองจะปลูกพืชเป็นแถวขวางแนวลาดเทและมีการให้น้ำเมื่อเวลาฝนทิ้งช่วง

2.3 การปลูกพืชทดลองและการใส่ปุ๋ย

ระยะปลูกของพืชแต่ละชนิด ได้แก่ ข้าวโพดมีระยะระหว่างแถว 75 ซม. ระยะระหว่างต้น 25 ซม. พริกมีระยะระหว่างแถว 100 ซม. ระยะระหว่างต้น 100 ซม. ส่วนระยะห่างระหว่างแถวข้าวโพดกับพริก มีระยะห่างระหว่างแถว 100 ซม. และระยะห่างระหว่างแถวข้าวโพดกับกระถิน 25 ซม. สำหรับแถบกระถินใช้ความกว้าง 1 ม. ปลูกกระถินโดยการหว่านเมล็ดและตัดแต่งต้นให้มีความสูง 50 ซม. ในดำรับที่มีการใส่ปุ๋ยนั้น ทำการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในรูปของยูเรีย (46-0-0) ฟอสฟอรัสในรูปของปุ๋ยทริปเปิลซูเปอร์ฟอสเฟต (TSP) (0-46-0) และโพแทสเซียมในรูปของปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ (KCl) (0-0-60) โดยแบ่งใส่จำนวน 2 ครั้ง เมื่อข้าวโพดอายุ 20 และ 60 วัน ครั้งที่ 1 ใส่ในอัตรา 10.8-8.8-11.5 (N-P-K) กก.ต่อไร่ ครั้งที่ 2 ใส่ในอัตรา 10.8-0-0 (N-P-K) กก.ต่อไร่ โดยการโรยปุ๋ยตามแนวด้านบนของแถวข้าวโพดแล้วกลบลงดิน

ตารางที่ 1 รูปการปลูกพืชและการจัดการดินในพื้นที่ทดลอง

ดำรับการทดลอง	ระบบการปลูกพืช	การไถพรวน	การใส่ปุ๋ย
T1	เชิงเดี่ยว : ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์อย่างเดียว	แบบดั้งเดิม	ใส่ปุ๋ยเคมี
T2	พืชแซม : ข้าวโพดแซมด้วยพริก	แบบดั้งเดิม	ใส่ปุ๋ยเคมี
T3	พืชแซม : ข้าวโพดแซมด้วยพริก	แบบไถพรวนน้อย	ใส่ปุ๋ยเคมี
T4	พืชแซม : ข้าวโพดแซมด้วยพริก ร่วมกับแถบกระถิน	แบบไถพรวนน้อย	ใส่ปุ๋ยเคมี
T5	พืชแซม : ข้าวโพดแซมด้วยพริก	แบบไถพรวนน้อย	ไม่ใส่ปุ๋ยเคมี
T6	พืชแซม : ข้าวโพดแซมด้วยพริก ร่วมกับแถบกระถิน	แบบไถพรวนน้อย	ไม่ใส่ปุ๋ยเคมี

2.4 การเก็บตัวอย่างดิน และพืช

เก็บตัวอย่างดินก่อนปลูกของปีที่ 1 และหลังการทดลองปีที่ 1, 2 และ 3 ที่ระดับความลึก 0-20 ซม. และเมื่ออายุครบ 120 วัน จึงเก็บข้อมูลผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ได้แก่ น้ำหนักของต้นข้าวโพดและน้ำหนักเมล็ดข้าวโพด

2.5 การวิเคราะห์สมบัติของดินในห้องปฏิบัติการ

การ

2.5.1 การวิเคราะห์สมบัติทางฟิสิกส์และเคมีของดิน ได้แก่ การแจกกระจายของขนาดเม็ดดินที่ต่างขนาด (aggregate size distribution) จากน้ำหนักแห้งของดินในแต่ละขนาด [15] เพื่อหาค่าเฉลี่ยของเม็ด

ดินเฉลี่ยรน้ำ (mean weight diameter, MWD) ซึ่งได้จากผลรวมของค่าการแจกกระจายของเม็ดดิน [16]

ในส่วนสมบัติทางเคมีของดินบางประการที่วิเคราะห์ ได้แก่

(1) พีเอชดิน (soil pH) ใช้อัตราส่วนดินต่อน้ำเท่ากับ 1:1 และวัดด้วยพีเอชมิเตอร์ (pH meter) [17,18]

(2) ปริมาณไนโตรเจนรวม (total nitrogen, TN) โดยวิธี Kjeldahl method [19]

(3) ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (available phosphorus, Avail. P) โดยวิธี Bray II [20] แล้ววัดสีที่เกิดกับ ascorbic acid ด้วยเครื่อง spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 882 นาโนเมตร [21]

(4) ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ (available potassium, Avail. K) โดย 1 M NH_4OAc ที่ pH 7.0 [22] แล้ววัดด้วยเครื่อง atomic absorption spectro- photometer

(5) ปริมาณเบสรวมที่สกัดได้ (extractable base) สกัดด้วยสารละลาย 1 M NH_4OAc ที่ pH 7.0 [23] แล้ววัดปริมาณด้วยเครื่อง atomic absorption spectrophotometer

(6) ปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ (organic carbon, OC) โดยวิธี Walkley and Black titration และคำนวณเป็นปริมาณอินทรีย์วัตถุ (organic matter, OM) โดย $\text{OC} \times 1.724$ [24,25]

(7) ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน (cation exchange capacity, CEC) โดยใช้การชะละลายแคตไอออนด้วยสารละลาย 1 M NH_4OAc ที่ pH 7.0 [26]

(8) อัตราร้อยละความอิ่มตัวเบส (base saturation percentage, BS) โดยการคำนวณจากค่าปริมาณเบสที่สกัดได้และปริมาณความเป็นกรดที่สกัดได้จากสูตร อัตราร้อยละความอิ่มตัวด้วยเบส =

$$\frac{[\text{เบสที่สกัดได้}]}{[\text{เบสที่สกัดได้} + \text{กรดที่สกัดได้}]} \times 100$$
 [18]

2.5.2 การวิเคราะห์คุณภาพของคาร์บอนอินทรีย์ในดิน โดยดัชนีและวิธีวิเคราะห์คุณภาพคาร์บอนอินทรีย์ในดินประกอบด้วย

(1) size fractionation โดยวิธี particulate organic carbon [27]

(2) water-extractable organic matter โดยวิธี hot water-extractable carbon [28]

(3) oxidation โดยวิธี permanganate oxidizable carbon [29,30]

(4) acid hydrolysis โดยวิธี H_2SO_4 hydrolyzate [31,32]

(5) ปริมาณคาร์บอนทั้งหมด โดยวิธี dry combustion ที่อุณหภูมิ 1,050 องศาเซลเซียส [25]

