

เรื่อง พอลิเมอร์รดน้ำต้นไม้

(The absorbent polymer for watering)

โดย 1. นางสาวบุษกร ลิขสิทธิ์พันธุ์
2. นางสาวกฤษฐา พวงทอง
3. นายณพล บุญทอง
โรงเรียนยุพราชวิทยาลัย

รายงานฉบับนี้เป็นส่วนประกอบของโครงการวิทยาศาสตร์ ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย
ในงานเวทีวิชาการนวัตกรรมสะเต็มศึกษาขั้นพื้นฐานแห่งชาติ ครั้งที่ 1 (ออนไลน์)

The 1st National Basic STEM Innovation E-Forum 2021

วันที่ 18 – 19 กันยายน พ.ศ. 2564

เรื่อง พอลิเมอร์รดน้ำต้นไม้

(The absorbent polymer for watering)

โดย 1. นางสาวบุษกร ลิขสิทธิ์พันธุ์

2. นางสาวกฤษฐา พวงทอง

3. นายณพล บุญทอง

อาจารย์ที่ปรึกษา นางสาวสุทธธีวรรณ เมืองนสุวรรณ

ชื่อโครงการ	พอลิเมอร์ดูดน้ำต้นไม้ (The absorbent polymer for watering)
ชื่อนักเรียน	1. นางสาวบุษกร ลิขสิทธิ์พันธุ์ 2. นางสาวกริชฐา พวงทอง 3. นายณพล บุญทอง
ชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา	นางสาวสุทธีวรรณ เมืองนสุวรรณ
โรงเรียน	ยุพราชวิทยาลัย
ที่อยู่	238 ถนนพระปกเกล้า ตำบลศรีภูมิ อำเภอเมืองเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ 50200 โทรศัพท์ 053-418673-5 โทรสาร 053-241213
ระยะเวลาทำโครงการ	วันที่ 1 พฤศจิกายน 2563 - วันที่ 30 มิถุนายน 2564

บทคัดย่อ

โครงการเรื่อง พอลิเมอร์ดูดน้ำต้นไม้ มีวัตถุประสงค์เพื่อสังเคราะห์พอลิเมอร์อุ้มน้ำจากสารที่สามารถย่อยสลายได้ทางชีวภาพ ไม่สร้างมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม และเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ใบของต้นไม้ที่รดน้ำด้วยสารพอลิเมอร์อุ้มน้ำที่สังเคราะห์ขึ้น โดยได้สังเคราะห์พอลิเมอร์อุ้มน้ำจาก แป้งข้าวโพด สารพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ ผงวุ้น และสารโซเดียมโพลีอะคริเลต นำไปผสมกับน้ำแล้วนำไปผ่านความร้อน ซึ่งในตอนแรกพอลิเมอร์สังเคราะห์จะมีลักษณะเป็นของเหลวหนืด เมื่อเย็นตัวลงจะมีลักษณะคล้ายวุ้น จึงนำไปอบให้แห้งเพื่อป้องกันความชื้นซึ่งอาจทำให้เกิดเชื้อรา และสามารถเก็บไว้ใช้ได้นานขึ้น โดยนำพอลิเมอร์ที่ได้ไปแช่น้ำเป็นเวลา 8 ชั่วโมงก่อนใช้จริง และศึกษาการเปลี่ยนแปลงของต้นไม้หลังจากได้รับการรดน้ำโดยวิธีต่างกัน โดยบันทึกการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ใบของต้นไม้ที่นำสารพอลิเมอร์อุ้มน้ำใส่ไว้บนผิวดิน และ ต้นไม้ที่นำสารพอลิเมอร์อุ้มน้ำใส่ไว้ใต้ดิน พร้อมทำการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ใบของต้นไม้ที่รดน้ำทุกวัน และต้นไม้ที่รดน้ำในวันแรกเพียงครั้งเดียว พร้อมสังเกตบันทึกผลทุกวันเว้นวันเป็นระยะเวลา 42 วัน ผลการศึกษา พบว่า ค่าเฉลี่ยของร้อยละการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ใบของต้นไม้ที่รดน้ำทุกวัน ต้นไม้ที่นำสารพอลิเมอร์อุ้มน้ำใส่ไว้ใต้ดิน ต้นไม้ที่นำสารพอลิเมอร์อุ้มน้ำใส่ไว้บนผิวดิน และต้นไม้ที่รดน้ำในวันแรกเพียงครั้งเดียว เท่ากับ 107.5, 57.38, 38.90 และ 14.57 ตามลำดับ ต้นไม้ที่รดน้ำในวันแรกเพียงครั้งเดียว และ ต้นไม้ที่นำสารพอลิเมอร์อุ้มน้ำใส่ไว้บนผิวดิน มีอาการขาดน้ำและเหี่ยวตายในที่สุด ส่วนต้นไม้ที่นำสารพอลิเมอร์อุ้มน้ำใส่ไว้ใต้ดิน ใบมีความเหี่ยวเพียงเล็กน้อย และต้นไม้ที่รดน้ำทุกวันยังคงเจริญเติบโตอย่างต่อเนื่องจนถึงปัจจุบัน ดังนั้นพอลิเมอร์ที่สังเคราะห์ขึ้นจึงสามารถช่วยอุ้มน้ำได้ดีเมื่อนำไปใส่ไว้ในดิน สามารถช่วยแก้ปัญหาสำหรับเจ้าของต้นไม้ที่ไม่สามารถรดน้ำต้นไม้ในทุกๆวันได้

กิตติกรรมประกาศ

โครงการเรื่อง พอลิเมอร์รดน้ำต้นไม้ ประกอบด้วยกระบวนการดำเนินงานหลายขั้นตอน นับตั้งแต่การคิดปัญหาในการทำโครงการ การศึกษาหาข้อมูลและการรวบรวมข้อมูล การทำการทดลอง การวิเคราะห์ผลการทดลอง การสรุปผลการศึกษา ตลอดจนการจัดทำรูปเล่มรายงาน จนกระทั่งโครงการนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ตลอดระยะเวลาระหว่างการทำโครงการ คณะผู้จัดทำได้รับความช่วยเหลือ คำแนะนำและคำปรึกษาต่างๆ รวมถึงกำลังใจจากบุคคลหลายท่าน คณะผู้จัดทำตระหนักและซาบซึ้งในความกรุณาจากทุกท่านเป็นอย่างยิ่ง ณ โอกาสนี้ จึงขอขอบพระคุณทุกท่าน ดังต่อไปนี้

