

GMSA

วารสารเกษตรรอบภูมิภาคลุ่มน้ำโขง



ปีที่ 2 ฉบับที่ 1 มกราคม-มิถุนายน 2568



ISSN:3056-9478 (online)
คณะเกษตรและเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยนครพนม

Faculty of Agriculture and Technology
Nakhon Phanom University



[https://li05.tcithaijo.org/index.php/JAgriGMS.](https://li05.tcithaijo.org/index.php/JAgriGMS)



วารสาร

เกษตรอนุภูมิภาคน้ำโขง

Greater Mekong Sub-region Agricultural Journal



คณะเกษตรและเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยนครพนม

ปีที่ 2 ฉบับที่ 1 มกราคม - มิถุนายน 2568

บทความวิจัย

หน้า

- การศึกษาลักษณะสมบัติของเชื้อเพลิงอัดเม็ดร่วมขยะกำพร้าว (ของกันกระแตก) กับกากไขมันเพื่อเป็นพลังงานทดแทน
จิรายุ มโนจุริกุล, และวนิดา ชูอักษร*.....1-7
- ลักษณะคุณภาพซากโคขุนของเกษตรกรรายย่อยในจังหวัดสกลนคร
ชินา สุภาภรณ์*, สุมาลี สุพรรณ, วรินทร์ มณีรัตน์, และมณฑิชา พุทชาคำ 8-13
- อิทธิพลของปุ๋ยอินทรีย์ที่มีต่อปริมาณธาตุอาหารในดิน การออกดอก และคุณภาพผลผลิตของโกโก้
บรรจง อุปแก้ว*, อภิรยา แก้วสุคนธ์, อนุชา จันทรบุรณ์, วราวุฒิ โล๊ะสุข, วสุธร บัวคอม, ณัฐกร ไชยแสน,
กัญญ์ณพัชญ์ ดวงแก้ว, และกัลยา พงสะพัง..... 14-26
- การประเมินระดับความเสียหายทางเศรษฐกิจของแมลงศัตรูข้าวในพื้นที่นาหลังน้ำท่วม
วรางรัตน์ เป้งไชยโม*, และ กัมปนาท วงศ์เครือสอน 27-36
- การวิเคราะห์เครื่องหมายโมเลกุลสลับในยีนส์สังเคราะห์โครโมโซมของอ้อยด้วยเทคนิค Restriction Site Associated
DNA Sequencing (RAD-seq)
วิรกรณ์ แสงไสย์*, เบญจวรรณ รัตวัตร์, ศุภรัตน์ ศรีทะวงษ์, นิฐภัทร คำหล้า, วรวัชรณ เชื้อกิตติศักดิ์ ,
และศุภรัตน์ สงวนรังศิริกุล..... 37-47
- ผลของปุ๋ยไนโตรเจนต่อผลผลิต องค์ประกอบผลผลิต และผลตอบแทนทางเศรษฐกิจของอ้อยโค่นตีเด่นในเขต
ชลประทานและน้ำเสริม
วาสนา วันดี*, ปิยธิดา อินทร์สุข และ จุฑมศักดิ์ ดวนมีสุข..... 48-62

ISSN: 3056-9478 (Online)

คณะเกษตรและเทคโนโลยี คณะเกษตรและเทคโนโลยี
Faculty of Agriculture and Technology
Nakhon Phanom University

AgriNPU



วารสารเกษตรอนุภูมิภาคลุ่มน้ำโขง

Greater Mekong Sub-Region Agricultural Journal

- ❖ เกษตรอนุภูมิภาคลุ่มน้ำโขง เป็นวารสารของคณะเกษตรและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยนครพนม เพื่อเผยแพร่ผลงานทางวิชาการด้านการเกษตร และสาขาที่เกี่ยวข้อง ปีละ 2 ฉบับ ฉบับ ราย 6 เดือน (2 ฉบับ/ปี) คือ ฉบับที่ 1 มกราคม-มิถุนายน ฉบับที่ 2 กรกฎาคม-ธันวาคม
- ❖ เรื่องที่ลงตีพิมพ์ ได้แก่ บทความจากรายงานการวิจัย บทความทางวิชาการ ทางด้านการเกษตร ที่ไม่เคยตีพิมพ์ที่ใดมาก่อน โดยมีผู้เขียนหรือผู้ร่วมเขียนอย่างน้อย 1 ท่านที่เป็นสมาชิกวารสารเกษตรอนุภูมิภาคลุ่มน้ำโขง
- ❖ ติดต่อสอบถาม รายละเอียดต่าง ๆ เกี่ยวกับวารสารเกษตรอนุภูมิภาคลุ่มน้ำโขง
สามารถติดต่อได้ที่ บรรณานิกรวารสารเกษตรอนุภูมิภาคลุ่มน้ำโขง คณะเกษตรและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยนครพนม จ. นครพนม 48000
e-mail: journal_agri@ms.npu.ac.th Website: li05.tci-thaijo.org/index.php/JAgriGMS/index

❖ ที่ปรึกษา

ศ.ดร.อนันต์ พลธานี	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
ศ.ดร.ทวนทอง จุฑาเกตุ	มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
รศ.ดร.สุจินต์ สิมารักษ์	มหาวิทยาลัยขอนแก่น

❖ บรรณาธิการ

รองวิชาการฝ่ายวิชาการและวิจัย (ผศ.ดร.อดิเทพชัยการณธ์ ภาชนะวรรณ)	มหาวิทยาลัยนครพนม
--	-------------------

❖ รองบรรณาธิการ

หัวหน้างานวารสารวิชาการ (ดร.พรทิพย์ พุทโส)	มหาวิทยาลัยนครพนม
---	-------------------

❖ กองบรรณาธิการ (ภายนอก)

รศ.ดร.ปราณีต งามแสนห์	มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
รศ.ดร.พงศธร กุณัน	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสกลนคร
ผศ.จรัญ มงคลวัย	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสกลนคร
ผศ.ดร.พัชรภรณ์ สุวอ	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ผศ.ดร.กิตติพงษ์ ลาลุน	มหาวิทยาลัยนครพนม
ผศ.ดร.นครินทร์ จ้าอาทิตย์	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
ผศ.ดร.อนวัทย์ ฝาลี	มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
รศ.ดร.สมชาย บุตรนันท์	มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

ผศ.ดร.รัตนจิรา รัตนประเสริฐ
 ผศ.ดร.วรวิทย์ จันทรสุวรรณ
 ดร.พวงเพชร พิมพ์จันทร์
 รศ. ดร.อำไพศักดิ์ ทิบุญมา
 รศ.ดร. ประกายจันทร์ นุ่มกิ่งรัตน์
 ผศ.ดร.อภินันต์ นามเขต
 ดร.เกียรติสุดา สุวรรณปา
 ผศ.ดร. ปัทมา วิริยพัฒนทรัพย์
 ดร.วันเพ็ญ ชลอเจริญยัง
 ดร.ประกาศิต ดวงพาเพ็ง
 ดร.นิธิ ด้วงผึ้ง
 ดร.ประกาศิต ดวงพาเพ็ง
 ดร.อนนท์ จันทรเกตุ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสุรินทร์
 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสุรินทร์
 มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
 มหาวิทยาลัยขอนแก่น
 มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
 มหาวิทยาลัยขอนแก่น
 มหาวิทยาลัยขอนแก่น
 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสุรินทร์
 มหาวิทยาลัยขอนแก่น
 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
 มหาวิทยาลัยขอนแก่น
 มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

❖ กองบรรณาธิการ (ภายใน)

รศ.ดร.กัมปนาจ เกสัชชา
 ผศ.ดร.กัญญา มิชะมา
 ผศ.ดร.โสรัจจ์ ประวีณวงศ์วุฒิ
 ผศ.ดร.เสาวคนธ์ เหมวงษ์
 ผศ.ดร.พรจิต สอนสีดา
 ผศ.ดร.ณัฐนันท์ เทียงธรรม
 ผศ.ดร.หทัยกาญจน์ กกแก้ว
 ผศ.ดร.ตรี วาทกิจ
 ผศ.ดร.พิศมาส หวังดี
 ผศ.ว่าที่ร้อยตรีวัชรินทร์ เขียวไกร
 ผศ.ดร.วิญเพ็ญ กาคำผุย
 ผศ.พูลทวี ศรพรหม

มหาวิทยาลัยนครพนม
 มหาวิทยาลัยนครพนม
 มหาวิทยาลัยนครพนม
 มหาวิทยาลัยนครพนม
 มหาวิทยาลัยนครพนม
 มหาวิทยาลัยนครพนม
 มหาวิทยาลัยนครพนม
 มหาวิทยาลัยนครพนม
 มหาวิทยาลัยนครพนม
 มหาวิทยาลัยนครพนม
 มหาวิทยาลัยนครพนม
 มหาวิทยาลัยนครพนม

❖ ผู้จัดการวารสาร

นางสาวสาลิณี สร้อยสังวาลย์
 นางวัลจิราพร รอดชุม
 นางสาวอรอุมา สกุลไทย
 นางนิตยา พิมพ์บุตร

มหาวิทยาลัยนครพนม
 มหาวิทยาลัยนครพนม
 มหาวิทยาลัยนครพนม
 มหาวิทยาลัยนครพนม

นายณัฐชาติ ต້องเดช
นางสาวอ้อมทิพย์ มาลีลัย
ดร.อนิรุทธ์ ผงคลี
นางศิรินทรา ทาทอง
นางสาวแพงมา โคตรสา
นางสาวอรพีญา พิมพ์า

มหาวิทยาลัยนครพนม
มหาวิทยาลัยนครพนม
มหาวิทยาลัยนครพนม
มหาวิทยาลัยนครพนม
มหาวิทยาลัยนครพนม
มหาวิทยาลัยนครพนม

บทบรรณาธิการ

สวัสดีท่านผู้อ่านทุกท่าน วารสารฉบับนี้เป็นวารสารเกษตรออนูภูมิภาคลุ่มน้ำโขงปีที่ 2 ฉบับที่ 1 ประจำเดือนมกราคม-มิถุนายน พ.ศ. 2568 ในฉบับนี้ประกอบด้วย บทความวิจัยที่มีต้นฉบับเป็นภาษาไทย จำนวน 6 ฉบับ สาขาพืชศาสตร์ 4 เรื่อง สาขาสัตวศาสตร์ 1 เรื่อง สาขาเครื่องจักรกลเกษตร 1 เรื่อง

ทางวารสารเกษตรออนูภูมิภาคลุ่มน้ำโขง เปิดรับบทความวิจัย บทความวิชาการทางเกษตร วิทยาศาสตร์เกษตร เทคโนโลยีการเกษตร เทคโนโลยีเครื่องจักรกลเกษตร และสาขาอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง ผู้ที่สนใจส่งบทความเพื่อตีพิมพ์ในวารสารเกษตรออนูภูมิภาคเกษตรลุ่มน้ำโขง สามารถหาข้อมูลเพิ่มเติมได้จากเว็บไซต์วารสาร <https://li05.tci-thaijo.org/index.php/JAagriGMS/index> หรือสามารถติดต่อมายังกองบรรณาธิการได้ที่ E-mail : journal_agri@ms.npu.ac.th ขอให้ทุกท่านมีความสุข สุขภาพแข็งแรง ส่งผลงานวิจัยมาตีพิมพ์กันนะครับ และพบกันฉบับต่อไปครับ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อดิเทพชัยการณ์ ภาชนะวรรณ
บรรณาธิการเกษตรออนูภูมิภาคลุ่มน้ำโขง



การศึกษาลักษณะสมบัติของเชื้อเพลิงอัดเม็ดร่วม
ขยะกำพร้าว (ซองกันกระแทก) กับกากไขมันเพื่อเป็นพลังงานทดแทน
Characteristics of Co-Pelletized Fuel from Orphan Waste (Bubble Wrap)
and Grease Waste for Renewable Energy

จิรายุ มโนจูรีหกุล¹ และ วณิดา ชูอักษร^{1*}

Jirayu Manojureehakul¹ and Wanida Chooaksorn^{1*}

¹สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต

ตำบลคลองหนึ่ง อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 12120

* Corresponding author: cwanida@tu.ac.th

Received date: November 2024 Accepted date: March 2025 Published date: June 2025

บทคัดย่อ

การศึกษาลักษณะสมบัติของเชื้อเพลิงอัดเม็ดร่วมจากขยะกำพร้าว (ซองกันกระแทก) และกากไขมันในน้ำเสียของร้านอาหารอินเดีย (คลองโอ่งอ่าง-พาหุรัด) กรุงเทพมหานคร มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาลักษณะสมบัติทางกายภาพและทางเคมี โดยดำเนินการวิเคราะห์ ปริมาณความหนาแน่น ปริมาณความชื้น ปริมาณเถ้า ปริมาณสารระเหย และปริมาณความร้อน ตามมาตรฐานของสมาคมการทดสอบวัสดุแห่งอเมริกา (American Society for Testing and Materials; ASTM) ศึกษาอัตราส่วนของขยะกำพร้าวประเภทซองกันกระแทก และกากไขมัน 4 : 1 3 : 2 และ 2 : 3 โดยน้ำหนัก พบว่าอัตราส่วน 2 : 3 มีประสิทธิภาพเหมาะสมที่สุด มีปริมาณความหนาแน่น 1.60 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร แตก่วนได้เล็กน้อย ปริมาณความชื้น ปริมาณเถ้า และปริมาณสารระเหย ร้อยละ 8 4 และ 94 โดยน้ำหนัก ตามลำดับ ปริมาณความร้อน 8,815 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม ซึ่งมีลักษณะสมบัติที่เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานแนวทางและเกณฑ์คุณสมบัติของเสียเพื่อการแปรรูปเป็นแท่งเชื้อเพลิง และบล็อกประสานของกรมโรงงานอุตสาหกรรม

คำสำคัญ : ขยะกำพร้าว, กากไขมัน, เชื้อเพลิงอัดเม็ด, พลังงานทดแทน

Abstract

The study of the properties of co-pelletized fuel from orphan waste (bubble wrap) and grease waste from wastewater of an Indian restaurant (Ong Ang – Phahurat Canal) in Bangkok aimed to investigate physical and chemical characteristics. The analysis included measuring bulk density, moisture content, ash content, volatile matter, and heating value according to the standards of the American Society for Testing and Materials (ASTM). The ratios of orphan waste (bubble wrap) and grease waste were conducted are 4 : 1, 3 : 2, and 2 : 3 by weight. It was found that the 2:3 ratio exhibited the most suitable efficiency, with a density of 1.60 g/cm³, slightly friable texture, moisture content, ash content, and volatile matter at 8 %, 4 %, and 94% by weight, respectively. The heat value was 8,815 kcal/kg. The co-pelletizing fuel from orphan waste (bubble wrap) and grease waste was suitable



according to standards, guidelines, and waste qualification criteria for processing into fuel briquette and the interlocking block of the Department of Industrial Works.

Keywords: Orphan Waste, Grease Waste, Co-Pelletized Fuel, Renewable Energy

บทนำ

การแพร่ระบาดของไวรัสโคโรนา-19 (COVID-19) ทำให้มีการปรับเปลี่ยนวิถีชีวิตรูปแบบใหม่ (New normal) ประชาชนสั่งซื้อสินค้าผ่านระบบออนไลน์เพิ่มสูงขึ้นในทุกพื้นที่ (ศิริพร คำวานิล และณรงค์ศักดิ์ หนูสอน, 2563) โดยศูนย์วิจัยเศรษฐกิจและธุรกิจ ธนาคารไทยพาณิชย์ คาดว่า ในปีพ.ศ. 2566 มูลค่าตลาดขนส่งพัสดุไทยมีแนวโน้มขยายตัวต่อเนื่องเพิ่มมากขึ้น มีมูลค่าประมาณ 1.06 แสนล้านบาท และมีปริมาณขนส่งพัสดุเพิ่มขึ้นเป็นอย่างน้อย 7 ล้านชิ้นต่อวัน (บุญญภาพ ตันติปิฎก, 2565) ซึ่งการสั่งซื้อสินค้าผ่านระบบออนไลน์ โดยกระบวนการขนส่งพัสดุจะสร้างขยะจากบรรจุภัณฑ์ปริมาณมากในแต่ละวัน ได้แก่ บรรจุภัณฑ์ประเภทกล่องและซอง โดยส่วนมากจะผลิตมาจากกระดาษเพราะมีราคาถูกและสามารถนำไปหมุนเวียนใช้ซ้ำหรือนำไปขายต่อกับร้านรับซื้อของเก่าได้ แต่จะมีบรรจุภัณฑ์อีกประเภทที่เป็นที่นิยม คือ บรรจุภัณฑ์กลุ่มของกันกระแทก เพราะช่วยลดความเสียหายต่อทรัพย์สินระหว่างการจัดส่ง และลดขั้นตอนการหีบห่อวัสดุกันกระแทกก่อนใส่บรรจุภัณฑ์ แต่ไม่นิยมนำกลับมาใช้ซ้ำ เพราะมีการฉีกขาดที่กินเนื้อวัสดุกันกระแทกที่ส่งผลให้ประสิทธิภาพลดลง ซึ่งวัสดุหรือของกันกระแทกจัดเป็นขยะกำพวด เนื่องจากไม่ได้ผ่านกระบวนการจัดเก็บ รวบรวม คัดแยก รวมทั้งปรับปรุงสภาพให้มีคุณลักษณะเหมาะสมต่อการจัดการ ส่งผลให้ไม่สามารถนำขยะกำพวดไปรีไซเคิลได้ หรือไม่คุ้มค่ากับการรีไซเคิล โดยถูกทิ้งเป็นขยะทั่วไป (วนิดา ชูอักษร, 2566) แต่อย่างไรก็ตามขยะกำพวดสามารถนำมาเผาไหม้เป็นเชื้อเพลิงอัดเม็ดหรืออัดแท่ง (โกสินทร์ และวนิดา ชูอักษร, 2567) เป็นแหล่งพลังงานทดแทนที่ใช้ประโยชน์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ รวมทั้งเป็นการใช้ทรัพยากรที่มีอยู่อย่างคุ้มค่า แต่จำเป็นต้องมีวัสดุประสานเพื่อให้คงสภาพที่มีคุณภาพมีคุณสมบัติในการทำให้เกิดการผสมและยึดติดเข้ากันได้ ซึ่งวัสดุที่มีความเป็นไปได้ ได้แก่ กากไขมัน (Grease Waste) ซึ่งพบไขมัน น้ำมัน และไขมันหล่อลื่น (Fat Oil and Grease) คิดเป็นปริมาณร้อยละ 10 ของปริมาณสารอินทรีย์ที่พบในน้ำเสีย (กรมควบคุมมลพิษ, 2551) ในอุตสาหกรรมอาหารและการปรุงประกอบอาหารจากครัวเรือนและร้านอาหาร จำเป็นต้องได้รับการจัดการที่ถูกสุขลักษณะ เนื่องจากหากปนเปื้อนลงสู่แหล่งน้ำ และลอยตัวอยู่ที่ผิวน้ำ อาจทำให้ออกซิเจนไม่สามารถละลายลงสู่แหล่งน้ำได้ ส่งผลให้เกิดการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจนจนเกิดการเน่าเสียของน้ำ และกลิ่นอันไม่ประสงค์ตามมา และหากผ่านบ่อพักเพื่อตกให้น้ำมันและไขมันแยกตัวและลอยขึ้นสู่ผิวน้ำ และถูกตักออกจากบ่อตกไขมัน แต่หากไม่ถูกตักออกไปจัดการเป็นระยะ ๆ ก็อาจก่อให้เกิดการอุดตันในระบบท่อ (สำรวม โกศลานันท์ พิพัฒน์ ปราโมทย์ และณัฐสิทธิ์ พัฒนะอิม, 2553; พันธวิศ สัมพันธ์พานิช, เพ็ญรัตน์ จันทร์ภิวัฒน์ และกรองแก้ว ทิพย์ศักดิ์, 2562) การนำขยะกำพวดประเภทของกันกระแทกและกากไขมันมาผลิตเชื้อเพลิงอัดเม็ดร่วม เป็นการแปรรูปขยะเป็นพลังงาน (Waste to Energy) เพื่อเป็นพลังงานทดแทนชนิดใหม่ รวมทั้งสามารถแก้ปัญหาดังกล่าวของขยะ ลดปัญหาการปนเปื้อนกากไขมันในน้ำเสีย และเป็นการนำขยะและของเสียมาใช้ประโยชน์

วิธีการดำเนินการ

การผลิตเชื้อเพลิงอัดเม็ดร่วมจากขยะกำพวดประเภทบรรจุภัณฑ์ของกันกระแทก และกากไขมัน มีวิธีดำเนินการวิจัยดังนี้

(1) การเตรียมตัวอย่าง

- ตัวอย่างขยะกำพวดประเภทของกันกระแทก ดำเนินการย่อยโดยตัดให้มีขนาดเล็กประมาณ 5-10 มิลลิเมตร
- ตัวอย่างกากไขมัน จากร้านอาหารในเขตพื้นที่บริเวณคลองโอง่าง-พาหุรัด ดำเนินการลดความชื้น โดยเข้า

ตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลา 4 ชั่วโมง

(2) การผสมขยะกำพวดและกากไขมัน



- นำขยะกำพร้าว้ผ่านการย่อยขนาด และกากไขมันที่ผ่านการอบมาแล้ว หาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการผลิตเชื้อเพลิงอัดเม็ดรวม โดยขยะกำพร้าว้ กากไขมัน ผสมตามอัตราส่วน 4 : 1 3 : 2 และ 2 : 3 โดยน้ำหนัก ขึ้นรูปด้วยเครื่องอัดเม็ดด้วยแรงมือ (Pelling Press) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 เซนติเมตร โดยมีลักษณะดังรูปที่ 1



(a)



(b)



(c)

Figure 1 Co-Pelletized fuel diameter 1 centimeter (orphan waste (bubble wrap) : grease waste) (a) ratio 4 : 1 (b) ratio 3 : 2 and (c) ratio 2 : 3

(3) การวิเคราะห์ลักษณะสมบัติของเชื้อเพลิงอัดเม็ด

(3.1) การวิเคราะห์ความหนาแน่นปกติ (Bulk Density)

ความหนาแน่นปกติ เป็นอัตราส่วนของมวลหนึ่งหน่วยปริมาตรของเชื้อเพลิงหรือเป็นปริมาณน้ำหนักของขยะต่อปริมาตรภาชนะที่บรรจุ โดยไม่มีการอัดหรือบีบให้ผิดไปจากธรรมชาติ โดยการวิเคราะห์ตามมาตรฐาน ASTM E 873-82 ดังสมการที่ (1)

$$D = \frac{M}{V}$$

สมการที่ (1)

โดย D คือ ค่าความหนาแน่น (กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร)

M คือ น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)

V คือ ปริมาตร (ลูกบาศก์เซนติเมตร)

(3.2) การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น (Moisture Content)

ปริมาณความชื้น เป็นปริมาณน้ำที่ยังคงอยู่หลังจากกระบวนการตากแห้งของเชื้อเพลิง ด้วยความชื้นมีผลต่อค่าความร้อนโดยตรง เชื้อเพลิงมีความชื้นมากจะทำให้ค่าความร้อนจะลดต่ำลง โดยการวิเคราะห์ปริมาณความชื้นตามมาตรฐาน ASTM D3173-95 คำนวณปริมาณความชื้น ดังสมการที่ (2)

$$MC = \left(\frac{A-B}{A} \right) \times 100$$

สมการที่ (2)

โดย MC คือ ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)



- A คือ น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ (กรัม)
B คือ น้ำหนักตัวอย่างหลังอบ (กรัม)

(3.3) ปริมาณเถ้า (Ash Content)

ปริมาณเถ้า เป็นส่วนของสารอนินทรีย์ที่เหลือจากการสันดาป หากเชื้อเพลิงมีเถ้าปริมาณมาก จะเป็นปัญหาในการเผาไหม้และเพิ่มความยุ่งยากในการกำจัดเถ้าที่เกิดขึ้นการวิเคราะห์ปริมาณเถ้า เป็นการหาปริมาณสารอนินทรีย์ที่คงเหลือหลังจากการเผาตัวอย่าง ตามมาตรฐาน ASTM D 3174-95 คำนวณปริมาณเถ้า ดังสมการที่ (3)

$$AC = \left(\frac{A}{B}\right) \times 100 \quad \text{สมการที่ (3)}$$

- โดย AC คือ ปริมาณเถ้า (ร้อยละ)
A คือ น้ำหนักตัวอย่างหลังเผา (กรัม)
B คือ น้ำหนักตัวอย่างก่อนเผา (กรัม)

(3.4) ปริมาณสารระเหย (Volatile Matter)

ปริมาณสารระเหย เป็นองค์ประกอบในเชื้อเพลิงที่สามารถระเหยได้เมื่อได้รับความร้อน โดยที่ปริมาณสารที่ระเหยสามารถระเหยได้ในปริมาณสูงจะมีแนวโน้มค่าความร้อนที่สูงตามไปด้วยการวิเคราะห์ปริมาณสารระเหย ตามมาตรฐาน ASTM D 3175-95 ดังสมการที่ (4)

$$VM = \left[\left(\frac{A}{B}\right) \times 100\right] - MC \quad \text{สมการที่ (4)}$$