2.6. การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการทดลองทางสถิติด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ SPSS version 16 โดยวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (analysis of variance) เพื่อหาค่า F-value จากนั้นเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยหาความแตกต่างทางสถิติโดยวิธี Duncan's multiple range tests (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ($p \leq 0.05$) พร้อมทั้งเปรียบเทียบอิทธิพลของเวลาของต่อและดำรับทดลองต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติดิน

3. ผลการวิจัยและวิจารณ์

3.1 ผลของระบบการปลูกพืชต่อสมบัติทางเคมีบางประการของดิน

ผลการศึกษาพบว่าระบบการปลูกพืชทั้ง 6 รูปแบบ และช่วงระยะเวลาไม่มีอิทธิพลร่วมกันต่อสมบัติทางเคมีบางประการของดิน (ตารางที่ 1) เมื่อพิจารณาเฉพาะอิทธิพลของระบบการปลูกพืชพบว่า มีผลต่อปริมาณของโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดิน

และค่าร้อยละความอิ่มตัวของบะซอลมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดย T6 มีปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์สูงที่สุด (206.3 กรัมต่อกิโลกรัม) แตกต่างจากระบบการปลูกพืชอื่น รองลงมา คือ ระบบการปลูกพืชใน T4 (ตารางที่ 2) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าระบบการปลูกพืชแซมร่วมกับแถบกระถินเป็นระบบที่ทำให้ดินมีปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ดีกว่าระบบอื่น ๆ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากระบบการปลูกพืชดังกล่าวช่วยลดการไหลบ่าน้ำผิวดินและเป็นแนวดักตะกอนดิน ทำให้ลดการสูญเสียดินและธาตุอาหารในดินได้ดีกว่าระบบการปลูกพืชเชิงเดี่ยวและพืชแซมเพียงอย่างเดียว สอดคล้องกับ

Dahmardeh และคณะ [33] ที่ได้ศึกษาการปลูกพืชแซมโดยใช้ถั่วพุ่มปลูกแซมข้าวโพด ซึ่งมีอัตราส่วนระหว่างข้าวโพดและถั่วพุ่มต่าง ๆ พบว่าการปลูกพืชแซมทำให้ปริมาณธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียมเพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับปลูกข้าวโพดเพียงอย่างเดียว และค่าร้อยละความอิ่มตัวของบะซอลมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติของ T5 มีปริมาณต่ำที่สุดแตกต่างจากระบบการปลูกพืชอื่น อาจเนื่องจากการแก่งแย่งการใช้เบสรวมกับพืชหลักและพืชแซม อีกทั้งยังไม่มีธาตุอาหารและเศษกระถินที่ใส่เข้าไป จึงทำให้ปริมาณเบสรวมคงเหลืออยู่ในดินน้อยกว่าระบบการปลูกพืชอื่น ๆ

ตารางที่ 2 สมบัติทางเคมีของดินบางประการของระบบการปลูกพืชในแต่ละปี

Cropping systems	pH	TN (g kg ⁻¹)	Avail.P (mg kg ⁻¹)	Avail.K (mg kg ⁻¹)	OM (g kg ⁻¹)	BS (%)	CEC cmol kg ⁻¹
T1	6.0	1.28	17.12	171.88c	20.65	58.75a	13.40
T2	6.1	1.31	25.69	180.28bc	20.95	58.00a	12.85
T3	6.0	1.29	27.36	167.28c	20.68	58.62a	13.07
T4	6.0	1.40	24.24	199.73ab	21.66	57.43a	12.77
T5	5.9	1.25	25.57	163.06c	19.52	52.74b	13.00
T6	5.9	1.29	19.80	206.28a	21.17	58.20a	13.08
F-test	ns	ns	ns	**	ns	*	ns
Year							
Before planting	6.2a	1.45a	30.43	206.76a	21.91b	52.29b	12.81b
Year 1	6.3a	1.43a	23.83	205.49a	23.61a	60.78a	12.71b
Year 2	5.8b	1.22b	21.13	181.42b	21.38b	54.88b	12.35b
Year 3	5.6c	1.10c	17.80	132.01c	16.18c	61.22a	14.25a
F-test	**	**	ns	**	**	**	**
Interaction between cropping systems and years							
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV (%)	2.7	5.8	45.3	9.0	6.2	4.7	5.5

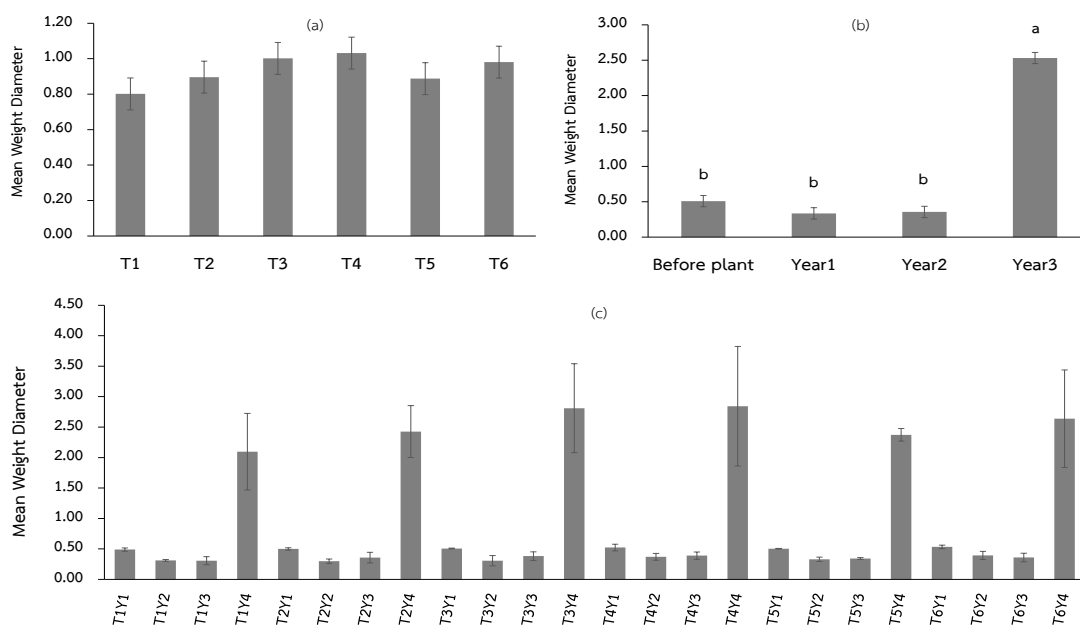
ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ; ** = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p \leq 0.01$); * = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$); ตัวอักษรอังกฤษพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันแตกต่างกันทางสถิติ

