

ผลของการเคลือบเมล็ดด้วยพอลิเมอร์ชีวภาพร่วมกับอนุพันธ์คูมาริน ต่อการดูดน้ำและการงอกของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวาน

Effect of Seed Coating with Biopolymer and Coumarin Derivative on Water Uptake and Germination of Sweet Corn Seed

ณัฐกัญญา มหิษานนท์¹ พรศิริ เลียงสกุล¹ นงพงา จรัสโสภณ² อรวรรณ ชุนหาชาติ³
และ กนกวรรณ เทียงธรรม^{1*}

Natkanya Mahisanon¹, Ponsiri Liangsakul¹, Nongpanga Jarussophon², Orawan Chunhachart³
and Kanokwan Teingtham^{1*}

Received: 2 June 2021, Revised: 4 September 2021, Accepted: 19 November 2021

บทคัดย่อ

คุณสมบัติของสารเคลือบเมล็ดพอลิเมอร์ชีวภาพนอกจากเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมแล้ว สารเคลือบต้องไม่มีผลต่อการงอกของเมล็ด การดูดน้ำของเมล็ดเป็นขั้นตอนสำคัญในกระบวนการงอก งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอัตราการดูดน้ำของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานที่เคลือบเมล็ดด้วยพอลิเมอร์ชีวภาพร่วมกับอนุพันธ์คูมารินที่มีคุณสมบัติเรืองแสง สามารถสร้างเอกลักษณ์ให้กับเมล็ดพันธุ์เพื่อป้องกันการผลิตเมล็ดพันธุ์ปลอมได้ โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design: CRD) จำนวน 4 ซ้ำ ตั้งทดลอง 6 กรรมวิธี ได้แก่ 1) ไม่เคลือบเมล็ด 2) เคลือบเมล็ดด้วยพอลิ-แกมมา-กลูตามิกแอซิด (PGA) 3) เคลือบเมล็ดด้วยคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (CMC) 4) เคลือบเมล็ดด้วยพอลิเมอร์ทางการค้า (CSC) 5) เคลือบเมล็ดด้วย PGA ร่วมกับ CMC และอนุพันธ์คูมาริน (PGA+CMC+COU) และ 6) เคลือบเมล็ดด้วย CSC ร่วมกับ COU (CSC+COU) ผลการทดลองพบว่า ในช่วง 24 ชั่วโมงแรกหลังการดูดน้ำ เมล็ดที่ถูกเคลือบด้วย PGA, CMC และ PGA+CMC+COU มีการดูดน้ำ

¹ ภาควิชาพืชไร่ฯ คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม 73140

¹ Department of Agronomy, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus, Nakhon Pathom 73140, Thailand.

² โครงการจัดตั้งภาควิชาเคมี คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม 73140

² Chemistry Division, Department of Science, Faculty of Liberal Arts and Science, Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus, Nakhon Pathom 73140, Thailand.

³ สาขาจุลชีววิทยา ภาควิชาวิทยาศาสตร์และนวัตกรรมชีวภาพ คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม 73140

³ Division of Microbiology, Department of Science and Bioinnovation, Faculty of Liberal Arts and Science, Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus, Nakhon Pathom 73140 Thailand.

* ผู้รับผิดชอบประสานงาน ไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (Corresponding author, e-mail): agrknw@ku.ac.th

ไม่แตกต่างจากเมล็ดที่ไม่ถูกเคลือบ ในขณะที่เมล็ดที่เคลือบด้วย CSC และ CSC+COU มีการดูดน้ำสูงที่สุด แต่ที่ระยะ 66 ชั่วโมงหลังการดูดน้ำ ซึ่งเป็นระยะที่รากเริ่มแทงทะลุออกมาจากเปลือกหุ้มเมล็ด เมล็ดที่ไม่ถูกเคลือบมีการดูดน้ำสูงที่สุด รองลงมาคือเมล็ดที่เคลือบด้วย PGA และ CMC ส่วนเมล็ดที่เคลือบด้วย CSC, PGA+CMC+COU และ CSC+COU มีการดูดน้ำต่ำที่สุด อย่างไรก็ตาม เมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานที่ไม่ถูกเคลือบและเมล็ดพันธุ์ที่ถูกเคลือบทุกกรรมวิธี มีเปอร์เซ็นต์รากแรกเกิด เปอร์เซ็นต์ความงอก และน้ำหนักแห้งต้นกล้าไม่แตกต่างกัน จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า สารเคลือบเมล็ดพันธุ์พอลิเมอร์ชีวภาพร่วมกับอนุพันธ์คูมารินสามารถใช้เคลือบเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานได้ โดยไม่มีผลต่อการงอกของเมล็ด

คำสำคัญ: การดูดน้ำ, การเคลือบเมล็ดพันธุ์, พอลิ-แกมมา-กลูตามิกแอซิด, อนุพันธ์คูมาริน

