



การศึกษาผลการใช้ไมโครแคปซูลในกระบวนการขึ้นรูปแผ่นฟิล์ม
เพื่อประยุกต์ใช้เป็นหลังคาดูดซับคลื่นรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพ

ในการเจริญเติบโตของผักกาดหอม

Study of the Results of Using Microcapsules in the Film-forming Process to be used
as a Roof to Absorb Ultraviolet Radiation that Affects the Growth Efficiency of
Lettuce

ศักดิ์นันท์ ปฏิภาณญาณกิตติ^{1*}

ขุนทอง คล้ายทอง¹ ออมร ไชยสัตย์²

¹โรงเรียนวิทยาศาสตร์จุฬารณราชวิทยาลัย ปทุมธานี อำเภอ. ลาดหลุมแก้ว จังหวัดปทุมธานี 12140

²ภาควิชาชีวเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี อำเภอธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี 12110

*Email: sakdinand.miracle@gmail.com

บทคัดย่อ

ผักกาดหอม (*Lactuca sativa* Lin.) เป็นพืชที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ และมีแนวโน้มความต้องการสูงขึ้นตลอดทั้งปี อย่างไรก็ตามการปลูกผักกาดหอมต้องเผชิญกับปัญหาการได้รับคลื่นรังสีอัลตราไวโอเล็ตจากแสงแดดมากเกินไป ซึ่งส่งผลให้เกิดอาการใบไหม้ และลดคุณภาพ รวมถึงปริมาณของผลผลิต โดยจากการศึกษาของคณะผู้จัดทำโครงการพบว่าผักกาดหอมจะมีประสิทธิภาพในการเจริญเติบโตที่สุดเมื่อได้รับคลื่นรังสีอัลตราไวโอเล็ตในช่วงร้อยละ 0 - 25 จึงมีแนวคิดจะพัฒนาแผ่นฟิล์มดูดซับคลื่นรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่มีการใช้ไมโครแคปซูลห่อหุ้มสารเมทิลซาลิไซเลต เพื่อแปลงคลื่นรังสีอัลตราไวโอเล็ตให้เป็นคลื่นแสงสีน้ำเงินที่ผักกาดหอมจำเป็นต้องใช้ในการสังเคราะห์แสง โดยพบว่าแผ่นฟิล์มที่มีอัตราส่วนระหว่างเมทิลเมทาคริเลตต่อเอทิลีนไกลคอลไดเมทาคริเลตที่ 50: 50 และเมทิลซาลิไซเลตต่อมอนอเมอร์ที่ 30: 70 นั้นเป็นอัตราส่วนที่มีความเหมาะสมต่อการนำมาพัฒนาเป็นหลังคาสำหรับปลูกผักกาดหอมมากที่สุด โดยมีคุณสมบัติทางกายภาพเป็นไปตามทุกมาตรฐานที่มีการศึกษา โดยมีร้อยละการดูดซับคลื่นรังสีอัลตราไวโอเล็ตอยู่ที่ 96.82 ± 0.34 การใช้แผ่นฟิล์มนี้ช่วยลดความเสียหายจากคลื่นรังสีอัลตราไวโอเล็ต และเพิ่มประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของผักกาดหอมอย่างมีนัยสำคัญ ส่งผลให้ได้ผลผลิตที่มีปริมาณมากขึ้นในระยะเวลาการปลูกที่สั้นลง นอกจากนี้ยังเป็นแนวทางในการลดการใช้ทรัพยากรน้ำ และทรัพยากรอื่น ๆ ในกระบวนการเพาะปลูก ทำให้เกษตรกรสามารถลดต้นทุนการผลิตได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ: แผ่นฟิล์มดูดซับคลื่นรังสียูวี (UV absorbing film), ต้นผักกาดหอม (Lettuce), ไมโครแคปซูล (Microcapsule), กระบวนการสังเคราะห์แสง (Photosynthesis)

1. บทนำ

ผักกาดหอม (*Lactuca sativa* Linn.) จัดเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย อย่างไรก็ตาม ปริมาณรังสีรังสีเหนือม่วง หรือรังสีอัลตราไวโอเล็ต (UV) ที่มากเกินไปมักส่งผลให้ผลผลิตลดลงเนื่องจากรังสีดังกล่าวจะทำลายใบพืช ยับยั้งกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง และกระตุ้นให้เกิดสขมหรืออาการใบไหม้แดง (Zhou et

al., 2009; Fu et al., 2018) แม้ว่าในปัจจุบันจะมีการใช้ตาข่ายพรางแสงและฟิล์มเรือนกระจกกันอย่างแพร่หลาย แต่ทว่าวัสดุเหล่านี้ก็ลดทอนปริมาณแสงที่มนุษย์มองเห็น (Visible light) ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อพืชไปด้วย ส่งผลให้พืชมีการเจริญเติบโตที่ช้าลง
โครงการนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาฟิล์มกึ่งสำเร็จรูปที่มีส่วนผสมของเมทิลซาลิไซเลต (Methyl salicylate) ซึ่งเป็นสาร