เมื่อพิจารณาอิทธิพลของระยะเวลาหลังการเก็บเกี่ยวในแต่ละปี พบว่าค่าพีเอชดิน ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ อินทรีย์วัตถุในดิน ร้อยละความอิ่มตัวเบส และปริมาณความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนมีความแตกต่างกันมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 2) โดยค่าพีเอชดิน ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ และอินทรีย์วัตถุในดินมีแนวโน้มลดลงจากช่วงก่อนปลูกในปีแรกจนถึงช่วงหลังปลูกในปีที่ 3 เนื่องจากเกิดการกร่อนดิน (soil erosion) ช่วงเวลาของการทดลอง ซึ่งทำให้ดินสูญเสียความอุดมสมบูรณ์ ในขณะที่ค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนในปีที่ 3 มีปริมาณสูงสุดเมื่อเปรียบเทียบกับปีอื่น และค่าร้อยละความอิ่มตัวเบสมีความแปรผันไปในแต่ละปี พีเอชดินในช่วงหลังปลูกมีแนวโน้มลดลงอย่างเห็นได้ชัด แสดง

ให้เห็นว่าการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์จากที่ดินทางเกษตรมีส่วนทำให้ค่าพีเอชดินมีความเป็นกรดมากยิ่งขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับ Bahrami และคณะ [34] ที่พบว่าการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินจากพื้นที่ป่าเป็นพื้นที่ปลูกข้าวและมีการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนอย่างต่อเนื่องส่งผลให้พีเอชของดินมีค่าลดลง

3.2 อิทธิพลของระบบการปลูกพืชต่อค่าเฉลี่ยของเมื่อดินเสถียรน้ำ

ผลการศึกษาพบว่าระบบการปลูกพืชทั้ง 6 รูปแบบ และระยะเวลาไม่มีอิทธิพลร่วมกันต่อค่าเฉลี่ยเมื่อดินเสถียรน้ำ (รูปที่ 1) เมื่อพิจารณาระยะเวลาพบว่าในปีที่ 3 ของการทดลองพบว่าค่าเฉลี่ยเมื่อดินเสถียรน้ำสูงมากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.01$) แสดงให้เห็นว่าระยะเวลามีอิทธิพลต่อค่าเฉลี่ยของเมื่อดินเสถียรน้ำภายใต้ระบบการปลูกพืชที่ต่างกัน



รูปที่ 1 อิทธิพลของระบบการปลูกพืช (a) ระยะเวลา (b) และอิทธิพลร่วมระหว่างระบบการปลูกพืชและระยะเวลา (c) ต่อค่าเฉลี่ยของเมื่อดินเสถียรน้ำ (T1-T6 = ระบบการปลูกพืชที่ได้รับการทดลองที่ 1-6; Before plant = ก่อนการปลูกปีที่ 1; Year = ปีที่ปลูก; Y1, Y2, Y3, Y4 = ก่อนการปลูกพืช, ปลูกปีที่ 1, ปลูกปีที่ 2, ปลูกปีที่ 3; ตัวอักษรอังกฤษพิมพ์เล็กที่แตกต่างบนแท่งกราฟแสดงความแตกต่างทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.01)

เมื่อพิจารณาระบบการปลูกพืชพบว่าไม่มี ความแตกต่างกันทางสถิติ แต่จะเห็นแนวโน้มว่า T4, T3 และ T6 มีค่าเฉลี่ยเม็ดดินเสถียรน้ำสูงกว่าระบบ การปลูกพืชอื่น ๆ ตามลำดับ เนื่องจากระบบการปลูก พืชดังกล่าวมีการไถพรวนน้อย ซึ่งทำให้ดินอุ้มน้ำ น้อย มีแถบกระถินเพื่อตัดตะกอนดินที่มากับน้ำไหลบ่า มี และการใส่ปุ๋ยซึ่งช่วยในเรื่องการเจริญเติบโตของ พืช ส่งผลต่อปริมาณมวลชีวภาพที่ถูกใส่กลับลงสู่ดิน ซึ่ง สามารถช่วยเพิ่มอินทรีย์วัตถุในดิน สอดคล้องกับการ ศึกษาของ Peter [35] ที่พบว่าค่าเฉลี่ยของเม็ดดินเสถียร น้ำมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับปริมาณอินทรีย์ วัตถุ

ความเสถียรของเม็ดดินเป็นตัวชี้วัดคุณภาพ ดินโดยตรงที่สัมพันธ์กับอินทรีย์วัตถุในดิน [36] เมื่อ อินทรีย์วัตถุมีปริมาณมากจะส่งผลทำให้เม็ดดินมีความ คงทนต่อแรงกระทำจากเครื่องจักรกลที่ไถพรวน [37] แสดงให้เห็นว่าอิทธิพลของระบบปลูกและวิธีการ จัดการอย่างการไถพรวน ปลูกพืชแซม และแถบกระถิน สามารถช่วยรักษาและเพิ่มความเสถียรของเม็ดดิน

3.3 อิทธิพลของระบบการปลูกพืชต่อปริมาณ และคุณภาพคาร์บอนอินทรีย์ในดิน

การศึกษาอิทธิพลของระบบปลูกต่อ คุณภาพคาร์บอนอินทรีย์ในดินนั้น ประเมินจาก คาร์บอนอินทรีย์ที่อยู่ในส่วนของอนุภาคดิน (particulate organic carbon) คาร์บอนอินทรีย์ในรูป ที่ละลายได้ (water soluble organic carbon) คาร์บอน อินทรีย์ในรูปที่ละลายยากหรืออยู่ในส่วนของเนื้อเยื่อ พืช (acid hydrolyzed organic carbon) และคาร์บอน อินทรีย์ในรูปที่ถูกออกซิไดซ์ได้ (oxidizable organic carbon) โดยคาร์บอนอินทรีย์ในรูปต่าง ๆ นี้ ซึ่งเป็น ส่วนที่ได้รับอิทธิพลจากระบบปลูกพืชได้ง่าย ผล การศึกษาวิเคราะห์ความแปรปรวน (ตารางที่ 3) พบว่า ระบบการปลูกพืชและระยะเวลาไม่มีอิทธิพลร่วมกันต่อ คุณภาพคาร์บอนอินทรีย์ในดิน ซึ่งเมื่อพิจารณาเฉพาะ

ระบบการปลูกพืช พบว่าปริมาณของคาร์บอนอินทรีย์ที่ อยู่ในอนุภาคทราย (size fractionation) เท่านั้นที่ แตกต่างอย่างนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p \leq 0.01$) เมื่อ พิจารณาระยะเวลาที่ปลูกพบว่าปริมาณคุณภาพ คาร์บอนอินทรีย์ในดินทุกดัชนีมีความแตกต่างอย่างมี นัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.01$, $p \leq 0.05$) โดยในทุกดัชนี คุณภาพคาร์บอนอินทรีย์ในดินมีแนวโน้มลดลงเมื่อเวลา ผ่านไป ยกเว้นคาร์บอนอินทรีย์ที่สกัดด้วยน้ำและสกัด ด้วยน้ำร้อนที่มีแนวโน้มว่าเพิ่มสูงขึ้นตามระยะเวลา โดยระบบปลูกมีผลต่อดัชนีคุณภาพคาร์บอนแต่ละชนิด ดังนี้