- โดย VM คือ ปริมาณสารระเหย (ร้อยละ)
MC คือ ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)
A คือ น้ำหนักตัวอย่างหลังเผา (กรัม)
B คือ น้ำหนักตัวอย่างก่อนเผา (กรัม)

(3.5) ปริมาณความร้อน (Heat Value)

ปริมาณความร้อน เป็นปริมาณความร้อนที่เกิดขึ้นเมื่อแท่งเชื้อเพลิงถูกเผาไหม้อย่างสมบูรณ์ในบางครั้งอาจเรียกว่าค่าความร้อนของการเผาไหม้ การหาปริมาณความร้อนดำเนินการโดยใช้เครื่องบอมบ์แคลอริมิเตอร์ (Bomb Calorimeter) ด้วยวิธี Isoperibol ตามมาตรฐาน ASTM D 5865-13

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

(1) ปริมาณความหนาแน่นปกติ (Bulk Density)

การศึกษาค่าความหนาแน่นปกติ อัตราส่วนขยะกำพร้า : กากไขมัน 4 : 1 3 : 2 และ 2 : 3 โดยน้ำหนัก มีค่าความหนาแน่น 0.97 1.39 1.60 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 1) แตกต่างจากการศึกษาของธรรพร บุศย์น้ำเพชร และนิพนธ์ ต้นไพบูลย์กุล (2567) ซึ่งความหนาแน่นของเชื้อเพลิงขยะพลาสติกภายในมหาวิทยาลัยอยู่ระหว่าง 0.80-



0.90 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ทั้งนี้เนื่องจากเชื้อเพลิงอัดเม็ดมีส่วนผสมของกากไขมัน ทำให้ความหนาแน่นสูงกว่าขยะพลาสติก ซึ่งอัตราส่วนขยะกำพร้าว : กากไขมัน 2 : 3 มีความหนาแน่นมากที่สุด โดยอัตราส่วนของกากไขมันที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้การคั่นตัวและแตก่วนน้อยกว่าอัตราส่วนที่มีกากไขมันผสมน้อย โดยขยะกำพร้าวจะคั่นตัวและร่วนออกได้ง่ายกว่าเชื้อเพลิงอัดเม็ดที่มีอัตราส่วนของกากไขมันผสมมาก มีผลต่อการเคลื่อนย้ายและการเผาไหม้ที่อาจเผาไม่สมบูรณ์ หรือเผาไหม้ไม่หมด

(2) ปริมาณความชื้น (Moisture Content)

การศึกษาปริมาณความชื้น พบว่าเชื้อเพลิงอัดเม็ดร่วมซึ่งผ่านกระบวนการลดความชื้น โดยเข้าตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลา 4 ชั่วโมง พบว่า ขยะกำพร้าว : กากไขมัน อัตราส่วน 4 : 1 3 : 2 และ 2 : 3 มีปริมาณความชื้นร้อยละ 2 ร้อยละ 4 และ ร้อยละ 8 ตามลำดับ (ตารางที่ 1) ปริมาณร้อยละความชื้นมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่ออัตราส่วนของกากไขมันเพิ่ม และเมื่อนำเชื้อเพลิงอัดเม็ดในแต่ละอัตราส่วนทั้งไว้ระยะหนึ่งจะเริ่มคลายตัวแตก่วนหลุดเล็กน้อย ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานคุณสมบัติของเสียเพื่อการแปรรูปเป็นแท่งเชื้อเพลิงและบล็อกประสาน ที่กำหนดว่าต้องมีปริมาณความชื้นต่ำ (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2555) มีค่าความชื้นสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนอัดแท่ง (มผช.238/2547) (ธนิยา เกาศล, วัฒนา ศรีเกตุ, และวิชัยรัตน์ แก้วเจือ, 2562) ซึ่งตามเกณฑ์กำหนดให้ ความชื้นของถ่านอัดแท่งมีค่าความชื้นไม่เกินร้อยละ 8

(3) ปริมาณเถ้า (Ash Content)

การศึกษาปริมาณเถ้า พบว่า อัตราส่วนขยะกำพร้าว : กากไขมัน 4 : 1 3 : 2 และ 2 : 3 มีปริมาณเถ้าร้อยละ 16 12 และ 4 โดยน้ำหนัก ตามลำดับ (ตารางที่ 1) ซึ่งปริมาณเถ้าของเชื้อเพลิงอัดเม็ดจากขยะกำพร้าวผสมกับกากไขมัน เมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐานกรมโรงงานอุตสาหกรรม ว่าด้วยคุณสมบัติของเสียเพื่อการแปรรูปเป็นแท่งเชื้อเพลิงและบล็อกประสาน ที่กำหนดว่าต้องมีปริมาณเถ้าไม่เกินร้อยละ 20 (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2555) พบว่าอัตราส่วนขยะกำพร้าว : กากไขมันที่ 2 : 3 มีค่าปริมาณเถ้าต่ำที่สุด คือร้อยละ 4 รองลงมาคือ อัตราส่วนขยะกำพร้าว : กากไขมันที่ 3 : 2 มีค่าปริมาณเถ้าร้อยละ 12 และ อัตราส่วนขยะกำพร้าว : กากไขมันที่ 4 : 1 มีปริมาณเถ้าสูงที่สุด คือร้อยละ 16 ซึ่งเป็นไปตามมาตรฐานที่ต้องมีค่าร้อยละปริมาณเถ้าต่ำ และแสดงให้เห็นว่าอัตราส่วนของขยะกำพร้าวที่เพิ่มขึ้น ส่งผลให้มีปริมาณเถ้าจากการเผาไหม้เพิ่มขึ้นที่เพิ่มขึ้น

(4) ปริมาณสารระเหย (Volatile Matter)

การศึกษาปริมาณสารระเหย พบว่า อัตราส่วนขยะกำพร้าว : กากไขมัน อัตราส่วน 4 : 1 3 : 2 และ 2 : 3 มีปริมาณสารระเหยร้อยละ 76 84 และ 94 โดยน้ำหนัก ตามลำดับ (ตารางที่ 1) ซึ่งอัตราส่วน 2 : 3 มีปริมาณสารระเหยสูงที่สุดสอดคล้องกับปริมาณเถ้า และปริมาณความร้อน ที่มีปริมาณน้อยที่สุด และสูงที่สุด ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากปริมาณสารระเหยสามารถระเหยได้ในปริมาณสูงจะมีแนวโน้มค่าความร้อนที่สูงตามไปด้วย รวมทั้งทำให้มีคุณสมบัติการติดไฟง่ายขึ้น (จุฑาพล จำปาถม และคณะ, 2565)

(5) ปริมาณความร้อน (Heat Value)

การศึกษาปริมาณความร้อน พบว่าอัตราส่วนขยะกำพร้าว : กากไขมัน อัตราส่วน 4 : 1 3 : 2 และ 2 : 3 มีปริมาณความร้อน 7,289 8,125 และ 8,815 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม ตามลำดับ (ตารางที่ 1) ซึ่งเป็นไปตามมาตรฐานกรมโรงงานอุตสาหกรรม ว่าด้วยคุณสมบัติของเสียเพื่อการแปรรูปเป็นแท่งเชื้อเพลิงและบล็อกประสาน ที่กำหนดว่าค่าความร้อนต้องมากกว่า 3,000 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2555) อัตราส่วนการผสมกากไขมันเมื่อเพิ่มขึ้น ค่าพลังงานจะสูงขึ้นตาม ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของณพัชร บัวฉวน (2563) ในอัตราส่วนปริมาณกากไขมันที่เพิ่มขึ้น จะมีผลให้ค่าความร้อนของเชื้อเพลิงอัดเม็ดมีค่ามากขึ้น และสามารถเป็นแนวทางการนำไปใช้ทดแทนเชื้อเพลิงจำพวกถ่านกัมมันต์ ฟืน เพราะให้ค่าความร้อนสูง เมื่อเทียบกับวัสดุอื่น ๆ เช่น แกลบ 3,229 กิโลแคลอรี/กิโลกรัม ชานอ้อย 3,936 กิโล



แคลอรี/กิโลกรัม และกะลามะพร้าว 4,282 กิโลแคลอรี/กิโลกรัม (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและการอนุรักษ์พลังงาน, 2565)

Table 1 Characteristics of Co-Pelletized Fuel from orphan waste (Bubble Wrap) and grease waste

Characteristics	Unit	Ratio Co-Pelletized Fuel (orphan waste (Bubble Wrap) : grease waste)		
		4 : 1	3 : 2	2 : 3
Bulk Density	g/cm ³	0.97	1.39	1.60
Moisture Content	% by weight	2	4	8
Ash Content	% by weight	16	12	4
Volatile Matter	% by weight	76	84	94
Heat Value	Kcal/kg (by weight)	7,289	8,125	8,815

สรุปผลการทดลอง

เชื้อเพลิงอัดเม็ดร่วมขยะกำพร้าว (ชองกันกระแทก) กับกากไขมัน มีอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างขยะกำพร้าว : กากไขมัน คือ 2 : 3 โดยน้ำหนัก ซึ่งมีปริมาณความหนาแน่นปกติ 1.60 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ปริมาณความชื้น ปริมาณเถ้า และปริมาณสารระเหย ร้อยละ 8 ร้อยละ 4 และร้อยละ 94 โดยน้ำหนัก และมีปริมาณความร้อน 8,815 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม ซึ่งลักษณะสมบัติเป็นไปตามมาตรฐานกรมโรงงานอุตสาหกรรม ว่าด้วยคุณสมบัติของเสียเพื่อการแปรรูปเป็นแท่งเชื้อเพลิงและบล็อกประสาน และเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนอัดแท่ง (มผช.238/2547) โดยสัดส่วนการผสม กากไขมันเมื่อเพิ่มขึ้น พลังงานจะสูงขึ้น สามารถเป็นแนวทางนำไปใช้เป็นพลังงานทดแทนเพื่อลดปริมาณขยะ ลดปัญหาการ กากไขมันในน้ำเสีย และเป็นการนำขยะและของเสียมาใช้ประโยชน์ให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด อย่างไรก็ตามควรมีการศึกษา องค์ประกอบทางด้านเคมีของเชื้อเพลิงอัดเม็ดร่วมเพิ่มเติม เพื่อป้องกันการเกิดมลพิษจากการเผาไหม้เชื้อเพลิง

เอกสารอ้างอิง

- กรมควบคุมมลพิษ. (2551). คู่มือแนวทางการจัดการน้ำมันและไขมันจากบ่อดักไขมัน และการนำไปใช้ประโยชน์สำหรับ ชุมชน. สืบค้น 19 ธันวาคม 2566, จาก http://infofile.pcd.go.th/water/manual_Comm09.pdf?CFID=180918&CFTOKEN=57069603.
- กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. (2565). ฐานข้อมูลศักยภาพชีวมวลในประเทศไทยปี 2556. สืบค้น 21 พฤศจิกายน 2566, จาก <https://today.line.me/th/v2/article/DOQ9eo>
- กรมโรงงานอุตสาหกรรม. (2555). คู่มือแนวทางและเกณฑ์คุณสมบัติของเสียเพื่อการแปรรูปเป็นแท่งเชื้อเพลิง และบล็อก ประสาน. สืบค้น 9 มกราคม 2567, จาก <http://webintra.diw.go.th/iwmb/paper.asp>
- โกสินทร์ จิรินรัมย์ และวนิดา ชูอักษร. (2567). การผลิตเชื้อเพลิงอัดเม็ดร่วมจากกากตะกอนน้ำเสียชุมชนและขยะกำพร้าว. วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา. 29(2). 481-493
- จุฑาพล จำปาแถม ลำพูน เหลลราช ฤตินันท์ อารยางกูร, และสุรสิงห์ อารยางกูร. (2565). การศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสม และสมบัติถ่านอัดแท่งจากไม้ไผ่. วารสารเกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.อีสาน. 3(3) 81-93.



- ณพัชร บัวฉน. (2563). การพัฒนารูปแบบการผลิตแห้งเชื้อเพลิงจากขยะย่อยสลายได้ผสมกับกากไขมัน. วารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 15(3), 53-61.
- ธนิยา เกาศล, วัฒนา ศรีเกตุ, และวิชัยรัตน์ แก้วเจือ. (2562). ถ่านอัดแท่งจากเถ้าหนักของโรงไฟฟ้าชีวมวลจากรากไม้ยางพารา. ใน: การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 24. (29-36). โรงแรมเซ็นทาราและคอนเวนชันเซ็นเตอร์: อุดรธานี.
- ธพร บุศย์น้ำเพชร และนิพนธ์ ต้นไพบูลย์กุล. (2567). การผลิตเชื้อเพลิงขยะจากขยะพลาสติกภายในมหาวิทยาลัย. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี หัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ. 10(1) 14-28.
- บุญญภาพ ตันติปิฎก. (2565). เกษะติดตลาดขนส่งพัสดุ 2022. SCB Economic Intelligence Center. สืบค้น 21 พฤศจิกายน 2566, จาก <https://www.scbeic.com/th/detail/product/8322>
- พันธวัช สัมพันธ์พานิช, เพ็ญฤดี จันทร์ภักดิ์ และกรรณ แก้ว ทิพย์ศักดิ์. (2562). ปุ๋ยหมักกากไขมัน ... จากของเสียเหลือทิ้งของอุตสาหกรรมโรงแรม สู่ต้นแบบงานวิจัยการพัฒนาปุ๋ยปรับปรุงบำรุงดิน. วารสารสิ่งแวดล้อม. 23 (1), 1-14.
- วนิดา ชูอักษร. (2566). ฤกษ์งามยามดี จะช่วยแก้ปัญหาพลังงาน?. Sustainability กรุงเทพฯ. สืบค้น 19 พฤศจิกายน 2566, จาก <https://www.bangkokbiznews.com/environment/1073488>
- ศิริพร คำวานิล และณรงค์ศักดิ์ หนูสอน. (2563). ขยะมูลฝอย: ในช่วงสถานการณ์ COVID-19 เป็นอย่างไร. วารสารพยาบาลสาธารณสุข. 34(2). 144-157.
- สำรวม โกศลนันท์, พิพัฒน์ ปราโมทย์ และณัฐสิทธิ์ พัฒนะอิม. (2553). การหาค่าพลังงานความร้อนจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรและกากไขมันในบ่อดักไขมันของสถานที่จำหน่ายอาหาร. วารสารวิศวกรรมศาสตร์ ราชภัฏวชิรญาณ. 8(2), 37-41.



ลักษณะคุณภาพซากโคขุนของเกษตรกรรายย่อยในจังหวัดสกลนคร Carcass quality traits of fattening beef cattle in smallholder farms in Sakon Nakhon province

ชีนา สุภากรณ์^{1*}, สุมาลี สุพรรณ², วรินทร์ มณีรัตน์¹ และ มณฑิชา พุทสาคร¹

China Supakorn^{1*}, Sumalee Suphan², Warinthorn Maneerat¹ and Monticha Putsakhum¹

¹ สาขาวิชาเกษตรศาสตร์และสหกรณ์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ปากเกร็ด นนทบุรี 11120

² องค์การบริหารส่วนตำบลแม่นาทม โคกศรีสุพรรณ สกลนคร 47280

*Corresponding author: china.sup@stou.ac.th

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

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอิทธิพลที่มีผลต่อลักษณะคุณภาพซาก ได้แก่ ลักษณะน้ำหนักซากอุ่น และเปอร์เซ็นต์ซาก ที่เลี้ยงโดยเกษตรกรรายย่อย ดำเนินการวิจัยโดยใช้ข้อมูลที่รวบรวมจากสหกรณ์การเลี้ยงโคเนื้อขุนแห่งหนึ่งในจังหวัดสกลนครในระหว่างปี พ.ศ. 2556 - 2566 จำนวนทั้งหมด 4,544 ข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติพรรณนา และการวิเคราะห์ความแปรปรวนโดยเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธีการทดสอบ Tukey's range test ผลการวิจัยจากการวิเคราะห์สถิติเชิงพรรณนา พบว่า ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของลักษณะน้ำหนักซากอุ่น เปอร์เซ็นต์ซาก น้ำหนักเริ่มขุน น้ำหนักสิ้นสุดการขุน และระยะเวลาการขุน มีค่าเท่ากับ 325±40.9 กิโลกรัม/ตัว, 54.9±2.3 เปอร์เซ็นต์, 392.8±29.2 กิโลกรัม/ตัว, 598±66.7 กิโลกรัม/ตัว และ 360.5±88.7 วัน ตามลำดับ การศึกษาอิทธิพลต่างๆ ที่มีผลต่อลักษณะซาก พบว่า ตัวแปรร่วมระยะเวลาในการขุนและน้ำหนักเมื่อเข้าขุน มีอิทธิพลต่อลักษณะซากอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.01$) อิทธิพลของฟาร์ม เพศ พันธุ์ และอายุเมื่อเข้าขุน มีอิทธิพลต่อลักษณะน้ำหนักซากอุ่นและเปอร์เซ็นต์ซาก โดยโคเนื้อขุนเพศผู้จะมีลักษณะซาก (330.3 กิโลกรัม/ตัว และ 55.3 เปอร์เซ็นต์) สูงกว่าเพศเมีย (323.1 กิโลกรัม/ตัว และ 54.3 เปอร์เซ็นต์) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ในขณะที่ลักษณะน้ำหนักซากอุ่นและเปอร์เซ็นต์ซากของโคเนื้อลูกผสมลิมุซัน (316.2 กิโลกรัม/ตัว และ 53.2 เปอร์เซ็นต์) น้อยกว่าโคเนื้อลูกผสมชาร์โรเลส์ (332.5 กิโลกรัม/ตัว และ 56.7 เปอร์เซ็นต์) และบราห์มัน (328.7 กิโลกรัม/ตัว และ 54.8 เปอร์เซ็นต์) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) และ โคเนื้อที่เข้าขุนเมื่ออายุตั้งแต่ 2 ปีขึ้นไปไม่เกิน 4 ปี จะมีลักษณะซากดีกว่าโคเนื้อที่เข้าขุนเมื่ออายุประมาณ 1 ปี อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) สำหรับปฏิกริยาร่วมระหว่างอิทธิพลดังกล่าว พบว่า ไม่มีอิทธิพลต่อลักษณะซากอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

คำสำคัญ: โคเนื้อ น้ำหนักซากอุ่น เปอร์เซ็นต์คุณภาพซาก

Abstract

This study aimed to investigate the factors affecting hot carcass weight (HCW) and dressing percentage (DP). Data were collected from smallholder farms by the livestock cooperatives in Sakon Nakhon province. A total of 4,544 records was used in this study. Descriptive statistics analysis, analysis of variance (ANOVA), and post-hoc analysis using Tukey's range test were applied. The descriptive statistics showed that means±standard deviation of HCW, DP, initial weight, final weight, and fattening



days were 325 ± 40.9 kg, 54.9 ± 2.3 %, 392.8 ± 29.2 kg, 598 ± 66.7 kg, and 360.5 ± 88.7 days, respectively. This study of factors affecting the carcass traits indicated that covariance of fattening days, and starting weight had highly influenced HCW and DP ($P < 0.01$). In addition, the effects of farm, sex, breed, and age at fattening had a significant impact on the carcass traits ($P < 0.05$). The HCW and DP of males (330.3 kg for HCW, and 55.3 % for DP) were significantly higher than females (323.1 kg for HCW, and 54.3 % for DP) ($P < 0.05$). Crossbred Limousine cattle showed significantly lower HCW (316.2 kg) and DP (53.2 %) when compared to Charolais (332.5 kg for HCW, and 56.7 % for DP), and Brahman crossbreds (328.7 kg for HCW, and 54.8% for DP) ($P < 0.05$). Beef cattle more than two years old had significantly superior carcass traits compared to a one-year-old ($P < 0.05$). No statistically significant interaction effects were observed among farm, sex, breed, and age.

Keywords: beef cattle, hot carcass weight, dressing Percentage

บทนำ

การเลี้ยงโคเนื้อในประเทศไทยส่วนใหญ่จะเป็นการเลี้ยงโดยเกษตรกรรายย่อยและมีการเลี้ยงกระจายอยู่ทั่วประเทศ โดยเฉพาะภาคตะวันออกเฉียงเหนือเป็นพื้นที่ที่มีการเลี้ยงโคเนื้อมากที่สุด (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2566) ผลผลิตโคเนื้อที่ได้จากผู้เลี้ยงโคเนื้อสามารถแบ่งได้เป็น 2 กลุ่มหลักๆ ได้แก่ โคเนื้อมีชีวิตซึ่งถูกนำไปจำหน่ายเพื่อให้เกษตรกรนำไปเลี้ยงขุนต่อ เช่น ลูกโคหย่านม และ โคปลดระวาง เป็นต้น และโคเนื้อมีชีวิตที่ผ่านการเลี้ยงขุนเรียบร้อยแล้ว โดยจะถูกนำไปเข้าโรงฆ่าสัตว์เพื่อแปรรูปเป็นเนื้อโคสำหรับการบริโภคต่อไป เกษตรกรจะนำโคเนื้อไปจำหน่ายให้กับเกษตรกรที่ต้องการนำไปเลี้ยง หรือ เข้าสู่โรงฆ่าเพื่อแปรรูปเป็น เนื้อโคสำหรับการบริโภค อย่างไรก็ตาม ปัจจุบันประเทศไทยยังมีการนำเข้าทั้งโคเนื้อมีชีวิตและเนื้อโคจากต่างประเทศอย่างต่อเนื่อง ประกอบกับการเปิดเสรีทางการค้าตามความตกลงการค้าเสรี (Free Trade Area) ซึ่งอาจจะส่งผลให้ผู้เลี้ยงโคเนื้อประสบปัญหาด้านการผลิตและจำหน่ายโคเนื้อ ทั้งนี้ หน่วยงานภาครัฐและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องมีความจำเป็นต้องหามาตรการและแนวทางในการช่วยเหลือผู้เลี้ยงโคเนื้อ โดยเฉพาะผู้เลี้ยงโคเนื้อที่เป็นเกษตรกรรายย่อยซึ่งเป็นกลุ่มหลักที่น่าจะได้รับผลกระทบดังกล่าว

การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตโคเนื้อทั้งในด้านการผลิต ปริมาณ และคุณภาพของผลผลิตโคเนื้อ นับว่าเป็นแนวทางหนึ่งในการพัฒนาศักยภาพการผลิตโคเนื้อให้แก่เกษตรกรรายย่อยของประเทศไทยได้ ในปัจจุบันผู้เลี้ยงโคเนื้อมีการเลี้ยงโคเนื้อทั้งในรูปแบบเกษตรกรรายใหญ่ที่ดำเนินการผลิตครบวงจรตั้งแต่ต้นน้ำถึงปลายน้ำ สหกรณ์ผู้เลี้ยงโคเนื้อที่ประกอบด้วยสมาชิกสหกรณ์ที่เป็นผู้เลี้ยงโคเนื้อรายย่อยส่งขายโคเนื้อให้แก่สหกรณ์ และผู้เลี้ยงโคเนื้อรายย่อยต่างๆ ทั้งนี้รูปแบบการเลี้ยงโคเนื้อแบบสหกรณ์ผู้เลี้ยงโคเนื้อในประเทศไทยมีการกระจายอยู่ทั่วประเทศ โดยมีการดำเนินงานเพื่อสร้างความร่วมมือกับหน่วยงานและมหาวิทยาลัยต่างๆ ในการพัฒนาหรือมุ่งเน้นงานวิจัยในการปรับปรุงคุณภาพซากและพัฒนาการตลาดโคเนื้อ เพื่อพัฒนาผลผลิตโคเนื้อให้เพียงพอและตรงกับความต้องการของผู้บริโภค อย่างไรก็ตาม ผลผลิตโคเนื้อที่ได้จากสมาชิกสหกรณ์โคเนื้อที่เป็นเกษตรกรรายย่อยยังมีข้อจำกัดทางด้านการผลิต ปริมาณ และคุณภาพของผลผลิตโคเนื้อ เนื่องจากข้อจำกัดและปัจจัยหลายประการ เช่น ความรู้ของเกษตรกร คุณภาพของโคเนื้อที่นำมาเข้าขุน มาตรฐานการจัดการฟาร์ม และกระบวนการขุน เป็นต้น (นลินี คงสุบรรณ และคณะ, 2564)

การพัฒนาและปรับปรุงคุณภาพการเลี้ยงโคเนื้อขุนของเกษตรกรรายย่อยในสหกรณ์ ยังคงจำเป็นต้องได้รับการสนับสนุนอย่างต่อเนื่อง เพื่อยกระดับประสิทธิภาพ ปริมาณ และคุณภาพของผลผลิตให้สอดคล้องกับแนวทางการดำเนินงานของสหกรณ์ และเสริมสร้างรายได้ที่ยั่งยืนแก่เกษตรกรผู้เลี้ยงโคเนื้อ การวิจัยครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อคุณภาพซากของโคเนื้อขุน ซึ่งเลี้ยงโดยเกษตรกรรายย่อยของสมาชิกสหกรณ์การเลี้ยงโคเนื้อขุน