เรืองแสงที่มีคุณสมบัติในการแปลงรังสี UV ให้เป็นแสงสีน้ำเงินที่เป็นประโยชน์ต่อกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช (Dorwal, 2012) ทั้งนี้ พิล์มต้นแบบในอิตีมักประสบปัญหาขาดเสถียรภาพอันเนื่องมาจากการกระจายตัวของวัสดุที่ไม่ดีพอ (Silva et al., 2020) เพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าว งานวิจัยนี้จึงนำเสนอการใช้เทคนิคการห่อหุ้มระดับไมโคร (Microencapsulation) เพื่อเพิ่มเสถียรภาพและการกระจายตัวของสารออกฤทธิ์ โดยฟิล์มดูดซับรังสี UV และแปลงแสงที่พัฒนาขึ้นนี้มีเป้าหมายเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของผักกาดหอม และใช้เป็นต้นแบบสำหรับการประยุกต์ใช้ในภาคการเกษตรต่อไปในอนาคต

2. วิธีดำเนินการ

โครงการนี้ประกอบด้วย 3 ส่วนหลัก ได้แก่ (1) การศึกษาผลของความเข้มแสงและความยาวคลื่นที่มีต่อการเจริญเติบโตของผักกาดหอม, (2) การพัฒนาฟิล์มไมโครแคปซูลดูดซับรังสี UV และ (3) การประเมินประสิทธิภาพของฟิล์มในการประยุกต์ใช้งานจริง

2.1 ผลของความเข้มแสงและความยาวคลื่นที่มีต่อการเจริญเติบโตของผักกาดหอม

นำเมล็ดผักกาดหอมมาแช่น้ำเพื่อกระตุ้นการงอก จากนั้นย้ายลงถาดเพาะกล้าและอนุบาลเป็นเวลา 21 วัน ก่อนจะนำไปเลี้ยงภายใต้สภาวะความเข้มแสงที่แตกต่างกัน (ร้อยละ 0–100) โดยทำการสังเกตการณ์เจริญเติบโตทุกๆ 3 วัน เป็นระยะเวลา 15 วัน ในส่วนของการทดลองชุดถัดมาได้ทำการทดสอบสภาวะความยาวคลื่นที่แตกต่างกัน 7 รูปแบบ โดยใช้หลอดไฟรังสี UV, แสงสีน้ำเงิน-แดง และรังสีอินฟราเรด จากนั้นทำการส่องตรวจด้วยกล้องจุลทรรศน์ (ขนาด \$1 \times 1\$ เซนติเมตร) ด้วยกล้องจุลทรรศน์กำลังขยาย 40 เท่า และวิเคราะห์ความหนาแน่นของคลอโรพลาสต์ด้วยโปรแกรม ImageJ สำหรับการทดสอบขั้นสุดท้ายเป็นการให้พืชได้รับรังสี UV ในสัดส่วนร้อยละที่แตกต่างกัน (ร้อยละ 0–100) เป็นเวลา 21 วัน หลังจากนั้นทำการสกัดปริมาณคลอโรฟิลล์ด้วยสารไดเมทิลฟอร์มาไมด์ (DMF) และวัดค่าด้วยเครื่องสเปกโตรมิเตอร์ที่ความยาวคลื่น 647 และ 664 นาโนเมตร ตามสมการที่ (1)

$$\begin{aligned} \text{chlorophyll a} &= 13.19 \times (a_{647} - 2.57) b_{664} \\ \text{chlorophyll b} &= 22.10 \times (b_{664} - 5.26) a_{647} \\ \text{total chlorophyll} &= 7.93 \times (a_{647} + 19.53) b_{664} \end{aligned} \quad (1)$$

2.2 การพัฒนาฟิล์มดูดซับรังสี UV ด้วยไมโครแคปซูล

ทำการสังเคราะห์ไมโครแคปซูลที่บรรจุเมทิลซาลิไซเลต (Methyl Salicylate) ด้วยกระบวนการพอลิเมอไรเซชันแบบสารแขวนลอย (Suspension polymerization) โดยแปรผันอัตราส่วนระหว่าง MMA ต่อ EGDMA จากนั้นทำการวัดอัตราการเปลี่ยนเป็น

