

การใช้ประโยชน์มูลสัตว์เพื่อเป็นทางเลือกของการใช้ปุ๋ยเคมีอย่างเข้มข้นใน การเกษตรของชุดดินรือเสาะ

Beneficial Use of Animal Manure as Alternative for Intense Chemical Fertilizer Used Agriculture in Ruso Soil Series

อภิศรา เตชะเชวงกุล (Apisara Techachawengkul)* คณิดา ตั้งคณานุรักษ์ (Kanita Tungkananurak)**
ดร.ดาวจรัส เกตุโรจน์ (Dr.Daojarus Ketrot)*** ดร.สุธี จรรย์สาสวธิวงศ์ (Dr.Suthee Janyasuthiwong)^{1****}

(Received: August 10, 2020; Revised: September 18, 2020; Accepted: October 1, 2020)

บทคัดย่อ

ชุดดินรือเสาะพบมากในทางตอนใต้ของประเทศไทย มีลักษณะเป็นทรายสีเหลืองปนน้ำตาล ความเป็นกรดสูง และความอุดมสมบูรณ์ต่ำ ทำให้มีการใช้ปุ๋ยที่มากเกินไปในพื้นที่เพื่อให้ดินมีความอุดมสมบูรณ์มากยิ่งขึ้นส่งผลให้เกิดปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมอย่างรุนแรงโดยเฉพาะอย่างยิ่งมลพิษทางดินและน้ำ ด้วยเหตุนี้จึงได้นำการจัดการธาตุอาหารพืชเฉพาะพื้นที่เพื่อให้การเกษตรมีความยั่งยืนโดยการลดปุ๋ยเคมีส่วนเกินลง มีการใช้ปุ๋ยคอก 3 ประเภท ได้แก่ มูลสุกร มูลโค มูลไก่ ผสมกับปุ๋ยเคมี (CF) ที่ใช้ทั่วไปในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน โดยทำการทดลองทั้งหมด 14 ชุดการทดลองในการปลูกคะน้า และพบว่าค่าปุ๋ยเคมี ปุ๋ยมูลสุกร ร้อยละ 75 : 25 (โดยน้ำหนัก) ให้ผลผลิตคะน้าสูงที่สุดที่น้ำหนัก 530.70 กก./ไร่ และมีความสูงเฉลี่ย 21.50 เซนติเมตรต่อต้น อย่างไรก็ตามพบธาตุอาหารไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในน้ำชะน้อยที่สุดจากการผสมปุ๋ยเคมี : ปุ๋ยมูลโค ร้อยละ 75 : 25 (โดยน้ำหนัก) เท่ากับ 0.167 และ 0.007 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ การใช้ปุ๋ยเคมีที่ลดลงร้อยละ 25 เป็นสัญญาณที่บ่งบอกแนวทางเลือกสู่การทำเกษตรแบบยั่งยืน

ABSTRACT

Ruso soil characteristic is sandy, yellow-brown, highly acidic and low fertility which majorly found in the southern of Thailand. The over fertilization practices was used in this area to cover the low fertility which resulted in severe environmental problems especially soil and water pollutions. As a consequence the site-specific nutrient management was introduced in order to make the agriculture more sustainable by reducing the excess chemical fertilizer. These types of manure; pig, cow and chicken, was mixed with the common used chemical fertilizer (CF) in different ratios. Fourteen treatments were test in planting Chinese Kale and found that the CF : pig manure at 75 : 25 %w/w gave the highest Chinese Kale yield at 530.70 Kg/Rai and 21.50 cm. per plant. However, the least N and P nutrient in the leachate was found in the combination of CF : cow manure of 75 : 25 % w/w at 0.167 and 0.007 mg/L of nitrate and phosphate respectively. The 25 % reduction in CF usage is promising sign toward sustainable agriculture.

คำสำคัญ: คะน้า การจัดการธาตุอาหารพืชเฉพาะพื้นที่ ปุ๋ยคอก

Keywords: Chinese kale, Site - specific nutrient management, Manure

¹Corresponding author: suthee.ja@ku.th

*นักศึกษา หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

**รองศาสตราจารย์ ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

***ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

****อาจารย์ ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

บทนำ

ชุดดินรื้อเสาะ (Ro) สามารถพบได้บริเวณทางตอนใต้ของประเทศไทย เนื้อดินมีลักษณะร่วนปนทราย สีน้ำตาลปนเหลือง มีปฏิกริยากรดจัดมาก จัดเป็นชุดดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำส่งผลให้มีความจำเป็นต้องใส่ปุ๋ยเคมีหรือปุ๋ยคอกเพื่อปรับปรุงคุณภาพให้เหมาะแก่การเจริญเติบโตของพืชผัก โดยในปัจจุบันเกษตรกรกรมในประเทศไทยอาศัยปุ๋ยเคมีเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการเพาะปลูกมากขึ้น โดยในปีพุทธศักราช 2561 มีการนำเข้าปุ๋ยเคมีในปริมาณมากนับเป็นมูลค่ารวมจำนวน 58,757 ล้านบาท สูตรปุ๋ยที่มีการนำเข้าจากต่างประเทศมากที่สุดคือปุ๋ยสูตร 46-0-0 หรือปุ๋ยยูเรีย [1] เป็นปุ๋ยธาตุไนโตรเจนที่มีส่วนช่วยให้พืชมีการเจริญเติบโตเร็วและแข็งแรง มีส่วนช่วยในการออกดอกออกผล อีกทั้งยังเน้นบำรุงใบและลำต้นให้แข็งแรง ช่วยเพิ่มผลผลิตในกลุ่มพืชเน้นใบ [2] เช่น คะน้า (Chinese kale) มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ *Brassica oleracea* var. *alboglabra* ซึ่งพืชตระกูล *Brassica* มีความต้องการธาตุอาหารโดยเฉพาะธาตุไนโตรเจนมากกว่าพืชทั่วไป [3] อีกทั้งคะน้าสามารถเพาะปลูกได้ตลอดทั้งปี ปลูกได้ทุกฤดู และทั่วทุกภาคของประเทศไทย มีระยะเวลาในการเก็บเกี่ยวที่เร็วอายุตั้งแต่หว่านหรือหยอดเมล็ดจนถึงเก็บเกี่ยวประมาณ 45 – 55 วัน คะน้าเป็นผักประเภทรากดินจึงสามารถปลูกได้ในดินทุกชนิด และเป็นผักที่คนนิยมนำมารับประทาน อีกทั้งยังเป็นพืชที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศ [4] ส่งผลให้เกษตรกรมีการใส่ปุ๋ยเคมีในปริมาณมากเพื่อเร่งการเจริญเติบโตให้ได้ผลผลิตตามความต้องการทั้งด้านคุณภาพและปริมาณแต่กลับได้ผลตรงกันข้าม เนื่องจากการสูญหายของไนโตรเจนไปในรูปของแก๊สไนโตรเจนโดยกิจกรรมของจุลินทรีย์ การเคลื่อนย้ายของไนโตรเจนจากดินชั้นบนลงสู่ดินชั้นล่างเมื่อมีปริมาณของไนโตรเจนในดินมากเกินไปและไม่ถูกใช้โดยพืชจึงทำให้ถูกชะล้างออกจากบริเวณรากพืชไปกับน้ำและลงสู่ลำน้ำได้ดินส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศในวงกว้าง [5] นับเป็นการสิ้นเปลืองต้นทุนที่ใช้ไปกับการซื้อปุ๋ยเคมีเป็นจำนวนมากส่งผลให้ในปัจจุบันจึงมีเกษตรกรทางเลือกเพื่อช่วยเหลือเกษตรกร ไม่ว่าจะเป็นการใช้ปุ๋ยคอกเพื่อเป็นแหล่งธาตุอาหารให้กับพืชเพื่อปรับปรุงคุณภาพดินทั้งทางกายภาพและเคมี อีกทั้งยังเป็นการหมุนเวียนนำเอาของเสียกลับมาใช้ให้เกิดประโยชน์อีกทางหนึ่ง เทคโนโลยีปุ๋ยสั่งตัดหรือการจัดการธาตุอาหารพืชเฉพาะพื้นที่เป็นการใส่ปุ๋ยให้ตรงกับความต้องการของพืชและตามความแตกต่างของดินในแต่ละพื้นที่เพื่อลดอัตราการใช้ปุ๋ยเคมี ลดอัตราการชะละลายของธาตุอาหารลงในแหล่งน้ำ และป้องกันปัญหาดินเสื่อมโทรม ผู้วิจัยจึงได้มีแนวคิดในการศึกษาปริมาณธาตุอาหารในชุดดินรื้อเสาะ เพื่อประยุกต์ใช้ร่วมกับปุ๋ยคอกและปุ๋ยสั่งตัดเพื่อให้มีปริมาณธาตุอาหารหลักที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของผักคะน้าเพื่อลดอัตราการใส่ปุ๋ยเคมี และให้เพียงพอต่อความต้องการของพืชและลักษณะดินที่แตกต่างกันในแต่ละพื้นที่เกษตรกร

