



อิทธิพลของปุ๋ยอินทรีย์ที่มีต่อปริมาณธาตุอาหารในดิน การออกดอก และคุณภาพผลผลิตของโกโก้

The Influence of Organic Fertilizers on Nutrient Content in the Soil Flowering, and Yield Quality of Cocoa

บรรจง อูปแก้ว^{1*}, อภิรยา เทพสุคนธ์¹, อนุชา จันทราบูน¹, วราวุฒิ โล๊ะสุข¹, วสุธร บัวคอม¹,
ณัฐกร ไชยแสน², กัญญณ์พัชญ์ ดวงแก้ว³ และ กัลยา พงสะพัง³

Bunjong Oupkaew^{1*}, Apiraya Thepsukhon¹ Anucha Chantaraboon¹, Waravut Losuk¹, Wasuthorn
Buakom¹, Natthakorn Chaiyasaen², Kannaphat Duangkaew³
and Kanlaya Pongsapang³

¹สาขาพืชศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา น่าน
อำเภอภูเพียง จังหวัดน่าน 55000 ประเทศไทย

²สาขาสัตวศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา น่าน
อำเภอภูเพียง จังหวัดน่าน 55000 ประเทศไทย

³สาขาการจัดการธุรกิจ คณะบริหารธุรกิจและศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา น่าน
อำเภอภูเพียง จังหวัดน่าน 55000 ประเทศไทย

* Corresponding author: landscape@rmu.ac.th

Received date: March 2025 Accepted date: May 2025 Published date: June 2025

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของปุ๋ยอินทรีย์ที่มีต่อปริมาณธาตุอาหารในดิน การออกดอก และคุณภาพผลผลิตของโกโก้ วางแผนแบบการทดลองแบบบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design) โดยกำหนดให้ทรีตเมนต์คือ การปุ๋ยใส่อินทรีย์อัตรา 0, 0.5, 1.5, 2.5 และ 3.5 กิโลกรัมต่อต้น ทรีตเมนต์ละ 5 ซ้ำ ๆ ละ 3 ต้น ด้วยวิธีการหว่านรอบทรงพุ่มทุก 2 เดือน ตั้งแต่ระยะก่อนดอกบานจนถึงระยะเก็บเกี่ยวผลผลิต ในพื้นที่แปลงปลูกโกโก้ อินทรีย์ วิสาหกิจชุมชนกลุ่มเกษตรอินทรีย์ตำบลบัวใหญ่ อำเภอนาน้อย จังหวัดน่าน ระหว่างเดือน 1 ตุลาคม 2566 ถึง 30 กันยายน 2567 จากการทดลองพบว่า การให้ปุ๋ยอินทรีย์ทุกอัตรามีผลทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่าง ค่าการนำไฟฟ้า ปริมาณอินทรีย์วัตถุ ไนโตรเจนรวม ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ โพแทสเซียม อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน การย่อยสลายที่สมบูรณ์ และแมกนีเซียมในดินมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เปอร์เซ็นต์การติดผลเฉลี่ยต่อช่อ จำนวนผลต่อต้น ความกว้างผล ความยาวผล น้ำหนักผล ความกว้างเมล็ด ความยาวเมล็ด ความหนาเปลือก น้ำหนักเมล็ด เปอร์เซ็นต์โปรตีน และเปอร์เซ็นต์ไขมันของทรีตเมนต์ มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P < 0.01$) โดยการให้ปุ๋ยอินทรีย์ 1.5, 2.5 และ 3.5 กิโลกรัมต่อต้น จะทำให้เปอร์เซ็นต์การติดผลเฉลี่ยต่อช่อ จำนวนผลต่อต้น ความกว้างผล ความยาวผล น้ำหนักผล ความยาวเมล็ด และความหนาเปลือกมีค่าสูงที่สุด ส่วนการให้ปุ๋ยอินทรีย์ 1.5, 2.5 และ 3.5 กิโลกรัมต่อต้น ทำให้เปอร์เซ็นต์โปรตีน และเปอร์เซ็นต์ไขมันสูงสุดเช่นเดียวกัน ในขณะที่การให้ปุ๋ยอินทรีย์ 2.5 และ 3.5 กิโลกรัมต่อต้น มีแนวโน้มให้ผลผลิตต่อไร่สูงสุด (1,412 และ 1,421 กิโลกรัมต่อไร่) ข้อมูลที่ได้จากการศึกษานี้สามารถนำไปใช้ในการเพิ่มประสิทธิภาพผลผลิตโกโก้และเป็นข้อมูลสนับสนุนการให้ปุ๋ยอินทรีย์สำหรับการปลูกโกโก้อินทรีย์ต่อไป

คำสำคัญ : เกษตรอินทรีย์, ปุ๋ยอินทรีย์, การเจริญเติบโต, โกโก้, จังหวัดน่าน



Abstract

This study aimed to evaluate the effects of organic fertilizer on soil nutrient dynamics, flowering characteristics, and cocoa pod quality. A randomized complete block design was employed, with treatments consisting of organic fertilizer applications at rates of 0, 0.5, 1.5, 2.5, and 3.5 kg/tree. Each treatment was replicated five times, with three trees per replicate. The fertilizer was applied by broadcasting around the canopy at two-month intervals, commencing at the pre-flowering stage and continuing until harvest. The experiment was conducted in an organically managed cocoa plantation of the Organic Agricultural Community Enterprise in Bua Yai Subdistrict, Na Noi District, Nan Province, Thailand, from October 1, 2023 to September 30, 2024. The results indicated that all organic fertilizer application rates significantly improved several soil parameters, including pH, electrical conductivity, organic matter content, total nitrogen, available phosphorus, potassium, the carbon-to-nitrogen ratio, the degree of organic matter decomposition, and magnesium content. Moreover, statistically significant differences ($p < 0.01$) were observed among treatments with respect to key yield and quality metrics, namely, the average pod set percentage per inflorescence, number of pods per tree, pod width, pod length, pod weight, seed width, seed length, husk thickness, seed weight, protein content, and fat content. In particular, the application rates of 1.5, 2.5, and 3.5 kg/tree produced the highest values for average pod set percentage per inflorescence, number of pods per tree, pod dimensions, pod weight, seed length, and husk thickness, and similarly resulted in the highest protein and fat percentages. Notably, the 2.5 and 3.5 kg/tree treatments resulted in the highest yields per rai (1,412 and 1,421 kg/rai, respectively). The results of this study provide valuable insights for optimizing cocoa production and substantiate the efficacy of organic fertilizer in enhancing the performance of organic cocoa cultivation systems.

