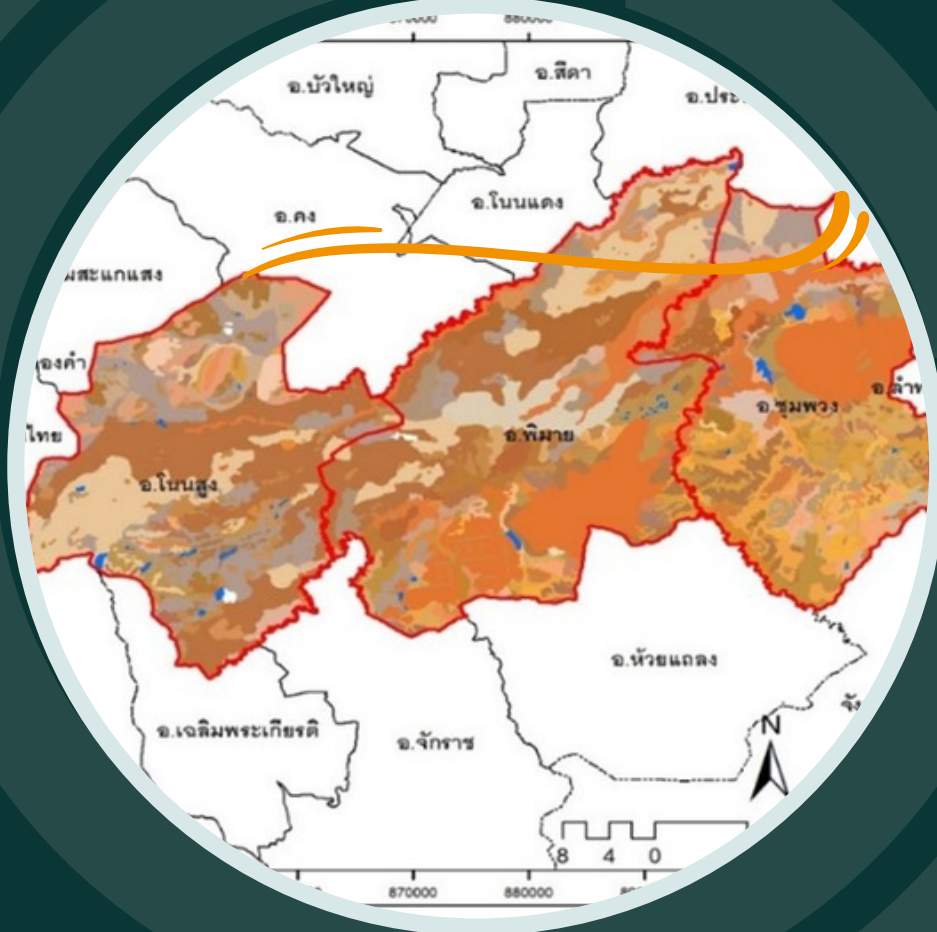


วารสารวิทยาศาสตร์และนวัตกรรมเชิงพื้นที่ Journal of Science and Area – based Innovation

ISSN 3027-8163 (Online)

ปีที่ 1 ฉบับที่ 1 มกราคม – เมษายน 2567
VOL. 1 NO. 1 JANUARY – APRIL 2024



วารสารวิทยาศาสตร์และนวัตกรรมเชิงพื้นที่
(Journal of Science and Area-based Innovation)

บรรณาธิการที่ปรึกษา

รองศาสตราจารย์ ดร.อดิสร เนาวนนท์

มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา

บรรณาธิการ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วาสนา ภาณุรักษ์

มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธนากร แสงสง่า

มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา

รองบรรณาธิการ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรารุณ ธนะมูล

มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นิรันดร์ คงฤทธิ์

มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา

กองบรรณาธิการ

ศาสตราจารย์เกียรติคุณ ดร. มนัส สุวรรณ

มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่

ศาสตราจารย์ ดร.สุปรีย์ พินิจสุนทร

มหาวิทยาลัยขอนแก่น

ศาสตราจารย์ ดร.วงศ์ เล้าหศิริวงศ์

มหาวิทยาลัยขอนแก่น

รองศาสตราจารย์ ดร.พรเทพ ถนอมแก้ว

มหาวิทยาลัยขอนแก่น

รองศาสตราจารย์ ดร. ชิตณรงค์ ศิริสถิตย์กุล

มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์

รองศาสตราจารย์ ดร.บดินทร์ สมตระกูล

มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อำนาจ วัฒนกรสิริ

มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อรอุมา ปราชญ์ปรีชา

มหาวิทยาลัยวงษ์ชวลิตกุล

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สัมฤทธิ์ มากสง

มหาวิทยาลัยราชภัฏกาญจนบุรี

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธนาวัฒน์ เยมอ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก

รองศาสตราจารย์ ดร.ณภัทร น้อยน้ำใส

มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา

รองศาสตราจารย์สุกัญญา กล่อมจ่อ

มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อ่อนลณี กมลอินทร์

มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา

ดร.สรโรชนี แก้วธานี

มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา

ผู้จัดการวารสาร

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. จิรัชฎา ไชยงเหลือม

นางภาควรรณ ศกุนตนา

นายวิศวมาศ รักดีกุล

นางสาวสุดารัตน์ ม่วงกลาง

นายภานุภา พลายหมื่นไวย

กำหนดการเผยแพร่

ปีละ 3 ฉบับ

ฉบับที่ 1 มกราคม – เมษายน

ฉบับที่ 2 พฤษภาคม – สิงหาคม

ฉบับที่ 3 กันยายน – ธันวาคม

วัตถุประสงค์

วารสารวิทยาศาสตร์และนวัตกรรมท้องถิ่น เป็นวารสารเผยแพร่แบบออนไลน์ รับผิดชอบบทความวิจัยและบทความวิชาการด้านการนำวิทยาศาสตร์และนวัตกรรมเชิงเพื่อการพัฒนาพื้นที่ในระดับต่าง ๆ 4 สาขา ดังนี้

1. วิทยาศาสตร์กายภาพและชีวภาพ
2. วิทยาศาสตร์สุขภาพ
3. วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
4. นวัตกรรมเชิงพื้นที่

เจ้าของ: สถาบันวิจัยและพัฒนา อาคารเฉลิมพระเกียรติ (อาคาร 9) มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา

340 ถนนสุรนารายณ์ ตำบลในเมือง อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา 30000

โทรศัพท์: 044-009009 ต่อ 9462 โทรสาร : 044-272941

เว็บไซต์: <https://li05.tci-thaijo.org/index.php/JSAL/>

อีเมล: jsainrru@gmail.com

ออกแบบปก: ดร.สโรชินี แก้วธานี

- ❖ บทความวิจัยและบทความวิชาการที่ได้รับการตีพิมพ์ผ่านการพิจารณากลั่นกรองโดยผู้ทรงคุณวุฒิ (Peer review) ในแต่ละสาขา ไม่น้อยกว่า 3 ท่าน แบบ Double-blind peer review โดยผู้ประเมินและผู้เขียนอยู่ต่างหน่วยงานกัน
- ❖ เนื้อหาบทความ ภาพประกอบและตารางต่าง ๆ ที่ตีพิมพ์ลงวารสารเป็นความเห็นส่วนตัวของผู้เขียนเอง กองบรรณาธิการไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไปและไม่มีส่วนรับผิดชอบใด ๆ ถือว่าเป็นความรับผิดชอบของผู้เขียนแต่เพียงผู้เดียว
- ❖ บทความใดที่ผู้อ่านเห็นว่ามีอาการลอกเลียนหรือแอบอ้างโดยปราศจากการอ้างอิงหรือทำให้เข้าใจผิดว่าเป็นผลงานของผู้เขียน กรุณาแจ้งให้ทางกองบรรณาธิการวารสารทราบ

บทบรรณาธิการ

วารสารวิทยาศาสตร์และนวัตกรรมเชิงพื้นที่ (Journal of Science and Area-based Innovation: JSAI) เป็นวารสารของสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา มีวัตถุประสงค์เพื่อตีพิมพ์และเผยแพร่บทความวิชาการ บทความวิจัย และผลงานวิจัยที่ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและนวัตกรรม ที่นำไปแก้ไขปัญหาและพัฒนาเชิงพื้นที่ในระดับกลุ่ม ชุมชน หมู่บ้าน ตำบล จังหวัดหรือกลุ่มจังหวัด เผยแพร่องค์ความรู้แก่นักวิชาการและบุคคลทั่วไป และส่งเสริมให้นักศึกษา นักวิชาการในหน่วยงานราชการ หรืออาจารย์ในมหาวิทยาลัยได้เสนอผลงานทางวิชาการสู่สาธารณะ โดยตีพิมพ์เผยแพร่ฉบับแรกในรูปแบบออนไลน์ผ่านระบบ Thai Journal Online System ในปี พ.ศ. 2567 มีกำหนดการออกเผยแพร่ราย 4 เดือน ปีละ 3 ฉบับ โดยบทความทุกเรื่องได้รับการประเมินจากผู้ทรงคุณวุฒิทั้งจากภายในและภายนอกมหาวิทยาลัยจำนวน 3 ท่าน ในลักษณะการประเมินแบบ Double-blind peer review ให้ถูกต้องตามมาตรฐานวิชาการก่อนการตีพิมพ์เผยแพร่

วารสารฉบับนี้เป็นฉบับปฐมฤกษ์ปีที่ 1 ฉบับที่ 1 เดือน มกราคม-เมษายน 2567 มีบทความเผยแพร่ทั้งหมดจำนวน 5 เรื่อง แบ่งเป็นบทความวิชาการจำนวน 1 เรื่อง ได้แก่ “การควบคุมการเกิดกรดฮาลอะซีติกจากการฆ่าเชื้อโรคด้วยสารคลอรีนของระบบผลิตน้ำประปา” บทความวิจัยจำนวน 4 เรื่อง ได้แก่ “การพัฒนานวัตกรรมผลิตภัณฑ์เคปปลาฉลาดโซเดียมต่ำของชุมชนป่าพุทธรักษา อำเภอยางชุมน้อย จังหวัดนครราชสีมา” “การเฝ้าระวังติดตามการแพร่กระจายดินเค็มจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศและการใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณพื้นที่นาเกลือ จังหวัดนครราชสีมา” “ผลของการใช้เชื้อราไมคอร์ไรซาร่วมกับการใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในชุดดินจตุรัส” และ “การหาความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิพื้นผิวกับดัชนี NDVI NDWI และ NDBI ในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา” ซึ่งเป็นบทความที่ใช้องค์ความรู้ด้านวิทยาศาสตร์และนวัตกรรมด้านต่าง ๆ เพื่อการพัฒนาเชิงพื้นที่

ในนามกองบรรณาธิการขอขอบพระคุณผู้เขียนทุกท่านที่ให้เกียรติในการส่งบทความเพื่อตีพิมพ์เผยแพร่ในฉบับปฐมฤกษ์นี้ รวมถึงผู้ทรงคุณวุฒิที่สละเวลาอันมีค่าในการประเมินพิจารณาตรวจสอบและกลั่นกรองบทความวิจัยและบทความวิชาการ ขอขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร.อดิสร เนาวนนท์ อธิการบดีมหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วาสนา ภาณุรักษ์ ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา ที่ให้การสนับสนุนในการจัดทำวารสารวิทยาศาสตร์และนวัตกรรมเชิงพื้นที่และทำให้วารสารฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธนากร แสงสง่า

บรรณาธิการ

สารบัญ

	หน้า
การควบคุมการเกิดกรดฮาโลอะซิดิกจากการฆ่าเชื้อโรคด้วยสารคลอรีนของระบบผลิตน้ำประปา <i>พงศ์ธร แสงชูติ</i>	1
การพัฒนานวัตกรรมผลิตภัณฑ์เคยปลาฉลามไซเคียมต่ำของชุมชนป่าพรุควนเคร็ง อำเภอยะเอนก จังหวัดนครศรีธรรมราช <i>ฉัตรชัย สังข์เผด็จ, สุริยะ จันทร์แก้ว, จิราภรณ์ สังข์เผด็จ, อนุสรณ์ บรรลือพีช, นุชวรา อังคารา และ โชคชัย หมั่นถนอม</i>	9
การเฝ้าระวังติดตามการแพร่กระจายดินเค็มจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศและการใช้ประโยชน์ ที่ดินบริเวณพื้นที่นาเกลือ จังหวัดนครราชสีมา <i>ณภัทร น้อยน้ำใส</i>	21
ผลของการใช้เชื้อราไมคอร์ไรซาร่วมกับการใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินต่อการเจริญเติบโตและผลผลิต ของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในชุดดินจตุรัส <i>นพดล การดี, วิรุฬ คงเมือง และณภัทร น้อยน้ำใส</i>	27
การหาความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิพื้นผิวกับดัชนี NDVI NDWI และ NDBI ในเขตเทศบาลนคร นครราชสีมา <i>กิตติยา แหวนกระโทก และสโรชินี แก้วธานี</i>	38

บทความวิชาการ (Review Article)

การควบคุมการเกิดกรดฮาโลอะซีติกจากการฆ่าเชื้อโรคด้วยสารคลอรีนของระบบผลิตน้ำประปา
The controlling of haloacetic acid formation during disinfection using chlorine in
water supply system

พงศ์ธร แสงชูติ*

สาขาวิชาอาชีวอนามัยและความปลอดภัย คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

Phongthon Saengchut*

Occupational Health and Safety Program, Faculty of Science, Ubon Ratchathani University

*Corresponding author, E-mail: Phongthon.s@ubu.ac.th

Received: January 10, 2024 / Revised: February 17, 2024/ Accepted: February 23, 2024

บทคัดย่อ

การศึกษาโดยการรวบรวมข้อมูลจากบทความทางวิชาการและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับกรดฮาโลอะซีติกเพื่อเป็นข้อมูลสำหรับการปรับปรุงและการพัฒนาระบบผลิตน้ำประปาให้ดีขึ้น กรดฮาโลอะซีติกเป็นสารพลอยได้จากการฆ่าเชื้อโรคเกิดขึ้นจากปฏิกิริยาทางเคมี ระหว่างสารอินทรีย์ธรรมชาติในน้ำดิบกับสารคลอรีนที่ใช้ฆ่าเชื้อโรค ซึ่งความเข้มข้นของการเกิดกรดฮาโลอะซีติกอาศัย 5 ปัจจัย ได้แก่ ความเข้มข้นของสารอินทรีย์ธรรมชาติในน้ำ ความเข้มข้นของสารคลอรีน อุณหภูมิ พีเอช และระยะเวลาสัมผัส โดยกรดฮาโลอะซีติกมีศักยภาพสามารถก่อมะเร็งในมนุษย์ สามารถเข้าสู่ร่างกายจากการดื่ม-กิน การซึมผ่านผิวหนัง และการหายใจ นอกจากนี้กรดฮาโลอะซีติกสามารถคงค้างในสิ่งแวดล้อมได้นานกว่า 63 วัน ซึ่งทำให้เกิดการสะสมในห่วงโซ่อาหารได้ ดังนั้นต้องมีการควบคุม 5 ปัจจัยหลักให้เหมาะสม หรือใช้เทคโนโลยีในการกำจัดกรดฮาโลอะซีติกโดยตรง เช่น การใช้เมมเบรนที่มีประสิทธิภาพการกำจัดสูงถึงร้อยละ 90-100

คำสำคัญ: กรดฮาโลอะซีติก การฆ่าเชื้อโรคด้วยคลอรีน น้ำประปา

Abstract

The study was collected data from academic articles and research about haloacetic acids (HAAs) for the improvement and development of water supply systems. The haloacetic acids were disinfection by-product formation from chemical reaction between natural organic matter with chlorine. Haloacetic acids concentration depends on 5 factors such as concentration of natural organic matter, concentration of chlorine, temperature, pH, and contact times. Haloacetic acids have potentially cause cancer in human, ingestion exposure dermal exposure and inhalation exposure. Additionally, haloacetic acid can remain in the environment for more than 63 days, causing them to accumulate in the food chain. As a result, five parameters must be under control in order to remove haloacetic acids appropriately, or technology can be used to direct removal with an efficiency of 90%–100% using the membrane.

Keywords: Haloacetic acids (HAAs), Chlorine disinfection, Water supply

บทนำ

น้ำเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญต่อสิ่งมีชีวิตทุกชนิด มนุษย์ใช้น้ำในหลายด้าน เช่น ด้านครัวเรือน ด้านการเกษตร และด้านอุตสาหกรรม โดยน้ำที่สะอาดต้องปราศจากสิ่งปนเปื้อนทั้งทางกายภาพ ทางเคมี และทางชีวภาพ ซึ่งการทำน้ำให้สะอาดในปัจจุบันนิยมใช้กระบวนการสร้างและรวมตะกอน รวมทั้งใช้สารคลอรีนในการฆ่าเชื้อโรค เรียกว่า ระบบผลิตน้ำประปา แต่การใช้สารเคมีในการฆ่าเชื้อโรคทำให้เกิดสารไม่พึงประสงค์หลายชนิด เรียกว่า สารพลอยได้จากการฆ่าเชื้อโรค

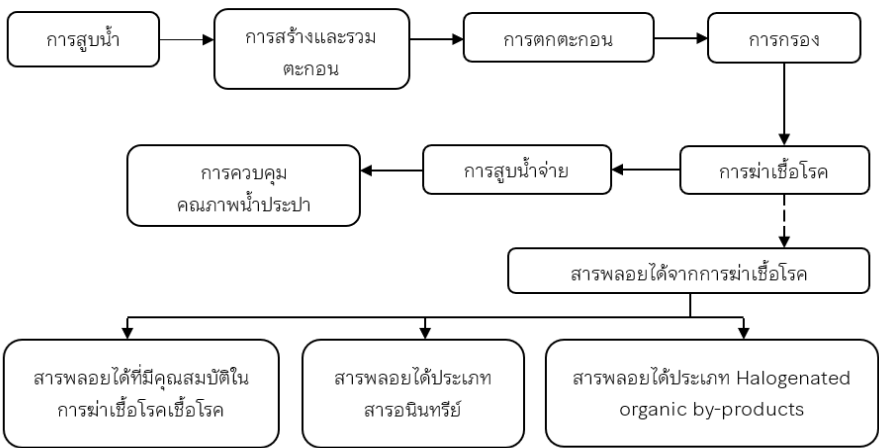
สารพลอยได้จากการฆ่าเชื้อโรคในน้ำมากกว่า 600 กลุ่ม (Tsitsifli et al., 2018) เกิดขึ้นด้วยปฏิกิริยาทางเคมีระหว่างสารอินทรีย์ธรรมชาติในน้ำ และสารอินทรีย์ที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ (Cheema et al., 2017) กับสารคลอรีน โดยกลุ่มของสารพลอยได้จากการฆ่าเชื้อโรคที่เกิดขึ้นมีปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมเป็นองค์ประกอบ ได้แก่ ความเข้มข้นของสารอินทรีย์ธรรมชาติในน้ำ ความเข้มข้นของสารคลอรีน อุณหภูมิ พีเอช และระยะเวลาสัมผัส ทั้งนี้สารพลอยได้จากการฆ่าเชื้อโรคจัดเป็น 1 ใน 10 ของสารอันตรายที่ก่อให้เกิดความเสี่ยงทางสุขภาพ ซึ่งมีศักยภาพสามารถก่อมะเร็งในมนุษย์ เช่น ดับ ไต ระบบน้ำเหลือง (Nikolaou et al., 2004) และกลุ่มที่พบบ่อยมากที่สุดคือ สารไตรฮาโลมีเทน แต่ความเข้มข้นที่พบน้อยกว่าร้อยละ 50 ของกรดฮาโลอะซีติก ทั้งที่กรดฮาโลอะซีติกพบรองลงมา จากการศึกษาของ Saengchut et al. (2018) จังหวัดนครราชสีมาพบความเข้มข้นของกรดฮาโลอะซีติกในน้ำประปามากกว่า 100 ไมโครกรัมต่อลิตร และการศึกษาของ Palumbo et al. (2018) ประเทศบราซิลพบความเข้มข้นของกรดฮาโลอะซีติกในน้ำประปาช่วงระหว่าง 94-170 ไมโครกรัมต่อลิตร

ดังนั้นเพื่อเป็นการป้องกัน และควบคุมคุณภาพน้ำประปาให้ปราศจากสิ่งเจือปนที่สามารถส่งผลกระทบต่อสุขภาพมนุษย์ ผู้เขียนได้รวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับกรดฮาโลอะซีติกโดยจะกล่าวในรายละเอียดต่อไป

ระบบผลิตน้ำประปา

น้ำประปาจากแหล่งน้ำดิบผิวดินมีขั้นตอนกระบวนการผลิต (ประพัฒน์ เป็นตามวา, 2555) ดังแสดงในภาพที่ 1 และมีรายละเอียดดังนี้

- การสูบน้ำ การสูบน้ำดิบจากแหล่งน้ำธรรมชาติเพื่อลำเลียงเข้าสู่ระบบผลิต
- การสร้างและรวมตะกอน การทำให้อนุภาคแขวนลอยรวมทั้งสารอินทรีย์ธรรมชาติสูญเสียเสถียรภาพและจับตัวกับสารสร้างตะกอน เช่น สารส้ม เป็นเม็ดตะกอนและรวมตัวจนเป็นตะกอนที่โตพอจะถูกกำจัดออกจากน้ำได้ง่าย
- การตกตะกอน น้ำที่ผ่านกระบวนการสร้างและรวมตะกอนแล้วเข้าสู่ถังตกตะกอนทำให้ตะกอนตกลงสู่ก้นถังและถูกดูดทิ้ง
- การกรอง กรองตะกอนที่ยังเหลืออยู่ในน้ำ โดยถังกรองใช้ตัวกลางต่าง ๆ เช่น ทราย ถ่านแอนทราไซต์
- การฆ่าเชื้อโรค สร้างความมั่นใจต่อผู้ใช้น้ำว่าไม่มีเชื้อโรคหลงเหลืออยู่ด้วยกระบวนการฆ่าเชื้อโรค ซึ่งการใช้กระบวนการฆ่าเชื้อโรคขึ้นกับวัตถุประสงค์ของการใช้งานสามารถพิจารณาได้ดังแสดงในตารางที่ 1 (Tsitsifli et al., 2018; WHO, 2006)
- การควบคุมคุณภาพน้ำประปา การตรวจสอบคุณภาพเพื่อให้ได้น้ำประปาที่ปลอดภัยสำหรับการอุปโภคบริโภค โดยต้องอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด
- การสูบน้ำจ่าย เก็บในถังน้ำใส และหอถังสูง เพื่อทำให้เกิดแรงดันน้ำในการจ่ายน้ำให้บริการไปตามเส้นท่อถึงบ้านผู้อุปโภคและผู้บริโภค



ภาพที่ 1 ขั้นตอนกระบวนการผลิตน้ำประปา

ตารางที่ 1 กระบวนการฆ่าเชื้อโรค

การฆ่าเชื้อโรค	ข้อดี	ข้อเสีย
สารคลอรีน	ประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อโรคสูง และคงค้างในน้ำได้ดี	เกิดสารพลอยได้ และคงค้างในน้ำได้ต่ำเมื่ออยู่ในน้ำเวลานาน
สารคลอรามีน	คงค้างในน้ำได้นาน เกิดกลิ่นและรสชาติน้อย	ประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อโรคต่ำ
ก๊าซคลอรีน	ประสิทธิภาพสูงกว่าสารคลอรีนที่พีเอชสูง และเกิดสารพลอยได้น้อยกว่า	เกิดสารพลอยได้โดยมีสารตั้งต้นเป็นสารอินทรีย์
โอโซน	ประสิทธิภาพการฆ่าเชื้อโรคได้ดี	ไม่มีการคงค้างในน้ำ
รังสียูวี	ไม่เกิดสารพลอยได้	ประสิทธิภาพต่ำกว่าสารคลอรีน และไม่คงค้างในน้ำ

กรดฮาโลอะซีติก

กรดฮาโลอะซีติก คือ สารพลอยได้ที่เกิดขึ้นจากกระบวนการฆ่าเชื้อโรคในระบบผลิตน้ำประปา ซึ่งจัดอยู่ในกลุ่ม Halogenated organic by-products โดยเป็นสารตกค้างที่เกิดจากปฏิกิริยาทางเคมีระหว่างสารอินทรีย์ธรรมชาติในน้ำกับสารคลอรีน

1. การเกิดกรดฮาโลอะซีติก สารพลอยได้ที่มีศักยภาพก่อมะเร็งเกิดจากปฏิกิริยาเคมีของสารฆ่าเชื้อโรคของกระบวนการผลิตน้ำประปาในปัจจุบันนิยมใช้สารคลอรีนเนื่องจากมีประสิทธิภาพสูงในการฆ่าเชื้อโรค และสามารถคงค้างในน้ำได้นาน โดยสารคลอรีนอิสระในรูป HOCl และ OCl⁻ กับสารอินทรีย์ธรรมชาติในน้ำ เช่น กรดฮิวมิก และกรดฟุลวิก (Ghomsheh et al., 1790; Marhaba et al., 1998) กรดฮาโลอะซีติกเป็นสารประกอบที่ไม่มีสีและกลายเป็นไอได้น้อย นอกจากนี้ยังสามารถละลายในน้ำได้ดีและค่อนข้างเสถียร การเกิดกรดฮาโลอะซีติกขึ้นอยู่กับลักษณะของน้ำใช้ในการปรับปรุงคุณภาพ เช่น ปริมาณคาร์บอนทั้งหมด ค่าพีเอช อุณหภูมิ แอมโมเนีย และสภาพอัลคาไลน์โดยรวมทั้งสถานะในการเดินระบบปรับปรุงคุณภาพ เช่น ปริมาณสารฆ่าเชื้อโรค และเวลาสัมผัส ทั้งนี้ น้ำที่มีการปรับปรุงคุณภาพพบสารไตรฮาโลมีเทนมากกว่าสารพลอยได้อื่น ๆ รองลงมาคือ กรดฮาโลอะซีติก แต่ความเข้มข้นของกรดฮาโลอะซีติกในน้ำหลังจากการปรับปรุงคุณภาพมีมากกว่าร้อยละ 50 ของความเข้มข้นของสารไตรฮาโลมีเทน

2. กลไกการเกิดกรดฮาโลอะซิติก เกิดจากการทำปฏิกิริยาทางเคมีระหว่างสารคลอรีนอิสระ (ในรูป HOCl และ OCl⁻) กับสารอินทรีย์ธรรมชาติในน้ำที่มีกลุ่มโพพาโนนเป็นองค์ประกอบ (CH₃COCCCl₃) เช่น กรดฮิวมิก และกรดฟุลวิก โดยโครงสร้างของกรดฮิวมิกมีโครงสร้างที่เป็นวงแหวนอะโรมาติกมากและมีหมู่ฟังก์ชันต่าง ๆ ได้แก่ หมู่คาร์บอกซิล หมู่ไฮดรอกซิล หมู่เอไมด์ และฟีนอลิกที่ยื่นออกมาจากโครงสร้างซึ่งเป็นส่วนที่คลอรีนสามารถเข้ามาทำปฏิกิริยาจนเกิดเป็นสารประกอบฮาโลเจนที่มีคาร์บอน 1 อะตอมเป็นองค์ประกอบ และอาจมีการแทนที่ด้วย ฟลูออรีน ไอโอดีน คลอรีน โบรมีน หรือธาตุเหล่านี้ทุกตัวรวมกัน (Ghomsheh et al., 1790; Marhaba et al., 1998) โดยจัดเป็นสารพลอยได้ประเภท Halogenated organic by-products นอกจากกลุ่มสารกรดฮาโลอะซิติก แล้วยังมีกลุ่มอื่นด้วย ได้แก่ สารประกอบกลุ่ม Trihalomethanes (THMs) กลุ่ม Haloacetonitriles กลุ่ม Haloketones กลุ่ม Chlorophenols เป็นต้น

3. ชนิด โครงสร้าง และสมบัติทางกาย-เคมีของกรดฮาโลอะซิติก โดยมีทั้งหมด 9 ชนิด ซึ่งลักษณะของสารประกอบที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับสารอินทรีย์ธรรมชาติในน้ำและปริมาณของสารมาเชื้อโรคที่มีฮาโลเจนเป็นองค์ประกอบ (Dmitruk & Dojlido, 2007; Uansiri, 2009) ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 สมบัติทางกายและเคมีของกรดฮาโลอะซิติกแต่ละชนิด

ชนิดของกรดฮาโลอะซิติก	สูตรโครงสร้าง	น้ำหนักโมเลกุล (g/mol)	pKa	จุดเดือด (°C)	ครึ่งชีวิต (วัน)
กรดโมโนคลอโรอะซิติก		94.50	2.87	188	42
กรดไดคลอโรอะซิติก		128.90	1.25	194	10
กรดไตรคลอโรอะซิติก		163.40	0.77	196	6
กรดโมโนโบรโมอะซิติก		138.95	2.90	157	63
กรดไดโบรโมอะซิติก		217.85	1.47	128-130	14
กรดไตรโบรโมอะซิติก		173.36	1.39	210-212	18
กรดโบรโมไดคลอโรอะซิติก		252.26	1.09	-	-
กรดไดโบรโมคลอโรอะซิติก		207.81	1.09	-	-
กรดโบโมคลอโรอะซิติก		296.74	2.10	245	8

