



รายงานฉบับสมบูรณ์

เรื่อง

การพัฒนาการผลิต ฤงเพาะ ฤงปลูก และพลาสติกคลุมดินจากพลาสติกย่อยสลายได้ทางชีวภาพ
ในระดับ up scale และการประยุกต์ใช้สำหรับพื้นที่ปลูกทางการเกษตรในประเทศไทย
สัญญาเลขที่ RDG5720014

หัวหน้าโครงการ	ผศ.ดร.อุทัย วิชัย	ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
นักวิจัยร่วมโครงการ	รศ.ดร.เมธา รัตนกรพิทักษ์	ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
	ดร.อัญชัญ ชมพูปวง	มูลนิธิโครงการหลวง
	ดร.วันเพ็ญ โลหะเจริญ	มูลนิธิโครงการหลวง
	อ.กรุง สิตะธนี	ศูนย์วิจัยพืชผักเขตร้อน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กำแพงแสน
	ดร.สิริกุล วะสี	ศูนย์วิจัยพืชผักเขตร้อน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กำแพงแสน
	รศ.ดร.ชวลิต ฮงประยูร	ภาควิชาปฐพีวิทยา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กำแพงแสน

สนับสนุนโดยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย และ บริษัท พีทีที โกลบอล เคมิคอล จำกัด (มหาชน)

Executive Summary

ปัจจุบันการใช้พลาสติกที่ผลิตจากปิโตรเลียม มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็วตามความเจริญและก้าวหน้าทางเทคโนโลยี ส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของขยะพลาสติกที่ต้องใช้ระยะเวลาในการเสื่อมสายนานกว่า 100 ปี แม้ว่าปัจจุบันได้มีความพยายามที่จะนำพลาสติกที่ผลิตจากปิโตรเลียมที่ผ่านการใช้แล้วบางส่วนกลับมาใช้ใหม่ (reuse) หรือนำมาผ่านกระบวนการผลิตใหม่ (recycle) แต่กระบวนการดังกล่าวมีราคาแพง และยังคงปลดปล่อยมลพิษออกสู่สภาพแวดล้อม ส่งผลต่อการกระตุ้นการเกิดภาวะโลกร้อน

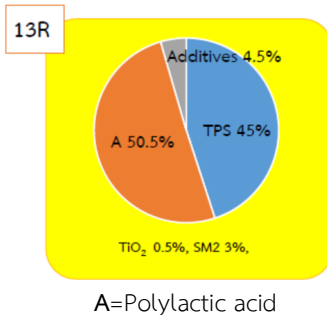
จากข้อมูลดังกล่าว ทางบริษัท พีทีที โกลบอล เคมิคอล จำกัด มหาชน และ สำนักงานกองทุนสนับสนุนงานวิจัย ได้ร่วมกันพัฒนางานวิจัยด้าน bioplastic เพื่อการเกษตรขึ้น โดยมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อพัฒนาถุงเพาะกล้า ถุงปลูกพืช และ แผ่นฟิล์มพลาสติกคลุมดินที่นอกจากจะสามารถย่อยสลายได้ตามระยะเวลาที่กำหนดโดยไม่กระทบต่อการเจริญเติบโตของต้นกล้าและพืช แล้วยังสามารถเสื่อมสลายได้เร็วกว่าพลาสติกที่ผลิตจากปิโตรเลียม ทั้งนี้ ถุงเพาะกล้า ถุงปลูก และพลาสติกคลุมดินย่อยสลายที่พัฒนาขึ้นนี้ มีส่วนประกอบของพอลิเมอร์ชีวภาพทั้งหมด ซึ่งในการวิจัยนี้จะทำการผสมพอลิแลคติกแอซิด (poly(lactic acid), PLA) ทดแทน พอลิเอทิลีน และยังคงมีแป้งเป็นองค์ประกอบหลักเพื่อให้มีคุณสมบัติที่สามารถเสื่อมสลาย หรือ ย่อยสลายได้ ในระยะเวลาอันรวดเร็วโดยงานวิจัยนี้ประกอบด้วย การทดสอบระดับภาคสนามและนำพลาสติกย่อยสลายที่พัฒนาขึ้นไปใช้งานในสภาวะแวดล้อมที่แตกต่างกัน โดยแบ่งการทดสอบประสิทธิภาพการย่อยสลายของพลาสติกที่พัฒนาขึ้นกับพืชต้นแบบ ณ บริเวณ พื้นที่ราบ (มหาวิทยาลัยเกษตร กำแพงแสน) และการทดสอบประสิทธิภาพการย่อยสลายของพลาสติกที่พัฒนาขึ้นกับพืชต้นแบบ ณ บริเวณ พื้นที่สูง (มูลนิธิโครงการหลวง)

ซึ่งการทดลองจะประกอบด้วย การขยายผล (implementation) ของถุงเพาะกล้า (จำนวน 3 ครั้ง) การพัฒนาถุงปลูกสำหรับปลูกมะเขือเทศและพริกหวาน (จำนวน 5 ครั้ง) และขยายผล (จำนวน 1 ครั้ง) การพัฒนาถุงเพาะกล้าไม้ยืนต้น (จำนวน 4 ครั้ง) และขยายผล (จำนวน 1 ครั้ง) รวมถึงพัฒนาสูตรต้นแบบของพลาสติกคลุมดิน (จำนวน 4 ครั้ง) และการศึกษาผลกระทบต่อดินหลังการเพาะปลูกพืชผักต่อเนื่องกัน 3 ปี โดยใช้ถุงเพาะจากพลาสติกย่อยสลายได้ทางชีวภาพในพื้นที่จังหวัดแพร่ นครสวรรค์ อุบลราชธานี ศรีสะเกษ และราชบุรี จำนวน 10 แปลงปลูก โดยวิธีการดำเนินการวิจัยประกอบไปด้วย

ถุงเพาะ

ในงานวิจัย Phase ที่ 2 นี้ จะใช้ถุงเพาะสูตร 13R มาทำการทดลองกับเกษตรกรบนพื้นที่โครงการหลวง ซึ่งสูตร 13R ในส่วนนี้เป็นการพัฒนาสูตรร่วมกับ บริษัท พีทีที โกลบอล เคมิคอล จำกัด มหาชน ในการเติมสารตัวเติม (commercially additives) ทุกอย่างเหมือนการผลิตพลาสติกทางการค้าจริง ดังนั้นสูตรถุงเพาะสูตรนี้เอกชนจึงสามารถนำไปพัฒนาต่อสู่เชิงการค้าได้

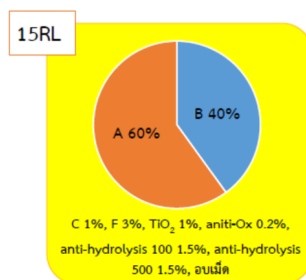
สำหรับการขยายผลถุงเพาะกล้าในส่วนนี้จะทำการทดลองในการปลูกผักกาดหอมห่อบนพื้นที่โครงการหลวง จำนวน 4 ดอย ได้แก่ ศูนย์แม่แฮ ศูนย์ทุ่งหลวง ศูนย์หนองหอย และศูนย์แม่ใจ จำนวนเกษตรกรทั้งหมด 86 รายทำการขยายผลจำนวน 3 ครั้ง โดยใช้ถุงเพาะกล้าจำนวน 152,000 ใบ โดยการเจริญเติบโตและผลผลิตที่ได้จากการใช้ถุงเพาะกล้าย่อยสลายได้ให้ผลการทดลองที่ไม่แสดงความแตกต่างจากกรรมวิธีปกติที่เกษตรกรใช้ในปัจจุบัน



ถุงปลูก

ถุงปลูกในงานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาต่อจากงานวิจัย Phase ที่ 1 เพื่อต้องการให้ถุงปลูกมีความแข็งแรงและมีความยืดหยุ่นมากขึ้น และรวมทั้งการขยายผลสู่เกษตรกร โดยทำการทดลองทั้งสองส่วนนี้ใช้ระยะเวลารวม 4 ปี โดยในช่วงเวลาการทดลองนี้ได้มีการพัฒนาสูตรต่างๆ เพื่อให้ได้สูตรถุงปลูกที่เหมาะสมต่อการใช้งานจริงมากที่สุด

โดยจากการพัฒนาและทดสอบความแข็งแรงบนพื้นที่จริงแล้วได้สูตรถุงปลูกสูตร 15RL ใช้ในการขยายผลสู่เกษตรกรในการปลูกมะเขือเทศและพริกหวาน จำนวน 3 ดอย ได้แก่ ศูนย์อินทนนท์ ศูนย์แม่สะใหม่ และศูนย์ทุ่งเรา จำนวน 100,000 ใบ โดยทำการทดสอบพร้อมกับการใช้ถุงเพาะย่อยสลายสูตร 13R โดยการเจริญเติบโตและผลผลิตที่ได้จากการใช้ถุงปลูกให้ผลการทดลองที่ไม่แสดงความแตกต่างจากกรรมวิธีปกติที่เกษตรกรใช้ในปัจจุบัน



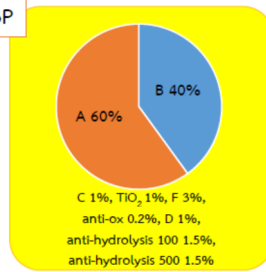
A=Polylactic acid, B=Polyester, C=Wax, D=Polyacetate, E=Polylactic acid + PEG, F=Clay mineral

ถุงปลูกกล้าไม้ยืนต้น

ถุงปลูกกล้าไม้ยืนต้นในงานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาและการขยายผลสู่เกษตรกร โดยทำการทดลองทั้งสองส่วนนี้รวมเป็นระยะเวลา 5 ปี โดยในช่วงเวลาการทดลองนี้ได้มีการพัฒนาสูตรต่างๆ เพื่อให้ได้สูตรถุงปลูกกล้าไม้ยืนต้นที่เหมาะสมต่อการใช้งานจริงมากที่สุด

โดยจากการพัฒนาและทดสอบความแข็งแรงของถุงในพื้นที่จริงแล้วนั้น พบว่าได้สูตรถุงปลูกกล้าไม้ยืนต้นสูตร 13P ที่มีสมบัติเหมาะสม และได้ใช้ในการขยายผลในการปลูกต้นการบูร พญาเสือโคร่งและจันทร์ทองเทศ จำนวน 2 พื้นที่ ได้แก่ ศูนย์ปางตะ และศูนย์รวบรวมพันธุ์ไผ่แม่เหี้ยะ จำนวน 10,000 ใบ

13P



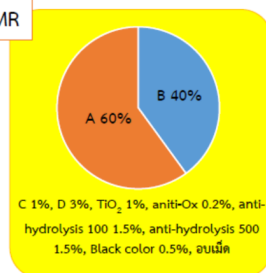
A=Polylactic acid, B=Polyester, C=Wax, D=Polyphenol, E=Polyacetate, F=Clay mineral

พลาสติกคลุมดิน

การพัฒนาสูตรพลาสติกคลุมดินในงานวิจัยนี้เป็นการทำการทดลองบนพื้นที่ของโครงการหลวง โดยทำการทดลองเป็นระยะเวลา 4 ปี โดยในช่วงเวลาการทดลองนี้ได้มีการพัฒนาสูตรต่างๆ เพื่อให้ได้สูตรพลาสติกคลุมดินที่มีสมบัติดีที่สุด อย่างไรก็ตามการทดสอบพลาสติกคลุมดินไม่ได้เข้าสู่กระบวนการขยายผลสู่เกษตรกร ทั้งนี้เนื่องจากราคาของวัสดุที่ใช้ในการผลิตนั้นยังไม่เหมาะสม ซึ่งบริษัท พีทีที โกลบอล เคมิคอล จำกัด มหาชน ได้ปรึกษากับนักวิจัยและมีความเห็นในการหยุดกระบวนการขยายผลไว้ก่อน ทั้งนี้เนื่องจากทางบริษัทฯ เล็งเห็นว่าการขยายผลการใช้พลาสติกคลุมดินนั้นมีค่าใช้จ่ายสูงและอาจยังไม่คุ้มทุนในการผลักดันสู่เชิงพาณิชย์