ABSTRACT

A desired biopolymer composite for seed coating is eco-friendly without negative effect on seed germination. Seed imbibition is a critical process for successful germination. Therefore, an objective of this research was to investigate water uptake rates of sweet corn seed coated with composites of biopolymers and a new coumarin derivative which is fluorescent that could create seed identity to prevent counterfeit seed. The experiment was laid out in a completely randomized design (CRD) with four replications and six treatments of seed coating as follows: (1) uncoated seeds, (2) seeds coated with poly- γ -glutamic acid (PGA), (3) carboxymethyl cellulose (CMC), (4) commercial polymer (CSC), (5) PGA+CMC+coumarin (PAG+CMC+COU), and (6) CSC+COU. It was found that at the initial of imbibition of 24 hrs, water uptake rates of coated seeds with PGA, CMC and PGA+CMC+COU were not different from those of uncoated seeds while seeds coated with CSC and CSC+COU had the highest water uptake rate. At the imbibition of 66 hrs, when radicle is visible, uncoated seeds had the highest water uptake rate followed by seeds coated with PGA and CMC while seeds coated with CSC, PGA+CMC+COU and CSC+COU had the lowest water uptake rate. However, there were no differences in percentage of radicle emergence, germination and seedling dry weight of uncoated and coated sweet corn seeds with all treatments. The results indicated that the biopolymer and coumarin derivative can be used for seed coating of sweet corn seed and has no effect on seed germination.

Key words: water uptake, seed coating, poly-gamma-glutamic acid, coumarin

บทนำ

เทคโนโลยีการเคลือบเมล็ดด้วยฟิล์มบางๆ หรือพอลิเมอร์ถูกพัฒนาขึ้นและใช้กันอย่างแพร่หลาย ในอุตสาหกรรมเมล็ดพันธุ์ การเคลือบเมล็ดช่วยให้

สารเคมีป้องกันกำจัดโรคและแมลง หรือสารออกฤทธิ์อื่นๆ เช่น ธาตุอาหาร หรือฮอร์โมนพืชเกาะติดบนเปลือกหุ้มเมล็ดได้ดี ช่วยลดการสูญเสียและเพิ่มประสิทธิภาพสารออกฤทธิ์ต่างๆ มากกว่าการคลุก

เมล็ด ทั้งนี้เมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานเป็นเมล็ดพันธุ์ที่จำเป็นต้องมีการคลุมหรือเคลือบเมล็ดด้วยสารป้องกันกำจัดโรคและแมลง เนื่องจากเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวาน โดยเฉพาะสายพันธุ์ที่ควบคุมด้วยยีน *shrunken-2 (sh2)* มีความหวานสูง มักมีเชื้อราก่อโรคติดมากับเมล็ด ทำให้เมล็ดมีความแข็งแรง และอายุการเก็บรักษาน้อย (Wilson and Mohan, 1998) นอกจากการเคลือบเมล็ดเพื่อป้องกันกำจัดโรคและแมลงแล้ว การเคลือบเมล็ดยังสามารถสร้างเอกลักษณ์เพื่อป้องกันการปลอมเมล็ดพันธุ์ ซึ่งเป็นปัญหาสำคัญในธุรกิจเมล็ดพันธุ์ได้ (Phupamok, 2008) อย่างไรก็ตามการใช้สารเคมีทางการเกษตรส่งผลเสียต่อสิ่งแวดล้อม สารเคลือบเมล็ดที่ไม่มีผลตกค้างในดิน เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม จึงเป็นทางเลือกที่สอดคล้องกับการพัฒนาอย่างยั่งยืนในปัจจุบัน มีรายงานว่า कुमारินเป็นสารธรรมชาติที่พบในพืชทั่วไปมีคุณสมบัติเรืองแสงและสามารถยับยั้งเชื้อราที่ก่อโรคพืชได้ (Al-Amieri *et al.*, 2012; Montagner *et al.*, 2008) แต่มีรายงานผลทางลบของ कुमारินต่อการงอกของเมล็ด โดยยับยั้งการงอกในเมล็ดข้าวสาลี (Abenavoli *et al.*, 2006) ทำให้เมล็ดข้าวออกช้าลง (Chen *et al.*, 2019) อย่างไรก็ตาม ผลของ कुमारินต่อการงอกและการเจริญเติบโตของต้นกล้าขึ้นขึ้นกับอนุพันธ์ของ कुमारิน ทั้งนี้ Poonsawas (2019) ได้สังเคราะห์ कुमारิน 4-Methyl-7-Stearoyl-2H-chromen-2-one และทดสอบผลของ कुमारินที่สังเคราะห์ขึ้นโดยการเคลือบเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศร่วมกับพอลิเมอร์ชีวภาพ พอลิ-แกมมา-กลูตามิกแอซิด (PGA) ที่ได้จากแบคทีเรียแกรมบวกในสกุล *Bacillus* ซึ่งมีความสามารถในการดูดซับน้ำได้ดี (Shih and Van, 2001) และพบว่า कुमारินที่สังเคราะห์ไม่ส่งผลต่อความงอกและการเจริญเติบโตของต้นกล้ามะเขือเทศ การใช้ PGA ที่มีคุณสมบัติดูดความชื้นได้ดี เป็นพอลิเมอร์เคลือบเมล็ดอาจมีผลต่อการดูดน้ำของเมล็ด เมล็ดที่ดูดน้ำรวดเร็วเกินไปอาจ

