

■ Research Article



อิทธิพลของการเคลือบผิวเม็ดปุ๋ยที่ส่งผลต่อลักษณะเฉพาะของปุ๋ย อัดเม็ดควบคุมการปลดปล่อยจากเศษเหลือทิ้งจากสับประรด

The Influence of Surface Coating on the Characterizations of Controlled-Release Fertilizer Pellet made from Pineapple Wastes

นันทยา เก่งเขตรกิจ¹, สุรีย์รัตน์ บัวชื่น²

¹ สาขาวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
พิจิตร ตำบลบ้านกร่าง อำเภอเมือง จังหวัดพิจิตร 65000

² สาขาพืชศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
พิจิตร ตำบลบ้านกร่าง อำเภอเมือง จังหวัดพิจิตร 65000

บทคัดย่อ (ภาษาไทย)

งานวิจัยนี้ เป็นการศึกษาอิทธิพลของการเคลือบผิวของเม็ดปุ๋ยที่ส่งผลต่อ
คุณลักษณะทางกายภาพและทางเคมีของปุ๋ยควบคุมการปลดปล่อยที่เตรียมได้ ผล
การทดลองพบว่า การเคลือบเม็ดปุ๋ยด้วยสารละลายผสมระหว่างน้ำแป้งและน้ำ
ยางพารา ภาพภายใต้กล้องสเตอริโอ และ SEM พบว่า ปุ๋ยที่ผ่านการเคลือบเพียง
ชั้นเดียว พื้นผิวของเม็ดปุ๋ยที่ได้เป็นชั้นบาง ๆ ปกคลุมอยู่ ในขณะที่ปุ๋ยที่ผ่านการ
เคลือบ 3 ชั้น พื้นผิวมีชั้นฟิล์มของสารเคลือบปกคลุมอยู่บนเม็ดปุ๋ยอย่างชัดเจน
จากผลการทดสอบการแช่น้ำ พบว่า เม็ดปุ๋ยหลังเคลือบ 3 ชั้นจะมีความทนน้ำใน
ระยะเวลาต่างๆ ได้มากที่สุด และมีค่าอัตราการดูดซับน้ำของเม็ดปุ๋ยต่ำที่สุด จาก
แนวโน้มค่า EC แสดงให้เห็นว่าการเคลือบเม็ดปุ๋ยสามารถช่วยลดอัตราการ
ปลดปล่อยธาตุอาหารที่ละลายในน้ำได้ดีเมื่อเทียบกับปุ๋ยที่ไม่ได้ทำการเคลือบ

คำสำคัญ: ปุ๋ยควบคุมการปลดปล่อย, เศษเหลือทิ้งจากสับประรด, เส้นใยจากใบสับประรด, แป้งจากเหง้า
สับประรด, น้ำยางพารา

Abstract

This research investigates coating fertilizer pellets on the physical
and chemical characteristics of controlled-release fertilizers. The
results revealed that coating the fertilizer pellets with a mixture of
starch water and natural rubber latex produced notable effects. Images obtained through a stereomicroscope and SEM showed that
single-layer-coated pellets had a thin surface layer, while pellets
coated with three layers exhibited a clearly defined film of coating
on their surface. Water immersion tests indicated that the three-layer-
coated pellets had the highest water resistance over various
durations and the lowest water absorption rate. The trend in EC
values demonstrated that coating the fertilizer pellets effectively
reduced the release rate of water-soluble nutrients compared to
uncoated fertilizers.

Keywords: controlled-release fertilizer, pineapple wastes, pineapple leaf fiber,
pineapple stem starch, natural rubber

Received:

23 September 2024

Revised:

16 November 2024

Accepted:

25 December 2024

Published:

27 December 2024

*Corresponding

Author:

nanthaya@rmutl.ac.th

Copyright:

© Rajamangala
University of
Technology Lanna.
All right reserved

ISSN

Print: 2586-8500

Electronic: 2586-8632

1. บทนำ

สำหรับภาคการเกษตร การปลูกพืช ส่วนใหญ่เกษตรกรต้องใส่ปุ๋ยลงไปเพื่อเพิ่มธาตุอาหารที่เป็นให้แก่พืชนั้นๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งพืชเศรษฐกิจ ปุ๋ยเคมีเป็นหนึ่งในทางเลือกที่มีความจำเป็นอย่างมากในการเพิ่มผลผลิตของพืชดังกล่าว ปุ๋ยเคมีที่ใช้ในปัจจุบันประกอบด้วย 3 ธาตุหลัก ได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม โดยปุ๋ยไนโตรเจนหรือปุ๋ยยูเรียเป็นปุ๋ยเคมีที่นิยมมากที่สุด (นรินทร์, 2564) ทั้งนี้เนื่องจากไนโตรเจนมีความจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืชเกือบทุกชนิด จึงมีความต้องการในปริมาณที่สูงมาก โดยทั่วไปธาตุอาหารไนโตรเจนในดินมักมีไม่เพียงพอต่อความต้องการของพืช จึงมีความจำเป็นต้องใส่ปุ๋ยเพิ่มเติมเพื่อให้พืชเจริญเติบโตงอกงามและได้ผลผลิตที่ดี อย่างไรก็ตาม เนื่องจากปุ๋ยไนโตรเจนละลายน้ำได้ดีมาก ดังนั้นในการใส่ปุ๋ยแต่ละครั้ง พืชจึงไม่สามารถดูดซึมไปใช้ทันทีได้ทั้งหมด ทำให้ปุ๋ยที่ใส่ลงในปริมาณที่มากเกินไปในแต่ละครั้ง ก่อให้เกิดปัญหาต่างๆ แก่สิ่งแวดล้อม ปุ๋ยตกค้างในดิน ซึ่งเมื่อถูกชะล้างลงสู่แหล่งน้ำ ทำให้พืชน้ำเจริญเติบโต ส่งผลทำให้ระบบนิเวศเสียสมดุล เกษตรกรส่วนมากจะแก้ปัญหาดังกล่าวโดยการแบ่งใส่ปุ๋ยทางดินระหว่างรอบการผลิตพืช ซึ่งแม้ว่าการแบ่งใส่ปุ๋ยหลายๆ ครั้ง เป็นการเพิ่มธาตุอาหารแก่พืชให้ได้ตามความต้องการ แต่ก็เป็นการเพิ่มต้นทุนแก่เกษตรกร เช่น แรงงาน การขนส่ง และระยะเวลาที่ใช้ทำงานมากขึ้น