โดยจากการพัฒนาและทดสอบความแข็งแรงบนพื้นที่จริงแล้วได้สูตรพลาสติกคลุมดินสูตร 7MR เป็นสูตรที่แข็งแรงมากที่สุด ในการใช้เป็นพลาสติกคลุมดินในการปลูกมะเขือเทศ

7MR



A=Polylactic acid, B=Polyester, C=Wax, D=Clay mineral

การศึกษาผลกระทบต่อดินหลังการเพาะปลูกพืชผัก โดยใช้ถุงเพาะจากพลาสติกย่อยสลายได้ทางชีวภาพ

ผลของการใช้ถุงพลาสติกชีวภาพในการเพาะกล้าและย้ายลงแปลงปลูกเป็นระยะเวลา 3 ปี ปลูกพืชปีละ 1- 4 ครั้ง ปริมาณถุงพลาสติกชีวภาพที่ใช้ในเกษตรกรหนึ่งรายประมาณ 9.21 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี (เฉลี่ยจากเกษตรกรจำนวน 10 ราย) ไม่มีผลกระทบกับคุณสมบัติของดิน (ความเป็นกรดเป็นด่างของดิน (pH) ค่าการนำไฟฟ้าหรือความเค็มของดิน (Electrical conductivity : ECe) ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (Organic Matter : OM) ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Available P: Avail P) โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable K : Exch K) แคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable Ca : Exch Ca) แมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable Mg : Exch Mg) และปริมาณไททานเนียม ในแปลงปลูกพืช

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้เป็นการพัฒนาถุงเพาะกล้า ถุงปลูกพืช และ พลาสติกคลุมดิน ที่สามารถย่อยสลายได้ตามระยะเวลาที่กำหนดโดยไม่กระทบต่อการเจริญเติบโตของต้นกล้าและพืช แล้วยังสามารถเสื่อมสลายได้เร็วกว่าพลาสติกที่ผลิตจากปิโตรเลียม ทั้งนี้พลาสติกย่อยสลายที่พัฒนาขึ้นนี้ มีส่วนประกอบของพอลิเมอร์ชีวภาพทั้งหมด ซึ่งในการวิจัยนี้จะทำการผสมพอลิแลคติกแอซิด (poly(lactic acid), PLA) และแป้ง เป็นองค์ประกอบหลัก และทดสอบประสิทธิภาพการย่อยสลายของพลาสติกที่พัฒนาขึ้นดังนี้ 1) ด้วยการขยายผล (implementation) ของถุงเพาะกล้า (จำนวน 3 ครั้ง) 2) การพัฒนาถุงปลูกสำหรับปลูกมะเขือเทศและพริกหวาน (จำนวน 5 ครั้ง) และขยายผล (จำนวน 1 ครั้ง) 3) การพัฒนาถุงเพาะกล้าไม้ยืนต้น (จำนวน 4 ครั้ง) และขยายผล (จำนวน 1 ครั้ง) 5) พัฒนาสูตรต้นแบบของพลาสติกคลุมดิน (จำนวน 4 ครั้ง) 6) การศึกษาผลกระทบต่อดินหลังการเพาะปลูกพืชผักต่อเนื่องกัน 3 ปี ผลการทดสอบใช้ถุงเพาะสูตร 13R ในการปลูกผักกาดหอมห่อบนพื้นที่โครงการหลวง จำนวน 152,000 ใบ 7) การใช้ถุงปลูกสูตร 15RL ในการปลูกมะเขือเทศและพริกหวาน จำนวน 100,000 ใบ โดยทำการทดสอบรวมกับการใช้ถุงเพาะย่อยสลายสูตร 13R 8) การใช้ถุงปลูกกล้าไม้ยืนต้นสูตร 13P ในการปลูกต้นไม้จำนวน 10,000 ใบ โดยการเจริญเติบโตและผลผลิตที่ได้จากการใช้ถุงปลูกให้ผลการทดลองที่ไม่แสดงความแตกต่างจากกรรมวิธีปกติที่เกษตรกรใช้ในปัจจุบัน ส่วนการศึกษาผลกระทบต่อดินหลังการเพาะปลูกพืชผัก โดยใช้ถุงเพาะจากพลาสติกย่อยสลายได้ทางชีวภาพในการเพาะกล้าและย้ายลงแปลงปลูกเป็นระยะเวลา 3 ปี ไม่มีผลกระทบกับคุณสมบัติของดิน (ความเป็นกรดเป็นด่างของดิน (pH) ค่าการนำไฟฟ้าหรือความเค็มของดิน (Electrical conductivity : ECe) ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (Organic Matter : OM) ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Available P: Avai P) โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable K : Exch K) แคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable Ca : Exch Ca) แมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable Mg : Exch Mg) และปริมาณไททานเนียม ในแปลงปลูกพืช

Abstract

This research is a development of seedling bags, planting bags and plastic mulching film that can be degrade according to a specified period without affecting the growth of plants. In addition, they can degrade faster than plastics manufactured from petroleum. In this development, biodegradable plastic contains with all components of biodegradable polymers including poly (lactic acid), PLA) and starch are mixed as the main components. For testing for the degradation efficiency of the developed bioplastic, these were tested as follow I) implementation of the seedling bag (3 times), II) development of planting bags for growing tomatoes and bell peppers (5 times) and then implementation (1 time), III) development of tree-seedling bags (4 times) and then implementation (1 time), IV) development plastic mulch (4 times), V) studying the effect on the soil after vegetable cultivation for 3 consecutive years with using a 13R formula bag for lettuce grown on the Royal Project area (152,000 bags), VI) seeding bag for used 15RL formulation bag (100,000 bags) for tomatoes and capsicum by testing in conjunction with the use of a 13R biodegradable planting bag, VII) use a 13P for growing plant (100,000 bags). It found that the growth and yield obtained from the use of biodegradable bags does not show a difference from the conventional processes that farmers currently use.

For study of the soil that cultivate vegetables by using biodegradable seedling bags to grow and move into plantations for duration of 3 years, it does not affect any properties of soil in this observed time frame. Such as acidity, soil alkalinity (pH), conductivity or Electrical conductivity (ECe) Organic Matter (OM) Phosphorus (Available P: Avai P) Exchangeable K: Exch K Calcium at Exchangeable (Exchangeable Ca: Exch Ca) Exchangeable magnesium. (Exchangeable Mg: Exch Mg) and the amount of titanium in the field.

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	ก
สารบัญตาราง	ค
สารบัญตารางภาคผนวก 1.....	จ
สารบัญตารางภาคผนวก 2.....	ญ
สารบัญตารางภาคผนวก 3.....	ฐ
สารบัญตารางภาคผนวก 4.....	ณ
สารบัญตารางภาคผนวก 5.....	ด
สารบัญภาพ	ต
สารบัญภาพภาคผนวก 1	ท
สารบัญภาพภาคผนวก 2	น
สารบัญภาพภาคผนวก 3	ป
สารบัญภาพภาคผนวก 4	ฝ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญ/หลักการและเหตุผล	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ผลที่คาดว่าจะได้รับเมื่อสิ้นสุดการวิจัย	2
1.4 กระบวนการผลักดันผลงานออกสู่การใช้ประโยชน์	2
1.5 เอกสารอ้างอิง	2
บทที่ 2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
เอกสารอ้างอิง.....	6
บทที่ 3 ถู่งเพาะ	7
3.1 การพัฒนาการผลิถู่งเพาะสำหรับการทดลองขยายผลครั้งที่ 1	7
3.2 การพัฒนาการผลิถู่งเพาะสำหรับการทดลองขยายผลครั้งที่ 2 และ 3	13
บทที่ 4 ถู่งปลูก	20
4.1 การพัฒนาถู่งปลูก ระยะที่ 1	20
4.2 การพัฒนาถู่งปลูก ระยะที่ 2	23
4.3 การพัฒนาถู่งปลูก ระยะที่ 3	27
4.4 การพัฒนาถู่งปลูก ระยะที่ 4	31
4.5 การพัฒนาถู่งปลูก ระยะที่ 5 (รายละเอียดการทดลองแสดงในภาคผนวกที่ 2)	36
บทที่ 5 ถู่งเพาะกล้าไม้ยืนต้น	48
5.1 การพัฒนาถู่งเพาะกล้าไม้ยืนต้น ระยะที่ 1	48
5.2 การพัฒนาถู่งเพาะกล้าไม้ยืนต้น ระยะที่ 2	68
5.3 การพัฒนาถู่งเพาะกล้าไม้ยืนต้น ระยะที่ 3	70
5.4 การพัฒนาถู่งเพาะกล้าไม้ยืนต้น ระยะที่ 4	74
5.5 การพัฒนาถู่งเพาะกล้าไม้ยืนต้น ระยะที่ 5 (การขยายผลให้กับเกษตรกร)	79
บทที่ 6 พลาสติกคลุมดิน	81
6.1 การพัฒนาพลาสติกคลุมดิน ระยะที่ 1	81

6.2 การพัฒนาพลาสติกคลุมดิน ระยะที่ 2.....	84
6.3 การพัฒนาพลาสติกคลุมดิน ระยะที่ 3.....	88
6.4 การพัฒนาพลาสติกคลุมดิน ระยะที่ 4.....	92
บทที่ 7 การศึกษาผลกระทบต่อดินหลังการเพาะปลูกโดยใช้ถุงเพาะกล้าจากพลาสติกย่อยสลายได้	
ทางชีวภาพ.....	95
7.1 อุปกรณ์และวิธีการ.....	95
7.2 อุปกรณ์และวิธีการ.....	119
บทที่ 8 สรุปผลการศึกษา.....	127
ภาคผนวก 1.....	A-1
ภาคผนวก 2.....	B-1
ภาคผนวก 3.....	C-1
ภาคผนวก 4.....	D-1
ภาคผนวก 5.....	E-1
ภาคผนวก 6.....	F-1
ภาคผนวก 7.....	G-1
ภาคผนวก 8.....	H-1