ส่งผลทำให้การงอกลดลงได้ (Woodstock, 1988) Gorim and Asch (2017) รายงานว่าการเคลือบเมล็ดด้วยสารเคลือบ Freudenberger Feldsaaten GmbH ที่มีองค์ประกอบของสารเพิ่มการดูดน้ำ (hydro-absorber) ทำให้เมล็ดพืชดูดน้ำได้เร็วกว่าเมล็ดที่ไม่ถูกเคลือบจากการตรวจวัดการดูดน้ำที่ระยะเวลา 30 ชั่วโมงหลังการดูดน้ำ ในขณะที่ Yildirim (2020) รายงานว่า การเคลือบเมล็ดด้วย เจลวุ้นทางจระเข้และกลีเซอรอล (propanetriol) มีผลทำให้อัตราการดูดน้ำ และความเร็วในการงอกของเมล็ดข้าวสาลิลดลง จากรายงานข้างต้นแสดงให้เห็นว่า สารที่ใช้เคลือบเมล็ดมีผลในการดูดน้ำของเมล็ดแตกต่างกัน ดังนั้นในการทดลองครั้งนี้ จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการเคลือบเมล็ดด้วยพอลิเมอร์ชีวภาพและพอลิเมอร์ชีวภาพร่วมกับสารอนุพันธ์ कुमारิน เปรียบเทียบกับการไม่เคลือบเมล็ด และการเคลือบเมล็ดด้วยพอลิเมอร์การค้า และคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (carboxymethyl cellulose, CMC) หรือพอลิเมอร์ชนิดชอบน้ำ ต่อการดูดน้ำของเมล็ดที่อาจส่งผลต่อความงอก และการเจริญเติบโตของต้นกล้าได้

วิธีดำเนินการวิจัย

การทดลองนี้ใช้เมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานพันธุ์ SM1351 จากบริษัทผลิตภัณฑ์ข้าวโพดหวานจำกัด เป็นข้าวโพดหวาน ชนิด *sh2* วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design; CRD) จำนวน 4 ซ้ำ กรรมวิธีในการเคลือบเมล็ด 6 กรรมวิธี ได้แก่ 1) ไม่เคลือบเมล็ด (ควบคุม) 2) เคลือบเมล็ดด้วยพอลิ-แกมมา-กลูตามิกแอซิด (PGA) 60% W/W 3) เคลือบเมล็ดด้วยคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (CMC; Alfa Aesar, Great Britain) 60% W/W 4) เคลือบเมล็ดด้วยพอลิเมอร์ทางการค้า (CSC; Seedworx Flare 1, Centor Group) 60% W/W

5) เคลือบเมล็ดด้วยพอลิ-แกมมา-กลูตามิกแอซิด ร่วมกับโซเดียมคาร์บอเนตซีเมทิลเซลลูโลส และอนุพันธ์คูมาริน (PGA+CMC+COU) 30-60-10% W/W และ 6) เคลือบเมล็ดด้วยพอลิเมอร์ทางการค้า ร่วมกับอนุพันธ์คูมาริน (CSC+COU) 60-0.5% W/W โดยเคลือบเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานด้วยสารเคลือบเมล็ดตามกรรมวิธีข้างต้นอัตรา 30 มิลลิลิตรต่อเมล็ดพันธุ์ 1 กิโลกรัม ด้วยเครื่องเคลือบเมล็ดพันธุ์แบบถังหมุน (rotary coating machine HR160) หลังจากนั้น นำเมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการเคลือบตามกรรมวิธีต่างๆ มาลดความชื้นโดยใช้ตู้อบลมร้อน (hot air oven) ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที เพื่อให้ความชื้นเมล็ดลดลงเหลือประมาณ 10% แล้วนำเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานที่ผ่านการเคลือบ และไม่เคลือบ มาตรวจวัดอัตราการคุดน้ำ ที่ดัดแปลงตามวิธีการของ Kaewsorn *et al.* (2014) โดยนำเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานแต่ละกรรมวิธี ละ 5 กรัม จำนวน 4 ซ้ำ บันทึกน้ำหนักเมล็ดพันธุ์เริ่มต้น จากนั้นนำเมล็ดพันธุ์ไปเพาะในกระถางเพาะความงอกที่แช่ด้วยน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร ใส่ในกล่องพลาสติกแล้วปิดฝา บันทึกน้ำหนักของเมล็ดที่เพิ่มขึ้นทุกๆ 6 ชั่วโมง เป็นเวลา 120 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ด้วยการนำเมล็ดออกมาแล้วชั่งน้ำด้วยกระต่ายที่บริเวณผิวเมล็ดให้แห้ง แล้วนำเมล็ดไปชั่งน้ำหนักทันที น้ำหนักของเมล็ดที่เพิ่มขึ้น คือ ปริมาณน้ำที่เมล็ดดูดเข้าไป เมื่อชั่งน้ำหนักเสร็จแล้วนำเมล็ดกลับไปแช่ต่อทันที แล้วคำนวณหาอัตราการคุดน้ำของเมล็ด (%) จากสูตร

$$W = \frac{(W_i - W_0) \times 100}{W_0}$$

โดย W = อัตราการคุดน้ำของเมล็ด
หลังจาก i ชั่วโมง (%),
 W_i = น้ำหนักเมล็ดหลังจากคุดน้ำ i
ชั่วโมง (กรัม),

W_0 = น้ำหนักเริ่มแรกของเมล็ด
ก่อนคุดน้ำ (กรัม) (Tian *et al.*, 2014)