Keywords: Organic agriculture, organic fertilizer, growth, cocoa, Nan Province

บทนำ

โกโก้ (*Theobroma cacao* L.) เป็นไม้ผลเขตร้อน ในวงศ์ Sterculiaceae (สถาบันวิจัยพืชสวน, 2563) ที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของโลก องค์การอาหารและการเกษตรแห่งสหประชาชาติ (FAO) รายงานว่า พ.ศ. 2563 มีพื้นที่เพาะปลูกโกโก้ประมาณ 11.5 ล้านเฮกตาร์ทั่วโลก (FAOSTAT, 2022) โดยโกโก้เป็นพืชที่เจริญเติบโตได้ดีในแถบ 10-20 องศาจากเส้นศูนย์สูตร มีอุณหภูมิอยู่ระหว่าง 15-30 องศาเซลเซียส และมีปริมาณน้ำฝนสม่ำเสมอตลอดปี พื้นที่ปลูกโกโก้ส่วนใหญ่จะอยู่ในแถบอเมริกากลาง อเมริกาใต้ แอฟริกาใต้ และในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ เช่น มาเลเซีย อินโดนีเซีย ฟิลิปปินส์ และไทย โดยในปี พ.ศ. 2564 ประเทศที่มีการส่งออกผลผลิตโกโก้มากที่สุด 5 อันดับแรกของโลก ได้แก่ ประเทศ โกตดิวัวร์ เอกวาดอร์ เบลีซียม เนเธอร์แลนด์ และมาเลเซีย คิดเป็นปริมาณ 1,609,684 ตัน 329,784 ตัน 211,349 ตัน 155,917 ตัน และ 104,461 ตันตามลำดับ (ระบบสารสนเทศการผลิตทางด้านการเกษตร, 2566) โกโก้เป็นพืชที่มีความต้องการของผู้บริโภคมากขึ้นในปัจจุบันเนื่องจากโกโก้มีสารอาหารที่สำคัญที่เป็นประโยชน์ซึ่งพบมากในส่วน ของเมล็ด ประกอบด้วย สารประกอบฟีนอลิก สารแทนนิน สารต้านอนุมูลอิสระ สารประกอบฟีนอล กรดแกแลลิก สารแอนโทไซยานิน (ผานิต และคณะ, 2540) สำหรับผลิตภัณฑ์จากโกโก้ที่ส่งออกมีทั้งในรูปแบบเมล็ดโกโก้ โกโก้เหลว ไขมันโกโก้ และผงโกโก้ คิดเป็น 1,025 ตัน ในปี พ.ศ. 2565 ซึ่งเป็นการต้องการของอุตสาหกรรมขนมหวาน อาหาร



เครื่องดื่ม อาหารเสริม และยา โดยการส่งออกไปประเทศญี่ปุ่น มีสัดส่วนถึงร้อยละ 80 ของปริมาณผลิตภัณฑ์จากโกโก้ทั้งหมด รองลงมา ได้แก่ มาเลเซีย และเมียนมาร์ (สถาบันวิจัยพืชสวน, 2563) ประเทศไทยได้ประกาศให้โกโก้เป็นพืชแห่งอนาคต (รัชณภัก และคณะ, 2564) จึงมีการส่งเสริมการปลูกโกโก้เพิ่มขึ้น ปัจจุบันมี 2 พันธุ์ที่นิยมปลูก ได้แก่ พันธุ์ไอเอ็ม.1 และพันธุ์ลูกผสมชมพูพร 1 (สันต์, 2558) โดยในปี พ.ศ. 2566 มีพื้นที่เพาะปลูกทั่วประเทศ 15,703 ไร่ เพิ่มขึ้นจากปี พ.ศ. 2565 ที่มีพื้นที่ปลูก 12,987 ไร่ และมีผลผลิตที่เก็บเกี่ยวได้ทั่วประเทศรวม 428,948 กิโลกรัม อย่างไรก็ตามพื้นที่ปลูกโกโก้ส่วนใหญ่จะอยู่ในภาคเหนือพื้นที่ 3,857.58 ไร่ โดยจังหวัดที่ปลูกมาก คือ น่าน เชียงราย ตาก ลำปาง (Department of Agricultural Extension, 2022) สำหรับราคาผลสดที่เกษตรกรขายได้เฉลี่ย 32.82 บาทต่อกิโลกรัม (นิติพัฒน์ และคณะ, 2567) ในการปลูกโกโก้เกษตรกรนิยมปลูกโกโก้ร่วมกับพืชสวนชนิดอื่น ๆ เพื่อสร้างรายได้เพิ่ม โดยพืชสวนที่ปลูกร่วม ได้แก่ ยางพารา มะพร้าว ปาล์มน้ำมันทุเรียน ลองกอง มังคุด เป็นต้น (ผานิต และคณะ, 2540) โดยในปี พ.ศ. 2560 จังหวัดน่านได้ส่งเสริมการปลูกโกโก้เป็นพืชเศรษฐกิจเป้าหมายใหม่ ซึ่งเกษตรกรปลูกโกโก้แบบอินทรีย์และการปลูกแบบเกษตรพันธสัญญา ภายใต้การดูแลและส่งเสริมร่วมกันของสหกรณ์การเกษตรร่วมกับบริษัทเอกชนที่มุ่งหวังการจำหน่าย กล้าพันธุ์ และรับซื้อผลผลิตโกโก้โดยมีเกษตรกร 553 ครัวเรือน ครอบคลุมพื้นที่ที่ขึ้นทะเบียนจำนวน 1,327.59 ไร่ อำเภอที่มีการเพาะปลูกโกโก้จำนวนมากคือ อำเภอแม่จริม อำเภอบัว อำเภอทุ่งช้าง อำเภอท่าวังผา และอำเภอนาน้อย (Department of Agricultural Extension, 2022) อย่างไรก็ตามการปลูกโกโก้ในพื้นที่จังหวัดน่านมักประสบปัญหาอุปสรรคเกี่ยวกับโรคและแมลงศัตรู การเปลี่ยนแปลงของสภาวะอากาศ การแข่งขันกับพืชอื่น ต้นโกโก้อายุมากทำให้ผลผลิตลดลง การลงทุนต่ำในการจัดการหลังการเก็บเกี่ยว การปลอมปนของสารเคมี และการดูแลรักษาและการจัดการผลัดต้นโกโก้ที่น้อยเกินไป (สถาบันวิจัยพืชสวน, 2563) นอกจากนี้การใช้ปุ๋ยเคมีเป็นปัจจัยสำคัญอีกประการหนึ่งที่มีผลต่อการจัดการการผลิตโกโก้ โดยเฉพาะการใช้ปุ๋ยเคมีที่อาจเสี่ยงต่อการปนเปื้อนของโลหะหนักที่เป็นพิษ เช่น แคดเมียม และตะกั่ว ที่ปนเปื้อนมากับปุ๋ยเคมีระหว่างกระบวนการผลิต (Tripathi and Singh, 2021) การปลูกโกโก้ในระบบเกษตรอินทรีย์เป็นแนวทางหนึ่งในการแก้ปัญหาดังกล่าว ซึ่งการใช้ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงนั้นนอกจากจะเป็นการหลีกเลี่ยง การปนเปื้อนโลหะหนักที่อาจติดมากับปุ๋ยเคมีแล้ว ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงนั้นยังถือว่าเป็นปุ๋ยที่เป็นประโยชน์ต่อสิ่งแวดล้อม ทำให้เกิดการหมุนเวียนของอินทรีย์วัตถุ และธาตุอาหารในกระบวนการปลูกพืชซึ่งจะช่วยปรับปรุงสมบัติด้านต่าง ๆ ของดิน เช่น ปรับปรุงโครงสร้างดิน เพิ่มความโปร่งและความร่วนซุยของดินซึ่งทำให้รากโกโก้สามารถเจริญเติบโตได้ดี และยังสามารถลดต้นทุนการผลิตโกโก้ได้อีกด้วย (Chouhan *et al*, 2023) งานวิจัยนี้จึงมุ่งที่จะศึกษาการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ในอัตราที่แตกต่างกันต่อการออกดอก ปริมาณธาตุอาหาร และคุณภาพผลของโกโก้ที่ผลิตในรูปแบบเกษตรอินทรีย์ ซึ่งข้อมูลที่ได้จากการศึกษานี้จะใช้เป็นแนวทางในการส่งเสริมเกษตรกรผู้ผลิตโกโก้อินทรีย์ในอนาคต