สารบัญตาราง

	หน้า
ตาราง 1 ข้อมูลของการใช้พลาสติกทั่วโลกทางเกษตรในปี 1999	3
ตาราง 2 อัตราส่วนต่างๆ ของสูตรฟิล์มถุงเพาะ (13R)	7
ตาราง 3 อัตราส่วนต่างๆ ของสูตรถุงเพาะ (13R 3%).....	13
ตาราง 4 ผลการประเมินความคิดเห็นของเกษตรกรต่อการใช้ถุงเพาะกับการปลูกผักกาดหอมห่อ	19
ตาราง 5 สูตรถุงปลูกมะเขือเทศที่ใช้ใน Phase 1.....	20
ตาราง 6 สูตรถุงปลูกที่พัฒนาระยะที่ 1.....	20
ตาราง 7 เปอร์เซ็นต์การฉีกขาดของถุงปลูกช่วงก่อนการใช้งาน ระหว่างกรอกกากมะพร้าวสับ และเปอร์เซ็นต์การฉีกขาดในแปลง	22
ตาราง 8 สูตรถุงปลูกที่พัฒนาระยะที่ 2.....	23
ตาราง 9 สูตรถุงปลูกที่พัฒนาระยะที่ 2 ขนาด 6.5x6.5x12 นิ้ว	24
ตาราง 10 สูตรถุงปลูกที่พัฒนาระยะที่ 2 ขนาด 5x5x10 นิ้ว	24
ตาราง 11 การประเมินระดับฉีกขาดของถุงปลูกอายุ 1 ถึง 9 สัปดาห์ หลังย้ายปลูกลงแปลง	25
ตาราง 12 การประเมินระดับฉีกขาดของถุงปลูกอายุ 1 ถึง 13 สัปดาห์ หลังย้ายปลูกลงแปลง	25
ตาราง 13 แสดงอัตราส่วนของสูตรถุงปลูกมะเขือเทศ	27
ตาราง 14 การประเมินระดับการฉีกขาดของถุงปลูกจากการสังเกตอายุ 1 ถึง 5 เดือน หลังย้ายปลูกลงแปลง.....	29
ตาราง 15 การประเมินระดับการฉีกขาดของถุงปลูกจากการสังเกตอายุ 1 ถึง 4 เดือน หลังย้ายปลูกลงแปลง.....	30
ตาราง 16 อัตราส่วนของสูตรถุงปลูก.....	31
ตาราง 17 เปอร์เซ็นต์การฉีกขาดของถุงปลูกมะเขือเทศ.....	33
ตาราง 18 เปอร์เซ็นต์รากทะลุถุงปลูกมะเขือเทศ	34
ตาราง 19 อัตราส่วนของสูตรถุงปลูก.....	36
ตาราง 20 เปอร์เซ็นต์การฉีกขาดถุงปลูกเดือนที่ 1 ถึง 6 หลังย้ายปลูก.....	38
ตาราง 21 เปอร์เซ็นต์การฉีกขาดของถุงปลูกบริเวณด้านล่างถุง (รากทะลุ) เดือนที่ 1 ถึง 6 หลังย้ายปลูก	39
ตาราง 22 อัตราส่วนต่างๆ ของสูตรฟิล์มย่อยสลายได้ (13R_SM2_1%)	40
ตาราง 23 อัตราส่วนของสูตรถุงปลูกมะเขือเทศ.....	40
ตาราง 24 ข้อมูลเกษตรกรที่ทดลองใช้ถุงปลูกย่อยสลายในการปลูกมะเขือเทศ	43
ตาราง 25 ข้อมูลเกษตรกรที่ทดลองใช้ถุงปลูกย่อยสลายในการปลูกพริกหวาน.....	43
ตาราง 26 ปริมาณถุงเพาะย่อยสลายที่เสียหายระหว่างการเพาะกล้ามะเขือเทศ	44
ตาราง 27 ปริมาณถุงเพาะย่อยสลายที่เสียหายระหว่างการเพาะกล้าพริกหวาน	44
ตาราง 28 สูตรสำหรับ monolayer ที่มีการผสมของ PBAT ในปริมาณ 0, 10, 20 และ 30 %w/w	50
ตาราง 29 สภาวะในการขึ้นรูปฟิล์มด้วยเครื่อง Blown film extruder: LAB TECH	50
ตาราง 30 สูตรคอมพาวด์สำหรับการขึ้นรูปถุงปลูกเพื่อเพิ่มความเป็น Hydrophobicity	53
ตาราง 31 สภาวะในการคอมพาวด์ด้วยเครื่อง Twin screw extruder: EN MACH.....	54
ตาราง 32 สภาวะการคอมพาวด์ TPS ด้วยเครื่อง Twin screw extruder: EN MACH.....	54
ตาราง 33 สภาวะในการขึ้นรูปฟิล์มด้วยเครื่อง Blown film extruder: LAB TECH_NU.....	54
ตาราง 34 สูตรคอมพาว์สำหรับเตรียมถุงเพาะชำที่มีการเติม TPS.....	58
ตาราง 35 สูตรคอมพาวด์สำหรับเตรียมถุงเพาะชำที่มีอายุ 6-12 เดือน	60
ตาราง 36 ผลการเป่าฟิล์มหลังจากการเติมสารเติมแต่งเพื่อเพิ่มระยะเวลาในการย่อยสลาย	60
ตาราง 37 ค่า pH ที่วัดได้จากน้ำที่แช่ถุงปลูกทั้งใบและเฉพาะภายในถุง ที่เวลา 4, 8, 12 และ 24 ชม	62

ตาราง 38	น้ำหนักของฟิล์มถุงปลูกที่หายไปหลังแช่น้ำเป็นเวลา 24 ชม.	63
ตาราง 39	สูตรฟิล์มถุงเพาะชำกล้าไม้ สำหรับกล้าอายุ 6-12 เดือน.....	65
ตาราง 40	สูตรถุงเพาะกล้าไม้สำหรับทดสอบการปลูกกล้าไม้บนดิน สถานที่โครงการหลวง	68
ตาราง 41	เปอร์เซ็นต์การแตกของถุงย่อยสลายของแต่ละเดือนในพื้นที่แปลงรวบรวมพันธุ์ไม้ มูลนิธิโครงการหลวงแม่เหียะ.....	69
ตาราง 42	เปอร์เซ็นต์การแตกของถุงย่อยสลายของแต่ละเดือนในพื้นที่สถานีฯ ปางดะ.....	69
ตาราง 43	สูตรถุงเพาะกล้าไม้ยืนต้นสำหรับทดสอบการปลูกกล้าไม้บนดิน สถานที่โครงการหลวง	70
ตาราง 44	การประเมินระดับการนิเวศของถุงปลูกจากการสังเกตอายุ 1 ถึง 5 เดือน หลังย้ายปลูก.....	72
ตาราง 45	การประเมินระดับการนิเวศของถุงปลูกจากการสังเกตอายุ 1 ถึง 6 เดือน หลังย้ายปลูก.....	72
ตาราง 46	อัตราส่วนของสูตรถุงเพาะกล้าไม้ยืนต้น.....	74
ตาราง 47	เปอร์เซ็นต์การนิเวศของถุงปลูกต้นจันทน์ทองเทศที่อายุ 1 ถึง 12 เดือน หลังย้ายปลูก ณ แปลงของศูนย์ฝั่มมูลนิธิโครงการหลวง.....	76
ตาราง 48	เปอร์เซ็นต์การนิเวศของถุงปลูกต้นนางพญาเสือโคร่งที่อายุ 1 ถึง 12 เดือน หลังย้ายปลูก ณ	76
ตาราง 49	เปอร์เซ็นต์การนิเวศของถุงเพาะหลังย้ายปลูกต้นกล้าจันทน์ทองเทศที่อายุ 1 ถึง 12 เดือน ณ สถานีเกษตรหลวงปางดะ.....	77
ตาราง 50	เปอร์เซ็นต์การนิเวศของถุงเพาะหลังย้ายปลูกต้นการบูรที่อายุ 1 ถึง 12 เดือน ณ สถานี	77
ตาราง 51	อัตราส่วนของสูตรถุงเพาะกล้าไม้ยืนต้น.....	79
ตาราง 52	แสดงอัตราส่วนของพลาสติกคลุมดิน.....	81
ตาราง 53	เปอร์เซ็นต์การนิเวศของพลาสติกคลุมดินแต่ละชนิด บริเวณหลุมปลูก ระยะ 1 ถึง 6 เดือน หลังย้ายปลูก.....	83
ตาราง 54	เปอร์เซ็นต์การนิเวศของพลาสติกคลุมดินแต่ละชนิด บริเวณอื่นๆ ระยะ 1 ถึง 6 เดือน หลังย้ายปลูก.....	83
ตาราง 55	อัตราส่วนของพลาสติกคลุมดินที่พัฒนาครั้งที่ 1	84
ตาราง 56	อัตราส่วนของสูตรพลาสติกคลุมดินที่พัฒนา ครั้งที่ 2	85
ตาราง 57	อัตราส่วนของสูตรพลาสติกคลุมดินที่พัฒนา ครั้งที่ 3	86
ตาราง 58	อัตราส่วนของสูตรพลาสติกคลุมดิน.....	88
ตาราง 59	เปอร์เซ็นต์การนิเวศของพลาสติกคลุมดินแต่ละชนิด ณ บริเวณหลุมปลูก ระยะ 1 ถึง 6 เดือน หลังย้ายปลูก.....	90
ตาราง 60	เปอร์เซ็นต์การนิเวศของพลาสติกคลุมดินแต่ละชนิด บริเวณอื่นๆ เดือนที่ 1 ถึง 6 หลังย้ายปลูก	90
ตาราง 61	อัตราส่วนของสูตรพลาสติกคลุมดิน.....	92
ตาราง 62	เปอร์เซ็นต์การนิเวศของพลาสติกคลุมดิน บริเวณอื่นๆ ระยะ 1 ถึง 5 เดือนหลังย้ายปลูก.....	93
ตาราง 63	ค่าสหสัมพันธ์ (Correlation coefficient) ของดินที่มีการใช้พลาสติกชีวภาพ กับ คุณสมบัติของดิน.....	121
ตาราง 64	ผลการวิเคราะห์ปริมาณ Ti ในตัวอย่างดินในพื้นที่ที่ใช้และไม่ใช้ถุงพลาสติกชีวภาพ ที่ระดับความลึก ต่างๆ.....	124