งานวิจัยนี้ ได้นำวัสดุเหลือทิ้งจากการปลูกสับประรดทั้งในส่วนของเส้นใยจากใบและแฉ่งจากเหง้า ซึ่งเป็นวัสดุธรรมชาติที่ย่อยสลายได้มาใช้ประโยชน์ เพื่อพัฒนาเป็นปุ๋ยควบคุมการปลดปล่อย โดยนำส่วนของเส้นใยจากใบสับประรดนำมาผสมร่วมกับเจลแปงเหง้า และปุ๋ยไนโตรเจน ทำการอัดขึ้นรูปเป็นเม็ดปุ๋ย แล้วเคลือบปุ๋ยด้วยสารเคลือบจากธรรมชาติ โดยทำการศึกษาคุณลักษณะเฉพาะของเม็ดปุ๋ยควบคุมการปลดปล่อย ได้แก่ มีสมบัติทางกายภาพ สมบัติทางเคมี และทดสอบการปลดปล่อยธาตุอาหารของเม็ดปุ๋ยที่เตรียมได้ เพื่อให้ทราบถึงสมบัติบางประการของเม็ดปุ๋ยก่อนนำไปใช้ในการปลูกพืชต่อไป

2. วัตถุประสงค์

เพื่อพัฒนาปุ๋ยควบคุมการปลดปล่อยอัดเม็ดแบบใหม่ที่เป็นส่วนผสมระหว่างเศษเหลือทิ้งจากการปลูกสับประรดและยูเรียเม็ด เพื่อประเมินถึงคุณลักษณะทางกายภาพและทางเคมีของปุ๋ยควบคุมการปลดปล่อยอัดเม็ดที่เตรียมได้

3. แนวคิดทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ในปัจจุบันได้มีเทคโนโลยีที่นำมาใช้เพื่อควบคุมการปลดปล่อยธาตุอาหารของปุ๋ยได้ คือการผลิตปุ๋ยควบคุมการปลดปล่อย โดยหาแบ่งตามลักษณะการปลดปล่อยสามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภทคือ ปุ๋ยควบคุมการปลดปล่อย (controlled-release fertilizer; CRF) หมายถึง ปุ๋ยที่มีสามารถควบคุมการปลดปล่อยธาตุอาหารได้ ทราบถึงอิทธิพลที่ส่งผลต่ออัตราและช่วงเวลาที่ปุ๋ยนั้นจะปลดปล่อยธาตุ เช่น ปุ๋ยเคลือบ ในขณะที่ปุ๋ยปลดปล่อยช้า (slow release fertilizer; SRF) หมายถึง ปุ๋ยที่มีการปลดปล่อยธาตุอาหารออกมาช้ากว่าปุ๋ยเคมีทั่วไป แต่ไม่สามารถควบคุมอัตราและช่วงเวลาในการปลดปล่อยอาหารได้ ซึ่งอัตราการปลดปล่อยขึ้นอยู่กับปัจจัยภายนอกต่างๆ เช่น ความชื้นของดิน และกิจกรรมของจุลินทรีย์ในดิน เช่น ยูเรียฟอรัมาลดีไฮด์ (นิษฐา และสายันต์, 2560) เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ปุ๋ยเคมีทั่วไป การใช้เทคโนโลยีปุ๋ยควบคุมการปลดปล่อยมีข้อที่เหนือกว่าในแง่ที่ช่วยให้เกษตรกรลดค่าใช้จ่ายในการใช้ปุ๋ย และลดผลกระทบของปริมาณปุ๋ยที่ตกค้างในสิ่งแวดล้อม โดยในอนาคตแนวทางการพัฒนาปุ๋ยควบคุมการปลดปล่อยควรคำนึงถึงในเรื่องต้นทุนของวัสดุเคลือบและพัฒนาสารเคลือบที่ค่านึงสิ่งแวดล้อมขึ้น โดยเลือกใช้

วัตถุดิบที่สามารถย่อยสลายได้ตามธรรมชาติทดแทน เช่น ยางพารา เซลลูโลส ไคโตซาน โปรตีนจากถั่วเหลือง (Lawrencía et al., 2021) ดังนั้นงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาปุ๋ยควบคุมการปลดปล่อยจากเศษเหลือทิ้งทางการเกษตรนี้ นอกจากจะได้ปุ๋ยที่สามารถควบคุมการปล่อยธาตุอาหารระหว่างการปลูกแล้ว เมื่อธาตุอาหารในเม็ดปุ๋ยดังกล่าวหมดลง วัสดุเหลือทิ้งภายในเม็ดปุ๋ยยังสามารถย่อยสลายเพื่อเป็นการเพิ่มอินทรีย์วัตถุให้แก่ดินที่ปลูกด้วย ซึ่งแนวทางดังกล่าวนอกจากจะเป็นประโยชน์โดยตรงต่อพืชที่ปลูกให้ได้รับปุ๋ยอย่างเพียงพอแล้ว ยังเป็นการปรับปรุงคุณภาพดินปลูก และเป็นการใช้ประโยชน์จากเศษเหลือทิ้งจากการเกษตรรูปแบบใหม่อีกด้วย

4. วิธีดำเนินการวิจัย

4.1 การเตรียมปุ๋ยควบคุมการปลดปล่อยอัดเม็ดจากเศษเหลือทิ้งสับประรด

4.1.1 การเตรียมเศษเหลือทิ้งจากการปลูกสับประรด

เศษเหลือทิ้งสับประรดที่ใช้เป็นวัตถุดิบในการเตรียมเม็ดปุ๋ยอัดเม็ดในงานวิจัยนี้ประกอบไปด้วย

1) แป้งเหง้าสับประรด โดยแป้งเหง้าสับประรดที่ใช้ในงานวิจัยนี้ เป็นเศษเหลือทิ้งจากการสกัดโบรมีเลน จากโรงงานใน จ.ระยอง หลังจากสกัดโบรมีเลนจากเหง้าสับประรดแล้ว เศษเหลือทิ้งจากการสกัดจะนำมาตากแดดจนแห้ง

2) ใบสับประรดสด เตรียมได้โดยนำใบสับประรดที่ได้จากแปลงปลูก มาล้างทำความสะอาด ตัดให้มีขนาด 6 มิลลิเมตร นำมาบดด้วยเครื่องมือ จนละเอียด บดน้ำออก นำไปตากแดดจนแห้ง

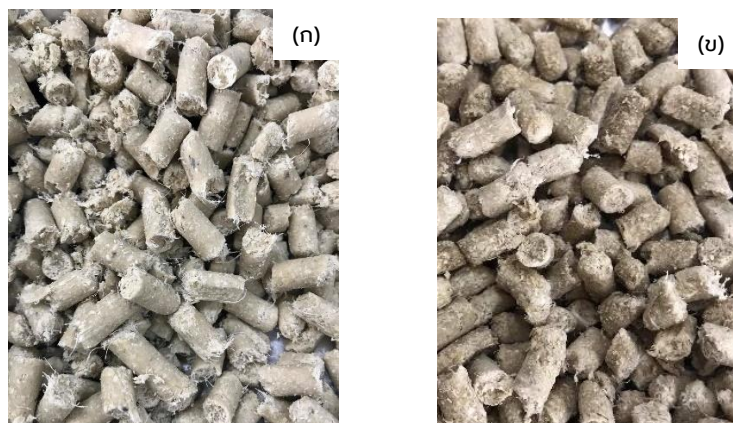
4.1.2 การเตรียมปุ๋ยอัดเม็ดจากเศษเหลือทิ้งสับประรด