วิธีการดำเนินการ

การแผนการทดลองและการปลูกและการดูแลรักษา

ดำเนินการทดลองอิทธิพลของปุ๋ยอินทรีย์ที่มีผลต่อโกโก้ด้วยการหว่านปุ๋ยอินทรีย์รอบทรงพุ่มของต้นโกโก้ที่มีอายุ 4 ปี ตามแผนแบบการทดลองแบบบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design) ซึ่งประกอบด้วย 5 ทรีตเมนต์ (treatment) คือ ให้ปุ๋ยอินทรีย์ 0, 0.5, 1.5, 2.5 และ 3.5 กิโลกรัมต่อต้น ทรีตเมนต์ละ 5 ซ้ำ ๆ ละ 3 ต้น รวมใช้จำนวน 75 ต้น ในแปลงปลูกโกโก้อินทรีย์วิสาหกิจชุมชนกลุ่มเกษตรอินทรีย์ตำบลบัวใหญ่ อำเภอนาน้อย จังหวัดน่าน ระหว่างวันที่ 1 ตุลาคม 2566 ถึง 30 กันยายน 2567 โดยทำการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ที่ระดับต่าง ๆ ทุก 2 เดือนตั้งแต่วะยะก่อนแทงช่อดอกจนถึงระยะเก็บเกี่ยว สำหรับการตัดแต่งกิ่งจะดำเนินการ 2 เดือนต่อครั้ง โดยช่วงที่ตัดแต่งกิ่งมากจะปฏิบัติหลังการเก็บผลผลิต ในการป้องกันกำจัดโรคและแมลงศัตรูพืชนั้น มีการป้องกันกำจัดโรครากเน่าโดยใช้เชื้อราไตรโคเดอร์มาโรยรอบโคนต้นในอัตรา 200 กรัมต่อต้น สำหรับหนอนชอนใบและหนอนเจาะกิ่ง ลำต้นโกโก้ จะฉีดพ่นด้วยเชื้อแบคทีเรีย *Bacillus thuringiensis* อัตราส่วน 50 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร ทุกสองสัปดาห์และช่วงที่มีแมลงระบาด



ส่วนโรคใบจุดและโรคราแป้งฉีพ่นด้วยเชื้อแบคทีเรีย *Bacillus subtilis* อัตรา 20-30 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร ทุกสองสัปดาห์และเมื่อพบการระบาดของโรค

การเก็บข้อมูล

1) การศึกษาลักษณะดอก ทำการสุ่มช่อดอกที่บ้านประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์จากทุกทรีตเมนต์ ๆ ซ้ำละ 5 ช่อ ดอกแล้วทำการสุ่มจำนวนผลที่ติดเฉลี่ยต่อช่อและเปอร์เซ็นต์การติดผลเฉลี่ยต่อช่อ

2) การศึกษาลักษณะผล ทำการสุ่มเก็บตัวอย่างผลโกโก้จากทุกทรีตเมนต์ ซ้ำละ 5 ผล มาศึกษาลักษณะทางคุณภาพและปริมาณ โดยทำการบันทึกผลทุกเดือนตั้งแต่ 1 เดือน หลังจากติดผลจนถึงระยะเก็บเกี่ยวผลประกอบด้วยผลผลิตต่อไร่ จำนวนผลต่อต้น ความยาวผล ความกว้างผล น้ำหนักผล น้ำหนักเมล็ด ความกว้างเมล็ด ความยาวเมล็ด ความหนาเปลือก

3) การวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์โปรตีน ทำการวิเคราะห์โดยวิธี Kjeldahl Method (AOAC, 2000) โดยชั่งเนื้อโกโก้แห้ง 3 กรัม ใส่ลงใน Kjeldahl flask เติม Mixed catalyst: CuSO_4 0.5 กรัม, NaSO_4 2 กรัม และ $\text{conc.H}_2\text{SO}_4$ 20 กรัม ย่อยบน heating mantle โดยให้ความร้อนจนกระทั่งหมดฟอง แล้วเพิ่มความร้อนที่อุณหภูมิ 400 องศาเซลเซียส และทำการคำนวณปริมาณโปรตีน ดังสมการ

$$\text{การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน (ร้อยละ)} = \frac{(A-B) \times N \times 1.4 \times F}{W_1}$$

A คือ ปริมาตรของกรดไฮโดรคลอริกที่ใช้ในการไทเทรตกับตัวอย่างโกโก้ (มิลลิลิตร)

B คือ ปริมาตรของกรดไฮโดรคลอริกที่ใช้ในการไทเทรตกับ blank (มิลลิลิตร)

N คือ ความเข้มข้นของกรดไฮโดรคลอริก (N)

W_1 คือ น้ำหนักของตัวอย่างโกโก้

F คือ ค่าแฟคเตอร์

4) การวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์ไขมัน โดยนำเนื้อโกโก้ไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 วัน จากนั้นนำไปดให้ละเอียด แล้วนำไปอบอีกครั้งและอบกระดาษกรองเบอร์ 42 ด้วยที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง จากนั้นนำออกจากตูอบนำกระดาษกรองเบอร์ 42 ไปชั่งน้ำหนักที่ละเอียดจนบันทึกเอาไว้จากนั้นตักเนื้อโกโก้ที่บดแล้วลงใบดบนที่น้ำหนัก (น้ำหนักกระดาษกรองและน้ำหนักเนื้อโกโก้รวมกัน 1 กรัม) พบกระดาษกรองที่บรรจุเนื้อโกโก้ใส่ใน soxhlet นำเข้าเครื่อง solvent extraction โดยใช้เฮกซ์เทนอุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส เป็นตัวทำละลาย เป็นเวลา 40 นาทีแล้วนำ soxhlet ออกจากเครื่องรอให้เฮกซ์เทนกลั่นตัว 1 ชั่วโมงจึงนำเนื้อโกโก้พร้อมกระดาษกรองเข้าไปอบอีกครั้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง แล้วนำไปชั่งน้ำหนักคำนวณจากน้ำหนักที่หายไปดังสมการ

น้ำหนักไขมัน = น้ำหนักเนื้อโกโก้พร้อมกระดาษกรองก่อนนำไปกลั่น - น้ำหนักเนื้อโกโก้พร้อมกระดาษกรองหลังกลั่นแล้ว

$$\text{เปอร์เซ็นต์ไขมัน} = \frac{\text{น้ำหนักไขมัน}}{\text{น้ำหนักเนื้อโกโก้ก่อนนำไปกลั่น}} \times 100$$

5) การวิเคราะห์ดิน ก่อนเริ่มทำการทดลองทำการสุ่มดิน 20 จุดในแปลงปลูกโกโก้ ที่ระดับ 15 และ 45 เซนติเมตร ระดับละ 5 ตัวอย่าง นำมาวิเคราะห์หาปริมาณอินทรีย์วัตถุ ปริมาณไนโตรเจน ปริมาณฟอสฟอรัส ปริมาณโพแทสเซียม อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน การย่อยสลายที่สมบูรณ์ แมกนีเซียม ค่าการนำไฟฟ้า และเมื่อทำการทดลองถึงช่วงกลางของการทดลองและสิ้นสุดการทดลอง ก็จะทำการวิเคราะห์ดินตามความเข้มข้นที่ให้อยู่



อินทรีย์ 5 ระดับ (5 ทรีตเมนต์) โดยส่งวิเคราะห์ที่ห้องปฏิบัติการสถาบันบริการตรวจสอบคุณภาพและมาตรฐานผลิตภัณฑ์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (analysis of variance) ตามแผนการทดลองแบบบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design) แล้ววิเคราะห์สหสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตและองค์ประกอบของผลผลิต เพื่อใช้ในการประเมินความแตกต่างของอัตราการให้ปุ๋ยอินทรีย์ตามวิธีของ Gomez & Gomez (1984) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี least significant difference (LSD) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้โปรแกรมวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ STAR 2.0.1

