การควบคุมการปลดปล่อยยูเรียจากปุ๋ยยูเรียที่เคลือบด้วยโพลิเอทิลีนร่วมกับแป้ง
Controlled Release of Urea from Urea Fertilizer Coated with Polyethylene and Starch Blends

ผุสดี ละออ และ สุวิมล อัศวพิศิษฐ

Pussadee Laor and Suwimol Asavapisit

Abstract

This research was conducted to study the possibility of controlling the release of nitrogen from capsules of urea fertilizer extruded with polyethylene. The extrusion was performed at 105°C using a twin-screw extruder. Urea was extruded with polyethylene at the amounts of 25, 50, 75 and 100 part per hundred parts of polyethylene (php). The capsules were then dipped into the distilled water and shaked for 50 hours in a shaker. Water sample was collected every 15 minutes and analyzed using Colorimetric method. It was found that the cumulative release of urea from the capsules during in contact with distilled water for 50 hours was 0.359, 0.582, 0.787 and 0.803 g/g. of urea capsule, respectively. This was in agreement with the scanning electron microscopy images which showed that porosity within the microstructure of polyethylene increased with increasing addition of urea. In addition, starch was added to polyethylene at 2.5, 5.0 and 7.5 php and extruded with urea using the above proportions. Results showed that after 50 hours of dipping in distilled water, the cumulative release of urea increased with an increased amount of starch in the mixes. Samples containing 25, 50, 75 and 100 php of urea and 7.5 php of starch were found to give the highest cumulative release of urea which was equal to 0.710, 0.827, 0.954, 0.953 g/g. of urea capsule, respectively.

Key words : urea fertilizer, release of nitrogen, slow released fertilizer

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาความเป็นไปได้ในการควบคุมการปลดปล่อยยูเรียจากแคปซูลของปุ๋ยยูเรียที่ผ่านการอัดรีดร่วมกับโพลิเอทิลีน ที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส ด้วยเครื่องอัดรีดชนิดเกลียวหนอนคู่ ยูเรียถูกอัดรีดร่วมกับโพลิเอทิลีนในปริมาณ 25 50 75 และ 100 ส่วนต่อร้อยส่วนของโพลีเอทิลีน จากนั้น นำแคปซูลของปุ๋ยยูเรียไปแช่น้ำกลั่นและเขย่าด้วยเครื่องเขย่าเป็นเวลา 50 ชั่วโมง โดยทำการเก็บตัวอย่างน้ำทุกๆ 15 นาที เพื่อทำการ [1] วิเคราะห์ปริมาณยูเรียด้วยวิธีสร้างสี ผลการทดลองพบว่า การปลดปล่อยยูเรียสะสมตลอด 50 ชั่วโมงที่สัมผัสกับน้ำกลั่นเท่ากับ 0.359, 0.582, 0.787 และ 0.803 กรัมต่อกรัมยูเรีย ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดที่สังเกตเห็นโพรงในโครงสร้างโพลิเอทิลีนเพิ่มขึ้น

ภาควิชาเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี แขวงบางมด เขตทุ่งครุ กรุงเทพมหานคร 10140

Department of Environmental Technology, Faculty of Energy Environment and Materials, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangkok 10140

ตามปริมาณยูเรียในส่วนผสม นอกจากนี้ เมื่อผสมแป้ง 2.5, 5.0 และ 7.5 ส่วนต่อร้อยส่วนของโพลีเอทิลีน ร่วมกับโพลีเอทิลีน และทำการอัดรีดกับปุ๋ยยูเรียตามสัดส่วนข้างต้น พบว่า หลังจากแช่น้ำกลั่นเป็นเวลา 50 ชั่วโมง การปลดปล่อยยูเรียสะสมเพิ่มขึ้น เมื่อปริมาณแป้งในส่วนผสมเพิ่มขึ้น ตัวอย่างที่มีมียูเรียผสมอยู่ 25, 50, 75 และ 100 ส่วนต่อร้อยส่วนของโพลีเอทิลีนและแป้ง 7.5 ส่วนต่อร้อยส่วนของโพลีเอทิลีน พบว่า มีการปลดปล่อยยูเรียสะสมสูงสุดเท่ากับ 0.710, 0.827, 0.954, 0.953 กรัมต่อกรัม แคปซูลยูเรีย ตามลำดับ