จากการศึกษาเบื้องต้นเกี่ยวกับปริมาณเศษเหลือทิ้งสับประรด (เจนจิรา, 2564) และปริมาณยูเรียเม็ด (อมรพรรณ, 2564) ที่เหมาะสมในการขึ้นรูปเม็ดปุ๋ยของทีมผู้วิจัย พบว่า ปริมาณส่วนผสมที่เหมาะสมของเศษเหลือทิ้งจากสับประรดและยูเรียเม็ดที่สามารถขึ้นรูปเม็ดปุ๋ยได้ลักษณะที่สมบูรณ์และมีปริมาณไนโตรเจนสูงสุดคือ ส่วนผสมที่มีแป้งเหง้าสับประรด 500 กรัม เส้นใยสับประรด 200 กรัม สารละลายยูเรีย 37% 400 กรัม กลีเซอรอล 100 กรัม ยูเรียเม็ด 200 กรัม โดยทุกส่วนผสมจะถูกนำมานวดให้เข้ากันในถุงร้อน (polypropylene; PP) ก่อน แล้วจึงนำไปขึ้นรูปเม็ดปุ๋ยด้วยเครื่องอัดเม็ด จากนั้นนำปุ๋ยที่อัดเม็ดได้ (รูปที่ 1ก) ไปให้ความร้อนด้วยเครื่องไมโครเวฟกำลังวัตต์ 1000 watt จำนวน 20 วินาที 5 ครั้ง เพื่อให้แป้งเหง้าสับประรดเปลี่ยนสภาพเป็นเจลและทำหน้าที่เป็นตัวประสานในตัวเม็ดปุ๋ย (แสดงในรูปที่ 1ข) จากนั้นนำปุ๋ยอัดเม็ดที่ได้ มาอบที่ 80°C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง นำเม็ดปุ๋ยหลังอบแห้ง ไป สร้าศึกษาการเคลือบผิวปุ๋ยอัดเม็ดด้วยสารละลายน้ำแป้งและยางพาราต่อไป

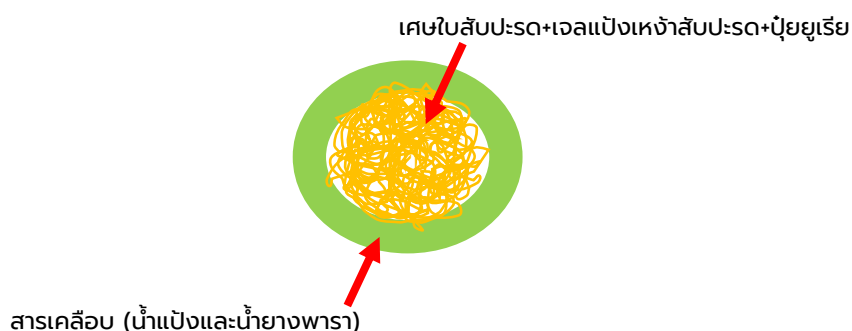
4.1.3 การเคลือบปุ๋ยอัดเม็ดจากเศษเหลือทิ้งสับประรด

ในการเคลือบปุ๋ยอัดเม็ดนี้ จะเลือกใช้สารจากธรรมชาติมาใช้เป็นสารเคลือบคือ สารละลายน้ำแป้งเหง้าสับประรดและน้ำยางพารา ลักษณะแบบจำลองของเม็ดปุ๋ยที่เตรียมได้ในงานวิจัยนี้แสดงดังรูปที่ 2 โดยจากการศึกษาส่วนประกอบของสารเคลือบที่เหมาะสมในการใช้เคลือบเม็ดปุ๋ยของทีมผู้วิจัยที่ผ่านมาก็ได้ศึกษาถึงกระบวนการเคลือบและสารละลายที่ใช้เคลือบ (ฉัตรพงษ์, 2564) พบว่า การใช้สารเคลือบที่มีส่วนผสมของสารละลายแป้งเหง้าสับประรด (10%w/w) น้ำยางพาราเข้มข้น (54%w/w) และน้ำกลั่น ในสัดส่วน 100 : 20 : 40 เป็นสูตรที่สามารถเคลือบผิวเม็ดปุ๋ยได้ดี มีชั้นผิวเคลือบหลังการเคลือบที่ลักษณะสม่ำเสมอ ในการเคลือบปุ๋ยอัดเม็ดจะใช้เทคนิคการจุ่มเคลือบ (dip coating) โดยในแต่ละรอบการเคลือบจะนำปุ๋ยอัดเม็ดมาแช่ในสารเคลือบเป็นเวลา 30 วินาที นำเม็ดปุ๋ยออกจากสาร

เคลือบและสับส่วนของเหลวออก จากนั้นนำไปทำให้แห้งด้วยเครื่องไมโครเวฟ กำลังไฟ 1000 วัตต์ เวลา 15 วินาที จำนวน 4 ครั้ง โดยจะทำการเตรียมปุ๋ยที่เคลือบ ด้วยสูตรข้างต้นจำนวน 3 รอบ ซึ่งปุ๋ยอัดเม็ดทั้งก่อนและหลังเคลือบ จะนำไปศึกษา คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีต่อไป



รูปที่ 1 เม็ดปุ๋ยที่อัดขึ้นรูปด้วยเครื่องอัดเม็ดปุ๋ย (ก) ก่อนอบด้วยไมโครเวฟ (ข) หลังอบด้วยไมโครเวฟ



รูปที่ 2 ลักษณะแบบจำลองของเม็ดปุ๋ยที่เตรียมได้

4.2 การประเมินคุณลักษณะทางกายภาพและทางเคมีของปุ๋ยอัดเม็ดจากเศษเหลือ ทิ้งสับปะรดทั้งก่อนเคลือบและหลังเคลือบ

4.2.1 การวิเคราะห์หมู่ฟังก์ชันบนพื้นผิวการศึกษาและลักษณะพื้นผิวของปุ๋ยอัดเม็ด ทั้งก่อนเคลือบและหลังเคลือบ โดยมีรายละเอียดดังนี้

นำเม็ดปุ๋ยอัดเม็ดที่ไม่ได้ทำการเคลือบและเม็ดปุ๋ยอัดเม็ดหลังเคลือบ 3 ชั้น มาวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมีบริเวณพื้นผิวภายนอก ด้วย เทคนิค Attenuated Total Reflectance Fourier Transform Infrared Spectroscopy (ATR-FTIR) (Nicolet iS5- iD7 (ATR), Thermo Scientific, USA) ที่ช่วงความยาวคลื่น 4000-400 cm^{-1} จำนวนวนสแกน 64 รอบต่อครั้ง เพื่อประเมินองค์ประกอบทางเคมีของพื้นผิวที่เปลี่ยนแปลงไปของเม็ดปุ๋ยอัดเม็ดทั้งก่อนและหลังทำการเคลือบ