3.3.1 คาร์บอนอินทรีย์ที่อยู่ในอนุภาคดิน (particulate organic carbon (POM-C, MaOM-C)

คาร์บอนอินทรีย์รูปนี้ สามารถแบ่งกลุ่ม ตามขนาดอนุภาคได้เป็น 2 ชนิด ได้แก่ รูปที่อยู่กับ อนุภาคขนาดทรายหรือรูปพาร์ติคูลคาร์บอน (particulate organic carbon, POM-C) ซึ่งเป็น คาร์บอนอินทรีย์รูปที่ไม่เสถียร (labile C) และไวต่อ การเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในดิน และคาร์บอนใน รูปที่อยู่ร่วมกับแร่ในดิน (mineral-associated organic carbon, MaOM-C) ในรูปของสารเชิงซ้อน ระหว่างคาร์บอนกับแร่ในดิน และทนทานต่อการย่อย สลายโดยจุลินทรีย์ดินทำให้คาร์บอนในรูปนี้มีความ เสถียร (stable C) โดยทั่วไป MaOM-C ยึดเกาะร่วมกับ อนุภาคของทรายแป้ง (silt) และดินเหนียว (clay) [38]

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ตารางที่ 3) พบว่าระบบการปลูกพืชมีผลทำให้ปริมาณ คาร์บอนอินทรีย์ POM-C มีความแตกต่างอย่างมี นัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p \leq 0.01$) โดยระบบการปลูกพืช T4 ปริมาณการสะสมของ POM-C สูงสุด โดย POM-C ที่อยู่ใน macroaggregate อย่างอนุภาคทรายมีการ เปลี่ยนแปลงง่ายต่อการจัดการแตกต่างจาก MaOM-C ที่อยู่ใน microaggregate ซึ่งเปลี่ยนแปลงได้ยากกว่า

[39] ทั้งนี้เกิดจากการมีระบบอนุรักษ์ และการใส่ปุ๋ยเข้ามาเกี่ยวข้องทำให้ดินมีปริมาณการสะสมคาร์บอนอินทรีย์ในดินได้ดีกว่าระบบการปลูกพืชอื่น ๆ และยังพบว่าปริมาณ MaOM-C สูงกว่าปริมาณคาร์บอนในรูป POM-C ทั้งนี้เป็นเพราะคาร์บอนที่เกาะอยู่ร่วมกับแร่ในดินโดยเฉพาะแร่ดินเหนียว เป็นคาร์บอนอินทรีย์ที่ผ่านการย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ดินสมบูรณ์แล้ว ซึ่งอยู่ในรูปฮิวมัสซึ่งเกาะตัวร่วมกับอนุภาคนาขนาดอนุภาคของทรายแป้งและดินเหนียว ซึ่งเป็นกลุ่มเม็ดดินขนาดเล็ก (microaggregate) ดังนั้นคาร์บอนรูปนี้จึงเป็นแหล่ง

สะสมคาร์บอนอินทรีย์ในดินระยะยาว ขณะที่ POM-C เป็นคาร์บอนที่ได้เศษซากพืช ทั้งในส่วนที่ผ่านการย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ดิน และส่วนที่ยังเป็นเศษซากพืชในดิน ซึ่งอยู่ระหว่างกระบวนการย่อยสลายจากสารอินทรีย์ก่อนจะเปลี่ยนแปลงเป็นคาร์บอนในรูปที่เสถียร [40] ซึ่งสอดคล้องกับ สิริกานดา [38] ที่พบว่าคาร์บอนอินทรีย์ในรูป MaOM-C เป็นองค์ประกอบหลักของคาร์บอนในดิน โดยมีสัดส่วนในปริมาณที่สูงกว่าเมื่อเทียบกับปริมาณคาร์บอนในรูป POM-C

ตารางที่ 3 ผลของระบบการปลูกต่อคุณภาพคาร์บอนอินทรีย์ในดิน

Cropping systems	Particulate organic		Acid hydrolysis			Water-extractable		MnO ₄ ⁻	Dry
	sand	silt/clay	OM-LPI	OM-LPII	RP	WSC	HWSC	POC	DC
	(g kg ⁻¹)	(g kg ⁻¹)	(g kg ⁻¹)	(g kg ⁻¹)	(%)	(g kg ⁻¹)	(g kg ⁻¹)	(g kg ⁻¹)	(%)
T1	8.09b	31.55	0.033	0.031	4.95	0.140	0.102	1.22	5.28
T2	8.87b	32.03	0.030	0.027	4.71	0.130	0.088	1.31	4.94
T3	9.20b	31.01	0.068	0.036	4.82	0.156	0.127	1.29	5.12
T4	11.59a	33.46	0.071	0.030	4.67	0.124	0.097	1.30	5.52
T5	9.11b	32.73	0.059	0.030	4.59	0.140	0.103	1.19	4.98
T6	9.31b	34.47	0.039	0.039	4.98	0.141	0.115	1.21	5.26
F-test	**	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Year									
Before	10.72a	35.74a	0.044	0.020b	5.10	0.102b	0.109b	1.38a	5.37a
Year 1	10.73a	34.50a	0.034	0.038a	4.19	0.085b	0.118b	1.29ab	5.20a
Year 2	7.74b	33.85a	0.076	0.032ab	4.47	0.091b	0.077b	1.24b	5.69a
Year 3	8.26b	26.07b	0.046	0.038a	5.38	0.277a	0.118b	1.10c	4.47b
F-test	**	**	ns	*	ns	**	**	**	**
Interaction between cropping systems and years									
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV (%)	12.4	7.2	95.3	15.5	50.3	20.2	19.0	6.4	10.0

ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ; ** = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p \leq 0.01$); * = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$); * = ตัวอักษรที่ต่างกันในกลุ่มเดียวกันแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับอย่างนัยสำคัญ 0.01 และ 0.05

3.3.2 คาร์บอนอินทรีย์ที่ละลายได้ [water soluble(WSC)-hot water soluble(HWSC) organic carbon]