ประเมินรากแรกเกิด โดยเฉพาะเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานแต่ละกรรมวิธีด้วยกระต่ายเพาะแบบ between paper (BP) ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ซ้ำละ 50 เมล็ด จำนวน 4 ซ้ำ ตรวจนับเมล็ดที่มีรากแรกเกิดที่ 66 ชั่วโมงหลังเพาะ ตามวิธีของ ISTA (2020) ดัดแปลงตามวิธีการประเมินรากแรกเกิดของข้าวโพดไร่ โดยนับเฉพาะเมล็ดที่มีรากงอกอย่างน้อย 2 มิลลิเมตร ตรวจวัดความงอกมาตรฐาน (standard germination) โดยเฉพาะเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานในทราย โดยสุ่มเมล็ดข้าวโพดหวาน ตัวอย่างละ 50 เมล็ด 4 ซ้ำ เพาะที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส แล้วประเมินความงอกที่ 4 และ 7 วันหลังเพาะ ตามวิธีของ ISTA (2020) และตรวจวัดน้ำหนักแห้งต้นกล้า โดยอบตัวอย่างต้นกล้าปกติที่อายุ 7 วันหลังเพาะเมล็ดตามวิธีการเดียวกับการตรวจวัดความงอกมาตรฐาน ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง แล้วชั่งน้ำหนักแห้งต้นกล้า จำนวนเป็นน้ำหนักแห้งต่อต้น (Daungpattara, 1986) และวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลการคุดน้ำ เปอร์เซ็นต์รากแรกเกิด เปอร์เซ็นต์ความงอก และน้ำหนักแห้งต้นกล้า ตามแผนการทดลองแบบ CRD และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของแต่ละลักษณะด้วยวิธี Duncan's Multiply Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05 ด้วยโปรแกรม Statistical Tool for Agricultural Research, STAR 2.0.1 (IRRI, 2018)

ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล

จาก Figure 1 แสดงอัตราการคุดน้ำของเมล็ดข้าวโพดหวานที่เคลือบด้วยกรรมวิธีต่างๆ 6 กรรมวิธีหลังการคุดน้ำทุกๆ 6 ชั่วโมงจนครบ 120 ชั่วโมง พบว่า การคุดน้ำของเมล็ดข้าวโพดหวานที่ถูก

เคลือบเมล็ดทุกกรรมวิธี สามารถแบ่งเป็น 3 ระยะตามรูปแบบการดูดน้ำที่ Marcus (1969) และ Chanprasert (1994) รายงาน ยกเว้นเมล็ดที่ไม่ถูกเคลือบ แสดงอัตราการดูดน้ำเพิ่มขึ้นอย่างคงที่ โดยเมล็ดที่ถูกเคลือบทั้ง 5 กรรมวิธี มีการดูดน้ำของเมล็ดแบ่งเป็น 3 ระยะ โดยระยะแรกมีการดูดน้ำอย่างรวดเร็ว หรือเรียกว่าระยะดูดน้ำ (imbibition phase) ระยะที่ 2 เป็นระยะที่เกิดกระบวนการเมทาบอลิซึมต่างๆ เกิดขึ้นเรียกว่า ระยะงัน (lag phase) ความชันของกราฟหรืออัตราการดูดน้ำเริ่มลดลง และระยะที่ 3 เป็นระยะที่รากแทงทะลุผ่านเปลือกหุ้มเมล็ดออกมา หรือระยะการเจริญเติบโตของคัพภะ (embryo growth) ทำให้การดูดน้ำเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วอีกครั้งเพราะมีพื้นที่ผิวในการดูดซับน้ำมากขึ้น (Siri, 2009) โดยที่ระยะหลังดูดน้ำ 24 ชั่วโมง เมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานที่เคลือบด้วย CSC และ CSC+COU มีอัตราการดูดน้ำสูงสุดและไม่แตกต่างกัน โดยมีอัตราการดูดน้ำ 101.86 และ 98.19 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนเมล็ดที่ไม่เคลือบและเมล็ดที่เคลือบด้วย PGA, CMC และ PGA+CMC+COU มีอัตราการดูดน้ำไม่แตกต่างกัน (82.59, 86.60, 89.74 และ 86.11 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) แต่ในระยะ

หลังดูดน้ำ 48 ชั่วโมงพบว่า เมล็ดที่เคลือบด้วย PGA+CMC+COU มีการดูดน้ำต่ำที่สุด (113.44 เปอร์เซ็นต์) แต่เมล็ดในกรรมวิธีอื่นๆ มีอัตราการดูดน้ำไม่แตกต่างกัน (118.34 - 124.74 เปอร์เซ็นต์) ทั้งนี้หลังการดูดน้ำที่ 72, 96 และ 120 ชั่วโมง พบว่า เมล็ดที่ไม่เคลือบมีการดูดน้ำสูงที่สุด ตามด้วยเมล็ดที่เคลือบด้วย PGA และ CMC ซึ่งมีการดูดน้ำไม่แตกต่างกัน ส่วนเมล็ดที่เคลือบด้วย CSC, PGA+CMC+COU และ CSC+COU มีการดูดน้ำต่ำที่สุด แต่ไม่แตกต่างกัน

