



วารสาร

เกษตรพระจอมเกล้า

KING MONGKUT'S AGRICULTURAL JOURNAL

ปีที่ 40 ฉบับที่ 1

VOLUME 40 NUMBER 1

มกราคม – เมษายน 2565

ISSN 2651-2203 (Online)

January – April 2022

บทความวิจัย

สารบัญ

หน้า

- | | | |
|---|--|----|
| □ ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยสิ่งแวดล้อมและความหลากหลายชนิดของหอยน้ำจืดในอ่างเก็บน้ำ อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดชัยภูมิ | กิตติชัย จันธิมา ทิพวรรณ ประเสริฐสินธุ์ กฤตวิทย์ สุขอึ้ง และอภิญญาณี อุปจักร์ | 1 |
| □ อิทธิพลของน้ำทะเลหนุนต่อสมบัติของดินในพื้นที่ดินนาบริเวณที่ราบลุ่มภาคกลางตอนล่างของประเทศไทย | นวรรตน์ เวชวิฐาน นภาพร พันธุ์กมลศิลป์ และเกียรติศักดิ์ สนศรี | 7 |
| □ สถานการณ์การสื่อสารเพื่อส่งเสริมการเกษตรของสถานศึกษาในเขตชุมชนเมือง | พัชรา เอี่ยมกิจการ สบายใจ และทิพวรรณ ลิ้มงูร | 18 |
| □ การศึกษานิตของพืชอาศัยและปริมาณเชื้อเห็ดเอดโต - ไมคอร์ไรซา(เห็ดเผาะ)ที่เหมาะสมในการส่งเสริมการเกิดรากเห็ดโตไมคอร์ไรซาของกล้าไม้วงศ์ยางภายใต้สภาวะเรือนปลูกพืช | ธนภักษ์ อินยอด ธนากร ลัทธิตีระสุวรรณ ธนภัทร เต็มอารมย์ ชาตรี กอนี สุริมา ญาติโสม ปิยะดา เอี่ยมประสงค์ ณัฐพัชร ศรีหะนัลต และอนุพงศ์ กาบจันทร์ | 28 |
| □ การพัฒนาคำแนะนำการจัดการธาตุอาหารหลักเฉพาะพื้นที่สำหรับย่อยในชุดดินกำแพงแสน เขตภาคกลางฝั่งตะวันตกประเทศไทย | สุชาดา กรุณา นภาพร พันธุ์กมลศิลป์ ธวัชชัย อินทร์บุญช่วย วิภาวรรณ ท้ายเมือง อัญชิชา พรหมเมืองคุก และสิรินภา ช่วงโสภาส | 38 |
| □ การออกแบบการทดลองแบบผสมผลไม้มั่งในข้าวพองอัดแท่งเพื่อเป็นอาหารสุขภาพในอาเซียน | ปิลันธสุทธิ์ สุวรรณเลิศ นริศรา วังมะนาว วีระศักดิ์ สมยานะ และนักสิทธิ์ ปัญญาใหญ่ | 48 |
| □ ผลของอุณหภูมิและเวลาในการอบแห้งต่อองค์ประกอบทางเคมีของผงบุกและการนำไปใช้ในไส้กรอกอิมัลชัน | อภิตา พรปัทมวิทย์ | 58 |
| □ อิทธิพลของประเภทปุ๋ยที่มีผลต่อปริมาณสารฟีนอลิกรวมและอินนูลินในแก่นตะวัน | ชยุต ศรีฮากัญญ์ วรรณวิภา พินระ และช่อแก้ว อนิลบล | 68 |
| □ ผลของปุ๋ยโพแทสเซียมและแมกนีเซียมต่อการเจริญเติบโตและคุณภาพผลผลิตของชาน้ำมันในพื้นที่บ้านปางมะหัน จ.เชียงราย | พีรณัฐ รวยบุญส่ง ธวัชชัย อินทร์บุญช่วย ชัยสิทธิ์ ทองจุ จุฑามาศ ร่มแก้ว และชนิดา เกิดชนะ | 76 |
| □ ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับการรู้เท่าทันสื่อสังคมออนไลน์ของเกษตรกรรุ่นใหม่ | ณัฐชา อิศระกุล และพัชรารัตน์ ศรีบุญเรือง | 85 |

วารสารเกษตรพระจอมเกล้า

วัดถูประสงค์

1. เพื่อเผยแพร่ความก้าวหน้าของวิชาการที่เกี่ยวข้องกับกรมเกษตร
2. เพื่อส่งเสริมความร่วมมือและแลกเปลี่ยนความรู้ความคิดเห็นระหว่างผู้ที่อยู่ในวงการเกษตรหรือสถาบันต่าง ๆ

การส่งเรื่องลงพิมพ์

เรื่องที่ส่ง ได้แก่ บทความวิจัย บทความวิชาการ ที่เกี่ยวข้องกับทางการเกษตรหลักเกณฑ์และการเตรียมต้นฉบับได้ระบุไว้ตอนท้ายของวารสารพระจอมเกล้า

สำนักงาน

งานวารสารเกษตรพระจอมเกล้า
คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยี
พระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
เลขที่ 1 ซอยชลองกรุง 1 แขวงลาดกระบัง
เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520
โทรศัพท์โทรสาร : 0-2329-8524
E-mail : ajournal@kmitl.ac.th
www.tci-thaijo.org/index.php/agritechjournal/index

กำหนดการตีพิมพ์ : วารสารเกษตร

พระจอมเกล้า กำหนดตีพิมพ์ปีละ 3 ฉบับ

- ฉบับที่ 1 มกราคม – เมษายน
ฉบับที่ 2 พฤษภาคม – สิงหาคม
ฉบับที่ 3 กันยายน – ธันวาคม

ที่ปรึกษา

คณบดีคณะเทคโนโลยีการเกษตร
รองคณบดี
ผู้ช่วยคณบดี
หัวหน้าภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช
หัวหน้าภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์
และประมง
หัวหน้าภาควิชาพัฒนาการเกษตรและ
การจัดการทรัพยากร
รศ. ดร.จำรูญ เล้าสินวัฒนา
(บรรณานุกรม พ.ศ. 2555-2558)
รศ. ดร.คำรณวิทย์ ทิพย์มณี
(บรรณานุกรม พ.ศ. 2558-2561)
ผศ. ดร.สุกัญญา แย้มประชา
(บรรณานุกรม พ.ศ. 2561-2564)
รศ. ดร.คำรณวิทย์ ทิพย์มณี
(รักษานิติบรรณานุกรม พ.ศ. 2564)
รศ. ดร.ปัญญา นามันเกิบ
(บรรณานุกรม พ.ศ. 2564-2567)

บรรณาธิการบริหาร

ผศ. ดร.กุลชัย กุลตวณิช

บรรณาธิการ

รศ. ดร.ปัญญา หมั่นเก็บ

ผู้ช่วยบรรณาธิการ

ผศ. ดร.พจนา สีขาว

๒
ผิดแลระบบ

นายปิยวัฒน์ ศรีสวัสดิ์

กองบรรณาธิการ

ศ. ดร.บัญชา สมบูรณ์สุข
ศ. ดร.สุดฤดี ประเทืองวงศ์
ศ. ดร.อังศุมาลัย จันทราปัติย์
ศ. ดร.อุลลอง วชิราภากร
ศ. ดร.ยุพา หารญูทอง
ศ. ดร.เนาวนิตย์ สงคราม
ศ. ดร.อนุชิตา มุ่งงาม
ศ. ดร.วรเดช จันทรส
รศ. ดร.กานต์ สุขสุแพพทย์
รศ. ดร.กำจร หลุยยะพงศ์
รศ. ดร.จินดา ชลิตทอง
รศ. ดร.จุฑารัตน์ เศรษฐกุล
รศ. ดร.ฑูกรี หะยีสาแม
รศ. ดร.ไกรเลิศ ทวีกุล
รศ. ดร.ปรเมศ บันเทิง
รศ. ดร.วราห์ เทพาหุดี
รศ. ดร.ศิริชัย กัลยาณรัตน์
รศ. ดร.สนธิชัย จันทรเปรม
ผศ. ดร.จักรมาส เลหาภวนิช
ผศ. ดร.พิศสุวรรณ เขียมสมบัติ
ผศ. ดร.เยาวรัตน์ ศรีวรานันท์
ผศ. ดร.วัชระ จินตโกวิท
ผศ. ดร.วีระนีย์ ทองศรี
ผศ. ดร.เสาวคนธ์ เหมวงษ์
คุณอัญชลี สุวจิตตานนท์
ผศ. ดร.อินัญญา เจริญพรนิพัทธ์
ศ. ดร.มยุรา สุนยวีระ
ผศ. ดร.นุกูล ถวิลถิ่ง
รศ. ดร.คำรณวิทย์ ทิพย์มณี
รศ. ดร.พรหมมาศ คุณากาญจน์
รศ. ดร.สุนิพร สุวรรณมณีพงษ์
รศ. ดร.กัญจนา แซ่เตียว
รศ. ดร.ศุภลักษณ์ สรภักดี
ผศ. ดร.อัฉริ์ เรืองเดช
ผศ. ดร.ลำแพน ขวัญพูล
ผศ. ดร.ดวงกมล ปานรศทิพ ธรรมาธิวัฒน์
ผศ. ดร.ไพรัตน์ พิมพ์ศิริกุล
ผศ. ดร.จำลอง มิตระชาวไทย
ผศ. ดร.มัลลิกา กิดาไธ
ดร.ธันท์ สมณคุปต์
Asst. Prof. Dr. James Dominic TRUE
ดร.ปัทมา นิตไธสง

เลขานการและงานทะเบียน

นางสาวอาชฎา อูมา

ติดต่อสอบถามรายละเอียดได้ที่

กองบรรณาธิการวารสารเกษตรพระจอมเกล้า
คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520
โทรศัพท์ 096-176-3329
E-mail : ajournal@kmitl.ac.th

สำนักพิมพ์ : คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
เลขที่ 1 ซอยฉลองกรุง 1 แขวงลาดกระบัง เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520

[illegible]

ข้อความและบทความในวารสารนี้เป็นความคิดเห็นของผู้เขียนโดยเฉพาะ
กองบรรณาธิการไม่มีส่วนรับผิดชอบในเนื้อหาและข้อคิดเห็นนั้น ๆ แต่อย่างใด

บทบรรณาธิการ

สวัสดีค่ะ กลับมาพบกันครั้งนี้กับวารสารเกษตรพระจอมเกล้า ปีที่ 40 ฉบับที่ 1 กันนะคะ ในฉบับนี้ก็เช่นเคยค่ะ มีบทความที่น่าสนใจหลากหลายบทความ เริ่มกันที่งานทางด้านประมง ซึ่งมีการศึกษาเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยสิ่งแวดล้อมและความหลากหลายชนิดของหอยน้ำจืดในอ่างเก็บน้ำ อำเภอเทิง จังหวัดเชียงราย รวมทั้งมีงานวิจัยทางด้านปฐพีอิทธิพลของน้ำทะเลหนุนต่อสมบัติของดินในพื้นที่ดินนา บริเวณที่ราบลุ่มภาคกลางตอนล่างของประเทศไทย หรือจะเป็นการพัฒนาคำแนะนำการจัดการธาตุอาหารหลักเฉพาะพื้นที่สำหรับอ้อยในชุดดินกำแพงแสน เขตภาคกลางฝั่งตะวันตก ประเทศไทย นอกจากนี้ยังมีบทความที่เข้ากับเกษตรยุคใหม่ในปัจจุบัน ซึ่งเป็นเรื่องที่ศึกษาเกี่ยวกับปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับการรู้เท่าทันสื่อสังคมออนไลน์ของเกษตรกรรุ่นใหม่ รวมทั้งบทความที่น่าสนใจอีกมากมาย กองบรรณาธิการหวังว่าวารสารฉบับนี้จะเป็นประโยชน์ต่อท่านผู้อ่าน และขอขอบคุณนักวิจัยทุกท่านที่ให้ความสนใจและสนับสนุนวารสารมาอย่างต่อเนื่อง แล้วพบกันใหม่ฉบับหน้าค่ะ

กองบรรณาธิการ

ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยสิ่งแวดล้อมและความหลากหลายชนิดของหอยน้ำจืดในอ่างเก็บน้ำ อำเภอเทิง จังหวัดเชียงราย

Relationship between Environmental Factors and Species Diversity of Freshwater Snail in Reservoirs within Thoeng District, Chiang Rai Province

กิตติชัย จันธิมา¹ ทิพวรรณ ประเสริฐสินธุ์¹ กฤตวิทย์ สุขชิง^{1*} และอภิญญาณี อุปจักร¹
Kittichai Chantima¹, Tippawan Prasertsin¹, Kritawat Suk-ueng^{1*} and Apinyanee Upajak¹

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยสิ่งแวดล้อมและความหลากหลายชนิดของหอยน้ำจืดในอ่างเก็บน้ำ อำเภอเทิง จังหวัดเชียงราย โดยทำการเก็บตัวอย่างในอ่างเก็บน้ำห้วยจิ้งและอ่างเก็บน้ำขุนปล้อง ทั้งหมด 3 จุด ด้วยวิธี count per unit of time จำนวน 2 ครั้ง ระหว่างเดือนสิงหาคม ถึง เดือนธันวาคม พ.ศ. 2561 เพื่อศึกษาดัชนีบ่งชี้ทางนิเวศ (ดัชนีความมากมายชนิด ดัชนีความหลากหลายทางชีวภาพและดัชนีการกระจายตัว) และปัจจัยสิ่งแวดล้อมทางน้ำ (ความเป็นกรด-ด่าง อุณหภูมิ ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ ของแข็งที่ละลายน้ำทั้งหมด การนำไฟฟ้า และค่าความเค็ม) ร่วมกับการวิเคราะห์สหสัมพันธ์คานอนิคอล ผลการศึกษาพบหอยน้ำจืดทั้งหมด 522 ตัว จำแนกออกเป็น 4 วงศ์ 4 สกุล 5 ชนิด ได้แก่ *Anentome helena* (von dem Busch, 1847), *Filopaludina martensi martensi* (Frauenfeld, 1865), *Filopaludina sumatrensis polygramma* (Martens, 1860), *Melanoides tuberculata* (Müller, 1774) และ *Pomacea canaliculata* (Lamarck, 1819) พบหอยน้ำจืดในอ่างเก็บน้ำขุนปล้องมีค่าดัชนีความมากมายชนิด ดัชนีความหลากหลาย และดัชนีการกระจายตัวสูงกว่าหอยน้ำจืดในอ่างเก็บน้ำห้วยจิ้ง ผลการวิเคราะห์สหสัมพันธ์คานอนิคอล พบว่าความเป็นกรด-ด่าง มีความสัมพันธ์ต่อการดำรงอยู่ของหอยทุกชนิดในอ่างเก็บน้ำห้วยจิ้งและอ่างเก็บน้ำขุนปล้อง ซึ่งมีค่าอยู่ในเกณฑ์สูง ดังนั้นควรลดค่าความเป็นกรด-ด่าง และลดการปล่อยของเสียในอ่างเก็บน้ำห้วยจิ้ง

คำสำคัญ: หอยน้ำจืด ปัจจัยสิ่งแวดล้อม เชียงราย

Abstract

This study was an analysis of the relationship between freshwater snail diversity and environmental factors in two reservoirs within Thoeng district, Chiang Rai province. The study encompassed two sampling episodes across three sampling sites from two reservoirs (Huay Ngiu and Khun Plong) in August and December 2018. Ecological indices of freshwater snails (richness, evenness and diversity indices) were derived using the counts per unit of time sampling method. Aquatic environmental factors (pH, temperature, dissolved oxygen, total dissolved solid electrical conductivity and salinity) thought to be associated with snail diversity were analyzed using canonical correspondence analysis (CCA). A total of 522 freshwater snail individuals of 5 species were collected (comprising 4 families and 4 genera) : *Anentome helena* (von dem Busch, 1847), *Filopaludina martensi martensi* (Frauenfeld, 1865), *Filopaludina sumatrensis polygramma* (Martens, 1860), *Melanoides tuberculata* (Müller, 1774) and *Pomacea canaliculata* (Lamarck, 1819). All ecological indices of freshwater snails in Khun Plong reservoir were higher than Huay Ngiu reservoir. The CCA suggested that pH was the main factor contributing to this difference; if this is associated with an external source, then it may indicate issues with watershed management at Huay Ngiu reservoir.

Keywords: freshwater snail, environmental factors, Chiang Rai

¹คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย อ. เมือง จ. เชียงราย 57100

¹Faculty of Science and Technology, Chiang Rai Rajabhat University, Muang, Chiang Rai 57100

*Corresponding author, Email: nsukung@gmail.com

คำนำ

หอยน้ำจืดเป็นองค์ประกอบของสัตว์น้ำดินที่ชุกชุมตามแหล่งน้ำธรรมชาติทั่วไป ได้แก่ คลอง แม่น้ำ บึง และอ่างเก็บน้ำ โดยกลุ่มหอยน้ำจืดประกอบด้วยหอยฝาเดียว และหอยสองฝา ที่มีความสำคัญต่อระบบนิเวศ และเป็นอาหารของสัตว์จำพวกอื่น เช่น ปลา กุ้ง และปู เป็นต้น จึงเป็นตัวเชื่อมโยงที่สำคัญในระบบห่วงโซ่อาหารของแหล่งน้ำ หอยน้ำจืดบางชนิดถูกนำมาเป็นอาหารของมนุษย์ บางชนิดถูกนำส่วนของเปลือกมาทำเครื่องประดับ สิ่งของเครื่องใช้ ของตกแต่งที่มีประโยชน์ทางด้านเศรษฐกิจเป็นอย่างมาก นอกจากนี้หอยน้ำจืดยังสามารถใช้เป็นตัวบ่งชี้คุณภาพน้ำทางปัจจัยสิ่งแวดล้อม ได้แก่ ค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำ อุณหภูมิ น้ำ ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ ค่าการนำไฟฟ้า และค่าของแข็งที่ละลายน้ำทั้งหมด (สุชาติ ผึ้งฉิมพลี และฉวีวรรณ สุขมงคลรัตน์, 2556; ณัฐกิตติ์ ไต่อ่อน, 2561)

การปล่อยของเสีย และสิ่งปฏิกูลลงสู่แหล่งน้ำ ซึ่งมาจากกิจกรรมด้านต่าง ๆ ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงต่อระบบนิเวศ เช่น คุณภาพน้ำเปลี่ยนแปลง ทำให้เกิดผลกระทบต่อความเป็นอยู่ของสัตว์ที่อาศัยอยู่ตามแหล่งน้ำโดยเฉพาะหอย (สุชาติ ผึ้งฉิมพลี, 2555) ปัญหาดังกล่าวต้องทราบถึงความหลากหลายของปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่มีผลต่อหอย เช่น ความสัมพันธ์ของคุณภาพน้ำบางประการและความชุกชุมของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังขนาดใหญ่บริเวณอ่างเก็บน้ำเขื่อนน้ำอูน จังหวัดสกลนคร โดยผลการศึกษาพบว่าปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่มีความสำคัญของหอยน้ำจืด มี 2 ปัจจัย (ความเป็นกรด-ด่างของน้ำ และความกระด้าง) จากทั้งหมด 5 ปัจจัย ได้แก่ ออกซิเจนที่ละลายในน้ำ ความเป็นกรด-ด่างของน้ำ การนำไฟฟ้า อุณหภูมิของน้ำ และความกระด้าง (สมศักดิ์ ระยัน และคณะ, 2558)

อ่างเก็บน้ำขุนพลึง มีความจุ 8,000,000 ลูกบาศก์เมตร และอ่างเก็บน้ำห้วยจิ้ง มีความจุ 1,277,500 ลูกบาศก์เมตร ซึ่งเป็นอ่างเก็บน้ำที่มีขนาดใหญ่ของอำเภอเทิง และมีประโยชน์ในด้านต่าง ๆ เช่น ด้านเกษตรกรรม การเพาะปลูก การอุปโภค และเป็นแหล่งท่องเที่ยว อ่างเก็บน้ำขุนพลึงและอ่างเก็บน้ำห้วยจิ้ง ก่อสร้างโดยกรมชลประทาน มีลักษณะเป็นพื้นที่ราบลุ่มดูแลโดยสำนักทรัพยากรน้ำภาค 1 (เทศบาลตำบลปล้อง, 2558; เทศบาลตำบลจิ้ง, 2559) อย่างไรก็ตาม อ่างเก็บน้ำขุนพลึงและอ่างเก็บน้ำห้วยจิ้งยังไม่มีการศึกษาถึงความหลากหลายของหอยน้ำจืด ดังนั้นการศึกษาดังนี้จึงมุ่งเน้นการวิเคราะห์สหสัมพันธ์คานีนิคอลระหว่างความหลากหลายของหอยน้ำจืดและปัจจัยสิ่งแวดล้อมในอ่างเก็บน้ำขุนพลึงและอ่างเก็บน้ำห้วยจิ้ง อำเภอเทิง จังหวัดเชียงราย เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐาน การอนุรักษ์ และการใช้ประโยชน์ต่อไปในอนาคต

วิธีการศึกษา

อ่างเก็บน้ำขุนพลึง และอ่างเก็บน้ำห้วยจิ้ง อำเภอเทิง จังหวัดเชียงราย อยู่ในตำแหน่งระหว่าง 2170000 - 2190000 องศาเหนือ และตำแหน่งระหว่าง 610000 - 620000 องศาตะวันออก ในระบบพิกัด UTM กริดโซน 47Q ตามระบบพิกัดมูลฐาน WGS 84 (Figure 1)



Figure 1 Location of Huay Ngiu and Khun Plong reservoirs (Geo-Informatics and Space Technology Development Agency, 2011; QGIS Development Team, 2018).

เก็บตัวอย่างหอยน้ำจืดทั้งหมด 3 จุด โดยเก็บตัวอย่างในอ่างเก็บน้ำห้วยจิ้ง 2 จุด และอ่างเก็บน้ำขุนพลึง 1 จุด เพราะเป็นจุดเก็บตัวอย่างหอยด้วยมือได้ (Figure 1) ในระหว่างเดือนสิงหาคม ถึง เดือนธันวาคม พ.ศ. 2561 สุ่มเก็บตัวอย่างหอยด้วยมือ (hand picking) โดยวิธีจับเวลา (counts per unit of time) โดยใช้ผู้เก็บตัวอย่างจำนวน 2 คน เวลา 15 นาที โดยไม่เลือกขนาดและชนิดของหอย นำหอยที่ได้กลับมาศึกษาต่อในห้องปฏิบัติการตามวิธีการของกิจจา อภิรักษ์เสนา (2557) และทำการ

รักษาสภาพตัวอย่างหอยด้วยสารละลายฟอร์มาลินความเข้มข้น 10% เป็นเวลา 7 วัน จากนั้นเก็บรักษาหอยในสารละลายแอลกอฮอล์ความเข้มข้น 70% ทำการจำแนกชนิดของหอยตามรูปวิธานของ Brandt (1974) นับจำนวน และคำนวณดัชนีบ่งชี้ทางนิเวศ ได้แก่ ดัชนีความมากชนิดของมากาเลฟ (Margalef's richness index) ดัชนีความหลากหลายทางชีวภาพของแซนนอน – เวียนเนอร์ (Shannon – Wiener's diversity index) และดัชนีการกระจายตัวของพิลิว (Pielou's evenness index) ดังสมการต่อไปนี้

ดัชนีความมากชนิดของมากาเลฟ (Margalef's richness index) (สมการที่ 1)

$$R = (S-1)/\ln(n)$$

(1)

โดยที่	R	คือ ดัชนีความมากชนิด
	n	คือ จำนวนตัวของสิ่งมีชีวิตทั้งหมดที่พบ
	S	คือ จำนวนชนิดของสิ่งมีชีวิตทั้งหมดที่พบ

ดัชนีความหลากหลายทางชีวภาพของแซนนอน – เวียนเนอร์ (Shannon – Wiener's diversity index) (สมการที่ 2)

$$H = - \sum p_i \ln (p_i)$$

(2)

โดยที่	H	คือ ดัชนีความหลากหลายทางชีวภาพ
	p_i	คือ สัดส่วนของตัวอย่างทั้งหมดที่เป็นสิ่งมีชีวิตชนิด n

ดัชนีการกระจายตัวของพิลิว (Pielou's evenness index) (สมการที่ 3)

$$J' = H/\ln (S)$$

(3)

โดยที่	J'	คือ ดัชนีความสม่ำเสมอ
	H	คือ ดัชนีความหลากหลายทางชีวภาพ
	S	คือ จำนวนชนิดของสิ่งมีชีวิตทั้งหมดที่พบ

ตรวจวัดคุณภาพน้ำในแต่ละจุดเก็บตัวอย่าง โดยคำนึงถึงปัจจัยที่ไม่มีชีวิตและปัจจัยที่มีผลต่อการกระจายตัวของหอยน้ำจืด ได้แก่ ค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำ (pH) ค่าอุณหภูมิของน้ำ (water temperature) ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (dissolved oxygen; DO) ค่าของแข็งที่ละลายในน้ำ (total dissolved solid; TDS) ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำ (electric conductivity of water; EC_w) และค่าความเค็มของน้ำ (water salinity) (Wang et al., 2015) ตรวจสอบด้วยเครื่องตรวจวัดคุณภาพน้ำภาคสนาม ยี่ห้อ Eutech Instruments รุ่น PCD 650 และรุ่น CON 400 วิเคราะห์สหสัมพันธ์ค่าโมดูลระหว่างข้อมูลทั้งชนิดและจำนวนหอยน้ำจืด และผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำโดยใช้โปรแกรม R (สุชาติ ผึ้งฉิมพลี และฉวีวรรณ สุขมงคลรัตน์, 2556; R Development Core Team, 2010)

ผลการศึกษาและวิจารณ์

ผลจากการวิเคราะห์คุณสมบัติของน้ำทางกายภาพและเคมีของอ่างเก็บน้ำห้วยจิ้ง พบว่าอุณหภูมิของน้ำเฉลี่ยทั้งหมดเท่ากับ 31.2 °C ค่าการนำไฟฟ้าในน้ำเฉลี่ยเท่ากับ 83.9 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำเฉลี่ยเท่ากับ 8.3 ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำเฉลี่ยเท่ากับ 6.4 mg/l ค่าของแข็งที่ละลายในน้ำเฉลี่ยเท่ากับ 3.29 ppm และค่าความเค็มของน้ำเฉลี่ยเท่ากับ 12 ppt ส่วนผลจากการวิเคราะห์คุณสมบัติของน้ำทางกายภาพและเคมีของอ่างเก็บน้ำขุนปล้อง พบว่าอุณหภูมิของน้ำเฉลี่ย

ทั้งหมดเท่ากับ 30.2 °C ค่าการนำไฟฟ้าในน้ำเจือยเท่ากับ 53.5 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำเจือยเท่ากับ 7.6 ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำเจือยเท่ากับ 5.9 mg/l ค่าของแข็งที่ละลายในน้ำเจือยเท่ากับ 2.1 ppm และค่าความเค็มของน้ำเจือยเท่ากับ 12.5 ppt (Table 1)

Table 1 The average of physical and chemical parameters of water quality in Huay Ngiu and Khun Plong reservoirs.

Sampling sites	Parameters					
	Temperature (°C)	Conductivity($\mu\text{S}/\text{cm}$)	pH	DO (mg/l)	TDS (ppm)	Salinity (ppt)
Huay Ngiu Reservoirs	31.2	83.9	8.3	6.4	3.29	12.0
Khun Plong Reservoirs	30.2	53.5	7.6	5.9	2.1	12.5

จากผลการเก็บตัวอย่างหอยน้ำจืดที่พบในพื้นที่ศึกษาทั้งหมด 3 จุด จากการจัดจำแนกพบหอยน้ำจืดกลุ่มหอยฝาเดียวทั้งหมด โดยอ่างเก็บน้ำห้วยจิ้งในจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 และ 2 พบหอยน้ำจืด 2 วงศ์ 2 สกุล 3 ชนิด (Figure 2) คือ *Filopaludina sumatrensis polygramma* (Martens, 1860) (340 ตัว), *Filopaludina martensi martensi* (Frauenfeld, 1865) (15 ตัว) และ *Melanoides tuberculata* (Müller, 1774) (1 ตัว) ส่วนอ่างเก็บน้ำขุนปล้องในจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 พบหอยน้ำจืดทั้งหมด 122 ตัว ใน 3 วงศ์ 3 สกุล 4 ชนิด (Figure 2) ได้แก่ *Filopaludina sumatrensis polygramma* (79 ตัว), *Filopaludina martensi martensi* (39 ตัว), *Pomacea canaliculata* (Lamarck, 1819) (3 ตัว) และ *Anentome helena* (von dem Busch, 1847) (3 ตัว) (Table 2)

ค่าดัชนีความหลากหลายมีค่าสูงสุดที่อ่างเก็บน้ำขุนปล้อง จุดที่ 1 (0.025) ซึ่งสัมพันธ์กับชนิดหอยที่สำรวจพบในพื้นที่โดยเป็นพื้นที่ที่พบชนิดของหอยสูงที่สุด คือ 4 ชนิด และมีค่าต่ำสุดที่อ่างเก็บน้ำห้วยจิ้ง (0.004) ซึ่งพบชนิดของหอย 2 ชนิด ค่าดัชนีความหลากหลายทางชีวภาพมีค่าสูงสุด (0.78) ที่อ่างเก็บน้ำขุนปล้อง จุดที่ 1 และมีค่าต่ำสุด (0.07) ที่อ่างเก็บน้ำห้วยจิ้ง และค่าดัชนีการกระจายตัวมีค่าสูงสุด (0.162) ที่อ่างเก็บน้ำขุนปล้อง จุดที่ 1 ซึ่งในอ่างเก็บน้ำขุนปล้องมีจำนวนหอยที่สำรวจพบในแต่ละชนิดใกล้เคียงกัน และมีค่าต่ำสุดที่อ่างเก็บน้ำห้วยจิ้ง (0.012) (Table 3)

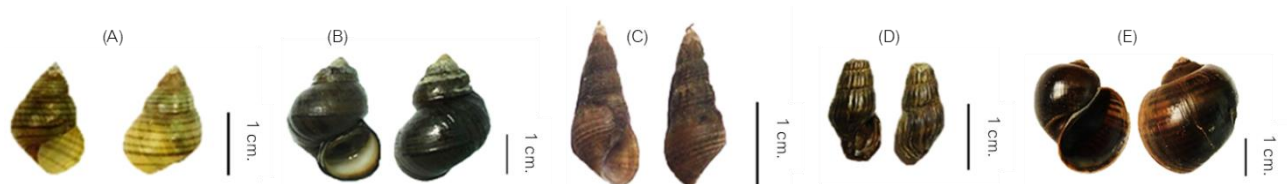


Figure 2 Shell morphology of freshwater snail collected from Huay Ngiu and Khun Plong reservoirs: *Filopaludina sumatrensis polygramma* (Martens, 1860) (A); *Filopaludina martensi martensi* (Frauenfeld, 1865) (B); *Melanoides tuberculata* (Müller, 1774) (C); *Anentome helena* (von dem Busch, 1847) (D) and *Pomacea canaliculata* (Lamarck, 1819) (E).

Table 2 Species and number of freshwater snails collected in Huay Ngiu and Khun Plong reservoirs.

Reservoir	Species	Sampling sites	Number of individual
Huay Ngiu	<i>Filopaludina martensi martensi</i> (Frauenfeld, 1865)	1	3
		2	12
	<i>Filopaludina sumatrensis polygramma</i> (Martens, 1860)	1	246
		2	94
	<i>Melanoides tuberculata</i> (Müller, 1774)	2	1
Khun Plong	<i>Anentome helena</i> (von dem Busch, 1847)	1	1
	<i>Filopaludina martensi martensi</i>	1	39
	<i>Filopaludina sumatrensis polygramma</i> (Martens, 1860)	1	79
	<i>Pomacea canaliculata</i> (Lamarck, 1819)	1	3
Total			399

Table 3 Ecological indices expressing species diversity, richness and evenness of freshwater snails in Huay Ngiu and Khun Plong reservoirs.

Reservoir	Sampling sites	H	R	J'
Huay Ngiu	1	0.07	0.004	0.012
	2	0.40	0.018	0.086
Khun Plong	1	0.78	0.025	0.162

ผลจากการตรวจวัดคุณสมบัติของน้ำทางกายภาพและเคมีบางประการของอ่างเก็บน้ำห้วยจิ้ง และอ่างเก็บน้ำขุนปล้อง เมื่อพิจารณาจากค่าความเป็นกรด-ด่าง และปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ พบว่าเป็นไปตามเกณฑ์การกำหนดประเภทแหล่งน้ำผิวดิน โดยอ่างเก็บน้ำห้วยจิ้งจัดอยู่ในแหล่งน้ำประเภทที่ 2 และอ่างเก็บน้ำขุนปล้องจัดอยู่ในแหล่งน้ำประเภทที่ 3 โดยแหล่งน้ำที่จัดอยู่ในประเภทที่ 2 เป็นแหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทั้งจากกิจกรรมบางประเภท และสามารถเป็นประโยชน์เพื่อ (1) การอุปโภคและบริโภคโดยตรงผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติ และผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำทั่วไปก่อน (2) การอนุรักษ์สัตว์น้ำ (3) การประมง (4) การว่ายน้ำและกีฬาทางน้ำ ส่วนแหล่งน้ำที่จัดอยู่ในประเภทที่ 3 เหมาะกับการใช้ด้านการเกษตร (กรมควบคุมมลพิษ, 2560) แต่อย่างไรก็ตาม ผลจากการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ค่าโคฮอล (CCA) พบว่าความเป็นกรด-ด่าง มีความสัมพันธ์ต่อการดำรงอยู่ของหอยทุกชนิดในอ่างเก็บน้ำห้วยจิ้ง (Table 4) โดยอ่างเก็บน้ำห้วยจิ้ง มีค่าความเป็นกรด-ด่างค่อนข้างสูง (น้ำมีสภาพเป็นด่าง) โดยพบหอย 3 ชนิด คือ *Filopaludina sumatrensis polygramma*, *Filopaludina martensi martensi* และ *Melanoides tuberculata* ซึ่งพบจำนวนน้อยมาก (1 ตัว) ซึ่งน้ำที่มีค่าความเป็นกรด-ด่าง ที่สูง อาจไม่เหมาะต่อการดำรงอยู่ของหอยชนิดนี้ ประกอบกับการศึกษาครั้งนี้ได้ดำเนินการศึกษาในช่วงฤดูฝน ส่งผลให้มีการชะล้างตะกอนดิน และสารอินทรีย์ลงสู่แหล่งน้ำ รวมทั้งมีการปล่อยของเสียลงสู่แหล่งน้ำจำนวนมาก จึงทำให้น้ำมีค่าความเป็นกรด-ด่าง ที่สูง แต่ค่าความเป็นกรด-ด่าง ที่สูง ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของสัตว์น้ำ และความอุดมสมบูรณ์ของแหล่งน้ำ (ศิริพร นุญดาว และคณะ, 2552) สำหรับอ่างเก็บน้ำขุนปล้อง พบจำนวนชนิดมากกว่าในอ่างเก็บน้ำห้วยจิ้งโดยหอยที่พบมากที่สุด คือ *Filopaludina martensi martensi* เนื่องจากหอยชนิดนี้พบมากในแหล่งน้ำที่มีสภาพเป็นกรดอ่อนถึงเป็นกลาง (สมศักดิ์ ระยัน และคณะ, 2558) และมีรายงานว่า หอยชนิด *Filopaludina martensi martensi* มีความสัมพันธ์เชิงลบกับค่าการนำไฟฟ้าและค่าของแข็งที่ละลายในน้ำ ซึ่งเมื่อค่าการนำไฟฟ้าและค่าของแข็งที่ละลายในน้ำมีค่าสูงจะพบหอยชนิดนี้น้อย ในขณะที่ถ้าพบค่าการนำไฟฟ้าและค่าของแข็งที่ละลายในน้ำมีค่าต่ำจะพบหอยชนิดนี้มาก (Chantima et al., 2020)

Table 4 Results of canonical correspondence analysis in Huay Ngiu and Khun Plong reservoirs.

Reservoir	Environmental factors	CCA
Huay Ngiu	pH	-1
Khun Plong	-	0

สรุปผลการศึกษา

การศึกษาความหลากหลายของหอยน้ำจืดในอ่างเก็บน้ำ อำเภอเทิง จังหวัดเชียงราย พบหอยน้ำจืดทั้งหมด 4 วงศ์ 4 สกุล 5 ชนิด ได้แก่ *Anentome helena* (von dem Busch, 1847), *Filopaludina martensi martensi* (Frauenfeld, 1865), *Filopaludina sumatrensis polygramma* (Martens, 1860), *Melanoides tuberculata* (Müller, 1774) และ *Pomacea canaliculata* (Lamarck, 1819) ชนิดหอยที่พบมากที่สุด คือ ชนิด *Filopaludina sumatrensis polygramma* และค่าดัชนีความหลากหลายทางชีวภาพ และค่าดัชนีการกระจายตัวมีค่าสูงสุดที่อ่างเก็บน้ำขุนปล่อง นอกจากนี้ ผลการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ คาโนนิคอล พบว่าความเป็นกรด-ด่าง มีความสัมพันธ์ต่อการดำรงอยู่ของหอยทุกชนิดในอ่างเก็บน้ำห้วยจิ้งจอกมากที่สุด

เอกสารอ้างอิง

- กรมควบคุมมลพิษ. 2560. การกำหนดประเภทน้ำผิวดิน. http://www.pcd.go.th/info_serv (10 กรกฎาคม 2561).
- กิจจา อภิรักษ์เสนา. 2557. การติดเชื้อมดหอยน้ำจืดในอ่างเก็บน้ำของหอยและปลาในอ่างเก็บน้ำบริเวณสระน้ำในมหาวิทยาลัยศิลปากร วิทยาเขตพระราชวังสนามจันทร์อำเภอเมือง จังหวัดนครปฐม. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยศิลปากร.
- ณัฐกิตติ์ โตอ่อน. 2561. ความหลากหลายชนิดและการกระจายของหอยน้ำจืดในแม่น้ำป่าสัก จังหวัดพระนครศรีอยุธยา. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี* 26: 604-618.
- เทศบาลตำบลจัว. 2559. ประวัติอ่างเก็บน้ำห้วยจัว. <https://panidalookprakhom.blogspot.com> (21 พฤษภาคม 2561).
- เทศบาลตำบลปล่อง. 2558. อ่างเก็บน้ำขุนปล่อง. <http://www.crplong.myreadyweb.com/news/topic-73542.html> (21 พฤษภาคม 2561).
- ศิริพร บุญดาว, นิศานาถ ละอองพันธ์, อุไร เฟ่งพิศ และอำพร คล้ายแก้ว. 2552. การประเมินผลตกค้างของสารควบคุมสลายชั้นตัวโดยใช้สัตว์พื้นท้องน้ำในอ่างเก็บน้ำบางพระ จังหวัดชลบุรี. กรุงเทพฯ: กรมชลประทาน.
- สมศักดิ์ ระย่น, บุญทิศา ขาดิชาณี และอมรรรัตน์ รังสิวิวัฒน์. 2558. ความสัมพันธ์ของคุณภาพน้ำบางประการและความชุกชุมของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังขนาดใหญ่ บริเวณอ่างเก็บน้ำเขื่อนน้ำอูน จังหวัดสกลนคร. *แก่นเกษตร* 43 ฉบับพิเศษ 1: 595-602.
- สุชาติ ผึ้งฉิมพลี. 2555. ชนิดและการแพร่กระจายของหอยน้ำจืดในแม่น้ำป่าสักตอนล่าง. สระบุรี: สำนักวิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืด.
- สุชาติ ผึ้งฉิมพลี และฉวีวรรณ สุขมงคลรัตน์. 2556. ความชุกชุม และความหลากหลายของสัตว์น้ำดินในแม่น้ำป่าสักตอนล่าง. กรุงเทพฯ: กองวิจัยและพัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืด.
- Brandt, R.A.M. 1974. The non-marine aquatic Mollusca of Thailand. *Arch. Moll* 105: 1-143.
- Chantima, K., Lekpet, S., Butboonchoo, P., and Wongsawad, C. 2020. Diversity and abundance of gastropods in relation to physiochemical parameters in rice paddies, Chiang Rai province, Thailand. *Agriculture and Natural Resources* 54: 295-300.
- Geo-Informatics and Space Technology Development Agency. 2011. *L05_AdminBoundary_Amphoe_2011_50k_FDGS_beta*. Bangkok: Geo-Informatics and Space Technology Development Agency.
- QGIS Development Team. 2018. QGIS Geographic Information System. <http://qgis.osgeo.org> (12 August 2018).
- R Development Core Team. 2010. *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. Vienna: R Foundation for Statistical Computing.
- Wang, Y.C., Ho, R.C.Y., Feng, C.C., Namsanor, J., and Sithithaworn, P. 2015. An ecological study of *Bithynia* snails, the first intermediate host of *Opisthorchis viverrini* in northeast Thailand. *Acta Tropica* 141: 244-252.

วันรับบทความ (Received date) : 13 พ.ค. 64

วันแก้ไขบทความ (Revised date) : 12 ต.ค. 64

วันตอบรับบทความ (Accepted date) : 2 ก.พ. 65

อิทธิพลของน้ำทะเลหนุนต่อสมบัติของดินในพื้นที่ดินนา บริเวณที่ราบลุ่มภาคกลางตอนล่างของประเทศไทย

Influence of Seawater Intrusion on the Properties of Paddy Soils in Lower Central Plain, Thailand

นวรรตน์ เวชวิฐาน¹ นภาพร พันธุ์มกลศิลป์¹ และเกียรติศักดิ์ สนศรี¹
Nawarat Wetvithan¹, Napaporn Phankamolsil¹ and Kiattisak Sonsri¹

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อติดตามการเปลี่ยนแปลงของสมบัติดินบางประการที่เกิดจากอิทธิพลของน้ำทะเลหนุน ในพื้นที่ดินนาบริเวณที่ราบลุ่มภาคกลางตอนล่างของประเทศไทย ทำการศึกษาในพื้นที่ดินนาจังหวัดนนทบุรีและจังหวัดปทุมธานี โดยเก็บตัวอย่างดิน 5 จุด เก็บตัวอย่างแบบรบกวนโครงสร้างที่ระดับความลึก 0-15, 15-30, 30-60, 60-90 และ 90-120 ซม. เก็บตัวอย่างน้ำแบบจ้วง จากแม่น้ำเจ้าพระยาและบริเวณแหล่งน้ำใกล้บริเวณจุดเก็บตัวอย่าง วิเคราะห์สมบัติทางฟิสิกส์และสมบัติทางเคมีบางประการของดิน และวิเคราะห์สมบัติทางเคมีบางประการของน้ำ ทุก ๆ เดือน ตั้งแต่เดือนมีนาคม พ.ศ. 2561 ถึง เดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2563 หาค่าความแปรปรวนของสมบัติดินและน้ำระหว่างปีโดยใช้ Student's t-test ผลการศึกษาพบว่า ความชื้นโดยมวลของดินในปีที่ 1 (เดือนมีนาคม พ.ศ. 2561 ถึงเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2562) มีค่าอยู่ในพิสัย 22.99-79.04% ในปีที่ 2 (เดือนมีนาคม พ.ศ. 2562 ถึงเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2563) มีค่าอยู่ในพิสัย 9.87-88.98% ค่าสภาพการนำไฟฟ้าของดิน อัตราส่วนการดูดซับโซเดียมของดินและค่าสภาพการนำไฟฟ้าของน้ำในปีที่ 1 มีค่าอยู่ในพิสัย 0.32-4.42 dS/m, 7.04-37.23 และ 0.26-1.6 dS/m ตามลำดับ และในปีที่ 2 มีค่าอยู่ในพิสัย 0.47-5.73 dS/m, 3.63-31.45 และ 0.21-6.73 dS/m ตามลำดับ จากผลการวิเคราะห์ค่าสภาพการนำไฟฟ้าและอัตราส่วนการดูดซับโซเดียม แสดงให้เห็นว่าดินในพื้นที่ศึกษาได้รับอิทธิพลจากเกลือ เมื่อนำข้อมูลเปรียบเทียบกับความแปรปรวนระหว่างปี พบว่า ค่าสภาพการนำไฟฟ้าของดินมีค่าสูงขึ้นในการศึกษาในปีที่ 2 ในขณะที่ค่าอัตราส่วนการดูดซับโซเดียมมีค่าลดลง ($P < 0.05$) ค่าสภาพการนำไฟฟ้าและอัตราส่วนการดูดซับโซเดียมของน้ำทั้ง 2 ปี แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าความรุนแรงของความเค็มของดินและน้ำมีความรุนแรงขึ้นในปีที่ 2 สอดคล้องกับค่าความเค็มสูงสุดในลำน้ำเจ้าพระยาที่เพิ่มขึ้นอย่างชัดเจนในปีที่ 2 ดังนั้นจึงต้องมีการจัดการและการวางแผนการใช้น้ำจืดในการผลักดันน้ำทะเลจากสภาวะน้ำทะเลหนุน ที่อาจจะเกิดขึ้นในอนาคต

คำสำคัญ: น้ำทะเลหนุน ดินที่มีผลกระทบจากเกลือ ดินนา สมบัติของดิน

Abstract

The objective of this study was to monitor the changes of some soil properties as influenced by the seawater intrusion in the paddy soils on the Lower Central Plain of Thailand. The paddy soil samples were collected monthly at depths of 0-15, 15-30, 30-60, 60-90 and 90-120 cm from five sites located in Nonthaburi and Pathum Thani provinces. A grab sample method was used to monthly collect the water samples at the Chao Phraya River and the water reservoir nearby the soil sampling sites. Some physical and chemical properties of soil, as well as some chemical properties of water, were analyzed every single month from March 2018 to February 2020. The variability of the chemical properties for soil and water between the year was statistically performed by Student's t-test. The results demonstrated that soil moisture in the first year (March 2018-February 2019) ranged from 22.99-79.04% and in the second year (March 2019-

¹ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน อ. กำแพงแสน จ. นครปฐม 73140

¹Department of Soil Science, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus, Kamphaeng Saen, Nakhon Pathom 73140

^{*}Corresponding author, Email: agrnpp@ku.ac.th

February 2020) ranged from 9.87-88.98%. The electrical conductivity of soil, sodium adsorption ratio of soil and the electrical conductivity of water in the first year ranged from 0.32-4.42 dS/m, 7.04-37.23 and 0.26-1.6 dS/m, respectively and in the second year ranged from 0.47-5.73 dS/m, 3.63-31.45 and 0.21-6.73 dS/m, respectively. According to the observed electrical conductivity and sodium adsorption ratio of soil, it could be indicated that these soils in the study areas were affected by salts. The variability comparison of the data obtained from the first and second years revealed that the electrical conductivity of soil had increased in the second year while the sodium absorption ratio had decreased ($P < 0.05$). The electrical conductivity and sodium adsorption ratio of water in the first year and second year revealed a statistically significant difference ($P < 0.05$). Based on these findings, the severity of soil and water salinity had increased in the second year, which was in line with the highest salinity level of water in the Chao Phraya River with possessing the increase trend in the second year. Thus, the management and planning for freshwater utilization to extrude the potential seawater intrusion in the future are required.

Keywords: seawater intrusion, salt-affect soil, paddy soils, soil properties

คำนำ

อิทธิพลของน้ำทะเลหนุน เป็นผลกระทบสำคัญอย่างหนึ่งจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ เนื่องจากการเพิ่มขึ้นของก๊าซเรือนกระจกในชั้นบรรยากาศ หรือเรียกว่า ภาวะโลกร้อน (global warming) ทำให้อุณหภูมิของโลกสูงขึ้นในระดับที่ผิดปกติ (รัตนสุดา ชลธาตุ, 2558; United nation framework convention on climate change, 2020) ทำให้น้ำแข็งขั้วโลกและบนยอดเขาสูงละลาย เกิดการขยายตัวของผิวน้ำทะเล ส่งผลให้ระดับน้ำทะเลหนุนสูงขึ้น (Nicholls and Cazenave, 2010) พื้นที่ราบภาคกลางตอนล่างของประเทศไทย มีพื้นที่ต่อเนื่องกับทะเลอ่าวไทย ลักษณะเป็นที่ราบลุ่มมีความสูงจากระดับน้ำทะเล 0-2 เมตร เมื่อเกิดปรากฏการณ์น้ำทะเลหนุนสูงบริเวณดังกล่าวจะได้รับอิทธิพลจากความเค็มที่มากับน้ำทะเล อิทธิพลของน้ำเค็มอาจเข้ามาตามลำน้ำเจ้าพระยา หรือมากับระบบน้ำใต้ดิน (Phankamolnil et al., 2021) ปัจจุบันประเทศไทยบริหารจัดการการรुक้าของน้ำเค็มเข้ามาในลำน้ำเจ้าพระยาและพื้นที่เพาะปลูกโดยใช้มวลของน้ำจืดผลักดันน้ำเค็ม ดังนั้นหากมีระดับน้ำทะเลสูงขึ้น และประกอบกับการมีมวลน้ำจืดในการผลักดันน้ำเค็มน้อย ปัญหาดังกล่าวก็จะเกิดได้มากขึ้น ประเทศไทยจึงเป็นอีกประเทศหนึ่งที่ได้รับผลกระทบจากการเพิ่มขึ้นของระดับน้ำทะเล ซึ่งพบว่าระดับน้ำทะเลในอ่าวไทยสูงขึ้นประมาณ 3-5 มิลลิเมตรต่อปี ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2536-2551 (TRF, 2011) ในขณะที่ค่าเฉลี่ยทั่วโลกอยู่ที่ 1.7 (± 0.5) มิลลิเมตรต่อปี (Sojisuporn et al., 2013) จากเหตุการณ์ดังกล่าว ทำให้เกิดผลกระทบจากน้ำทะเลหนุนสูงในหลายพื้นที่ โดยเฉพาะในบริเวณที่ราบลุ่มภาคกลางตอนล่างของประเทศไทย เนื่องจากบริเวณดังกล่าวเคยอยู่ใต้ระดับน้ำทะเลมาก่อน อีกทั้งยังเป็นพื้นที่นาข้าวที่ใหญ่และอุดมสมบูรณ์ของประเทศ มีความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลางประมาณ 2 เมตร (กรมทรัพยากรธรณี, 2563) ทั้งนี้ ระดับความเค็มและสมบัติของดินเป็นปัจจัยหนึ่งที่เป็นขีดจำกัดของผลผลิตพืช (วิกานดา วรณวิเศษ, 2558) เนื่องจากพืชส่วนใหญ่มีความไวต่อความเค็มของดินที่มีผลกระทบจากเกลือ จึงส่งผลให้ผลผลิตทางการเกษตรลดต่ำลง และอาจส่งผลกระทบต่อเศรษฐกิจของประเทศได้ อย่างไรก็ตาม พื้นที่ในจังหวัดนนทบุรีและปทุมธานี เป็นส่วนหนึ่งของพื้นที่ราบลุ่มภาคกลางตอนล่างของแม่น้ำเจ้าพระยาและได้รับผลกระทบจากการรुक้าของน้ำทะเลและน้ำทะเลหนุนสูง แต่ยังไม่มีการศึกษาหรือการรายงานที่ชัดเจนว่า สมบัติของดินเมื่อได้รับอิทธิพลจากน้ำทะเลหนุนเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างไร จึงทำให้เกิดความสนใจการศึกษาอิทธิพลของน้ำทะเลหนุนต่อสมบัติในพื้นที่ดินนาบริเวณที่ราบลุ่มภาคกลางตอนล่างของประเทศไทย ทั้งนี้เพื่อให้ทราบถึง ลักษณะของดิน การแจกกระจายความเค็ม และระดับความเค็มของดินและน้ำที่มีผลต่อพื้นที่ดินนา เมื่อได้รับอิทธิพลจากน้ำทะเลหนุนในแต่ละช่วงฤดูกาลและแต่ละรอบปี เพื่อเป็นแนวคิดในการวางแผนจัดการพื้นที่ที่เหมาะสมต่อการปลูกข้าวและหาแนวทางการจัดการที่เหมาะสมต่อไป

วิธีการศึกษา

กำหนดพื้นที่ศึกษาในดินที่ใช้ปลูกข้าว ที่คาดว่าจะได้รับอิทธิพลจากการรुकูล้ำของน้ำเค็มจำนวน 5 จุดศึกษา โดยพิจารณา ระยะห่างจากแม่น้ำเจ้าพระยา โดยมีสมมติฐานว่าเมื่อจุดศึกษาห่างจากแม่น้ำเจ้าพระยามากจะได้รับอิทธิพลความเค็มลดน้อยลง กรณีพื้นที่ได้รับอิทธิพลจากน้ำทะเลหนุนมาตามลำน้ำเจ้าพระยา และจังหวัดที่อยู่ห่างจากปากแม่น้ำเจ้าพระยามากกว่า (จังหวัด ปทุมธานี) ได้รับอิทธิพลจากความเค็มน้อยกว่า ทำการเก็บตัวอย่างในพื้นที่ 2 จังหวัดคือจังหวัดนนทบุรีจำนวน 2 จุดศึกษา และ ปทุมธานีจำนวน 3 จุดศึกษา (Figure 1) พิกัด UTM 1532447 ถึง 1548469 N และ 47 0647369 ถึง 0664148 E จุดศึกษาที่ 1 ถึง 5 มีระยะห่างจากแม่น้ำเจ้าพระยาประมาณ 11.10, 12.33, 0.65, 2.08 และ 4.35 กม. ตามลำดับ จากแม่น้ำเจ้าพระยา และมีระยะห่าง จากอ่าวไทยประมาณ 40.80, 40.90, 52.55, 53.60 และ 54.65 กม. ตามลำดับ ตัวอย่างดินเก็บแบบรบกวนโครงสร้าง (disturbed soil samples) และเก็บตัวอย่างน้ำแบบจ้วง (grab sample method) จำนวน 4 จุดศึกษา ประกอบด้วย บริเวณแม่น้ำเจ้าพระยาใน จังหวัดนนทบุรี (N1) บริเวณคลองชลประทาน (N2) บริเวณแม่น้ำเจ้าพระยาในจังหวัดปทุมธานี (P1) และบริเวณคลองชลประทาน ไกล่แปลงนา (P2)



Figure 1 Sampling location for paddy soil in Nonthaburi provinces (a) and in Pathum Thani provinces (b), Thailand.

Source: The satellite images were taken from Google Earth (2021)

เก็บตัวอย่างดินที่ 5 ระดับความลึก ได้แก่ 0-15, 15-30, 30-60, 60-90 และ 90-120 ซม. ตามลำดับ วิเคราะห์ความชื้นโดย มวล ด้วยวิธี gravimetric method (Black, 1965) ค่าสภาพการนำไฟฟ้า (electrical conductivity) โดยใช้สารสกัดดินอิ่มตัวด้วยน้ำ วัดที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ด้วยเครื่อง electrical conductivity bridge (U.S. Salinity Laboratory Staff, 1954) และอัตราส่วน การดูดซับโซเดียม (sodium adsorption ratio) โดยหาปริมาณโซเดียม แคลเซียม และแมกนีเซียม จากสารละลายดินที่สกัดจากดิน อิ่มตัวด้วยน้ำ (U.S. Salinity Laboratory Staff, 1954) ค่าสภาพการนำไฟฟ้า และอัตราส่วนการดูดซับโซเดียมของดินและน้ำ ดำเนินการวิเคราะห์เดือนละ 1 ครั้ง เป็นระยะเวลา 2 ปี ตั้งแต่เดือนมีนาคม พ.ศ. 2561 ถึง เดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2563 จากนั้นนำ ค่าที่ได้ของทุกเดือนมาวิเคราะห์ เพื่อศึกษาการกระจายความเค็ม และระดับความเค็มของดินและน้ำที่มีผลต่อดินนาในแต่ละช่วง ฤดูกาล วิเคราะห์ความแปรปรวนของความเค็มที่เกิดขึ้นในระหว่างปีที่ 1 (เดือนมีนาคม พ.ศ. 2561 ถึง เดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2562) กับปีที่ 2 (เดือนมีนาคม พ.ศ. 2562 ถึง เดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2563) เปรียบเทียบด้วย Student's t-test ด้วยโปรแกรมสถิติ SPSS version 15.0 ที่ระดับนัยสำคัญ 95% ($P < 0.05$)

ผลการศึกษาและวิจารณ์

ความชื้นโดยมวลของดิน

ความชื้นโดยมวลของดิน ในพื้นที่ศึกษาที่ระดับความลึก 0-15, 15-30, 30-60, 60-90 และ 90-120 ซม. ในปี 1 มีค่าอยู่ใน พิสัย 22.99-79.04% (Figure 2) ความชื้นโดยมวลของดินในปี 2 มีค่าอยู่ในพิสัย 9.87-88.98% (Figure 3) ซึ่งค่าความชื้นโดยมวล ของดินบน (ในช่วงระดับความลึก 0-30 ซม.) มีแนวโน้มสูงกว่าดินล่าง (ในช่วงระดับความลึก 30-120 ซม.)

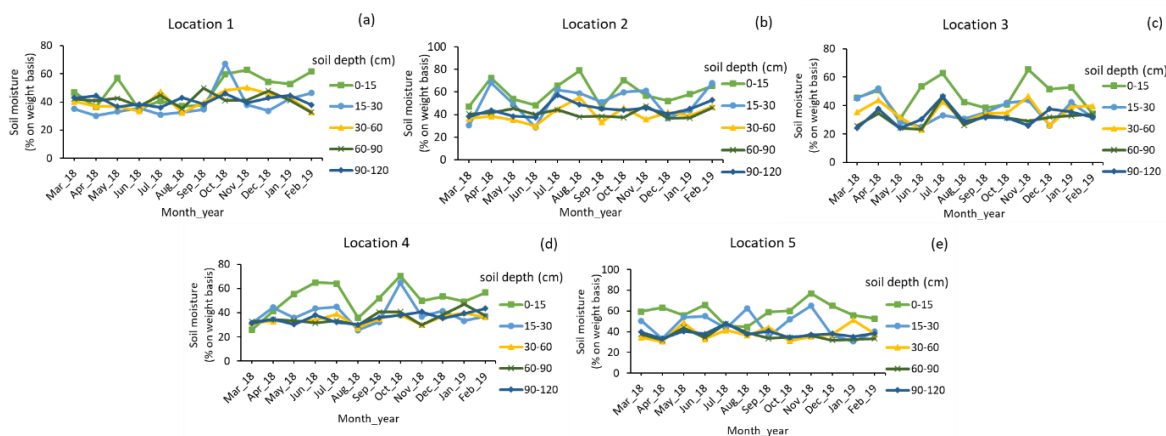


Figure 2 Soil moisture of study location 1 (a), 2 (b), 3 (c), 4 (d) and 5 (e) at soil depths of 0-15, 15-30, 30-60, 60-90 and 90-120 cm in the first year (March 2018 to February 2019).

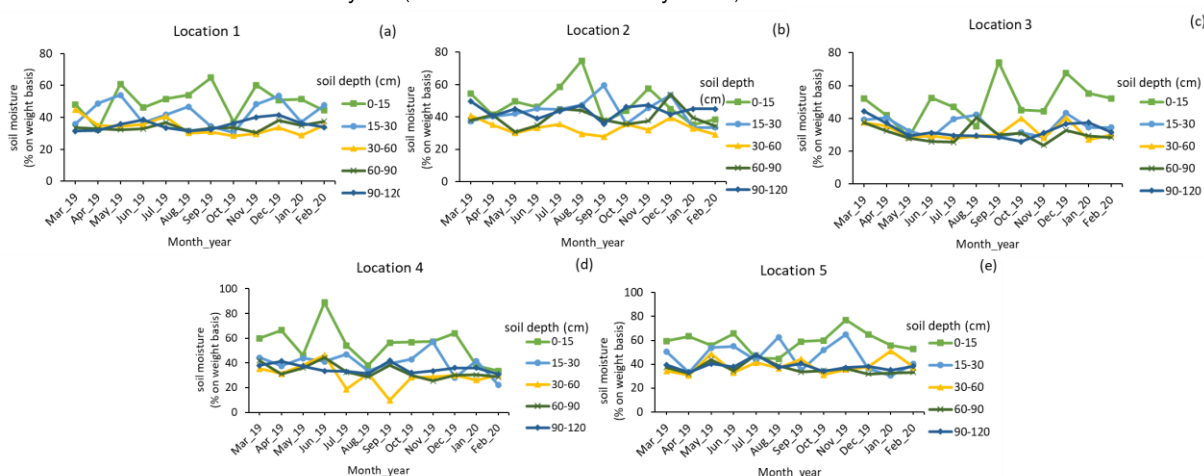


Figure 3 Soil moisture of study location 1 (a), 2 (b), 3 (c), 4 (d) and 5 (e) at soil depths of 0-15, 15-30, 30-60, 60-90 and 90-120 cm in the second year (March 2019 to February 2020).

เนื่องจากทั้ง 5 จุดศึกษามีการใช้ประโยชน์ที่ดินสำหรับดินนา ในระหว่างที่มีการเพาะปลูก เกษตรกรได้มีการผันน้ำเข้าแปลงนาอยู่เสมอ จึงส่งผลต่อความชื้นในดินบนสูงกว่าในดินล่างในช่วงที่มีการผันน้ำเข้านา นอกจากนี้ความชื้นของดินยังสอดคล้องกับฤดูกาลต่าง ๆ กล่าวคือ ความชื้นของดินทั้ง 2 ปี แนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นในช่วงกลางเดือนพฤษภาคม เนื่องจากเข้าฤดูฝน ทั้งนี้พบว่าในช่วงเดือนสิงหาคมถึงตุลาคมมีปริมาณฝนมากกว่าปกติ เนื่องจากอิทธิพลของพายุฤดูร้อน ส่งผลให้จุดศึกษาในปีที่ 1 และปีที่ 2 มีความชื้นสูงกว่าเดือนอื่น ๆ และในช่วงเดือนมกราคมและกุมภาพันธ์ของทั้ง 2 ปี ความชื้นมีแนวโน้มลดลง เนื่องจากเริ่มเข้าฤดูร้อนซึ่งปริมาณน้ำฝนต่ำกว่าค่าปกติและในหลายพื้นที่ไม่มีรายงานฝนตกติดต่อกันตลอดช่วง (กรมทรัพยากรน้ำ, 2563)

ค่าสภาพการนำไฟฟ้าของดิน อัตราส่วนการดูดซับโซเดียม และชนิดของดินที่ได้รับผลกระทบจากเกลือ

ค่าสภาพการนำไฟฟ้าของดิน ในพื้นที่ศึกษาที่ระดับความลึก 0-15, 15-30, 30-60, 60-90 และ 90-120 ซม. ในปีที่ 1 มีค่าอยู่ในพิสัย 0.32-4.42 dS/m (Figure 4) ค่าสภาพการนำไฟฟ้าของดินในปีที่ 2 มีค่าอยู่ในพิสัย 0.47-5.73 dS/m (Figure 5)

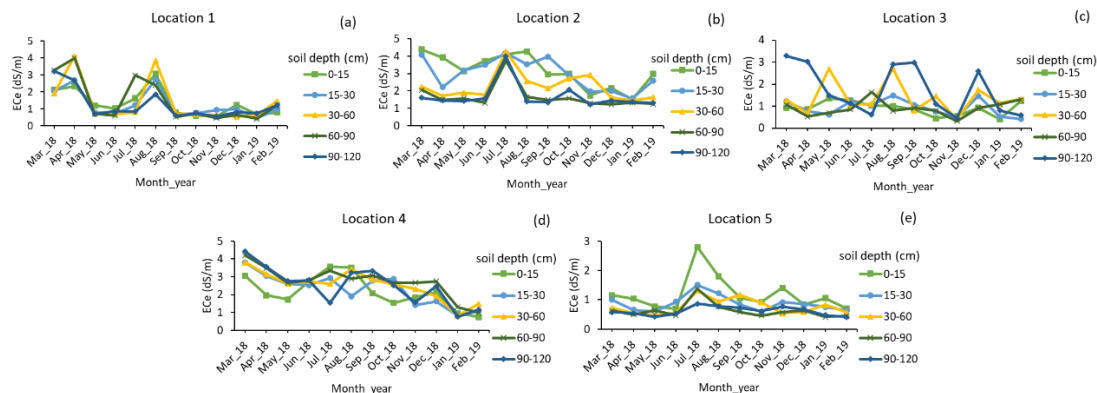


Figure 4 Electrical conductivity of study location 1 (a), 2 (b), 3 (c), 4 (d) and 5 (e) at soil depths of 0-15, 15-30, 30-60, 60-90 and 90-120 cm in the first year (March 2018 to February 2019).

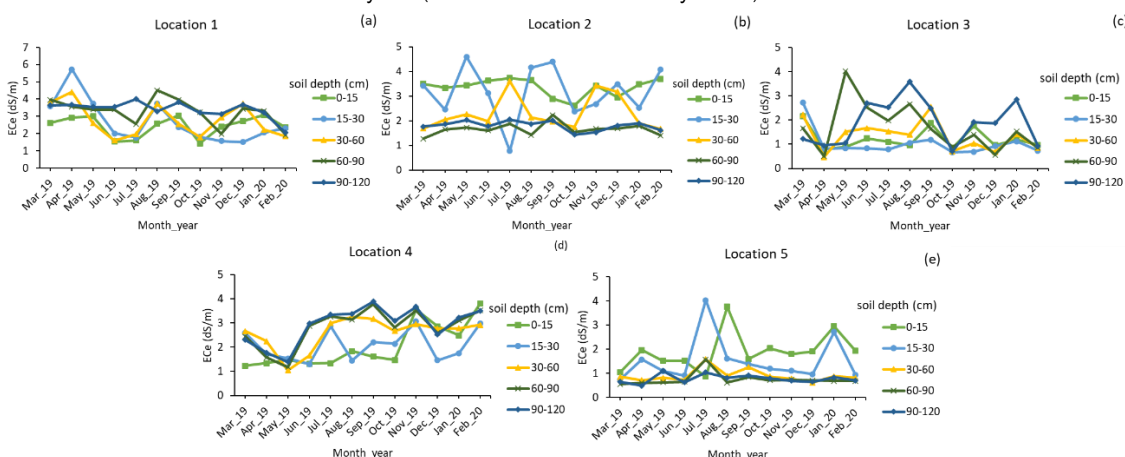


Figure 5 Electrical conductivity of study location 1 (a), 2 (b), 3 (c), 4 (d) and 5 (e) at soil depths of 0-15, 15-30, 30-60, 60-90 and 90-120 cm in the second year (March 2019 to February 2020).