กราบขอบพระคุณ ท่านผู้อำนวยการ ธีปชัย วงษ์วรศรีโรจน์ ที่ให้ความอนุเคราะห์และในการช่วยเหลือสนับสนุนในการศึกษาและจัดทำโครงการและคุณครูในหมวดวิทยาศาสตร์โรงเรียนยุพราชวิทยาลัยทุกท่านที่คอยดูแลเอาใจใส่และให้คำปรึกษาเป็นอย่างดี

กราบขอบพระคุณ คุณครูสุทธีวรรณ เมื่องนสุวรรณ อาจารย์ที่ปรึกษาจากกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนยุพราชวิทยาลัยผู้ให้คำแนะนำและให้ความช่วยเหลืออย่างเมตตาในทุกๆด้าน ไม่ว่าจะเป็นการให้คำแนะนำทางด้านระเบียบวิธีการจัดทำโครงการตั้งแต่การสืบค้นเริ่มแรกในการทำโครงการ จนกระทั่งการจัดทำรูปเล่มโครงการ ทำให้โครงการนี้ประสบความสำเร็จ

ขอบขอบพระคุณ โครงการห้องเรียนพิเศษวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อม ที่ได้ให้ความช่วยเหลือ และสนับสนุนในการทำโครงการครั้งนี้

ขอบขอบพระคุณ โรงเรียนยุพราชวิทยาลัย สถาบันการศึกษาที่สนับสนุนการศึกษาหาความรู้ในการทำโครงการ รวมไปถึงทางด้านอุปกรณ์ และเครื่องมือต่างๆ จนโครงการสำเร็จไปด้วยดี

ท้ายที่สุด ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ และคุณแม่ผู้เป็นที่รัก ผู้ให้กำลังใจและให้การสนับสนุนโอกาสการศึกษาอันมีค่ายิ่ง และคณะผู้จัดทำหวังเป็นอย่างยิ่งว่า โครงการเหล่านี้จะเป็นประโยชน์แก่ผู้ที่สนใจศึกษาการทำพอลิเมอร์รดน้ำต้นไม้

คณะผู้จัดทำ

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ก
กิตติกรรมประกาศ	ข
สารบัญ	ค
สารบัญตาราง	ง
สารบัญรูปภาพ	จ
บทที่ 1 บทนำ	1
ที่มาและความสำคัญของโครงการ	
ขอบเขตของการศึกษา	
สมมติฐาน	
ตัวแปรที่ศึกษา	
นามเชิงปฏิบัติการ	
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการทดลอง	6
บทที่ 4 ผลการศึกษา	8
บทที่ 5 อภิปรายผลการศึกษา	13
บรรณานุกรม	14
ภาคผนวก	
ก ผลการศึกษา	15

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1 ตารางการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ไบนารีชั้นเงินชั้นทอง การทดลองที่ 1	9
ตารางที่ 2 ตารางการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ไบนารีชั้นเงินชั้นทอง การทดลองที่ 2	10
ตารางที่ 3 ตารางค่าเฉลี่ยร้อยละการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ไบนารี	12

สารบัญรูปภาพ

	หน้า
รูปที่ 1 ต้นช่อนเงินช่อนทอง	4
รูปที่ 2 แอปพลิเคชัน Petiole: Plant Leaf Area Meter	4
รูปที่ 3 Calibration Pad	4
รูปที่ 4 พอลิเมอร์ก่อนนำไปแช่น้ำเป็นเวลา 8 ชั่วโมง	8
รูปที่ 5 พอลิเมอร์หลังนำไปแช่น้ำเป็นเวลา 8 ชั่วโมง	8
รูปที่ 6 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ใบของต้นช่อนเงินช่อนทอง กับครั้งที่ทำการบันทึกผลการทดลองชุดที่ 1	11
รูปที่ 7 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ใบของต้นช่อนเงินช่อนทอง กับครั้งที่ทำการบันทึกผลการทดลองชุดที่ 2	11

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงการ

การปลูกต้นไม้ในบริเวณบ้าน ห้องทำงาน หรือตามมุมต่าง ๆ สามารถช่วยปรับคุณภาพอากาศในบริเวณนั้นๆ และสามารถเป็นจุดพักสายตาที่ดีหลังจากทำงานหรือใช้คอมพิวเตอร์เป็นเวลานานได้ ปัจจุบันผู้คนจึงนิยมซื้อต้นไม้ใส่ในกระถางขนาดเล็กหรือขนาดกลางมาวางบนโต๊ะทำงานหรือมุมใดมุมหนึ่งของบ้านมากขึ้น ซึ่งต้นไม้เหล่านั้นจะสวยงามและอยู่ได้นานจะต้องได้รับการดูแลเอาใจใส่โดยการรดน้ำอย่างสม่ำเสมอ หากละเลยต้นไม้อาจขาดน้ำและแห้งตายในที่สุด แต่ในบางกรณี เช่น ผู้ดูแลจำเป็นต้องไปทำธุระในที่ไกลๆเป็นเวลาหลายวันทำให้ไม่สามารถกลับมารดน้ำต้นไม้ได้ เมื่อกลับจากธุระ สภาพของต้นไม้ก็แย่เกินกว่าจะฟื้นฟูให้กลับมาเป็นดังเดิมได้ยาก

ดังนั้นคณะผู้จัดทำจึงนำความรู้ในสาขาวิชาชีววิทยา จัดทำโครงการเรื่อง “พอลิเมอร์รดน้ำต้นไม้ (Absorbent Polymer For Watering)” โดยจะสังเคราะห์สารพอลิเมอร์สำหรับรดน้ำต้นไม้ โดยไม่ใช้วิธีที่ยุ่งยาก เช่น การฉายรังสี โดยพอลิเมอร์สังเคราะห์นี้สามารถดูดซับน้ำได้เพื่อให้พืชคงทนอยู่ได้นานโดยไม่ต้องรดน้ำต้นไม้บ่อยๆ โดยผู้ใช้สามารถใช้พอลิเมอร์สังเคราะห์นี้รดน้ำต้นไม้ได้อย่างสะดวกและปลอดภัย รวมถึงไม่สร้างมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 สังเคราะห์พอลิเมอร์อุ้มน้ำจากสารที่สามารถย่อยสลายได้และไม่สร้างมลพิษ

1.2.2 เปรียบเทียบการรดน้ำต้นไม้โดยใช้สารพอลิเมอร์อุ้มน้ำ, การรดน้ำต้นไม้โดยวิธีปกติทั่วไป และต้นไม้ที่ไม่ได้รดน้ำ