คำสำคัญ : ปุ๋ยยูเรีย การปลดปล่อยไนโตรเจน ปุ๋ยละลายช้า

บทนำ

ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม รายได้ส่วนใหญ่ของประเทศมาจากภาคเกษตรกรรม ดังนั้น การพัฒนาเพื่อเพิ่มผลผลิตทางการเกษตรจึงเป็นปัจจัยสำคัญในการพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศและการใช้ปุ๋ยเคมีเป็นวิธีหนึ่ง ซึ่งมีความสำคัญมากในการเพิ่มผลผลิต ซึ่งปุ๋ยเคมีจะมีปริมาณธาตุอาหารต่อหน่วยน้ำหนักสูงสามารถแก้ปัญหาการขาดสารอาหารอย่างเร่งด่วนของพืชได้ พืชสามารถดูดไปใช้ได้ง่ายและเห็นผลเร็ว แต่ปุ๋ยเคมีธรรมดาทั่วไปจะมีความสามารถในการละลายน้ำได้ง่าย เมื่อเกิดการชะล้างธาตุอาหาร เนื่องจากน้ำที่ใช้รดหรือฝนก็จะสูญเสียปุ๋ย ทำให้ประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยลดลง อีกทั้งส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เนื่องจาก เกิดการปนเปื้อนของธาตุอาหาร เช่น ไนโตรเจนที่ถูกชะล้างจากพื้นที่การเกษตร จะแพร่กระจายสู่น้ำผิวดินและน้ำใต้ดิน ทำให้เกิดการเสียสมดุลทางด้านระบบนิเวศทางน้ำ นอกจากนี้ปุ๋ยไนโตรเจนที่ใส่ลงไปนั้นทำให้เกิดการตกค้างของไนโตรเจนในดิน เป็นสาเหตุให้เกิด ไนตรัสออกไซด์ (N_2O) และไนตริกออก-ไซด์ (NO) โดยปุ๋ยไนโตรเจนที่ก่อให้เกิดการตกค้างมากที่สุด คือ ปุ๋ยยูเรีย (Hou et al., 2000) และการหว่านปุ๋ยยูเรีย ช่วงฤดูฝน ทำให้ปุ๋ยถูกชะล้างได้ง่ายขึ้น เกิดการตกค้างมากตามไปด้วย ส่งผลให้กิจกรรมของจุลินทรีย์ในดินมีมากขึ้น ก่อให้เกิด ก๊าซ มีเทน (CH_4) และคาร์บอนไดออกไซด์(CO_2) ซึ่งเป็นก๊าซที่ก่อให้เกิดภาวะโลกร้อน (Jones et al., 2005) ด้วยสาเหตุดังกล่าวจึงต้องหาวิธีการในการลดผลกระทบจากการตกค้างของปุ๋ยเคมีในสิ่งแวดล้อมและวิธีการหนึ่งที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้ปุ๋ยเคมีพร้อมทั้งช่วยลดปัญหาด้านสิ่งแวดล้อม คือ การควบคุมการปลดปล่อยธาตุอาหารในเม็ดปุ๋ย เพื่อให้ธาตุอาหารปลดปล่อยออกมาอย่างสม่ำเสมอ ดังนั้น งานวิจัยนี้ได้ทำแคปซูลของยูเรียร่วมกับโพลิเอทิลีนและแป้ง เพื่อชะลอการปลดปล่อยไนโตรเจน

ปุ๋ยยูเรียหรือบางทีเรียกคาร์บาไมด์ (carbamide) เป็นปุ๋ยไนโตรเจนที่ไม่มีไอออนเป็นองค์ประกอบ สามารถละลายน้ำได้ง่าย มีไนโตรเจนประมาณร้อยละ 46 ปุ๋ยยูเรียดูดความชื้นได้ดีแต่เมื่อเคลือบผิวด้วยวัสดุเฉื่อยแล้วทำให้ยูเรียไม่จับกันเป็นก้อน ไม่ชื้นง่ายและมีคุณภาพเหมาะสำหรับการเก็บรักษาและการนำไปใช้ประโยชน์ ดังสมการ

$$NH_2CONH_2 + {}_2H_2O \quad (NH_4)_2CO_3 \qquad (1)$$

ภายใต้สภาวะที่เหมาะสมและมีการถ่ายเทอากาศดี แอมโมเนียม-ไนโตรเจน (NH_4-N) ในแอมโมเนียมคาร์บาเมต จะเปลี่ยนเป็นไนเตรต-ไนโตรเจน (NO_3-N) ดังสมการ