โดยทุกจุดในพื้นที่ศึกษาของทั้ง 2 ปี มีค่าสภาพการนำไฟฟ้ามากกว่า 2 dS/m ซึ่งเป็นขีดจำกัดการเจริญเติบโตของพืชบางชนิด โดยเฉพาะพืชที่ไวต่อความเค็ม (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548) จุดศึกษาที่ 1 (Figure 4a), 2 (Figure 4b) และ 4 (Figure 4d) ในปี 1 และจุดศึกษาที่ 1 (Figure 5a), 2 (Figure 5b), 3 (Figure 5c) และ 5 (Figure 5e) ในปี 2 มีค่าสภาพการนำไฟฟ้ามากกว่า 4 dS/m แสดงให้เห็นว่าดินในพื้นที่ศึกษาได้รับอิทธิพลจากเกลือ นอกจากนี้ค่าสภาพการนำไฟฟ้ามีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจาก 4.42 dS/m ในปี 1 เป็น 5.73 dS/m ในปี 2 และมีค่าสูงสุดในเดือนมีนาคม พ.ศ. 2561 และเดือนเมษายน พ.ศ. 2562 ตามลำดับ ทั้งนี้ เนื่องจากช่วงเวลาดังกล่าวมีปริมาณน้ำฝนน้อย ซึ่งสอดคล้องกับค่าความชื้นของดินที่ลดลง ผสมกับเมื่อเกิดอิทธิพลของน้ำทะเลหนุน ซึ่งในบางช่วงเวลาอาจมีปริมาณน้ำจืดไม่เพียงพอต่อการผลักดันน้ำเค็มออกสู่อ่าวไทย ส่งผลให้เกลือที่ละลายน้ำได้เข้ามาทำให้น้ำผิวดิน เนื่องจากการจัดการน้ำของเกษตรกรที่มีการผันน้ำจากแม่น้ำเจ้าพระยาหรือคลองชลประทานต่าง ๆ เพื่อใช้สำหรับการเกษตรในช่วงเวลาที่เกิดน้ำทะเลหนุน รวมทั้งเกลือที่ละลายน้ำได้อาจเข้ามาสะสมในพื้นที่ศึกษาจากการเคลื่อนที่ของน้ำใต้ดิน ทำให้เกลือที่ละลายน้ำได้เหล่านี้เกิดการเคลื่อนที่ขึ้นมาสู่ดินบนและเกิดการสะสมเกลือในหน้าตัดดินได้ จึงทำให้ดินในพื้นที่ศึกษามีค่าสภาพการนำไฟฟ้าในช่วงฤดูแล้งสูงกว่าฤดูฝนที่มีปริมาณน้ำฝนมากกว่าอัตราการระเหย (เกียรติศักดิ์ สนศรี และคณะ, 2563; สมศรี อรุณินท์, 2539) ทั้งนี้ ดินที่ทำการศึกษามีค่าสภาพการนำไฟฟ้ามากกว่า 4 dS/m เป็นปัจจัยหนึ่งที่เป็นขีดจำกัดของผลผลิตข้าว (สมศรี อรุณินท์, 2539) เนื่องจากข้าวมีความไวต่อความเค็มของดิน หากได้รับระดับความเค็มของดินที่มากเกินไปพืช ข้าวจะหยุดชะงักการเจริญเติบโต การแตกกอลดลง ยอดและใบบิดเบี้ยวและเกิดคลอโรซิส (chlorosis) ในบางส่วนของใบล่าง (Brinkman and Singh, 1982) นอกจากนี้ยังมีการรายงานว่าอิทธิพลของความเค็มดังกล่าวต่อพืชชนิดอื่น เช่น ไม้ผล และพืชผัก อาจจะมีรุนแรงมากกว่าข้าวอีกด้วย (สมศรี อรุณินท์, 2539) เมื่อพิจารณาค่าสภาพการนำไฟฟ้าของดินตามระดับความลึกในแต่ละจุดศึกษาของทั้ง

2 ปี พบว่า จุดศึกษาที่ 2 และ 5 ดินบนมีแนวโน้มของค่าสภาพการนำไฟฟ้าสูงกว่าดินล่าง อาจมีสาเหตุมาจากการใช้ประโยชน์ที่ดิน เช่น การใช้น้ำจากคลองชลประทานหรือแม่น้ำเจ้าพระยาที่มีเกลือละลายได้ปะปนอยู่ จึงส่งผลให้เกิดการสะสมเกลือในระบบดินมากขึ้น และในจุดศึกษาที่ 1, 3 และ 4 ดินล่างมีแนวโน้มของค่าสภาพการนำไฟฟ้าสูงกว่าดินบน อาจเกี่ยวข้องกับการเคลื่อนตัวของน้ำใต้ดินที่มีเกลือเคลื่อนย้ายได้ รวมทั้งดินในพื้นที่มีวัตถุต้นกำเนิดมาจากตะกอนลำน้ำและตะกอนน้ำทะเล ซึ่งตะกอนน้ำทะเลมีปริมาณโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้สูง รวมทั้งปริมาณเกลือที่ละลายน้ำได้โดยส่วนใหญ่เป็นเกลือคลอไรด์ และซัลเฟตของโซเดียม แคลเซียม และแมกนีเซียม ซึ่งเมื่อเกิดการเคลื่อนย้ายของเกลือมาสะสมในชั้นหน้าตัดดิน จึงส่งผลต่อค่าสภาพการนำไฟฟ้าของดิน (Keren, 2000; Mengel and Kirkby, 2001; Havlin et al., 2005) อย่างไรก็ตาม ความรุนแรงของการได้รับอิทธิพลจากเกลื่อดังกล่าว ไม่สัมพันธ์กับระยะห่างจากแม่น้ำเจ้าพระยา และเมื่อพิจารณาระยะห่างจากอ่าวไทยพบว่าจังหวัดนนทบุรีซึ่งมีระยะห่างจากอ่าวไทยน้อยกว่าได้รับอิทธิพลความเค็มชัดเจนมากกว่า (จุดศึกษาที่ 1 และ 2) ประกอบกับแนวโน้มค่าความเค็มที่มีค่าสูงในดินล่างของจุดศึกษาที่ 1, 3 และ 4 แสดงให้เห็นว่าเกิดการเคลื่อนที่ของน้ำเค็มมากับระบบน้ำใต้ดินในพื้นที่นี้ได้

อัตราส่วนการดูดซับโซเดียมของดิน ในพื้นที่ศึกษาที่ระดับความลึก 0-15, 15-30, 30-60, 60-90 และ 90-120 ซม. ในปีที่ 1 มีค่าอยู่ในพิสัย 7.04-37.23 (Figure 6) อัตราส่วนการดูดซับโซเดียมของดินในปีที่ 2 มีค่าอยู่ในพิสัย 3.63-31.45 (Figure 7) โดยทุกจุดในพื้นที่ศึกษาของทั้ง 2 ปี มีค่าอัตราส่วนการดูดซับโซเดียมมากกว่า 13 แสดงให้เห็นว่าดินในพื้นที่ศึกษาได้รับอิทธิพลจากโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้มากในดิน ทั้งนี้จุดศึกษาที่ 1 (Figure 6a), 2 (Figure 6b) และ 4 (Figure 6d) ในปีที่ 1 และจุดศึกษาที่ 1 (Figure 7a), 2 (Figure 7b), 3 (Figure 7c) และ 5 (Figure 7e) ในปีที่ 2 มีค่าสภาพการนำไฟฟ้ามากกว่า 4 dS/m และอัตราส่วนการดูดซับโซเดียมมากกว่า 13 แสดงว่าดินได้รับอิทธิพลจากเกลือ และมีการสะสมโซเดียมมากในดิน จำแนกชนิดได้เป็นดินเค็มโซดิก ซึ่งมีปัญหาสะสมเกลือสูงและสะสมโซเดียมสูง เมื่อนำดินเหล่านี้มาทำการเกษตรจะจำกัดการเจริญเติบโตของพืช ใบพืชห่อลงและมีสารเคลือบใบหนาเพื่อลดการสูญเสียน้ำ ในบางครั้งอาจพบอาการปลายใบไหม้ เกิดจุดประบนใบ ใบม้วนและใบเหลือง เนื่องจากอิทธิพลของเกลือที่มีอยู่มากในสารละลายดินทำให้พืชใช้น้ำได้ยากขึ้น พืชจึงขาดน้ำได้ง่าย โดยเฉพาะในช่วงฤดูแล้ง (สมศรี อรุณินท์, 2539) นอกจากนี้ยังพบว่า จุดศึกษาที่ 3 (Figure 6c) และ 5 (Figure 6e) ในปีที่ 1 มีค่าสภาพการนำไฟฟ้าน้อยกว่า 4 dS/m แต่อัตราส่วนการดูดซับโซเดียมมากกว่า 13 แสดงว่าดินดังกล่าวได้รับอิทธิพลจากเกลือ และมีการสะสมโซเดียมสูงกว่าค่ามาตรฐาน จำแนกชนิดได้เป็นดินโซดิก ซึ่งมีปัญหาจากการสะสมโซเดียมสูง ปริมาณโซเดียมที่มีอยู่มาก ทำให้เกิดการฟุ้งกระจายของอนุภาคดิน โดยเฉพาะดินเหนียว ส่งผลให้โครงสร้างดินไม่อยู่ตัว ดินแน่น น้ำซึมผ่านได้ยาก การถ่ายเทอากาศไม่ดี ยากต่อการขนถ่ายของรากพืช รวมถึงเป็นอุปสรรคต่อการงอกของกล้าพืช ส่งผลให้พืชที่ปลูกในดินโซดิกมีการเจริญเติบโตไม่สม่ำเสมอ (สมศรี อรุณินท์, 2539) เมื่อพิจารณาค่าอัตราส่วนการดูดซับโซเดียมตามช่วงความลึกของดิน พบว่า โดยส่วนใหญ่ดินล่างมีแนวโน้มสูงกว่าดินบน อาจมีความสัมพันธ์กับวัตถุต้นกำเนิด เนื่องจากดินในพื้นที่ศึกษามีวัตถุต้นกำเนิดมาจากตะกอนลำน้ำผสมกับตะกอนน้ำทะเล ซึ่งตะกอนน้ำทะเลมีปริมาณโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้สูง รวมทั้งปริมาณเกลือที่ละลายน้ำได้โดยส่วนใหญ่เป็นเกลือคลอไรด์ และซัลเฟตของโซเดียม แคลเซียม และแมกนีเซียม (Keren, 2000; Mengel and Kirkby, 2001; Havlin et al., 2005) ทำให้เกิดการสะสมโซเดียมมากในระบบดิน เช่นเดียวกับค่าสภาพการนำไฟฟ้า ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Wongpokhom (2007) ที่พบว่าเกลือโซเดียมคลอไรด์ เป็นเกลือที่พบมากที่สุดที่ดินที่ได้รับอิทธิพลจากเกลือ นอกจากนี้การใช้น้ำสำหรับพื้นที่การเกษตร โดยการผันน้ำจากคลองชลประทาน หรือแม่น้ำเจ้าพระยาในช่วงน้ำทะเลหนุนสูง อาจส่งผลให้พื้นที่ดังกล่าวมีค่าอัตราส่วนการดูดซับโซเดียมเพิ่มขึ้น เนื่องจากการสะสมโซเดียมในระบบดินอย่างต่อเนื่อง

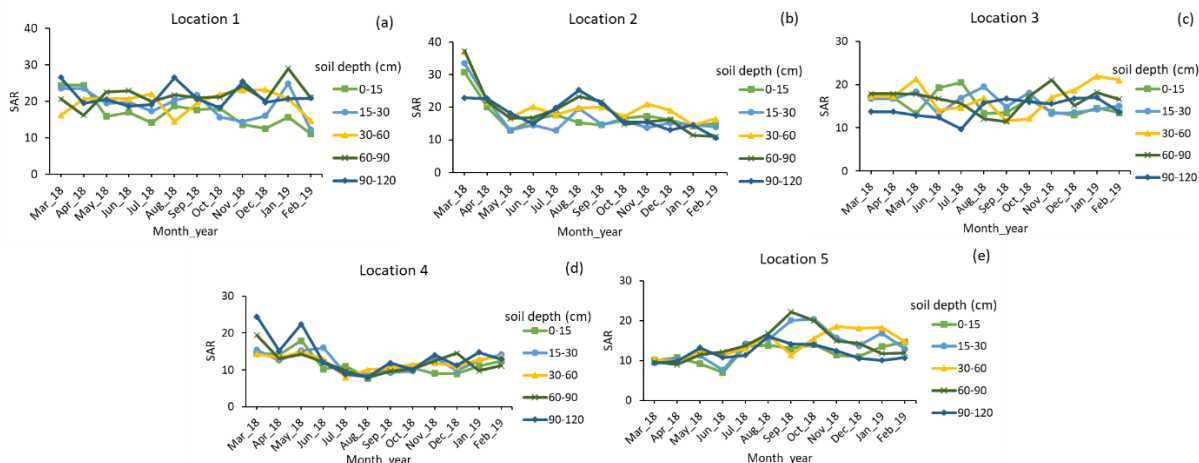


Figure 6 Sodium adsorption ratio of study location 1 (a), 2 (b), 3 (c), 4 (d) and 5 (e) at soil depths of 0-15, 15-30, 30-60, 60-90 and 90-120 cm in the first year (March 2018 to February 2019).

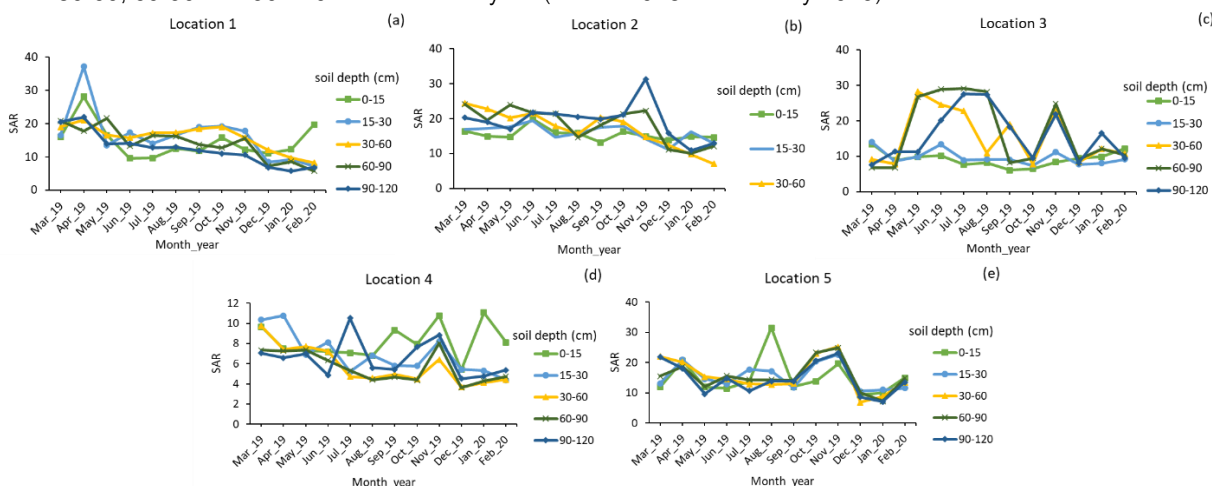


Figure 7 Sodium adsorption ratio of study location 1 (a), 2 (b), 3 (c), 4 (d) and 5 (e) at soil depths of 0-15, 15-30, 30-60, 60-90 and 90-120 cm in the second year (March 2019 to February 2020).

ค่าสภาพการนำไฟฟ้าของน้ำ และอัตราส่วนการดูดซับโซเดียมของน้ำ

ค่าสภาพการนำไฟฟ้าของน้ำ ในพื้นที่ศึกษา N1 และ P1 (แม่น้ำเจ้าพระยา) N2 และ P2 (คลองชลประทาน) ในปีที่ 1 มีค่าอยู่ในพิสัย 0.26-1.6 dS/m (Figure 8a) ค่าสภาพการนำไฟฟ้าของน้ำในปีที่ 2 มีค่าอยู่ในพิสัย 0.21-6.73 dS/m (Figure 8b) โดยจุดศึกษา N2 และ P2 ในปีที่ 1 และทุกจุดศึกษาในปีที่ 2 มีค่าสภาพการนำไฟฟ้าสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานการผลิตน้ำประปา (มีค่าสูงกว่า 0.75 dS/m) (ฝ่ายตะกอนและคุณภาพน้ำ, 2564) และจุดศึกษา N1 และ N2 มีค่าสภาพการนำไฟฟ้าสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานสำหรับน้ำเพื่อการเกษตร (มีค่าสูงกว่า 3 dS/m) (ฝ่ายตะกอนและคุณภาพน้ำ, 2564) ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อ การเกษตร ทำให้ผลผลิตทางการเกษตรลดลง อัตราการเจริญเติบโตของพืชลดลง เนื่องจากดินมีการค่าความเค็มเพิ่มขึ้นจากการใช้น้ำชลประทานที่มีการปนเปื้อนของเกลือ (ฝ่ายตะกอนและคุณภาพน้ำ, 2564) ค่าสภาพการนำไฟฟ้าสูงสุดในแม่น้ำเจ้าพระยา และคลองชลประทานมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจาก 0.44 dS/m (จุดศึกษา N1) และ 1.60 dS/m (จุดศึกษา P2) ในปีที่ 1 เป็น 6.73 dS/m (จุดศึกษา N1) และ 4.19 dS/m (จุดศึกษา N2) ในปีที่ 2 ตามลำดับ และมีค่าลดลงตามระยะห่างจากอ่าวไทย ทั้งนี้อาจเป็นผลมาจากอิทธิพลน้ำทะเลหนุน ซึ่งในบางช่วงเวลาโดยเฉพาะในช่วงฤดูแล้งอาจมีปริมาณน้ำจืดไม่เพียงพอต่อการผลักดันน้ำเค็ม รวมทั้งการเคลื่อนที่ของน้ำใต้ดินที่มีเกลือที่ละลายน้ำได้ เข้ามาสะสมในระบบดิน และการจัดสรรน้ำสำหรับพื้นที่เกษตรกรรมที่เกษตรกรได้มีการผันน้ำจากแม่น้ำเจ้าพระยาหรือคลองชลประทาน อาจจะทำให้มีการสะสมของเกลือในระบบดินเพิ่มขึ้น (Phankamolsil et al., 2021)

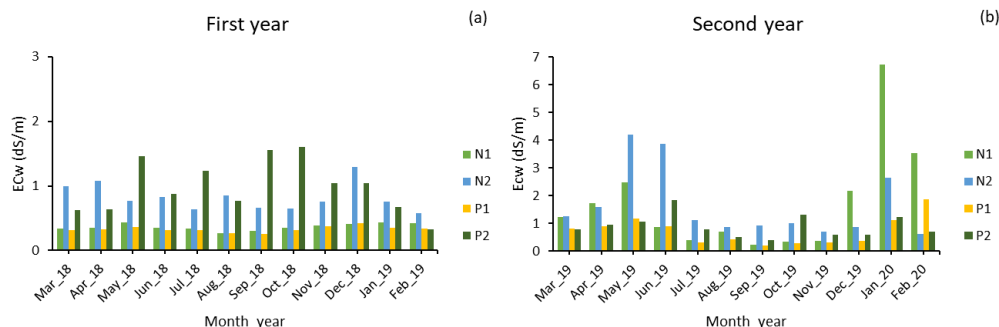


Figure 8 Electrical conductivity of water for the study location N1, N2, P1 and P2 in the first year (March 2018 to February 2019) (a) and second year (March 2019 to February 2020) (b).

อัตราส่วนการดูดซับโซเดียมของน้ำ ในพื้นที่ศึกษา N1 และ P1 (แม่น้ำเจ้าพระยา) N2 และ P2 (คลองชลประทาน) ในปีที่ 1 มีค่าอยู่ในพิสัย 0.25-13.5 (Figure 9a) และในปีที่ 2 มีค่าอยู่ในพิสัย 1.16-69.70 (Figure 9b) โดยจุดศึกษา N2 และ P2 ในปีที่ 1 และทุกจุดศึกษาในปีที่ 2 มีค่าอัตราส่วนการดูดซับโซเดียมสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานความปลอดภัยของน้ำเพื่อการชลประทาน (มีค่าสูงกว่า 6) (Salinity Management guide, 2007) อัตราส่วนการดูดซับโซเดียมของน้ำมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ด้วยค่าอัตราส่วนการดูดซับโซเดียมสูงสุดในแม่น้ำเจ้าพระยาจาก 1.4 ในปีที่ 1 (Figure 9a) เป็น 69.70 ในปีที่ 2 (Figure 9b) และค่าอัตราส่วนการดูดซับโซเดียมสูงสุดในคลองชลประทานเพิ่มจาก 13.5 ในปีที่ 1 (Figure 9a) เป็น 33.72 ในปีที่ 2 (Figure 9b) นอกจากนี้ การใช้ประโยชน์จากน้ำชลประทานที่มีปริมาณโซเดียมสูง จะส่งผลให้เกิดการสะสมโซเดียมมากในดิน ทำให้ดินมีค่าอัตราส่วนการดูดซับโซเดียมเพิ่มขึ้นและอาจสูงกว่าค่ามาตรฐานความปลอดภัยของน้ำเพื่อการชลประทาน

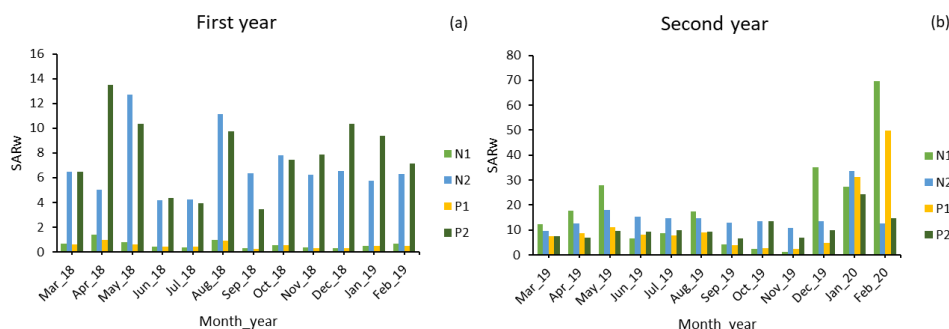


Figure 9 Sodium adsorption ratio of water for the study location N1, N2, P1 and P2 in the first year (March 2018 to February 2019) (a) and second year (March 2019 to February 2020) (b).

ความแปรปรวนความเค็มของดินและน้ำระหว่างปี พ.ศ. 2561-2562

การวิเคราะห์ความแปรปรวนความเค็มของดินและน้ำที่เกิดขึ้นในพื้นที่ศึกษาทั้ง 2 ปี พบว่า จุดศึกษาที่ 1 ตลอดชั้นความลึก (0-120 ซม.) จุดศึกษาที่ 3 ที่ระดับความลึก 60-90 ซม. และจุดศึกษาที่ 5 ที่ระดับความลึก 0-30 ซม. มีค่าสภาพการนำไฟฟ้าของดินทั้ง 2 ปี แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยจุดศึกษาที่ 2 และ 4 ค่าสภาพการนำไฟฟ้าของดินไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทุกชั้นความลึก (Table 1) และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัดในปีที่ 2 โดยค่าสภาพการนำไฟฟ้าสูงสุดของดินเพิ่มขึ้นจาก 4.42 dS/m (Figure 4) ในปีที่ 1 เป็น 5.73 dS/m (Figure 5) ในปีที่ 2 และในจุดศึกษาที่ 4 ตลอดชั้นความลึก (0-120 ซม.) จุดศึกษาที่ 1 ดินล่างที่ระดับความลึก 30-120 ซม. และดินบนที่ระดับความลึก 0-30 ซม. ของจุดศึกษาที่ 3 มีค่าอัตราส่วนการดูดซับโซเดียมของดินทั้ง 2 ปี แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 1) และพบว่าอัตราส่วนการดูดซับโซเดียมมีแนวโน้มลดลง โดยค่าอัตราส่วนการดูดซับโซเดียมลดลงจาก 37.23 (Figure 6) ในปีที่ 1 เป็น 31.45 (Figure 7) ในปีที่ 2

Table 1 Variability comparison of electrical conductivity (EC_e) and sodium adsorption (SAR) for paddy soil samples at study location between first year and second year.

Parameter	Location	T-test				
		Depth (cm)				
		0-15	15-30	30-60	60-90	90-120
EC_e	1	*	*	*	*	*
	2	ns	ns	ns	ns	ns
	3	ns	ns	ns	*	ns
	4	ns	ns	ns	ns	ns
	5	*	*	ns	ns	ns
SAR	1	ns	ns	*	*	*
	2	ns	ns	ns	ns	ns
	3	*	*	ns	ns	ns
	4	*	*	*	*	*
	5	ns	ns	ns	ns	ns

*Significant difference at $P < 0.05$, ns non-significant difference.

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าสภาพการนำไฟฟ้าและอัตราส่วนการดูดซับโซเดียมของน้ำระหว่างปี พบว่า จุดศึกษา N1, N2 และ P1 ค่าสภาพการนำไฟฟ้าและอัตราส่วนการดูดซับโซเดียมของน้ำทั้ง 2 ปี แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 2) และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัดในปีที่ 2 โดยค่าสภาพการนำไฟฟ้าสูงสุดของน้ำในพื้นที่แม่น้ำเจ้าพระยาเพิ่มขึ้นจาก 1.6 dS/m ในปีที่ 1 เป็น 6.73 dS/m ในปีที่ 2 (Figure 8) และค่าอัตราส่วนการดูดซับโซเดียมสูงสุดของน้ำในแม่น้ำเจ้าพระยาเพิ่มขึ้นจาก 1.4 ในปีที่ 1 เป็น 69.70 ในปีที่ 2 (Figure 9) ทั้งนี้ ภายใต้อิทธิพลของน้ำทะเลหนุนสูง ปริมาณน้ำจืดไม่เพียงพอต่อการผลักดันน้ำเค็มออกสู่อ่าวไทย ส่งผลให้เกิดการรุกคืบของน้ำทะเลเข้าสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ ประกอบกับพื้นที่ศึกษามีวัตถุต้นกำเนิดมาจากตะกอนน้ำทะเลผสมกับตะกอนลำน้ำ โดยตะกอนน้ำทะเลมีปริมาณโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้สูง จึงส่งผลให้อัตราส่วนการดูดซับโซเดียมของน้ำสูงขึ้น เช่นเดียวกับค่าสภาพการนำไฟฟ้า (เกียรติศักดิ์ สนศรี และคณะ, 2563) เมื่อระดับน้ำทะเลหนุนสูงขึ้น ทำให้ค่าความเค็มของจุดศึกษาที่อยู่ใกล้แม่น้ำเจ้าพระยามีค่าสูงขึ้น แต่ในขณะเดียวกันจุดศึกษาที่อยู่ไกลจากแม่น้ำเจ้าพระยาที่สุดก็มีความเค็มสูงกว่าจุดอื่น ๆ เพราะจุดดังกล่าวมีระยะห่างจากอ่าวไทยน้อย จึงอาจได้รับอิทธิพลของความเค็มมากับน้ำใต้ดิน รวมทั้งอาจเกิดจากการใช้น้ำชลประทานเพื่อการเกษตร ในช่วงที่เกิดน้ำทะเลหนุน

Table 2 Variability comparison of electrical conductivity (EC_w) and sodium adsorption (SAR) in water samples at study location between first year and second year.

Parameter	Location			
	N1	N2	P1	P2
EC_w	*	*	*	ns
SAR_w	*	*	*	ns
T-test				

*Significant difference at $P < 0.05$, ns non-significant difference.

การศึกษาสสมบัติของดินที่ได้รับผลกระทบจากอิทธิพลของน้ำทะเลหนุนในพื้นที่ดินนาจังหวัดนนทบุรีและปทุมธานี แสดงให้เห็นว่าดินในพื้นที่ศึกษาได้รับผลกระทบจากเกลือ และมีแนวโน้มที่จะได้รับผลกระทบมากขึ้นในปีที่ 2 จากการวิเคราะห์ค่าสภาพการนำไฟฟ้าและอัตราส่วนการดูดซับโซเดียม พบว่า ดินพื้นที่ศึกษาปีที่ 2 มีค่าสภาพการนำไฟฟ้าเพิ่มขึ้นจากดินพื้นที่ศึกษาปีที่ 1 แต่พบว่า อัตราส่วนการดูดซับโซเดียมลดลง จากค่าสภาพการนำไฟฟ้า และอัตราส่วนการดูดซับโซเดียม สามารถจัดจำแนกประเภทของดินที่มีผลกระทบจากเกลือ ได้ดังนี้ ดินพื้นที่ศึกษาปีที่ 1 ในจุดศึกษาที่ 1, 2 และ 4 มีค่าสภาพการนำไฟฟ้ามากกว่า 4 dS/m และ

อัตราส่วนการดูดซับโซเดียมมากกว่า 13 จำแนกประเภทได้เป็นดินเค็มโซดิก จุดศึกษาที่ 3 และ 5 มีค่าสภาพการนำไฟฟ้าน้อยกว่า 4 dS/m และอัตราส่วนการดูดซับโซเดียมมากกว่า 13 จัดจำแนกประเภทได้เป็นดินโซดิก ในขณะที่ในปีที่ 2 พบว่า จุดศึกษาที่ 1 และ 2 จัดจำแนกประเภทของดินที่มีผลกระทบจากเกลือได้เป็นดินเค็มโซดิกเช่นเดิม ในขณะที่ จุดศึกษาที่ 3 และ 5 มีค่าสภาพการนำไฟฟ้าเพิ่มขึ้นเข้าเกณฑ์การจัดจำแนกเป็นดินเค็มโซดิก ส่วนจุดศึกษาที่ 4 มีค่าสภาพการนำไฟฟ้าลดลง จำแนกได้เป็นดินโซดิกในปีที่ 2 จากผลการศึกษาจะเห็นได้ว่ายังมีความแปรปรวนของความเค็มเกิดขึ้นในพื้นที่ศึกษา และมีความสัมพันธ์กับค่าความเค็มของน้ำในแม่น้ำเจ้าพระยา

สรุปผลการศึกษา

ผลการติดตามการเปลี่ยนแปลงของสมบัติดินบางประการในพื้นที่ที่ได้รับอิทธิพลของน้ำทะเลหนุน บริเวณที่ราบลุ่มภาคกลางตอนล่างของประเทศไทย จังหวัดนนทบุรี และปทุมธานี ที่ใช้ประโยชน์ในการทำนา ตั้งแต่เดือนมีนาคม พ.ศ. 2561 ถึง เดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2563 พบว่า มีความแปรปรวนของความเค็มเกิดขึ้นอย่างชัดเจนในพื้นที่ศึกษา โดยพบว่าความเค็มของดินมีความแปรปรวนในรอบปี โดยจะมีค่าสูงในเดือนมีนาคมถึงเดือนเมษายน และเดือนกรกฎาคมถึงเดือนสิงหาคม สอดคล้องกับฤดูกาลและปริมาณน้ำฝน และความเค็มของน้ำในลำน้ำเจ้าพระยา แสดงให้เห็นว่าปริมาณน้ำจืดไม่เพียงพอต่อการผลักดันน้ำทะเลจากสภาวะน้ำทะเลหนุนได้ นอกจากนี้พบความแปรปรวนระหว่างการศึกษาในปีที่ 1 (เดือนมีนาคม พ.ศ. 2561 ถึง เดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2562) และปีที่ 2 (เดือนมีนาคม พ.ศ. 2562 ถึง เดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2563) โดยพบว่าระดับความรุนแรงของความเค็มของดินและน้ำมีความรุนแรงขึ้นในการศึกษาปีที่ 2 (เดือนมีนาคม พ.ศ. 2562 ถึง เดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2563) ซึ่งสอดคล้องกับค่าความเค็มสูงสุดในแม่น้ำเจ้าพระยาที่มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจนในปีที่ 2 (เดือนมีนาคม พ.ศ. 2562 ถึง เดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2563) ดังนั้นจึงต้องมีการจัดการและกำหนดยุทธศาสตร์การใช้น้ำจืดในการผลักดันน้ำทะเลจากสภาวะน้ำทะเลหนุนที่อาจเกิดขึ้นในอนาคตและควรมีการติดตามและตรวจสอบความเค็มของดินและน้ำในพื้นที่เกษตรกรรม ที่คาดว่าจะได้รับผลกระทบจากอิทธิพลของน้ำทะเลหนุน เพื่อให้ทราบและตระหนักถึงปัญหาที่อาจเกิดขึ้น เพื่อเป็นแนวทางในการแก้ไขในอนาคตต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ภายใต้สถาบันสภาวะวิจัยแห่งชาติที่ให้การสนับสนุนทุนสำหรับการดำเนินวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- กรมทรัพยากรธรณี. 2563. ธรณีวิทยาภาคกลาง. กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.
http://www.dmr.go.th/ewtdadmin/ewtd/dmr_web/n_more_news.php?filename=central_geo. (25 ธันวาคม 2563).
 กรมทรัพยากรน้ำ. 2563. รายงานสถานการณ์น้ำรายวัน. <https://dwr.go.th/uploads/file/statuswater/2020/631201%20Manager.pdf>. (1 กรกฎาคม 2564).
 เกียรติศักดิ์ สนศรี, นภาพร พันธุ์กลมศิลป์, สุชาดา กรุณา, วิภาวรรณ ท้ายเมือง และยุทธนา พันธุ์กลมศิลป์. 2563. อิทธิพลของน้ำทะเลหนุนต่อความแปรปรวนของความเค็มของดินในพื้นที่การเกษตรจังหวัดปทุมธานี. *วารสารแก่นเกษตร* 48(5): 1028-1041.
 คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. 2548. *ปฐพีวิทยาเบื้องต้น*. พิมพ์ครั้งที่ 10. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
 ฝ่ายตะกอนและคุณภาพน้ำ. 2564. รายงานสถานการณ์ค่าความเค็มและปริมาณน้ำ แม่น้ำเจ้าพระยา. กรมชลประทาน.
<http://hydrology.rid.go.th/sediment-wq/index.php/th/>. (17 ธันวาคม 2563).
 รัตนสุดา ชลธาตุ. 2558. การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและแนวทางการแก้ไขปัญหา. *วารสารสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ* 18: 416-423.
 วิกานดา วรณวิเศษ. 2558. การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ: ผลกระทบต่อประเทศไทย. สำนักวิชาการ สำนักงานเลขาธิการวุฒิสภา.
http://library.senate.go.th/document/Ext10567/10567795_0002.PDF. (18 ธันวาคม 2563).
 สมศรี อรุณินท์. 2539. *ดินเค็มในประเทศไทย*. กรุงเทพฯ: กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์การเกษตร.
 Black, C. A. 1965. *Method of soil Analysis, Part 2. Chemical and Microbiological Properties*. Madison, Wisconsin: American Society of Agronomy.
 Brinkman, R., and Singh, V. P. 1982. Reclamation of brackish water fishponds in acid sulfate soils. <https://edepot.wur.nl/75851> (11 December 2020).

- Google Earth. 2021. Sampling location for paddy soil in Nonthaburi and in Pathum Thani Province, Thailand. Google.
<https://earth.google.com/web/@13.67665711,100.44240947,8.22484526a,170488.46962463d,30y,-0h,0t,0r/data=CjwaOhI0CiQweDMxMWQ4MDhhYTlmYjhINDc6MHgxMDE5MjM3NDUwYzQ4NTAqDFBBVEhVTSBUSEFOSRgCIAE6AwoBMA.> (26 January 2021).
- Havlin, J. L., Beaton, J. D., Tisdale, S.M., and Nelson, W. L. 2005. *Soil Fertility and Fertilizers: An Introduction to Nutrient Management*. 7th Edition. New York: Pearson Prentice Hall.
- Keren, R. 2000. Salinity. In *Handbook of Soil Science*, M.E. Summer, ed. pp. G3-G21. Boca Raton: CRC. Press, LLC.
- Mengel, K., and Kirkby, E. A. 2001. *Principles of Plant Nutrition*. 5th Edition. Dordrecht: Kluwer Academic.
- Nicholls, R. J., and Cazenave, A. 2010. Sea-level rise and its impacts on coastal zones. *Science* 328(5985): 1517-1520.
- Phankamolsil, N., Sonsri, K., and Phankamolsil, Y. 2021. Consequence of seawater intrusion on soil properties in agricultural areas of Nonthaburi Province, Thailand. *Applied Environmental Research* 43(2): 77-92.
- Salinity Management guide. 2007. Learn about salinity and water quality: sodium adsorption ratio. https://watereuse.org/salinity-management/le/le_5.html. (10 August 2021).
- Sojisuporn, P., Sangmanee, C., and Wattayakorn, G. 2013. Recent estimate of sea-level rise in the Gulf of Thailand. *Maejo International Journal of science and Technology* 7(Special Issue): 106-113.
- TransRe Fact Sheet (TRF). 2011. Climate change in Thailand. Translocal Resilience Project.
http://www.transre.org/application/files/7415/4411/3781/Climate_Change_in_Thailand_TransRe_Fact_Sheet_No._2.pdf. (5 January 2021).
- United nation framework convention on climate change. 2020. Climate change. <https://unfccc.int/topics/adaptation-and-resilience/the-big-picture/what-do-adaptation-to-climate-change-and-climate-resilience-mean>. (12 December 2020).
- U.S. Salinity Laboratory Staff. 1954. *Diagnosis and improvement of saline and alkali soils*. Washington: U.S. Department of Agriculture Handbook No. 60.
- Wongpokhom, N. 2007. Variability of natural soil systems as affected by salinity level in Thailand. Ph.D. thesis, Kasetsart University, Bangkok, Thailand.

วันรับบทความ (Received date) : 17 ส.ค. 64

วันแก้ไขบทความ (Revised date) : 17 ก.พ. 65

วันตอบรับบทความ (Accepted date) : 22 มี.ค. 65

สถานการณ์การสื่อสารเพื่อส่งเสริมการเกษตรของสถานศึกษาในเขตชุมชนเมือง Knowledge Transfer Situation for Agricultural Extension in Schools in Urban Areas

พัชรา เอี่ยมกิจการ สบายใจ¹ และทิพวรรณ ลิ้มกูร¹

Phatchara Eamkijarn Sabaijai¹ and Tippawan Limunggura¹

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสถานการณ์การสื่อสารในการส่งเสริมการเกษตรในเมืองของสถานศึกษาในเขตชุมชนเมือง โดยวิธีวิจัยเชิงปริมาณ ที่ใช้แบบสอบถามในการเก็บข้อมูลจากผู้แทนสถานศึกษาในเขตอำเภอเมือง จำนวน 400 แห่ง ผลการวิจัยพบว่า 1) การให้ความสำคัญและตระหนักของสถานศึกษาต่อการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการเกษตรในปัจจุบัน และอนาคตเกือบทุกประเด็นอยู่ในระดับมาก ยกเว้นในปัจจุบันที่การสนับสนุนด้านการพัฒนาศักยภาพบุคลากรทางการเกษตรอยู่ในระดับปานกลาง 2) สถานการณ์การสื่อสารในการจัดการเรียนรู้เพื่อการส่งเสริมการเกษตรมีองค์ประกอบของการสื่อสารในการจัดการเรียนการสอนในห้องเรียนและการจัดกิจกรรมนอกห้องเรียนมีลักษณะคล้ายคลึงกัน ได้แก่ ครูเป็นผู้ถ่ายทอด/ผู้สอน ข้อมูล ประเด็น หรือเนื้อหาจะเป็นความรู้ด้านการเกษตรตามแบบเรียนของกระทรวงศึกษาธิการควบคู่กับความรู้ด้านการเกษตรที่เป็นกระแสสังคมโลกและประเทศ และความรู้ด้านการเกษตรพื้นฐานทั่วไป ซึ่งเน้นในประเด็นเกี่ยวกับการผลิตทางการเกษตร และกลุ่มเป้าหมายสำคัญเป็นนักเรียน ยกเว้นสื่อในการจัดการเรียนการสอนในห้องเรียนมีการใช้หนังสือเรียน แต่การจัดกิจกรรมนอกห้องเรียนเป็นการใช้แปลงสาธิตมากที่สุด 3) ภาควิชาหรือผู้มีส่วนร่วมในการจัดการเรียนรู้เพื่อการส่งเสริมการเกษตรส่วนใหญ่เป็นความร่วมมือของครอบครัวของนักเรียนกับชุมชน และ 4) ความสำเร็จของสถานศึกษาในการจัดการเรียนรู้เพื่อการส่งเสริมการเกษตรส่วนใหญ่อยู่ในระดับมาก

คำสำคัญ: สื่อ เกษตรในเมือง สถานศึกษา การส่งเสริมการเกษตร

Abstract

This research studied the modes and status of learning management promoting agriculture in schools within urban areas using quantitative research methods. Data from questionnaires from 400 representative schools in urban districts resulted indicated that: 1) The emphasis and awareness of the educational institutions towards learning management that promotes agriculture is at a high level in almost every aspect, , except that support for agricultural human resources is only moderate 2) learning management promoting agriculture in classrooms contained similar components with outdoor learning activities. That is, the teacher is the source of knowledge, agricultural material taught conforms to Ministry of Education's text book including trends in world agriculture, and basic agricultural knowledge emphasizing production, targeted at students. Primary media used in classrooms were text books, while the outdoor activities were mostly demonstrative garden plots 3) the majority of participants or partners supporting the learning management promoting agriculture were the students' families and community 4) the overall level of learning management promoting agriculture in urban educational institutions was at a high level.

Keyword: media, urban agriculture, school, agricultural extension

คำนำ

วิถีชีวิตของประชาชนที่อาศัยอยู่ในเขตเมืองต่างได้รับผลกระทบจากภาคธุรกิจและภาคอุตสาหกรรมจึงทำให้ห่างไกลจากภาคการเกษตร โดยแนวคิดเรื่องเกษตรกรรมที่ทำในเมือง (urban agriculture) ได้เกิดขึ้นที่สหรัฐอเมริกาตั้งแต่ศตวรรษที่ 19 จากจุดเริ่มต้นในความต้องการผลิตอาหารกินเอง ความต้องการให้การศึกษาด้านการเกษตรแก่คนเมือง ความต้องการ

¹หลักสูตรนิเทศศาสตร์เกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

¹Agricultural Communication, Faculty of Agriculture Technology, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok 10520

^{*}Corresponding author, Email: phatchara.ea@kmitl.ac.th

พัฒนาสังคม การสร้างชุมชนผ่านการทำเกษตรกรรม และความต้องการสร้างความมั่นคงทางอาหาร ซึ่งการทำเกษตรในเมืองยังมีบทบาททางสังคมที่สำคัญ อาทิ การส่งเสริมสุขภาพของสังคม การบรรเทาปัญหาโลกร้อน ความเป็นธรรมชาติทางอาหาร และนิเวศวิทยาในเขตเมือง อีกทั้งยังเป็นการสร้างโอกาสให้คนเมืองสามารถเป็นผู้ผลิตอาหาร โดยเฉพาะการช่วยเหลือคนจนหรือผู้ที่ไม่สามารถเข้าถึงอาหารได้ หรือแม้กระทั่งการเป็นกิจกรรมเพื่อการพักผ่อน (พัชรินทร์ พันธุ์แน่น, 2561) โดยเฉพาะในกลุ่มเด็กและเยาวชนในเขตเมืองที่ใช้เวลาส่วนใหญ่กับเทคโนโลยี จึงทำให้วิถีชีวิตและจิตสำนึกของเด็กห่างไกลจากเกษตรกรรม สิ่งแวดล้อม และการพึ่งพาตนเองขึ้นพื้นฐานในด้านการเกษตรน้อยลง อาทิ การปลูกผักทานเอง การดูแลรักษาผัก และการใช้ประโยชน์จากผักที่ปลูกได้ ฯลฯ โดยการเรียนรู้ด้านการเกษตรจึงเกิดขึ้นบนโลกของเทคโนโลยีที่เด็กได้ฝึกปฏิบัติผ่านสื่อ เช่น การเรียนรู้การปลูกพืชและเลี้ยงสัตว์จากเกม Farm Ville การเรียนรู้การปลูกกระบองเพชรในแอปพลิเคชัน plant nanny การเรียนรู้การติดตามต้นไม้ผ่านยูทูปหรือรูปภาพในเว็บไซต์ เป็นต้น ซึ่งสถานการณ์ดังกล่าวสอดคล้องกับคำกล่าวของ ริชาร์ด ลูฟว์ ที่เรียกโรคนี้ว่า “โรคขาดธรรมชาติ (nature deficit disorder) ที่เด็กในปัจจุบันเผชิญวัฒนธรรมติดจออิเล็กทรอนิกส์ตลอดเวลา ไม่ว่าจะติดเกม ติดโซเชียลมีเดีย รวมถึงมีความสัมพันธ์และเรียนรู้โลกของธรรมชาติที่เปลี่ยนแปลงไป (สถาบันแห่งชาติเพื่อการพัฒนาเด็กและครอบครัว, 2564) จึงขาดปฏิสัมพันธ์กับบุคคลอื่น ๆ ในโลกแห่งความเป็นจริง ทำให้เกิดพัฒนาการที่ต่างกันระหว่างสองสังคม คือสังคมออนไลน์ที่อาจเป็นคนเก่งกาจรอบรู้ และมีปฏิสัมพันธ์ที่ดีกับคนอื่น ๆ แต่ในโลกความเป็นจริงกลับมีพัฒนาการด้านต่าง ๆ ที่ล่าช้า ซึ่งสถานการณ์ดังกล่าวจะส่งผลกระทบต่อเด็กทั้งด้านสุขภาพทางกายและสติปัญญาที่ไม่ได้รับการพัฒนาอย่างเหมาะสม เด็กบางคนขาดโอกาสใกล้ชิดธรรมชาติ วิ่งเล่นกลางแจ้ง ขุดดินปลูกพืชผัก โดยพ่อแม่ใช้สื่อในการเลี้ยงลูกผ่านการดูวิดีโอ ดูการ์ตูน หรือเล่นไอแพดเพื่อความสะดวกในการดูแล จึงมีโอกาสนในการเคลื่อนไหวร่างกายน้อยทำให้กลายเป็นเด็กที่พัฒนาการล่าช้า ไม่ชอบออกกำลังกายหรือทำกิจกรรมกลางแจ้ง ไม่มีทักษะการสื่อสารและปรับตัวกับผู้อื่นที่เป็นพื้นฐานสำคัญในอนาคต

ทั้งนี้ การส่งเสริมการเกษตรในเมืองให้แก่เด็กและเยาวชนที่อาศัยในเขตชุมชนเมืองจึงมีความสำคัญที่นำไปสู่การพัฒนาคุณภาพชีวิตของเด็กและเยาวชนทั้งในด้านการเกษตรและการส่งเสริมพัฒนาการที่เหมาะสมกับช่วงวัยที่เด็กจะได้เรียนรู้ผ่านการลงมือปฏิบัติ (learning by doing) ที่พวกเขาจะได้ประสบการณ์จริง และการลงมือปฏิบัติยังเป็นกระบวนการเรียนรู้ที่เด็กและเยาวชนจะได้เคลื่อนไหวร่างกาย ซึ่งจะเป็นการพัฒนากล้ามเนื้อใหญ่และกล้ามเนื้อเล็ก พัฒนาศติปัญญา พัฒนาการสื่อสารและการปรับตัวเข้ากับสังคม อีกทั้งยังเรียนรู้ถึงกระบวนการแก้ไขปัญหา รู้จักคิดและวิเคราะห์อย่างเป็นเหตุผล ตามตรรกะของวิทยาศาสตร์ (ทิสนา แหม่มณี, 2551) ซึ่งหากกลุ่มเป้าหมายในการส่งเสริมการเกษตรคือเด็กและเยาวชนแล้ว พื้นที่สำหรับการจัดการเรียนรู้ในการส่งเสริมการเกษตรที่สำคัญคงหนีไม่พ้นสถานศึกษา ซึ่งเป็นอีกหนึ่งสถาบันทางสังคมที่มีความใกล้ชิดกับเด็กทั้งในมิติด้านเวลาที่เด็กใช้เวลาส่วนใหญ่ถึง 5 วันต่อสัปดาห์ในพื้นที่ของโรงเรียน และมีมิติด้านพื้นที่ โดยเฉพาะในเขตชุมชนเมืองที่มีพื้นที่ใช้สอยอย่างจำกัดจึงเป็นโอกาสอันดีที่สถานศึกษาซึ่งมีพื้นที่กว้างขวางกว่าที่อยู่อาศัยของเด็กและเยาวชน เช่น คอนโด บ้านเช่า ทาวน์เฮาส์ ฯลฯ จะถูกจัดเป็นแหล่งเรียนรู้ด้านการเกษตรที่บูรณาการการจัดการเรียนรู้ทั้งในระบบและนอกระบบที่สอดคล้องกันให้เกิดทั้งการเรียนการสอนด้านการเกษตรในห้องเรียนที่ผสมผสานกับการจัดกิจกรรมส่งเสริมการเกษตรนอกห้องเรียนให้เกิดการเรียนรู้ควบคู่กันได้อย่างมีประสิทธิภาพผ่านการจัดการเรียนรู้โดยครูที่สามารถบูรณาการเนื้อหาในรายวิชากับกิจกรรมนอกห้องเรียนได้อย่างลงตัวอีกด้วย

นอกจากนี้จากโครงการบริการวิชาการ กิจกรรมบริการวิชาการแก่ชุมชน เรื่อง การฝึกอบรมส่งเสริมความรู้ด้านการผลิตอุปกรณ์การเกษตรโดยวัสดุเหลือใช้แก่เด็กและเยาวชนในเขตชุมชนเมือง ในปี พ.ศ. 2558 ยังได้สะท้อนภาพการเรียนรู้การเกษตรผ่านสื่อกิจกรรมที่เด็กและเยาวชนกว่าร้อยละ 87 ระบุว่ามีความรู้ด้านการเกษตรมากขึ้น และร้อยละ 78 ระบุว่าความรู้ที่ได้รับจากสื่อกิจกรรมมีประโยชน์และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้ในอนาคต (พัชรา เขี่ยมกิจการ และคณะ, 2558)

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงเล็งเห็นความสำคัญของสถานศึกษาในการจัดการเรียนรู้ด้านการเกษตรสำหรับเด็กและเยาวชนในเขตชุมชนเมือง ซึ่งการจัดการศึกษาดังกล่าวการสื่อสารได้เข้ามามีบทบาทในการกระตุ้นและหนุนเสริมการเรียนรู้ที่สำคัญในการส่งเสริมการเกษตรในเมืองให้แก่เด็กและเยาวชน ดังนั้นวัตถุประสงค์ของการศึกษาในครั้งนี้เพื่อศึกษาสถานการณ์การสื่อสารในการส่งเสริมการเกษตรในเมืองของสถานศึกษาในเขตชุมชนเมืองทั้งในรูปแบบการจัดการเรียนการสอนในห้องเรียนและการจัดกิจกรรมนอกห้องเรียนเพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการวางแผนการสื่อสารในการส่งเสริมการเกษตรในเมืองของสถานศึกษาในเขตเมืองให้มีประสิทธิภาพต่อไป

วิธีการศึกษา

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงปริมาณ (quantitative research) ที่ใช้แบบสอบถามในการเก็บข้อมูลสถานการณ์การสื่อสารในการส่งเสริมการเกษตรของสถานศึกษาในเขตชุมชนเมือง โดยมีรายละเอียดการดำเนินการวิจัย ดังนี้

1. ศึกษาและทบทวนเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
2. การกำหนดขนาดประชากรและกลุ่มตัวอย่างของสถานศึกษาระดับประถมศึกษาและมัธยมศึกษาภายใต้สังกัดกระทรวงศึกษาธิการ และส่วนราชการอื่น ๆ มีทั้งสิ้น 39,330 แห่ง โดยเป็นสถานศึกษาที่ตั้งอยู่ในเขตกรุงเทพมหานครมีจำนวน 1,445 แห่ง และสถานศึกษาที่ตั้งอยู่ในเขตอำเภอเมืองของจังหวัดต่าง ๆ มีจำนวน 5,345 แห่ง (สำนักงานปลัดกระทรวงศึกษาธิการ, 2556) ดังนั้น การกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างโดยการอ้างอิงตารางของ Yamane (1967) จึงได้กลุ่มตัวอย่างจากผู้แทนสถานศึกษาทั้งสิ้น 400 แห่ง ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
3. การพัฒนาเครื่องมือการวิจัยโดยใช้แบบสอบถามในประเด็นเกี่ยวกับสถานการณ์การสื่อสารในการจัดการเรียนรู้ทั้งการจัดการเรียนการสอนในห้องเรียนและการจัดกิจกรรมนอกห้องเรียนเพื่อส่งเสริมการเกษตรในเมืองของสถานศึกษาในเขตชุมชนเมือง ทั้งในมิติการให้ความสำคัญและความตระหนักของสถานศึกษาต่อการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการเกษตร มิติการสื่อสารในการจัดการเรียนรู้เรื่องการเกษตรที่เชื่อมโยงกับการจัดการเรียนการสอนในห้องเรียนด้านการเกษตรและการจัดกิจกรรมนอกห้องเรียนด้านการเกษตร มิติภาคีหรือผู้มีส่วนร่วมในการจัดการเรียนการสอนและการจัดกิจกรรมการเรียนรู้นอกห้องเรียนด้านการเกษตรภายในสถานศึกษา และการประเมินความสำเร็จในการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการเกษตรในปัจจุบัน
4. การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือการวิจัยทั้งความตรงเชิงเนื้อหาของแบบสอบถามโดยผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 ท่าน และการทดสอบความเที่ยงของแบบสอบถามโดยการเก็บข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างที่มีลักษณะใกล้เคียงกับกลุ่มประชากรจำนวน 30 แห่ง โดยมีค่า Cronbach's Alpha = 0.940
5. การเก็บรวบรวมข้อมูลจากผู้แทนสถานศึกษาในเขตกรุงเทพมหานครและเขตอำเภอเมืองของจังหวัดต่าง ๆ ทั่วประเทศจำนวน 400 แห่ง โดยมีการสุ่มตัวอย่างแบบหลายขั้นตอน (multi-stage sampling) ที่แบ่งสถานศึกษาออกเป็น 6 ภูมิภาค ในแต่ละภูมิภาคจะแบ่งสถานศึกษาเป็นรายจังหวัด จากนั้นแบ่งตามเขตอำเภอเมืองและนอกเขตอำเภอเมือง และทำการสุ่มแบบบังเอิญกับสถานศึกษาในเขตอำเภอเมืองที่ให้ความร่วมมือในการตอบแบบสอบถาม โดยผู้แทนสถานศึกษาจะต้องเป็นผู้ที่มีความเกี่ยวข้องในการจัดการเรียนรู้ด้านการเกษตร อาทิ ผู้บริหารสถานศึกษาที่ดูแลรายวิชาด้านการเกษตร หัวหน้าฝ่ายที่เกี่ยวข้องกับรายวิชาด้านการเกษตร ครูผู้สอนในรายวิชาด้านการเกษตร เป็นต้น
6. การวิเคราะห์และสรุปผลการวิจัยจากแบบสอบถามด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป

ผลการศึกษาและวิจารณ์

ข้อมูลเบื้องต้นของสถานศึกษา สถานศึกษาที่ตอบแบบสอบถามมีที่ตั้งในเขตเมืองครอบคลุมพื้นที่ทั่วประเทศใน 6 ภูมิภาค ได้แก่ ภาคกลาง มีจำนวนมากที่สุด 124 แห่ง (ร้อยละ 31.0) รองลงมาเป็นภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มีจำนวน 104 แห่ง (ร้อยละ 26.0) ภาคใต้ มีจำนวน 66 แห่ง (ร้อยละ 16.5) ภาคเหนือ มีจำนวน 44 แห่ง (ร้อยละ 11.0) ภาคตะวันออก มีจำนวน 40 แห่ง (ร้อยละ 10.0) และน้อยที่สุดคือภาคตะวันตก มีจำนวน 22 แห่ง (ร้อยละ 5.5) ตามลำดับ โดยเป็นสถานศึกษาที่จัดการศึกษาในระดับ มัธยมศึกษามากที่สุด มีจำนวน 186 แห่ง (ร้อยละ 46.5) รองลงมาเป็นประถมศึกษา มีจำนวน 86 แห่ง (ร้อยละ 21.5) และประถมศึกษาขยายโอกาส มีจำนวน 40 แห่ง (ร้อยละ 10.0) ตามลำดับ และสถานศึกษาอยู่ภายใต้สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน (สพฐ.) มีจำนวน 190 แห่ง (ร้อยละ 47.5) รองลงมา คือ องค์การปกครองส่วนท้องถิ่น (อปท.) มีจำนวน 108 แห่ง (ร้อยละ 27.0) และสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมการศึกษาเอกชน (สช.) มีจำนวน 98 แห่ง (ร้อยละ 24.5) ตามลำดับ

ข้อมูลเบื้องต้นของผู้ให้ข้อมูลของสถานศึกษา มีเพศหญิง 218 คน (ร้อยละ 54.5) มากกว่าเพศชายที่มี 182 คน (ร้อยละ 45.5) มีช่วงอายุ 31-40 ปี จำนวน 140 คน (ร้อยละ 35.0) รองลงมา คือ อายุ 41-50 ปี จำนวน 116 คน (ร้อยละ 29.0) และอายุ 51-60 ปี จำนวน 106 คน (ร้อยละ 26.5) ตามลำดับ และมีระดับการศึกษาปริญญาตรีมากที่สุด จำนวน 234 คน (ร้อยละ 58.5) รองลงมา คือ ระดับปริญญาโท จำนวน 152 คน (ร้อยละ 38.0) และระดับปริญญาเอก จำนวน 8 คน (ร้อยละ 2.0) ตามลำดับ มีตำแหน่งในสถานศึกษาเป็นครูหรือผู้สอนในวิชาต่าง ๆ มากที่สุด จำนวน 220 คน (ร้อยละ 55.0) รองลงมา คือ ฝ่ายบริหาร จำนวน 114 คน (ร้อยละ 28.5) และไม่ระบุตำแหน่งในสถานศึกษา จำนวน 40 คน (ร้อยละ 10.0) ตามลำดับ และผู้ให้ข้อมูลสอนหรือรับผิดชอบในระดับชั้นที่มีเนื้อหาเกี่ยวข้องกับการเกษตร ได้แก่ มัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 142 คน (ร้อยละ 35.5) มัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 140 คน (ร้อยละ 35.0) และประถมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 138 คน (ร้อยละ 34.5) ของผู้ให้ข้อมูลของสถานศึกษาทั้งหมด

สถานการณ์การสื่อสารในการจัดการเรียนรู้เพื่อการส่งเสริมการเกษตรของสถานศึกษาในเขตชุมชนเมือง มีรายละเอียดต่อไปนี้

- การให้ความสำคัญและตระหนักของสถานศึกษาต่อการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการเกษตรในปัจจุบันและอนาคต พบว่า ในปัจจุบันและอนาคตสถานศึกษาส่วนใหญ่ให้ความสำคัญและตระหนักต่อการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการเกษตรในเกือบทุกประเด็นอยู่ในระดับมาก ยกเว้นในปัจจุบันที่ยังมีการสนับสนุนในการพัฒนาศักยภาพบุคลากรด้านการเกษตรในระดับปานกลางเท่านั้น ซึ่งหากพิจารณาในรายละเอียดจะเห็นว่าประเด็นที่สถานศึกษาให้ความสำคัญ 3 ลำดับแรกทั้งในช่วงเวลาปัจจุบันและอนาคตมีความสอดคล้องกัน โดยสถานศึกษาได้ตระหนักและให้ความสำคัญต่อการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการเกษตรในภาพรวมมากที่สุดเป็นลำดับแรกเช่นเดียวกัน ซึ่งมีค่าเฉลี่ย 3.74 และ 3.99 ตามลำดับ โดยประเด็นรองลงมา คือ มีการกำหนดนโยบาย/แผนในการจัดการเรียนรู้ด้านการเกษตร มีค่าเฉลี่ย 3.64 และ 3.92 ตามลำดับ และมีการกำหนดตัวชี้วัดในการจัดการเรียนรู้ด้านการเกษตร มีค่าเฉลี่ย 3.64 และ 3.88 ตามลำดับ ดัง Table 1

Table 1 Emphasize and recognize on learning design promoting agriculture.

Topic	Current				Future			
	$\bar{X}$	S.D.	Level	Ranking	$\bar{X}$	S.D.	Level	Ranking
1) Emphasize and recognize	3.74	.847	High	①	3.99	.928	High	①
2) Policy or Plan for agricultural learning	3.64	.844	High	②	3.92	.892	High	②
3) Indicators for agricultural learning	3.64	.844	High	②	3.88	.890	High	③
4) Support budget for agricultural learning	3.48	.917	High	⑤	3.76	.973	High	⑥
5) Support for agricultural human resources	3.37	.908	Medium	⑥	3.77	.981	High	⑤
6) Support for agricultural education	3.57	.915	High	③	3.87	.957	High	④
7) Support for agricultural activities	3.55	.922	High	④	3.87	.921	High	④

- รูปแบบการจัดการเรียนรู้ในการส่งเสริมการเกษตรในเมือง พบว่า ใน 3 ลำดับแรกสถานศึกษามีการจัดการเรียนการสอนในห้องเรียนและกิจกรรมนอกห้องเรียนควบคู่กันมากที่สุด มีจำนวน 262 คน คิดเป็นร้อยละ 65.5 รองลงมา คือ สถานศึกษามีการจัดการเรียนการสอนในห้องเรียนเท่านั้น มีจำนวน 100 คน คิดเป็นร้อยละ 25.0 และสถานศึกษามีการจัดการกิจกรรมนอกห้องเรียนเท่านั้น มีจำนวน 22 คน คิดเป็นร้อยละ 5.5 ตามลำดับ

จากผลการศึกษาศถานการณ์การสื่อสารในการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมการเกษตรของสถานศึกษาในเขตชุมชนเมืองสอดคล้องกับสถานการณ์จริงที่โรงเรียนในเขตอำเภอเมืองหลากหลายโรงเรียนให้ความสำคัญและตระหนักต่อการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมการเกษตร อาทิ โรงเรียนมัธยมศึกษาในเขตอำเภอเมือง จังหวัดอุทัยธานี ได้มีการจัดการเรียนการสอนและกิจกรรมด้านการเกษตรที่บูรณาการระหว่างรายวิชาการงานอาชีพและกิจกรรมด้านการเกษตรในพื้นที่เพาะปลูกที่โรงเรียนจัดสรรไว้ 2 ไร่ โดยแบ่งเป็นบ่อปลา แปลงผลไม้ แปลงผัก และเพาะเห็ด โดยการเรียนรู้จะเกิดขึ้นจากการวางแผนของนักเรียนร่วมกับคำชี้แนะของคุณครูประจำรายวิชา (สุจิต เมืองสุข, 2562) อีกทั้งยังสอดคล้องกับงานวิจัยของจริยา เสตะจันทร์ และคณะ (2560) ที่ชี้ให้เห็นการเรียนรู้แบบมีส่วนร่วมในวิชาการเกษตรที่มีการบูรณาการระหว่างการเรียนการสอนผ่านวิชาเกษตรร่วมกับกิจกรรมนอกห้องเรียนที่เปิดโอกาสให้นักเรียนและผู้ปกครองได้มีส่วนร่วมซึ่งทำให้เกิดความเปลี่ยนแปลงทั้งในด้านความรู้ ทักษะ และทัศนคติที่สูงขึ้นอีกด้วย

สถานการณ์ปัจจุบันของการสื่อสารในการจัดการเรียนการสอนในห้องเรียนและกิจกรรมนอกห้องเรียนเพื่อส่งเสริมการเกษตรในเมือง มีรายละเอียดต่าง ๆ ดังนี้

- สถานการณ์ปัจจุบันของการสื่อสารในการจัดการเรียนการสอนในห้องเรียน พบว่า รูปแบบการจัดการเรียนการสอนในห้องเรียน 3 ลำดับแรก ได้แก่ รูปแบบการจัดการเรียนการสอนในห้องเรียนในลักษณะเป็นการจัดการเรียนการสอนด้านเกษตรที่สอดแทรกเนื้อหาในรายวิชาต่าง ๆ มีมากที่สุด เช่น วิชาวิทยาศาสตร์ที่สอดแทรกเนื้อหาด้านการเกษตร เป็นต้น มีจำนวน 134 คน คิดเป็นร้อยละ 33.5 รองลงมา คือ การจัดการเรียนการสอนในลักษณะเป็นรายวิชาหลักด้านการเกษตร เช่น วิชาเกษตร วิชาการปลูกผัก เป็นต้น มีจำนวน 88 คน คิดเป็นร้อยละ 22.0 และการจัดการเรียนการสอนในลักษณะเป็นรายวิชาหลักด้านการเกษตรควบคู่กับการจัดการเรียนการสอนด้านเกษตรที่สอดแทรกเนื้อหาในรายวิชาต่าง ๆ มีจำนวน 68 คน คิดเป็น

ร้อยละ 17.0 ตามลำดับ นอกจากนี้ในบางสถานศึกษายังมีการจัดการเรียนการสอนในห้องเรียนอีกหลากหลายรูปแบบ อาทิ ลักษณะเป็นรายวิชาเลือกด้านการเกษตร มีจำนวน 12 คน คิดเป็นร้อยละ 3.0 ไม่มีการจัดการเรียนการสอนในห้องเรียนด้านการเกษตร มีจำนวน 14 คน คิดเป็นร้อยละ 3.5 ลักษณะเป็นกิจกรรม 3 รูปแบบควบคู่กันทั้งที่เป็นรายวิชาหลักด้านการเกษตร การสอดแทรกเนื้อหาในรายวิชาต่าง ๆ และเป็นรายวิชาเลือกด้านการเกษตร มีจำนวน 36 คน คิดเป็นร้อยละ 9.0 เป็นต้น

หากพิจารณาการสื่อสารในการจัดการเรียนการสอนในห้องเรียนเพื่อการส่งเสริมการเกษตรในเมืองตามองค์ประกอบของการสื่อสารจะสามารถแบ่งออกได้เป็น 4 องค์ประกอบ คือ ผู้ส่งสาร (sender) เนื้อหาสาร (message) สื่อ (channel) และผู้รับสาร (receiver) โดยมีรายละเอียดต่าง ๆ ดังนี้

ผู้ถ่ายทอด/ผู้สอนสำหรับการจัดการเรียนการสอนในห้องเรียนเพื่อการส่งเสริมการเกษตรในเมือง พบว่า ผู้ถ่ายทอด/ผู้สอนที่มีมากที่สุด 3 ลำดับแรก ได้แก่ ครู มีจำนวน 120 คน คิดเป็นร้อยละ 30.0 รองลงมา คือ ครูควบคู่กับวิทยากรภายนอก และครูควบคู่กับคนในชุมชนหรือปราชญ์ชาวบ้าน มีจำนวน 28 คน คิดเป็นร้อยละ 7.0 เท่ากัน ซึ่งหากพิจารณาถึงการมีส่วนร่วมในการจัดการเรียนการสอนในห้องเรียนจะพบว่าสถานศึกษาได้เปิดโอกาสให้มีการจัดการเรียนการสอนในห้องเรียนเพื่อการส่งเสริมการเกษตรในเมืองโดยอาศัยการมีส่วนร่วมของทั้งนักเรียน ครู บุคลากรในสถานศึกษา ผู้ปกครอง วิทยากรภายนอก และคนในชุมชน/ปราชญ์ชาวบ้านที่เข้ามามีบทบาทในการเป็นผู้ถ่ายทอด/ผู้สอนในการจัดการเรียนการสอนในห้องเรียน โดยมีทั้งในลักษณะการเป็นผู้ถ่ายทอด/ผู้สอนเพียงฝ่ายเดียว มีจำนวน 140 คน คิดเป็นร้อยละ 35.0 การร่วมกันเป็นผู้ถ่ายทอด/ผู้สอน 2 ฝ่าย เช่น ครูร่วมกับผู้ปกครอง บุคลากรในสถานศึกษาร่วมกับคนในชุมชน/ปราชญ์ชาวบ้าน เป็นต้น มีจำนวน 138 คน คิดเป็นร้อยละ 34.5 และการร่วมกันเป็นผู้ถ่ายทอด/ผู้สอน 3 ฝ่าย เช่น นักเรียนร่วมกับครูและวิทยากรภายนอก ครูร่วมกับผู้ปกครองและคนในชุมชน/ปราชญ์ชาวบ้าน เป็นต้น มีจำนวน 76 คน คิดเป็นร้อยละ 19.0 เป็นต้น

ข้อมูล ประเด็น หรือเนื้อหาสำหรับการจัดการเรียนการสอนในห้องเรียนเพื่อการส่งเสริมการเกษตรในเมือง พบว่า ข้อมูล ประเด็น หรือเนื้อหาที่มีมากที่สุด 3 ลำดับแรก ได้แก่ สถานศึกษามุ่งเน้นข้อมูล ประเด็น หรือเนื้อหาใน 3 ประเด็น ควบคู่กันทั้งความรู้ด้านการเกษตรตามแบบเรียนกระทรวงศึกษาธิการ อาทิ การจัดการเรียนการสอนตามเนื้อหาของหนังสือเรียนรายวิชาพื้นฐานงานเกษตร เป็นต้น ความรู้ด้านการเกษตรที่เป็นกระแสสังคมโลกและประเทศ อาทิ การสอดแทรกเนื้อหาเกี่ยวกับการห้ามใช้ 3 สารเคมีกำจัดศัตรูพืช เป็นต้น และความรู้ด้านการเกษตรพื้นฐานทั่วไป อาทิ ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับการเพาะปลูก เป็นต้น มีจำนวน 70 คน คิดเป็นร้อยละ 17.5 รองลงมา คือ ข้อมูล ประเด็น หรือเนื้อหาที่มุ่งเน้นเฉพาะในประเด็น ความรู้ด้านการเกษตรพื้นฐานทั่วไป มีจำนวน 62 คน คิดเป็นร้อยละ 15.5 และความรู้ด้านการเกษตรตามแบบเรียนของกระทรวงศึกษาธิการ มีจำนวน 46 คน คิดเป็นร้อยละ 11.5 ตามลำดับ ซึ่งหากพิจารณาในรายละเอียดจะเห็นได้ว่าการจัดการเรียนการสอนในห้องเรียนส่วนใหญ่ไม่ได้มีการจัดการเรียนการสอนเฉพาะเนื้อหาประเด็นใดประเด็นหนึ่งเท่านั้น แต่จะเป็นการจัดการเรียนการสอนทั้งในลักษณะมุ่งประเด็นเดียว และการจัดการเรียนการสอนที่ควบคู่หลากหลายประเด็นพร้อมกัน โดยการจัดการเรียนการสอนที่มุ่งเน้นข้อมูล ประเด็น หรือเนื้อหาเพียงประเด็นเดียวมีจำนวนมากที่สุด จำนวน 150 คน คิดเป็นร้อยละ 37.5 รองลงมา คือ การจัดการเรียนการสอนในห้องเรียนที่มุ่งเน้นข้อมูล ประเด็น หรือเนื้อหาใน 2 ประเด็น เช่น ความรู้ด้านการเกษตรตามแบบเรียนกระทรวงศึกษาธิการควบคู่กับความรู้ด้านการเกษตรพื้นฐานทั่วไป ความรู้ด้านการเกษตรพื้นฐานทั่วไปควบคู่กับความรู้ด้านการเกษตรในพื้นที่ชุมชนเมืองที่นักเรียนอาศัยอยู่ เป็นต้น มีจำนวน 122 คน คิดเป็นร้อยละ 30.5 และการจัดการเรียนการสอนในห้องเรียนที่มุ่งเน้นข้อมูล ประเด็น หรือเนื้อหาใน 3 ประเด็น เช่น ความรู้ด้านการเกษตรตามแบบเรียนกระทรวงศึกษาธิการควบคู่กับความรู้ด้านการเกษตรที่เป็นกระแสสังคมโลกและประเทศ และความรู้ด้านการเกษตรพื้นฐานทั่วไป เป็นต้น มีจำนวน 92 คน คิดเป็นร้อยละ 23.0 ตามลำดับ

ข้อมูล ประเด็น หรือเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการทางการเกษตรสำหรับการจัดการเรียนการสอนในห้องเรียนเพื่อการส่งเสริมการเกษตรในเมือง พบว่า สถานศึกษาส่วนใหญ่มีการจัดการเรียนการสอนในห้องเรียนที่มุ่งเน้นข้อมูล ประเด็น หรือเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการทางการเกษตรในประเด็นด้านการผลิตมากที่สุด มีจำนวน 128 คน คิดเป็นร้อยละ 32.0 รองลงมา คือ ข้อมูล ประเด็น หรือเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการทางการเกษตรที่มุ่งเน้นใน 3 ประเด็นควบคู่กันทั้งที่เกี่ยวกับการผลิต การแปรรูปผลผลิตทางการเกษตร และการจำหน่ายผลผลิตทางการเกษตร มีจำนวน 76 คน คิดเป็นร้อยละ 19.0 และข้อมูล ประเด็น หรือเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการทางการเกษตรที่มุ่งเน้นใน 4 ประเด็นควบคู่กันทั้งที่เกี่ยวกับการผลิต การแปรรูปผลผลิตทางการเกษตร การจำหน่ายผลผลิตทางการเกษตร และการเกษตรครบวงจร มีจำนวน 60 คน คิดเป็นร้อยละ 15.0 ตามลำดับ

สื่อสำหรับการจัดการเรียนการสอนในห้องเรียนเพื่อการส่งเสริมการเกษตรในเมือง พบว่า การจัดการเรียนการสอนในห้องเรียนเพื่อการส่งเสริมการเกษตรในเมืองมีการใช้สื่อมากที่สุด 3 ลำดับแรก คือ หนังสือเรียน มีจำนวน 306 คน

คิดเป็นร้อยละ 76.5 รองลงมา คือ แปลงสาธิต มีจำนวน 232 คน คิดเป็นร้อยละ 58.0 และเอกสารการสอน มีจำนวน 228 คน คิดเป็นร้อยละ 57.0 ตามลำดับ

กลุ่มเป้าหมายสำหรับการจัดการเรียนการสอนในห้องเรียนเพื่อการส่งเสริมการเกษตรในเมือง พบว่ากลุ่มเป้าหมายที่มีมากที่สุด 3 ลำดับแรก ได้แก่ นักเรียน มีจำนวน 134 คน คิดเป็นร้อยละ 33.5 รองลงมา คือ กลุ่มเป้าหมายทั้งนักเรียนและครูควบคู่กัน มีจำนวน 54 คน คิดเป็นร้อยละ 13.5 และกลุ่มเป้าหมายทั้งนักเรียนและครอบครัวนักเรียนควบคู่กัน และกลุ่มเป้าหมายทั้งนักเรียน ครู และบุคลากรในสถานศึกษาควบคู่กัน มีจำนวน 26 คนเท่ากัน คิดเป็นร้อยละ 6.5 ตามลำดับ ซึ่งหากพิจารณาถึงการจัดการเรียนการสอนในห้องเรียนเพื่อการส่งเสริมการเกษตรในเมืองจะเห็นได้ว่าสถานศึกษาส่วนใหญ่ไม่ได้มุ่งจัดการเรียนการสอนที่ให้ความรู้ด้านการเกษตรในเมืองเฉพาะกลุ่มนักเรียนเท่านั้น แต่เป็นการจัดการเรียนการสอนด้านการเกษตรไปสู่กลุ่มเป้าหมายที่หลากหลายทั้งนักเรียน ครู บุคลากรในสถานศึกษา ครอบครัวนักเรียน และชุมชน โดยสถานศึกษามีการจัดการเรียนการสอนในห้องเรียนเพื่อส่งเสริมการเกษตรในเมืองให้แก่กลุ่มเป้าหมายเพียงกลุ่มเดียวมากที่สุด มีจำนวน 154 คน คิดเป็นร้อยละ 38.5 แต่ยังคงมีการจัดการศึกษาให้หลากหลายกลุ่มเป้าหมายพร้อมกัน อาทิ การจัดการเรียนการสอนในห้องเรียนให้กลุ่มเป้าหมาย 2 กลุ่ม เช่น นักเรียนกับครอบครัวนักเรียนควบคู่กัน นักเรียนกับครูควบคู่กัน เป็นต้น มีจำนวน 128 คน คิดเป็นร้อยละ 32.0 การจัดการเรียนการสอนในห้องเรียนให้กลุ่มเป้าหมาย 3 กลุ่ม เช่น นักเรียน บุคลากรในสถานศึกษา และชุมชนควบคู่กัน เป็นต้น มีจำนวน 76 คน คิดเป็นร้อยละ 19.0 เป็นต้น

ดังนั้นจากที่กล่าวมาถึงสถานการณ์การสื่อสารในการจัดการเรียนการสอนในห้องเรียนเพื่อการส่งเสริมการเกษตรในเมืองตามองค์ประกอบของการสื่อสาร จึงสามารถสรุปรายละเอียดได้ดัง Figure 1

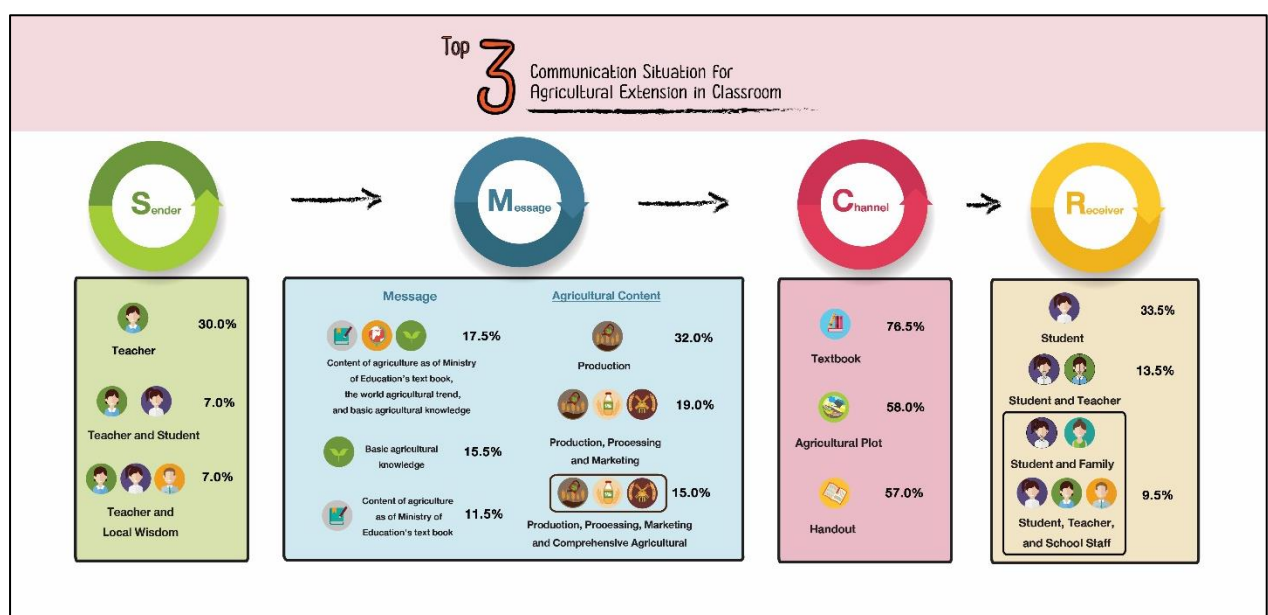


Figure 1 The communicative situation of learning management promoting agriculture in classroom.