1.3 ขอบเขตของการศึกษา

1.3.1 ระยะเวลาการทำการทดลอง วันที่ 1 พฤศจิกายน 2563 - วันที่ 30 มิถุนายน 2564

1.3.2 สถานที่ทำการทดลอง ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ โรงเรียนยุพราชวิทยาลัย

1.4 สมมติฐาน

ต้นไม้ที่ใช้สารพอลิเมอร์อุ้มน้ำในการรดน้ำจะมีการขาดน้ำเทียบเท่าหรือน้อยกว่าต้นไม้ที่รดน้ำด้วยวิธีปกติ และต้นไม้ที่ไม่ได้รดน้ำจะมีการขาดน้ำมากที่สุด

1.5 ตัวแปรที่ศึกษา

- 1.5.1 ตัวแปรต้น : การใช้พอลิเมอร์อุ้มน้ำในการรดน้ำต้นไม้, ตำแหน่งการวางพอลิเมอร์อุ้มน้ำ
- 1.5.2 ตัวแปรตาม : อาการขาดน้ำของต้นไม้ในแต่ละวัน โดยวัดจากพื้นที่ใบที่ลดลง
- 1.5.3 ตัวแปรควบคุม : สถานที่ทำการทดลอง, ปริมาณน้ำที่ผสมกับสารพอลิเมอร์อุ้มน้ำกับปริมาณน้ำที่รดต้นไม้, ต้นไม้ชนิดชนิดเดียวกัน 8 ต้น

1.6 นามเชิงปฏิบัติการ

- 1.6.1 ชนิดต้นไม้ที่ใช้ในการทดลอง : ต้นช่อนเงินช่อนทองปลูกในกระถางเล็ก
- 1.6.2 อาการขาดน้ำของต้นไม้ : ความเหี่ยว
- 1.6.3 ความเหี่ยว : พื้นที่ของใบลดลง

1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.7.1 ได้สังเคราะห์พอลิเมอร์อุ้มน้ำที่ย่อยสลายได้ตามธรรมชาติและในการรดน้ำได้
- 1.7.2 ได้ศึกษาเปรียบเทียบผลการรดน้ำต้นไม้โดยใช้สารพอลิเมอร์กับการรดน้ำต้นไม้ทุกวัน

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการจัดทำโครงการเรื่องพอลิเมอร์รดน้ำต้นไม้ คณะผู้จัดทำได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

2.1 พอลิเมอร์

พอลิเมอร์ (polymer) ความหมายของพอลิเมอร์นั้นก็มาจากรากศัพท์กรีกสำคัญ 2 คำ คือ *Poly* (จำนวนมาก) และ *Meros* (ส่วน หรือ หน่วย) พอลิเมอร์เป็นสารโมเลกุลขนาดใหญ่ (Macromolecule) พอลิเมอร์จะประกอบไปด้วยหน่วยซ้ำกัน (repeating unit) ของมอนอเมอร์ (Monomer) หลาย ๆ หน่วยมาทำปฏิกิริยากัน มอนอเมอร์นี้จัดเป็นสารโมเลกุลเล็ก (Micromolecule) ชนิดหนึ่ง พอลิเมอร์ที่ประกอบด้วยหน่วยย่อยหรือมอนอเมอร์ชนิดเดียวกันทั้งหมด จัดเป็นโฮโมพอลิเมอร์ (Homopolymer) แต่ถ้ามีมอนอเมอร์ต่างกันตั้งแต่ 1 ชนิดขึ้นไป จัดเป็นโคพอลิเมอร์ (Copolymer)

พอลิเมอร์มีทั้งที่เกิดขึ้นเองในธรรมชาติ (Natural polymer) และพอลิเมอร์สังเคราะห์ (Synthetic polymer) ตัวอย่างของ พอลิเมอร์ธรรมชาติ ได้แก่ แป้ง เซลลูโลส โปรตีน กรดนิวคลีอิก และยางธรรมชาติ ส่วนพอลิเมอร์สังเคราะห์ เช่น พลาสติก เส้นใย โฟม และกาว พอลิเมอร์ทั้งสองชนิดนี้เข้ามามีบทบาทมากในชีวิตประจำวัน เราต้องใช้ประโยชน์จากพอลิเมอร์ และพอลิเมอร์แต่ละชนิดมีสมบัติต่างกัน จึงนำหน้าที่หรือนำไปใช้งานที่ต่างกันได้

2.1.1 พอลิเมอร์อุ้มน้ำสำหรับการเกษตร

พอลิเมอร์อุ้มน้ำสำหรับการเกษตร คือ สารอะคริเลต อะคริลาไมด์ และโพลีแอตเซียม ใช้สำหรับการเกษตร เรียกอีกอย่างว่า ‘สารอุ้มน้ำ’ อุ้มน้ำได้ 200-400 เท่า (ขึ้นอยู่กับสภาพความเป็น กรด-ด่างของน้ำ) การนำพอลิเมอร์ที่อุ้มน้ำแล้วไปใส่ในหลุมต้นไม้ น้ำจากพอลิเมอร์ซึมสู่ดิน รากก็จะได้น้ำจากพอลิเมอร์ และเมื่อพื้นดินได้รับน้ำเพิ่ม พอลิเมอร์จะดูดน้ำเก็บไว้ใช้เมื่อพื้นดินแห้ง จึงทำให้พื้นดินมีความชุ่มชื้นตลอดเวลา สามารถลดอัตราการตายของต้นไม้ได้

2.2 สารที่ใช้ในงานวิจัย

2.2.1 สารโซเดียม พอลิอะคริเลต (Sodium Polyacrylate)

โซเดียมโพลีอะคริเลต เป็นพอลิเมอร์เคมีที่ประกอบด้วยสายโซ่ของสารประกอบอะคริเลต ประกอบด้วยโซเดียม ซึ่งช่วยให้ดูดซับน้ำปริมาณมากได้ โซเดียมโพลีอะคริเลตมีคุณสมบัติทางกลที่ดี และยังมีความเสถียรทางกลที่ดี ทนความร้อนสูง และความชุ่มชื้นสูง มีการใช้เป็นสารเติมแต่งสำหรับผลิตภัณฑ์อาหาร เช่น ขนมอบแห้ง น้ำผลไม้ และไอศกรีม

2.2.2 พอลิไวนิลแอลกอฮอล์ (Polyvinyl Alcohol)