$$(NH_4)_2CO_3 + {}_3O_2 \quad 2HNO_2 + 3H_2O + CO_2 \qquad (2)$$

$$2HNO_2 + O_2 \quad 2HNO_3 \qquad (3)$$

อิทธิพลของยูเรียเมื่อใส่ลงในดินระยะแรกจะมีผลทำให้ดินเป็นด่าง ต่อมาเมื่อแอมโมเนียมไอออนถูกออกซิไดซ์ก็จะก่อให้เกิดผลตกค้างเป็นกรด (สรสิทธิ์, 2535) ปัจจุบันมีการค้นหาหาวิธีการที่จะชะลอการปลดปล่อยของไนโตรเจนในตัวปุ๋ยโดยการเคลือบด้วยสารเคลือบที่ไม่ละลายน้ำหรือน้ำซึมผ่านได้น้อย ซึ่งพบว่ามีงานวิจัยที่ทำการศึกษาเกี่ยวกับการควบคุมการปลดปล่อยธาตุอาหารในปุ๋ย โดยใช้โพลิเมอร์ ทั้งจากธรรมชาติและสังเคราะห์ขึ้น เพื่อให้ได้มาซึ่งประสิทธิภาพของการควบคุมการปลดปล่อยธาตุอาหารในปุ๋ย ได้แก่ การผลิตแคปซูลของยูเรียกับยางธรรมชาติที่เตรียมขึ้นโดยใช้น้ำยางลาเทกซ์ และการเคลือบด้วยสารละลายโซเดียมอัลจิเนท (ประมวล, 2538) การศึกษาการห่อหุ้มยูเรียด้วยโพลิเอไมด์ (ไพโรจน์

และสามารถ, 2543) การเคลือบปุ๋ยเคมีด้วยสารเคลือบที่มีโปรตีนจากกากถั่วเหลือง และการใช้ไคโตซานผสมกับแม่ปุ๋ย (ณัฐ, 2545; ลินดา และคณะ, 2548) นอกจากนี้แล้วยังมีการใช้โพลิเมอร์สังเคราะห์ เช่น โพลิซัลโฟน โพลิ-ยูรีเทน โพลิไวนิล คลอไรด์ โพลิอะคริโลไน-ไตรท์ (Tomaszewaka et al., 2002) และวัสดุอื่นอีกหลากหลายชนิดในการเคลือบและการทำแคปซูลของปุ๋ย เพื่อชะลอการปลดปล่อยธาตุอาหาร ดังที่ได้กล่าวไปแล้วข้างต้น จึงได้นำแนวคิดมาประยุกต์ใช้ในการทดลอง เพื่อควบคุมการปลดปล่อยยูเรียพร้อมทั้งหาวัสดุที่สามารถนำมาเคลือบเม็ดปุ๋ย และสามารถพัฒนาต่อไปได้ในอนาคต

ดังนั้น วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้คือ เพื่อศึกษาการปลดปล่อยไนโตรเจนจากปุ๋ยที่เคลือบด้วยโพลิเอทิลีนร่วมกับแป้ง

วิธีการทดลอง

วางแผนการทดลองโดยใช้สูตรผสมระหว่างปุ๋ยยูเรียร่วมกับโพลิเอทิลีนและแป้ง ทั้งหมด 16 สูตร ดังรายละเอียดใน Table 1 โดยกำหนดให้มียูเรียในส่วนผสม 25, 50, 75 และ 100 ส่วนต่อร้อยส่วนของโพลิเอทิลีนและกำหนดให้มีแป้งในส่วนผสม 2.5, 5.0 และ 7.5 ส่วนต่อร้อยส่วนของโพลิเอทิลีน เพื่อศึกษาผลของปริมาณยูเรียและแป้งในส่วนผสมที่ส่งผลต่อการปลดปล่อยยูเรีย แล้วนำส่วนผสมทั้ง 16 สูตร ผสมในเครื่องผสม เป็นเวลานาน 1 นาที แล้ว อัดรีดด้วยเครื่องอัดรีดชนิดเกลียวหนอนคู่ (Twin Screw Extruder) ที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส หลังจากนั้นนำเข้าเครื่องตัดให้เป็นเม็ดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 มิลลิเมตร นำไปอบไล่ความชื้น ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 48 ชั่วโมง เพื่อนำไปศึกษาอัตราการปลดปล่อยไนโตรเจนในรูปของยูเรียต่อไป ชั่งตัวอย่าง 5 กรัม ใส่ในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตรเติมน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตรเขย่าด้วยเครื่องเขย่า ด้วยอัตราเร็ว 100 รอบต่อนาที เป็นเวลานาน 50 ชั่งโมง เมื่อครบเวลาที่กำหนดแต่ละช่วง ดูดน้ำตัวอย่าง 5 มิลลิลิตร นำตัวอย่างน้ำไปวิเคราะห์หาปริมาณยูเรียด้วยวิธีสร้างสี โดยใช้ p-Dimethylaminobenzaldehyde (DMAB) เป็นตัวสร้างสี วิเคราะห์ด้วยเครื่อง ยูวี สเปคโตรโฟโตมิเตอร์ ที่ความยาวคลื่น 440 นาโนเมตร ปริมาณยูเรียที่ปลดปล่อยออกมา สามารถหาได้จาก กราฟมาตรฐาน โดยการเขียนกราฟระหว่างปริมาณยูเรียที่ปลดปล่อยกับระยะเวลาที่แช่ตัวอย่างในน้ำกลั่น และนำแคปซูลก่อนและหลังชะยูเรียไปศึกษาลักษณะโครงสร้างผิวด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด

Table1 Formulation of extruded capsules of urea fertilizer.

