ผลของระดับอินทรียวัตถุต่อรูปคาร์บอนอินทรีย์ในดิน การดูดใช้ธาตุอาหาร และการเจริญเติบโตของข้าวโพดหวาน

Effects of Organic Matter Levels on Soil Organic Carbon Fractions, Nutrient Uptake, and Growth and Development of Sweet Corn (*Zea mays var. rugosa*)

สุทธิพันธ์ เพชรช่วย, จำเป็น อ่อนทอง, จักรกฤษณ์ พูนภักดี และ ขวัญตา ขาวมี*
Suttipan Phetchuay, Jumpan Onthong, Chakkrit Poonpakdee and Khwunta Khawmee*

สาขาวิชานวัตกรรมการเกษตรและการจัดการ คณะทรัพยากรธรรมชาติ
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ จ. สงขลา 90110
Agricultural Innovation and Management Division, Faculty of Natural Resources,
Prince of Songkla University, Hat Yai Campus, Songkhla 90110, Thailand
**Corresponding author: Email: khwunta.k@psu.ac.th*

(Received: 21 November 2022; Accepted: 20 October 2023)

Abstract: Organic matter (OM) is an organic compound that contains mainly organic carbon which is composed of labile and recalcitrant organic carbon. Soil organic carbon plays a significant role in soil properties improvement, increasing soil fertility and productivity. Therefore, the effects of organic matter levels on soil properties, soil organic carbon fractions, nutrient uptake, and growth of sweet corn in a pot were studied. Soil sample with low organic matter was collected and adjusted soil organic matter at different levels with cow manure (2, 3, and 4% OM) at 5 replications in a completely randomized design. Increasing soil organic matter levels resulted in a decrease in soil bulk density. In contrast, field capacity, soil pH, total nitrogen, available phosphorus, extractable potassium, calcium, and magnesium, very labile and labile fraction of organic carbon in the soil, nutrient uptake, and growth of sweet corn were increased as compared to the control treatment. Therefore, the result indicated that increasing organic matter in soil not only promoted sweet corn's growth rate, but also improved soil properties, increasing labile soil organic carbon fraction and enhancing plant nutrients level.

Keyword: Soil organic carbon fraction, soil organic matter, nutrient uptake, sweet corn

Copyright @ Journal of Agriculture, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University. All rights reserved.

บทคัดย่อ: อินทรียวัตถุ (OM) เป็นสารประกอบอินทรีย์ที่มีองค์ประกอบหลักเป็นคาร์บอนอินทรีย์ ซึ่งประกอบด้วยคาร์บอนอินทรีย์รูปที่สามารถย่อยสลายได้ง่าย (labile) และรูปที่ย่อยสลายได้ยากและมีความเสถียร (recalcitrant) คาร์บอนอินทรีย์แต่ละรูปในดินมีบทบาทสำคัญในการปรับปรุงสมบัติดิน เพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดิน และผลิตภาพดินที่แตกต่างกัน จึงศึกษาผลของระดับอินทรียวัตถุต่อสมบัติดิน รูปคาร์บอนอินทรีย์ การดูดใช้ธาตุอาหารพืช และการเจริญเติบโตของข้าวโพดหวานในกระถาง โดยเก็บตัวอย่างดินที่มีอินทรียวัตถุระดับต่ำและปรับอินทรียวัตถุในดินให้มีระดับที่แตกต่างกันด้วยมูลวัว (2, 3 และ 4% OM) จำนวน 5 ซ้ำ โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ ผลการศึกษาพบว่า เมื่อระดับอินทรียวัตถุในดินเพิ่มขึ้นส่งผลให้ความหนาแน่นรวมของดินลดลง ในขณะที่ความจุความชื้นสนาม ความเป็นกรด-ด่างของดิน ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมที่สกัดได้ คาร์บอนอินทรีย์รูปที่ย่อยสลายได้ง่ายมากและย่อยสลายได้ง่ายในดินเพิ่มขึ้น อีกทั้งส่งผลให้การดูดใช้ธาตุอาหารพืช และการเจริญเติบโตของข้าวโพดหวานเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีที่ไม่เติมอินทรียวัตถุ ดังนั้น จากผลการทดลองชี้ให้เห็นว่า การเพิ่มอินทรียวัตถุในดินในไม่เพียงแต่ช่วยเพิ่มการเจริญเติบโตของข้าวโพด แต่ยังช่วยปรับปรุงสมบัติดิน เพิ่มคาร์บอนอินทรีย์ในรูปที่ย่อยสลายได้ง่าย และเพิ่มระดับธาตุอาหารให้แก่พืช

คำสำคัญ: รูปคาร์บอนอินทรีย์ในดิน อินทรียวัตถุในดิน การดูดใช้ธาตุอาหาร ข้าวโพดหวาน

คำนำ

อินทรียวัตถุในดินมีความสำคัญในการปรับปรุงสมบัติทางฟิสิกส์ เคมี และชีวภาพของดิน มีบทบาทสำคัญในการดูดซับธาตุอาหารพืชในดินเพื่อเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดินและผลผลิตของพืช (Lee, 2010) มีรายงานระดับอินทรียวัตถุในดินทั่วไปที่เหมาะสมอยู่ในช่วงร้อยละ 1.5-3.5 (Intaravicha *et al*., 2019) ทั้งนี้องค์ประกอบส่วนใหญ่ในอินทรียวัตถุประกอบด้วยคาร์บอนอินทรีย์ มีทั้งรูปที่สามารถย่อยสลายได้ง่ายและค่อย ๆ เป็นประโยชน์ต่อพืช (Souza *et al*., 2016) ซึ่งจะช่วยส่งเสริมการเกิดเม็ดดินขนาดใหญ่ (Majumder *et al*.,2007) มีการศึกษารูปคาร์บอนอินทรีย์ในดิน 4 รูป ได้แก่ รูปที่ย่อยสลายได้ง่ายมาก (very labile: F1) รูปที่ย่อยสลายง่าย (labile: F2) รูปที่ย่อยสลายได้ยาก (less labile: F3) และรูปที่ย่อยสลายได้ยากมาก (recalcitrant: F4) (Majumder *et al*., 2007) โดยมีรายงานว่า รูป F1 และ F2 เป็นรูปที่ไวต่อการเปลี่ยนแปลงภายใต้การจัดการดิน (Blair *et al*., 1995) มีการศึกษาผลการใช้ปุ๋ยคอกต่อรูปคาร์บอนอินทรีย์ในดินปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ พบว่า เมื่อมีการใช้ปุ๋ยคอกติดต่อกันเป็นระยะเวลานานในพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ส่งผลให้มีปริมาณคาร์บอนอินทรีย์สะสมในดินสูงกว่าดินที่มีการใช้เฉพาะปุ๋ยเคมี อีกทั้งเพิ่มคาร์บอนอินทรีย์รูปที่ย่อยสลายได้ง่าย ที่ประโยชน์ต่อพืชได้ง่าย ซึ่งอยู่ในรูปที่ออกซิไดซ์ได้ง่าย ส่วนใหญ่จะเป็นคาร์บอนในสารประกอบพอลิแซ็กคาไรด์ เช่น แป้ง เซลลูโลส เป็นต้น (Gong *et al*., 2009) และมีรายงานการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ในระยะยาวสามารถเพิ่มการกักเก็บคาร์บอนอินทรีย์ในดิน (F3 และ F4) (Liu *et al*., 2018) และอินทรียวัตถุสามารถปรับปรุงสมบัติของดินให้เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืชเพิ่มขึ้น ทำให้ดินมีความหนาแน่นรวมลดลง และเพิ่มความสามารถในการกักเก็บน้ำภายในดิน ซึ่งจากการศึกษาคุณภาพของดินหลังการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ ส่งผลให้ดินมีความร่วนซุย และความหนาแน่นรวมของดินลดลง อีกทั้งสามารถควบคุมการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด-ด่างของดิน ทำให้ดินมีค่าความเป็นกรด-ด่างอยู่ในช่วงที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช (Zhang *et al*., 2016) และช่วยลดการสูญเสียธาตุอาหารพืชเมื่อเทียบกับการใช้ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว (Boonyen and Inthasan, 2015)