พอลิเมอร์ (% Conversion) ตามสมการที่ (2), การเกิดอนุภาคอิสระ และประสิทธิภาพในการกักเก็บสาร (% Encapsulation efficiency) ตามสมการที่ (3) ผ่านกระบวนการทำให้แห้ง การปั่นเหวี่ยง และการวิเคราะห์ด้วยเครื่องวิเคราะห์การสลายตัวด้วยความร้อน (TGA) นอกจากนี้ยังมีการทดลองแปรผันอัตราส่วนระหว่างเมทิลซาลิไซเลตต่อมอนอเมอร์ เพื่อประเมินพฤติกรรมการเกิดพอลิเมอร์และประสิทธิภาพในการดูดซับรังสี UV จากนั้นนำไมโครแคปซูลมาสาธยายการรวมกลุ่มเพื่อให้กระจายตัวในฟิล์มพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ (PVA) โดยใช้คลื่นอัลตราโซนิก (Sonication) และกรดสเตียริก ก่อนจะทำการขึ้นรูปฟิล์มด้วยการหล่อ (Film casting) ปล่อยให้แห้ง และทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและทางทัศนศาสตร์ตามมาตรฐาน ASTM และ JIS

$$\% \text{ Conversion} = \frac{W_t - (W_{PVA} + W_{BPO} + W_{MS})}{W_m} \quad (2)$$

$$\% L_{\text{expt}} = \frac{W_{ms}}{W_{cap}} \times 100 \quad (3)$$

2.3 การประยุกต์ใช้และการประเมินประสิทธิภาพของฟิล์มดูดซับรังสี UV

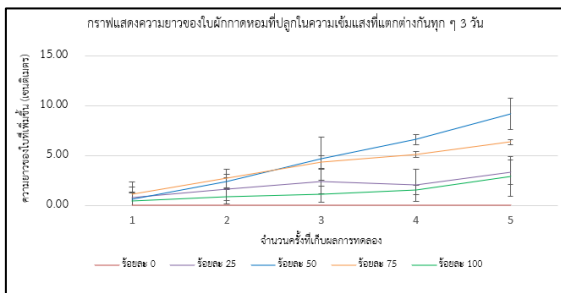
ทำการปลูกผักกาดหอมภายใต้สภาวะการทดลอง 3 รูปแบบ ได้แก่ สภาวะที่ใช้ฟิล์มที่พัฒนาขึ้น, สภาวะที่ใช้ฟิล์มสะท้อนรังสี UV ที่มีจำหน่ายในท้องตลาด และสภาวะที่ไม่ใช้ฟิล์ม โดยทำการบันทึกตัวชี้วัดการเจริญเติบโต (ความยาวใบ, ความกว้างใบ, ความสูง, น้ำหนักสด และน้ำหนักแห้ง (4)) อย่างต่อเนื่องเป็นระยะเวลา 28 วัน จากนั้นนำผักกาดหอมที่เก็บเกี่ยวได้มาวิเคราะห์หาปริมาณคาร์โบไฮเดรตด้วยวิธีการไทเทรตด้วยสารละลายไอโอดีน (Iodine titration) ในส่วนของตัวอย่างฟิล์มได้นำไปทดสอบด้วยเครื่อง UV-VIS Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 4 ค่า คือ 365, 440, 660 และ 750 นาโนเมตร และในขั้นสุดท้ายได้ทำการประเมินผลของฟิล์มต่อการกักเก็บความชื้นในดิน โดยเปรียบเทียบอัตราการสูญเสียความชื้นระหว่างกระถางที่คลุมฟิล์มและกระถางที่ไม่ได้คลุมฟิล์มเป็นระยะเวลา 7 วัน

$$\text{biomass} = \frac{\text{dry weight}}{\text{fresh weight}} \times 100 \quad (4)$$

3. ผลการทดลอง

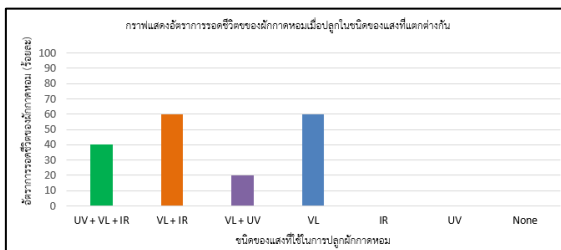
3.1 การศึกษาผลของความเข้มแสงและชนิดความยาวคลื่นของแสงที่มีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตของผักกาดหอม

ทำการปลูกต้นกล้าผักกาดหอม (อายุ 15 วัน) ภายใต้สภาวะความเข้มแสงที่ระดับร้อยละ 100, 75, 50, 25 และ 0 โดยทำการบันทึกภาพถ่ายและวัดความยาวใบทุกๆ 3 วัน เป็นระยะเวลา 15 วัน แล้วจึงนำข้อมูลมาวิเคราะห์ ทั้งนี้ ได้นำข้อมูลสรุปความยาวใบดังกล่าวมาจัดทำเป็นกราฟที่แสดงในรูปที่ 1



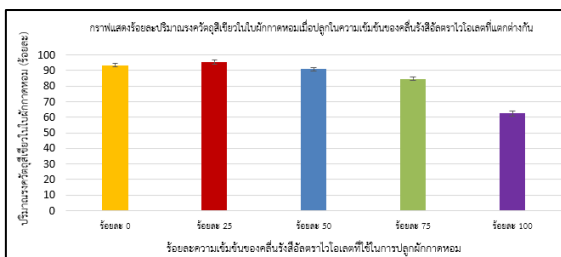
รูปที่ 1 ความยาวใบของผักกาดหอมที่บันทึกทุกๆ 3 วัน เป็นระยะเวลา 15 วัน