4. ปัจจัยของการเกิดกรดฮาโลอะซีติก นอกจากปฏิกิริยาทางเคมีระหว่างสารอินทรีย์ธรรมชาติในน้ำกับสารคลอรีนแล้วยังมีปัจจัยอื่น ๆ เป็นองค์ประกอบต่อการก่อเกิดกรดฮาโลอะซีติก ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ปัจจัยการเกิดกรดฮาโลอะซีติก

ลำดับ	ปัจจัย	ผลกระทบที่ส่งผล	ที่มา
1	สารคลอรีน	สารอินทรีย์ธรรมชาติในน้ำทำปฏิกิริยากับสารคลอรีนเกิดกรดฮาโลอะซีติก เมื่อใช้คลอรีนเข้มข้น 2 มิลลิกรัมต่อลิตร	Lu et al. (2009)
2	สารอินทรีย์ธรรมชาติในน้ำ	สารอินทรีย์ธรรมชาติในน้ำในรูปอะโรมาติกที่มีขนาดใหญ่ผลต่อการเกิดกรดฮาโลอะซีติกมากกว่ารูปกรดฮิวมิก และฟลูวิก	มัลลิกา ปัญญะโคโป และ ผ่องศรี เผ่าภูรี (2550)
3	เวลาสัมผัส	กรดฮาโลอะซีติกเกิดอย่างรวดเร็วใน 5 ชั่วโมงแรก และก่อตัวสมบูรณ์ภายใน 24 ชั่วโมง ซึ่งจะหยุดปฏิกิริยาหลังจาก 150 ชั่วโมงเป็นต้นไป	Guay et al. (2005)
4	ค่าความเป็นกรด-ด่าง	ค่าสูงสุดที่มีผลต่อการเกิดกรดฮาโลอะซีติกไม่เกิน 9 ซึ่งจะได้ค่าที่ค่า 7-7.5	Bond et al. (2012)
5	อุณหภูมิ	ค่าอุณหภูมิที่สูงขึ้นส่งผลต่อการเกิดกรดฮาโลอะซีติกในปริมาณสูง ซึ่งอุณหภูมิ 10-30 องศาเซลเซียส เกิดถึงร้อยละ 20-30	Rodriguez et al. (2007)

หมายเหตุ: ปรับปรุงมาจาก WHO (2006)

5. ผลกระทบทางสุขภาพจากการได้รับกรดฮาโลอะซีติก มี 2 ชนิดที่ถูกกำหนดระดับความเป็นพิษ คือ กรดไดคลอโรอะซีติกมีศักยภาพสามารถก่อมะเร็งในมนุษย์ได้ และกรดไตรคลอโรอะซีติกมีศักยภาพอาจจะก่อมะเร็งในมนุษย์ได้ระดับความเป็นพิษดังกล่าวส่งผลต่อความสามารถในการสืบพันธุ์ การคลอด ระบบไหลเวียนโลหิต และอวัยวะภายใน (Nikolaou et al., 2004) นอกจากความเป็นพิษในมนุษย์แล้วจากการรายงาน WHO (2006) กรดโมโนคลอโรอะซีติกส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงพันธุกรรมในหนู และการได้รับสัมผัสจากกรดไดคลอโรอะซีติกส่งผลต่อการเกิดมะเร็งในตับของหนู

การกำหนดค่าระดับความปนเปื้อนกรดฮาโลอะซีติกสูงสุดที่ยอมรับได้โดย 2 มาตรฐาน ได้แก่ องค์การพิทักษ์สิ่งแวดล้อมแห่งสหรัฐอเมริกากำหนดไว้ไม่เกิน 60 ไมโครกรัมต่อลิตร สำหรับน้ำดื่ม-น้ำประปา (จุดแรกของการจ่ายน้ำ) และคณะกรรมการแถบยุโรป กำหนดไว้ไม่เกิน 80 ไมโครกรัมต่อลิตร (US.EPA., 2012) สำหรับน้ำประปา (จุดใช้น้ำ) เนื่องจากในปัจจุบันคำนึงถึงความปลอดภัยต่อผู้บริโภคจึงใช้มาตรฐานขององค์การพิทักษ์สิ่งแวดล้อมแห่งสหรัฐอเมริกาเป็นส่วนใหญ่

6. กระบวนการการกำจัดกรดฮาโลอะซีติก การกำจัดเพื่อลดความเสี่ยงต่อการได้รับสัมผัสกรดฮาโลอะซีติกในน้ำที่ใช้อุปโภคบริโภคแสดงดังตารางที่ 4 โดยประสิทธิภาพสูงสุดด้วยวิธีการใช้เมมเบรนเนื่องด้วยคุณสมบัติของกรดฮาโลอะซีติกมีองค์ประกอบของอะตอมของคลอรีนที่จับอยู่บนโครงสร้างของสารอินทรีย์ธรรมชาติ (หมู่คาร์บอกซิล) โดยอะตอมของคลอรีนมีขนาด 4.217 อังสตรอม หรือ 0.4217 นาโนเมตร ทั้งนี้คลอรีนที่อยู่บนโครงสร้างของหมู่คาร์บอกซิลสูงสุด 3 อะตอม ทำให้ขนาดอนุภาคของกรดฮาโลอะซีติกจึงไม่เกิน 1 นาโนเมตร ซึ่งมีขนาดใหญ่กว่าเมมเบรนที่เป็นเยื่อเลือกผ่าน (ชัยยศ ตั้งสฤติย์กุลชัย, 2554)

ตารางที่ 4 กระบวนการกำจัดกรดฮาโลอะซีติก

กระบวนการ	ประสิทธิภาพในการกำจัด (%)	ค่าใช้จ่าย	ที่มา
การสร้างและรวมตะกอน	27-58	ต่ำ-ปานกลาง	Chuang et al. (2011)
การดูดซับ	70.42-94	ปานกลาง	Babi et al. (2007) Ghomshe et al. (2011)
โอโซน	20-37	ปานกลาง-สูง	Guay et al. (2005) Ratasuk et al. (2008)
เมมเบรน	90-100	สูง	Ratasuk et al. (2009)

หมายเหตุ: ปรับปรุงมาจากพงค์ธร แสงชูติ (2560)

สรุป

น้ำประปาที่ใช้สำหรับการอุปโภคบริโภคในปัจจุบันส่วนมากมาจากกระบวนการผลิตน้ำที่มีการสร้างและรวมตะกอนเพื่อลดสารแขวนลอย รวมทั้งใช้สารคลอรีนเป็นสารฆ่าเชื้อโรคเป็นส่วนใหญ่ซึ่งการใช้สารคลอรีนส่งผลต่อประสิทธิภาพการฆ่าเชื้อโรคสูง ทั้งยังคงค้างในน้ำได้นาน สร้างความมั่นใจต่ออุปโภคบริโภคน้ำ แต่สารคลอรีนที่มากเกินไปจากการฆ่าเชื้อโรคสามารถทำปฏิกิริยากับสารอินทรีย์ธรรมชาติในน้ำดิบที่หลงเหลือจนเกิดเป็นสารพลอยได้ โดยสารพลอยได้ประเภท Halogenated organic by-products กลุ่มกรดฮาโลอะซีติกพบได้รองลงมาจากกลุ่มสารไตรฮาโลมีเทน แต่กลุ่มกรดฮาโลอะซีติกที่พบมีความเข้มข้นสูงกลุ่มไตรฮาโลมีเทนมากกว่าร้อยละ 50ซึ่งกรดฮาโลอะซีติกโดยเฉพาะชนิดกรดไดคลอโรอะซีติกมีศักยภาพสามารถก่อมะเร็งในมนุษย์ได้ และกรดไตรคลอโรอะซีติกมีศักยภาพอาจจะก่อมะเร็งในมนุษย์ได้ ด้วยความเป็นพิษทำให้องค์การพิทักษ์สิ่งแวดล้อมแห่งสหรัฐอเมริกากำหนดความเข้มข้นของกรดฮาโลอะซีติกไว้ให้ไม่เกิน 60 ไมโครกรัมต่อลิตร สำหรับน้ำดื่มและปัจจุบันหลายประเทศมีการใช้เกณฑ์นี้มาควบคุมความเข้มข้นกรดฮาโลอะซีติกในน้ำประปาเนื่องจากกรดฮาโลอะซีติกสามารถเข้าสู่ร่างกายนอกจากการดื่ม-กิน แล้วยังสามารถซึมผ่านผิวหนัง รวมทั้งการหายใจได้ ดังนั้นจึงมีการศึกษาเทคโนโลยีที่ใช้ในการกำจัดกรดฮาโลอะซีติกอย่างกว้างขวางและพบว่าการใช้เยื่อเลือกผ่านเมมเบรนสามารถกำจัดกรดฮาโลอะซีติกได้ดีที่สุด

เอกสารอ้างอิง

ชัยยศ ตั้งสฤติย์กุลชัย. (2554). *กระบวนการดูดซับสาร*. นครราชสีมา. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.
ประพัฒน์ เป็นตามวา. (2555). *การประปาชุมชนเมืองและชนบท*. นครราชสีมา. ศูนย์บรรณสารและสื่อการศึกษา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.
พงค์ธร แสงชูติ. (2560). *การกำจัดกรดฮาโลอะซีติก (HAAs) ในน้ำประปาด้วยกระบวนการสร้างและรวมตะกอนร่วมกับ การดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์*. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.
มัลลิกา ปัญญะโคโป และ ผ่องศรี เผ่าภูรี. (2550). *รายงานการวิจัยเรื่องการศึกษาการเกิดสารไตรฮาโลมีเทนในน้ำประปาที่ผ่านการฆ่าเชื้อโรคด้วยคลอรีน กรณีตัวอย่างระบบประปาของเทศบาลนครนครปฐม*. ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม, มหาวิทยาลัยศิลปากร.

- Babi, K. G., Koumenides, K. M., Nikolaou, A. D., Makri, C. A., Tzoumerkas, F. K., & Lekkas, T. D. (2007). Pilot study of the removal of THMs, HAAs and DOC from drinking water by GAC adsorption. *Desalination*, 210(1-3), 215-224.
- Bond, T., Goslan, E. H., Parsons, S. A., & Jefferson, B. (2012). A critical review of trihalomethane and haloacetic acid formation from natural organic matter surrogates. *Environmental Technology Reviews*, 1(1), 93-113.
- Cheema, W. A., Kaarsholm, K. M., & Andersen, H. R. (2017). Combined UV treatment and ozonation for the removal of by-product precursors in swimming pool water. *Water Research*, 110, 141-149.
- Chuang, Y.-H., Wang, G.-S., & Tung, H.-H. (2011). Chlorine residuals and haloacetic acid reduction in rapid sand filtration. *Chemosphere*, 85(7), 1146-1153.
- Dmitruk, U. & Dojlido, J. (2007). Haloacetic acids (HAAs) in the central waterworks in Warsaw, Poland. *Polish Journal of Environmental Studies*, 16(1), 51-56.
- Ghomshe, S. T., Mousavi, S., Soltanieh, M., & Kordi, A. S. (2011). Batch and column study of haloacetic acids adsorption onto granular activated carbon. *Scientific Research and Essays*, 6(16), 3553-3560.
- Ghomsheh, S. M., Soltanieh, M. O. H. A. M. M. A. D., and Mosavi, M. A. H. M. O. D. (1790). Overview of the separation and removal of haloacetic acids in drinking water. *Advances in waste management*. 1146-1153.
- Guay, C., Rodriguez, M., & Sérodes, J. (2005). Using ozonation and chloramination to reduce the formation of trihalomethanes and haloacetic acids in drinking water. *Desalination*, 176(1-3), 229-240.
- Lu, J., Zhang, T., Ma, J., & Chen, Z. (2009). Evaluation of disinfection by-products formation during chlorination and chloramination of dissolved natural organic matter fractions isolated from a filtered river water. *Journal of Hazardous Materials*, 162(1), 140-145.
- Marhaba, T., & Washington, M. (1998). Drinking water disinfection and by-products: history and current practice. *Advances in Environmental Research*, 2(1), 103-115.
- Nikolaou, A., Lekkas, T., & Golfinopoulos, S. (2004). Kinetics of the formation and decomposition of chlorination by-products in surface waters. *Chemical Engineering Journal*, 100(1-3), 139-148.
- Palumbo, D. J., Andreola, R., Utida, M. A., Teixeira, T. M., Schmidt Filho, E., de Oliveira, J. R., & Fernandes, V. T. (2018). Analysis of haloacetic acids (HAA5) in waters of public schools and residencies in Maringá-Brazil. *Journal of Water Resource and Protection*, 10(11), 1083-1089.
- Ratasuk, C. H. A. L. A. T. I. P., Ratanatamskul, C. H. A. W. A. L. I. T., & Ratasuk, N. O. P. A. W. A. N. (2009). Removal of haloacetic acids by nanofiltration. *Journal of Environmental Sciences*, 21(1), 96-100.

- Ratasuk, C., Kositanont, C., & Ratanatamskul, C. (2008). Removal of haloacetic acids by ozone and biologically active carbon. *ScienceAsia*, 34(3), 293-298.
- Rodriguez, M. J., Serodes, J., & Roy, D. (2007). Formation and fate of haloacetic acids (HAAs) within the water treatment plant. *Water Research*, 41(18), 4222-4232.
- Saengchut, P., Karuchit, S., & Pentamwa, P. (2018). Investigation of haloacetic acids (HAAs) levels in water supply and its correlated HAAs formation. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 164, 012023.
- Tsitsifli, S., & Kanakoudis, V. (2018). Disinfection impacts to drinking water safety—a review. *Proceedings*, 2(11), 603.
- Uansiri, S. (2009). *Determination of Haloacetic Acids in Water Samples Using Ion Chromatography*. Master of Science Chemistry, Mahasarakham University.
- US.EPA. (2012). EPA Drinking Water Guidance on Disinfection By-Products In nd (Ed.), Disinfection By-Products in Drinking Water (2nd ed.). United Kingdom.
- WHO. (2006). Guidelines for drinking-water quality. 3rd ed. Vol. 1 Recommendations: Switzerland.

บทความวิจัย (Research Article)

การพัฒนานวัตกรรมผลิตภัณฑ์เคปลายปลาโคเดียมต่ำของชุมชนป่าพรุควนเคร็ง อำเภอยะวต
จังหวัดนครศรีธรรมราช

Innovative development of low-sodium Grey featherback fish pastes of Kuan Kreng swamp forest
community, Cha-uat district in Nakhon Si Thammarat Province

ฉัตรชัย สังข์ผุด*, สุริยะ จันทร์แก้ว, จีราภรณ์ สังข์ผุด, อนุสรณ์ บรรลือพิช, นุชวรา อองคารา และโชคชัย หมั่นถนอม

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช

Chatchai Sungpud*, Suriya Chankhew, Jeeraporn Sungpud, Anusorn Banluepuech, Nutwara

Ongsara and Chockchai Manthanome

Faculty of Science and Technology, Nakhon Si Thammarat Rajabhat University

*Corresponding author, E-mail: Chatchai-sung@hotmail.com

Received: December 8, 2023 / Revised: January 18, 2024 / Accepted: January 22, 2024

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาเคปลายปลาโคเดียมต่ำ เพื่อสร้างอัตลักษณ์ของผลิตภัณฑ์และส่งเสริมสุขภาพของชุมชนในพื้นที่ป่าพรุควนเคร็ง อำเภอยะวต จังหวัดนครศรีธรรมราช วางแผนทดลองผลิตเคปลายปลาโคเดียมต่ำโดยการทดแทนเกลือแกง (โซเดียมคลอไรด์, NaCl) ด้วยเกลือโพแทสเซียมคลอไรด์ (KCl) ในอัตราที่แตกต่างกัน 3 สูตร คือ สูตร 1 NaCl 100% สูตร 2 NaCl 75%+ KCl 25% และสูตร 3 NaCl 50%+KCl 50% ผลการทดลองพบว่า เคปลายปลาสูตรที่ใช้เกลือโพแทสเซียมคลอไรด์ 50% มีค่าปริมาณน้ำอิสระ และคุณภาพโดยรวมอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนเลขที่ มผช.61/2561 และสูตรที่ 3 สามารถลดปริมาณโซเดียมลงเท่ากับ 151.00 ± 3.6 mg/100g หรือปริมาณ 2 เท่าจากสูตรดั้งเดิม(100% NaCl) เมื่อนำผลิตภัณฑ์เคปลาตำหรับน้ำยาหมักจีนปักษ์ใต้สูตรพรุควนเคร็งมาทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค พบว่า ผู้บริโภคให้คะแนนยอมรับด้านความเค็มสูงสุดมีความแตกต่างจากสูตรอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) นอกจากนี้ผู้ชิมให้คะแนนเฉลี่ยด้านลักษณะปรากฏ และสีที่ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงให้เห็นว่าผลิตภัณฑ์เคปลายปลาสามารถใช้เกลือโพแทสเซียมคลอไรด์ทดแทนเกลือโซเดียมคลอไรด์ได้ในอัตราส่วนสูงสุด 50%

คำสำคัญ: เคปลา ปลาฉลาด โซเดียมต่ำ ป่าพรุควนเคร็ง โพแทสเซียมคลอไรด์ โซเดียมคลอไรด์

Abstract

This research aimed to develop low-sodium Grey featherback fish paste to create a product identity and promote the people's health in the Kuan Kreng swamp forest community, Cha-uat district, Nakhon Si Thammarat province. Production of low-sodium paste was conducted by substituting NaCl salt with potassium chloride (KCl) at 3 different levels including; scenario 1: NaCl 100%, scenario 2: 75%+KCl 25% and scenario 3: NaCl 50%+KCl 50%. The results found that the paste formula using KCl 50% had water activity (aw) and the overall quality within the Thai

Community Product Standard No. TCPS.61/2018 and sodium content in scenario 3 was reduced at 151.00 ± 3.6 mg/100g with an approximately 2-fold compared to the original formula (scenario 1). Additionally, consumer acceptance tests revealed that consumers gave the highest acceptance score for saltiness, which was statistically different from other formulas. It also gave an average score for appearance and colors that showed no statistically different. The study demonstrated that substituting NaCl salt with KCl in fish paste products at a maximum ratio of 50%

Keywords: Kapi, Grey featherback fish, Low sodium, Kuan Kreng swamp forest, Potassium chloride, Sodium chloride

บทนำ

กะปิเป็นเอกลักษณ์ทางด้านวัฒนธรรมอาหารอีกชนิดหนึ่งของท้องถิ่นภาคใต้ของไทยที่มีศักยภาพในการเสริมสร้างความมั่นคงทางอาหารให้แก่ชุมชนเพื่อเป็นเสบียงโปรตีนในภาวะขาดแคลนหรือเกิดภัยพิบัติทางธรรมชาติ ผลพวงจากการท่องเที่ยวและเผยแพร่วัฒนธรรมทางด้านอาหารและการส่งเสริมของภาครัฐทำให้กะปิกลายเป็นผลิตภัณฑ์ชุมชนอีกชนิดหนึ่งที่มีมาตรฐานรองรับ (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2561) และมีศักยภาพสูงในการสร้างรายได้เพิ่ม คนใต้จะนิยมเรียกกะปิว่า “เคย” ซึ่งมีอยู่ด้วยกัน 3 ชนิด ชนิดแรกคือเคยกุ้ง เป็นผลิตภัณฑ์จากการหมักเคยหรือกุ้งกับเกลือ ชนิดที่สองคือเคยกุ้งหวาน ทำเหมือนกับเคยกุ้งเพียงแต่มีการตำรวมกับน้ำตาลปึก ได้แก่ น้ำตาลมะพร้าว น้ำตาลจาก หรือน้ำตาลโตนดในขั้นตอนสุดท้ายหลังการหมัก ชนิดสุดท้ายคือเคยปลา เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการหมักปลาน้ำจืดในท้องถิ่น (สิทธิศักดิ์ เบตสกุล, 2556) ซึ่งจะมีความแตกต่างหลากหลายไปตามชนิดของปลาและภูมิปัญญาท้องถิ่น

ผู้วิจัยมีสมมุติฐานว่า ความหอมอร่อยและรสชาติกลมกล่อมของเคยปลาพริบเคี้ยวเกิดจากความเป็นเอกลักษณ์เฉพาะตัวของปลาบางชนิดที่ใช้ ซึ่งส่วนใหญ่มักนิยมใช้ปลารวมตามโอกาสที่มีหรือจับได้ เคยปลาที่จำหน่ายในทางตลาดล้วนมีโซเดียมเป็นส่วนประกอบ แหล่งที่มาของโซเดียมในเคยปลาเกิดจากการใช้เกลือแกงเป็นสารช่วยถนอมอาหารและเพิ่มรสชาติให้กับผลิตภัณฑ์ประเภทนี้ ปัจจุบันพบว่าการใช้บริโภคโซเดียมมากเกินไปก่อให้เกิดความเสี่ยงต่อสุขภาพเป็นสาเหตุสำคัญของการเกิดโรคความดันโลหิตสูง โรคไต โรคหลอดเลือด หัวใจ หลอดเลือดสมอง โรคกระดูกพรุน และโรคเมตาบอลิกสภาวะอาหาร นอกจากนี้องค์การอนามัยโลกพบว่า 77% ของการบริโภคโซเดียมส่วนใหญ่มาจากอาหารแปรรูป ซึ่งรวมถึงเครื่องปรุงรสต่าง ๆ ด้วย หน่วยงานต่าง ๆ ทั้งองค์กรระดับชาติและนานาชาติได้พยายามรณรงค์ให้ประชาชนหันมาบริโภคอาหารโซเดียมต่ำหรือปราศจากโซเดียม โดยเน้นการให้ความรู้เพื่อทำให้ผู้บริโภคตระหนักถึงภัยเงียบเกี่ยวกับการบริโภคอาหารที่มีโซเดียมสูง คณะผู้วิจัยเล็งเห็นถึงความสำคัญของกระแสการบริโภคในอนาคต แต่ยังตระหนักถึงสุขภาพของผู้บริโภค จึงมีแนวคิดในการพัฒนาสูตรเคยปลาโซเดียมต่ำ โดยใช้สารทดแทนเกลือโซเดียมคลอไรด์ คือเกลือโพแทสเซียมคลอไรด์ที่มีคุณสมบัติใกล้เคียงกับเกลือโซเดียมคลอไรด์ สามารถละลายน้ำได้ดี ละลายในแอลกอฮอล์ได้เล็กน้อย แต่เกลือโพแทสเซียมคลอไรด์เมื่อเติมในปริมาณมากจะเกิดรสขม จึงทำให้สามารถทดแทนได้เพียงบางส่วนเท่านั้น (กมลวรรณ โรจน์สุนทรกิตติ และคณะ, 2562) เพื่อตอบสนองความต้องการของลูกค้าที่ชื่นชอบแกงเคยปลาซึ่งเป็นอาหารท้องถิ่นปักษ์ใต้ที่มีรสชาติโดดเด่น คงไว้ซึ่งเอกลักษณ์อาหารไทย

ดังนั้นผู้วิจัยจึงต้องการสำรวจและศึกษาวิเคราะห์คุณภาพและคุณค่าทางโภชนาการของปลาลาดที่นำมาใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับผลิตเคยปลา จากนั้นทำทดลองผลิตเปรียบเทียบคุณภาพและระดับการยอมรับเคยปลาที่ผลิตจากปลาลาดและปลาท้องถิ่นรวม และพัฒนานวัตกรรมเคยปลาโซเดียมต่ำเพื่อสุขภาพ เพื่อเพิ่มโอกาสในการสร้างอัต

ลักษณะของเคยปลาประจำถิ่น และสามารถช่วยส่งเสริมสุขภาพของประชนในพื้นที่ ส่งเสริมการตลาดเคยปลาและการท่องเที่ยวพาร์ควนเครืง ตำบลเครืง อำเภอยะหวด จังหวัตนครศรีธรรมราชได้

วิธีดำเนินการวิจัย

ตัวอย่างและการเก็บตัวอย่าง

เก็บตัวอย่างปลาฉลาดในพื้นที่พาร์ควนเครืง อำเภอยะหวด จังหวัตนครศรีธรรมราช เพื่อนำมาใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับผลิตเคยปลาฉลาด โดยเก็บตัวอย่างปลาฉลาดจากกลุ่มผู้ผลิตเคยปลา ตั้งแต่เดือนเมษายน-มิถุนายน พ.ศ. 2565 ทำการบันทึกขนาดความยาว และน้ำหนักตัวปลาฉลาดที่ใช้ในการผลิตเคยปลา นำมาวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการและแร่ธาตุของวัตถุดิบปลาฉลาดในห้องปฏิบัติการ ได้แก่ ปริมาณโปรตีน คาร์โบไฮเดรต ไขมัน เถ้า และ ความชื้น ตามวิธีการของ AOAC (2016) วิเคราะห์แร่ธาตุ แคลเซียม เหล็ก โซเดียม และฟอสฟอรัส ด้วยเครื่อง AAS-Flame ตามวิธี AOAC (2016) และวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์ในห้องปฏิบัติการ คือจุลินทรีย์ก่อโรค ได้แก่ *Salmonella spp.* ตามวิธีของ BAM online (2023) Chapter 5, *Staphylococcus aureus* ตามวิธีของ BAM online (2019) Chapter 12 เชื้อ *Coliform* และ *Escherichia coli* ตามวิธีการของ BAM online (2020) Chapter 4

การศึกษาการผลิตเคยปลาโซเดียมต่ำ

การวางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) ทำการผลิตเคยปลาฉลาดตามกรรมวิธีการผลิตของชุมชนพื้นที่พาร์ควนเครืง อำเภอยะหวด จังหวัตนครศรีธรรมราช ด้วยการทดแทนเกลือโซเดียมคลอไรด์ด้วยเกลือโพแทสเซียมคลอไรด์ในอัตราที่แตกต่างกัน 3 ระดับ จำนวน 3 ซ้ำ

การผลิตเคยปลาของชุมชนพื้นที่พาร์ควนเครืง

กรรมวิธีการผลิตเคยปลาฉลาดอาศัยภูมิปัญญาและหลักการเช่นเดียวกับการทำเคยกุ้ง คือ ใช้วิธีการหมักด้วยเกลือแกงในปริมาณที่พอเหมาะต่อการยับยั้งการเน่าเสียเนื่องจากจุลินทรีย์ก่อโรคร่วมกับการ “เช” หรือทำให้ละลาย และการทำแห้งโดยการตากแดดเพื่อช่วยในการลดความชื้นและส่งเสริมให้เกิดกลิ่นรสที่ดี ซึ่งมีขั้นตอนการทำดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 นำปลาฉลาดขอดเกล็ด ควักเครื่องในออก ล้างด้วยน้ำสะอาด 2 ครั้ง จากนั้นนำปลาใส่ภาชนะ เติมน้ำสะอาดให้ท่วมตัวปลา ปิดฝาทิ้งไว้อย่างน้อยครึ่งวันเพื่อให้เนื้อปลาเกิดการย่อยสลายตัวเอง โดยสามารถสังเกตได้จากการคดุดูเนื้อปลาจะนุ่มลง (ภาพที่ 1ก)

ขั้นตอนที่ 2 นำปลาคลุกเคล้ากับเกลือแกงในอัตราส่วนเกลือ 1.25 กิโลกรัมต่อเนื้อปลา 10 กิโลกรัม นำไปหมักไว้โดยใส่กะละมังประมาณ 1-2 คิน (ภาพที่ 1ข)

ขั้นตอนที่ 3 นำปลาที่ผ่านการหมักกับเกลือแล้วไปตากแดดจัด โดยใช้ตะแกรงตาถี่ ๆ หรืออวนรองใต้ปลา เพื่อให้ น้ำหยดลงด้านล่าง หมั่นกลับเอาข้างบนลงล่าง ตากแดดจัดประมาณ 2-3 วัน เนื้อปลาจะเริ่มแห้ง มีความชื้นประมาณ 60% (ภาพที่ 1ค)

ขั้นตอนที่ 4 นำปลาที่ตากแดดได้ที่แล้วไป “เช” หรือตำด้วยครกไม้ให้เนื้อและก้างปลาบดละเอียด (ภาพที่ 1ง)

ขั้นตอนที่ 5 นำปลาที่ตำละเอียดมาปั้นเป็นก้อน น้ำหนักประมาณ 2.5 กิโลกรัม โดยใช้ไม้พายลูบอัดให้แน่น จากนั้นนำก้อนเคยปลาทากแดดจนกว่าจะแห้ง (มีความชื้นประมาณ 40%) หมั่นทำการพลิกกลับก้อนเพื่อให้แห้งสม่ำเสมอ ขั้นตอนนี้อาจใช้เวลา 2-4 วัน ขึ้นอยู่กับสภาพอากาศ ในขั้นตอนนั้น หากเนื้อเคยปลายังไม่ละเอียดพอให้นำกลับมาเชใหม่ควบคู่กับการปั้นก้อนและตากแดดอีกครั้ง จะได้เคยปลาที่มีละเอียดและมีกลิ่นหอมมากยิ่งขึ้น (ภาพที่ 1จ)