เป็นเทอร์โมพลาสติกที่มีคุณสมบัติพิเศษที่สามารถย่อยสลายได้ทางชีวภาพและสามารถละลายในน้ำได้ ทั้งยังไม่มีสารพิษ ไม่มีกลิ่น โพลีไวนิลแอลกอฮอล์มีคุณสมบัติในการสร้างฟิล์มความสามารถในการละลายและการยึดเกาะของของเหลวที่ดีเยี่ยม (เป็นกาว) ยังทนต่อการกัดกร่อนของน้ำมันสารหล่อลื่นชนิดหนา และตัวทำละลายด้วย พอลิไวนิลแอลกอฮอล์มีความแข็งแรงดึงและความยืดหยุ่นสูง รวมทั้งมีปริมาณออกซิเจนสูงและคุณสมบัติป้องกันการระเหย อย่างไรก็ตามคุณสมบัติดังกล่าวขึ้นอยู่กับปริมาณความชื้น ถ้าความชื้นสูงก็จะยิ่งดูดซึมน้ำได้มาก พอลิไวนิลแอลกอฮอล์สามารถย่อยสลายได้เร็ว และสามารถย่อยสลายได้ด้วยวิธีทางชีวภาพโดยมีจุลินทรีย์ที่ 230 ° C และที่ 180-190 ° C

2.3 ต้นไม้ที่ใช้ในงานวิจัย



รูปที่ 1 ต้นช้อนเงินช้อนทอง

2.3.1 ชีวิตวิทยาและนิเวศวิทยาของ “ต้นช้อนเงินช้อนทอง”

ชื่อพื้นเมือง : ช้อนเงินช้อนทอง

ชื่อสามัญ : Banyan Tree

ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Ficus annulata*

วงศ์ : Moraceae

2.3.2 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของ “ต้นช้อนเงินช้อนทอง”

ไทรใบช้อนเงินช้อนทอง ใบมีลักษณะคล้ายช้อน จึงเรียกว่า "ไทรใบช้อนเงินช้อนทอง" ขนาดพุ่มจะโตช้ากว่าไทรญี่ปุ่น แต่พุ่มจะแน่นกว่าเนื่องจากใบมีขนาดเล็กกว่า เป็นต้นไม้แบบเลื้อยยอดขนาดโตจึงไม่เพิ่มขนาดแล้ว ทั้งความสูงและความหนาจะเท่าเดิมมีเพียงพุ่มเท่านั้นที่จะเพิ่มขนาดขึ้น

2.4 แอปพลิเคชันที่ใช้การทดลอง



รูปที่ 2 แอปพลิเคชัน Petiole: Plant Leaf Area Meter



รูปที่ 3 Calibration Pad

2.4.1 คุณสมบัติของแอปพลิเคชัน

สามารถวัดพื้นที่ของใบไม้ โดยใช้อัตราส่วนตาม Calibration Pad รวมถึงบันทึกข้อมูลและดูการเปรียบเทียบ เป็นแอปพลิเคชันที่สามารถช่วยเกษตรกรหลายคนเลือกเมล็ดพันธุ์ รวมถึงนักชีววิทยานิเวศวิทยา นักเคมีเกษตรและผู้คนอีกมากมายในการทำวิจัยการทดสอบปุ๋ยชีวภาพหรือสารเคมีอื่นๆ สำหรับพืช และช่วยให้ทำความเข้าใจเกี่ยวกับพืชได้ดียิ่งขึ้น

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.5.1 พอลิเมอร์ธรรมชาติจาก “มันสำปะหลัง”

พิริยธร และคณะ (2558) ได้สร้างนวัตกรรมพอลิเมอร์ดูดซึมน้ำสูง โดยใช้รังสีแกมมาเหนี่ยวนำให้เกิดปฏิกิริยากราฟต์พอลิเมอร์เซชันของพอลิอะคริลิกแอซิด ซึ่งอยู่บนสายโซ่ของแป้งมันสำปะหลัง ทำให้แป้งมันสำปะหลังสามารถดูดซับน้ำและเก็บน้ำได้ในปริมาณที่มาก และสามารถให้น้ำแพร่ผ่านเยื่อของเจลในลักษณะของไอน้ำและความชื้น เปรียบเสมือนเป็นแหล่งกักเก็บน้ำให้กับพืช ทำให้ลดปริมาณการใช้น้ำในการทำการเกษตร สามารถย่อยสลายได้ง่ายโดยธรรมชาติ เพราะผลิตจากธรรมชาติ

กานต์ตะวัน และคณะ (2555) สังเคราะห์พอลิเมอร์ดูดน้ำมาจากเครือหมาน้อย หมากจอบและแป้งมันสำปะหลังซึ่งเป็นพืชธรรมชาติในท้องถิ่น งานวิจัยได้ศึกษาปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อการสังเคราะห์พอลิเมอร์เพื่อให้ดูดน้ำได้ในปริมาณมากที่สุด ได้แก่ ปริมาณเครือหมาน้อย อุณหภูมิของการเกิดปฏิกิริยา ปริมาณความเข้มข้นของสารต่างๆ และเวลาของขั้นตอนปฏิกิริยากับเบส พอลิเมอร์ที่สังเคราะห์ขึ้นนี้สามารถนำไปใช้แทนดินวิทยาศาสตร์ ผ้าอ้อมสำหรับเด็ก ซึ่งมีราคาสูงและไม่สามารถย่อยสลายได้ทางชีวภาพ

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการทดลอง

3.1 วัสดุ อุปกรณ์ ที่ใช้ในการทดลอง

- | | |
|-----------------------------------|-----------------------------|
| 1. แป้งข้าวโพด 5 กรัม | 7. ตู้อบ 1 ตู้ |
| 2. น้ำ 510 มิลลิลิตร | 8. ปีกเกอร์ 6 อัน |
| 3. สารพอลิไวนิล แอลกอฮอล์ 10 กรัม | 9. เครื่องชั่งสาร 1 เครื่อง |
| 4. สารโซเดียมโพลิอะคริเลต 2 กรัม | 10. แท่งแก้วคนสาร 1 อัน |
| 5. ผงวุ้น 3 กรัม | 11. เขือกสแตนเลส 1 เขือก |
| 6. เตาไฟฟ้า 1 เครื่อง | 12. ผ้าขาวบาง 1 ผืน |