สารบัญตารางภาคผนวก 1

หน้า

ตาราง 1.1 ข้อมูลเกษตรกรที่ทดสอบปุ๋ยเพาะย่อยสลายในการปลูกกาดผักกาดหอมห่อ.....	A-3
ตาราง 1.2 การจัดเกรดคุณภาพของผักกาดหอมห่อตามมาตรฐานมูลนิธิโครงการหลวง	A-5
ตาราง 1.3 ปริมาณปุ๋ยเพาะย่อยสลายที่เสียหายระหว่างการเพาะกล้า	A-6
ตาราง 1.4 ความสูงของทรงพุ่มผักกาดหอมห่อ ณ ศูนย์ฯ แม่โจ้ หลังย้ายปลูก 7, 21, 35 และ 45 วัน.....	A-7
ตาราง 1.5 ความกว้างทรงพุ่มของผักกาดหอมห่อ ณ ศูนย์ฯ แม่โจ้ หลังย้ายปลูก 7, 21, 35 และ 45 วัน.....	A-8
ตาราง 1.6 ขนาดลำต้นของผักกาดหอมห่อในระยะเก็บเกี่ยว 45 วันหลังปลูก ของศูนย์ฯ แม่โจ้	A-8
ตาราง 1.7 ขนาดของรากผักกาดหอมห่อ ณ ศูนย์ฯ แม่โจ้ที่อายุ 45 วันหลังย้ายปลูก.....	A-8
ตาราง 1.8 เปอร์เซ็นต์การห่อหัวและไม่ห่อหัวของผักกาดหอมห่อ ณ ศูนย์ฯ แม่โจ้ที่อายุ 45 วันหลังย้ายปลูก...	A-9
ตาราง 1.9 น้ำหนักผักกาดหอมห่อก่อนและหลังตัดแต่ง ณ ศูนย์ฯ แม่โจ้ที่อายุ 45 วันหลังย้ายปลูก.....	A-9
ตาราง 1.10 จำนวนใบที่ห่อหัวและไม่ห่อหัวของผักกาดหอมห่อ ณ ศูนย์ฯ แม่โจ้ที่อายุ 45 วันหลังย้ายปลูก...	A-10
ตาราง 1.11 ขนาดของผักกาดหอมห่อหลังการตัดแต่ง ณ ศูนย์ฯ แม่โจ้ในที่อายุ 45 วันหลังย้ายปลูก.....	A-10
ตาราง 1.12 ปริมาณผลผลิตผักกาดหอมห่อของศูนย์ฯ แม่โจ้ แยกตามมาตรฐานกรมมูลนิธิโครงการหลวง	A-11
ตาราง 1.13 ความสูงของทรงพุ่มผักกาดหอมห่อ ณ ศูนย์ฯ แม่แฮ หลังย้ายปลูก 7, 21, 35 และ 46 วัน.....	A-12
ตาราง 1.14 ความกว้างทรงพุ่มของผักกาดหอมห่อ ณ ศูนย์ฯ แม่แฮ หลังย้ายปลูก 7, 21, 35 และ 46 วัน.....	A-12
ตาราง 1.15 ขนาดลำต้นของผักกาดหอมห่อ ณ ศูนย์ฯ แม่แฮที่อายุ 46 วันหลังปลูก	A-13
ตาราง 1.16 ขนาดรากผักกาดหอมห่อ ณ ศูนย์ฯ แม่แฮที่อายุ 46 วันหลังย้ายปลูก	A-13
ตาราง 1.17 เปอร์เซ็นต์การห่อหัวและไม่ห่อหัวของผักกาดหอมห่อ ณ ศูนย์ฯ แม่แฮที่อายุ 46 วัน หลังย้ายปลูก	A-13
ตาราง 1.18 น้ำหนักก่อนและหลังตัดแต่งของผักกาดหอมห่อ ณ ศูนย์ฯ แม่แฮที่อายุ 46 วันหลังย้ายปลูก	A-14
ตาราง 1.19 จำนวนใบที่ห่อหัวและไม่ห่อหัวของผักกาดหอมห่อ ณ ศูนย์ฯ แม่แฮที่อายุ 46 วันหลังย้ายปลูก ..	A-14
ตาราง 1.20 ขนาดของผักกาดหอมห่อหลังการตัดแต่ง ณ ศูนย์ฯ แม่แฮที่อายุ 46 วันหลังย้ายปลูก	A-15
ตาราง 1.21 ปริมาณผลผลิตผักกาดหอมห่อของศูนย์ฯ แม่แฮ แยกตามมาตรฐานกรมมูลนิธิโครงการหลวง....	A-15
ตาราง 1.22 ความสูงของทรงพุ่มผักกาดหอมห่อ ณ ศูนย์ฯ พุ่งหลวง หลังย้ายปลูกผักกาดหอมห่อที่ 7, 21, 35 และ 43 วัน.....	A-17
ตาราง 1.23 ความกว้างทรงพุ่มของผักกาดหอมห่อ ณ ศูนย์ฯ พุ่งหลวงหลังย้ายปลูก 7, 21, 35 และ 43 วัน..	A-17
ตาราง 1.24 ขนาดลำต้นของผักกาดหอมห่อ ณ ศูนย์ฯ พุ่งหลวงที่อายุ 43 วันหลังย้ายปลูก	A-18
ตาราง 1.25 ขนาดรากผักกาดหอมห่อ ณ ศูนย์ฯ พุ่งหลวงที่อายุ 43 วันหลังย้ายปลูก	A-18
ตาราง 1.26 เปอร์เซ็นต์การห่อหัวและไม่ห่อหัวของผักกาดหอมห่อ ณ ศูนย์ฯ พุ่งหลวงที่อายุ 43 วัน หลังย้ายปลูก	A-19
ตาราง 1.27 น้ำหนักก่อนและหลังตัดแต่งของผักกาดหอมห่อ ณ ศูนย์ฯ พุ่งหลวงที่อายุ 43 วันหลังย้ายปลูก ..	A-19
ตาราง 1.28 จำนวนใบที่ห่อหัวและไม่ห่อหัวของผักกาดหอมห่อ ณ ศูนย์ฯ พุ่งหลวงที่อายุ 43 วัน หลังย้ายปลูก	A-19
ตาราง 1.29 ขนาดของผักกาดหอมห่อหลังการตัดแต่ง ณ ศูนย์ฯ พุ่งหลวงที่อายุ 43 วันหลังย้ายปลูก.....	20
ตาราง 1.30 ปริมาณผลผลิตผักกาดหอมห่อของศูนย์ฯ พุ่งหลวง แยกตามมาตรฐานกรมมูลนิธิโครงการหลวง	A-20
ตาราง 1.31 ความสูงของทรงพุ่มผักกาดหอมห่อ ณ ศูนย์ฯ หนองหอยที่อายุ 7, 21, 35 และ 41 วัน หลังย้ายปลูก	A-22
ตาราง 1.32 ความกว้างทรงพุ่มของผักกาดหอมห่อ ณ ศูนย์ฯ หนองหอยหลังย้ายปลูก 7, 21, 35 และ 41วัน	A-22
ตาราง 1.33 ขนาดลำต้นของผักกาดหอมห่อ ณ ศูนย์ฯ หนองหอยที่อายุ 41 วันหลังย้ายปลูก.....	A-23

ตาราง 1.34 ขนาดรากผักกาดหอมห่อ ณ ศูนย์ฯ หนองหอยที่อายุ 41 วันหลังย้ายปลูก.....	A-23
ตาราง 1.35 เปอร์เซ็นต์การห่อหัวและไม่ห่อหัวของผักกาดหอมห่อ ณ ศูนย์ฯ หนองหอยที่อายุ 41 วัน หลังย้ายปลูก	A-24
ตาราง 1.36 น้ำหนักก่อนและหลังตัดแต่งของผักกาดหอมห่อ ณ ศูนย์ฯ หนองหอยที่อายุ 41 วัน หลังย้ายปลูก	A-24
ตาราง 1.37 จำนวนใบที่ห่อหัวและไม่ห่อหัวของผักกาดหอมห่อ ณ ศูนย์ฯ หนองหอยที่อายุ 41 วัน หลังย้ายปลูก	A-24
ตาราง 1.38 ขนาดของผักกาดหอมห่อหลังการตัดแต่ง ณ ศูนย์ฯ หนองหอยที่อายุ 41 วันหลังย้ายปลูก.....	A-24
ตาราง 1.39 ปริมาณผลผลิตผักกาดหอมห่อของศูนย์ฯ หนองหอย แยกตามมาตรฐานเกรดมูลนิธิ โครงการหลวง	A-25
ตาราง 1.40 ข้อมูลเกษตรกรที่ทดสอบลงเพาะย่อยสลายในการปลูกผักกาดหอมห่อ.....	A-29
ตาราง 1.41 การจัดเกรดคุณภาพของผักกาดหอมห่อตามมาตรฐานมูลนิธิโครงการหลวง.....	A-32
ตาราง 1.42 ปริมาณลงเพาะย่อยสลายที่เสียหายระหว่างการเพาะกล้า.....	A-32
ตาราง 1.43 ความสูงของทรงพุ่มผักกาดหอมห่อ สัปดาห์ที่ 1-7 หลังย้ายปลูก ของศูนย์ฯ แม่เฒ่า	A-34
ตาราง 1.44 ความกว้างทรงพุ่มของผักกาดหอมห่อ สัปดาห์ที่ 1-7 หลังย้ายปลูก ของศูนย์ฯ แม่เฒ่า	A-34
ตาราง 1.45 ขนาดลำต้นของผักกาดหอมห่อในระยะเก็บเกี่ยว 49 วันหลังปลูกของศูนย์ฯ แม่เฒ่า	A-35
ตาราง 1.46 ขนาดของรากผักกาดหอมห่อที่อายุ 49 วันหลังย้ายปลูก ของศูนย์ฯ แม่เฒ่า.....	A-35
ตาราง 1.47 เปอร์เซ็นต์การห่อหัว และไม่ห่อหัวของผักกาดหอมห่อที่อายุ 49 วันหลังย้ายปลูก ของศูนย์ฯ แม่เฒ่า	A-36
ตาราง 1.48 น้ำหนักของผักกาดหอมห่อก่อน และหลังตัดแต่งที่อายุ 49 วันหลังย้ายปลูก ของศูนย์ฯ แม่เฒ่า	A-36
ตาราง 1.49 จำนวนใบที่ห่อหัว และไม่ห่อหัวของผักกาดหอมห่อที่อายุ 49 วันหลังย้ายปลูก ของศูนย์ฯ แม่เฒ่า	A-36
ตาราง 1.50 ขนาดของผักกาดหอมห่อหลังตัดแต่งที่อายุ 49 วันหลังย้ายปลูก ของศูนย์ฯ แม่เฒ่า.....	A-37
ตาราง 1.51 ปริมาณผลผลิตผักกาดหอมห่อของศูนย์ฯ แม่เฒ่า แยกตามมาตรฐานเกรดมูลนิธิโครงการหลวง	A-38
ตาราง 1.52 ปริมาณผลผลิต และรายได้ของผักกาดหอมห่อต่อไร่ของศูนย์ฯ แม่เฒ่า	A-38
ตาราง 1.53 ความสูงของทรงพุ่มผักกาดหอมห่อสัปดาห์ที่ 1-7 หลังย้ายปลูก ของศูนย์ฯ แม่เฒ่า.....	A-39
ตาราง 1.54 ความกว้างทรงพุ่มของผักกาดหอมห่อสัปดาห์ที่ 1-7 หลังย้ายปลูก ของศูนย์ฯ แม่เฒ่า	A-40
ตาราง 1.55 ขนาดลำต้นของผักกาดหอมห่อที่อายุ 52 วันหลังปลูก ของศูนย์ฯ แม่เฒ่า	A-40
ตาราง 1.56 ขนาดรากผักกาดหอมห่อที่อายุ 52 วันหลังย้ายปลูก ของศูนย์ฯ แม่เฒ่า	A-40
ตาราง 1.57 เปอร์เซ็นต์การห่อหัว และไม่ห่อหัวของผักกาดหอมห่อที่อายุ 52 วันหลังย้ายปลูก ของศูนย์ฯ แม่เฒ่า	A-41
ตาราง 1.58 น้ำหนักก่อน และหลังตัดแต่งของผักกาดหอมห่อที่อายุ 52 วัน หลังย้ายปลูก ของศูนย์ฯ แม่เฒ่า.....	A-41
ตาราง 1.59 จำนวนใบที่ห่อหัว และไม่ห่อหัวของผักกาดหอมห่อที่อายุ 52 วันหลังย้ายปลูก ของศูนย์ฯ แม่เฒ่า.....	A-42
ตาราง 1.60 ขนาดของผักกาดหอมห่อหลังการตัดแต่งที่อายุ 52 วันหลังย้ายปลูก ของศูนย์ฯ แม่เฒ่า.....	A-42
ตาราง 1.61 ปริมาณผลผลิตผักกาดหอมห่อแยกตามมาตรฐานเกรดมูลนิธิโครงการหลวง ของศูนย์ฯ แม่เฒ่า ...	A-43
ตาราง 1.62 ปริมาณผลผลิต และรายได้ของผักกาดหอมห่อต่อไร่ ของศูนย์ฯ แม่เฒ่า	A-43
ตาราง 1.63 ความสูงของทรงพุ่มผักกาดหอมห่อสัปดาห์ที่ 1-7 หลังย้ายปลูก ของศูนย์ฯ พงหลวง.....	A-44
ตาราง 1.64 ความกว้างทรงพุ่มของผักกาดหอมห่อสัปดาห์ที่ 1-7 หลังย้ายปลูก ของศูนย์ฯ พงหลวง	A-45