การเพิ่มระดับอินทรียวัตถุในดินสามารถส่งเสริมการดูดใช้ธาตุอาหารของพืช ส่งผลให้พืชมีผลผลิตและการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้น โดยมีรายงานการใช้

ปุ๋ยอินทรีย์ร่วมกับปุ๋ยเคมี ส่งผลต่อการเติบโตและผลผลิตของข้าวโพดหวานเพิ่มขึ้น (Domyos *et al.*, 2018) และการใช้ปุ๋ยอินทรีย์สามารถส่งเสริมการเจริญเติบโตทั้งความสูงและเส้นผ่านศูนย์กลางของลำต้น รวมทั้งการดูดใช้ธาตุอาหารพืชเพิ่มขึ้น (Lee, 2010) ทั้งนี้ การเพิ่มอินทรียวัตถุในดินควรปรับปรุงให้อยู่ในระดับที่เหมาะสม ช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตและการดูดใช้ธาตุอาหารพืช สอดคล้องกับการเพิ่มระดับอินทรียวัตถุในดินอยู่ในระดับร้อยละ 3.4 โดยน้ำหนัก มีผลทำให้ธาตุอาหารพืชเพิ่มขึ้น (Boonyen and Inthasan, 2015)

จากรายงานที่ผ่านมา พบว่า คาร์บอนอินทรีย์รูป F1 และ F2 เป็นรูปที่ไวต่อการเปลี่ยนแปลงภายใต้การจัดการดิน (Blair *et al.*, 1995) ทั้งนี้การศึกษาการจัดการอินทรียวัตถุในดินต่อรูปคาร์บอนอินทรีย์เป็นการศึกษาในระยะยาว จึงจะสามารถเห็นความแตกต่างระหว่างคาร์บอนอินทรียวัตถุในรูปที่ย่อยสลายได้ง่ายและรูปที่ค่อนข้างเสถียร ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาการใช้ปุ๋ยระยะยาว ที่พบว่า การใส่ปุ๋ยคอกต่อเนื่องเป็นระยะเวลา 15 ปี คาร์บอนอินทรีย์รูปที่ค่อนข้างเสถียรเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ (Ding *et al.*, 2016) ดังนั้น คณะผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาการจัดการระดับอินทรียวัตถุในระยะสั้น โดยมีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาผลของระดับอินทรียวัตถุต่อสมบัติดิน รูปคาร์บอนอินทรีย์ การดูดใช้ธาตุอาหาร และการเจริญเติบโตของข้าวโพดหวาน

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมและวิเคราะห์สมบัติของดินก่อนและหลังปลูกข้าวโพด

เก็บตัวอย่างดินจากแปลงที่มีอินทรียวัตถุในดินระดับต่ำ บริเวณตำบลคลองหอยโข่ง อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา (พิกัด 6.854797N, 100.354429E) ซึ่งชุดดินที่เก็บคือ ชุดดินคลองท่อม (fine-loamy, kaolinitic, isohyperthermic Typic Kandiudults) เก็บที่ความลึก 0-30 cm ผึ่งให้แห้ง ร่อนผ่านตะแกรงขนาดช่องเปิด 2.0 mm เพื่อวิเคราะห์สมบัติพื้นฐานของดิน ได้แก่ ความเป็นกรด-ด่างของดิน สภาพนำไฟฟ้าของดิน ไนโตรเจนทั้งหมด ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมที่สกัดได้ และร่อนผ่านตะแกรงขนาดช่องเปิด 0.50 mm เพื่อวิเคราะห์อินทรียวัตถุในดิน (Onthong and Poonpakee, 2017) และนำดินที่เหลือร่อนผ่านตะแกรงขนาดช่องกว้าง 2.0 cm สำหรับใช้ปลูกข้าวโพดหวาน

เมื่อสิ้นสุดการทดลองเก็บตัวอย่างดินเพื่อวิเคราะห์สมบัติของดิน ได้แก่ ความหนาแน่นรวม สภาพความจุความชื้นสนาม ความเป็นกรด-ด่าง ค่าสภาพนำไฟฟ้า ไนโตรเจนทั้งหมด ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ โพแทสเซียม แมกนีเซียม และแคลเซียมที่สกัดได้ และอินทรียวัตถุ (Blake and Hartge, 1986; Onthong and Poonpakee, 2017) และวิเคราะห์รูปคาร์บอนอินทรีย์ตามวิธี modified Walkley and Black (Chan *et al.*, 2001) โดยใช้โพแทสเซียมไดโครเมต ออกซิไดซ์คาร์บอน และใช้กรดซัลฟิวริกที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน และไทเทรตด้วยเฟอรัสแอมโมเนียมซัลเฟต เพื่อให้ได้คาร์บอนอินทรีย์รูปต่าง ๆ ดังนี้ คาร์บอนอินทรีย์รูป F1 ใช้กรดซัลฟิวริกเข้มข้น 6 M คาร์บอนอินทรีย์รูป F2 ได้จากผลต่างของคาร์บอนอินทรีย์ที่ได้จากการใช้กรดซัลฟิวริกเข้มข้น 9 M และ 6 M คาร์บอนอินทรีย์รูป F3 ได้จากผลต่างของคาร์บอนอินทรีย์ที่ได้จากการใช้กรดซัลฟิวริกเข้มข้น 12 M และ 9 M และคาร์บอนอินทรีย์รูป F4 ได้จากผลต่างของคาร์บอนอินทรีย์ทั้งหมด และคาร์บอนอินทรีย์ที่ใช้กรดซัลฟิวริกเข้มข้น 12 M โดยคาร์บอนอินทรีย์ทั้งหมดในดินใช้กรดซัลฟิวริกที่ความเข้มข้น 12 M และเร่งปฏิกิริยาที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส

การวางแผนการทดลองปลูกข้าวโพด

ทดลองปลูกข้าวโพดหวาน ณ บริเวณโรงเรือนคณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ ใช้ดินกระถางละ 3 กิโลกรัม (กระถางกลม เส้นผ่านศูนย์กลางปากกระถาง 20 cm เส้นผ่านศูนย์กลางก้นกระถาง 14 cm สูง 14 cm คิดเป็นปริมาตร 3.2 L) โดยใช้มูลวัวปรับระดับอินทรียวัตถุในดินให้ได้ระดับต่าง ๆ มูลวัวที่ใช้มีอินทรียวัตถุร้อยละ 27.19 ค่าพีเอช 7.5 ไนโตรเจนทั้งหมดร้อยละ 2.13 ฟอสฟอรัสทั้งหมด (P_2O_5) ร้อยละ 1.58 โพแทสเซียมทั้งหมด (K_2O) ร้อยละ 0.26 แคลเซียมและแมกนีเซียมทั้งหมดร้อยละ

1.10 และ 0.68 ตามลำดับ โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomized design, CRD) จำนวน 4 กรรมวิธี กรรมวิธีละ 5 ซ้ำ ประกอบด้วย กรรมวิธีที่ 1 ไม่เติมมูลวัว กรรมวิธีที่ 2-4 เติมมูลวัวทั้งหมด 82.8, 193.2 และ 303.3 กรัมต่อกระถาง ตามลำดับ เพื่อให้ได้ระดับอินทรียวัตถุร้อยละ 2.0 ร้อยละ 3.0 และ ร้อยละ 4.0 โดยน้ำหนัก ตามลำดับ ปลูกข้าวโพดกระถางละ 3 เมล็ด ให้น้ำเป็นประจำทุกวัน หลังเมล็ดงอกสม่ำเสมอทำการถอนแยกให้เหลือ 1 ต้นต่อกระถาง เมื่อข้าวโพดอายุได้ 10 วันหลังปลูก ใส่ปุ๋ยเกรด 15-15-15 อัตรา 2.00 กรัมต่อกระถาง และรดด้วยสารละลายเจือจางปุ๋ยไฮโดรโปนิกส์ A และ B โดยปิเปตสารละลายเข้มข้นปุ๋ยไฮโดรโปนิกส์สูตรจาก สารละลาย Hoagland and Arnon (1938) มาอย่างละ 10 มิลลิลิตร ผสมลงในน้ำปริมาตร 1 ลิตร เพื่อใช้เป็นแหล่งให้ธาตุอาหารอื่น ๆ ที่จะส่งผลต่อการเจริญเติบโตของพืช รดสารละลายปุ๋ยเจือจางปริมาตร 20 มิลลิลิตรต่อกระถาง ทุกสัปดาห์ ตลอดระยะเวลาการทดลอง

การเก็บข้อมูลการเจริญเติบโตและการวิเคราะห์ธาตุอาหารในข้าวโพดหวาน

เก็บข้อมูลการเจริญเติบโต ได้แก่ ความสูง (วัดจากลำต้นส่วนเหนือดินถึงบริเวณข้อแรกบนสุดของต้น) เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นโดยใช้เวอร์เนียคาลิปเปอร์ (วัดบริเวณลำต้นเหนือดิน 5 cm) และนับจำนวนใบ ณ สัปดาห์ที่ 4, 6 และ 8 เมื่อสิ้นสุดการทดลองชั่งน้ำหนักสดส่วนของราก ลำต้น และใบ และนำไปอบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เพื่อหาน้ำหนักแห้งของข้าวโพด และวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหาร ได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมทั้งหมดในพืช (Onthong and Poonpakee, 2017)

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ทำการทดสอบข้อมูลทางสถิติ โดยนำข้อมูลรูปคาร์บอนอินทรีย์ สมบัติของดิน การเจริญเติบโต และปริมาณการดูดใช้ธาตุอาหารของข้าวโพด มาวิเคราะห์ความแปรปรวน one-way ANOVA และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างทรีตเมนต์ ด้วยวิธี Duncan's multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ร้อยละ 95

ผลการศึกษา

ผลการวิเคราะห์สมบัติของดินก่อนและหลังปลูกข้าวโพดหวาน

ผลการทดสอบสมบัติทั่วไปของดิน พบว่า ดินมีสภาพเป็นกรด ปริมาณอินทรียวัตถุในดินอยู่ในระดับต่ำ และมีปริมาณธาตุอาหารหลักอยู่ในเกณฑ์ต่ำ (Table 1)

เมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่าเมื่อเพิ่มระดับอินทรียวัตถุในดิน ส่งผลให้ดินมีความหนาแน่นรวมลดลง ความจุความชื้นสนามเพิ่มขึ้น (Table 2) ค่าความเป็นกรด-ด่างของดิน ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมที่สกัดได้เพิ่มขึ้น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 3)

Table 1. Soil chemical properties before planting

Parameters	Value
Soil pH (soil: water, 1:5)	4.81
EC (dS m^{-1}) (soil: water, 1:5)	0.10
Soil orgnaic matter (%)	1.25
Total N (g kg^{-1})	0.84
Available P (mg kg^{-1})	3.67
Extractable K (mg kg^{-1})	30.58

Table 2. Effects of soil organic matter levels on soil physical properties

Treatment	Bulk density[1] ($g\ cm^{-3}$)	Field water capacity[1] (%w/w)
Control	1.43a	26.81b
2 %OM	1.41a	26.21b
3 %OM	1.31b	31.38a
4 %OM	1.28b	31.15a
F-test	**	**
C.V.(%)	1.44	2.58

[1]Means within the same column followed by different letters showed significantly different treatments by the DMRT test

** = significant at $P \leq 0.01$

รูปคาร์บอนอินทรียในดินปลูกข้าวโพดหวาน

ผลการทดลองพบว่า เมื่อเพิ่มระดับอินทรียวัตถุในดินส่งผลให้ปริมาณอินทรียวัตถุในดินเพิ่มขึ้น (Table 3) และรูปคาร์บอนอินทรีย์แต่ละรูปเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน โดยเฉพาะ F1 และ F2 แต่ F4 มีแนวโน้มลดลง (Table 4)

การเจริญเติบโตของข้าวโพดหวาน

ผลการทดลองพบว่า เมื่อเพิ่มระดับอินทรียวัตถุในดินส่งผลให้การเจริญเติบโตทางด้านลำต้นและรากของข้าวโพดหวานเพิ่มขึ้น (Figure 1) นอกจากนี้ข้าวโพดหวานมีน้ำหนักสด และน้ำหนักแห้งของใบ ราก และลำต้นเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อเทียบกับกรรมวิธีที่ไม่เติมอินทรียวัตถุ โดยเฉพาะระดับอินทรียวัตถุในดินร้อยละ 3 มีแนวโน้มสูงสุด (Table 5)

นอกจากนี้การเพิ่มระดับอินทรียวัตถุในดินส่งผลต่อความสูงของข้าวโพดหวานได้อย่างชัดเจนตลอดระยะเวลาการทดลอง 8 สัปดาห์ สำหรับเส้นผ่านศูนย์กลางของลำต้น และจำนวนใบ พบว่า เมื่อเพิ่มระดับอินทรียวัตถุในดินส่งผลให้มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อเทียบกับกรรมวิธีที่ไม่เติมอินทรียวัตถุ (Figure 2)