จากผลการศึกษาด้านการสื่อสารในการจัดการเรียนการสอนในห้องเรียนเพื่อการส่งเสริมการเกษตรในเมืองตามองค์ประกอบของการสื่อสารมีความสอดคล้องกับงานวิจัยของจรงัก วงศ์ไชย (2555) ที่สะท้อนให้เห็นถึงกระบวนการเรียนการสอนงานเกษตรของโรงเรียนที่ผ่านมาจะมีครูเป็นผู้กำหนดเนื้อหาและจัดกิจกรรมการเรียนการสอนเองทั้งหมดโดยผู้เรียนและชุมชนมีส่วนร่วมน้อยซึ่งจากการวิจัยก็ได้สะท้อนภาพครูเป็นผู้ส่งสารมากที่สุดถึงร้อยละ 30 แต่ก็ยังเห็นภาพการมีส่วนร่วมของชุมชนผ่านวิทยากรภายนอก คนในชุมชน และปราชญ์ชาวบ้าน อีกทั้งในด้านเนื้อหาทางการเกษตรส่วนใหญ่ครูจะทำการวิเคราะห์จากหลักสูตรแกนกลางเพื่อนำมาบูรณาการกับการจัดการเรียนการสอนควบคู่กับกิจกรรมการเรียนรู้นอกห้องเรียนในแหล่งเรียนรู้ด้านการเกษตรของชุมชนไปสู่กลุ่มเป้าหมายที่สำคัญคือนักเรียนเช่นเดียวกัน อีกทั้งยังสอดคล้องกับผลการวิจัยของจรรยา เสตะจันทร์ และคณะ (2560) ที่ชี้ให้เห็นถึงการสื่อสารในการจัดการเรียนการสอนวิชาการเกษตรในประเด็นเกี่ยวกับเกษตรในเมืองได้มีกลุ่มเป้าหมายที่สำคัญคือนักเรียนเช่นเดียวกัน อีกทั้งยังมีเนื้อหาเกี่ยวข้องกับการผลิตมากที่สุดโดยเน้นที่การปลูกผักในเมืองผ่านสื่อที่เป็นกิจกรรมร่วมกันของครอบครัวและนักเรียน โดยผลการวิจัยมีความแตกต่างเพียงผู้ส่งสารที่งานวิจัยมุ่งเน้นการมีส่วนร่วมของนักวิจัยในการทำหน้าที่เป็นผู้ส่งสารต่อนักเรียนเพิ่มมากขึ้น และในด้านเนื้อหาที่นักเรียนสนใจด้านการ

ผลดีมากที่สุดยังสอดคล้องกับงานวิจัยของศิริกาญจน์ อะนันเชื้อ และคณะ (2555) ที่ชี้ให้เห็นความรู้และทักษะที่นักเรียนให้ความสนใจมากที่สุด คือการปลูกผัก ร้อยละ 32.1 การเพาะเห็ดและการเพาะถั่วงอก ร้อยละ 19.2 การทำปุ๋ยอินทรีย์ ร้อยละ 15.4 และการขยายพันธุ์พืช ร้อยละ 14.1 อีกด้วย นอกจากนี้หากการจัดการเรียนการสอนด้านการเกษตรในเมืองในห้องเรียนโดยการเปิดโอกาสให้นักเรียนและครอบครัวได้มีส่วนร่วมจะสามารถปรับเปลี่ยนทัศนคติในการเรียนวิชาเกษตรได้อีกด้วย

- **สถานการณ์ปัจจุบันของการสื่อสารในการจัดกิจกรรมนอกห้องเรียน** พบว่า รูปแบบการจัดกิจกรรมนอกห้องเรียน 3 ลำดับแรก ได้แก่ รูปแบบการจัดกิจกรรมนอกห้องเรียนในลักษณะที่เป็นกิจกรรมของรายวิชามากที่สุด มีจำนวน 102 คน คิดเป็นร้อยละ 25.5 รองลงมา คือ การจัดกิจกรรมนอกห้องเรียนที่มี 3 รูปแบบควบคู่กันโดยมีลักษณะเป็นกิจกรรมของรายวิชา กิจกรรมที่สถานศึกษาจัดขึ้นเอง และกิจกรรมที่หน่วยงานภายนอกจัดให้สถานศึกษา มีจำนวน 72 คน คิดเป็นร้อยละ 18.0 และการจัดกิจกรรมนอกห้องเรียนในลักษณะเป็นกิจกรรมที่สถานศึกษาจัดขึ้นเอง มีจำนวน 56 คน คิดเป็นร้อยละ 14.0 ตามลำดับ นอกจากนี้ในบางสถานศึกษายังมีการจัดกิจกรรมนอกห้องเรียนในอีกหลากหลายรูปแบบ อาทิ ลักษณะเป็นกิจกรรมที่สถานศึกษาจัดให้ชุมชน มีจำนวน 18 คน คิดเป็นร้อยละ 4.5 ไม่มีการจัดกิจกรรมนอกห้องเรียนด้านการเกษตร มีจำนวน 32 คน คิดเป็นร้อยละ 8.0 ลักษณะกิจกรรม 4 รูปแบบควบคู่กันทั้งที่เป็นกิจกรรมของรายวิชาควบคู่กับกิจกรรมที่สถานศึกษาจัดขึ้นเอง กิจกรรมที่หน่วยงานภายนอกจัดให้สถานศึกษา และกิจกรรมที่สถานศึกษาจัดให้ชุมชน มีจำนวน 36 คน คิดเป็นร้อยละ 9.0 เป็นต้น

หากพิจารณาการสื่อสารในการจัดกิจกรรมนอกห้องเรียนเพื่อการส่งเสริมการเกษตรในเมืองตามองค์ประกอบของการสื่อสารจะสามารถแบ่งออกได้เป็น 4 องค์ประกอบ คือ ผู้ส่งสาร (sender) เนื้อหาสาร (message) สื่อ (channel) และผู้รับสาร (receiver) โดยมีรายละเอียดต่าง ๆ ดังนี้

ผู้ถ่ายทอด/ผู้สอนสำหรับการจัดกิจกรรมนอกห้องเรียนเพื่อการส่งเสริมการเกษตรในเมือง พบว่า ผู้ถ่ายทอด/ผู้สอนที่มีมากที่สุด 3 ลำดับแรก ได้แก่ ครู มีจำนวน 70 คน คิดเป็นร้อยละ 17.5 รองลงมา คือ ครูควบคู่กับนักเรียน และครูควบคู่กับนักเรียนและบุคลากรในสถานศึกษา มีจำนวน 22 คน คิดเป็นร้อยละ 5.5 เท่ากัน ซึ่งหากพิจารณาถึงการมีส่วนร่วมในการจัดกิจกรรมนอกห้องเรียนจะพบว่าสถานศึกษาได้เปิดโอกาสให้มีการจัดกิจกรรมนอกห้องเรียนเพื่อการส่งเสริมการเกษตรในเมือง โดยอาศัยการมีส่วนร่วมของทั้งนักเรียน ครู บุคลากรในสถานศึกษา ผู้ปกครอง วิทยากรภายนอก และคนในชุมชน/ปราชญ์ชาวบ้านในการรับบทบาทเป็นผู้ส่งสารเช่นเดียวกัน โดยมีทั้งในลักษณะการเป็นผู้ถ่ายทอด/ผู้สอนเพียงฝ่ายเดียว มีจำนวน 128 คน คิดเป็นร้อยละ 32.0 การร่วมกันเป็นผู้ถ่ายทอด/ผู้สอน 2 ฝ่าย เช่น ครูร่วมกับคนในชุมชน/ปราชญ์ชาวบ้าน ครูร่วมกับผู้ปกครอง เป็นต้น มีจำนวน 126 คน คิดเป็นร้อยละ 31.5 และการร่วมกันเป็นผู้ถ่ายทอด/ผู้สอน 3 ฝ่าย เช่น นักเรียนร่วมกับครูและบุคลากรในสถานศึกษา ครูร่วมกับบุคลากรในสถานศึกษาและผู้ปกครอง เป็นต้น มีจำนวน 100 คน คิดเป็นร้อยละ 25.0

ข้อมูล ประเด็น หรือเนื้อหาสำหรับการจัดกิจกรรมนอกห้องเรียนเพื่อการส่งเสริมการเกษตรในเมือง พบว่า ข้อมูล ประเด็น หรือเนื้อหาที่มีมากที่สุด 3 ลำดับแรก ได้แก่ สถานศึกษาที่มุ่งเน้นใน 3 ประเด็นเหล่านี้ควบคู่กันมากที่สุด คือ ความรู้ด้านการเกษตรตามแบบเรียนกระทรวงศึกษาธิการ ความรู้ด้านการเกษตรที่เป็นกระแสสังคมโลกและประเทศ และความรู้ด้านการเกษตรพื้นฐานทั่วไป มีจำนวน 66 คน คิดเป็นร้อยละ 16.5 รองลงมา คือ ข้อมูล ประเด็น หรือเนื้อหาที่มุ่งเน้นในประเด็นเกี่ยวกับความรู้ด้านการเกษตรพื้นฐานทั่วไป มีจำนวน 64 คน คิดเป็นร้อยละ 16.0 และความรู้ด้านการเกษตรตามแบบเรียนกระทรวงศึกษาธิการ มีจำนวน 46 คน คิดเป็นร้อยละ 11.5 ตามลำดับ ซึ่งหากพิจารณาในรายละเอียดจะเห็นได้ว่าการจัดกิจกรรมนอกห้องเรียนส่วนใหญ่ไม่ได้มีการจัดกิจกรรมเฉพาะในเนื้อหาประเด็นใดประเด็นหนึ่งเท่านั้น แต่เป็นการจัดการเรียนการสอนทั้งในลักษณะมุ่งเน้นประเด็นเดียว และการจัดการเรียนการสอนที่ควบคู่หลากหลายประเด็นพร้อมกันอีกด้วย โดยการจัดกิจกรรมที่มุ่งเน้นข้อมูล ประเด็น หรือเนื้อหาเพียงประเด็นเดียวมีจำนวนมากที่สุด มีจำนวน 174 คน คิดเป็นร้อยละ 43.5 รองลงมา คือ การจัดกิจกรรมนอกห้องเรียนมีการเน้นข้อมูล ประเด็น หรือเนื้อหาใน 2 ประเด็น เช่น ความรู้ด้านการเกษตรตามแบบเรียนกระทรวงศึกษาธิการควบคู่กับความรู้ด้านการเกษตรพื้นฐานทั่วไป ความรู้ด้านการเกษตรพื้นฐานทั่วไปควบคู่กับความรู้ด้านการเกษตรในพื้นที่ชุมชนเมืองที่นักเรียนอาศัยอยู่ เป็นต้น มีจำนวน 100 คน คิดเป็นร้อยละ 25.0 และการจัดกิจกรรมนอกห้องเรียนที่มุ่งเน้นข้อมูล ประเด็น หรือเนื้อหาใน 3 ประเด็น เช่น ความรู้ด้านการเกษตรตามแบบเรียนกระทรวงศึกษาธิการควบคู่กับความรู้ด้านการเกษตรที่เป็นกระแสสังคมโลกและประเทศ และความรู้ด้านการเกษตรพื้นฐานทั่วไป เป็นต้น มีจำนวน 92 คน คิดเป็นร้อยละ 23.0

ข้อมูล ประเด็น หรือเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการทางการเกษตรสำหรับการจัดกิจกรรมนอกห้องเรียนเพื่อการส่งเสริมการเกษตรในเมือง พบว่า สถานศึกษาส่วนใหญ่มีการจัดกิจกรรมนอกห้องเรียนที่มุ่งเน้นข้อมูล ประเด็น หรือเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการทางการเกษตรในประเด็นด้านการผลิตมากที่สุดเป็นอันดับแรก มีจำนวน 106 คน คิดเป็นร้อยละ

ละ 26.5 รองลงมา คือ ข้อมูล ประเด็น หรือเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการทางการเกษตรที่มุ่งเน้นใน 3 ประเด็นควบคู่กันทั้งที่เกี่ยวกับการผลิต การแปรรูปผลผลิตทางการเกษตร และการจำหน่ายผลผลิตทางการเกษตร มีจำนวน 92 คน คิดเป็นร้อยละ 23.0 และประเด็นเกี่ยวกับการผลิต การแปรรูปผลผลิตทางการเกษตร และการเกษตรครบวงจรควบคู่กัน มีจำนวน 70 คน คิดเป็นร้อยละ 17.5 ตามลำดับ

สื่อสำหรับการจัดกิจกรรมนอกห้องเรียนเพื่อการส่งเสริมการเกษตรในเมือง พบว่า สื่อที่ใช้ในการจัดกิจกรรมนอกห้องเรียนเพื่อการส่งเสริมการเกษตรในเมืองมากที่สุด 3 ลำดับแรก คือ แพลงสาธิต มีจำนวน 164 คน คิดเป็นร้อยละ 41.0 รองลงมา คือ หนังสือเรียน มีจำนวน 160 คน คิดเป็นร้อยละ 40.0 และ เอกสารการสอน มีจำนวน 142 คน คิดเป็นร้อยละ 35.5

กลุ่มเป้าหมายสำหรับการจัดกิจกรรมนอกห้องเรียนเพื่อการส่งเสริมการเกษตรในเมือง พบว่า กลุ่มเป้าหมายที่มีมากที่สุด 3 ลำดับแรก ได้แก่ นักเรียน มีจำนวน 114 คน คิดเป็นร้อยละ 28.5 รองลงมา คือ กลุ่มเป้าหมายทั้งนักเรียนและครูควบคู่กัน มีจำนวน 40 คน คิดเป็นร้อยละ 10.0 และกลุ่มเป้าหมายทั้งนักเรียน ครู และบุคลากรในสถานศึกษาควบคู่กัน มีจำนวน 38 คน คิดเป็นร้อยละ 9.5 ตามลำดับ ซึ่งหากพิจารณาถึงการจัดกิจกรรมนอกห้องเรียนเพื่อการส่งเสริมการเกษตรในเมืองจะเห็นได้ว่าสถานศึกษาส่วนใหญ่ไม่ได้มุ่งจัดกิจกรรมนอกห้องเรียนที่ให้ความรู้ด้านการเกษตรในเมืองเฉพาะกลุ่มนักเรียนเท่านั้น แต่เป็นการจัดการเรียนการสอนด้านการเกษตรไปสู่กลุ่มเป้าหมายที่หลากหลายทั้งนักเรียน ครู บุคลากรในสถานศึกษา ครอบครัวนักเรียน และชุมชน โดยสถานศึกษามีการจัดกิจกรรมนอกห้องเรียนเพื่อส่งเสริมการเกษตรในเมืองให้แก่กลุ่มเป้าหมายเพียงกลุ่มเดียวมากที่สุด มีจำนวน 138 คน คิดเป็นร้อยละ 34.5 แต่ยังคงมีการจัดกิจกรรมนอกห้องเรียนให้แก่กลุ่มเป้าหมายหลากหลายกลุ่มพร้อมกันอีกด้วย อาทิ การจัดกิจกรรมนอกห้องเรียนมีกลุ่มเป้าหมาย 2 กลุ่ม เช่น นักเรียนควบคู่กับบุคลากรในสถานศึกษา เป็นต้น มีจำนวน 114 คน คิดเป็นร้อยละ 28.5 การจัดกิจกรรมนอกห้องเรียนมีกลุ่มเป้าหมาย 4 กลุ่ม เช่น นักเรียนควบคู่กับครู ครอบครัวนักเรียน และชุมชน เป็นต้น มีจำนวน 10 คน คิดเป็นร้อยละ 2.5 เป็นต้น

ดังนั้นจากที่กล่าวมาถึงสถานการณ์การสื่อสารในการจัดกิจกรรมนอกห้องเรียนเพื่อการส่งเสริมการเกษตรในเมืองตามองค์ประกอบของการสื่อสาร จึงสามารถสรุปรายละเอียดได้ดัง Figure 2

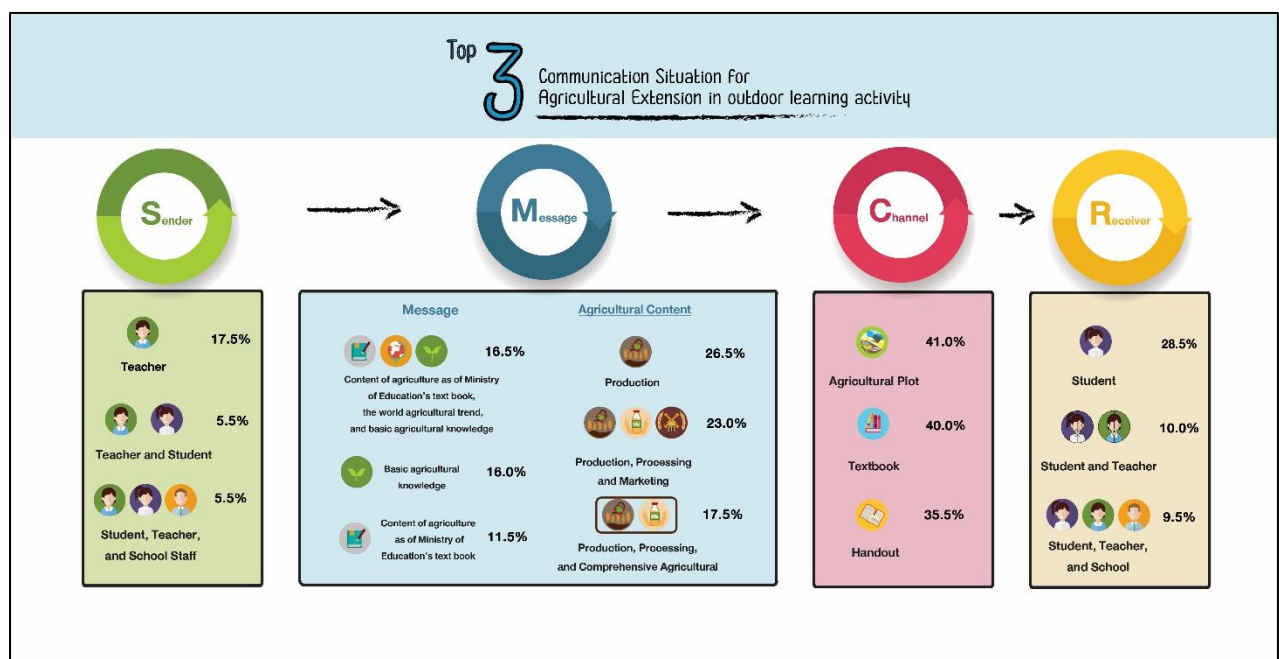


Figure 2 The communicative situation of learning management promoting agriculture in outdoor learning activity.

จากผลการศึกษาสถานการณ์การสื่อสารในการจัดกิจกรรมนอกห้องเรียนเพื่อการส่งเสริมการเกษตรในเมืองตามองค์ประกอบของการสื่อสารมีความสอดคล้องกับงานวิจัยของอภิเดช ช่างชัย และคณะ (2560) ที่ชี้ให้เห็นการพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ด้านการเกษตรนอกห้องเรียนเป็นกิจกรรมที่มุ่งไปสู่กลุ่มเป้าหมายสำคัญคือนักเรียนเช่นกัน โดยมีครู ผู้ปกครอง และวิทยากรในชุมชนเป็นผู้ส่งสารที่มีบทบาทตั้งแต่การวางแผนเพื่อพัฒนาไปสู่แผนกิจกรรมการเรียนรู้การเกษตรแบบผสมผสาน โดยมีเนื้อหาเกี่ยวกับการเลี้ยงสัตว์ การปลูกพืช การแปรรูปผลผลิตทางการเกษตร และการจัดการธุรกิจเกษตรในท้องถิ่น แต่ผลการวิจัยมีความแตกต่างกันในด้านสื่อที่ใช้การศึกษาจากแหล่งเรียนรู้และวิทยากรชุมชนมากกว่าการเรียนรู้จาก

การลงมือปฏิบัติในแปลงสาธิต และที่สำคัญงานวิจัยยังชี้ให้เห็นถึงผลของการเรียนรู้ผ่านกิจกรรมทางการเกษตรนอกห้องเรียนว่าสามารถทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงความรู้และทักษะแก่นักเรียน อีกทั้งยังทำให้นักเรียนได้มีโอกาสเรียนรู้องค์ความรู้ที่หลากหลายจากแหล่งเรียนรู้และวิทยากรชุมชน ซึ่งหากมีการเปิดโอกาสให้คนในชุมชนได้มีส่วนร่วมในการวางแผนจะยิ่งทำให้เกิดความเข้าใจในทิศทางที่ตรงกันอีกด้วย

ภาคีหรือผู้มีส่วนร่วมในการจัดการเรียนการสอนในห้องเรียนและกิจกรรมนอกห้องเรียนด้านการเกษตรในเมือง พบว่า ภาคีหรือผู้มีส่วนร่วมในการจัดการเรียนรู้ด้านการเกษตรทั้งการจัดการเรียนการสอนในห้องเรียนและการจัดการกิจกรรมนอกห้องเรียนที่มีมากที่สุด 3 ลำดับแรก ได้แก่ ครอบครัวนักเรียนร่วมมือกับชุมชน มีจำนวน 100 คน คิดเป็นร้อยละ 25.0 รองลงมา คือ สถานศึกษาดำเนินการจัดการเรียนการสอนและกิจกรรมด้านการเกษตรโดยไม่มีภาคีหรือผู้มีส่วนร่วม มีจำนวน 92 คน คิดเป็นร้อยละ 23.0 และภาคีหรือผู้มีส่วนร่วมเป็นครอบครัวนักเรียน มีจำนวน 52 คน คิดเป็นร้อยละ 13.0 ตามลำดับ ดังนั้นจึงสามารถสะท้อนภาพการมีส่วนร่วมในการจัดการเรียนรู้เพื่อการส่งเสริมการเกษตรในเมืองของสถานศึกษาว่ามีหลากหลายรูปแบบทั้งการจัดการเรียนรู้ด้านการเกษตรโดยสถานศึกษาเพียงอย่างเดียวและการจัดการเรียนรู้ด้านการเกษตรที่อาศัยการมีส่วนร่วมของหลากหลายภาคีในการจัดการเรียนรู้ทั้งในห้องเรียนและนอกห้องเรียน ซึ่งจากผลการสำรวจพบว่า การจัดการเรียนการสอนและกิจกรรมด้านการเกษตรในสถานศึกษาส่วนใหญ่มีภาคีหรือผู้มีส่วนร่วม 2 ภาคี เช่น ชุมชนร่วมกับวัด ชุมชนร่วมกับหน่วยงานภาครัฐ เป็นต้น มีจำนวน 138 คน คิดเป็นร้อยละ 34.5 รองลงมา คือ ภาคีหรือผู้มีส่วนร่วมเพียงภาคีเดียว มีจำนวน 122 คน คิดเป็นร้อยละ 30.5 และไม่มีภาคีหรือผู้มีส่วนร่วม มีจำนวน 92 คน คิดเป็นร้อยละ 23.0 ตามลำดับ

จากผลการศึกษาภาคีหรือผู้มีส่วนร่วมในการจัดการเรียนการสอนในห้องเรียนและกิจกรรมนอกห้องเรียนด้านการเกษตรในเมืองจะเห็นได้ว่ามีทั้งสถานศึกษาที่เปิดโอกาสให้มีส่วนร่วมและสถานศึกษาที่ไม่มีภาคีเข้าร่วมในการจัดการเรียนรู้ด้านการเกษตร แต่จากผลการวิจัยของอภิเดช ช่างชัย และคณะ (2560) และจริยา เสดะจันทน์ และคณะ (2560) ได้ชี้ให้เห็นถึงผลของการเปิดโอกาสให้ภาคีหรือผู้อื่นเข้ามามีส่วนร่วมในการเรียนการสอนและกิจกรรมในรายวิชาที่เกี่ยวข้องกับการเกษตรในเมืองจะนำมาสู่การเปลี่ยนแปลงของนักเรียนทั้งในด้านความรู้ ทักษะ และทัศนคติที่ดีมากขึ้น

ความสำเร็จของสถานศึกษาในการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมด้านการเกษตร พบว่า สถานศึกษาส่วนใหญ่มีความสำเร็จในการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมด้านการเกษตรทั้งการจัดการเรียนการสอนในห้องเรียนและการจัดกิจกรรมนอกห้องเรียนในระดับมาก โดยมีคะแนนเฉลี่ย 6.45 คะแนน (S.D. = 1.883) จากคะแนนเต็ม 10 คะแนน

สรุปผลการศึกษา

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสถานการณ์การสื่อสารในการส่งเสริมการเกษตรในเมืองของสถานศึกษาในเขตชุมชนเมือง โดยผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่าสถานศึกษาได้ให้ความสำคัญและความตระหนักต่อการจัดการเรียนรู้ในการส่งเสริมการเกษตรทั้งในปัจจุบันและอนาคต ซึ่งมีทั้งการจัดการเรียนการสอนในห้องเรียนที่สอดแทรกเนื้อหาด้านการเกษตรในรายวิชาต่าง ๆ ผ่านการสื่อสารที่มีครูเป็นผู้ถ่ายทอดหรือผู้สอนไปยังนักเรียนที่เป็นกลุ่มเป้าหมายสำคัญ โดยยังคงใช้หนังสือเรียนเป็นสื่อเพื่อการเรียนรู้ และการจัดกิจกรรมนอกห้องเรียนผ่านกิจกรรมของรายวิชาที่มีครูเป็นผู้ถ่ายทอดหรือผู้สอนเช่นเดียวกัน โดยมีการบูรณาการความรู้ด้านการเกษตรตามแบบเรียนกระทรวงศึกษาธิการ ความรู้ด้านการเกษตรที่เป็นกระแสสังคมโลกและประเทศ และความรู้ด้านการเกษตรพื้นฐานทั่วไป โดยเฉพาะประเด็นด้านการผลิตที่นักเรียนซึ่งเป็นกลุ่มเป้าหมายจะได้เรียนรู้ผ่านการลงมือปฏิบัติในแปลงสาธิต อีกทั้งการจัดการเรียนรู้เพื่อการส่งเสริมการเกษตรของสถานศึกษาในเขตชุมชนเมืองยังเปิดโอกาสให้ครอบครัวนักเรียนและชุมชนได้เข้ามามีส่วนร่วมในการจัดการศึกษาอีกด้วย ซึ่งจากผลการศึกษาสะท้อนภาพการบูรณาการร่วมกันของการจัดการเรียนการสอนในห้องเรียนและการจัดกิจกรรมนอกห้องเรียนที่ส่งเสริมให้นักเรียนมีความรู้ ทัศนคติ และทักษะด้านการเกษตรในเมืองที่จะนำไปสู่การพัฒนาคุณภาพชีวิตและอาชีพต่อไปในอนาคต

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังที่สนับสนุนทุนวิจัยโครงการนักวิจัยพี่เลี้ยง (Mentorship) ในโครงการวิจัยเรื่องการวิจัยและพัฒนาสื่อในการส่งเสริมการเกษตรในเมืองของสถานศึกษาในเขตชุมชนเมือง

เอกสารอ้างอิง

- จรงัก วงศ์ไชย. 2555. การพัฒนากระบวนการเรียนรู้ฐานเกษตรแบบมีส่วนร่วมของโรงเรียนบ้านผาตูบและชุมชน อำเภอเมือง จังหวัดน่าน. วิทยาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาส่งเสริมการเกษตร บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- จริยา เสดะจันทร์, ดวงกมล ปานรศทิพ ธรรมาธิวัฒน์ และสมศักดิ์ คูหาสวรรค์เวช. 2560. การพัฒนากระบวนการเรียนรู้แบบมีส่วนร่วมในวิชาการเกษตร กรณีศึกษาการปลูกผักในเมืองของนักเรียนชั้นประถมศึกษาโรงเรียนพระแม่สกลสงเคราะห์ จังหวัดนนทบุรี. วารสารเกษตรพระจอมเกล้า 35(1): 72-82.
- ทีศนา แหมมณี. 2551. ศาสตรการสอน. กรุงเทพมหานคร: ศูนย์แห่งหนังสือจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- พัชรา เอี่ยมกิจการ, ลือพงษ์ ลือนาม, สมศักดิ์ คูหาสวรรค์เวช, ดวงกมล ปานรศทิพ ธรรมาธิวัฒน์, รพีพรรณ คันธะวิชัย และสดศรี นกอยู่. 2558. รายงานฉบับสมบูรณ์โครงการฝึกอบรมส่งเสริมความรู้ด้านการผลิตอุปกรณ์การเกษตรโดยวัสดุเหลือใช้แก่เด็กและเยาวชนในเขตชุมชนเมือง. คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- พัลลภรณ์ พันธุ์แน่น. 2561. การพัฒนาสวนเกษตรชุมชนเมืองกับการเสริมสร้าง ชุมชนเข้มแข็ง: กรณีศึกษา ชุมชนพูนทรัพย์ เขตสายไหม กรุงเทพมหานคร. วารสารร่วมพฤษ มหาวิทยาลัยเกริก 36(3): 68-95.
- ศิริกาญจน์ อะนันท์, จินดา ขลิบทอง และบำเพ็ญ เทียวหวาน. 2555. การส่งเสริมเกษตรในโรงเรียนชุมชนบ้านท่าสองยาง สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษา ประถมศึกษาตากเขต 2. ในการประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ครั้งที่ 2. https://www.stou.ac.th/thai/grad_stdy/masters/%E0%B8%9D%E0%B8%AA%E0%B8%AA/research/2nd/index.html. (30 ธันวาคม 2564).
- สถาบันแห่งชาติเพื่อการพัฒนาเด็กและครอบครัว. 2564. Children & Nature-deficit Disorder เด็กกับโรคขาดธรรมชาติ. มหาวิทยาลัยมหิดล. <https://mahidol.ac.th/th/2021/children-nature-deficit-disorder/>. (29 ธันวาคม 2564).
- สำนักงานปลัดกระทรวงศึกษาธิการ. 2556. รายชื่อสถานศึกษา ปีการศึกษา 2556. กระทรวงศึกษาธิการ. <http://www.mis.moe.go.th/statistic>. (12 พฤษภาคม 2558).
- สุจิต เมืองสุข. 2562. ร.ร.อุทัยธานีวิทยาคม บัณฑิตเด็กเกษตรรับ 4.0. https://www.technologychaoban.com/bullet-news-today/article_96146. (29 ธันวาคม 2564).
- อภิเดช ช่างชัย, สันติ ศรีสวนแดง และประสงค์ ต้นพิชัย. 2560. การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ด้านการเกษตรโดยการมีส่วนร่วมของชุมชน: กรณีศึกษา โรงเรียนสาธิตแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน. Veridian E-Journal มหาวิทยาลัยศิลปากร 10(2): 1544-1560.
- Yamane, T. 1967. *Statistics, An Introductory Analysis*. 2nd Ed., New York: Harper and Row.

วันรับบทความ (Received date) : 23 ก.ย. 64

วันแก้ไขบทความ (Revised date) : 4 ม.ค. 65

วันตอบรับบทความ (Accepted date) : 25 มี.ค. 65

การศึกษาชนิดของพืชอาศัยและปริมาณเชื้อเห็ดเอคโตไมคอร์ไรซา (เห็ดเผาะ) ที่เหมาะสม ในการส่งเสริมการเกิดรากเอคโตไมคอร์ไรซาของกล้าไม้วงศ์ยางภายใต้สภาวะเรือนปลูกพืช

Examination of Host Plants and Quantity of Ectomycorrhiza (*Astraeus odoratus*) Suitable for Promoting Ectomycorrhiza Rooting of Dipterocarpaceae Seedlings under Greenhouse Conditions

ธนภัทร อินยอด^{1*}, ธนากร ลัทธิตระสุวรรณ², ธนภัทร เต็มอารมย์¹, ชาตรี กอนี¹, สุริมา ญาติโสม¹, ปิยะดา เขียมประสงค์¹,
ณัฐพัชร ศรีหะนันต์³ และอนุพงศ์ กาบจันทร์⁴
Tanapak Inyod^{1*}, Thanakorn Lattirasuvan², Thanapat Termarom¹, Chatree Konee¹, Surima Yatsom¹, Piyada Eamprasong¹,
Natthapach Srihanant³ and Anupong Gabjun⁴

บทคัดย่อ

เห็ดป่าไมคอร์ไรซา (Mycorrhiza) เป็นราที่เจริญร่วมกันแบบพึ่งพาอาศัย (symbiosis) กับรากพืชชั้นสูง การศึกษาชนิดของพืชอาศัยและปริมาณเชื้อเห็ดเอคโตไมคอร์ไรซา (เห็ดเผาะ) ในการนำมาใช้ส่งเสริมการเจริญเติบโตของกล้าไม้วงศ์ยางได้แก่ ยางนา (*Dipterocarpus alatus* Roxb. ex G.Don), เต็ง (*Shorea obtusa* Wall. ex Blume) และรัง (*Shorea siamensis* Miq.) อายุ 3 เดือน โดยปลูกถ่ายเชื้อลงในต้นกล้า 1 และ 2 ครั้ง แต่ละครั้งระยะเวลาห่างกัน 1 เดือน ปริมาณแตกต่างกัน 2 ระดับ คือ 20 และ 30 มิลลิลิตรต่อต้น เปรียบเทียบกับต้นชุดควบคุม ผลการทดลองพบว่า ต้นเต็งที่มีการปลูกถ่ายเชื้อเห็ดเผาะ 2 ครั้ง ในปริมาณครั้งละ 20 มิลลิลิตร เป็นสภาวะที่เหมาะสมในการส่งเสริมการเกิดรากเอคโตไมคอร์ไรซาของกล้าไม้วงศ์ยางภายใต้สภาวะเรือนปลูกพืชมากที่สุด โดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในด้านความสูง เส้นผ่านศูนย์กลางระดับคอราก ความยาวราก จำนวนรากแขนง และปริมาณมวลชีวภาพส่วนเหนือดิน มีค่าเท่ากับ 15.83 เซนติเมตร, 1.72 มิลลิเมตร, 853 มิลลิเมตร, 990 ราก และ 7.36 กรัม ตามลำดับ รวมถึงมีเปอร์เซ็นต์การเกิดรากเอคโตไมคอร์ไรซามากที่สุดถึง 81.31 เปอร์เซ็นต์ สำหรับการตรวจสอบการมีอยู่ของ DNA ที่มีความจำเพาะต่อเห็ดเผาะในรากพืชอาศัย ด้วยชุดไพรเมอร์ GAPK126F และ GAPK379R พบว่าเกิดแถบ DNA ขนาดประมาณ 250 คู่เบส เมื่อเปรียบเทียบกับต้นที่ไม่ได้รับการใส่เชื้อ (ชุดควบคุม) จะไม่ปรากฏแถบ DNA ดังกล่าว ซึ่งแสดงถึงความสามารถของเชื้อเห็ดเอคโตไมคอร์ไรซาในการเข้ากันได้กับรากพืชอาศัย เพื่อให้การเพาะเห็ดเผาะมีโอกาสประสบความสำเร็จมากขึ้นในอนาคต

คำสำคัญ: เห็ดเผาะ เอคโตไมคอร์ไรซา พืชอาศัย ไม้วงศ์ยาง

Abstract

Mycorrhiza are a type of fungus that arise from the symbiosis between fungi and plant roots. This study examined optimal ectomycorrhizal mushroom (*Astraeus odoratus*) inoculation volume promoting growth in 3 month seedlings of Dipterocarpaceae: *Dipterocarpus alatus* Roxb. ex G.Don, *Shorea obtusa* Wall. ex Blume and *Shorea siamensis* Miq.. The seedlings were inoculated either 1 or 2 times, separated by one month, at two different dosage levels: 20 and 30 ml/seedling, and compared with non-inoculated control. The results indicate that *S. obtusa* that were inoculated twice with 20 ml each time showed optimum condition to promote the root ectomycorrhiza of Dipterocarpaceae seedlings under greenhouse conditions. The height of seedling, stem diameter at root neck level, root length, the number of lateral root and biomass of the aboveground part were evaluated approximately, 15.83

¹สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.) อ. คลองหลวง จ. ปทุมธานี 12120

¹Thailand Institute of Scientific and Technological Research (TISTR), Khlong Luang, Pathum Thani 12120

²มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ อ. ร้องกวาง จ. แพร่ 54140

²Maejo University, Phrae Campus, Rong Kwang, Phrae 54140

³มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ อ. หาดใหญ่ จ. สงขลา 90110

³Prince of Songkla University, Hat Yai, Songkla 90110

⁴สถานีวิจัยต้นน้ำน่าน อ. เวียงสา จ. น่าน 55110

⁴Nan Watershed Research Station, Wiang Sa, Nan 55110

*corresponding author, E-mail: Tanapuk@tistr.or.th

cm, 1.72 mm, 853 mm, 990 roots and 7.36 gram, respectively. In addition, the highest percentage of ectomycorrhiza root was 81.31 percent. The presence of DNA specific to *A. odoratus* in root hosts was ascertained using the GAPK126F and GAPK379R primer combinations, DNA bands representing approximately 250 base pairs , compared to the untreated plants (control) which did not exhibit the DNA band.. This study may be of use in optimizing the production of *A. odoratus* for promoting growth in Dipterocarpaceae.

Keywords: *Astraeus odoratus*, ectomycorrhiza, host plants, Dipterocarpaceae

คำนำ

ปัจจุบันป่าไม้ในประเทศไทยถูกทำลายและลดลงอย่างรวดเร็ว เนื่องจากการเผาป่าเพื่อทำไร่ หรือหาของป่า และการลักลอบตัดไม้ทำลายป่า กิจกรรมนี้ส่งผลกระทบต่อความสมดุลของระบบนิเวศเสี่ยงต่อการสูญพันธุ์ ดังนั้นการปลูกป่าในพื้นที่ป่าเสื่อมโทรมหรือไม่เคยเป็นพื้นที่ป่ามาก่อน โดยเฉพาะการปลูกพืชวงศ์ยาง (Dipterocarpaceae) มีลักษณะลำต้นตรง สูงเด่นกว่าไม้ต้นอื่น ๆ จนได้รับฉายาว่าเป็น “ราชาแห่งไพร่พฤกษ์” (King of the forest of asia) (สมศักดิ์ สุขวงศ์, 2542) โดยเฉพาะพื้นที่ป่าเขตเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ มีพรรณไม้วงศ์ยางมากถึง 470 ชนิด ใน 13 สกุล มีเรือนยอดปกคลุม 40-100 เปอร์เซ็นต์ของเรือนยอดต้นไม้ในป่า (Lyal and Curran, 2000) ในประเทศไทยมีรายงานพบ 8 สกุล 79 ชนิด กระจายทั่วทุกภูมิภาคของประเทศ เนื้อไม้ของพืชหลายชนิดในวงศ์นี้นิยมใช้สำหรับสร้างสิ่งก่อสร้าง และเป็นไม้ที่มีคุณค่าทางเศรษฐกิจของประเทศไทย เพราะนิยมใช้สร้างบ้านเรือน (สำนักงานหอพรรณไม้, 2555)

ไมคอร์ไรซา (Mycorrhiza) เป็นราที่เกิดขึ้นจากการอยู่ร่วมกันแบบพึ่งพาอาศัย (symbiosis) ระหว่างรากับรากพืชชั้นสูง (พืชมีท่อลำเลียง) โดยเส้นใยราที่อาศัยอยู่ช่วยดูดซับสารอาหาร และธาตุกลุ่มฟอสฟอรัสที่อยู่ในดิน จากนั้นจึงลำเลียงสู่รากพืช ในขณะที่รากพืชปลดปล่อยสารบางชนิด (root exudates) คาร์โบไฮเดรต วิตามิน และกรดอะมิโน ที่เป็นประโยชน์ต่อการเจริญของรา ดังนั้นพืชที่มีราไมคอร์ไรซาอาศัย จึงมีความสามารถในการเจริญเติบโตได้ดีกว่าพืชที่ไม่มีไมคอร์ไรซา ดังรายงานของ ทนวงศ์ แสงเทียน และอุทัยวรรณ แสงวานิช (2537) ทดสอบการเจริญเติบโตของยางนา ด้วยการปลูกเชื้อเห็ดเห็ดโคนไมคอร์ไรซา 3 ชนิด กล้าไม้ที่ได้รับการปลูกถ่ายเชื้อมีการเจริญเติบโตดีในทุกด้าน และ Noori et al. (2014) ยังพบว่าการใส่เชื้อไมคอร์ไรซาร่วมกับการใช้ปุ๋ยหมักช่วยส่งเสริมการเจริญของต้นข้าวโพด รวมทั้งสามารถเจริญได้ในสภาพพื้นที่แห้งแล้ง มีความเป็นกรดสูง และทนทานต่อโรคพืช โดยทั่วไปเห็ดป่าไมคอร์ไรซามีราคาสูง และพบมากในช่วงฤดูฝน ได้แก่ เห็ดตับเต่า [*Phlebopus portentosus* (Berk. and Broome) Boedijn], เห็ดระโงกเหลือง [*Amanita hemibapha* (Berk. and Broome) Sacc.], เห็ดตะไคร้เขียว [*Russula virescens* (Schaeff.) Fr.] และเห็ดเผาะ [*Astraeus. odoratus* C. Phosri, R.Watling, M.P. Martin and A.J.S. Whalley] เป็นต้น (Harley and Smith, 1983; อนิวรรณ เจริญพงษ์ และธีรวัฒน์ บุญทวีคุณ, 2525) เห็ดเผาะ เป็นเห็ดเห็ดโคนไมคอร์ไรซาชนิดหนึ่ง มีเขตการกระจายพันธุ์ในประเทศไทย โดยพบมากในพื้นที่ป่าสนและป่าเต็งรัง ลักษณะดอกเดี่ยวไม่มีก้านดอก สีน้ำตาลอ่อน เมื่อแก่สีน้ำตาลเข้มถึงดำ ผนังดอกแบ่งออกเป็น 2 ชั้น ภายในประกอบด้วยสปอร์จำนวนมาก เมื่อแก่ดอกเห็ดจะปริแตกออกเป็นแฉก 7-11 แฉก และปล่อยสปอร์ออกมาในอากาศ (ราชบัณฑิตยสถาน, 2550; เกษม สร้อยทอง, 2537)

การปลูกป่าร่วมกับการเพาะเห็ด เป็นการปลูกโดยใช้ระบบวนเกษตรแบบผสมผสาน สามารถให้ผลผลิตในระยะสั้นคือ เห็ดป่ากินได้ ซึ่งในสภาพแวดล้อมเหมาะสมสามารถเกิดดอกเห็ดหลังจากปลูกร่วมกับพืชอาศัย และได้ผลผลิตจากไม้ผล พืชไร่ พืชสวน ส่วนผลผลิตในระยะยาวคือเนื้อไม้ ขึ้นอยู่กับชนิดของต้นไม้ที่ปลูก ซึ่งมีรายงานการนำเชื้อเห็ดเผาะมาใช้ในการส่งเสริมการเจริญเติบโต และมีความจำเพาะต่อไม้วงศ์ยาง ดังงานวิจัยของ Tharnrat et al. (2019) ศึกษาการใส่เชื้อเห็ดเผาะลงใน ต้นพลวง (*Dipterocarpus tuberculatus* Roxb) และต้นพะยอม (*Shorea roxburghii* G.Don) พบรากเห็ดโคนไมคอร์ไรซา 30-60 เปอร์เซ็นต์ ส่งผลต่อการเจริญเติบโตทางด้านความสูงมากกว่าต้นควบคุม แต่การนำกล้าที่ได้รับการปลูกถ่ายเชื้อเหล่านี้ไปปลูกในสภาพธรรมชาติ พบว่ามีข้อจำกัดหลายประการ ได้แก่ ชนิดของกล้าไม้ที่แตกต่างกัน ปริมาณเชื้อที่เหมาะสม และจำนวนครั้งของการปลูกถ่ายเชื้อ ทั้งนี้หากมีการศึกษาสภาพแบบเรือนเพาะชำให้มีความเหมาะสมต่อการเจริญเติบโต ก่อนการนำกล้าไม้ไปปลูกในสภาพป่าธรรมชาติ จึงจำเป็นต้องทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเชื้อเห็ดกับชนิดของกล้าไม้

ดังนั้นการศึกษานี้ของพืชอาศัยและปริมาณเชื้อเห็ดเห็ดโคนไมคอร์ไรซา (เห็ดเผาะ) ที่เหมาะสมต่อการส่งเสริมการเจริญเติบโต และมีเปอร์เซ็นต์การเกิดรากเห็ดโคนไมคอร์ไรซามากที่สุด ในไม้วงศ์ยาง 3 ชนิด ได้แก่ ยางนา (*D. alatus*), เต็ง (*S. obtusa*) และรัง (*S. siamensis*) เพื่อใช้ทดสอบการเป็นพืชอาศัยที่เหมาะสม งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาข้างต้นก่อนการนำกล้า

ไม้ที่ได้รับการปลูกถ่ายเชื้อเห็ดไมคอร์ไรซาไปปลูกในธรรมชาติ
แก้ปัญหาเศรษฐกิจชุมชนอย่างยั่งยืน

ซึ่งในอนาคตการปลูกป่าปลูกเห็ดจะเป็นประโยชน์ในการ

วิธีการศึกษา

การเตรียมเชื้อเห็ดเอคโตไมคอร์ไรซา (เห็ดเผาะ) ในอาหารเหลว

เตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อชนิดเหลวสำหรับเลี้ยงเชื้อเห็ดเผาะ ใช้อาหาร Potato Dextrose Broth -PDB (Difco, France) ปริมาณ 24 กรัม ละลายน้ำกลั่น 1,000 มิลลิลิตร วัดค่าความเป็นกรด-ด่าง ที่ระดับ pH 5 นำไปนึ่งฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส แรงดัน 15 ปอนด์/ตารางนิ้ว เป็นเวลา 15 นาที เมื่ออาหารเย็นลง ตัดเส้นใยเชื้อเห็ดเผาะที่เลี้ยงในอาหารแข็ง PDA (Potato Dextrose Broth) โดยคัดเลือกแม่เชื้อเห็ดเผาะอายุประมาณ 30 วัน และไม่มีการปนเปื้อนของเชื้อราชนิดอื่น โดยใช้ cork borer ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 เซนติเมตร เจาะบริเวณรัศมีรอบนอกของเส้นใยบนจานอาหาร ให้เข็มเย็บเย็บติดขึ้นวัน จำนวน 3 ชิ้น ใส่ลงอาหารเลี้ยงเชื้อชนิดเหลวที่เตรียมไว้ บ่มที่อุณหภูมิห้อง ในสภาวะเขย่าด้วยความเร็วรอบ 150 รอบต่อนาที ตรวจวัดปริมาณมวลชีวภาพ (biomass) ของเส้นใยเห็ดเผาะเมื่ออายุครบ 20 วัน ก่อนนำไปปลูกถ่ายลงพืชอาศัย (Figure 1)

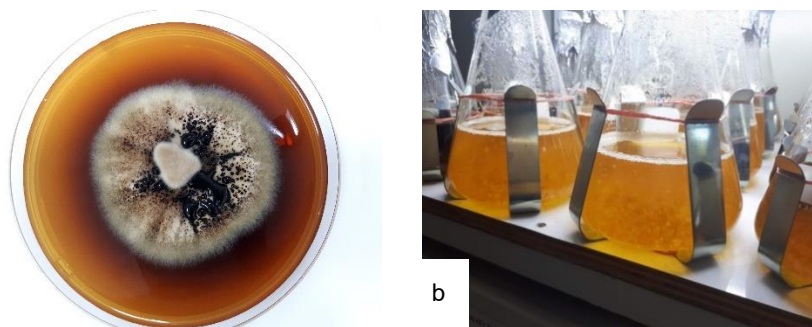


Figure 1 Mycelium density of *A. odoratus* in PDA media for 30 days (a) and mycelium in PDB medium for 20 days (b).

การทดสอบชนิดพืชอาศัยและปริมาณเชื้อเห็ดเผาะที่เหมาะสมภายใต้สภาวะเรือนปลูกพืช

เตรียมกล้าไม้เพื่อศึกษาชนิดของพืชอาศัยที่เหมาะสมสำหรับการเข้าอาศัยของเชื้อเห็ดเผาะ เตรียมวัสดุที่ใช้เพาะโดยนำทรายผสมกับขุยมะพร้าว และหน้าดิน (top soil) ด้วยอัตราส่วน 2:1:1 และปรับ pH ของวัสดุเพาะเท่ากับ 5 (ใช้ปูนขาวเพิ่มค่า pH ให้ดิน และใช้ซัลเฟอร์ลดค่า pH ในดิน) นึ่งฆ่าเชื้อที่ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง บรรจุลงในถุงเพาะชำขนาด 6X10 นิ้ว นำเมล็ดไม้วงศ์ยาง ได้แก่ ยางนา (*D. alatus*), เต็ง (*S. obtusa*) และ รัง (*S. siamensis*) มาปลูกบนวัสดุที่เตรียมข้างต้น โดยปลูกและดูแลภายใต้สภาพโรงเรือน หลังจากต้นกล้าไม่มีอายุ 3 เดือน จึงนำมาใช้ทดสอบปัจจัยต่าง ๆ ได้แก่ ชนิดของกล้าไม้ พืชอาศัย จำนวนครั้งในการใส่เชื้อ และปริมาณเชื้อที่แตกต่างกัน โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 5 ตำรับ ดังนี้ ตำรับ 1 (T1) ต้นที่ไม่ใส่เชื้อเห็ดเผาะ (ชุดควบคุม), ตำรับ 2 (T2) ใส่เชื้อเห็ดเผาะปริมาณ 20 มิลลิลิตรต่อต้น, ตำรับ 3 (T3) ใส่เชื้อเห็ดเผาะปริมาณ 30 มิลลิลิตรต่อต้น, ตำรับ 4 (T4) ใส่เชื้อเห็ดเผาะ 2 ครั้ง ปริมาณ 20 มิลลิลิตรต่อต้น และตำรับ 5 (T5) ใส่เชื้อเห็ดเผาะ 2 ครั้ง ปริมาณ 30 มิลลิลิตรต่อต้น (ปรับมวลชีวภาพของสารแขวนลอยเชื้อเห็ดที่ใส่ต้นพืชในแต่ละครั้งให้มีปริมาณมวลชีวภาพของเส้นใยเห็ด 4 กรัม/1 ลิตร) ขั้นตอนการใส่เชื้อบิบบดินที่ถุงเพาะเพื่อให้ดินแยกออกจากกัน เมื่อใส่เชื้อเห็ดทำให้สามารถไหลผ่านไปยังรากได้สะดวก เพื่อป้องกันการชะล้างควรรดให้น้ำเป็นเวลา 2 วัน หลังจากใส่เชื้อเห็ดเป็นเวลา 1 เดือน วัดอัตราการเจริญเติบโตทางความสูงของลำต้น เส้นผ่านศูนย์กลางทางคอรากของลำต้น มวลชีวภาพส่วนเหนือดิน (น้ำหนักแห้งในส่วนของใบและลำต้น) มวลชีวภาพส่วนใต้ดิน (น้ำหนักแห้งของราก) จำนวนรากแขนง ความยาวราก และจำนวนใบ วางแผนการทดลองแบบสุ่มแบบสมบูรณ์ (completely randomized design, CRD) ประกอบด้วย 5 ตำรับ 6 ซ้ำต่อตำรับ นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ผลทางสถิติด้วยโปรแกรม SAS version 9.1 โดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธีทางสถิติ Duncan's new multiple range test ในระดับความเชื่อมั่นที่ 95 เปอร์เซนต์

การตรวจหาการเกิดรากเอคโตไมคอร์ไรซาในรากพืชอาศัย

ตรวจติดตามการเจริญอยู่ร่วมกันของเชื้อเห็ดเผาะกับรากพืชอาศัย ด้วยการตรวจภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบสเตอริโอ (stereo microscope) และย้อมรากพืชอาศัยแล้วตรวจวิเคราะห์ภายใต้กล้องจุลทรรศน์กำลังขยายสูงเพื่อหาเปอร์เซ็นต์การติด

เชื้อ (percent infection) ของเห็ดเห็ดโตไม้คอร์ไรซา ตามวิธีของ Phillips and Hayman (1970) โดยตัดรากออกเป็นชิ้นความยาวประมาณ 1-1.5 เซนติเมตร เติมน้ำละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์ ต้มที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30-60 นาที จากนั้นเทสารละลายทิ้ง เติมน้ำละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ความเข้มข้น 3 เปอร์เซ็นต์ ทิ้งไว้ประมาณ 20 นาที ล้างตัวอย่างรากด้วยน้ำกลั่น ย้อมรากด้วยสี Trypan Blue ความเข้มข้น 0.25 เปอร์เซ็นต์ ต้มที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที เก็บตัวอย่างรากในกลีเซอรอล ความเข้มข้น 20 เปอร์เซ็นต์ สุ่มชิ้นส่วนรากที่ย้อมสีจำนวน 50 ชิ้น วางบนแผ่นสไลด์ครึ่งละ 5 ชิ้น นับจำนวนชิ้นส่วนของรากที่พบว่ามีเชื้อเห็ดเห็ดโตไม้คอร์ไรซาภายใต้กล้องจุลทรรศน์ของแต่ละชุดการทดลอง เพื่อคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การติดเชื้อ

การตรวจสอบการมีอยู่ของ DNA ของเห็ดเห็ดในรากพืชอาศัยโดยวิธีพีซีอาร์

เตรียมเนื้อเยื่อปลายรากแขนงของกล้าไม้พืชอาศัยได้แก่ ยางนา เต็ง และรัง ภายหลังการใส่เชื้อเห็ดเห็ด 1 เดือน ทั้งหมด 5 ตำรับ ๆ ละ 1 ต้น และต้นที่ไม่ได้รับการใส่เชื้อ (control) รวมถึงเส้นใยเห็ดเห็ดบนอาหารแข็ง PDA (positive control) ปริมาณ 40-50 มิลลิกรัม บดละเอียดด้วยไนโตรเจนเหลวและสกัดแยก DNA ตามวิธีการของ Doyle and Dickson (1987) ละลายตะกอนด้วย TE-buffer นำไปตรวจสอบด้วยวิธีการ gel electrophoresis วัดปริมาณและคุณภาพ DNA ด้วยเครื่องวัดการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 260 นาโนเมตร เก็บรักษา DNA ที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส

การเพิ่มปริมาณ DNA ของยีนที่มีความจำเพาะต่อเห็ดเห็ด โดยใช้ DNA ความเข้มข้น 0.1 มิลลิโมลาร์ ปริมาตร 1 ไมโครลิตร สำหรับปฏิกิริยาพีซีอาร์ ปริมาตร 20 ไมโครลิตร ที่ประกอบด้วย dH₂O ปริมาตร 12.8 ไมโครลิตร, 10X Taq buffer ปริมาตร 2 ไมโครลิตร, MgCl₂ ความเข้มข้น 25 มิลลิโมลาร์ ปริมาตร 2 ไมโครลิตร, dNTP ความเข้มข้น 10 มิลลิโมลาร์ ปริมาตร 1 ไมโครลิตร, forward primer (GAPK126F 5'- TCAAGACTGTCCCCTCCAGA-3') ความเข้มข้น 10 ไมโครโมลาร์ ปริมาตร 0.5 ไมโครลิตร, reverse primer (GAPK379R 5'- CTAGGACCTACAACGGGTGC-3') (Suwannasai et al., 2020) ความเข้มข้น 10 ไมโครโมลาร์ ปริมาตร 0.5 ไมโครลิตร และ 5 U Taq DNA polymerase ปริมาตร 0.2 ไมโครลิตร (Fermentas, USA) ทำปฏิกิริยาในเครื่องพีซีอาร์ (Bio-Rad, T100 thermal cycler) 1) ที่อุณหภูมิ 94 องศาเซลเซียส 5 นาที จำนวน 1 รอบ 2) ที่ 94 องศาเซลเซียส 1 นาที, 58 องศาเซลเซียส 30 วินาที และ 72 องศาเซลเซียส 30 วินาที จำนวน 35 รอบ และ 3) ที่ 72 องศาเซลเซียส 10 นาที จำนวน 1 รอบ ตรวจสอบผลผลิตพีซีอาร์ด้วยวิธีการ gel electrophoresis เปรียบเทียบกับแถบ DNA มาตรฐาน 1 Kb DNA ladder (Fermentas, USA)

ผลการศึกษาและวิจารณ์

การทดสอบชนิดและปริมาณเชื้อเห็ดเห็ดโตไม้คอร์ไรซา (เห็ดเห็ด) ที่เหมาะสมภายใต้สภาวะเรือนปลูกพืช

จากการทดลองชนิดและปริมาณเชื้อเห็ดเห็ดที่เหมาะสมภายใต้สภาวะเรือนปลูกพืช ในพืชอาศัย 3 ชนิด ได้แก่ ยางนา เต็ง และรัง แบ่งการทดลองออกเป็น 5 ตำรับ ตามจำนวนครั้งที่ปลูกถ่ายเชื้อ และปริมาตรการใส่เชื้อ 20 และ 30 มิลลิลิตรต่อต้น เปรียบเทียบกับต้นที่ไม่ได้ใส่เชื้อเห็ดเห็ด (ชุดควบคุม) เมื่อนำมาวิเคราะห์ผลทางสถิติ พบว่าการเจริญทางความสูง เส้นผ่านศูนย์กลางคอรากของลำต้น มวลชีวภาพส่วนเหนือดิน มวลชีวภาพส่วนใต้ดิน จำนวนรากแขนง และความยาวราก มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ดังนี้

ผลการเจริญทางความสูง เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นที่ระดับคอราก ความยาวราก และจำนวนใบ ภายหลังการปลูกถ่ายเชื้อเห็ดเห็ดลงในกล้าไม้วงศ์ยาง

ผลการเจริญทางด้านความสูงของยางนา เต็ง และรัง พบว่ากล้าไม้ทุกชนิดที่ใส่เชื้อเห็ดเห็ดให้การเจริญทางด้านความสูงมากกว่าต้นชุดควบคุม โดยเฉพาะเต็งที่ใส่เชื้อเห็ดเห็ด 2 ครั้ง ระยะห่างกัน 1 เดือน ปริมาตรเชื้อ 20 และ 30 มิลลิลิตรต่อต้น มีการเจริญทางด้านความสูงเฉลี่ยมากที่สุด 15.83 และ 15.50 เซนติเมตร ตามลำดับ ในขณะที่ต้นชุดควบคุมมีความสูงเฉลี่ยเพียง 3.80 เซนติเมตร เช่นเดียวกับผลการเจริญทางด้านเส้นผ่านศูนย์กลางระดับคอราก พบว่าต้นกล้าเต็ง และยางนา ที่ใส่เชื้อ 2 ครั้ง ปริมาตร 20 มิลลิลิตรต่อต้น มีการเจริญทางด้านเส้นผ่านศูนย์กลางของลำต้นมากที่สุดเฉลี่ย 1.72 และ 1.57 มิลลิเมตร ตามลำดับ รองลงมาคือต้นกล้าเต็ง และยางนา ที่ได้รับการใส่เชื้อ 2 ครั้ง ปริมาตร 30 มิลลิลิตรต่อต้น มีเส้นผ่านศูนย์กลางคอรากของลำต้นเฉลี่ย เท่ากับ 1.42 และ 1.14 มิลลิเมตร ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับต้นกล้าที่ไม่ได้ใส่เชื้อมีเส้นผ่านศูนย์กลางคอรากเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 0.52-0.71 มิลลิเมตร (Table 1) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Li-Hui and Qiang-Sheng (2017) ได้ศึกษาเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาต่อการเจริญเติบโตของต้น *Trifolium repens* L. พบว่าต้นที่ได้รับการปลูกถ่ายเชื้อ *Rhizoglyphus intraradices* ให้ความสูง และเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นเฉลี่ย 16.78 เซนติเมตร และ 3.15 มิลลิเมตร ตามลำดับ ส่วนต้นชุด

ควบคุม มีความสูงเพียง 9.14 เซนติเมตร เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Sreedhar and Mohan (2016) ทดสอบการเจริญเติบโตของต้น *Neolamarckia cadamba* ด้วยการใช้เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา (*Glomus fasciculatum*) พบว่าภายหลังการปลูกถ่ายเชื้อ 180 วัน มีอัตราการเจริญทางด้านความสูง เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น และน้ำหนักแห้ง เท่ากับ 25.61 เซนติเมตร, 6.80 มิลลิเมตร และ 6.53 กรัม ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับต้นที่ไม่ได้รับการปลูกถ่ายเชื้อมีค่าเฉลี่ยเพียง 19.33 เซนติเมตร, 4.53 มิลลิเมตร และ 4.24 กรัม ตามลำดับ

Table 1 Height seedling and stem diameter of *D. alatus*, *S. obtusa* and *S. siamensis* were compare with inoculated mycorrhiza (*A. odoratus*) and non-inoculated seedlings for 4 months.

Treatment	Height seedling (cm)			Stem diameter (cm)		
	<i>D. alatus</i>	<i>S. obtusa</i>	<i>S. siamensis</i>	<i>D. alatus</i>	<i>S. obtusa</i>	<i>S. siamensis</i>
T1 control	5.52±0.10d	3.80±0.30d	4.35±0.35d	0.52±0.04d	0.71±0.05d	0.53±0.10b
T2 20 ml inoculation	6.48±0.30c	5.32±0.26c	10.83±0.40a	0.83±0.15c	0.90±0.03c	0.78±0.02a
T3 30 ml inoculation	5.25±0.25d	6.97±0.20b	6.18±0.22c	0.57±0.12d	1.02±0.07c	0.84±0.16a
T4 20 ml inoculation for 2 time	8.69±0.20a	15.83±0.30a	8.18±0.35b	1.57±0.24a	1.72±0.20a	0.90±0.17a
T5 30 ml inoculation for 2 time	7.54±0.40b	15.50±1.50a	5.95±0.40c	1.14±0.16b	1.42±0.05b	0.82±0.10a
F-test	**	**	**	**	**	*
CV (%)	4.02	7.51	4.93	16.86	8.76	15.81

Mean in the same column followed by the same latter are not significantly different by DMRT at P=0.05.

**, * Significant at 0.01 and 0.05 probability levels, respectively.

Table 2 Leave numbers and Roots length of *D. alatus*, *S. obtusa* and *S. siamensis* were compare with inoculated mycorrhiza (*A. odoratus*) and non-inoculated seedlings for 4 months.

Treatment	Leave numbers (per plant)			Roots length (mm)		
	<i>D. alatus</i>	<i>S. obtusa</i>	<i>S. siamensis</i>	<i>D. alatus</i>	<i>S. obtusa</i>	<i>S. siamensis</i>
T1 control	11.00±2.00	8.00±1.00	7.00±1.00	265±28b	282±20c	65±5c
T2 20 ml inoculation	13.00±1.00	9.00±2.00	8.00±0.00	270±19b	323±22c	129±8b
T3 30 ml inoculation	12.00±1.00	9.00±1.00	9.00±1.00	294±26ab	331±16c	137±14b
T4 20 ml inoculation for 2 time	10.00±2.00	8.00±2.00	7.00±2.00	309±18ab	853±48a	145±10b
T5 30 ml inoculation for 2 time	11.00±2.00	7.00±0.00	1.00±1.00	326±24a	585±32b	182±18a
F-test	ns	ns	ns	*	**	**
CV (%)	14.42	17.24	15.16	7.95	6.28	9.01

Mean in the same column followed by the same latter are not significantly different by DMRT at P=0.05.