ทำการปลูกต้นกล้าผักกาดหอม (อายุ 15 วัน) เป็นเวลา 15 วัน ภายใต้สภาวะความยาวคลื่นแสงที่แตกต่างกัน 7 รูปแบบ (ชุดการทดลองละ 5 ต้น) ทำการบันทึกอัตราการรอดชีวิต และเก็บตัวอย่างใบขนาด 1x1 ตารางเซนติเมตร นำมาส่องตรวจด้วยกล้องจุลทรรศน์ใช้แสง (Light microscope) กำลังขยาย 40 เท่า จากนั้นทำการวัดความหนาแน่นของคลอโรพลาสต์โดยใช้โปรแกรม ImageJ ซึ่งได้ผลการทดลองดังแสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 2 ร้อยละของความหนาแน่นของสารสีในใบผักกาดหอมเมื่อปลูกภายใต้สภาวะแสงที่แตกต่างกัน 7 รูปแบบ

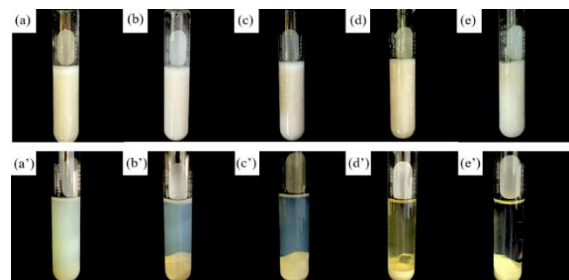
ทำการปลูกต้นกล้าผักกาดหอม (อายุ 15 วัน) เป็นเวลา 15 วัน ภายใต้ระดับความเข้มข้นของรังสี UV ที่ร้อยละ 0, 25, 50, 75 และ 100 (ชุดการทดลองละ 5 ต้น) จากนั้นนำตัวอย่างใบพืชมาวิเคราะห์หาปริมาณคลอโรฟิลล์โดยใช้เครื่อง UV-VIS Spectrophotometer ซึ่งได้ผลการทดลองดังแสดงในรูปที่ 3



รูปที่ 3 ร้อยละของปริมาณสารสีสีเขียวในใบผักกาดหอมที่ปลูกภายใต้ระดับความเข้มของรังสีเหนือม่วง (Ultraviolet) ที่แตกต่างกันในชุดการทดลองทั้ง 7 ชุด

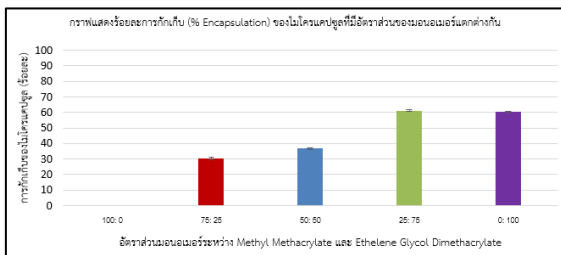
3.2 การพัฒนาฟิล์มดูดซับรังสี UV ด้วยการผสมผสานไมโครแคปซูล

ทำการสังเคราะห์ไมโครแคปซูลด้วยกระบวนการพอลิเมอไรเซชันแบบสารแขวนลอยขนาดไมโคร (Microsuspension polymerization) โดยแปรผันอัตราส่วนระหว่าง MMA ต่อ EGDMA ที่ระดับ 100:0, 75:25, 50:50, 25:75 และ 0:100 จากนั้นนำสารแขวนลอยที่ได้ไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 3,000 รอบต่อนาที (rpm) เป็นเวลา 30 นาที โดยถ่ายภาพก่อนและหลังกระบวนการปั่นเหวี่ยงได้แสดงไว้ในรูปที่ 4 ทั้งนี้ สารแขวนลอยในทุกอัตราส่วนแสดงให้เห็นถึงเสถียรภาพทางคอลลอยด์ (Colloidal stability) ที่สูง และผลการส่องตรวจด้วยกล้องจุลทรรศน์ใช้แสงยืนยันว่าอนุภาคมีลักษณะเป็นทรงกลมและมีการกระจายตัวที่ดีในทุกตัวอย่างทดลอง



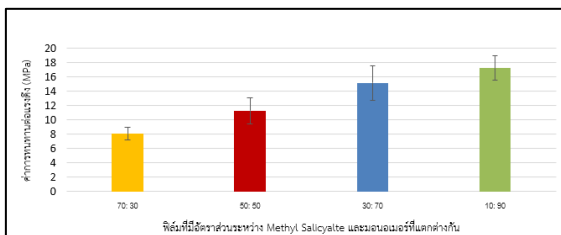
รูปที่ 4 สารแขวนลอยไมโครแคปซูล P(MMA-co-EGDMA)/MS ก่อน (a-e) และหลัง (a'-e') กระบวนการปั่นเหวี่ยง ที่อัตราส่วน MMA:EGDMA (ร้อยละโดยน้ำหนัก) ที่แตกต่างกัน ได้แก่ 100:0 (a, a'), 75:25 (b, b'), 50:50 (c, c'), 25:75 (d, d') และ 0:100 (e, e')