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาปริมาณปุ๋ยให้ตรงกับความต้องการของการปลูกคะน้าในพื้นที่อำเภอสุทธีร์เพื่อลดผลกระทบต่อแหล่งน้ำและดินในพื้นที่
2. เพื่อศึกษาแนวทางการเลือกการใช้ปุ๋ยคอกร่วมกับการจัดการธาตุอาหารเฉพาะพื้นที่ (ปุ๋ยสั่งตัด)

วิธีการวิจัย

1. การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของชุดดินรื้อเสาะ

เก็บตัวอย่างดินแบบสุ่ม โดยแบ่งพื้นที่เพื่อเก็บตัวอย่างดินแบบสุ่มเก็บให้ทั่วพื้นที่ ใช้พลั่วชุดดินให้เป็นรูปสี่เหลี่ยมประมาณ 15 เซนติเมตร จากนั้นใช้พลั่วแซะดินข้างหลุมให้ได้แผ่นดินหนา 2-3 เซนติเมตรนำไปใส่ภาชนะเก็บ แล้วนำดินในแต่ละแปลงที่เก็บได้ มาเทลงบนผ้าใบพลาสติกเพื่อผสมเนื้อดินให้เข้ากันทั่วทั้งแปลง หลังจากนั้นแบ่งดินออกเป็น

4 ส่วน เลือก 1 ส่วน มาบดให้ละเอียด แล้วนำไปร่อนผ่านตะแกรงขนาด 2 และ 0.5 มิลลิเมตร เพื่อใช้เป็นตัวแทนในการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของดิน [6] ได้แก่ เนื้อดิน (Soil Texture) ด้วยวิธี Pipette method [7] ค่าความเป็นกรด ด่าง (ดิน:น้ำ เท่ากับ 1:5 w/v) อินทรีย์วัตถุ (Organic matter) ด้วยวิธี FeSO_4 titration method [8] ไนโตรเจนทั้งหมด ด้วยวิธี Kjeldahl method [9] ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืชโดยใช้น้ำยาสกัด Bray II ด้วยวิธี Bray II [10] และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ ด้วยวิธี Atomic Emission Spectrophotometry [11]

2. การวิเคราะห์ธาตุอาหารหลักในปุ๋ยคอก

วิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารหลักในปุ๋ยคอกทั้ง 3 ชนิด ได้แก่ ปุ๋ยมูลสุกร ปุ๋ยมูลไก่ และปุ๋ยมูลวัว โดยวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดด้วยวิธี Kjeldahl method และทำให้ปุ๋ยคอกทั้ง 3 ชนิดอยู่ในรูปของสารละลาย (aliquot) ด้วยกรดไนตริกเข้มข้นเพื่อวิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืชด้วยน้ำยาสกัด Barton's Reagent นำไปหาค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง UV-Spectrophotometer และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ ด้วยวิธี Atomic Emission Spectrophotometry [12]

3. การจัดการธาตุอาหารพืชเฉพาะพื้นที่

นำค่าที่ได้จากการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารหลักในชุดดินรือเสาะ ได้แก่ ไนโตรเจนทั้งหมด ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ คำนวณหาความเหมาะสมของธาตุอาหารพืชในชุดดินรือเสาะที่จะปลูกคะน้าในแปลงทดลองโดยประยุกต์ใช้แอปพลิเคชัน MixFertilizer โดยฟาร์มเกษตรภายใต้การดูแลผ่านโครงการอุทยานวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ในการคำนวณหาสัดส่วนของแม่ปุ๋ยที่เหมาะสม

4. การวิเคราะห์คุณภาพน้ำชะก่อนและหลังการเพาะปลูก

วิเคราะห์น้ำชะทั้งก่อนและหลังการเพาะปลูกคะน้า โดยวิเคราะห์ปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจนในน้ำ โดยวิธี Brucine Method [13] และปริมาณฟอสฟอรัสละลายน้ำ (Orthophosphate) ด้วยวิธี Ascorbic Acid Method [14]