ตาราง 1.65 ขนาดลำต้นของผักกาดหอมห่อที่อายุ 48 วันหลังย้ายปลูก ของศูนย์ฯ ฟุ่งหลวง	A-45
ตาราง 1.66 ขนาดรากผักกาดหอมห่อที่อายุ 48 วันหลังย้ายปลูก ของศูนย์ฯ ฟุ่งหลวง	A-45
ตาราง 1.67 เปอร์เซ็นต์การเหี่ยว และไมเหี่ยวของผักกาดหอมห่อที่อายุ 48วันหลังย้ายปลูก ของศูนย์ฯ ฟุ่งหลวง	A-46
ตาราง 1.68 น้ำหนักก่อน และหลังตัดแต่งของผักกาดหอมห่อที่อายุ 48 วันหลังย้ายปลูก ของศูนย์ฯ ฟุ่งหลวง	A-46
ตาราง 1.69 จำนวนใบที่เหี่ยว และไมเหี่ยวของผักกาดหอมห่อที่อายุ 48 วันหลังย้ายปลูก ของศูนย์ฯ ฟุ่งหลวง	A-47
ตาราง 1.70 ขนาดของผักกาดหอมห่อหลังการตัดแต่งที่อายุ 48 วันหลังย้ายปลูก ของศูนย์ฯ ฟุ่งหลวง	A-47
ตาราง 1.71 ปริมาณผลผลิตผักกาดหอมห่อแยกตามมาตรฐานเกรดมูลนิธิโครงการหลวง ของศูนย์ฯ ฟุ่งหลวง	A-48
ตาราง 1.72 ปริมาณผลผลิต และรายได้ของผักกาดหอมห่อต่อไร่ ของศูนย์ฯ ฟุ่งหลวง	A-48
ตาราง 1.73 ความสูงของทรงพุ่มผักกาดหอมห่อสัปดาห์ที่ 1-7 หลังย้ายปลูก ของศูนย์ฯ หนองหอย	A-50
ตาราง 1.74 ความกว้างทรงพุ่มของผักกาดหอมห่อสัปดาห์ที่ 1-7 หลังย้ายปลูก ของศูนย์ฯ หนองหอย	A-50
ตาราง 1.75 ขนาดลำต้นของผักกาดหอมห่อที่อายุ 51 วันหลังย้ายปลูก ของศูนย์ฯ หนองหอย	A-51
ตาราง 1.76 ขนาดรากผักกาดหอมห่อที่อายุ 51 วันหลังย้ายปลูก ของศูนย์ฯ หนองหอย	A-51
ตาราง 1.77 เปอร์เซ็นต์การเหี่ยว และไมเหี่ยวอายุ 51 วันหลังย้ายปลูก ของศูนย์ฯ หนองหอย	A-51
ตาราง 1.78 น้ำหนักก่อน และหลังตัดแต่งของผักกาดหอมห่อที่อายุ 51 วันหลังย้ายปลูก ของศูนย์ฯ หนองหอย	A-52
ตาราง 1.79 จำนวนใบที่เหี่ยว และไมเหี่ยวของผักกาดหอมห่อที่อายุ 51 วันหลังย้ายปลูก ของศูนย์ฯ หนองหอย	A-52
ตาราง 1.80 ขนาดของผักกาดหอมห่อหลังการตัดแต่งที่อายุ 51 วันหลังย้ายปลูก ของศูนย์ฯ หนองหอย	A-53
ตาราง 1.81 ปริมาณผลผลิตผักกาดหอมห่อแยกตามมาตรฐานเกรดมูลนิธิโครงการหลวง ของศูนย์ฯ หนองหอย	A-53
ตาราง 1.82 ปริมาณผลผลิต และรายได้ของผักกาดหอมห่อต่อไร่ของศูนย์ฯ หนองหอย	A-54
ตาราง 1.83 เกษตรกรที่ทดสอบลงเพาะย่อยสลายปลูกกาดผักกาดหอมห่อ	A-57
ตาราง 1.84 การจัดเกรดคุณภาพของผักกาดหอมห่อตามมาตรฐานมูลนิธิโครงการหลวง	A-60
ตาราง 1.85 ปริมาณถุงเพาะย่อยสลายที่เสียหายระหว่างการเพาะกล้า	A-61
ตาราง 1.86 ความสูงของทรงพุ่มผักกาดหอมห่อที่ปลูกภายใต้โรงเรือน สัปดาห์ที่ 1-7 หลังย้ายปลูก ของศูนย์ฯ แม่เฒ่า	A-63
ตาราง 1.87 ความกว้างทรงพุ่มของผักกาดหอมห่อ สัปดาห์ที่ 1-7 หลังย้ายปลูก ของศูนย์ฯ แม่เฒ่า	A-63
ตาราง 1.88 ขนาดลำต้นของผักกาดหอมห่อในระยะเก็บเกี่ยว 44 วันหลังปลูกของศูนย์ฯ แม่เฒ่า	A-64
ตาราง 1.89 ความยาวและน้ำหนักรากผักกาดหอมห่อที่อายุ 44 วันหลังย้ายปลูก ของศูนย์ฯ แม่เฒ่า	A-64
ตาราง 1.90 เปอร์เซ็นต์การเหี่ยว และไมเหี่ยวของผักกาดหอมห่อที่อายุ 44 วันหลังย้ายปลูก ของศูนย์ฯ แม่เฒ่า	A-64
ตาราง 1.91 น้ำหนักของผักกาดหอมห่อก่อน และหลังตัดแต่งที่อายุ 44 วันหลังย้ายปลูก ของศูนย์ฯ แม่เฒ่า	A-65
ตาราง 1.92 จำนวนใบที่เหี่ยว และไมเหี่ยวของผักกาดหอมห่อที่อายุ 44 วันหลังย้ายปลูก ของศูนย์ฯ แม่เฒ่า	A-65
ตาราง 1.93 ขนาดของผักกาดหอมห่อหลังการตัดแต่งที่อายุ 44 วันหลังย้ายปลูก ของศูนย์ฯ แม่เฒ่า	A-66
ตาราง 1.94 ปริมาณผลผลิตผักกาดหอมห่อของศูนย์ฯ แม่เฒ่า แยกตามมาตรฐานเกรดมูลนิธิโครงการหลวง	A-66

[illegible]

ตาราง 1.124 ปริมาณผลผลิตผักกาดหอมห่อแยกตามมาตรฐานเกรดมูลนิธิโครงการหลวงของศูนย์ฯ หนองหอย	A-83
ตาราง 1.125 ปริมาณผลผลิต และผลผลิตรวมของผักกาดหอมห่อต่อไร่ของศูนย์ฯ หนองหอย	A-83
ตาราง 1.126 อายุของเกษตรกรที่ทดลองใช้ถุงเพาะย่อยสลายผักกาดหอมห่อ	A-84
ตาราง 1.127 เพศของเกษตรกรที่ทดลองใช้ถุงเพาะย่อยสลายผักกาดหอมห่อ	A-85
ตาราง 1.128 ขนาดของเกษตรกรที่ทดลองใช้ถุงเพาะย่อยสลายผักกาดหอมห่อ	A-85
ตาราง 1.129 ระดับการศึกษาของเกษตรกรที่ทดลองใช้ถุงเพาะย่อยสลายผักกาดหอมห่อ	A-86
ตาราง 1.130 ประสิทธิภาพการปลูกผักกาดหอมห่อของเกษตรกรที่ทดลองใช้ถุงเพาะย่อยสลาย ผักกาดหอมห่อ	A-86
ตาราง 1.131 พื้นที่ในการปลูกผักกาดหอมห่อของเกษตรกรที่ทดลองใช้ถุงเพาะย่อยสลาย	A-87
ตาราง 1.132 การใช้แรงงานในการปลูกผักกาดหอมห่อของเกษตรกรที่ทดลองใช้ถุงเพาะย่อยสลาย	A-87
ตาราง 1.133 วิธีการเพาะกล้าและความพอใจต่อวิธีการเพาะในปัจจุบัน	A-87
ตาราง 1.134 การเพิ่มภาระในการกำจัดขยะและวิธีการกำจัดขยะของเกษตรกร	A-88
ตาราง 1.135 ความคิดเห็นต่อการย่อยสลายของถุง ประโยชน์ และการผลิตเป็นการค้าของถุงเพาะย่อย สลายสำหรับเพาะกล้า	A-89
ตาราง 1.136 ความคิดเห็นของเกษตรกรต่อลักษณะขนาดถุงและ การเจาะรูบนถุง	A-89
ตาราง 1.137 ความคิดเห็นของเกษตรกรต่อความแข็งแรง/ความเหนียวของถุงเพาะย่อยสลาย	A-90
ตาราง 1.138 ความคิดเห็นของเกษตรกรในการเปรียบเทียบการใช้งานของถุงเพาะย่อยสลายกับวิธีที่ใช้ ปัจจุบันในช่วงการกรอกดินและความสมบูรณ์ของต้นกล้าผักกาดหอมห่อ	A-90
ตาราง 1.139 ความคิดเห็นของเกษตรกรต่อการจัดวางถุงเพาะย่อยสลายและความยากง่ายต่อการดูแล	A-91
ตาราง 1.140 ความคิดเห็นของเกษตรกรต่อการขนย้ายและการปลูกกล้าลงแปลง	A-92
ตาราง 1.141 ความคิดเห็นของเกษตรกรต่อลักษณะความสมบูรณ์ของผักกาดหอมห่อ ผลผลิตและ การรื้อแปลงหลังเก็บเกี่ยวผลผลิตที่ใช้ถุงเพาะย่อยสลาย	A-92
ตาราง 1.142 ความคิดเห็นของเกษตรกรต่อปริมาณขยะ ต้นทุนการผลิต และโอกาสในการซื้อถุงเพาะ ย่อยสลายมาใช้ในอนาคต	A-93
ตาราง 1.143 ความคิดเห็นของเกษตรกรต่อการใช้งาน ภาระงานในการปลูกผักกาดหอมห่อ	A-94
ตาราง 1.144 ความคิดเห็นของเกษตรกรต่อวิธีการเพาะกล้า ราคา การใช้งานของถาดเพาะกล้า ผักกาดหอมห่อ	A-94
ตาราง 1.145 ความคิดเห็นของเกษตรกรต่อความแข็งแรง การนำกลับมาใช้ จำนวนครั้งการใช้งานของ ถาดเพาะกล้าผักกาดหอมห่อ	A-95
ตาราง 1.146 การเพิ่มภาระในการกำจัดขยะและวิธีการกำจัดขยะของเกษตรกร	A-95
ตาราง 1.147 ความคิดเห็นต่อการย่อยสลายของถุง ประโยชน์ และการผลิตเป็นการค้าของถุงเพาะย่อย สลายสำหรับเพาะกล้า	A-96

สารบัญตารางภาคผนวก 2

	หน้า
ตาราง 2.1 การจัดเกรดคุณภาพของผักกาดหอมห่อตามมาตรฐานมูลนิธิโครงการหลวง	B-4
ตาราง 2.2 การตรวจสอบการฉีกขาดของถุงปลูกมะเขือเทศ.....	B-4
ตาราง 2.3 การประเมินระดับฉีกขาดของถุงปลูกจากการสังเกตอายุ 1 ถึง 9 สัปดาห์ หลังย้ายปลูกลงแปลง.....	B-5
ตาราง 2.4 เปอร์เซ็นต์เกรดของมะเขือเทศที่ปลูกในถุงสูตรต่างๆ.....	B-7
ตาราง 2.5 การตรวจสอบการฉีกขาดของถุงปลูกมะเขือเทศ.....	B-10
ตาราง 2.6 การประเมินระดับฉีกขาดของถุงปลูกจากการสังเกตอายุ 1 ถึง 13 สัปดาห์ หลังย้ายปลูกลงแปลง.....	B-11
ตาราง 2.7 เปอร์เซ็นต์เกรดของมะเขือเทศที่ปลูกในถุงสูตรต่างๆ.....	B-12
ตาราง 2.8 การจัดเกรดคุณภาพของมะเขือเทศตามมาตรฐานมูลนิธิโครงการหลวง.....	B-16
ตาราง 2.9 การประเมินระดับการฉีกขาดของถุงปลูกย่อยสลาย ระยะหลังรับมอบถุง (ก่อนนำไปใช้).....	B-17
ตาราง 2.10 การประเมินระดับการฉีกขาดของถุงปลูกย่อยสลาย ระยะระหว่างกรอกวัสดุ.....	B-17
ตาราง 2.11 การประเมินระดับการฉีกขาดของถุงปลูกจากการสังเกตอายุ 1 ถึง 5 เดือน หลังย้าย ปลูกลงแปลง.....	B-18
ตาราง 2.12 การประเมินระดับการฉีกขาดของถุงปลูกจากการสังเกตอายุ 1 ถึง 4 เดือน หลังย้าย ปลูกลงแปลง.....	B-20
ตาราง 2.13 ความสูงของต้นมะเขือเทศที่อายุ 1-13 สัปดาห์หลังปลูก.....	B-25
ตาราง 2.14 จำนวนข้อของต้นมะเขือเทศ	B-25
ตาราง 2.15 จำนวนวันออกดอกของต้นมะเขือเทศ	B-26
ตาราง 2.16 จำนวนข้อผลของต้นมะเขือเทศ.....	B-26
ตาราง 2.17 เปอร์เซ็นต์คุณภาพเกรดของมะเขือเทศที่ปลูกในถุงสูตรต่างๆ.....	B-27
ตาราง 2.18 จำนวนผลแต่ละเกรด และจำนวนผลผลิตรวมต่อต้น	B-27
ตาราง 2.19 น้ำหนักผลผลิตแต่ละเกรด และผลผลิตรวมต่อต้น.....	B-28
ตาราง 2.20 ขนาดผลมะเขือเทศที่ปลูก ณ ศูนย์ฯ หนองหอย.....	B-28
ตาราง 2.21 การจัดเกรดคุณภาพของมะเขือเทศตามมาตรฐานมูลนิธิโครงการหลวง.....	B-32
ตาราง 2.22 เปอร์เซ็นต์การฉีกขาดของถุงปลูกมะเขือเทศ.....	B-33
ตาราง 2.23 ลักษณะการฉีกขาดของถุงปลูกมะเขือเทศ.....	B-34
ตาราง 2.24 เปอร์เซ็นต์รากทะลุถุงปลูกมะเขือเทศ	B-35
ตาราง 2.25 ลักษณะการทะลุของรากมะเขือเทศ.....	B-35
ตาราง 2.26 เปอร์เซ็นต์คุณภาพเกรดของมะเขือเทศที่ปลูกในถุงสูตรต่างๆ.....	B-37
ตาราง 2.27 น้ำหนักผลผลิตแต่ละเกรด และผลผลิตรวมต่อต้น.....	B-37
ตาราง 2.28 การจัดเกรดคุณภาพของมะเขือเทศตามมาตรฐานมูลนิธิโครงการหลวง.....	B-42
ตาราง 2.29 เปอร์เซ็นต์การฉีกขาดถุงปลูกเดือนที่ 1-6 หลังย้ายปลูก.....	B-43
ตาราง 2.30 เปอร์เซ็นต์การฉีกขาดของถุงปลูกบริเวณด้านล่างถุง (รากทะลุ) เดือนที่ 1-6 หลังย้ายปลูก	B-44
ตาราง 2.31 เปอร์เซ็นต์คุณภาพเกรดของมะเขือเทศที่ปลูกในถุงสูตรต่างๆ.....	B-47
ตาราง 2.32 น้ำหนักผลผลิตแต่ละเกรด และผลผลิตรวมต่อต้น.....	B-47
ตาราง 2.33 ข้อมูลเกษตรกรที่ทดลองใช้ถุงย่อยสลายในการปลูกมะเขือเทศ	B-49
ตาราง 2.34 การจัดเกรดคุณภาพของมะเขือเทศตามมาตรฐานมูลนิธิโครงการหลวง.....	B-51
ตาราง 2.35 ปริมาณถุงเพาะย่อยสลายที่เสียหายระหว่างการเพาะกล้า.....	B-52
ตาราง 2.36 ความสูงของต้นมะเขือเทศที่อายุ 1-15 สัปดาห์หลังย้ายปลูก ณ สถานีฯ อินทนนท์.....	B-54