3.2 ขั้นตอนการดำเนินงาน

3.2.1 การเตรียมพอลิเมอร์อุ่นน้ำ

1. เตรียมแป้งข้าวโพด 5 กรัมผสมกับน้ำ 10 มิลลิลิตร น้ำ 200 มิลลิลิตร สารพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ 10 กรัม ผงวุ้น 3 กรัมและสารโซเดียมโพลิอะคริเลต 2 กรัมในปีกเกอร์แต่ละอัน
2. ตั้งเตาไฟฟ้า นำน้ำ 200 มิลลิลิตรใส่ในเขือกสแตนเลสรองจนเดือด แล้วจึงนำผงวุ้นและสารพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ใส่ลงไปตามลำดับจนให้สารทั้งหมดให้ละลาย จากนั้นจึงนำแป้งข้าวโพดผสมน้ำใส่ลงไปคนให้ละลายเข้ากันทั้งหมด
3. นำสารลงจากเตา แล้วกรองลงในปีกเกอร์โดยใช้ผ้าขาวบาง
4. นำสารโซเดียมโพลิอะคริเลต 2 กรัมผสมน้ำ 300 มิลลิลิตร แล้วเทในปีกเกอร์ข้อที่ 3 คนให้สารทั้งสองผสมกัน
5. เทสารที่กรองเสร็จแล้วลงในภาชนะสำหรับอบที่จัดเตรียมไว้โดยการวางฟรอยรองตรงก้นภาชนะ จากนั้นพักสารไว้เป็นเวลา 1 วัน
6. นำไปอบในอุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง เมื่ออบเสร็จให้นำออกจากเตาอบแล้วรอให้สารมีอุณหภูมิลดลง จากนั้นแกะสารออกจากฟรอยแล้วตัดให้เป็นชิ้นเท่าๆกัน
7. นำสารที่ตัดเสร็จแล้วแช่น้ำทิ้งไว้ 8 ชั่วโมง

3.2.2 การทดลองใช้พอลิเมอร์อุ้มน้ำ

1. เตรียมดินชั้นดินชั้นรอง 2 กลุ่ม กลุ่มละ 4 ต้น
2. ดูแลต้นไม้แต่ละกลุ่ม ดังนี้
 - ต้นที่ 1 : รดน้ำปริมาณ 25 มิลลิลิตรทุกวัน
 - ต้นที่ 2 : นำพอลิเมอร์อุ้มน้ำปริมาณ 12 กรัม ใส่ไว้บนผิวดิน
 - ต้นที่ 3 : นำพอลิเมอร์อุ้มน้ำปริมาณ 12 กรัม ใส่ไว้ใต้ดิน
 - ต้นที่ 4 : รดน้ำปริมาณ 25 มิลลิลิตรครั้งเดียว
3. ปล่อยต้นไม้กลุ่มที่ 2, 3 และ 4 ไว้ โดยไม่ต้องรดน้ำซ้ำ พร้อมสังเกตและบันทึกการเปลี่ยนแปลงของต้นไม้แต่ละกลุ่มวันเว้นวันเป็นเวลา 42 วัน

3.3.3 การวัดพื้นที่ใบโดยใช้แอปพลิเคชัน Petiole: Plant Leaf Area Meter

1. เปิดแอปพลิเคชันบนมือถือ
2. ดาวน์โหลดและสั่งพิมพ์ Calibration Pad ที่ทางแอปพลิเคชันส่งมาในอีเมล
3. กดเครื่องหมาย “+” เพื่อจะทำการวัดพื้นที่ใบ
4. วาง Calibration Pad (รูปที่ 3) หน้ากล้องโทรศัพท์มือถือที่อยู่นิ่ง
5. กดเครื่องหมาย “+” อีกครั้งเพื่อให้กล้องสามารถวัดขนาดได้ตามอัตราส่วนของ Calibration Pad
6. เมื่อมีการแจ้งเตือนว่ากล้องสามารถวัดขนาดได้ตามอัตราส่วนของ Calibration Pad แล้ว ให้กด “Measure Leaf” และนำ Calibration Pad ออกจากหน้ากล้องโทรศัพท์มือถือ
7. นำใบไม้ที่ต้องการวัดพื้นที่มาวางไว้หน้ากล้องโทรศัพท์มือถือ
8. กดเครื่องหมาย “+” ครั้งสุดท้ายเพื่อบันทึกพื้นที่ของใบไม้

บทที่ 4

ผลการศึกษา

จากการศึกษาเรื่องพอลิเมอร์ร่น้ำต้นไม้สามารถนำไปใช้กับต้นไม้เพื่อให้ต้นไม้คงทนอยู่ได้นาน โดยไม่ต้องรดน้ำบ่อยๆ ทั้งยังสะดวกและปลอดภัยรวมถึงไม่สร้างมลพิษ มีผลการศึกษา ดังนี้

4.1 ผลการเตรียมพอลิเมอร์อุ้มน้ำและการทดลองใช้พอลิเมอร์อุ้มน้ำ

พอลิเมอร์ที่สังเคราะห์ขึ้นมีลักษณะเป็นแผ่นบางหลังจากอบเสร็จ หลังจากนั้นพอลิเมอร์สังเคราะห์แช่น้ำเป็นเวลา 8 ชั่วโมงก่อนนำไปใช้ พบว่าพอลิเมอร์สังเคราะห์จะมีลักษณะพองขึ้นและอุ้มน้ำ เนื่องจากพอลิเมอร์ดูดซับน้ำเอาไว้ภายในโครงสร้าง



รูปที่ 4 พอลิเมอร์สังเคราะห์ก่อนนำไป
แช่น้ำเป็นเวลา 8 ชั่วโมง



รูปที่ 5 พอลิเมอร์สังเคราะห์หลังนำไป
แช่น้ำเป็นเวลา 8 ชั่วโมง

4.2 ตารางแสดงผลการทดลองใช้พอลิเมอร์อุ้มน้ำ

4.2.1 ตารางการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ใบต้นช่อนเงินช่อนทอง การทดลองที่ 1

การเก็บผลครั้งที่	พื้นที่ใบของต้นไม้ (ตารางเซนติเมตร)					การเก็บผลครั้งที่	พื้นที่ใบของต้นไม้ (ตารางเซนติเมตร)			
	ต้นที่1	ต้นที่2	ต้นที่3	ต้นที่4			ต้นที่1	ต้นที่2	ต้นที่3	ต้นที่4
1	6	8.8	6.3	8.7		12	6.3	7.1	3.8	5
2	6.1	8.8	6.3	8.6		13	6.4	7	3.7	4.6
3	6	8.7	6.2	8.4		14	6.4	7	3.7	4.5
4	6.1	8.7	5.9	8		15	6.5	6.9	3.6	1.4
5	6.1	8.7	5.8	7.4		16	6.4	6.8	3.7	1.4
6	6.2	8.6	5.8	7.3		17	6.5	6.7	3.6	1.3
7	6.2	8.6	5.6	7.2		18	6.5	6.4	3.6	1.3
8	6.3	8.2	5.3	7.1		19	6.5	5	3.5	1.3
9	6.3	7.9	4.6	6.6		20	6.6	3.4	3.5	1.3
10	6.3	7.4	4.4	6.3		21	6.6	3.2	3.5	1.3
11	6.2	7.2	4.2	5.8						