จากผลการตรวจวัดเปอร์เซ็นต์รากแรกเกิด เปอร์เซ็นต์ความงอก และน้ำหนักแห้งต้นกล้า พบว่า เมล็ดข้าวโพดหวานที่ไม่ถูกเคลือบ และเมล็ดที่ถูกเคลือบทุกกรรมวิธีมีเปอร์เซ็นต์รากแรกเกิด เปอร์เซ็นต์ความงอก และน้ำหนักแห้งต้นกล้าไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยที่ 66 ชั่วโมงหลังเพาะเมล็ดข้าวโพดหวานมีรากแรกเกิด 87.00-91.00 เปอร์เซ็นต์ ความงอก 87.50 - 95.50 เปอร์เซ็นต์ และน้ำหนักแห้งต้นกล้า 1.91 - 2.22 เปอร์เซ็นต์ (Table 1 และ Figure 2)

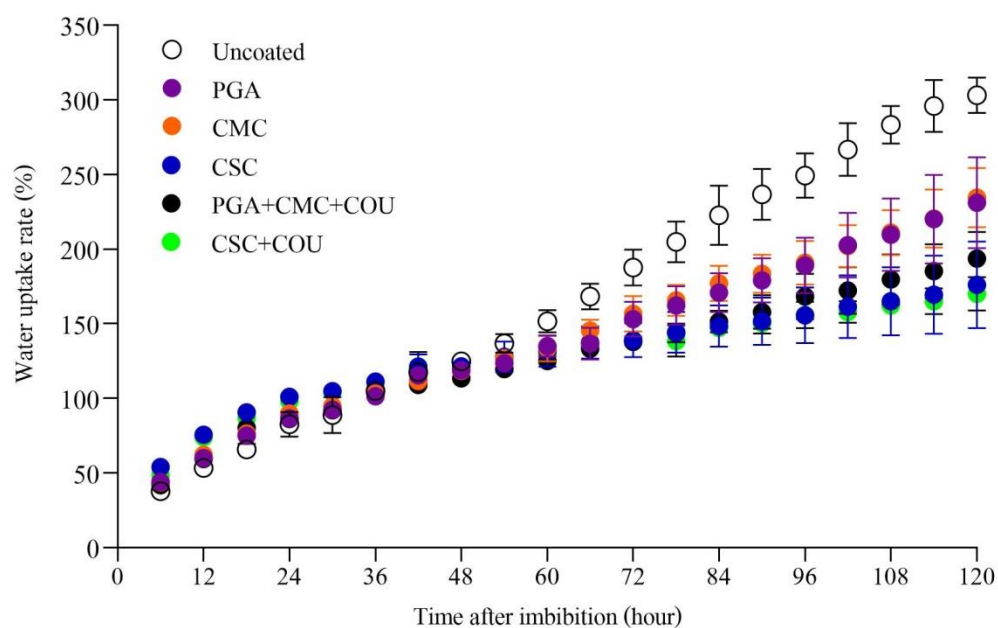


Figure 1 Imbibition of uncoated sweet corn seeds and coated with poly- γ -glutamic acid (PGA), carboxymethyl cellulose (CMC), commercial polymer (CSC), poly- γ -glutamic acid+carboxymethyl cellulose+Coumarin (PAG+CMC+COU) and commercial polymer+Coumarin (CSC+COU) at 0-120 hours after imbibition

Table 1 Radicle emergence (%), germination (%) and seedling dry weight (mg/plant) of sweet corn seed coated with six different coating treatments.

Seed coating		Radicle emergence (%)	Germination (%)	Seedling dry weight (mg/plant)
1	Control (uncoated)	87.00	87.50	1.91
2	PGA	91.00	91.00	1.94
3	CMC	88.00	91.00	2.22
4	CSC	90.00	90.00	2.00
5	PGA+CMC+COU	88.50	95.00	1.91
6	CSC+COU	90.00	95.50	2.01
F-test		ns ^{1/}	ns	ns
% CV		5.36	7.50	20.42