ขั้นตอนที่ 6 นำก้อนเคยที่ตากแดดแห้งได้ที่แล้วเซให้เนื้อละเอียด อัดใส่ภาชนะหมัก เช่น ไห โอง่ดินเผาหรือถังพลาสติก อัดให้แน่นพยายามไม่ให้มีช่องว่างอากาศระหว่างเนื้อเคยปลา (ภาพที่ 1ฉ) เพราะอาจจะทำให้เนื้อเคยปลาทำปฏิกิริยากับอากาศและเกิดกลิ่นหืนที่ไม่พึงประสงค์ หลังจากอัดแล้วปิดฝาภาชนะให้แน่นหนา กันแมลงและหนอนใช้ระยะเวลาในการหมัก 1-3 เดือน จะได้เคยปลาที่มีกลิ่นหอมมารับประทานเคยปลาที่ได้เมื่อนำมาบรรจุในภาชนะที่มีฝาปิดสนิทสามารถจำหน่ายและเก็บไว้ใช้ได้นานเป็นปี



ก. ขั้นตอนที่ 1 ขอดเกล็ดปลา



ข. ขั้นตอนที่ 2 คลุกเกลือ



ค. ขั้นตอนที่ 3 นำเนื้อปลาหมักเกลือตากแดด



ง. ขั้นตอนที่ 4 การเซเนื้อปลาดกแดดให้ละเอียด



จ. ขั้นตอนที่ 5 การปั้นเป็นก้อนและตากแดด



ฉ. ขั้นตอนที่ 6 การบรรจุอัดใส่ไห

ภาพที่ 1 ขั้นตอนการผลิตเคยปลาของชุมชนพื้นที่พรุควนเคร็ง

การศึกษาการผลิตเคยปลาฉลาดโซเดียมต่ำ

การผลิตเคยปลาฉลาดโซเดียมต่ำที่มีส่วนผสมของสารทดแทนเกลือแกง คือ โพแทสเซียมคลอไรด์ ซึ่งเป็นสารที่กฎหมายอนุญาตให้ใช้และไม่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภคเมื่อเทียบกับเกลือโซเดียมคลอไรด์ (Jittrepotch et al., 2020) ทำการทดลองเพื่อเปรียบเทียบผลการทดแทนเกลือโซเดียมคลอไรด์ด้วยโพแทสเซียมคลอไรด์ ในอัตราที่แตกต่างกัน 3 ระดับ คือ 0, 25 และ 50% เพื่อเปรียบเทียบคุณภาพและระดับการยอมรับเคยปลาฉลาดที่ลดปริมาณโซเดียมต่ำ

การวิเคราะห์คุณภาพเคยปลา

คุณภาพทางกายภาพและทางเคมี

นำผลิตภัณฑ์เคยปลาฉลาดมาตรวจสอบลักษณะทั่วไปทางกายภาพตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนกะปิ เลขที่ 61/2561 (มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน, 2561) ตรวจวิเคราะห์ค่าปริมาณน้ำอิสระ (Water activity; aw) ด้วยเครื่องวัดปริมาณน้ำอิสระ Novasina รุ่น LabMaster-aw “Neo” โดยวางตลับที่บรรจุตัวอย่างใน Chamber ของเครื่องวัด ตั้งทิ้งไว้จนสภาพภายในของ chamber สมดุล เมื่อมีสัญญาณเตือนจึงอ่านค่าที่วัดได้ วัดค่าความชื้น ตามวิธีการของ AOAC (2016) Method 930.15 วัดค่าสีของผลิตภัณฑ์ (L^* , a^* , b^*) โดยวัดค่าด้วยเครื่องวัดค่าสี (Colorimeter) ด้วยเครื่อง Hunter LAB รายงานเป็นค่าความสว่าง (L^*) มีค่า ระหว่าง 0–100 หรือสีดำถึงสีขาว ค่าสีแดง-เขียว (a^*) แสดงค่า (+) สีแดง หรือ (-) สีเขียว ค่าความเป็นสีเหลือง-น้ำเงิน (b^*) แสดงค่า (+) สีเหลือง หรือ (-) สีน้ำเงิน วัดปริมาณเกลือ (คำนวณในรูปของเกลือโซเดียมคลอไรด์) ซึ่งเป็นวิธีไทเทรตสารละลายตัวอย่างด้วยสารละลายมาตรฐานซิลเวอร์ไนเตรท (AgNO_3) เพื่อเกิดการตกตะกอนกับคลอไรด์ไอออน (Cl^-) ด้วย Mohr method (Galvis-Sanchez et al., 2011; Chen et al., 2005) และปริมาณโซเดียม ด้วยเครื่อง AAS-Flame ตามวิธี AOAC (2016) 969.23

การตรวจวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์

ทำการทดสอบจำนวนจุลินทรีย์มีชีวิตทั้งหมด (Total Viable Count) ตามวิธี BAM online, 2021 chapter 3 จำนวนเชื้อยีสต์ และรา ตามวิธี BAM online, 2022 chapter 18 เปรียบเทียบผลตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนกะปิ เลขที่ 61/2561 (มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน, 2561)

การทดสอบทางประสาทสัมผัสและการยอมรับของผู้บริโภค

นำตัวอย่างเคยปลาฉลาดมาทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค โดยการนำมาปรุงเป็นแกงน้ำเคยทานกับขนมจีน แล้วทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคด้วยวิธีการทดสอบทางประสาทสัมผัส ประเมินคุณภาพผลิตภัณฑ์เคยปลาโซเดียมต่ำ ใช้วิธีการให้คะแนนความชอบแบบ Hedonic scale (9 Scales) ตามวิธี Chamber and Wolf (1996) โดยแบ่งคุณลักษณะของ ผลิตภัณฑ์ที่จะประเมินเป็น 5 หัวข้อ ได้แก่ ลักษณะปรากฏ ความเค็ม สี กลิ่นรส และความชอบรวม คะแนน 1–9 คะแนน (9 คะแนน ชอบมากที่สุด 8 คะแนน ชอบมาก 7 คะแนน ชอบปานกลาง 6 คะแนน ชอบน้อย 5 คะแนน เฉย ๆ 4 คะแนน ไม่ชอบเล็กน้อย 3 คะแนน ไม่ชอบปานกลาง 2 คะแนน ไม่ชอบมากและ 1 คะแนน ไม่ชอบมากที่สุด) โดยใช้กลุ่มผู้บริโภคทั่วไปในจังหวัดนครศรีธรรมราช ที่มีความคุ้นชินกับเคยปลาและแกงเคยปลา จำนวน 30 คน เพื่อใช้สำหรับเป็นเกณฑ์ในการคัดเลือกสูตร

การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลที่ได้วิเคราะห์ทางสถิติโดยวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance, ANOVA) ของแต่ละชุด การทดลองชนิดของวัตถุดิบ และสูตรการผลิตผลิตภัณฑ์ จากนั้นเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของแต่ละชุด

การทดลอง โดยวิธีของ Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยใช้โปรแกรมสถิติสำเร็จรูป

ผลและอภิปรายผลการวิจัย

น้ำหนักและความยาวของวัตถุดิบปลาฉลาด

การนำปลาฉลาดที่จับได้มาชั่งน้ำหนักและวัดขนาดในรูปความยาวมาตรฐานและความยาวเหี้ยม ดังแสดงในตารางที่ 1 พบว่าน้ำหนัก ความยาวมาตรฐาน และความยาวเหี้ยมของปลาฉลาดที่จับจากพื้นที่พรุควนเคร็งตั้งแต่เดือนเมษายน – มิถุนายน พ.ศ. 2565 ด้วยเครื่องมือข่ายขนาดตาอวน 5 – 7 เซนติเมตร เพื่อนำมาทำผลิตภัณฑ์เคยปลาฉลาด ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) กล่าวคือน้ำหนักตั้งแต่ 64.67 – 87.20 กรัมต่อตัว ความยาวมาตรฐาน 17.70 – 19.74 เซนติเมตร และความยาวเหี้ยม 19.05 – 21.24 เซนติเมตร ตามลำดับ

คุณค่าทางโภชนาการและแร่ธาตุของวัตถุดิบปลาฉลาด

สุ่มตัวอย่างปลาฉลาดวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ ดังแสดงในตารางที่ 2 พบว่าปลาฉลาดที่ขอดเกล็ดออกทั้งตัวเป็นปลาน้ำจืดที่อุดมไปด้วยสารอาหารประเภทโปรตีนสูง $71.14 \pm 3.2\%$ และ ไขมันต่ำ $11.4 \pm 1.3\%$ ซึ่งสอดคล้องกับรายวิจัยของ Mandal et al. (2021) ที่ทดสอบคุณค่าทางโภชนาการของปลาฉลาดที่เลี้ยงในประเทศอินเดีย พบว่า มีโปรตีนสูงถึง $71.32 \pm 0.49\%$ นอกจากนี้ยังมีเถ้าหรือแร่ธาตุปริมาณสูง $14.4 \pm 1.1\%$ ซึ่งแร่ธาตุที่สำคัญ ได้แก่ แคลเซียม ฟอสฟอรัส และเหล็ก 8.5 ± 0.7 , 2.4 ± 0.07 และ 1.7 ± 0.08 mg/100g ตามลำดับ

คุณภาพทางจุลินทรีย์ของวัตถุดิบปลาฉลาด

ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านจุลินทรีย์ พบว่า วัตถุดิบปลาฉลาดที่จับมาทำเคยปลาที่มีปริมาณจุลินทรีย์ที่มีชีวิตทั้งหมด (Total Viable Count, TVC) เท่ากับ 2.5×10^3 CFU/g และเชื้อโคลิฟอร์มแบคทีเรียทั้งหมด (Total Coliform) น้อยกว่า 3.0 MPN/100g และไม่พบเชื้อก่อโรคชนิด *Staphylococcus aureus*, *Salmonella* spp. และ *Escherichia coli* แสดงให้เห็นว่าแหล่งน้ำที่ปลาอยู่อาศัยคุณภาพดี ส่งผลให้วัตถุดิบปลาฉลาดไม่พบเชื้อก่อโรค ซึ่งปลอดภัยในการนำมาเป็นวัตถุดิบในการประกอบอาหาร

คุณภาพทางกายภาพและทางเคมีผลิตภัณฑ์เคยปลาโซเดียมต่ำเพื่อสุขภาพ

ผลิตเคยปลาฉลาดที่มีส่วนผสมของสารทดแทนเกลือแกง คือ โพลีแซคคาไรด์ ซึ่งเป็นวัตถุเจือปนอาหารที่กฎหมายอนุญาตให้ใช้ในอาหารได้และไม่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภคเมื่อใช้ในปริมาณที่กำหนดหรือเหมาะสม (Jittrepotch et al., 2020) ทำการทดลองเพื่อเปรียบเทียบผลการทดแทนเกลือโซเดียมคลอไรด์ในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน 3 สูตร คือ สูตร 1 NaCl 100% สูตร 2 NaCl 75%+KCl 25% และสูตร 3 NaCl 50%+KCl 50% พบว่าเคยปลาฉลาดทั้ง 3 สูตร มีค่าปริมาณน้ำอิสระและปริมาณความชื้นแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) โดยเคยปลาฉลาดสูตรที่มีการทดแทนด้วยเกลือโพลีแซคคาไรด์ 50% มีค่าสูงสุดเท่ากับ 0.84 ± 0.03 และ $42.21 \pm 1.01\%$ ตามลำดับ ซึ่งอยู่ในเกณฑ์กรอบมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนกะปิ เลขที่มผช.61/2561 ที่กำหนดให้ค่าปริมาณน้ำอิสระของผลิตภัณฑ์กะปิมีค่าไม่เกิน 0.85 ซึ่งเป็นมาตรฐานกำหนดต่ำสุดในการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ และสูตรเกลือโซเดียมคลอไรด์ 100% มีค่าความชื้นต่ำสุด $39.77 \pm 0.80\%$ (ตารางที่ 3) อาจเนื่องมาจากเกลือโซเดียมคลอไรด์มีคุณสมบัติในการดึงน้ำออกจากผลิตภัณฑ์เคยปลาได้ดีกว่าเกลือโพลีแซคคาไรด์ จึงส่งผลให้ปริมาณน้ำอิสระและความชื้นต่ำ (กมลวรรณ โรจน์สุนทรกิตติ และคณะ, 2562) และการทดแทนเกลือโซเดียมคลอไรด์ด้วยเกลือ

โพแทสเซียมคลอไรด์ในปริมาณที่มากขึ้นจะส่งผลทำให้ความชื้นในผลิตภัณฑ์เคปปลาฉลาดเพิ่มขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของกุลพร พุทธิมี และวริศชนม์ นิลนนท์ (2563) ได้ศึกษาการทดแทนเกลือโซเดียมคลอไรด์ด้วยเกลือโพแทสเซียมคลอไรด์ต่อคุณภาพของข้าวเกรียบหอยนางรม พบว่า การทดแทนด้วยเกลือโพแทสเซียมคลอไรด์ในปริมาณที่มากขึ้น จะส่งผลทำให้ความชื้นในผลิตภัณฑ์ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) และการใช้เกลือโพแทสเซียมคลอไรด์ที่ความเข้มข้น 50% สามารถลดปริมาณเกลือโซเดียมในผลิตภัณฑ์เคปปลาฉลาดได้อย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) ซึ่งถือว่าเป็นการช่วยลดปริมาณเกลือโซเดียมในอาหารสำหรับผู้บริโภคได้และส่งผลดีต่อสุขภาพซึ่งมีค่าตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน กะปิ เลขที่ มผช.61/2561 สอดคล้องกับงานวิจัยของรัฐกรณ์ จ่านอง และพัชรภรณ์ ถิ่นจันทร์ (2561) ศึกษาการลดเกลือโซเดียมในผลิตภัณฑ์มะม่วงดอง

ตารางที่ 1 การวัดขนาดของปลาฉลาดที่จับจากพื้นที่พรุควนเคร็งตั้งแต่เดือนเมษายน – มิถุนายน พ.ศ. 2565

เดือนที่เก็บตัวอย่าง	น้ำหนัก ^{ns} (g)	ความยาวมาตรฐาน ^{ns} (cm)	ความยาวเหี้ยด ^{ns} (cm)
เมษายน	85.11±33.54	19.74±2.76	21.24±2.76
พฤษภาคม	64.67±30.54	17.70±2.33	19.05±2.46
มิถุนายน	87.20±20.25	19.67±1.64	21.17±1.65

หมายเหตุ: ns แสดงถึงความไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\geq0.05$)

ตารางที่ 2 คุณค่าทางโภชนาการและคุณภาพทางจุลินทรีย์ของปลาฉลาดจากพื้นที่พรุควนเคร็ง

คุณภาพ	องค์ประกอบที่วิเคราะห์	ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
ทางโภชนาการ	ความชื้นของเนื้อปลาสด (Moisture; g/100g)	74.5±2.5
	โปรตีน (Crude Protein; g/100g)	71.14±3.2
	เถ้า (Ash; g/100g)	14.4±1.1
	ไขมัน (Crude Fat; g/100g)	11.4±1.3
	เยื่อใยอาหาร (Crude Fiber; g/100g)	0.1±0.05
	คาร์โบไฮเดรต (Crude Carbohydrate; g/100g)	1.3±0.2
	พลังงานทั้งหมด (Total Energy; Cal/g)	1,270±102
	แคลเซียม (Ca; mg/100g)	8.5±0.7
	เหล็ก (Fe; mg/100g)	1.7±0.08
	โซเดียม (Na; mg/100g)	0.7±0.05
	ฟอสฟอรัส (P; mg/100g)	2.4±0.07
ทางจุลินทรีย์	ปริมาณจุลินทรีย์ที่มีชีวิตทั้งหมด (TVC; CFU/g)	2.5×10^3
	เชื้อสแตปไฟโลคอคคัส ออเรียส (<i>Staphylococcus aureus</i> ; CFU/g)	ไม่พบ
	โคลิฟอร์มทั้งหมด (Total Coliform; MPN/100g)	น้อยกว่า 3.0
	เชื้อซาลโมเนลลา (<i>Salmonella</i> spp.; CFU/25 g)	ไม่พบ
	เชื้ออี. โคไล (<i>Escherichia coli</i> ; MPN/100 g)	ไม่พบ

ปริมาณโซเดียมในเคบปลาฉลาดสูตรปกติเท่ากับ 278.33 ± 7.64 mg/100g ในขณะที่เคบปลาฉลาดสูตรทดแทนด้วยเกลือโพแทสเซียมคลอไรด์ 50% มีปริมาณโซเดียมต่ำกว่าถึง 2 เท่า มีค่าเท่ากับ 151.00 ± 3.6 mg/100g ซึ่งสามารถลดปริมาณโซเดียมได้สูงกว่าถึงประมาณ 2 เท่า

ผลการวิเคราะห์ค่าสี ด้วยระบบ CIE L^* , a^* และ b^* ซึ่งเป็นระบบการบรรยายสีแบบ 3 มิติ โดยที่แกน L^* จะบรรยายถึงความสว่าง (lightness) จากค่า $+L^*$ แสดงถึงสีขาว จนถึง $-L^*$ แสดงถึงสีดำ แกน a^* จะบรรยายถึงแกนสีจากเขียว ($-a^*$) ไปจนถึงแดง ($+a^*$) ส่วนแกน b^* จะบรรยายถึงแกนสีจากน้ำเงิน ($-b^*$) ไปเหลือง ($+b^*$) พบว่า เคบปลาฉลาดที่มีการทดแทนด้วยเกลือ KCl 25-50% ค่าความสว่างหรือความขาวไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับเคบปลาสูตรปกติ (ตารางที่ 4) สำหรับค่า a^* และ b^* ก็เช่นเดียวกัน พบว่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติและมีค่าเป็นบวก ซึ่งแสดงให้เห็นว่าเคบปลาสูตรปกติและสูตรโซเดียมต่ำทั้ง 2 สูตรจะมีลักษณะสีของผลิตภัณฑ์อยู่ในโทนสีเหลืองปนแดง ดังนั้นการใช้เกลือโพแทสเซียมคลอไรด์จึงไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสีของผลิตภัณฑ์เคบปลาฉลาดลดโซเดียมเลย ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยวิฑูรย์ ปริญาวิวัฒน์กุล และสุจินดา ศรีวัฒนะ (2556) ศึกษาการทำผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเวียนนาลดโซเดียม พบว่าการทดแทนเกลือโซเดียมคลอไรด์ด้วยเกลือโพแทสเซียมคลอไรด์ไม่มีผลต่อสีไส้กรอกเวียนนา

ตารางที่ 3 ปริมาณน้ำอิสระ ความชื้น ปริมาณเกลือและโซเดียมของเคบปลาฉลาดสูตรโซเดียมต่ำ

ปริมาณต่อ 100 กรัม	สูตรอัตราส่วนผสมระหว่างเกลือ NaCl กับ KCl		
	100:0	75:25	50:50
ปริมาณน้ำอิสระ (Water activity; aw)	0.79 ± 0.08^b	0.80 ± 0.05^b	0.84 ± 0.03^a
ความชื้น (Moisture; g/100g)	39.77 ± 0.80^b	40.38 ± 0.65^b	42.21 ± 1.01^a
ปริมาณเกลือ (Sodium Chloride; g/100g)	24.40 ± 0.56^{ns}	23.60 ± 0.79^{ns}	23.10 ± 0.56^{ns}
โซเดียม (Na; mg/100g)	278.33 ± 7.64^a	207.33 ± 6.43^b	151.00 ± 3.61^c

หมายเหตุ: เครื่องหมาย a, b และ c ในแต่ละแถวแสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$, Mean $\pm$ SD)

ตารางที่ 4 คุณภาพสีของเคบปลาฉลาดสูตรโซเดียมต่ำ

ค่าสีระบบ CIE	สูตรอัตราส่วนผสมระหว่างเกลือ NaCl กับ KCl		
	100:0	75:25	50:50
CIE L^*	46.85 ± 3.29^{ns}	48.85 ± 1.81^{ns}	49.20 ± 0.86^{ns}
CIE a^*	2.13 ± 0.77^{ns}	1.86 ± 0.65^{ns}	1.84 ± 0.56^{ns}
CIE b^*	14.89 ± 1.50^{ns}	13.79 ± 1.50^{ns}	14.49 ± 1.68^{ns}

หมายเหตุ: เครื่องหมาย ns ในแต่ละแถวแสดงถึงความไม่แตกต่างทางสถิติ ($p \geq 0.05$) (Mean $\pm$ SD)

คุณภาพทางจุลินทรีย์ผลิตภัณฑ์เคบปลาโซเดียมต่ำเพื่อสุขภาพ

เคบปลาฉลาดสูตรทดแทนเกลือโซเดียมคลอไรด์ด้วยโพแทสเซียมคลอไรด์ 0 และ 25% อยู่ในเกณฑ์กรอบมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน กะปิ มาตรฐานเลขที่ มผช.61/2561 โดยมีปริมาณจุลินทรีย์ที่มีชีวิตทั้งหมด (TVC) ยีสต์และรา โคลิฟอร์มทั้งหมด (Total Coliform) อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานและไม่พบเชื้อก่อโรคชนิด *Staphylococcus aureus*,

Salmonella spp. และ *Escherichia coli* (ตารางที่ 5) สำหรับผลการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านจุลชีววิทยาของเคยปลาฉลาดสูตรทดแทนเกลียวโซเดียมคลอไรด์ด้วยโพแทสเซียมคลอไรด์ 50% พบว่า มีเชื้อจุลินทรีย์ที่มีชีวิตทั้งหมด เชื้อยีสต์และเชื้อราปนเปื้อนอยู่แต่ไม่เกินเกณฑ์มาตรฐาน กล่าวคือ มาตรฐานเลขที่ มผช.61/2561 กำหนดให้ยีสต์และราไม่เกิน 1.0×10^3 CFU/g แต่ตรวจพบ 1.6×10^2 CFU/g ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากเคยปลาฉลาดเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีการตากแดดหลายรอบในระหว่างกระบวนการผลิต และมีปริมาณน้ำอิสระต่ำ จึงจัดเป็นอาหารแห้งทำให้เกิดการเน่าเสียได้ยาก จุลินทรีย์ไม่สามารถเจริญเติบโตได้จึงสามารถเก็บรักษาได้นาน และสอดคล้องกับงานวิจัยของศันธร พิชัย และคณะ (2561) ที่กล่าวว่าในผลิตภัณฑ์อาหารที่ไม่เป็นอันตรายของผู้บริโภคต้องมีเชื้อน้อยกว่า 1.0×10^3 CFU/g แสดงให้เห็นว่าผลิตภัณฑ์เคยปลาฉลาดเป็นผลิตภัณฑ์ที่ปลอดภัยเป็นอีกหนึ่งทางเลือกให้แก่ผู้บริโภค

ตารางที่ 5 คุณภาพทางจุลินทรีย์ของเคยปลาฉลาดสูตรโซเดียมต่ำ

ชนิดของเชื้อจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อน	สูตรอัตราส่วนระหว่างเกลียว NaCl กับ KCl		
	100:0	75:25	50:50
เชื้อสแตปไฟโลคอคคัส ออเรียส (<i>Staphylococcus aureus</i> , CFU/g)	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
โคลิฟอร์มทั้งหมด (Total Coliform; MPN/100g)	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
เชื้อซาลโมเนลลา (<i>Salmonella</i> spp.; CFU/25 g)	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
เชื้ออี.โคไล (<i>Escherichia coli</i> , MPN/100 g)	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
ยีสต์และรา (Yeast and Mold; CFU/g)	ไม่พบ	ไม่พบ	1.6×10^2
จุลินทรีย์ที่มีชีวิตทั้งหมด (Total Viable Count; CFU/g)	ไม่พบ	ไม่พบ	3.9×10^2

คุณภาพทางประสาทสัมผัสและการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์เคยปลาสำหรับนํ้ายาขมนมจีนปักชได้สูตรพรุควนเคร็ง

การทดสอบทางประสาทสัมผัสผลิตภัณฑ์เคยปลาฉลาดสูตรโซเดียมต่ำ ด้วยการนำเคยปลาฉลาดสูตรปกติและเคยปลาฉลาดสูตรโซเดียมต่ำมาเป็นวัตถุดิบในการปรุงตำหรับนํ้ายาขมนมจีนปักชได้สูตรพรุควนเคร็ง จากนั้นนำมาทดสอบชิมโดยการทานร่วมกับเส้นขนมนจีนเส้นสดและตอบในแบบสอบถามแบบ Hedonic scaling (9 Scales) พิจารณาทางด้านลักษณะปรากฏ ความเค็ม สี กลิ่นรส และความชอบรวม โดยใช้ผู้ทดสอบทั่วไปจำนวน 30 คน ให้คะแนนความชอบผลิตภัณฑ์จากค่า 1-9 (1=ไม่ชอบมากที่สุด ถึง 9= ชอบมากที่สุด) (Chamber & Wolf, 1996) พบว่าการทดแทนเกลียวโซเดียมคลอไรด์ด้วยโพแทสเซียมคลอไรด์ไม่มีผลต่อการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้ทดสอบชิมในด้านลักษณะปรากฏ และสี แต่มีผลต่อการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้ทดสอบชิมในด้านความเค็ม กลิ่นรส และความชอบรวม ดังนี้

ความชอบด้านลักษณะปรากฏ พบว่า นํ้ายาขมนมจีนปักชได้สูตรพรุควนเคร็งที่ผลิตจากเคยปลาฉลาดที่ทดแทนเกลียวโซเดียมเกลียวคลอไรด์ด้วยโพแทสเซียมคลอไรด์ 25% ได้รับคะแนนความชอบเฉลี่ยด้านลักษณะปรากฏสูงที่สุด ซึ่งไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) กับสูตรอื่น

ความชอบด้านสี พบว่า นํ้ายาขมนมจีนปักชได้สูตรพรุควนเคร็งที่ผลิตจากเคยปลาฉลาดที่ทดแทนเกลียวโซเดียมคลอไรด์ด้วยเกลียวโพแทสเซียมคลอไรด์ทุกสูตรได้รับคะแนนความชอบเฉลี่ยด้านสีไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) โดยผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบด้านสีในระดับชอบมาก แสดงให้เห็นว่าผลการทดแทนเกลียวโซเดียมคลอไรด์ด้วยโพแทสเซียมคลอไรด์ในผลิตภัณฑ์เคยปลาไม่มีผลทำให้ลักษณะปรากฏและสีของผลิตภัณฑ์

ความชอบด้านกลิ่นรส พบว่า น้ำยาขมนมจีนปักษ์ได้สูตรพริกวนเครื่องที่ผลิตจากเคปปลาฉลามที่ทดแทนเกลียวโซเดียมคลอไรด์ด้วยเกลียวโพแทสเซียมคลอไรด์ 25% และ 50% ซึ่งมีความชอบอยู่ในระดับชอบปานกลาง แต่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) กับผลิตภัณฑ์เคปปลาฉลามที่ทดแทนเกลียวโซเดียมคลอไรด์ด้วยโพแทสเซียมคลอไรด์ 0% (ตารางที่ 6)

ความชอบด้านความเค็ม พบว่า น้ำยาขมนมจีนปักษ์ได้สูตรพริกวนเครื่องที่ผลิตจากเคปปลาฉลามที่ทดแทนเกลียวโซเดียมคลอไรด์ด้วยเกลียวโพแทสเซียมคลอไรด์ 50% ได้รับคะแนนความชอบสูงที่สุด โดยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เคปปลาฉลามที่ทดแทนเกลียวโซเดียมคลอไรด์ด้วยโพแทสเซียมคลอไรด์ 0 และ 25% มีคะแนนความชอบอยู่ในระดับชอบปานกลาง ซึ่งจะเห็นได้ว่าการทดแทนด้วยเกลียวโพแทสเซียมคลอไรด์เพิ่มขึ้นส่งผลให้ความชอบด้านความเค็มของน้ำยาขมนมจีนปักษ์ได้สูตรพริกวนเครื่องที่ผลิตจากเคปปลาฉลามเพิ่มขึ้นด้วย สอดคล้องกับงานวิจัยของ วิฑูรย์ ปริญาวิวัฒน์กุล และสุจินดา ศรีวิณะ (2556) ที่ศึกษาผลของการใช้เกลียวโพแทสเซียมคลอไรด์ทดแทนโซเดียมคลอไรด์ในผลิตภัณฑ์ไส้กรอก พบว่า การทดแทนด้วยเกลียวโพแทสเซียมคลอไรด์ในระดับที่มากขึ้นทำให้คุณลักษณะทางด้านรสเค็มของผลิตภัณฑ์ลดลง แต่คุณลักษณะทางด้านรสขมของผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้น

ดังนั้นการนำผลิตภัณฑ์เคปปลาฉลามสูตรทดแทนเกลียวโซเดียมคลอไรด์ด้วยเกลียวโพแทสเซียมคลอไรด์ 50% มาทำน้ำยาขมนมจีนปักษ์ได้สูตรพริกวนเครื่อง ผู้บริโภคให้การยอมรับสูงสุดด้านความชอบรวมและด้านความเค็ม มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) ซึ่งเป็นระดับที่จะสามารถลดปริมาณโซเดียมลงได้ตามค่าที่สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยากำหนดในการกล่าวอ้างว่า "ลดโซเดียม" ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขฉบับที่ 182 เรื่อง ฉลากโภชนาการ (กระทรวงสาธารณสุข, 2541)