Formulation	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
LDPE (g)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Starch (g)	0	0	0	0	2.5	2.5	2.5	2.5	5.0	5.0	5.0	5.0	7.5	7.5	7.5	7.5
Urea (g)	25	50	75	100	25	50	75	100	25	50	75	100	25	50	75	100

ผลการทดลองและวิจารณ์

การศึกษาที่ 1 การปลดปล่อยยูเรียสะสมจากแคปซูลของยูเรีย โดยแบ่งผลการทดลองออกเป็น 4 กรณี ได้แก่

กรณีที่ 1 ไม่มีแป้งในสูตรผสม

การศึกษาปลดปล่อยยูเรียจากแคปซูลของยูเรียร่วมกับโพลิเอทิลีน พบว่าการกระจายตัวของยูเรียในแคปซูลไม่สม่ำเสมอและเมื่อยูเรียมีความเข้มข้นสูง อาจทำให้ยูเรียฟอร์มตัวกันเกิดเป็นช่องว่าง ซึ่งทำให้น้ำผ่าน

เข้าไปชะยูเรียออกมาจากช่องว่างนั้นได้ กลไกหรือความสามารถในการปลดปล่อยจะขึ้นอยู่กับขนาดของรูพรุนหรือช่องว่าง (Ozturk et al., 1990) จากการทดลอง พบว่าในสูตรผสมที่ 1, 2, 3 และ 4 ในช่วง 15 นาทีแรกของการทดลองชะ ปริมาณยูเรียถูกชะออกมาสูงสุด คือ 0.111, 0.163, 0.291 และ 0.280 กรัมต่อกรัมของยูเรียตามลำดับ คิดเป็นร้อยละ 11.1, 16.3, 29.1 และ 28.0 และปริมาณการปลดปล่อย ในสูตรที่ 1 ค่อนข้างคงที่ เมื่อเวลาผ่านไป 12 ชั่วโมง สำหรับสูตรที่ 2, 3 และ 4 การปลดปล่อยของยูเรียลดลงอย่างเห็นได้ชัดและเมื่อเวลาผ่านไป 50 ชั่วโมง พบว่า ปริมาณการปลดปล่อยยูเรียสะสม เท่ากับ 0.359, 0.582, 0.787 และ 0.803 กรัมต่อกรัมยูเรีย ดังแสดงใน Fig. 1 ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 35.9, 58.2, 78.7 และ 80.3 ของยูเรียทั้งหมดในแคปซูล ตามลำดับ

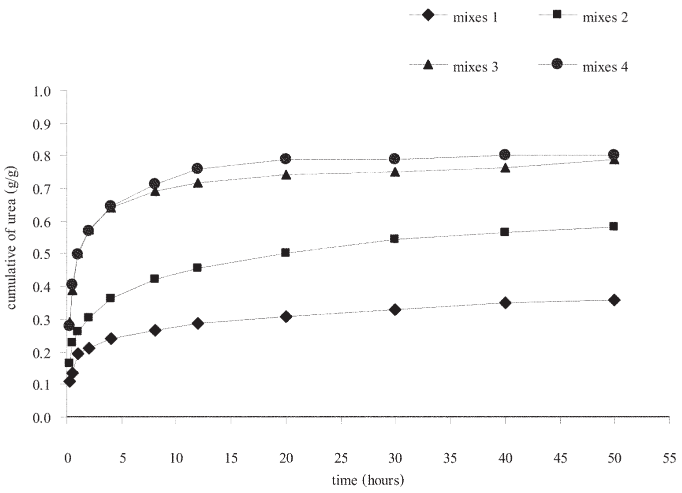


Fig. 1 Cumulative release of urea from the capsules containing no starch in formulation.