4.2.2 การศึกษาลักษณะของพื้นผิวภายนอกของปุ๋ยอัดเม็ด

นำเม็ดปุ๋ยทั้งก่อนเคลือบ เม็ดปุ๋ยที่เคลือบด้วยสารเคลือบ 1 ชั้น และเม็ดปุ๋ยที่เคลือบด้วยสารเคลือบ 3 ชั้น มาทำการบันทึกภาพภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบสแกนนิ่งอิเล็กตรอน (SEM2000C, Zeiss, Germany) ที่กำลังขยาย 10x

4.2.3 การศึกษาลักษณะสัณฐานวิทยาภาคตัดขวางของปุ๋ยอัดเม็ดทั้งก่อนและหลังเคลือบด้วยเทคนิค Scanning Electron Microscopy (SEM)

นำเม็ดปุยแต่ละตัวอย่าง(ปุยอัดเม็ดที่ไม่ได้ทำการเคลือบ เม็ดปุยที่ทำการเคลือบ 1 ชั้น และเม็ดปุยที่ทำการเคลือบ 3 ชั้น) มาผ่าครึ่งในแนวขวาง เพื่อนำชิ้นงานภาคตัดขวาง (cross section) ที่ได้ไปตรวจสอบลักษณะสัณฐานวิทยาของเม็ดปุยทั้งก่อนเคลือบและหลังเคลือบผ่านกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Prisma E, Thermo Fisher Scientific, Germany) ที่กำลังขยาย 500x

4.2.4 การทดสอบลักษณะของปุยอัดเม็ดจากเศษเหลือทิ้งสับประรด เมื่อแช่น้ำที่ระยะเวลาต่างๆ

นำตัวอย่างเม็ดปุยทั้งก่อนและหลังเคลือบ (3 ชั้น) มาทำการทดสอบลักษณะของปุยอัดเม็ดจากเศษเหลือทิ้งสับประรดเมื่อแช่น้ำ โดยนำตัวอย่างปุยสูตรละ 3 เม็ด แช่น้ำในน้ำกลั่น ปริมาตร 30 มิลลิลิตร ทำการบันทึกภาพและสังเกตลักษณะทางกายภาพของเม็ดปุยควบคุมการปลดปล่อยแต่ละสูตร และลักษณะของน้ำที่ใช้ในการแช่ เมื่อนำปุยแต่ละสูตรมาแช่น้ำที่ระยะเวลาต่างๆ ได้แก่ ที่ 0, 15 และ 39 ชั่วโมง

4.2.5 การทดสอบสมบัติการดูดซับน้ำของปุยอัดเม็ดจากเศษเหลือทิ้งสับประรด

นำตัวอย่างเม็ดปุยทั้งก่อนและหลังเคลือบ (3 ชั้น) มาทำการตรวจสอบสมบัติการดูดซับน้ำ โดยนำตัวอย่างปุยสูตรละ 3 เม็ด แช่น้ำในน้ำกลั่น ปริมาตร 30 มิลลิลิตร บันทึกน้ำหนักของเม็ดปุยควบคุมการปลดปล่อยแต่ละสูตร เมื่อนำปุยนั้นแช่น้ำที่ ระยะเวลาต่างๆ คือ ที่ 0, 15, 30, 45, 60, 90, 120, 150, 180, 240, 300, 360, 720 และ 1,080 นาที โดยร้อยละการดูดซับน้ำสามารถคำนวณได้โดย

$$\% \text{water uptake} = \frac{w_t - w_0}{w_0} \times 100 \quad (1)$$

เมื่อ % water uptake คือ ร้อยละการดูดซับน้ำ ที่เวลา t ต่างๆ

w_t คือ น้ำหนักของเม็ดปุยหลังแช่ที่ เวลา t ต่างๆ

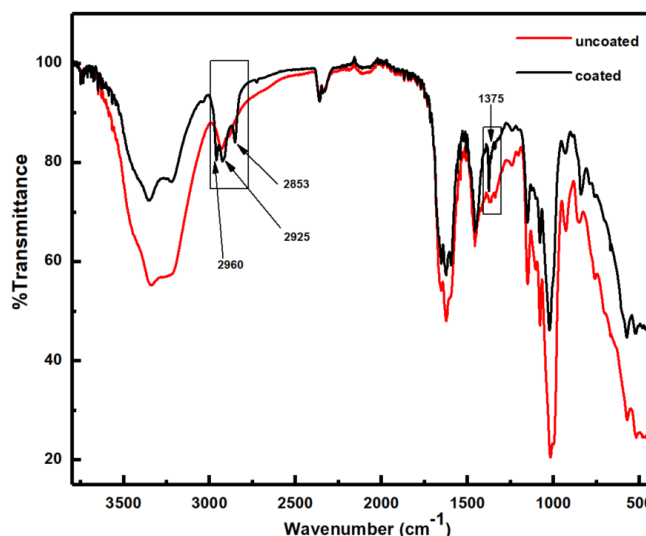
w_0 คือ น้ำหนักของเม็ดปุยหลังแช่ที่ เวลาเริ่มต้น

4.2.6 การทดสอบการปลดปล่อยธาตุอาหารในน้ำด้วยเครื่องวัดค่าการนำไฟฟ้า

นำเม็ดปุยที่เตรียมได้ทั้งก่อนและหลังเคลือบ (3 ชั้น) มาทำการทดสอบการปลดปล่อยธาตุอาหารในน้ำด้วยเครื่อง Laboratory Conductivity Meter รุ่น ST3100C-F ยี่ห้อ Ohaus โดยนำตัวอย่างปุย 6 กรัม แช่น้ำในน้ำกลั่น ปริมาตร 30 มิลลิลิตร บันทึกค่า Electrical conductivity (EC) ของสารละลายที่มีเม็ดปุยควบคุมการปลดปล่อยแต่ละสูตรแช่อยู่ในน้ำกลั่น ที่ระยะเวลาต่างๆ คือ ที่ 0, 1, 4, 7, 13, 19, 31, 55 และ 79 ชั่วโมง

5. ผลการวิจัย

จากผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของพื้นผิวเม็ดปุ๋ยอัดเม็ดทั้งก่อนเคลือบและหลังเคลือบ ด้วยเทคนิค ATR-FTIR ได้ผลแสดงดังรูปที่ 3 จากผลการทดลองเห็นได้ชัดเจน เม็ดปุ๋ยอัดเม็ดทั้งก่อนและหลังการเคลือบด้วยสารละลายน้ำ แป้งพสมน้ำยางพารา ให้เส้นสเปกตรัมที่มีความแตกต่างกันอย่างชัดเจน เมื่อเปรียบเทียบกับเส้นสเปกตรัมของเม็ดปุ๋ยก่อนการเคลือบจะพบว่า เม็ดปุ๋ยอัดเม็ดหลังเคลือบจะพบ พีคที่ความยาวคลื่น 2960 cm^{-1} ซึ่งเป็นพีคที่เกิดจาก CH_3 asymmetric stretching พีคที่ความยาวคลื่น 2925 cm^{-1} ซึ่งเป็นพีคที่เกิดจาก CH_2 asymmetric stretching พีคที่ความยาวคลื่น 2853 cm^{-1} ซึ่งเป็นพีคที่เกิดจาก CH_2 symmetric stretching และ พีคที่ความยาวคลื่น 1375 cm^{-1} ซึ่งเป็นพีคที่เกิดจาก CH_3 asymmetric deformation).