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

1. คุณสมบัติของปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง และสมบัติทางเคมีของดินก่อนและหลังการทดลอง

จากการเก็บตัวอย่างดินในพื้นที่วิจัยแปลงปลูกโกโก้อินทรีย์ วิสาหกิจชุมชนกลุ่มเกษตรอินทรีย์ตำบลบัวใหญ่ อำเภอน่าน จังหวัดน่าน ที่ระดับ 15 และ 45 เซนติเมตร ระดับละ 5 ตัวอย่าง โดยทำการสุ่มดิน 20 จุดในแปลงปลูกโกโก้ จำนวน 350 กิโลกรัม นำมาผึ่งให้แห้งในห้องปฏิบัติการทดลองเป็นเวลา 15 วัน จากนั้นนำมาบดให้ละเอียด แบ่งตัวอย่างดิน 1 กิโลกรัมไปวิเคราะห์สมบัติดินชั้นพื้นฐาน ประกอบด้วย ค่าความเป็นกรด-ด่าง ค่าการนำไฟฟ้า ปริมาณอินทรีย์วัตถุ ปริมาณความชื้น อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม (Table 1) โดยพบว่า ดินในพื้นที่วิจัยเป็นดินเหนียวค่าพีเอชดินอยู่ในระดับเป็นด่างปานกลาง ($\text{pH} = 8.40$) ค่าการนำไฟฟ้าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน (7.19) ส่วนปริมาณอินทรีย์วัตถุสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานอินทรีย์ตามพระราชบัญญัติปุ๋ย (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2550 (23.47) (Land Classification Division and FAO Project Staff, 1973) ปริมาณความชื้นอยู่ในระดับต่ำ (20.14) อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนอยู่ในระดับปานกลาง (7.58) และไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมในดินที่ใช้ในการศึกษาวิจัยพบว่า อยู่ในเกณฑ์ปกติที่สามารถพบได้ในดินทั่วไป (1.90, 4.56, 2.41, 11.07 และ 2.97) (สายชล และคณะ, 2567)

Table 1 Chemical properties of high-quality organic fertilizer used in the experiment

Analysis value	High-quality organic fertilizer	Organic fertilizer standard under the Fertilizer Act (2nd Edition), B.E. 2550
Acidity (pH)	8.40	-
Electrical conductivity (ms/cm)	7.19	≤ 10
Organic matter content (%)	23.47	≥ 20
Moisture content (%)	20.14	≥ 30
Carbon-to-nitrogen ratio (C/N)	7.58	$\leq 20 : 1$
Nitrogen (%)	1.90	≥ 1.0
Phosphorus (%)	4.56	≥ 0.5
Potassium (%)	2.41	≥ 0.5
Calcium (%)	11.07	-
Magnesium (mg/kg)	2.97	-

Remark Samples analyzed at the Quality Control and Standards Service Institute Laboratory, Maejo University



คุณสมบัติของปุ๋ยอินทรีย์ที่ใช้ในการทดลองพบว่า ระดับค่าความเป็นกรด-ด่าง ค่าการนำไฟฟ้า ปริมาณอินทรีย์วัตถุ ไนโตรเจนรวม ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืช โพแทสเซียม อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน การย่อยสลายที่สมบูรณ์ และแมกนีเซียม ที่มีค่ามากกว่าดินหลังปลูกในสิ่งทดลองที่ไม่ให้ปุ๋ยอินทรีย์และดินก่อนปลูก และยังมีค่ามากขึ้นเมื่อให้ปุ๋ยอินทรีย์ที่เพิ่มขึ้น (Table 2 และ Table 3) ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ สัญญา และ อรประภา (2559) ที่พบว่าการใช้ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงที่มีผลต่อคุณสมบัติของดินในการปลูกคะน้า ซึ่งจะทำให้คุณสมบัติทางเคมีของดินหลังปลูก โดยเฉพาะค่าการนำไฟฟ้า ไนโตรเจนรวม ปริมาณอินทรีย์วัตถุ และฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืชนั้นจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นหากเปรียบเทียบกับดินก่อนการทดลอง และในขณะที่ดินปลูกที่ให้ปุ๋ยเคมีนั้นจะส่งผลให้คุณสมบัติทางเคมีของดินพื้นที่ทดลองมีแนวโน้มลดลงและสอดคล้องกับรายงานของ คำนิง และคณะ (2555);ปราณี และคณะ (2560) พบว่า การใช้ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงอย่างต่อเนื่องช่วยลดการสูญเสียโครงสร้างและธาตุอาหารในดินได้เนื่องจากฮิวมัสซึ่งเป็นองค์ประกอบสำคัญของอินทรีย์วัตถุในดิน ทำหน้าที่ในการปลดปล่อยธาตุอาหารให้กับพืช และค่าความเป็นกรด-ด่าง ค่าการนำไฟฟ้า ปริมาณอินทรีย์วัตถุ ไนโตรเจนรวม ซึ่งเป็นธาตุที่มีอิทธิพลอย่างมากต่อการเจริญเติบโตทางลำต้นในพืช (สมศักดิ์ และคณะ, 2063) โดยเฉพาะส่งผลต่อความสูงและการสะสมชีวมวลในพืช ดังนั้นการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ในปริมาณที่สูงขึ้นจึงส่งผลให้พืชได้รับไนโตรเจนสูงขึ้นตามไปด้วยและยังพบว่า ต้นโกโก้ยังคงมีอัตราการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตมีแนวโน้มที่ดีขึ้น และค่าความเป็นกรด-ด่าง ที่อยู่ในระดับไม่ทำให้เกิดอาการพิษกับต้นโกโก้ (มุกดา,2544) อีกทั้งฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ ซึ่งเป็นธาตุที่ช่วยเสริมการเจริญเติบโตของส่วนราก ซึ่งมีบทบาทสำคัญในการสะสมอาหารและช่วยเพิ่มคุณภาพของผลผลิต โดยเฉพาะในเรื่องของปริมาณน้ำตาลในผลผลิตประเภทผล การใช้ปุ๋ยอินทรีย์ดังกล่าวจึงช่วยให้ดินสามารถฟื้นฟูและรักษาสสมดุลธาตุอาหารอย่างยั่งยืนพร้อมส่งเสริมการผลิตที่มีคุณภาพในระยะยาว (ยงยุทธ, 2528; ยงยุทธ และคณะ, 2554) อย่างไรก็ตามโพแทสเซียม ซึ่งเป็นธาตุอาหารที่ส่วนสำคัญต่อกระบวนการต่าง ๆ ของเซลล์พืช ช่วยในการสังเคราะห์น้ำตาลและแบ่งจากใบไปยังผลในระยะสร้างช่อดอกจนถึงระยะออกดอกจะทำให้ช่อดอกมีความสมบูรณ์ อีกทั้งยังช่วยเพิ่มขนาดผลและเมล็ดอีกด้วย และอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนในพืชซึ่งมีผลต่อการเจริญเติบโต การออกดอกและการติดผลโดยเฉพาะอย่างยิ่งในไม้ผล (นฤเนตร และคณะ, 2552) ในส่วนการย่อยสลายที่สมบูรณ์ นั้นจะทำให้พืชนำไปใช้โดยไม่เป็นพิษจากกระบวนการย่อยสลาย รวมถึงการคงตัวหรือฮิวมัสที่ปลดปล่อยจึงมีสมบัติอุ้มน้ำหรือดูดซับปุ๋ยและน้ำซึ่งจะทำให้โกโก้มีการเจริญเติบโตได้ดี และแมกนีเซียมที่เป็นประโยชน์จะอยู่ในดินเนื้อละเอียดสูงกว่าดินที่มีเนื้อหยาบ โดยแมกนีเซียมที่เหมาะสมจะส่งผลให้พืชเจริญเติบโตได้ดียิ่งขึ้น (พงศมนัส, 2563)