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติระหว่างดาร์บัตดลอง (ตารางที่ 3) พบว่าระบบการปลูกพืชและระยะเวลาไม่มีอิทธิพลร่วมกันต่อปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ที่ละลายน้ำ (WSC) และละลายในน้ำอุณหภูมิสูง (HWSC) เมื่อพิจารณาอิทธิพลของระบบการปลูกพืช พบว่าปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในรูป WSC และ HWSC ระหว่างรูปแบบการปลูกพืชทั้ง 6 ระบบ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ในส่วนของอิทธิพลของระยะเวลา พบว่าปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ทั้งสองรูปมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยทั้งคาร์บอนอินทรีย์ทั้ง WSC และ HWSC มีปริมาณสูงสุดในปีที่ 3 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.01$) ทั้งนี้เนื่องจากปริมาณเศษซากพืชที่เพิ่มขึ้น ทำให้ปริมาณ WSC เพิ่มขึ้นตามอย่างมีนัยสำคัญ โดย Cheng และคณะ [41] รายงานว่า WSC ในดินบริเวณรากพืช (rhizosphere) มีปริมาณสูงกว่าในดินทั่วไป (bulk soil) ส่วนคาร์บอนอินทรีย์ในรูป HWSC นั้นหมายถึงรวมถึงคาร์บอนที่มาจากชีวมวลของจุลินทรีย์ สารที่หลั่งออกจากรากพืช (root exudate) กรดอะมิโนและคาร์บอนที่ประกอบอยู่กับเอนไซม์ ซึ่งโดยปกติจะถูกทำลายหรือสลายได้ด้วยความร้อน [28] โดย Boyer และ Groffman [42] พบว่าความเข้มข้นของคาร์บอนที่สกัดด้วยน้ำ (WSC) และคาร์บอนในส่วนที่เป็นประโยชน์ต่อจุลินทรีย์จะพบในดินที่ทำการเกษตรซึ่งมีปริมาณที่สูงกว่าดินป่าไม้ และในพื้นที่การเกษตรมีโมเลกุลของสารประกอบคาร์บอนอินทรีย์ขนาดเล็ก เช่น คาร์โบไฮเดรต อะซีโตนแอซิด [43] ตลอดจน WSC ในพื้นที่ปลูกข้าวโพดมีวัสดุอินทรีย์ที่ง่ายต่อการย่อยสลายของจุลินทรีย์ [44] ในส่วนของ WSC และ HWSC พบว่าค่าที่ได้ไม่มีความชัดเจนในทุกะบบ แต่

เมื่อระยะเวลาผ่านไปพบว่าทั้ง WSC และ HWSC มีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้น ซึ่งอาจเนื่องมาจากปริมาณของเศษซากพืชที่ใส่หมุนเวียนกลับลงไป และจุลินทรีย์ต่าง ๆ ที่สะสมเพิ่มมากขึ้น

3.3.3 คาร์บอนอินทรีย์ที่อยู่ในรูปย่อยสลายด้วยกรด (acid hydrolysis)

คาร์บอนอินทรีย์ที่ย่อยสลายด้วยกรดจะบ่งชี้ถึงความสามารถของสารประกอบที่ถูกย่อยสลาย (SOC degradability) แบ่งได้เป็น OM-Labile Pool I (OM-LP1), OM-Labile Pool II (OM-LP2) คาร์บอนในส่วนนี้ที่ถูกไฮโดรไลซ์จะเป็นพวกที่ถูกย่อยสลายได้ง่ายโดยจุลินทรีย์ทั้งหลาย และมีการเปลี่ยนแปลงรวดเร็วที่สุด ประกอบด้วยโปรตีน กรดนิวคลีอิก และพอลิแซคคาไรด์ [45,46,47] และกลุ่มคาร์บอนซิลบางส่วน [48] และคาร์บอนอินทรีย์ที่ย่อยด้วยกรดในส่วนที่ย่อยสลายยาก recalcitrant pool (RP) ซึ่งส่วนนี้เป็นส่วนที่ไม่ถูกไฮโดรไลซ์ โดยส่วนประกอบหลักจะเป็นพวกลิกนินและส่วนประกอบที่เกี่ยวข้อง [49] รวมถึงพวกไขมัน แวกซ์ เรซิน และซูเบอร์อิน [50]

ผลการศึกษาพบว่าระบบการปลูกพืชและระยะเวลาไม่มีอิทธิพลร่วมกันต่อปริมาณ OM-LP1, OM-LP2 และ RP เช่นเดียวกับระบบการปลูกพืชทั้ง 6 รูปแบบที่พบว่าปริมาณ OM-LP1, OM-LP2 และ RP ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อพิจารณาระยะเวลาพบว่าปริมาณ OM-LP1 และ RP ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ในขณะที่ OM-LP2 ในปี 1 และ 3 มีค่าสูงกว่าปีเพาะปลูกอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) (ตารางที่ 3)

3.3.4 คาร์บอนอินทรีย์ที่ถูกออกซิไดส์ด้วย MnO_4^- (permanganate oxidizable carbon, POC)

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติระหว่างดาร์บัตดลอง พบว่าระบบการปลูกพืชและระยะเวลาไม่มีอิทธิพลร่วมกันต่อปริมาณคาร์บอน

อินทรีย์ที่ออกซิไดส์ด้วย MnO_4^- (ตารางที่ 2) เมื่อพิจารณาระบบการปลูกพืชทั้ง 6 รูปแบบ พบว่าปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ที่ออกซิไดส์ด้วย MnO_4^- มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ และเมื่อพิจารณาระยะเวลาพบว่าปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ที่ออกซิไดส์ด้วย MnO_4^- มีปริมาณต่ำในปีที่ 3 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.01$) ซึ่งลดลงตามระยะเวลา โดย POC เป็นคาร์บอนที่อยู่ในอินทรีย์วัตถุประเภทที่ง่ายต่อการเปลี่ยนแปลง (labile fraction of organic matter) เช่น ชีวมวลจุลินทรีย์ (microbial biomass) ซากอินทรีย์ส่วนเบา (light fraction) หรือสารอินทรีย์ที่ละลายน้ำ (dissolved organic matter) [28,51] เป็นส่วนที่ไวต่อการจัดการ เช่น รูปแบบการจัดการน้ำและชนิดของดิน ทั้งนี้ กมล และคณะ [52] ได้ศึกษาชนิดของดินที่ส่งผลต่อ POC ในชุดดินหางดง ชุดดินน้ำพองและชุดดินสรรพยา พบว่าปริมาณ POC หลังจากการทดลองมีปริมาณลดลงทุกชนิดดิน เนื่องจากเกิดจากการย่อยสลาย ซึ่งปริมาณที่สูญหายไปถูกย่อยสลายไปเป็นประโยชน์ต่อต้นข้าว จึงสามารถบอกได้ว่า POC เป็นอินทรีย์วัตถุที่อยู่ในรูปที่ย่อยสลายง่าย การประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดิน จึงอาจใช้ POC เป็นตัวชี้วัดการเปลี่ยนแปลงในขั้นเริ่มต้นของการเสื่อมโทรมของดิน (soil degradation) หรือตัวชี้วัดในการปรับปรุงบำรุงดิน (soil improvement) เพราะเป็นวิธีง่าย สะดวก และมีศักยภาพที่ไว (sensitivity) ต่อการเปลี่ยนแปลงของการใช้ที่ดิน [53]