รูปที่ 3 ATR-FTIR spectra ของปุ๋ยอัดเม็ดทั้งก่อนและหลังเคลือบ

ภาพถ่ายลักษณะของพื้นผิวภายนอกของปุ๋ยอัดเม็ดภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบสเตอริโอ ที่กำลังขยาย 10x ของเม็ดปุ๋ยทั้งก่อนเคลือบ เม็ดปุ๋ยที่เคลือบด้วยสารเคลือบ 1 ชั้น และเม็ดปุ๋ยที่เคลือบด้วยสารเคลือบ 3 ชั้น แสดงดังภาพที่ 6 โดยจะพบว่าลักษณะของพื้นผิวเม็ดปุ๋ยที่ผ่านการเคลือบจะพบว่ามีชั้นเคลือบปกคลุมบริเวณเม็ดปุ๋ยอย่างสม่ำเสมอ ซึ่งเม็ดปุ๋ยที่ผ่านการเคลือบเพียงชั้นเดียว รูปที่ 4 (ก) พื้นผิวของเม็ดปุ๋ยที่ได้จะเห็นเป็นชั้นบาง ๆ ปกคลุมอยู่ ในขณะที่ปุ๋ยที่ผ่านการเคลือบ 3 ชั้นจะเห็นว่าพื้นผิวมีชั้นฟิล์มของสารเคลือบปกคลุมอยู่บนเม็ดปุ๋ยอย่างชัดเจน



(ก) ก่อนเคลือบ

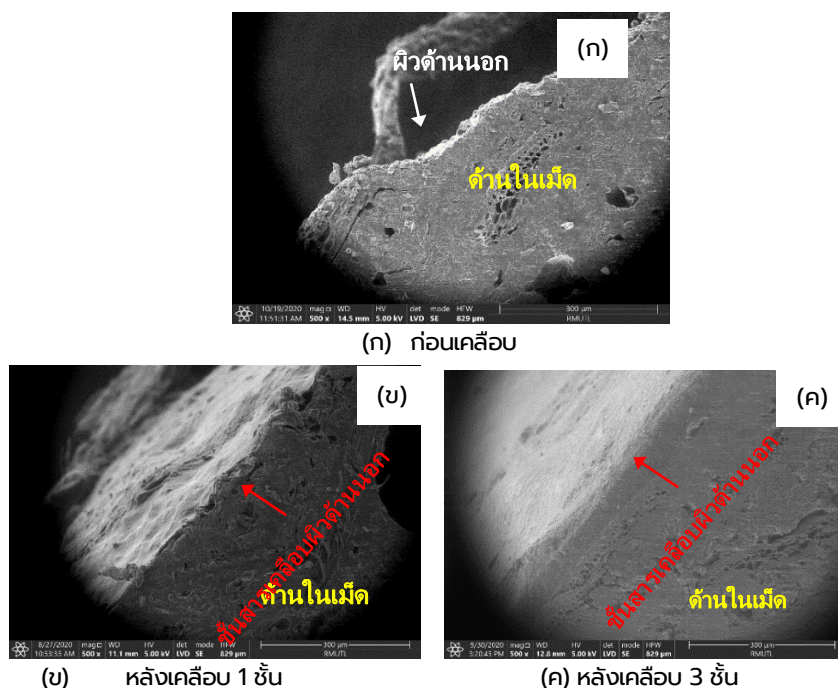
(ข) หลังเคลือบ 1 ชั้น

(ค) หลังเคลือบ 3 ชั้น

รูปที่ 4 ภาพถ่ายใต้กล้อง Stereo microscope ของปุ๋ยอัดเม็ดทั้งก่อนและหลังเคลือบที่กำลังขยาย (10x) : (ก) ก่อนเคลือบ (ข) หลังเคลือบ 1 ชั้น และ (ค) หลังเคลือบ 3 ชั้น

ลักษณะสัณฐานวิทยาภาคตัดขวางของปุ๋ยอัดเม็ดทั้งก่อนและหลังเคลือบ โดยเทคนิค SEM ที่กำลังขยาย 500x แสดงดังรูปที่ 5 มีความสอดคล้องกับ

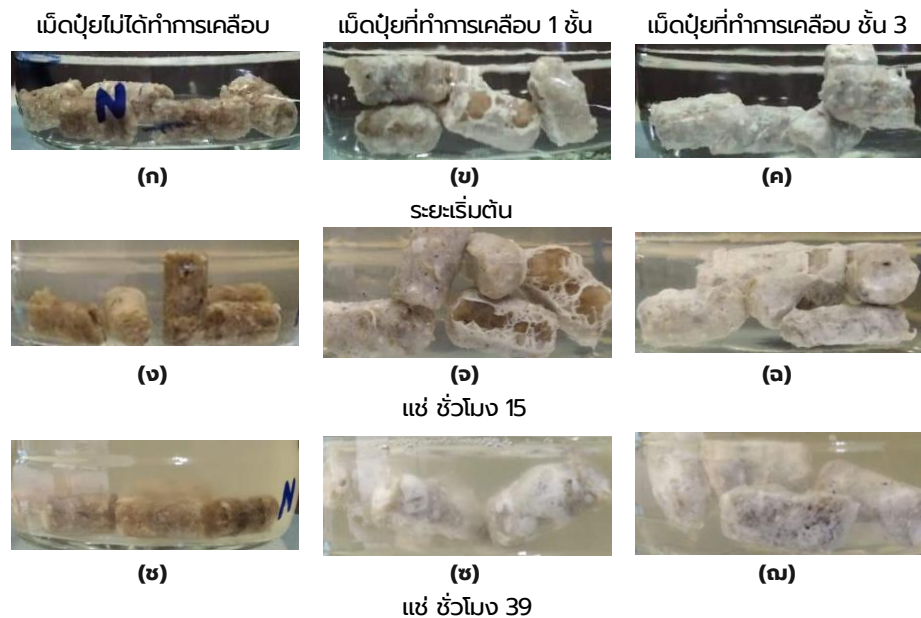
ภาพถ่ายได้กล้อง Stereo microscope รูปที่ 4 (ก-ค) โดยจะพบว่า ภาพภาคตัดขวางของเม็ดปุ๋ยที่ทำการเคลือบ 1 ชั้น (รูปที่ 5บ) และ 3 ชั้น (รูปที่ 5ค) จะพบชั้นของสารเคลือบอยู่บริเวณผิวด้านนอกได้อย่างชัดเจนเมื่อเปรียบเทียบกับภาพภาคตัดขวางของเม็ดปุ๋ยที่ก่อนทำการเคลือบ (รูปที่ 5ก) ซึ่งเมื่อทำการเคลือบเม็ดปุ๋ยด้วยจำนวนครั้งที่เพิ่มขึ้น ความหนาของชั้นเคลือบก็จะเพิ่มขึ้นด้วย ดังจะเห็นได้จาก ภาคตัดขวางของเม็ดปุ๋ยที่ทำการเคลือบ 1 ชั้น (รูปที่ 5บ) พบว่ามีชั้นปกคลุมแต่มีความหนาน้อยกว่าปุ๋ยอัดเม็ดหลังเคลือบ 3 ชั้น (รูปที่ 5ค) โดยเม็ดปุ๋ยหลังการเคลือบ 3 ชั้นจะมีความหนาชั้นเคลือบประมาณ 30-40 ไมครอน