5. การเจริญเติบโต

ปลูกคะน้าในโรงเรือนมุ้งตาข่ายที่มีความถี่ 36 mesh ด้วยวิธีการหว่านเมล็ดลงในกระบะเพาะกล้า เมื่อต้นกล้าเริ่มมีใบจริงขึ้น 3-4 ใบจึงย้ายต้นกล้าลงปลูกในกระถางขนาด 6 นิ้ว และใส่ปุ๋ยครั้งแรกโดยใช้สูตร 18-11-25 หลังจากนั้น 15 วัน ใส่ปุ๋ยครั้งที่ 2 โดยใช้ปุ๋ยสูตร 22-0-0 และเก็บเกี่ยวเมื่อคะน้ามีอายุได้ 45 วัน โดยตลอดระยะเวลาที่ทำการปลูกรดน้ำปริมาณ 250 มิลลิลิตรทุกวัน และวัดการเจริญเติบโตโดยชั่งน้ำหนักสด ความสูงของลำต้น และจำนวนใบของคะน้าในวันเก็บเกี่ยว หรือเมื่อคะน้ามีอายุ 45 วัน โดยวางแผนการทดลองแบบบล็อกสุ่มสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design : RCBD) แล้วนำข้อมูลมาวิเคราะห์ทางสถิติโดยวิธีวิเคราะห์ความแปรปรวน และเปรียบเทียบความแตกต่างของข้อมูลโดยวิธี Duncan's new multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 95 ซึ่งมีทั้งหมด 14 ชุดการทดลอง จำนวน 3 ซ้ำ ดังนี้

ชุดการทดลองที่ 1 ชุดดินรือเสาะ

ชุดการทดลองที่ 2 ใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าการแนะนำปุ๋ยสั่งตัดเฉพาะพื้นที่ (CF)

ชุดการทดลองที่ 3 ปุ๋ยมูลสุกร (PM) ร้อยละ 100

ชุดการทดลองที่ 4 ปุ๋ยเคมี (CF) ร้อยละ 75 ร่วมกับ ปุ๋ยมูลสุกร (PM) ร้อยละ 25

ชุดการทดลองที่ 5 ปุ๋ยเคมี (CF) ร้อยละ 50 ร่วมกับ ปุ๋ยมูลสุกร (PM) ร้อยละ 50

ชุดการทดลองที่ 6 ปุ๋ยเคมี (CF) ร้อยละ 25 ร่วมกับ ปุ๋ยมูลสุกร (PM) ร้อยละ 75

ชุดการทดลองที่ 7 ปุ๋ยมูลไก่ (CM) ร้อยละ 100

ชุดการทดลองที่ 8 ปุ๋ยเคมี (CF) ร้อยละ 75 ร่วมกับ ปุ๋ยมูลไก่ (CM) ร้อยละ 25

- ชุดการทดลองที่ 9 ปุ๋ยเคมี (CF) ร้อยละ 50 ร่วมกับ ปุ๋ยมูลไก่ (CM) ร้อยละ 50
ชุดการทดลองที่ 10 ปุ๋ยเคมี (CF) ร้อยละ 25 ร่วมกับ ปุ๋ยมูลไก่ (CM) ร้อยละ 75
ชุดการทดลองที่ 11 ปุ๋ยมูลโค (CoM) ร้อยละ 100
ชุดการทดลองที่ 12 ปุ๋ยเคมี (CF) ร้อยละ 75 ร่วมกับ ปุ๋ยมูลโค (CoM) ร้อยละ 25
ชุดการทดลองที่ 13 ปุ๋ยเคมี (CF) ร้อยละ 50 ร่วมกับ ปุ๋ยมูลโค (CoM) ร้อยละ 50
ชุดการทดลองที่ 14 ปุ๋ยเคมี (CF) ร้อยละ 25 ร่วมกับ ปุ๋ยมูลโค (CoM) ร้อยละ 75

ผลและอภิปรายผลการวิจัย

1. คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของชุดดินรื้อเสาะ

ดินตัวอย่างที่ศึกษาคือชุดดินรื้อเสาะ พบได้ในจังหวัดนครราชสีมา เนื้อดินมีลักษณะร่วนปนทราย สีน้ำตาลปนเหลือง พบอนุภาคทรายแป้ง (Sand) ร้อยละ 59.8 อนุภาคทรายแป้ง ร้อยละ 31.1 และอนุภาคดินเหนียว ร้อยละ 8.7 มีปฏิกิริยกรด-ด่างตรวจวัดด้วย pH meter ได้ค่าเท่ากับ 5.5 พบว่าชุดดินรื้อเสาะ มีปฏิกิริยาเป็นกรดจัด และปริมาณอินทรีย์วัตถุ ร้อยละ 0.9 ซึ่งชุดดินรื้อเสาะจัดเป็นชุดดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ จากผลการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารหลักในชุดดินรื้อเสาะพบว่า มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม อยู่ในระดับ ต่ำ สูงมาก และต่ำตามลำดับ (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของชุดดินรื้อเสาะ

ลำดับ	พารามิเตอร์	ค่าวิเคราะห์	หน่วย
สมบัติทางกายภาพ			
1 เนื้อดิน (Soil texture)			
	อนุภาคทราย (Sand)	59.8	ร้อยละ
	อนุภาคทรายแป้ง (Silt)	31.3	ร้อยละ
	อนุภาคดินเหนียว (Clay)	8.7	ร้อยละ
สมบัติทางเคมี			
1	ความเป็นกรดด่าง (pH)	5.5	
2	อินทรีย์วัตถุ (Organic matter)	0.9	ร้อยละ
3	ไนโตรเจนทั้งหมด (Total nitrogen)	0.1	ร้อยละ
4	ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Available phosphorus)	50.6	มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม
5	โพแทสเซียม (Exchangeable potassium)	43.8	มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

2. การวิเคราะห์ธาตุอาหารหลักในปุ๋ยคอก

ปุ๋ยคอกนั้นมีการปลดปล่อยธาตุอาหารที่ช้ากว่าปุ๋ยเคมีส่งผลให้มีการชะละลายของธาตุอาหารออกไปกับน้ำได้ ดินจนปนเปื้อนสู่แหล่งน้ำที่น้อยกว่า [15] อีกทั้งยังมีอัตราการปลดปล่อยธาตุอาหารที่สม่ำเสมอทำให้ตอบสนองต่อความต้องการของพืชได้ดีและเป็นพิษน้อยกว่าปุ๋ยเคมี [16] ซึ่งในการทดลองครั้งนี้ได้ทดลองในค่น้ำ ซึ่งจัดเป็นพืชเน้น

ใบมีความจำเป็นต้องใช้ธาตุอาหารไนโตรเจนที่สูง เนื่องจากธาตุไนโตรเจนมีส่วนช่วยให้พืชมีการเจริญเติบโตเร็วและแข็งแรง มีส่วนช่วยในการออกดอกออกผล อีกทั้งยังเน้นบำรุงใบและลำต้นให้มีความแข็งแรง ช่วยเพิ่มผลผลิตในกลุ่มพืชเน้นใบ ซึ่งจากผลการวิเคราะห์ชุดดินรื้อเสาะ พบว่ามีปริมาณไนโตรเจนอยู่ในระดับต่ำไม่เพียงพอต่อความต้องการในการเติบโตของคะน้า และจะเห็นได้ว่าในปัจจุบันเกษตรกรมีพฤติกรรมการใช้ปุ๋ยเคมีมากเกินไปจนความจำเป็นและใช้ติดต่อกันเป็นระยะเวลานานทำให้เกิดการตกค้างของสารเคมีจากปุ๋ยเคมีส่งผลเสียต่อความอุดมสมบูรณ์ของดินและเป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิตในดิน [17]