**, * Significant at 0.01 and 0.05 probability levels, respectively. ,ns non-significant

ผลการตรวจนับจำนวนใบของต้นยางนา เต็ง และรัง พบว่าไม่แตกต่างกันในทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยต้นกล้ายางนาที่ใส่เชื้อ 1 ครั้ง ปริมาณ 20 และ 30 มิลลิลิตรต่อต้น มีจำนวนใบมากที่สุดเฉลี่ยเท่ากับ 13 และ 12 ใบ ตามลำดับ ในขณะที่ต้นเต็ง และรังมีจำนวนใบมากที่สุดเฉลี่ยเท่ากับ 9 ใบ เมื่อเปรียบเทียบกับยางนา เต็ง และรัง ที่ไม่ได้ใส่เชื้อเห็ดเผาะ (ชุดควบคุม) มีจำนวนใบเฉลี่ยเท่ากับ 11, 8 และ 7 ใบ ตามลำดับ และผลการตรวจวัดความยาวราก พบว่าต้นกล้าเต็งที่ใส่เชื้อ 2 ครั้ง ปริมาตร 20 และ 30 มิลลิลิตรต่อต้น มีความยาวรากเฉลี่ยมากที่สุดเท่ากับ 853 และ 585 มิลลิเมตร รองลงมาคือยางนา และรัง ที่ได้รับการใส่เชื้อ 2 ครั้ง ปริมาตร 30 มิลลิลิตรต่อต้น 326 และ 182 มิลลิเมตร ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับยางนา เต็ง และรัง ที่ไม่ได้ได้รับการใส่เชื้อมีความยาวรากเฉลี่ยเท่ากับเพียง 265, 282 และ 65 มิลลิเมตร ตามลำดับ (Table 2) จากผลการทดลองพบว่า กล้าไม้ที่ได้รับการใส่เชื้อเห็ดเผาะมีการเจริญในทุกด้านดีกว่าต้นควบคุม เนื่องจากกล้าไม้ที่ได้รับการใส่เชื้อราไมคอร์ไรซาจะเข้าไปกระตุ้นและส่งเสริมในการดูดซับธาตุอาหารได้ดี ทำให้ต้นพืชนำสารอาหารเหล่านี้ไปใช้ได้ง่ายขึ้น ส่งผลให้ต้นที่ใส่เชื้อไมคอร์ไรซามีการเจริญเติบโตดีกว่า และยังสามารถปรับปรุงดินที่มีฟอสฟอรัสอยู่ในระดับต่ำ โดยเส้นใยไมคอร์ไรซาที่อยู่ในดินมีเอนไซม์ฟอสฟาเตส (phosphatase) ทำให้ฟอสเฟตถูกปล่อยออกมาจากสารประกอบอินทรีย์ และถูกดูดซับโดยเส้นใยของไมคอร์ไรซาที่อยู่ในดิน ทำให้พืชสามารถนำฟอสฟอรัสที่ย่อยสลายแล้วไปใช้ได้มากกว่าต้นที่ไม่ได้ใส่เชื้อเห็ดไมคอร์ไรซา

(Nuangmek et al., 2016; Nopamornbodi, 1995) สอดคล้องกับงานวิจัยของ วิพรพรรณ เนื่องเม็ก และมนัส ทิตยวัชรณ (2563) วิเคราะห์อินทรีย์วัตถุ และปริมาณธาตุอาหารในดิน หลังการใส่เชื้อเห็ดเหาะ 6 เดือน พบว่าตัวอย่างดินที่ปลูกต้นพะยอม ในตำรับที่ปลูกถ่ายเชื้อมีปริมาณอินทรีย์วัตถุและฟอสฟอรัสเท่ากับ 2.94 และ 2.89 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในขณะที่ต้นชุดควบคุม มีปริมาณอินทรีย์วัตถุและฟอสฟอรัสเพียง 2.61 และ 2.20 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เช่นเดียวกับงานวิจัยของ สุพัตรา เจริญภักดี บดีรัฐ (2561) ศึกษาในเวศวิทยาของเห็ดเหาะในมหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม พบว่าจำนวนดอกเห็ดที่เกิดขึ้น มีความสัมพันธ์โดยตรงกับ ปริมาณฝน ความชื้นในดิน และปริมาณธาตุอาหารในดินที่เหมาะสมโดยมีปริมาณไนโตรเจน 0.21 เปอร์เซ็นต์ และฟอสฟอรัส 3.19 เปอร์เซ็นต์

ผลของปริมาณมวลชีวภาพส่วนเหนือดิน และส่วนใต้ดิน ภายหลังการปลูกถ่ายเชื้อเห็ดเหาะลงในกล้าไม้วงศ์ยาง

ผลของปริมาณมวลชีวภาพส่วนเหนือดิน (น้ำหนักแห้งส่วนของใบและลำต้น) ในกล้าไม้วงศ์ยางได้แก่ ยางนา เต็ง และรัง พบว่าพืชทั้ง 3 ชนิด ที่ได้รับการใส่เชื้อเห็ดเหาะมีปริมาณมวลชีวภาพส่วนเหนือดินสูงกว่าต้นควบคุม โดยเฉพาะเต็งที่ได้รับการใส่เชื้อเห็ดเหาะ 2 ครั้ง ปริมาตร 20 มิลลิลิตรต่อต้น มีปริมาณมวลชีวภาพสูงสุด 7.36 กรัม รองลงมาคือยางนา ที่ได้รับการใส่เชื้อ 1 ครั้ง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.25 กรัม ในขณะที่ต้นกล้าที่ไม่ได้ปลูกถ่ายเชื้อเห็ดเหาะมีมวลชีวภาพส่วนเหนือดินน้อยที่สุดคือ ต้นรัง เท่ากับ 2.60 กรัม (Table 3) ส่วนปริมาณมวลชีวภาพส่วนใต้ดิน (น้ำหนักแห้งของราก) พบว่าต้นกล้าเต็งที่ได้รับการใส่เชื้อเห็ดเหาะ 1 ครั้ง ปริมาตร 30 มิลลิลิตรต่อต้น มีอัตรามวลชีวภาพส่วนใต้ดินมากที่สุดเท่ากับ 7.95 กรัม เปรียบเทียบกับต้นกล้า ยางนา เต็ง และรัง ที่ไม่ได้ใส่เชื้อมีมวลชีวภาพส่วนใต้ดินเพียง 2.30, 3.06 และ 2.69 กรัม ตามลำดับ (Table 3) สอดคล้องกับงานวิจัยของ ธนภักษ์ อินยอด และคณะ (2564) ทดสอบใส่เชื้อเห็ดตับเต่า (*P. portentosus*) โดยใช้เส้นใย (mycelium inoculum) ปริมาตร 20 มิลลิลิตรต่อต้น พบว่าต้นหว้าที่ได้รับการใส่เชื้อ มีมวลชีวภาพส่วนเหนือดิน 5.20 กรัม และมวลชีวภาพส่วนใต้ดิน 2.90 กรัม ในขณะที่ต้นควบคุมมีค่าเพียง 3.10 และ 0.70 กรัม ตามลำดับ เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Kaewgrajang et al. (2013) ศึกษาการเจริญเติบโตของต้นยางนาภายหลังการปลูกถ่ายเชื้อเห็ดเหาะโดยใช้สปอร์แขวนลอย (spore suspension) ปริมาตร 10, 25 และ 50 มิลลิลิตรต่อต้น และใช้เส้นใย (mycelium) 25 มิลลิลิตรต่อต้น พบว่าการใช้สปอร์ปริมาตร 25 มิลลิลิตร ให้ปริมาณมวลชีวภาพส่วนเหนือดินและส่วนใต้ดินมากที่สุด

Table 3 Biomass of aboveground part and underground part of *D. alatus*, *S. obtusa* and *S. siamensis* were compare with inoculated mycorrhiza (*A. odoratus*) and non-inoculated seedlings for 4 months.

Treatment	Aboveground by biomass (g)			Underground by biomass (g)		
	<i>D. alatus</i>	<i>S. obtusa</i>	<i>S. siamensis</i>	<i>D. alatus</i>	<i>S. obtusa</i>	<i>S. siamensis</i>
T1 control	5.68±0.60a	3.20±0.70	2.60±0.28b	2.30±0.41b	3.06±0.63b	2.69±0.58
T2 20 ml inoculation	6.25±1.00a	3.53±0.75	4.27±0.89a	2.53±0.38b	4.37±0.87b	2.92±0.74
T3 30 ml inoculation	6.13±0.13a	4.22±0.87	2.84±0.39b	3.40±0.77b	7.95±1.24a	2.92±0.82
T4 20 ml inoculation for 2 time	4.27±0.27b	7.36±0.56	4.16±0.67a	5.32±0.96a	6.45±1.02a	3.14±0.69
T5 30 ml inoculation for 2 time	3.95±0.44b	6.72±0.58	3.15±0.76ab	5.19±0.84a	6.46±0.79a	2.33±0.41
F-test	**	**	*	**	**	ns
CV (%)	10.90	14.01	18.80	18.98	16.49	23.68

Mean in the same column followed by the same latter are not significantly different by DMRT at P=0.05.

ns non-significant, **, * Significant at 0.01 and 0.05 probability levels, respectively.

ผลการตรวจนับจำนวนราก และเปอร์เซ็นต์การเกิดรากเอกโตไมคอร์ไรซาภายหลังการปลูกถ่ายเชื้อเห็ดเหาะลงในกล้าไม้วงศ์ยาง

ผลการตรวจนับจำนวนรากแขนงโดยเครื่อง Epson Perfection V700 Photo ในกล้าไม้วงศ์ยาง ได้แก่ ยางนา เต็ง และรัง หลังจากใส่เชื้อเห็ดแล้ว 1 เดือน พบว่าต้นกล้าทั้ง 3 ชนิด ที่ได้รับการใส่เชื้อเห็ดเหาะมีจำนวนรากมากกว่าต้นควบคุม ซึ่งชนิดต้นกล้าที่ใส่เชื้อมีจำนวนรากมากที่สุด คือ เต็ง มีจำนวนรากเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 896-990 รากต่อต้น รองลงมาคือ ยางนา มีจำนวนรากอยู่ระหว่าง 709-892 รากต่อต้น และรังมีจำนวนรากอยู่ระหว่าง 316-474 รากต่อต้น เมื่อเปรียบเทียบกับต้นที่ไม่ได้รับการใส่เชื้อเห็ดเหาะ (ชุดควบคุม) ในเต็ง ยางนา และรัง พบว่ามีจำนวนรากเฉลี่ยเพียง 692, 696 และ 253 รากต่อต้น ตามลำดับ (Table 4) ลักษณะรากของต้นเต็งที่ได้รับการใส่เชื้อเห็ดเหาะ มีรากแก้วขนาดใหญ่ (tap root) ช่วงโคนรากใหญ่แล้วเรียวไปจนถึงปลายราก และรากแขนง

(lateral root) เจริญแตกออกไปจากรากแก้วมีขนาดเล็กจำนวนมาก (Figure 2B) เมื่อเปรียบเทียบกับรากของต้นชุดควบคุม รากแก้วที่เจริญออกมามีขนาดเล็ก และเรียว มีการเจริญของรากแขนงไม่สมบูรณ์ จำนวนรากน้อย และแห้ง (Figure 2a) ส่งผลต่อการดูดซึมน้ำ และธาตุอาหารของพืช ทำให้พืชมีการเจริญเติบโตต่ำกว่าต้นที่ได้รับการปลูกถ่ายเชื้อเห็ดเผาะ (Brundrett, 2006)

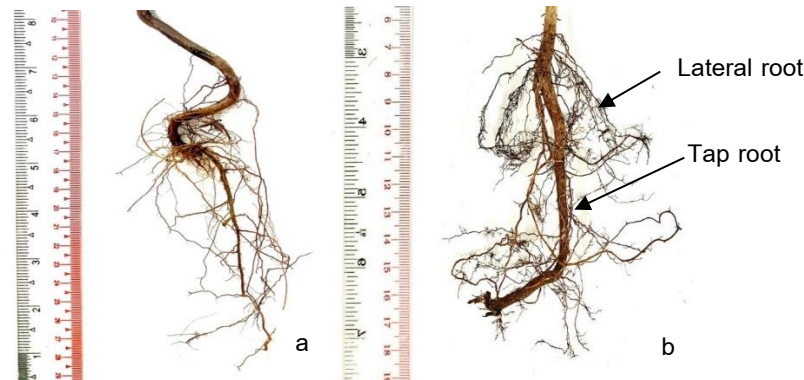


Figure 2 Characteristics of the lateral root numbers of *Shorea obtusa* seedlings for 5 months; (a) non- inoculated and (b) inoculated with mycorrhiza 20 ml/plants.

Table 4 Lateral root numbers and percentages of ectomycorrhizal roots of *D. alatus*, *S. obtusa* and *S. siamensis* were compare with inoculated mycorrhiza (*A. odoratus*) and non-inoculated seedlings for 4 months.

Treatment	Lateral root numbers (per plant)			percentages of ectomycorrhizal		
	<i>D. alatus</i>	<i>S. obtusa</i>	<i>S. siamensis</i>	<i>D. alatus</i>	<i>S. obtusa</i>	<i>S. siamensis</i>
T1 control	696±88b	692±69b	253±48c	36.45±4.28b	34.27±3.56b	36.48±5.70b
T2 20 ml inoculation	720±96b	990±48a	474±68a	76.28±8.54a	80.56±9.57a	60.47±8.20a
T3 30 ml inoculation	892±24a	979±98a	425±63ab	73.93±7.26a	71.03±5.70a	60.20±4.90a
T4 20 ml inoculation for 2 time	709±78b	990±89a	316±52bc	76.71±6.98a	81.31±7.80a	54.03±6.10a
T5 30 ml inoculation for 2 time	883±38a	896±82a	414±85ab	77.99±7.21a	78.04±8.20a	58.93±3.90a
F-test	**	**	**	**	**	*
CV (%)	9.07	8.98	17.14	10.24	10.58	10.97

Mean in the same column followed by the same latter are not significantly different by DMRT at P=0.05.

**, * Significant at 0.01 and 0.05 probability levels, respectively.

ผลของเปอร์เซ็นต์การเกิดรากเอคโตไมคอร์ไรซาของกล้าไม้วงศ์ยาง หลังการใส่เชื้อเห็ดเผาะลงกล้าไม้ทั้ง 3 ชนิด อัตราการเกิดรากเอคโตไมคอร์ไรซามีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยต้นกล้าเต็งที่ใส่เชื้อ 2 ครั้ง ครั้งละ 20 มิลลิลิตรต่อต้น มีเปอร์เซ็นต์การเกิดรากเอคโตไมคอร์ไรซามากที่สุดเฉลี่ย 81.31 เปอร์เซ็นต์ ส่วนต้นกล้ายางนาที่ใส่เชื้อ 2 ครั้ง ปริมาตร 30 มิลลิลิตรต่อต้น มีเปอร์เซ็นต์การเกิดรากเอคโตไมคอร์ไรซาเฉลี่ยมากที่สุด 77.99 เปอร์เซ็นต์ และต้นกล้างิ้วที่ใส่เชื้อ 1 ครั้ง ในปริมาตร 20 มิลลิลิตรต่อต้นเกิดรากเอคโตไมคอร์ไรซาเฉลี่ยมากที่สุด 60.47 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับต้นกล้าที่ไม่ได้ใส่เชื้อเห็ดเผาะมีเปอร์เซ็นต์การเกิดรากเอคโตไมคอร์ไรซาเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 34.27-36.48 เปอร์เซ็นต์ (Table 4) สอดคล้องกับงานวิจัยของCharoenpakdee et al. (2010) ศึกษาการเกิดรากไมคอร์ไรซาในต้นสบู่ดำ (*Jatropha curcas*) จำนวน 10 พื้นที่ พบว่ามีเปอร์เซ็นต์การเกิดรากไมคอร์ไรซา อยู่ระหว่าง 37.7-94.3 เปอร์เซ็นต์ เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Hanmoungiai (2014) ศึกษาการเกิดรากเอคโตไมคอร์ไรซาของต้นกล้าก่อแป้นภายใต้สภาพโรงเรือน พบว่าเส้นใยของเชื้อราเอคโตไมคอร์ไรซามีเปอร์เซ็นต์การเกิดรากสูงถึง 97.78 เปอร์เซ็นต์ ผลการตรวจสอบรากพืชทั้ง 3 ชนิด ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ พบว่าลักษณะรากต้นเต็งที่ได้รับการใส่เชื้อเห็ดเผาะเกิดการสร้างเอคโตไมคอร์ไรซาลักษณะเส้นใยเกาะบริเวณผิวรากพืช (external hyphae) และสานรวมตัวเป็นกระจุกของเส้นใย (rhizomorph) ชัดเจน (Figure 3b) ซึ่งไม่พบลักษณะดังกล่าวในต้นที่ไม่ใส่เชื้อ (Figure 3a) ส่วนการตรวจสอบด้วยการย้อมสีรากตามวิธีของ Phillips and Hayman (1970) โดยลักษณะรากต้นที่ได้รับการใส่เชื้อเมื่อตัดตามแนวขวางพบเส้นใยติดสีของ Trypan Blue มีลักษณะยื่นหรือห่อหุ้ม และเจริญหนาแน่นคลุมผิวรากพืช เรียกว่า แมนเทิล (mantle) (Figure

3d) สอดคล้องกับงานวิจัยของ ธนิตา อาสว่ง และคณะ (2558) พบการสร้างเอดโตไมคอร์ไรซาของเห็ดเผาะสิรินธร (*A. sirindhorniae*) หลังการใส่หัวเชื้อ และพบกลุ่ม rhizomorph ลักษณะสีน้ำตาลดำรอบ ๆ ราก

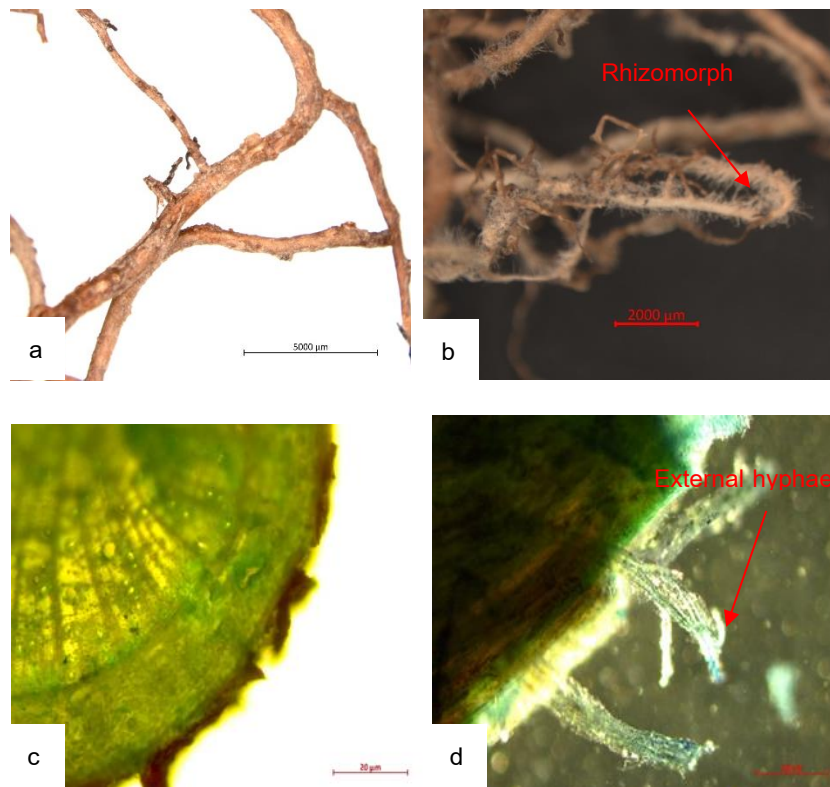


Figure 3 Characteristics of the creation of ectomycorrhizal in the root of *S. obtusa* ; (a) plant root (control), (b) plant root covered by rhizomorph, (c) transverse section of the non- mycorrhiza (control) and (d) inoculated roots with mycorrhiza.

ผลตรวจสอบการมีอยู่ของ DNA ของเห็ดเผาะในรากพืชอาศัยโดยวิธีพีซีอาร์

ภายหลังการใส่เชื้อเห็ดเผาะลงในกล้าไม้พืชอาศัยทั้ง 3 ชนิด เลือกต้นที่มีความสมบูรณ์สามารถเจริญเติบโตได้ ดำรับละ 1 ต้น และต้นที่ไม่ได้รับการใส่เชื้อ (control) รวมถึงเส้นใยเห็ดเผาะบนอาหารแข็ง PDA (positive control) จากผลการตรวจสอบการมีอยู่ของ DNA ที่มีความจำเพาะต่อเห็ดเผาะในรากพืชอาศัย ด้วยชุดไพรเมอร์ GAPK126F และ GAPK379R ซึ่งมีความจำเพาะกับ DNA ของเส้นใยเห็ดเผาะ พบว่าเกิดแถบ DNA ของเส้นใยเห็ดเผาะขนาด 250 คู่เบส ในช่องที่ P เป็นเส้นใยเห็ดเผาะ (positive control) และกล้าไม้ที่มีการใส่เชื้อเห็ดเผาะจะปรากฏแถบ DNA ในช่องที่ 1-4 ของต้นยางนา เต็ง และรัง ที่มีขนาดของแถบ DNA เท่ากับ positive control เมื่อเปรียบเทียบกับต้นที่ไม่ได้รับการใส่เชื้อ (control) พบว่าไม่ปรากฏแถบ DNA ดังกล่าว (Figure 4) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Suwannasai et al. (2020) ศึกษาการสร้างรากเอดโตไมคอร์ไรซาของเห็ดเผาะสิรินธร (*A. sirindhorniae*) ในต้นยางนา (*D. alatus*) โดยการสกัด DNA จากรากต้นยางนา จำนวน 143 ตัวอย่าง ตรวจสอบด้วยชุดไพรเมอร์ GAPK126F และ GAPK379R ซึ่งมีความจำเพาะกับเห็ดเผาะ พบแถบ DNA มีขนาด 250 คู่เบส คิดเป็น 89.4 เปอร์เซ็นต์ ทำให้สามารถยืนยันได้ว่าชุดไพรเมอร์ดังกล่าวมีประสิทธิภาพในการตรวจสอบการเกิดรากเอดโตไมคอร์ไรซาในรากพืชอาศัยที่ได้รับการใส่เชื้อเห็ดเผาะ

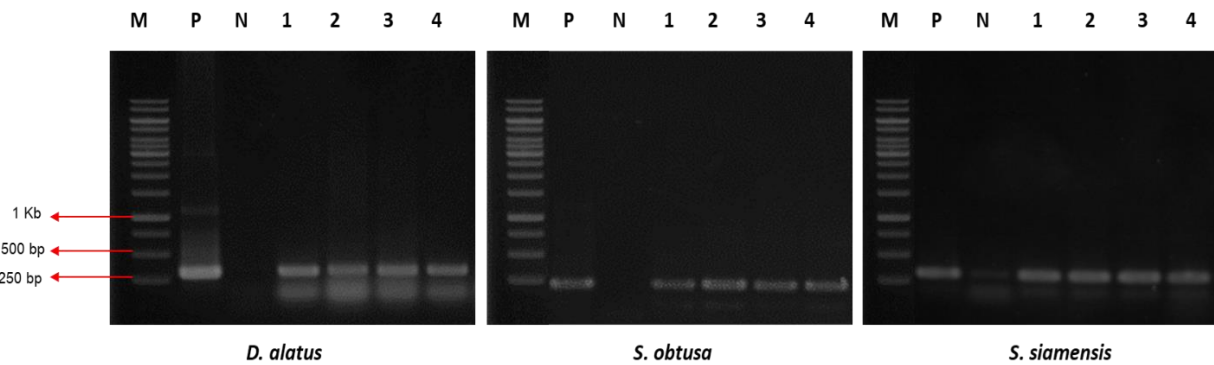


Figure 4 Gel electrophoresis of selected *A. odoratus* ectomycorrhizal roots amplified using GAPK126F/GAPK379R primers; M= 1Kb DNA ladder marker, Lane P= mycelium of *A. odoratus* (positive control), Lane N= T1 non-inoculated (negative control), Lane 1= T2 20 ml inoculation, Lane 2= T3 30 ml inoculation, Lane 3= T4 20 ml inoculation for 2 times and Lane 4= T5 30 ml inoculation for 2 times.

สรุปผลการศึกษา

การทดสอบการใส่เชื้อเห็ดเผาะลงในกล้าไม้วงศ์ยาง 3 ชนิด ได้แก่ ยางนา (*D. alatus*) เต็ง (*S. obtusa*) และรัง (*S. siamensis*) อายุ 3 เดือน โดยปลูกถ่ายเชื้อลงในต้นกล้า 2 ครั้ง แต่แต่ละครั้งห่างกัน 1 เดือน ปริมาตรแตกต่างกัน 2 ระดับ คือ 20 และ 30 มิลลิลิตรต่อต้น เปรียบเทียบกับต้นที่ไม่ได้ใส่เชื้อเห็ดเผาะ (ชุดควบคุม) พบว่าการใส่เชื้อ 2 ครั้ง ปริมาตร 20 มิลลิลิตรต่อต้น ต้นเต็งมีคุณสมบัติเป็นกล้าไม้พืชอาศัยในการส่งเสริมการเกิดรากเอคโตไมคอร์ไรซาของไม้วงศ์ยางภายใต้สภาวะเรือนปลูกพืชมากที่สุด โดยส่งเสริมให้กล้าไม้มีความสูง เส้นผ่านศูนย์กลางระดับคอราก ความยาวราก จำนวนรากแขนง และปริมาณมวลชีวภาพส่วนเหนือดิน รวมถึงมีเปอร์เซ็นต์การเกิดรากเอคโตไมคอร์ไรซามากที่สุดถึง 81.31 เปอร์เซ็นต์ และยืนยันผลการเกิดรากเอคโตไมคอร์ไรซาโดยเทคนิคพีซีอาร์ ด้วยชุดไพรเมอร์ GAPK126F และ GAPK379R พบแถบ DNA ขนาด 250 คู่เบส ที่มีความจำเพาะต่อ DNA ของเส้นใยเห็ดเผาะ เมื่อเปรียบเทียบกับต้นที่ไม่ได้รับการใส่เชื้อ (control) ซึ่งไม่ปรากฏแถบ DNA ดังกล่าว การศึกษาข้างต้นได้เป็นพืชที่เหมาะสมที่สุดสามารถใช้เป็นข้อมูลให้เกษตรกรเลือกก่อนนำไปปลูกในป่าหรือในพื้นที่ของเกษตรกร ซึ่งจะช่วยให้การผลิตเห็ดป่าไมคอร์ไรซา (เห็ดเผาะ) ประสบความสำเร็จมากขึ้น และเกิดการพัฒนาเศรษฐกิจของชุมชนให้ยั่งยืนในอนาคต

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.) และสำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (องค์การมหาชน) (สวก.) ในการสนับสนุนทุนวิจัยเรื่องการพัฒนาเทคโนโลยีการเพาะเห็ดไมคอร์ไรซา (เห็ดตับเต่า เห็ดเผาะ เห็ดระโงก) และเห็ดตีนแรดเพื่อสร้างต้นแบบสวนป่าสวนเห็ดครัวเรือนเพื่อการพัฒนาเศรษฐกิจชุมชนอย่างยั่งยืน ประจำปีงบประมาณ 2563

เอกสารอ้างอิง

- เกษม สร้อยทอง. 2537. เห็ดและราขนาดใหญ่ในประเทศไทย. พิมพ์ครั้งที่ 1. อุบลราชธานี: ศิริธรรม ออฟเซ็ท.
- ทรวงศ์ แสงเทียน และอุทัยวรรณ แสงวงษ์. 2537. การเจริญเติบโตของยางนาที่ได้รับการปลูกเชื้อเอคโตไมคอร์ไรซา. *วารสารวนศาสตร์* 13: 22-28.
- ธนิดา อาสวาง, อุไรวรรณ วิจารณ์กุล, รุ่งเพชร แข็งแรง, ธัญญิกา สุวรรณาศรัย และเชิดชัย โพธิ์ศรี. 2558. เอคโตไมคอร์ไรซาของเห็ดเผาะสีนอร์นในกล้าไม้ยางนา. ใน *การประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานวิชาการเครือข่ายงานวิจัยนิเวศวิทยาป่าไม้แห่งประเทศไทย ครั้งที่ 4*.
- พิษณุโลก: คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร.
- ธนาภรณ์ อินยอด, ธนากร ลัทธิธีระสุวรรณ, ชนิษฐา ชวนะนรเศรษฐ์, ธนาภัทร เต็มอารมย์, ชาตรี กอนี่, สุริมา ญาติโสม, สุจิตรา บัวลอย และปิยะดา เอี่ยมประสงค์. 2564. การศึกษาอายุของต้นหว้าที่เหมาะสมในการเจริญของเชื้อเห็ดตับเต่าภายใต้สภาวะโรงปลูกพืช. *วารสารเกษตรนเรศวร* 18(1): 1-13.
- ราชบัณฑิตยสถาน. 2550. *เห็ดในประเทศไทย*. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: ราชบัณฑิตยสถาน.
- วิพรพรรณ เนื่องเม็ก และมนัส ทิตยวรรณ. 2563. วิจัยผลิตหัวเชื้อเห็ดเผาะและผลต่อการเจริญเติบโตของพืชอาศัย. *วารสารแก่นเกษตร* 48(1): 1173-1180.

- สมศักดิ์ สุขวงศ์. 2542. วัฒนธรรมไทยกับไม้ในวงศ์ยาง. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ สำนักพิมพ์ภัณฑและวัฒนธรรมการเกษตร.
- สำนักงานหอพรรณไม้. 2555. คู่มือเลือกชนิดพรรณไม้เพื่อปลูกป่าป้องกันอุทกภัย. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.
- สุพิตรา เจริญภักดี บดีรัฐ. 2561. นิเวศวิทยาของเห็ดเผาะในพื้นที่มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ จังหวัดปทุมธานี. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี* 20(3): 124-133.
- อนิวรรณ เจริญพงษ์ และธีรวัฒน์ บุญทวีคุณ. 2525. การสำรวจเห็ดโตไม้คอร์ไรซาในระบบนิเวศวิทยาป่าดิบแล้ง. สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย. <https://www.tistr.or.th/sakaerat/project/ASRCT%20pdf/3/006.pdf> (15 สิงหาคม 2564).
- Brundrett, MC. 2006. Understanding the roles of multifunctional mycorrhizal and endophytic fungi. *Soil Biology Journal* 38(9): 281-298.
- Charoenpakdee, S., Phosri, C., Dell, B., and Lumyong, S. 2010. The mycorrhizal status of indigenous arbuscular mycorrhizal fungi of physic nut (*Jatropha curcas*) in Thailand. *Mycosphere* 1(2): 167-181.
- Doyle, J. J., and Dickson, E. E. 1987. Preservation of plant samples for DNA restriction endonuclease analysis. *Taxon* 36: 715-722.
- Hanmoungjai, W. 2014. Factors affecting on the growth of mycelium Hed-Pho (*Astreaus hygrometricus* Morgan) on agar medium and cereal grain medium. *Naresuan University Journal Science and Technology* 22(3): 1-9.
- Harley, J. L., and Smith, S. E. 1983. Mycorrhizal symbiosis. In *Scientific Research*, J. Dighton, ed. pp 483. London: Academic Press.
- Kaewgrajang, T., Sangwanit, U., Iwase, K., Kodama, M., and Yamato, M. 2013. Effects of ectomycorrhizal fungus *Astraeus odoratus* on *Dipterocarpus alatus* seedlings. *Journal of Tropical Forest Science* 25(2): 200-205.
- Li-Hui, L., and Qiang-Sheng, W. 2017. Mycorrhizas promote plant growth, root morphology and chlorophyll production in white clover. *Biotechnology* 16(1): 34-39.
- Lyal, C. H. C., and Curran, L. M. 2000. Seed-feeding beetles of the weevil tribe Mecysolobini (Insecta: Coleoptera: Curculionidae) developing in seeds of trees in the Dipterocarpaceae. *Journal of Natural* 34:1743-1847.
- Noori, M., Mobasser, H. R., Rigi, K., Heidari, M., and Keykha, A. 2014. Effects of mycorrhiza and nitrogen fertilizer on quantitative traits of wheat. *Journal of Novel Applied Sciences* 3(3): 295-297.
- Nopamornbodi, O. 1995. Effect of mycorrhizae on plant growth and soil fertility. In *International Training Course on Soil Management Technique "Fertility Improvement"*, ADRC, ed. Khonkaen: JICAS ADRC.
- Nuangmek, W., Saenmuangma, R., and M. Titayavan. 2016. Ecology and distribution of earthstars in Plant Genetic Conservation Project under the Royal Initiative of Her Royal Highness Princess Maha Chakri Sirindhorn at University of Phayao. *Khon Kaen agriculture journal* 40(1): 960- 964.
- Phillips, J. M., and Hayman, D. S. 1970. Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. *Transactions of the British Mycological Society* 55: 158-161.
- Sreedhar, S. S., and Mohan, V. 2016. Effects of arbuscular mycorrhizal (AM) fungi and plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) as bio-fertilizers on growth enhancement of economically important native tree species, *Neolamarckia cadamba* seedlings. *KAVAKA* 47: 125-133.
- Suwannasai, N., Dokmai, P., Yamada, A., Watling, R., and Phosri, C. 2020. First ectomycorrhizal syntheses between *Astraeus sirindhorniae* and *Dipterocarpus alatus* (Dipterocarpaceae), pure culture characteristics, and molecular detection. *Biodiversitas* 21(1): 231-238.
- Tharnrat, K., Baramée, S., and Uthaiwan, S. 2019. Growth response of *Dipterocarpus tuberculatus* and *Shorea roxburghii* Seedlings to *Astraeus odoratus*. *Environment and Natural Resources Journal* 17(3): 80-88.

วันรับบทความ (Received date) : 22 ก.ย. 64

วันแก้ไขบทความ (Revised date) : 26 ม.ค. 65

วันตอบรับบทความ (Accepted date) : 29 มี.ค. 65

การพัฒนาคำแนะนำการจัดการธาตุอาหารหลักเฉพาะพื้นที่สำหรับอ้อยในชุดดินกำแพงแสน เขตภาคกลางฝั่งตะวันตก ประเทศไทย

The Development of Site-specific Nutrient Management Recommendations for Sugarcane Culture in Kamphaeng Saen Soil Series, Central Western Region of Thailand

สุชาดา กรุณา¹, นภาพร พันธุ์มิลศิลป์¹, ธวัชชัย อินทร์บุญช่วย¹, วิภาวรรณ ห้ายเมือง¹, อัญธิชา พรมเมืองคุก¹ และสิรินภา ช่างโสภา¹
Suchada Karuna¹, Napaporn Phankamolstil¹, Tawatthai Inboonchuay¹, Wipawan Thaymuang¹, Aunthicha Phommuangkuk¹
and Sirinapa Chungopast¹

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาคำแนะนำการจัดการธาตุอาหารหลักเฉพาะพื้นที่ และความเป็นไปได้ในการปรับใช้คำแนะนำธาตุอาหารหลักเฉพาะพื้นที่สำหรับอ้อยภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ในเขตภาคกลางฝั่งตะวันตก พร้อมทั้งหาแนวทางการจัดการปุ๋ยอ้อยเพื่อให้ได้ผลตอบแทนสูงสุด สร้างคำแนะนำการใช้ปุ๋ยโดยนำเข้าข้อมูลดิน ภูมิอากาศ การจัดการของพื้นที่ศึกษา สัมประสิทธิ์พันธุกรรมพืช ร่วมกับฐานข้อมูลปุ๋ยสั่งตัดภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ในแบบจำลองการปลูกพืช DSSAT (Decision Support System for AgroTechnology Transfer) เพื่อกำหนดอัตราปุ๋ยไนโตรเจนที่มีความเป็นไปได้ในพื้นที่ศึกษา และทดสอบความแม่นยำผ่านแปลงทดลอง เปรียบเทียบผลของคำแนะนำที่มีอยู่เดิม 2 คำแนะนำ ได้แก่ คำแนะนำการใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินสำหรับอ้อยของกรมวิชาการเกษตร (T1) และคำแนะนำปุ๋ยสั่งตัดสำหรับอ้อยภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (T2) กับคำแนะนำที่พัฒนาขึ้นมาใหม่ (T3 T4 T5) คือ คำแนะนำปุ๋ยอ้อยเฉพาะพื้นที่สำหรับแปลงทดลอง (T3) คำแนะนำอัตราปุ๋ยไนโตรเจน 0.5 เท่าของตำรับ T3 (T4) และคำแนะนำอัตราปุ๋ยไนโตรเจน 1.5 เท่าของตำรับ T3 (T5) ทำการทดลองบนชุดดินกำแพงแสน ผลการวิจัยพบว่าตำรับ T3 (คำแนะนำ ที่พัฒนาขึ้นมาใหม่) ให้ค่าเฉลี่ยผลผลิตใกล้เคียงกับตำรับ T2 และให้ผลผลิตสูงกว่าตำรับ T1 ทั้งอ้อยปลูกและอ้อยตอ และผลผลิตจากการใส่ปุ๋ยแบบเกษตรกร นอกจากนี้ยังพบว่า ตำรับ T3 ประหยัดต้นทุนค่าปุ๋ยและให้ผลตอบแทนสุทธิสูงกว่าวิธีเดิมของเกษตรกรอย่างชัดเจน จึงมีความเป็นไปได้ในการนำคำแนะนำที่สร้างขึ้นใหม่และการประยุกต์ใช้คำแนะนำปุ๋ยสั่งตัดสำหรับอ้อยภาคตะวันออกเฉียงเหนือมาใช้เพื่อเพิ่มผลผลิตอ้อยในพื้นที่ภาคกลางฝั่งตะวันตก

คำสำคัญ: การจัดการธาตุอาหารหลักเฉพาะพื้นที่ ชุดดินกำแพงแสน อ้อย ภาคกลางฝั่งตะวันตกของประเทศไทย

Abstract

This research aims to develop the site-specific nutrient recommendation and the scope for devising site-specific macronutrient recommendations for sugarcane in Northeast Thailand's central western region. We further investigate optimal nutrient management for profit maximisation. The nutrient recommendations used here were created from DSSAT (Decision Support System for AgroTechnology Transfer), using spatial soil data, climate, management, genetic coefficient and tailored fertilizer mixes generating various nitrogen rates specific to each study site. The proposed nutrient regimes were validated using experimental growth plots. The two original recommendations (based on soil analysis for sugarcane from DOA (Department of Agriculture (T1) and site-specific nutrient recommendation for sugarcane in Northeast (T2)) were compared to the DSSAT generated recommendations: site-specific nutrient recommendations for sugarcane (T3), one-half DSSAT recommended T3 N-rate (T4) and 1.5 times recommended T3 N-rate (T5). The experiment was carried out on plots comprised of the Kamphaeng Saen soil series. The result indicated that T3 (the DSSAT generated recommendation) did not significantly diverge from average yield of T2 (site-specific nutrient recommendation for sugarcane in Northeast) for both plant cane and first ratoon cane. However, the DSSAT

¹ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์วิทยาเขตกำแพงแสน อ. กำแพงแสน จ. นครปฐม 73140

¹Department of Soil Science, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus, Kamphaeng Saen, Nakhon Pathom 73140

^{*}Corresponding author, Email: agrscdk@ku.ac.th

recommendations significantly enhanced the yield over DOA (T1) and local farmer yields. The DSSAT generated recommendation not only reduced the cost of fertilizer, but resulted in increased profit over typical farmer practice. Therefore, we conclude that the wider use of DSSAT generated nutrient recommendations and applied site-specific nutrient recommendations for sugarcane in Northeast for similar soils could enhance sugarcane yield in central western region.

Keywords: site-specific nutrient management, Kamphaeng Saen soil series, sugarcane, central western region of Thailand

คำนำ

อ้อยเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย ในปีการผลิต 2563/2564 ภาคกลางมีพื้นที่ปลูกอ้อยรวม 2,939,319 ไร่ (สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย, 2564) โดยพื้นที่ปลูกประมาณ 55% อยู่ในภาคกลางฝั่งตะวันตก (1,641,476 ไร่) พันธุ์อ้อยที่นิยมปลูกในเขตนี้ ได้แก่ พันธุ์ LK92-11 และพันธุ์ขอนแก่น 3 (KK-3) อ้อยในเขตภาคกลางให้ผลผลิตเฉลี่ย 7.36 ตันต่อไร่ ซึ่งสูงกว่าค่าเฉลี่ยผลผลิตต่อไร่ของประเทศ (7.21 ตันต่อไร่) (ปีการผลิต 2563/2564) (สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย, 2564) ผลผลิตอ้อยของประเทศค่อนข้างลดลง สาเหตุหนึ่งของปัญหามาจากการจัดการปุ๋ยที่ไม่เหมาะสมกับพื้นที่ ซึ่งปุ๋ยถือว่าเป็นต้นทุนหลักของการผลิต ประกอบกับสถานการณ์การระบาดของเชื้อไวรัสโควิด-19 ส่งผลให้ปัจจัยการผลิตทางการเกษตรโดยเฉพาะปุ๋ยเพิ่มสูงขึ้นมาก (สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2564) การใช้ปุ๋ยอย่างมีประสิทธิภาพบนพื้นฐานการคำนึงถึงทรัพยากรดินและสภาพแวดล้อมจะช่วยเพิ่มผลผลิต ลดต้นทุนและเพิ่มกำไรให้เกษตรกรได้ ทั้งนี้แนวทางการใช้ปุ๋ยนั้นมีความหลากหลาย เช่น 1) คำแนะนำการใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินสำหรับอ้อยของกรมวิชาการเกษตร 2) คำแนะนำปุ๋ยเฉพาะพื้นที่สำหรับอ้อยภาคตะวันออกเฉียงเหนือ หรือโปรแกรมคำแนะนำ “ปุ๋ยสั่งตัด” (Attanandana et al., 2008; Phinchongsakuldit, 2014) ซึ่งเป็นการประยุกต์ใช้แบบจำลองการเจริญเติบโตของพืช (crop model) ในการประเมินอัตราการใส่ปุ๋ยที่เหมาะสมกับทรัพยากรดินและสิ่งแวดล้อม และงานวิจัยนี้ยังได้รับการยอมรับในวงการเกษตรอย่างกว้างขวาง (สุวรรณ ประณีตวตกุล และสมพร อิศวิลานนท์, 2553) ภาคกลางฝั่งตะวันตกแม้จะเป็นพื้นที่ปลูกอ้อยที่สำคัญของประเทศ (1,641,476 ไร่ คิดเป็นพื้นที่มากกว่าร้อยละ 50 ของพื้นที่ปลูกอ้อยภาคกลาง) ผลผลิตเฉลี่ยต่อพื้นที่ (7.36 ตันต่อไร่ ปีการผลิต 2563/2564) สูงกว่าผลผลิตเฉลี่ยของทั้งประเทศ (7.21 ตันต่อไร่ ปีการผลิต 2563/2564) จึงเป็นพื้นที่ที่มีศักยภาพในการผลิตอ้อยของประเทศ แต่ในเขตนี้ยังไม่มีคำแนะนำการจัดการธาตุอาหารหลักที่เหมาะสมอย่างแท้จริง ส่วนคำแนะนำการใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินสำหรับอ้อยของกรมวิชาการเกษตร แม้ว่าอัตราปุ๋ยจะกำหนดจากค่าวิเคราะห์ดินก่อนปลูกแต่ไม่ได้แนะนำปัจจัยอื่น ๆ เช่น ภูมิอากาศ ฐานข้อมูลระดับชุดดิน การจัดการแปลง มาพิจารณาด้วย นอกจากนี้ การใช้ปุ๋ยของเกษตรกรส่วนใหญ่ยังไม่ทราบความต้องการธาตุอาหารที่แท้จริงและขาดองค์ความรู้ในการจัดการดินเพื่อให้มีปริมาณและสัดส่วนของธาตุอาหารเพียงพอต่อการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตที่ดี ส่งผลให้ต้นทุนการผลิตต่อพื้นที่ยังคงค่อนข้างสูง (นาพร พันธุ์มลิศิลป์ และคณะ, 2560) การวิจัยนี้จึงมีแนวคิดที่จะพัฒนาคำแนะนำการจัดการธาตุอาหารหลักเฉพาะพื้นที่สำหรับอ้อยในภาคกลางฝั่งตะวันตก และการประยุกต์ใช้คำแนะนำปุ๋ยสั่งตัดในภาคตะวันออกเฉียงเหนือสำหรับชุดดินที่มีสมบัติใกล้เคียงกันกับชุดดินที่มีการปลูกอ้อยมากในภาคกลางฝั่งตะวันตก เพื่อยกระดับประสิทธิภาพการจัดการธาตุอาหารหลักสำหรับอ้อยในพื้นที่ดังกล่าว ช่วยเกษตรกรลดต้นทุนและเพิ่มผลตอบแทน

วิธีการศึกษา

เลือกพื้นที่ปลูกอ้อยบนชุดดินกำแพงแสน (Kamphaeng Saen soil series: Ks, Fine-silty, mixed, semiactive, isohyperthermic Typic Haplustalfs) ซึ่งเป็นชุดดินที่มีการปลูกอ้อยมากในเขตภาคกลางฝั่งตะวันตก จากนั้นเทียบเคียงกับชุดดินปลูกอ้อยภาคตะวันออกเฉียงเหนือที่มีสมบัติใกล้เคียงกันมากที่สุดและมีคำแนะนำการจัดการธาตุอาหารแล้ว คือ ชุดดินดงยางเอน (Dong Yang En soil series : Don, Fine-silty, mixed, active, isohyperthermic Oxyaquic (Ultic) Haplustalfs) เพื่อใช้เป็นต้นแบบสำหรับพัฒนาคำแนะนำปุ๋ยอ้อยในภาคกลางฝั่งตะวันตก ดำเนินการเก็บตัวอย่างดินพร้อมทำคำอธิบายหน้าตัดดิน วิเคราะห์สมบัติพื้นฐาน (พีเอช ปริมาณอินทรีย์วัตถุ ค่าการนำไฟฟ้าของดินอิ่มตัว เนื้อดิน ความหนาแน่นรวม) และปริมาณธาตุอาหารหลักใน

ดิน (ไนโตรเจนทั้งหมด ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้) นำข้อมูลดินของพื้นที่ศึกษาพร้อมทั้งข้อมูลการจัดการแปลงทดสอบ ข้อมูลพันธุกรรมพืช ค่าสัมประสิทธิ์พันธุกรรมอ้อยพันธุ์ KK-3 ใช้ข้อมูลผลวิจัยของ ทักษิณา คັນสยะวิชัย และคณะ (2548) ข้อมูลสภาพแวดล้อมที่เกี่ยวข้อง เข้าสู่แบบจำลองการปลูกพืช DSSAT 3.5 และ DSSAT 4.6 เพื่อกำหนดอัตราปุ๋ยไนโตรเจนและปรับอัตราให้แตกต่างกัน 3 ระดับ ได้แก่ ดำรับ T3 (คำแนะนำปุ๋ยอ้อยเฉพาะพื้นที่ซึ่งอัตราไนโตรเจนได้จากแบบจำลองการปลูกพืช) ดำรับ T4 (คำแนะนำอัตราปุ๋ยไนโตรเจน 0.5 เท่าของดำรับ T3) และดำรับ T5 (คำแนะนำอัตราปุ๋ยไนโตรเจน 1.5 เท่าของดำรับ T3) ส่วนอัตราฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมใช้ตามค่าวิเคราะห์ดินสำหรับอ้อยของกรมวิชาการเกษตร และเปรียบเทียบผลของคำแนะนำที่พัฒนาขึ้นมาใหม่ (T3 T4 T5) กับคำแนะนำเดิม 2 คำแนะนำ ได้แก่ คำแนะนำการใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินสำหรับอ้อยของกรมวิชาการเกษตร (T1) และคำแนะนำปุ๋ยสั่งตัดสำหรับอ้อยภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (T2) ทำการทดลองในอ้อยพันธุ์ขอนแก่น 3 (KK-3) ทั้งอ้อยปลูกและอ้อยต่อ ตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2561 ถึง เดือนเมษายน พ.ศ. 2562 วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ในบล็อก (Randomized Complete Block Design ; RCBD) จำนวน 3 ซ้ำ 5 ดำรับการทดลอง (Table 1) ใช้แม่ปุ๋ยผสมเพื่อให้ได้ธาตุอาหารหลักตามที่กำหนด ทั้งยูเรีย (46-0-0) ไคแอมโมเนียมฟอสเฟต (18-46-0) และโพแทสเซียมคลอไรด์ (0-0-60) แบ่งใส่ 2 ครั้ง ครั้งแรก 22 วัน และครั้งที่ 2 110 วัน หลังปลูก เก็บข้อมูลการเจริญเติบโตที่อายุ 4 8 และ 12 เดือน ได้แก่ ความสูงต้น จำนวนต้นต่อแปลง ข้อมูลผลผลิต ได้แก่ จำนวนลำต่อไร่ ผลผลิตต่อไร่ คุณภาพผลผลิต ได้แก่ ค่าความหวานของอ้อย (Commercial Cane Sugar ; CCS) คำนวณได้จากค่าเปอร์เซ็นต์โพลาไรเซชัน (Polarization; Pol) และเปอร์เซ็นต์บริกซ์ (%Brix) ของน้ำอ้อยที่ได้จากลูกหีบชุดแรก รวมถึงเปอร์เซ็นต์เยื่อใย (fiber) (กาญจนา กิระศักดิ์ และคณะ, 2558) พร้อมเปรียบเทียบผลผลิตจากวิธีของเกษตรกร วิเคราะห์ความแปรปรวนของลักษณะที่ศึกษา (F-test) ตามแผนการทดลองแบบ RCBD และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแบบ Duncan's multiple range test (DMRT) รวบรวมข้อมูลต้นทุนการผลิตอ้อยของเกษตรกรในพื้นที่ศึกษา ข้อมูลจากราคาปุ๋ยเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2561 (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2562) เพื่อเปรียบเทียบผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์

Table 1 Nutrient quantity of each treatment for plant cane and first ratoon cane in Kamphaeng Saen soil series, central western region.

Treatment	Nutrient for plant cane (kg/rai)			Nutrient for first ratoon cane (kg/rai)		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
T1	12	3	12	18	6	18
T2	16	9	24	16	9	24
T3	24	3	12	32	6	18
T4	12	3	12	16	6	18
T5	36	3	12	48	6	18
Farmer's practice	29	10	0	29	10	0

T1= nutrient recommendation base-on soil analysis for sugarcane from DOA (Department of Agriculture)

T2= site-specific nutrient recommendation for sugarcane in Northeast for similar soil series

T3= site-specific nutrient recommendation for sugarcane in study site (N rate from crop model)

T4= the recommendation N-rate 0.5 times of T3

T5= the recommendation N-rate 1.5 times of T3

ผลการศึกษาและวิจารณ์

การเจริญเติบโตของอ้อยปลูก

ความสูงต้นอ้อยและจำนวนต้นต่อไร่

การใส่ปุ๋ยตามคำแนะนำแบบต่าง ๆ ส่งผลให้ความสูงของต้นอ้อยทั้ง 3 ช่วงอายุ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 2, P < 0.05) โดยพบว่า ดำรับ T5 ให้ความสูงเฉลี่ยของต้นมากที่สุดช่วงอายุ 8 เดือนแรก แต่ไม่แตกต่างทางสถิติกับ T1 และ T2 (ที่อายุ 8 เดือน) อาจเนื่องจากเป็นช่วงอายุที่อ้อยปลูกมีการเจริญเติบโตทางด้านลำต้นเป็นส่วนใหญ่ (290 วันหลังปลูก) การให้ปุ๋ย

N ในอัตราที่สูง (36 กิโลกรัมต่อไร่) จึงส่งผลต่อการยืดยาวของลำต้นและการเจริญเติบโตที่มากกว่าตัวรับอื่น ๆ (คณาจารย์ภาควิชาพืชไร่นา, 2542; ยงยุทธ โอสดสภา, 2556) ส่วนตัวรับ T3 ให้ความสูงเฉลี่ยน้อยกว่า T1 และ T2 เล็กน้อยทั้งที่ปริมาณปุ๋ย N มากกว่า อาจเนื่องจากสัดส่วนของธาตุอาหารหลักที่แตกต่างกัน (N : P : K) ซึ่งพบว่า ในตัวรับ T1 และ T2 มีสัดส่วนของฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมที่สูงกว่าตัวรับ T3 (El-Tilib et al., 2004) และที่อายุ 12 เดือน พบว่า ตัวรับ T2 ให้ความสูงมากที่สุด รองลงมา คือ ตัวรับ T5 แตกต่างจากตัวรับการทดลองอื่น ๆ จากผลการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในดินก่อนปลูกพบว่าปริมาณอินทรีย์วัตถุ 1.57% ไนโตรเจนทั้งหมด 0.05% ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ 56.64 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ 56.81 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งปริมาณธาตุอาหารค่อนข้างต่ำ (ยกเว้นฟอสฟอรัส) การให้ปุ๋ยที่มีโพแทสเซียมสูงในตัวรับที่ 2 ซึ่งมากกว่าตัวรับอื่น ๆ สองเท่า การสะสมโพแทสเซียมในอ้อยช่วงสุดท้ายอาจส่งผลให้การเจริญเติบโตของอ้อยยังยืดยาวออกไปได้อีกเล็กน้อย ส่วนตัวรับ T3 และ T4 ความสูงไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ นอกจากนี้ทั้งสองตัวรับมีค่าความสูงเฉลี่ยน้อยกว่าตัวรับ T1 เล็กน้อยเนื่องจากทั้ง 3 ตัวรับมีปริมาณฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมที่เท่ากัน สำหรับจำนวนต้นต่อไร่ทั้ง 3 ช่วงอายุ พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (Table 2) ผลเนื่องจากไนโตรเจนช่วยเพิ่มน้ำหนักต่อลำของอ้อยแต่ไม่มีผลต่อการแตกกอซึ่งเป็นลักษณะมาจากพันธุกรรมและเขตรกรรม และอ้อยจะตอบสนองต่อปริมาณธาตุไนโตรเจนที่ได้รับมากน้อยเพียงใดยังขึ้นอยู่กับปัจจัยอื่น ๆ เช่น ความชื้นของดิน และการกระจายตัวของปริมาณฝนที่สม่ำเสมอด้วย (อรรถศิษฐ์ วงศ์มณีโรจน์, 2552) นอกจากนี้ยังพบว่าจำนวนต้นต่อไร่ลดลงอย่างชัดเจนในอายุ 4 เดือนไปจนถึงอายุ 8 เดือน ทั้งนี้สอดคล้องตามช่วงการเจริญเติบโตของอ้อยที่ระยะการแตกกอ (150 วัน) หลังจากนั้นหน่อที่ไม่สมบูรณ์จะตายลง เหลือเฉพาะหน่อที่สมบูรณ์เจริญเติบโตและเข้าสู่ระยะย่างปล้องต่อไป (150-290 วัน) (คณาจารย์ภาควิชาพืชไร่นา, 2542)

Table 2 Growth of plant cane in Kamphaeng Saen soil series: stalk height and number stalk per area at 4, 8 and 12 months (120, 240, and 360 days after plant).

Treatment	4 months		8 months		12 months	
	height (cm)	stalk/rai	height (cm)	stalk/rai	height (cm)	stalk/rai
T1	108.85 ^{ab}	12,328	241.33 ^{ab}	7,359	283.63 ^{ab}	7,370
T2	104.00 ^b	12,688	243.50 ^{ab}	7,447	298.67 ^a	7,454
T3	109.70 ^{ab}	12,550	237.00 ^b	7,463	277.10 ^a	7,401
T4	104.90 ^b	11,799	231.17 ^b	7,265	256.00 ^b	7,130
T5	123.15 ^a	13,175	257.50 ^a	7,846	296.20 ^a	7,790
F-test	*	ns	*	ns	*	ns
CV (%)	9.56	8.98	5.21	10.24	7.66	8.54

* Significant difference at P < 0.05, ns non-significant difference.

Mean in the same column followed by the same letter are not significantly different by DMRT at P=0.05.

ผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของอ้อยปลูก

การใส่ปุ๋ยตามคำแนะนำต่าง ๆ ให้ผลผลิตจำนวนต้นต่อไร่และผลผลิตต้นสดไม่แตกต่างกันทางสถิติ (Table 3) ยังพบข้อสังเกตว่า T5 สามารถส่งผลให้จำนวนต้นต่อไร่สูงที่สุด (7,790 ต้นต่อไร่) และตัวรับที่ให้จำนวนต้นต่อไร่ น้อยที่สุด คือ ตัวรับ T4 (7,130 ต้นต่อไร่) และตัวรับ T1 (7,370 ต้นต่อไร่) ทั้งนี้อาจเนื่องจากทั้ง 2 ตัวรับมีปริมาณปุ๋ยไนโตรเจนที่ต่ำกว่าตัวรับอื่น ในส่วนของผลผลิตน้ำหนักต้นสด พบว่า ตัวรับ T2 ให้ผลผลิตต้นสดสูงที่สุด (17.89 ตันต่อไร่) รองลงมาคือ ตัวรับ T3 (17.00 ตันต่อไร่) ทั้งสองตัวรับให้ผลผลิตใกล้เคียงกัน แต่มีค่าน้ำหนักแห้งแตกต่างกัน (3.70 และ 4.86 ตันต่อไร่ ตามลำดับ) อาจเนื่องจากสัดส่วนธาตุอาหารที่แตกต่างกัน (N : P : K) โดยเฉพาะสัดส่วนฟอสฟอรัสและโพแทสเซียม ซึ่งมีบทบาทต่อการยืดยาวลำต้นและการสะสมน้ำในอ้อย สัดส่วนโพแทสเซียมในตัวรับ T3 ส่งผลให้อ้อยมีการสะสมน้ำในอ้อยมากกว่า ในขณะที่ตัวรับ T2 สัดส่วนฟอสฟอรัสที่สูงจะส่งเสริมการยืดยาวของลำต้น (El-Tilib et al., 2004) ในขณะที่ตัวรับ T4 ให้น้ำหนักต้นสดต่ำที่สุด (14.63 ตันต่อไร่) ใกล้เคียงกับตัวรับ T1 (14.92 ตันต่อไร่) และผลผลิตจากการใส่ปุ๋ยแบบเกษตรกร (14.35 ตันต่อไร่) อาจเนื่องจากไนโตรเจนและโพแทสเซียม (เกษตรกร

ไม่ได้ใส่โพแทสเซียม) จะมีผลต่อการเพิ่มน้ำหนักลำของอ้อย แต่ไม่มีผลต่อการแตกกอซึ่งเป็นลักษณะจากพันธุกรรมและเขตกรรม (อรรถศิษฐ์ วงศ์มณีโรจน์, 2552) ประกอบกับการสะสมมวลชีวภาพจะเกิดขึ้นในระยะอ้อยย่างปล้อง ซึ่งระยะนี้อ้อยจะต้องการทั้งไนโตรเจนและฟอสฟอรัสสูงมาก ในตำรับ T2 ที่มีสัดส่วนของไนโตรเจนต่อฟอสฟอรัสที่สูงจึงส่งผลให้น้ำหนักสดของอ้อยมากตามไปด้วย (ยงยุทธ โสสถสภา, 2556) เมื่อพิจารณาผลผลิตน้ำหนักแห้งและค่า CCS พบว่า ให้ผลที่แตกต่างกันทางสถิติ (Table 3) กล่าวคือ ตำรับ T3 (คำแนะนำปุ๋ยอ้อยเฉพาะพื้นที่สำหรับแปลงทดสอบที่คำนวณได้) ให้น้ำหนักแห้งสูงที่สุด (4.86 ตันต่อไร่) แต่ไม่แตกต่างทางสถิติกับ T2 T4 และ T5 ส่วนตำรับ T1 ให้น้ำหนักแห้งต่ำที่สุด (3.60 ตันต่อไร่) สำหรับค่า CCS พบว่า ตำรับ T2 ให้ค่า CCS สูงที่สุด (16.43%) ในขณะที่ T5 ให้ค่า CCS ต่ำที่สุด (13.33%) และต่ำกว่าตำรับของเกษตรกร (14.52%) ทั้งนี้เนื่องจากตำรับ T5 มีปริมาณไนโตรเจนสูงกว่าตำรับอื่น ๆ อาจทำให้อ้อยเกิดการเจริญเติบโตทางด้านลำต้นออกไปอีก ทั้งที่เป็นระยะแก่และสุก (หลังจาก 290 วัน) อ้อยจะเริ่มสะสมน้ำตาลในระยะนี้ น้ำหนักแห้งจะเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย ช่วงนี้อ้อยต้องการไนโตรเจนปานกลาง แต่ใช้โพแทสเซียมในปริมาณที่สูงกว่าระยะอื่น และหากในระยะย่างปล้องไปจนถึงระยะแก่และสุกอ้อยได้รับทั้งฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมที่เพียงพอจะส่งผลดีต่อการสะสมน้ำตาล (ยงยุทธ โสสถสภา, 2556) จากข้อมูลผลผลิตและคุณภาพผลผลิตจะเห็นได้ว่า ตำรับ T2 ให้ผลผลิตต้นสดและค่า CCS ซึ่งเป็นดัชนีบ่งบอกคุณภาพผลผลิตสูงที่สุด

Table 3 Cane yield, fresh weight, dry weight and CCS of plant cane in Kamphaeng Saen soil series.

Treatment	Cane yield (stalk /rai)	Fresh weight (ton/rai)	Dry weight (ton/rai)	CCS (%)
T1	7,370	14.92	3.60 ^b	15.88 ^{ab}
T2	7,454	17.89	3.70 ^{ab}	16.43 ^a
T3	7,401	17.00	4.86 ^a	15.11 ^{ab}
T4	7,130	14.63	4.12 ^{ab}	15.11 ^{ab}
T5	7,790	16.95	4.62 ^{ab}	13.33 ^b
F-test	ns	ns	*	*
CV (%)	8.54	15.26	16.34	10.80
Farmer's practice	7,289	14.35	4.43	14.25

*Significant difference at $P < 0.05$, ns non-significant difference.

Mean in the same column followed by the same latter are not significantly different by DMRT at $P=0.05$.

และหากเปรียบเทียบอิทธิพลของปริมาณไนโตรเจนต่ออัตราการให้ผลผลิตอ้อยระหว่างตำรับการทดลองที่ T3 T4 และ T5 พบว่า ไม่แตกต่างกันทางสถิติ การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราที่เพิ่มขึ้น 1.5 เท่า ไม่ได้ทำให้อัตราผลผลิตเพิ่มขึ้น ในขณะที่เมื่อลดปุ๋ยไนโตรเจนลง 0.5 เท่า กลับส่งผลให้อัตราผลผลิตอ้อยลดลง อาจกล่าวได้ว่าในกรณีนี้การใส่ปุ๋ยตามคำแนะนำปุ๋ยอ้อยเฉพาะพื้นที่สำหรับแปลงทดสอบให้อัตราผลผลิตอ้อยต่อหน่วยธาตุอาหารสูงที่สุด

อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการจัดการธาตุอาหารหลักจากคำแนะนำเดิม (T1 และ T2) กับคำแนะนำที่พัฒนาขึ้นมาใหม่ (T3) พบว่า การใส่ปุ๋ยตามคำแนะนำปุ๋ยสั่งตัดสำหรับอ้อยภาคตะวันออกเฉียงเหนือของชุดดินเทียบเคียง (T2) นั้นยังให้ผลผลิตเฉลี่ยสูงที่สุด (17.89 ตันต่อไร่) และเมื่อวิเคราะห์ร่วมกับข้อมูลอัตราปุ๋ยแต่ละตำรับการทดลอง (Table 1) จะเห็นได้ว่าตำรับ T3 ซึ่งเป็นคำแนะนำที่พัฒนาขึ้นมาใหม่มีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนมากกว่าทั้ง 2 คำแนะนำ (T1 และ T2) แต่ไม่สามารถทำให้เกิดผลผลิตสูงสุดได้ ดังนั้นอาจอธิบายได้ว่า ค่าเฉลี่ยของผลผลิตที่สูงจากตำรับ T2 จึงไม่น่าเป็นผลจากปุ๋ยไนโตรเจนเพียงอย่างเดียว หากแต่น่าจะเกิดจากผลของฟอสฟอรัสและโพแทสเซียม ซึ่งจะเห็นได้ว่าตำรับ T2 ใส่ในปริมาณที่สูงกว่าตำรับ T1 และ T3 ผลผลิตที่เพิ่มสูงขึ้นในตำรับ T2 จึงมีความเป็นไปได้ที่ในระยะแก่และสุกจะเกิดจากการตอบสนองต่อปุ๋ยฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม (ยงยุทธ โสสถสภา, 2556; Fageria et al., 2011) ผลการศึกษาสอดคล้องกับรายงานของกองปฐพีวิทยา (2538) พบว่า อ้อยตอบสนองต่อการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนสูงสุด รองลงมาได้แก่ โพแทสเซียม และฟอสฟอรัส ตามลำดับ โดยเฉพาะระยะย่างปล้องที่มีการเจริญเติบโตและสะสมมวลชีวภาพสูงที่สุดนั้นอ้อยต้องการฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมสูงไม่ต่างจากไนโตรเจนในช่วงแรก และผลที่

ได้ยังสอดคล้องกับข้อมูลผลผลิตในดำรับการใส่ปุ๋ยแบบเกษตรกร ซึ่งเห็นได้ชัดเจนว่าผลผลิตที่เพิ่มขึ้นน่าจะเกิดจากการตอบสนองของต่อปริมาณโพแทสเซียม ทั้งนี้เกษตรกรใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 29 กิโลกรัม N ต่อไร่ (ดำรับ T2 ใส่ไนโตรเจนเท่ากับ 16 กิโลกรัม N ต่อไร่) และฟอสฟอรัสในอัตรา 10 กิโลกรัม P_2O_5 ต่อไร่ (ดำรับ T2 ใส่ฟอสฟอรัส 9 กิโลกรัม P_2O_5 ต่อไร่) ในขณะที่ดำรับเกษตรกรไม่มีการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียม (ดำรับ T2 ใส่โพแทสเซียม 24 กิโลกรัม K_2O ต่อไร่) จึงทำให้เห็นว่าการใส่ปุ๋ยตามคำแนะนำปุ๋ยสั่งตัดสำหรับอ้อยภาคตะวันออกเฉียงเหนือของชุดดินเทียบเคียง (T2) ให้ผลผลิตมากกว่าดำรับเกษตรกรถึง 3.54 ตันต่อไร่

การเจริญเติบโตของอ้อยตอ

ความสูงต้นอ้อยและจำนวนต้นต่อไร่

การใส่ปุ๋ยตามคำแนะนำทั้ง 5 ดำรับในอ้อยตอ พบว่า ความสูงเฉลี่ยต่อต้นและจำนวนต้นเฉลี่ยต่อไร่ของอ้อยตอทั้ง 3 ช่วงอายุ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (Table 4) เนื่องจากการเจริญเติบโตของอ้อยตอแรกนั้นมักเป็นการแตกหน่อและยืดความยาวของลำต้นซึ่งเป็นอิทธิพลของพันธุกรรมและการเขตรกรรมเป็นหลัก (จุฑามาศ บุริยะ และคณะ, 2563) และการแตกหน่อจากตาบริเวณปล้องของอ้อยตอจะตอบสนองต่อธาตุอื่นมากกว่าไนโตรเจน เช่น โพแทสเซียม (Shukla et al., 2009) จากข้อมูลจะเห็นได้ว่าจำนวนต้นเฉลี่ยต่อไร่มีค่าลดลงอย่างชัดเจนจากอายุ 4 เดือนไปถึงอายุ 8 เดือนเหมือนในอ้อยปลูก ทั้งนี้สอดคล้องตามช่วงการเจริญเติบโตของอ้อยที่ระยะ 4 เดือนจะเป็นระยะการแตกกอ หลังจากนั้นหน่อที่ไม่สมบูรณ์จะตายลง มีเฉพาะหน่อที่สมบูรณ์จะเจริญเติบโตและเข้าสู่ระยะอย่างปล้องต่อไป (คณาจารย์ภาควิชาพืชไร่นา, 2542)

ผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของอ้อยตอ

การใส่ปุ๋ยตามคำแนะนำต่าง ๆ สำหรับอ้อยตอ ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า ทั้งจำนวนต้นต่อไร่ น้ำหนักต้นแห้ง และค่า CCS ในทุกดำรับการทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (Table 5) โดยพบว่า จำนวนต้นต่อไร่ในการใส่ปุ๋ยตามคำแนะนำปุ๋ยอ้อยเฉพาะพื้นที่สำหรับแปลงทดสอบ (T3) ให้ค่าสูงที่สุด (10,921 ต้นต่อไร่) และคำแนะนำการใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินสำหรับอ้อยของกรมวิชาการเกษตร (T1) ให้จำนวนต้นต่อไร่น้อยที่สุด (10,074 ต้นต่อไร่) สำหรับค่าเฉลี่ยของน้ำหนักต้นแห้งในดำรับ T1 มีค่าสูงที่สุด (3.39 ตันต่อไร่) และการใส่ปุ๋ยตามคำแนะนำอัตราปุ๋ย N 0.5 เท่าของดำรับการทดลองที่ T3 (T4) ให้ค่าน้ำหนักต้นแห้งต่ำที่สุด (2.81 ตันต่อไร่) ในทางตรงกันข้ามเมื่อพิจารณาคุณภาพผลผลิตกลับพบว่า ค่า CCS ในดำรับ T4 มีค่าสูงที่สุด (14.82) และดำรับ T1 ต่ำที่สุด (12.62) สำหรับผลผลิตน้ำหนักต้นสดของอ้อยตอ พบว่า การใส่ปุ๋ยตามคำแนะนำที่ต่างกันทำให้น้ำหนักต้นสดมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (Table 5, $P < 0.05$) โดยที่การใส่ปุ๋ยตามคำแนะนำอัตราปุ๋ย N 1.5 เท่าของดำรับการทดลองที่ T3 (T5) ให้น้ำหนักต้นสดเฉลี่ยสูงที่สุด (14.83 ตันต่อไร่) ไม่แตกต่างทางสถิติกับ T3 ซึ่งให้เห็นว่าปุ๋ยไนโตรเจนที่ให้เพิ่มขึ้นทำให้น้ำหนักต้นสดเพิ่มขึ้น แต่การใส่ปุ๋ยตามคำแนะนำอัตรา N 0.5 เท่าของดำรับการทดลองที่ T3 (T4) ทำให้น้ำหนักต้นสดต่ำที่สุด (12.15 ตันต่อไร่) อาจกล่าวได้ว่าในกรณีของอ้อยตอแรกการให้ปริมาณธาตุหลักที่ค่อนข้างสูง ทั้งไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ก็ไม่ได้ส่งผลให้การเจริญเติบโตในระยะต่าง ๆ ตลอดจนการให้ผลผลิตของอ้อยแตกต่างกันมากนัก หรือมีความเป็นไปได้ว่าสัดส่วนของธาตุอาหารหลักสำหรับอ้อยตอแรกที่มาจากคำแนะนำต่าง ๆ ในกรณีนี้ ยังไม่ใช้ปริมาณธาตุอาหารที่เหมาะสมสำหรับอ้อยตออย่างแท้จริง

หากเปรียบเทียบอิทธิพลของไนโตรเจนต่อการให้ผลผลิตระหว่างดำรับ T3 T4 และ T5 พบว่า ผลผลิตของอ้อยตอมีการตอบสนองต่ออัตราปุ๋ยไนโตรเจนที่เพิ่มขึ้น แต่เป็นการเพิ่มขึ้นของผลผลิตในอัตราถดถอย เป็นได้ว่าในส่วนของอ้อยตอนั้นแม้จะเข้าสู่ระยะแก่และสุก หากในดินมีปริมาณไนโตรเจนที่สูง พืชก็จะสามารถดูดซับไนโตรเจนไปใช้เพื่อการเจริญเติบโตในบางส่วนของลำต้น (ยงยุทธ โสภธสภ, 2556; Fageria et al., 2011)

Table 4 Growth of first ratoon cane in Kamphaeng Saen soil series: stalk height and number stalk per area at 4, 8 and 12 months (120, 240, and 360 days after plant).

Treatment	4 months		8 months		12 months	
	height (cm)	stalk/rai	height (cm)	stalk/rai	height (cm)	stalk/rai
T1	119.73	16,489	224.53	12,339	227.66	10,074
T2	114.12	17,312	204.83	12,555	218.80	10,159
T3	118.58	15,501	225.27	12,382	251.37	10,921
T4	113.15	15,467	235.67	10,614	244.73	10,489
T5	121.13	17,141	211.33	10,879	222.47	10,413
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV (%)	5.00	10.58	12.01	32.07	11.35	13.57

*Significant difference at $P < 0.05$, ns non-significant difference.

อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการจัดการธาตุอาหารหลักจากคำแนะนำเดิมที่มีอยู่แล้ว เช่น ตำรับ T1 และ T2 (ผลผลิต 12.61 และ 12.27 ตันต่อไร่ ตามลำดับ) กับคำแนะนำที่พัฒนาขึ้นมาใหม่ (เฉพาะตำรับ T3) พบว่า คำแนะนำที่พัฒนาขึ้นมาใหม่ให้ผลผลิตเฉลี่ยสูงกว่า (13.21 ตันต่อไร่) หากวิเคราะห์ร่วมกับอัตราปุ๋ยในแต่ละตำรับการทดลอง (Table 1) จะเห็นได้ว่า ตำรับ T3 ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนมากกว่าทั้งสองตำรับ และสูงกว่าในอ้อยปลูก ส่วนอัตราฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมในทั้ง 3 คำแนะนำมีปริมาณที่ไม่แตกต่างกันมากนัก หรืออาจกล่าวได้ว่าในกรณีอ้อยตอในชุดดินกำแพงแสน คำแนะนำฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมตามค่าวิเคราะห์ดินที่นำมาปรับใช้ร่วมกับอัตราคำแนะนำไนโตรเจนที่ได้จากแบบจำลองการปลูกพืชนั้นอาจยังไม่ใช่วิธีที่ดีที่สุดของธาตุอาหารหลักสำหรับอ้อยตอแรก สำหรับตำรับการทดลองที่มีผลผลิตเฉลี่ยสูงสุดที่สุด คือ ตำรับ T5 (14.83 ตันต่อไร่) ซึ่งเป็นคำแนะนำที่พัฒนาขึ้นมาใหม่และเพิ่มระดับไนโตรเจนเป็น 1.5 เท่า ผลผลิตสูงสุดของอ้อยตอในตำรับนี้อาจเป็นผลมาจากปริมาณไนโตรเจนที่สูงกว่าตำรับอื่น ๆ ส่งผลให้การเจริญเติบโตในช่วงแรกของอ้อยตอเร็วกว่า เพราะจากค่าวิเคราะห์ดินพบว่าปริมาณธาตุอาหารตกค้างจากอ้อยปลูกค่อนข้างต่ำ (organic matter 1.43%, Total N 0.05%, Exch. K 44.21 mg/kg) ยกเว้นปริมาณฟอสฟอรัสที่ค่อนข้างสูง (Avai. P 49.83 mg/kg)

แม้ว่าผลผลิตจำนวนตันต่อไร่ของอ้อยตอจะมากกว่าอ้อยปลูกและการเจริญเติบโตในระยะแตกหน่อของอ้อยตอจะมีอัตราสูงกว่า แต่ผลผลิตน้ำหนักต้นสดอ้อยตอจะลดลงจากอ้อยปลูกประมาณร้อยละ 30 ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปัจจัยของพันธุ์ การดูแลรักษา และการจัดการให้เหมาะสมตามสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน (นุชจรินทร์ พึ่งพา และอรรถสิทธิ์ บุญธรรม, 2555)

Table 5 Cane yield, fresh weight, dry weight and CCS of first ratoon cane in Kamphaeng Saen soil series.

Treatment	Cane yield (stalk/rai)	Fresh weight (ton/rai)	Dry weight (ton/rai)	CCS (%)
T1	10,074	12.61 ^b	3.39	12.62
T2	10,159	12.27 ^b	3.18	12.73
T3	10,921	13.21 ^{ab}	3.01	13.27
T4	10,489	12.15 ^b	2.81	14.82
T5	10,413	14.83 ^a	3.27	14.38
F-test	ns	*	ns	ns
CV (%)	13.57	19.47	18.19	12.32
Farmer's practice ^{1/}	-	-	-	-

*Significant difference at $P < 0.05$, ns non-significant difference. ^{1/} Farmer's plot was damaged by fire.

Mean in the same column followed by the same letter are not significantly different by DMRT at $P=0.05$.

ผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์

จากข้อมูลต้นทุนการผลิตอ้อยของเกษตรกร พบว่า ต้นทุนการผลิตต่อพื้นที่สำหรับอ้อยปลูกเท่ากับ 9,934 บาท ในขณะที่อ้อยต่ออยู่ที่ 5,934 บาท (ค่าปุ๋ย 1,738 บาททั้งอ้อยปลูกและอ้อยต่อ) ใช้ข้อมูลจากราคาปุ๋ยเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2561 จากสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2562) อ้อยต่อมีต้นทุนในการผลิตต่ำกว่าอ้อยปลูกในเรื่องค่าทอนพันธุ์ ค่าปลูก และค่าเตรียมแปลง เปรียบเทียบผลตอบแทนสุทธิแต่ละตัวรับการทดลองที่ได้รับ โดยคิดราคาอ้อยจากฤดูกาลเก็บเกี่ยวในปี พ.ศ. 2561/2562 มีราคาอ้อยขั้นต้นอยู่ที่ 700 บาทต่อตัน และมีเงินอุดหนุนจากรัฐบาลและกองทุนอ้อยที่ 50 บาทต่อตัน และ 53 บาทต่อตัน ตามลำดับ นอกจากนี้ยังมีเงินเพิ่มค่า CCS ที่มากกว่า 10 ในอัตรา 6 บาทต่อ 1 CCS ที่เพิ่มขึ้น แสดงให้เห็นว่า สำหรับอ้อยปลูก (Table 6) การใส่ปุ๋ยตามคำแนะนำปุ๋ยสั่งตัดสำหรับอ้อยภาคตะวันออกเฉียงเหนือของชุดดินเทียบเคียง (T2) ให้ค่าตอบแทนสูงที่สุด รองลงมาคือ ค่าแนะนำปุ๋ยอ้อยเฉพาะพื้นที่สำหรับแปลงทดสอบ (T3) ในขณะที่การใส่ปุ๋ยในรูปแบบเดิมของเกษตรกรยังมีต้นทุนค่าปุ๋ยที่สูงและให้ผลตอบแทนสุทธิต่อไร่ต่ำที่สุด (240 บาทต่อไร่) ดังนั้น หากจะพัฒนาคำแนะนำปุ๋ยอ้อยเฉพาะพื้นที่แบบรวดเร็วในเขตภาคกลางฝั่งตะวันตก ที่ยังไม่มีคำแนะนำการจัดการธาตุอาหารหลักเฉพาะพื้นที่ที่สมบูรณ์ หนึ่งในแนวทางที่เป็นไปได้คือ การนำคำแนะนำปุ๋ยสั่งตัดสำหรับอ้อยภาคตะวันออกเฉียงเหนือของชุดดินเทียบเคียงมาประยุกต์ใช้เพื่อเป็นแนวทางการใส่ปุ๋ยอ้อยเบื้องต้นได้ วิธีการนี้น่าจะเป็นทางเลือกประกอบการตัดสินใจบนพื้นฐานเหตุผลของการลดต้นทุนการผลิตและช่วยเพิ่มผลผลิตต่อพื้นที่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ในส่วนของคำแนะนำที่พัฒนาขึ้นใหม่จากการใช้แบบจำลองการปลูกพืชกำหนดอัตราปุ๋ยไนโตรเจนนั้น อาจต้องพิจารณาแนวทางการกำหนดฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมใหม่ เนื่องจากกรณีในอ้อยปลูกผลการศึกษาลูกค้าแสดงให้เห็นแล้วว่า อัตราฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมตามคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตรอาจยังไม่เพียงพอต่อการให้ผลผลิตสูงสุด

Table 6 The total cost and income from each treatment for plant cane in Kamphaeng Saen soil series.

Treatment	Cane yield (ton/rai)	CCS	Fixed cost (baht/rai)	Fertilizer cost (baht/rai)	Total cost (baht/rai)	Income (baht/rai)	Net profit (baht/rai)
T1	14.92	15.88	8,196	706	8,902	10,582	1,680
T2	17.89	16.43	8,196	1,297	9,493	12,665	3,172
T3	17.00	15.11	8,196	1,010	9,206	12,034	2,828
T4	14.63	15.11	8,196	706	8,902	10,375	1,473
T5	16.95	13.33	8,196	1,618	9,814	11,988	2,174
Farmer's practice	14.35	14.25	8,196	1,738	9,934	10,174	240

Table 7 The total cost and income from each treatment for first ratoon cane in Kamphaeng Saen soil series.

Treatment	Cane yield (ton/rai)	CCS	Fixed cost (baht/rai)	Fertilizer cost (baht/rai)	Total cost (baht/rai)	Income (baht/rai)	Net profit (baht/rai)
T1	12.61	12.62	4,196	1,103	5,299	8,947	3,648
T2	12.27	12.73	4,196	1,297	5,493	8,710	3,217
T3	13.21	13.27	4,196	1,458	5,654	9,373	3,719
T4	12.15	14.82	4,196	1,052	5,248	8,641	3,393
T5	14.83	14.38	4,196	1,863	6,059	10,515	4,456
Farmer's practice ^{1/}	-	-	4,196	1,738	5,934	-	-

^{1/} Farmer's plot was damaged by fire.

สำหรับอ้อยต่อ (Table 7) การใส่ปุ๋ยตามคำแนะนำอัตราปุ๋ย N 1.5 เท่าของดำรับการทดลองที่ T3 (T5) แม้จะมีต้นทุนต่อพื้นที่สูง แต่ก็ให้ค่าตอบแทนสูงที่สุด รองลงมาคือ ค่าแนะนำปุ๋ยอ้อยเฉพาะพื้นที่สำหรับแปลงทดสอบ (T3) ซึ่งพัฒนาขึ้นมาใหม่นอกจากนี้คำแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดินของกรมวิชาการเกษตร (T1) ก็ยังให้ผลตอบแทนที่ค่อนข้างสูงสำหรับอ้อยต่ออีกด้วย ดังนั้น น่าจะเป็นทางเลือกหนึ่งเพื่อประกอบการวางแผนการจัดการต้นทุนการผลิตสำหรับอ้อยต่อในพื้นที่ภาคกลางฝั่งตะวันตกได้

สรุปผลการศึกษา

การใส่ปุ๋ยตามคำแนะนำปุ๋ยอ้อยเฉพาะพื้นที่ที่พัฒนาขึ้นมาใหม่ (T3) ในอ้อยปลูกโดยอาศัยข้อมูลชุดดิน สภาพแวดล้อมในพื้นที่ภาคกลางฝั่งตะวันตก ในชุดดินกำแพงแสน ให้ผลผลิตเฉลี่ย 17.00 ตันต่อไร่ ซึ่งน้อยกว่าการใส่ปุ๋ยตามคำแนะนำปุ๋ยสั่งตัดสำหรับอ้อยภาคตะวันออกเฉียงเหนือในชุดดินเทียบเคียงเพียงเล็กน้อย (T2, 17.89 ตันต่อไร่) ส่วนอ้อยต่อนั้นผลผลิตเฉลี่ยที่ได้ (13.21 ตันต่อไร่) สูงกว่าการใส่ปุ๋ยตามคำแนะนำปุ๋ยสั่งตัดสำหรับอ้อยภาคตะวันออกเฉียงเหนือในชุดดินเทียบเคียง (12.27 ตันต่อไร่) อาจกล่าวได้ว่า ค่าแนะนำปุ๋ยอ้อยเฉพาะพื้นที่ที่พัฒนาขึ้นมาใหม่สำหรับพื้นที่ภาคกลางฝั่งตะวันตกให้ผลผลิตที่ใกล้เคียงกับดำรับคำแนะนำปุ๋ยสั่งตัดภาคตะวันออกเฉียงเหนือในชุดดินเทียบเคียง และให้ผลผลิตสูงกว่าคำแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดินของกรมวิชาการเกษตร (14.92 ตันต่อไร่สำหรับอ้อยปลูก, 12.61 ตันต่อไร่สำหรับอ้อยต่อ) เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีของเกษตรกร พบว่า การนำคำแนะนำปุ๋ยสั่งตัดสำหรับอ้อยภาคตะวันออกเฉียงเหนือมาประยุกต์ใช้โดยการเทียบเคียงชุดดินนั้นให้ผลผลิตมากกว่าถึง 3.54 ตันต่อไร่ ในขณะที่คำแนะนำปุ๋ยอ้อยเฉพาะพื้นที่ที่พัฒนาขึ้นมาใหม่ให้ผลผลิตมากกว่า 2.65 ตันต่อไร่ (อ้อยปลูก) ดังนั้น ค่าแนะนำปุ๋ยอ้อยเฉพาะพื้นที่จากแบบจำลองการปลูกพืช และคำแนะนำปุ๋ยสั่งตัดสำหรับอ้อยภาคตะวันออกเฉียงเหนือ สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในพื้นที่ภาคกลางฝั่งตะวันตกได้ ทั้งยังช่วยลดปริมาณปุ๋ยในโตรเจนซึ่งเป็นต้นทุนสำคัญในการผลิตได้ ส่วนอัตราฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม นั้นจำเป็นต้องมีการศึกษาและพัฒนาเพิ่มเติม เพราะสัดส่วนธาตุอาหารที่สมดุลยังคงมีความสำคัญ นอกจากนี้จากผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่า หากยังไม่มีการพัฒนาค่าแนะนำปุ๋ยเฉพาะพื้นที่สำหรับอ้อยในพื้นที่ภาคกลางฝั่งตะวันตกที่สมบูรณ์ การนำคำแนะนำปุ๋ยสั่งตัดสำหรับอ้อยภาคตะวันออกเฉียงเหนือมาปรับใช้โดยการเทียบเคียงชุดดินก็เป็นทางเลือกที่มีประสิทธิภาพสำหรับเกษตรกรผู้ปลูกอ้อย

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) ที่ให้การสนับสนุนทุนการวิจัยแบบมุ่งเป้า: อ้อย ประจำปีงบประมาณ 2561 ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ที่สนับสนุนห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ดิน และเกษตรกรผู้ปลูกอ้อยในพื้นที่ภาคกลางฝั่งตะวันตกที่เอื้อเพื่อแปลงทดลอง สำหรับการดำเนินงานวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- กาญจนา กิระศักดิ์, ทักษิณา คັນสยะวิชัย, วีระพล พลรักดี และอัมรารวรรณ ทิพย์วัฒน์. 2558. การวัดค่าความหวานของอ้อยด้วยแสงย่านใกล้อินฟราเรด. *วารสารวิชาการเกษตร* 33(2): 159-168.
- กองปฐพีวิทยา. 2538. *คำแนะนำการใช้ปุ๋ยพืชไร่*. กรุงเทพฯ: กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- คณาจารย์ภาควิชาพืชไร่. 2542. *พืชเศรษฐกิจ*. พิมพ์ครั้งที่ 10. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- จุฑามาศ บุรียะ, วีรพงษ์ ชำนาญผา, พิชัย บุตรสีภูมิ และอนุพงศ์ วงศ์ดามี. 2563. การประเมินศักยภาพการให้ผลผลิตระหว่างอ้อยปลูกและอ้อยต่อ 1 จำนวน 16 สายพันธุ์ที่ปลูกในสภาพพื้นที่ดินทรายของจังหวัดพิษณุโลก. *วารสารเกษตรนเรศวร* 17(2): 1-8.
- ทักษิณา คันสยะวิชัย, กอบเกียรติ ไชยบาลเจริญ และปรีชา กาเพชร. 2548. การตอบสนองต่อปุ๋ยของอ้อยพันธุ์ 94-2-200 อ้อยข้ามแล้ง ใน: การศึกษาลักษณะทางพันธุกรรมของโคลนอ้อยชุด 2537. ใน *รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2551*. ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น กรมวิชาการเกษตร.
- นภาพร พันธุ์กมลศิลป์, อรรถศิษฐ์ วงศ์มณีโรจน์, สุชาดา กรุณา, อัญชิชา พรมเมืองคุก, ธวัชชัย อินทร์บุญช่วย และธนธร ศรีสุข. 2560. การวิเคราะห์ปัญหาการเกษตรเชิงพื้นที่เพื่อพัฒนาเทคโนโลยีการจัดการทรัพยากรการเกษตรอย่างยั่งยืนในเขตภาคกลางฝั่งตะวันตกของประเทศไทย. ใน *รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์*. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.). ปีงบประมาณ 2561.
- นุชจรินทร์ พึ่งพา และอรรถสิทธิ์ บุญธรรม. 2555. การศึกษาปริมาณน้ำที่เหมาะสมในแต่ละช่วงของอายุการเจริญเติบโตของอ้อย. ใน *เอกสารประกอบการประชุมวิชาการแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ครั้งที่ 9 "ตามรอยพระยุคลบาท เกษตรศาสตร์กำแพงแสน"*. น. 2241-2247. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม.
- ยงยุทธ โสสถสภา. 2556. ธาตุอาหารและการเจริญเติบโตของอ้อย. *วารสารดินและปุ๋ย* 35(1-4): 65-77.

- สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย. 2564. รายงานพื้นที่ปลูกอ้อย ปีการผลิต 2563/2564. <http://www.ocsb.go.th/upload/journal/fileupload/9315-6906.pdf> (9 ธันวาคม 2564).
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2562. ราคาขายปลีกปุ๋ยเคมีรายเดือน. <http://www.oae.go.th/view/1/ปัจจัยการผลิต/TH-TH> (2 มิถุนายน 2562).
- สุวรรณา ประณีตกุล และสมพร อิศวิลานนท์. 2553. การประเมินผลกระทบของโครงการจัดการธาตุอาหารพืชเฉพาะพื้นที่เพื่อการผลิตพืชอย่างยั่งยืน. *วารสารวิทยาศาสตร์ สาขาสังคมศาสตร์* 31(2): 231-244.
- อรรถศิษฐ์ วงศ์นิโรจน์. 2552. การพัฒนาระบบคำแนะนำการใส่ปุ๋ยเคมีเพื่อยกระดับการผลิตอ้อย: การทดสอบความแม่นยำของระบบคำแนะนำปุ๋ยอ้อย. ใน *รายงานฉบับสมบูรณ์โครงการสร้างองค์ความรู้และพัฒนาด้านอ้อย โครงการระยะสั้น ปี 2552*. สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย กระทรวงอุตสาหกรรม.
- Attanandana, T., Verapattanarund, P., and Yost, R. 2008. Refining and disseminating site-specific nutrient management technology in Thailand. *Agronomy for Sustainable Development* 28(2): 291-297.
- El-Tilib, M. A., Elnasikh, M. H., and Elamin, E. A. 2004. Phosphorus and potassium fertilization effects on growth attributes and yield of two sugarcane varieties grown on three soil series. *Journal of Plant Nutrition* 27(4): 663-699.
- Fageria, N. K., Baliga, V. C., and Jones, C. A. 2011. *Growth and Mineral Nutrition of Field Crops*. 3rd ed. New York: Marcel Dekker, Inc.
- Phinchongsakuldit, A. 2014. Site-specific nutrient management (SSNM) in Thailand. Food and Fertilizer Technology Center. <http://www.agnet.org/library.php> (28 August 2016).
- Shukla, S. K., Yadav, R. L., Singh, P. N., and Singh, I. 2009. Potassium nutrition for improving stubble bud sprouting, dry matter partitioning, nutrient uptake and winter-initiated sugarcane (*Saccharum* spp. hybrid complex) ratoon yield. *European Journal of Agronomy* 30(1): 27-33.

วันรับบทความ : (Received date) : 30 ส.ค. 64
 วันแก้ไขบทความ : (Revised date) : 10 ธ.ค. 64
 วันตอบรับบทความ : (Accepted date) : 11 เม.ย. 65

การออกแบบการทดลองแบบผสมผลไม้แห้งในข้าวพองอัดแท่งเพื่อเป็นอาหารสุขภาพในอาเซียน Mixture Design Technique of Dried Fruits in Puffed Rice Bar for ASEAN Healthy Food

ปิลันตสุทธิ สุวรรณเลิศ¹ นริศรา วังมะนาว¹ วีระศักดิ์ สมยานะ² และนักสิทธิ ปัญญาใหญ่^{1*}
Piluntasoot Suwannalert¹, Narissara Wangmanao¹, Wirasak Somyana² and Naksit Panyoyai^{1*}

บทคัดย่อ

ข้าวพองผสมผลไม้แห้งอัดแท่งเป็นผลิตภัณฑ์อาหารแปรรูปในชุมชนที่พัฒนาสูตรตามหลักการเปลี่ยนวัตถุดิบอาหารเหลือทิ้งมาพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ ผลิตภัณฑ์ใช้ส่วนผสมหลักเป็นเศษข้าวแต่นมาทอดให้พองกรอบ กล้วยตาก กุ้งฝอย และเจลาตินฮาลาล นำมาผสมกับผลไม้แห้งที่สำรวจจากผู้ตอบแบบสอบถามในภูมิภาคอาเซียน ได้แก่ กล้วยตาก มะม่วงอบแห้ง และองุ่นแห้ง ด้วยเทคนิคการออกแบบการทดลองแบบผสมผลไม้แห้งสามชนิด ได้สัดส่วนโดยน้ำหนักที่เหมาะสม คือ มะม่วงอบแห้งร้อยละ 6.41 กล้วยตากร้อยละ 6.06 องุ่นแห้งร้อยละ 11.53 และส่วนผสมอื่น ๆ ได้แก่ ข้าวพองร้อยละ 25 ข้าวโอ๊ตร้อยละ 10 งาขาวร้อยละ 4 เมล็ดฟักทองร้อยละ 10 ถั่วเขียวเลาะเปลือกร้อยละ 9 กลูโคสไซรัปร้อยละ 16 เจลาตินฮาลาลร้อยละ 2 ผลิตภัณฑ์มีค่าวอเตอร์แอคทิวิตี 0.63 ความชื้นร้อยละ 4.53 ค่าเปอร์ออกไซด์ 5.93 มิลลิกรัมสมมูลต่อกิโลกรัมผลิตภัณฑ์ ค่าเนื้อสัมผัสความแข็ง 44.52 นิวตัน ปริมาณจุลินทรีย์มีคุณภาพตามมาตรฐานชุมชนผัก ผลไม้ และธัญพืชอัดแท่ง (มผช. 902/2559) และมาตรฐานการปนเปื้อนในอาหารเสริมสุขภาพอาเซียน คุณค่าทางโภชนาการที่วิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการมาตรฐานอาหารเทียบกับข้อมูลโภชนาการผลิตภัณฑ์คล้ายกับที่ผลิตในประเทศกลุ่มอาเซียน พบว่า ผลิตภัณฑ์ที่พัฒนามีพลังงานและไขมันต่ำกว่า โดยในหนึ่งหน่วยบริโภค 25 กรัม ให้พลังงาน 90 กิโลแคลอรี น้ำตาล 3 กรัม ไขมัน 1 กรัม โซเดียม 55 มิลลิกรัม ผู้ทดสอบชิมจากภูมิภาคอาเซียนให้การยอมรับผลิตภัณฑ์ ต้นทุนเฉพาะผลิตภัณฑ์ที่บริโภคได้คือ 4.87 บาทไทย

คำสำคัญ: การออกแบบการทดลองแบบผสม ผลไม้แห้ง ข้าวพองอัดแท่ง อาหารสุขภาพ อาเซียน

Abstract

A rice bar made from fruits and puffed rice was locally processed using a formula based on the “upcycled food principle”. The product used rice crumbs fried until crisp as the main ingredients, and other minor ingredients (cereals, glucose syrup, Halal gelatin), and dried fruits (banana, mango, raisin) suggested by a survey of ASEAN respondents. The mixture design technique for mixing three dried fruits was applied to reveal the optimal mixed fruits proportion of dried mango (6.41%), dried bananas (6.06%), and raisins (11.53%). The other rice bar ingredients were puffed rice 25%, oats 10%, white sesame seeds 4%, pumpkin seeds 10%, Mung bean 9%, glucose syrup 16%, and halal gelatin 2%. The product quality analysis revealed water activity 0.63, moisture content 4.53%, peroxide value of 5.93 milli-equivalents peroxide per 1 kg food, and texture analysis indicated hardness of 44.52 Newton. Microbial content was up to Thailand Community Product Standard of fruit vegetable and cereal bar (TCPS 902/2016) and ASEAN Guidelines on Limits of Contaminants for Health Supplements (2021). Nutritional analysis results from the food standard laboratory compared with the nutritional facts of the similar products in ASEAN indicated that the formulated product was lower in energy and fat, based on 25 gram samples. One standard serving contained 90 kcal, sugar 3 grams, fat 1 gram, and 55 mg sodium. The ASEAN sensory testers generally accepted the new product. The cost of the edible rice bar was approximately 4.87 baht.

¹ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ อ. แมริม จ. เชียงใหม่ 50330

¹Department of Agro-Industry, Faculty of Agricultural Technology, Chiang Mai Rajabhat University, Mae Rim, Chiang Mai, 50330

²ภาควิชาเศรษฐศาสตร์ คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ อ. เมือง จ. เชียงใหม่ 50300

²Department of Economics, Faculty of Management Sciences, Chiang Mai Rajabhat University, Muang, Chiang Mai, 50300

*Corresponding author, E-mail: naksit_pan@cmru.ac.th

Keywords: mixture design, dried fruits, puffed rice bar, healthy food, ASEAN

คำนำ

ข้าวแตน (sticky rice cracker) หรือ นางเล็ด มีคุณภาพตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช. 36/2562) (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2562) ระบุว่า อาหารว่างที่ได้จากข้าวเหนียวหนึ่งสุกมาผสมกับน้ำผลไม้ น้ำผัก น้ำสมุนไพร น้ำตาล น้ำกะทิ เกลือ งา ทำให้เป็นแผ่นวงกลมหรือรูปทรงอื่น ๆ นำไปทำให้แห้ง นำมาทอดให้สุก ปรงแต่งหน้าด้วยเครื่องปรุงรสต่าง ๆ (Figure 1a) ในกระบวนการแปรรูปข้าวแตนของวิสาหกิจชุมชนบ้านสันกอกเกิด อำเภอสันป่าตอง จังหวัดเชียงใหม่ พบเศษข้าวแตนดิบที่แตกหักในระหว่างการตากแห้งร้อยละ 3-5 คิดเป็นปริมาณ 5 กิโลกรัมในแต่ละรอบการผลิตข้าวแตนครั้งละ 100 กิโลกรัม คำนวณเป็นมูลค่า 10 บาทต่อกิโลกรัม ซึ่งเศษข้าวแตนนี้เมื่อนำไปทอดอีกครั้งจะเป็นข้าวพองกรอบ มีกลิ่นหอม และมีราคาเพิ่มเป็น 20 บาทต่อกิโลกรัม (Figure 1b) ดังนั้นการสร้างมูลค่าเพิ่มด้วยการนำเศษข้าวเหล่านี้ไปเป็นส่วนประกอบหลักของธัญพืชอัดแท่ง ทำให้มีมูลค่าเพิ่มขึ้นเป็น 150 บาทต่อกิโลกรัมโดยปรงแต่งด้วยผลไม้ท้องถิ่น รวมทั้งธัญพืช เพื่อเพิ่มคุณค่าโภชนาการ จึงเป็นทางเลือกอาหารเพื่อสุขภาพใหม่สำหรับผู้บริโภครุ่นใหม่ นอกจากนี้นักท่องเที่ยวและผู้บริโภคจากชาติอาเซียน เช่น สิงคโปร์ มาเลเซีย อินโดนีเซีย เวียดนามที่มาท่องเที่ยวเชียงใหม่ให้ความสนใจอาหารท้องถิ่นล้านนาเพื่อสุขภาพ (healthy Lanna food) ซึ่งมีแคลอรีต่ำ เน้นการใช้ธัญพืช ผลไม้ต่าง ๆ มังสวิรัติและฮาลาล ที่สะดวกแก่การบริโภค เช่น ธัญพืชอัดแท่ง (cereal bar) จากข้าวซึ่งเป็นแหล่งวัตถุดิบให้พลังงานที่สำคัญของคนในเอเชียด้วย (ศูนย์วิจัยกิจการไทย, 2560) โดยผลิตภัณฑ์ข้าวแตนไทยในปัจจุบันผู้ประกอบการมีตลาดส่งออกรองรับในจีน และประเทศอาเซียน เช่น สิงคโปร์ เวียดนาม และกัมพูชา (จุรรดา วัฒนโกศัย, 2563) ดังนั้นจึงเป็นโอกาสที่วิสาหกิจชุมชนไทยจะได้พัฒนาผลิตภัณฑ์จากข้าวพื้นเมืองและแนะนำให้คนไทยรู้จัก

หลักการเปลี่ยนวัตถุดิบอาหารเหลือทิ้งเพื่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ (upcycled foods) เป็นแนวคิดหนึ่งที่สอดคล้องกับการรักษาสิ่งแวดล้อม โดยการนำวัตถุดิบที่เหลือจากการแปรรูปผลิตภัณฑ์อาหารชนิดหนึ่งกลับมาใช้ใหม่เพื่อสร้างผลิตภัณฑ์อีกชนิดแทนการนำไปทิ้งโดยเปล่าประโยชน์ (Zhang et al., 2020) ซึ่งเป็นการรวมสองแนวทาง ได้แก่ การยกระดับผลิตภัณฑ์ (upgrading) และการนำวัตถุดิบที่ปลอดภัยกลับมาใช้ใหม่ (recycling) ปัจจุบันพบว่าผลิตภัณฑ์อาหารต่างประเทศหลายชนิดที่พัฒนาขึ้นจากหลักการนี้ เช่น น้ำแดงโมชันดัดเย็น (cold press) จากผลแดงโมชันดัดไม่ได้มาตรฐานไปจำหน่ายในห้างสรรพสินค้า แบ่งตัวเหลือจากกากตัวเหลือในการทำน้ำเต้าหู้ หรือธัญพืชอัดแท่ง (snack bar) จากกากของข้าวสาลีในการผลิตเบียร์ที่อุดมด้วยโปรตีนและเส้นใยอาหาร (Omni-recipes Admin, 2020) การใช้ข้าวกล้องอินทรีย์หักในการพัฒนาธัญพืชแท่ง (ทุติยาภรณ์ จิตตะปาโล และคณะ, 2563) กระแสการตอบรับของผู้บริโภคในกลุ่มรุ่นใหม่ Z (อายุ 13-23 ปี), กลุ่ม Y (24-39 ปี), และกลุ่มเบบี้บูมเมอร์ (baby boomers) อายุ 55 ปีขึ้นไปมีความสนใจสูงในการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์กลุ่มวัตถุดิบอาหารเหลือทิ้งจากการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ ส่วนกลุ่ม X (อายุ 40-54 ปี) กังวลในเรื่องความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์ (Zhang et al., 2020) ดังนั้นการให้ข้อมูลเพิ่มเติมถึงคุณประโยชน์ของผลิตภัณฑ์ต่อสุขภาพ ความสะอาด ปลอดภัย (rational messaging) จึงเป็นแนวทางในการสร้างการยอมรับผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการสร้างมูลค่าเพิ่มโดยการเปลี่ยนวัตถุดิบอาหารเหลือเป็นอาหารเพื่อสุขภาพ (Bhatt et al., 2020)

งานวิจัยเรื่องนี้จึงมีวัตถุประสงค์ในการนำเศษข้าวแตนที่ทอดพองเป็นข้าวพองเป็นวัตถุดิบใหม่มาศึกษาการผสมกับผลไม้แห้งชนิดต่าง ๆ แล้วขึ้นรูปเป็นข้าวพองผสมผลไม้แห้งอัดแท่งโดยใช้เทคนิคการออกแบบการทดลองแบบผสม ศึกษาคุณภาพทางเคมีกายภาพ จุลชีววิทยา คุณค่าทางโภชนาการ และทดสอบทางประสาทสัมผัสจากผู้ทดสอบในประเทศไทยและประเทศในอาเซียน รวมทั้งต้นทุนการผลิตต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ และการเปลี่ยนแปลงคุณภาพผลิตภัณฑ์เป็นเวลา 3 เดือน

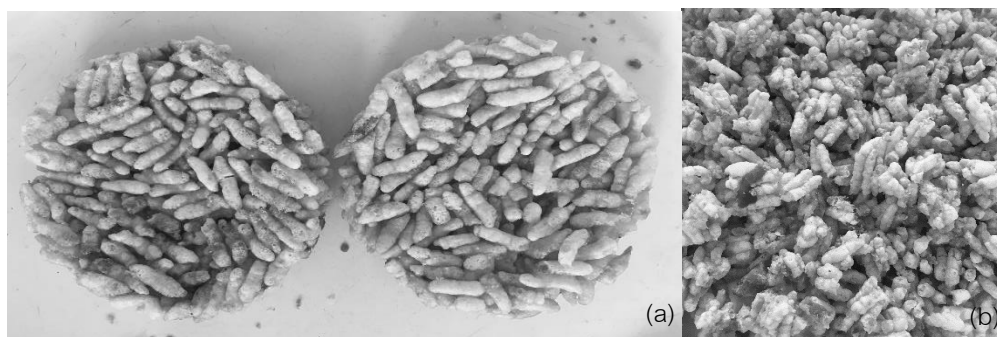


Figure 1 Sticky rice cracker (a) and puffed rice as a by-product (b).

วิธีการศึกษา

งานวิจัยครั้งนี้ดำเนินการสำรวจข้อมูลและพัฒนาสูตรส่วนผสม ณ โรงงานต้นแบบแปรรูปผลผลิตทางการเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ และ วิสาหกิจชุมชนบ้านสันกอกเกิด อำเภอสันป่าตอง จังหวัดเชียงใหม่ ดำเนินการวิเคราะห์คุณภาพผลิตภัณฑ์ ณ ห้องปฏิบัติการภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ และ บริษัท ห้องปฏิบัติการกลาง (ประเทศไทย) จำกัด สาขาเชียงใหม่ ในช่วงเดือนมกราคม พ.ศ. 2562 ถึง เดือนมกราคม พ.ศ. 2563

วัตถุดิบ

เศษข้าวแตกแห้งแยกออกจากแผ่นข้าวแต่นทำแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์นำมารวมกันแล้วร่อนด้วยกระดังขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 นิ้ว คัดแยกสิ่งเจือปนทางกายภาพออกไป นำมาทอดให้พองกรอบด้วยน้ำมันปาล์ม (อัตราส่วนเศษข้าวแต่น 1 กิโลกรัมต่อน้ำมันปาล์ม 2 ลิตร) ที่อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส นาน 10 วินาที นำขึ้นพักสะเด็ดน้ำมัน วิเคราะห์คุณภาพคือค่าวอเตอร์แอกทิวิตี และค่าเพอร์ออกไซด์ตามคุณภาพ มผช. ผลิตภัณฑ์ข้าวแต่น เลขที่ 36/2562 (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2562) ผลไม้แห้ง (มะม่วงอบแห้งและกล้วยตาก วิสาหกิจชุมชนแปรรูปได้ ส่วนอุ้งนึ่งแห้งได้จากหยกอินเตอร์เทรด, เชียงใหม่) ความชื้นไม่เกินร้อยละ 12 โดยน้ำหนัก ตามคุณภาพ มผช. ผักและผลไม้แห้ง เลขที่ 136/2558 (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2558) ธัญพืช (ข้าวโอ๊ต markrawitake, สมุทรปราการ) งาขาว (ดอกงา, แม่ฮ่องสอน) เมล็ดฟักทองและถั่วเขียวเลาะเปลือกทอด (วิสาหกิจชุมชนผลิตได้) เจลาตินฮาลาล (McGarett, กรุงเทพฯ) และ กลูโคสไซรัป (ช้างห้าดาว, นครปฐม) น้ำดื่มที่ใช้ผสมวัตถุดิบได้มาตรฐานอาหาร (อย.) ของประเทศไทย

การวางแผนพัฒนาข้าวพองผสมผลไม้แห้งอัดแท่ง

คัดเลือกผลิตภัณฑ์ธัญพืชอัดแท่งในท้องตลาดจากประเทศอาเซียน (สิงคโปร์ มาเลเซีย อินโดนีเซีย ไทย) จำนวน 5 ยี่ห้อที่มีข้าวเป็นส่วนประกอบหลัก ธัญพืช ผลไม้แห้งเป็นส่วนประกอบรอง ได้รับการรับรองฮาลาล นำผลิตภัณฑ์ทั้งหมดมาวิเคราะห์ส่วนประกอบที่ระบุบนฉลากและมีการระดมความคิดกับสมาชิกวิสาหกิจชุมชนบ้านสันกอกเกิดที่เกี่ยวข้องกับการแปรรูปจำนวน 7 คน จัดประชุมกลุ่มย่อยเพื่อคัดเลือกวัตถุดิบที่จะนำไปผสมในข้าวพองผสมผลไม้แห้งอัดแท่ง โดยกำหนดเงื่อนไข คือ เป็นวัตถุดิบที่วิสาหกิจชุมชนนี้แปรรูปได้ หรือสามารถหาซื้อได้จากเครือข่ายวิสาหกิจชุมชนหรือห้างค้าปลีกในจังหวัดเชียงใหม่

สำรวจความต้องการผู้ทดสอบผลิตภัณฑ์ชาวไทยที่มาจากพื้นที่ห้างสรรพสินค้าและร้านค้าในสนามบินจังหวัดเชียงใหม่ จำนวน 100 คน แบ่งเป็นเพศชาย 50 คน และเพศหญิง 50 คน และชาวต่างชาติอื่น ๆ ในภูมิภาคอาเซียน จำนวน 30 คน (อินโดนีเซีย 5 คน มาเลเซีย 5 คน สิงคโปร์ 5 คน เวียดนาม 5 คน กัมพูชา 3 คน ลาว 3 คน เมียนมาร์ 3 คน และฟิลิปปินส์ 1 คน) ที่มีอายุในช่วง 15-60 ปี จากนั้นให้ตอบแบบสอบถาม 5 ตอน ตอนแรกข้อมูลทั่วไป (เพศ อายุ การศึกษา) ตอนที่ 2 เลือกส่วนผสมข้าว ธัญพืช ผลไม้แห้งที่ชอบ ตอนที่ 3 เลือกธัญพืชอัดแท่งที่ต้องการรับประทานพร้อมข้อมูลโภชนาการ ตอนที่ 4 ปัจจัยในการเลือกซื้อ (เช่น ปริมาณ ราคา ความปลอดภัย โภชนาการ) และ ตอนที่ 5 ข้อเสนอแนะพัฒนาผลิตภัณฑ์ ชนิดผลไม้อบแห้งที่ให้ผู้ตอบเลือกจากรายการที่ชอบเพื่อผสมข้าวพองขึ้นรูปเป็นผลไม้แห้งอัดแท่งจำนวน 3 ชนิด จากตัวเลือกทั้งหมด 15 ชนิด ได้แก่ กล้วย แก้วมังกร กีวี ขนุน

แครนเบอร์รี่ ลูกเกด มะละกอ มะม่วง ลูกฟิก ลำไย ฝรั่ง ส้มเขียวหวาน สับปะรด สตรอว์เบอร์รี่ และอินทผลัม โดยนำผลการสำรวจมารายงานให้วิสาหกิจชุมชนบ้านสันกอกเกิดเพื่อประกอบการตัดสินใจในการคัดเลือกวัตถุดิบ เปรียบเทียบผลิตภัณฑ์ที่ผู้ตอบแบบสอบถามต้องการกับผลิตภัณฑ์จำหน่ายในท้องตลาดอาเซียนแล้ว จากนั้นประเมินชนิดวัตถุดิบกลุ่มข้าวและธัญพืช ผลไม้แห้งที่จะนำมาใช้ในการผลิตข้าวพองผสมผลไม้แห้งอัดแท่ง เพื่อใช้ประกอบเป็นแนวทางในการพัฒนาสูตรที่เหมาะสมในการผลิตต่อไป

การพัฒนาสูตรที่เหมาะสมในการผลิตข้าวพองผสมผลไม้แห้งอัดแท่ง

การนำสูตรเบื้องต้นจากการระดมความคิดกับวิสาหกิจชุมชนบ้านสันกอกเกิด นำมากำหนดสัดส่วนโดยน้ำหนัก ดังนี้ ข้าวพองร้อยละ 25 ข้าวโอ๊ต ร้อยละ 10 งาขาว ร้อยละ 4 เมล็ดฟักทอง ร้อยละ 10 ถั่วเขียวเลาะเปลือก ร้อยละ 9 กลูโคสไซรัป ร้อยละ 16 เจลาตินฮาลาล ร้อยละ 2 และผลไม้อบแห้ง (กล้วย มะม่วง องุ่นแห้ง) คิดเป็นร้อยละ 24 กำหนดปริมาณระดับต่ำของผลไม้แห้งในช่วงร้อยละ 4-5 ตามลำดับ และกำหนดปริมาณระดับสูงในช่วงร้อยละ 11-12 ตามลำดับ ทำให้ได้สูตรข้าวพองอัดแท่งผสมผลไม้ทั้งหมด 10 สูตร ใช้เทคนิคการออกแบบการทดลองแบบผสม (mixture design) ของผลไม้แห้ง แบบ extreme vertices ที่กำหนดสัดส่วนการผสมผลไม้แห้ง 3 ชนิดเป็นส่วนผสมหนึ่งในสูตรการผสมข้าวพองผสมผลไม้แห้งอัดแท่ง (สุจินดา ศรีวิวัฒน์, 2548)

การผลิตข้าวพองผสมผลไม้แห้งอัดแท่งเริ่มจากการคัดเลือกเศษข้าวแต่นและถั่วเขียวเลาะเปลือก เลือกที่ไม่มีกลิ่นหืนแห้ง กรอบ ไม่มีน้ำมันเยิ้ม ข้าวโอ๊ตและเมล็ดฟักทองนำไปอบที่ตู้อบลมร้อนแบบถาด (โอเนอร์ฟู๊ดส์, กรุงเทพฯ) รุ่น OF3 ที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส เวลา 10 นาที งาขาวนำไปคั่ว ด้วยกระทะทองเหลือง ด้วยอุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เวลา 5 นาที กล้วยตากมะม่วงอบแห้งและองุ่นแห้ง เลือกที่ไม่มีเมล็ด เมล็ดและผิวแห้ง ไม่มีเมือกเหนียว จากนั้นนำวัตถุดิบทั้งหมดมาคลุกเคล้าผสมให้เข้ากัน ทำการเตรียมน้ำเชื่อมโดยผสมกลูโคสไซรัปและเจลาตินด้วยไฟกลางอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ผสมให้เข้ากันจนของผสมมีลักษณะเหนียว จากนั้นนำไปคลุกกับส่วนผสมแห้งที่เหลือ แล้วนำมาอัดขึ้นรูป เป็นแท่งให้มีความหนา 1.5 เซนติเมตรในถาด ทิ้งส่วนผสมเอาไว้ 15 นาที แล้วใช้มีดปลายแหลมตัดเป็นชิ้นขนาด 3.5 เซนติเมตร x 8.5 เซนติเมตร โดยแต่ละชิ้นหนักประมาณ 25 กรัม ซึ่งมีน้ำหนักใกล้เคียงกับน้ำหนักต่อชิ้นของธัญพืชแบบแท่งที่ได้สำรวจมาโดยอยู่ในช่วงน้ำหนัก 25-33 กรัม ต่อจากนั้นนำข้าวพองผสมผลไม้แห้งอัดแท่งที่ได้ไปวิเคราะห์ต้นทุนการผลิต ลักษณะทางเคมี ลักษณะทางกายภาพ และความชอบโดยรวมผลิตภัณฑ์ต่อไป

การตรวจสอบผลิตภัณฑ์ทางเคมี กายภาพ ทางประสาทสัมผัส และต้นทุนการผลิตต่อหน่วย

นำข้าวพองผสมผลไม้แห้งอัดแท่ง ทั้งหมด 10 สูตรไปวิเคราะห์ค่าความชื้น ด้วยการอบที่ 105 องศาเซลเซียสจนน้ำหนักคงที่ (AOAC, 2000) ค่าวอเตอร์แอคทิวิตี โดยใช้เครื่องวัดวอเตอร์แอคทิวิตี (AQUA LAB, USA) 3 ซ้ำ ค่าความแข็ง (นิวตัน) ในการหักตรงกลางแท่งตัวอย่างรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาด 3.5 เซนติเมตร X 8.5 เซนติเมตร ที่วางบนคานสองตำแหน่ง (Three-point fractural test) ด้วยหัววัด HDP/3PB เครื่องวัดเนื้อสัมผัส (Stable microsystem, UK) ที่อัตราเร็วในการกด 0.1 มิลลิเมตรต่อวินาที 10 ซ้ำ ส่วนการทดสอบประสาทสัมผัส โดยวิธี 9-points Hedonic scale วัดความชอบโดยรวม โดยที่คะแนน 1 คือ ไม่ชอบมากที่สุด คะแนน 5 คือ เฉย ๆ และ คะแนน 9 คือชอบมากที่สุด โดยผู้ทดสอบชิมทั่วไปคนไทย 50 คน แบ่งเป็นเพศชาย 25 คน และเพศหญิง 25 คนจากประเทศอื่น ๆ ในอาเซียน จำนวน 20 คน (อินโดนีเซีย 4 คน มาเลเซีย 4 คน สิงคโปร์ 4 คน เวียดนาม 2 คน กัมพูชา 2 คน ลาว 2 คน เมียนมาร์ 1 คน) ช่วงอายุ 25-40 ปี นอกจากนี้ ยังคำนวณต้นทุนผลไม้อบแห้งสำหรับการผลิตข้าวพองผสมผลไม้แห้งอัดแท่งต่อชิ้น (25 กรัม) คำนวณจากวัตถุดิบ บรรจุภัณฑ์และฉลากร้อยละ 77 และค่าใช้จ่ายอื่น ๆ เช่น ค่าไฟฟ้า ค่าน้ำ ค่าเชื้อเพลิง ค่าเสื่อมเครื่องมือ ค่าแรงงาน รวมร้อยละ 23

การวิเคราะห์ความปลอดภัยผลิตภัณฑ์ การเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ คุณค่าทางโภชนาการ และการออกแบบบรรจุภัณฑ์

นำข้าวพองผสมผลไม้แห้งอัดแท่งที่ผลิตใหม่ไปตรวจวิเคราะห์หazardที่ออกซิน จุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา *Salmonella*, *Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus* และ *Escherichia coli* มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ผัก ผลไม้ ธัญพืชอัดแท่ง (มผช. 902/2559) (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2559) โดยตรวจด้วยมาตรฐาน BAM (U.S.FDA) ส่วนการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์นาน 3 เดือน ในถุงอะลูมิเนียมฟอยล์ ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ตรวจวัดค่าเพอร์ออกไซด์และค่าวอเตอร์แอคทิวิตี และจัดทำฉลากโภชนาการแบบย่อแสดงรายการสารอาหาร 8 รายการพร้อมพลังงานและฉลากจีดีเอ (Guideline Daily Amount) ตามวิธีการ AOAC บริษัทห้องปฏิบัติการกลางแห่งประเทศไทย จำกัด ทดสอบและรายงานผลให้ทราบรูปแบบตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข เรื่อง ฉลากโภชนาการและฉลาก GDA รวมทั้งแสดงตัวอย่างผลิตภัณฑ์และบรรจุภัณฑ์สุดท้าย

การวิเคราะห์ทางสถิติ

ผลการคำนวณต้นทุนผลไม้แห้ง 3 ชนิด ค่าขอเทอร์แอคทิวิตี ค่าความชื้น ที่กำหนดให้มีค่าต่ำที่สุด ส่วนค่าคะแนนความชอบผลิตภัณฑ์โดยรวมที่ต้องการคะแนนมากที่สุด ไปวิเคราะห์โดยโปรแกรมสถิติสำเร็จรูปเพื่อหาสัดส่วนผลไม้ 3 ชนิดที่เหมาะสม นอกจากนี้ใช้ค่าความถี่ ค่าร้อยละในการพรรณนาข้อมูลจากแบบสอบถามผลไม้แห้งที่ใช้ในการแปรรูป

ผลการศึกษาและวิจารณ์

ผลการออกแบบข้าวพองผสมผลไม้แห้งอัดแท่ง

การสำรวจความต้องการของชาวไทยจำนวน 100 คนและชาวต่างชาติในภูมิภาคอาเซียนจำนวน 30 คน ในการนำผลไม้แห้งมาเป็นส่วนประกอบของข้าวพองผสมผลไม้แห้งอัดแท่ง พบว่า มะม่วงอบแห้ง กัลยาดาก และองุ่นแห้ง (ลูกเกด) มีความถี่ของความถี่ต้องการนำมาเป็นส่วนผสมมากที่สุดสามลำดับแรกเท่ากับร้อยละ 16.50 ร้อยละ 13.50 และร้อยละ 12.00 ตามลำดับ โดยผู้ตอบแบบสำรวจชาวไทย ชาวสิงคโปร์ และชาวเวียดนาม ให้ความเห็นว่ามะม่วงอบแห้งควรมีรสชาติหวานหอม มีสีเหลืองน่ารับประทาน ในขณะที่กัลยาดากเป็นผลไม้ที่ผู้บริโภคชาวไทย ชาวกัมพูชา ชาวลาว ชาวเมียนมาร์ และชาวมาเลเซีย เห็นว่าเป็นผลไม้ท้องถิ่นในภูมิภาคอาเซียนที่รับประทานได้ หาง่ายทุกฤดูกาล มีรสชาติดีไม่หวานมาก ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Mohammad et al. (2014) ที่สำรวจความถี่ชอบชาวมาเลเซีย 1,200 คน ในการตัดสินใจซื้อธัญพืชอัดแท่งเพื่อสุขภาพ พบว่ารสชาติเป็นปัจจัยสำคัญในการตัดสินใจเลือกซื้อผลิตภัณฑ์ โดยผลไม้ที่ชื่นชอบในผลิตภัณฑ์ เช่น กัลยาดาก อินทผาลัม มะพร้าว นอกจากนี้ผู้ทดสอบผลิตภัณฑ์จากการสำรวจที่นับถือศาสนาอิสลาม เสนอให้ผลิตภัณฑ์ใช้เจลาตินฮาลาลและผสมอินทผาลัม องุ่นลงไปในธัญพืชอัดแท่ง เนื่องจากเป็นวัตถุดิบชนิดซุนนะ (Sunnah) ที่ศาสดามะหะมัด (the Prophet Muhammad) ได้กล่าวไว้ว่ามีคุณค่าและดีต่อสุขภาพ (Agbaje et al., 2016)

การพัฒนาสูตรส่วนผสมข้าวพองผสมผลไม้แห้งอัดแท่ง กำหนดสัดส่วนการผสมผลไม้แห้งโดยน้ำหนักดัง Table 1 เป็นส่วนผสมหลัก โดยได้กำหนดส่วนผสมอื่น ๆ ซึ่งเป็นส่วนผสมรองให้คงที่ และการนำข้อเสนอนี้จากแบบสอบถามที่ผู้ตอบเป็นคนในภูมิภาคอาเซียน ในตอนที่ 5 จากการวิเคราะห์ส่วนประกอบในหลากหลายผลิตภัณฑ์ธัญพืชอัดแท่งและระดมความคิดกับวิสาหกิจชุมชนในการคัดเลือกวัตถุดิบโดยเปรียบเทียบผลิตภัณฑ์ที่ต้องการกับผลิตภัณฑ์จำหน่ายในท้องตลาดอาเซียน พบว่า

Table 1 Mixture design of dried fruits to produce puffed rice bar.

Treatment	Dried fruit (% w/w)		
	Dried banana	Dried mango	Raisin
1 (B12M7R5)	12	7	5
2 (B4M8R12)	4	8	12
3 (B8M8R8)	8	8	8
4 (B5M12R7)	5	12	7
5 (B8M4R12)	8	4	12
6 (B8M8R8)	8	8	8
7 (B4M8R12)	4	8	12
8 (B5M12R7)	5	12	7
9 (B9M11R4)	9	11	4
10 (B11M4R9)	11	4	9

Note: For all Treatments, B, M, and R means the weight of dried banana (w/w), dried mango (w/w), and raisin (w/w), respectively.

ธัญพืชที่ผู้ผลิตไทยเลือกใช้เป็นแหล่งให้พลังงานหลักในธัญพืชอัดแท่ง เช่น ข้าวคอกย้อมมือ ข้าวกล้อง ข้าวเหนียว ข้าวฟ่าง ข้าวโพด การใช้วัตถุดิบจากต่างประเทศ เช่น ข้าวโอ๊ต จมูกข้าวสาลี อัลมอนต์ เมล็ดเจียออร์แกนิก คินัวข้าวออร์แกนิก

เมล็ดพืชที่นำมาผสม เช่น เมล็ดฟักทอง เมล็ดมะม่วงหิมพานต์ เมล็ดทานตะวัน ลูกเดือย ถั่วเขียว ถั่วเหลือง ถั่วลิสง งาม ส่วนธัญพืชอัดแท่งในภูมิภาคอาเซียน เช่น สิงคโปร์ มาเลเซีย อินโดนีเซีย ใช้ข้าวไม่ขัดสี ถั่วต่าง ๆ เกล็ดข้าวโพด

ผลไม้อบแห้ง ที่ผู้ผลิตไทยเลือกใช้ สตรอว์เบอร์รี กล้วย แอปเปิ้ล เกล็ดมะพร้าว ลูกเกด ส่วนผลไม้ที่ไม่เป็นส่วนผสมธัญพืชอัดแท่งในภูมิภาคอาเซียน เช่น องุ่นขาว แอปเปิ้ล แอปริคอต อินทผาลัม

สารเชื่อมประสานพืชและผลไม้อบแห้งให้สามารถขึ้นรูปเป็นแท่ง พบว่า มีการใช้กลูโคสไซรัป น้ำเชื่อมฟรุคโตส น้ำผึ้ง คาราเมลเป็นหลัก ส่วนผสมที่เหลือ เช่น นํ้านม นํ้าตาล นํ้าอ้อย นํ้ามันพืช นั้นขึ้นอยู่กับความชอบของผู้บริโภคในแต่ละท้องถิ่น

การวิเคราะห์ส่วนประกอบจากฉลากของธัญพืชอัดแท่ง 5 ยี่ห้อพบว่า ธัญพืชอัดแท่งที่มีความหลากหลายของธัญพืชจะเป็นข้อดีที่เพิ่มคุณค่าทางโภชนาการ การใช้วัตถุดิบผลไม้แห้งให้รสชาติหวานตามธรรมชาติ การลดการใช้สีน้ำตาลทรายแต่ใช้นํ้าผึ้ง นํ้าอ้อยแทน หากมีการใช้วัตถุดิบประกอบอื่น ๆ ก็ใช้วัตถุดิบเพื่อสุขภาพ เช่น นํ้านมพว่องมันเนย ธัญพืชอินทรีย์ โดยกลูโคสไซรัปเป็นตัวเชื่อมประสานธัญพืชที่ส่วนใหญ่ใช้กัน ดังนั้น การเลือกใช้วัตถุดิบข้าวพองผสมผลไม้แห้งอัดแท่งจึงใช้เศษข้าวแต่นทอดพองเป็นแหล่งคาร์โบไฮเดรตหลัก งามข้าว เมล็ดฟักทอง ถั่วเขียวเลาะเปลือก ซึ่งเป็นวัตถุดิบที่วิสาหกิจชุมชนผลิตได้และยังสามารถเสริมด้วยข้าวโอ๊ตของต่างประเทศเพื่อให้ผลิตภัณฑ์มีลักษณะเป็นสากลมากขึ้น โดยการทดสอบทำผลิตภัณฑ์ต้นแบบมีการปรับใช้กลูโคสไซรัปให้มีปริมาณลดลงจากใช้ในปริมาณร้อยละ 25 เพราะทำให้ส่วนผสมเปียก เหนียวขึ้นรูปเป็นแท่งยากแต่เพิ่มปริมาณเจลาตินร้อยละ 2 (ปริมาณที่ใช้กันในสูตรธัญพืชอัดแท่งอื่น ๆ ของไทย) เพื่อให้ข้าวพองผสมผลไม้แห้งอัดแท่งประสานกันและสามารถขึ้นรูปได้ดี

ต้นทุนการผลิต และการตรวจสอบผลิตภัณฑ์ทางเคมี กายภาพ และประสาทสัมผัส

การคำนวณต้นทุนการผลิตข้าวพองผสมผลไม้แห้งอัดแท่งน้ำหนัก 25 กรัม ทั้ง 10 สูตร ที่ผ่านแปรรูปผลไม้อบแห้ง 3 ชนิด มะม่วงอบแห้ง กล้วยตาก และองุ่นแห้ง มีต้นทุนมะม่วงอบแห้งอยู่ในช่วง 1.10-4.04 บาท ต้นทุนกล้วยตากอยู่ในช่วง 0.44-1.41 บาท และต้นทุนองุ่นแห้งอยู่ในช่วง 0.60-1.80 บาท การวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีและทางกายภาพพบว่า ค่าวอเตอร์แอคทิวิตีอยู่ในช่วง 0.62-0.69 ร้อยละปริมาณความชื้นอยู่ในช่วง 4.23-4.70 ค่าความแข็งอยู่ในช่วง 27.43-52.96 นิวตัน และการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านความชอบโดยรวมอยู่ในช่วง 4.76-6.47 คะแนน ตามลำดับ มะม่วงอบแห้งเป็นส่วนผสมที่มีผลต่อการเพิ่มค่าวอเตอร์แอคทิวิตี ความชื้น แต่ช่วยลดค่าความแข็ง และการเพิ่มมะม่วงอบแห้งและองุ่นเพิ่มการยอมรับผลิตภัณฑ์มากกว่ากล้วยตาก (Table 2) การทดสอบเพื่อหาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ พบว่า สมการทำนายต้นทุนผลไม้แห้ง ค่าวอเตอร์แอคทิวิตี และค่าความแข็งมีสมการถดถอยในรูปเชิงเส้น ส่วนความชื้น และการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านความชอบโดยรวมมีความสัมพันธ์แสดงในรูปสมการพหุกำลังสอง

อัตราส่วนที่เหมาะสมของผลไม้อบแห้งทั้ง 3 ชนิด คือ มะม่วงอบแห้ง กล้วยตาก และองุ่นแห้ง เพื่อหาอัตราส่วนที่มีต้นทุนผลไม้อบแห้งต่ำที่สุด มีค่าวอเตอร์แอคทิวิตีไม่เกิน 0.85 และมีผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านความชอบโดยรวมไม่ต่ำกว่า 6.0 จากคะแนนเต็ม 9.0 ด้วยการนำค่าตอบสนองที่มีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) และมีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) มากกว่า 0.7 เพื่อกำหนดขอบเขตคุณภาพสำหรับการหาสูตรการผสมที่เหมาะสม พบว่า ต้นทุนมะม่วงอบแห้ง ต้นทุนกล้วยตาก ต้นทุนองุ่นแห้งมี R^2 เท่ากับ 1 ค่าวอเตอร์แอคทิวิตี และค่าความแข็ง มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยมี R^2 เท่ากับ 0.8651 และ 0.8430 ตามลำดับ ส่วนค่าปริมาณความชื้นและความชอบโดยรวมพบว่าไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ต่อการกำหนดอัตราส่วนของวัตถุดิบที่เหมาะสม ดังนั้น การคำนวณอัตราส่วนของวัตถุดิบที่เหมาะสมโดยกำหนดขอบเขตของคุณภาพคือ ต้นทุนมะม่วงอบแห้ง 1.10-4.04 บาท ต้นทุนกล้วยตาก 0.44-1.41 บาท ต้นทุนองุ่นแห้ง 0.60-1.80 บาท ค่าวอเตอร์แอคทิวิตี 0.62-0.69 และค่าความแข็ง 27.43-52.96 นิวตัน พบว่าในพื้นที่แรงจางใน Figure 2 มีปริมาณมะม่วงอบแห้ง อยู่ในช่วงร้อยละ 3.36-12.99 กล้วยตากร้อยละ 4.35-10.93 และองุ่นแห้ง ร้อยละ 9.65-15.01 จึงได้ปริมาณที่เหมาะสมของผลไม้อบแห้งทั้ง 3 ชนิด คือ มะม่วงอบแห้ง กล้วยตาก และ องุ่นแห้ง เท่ากับ ร้อยละ 6.41, 6.06 และ 11.53 ตามลำดับ

Table 2 Dried fruit cost, physico-chemical, and overall preference of puffed rice bar with three dried fruits.

Treatment	Dried fruit cost (baht/ 100 grams)			Water activity	Moisture (%)	Hardness (N)	Overall preference
	mango	banana	raisin				
1 (B12M7R5)	2.29	0.45	1.80	0.62 ± 0.4	4.57 ± 0.6	52.96 ± 0.5	6.35 ± 1.0
2 (B4M8R12)	2.46	0.91	1.19	0.67 ± 0.4	4.70 ± 0.4	45.23 ± 0.5	5.71 ± 1.2
3 (B8M8R8)	2.48	1.39	0.60	0.69 ± 0.2	4.48 ± 0.5	29.36 ± 0.2	5.88 ± 1.0
4 (B5M12R7)	2.46	0.91	1.19	0.67 ± 0.4	4.70 ± 0.4	45.23 ± 0.4	6.47 ± 0.9
5 (B8M4R12)	3.94	0.94	0.60	0.67 ± 0.1	4.42 ± 0.2	27.43 ± 0.3	6.00 ± 1.0
6 (B8M8R8)	4.04	0.44	1.16	0.65 ± 0.3	4.69 ± 0.3	42.52 ± 0.5	6.35 ± 1.3
7(B4M8R12)	4.04	0.44	1.16	0.65 ± 0.3	4.69 ± 0.3	42.52 ± 0.3	5.64 ± 1.2
8 (B5M12R7)	1.01	1.41	1.13	0.67 ± 0.1	4.69 ± 0.3	33.61 ± 0.3	4.76 ± 0.6
9 (B9M11R4)	1.02	0.85	1.80	0.63 ± 0.2	4.23 ± 0.5	44.82 ± 0.4	5.11 ± 0.8
10 (B11M4R9)	1.01	1.41	1.13	0.67 ± 0.4	4.40 ± 0.5	33.82 ± 0.5	5.17 ± 1.2

Note: mean ± standard deviation.

For all Treatments, B, M, and R means the weight of dried banana (w/w), dried mango (w/w), and raisin (w/w), respectively.

ต้นทุนวัตถุดิบ มะม่วงอบแห้ง (A) สมการทำนายคือ $0.01A+0.01B+0.01C$ $R^2 = 1$ ($p \leq 0.05$)
 กล้วยตาก (B) สมการทำนายคือ $1.91A+0.41B+0.40C$ $R^2 = 1$ ($p \leq 0.05$)
 องุ่นแห้ง (C) สมการทำนายคือ $0.59A+2.40B+0.60C$ $R^2 = 1$ ($p \leq 0.05$)
 ค่าวอเตอร์แอคทิวิตี สมการทำนายคือ $0.07A+0.60B+0.67C$ $R^2 = 0.8651$ ($p \leq 0.05$)
 ค่าความแข็ง สมการทำนายคือ $23.52A+60.65B+36.19C$ $R^2 = 0.8430$ ($p \leq 0.05$)
 ปริมาณความชื้น สมการทำนายคือ $4.45A+3.60B+4.05C+1.44AB+0.87AC+3.68BC$ $R^2 = 0.8160$ ($p > 0.05$)
 ความชอบโดยรวม สมการทำนายคือ $4.62A+5.29B+4.41C-0.52AB+6.27AC+6.05BC$ $R^2 = 0.7855$ ($p > 0.05$)

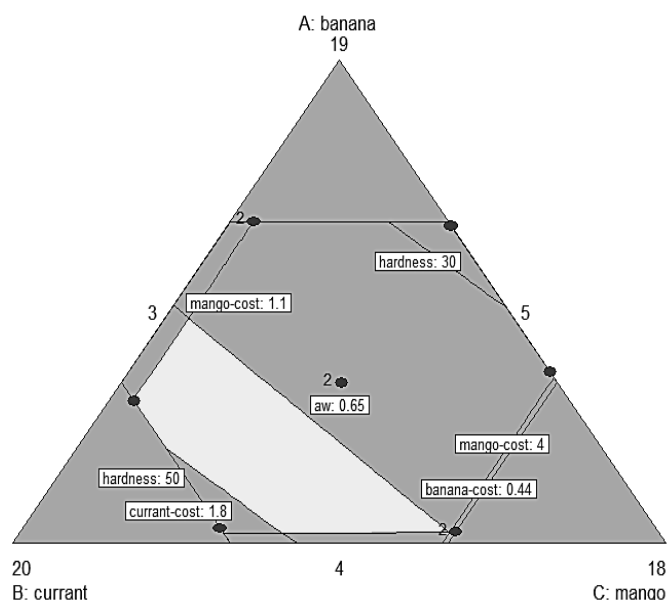


Figure 2 Triangular layout for 3-dried fruits to optimize puffed rice bar.

ดังนั้น อัตราส่วนสูตรข้าวพองผสมผลไม้แห้งอัดแท่งประกอบด้วย เศษข้าวแต่น้อยละ 25 ข้าวโอ๊ตร้อยละ 10 เมล็ดผักทองน้อยละ 10 ถั่วเขียวเลาะเปลือกร้อยละ 9 งาขาวร้อยละ 4 กลูโคสไซรัปร้อยละ 16 เจลาตินฮาลาลร้อยละ 2 มะม่วงอบแห้งร้อยละ 6.41 กล้วยตากร้อยละ 6.06 องุ่นแห้งร้อยละ 11.53 นำอัตราส่วนของวัตถุดิบดังกล่าวไปทำการผลิตใหม่อีก 2 ซ้ำ เพื่อทดสอบสมการว่าสามารถทำนายค่าที่ต้องการได้จริงหรือไม่ โดยนำค่าจากการทดลองเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากการทำนาย (predicted value) พบว่าค่าตอบสนองมีความคลาดเคลื่อนจากค่าการทำนายน้อยกว่าร้อยละ 10 เช่น ข้อมูลการทำซ้ำครั้งที่ 1 ผลดิบภัณฑ์มีค่าวอเตอร์แอคทิวิตี และค่าความแข็ง เท่ากับ 0.62 และ 45.18 เทียบกับค่าทำนายได้คือ 0.65 และ 48.50 ตามลำดับ คิดเป็นร้อยละความคลาดเคลื่อนค่าวอเตอร์แอคทิวิตี และค่าความแข็ง 4.62 และ 6.84 ตามลำดับ แสดงว่าสมการนี้ใช้ทำนายได้ นอกจากนี้ต้นทุนการผลิตขึ้นละ 25 กรัม เท่ากับ 4.87 บาท/ชิ้น เปรียบเทียบกับราคาผลิตภัณฑ์คล้ายกันจำหน่ายที่ 15-20 บาท/ชิ้น ต้นทุนมะม่วงอบแห้ง 1.10-4.04 บาทต่อ 25 กรัม ต้นทุนกล้วยตาก 0.44-1.41 บาทต่อ 25 กรัม ต้นทุนลูกเกด 0.06-1.80 บาทต่อ 25 กรัม ซึ่งวิสาหกิจชุมชนสามารถปรับชนิดของวัตถุดิบได้เพื่อเพิ่มคุณค่าผลิตภัณฑ์โดยยังคงรักษาต้นทุนและกำไรบางส่วนไว้ได้

การวิเคราะห์ความปลอดภัยผลิตภัณฑ์ การเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ คุณค่าทางโภชนาการ และการออกแบบบรรจุภัณฑ์

การวิเคราะห์ข้าวพองผสมผลไม้แห้งอัดแท่งที่พัฒนาสูตรขึ้นมา นำไปวิเคราะห์ความปลอดภัยทางเคมี คือ อะฟลาท็อกซิน และค่าเพอร์ออกไซด์ พบว่า สารพิษอะฟลาท็อกซินที่อาจปนเปื้อนมากับวัตถุดิบ งา ถั่ว และข้าว มีปริมาณ 1.53 ไมโครกรัม ต่อ กิโลกรัมผลิตภัณฑ์ และ ค่าเพอร์ออกไซด์ที่เป็นดัชนีบ่งชี้การเกิดกลิ่นหืนในผลิตภัณฑ์ 5.93 มิลลิกรัมสมมูลต่อกิโลกรัมผลิตภัณฑ์ ซึ่งไม่เกินจากมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนผัก ผลไม้ และธัญพืชอัดแท่ง ที่กำหนดอะฟลาท็อกซิน 20 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัมผลิตภัณฑ์ และ ค่าเพอร์ออกไซด์ไม่เกิน 30 มิลลิกรัมสมมูลต่อกิโลกรัมผลิตภัณฑ์ ค่าวอเตอร์แอคทิวิตีไม่เกิน 0.85 (มผช. 902/2559) (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2559) ค่าเพอร์ออกไซด์ของผลิตภัณฑ์ข้าวแต่น้อยอัดแท่งผสมผลไม้แห้งมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นเมื่อเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ไว้นาน 3 เดือนในถุงอะลูมิเนียมฟอยล์ อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส โดยมีค่าเท่ากับ 7.53, 12.77 และ 15.58 มิลลิกรัมสมมูลต่อกิโลกรัมผลิตภัณฑ์ มีค่าวอเตอร์แอคทิวิตี 0.65, 0.67 และ 0.69 ตามลำดับ เมื่อเก็บไว้นาน 1 เดือน, 2 เดือน และ 3 เดือนตามลำดับ

การวิเคราะห์ความปลอดภัยในผลิตภัณฑ์เริ่มต้นด้านจุลินทรีย์ทั้งหมด และ ยีสต์และรา พบ 40 โคโลนีต่อกรัม และ 2 โคโลนีต่อกรัม ตามลำดับ ส่วน *Salmonella*, *Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus*, และ *Escherichia coli* ซึ่งเป็นกลุ่มจุลินทรีย์ก่อโรคในผลิตภัณฑ์อาหารนั้นตรวจสอบไม่พบตามข้อกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนผัก ผลไม้ และธัญพืชอัดแท่ง (มผช. 902/2559) (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2559) และสอดคล้องกับความปลอดภัยตาม (Association of Southeast Asian Nations (ASEAN), 2021)

การวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการและพลังงานของผลิตภัณฑ์ข้าวพองผสมผลไม้แห้งอัดแท่ง พบว่า มีพลังงานต่อหนึ่งหน่วยบริโภค (25 กรัม) คือ 90 กิโลแคลอรี เปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ธัญพืชอัดแท่งในท้องตลาดจากภูมิภาคอาเซียน (สิงคโปร์ มาเลเซีย อินโดนีเซีย ไทย) พบว่า ผลิตภัณฑ์ดังกล่าวให้พลังงาน ประมาณ 90-120 กิโลแคลอรี ต่อ 25 กรัมซึ่งใกล้เคียงกัน การใช้ผลไม้อบแห้งเป็นส่วนผสมจึงช่วยลดไขมันและพลังงานลงไป เช่นเดียวกับธัญพืชอัดแท่งของมาเลเซียที่มีส่วนผสมแป้งข้าวเหนียว 24% อินทผาลัม 18% มะขามป้อม 18% องุ่นแห้ง 18% น้ำผึ้ง 8.5% และกลูโคสไซรัป 13.5% ที่ให้พลังงาน 93 กิโลแคลอรี (Agbaje et al., 2014)

การแสดงผลข้อมูลโภชนาการ (Figure 3) ลงบนบรรจุภัณฑ์ในรูปแบบฉลากโดยย่อแสดงรายละเอียดพลังงาน ไขมันทั้งหมด โปรตีน คาร์โบไฮเดรต น้ำตาล และโซเดียม ซึ่งนำไปจัดทำฉลากจีดีเอ แสดงข้อมูลเฉพาะพลังงาน น้ำตาล ไขมัน และโซเดียมคิดเป็นร้อยละ 5 ร้อยละ 12 ร้อยละ 2 และร้อยละ 3 ตามลำดับ ตามปริมาณที่แนะนำให้บริโภคต่อวันสำหรับคนไทยตั้งแต่อายุ 6 ปีขึ้นไป (Thai RDI) โดยคิดจากความต้องการพลังงานวันละ 2,000 กิโลแคลอรี โดยแสดงผลในแนวนอนตามของบรรจุภัณฑ์ (Figure 4) และสอดคล้องกับมาตรฐานการใช้สัญลักษณ์เพื่อสุขภาพของมาเลเซีย เช่น กำหนดให้มีไขมันน้อยกว่าร้อยละ 10 น้ำตาลน้อยกว่าร้อยละ 20 และโซเดียมน้อยกว่า 400 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมผลิตภัณฑ์ (Nutrient Criteria HCL Malaysia, 2021) ใช้ข้อความแสดงแหล่งวัตถุดิบที่ใช้ข้าวในท้องถิ่น เช่น ข้าวเหนียวสันป่าตอง ข้าวไรซ์เบอร์รี่ ข้าวหอมนิล ที่เหลือจากการทำข้าวแต่น้อยผสมรวมกัน เพื่อให้ผลิตภัณฑ์มีสีสันและข้อมูลที่น่าสนใจมากขึ้น ทั้งนี้วิสาหกิจชุมชนไทยสามารถจัดทำข้อมูลฉลากให้เป็นภาษาอังกฤษเพื่อ

เปิดตลาดกับผู้บริโภคที่เป็นนักท่องเที่ยวจากชาติในภูมิภาคอาเซียน ขอการรับรองมาตรฐานอาหารของประเทศต่าง ๆ ในภูมิภาคอาเซียน เช่น ฮาลาล จาลากโภชนาการ และสามารถเผยแพร่ทำให้ผู้สนใจในภูมิภาคอาเซียนไปพัฒนาผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพได้

สรุปผลการศึกษา

ข้าวพองผสมผลไม้แห้งอัดแท่งเพื่อเป็นอาหารว่างนี้ได้พัฒนาตำรับโดยใช้เศษข้าวแต่นจากการทำแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์มาทอดให้กรอบและผสมกับธัญพืช ผลไม้ ประสานส่วนผสมด้วยกลูโคสไซรัปและเจลาติน ผลิตภัณฑ์มีความปลอดภัยได้คุณภาพตามเกณฑ์เคมี กายภาพ และจุลชีววิทยาที่กำหนดในมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนผัก ผลไม้ และธัญพืชอัดแท่งของไทยที่สอดคล้องกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์ธัญพืชอัดแท่งของประเทศในอาเซียนที่กำหนดมาตรฐานเอาไว้ การวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ ผลิตภัณฑ์ให้พลังงานและไขมันทั้งหมดต่ำกว่าผลิตภัณฑ์ธัญพืชอัดแท่งที่จำหน่ายในภูมิภาคอาเซียน การยอมรับของผู้ทดสอบผลิตภัณฑ์ชาวต่างชาติในภูมิภาคอาเซียนให้การยอมรับผลิตภัณฑ์ระดับขอบเพราะมีรสชาติหวานเล็กน้อย เนื้อสัมผัสกรอบ และหอมข้าวพอง นอกจากนี้ได้แสดงข้อมูลฉลากโภชนาการและฉลากจีดีเอเพื่อสื่อข้อมูลเพื่อสุขภาพ

Nutrition Information		
Serving size: 1 bar (25 grams)		
Serving per container: 1		
Amount per serving		
Total energy	90 kcal	
		Percent Thai RDI
Total fat	1 g	2%
Protein	2 g	
Total Carbohydrate	9 g	3%
Sugars	4 g	
Sodium	55 mg	3%
*Percent Thai Recommended Daily Intakes for population over 6 years of age are based on a 2,000-kcal diet.		