รูปที่ 5 ภาพ SEM ภาคตัดขวางของปุ๋ยอัดเม็ดทั้งก่อนและหลังเคลือบ ที่กำลังขยาย 500x : (ก) ก่อนเคลือบ (ข) หลังเคลือบ 1 ชั้น และ (ค) หลังเคลือบ 3 ชั้น

จากผลการทดสอบลักษณะของปุ๋ยอัดเม็ดจากเศษเหลือทิ้งสับปะรดทั้งก่อนและหลังเคลือบ (1 และ 3 ชั้น) เมื่อแช่น้ำที่ระยะเวลาต่างๆ แสดงดังรูปที่ 6 (ก-ง) โดยจากการศึกษาพบว่า เมื่อเริ่มต้นทำการทดสอบแช่น้ำของเม็ดปุ๋ยทั้ง 3 ชนิด เม็ดปุ๋ยที่ไม่ได้ทำการเคลือบ (รูปที่ 6 ก) เม็ดปุ๋ยที่เคลือบ 1 ชั้น (รูปที่ 6ข) และ 3 ชั้น (รูปที่ 6 ค) เห็นได้ชัดเจนว่าปุ๋ยที่เคลือบจะพบว่ามีชั้นเคลือบ (สีขาว) เมื่อแช่น้ำ ลักษณะของชั้นเคลือบนั้นจะเห็นว่ามีฟิล์มสีขาวปกคลุมทั่วทั้งบริเวณภายนอกพื้นผิวเม็ดปุ๋ย โดยสังเกตเห็นได้ชัดเจนว่า เม็ดปุ๋ยที่เคลือบ 3 ชั้น (รูปที่ 6ค) จะมีชั้นเคลือบปกคลุมพื้นผิวอย่างสม่ำเสมอมากกว่าเม็ดปุ๋ยที่เคลือบ 1 ชั้น (รูปที่ 6ข) ในขณะที่ปุ๋ยไม่ได้ทำการเคลือบจะไม่มีชั้นฟิล์มใดๆ ปกคลุมอยู่เลย (รูปที่ 6ก) ส่วนของน้ำในขวดที่ทำการแช่ในระยะเวลาเริ่มต้น จะมีลักษณะใสเช่นเดียวกันทั้ง 3 ขวด (รูปที่ 6ก -ค) อย่างไรก็ตามเมื่อเม็ดปุ๋ยทั้ง 3 ชนิดแช่น้ำที่ระยะเวลาต่างๆ ที่นานขึ้น จะพบว่า ปุ๋ยที่ไม่ได้เคลือบที่ระยะการแช่ที่ 15 ชั่วโมง (รูปที่ 6ง) ลักษณะภายนอกของเม็ดปุ๋ยจะบวมน้ำเล็กน้อย น้ำที่แช่มีสีขุ่น เมื่อแช่น้ำครบ 39 ชั่วโมงพบว่า ลักษณะภายนอกของเม็ดปุ๋ยจะบวมน้ำและการเปื่อยยุ่ยมากขึ้น น้ำที่แช่มีสีขุ่นมากขึ้น ตามระยะเวลาแช่ที่เพิ่มขึ้น (รูปที่ 6ข) ในขณะที่เม็ดปุ๋ยที่ทำการเคลือบ 1 ชั้นและ 3 ชั้น นั้น ที่ระยะการแช่ที่ 15 ชั่วโมง (รูปที่ 6จ และ 6ฉ) เม็ดปุ๋ยและชั้นเคลือบยังคงสภาพเช่นเดิม น้ำที่

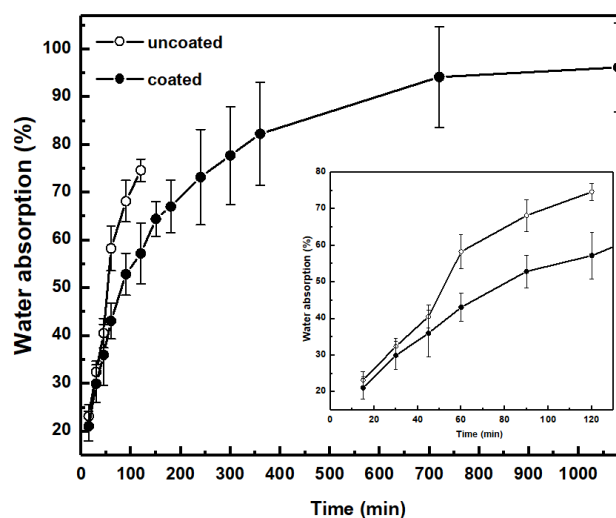
เขายังคงมีลักษณะใส เมื่อระยะเวลาการแช่เพิ่มขึ้น (39 ชั่วโมง) พบว่า เม็ดปุ๋ยที่ทำการเคลื่อน 1 ชั้น (รูปที่ 6ข) มีลักษณะภายนอกของเม็ดปุ๋ยบวมน้ำ ส่วนน้ำที่แช่มีลักษณะขุ่นเพิ่มขึ้น ในขณะที่เม็ดปุ๋ยที่ทำการเคลื่อน 3 ชั้น ที่ระยะเวลาการแช่ 39 ชั่วโมง (รูปที่ 6ณ) ลักษณะพื้นผิวรอบเม็ดปุ๋ยพบรูพรุนเล็กๆ ของชั้นเคลือบ แต่ไม่พบการบวมน้ำหรือการเปื่อยยุ่ยของเม็ดปุ๋ย น้ำที่แช่มีสีขุ่นเพิ่มขึ้นเล็กน้อย เมื่อเทียบกับระยะเวลาการแช่ที่ 15 ชั่วโมง (รูปที่ 6จ) ดังนั้นจากผลสังเกตลักษณะของปุ๋ยอัดเม็ดจากเศษเหลือทิ้งสับประรดทั้งก่อนและหลังเคลื่อน (1 และ 3 ชั้น) เมื่อแช่น้ำที่ระยะเวลาต่างๆ ข้างต้น จึงเห็นได้ชัดว่าการเคลื่อนเม็ดปุ๋ยจำนวน 3 ชั้น ทำให้ได้ชั้นเคลือบที่สามารถปกคลุมบริเวณภายนอกพื้นผิวเม็ดปุ๋ยอย่างสม่ำเสมอ เม็ดปุ๋ยหลังเคลื่อนจะมีความทนน้ำมากขึ้นกว่าเม็ดปุ๋ยที่ไม่ได้ทำการเคลื่อน และเม็ดปุ๋ยที่ทำการเคลื่อน 1 ชั้น ในทุกๆ ระยะเวลาการแช่ ซึ่งการศึกษาหัวข้อถัดไปจะนำเม็ดปุ๋ยก่อนการเคลื่อนและเม็ดปุ๋ยที่เคลื่อน 3 ชั้น มาประเมินเพื่อเปรียบเทียบคุณลักษณะการดูดซับน้ำ และการปลดปล่อยธาตุอาหารต่อไป