แห่งหนึ่งในจังหวัดสกลนคร โดยอาศัยข้อมูลสถิติย้อนหลังระหว่างปี พ.ศ. 2556–2566 เพื่อใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาระบบการเลี้ยงและปรับปรุงคุณภาพซากโคเนื้อของเกษตรกรรายย่อยในสหกรณ์อย่าง เป็นรูปธรรมและยั่งยืนต่อไป

วิธีการดำเนินการวิจัย

ข้อมูลที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ รวบรวมจากเกษตรกรรายย่อย ซึ่งเป็นสมาชิกของสหกรณ์การเลี้ยงโคเนื้อขุนแห่งหนึ่งในจังหวัดสกลนคร ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2556 ถึง 2566 จำนวนทั้งหมด 4,544 ข้อมูล โดยแบ่งเป็นเพศผู้ จำนวน 3,280 และเพศเมีย จำนวน 1,264 ข้อมูล โคเนื้อเพศผู้จะต้องมีอายุเมื่อเข้าขุนไม่เกิน 4 ปี และโคเนื้อเพศเมียจะไม่จำกัดอายุ มักเป็นโคเพศเมียที่ผสมติดยาก หรือมีปัญหาทางระบบสืบพันธุ์ โคเนื้อลูกผสมในชุดข้อมูลนี้ เป็นข้อมูลโคเนื้อลูกผสมของพันธุ์ชาร์โรเลส์ (4,130 ข้อมูล) โคเนื้อลูกผสมของพันธุ์ลิมุซัน (126 ข้อมูล) และโคเนื้อลูกผสมของพันธุ์บราห์มัน (288 ข้อมูล) ซึ่งโคเนื้อลูกผสมในแต่ละชุดข้อมูลมีระดับสายเลือด 50 ถึง 75 เปอร์เซ็นต์ โคเนื้อที่เข้าโปรแกรมการขุน จะได้รับการตรวจสุขภาพโดยสัตวแพทย์ และได้รับการถ่ายพยาธิภายนอกและภายใน สำหรับอาหารที่ใช้เลี้ยงโคเนื้อ คือ อาหารข้น อาหารหยาบ และผลพลอยได้จากการเกษตร ได้แก่ หญ้าหรือฟางผสมกากน้ำตาล และกากสับปะรด เป็นต้น รวมถึงมีการจัดการให้น้ำโดยใช้ถังน้ำหรือรางน้ำสะอาดให้โคกินได้ตลอดเวลา

ลักษณะซากที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ คือ ลักษณะน้ำหนักซากอุ่นและเปอร์เซ็นต์ซาก และอติพิลที่อาจจะมีผลต่อลักษณะดังกล่าว และใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ฟาร์ม ซึ่งพิจารณาจากการจัดการ พันธุ์ เพศ อายุเมื่อเข้าขุน ระยะเวลาในการขุน และน้ำหนักเริ่มขุน ตามแบบหุนการวิเคราะห์ ดังนี้

$$Y_{ijklm} = \mu + F_i + S_j + B_k + Age_l + b_1(\text{period} - \overline{\text{period}})_{ijklm} + b_2(BW - \overline{BW})_{ijklm} + e_{ijklm}$$

โดย	Y_{ijklm}	=	ค่าสังเกตของลักษณะที่ศึกษา
	μ	=	ค่าเฉลี่ยของค่าสังเกต
	F_i	=	อติพิลของฟาร์มที่ i (i = 1, 2, 3..., 157)
	S_j	=	อติพิลของเพศที่ j (j = เพศผู้ และเพศเมีย)
	B_k	=	อติพิลของพันธุ์ที่ k (k = ลูกผสมที่มีสายเลือดชาร์โรเลส์ ลิมุซัน และบราห์มัน)
	Age_l	=	อติพิลของอายุเมื่อเข้าขุนที่ l (l = 1, 2, 3 และ 4)
	$b_1(\text{period} - \overline{\text{period}})_{ijklm}$	=	ค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยของอติพิลระยะเวลาในการขุน
	$b_2(BW - \overline{BW})_{ijklm}$	=	ค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยของอติพิลน้ำหนักเริ่มขุน
	e_{ijklm}	=	อติพิลแบบสุ่ม $e_{ijklm} \sim NID(0, \sigma^2)$

การวิเคราะห์ข้อมูล จะทำการวิเคราะห์ข้อมูลสถิติเชิงพรรณนา (descriptive statistics) ในลักษณะน้ำหนักซากอุ่น เปอร์เซ็นต์ซาก และบางอติพิลที่คาดว่าจะมีผลต่อลักษณะที่ทำการศึกษา รวมถึงการวิเคราะห์ปฏิกิริยาร่วมของอติพิลต่างๆ โดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance; ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย โดยใช้วิธีการทดสอบ Tukey's range test (R program, 2024)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การกระจายของข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาได้แสดงใน ตารางที่ 1 จะเห็นได้ว่า ความแตกต่างระหว่างค่าสูงสุดและต่ำสุดของลักษณะน้ำหนักซากอุ่น และเปอร์เซ็นต์ซาก คือ 240 กิโลกรัม/ตัว และ 11 เปอร์เซ็นต์ ส่วนค่าเฉลี่ยของ



ลักษณะดังกล่าว มีค่าเท่ากับ 325 ± 41 กิโลกรัม/ตัว และ 55 ± 2.3 เปอร์เซ็นต์ อายุเมื่อเข้าขุนของโคขุนจะมีค่าเฉลี่ยประมาณ 2 ปี และใช้เวลาขุนเฉลี่ย ประมาณ 361 ± 89 วันก่อนเข้าโรงฆ่า สำหรับค่าเฉลี่ยน้ำหนักเริ่มขุนและสิ้นสุดการขุน มีค่าเท่ากับ 392.8 ± 29.2 และ 598.7 ± 66.7 กิโลกรัม/ตัว ตามลำดับ

Table 1 Descriptive statistics of carcass traits and factors affecting the traits (n=4,544 records)

Traits/Factors	Means	Standard deviation	Minimum	Maximum
Initial weight (kg)	392.8	29.2	200.0	610.0
Final weight (kg)	598.7	66.7	398.0	700.0
Fattening period (days)	360.5	88.7	60.0	500.0
Fattening age (years)	2.1	0.7	1.0	4.0
HCW (kg)	325.0	40.9	210.0	450.0
DP (%)	54.9	2.3	46.4	57.3

Remarks: HCW = Hot carcass weight, and DP =Dressing percentage

การวิเคราะห์ความแปรปรวนของอิทธิพลที่มีผลต่อคุณภาพโคเนื้อขุน พบว่า ตัวแปรร่วมในแบบพหุวิเคราะห์ข้อมูล ประกอบด้วย ระยะเวลาในการขุน และน้ำหนักเริ่มต้นในการขุน มีอิทธิพลต่อลักษณะน้ำหนักซากอ่อน และเปอร์เซ็นต์ซากอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) นอกจากนี้ อิทธิพลของฟาร์ม เพศ พันธุ์ และอายุเมื่อเข้าขุน มีอิทธิพลต่อลักษณะซากทั้งสองลักษณะอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ในกรณีอิทธิพลของฟาร์ม ซึ่งหมายถึง วิธีการให้อาหารและการจัดการเลี้ยงโคเนื้อในแต่ละฟาร์มอาจมีบางส่วนที่แตกต่างกัน ซึ่งส่งผลให้ฟาร์มมีอิทธิพลต่อลักษณะคุณภาพซากในการศึกษาครั้งนี้ ทั้งนี้ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของลักษณะคุณภาพซากของ 157 ฟาร์ม ไม่ได้ถูกรายงานผลในการศึกษาครั้งนี้

ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเพศ พันธุ์ และอายุเมื่อเข้าขุนแสดงในตารางที่ 2 พบว่า โคเนื้อขุนเพศเมียจะมีน้ำหนักซากอ่อนและเปอร์เซ็นต์ซากน้อยกว่าโคเนื้อขุนเพศผู้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Pogorzelska-Przybylek et al. (2021) และ Bureš and Barton (2012) ที่มีการสะสมกล้ามเนื้อของโคเนื้อเพศเมียอาจต้องใช้เวลามากกว่าเพศผู้ (Bureš and Barton, 2012) อีกทั้งโคเนื้อเพศเมียที่ใช้ในการขุนเป็นแม่โคที่ผสมไม่ติดหรือมีปัญหาทางระบบสืบพันธุ์ เป็นผลให้ความสำเร็จของร่างกายน้อยกว่าเพศผู้ แต่ผลการศึกษานี้แตกต่างจากการศึกษาของ Yüksel et al. (2024) ที่ไม่พบความแตกต่างระหว่างเพศของลักษณะคุณภาพซาก ในกรณีที่เลี้ยงในพื้นที่ราบสูง ในประเทศตุรเคีย

การทดสอบอิทธิพลของพันธุ์แสดงใน Table 2 พบว่า ลูกผสมชาร์โรเลส์มีแนวโน้มที่จะให้น้ำหนักซากอ่อนมากกว่าลูกผสมพันธุ์ลิมุซัน และบราห์มัน และมีเปอร์เซ็นต์ซากสูงกว่าลูกผสมพันธุ์อื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Kause et al. (2015) และ Pelmuş et al. (2023) พบว่า น้ำหนักซากอ่อน และเปอร์เซ็นต์ซากของโคเนื้อลูกผสมลิมุซันมีแนวโน้มต่ำกว่าลูกผสมชาร์โรเลส์และบราห์มัน ทั้งนี้ อาจเป็นเพราะโคพันธุ์ดังกล่าว มีการเจริญเติบโตและการปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมได้ไม่เทียบเท่าลูกผสมพันธุ์ชาร์โรเลส์ และพันธุ์บราห์มัน ในส่วนอิทธิพลของอายุเมื่อเข้าขุนที่เหมาะสมต้องไม่น้อยกว่า 2 ปี น้ำหนักซากอ่อนและเปอร์เซ็นต์ซากของโคเนื้อขุนที่มีอายุมากกว่า 2 ปี สูงกว่าโคเนื้อที่เข้าขุนตอนอายุ 1 ปีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) การศึกษาสอดคล้องกับ ญาณิน



และคณะ (2547) ซึ่งมีปฏิกริยาร่วมระหว่าง เพศกับพันธุ์, เพศกับอายุ, พันธุ์กับอายุ และเพศกับพันธุ์กับอายุ ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

Table 2 Means $\pm$ standard deviation of carcass traits between sex, breed, and fattening age (n=4,544 records)

Factors	Traits	
	HCW (kg)	DP (%)
Sex		
Male	330.3 $\pm$ 39.0 ^a	55.3 $\pm$ 2.4 ^a
Female	323.1 $\pm$ 32.0 ^b	54.3 $\pm$ 2.3 ^b
Crossbreds		
Charolais	332.5 $\pm$ 31.6 ^a	56.7 $\pm$ 2.3 ^a
Limousine	316.2 $\pm$ 33.4 ^b	53.2 $\pm$ 2.2 ^b
Brahman	328.7 $\pm$ 33.8 ^a	54.8 $\pm$ 2.4 ^c
Fattening age (year)		
1	312.4 $\pm$ 37.6 ^c	53.0 $\pm$ 2.4 ^b
2	337.3 $\pm$ 39.7 ^a	55.0 $\pm$ 2.2 ^a
3	334.6 $\pm$ 40.8 ^{ab}	54.5 $\pm$ 2.5 ^a
4	333.6 $\pm$ 39.3 ^b	54.4 $\pm$ 2.5 ^a

Remarks: HCW = Hot carcass weight, and DP =Dressing percentage

^a, ^b and ^c superscripts represent significant difference among rows (P<0.05).

สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาคุณภาพซากโคเนื้อขุนในฟาร์มของเกษตรกรรายย่อยในจังหวัดสกลนคร พบว่า อิทธิพลของฟาร์ม เพศ พันธุ์ อายุเมื่อเข้าขุน และตัวแปรร่วม ได้แก่ น้ำหนักเริ่มต้นในการขุน และระยะเวลาการขุน มีผลต่อการปรับปรุง ลักษณะน้ำหนักซากอ่อนและเปอร์เซ็นต์ซาก ในการศึกษารุ่นนี้ น้ำหนักซากอ่อน เปอร์เซ็นต์ซาก น้ำหนักเริ่มขุน และระยะเวลาการขุน มีค่าเฉลี่ยประมาณ 325 กิโลกรัม, 55 เปอร์เซ็นต์, 400 กิโลกรัม และ 1 ปี ตามลำดับ

ลักษณะน้ำหนักซากอ่อนและเปอร์เซ็นต์ซากในเพศผู้จะดีกว่าเพศเมีย ในกรณีอิทธิพลของพันธุ์ พบว่า โคเนื้อลูกผสมลิมุซันให้ลักษณะคุณภาพซากดีกว่าโคเนื้อลูกผสมชาร์โรเลส์ และบราห์มัน นอกจากนี้ โคเนื้อที่เข้าขุนเมื่ออายุตั้งแต่ 2 ปีขึ้นไปไม่เกิน 4 ปี จะมีลักษณะซากดีกว่าโคเนื้อที่เข้าขุนเมื่ออายุประมาณ 1 ปี แต่สำหรับอิทธิพลของฟาร์มมีผลต่อลักษณะคุณภาพซากนั้น อาจต้องทำการวิจัยเพิ่มเติมเพื่อทราบข้อมูลเกี่ยวกับการจัดการฟาร์มเลี้ยงโคเนื้อขุนในด้านต่างๆ ของเกษตรกรรายย่อยต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ สหกรณ์การเลี้ยงสุเนื้อแห่งหนึ่งในจังหวัดสกลนคร และมหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ที่เอื้อเฟื้อข้อมูลและสนับสนุนงานวิจัยในครั้งนี้



เอกสารอ้างอิง

- ญาณิน โอภาสพัฒนกิจ, จุฑารัตน์ เศรษฐกุล และกันยา ตันติวิสุทธิกุล. (2547). การผลิตเนื้อโคคุณภาพสูงจากโคลูกผสม เลือดชาร์โรเลส์: คุณภาพซากและคุณภาพเนื้อ. การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 42: สาขาสัตว สาขาสัตวแพทย์ (298-306). สำนักงานกองทุนสนับสนุนงานวิจัย: กรุงเทพฯ.
- นลินี คงสุบรรณ, ศิริพร กิริติการกุล, ชีมา โยธากักดี และเก นันทะเสน. (2564). ประสิทธิภาพทางเทคนิคการผลิตเนื้อของสมาชิกสหกรณ์เครือข่ายโคเนื้อ จำกัด. วารสารเศรษฐศาสตร์และกลยุทธ์การจัดการ. 8(1), 97-114.
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. (2566). สถิติการเกษตรของประเทศไทย ปี 2566. สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร, สำนักเศรษฐกิจการเกษตร, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. สืบค้นเมื่อ 9 มกราคม 2568, จาก <https://www.oae.go.th/assets/portals/1/files/journal/2567/statistic2566.pdf>
- Bureš D. and L. Barton. (2012). Growth performance, carcass traits and meat quality of bulls and heifers slaughtered at different ages. Czech Journal of Animal Science. 57: 34-43.
- Kause, A., L. Mikkola, I. Strandén, and K. Sirkko. (2015). Genetic parameters for carcass weight, conformation and fat in five beef cattle breeds. Animal. 9: 35-42.
- R program. (2024). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL: <http://www.R-project.org/>.
- Pelmuş R. S., H. Grosu, M. C. Rotar, M. A. Gras, and C. Van. (2023). Genetic parameters for growth traits of Charolais and Limousine cattle breeds. Acta Fytotechnica et Zootechnica. 26: 342-346.
- Pogorzelska-Przybyłek, P., Z. Nogalski, M. Sobczuk-Szul, and M. Momot. (2021). The effect of gender status on the growth performance, carcass and meat quality traits of young crossbred Holstein-Friesian × Limousin cattle. Animal Bioscience. 34: 914-921.
- Yüksel S., A. Karaçuhallılar, B. Balta, U. Şimşek, F. Yüksel, M. Memiş, and M. Çelik. (2024). Effect of breed and sex on carcass traits, meat quality and fatty acid composition of young cattle formed based on animal protein production and qualified meat in plateau condition. Archives Animal Breeding. 409-420.



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 ตั้งแต่ระยะก่อนดอกบานจนถึงระยะเก็บเกี่ยวผลผลิตในพื้นที่แปลงปลูกโกโก้ 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 เบลีเซียม 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 conc. H_2SO_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 ไปชั่งน้ำหนักที่ละเอียดจนบันทึกเอาไว้จากนั้นตักเนื้อโกโก้ที่บดแล้วลงใบดบบันทึกน้ำหนัก (น้ำหนักกระดาษกรองและน้ำหนักเนื้อโกโก้รวมกัน 1 กรัม) พับกระดาษกรองที่บรรจุเนื้อโกโก้ใส่ใน soxhlet นำเข้าเครื่อง solvent extraction โดยใช้เฮกซะอินอุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส เป็นตัวทำละลาย เป็นเวลา 40 นาทีแล้วนำ soxhlet ออกจากเครื่องรอให้เฮกซะอินกลั่นตัว 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 วิสาหกิจชุมชนกลุ่มเกษตรกรอินทรีย์ตำบลบัวใหญ่ 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 (Loureiro *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 และเปอร์เซ็นต์ไขมันที่ติดสูงด้วย 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. ปรินญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (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 โพธิ์นาม 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 อินนุกูล, ภัทริยา นวลไย และนราพร สังสนา. (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>.
- วรารุณ 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, ศิโรรัตน์ เขียนแน่น และ ชาลินี คงสุด. (2567). อิทธิพลของปุ๋ยอินทรีย์ต่อการเจริญเติบโตและคุณภาพฟ้าทะลายโจร. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 32(2), 13-26.
- Ahmed, E.M. and C.R. Barmore. (1980). Cacao quality. 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.



การประเมินระดับความเสียหายทางเศรษฐกิจของแมลงศัตรูข้าว ในพื้นที่นาหลังน้ำท่วม

Assessment of Economic Damage Caused by Rice Insect Pests in Post-Flooded Paddy Fields

วารังรัตน์ เป็งไชยโม^{1*,2} และ กัมปนาท วงศ์เครือสอน²

Varangrat Pengchaimo^{1*,2} and Khumpanat Wongkerson²

^{1,2}คณะเทคโนโลยีการเกษตร, มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร, 680 ถนนนิตโย ตำบลธาตุเชิงชุม อำเภอเมือง จังหวัดสกลนคร 47000

* Corresponding author: varangrat@snru.ac.th

Received date February 2025 Accepted date: June 2025 Published date: 2025

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสำรวจปริมาณประชากรแมลงศัตรูข้าวและศัตรูธรรมชาติในพื้นที่ปลูกข้าวนาปีของเขตจังหวัดสกลนคร และนครพนมหลังน้ำท่วม เพื่อประเมินหาระดับความเสียหายที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงประชากรของแมลงศัตรูข้าวเปรียบเทียบกับปริมาณประชากรแมลงศัตรูธรรมชาติ โดยคัดเลือกพื้นที่ศึกษา 3 พื้นที่ ได้แก่ อำเภอเมือง จังหวัดสกลนคร, อำเภอโคกศรีสุพรรณ จังหวัดสกลนคร และอำเภอนาหว้า จังหวัดนครพนม แต่ละอำเภอจะทำการสำรวจอำเภอละ 4 แปลง ซึ่งจะแบ่งเก็บข้อมูลแมลงตามอายุการเจริญเติบโตของข้าวได้แก่ ระยะต้นกล้า ระยะข้าวตั้งท้อง และระยะเก็บเกี่ยวหรือสุกแก่ โดยการใช้สวิงสำหรับโอบแมลงในการสำรวจประชากรแมลงและจะทำการโอบแมลงจนครบทั้ง 5 จุดตามแผนการสุ่มสำรวจแบบทแยงมุม จากการศึกษาพบว่าปริมาณประชากรแมลงที่อำเภอเมืองสกลนคร จังหวัดสกลนครมีสัดส่วนแมลงศัตรูข้าวต่อศัตรูธรรมชาติคิดเป็น 2.23 เท่าตัวโดยพบแมลงศัตรูข้าวเฉลี่ยร้อยละ 69.03 ศัตรูธรรมชาติเฉลี่ยร้อยละ 30.97 ส่วนอำเภอโคกศรีสุพรรณ จังหวัดสกลนครมีสัดส่วนแมลงศัตรูข้าวต่อศัตรูธรรมชาติคิดเป็น 2.35 เท่าตัวซึ่งพบว่ามีแมลงศัตรูข้าวเฉลี่ยร้อยละ 70.12 ศัตรูธรรมชาติเฉลี่ยร้อยละ 29.88 และอำเภอนาหว้า จังหวัดนครพนมมีสัดส่วนแมลงศัตรูข้าวต่อศัตรูธรรมชาติคิดเป็น 3.04 เท่าตัวโดยพบแมลงศัตรูข้าวเฉลี่ยร้อยละ 75.26 ศัตรูธรรมชาติเฉลี่ยร้อยละ 24.74 นอกจากนี้ยังพบว่าในระยะที่ข้าวตั้งท้องมีสัดส่วนปริมาณของแมลงศัตรูข้าวสูงกว่าศัตรูธรรมชาติ รองลงมาได้แก่ ระยะต้นกล้า และระยะเก็บเกี่ยวตามลำดับ และผลจากสัดส่วนปริมาณแมลงศัตรูข้าวต่อแมลงศัตรูธรรมชาติสามารถนำมาประเมินหาระดับความเสียหายทางเศรษฐกิจที่เกิดจากแมลงศัตรูข้าวในพื้นที่ศึกษาทั้ง 3 เขตอำเภอ พบว่าแมลงศัตรูข้าวเข้าทำลายข้าวตลอดอายุการเจริญเติบโตอยู่ในระดับต่ำจนถึงระดับกลาง ซึ่งเป็นการสร้างความเสียหายที่เกิดกับต้นข้าวไม่เกินร้อยละ 25 หรืออยู่ในระดับสมมูลตามธรรมชาติ ทั้งนี้เป็นผลจากปริมาณการมีแมลงศัตรูธรรมชาติในกลุ่มตัวห้ำที่สามารถเข้าทำลายควบคุมแมลงศัตรูข้าวได้ตั้งแต่ระยะไข่จนกระทั่งเป็นตัวเต็มวัยซึ่งพบในทั้ง 3 อำเภอ

คำสำคัญ : ข้าว, แมลงศัตรู, ระดับเศรษฐกิจ, น้ำท่วม



Abstract

The purpose of this study was to investigate the population of rice pests and natural enemies in the rice fields of Sakon Nakhon and Nakhon Phanom provinces after flooding. The aim was to assess the extent of damage caused by changes in pest populations relative to natural enemy populations. Three study areas were selected: Muang District, Sakon Nakhon Province, Khok Si Suphan District, Sakon Nakhon Province and Na Wa District Nakhon Phanom Province. In each district, four plots were surveyed. Insect data were collected based on the rice growth stages: seedling stage, panicle initiation stage, and maturity stage. An insect net was used to sample populations at five diagonally distributed points per plot according to the sampling plan.

The results showed that in Mueang District, Sakon Nakhon Province, the ratio of rice insect pests to natural enemies was 2.23:1, with an average of 69.03% pests and 30.97% natural enemies. In Khok Si Suphan District, Sakon Nakhon Province, the ratio was 2.35:1, with an average of 70.12% pests and 29.88% natural enemies. In Na Wa District, Nakhon Phanom Province, the ratio increased to 3.04:1, with 75.26% pests and 24.74% natural enemies. Additionally, it was found that pest populations were highest during the panicle initiation stage, followed by the seedling stage and the maturity stage, respectively. The results suggest that the pest-to-natural-enemy ratios in all three study areas indicate damage levels not exceeding 25%, which is within the threshold of natural ecological balance. This balance is attributed to the presence of predatory natural enemies capable of controlling rice pests from the egg to adult stages across all districts studied.