[illegible]

ตาราง 2.77 ขนาดผลพริกหวานที่ปลูกของเกษตรกร ณ ศูนย์ฯ แม่สาใหม่.....	B-77
ตาราง 2.78 เปอร์เซ็นต์คุณภาพเกรดของพริกหวาน ณ ศูนย์ฯ ทุ่งเรา	B-78
ตาราง 2.79 จำนวนผลแต่ละเกรด และจำนวนผลผลิตรวมต่อต้นพริกหวาน ศูนย์ฯ ทุ่งเรา.....	B-79
ตาราง 2.80 น้ำหนักผลผลิตแต่ละเกรด และผลผลิตรวมต่อต้นของพริกหวาน ศูนย์ฯ ทุ่งเรา.....	B-79
ตาราง 2.81 ขนาดผลพริกหวานที่ปลูกของเกษตรกร ณ ศูนย์ฯ ทุ่งเรา.....	B-79

สารบัญตารางภาคผนวก 3

	หน้า
ตาราง 3.1 น้ำหนักโมเลกุลของถุงเพาะปลูกกล้าไม้ด้วยเทคนิค GPC.....	C-6
ตาราง 3.2 เปอร์เซ็นต์การแตกของถุงย่อยสลายของแต่ละเดือนในพื้นที่แปลงรวบรวมพันธุ์ไม้มูลนิธิ โครงการหลวงแม่เหียะ	C-9
ตาราง 3.3 เปอร์เซ็นต์การแตกของถุงย่อยสลายของแต่ละเดือนในพื้นที่สถานีฯ ปางดะ	C-10
ตาราง 3.4 เปอร์เซ็นต์การฉีกขาดของถุงปลูกที่อายุ 1-5 เดือน หลังย้ายปลูก ณ แปลงรวบรวมพันธุ์ไม้แม่เหียะ มูลนิธิโครงการหลวง	C-17
ตาราง 3.5 เปอร์เซ็นต์การฉีกขาดของถุงปลูกย่อยสลายหลังย้ายปลูกต้นกล้าจันทร์ทองเทศที่อายุ 1-8 เดือน ณ สถานีเกษตรหลวงปางดะ	C-17
ตาราง 3.6 ความสูงต้นของต้นกล้าจันทร์ทองเทศ ที่อายุ 1-5 เดือน หลังย้ายปลูก ณ แปลงรวบรวมพันธุ์ไม้ แม่เหียะ มูลนิธิโครงการหลวง.....	C-21
ตาราง 3.7 ความกว้างทรงพุ่มของต้นกล้าจันทร์ทองเทศ ที่อายุ 1-5 เดือน หลังย้ายปลูก ณ แปลงรวบรวม พันธุ์ไม้แม่เหียะ มูลนิธิโครงการหลวง.....	C-21
ตาราง 3.8 ความจำวนใบของต้นกล้าจันทร์ทองเทศ ที่อายุ 1-5 เดือน หลังย้ายปลูก ณ แปลงรวบรวม พันธุ์ไม้แม่เหียะ มูลนิธิโครงการหลวง.....	C-22
ตาราง 3.9 ขนาดลำต้นของต้นกล้าจันทร์ทองเทศ ที่อายุ 1-5 เดือนหลังย้ายปลูก ณ แปลงรวบรวม พันธุ์ไม้แม่เหียะ มูลนิธิโครงการหลวง.....	C-22
ตาราง 3.10 ความสูงต้นของต้นกล้าจันทร์ทองเทศ ที่อายุ 1-8 เดือน หลังย้ายปลูก ณ สถานีเกษตรหลวง ปางดะ	C-23
ตาราง 3.11 ความกว้างทรงพุ่มของต้นกล้าจันทร์ทองเทศ ช่วง 1-8 เดือนหลังย้ายปลูก ณ สถานีเกษตรหลวง ปางดะ	C-24
ตาราง 3.12 จำนวนใบของต้นจันทร์ทองเทศ ที่อายุ 1-8 เดือน หลังย้ายปลูก ณ สถานีเกษตรหลวงปางดะ....	C-24
ตาราง 3.13 ขนาดลำต้นของต้นกล้าจันทร์ทองเทศ ที่อายุ 3-8 เดือน หลังย้ายปลูก ณ สถานีเกษตรหลวง ปางดะ	C-24
ตาราง 3.14 ความยาวรากของต้นกล้าจันทร์ทองเทศ ที่อายุ 1-5 เดือนหลังย้ายปลูก ณ แปลงรวบรวมพันธุ์ ไม้แม่เหียะ มูลนิธิโครงการหลวง	C-25
ตาราง 3.15 น้ำหนักรากของต้นกล้าจันทร์ทองเทศ ที่อายุ 1-5 เดือนหลังย้ายปลูก ณ แปลงรวบรวมพันธุ์ ไม้แม่เหียะ มูลนิธิโครงการหลวง	C-25
ตาราง 3.16 ความยาวรากของต้นกล้าจันทร์ทองเทศ ที่อายุ 3-8 เดือนหลังย้ายปลูก ณ สถานีเกษตรหลวง ปางดะ	C-26
ตาราง 3.17 น้ำหนักรากของต้นกล้าจันทร์ทองเทศ ที่อายุ 3-8 เดือนหลังย้ายปลูก ณ สถานีเกษตรหลวง ปางดะ	C-26
ตาราง 3.18 เปอร์เซ็นต์ถุงปลูกย่อยสลายที่ฉีกขาดก่อนนำไปใช้	C-31
ตาราง 3.19 เปอร์เซ็นต์ถุงปลูกย่อยสลายที่ฉีกขาดระหว่างกรอวัสดุปลูก	C-31
ตาราง 3.20 เปอร์เซ็นต์การฉีกขาดของถุงปลูกต้นจันทร์ทองเทศที่อายุ 1-12 เดือน หลังย้ายปลูก ณ แปลง ของศูนย์ไม้มูลนิธิโครงการหลวง.....	C-31
ตาราง 3.21 เปอร์เซ็นต์การฉีกขาดของถุงปลูกต้นนางพญาเสือโคร่งที่อายุ 1-12 เดือน หลังย้ายปลูก ณ ของศูนย์ไม้มูลนิธิโครงการหลวง	C-32

[illegible]

ตาราง 3.44 ความยาวรากของต้นกล้าจันทน์ทองเทศ ช่วงอายุ 3-12 เดือนหลังย้ายปลูก ณ สถานีเกษตรหลวง	
ปางตะ	C-49
ตาราง 3.45 น้ำหนักรากของต้นกล้าจันทน์ทองเทศ ช่วงอายุ 3-12 เดือนหลังย้ายปลูก ณ สถานีเกษตรหลวง	
ปางตะ	C-49
ตาราง 3.46 ความยาวรากของต้นกล้าการบูร ช่วงอายุ 3-12 เดือนหลังย้ายปลูก ณ สถานีเกษตรหลวงปางตะ	C-50
ตาราง 3.47 น้ำหนักรากของต้นกล้าการบูร ช่วงอายุ 3-11 เดือนหลังย้ายปลูก ณ สถานีเกษตรหลวงปางตะ ..	C-50

สารบัญตารางภาคผนวก 4

หน้า

ตาราง 4.1 เปอร์เซ็นต์การฉีกขาดของพลาสติกคลุมดินแต่ละชนิด บริเวณหลุมปลูก ระยะ 1-6 เดือน หลังย้ายปลูก	D-5
ตาราง 4.2 เปอร์เซ็นต์การฉีกขาดของพลาสติกคลุมดินแต่ละชนิด บริเวณอื่นๆ ระยะ 1-6 เดือน หลังย้ายปลูก	D-6
ตาราง 4.3 ความสูงเฉลี่ยของต้นมะเขือม่วงที่ระยะ 1-6 เดือนหลังย้ายปลูก	D-8
ตาราง 4.4 ความกว้างทรงพุ่มเฉลี่ยของต้นมะเขือม่วงที่ระยะ 1-6 เดือนหลังย้ายปลูก.....	D-9
ตาราง 4.5 ขนาด จำนวน และน้ำหนักผลเฉลี่ยของมะเขือม่วง	D-9
ตาราง 4.6 เปอร์เซ็นต์เกรดของมะเขือม่วงที่ปลูกโดยคลุมดินด้วยพลาสติกแต่ละชนิด.....	D-10
ตาราง 4.7 เปอร์เซ็นต์การฉีกขาดของพลาสติกคลุมดินแต่ละชนิด ณ บริเวณหลุมปลูก ระยะ 1-6 เดือน หลังย้ายปลูก	D-14
ตาราง 4.8 เปอร์เซ็นต์การฉีกขาดของพลาสติกคลุมดินแต่ละชนิด บริเวณอื่นๆ เดือนที่ 1-6 หลังย้ายปลูก.....	D-15
ตาราง 4.9 ความสูงเฉลี่ยของต้นมะเขือม่วงเดือนที่ 1-6 หลังย้ายปลูก.....	D-17
ตาราง 4.10 ความกว้างทรงพุ่มเฉลี่ยของต้นมะเขือม่วงเดือนที่ 1-6 หลังย้ายปลูก	D-18
ตาราง 4.11 ผลของพลาสติกคลุมดินต่อขนาด จำนวน และน้ำหนักผลเฉลี่ยของมะเขือม่วง	D-18
ตาราง 4.12 เปอร์เซ็นต์การฉีกขาดของพลาสติกคลุมดิน บริเวณอื่นๆ ระยะ 1-5 เดือนหลังย้ายปลูก	D-22