ความเข้มข้นและปริมาณการดูดใช้ธาตุอาหารพืชในข้าวโพดหวาน

ผลการทดลองพบว่า การเพิ่มระดับอินทรียวัตถุในดิน ทำให้ความเข้มข้นของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในส่วนต่าง ๆ ของข้าวโพดหวานไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่ความเข้มข้นของโพแทสเซียมในส่วนลำต้น ฟอสฟอรัสในราก และไนโตรเจนทั้งในส่วนใบและราก มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น และพบว่า ความเข้มข้นของแคลเซียมและแมกนีเซียมเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ยกเว้นความเข้มข้นของแคลเซียมในส่วนลำต้นไม่แตกต่างกัน โดยพบความเข้มข้นของแคลเซียมและแมกนีเซียมในส่วนของรากมากที่สุด ตามด้วยใบ และลำต้น ตามลำดับ (Figure 3) อีกทั้ง เมื่อเพิ่มระดับอินทรียวัตถุในดินส่งผลให้ปริมาณการดูดใช้ธาตุอาหารพืชเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยการดูดใช้ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม และแมกนีเซียมในส่วนใบและลำต้นมากกว่าส่วนราก ยกเว้นแคลเซียมในใบ ราก และลำต้นไม่แตกต่างกัน (Figure 4)

Table 3. Effects of soil organic matter levels on soil chemical properties

Treatment	pH[1] (soil:water, 1:5)	EC[1] (dS m^{-1})	OM[1] (g kg^{-1})	Total N[1] (g kg^{-1})	Available P[1] (mg kg^{-1})	Extractable cation[1] (mg kg^{-1})		
						K	Ca	Mg
Control	4.86c	0.26a	7.15d	0.84c	54.27d	17.95b	89.81d	19.23d
2 %OM	5.15b	0.12b	12.90c	0.91c	100.15c	24.41a	229.29c	63.12c
3 %OM	5.54a	0.13b	17.91b	1.15b	139.40b	22.85a	335.76b	105.28b
4 %OM	5.63a	0.18b	22.99a	1.43a	214.47a	39.89a	491.85a	191.40a
F-test	**	**	**	**	**	**	**	**
C.V.(%)	14.75	8.91	8.86	4.99	10.87	15.69	23.73	11.91

[1]Means within the same column followed by different letters showed significantly different treatments by the DMRT test

** = significant at $P \leq 0.01$

Table 4. Effects of soil organic matter levels on soil organic matter and organic carbon fractions

Treatment	TOC[1] (g kg^{-1})	Fractions (g kg^{-1})			
		F1[1]	F2[1]	F3[1]	F4[1]
Control	10.61d	2.09d	2.06c	0.69b	5.77a
2 %OM	13.68c	4.52c	2.97bc	1.37ab	4.82ab
3 %OM	16.59b	7.03b	3.36ab	1.32ab	4.88ab
4 %OM	18.45a	9.09a	4.25a	2.04a	3.07b
F-test	**	**	**	**	*
C.V.(%)	8.08	10.74	6.65	10.59	8.95

[1]Means within the same column followed by different letters showed significantly different treatments by the DMRT test

** = significant at $P \leq 0.01$

F1 = very labile; F2 = lablie; F3 = less labile; F4 = recalcitrant

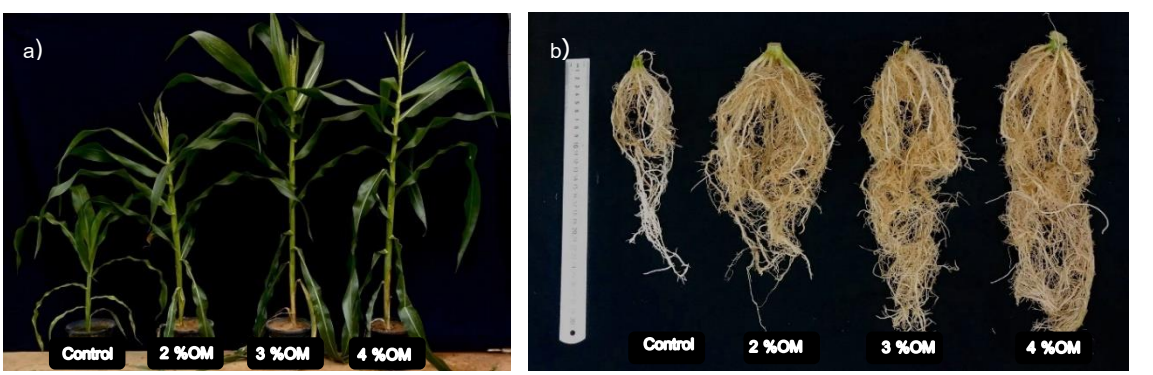


Figure 1. Effects of soil organic matter levels on growth of stem **(a)** and root **(b)** of sweet corn (8 week old)

Table 5. Effects of soil organic matter levels on sweet corn biomass (g/pot)

Treatment	Leaf (g/pot)		Root (g/pot)		Stem (g/pot)		Total (g/pot)	
	Fresh[1]	Dry[1]	Fresh[1]	Dry[1]	Fresh[1]	Dry[1]	Fresh[1]	Dry[1]
Control	23.58b	3.07b	10.42b	0.76b	19.07b	1.14b	53.07b	4.97b
2% OM	90.28a	15.85a	64.70a	7.84a	152.69a	17.27a	307.67a	40.96a
3% OM	106.53a	18.37a	58.91a	5.90a	171.27a	18.76a	336.70a	43.00a
4% OM	104.79a	18.12a	57.94a	5.92a	166.47a	16.68a	329.21a	40.73a
F-test	**	**	**	**	**	**	**	**
C.V.(%)	10.32	10.83	11.10	13.48	11.89	12.85	10.95	11.54

[1]Means within the same column followed by different letters showed significantly different treatments by the DMRT test