กรณีที่ 2 มีแป้งในส่วนผสม 2.5 ส่วนต่อร้อยส่วนของโพลิเอทิลีน

เมื่อผสมแป้งเข้าไปในสูตรผสม ทำให้เกิดช่องว่างภายในแคปซูลมากขึ้น เนื่องจากความไม่เข้ากันของแป้งและโพลิเอทิลีน เพิ่มโอกาสในการแพร่ผ่านของน้ำกลั่นเข้าไปในแคปซูล การชะยูเรียออกจากแคปซูลจึงสูงขึ้น นอกจากแป้งส่งผลให้เกิดช่องว่างภายในแคปซูลมากขึ้นแล้ว แป้งยังเป็นตัวดูดซึมน้ำให้ผ่านเข้าไปในแคปซูล เนื่องจาก แป้งมีหมู่ที่ชอบน้ำ (นรศิษฏ์, 2547) ซึ่งการปลดปล่อยยูเรียจากแคปซูลของยูเรีย พบว่า ในสูตรผสมที่ 5, 6, 7 และ 8 ในช่วง 15 นาทีแรกของการทดลอง ปริมาณยูเรียถูกชะออกมา สูงสุด คือ 0.274, 0.235, 0.412 และ 0.334 กรัมต่อกรัมของยูเรีย ตามลำดับ คิดเป็นร้อยละ 27.4, 23.5, 41.2 และ 33.4 ของการปลดปล่อยทั้งหมด และการปลดปล่อยลดลงทุกช่วงเวลาจนถึง 50 ชั่วโมง อาจเป็นเพราะปริมาณยูเรียในแคปซูลที่เหลือน้อยทำให้การแพร่ของยูเรียออกมาน้อยตามลำดับ และความแตกต่างระหว่างความเข้มข้นของยูเรียในแคปซูลกับน้ำกลั่นมีน้อยจึงส่งผลให้การแพร่ของยูเรียออกจากแคปซูลเกิดขึ้นได้ยากกว่ากรณีที่มีความแตกต่างของความเข้มข้นสูง เมื่อเวลาผ่านไป 50 ชั่วโมง พบว่า ปริมาณการปลดปล่อยยูเรียสะสม เท่ากับ 0.651, 0.641, 0.813 และ 0.849 กรัมต่อกรัมของยูเรีย ดังแสดงใน Fig. 2 ซึ่งคิดเป็นร้อย 65.1, 64.1, 81.3 และ 84.9 ของยูเรียทั้งหมดในแคปซูล ตามลำดับ

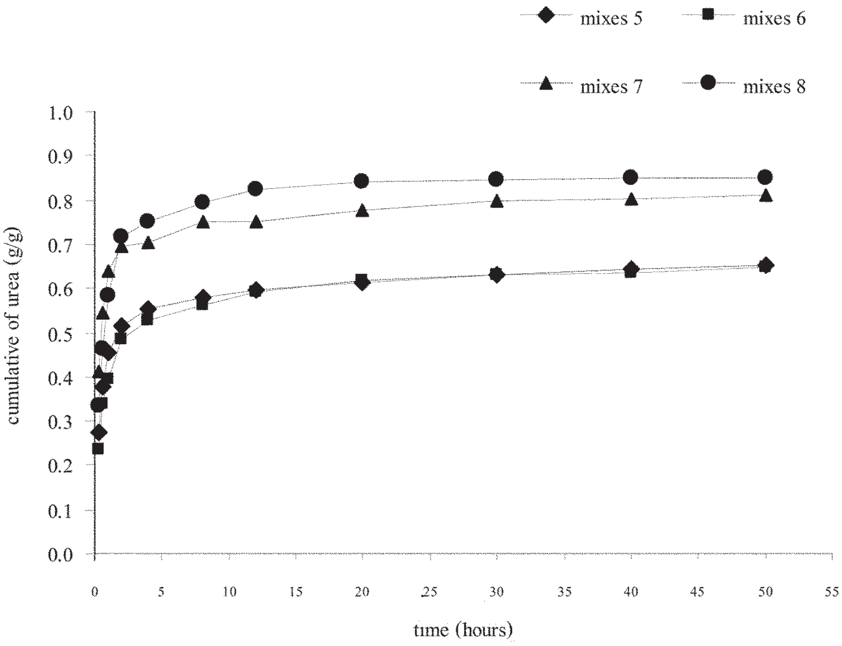


Fig. 2 Cumulative release of urea from the capsules containing 2.5 parts of starch and 100 parts of polyethylene in formulation.