3.3.5 คาร์บอนทั้งหมด (TOC)

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติระหว่างดาร์บทดลอง (ตารางที่ 3) พบว่าระบบการปลูกพืชและระยะเวลาไม่มีอิทธิพลร่วมกันต่อปริมาณคาร์บอนทั้งหมดในดิน เช่นเดียวกับปริมาณคาร์บอนในระบบการปลูกพืชทุกรูปแบบมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ แสดงให้เห็นว่าระบบการปลูกพืชในช่วงเวลาสั้น

ยังไม่ส่งผลต่อปริมาณคาร์บอนทั้งหมด แต่เมื่อพิจารณาจากปริมาณคาร์บอนจะเห็นได้ว่าระบบการปลูกพืชเชิงเดี่ยว (T1) และระบบการปลูกพืชแซมที่มีแถบกระถิน (T4 และ T6) มีปริมาณคาร์บอนสูงสุด แสดงให้เห็นว่าปริมาณเศษซากพืชที่ใส่กลับลงสู่ดินหลังการเก็บเกี่ยวของพืชหลัก และการมีแถบกระถินเพื่อชะลอน้ำไหลบ่าและดักตะกอนดินจากการกร่อนดินช่วยรักษา และลดการสูญเสียคาร์บอนได้มากกว่าระบบการปลูกพืชอื่น อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาระยะเวลาพบว่าในปีที่ 3 มีปริมาณคาร์บอนต่ำสุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.01$) แสดงให้เห็นว่าระบบการปลูกพืชทุกรูปแบบมีผลต่อปริมาณคาร์บอนทั้งหมดลดลงเมื่อระยะเวลาผ่านไป ประกอบกับในพื้นที่ลาดชันมีการกร่อนดินออกไป และเนื่องจากอิทธิพลของฝนซึ่งทำให้เมื่อดินเกิดการแตกกระจาย และถูกพัดพาไปกับน้ำที่ไหลบ่าจึงทำให้คาร์บอนอินทรีย์ในดินสูญเสียไปจากดิน [54] โดยระบบการปลูกพืชแซมร่วมกับข้าวโพดและมีแถบกระถิน (T4 และ T6) มีแนวโน้มทำให้ดินมีคาร์บอนอินทรีย์ทั้งหมดสูงกว่ารูปแบบการปลูกพืชอื่น ๆ เนื่องจากแถบกระถินสามารถช่วยดักตะกอนดินและมีการเติมเศษอินทรีย์วัตถุลงไปในดินในช่วงการเก็บเกี่ยวผลผลิตข้าวโพด

4. สรุป

การศึกษาอิทธิพลของระบบการปลูกพืชเชิงอนุรักษ์ต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติดิน แสดงให้เห็นว่าระบบการปลูกพืชแซมร่วมกับแถบกระถิน (T4 และ T6) สามารถช่วยรักษาปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์และร้อยละความอิ่มตัวของดินไว้ได้ และเมื่อระยะเวลาของการใช้ระบบการปลูกพืชเพิ่มขึ้นพบว่าค่าพีเอชดิน ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ และอินทรีย์วัตถุลดลง ในขณะที่ค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนและร้อยละ

ความอึดตัวเบสเพิ่มขึ้น เช่นเดียวกับค่าเฉลี่ยเม็ดดินเสถียรน้ำ ส่วนผลของระบบปลูกพืชเชิงอนุรักษ์ต่อคุณภาพคาร์บอนอินทรีย์พบว่าระบบการปลูกพืชทั้ง 6 รูปแบบ ไม่มีต่อปริมาณคุณภาพคาร์บอนอินทรีย์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ยกเว้นปริมาณคาร์บอนในรูปพาร์ทิเคิลในอนุภาคขนาดทรายที่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยระบบการปลูกพืชแซมร่วมกับแถบกระถินและมีการใส่ปุ๋ย (T4) มีปริมาณคาร์บอนในรูปพาร์ทิเคิลและค่าเฉลี่ยเม็ดดินเสถียรน้ำสูงสุด แสดงให้เห็นว่าการใช้แถบกระถินร่วมในระบบการปลูกพืชและการใส่ปุ๋ยสามารถเพิ่มคาร์บอนอินทรีย์ในรูปพาร์ทิเคิลในเม็ดดินขนาดใหญ่ (macroaggregate) ทำให้เกิดเม็ดดินเสถียรน้ำเพิ่มขึ้น ส่วนอิทธิพลของระยะเวลาที่ใช้ระบบปลูกพืชนั้น มีผลทำให้ปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ทั้งหมดลดลงตามเวลาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งอาจเกิดจากการสูญเสียไปกับน้ำไหลบ่า และการกร่อนดินบนพื้นที่ลาดชัน ยกเว้นคาร์บอนที่เปลี่ยนแปลงได้อย่างง่าย (WSC, HWSC และ OM-LP2) ที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ซึ่งคาร์บอนอินทรีย์ในส่วนนี้อยู่ในส่วนของเศษซากพืชที่ไถกลับลงไปกำลังเกิดการย่อยสลายจากกิจกรรมของจุลินทรีย์รวมไปถึงชีวมวลของจุลินทรีย์

นอกจากนี้ผลจากการศึกษาทำให้สามารถสรุปได้ว่าระบบการปลูกพืชแซมร่วมกับข้าวโพดและมีการใช้แถบพืชกระถินในระบบปลูกพืชร่วมกับการจัดการปุ๋ย (T4) สามารถช่วยสะสมปริมาณธาตุโพแทสเซียมในดิน เพิ่มปริมาณคาร์บอนในดินจากมวลชีวภาพของพืชที่ไถกลับลงไป และเพิ่มค่าเฉลี่ยเม็ดดินเสถียรน้ำซึ่งช่วยให้ดินมีความสามารถในการต้านทานจากแรงปะทะของเม็ดฝนและไหลบ่าไปกับน้ำ จึงลดการสูญเสียธาตุอาหารพืชไปกับตะกอนดินและน้ำไหลบ่าในพื้นที่ลาดชันได้ อย่างไรก็ตาม การใช้แถบพืชร่วมกับการปลูกพืชหลัก ควรคำนึงถึงการแข่งขันในการใช้ธาตุอาหารของพืชซึ่งทำให้ผลผลิตพืชหลักลดลงได้ ดังนั้นหากจะนำ