** = significant at $P \leq 0.01$

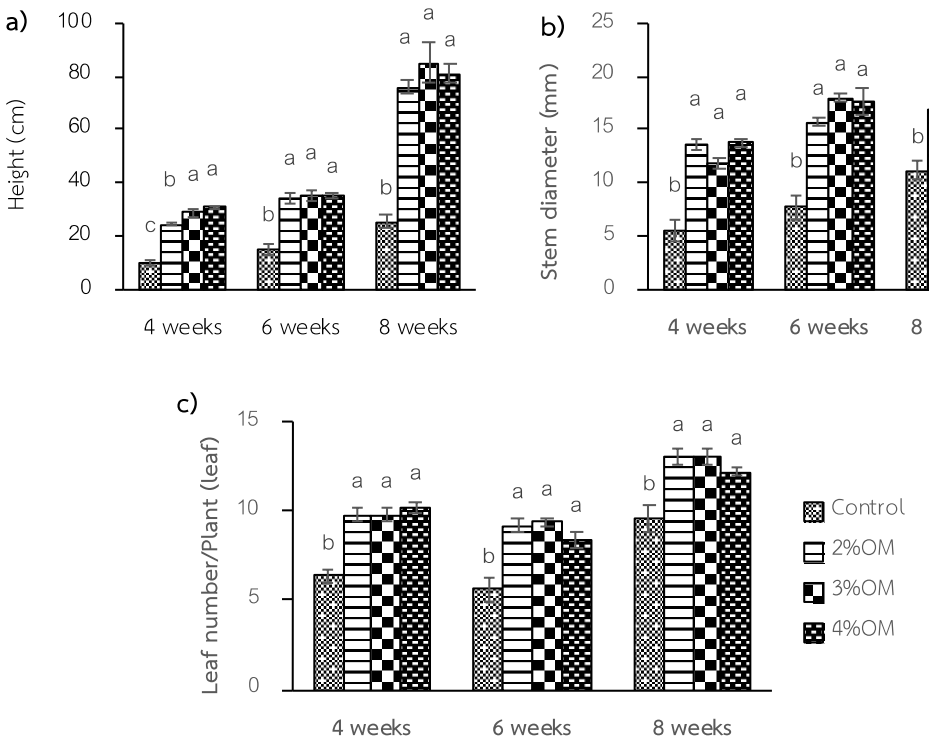


Figure 2. Effects of organic matter levels on plant height (a) stem diameter (b) and leaf number (c) of sweet corn at 4-, 6- and 8- week old

Different letters showed significantly different treatments by the DMRT test

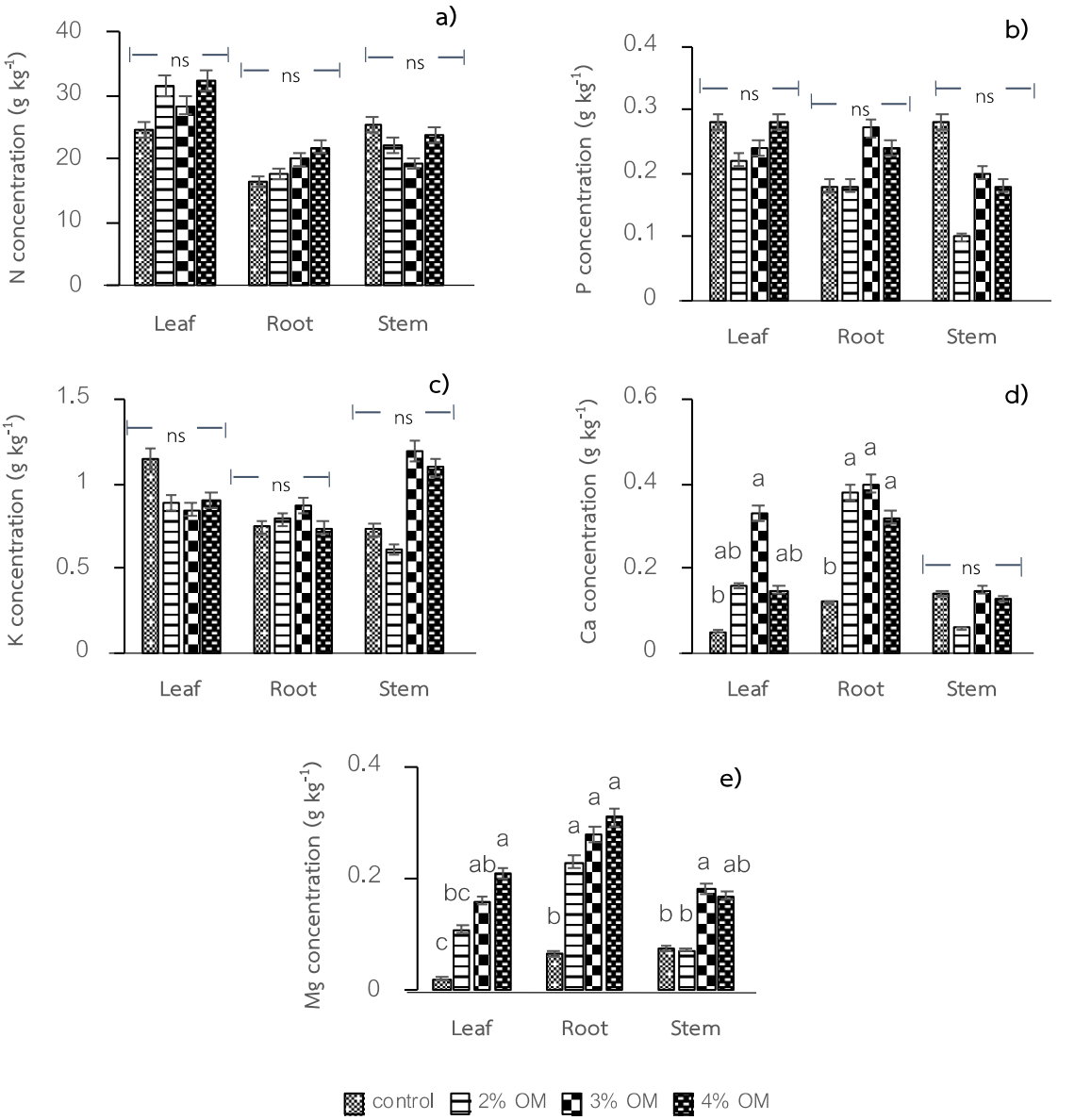


Figure 3. Effects of soil organic matter levels on nitrogen (a), phosphorus (b) potassium (c), calcium (d) and magnesium (e) concentration in sweet corn

Different letters showed significantly different treatments by the DMRT test, ns Not significant