กรณีที่ 3 มีแป้งในส่วนผสม 5.0 ส่วนต่อร้อยส่วนของโพลิเอทิลีน

การเพิ่มขึ้นของปริมาณแป้งในสูตรผสม ส่งผลให้การปลดปล่อยยูเรียเพิ่มสูง เนื่องจากปริมาณแป้งที่เพิ่มขึ้น ทำให้เกิดช่องว่างหรือรูพรุนมากขึ้น (Tomaszewska, 2004) และเป็นการเพิ่ม หมู่ไฮดรอกซิล ภายในแคปซูล จึงทำให้สามารถดูดซึมน้ำได้มากกว่า (นรศิษฏ์, 2547) ผลการศึกษาการปลดปล่อยยูเรียจากแคปซูลของยูเรีย พบว่า ในสูตรผสมที่ 9, 10, 11 และ 12 ในช่วง 15 นาทีแรกของการทดลอง ปริมาณยูเรียถูกชะออกมาสูงสุด คือ 0.240, 0.331, 0.325 และ 0.459 กรัมต่อกรัมของยูเรีย ตามลำดับ คิดเป็นร้อยละ 24.0, 33.1, 32.5 และ 45.9 ของการปลดปล่อยทั้งหมด เมื่อเปรียบเทียบปริมาณการปลดปล่อยยูเรีย กับกรณีที่ 1 และ 2 สังเกตุเห็นว่า ปริมาณการปลดปล่อยในกรณีที่ 3 มีปริมาณสูงกว่ากรณี ที่ 1 และ 2 นอกจากนี้ยังพบว่าการปลดปล่อยลดลงทุกช่วงเวลาที่เก็บน้ำตัวอย่าง จนถึง 50 ชั่วโมง สูตรที่ 9 และ 10 การปลดปล่อยค่อนข้างคงที่เมื่อเวลาผ่านไป 8 ชั่วโมง สูตรที่ 11 และ 12 การปลดปล่อยไม่คงที่และปลดปล่อยออกมาน้อยมาก เมื่อเวลาผ่านไป 12 ชั่วโมงอาจเป็นเพราะปริมาณยูเรียในแคปซูลเหลืออยู่น้อย เมื่อเวลาผ่านไป 50 ชั่วโมง พบว่า ปริมาณการปลดปล่อยยูเรียสะสม เท่ากับ 0.661, 0.700, 0.871 และ 0.867 กรัมต่อกรัมของยูเรีย ดังแสดงใน Fig. 3 คิดเป็นร้อย 66.1, 70.0, 87.1 และ 86.7 ของยูเรียทั้งหมดในแคปซูล ตามลำดับ

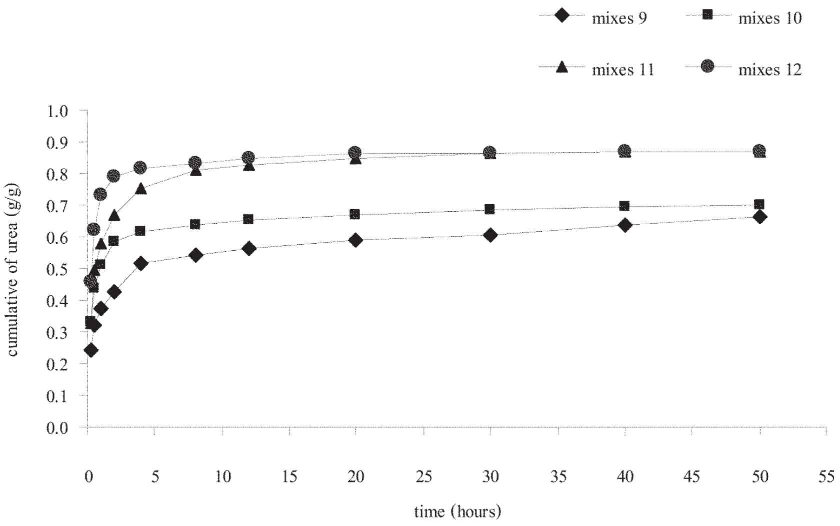


Fig. 3 Cumulative release of urea from the capsules containing 5.0 parts of starch and 100 parts of polyethylene in formulation.

กรณีที่ 4 มีแป้งในส่วนผสม 7.5 ส่วนต่อร้อยของส่วนโพลิเอทิลีน

ผลการศึกษาการปลดปล่อยยูเรียจากแคปซูลของยูเรีย พบว่า ในสูตรผสมที่ 13, 14, 15 และ 16 ในช่วง 15 นาทีแรกของการทดลอง ปริมาณยูเรียถูกชะออกมาสูงสุด คือ 0.297, 0.389, 0.544 และ 0.525 กรัมต่อกรัมของยูเรียตามลำดับ คิดเป็นร้อยละ 29.7, 38.9, 54.4 และ 52.5 ของการปลดปล่อยทั้งหมด การปลดปล่อยลดลงตลอดช่วงเวลา ที่เก็บตัวอย่าง สูตรที่ 13, 15 และ 16 การปลดปล่อยออกมาน้อยมากเมื่อเวลาผ่านไป 4 ชั่วโมง และสูตรที่ 14 เมื่อเวลาผ่านไป 8 ชั่วโมง การปลดปล่อยยูเรียสะสม เมื่อเวลาผ่านไป 50 ชั่วโมง เท่ากับ 0.710, 0.827, 0.954 และ 0.953 กรัมต่อกรัมของยูเรีย ดังแสดงใน Fig. 4 คิดเป็นร้อยละ 71.0 , 82.7, 95.4 และ 95.3 ของยูเรียทั้งหมดในแคปซูล ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบปริมาณการปลดปล่อยยูเรียจากแคปซูลทั้ง 4 กรณี สรุปได้ว่า การเพิ่มขึ้นของปริมาณแป้งในสูตรผสม ส่งผลให้ปริมาณการปลดปล่อยยูเรียเพิ่มสูงขึ้น