รูปที่ 6 ภาพถ่ายของปุ๋ยอัดเม็ดทั้งก่อน หลังเคลือบ 1 ชั้น และหลังเคลือบ 3 ชั้น ที่แช่น้ำระยะเวลาเริ่มต้น, แช่น้ำ 15 ชั่วโมง และแช่น้ำ 39 ชั่วโมง

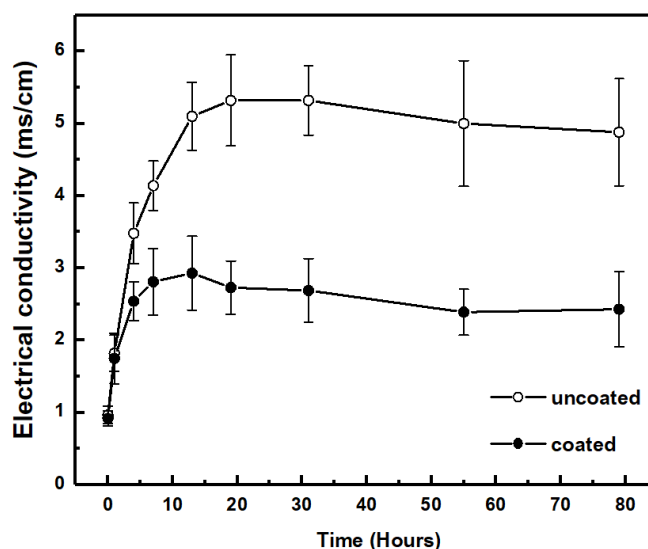
ผลจากการศึกษาร้อยละการดูดซับน้ำของปุ๋ยอัดเม็ดทั้งก่อนและหลังเคลื่อนที่ระยะเวลาต่างๆ แสดงดังรูปที่ 7 โดยพบว่า ร้อยละการดูดซับน้ำของปุ๋ยอัดเม็ดทั้งไม่ได้เคลือบและปุ๋ยอัดเม็ดที่ทำการเคลื่อน มีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาในการแช่น้ำมากขึ้น ปุ๋ยอัดเม็ดที่ไม่ได้เคลือบมีร้อยละการดูดซับน้ำที่สูงกว่าปุ๋ยอัดเม็ดที่ทำการเคลือบด้วยสารละลายน้ำแป้งผสมน้ำยางพาราตลอดระยะเวลาที่ทำการศึกษา โดยในระยะเวลาการแช่น้ำในช่วงแรก 0 – 45 นาที ปุ๋ยทั้ง 2 ชนิดมีร้อยละการดูดซับน้ำที่ใกล้เคียงกัน แต่เมื่อระยะการแช่น้ำที่นานขึ้นตั้งแต่ 60 นาทีเป็นต้นไป จะเห็นได้ชัดว่าปุ๋ยอัดเม็ดที่ไม่ได้เคลือบจะมีร้อยละการดูดซับน้ำที่สูงกว่าปุ๋ยอัดเม็ดที่ทำการเคลือบอย่างมาก โดยปุ๋ยที่ไม่ได้เคลือบเกิดการเสียสภาพ (สูญเสียน้ำหนักเนื่องจากเม็ดปุ๋ยแตก) ที่ระยะเวลาการแช่น้ำ 120 นาที มีค่าร้อยละการดูดซับน้ำได้สูงสุดที่ประมาณร้อยละ 75 ในขณะที่ปุ๋ยที่ทำการเคลือบด้วยสารละลายน้ำแป้งผสมน้ำยางพารา 3 ชั้น ยังสามารถคงสภาพอยู่ได้ถึงที่ระยะเวลาการแช่น้ำ 1080 นาที โดย

มีค่าร้อยละการดูดซับน้ำประมาณร้อยละ 96 ซึ่งแสดงให้เห็นได้ชัดเจนว่า การเคลือบ
เม็ดปุ๋ยช่วยลดอัตราการดูดซับน้ำของเม็ดปุ๋ย และการเคลือบช่วยให้เม็ดปุ๋ยมีความ
คงสภาพอยู่ได้ตลอดระยะเวลาที่ทำการศึกษา



รูปที่ 7 ร้อยละการดูดซับน้ำของปุ๋ยอัดเม็ดทั้งก่อนและหลังเคลือบที่ระยะเวลาต่างๆ

นอกจากนี้ เมื่อนำปุ๋ยอัดเม็ดทั้งก่อนและหลังเคลือบ (3 ชั้น) ไปแช่น้ำกลั่น ใน
ระยะเวลา 0–79 ชั่วโมง พบว่า ผลการทดสอบของสารละลายที่ได้แช่เม็ดปุ๋ยแต่ละ
ชนิด มีแนวโน้มค่า EC แสดงดังรูปที่ 8 ค่า EC หรือ Electrical Conductivity
เป็นค่าที่บ่งบอกถึงปริมาณเกลือธาตุอาหารที่ละลายได้ในน้ำ โดยจากผลการทดลอง
เห็นได้ชัดเจนว่า ในช่วงระยะเวลาการแช่น้ำ 4 ชั่วโมงแรก ค่า EC ของสารละลาย
เม็ดปุ๋ยทั้ง 2 ชนิดมีค่าใกล้เคียงกัน แต่เมื่อระยะเวลาการแช่น้ำที่นานขึ้น สารละลาย
ของเม็ดปุ๋ยที่ไม่ได้ทำการเคลือบมีแนวโน้มค่า EC ที่สูงกว่าสารละลายปุ๋ยที่ทำการ
เคลือบ แสดงให้เห็นว่าการเคลือบเม็ดปุ๋ยสามารถช่วยลดอัตราการปลดปล่อยธาตุ
อาหารที่ละลายในน้ำได้ดีเมื่อเทียบกับปุ๋ยที่ไม่ได้ทำการเคลือบ)



รูปที่ 8 แนวโน้มการเพิ่มขึ้นของค่า EC ของสารละลายที่มีปุ๋ยอัดเม็ดทั้งก่อนและ
หลังเคลือบแช่ในระยะเวลาต่างๆ