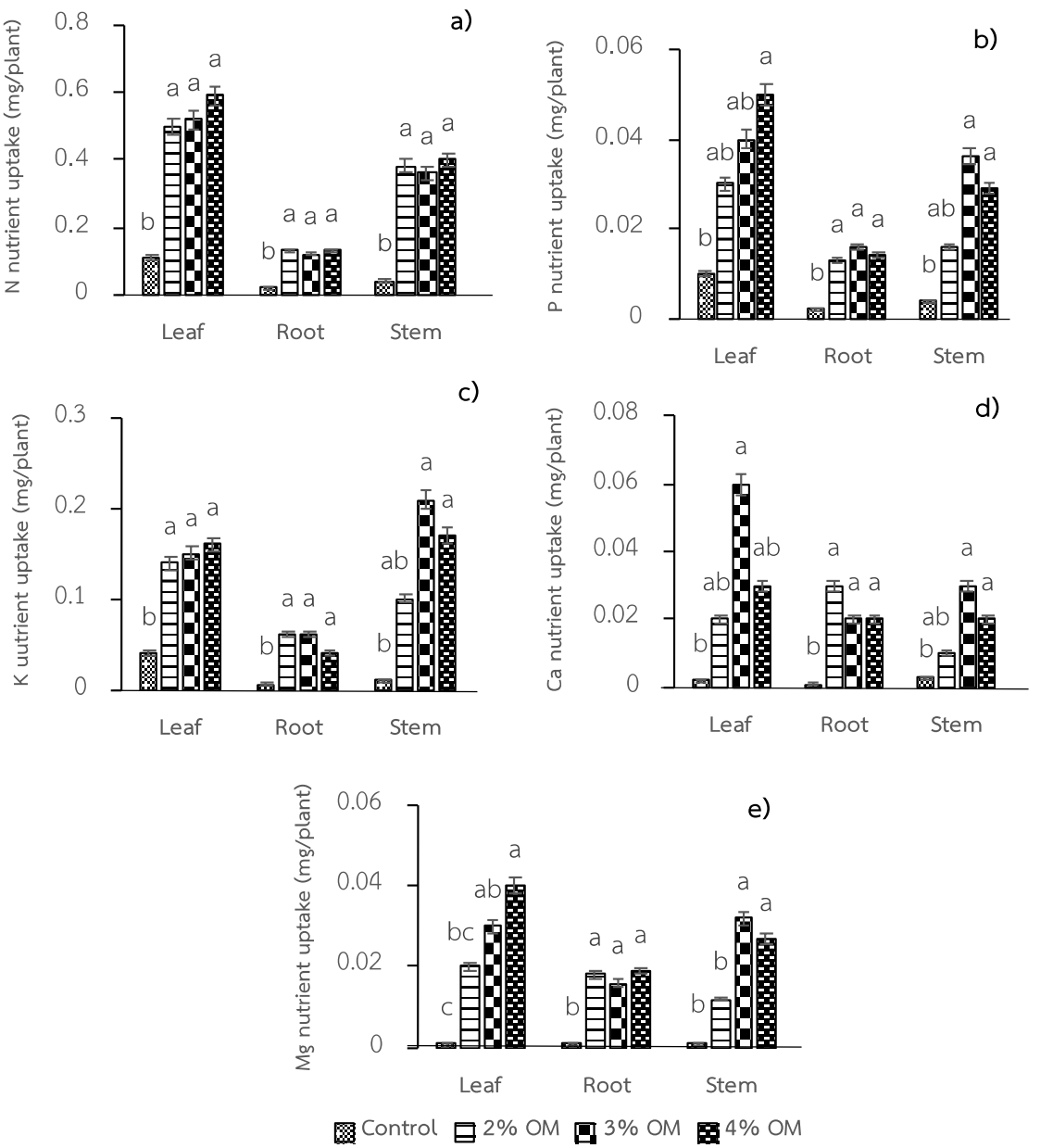


Figure 4. Effects of soil organic matter levels on nitrogen (a), phosphorus (b) potassium (c), calcium (d) and magnesium (e) uptake of sweet corn

Different letters showed significantly different treatments by the DMRT test

วิจารณ์

ผลของอินทรียวัตถุต่อสมบัติดินและรูปคาร์บอนอินทรีย์

ดินที่ใช้ศึกษาคือชุดดินคลองท่อม (fine-loamy, kaolinitic, isohyperthermic Typic Kandiudults) ซึ่งมีสมบัติดินทั่วไป ได้แก่ อินทรียวัตถุในดิน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับต่ำ และมีความสามารถในการอุ้มน้ำต่ำ มีพัฒนาการของดินสูง (Land Development Department, 2005) สอดคล้องกับการศึกษาที่ผ่านมา พบว่า ชุดดินคลองท่อม มีลักษณะเนื้อดินเป็นดินร่วนปนทราย ดินเป็นกรด และอินทรียวัตถุในดินอยู่ในระดับต่ำ (Tepnuan, 2011) เมื่อมีการปรับปรุงด้วยอินทรียวัตถุระดับต่าง ๆ พบว่า ความหนาแน่นรวมของดินลดลง ความจุความชื้นสนามเพิ่มขึ้น (Table 2) รวมทั้งค่าความเป็นกรด-ด่างของดิน ไนโตรเจนทั้งหมด ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมที่สกัดได้เพิ่มขึ้น (Table 3) เนื่องจาก มูลวัวที่นำมาศึกษา มีองค์ประกอบของไนโตรเจนทั้งหมด ฟอสฟอรัสทั้งหมด โพแทสเซียมทั้งหมด แคลเซียมและแมกนีเซียมทั้งหมดร้อยละ 2.13, 1.58, 0.26, 1.10 และ 0.68 ตามลำดับ จึงส่งเสริมให้ในดินมีธาตุอาหารพืชเพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีที่ไม่เติมอินทรียวัตถุ ทั้งนี้มีรายงานการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ต่อการเจริญเติบโตและสมบัติทางเคมีของดิน พบว่า ดินที่มีลักษณะเนื้อดินเป็นดินร่วนปนทรายแป้ง เมื่อมีการเติมปุ๋ยอินทรีย์ในดิน ส่งผลให้ความเป็นกรด-ด่างของดินเพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีที่ไม่เติมอินทรียวัตถุ ที่ใส่เฉพาะปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว (Lee, 2010) อีกทั้งความหนาแน่นรวมของดินลดลงและเพิ่มความจุความชื้นสนามอย่างมีนัยสำคัญ เนื่องจากมูลสัตว์มีสมบัติทำให้ดินมีความร่วนซุย และเพิ่มช่องว่างในดิน ซึ่งส่งเสริมให้สามารถเพิ่มศักยภาพในการกักเก็บน้ำได้เพิ่มขึ้น สอดคล้องกับการศึกษาผลการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ร่วมกับปุ๋ยเคมีต่อสมบัติทางฟิสิกส์ของดิน พบว่า เมื่อมีการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ร่วมกับปุ๋ยเคมี ส่งผลให้สมบัติทางฟิสิกส์ของดิน คือ ความหนาแน่นรวมของดินลดลง และความสามารถในการกักเก็บน้ำของดินเพิ่มขึ้น เมื่อเทียบกับกรรมวิธีที่ไม่เติมอินทรียวัตถุ (Herencia *et al*., 2011)