Nutrition value per bar

Energy	Sugar	Fat	sodium
90	4	1	55
kilocalorie	gram	gram	milligram
5%	6%	2%	3%

*calculate as percentage of maximum intake per day

Figure 3 Nutrition label and GDA label of dried fruits in puffed rice bar.



Figure 4 Dried fruits in puffed rice bar (a) and package design of the puffed riceberry bar (b).

เอกสารอ้างอิง

- ทุติยาภรณ์ จิตตะปาโล, วราภรณ์ วิทยภรณ์ และวีระพงศ์ วิรุฬห์ธนภณ. 2560. การพัฒนาผลิตภัณฑ์ธัญพืชแห้งจากข้าวกล้องอินทรีย์หัก. *วารสารอาหาร สุขภาพ และวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมชีวภาพ* 10(3): 47-68.
- รุจระดา วัฒนาโกศัย. 2563. ส่องกลยุทธ์บุกอาเซียนของ Mini Rice Cracker ข้าวแต่นไทยที่ส่งออก 7 ประเทศได้ภายในครึ่งปี! บริษัท เพนนิลซูลาร์ แอสโซซิเอตส์ จำกัด. <https://www.smethailandclub.com/entrepreneur-6017-id.html> (4 พฤศจิกายน 2564).
- ศูนย์วิจัยกสิกรรมไทย. 2560. รู้ลึกอาเซียน อาหารและเครื่องดื่มไทยทำเงิน. K SME Analysis. <https://www.kasikornbank.com/th/business/sme/KSMEKnowledge/article/KSMEAnalysis/Documents/Thai-food-and-beverages-for-ASEAN.pdf> (6 เมษายน 2562).
- สถาบันเทคโนโลยีจิตรลดา. 2563. จับตาไอเดีย upcycled food เทรนด์ช่วยโลก “เปลี่ยนวัตถุดิบอาหารเหลือทิ้ง” เป็นผลิตภัณฑ์ใหม่. <http://omni-recipes.com/2020/02/16/upcycled-food/> (16 กุมภาพันธ์ 2563).
- สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2558. *มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ผักและผลไม้แห้ง (มผช. 136/2558)*. กรุงเทพฯ: กระทรวงอุตสาหกรรม.
- สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2559. *มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ผัก ผลไม้ และธัญพืชอัดแห้ง (มผช. 902/2559)*. กรุงเทพฯ: กระทรวงอุตสาหกรรม.
- สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2562. *มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ผลิตภัณฑ์ข้าวแต่น (มผช. 36/2562)*. กรุงเทพฯ: กระทรวงอุตสาหกรรม.
- สุจินดา ศรีวัฒนะ. 2548. แบบหุนจำลองและสูตรอาหารที่เหมาะสม. *วารสารอาหาร* 35(3): 168-176.
- Agbaje, R., Hassan, C. Z., Norlelawati, A., Abdul, R. A., and Huda, F. N. 2016. Development and physico-chemical analysis of granular formulated with puffed glutinous rice and selected dried Sunnoh foods. *International Food Research Journal* 23(2): 498-506.
- Association of Official Analytical Chemists. 2000. *Official Methods of Analysis*. 17th ed. Maryland: AOAC.
- Association of Southeast Asian Nations (ASEAN). 2021. Annex III-ASEAN Guidelines on Limits of Contaminants for Health Supplements. <https://asean.org/wp-content/uploads/2017/09/ASEAN-Guidelines-on-Limits-of-contaminants-HS-V2.0-with-disclaimer.pdf> (4 November 2021).
- Bhatt, S., Ye, H., Deutsch, J., Ayaz, H., and Suri, R. 2020. Consumers' willingness to pay for upcycled foods. *Food Quality Preference* 86: 1-8.
- Mohammad, R., Nah, N. F. M., and Mohamad, S. S. 2014. Consumer Preferences and purchasing intention towards a new healthy snack product. *Economic and Technology Management Review* 9(1): 123-132.
- Nutrient Criteria HCL Malaysia. 2021. Nutritional Guidelines on Nutrient Criteria for Healthier Choice Logo Malaysia. https://myhcl.moh.gov.my/assets/doc/nutrient_criteria.pdf (4 November 2021).
- Zhang, J., Ye, H., Bhatt, S., Jeon, H., Deutsch, J., Ayaz, H., and Suri, R. 2020. Addressing food waste: How to position upcycled foods to different generations. *Journal of Consumer Behaviour* 1(2): 1-9.

วันรับบทความ : (Received date) : 10 ธ.ค. 63
 วันแก้ไขบทความ : (Revised date) : 6 พ.ย. 64
 วันตอบรับบทความ : (Accepted date) : 11 เม.ย. 65

ผลของอุณหภูมิและเวลาในการอบแห้งต่อองค์ประกอบทางเคมีของผงบุกและการนำไปใช้ในไส้กรอกอิมัลชัน

Effect of Temperature and Time of Drying Process on Chemical Quality of Konjac Powder and its Application in Sausage Emulsion

อภिरดา พรปณณวิษฐ์^{1*}
Apirada Phonpanawit^{1*}

บทคัดย่อ

บุกเป็นพืชอาหารที่มีเส้นใยอาหารปริมาณสูงเส้นใยอาหารในบุกมีค่าดัชนีไกลซีมิกต่ำและมีประโยชน์ต่อร่างกาย ปัจจุบันมีการรณรงค์ให้ผู้บริโภคเลือกบริโภคอาหารที่มีเส้นใยสูง ไขมันต่ำ ดังนั้นบุกจึงเป็นวัตถุดิบพื้นเมืองที่น่าสนใจในด้านการนำมาแปรรูปและใช้ประโยชน์ในอาหารเพื่อสุขภาพ งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอุณหภูมิและเวลาในการทำแห้งผงบุกและการนำผงบุกที่ได้มาใช้ประโยชน์ในผลิตภัณฑ์อาหาร โดยให้อุณหภูมิและเวลาในการอบแห้งดังนี้ 1) อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส เวลา 4 ชั่วโมง 2) อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส เวลา 5 ชั่วโมง 3) อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส เวลา 4 ชั่วโมง 4) อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส เวลา 5 ชั่วโมง พบว่าการใช้อุณหภูมิในการอบที่ 65 องศาเซลเซียส เวลา 5 ชั่วโมง ผงบุกที่ได้มีปริมาณใยอาหารและโปรตีนมากที่สุด มีความชื้น 7.66% ไขมัน 1.02% โปรตีน 8.54% คาร์โบไฮเดรต 76.90% ใยอาหาร 5.40% ผันแปรปริมาณเจลบุกเพื่อทดแทนไขมันในไส้กรอกไก่ 4 สิ่งทดลองดังนี้ 1) ใช้ไขมันหมู 23% (สูตรควบคุม) 2) ใช้ไขมันหมู 18% ต่อเจลบุก 5% 3) ใช้ไขมันหมู 13% ต่อเจลบุก 10% 4) ใช้ไขมันหมู 8% ต่อเจลบุก 15% ไส้กรอกไก่ที่ใช้ไขมันหมู 13% ต่อเจลบุก 10% มีค่าเนื้อสัมผัส และค่าสีไม่แตกต่างจากสูตรควบคุม โดยมีค่า shear force 1,114 g ค่า springiness 0.84 และค่า cohesiveness 0.39 มีปริมาณใยอาหาร ปริมาณโปรตีน สูงกว่าสูตรควบคุม แต่มีปริมาณไขมันต่ำกว่าสูตรควบคุม โดยมีใยอาหาร 6.40% ไขมัน 13.34% โปรตีน 18.91% และผลิตภัณฑ์มีคุณภาพอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนของไส้กรอกไก่ (มผช.331/2555)

คำสำคัญ: บุก การทำแห้ง สารทดแทนไขมัน ไส้กรอก

Abstract

Konjac is a dietary plant with high fiber content, low Glycemic Index value and perceived health benefits. Nowadays, consumers are encouraged to select foods that are high in fiber and low in fat, and thus, konjac is an interesting local ingredient to use in a process and thereby gain benefit as a healthy food. The purpose of this research was to study the optimal temperature and drying time of konjac powder, and to apply the powder to food. The drying temperature and time were as follows: 1) 65 °C for 4 hours, 2) 65 °C for 5 hours, 3) 75 °C for 4 hours, and 4) 75 °C for 5 hours. We found that drying the plant at a temperature at 65 °C for 5 hours produced the highest fiber and protein content. The product exhibited moisture content of 7.66%, fat 1.02%, protein 8.54%, carbohydrate 76.90%, and fiber 5.40%. The fat in chicken sausage mixture was replaced with konjac gel in experimental 4 variations: 1) lard 23% (control formula, zero konjac), 2) lard 18% per konjac gel 5%, 3) lard 13% per konjac gel 10%, and 4) lard 8% per konjac gel 15%. The chicken sausage recipe using 13% lard with 10% konjac gel was no different in terms of texture and color values from the control formula. The product had shear force 1,114 grams, springiness 0.84 and cohesiveness of 0.39. Moreover, Fiber and protein content was higher than the control formula but fat content was less. This chicken sausage contained fiber 6.40%, fat 13.34%, and protein 18.91%. In addition, the product quality was within the Thai Industrial Standard of chicken sausage (TIS331/2012). This study indicates a potential avenue for expanding the utilization of konjac as a healthy food supplement.

¹ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ อ.แมริม จ.เชียงใหม่ 50180

¹Department of Agro industry, Faculty of Agriculture technology, Chiangmai Rajabhat University, Maerim, Chiangmai 50180

*Corresponding author, E-mail: apirada_rin@cmru.ac.th

Keywords: konjac, drying process, fat replacement, sausage

คำนำ

บุก (Amorphophallus konjac) มีถิ่นกำเนิดทางตะวันออกของเทือกเขาหิมาลัยไปจนถึงประเทศจีน ญี่ปุ่น และ ทางใต้ ไปถึงประเทศไทย อินโดนีเซีย จีน และฟิลิปปินส์ แต่เป็นที่รู้จักและนิยมบริโภคอย่างแพร่หลายในประเทศญี่ปุ่น เป็นพืชล้มลุก อยู่ใต้ผิวดินได้นานถึง 6 ปี ลักษณะกลมแบนบางชนิดมีเปลือกผิวขรุขระ เนื้อในหัวบุกมีลักษณะละเอียดเรียบเหมือนแป้งในพืชหัวอื่น ๆ แต่บุกจะมีเมือกเหนียว ซึ่งเป็นผลึกของแคลเซียมออกซาลาเต บุกมีเส้นใยอาหารธรรมชาติที่เอนไซม์ร่างกายมนุษย์ไม่สามารถย่อยสลายได้ ทำหน้าที่เพิ่มกากใยแต่ไม่เพิ่มพลังงานและปริมาณน้ำตาล (วุฒินันท์ โนนลำดวน และคณะ, 2556) ผงบุกโดยทั่วไปมีองค์ประกอบทางเคมี ดังนี้ กลูโคแมนแนน 49-60% แป้ง 10-30% ใยอาหาร 2-5% โปรตีน 14% และน้ำตาลรีดิวซิง 3-5% ทั้งนี้ปริมาณขององค์ประกอบต่าง ๆ ขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ของบุก กลูโคแมนแนนเป็นองค์ประกอบหลักที่พบในหัวบุก เป็นสารประกอบคาร์โบไฮเดรตที่ประกอบด้วยแมนโนสและกลูโคสในอัตราส่วน 3 : 2 เชื่อมต่อกันด้วยพันธะเบต้า-1, 4-กลูโคซิดิก ในโมเลกุลเส้นตรงของกลูโคแมนแนนมีหมู่เอซิติลกระจายอยู่ทั่วไปแบบมีแบบแผนบนสายโมเลกุลของคอนยัคกลูโคแมนแนนประมาณ 5-10% (บุณทริกา ยืนยง, 2543)

การสกัดผงบุกนั้นสามารถทำได้ทั้งแบบเปียกและแบบแห้ง ซึ่งการทำแห้งนั้นอาจทำได้โดยการตากแดดหรืออบด้วยอากาศร้อน แล้วบดชั้นบุกให้เป็นผงและนำส่วนที่บดได้มาแยกออกจากสารเจือปนด้วยการแยกลมเป่า ผลผลิตที่ได้จากวิธีนี้ค่อนข้างต่ำ เนื่องจากเกิดการสูญเสียในกระบวนการเป่าแยกด้วยลม แต่ข้อดีของวิธีนี้คือเทคโนโลยีที่ใช้ไม่มีความซับซ้อนจึงเหมาะกับการแปรรูปในระดับชุมชน ผงบุกที่ได้จากกระบวนการทำแห้งมีปริมาณกลูโคแมนแนนประมาณ 73-74% (วุฒินันท์ โนนลำดวน และคณะ, 2556) ได้ศึกษาถึงสภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการทำแห้งแป้งบุก ด้วยวิธีการออกแบบการทดลองแบบพื้นผิวตอบสนองและการออกแบบส่วนผสมกลาง พบว่ากระบวนการผลิตแป้งบุกถือว่ามีความสำคัญอย่างยิ่งต่อคุณภาพของสารกลูโคแมนแนนที่ได้ โดยเฉพาะขั้นตอนการทำแห้งด้วยความร้อนและเวลาที่ใช้ในการทำแห้ง โดยผงกลูโคแมนแนนที่ได้จากการสกัดแห้ง มีความเหนียวและคุณภาพดีกว่าผงกลูโคแมนแนนจากผงบุกทางการค้าที่คาดว่าจะสกัดด้วยวิธีทางเคมี

ปัจจุบันมีการใช้ผงบุกในผลิตภัณฑ์อาหารต่าง ๆ เนื่องจากผงบุกสามารถดูดซับน้ำและเกิดการพองตัวเมื่อผสมกับน้ำ และมีคุณสมบัติที่สำคัญคือสามารถเกิดเจลได้ ให้เจลที่มีความแข็งแรงและยังมีความคงตัวสูงแม้นำไปต้มในน้ำเดือดซึ่งการให้ความร้อนแก่เจลมีส่วนทำให้เจลมีความแข็งแรงและเสถียรภาพเพิ่มขึ้น (ฉวีวรรณ พันธุ์ไชยศรี และคณะ, 2547) มีการนำเจลจากผงบุกมาใช้ประโยชน์ในผลิตภัณฑ์อาหารต่าง ๆ เช่น ผลิตภัณฑ์ประเภทแยมและเยลลี่ ผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์แปรรูป เป็นต้น มีการใช้เจลบุกทดแทนไขมันแข็งของหมูในไส้กรอกปลาอิมัลชันจากซูริมิ พบว่าปริมาณเจลบุกที่เพิ่มขึ้นจาก 0%, 25%, 50%, 75% และ 100% ทำให้ซูริมิที่ได้ปริมาณความชื้น ปริมาณโปรตีน ปริมาณเถ้าเพิ่มขึ้นและยังส่งผลต่อค่าเนื้อสัมผัสโดยซูริมิที่ได้มีค่า water holding capacity (WHC), hardness, springiness, cohesiveness, gumminess และ gel strength เพิ่มขึ้น รวมทั้งค่าความคงตัวของอิมัลชันมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น (นิสานารถ กระแสร์ช และคณะ, 2557) นอกจากนี้ยังมีการใช้เจลบุกในผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นปลาเสริมเจลบุกและสมุนไพร โดยเติมเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนส 0.18% ร่วมกับเจลบุก 3% ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีความแข็งแรงของเจล เนื้อสัมผัสค่า hardness, springiness, cohesiveness และ chewiness มากกว่าสูตรควบคุมที่ไม่ได้เติมเอนไซม์ร่วมกับเจลบุก (ศุภิสรา พิสุทธิโกศล และคณะ, 2561) เจลบุกยังสามารถใช้ร่วมกับองค์ประกอบอื่น ๆ เพื่อใช้ประโยชน์ในผลิตภัณฑ์อาหารแปรรูป เช่น มีการใช้เจลบุกร่วมกับอินนูลิน และสตาร์ช ในไส้กรอกพรีไบโอติก ไส้กรอกที่ได้จะมีความการอุ้มน้ำ ค่า hardness และค่า cohesiveness เพิ่มขึ้น (Fahimeh et al., 2019)

ในปัจจุบันและแนวโน้มในอนาคตความต้องการวัตถุดิบอาหารในกลุ่มสารขึ้นเหนียว สารก่อเจล และสารให้ความคงตัวต่าง ๆ ในอุตสาหกรรมอาหารจะเพิ่มมากขึ้นโดยเฉพาะกลุ่มของสารที่มาจากธรรมชาติ เช่น จากผงบุก ซึ่งในประเทศไทยมีผลผลิตบุกสดปีละมากกว่า 5,000 ตัน แต่อย่างไรก็ตามแม้ว่าประเทศไทยจะมีผลผลิตหัวบุกสดเป็นจำนวนมากต่อปีแต่ยังขาดความรู้ในการผลิตผงบุก และการใช้ผงบุกที่ได้ในการแปรรูปอาหาร อีกทั้งต้องอาศัยเทคโนโลยีการแปรรูปจากต่างประเทศเพื่อแปรรูปหัวบุกให้เป็นผงบุกและนำกลับเข้ามาจำหน่ายในประเทศจึงทำให้อุตสาหกรรมการแปรรูปบุกในประเทศไทยไม่สามารถแข่งขันกับต่างประเทศได้ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของอุณหภูมิและเวลาในการอบแห้งที่มีผลต่อคุณภาพทางกายภาพและทางเคมีของผงบุก และนำผงบุกที่ได้มาใช้ประโยชน์ในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกปลาอิมัลชัน โดยศึกษาความเป็นไปได้ในการนำมาใช้เพื่อทดแทนไขมัน

ในผลิตภัณฑ์ เพื่อเป็นแนวทางการเพิ่มมูลค่าให้แก่หัวบุกและเป็นแนวทางการกระบวนการผลิตผงบุกอย่างง่ายในระดับชุมชน ประโยชน์ที่ได้จากงานวิจัยนี้จะสามารถใช้เป็นแนวทางเพื่อการแปรรูปผงบุกโดยใช้เทคโนโลยีที่ไม่ซับซ้อนและใช้การลงทุนที่ไม่สูง เป็นประโยชน์ต่อผู้ประกอบการระดับวิสาหกิจชุมชนหรือระดับอุตสาหกรรมภายในประเทศ รวมถึงทราบแนวทางการใช้ประโยชน์จากผงบุกที่ได้จากการอบแห้งในอุตสาหกรรมอาหารแปรรูปโดยเฉพาะการนำมาใช้ในกลุ่มอาหารเพื่อสุขภาพ เช่น อาหารไขมันต่ำ อาหารที่ต้องการเสริมเส้นใยอาหาร จึงเป็นการเพิ่มมูลค่าการแปรรูปบุก และเพิ่มมูลค่าให้แก่ผลิตภัณฑ์อาหารแปรรูปจากบุก

วิธีการศึกษา

การเตรียมวัตถุดิบ

วัตถุดิบที่ใช้คือหัวบุกที่มีขนาด 1-1.50 กิโลกรัม เก็บเกี่ยวในช่วงเดือน มกราคม-เมษายน ล้างทำความสะอาดเศษดินและสิ่งสกปรกออก ปอกเปลือกและหั่นหัวบุกเป็นแผ่นให้มีความหนา 3 มิลลิเมตร ล้างด้วยน้ำเปล่า 3-5 รอบเพื่อกำจัดเมือกจนหมดและนำไปแช่ในโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ความเข้มข้น 0.20% นาน 5 นาที และล้างให้สะอาด ก่อนเข้าสู่การทำแห้งด้วยการอบในตู้อบลมร้อน (ดัดแปลงจาก Zhao et al., 2010)

กระบวนการทำแห้งโดยใช้ตู้อบลมร้อน

ในการทำแห้งด้วยการอบในตู้อบลมร้อน (ยี่ห้อ MMM รุ่น Venticell, Germany) อุณหภูมิและเวลาในการทดลองประกอบด้วย 4 สิ่งทดลอง ได้แก่ 1) อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส เวลา 4 ชั่วโมง 2) อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส เวลา 5 ชั่วโมง 3) อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส เวลา 4 ชั่วโมง 4) อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส เวลา 5 ชั่วโมง เมื่อครบตามอุณหภูมิและเวลาในการทดลองแล้วรอให้ตัวอย่างเย็นก่อนบดให้ละเอียดด้วยเครื่องบด (ยี่ห้อ Foss รุ่น CT193 Cyclotec, China) และร่อนผงบุกผ่านตะแกรงขนาด 60 mesh (ยี่ห้อ Endecotts รุ่น Octagon200, England) บรรจุผงบุกที่ได้แบบสุญญากาศโดยใช้บรรจุภัณฑ์ถุงไนลอนเก็บรักษานาน 1 สัปดาห์ก่อนนำมาวิเคราะห์คุณภาพ

การวิเคราะห์คุณภาพของผงบุก

วิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ ดังนี้ ค่าสีในระบบ CIE (โดยใช้เครื่อง chroma meter, CR-400, Konica, Japan) ทำการวิเคราะห์ 5 ซ้ำ

วิเคราะห์คุณภาพทางเคมี ดังนี้ ค่า water activity (โดยใช้เครื่องรุ่น series 4 TE) ใยอาหาร (AOAC, 2000) ค่าความชื้น (AOAC, 2000) ไขมัน (AOAC, 2000) โปรตีน (AOAC, 2000) และคาร์โบไฮเดรต (AOAC, 2000) ทำการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ

การเตรียมเจลบุก

คัดเลือกผงบุกที่ได้จากกระบวนการอบแห้งที่มีปริมาณใยอาหารและมีโปรตีนสูงที่สุดมา 1 ตัวอย่าง โดยผงบุกดังกล่าวจะถูกนำมาใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารในรูปของเจลบุก ซึ่งมีการเตรียมเจลบุกตามวิธีการดังนี้ ผงบุก 4% และน้ำ 93% ให้ความร้อนที่ 90 องศาเซลเซียส นาน 3 นาที หลังจากนั้นเติมแซนแทนกัม 3% ซึ่งเป็นสารไฮโดรคอลลอยด์ที่ช่วยในการเกิดเจล ให้ความร้อนต่ออีก 5 นาที ในระหว่างนี้ให้คนตัวอย่างเพื่อป้องกันการเกาะตัวกันเป็นก้อน จากนั้นเก็บเจลบุกไว้ในตู้เย็น 12 ชั่วโมงก่อนนำเจลบุกมาใช้ (ดัดแปลงจาก Akesowan, 2013)

วิเคราะห์คุณภาพของเจลบุกทางกายภาพ ดังนี้ ค่าสีในระบบ CIE (เครื่อง chroma meter, CR-400, Konica, Japan) ทำการวิเคราะห์ 5 ซ้ำ ค่าเนื้อสัมผัสของเจลในด้าน ค่า hardness, springiness, cohesiveness และ chewiness โดยใช้เครื่องวัดเนื้อสัมผัสรุ่น TA-XT plus เตรียมตัวอย่างเจลบุกให้มีความสูง 3 เซนติเมตร กว้าง 5 เซนติเมตร ยาว 5 เซนติเมตร อุณหภูมิของตัวอย่าง 25±5 องศาเซลเซียส ในการวัดค่าเนื้อสัมผัสใช้หัววัด 1/2 นิ้ว 0.5 มิลลิเมตร (P/0.5) ค่า test speed 1.0 mm/s ระยะเจาะ 15 มิลลิเมตร ทำการวิเคราะห์ 10 ซ้ำ (ดัดแปลงจาก Jian et al., 2016)

วิเคราะห์คุณภาพทางเคมี ดังนี้ ปริมาณใยอาหาร (AOAC, 2000) ไขมัน (AOAC, 2000) โปรตีน (AOAC, 2000) คาร์โบไฮเดรต (AOAC, 2000)

การใช้เจลบุกในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอิมัลชัน

งานวิจัยนี้ศึกษาการใช้เจลบุกในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์แปรรูปโดยใช้ทดแทนไขมันในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอิมัลชัน ผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอิมัลชันสูตรพื้นฐานดังนี้ เนื้อไก่ 46.27% ไขมันหมู 23.14% น้ำ 23.14% แป้งมันสำปะหลัง 1.39% ฟอสเฟต 0.09% อิริทอร์เบต 0.09% เครื่องปรุงและเครื่องเทศ 6.02% (ศูนย์วิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์ปศุสัตว์เชียงใหม่, 2561) ศึกษาคุณภาพของไส้กรอกไก่ที่ใช้

เจลบุกทดแทนไขมันหมู โดยแบ่งเป็น 4 สิ่งทดลองดังนี้ 1) ใช้ไขมันหมู 23% (สูตรควบคุม) 2) ใช้ไขมันหมู 18% ต่อเจลบุก 5% 3) ใช้ไขมันหมู 13% ต่อเจลบุก 10% 4) ใช้ไขมันหมู 8% ต่อเจลบุก 15%

การวิเคราะห์คุณภาพผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอิมัลชัน

วิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ ดังนี้ ค่าสีในระบบ CIE (โดยใช้เครื่อง chroma meter, CR-400, Konica, Japan) ทำการวิเคราะห์ 5 ซ้ำ ค่าเนื้อสัมผัสโดยใช้เครื่องวัดเนื้อสัมผัสรุ่น TA-XT plus ใช้ความเร็วหัวกด 360 มิลลิเมตรต่อวินาที ค่า strain 50% และใช้หัววัด P/36R : 36 mm เตรียมตัวอย่างให้มีความสูง 2.5 เซนติเมตร ความกว้าง 3 เซนติเมตร อุณหภูมิของตัวอย่าง 25 ± 5 องศาเซลเซียส ทดสอบในด้านค่า shear force, springiness และ cohesiveness ทำการวิเคราะห์ 10 ซ้ำ (Atashkar et al., 2018)

การสูญเสียน้ำหนักหลังให้ความร้อน (ถาวร จันทโชติ, 2561) โดยชั่งน้ำหนักไส้กรอกสด แล้วนำไปต้มที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส 15 นาที ทำให้เย็นโดยแช่น้ำเย็น ทั้งให้สะเด็ดน้ำ แล้วนำมาชั่งน้ำหนัก ทำการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ คำนวณการสูญเสียน้ำหนักดังนี้

$$\% \text{ การสูญเสียน้ำหนักภายหลังจากการต้มสุก} = [(\text{น้ำหนักก่อนสุก} - \text{น้ำหนักหลังสุก}) / \text{น้ำหนักก่อนสุก}] \times 100$$

การอุ้มน้ำของผลิตภัณฑ์ (ถาวร จันทโชติ, 2561) โดยใช้ไส้กรอกสับละเอียด 10 กรัม ให้ความร้อนในอ่างน้ำร้อนที่ 90 องศาเซลเซียส 15 นาที ทำให้อย่างเย็นลง แล้วนำไปเซนตริฟิวจ์ที่ 9,000 rpm นาน 20 นาที ชั่งน้ำหนักส่วนของเหลว และส่วนเนื้อที่ได้หลังจากเซนตริฟิวจ์ ทำการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ คำนวณค่าการอุ้มน้ำ ดังนี้

$$\% \text{ ค่าการอุ้มน้ำ} = [(W2 - W1) / W1] \times 100$$

เมื่อ W1 คือ น้ำหนักตัวอย่างก่อนปั่นเหวี่ยง

W2 คือ น้ำหนักตัวอย่างหลังปั่นเหวี่ยง

วิเคราะห์คุณภาพทางเคมี ดังนี้ ปริมาณไขมันอาหาร (AOAC, 2000) ไขมัน (AOAC, 2000) โปรตีน (AOAC, 2000)

การวางแผนการทดลองและการวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและทางเคมีโดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomize Design, CRD) วิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance, ANOVA) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Least-Significant Different (LSD)

ผลการศึกษาและวิจารณ์

ผงบุกที่ใช้อุณหภูมิและเวลาในการอบที่ 65 องศาเซลเซียส เวลา 4 ชั่วโมง, 65 องศาเซลเซียส เวลา 5 ชั่วโมง, 75 องศาเซลเซียส เวลา 4 ชั่วโมง และอุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส เวลา 5 ชั่วโมง มีค่าสี L^* อยู่ระหว่าง 85.36 - 87.27 ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ในด้านค่าสี a^* พบว่าการใช้อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส เวลา 4 ชั่วโมง ผงบุกที่ได้มีค่าสี a^* 3.15 ที่ 65 องศาเซลเซียส เวลา 5 ชั่วโมง ผงบุกมีค่าสี a^* 3.56 ที่ 75 องศาเซลเซียส เวลา 4 ชั่วโมง ผงบุกมีค่าสี a^* 3.52 และที่อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส เวลา 5 ชั่วโมง ผงบุกจะมีค่าสี a^* 3.23 ค่าสี a^* ของผงบุกมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ในด้านค่าสี b^* พบว่าการใช้อุณหภูมิและเวลาในการอบทั้ง 4 สิ่งทดลองไม่ส่งผลให้ค่าสี b^* ของผงบุกมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ปัจจัยด้านอุณหภูมิและเวลาในการอบนั้นมีความสัมพันธ์กับค่าสีโดยการใช้อุณหภูมิที่สูงขึ้นผงบุกที่ได้มีแนวโน้มที่จะมีสีเข้มมากขึ้นนั่นคือค่าสี L^* มีแนวโน้มลดลง ซึ่งการเปลี่ยนแปลงของค่าสีของผงบุกสามารถเกิดได้ทั้งจากปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลแบบที่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ และปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลแบบไม่เอนไซม์ ซึ่งในการอบแห้งนั้นการเกิดสีน้ำตาลแบบไม่เอนไซม์เป็นปัจจัยหลักที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าสีโดยการใช้อุณหภูมิที่สูงขึ้นจะส่งเสริมการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลได้ดีขึ้นเช่นเดียวกับงานวิจัยของ Zeng et al. (2020) ที่ทำการทำแห้งบุกโดยวิธีทำแห้งแบบสุญญากาศพบว่าการใช้อุณหภูมิที่ 70 องศาเซลเซียส ผงบุกที่ได้จะมีสีเข้มมากกว่าการใช้อุณหภูมิที่ 60 องศาเซลเซียส และ 50 องศาเซลเซียส

ผลการวิเคราะห์ค่า water activity และค่าความชื้นของผงบุกแสดงดัง Table 1 การใช้อุณหภูมิและเวลาในการอบแห้งทั้ง 4 สิ่งทดลองส่งผลต่อค่าความชื้นผงบุกโดยทั้ง 4 สิ่งทดลองมีความชื้นอยู่ระหว่าง 6.55-7.66% การใช้อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส เวลานาน 5 ชั่วโมง จะทำให้ผงบุกมีความชื้นต่ำที่สุดเท่ากับ 6.55% ส่วนการใช้อุณหภูมิในการทำแห้งที่ 65 องศาเซลเซียส เวลานาน

4 ชั่วโมง ผงบุกที่ได้จะมีความชื้นสูงที่สุดเท่ากับ 7.07% แต่อย่างไรก็ตามความชื้นของผงบุกใน 4 สิ่งทดลองนั้นไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และค่าความชื้นของผงบุกทั้ง 4 สิ่งทดลองเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนเรื่องแป้งบุก (มผช.1171/2549) ที่ระบุว่าแป้งบุกควรมีความชื้นไม่เกิน 12% โดยน้ำหนัก (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2549) ดังนั้นทั้ง 4 สิ่งทดลองให้ค่าความชื้นของผงบุกไม่เกินค่ามาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ในกระบวนการทำแห้งนั้นเป็นการใช้ลมร้อนเป็นตัวกลางในการเคลื่อนย้ายไอน้ำออกจากผิวของบุก การใช้อุณหภูมิที่สูงและเวลาการทำแห้งที่นานขึ้นจะมีการถ่ายเทความร้อนในระหว่างการทำแห้งมากขึ้นส่งผลให้ผงบุกมีความชื้นลดลงซึ่งวิธีการทำแห้งนี้สามารถใช้งานได้ง่ายและมีค่าใช้จ่ายที่ไม่สูง ส่วนในด้านค่า water activity ของผงบุก พบว่าการใช้อุณหภูมิและเวลาในการอบทั้ง 4 สิ่งทดลองส่งผลให้ผงบุกมีค่า water activity อยู่ระหว่าง 0.26-0.39 และไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ค่า water activity เป็นปัจจัยที่ชี้ระดับปริมาณน้ำต่ำสุดในอาหารที่เชื้อจุลินทรีย์สามารถนำไปใช้ในการเจริญเติบโตและใช้ในการเกิดปฏิกิริยาเคมีต่าง ๆ ซึ่งอาหารที่มีค่า water activity น้อยกว่า 0.60 จัดเป็นอาหารแห้ง อาหารกลุ่มนี้จะเสื่อมเสียยาก ดังนั้นการสกัดแห้งด้วยตู้อบลมร้อนนั้นสามารถลดค่า water activity ในอาหารลงได้ซึ่งการลดค่า water activity ในอาหารจะช่วยชะลอการทำงานของเอนไซม์ และชะลอการเจริญของจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุของการเสื่อมเสียของอาหารและจุลินทรีย์ก่อโรคทั้ง รา ยีสต์ แบคทีเรีย (นิริยา รัตนานันท์, 2557) ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีของผงบุกด้านค่าใยอาหาร และปริมาณไขมันของผงบุกแสดงดัง Table 2 ส่วนผลการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีของผงบุกด้านปริมาณโปรตีนและคาร์โบไฮเดรตแสดงดัง Table 3

Table 1 Water activity and moisture content of konjac powder.

Treatment	Aw		Moisture (%)	
	4 Hrs.	5 Hrs.	4 Hrs.	5 Hrs.
Temp 65 °C	0.33 ± 0.04 ns	0.39 ± 0.03 ns	7.07 ± 0.77 ns	7.66 ± 0.86 ns
Temp 75 °C	0.26 ± 0.07 ns	0.32 ± 0.04 ns	7.50 ± 0.69 ns	6.55 ± 0.90 ns

*Different letters indicate differences determined by Least-Significant Different (LSD) at the 95 percent level of significance.

ns = non-significance.

Table 2 Fiber and fat of konjac powder.

Treatment	Fiber (%)		Fat (%)	
	4 Hrs.	5 Hrs.	4 Hrs.	5 Hrs.
Temp 65 °C	4.18 ± 1.04 A	5.40 ± 0.83 B	0.84 ± 0.21 A	1.02 ± 0.17 A
Temp 75 °C	4.39 ± 0.76 A	4.80 ± 0.50 B	0.80 ± 0.39 A	0.90 ± 0.14 A

*Different letters indicate differences determined by Least-Significant Different (LSD) at the 95 percent level of significance.

ns = non-significance.

Table 3 Protein and carbohydrate of konjac powder.

Treatment	Protein (%)		Carbohydrate (%)	
	4 Hrs.	5 Hrs.	4 Hrs.	5 Hrs.
Temp 65 °C	7.30 ± 0.14 B	8.54 ± 0.21 A	78.94 ± 0.35 A	76.90 ± 0.29 B
Temp 75 °C	8.02 ± 0.59 A	8.40 ± 0.38 A	75.16 ± 0.39 C	74.39 ± 0.77 C

*Different letters indicate differences determined by Least-Significant Different (LSD) at the 95 percent level of significance.

ns = non-significance.

อุณหภูมิและเวลาในการทำแห้งมีผลต่อค่าปริมาณใยอาหาร โดยการทำแห้งที่ 65 องศาเซลเซียส เวลา 5 ชั่วโมง ผงบุกที่ได้มีปริมาณใยอาหาร 5.40% ซึ่งมีปริมาณใยอาหารมากที่สุด ส่วนผงบุกที่อบที่ 75 องศาเซลเซียส เวลานาน 4 ชั่วโมงและ 5 ชั่วโมงนั้น มีปริมาณใยอาหาร 4.39% และ 4.80% ตามลำดับ การทำแห้งที่อุณหภูมิสูงจะสกัดใยอาหารจากบุกได้น้อยกว่าการใช้อุณหภูมิต่ำ โดยในการทำแห้งนั้นช่วงอุณหภูมิในการทำแห้งที่เหมาะสมคือ 60-80 องศาเซลเซียส หากมีการใช้อุณหภูมิที่สูงเกินไปจะทำให้โครงสร้างของเซลล์พืชแตกและเกิดการสูญเสียความคงตัวของพอลิแซ็กคาไรด์ แต่การสกัดที่อุณหภูมิต่ำอาจต้องใช้เวลาในการอบแห้งนานทำให้สิ้นเปลืองต้นทุนในการดูดซับน้ำน้อยกว่าการสกัดที่อุณหภูมิสูง (วิชมนี ยืนยงพุทธกาล และคณะ, 2561) สอดคล้องกับรายงานของ หยาตรุ้ง สุวรรณรัตน์ และจิพร สวัสดิการ (2561) ที่พบว่าอุณหภูมิในการทำแห้งมีผลต่อปริมาณใยอาหารการใช้อุณหภูมิที่ 90 องศาเซลเซียส จะมีใยอาหารน้อยกว่าการใช้อุณหภูมิที่ 60 องศาเซลเซียส อุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการทำแห้งนั้นไม่มีผลต่อปริมาณไขมันในผงบุกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% การสกัดผงบุกที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส เวลา 4 ชั่วโมงจะให้ปริมาณโปรตีน 7.30% ซึ่งน้อยกว่าการสกัดที่อุณหภูมิและเวลาอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ในด้านปริมาณคาร์โบไฮเดรตพบว่าการสกัดที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส เวลา 4 ชั่วโมงผงบุกมีปริมาณคาร์โบไฮเดรต 78.94% ซึ่งสูงกว่าการอบแห้งที่อุณหภูมิและเวลาอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% อย่างไรก็ตามผงบุกที่ได้จากงานวิจัยนี้ทั้ง 4 สิ่งทดลองมีองค์ประกอบทางเคมีใกล้เคียงกับผงบุกจากงานวิจัยของ Bui et al. (2016) ที่อบแห้งบุกอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 2 วัน วิเคราะห์องค์ประกอบในผงบุก พบว่าประกอบด้วยคาร์โบไฮเดรต 81% โปรตีน 9% และไขมัน 0.42%

ในงานวิจัยนี้ผงบุกที่ได้จะถูกนำมาใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารในรูปเจลบุกเพื่อทดแทนไขมันหมูในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกไก่ ซึ่งไส้กรอกเป็นผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์แปรรูปที่มีไขมันสูงและมีใยอาหารน้อย ผงบุกที่จะนำมาใช้ควรช่วยปรับปรุงคุณค่าทางโภชนาการให้กับอาหารกลุ่มนี้ ดังนั้นจึงเลือกผงบุกจากสิ่งทดลองที่มีใยอาหารสูง ไขมันต่ำ และมีโปรตีนสูง โดยในงานวิจัยนี้เลือกใช้ผงบุกที่ได้จากการอบแห้งที่ 65 องศาเซลเซียส นาน 5 ชั่วโมงเพราะมีปริมาณใยอาหารและปริมาณโปรตีนมากที่สุดช่วยเพิ่มปริมาณโปรตีนและใยอาหารในผลิตภัณฑ์แปรรูปจากเนื้อสัตว์ได้ ในการเตรียมเจลบุกนั้นเมื่อนำผงบุกละลายน้ำรวมกับการให้ความร้อน อนุภาคกลูโคแมนแนนจะดูดซึมน้ำแล้วเกิดการพองตัว ทำให้ได้สารละลายที่มีความหนืดเพิ่มขึ้นและยังสามารถเกิดเป็นเจลบุกได้ ซึ่งในงานวิจัยนี้จะใช้แทนแทนกัม 3% เป็นไฮโดรคอลลอยด์ช่วยในการเกิดเจล ทำให้เจลที่ได้มีความยืดหยุ่น และมีความแข็งแรง เจลบุกที่ได้จะเป็นเจลที่ไม่สามารถผ่นกลับโดยความร้อน ผลจากวิเคราะห์คุณภาพของเจลบุก พบว่ามีค่า L^* 43.42 ค่า a^* 5.51 และ ค่า b^* 7.02 มีค่า hardness 130.51 g cohesiveness 0.4412 springiness 0.9129 และ chewiness 52.41 จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของเจลบุกพบว่าประกอบด้วยคาร์โบไฮเดรต 1.98% ไขมัน 0.07% โปรตีน 1.26% และมีปริมาณใยอาหาร 4.14% ค่าเนื้อสัมผัสของเจลบุกนั้นเป็นผลมาจากกลูโคแมนแนนที่เป็นพอลิแซ็กคาไรด์ชนิดหนึ่ง ซึ่งจะแทรกตัวอยู่ในโปรตีนเมทริกซ์เมื่อได้รับความร้อนพอลิแซ็กคาไรด์จะพองตัวและเกิดเป็นโครงสร้างที่เสริมความแข็งแรงของเจล (Colmenero, 1996) เจลบุกที่ได้จะใช้ทดแทนไขมันหมูในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกไก่มีลักษณะโดยเจลบุกนั้นสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในอาหารประเภทผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์แปรรูป กลูโคแมนแนนในบุกได้รับการรับรองจาก FDA ว่าเป็นวัตถุเจือปนอาหารที่ได้รับการรับรองว่ามีความปลอดภัย (generally recognized as safe: GRAS) (Zhang and Yang, 2014) ซึ่งผลของการใช้เจลบุกที่มีต่อค่าสีและค่าเนื้อสัมผัสของไส้กรอกอิมัลชันแสดงดัง Table 4 และ Table 5

Table 4 Color properties of chicken sausage formulated and replaced with different percentages of konjac gel.

Treatment	L^*	a^*	b^*
Fat 23% (control)	77.52 ± 0.40 A	1.83 ± 0.11 A	13.19 ± 0.07 A
Fat 18% Konjac gel 5%	77.92 ± 0.16 A	1.78 ± 0.09 A	12.92 ± 0.14 A
Fat 13% Konjac gel 10%	74.09 ± 0.33 B	1.54 ± 0.17 B	9.72 ± 0.14 B
Fat 8% Konjac gel 15%	68.24 ± 0.41 C	1.47 ± 0.14 B	13.08 ± 0.12 A

*Different letters indicate differences determined by Least-Significant Different (LSD) at the 95 percent level of significance.

ns = non-significance.

Table 5 Textural properties of chicken sausage formulated and replaced with different percentages of konjac gel.

Treatment	Shear force (g)	Springiness	Cohesiveness
Fat 23% (control)	1038 ± 53.27 A	0.81 ± 0.08 A	0.26 ± 0.11 A
Fat 18% Konjac gel 5%	1015 ± 66.32 A	0.83 ± 0.11 A	0.28 ± 0.14 A
Fat 13% Konjac gel 10%	1114 ± 49.14 A	0.84 ± 0.04 A	0.39 ± 0.16 A
Fat 8% Konjac gel 15%	1163 ± 75.64 A	0.86 ± 0.09 B	0.57 ± 0.20 B

* Different letters indicate differences determined by Least-Significant Different (LSD) at the 95 percent level of significance.

ns = non-significance.

จากผลการวิเคราะห์ด้านค่าสีของไส้กรอกพบว่า เมื่อใช้เจลบุกเพิ่มมากขึ้น ค่าสี L^* ซึ่งบอกถึงค่าความสว่างของไส้กรอกมีแนวโน้มลดลง สอดคล้องกับลักษณะปรากฏคือไส้กรอกที่ใช้เจลบุกทดแทนจะมีสีเข้มมากขึ้น เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Chin et al. (2000) ได้ศึกษาการใช้บุกผสมและโปรตีนสกัดจากถั่วเหลืองเป็นสารทดแทนไขมันในโบลญญาไขมันต่ำ พบว่าโบลญญาไขมันต่ำที่มีปริมาณบุกผสมเพิ่มขึ้นทำให้ความสว่างและสีเหลืองลดลง จากผลการวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัสพบว่าไส้กรอกที่มีการทดแทนไขมันด้วยเจลบุกมีแนวโน้มด้านค่า shear force, ค่า springiness และค่า cohesiveness เพิ่มขึ้นเนื่องจากกลูโคแมนแนนจะแทรกตัวในโปรตีนเมทริกซ์เมื่อได้รับความร้อนจะเกิดการพองตัวและเกิดเป็นโครงสร้างที่เสริมความแข็งแรงของโครงสร้างร่างแหของโปรตีนในไส้กรอกทำให้เกิดการยึดเกาะตัวกันของผลิตภัณฑ์มากขึ้น จึงส่งผลให้ไส้กรอกมีค่าเนื้อสัมผัสดังกล่าวเพิ่มขึ้น (Salcedo-Sandoval et al., 2015) เช่นเดียวกับการวิจัยที่ใช้เจลบุกเพื่อทดแทนไขมันในไส้กรอก 10% พบว่าไส้กรอกที่ใช้เจลบุกทดแทนไขมันจะมีค่า hardness ค่า springiness ค่า cohesiveness และ ค่า gumminess เพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับสูตรควบคุมที่ใช้ไขมัน 20% (Kim et al., 2019) ซึ่งการใช้เจลบุกในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์มีลักษณะนี้นอกจากจะใช้ทดแทนไขมันแล้วยังสามารถใช้เพื่อปรับปรุงเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์แปรรูปไขมันต่ำได้อีกด้วย โดยผลการวิเคราะห์ในด้านคุณค่าทางโภชนาการ ได้แก่ ปริมาณไขมัน ปริมาณโปรตีน และใยอาหารในไส้กรอกโกอีมีลชัน แสดงดัง Table 6

Table 6 The proximate composition of chicken sausage formulated and replaced with different percentages of konjac gel.

Treatment	Fat (%)	Fiber (%)	Protein (%)
Fat 23% (control)	29.49 ± 0.33 A	2.03 ± 0.77 C	15.19 ± 0.31 C
Fat 18% Konjac gel 5%	15.85 ± 0.16 B	4.51 ± 0.64 B	19.51 ± 0.14 A
Fat 13% Konjac gel 10%	13.34 ± 0.14 C	6.40 ± 0.98 A	18.91 ± 0.19 A
Fat 8% Konjac gel 15%	9.08 ± 0.24 D	7.41 ± 1.15 A	19.11 ± 0.33 A

*Different letters indicate differences determined by Least-Significant Different (LSD) at the 95 percent level of significance.

ns = non-significance.

ไส้กรอกโกอีมีลชันที่ใช้เจลบุกทดแทนไขมัน 5%, 10% และ 15% มีปริมาณไขมัน 15.85%, 13.34% และ 9.08% ตามลำดับ และมีปริมาณโปรตีนในไส้กรอกเท่ากับ 19.51%, 18.91% และ 19.11% ตามลำดับ ส่วนไส้กรอกสูตรควบคุมที่ใช้ไขมัน 23% มีปริมาณไขมัน 29.49% และโปรตีน 15.19% ปริมาณไขมันและโปรตีนในไส้กรอกทั้ง 4 สิ่งทดลองมีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน มพช.331/2555 ที่ระบุว่าไส้กรอกต้องมีค่าไขมันไม่เกิน 30% โดยน้ำหนักของไส้กรอกโกอีมีลชัน และค่าโปรตีนไม่น้อยกว่า 13% โดยน้ำหนัก (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2555) การทดแทนไขมันในไส้กรอกด้วยเจลบุกในปริมาณที่มากขึ้นส่งผลให้ปริมาณไขมันในไส้กรอกมีค่าลดลง เนื่องจากบุกเป็นสารทดแทนไขมันกลุ่มคาร์โบไฮเดรต กลูโคแมนแนนในบุกจัดเป็นใยอาหารที่ละลายน้ำได้ซึ่งใยอาหารชนิดนี้สามารถรวมตัวกันกับน้ำได้ในปริมาณมาก เกิดเจลาตินไนซ์และเกิดการกระจายโครงสร้างที่อัดแน่น อุ่นน้ำไว้ได้ดี จึงสามารถใช้ทดแทนหน้าที่ของไขมันเพื่อให้เกิดความชื้นเหนียว ความลื่นคล้ายไขมันได้ อีกทั้งยังช่วยเพิ่มใยอาหารในไส้กรอกอีกด้วย ในบุกมีกลูโคแมนแนนซึ่งเป็นใยอาหารชนิดที่ละลายน้ำได้และไม่สามารถย่อยโดยน้ำย่อยที่กระเพาะอาหาร จึงไม่ให้อาหารกับ

ร่างกาย ดังนั้นไส้กรอกไก่ที่ใช้เจลาตินทดแทนไขมันจะมีใยอาหารเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับสูตรควบคุมเพราะในเจลาตินที่ใช้ทดแทนไขมันประกอบไปด้วยโปรตีน 1.26% เส้นใย 4.14% หากเปรียบเทียบระหว่างไส้กรอกไก่สูตรควบคุมและสูตรที่มีการใช้เจลาตินทดแทนไขมันจะเห็นว่าสูตรที่ใช้เจลาตินทดแทนไขมัน 15% มีปริมาณไขมันน้อยที่สุดคือ 9.08% และมีปริมาณใยอาหารมากที่สุดคือ 7.41% การใช้เจลาตินทดแทนไขมันในปริมาณมากขึ้นไส้กรอกที่ได้จะมีปริมาณไขมันลดลง มีเส้นใยและโปรตีนเพิ่มขึ้น เช่นเดียวกับการใช้เจลาตินในไส้กรอกปลาที่พบว่าเมื่อเพิ่มการทดแทนไขมันด้วยเจลาตินจะเป็นการลดไขมันแต่เพิ่มปริมาณโปรตีนและเถ้ามากขึ้น (นิสานารถ กระแสร์ชล และคณะ, 2558) ดังนั้นการใช้เจลาตินในไส้กรอกอิมัลชันนอกจากจะให้คุณค่าทางโภชนาการแล้วยังให้คุณสมบัติเชิงหน้าที่แก่ผลิตภัณฑ์ด้วย กลูโคแมนแนนในบุกจะเพิ่มความหนืดให้แก่ผลิตภัณฑ์ซึ่งกลไกนี้จะช่วยลดการเคลื่อนที่และการชนกันของเม็ดไขมัน จึงทำให้เกิดความคงตัวให้แก่ไส้กรอกไก่อิมัลชันได้แม้ว่าจะมีการลดไขมันในส่วนประกอบลง ซึ่งผลการวิเคราะห์การสูญเสียไอน้ำหนักหลังให้ความร้อน และการอุ้มน้ำของผลิตภัณฑ์แสดงดัง Table 7

Table 7 Cooking loss and water holding capacity of chicken sausage formulated and replaced with different percentages of konjac gel.

Treatment	Cooking loss (%)	Water holding capacity (%)
Fat 23% (control)	4.49 ± 0.54 A	1.73 ± 0.10 B
Fat 18% Konjac gel 5%	4.85 ± 0.39 A	2.01 ± 0.34 A
Fat 13% Konjac gel 10%	5.04 ± 0.48 A	2.40 ± 0.36 A
Fat 8% Konjac gel 15%	5.08 ± 0.11 A	2.41 ± 0.14 A

*Different letters indicate differences determined by Least-Significant Different (LSD) at the 95 percent level of significance.

ns = non-significance.

ไส้กรอกไก่ที่ใช้เจลาตินทดแทนไขมันจะมีความสามารถในการอุ้มน้ำมากกว่าสูตรควบคุม เนื่องจากกลูโคแมนแนนที่เป็นองค์ประกอบในบุกอยู่ในกลุ่มพอลิแซ็กคาไรด์ซึ่งเป็นโมเลกุลที่ชอบน้ำ เพราะมีหมู่ไฮดรอกซิลอิสระเป็นจำนวนมาก จึงสามารถสร้างพันธะไฮโดรเจนกับน้ำได้ เกิดการเกาะตัวกันของน้ำตามโครงข่ายโมเลกุลโพลีแซ็กคาไรด์ จึงช่วยเพิ่มคุณสมบัติในการอุ้มน้ำให้กับไส้กรอกที่มีการใช้เจลาตินเป็นส่วนประกอบ (Wei et al., 2015) ดังนั้นไส้กรอกที่มีการใช้เจลาตินเพิ่มขึ้นจึงมีแนวโน้มที่มีการอุ้มน้ำเพิ่มขึ้น แต่อย่างไรก็ตามเมื่อใช้เจลาตินทดแทนไขมันเพิ่มขึ้นไส้กรอกจะมีค่าการสูญเสียไอน้ำหนักหลังจากได้รับความร้อนเพิ่มขึ้น เนื่องจากเกิดการสูญเสียความคงตัวของอิมัลชันเพิ่มมากขึ้นจากการทดแทนไขมันด้วยองค์ประกอบอื่น เช่น การทดแทนไขมันด้วยสารละลายไฮโดรคอลลอยด์ ใยอาหาร และแป้ง เป็นต้น ทำให้เกิดส่วนเกินของน้ำขึ้นมาในระบบอิมัลชัน มีรายงานวิจัยพบว่าในไส้กรอกแฟรงค์เฟิร์ตที่ใช้สารทดแทนไขมัน 30-50% จะมีการสูญเสียไอน้ำหนักมากขึ้นและความคงตัวของอิมัลชันลดลง (Crehan et al., 2000) สอดคล้องกับรายงานของ Kim et al. (2019) ที่พบว่าการใช้เจลาติน 10% ในไส้กรอกแฟรงค์เฟิร์ตจะมีการสูญเสียไอน้ำหนัก 5.43% แต่สูตรควบคุมที่ใช้ไขมัน 20% มีการสูญเสียไอน้ำหนักเพียง 4.55% เช่นเดียวกับ Osburn and Keeton (2004) ที่พบว่าไส้กรอกที่ใช้เจลาตินทดแทนไขมัน 20% มีการสูญเสียไอน้ำหนักหลังจากให้ความร้อนมากกว่าสูตรควบคุม

จากผลการวิเคราะห์คุณภาพของไส้กรอกไก่ทั้งทางด้านกายภาพและทางเคมี ไส้กรอกไก่ที่ใช้เจลาติน 10% และไขมัน 13% เป็นอัตราส่วนที่มีการทดแทนไขมันด้วยเจลาตินที่ช่วยทำให้ผลิตภัณฑ์มีคุณค่าทางโภชนาการสูงขึ้น ผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณไขมันลดลง มีปริมาณโปรตีนและใยอาหารสูงขึ้นเมื่อเทียบกับสูตรควบคุม ทั้งยังให้คุณภาพทางด้านลักษณะเนื้อสัมผัสในด้านของค่า shear force, ค่า springiness และค่า cohesiveness ไม่ต่างจากสูตรควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ส่วนการใช้เจลาตินทดแทนไขมัน 15% เป็นสูตรที่ทำให้ไส้กรอกมีปริมาณไขมันต่ำที่สุด มีปริมาณโปรตีนและใยอาหารสูงที่สุดแต่การใช้เจลาตินทดแทนไขมัน 15% จะมีข้อจำกัดในด้านลักษณะเนื้อสัมผัส โดยผลิตภัณฑ์ไส้กรอกที่ได้จะมีความแน่นเนื้อและความเหนียวสูงกว่าสูตรควบคุม ซึ่งผลจากการวิจัยนี้สามารถใช้เป็นแนวทางในการปรับปรุงบุกโดยใช้เทคโนโลยีการแปรรูปแบบดั้งเดิมใช้อุปกรณ์ที่มีราคาไม่สูง และผงบุกที่ได้จากการทำแห้งสามารถนำมาใช้ในอาหารแปรรูปในกลุ่มของอาหารเพื่อสุขภาพ โดยสามารถใช้แทนไขมันในกลุ่มของอาหารแปรรูปจากเนื้อสัตว์ได้ และผลิตภัณฑ์ได้ยังมีคุณภาพตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน จึงสามารถใช้เป็นแนวทางในการปรับปรุงผลิตภัณฑ์และเพิ่มมูลค่าให้แก่ผู้ประกอบการขนาดกลางและขนาดย่อมได้

สรุปผลการศึกษา

อุณหภูมิและเวลาในการอบแห้งเป็นปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพของผงบุก การอบแห้งที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส นาน 5 ชั่วโมง ผงบุกที่ได้มีปริมาณใยอาหารและปริมาณโปรตีนสูงสุดเท่ากับ 5.40% และ 8.54% ตามลำดับ ผงบุกที่ได้มาใช้ในการของเจลบุกโดยเจลบุกที่ได้ประกอบด้วยคาร์โบไฮเดรต 1.98% ไขมัน 0.07% โปรตีน 1.26% และมีปริมาณใยอาหาร 4.14% การใช้เจลบุกเพื่อทดแทนไขมันในไส้กรอกไก่สามารถช่วยเสริมคุณค่าทางโภชนาการและปรับปรุงคุณสมบัติเชิงหน้าที่ของผลิตภัณฑ์ซึ่งการใช้เจลบุกทดแทนไขมันในปริมาณที่เพิ่มมากขึ้นจะทำให้ไส้กรอกไก่อมีค่า shear force, ค่า springiness และค่า cohesiveness มากขึ้น ทั้งยังสามารถลดปริมาณไขมันและเพิ่มปริมาณใยอาหาร เพิ่มปริมาณโปรตีนในไส้กรอกไก่ได้ โดยไส้กรอกไก่ที่ใช้เจลบุก 10% และใช้ไขมัน 13% ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีปริมาณไขมันลดลง มีปริมาณโปรตีนและใยอาหารสูงขึ้นเมื่อเทียบกับสูตรควบคุม แต่มีลักษณะเนื้อสัมผัสในด้านของค่า shear force, ค่า springiness และค่า cohesiveness ไม่ต่างจากสูตรควบคุม

เอกสารอ้างอิง

- ฉวีวรรณ พันธุ์ไชยศรี, อุมพร ศิริพินทุ์ และวิจิตรา แดงปรก. 2547. *การผลิตกุนเชียงไขมันต่ำจากบุก*. เชียงใหม่: ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่.
- ถาวร จันทโชติ. 2561. ผลของการเติมคาร์ราจีแนตต่อคุณสมบัติทางกายภาพ-เคมี และประสาทสัมผัสของไส้กรอกไก่ไขมันต่ำ. *วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ* 28(3): 605-616.
- นิธิยา รัตนานนท์. 2557. *เคมีอาหาร*. พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์.
- นิตานารถ กระแสรัช, พรนภา น้อยพันธ์, พีระภัทร ชะอุ่มเครือ, สุมลลี เสือเกื่อน, เอมมิกา นวลโย และอรรพพล วิเศษลา. 2558. ผลของเจลบุกและอุณหภูมิการแช่ตัวต่อคุณภาพของไส้กรอกปลาสดไขมันต่ำจากซูริมิ. คลังความรู้ดิจิทัล มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. http://annualconference.ku.ac.th/cd53/04_019_P72.pdf (14 เมษายน 2564).
- บุญทริกา ยืนยง. 2543. การใช้แป้งบุกเพื่อการผลิตแผ่นฟิล์มบริโภค. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- วิชมนี ยืนยงพุทธกาล, สันตติ วิเชียร โชติ, วชิรี บุญถนอม และสุรางค์ ทองสุวรรณ. 2561. ผลของสภาวะการสกัดต่อคุณภาพของเส้นใยอาหารผงจากกากมะตูม. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี* 20(3): 110-123.
- วุฒินันท์ โนนลำดวน, ณัฐพล ภูมิสะอาด, ละมุล วิเศษ และชาลิตา บรมพิชัยชาติกุล. 2556. การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการทำแห้งแป้งบุกด้วยวิธีการออกแบบการทดลองแบบพื้นผิวตอบสนอง และการออกแบบส่วนผสมกลาง. *วารสารวิชาการวิศวกรรมศาสตร์ ม.อบ.* 6(2): 55-63.
- ศูนย์วิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์ปศุสัตว์เชียงใหม่. 2561. *การแปรรูปเนื้อสุกรสำหรับผลิตภัณฑ์ยุโรป*. เชียงใหม่: กองผลิตภัณฑ์ปศุสัตว์.
- สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2549. *มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนแป้งบุก มผช. 1171/2549*. กรุงเทพฯ: กระทรวงอุตสาหกรรม.
- สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2555. *มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนไส้กรอกไก่ มผช. 331/2555*. กรุงเทพฯ: กระทรวงอุตสาหกรรม.
- ศุภิสรา พิสุทธิโกศล, พัชรพร จิรแพศยสุข และวรางคณา สมพงษ์. 2561. การผลิตลูกชิ้นปลาเสริมเจลบุกและสมุนไพร. *Thai Science and Technology Journal* 26(2): 224-235.
- หยาดรุ้ง สุวรรณรัตน์ และจิรพร สวัสดิการ. 2561. ปริมาณใยอาหารและคุณสมบัติการต้านแบคทีเรียของใยอาหารจากเปลือกทุเรียนที่ผ่านการทำแห้งแบบลมร้อนและแบบแช่เยือกแข็ง. *วารสารวิจัยจำไพพรรณี* 12(1): 178-185.
- Akesowan, A. 2013. Quality of light pork sausages containing konjac flour improved by texturizing ingredients. *Journal of Animal and Plant Sciences* 23(4): 1012-1018.
- AOAC. 2000. *Official methods of analysis of AOAC international*. 17th ed. Verginia, USA: Association of Official Analysis Chemists.
- Atashkar, M., Hojjatoleslami, M., and Sedaghat, B. L. 2018. The influence of fat substitution with K-carrageenan, konjac, and tragacanth on the textural properties of low-fat sausage. *Food Science & Nutrition* 6(4): 1015-1022.
- Bui, C. V., Siriawatwechakul, W., Tiyaabhorn, W., Wattanasiritham, T., Limpraditthanont, N., and Boonyarattanakalin, S. 2016. Conversion of konjac powder into glucomannan-oligosaccharides, mannose, and glucose by hydrolysis facilitated by microwave heating and HCl catalyst. *The Journal of Industrial Technology* 12(2): 45-61.
- Chin, K. B., Keeton, J. T., Miller, R. K., Longnecker, M. T., and Lamkey, J. W. 2000. Evaluation of konjac blends and soy protein isolate as fat replacements in low-fat bologna. *Journal of Food Science* 65(5): 756-763.
- Colmenero, F. J. 1996. Technologies for developing low-fat meat products. *Trends in Food Science & Technology* 7(2): 41-48.
- Crehan, C. M., Hughes, E., Troy, D. J., and Buckley, D. J. 2000. Effects of fat level and maltodextrin on the functional properties of frankfurters formulated with 5, 12 and 30% fat. *Meat Science* 55(4): 463-469.
- Fahimeh, S., Khadijeh, A., Karimian, K. N., Hedayat, H., and Mojtaba, J. 2019. Optimisation of functional sausage formulation with konjac and inulin: using D-Optimal mixture design. *Foods and Raw Materials* 7(1): 177-184.

- Jian, W., Wu, H., Wu, L., Wu, Y., Jia, L., Pang, J., and Sun, Y. M. 2016. Effect of molecular characteristics of Konjac glucomannan on gelling and rheological properties of Tilapia myofibrillar protein. *Carbohydrate Polymers* 150: 21-31.
- Kim, D. H., Shin, D. M., Seo, H. G., and Han, S. G. 2019. Effects of konjac gel with vegetable powders as fat replacers in frankfurter-type sausage. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences* 32(8): 1195-1204.
- Osburn, W. N., and Keeton, J. T. 2004. Evaluation of low-fat sausage containing desinewed lamb and konjac gel. *Meat Science* 68(2): 221-233.
- Salcedo-Sandoval, L., Ruiz-Capillas, C., Cofrades, S., Triki, M., and Jiménez-Colmenero, F. 2015. Shelf-life of n-3 PUFA enriched frankfurters formulated with a konjac-based oil bulking agent. *LWT-Food Science and Technology* 62(1): 711-717.
- Wei, X., Pang, J., Zhang, C., Yu, C., Chen, H., and Xie, B. 2015. Structure and properties of moisture-resistant konjac glucomannan films coated with shellac/stearic acid coating. *Carbohydrate Polymers* 118: 119-125.
- Zeng, Z., Chen, M., Wang, X., Wu, W., Zheng, Z., Hu, Z., and Ma, B. 2020. Modeling and optimization for konjac vacuum drying based on response surface methodology (RSM) and artificial neural network (ANN). *Processes* 8(11): 1430-1447.
- Zhang, C., and Yang, F. Q. 2014. Konjac glucomannan, a promising polysaccharide for OCDDS. *Carbohydrate Polymers* 104: 175-181.
- Zhao, J., Zhang, D., Srzednicki, G., Kanlayanarat, S., and Borompichaichartkul, C. 2010. Development of a low-cost two-stage technique for production of low-sulphur purified konjac flour. *International Food Research Journal* 17(4): 1113-1124.

วันรับบทความ : (Received date) : 17 พ.ค. 64

วันแก้ไขบทความ : (Revised date) : 4 พ.ย. 64

วันตอบรับบทความ : (Accepted date) : 11 เม.ย. 65

อิทธิพลของประเภทปุ๋ยที่มีผลต่อปริมาณสารฟีนอลิกรวมและอินนูลินในแก่นตะวัน
Influence of Fertilizer Types on Total Phenolic and Inulin Contents in Jerusalem artichoke
(*Helianthus tuberosus* L.)

ชยุต ศรีฮากัญ¹ วรณวิภา พินทะ¹ และช่อแก้ว อนิลบล²
Chayut Srihanoo¹, Wanwipa Pinta¹ and Chorkaew Aninbon²

บทคัดย่อ

แก่นตะวันเป็นพืชชนิดหนึ่งที่มีศักยภาพในการเป็นอาหารเพื่อสุขภาพ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอิทธิพลของประเภทปุ๋ยต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมและปริมาณอินนูลินในหัวแก่นตะวัน วางแผนการทดลองแบบ RCBD จำนวน 4 ตำรับการทดลอง 4 ซ้ำ ได้แก่ 1) ไม่ใส่ปุ๋ย 2) ใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่ 3) ใส่ปุ๋ยคอกอัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ และ 4) ใส่ปุ๋ยชีวภาพอัดเม็ด อัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ เก็บข้อมูลความสูง วัดค่า SPAD chlorophyll meter reading (SCMR) พื้นที่ใบต่อต้น น้ำหนักแห้งต้นและใบ จำนวนหัวต่อต้น น้ำหนักหัวต่อแปลงย่อย ปริมาณสารฟีนอลิกรวมและปริมาณอินนูลิน ผลการทดลองพบว่า ประเภทของปุ๋ยทำให้พื้นที่ใบและจำนวนหัวต่อต้นแตกต่างกันทางสถิติ โดยการใส่ปุ๋ยเคมีทำให้พื้นที่ใบสูงที่สุด ($p < 0.01$) ขณะที่ปุ๋ยคอกทำให้จำนวนหัวต่อต้นสูงที่สุด ($p < 0.01$) ประเภทของปุ๋ยไม่มีผลต่อปริมาณสารฟีนอลิกรวมและอินนูลิน แต่มีแนวโน้มว่า การใส่ปุ๋ยคอกและปุ๋ยชีวภาพอัดเม็ดทำให้ปริมาณสารฟีนอลิกรวมและปริมาณอินนูลินสูงกว่าการใส่ปุ๋ยประเภทอื่น ๆ นอกจากนี้ยังพบสหสัมพันธ์ระหว่าง 1) ปริมาณฟีนอลิกรวมกับค่า SCMR (0.99^{**}) และ 2) ปริมาณอินนูลินกับจำนวนหัวต่อต้น (0.98^*) ของแก่นตะวัน

คำสำคัญ: แก่นตะวัน ปุ๋ยอินทรีย์ ฟีนอลิก อินนูลิน

Abstract

Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) is a plant that has potential as a health food. The objective of this research was to determine the influence of fertilizer types on growth, yield, and total phenolic and inulin contents in Jerusalem artichoke seed pods. The experiment was conducted by using randomized complete block designed (RCBD) with 4 levels. The treatment consisted of 1) no fertilizer application 2) chemical fertilizer at the rate of 25 kg/rai 3) manure fertilizer at the rate of 1,000 kg/rai and 4) bio-composted fertilizer at the rate of 1,000 kg/rai. Plant height, SPAD chlorophyll meter reading (SCMR), leaf area per plant, leaf dry weight, stem dry weight, number of tubers per plant, total phenolic and inulin contents were collected. The results showed that fertilizer type statistically affected leaf area and number of tubers per plant. Chemical fertilizers application showed the highest of leaf area but results were not significantly different from manure fertilizer, whereas application of manure fertilizer produced the highest number of tubers per plant. Fertilizer type created no significant effect on total phenolic and inulin contents. However, manure and biofertilizer application showed a trend to increase total phenolic and inulin content compared with other fertilizer applications. In addition, the significant correlations were found between: 1) total phenolic content and SCMR (0.99^{**}) and 2) inulin content and head per plant (0.98^*) of Jerusalem artichoke.