จากการแก้ไขปัญหาดังกล่าว จึงได้มีแนวทางเลือกนำเอาปุ๋ยคอกมาปรับปรุงคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของดินเดิมเพื่อเป็นแหล่งธาตุอาหารเพิ่มเติมให้กับพืชซึ่งจากการผลการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารหลักในปุ๋ยมูลสุกร มูลไก่ และมูลโค พบว่าปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (Total Nitrogen) ฟอสฟอรัสทั้งหมด (Total P_2O_5) และโพแทสเซียมทั้งหมด (Total K_2O) สามารถตรวจวัดได้ ดังตารางที่ 2 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานของปุ๋ยอินทรีย์ โดยปุ๋ยคอกทั้ง 3 ชนิด ได้แก่ มูลไก่ มูลโค และมูลสุกร ในพื้นที่ศึกษามีสถิติข้อมูลของเกษตรกรผู้เลี้ยงสัตว์และปศุสัตว์ในปี พ.ศ. 2562 เป็นจำนวนมาก [18] ดังนั้นปุ๋ยคอกที่สามารถหาได้ง่ายและมีปริมาณที่มากเพียงพอจึงเป็นสิ่งที่เกษตรกรนำมาใช้ได้ง่ายและประหยัดต้นทุน ซึ่งเป็นแนวทางส่งเสริมให้เกษตรกรปรับใช้วัสดุเหล่านี้ และยังเป็นการลดปัญหาของเสียจากการปศุสัตว์อีกด้วย

ตารางที่ 2 ปริมาณธาตุอาหารหลักในปุ๋ยคอกทั้ง 3 ชนิด

ธาตุอาหารหลัก	ปริมาณที่ตรวจวัดได้ (ร้อยละโดยน้ำหนัก)			มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ (ร้อยละโดยน้ำหนัก)
	มูลสุกร	มูลไก่	มูลโค	
ไนโตรเจนทั้งหมด (Total Nitrogen)	1.0	2.2	1.7	ไม่น้อยกว่า ร้อยละ 1.0
ฟอสฟอรัสทั้งหมด (Total P_2O_5)	1.3	2.5	0.5	ไม่น้อยกว่า ร้อยละ 0.5
โพแทสเซียมทั้งหมด (Total K_2O)	1.0	3.1	2.1	ไม่น้อยกว่า ร้อยละ 0.5

ที่มา : ประกาศกรมวิชาการเกษตร เรื่อง กำหนดเกณฑ์ปุ๋ยอินทรีย์ พ.ศ. 2557 [19]

3. การจัดการธาตุอาหารพืชเฉพาะพื้นที่

จากผลการวิเคราะห์ชุดดินรื้อเสาะพบว่ามีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม อยู่ในระดับต่ำ สูงมาก และต่ำ ตามลำดับ ทำให้มีการปรับใช้การจัดการธาตุอาหารพืชเฉพาะพื้นที่เพื่อเพิ่มปริมาณธาตุอาหารให้กับพื้นที่เพาะปลูกคะน้า เนื่องจากคะน้าจัดเป็นพืชที่เน้นใบมีความจำเป็นต้องใช้ธาตุอาหารไนโตรเจนที่สูงซึ่งจากการวิเคราะห์ชุดดินรื้อเสาะมีปริมาณไนโตรเจนอยู่ในระดับต่ำไม่เพียงพอต่อความต้องการในการเติบโตของคะน้าทำให้ต้องมีการใส่ปุ๋ยเพิ่มเพื่อการเจริญเติบโตและได้ผลผลิตสูง แต่การใส่ปุ๋ยมากเกินไปจนเป็นนอกจากจะไม่ได้ผลผลิตตามที่ต้องการแล้วยังเป็นการสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายในการซื้อปุ๋ย เนื่องจากการใส่ธาตุอาหารที่มากเกินไปความสามารถในการดูดซับของดินและเกินความต้องการของพืชส่งผลให้ธาตุอาหารมีการชะละลายออกจากดิน [20] สอดคล้องกับการศึกษาผลของชนิดปุ๋ยไนโตรเจนต่อการเจริญเติบโต ผลผลิตของคะน้า การชะละลายไนเตรตและปริมาณไนโตรฟายอิงแบคทีเรียในดินพบว่าดินแต่ละพื้นที่ที่มีปริมาณธาตุอาหารที่แตกต่างกันการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราที่มากเกินไปความสามารถในการดูดซับของดินและ ไม่ตรงกับความต้องการของพืชส่งผลให้เกิดการชะละลายของธาตุอาหารออกจากดินในปริมาณที่สูงและส่งผลกระทบต่อภาวะการเกิดมลภาวะทางน้ำที่เรียกว่ายูโทรฟิเคชัน (Eutrophication) ต่อไปได้ [21] โดยในการศึกษาครั้ง

นี้จึงเลือกใช้เทคโนโลยีการจัดการธาตุอาหารพืชเฉพาะพื้นที่แทนการใช้ปุ๋ยสูตรสำเร็จเพื่อให้เหมาะสมกับปริมาณธาตุอาหารหลักในชุดดินหรือเสา ในการศึกษานี้จึงประยุกต์ใช้แอปพลิเคชัน MixFertilizer ในการคำนวณหาสัดส่วนของแม่ปุ๋ยที่เหมาะสม พบว่าใช้ปุ๋ยสังคตสูตร 18-11-25 ในครั้งที่ 1 และสูตร 22-0-0 ในครั้งที่ 2 จากคำแนะนำการใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินในการปลูกคะน้า [22] และสามารถคำนวณปริมาณแม่ปุ๋ยที่ใส่ในแต่ละระยะการปลูกคะน้า ได้ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ปริมาณแม่ปุ๋ยที่ใส่ในแต่ละระยะการปลูกคะน้าด้วยการหว่านเมล็ด

การจัดการธาตุอาหารพืชเฉพาะพื้นที่ (กิโลกรัมต่อไร่)			
ครั้งที่ 1 ปุ๋ยสูตร 18-11-25		ครั้งที่ 2 ปุ๋ยสูตร 22-0-0	
18-46-0	46-0-0	0-0-60	46-0-0
17.39	19.28	13.33	22