**Table 2** Chemical properties of the soil before and after the experiment

Treatment	Soil acidity (pH)	Electrical conductivity (ms/cm)	Organic matter content (%)	Total nitrogen (%)	Available phosphorus (mg/kg)
Soil before the experiment					
	7.20	0.20	3.46	0.20	117.25
Soil after the experiment					
Organic fertilizer at 0 kg/plant	7.10	0.20	3.45	0.20	116.08
Organic fertilizer at 0.5 kg/plant	7.20	0.21	3.54	0.20	129.68
Organic fertilizer at 1.5 kg/plant	7.30	0.24	3.55	0.25	123.57
Organic fertilizer at 2.5 kg/plant	7.30	0.25	3.89	0.25	110.31
Organic fertilizer at 3.5 kg/plant	7.20	0.26	4.12	0.25	123.59

Remark Samples analyzed at the Quality Control and Standards Service Institute Laboratory, Maejo University

Table 3 Chemical properties of the soil before and after the experiment

Treatment	Potassium (mg/kg)	Carbon-to-nitrogen ratio	Complete decomposition (%)	Magnesium (mg/kg)
Soil before the experiment				
	62.20	7 : 1	90.25	215.15
Soil after the experiment				
Organic fertilizer at 0 kg/plant	62.45	7 : 1	90.01	211.10
Organic fertilizer at 0.5 kg/plant	77.12	9 : 1	92.12	280.41
Organic fertilizer at 1.5 kg/plant	84.03	10 : 1	91.28	260.50
Organic fertilizer at 2.5 kg/plant	114.82	8 : 1	93.77	257.97
Organic fertilizer at 3.5 kg/plant	125.85	10 : 1	95.86	314.85

Remark Samples analyzed at the Quality Control and Standards Service Institute Laboratory, Maejo University

2. อิทธิพลของปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงต่อคุณภาพของผลผลิตโกโก้

การศึกษาอิทธิพลของปุ๋ยอินทรีย์ทำให้ต้นโกโก้ที่มีต่อจำนวนผลที่ติดเฉลี่ยต่อช่อไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่พบว่า อิทธิพลของปุ๋ยอินทรีย์ในระดับต่าง ๆ มีผลทำให้ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การติดผลเฉลี่ยต่อช่อ จำนวนผลต่อต้น และผลผลิต



ต่อไร่ของโกโก้มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p<0.01$) โดยมีเปอร์เซ็นต์การติดผลเฉลี่ยต่อช่อมีค่า อยู่ระหว่าง 0.46-0.50 เปอร์เซ็นต์ (Table 4) โดยมีเปอร์เซ็นต์การติดผลเฉลี่ยต่อช่อ 0.48 เปอร์เซ็นต์ การให้ปุ๋ยอินทรีย์ 1.5, 2.5 และ 3.5 กิโลกรัมต่อต้น ทำให้มีเปอร์เซ็นต์การติดผลเฉลี่ยต่อช่อสูงที่สุด (0.49, 0.50 และ 0.50 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) (Table 4) ส่วนจำนวนผลต่อต้นพบว่า โกโก้ที่ได้รับปุ๋ยอินทรีย์มีจำนวนผลต่อต้นอยู่ระหว่าง 14-22 ผล โดยการให้ปุ๋ยอินทรีย์ 1.5, 2.5 และ 3.5 กิโลกรัมต่อต้น ทำให้จำนวนผลต่อต้นสูงที่สุด (19, 20 และ 22 ผล ตามลำดับ) (Table 4) ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ วราวุธ และคณะ (2534) การออกดอกของโกโก้มีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิ ปริมาณฝน และปริมาณปุ๋ยอินทรีย์เมื่อโกโก้ผ่านช่วงแล้งโกโก้ มีการสังเคราะห์แสงมากขึ้น อุณหภูมิสูงขึ้นความชื้นแสง เพียงพอมีผลทำให้โกโก้ มีการสะสมคาร์โบไฮเดรตไว้ในกิ่ง และลำต้นมากขึ้นทำให้มีการเคลื่อนย้ายธาตุอาหารที่สะสมไว้ในกิ่งหรือลำต้นไปยังส่วนที่ต้องการอาหารในการออกดอกและแตกยอดใหม่ การออกดอกโกโก้จะเร็วขึ้น ส่วนผลผลิตต่อไร่ของโกโก้ที่ได้รับปุ๋ยอินทรีย์มีผลผลิตต่อไร่มีค่าอยู่ระหว่าง 1,137-1,421 กิโลกรัมต่อไร่ โดยการให้ปุ๋ยอินทรีย์ 2.5 และ 3.5 กิโลกรัมต่อต้น ทำให้ผลผลิตต่อไร่สูง (1,412 และ 1,421 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ) และแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p<0.01$) กับทรีตเมนต์อื่น ๆ (Table 4)

ความกว้างผลของโกโก้ที่ได้รับปุ๋ยอินทรีย์มีความกว้างผล อยู่ระหว่าง 6.4-9.5 เซนติเมตร โดยการให้ปุ๋ยอินทรีย์ 2.5 และ 3.5 กิโลกรัมต่อต้น ทำให้ความกว้างผลมากและแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p<0.01$) โดยมีความกว้างผล 9.3 และ 9.5 เซนติเมตรตามลำดับ (Table 5) ส่วนความยาวผลพบว่า ต้นโกโก้ที่ได้รับปุ๋ยอินทรีย์มีความยาวผลอยู่ระหว่าง 14-21.2 เซนติเมตร โดยการให้ปุ๋ยอินทรีย์ 1.5 กิโลกรัมต่อต้น, การให้ปุ๋ยอินทรีย์ 2.5 และ 3.5 กิโลกรัมต่อต้น ทำให้ความยาวผลมาก แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p<0.01$) กับทรีตเมนต์อื่น ๆ โดยมีความยาวผล 18.7, 19.3 และ 21.2 เซนติเมตรตามลำดับ (Table 5) น้ำหนักผลพบว่า ต้นโกโก้ที่ได้รับปุ๋ยอินทรีย์มีน้ำหนักผลอยู่ระหว่าง 230.4-542.5 กรัมต่อผล (Table 5) โดยการให้ปุ๋ยอินทรีย์ 1.5, 2.5 และ 3.5 กิโลกรัมต่อต้น ทำให้มีน้ำหนักผลมากแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p<0.01$) กับทรีตเมนต์อื่น ๆ โดยมีน้ำหนักผล 477.4, 528.6 และ 542.5 กรัมต่อผลตามลำดับ (Table 5) และน้ำหนักเมล็ดพบว่า ต้นโกโก้ที่ได้รับปุ๋ยอินทรีย์มีน้ำหนักเมล็ด อยู่ระหว่าง 2.0-4.0 กรัมต่อเมล็ด โดยการให้ปุ๋ยอินทรีย์ 1.5, 2.5 และ 3.5 กิโลกรัมต่อต้น ทำให้มีน้ำหนักเมล็ดมากและแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p<0.01$) กับทรีตเมนต์อื่นๆ โดยมีน้ำหนักผล 3.3, 3.7 และ 4.0 กรัมต่อเมล็ดตามลำดับ (Table 5) ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ นิติพัฒน์ และคณะ (2567) ที่ศึกษาการผลิตโกโก้ลูกผสมชุมพร 1 ในระบบเกษตรอินทรีย์ของบริษัทปราจีนบุรีสตาร์ช จำกัด จังหวัดปราจีนบุรี ซึ่งพบว่า การให้ปุ๋ยที่ให้ทางดิน ปุ๋ยหมัก ปุ๋ยคอกและโดโลไมต์ ส่วนปุ๋ยทางใบให้น้ำหมัก พบว่า ต้นโกโก้อายุ 5, 8, 11, 15 และ 18 เดือน มีค่าเฉลี่ย ความสูงต้น 209, 236, 239, 273 และ 290 เซนติเมตรตามลำดับ อายุมีจำนวนผลเฉลี่ย 20 และ 33 ผลต่อต้นตามลำดับ และมีน้ำหนักผลสดเฉลี่ย 9.9 และ 19.4 กิโลกรัมต่อต้นตามลำดับ