ตารางที่ 1 ตารางการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ใบต้นช่อนเงินช่อนทอง การทดลองที่ 1

จากตารางที่ 1 ผลการทดลองชุดที่ 1 พบว่าต้นไม้ต้นที่ 1 ซึ่งรดน้ำทุกวันมีพื้นที่ใบเพิ่มขึ้นจาก 6 ตารางเซนติเมตรเป็น 6.6 ตารางเซนติเมตร ในระยะเวลา 42 วัน ในขณะที่ต้นไม้ต้นที่ 2, 3 และ 4 มีขนาดใบที่ลดลงเรื่อยๆ โดยเฉพาะต้นไม้ต้นที่ 4 ซึ่งรดน้ำในวันแรกเพียงครั้งเดียว มีพื้นที่ใบลดลงจาก 8.7 ตารางเซนติเมตรจนเหลือเพียง 1.3 ตารางเซนติเมตร เมื่อเวลาผ่านไป 42 วัน

4.2.1 ตารางการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ใบต้นช่อนเงินช่อนทอง การทดลองที่ 2

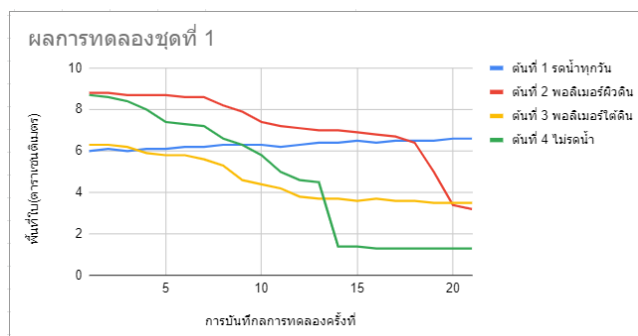
การเก็บผลครั้งที่	พื้นที่ใบของต้นไม้ (ตารางเซนติเมตร)					การเก็บผลครั้งที่	พื้นที่ใบของต้นไม้ (ตารางเซนติเมตร)			
	ต้นที่1	ต้นที่2	ต้นที่3	ต้นที่4			ต้นที่1	ต้นที่2	ต้นที่3	ต้นที่4
1	14	14	12.5	17.6		12	14.4	11.8	7.8	10.5
2	14	14	12.5	17.7		13	14.5	11.6	7.8	5.6
3	14.1	13.9	11.4	16		14	14.5	11.3	7.7	2.7
4	14	13.9	11.3	15.3		15	14.5	10.5	7.6	2.4
5	14.2	13.8	11.1	15.2		16	14.6	10	7.7	2.5
6	14.3	13.7	10.9	15		17	14.5	9.1	7.6	2.5
7	14.2	13.7	10.9	14.3		18	14.6	8.7	7.5	2.5
8	14.3	13.3	10.7	13.5		19	14.6	7.1	7.5	2.5
9	14.3	12.9	10.1	12.5		20	14.6	6	7.4	2.5
10	14.4	12.5	9.9	10.6		21	14.7	5.8	7.4	2.5
11	14.3	12.3	8.1	10.5						

ตารางที่ 2 ตารางการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ใบต้นช่อนเงินช่อนทอง การทดลองที่ 2

จากตารางที่ 2 ผลการทดลองชุดที่ 2 พบว่าต้นไม้ต้นที่ 1 ซึ่งรดน้ำทุกวันมีพื้นที่ใบเพิ่มขึ้นจาก 14 ตารางเซนติเมตรเป็น 14.7 ตารางเซนติเมตร ในระยะเวลา 42 วัน ในขณะที่ต้นไม้ต้นที่ 2, 3 และ 4 มีขนาดใบที่ลดลงเรื่อยๆ โดยเฉพาะต้นไม้ต้นที่ 4 ซึ่งรดน้ำในวันแรกเพียงครั้งเดียว มีพื้นที่ใบลดลงจาก 17.6 ตารางเซนติเมตรจนเหลือเพียง 2.5 ตารางเซนติเมตรเมื่อเวลาผ่านไป 42 วัน

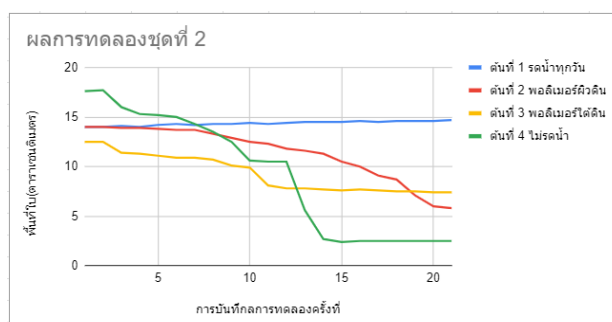
4.3 กราฟแสดงผลการทดลองใช้พอลิเมอร์อุ้มน้ำ

4.3.1 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ใบของต้นช้อนเงินช้อนทองกับครั้งที่ทำการบันทึกผลการทดลองชุดที่ 1



รูปที่ 6 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ใบของต้นช้อนเงินช้อนทองกับครั้งที่ทำการบันทึกผลการทดลองชุดที่ 1

4.3.2 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ใบของต้นช้อนเงินช้อนทองกับครั้งที่ทำการบันทึกผลการทดลองครั้งที่ 2



รูปที่ 7 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ใบของต้นช้อนเงินช้อนทองกับครั้งที่ทำการบันทึกผลการทดลองชุดที่ 2

4.4 ตารางค่าเฉลี่ยร้อยละการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ใบ