ทำการวัดอัตราการเปลี่ยนจากมอนอเมอร์เป็นพอลิเมอร์ (Monomer-to-polymer conversion) และการสลายตัวด้วยวิธี TGA เพื่อประเมินประสิทธิภาพในการกักเก็บสาร ผลการทดลองพบว่าที่อัตราส่วน 100:0 เกิดการรวมกลุ่มกันของอนุภาค (Aggregation) จึงไม่สามารถนำมาวิเคราะห์ได้ ขณะที่อัตราส่วน 25:75 แสดงประสิทธิภาพในการกักเก็บสารสูงที่สุด (61.20 %pm 0.65\%) รองลงมาคือ 0:100, 50:50 และ 75:25 ตามลำดับ ในส่วนของการแปรผันอัตราส่วนระหว่างเมทิลซาลิไซเลตต่อมอนอเมอร์ (90:10, 70:30, 50:50, 30:75, 10:90) ด้วยกระบวนการพอลิเมอไรเซชันแบบสารแขวนลอยขนาดไมโคร พบว่าที่อัตราส่วน 90:10 ไม่สามารถขึ้นรูปเป็นอนุภาคได้ ในขณะที่อัตราส่วนอื่นๆ ทั้งหมดสามารถขึ้นรูปได้ดี จากนั้นได้ทำการทดสอบประสิทธิภาพในการดูดซับรังสี UV ด้วยเครื่อง UV-VIS Spectrophotometer ซึ่งได้ผลการทดลองดังแสดงในรูปที่ 5

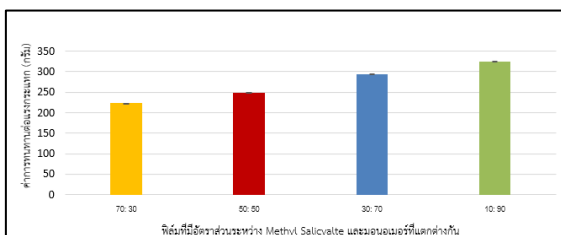


รูปที่ 5 ร้อยละของการดูดซับรังสีเหนือม่วง (Ultraviolet) โดยไมโครแคปซูลที่มีอัตราส่วนมอนอเมอร์แตกต่างกันในชุดการทดลองทั้ง 5 อัตราส่วน

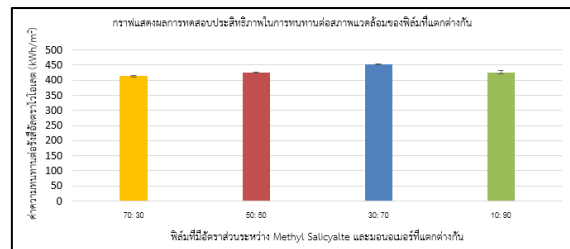
การใช้เทคนิคไมโครแคปซูลช่วยให้เมทิลซาลิไซเลตสามารถกระจายตัวได้อย่างสม่ำเสมอและส่งผลให้เกิดการขึ้นรูปฟิล์มที่ดีในชุดการทดลองทั้ง 5 รูปแบบ โดยไม่ปรากฏการแยกชั้นของสาร ซึ่งแตกต่างจากฟิล์มที่ไม่ได้ใช้เทคนิคไมโครแคปซูลที่แสดงผลการขึ้นรูปฟิล์มที่ปานกลางค่อนข้างต่ำ และปรากฏการแยกชั้นระหว่างวัฏภาคน้ำและน้ำมัน (Aqueous/oil separation) อย่างชัดเจนสำหรับการทดสอบสมรรถนะด้านความทนทานต่อแรงดึง (Tensile strength) ความต้านทานต่อแรงกระแทก (Impact resistance) ความทนทานต่อสภาวะอากาศ (Weather resistance) การสะท้อนรังสี UV และการกระเจิงแสง (Light dispersion) พบว่าทุกตัวอย่างผ่านเกณฑ์ตามมาตรฐาน ASTM และ JIS ดังแสดงในรูปที่ 6-10 โดยฟิล์มที่มีอัตราส่วน 70:30 แสดงสมรรถนะที่ดีที่สุดในทุกด้าน



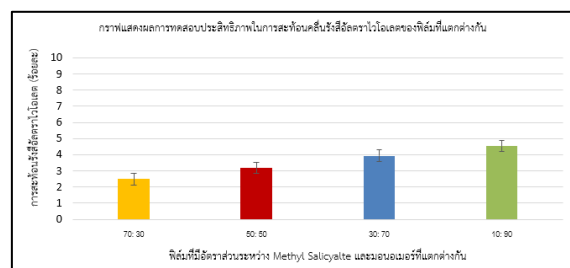
รูปที่ 6 ผลการทดสอบประสิทธิภาพในการทนทานต่อแรงดึงของฟิล์มที่แตกต่างกันทั้งหมด 4 ชุดการทดลอง