**Table 4** Influence of high- quality organic fertilizer on average number of fruits per pod, average fruit set percentage per pod, fruit yield per tree, and yield per rai (unit of land area)

Treatment	Average number of fruits per cluster (fruits)	Average fruit set percentage per cluster (%)	Number of fruits per tree (fruits)	Yield (kg per rai)
Organic fertilizer at 0 kg/plant	2	0.46 ^b	14 ^c	1,137 ^c
Organic fertilizer at 0.5 kg/plant	2	0.46 ^b	15 ^c	1,202 ^{bc}
Organic fertilizer at 1.5 kg/plant	2	0.49 ^a	19 ^{ab}	1,302 ^b
Organic fertilizer at 2.5 kg/plant	2	0.50 ^a	20 ^{ab}	1,412 ^a
Organic fertilizer at 3.5 kg/plant	2	0.50 ^a	22 ^a	1,421 ^a
F-test	ns	**	**	**
C.V. (%)	2.09	1.99	4.65	2.83

Remark Identical letters in the same column indicate no statistically significant difference using DMRT

** = Statistically significant difference at the 99% confidence level ns = No statistically significant difference

Table 5 Influence of organic fertilizer on seed width, seed length, seed coat thickness, and seed weight of cocoa

Treatment	Seed width (cm)	Fruit length (cm)	Fruit weight (g)	Seed weight (g)
Organic fertilizer at 0 kg/plant	6.4 ^d	14.0 ^c	230.4 ^c	2.0 ^b
Organic fertilizer at 0.5 kg/plant	7.6 ^c	16.0 ^{bc}	372.3 ^b	2.0 ^b
Organic fertilizer at 1.5 kg/plant	8.5 ^b	18.7 ^{ab}	477.4 ^a	3.3 ^a
Organic fertilizer at 2.5 kg/plant	9.3 ^a	19.3 ^a	528.6 ^a	3.7 ^a
Organic fertilizer at 3.5 kg/plant	9.5 ^a	21.2 ^a	542.5 ^a	4.0 ^a
F-test	**	**	**	**
C.V. (%)	3.12	5.67	6.57	6.39

Remark Identical letters in the same column indicate no statistically significant difference using DMRT

** = Statistically significant difference at the 99% confidence level

3. ลักษณะคุณภาพของผลผลิตโกโก้และปริมาณธาตุอาหารในโกโก้

การศึกษาอิทธิพลของปุ๋ยอินทรีย์ต่อลักษณะคุณภาพของผลผลิตโกโก้และปริมาณสารอาหารในโกโก้พบว่า การให้ปุ๋ยอินทรีย์ต่างระดับกันมีผลทำให้ความกว้างและความยาวเมล็ด ความหนาเปลือก เปอร์เซ็นต์โปรตีน และ เปอร์เซ็นต์ไขมันมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p < 0.01$) โดยความกว้างเมล็ดมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 8.7-11.5 มิลลิเมตร โดยการให้ปุ๋ยอินทรีย์ 0.5, 1.5, 2.5 และ 3.5 กิโลกรัมต่อต้น ทำให้มีความกว้างเมล็ดมากที่สุด (0.5, 10.6, 11.4 และ 11.5 มิลลิเมตร ตามลำดับ) (Table 6) ส่วนความยาวเมล็ดโกโก้ที่ได้รับปุ๋ยอินทรีย์ค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 24.3-30.8 มิลลิเมตร โดยการให้ปุ๋ยอินทรีย์ 2.5 และ 3.5 กิโลกรัมต่อต้น ทำให้มีความยาวเมล็ดมากที่สุด (30.8 และ



30.9 มิลลิเมตร ตามลำดับ) (Table 6) และความหนาเปลือกโกโก้ที่ได้รับปุ๋ยอินทรีย์มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 10.2-10.8 มิลลิเมตร โดยการให้ปุ๋ยอินทรีย์ 0.5 และ 1.5 กิโลกรัมต่อต้น ทำให้มีความหนาเปลือกมาก (10.7 และ 10.8 มิลลิเมตร ตามลำดับ) (Table 6) เปอร์เซ็นต์โปรตีนที่ได้จากการวิเคราะห์พบว่า โกโก้ที่ได้รับปุ๋ยอินทรีย์มีเปอร์เซ็นต์โปรตีน อยู่ระหว่าง 31.2-35.7 เปอร์เซ็นต์ โดยการให้ปุ๋ยอินทรีย์ 1.5, 2.5 และ 3.5 กิโลกรัมต่อต้น ทำให้มีเปอร์เซ็นต์โปรตีนสูงสุด (35.3, 36.7 และ 35.6 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) (Table 6) ส่วนเปอร์เซ็นต์ไขมันพบว่า โกโก้ที่ได้รับปุ๋ยอินทรีย์มีเปอร์เซ็นต์ไขมัน อยู่ระหว่าง 15.6 -17.8 เปอร์เซ็นต์ โดยการให้ปุ๋ยอินทรีย์ 1.5, 2.5 และ 3.5 กิโลกรัมต่อต้น ทำให้มีเปอร์เซ็นต์ไขมัน (17.6, 17.6 และ 17.8 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) (Table 6) ซึ่งผลจากการวิจัยนี้สอดคล้องกับรายงานของ มุกดา (2544) พบว่าเมื่อเพิ่มอัตราปุ๋ยที่ให้แก่ดินสูงขึ้นจะมีผลทำให้เปอร์เซ็นต์โปรตีนและปริมาณไขมันเพิ่มขึ้น ซึ่งอาจเป็นเพราะการได้รับไนโตรเจนมากขึ้น ซึ่งพืชจะใช้คาร์โบไฮเดรตที่ได้จากการสังเคราะห์แสงร่วมกับไนโตรเจนที่พืชดูดจากดินมาสังเคราะห์เป็นโปรตีนได้มากขึ้นด้วย นอกจากนี้ ฐิราพร (2547) ยังได้รายงานว่าการให้ปุ๋ยจะส่งผลทำให้มีความกว้างผลเฉลี่ย ความยาวผลเฉลี่ย น้ำหนักผลเฉลี่ย ความกว้างเมล็ดเฉลี่ย ความยาวเมล็ดเฉลี่ยและน้ำหนักเมล็ดเฉลี่ยมากกว่าการไม่ใส่ปุ๋ย ทั้งนี้อาจเป็นเพราะไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบของกรดอะมิโนต่าง ๆ ซึ่งออกซิเจนที่พืชสร้างขึ้นจะสังเคราะห์มาจากกรดอะมิโน และมีบทบาทในการแบ่งเซลล์และเร่งการขยายขนาดของเซลล์ของพืช