หมายเหตุ : ครั้งที่ 1 หลังจากแตกใบจริง 3 – 4 ใบ

ครั้งที่ 2 หลังจากใส่ปุ๋ยครั้งที่ 1 แล้ว 15 วัน

4. การเจริญเติบโตของคะน้า

จากการใช้ปุ๋ยคอกร่วมกับปุ๋ยสังคตในการปลูกคะน้าตามชุดการทดลองข้างต้น จากผลการทดลองพบว่า ในการปลูกคะน้าที่ใส่ปุ๋ยเคมี (CF) ร้อยละ 75 ร่วมกับปุ๋ยมูลสุกร (PM) ร้อยละ 25 (ชุดการทดลองที่ 4) ส่งผลให้คะน้ามีน้ำหนักสด และความสูงของลำต้นมากที่สุด เท่ากับ 530.70 กิโลกรัมต่อไร่ และความสูงลำต้น 21.50 เซนติเมตรต่อต้นตามลำดับ และ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับคะน้าที่ใส่ปุ๋ยเคมีร้อยละ 75 ร่วมกับ ปุ๋ยมูลไก่อ้อยละ 25 (ชุดการทดลองที่ 8) แต่จะเห็นได้ชัดว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับคะน้าที่ใส่ปุ๋ยชนิดอื่น ๆ และคะน้าที่ปลูกในดินรื้อเสา มีการเจริญเติบโตที่ต่ำที่สุด (ตารางที่ 4 และภาพที่ 1) เนื่องจากชุดดินรื้อเสาจัดเป็นดินร่วนปนทรายมีสัดส่วนของอนุภาคทรายมากที่สุด ในการทดลองครั้งนี้จะเห็นได้ว่าการใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยมูลสุกรให้ผลดีที่สุด รองลงมาคือปุ๋ยเคมี (CF) ร้อยละ 75 ร่วมกับปุ๋ยมูลโค (CoM) ร้อยละ 25 (ชุดการทดลองที่ 12) การใส่ปุ๋ยคอกร่วมด้วยเป็นการปรับปรุงสมบัติทางกายภาพของดินโดยการเพิ่มอินทรีย์วัตถุในรูปของปุ๋ยคอกทำให้ดินเกาะตัวเป็นก้อน ร่วนซุย ส่งผลให้ดินมีช่องว่างเพิ่มมากขึ้นทำให้เกิดการหมุนเวียนอากาศเพิ่มความสามารถในการกระจายตัวหรือการขนถ่ายของรากได้ดี อีกทั้งยังทำให้การระเหยของน้ำในดินลดน้อยลง ทำให้ดินสามารถดูดซับน้ำและธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อพืชได้มากขึ้น [23] สอดคล้องกับการศึกษาอิทธิพลของปุ๋ยคอก 4 ชนิดต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของคะน้า พบว่าแปลงที่ได้รับปุ๋ยคอกมูลสุกรให้ค่าของผลผลิตรวมสูงที่สุด [24] รวมทั้งปัจจัยที่แตกต่างกันในการได้รับอาหารของสัตว์แต่ละชนิด โดยอาหารที่ได้รับประกอบด้วยวัตถุดิบชนิดต่าง ๆ มีการเสริมวิตามินและแร่ธาตุในปริมาณสูง ซึ่งแร่ธาตุเหล่านั้นไม่สามารถถูกนำไปใช้ประโยชน์ได้หมดและถูกขับถ่ายออกมาทางมูล อีกทั้งตัวแร่ธาตุเองจะถูกแปรสภาพให้อยู่ในรูปละลายน้ำได้มากขึ้นจึงเป็นประโยชน์ต่อพืชมากขึ้น [25] สอดคล้องกับการศึกษาเทคนิคและการใช้ดิน-ปุ๋ย-น้ำ รายงานว่าในมูลสุกรมีธาตุต่าง ๆ ทั้งธาตุอาหารหลักธาตุอาหารรองและจุลธาตุอาหารต่าง ๆ แต่การผลิตอาหารสุกรอาจมีการเสริมธาตุอาหารบางอย่างในระดับสูงแต่สัตว์ไม่สามารถย่อยและดูดซึมใช้ประโยชน์ได้หมด จึงมีเหลือขับถ่ายออกมาในมูลสัตว์ [26] อีกทั้งการใช้ปุ๋ยมูลโคร่วมด้วยจะช่วยดูดซับธาตุอาหารไว้ให้พืชได้มากขึ้น และเมื่อจุลินทรีย์ย่อยสลายปุ๋ยมูลโคจะปลดปล่อยธาตุอาหารต่าง ๆ ออกมาเป็นประโยชน์ค่อนข้างเร็วส่วนที่เหลือจะค่อย ๆ สลายตัวออกมาเป็นประโยชน์ต่อพืช เป็นการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยเคมีให้ดียิ่งขึ้น [27]

ตารางที่ 4 การเจริญเติบโตของคะน้า

ชุดการทดลอง	น้ำหนักสด (กก./ไร่)	ความสูง (ซม.)	จำนวนใบ (ใบ)
ชุดดินรื้อเสาะ	115.63 ^f	4.00 ^d	2.00 ^f
CF 100	199.99 ^{def}	14.80 ^{ab}	8.00 ^{cd}
PM 100	254.15 ^{cdef}	16.70 ^{ab}	14.00 ^{ab}
CF:PM 75:25	530.70 ^a	21.50 ^a	14.00 ^{ab}
CF:PM 50:50	250.74 ^{cdef}	14.95 ^{ab}	14.00 ^{ab}
CF:PM 25:25	225.29 ^{cdef}	13.50 ^{abc}	14.00 ^{ab}
CM 100	116.01 ^f	6.60 ^{cd}	3.00 ^{ef}
CF:CM 75:25	379.97 ^{bc}	18.70 ^a	13.00 ^{ab}
CF:CM 50:50	166.80 ^{ef}	15.50 ^{ab}	5.00 ^{def}
CF:CM 25:75	255.80 ^{cdef}	13.50 ^{abc}	14.00 ^{ab}
CoM 100	284.75 ^{cde}	18.00 ^a	17.00 ^a
CF:CoM 75:25	459.53 ^{ab}	16.45 ^{ab}	11.00 ^{bc}
CF:CoM 50:50	157.78 ^{ef}	9.00 ^{bcd}	7.00 ^{cde}
CF:CoM 25:75	328.75 ^{bcd}	17.20 ^a	15.00 ^{ab}
F - test	*	*	*
% CV	51.87	40.72	49.15