การเก็บผลครั้งที่	ค่าเฉลี่ยร้อยละการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ใบ					การเก็บผลครั้งที่	ค่าเฉลี่ยร้อยละการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ใบ			
	ต้นที่1	ต้นที่2	ต้นที่3	ต้นที่4			ต้นที่1	ต้นที่2	ต้นที่3	ต้นที่4
1	100	100	100	100		12	103.93	82.48	61.36	58.56
2	100.83	100	100	99.71		13	105.12	81.2	60.56	42.35
3	100.35	99.07	94.81	93.73		14	105.12	80.13	60.16	33.53
4	100.83	99.07	92.02	89.44		15	105.95	76.4	60.16	15.14
5	101.55	98.72	90.43	85.71		16	105.48	74.35	58.97	14.57
6	102.74	97.79	89.63	84.57		17	105.95	70.57	58.97	14.57
7	102.38	97.79	88.04	82		18	106.31	67.44	58.57	14.57
8	103.57	94.09	87.24	79.16		19	106.31	53.77	57.78	14.57
9	103.57	90.96	82.46	73.44		20	107.14	40.75	57.38	14.57
10	103.93	86.69	74.52	66.32		21	107.5	38.9	57.38	14.57
11	102.74	84.84	65.73	63.16						

ตารางที่ 3 ตารางค่าเฉลี่ยร้อยละการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ใบ

จากตารางที่ 3 พบว่าค่าเฉลี่ยร้อยละการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ใบตลอดระยะเวลาที่ทำการบันทึกผลการทดลองทั้งหมดเป็นเวลา 42 วันของต้นไม้ที่รดน้ำทุกวัน ต้นไม้ที่วางพอลิเมอร์ไว้บนดิน ต้นไม้ที่ใช้พอลิเมอร์ไว้ใต้ดิน และต้นไม้ที่ไม่ได้ใช้พอลิเมอร์ในการรดน้ำ เท่ากับ 107.5, 38.9, 57.38 และ 14.57 ตามลำดับ

บทที่ 5

อภิปรายผลการศึกษา

ในการศึกษาเรื่องพอลิเมอร์รดน้ำต้นไม้ คณะผู้จัดทำได้สรุปผลการศึกษาได้ดังนี้

5.1 อภิปรายผลการดำเนินงาน

จากผลการทดลองพบว่า ต้นไม้ที่มีอาการขาดน้ำมากที่สุดคือต้นไม้ที่รดน้ำในวันแรกเพียงครั้งเดียว และต้นไม้ที่ใช้สารพอลิเมอร์อุ้มน้ำบนผิวดิน และต้นไม้ที่ใช้สารพอลิเมอร์อุ้มน้ำใต้ดินตามลำดับ ส่วนต้นไม้ที่รดน้ำวันละ 2 ครั้งทุกวัน ยังมีชีวิตอยู่และยังเจริญเติบโตอย่างต่อเนื่องถึงปัจจุบัน โดยมีค่าเฉลี่ยร้อยละการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ใบ ของต้นไม้ที่รดน้ำทุกวันเท่ากับ 107.5 แสดงว่าต้นไม้มีการเจริญเติบโตมากขึ้น เพราะได้รับน้ำอย่างเพียงพอ ในขณะที่ต้นไม้ที่นำสารพอลิเมอร์อุ้มน้ำใส่ไว้ใต้ดิน มีค่าเฉลี่ยร้อยละการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ใบเท่ากับ 57.38 จะพบว่าต้นไม้มีความเหี่ยวเล็กน้อย แสดงว่าพอลิเมอร์อุ้มน้ำที่ใส่ไว้ใต้ดิน สามารถช่วยรักษาความชื้นในดินได้ และต้นไม้ที่นำสารพอลิเมอร์อุ้มน้ำใส่ไว้บนผิวดิน และต้นไม้ที่รดน้ำในวันแรกเพียงครั้งเดียว มีค่าเฉลี่ยร้อยละการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ใบเท่ากับ 38.9 และ 14.57 ตามลำดับ ซึ่งทั้ง 2 ต้นมีอาการขาดน้ำและแห้งตาย จะเห็นได้ว่าการใส่พอลิเมอร์อุ้มน้ำไว้บนผิวดิน สามารถอุ้มน้ำไว้ในระยะเวลาที่น้อยกว่า การใส่พอลิเมอร์อุ้มน้ำไว้ใต้ดิน จึงแสดงผลให้ต้นไม้ที่ใส่พอลิเมอร์อุ้มน้ำไว้บนผิวดินขาดน้ำและแห้งตายไปในที่สุด ผลการสังเคราะห์พอลิเมอร์จึงสอดคล้องกับการศึกษาของ ดร.พิริยาธร และคณะ(2558) เนื่องจากพอลิเมอร์สามารถดูดซับน้ำและเก็บน้ำได้ และสามารถให้น้ำแพร่ผ่านเยื่อของแผ่นพอลิเมอร์ได้ เปรียบเสมือนเป็นแหล่งกักเก็บน้ำให้กับพืช

5.2 สรุปผลการดำเนินงาน

จากการศึกษาพบว่า พอลิเมอร์ที่สังเคราะห์ขึ้นนั้นสามารถช่วยอุ้มน้ำได้จริง จากค่าเฉลี่ยร้อยละการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ใบจากตารางที่ 3 ทำให้เห็นว่าควรวางพอลิเมอร์ไว้ใต้ดินจึงจะให้ผลดีที่สุดรองลงมาจากการรดน้ำทุกวัน ส่วนต้นไม้ที่มีอาการขาดน้ำและแห้งตาย คือ ต้นไม้ที่รดน้ำในวันแรกเพียงครั้งเดียวและต้นไม้ที่นำสารพอลิเมอร์อุ้มน้ำใส่ไว้บนผิวดิน ตามลำดับ ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐาน

ทั้งนี้ การดำเนินงานโครงงานวิทยาศาสตร์เรื่อง พอลิเมอร์รดน้ำต้นไม้ (The absorbent polymer for watering) บรรลุวัตถุประสงค์ที่ได้กำหนดไว้ โดยสามารถสังเคราะห์พอลิเมอร์อุ้มน้ำจากสารที่ปลอดภัยสามารถย่อยสลายตามธรรมชาติได้และไม่สร้างมลพิษ และการทำโครงงานครั้งนี้ทำให้รู้จักการนำวัสดุอุปกรณ์มาใช้ให้เกิดประโยชน์โดยสร้างสรรค์ผลิตภัณฑ์ที่สามารถสร้างรายได้ อีกทั้งมีขั้นตอนการทำที่ไม่ยุ่งยากซับซ้อนเกินไป สามารถนำความรู้ไปปรับใช้ และสามารถนำไปสร้างรายได้ให้กับตนเองได้อีกด้วย

บรรณานุกรม

กรุงเทพธุรกิจ. (2560). **พอลิเมอร์อุ้มน้ำเพื่อการเกษตร**. สืบค้นข้อมูลเมื่อ 22 มกราคม 2564,