^{1/} ns = not significant

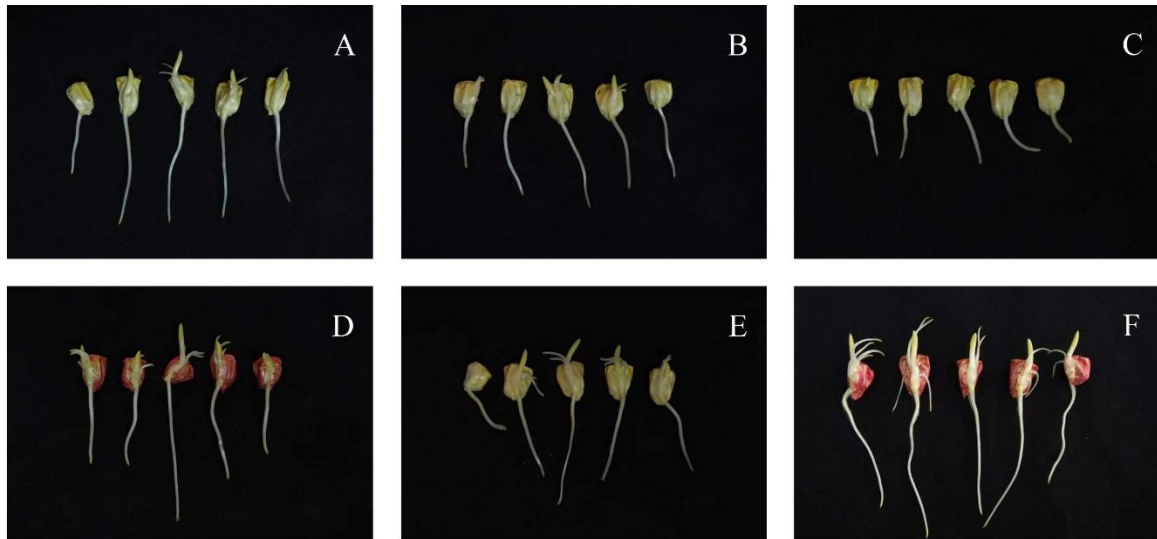


Figure 2 Radicle emergence of A) uncoated sweet corn seeds and coated seeds with B) poly- γ -glutamic acid (PGA), C) carboxymethyl cellulose (CMC), D) commercial polymer (CSC), E) poly- γ -glutamic acid+carboxymethyl cellulose+coumarin (PAG+CMC+COU) and F) commercial polymer+coumarin (CSC+COU) at 66 hours after imbibition.

ในระยะแรกของการดูดน้ำ เมล็ดจะดูดน้ำโดยการแพร่ (diffusion) ปัจจัยที่มีผลต่อความเร็วในการดูดน้ำของเมล็ดเกี่ยวข้องกับค่าศักย์ของน้ำ (water potential) หรือสถานะทางพลังงานของน้ำ โดยน้ำจะเคลื่อนที่จากที่ที่มีค่าศักย์ของน้ำสูงไปต่ำ น้ำบริสุทธิ์จะมีค่าศักย์ของน้ำสูงที่สุดเท่ากับศูนย์ ส่วนค่าศักย์ของสารละลายจะมีค่าเป็นลบ ค่าศักย์ของน้ำรอบๆ เมล็ด และค่าศักย์ของน้ำภายในเซลล์เป็นปัจจัยสำคัญต่ออัตราการดูดน้ำของเมล็ด นอกจากนี้ ผิวสัมผัสระหว่างวัสดุเพาะกับเมล็ด หรือการยอมให้น้ำซึมผ่าน (permeability) ของเปลือกหุ้มเมล็ด ยังเป็นปัจจัยที่มีผลต่อการดูดน้ำของเมล็ดอีกด้วย (Chanprasert, 1994; Woodstock, 1988) จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า ในช่วง 24 ชั่วโมงแรกของการดูดน้ำ หรือที่ระยะแรกของการดูดน้ำ (imbibition phase) เมล็ดที่ถูกเคลือบด้วย PGA, CMC และ PGA+CMC+COU มีความสามารถในการดูดน้ำไม่แตกต่างจากเมล็ดที่ไม่ถูกเคลือบ แสดงให้เห็นว่า การเคลือบเมล็ดไม่มีผลทำให้การดูด

น้ำลดลง ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากพอลิเมอร์ที่ใช้ในการเคลือบทุกกรรมวิธีมีคุณภาพสมบัติชอบน้ำ (hydrophilic) ทั้ง PGA และ CMC (Shih and Van, 2001; Wan and Lee, 1974) ส่วนเมล็ดที่เคลือบด้วย CSC และ CSC+COU มีการดูดน้ำมากกว่าเมล็ดที่ไม่ได้เคลือบและเคลือบด้วยกรรมวิธีอื่นๆ ทั้งนี้ พอลิเมอร์ทางการค้า (CSC) อาจมีผลช่วยให้เมล็ดมีการดูดน้ำเพิ่มขึ้นในระยะแรก แต่เมื่อเริ่มเข้าสู่ระยะที่ 3 หรือที่ระยะ 66 ชั่วโมงหลังดูดน้ำ ซึ่งเป็นระยะที่รากเริ่มแทงทะลุออกมาจากเปลือกหุ้มเมล็ดหรือเปลือกผลในเมล็ดข้าวโพด จากผลการทดลองพบว่า เมล็ดที่ไม่ถูกเคลือบมีการดูดน้ำสูงที่สุด รองลงมาคือเมล็ดที่เคลือบด้วย PGA และ CMC ส่วนเมล็ดที่เคลือบด้วย CSC, PGA+CMC+COU และ CSC+COU มีการดูดน้ำต่ำที่สุด ทั้งนี้ในระยะที่ 3 ของการงอกหรือระยะที่รากมีการแทงทะลุผ่านเปลือกหุ้มเมล็ดออกมา ความสามารถในการดูดน้ำของรากที่งอกออกมามีผลต่อการดูดน้ำในระยะนี้ นอกจากนี้ ค่าศักย์ของน้ำรอบๆ ราก ยังมีผลต่อการ