6. การอภิปรายผล

จากผลการศึกษาคุณลักษณะทางกายภาพและทางเคมีของเม็ดปุยควบคุมการปลดปล่อยที่เตรียมได้ พบว่า การเคลือบเม็ดปุยด้วยสารละลายน้ำแป้งและน้ำยางพาราทั้งการเคลือบ 1 ชั้น และ 3 ชั้น หลังการเคลือบจะมีพื้นผิวฟิล์มของชั้นเคลือบที่ปกคลุมอยู่บนเม็ดปุยที่เตรียมได้ โดยจะเห็นได้ตรวจสอบหมู่ฟังก์ชันของพื้นผิวด้วยเทคนิค FTIR ดังภาพที่ 5 ที่พบเส้นสเปกตรัมที่แสดงลักษณะเฉพาะของน้ำยางพาราซึ่งเป็นส่วนประกอบในสารเคลือบ (Nallasamy & Mohan, 2004) ภาพภายใต้กล้อง stereo microscope (ภาพที่ 6) และ SEM (ภาพที่ 7) พบว่าการเคลือบมีความสม่ำเสมอ จำนวนครั้งของการจุ่มเคลือบส่งผลต่อความหนาของชั้นฟิล์มที่เคลือบได้บนเม็ดปุย จากผลการทดลองเห็นได้ชัดเจนว่า การเคลือบช่วยลดอัตราการดูดซับน้ำ และช่วยให้เม็ดปุยมีความคงทนในน้ำได้มากขึ้น สำหรับการทดลองค่า EC ของสารละลายที่แช่ปุยแต่ละชนิด พบว่า สารละลายของเม็ดปุยที่ทำการเคลือบ มีแนวโน้มค่า EC ที่ต่ำกว่าในสารละลายของเม็ดปุยที่ไม่ได้เคลือบตลอดระยะเวลาที่ศึกษา ซึ่งเป็นการบ่งบอกถึงแนวโน้มประสิทธิภาพการปลดปล่อยธาตุอาหารในน้ำ โดยผลดังกล่าวสอดคล้องกับผลแนวโน้มในงานวิจัยต่างๆ ที่ศึกษาประสิทธิภาพของชั้นเคลือบปุย ที่รายงานพบว่า ชั้นเคลือบเม็ดปุยที่มีประสิทธิภาพจะสามารถควบคุมให้ปุยที่เคลือบนั้น มีค่าการปลดปล่อยธาตุอาหารที่ต่ำกว่าตลอดระยะเวลาที่ทำการศึกษา (Wang *et al.*, 2017; Braghin *et al.*, 2019) และชัดเจนมากเมื่อเทียบกับปุยที่ไม่ได้ทำการเคลือบ (Petrus *et al.*, 2020) อย่างไรก็ตามในอนาคต อาจมีการนำเม็ดปุยในงานวิจัยนี้ไปทดลองใช้งานการปลูกต้นพืช เพื่อให้ทราบถึงประสิทธิภาพของเม็ดปุยที่เตรียมได้ ว่าส่งผลต่อการเจริญเติบโตของต้นพืชในสภาวะจริงมากน้อยเพียงใด เพื่อให้งานวิจัยนี้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

7. บทสรุป

เม็ดปุยควบคุมการปลดปล่อยแบบใหม่ที่ใช้เศษเหลือทิ้งจากแปลงปลูกสับประรดที่มีส่วนผสมหลักเป็นเส้นใยจากใบและแบ่งจากเหง้าสับประรด มาผสมรวมกันกับปุยยูเรีย ทำการอัดขึ้นรูปเป็นเม็ดปุย แล้วทำการเคลือบด้วยสารเคลือบที่มีส่วนผสมของน้ำแป้งและน้ำยางพารา จากผลการทดลองพบว่าการเคลือบเม็ดปุยช่วยลดอัตราการดูดซับน้ำของเม็ดปุย ทำให้เม็ดปุยมีความคงสภาพอยู่ได้ตลอดระยะเวลาที่ทำการศึกษา และสามารถช่วยลดอัตราการปลดปล่อยธาตุอาหารที่ละลายในน้ำได้ดีเมื่อเทียบกับปุยที่ไม่ได้ทำการเคลือบ

8. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ภายใต้โครงการเมืองนวัตกรรมเกษตรและอาหารล้านนา ประจำปีงบประมาณ 2563

9. เอกสารอ้างอิง

- เจนจิรา กันดี. (2564). การศึกษาปริมาณของเศษเหลือทิ้งสับประรดต่อคุณลักษณะของปุยอินทรีย์เคมีและการประยุกต์ใช้ในการปลูกเคล. [โครงการปัญหาพิเศษ ระดับปริญญาตรี]. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา พิชญโลก.
- ฉัตรพงษ์ พิวนิล. (2564). อิทธิพลของชนิดสารเคลือบจากธรรมชาติต่อคุณลักษณะของปุยอินทรีย์เคมีควบคุมการปลดปล่อยและการประยุกต์ใช้ในการปลูกเคล. [โครงการปัญหาพิเศษ ระดับปริญญาตรี]. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา พิชญโลก.
- นรินทร์ ดันไพบูลย์. (2564). แนวโน้มธุรกิจ/อุตสาหกรรม ปี 2563-2565: อุตสาหกรรมปุ๋ยเคมี. สืบค้นจาก

- <https://www.krungsri.com/th/research/industry/industry-outlook/Chemicals/Chemical-Fertilizers/IO/io-chemical-fertilizers-20> สืบค้นวันที่ 25 มีนาคม 2564
- นิษฐา คูหะธรรมคุณ และสายันต์ แสงสุวรรณ. (2560) ปุ๋ยควบคุมการปลดปล่อย
ยูเรียเพื่อการประยุกต์ใช้ทางเกษตรกรรม. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี. 19(3). 32-44.
- อมรพรรณ ทิพมาศ. (2564). การศึกษาปริมาณของยูเรียต่อคุณลักษณะของ
ปุ๋ยเคมีอินทรีย์และการประยุกต์ใช้ปุ๋ยในการปลูกเคล. [โครงการปัญหาพิเศษ
ระดับปริญญาตรี]. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา พิชญโลก.
- Braghin S. F. O., Mello S. C., Mendonca J. A. & Minami K. (2019)
Controlled- release Fertilizers Improved Croton Growth and
Reduced Nitrogen Leaching. HORTSCIENCE. 54(12) 2224-2230.
- Lawrencia D., Wong S.K., Low D. Y. S., Goh B. H., Goh J. K., Ruktanonchai
U. R., Sootitawat A., Lee L. H. & Tang S. Y. (2021). Controlled
Release Fertilizers: A Review on Coating Materials and
Mechanism of Release. Plants. 10 (238) .
<https://doi.org/10.3390/plants10020238>
- Nallasamy, P.& Mohan, S. (2004). Vibrational spectra of cis-1,4-
polyisoprene. The Arabian Journal for Science and Engineering,
29(1A), 17-26. FTIR
- Petrus H. T. B. M., Putera A. D. P. P., Wangi I. P., Ramadhian M. A.,
Setiawan H. & Prasetya A. (2020). Characterization of Nitrogen
Release in Modified Controlled-Release-Fertilizer using Rice
Husk Biochar. International Journal of Technology., 11(4) 774-
783.
- Wang J., Liu S., Qin Y., Chen X., Xing R., Yu H., Li K. & Li P. (2017).
Preparation and characterization of controlled- release
fertilizers coated with marine polysaccharide derivatives.
Chinese Journal of Oceanology and Limnology.
<https://dx.doi.org/10.1007/s00343-017-6074-9>