Keywords: Jerusalem artichoke, organic fertilizer, phenolic, inulin

¹สาขาวิชาพืชศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสกลนคร อ. พังโคน จ. สกลนคร 47160

¹Department of Plant Science, Faculty of Natural Resources Rajamangala University of Technology Isan, Sakon Nakhon Campus, Phung Khon, Sakon Nakhon 47160

²ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

²Department of Plant Production Technology, Faculty of Agricultural Technology, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Ladkrabang, Bangkok 10520

^{*}Corresponding author, Email: wanwipanoi@gmail.com

คำนำ

แก่นตะวันมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Helianthus tuberosus* L. เป็นพืชหัว (tuber) อยู่ในตระกูลเดียวกับทานตะวัน มีถิ่นกำเนิดในทวีปอเมริกาเหนือ (Cosgrove et al., 1991) เป็นพืชที่มีการสะสมอินนูลินในหัวใต้ดินมากถึงร้อยละ 14-19 ของน้ำหนักหัวสด อินนูลินเป็นสารเยื่อใยอาหาร จะไม่ถูกย่อยในกระเพาะอาหารและลำไส้เล็ก จึงอยู่ในระบบทางเดินอาหารนาน ทำให้ไม่รู้สึกหิว รับประทานอาหารได้น้อยลงทำให้ไม่เป็นโรคอ้วน (Farnworth, 1993) นอกจากนี้ ในหัวแก่นตะวันยังมีส่วนประกอบของสารประกอบฟีนอลิก โดยปัจจุบันพบว่า สารชนิดนี้เป็นสารที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพ โดยเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่สำคัญสามารถช่วยลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรคหัวใจ ช่วยลดระดับคอเลสเตอรอลในกระแสเลือดและช่วยกำจัดสารพิษที่ก่อให้เกิดเซลล์มะเร็งในร่างกายได้ (Chen and Blumberg, 2008) นอกจากนี้อินนูลินยังเป็นพรีไบโอติกที่ช่วยกระตุ้นระบบภูมิคุ้มกันโรคซึ่งเป็นอาหารของพรีไบโอติก (probiotic) ยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่ไม่ดีประโยชน์ และช่วยกระตุ้นการตอบสนองต่อภูมิคุ้มกัน (Wilson and Whelan, 2017)

ปัจจุบัน อาหารที่ปลูกในระบบอินทรีย์ได้รับความสนใจจากผู้บริโภคอย่างแพร่หลาย ถึงแม้ว่าจะมีราคาสูงกว่าอาหารทั่วไปก็ตาม เพราะผู้บริโภคเชื่อว่าจะได้รับความปลอดภัยเพิ่มมากขึ้น การใช้ปุ๋ยอินทรีย์ เช่น ปุ๋ยคอกหรือปุ๋ยหมัก ก็เป็นอีกแนวทางหนึ่งที่ใช้ในการผลิตอาหารอินทรีย์ จากงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่า การใช้ปุ๋ยเคมีและปุ๋ยอินทรีย์ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของสารต่าง ๆ ในพืช ตัวอย่างเช่น ในมะเขือเทศ การปลูกในระบบฟาร์มแบบอินทรีย์ ทำให้สารฟีนอลิกรวมเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการปลูกแบบมาตรฐาน แต่การเพิ่มขึ้นไม่ได้พบในมะเขือเทศทุกสายพันธุ์ ส่วนในพริกพบว่า เมื่อปลูกในระบบอินทรีย์จะทำให้สารฟีนอลิกรวมลดลง (Chassy et al., 2006) อย่างไรก็ตามพบว่า การปลูกกะหล่ำและ collard ในระบบอินทรีย์ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของสารฟีนอลิกเมื่อเปรียบเทียบกับการปลูกในระบบมาตรฐาน (Young et al., 2005) ผลการทดลองพบเช่นเดียวกับใน lettuce โดยพบว่า เมื่อปลูกโดยใช้ปุ๋ยอินทรีย์ (compost + fish emulsion) เปรียบเทียบกับปุ๋ยเคมี (N-P-K + CaNO_3) จะไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของสารฟีนอลิกใน lettuce สำหรับการศึกษานิตปุ๋ยที่มีผลต่ออินนูลินพบว่า ปริมาณอินนูลินใน chicory ที่ปลูกในสภาพได้รับน้ำปกติจะมีค่าสูงในทริตเมนต์ที่ได้รับปุ๋ยคอกเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุมที่ไม่ใส่ปุ๋ยคอก (Boogar et al., 2018) Pinmongsakul et al. (2021) พบว่า สารอินนูลินมีปริมาณสูงขึ้นเมื่อปลูกโดยใช้ปุ๋ยอินทรีย์ เนื่องจากบทบาทของจุลินทรีย์ที่ย่อยสลายเศษซากพืชในดินทำให้เพิ่มคุณสมบัติทางกายภาพ เคมี และชีวภาพของดินให้ดีขึ้น

ผลงานวิจัยที่ผ่านมาจะเห็นได้ว่า พืชแต่ละชนิดมีการตอบสนองต่อการปลูกแบบใช้ปุ๋ยอินทรีย์แตกต่างกัน นอกจากนี้ แม้จะเป็นพืชชนิดเดียวกันแต่การตอบสนองก็แตกต่างกันไปในแต่ละสายพันธุ์ อีกทั้งการตอบสนองของการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ต่อการเปลี่ยนแปลงสารฟีนอลิกในแก่นตะวันและอินนูลินยังไม่มีรายงานมาก่อน ดังนั้น วัตถุประสงค์ของงานวิจัยในครั้งนี้คือการศึกษอิทธิพลของปุ๋ยแต่ละประเภทที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสารประกอบฟีนอลิกและอินนูลินในหัวแก่นตะวัน ผลงานวิจัยที่ได้ สามารถนำมาใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานเพื่อใช้ในการวางแผนปรับปรุงพันธุ์แก่นตะวันให้มีสารฟีนอลิกและอินนูลินสูงเมื่อปลูกในระบบเกษตรอินทรีย์

วิธีการศึกษา

แผนการทดลองและสถานที่ทำการทดลอง

ทดลองที่แปลงทดลองของคณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี วิทยาเขตสกลนคร ระหว่างเดือนพฤศจิกายน ถึง เดือนมีนาคม พ.ศ. 2563 โดยวางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design จำนวน 4 ซ้ำ 4 ตำรับการทดลอง ประกอบไปด้วย 1) ตำรับที่ไม่ใส่ปุ๋ย 2) ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่ตามคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตร 3) ใส่ปุ๋ยคอก อัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ และ 4) ใส่ปุ๋ยชีวภาพอัดเม็ดในอัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ พันธุ์แก่นตะวันที่ใช้คือ HEL65 กำหนดให้แปลงย่อยมีขนาดเท่ากับ 4×4 เมตร โดยมีระยะระหว่างแถวเท่ากับ 50 เซนติเมตร และระยะระหว่างต้นเท่ากับ 50 เซนติเมตร

การเตรียมกล้าแก่นตะวัน การปลูก และการดูแลรักษา

นำหัวพันธุ์แก่นตะวันที่จะใช้ผ่านการแช่ในอ่างเย็นหรือตู้เย็น ที่อุณหภูมิประมาณ 5 องศาเซลเซียส อย่างน้อย 2 สัปดาห์ เพื่อเป็นการกระตุ้นให้หัวพันธุ์พร้อมที่จะงอก หลังจากนั้นตัดแบ่งให้มีตาประมาณ 3-4 ตาต่อชิ้น นำขึ้นหัวพันธุ์ที่เตรียมไว้ในวัสดุเพาะ กลบปิดหัวพันธุ์บาง ๆ ด้วยวัสดุเพาะ รดน้ำให้ชุ่ม เมื่อหัวพันธุ์มีอายุได้ 15-20 วัน จึงทำการย้ายลงแปลงปลูก หลังการย้ายต้นกล้าลงแปลงปลูก มีการให้น้ำวันละ 1-2 ครั้ง โดยมีการให้น้ำแบบมินิสปริงเกอร์ ให้ปุ๋ยประเภทต่าง ๆ เมื่อแก่นตะวันอายุได้ 20 และ 60 วันหลังจากย้ายปลูก กำจัดวัชพืชโดยใช้จอบ เสียม ถากออก และไม่ใช้สารเคมีในการกำจัดวัชพืช

การเก็บข้อมูล

สมบัติทางเคมีของดิน

เก็บดินในแปลงก่อนการปลูกเพื่อนำมาวิเคราะห์สมบัติทางเคมี โดยเก็บดิน 4 จุด กระจายทั่วแปลง หลังจากนั้น นำดินที่เก็บได้ทั้งหมดมารวมกัน ตากให้แห้ง แล้วนำไปวิเคราะห์หาสมบัติทางเคมีของดิน ประกอบด้วย ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (organic matter) ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (available P) และปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (exchangeable K)

ข้อมูลการเจริญเติบโต ผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของแกล่นตะวัน

เก็บข้อมูลความสูงของแกล่นตะวันที่ระยะ 30 60 และ 90 วันหลังย้ายปลูก เก็บข้อมูลพื้นที่ใบต่อต้นที่ระยะ 90 วันหลังย้ายปลูก โดยการเก็บตัวอย่างใบแกล่นตะวันจำนวน 5 ต้น แยกส่วนต้นและใบออกจากกัน สุ่มใบประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ ของใบทั้งหมด เพื่อนำไปวัดพื้นที่ใบด้วยเครื่อง LI-3100 area meter (LI-COR, inc. Lincoln Nebraska USA) เก็บข้อมูล SPAD chlorophyll meter reading (SCMR) ที่ระยะ 90 วันหลังปลูก ทำการตรวจวัดโดยใช้เครื่อง SPAD chlorophyll meter ทำการวัดจากแกล่นตะวัน 5 ต้น บริเวณใบที่ 2 นับจากยอดของลำต้นหลักที่แผ่ขยายเต็มที่

เก็บข้อมูลจำนวนหัวต่อต้น โดยสุ่มแกล่นตะวัน 5 ต้น จากแกล่นตะวันที่เก็บเกี่ยวทั้งหมดในพื้นที่เก็บเกี่ยวมานับจำนวนหัวทั้งหมด แล้วคำนวณหาจำนวนหัวต่อต้น เก็บข้อมูลน้ำหนักแห้งต้นและใบ โดยนำต้นแกล่นตะวันทั้งหมดจากพื้นที่เก็บเกี่ยว ตัดรากออกจากส่วนของต้น จากนั้นทำการสุ่ม 10 เปอร์เซ็นต์ เพื่อนำไปอบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส หรือจนกระทั่งน้ำหนักแห้งคงที่ แล้วนำไปชั่งน้ำหนักแห้งและคำนวณหาน้ำหนักแห้งของต้นต่อแปลงย่อย เก็บผลผลิตแกล่นตะวันโดยชั่งน้ำหนักหัวแกล่นตะวันในพื้นที่เก็บเกี่ยวทั้งหมด และคำนวณเป็นน้ำหนักหัวต่อแปลงย่อย หลังจากนั้นคำนวณดัชนีเก็บเกี่ยวหัวสด (harvest index; HI) โดยใช้สูตร ดัชนีเก็บเกี่ยว = น้ำหนักหัวสด/น้ำหนักวัตถุดิบทั้งหมด

การวิเคราะห์สารฟีนอลิก

สุ่มตัวอย่างแกล่นตะวันจากแต่ละแปลงย่อย จากนั้นนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมงหรือจนกระทั่งมีน้ำหนักแห้งคงที่ ตัวอย่างที่อบแห้งทั้งหมด นำไปบดหยาบให้มีขนาดเล็กลง ทำการวิเคราะห์สารฟีนอลิกรวมโดยดัดแปลงตามวิธีการของ Torres et al. (1987) โดยทำการสุ่มตัวอย่างที่บดแล้วจำนวน 2 กรัม เพื่อนำไปบดอีกครั้งด้วยโกร่งเพื่อให้มีความละเอียดมากยิ่งขึ้น ตัวอย่างที่ได้จากการบดด้วยโกร่ง นำไปสกัดด้วย methanol ปริมาตร 40 มิลลิลิตร นาน 2 ชั่วโมง โดยวางตัวอย่างบนเครื่อง stirrer เพื่อไม่ให้ตัวอย่างตกตะกอน หลังจากนั้นย้ายสารละลายลงในหลอดพลาสติกขนาด 50 มิลลิลิตร นำไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 1,200 rpm เป็นเวลา 5 นาที เพื่อแยกชั้นสารสกัดและเศษตัวอย่างออกจากกัน หลังจากนั้นย้ายส่วนที่เป็นสารละลายด้านบนใส่ในหลอดใหม่ และนำไปกรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 4 ระเหยสารละลายให้เหลือปริมาตร 2 มิลลิลิตรโดยใช้เครื่อง evaporator จะได้สารละลายตัวอย่างปริมาตร 2 มิลลิลิตร

วิเคราะห์หาปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมด โดยใช้ Folin-ciocalteu reaction เมื่อผสมสารต่าง ๆ เข้ากันดีแล้ว นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง หลังจากนั้น นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงโดยใช้เครื่อง spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 765 นาโนเมตร

การวิเคราะห์สารอินนูลิน

การวิเคราะห์หาปริมาณอินนูลิน ตามวิธีของ Saengkanuk et al. (2011) โดยชั่งตัวอย่างแกล่นตะวันที่บดละเอียด 2 กรัมต่อตัวอย่าง เติมน้ำกลั่น 25 มิลลิลิตร วางตัวอย่างลงใน waterbath ที่ อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที รอให้เย็น นำตัวอย่างมารองด้วยกระดาษกรอง โดยวางผ้าก๊อชบนกระดาษกรอง จากนั้นเตรียม volumetric flask เติมน้ำกลั่นลงไป 10 มิลลิลิตร และ สารละลายไฮโดรคลอริก 0.75 มิลลิลิตร (HCl) ใส่ตัวอย่าง 500 ไมโครลิตร และปรับปริมาตรให้ได้ 25 มิลลิลิตร โดยใช้น้ำกลั่น จากนั้นเทใส่ขวดรูปชมพู่ ปิดด้วยฟอยล์ นำไปต้มที่น้ำเดือด 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 45 นาที จากนั้นนำตัวอย่างแช่น้ำเย็นหรือน้ำแข็งเป็นเวลา 8 ชั่วโมง นำตัวอย่างเทใส่ขวด 30 มิลลิลิตร เก็บไว้ในตู้เย็นปกติ และเตรียมวัด spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 390 นาโนเมตร

การวิเคราะห์ข้อมูล

ทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลที่ได้ตาม Model ของแผนการทดลองแบบ Randomized Completely Block Design (RCBD) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี LSD และหาค่าสหสัมพันธ์ระหว่างลักษณะทางการเกษตรกับการให้ผลผลิต ปริมาณสารฟีนอลิกและอินนูลินในแกล่นตะวันที่ได้รับปุ๋ยแตกต่างกัน

ผลการศึกษาและวิจารณ์

สมบัติของดิน

จากการวิเคราะห์ดินในแปลงก่อนปลูกพบว่าในแปลงมีอินทรีย์วัตถุเท่ากับ 1.48 % มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์เท่ากับ 58.06 mg/kg และมีปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้เท่ากับ 52.43 mg/kg (Table 1)

Table 1 Organic matter, available P and exchangeable K of soil prior the experiment.

Organic matter (%)	Available P (mg/kg)	Exchangeable K (mg/kg)
1.48	58.06	52.43

การเจริญเติบโตของแก่นตะวัน

จากการศึกษาผลของปุ๋ยชนิดต่าง ๆ ต่อความสูงของต้นแก่นตะวันพบว่า ประเภทปุ๋ยไม่มีผลต่อความสูงของแก่นตะวัน ที่อายุ 30 และ 90 วันหลังย้ายปลูก แต่ทำให้ความสูงที่อายุ 60 วันหลังย้ายปลูกแตกต่างกันทางสถิติ (Table 2) โดยการใส่ปุ๋ยเคมีทำให้แก่นตะวันสูงที่สุดแต่ไม่แตกต่างจากการใส่ปุ๋ยคอกและปุ๋ยชีวภาพอัดเม็ด ในขณะที่การไม่ใส่ปุ๋ยทำให้แก่นตะวันมีความสูงน้อยกว่าการใส่ปุ๋ยเคมี และปุ๋ยคอกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

สำหรับค่า SCMR พบว่า ประเภทปุ๋ยไม่มีผลต่อค่า SCMR ในแก่นตะวัน (Table 2) แต่มีแนวโน้มว่า การใส่ปุ๋ยเคมีทำให้ค่า SCMR ในแก่นตะวันสูงที่สุด รองลงมาคือการใส่ปุ๋ยชีวภาพอัดเม็ด และการใส่ปุ๋ยคอกมีแนวโน้มทำให้ค่า SCMR ต่ำที่สุด เมื่อพิจารณาพื้นที่ใบต่อต้นพบว่า การใส่ปุ๋ยชนิดต่าง ๆ ทำให้พื้นที่ใบแตกต่างกันทางสถิติ (Table 2) โดยพบว่า การใส่ปุ๋ยเคมีทำให้แก่นตะวันมีพื้นที่ใบสูงที่สุด รองลงมาได้แก่ การใส่ปุ๋ยคอก ไม่ใส่ปุ๋ย และใส่ปุ๋ยชีวภาพอัดเม็ด ซึ่งมีค่าพื้นที่ใบเท่ากับ 1,565 1,329 817 และ 742 ตารางเซนติเมตร ตามลำดับ (Table 2) ผลการศึกษาสอดคล้องกับสนั่น จอกลอย และคณะ (2549) ที่พบว่า การใส่ปุ๋ยอินทรีย์ไม่ทำให้แก่นตะวันมีค่า SCMR แตกต่างกันทางสถิติที่อายุ 70, 90, 100 และ 130 วันหลังปลูก อาจเป็นผลเนื่องมาจากอายุของต้นแก่นตะวันที่ 90 วันหลังปลูก อยู่ในช่วงออกดอก ทำให้อาหารที่สังเคราะห์ได้ถูกนำไปใช้ในการเลี้ยงส่วนของดอกและเตรียมสะสมในลำต้น เมื่อใกล้ถึงอายุเก็บเกี่ยวอาหารที่สะสมที่ลำต้นและใบจะเคลื่อนย้ายไปสะสมยังหัวใต้ดิน อีกทั้งยังพบว่าพื้นที่ใบต่อต้นมีค่าสูงที่สุดในวิธีเมล็ดที่ใส่ปุ๋ยเคมี ซึ่งอาจเนื่องมาจากปุ๋ยเคมีสามารถปลดปล่อยธาตุอาหารได้มากกว่าปุ๋ยชนิดอื่น ๆ ทำให้แก่นตะวันมีการเจริญเติบโตทางลำต้นที่ดีกว่า ส่งผลให้ค่าพื้นที่ใบสูงที่สุด

ผลผลิต และองค์ประกอบผลผลิตของแก่นตะวัน

จากการศึกษาพบว่า น้ำหนักต้นแห้งและน้ำหนักใบแห้งต่อต้นไม่มีความแตกต่างทางสถิติเมื่อใส่ปุ๋ยต่างชนิดกัน แต่มีแนวโน้มว่าการใส่ปุ๋ยเคมีทำให้น้ำหนักต้นแห้งและน้ำหนักใบแห้งสูงกว่าการใส่ปุ๋ยชนิดอื่น ๆ (Table 3) นอกจากนี้ ประเภทปุ๋ยทำให้จำนวนหัวต่อต้นของแก่นตะวันแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ ซึ่งการใส่ปุ๋ยคอกทำให้จำนวนหัวต่อต้นของแก่นตะวันสูงที่สุดคือ 33.7 หัวต่อต้น รองลงมาคือ การใส่ปุ๋ยชีวภาพอัดเม็ด การไม่ใส่ปุ๋ย และการใส่ปุ๋ยเคมี โดยมีจำนวนหัวต่อต้นเท่ากับ 27.0, 22.7 และ 16.7 หัวต่อต้น ตามลำดับ (Table 3) ผลการศึกษาสอดคล้องกับ อัศนี อัชจรรย์มนตรี (2557) ที่พบว่า การใส่ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดในอัตราส่วน 1,600 กิโลกรัมต่อไร่ ให้ผลผลิตหัวสดต่อไร่สูงที่สุด เท่ากับ 2,857.5 กิโลกรัมต่อไร่ ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า แก่นตะวันมีศักยภาพในการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตได้ดีในระบบเกษตรอินทรีย์ จากการทดลองนี้พบว่า แก่นตะวันที่ได้รับปุ๋ยเคมีจะมีการเจริญเติบโตทางด้านลำต้นสูงที่สุด แต่มีจำนวนหัวน้อย ซึ่งอาจเป็นเพราะว่า ปุ๋ยเคมีทำให้แก่นตะวันมีการเจริญเติบโตทางด้านลำต้นที่มากเกินไป และส่งผลให้การสร้างผลผลิตลดลง เมื่อพิจารณาน้ำหนักหัวสดของแก่นตะวันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 3) โดยการใส่ปุ๋ยคอกมีผลทำให้น้ำหนักหัวสดของแก่นตะวันมากที่สุดคือ 1,941.1 กิโลกรัมต่อไร่ รองลงมาคือการใช้ปุ๋ยเคมี (1,783.7 กิโลกรัมต่อไร่) และปุ๋ยชีวภาพอัดเม็ด (1,321.5 กิโลกรัมต่อไร่) ตามลำดับ ขณะที่การไม่ใส่ปุ๋ยทำให้แก่นตะวันมีน้ำหนักหัวสดเท่ากับ 574.1 กิโลกรัมต่อไร่ นอกจากนี้พบว่า ค่าดัชนีเก็บเกี่ยวของแก่นตะวันไม่แตกต่างกันทางสถิติเมื่อใช้ปุ๋ยต่างชนิดกัน (Table 3)

Table 2 Plant height (cm) at 30, 60 and 90 days after planting (DAP), SPAD chlorophyll meter reading (SCMR) at 90 DAP and leaf area (cm²/plant) at 90 DAP of Jerusalem artichoke growing with different fertilizer type.

Fertilizer type	Plant height (cm)			SCMR	Leaf area/Plant (cm ² /plant)
	30 DAP	60 DAP	90 DAP		
No fertilizer	21.3	42.5 b	92.8	38.56	817.8b
Chemical fertilizer	33.9	74.9 a	112.0	40.08	1,721.8a
Manure fertilizer	28.0	69.6 a	110.4	38.13	1,329.4a
Bio fertilizer	27.7	58.0 ab	107.0	39.33	742.8b
F-test	ns	*	ns	ns	**
CV (%)	20.36	18.53	7.51	4.58	16.25

ns: non-significant; *, **Significant at 0.05 and 0.01 probability levels, respectively.

Table 3 Stem dry weight (g), leaf dry weight (g), number of tubers per plant and harvest index (HI) of Jerusalem artichoke growing with different fertilizer type.

Fertilizer type	Stem dry weight	Leaf dry weight	No. of Tuber/plant	Tuber fresh weight (kg rai ⁻¹)	HI
	(g)	(g)			
No fertilizer	65.5	43.5	22.7 b	574.1 b	0.59
Chemical fertilizer	129.6	70.0	16.7 b	1783.7 a	0.69
Manure fertilizer	115.1	60.4	33.7 a	1941.1 a	0.74
Bio fertilizer	144.2	62.0	27.0 ab	1321.5 a	0.62
F-test	ns	ns	*	**	ns
CV (%)	42.47	25.64	21.76	22.43	17.87

ns: non-significant; *, **Significant at 0.05 and 0.01 probability levels, respectively.

ปริมาณสารฟีนอลิกรวมและอินนูลิน

จากการทดลองพบว่า ปริมาณสารฟีนอลิกรวมและปริมาณอินนูลินในหัวแก่้นตะวัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อใช้ปุ๋ยต่างชนิดกัน (Table 4) แต่มีแนวโน้มว่า การใส่ปุ๋ยคอกและปุ๋ยชีวภาพอัดเม็ด จะทำให้สารฟีนอลิกรวมสูงที่สุด ในขณะที่การไม่ใส่ปุ๋ยส่งผลให้แก่้นตะวันมีการสะสมสารฟีนอลิกน้อยที่สุด ผลการทดลองสอดคล้องกับ นราร ใคว์วิสัยแสง และช่อแก้ว อนิลบล (2563) ที่พบว่า การสร้างสารฟีนอลิกรวมในเมล็ดถั่วลิสงไม่แตกต่างกันทางสถิติเมื่อใช้ปุ๋ยต่างชนิดกัน แต่มีแนวโน้มว่า การใช้ปุ๋ยคางควมทำให้สารฟีนอลิกสูงที่สุด นอกจากนี้ Amarowicz et al. (2020) ศึกษาปริมาณไนโตรเจนที่มีผลต่อการสร้างสารฟีนอลิกและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระในแก่้นตะวัน 3 สายพันธุ์ พบว่า ปริมาณสารฟีนอลิกรวมในแก่้นตะวันแต่ละสายพันธุ์มีการตอบสนองที่ต่างกัน โดยพันธุ์ Rubik มีปริมาณสารฟีนอลิกต่ำสุดเมื่อไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน ในขณะที่พันธุ์ Gute Gelbe มีปริมาณสารฟีนอลิกสูงที่สุดเมื่อไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน การศึกษาในครั้งนี้พบว่าพันธุ์ HEL 65 มีการตอบสนองคล้ายกับพันธุ์ Gute Gelbe ที่มีปริมาณสารฟีนอลิกรวมน้อยที่สุดในทรีตเมนต์ที่ไม่ได้ใส่ปุ๋ย

สำหรับการศึกษาปริมาณอินนูลินในหัวแก่้นตะวันพบว่า ประเภทปุ๋ยไม่มีผลต่อปริมาณอินนูลินในหัวแก่้นตะวัน แต่มีแนวโน้มว่าการใส่ปุ๋ยชีวภาพอัดเม็ดทำให้ปริมาณอินนูลินสูงที่สุดคือ 65.91% รองลงมาคือปุ๋ยคอก (61.38%) ปุ๋ยเคมี (59.64%) และไม่ใส่ปุ๋ย (53.41%) ตามลำดับ ปริมาณอินนูลินของแก่้นตะวันในการศึกษานี้พบว่า มีปริมาณอยู่ในช่วง 53.41-65.91% สอดคล้องกับการศึกษาของ Puttha et al. (2012) ที่พบว่าปริมาณอินนูลินในเชื้อพันธุ์กรรมแก่้นตะวันจำนวน 79 accession อยู่ในช่วง 55.3-74.0% นำหนักแห้ง นอกจากนี้ การศึกษาในครั้งนี้พบว่า การใส่ปุ๋ยคอกมีแนวโน้มทำให้ปริมาณอินนูลินสูงกว่าการใส่ปุ๋ยเคมีและการไม่ใส่ปุ๋ย ผลการทดลองที่ได้สอดคล้องกับ Boogar et al. (2018) ที่พบว่าปริมาณอินนูลินใน chicory ที่ปลูกในสภาพได้รับน้ำปกติจะมีค่าสูงในทรีตเมนต์ที่ได้รับปุ๋ยคอกเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุมที่ไม่ใส่ปุ๋ยคอก

Table 4 Total phenolic content (mg/100 g dry weight) and Inulin content (%) of Jerusalem artichoke growing with different fertilizer types.

Fertilizer type	Total phenolic content (mg/100 g dry weight)	Inulin content (%)
No fertilizer	12.98	53.41
Chemical fertilizer	17.88	59.64
Manure fertilizer	18.09	61.38
Bio fertilizer	18.99	65.91
F-test	ns	ns
CV (%)	29.03	7.92

ns: non-significant.

สหสัมพันธ์ระหว่างการเจริญเติบโต ผลผลิต ปริมาณฟีนอลิกรวมและอินนูลินในแก่นตะวัน

สหสัมพันธ์ระหว่างการเจริญเติบโต ผลผลิต ปริมาณฟีนอลิกรวมและอินนูลินในแก่นตะวันพบว่า น้ำหนักแห้งใบมีสหสัมพันธ์ทางบวกกับพื้นที่ใบ (0.97*) และน้ำหนักต้นแห้ง (0.99**) และยังพบว่าปริมาณฟีนอลิกในหัวแก่นตะวันมีสหสัมพันธ์ทางบวกกับค่า SCMR (0.99**) นั่นคือเมื่อปริมาณสารประกอบฟีนอลิกเพิ่มขึ้นค่า SCMR เพิ่มขึ้นเช่นเดียวกัน และปริมาณอินนูลินมีสหสัมพันธ์ทางบวกกับจำนวนหัวต่อต้น (0.98*) แสดงให้เห็นว่าปริมาณอินนูลินที่สูงขึ้นจะมีจำนวนหัวต่อต้นเพิ่มมากขึ้น (Table 5)

สรุปผลการศึกษา

การใส่ปุ๋ยในตำรับการทดลอง ที่แตกต่างกันมีผลทำให้ต้นแก่นตะวันมีความสูงที่อายุ 30 และ 90 วันหลังปลูก SCMR น้ำหนักต้นแห้ง น้ำหนักใบแห้ง และ HI ไม่แตกต่างกันทางสถิติ การใส่ปุ๋ยเคมีทำให้พื้นที่ใบสูงที่สุดแต่ไม่แตกต่างจากการใส่ปุ๋ยคอก ส่วนการใส่ปุ๋ยคอก ทำให้จำนวนหัวต่อต้นสูงที่สุด ประเภทของปุ๋ยไม่มีผลต่อปริมาณสารฟีนอลิกรวมและอินนูลิน แต่มีแนวโน้มว่าการใส่ปุ๋ยคอกและปุ๋ยชีวภาพอัดเม็ดทำให้ปริมาณสารฟีนอลิกรวมและปริมาณอินนูลินสูงกว่าการใส่ปุ๋ยชนิดอื่น ๆ ดังนั้นในการปลูกแก่นตะวันในระบบเกษตรอินทรีย์ที่มีการใช้ปุ๋ยคอกและปุ๋ยชีวภาพอัดเม็ด น่าจะช่วยให้มีปริมาณสารฟีนอลิกและอินนูลินสูงขึ้น โดยไม่ทำให้ผลผลิตหัวลดลง และยังพบค่าสหสัมพันธ์ระหว่าง 1) ปริมาณฟีนอลิกรวมกับค่า SCMR (0.99**) และ 2) ปริมาณอินนูลินกับจำนวนหัวต่อต้น (0.98*) ของแก่นตะวัน นอกจากนี้ควรมีการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของสารฟีนอลิกแต่ละชนิดในหัวแก่นตะวันเมื่อใช้ปุ๋ยต่างประเภทกัน เพราะสารฟีนอลิกแต่ละชนิดอาจมีการตอบสนองที่แตกต่างกันไป เพื่อนำมาใช้เป็นแนวทางการปรับปรุงพันธุ์แก่นตะวันที่ปลูกในระบบเกษตรอินทรีย์ให้มีสารฟีนอลิกสูงต่อไปในอนาคต

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ ทุนสนับสนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2562

Table 5 Correlation between growth characters, total phenolic content and inulin content of Jerusalem artichoke growing by different fertilizer types.

	Height	Stem diameter	SCMR	Leaf area	Tuber no.	Tuber weight	Stem dry weight	Leaf dry weight	Phenolic content
Stem diameter	0.4811								
SCMR	-0.1677	-0.0979							
Leaf area	-0.1068	0.6502	0.5836						
Tuber no.	-0.1768	-0.0021	-0.9378	-0.4833					
Tuber weight	0.5433	0.788	-0.681	0.0767	0.5354				
Stem dry weight	0.2258	0.8269	0.4655	0.9425	-0.4787	0.3056			
Leaf dry weight	0.1247	0.7923	0.4903	0.9711*	-0.4674	0.2555	0.9947**		
Phenolic content	-0.1847	-0.0928	0.9997**	0.5959	-0.9306	-0.6795	0.4726	0.4993	
Inulin content	0.0700	-0.1886	0.9442	0.3587	0.9816*	-0.6801	0.3166	0.3134	0.9364

เอกสารอ้างอิง

- นราธร คุ้มวิไลยแสง และช่อแก้ว อนิลบล. 2563. อิทธิพลของชนิดปุ๋ยอินทรีย์ที่มีต่อองค์ประกอบผลผลิต และสารฟีนอลิกรวมในถั่วลิสง. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี* 28(2): 265-273.
- สนั่น จอกลอย รัชกร มีแก้ว วิลาวรรณ ตุลา และถวัลย์ เกษมาลา. 2549. อิทธิพลของปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมีที่มีต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของ ถั่วลิสง. *เกษตร 34(2)*: 171-182.
- อัคร อัจฉริยมนตรี. 2557. ศักยภาพการให้ผลผลิตและการเจริญเติบโตของถั่วลิสงในสภาพเกษตรอินทรีย์. ใน *รายงานการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 52: สาขาพืช*. น. 388-393. สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ.
- Amarowicz, R., Cwalina-Ambroziak, B., Janiak, M. A., and Bogucka, B. 2020. Effect of N fertilization on the content of phenolic compounds in Jerusalem Artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) tubers and their antioxidant capacity. *Agronomy* 12(10): 1-12.
- Boogar, A. R., Saedi, F., and Mosavi, S. M. 2018. Effect of organic manures on nutritional quality of chicory under water deficit. *Advancement in Medicinal Plant Research* 6(3): 46-53.
- Chassy, A. W., Bui, L., Renaud, E. N. C., Horn, M. V., and Mitchell, A. E. 2006. Three-year comparison of the content of antioxidant microconstituents and several quality characteristics in organic and conventionally managed tomatoes and bell peppers. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 54: 8244-8252.
- Chen, C. Y. O., and Blumberg, J. B. 2008. Phytochemical composition of nuts. *Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition* 17: 329-332.
- Cosgrove, D. R., Oelke, E. A., Doll, J. D., Daves, D. W., Undersander, D. J., and Splinger, S. E. 1991. Jerusalem artichoke. Purdue University. <http://www.hort.purdue.edu/newcrop/afcm/jerisart.html>. (24 April 2018).
- Farnworth, E.R. 1993. Fructans in human and animal diets. In *Science and Technology of Fructans*, M. Suzuki and N.J. Chatterton, eds. pp. 257-272. London: CRC Press.
- Pinmongkhonkul, S., Ganranoo, L., Timsom, Y., Jantapatak, Y., and Boonriam, W. 2021. Inulin evaluation of Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus*) from organic cultivation areas, Phayao, Thailand. *International Journal of Agricultural Technology* 17(2): 627-640.
- Puttha, R., Jogloy, S., Wangsomnuk, P. P., Srijaranai, S., Kesmala, T., and Patanothai, A. 2012. Genotypic variability and genotype by environment interactions for inulin content of Jerusalem artichoke germplasm. *Euphytica* 183: 119-131.
- Saengkanuk, A., Nuchadomrong, S., Jogloy, S., Patanothai, A. and Srijaranai S. 2011. A simplified spectrophotometric method for the determination of inulin in Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) tubers. *European Food Research and Technology* 233: 609-616.
- Torres, A. M., Mau-Lastovicka, T., and Rezaaiyan, R. 1987. Total phenolics and high-performance liquid chromatography of phenolic acids of avocado. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 35: 921-925.
- Wilson, B., and Whelan, K. 2017. Prebiotic inulin-type fructans and galacto-oligosaccharides: definition, specificity, function, and application in gastrointestinal disorders. *Journal of Gastroenterology and Hepatology* 32: 64-68.
- Young, J. E., Zhao, X., Carey, E. E., Weliti, R., Yang, S., and Wang, W. 2005. Phytochemical phenolics in organically grown Vegetables. *Molecular Nutrition & Food Research* 49: 1136-1142.

วันรับบทความ : (Received date) : 31 ส.ค. 64

วันแก้ไขบทความ : (Revised date) : 3 ม.ค. 65

วันตอบรับบทความ : (Accepted date) : 12 เม.ย. 65

ผลของปุ๋ยโพแทสเซียมและแมกนีเซียมต่อการเจริญเติบโตและคุณภาพผลผลิตของชาน้ำมันในพื้นที่ บ้านปางมะหัน จ.เชียงราย

Effect of Potassium and Magnesium Fertilizer on Growth and Yield Quality of Camellia Oil Tea in Ban Pang Mahan, Chiang Rai Province

พีรณัฐ รวยบุญส่ง¹ ธวัชชัย อินทร์บุญช่วย¹ ชัยสิทธิ์ ทองจู¹ จุฑามาศ ร่มแก้ว² และชนิดา เกิดชนะ³
Peeranat Ruayboonsong¹, Tawatchai Inboonchuy¹, Chaisit Thongjoo¹, Jutamas Romkaew² and Chanida Kerdchana³

บทคัดย่อ

ศึกษาผลของปุ๋ยโพแทสเซียมและแมกนีเซียมต่อการเจริญเติบโต และคุณภาพผลผลิตของชาน้ำมันในพื้นที่บ้านปางมะหัน อำเภอแม่ฟ้าหลวง จังหวัดเชียงราย วางแผนการทดลอง randomized complete block design (RCBD) จำนวน 4 ซ้ำ 5 ตำรับการทดลอง ดังนี้ ตำรับที่ 1 ใส่ปุ๋ย 15-15-15 อัตรา 50 กก./ไร่ (วิธีปฏิบัติเกษตรกร) (T1) ตำรับที่ 2-5 ใส่ปุ๋ย 15-15-15 อัตรา 100 กก./ไร่ โดยตำรับที่ 2 ร่วมกับปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ อัตรา 36 กก. K_2O /ไร่ (T2) ตำรับที่ 3 ร่วมกับโพแทสเซียมซัลเฟต อัตรา 36 กก. K_2O /ไร่ (T3) ตำรับที่ 4 ร่วมกับปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ อัตรา 36 กก. K_2O /ไร่ และแมกนีเซียมซัลเฟต อัตรา 10 กก./ไร่ (T4) ตำรับที่ 5 ร่วมกับปุ๋ยโพแทสเซียมซัลเฟตอัตรา 36 กก. K_2O /ไร่ และแมกนีเซียมซัลเฟต อัตรา 10 กก./ไร่ (T5) พบว่า ความสูง และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นชาน้ำมันไม่แตกต่างกันระหว่างตำรับการทดลองที่ระยะ 3 6 9 และ 12 เดือน ขณะที่ การใส่ปุ๋ยสูตร 15-15-15 อัตรา 100 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยโพแทสเซียมซัลเฟต 36 กก./ไร่ และแมกนีเซียมซัลเฟต อัตรา 10 กก./ไร่ ทำให้จำนวนผล ($p<0.05$) น้ำหนักผลสด ($p<0.05$) น้ำหนักเมล็ดแห้ง ($p<0.05$) น้ำหนักเมล็ดแห้งกะเทาะเปลือก ($p<0.05$) และ ปริมาณน้ำมัน ($p<0.05$) สูงสุด การใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมซัลเฟตร่วมกับแมกนีเซียมมีแนวโน้มส่งเสริมปริมาณน้ำมันเมล็ดชา เพิ่มขึ้น นอกจากนี้การใส่ปุ๋ยสูตร 15-15-15 อัตรา 100 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยโพแทสเซียมซัลเฟต 36 กก./ไร่ ทำให้ความเข้มข้น ไนโตรเจน (18.4 ก./กก.) ฟอสฟอรัส (0.5 ก./กก.) โพแทสเซียม (6.1 ก./กก.) แมกนีเซียม (2.1 ก./กก.) ในใบสูงสุด การใส่ปุ๋ยอัตรา สูงขึ้นมีผลให้ปริมาณธาตุอาหารในใบสูงขึ้น และส่งเสริมให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น

คำสำคัญ: ชาน้ำมัน ปุ๋ยโพแทสเซียม ปุ๋ยแมกนีเซียม พื้นที่สูง ชูดินดอยปู

Abstract

This study examined the effect of potassium and magnesium fertilizer on growth and yield quality of Camellia oil tea (*Camellia oleifera* Abel.) in Ban Pang Mahan, Mae Fa Luang District, Chiang Rai Province. The study was based on Randomized Complete Block Design (RCBD) experimental design with four simulations. There were 5 treatments, comprising standard farmer practice, and various supplements, ie: the application of 15-15-15 fertilizer at the rate of 50 kg/rai (farmer practice; T1), Treatment 2-5 were applied with 15-15-15 fertilizer at the rate of 100 kg/rai, plus supplements. Treatment 2-3 involved additional application of potassium chloride and potassium sulfate fertilizer at the rate 36 kg K_2O /rai; Treatment 4 comprised additional application of potassium chloride at the rate 36 kg K_2O /rai with magnesium sulfate fertilizer at the rate of 10 kg/rai; Treatment 5 involved application of potassium sulfate at the rate 36 kg K_2O /rai along with magnesium sulfate fertilizer at the rate of 10 kg/rai. Results showed that there were no significant differences among treatments in plant height and stem diameter at an interval of 3, 6, 9 and 12 months. The application of 15-15-15 fertilizer at the rate of 100 kg/rai together with potassium sulfate at the

¹ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์วิทยาเขตกำแพงแสน อ. กำแพงแสน จ. นครปฐม 73140

¹Department of Soil Science, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus, Kamphaeng Saen, Nakhon Pathom 73140

²ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์วิทยาเขตกำแพงแสน อ. กำแพงแสน จ. นครปฐม 73140

²Department of Agronomy, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus, Kamphaeng Saen, Nakhon Pathom 73140

³กรมพัฒนาที่ดิน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900

³Land Development Department, Ladyao, Chatuchak, Bangkok 10900

*Corresponding author, Email: fagrtci@ku.ac.th

rate 36 kg K₂O/rai and magnesium sulfate fertilizer at the rate of 10 kg/rai (i.e. T5) significantly increased fruit yield ($p<0.05$), weight of fresh fruit ($p<0.05$), dried seed ($p<0.05$), dried seed without husk ($p<0.05$) and oil contents ($p<0.05$). However, the application of potassium fertilizers combined with magnesium fertilizer tended to increase oil content of tea seed. Additionally, the application of 15-15-15 fertilizer at the rate of 100 kg/rai with potassium sulfate at the rate 36 kg K₂O/rai significantly promoted greater concentration of nitrogen (18.4 g/kg) phosphorus (0.5 g/kg) potassium (6.1 g/kg) magnesium (2.1 g/kg) in tea leaves. The high rate of fertilization stimulated significantly higher plant nutrient concentrations. and promote higher yield of camellia oil tea.

Keywords: Camellia oil tea, potassium fertilizer, magnesium fertilizer, highland, Doi Pui soil series

คำนำ

ชาน้ำมัน (*Camellia oleifera* Abel.) จัดอยู่ในวงศ์ Theaceae มีการกระจายทางตอนใต้ของสาธารณรัฐประชาชนจีน (Xiao et al., 2016) น้ำมันจากเมล็ดชาใช้กันอย่างแพร่หลายในประเทศจีน เป็นน้ำมันสำหรับประกอบอาหาร และจำหน่าย ได้รับการผลิตมานานกว่า 1,000 ปี คุณภาพน้ำมันได้รับการพิสูจน์แล้วว่าดีกว่าน้ำมันจากเรพซีด ปาล์มน้ำมัน และถั่วลิสง อีกทั้งยังมีคุณภาพสูงกว่าน้ำมันมะกอก (Zhang et al., 2011) เนื่องจากน้ำมันจากเมล็ดชาอุดมไปด้วยกรดไขมันไม่อิ่มตัว วิตามิน และแร่ธาตุ เช่น ปริมาณกรดโอเลอิกของน้ำมันเมล็ดชาอยู่ที่ 77.93% และยังมีสารประกอบออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่เป็นประโยชน์มากมาย เช่น สเตอรอล สควาลีน และโทโคฟีรอล ซึ่งมีลักษณะพิเศษที่ส่งเสริมสุขภาพ ได้แก่ การลดความดันโลหิต ลดการแข็งตัวของหลอดเลือด และการกำจัดอนุมูลอิสระ (Lee and Yen, 2006) รวมไปถึงใช้เป็นองค์ประกอบในการผลิตเครื่องสำอางบำรุงเส้นผม และผิวพรรณ (สุปรียา สุขเกษม และวิไลศรี ลิ้มปวยอม, 2559) ในปี พ.ศ. 2547 สมเด็จพระกนิษฐาธิราชเจ้า กรมสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี มีพระราชดำรัสให้มูลนิธิชัยพัฒนาทดลองปลูกชาน้ำมันเพื่อผลิตน้ำมันเมล็ดชา โดยนำเมล็ดพันธุ์และต้นอ่อนชาน้ำมันจากเมืองหนานชิ่งซึ่งเป็นพันธุ์ดีที่เหมาะสมกับภูมิอากาศในประเทศไทย ได้ทดลองปลูก และขยายพันธุ์ชาน้ำมันในพื้นที่อำเภอแม่ฟ้าหลวงมากกว่า 3,000 ไร่ ระหว่างปี พ.ศ. 2549-2550 จากการสอบถามเกษตรกรผู้ปลูกชาน้ำมันในปัจจุบันนั้น ส่วนใหญ่ประสบปัญหาผลผลิตต่ำหลังจากต้นชาน้ำมันออกดอกแล้วติดผลน้อย น้ำหนักผลผลิตแห้งที่ได้เพียง 200 ก./ต้น เมื่อนำเมล็ดตากแห้งแล้วนำมาหีบน้ำมันจะได้ปริมาณน้ำมัน 250 มิลลิลิตรต่อปริมาณน้ำหนักเมล็ดแห้งของชาน้ำมัน 1 กก. เท่านั้น ซึ่งมีปริมาณที่น้อยมากเมื่อเปรียบเทียบกับ การปลูกชาน้ำมันในประเทศจีนที่ได้น้ำหนักผลผลิตแห้งถึง 1-2 กก./ต้น

จากรายงานของผลการวิจัยชาน้ำมันในประเทศจีน (He et al., 1996; Song et al., 2014; Liu et al., 2018) ได้ระบุว่าธาตุอาหารมีผลอย่างมากต่อการเจริญเติบโต และพัฒนาการของดอกชาน้ำมัน He et al. (1996) พบว่าความผันแปรของ N P และ K แตกต่างกันไปตามอายุต้นชา และพื้นที่ปลูกซึ่งส่วนใหญ่สะสมอยู่ในผล ดอก และใบ และพบว่าโพแทสเซียมสะสมอยู่ในส่วนของดอก และผลของชาน้ำมันมากที่สุด (Luo et al., 2020) นอกจากนี้ Ding et al. (2012) ได้วิเคราะห์ธาตุอาหารของดินปลูก *Camellia oleifera* ในมณฑลกวางตุ้ง และพบว่าปริมาณชีวมวลลดลงเมื่ออายุเพิ่มขึ้นยกเว้นธาตุ N, P และ K ที่ระบุว่าธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ในดินเป็นปัจจัยจำกัดโดยเฉพาะธาตุโพแทสเซียมมีบทบาทสำคัญในด้านสรีรวิทยา และชีวเคมี (ยงยุทธ โอสถศภา, 2543) ช่วยเพิ่มจำนวนเมล็ด จำนวนเมล็ดดี และเพิ่มน้ำหนักเมล็ด นอกจากนี้โพแทสเซียมยังช่วยเพิ่มความแข็งแรงให้แก่พืช (Kopsell et al., 2005) สอดคล้องกับ Sudradjat et al. (2018) ศึกษาประสิทธิภาพของปุ๋ยโพแทสเซียมต่อปาล์มน้ำมันในดิน Ultisol ประเทศอินโดนีเซีย พบว่าปุ๋ยโพแทสเซียมมีผลให้ความสูงต้น เส้นรอบวง จำนวนใบ และพื้นที่ใบเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ Faisal et al. (2013) ศึกษาผลของปุ๋ยโพแทสเซียมต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต และคุณภาพน้ำมันของดอกทานตะวัน *Helianthus annuus* L. var. flame พบว่าการเพิ่มระดับโพแทสเซียมทำให้จำนวนเมล็ด น้ำหนักเมล็ด และผลผลิตเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้ ดินในพื้นที่ปลูกชาที่มีฝนตกชุกส่งผลให้ดินมีการพังสลายตัวเร็ว การชะล้างธาตุอาหารสูงโดยทั่วไปมีปริมาณโพแทสเซียมต่ำ (Havlin et al., 2003) มีแร่ดินเหนียวเป็นเคโอลินในดินซึ่งดูดซับโพแทสเซียมได้ดี (Venkatesan and Murugesan, 2006) ซึ่งจำเป็นต้องเพิ่มความถี่ในการใช้ปุ๋ยโพแทสเซียม โดยทั่วไปปุ๋ยโพแทสเซียมที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในประเทศไทยจะอยู่ในรูปของโพแทสเซียมคลอไรด์ (0-0-60) แต่พืชทั่วไปมีความต้องการคลอรีนในปริมาณเพียงเล็กน้อยเท่านั้นส่วนปุ๋ยโพแทสเซียมซัลเฟตซึ่งประกอบไปด้วยโพแทสเซียม และกำมะถัน ซึ่งเป็นธาตุที่จำเป็นต่อการให้ผลผลิตของพืช และกำมะถัน ยังมีความสำคัญต่อการเพิ่มคุณภาพ และผลผลิตต่อไร่ให้สูงขึ้น (Jeschke and Diedrick, 2010) กำมะถันมีส่วนทำให้ผลผลิตอ้อยเพิ่มขึ้น (Abdelrahman et al., 2014) สำหรับอาการขาดกำมะถันในพืชจะ

คล้ายคลึงกับอาการขาดไนโตรเจนโดยพืชจะหยุดการเจริญเติบโต ใบเหลือง กรณีที่พืชขาดกำมะถันในระดับที่ไม่รุนแรงพืชจะไม่แสดงอาการแต่จะมีผลกระทบกับผลผลิต และคุณภาพของพืช (Ceccotti, 1996)

ธาตุแมกนีเซียมมีความสำคัญมากในพืชพบเป็นองค์ประกอบของคลอโรฟิลล์ทำหน้าที่ช่วยเร่งปฏิกิริยาของเอนไซม์ในพืชที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการสร้างเมตาบอลิซึม การสร้างแป้ง โปรตีน และกรดไขมัน ซึ่งในการเพิ่มผลผลิตปาล์มน้ำมัน แมกนีเซียมมีความสำคัญมากในกระบวนการทางชีวเคมีเพื่อการสร้างกรดไขมันหากพืชได้รับแมกนีเซียมไม่เพียงพอจะทำให้ผลผลิตน้ำมันลดลง อาการขาดแมกนีเซียมไม่สามารถสังเกตเห็นความผิดปกติทางใบได้ในระยะแรกจึงจำเป็นต้องมีการใส่แมกนีเซียมให้แก่พืชอย่างเพียงพอเพื่อส่งเสริมประสิทธิภาพในการใช้ปัจจัยในการเจริญเติบโตได้สูงสุด (ธีระพงศ์ จันทนิยม, 2559) Mahmoud et al. (2017) พบว่าการใช้แมกนีเซียม และโพแทสเซียมซัลเฟตทางใบอัตรา 1.5 และ 3% ตามลำดับช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช การติดผล ผลผลิต คุณภาพผล และปริมาณน้ำมันของมะกอกโคโรเนย์ก็ อย่างไรก็ตามจากการทบทวนวรรณกรรมด้านการจัดการธาตุอาหารเพื่อเพิ่มผลผลิตขาน้ำมันของประเทศไทยยังพบงานวิจัยไม่มากนักดังนั้นจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องทำการศึกษาค้นคว้าวิจัยปุ๋ยโพแทสเซียมร่วมกับแมกนีเซียมต่อการเจริญเติบโต และคุณภาพผลผลิตของขาน้ำมันเพื่อเป็นแนวทางการจัดการดิน และปุ๋ยของขาน้ำมันในพื้นที่สูงอย่างยั่งยืนต่อไป

วิธีการศึกษา

ทำการวิจัยในแปลงขาน้ำมันของโครงการศึกษา และพัฒนาการปลูกขาน้ำมันบ้านปางมะหัน อำเภอแม่ฟ้าหลวง จังหวัดเชียงราย ตั้งแต่เดือน พฤศจิกายน พ.ศ. 2562 ถึง เดือน ตุลาคม พ.ศ. 2563 สภาพพื้นที่แบบลูกคลื่นลอนลาดเล็กน้อยถึงเป็นภูเขาสูงชันมาก ความชัน 30-50% มีความสูงเหนือระดับน้ำทะเลประมาณ 1,240 เมตร ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 1,900 มิลลิเมตร อุณหภูมิเฉลี่ย 25.4 องศาเซลเซียส โดยลักษณะทั่วไปของพื้นที่ศึกษามีลักษณะเป็นดินร่วนหรือร่วนปนเหนียว มีสีน้ำตาลเข้มหรือน้ำตาลปนแดง ปฏิบัติการดินเป็นกรดจัดถึงกรดเล็กน้อย การระบายน้ำดี การซึมผ่านได้ของน้ำปานกลาง น้ำไหลป่าช้าถึงมาก โดยวางแผนการทดลองแบบ randomized complete block design (RCBD) ทำการทดลอง 4 ซ้ำ ประกอบด้วย 5 ตำรับการทดลอง ดังนี้ 1) ปุ๋ยสูตร 15-15-15 อัตรา 50 กก./ไร่ ตามวิธีปฏิบัติของเกษตรกร 2) ปุ๋ยสูตร 15-15-15 อัตรา 100 กก./ไร่ ร่วมกับ ปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ 36 กก. K_2O /ไร่ 3) ปุ๋ยสูตร 15-15-15 อัตรา 100 กก./ไร่ ร่วมกับ ปุ๋ยโพแทสเซียมซัลเฟต 36 กก. K_2O /ไร่ 4) ปุ๋ยสูตร 15-15-15 อัตรา 100 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ 36 กก. K_2O /ไร่ และ ปุ๋ยแมกนีเซียมซัลเฟต 10 กก./ไร่ และ 5) ปุ๋ยสูตร 15-15-15 อัตรา 100 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยโพแทสเซียมซัลเฟต 36 กก. K_2O /ไร่ และ ปุ๋ยแมกนีเซียมซัลเฟต 10 กก./ไร่ โดยเลือกต้นขาน้ำมันที่มีอายุ 10 ปี จำนวน 4 ต้นต่อ 1 ซ้ำ แบ่งใส่ปุ๋ย 2 ครั้งต่อปี ในเดือน พฤศจิกายน พ.ศ. 2562 และพฤษภาคม พ.ศ. 2563 เก็บตัวอย่างดินแบบรบกวนโครงสร้างดินที่ระดับความลึก 0-20 ซม. และ 20-40 ซม. เพื่อวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ และสมบัติทางเคมีบางประการ ได้แก่ การแจกกระจายขนาดอนุภาคดิน โดยวิธีปิเปตต์ (Day, 1965) แล้วนำผลมาแจกแจงประเภทของเนื้อดินตามเกณฑ์ของกระทรวงเกษตรสหรัฐอเมริกา (Soil Survey Division Staff, 1993) ค่าความเป็นกรด-ด่างของดิน (pH) (Thomas, 1996) อินทรีย์วัตถุในดิน (Walkley and Black, 1934) ปริมาณไนโตรเจนรวมในดิน (Bremner, 1996) ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Bray And Kurtz, 1945) โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Jones, 2001) ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน และร้อยละความอิ่มแเบส (Chapman, 1965) บันทึกข้อมูลการเจริญเติบโตของพืช ได้แก่ ความสูงของต้นขาน้ำมัน ทุก ๆ 3 เดือน เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นโดยวัดความสูงจากระดับผิวดิน 10 ซม. และเก็บใบที่แก่เต็มที่ ตำแหน่งใบที่อยู่ตรงกลางของข้อใบรอบทรงพุ่มเพื่อวิเคราะห์ธาตุอาหารไนโตรเจนและหลังทดลอง ได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม กำมะถัน เหล็ก สังกะสี แมงกานีส และทองแดง (Johnson and Ulrich, 1959) การเก็บเกี่ยวผลผลิตขาน้ำมันระหว่างเดือนกันยายน ถึง เดือนตุลาคม พ.ศ. 2563 เพื่อบันทึกข้อมูล จำนวนผล น้ำหนักผลสด น้ำหนักเมล็ดสด น้ำหนักเมล็ดแห้ง น้ำหนักเมล็ดแห้งกะเทาะเปลือก และปริมาณน้ำมันในผล ขาน้ำมันสกัดด้วยเครื่องหีบเมล็ด Spring Green Evolution Logo รุ่น OX01 ข้อมูลที่ได้นำมาวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's multiple range test (DMRT) (Steel et al., 1997) โดยใช้โปรแกรม SPSS version 22

ผลการศึกษาและวิจารณ์

ลักษณะและสมบัติของดินในพื้นที่ทดลอง

ดินในพื้นที่ทดลองเป็นชุดดินดอยปุย (Doi Pui soil series, Dp: Fine, kaolinitic, hyperthermic Kandic Palehumults) เนื้อดินเป็นดินร่วนเหนียว (clay loam) มีสีน้ำตาลเข้มหรือน้ำตาลปนแดง ปฏิบัติการดินเป็นกรดจัดถึงกรดเล็กน้อย การระบาย

น้ำดี การซึมผ่านได้ของน้ำปานกลาง น้ำไหลป่าช้าถึงเร็วมาก สภาพพื้นที่เป็นแบบลูกคลื่นลอนลาดเล็กน้อยถึงเป็นภูเขาสูงชันมาก ความลาดชัน 30-50% ผลการวิเคราะห์ดินก่อนปลูก (Table 1) พบว่า ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินอยู่ในระดับค่อนข้างสูงที่ระดับความลึก 0-20 ซม. และมีปริมาณลดลงอยู่ในระดับค่อนข้างต่ำที่ระดับความลึก 20-40 ซม. ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้สูงมาก แมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้สูง ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนปานกลาง และฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่ำมาก โดยแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้สูงที่ระดับความลึก 0-20 ซม. และปานกลางที่ระดับความลึกที่ 20-40 ซม. และ pH ดินเป็นกรดปานกลางที่ระดับความลึก 0-20 ซม. และเป็นกรดเล็กน้อยที่ระดับความลึก 20-40 ซม. ถึงแม้ว่าโพแทสเซียม และแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินจะอยู่ในระดับสูง แต่เนื่องจากพื้นที่ทดลองมีความลาดชันมากกว่า 30% และเป็นดินพัฒนาการสูงอยู่บริเวณพื้นที่ภูเขา (Land development department, 2015) ธาตุอาหารพืชเสี่ยงต่อการสูญเสียไปกับการกร่อนดินในฤดูฝน ประกอบกับสภาพอากาศแบบเขตร้อนชื้นทำให้เกิดการผุพังสลายตัวอย่างรุนแรงเมื่อธาตุอาหารที่เป็นต่างถูกชะล้างไปจึงมีไฮโดรเจนไอออน (H^+) ตกค้างในดินส่งผลให้ดินมีความเป็นกรดสูงขึ้น และส่งผลต่อความเป็นประโยชน์ของโพแทสเซียมในดิน (Singh and Pathak, 2018) จึงอาจส่งผลกระทบต่อผลผลิตชาน้ำมัน ส่วนการที่มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่ำอาจเนื่องมาจากการสะสมของแมงกานีสก่อให้เกิดการตรึงฟอสฟอรัสในดินจึงมีอิทธิพลต่อความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสต่ำลง (สุทธิเดชานุทอง และคณะ, 2563)

Table 1 Soil properties prior to the experiment.

Properties	0-20 cm depth		20-40 cm depth	
	Results	Interpretation	Results	Interpretation
pH	5.98	Moderately acid	6.51	Slightly acid
%OM	2.85	Moderately high	1.13	Moderately low
Avail.P (mg/kg)	0.16	Very low	nd	Very low
Exch.K (mg/kg)	186.32	Very high	142.92	Very high
Exch.Ca (mg/kg)	499.59	High	393.43	Moderate
Exch.Mg (mg/kg)	145.53	High	185.02	High
CEC (cmol/kg)	13.83	Moderate	14.59	Moderate
Texture	Clay Loam		Clay Loam	

Remark: nd = not detected.

ผลของปุ๋ยโพแทสเซียมและแมกนีเซียมต่อความสูงและเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นของชาน้ำมัน

การใส่ปุ๋ย N-P-K อัตราสองเท่าของวิธีปฏิบัติของเกษตรกรร่วมกับโพแทสเซียม และแมกนีเซียมต่อความสูง และเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นของชาน้ำมันไม่มีผลให้ความสูง ($p>0.05$) และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น ($p>0.05$) ของชาน้ำมันแตกต่างกันเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการใส่ปุ๋ยตามวิธีปฏิบัติของเกษตรกร (Figure1) เนื่องจากชาน้ำมันที่ทำการทดลองมีอายุมากกว่า 10 ปี ซึ่งเป็นระยะที่มีการเติบโตทางลำต้นเต็มที่แล้ว ดังนั้นการใส่ปุ๋ยอัตราสูงขึ้นจึงไม่มีผลให้การเจริญเติบโตทางลำต้นของชาน้ำมันแตกต่างกัน แต่อย่างไรก็ตาม Ding et al. (2012) ได้ศึกษาธาตุอาหารของดินปลูก *Camellia oleifera* ในมณฑลกว่างตุง พบว่าปริมาณชีวมวลของต้นชาน้ำมันลดลงเมื่ออายุเพิ่มขึ้นเนื่องจากธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในดินเป็นปัจจัยจำกัด ดังนั้นการปลูกพืชติดต่อกันหลายปีหากไม่มีการเพิ่มธาตุอาหารให้กับดินจะทำให้ธาตุอาหารในดินลดลงเรื่อย ๆ โดยติดไปกับผลผลิต ทำให้มีธาตุอาหารในดินไม่เพียงพอต่อความต้องการของพืช (จำเริญ อ่อนทอง และคณะ, 2546) จึงจำเป็นต้องใส่ปุ๋ยอัตราสูงขึ้นกว่าที่เกษตรกรปฏิบัติเพื่อให้เพียงพอต่อความต้องการของต้นชาน้ำมัน โดยการใส่ปุ๋ยสูตร 15-15-15 อัตรา 100กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์อัตรา 36 กก./ไร่ มีแนวโน้มให้มีค่าความสูงของต้นชาน้ำมันมากที่สุด

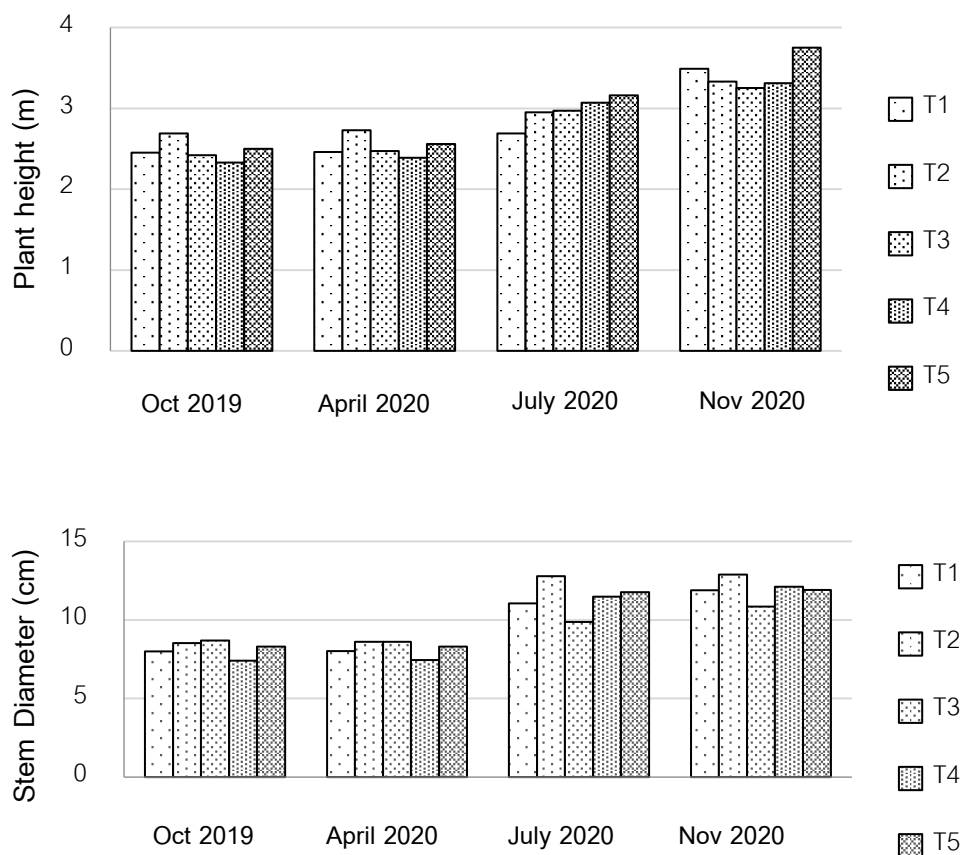


Figure1 Effect of potassium and magnesium fertilizer on growth of Camellia oil tea.

Remark: T1 = 50 kg/rai of 15-15-15 (farmer practice), T2 = 100 kg/rai of 15-15-15 +36 kg K₂O/rai of KCl fertilizer, T3 = 100 kg/rai of 15-15-15 +36 kg K₂O/rai of K₂SO₄ fertilizer, T4 = 100 kg/rai of 15-15-15 + 36kg K₂O/rai of KCl fertilizer +10 kg/rai of MgSO₄ fertilizer, T5 = 100 kg/rai of 15-15-15 +36 kg K₂O/rai of K₂SO₄ fertilizer +10 kg/rai of MgSO₄ fertilizer.

ผลของปุ๋ยโพแทสเซียมและแมกนีเซียมต่อผลผลิตชาน้ำมัน

การใส่ปุ๋ยสูตรเสมออัตราสองเท่าของวิธีปฏิบัติของเกษตรกรร่วมกับโพแทสเซียม และแมกนีเซียมทำให้จำนวนผล (p<0.05) น้ำหนักผลสด (p<0.05) น้ำหนักเมล็ดแห้ง (p<0.05) และน้ำหนักเมล็ดแห้งกะเทาะเปลือก (p<0.05) เพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการใส่ปุ๋ยตามวิธีปฏิบัติของเกษตรกร (Table2) การใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมซัลเฟตทำให้จำนวนผล (p<0.05) น้ำหนักผลสด (p<0.05) น้ำหนักเมล็ดแห้ง (p<0.05) เพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ และการใส่ปุ๋ยแมกนีเซียมซัลเฟตทำให้น้ำหนักผลสด (p<0.05) เพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการไม่ใส่ปุ๋ยแมกนีเซียมซัลเฟต (Table2) โดยพบว่าการใส่ปุ๋ยสูตร 15-15-15 อัตรา 100 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยโพแทสเซียมซัลเฟต 36 กก./ไร่ และแมกนีเซียมซัลเฟต 10 กก./ไร่ มีผลให้จำนวนผล (84.07 ผล/ต้น) น้ำหนักผลสด (1.92 กก./ต้น) น้ำหนักเมล็ดแห้ง (157 ก./ต้น) และน้ำหนักเมล็ดแห้งกะเทาะเปลือก (126.25 ก./ต้น) สูงที่สุด ในขณะที่วิธีปฏิบัติของเกษตรกรส่งผลให้จำนวนผล น้ำหนักผลสด น้ำหนักเมล็ดสด น้ำหนักเมล็ดแห้ง และน้ำหนักเมล็ดแห้งกะเทาะเปลือกต่ำที่สุด ทั้งนี้เนื่องจากอัตราปุ๋ยของเกษตรกรมีปริมาณต่ำกว่าตำราการทดลองอื่น ๆ มากกว่า 50% ทำให้ผลผลิตและองค์ประกอบของผลผลิตมีความแตกต่างกันมาก อย่างไรก็ตามการให้โพแทสเซียมเพิ่มขึ้นทำให้พืชดูดใช้ไนโตรเจนเพิ่มขึ้นด้วยซึ่งส่งผลถึงปริมาณผลผลิตที่เพิ่มขึ้น (Fageria, 2001) ส่วนการใส่ปุ๋ยสูตรเสมออัตราสองเท่าของวิธีปฏิบัติของเกษตรกรร่วมกับโพแทสเซียม และแมกนีเซียมทำให้น้ำหนักเมล็ดสด (p>0.05) และปริมาณน้ำมันของเมล็ดชา (p>0.05) ไม่เพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการใส่ปุ๋ยตามวิธีปฏิบัติของเกษตรกรทั้งนี้ มีข้อสังเกตว่าการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมร่วมกับแมกนีเซียมมีแนวโน้มส่งเสริมให้ปริมาณน้ำมันของเมล็ดชาเพิ่มขึ้น อาจเนื่องมาจากแมกนีเซียม และโพแทสเซียมมีบทบาทสำคัญในกิจกรรมของเซลล์ต่าง ๆ เช่น เอนไซม์ เมตาบอลิซึมของกรดนิวคลีอิก การสังเคราะห์ด้วยแสงของใบ

(Mahmoud et al., 2017) ซึ่งมีความสำคัญในกระบวนการสร้างน้ำมันในเมล็ดชา นอกจากนี้ตำรับที่มีการใช้ปุ๋ยโพแทสเซียม ซัลเฟตมีแนวโน้มให้น้ำมันเมล็ด และปริมาณน้ำมันเพิ่มขึ้นอีกด้วย ทั้งนี้อาจเป็นผลมาจากธาตุกำมะถันในปุ๋ยโพแทสเซียม ซัลเฟตซึ่งเป็นองค์ประกอบสำคัญของอะมิโนแอซิด ซีสทีน ซีสเทโอน เมไทโอนีน (Marschner, 1995) ซึ่งมีบทบาทสำคัญในกระบวนการสร้างเมล็ด และเพิ่มเปอร์เซ็นต์น้ำมัน (Saron and Giri, 1990) จากการศึกษาของ Seo et al. (1986) พบว่าการใช้ปุ๋ยโพแทสเซียมอัตราสูงส่งเสริมให้ปริมาณกรดโอเลอิกเพิ่มขึ้น ในขณะที่อัตราปานกลางปริมาณกรดโอเลอิกเพิ่มขึ้น สอดคล้องกับ Mekki et al. (1999) ในการวิจัยครั้งนี้ไม่ได้วิเคราะห์คุณภาพของน้ำมันเมล็ดชาเนื่องจากมีข้อจำกัดบางประการ จากการศึกษาของ สุปรียา สุขเกษม และวิไลศรี ลิ้มปพะยอม (2559) พบว่าน้ำมันเมล็ดชาที่ผลิตในประเทศมีปริมาณกรดโอเลอิกอยู่ระหว่าง 69.21-74.88% แต่ปริมาณกรดไขมันชนิดอื่นจะแตกต่างกันไปตามสภาพภูมิประเทศ ภูมิอากาศ และสายพันธุ์

Table 2 Effect of potassium and magnesium fertilizer on yield of Camellia oil tea.