คุณน้ำของเซลล์ราก สารละลายรอบๆ รากของเมล็ดที่ไม่ถูกเคลือบย้อมมีค่าศักย์ของน้ำสูงกว่า เมล็ดที่ถูกเคลือบ จึงมีผลทำให้เมล็ดที่ไม่เคลือบมีการดูดน้ำที่ระยะที่ 3 สูงกว่าเมล็ดที่ถูกเคลือบทุกกรรมวิธี และเมื่อพิจารณาชนิดของพอลิเมอร์ที่ใช้ในการเคลือบพบว่า เมล็ดที่เคลือบด้วยพอลิเมอร์ธรรมชาติเพียงอย่างเดียว (PGA และ CMC) โดยไม่มีสารกুমารินเป็นส่วนประกอบมีอัตราการดูดน้ำสูงกว่า เมล็ดที่เคลือบด้วย CSC, PGA+CMC+COU และ CSC+COU ทั้งนี้มีรายงานว่า กุมารินมีผลยับยั้งการเจริญเติบโตของราก (Lee *et al.*, 2007) โดย Lupini *et al.* (2014) รายงานว่า กุมารินมีบทบาทสำคัญต่อกลไกการเคลื่อนย้ายออกซินในเมล็ด *Arabidopsis thaliana* โดยกুমาริน ที่ระดับความเข้มข้น 10^{-4} M ยับยั้งการยืดยาวของรากแรกเกิด (primary root) ลดจำนวนและความยาวของรากแขนง (lateral root) นอกจากนี้ยังมีรายงานว่า เมล็ดข้าวที่แช่ในสารละลายกুমารินมีความงอกลดลง โดยกুমารินมีบทบาทสำคัญในการเพิ่มขึ้นของ ABA ในเมล็ดข้าวระหว่างการงอก โดยยับยั้งการแสดงออกของยีน *OsABA8'ox2/3* ในเอ็มบริโอข้าวระหว่างการงอก (Chen *et al.*, 2019) เมล็ดที่เคลือบด้วยสารเคลือบที่มีกুমารินเป็นองค์ประกอบในการทดลองครั้งนี้ มีการดูดน้ำต่ำกว่ากรรมวิธีการอื่นๆ อาจเป็นผลมาจากการเจริญเติบโตของรากที่อาจถูกยับยั้งด้วยกুমารินในระยะแรกของขบวนการงอก แต่อย่างไรก็ตามผลการยับยั้งการเจริญเติบโตของรากในการทดลองนี้แสดงไม่ชัดเจน หรืออาจมีผลยับยั้งเพียงเล็กน้อย เนื่องจากผลการประเมินเปอร์เซ็นต์รากแรกเกิดที่ 66 ชั่วโมงหลังเพาะ เพอร์เซ็นต์ความงอก และ น้ำหนักแห้งต้นกล้าหลังเพาะ 7 วัน พบว่า เมล็ดข้าวโพดหวานที่ไม่ถูกเคลือบและเมล็ดที่ถูกเคลือบทุกกรรมวิธี มีเปอร์เซ็นต์รากแรกเกิด เพอร์เซ็นต์ความงอก และน้ำหนักแห้งต้นกล้าไม่แตกต่างกัน โดยใน Figure 2 แสดงให้เห็นว่าที่ระยะ 66 ชั่วโมง

หลังเพาะ การงอกของรากแรกเกิดในทุกกรรมวิธีไม่แตกต่างกัน ทั้งนี้อาจเนื่องจากเมล็ดข้าวโพดหวานที่ใช้ในการทดลองมีความงอกและความแข็งแรงสูง ซึ่งสอดคล้องกับ Wilson and Geneve (2004) ที่ทดลองเคลือบเมล็ดข้าวโพดหวานชนิด *sh2* ที่มีความแข็งแรงสูงและต่ำ ด้วยสารป้องกันกำจัดเชื้อรา Apron FL + Captan 400 + Thiram 42S + Vitavax 34 และใช้พอลิเมอร์การค้า CelPass เปรียบเทียบกับการไม่เคลือบเมล็ด เคลือบเมล็ดด้วยพอลิเมอร์เพียงอย่างเดียว และเคลือบเมล็ดด้วยสารป้องกันเชื้อราเพียงอย่างเดียว ผลการทดลองพบว่า พอลิเมอร์ไม่มีผลต่อการงอกและการดูดน้ำของเมล็ดทั้งในเมล็ดที่มีความแข็งแรงสูงและต่ำ แต่ในเมล็ดที่มีความแข็งแรงต่ำ สารป้องกันกำจัดเชื้อราไม่ผลต่อการเจริญเติบโตของต้นกล้า แต่ไม่มีผลในเมล็ดที่มีความแข็งแรงสูง