หมายเหตุ: *มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 95



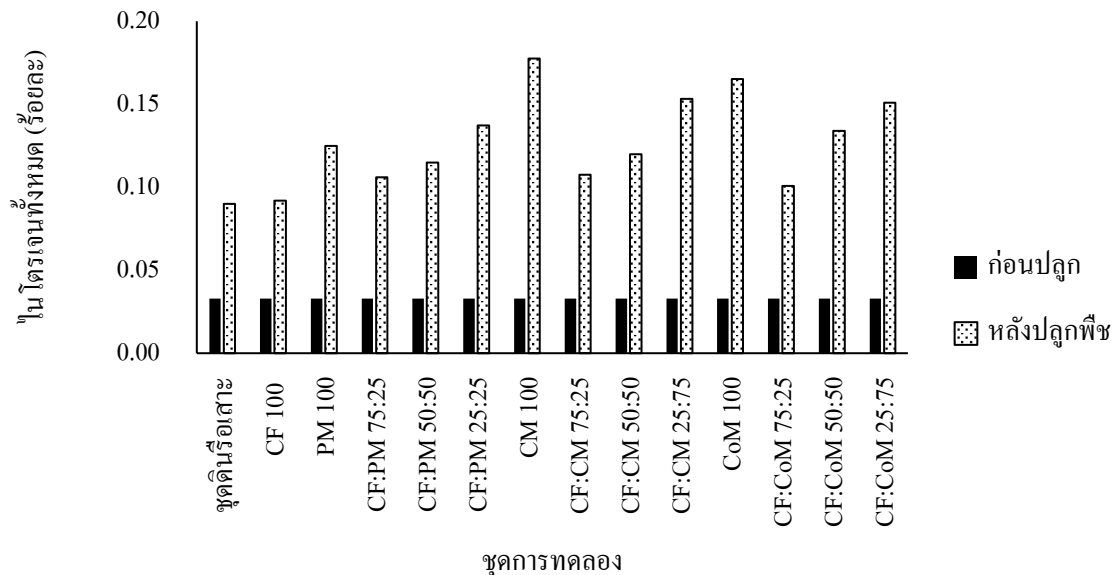
ภาพที่ 1 ผลการเจริญเติบโตของคะน้าของชุดดินรื้อเสาะ (a) CF:PM 75:25 (b) CF:CoM 75:25 (c)

5. ผลการศึกษาสมบัติดินและคุณภาพน้ำชะก่อนและหลังปลูกคะน้า

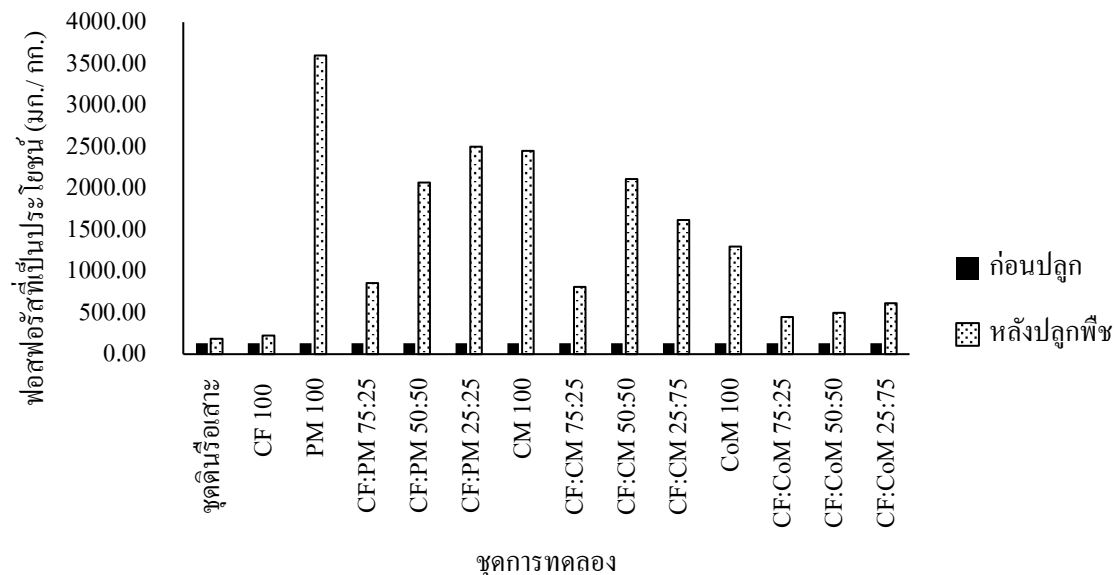
5.1 สมบัติดินก่อนและหลังปลูกคะน้า

จากการวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดินก่อนปลูก ทั้ง 14 ชุดการทดลอง พบว่าปริมาณไนโตรเจนอยู่ในระดับต่ำมาก (ต่ำกว่า ร้อยละ 0.1) และมีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ 50.6 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ซึ่งอยู่ในระดับสูงมาก (มากกว่า 45 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) หลังจากใส่ปุ๋ยตามอัตราส่วนต่าง ๆ หลังการเก็บเกี่ยวคะน้าพบว่าปริมาณไนโตรเจน และฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์มีปริมาณเพิ่มขึ้น โดยไนโตรเจนทั้งหมด พบในช่วง ร้อยละ 0.090 – 0.178 โดยจะเห็นได้ว่าคะน้าที่ใส่ปุ๋ยมูลไก่ ร้อยละ 100 (ชุดการทดลองที่ 7) พบว่า ดินปลูกมีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดที่สะสมในดินหลังเก็บเกี่ยวมากที่สุด (ร้อยละ 0.178) รองลงมาคือชุดการทดลองที่ 11 (ร้อยละ 0.165) และน้อยที่สุดคือ

ชุดการทดลองที่ 1 (ร้อยละ 0.090) ดังแสดงในภาพที่ 1 และปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์พบในช่วง 186 – 3600 มก./กก. โดยชุดการทดลองที่ 3 มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์คงเหลือในดินหลังเก็บเกี่ยวสูงที่สุด (3600 มก./กก.) รองลงมาคือชุดการทดลองที่ 6 (2498 มก./กก.) และน้อยที่สุดคือชุดการทดลองที่ 1 (186 มก./กก.) ดังแสดงในภาพที่ 2 และ 3