Table 6 Influence of organic fertilizer on seed width, seed length, seed coat thickness, protein percentage, and fat content percentage of cocoa

Treatment	Seed width (mm)	Seed length (mm)	Shell thickness (mm)	Protein percentage	Fat percentage
Organic fertilizer at 0 kg/plant	8.7 ^b	24.3 ^c	10.2 ^b	31.2 ^b	15.6 ^e
Organic fertilizer at 0.5 kg/plant	10.5 ^a	25.9 ^c	10.7 ^a	31.3 ^b	16.5 ^d
Organic fertilizer at 1.5 kg/plant	10.6 ^a	29.1 ^b	10.8 ^a	35.3 ^a	17.6 ^a
Organic fertilizer at 2.5 kg/plant	11.4 ^a	30.9 ^a	10.1 ^b	35.7 ^a	17.6 ^a
Organic fertilizer at 3.5 kg/plant	11.5 ^a	30.8 ^a	10.2 ^b	35.6 ^a	17.8 ^a
F-test	**	**	**	**	**
C.V. (%)	3.39	2.06	3.55	0.73	1.60

Remark Identical letters in the same column indicate no statistically significant difference using DMRT

** = Statistically significant difference at the 99% confidence level

จากผลการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตต่อไร่ จำนวนผลต่อต้น เปอร์เซ็นต์การติดผลเฉลี่ยต่อช่อ น้ำหนักผล และน้ำหนักเมล็ด โดยมีค่าสหสัมพันธ์เท่ากับ 0.8864, 0.9200, 0.8713 และ 0.8776 (Table 7) ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Ahmed and Barmore (1980) ได้หาสหสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตต่อไร่ น้ำหนักผล จำนวนผลต่อต้น และน้ำหนักเมล็ด พบว่า ผลโกโก้ที่มีขนาดใหญ่ขึ้นจะมีขนาดของเมล็ดใหญ่ตามไปด้วย ซึ่งเมื่อหัก



น้ำหนักเมล็ดออกจากน้ำหนักผล น้ำหนักเมล็ดที่ได้จึงสูงด้วย ส่วนเปอร์เซ็นต์การติดผลเฉลี่ยต่อข้อพบว่า ทรีตเมนต์ที่ได้รับปุ๋ยที่สูงขึ้นมีแนวโน้มเปอร์เซ็นต์การติดผลเฉลี่ยต่อข้อเพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับจำนวนผลต่อต้นที่เพิ่มขึ้นและความหนาเปลือกที่ลดลง และมีผลสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของน้ำหนักสดทั้งผลกับน้ำหนักสดของเมล็ดโกโก้ น้ำหนักสดผลกับขนาดกว้าง ยาวผล และน้ำหนักสดผลกับขนาดความกว้างผลมีความสัมพันธ์ในเชิงบวก (Loureio *et al.*, 2016) และพบว่าพืชที่ได้รับธาตุอาหารอย่างเพียงพอสำหรับการเจริญเติบโตแล้วนั้น พืชก็จะเจริญเติบโตและสร้างผลผลิตได้สูงตามไปด้วย (ณัฐกิตติ์ และคณะ, 2567)

Table 7 The relationship between yield and yield components of cocoa treated by different levels of high-quality organic fertilizer.

Characteristics	Number of fruits per tree	Average fruit set percentage per cluster	Fruit weight	Seed weight
Yield per rai (unit of land area)	0.8864**	0.9200**	0.8713**	0.8776**

Remark ** = There was a statistically highly significant correlation ($P < 0.01$)

สรุปผลการทดลอง

การให้ปุ๋ยอินทรีย์ 2.5 และ 3.5 กิโลกรัมต่อต้น มีแนวโน้มส่งผลให้โกโก้มีผลผลิตต่อไร่สูงสุด และยังมีเปอร์เซ็นต์การติดผลเฉลี่ยต่อข้อ จำนวนผลต่อต้น ความกว้างผล ความยาวผล น้ำหนักผล น้ำหนักเมล็ด ความกว้างเมล็ด ความยาวเมล็ด เปอร์เซ็นต์โปรตีน และเปอร์เซ็นต์ไขมันที่ดีสูงด้วย นอกจากนี้ ผลผลิตต่อไร่ยังมีสหสัมพันธ์ทางบวกกับจำนวนผลต่อต้น เปอร์เซ็นต์การติดผลเฉลี่ยต่อข้อ น้ำหนักผล น้ำหนักเมล็ด ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการให้ปุ๋ยอินทรีย์ 2.5 และ 3.5 กิโลกรัมต่อต้น เป็นอัตราส่วนที่เหมาะสมในการแนะนำการให้ปุ๋ยอินทรีย์ที่ดีที่สุดสำหรับโกโก้ อย่างไรก็ตามการวิจัยจึงควรศึกษาปัจจัยของสภาพภูมิอากาศต่อระยะพัฒนาของผล และผลของฤดูกาลการเก็บเกี่ยวต่อสรีรวิทยาของโกโก้ พิสูจน์เอกลักษณ์ทางโครงสร้างของสารสำคัญเพื่อใช้ประโยชน์ในด้านอื่น ๆ เป็นโจทย์วิจัยที่ต้องดำเนินการต่อไปในอนาคตเพื่อให้ได้ข้อมูลที่เพียงพอประกอบการส่งเสริมการผลิตโกโก้ในระบบเกษตรอินทรีย์ให้ได้ผลผลิตและคุณภาพสูง

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากกองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (กองทุน ววน.) :งบประมาณด้านวิจัยและนวัตกรรม ประเภท Fundamental Fund ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ประจำปีงบประมาณ 2567 เลขที่สัญญารับทุน FF2567P099 และขอขอบคุณวิสาหกิจชุมชนกลุ่มเกษตรอินทรีย์ตำบลบัวใหญ่ อำเภอนาน้อย จังหวัดน่าน ที่ให้ความอนุเคราะห์พื้นที่แปลงปลูกโกโก้อินทรีย์ที่ใช้ในการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

คำนิง แสงขำ, ฤทธิ ภัทรดิตร และอัจฉรา จิตตลดากร. (2555). ผลการใช้ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง ปุ๋ยชีวภาพร่วมกับปุ๋ยเคมี ต่อผลผลิตทางเศรษฐกิจของข้าวโพดหวานพันธุ์อินทรี 2. ใน: การประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ครั้งที่ 2. (1-11). มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช: นนทบุรี.