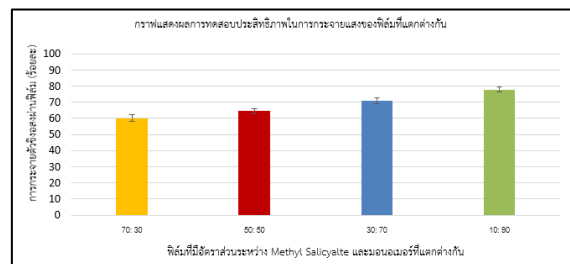
รูปที่ 7 ผลการทดสอบประสิทธิภาพในการทนทานต่อแรงกระแทกของฟิล์มที่แตกต่างกันทั้งหมด 4 ชุดการทดลอง



รูปที่ 8 ผลการทดสอบประสิทธิภาพในการทนทานต่อสภาพแวดล้อมของฟิล์มที่แตกต่างกันทั้งหมด 4 ชุดการทดลอง



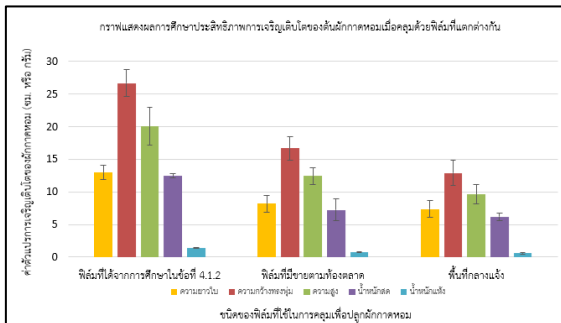
รูปที่ 9 ผลการทดสอบประสิทธิภาพในการสะท้อนคลื่นรังสีอัลตราไวโอเล็ตของฟิล์มที่แตกต่างกันทั้งหมด 4 ชุดการทดลอง



รูปที่ 10 ผลการทดสอบประสิทธิภาพในการกระจายแสงของฟิล์มที่แตกต่างกันทั้งหมด 4 ชุดการทดลอง

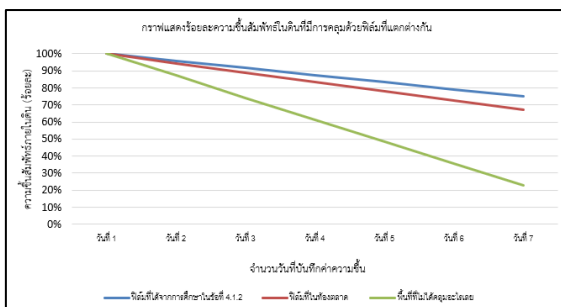
3.3 การศึกษาประสิทธิภาพของฟิล์มดูดซับรังสีเหนือม่วงในการประยุกต์ใช้งานในรูปแบบต่างๆ

การศึกษาอิทธิพลของการคลุมด้วยฟิล์มดูดซับรังสี UV ที่มีต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตของผักกาดหอม เปรียบเทียบกับฟิล์มชนิดอื่นๆ ดำเนินการโดยนำฟิล์มที่ได้จากการศึกษาในหัวข้อที่ 2 มาใช้ในการปลูกผักกาดหอมเป็นระยะเวลา 28 วัน และทำการบันทึกภาพถ่ายทุกๆ 7 วัน เมื่อครบกำหนดระยะเวลาที่ระบุไว้ จึงทำการประเมินสมรรถนะการเจริญเติบโตของผักกาดหอมด้วยการวัดความยาวใบ ความกว้างทรงพุ่ม ความสูง น้ำหนักสด และน้ำหนักแห้ง ซึ่งได้ผลการทดลองดังแสดงในรูปที่ 11



รูปที่ 11 ผลสมรรถนะการเจริญเติบโตของผักกาดหอมที่ปลูกภายใต้การคลุมด้วยฟิล์มที่แตกต่างกัน 3 รูปแบบ

การศึกษาประสิทธิภาพในการกักเก็บความชื้นของฟิล์มดูดซับรังสี UV ดำเนินการโดยการใช้ฟิล์มคลุมหน้าดินและทำการวัดค่าความชื้นในดินเป็นประจำทุกวันเป็นระยะเวลา 7 วัน ผลการทดลองดังแสดงในรูปที่ 12 บ่งชี้ว่า ฟิล์มที่ได้จากการทดลองในหัวข้อที่ 2 มีประสิทธิภาพในการกักเก็บความชื้นได้ดีที่สุดรองลงมาคือฟิล์มที่มีจำหน่ายในท้องตลาด และชุดควบคุมที่ไม่ได้คลุมหน้าดิน ตามลำดับ โดยหลังจากผ่านไป 7 วัน พบว่ามีค่าความชื้นสัมพัทธ์คงเหลือในดินคิดเป็นร้อยละ 75, 67 และ 23 ตามลำดับ