ตารางที่ 6 คุณภาพทางประสาทสัมผัสของน้ำยาขมนมจีนปักษ์ได้สูตรพริกวนเครื่องจากเคปปลาฉลามที่ทดแทนเกลียวโซเดียมคลอไรด์ด้วยเกลียวโพแทสเซียมคลอไรด์ที่ระดับต่าง ๆ

คุณลักษณะทางด้านประสาทสัมผัส	สูตรอัตราส่วนผสมระหว่างเกลียว NaCl กับ KCl		
	100:0	75:25	50:50
ลักษณะปรากฏ	7.09 ± 1.44 ^{ns}	7.30 ± 1.55 ^{ns}	7.09 ± 1.59 ^{ns}
ความเค็ม	6.21 ± 1.65 ^b	6.12 ± 1.67 ^b	7.00 ± 1.37 ^a
สี	7.27 ± 1.13 ^{ns}	7.36 ± 1.25 ^{ns}	7.61 ± 1.00 ^{ns}
กลิ่นรส	7.42 ± 1.37 ^a	6.97 ± 1.45 ^b	6.88 ± 1.49 ^b
ความชอบรวม	6.94 ± 1.25 ^b	6.88 ± 1.54 ^b	7.52 ± 1.09 ^a

หมายเหตุ: เครื่องหมาย ns ในแต่ละแถวแสดงถึงความไม่แตกต่างทางสถิติ ($p > 0.05$); เครื่องหมาย a และ b ในแต่ละแถวแสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$, Mean±SD)

สรุปผล

ผลจากการทดลองผลิตเคปปลาฉลามที่มีส่วนผสมของสารทดแทนเกลียวโซเดียมคลอไรด์ด้วยโพแทสเซียมคลอไรด์ ในอัตราที่แตกต่างกัน 3 ระดับ คือ NaCl 100% + KCl 0%, NaCl 75% + KCl 25% และ NaCl 50% + KCl 50% พบว่า เคปปลาฉลามสูตรที่ใช้โพแทสเซียมคลอไรด์ทดแทนเกลียวโซเดียมคลอไรด์ 50% มีค่าปริมาณน้ำอิสระเท่ากับ 0.84 ± 0.03 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์กรอบมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน กะปิ มาตรฐานเลขที่ มผช.61/2561 แต่สามารถลดปริมาณโซเดียมได้ถึง 2 เท่า มีปริมาณโซเดียมเพียง 151.00 ± 3.6 mg/100g แต่พบเชื้อยีสต์และราปนเปื้อนเพียงเล็กน้อย ซึ่งอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานกำหนด กล่าวคือ มาตรฐานเลขที่ มผช.61/2561 กำหนดให้ยีสต์และราไม่เกิน 1.0×10^3 CFU/g

แต่ตรวจพบได้ 1.6×10^2 CFU/g และผลการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคด้วยการนำเป็นวัตถุดิบในการปรุงตำหรับน้ำยาขมจีนปักษ์ใต้สูตรพริกขี้หนู ทดสอบชิมร่วมกับเส้นขมจีนเส้นสด พบว่า ผู้บริโภคให้คะแนนเฉลี่ยคุณลักษณะของน้ำยาขมจีนที่ปรุงจากเคยปลาทั้ง 3 ชนิด ดังนี้ คือผู้บริโภคให้คะแนนยอมรับด้านความเค็มสูตร KCl 50% สูงสุด แตกต่างทางสถิติกับสูตรอื่น นอกจากนี้ยังให้คะแนนเฉลี่ยด้านลักษณะปรากฏ และสีที่ไม่แตกต่างทางสถิติ แสดงให้เห็นว่าผลการทดแทนเกลือโซเดียมคลอไรด์ด้วยเกลือโพแทสเซียมคลอไรด์ในผลิตภัณฑ์เคยปลาสดได้อัตราส่วนสูงสุด 50%

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราชที่สนับสนุนทุนอุดหนุนการวิจัยประจำปี พ.ศ. 2565 และขอขอบคุณศูนย์วิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราชที่สนับสนุนเครื่องมือและอุปกรณ์ในการทำการวิจัยให้สำเร็จลงไปได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- กมลวรรณ โรจน์สุนทรกิตติ, ธีรพร กงบังเกิด, และนิติพงศ์ จิตร์โชนัน. (2562). ผลการทดแทนโซเดียมคลอไรด์ในกะปิ. คณะเกษตรศาสตร์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. มหาวิทยาลัยนเรศวร. 65 หน้า.
- กุลพร พุทธิมี และวริศชนม์ นิลนนท์. (2563). ผลของการทดแทนเกลือโซเดียมคลอไรด์ด้วยเกลือโพแทสเซียมคลอไรด์ต่อคุณภาพของข้าวเกรียบหอยนางรม. *วารสารวิจัยและพัฒนาวิทยาลัยเกษตรกรรมในพระบรมราชูปถัมภ์*, 15(2), 45-57.
- กระทรวงสาธารณสุข. (2541). *ประกาศกระทรวงสาธารณสุขฉบับที่ 182 เรื่อง ฉลากโภชนาการ*. สืบค้นเมื่อวันที่ 15 พฤศจิกายน 2566, เข้าถึงได้จาก <http://www.ratchakitcha.soc.go.th/DATA/PDF/2541/D/047/23.PDF>.
- รัฐกรณ์ จานงค์ผล และพัชราภรณ์ ถิ่นจันทร์. (2561). การลดเกลือโซเดียมในผลิตภัณฑ์มะม่วงดอง. *แก่นเกษตร*, 46(1), 1354-1361.
- วิฑูรย์ ปริญญาวิวัฒน์กุล และสุจินดา ศรีวัฒนะ. (2556). *การพัฒนาผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเวียนนาลดโซเดียม*. คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- ศันธร พิชัย, ญาณิศา โพธิ์รัตนโส และปาริชาติ ราชมณี. (2561). *การพัฒนาผลิตภัณฑ์ปลาร้าหลนและแกงปลาร้าโซเดียมต่ำ*. มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม. 38 หน้า.
- สิทธิศักดิ์ เขตสกุล. (2561). กะปิ ตำรับอาหารของอาเซียน. *วัฒนธรรม*, 52(1), 99-102.
- สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. (2561). *มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน เรื่อง กะปิ มผช. 61/2561*. สืบค้นเมื่อวันที่ 16 พฤศจิกายน 2566, เข้าถึงได้จาก [https://tcps.tisi.go.th/pub/tcps0061_61\(%e0%b8%81%e0%b8%b0%e0%b8%9b%e0%b8%b4\).pdf](https://tcps.tisi.go.th/pub/tcps0061_61(%e0%b8%81%e0%b8%b0%e0%b8%9b%e0%b8%b4).pdf).
- AOAC. (2016). *Official Methods of Analysis of AOAC International*. 20th Edition. Gaithersburg, Maryland Gaithersburg, MD, USA: AOAC International.
- BAM U.S. Food and Drug Administration (USFDA). (2021). *Bacteriological Analytical Manual Chapter 3 Aerobic Plate Count*. Accessed October 14, 2023, Retrieved from <https://www.fda.gov/food/laboratory-methods-food/bam-chapter-3-aerobic-plate-count>, 14 October 2023.

- BAM U.S. Food and Drug Administration (USFDA). (2022). *Bacteriological Analytical Manual Chapter 18 Yeasts, Molds and Mycotoxins*. Accessed October 14, 2023, Retrieved from <https://www.fda.gov/food/laboratory-methods-food/bam-chapter-18-yeasts-molds-and-mycotoxins>,
- BAM U.S. Food and Drug Administration (USFDA). (2023). *Bacteriological Analytical Manual Chapter 5 Salmonella*. Accessed October 14, 2023, Retrieved from <https://www.fda.gov/food/laboratory-methods-food/bam-chapter-18-yeasts-molds-and-mycotoxins>.
- BAM U.S. Food and Drug Administration (USFDA). (2020). *Bacteriological Analytical Manual Chapter 4 Enumeration of Escherichia coli and the Coliform Bacteria*. Accessed October 14, 2023, Retrieved from <https://www.fda.gov/food/laboratory-methods-food/bam-chapter-18-yeasts-molds-and-mycotoxins>.
- Chambers IV, E., & Wolf, M.B. (1996). *Sensory Testing Methods*. 2nd Edition. American Society for Testing and Materials. USA, Philadelphia.
- Chen, M.J., Hsieh, Y.T., Weng, Y.M., & Chiou, R.Y.Y. (2005). Flame photometric determination of salinity in processed foods. *Food Chemistry*, 91, 765-770.
- Galvis-Sanchez, A.C., Toth, I.V., Portela, A., Delgadillo, I., & Rangel, A.O.S.S. (2011). Monitoring sodium chloride during cod fish desalting process by flow injection spectrometry and infrared spectroscopy. *Food Control*, 22, 277-282.
- Jittrepotch, N., Rojsunthornkitti, K. & Kongbangkerd, T. (2020). Effects of low sodium chloride substitutes on physic-chemical and sensory properties of Kapi, A fermented shrimp paste, during fermentation. *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences*, 9(4), 695-699.
- Mandal, A., Biswas, T., Mondal, N.S., Dey, S., Patra, A., Das, S., Mondal, A.K., Dey, A.K., & Ghosh, A.R. (2021). Assessment of the nutritional quality of fish cultured in Samdihi, an open cast coalpit at the Raniganj Coal Field areas, West Bengal, India. *Lakes & Reservoirs*, 26(1), 3-12.

บทความวิจัย (Research Article)

การเฝ้าระวังติดตามการแพร่กระจายดินเค็มจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศและการใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณ
พื้นที่นาเกลือ จังหวัดนครราชสีมา

Surveillance and monitoring of saline soil distribution from climate change and land use in
salt farm area, Nakhon Ratchasima province

ณภัทร น้อยน้ำใส

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา

Napat Noinumsai

Faculty of Science and Technology, Nakhon Ratchasima Rajabhat University

*Corresponding author, E-mail: noinumsai@windowslive.com

Received: February 14, 2023 / Revised: April 8, 2024 / Accepted: April 8, 2024

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนารูปแบบการสำรวจ ติดตาม เฝ้าระวังการเปลี่ยนแปลงการแพร่กระจายดินเค็มบริเวณพื้นที่ใกล้กับสถานประกอบการเกลือสินเธาว์ ศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อระดับความรุนแรงการแพร่กระจายดินเค็ม ผลกระทบจากการแพร่กระจายดินเค็มในพื้นที่เพาะปลูกพืชอาหาร วิเคราะห์และประเมินคุณภาพดินและน้ำบริเวณพื้นที่ดินเค็มใกล้เคียงสถานประกอบการเกลือสินเธาว์ พื้นที่ศึกษาเป็นพื้นที่ประสบปัญหาดินเค็ม ประกอบด้วยอำเภอโนนสูงและอำเภอฟินมาย จังหวัดนครราชสีมา วิธีการสำรวจ ติดตาม เฝ้าระวังแบบมีส่วนร่วมของภาคประชาชนด้วยการสำรวจทางธรณีสัณฐานร่วมกับวิธีการทดสอบคุณสมบัติดินในสนาม ผลการศึกษาพบว่าพื้นที่ส่วนใหญ่บริเวณทุ่งสัมฤทธิ์ปรากฏเห็นคราบเกลือเป็นบริเวณกว้างโดยเฉพาะพื้นที่ทำนา ส่วนพื้นที่ที่ไม่พบคราบเกลือบนผิวดินส่วนมากเป็นบริเวณที่มีการใช้ประโยชน์ที่ดินสำหรับทำพืชไร่ การใช้ประโยชน์ที่ดินพื้นที่นาข้าวปี พ.ศ. 2550 ลดลงจากปี พ.ศ. 2543 จำนวน 1,662,844 ไร่ พื้นที่ปลูกมันสำปะหลังและอ้อยในปี พ.ศ. 2550 ลดลงจากปี พ.ศ. 2543 จำนวน 108,119 ไร่ และพื้นที่นาเกลือปี พ.ศ. 2550 ลดลงจากปี พ.ศ. 2543 จำนวน 1,197,970.71 ไร่ ลักษณะการเคลื่อนตัวของเกลือทั้ง 3 พื้นที่ศึกษา พบว่า โรงงานเกลือโนนสูง ตำบลโตนด และโรงงานเกลือโนนสูง ตำบลพลสงคราม มีลักษณะการเคลื่อนตัวคล้ายลักษณะดินชั้นบนที่เป็นดินทรายตะกอน ซึ่งมีความหนาแน่นต่ำทำให้เกลือมีการเคลื่อนตัวเร็วกว่าบริเวณโรงงานเกลือฟิมาย ซึ่งมีดินชั้นบนเป็นดินเหนียวที่มีความหนาแน่นสูงทำชั้นเกลือค่อนข้างคงที่

คำสำคัญ: การติดตามเฝ้าระวัง การแพร่กระจายดินเค็ม การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ การใช้ประโยชน์ที่ดิน

Abstract

This research aimed to develop a model survey to monitor changes in soil salinity spreading to nearby salt farms, to study environmental factors that influence the spreading of salt levels, and to analyze and evaluate the impacts of spreading salt on cultivated areas as well as saline soil and water nearby salt farms. The study area is an area facing soil salinity problems, consisting of Non Sung and Phimai districts in Nakhon Ratchasima province. The survey method involves

participatory monitoring by the community, combining geophysical surveys with field soil property testing methods. The results found that in most areas around Tung Samrit, there were extensive salt crusts, especially in rice farming areas. As for the areas where salt crust was not found on the soil surface, most of them are areas where the land is used for crop farming. The area utilized for rice cultivation decreased by 1,662,844 rai in 2007 compared to that in 2000. The areas for cultivating cassava and sugarcane decreased by 108,119 rai in 2007 compared to the previous year. Additionally, the area devoted to salt cultivation decreased by 1,197,970.71 rai in 2007 compared to the previous year. Regarding the salt distribution characteristics in all three areas, it was observed that the salt factories in Non Sung district, Ta Nod sub-district, and Phon Songkram sub-district exhibited movements similar to sandy soil sedimentation, characterized by low density, resulting in faster salt movement compared to the salt factory area in Phimai district. In Phimai district, where the topsoil is clayey and of high density, the salt layer remains relatively stable.

Keywords: Monitoring, Saline soil distribution, Climate change, Land utility, Tung Samrit area

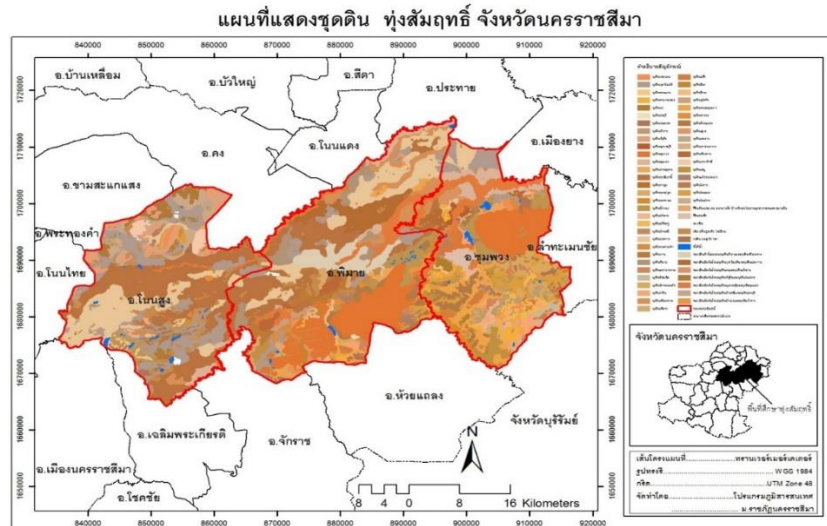
บทนำ

ดินเค็มเป็นปัญหาต่อการใช้ประโยชน์ที่ดินทางด้านเกษตรกรรม 17.80% ของพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (กรมพัฒนาที่ดิน, 2545) มีสาเหตุจากปัจจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องและสัมพันธ์กันเชิงพื้นที่ เช่น เป็นพื้นที่ลุ่มต่ำที่มีระดับผิวดินอยู่ต่ำกว่าระดับน้ำใต้ดินเค็ม เป็นพื้นที่ลุ่มต่ำที่อยู่สูงกว่าระดับน้ำใต้ดินน้อยกว่าระยะอิทธิพลของแรงดึงดูดของเหลวในช่องว่างขนาดจิ๋ว เป็นบริเวณที่มีแท่งเกลือลอยขึ้นมาอยู่ใกล้ผิวดิน ทำให้เกิดการละลายของเกลืออย่างมหาศาล และเป็นบริเวณที่มีการตัดไม้ทำลายป่าอย่างกว้างขวาง (กรมทรัพยากรธรณี, 2550) เกิดผลกระทบต่อความมั่นคงของพืชอาหาร ทางเศรษฐกิจและสังคมของชุมชนในพื้นที่ลุ่มน้ำ ทั้งนี้ นอกจากปัญหาที่เกิดจากธรรมชาติแล้ว การใช้ประโยชน์ที่ดินของมนุษย์ในการเร่งการแพร่กระจายให้กว้างขวางกว่าเดิม การทำนาเกลือโดยขาดหลักวิชาการและขาดการจัดการน้ำเสียที่เหลืออย่างมีประสิทธิภาพก็ทำให้เกิดการแพร่กระจายของน้ำเค็มไปยังที่ลุ่มต่ำและที่นา นอกจากด้านธรณีวิทยาและลักษณะภูมิประเทศแล้ว ภูมิอากาศก็เป็นปัจจัยสำคัญอย่างหนึ่งที่ทำให้เกิดการแพร่กระจายดินเค็มและปัจจัยที่สำคัญช่วยเป็นตัวเร่งการแพร่กระจายของดินเค็ม คือ น้ำท่วมที่เกิดจากปริมาณน้ำท่ามีมากเกินไป เพราะเมื่อฝนตกคราบเกลือบนผิวดินจะโดนชะล้างจากน้ำฝนไหลลงสู่ที่นา ซึ่งถ้าช่วงไหนมีปริมาณฝนตกชุก เกิดภาวะน้ำท่วมไปยังพื้นที่ต่าง ๆ ที่น้ำท่วมถึง ทำให้เกิดการแพร่กระจายดินเค็มขยายวงกว้างเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ดังนั้นความสัมพันธ์ของสภาพภูมิอากาศต่อการแพร่กระจายดินเค็มจะส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงวิถีชีวิตของชุมชนในอนาคต พื้นที่ส่วนใหญ่ของภาคอีสานมีอุณหภูมิสูงขึ้น และมีช่วงเวลาที่อากาศร้อนในรอบปียาวนานขึ้น และจะยาวนานอย่างต่อเนื่องในส่วนของคุณภาพฝนรายปีมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งพื้นที่ส่วนใหญ่อาจจะมีฝนเพิ่มสูงขึ้นประมาณร้อยละ 10-15 ในช่วงกลางศตวรรษ โดยเฉพาะในพื้นที่ตอนบนของภาคอีสาน (จริยา ฐิติเวชณ์, 2556) จากประเด็นปัญหาดังกล่าวจึงจำเป็นต้องทำการศึกษาความสัมพันธ์ของข้อมูลเชิงพื้นที่ทางกายภาพทั้งทางภูมิอากาศและภูมิประเทศจากอดีตย้อนหลัง 10 ปี จนถึงปัจจุบัน ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงการแพร่กระจายดินเค็มในพื้นที่ทุ่งสัมฤทธิ์โดยประยุกต์ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในการวิเคราะห์เชิงพื้นที่

วิธีดำเนินการวิจัย

พื้นที่ศึกษา

พื้นที่ในการศึกษาในครั้งนี้ เป็นบริเวณที่ประสบปัญหาดินเค็มในเขตอำเภอโนนสูง และอำเภอพิมาย จังหวัดนครราชสีมา (ภาพที่ 1)



ภาพที่ 1 พื้นที่ศึกษา

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

จากการศึกษาบริบทด้านสิ่งแวดล้อมของพื้นที่ศึกษาเป็นพื้นที่ประสบปัญหาดินเค็มเขตพื้นที่อำเภอโนนสูง และอำเภอพิมาย ซึ่งมีสมาชิกองค์กรชุมชนเกษตรกรต้นแบบเข้าร่วมโครงการ ศึกษาคุณสมบัติดินน้ำและโครงสร้างดินบริเวณพื้นที่ศึกษาและแลกเปลี่ยนกับสถานประกอบการ

วิธีการสำรวจการแพร่กระจายของดินเค็ม

1. วิธีการสำรวจ ติดตาม เฝ้าระวังแบบมีส่วนร่วมของภาคประชาชน การมีส่วนร่วมของภาคประชาชนกรณีพื้นที่ประกอบการเกลือสินเธาว์ โดยประชาชนร่วมศึกษาคุณสมบัติดินน้ำใต้ดิน แหล่งน้ำผิวดิน คุณสมบัติดิน โครงสร้างดิน และการใช้ประโยชน์ที่ดิน บริเวณพื้นที่ศึกษาและแลกเปลี่ยนกับสถานประกอบการเกลือสินเธาว์ โดยทำการเก็บตัวอย่างแบบสุ่มในแต่ละจุดให้ทั่วพื้นที่ศึกษาอำเภอโนนสูงและอำเภอพิมาย จังหวัดนครราชสีมา

2. วิธีการสำรวจทางธรณีฟิสิกส์ร่วมกับวิธีการทดสอบคุณสมบัติดินในสนาม วิธีการธรณีฟิสิกส์ ได้แก่ การวัดความต้านทานของชั้นดิน (Resistivity survey) และวัดความเร็วของคลื่นผ่านชั้นดิน (Seismic survey) ใช้ควบคู่กับการเจาะสำรวจ เพื่อเพิ่มข้อมูลเพิ่มเติมในระหว่างหลุมเจาะ

การวิเคราะห์ข้อมูลและจัดทำฐานข้อมูล

1. จัดทำรายละเอียดแผนงานการดำเนินงานสำรวจข้อมูลสภาพทางธรณีวิทยา ลักษณะความสูงต่ำของสถานประกอบการเกลือสินเธาว์ในปัจจุบัน ข้อมูลด้านวิศวกรรมของดินในพื้นที่ ความลึกของน้ำใต้ดิน และภาพตัดขวางของชั้นดินบริเวณสถานที่ศึกษาให้หน่วยงานที่เกี่ยวข้องใช้ประโยชน์

2. สำรวจสภาพภูมิประเทศ (Topographical survey) ของสถานที่ประกอบการเกลือสินเธาว์ในเขตจังหวัดนครราชสีมา รวมทั้งพื้นที่โดยรอบ ตามความเหมาะสมของสภาพพื้นที่และจัดทำแผนที่แสดงลักษณะภูมิประเทศในพื้นที่ก่อสร้าง หรือตามความเหมาะสมของสภาพภูมิประเทศในพื้นที่ก่อสร้าง โดยมีมาตราส่วนของแผนที่อย่างน้อย 1:500

รายละเอียดดังนี้เส้นแสดงขอบเขตพื้นที่ที่ก่อสร้างถนน แหล่งน้ำผิวดินและจุดสังเกตต่าง ๆ ที่สำคัญ ระบบสาธารณูปโภค และสิ่งก่อสร้างที่อาจเป็นอุปสรรคทั้งบนดินและใต้ดิน

3. การดำเนินการจะทำการสำรวจสภาพ ภูมิประเทศ สภาพทางธรณีวิทยา ข้อมูลด้านวิศวกรรมของดิน ด้วยวิธีการสำรวจทางธรณีฟิสิกส์ร่วมกับวิธีการทดสอบคุณสมบัติดินในสนาม เส้นทางน้ำผิวดิน ความลึกของน้ำใต้ดิน ในบริเวณพื้นที่ศึกษาและพื้นที่โดยรอบตามความเหมาะสมของสภาพพื้นที่ เครื่องมือในการสำรวจโดยใช้ระบบรับวัดจับค่าพิกัด GPS ในการสำรวจสภาพภูมิประเทศ ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ธรณีวิทยาร่วมกันกับข้อมูลบ่อน้ำบาดาลในการสำรวจสภาพทางธรณีวิทยาและความลึกของน้ำใต้ดิน ใช้แผนที่ทหาร L1018 ในการจัดทำแผนที่ถนน แหล่งน้ำผิวดิน และจุดสังเกตต่าง ๆ ที่สำคัญ ด้านระบบสาธารณูปโภคและสิ่งก่อสร้างจะทำการสำรวจโดยใช้ภาพถ่ายทางอากาศของกรมแผนที่ดินร่วมกันกับข้อมูลระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ของทางเทศบาลสี่คี่ การสำรวจข้อมูลทั้งหมดเพื่อจัดทำแผนที่ในการกำหนดแนวเส้นขอบเขตพื้นที่ที่ก่อสร้าง การหารายละเอียดการใช้พื้นที่โดยรอบสถานประกอบการเกลือสินเธาว์แนวเขตออกไปอีก ระยะ 100 เมตร 500 เมตร และ 1 กิโลเมตร จะทำการโดยใช้เครื่องมือวิเคราะห์แนวเส้นกันชน (Buffer Tool) และภาพตัดของชั้นดิน โดยใช้เครื่องมือทำภาพตัดขวาง (Profile tool) การจัดทำแผนที่ใช้ระบบโปรแกรมประยุกต์ ArcGIS จัดทำ ปรับปรุงแก้ไข และวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่ ในระบบฐานข้อมูล Geodatabase (Gdb) นำเสนอในรูปแบบของ Shapefile (Shp) ไฟล์ภาพ JPEG พร้อมอธิบายผลการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่ โดยทำการจัดเก็บไฟล์ข้อมูลเชิงพื้นที่ในรูปแบบของ ArcMap (Mxd) และจัดทำคู่มือพจนานุกรมข้อมูลระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

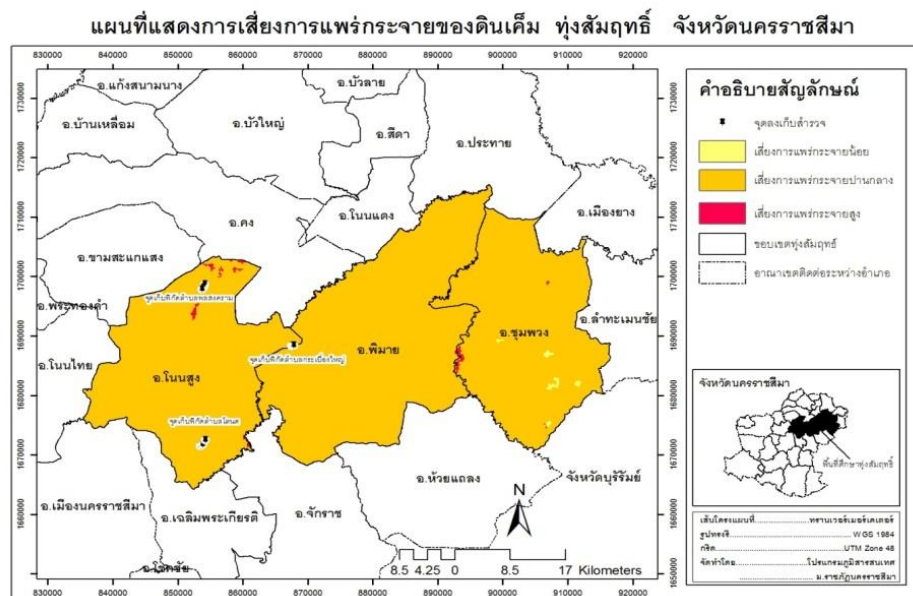
ผลและอภิปรายผลการวิจัย

ข้อมูลทางธรณีวิทยาของพื้นที่ศึกษา

พื้นที่ทุ่งสัมฤทธิ์ตั้งอยู่บริเวณด้านทิศตะวันตกของพื้นที่อำเภอโคกโพธิ์ เนื้อที่ศึกษาประมาณ 956.78 ตารางกิโลเมตร ทำการสำรวจภาคสนามครอบคลุมพื้นที่ อำเภอโนนสูงและอำเภอยางชุมน้อย จังหวัดนครราชสีมา บริเวณทุ่งสัมฤทธิ์จังหวัดนครราชสีมาเนื่องจากลักษณะทางกายภาพของพื้นที่ แผนภาพลักษณะสูงต่ำของพื้นที่ พบว่าบริเวณที่เสี่ยงต่อน้ำท่วมหลากเป็นบริเวณพื้นที่ที่มีระดับลักษณะทางภูมิประเทศค่อนข้างต่ำ คุณภาพน้ำบริเวณที่อยู่ในพื้นที่อำเภอยางชุมน้อยอยู่ใกล้ริมฝั่งแม่น้ำมูล พบว่าเป็นน้ำจืด สามารถใช้บริโภคอุปโภคได้ พื้นที่บางส่วนพบว่ามีน้ำกร่อย สามารถใช้ประโยชน์ ตามความเหมาะสมของพื้นที่