การศึกษารูปคาร์บอนอินทรีย์ในดินที่มีการปรับปรุงด้วยอินทรียวัตถุระดับต่าง ๆ ด้วยมูลวัว พบว่า ส่งผลให้ปริมาณอินทรียวัตถุในดินเพิ่มขึ้น (Table 3) และรูปคาร์บอนอินทรีย์แต่ละรูปเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ โดยเฉพาะรูป F1 และ F2 (Table 4) สอดคล้องกับที่มีรายงานว่า รูป F1 และ F2 เป็นรูปที่ไวต่อการเปลี่ยนแปลงภายใต้การจัดการดิน (Blair *et al*., 1995) ซึ่งคาร์บอนอินทรีย์รูป F1 และ F2 เป็นคาร์บอนอินทรีย์ที่เป็นองค์ประกอบของสารอินทรีย์ในรูปต่าง ๆ ซึ่งย่อยสลายได้ง่าย เป็นประโยชน์กับพืชได้ง่าย เช่น กลุ่มคาร์โบไฮเดรต น้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว เซลล์ลูโลส และรูปของกรดอะมิโนต่าง ๆ (Matus *et al*., 2009) แต่คาร์บอนอินทรีย์รูป F4 พบว่า มีการเปลี่ยนแปลงน้อยและมีแนวโน้มลดลงเล็กน้อยเมื่อเพิ่มมูลวัว ทั้งนี้อาจเนื่องจากผลการเหนี่ยวนำ (priming effect) เนื่องจากการใส่มูลวัวในปริมาณที่มากขึ้นไปกระตุ้นกิจกรรมของจุลินทรีย์มากขึ้น ซึ่งส่งผลต่อการย่อยสลายคาร์บอนอินทรีย์รูป F4 สอดคล้องกับที่มีรายงานว่าการเพิ่มวัสดุอินทรีย์ส่งผลให้เกิด priming effect เพิ่มขึ้น ทำให้เสถียรภาพของคาร์บอนอินทรีย์ในดินลดลง (Shahbaz *et al*., 2017) นอกจากมีรายงานว่า การใช้ปุ๋ยคอกในระยะยาว ส่งผลต่อปริมาณอินทรียวัตถุในดินปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ซึ่งสามารถเพิ่มปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ทั้งรูปที่ย่อยสลายได้ง่าย (F1 และ F2) และเพิ่มปริมาณการกักเก็บคาร์บอนอินทรีย์ส่วนที่ค่อย ๆ ย่อยสลาย (F4) เนื่องจากคาร์บอนอินทรีย์ในรูปนี้ส่วนใหญ่เป็นคาร์บอนเชิงซ้อน เช่น ลิกนิน จึงส่งผลให้เกิดการย่อยสลายค่อนข้างยาก (Gong *et al*., 2009) และมีรายงานว่า คาร์บอนอินทรีย์รูป F3 และ F4 เกิดจากการสะสมอินทรียวัตถุเป็นระยะเวลานานซึ่งเป็นรูปที่ค่อนข้างเสถียร เป็นรูปที่เกี่ยวข้องกับสารประกอบที่มีเสถียรภาพทางเคมีสูงและถูกย่อยโดยจุลินทรีย์อย่างช้า ๆ (Liu *et al*., 2018)

ผลของระดับอินทรียวัตถุต่อความเข้มข้น การดูดใช้ธาตุอาหาร และการเจริญเติบโตของพืช

การศึกษาความเข้มข้นของธาตุอาหารพืชในส่วนต่าง ๆ ของข้าวโพดหวาน หลังจากปลูกข้าวโพดหวานครบ 8 สัปดาห์ พบว่า เมื่อเพิ่มระดับอินทรียวัตถุในดิน ส่งผลให้ความเข้มข้นของธาตุอาหารพืชมีแนวโน้ม

เพิ่มขึ้น (Figure 3) สอดคล้องกับการศึกษาของ Boonyen and Inthasan (2015) พบว่า เมื่อมีการใช้ปุ๋ยอินทรีย์เพิ่มขึ้น สามารถเพิ่มความเข้มข้นของธาตุอาหารพืชในส่วนต่าง ๆ เพิ่มขึ้น โดยเฉพาะในใบพืช ได้แก่ ไนโตรเจน โพแทสเซียม ฟอสฟอรัส แคลเซียม เนื่องจากนำไปใช้ในการสังเคราะห์และลำเลียงสารอาหารไปยังส่วนต่าง ๆ ของพืชเพื่อส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชเพิ่มขึ้น และมีรายงานการศึกษาผลการใช้ปุ๋ยคอกต่อการเจริญเติบโตของพืช พบว่า เมื่อมีการใช้ปุ๋ยคอกเพิ่มขึ้น ส่งผลให้มีความเข้มข้นของธาตุอาหารพืช ได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียมและแมกนีเซียมเพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีที่ไม่ใช้ปุ๋ยคอก (Adekiya *et al*., 2020) อีกทั้งเมื่อระดับอินทรียวัตถุในดินเพิ่มขึ้น ส่งผลให้การดูดใช้ธาตุอาหารพืชเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ โดยเฉพาะส่วนใบและลำต้นมีการดูดใช้ธาตุอาหารพืชมากกว่าส่วนราก (Figure 4) จากการศึกษาของ Ayeni and Adetunji (2010) พบว่า เมื่อใส่มูลไก่ร่วมกับปุ๋ยเคมี ส่งผลให้ความเข้มข้นและการดูดใช้ธาตุอาหารพืชเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะส่วนใบและลำต้นของพืช เนื่องจากพืชใช้ใบในกระบวนสังเคราะห์แสงและการสะสมอาหาร สอดคล้องกับการศึกษาของ Boonyen and Inthasan (2015) พบว่า ปริมาณของธาตุอาหารพืชในใบมากที่สุด ใน กรรมวิธีที่ใช้ปุ๋ยอินทรีย์เพิ่มขึ้น อีกทั้งเมื่อมีการใส่มูลวัวส่งผลให้แคลเซียมและแมกนีเซียมเพิ่มขึ้น แต่โพแทสเซียมลดลง เนื่องจากปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดในมูลวัวมีสะสมอยู่เพียงร้อยละ 0.26 ซึ่งน้อยกว่าแคลเซียมและแมกนีเซียมทั้งหมดในมูลวัว ทั้งนี้การปรับอินทรียวัตถุในการทดลองเป็นร้อยละ 2-4 สามารถส่งเสริมการเจริญเติบของพืชได้ดี ตามคำแนะนำของกรมพัฒนาที่ดินซึ่งอยู่ในช่วงร้อยละ 1.5-3.5 เป็นช่วงที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช และเมื่อคิดเป็นอัตราต่อไร่ พบว่า การปรับอินทรียวัตถุในดินเป็นร้อยละ 2-4 ต้องใช้ปุ๋ยอินทรีย์ปริมาณ 6,240 - 12,480 กิโลกรัมต่อไร่

การวัดการเจริญเติบโตของข้าวโพดหวาน ณ ช่วงเวลาต่าง ๆ แสดงให้เห็นว่า ต้นข้าวโพดเริ่มมีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วเมื่อผ่านไป 6 สัปดาห์ ทั้งส่วนของความสูง ขนาดของลำต้น และจำนวนใบต่อต้นที่เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ (Figure 2) และเมื่อครบ 8 สัปดาห์ พบว่า น้ำหนักสดและแห้งของต้นข้าวโพดหวานในกรรมวิธีที่เติมอินทรียวัตถุมากกว่ากรรมวิธีที่ไม่เติมอินทรียวัตถุอย่างมีนัยสำคัญ (Table 5) เนื่องจากการเพิ่มอินทรียวัตถุทำให้ความหนาแน่นรวมของดินลดลง และความจุความชื้นสนามของดินเพิ่มขึ้น (Table 2) รวมทั้งทำให้ความเป็นกรด-ด่างของดิน และปริมาณธาตุอาหารในดินเพิ่มขึ้น (Table 3) สอดคล้องกับการศึกษาของ Ayeni and Adetunji (2010) พบว่า เมื่อมีการใส่มูลไก่ร่วมกับปุ๋ยเคมี ส่งผลให้มีการเจริญเติบโตของพืชเพิ่มขึ้น ทั้งด้านความสูง ขนาดของลำต้น และรากพืช อีกทั้งมีน้ำหนักแห้งของลำต้นและรากเพิ่มขึ้น