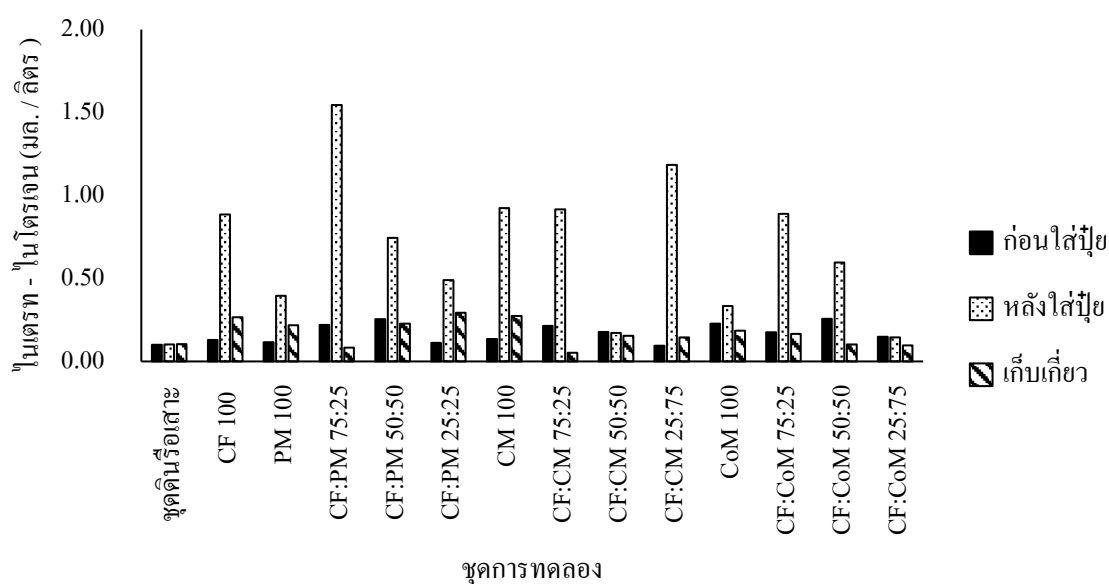
ภาพที่ 2 ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดิน (ร้อยละ) ก่อนและหลังปลูกกะน้า



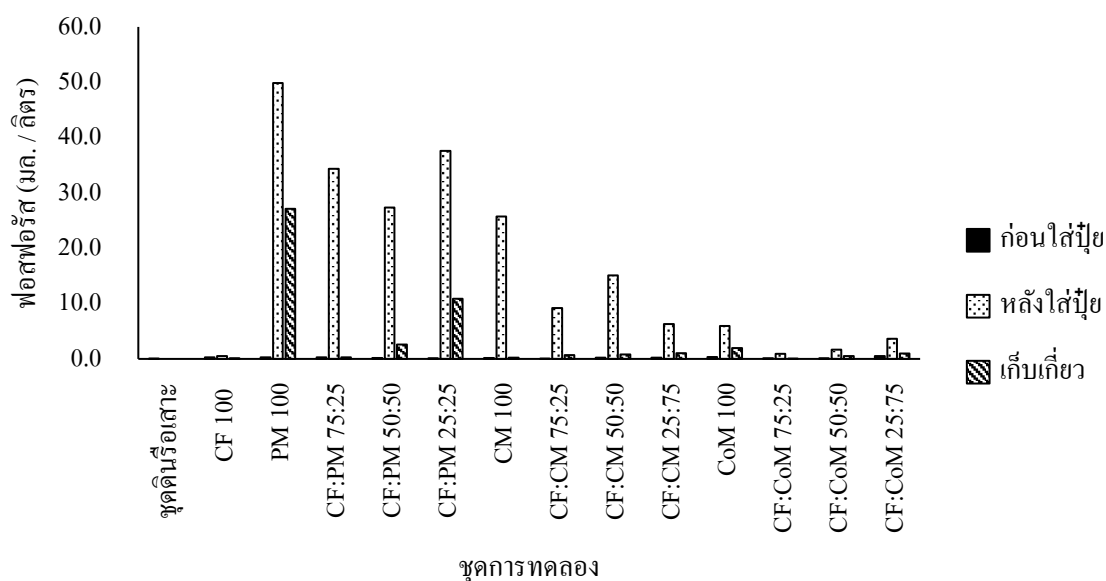
ภาพที่ 3 ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ก่อนและหลังปลูกกะน้า

5.2 คุณภาพน้ำหะก่อนและหลังปลูกคะน้ำ

ในการทดลองครั้งนี้ได้ศึกษาคุณภาพน้ำหะเป็น 3 ระยะ 14 ชุดการทดลอง ได้แก่ ระยะที่ 1 ก่อนใส่ปุ๋ย ระยะที่ 2 หลังใส่ปุ๋ย ระยะที่ 3 ระยะเก็บเกี่ยวผลผลิต เพื่อศึกษาปริมาณการชะละลายของธาตุอาหารไนโตรเจน-ไนโตรเจน และฟอสฟอรัส เนื่องจากเป็นปัจจัยสำคัญที่สามารถก่อให้เกิดมลภาวะทางน้ำ (ยูโทรฟิเคชัน) พบว่าในระยะที่ 1 ถึงระยะที่ 2 ซึ่งเป็นระยะที่ใส่ปุ๋ยตามอัตราส่วนต่าง ๆ แล้วเก็บน้ำหะทันทีทำให้มีปริมาณไนโตรเจน-ไนโตรเจน และฟอสฟอรัสที่เพิ่มขึ้นสูงที่สุด (0.102 - 1.545 มิลลิกรัมต่อลิตร และ 0.00 - 49.86 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ) และลดลงในระยะที่ 3 (0.052 - 0.294 มิลลิกรัมต่อลิตร และ 0 - 27.13 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ) ดังแสดงในภาพที่ 4 และ 5



ภาพที่ 4 ปริมาณไนโตรเจน-ไนโตรเจนในน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตร) ก่อนและหลังปลูกคะน้ำ



ภาพที่ 5 ปริมาณฟอสฟอรัสในน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตร) ก่อนและหลังปลูกคะน้ำ

สรุปผลการวิจัย

จากผลการศึกษาพบว่า การปลูกคะน้าในชุดดินรือเสาะที่ได้ปุ๋ยเคมี (CF) ร้อยละ 75 ร่วมกับ ปุ๋ยมูลสุกร (PM) ร้อยละ 25 (ชุดการทดลองที่ 4) มีผลทำให้คะน้ามีน้ำหนักสด และความสูงลำต้นมากที่สุด พบปริมาณธาตุอาหารที่หลงเหลือในดินหลังการเพาะปลูกแล้วพบว่ามีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดและฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับที่สูงมาก และคุณภาพน้ำชะหลังการเก็บเกี่ยว พบปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจนและปริมาณฟอสฟอรัสในรูปสารประกอบฟอสเฟตในน้ำชะ 0.082 มิลลิกรัมต่อลิตร และ 0.26 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ โดยปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจน และฟอสฟอรัสในรูปฟอสเฟตที่ทำให้เกิดยูโทรฟิเคชันในแหล่งน้ำได้ คือ มากกว่า 0.3 มิลลิกรัมต่อลิตร และมากกว่า 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ [28] แต่ถ้าเปลี่ยนจากปุ๋ยมูลสุกรไปใช้ปุ๋ยมูลโคแทนในชุดการทดลองที่ 12 ปุ๋ยเคมี (CF) ร้อยละ 75 ร่วมกับ ปุ๋ยมูลโค (CoM) ร้อยละ 25 ที่ให้น้ำหนักสดรองลงมา (284.09 กิโลกรัมต่อไร่) และความสูงลำต้น 16.45 เซนติเมตรต่อต้น) แทน ซึ่งมีปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในรูปฟอสเฟตในน้ำไม่เกินค่าที่ทำให้เกิดยูโทรฟิเคชันในแหล่งน้ำ (0.167 และ 0.07 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ) ซึ่งการใช้ปุ๋ยมูลโคร่วมด้วยจะช่วยดูดซับธาตุอาหารไว้ให้พืชได้มากขึ้น และเมื่อจุลินทรีย์ย่อยสลายปุ๋ยมูลโคจะปลดปล่อยธาตุอาหารต่าง ๆ ออกมาเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยเคมีให้ดียิ่งขึ้นเป็นแนวทางในการลดปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมอย่างรุนแรงโดยเฉพาะอย่างยิ่งมลพิษทางดินและน้ำได้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณทุนสนับสนุนการวิจัยและห้องปฏิบัติการ คณะสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และบริษัท อัครจรี จำกัด