สรุป

การเคลือบเมล็ดด้วยพอลิเมอร์ชีวภาพร่วมกับอนุพันธ์กুমารินไม่มีผลต่อการดูดน้ำของเมล็ดในระยะแรก แต่มีผลทำให้การดูดน้ำช้ากว่าเมล็ดที่ไม่ได้เคลือบหลังจาก 66 ชั่วโมง แต่ไม่ส่งผลต่อการงอกของเมล็ด โดยเมล็ดที่ไม่ถูกเคลือบและถูกเคลือบทุกกรรมวิธีมีเปอร์เซ็นต์รากแรกเกิด เพอร์เซ็นต์ความงอก และน้ำหนักแห้งต้นกล้าไม่แตกต่างกัน ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าสารประกอบพอลิเมอร์ชีวภาพร่วมกับอนุพันธ์กুমารินมีศักยภาพในการพัฒนาเป็นสารเคลือบเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานเพื่อป้องกันการปลอมเมล็ดพันธุ์ อย่างไรก็ตามการเคลือบเมล็ดพันธุ์อาจส่งผลให้อายุการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์สั้นลง ควรมีการศึกษาผลของการเคลือบเมล็ดพันธุ์ด้วยพอลิเมอร์ชีวภาพร่วมกับอนุพันธ์กুমารินต่อคุณภาพเมล็ดพันธุ์ระหว่างการเก็บรักษาต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ ผศ.ดร.ปิยะณัฐ ฬกามาศ ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ที่อนุญาตให้ใช้เครื่องเคลือบเมล็ดพันธุ์ และขอขอบคุณ สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่ได้สนับสนุนงบประมาณเพื่อทำการวิจัย ประจำปี 2562 ภายใต้โครงการ “การพัฒนาสูตรสารเคลือบเมล็ดพันธุ์ด้วยพอลิเมอร์กับสารอนุพันธ์คูมารินบนผิวของเมล็ดพืช”

เอกสารอ้างอิง

- Abenavoli, M.R., Cacco, G., Sorgona, A., Marabottini, R., Paolacci, A.R., Ciaffì, M. and Badiani, M. 2006. The Inhibitory effects of coumarin on the germination of durum wheat (*Triticum turgidum* ssp. *durum*, CV. SIMETO). **Journal of Chemical Ecology** 32: 488-506.
- Al-Amiery, A.A., Kadhum, A.A.H. and Mohamad, A.B. 2012. Antifungal activities of new coumarins. **Molecules** 17: 5713-5723.
- Chanprasert, W. 1994. **Seed Physiology**. Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok. (in Thai)
- Chen, B.X., Peng, Y.X., Gao, J.D., Zhang, Q., Liu, Q.J., Fu, H. and Liu, J. 2019. Coumarin-induced delay of rice seed germination is mediated by suppression of abscisic acid catabolism and reactive oxygen species production. **Frontiers in Plant Science** 10: 1-12.
- Daungpattr, J. 1986. **Seed Testing and Analysis**. Agri Book Group, Bangkok. (in Thai)
- Gorim, L. and Asch, F. 2017. Seed coating increases seed moisture uptake and restricts embryonic oxygen availability in germinating cereal seeds. **Biology** 6: 1-14.
- IRRI. 2018. **Statistical tool for agricultural research**. International Rice Research Institute, Manila, Philippines.
- ISTA. 2020. **International rules for seed testing**. Seed Science and Technology. The International Seed Testing Association, Bassersdorf, Switzerland.
- Kaewsorn, P., Boonyuen, P. and Chulaka, P. 2014. Preliminary study of physical characteristic and imbibition of some cucurbit seeds. **Agricultural Science Journal** 45: 549-552. (in Thai)
- Lee, H.K., Oh, S.R., Kwon, O.K., Ahn, K.S., Lee, J., Kim, J.C., Min, B.S. and Joung, H. 2007. Isolation of coumarins and ferulate from the roots of angelica *purpureaefolia* and the antitumor activity of khellactone. **Wiley Interscience** 21: 406-409.
- Lupini, A., Araniti, F., Sunseri, F. and Abenavoli, M.R. 2014. Coumarin interacts with auxin polar transport to modify root system architecture in *Arabidopsis thaliana*. **Plant Growth Regulation** 74: 23-31.
- Marcus, A. 1969. Kinetics of water uptake by seeds. **Symposia of the Society for Experimental Biology** 23: 143-160.
- Montagner, C., de Souza, S.M., Groposo, C., Delle Monache, F., Smânia, E.F. and Smânia, A. 2008. Antifungal activity of coumarins. **Zeitschrift für Naturforschung** 63: 21-28.

- Phupamok, B. 2008. Providing a quality assurance label for quality seed shops to improve seed industrial standard of Thailand. **Technologychaoban** 443: 70-71. (in Thai)
- Poonsawas, K. 2019. Investigation and development of seed coating from poly- γ -glutamic acid and coumarin derivative. Special problem. Bachelor of Science (Chemistry), Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus. (in Thai)
- Shih, I.L. and Van, Y.T. 2001. The production of poly- γ -glutamic acid) from microorganisms and its various applications. **Bioresource Technology** 79: 207-225.
- Siri, B. 2009. **Seed Science**. Faculty of Agriculture, Khon Kaen University, Khon Kaen. (in Thai)
- Tian, Y., Guan, B., Zhou, D., Yu, J., Li, G. and Lou, Y. 2014. Responses of seed germination, seedling growth, and seed yield traits to seed pretreatment in maize (*Zea mays* L.). **The Scientific World Journal** 2014: 834630.
- Wan, L.S.C. and Lee, P.F.S. 1974. CMC of polysorbates. **Journal of Pharmaceutical Sciences** 63: 136-137.
- Wilson, D.O. and Mohan, S.K. 1998. Unique seed quality problems of *sh2* sweet corn. **Seed Technology** 20: 176-186.
- Woodstock, L.W. 1988. Seed imbibition: A critical period for successful germination. **Journal of Seed Technology** 12: 1-15.
- Yildirim, M. 2020. Effects of coating treatment with aloe vera and glycerol on germination delay and seed viability of wheat under different water levels. **Journal of Agriculture and Nature** 23: 994-1004.