Keywords: Rice; Insect pests; Economic threshold; Floods

บทนำ

การปลูกข้าวของจังหวัดสกลนคร และจังหวัดใกล้เคียงมักจะมีปัญหาที่สำคัญคือระบาดของแมลงศัตรูข้าว โดยเฉพาะแมลงศัตรูข้าวประเภทปากดูด ซึ่งส่วนใหญ่อยู่ในอันดับ Homoptera ได้แก่ แมลงประเภทเพลี้ยต่างๆ เช่น เพลี้ยกระโดด เพลี้ยจักจั่น แมลงหวี่ขาว เพลี้ยแป้ง เป็นต้น อย่างไรก็ตามในสภาพธรรมชาติมักจะพบแมลงศัตรูธรรมชาติที่จะคอยควบคุมแมลงศัตรูข้าวให้อยู่ในระดับสมดุลไม่ให้เกิดความเสียหายต่อพืชปลูกหรือข้าวจนเกินระดับเศรษฐกิจ โดยเฉพาะเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลที่เป็นศัตรูสำคัญของข้าว มีความเฉพาะเจาะจงต่อพืชอาหารเพียงชนิดเดียวคือข้าวเท่านั้น ทั้งระยะตัวอ่อนและตัวเต็มวัยจะดูดกินน้ำเลี้ยงจากเซลล์ท่อน้ำท่ออาหารบริเวณโคนต้นข้าวเหนือน้ำ ต้นข้าวจะแสดงอาการ ใบเหลืองเหี่ยวแห้งตายเป็นหย่อมๆ เรียกว่า hopper burn นอกจากนี้เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลยังเป็นแมลงพาหะนำเชื้อโรคไวรัส ซึ่งเป็นสาเหตุของโรคใบหงิก หรือโรคจู๋ ซึ่งปัจจัยที่มีผลต่อการระบาด ได้แก่ วิธีการปลูกข้าว การใช้ปุ๋ย การควบคุมน้ำในนาข้าว ความชื้นที่เหมาะสมแก่การเจริญเติบโตของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล การใช้สารฆ่าแมลง การเกิดภัยพิบัติธรรมชาติ เป็นต้น (อวบ สารถ้อย, 2543)

ในเขตจังหวัดสกลนครและบริเวณใกล้เคียงได้รับผลกระทบรุนแรงจากพายุ “เซินกา” ฝนตกหนักตลอดทั้งคืนทำให้น้ำท่วม และอ่างเก็บน้ำห้วยทราย ตั้งอยู่ที่ริมเทือกเขาภูพาน บ้านห้วยทราย ต.ขมิ้น อ.เมืองสกลนคร รับการสะสมน้ำไม่ไหว ทำให้คันอ่างแตกน้ำทะลักลงพื้นนา และหมู่บ้านอยู่ด้านล่างลงสู่หนองหาร ส่งผลให้รวมมวลน้ำกับเขื่อนน้ำอูนที่ปล่อยระบายออกมา ท่วมหลายพื้นที่ ทำให้ต้องมีการอพยพชาวบ้านออกจากพื้นที่เสี่ยงหลายแห่ง พบพื้นที่เสียหายเป็นวงกว้างทั้งเขตเทศบาลนครสกลนครหลายจุดรวมทั้งหมู่บ้านรอบตัวเมืองและ



พื้นที่ทำการเกษตรในจังหวัดสกลนครและจังหวัดใกล้เคียง (ข่าวสดออนไลน์, 2560; ประชาชาติธุรกิจออนไลน์, 2560) เกษตรกรยังเตรียมรับมือไม่ทัน ส่งผลให้มีการเปลี่ยนแปลงของสิ่งมีชีวิตหลายชนิด ทั้งแมลงศัตรูพืช แมลงศัตรูธรรมชาติ สัตว์เศรษฐกิจหรือแม้กระทั่งมนุษย์ที่มีการดำเนินชีวิตเปลี่ยนไปจะต้องคอยเฝ้าระวังและพร้อมรับการเปลี่ยนแปลงของธรรมชาติอยู่เสมอเพื่อให้การดำรงชีวิตเป็นไปได้อย่างปกติ อุทกภัย คือ ภัยหรืออันตรายที่เกิดจากน้ำท่วม หรืออันตรายอันเกิดจากสภาวะที่น้ำไหลเอ่อ ล้นฝั่งแม่น้ำ ลำธาร หรือทางน้ำ เข้าท่วมพื้นที่ซึ่งโดยปกติแล้วไม่ได้อยู่ใต้อิทธิพลน้ำ หรือเกิดจากการสะสมน้ำบนพื้นที่ซึ่งระบายออกไม่ทันทำให้พื้นที่นั้นปกคลุมไปด้วยน้ำ โดยทั่วไปแล้วอุทกภัยมักเกิดจากน้ำท่วม ซึ่งการเกิดน้ำท่วมในจังหวัดสกลนครและบริเวณใกล้เคียงพื้นที่ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่นาข้าวของเกษตรกร จึงทำให้ได้รับผลกระทบเสียหายอย่างหนักและต่อเนื่องจากทั้งการเปลี่ยนแปลงและเอาตัวรอดของทั้งแมลงศัตรูข้าว และแมลงศัตรูธรรมชาติที่ขาดสมดุลในธรรมชาติเกิดความเสียหายต่อผลผลิตข้าว

ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงศึกษาระดับความสมดุลของปริมาณของแมลงศัตรูข้าว และแมลงศัตรูธรรมชาติที่มีอยู่ในนาข้าวบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำท่วมในเขตจังหวัดสกลนคร และจังหวัดใกล้เคียงเพื่อใช้เป็นข้อมูลในการประเมินระดับความเสียหายและการคาดคะเนการเปลี่ยนแปลงของแมลงศัตรูข้าวเมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณของแมลงศัตรูธรรมชาติ และเป็นข้อมูลในการเฝ้าระวังการแพร่ระบาดของแมลงศัตรูข้าวที่สำคัญที่จะก่อให้เกิดความเสียหายเกินระดับเศรษฐกิจต่อไป

วิธีการดำเนินการ

1. วัสดุและอุปกรณ์

- 1.1 อุปกรณ์ทางการเกษตร ได้แก่ สวิงโอบแมลง
- 1.2 อุปกรณ์เครื่องมือวิทยาศาสตร์ ได้แก่ กล้องสเตอริโอ จานทดลอง แอลกอฮอล์ 75% เครื่องนับจำนวน
- 1.3 อุปกรณ์บันทึกข้อมูล ได้แก่ ตารางบันทึกข้อมูล ปากกา ดินสอ กล้องถ่ายรูป

2. การดำเนินและแผนผังการสำรวจวิจัย

2.1 แผนการดำเนินการสำรวจวิจัย

ดำเนินการสำรวจแมลงศัตรูข้าว และแมลงศัตรูธรรมดังนี้

- 2.1.1 ลงพื้นที่สำรวจ และสัมภาษณ์เกษตรกรเจ้าของแปลงนา เพื่อคัดเลือกแปลงนาที่ประสบอุทกภัย
- 2.1.2 สร้างจำนวนการสุ่ม ได้แก่ หมายเลข 1 อำเภอเมือง จังหวัดสกลนคร, หมายเลข 2 อำเภอโคกศรีสุพรรณ จังหวัดสกลนคร และหมายเลข 3 อำเภอนาหว้า จังหวัดนครพนม โดยแต่ละอำเภอจะทำการสำรวจอำเภอละ 4 แปลง (ขนาดแปลงละ 1 งานรวมพื้นที่ศึกษาในแต่ละอำเภอเป็น 1 ไร่)
- 2.1.3 สำรวจประชากรแมลงในแต่ละตามแบบแผนการสุ่มตัวอย่างแบบทแยงมุมจำนวน 5 จุด (ศานิต รัตนภูมิ, 2545) (Figure 4)
- 2.1.4 สำรวจประชากรแมลงในนาข้าวทั้งหมด 3 ระยะตามการเจริญเติบโตของต้นข้าว ได้แก่ ระยะต้นกล้า ระยะข้าวตั้งท้อง และระยะเก็บเกี่ยวหรือสุกแก่ โดยจะใช้สวิงสำหรับโอบแมลงในการสำรวจประชากรแมลง ซึ่งจะทำการโอบแมลงจนครบทั้ง 5 จุดตามแผนการสุ่มสำรวจ (Figure 1)
- 2.1.5 นำแมลงที่สำรวจได้ในข้อที่ 3 มาจำแนกชนิด ได้แก่ กลุ่มแมลงศัตรูข้าว กลุ่มแมลงศัตรูธรรมชาติ และอื่นๆ
- 2.1.6 จากนั้นนำข้อมูลจำนวนแมลงที่จำแนกได้มาคำนวณค่าทางสถิติ และเปอร์เซ็นต์ที่พบแต่ละชนิดในอำเภอต่าง ๆ และเปรียบสัดส่วนที่พบ สมการที่ 1

$$\text{สมการ เปอร์เซ็นต์แมลง (\%)} = \frac{\text{จำนวนแมลงศัตรูข้าวที่พบ}}{\text{จำนวนแมลงทั้งหมด}} \times 100 \quad \dots \text{สมการที่ 1}$$

2.1.7 ระดับเศรษฐกิจของแมลงศัตรูข้าวและศัตรูธรรมชาติในพื้นที่นาทั้ง 3 อำเภอ

เกณฑ์ระดับความเสียหายที่เกิดจากแมลงศัตรูข้าว ดัดแปลงจาก จตุรงค์ และคณะ, (2549) ซึ่งจะกำหนดใช้สัญลักษณ์เลข 0, 1, 2, 3 แทนระดับความเสียหายมีความหมายดังนี้

0 = ไม่มีการระบาดของศัตรูข้าว

1 = มีการระบาดของแมลงศัตรูข้าว ผลผลิตได้รับความเสียหายในระดับต่ำ (ส่วนของต้นข้าวถูกทำลายต่ำกว่า 15 เปอร์เซ็นต์)

2 = มีการระบาดของแมลงศัตรูข้าวผลผลิตได้รับความเสียหายในระดับปานกลาง (ส่วนของต้นข้าวถูกทำลายไม่เกิน 15 – 25 เปอร์เซ็นต์)

3 = มีการระบาดของแมลงศัตรูข้าวผลผลิตได้รับความเสียหายในระดับสูง (ส่วนของต้นข้าวถูกทำลายมากกว่า 25 เปอร์เซ็นต์)

2.1.8 ประเมินความเสียหายทางเศรษฐกิจที่เกิดจากแมลงศัตรูข้าว และแนะนำแนวทางการตัดสินใจเลือกวิธีป้องกัน ควบคุมแมลงศัตรูข้าว พร้อมวิธีการอนุรักษ์แมลงศัตรูธรรมชาติแก่เกษตรกร

2.2 แผนผังการสำรวจ

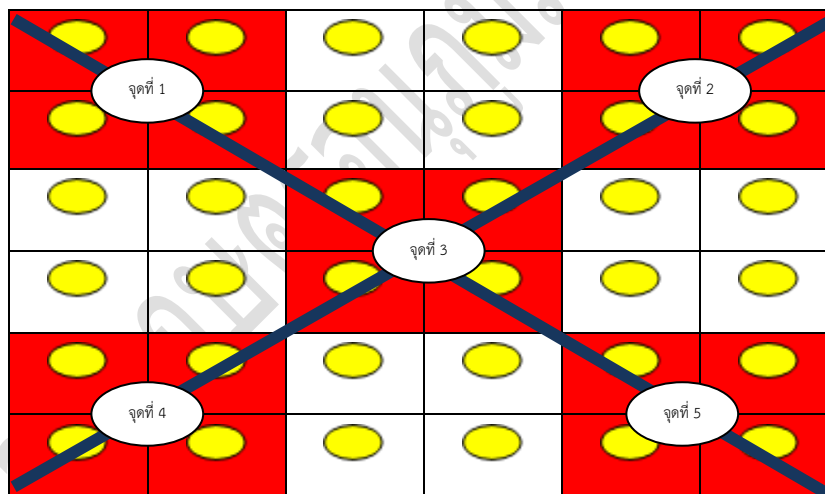


Figure 1 Diagonal sampling design.

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการศึกษาปริมาณแมลงที่พบทั้งหมดในพื้นที่นาทั้ง 3 อำเภอได้แก่ อำเภอเมืองสกลนคร อำเภอโคกศรีสุพรรณ จังหวัดสกลนคร และอำเภอนาหว้า จังหวัดนครพนม พบว่าในพื้นที่อำเภอโคกศรีสุพรรณ จังหวัดสกลนครมีปริมาณแมลง สูงถึง 135 ตัวต่อพื้นที่ 400 ตารางเมตร (1 งาน) โดยการใช้สวิงโฉบสำรวจตลอดอายุการเจริญเติบโตของต้นข้าว รองลงมาคือ อำเภอเมืองสกลนคร จังหวัดสกลนคร พบปริมาณแมลง 117 ตัวต่อพื้นที่ 400 ตารางเมตร (1 งาน) และอำเภอนาหว้า จังหวัดนครพนม พบปริมาณแมลง 87 ตัวต่อพื้นที่ 400 ตารางเมตร (1 งาน) ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่าแมลงมีปริมาณเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 43.33 ตัวต่อพื้นที่ 400 ตารางเมตร (1 งาน) ในระยะที่ต้นข้าวกำลังตั้งท้องของทั้ง 3 พื้นที่ (Table 1)

**Table 1** Total amount of insects found in rice fields in 3 districts using a fly-by-fly survey.

District	The number of insects found during the growth stage of rice that were surveyed for insects (individuals)			Sum
	Vegetation period	Reproductive period	Ripening period	
Mueang Sakon Nakhon	32	52	33	117
Khok Sri Suphan	51	42	42	135
Na Wa	30	36	21	87
Mean ($\bar{X}$)	37.67	43.33	32.00	
Standart deviation (S.D.)	11.59	8.08	10.54	

จากการศึกษาปริมาณประเภทของแมลงที่พบในพื้นที่นาทั้ง 3 อำเภอโดยจำแนกออกเป็น 2 ประเภทได้แก่ แมลงศัตรูข้าว และแมลงศัตรูธรรมชาติ จะเห็นได้ว่าทั้ง 3 พื้นที่พบปริมาณแมลงศัตรูข้าวมากกว่าปริมาณแมลงศัตรูธรรมชาติตลอดอายุการเจริญเติบโตของข้าว โดยที่พื้นที่อำเภอโคกศรีสุพรรณ จังหวัดสกลนครพบว่ามีปริมาณแมลงศัตรูข้าวและศัตรูธรรมชาติเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 31.33 และ 13.67 ตัวต่อพื้นที่ 400 ตารางเมตร (1 งาน) รองลงมาได้แก่ พื้นที่อำเภอเมืองสกลนคร จังหวัดสกลนครมีปริมาณแมลงศัตรูข้าวและศัตรูธรรมชาติเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 27.67 และ 11.33 ตัวต่อพื้นที่ 400 ตารางเมตร (1 งาน) และอำเภอนาหว้า จังหวัดนครพนมมีปริมาณแมลงศัตรูข้าวและศัตรูธรรมชาติเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 22.33 และ 6.67 ตัวต่อพื้นที่ 400 ตารางเมตร (1 งาน) (Table 2)

Table 2 The amount of rice pests and natural enemies in rice fields in 3 districts by using a swing survey.

Rice growth stages	Insect quantity classified by Insect type found in each district (each)					
	Mueang Sakon Nakhon		Khok Sri Suphan		Na Wa	
	Rice enemies	Natural enemies	Rice enemies	Natural enemies	Rice enemies	Natural enemies
Vegetation period	22	10	32	19	25	5
Reproductive period	42	10	32	10	29	7
Ripening period	19	14	30	12	13	8
Mean ($\bar{X}$)	27.67	11.33	31.33	13.67	22.33	6.67
Standart deviation (S.D.)	12.50	2.31	1.15	4.73	8.33	1.53

จากการศึกษาสัดส่วนเปอร์เซ็นต์ของแมลงศัตรูข้าวและศัตรูธรรมชาติในพื้นที่นาทั้ง 3 อำเภอพบว่าอำเภอเมืองสกลนคร จังหวัดสกลนครมีสัดส่วนแมลงศัตรูข้าวต่อศัตรูธรรมชาติคิดเป็น 2.23 เท่าตัวโดยพบแมลงศัตรูข้าวเฉลี่ย 69.03 เปอร์เซ็นต์ ศัตรูธรรมชาติเฉลี่ย 30.97 เปอร์เซ็นต์ ส่วนอำเภอโคกศรีสุพรรณ จังหวัดสกลนครมีสัดส่วนแมลงศัตรูข้าวต่อศัตรูธรรมชาติคิดเป็น 2.35 เท่าตัวซึ่งพบว่ามีแมลงศัตรูข้าวเฉลี่ย 70.12 เปอร์เซ็นต์ ศัตรูธรรมชาติเฉลี่ย 29.88



เปอร์เซ็นต์ และอำเภอนาหว้า จังหวัดนครพนมมีสัดส่วนแมลงศัตรูข้าวต่อศัตรูธรรมชาติคิดเป็น 3.04 เท่าตัวโดยพบแมลงศัตรูข้าวเฉลี่ย 75.26 เปอร์เซ็นต์ ศัตรูธรรมชาติเฉลี่ย 24.74 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ยังพบว่าในระยะที่ข้าวตั้งท้องมีสัดส่วนปริมาณของแมลงศัตรูข้าวสูงกว่าศัตรูธรรมชาติ รองลงมาได้แก่ ระยะต้นกล้า และระยะเก็บเกี่ยวตามลำดับ (Table 3)

Table 3 Percentage of rice insect pests and natural enemies in rice fields in 3 districts.

Rice growth stages	Percentage of insect types found in each district (%)					
	Mueang Sakon Nakhon		Khok Sri Suphan		Na Wa	
	Rice enemies	Natural enemies	Rice enemies	Natural enemies	Rice enemies	Natural enemies
Vegetation period	68.75	31.25	62.75	37.25	83.33	16.67
Reproductive period	80.77	19.23	76.19	23.81	80.56	19.44
Ripening period	57.58	42.42	71.43	28.57	61.9	38.1
average	69.03	30.97	70.12	29.88	75.26	24.74

จากการศึกษาระดับเศรษฐกิจของแมลงศัตรูข้าวและศัตรูธรรมชาติในพื้นที่ทั้ง 3 อำเภอ พบว่าพื้นที่นาในเขตอำเภอเมืองสกลนคร จังหวัดสกลนครมีแมลงศัตรูข้าวได้แก่ เพลี้ยจักจั่นสีเขียว และเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลเข้าทำลายข้าวเกิดความเสียหายในระดับต่ำหรือต้นข้าวถูกทำลายต่ำกว่า 15 เปอร์เซ็นต์ อีกทั้งยังพบว่ามีศัตรูธรรมชาติที่เป็นตัวห้ำ คือ แมงมุมสุนัขป่าที่จะคอยกินตัวเต็มวัยของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล และเพลี้ยจักจั่นสีเขียว รวมทั้งผีเสื้อศัตรูข้าวอื่น ๆ ให้เกิดความเสียหายกับข้าวอยู่ในระดับต่ำได้ ส่วนในพื้นที่อำเภอโคกศรีสุพรรณ จังหวัดสกลนครพบว่ามีการระบาดของแมลงศัตรูข้าวอยู่ในระดับต่ำหรือต้นข้าวถูกทำลายต่ำกว่า 15 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีแมลงศัตรูข้าวที่พบได้แก่ เพลี้ยจักจั่นสีเขียว ผีเสื้อหนอนกระทู้ เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล และด้วงดำ และพบศัตรูธรรมชาติที่คอยควบคุมศัตรูข้าวให้ระบาดหรือทำลายข้าวอยู่ในระดับต่ำได้แก่ แมงมุมสุนัขป่า จิ้งหรีดหนวดยาว และแมลงปอบ้าน และสุดท้ายในเขตอำเภอนาหว้า จังหวัดนครพนมพบว่ามีแมลงศัตรูข้าวที่สำคัญได้แก่ เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล และเพลี้ยจักจั่นสีเขียวระบาดอยู่ในระดับปานกลางหรือมีการระบาดเกิดความเสียหายของต้นข้าวที่ถูกทำลายไม่เกิน 15 ถึง 25 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ยังพบผีเสื้อหนอนกระทู้ และด้วงดำเข้าทำลายต้นข้าวเกิดความเสียหายในระดับต่ำ ซึ่งในพื้นที่นี้พบว่ามีแมลงศัตรูธรรมชาติจำพวกตัวห้ำได้แก่ ด้วงเต่า แมลงปอเข็ม แมงมุมสุนัขป่า และแมลงปอที่จะคอยกินหรือทำลายตัวอ่อนและตัวเต็มวัยของศัตรูข้าวไม่ให้เกิดความเสียหายกับข้าวจนถึงระดับเศรษฐกิจที่ธรรมชาติไม่สามารถควบคุมซึ่งกันและกันได้แล้ว (Table 4 and 5)

**Table 4** Level of damage to rice crops caused by rice insect pests.

District area	Rice pests	Level of damage caused by insects	Note
		Rice pests	
Mueang Sakon	Green rice leafhopper	1	The symbols 0, 1, 2, 3 have the following meanings: 0 = No rice pest outbreak 1 = Rice pest outbreak, low level of crop damage (less than 15% of rice plants are damaged) 2 = Rice pest outbreak, moderate level of crop damage (no more than 15 - 25% of rice plants are damaged) 3 = Rice pest outbreak, high level of crop damage (more than 25% of rice plants are damaged)
Nakhon	Cutworm moth	0	
	Brown planthopper	1	
	Black beetle	0	
Khok Si	Green rice leafhopper	1	Source: Adapted from: Chaturong et al., (2006)
Suphan	Cutworm moth	1	
	Brown planthopper	1	
	Black beetle	1	
Na Wa	Green rice leafhopper	2	
	Cutworm moth	1	
	Brown planthopper	2	
	Black beetle	1	

การประเมินความเสียหายทางเศรษฐกิจที่เกิดจากแมลงศัตรูข้าว จากข้อมูลใน Table 4 and 5 ความเสียหายที่เกิดจากการระบาดของแมลงศัตรูข้าวในพื้นที่ทั้ง 3 อำเภอ พบว่าอยู่ในระดับต่ำจนถึงระดับปานกลาง นั้นหมายถึงสัดส่วนของแมลงศัตรูข้าวต่อแมลงศัตรูธรรมชาติที่พบในแต่ละพื้นที่อยู่สภาวะสมดุลตามธรรมชาติ ทำให้เกษตรกรไม่จำเป็นต้องใช้วิธีการอื่น ๆ มาควบคุมศัตรูข้าวอย่างปีที่ผ่าน ๆ มาทำให้สามารถจัดการต้นทุนการผลิตได้ดี แต่ในฤดูทำนาปีของปี 2562 พบว่าเกษตรกรทั้ง 3 อำเภอ มีมูลค่าการลงทุนทั้งหมดในการปลูกข้าวเหนียวนาปีค่อนข้างสูงกว่าปีที่ผ่านมา เนื่องจากราคาเมล็ดพันธุ์ข้าว และค่าแรงงานคนที่เพิ่มสูงขึ้น จากข้อมูลการสัมภาษณ์เกษตรกรเจ้าของแปลงนาทั้ง 3 อำเภอ อำเภอละ 4 แปลง แปลงละ 1 ไร่ ซึ่งเขตพื้นที่อำเภอเมืองสกลนคร จังหวัดสกลนครพบว่าจะต้องจ่ายเงินลงทุนเพิ่มเติมไร่ละ 558 บาท และผลผลิตที่ได้ต่อไร่เฉลี่ย 369 กิโลกรัมต่อไร่ และหากเกษตรกรขายข้าวเปลือกทั้งหมดที่ปลูกได้ในกิโลกรัมละ 15 บาท คิดเป็นเงินเท่ากับ 5,535 บาท และเมื่อหักต้นทุนที่จ่ายใช้จริงจะเหลือกำไรเพียงไร่ละ 335 บาท ส่วนในพื้นที่อำเภอโคกศรีสุพรรณ จังหวัดสกลนครพบว่าจะต้องจ่ายเงินลงทุนเพิ่มเติมไร่ละ 808 บาท และผลผลิตที่ได้ต่อไร่เฉลี่ย 385 กิโลกรัมต่อไร่ และหากเกษตรกรขายข้าวเปลือกทั้งหมดที่ปลูกได้ในกิโลกรัมละ 15 บาท คิดเป็นเงินเท่ากับ 5,775 บาท และเมื่อหักต้นทุนที่จ่ายใช้จริงจะเหลือกำไรเพียงไร่ละ 325 บาท และในเขตพื้นที่สุดท้ายคือ อำเภอนาหว้า จังหวัดนครพนมพบว่าจะต้องจ่ายเงินลงทุนเพิ่มเติมไร่ละ 458 บาท และผลผลิตที่ได้ต่อไร่เฉลี่ย 390 กิโลกรัมต่อไร่ และหากเกษตรกรขายข้าวเปลือกทั้งหมดที่ปลูกได้ในกิโลกรัมละ 15 บาท คิดเป็นเงินเท่ากับ 5,850 บาท และเมื่อหักต้นทุนที่จ่ายใช้จริงจะเหลือกำไรไร่ละ 750 บาท

**Table 5** Number of rice pests, natural enemies and the role of each species.

District area	Number of rice pests found (individuals)		Characteristics of damaged rice	Insect pests Naturally found (individuals)		Types of prey that attack
Mueang Sakon Nakhon	Green rice	46	Sucks sap from leaves and stems of rice, stunting rice growth. It is also a vector of yellow orange leaf virus	lady beetles	0	-
	leafhopper					
	Cutworm moth	0		Damselfly	9	Eats rice leaf roller butterflies and other rice pest butterflies.
	Brown planthopper	37		Pardosa	15	Eat adult brown planthoppers, cicadas, and butterflies.
	Black beetle	0		<i>M. vittaticolis</i>	0	-
Khok Sri Suphan	Green rice	28	Sucks sap from leaves and stems of rice, stunting rice growth. It is also a vector of yellow orange leaf virus	<i>Stal</i>		
	leafhopper			Dragonfly	10	Eat various kinds of armyworm and cutworm butterflies.
	Cutworm moth	16		Damselfly	0	-
	Brown planthopper	30		Pardosa	17	Eat adult brown planthoppers, cicadas, and butterflies.
	Black beetle	10		<i>M. vittaticolis</i>	8	Eat the eggs of rice stem borer moths and other rice pests.
Na Wa	Green rice	30	Sucks sap from leaves and stems of rice, stunting rice growth. It is also a vector of yellow orange leaf virus	<i>Stal</i>		
	leafhopper			Dragonfly	16	Eat various kinds of armyworm and cutworm butterflies.
	Cutworm moth	10		Damselfly	6	Eats rice leaf roller butterflies and other rice pest butterflies.
	Brown planthopper	15		Pardosa	11	Eat adult brown planthoppers, cicadas, and butterflies.
	Black beetle	12		<i>M. vittaticolis</i>	0	-
				<i>Stal</i>		



Source: Adapted from: Rice Research and Development Office, Rice Department, (2016)

นอกจากนี้ หากจะอธิบายถึงภาพรวมของทั้ง 3 อำเภอจะเห็นว่าจากการประเมินความเสียหายที่เกิดจากศัตรูข้าวพบว่าไม่ได้เกิดความเสียหายถึงระดับเศรษฐกิจจึงไม่ต้องลงทุนในการควบคุมกำจัด ในการปลูกข้าวเหนียวนาปีประจำปี 2562 พบว่าค่าแรงงานคน และค่าเมล็ดพันธุ์ที่เพิ่มสูงขึ้น ส่งผลให้มูลค่าลงทุนปลูกข้าวสูงขึ้นเฉลี่ย 5,250 บาทต่อไร่ ผลผลิตที่ได้ต่อไร่เฉลี่ย 381.33 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งมีราคารับซื้อข้าวเปลือกข้าวเหนียวปีในปี 2562 ค่อนข้างสูงเนื่องจากหลายพื้นที่ประสบปัญหาภัยแล้งทำให้พื้นที่ผลิตข้าวเหนียวไม่เพียงพอต่อการความต้องการของตลาดจึงทำให้มีราคารับซื้อสูงขึ้นอยู่ที่กิโลกรัมละ 15 บาทแต่มีข้อจำกัดว่าความชื้นต้องไม่เกิน 15 เปอร์เซ็นต์ (ตลาดกลางข้าวและพืชไร่ จังหวัดกาฬสินธุ์) ดังนั้นจึงส่งผลให้เกษตรกรทั้ง 3 อำเภอมีรายได้เฉลี่ยจากการขายข้าวเปลือกต่อไร่ คิดเป็นเงิน 5,720 บาท และเมื่อหักต้นทุนที่จ่ายใช้จริงจะเหลือกำไรเฉลี่ยไร่ละ 470 บาท (Table 6)

Table 6 Comparison of costs and yields of wet season rice per rai in Sakon Nakhon and Nakhon Phanom provinces.