เอกสารอ้างอิง

1. Office of Agriculture Economics. Quantity and value of imported chemical fertilizers [Internet] 2020 [update 2020 Apr 1; cited 2020 Nov 10]. Available from: <http://www.oae.go.th/view/1/%E0%B8%9B%E0%B8%B1%E0%B8%88%E0%B8%88%E0%B8%B1%E0%B8%A2%E0%B8%81%E0%B8%B2%E0%B8%A3%E0%B8%9C%E0%B8%A5%E0%B8%B4%E0%B8%95/TH-TH>
2. Office of Soil Survey and Land Use Planning. Essential Nutrients for Plant Growth [Internet] 2020. Available from: http://osl101.ldd.go.th/easysoils/s_prop_nutri01.htm
3. Wonprasaid S. Plant nutrient composition and concentration for Chinese kale (*Brassica albobolabra*) and Coriander (*Coriandrum sativum*) production in closed Soilless culture system: Surenaree University of Technology (TH); 2012 Nov. 44p. Report No.: SUT3-302-50-12-89.
4. Prapaitrakool S, editors. Agricultural extension handbook Cruciferaceae (Chinese Kale, Pakchoi). Bangkok: Department of Agriculture Extension; 2008. Thai.
5. Vityakon P. Advanced Soil Fertility. Khon Kaen: Department of Land Resources and Environment, Faculty of Agriculture, Khon Kaen University; 2004. Thai

6. Soil Fertilizer and Environment Development Project. Soil Sampling [Internet]. 2020. Available from: http://www.soiltest-ku.agr.ku.ac.th/index.php?option=com_content&view=article&id=17&Itemid=27
7. Jaroenchasri R. Preliminary Analytical method of physical properties of soils. Bangkok: Department of soil science, faculty of Agriculture, Kasetsart University; 2017. Thai
8. Walkley A, Black IA. Chromic acid titration method for determination of soil organic matter. Soil. Sci. Amer. Proc. 1947; 63: 257.
9. Bremner JM. Nitrogen-Total. In: Sparks DL, Pang AL, Helmke PA, Loeppert RH, Soltanpour PN, Tabatabai MA, Johnston CT, Sumner M, editors. Method of Soil Analysis Part 3: Chemical Method. Madison, Wisconsin, USA: Soil Sci. Soc. of Am. Inc.; 1996.
10. Bray RH, Kurtz LT. Determination of total, organic, and available forms of phosphorus in soils. Soil Sci. 1945; 59: 39-45.
11. Pratt PF. Potassium. In: Norman AG, editors. Method of soil analysis Part 2: Chemical and Microbiology Properties. Madison, Wisconsin, USA: Amer. Soc. of Agron. Inc.; 1965 p. 1022-1030.
12. Land Development Department. Work manual: plant, fertilizer and soil amendment analysis [Internet]. 2010 [update 2010 Sep 30; cited 2020 Nov 10]. Available from: <https://www.ldd.go.th/PMQA/2553/Manual/OSD-07.pdf>
13. APHA, AWWA, WPCA. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 18th ed. Washington, D.C.: American Public Health Association; 1992.
14. APHA, AWWA, WEF. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 23rd ed. Washington, D.C.: American Public Health Association; 2017.
15. Jokela WE. Nitrogen Fertilizer and Dairy Manure Effects on Corn Yield and Soil Nitrate. Soil Sci. Soc. 1992; 56: 148-154.
16. Saelim S. Organic Fertilizer and Utilization in Thailand. Bangkok: Land Development Department; 2016. Thai.
17. Geisseler D, Scow KM. Long-term effects of mineral fertilizers on soil microorganisms. Soil Biology & Biochemistry. 2014; 75: 54-63.
18. Information and Communication Technology Center. Information about farmers and livestock by province [Internet]. 2019. Available from: http://ict.dld.go.th/webnew/images/stories/stat_web/yearly/2562/country/1---farmer.pdf
19. Department of Agriculture. Announcements from Department of Agriculture of Standard of Organic Fertilizers A.D. 2005 [Internet]. 2014 [update 2014; cited 2020 Nov 10]. Available from: <https://www.doa.go.th/ard/wp-content/uploads/2019/11/FEDOA11.pdf>
20. Thaymuang W, Prasongsung P. The influence of chemical fertilizer rates on nutrient leaching from Lettuce planted Satuk Soil Series. Kamphaengsean Acad. J. 2008; 6: 64-70. Thai.
21. Saardngoen T, Amkha S, Thongjoo C, Rungcharoenthon P. Effect of Nitrogen Fertilizer Types on Plant Growth, Yield in Chinese Kale Nitrate Leachate and Soil Nitrifying Bacteria. The 9th KU-KPS Conference. 2012; 9: 1280-1287. Thai.



22. Verapattananirund P. Guidance of the Site-Specific Nutrient management for Agriculture plant. Bangkok: Department of Agriculture Extension. 2009. Thai.
23. Singhabootra N. The importance of organic matter in the cultivated soil. Land development. 1990; 27: 41-46. Thai.
24. Vanichpakorn Y. Effect of Animal Manures on Growth and Yield of Chinese Kale (*Brassica alboglabra* Bailey). Songklanakarin Journal of Plant Science. 2016; 3: 39-45. Thai.
25. Extension and Training Office Kasetsart University Pig manure extracted water Efficient use of animal manure as fertilizer for plants. Bangkok: Kasetsart university; 2011. 18p.
26. Foypikul W. Techniques and use of soil-fertilizer-water. Faculty of Science and Technology, Surindra Rajabhat University; 2005. Thai.
27. Suriyachaiyakorn M. Influence of organic fertilizers and chemical fertilizers on the growth and yield of Sweet corn [MSc thesis]. Kasetsart university; 2010. Thai.
28. Tirapitayanon W. Environmental impacts of phosphorus [Internet]. 2013 [update 2013 Dec; cited 2020 Nov 10]. Available from: <http://www.dss.go.th/images/st-article/pep-12-2556-impact-envi.pdf>