แถบพืชมาใช้ในการพื้นที่ลาดชัน จำเป็นต้องจัดการแถบกระถินและพืชแซม ไม่ให้รบกวนการดูดใช้ธาตุอาหารของพืชหลัก ซึ่งทำได้โดยเว้นระยะระหว่างแถบกระถินกับพืชปลูกให้ห่างกันมากขึ้นเพื่อลดการแก่งแย่งน้ำ แสงแดดและธาตุอาหาร และควรใส่ปุ๋ยให้กับพืชหลักโดยเฉพาะไนโตรเจนและฟอสฟอรัส ร่วมการใส่เศษเหลือทิ้งจากการเก็บเกี่ยวพืชหลักและเศษของพืชแถบกลับสู่ดิน เพื่อช่วยเพิ่มธาตุอาหารและอินทรีย์วัตถุในระบบ

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนการวิจัยจากสถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ปีงบประมาณ 2557-2559 รหัสโครงการ ก-ช(ด) 5.57

6. รายการอ้างอิง

- [1] Charman, P.E. and Roper M.M., 1991, Soil Organic Matter, pp. 206-214, In Charman, P.E. and Murpy, B.W. (Eds.), Soil-Their Properties and Management: A Soil Conservation Handbook for New South Wales, Sydney University Press, Sydney.
- [2] Chan, K.Y., 2001, Soil Organic Carbon and Soil Structure: Implications for the Soil Health of Agrosystems, pp. 126-133, In Lines-Kelly, R. (Ed.), Soil Health, The Foundation of Sustainable Agriculture of a Workshop on the Importance of Soil Health in Agriculture, Wollongbar Agricultural Institute, New South Wales.
- [3] Karlen, D.L., Mausbach, M.J., Doran, J.W., Cline, R.T., Harris, R.F. and Schuman, G.E., 1997, Soil quality: A concept definition

- and framework for evaluation, *Soil Sci. Soc. Am. J.* 90: 644-650.
- [4] Grant, R.F., Juma, N.G., Robertson, J.A., Izaurralde, R.C. and McGill, W.B., 2001, Long-term changes in soil carbon under different fertilizer, manure and rotation: Testing the mathematical model ecosystem with data from the Breton plots, *Soil Sci. Soc. Am. J.* 65: 205-214.
- [5] Murty, D., Kirschbaum, M.U.F., McMurtrie, R.E. and McGilvray, A., 2002, Does conversion of forest to agricultural land change soil carbon and nitrogen: A review of the literature, *Glob. Change Biol.* 8: 105-123.
- [6] Baldock, J.A., Oades, J.M., Waters, A.G., Peng, X., Vassallo, A.M. and Wilson, M.A., 1992, Aspects of the chemical structure of soil organic materials as revealed by solid-state ^{13}C NMR spectroscopy, *Biogeochemistry* 16: 1-42.
- [7] Schulten, H.R., Leinweber, P. and Sorge, C., 1993, Composition of organic matter in particle-size fractions of an agricultural soil, *Soil Sci.* 44: 677-691.
- [8] Virto, I., Barré, P. and Chenu, C., 2008, Microaggregation and organic matter storage at the silt-size scale, *Geoderma* 146: 326-335.
- [9] Dormarr, J.F. and Carefoot, J.M., 1996, Implications of crop residue management and conservation tillage on soil organic matter, *Can. J. Plant Sci.* 76: 627-634.
- [10] Martens, D.A., 2000, Plant residue biochemistry regulates soil carbon cycling and carbon sequestration, *Soil Biol. Biochem.* 32: 361-369.
- [11] Reicosky, D.C., Kemper, W.D., Langdale, G.W., Douglas, C.L.Jr. and Rasmussen, P.E., 1995, Soil organic matter changes resulting from tillage and biomass production, *J. Soil Water Conserv.* 50: 253-261.
- [12] Guerra, A., 1994, The effect of organic matter content on soil erosion in simulated rainfall experiments in W. Sussex, UK., *Soil Use Manage.* 10: 60-64.
- [13] Gregorich, E.G., Monreal, C.M., Schnitzer, M. and Schulten, H.R., 1995, Transformation of plant residues into soil organic matter: Chemical characterization of plant tissue, isolated soil fractions, and whole soils, *Soil Sci.* 161: 680-693.
- [14] Rhoton, F.E., Shipitalo, M.J., and Lindbo D.L., 2002, Runoff and soil loss from midwestern and southeastern US silt loam soils as affected by tillage practice and soil organic matter content, *Soil Tillage Res.* 66: 1-11.
- [15] Elliott, E.T., 1986, Aggregate structure and carbon, nitrogen, and phosphorus in native and cultivated soils, *Soil Sci. Soc. Am. J.* 50: 627-633.
- [16] Kemper, W.D. and Rosenau, R.C., 1986, Aggregate Stability and Size Distribution, pp. 425-442, In Klute, A. (Ed.), *Methods of Soil Analysis, Part I: Physical and*

- Mineralogical Methods, No.9, Agronomy, SSSA, Madison.
- [17] Thomas, G.W., 1987, Exchangeable Acidity, pp. 161-163, In Black, C.A. (Ed.), Methods of Soil Analysis, Part II: Chemical and Microbiological Properties, American Society of Agronomy, Inc., Madison.
- [18] National Soil Survey Center, 1996, Soil Survey Laboratory Method Manual, Soil Survey Investigation, Report No. 42, Version 3.0, National Resources Conservation Service, Department of Agriculture, USA.
- [19] Jackson, M.L., 1965, Soil Chemical Analysis-Advanced Course, Department of Soils, University of Wisconsin, USA.
- [20] Bray, R.A. and Kurtz, L.T., 1945, Determination of total organic and available forms of phosphorus in soil, Soil Sci. 59: 39-46.
- [21] Watanabe, F.S. and Olsen, S.R., 1965, Test of an ascorbic acid method for determining phosphorus in water and NaHCO_3 extracts from soils, Soil Sci. Soc. Am. Proc. 29: 677-678.
- [22] Pratt, P.E., 1965, Potassium, pp. 1023-1031, In Black, C.A. (Ed.), Method of Soil Analysis, Part II: Chemical and Microbiological Properties, Agron. No. 9, American Society of Agronomy, Inc., Madison.
- [23] Peech, M., 1945, Determination of exchangeable cation and exchange capacity of soil rapid micromethod utilizing centrifuge and spectrophotometer, Soil Sci. 59: 25-28.
- [24] Walkley, A. and Black, C.A., 1934, An examination of Degtjareff method for determining soil organic matter: A proposed modification of the chromic acid titration method, Soil Sci. 37: 29-35
- [25] Nelson, D.W. and Sommers, L.E., 1982, Total carbon, organic carbon and organic matter, pp. 539-579, In Black, C.A. (Ed.), Method of Soil Analysis, Part II: Method of Soil Analysis, Part II: Chemical and Microbiological Properties, Agron. No. 9, American Society of Agronomy, Inc., Madison.
- [26] Chapman, H.D., 1965, Cation exchange capacity, pp. 891-901, In Black, C.A. (Ed.), Method of Soil Analysis, Part II: Method of Soil Analysis, Part II: Chemical and Microbiological Properties, Agron. No. 9, American Society of Agronomy, Inc., Madison.
- [27] Cambardella, C.A. and Elliott, E.T., 1992, Particulate organic matter across a grassland cultivation sequence, Soil Sci. Soc. Am. J. 56: 777-783.
- [28] Ghani, A., Dexter, M. and Perrott, K.W., 2003, Hot-water extractable carbon in soils: A sensitive measurement for determining impacts of fertilisation, grazing and cultivation, Soil Biol. Biochem. 35: 1231-1243.