รูปที่ 12 ร้อยละของความชื้นสัมพัทธ์ในดินที่คลุมด้วยฟิล์มที่แตกต่างกัน 3 รูปแบบ

4. สรุปและอภิปรายผล

4.1 อภิปรายผลการทดลอง

จากการศึกษาปัจจัยด้านแสงที่มีอิทธิพลต่อผักกาดหอม พบว่าความเข้มแสงที่ร้อยละ 50 (ประมาณ 10,000 ลักซ์) ส่งผลให้ผักกาดหอมเจริญเติบโตได้ดีที่สุดเนื่องจากความเข้มแสงที่สูงเกินไปจะยับยั้งกระบวนการ

สังเคราะห์ด้วยแสง ในขณะที่ความเข้มแสงต่ำหรือการขาดแสงสีขาวในช่วงคลื่น 400–700 นาโนเมตร จะทำให้พืชโตช้าหรือไม่เจริญเติบโตเลย นอกจากนี้ คลื่นแสงอัลตราไวโอเล็ต (UV) มีบทบาทช่วยกระตุ้นโปรตีนรับแสงในคลอโรฟิลล์ แต่หากได้รับจากแสงแดดโดยตรงในปริมาณมากจะเป็นอันตรายต่อพืช โดยผลการทดลองชี้ชัดว่า ความเข้มของรังสี UV ที่ระดับร้อยละ 25 ช่วยให้พืชสร้างคลอโรฟิลล์ได้มากที่สุด และการใช้ฟิล์มที่สามารถดูดซับรังสี UV ได้ในช่วงร้อยละ 75–100 จะส่งผลดีต่อประสิทธิภาพการสังเคราะห์ด้วยแสงของผักกาดหอมมากที่สุด

ในการพัฒนาฟิล์มดูดซับรังสี UV ร่วมกับไมโครแคปซูล อัตราส่วนมอนอเมอร์ระหว่าง MMA และ EGDMA ที่ระดับ 25:75 มีความสมดุลและมีประสิทธิภาพในการขึ้นรูปดีที่สุด โดยให้ค่าร้อยละการบรรจุสูงและลดการเกิดอนุภาคอิสระในวัฏภาคสารละลาย สำหรับการกักเก็บสารดูดซับและแปลงความยาวคลื่นแสงอย่างมีประสิทธิภาพ ไชเลต (Methyl Salicylate: MS) พบว่า อัตราส่วน MS ต่อมอนอเมอร์ที่ 70:30 มีประสิทธิภาพในการดูดซับรังสี UV สูงที่สุด และเทคนิคไมโครแคปซูลนี้ยังช่วยเพิ่มการกระจายตัวรวมถึงความเข้ากันได้ระหว่างวัฏภาคน้ำและน้ำมัน ทำให้ฟิล์มสามารถขึ้นรูปเป็นแผ่นได้ดีโดยไม่แยกชั้น ทั้งนี้ แผ่นฟิล์มทุกอัตราส่วนมีสมรรถนะทางกล ความทนทานต่อสภาพแวดล้อม การสะท้อนรังสี UV และการกระเจิงแสงผ่านเกณฑ์มาตรฐาน ASTM และ JIS ทั้งหมด โดยฟิล์มที่มีสัดส่วนมอนอเมอร์สูง (10:90) จะทนต่อแรงดึงและแรงกระแทกได้ดีที่สุดเนื่องจากมีโครงสร้างพอลิเมอร์หนาแน่น ขณะที่ฟิล์มสูตร 70:30 มีการสะท้อนรังสี UV น้อยที่สุด ซึ่งแสดงถึงประสิทธิภาพในการดูดซับและแปลงรังสี UV ไปเป็นแสงสีน้ำเงินที่สูงกว่าสูตรอื่น

เมื่อนำฟิล์มดูดซับรังสี UV ที่พัฒนาขึ้นไปทดลองใช้งานจริง พบว่าผักกาดหอมที่ปลูกภายใต้ฟิล์มผสมเมทิลไชเลตมีประสิทธิภาพการเจริญเติบโตสูงที่สุดเมื่อเทียบกับฟิล์มท้องตลาดและชุดควบคุมที่ไม่คลุมฟิล์ม เนื่องจากฟิล์มสามารถเปลี่ยนรังสี UV ให้เป็นแสงสีน้ำเงินที่พืชจำเป็นต้องใช้ในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง



นอกจากนี้ พิล์มดังกล่าวยังมีประสิทธิภาพในการกักเก็บ และรักษาความชื้นสัมพัทธ์ในดินได้ดีที่สุดถึงร้อยละ 75 หลังจากผ่านไป 7 วัน เนื่องจากคุณลักษณะที่ขุ่นกว่าของ พอลิเมอร์ไมโครแคปซูลช่วยลดทอนและป้องกันรังสี อินฟราเรดจากแสงแดด ซึ่งเป็นสาเหตุหลักที่เร่งอัตราการ ระเหยของน้ำในดิน ทำให้ฟิล์มนี้มีศักยภาพสูงในการนำไป ประยุกต์ใช้เพื่อเพิ่มผลผลิตและอนุรักษ์ความชื้นในสภาวะ แปลงปลูกจริง