District area	Average cost of rice cultivation (baht per rai)	Average Yield (kg/rai)	Net income (Baht per rai)
Standard data	Average cost of rice cultivation Equal to 4,642.33	Average yield Equal to 439.33	Average purchase price of paddy rice 15 baht per kilogram
Mueang Sakon Nakhon	5,200	369	5,535
Khok Sri Suphan	5,450	385	5,775
Na Wa	5,100	390	5,850
average	5,250	381.33	5,720

Note: The average data for each district was obtained from interviews with farmers who owned four rice fields in each district.

สรุปผลการทดลอง

จากผลของการศึกษาเปรียบเทียบปริมาณประชากรของแมลงศัตรูข้าวต่อแมลงศัตรูธรรมชาติในพื้นที่นาหลังน้ำท่วม จะเห็นว่าปริมาณแมลงศัตรูข้าวมีจำนวนสูงกว่าแมลงศัตรูธรรมชาติตลอดอายุการเจริญเติบโตของการปลูกข้าวนาปีทั้ง 3 อำเภอที่ทำการศึกษารวบรวม คิดเป็นสัดส่วนโดยเฉลี่ยพบว่าแมลงศัตรูข้าวมีปริมาณสูงเป็น 2 เท่าตัวของแมลงศัตรูธรรมชาติหรือคิดเป็น 2:1

ผลของการประเมินระดับความเสียหายทางเศรษฐกิจที่เกิดจากแมลงศัตรูข้าวในพื้นที่ศึกษาที่ 3 เขตอำเภอพบว่าแมลงศัตรูข้าวเข้าทำลายข้าวตลอดอายุการเจริญเติบโตอยู่ในระดับต่ำจนถึงระดับกลาง ซึ่งเป็นความเสียหายที่เกิดกับต้นข้าวไม่เกิน 25 เปอร์เซ็นต์ สามารถควบคุมได้ด้วยวิธีกล วิธีเขตกรรม อีกทั้งในพื้นที่ทั้ง 3 อำเภอมีปริมาณแมลงศัตรูธรรมชาติในกลุ่มตัวห้ำที่สามารถเข้าทำลายควบคุมแมลงศัตรูข้าวได้ตั้งแต่ระยะไถ่นาจนกระทั่งเป็นต้นเต็มวัย

กิตติกรรมประกาศ

อำเภอโคกศรีสุพรรณ จังหวัดสกลนคร และอำเภอนาหว้า จังหวัดนครพนม ทุกท่านที่มีส่วนร่วมในการให้ความช่วยเหลือจนสำเร็จ และขอขอบคุณสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร ที่ให้ความอนุเคราะห์สนับสนุน



งบประมาณในการทำวิจัยครั้งนี้ และหวังเป็นอย่างยิ่งว่าผลการวิจัยครั้งนี้จะเป็นประโยชน์ต่อหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เพื่อนำไปส่งเสริมและเผยแพร่ให้เกษตรกร ผู้ที่สนใจ หรือนักศึกษาที่ต้องการต่อยอดงานวิจัยนี้ต่อไป

เอกสารอ้างอิง

- จตุรงค์ พวงมณี และคณะ. (2549). การศึกษาจำนวนแมลงศัตรูพืชและแมลงศัตรูธรรมชาติในระบบการผลิตผักปลอดสารพิษ. รายงานการประชุมวิชาการ ศวพค. ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางการเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- ประชาชาติธุรกิจ ออนไลน์. (2560). ผอ.ชลประทานยอมรับ”ทำนบกิน”อ่างห้วยทรายขมิ้นแตก 20 เมตรจนน้ำ 1 ล้าน ลบ.ม. ทะลัก. สืบค้น วันที่ 25 กรกฎาคม 2566, จาก <https://www.prachachat.net/general/news-12922>.
- ศานิต รัตนภุมมะ. (2545). กีฏวิทยาแม่บท. สิรินาถการพิมพ์. เชียงใหม่
- สำนักวิจัยและพัฒนาข้าว กรมการข้าว. (2559). องค์ความรู้เรื่องข้าว. สืบค้น วันที่ 29 พฤษภาคม 2566, จาก <http://www.ricethailand.go.th>.
- ศูนย์เมล็ดพันธุ์ข้าวกาฬสินธุ์. (2565). เมล็ดพันธุ์. สืบค้น วันที่ 25 กรกฎาคม 2566, จาก <https://kls-rsc.ricethailand.go.th/category.php?type=1246>.
- อวบ สารถ้อย. (2543). ศัตรูพืชและการควบคุมในอดีต. กรุงเทพฯ: ไร่เขียว.
- Khaosod Online. (2560). รวมภาพวิกฤตน้ำท่วม”สกลนคร” จมบาดาลทั้งเมือง ประชาชนเดือดร้อนหนักเร่งอพยพ. สืบค้น วันที่ 25 กรกฎาคม 2566, จาก https://www.khaosod.co.th/special-stories/news_455740.



การวิเคราะห์เครื่องหมายโมเลกุลสลับในยีนสังเคราะห์ซูโครสของอ้อยด้วยเทคนิค

Restriction Site Associated DNA Sequencing (RAD-seq)

Investigation of SNP molecular markers in the sucrose synthesis genes of sugarcane using Restriction Site Associated DNA Sequencing (RAD-seq)

วีรกรณ์ แสงไสย์^{1*}, เบญจวรรณ รัตวตร์¹, ศุภรัตน์ ศรีทะวงษ์², นัฐภัทร คำหล้า³รวีวรรณ เชื้อกิตติศักดิ์⁴ และ ศุจิรัตน์ สงวนรังศิริกุล¹Weerakorn Saengsai^{1*}, Benjawan Rattawat¹, Supparat Srithawong², Nattapat Khumla³,Raweevan Chueakiitisak⁴ and Suchirat Sakuanrungsirikul¹¹ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น ตำบลศิลา อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น 40000¹Khon Kaen Field Crops Research Center, Sila, Muang, Khon Kaen 40000, Thailand²ศูนย์วิจัยพืชสวนศรีสะเกษ ตำบลหนองไม้ อำเภอเมือง ศรีสะเกษ 33000²Sisaket Horticultural Research Centre, Nong Phai, Muang, Si Sa Ket, 33000, Thailand³ศูนย์วิจัยพืชไร่นครสวรรค์ ตำบลสุขสำราญ อำเภอดงพญา จังหวัดนครสวรรค์ 60190³Nakhon Sawan Field Crops Research Center, Tak Fa, Nakhon Sawan, 60190, Thailand⁴สถาบันวิจัยพืชไร่และพืชทดแทนพลังงาน กรมวิชาการเกษตร จตุจักร กรุงเทพมหานคร 10900⁴Field and Renewable Energy Crops Research Institute, Department of Agriculture, Bangkok, 10900, Thailand

*Corresponding author: weerakorn.saengsai@gmail.com

Received date: 11 April 2025 Accepted date June 2025: Published date: June 2025

บทคัดย่อ

การปรับปรุงพันธุ์อ้อยโดยส่วนใหญ่ใช้เทคนิคแบบดั้งเดิมที่มีการนำพ่อแม่พันธุ์ที่มีลักษณะที่ต้องการมาผสมกัน ใช้ลักษณะภายนอกที่ปรากฏในการคัดเลือก ส่งผลให้ต้องใช้ระยะเวลาจนได้พันธุ์อ้อยที่มีลักษณะที่ดีสำหรับแนะนำเกษตรกร การวิเคราะห์ความใกล้ชิดทางพันธุกรรมโดยใช้เครื่องหมายโมเลกุล Single nucleotide polymorphism (SNP) ด้วยเทคโนโลยี Restriction site Associated DNA Sequencing (RAD-Seq) สามารถใช้เป็นโมเลกุลเครื่องหมายเพื่อตรวจเอกลักษณ์ของสายพันธุ์ ตรวจสอบสายพันธุ์ลูกผสม การจัดจำแนกพันธุ์สิ่งมีชีวิตที่มีฐานพันธุกรรมใกล้เคียงกันได้ การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์หาเครื่องหมายโมเลกุลสลับ (SNP) เพื่อตรวจเอกลักษณ์ของสายพันธุ์อ้อยเพื่อใช้ในการจำแนกและวิเคราะห์ความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมของอ้อย การเทคโนโลยี RAD-seq วิเคราะห์อ้อยจากศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น จำนวน 16 สายพันธุ์ ได้แก่ UT17 LK92-11 KK07-250 KK09-0857 UT15 KK09-0939 K88-92 KK07-599 KK08-059 DOA-NS1 KK09-0941 DOA-KK3 DOA-KK4 KK07-037 KK09-0844 และ Si Samrong1 พบว่า ทุกสายพันธุ์มีจำนวน SNPs และ INDELs มากกว่า 1,900,000 และ 23,000 ตำแหน่ง ตามลำดับ ส่วนแผนภาพต้นไม้แสดงสายวิวัฒนาการที่เกี่ยวข้องกับกลุ่มยีนสังเคราะห์น้ำตาลซูโครส ด้วยวิธี Maximum Likelihood method พบการจัดกลุ่มยีนสังเคราะห์น้ำตาลซูโครสเป็น 2 กลุ่มใหญ่ ที่สอดคล้องกับค่า Commercial Cane Sugar (C.C.S.) ของสายพันธุ์อ้อย โดยกลุ่มที่ 1 มีค่า C.C.S. อยู่ในช่วง 9-12 และกลุ่มที่ 2 มีค่า C.C.S. อยู่ในช่วง 13-15 นอกจากผลการจัดกลุ่มยีนสังเคราะห์น้ำตาลซูโครสแล้วเทคนิคนี้ให้ลำดับเบสที่สามารถนำมาใช้เป็นลำดับเบสอ้างอิงในการศึกษาวิจัยบริเวณยีนอื่นๆที่สนใจในอ้อยในอนาคตต่อไปได้

คำสำคัญ : อ้อย ซูโครส ยีน เครื่องหมายโมเลกุล สลับ



Abstract

The development of sugarcane cultivars with desirable agronomic traits remains limited in success, primarily due to the reliance on traditional breeding methods based on phenotypic selection. These conventional approaches, involving hybridization of selected parental lines and visual trait evaluation, are time-consuming and inefficient for rapid varietal improvement. The objective of this study was to identify single nucleotide polymorphism (SNP) molecular markers for the characterization and identification of sugarcane varieties. To enhance genetic selection, single nucleotide polymorphism (SNP) markers generated through Restriction-site Associated DNA Sequencing (RAD-Seq) were utilized to investigate genetic diversity and support molecular breeding. In this study, RAD-Seq was applied to analyze 16 sugarcane accessions from the Khon Kaen Field Crops Research Center. Each accession yielded over 1.9 million SNPs and more than 23,000 insertion-deletion (INDEL) polymorphisms. Phylogenetic analysis of sucrose synthesis genes using the Maximum Likelihood method revealed two major gene clusters corresponding to the commercial cane sugar (C.C.S.) values of the accessions. Group 1 comprised cultivars with C.C.S. values of 9–12, while Group 2 included those with values of 13–15. The results demonstrate that RAD-Seq is a powerful tool not only for assessing genetic relationships and identifying hybrids but also for providing reference-quality sequences that can facilitate future genomic studies of important genes in sugarcane.

Keywords: sugarcane, sucrose, gene, molecular marker, SN



บทนำ

อุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลมีความสำคัญต่อเศรษฐกิจประเทศไทยและยังไทยเป็นผู้ผลิตอ้อยมากอันดับ 4 ของโลก และผู้ส่งออกน้ำตาลอันดับ 2 ซึ่งอ้อยมีศักยภาพที่จะนำไปสู่การพัฒนาโครงการเขตเศรษฐกิจชีวภาพ หรือ Bioeconomy ซึ่งเป็นหนึ่งในพืชอุตสาหกรรมเป้าหมายในการเคลื่อนประเทศไทยไปสู่อุตสาหกรรม 4.0 (สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย, 2566) ปัจจัยที่ทำให้ผลผลิตอ้อยที่ตกต่ำสืบเนื่องมาจากปัจจัยที่เกี่ยวข้องหลายประการ ประกอบด้วยการบริหารจัดการที่ไม่เป็นระบบ สภาพพื้นที่ปลูกอ้อยที่ไม่มีความเหมาะสม ความอุดมสมบูรณ์ของดินที่ปลูกอ้อย ปัญหาการระบาดของโรค แมลงศัตรูพืช และปัจจัยสำคัญอีกประการหนึ่งคือเรื่องพันธุ์อ้อย หากนำพันธุ์อ้อยไปปลูกในสภาพพื้นที่ไม่เหมาะสม ส่งผลต่อผลผลิตและคุณภาพของอ้อยต่ำ นอกจากนี้หากพันธุ์อ้อยมีความอ่อนแอหรือไม่ทนทานต่อการเข้าทำลายของโรคและแมลงศัตรูพืชอ้อย ทำให้ผลผลิตอ้อยตกต่ำ (เรวัต และคณะ, 2551) ดังนั้น การมีพันธุ์อ้อยที่ดีสามารถตอบสนองต่อพื้นที่ปลูกอ้อยได้หลากหลายตอบสนองต่อปุ๋ย ทนต่อสภาวะแล้งและน้ำท่วม สามารถไว้ต่อได้ดี และปัจจัยอื่นๆ ที่เกี่ยวเนื่องให้อ้อยสามารถให้ผลผลิตได้สูงสุด แต่อย่างไรก็ตาม ส่วนใหญ่การปรับปรุงพันธุ์อ้อยยังคงใช้เทคนิคแบบดั้งเดิม ที่มีการนำพ่อพันธุ์แม่พันธุ์ที่มีลักษณะที่ต้องการมาผสมกัน จากนั้นคัดเลือกต้นอ้อยรุ่นลูก (F1) โดยใช้ลักษณะภายนอกที่ปรากฏ (Phenotype) ซึ่งต้องใช้ระยะเวลาในการคัดเลือกอย่างน้อย 8 – 10 ปี จึงจะได้พันธุ์อ้อยที่มีลักษณะที่ต้องการนำไปใช้ประโยชน์ทางเกษตรและแนะนำเกษตรกร (เรวัต และคณะ, 2551; สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย, 2558)

การคัดเลือกพันธุ์โดยใช้ลักษณะภายนอกที่ปรากฏ (phenotype) เป็นลักษณะที่ผันแปรได้ตามอิทธิพลสภาพแวดล้อม ซึ่งไม่สามารถนำมาใช้ในการจำแนกและระบุสายพันธุ์ให้ถูกต้องแม่นยำได้ แต่ยังไม่พบรายงานการใช้เครื่องหมายดีเอ็นเอเพื่อปรับปรุงสายพันธุ์อ้อยให้มีระดับน้ำตาลซูโครสสูง ดังนั้นการพัฒนาเครื่องหมายดีเอ็นเอโดยมุ่งเน้นไปที่กลุ่มยีนที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์น้ำตาลซูโครสเป็นจุดเริ่มต้นสำหรับการค้นหาเครื่องหมายดีเอ็นเอสำหรับนำไปใช้ในการปรับปรุงสายพันธุ์อ้อยให้มีระดับน้ำตาลสูงต่อไปในอนาคต อย่างไรก็ตามในปัจจุบันยังไม่มีข้อมูลจีโนมที่สมบูรณ์ของอ้อย แหล่งข้อมูลสำหรับการศึกษายีนของอ้อยที่ดีที่สุดในปัจจุบัน คือ ฐานข้อมูลลำดับเบส expressed sequence tags (ESTs) (Vettore et al., 2003) มีการนำลำดับเบส ESTs ของอ้อยมาใช้ในการศึกษาการแสดงออกของยีนในเนื้อเยื่อใบ (McCormick et al., 2008) และลำต้น (Papini-Terzi et al., 2009) ของอ้อยตลอดจนพัฒนาเครื่องหมายดีเอ็นเอชนิดไมโครแซทเทลไลต์ (EST-SSR) (Ukoskit et al., 2012) เครื่องหมาย Intron length polymorphism (ILP) คือเครื่องหมายดีเอ็นเอที่ใช้ตรวจสอบความแตกต่างของความยาวอินทรอนด้วยปฏิกิริยาลูกโซ่พอลิเมอเรส (Polymerase Chain Reaction, PCR) โดยใช้ไพรเมอร์ที่จำเพาะกับบริเวณเอ็กซอนที่คร่อมส่วนที่คาดว่าอินทรอน ซึ่งตำแหน่งของอินทรอนสามารถทำนายได้โดยการเปรียบเทียบระหว่างลำดับเบส ESTs กับลำดับเบสจีโนม (Yang et al., 2007) ความยาวของอินทรอนมีผลกระทบกับระดับการแสดงออกของยีนและฟีโนไทป์ในข้าวและอะราบิดอปซิส พบว่า กลุ่มยีนที่มีขนาดอินทรอนยาวกว่ามีระดับการแสดงออกของยีนสูงกว่ากลุ่มยีนที่มีขนาดอินทรอนสั้นกว่า (Ren et al., 2006) ซึ่งจากรายงานของ ณัฐภัทร และกิตติพัฒน์ (2559) ที่ได้พัฒนาเครื่องหมาย intron length polymorphism (ILP) จากยีนที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์น้ำตาลซูโครส โดยใช้ข้อมูลจาก KEGG pathway และผลการศึกษาการทำงานของยีนด้วยไมโครแอเรย์ จากข้อมูลลำดับเบส ESTs ของอ้อย 121,301 ลำดับเบส (42,377 sugarcane assembled sequences และ 78,924 singleton ESTs) สามารถคัดเลือก ESTs ที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์น้ำตาลซูโครสได้ทั้งหมด 91 ลำดับเบส และออกแบบไพรเมอร์ทั้งหมด 195 คู่ไพรเมอร์ การวิเคราะห์โครงสร้างประชากรอ้อย (*Saccharum* spp.) พบว่าเครื่องหมาย ILP สามารถอ้อยแบ่งออกเป็น 2 ประชากร โดยสามารถนำไปใช้วิเคราะห์หาความสัมพันธ์กับระดับน้ำตาลซูโครสในอ้อยได้

สำหรับการพัฒนาด้านพันธุกรรมของอ้อยในประเทศไทย ยังมีข้อจำกัดเนื่องจากขาดความรู้ด้านความหลากหลายทางพันธุกรรมในแต่ละสายพันธุ์ ดังนั้นการนำเครื่องหมายดีเอ็นเอ (DNA marker) มาใช้ในการบ่งชี้ลักษณะประจำพันธุ์



โดยการศึกษาความแตกต่างหรือความหลากหลายทางพันธุกรรม (genetic diversity) ของพืชทั้งลักษณะเชิงปริมาณ (quantitative trait) หรือลักษณะเชิงคุณภาพ (qualitative trait) นับว่าเป็นเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพในการแยกความแตกต่างของพืช ระหว่าง ชนิดหรือภายในชนิด (between species or within species) ประชากร (population) พันธุ์ (varieties) และสายพันธุ์ (breeding line) ได้อย่างถูกต้อง ซึ่งเป็นการคัดเลือกจากลักษณะทางจีโนไทป์ (genotype) ที่ต้องการจากพืชโดยตรง (Lo and Shaw, 2019) โดยเทคนิค Restriction site-associated DNA sequencing (RAD-seq) มีหลักการเหมือนกันกับ Genotyping-by-Sequencing (GBS) เป็นเทคโนโลยีที่ใช้ในการค้นหาเครื่องหมายโมเลกุลสลับ (single nucleotide polymorphism, SNP) แบบทั่วทั้งจีโนม (genome-wide SNP discovery) ด้วยเอนไซม์ตัดจำเพาะ (restriction enzyme) ร่วมกับการใช้เทคโนโลยี Next Generation Sequencing (NGS) (Baird et al., 2008; Lo and Shaw, 2019) ในการหาลำดับเบส เทคนิค RADseq สามารถค้นหาและจีโนไทป์สลับได้ในขั้นตอนเดียว ซึ่งสามารถค้นหาสลับได้มากถึง 50,000 - 100,000 ตำแหน่งจากจีโนม จึงสามารถนำมาประยุกต์ใช้กับสิ่งมีชีวิตได้ทุกสปีชีส์ รวมถึงสิ่งมีชีวิตที่ยังไม่มีข้อมูลทางจีโนมิกส์ การค้นหาเครื่องหมายโมเลกุลในรูปแบบของ SNP ด้วยเทคโนโลยี RAD-seq จึงช่วยประหยัดเวลาและค่าใช้จ่ายได้อย่างมากเมื่อเทียบกับการหาลำดับเบสทั้งจีโนม (Whole genome sequencing) นอกจากนี้เทคนิค RAD-seq ยังมีความประโยชน์อย่างยิ่งในการพัฒนาสลับสำหรับใช้เป็นเครื่องหมายโมเลกุล (DNA marker) เพื่อใช้เป็นเครื่องหมายโมเลกุลมาใช้ในการคัดเลือกสายพันธุ์ (Marker-Assisted Selection หรือ MAS) การปรับปรุงพันธุ์ อีกทั้งยังสามารถใช้โมเลกุล เครื่องหมายเพื่อตรวจสอบเอกลักษณ์ของสายพันธุ์ ตรวจสอบสายพันธุ์ลูกผสม การจัดจำแนกพันธุ์ สิ่งมีชีวิต ที่มีฐานพันธุกรรมใกล้เคียงกัน (Severn-Ellis et al., 2020; Cumer et al., 2021) การศึกษาในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์หาเครื่องหมายโมเลกุลสลับ (SNP) เพื่อตรวจสอบเอกลักษณ์ของสายพันธุ์เพื่อใช้ในการจำแนกพันธุ์ต่อไป

วิธีการดำเนินการ

1.การเตรียมพืช: ดำเนินการปลูกอ้อย ณ ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น จำนวน 16 พันธุ์/โคลน ได้แก่ UT17 LK92-11 KK07-250 KK09-0857 UT15 KK09-0939 K88-92 KK07-599 KK08-059 DOA-NS1 KK09-0941 DOA-KK3 DOA-KK4 KK07-037 KK09-0844 และ Si Samrong1 บันทึกข้อมูลการเจริญเติบโต เช่น ความสูง จำนวนลำ ผลผลิต และค่าซีซีเอส (Table 1)