จาก <https://www.bangkokbiznews.com/news/detail/594016>

wikipedia. (2562). **พอลิเมอร์**. สืบค้นข้อมูล เมื่อ 18 กุมภาพันธ์ 2564, จาก <https://th.wikipedia.org/wiki/%E0%B8%9E%E0%B8%AD%E0%B8%A5%E0%B8%B4%E0%B9%80%E0%B8%A1%E0%B8%AD%E0%B8%A3%E0%B9%8C>

org/wiki/%E0%B8%9E%E0%B8%AD%E0%B8%A5%E0%B8%B4%E0%B9%80%E0%B8%A1%E0%B8%AD%E0%B8%A3%E0%B9%8C

พิริยธร สุวรรณมาลา, เกศินี เหมวิเชียร, Hiroyuki Hoshina, Noriaki Seko และ Masao Tamada. **ตัวดูดซับโลหะชนิดใหม่เตรียมโดยการใช้ล่ออิเล็กตรอนเหนี่ยวนำปฏิกิริยา การเกิดพอลิเมอร์แบบต่อเนื่อง** (รายงานผลการวิจัย). นครนายก : สถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน)

กานต์ตะวัน วุฒิสเตลา, ชัยชนะ โททอง, วริษฐา จันทะแสง และ รุ่งนภา เหมแดง. การสังเคราะห์พอลิเมอร์ดูดซึมน้ำมากที่ย่อยสลายตัวได้ทางชีวภาพจากพืชท้องถิ่นสำหรับใช้ในหลักสูตรท้องถิ่น (รายงานผลการวิจัย). อุบลราชธานี : คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

wikipang. (2563). **โซเดียมโพลีอะคริเลต**. สืบค้นข้อมูลเมื่อ 3 มีนาคม 2564, จาก https://wikipang.com/wiki/Sodium_polyacrylate?fbclid=IwAR2ghYJX-vSZNEJMQeVyUuPNHe-vLRqfZUGnbr7YvNChifeik0uYoHnqtCQ

com/wiki/Sodium_polyacrylate?fbclid=IwAR2ghYJX-vSZNEJMQeVyUuPNHe-vLRqfZUGnbr7YvNChifeik0uYoHnqtCQ

KC.Krungthepchemi. (2559). **polyvinyl alcohol (PVA) / โพลีไวนิลแอลกอฮอล์**. สืบค้นข้อมูลเมื่อ 3

มีนาคม 2564, จาก https://www.lazada.co.th/products/polyvinyl-alcohol-pva-1-kg-i397384785-s771954842.html?dsouce=share&laz_share_info=207950953_5_100_100035519368_197805290_nul&laz_token=bf7e7db22fa7b127fb156b02c6fe8912&exlaz=e_iqeJxmuQOjPGip8qo24MCSTeQCjDld4siVQ4kY1ODqrCXvTKdNAtBb55%2BgLiSkmNnXkPoNuoMIIPR8IEI%2FLi1U0sC6tUOx2TD3WnASIAS1Y%3D&sub_aff_id=social_share&sub_id2=207950953&sub_id3=100035519368&sub_id6=CPI_EXLAZ

ช้อนเงิน-ช้อนทองราคาถูก ส่งทั่วชลบุรี. (2562). **ช้อนเงินช้อนทอง**. สืบค้นข้อมูลเมื่อ 3 มีนาคม 2564,

















จาก <https://www.facebook.com/824513261282719/posts/825015821232463/>

















Petiole LTD. (2564). สืบค้นเมื่อ 25 กรกฎาคม 2564, <https://apkamp.com/th/com.petioleapp.petiole>

















ภาคผนวก

















ภาคผนวกที่ ก : ผลการทดลอง



















ตารางที่ ก.1 รูปภาพแสดงการเปลี่ยนแปลงของต้นช้อนเงินช้อนทองในการบันทึกผลแต่ละครั้ง

สังเกตการเปลี่ยนแปลง	การทดลอง	รูปภาพจากด้านหน้า	รูปภาพจากด้านบน
ครั้งที่ 1 วันที่ 04/06/2564	1		
	2		
ครั้งที่ 2 วันที่ 06/06/2564	1		
	2		
ครั้งที่ 3 วันที่ 08/06/2564	1		
	2		
ครั้งที่ 4 วันที่ 10/06/2564	1		
	2		

สังเกตการเปลี่ยนแปลง	การทดลอง	รูปภาพจากด้านหน้า	รูปภาพจากด้านบน
<p>ครั้งที่ 5</p> <p>วันที่ 12/06/2564</p>	1		
	2		
<p>ครั้งที่ 6</p> <p>วันที่ 14/06/2564</p>	1		
	2		
<p>ครั้งที่ 7</p> <p>วันที่ 16/06/2564</p>	1		
	2		
<p>ครั้งที่ 8</p> <p>วันที่ 18/06/2564</p>	1		
	2		

สังเกตการเปลี่ยนแปลง	การทดลอง	รูปภาพจากด้านหน้า	รูปภาพจากด้านบน
<p>ครั้งที่ 9</p> <p>วันที่ 20/06/2564</p>	1		
	2		
<p>ครั้งที่ 10</p> <p>วันที่ 22/06/2564</p>	1		
	2		
<p>ครั้งที่ 11</p> <p>วันที่ 24/06/2564</p>	1		
	2		
<p>ครั้งที่ 12</p> <p>วันที่ 26/06/2564</p>	1		
	2		

สังเกตการเปลี่ยนแปลง	การทดลอง	รูปภาพจากด้านหน้า	รูปภาพจากด้านบน
<p>ครั้งที่ 13</p> <p>วันที่ 28/06/2564</p>	1		
	2		
<p>ครั้งที่ 14</p> <p>วันที่ 30/06/2564</p>	1		
	2		
<p>ครั้งที่ 15</p> <p>วันที่ 02/07/2564</p>	1		
	2		
<p>ครั้งที่ 16</p> <p>วันที่ 04/07/2564</p>	1		
	2		

สังเกตการเปลี่ยนแปลง	การทดลอง	รูปภาพจากด้านหน้า	รูปภาพจากด้านบน
<p>ครั้งที่ 17</p> <p>วันที่ 06/07/2564</p>	1		
	2		
<p>ครั้งที่ 18</p> <p>วันที่ 08/07/2564</p>	1		
	2		
<p>ครั้งที่ 19</p> <p>วันที่ 10/07/2564</p>	1		
	2		
<p>ครั้งที่ 20</p> <p>วันที่ 12/07/2564</p>	1		
	2		
<p>ครั้งที่ 21</p> <p>วันที่ 14/07/2564</p>	1		
	2	