การเปลี่ยนแปลงค่าความเค็มในระดับความลึกของดิน กำหนดพื้นที่ศึกษา 3 จุดเก็บ ประกอบด้วย พื้นที่นาเกลือตำบลโคกโพธิ์ อำเภอโนนสูง ตำบลพลสงคราม อำเภอโนนสูง จังหวัดนครราชสีมา โรงงานเกลือพิกุล ตำบลกระเบื้องใหญ่ อำเภอยางชุมน้อย จังหวัดนครราชสีมาและโรงงานเกลือโนนสูง (นาเกลือเก่า ปัจจุบันเลิกกิจการ) ตำบลโคกโพธิ์ อำเภอโนนสูง จังหวัดนครราชสีมา เนื่องจากลักษณะอุทกธรณีของโรงเกลือพิกุลที่ดินชั้นบนเป็นดินเหนียวค่าความเค็มของเกลือค่อนข้างคงที่ ปริมาณน้ำฝนจึงไม่มีผลมากนัก โดยที่ Buffer ระยะ 100, 300 และ 500 เมตร ของตำบลกระเบื้องใหญ่ อำเภอยางชุมน้อย จังหวัดนครราชสีมา ค่า Slope ระยะ 100 เมตร อยู่ในระดับ 0-2 % และระยะ 300 และ 500 เมตร อยู่ในพื้นที่นาเกลือ และ 0-2 % และด้านการใช้ประโยชน์ที่ดิน ระยะ Buffer ระยะ 100 และ 300 เมตร อยู่ในพื้นที่นาข้าวและพื้นที่นาเกลือ และระยะ Buffer 500 เมตร 1 จุด อยู่พื้นที่โรงงานอุตสาหกรรม พื้นที่นาเกลือโนนสูงตำบลโคกโพธิ์ อำเภอโนนสูง จังหวัดนครราชสีมา ซึ่งเลิกกิจการทำนาเกลือไปแล้ว Buffer ระยะ 100, 300 และ 500 เมตร พื้นที่ตำบลโคกโพธิ์ อำเภอโนนสูง จังหวัดนครราชสีมา ค่า Slope ระยะ 300 และ 500 เมตร อยู่ในพื้นที่นาเกลือ และ 0-2 % และด้านการใช้ประโยชน์ที่ดิน ระยะ Buffer ระยะ 100, 300 และ 500 เมตร อยู่ในพื้นที่นาข้าว พบว่า ค่าความเค็มของดินในพื้นที่ที่อยู่ในระดับความลึกมากนั้นมีแนวโน้มจะเคลื่อนตัวขึ้นมาด้านบนผิวดิน ดังนั้น ปริมาณน้ำฝนจึงไม่มีผลต่อการเคลื่อนตัวของเกลือ แต่ชั้นผิวดินนั้นค่าความเค็มของดินจะมีแนวเคลื่อนตัวลงลึกขึ้นเพียงเล็กน้อย พื้นที่นาเกลือโนนสูง ตำบลพลสงคราม อำเภอโนนสูง จังหวัดนครราชสีมา Buffer ระยะ 100, 300 และ 500 เมตร ของตำบลพลสงคราม อำเภอโนนสูง จังหวัดนครราชสีมา ค่า Slope ระยะ 100, 300 และ 500 เมตร อยู่ในระดับ 0-2 % และนาเกลือ และด้านการใช้ประโยชน์ที่ดิน ระยะ Buffer ระยะ 100, 300 และ 500 เมตร อยู่ในพื้นที่นาข้าว พื้นที่นาเกลือ และหมู่บ้านอยู่บริเวณพื้นที่ราบ ไม่สวนผสม ปรากฏค่าความเค็มของน้ำที่อยู่ในระดับความลึกมาก ๆ นั้นมี

แนวโน้มจะเคลื่อนตัวขึ้นมาจากบึงผิวดิน ดังนั้นปริมาณน้ำฝนจึงไม่มีผลต่อการเคลื่อนตัวของเกลือ แต่ชั้นผิวดินนั้นค่าความเค็มของจะมีแนวเคลื่อนตัวลงลึกขึ้นเพียงเล็กน้อย ลักษณะการเคลื่อนตัวของเกลือทั้ง 3 จุด พบว่า โรงงานเกลือโนนสูง ตำบลโตนด และโรงงานเกลือโนนสูง ตำบลพลสงคราม มีลักษณะการเคลื่อนตัวคล้ายกัน เนื่องจากลักษณะดินชั้นบนที่เป็นดินทรายตะกอน ซึ่งมีความหนาแน่นต่ำทำให้เกลือมีการเคลื่อนตัวเร็วกว่าโรงงานเกลือพิมาย ตั้งอยู่ที่พื้นที่ตำบลกระเบื้องใหญ่ ดินชั้นบนเป็นดินเหนียวที่มีความหนาแน่นสูงทำให้ชั้นเกลือค่อนข้างคงที่ การแพร่กระจายดินเค็มบริเวณทุ่งสัมฤทธิ์จังหวัดนครราชสีมาแผนภาพแสดงพื้นที่ดินเค็มพบว่าพื้นที่ส่วนใหญ่บริเวณทุ่งสัมฤทธิ์จังหวัดนครราชสีมา จะมีคราบเกลือเป็นบริเวณกว้าง ซึ่งสาเหตุของการแพร่กระจายดินเค็มของมีสาเหตุมาจากสภาพกำเนิดดินเกลือและกิจกรรมของมนุษย์ที่เป็นปัจจัยเร่งทำให้เกิดการแพร่กระจายของดินเค็ม ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ลักษณะนาราวุธ (2561) ที่รายงานว่า ระดับความเค็มบริเวณตำบลพลสงคราม อำเภอโนนสูง จังหวัดนครราชสีมา บริเวณนาเกลือและโรงเกลือจะมีค่าความเค็มลดลงจากระดับความเค็ม เนื่องจากการแพร่กระจายดินเค็มลงไปยังพื้นที่ที่ต่ำกว่าตามเส้นทางการระบายน้ำและร่องน้ำ ทำให้บริเวณที่เกิดดินเค็มใหม่ในปี พ.ศ. 2559 กลายเป็นดินเค็มและมีค่าระดับความเค็มที่สูงขึ้น โดยเฉพาะบริเวณร่องน้ำ



ภาพที่ 2 พื้นที่เสี่ยงต่อการแพร่กระจายดินเค็มบริเวณทุ่งสัมฤทธิ์ จังหวัดนครราชสีมา

การใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ดินเค็ม

การใช้ประโยชน์ที่ดินพื้นที่นาข้าวปี พ.ศ. 2550 ลดลงจากปี พ.ศ. 2543 จำนวน 1,662,844 ไร่ พื้นที่สำหรับปลูกมันสำปะหลังและอ้อยในปี พ.ศ. 2550 ลดลงจากปี พ.ศ. 2543 จำนวน 108,119 ไร่ และพื้นที่นาเกลือปี พ.ศ. 2550 ลดลงจากปี พ.ศ. 2543 จำนวน 1,197,970.71 ไร่ ขณะที่พื้นที่นาเกลือระดับจังหวัดในปี พ.ศ. 2550 มีปริมาณเพิ่มขึ้นจากปี พ.ศ. 2543 กล่าวคือ พื้นที่นาเกลือในจังหวัดนครราชสีมาในปี พ.ศ. 2543 มีปริมาณ 3,050 ไร่ คิดเป็น 0.02% แต่ในปี พ.ศ. 2550 พื้นที่นาเกลือแพร่กระจายเพิ่มปริมาณเป็น 7,515 ไร่ คิดเป็น 0.06% ซึ่งจากการสำรวจภาคสนามพบว่าบริเวณพื้นที่ทุ่งสัมฤทธิ์บริเวณตำบลโตนด อำเภอโนนสูง จังหวัดนครราชสีมา ได้ทำการยุติการทำนาเกลือ พื้นที่กระเบื้องใหญ่ อำเภอพิมาย จังหวัดนครราชสีมา เป็นการทำเกลือด้วยเทคโนโลยีที่ทันสมัย มีมาตรการติดตามเฝ้าระวัง ควบคุมการแพร่กระจายน้ำเค็มได้ดี มีการฟื้นฟูพื้นที่ดินเค็มจากการมีส่วนร่วมที่หลากหลายภาคส่วน สำหรับพื้นที่บ้านเสลา ตำบลพลสงคราม อำเภอโนนสูง จังหวัด นครราชสีมา นาเกลือที่ยังเปิดกิจการมีเพียง 2 ใบอนุญาต โดยที่กิจการเป็นทำนาเกลือพื้นปูนซีเมนต์ ส่วนอีก 1 กิจการเป็นนาเกลือพื้นดินอัดแน่น มีการทำพื้นที่นวดด้วยโครงการตามแนวพระราชดำริ ได้แก่ การปลูกพืชทนเค็มมะขามเทศและหญ้าเนเปียร์ เป็นต้น

สรุปผล

พื้นที่ส่วนใหญ่บริเวณทุ่งสัมฤทธิ์ จังหวัดนครราชสีมาจะมีคราบเกลือเป็นบริเวณกว้างโดยเฉพาะพื้นที่ทำนาส่วนพื้นที่ที่ไม่พบปริมาณเกลือในดินส่วนมากเป็นบริเวณที่มีการใช้ประโยชน์ที่ดินทำพืชไร่ การใช้ประโยชน์ที่ดินพื้นที่นาข้าวปี พ.ศ.2550 ลดลงจากปี พ.ศ.2543 จำนวน 1,662,844 ไร่ พื้นที่ปลูกมันสำปะหลังและอ้อยในปี พ.ศ.2550 ลดลงจากปี พ.ศ.2543 จำนวน 108,119 ไร่ และพื้นที่นาเกลือปี พ.ศ. 2550 ลดลงจากปี พ.ศ.2543 จำนวน 1,197,970.71 ไร่ ลักษณะการเคลื่อนตัวของเกลือทั้ง 3 จุด พบว่า โรงงานเกลือโนนสูง ตำบลโตนด และโรงงานเกลือโนนสูง ตำบลพลสงคราม มีลักษณะการเคลื่อนตัวเนื่องจากลักษณะดินชั้นบนที่เป็นดินทรายตะกอน ซึ่งมีความหนาแน่นต่ำทำให้เกลือมีการเคลื่อนตัวเร็วกว่าโรงงานเกลือพิมาย ตำบลกระเบื้องใหญ่ ซึ่งดินชั้นบนเป็นดินเหนียวที่มีความหนาแน่นสูงทำชั้นเกลือค่อนข้างคงที่

การนำไปใช้ประโยชน์

การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อศึกษาการแพร่กระจายดินเค็มเขตพื้นที่ทุ่งสัมฤทธิ์ มีข้อเสนอแนะในการนำไปใช้ประโยชน์เป็นรูปธรรมซึ่งหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม นำไปกำหนดแผนอนุรักษ์ พื้นที่ ปลอดภัยจนมาตรการติดตาม ตรวจสอบและเฝ้าระวังการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ดินเค็มเขตพื้นที่ทุ่งสัมฤทธิ์ ควรจัดทำฐานข้อมูลเผยแพร่สาธารณะตลอดจนสร้างเครือข่ายชุมชนเข้าถึงข้อมูลและมีการพัฒนาฐานข้อมูลให้เป็นปัจจุบันด้วยการมีส่วนร่วมของภาคประชาชนระดับพื้นที่สำนักทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมจังหวัดนครราชสีมา จัดให้มีฐานข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน พื้นที่เสี่ยงน้ำท่วม พื้นที่เสี่ยงภัยแล้งและพื้นที่ดินเค็ม

เอกสารอ้างอิง

- กรมพัฒนาที่ดิน. (2545). การประเมินการสูญเสียดินในประเทศไทย. กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ กรุงเทพฯ.
- กรมทรัพยากรธรณี. (2550). การพัฒนาพื้นที่ดินเค็มในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. ส่วนมาตรฐานทรัพยากรแร่ สำนักทรัพยากรแร่ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. กรุงเทพฯ.
- จริยา ฐิติเวศน์ (2556). โครงการการประเมินและวิเคราะห์แนวโน้มความเสี่ยงของพื้นที่ศึกษานำร่องในบริบทของจังหวัดต่อสภาพอากาศแปรปรวนและการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศเพื่อจัดทำกรอบการศึกษาด้านการปรับตัวต่อภูมิอากาศแบบบูรณาการเชิงพื้นที่แบบองค์รวม, รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์. สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม.
- ลักษณะนารา ขวัญชุม. (2561). การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อศึกษาการแพร่กระจายดินเค็ม บริเวณตำบลพลสงคราม อำเภอโนนสูง จังหวัดนครราชสีมา. *วารสารแก่นเกษตร (ฉบับพิเศษ)*, 1, 1181-1187.

บทความวิจัย (Research Article)

ผลของการใช้เชื้อราไมคอร์ไรซาร่วมกับการใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของ
ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในชุดดินจตุรัส

Effects of mycorrhizal fungi and fertilizer utilization based on soil analysis on growth and yield of
maize in Chatturat soil series

นพดล การดี^{1*}, วิรุฐ คงเมือง¹ และ ณัฏพร น้อยน้ำใส²

¹สถานีพัฒนาที่ดินนครราชสีมา สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 3 กรมพัฒนาที่ดิน

²สาขาวิชาเทคโนโลยีการจัดการสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา

Noppadol Kandee^{1*}, Virut Kongmung¹ and Napat Noinumsai²

¹Nakhon Ratchasima Land Development Station, Land Development Office Zone 3,
Department of Land Development

²Environmental Management technology Program, Faculty of Science and Technology,
Nakhon Ratchasima Rajabhat University

*Corresponding author, E-mail: pom_pum007@hotmail.com

Received: February 20, 2024 / Revised: March 24, 2024 / Accepted: April 1, 2024

บทคัดย่อ

การศึกษาผลของการใช้เชื้อราไมคอร์ไรซาร่วมกับการใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์ไพโอเนีย 1463 และพันธุ์นครสวรรค์ 3 ในชุดดินจตุรัส มีวัตถุประสงค์ ดังนี้ 1) ศึกษาการใช้เชื้อราไมคอร์ไรซา ร่วมกับปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ 2) ศึกษาคุณสมบัติทางเคมีของดินก่อน และหลังการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ 3) ศึกษาปริมาณเชื้อราไมคอร์ไรซาที่อาศัยอยู่ในดินก่อนการปลูก และช่วงระยะการเจริญเติบโตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ โดยวางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) ปรากฏผลรวมดังนี้ คือ การใช้เชื้อราไมคอร์ไรซาร่วมกับการใช้ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน 75 เปอร์เซ็นต์ หรือการใช้ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน 75 เปอร์เซ็นต์อย่างเดียว ไม่มีผลต่อค่าความสูงต้นข้าวโพดอายุ 60 วัน และอายุ 120 วัน ทุกตำรับการทดลองพบว่า ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ การปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์ไพโอเนีย 1463 ร่วมกับปุ๋ยเคมี 75 เปอร์เซ็นต์ ตามค่าวิเคราะห์ดิน มีค่าน้ำหนักเมล็ดแห้ง ค่าน้ำหนักต้นสด ค่าน้ำหนักฝักเปลือก และค่าน้ำหนักฝักไม่เปลือก มีค่ามากที่สุด เท่ากับ 14.70, 24.33, 23.67 และ 26.00 กิโลกรัม การปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์นครสวรรค์ 3 ร่วมกับปุ๋ยเคมี 75 เปอร์เซ็นต์ ตามค่าวิเคราะห์ดิน จำนวนฝักสมบูรณ์ จำนวนฝักไม่สมบูรณ์ และน้ำหนัก 100 เมล็ด มีค่ามากที่สุด เท่ากับ 100 ฝัก, 37 ฝัก และ 30.17 กรัม ขณะที่การปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์ไพโอเนีย 1463 ร่วมกับการใช้เชื้อราไมคอร์ไรซาและปุ๋ยเคมี 75 เปอร์เซ็นต์ ตามค่าวิเคราะห์ดิน มีค่าต่ำที่สุด การใช้เชื้อราไมคอร์ไรซาร่วมกับการใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน มีผลให้ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของดินอยู่ในระดับกรดเล็กน้อยถึงปานกลาง และมีค่าการนำไฟฟ้า (ECe) ของดินอยู่ในระดับไม่เค็ม นอกจากนี้การปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์ไพโอเนีย 1463 ร่วมกับปุ๋ยเคมี 75 เปอร์เซ็นต์ ตามค่าวิเคราะห์ดิน มีผลให้ปริมาณธาตุอาหารในดินมีค่าสูงสุด อย่างไรก็ตามการใช้เชื้อราไมคอร์ไรซาร่วมกับการใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน หรือใช้ปุ๋ยเคมีอย่างเดียวติดต่อกัน 1 ปี มีผลให้สมบัติทางเคมีของดินในแนวโน้มที่ดีขึ้น สำหรับการใช้เชื้อราไมคอร์ไรซา ร่วมกับการใช้ปุ๋ย

ตามค่าวิเคราะห์ดินมีผลต่อปริมาณจำนวนสปอร์เชื้อราไมคอร์ไรซาที่ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์อายุ 60 วัน และอายุ 90 วัน พบว่าการเจริญเติบโตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่เพิ่มขึ้นทำให้การเจริญเติบโตของเชื้อราไมคอร์ไรซาเพิ่มขึ้นตามด้วย

คำสำคัญ: ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ เชื้อราไมคอร์ไรซา ปุ๋ยเคมี ชุดดินจตุรัส

Abstract

A study on the effect of using mycorrhiza fungi combined with chemical fertilizer based on soil analysis on growth and yield of maize varieties Pioneer 1463 and Nakhon Sawan 3 in Chatturat soil series. The objectives of this study were to 1) study the effects of using of mycorrhiza fungi in combination with fertilizers based on soil analysis values on the growth and yield of maize, 2) study the chemical properties of the soil before and after planting maize, as well as 3) examine the viable of mycorrhiza fungi living in the soil before planting and the growth stage of maize. The Randomized Complete Block Design (RCBD) experiment showed the following results: the use of mycorrhiza fungi in combination with the use of chemical fertilizers based on soil analysis value of 75 % or the use of chemical fertilizers of 75 % alone. There was no statistical difference between 60-day-old and 120-day-old maize plant heights. When cultivating Pioneer 1463 maize with 75 % chemical fertilizer , dry seed weight, fresh plant weight, peeled pod weight, and unpeeled pod weight were observed. The largest values were 14.70, 24.33, 23.67 and 26.00 kilograms. In case Nakhon Sawan 3 variety together with 75 % chemical fertilizer based on soil analysis, the highest number of incomplete, complete kernel set of maize were 100 and 37 and 100 seed-weight was 30.17 g, respectively Growing Pioneer 1463 maize with the use of mycorrhiza fungi and chemical fertilizers at 75 %, according to soil analysis. This method has the lowest value. The use of mycorrhiza fungi in combination with fertilizer application according to soil analysis values. We found that the pH values of the soil was slightly to moderately acidic, and the electrical conductivity (ECe) was not soil salinity. In addition, the cultivation of Pioneer 1463 maize in combination with 75% chemical fertilizer based on soil analysis values, the result showed that the nutrient content in the soil is maximized. However, the use of mycorrhiza fungi in combination with fertilizer based on soil analysis values or the use of chemical fertilizers alone for 1 consecutive year has resulted in improved soil chemical properties. Regarding the use of mycorrhiza fungi in combination with fertilizer application based on soil analysis values affecting the number of mycorrhiza fungi spores at 60-day-old and 90-day-old maize, it was found that increased maize growth led to an increase in mycorrhiza growth.

Keywords: Maize, Mycorrhizal fungi, Chemical fertilizers, Chatturat soil series

บทนำ

พื้นที่ตำบลตะเคียน อำเภอด่านขุนทด จังหวัดนครราชสีมา เกษตรกรส่วนใหญ่ประกอบอาชีพเกษตรกรรม ซึ่งพืชเศรษฐกิจที่สำคัญ มีพื้นที่เพาะปลูกทั้งหมดจำนวน 68,285.43 ไร่ ได้แก่ ข้าว พื้นที่เพาะปลูกจำนวน 15,881.30 ไร่

ร้อยละ 23.26 มันท่ำน้ำปะหลัง พื้นที่เพาะปลูกจำนวน 38,386.10 ไร่ ร้อยละ 56.21 ข้าวโพดพื้นที่เพาะปลูกจำนวน 7,762.76 ไร่ ร้อยละ 11.37 อ้อยพื้นที่เพาะปลูกจำนวน 6,134.98 ไร่ ร้อยละ 8.98 และยางพาราพื้นที่เพาะปลูกจำนวน 120.30 ไร่ ร้อยละ 0.18 (กรมพัฒนาที่ดิน, 2566) มีเนื้อที่เป็นชุดดินจัดรัสมากที่สุดเท่ากับ 12,768 ไร่ (กลุ่มวางแผนการใช้ที่ดิน สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 3, 2561) เป็นดินลิกปานกลางถึงชั้นหินพื้น ดินบนเป็นดินร่วนเหนียวปนทรายแป้ง สีน้ำตาลปนแดง ดินล่างเป็นดินเหนียวหรือดินเหนียวปนทรายแป้ง ปฏิกริยาดินเป็นกรดเล็กน้อยถึงเป็นด่างปานกลาง (pH 6.5-8.0) ในดินบน และเป็นกรดปานกลางถึงเป็นด่างปานกลาง (pH 6.0-8.0) ในดินล่าง สมบัติทางกายภาพของดินไม่ดี ดินค่อนข้างแน่นทึบ โครงสร้างไม่เหมาะสม น้ำซึมผ่านได้ช้า อาจขาดแคลนน้ำได้ในช่วงฤดูเพาะปลูก แต่ด้วยทรัพยากรดินในพื้นที่มีข้อจำกัดในด้านความอุดมสมบูรณ์ ทำให้การผลิตพืชชนิดต่าง ๆ ได้ผลผลิตต่ำ ปุ๋ยเคมีราคาแพง ไม่คุ้มค่ากับการลงทุน ส่งผลกระทบโดยตรงต่อรายได้ของเกษตรกรในพื้นที่ ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญชนิดหนึ่งเป็นแหล่งอาหารสัตว์ เกษตรกรยังขาดความรู้ความเข้าใจในการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์มีผลทำให้ผลผลิตตกต่ำ ต้นทุนการผลิตสูง มีโรคและแมลงระบาด ปุ๋ยเคมีราคาแพงและมีการใช้สารเคมีไม่ถูกต้อง ดังนั้นเพื่อให้เกษตรกรผู้ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์มีผลผลิตต่อไร่ให้สูงขึ้น ลดต้นทุนการผลิต ทรัพยากรดินดีขึ้น มีเชื้อราไมคอร์ไรซาที่เป็นประโยชน์ต่อพืชช่วยเพิ่มการดูดน้ำและธาตุอาหารพืชช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้นช่วยให้ข้าวโพดดูดฟอสฟอรัสเพิ่มขึ้น ลดการใช้ปุ๋ยเคมีและเพิ่มผลผลิต พร้อมทั้งให้เกษตรกรเกิดความรู้ความเข้าใจในการปลูกข้าวโพดเพิ่มขึ้น ดังนั้นจึงศึกษาผลของการใช้เชื้อราไมคอร์ไรซา สำหรับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ โดยเปรียบเทียบการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ 2 สายพันธุ์ และ การใช้ปุ๋ยเคมี 75 เปอร์เซ็นต์ ตามค่าวิเคราะห์ดิน ในชุดดินจัดรัส เกษตรกรมีส่วนร่วมในกระบวนการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ตั้งแต่เริ่มจนเก็บผลผลิต แล้วนำมาวิเคราะห์และข้อมูลที่สรุปได้จะเป็นประโยชน์อย่างยิ่ง ช่วยสนับสนุนและสร้างความเชื่อมั่นต่อการใช้เชื้อราไมคอร์ไรซา สำหรับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ถ้าเกษตรกรมีความมั่นใจและมีการใช้เชื้อราไมคอร์ไรซากันอย่างกว้างขวางจะเป็นผลดีในการเพิ่มผลผลิต ลดต้นทุนการผลิต ลดการใช้ปุ๋ยเคมีเกิดความคุ้มค่าและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม เพื่อนำไปสู่คุณภาพชีวิตที่ดี มั่นคงและยั่งยืนต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. คัดเลือกพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ณ แปลงเกษตรกร ในชุดดินจัดรัส ตำบลตะเคียน อำเภอด่านขุนทด จังหวัดนครราชสีมา เพื่อจัดทำแปลงทดลองขนาด 1 ไร่ มีทั้งหมดจำนวน 4 แปลงย่อย แปลงพื้นที่แปลงทดลองขนาด 400 ตารางเมตร
2. ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ 2 สายพันธุ์ ได้แก่ ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ พันธุ์ไพโอเนีย 1463 และข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์นครสวรรค์ 3
3. เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา
4. ปุ๋ยเคมีที่ใช้ได้แก่ ปุ๋ยเคมี (46-0-0) ปุ๋ยเคมีสูตร (18-46-0) และปุ๋ยเคมีสูตร (0-0-60)
5. ปุ๋ยหมัก
6. อุปกรณ์สำหรับเก็บข้อมูล เช่น วัดความสูง ชั่งน้ำหนัก และอื่น ๆ

วิธีการ

1. วิธีการศึกษา มีจำนวน 4 แปลงย่อย คือ
แปลงที่ 1 ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์ไพโอเนีย 1463 ร่วมกับการใช้เชื้อราไมคอร์ไรซาและปุ๋ยเคมี 75 เปอร์เซ็นต์ตามค่าวิเคราะห์ดิน

แปลงที่ 2 ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์ไพโอเนีย 1463 ร่วมกับปุ๋ยเคมี 75 เปอร์เซนต์ตามค่าวิเคราะห์ดิน
แปลงที่ 3 ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์นครสวรรค์ 3 ร่วมกับปุ๋ยเคมี 75 เปอร์เซนต์ตามค่าวิเคราะห์ดิน
แปลงที่ 4 ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์นครสวรรค์ 3 ร่วมกับการใช้เชื้อราไมคอร์ไรซาและปุ๋ยเคมี 75 เปอร์เซนต์ ตามค่าวิเคราะห์ดิน

2. การปลูก

2.1 การเตรียมขยายเชื้อราไมคอร์ไรซา ผสมทราย 16 กิโลกรัม กับปุ๋ยหมัก 4 กิโลกรัม คลุกเคล้าให้เข้ากัน แล้วนำไปใส่ภาชนะปลูกในกระถาง

2.2 เจาะหลุม 10 หลุม ไร่ 13 จำนวน 1 ของ ร่องกันหลุม หลุมละ 10 กรัมแล้วหยอดเมล็ดข้าวโพด 1 เมล็ดต่อหลุม เพื่อย่อยเชื้อ ดูแลให้น้ำสม่ำเสมอ เป็นเวลา 60 วัน จึงนำไปใช้เป็นหัวเชื้อสำหรับปลูกข้าวโพด

2.3 ก่อนเก็บเชื้อเป็นเวลา 1 สัปดาห์ งดให้น้ำ เก็บหัวเชื้อโดย ตัดต้นข้าวโพดออก เหลือวัสดุปลูกกับราก นำหัวเชื้อฝังในที่ร่มให้แห้ง แล้วนำไปใช้หรือเก็บใส่ถุง ไว้ในที่ร่ม

2.4 การปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์โดยการหยอดเมล็ดจำนวน 2-3 เมล็ดต่อหลุม ระยะปลูก 75x25 เซนติเมตร พร้อมกับการใช้เชื้อราไมคอร์ไรซาที่ขยายเชื้อแล้วในอัตรา 20 กิโลกรัมต่อไร่ ผสมกับปุ๋ยหมัก 70 กิโลกรัม คลุกเคล้าให้เข้ากัน แล้วแบ่งใส่ 2 ซ่อนชา (10 กรัม) ร่องกันหลุมพร้อมกับการหยอดเมล็ดข้าวโพดตามและถอนแยกข้าวโพด เมื่ออายุ 14 วัน หลังปลูก ให้เหลือ 1-2 ต้นต่อหลุม

2.5 แปลงที่ 1 และแปลงที่ 4 การใช้เชื้อราไมคอร์ไรซา ร่วมกับปุ๋ยเคมี 75เปอร์เซนต์ ตามค่าวิเคราะห์ดิน ดำเนินการใส่ปุ๋ยเคมี 75เปอร์เซนต์ ตามค่าวิเคราะห์ดิน แบ่งใส่ 2 ครั้ง โดยครั้งที่ 1 ใส่กันหลุมตอนปลูกข้าวโพด ร่วมกับเชื้อราไมคอร์ไรซา อัตรา 10 กรัม ร่องกันหลุมพร้อมหยอดเมล็ดข้าวโพด และใส่ปุ๋ยเคมีครั้งที่ 2 เมื่อข้าวโพดมีอายุ 30 วัน หลังปลูก

2.6 แปลงที่ 2 และแปลงที่ 3 ใส่ปุ๋ยเคมี 75เปอร์เซนต์ ใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน แบ่งใส่ 2 ครั้ง โดยครั้งที่ 1 ใส่ร่องกันหลุมตอนปลูกข้าวโพด และใส่ปุ๋ยเคมีครั้งที่ 2 เมื่อข้าวโพดมีอายุ 30 วัน หลังปลูก