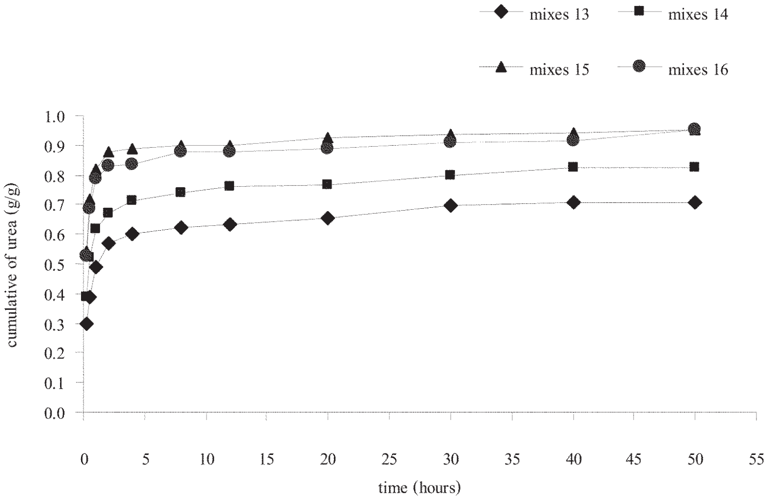
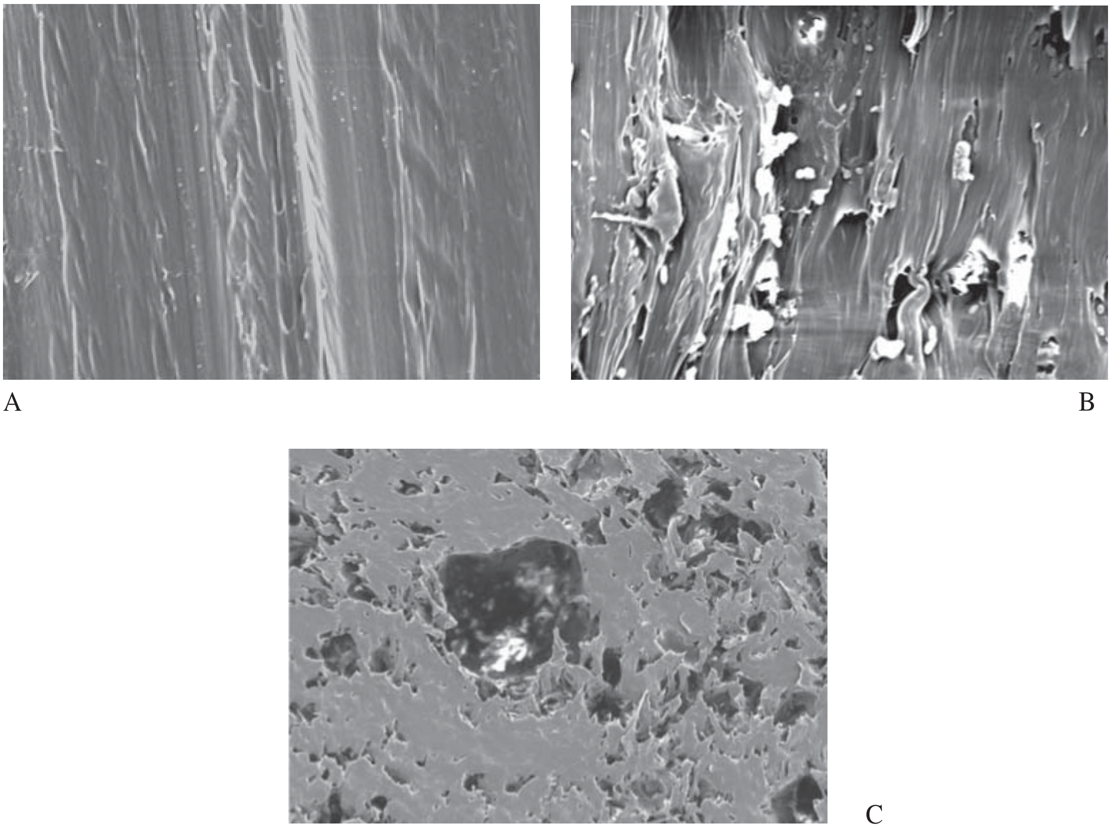


Fig. 4 Cumulative release of urea from the capsules containing 7.5 parts of starch and 100 parts of polyethylene in formulation.