- [29] Blair, G.J., Lefroy, 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 systems, *Aust. J. Agric. Res.* 46: 1459-1466.
- [30] Aumtong, S., Magid, J., Bruun, S. and de Neergaard, A., 2009, Relating soil carbon fractions to land use in sloping uplands in northern Thailand, *Agr. Ecosyst. Environ.* 131: 229-239.
- [31] Rovira, P. and Vallejo, V.R., 2000, Examination of thermal and acid hydrolysis procedures in characterization of soil organic matter, *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 31: 81-100.
- [32] Shirato, Y. and Yokozawa M., 2006, Acid hydrolysis to partition plant material into decomposable and resistant fractions for use in the Rothamsted carbon model, *Soil Biol. Biochem.* 38: 812-816.
- [33] Dahmardeh, M., Ghanbari, A., Syahsar, B.A. and Ramrodi, M., 2010, The role of intercropping maize (*Zea mays* L.) and Cowpea (*Vigna unguiculata* L.) on yield and soil chemical properties, *Afr. J. Agric. Res.* 5: 631-636.
- [34] Bahrami, A., Emadodin, I., Ranjbor Atashi, M., Bork, H.R., 2010, Land-use change and soil degradation: A case study, North Iran. *Agric. Biol. J. North Am.* 1: 600-605.
- [35] Peter, P.C., 2008, Assessment of Structural Stability in Nkpologu Sandy Clay Loam Soil, M.Sc. Thesis, Department of Soil Science, University of Nigeria, Nsukka.
- [36] Hernanz, J.L., Lo'pez, R., Navarrete, L. and Sa'nchez-Giro'n, V., 2002, Long-term effects of tillage systems and rotations on soil structural stability and organic carbon stratification in semiarid central Spain, *Soil. Till. Res.* 66: 129-141.
- [37] Oades, J.M., 1984, Soil organic matter and structural stability: Mechanisms and implication for management, *Plant Soil.* 76: 319-337.
- [38] สิริกานดา วัชรไทย, 2551, การศึกษาสมมูลคาร์บอนและการกักเก็บคาร์บอนในดินของสับคูที่ปลูกใน ดินเหนียวและดินร่วนปนทราย, วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- [39] Cheng, W., Zhang, Q., Coleman, D.C., Carroll, C.R. and Hoffman, C.A., 1996. Is available carbon limiting microbial respiration in the rhizosphere, *Soil Biol. Biochem.* 28: 1283-1288.
- [40] Ashagrie, Y., Zech, W., Guggenberger, G. and Mamo, T., 2007, Soil aggregation and total particulate organic matter following conversion of native forests to continuous cultivation in Ethiopia, *Soil. Till. Res.* 94: 101-108.
- [41] Franzluebbers, A.J., 2002, Soil organic matter stratification ratio as an indicator of soil quality, *Soil. Till. Res.* 66: 95-106.
- [42] Boyer, J.N. and Groffman, P.M., 1996, Bioavailability of water extractable organic

- carbon fractions in forest and agricultural soil profiles, *Soil. Biol. Biochem.* 28: 783-790.
- [43] Leinweber, P., Schulten, H.R., Kalbitz, K., Meiner, R. and Jancke, H., 2001, Fulvic acid composition in degraded fenlands, *J. Plant. Nutr. Soil. Sci.* 164: 371-379.
- [44] Gregorich, E.G., Beare, M.H., Stoklas, U. and St-George, P., 2003, Biodegradability of soluble organic matter in maize-cropped soil, *Geoderma* 113: 237-252.
- [45] Schnitzer, M. and Khan, S.U., 1972, *Humic Substances in the Environment*, Marcel Dekker, New York.
- [46] Schnitzer, M. and Preston, C.M., 1983, Effects of acid hydrolysis on the ^{13}C NMR spectra of humic substances, *Plant Soil. Environ.* 75: 201-211.
- [47] Rovira, P. and Vallejo, V.R., 2002, Labile and recalcitrant pools of carbon and nitrogen in organic matter decomposing at different depths in soil: An acid hydrolysis approach, *Geoderma* 107: 109-141.
- [48] Preston, C.M. and Schnitzer, M., 1984, Effects of chemical modifications and extractants on the carbon-13 NMR spectra of humic materials, *Soil Sci. Soc. Am. J.* 48: 305-311.
- [49] Paul, E.A., Follet, R.F., Leavitt, S.W., Halvorson, A., Peterson, G.A. and Lyon, D.J., 1997, Radiocarbon dating for determination of soil organic matter pool sizes and dynamics, *Soil Sci. Soc. Am. J.* 61: 1058-1067.
- [50] Rovira, P. and Vallejo, V.R., 2002, Labile and recalcitrant pools of carbon and nitrogen in organic matter decomposing at different depths in soil: An acid hydrolysis approach, *Geoderma* 107: 109-141.
- [51] ศุภจิตา อ่ำทอง, พิทวัส สุสิงสา และกนกกาญจน์ กันทะวงษ์, 2554, ความสัมพันธ์ระหว่างคาร์บอนที่ถูกออกซิไดซ์ด้วยเปอร์แมงกาเนตและคาร์บอนอินทรีย์ทั้งหมดในดินชนิดต่าง ๆ, *ว.วิจัยและส่งเสริมวิชาการเกษตร* 28(2): 33-38.
- [52] กมล ยศอิ, ศุภจิตา อ่ำทอง และดวงสิต ปัญญา, 2557, ผลการจัดการน้ำและชนิดดินต่อปริมาณคาร์บอนที่ถูกออกซิไดซ์ด้วยเปอร์แมงกาเนตและคาร์บอนอินทรีย์ทั้งหมดในดินปลูกข้าว, *แก่นเกษตร* 42(2): 322-330.
- [53] Weil, R.R., Islm, 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, *Am. J. Alternative Agric.* 18: 3-17.
- [54] Berger, C., Schulze, M., Rieke-Zapp, D. and Schlunegger, F., 2010, Rill development and soil erosion: A laboratory study of slope and rainfall intensity, *Earth Surf. Proc. Land.* 35: 1456-1467.