3. การดูแลรักษา

3.1 การให้น้ำ การให้น้ำแบบร่อง โดยให้น้ำเมื่อข้าวโพดมีอายุประมาณ 20 วัน

3.2 การใส่ปุ๋ย การใส่ปุ๋ยเคมีพร้อมกับการหยอดเมล็ดข้าวโพด ใช้ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 ใช้อัตรา 37.5 กิโลกรัมต่อไร่ ร่องกันหลุม และเมื่อข้าวโพดอายุ 30 วัน ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 ใช้อัตรา 8.2 กิโลกรัมต่อไร่

3.3 การกำจัดวัชพืช การกำจัดวัชพืชพร้อมพรวนดินเมื่อข้าวโพดอายุประมาณ 30 วัน โดยใช้รถไถเดินตามในการกำจัด

3.4 การกำจัดแมลง การกำจัดแมลง เมื่อข้าวโพดอายุ 30 วัน พ่นสารโพลิฮิโดรซิส เพื่อกำจัดหนอนกระทู้หอม

4. การเก็บข้อมูล

4.1 ข้อมูลการเก็บตัวอย่างดินก่อน และหลังการปลูกข้าวโพด

4.1.1 การเก็บตัวอย่างดินจากแปลงทดลองที่ระดับความลึก 0 - 30 เซนติเมตรนำดินมาบดแล้วร่อนด้วยตะแกรงขนาด 2 และ 0.5 มิลลิเมตร เพื่อใช้ในการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของดิน เพื่อวิเคราะห์สมบัติทางเคมีและธาตุอาหารพืช ได้แก่ ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง(pH) ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (OM) ค่าการนำไฟฟ้า (ECe) ปริมาณฟอสฟอรัส (P) และปริมาณโพแทสเซียม (K)

4.1.1.1 ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) วัดโดยใช้ pH meter อัตราส่วนระหว่างดินต่อน้ำเท่ากับ 1:1 (ทัศนีย์ และจรงค์ษ์, 2542)

4.1.1.2 ค่าการนำไฟฟ้า (ECe) โดยวัดค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายดินที่สกัดจากดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำ (saturated extract) วัดที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสด้วยเครื่อง Electrical conductivity meter (ทักษิณย์ และจงรักษ์, 2542)

4.1.1.3 Organic matter โดยวิธี Walkley and Black Titration

4.1.1.4 Available P โดยวิธี Bray II (0.1 N HCl+ 0.03N NH₄F) แล้วนำไปวัดค่า absorbance ด้วยเครื่อง Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 882 นาโนเมตร (ทักษิณย์ อัดตะนันท์ และจงรักษ์ จันทรเจริญสุข, 2542)

4.1.1.5 Exchangeable K สกัดดินด้วยสารละลาย 1N. NH₄ CH₃COO pH 7 แล้วนำไปวัดปริมาณด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer (ทักษิณย์ อัดตะนันท์ และจงรักษ์ จันทรเจริญสุข, 2542)

4.2 ข้อมูลการเก็บตัวอย่างเชื้อไมคอร์ไรซาก่อนปลูก และช่วงอายุการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

การเก็บตัวอย่างดินเพื่อหาปริมาณจำนวนเชื้อราไมคอร์ไรซาที่อยู่ในแต่ละแปลงทดลองโดยการสุ่มจำนวน 4 จุดต่อแปลง ก่อนปลูกข้าวโพด ช่วงข้าวโพดอายุ 60 วัน และอายุ 90 วัน ส่งกองเทคโนโลยีชีวภาพทางดิน กรมพัฒนาที่ดิน

4.3 ข้อมูลการเจริญเติบโตและผลผลิต

4.3.1 ความสูง ทำการวัดความสูงต้นข้าวโพดเมื่ออายุ 60 วัน และที่ระยะเก็บเกี่ยว โดยวัดจากข้อแรกที่อยู่ติดกับส่วนบนสุดของรากจนถึงส่วนที่เป็นฐานของใบที่อ่อนที่สุด เก็บข้อมูลจำนวน 10 ต้นต่อจุด 4 จุดต่อแปลง

4.3.2 น้ำหนักสด และน้ำหนักแห้งของต้นข้าวโพดตัดต้นข้าวโพดที่ระยะเก็บเกี่ยว (ในพื้นที่เก็บผลผลิต 25 ตารางเมตร) โดยสุ่มจำนวน 4 จุดต่อแปลง โดยตัดต้นข้าวโพดตรงบริเวณโคนต้นติดกับส่วนบนของราก นำมาชั่งน้ำหนักสดแล้วนำเข้าเครื่องอบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 วันเพื่อหาน้ำหนักแห้งของต้นข้าวโพด

4.4 ผลผลิตข้าวโพด โดยสุ่มเก็บข้อมูลผลผลิตแปลงละ 4 จุด ขนาดพื้นที่แต่ละจุด 25 ตารางเมตร โดยเว้นพื้นที่ขอบแปลงเป็นแนวแถวป้องกันไม่เก็บข้อมูล โดยเก็บข้อมูลดังนี้

4.4.1 น้ำหนักฝักข้าวโพดไม่เปลือกเปลือก และเปลือกเปลือก

4.4.1.1 จำนวนฝักสมบูรณ์ (ฝักที่อยู่ในสภาพสมบูรณ์ และมีเมล็ดเต็มฝัก) และจำนวนฝักไม่สมบูรณ์

4.4.1.2 น้ำหนัก 100 เมล็ด

4.4.1.3 น้ำหนักเมล็ดแห้ง (กะเทาะเมล็ด) ความชื้น 14 เปอร์เซ็นต์

4.4.1.4 น้ำหนักชั่งข้าวโพด

4.5 วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติแบบ F-test ด้วยโปรแกรม Statistix 10 ได้แก่ ความสูง น้ำหนักต้นสด น้ำหนักต้นแห้ง ผลผลิต น้ำหนักฝักข้าวโพดไม่เปลือกเปลือกและเปลือกเปลือก จำนวนฝักสมบูรณ์และจำนวนฝักไม่สมบูรณ์ น้ำหนัก 100 เมล็ด น้ำหนักเมล็ดแห้ง และน้ำหนักชั่งข้าวโพด

ผลและอภิปรายผลการวิจัย

จากการศึกษาผลของการใช้เชื้อราไมคอร์ไรซาร่วมกับการใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ในชุดดินจตุรัส ปรากฏผลดังนี้

1. ข้อมูลคุณสมบัติทางเคมีของดินก่อนและหลังการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในชุดดินจตุรัส

1.1 ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของดิน

การใช้เชื้อราไมคอร์ไรซาร่วมกับการใช้ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน 75 เปอร์เซ็นต์ หรือการใช้ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน 75 เปอร์เซ็นต์อย่างเดียว ในการปลูกข้าวโพด 2 สายพันธุ์ มีผลทำให้ค่าความเป็นกรด – ด่างของดินไม่มี

ความแตกต่างกันทางสถิติ แต่หลังการใช้การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน 75 เปอร์เซ็นต์ หรือการใช้ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน 75 เปอร์เซ็นต์อย่างเดียวมีผลทำให้ค่า pH ของดินเปลี่ยนในทางที่ดีขึ้นทุกตำรับการทดลอง อยู่ในระดับเป็นกรดเล็กน้อยถึงปานกลาง (FAO Project Staff and Land Classification Division, 1973) คืออยู่ในช่วง 5.8-6.1

1.2 ค่าการนำไฟฟ้าของดิน (EC_e)

การใช้ปุ๋ยเคมีร่วมกับการใช้ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน 75 เปอร์เซ็นต์ หรือการใช้ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน 75 เปอร์เซ็นต์อย่างเดียว ในการปลูกข้าวโพด 2 สายพันธุ์ ค่าการนำไฟฟ้าของดินไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติหลังการใช้การใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับการใช้ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน 75 เปอร์เซ็นต์ หรือการใช้ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน 75 เปอร์เซ็นต์อย่างเดียวมีผลทำให้ค่า EC_e ของดินลดลงทุกตำรับการทดลองคืออยู่ในช่วง 0.01-0.02 ไมเคิล โดยเป็นที่สังเกตว่าการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์โพโอเนีย 1463 ร่วมกับปุ๋ยเคมี 75 เปอร์เซ็นต์ ตามค่าวิเคราะห์ดิน มีแนวโน้มให้ค่า EC_e ของดินสูงกว่า การใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยเคมี 75 เปอร์เซ็นต์ ตามค่าวิเคราะห์ดิน และการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์นครสวรรค์ 3 ร่วมกับปุ๋ยเคมี 75 เปอร์เซ็นต์ ตามค่าวิเคราะห์ดินทั้งนี้เป็นไปได้ว่า การปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์โพโอเนีย 1463 ร่วมกับปุ๋ยเคมี 75 เปอร์เซ็นต์ ตามค่าวิเคราะห์ดินที่ใส่ลงดินอาจละลายปลดปล่อยไอออนที่ละลายออกมาจากปุ๋ยเคมีกับพันธุ์ข้าวโพดโพโอเนีย 1463 จึงอาจมีผลทำให้ค่า EC_e ของดินมากกว่าตำรับการทดลองอื่น (Thongjoo et al., 2006; ธนัตศรี สอนจิตร, 2552)

1.3 ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน

การใช้ปุ๋ยเคมีร่วมกับการใช้ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน 75 เปอร์เซ็นต์ หรือการใช้ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน 75 เปอร์เซ็นต์อย่างเดียว มีผลให้ค่าปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 1) กล่าวคือ การปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์โพโอเนีย 1463 ร่วมกับปุ๋ยเคมี 75 เปอร์เซ็นต์ ตามค่าวิเคราะห์ดิน มีผลให้ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินสูงที่สุด (0.32 เปอร์เซ็นต์) รองลงมา คือ การปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์โพโอเนีย 1463 ร่วมกับการใช้ปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยเคมี 75 เปอร์เซ็นต์ ตามค่าวิเคราะห์ดิน ส่วนตำรับการข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์นครสวรรค์ 3 ร่วมกับการใช้ปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยเคมี 75 เปอร์เซ็นต์ ตามค่าวิเคราะห์ดินมีผลให้ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินต่ำที่สุด (0.1 เปอร์เซ็นต์) อย่างไรก็ตามเป็นที่สังเกตว่าตำรับการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์โพโอเนีย 1463 ร่วมกับปุ๋ยเคมี 75 เปอร์เซ็นต์ ตามค่าวิเคราะห์ดินให้ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินสูงกว่าตำรับการควบคุมซึ่งสอดคล้องกับรายงานวิจัยของจามิกร ศรีสมูล (2537) ชัยสิทธิ์ ทองจุ (2538) ธนัตศรี สอนจิตร (2552) และ Thongjoo et al. (2005) เมื่อใช้เกณฑ์การประเมินจาก FAO Project Staff and Land Classification Division (1973) มาพิจารณาพบว่า ทุกตำรับการทดลองมีผลให้ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินอยู่ในระดับต่ำมาก (0.32-0.10 เปอร์เซ็นต์)

1.4 ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์

การใช้ปุ๋ยเคมีร่วมกับการใช้ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน 75 เปอร์เซ็นต์ หรือการใช้ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน 75 เปอร์เซ็นต์อย่างเดียว มีผลให้ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ของดินมีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 1) กล่าวคือ การปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์โพโอเนีย 1463 ร่วมกับปุ๋ยเคมี 75 เปอร์เซ็นต์ ตามค่าวิเคราะห์ดิน มีผลให้ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์สูงที่สุด (32 mg/kg) รองลงมา คือ ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์นครสวรรค์ 3 ร่วมกับการใช้ปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยเคมี 75 เปอร์เซ็นต์ ตามค่าวิเคราะห์ดิน และปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์นครสวรรค์ 3 ร่วมกับปุ๋ยเคมี 75 เปอร์เซ็นต์ ตามค่าวิเคราะห์ดินตามลำดับ ส่วนตำรับการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์โพโอเนีย 1463 ร่วมกับการใช้ปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยเคมี 75 เปอร์เซ็นต์ ตามค่าวิเคราะห์ดินมีผลให้ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่ำที่สุด (8 mg/kg) อย่างไรก็ตาม เมื่อใช้เกณฑ์การประเมินจาก FAO Project Staff and Land Classification Division (1973) มาพิจารณาร่วมด้วย พบว่าทุกตำรับการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์โพโอเนีย

1463 ร่วมกับปุ๋ยเคมี 75 เปอร์เซ็นต์ ตามค่าวิเคราะห์ดินมีผลให้ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินอยู่ในระดับสูง (25-50 mg/kg) การปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์นครสวรรค์ 3 ร่วมกับการใช้เชื้อราไมคอร์ไรซา และปุ๋ยเคมี 75 เปอร์เซ็นต์ ตามค่าวิเคราะห์ดินมีผลให้ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินอยู่ในระดับปานกลาง (13-24 mg/kg) และการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์ไฟโอเนีย 1463 ร่วมกับการใช้เชื้อราไมคอร์ไรซาและปุ๋ยเคมี 75 เปอร์เซ็นต์ ตามค่าวิเคราะห์ดิน มีผลให้ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินอยู่ในระดับต่ำ (7-12 mg/kg)

1.5 ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์

การใช้เชื้อราไมคอร์ไรซา ร่วมกับการใช้ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน 75 เปอร์เซ็นต์ หรือการใช้ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน 75 เปอร์เซ็นต์อย่างเดียว มีผลให้ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ของดินมีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 1) กล่าวคือ การปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์ไฟโอเนีย 1463 ร่วมกับปุ๋ยเคมี 75 เปอร์เซ็นต์ ตามค่าวิเคราะห์ดิน มีผลให้ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์สูงสุด (32 mg/kg) รองลงมา คือ การปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์ไฟโอเนีย 1463 ร่วมกับการใช้เชื้อราไมคอร์ไรซาและปุ๋ยเคมี 75 เปอร์เซ็นต์ ตามค่าวิเคราะห์ดิน และปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์นครสวรรค์ 3 ร่วมกับปุ๋ยเคมี 75 เปอร์เซ็นต์ ตามค่าวิเคราะห์ดินตามลำดับ ส่วนการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์นครสวรรค์ 3 ร่วมกับการใช้เชื้อราไมคอร์ไรซา และปุ๋ยเคมี 75 เปอร์เซ็นต์ ตามค่าวิเคราะห์ดินมีผลให้ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ต่ำที่สุด (7 mg/kg) อย่างไรก็ตาม เมื่อใช้เกณฑ์การประเมินจาก FAO Project Staff and Land Classification Division (1973) มาพิจารณาร่วมด้วย พบว่าทุกตำรับการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์ไฟโอเนีย 1463 ร่วมกับปุ๋ยเคมี 75 เปอร์เซ็นต์ ตามค่าวิเคราะห์ดินมีผลให้ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินอยู่ในระดับปานกลาง (31-60 mg/kg) ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์ไฟโอเนีย 1463 ร่วมกับการใช้เชื้อราไมคอร์ไรซาและปุ๋ยเคมี 75 เปอร์เซ็นต์ ตามค่าวิเคราะห์ดิน มีผลให้ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินอยู่ในระดับต่ำ (16-30 mg/kg) และปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์นครสวรรค์ 3 ร่วมกับปุ๋ยเคมี 75 เปอร์เซ็นต์ ตามค่าวิเคราะห์ดิน กับปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์นครสวรรค์ 3 ร่วมกับการใช้เชื้อราไมคอร์ไรซา และปุ๋ยเคมี 75 เปอร์เซ็นต์ ตามค่าวิเคราะห์ดิน มีผลให้ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินอยู่ในระดับต่ำมาก (<7mg/kg)

ตารางที่ 1 ผลวิเคราะห์ดินก่อน และหลังการทดลองในการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

ตำรับการทดลอง	ก่อนการทดลอง					หลังการทดลอง				
	pH	EC (ds/m ⁻¹)	OM (ร้อยละ)	P (mg/kg-1)	K (mg/kg-1)	pH	EC (ds/m ⁻¹)	OM (ร้อยละ)	P (mg/kg-1)	K (mg/kg-1)
แปลงที่ 1	5.7	0.02	0.36 ^b	15 ^b	51 ^d	6	0.01	0.25 ^b	8 ^c	24 ^b
แปลงที่ 2	5.7	0.05	0.43 ^a	34 ^a	97 ^a	6	0.02	0.32 ^a	32 ^a	32 ^a
แปลงที่ 3	5.7	0.04	0.3 ^c	10 ^c	70 ^b	6.1	0.01	0.2 ^c	10 ^c	13 ^c
แปลงที่ 4	5.4	0.05	0.34 ^b	8 ^c	64 ^c	5.8	0.01	0.1 ^d	14 ^b	7 ^d
ค่าเฉลี่ย	5.63	0.04	0.36	16.75	70.5	5.96	0.01	0.22	16	19
F-test	ns	ns	**	**	**	ns	ns	**	**	**
CV (%)	2.31	55.9	5.59	6.89	2.21	25.66	56.69	9.57	12.5	5.88

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95, ** หมายถึง มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99, a, b ตัวอักษรเหมือนกันหมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติโดยวิธี LSD

2. ปริมาณจำนวนสปอร์เชื้อราไมคอร์ไรซาในดินก่อน และช่วงอายุการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

การใช้เชื้อราไมคอร์ไรซาช่วยกับการใช้ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน 75 เปอร์เซ็นต์ หรือการใช้ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน 75 เปอร์เซ็นต์อย่างเดียว เมื่อปลูกข้าวโพดอายุ 60 วัน จำนวนสปอร์เชื้อราไมคอร์ไรซาไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 2) กล่าวคือ การปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์โพเนีย 1463 ร่วมกับปุ๋ยเคมี 75 เปอร์เซ็นต์ ตามค่าวิเคราะห์ดิน มีผลให้ปริมาณจำนวนสปอร์เชื้อราไมคอร์ไรซาที่ข้าวโพดอายุ 60 วัน สูงที่สุดเท่ากับ 533.70 และเมื่อข้าวโพดเลี้ยงสัตว์มีอายุ 90 วัน จำนวนสปอร์เชื้อราไมคอร์ไรซา พบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 2) กล่าวคือการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์นครสวรรค์ 3 ร่วมกับปุ๋ยเคมี 75 เปอร์เซ็นต์ ตามค่าวิเคราะห์ดินมีจำนวนสปอร์เชื้อราไมคอร์ไรซามากที่สุด เท่ากับ 698.50 รองลงมา การปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์นครสวรรค์ 3 ร่วมกับการใช้เชื้อราไมคอร์ไรซา และปุ๋ยเคมี 75 เปอร์เซ็นต์ ตามค่าวิเคราะห์ดินเท่ากับ 672.50 และปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์โพเนีย 1463 ร่วมกับปุ๋ยเคมี 75 เปอร์เซ็นต์ ตามค่าวิเคราะห์ดิน ตามลำดับ และปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์โพเนีย 1463 ร่วมกับการใช้เชื้อราไมคอร์ไรซาและปุ๋ยเคมี 75 เปอร์เซ็นต์ ตามค่าวิเคราะห์ดินมีจำนวนสปอร์เชื้อราไมคอร์ไรซาน้อยที่สุด เท่ากับ 601.00 และการใช้เชื้อราไมคอร์ไรซาลงในชุดดินจัดรัส พบว่าก่อนการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์มีจำนวนสปอร์เชื้อราไมคอร์ไรซามากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับข้าวโพดอายุ 60 วัน และอายุ 90 วันช่วงระยะการเจริญเพิ่มขึ้นแต่จำนวนสปอร์เชื้อราไมคอร์ไรซาลดลงเมื่อข้าวโพดอายุ 60 วัน แต่เมื่อข้าวโพดเจริญเติบโตอายุเพิ่มขึ้นทำให้สปอร์เชื้อราไมคอร์ไรซาเพิ่มขึ้นตามไปด้วย

ตารางที่ 2 จำนวนสปอร์เชื้อราไมคอร์ไรซาในดินในการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

ดำห้บการ ทดลอง	ก่อนปลูก	ข้าวโพดอายุ 60 วัน	ข้าวโพดอายุ 90 วัน
	จำนวนสปอร์	จำนวนสปอร์	จำนวนสปอร์
แปลง 1	745.00	513.00	601.00 ^d
แปลง 2	745.00	533.70	639.00 ^c
แปลง 3	745.00	510.00	698.50 ^a
แปลง 4	745.00	498.50	672.50 ^b
ค่าเฉลี่ย	745.00	513.80	625.70
F- test	ns	ns	**
CV(%)		5.40	2.47

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และ ** หมายถึง มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99, a, b ตัวอักษรเหมือนกันหมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติโดยวิธี LSD

3. การเจริญเติบโต และผลผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

3.1 ความสูงต้นข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

การใช้เชื้อราไมคอร์ไรซาช่วยกับการใช้ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน 75 เปอร์เซ็นต์ หรือการใช้ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน 75 เปอร์เซ็นต์อย่างเดียว ไม่มีผลต่อค่าความสูงต้นข้าวโพดอายุ 60 วัน และอายุ 120 วัน ทุกดำห้บการทดลองพบว่า ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ กล่าวคือปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์นครสวรรค์ 3 ร่วมกับปุ๋ยเคมี 75 เปอร์เซ็นต์ ตามค่าวิเคราะห์ดินความสูงต้นข้าวโพดที่อายุ 60 วัน และอายุ 120 วัน มีค่าความสูงต้นสูงที่สุดเท่ากับ 201.73 เซนติเมตร และ 206.30 เซนติเมตร (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 3 ความสูงต้นของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ อายุ 60 วัน และ 120 วัน

ดำรับการ ทดลอง	ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์	
	ความสูงต้นอายุ 60 วัน (ซม.)	ความสูงต้นอายุ 120 วัน (ซม.)
แปลง 1	194.27	196.10
แปลง 2	168.00	202.47
แปลง 3	201.73	206.30
แปลง 4	183.73	203.83
ค่าเฉลี่ย	186.93	202.17
F –test	ns	ns
CV(%)	14.54	4.52

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

3.2 ผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

3.2.1 น้ำหนักเมล็ดแห้ง น้ำหนักต้นสด น้ำหนักต้นแห้ง น้ำหนักฝักปอกเปลือก และน้ำหนักฝักไม่ปอกเปลือก

การใช้เชื้อราไมคอร์ไรซาร่วมกับการใช้ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน 75 เปอร์เซ็นต์ หรือการใช้ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน 75 เปอร์เซ็นต์อย่างเดียว คำน้ำหนักเมล็ดแห้ง คำน้ำหนักต้นสด คำน้ำหนักต้นแห้ง คำน้ำหนักฝักปอกเปลือก คำน้ำหนักฝักไม่ปอกเปลือก และคำน้ำหนักชั่งข้าวโพดที่ระยะเก็บเกี่ยว พบว่าไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ กล่าวคือ การปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์โพเนนี 1463 ร่วมกับปุ๋ยเคมี 75 เปอร์เซ็นต์ ตามค่าวิเคราะห์ดิน มีค่า น้ำหนักเมล็ดแห้ง คำน้ำหนักต้นสด คำน้ำหนักฝักปอกเปลือก และคำน้ำหนักฝักไม่ปอกเปลือก มีค่ามากที่สุด เท่ากับ 14.70, 24.33, 23.67 และ 26.00 กิโลกรัม โดยมีข้อสังเกตว่าดำรับทดลองที่มีการใส่ปุ๋ยเคมี 75 เปอร์เซ็นต์ ตามค่าวิเคราะห์ดินอย่างเดียวมีแนวโน้มทำให้น้ำค่าน้ำหนักเมล็ดแห้ง คำน้ำหนักต้นสด คำน้ำหนักต้นแห้ง คำน้ำหนักฝักปอกเปลือก คำน้ำหนักฝักไม่ปอกเปลือก และคำน้ำหนักชั่งข้าวโพดโดยภาพรวมมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับดำรับ การทดลองอื่น สิริพร สิริชัยเวชกุล และคณะ(2564) กล่าวว่า การใส่เชื้อราจะทำให้ น้ำหนักสดฝักของข้าวโพดหวาน เพิ่มขึ้น 14.1-47.4 เปอร์เซ็นต์ ภายใต้สภาวะธรรมชาติ การปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์นครสวรรค์ 3 ร่วมกับปุ๋ยเคมี 75 เปอร์เซ็นต์ ตามค่าวิเคราะห์ดิน พบว่าน้ำหนักต้นแห้ง และน้ำหนักชั่งข้าวโพดมีค่ามากที่สุด เท่ากับ 17.20 และ 2.53 กิโลกรัม โดยภาพรวมมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับดำรับการทดลองอื่น (ตารางที่ 4)

ตารางที่ 4 น้ำหนักเมล็ดแห้ง น้ำหนักต้นสด น้ำหนักต้นแห้ง น้ำหนักฝักปอกเปลือก น้ำหนักฝัก ไม่ปอกเปลือก และน้ำหนักชั่งของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

ดำรับการ ทดลอง	ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์					
	น้ำหนักเมล็ด แห้ง (กก.)	น้ำหนักต้นสด (กก.)	น้ำหนักต้นแห้ง (กก.)	น้ำหนักฝักปอก เปลือก (กก.)	น้ำหนักฝักไม่ ปอกเปลือก(กก.)	น้ำหนักชั่ง ข้าวโพด (กก.)
แปลง 1	11.30	19.33	14.23	17.40	22.67	4.70
แปลง 2	14.70	24.33	16.93	23.67	26.00	2.13
แปลง 3	13.93	20.33	17.20	22.23	24.67	2.53
แปลง 4	12.40	17.67	14.13	20.23	22.00	2.13
ค่าเฉลี่ย	13.08	20.42	15.63	20.88	23.83	2.88
F –test	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV(%)	20.67	14.14	16.49	18.78	11.76	82.44

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

3.2.2 จำนวนฝักสมบูรณ์ จำนวนฝักไม่สมบูรณ์ และน้ำหนัก 100 เมล็ดของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

การใช้เชื้อราไมคอร์ไรซาร่วมกับการใช้ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน 75 เปอร์เซ็นต์ หรือการใช้ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน 75 เปอร์เซ็นต์อย่างเดียว ค่าจำนวนฝักสมบูรณ์ จำนวนฝักไม่สมบูรณ์ และน้ำหนัก 100 เมล็ด ของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ กล่าวคือการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์นครสวรรค์ 3 ร่วมกับปุ๋ยเคมี 75 เปอร์เซ็นต์ ตามค่าวิเคราะห์ดิน ค่าจำนวนฝักสมบูรณ์ จำนวนฝักไม่สมบูรณ์ และน้ำหนัก 100 เมล็ด มีค่ามากที่สุด เท่ากับ 100 ฝัก, 37 ฝัก และ 30.17 กรัม และการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์ไพโอเนีย 1463 ร่วมกับการใช้เชื้อราไมคอร์ไรซาและปุ๋ยเคมี 75 เปอร์เซ็นต์ ตามค่าวิเคราะห์ดิน มีค่าน้อยที่สุด เท่ากับ 80 ฝัก, 16 ฝัก และ 26.30 กรัม โดยมีข้อสังเกตว่าค่ารับทดลองที่มีการใส่ปุ๋ยเคมี 75 เปอร์เซ็นต์ ตามค่าวิเคราะห์ดินอย่างเดียวมีแนวโน้มทำให้จำนวนฝักสมบูรณ์ จำนวนฝักไม่สมบูรณ์ และน้ำหนัก 100 เมล็ด โดยภาพรวมมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับค่ารับการทดลองการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์ไพโอเนีย 1463 ร่วมกับการใช้เชื้อราไมคอร์ไรซาและปุ๋ยเคมี 75 เปอร์เซ็นต์ ตามค่าวิเคราะห์ดิน (ตารางที่ 5)

ตารางที่ 5 จำนวนฝักสมบูรณ์ จำนวนฝักไม่สมบูรณ์ และน้ำหนัก 100 เมล็ดของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

ค่ารับการทดลอง	ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์		
	จำนวนฝักสมบูรณ์ (ฝัก)	จำนวนฝักไม่สมบูรณ์ (ฝัก)	น้ำหนัก 100 เมล็ด (กรัม)
แปลง 1	80.33	16.67	26.30
แปลง 2	90.00	29.77	29.77
แปลง 3	100.33	37.00	30.17
แปลง 4	94.67	33.00	28.95
ค่าเฉลี่ย	91.33	30.50	28.80
F –test	ns	ns	ns
CV(%)	17.37	31.37	7.69