2.การตรวจสอบเครื่องหมายโมเลกุลสลับ (SNP)

สกัดดีเอ็นเอ: นำใบอ้อยอายุ 8 เดือน สกัดดีเอ็นเอด้วยวิธี CTAB (cetyltrimethylammonium ammonium bromide) ของ Tai and Tanksley (1999) (2% CTAB, 1% PVP, 100 mM TrisHCl pH 8.0, 20 mM EDTA pH 8.0, 1.4 M NaCl, 0.2 % 2-mercaptoethanol) ปริมาตร 600 ไมโครลิตร นำไปบดที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาทีผสมให้เข้ากัน จากนั้นเติม Chloroform : Isoamyl alcohol (24:1) ปริมาตร 800 ไมโครลิตร นำไปปั่นเหวี่ยงที่ 12,000 rpm อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ทำซ้ำขั้นตอนการเติม Chloroform : Isoamyl alcohol อีก 2 รอบ จากนั้นเติม Isopropanol 600 ไมโครลิตร เพื่อตกตะกอนดีเอ็นเอล้างตะกอนดีเอ็นเอด้วย 80% Ethanol ซ้ำ 2 รอบ ปล่อยให้ตะกอนดีเอ็นเอแห้งโดยอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที ละลายตะกอนใน TE buffer (10 mM Tris-HCl pH 8.0, 1 mM EDTA pH 8.0) 50 ไมโครลิตร และเติม RNase A (10 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร) ปริมาตร 5 ไมโครลิตร นำไปบดที่ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที เก็บสารละลายดีเอ็นเอที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส จนกว่าจะใช้งานแล้วจึงตรวจสอบคุณภาพและปริมาณดีเอ็นเอที่ได้ด้วยอะกาโรสเจลอิเล็กโตรโฟรีซิส เครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์ NanoDrop 2000 (Thermo Fisher Scientific, Wilmington, Delaware USA) และเครื่อง Qubit® Fluorometer (Invitrogen)

การย่อยดีเอ็นเอด้วยเอนไซม์ตัดจำเพาะ: นำดีเอ็นเอด้วยเอนไซม์ตัดจำเพาะที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 3 ชั่วโมง เพื่อคัดเลือกเอนไซม์ตัดจำเพาะที่เหมาะสมสำหรับจีโนมอ้อย จากนั้นทำการเชื่อมดีเอ็นเอที่ย่อยด้วย



เอ็นไซม์ PstI-HF และ MsPI ดังรายละเอียดต่อไปนี้ 10XNEB Cut Smart Buffer 1X, PstI 8U, MspI 8U และ DNA 200 นาโนกรัม และปรับปริมาตรด้วยน้ำ DI บ่มที่ 37 องศาเซลเซียส นาน 3 ชั่วโมง หลังจากนั้นเก็บไว้ที่ 4 องศาเซลเซียส

การเชื่อมต่อ Adapter Ligation: การเชื่อมอะแดปเตอร์ประกอบด้วยลำดับเบสที่จำเพาะกับสารเคมีที่ใช้ในการหาลำดับเบสด้วยเครื่อง MGISEQ-2000RS ของบริษัท MGI ทำการเชื่อมต่อของดีเอ็นเออ้อยกับอะแดปเตอร์โดยเอ็นไซม์ Invitrogen T4 DNA Ligase (Life Technologies) ที่อุณหภูมิ 23 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง จากนั้นทำลายเอ็นไซม์ด้วยความร้อนที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส นาน 10 นาที ได้ชิ้นดีเอ็นเอที่ประกอบด้วยดีเอ็นเอของอ้อยและอะแดปเตอร์แล้ว จึงทำให้บริสุทธิ์จากอะแดปเตอร์ที่เหลือปะปนอยู่ในสารละลาย ตลอดจนเอ็นไซม์ทั้งสองชนิดก็จะถูกกำจัดไปโดยใช้ Agencourt® AMPure® XP beads (Beckman Coulter, Brea, CA, USA)

การเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอโดยปฏิกิริยาพีซีอาร์: เพิ่มปริมาณดีเอ็นเออ้อยโดยใช้ปฏิกิริยาพีซีอาร์ประกอบด้วยดีเอ็นเออ้อยที่เชื่อมกับอะแดปเตอร์ เอ็นไซม์ Phusion® polymerase, HF Buffer (New England Biolabs) ไพรมเมอร์ที่ประกอบด้วย มีลำดับเบสจำเพาะต่อ FCA ของ MGISEQ-2000RS และ index ของ MGISEQ-2000RS

การวิเคราะห์ลำดับเบส: นำลำดับเบสจากเครื่อง MGISEQ-2000RS เป็นไฟล์ข้อมูลแบบ fastq ประกอบด้วยไฟล์ 'R1' และ 'R2' แยก ตาม index ของอ้อยแต่ละจีโนมป์ ตรวจสอบจำนวน reads ของอ้อยแต่ละจีโนมป์ ใช้ open source softwares ต่างๆ เช่น fastqc, fastx trimmer (FASTXToolkit, http://hannonlab.cshl.edu/fastx_toolkit/), Bowtie2 (Langmead and Salzberg 2012), SAMtools (Li et al., 2009), trim galore, cutadapt, minipSNPs, paSNPs (Fu and Dong, 2015) ผ่านบรรทัดคำสั่งวิเคราะห์คุณภาพข้อมูล raw reads ของ R1 และ R2 ของทุกจีโนมป์ ด้วย ให้มีคุณภาพเหมาะสมต่อการจัดการข้อมูลให้ทราบถึง single nucleotide polymorphism (SNPs) ของอ้อย โดยอ้อย 16 ตัวอย่างถูกอ่านลำดับเบสบนเครื่อง MGISEQ-2000RS โดยเทคนิค Restriction site Associated DNA Sequencing (RAD-Seq) ผลการอ่านลำดับเบสจะถูกส่งไปยังเซิร์ฟเวอร์ MegaBOLT เพื่อทำการเปรียบเทียบข้อมูลกับจีโนมอ้างอิงของอ้อย (<https://sugarcane.genome.cirad.fr>) และระบุความแตกต่างทางพันธุกรรม ด้วยซอฟต์แวร์ Genome Analysis Toolkit (GATK) ถูกนำมาใช้เพื่อรวมผลลัพธ์ของอ้อยทั้ง 16 ตัวอย่าง ที่เก็บอยู่ในรูปแบบ Genomic Variant Call Format (gVCF) โดยใช้คำสั่ง CombineGVCFs และ GenotypeGVCFs

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลการเก็บเกี่ยวอ้อยที่อายุ 10 เดือน จากการบันทึกลักษณะทางการเกษตร พบว่า พันธุ์อ้อยที่ต่างกันให้ผลผลิตอ้อยที่ต่างกัน โดยอ้อยพันธุ์ Si Samrong1 และ DOA-NS1 มีแนวโน้มให้ผลผลิตที่สูงที่สุด เท่ากับ 18 ตันต่อไร่ ขณะที่ค่าเฉลี่ยของพันธุ์อ้อยทุกพันธุ์มีค่าเท่ากับ 13.7 ตันต่อไร่ พันธุ์อ้อยที่ต่างกันมีค่าชีชีเอสแตกต่างกัน พบอ้อยพันธุ์ DOA-NS1 มีค่าชีชีเอสสูงที่สุด เท่ากับ 15.7 รองลงมาเป็นพันธุ์ K88-92 เท่ากับ 14.9 (Table 1)

ผลการวิเคราะห์สามารถทราบค่าจำนวนเบสที่สามารถอ่านได้ (ReadNum) จำนวนสเนป (SNPs) และจำนวน INDELs ที่พบในแต่ละสายพันธุ์ โดยค่าจำนวนเบสที่สามารถอ่านได้ในอ้อยพันธุ์ต่างๆ อยู่ระหว่าง 35,940,182 ถึง 71,497,800 เบส จำนวนสเนป อยู่ระหว่าง 1,906,670 ถึง 2,568,358 SNPs และจำนวน จำนวน INDELs อยู่ระหว่าง 225,712 ถึง 312,556 Song et al. (2016) ได้ใช้เทคนิค probe hybridization capture sequencing (HCS) ในการตรวจสอบการเข้าถึงจีโนมของอ้อยจำนวน 12 สายพันธุ์ โดยออกแบบ probe จำนวน 55,946 probes เพื่อจับกับบริเวณจีโนมของอ้อยรวมทั้งสิ้น 6 เมกะเบส และตรวจพบความหลากหลายของตำแหน่งสเนป (SNPs) ประมาณ 1.2 ล้านตำแหน่ง (Table 2) กลุ่มยีนที่เกี่ยวข้องกับสังเคราะห์น้ำตาลซูโครสระดับความหวานของอ้อยเป็นหนึ่งในลักษณะเป้าหมายที่สำคัญของโครงการปรับปรุงพันธุ์อ้อยในการศึกษาครั้งนี้จึงมุ่งเน้นไปที่กลุ่มยีนที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์แป้งและน้ำตาลโดยการสืบค้นข้อมูลจากฐานข้อมูล KEGG pathway (<http://www.genome.jp/kegg/pathway.html>) จากการศึกษา พบรายชื่อ 34 ยีนใน starch และ sucrose metabolism pathway พร้อมตำแหน่งบนโครโมโซมและความยาวอินทรอน



(SIL–Sugarcane Intron Length) ซึ่งได้จากการคำนวณตำแหน่งเริ่มต้นและสิ้นสุดของยีน พบยีนที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ Alpha-amylase/subtilisin inhibitor, Alpha% 2 Calpha-trehalose-phosphate synthase, Alpha-amylase, Beta-amylase, Beta-D-glucosyltransferase, Beta-D-xylosidase, Beta-fructofuranosidase, Endoglucanase, ATP-dependent 6-phosphofructokinase, Glucose-1-phosphate adenylyl transferase, Glucose-6-phosphate 1-dehydrogenase, Hexokinase, Pectinesterase, Phosphoglucomutase Alpha-1%2C4 Glucanphosphorylase, Sucrose-phosphate synthase, Alpha%2Calpha-trehalose-phosphate synthase, Trehalose 6-phosphate phosphatase, UTP-glucose-1-phosphate uridylyltransferase, 1%2C4-alpha-glucan-branching และ 4-alpha-glucanotransferase DPE2 (Table 3) ตำแหน่ง SNPs ของกลุ่มยีนที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์แป้งและน้ำตาลถูกนำมาสร้างแผนภาพต้นไม้แสดงสายวิวัฒนาการ (Phylogenetic tree) ด้วยวิธี Maximum Likelihood method (Figure 1) สามารถแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มหลัก สอดคล้องกับค่า C.C.S. ของสายพันธุ์ย่อย กลุ่มที่ 1 คือ กลุ่มที่มีค่า C.C.S. อยู่ในช่วง 9-12 ได้แก่ KK09-0939 KK09-0941 KK09-0857 KK09-0844 DOA-KK4 และ KK08059 และกลุ่มที่ 2 คือกลุ่มที่มีค่า C.C.S. อยู่ในช่วง 13-15 ได้แก่ UT17 LK92-11 KK07-250 UT15 K88-92 KK08-059 DOA-NS1 DOA-KK3 และ Si Samrong1 ยกเว้นสายพันธุ์ KK07-599 และ KK07-037 ที่มีค่า C.C.S. อยู่ในช่วง 12.3 และ 11.2 ตามลำดับ อย่างไรก็ตามพบว่ากลุ่มที่ 1 มีความแตกต่างทางพันธุกรรมระหว่างสายพันธุ์ค่อนข้างสูงเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ 2 ในการศึกษาที่มีจำนวนตัวอย่างของแต่ละสายพันธุ์มีเพียง 1 ตัวอย่างต่อสายพันธุ์ ซึ่งอาจไม่เพียงพอในการเป็นตัวแทนของประชากร หรือสายพันธุ์ เนื่องจากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมของสายพันธุ์ย่อยรวมทั้งการฐานข้อมูล หรือการนำลำดับเบสมาใช้เป็นลำดับเบสอ้างอิง มีความสำคัญอย่างมากที่ต้องมีจำนวนตัวอย่างในแต่ละสายพันธุ์เพียงพอ ที่จะเป็นตัวแทนในแต่ละสายพันธุ์เพื่อนำไปวิเคราะห์ให้ได้ข้อมูลที่น่าเชื่อถือ ถูกต้อง และแม่นยำ

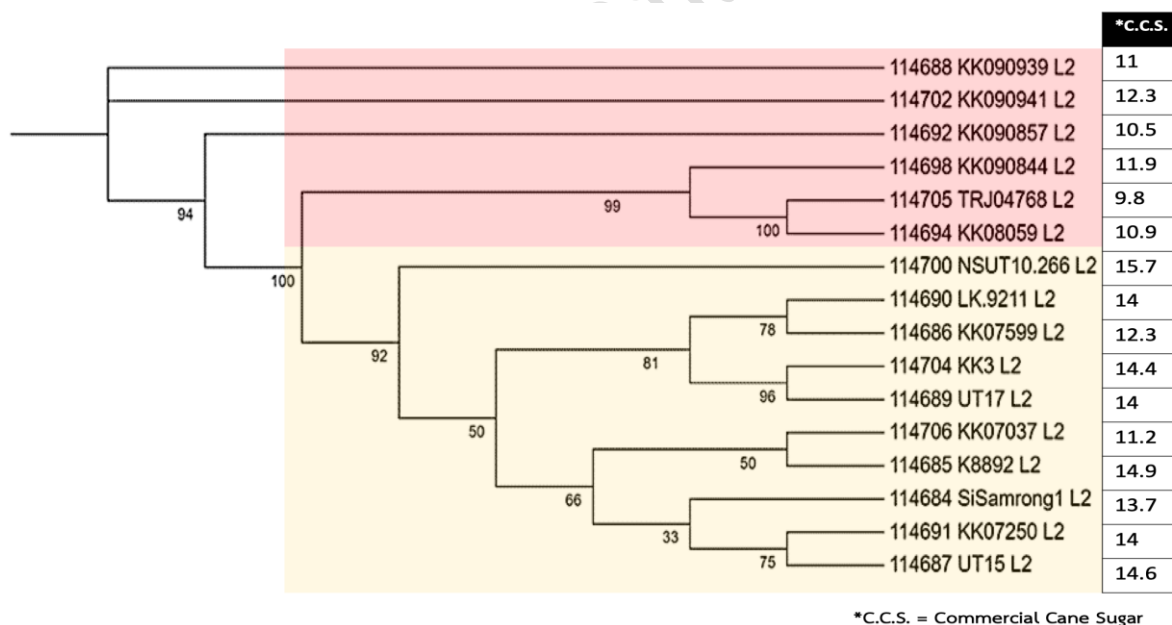


Figure 1 Phylogeny tree sequencing SNPs of sugarcane 16 varieties.

**Table 1** Agronomy characteristics of 16 sugarcane varieties.

Variety	High (cm)	Tiller	Yield (ton/rai)	C.C.S. value
UT17	243	6	14.5	14.0
LK92-11	312	7	14.3	14.0
KK07-250	258	7	13.9	14.0
KK09-0857	218	6	12.7	10.5
UT15	289	6	16.9	14.6
KK09-0939	152	4	9.9	11.0
K88-92	256	5	11.36	14.9
KK07-599	246	7	14.1	12.3
KK08-059	224	7	10.4	10.9
DOA-NS1	303	7	18.0	15.7
KK09-0941	298	10	11.9	12.3
DOA-KK3	295	6	15.8	14.4
DOA-KK4	212	6	11.7	9.8
KK07-037	253	8	11.8	11.2
KK09-0844	279	10	13.5	11.9
Si Samrong1	227	6	18.5	13.7
Average	254.06	6.75	13.70	12.82

Table 2 Number ReadNum, SNPs and INDELs of sugarcane.

Sample	ReadNum (bases)	SNPs	INDELs
UT17	50,200,050	2,163,821	259,881
LK92-11	64,199,132	2,390,324	288,835
KK07-250	35,940,182	1,906,670	225,712
KK09-0857	43,645,164	2,114,304	251,321
UT15	35,948,986	1,940,103	231,231
KK09-0939	49,919,122	2,300,068	281,294
K88-92	71,497,800	2,534,352	308,661
KK07-599	83,713,076	2,568,358	312,556
KK08-059	56,921,340	2,321,335	279,877
DOA-NS1	37,383,570	1,988,632	236,475
KK09-0941	41,832,808	2,099,884	247,962
DOA-KK3	61,532,888	2,351,068	278,781
DOA-KK4	51,282,918	2,313,781	282,214
KK07-037	63,065,864	2,256,548	266,033
KK09-0844	47,322,548	2,180,618	260,928
Si Samrong1	51,042,900	1,976,452	235,028

**Table 3** List of the 34 genes from starch and sucrose metabolism pathway and the Sugarcane Intron Length (SIL) Cont.

Chromosomes	Position (start-end)		Genes
Sh01	948865	949239	Alpha-amylase/subtilisin inhibitor; type=mRNA
Sh01	60785236	60787255	Alpha2%Calpha-trehalose- phosphate synthase
Sh02	21717522	21720380	Alpha-amylase
	43294124	43294878	
Sh02	50312168	50313843	Beta-amylase
Sh06	38180	38381	Beta-fructofuranosidase
	8271558	8274605	
	8281155	8284931	
	10968156	10970020	
Sh01	10907135	10907790	Endoglucanase
Sh06	10965295	10965639	
	16074563	16077093	

**Table 3** List of the 34 genes from starch and sucrose metabolism pathway and the Sugarcane Intron Length (SIL) Cont.

Sh01	33017718	33021182	ATP-dependent 6-phosphofructokinase
Sh01	10976303	10980647	Glucose-1-phosphate adenylyltransferase
Sh01	44102650	44103804	Glucose-6-phosphate 1-dehydrogenase
	44103849	44105405	
Sh02	28755310	28758984	
Sh03	4682232		4685187 Hexokinase
	34702855	34705040	
Sh06	24339191	24342711	
Sh01	2318654	2319250	Pectinesterase
	2321374	2321988	
Sh01	13233758	13239619	Phosphoglucomutase
Sh01	8630407	8636004	Alpha-1%2C4 Glucanphosphorylase;type
Sh05	8857397	8862666	Sucrose-phosphate synthase;type
	8984005	8989096	
Sh01	60785236	60787255	Alpha%2Calpha-trehalose-phosphate synthase
Sh01	46238166	46238444	Trehalose 6-phosphate phosphatase
	46238482	46239893	
	46267301	46268329	
Sh04	1437500	1444011	UTP-glucose-1-phosphate uridylyltransferase
Sh04	20003628	20004292	1%2C4-alpha-glucan-branching
	20004748	20010175	
Sh02	50241082	50248398	4-alpha-glucanotransferase DPE2

สรุปผลการทดลอง

งานวิจัยในครั้งนี้เป็นการรายงานลำดับเบสที่ครอบคลุมเกือบทั้งจีโนมครั้งแรกของสายพันธุ์อ้อยที่รวบรวมไว้ที่ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น จำนวน 16 สายพันธุ์ ทำให้นักวิจัยสามารถนำลำดับเบสมาให้สำหรับใช้เป็นลำดับเบสอ้างอิงในการ



ศึกษาวิจัยบริเวณอื่น ๆ ที่สนใจในอนาคตและสามารถนำไปใช้วิเคราะห์หาความสัมพันธ์กับระดับน้ำตาลซูโครสในอ้อยได้ และข้อมูลโครงสร้างพันธุกรรมอ้อยที่ได้เป็นประโยชน์สำหรับแนวทางในการขยายฐานพันธุกรรมอ้อย เพื่อใช้เป็นข้อมูล สำหรับการคัดเลือกพันธุ์พ่อ-แม่ สำหรับสร้างคู่ผสมและประชากรพื้นฐาน สร้างความแปรปรวนทางพันธุกรรม ทั้งนี้เพื่อให้เกิดฐานพันธุกรรมที่กว้างขึ้น (Broaden genetic base) โดยอาศัยวิธีการและองค์ความรู้ด้านเทคโนโลยีชีวภาพเข้ามาช่วย และจัดเก็บฐานข้อมูลเพื่อการปรับปรุงพันธุ์ในอนาคตต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณผู้ช่วยวิจัยในห้องปฏิบัติการชีวโมเลกุลของศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น ที่ช่วยให้การปฏิบัติงานวิจัยสำเร็จตามวัตถุประสงค์

เอกสารอ้างอิง

- ณัฐภัทร พงศ์ศิริพัฒน์ และกิตติพัฒน์ อุโฆษกิจ. (2559). การพัฒนาเครื่องหมาย ILPจากยีนที่มีความเกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์น้ำตาลซูโครสในอ้อยและการศึกษาโครงสร้างพันธุกรรมอ้อย. วารสารทางวิชาการสมาคมพันธุศาสตร์แห่งประเทศไทย. 8(2): 111-122.
- เรวัต เลิศฤทัยโยธิน, อภิวิชญ์ ทรงกระสินธุ์ พชรวัลย์ สวางศิลป์, ชลิดา เข้มมา, วันดี หนูน้อย, วิชา ฮวดหนองโพธิ์, อัมรา บุญเจือ, ปิยะธิดา อินทรสุข, จิราพรรณ สุขจิต, อติศักดิ์ นัตกระโทก, พุทธพร วิวาราย, ธนเดช ฤกษ์ปราณี, ยศพร ต้นสมรส, กฤษณ เขียวสะอาด และชนิษฐา สำราญใจ. (2551). การปรับปรุงพันธุ์อ้อยด้วยวิธี conventional method. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. หน้า 1-211.
- สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย. (2558). เทคนิคการปรับปรุงพันธุ์อ้อย. แหล่งที่มา <http://km.ocsb.go.th/uploads/หนังสือ%20การปรับปรุงพันธุ์อ้อย.pdf> [เข้าถึงเมื่อ 5 มิถุนายน 2565].
- สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย. 2566ก. โครงการพัฒนาและส่งเสริมอุตสาหกรรมชีวภาพ (Bioeconomy Non Food). รายงานฉบับสมบูรณ์ (Final Report). แหล่งข้อมูล: <https://w2.ocsb.go.th/wpcontent/uploads/2023/04/14244-4316.pdf>. สืบค้นเมื่อ 30 มกราคม 2568.
- Baird, N.A., Etter, P.D, Atwood, T.S., Currey, M.C., Shiver, A.L., Lewis, Z.A., Selker, E.U., Cresko, W.A. and Johnson, E.A. (2008). Rapid SNP discovery and genetic mapping using sequenced RAD markers. *Journal of PLoS ONE*. 3(10): 1-7.
- Cumer, T., Pouchon, C., Boyer, F., Yannic, G., Rioux, D., Bonin, A. and Capblancq, T. (2021). Double-digest RAD-sequencing: do pre- and post-sequencing protocol parameters impact biological results. *Journal of Molecular Genetics and Genomics* 296(2): 457-471.
- Langmead B. and S. Salzberg. (2012) Fast gapped-read alignment with Bowtie 2. *Journal of Nature Methods*., 9:357-359.
- Li, H., Handsaker, B., Wysoker, A., Fennell, T., Ruan, J., Homer, N. and R. Durbin. (2009). The sequence alignment/map format and SAMtools. *Bioinformatics* 25(16), 2078-2079.
- Lo, Y.T. and Shaw, P.C. (2019). Application of next-generation sequencing for the identification of herbal products. *Biotechnology Advances*. 37(8): 107450.
- McCormick, A.J. and M.D. Cramer, and D.A. Watt. (2008). Differential expressions of genes in the leaves of sugarcane in response to sugar accumulation. *Journal of Tropical Plant Biology*. 1: 142-158.



- Papini-Terzi, F.S., Rocha, F.R., Vencio, R.Z., Felix, J.M., Branco, D.S., Waclawovsky, A.J., Del Bem, L.E., Lembke, C.G., Costa, M.D., Nishiyama Jr, M.Y., Vicentini, R., Vincentz, M.G., Ulian, E.C., Menossi, M. and G.M. Souza. (2009). Sugarcane genes associated with sucrose content. *BMC Genomics* 10: 120–141.
- Ren, J. L., Geng, Z. C., Liu, C. F., Xu, F., Sun, J. X., and R. C. Sun. (2006). Fractional isolation and structural characterization of hemicellulosic polymers from delignified and ultrasonic irradiated sugarcane bagasse. *Journal of E-Polymers*. 67:1-12.
- Severn-Ellis, A.A., Scheben, A., Neik, T.X., Saad, N.S.M., Pradhan, A. and Batley, J. (2020). Genotyping for species identification and diversity assessment using double digest restriction site-associated DNA sequencing (ddRAD-Seq). *methods. Journal of Molecular Biology*. 2017: 159-187.
- Song J, Yang X, Resende MF Jr, Neves LG, Todd J, Zhang J, Comstock J, Wang J. (2016). Natural alleviation variations in highly polyploid *Saccharum* Complex. *Frontiers in Plant Science*.7:804.
- Tai, T.H. and S.D. Tanksley. (1990). A rapid and inexpensive method for isolation of total DNA from dehydrated plant tissue. *Plant Molecular Biology Reporter* 8: 297-303.
- Ukoskit, K., Thipmongkolcharoen, P. and Chatwachirawong, P., 2012. Novel expressed sequence tag-simple sequence repeats (EST-SSR) markers characterized by new bioinformatic criteria reveal high genetic similarity in sugarcane (*Saccharum* spp.) breeding lines. *African Journal of Biotechnology* 11: 1337–1363.
- Vettore, A.L., Silva, F.R.D., Kemper, E.L., Souza, G.M., Silva, A.M.D., Ferro, M.I.T., Henrique-Silva F, Giglioti, E.A., Lemos, M.V.F & L.L. Coutinho. (2003). Analysis and functional annotation of an expressed sequence tag collection for tropical crop sugarcane. *Journal of Genome Research* 13: 2725–2735.
- Yang, Y., Zhao, X.L., Xia, L.Q., Chen, X.M., Xia, X.C., Yu, Z., He, Z.H. & M. Roder. 2007. Development and validation of a Viviparous-1 STS marker for preharvest sprouting tolerance in Chinese wheats. *Journal of Theoretical and Applied Genetics* 115: 971–980.