การศึกษาที่ 2 ลักษณะโครงสร้างผิวแคปซูลของยูเรียร่วมกับโพลิเอทิลีน

ผลการศึกษาลักษณะโครงสร้างผิวแคปซูลของยูเรีย พบว่า ยูเรียไม่สามารถหลอมรวมเป็นเนื้อเดียวกับโพลิเอทิลีน ซึ่งสังเกตุได้จากภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด เมื่อเปรียบเทียบระหว่างโพลิเอทิลีนก่อนและ หลังผสมยูเรีย สังเกตุเห็นได้ว่า มีความไม่เข้ากัน (incompatibility) และการกระจายตัวของยูเรียกระจุกตัวเป็นก้อน ไม่สม่ำเสมอ ดังแสดงใน Fig. 5 และพบว่าหลังการปลดปล่อยยูเรีย โพลิเอทิลีนมีช่องว่างเกิดขึ้นจำนวนมากแสดงให้เห็นว่ายูเรียไม่หลอมเป็นเนื้อเดียวกับโพลิเอทิลีน



A B C

Fig. 5 SEM images showing the porosity within the microstructure of polyethylene (a) pure polyethylene (b) formulation 2 before the release of urea (c) formulation 2 after the release of urea.

สรุป

จากการศึกษาการควบคุมการปลด ปล่อยไนโตรเจนในรูปของยูเรีย พบว่า สามารถควบคุมการปลดปล่อยได้ประมาณ 50 ชั่วโมง สูตรที่มีการปลดปล่อยออกมาน้อยที่สุด คือ สูตรที่ 1, 2 และ 4 ตามลำดับ และพบว่าปริมาณการปลดปล่อยยูเรีย จะเพิ่มสูงขึ้นตามปริมาณยูเรียในส่วนผสมที่มากขึ้น นอกจากนี้แล้วปริมาณการปลดปล่อยยูเรียในแต่ละส่วนผสม จะเพิ่มมากขึ้นจากเดิมเมื่อมีปริมาณแป้งในแต่ละส่วนผสมที่

มากขึ้น ดังนั้น จึงสรุปได้ว่า ปริมาณยูเรียที่ปลดปล่อยออกมา ขึ้นอยู่กับ ปริมาณยูเรียและปริมาณแป้งเริ่มต้น ปัจจัยอื่นๆ ที่มีผลได้แก่ ความสม่ำเสมอในการกระจายตัวของยูเรีย ในขณะอัดรีด และปริมาณยูเรียอิสระที่ติดอยู่บริเวณผิวของแคปซูล

เอกสารอ้างอิง

ณัฐ งามเจตนรมย์. 2545. การพัฒนาปุ๋ยเคมีปลดปล่อยช้าที่เคลือบด้วยโปรตีนจากกากถั่วเหลือง. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

นรศิษฏ์ จันทรกูล. 2547. การเตรียมโพลิเมอร์ผสมระหว่างแป้งข้าวเหนียวดัดแปรและโพลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ. วิทยานิพนธ์ระดับปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวัสดุศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ประมวล ตั้งบริบูรณ์รัตน์. 2538. การพัฒนา controlled release tertilizer เตรียมโดย encapsulation ของสารใน natural rubber latex. โครงการวิจัย ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล.

ไพโรจน์ กลิ่นพิทักษ์ และ สามารถ กายกอง. 2543. การห่อหุ้มปุ๋ยยูเรียด้วยพอลิเอไมด์โดยปฏิกิริยาการเกิดโพลิเมอร์แบบอิมัลชัน.รายงานการวิจัย คณะวิทยาศาตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

ลินดา ธนะสินธนา สุวพร คุณะวิวัฒนานนท์ และโศรดา กนกพานนท์. 2548. การพัฒนาปุ๋ยละลายช้าผสมไคโตเซน โดยใช้เจลาตินเป็นเมตริกซ์. ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต. ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สรสิทธิ์ วัชโรทยาน. 2535. ปุ๋ยกับการพัฒนาการเกษตร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพมหานคร.

Hou, A., H. Akiyama, Y. Nakajima, S. Sudo and H. Tsuruta. 2000. Effects of urea and soil moisture on N_2O and NO emissions from Japanese Andosols. Journal of Chemosphere- Global Change Science 2: 321-327.

Jones, S.K., R.M. Rees, U.M. Skiba and B.C. Ball. 2005. Greenhouse gas emissions from a managed grassland. Journal of Global and Planetary Change 47:201-211.

Ozturk, A.G., S.S. Ozturk, B.O. Palsson, T.A. Wheatley and J.B. Dressman. 1990. Mechanism of release form pellets coated with an Ethylcellulose-based film. Journal of Controlled Release 14: 203-213.

Tomaszewska, M., A. Jarosiewiez and K. Karakulski. 2002. Physical and chemical characteristics of polymer coatings in CRF formulation. Journal of Desalination 146: 319-323.