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

สรุปผล

การใส่เชื้อราไมคอร์ไรซาร่วมกับปุ๋ยเคมี ไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ และการใช้ปุ๋ยเคมี 75 เปอร์เซ็นต์ตามค่าวิเคราะห์ดิน ช่วยลดต้นทุนการผลิตลง อย่างไรก็ตามภายหลังการทดลองมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีของดินโดยภาพรวมดังนี้ คือ ค่า pH ของดินอยู่ในระดับปานกลาง ค่า EC ของดินอยู่ในระดับไม่เค็ม ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินอยู่ระดับต่ำถึงต่ำมาก ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินอยู่ในระดับสูงถึงต่ำ และปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินอยู่ในระดับต่ำถึงต่ำมาก การเจริญเติบโตความสูงต้นข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ อายุ 60 วัน และ อายุที่ 90 วัน พบว่าค่ารับการทดลองปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์นครสวรรค์ 3 ร่วมกับปุ๋ยเคมี 75 เปอร์เซ็นต์ ตามค่าวิเคราะห์ดิน มีความสูงต้นข้าวโพดมากที่สุด เท่ากับ 201.73 และ 206.30 เซนติเมตร ผลผลิตน้ำหนักฝักปอกเปลือก และน้ำหนักฝักไม่ปอกเปลือก พบว่าค่ารับการทดลองการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์ไพโอเนีย 1463 ร่วมกับปุ๋ยเคมี 75 เปอร์เซ็นต์ ตามค่าวิเคราะห์ดิน มีน้ำหนักฝักปอกเปลือก และน้ำหนักฝักไม่ปอกเปลือกมากที่สุดเท่ากับ 23.67 และ 26 ฝัก ค่ารับการทดลองปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์นครสวรรค์ 3 ร่วมกับปุ๋ยเคมี 75 เปอร์เซ็นต์ ตามค่าวิเคราะห์ดิน มีจำนวนฝักสมบูรณ์ และน้ำหนัก 100 เมล็ดมากที่สุด เท่ากับ 100.33 ฝัก และ 30.17 กรัม จำนวนสปอร์เชื้อราไมคอร์ไรซาในดินในการปลูกข้าวโพดที่ข้าวโพดมีการเจริญเติบโตที่อายุ 60 วัน พบว่าค่ารับ

การทดลองปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์ไพโอเนีย 1463 ร่วมกับปุ๋ยเคมี 75 เปอร์เซ็นต์ ตามค่าวิเคราะห์ดิน มีจำนวนสปอร์มากที่สุดเท่ากับ 533.75 แต่เมื่อข้าวโพดมีการเจริญเติบโตที่อายุ 90 วัน พบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง คือดำรับการทดลองปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์นครสวรรค์ 3 ร่วมกับปุ๋ยเคมี 75 เปอร์เซ็นต์ ตามค่าวิเคราะห์ดิน มีจำนวนสปอร์เชื้อราไมคอร์ไรซามากที่สุดเท่ากับ 698.5

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณกองเทคโนโลยีชีวภาพทางดิน กรมพัฒนาที่ดิน สนับสนุนงบประมาณในการทำวิจัยและขอขอบคุณเจ้าหน้าที่สำนักงานเกษตรอำเภอด่านขุนทดและเกษตรกรเจ้าของแปลงที่ให้ความช่วยเหลือจนงานวิจัยสำเร็จในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- กรมพัฒนาที่ดิน. (2566). *พื้นที่เพาะพืชเศรษฐกิจ ตำบลตะเคียน อำเภอด่านขุนทด จังหวัดนครราชสีมา*. สืบค้นเมื่อวันที่ 30 มกราคม 2567 เข้าถึงได้จาก <https://Agri-Map Online moac.go.th>.
- กลุ่มวางแผนการใช้ที่ดิน สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 3 กรมพัฒนาที่ดิน. 2561. *แผนที่ทรัพยากรดิน ตำบลตะเคียน อำเภอด่านขุนทด จังหวัดนครราชสีมา*. สืบค้นเมื่อวันที่ 17 มีนาคม 2567. เข้าถึงได้จาก http://r03.idd.go.th/Data/map_soil/Map62_Nakornratchasima/%E0%B8%A3%E0%B8%B0%E0%B8%94%E0%B8%B1%E0%B8%9A%E0%B8%95%E0%B8%B3%E0%B8%9A%E0%B8%A5/11.amp%20dankhuntod/11.5ta_khian.jpg
- จามิกร ศรีสุมล. (2537). การใช้อินทรีย์วัสดุเหลือใช้บางชนิดเป็นปุ๋ยไนโตรเจนสำหรับข้าวโพดหวานที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสน. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโท) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ชัยสิทธิ์ ทองจุ. (2538). การใช้อินทรีย์วัสดุเหลือใช้บางชนิดเป็นปุ๋ยไนโตรเจนสำหรับกวางตุ้ง และข้าวโพดฝักอ่อนที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสน. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโท) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ทัศนีย์ อัดตะนันท์ และจรงค์ จันทร์เจริญสุข. (2542). แบบฝึกหัดและคู่มือปฏิบัติการวิเคราะห์ดินและพืช. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- ธนต์ศรี สอนจิตร. (2552). การใช้ประโยชน์ของวัสดุเหลือใช้โรงงานอุตสาหกรรมเยื่อกระดาษในแง่การเจริญเติบโตและผลผลิตมวลชีวภาพของยูคาลิปตัสที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสน. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโท) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- สิริพร สิริชัยเวชกุล, นิจุพร ณ พัทลุง, สำราญ มากมาย และวรุฒ กรังไกร. (2564). ผลของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวโพดหวานภายใต้สภาวะธรรมชาติ. *วารสารเกษตรพระจอมเกล้า*. 39(2), 89-94.
- FAO Project Staff and Land Classification Division. (1973). Soil interpretation handbook for Thailand. Department of Land Development, Ministry of Agriculture and Cooperatives, Bangkok.
- Thongjoo, C., Miyagawa, S. & Kawakubo, N. (2005). Effect of soil moisture and temperature on decomposition rates of some waste materials from agriculture and agro-industry. *Plant Production Science*, 8(4), 475-481.
- Thongjoo, C., Miyagawa, S. & Kawakubo, N. (2006). Soil productivity after decomposition of waste materials under different soil moisture and temperature. *Plant Production Science*, 9(2), 106-114.

บทความวิจัย (Research Article)

การหาความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิพื้นผิวกับดัชนี NDVI NDWI และ NDBI
ในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา

A relationship between land surface temperature and NDWI NDVI and NDBI
in Nakhon Ratchasima Municipality

กิตติยา แหนงกระโทก และ สโรชนี แก้วธานี*

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา

Kitiya Naengkrathok and Sarochinee Kaewthani*

Faculty of Science and Technology, Nakhon Ratchasima Rajabhat University

*Corresponding author, E-mail: Sarochinee.k@nrru.ac.th

Received: March 8, 2024/ Revised: March 27, 2024/ Accepted: April 1, 2024

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อคำนวณอุณหภูมิพื้นผิวจากข้อมูลจากดาวเทียม Landsat 5 TM และดาวเทียม Landsat 8 OLI/TIRS และวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิพื้นผิวกับดัชนีผลต่างพืชพรรณ (Normalized Differences Vegetation Index: NDVI) ดัชนีความต่างความชื้นของน้ำ (Normalized Differences Water Index : NDWI) และดัชนีผลต่างและความปกตีสสิ่งก่อสร้าง (Normalized Differences Built-up Index: NDBI) ในพื้นที่เขตเทศบาลนครนครราชสีมาในปี พ.ศ. 2552 และ ปี พ.ศ. 2564 โดยใช้ซอฟต์แวร์เปิด Google Earth Engine ผลการวิเคราะห์พบว่า ปี พ.ศ. 2552 ในช่วงฤดูร้อนอุณหภูมิพื้นผิวสูงสุดจาก 29.71 องศาเซลเซียสในปี พ.ศ. 2552 เพิ่มขึ้นเป็น 34.78 องศาเซลเซียสในปี พ.ศ. 2564 และในฤดูหนาวอุณหภูมิพื้นผิวสูงสุดจาก 30.12 องศาเซลเซียสในปี พ.ศ. 2552 เพิ่มขึ้นเป็น 31.82 องศาเซลเซียสในปี พ.ศ. 2564 นอกจากนี้การศึกษาแสดงให้เห็นว่า อุณหภูมิพื้นผิวกับดัชนี NDVI และ NDWI มีความสัมพันธ์เชิงลบและแปรผกผันกัน ส่วนอุณหภูมิพื้นผิวกับดัชนี NDBI มีความสัมพันธ์เชิงบวกแปรผันตรงต่อกัน ผลจากการศึกษานี้สามารถนำไปใช้ในการวางแผนใช้ประโยชน์ที่ดินที่เหมาะสมและรับมือกับปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

คำสำคัญ: อุณหภูมิพื้นผิว ดัชนีผลต่างพืชพรรณ ดัชนีความต่างความชื้นของน้ำ ดัชนีผลต่างและความปกตีสสิ่งก่อสร้าง

Abstract

The purpose of this research was to study the land surface temperature and the relationship between the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), the Normalized Difference Water Index (NDWI), and the Normalized Difference Built-up Index (NDBI) in 2009 and 2021 in two time periods from Landsat 5 and 8 satellite images using Google Earth Engine open-source software to analyze the data. It was found that the land use change between 2009 and 2021 had changed land use from agriculture to an urban and built-up area, and the land surface temperature study in summer season found that the maximum surface temperature increased

from 29.71 °C in 2009 to 34.78 °C in 2021, and in winter, the maximum surface temperature increased from 30.12 °C in 2009 to 31.82 °C in 2021. Furthermore, the studies show the relationship between LST and NDVI, NDWI was negatively correlated. Furthermore, the land surface temperature and the NDBI index were inversely positively correlated. Moreover, the results of this study can be used to plan appropriate land use and to cope with climate change.

Keywords: Land surface temperature, NDVI, NDWI, NDBI

บทนำ

เมืองนครราชสีมาเป็นเมืองศูนย์กลางหลักของภาคตะวันออกเฉียงเหนือด้วยความได้เปรียบทางด้านสภาพที่ตั้งทางภูมิศาสตร์ของเมืองมาตั้งแต่อดีตโดยมีแม่น้ำลำตะคองไหลผ่าน ประกอบกับนโยบายของภาครัฐโดยที่มีเทศบาลนครนครราชสีมาเป็นศูนย์กลางหลักส่งผลให้เกิดการขยายตัวของเมืองอย่างรวดเร็วและเป็นการขยายตัวของเศรษฐกิจแบบกระจุกตัว มีทั้งสถานที่ราชการ โรงพยาบาล สถาบันทางการศึกษา และย่านการค้าต่างๆ (เสาวนีย์ วิจิตรโกสุม, 2552) ซึ่งการขยายตัวของพื้นที่เมืองและชุมชนจากพื้นที่เดิมที่เป็นพื้นที่ที่น้ำสามารถแทรกซึมได้ดีเปลี่ยนเป็นพื้นที่ที่มีส่วนประกอบของคอนกรีต ยางมะตอย ทำให้พื้นที่บริเวณตัวเมืองจากลักษณะดังกล่าวดูดซับความร้อนจากแสงอาทิตย์ได้มากขึ้นและดูดซับในช่วงเวลากลางวันได้มากกว่าพื้นผิวธรรมชาติที่ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่เกษตรกรรม ซึ่งในเวลากลางคืนพื้นผิวในบริเวณตัวเมืองจะปลดปล่อยพลังงานความร้อนที่สะสมในเวลากลางวันออกสู่ชั้นบรรยากาศได้มากกว่าพื้นผิวธรรมชาติ ลักษณะพื้นผิวเมือง ดังกล่าวเร่งการระเหยความชื้นได้มากกว่าพื้นผิวธรรมชาติซึ่งมีคุณสมบัติดูดซับความชื้นไว้ได้ดีกว่า จึงส่งผลให้อุณหภูมิบริเวณพื้นที่เมืองมีอุณหภูมิสูงขึ้นเมื่อเทียบกับพื้นที่ชนบทโดยรอบ การกลายเป็นเมืองจึงส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศโลกในรูปแบบต่าง ๆ การขยายตัวของเมืองอย่างรวดเร็วนำไปสู่การ เพิ่มขึ้นของอุณหภูมิพื้นผิว (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2563)

อุณหภูมิพื้นผิว (Land Surface Temperature: LST) คือ ความร้อนที่เกิดจากการแผ่รังสีของวัตถุบนพื้นผิวโลกที่ตรวจจับได้ในช่วงคลื่นอินฟราเรดความร้อน ซึ่ง LST มีความไวต่อพืชและความชื้นในดินจึงสามารถใช้เพื่อสังเกตการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและประเภทของสิ่งปกคลุมดินได้ การใช้เทคนิคการสำรวจข้อมูลระยะไกลสามารถ เป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่สำหรับเมืองและผลกระทบของความร้อนต่อสิ่งแวดล้อมได้อย่างมีประสิทธิภาพ (ปริยานุช โสภ, 2562) ในการวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อคำนวณอุณหภูมิพื้นผิวจากข้อมูลจากดาวเทียม Landsat 5 ระบบ TM และ Landsat 8 ระบบ OLI/TIRS เพื่อนำข้อมูลที่ได้จากการประมวลผลอุณหภูมิพื้นผิวมาทำการเปรียบเทียบค่าความสัมพันธ์ระหว่างค่าอุณหภูมิพื้นผิวกับค่าดัชนีผลต่างพืชพรรณ (Normalized Differences Vegetation Index: NDVI) ดัชนีความต่างความชื้นของน้ำ (Normalized Differences Water Index: NDWI) และดัชนีผลต่างและความปกตีสึ่ก่อสร้าง (Normalized Differences Built-up Index: NDBI) ในพื้นที่เขตเทศบาลนครนครราชสีมา

วิธีดำเนินการวิจัย

พื้นที่ศึกษา

เทศบาลนครนครราชสีมาถือเป็นศูนย์กลางของจังหวัด ตั้งอยู่ในเขตอำเภอเมืองนครราชสีมา อยู่ระหว่างละติจูดที่ 14°56'19" - 15°00'14" องศาเหนือ และลองจิจูดที่ 102°1'36" - 102° 8'15" องศาตะวันออก สูงจากระดับน้ำทะเลประมาณ 174 - 206 เมตร มีขนาดพื้นที่ 37.50 ตารางกิโลเมตร ตำแหน่งที่ตั้งมีระยะทางห่างจาก

กรุงเทพมหานคร 255 กิโลเมตร ลักษณะพื้นที่เป็นที่ราบลาดเอียงไปทาง ทิศตะวันออกตอนเหนือของตัวเมืองเป็นที่ราบ
ลุ่มทางทิศตะวันตกเฉียงใต้เป็นที่ราบสูง (ภาพที่ 1)



ภาพที่ 1 พื้นที่ศึกษาเทศบาลนครนครราชสีมา

ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา

ข้อมูลจากดาวเทียม Landsat 5 ระบบ Thematic mapper ข้อมูลฤดูร้อนบันทึกข้อมูลวันที่ 18 เมษายน พ.ศ. 2552 และข้อมูลฤดูหนาวบันทึกข้อมูลวันที่ 14 ธันวาคม พ.ศ. 2552 และข้อมูลจากดาวเทียม Landsat 8 ระบบ Operational Land Imager และระบบอินฟราเรดความร้อน (Thermal infrared) ข้อมูลฤดูร้อนบันทึกข้อมูลวันที่ 5 พฤษภาคม พ.ศ. 2564 และข้อมูลฤดูหนาวบันทึกข้อมูลวันที่ 17 พฤศจิกายน พ.ศ. 2564

วิธีการศึกษา

การคำนวณอุณหภูมิพื้นผิว (Land surface temperature)

ทำการคำนวณอุณหภูมิพื้นผิวปี พ.ศ. 2552 และ ปี พ.ศ. 2564 สองฤดูกาลคือ ฤดูร้อน ได้แก่ เดือนมีนาคม – พฤษภาคม และฤดูหนาว ได้แก่ เดือนตุลาคม – ธันวาคม ด้วยหลักการ split-window algorithm โดยใช้ซอฟต์แวร์ โค้ด Google Earth Engine ในการวิเคราะห์อุณหภูมิความส่องสว่าง (Conversion to TOA Radiance) ความยาวคลื่น และสัดส่วนระหว่างการดูดกลืน การสะท้อน และการปล่อยผ่านโดยวัตถุที่มีการดูดกลืนได้ดีจะมีการแผ่รังสีที่ดี ด้วย แสดงได้ดังสมการที่ 1 (USGS, 2013, Dousset & Gourmelon, 2003)

$$L_\lambda = M_L Q_{cal} + A_L \quad (1)$$

โดย

M_L คือ ค่า Radiance Multi Band มีค่าคงที่เท่ากับ 0.0003342

A_L คือ ค่า Radiance Add Band มีค่าคงที่เท่ากับ 0.1

Q_{cal} คือ Digital Number (DN) ค่าเชิงเลขของช่วงคลื่นที่ 10

L_λ คือ ค่าการแผ่รังสีเชิงคลื่น (TOA Spectral Radiance) มีหน่วยเป็น (Watts / (m2

* $\text{srad} \cdot \mu\text{m}$) เชิงสเปกตรัมซึ่งการแผ่รังสีของวัตถุจะขึ้นอยู่กับความยาวคลื่นและสัดส่วนระหว่างการดูดกลืน (absorb) การสะท้อน (reflectance) และการปล่อยผ่าน (transmittance) โดยวัตถุที่มีการดูดกลืนได้ดีก็จะมีค่าการแผ่รังสีที่ต่ำด้วย (นาริธิป เฟ่งพิศ และคณะ, 2560) ทั้งนี้ข้อมูลที่ตรวจวัดจากดาวเทียม LANDSAT 8 ที่จัดเก็บในรูปแบบของค่าเชิงเลข (digital number: DN) ต้องทำการแปลงจากค่าเชิงเลขเป็นค่าการแผ่รังสี (radiance) เชิงสเปกตรัมของวัตถุ ดังสมการที่ 2

$$TB = \frac{K_2}{\ln\left(\frac{K_1}{L_\lambda} + 1\right)} - 273.15 \quad (2)$$

โดย

TB	คือ	ค่าอุณหภูมิสัมบูรณ์จากการแผ่รังสีเชิงคลื่น โดยปกติแล้วมีหน่วยเป็นเคลวิน แต่จากสมการมีการแปลงหน่วยแล้วจึงทำให้มีหน่วยเป็นองศาเซลเซียส ($^{\circ}\text{C}$)
L_λ	คือ	ค่าการแผ่รังสีเชิงคลื่น (TOA Spectral Radiance) มีหน่วยเป็น ($\text{Watts} / \text{m}^2 \cdot \text{srad} \cdot \mu\text{m}$)
K_1	คือ	ค่าคงที่ 774.89 ในแบนด์ 10 และ 480.89 ในแบนด์ 11 ของ Landsat-8
K_2	คือ	ค่าคงที่ 1321.08 ในแบนด์ 10 และ 1201.14 ในแบนด์ 11 ของ Landsat-8

ดัชนีผลต่างพืชพรรณ NDVI เป็นการคำนวณโดยนำช่วงคลื่นที่เกี่ยวข้องกับพืชพรรณมาทำสัดส่วนซึ่งกันและกันแล้วให้ผลลัพธ์ในการจำแนกบริเวณที่มีปริมาณพืชปกคลุมกับบริเวณที่ไม่ใช่พืชพรรณ ช่วงคลื่นที่เกี่ยวข้องกับพืชพรรณ ได้แก่ ช่วงคลื่นตามองเห็นสีแดงวัดค่าการสะท้อนจากส่วนที่มีการดูดกลืน พลังงานในใบพืชและช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้มีคุณสมบัติในการแยกแยะพืชพรรณ (ญาโณทัย แก้วทอง, 2564)

ค่าดัชนีผลต่างพืชพรรณเป็นการจำแนกสิ่งปกคลุมดินชนิดหนึ่งออกมาจากสิ่งปกคลุมอื่นๆ โดยอาศัยการสะท้อนของรังสีของสิ่งปกคลุมดิน การใช้ดัชนีผลแตกต่างของพืชพรรณ (NDVI) เป็นตัวบ่งชี้ที่สำคัญของการศึกษาสภาพภูมิอากาศในเมือง ดังสมการที่ 3

$$\text{NDVI} = (\text{NIR} - \text{RED}) / (\text{NIR} + \text{RED}) \quad (3)$$

โดย

NDVI	คือ	ดัชนีผลต่างพืชพรรณ
NIR	คือ	ช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้
RED	คือ	ช่วงคลื่นตามองเห็นสีแดง

การประมาณค่า fractional vegetation cover (FVC) จากค่าดัชนีผลต่างพืชพรรณ NDVI สามารถคำนวณได้จากความสมบูรณ์ของพืชพรรณในแต่ละจุดภาพ แสดงได้ดังสมการที่ 4

$$\text{FVC} = ((\text{NDVI} - \text{NDVI}_{\min}) / (\text{NDVI}_{\max} - \text{NDVI}_{\min}))^2 \quad (4)$$

โดย	NDVI	คือ	ดัชนีความสมบูรณ์ของพืชพรรณ (Normalize Difference Vegetation)
	$\text{NDVI}_{\max}$	คือ	NDVI ของพืชพรรณหรือค่าสูงสุดของ NDVI
	$\text{NDVI}_{\min}$	คือ	NDVI ของพืชพรรณหรือค่าต่ำสุดของ NDVI

การประมาณ ค่า land surface emissivity (LSE) จากค่า FVC ด้วยสูตรการคำนวณที่ และค่าคงที่ของพารามิเตอร์ที่ใช้ในการคำนวณ แสดงได้ดังสมการที่ 5

$$e = 0.004 * FVC + 0.986 \quad (5)$$

โดย 0.004 คือ ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของการแผ่รังสี
0.986 คือ ค่าการแผ่รังสีมาตรฐานสำหรับพืชพรรณ

อุณหภูมิพื้นผิว(Conversion from At-Satellite Temperature to Land Surface Temperature) โดยการนำค่าอุณหภูมิความสว่างชั้นบรรยากาศ แสดงได้ดังสมการที่ 6

$$LST = TB / [1 + (W * TB / C_2) * \ln(e)] \quad (6)$$

โดย TB คือ ข้อมูลอุณหภูมิจากดาวเทียม
W คือ ความยาวคลื่นของคลื่น
H คือ ค่าคงที่ Planck เท่ากับ $6.626 * 10^{-34} \text{ J s}$
c คือ ค่าความเร็วของแสง เท่ากับ $2.998 * 10^8 \text{ m/s}$
ln คือ ค่าคงที่ Boltzmann เท่ากับ $1.38 * 10^{-23} \text{ J/K}$
e คือ การแผ่รังสีพื้นผิว

การวิเคราะห์ดัชนี NDVI, NDWI และ NDBI

การวิเคราะห์ดัชนี NDVI, NDWI และ NDBI ปี พ.ศ. 2552 และ ปี พ.ศ. 2564 ทำการวิเคราะห์ดัชนี NDVI NDWI และ NDBI ในปี พ.ศ. 2552 และ ปี พ.ศ. 2564 โดยจำแนกตามฤดูกาล ได้แก่ ฤดูร้อน และ ฤดูหนาว โดยใช้ซอฟต์แวร์โค้ด Google Earth Engine

$$NDVI = NIR - RED / NIR + RED \quad (7)$$

$$NDWI = GREEN - NIR / GREEN + NIR \quad (8)$$

$$NDBI = SWIR - NIR / SWIR + NIR \quad (9)$$

โดย

NIR	=	การสะท้อนในช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ (%)
RED	=	การสะท้อนในช่วงคลื่นตามองเห็นสีแดง (%)
GREEN	=	การสะท้อนในช่วงคลื่นสีเขียว (%)
SWIR	=	การสะท้อนในช่วงคลื่นอินฟราเรดคลื่นสั้น (%)

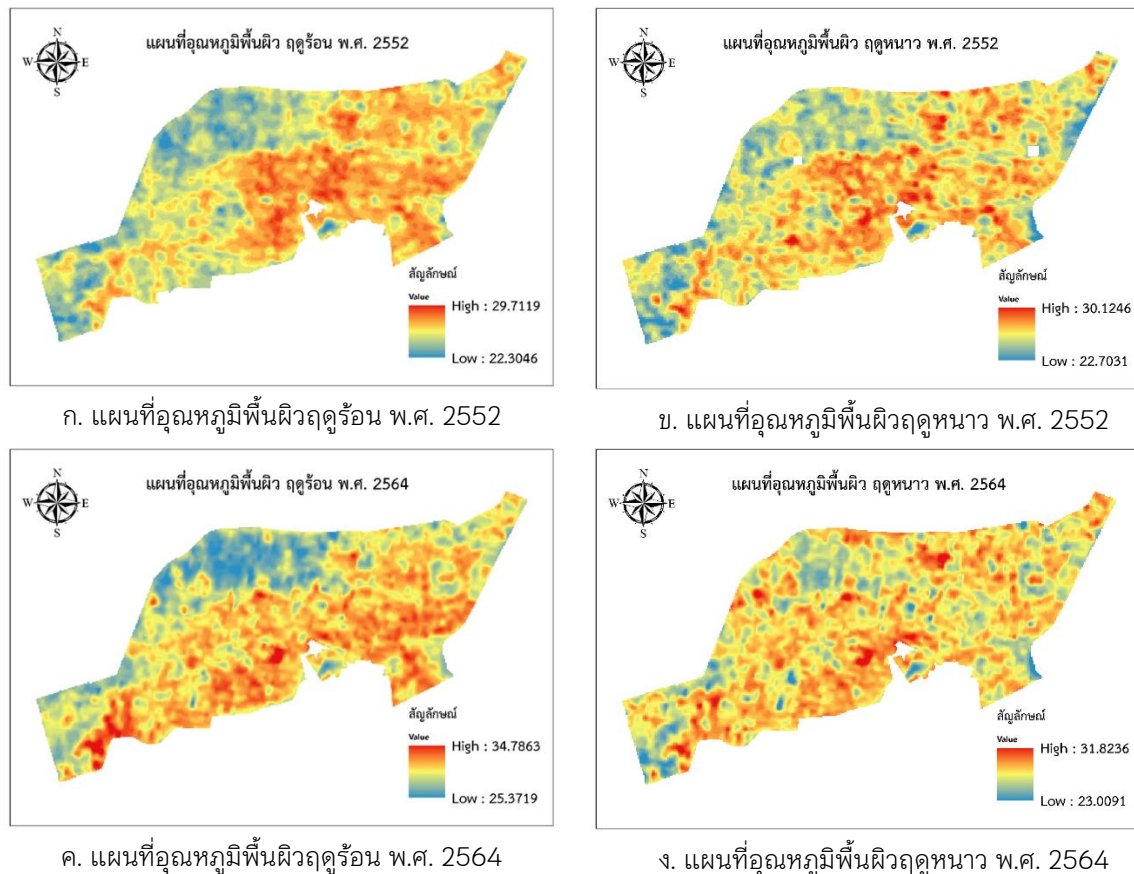
การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของอุณหภูมิพื้นผิวกับดัชนีต่าง ๆ

การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของอุณหภูมิพื้นผิวกับดัชนี NDVI, NDWI และ NDBI โดยจำแนกตามฤดูกาล ได้แก่ ฤดูร้อน และฤดูหนาว เฉพาะสหสัมพันธ์เชิงเส้นตรง (Faizan, 2021)

ผลและอภิปรายผลการวิจัย

ผลการวิเคราะห์อุณหภูมิพื้นผิวบริเวณเทศบาลนครนครราชสีมา ปี พ.ศ. 2552 ในฤดูร้อนพบว่าอุณหภูมิเฉลี่ยเท่ากับ 26.36 องศาเซลเซียส อุณหภูมิสูงสุดเท่ากับ 29.71 องศาเซลเซียสอุณหภูมิต่ำสุดเท่ากับ 22.30 องศาเซลเซียส

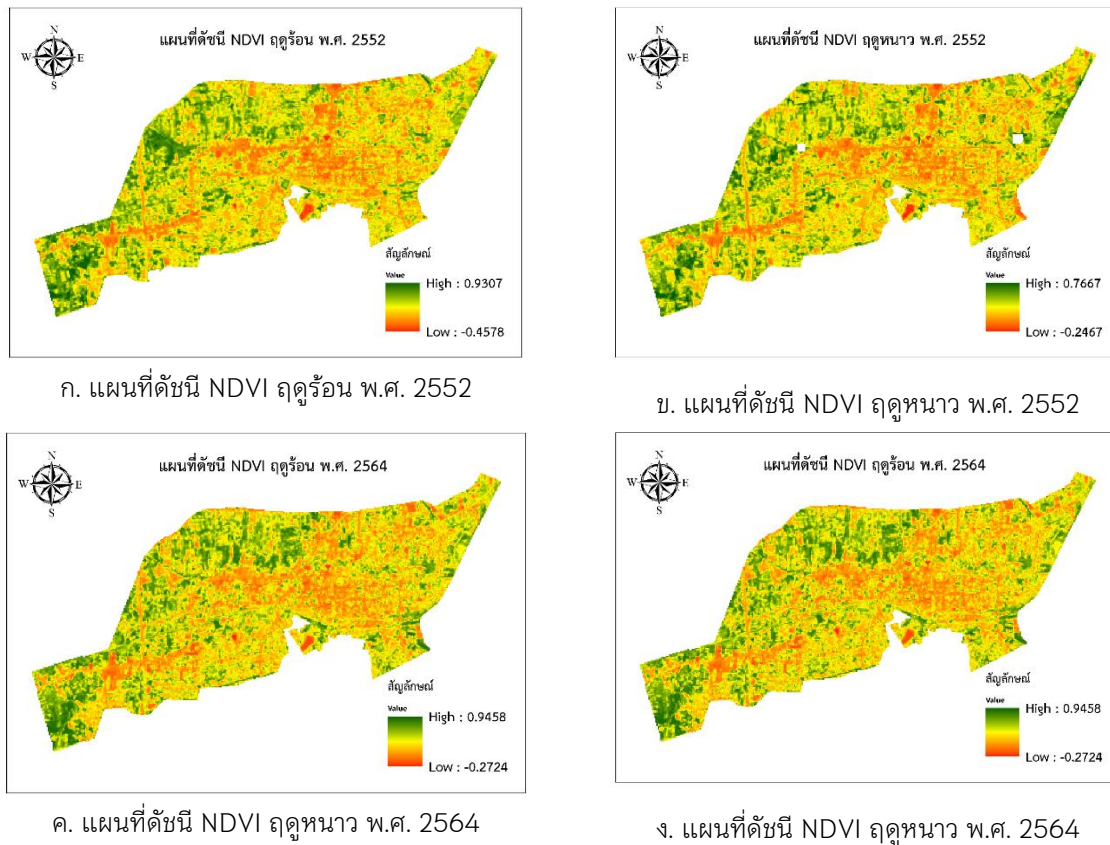
ในฤดูหนาวพบว่าอุณหภูมิเฉลี่ยเท่ากับ 26.47 องศาเซลเซียส อุณหภูมิสูงสุดเท่ากับ 30.12 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิต่ำสุดเท่ากับ 22.70 องศาเซลเซียส และในปีพ.ศ. 2564 พบว่าฤดูร้อนอุณหภูมิเฉลี่ยเท่ากับ 29.65 องศาเซลเซียส อุณหภูมิสูงสุดเท่ากับ 34.78 องศาเซลเซียส อุณหภูมิต่ำสุดเท่ากับ 25.37 องศาเซลเซียส ในฤดูหนาวอุณหภูมิเฉลี่ยเท่ากับ 27.89 องศาเซลเซียส อุณหภูมิสูงสุดเท่ากับ 31.82 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิต่ำสุดเท่ากับ 23.00 องศาเซลเซียส (ภาพที่ 2)