ผลของปุ๋ยไนโตรเจนต่อผลผลิต องค์ประกอบผลผลิต และผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ ของอ้อยโคลนดีเด่นในเขตชลประทานและน้ำเสริม

Effect of Nitrogen Fertilizer on Yield, Yield Components and Economic Returns of Promising Sugarcane Clones in Irrigated and Supplementary Water Areas

วาสนา วันดี^{1*}, ปิยธิดา อินทร์สุข¹ และ อุดมศักดิ์ ดวนมีสุข²

Wasana Wandee^{1*}, Piyatida Insuk¹ and Udomsak Duanmeesuk²

¹ ศูนย์วิจัยพืชไร่สุพรรณบุรี ตำบลจรเข้มสามพัน อำเภอบางแพะ จังหวัดสุพรรณบุรี 72160

Suphan Buri Field Crops Research Center, Chorakha Sam Phan, U Thong, Suphan Buri

² ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรราชบุรี ตำบลเขาชะงุ้ม อำเภอโพธาราม จังหวัดราชบุรี 70120

Ratchaburi Agricultural Research and Development Center, Kao Cha Ngum, Photharam, Ratchaburi

* Corresponding author: n_khaokaew@hotmail.com

Received date: April 2025 Accepted date: June 2025 Published date: June 2025

บทคัดย่อ

ธาตุไนโตรเจน มีความสำคัญต่อการสังเคราะห์แสง กระตุ้นการเจริญเติบโตทางด้านลำต้นและการแตกกอ รวมถึงการสะสมน้ำตาลก่อนระยะสุกแก่ของอ้อย ซึ่งมีความสัมพันธ์กับการให้ผลผลิต ความหวาน และองค์ประกอบผลผลิต งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของปุ๋ยไนโตรเจนต่อการให้ผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของอ้อยโคลนดีเด่นที่ปลูกในสภาพชลประทานและน้ำเสริม สำหรับใช้เป็นคำแนะนำการจัดการปุ๋ยไนโตรเจนในการผลิตอ้อยโคลนดีเด่น ดำเนินการวิจัย ณ แปลงทดลอง ศูนย์วิจัยพืชไร่สุพรรณบุรี จังหวัดสุพรรณบุรี ระหว่างปี 2565-2567 ในอ้อยปลูกและอ้อยต่อ 1 วางแผนการทดลองแบบ Split plot in RCB จำนวน 3 ซ้ำ ปัจจัยหลัก (main plot) คือ โคลนอ้อยดีเด่น/พันธุ์อ้อย จำนวน 5 โคลน/พันธุ์ (UT15-060, UT15-094, UT10-044, ขอนแก่น 3, LK92-11) ปัจจัยรอง (sub plot) คือ การใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 5 อัตรา (อ้อยปลูก อัตรา 0, 7.5, 15, 22.5, 30 และอ้อยต่อ 1 อัตรา 0, 9, 18, 27, 36 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่) ร่วมกับปุ๋ยฟอสฟอรัสและโพแทสเซียม อัตรา 3 และ 6 กิโลกรัม P_2O_5 และ K_2O ต่อไร่

ผลการทดลองพบว่า ในอ้อยปลูก ไม่มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยหลักและปัจจัยรอง ทั้งในด้านผลผลิตอ้อย ค่าซีซีเอส และผลผลิตน้ำตาล การใส่ปุ๋ยไนโตรเจน ทุกอัตรา มีผลทำให้ผลผลิตอ้อยและผลผลิตน้ำตาลเพิ่มขึ้น อยู่ระหว่าง 20.95-22.52 ตันต่อไร่ และ 2.79-3.05 ตันซีซีเอสต่อไร่ ซึ่งสูงกว่าการไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน สำหรับอ้อยต่อ 1 พบว่า มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยหลักและปัจจัยรองในด้านผลผลิตอ้อย การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตราต่างๆ มีผลทำให้โคลนดีเด่นแต่ละโคลนให้ผลผลิตอ้อยแตกต่างกัน โดยโคลนดีเด่น UT15-060, UT15-094 และ UT10-044 ให้ผลผลิตอ้อยสูงสุด เท่ากับ 19.59, 19.19 และ 20.95 ตันต่อไร่ เมื่อมีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน อัตรา 18, 27 และ 36 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ ตามลำดับ ซึ่งสูงกว่าการไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน สำหรับผลผลิตน้ำตาล การใส่ปุ๋ยไนโตรเจน อัตรา 18, 27 และ 36 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ มีผลทำให้ผลผลิตน้ำตาลเพิ่มขึ้น อยู่ระหว่าง 2.70-2.86 ตันซีซีเอสต่อไร่ ซึ่งสูงกว่าการไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน ดังนั้น การจัดการปุ๋ยไนโตรเจนสำหรับการผลิตโคลนอ้อยดีเด่น UT15-060, UT15-094 และ UT10-044 ในอ้อยปลูก ควรใส่ปุ๋ยไนโตรเจน อัตรา 7.5 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยฟอสฟอรัสและโพแทสเซียม อัตรา 3 และ 6 กิโลกรัม P_2O_5 และ K_2O ต่อไร่ และในอ้อยต่อ 1 ควรใส่ปุ๋ยไนโตรเจน อัตรา 18 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยฟอสฟอรัสและโพแทสเซียม อัตรา 3 และ 6



กิโกลรัม P_2O_5 และ K_2O ต่อไร่ จะส่งผลให้ได้ผลผลิตอ้อยและผลผลิตน้ำตาลเพิ่มขึ้น มีประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจนเพื่อสร้างผลผลิตสูง และได้รับผลตอบแทนทางเศรษฐกิจสูงสุด

คำสำคัญ : ปุ๋ยไนโตรเจน อ้อยโคลอนดีเด่น ผลผลิต ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ

Abstract

Nitrogen is important for photosynthesis, stimulation of stem growth and tillering, and sugar accumulation before the maturation stage of sugarcane, which is related to yield, sweetness and yield components. This research aimed to study the effect of nitrogen fertilizer on yield and yield components of promising sugarcane clones grown under irrigated and supplementary water conditions for use as a recommendation of nitrogen fertilizer for new sugarcane variety production. The field experiment was conducted at Suphan Buri Field Crops Research Center, Suphan Buri province from 2022 to 2024, covering both plant cane and ratoon cane crops. The experimental design was a split plot in RCB with four replications. The main plot comprised of five clones/varieties of sugarcane: UT15-060, UT15-094, UT10-044, Khon Kaen 3, and LK92-11. The sub plot included five nitrogen fertilizer rates: 0, 7.5, 15, 22.5, 30 kg N/rai for plant cane and 0, 9, 18, 27, 36 kg N/rai for 1st ratoon cane) with phosphorus and potassium fertilizers at the rate of 3 kg P_2O_5 /rai and 6 kg K_2O /rai.

The result showed that, for plant cane, all nitrogen fertilizer rates were affected both cane yield and sugar yield. Cane yields ranged from 20.95 to 22.52 tons/rai and suger yield ranged from 2.79 to 3.05 tonCCS/rai, which were higher than those without nitrogen application. For ratoon cane, there was interaction between main plot and sub plot. UT15-060, UT15-094 and UT10-044 gave high cane yield (19.59, 19.19 and 20.95 tons/rai) and high sugar yield (2.70-2.86 tonCCS/rai) when nitrogen fertilizer was applied at the rate of 18, 27 and 36 kg N/rai. Thus, UT15-060, UT15-094 and UT10-044 production in plant cane should be using nitrogen fertilizer at the rate of 7.5 kg N/rai with phosphorus and potassium fertilizers at the rate of 3 kg P_2O_5 /rai and 6 kg K_2O /rai. 1st ratoon cane should be using nitrogen fertilizer at the rate of 18 kg N/rai with phosphorus and potassium fertilizers at the rate of 3 kg P_2O_5 /rai and 6 kg K_2O /rai that increase cane yield, sugar yield, high nitrogen uses efficiency and economic return.

Keywords: nitrogen fertilizer, promising sugarcane, cane yield, economic return

บทนำ

อ้อย เป็นพืชที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศไทย โดยใช้เป็นวัตถุดิบหลักสำหรับอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลทราย อีกทั้งยังสามารถเป็นวัตถุดิบที่มีศักยภาพสูงในการผลิตเอทานอลเพื่อทดแทนพลังงาน โดยในปีการผลิต 2566/2567 ประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกอ้อย 11,125,480 ไร่ แบ่งเป็นพื้นที่ปลูกในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 4,960,025 ไร่ ภาคกลาง 2,916,324 ไร่ ภาคเหนือ 2,607,594 ไร่ และภาคตะวันออก 641,307 ไร่ โดยมีปริมาณอ้อยเข้าที่บรวมนทั้งสิ้น 82.17 ล้านตัน มีผลผลิตอ้อยเฉลี่ย 8.91 ตันต่อไร่ และมีค่าความหวานเฉลี่ย 12.35 ซีซีเอส (สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย, 2567) อ้อยแต่ละพันธุ์จะมีลักษณะทางพันธุกรรมและสรีรวิทยาแตกต่างกัน จึงตอบสนองต่อสภาพแวดล้อมและปัจจัยการผลิตที่ต่างกัน พิระศักดิ์ (2557) ได้ประเมินสายพันธุ์อ้อยดีเด่นที่มีศักยภาพในแหล่งปลูกอ้อยทั่วประเทศ 20 จังหวัด โดยใช้พันธุ์อ้อยของหน่วยงานต่างๆ ที่ดำเนินงานปรับปรุงพันธุ์ พบว่า พันธุ์อ้อยและสถานที่ปลูกมีปฏิสัมพันธ์กัน



ในทุกสภาพแวดล้อม แสดงว่า อ้อยแต่ละพันธุ์มีความเหมาะสมกับพื้นที่ต่างกัน เช่นเดียวกับ ปรีชา (2561) ได้ศึกษาโดยนำแบบจำลอง CANEGRO เพื่อประเมินผลผลิตอ้อยที่เกษตรกรควรได้รับในพื้นที่ปลูกที่สำคัญในประเทศไทย 10 จังหวัด ได้แก่ นครสวรรค์ สุพรรณบุรี กาญจนบุรี สุโขทัย นครราชสีมา บุรีรัมย์ มหาสารคาม กาฬสินธุ์ และอุทัยธานี เป็นต้น สุ่มเก็บผลผลิตจริงเพื่อวิเคราะห์ช่องว่างของผลผลิต (yield gap analysis) พบว่า ผลผลิตอ้อยที่เกษตรกรควรได้รับมีค่าระหว่าง 31.40-36.90 ตันต่อไร่ และผลผลิตจริงมีค่าระหว่าง 10.60-19.60 ตันต่อไร่ ซึ่งมีช่องว่างของผลผลิตเฉลี่ย 17.30 ตันต่อไร่ โดยสาเหตุของการเกิดช่องว่างของผลผลิตจะแตกต่างกันตามพื้นที่ปลูกอ้อย ได้แก่ การขาดแคลนน้ำ การเลือกใช้พันธุ์อ้อยที่ไม่เหมาะสมกับพื้นที่ปลูก การใส่ปุ๋ยไม่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของอ้อย การจัดการวัชพืชไม่ทันเวลา ช่วงเวลาปลูกอ้อยล่าช้า และมีน้ำท่วมขังแปลง จากข้อมูลดังกล่าวชี้ให้เห็นได้ว่า ปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการเพิ่มผลผลิตอ้อย คือ การใช้พันธุ์อ้อยที่มีศักยภาพในการให้ผลผลิตสูง เหมาะสมต่อสภาพพื้นที่ปลูก ร่วมกับการจัดการปัจจัยการผลิตที่เหมาะสมจะเป็นแนวทางสำคัญสำหรับการผลิตอ้อยให้ได้ผลผลิตสูงและมีต้นทุนการผลิตต่ำที่สุด

ธาตุอาหารพืชเป็นอีกปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการให้ผลผลิตของอ้อยเป็นอันดับสองรองจากน้ำ โดยธาตุอาหารพืชที่จำเป็นสำหรับอ้อยประกอบด้วยธาตุอาหารที่ได้จากอากาศและน้ำ ได้แก่ คาร์บอน ไฮโดรเจน และออกซิเจน และธาตุอาหารที่ได้จากดินซึ่งแบ่งออกเป็นธาตุอาหารที่พืชต้องการใช้ในปริมาณมาก (macronutrients) ได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม กำมะถัน และธาตุอาหารที่พืชต้องการใช้ในปริมาณน้อย (micronutrients) ได้แก่ เหล็ก แมงกานีส ทองแดง สังกะสี โบรอน โมลิบดีนัม คลอรีน และนิเกิล นอกจากนี้ยังมีธาตุอาหารเสริมประโยชน์ (beneficial elements) ได้แก่ ซิลิกอน ธาตุไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของกรดอะมิโน โปรตีน เอนไซม์ ฮอร์โมน และสารประกอบฟีนอลิก ซึ่งมีความสำคัญต่อการสังเคราะห์แสง การสะสมน้ำตาลก่อนระยะสุกแก่ การกระตุ้นการเจริญเติบโตทางด้านลำต้นและการแตกกอ ทำให้อ้อยตั้งตัวได้เร็วในระยะแรกของการเจริญเติบโต ส่งเสริมการแตกยอดอ่อน ใบและกิ่งก้าน (Marschner, 1995) Sreewarome *et al.* (2007) ได้รายงานว่าการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนเป็นปัจจัยการผลิตที่มีความสำคัญต่อการกระบวนการเมแทบอลิซึมและมีบทบาทสำคัญในการแตกกอและยังปล้องของอ้อย ในทางกลับกันปริมาณไนโตรเจนที่ไม่เพียงพอ จะส่งผลให้พื้นที่ใบลดลง และประสิทธิภาพการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืชลดลง ซึ่งจะส่งผลให้ผลผลิตและคุณภาพอ้อยลดลง สอดคล้องกับ Sime (2013) ที่รายงานว่าการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตราสูง ส่งผลให้ผลผลิตของอ้อยรวมถึงความยาวปล้องเพิ่มขึ้น ดังนั้นการปรับปรุงพันธุ์อ้อยเพื่อให้ได้พันธุ์ใหม่ที่ดี มีผลผลิตและคุณภาพความหวานสูงมีความจำเป็นที่จะต้องดำเนินการวิจัยควบคู่ไปกับการจัดการธาตุอาหารที่เหมาะสม เพื่อเป็นแนวทางในการให้คำแนะนำการจัดการปุ๋ยไนโตรเจน ในการปลูกอ้อยพันธุ์ใหม่สำหรับเกษตรกรต่อไป

วิธีการดำเนินการ

ดำเนินการทดลอง 2 ปี ในปี 2565 ดำเนินการอ้อยปลูก และปี 2566 ดำเนินการอ้อยต่อ 1 (ต่อเนื่องจากอ้อยปลูก) ณ แปลงทดลอง ศูนย์วิจัยพืชไร่สุพรรณบุรี อำเภอดูหมัด จังหวัดสุพรรณบุรี ในชุดดินกำแพงแสน โดยทั้ง 2 ปี วางแผนการทดลองแบบ Split plot in RCB มี 4 ซ้ำ ปัจจัยหลัก (Main plot) คือ โคลนอ้อยดีเด่นและพันธุ์อ้อย จำนวน 5 โคลน/พันธุ์ ได้แก่ UT15-060, UT15-094, UT10-044, ขอนแก่น 3 และ LK92-11 ปัจจัยรอง (Sub plot) คือ การใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 5 อัตรา (ในอ้อยปลูก อัตรา 0, 7.5, 15, 22.5, 30 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ และในอ้อยต่อ 1 อัตรา 0, 9, 18, 27, 36 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่) ร่วมกับปุ๋ยฟอสฟอรัสและโพแทสเซียม อัตรา 3 และ 6 กิโลกรัม P_2O_5 และ K_2O ต่อไร่ ตามลำดับ

ก่อนดำเนินการปลูกอ้อย ทำการเก็บตัวอย่างดินแปลงทดลอง โดยการสุ่มเก็บตัวอย่างดิน 20 จุด ที่ระดับความลึก 0-20 เซนติเมตร ผึ่งให้แห้งในที่ร่ม เก็บเศษวัสดุที่ปนเปื้อนออก บดดินและร่อนดินผ่านตะแกรงขนาด 2 มิลลิเมตร นำไปวิเคราะห์สมบัติทางเคมี ได้แก่ ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) โดยวิธีอัตราส่วนดินต่อน้ำ เท่ากับ 1:1 วัดด้วยเครื่อง pH meter (Black, 1965) ปริมาณอินทรีย์วัตถุ วิเคราะห์ด้วยวิธี Walkey and Black (1934) ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ โดยสกัดดินด้วยน้ำยาสกัด Bray II (Cottenie, 1980) และวัดการเกิดสีตามวิธี molybdenum blue โดยใช้ spectrophotometer



ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ โดยสกัดตัวอย่างดินด้วยสารละลายแอมโมเนียมอะซิเตท ความเข้มข้น 1 นอร์มอล (ammonium acetate, NH_4OAc 1 N) pH 7 (Black, 1965) วัดด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer เพื่อประเมินการใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินของกรมวิชาการเกษตร (กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร, 2564)

ปลูกอ้อยในแปลงทดลอง โดยใช้ระยะระหว่างแถว 1.50 เมตร และระยะระหว่างหลุม 0.50 เมตร เว้นระยะระหว่างแปลงย่อย 1.50 เมตร ปลูกอ้อยแบบหลุม หลุมละ 2 ท่อน ท่อนละ 2 ตา ให้น้ำแบบปล่อยตามร่องตลอดฤดูปลูก ตามระยะการเจริญเติบโตของอ้อย การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนแบ่งใส่ 2 ครั้ง ครั้งที่ 1 ใส่ครึ่งหนึ่งของอัตราปุ๋ยไนโตรเจนร่วมกับใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสและโพแทสเซียม ตามที่ระบุในกรรมวิธี โดยใส่ปุ๋ยทั้งหมดรองพื้นพร้อมปลูก ครั้งที่ 2 ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอีกครึ่งหนึ่งของอัตราปุ๋ยไนโตรเจน แบบโรยข้างแถว เมื่ออ้อยอายุ 3 เดือน เก็บเกี่ยวผลผลิตอ้อยและองค์ประกอบผลผลิต ได้แก่ จำนวนลำต่อไร่ ความยาวลำ เส้นผ่านศูนย์กลางลำ จำนวนปล้องต่อลำ ดำเนินการเก็บเกี่ยวอ้อยเมื่ออ้อยทุกโคลน/พันธุ์อายุ 12 เดือนเท่ากัน โดยมีพื้นที่เก็บเกี่ยว 3 เมตร x 8 เมตร (24 ตารางเมตร)

บันทึกข้อมูลผลผลิตอ้อย ค่าซีซีเอส (CCS) ผลผลิตน้ำตาล (คำนวณจาก (ผลผลิตอ้อย x ค่าซีซีเอส)/100) วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (analysis of variance) แล้วนำข้อมูลมาเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติโดยใช้ Duncan's Multiple Range Test (DMRT) (Anon, 1984) เปรียบเทียบผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์ โดยใช้อัตราผลตอบแทนส่วนเพิ่ม (marginal rate of return, MRR) ตามวิธีของ อาร์นิต และรณรัช (2534) และประเมินประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจนโดยการคำนวณ Agronomic Nitrogen Use Efficiency (ANUE) ตามวิธีของ Fageria *et al.* (1997)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

สมบัติทางเคมีของดินแปลงทดลอง

พื้นที่แปลงทดลองจัดเป็นชุดดินกำแพงแสน (Kamphaeng Saen Series: Ks; Fine-silty, mixed, semiactive, isohyperthermic Typic Haplustalfs เป็นดินลึก และมีความเหมาะสมในการปลูกพืชต่างๆ ไป ผลการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของดิน พบว่า มีลักษณะเนื้อดินเป็นดินร่วนปนทราย มีค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) เท่ากับ 7.85 ซึ่งจัดเป็นดินด่างเล็กน้อย มีปริมาณอินทรีย์วัตถุ 1.36 เปอร์เซ็นต์ จัดอยู่ในระดับปานกลาง ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ 134 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จัดอยู่ในระดับสูง และมีปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ 140 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จัดอยู่ในระดับสูงมาก ถ้ามีการให้น้ำชลประทานหรือมีแหล่งน้ำเพียงพอ ดินนี้จะเป็นแหล่งผลิตทางการเกษตรที่สำคัญของประเทศ ควรปรับปรุงบำรุงดินโดยใช้ปุ๋ยเคมี ปุ๋ยคอก และปุ๋ยหมัก เพื่อเพิ่มแร่ธาตุที่จำเป็นต่อพืชให้กับดินและทำให้สมบัติทางกายภาพของดินดีขึ้น (กรมพัฒนาที่ดิน, 2548)

ผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิต

ผลผลิต

อ้อยปลูก พบว่า ไม่มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างโคลนตีเด่น/พันธุ์อ้อย (ปัจจัยหลัก) และการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน (ปัจจัยรอง) การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตราต่างๆ มีผลทำให้ผลผลิตอ้อยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนทุกอัตราให้ผลผลิตอ้อยอยู่ระหว่าง 20.95-22.52 ตันต่อไร่ ซึ่งสูงกว่าการไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนที่ให้ผลผลิตอ้อย 19.56 ตันต่อไร่ แต่การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 22.5 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ ให้ผลผลิตอ้อยไม่แตกต่างทางสถิติกับการไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน (Table 1)

**Table 1** Yield of sugarcane clones/varieties from different nitrogen fertilizer rates at Suphan Buri Field Crops Research Center: plant cane in 2022/23

Clones/Varieties (A)	Yield (ton/rai)
UT15-060	21.15
UT15-094	20.39
UT10-044	21.77
KK3	23.76
LK92-11	20.19
CV (A) %	10.34
F-test	ns
0-3-6	19.56 b
7.5-3-6	21.89 a
15-3-6	22.52 a
22.5-3-6	20.95 ab
30-3-6	22.33 a
CV (B) %	10.58
F-test	*

Note: A = ns, B = *, AxB = ns, ns = non-significant, * significantly different at $P < 0.05$, means followed by the same lowercase letter within a column is not significantly different ($P < 0.05$) using Duncan's new Multiple Range Test (DMRT)

อ้อยต่อ 1 พบว่า มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยหลักและปัจจัยรองในด้านผลผลิตอ้อย โดยโคลนดีเด่นแต่ละโคลนที่มีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราต่างกัน ให้ผลผลิตแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยโคลน UT15-060 ให้ผลผลิตอ้อยสูงสุด 19.19 ตันต่อไร่ เมื่อมีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 36 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ และไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 27 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ ที่ให้ผลผลิตอ้อย 17.36 ตันต่อไร่ สำหรับโคลน UT15-094 ให้ผลผลิตอ้อยสูงสุด 20.95 ตันต่อไร่ เมื่อมีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 27 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ และไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 36 และ 18 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ ที่ให้ผลผลิตอ้อย 20.63 และ 18.76 ตันต่อไร่ ตามลำดับ สำหรับโคลน UT-044 ให้ผลผลิตอ้อยสูงสุด 19.59 ตันต่อไร่ เมื่อมีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 18 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ และไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 27 และ 36 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ และการไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน ที่ให้ผลผลิตอ้อย 18.48 และ 18.11 ตันต่อไร่ ตามลำดับ ขณะที่พันธุ์ขอนแก่น 3 และ LK92-11 ให้ผลผลิตอ้อยสูงสุด 21.74 และ 17.80 ตันต่อไร่ เมื่อมีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 36 และ 18 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ ตามลำดับ (Table 2)

**Table 2** Yield of sugarcane clones/varieties from different nitrogen fertilizer rates at Suphan Buri Field Crops Research Center: 1st ratoon cane in 2023/24