4.2 สรุปผลการทดลอง

การศึกษานี้ได้ทำการพัฒนาฟิล์มดูดซับรังสี UV โดยใช้ไมโครแคปซูลเมทิลอะครีเลต (สภาวะที่ เหมาะสมที่สุดคือ อัตราส่วน MMA:EGDMA เท่ากับ 25:75 และอัตราส่วน MS:มอนอเมอร์ เท่ากับ 30:70) ซึ่ง พิล์มดังกล่าวช่วยปรับปรุงประสิทธิภาพในการกรองแสง การกักเก็บความชื้น และความทนทานให้ดียิ่งขึ้น ผลการ ทดลองพบว่าผักกาดหอมที่ปลูกภายใต้ฟิล์มที่พัฒนาขึ้นนี้ มีอัตราการเจริญเติบโตที่ดีขึ้นสูงสุดถึงร้อยละ 42 ซึ่งแสดง ให้เห็นถึงศักยภาพที่สูงยิ่งในการนำไปประยุกต์ใช้ในภาค การเกษตร ตลอดจนการพัฒนาต่อยอดให้มีประสิทธิภาพ สูงสุดต่อไปในอนาคต

ข้อเสนอแนะ

ควรมีการทดสอบประสิทธิภาพในการเพิ่มอัตราการ เจริญเติบโตกับพืชเศรษฐกิจชนิดอื่น ๆ และควรมีการศึกษา ประสิทธิภาพในการขึ้นรูปของไมโครแคปซูลเมื่อใช้ชนิดของมอนอ เมอร์อื่น ๆ เพิ่มเติมนอกจาก Methyl methacrylate และ Ethylene glycol dimethacrylate

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์ขุนทอง คล้ายทอง อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน เป็นอย่างสูง สำหรับคำแนะนำ และข้อคิดเห็นอันมีค่ายิ่ง ตลอดจนขอขอบคุณ ดร.สมร ปาโท ผู้อำนวยการโรงเรียนวิทยาศาสตร์จุฬารามราชวิทยาลัย ปทุมธานี ที่ได้อนุญาตและอำนวยความสะดวกในการใช้สถานที่และอุปกรณ์ ต่างๆ นอกจากนี้ ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.อมร ชัย สัตย์ คณาจารย์ และนักศึกษา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ธัญบุรี สำหรับความอนุเคราะห์ด้านห้องปฏิบัติการและอุปกรณ์ เครื่องมือวิจัย

เอกสารอ้างอิง (บางส่วน)

- กาญจน์เจริญ ศรีอ่อน, ธรรมศักดิ์ ทองเกิด, อติยศ เพ็ชรสุข, ดวง ฤทัย ศรีนุ่น และดวงพร ศิริกิตติกุล. (2565). ผลของ พิล์มคลุมโรงเรือนมัลติฟังก์ชันต่อการเจริญเติบโตและ ผลผลิตของผักกาดหอมพันธุ์ กรีนโอ๊ค และพันธุ์เรดโอ๊ค. วารสารแก่นเกษตร, 2565(6), 1656-1665.
- คงเอก ศิริงาม, ปราณิต จิระสุทัศน์ และวิภากรณ แสงมี. (2015). ผลของวิธีการปลูกต่อการเจริญเติบโต และปริมาณรงค วัตถุของผักกาดหอมใบพันธุ์กรีนโอ๊ค. Research Journal Phranakhon Rajabhat: Science and Technology, 10(1), 82-95.
- ชุติมา กาบแก้ว, อติสร ฤทธิ์ราษฎร์, สุนทรียา กาลวงค์ และเพ็ญ แข รุ่งเรือง. (2024). ผลของไฟ LED ทางการค้า ต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตของแก้วญี่ปุ่น และ สลัดบัตเตอร์เฮด. Advanced Science Journal, 24 (2), 59-74.
- Abd El-Kader, K. A. M., & Abdel Hamied, S. F. (2002). Preparation of poly (vinyl alcohol) films with promising physical properties in comparison with commercial polyethylene film. *Journal of Applied Polymer Science*, 86(5), 1219-1226. <https://doi.org/10.1002/app.11068>
- Bédard, M. F., De Geest, B. G., Skirtach, A. G., Möhwal, H., & Sukhorukov, G. B. (2010). Polymeric microcapsules with light responsive properties for encapsulation and release. *Advances in Colloid and Interface Science*, 158(1-2), 2-14. <https://doi.org/10.1016/j.cis.2009.07.007>
- Bobde, M., Ghadge, P., Kale, P., Sadhana, D., & Shahi, R. (2022). Microencapsulation and its various aspects: A Review. *Microencapsulation and Its Various Aspects: A Review*, 7, 541.
- Borrowman, C. K., Johnston, P., Adhikari, R., Saito, K., & Patti, A. F. (2020). Environmental degradation and efficacy of a sprayable, biodegradable polymeric mulch. *Polymer Degradation and Stability*, 175, 109126. <https://doi.org/10.1016/j.polymdegradstab.2020.109126>