สารบัญตารางภาคผนวก 5

หน้า

ตาราง 5.1 การปลูกพืช ผลผลิตและปริมาณการใช้ถุงเพาะกล้าพลาสติกชีวภาพในการปลูกพืชแต่ละครั้ง แต่ละปี ของเกษตรกร 10 ราย	E-2
ตาราง 5.2 เปรียบเทียบคุณสมบัติดินในแปลงที่มีการใช้พลาสติกชีวภาพและการไม่ใช้พลาสติกชีวภาพของ เกษตรกร จำนวน 10 ราย	E-6

สารบัญภาพ

	หน้า
ภาพ 1 การสังเคราะห์ PLA.....	4
ภาพ 2 ขั้นตอนการเป่าฟิล์มถุงเพาะสูตร 13R.....	8
ภาพ 3 ขั้นตอนการซีลถุงเพาะ	9
ภาพ 4 ขั้นตอนการตัดถุงเพาะ	9
ภาพ 5 ขั้นตอนการเจาะถุงเพาะ	9
ภาพ 6 สมบัติเชิงกลด้วยเทคนิค Tensile ของถุงเพาะสูตร 13R.....	10
ภาพ 7 เม็ด thermoplastic starch (TPS).....	13
ภาพ 8 เม็ดคอมพาวด์ของ PLA และ Additive	14
ภาพ 9 เม็ดคอมพาวด์ของ (PLA และ Additive) และ TPS.....	14
ภาพ 10 เม็ดถุงเพาะย่อยสลายสูตร13R_3%.....	15
ภาพ 11 ขั้นตอนการเป่าฟิล์มถุงเพาะสูตร13R 3%.....	15
ภาพ 12 ถุงเพาะสูตร13R 3% ที่ตัดและผนึกที่โรงงานเอกชน	16
ภาพ 13 สมบัติเชิงกลของถุงเพาะสูตร 13R_SM2_3% และ 13R_SM2_5%.....	16
ภาพ 14 การทดสอบคุณสมบัติของถุงปลูก.....	21
ภาพ 15 ลักษณะถุงปลูกของมะเขือเทศที่อายุ 1 สัปดาห์หลังย้ายวางบนแปลง	22
ภาพ 16 การทดสอบความแข็งแรงของถุงปลูกก่อนใช้งานด้วยเทคนิค Tensile testing.....	28
ภาพ 17 การทดสอบความแข็งแรงของถุงปลูกก่อนการใช้งานด้วยเทคนิค Tensile testing.....	32
ภาพ 18 ผลการทดสอบความแข็งแรงของถุงปลูกมะเขือเทศหลังปลูกระยะเวลา 5 เดือน	35
ภาพ 19 การทดสอบความแข็งแรงของถุงปลูกมะเขือเทศ	37
ภาพ 20 การทดสอบความแข็งแรงของถุงเพาะ (13R).....	41
ภาพ 21 การทดสอบความแข็งแรงของถุงปลูก (15RL)	42
ภาพ 22 การลอกและหลุดบริเวณรอยซีลของถุง Single Seal	46
ภาพ 23 ลักษณะรอยซีลของถุง Double Seal (DS).....	46
ภาพ 24 ลักษณะการฉีกขาดของถุง Double Seal (DS)	46
ภาพ 25 ลักษณะรอยซีลของถุง Special Double Seal (SDS)	47
ภาพ 26 ภาพจำลองการพัฒนาถุงปลูกมะเขือเทศ (bilayer) ย่อยสลายได้ในเฟสที่ 1.....	48
ภาพ 27 แผนผังการดำเนินงาน.....	49
ภาพ 28 สมบัติการดึงยึดของฟิล์ม PLA/PBAT ที่มีการเติมสาร GMS;	51
ภาพ 29 ค่า Contact angle ของฟิล์ม PLA/PBAT ที่มีการเติมสาร GMS.....	52
ภาพ 30 พฤติกรรมการไหลของ PLA คอมพาวด์ที่มีการเติม PBAT 10, 20 และ 30%wt และ GMS/TiO ₂	53
ภาพ 31 สมบัติการดึงยึดของฟิล์ม PLA/PBAT ที่มีการเติมสาร GMS	55
ภาพ 32 ค่า Contact angle ของฟิล์ม PLA/PBAT ที่มีการเติมสาร GMS/TiO ₂ ในอัตราส่วนต่างๆ	56
ภาพ 33 พฤติกรรมการไหลของ PLA คอมพาวด์	57
ภาพ 34 แบบจำลองถุงเพาะได้แบบ monolayer สำหรับอายุ 6-12 ปี	57
ภาพ 35 สมบัติการดึงยึดของฟิล์มสูตร 7030GT42 ที่มีการเติม TPS 5 และ 10.....	59
ภาพ 36 วัสดุธรรมชาติที่ใช้ในการศึกษาการเพิ่มระยะเวลาในการย่อยสลายทางธรรมชาติ.....	60
ภาพ 37 สมบัติการดึงยึดของฟิล์มสูตร 7030GT42GUM5 ที่มีการเติมสารควบคุมการย่อยสลายทางชีวภาพ	61
ภาพ 38 การทดลองความเป็นกรดเป็นเบสของฟิล์มโดยการละลายน้ำ.....	62

ภาพ 39 จำลองสภาวะการใช้งานโดยการแช่ถุงเพาะในน้ำเป็นเวลา 24 ชม.	63
ภาพ 40 สมบัติการดึงยึดของฟิล์มสูตร 7030GT42GUM5LN2 หลังผ่านการแช่น้ำเป็นเวลา 24 ชม.	64
ภาพ 41 ถุงเพาะกล้าไม้ยืนต้นขนาด 2x6 นิ้ว	65
ภาพ 42 การทดสอบภาคสนามการของปลูกลำต้นกล้า ณ วันที่ 16 มิถุนายน 2557	66
ภาพ 43 ลักษณะของถุงเพาะกล้าไม้ระยะเวลา 2 เดือน	67
ภาพ 44 การทดสอบความแข็งแรงของถุงเพาะกล้าไม้ยืนต้นก่อนใช้งานด้วยเทคนิค Tensile testing	71
ภาพ 45 การทดสอบความแข็งแรงของถุงเพาะกล้าไม้ยืนต้น	75
ภาพ 46 การทดสอบความแข็งแรงของถุงเพาะกล้าไม้ยืนต้นที่ใช้ในการขยายผล	80
ภาพ 47 สมบัติเชิงกลของพลาสติกคลุมดินสูตร 2MR และ 3MR	82
ภาพ 48 การทดสอบความแข็งแรงของพลาสติกคลุมดิน ครั้งที่ 2 ด้วยเทคนิค Tensile testing	86
ภาพ 49 การทดสอบความแข็งแรงของพลาสติกคลุมดิน ครั้งที่ 3 ด้วยเทคนิค Tensile testing	87
ภาพ 50 การทดสอบความแข็งแรงของพลาสติกคลุมดิน	89
ภาพ 51 การทดสอบความแข็งแรงของพลาสติกคลุมดิน	93
ภาพ 52 การเก็บตัวอย่างดิน	127
ภาพ 53 การเก็บตัวอย่างดินที่ระดับความลึกต่างๆ	128
ภาพ 54 การเตรียมถุงเพาะกล้า การรอกดิน และถุงปรับแก้ก่อนย้ายปลูก	128
ภาพ 55 วัสดุเพาะในถุงและเก็บไปที่รากจะเติบโตได้ดี และรากฝอยเกิดบนผิววัสดุเพาะ	129
ภาพ 56 อัตราส่วนต่างๆ ของสารที่ใช้เตรียมถุงเพาะ	127
ภาพ 57 อัตราส่วนต่างๆ ของสารที่ใช้เตรียมถุงปลูก	128
ภาพ 58 อัตราส่วนต่างๆ ของสารที่ใช้เตรียมถุงเพาะกล้าไม้ยืนต้น	128
ภาพ 59 อัตราส่วนต่างๆ ของสารที่ใช้เตรียมพลาสติกคลุมดิน	129

สารบัญภาพภาคผนวก 1

	หน้า
ภาพ 1.1 ถุงเพาะย่อยสลายที่ใช้ในการเพาะกล้าผักกาดหอมห่อขนาด 4X6 เซนติเมตร.....	A-2
ภาพ 1.2 ถาดเพาะกล้าที่ใช้ในการเพาะกล้าผักกาดหอมห่อขนาด 104 และ 200 หลุม.....	A-2
ภาพ 1.3 สภาพแปลงทดสอบการปลูกผักกาดหอมห่อ (ก) พื้นที่ของศูนย์ฯ แม่โจ้ (ข) ศูนย์ฯ แม่แฮ	A-4
ภาพ 1.4 ผักกาดหอมห่อที่อายุ 55 วัน หลังย้ายปลูกของเกษตรกร (ก) ศูนย์ฯ แม่โจ้	A-4
ภาพ 1.5 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักถุงเพาะย่อยสลายของศูนย์ฯ แม่โจ้ที่ลดลง ในระยะต้นกล้าและระยะเก็บเกี่ยว	A-6
ภาพ 1.6 ลักษณะถุงเพาะผักกาดหอมห่อระยะก่อนปลูก ระยะกล้าและระยะเก็บเกี่ยวของศูนย์ฯ แม่โจ้	A-7
ภาพ 1.7 ลักษณะผักกาดหอมห่อหลังตัดแต่งที่ระยะ 45 วันหลังปลูกของศูนย์ฯ แม่โจ้.....	A-10
ภาพ 1.8 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักถุงเพาะย่อยสลายของศูนย์ฯ แม่แฮที่ลดลงในระยะต้นกล้าและระยะเก็บเกี่ยว	A-11
ภาพ 1.9 ลักษณะถุงเพาะผักกาดหอมห่อระยะก่อนปลูก ระยะกล้าและระยะเก็บเกี่ยวของศูนย์ฯ แม่แฮ	A-11
ภาพ 1.10 ลักษณะผักกาดหอมห่อหลังตัดแต่ง ในระยะเก็บเกี่ยวของศูนย์ฯ แม่แฮ	A-15
ภาพ 1.11 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักถุงเพาะย่อยสลายของศูนย์ฯ พงษ์หลวงที่ลดลงในระยะต้นกล้าและระยะเก็บเกี่ยว.....	A-16
ภาพ 1.12 ลักษณะถุงเพาะผักกาดหอมห่อระยะก่อนปลูก ระยะกล้าและระยะเก็บเกี่ยวของศูนย์ฯ พงษ์หลวง ..	A-16
ภาพ 1.13 ลักษณะผักกาดหอมห่อหลังตัดแต่ง ในระยะเก็บเกี่ยวของศูนย์ฯ พงษ์หลวง	A-20
ภาพ 1.14 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักถุงเพาะย่อยสลายของศูนย์ฯ หนองหอยที่ลดลง ในระยะต้นกล้าและระยะเก็บเกี่ยว	A-21
ภาพ 1.15 ลักษณะถุงเพาะผักกาดหอมห่อระยะก่อนปลูก ระยะกล้าและระยะเก็บเกี่ยวของศูนย์ฯ หนองหอย	A-21
ภาพ 1.16 ลักษณะผักกาดหอมห่อหลังตัดแต่ง ในระยะเก็บเกี่ยวของศูนย์ฯ หนองหอย	A-25
ภาพ 1.17 ถุงเพาะย่อยสลายที่ใช้ในการเพาะกล้าผักกาดหอมห่อขนาด 4.5X7.5 เซนติเมตร.....	A-28
ภาพ 1.18 ลักษณะถาดเพาะกล้าที่ใช้ในการเพาะกล้าผักกาดหอมห่อ 1) ขนาด 104 สำหรับศูนย์ฯ หนองหอย แม่แฮและพงษ์หลวง และ 2) ขนาด 200 หลุม สำหรับศูนย์ฯ แม่โจ้	A-28
ภาพ 1.19 สภาพแปลงทดสอบการปลูกผักกาดหอมห่อ (ก) พื้นที่ของศูนย์ฯ หนองหอย (ข) ศูนย์ฯ แม่แฮ (ค) ศูนย์ฯ แม่โจ้ และ (ง) ศูนย์ฯ พงษ์หลวง.....	A-30
ภาพ 1.20 ผักกาดหอมห่อที่อายุ 48 วัน หลังย้ายปลูกของเกษตรกร (ก) พื้นที่ของศูนย์ฯ หนองหอย (ข) ศูนย์ฯ แม่แฮ (ค) ศูนย์ฯ แม่โจ้ และ (ง) ศูนย์ฯ พงษ์หลวง	A-31
ภาพ 1.21 เปอร์เซ็นต์การลดลงของน้ำหนักถุงเพาะย่อยสลายของศูนย์ฯ แม่โจ้	A-33
ภาพ 1.22 ลักษณะการย่อยสลายของถุงเพาะผักกาดหอมห่อ ของศูนย์ฯ แม่โจ้	A-33
ภาพ 1.23 ลักษณะผักกาดหอมห่อหลังตัดแต่ง ในระยะเก็บเกี่ยวของศูนย์ฯ แม่โจ้	A-37
ภาพ 1.24 เปอร์เซ็นต์การลดลงของน้ำหนักถุงเพาะย่อยสลายของศูนย์ฯ แม่แฮ.....	A-38
ภาพ 1.25 ลักษณะการย่อยสลายของถุงเพาะผักกาดหอมห่อ ศูนย์ฯ แม่แฮ.....	A-39
ภาพ 1.26 ลักษณะผักกาดหอมห่อหลังตัดแต่ง ในระยะเก็บเกี่ยวของศูนย์ฯ แม่แฮ	A-42
ภาพ 1.27 เปอร์เซ็นต์การลดลงของน้ำหนักถุงเพาะย่อยสลายของศูนย์ฯ พงษ์หลวง.....	A-43
ภาพ 1.28 ลักษณะการย่อยสลายของถุงเพาะผักกาดหอมห่อ ของศูนย์ฯ พงษ์หลวง.....	A-44
ภาพ 1.29 ลักษณะผักกาดหอมห่อหลังตัดแต่ง ในระยะเก็บเกี่ยวของศูนย์ฯ พงษ์หลวง	A-47
ภาพ 1.30 เปอร์เซ็นต์การลดลงของน้ำหนักถุงเพาะย่อยสลายของศูนย์ฯ หนองหอย	A-49
ภาพ 1.31 ลักษณะการย่อยสลายของถุงเพาะผักกาดหอมห่อ ศูนย์ฯ หนองหอย.....	A-49
ภาพ 1.32 ลักษณะผักกาดหอมห่อหลังตัดแต่ง ในระยะเก็บเกี่ยวของศูนย์ฯ หนองหอย	A-53