Unit: ton/rai

Clones/Varieties (A)	UT10-044	UT15-060	UT15-094	KK3	LK92-11	Mean
N-P ₂ O ₅ -K ₂ O kg/ha (B)						(B)
0-3-6	14.61 c ABC	12.01 c C	13.68 c BC	15.19 c AB	16.51 AB	14.40
9-3-6	16.12 bc AB	15.16 b B	16.24 b AB	18.69 b A	16.69 AB	16.58
18-3-6	19.59 a A	16.59 b B	18.76 a AB	18.59 b AB	17.80 AB	18.27
27-3-6	18.48 ab AB	17.36 ab B	20.95 a A	18.86 b AB	17.28 B	18.59
36-3-6	18.11 ab BC	19.19 a ABC	20.63 a AB	21.74 a A	17.52 C	19.44
Mean (A)	17.38	16.06	18.05	18.61	17.16	
CV (A) %	12.50	CV (B) %	8.20			

Note: means followed by the same letter within a column is not significantly different ($P < 0.05$) using Duncan's new Multiple Range Test (DMRT), the different between fertilizer rate is using the lowercase letters and the difference between clone/variety is using the uppercase letters

จากผลการทดลองในอ้อยปลูกและอ้อยต่อ 1 ของโคลนดีเด่นทุกโคลน/พันธุ์ พบว่า มีการตอบสนองต่อปุ๋ย โดยการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนทุกอัตรารวมกับการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสและปุ๋ยโพแทสเซียม อัตราตามค่าวิเคราะห์ดิน ทำให้อ้อยโคลนดีเด่นทุกโคลน/พันธุ์ มีผลผลิตมากกว่าการไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน โดยอ้อยปลูกมีผลผลิตอยู่ระหว่าง 20.95-22.52 ตันต่อไร่ และอ้อยต่อ 1 มีผลผลิตอยู่ระหว่าง 16.58-19.44 ตันต่อไร่ เช่นเดียวกับการศึกษาของวาสนา และคณะ (2561) ที่พบว่า การปลูกอ้อยในชุดดินกำแพงแสน จังหวัดสุพรรณบุรี ที่มีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 15 และ 22.5 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ โดยมีการให้น้ำหยดเสริมหลังปลูกอ้อย ทำให้ผลผลิตอ้อยเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เนื่องจากไนโตรเจนมีความสำคัญในกระบวนการเมแทบอลิซึมของพืชมากที่สุด และมีบทบาทสำคัญในการแตกกอ และการยืดของลำอ้อย (ยังยุทธ และคณะ, 2554) สอดคล้องกับ Biemon and Vos (1992) ที่ได้รายงานว่า ปุ๋ยไนโตรเจนมีผลต่อการเจริญเติบโต และทำให้ความสูงของพืชเพิ่มขึ้น จึงมีผลทำให้อ้อยทุกโคลน/พันธุ์ มีการเจริญเติบโตที่ดีและให้ผลผลิตสูง นอกจากนี้อ้อยแต่ละพันธุ์จะมีลักษณะทางสรีรวิทยาในแต่ละช่วงอายุของอ้อยที่แตกต่างกัน จึงมีความต้องการน้ำและธาตุอาหาร รวมทั้งความสามารถในการดูดน้ำและธาตุอาหาร จากการศึกษาของ ศุภกาญจน์ และคณะ (2555) พบว่า อ้อยพันธุ์ขอนแก่น 3 มีประสิทธิภาพการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนสูงกว่าพันธุ์ LK92-11 ซึ่งอาจกล่าวได้ว่าเมื่อมีการใส่ไนโตรเจนในปริมาณเท่ากัน อ้อยพันธุ์ขอนแก่น 3 สามารถดูดใช้ในโตรเจนและสร้างน้ำหนักได้สูงกว่าพันธุ์ LK92-11 ดังนั้น การปลูกอ้อยโคลนดีเด่นทุกโคลน/พันธุ์ ในอ้อยปลูก ควรมีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน อัตรา 7.5 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยฟอสฟอรัสและโพแทสเซียม อัตรา 3 และ 6 กิโลกรัม P₂O₅ และ K₂O ต่อไร่ และในอ้อยต่อ 1 ควรมีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน อัตรา 18 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยฟอสฟอรัสและโพแทสเซียม อัตรา 3 และ 6 กิโลกรัม P₂O₅ และ K₂O ต่อไร่ จะส่งผลให้ได้ผลผลิตอ้อยและผลผลิตน้ำตาลเพิ่มขึ้นคุ้มค่าต่อการผลิต

ความหวาน (ค่าซีซีเอส)

อ้อยปลูก พบว่า ไม่มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยหลักและปัจจัยรอง ทั้งด้านโคลนดีเด่น/พันธุ์อ้อย และการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตราต่างๆ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยทุกโคลนดีเด่นมีค่าอยู่ระหว่าง 11.40-13.69 ขณะที่พันธุ์ขอนแก่น 3 และ LK92-11 มีแนวโน้มให้ค่าซีซีเอสสูงกว่าโคลนดีเด่นทุกโคลน คือ 14.82 และ 14.36 สำหรับการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนทุกอัตรา มีค่าอยู่ระหว่าง 13.32-13.64 (Table 3)



Table 3 CCS of sugarcane clones/varieties from different nitrogen fertilizer rates at Suphan Buri Field Crops Research Center: plant cane in 2022/23

Clones/Varieties (A)	CCS
UT15-060	13.69
UT15-094	13.18
UT10-044	11.40
KK3	14.82
LK92-11	14.36
CV (A) %	6.58
F-test	ns
0-3-6	13.65
7.5-3-6	13.46
15-3-6	13.38
22.5-3-6	13.32
30-3-6	13.64
CV (B) %	5.49
F-test	ns

Note: A = ns, B = ns, AxB = ns, ns = non-significant at $P < 0.05$

อ้อยต่อ 1 พบว่า ไม่มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยหลักและปัจจัยรอง การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตราต่างๆ ให้ค่าซีซีเอสไม่แตกต่างกัน มีค่าอยู่ระหว่าง 14.37-14.87 สำหรับโคลนอ้อยดีเด่นแต่ละโคลน จะให้ค่าซีซีเอสแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยพันธุ์ขอนแก่น 3 ให้ค่าซีซีเอสสูงสุด 15.86 ไม่แตกต่างกับพันธุ์ LK 92-11 ที่ให้ค่าซีซีเอส 15.60 แต่มากกว่าโคลนดีเด่นทุกโคลนที่ให้ค่าซีซีเอสอยู่ระหว่าง 12.16-15.09 (Table 4)

**Table 4** CCS of sugarcane clones/varieties from different nitrogen fertilizer rates at Suphan Buri Field Crops Research Center: 1st ratoon cane in 2023/24

Clones/Varieties (A)	CCS
UT15-060	14.69 c
UT15-094	12.16 d
UT10-044	15.09 b
KK3	15.86 a
LK92-11	15.60 ab
CV (A) %	5.67
F-test	**
0-3-6	14.37
9-3-6	14.87
18-3-6	14.79
27-3-6	14.68
36-3-6	14.73
CV (B) %	4.96
F-test	ns

Note: A = **, B = ns, AxB = ns, ns = non-significant, ** significantly different at $P < 0.01$, means followed by the same lowercase letter within a column is not significantly different ($P < 0.01$) using Duncan's new Multiple Range Test (DMRT)

ผลผลิตน้ำตาล

อ้อยปลูก พบว่า ไม่มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยหลักและปัจจัยรอง โดยให้ผลสอดคล้องกับผลผลิตอ้อยคือ การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตราต่างๆ มีผลทำให้ผลผลิตน้ำตาลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนทุกอัตราให้ผลผลิตน้ำตาลอยู่ระหว่าง 2.79-3.05 ตันซีซีเอสต่อไร่ ซึ่งสูงกว่าการไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนที่ให้ผลผลิตน้ำตาล 2.66 ตันซีซีเอสต่อไร่ แต่การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 22.5 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ ให้ผลผลิตน้ำตาลไม่แตกต่างทางสถิติกับการไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนด้านพันธุ์ มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยโคลนดีเด่นทุกโคลนให้ผลผลิตน้ำตาล 2.40-2.86 ตันซีซีเอสต่อไร่ ซึ่งต่ำกว่าพันธุ์ขอนแก่น 3 (3.53 ตันซีซีเอสต่อไร่) แต่โคลน UT15-094 และ UT15-060 ให้ผลผลิตน้ำตาล 2.87 และ 2.79 ตันซีซีเอสต่อไร่ ซึ่งไม่แตกต่างทางสถิติกับพันธุ์ LK92-11 ที่ให้ผลผลิตน้ำตาล 2.89 ตันซีซีเอสต่อไร่ (Table 5)

**Table 5** Sugar yield of sugarcane clones/varieties from different nitrogen fertilizer rates at Suphan Buri Field Crops Research Center: plant cane in 2022/23

Clones/Varieties (A)	Sugar Yield (tonCCS/rai)
UT15-060	2.79 bc
UT15-094	2.87 b
UT10-044	2.40 c
KK3	3.53 a
LK92-11	2.89 b
CV (A) %	13.18
F-test	*
0-3-6	2.66 b
9-3-6	2.95 a
18-3-6	3.01 a
27-3-6	2.79 ab
36-3-6	3.05 a
CV (B) %	11.96
F-test	*

Note: A = *, B = *, Ax B = ns, * significantly different at $P < 0.05$, means followed by the same lowercase letter within a column is not significantly different ($P < 0.05$) using Duncan's new Multiple Range Test (DMRT)

สำหรับข้อ 1 พบว่า ไม่มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยหลักและปัจจัยรอง โดยการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตราต่างๆ มีผลทำให้ผลผลิตน้ำตาลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 36 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ ให้ผลผลิตน้ำตาลสูงสุด 2.86 ตันซีซีเอสต่อไร่ และไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 27 และ 18 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ ที่ให้ ผลผลิตน้ำตาล 2.72 และ 2.70 ตันซีซีเอสต่อไร่ ตามลำดับ พันธุ์ขอนแก่น 3 ให้ผลผลิตน้ำตาลสูงสุด 2.96 ตันซีซีเอสต่อไร่ (Table 6)

**Table 6** Sugar yield of sugarcane clones/varieties from different nitrogen fertilizer rates at Suphan Buri Field Crops Research Center: ratoon cane in 2023/24

Clones/Varieties (A)	Sugar Yield (tonCCS/rai)
UT15-060	2.37 bc
UT15-094	2.20 c
UT10-044	2.63 b
KK3	2.96 a
LK92-11	2.65 b
CV (A) %	11.59
F-test	**
0-3-6	2.08 c
9-3-6	2.44 b
18-3-6	2.70 a
27-3-6	2.72 a
36-3-6	2.86 a
CV (B) %	10.89
F-test	**

Note: A = **, B = **, AxB = ns, ** significantly different at $P < 0.01$, means followed by the same lowercase letter within a column is not significantly different ($P < 0.01$) using Duncan's new Multiple Range Test (DMRT)

ประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจน (Agronomic Nitrogen Use Efficiency: ANUE)

อ้อยปลูก พบว่า อ้อยโคลนดีเด่น UT15-060, UT15-094, พันธุ์ขอนแก่น 3 และ LK92-11 มีประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจนเพื่อสร้างผลผลิตสูงสุด 209, 352, 555 และ 497 กิโลกรัมผลผลิตต่อกิโลกรัมไนโตรเจน ตามลำดับ เมื่อใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 7.5 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ ส่วนอ้อยโคลนดีเด่น UT10-044 มีประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจนเพื่อสร้างผลผลิตสูงสุด 109 กิโลกรัมผลผลิตต่อกิโลกรัมไนโตรเจน เมื่อใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 15 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ (Table 7)

Table 7 Nitrogen use efficiency of sugarcane clones at different nitrogen fertilizer rates at Suphan Buri Field Crops research center: plant cane in 2022/23

Clones/Varieties (A)	ANUE (kg yield/kg N)				
N-P ₂ O ₅ -K ₂ O kg/rai (B)	UT15-060	UT15-094	UT10-044	KK3	LK92-11
0-3-6	0	0	0	0	0
7.5-3-6	209	352	-61	555	497
15-3-6	208	234	109	263	171
22.5-3-6	79	75	-50	176	28
30-3-6	62	103	80	127	89

Note: ANUE, agronomic efficiency = $(\text{yield } N_F - \text{yield } N_0) / N_F$



อ้อยต่อ 1 พบว่า อ้อยโคลน UT15-094, UT10-044 และพันธุ์ขอนแก่น 3 มีประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจนเพื่อสร้างผลผลิตสูงสุด 350, 284 และ 389 กิโลกรัมผลผลิตต่อกิโลกรัมไนโตรเจน เมื่อใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 9 กิโลกรัมต่อไร่ ส่วนอ้อยโคลนดีเด่น UT15-060 และพันธุ์ LK92-11 มีประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจนเพื่อสร้างผลผลิตสูงสุด 277 และ 72 กิโลกรัมผลผลิตต่อกิโลกรัมไนโตรเจน ตามลำดับ เมื่อใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 18 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ (Table 8)

Table 8 Nitrogen use efficiency of sugarcane clones at different nitrogen fertilizer rates at Suphan Buri Field Crops research center: 1st ratoon cane in 2023/24

Clones/Varieties (A)	ANUE (kg yield/kg N)				
N-P ₂ O ₅ -K ₂ O kg/rai (B)	UT15-060	UT15-094	UT10-044	KK3	LK92-11
0-3-6	0	0	0	0	0
9-3-6	168	350	284	389	20
18-3-6	277	254	282	189	72
27-3-6	143	198	269	136	29
36-3-6	97	199	193	182	28

Note: ANUE, agronomic efficiency = (yield N_F – yield N₀) / N_F

จากผลการทดลองในอ้อยปลูก จะเห็นว่า โคลน/พันธุ์อ้อยส่วนใหญ่มีประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจนในการสร้างผลผลิตสูงสุดที่อัตรา 7.5 และ 15 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ และในอ้อยต่อ 1 โคลน/พันธุ์อ้อยส่วนใหญ่มีประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจนในการสร้างผลผลิตสูงสุดที่อัตรา 9 และ 18 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ โดยประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจนจะลดลงเมื่อมีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราที่เพิ่มขึ้น และอ้อยพันธุ์ขอนแก่น 3 มีประสิทธิภาพการดูดใช้ไนโตรเจนเพื่อสร้างผลผลิตสูงสุด สอดคล้องกับผลการศึกษาของศุภกาญจน์ และคณะ (2555) และ วลัยชัย และคณะ (2555) ที่พบว่า อ้อยพันธุ์ขอนแก่น 3 มีประสิทธิภาพการดูดใช้ไนโตรเจนเพื่อสร้างผลผลิตสูงกว่าอ้อยพันธุ์ LK92-11

ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ

อ้อยปลูก พบว่า การผลิตอ้อยโคลนดีเด่น/พันธุ์อ้อย ที่มีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 7.5 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ จะให้ผลตอบแทนส่วนเพิ่ม (Marginal rate of return; MRR) สูงสุด รองลงมาคือการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 30 และ 15 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ สำหรับการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 22.5 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ ไม่คุ้มค่ากับการลงทุน (Dominated: D) ดังนั้น ในการผลิตอ้อยปลูก ควรมีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 7.5 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ จะทำให้คุ้มค่าต่อการลงทุนมากที่สุด (Table 9)

**Table 9** Analysis of marginal rate of return of sugarcane production under different nitrogen fertilizer rates nutrient managements: plant cane in 2022/23

Treatments	Yield (ton/rai)	Total cost (bath/rai)	Income (bath/rai)	Benefit (bath/rai)	MRR (%)
Clones/Varieties					
UT15-060	20,388	28,600	22,019	- 6,581	-
UT15-094	21,766	28,600	23,507	- 5,093	-
UT10-044	21,152	28,600	22,844	- 5,756	-
Khon Kaen 3	23,760	28,600	25,661	- 2,939	-
LK92-11	20,190	28,600	21,805	- 6,795	-
N-P ₂ O ₅ -K ₂ O kg/rai					
0-3-6	19,564	361	21,129	20,768	-
7.5-3-6	21,892	632	23,643	23,012	827
15-3-6	22,520	828	24,322	23,494	246
22.5-3-6	20,948	1,024	22,624	21,599	D
30-3-6	22,332	1,221	24,119	22,898	662

Note: D = dominated treatment, price of sugarcane (10 CCS) 1.08 baht/kg (2022/2023), cost of sugarcane production 28,600 baht/rai, price of fertilizers: urea 26.17 baht/kg, triple superphosphate 12 baht/kg, diammonium phosphate 28.17 baht/kg, potassium chloride 28.25 baht/kg

อ้อยต่อ 1 พบว่า การผลิตอ้อยโคสนดีเตน/พันธุ์อ้อย ที่มีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 18 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ จะให้ผลตอบแทนส่วนเพิ่ม (Marginal rate of return; MRR) สูงสุด รองลงมาคือการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 9, 36 และ 27 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ ดังนั้น ในการผลิตอ้อยต่อ ควรมีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 18 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ จะทำให้คุ้มค่าต่อการลงทุนมากที่สุด (Table 10)

**Table 10** Analysis of marginal rate of return of sugarcane production under different nitrogen fertilizer rates nutrient managements: ratoon cane in 2023/24

Treatments	Yield (ton/rai)	Total cost (bath/rai)	Income (bath/rai)	Benefit (bath/rai)	MRR (%)
Clones/Varieties					
UT15-060	17,382	14,800	18,773	3,973	-
UT15-094	16,062	14,800	17,347	2,547	-
UT10-044	18,052	14,800	19,496	4,696	-
Khon Kaen 3	18,614	14,800	20,103	5,303	-
LK92-11	16,960	14,800	18,317	3,517	-
N-P ₂ O ₅ -K ₂ O kg/rai					
0-3-6	14,400	346	20,448	20,102	-
9-3-6	16,380	629	23,260	22,630	893
18-3-6	18,266	812	25,938	25,126	1,367
27-3-6	18,586	994	26,392	25,398	149
36-3-6	19,438	1,177	27,602	26,425	563

Note: price of sugarcane (10 CCS) 1.42 baht/kg (2023/2024), cost of sugarcane production 14,800 baht/rai, price of fertilizers: urea 20.29 baht/kg, triple superphosphate 10 baht/kg, di-ammonium phosphate 29.04 baht/kg, potassium chloride 28.10 baht/kg

สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาผลของปุ๋ยไนโตรเจน ต่อผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของอ้อยโคโลนตีเด่น พบว่า การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนส่งผลให้ผลผลิตอ้อยและผลผลิตน้ำตาลเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีการทดลองที่ไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน โดยในอ้อยปลูก อ้อยโคโลนตีเด่นทุกโคลน/พันธุ์ ที่มีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน อัตรา 7.5 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ (ปุ๋ยไนโตรเจน 0.5 เท่าของคำแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดิน) ให้ผลผลิตอ้อยและผลผลิตน้ำตาลสูง และให้ผลตอบแทนที่คุ้มค่าแก่การลงทุนมากที่สุด สำหรับอ้อยต่อ 1 อ้อยโคโลนตีเด่นทุกโคลน/พันธุ์ ที่มีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน อัตรา 18 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ (ปุ๋ยไนโตรเจนอัตราคำแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดิน) ให้ผลผลิตอ้อยและผลผลิตน้ำตาลสูง และให้ผลตอบแทนที่คุ้มค่าแก่การลงทุนมากที่สุด

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.) กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม ที่ให้สนับสนุนทุนวิจัยการดำเนินงานครั้งนี้ กรมวิชาการเกษตร สถาบันวิจัยพืชไร่และพืชทดแทนพลังงาน ศูนย์วิจัยพืชไร่สุพรรณบุรี ที่ให้สนับสนุนสถานที่และบุคลากรในการดำเนินงานครั้งนี้จนสำเร็จลุล่วงด้วยดี

**เอกสารอ้างอิง**

- กรมพัฒนาที่ดิน. (2548). ลักษณะและคุณสมบัติของดิน จัดทำชุดดินในพื้นที่ราบภาคเหนือและภาคกลางของประเทศไทย กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ กรุงเทพฯ. สืบค้น วันที่ 28 มีนาคม 2568, http://oss101.idd.go.th/web_standard/_doc_std/series_desc/D_Cseries_thai.pdf
- กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร. (2564). คำแนะนำการใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน สำหรับพืชไร่เศรษฐกิจ. กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.
- ปรีชา กาแฟ. (2561). โครงการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตอ้อยให้เหมาะสมตามศักยภาพของพื้นที่ ปี 2561. ใน รายงานฉบับสมบูรณ์ โครงการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตอ้อยให้เหมาะสมตามศักยภาพของพื้นที่ ปี 2561. กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ.
- พีระศักดิ์ ศรีนิเวศน์. (2557). การประเมินสายพันธุ์อ้อยดีเด่นที่มีศักยภาพในแหล่งปลูกอ้อยทั่วประเทศ. ใน รายงานฉบับสมบูรณ์ โครงการวิจัยพัฒนาและวิศวกรรม ปี 2557. สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ, กรุงเทพฯ.
- ยงยุทธ โอสดสภา, อรรถศิษฐ์ วงศ์ณโรจน์ และ ขวลิต ฮงประยงค์. (2554). ปุ๋ยเพื่อการเกษตรยั่งยืน, พิมพ์ครั้งที่ 2 สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ, 519 น.
- วาสนา วันดี วัลลีย์ อมรพล ศุภกาญจน์ ล้วนมณี และสมบูรณ์ วันดี. (2561). การจัดการน้ำ ธาตุอาหารพืช และพันธุ์ที่เหมาะสมเพื่อการผลิตอ้อยในดินร่วน จังหวัดสุพรรณบุรี. วารสารแก่นเกษตร. 46 (2), 112-120.
- วัลลีย์ อมรพล พินิจ กัลยาธิลปิน ศุภกาญจน์ ล้วนมณี ศรีสุตา ทิพย์รักษ์ และกอบเกียรติ ไพศาลเจริญ. (2555). การจัดการธาตุอาหารพืชที่เหมาะสมเพื่อการผลิตอ้อยในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. วารสารแก่นเกษตร. 40 (3), 141-148.
- ศุภกาญจน์ ล้วนมณี กอบเกียรติ ไพศาลเจริญ ชยันต์ ภักดีไทย ศรีสุตา ทิพย์รักษ์ และวัลลีย์ อมรพล. (2555). การจัดการธาตุอาหารพืชที่เหมาะสมเพื่อการผลิตอ้อยในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. วารสารแก่นเกษตร. 40 (3), 149-158.
- สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย. (2567). รายงานสถานการณ์การปลูกอ้อย ปีการผลิต 2566/2567. สืบค้น วันที่ 30 มีนาคม 2568, จาก <https://www.ocsb.go.th/wp-content/uploads/2024/06/รายงานสถานการณ์การปลูกอ้อยปีการผลิต-2566-67.pdf>.
- อารันต์ พัฒนไทย และธนรักษ์ เมฆขยาย. (2534). คู่มือการอบรมทางเศรษฐศาสตร์ ฝ่ายเศรษฐศาสตร์ ศูนย์วิจัยการปรับปรุงข้าวโพด และข้าวสาลีนานาชาติ. กรุงเทพมหานคร. 88 หน้า.
- Anon. (1984). Annual Report for 1983. International Rice Research (IRRI). Los Bonos, Laguna, Philippines. 450 p.
- Biemon, H. & Vos, J. (1992). Effect of Nitrogen on the Development and Growth of Potato Plants: the Partitioning of Dry Matter, Nitrogen and Nitrate. Journal of Annals of Botany. 70: 37-45.
- Black, C.A. (1965). Method of soil analysis. Part A. Agronomy 9. American Society of Agronomy Madison, Wisconsin.
- Cottenie, A. (1980). Soil and Plant Testing as a Basis of Fertilizer Recommendations. FAO Soil Bulletin 38/2. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
- Fageria, N. K., V. C. Baligar, & C. A. Jones. (1997). Growth and Mineral Nutrition of Field Crop, 2nd edition. New York, Marcel Dekker.
- Marschner, H. (1995). Mineral Nutrition of Higher Plants. 2nd edition. Academic Press, London. 899 p.
- Sime, M. (2013). Effect of different nitrogen rates and time of application in improving yield and quality of seed cane of sugarcane (*Saccharum spp. L.*) Variety B41/227. International Journal of Scientific and Research Publications. 3(1): 1-7.



Sreewarome, A., S. Saensupo, P. Prammannee and P. Weerathworn, (2007). Effect of rate and split application of nitrogen on agronomic characteristics, cane yield and juice quality. Proc. Int. Soc. Sugar Cane Technol. 26: 465-469.

Walkley, A., and I.A. Black. (1934). An examination of the degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method for determination of soil organic matter. Soil Science. 37: 29-33.

วารสารเกษตรอนุมิภาคลุ่มน้ำโขง