# บทคัดย่อ

ไนโตรเจนเป็นธาตุที่สำคัญที่สุดสำหรับพืช แต่มากกว่า 60% ของธาตุไนโตรเจนมีการสูญเสียในระหว่างการใช้งานของเกษตรกร การใช้ไบโอพอลิเมอร์นำมาเป็นวัสดุเคลือบปุ๋ยได้รู้จักแพร่หลายในการศึกษาทางการเกษตรมาเป็นเวลาหลายปี และมีความพยายามที่จะนำมาใช้เป็นสารควบคุมการละลายของปุ๋ย การศึกษาในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อลดการสูญเสียธาตุไนโตรเจนจากปุ๋ยยูเรียโดยการเคลือบสารไบโอพอลิเมอร์ 2 ชนิดซึ่งแตกต่างกัน คือ สารโพลีไวนิลแอลกอฮอล์ (PVA) และโพลีไวนิลไพโรลิโดน (PVP) การเคลือบสาร PVA และ PVP สามารถทำได้โดยการพ่นสารละลายลงบนเม็ดปุ๋ยยูเรียในเครื่องหมุน จากการศึกษาการปลดปล่อยของปุ๋ยยูเรียหลังการเคลือบ (EUF)โดยใช้กฎของฟิกซ์ (Fick's Law) ซึ่งเป็นสมการทางคณิตศาสตร์เพื่ออธิบายพฤติกรรมการปลดปล่อยของยูเรีย โดยค่า *n* มีค่าอยู่ระหว่าง 0.5 ถึง 1.0 หมายถึงการปลดปล่อยเป็นแบบ non-Fickian diffusion วัสดุเคลือบทั้ง PVA และ PVP ถูกนำมาใช้ในอัตราส่วน 2:0 (EUF1), 1:0 (EUF2), 1:0.25 (EUF3), 1:0.5 (EUF4), 1:1 (EUF5), และ 1:2 (EUF6) ตามน้ำหนัก ผลการทดลองพบว่าค่า *n* มีค่าระหว่าง 0.86-0.98 แสดงถึงเป็นการปลดปล่อยเป็นแบบ strong non-Fickian diffusion ในขณะที่ปุ๋ยยูเรียที่ไม่ถูกเคลือบมีค่า *n* เท่ากับ 0.70 สรุปได้ว่าปุ๋ยยูเรียเคลือบทุกสูตรมีการปลดปล่อยธาตุอาหารได้เป็นเวลานานกว่าปุ๋ยยูเรียที่ไม่เคลือบ ผลจากการศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาโดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) พบว่า ลักษณะของวัสดุที่เคลือบผิวมีมากกว่าหนึ่งแบบ ได้แก่ ลักษณะแผ่น เข็ม และก้อน จากการศึกษาหมู่พันธะเคมีของตัวอย่างปุ๋ยเคลือบโดยใช้เครื่อง FT-IR พบว่า ช่วงความยาวคลื่นของปุ๋ยยูเรียที่ถูกเคลือบใกล้เคียงกับปุ๋ยยูเรียที่ไม่ถูกเคลือบ เนื่องมาจากปริมาณของวัสดุเคลือบมีปริมาณน้อยกว่าตัวปุ๋ยยูเรียที่ถูกเคลือบ

จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์กฎของฟิกซ์ พบว่า ปุ๋ยเคลือบสูตร EUF2 และ EUF3 แสดงค่า *n* ที่สูงที่สุด จึงนำมาทดสอบการเจริญเติบโตของพืชโดยเปรียบเทียบกับ EUF6 ซึ่งแสดงค่า *n* น้อยที่สุด โดยวางแผนการทดลองปลูกแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ในเรือนปลูกพืช โดยใช้ผักคะน้า (*Brassica alboglabra* Bailey) เป็นพืชทดสอบ ผลสรุปได้ว่า EUF2 และ EUF3 ให้ค่าน้ำหนักต้นสด น้ำหนักรากสด น้ำหนักต้นแห้ง และน้ำหนักรากแห้งสูงกว่าพืชที่ใช้ปุ๋ยยูเรียชนิดไม่เคลือบและชุดควบคุม นอกจากนี้ยังพบว่ามีการสะสมปริมาณไนโตรเจนที่สูงในพืชที่ใส่ปุ๋ยสูตร EUF2, EUF3, EUF6 และยูเรีย ในขณะที่ PVA, PVP และชุดควบคุมมีการสะสมไนโตรเจนปริมาณต่ำกว่า จึงสรุปได้ว่าปุ๋ยเคลือบสูตร EUF2, EUF3 และ EUF6 สามารถพัฒนาผลผลิตทางการเกษตรได้เนื่องจากมีการสะสมปริมาณธาตุไนโตรเจนที่สูงหรือช่วยลดการสูญเสียธาตุไนโตรเจนได้

# ABSTRACT

Among plant nutrient elements, N is the most important but more than 60% is lost when farmers apply it into soil. Biopolymers have been an emerging field of study in agriculture for many years which are used as fertilizers coating. In this study, biopolymers were used as a nutrient release-controlling material. Urea fertilizer was coated with two different types of biopolymers, which are polyvinyl alcohol (PVA) and polyvinylpyrrolidone (PVP). These biopolymers can reduce the loss of nitrogen from coated fertilizer. The urea granules were sprayed with PVA and PVP solutions in a rotary drum, by varying the ratios per mass 2:0 (EUF1), 1:0 (EUF2), 1:0.25 (EUF3), 1:0.5 (EUF4), 1:1 (EUF5), and 1:2 (EUF6), respectively. To understand the release of the nutrient in the encapsulated urea fertilizer (EUF), a mathematical model of Fick's law was used to predict the releasing behaviors. The *n* value from 0.5 to 1.0 is a mechanism of nutrient release for non-Fickian diffusion. The results showed that the predicted *n* values of between 0.86-0.98 illustrated a strong non-Fickian diffusion while un-coated urea was 0.70. It could be concluded that the high *n* value refers to the longer nutrient release that benefits plant absorption. The morphology of granules was observed by using scanning electron micrographs, which illustrated the characteristics of coating materials. It was found that there were more than one form, including plates, needles, and bundles. Determination of the chemical functional groups in the sample was performed using FT-IR spectroscopy. The spectrum of the blend was similar to the spectrum of urea. This might be because the amount of coating materials was markedly smaller than that of solid pure urea.

According to the mathematical model of Fick's law from previous experiment, EUF2 and EUF3 showed the highest *n* value, so they were used to evaluate plant growth parameters as compared with EUF6 which showed the lowest *n* value. Pots were arranged in a completely randomized design in the greenhouse. The EUF2, EUF3, and EUF6 were used as the fertilizer for Chinese kale (*Brassica alboglabra* Bailey) cultivation. EUF2 and EUF3 showed the highest stem fresh weight, root fresh weight, stem dry weight, and root dry weight over plants with urea and the control. The high N accumulation in plant was found in EUF2, EUF3, EUF6, and urea, whereas PVA, PVP, and the control showed low N accumulation. This indicates that EUF2, EUF3, and EUF6 could improve agricultural products due to high N accumulation or less N loss.