- ฐิราพร จันทรเปล่ง. (2547). อิทธิพลของปุ๋ยไนโตรเจนที่มีต่อการออกดอก ลักษณะใบ ปริมาณธาตุอาหาร การเจริญของกิ่งและคุณภาพผลของอะโวคาโดพันธุ์อัคคาเนย์. ปรินญาวิทยาสาสตรมหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์). คณะเกษตร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ณัฐกิตติ์ เพชรหมื่นไวย, ศิวีไล ลาภบรรจบ, การिता จงเจือกกลาง, สามัคคี จงจิตินันท์, สมนึก คงเทียน, อภิชาติ สุพรรณรัตน์ และสุณีย์ ชมชิด. (2567). ผลของปุ๋ยไนโตรเจนต่อการเจริญเติบโตและขนาดเมล็ดของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลูกผสมอายุสั้นที่ปลูกบนชุดดินวังไฮ. วารสารเกษตรอนุภูมิภาคลุ่มน้ำโขง. 1(2), 1-14.
- นฤนทร เกียรติเสริมขจร, สมชัย อนุสนธิ์พรเพิ่ม, เอิบ เขียววันรมย์ และปริญญ จุลกะ. (2552). การทดสอบปุ๋ยสังกะสีและแมกนีเซียมเพื่อการปลูกแตงกวาญี่ปุ่นในดินด่างที่มีฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมตกค้างสูง. ใน: การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 47. (1-8). มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์: กรุงเทพมหานคร.
- นิติพัฒน์ กงเพชร, สัจจา บรรจงศิริ และ บำเพ็ญ เขียวหวาน. (2567). การศึกษาการผลิตโกโก้ลูกผสมชุมพร 1 ในระบบเกษตรอินทรีย์ของบริษัทปราจีนบุรีสตาร์ จำกัด จังหวัดปราจีนบุรี. ใน: การประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ ครั้งที่ 11 และระดับนานาชาติ ครั้งที่ 9. (666-675). มหาวิทยาลัยภาคตะวันออกเฉียงเหนือ: ขอนแก่น.
- ปราณี สีนันท, โสฬส แซ่ลิ้ม, พรพนา โพธินาม และสุดสงวน เทียมไธสงค์. (2560). ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงที่เหมาะสมต่อการปลูกพืชผักในชุดดินชุมพวง จังหวัดขอนแก่น: กรณีศึกษาผักคะน้า. สืบค้น วันที่ 20 พฤศจิกายน 2567, จาก http://www.r05.odd.go.th/technical/re_bio_2551_01.html.
- ผานิต งานกรณาธิการ, ปิยนุช นาคะ, ยุพิน กสินเกษมพงษ์, สกล เพชรหมื่น และอานภาพ ธีระกุล. (2540). การเปรียบเทียบพันธุ์โกโก้ลูกผสมชั่วที่ 1 ที่จังหวัดสงขลา. ศูนย์วิจัยพืชสวนชุมพร. กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, ชุมพร.
- พงศ์มนัส กิจประสงค์, ขวัญตา ขาวมี, จักรกฤษณ์ พูนภักดี และจำเริญ อ่อนทอง. (2563). แมกนีเซียมในดิน: สถานะและสัดส่วนต่อโพแทสเซียมและแคลเซียมในดินปลูกพืชเศรษฐกิจทางภาคใต้ของประเทศไทย. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (วท.). 29(3), 483-493.
- มุกดา สุขสวัสดิ์. (2544). ความอุดมสมบูรณ์ของดิน. สำนักพิมพ์โอเดียน สโตร์: กรุงเทพมหานคร.
- ยงยุทธ โอสดสภา. (2528). หลักการผลิตและการใช้ปุ๋ย. สำนักพิมพ์ไทยวัฒนาพานิช: กรุงเทพมหานคร.
- ยงยุทธ โอสดสภา, อรรถศิษฐ์ วงศ์มณีโรจน์ และชวลิต ฮงประยูร. (2554). ปุ๋ยเพื่อการเกษตรยั่งยืน. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์: กรุงเทพมหานคร.
- รัชณภัก อินนุกุล, ภัทริยา นวลไย และนราพร สังสะนา. (2564). ปลดล็อกโกโก้ไทยอย่างไรให้ไปต่อได้. ฝายนโยบายโครงสร้างเศรษฐกิจ ธนาคารแห่งประเทศไทย. 7:1-4.
- ระบบสารสนเทศการผลิตทางด้านการเกษตร กรมส่งเสริมการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. (2566). รายงานสถิติทางการเกษตร. สืบค้นเมื่อ วันที่ 20 พฤศจิกายน 2567, จาก [production.doae.go.th](https://production.doae.go.th/service/report-product-statistic/index). <https://production.doae.go.th/service/report-product-statistic/index>.
- วรารุช ชูธรรมธัช, พลุชัย ทีปะपाल, ผานิต งานกรณาธิการ, วิทย์ สุวรรณรุต และอานภาพ ธีระกุล. (2534). การศึกษาแบบแผนการเจริญเติบโตการออกดอกและติดผลของโกโก้. รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2534. ศูนย์วิจัยพืชสวนชุมพร. 295-316.
- สัญญา เล่ห์สิงห์ และอรประภา อนุกุลประเสริฐ. (2559). ประสิทธิภาพของปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงต่อการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของคะน้า. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 24(2), 320-332.



- สัณห์ ละอองศรี. (2558). พันธุ์โกโก้ในประเทศไทย. สืบค้น วันที่ 20 พฤศจิกายน 2567, จาก <https://www.hrdi.or.th/Articles/Detail/1541>.
- สถาบันวิจัยพืชสวน. (2563). สถานการณ์การผลิตโกโก้. สืบค้น วันที่ 20 พฤศจิกายน 2567, จาก https://www.doa.go.th/hort/wp-content/uploads/2020/12/%E0%B8%AA%E0%B8%96%E0%B8%B2%E0%B8%99%E0%B8%81%E0%B8%B2%E0%B8%A3%E0%B8%93%E0%B9%8C%E0%B8%81%E0%B8%B2%E0%B8%A3%E0%B8%9C%E0%B8%A5%E0%B8%B4%E0%B8%95%E0%B9%82%E0%B8%81%E0%B9%82%E0%B8%81%E0%B9%89_%E0%B8%9E%E0%B8%A4%E0%B8%A8%E0%B8%88%E0%B8%B4%E0%B8%81%E0%B8%B2%E0%B8%A2%E0%B8%9963.pdf.
- สมศักดิ์ ฉิมมา, สายชล สุขญาณกิจ, สิริวรรณ สมิตธิอาภรณ์ และโสภิตา จิวประเสริฐ. (2563). การตอบสนองด้านการเจริญเติบโตและผลผลิตของแตงกวาลูกผสมต่อปุ๋ยฟอสฟอรัส. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 9(2), 277-286.
- สายชล สุขญาณกิจ, ศิริรัตน์ เขียนมั่น และ ชาลินี คงสุด. (2567). อิทธิพลของปุ๋ยอินทรีย์ต่อการเจริญเติบโตและคุณภาพฟัฟทะเลายใจ. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 32(2), 13-26.
- Ahmed, E.M. and C.R. Barmore. (1980). Cacao qualityb. AVI Publishing Co., Westport.
- AOAC. (2000). Official method of analysis. The Association of Official Analytical Chemists Inc.
- Chouhan, S., Meena, K. C., Soni, N., Patidar, D. K., Kachouli, B. K., Patidar, B. K. and Haldar. A. (2023). Response of recommended dose of fertilizers with organic manures on growth, yield and economics of kalmegh *Andrographis paniculata* Nees: A way to reduced use of chemical fertilizers. The Pharma Innovation Journal. 12, 119-124.
- Department of Agricultural Extension. (2022). Cocoa production area in Nan province. February 25, 2024, Retrieved from <https://farmer.doae.go.th/index/index/1>.
- FAOSTAT. (2022). Production quantities of cocoa beans by country 2021. November 25, 2024, Retrieved from <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL/visualize>.
- Gomez, K. A., & Gomez, A. A. (1984). *Statistical Procedures for Agricultural Research*. 2nd Ed., John Wiley and Sons.
- Land Classification Division and FAO Project Staff. (1973). Soil Interpretation Handbook for Thailand. Dept. of Land development, Min. of Agri. and Cooperative., Bangkok.
- Loureiro, G. A. H. A., Araujo, Q. R., Sodre, G. A., Valle, R. R., Souza, J. O., Ramos, E. M. L. S., Comerford, N. B. and Grierson, P. F. (2016). Cacao quality: high-lighting selected attributes. Food Reviews International 2016. 23-47.
- Tripathi, P. and Singh, A., (2021). Chapter19 - Biofertilizers: “An ace in the hole” in medicinal and aromatic plants cultivation. 253-263.