ภาพที่ 2 แผนที่แสดงอุณหภูมิพื้นผิวในปี พ.ศ. 2552 และ พ.ศ. 2564

ดัชนีผลต่างพืชพรรณ หรือ NDVI จะชี้วัดความหนาแน่นและความสมบูรณ์ของพืชพรรณ มีค่าอยู่ระหว่าง -1 ถึง 1 โดยค่าดัชนีความแตกต่างพืชพรรณ NDVI มีค่าเข้าใกล้ 1 แสดงด้วยสีเขียวเข้มอธิบายว่าพืชพรรณบริเวณดังกล่าวมีความหนาแน่นหรือมีความสมบูรณ์มาก ทั้งนี้ค่า NDVI ที่น้อยกว่า 0 หรือเข้าใกล้ -1 จะอธิบายถึงพื้นที่ดังกล่าวไม่มีพืชพรรณปกคลุม

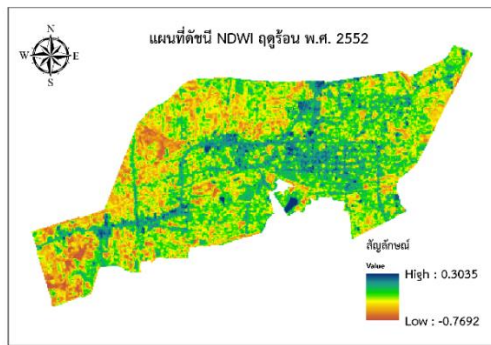
ผลการวิเคราะห์พบว่า ปี พ.ศ. 2552 ฤดูร้อนค่าดัชนี NDVI สูงสุดเท่ากับ 0.93 ค่าต่ำสุดเท่ากับ -0.45 และฤดูหนาวมีค่าดัชนี NDVI สูงสุดเท่ากับ 0.76 ค่าต่ำสุดเท่ากับ -0.24 ในปีพ.ศ. 2564 ฤดูร้อนมีค่าดัชนี NDVI สูงสุดเท่ากับ 0.94 ค่าต่ำสุดเท่ากับ -0.27 ฤดูหนาว ค่าสูงสุด 0.91 และค่าต่ำสุด -0.85 (ภาพที่ 3) พื้นที่ที่มีค่า NDVI สูงจะเป็นพื้นที่สีเขียวที่เป็นไม้ยืนต้นและพื้นที่เกษตรกรรมรอบนอกเมือง เช่น บริเวณพื้นที่เกษตรกรรมบริเวณ ลำตะคองเก่า บริเวณทิศตะวันตกเฉียงเหนือ และบริเวณหลังโรงเรียนราชสีมาวิทยาที่เป็นไม้ยืนต้นและพื้นที่รกร้างต่าง ๆ บริเวณทิศตะวันตกเฉียงใต้ ส่วนพื้นที่ที่มีค่า NDVI ต่ำจะเป็นพื้นที่ในเขตเมืองและย่านการค้า รอบ ๆ อนุสาวรีย์ท้าวสุรนารี



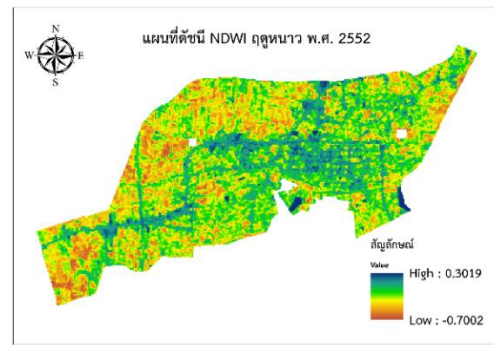
ภาพที่ 3 แผนที่ดัชนี NDVI ในปี พ.ศ. 2552 และ พ.ศ. 2564

ผลการวิเคราะห์ดัชนี NDWI พบว่า ปี พ.ศ. 2552 ฤดูร้อนค่าดัชนี NDWI สูงสุดเท่ากับ 0.3 ค่าต่ำสุดเท่ากับ -0.769 ฤดูหนาว ค่าดัชนี NDWI สูงสุดเท่ากับ 0.3 และค่าต่ำสุดเท่ากับ -0.7 ปีพ.ศ. 2564 ฤดูร้อนค่าดัชนี NDWI สูงสุดเท่ากับ 0.31 ค่าต่ำสุดเท่ากับ -0.89 ฤดูหนาว ค่าสูงสุดเท่ากับ 0.92 และ ค่าต่ำสุดเท่ากับ -0.87 (ภาพที่ 4) พื้นที่ที่มีค่า NDWI สูงจะเป็นพบบริเวณสวนสาธารณะทุ่งตาหลวง ทางทิศใต้ สวนน้ำหนองแก๊ข้าง ซอยเดชอุดม ทางทิศตะวันตก และสวนสาธารณะบึงทะเลทางทิศตะวันออกเฉียงใต้ พื้นที่ที่มีค่า NDWI ต่ำจะเป็นพบพื้นที่ดินว่างเปล่าทางทิศตะวันตกเฉียงเหนือและทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ของพื้นที่ศึกษา

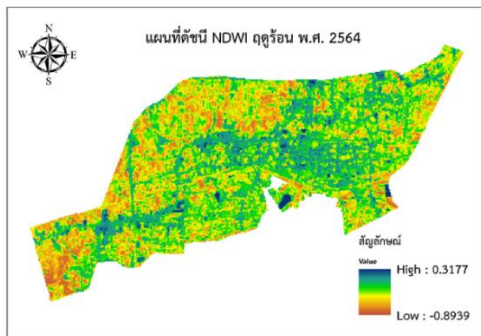
ผลการวิเคราะห์ดัชนี NDBI ในปีพ.ศ. 2552 ฤดูร้อนค่าดัชนี NDBI สูงสุดเท่ากับ 0.64 ค่าต่ำสุดเท่ากับ -0.59 ฤดูหนาว ค่าดัชนีสูงสุดเท่ากับ 0.35 ค่าต่ำสุดเท่ากับ -0.68 ปีพ.ศ. 2564 ฤดูร้อนค่าดัชนี NDBI สูงสุดเท่ากับ 0.34 ค่าต่ำสุดเท่ากับ -0.49 ฤดูหนาวค่าดัชนี NDBI สูงสุดเท่ากับ 0.71 และค่าต่ำสุดเท่ากับ -0.92 (ภาพที่ 5) พื้นที่ที่มีค่า NDBI สูงจะเป็นพื้นที่ในเขตเมืองและย่านการค้า รอบๆ อนุสาวรีย์ท้าวสุรนารี ซึ่งเป็นพื้นที่สิ่งปลูกสร้าง และบริเวณที่มีค่า NDBI ต่ำ คือ พื้นที่สีเขียวที่เป็นไม้ยืนต้นและพื้นที่เกษตรกรรมรอบนอกเมือง เช่น บริเวณพื้นที่เกษตรกรรมบริเวณลำตะคองเก่า ทิศตะวันตกเฉียงเหนือ และบริเวณหลังโรงเรียนราชสิมาวิทยาที่เป็นไม้ยืนต้นและพื้นที่รกร้างต่าง ๆ บริเวณทิศตะวันตกเฉียงใต้ เมื่อค่า NDBI สูงขึ้นอุณหภูมิจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น



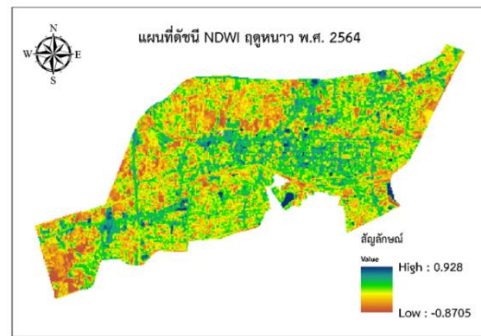
ก. แผนที่ดัชนี NDVI ฤดูร้อน พ.ศ. 2552



ข. แผนที่ดัชนี NDVI ฤดูหนาว พ.ศ. 2552

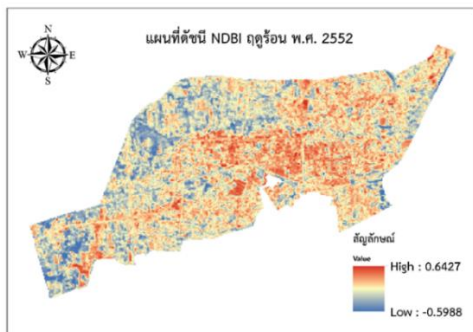


ค. แผนที่ดัชนี NDVI ฤดูร้อน พ.ศ. 2564

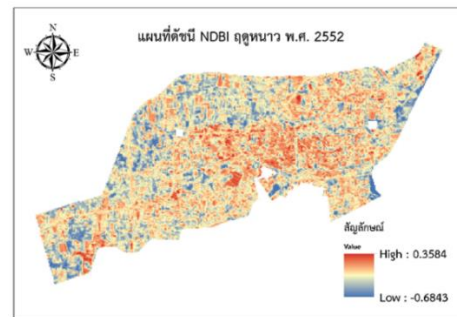


ง. แผนที่ดัชนี NDVI ฤดูหนาว พ.ศ. 2564

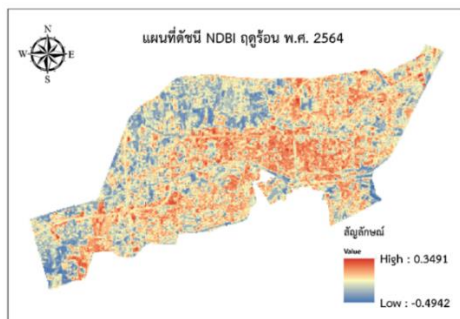
ภาพที่ 4 แผนที่ดัชนี NDVI ในปี พ.ศ. 2552 และ พ.ศ. 2564



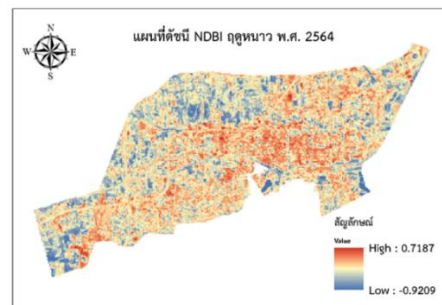
ก. แผนที่ดัชนี NDBI ฤดูร้อน พ.ศ. 2552



ข. แผนที่ดัชนี NDBI ฤดูหนาว พ.ศ. 2552



ค. แผนที่ดัชนี NDBI ฤดูร้อน พ.ศ. 2564



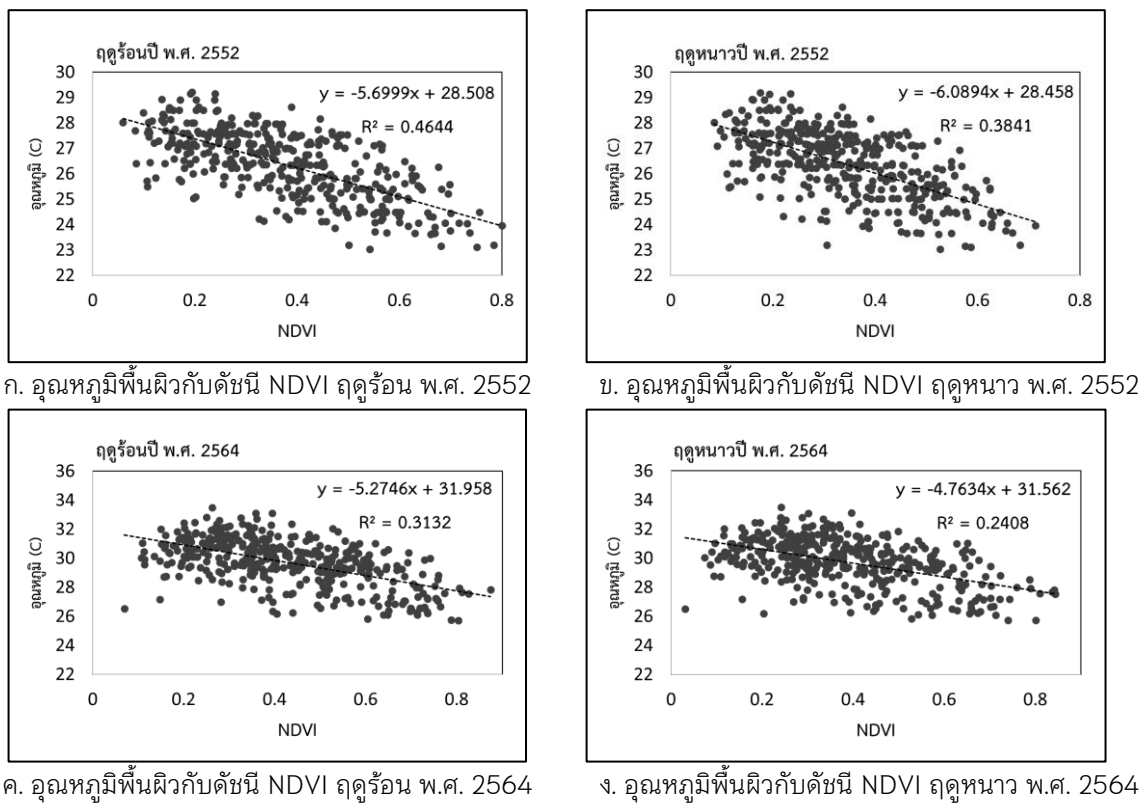
ง. แผนที่ดัชนี NDBI ฤดูหนาว พ.ศ. 2564

ภาพที่ 5 แผนที่ดัชนี NDBI ในปี พ.ศ. 2552 และ พ.ศ. 2564

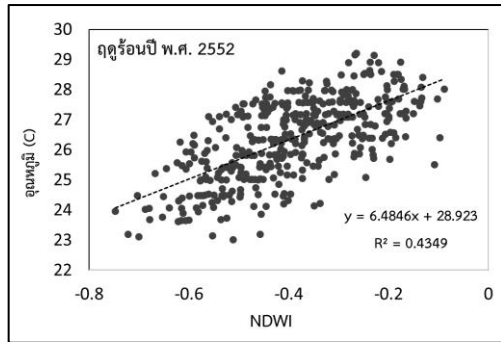
ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิพื้นผิวกับดัชนี NDVI เมื่อทำการจับคู่ความสัมพันธ์พบว่าค่าอุณหภูมิพื้นผิวแปรผกผันกับค่า NDVI เมื่อพืชพรรณมากขึ้นจะทำให้อุณหภูมิลดลง โดยในปี พ.ศ. 2552 ฤดูร้อนมีค่าความสัมพันธ์ R^2 เท่ากับ 0.464 ฤดูหนาวมีค่าความสัมพันธ์ R^2 เท่ากับ 0.3841 และปี พ.ศ. 2564 ฤดูร้อนมีค่าความสัมพันธ์ R^2 เท่ากับ 0.313 ฤดูหนาว ค่า R^2 เท่ากับ 0.240 (ภาพที่ 6)

ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของอุณหภูมิพื้นผิวกับดัชนี NDWI เมื่อทำการจับคู่ความสัมพันธ์พบว่าค่าอุณหภูมิพื้นผิวแปรผกผันกับค่า NDWI เมื่อความชื้นของน้ำมากขึ้นจะทำให้อุณหภูมิลดลง จากสมการเชิงเส้นพบว่าในปี พ.ศ. 2552 ฤดูร้อนมีค่าความสัมพันธ์ R^2 เท่ากับ 0.434 ฤดูหนาว ค่าความสัมพันธ์ R^2 เท่ากับ 0.359 ในปี พ.ศ. 2564 ฤดูร้อนมีค่าความสัมพันธ์ R^2 เท่ากับ 0.270 และฤดูหนาวมีค่าความสัมพันธ์ R^2 เท่ากับ 0.359 (ภาพที่ 7)

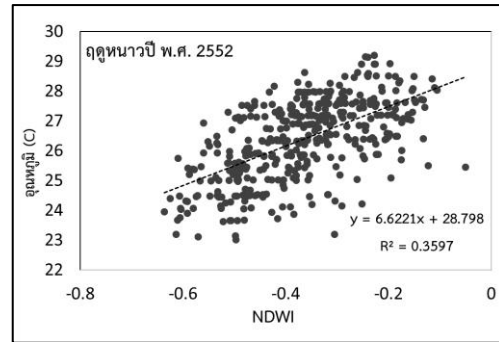
ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของอุณหภูมิพื้นผิวกับดัชนี NDBI เมื่อทำการจับคู่ความสัมพันธ์พบว่าค่าอุณหภูมิพื้นผิวแปรผันตรงกับค่า NDBI เมื่อสิ่งปลูกสร้างมากขึ้นจะทำให้อุณหภูมิเพิ่มขึ้น จากสมการเชิงเส้นพบว่าในปี พ.ศ. 2552 ฤดูร้อนมีค่าความสัมพันธ์ R^2 เท่ากับ 0.520 ฤดูหนาวค่าความสัมพันธ์ R^2 เท่ากับ 0.490 ในปี พ.ศ. 2564 ฤดูร้อน ค่าความสัมพันธ์ R^2 เท่ากับ 0.439 และฤดูหนาวค่าความสัมพันธ์ R^2 เท่ากับ 0.275 (ภาพที่ 8)



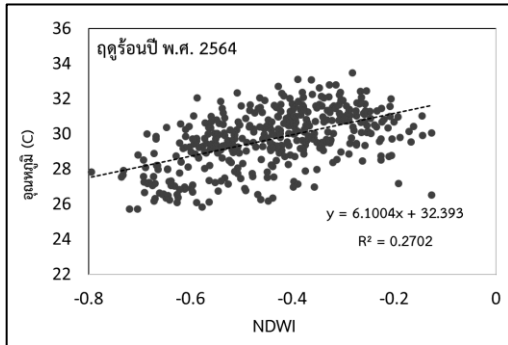
ภาพที่ 6 กราฟผลการเปรียบเทียบอุณหภูมิพื้นผิวกับดัชนี NDVI ในปี พ.ศ. 2552 และ พ.ศ. 2564



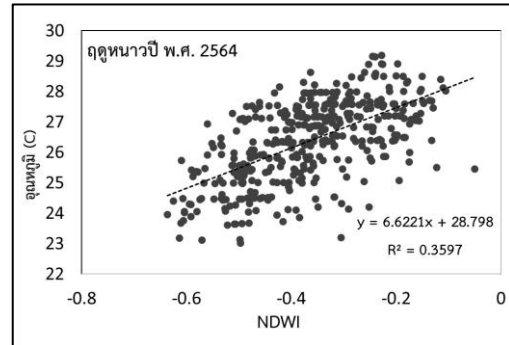
ก. อุณหภูมิพื้นผิวกับดัชนี NDWI ฤดูร้อน พ.ศ. 2552



ข. อุณหภูมิพื้นผิวกับดัชนี NDWI ฤดูหนาว พ.ศ. 2552

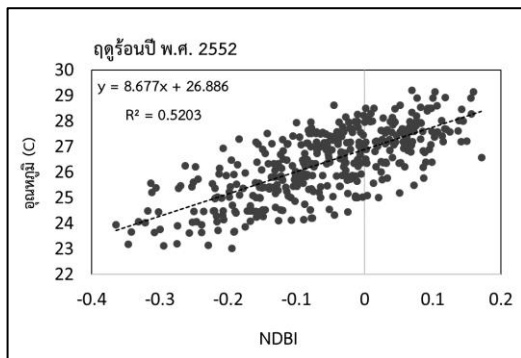


ค. อุณหภูมิพื้นผิวกับดัชนี NDWI ฤดูร้อน พ.ศ. 2564

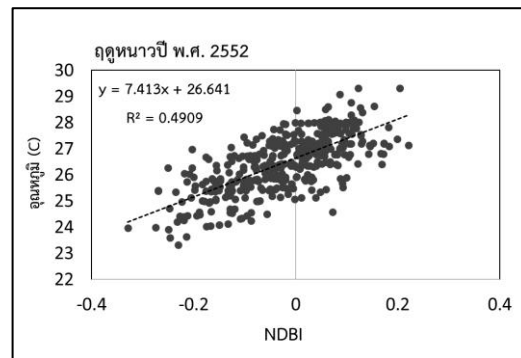


ง. อุณหภูมิพื้นผิวกับดัชนี NDWI ฤดูหนาว พ.ศ. 2564

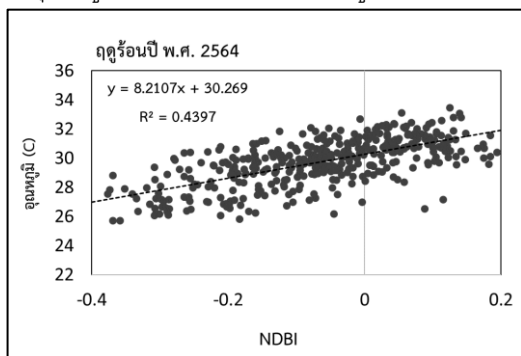
ภาพที่ 7 กราฟผลการเปรียบเทียบอุณหภูมิพื้นผิวกับดัชนี NDWI ในปี พ.ศ. 2552 และ พ.ศ. 2564



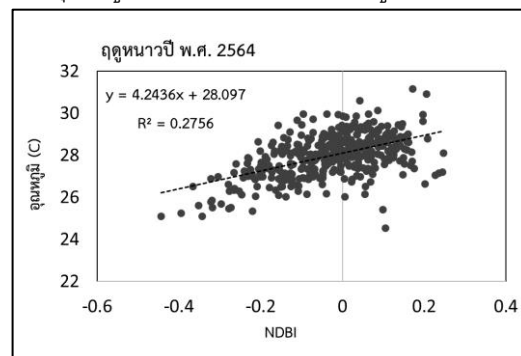
ก. อุณหภูมิพื้นผิวกับดัชนี NDBI ฤดูร้อน พ.ศ. 2552



ข. อุณหภูมิพื้นผิวกับดัชนี NDBI ฤดูหนาว พ.ศ. 2552



ค. อุณหภูมิพื้นผิวกับดัชนี NDBI ฤดูร้อน พ.ศ. 2564



ง. อุณหภูมิพื้นผิวกับดัชนี NDBI ฤดูหนาว พ.ศ. 2564

ภาพที่ 8 กราฟผลการเปรียบเทียบอุณหภูมิพื้นผิวกับดัชนี NDBI ในปี พ.ศ. 2552 และ พ.ศ. 2564

สรุปผล

อุณหภูมิพื้นผิวในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมา ในฤดูร้อน ปี พ.ศ. 2564 มีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นจากปี พ.ศ. 2552 8.29 องศาเซลเซียส และ ในฤดูหนาวปี พ.ศ. 2564 มีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นจากปี พ.ศ. 2552 1.7 องศาเซลเซียส ค่าอุณหภูมิพื้นผิวแปรผกผันกับค่า NDVI โดยเมื่อพืชพรรณมากขึ้นจะทำให้อุณหภูมิลดลง ค่าอุณหภูมิพื้นผิวแปรผกผันกับค่า NDWI โดยเมื่อความชื้นของน้ำมากขึ้นจะทำให้อุณหภูมิลดลง แต่ค่าอุณหภูมิพื้นผิวแปรผันตรงกับค่า NDBI ซึ่งเมื่อสิ่งปลูกสร้างมากขึ้นจะทำให้อุณหภูมิเพิ่มขึ้น ดังนั้นพื้นที่บริเวณที่เป็นพืชพรรณสูง เช่น พื้นที่สีเขียวที่เป็นไม้ยืนต้นและพื้นที่เกษตรกรรมรอบนอกเมือง เช่น บริเวณพื้นที่เกษตรกรรมบริเวณลำตะคองเก่าบริเวณทิศตะวันตกเฉียงเหนือ และบริเวณหลังโรงเรียนราชสีมาวิทยาลัยสามารถช่วยลดอุณหภูมิพื้นผิวลงได้ ในขณะที่พื้นที่บริเวณที่เป็นสิ่งปลูกสร้าง เช่น พื้นที่ในเขตเมืองและย่านการค้าบริเวณใจกลางเมือง บริเวณโดยอนุสาวรีย์ท้าวสุรนารี และตามแนวถนนสายหลัก เช่น ถนนมิตรภาพ ถนนสุรนารายณ์ ทำให้อุณหภูมิพื้นผิวสูงขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ กมลวรรณ ปรีเปรมโมทย์ (2561) ที่ศึกษาเกี่ยวกับการหาดัชนีความสัมพันธ์ของการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินกับปรากฏการณ์เกาะความร้อนของเมืองไมซ์พัทยา พบว่าค่าดัชนีพืชพรรณ และค่าดัชนีความชื้นของน้ำมีความสัมพันธ์แบบผกผันกับ ค่าอุณหภูมิส่วนค่าดัชนีสิ่งปลูกสร้างมีความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกันกับค่าอุณหภูมิ

เอกสารอ้างอิง

- กมลวรรณ ปรีเปรมโมทย์. (2561). การหาดัชนีความสัมพันธ์ของการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินกับปรากฏการณ์เกาะความร้อนของเมืองไมซ์พัทยา. (วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต) มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- กรมอุตุนิยมวิทยา. (2563). สถิติอุณหภูมิอากาศ อุณหภูมิสูงสุด. สืบค้นเมื่อวันที่ 20 ธันวาคม 2566 เข้าถึงได้จาก http://www.tmd.go.th/programs/uploads/tempstat/max_stat_latest.pdf.
- ญาโณทัย แก้วทอง. (2564). การศึกษาและวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของอุณหภูมิพื้นผิวต่อพื้นที่สีเขียวด้วยเทคนิคการรับรู้ระยะไกล กรณีศึกษา : อำเภอเมืองพิษณุโลก จังหวัดพิษณุโลก. (ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต) มหาวิทยาลัยนเรศวร.
- นราธิป เฟ่งพิศ สุพรรณ กาญจนสุธรรม แก้ว นวลฉวี และ ภัทราพร สร้อยทอง. (2560). การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิพื้นผิวดินกับพื้นที่ชุมชน และสิ่งปลูกสร้าง กรณีศึกษา อำเภอเมืองจังหวัดระยอง. *วารสารเทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ มหาวิทยาลัยบูรพา*. 2(3) , 27-40.
- ปริญญ์ โสภา. (2562). การหาความสัมพันธ์อุณหภูมิพื้นผิวจากข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT 8 ระบบ TIRS กับ ค่าดัชนีพืชพรรณค่าแน่นภาพพืชพรรณและดัชนีสิ่งปลูกสร้างในพื้นที่เขตกรุงเทพและปริมณฑล. (วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต) จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สำนักงานกองทุนสนับสนุนงานวิจัย. 2559. รายงานการสังเคราะห์และประมวลผลสถานภาพองค์ความรู้ด้านเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ครั้งที่ 2 พ.ศ. 2559. สำนักงานกองทุนสนับสนุนงานวิจัย: กรุงเทพมหานคร.
- เสาวนีย์ วิจิตรโกสม. (2552). การจัดการทรัพยากรน้ำในลุ่มน้ำลำตะคองแบบบูรณาการ. (วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรดุษฎีบัณฑิต) จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- Dousset, B., & Gourmelon, F. (2003). Satellite multi-sensor data analysis of urban surface temperatures and land cover. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*. 58, 43-54.

Faizan, O. M. (2021). Monitoring land use/land cover change and its impact on variations of land surface temperature rapidly urbanizing island using google earth engine (GEE)-a case study of Delhi, India. *Plan Insights Res Paper*, 1–25.

USGS. (2013). Using the USGS Landsat 8 Product. Accessed March 24, 2024, Retrieved from http://landsat.usgs.gov/Landsat8_Using_Product.php.

วารสารวิทยาศาสตร์และนวัตกรรมเชิงพื้นที่

Journal of Science and Area – based Innovation
(JSAI)