สรุป

การใช้มูลวัวเพิ่มระดับอินทรียวัตถุให้แก่ดินปลูกข้าวโพดหวาน พบว่า เมื่อระดับอินทรียวัตถุในดินเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะระดับอินทรียวัตถุในดินที่ร้อยละ 3.0 ส่งผลให้ความหนาแน่นรวมของดินลดลง ความจุความชื้นสนาม ความเป็นกรด-ด่างของดิน และปริมาณธาตุอาหารในดิน รวมทั้งคาร์บอนอินทรีย์รูป F1 และ F2 ซึ่งเป็นรูปที่ย่อยสลายได้ง่าย เป็นประโยชน์กับพืชได้ง่ายเพิ่มขึ้นชัดเจน ส่งผลให้ข้าวโพดมีความสูง เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น จำนวนใบ น้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง และการดูดใช้ธาตุอาหารพืชมากกว่าในกรรมวิธีที่ไม่มีการใส่มูลวัว ดังนั้น การเพิ่มอินทรียวัตถุในดินช่วยปรับปรุงคุณภาพดิน โดยเฉพาะเพิ่มคาร์บอนอินทรีย์รูปที่ย่อยสลายได้ง่ายและธาตุอาหารพืช ส่งผลให้พืชเจริญเติบโตดีขึ้น ทั้งนี้เกษตรกรสามารถนำไปใช้เป็นแนวทางการจัดการอินทรียวัตถุในดินเพาะปลูกอย่างเพียงพอ ต่อการเจริญเติบโตของพืชต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยเพื่อวิทยานิพนธ์ งานวิจัยประเภทการทดลองทางวิทยาศาสตร์ จากบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ และทุนงบประมาณแผ่นดิน (แผนบูรณาการวิจัย และนวัตกรรม) สัญญาเลขที่ NAT620160c

เอกสารอ้างอิง

Adekiya, A.O., W.S. Ejue, A. Olayanju, O. Dunsin, C.M. Aboyeji, C. Aremu, K. Adegbite and O. Akinpelu. 2020. Different organic manure sources and NPK fertilizer on soil chemical properties, growth, yield and quality of okra. Scientific Reports 10: 16083, doi:10.1038/s41598-020-73291-x.

Ayeni, L.S. and M.T. Adetunji. 2010. Integrated application of poultry manure and mineral fertilizer on soil chemical properties, nutrient uptake, yield and growth components of maize. Nature and Science 8(1): 60-67.

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

Blake, G.R. and K.H. Hartge. 1986. Bulk density. pp. 363-375 *In*: A. Klute (2d.). Methods of Soil Analysis Part 1; Physical and Mineralogical Methods. 2nd., American Society of Agronomy, Inc., Madison, Winconsin.

Boonyen, S. and J. Inthasan. 2015. Effect of chemical fertilizer and organic fertilizer on soil fertility and yield of sweet corn (var. Hibrix 53) at Maewang district, Chiang Mai. Journal of Agricultural Research and Extension 32(1): 17-27. (in Thai)

Chan, K.Y., A. Bowman and A. Oates. 2001. Oxidizible organic carbon fractions and soil quality changes in an Oxic Paleustalf under different pasture leys. Soil Science 166(1): 61-67.

Domyos, S., P. Domyos and J. Saykaws. 2018. Using chemical fertilizer based on soil analysis in combination with organic fertilizers on growth and yield of sweet corn in Phatthalung soil series. Journal of Vocational Institute of Agriculture 2(1): 72-80. (in Thai).

Ding, S., S. Xue, and G. Liu. 2016. Effects of long-term fertilization on oxidizable organic carbon fractions on the Loess Plateau, China. Journal of Arid Land. 8:579-590.

Gong, W., X. Yan, J. Wang, T. Hu and Y. Gong. 2009. Long-term manure and fertilizer effects on soil organic matter fractions and microbes under a wheat–maize cropping system in northern China. Geoderma 149(3-4): 318-324.

Herencia, J.F., P.A. Garcia-Galavis and C. Maqueda. 2011. Long-term effect of organic and mineral fertilization on soil physical properties under greenhouse and outdoor management practices. Pedosphere 21(4): 443-453.

Hoagland, D.R. and D.I. Arnon. 1938. The Water-culture Method for Growing Plants without Soil. Circular 347. Agricultural Experiment Station, College of Agriculture, University of California, Berkeley. 40 p.

Intaravicha, N., S. Rakthai, P. Srigobue, A. Maksuwan, C. Kongsorn and R. Pinyai. 2019. The simple organic matter analysis by wet oxidation method for field study. Journal of Agricultural Vocational Education Institute 3(2): 24-32. (in Thai).

Land Development Department. 2005. Characteristics and properties of established soil series in the peninsular and southeast coast regions of Thailand. Office of Soil Survey and Land Use

Planning, Land Development Department, Bangkok. 120 p. (in Thai)

Lee, J. 2010. Effect of application methods of organic fertilizer on growth, soil chemical properties and microbial densities in organic bulb onion production. Scientia Horticulturae 124(3): 299-305.

Liu, H., J. Zhang, Z. Ai, Y. Wu, H. Xu, Q. Li, S. Xue and G. Liu. 2018. 16- Year fertilization changes the dynamics of soil oxidizable organic carbon fractions and the stability of soil organic carbon in soybean- corn agroecosystem. Agriculture, Ecosystems and Environment 265: 320-330.

Majumder, B., B. Mandal, P.K. Bandyopadhyay and J. Chaudhury. 2007. Soil organic carbon pools and productivity relationships for a 34 year old rice– wheat– jute agroecosystem under different fertilizer treatments. Plant and Soil 297(1-2): 53-67.

Matus, F.J., M. Escudey, J.E. Förster, M. Gutiérrez and A.C. Chang. 2009. Is the Walkley–Black method suitable for organic carbon determination in Chilean volcanic soils. Communications in Soil Science and Plant Analysis 40(11-12): 1862-1872.

Onthong, J. and C.Poonpakee. 2017. Soil and Plant Analysis Handbook. Department of Earth Sciences, Faculty of Natural Resources, Prince of Songkla University, Songkla. (in Thai)

Shahbaz, M., Y. Kuzyakov and F. Heitkamp. 2017. Decrease of soil organic matter stabilization with increasing input: mechanisms and controls. Geoderma 304: 76-82.

Souza, G.P.de., C.C.de. Figueiredo and D.M.G.de. Sousa. 2016. Relationships between labile soil organic carbon fractions under different soil management systems. Scientia Agricola 73(6): 535-542.

Tepnuan, J. 2011. Predicting phosphorus fertilizer by sorption isotherm of acid upland soil in southern Thailand. M.S. Thesis. Prince of Songkla University. Songkla. 96 p. (in Thai)

Zhang, Z., X. Zhang, M. Mahamood, S. Zhang, S. Huang and W. Liang. 2016. Effect of long-term combined application of organic and inorganic fertilizers on soil nematode communities within aggregates. Scientific Reports 6:31118, doi: 10.1038/srep3118.