Treatments	Crop yield					
	Fruit number (no./plant)	Fresh fruit weight (kg/plant)	Fresh seed weight (g/plant)	Seed dry weight (g/plant)	Seed dry weight without husk (g/plant)	Oil content (%/plant)
T1	65.25 ^c	1.25 ^b	450.00	119.57 ^b	79.60 ^c	31.20
T2	72.62 ^{abc}	1.42a ^b	578.32	152.30 ^a	96.35 ^{bc}	28.80
T3	69.42 ^{bc}	1.87 ^a	653.35	155.75 ^a	108.17 ^{ab}	29.25
T4	79.55 ^{ab}	1.80 ^{ab}	625.00	153.92 ^a	120.00 ^a	33.75
T5	84.07 ^a	1.92 ^a	640.00	157.00 ^a	126.25 ^a	34.92
F-test ^{1/}	*	*	ns	*	*	ns
C.V.%	13.73	25.45	22.91	12.80	20.35	13.90

^{1/}ns = not significant; *significantly different at 0.05 probability level; means with different lowercase superscript letters within a column indicate a significant difference according to Duncan's multiple range test at $P \leq 0.05$

Remark: T1 = 50 kg/rai of 15-15-15 (farmer practice), T2 = 100 kg/rai of 15-15-15 + 36 kg K₂O/rai of KCl fertilizer, T3 = 100 kg/rai of 15-15-15 + 36 kg K₂O/rai of K₂SO₄ fertilizer, T4 = 100 kg/rai of 15-15-15 + 36kg K₂O/rai of KCl fertilizer + 10 kg/rai of MgSO₄ fertilizer, T5 = 100 kg/rai of 15-15-15 + 36 kg K₂O/rai of K₂SO₄ fertilizer + 10 kg/rai of MgSO₄ fertilizer.

ผลของปุ๋ยโพแทสเซียมและแมกนีเซียมต่อความเข้มข้นของธาตุอาหารในใบชา น้ำมัน

การใส่ปุ๋ยสูตรเสมออัตราสองเท่าของวิธีปฏิบัติของเกษตรกรร่วมกับโพแทสเซียม และแมกนีเซียม ทำให้ความเข้มข้นของไนโตรเจน ($p < 0.05$) ฟอสฟอรัส ($p < 0.05$) โพแทสเซียม ($p < 0.05$) แมกนีเซียม ($p < 0.05$) กำมะถัน ($p < 0.05$) สังกะสี ($p < 0.05$) และทองแดง ($p < 0.05$) ในใบชา น้ำมันเพิ่มขึ้น (Table 3) การใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมซัลเฟตทำให้ความเข้มข้นของสังกะสี ($p < 0.05$) และทองแดง ($p < 0.05$) ลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับ การใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ โดยพบว่าการใส่ปุ๋ยสูตร 15-15-15 อัตรา 100 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยโพแทสเซียมซัลเฟต 36 กก./ไร่ มีผลให้ปริมาณไนโตรเจน (18.4 ก./กก.) ฟอสฟอรัส (0.5 ก./กก.) โพแทสเซียม (6.1 ก./กก.) แมกนีเซียม (2.1 ก./กก.) ในใบชา น้ำมันสูงที่สุด และมีความเข้มข้นต่ำสุดในตำรับที่ใส่ปุ๋ยตามวิธีของเกษตรกร ในขณะที่กลุ่มจุลธาตุพบว่าการใส่ปุ๋ยสูตร 15-15-15 อัตรา 100 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยโพแทสเซียมซัลเฟต 36 กก./ไร่ ทำให้ความเข้มข้นของสังกะสีในใบสูงที่สุดไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยสูตร 15-15-15 อัตรา 100 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยโพแทสเซียมซัลเฟต 36 กก./ไร่ และแมกนีเซียมซัลเฟต 10 กก./ไร่

จากการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในใบชา น้ำมันก่อนการทดลอง (Table 3) พบว่าธาตุไนโตรเจนในใบมีค่าสูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับธาตุอื่น สอดคล้องกับงานวิจัยของ Luo et al. (2020) ปริมาณธาตุอาหารเกือบทุกชนิดมีปริมาณต่ำกว่าค่าระดับวิกฤติในพืชในขณะที่แมกนีเซีย และสังกะสีมีปริมาณที่สูงเกินระดับความวิกฤติในพืช ซึ่งเป็นอิทธิพลจากวัตถุต้นเนดินโดยการพื้ชละลายตัวอยู่กับที่ของหินซีสต์หรือไมกาซีสต์ในพื้นที่ทดลอง สอดคล้องกับ สุทธิเดช ขุนทอง และคณะ (2563) พบว่าพื้นที่ปลูกชา น้ำมันมีการสะสมของแมกนีเซียที่สกัดได้อยู่ในระดับสูงส่งผลให้เกิดอันตรายกิริยาเชิงลบต่อ ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม กำมะถัน ทองแดง และสังกะสี นอกจากนี้ยังส่งเสริมให้ต้นชา น้ำมันดูดแมกนีเซียไปสะสมในใบมากเกินไปจนความจำเป็น และอาจอยู่ในระดับที่เป็นพิษต่อพืชขณะที่ความเข้มข้นธาตุอาหารในใบชา น้ำมันหลังการทดลอง พบว่าการใส่ปุ๋ยสูตรเสมอร่วมกับโพแทสเซียม และแมกนีเซียม มีแนวโน้มให้ความเข้มข้นของธาตุอาหารทั้งหมดสูงกว่าในใบชา ก่อนการทดลอง

ได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส แคลเซียม กำมะถัน เหล็ก แมงกานีส สังกะสี และทองแดง เมื่อเปรียบเทียบกับ การปฏิบัติของ เกษตรกรยกเว้นธาตุโพแทสเซียมจะเห็นได้ว่าการใส่ปุ๋ยอัตราสูงขึ้นทำให้ปริมาณธาตุอาหารในใบสูงขึ้น และยังช่วยส่งเสริมให้ ผลผลิตเพิ่มขึ้นอีกด้วย (ชัยรัตน์ นิลนันท และคณะ, 2544)

Table 3 Nutrient concentrations in Camellia oil tea leaves before and after experiment.

Treatments	N (g/kg)	P (g/kg)	K (g/kg)	Ca (g/kg)	Mg (g/kg)	S (g/kg)	Fe (mg/kg)	Mn (mg/kg)	Zn (mg/kg)	Cu (mg/kg)
Before experiment	13.5	0.00183	6.7	6.4	1.7	0.003	88.01	1409.62	14	5.92
T1	16.1 ^b	0.5 ^{ab}	4.5 ^b	8.9	1.5 ^b	0.2 ^b	130.50	1575.50	26.25 ^c	12.25 ^a
T2	16.8 ^{ab}	0.4 ^b	5.4 ^{ab}	8.2	1.7 ^{ab}	0.5 ^{ab}	111.25	1855.00	43.75 ^b	11.00 ^b
T3	18.4 ^a	0.5 ^a	6.1 ^a	8.7	2.1 ^a	0.5 ^{ab}	120.75	1570.75	59.00 ^a	9.75 ^c
T4	17.1 ^{ab}	0.5 ^a	5.5 ^{ab}	9.5	1.6 ^b	0.9 ^a	108.75	1671.75	43.75 ^b	10.25 ^{bc}
T5	16.5 ^b	0.4 ^b	5.9 ^{ab}	8.9	1.7 ^{ab}	0.6 ^{ab}	87.75	1475.75	55.75 ^a	9.25 ^c
F-test ^{1/}	**	**	**	ns	**	**	ns	ns	**	**
C.V.%	6.46	11.46	14.96	14.12	16.86	75.24	29.36	30.72	27.51	12.16
Critical level*	3.00	0.16	1.00	0.90	0.24	0.20	120.00	100.00	5.00	12.00
Luo et al. (2020)	16.80	0.80	1.20	7.00	2.00	-	50.00	881.00	10.00	5.00

^{1/}ns = not significant; ** significantly different at 0.01 probability level; means with different lowercase superscript letters within a column indicate a significant difference according to Duncan's multiple range test at $P \leq 0.05$

Remark: T1 = 50 kg/rai of 15-15-15 (farmer practice), T2 = 100 kg/rai of 15-15-15 + 36 kg K₂O/rai of KCl fertilizer, T3 = 100 kg/rai of 15-15-15 + 36 kg K₂O/rai of K₂SO₄ fertilizer, T4 = 100 kg/rai of 15-15-15 + 36 kg K₂O/rai of KCl fertilizer + 10 kg/rai of MgSO₄ fertilizer, T5 = 100 kg/rai of 15-15-15 + 36 kg K₂O/rai of K₂SO₄ fertilizer + 10 kg/rai of MgSO₄ fertilizer.

*Critical level Source: Plant Analysis an Interpretation Manual (Reuter and Robinson, 1997).

สรุปผลการศึกษา

ชาน้ำมันที่ปลูกในพื้นที่สูงในชุดดินคอกปุยมี่มีความอุดมสมบูรณ์ปานกลาง และมีปริมาณโพแทสเซียม แมกนีเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินบนอยู่ในระดับสูง สภาพพื้นที่มีศักยภาพเสี่ยงต่อการกร่อนดินสูง การใส่ปุ๋ยอัตราต่าง ๆ ไม่มีความแตกต่างทางด้านการเจริญเติบโตของต้นชาน้ำมันอายุ 10 ปี การใส่ปุ๋ยสูตร 15-15-15 อัตรา 100 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยโพแทสเซียมซัลเฟต อัตรา 36 กก./ไร่ และปุ๋ยแมกนีเซียมซัลเฟต อัตรา 10 กก./ไร่ ทำให้จำนวนผลสด น้ำหนักผลสด น้ำหนักเมล็ดแห้ง น้ำหนักเมล็ดแห้งกะเทาะเปลือก และปริมาณเปอร์เซ็นต์น้ำมันสูงที่สุด การใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมซัลเฟตมีแนวโน้มให้ผลผลิตสูงกว่าการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ และการใส่ปุ๋ยแมกนีเซียมร่วมกับมีแนวโน้มให้ผลผลิตของชาน้ำมันสูงกว่าการไม่ใส่ปุ๋ยแมกนีเซียม การใส่ปุ๋ย N-P-K และแมกนีเซียมอัตราที่สูงขึ้นทำให้ธาตุอาหารหลักในใบชาน้ำมันเพิ่มขึ้น และความเข้มข้นของธาตุเหล็ก ธาตุแมงกานีส และธาตุสังกะสี อยู่ในระดับเกินระดับวิกฤตในใบพืช การใส่ปุ๋ยอัตราสูงขึ้นทำให้ความเข้มข้นของธาตุอาหารในใบสูงขึ้น และยังช่วยส่งเสริมให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียม และแมกนีเซียมในชาน้ำมันบนพื้นที่ลาดชันควรพิจารณาผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ เนื่องจากการใส่ปุ๋ยอัตราสองเท่าของเกษตรกรร่วมกับโพแทสเซียม และแมกนีเซียมมีต้นทุนสูง (ค่าปุ๋ยและแรงงาน) รูปแบบการใส่ปุ๋ยควรฝังกลบรอบทรงพุ่มและทำคันดินครึ่งวงกลมหันเข้าแนวลาดชันเพื่อลดการชะล้างในฤดูฝน และควรพิจารณาใส่ปุ๋ยเพียงครั้งเดียวในระยะพัฒนาผล (เดือนพฤษภาคม) ก่อนเข้าสู่ระยะขยายขนาดผลสูงสุด (เดือนกรกฎาคม-สิงหาคม) เพื่อลดการสะสมโพแทสเซียมในดิน และต้นทุนค่าแรงงานใส่ปุ๋ย นอกจากนี้ควรมีการศึกษาด้านสหสัมพันธ์ของมหธาตุและจุลธาตุต่อการให้ผลผลิตชาน้ำมันสายพันธุ์ต่าง ๆ เพื่อเป็นประโยชน์ในการจัดการธาตุอาหารอย่างเหมาะสม โดยคำนึงถึงผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ และรักษาสภาพแวดล้อมอย่างยั่งยืนต่อไป

เอกสารอ้างอิง

- จำเริญ ช่อนทอง, อรพิน โพกุล, ญันยงค์ ปลั่งอ่อน และพิรุณ ตีระพัฒน์. 2546. การปรับปรุงดินและการจัดการปุ๋ยในสวนไม้ผล. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. <https://kb.psu.ac.th/psukb/bitstream/2553/4523/7/appen3.pdf> (10 สิงหาคม 2563).
- ชัยรัตน์ นิลนนท์, ธีระ เอกสมทราเมษฐ์, ธีระพงศ์ จันทนิยม, ประกิจ ทองคำ และวรรณภา เลี้ยววาริณ. 2544. ผลของการใช้ปุ๋ยต่อการให้ผลผลิตของปาล์มน้ำมัน. *วารสารสงขลานครินทร์* 23 (ฉบับพิเศษ): 649-659.
- ธีระพงศ์ จันทนิยม. 2559. บทบาทของธาตุแมกนีเซียมในการเพิ่มผลผลิตปาล์มน้ำมัน. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. <http://www.natres.psu.ac.th/researchcenter/Palm-Research/menu/pic-paper/56-teerapong-palm5.pdf> (6 สิงหาคม 2563).
- ยงยุทธ โอสถม. 2543. *ธาตุอาหารพืช*. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- สุทธิเดชา ขุนทอง, ณัฐพร ประคองเก็บ, มนต์ระวี มีแต้ม, นิยม สุรักษ์, วิวัฒน์ สวยสม, ชนิตา เกิดชนะ และชนินาถ การะกักดี. 2563. อันตรกิริยาระหว่างแมงกานีสกับธาตุอาหารพืชอื่น ๆ ในดินปลูกขาน้ำมันบ้านปางมะหันจังหวัดเชียงราย. *วารสารพืชศาสตร์สงขลานครินทร์* 7(3): 218-234.
- สุปรียา ศุขเกษม และวิไลศรี ลิ้มปวยอ. 2559. การศึกษาคุณภาพเมล็ดขาน้ำมัน (*Camellia oleifera*) และน้ำมันเมล็ดชา. *วารสารวิชาการเกษตร* 34(3): 270-285.
- Abdelrahman, M. A., Yassin, M. I. D., and Osman, A. A. 2014. Impact of Sulphur fertilizer on sugarcane performance Under heavy clay soils "Vertisols" sudan. *Journal of Agriculture and Environmental Sciences* 3(1): 1-9.
- Bray, R. A., and Kurtz, L. T. 1945. Determination of total organic and available forms of phosphorus in soil. *Soil Science* 59: 39-45.
- Bremner, J. M. 1996. *Method of Soil Analysis. Part3: Chemical Methods*. U.S.A.: Soil Science Society of American Inc.
- Ceccotti, S. 1996. *Rodriguez Fertilizers and Environment*. Netherland: Springer.
- Chapman, H. D. 1965. *Methods of Soil Analysis: Cation Exchange Capacity*. Madison, Wisconsin: American Society of Agronomy Inc.
- Day, P. R. 1965. Particle Fraction and Particle Size Analysis. In *Methods of Soil Analysis, Vol. 9*, C.A. Black, ed. pp. 545-567. Madison, Wisconsin: American Society Agronomy.
- Ding, R., Deng, X. M., Ru, C., Bao, Y., and Li, Y. I. 2012. Nutrient limiting factors in red soil from different parent rocks at oil-tea forest land of Guangdong province. *Nonwood Forest Research* 30: 61-67.
- Fageria, V.D. 2001. Nutrient interaction in crop plants. *Journal of Plant Nutrition* 24(8): 1269-1290.
- Faisal, M. A., Yahya, K. J., and Saad, A. M. 2013. Effect of date and quantity of potassium fertilizer application on growth, yield and oil quality of sunflower *Helianthus annuus* L. var. flame. *Journal of Agriculture and Veterinary Science* 4(1): 33-40.
- Havlin, J. L., Beaton, J. D., Tisdale, S. L., and Nelson, W. L. 2003. Soil fertility and fertilizers. An Introductory to Nutrient Management 6th ed. Delhi: Pearson Education India Branch.
- He, F., Wang, Y., Lu, F., Zhang, C., and Zhu, C. 1996. Biomass accumulation and nutrient cycle in oil tea *Camellia* plantations. *Journal of Scientia Silvae Sinicae* 32: 403-410.
- Jeschke, M., and Diedrick, K. 2010. Sulfur fertility for crop production. *Crop Insights* 20: 1-12.
- Johnson, C. M., and Ulrich, A. 1959. *Analytical methods for use in plant analyses*. Los Angeles: University of California.
- Jones, B. J. 2001. *Laboratory guide for conducting soil tests and plant analysis*. Boca Raton Fla: CRC Press.
- Kopsell, D. A., Kopsell, D. E., and Curran-Celentano, J. 2005. Carotenoid and chlorophyll pigments in sweet basil grown in the field and greenhouse. *HortScience* 40(5): 1230-1233.
- Land development department. 2015. Doi Pui series: Dp. Land development department. http://oss101.1dd.go.th/thaisoils_museum/pf_desc/north/Dp.htm (3 July 2020).
- Lee, C. P., and Yen, G. C. 2006. Antioxidant activity and bioactive compounds of tea seed (*Camellia oleifera* Abel.) oil. *Journal of Agricultural & Food Chemistry* 54(3): 779-784.
- Liu, J., Wu, L., Chen, D., Yu, Z., and Wei, C. 2018. Development of a soil quality index for *Camellia oleifera* forestland yield under three different parent materials in southern China. *Soil and Tillage Research* 176: 45-50.
- Luo, J., Zhou, X. Y., Tian, Y. Z., and Chen, L. S. 2020. Distribution of nutrients in *Camellia Oleifera* Abel and their correlation with soil nutrients over the period of fruit maturation. *Bangladesh Journal of Botany* 49(3): 499-505.
- Mahmoud, T. S. M., Mohamed, E. S. A., and El-Sharony, T. F. 2017. Influence of foliar application with potassium and magnesium on growth, yield and oil quality of "Koroneiki" olive trees. *American Journal of Food Technology* 12: 209-220.
- Marschner, H. 1995. *Mineral Nutrition of Higher Plants*. London: Academic Press Ltd.
- Mekki, B. B., El-Kholy, M. A., and Mohamed, E.M. 1999. Yield, oil and fatty acids content as affected by water deficit and potassium fertilization in two sunflower cultivars. *Egyptian Journal of Agronomy* 21: 67-85.
- Reuter, D. J., and Robinson, J. B. 1997. *Plant analysis. An interpretation manual*. 2nd ed. Melbourne: CSIRO Publishing.
- Saron, G., and Giri, G. 1990. Influence of nitrogen, phosphorus and sulphur on mustard under semi-arid rainfall conditions of North West India. *Indian Journal of Agronomy* 35: 313-316.
- Seo, G. S., Jo, J. S., and Choi, C. Y. 1986. The effects of fertilization level on the growth and oil quality in sesame (*Sesamum indicum* L.). *The Korean Journal of Crop Science* 31: 24-29.

- Singh, A. K., and Pathak, S. K. 2018. Potassium in tea (*Camellia sinensis* (L) O. Kuntze) cultivation from soil to cup quality-A review. *Agricultural Reviews* 39(1): 40-47.
- Soil Survey Division Staff. 1993. Soil Survey Manual. US. Dep. Agr. Handbook No. 18. Washington D.C.: U.S. Government Printing Office.
- Song, X. C., Tang, J., Qin, Q. Y., Pan, B., and Cao, J. Z. 2014. Mechanism of biomass accumulation and nutrient distribution in *Camellia oleifera* mature forest. *Journal Southern Agriculture* 45: 255-258.
- Steel, R. G. D., Torrie, J. H., and Dickey, D. 1997. *Principles and Procedures of Statistics: A Biometrical Approach*. 3rd ed. New York: McGraw-Hill.
- Sudradjat, S., Oky, D. P., Ega, F., Feni, S., and Supijatno, A. 2018. Roles and optimisation rate of potassium fertilizer for immature oil palm (*Elaeisguineensis* Jacq.) on an ultimo soil in Indonesia. *Journal Agriculture and Rural Development in the Tropics and Subtropics* 119(1): 13-22.
- Thomas, G. W. 1996. *Soil pH and soil acidity*. U.S.A.: Soil Science Society of American, Inc.
- Venkatesan, S., and Murugesan, S. 2006. Influence of tea cultivation on soil characteristics with special reference to potassium. *International Journal of Soil Science* 1(1): 58-63.
- Walkley, A., and Black, C. A. 1934. An examination of kjeldah method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chroma acid titration method. *Soil Science* 37: 29-35.
- Xiao, H., Yao, Z., Peng, Q., Ni, F., Sun, Y., Zhang, C. X., and Zhong, Z. X. 2016. Extraction of squalene from camellia oil by silver ion complexation. *Separation & Purification Technology* 169: 196-201.
- Zhang, L. L., Wang, Y. M., Wu, D. M., Xu, M., and Chen, H. 2011. Microwave-assisted extraction of polyphenols from camellia oleifera fruit hull. *Molecules* 16(6): 4428-4437.

วันรับบทความ : (Received date) : 4 ก.ย. 64
 วันแก้ไขบทความ : (Revised date) : 7 มี.ค. 65
 วันตอบรับบทความ : (Accepted date) : 21 เม.ย. 65

ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับการรู้เท่าทันสื่อสังคมออนไลน์ของเกษตรกรรุ่นใหม่ Factors Relating to Social Media Literacy of Young "Smart Farmers"

ณัฐชา อิศระกุล¹ และพัชราวดี ศรีบุญเรือง¹
Nutchra Sarakul¹ and Patcharavadee Sriboonruang¹

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับการรู้เท่าทันสื่อสังคมออนไลน์ของเกษตรกรรุ่นใหม่ กลุ่มตัวอย่างคือ เกษตรกรรุ่นใหม่ จำนวน 313 คน เก็บรวบรวมข้อมูลในปี พ.ศ. 2563 โดยใช้แบบสอบถาม วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติค่าความถี่ ค่าร้อยละ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าต่ำสุด ค่าสูงสุด และไคสแควร์ ผลการวิจัยพบว่า เกษตรกรรุ่นใหม่เป็นเพศชาย อายุเฉลี่ยเท่ากับ 37.31 ปี ได้รับการศึกษาในระดับปริญญาตรี ร้อยละ 56.23 มีรายได้จากการประกอบอาชีพเกษตรกรรมเฉลี่ยเท่ากับ 228,597.44 บาท/ปี และมีรายจ่ายในครัวเรือนเฉลี่ยเท่ากับ 216,878.91 บาท/ปี ใช้โทรศัพท์มือถือสมาร์ทโฟนเชื่อมต่อจากบ้านที่พักอาศัย ใช้เฟซบุ๊กเป็นช่องทางในการใช้งานสื่อสังคมออนไลน์มากที่สุด ในช่วงเวลา 08.00-12.00 น. เพื่อแสวงหาความรู้ และกิจกรรมหลักคือ การส่งข้อความ โดยมีความรู้เกี่ยวกับสื่อสังคมออนไลน์ในระดับมาก และภาพรวมการรู้เท่าทันสื่อสังคมออนไลน์ในระดับมาก (ค่าเฉลี่ย 1.51) ซึ่งแบ่งเป็นรายด้าน พบว่า 1) ด้านการเปิดรับและเข้าถึงสื่อ (ค่าเฉลี่ย 1.53) 2) ด้านการวิเคราะห์และประเมินผล (ค่าเฉลี่ย 1.48) และ 3) ด้านการใช้สื่อและสร้างสรรค์สื่อ (ค่าเฉลี่ย 1.53) ผลการทดสอบสมมติฐานพบว่า เพศ อายุ ระดับการศึกษา อาชีพรอง ประเภทเกษตรกรรม รายได้ รายจ่าย มีความสัมพันธ์กับการรู้เท่าทันสื่อสังคมออนไลน์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และอาชีพหลัก และความรู้เกี่ยวกับสื่อสังคมออนไลน์ มีความสัมพันธ์กับการรู้เท่าทันสื่อสังคมออนไลน์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ทั้งนี้ เกษตรกรรุ่นใหม่ส่วนใหญ่ไม่เคยประสบปัญหาในการใช้สื่อสังคมออนไลน์

คำสำคัญ: เกษตรกรรุ่นใหม่ การรู้เท่าทันสื่อ สื่อสังคมออนไลน์ ความรู้ การเปิดรับสื่อ

Abstract

This research aimed to study factors relating to the social media literacy of Young "Smart Farmers" (YSF). The study sampled 313 people in 2020 by using questionnaires to collect data. The results of the study found that the typical YSF was a male who used a smartphone at their home/accommodation. Almost all use Facebook as a channel for social media, every day between 8am-midnight. Their objective in using social media was to search for information, although the main activity was sending messages. Expertise in using social media was at a high level. Moreover, the overall social media literacy of YSF was at a high level. Statistical analyses revealed that gender, age, educational level, secondary occupation, agricultural type, income, and expense were generally associated with social media literacy ($p < 0.05$) and primary occupation, social media knowledge were highly associated with social media literacy ($p < 0.01$). Few YSF experienced social media usage problems.

Keywords: Young Smart Farmer, media literacy, social media knowledge, behavior knowledge, media exposure

คำนำ

กระทรวงดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจและสังคม เป็นหน่วยงานที่ดำเนินการวางแผนส่งเสริม พัฒนา และดำเนินกิจการเกี่ยวกับดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจและสังคม ได้กำหนดแผนพัฒนาดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจและสังคมในยุทธศาสตร์ที่ 3 ที่ว่า สร้างสังคมคุณภาพที่ทั่วถึง เท่าเทียม โดยเฉพาะในกลุ่มเกษตรกรให้มีความรู้เท่าทันข้อมูลข่าวสาร มีทักษะการรู้เท่าทันสื่อและใช้สื่อดิจิทัลได้อย่างเหมาะสม (กระทรวงเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร, 2559)

ภาคการเกษตรไทยขาดแคลนแรงงาน มีแต่แรงงานสูงวัย และยังคงพึ่งพิงภาครัฐ ซึ่งเกษตรกรรุ่นใหม่ (Young Smart Farmer: YSF) เป็นผู้ที่อายุระหว่าง 17-45 ปี ได้รับการพัฒนาจากกรมส่งเสริมการเกษตร และผลักดันให้เป็นเกษตรกรต้นแบบที่

¹ภาควิชาส่งเสริมและนิเทศศาสตร์เกษตร คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900

¹Department of Agriculture Extension and Communication, Faculty of agriculture, Kasetsart University, Chatuchak, Bangkok 10900

* Corresponding author, Email: fagrpds@ku.ac.th

มีความเชี่ยวชาญทั้งด้านการเกษตร และผู้ประกอบการที่มีความรู้ และทักษะรอบด้าน ทั้งด้านการผลิต การบริหารจัดการ การตลาด การประชาสัมพันธ์ การสื่อสาร ดังนั้นการรู้เท่าทันสื่อสังคมออนไลน์ (social media literacy) จึงเป็นทักษะที่ทุกคนควรจะรู้และใช้งานให้เป็น เพราะสื่อสังคมออนไลน์เป็นเครื่องมือสำคัญต่อการเผยแพร่ข้อมูล และสืบค้นข้อมูล ซึ่งในปัจจุบันเป็นยุคที่ความต้องการการสื่อสารเป็นไปอย่างรวดเร็วตลอดเวลา ในทุกพื้นที่อย่างไร้ขีดจำกัด เพื่อให้การเผยแพร่ข้อมูล การสืบค้นข้อมูลเป็นไปอย่างถูกต้อง การรู้เท่าทันสื่อสังคมออนไลน์ได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด ซึ่งเกษตรกรรุ่นใหม่ (Young Smart Farmer) จึงจำเป็นต้องมีความสามารถในการอ่านสื่ออย่างเข้าใจ รู้ว่าใครคือต้นทางของแหล่งข้อมูล เมื่อพบปัญหาที่ไม่เหมาะสมจะได้ร้องเรียนถูกต้อง หรือสามารถแยกแยะได้ว่าเรื่องใดเป็นเรื่องที่น่ารับชม เรื่องใดเป็นเรื่องที่ไม่เหมาะสม (สำนักการคุ้มครองผู้บริโภคในกิจการกระจายเสียงและกิจการโทรทัศน์ และสำนักงานคณะกรรมการกิจการกระจายเสียง กิจการโทรทัศน์ และกิจการโทรคมนาคมแห่งชาติ, 2558) เพื่อเป็นตัวแทนภาคการเกษตรในการสอดส่องและเป็นผู้นำในภาคการเกษตรได้ต่อไป จึงจำเป็นต้องมีความสามารถในการรับข่าวสารอย่างเข้าใจ วิเคราะห์และแยกแยะได้ว่าข้อมูลข่าวสารประเภทใดมีคุณค่า มีความเหมาะสมต่อการศึกษา และส่งต่อข้อมูลให้กับบุคคลอื่น

ยุทธศาสตร์การรู้เท่าทันสื่อได้ตั้งเป้าหมายไว้ว่า ในปี พ.ศ. 2560 สังคมไทยจะมีระบบ และกลไกในการพัฒนาการรู้เท่าทันสื่อ โดยมีช่องทางวิธีการกลไกในการสร้างความเข้าใจและตระหนักต่อสาธารณะในการรู้เท่าทันสื่อ มีการเสริมสร้างศักยภาพและความตระหนักในการรู้เท่าทันสื่อให้กับประชาชนทุกกลุ่มเป้าหมาย มีระบบส่งเสริมการวิจัยเพื่อพัฒนาองค์ความรู้ การจัดการความรู้ ที่เกี่ยวข้องกับการรู้เท่าทันสื่อ มีเครือข่ายที่หลากหลายในการขับเคลื่อนยุทธศาสตร์การรู้เท่าทันสื่อและสารสนเทศ (สำนักการคุ้มครองผู้บริโภคในกิจการกระจายเสียงและกิจการโทรทัศน์ และสำนักงานคณะกรรมการกิจการกระจายเสียง กิจการโทรทัศน์ และกิจการโทรคมนาคมแห่งชาติ, 2558) เนื่องจากสื่อสังคมออนไลน์ เป็นสื่อที่มีความเร็วของทั้งข้อมูล และช่องทางการเผยแพร่ ซึ่งเนื้อหาที่เผยแพร่สู่สื่อสังคมออนไลน์สามารถกระจายไปสู่วงกว้างได้อย่างรวดเร็ว ดังนั้นการพัฒนาความรู้ และการรู้เท่าทันสื่อสังคมออนไลน์ของเกษตรกรจึงควรได้รับการพัฒนาอย่างสม่ำเสมอ โดยการรู้เท่าทันสื่อในด้านการเปิดรับสื่อ การเข้าถึง การวิเคราะห์ ประเมินและการสร้างสรรค์สื่อ จะแสดงถึงความสามารถในการอาศัยข้อมูลข้อเท็จจริงอย่างรอบด้าน เพื่อสรุปหรือตัดสินใจตามข้อเท็จจริง ช่วยให้เกิดการพัฒนาในระดับบุคคลเพิ่มพูนปัญญาให้รู้คิดและรู้เท่าทันสถานการณ์และบริบทของสังคมที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วตลอดเวลา

ดังนั้น การวิจัยนี้จะช่วยให้ทราบถึงสถานการณ์และทักษะการรู้เท่าทันสื่อสังคมออนไลน์อันจะเป็นแนวทางให้กับหน่วยงานที่เกี่ยวข้องและเกษตรกรรุ่นใหม่ให้สามารถวางแผนพัฒนาบุคคลและพัฒนาตนเอง เพื่อยกระดับทักษะและการรู้เท่าทันการใช้สื่อสังคมออนไลน์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ส่งผลต่อการพัฒนาอาชีพการเกษตรโดยรวมต่อไป

วิธีการศึกษา

การวิจัยครั้งนี้ เป็นการวิจัยเชิงสำรวจ ประชากรที่ใช้ในการศึกษา คือ เกษตรกรรุ่นใหม่ของกรมส่งเสริมการเกษตรทั่วประเทศ มีจำนวนทั้งสิ้น 7,598 คน (ภาณี บุญยเกื้อกุล, 2561) ซึ่งการวิจัยครั้งนี้ใช้การกำหนดขนาดตัวอย่างตามตารางสถิติการสุ่มตัวอย่าง กรณีที่ทราบจำนวนประชากรของ Arkin and Colton (1963) อ้างใน วรานันต์ ตันติเวทย์ (2554) โดยกำหนดระดับความเชื่อมั่นที่ร้อยละ 95 หรือที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ดังนั้น ขนาดของกลุ่มตัวอย่าง คือ 313 ราย เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ แบบสอบถาม โดยผู้วิจัยได้ทดสอบความตรง (validity) และค่าความเชื่อมั่น (reliability) กับกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 30 ราย และได้นำไปคำนวณค่า KR-20 ได้ค่าความเชื่อมั่น 0.940 จากนั้นจึงเก็บข้อมูลในปี พ.ศ. 2563 โดยใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างแบบบังเอิญ (accidental sampling) จากนั้นได้เก็บข้อมูลโดยการสอบถามกับกลุ่มตัวอย่างในพื้นที่และส่งแบบสอบถามออนไลน์ผ่านทางเจ้าหน้าที่กรมส่งเสริมการเกษตรทั่วประเทศ จนครบตามจำนวนที่กำหนด โดยแบ่งออกเป็น 5 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ข้อมูลปัจจัยพื้นฐานส่วนบุคคลของเกษตรกรรุ่นใหม่

ตอนที่ 2 ข้อมูลพฤติกรรมการเปิดรับสื่อสังคมออนไลน์ของเกษตรกรรุ่นใหม่

ตอนที่ 3 ความรู้เกี่ยวกับสื่อสังคมออนไลน์ของเกษตรกรรุ่นใหม่

คะแนนระดับความรู้เกี่ยวกับสื่อสังคมออนไลน์ของเกษตรกรรุ่นใหม่ ลักษณะคำถามเป็นแบบเลือกตอบคือ ใช่, ไม่ใช่ จำนวน 11 ข้อ โดยมีเกณฑ์การให้คะแนน ดังนี้

ในข้อคำถามบวก ตอบใช่	= 1 คะแนน	ตอบไม่ใช่	= 0 คะแนน
ในข้อคำถามลบ ตอบใช่	= 0 คะแนน	ตอบไม่ใช่	= 1 คะแนน

$$\begin{aligned}
 \text{อันตรภาคชั้น} &= (\text{คะแนนสูงสุด}-\text{คะแนนต่ำสุด})/\text{จำนวนชั้น} \\
 &= (11-0)/3 \\
 &= 3.66
 \end{aligned}$$

ดังนั้น เกณฑ์การสุประดับความรู้เกี่ยวกับสื่อสังคมออนไลน์ของเกษตรกรรุ่นใหม่ที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง คือ คะแนนเฉลี่ยระดับความรู้เกี่ยวกับสื่อสังคมออนไลน์ของเกษตรกรรุ่นใหม่

0.00-3.66	มีความรู้เกี่ยวกับสื่อสังคมออนไลน์น้อย
3.67-7.33	มีความรู้เกี่ยวกับสื่อสังคมออนไลน์ปานกลาง
7.34-11.00	มีความรู้เกี่ยวกับสื่อสังคมออนไลน์มาก

ตอนที่ 4 การรู้เท่าทันสื่อสังคมออนไลน์ของเกษตรกรรุ่นใหม่

ในข้อคำถามบวก ตอบปฏิบัติทุกครั้ง = 2 คะแนน ปฏิบัติบางครั้ง = 1 คะแนน ไม่เคยปฏิบัติ = 0 คะแนน
ในข้อคำถามลบ ตอบปฏิบัติทุกครั้ง = 0 คะแนน ปฏิบัติบางครั้ง = 1 คะแนน ไม่เคยปฏิบัติ = 2 คะแนน

$$\begin{aligned}
 \text{อันตรภาคชั้น} &= (\text{คะแนนสูงสุด}-\text{คะแนนต่ำสุด})/\text{จำนวนชั้น} \\
 &= (66 - 0)/3 \\
 &= 22
 \end{aligned}$$

ดังนั้น เกณฑ์การสุประดับการรู้เท่าทันสื่อสังคมออนไลน์ของเกษตรกรรุ่นใหม่ที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง คือ คะแนนเฉลี่ยระดับการรู้เท่าทันสื่อสังคมออนไลน์ของเกษตรกรรุ่นใหม่

0.00-22.00	มีการรู้เท่าทันสื่อสังคมออนไลน์น้อย
22.01-44.00	มีการรู้เท่าทันสื่อสังคมออนไลน์ปานกลาง
44.01-66.00	มีการรู้เท่าทันสื่อสังคมออนไลน์มาก

ตอนที่ 5 ปัญหาในการใช้สื่อสังคมออนไลน์ของเกษตรกรรุ่นใหม่

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ประกอบด้วย การแจกแจงความถี่ (frequency) ค่าร้อยละ (percentage) ค่าเฉลี่ย (mean) ค่าสูงสุด (maximum) และค่าต่ำสุด (minimum) ทดสอบความสัมพันธ์โดยใช้ Chi-square ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 และ 0.01

ผลการศึกษาและวิจารณ์

ปัจจัยพื้นฐานส่วนบุคคลของเกษตรกรรุ่นใหม่

เกษตรกรรุ่นใหม่เป็นเพศชาย ร้อยละ 53.04 และเพศหญิง ร้อยละ 46.96 อายุเฉลี่ยเท่ากับ 37.31 ปี ได้รับการศึกษาในระดับปริญญาตรี ร้อยละ 56.23 ประกอบอาชีพหลักเป็นเกษตรกร ร้อยละ 73.16 และประกอบธุรกิจส่วนตัวเป็นอาชีพรอง ร้อยละ 27.80 ทำเกษตรกรรมประเภทเกษตรผสมผสาน ร้อยละ 40.58 มีรายได้จากการประกอบอาชีพเกษตรกรรมเฉลี่ยเท่ากับ 228,597.44 บาท/ปี และมีรายจ่ายในครัวเรือนเฉลี่ยเท่ากับ 216,878.91 บาท/ปี สอดคล้องกับ วิทเอก สว่างจิตร (2564) เรื่องการพัฒนาสมรรถนะเกษตรกรสู่การเป็นผู้นำเกษตรกรรุ่นใหม่ พบว่า ผู้เข้ารับการอบรมผู้นำเกษตรกรรุ่นใหม่ รุ่นที่ 14 ประกอบด้วยเพศชายและเพศหญิง ในสัดส่วนที่ใกล้เคียงกันคือ เพศชาย ร้อยละ 51.50 และเพศหญิง ร้อยละ 48.50 ได้รับการศึกษาในระดับปริญญาตรี ร้อยละ 53.03

พฤติกรรมในการเปิดรับสื่อสังคมออนไลน์ของเกษตรกรรุ่นใหม่

เกษตรกรรุ่นใหม่ใช้โทรศัพท์มือถือสมาร์ทโฟนเป็นอุปกรณ์สื่อสารเพื่อเชื่อมต่อการใช้สื่อสังคมออนไลน์ ร้อยละ 55.81 เชื่อมต่อสื่อสังคมออนไลน์ที่บ้าน/ที่พักอาศัย ร้อยละ 87.22 ทั้งนี้ มีการใช้สื่อสังคมออนไลน์ด้วยวัตถุประสงค์เพื่อแสวงหาความรู้ ร้อยละ 14.78 และกิจกรรมหลักในการใช้งานสื่อสังคมออนไลน์คือ การส่งข้อความ ร้อยละ 13.70 เกษตรกรรุ่นใหม่สื่อสารผ่านช่องทางสื่อสังคมออนไลน์ทุกวัน โดยในช่วงเวลา 08.01-12.00 น. มีการใช้งานเฟซบุ๊ก (Facebook) ไลน์ (Line) เฉลี่ย 1-3 ชั่วโมง/วัน เฟซบุ๊ก เมสเซนเจอร์ (Facebook Messenger) ทวิตเตอร์ (Twitter) อินสตาแกรม (Instagram) เฉลี่ยน้อยกว่า 1 ชั่วโมง/วัน ยูทูบ (YouTube) มีการใช้งานในช่วงเวลา 12.01-16.00 น. เท่ากับช่วงเวลา 16.01-20.00 น. เฉลี่ย 1-3 ชั่วโมง/วัน สอดคล้องกับ สำนักงานพัฒนาธุรกรรมทางอิเล็กทรอนิกส์ (องค์การมหาชน) (2562) พบว่า ผู้ใช้งานอินเทอร์เน็ตในประเทศไทย ใช้งานสื่อสังคมออนไลน์ที่บ้าน/ที่พักอาศัยเป็นอันดับแรก ผ่านช่องทางยูทูบ (YouTube) ไลน์ (Line) และเฟซบุ๊ก (Facebook) ในทุกช่วง Generation โดย Gen X และ Baby Boomer ใช้ไลน์ (Line) มากที่สุด เพื่อส่งข้อความ (chat) ส่วน Gen Y และ Gen Z ใช้ยูทูบ (YouTube) มากที่สุด เพื่อดูคลิป และดูหนัง

ความรู้เกี่ยวกับสื่อสังคมออนไลน์ของเกษตรกรรุ่นใหม่

เกษตรกรรุ่นใหม่ส่วนใหญ่มีความรู้เกี่ยวกับสื่อสังคมออนไลน์ และเกษตรกรรุ่นใหม่มีความรู้เกี่ยวกับสื่อสังคมออนไลน์อยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 0.78$, S.D. = 0.29) โดยมีคะแนนเต็ม 11 คะแนน เกษตรกรรุ่นใหม่ จำนวน 313 คน คะแนนความรู้ของเกษตรกรรุ่นใหม่สูงสุด คือ 11 คะแนน จำนวน 54 คน (ร้อยละ 17.25) คะแนนความรู้ของเกษตรกรรุ่นใหม่ตอบได้คะแนนต่ำสุด คือ 0 คะแนน จำนวน 1 คน (ร้อยละ 0.32) มีคะแนนเฉลี่ย 8.57 คะแนน เนื่องจากกระบวนการพัฒนาเกษตรกรรุ่นใหม่ประกอบด้วย 3 กระบวนการหลัก โดย 1 ในกระบวนการหลักนั้นคือ กระบวนการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ โดยแบ่งเป็น การเรียนรู้จากการศึกษาดูงาน การลงมือฝึกปฏิบัติจริง การเรียนรู้ผ่านสื่อสารสนเทศและสื่อออนไลน์ การเชื่อมโยงเครือข่ายเป็นการเน้นหนักในกระบวนการมีส่วนร่วม การแลกเปลี่ยนเรียนรู้ และการสร้างเครือข่ายเชื่อมโยงองค์ความรู้ เทคโนโลยี และกิจกรรมการเกษตร ตั้งแต่กระบวนการผลิตไปจนถึงการตลาด (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2560) ซึ่งอาจส่งผลให้เกษตรกรรุ่นใหม่อาจได้รับความรู้ต่อยอดจากภูมิปัญญาเดิมที่มีอยู่ (Table 1)

Table 1 Frequency and percentage of knowledge of using social media of Young Smart Farmer.

Knowledge of using social media	Frequency	Percentage
Low level (0.00 - 3.66)	1	0.32
Moderate level (3.67 - 7.33)	102	32.59
High level (7.34 - 11.00)	210	67.09

การรู้เท่าทันสื่อสังคมออนไลน์ของเกษตรกรรุ่นใหม่

เกษตรกรรุ่นใหม่มีการรู้เท่าทันสื่อสังคมออนไลน์อยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 1.51$, S.D. = 0.57) โดยมีคะแนนเต็ม 66 คะแนน มีคะแนนเฉลี่ย 50.29 คะแนน ซึ่งแบ่งเป็นรายด้าน พบว่า ด้านการเปิดรับและเข้าถึงสื่ออยู่ในระดับมาก (ค่าเฉลี่ย 1.53) ด้านการใช้สื่อและสร้างสรรค์สื่ออยู่ในระดับมาก (ค่าเฉลี่ย 1.53) และด้านการวิเคราะห์และประเมินผลอยู่ในระดับมาก (ค่าเฉลี่ย 1.48) ซึ่งน้อยกว่าด้านอื่น ๆ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของอิทธิชา วุฒิรังษี (2564) พบว่า การรู้เท่าทันสื่อดิจิทัลของผู้สูงอายุ พบว่า ผู้สูงอายุยังขาดทักษะการวิเคราะห์และการประเมินสื่อดิจิทัล (Table 2)

Table 2 Level of social media literacy of Young Smart Farmer.

Level of social media literacy	Frequency	Percentage	$\bar{X}$	S.D.	Level
1. An open mind to learn and understand social media			1.53	0.53	High
Low level (0.00-3.33)	1	0.32			
Moderate level (3.34-6.66)	102	32.59			
High level (6.67-10.00)	210	67.09			
2. Analyzing data and evaluating data from social media before applying			1.48	0.54	High
Low level (0.00-2.66)	1	0.32			
Moderate level (2.67-5.33)	105	33.55			
High level (5.34-8.00)	207	66.13			
3. Using social media as a selected communication channel and improving communication messages via an online platform			1.53	0.64	High
Low level (0.00-16.00)	22	7.03			
Moderate level (16.01-32.00)	43	13.74			
High level (32.01-48.00)	248	79.23			
The overall social media literacy			1.51	0.57	High
Low level (0.00-22.00)	20	6.39			
Moderate level (22.01-44.00)	39	12.46			
High level (44.01-66.00)	254	81.15			

ผลการทดสอบสมมติฐาน

ความสัมพันธ์ด้านการวิเคราะห์และประเมินผล

เพศของเกษตรกรรุ่นใหม่ มีความสัมพันธ์กับการรู้เท่าทันสื่อสังคมออนไลน์ของเกษตรกรรุ่นใหม่ ด้านการวิเคราะห์และประเมินผล ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 (Table 3) พบว่า เพศหญิง มีการรู้เท่าทันสื่อสังคมออนไลน์ของเกษตรกรรุ่นใหม่ ด้านการวิเคราะห์และประเมินผลในระดับมาก ร้อยละ 71.43 และเพศชาย มีการรู้เท่าทันสื่อสังคมออนไลน์ของเกษตรกรรุ่นใหม่ ด้านการวิเคราะห์และประเมินผลในระดับมาก ร้อยละ 60.84

อาชีพหลักของเกษตรกรรุ่นใหม่ มีความสัมพันธ์กับการรู้เท่าทันสื่อสังคมออนไลน์ของเกษตรกรรุ่นใหม่ ด้านการวิเคราะห์และประเมินผล ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.01 (Table 3) พบว่า เกษตรกรรุ่นใหม่ประกอบอาชีพเกษตรกรเป็นอาชีพหลัก มีการรู้เท่าทันสื่อสังคมออนไลน์ของเกษตรกรรุ่นใหม่ ด้านการวิเคราะห์และประเมินผลในระดับมาก ร้อยละ 65.94 เกษตรกรรุ่นใหม่ประกอบอาชีพธุรกิจส่วนตัวเป็นอาชีพหลัก มีการรู้เท่าทันสื่อสังคมออนไลน์ของเกษตรกรรุ่นใหม่ ด้านการวิเคราะห์และประเมินผลในระดับมาก ร้อยละ 68.18 เกษตรกรรุ่นใหม่ประกอบอาชีพรับราชการ/พนักงานรัฐวิสาหกิจเป็นอาชีพหลัก มีการรู้เท่าทันสื่อสังคมออนไลน์ของเกษตรกรรุ่นใหม่ ด้านการวิเคราะห์และประเมินผลในระดับมาก ร้อยละ 83.33 และเกษตรกรรุ่นใหม่ประกอบอาชีพอื่น ๆ (รับจ้างทั่วไป และพนักงานเอกชน) เป็นอาชีพหลัก มีการรู้เท่าทันสื่อสังคมออนไลน์ของเกษตรกรรุ่นใหม่ ด้านการวิเคราะห์และประเมินผลในระดับปานกลาง ร้อยละ 68.75

ความรู้เกี่ยวกับสื่อสังคมออนไลน์ มีความสัมพันธ์กับการรู้เท่าทันสื่อสังคมออนไลน์ของเกษตรกรรุ่นใหม่ ด้านการวิเคราะห์และประเมินผล ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 (Table 3) พบว่า เกษตรกรรุ่นใหม่มีความรู้เกี่ยวกับสื่อสังคมออนไลน์ระดับปานกลาง มีการรู้เท่าทันสื่อสังคมออนไลน์ของเกษตรกรรุ่นใหม่ ด้านการวิเคราะห์และประเมินผลในระดับมาก ร้อยละ 73.79 และเกษตรกรรุ่นใหม่มีความรู้เกี่ยวกับสื่อสังคมออนไลน์ระดับมาก มีการรู้เท่าทันสื่อสังคมออนไลน์ของเกษตรกรรุ่นใหม่ ด้านการวิเคราะห์และประเมินผลในระดับมาก ร้อยละ 85.24

ความสัมพันธ์ด้านการใช้สื่อและสร้างสรรค์สื่อ

อายุของเกษตรกรรุ่นใหม่ มีความสัมพันธ์กับการรู้เท่าทันสื่อสังคมออนไลน์ของเกษตรกรรุ่นใหม่ ด้านการใช้สื่อและสร้างสรรค์สื่อ ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 (Table 3) พบว่า เกษตรกรรุ่นใหม่ช่วงอายุ 24-35 ปี มีการรู้เท่าทันสื่อสังคมออนไลน์ของเกษตรกรรุ่นใหม่ ด้านการใช้สื่อและสร้างสรรค์สื่อในระดับมาก ร้อยละ 71.17 เกษตรกรรุ่นใหม่ช่วงอายุ 36-40 ปี มีการรู้เท่าทันสื่อสังคมออนไลน์ของเกษตรกรรุ่นใหม่ ด้านการใช้สื่อและสร้างสรรค์สื่อในระดับมาก ร้อยละ 81.25 เกษตรกรรุ่นใหม่ช่วงอายุ 41-57 ปี มีการรู้เท่าทันสื่อสังคมออนไลน์ของเกษตรกรรุ่นใหม่ ด้านการใช้สื่อและสร้างสรรค์สื่อในระดับมาก ร้อยละ 85.56 สอดคล้องกับงานวิจัยของอริชา วุฒิรังษี (2564) พบว่า การรู้เท่าทันสื่อดิจิทัลของผู้สูงอายุ ด้านปัจจัยด้านบุคคล พบว่า อายุ เพศ และระดับการศึกษาที่แตกต่างกันจะส่งผลให้รู้เท่าทันสื่อดิจิทัลได้แตกต่างกัน

อาชีพหลักของเกษตรกรรุ่นใหม่ มีความสัมพันธ์กับการรู้เท่าทันสื่อสังคมออนไลน์ของเกษตรกรรุ่นใหม่ ด้านการใช้สื่อและสร้างสรรค์สื่อ ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 (Table 3) พบว่า เกษตรกรรุ่นใหม่ประกอบอาชีพเกษตรกรเป็นอาชีพหลัก มีการรู้เท่าทันสื่อสังคมออนไลน์ของเกษตรกรรุ่นใหม่ ด้านการใช้สื่อและสร้างสรรค์สื่อในระดับมาก ร้อยละ 82.10 เกษตรกรรุ่นใหม่ประกอบอาชีพธุรกิจส่วนตัวเป็นอาชีพหลัก มีการรู้เท่าทันสื่อสังคมออนไลน์ของเกษตรกรรุ่นใหม่ ด้านการใช้สื่อและสร้างสรรค์สื่อในระดับมาก ร้อยละ 77.27 เกษตรกรรุ่นใหม่ประกอบอาชีพรับราชการ/พนักงานรัฐวิสาหกิจเป็นอาชีพหลัก มีการรู้เท่าทันสื่อสังคมออนไลน์ของเกษตรกรรุ่นใหม่ ด้านการใช้สื่อและสร้างสรรค์สื่อในระดับมาก ร้อยละ 66.67 และเกษตรกรรุ่นใหม่ประกอบอาชีพอื่น ๆ (รับจ้างทั่วไป และพนักงานเอกชน) เป็นอาชีพหลัก มีการรู้เท่าทันสื่อสังคมออนไลน์ของเกษตรกรรุ่นใหม่ ด้านการใช้สื่อและสร้างสรรค์สื่อในระดับมาก ร้อยละ 56.25

ความรู้เกี่ยวกับสื่อสังคมออนไลน์ มีความสัมพันธ์กับการรู้เท่าทันสื่อสังคมออนไลน์ของเกษตรกรรุ่นใหม่ ด้านการใช้สื่อและสร้างสรรค์สื่อ ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.01 (Table 3) พบว่า เกษตรกรรุ่นใหม่มีความรู้เกี่ยวกับสื่อสังคมออนไลน์ระดับปานกลาง มีการรู้เท่าทันสื่อสังคมออนไลน์ของเกษตรกรรุ่นใหม่ ด้านการใช้สื่อและสร้างสรรค์สื่อในระดับมาก ร้อยละ 69.90 และเกษตรกรรุ่นใหม่มีความรู้เกี่ยวกับสื่อสังคมออนไลน์ระดับมาก มีการรู้เท่าทันสื่อสังคมออนไลน์ของเกษตรกรรุ่นใหม่ ด้านการใช้สื่อและสร้างสรรค์สื่อในระดับมาก ร้อยละ 92.38

Table 3 Relationships of factors with social media literacy.

Factors	Social Media Literacy							
	An open mind to learn and understand social media				Using social media as a selected communication channel and improving communication messages via an online platform			
	$\bar{X}$	p-value	$\bar{X}$	p-value	$\bar{X}$	p-value	$\bar{X}$	p-value
1. Sex	0.035	0.851	3.883	0.049*	0.692	0.405	0.115	0.734
2. Age	0.695	0.707	0.614	0.736	6.752	0.034*	4.079	0.130
3. Education	6.205	0.267	1.270	0.866	6.921	0.140	5.419	0.247
4. Main Occupation	1.958	0.581	11.881	0.008**	8.567	0.036*	5.748	0.125
5. Secondary Occupation	2.883	0.578	1.954	0.744	4.488	0.344	2.136	0.711
6. Agricultural Type	3.059	0.548	4.831	0.305	8.196	0.085	2.438	0.656
7. Income	1.608	0.447	2.281	0.320	1.915	0.384	0.475	0.789
8. Household expense	1.008	0.604	0.068	0.966	2.447	0.294	0.815	0.665
9. Knowledge of using social media	0.815	0.367	6.003	0.014*	27.361	0.000**	36.803	0.000**

*Significant at the level 0.05, **Significant at the level 0.01.

แม้ว่าเกษตรกรรุ่นใหม่ส่วนใหญ่มีระดับการรู้เท่าทันสื่อสังคมออนไลน์ของเกษตรกรรุ่นใหม่ทั้ง 3 ด้าน คือ ด้านการเปิดรับและเข้าถึงสื่อ ด้านการวิเคราะห์และประเมินผล และด้านการใช้สื่อและสร้างสรรค์สื่อ และในภาพรวมของทั้ง 3 ด้าน อยู่ในระดับมาก แต่ทั้งนี้ เกษตรกรรุ่นใหม่ที่อยู่ในกลุ่มผู้มีความรู้เกี่ยวกับสื่อสังคมออนไลน์ระดับปานกลาง ควรได้รับการพัฒนาความรู้เกี่ยวกับสื่อสังคมออนไลน์เพิ่มขึ้น เพื่อให้เป็นผู้มีทักษะทั้งทางด้านความรู้และการรู้เท่าทันสื่อสังคมออนไลน์

ปัญหาในการใช้สื่อสังคมออนไลน์ของเกษตรกรรุ่นใหม่

เกษตรกรรุ่นใหม่ส่วนใหญ่ไม่เคยประสบปัญหาในการใช้สื่อสังคมออนไลน์ ร้อยละ 62.62 สำหรับผู้ที่เคยประสบปัญหาในการใช้สื่อสังคมออนไลน์ ร้อยละ 37.38 ซึ่งปัญหาเกิดจากความเสถียรของระบบสัญญาณเครือข่ายอินเทอร์เน็ต การมีข้อมูลอันเป็นเท็จ หลอกลวง ไม่ตรงกับความเป็นจริงบนสื่อสังคมออนไลน์ รวมไปถึงการไหลของข่าวสารที่มีปริมาณมาก รวดเร็ว และจากประสบการณ์ร่วมของผู้ส่งสารและผู้รับสารร่วมกัน เพราะผู้ส่งสารไม่เห็นอวัจนภาษาระหว่างการสื่อสาร จึงก่อให้เกิดการเข้าใจที่ผิดหรือเกิดความคลาดเคลื่อนได้ อาจเป็นเพราะเกษตรกรรุ่นใหม่บางคนยังไม่ค่อยเข้าใจ เกิดความสับสน หรือได้รับข้อมูลการใช้งาน หรือคิดไตร่ตรองการใช้สื่อสังคมออนไลน์ยังไม่ครอบคลุมในทุกด้าน จึงก่อให้เกิดความเข้าใจผิด และเกิดการรู้ไม่เท่าทันสื่อสังคมออนไลน์ในบางประเด็นได้ จึงควรได้รับการพัฒนาให้เกิดการรู้เท่าทันสื่อสังคมออนไลน์ในทั้ง 2 ด้าน คือ ด้านการวิเคราะห์และประเมินผล และด้านการใช้สื่อและสร้างสรรค์สื่อให้มากยิ่งขึ้น เพื่อป้องกันการถูกหลอกลวง หรือนำข้อมูลจากสื่อสังคมออนไลน์ไปใช้ในทางที่ผิดในอนาคตได้ ทั้งนี้ สื่อสังคมออนไลน์เป็นพื้นที่สาธารณะ ไม่มีความเป็นส่วนตัวอย่าง

แท้จริง จึงอาจก่อให้เกิดพฤติกรรมของผู้ใช้งานที่ไม่เหมาะสม เช่น การหลอกลวง และการกลั่นแกล้ง (cyber bully) บนสื่อสังคมออนไลน์ เป็นต้น

สรุปผลการศึกษา

เกษตรกรรุ่นใหม่เป็นเพศชาย อายุเฉลี่ยเท่ากับ 37.31 ปี จบการศึกษาระดับปริญญาตรี ประกอบอาชีพหลักเป็นเกษตรกร ทำการเกษตรแบบผสมผสาน ร้อยละ 40.58 มีรายได้จากการประกอบอาชีพเกษตรกรรมไม่มากนัก อีกทั้งมีค่าใช้จ่ายใกล้เคียงกับรายได้ ใช้โทรศัพท์มือถือสมาร์ทโฟนเป็นอุปกรณ์สื่อสารเพื่อเชื่อมต่อการใช้สื่อสังคมออนไลน์ วัตถุประสงค์ในการใช้เพื่อแสวงหาความรู้ กิจกรรมหลักในการใช้งานสื่อสังคมออนไลน์คือ การส่งข้อความ เป็นประจำทุกวัน ในช่วงเวลา 08.01-12.00 น. ใช้งานเฟซบุ๊ก (Facebook) เป็นหลักเฉลี่ย 1-3 ชั่วโมง/วัน เกษตรกรรุ่นใหม่มีความรู้เกี่ยวกับสื่อสังคมออนไลน์ อยู่ในระดับมาก และความรู้เท่าทันสื่อสังคมออนไลน์ของเกษตรกรรุ่นใหม่อยู่ในระดับมากเช่นกัน นอกจากนี้ อาชีพ ของเกษตรกรรุ่นใหม่ มีความสัมพันธ์กับการรู้เท่าทันสื่อสังคมออนไลน์ของเกษตรกรรุ่นใหม่ ด้านการวิเคราะห์และประเมินผล อาชีพหลักของเกษตรกรรุ่นใหม่ มีความสัมพันธ์กับการรู้เท่าทันสื่อสังคมออนไลน์ของเกษตรกรรุ่นใหม่ ด้านการใช้สื่อและสร้างสรรค์สื่อ ความรู้เกี่ยวกับสื่อสังคมออนไลน์ มีความสัมพันธ์กับการรู้เท่าทันสื่อสังคมออนไลน์ของเกษตรกรรุ่นใหม่ ด้านการใช้สื่อและสร้างสรรค์สื่อ ความรู้เกี่ยวกับสื่อสังคมออนไลน์ มีความสัมพันธ์กับการรู้เท่าทันสื่อสังคมออนไลน์ของเกษตรกรรุ่นใหม่ เกษตรกรรุ่นใหม่ส่วนใหญ่ไม่เคยประสบปัญหาในการใช้สื่อสังคมออนไลน์ สำหรับผู้ที่เคยประสบปัญหาในการใช้สื่อสังคมออนไลน์ เกิดจาก ความเสถียรของระบบสัญญาณเครือข่ายอินเทอร์เน็ต การมีข้อมูลอันเป็นเท็จ หลอกลวง ไม่ตรงกับความเป็นจริงบนสื่อสังคมออนไลน์ รวมไปถึงการไหลของข่าวสารที่มีปริมาณมาก รวดเร็ว ดังนั้น ในการวางแผนพัฒนาเกษตรกรรุ่นใหม่ เพื่อยกระดับทักษะและการรู้เท่าทันในการใช้งานสื่อสังคมออนไลน์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ควรคำนึงถึงอายุ อาชีพหลัก และความรู้เกี่ยวกับสื่อสังคมออนไลน์ ซึ่งจะส่งผลต่อการรู้เท่าทันสื่อสังคมออนไลน์ของเกษตรกร

การวิจัยครั้งนี้มีข้อเสนอแนะต่อเกษตรกรรุ่นใหม่และหน่วยงานภาครัฐที่เกี่ยวข้อง เพื่อเป็นแนวทางสำหรับการพัฒนาเกษตรกรรุ่นใหม่ให้มีการรู้เท่าทันสื่อสังคมออนไลน์ ดังนี้

1. ในด้านการวิเคราะห์และประเมินผลมีค่าเฉลี่ยน้อยกว่าด้านอื่น ๆ ดังนั้น หน่วยงานที่เกี่ยวข้องควรเสริมสร้างและพัฒนาเกษตรกรรุ่นใหม่ให้มีความสามารถในการวิเคราะห์และประเมินผลสื่อสังคมออนไลน์เพิ่มมากขึ้น
2. กิจกรรมหลักในการใช้งานสื่อสังคมออนไลน์คือ การส่งข้อความ หน่วยงานที่เกี่ยวข้องควรส่งเสริมและผลิตสื่อที่นำเสนอความรู้ที่เป็นประโยชน์ในช่องทางสื่อสังคมออนไลน์ให้มากขึ้น เพื่อให้เกษตรกรสามารถนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ และต่อยอดในการพัฒนาการเกษตร
3. เกษตรกรรุ่นใหม่ที่เคยประสบปัญหาในการใช้สื่อสังคมออนไลน์ คิดเป็นร้อยละ 37.38 ซึ่งปัญหาเกิดจากระบบสัญญาณเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ข้อมูลอันเป็นเท็จ หลอกลวง ไม่ตรงกับความเป็นจริงบนสื่อสังคมออนไลน์ เป็นต้น ดังนั้น กรมส่งเสริมการเกษตร และหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ควรเพิ่มเนื้อหาการเรียนรู้ในด้านความรู้เกี่ยวกับสื่อสังคมออนไลน์ และการรู้เท่าทันสื่อสังคมออนไลน์ เพื่อให้เกษตรกรรุ่นใหม่มีความรู้และรู้เท่าทันสื่อสังคมออนไลน์ และเท่าทันกับการเปลี่ยนแปลงไปอย่างรวดเร็วของสื่อสังคมออนไลน์มากขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณเกษตรกรรุ่นใหม่ (Young Smart Farmer) ที่ช่วยเหลือในการให้ข้อมูลเป็นอย่างดี อาจารย์ภาควิชาส่งเสริมและนิเทศศาสตร์เกษตร คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เจ้าหน้าที่กลุ่มพัฒนาเกษตรกร และเจ้าหน้าที่กลุ่มเผยแพร่และประชาสัมพันธ์ กรมส่งเสริมการเกษตรทุกท่านที่สนับสนุนเพื่อให้งานศึกษาในครั้งนี้สำเร็จลุล่วงตามวัตถุประสงค์

เอกสารอ้างอิง

กรมส่งเสริมการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2560. *Young Smart Farmer อนาคต และทิศทางภาคเกษตรไทย เล่ม 2*.

กรุงเทพฯ: ชุมชนสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.

กระทรวงเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร. 2559. *แผนพัฒนาดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจและสังคม*. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: กระทรวงเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร.

ภาณี บุญยเกื้อกูล. 2561. การขับเคลื่อนการพัฒนา Smart Farmer และ Young Smart Farmer ในปีงบประมาณ 2562.

<https://shorturl.asia/hY1p9> (8 มีนาคม 2563).

- วรณันต์ ตันติเวทย์. 2564. การประเมินมูลค่าโลมาสีชมพูทางเศรษฐศาสตร์และการปรับตัวของประชาชนจากกิจกรรมการท่องเที่ยว: กรณีศึกษา อำเภอชนอม จังหวัดนครศรีธรรมราช. วิทยานิพนธ์ปริญญาเศรษฐศาสตรมหาบัณฑิต, บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- วิทเอก สว่างจิต. 2564. การพัฒนาสมรรถนะเกษตรกรสู่การเป็นผู้นำเกษตรกรรุ่นใหม่. วารสารวิจัยและส่งเสริมวิชาการเกษตร 3(1): 126-134.
- สำนักการคุ้มครองผู้บริโภคในกิจการกระจายเสียงและกิจการโทรทัศน์ (บส.) และสำนักงานคณะกรรมการกิจการกระจายเสียง กิจการโทรทัศน์ และกิจการโทรคมนาคมแห่งชาติ (สำนักงาน กสทช.). 2558. รายงานสรุปการสัมมนาว่าด้วยการรู้เท่าทันสื่อและสารสนเทศในยุคดิจิทัล. http://bcp.nbtc.go.th/uploads/items/attachments/45645a27c4f1adc8a7a835976064a86d/_a4ca3ce89880d7e3d6b06912d23f2f68.pdf (8 มีนาคม 2563).
- สำนักงานพัฒนาธุรกรรมทางอิเล็กทรอนิกส์ (องค์การมหาชน). 2562. รายงานผลการสำรวจพฤติกรรมผู้ใช้อินเทอร์เน็ตในประเทศไทย ปี 2561. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: สำนักงานพัฒนาธุรกรรมทางอิเล็กทรอนิกส์.
- อิริชา วุฒิรังษี. 2564. การรู้เท่าทันสื่อดิจิทัลของผู้สูงอายุ. วารสารสหศาสตร์ 21(1): 90-106.

วันรับบทความ : (Received date) : 12 ก.ย. 64
 วันแก้ไขบทความ : (Revised date) : 25 มี.ค. 65
 วันตอบรับบทความ : (Accepted date) : 27 เม.ย. 65

KING MONGKUT'S AGRICULTURAL JOURNAL

Research Articles:		Page
❑ Relationship between Environmental Factors and Species Diversity of Freshwater Snail in Reservoirs within Thoeng District, Chiang Rai Province	Kittichai Chantima, Tippawan Prasertsin, Krittawit Suk-ueng and Apinyanee Upajak	1
❑ Influence of Seawater Intrusion on the Properties of Paddy Soils in Lower Central Plain, Thailand	Nawarat Wetvithan, Napaporn Phankamolsil and Kiattisak Sonsri	7
❑ Knowledge Transfer Situation for Agricultural Extension in Schools in Urban Areas	Phatchara Eamkijkarn Sabaijai and Tippawan Limunggura	18
❑ Examination of Host Plants and Quantity of Ectomycorrhiza (<i>Astraeus odoratus</i>) Suitable for Promoting Ectomycorrhiza Rooting of Dipterocarpaceae Seedlings under Greenhouse Conditions	Tanapak Inyod, Thanakorn Lattirasuvan, Thanapat Termarom, Chatree Konee, Surima Yatsom, Piyada Eamprasong, Natthapach Srihanant and Anupong Gabjun	28
❑ The Development of Site-specific Nutrient Management Recommendations for Sugarcane Culture in Kamphaeng Saen Soil Series, Central Western Region of Thailand	Suchada Karuna, Napaporn Phankamolsil, Tawatchai Inboonchuay, Wipawan Thaymuang, Aunthicha Phommuangkhuk and Sirinapa Chungopast	38
❑ Mixture Design Technique of Dried Fruits in Puffed Rice Bar for ASEAN Healthy Food	Piluntasoot Suwannalert, Narissara Wangmanao, Wirasak Somyana and Naksit Panyoyai	48
❑ Effect of Temperature and Time of Drying Process on Chemical Quality of Konjac Powder and its Application in Sausage Emulsion	Apirada Phonpannawit	58
❑ Influence of Fertilizer Types on Total Phenolic and Inulin Contents in Jerusalem artichoke (<i>Helianthus tuberosus</i> L.)	Chayut Srihanoo, Wanwipa Pinta and Chorkaew Aninbon	68
❑ Effect of Potassium and Magnesium Fertilizer on Growth and Yield Quality of Camellia Oil Tea in Ban Pang Mahan, Chiang Rai Province	Peeranat Ruayboonsong, Tawatchai Inboonchuay, Chaisit Thongjoo, Jutamas Romkaew and Chanida Kerdchana	76
❑ Factors Relating to Social Media Literacy of Young "Smart Farmers"	Nutchra Sarakul and Patcharavadee Sriboonruang	85