ภาพ 1.33 ลักษณะผักกาดหอมห่อที่พบโรคใบจุด ในแปลงเกษตรกรของศูนย์ฯ หนองหอย	A-55
ภาพ 1.34 ถุงเพาะย่อยสลายที่ใช้ในการเพาะกล้าผักกาดหอมห่อขนาด 4X7 เซนติเมตร	A-56
ภาพ 1.35 ลักษณะถาดเพาะกล้าที่ใช้ในการเพาะกล้าผักกาดหอมห่อ 1) ถาดเพาะขนาด 104 หลุม สำหรับศูนย์ฯ หนองหอย แม่แฮ และทุ่งหลวง 2) ขนาด 200 หลุม สำหรับศูนย์ฯ แม่ไถ	A-56
ภาพ 1.36 สภาพแปลงทดสอบการปลูกผักกาดหอมห่อ (ก) ศูนย์ฯ หนองหอย (ข) ศูนย์ฯ แม่แฮ	A-59
ภาพ 1.37 ผักกาดหอมห่อที่อายุ 40-46 วัน หลังย้ายปลูกของเกษตรกร (ก) ศูนย์ฯ หนองหอย (ข) ศูนย์ฯ แม่แฮ.....	A-59
ภาพ 1.38 ลักษณะถุงเพาะย่อยสลายที่ฉีกขาดระหว่างการกรอกวัสดุ	A-61
ภาพ 1.39 เปอร์เซ็นต์การลดลงของน้ำหนักถุงเพาะย่อยสลายของศูนย์ฯ แม่ไถ	A-62
ภาพ 1.40 ลักษณะการย่อยสลายของถุงเพาะผักกาดหอมห่อ ของศูนย์ฯ แม่ไถ	A-62
ภาพ 1.41 ลักษณะผักกาดหอมห่อหลังตัดแต่ง ในระยะเก็บเกี่ยวของศูนย์ฯ แม่ไถ	A-66
ภาพ 1.42 เปอร์เซ็นต์การลดลงของน้ำหนักถุงเพาะย่อยสลายของศูนย์ฯ แม่แฮ.....	A-67
ภาพ 1.43 ลักษณะการย่อยสลายของถุงเพาะผักกาดหอมห่อ ศูนย์ฯ แม่แฮ.....	A-68
ภาพ 1.44 ลักษณะผักกาดหอมห่อหลังตัดแต่ง ในระยะเก็บเกี่ยวของศูนย์ฯ แม่แฮ	A-71
ภาพ 1.45 เปอร์เซ็นต์การลดลงของน้ำหนักถุงเพาะย่อยสลายของศูนย์ฯ ทุ่งหลวง.....	A-73
ภาพ 1.46 ลักษณะการย่อยสลายของถุงเพาะผักกาดหอมห่อ ของศูนย์ฯ ทุ่งหลวง.....	A-73
ภาพ 1.47 ลักษณะผักกาดหอมห่อหลังตัดแต่ง ในระยะเก็บเกี่ยวของศูนย์ฯ ทุ่งหลวง	A-77
ภาพ 1.48 เปอร์เซ็นต์การลดลงของน้ำหนักถุงเพาะย่อยสลายของศูนย์ฯ หนองหอย	A-78
ภาพ 1.49 ลักษณะการย่อยสลายของถุงเพาะผักกาดหอมห่อ ศูนย์ฯ หนองหอย.....	A-79
ภาพ 1.50 ลักษณะผักกาดหอมห่อหลังตัดแต่ง ในระยะเก็บเกี่ยวของศูนย์ฯ หนองหอย	A-83

สารบัญภาพภาคผนวก 2

หน้า

ภาพ 2.1 ลักษณะถุงปลูกย่อยสลายชนิด PE 3RL 5RL และ 6RL ขนาด 6x13 นิ้ว	B-2
ภาพ 2.2 ลักษณะการฉีกขาดถุงปลูกมะเขือเทศระหว่างการกรอกวัสดุ.....	B-5
ภาพ 2.3 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักถุงที่ลดลงของถุงปลูกมะเขือเทศที่อายุ 1 และ 4 เดือนหลังย้ายปลูก	B-6
ภาพ 2.4 ลักษณะถุงปลูกย่อยสลายแต่ละสูตรของมะเขือเทศอายุ 4 เดือนหลังย้ายปลูก	B-6
ภาพ 2.5 ลักษณะถุงปลูกย่อยสลายชนิดต่างๆ ขนาด 5x10 นิ้ว.....	B-8
ภาพ 2.6 แปลงทดลองถุงปลูกย่อยสลาย ณ ศูนย์ฯ หนองหอย	B-8
ภาพ 2.7 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักถุงที่ลดลงของถุงปลูกมะเขือเทศที่อายุ 1 และ 3 เดือนหลังย้ายปลูก	B-12
ภาพ 2.8 ลักษณะถุงปลูกย่อยสลายแต่ละสูตรของมะเขือเทศอายุ 3 เดือนหลังย้ายปลูก	B-12
ภาพ 2.9 ลักษณะถุงปลูกย่อยสลายชนิดต่างๆ ขนาด 5x10 นิ้ว.....	B-14
ภาพ 2.10 แปลงทดลองถุงปลูกมะเขือเทศ โดยการใช้ถุงย่อยสลาย ก) ศูนย์ฯ หนองหอย ข) ศูนย์ฯ พังเรา และ ค) ศูนย์ฯ แม่สาใหม่.....	B-14
ภาพ 2.11 ลักษณะการฉีกขาดของถุงปลูกแต่ละสูตรของมะเขือเทศ อายุ 5 เดือนหลังย้ายปลูก.....	B-19
ภาพ 2.12 ลักษณะการฉีกขาดของถุงปลูกแต่ละสูตรของมะเขือเทศ อายุ 4 เดือนหลังย้ายปลูก ก) สูตร 8RL ข) สูตร 9RL ค) สูตร 10RL และ ง) สูตร PE	B-21
ภาพ 2.13 ลักษณะการฉีกขาดของถุงปลูกแต่ละสูตรของมะเขือเทศ อายุ 2 เดือนหลังย้ายปลูก ก) สูตร 8RL ข) สูตร 9RL ค) สูตร 10RL และ ง) สูตร PE	B-22
ภาพ 2.14 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักถุงที่ลดลงของถุงปลูกมะเขือเทศที่อายุ 1 - 4 เดือนหลังย้ายปลูก.....	B-23
ภาพ 2.15 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักถุงที่ลดลงของถุงปลูกมะเขือเทศที่อายุ 1 - 4 เดือนหลังย้ายปลูก.....	B-24
ภาพ 2.16 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักถุงที่ลดลงของถุงปลูกมะเขือเทศที่อายุ 1 - 2 เดือนหลังย้ายปลูก.....	B-24
ภาพ 2.17 ลักษณะผลมะเขือเทศที่ปลูกในถุงปลูกย่อยสลายของสูตรต่างๆ	B-29
ภาพ 2.18 ลักษณะมะเขือเทศที่เป็นโรคเหี่ยวระบัด ก) ลักษณะต้นมะเขือเทศที่เป็นโรคเหี่ยวจากไวรัส ณ ศูนย์ฯ แม่สาใหม่ ข) ลักษณะต้นมะเขือเทศที่เป็นโรคเหี่ยวเหี่ยว ณ ศูนย์ฯ พังเรา.....	B-30
ภาพ 2.19 ผลการทดสอบความแข็งแรงของถุงปลูกมะเขือเทศหลังปลูกระยะเวลา 5 เดือน	B-38
ภาพ 2.20 ลักษณะถุงปลูกย่อยสลายชนิดต่างๆ ก.) ขนาด 5x10 และ ข.) ขนาด 8x13 นิ้ว	B-39
ภาพ 2.21 แปลงทดลองถุงปลูกมะเขือเทศ โดยการใช้ถุงย่อยสลาย ณ ศูนย์ฯ แม่สาใหม่	B-40
ภาพ 2.22 ลักษณะการฉีกขาดถุงปลูกมะเขือเทศที่อายุ 6 เดือนหลังย้ายปลูก.....	B-44
ภาพ 2.23 ลักษณะการฉีกขาดด้านล่างถุงปลูกมะเขือเทศที่อายุ 6 เดือนหลังย้ายปลูก	B-45
ภาพ 2.24 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักถุงที่ลดลงของถุงปลูกมะเขือเทศ.....	B-46
ภาพ 2.25 ลักษณะถุงเพาะกล้า ขนาด 3x5 นิ้ว ประกอบด้วย ก. ถุงเพาะย่อยสลาย ข. ถุงเพาะชนิดการค้า ...	B-48
ภาพ 2.26 ลักษณะถุงปลูกที่ทดลอง ขนาด 7x13 นิ้ว ประกอบด้วย ก. ถุงปลูกย่อยสลาย ข. ถุงปลูก ชนิดการค้า.....	B-48
ภาพ 2.27 ลักษณะแปลงทดลองใช้ถุงย่อยสลายในการปลูกมะเขือเทศ ก. เริ่มการทดลอง ข. สิ้นสุดการ ทดลอง	B-49
ภาพ 2.28 ลักษณะถุงปลูกย่อยสลายที่มีพบการฉีกขาด	B-52
ภาพ 2.29 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักถุงที่ลดลงของถุงปลูกมะเขือเทศ อายุระหว่าง 1-5 เดือนหลังย้ายปลูก	B-53
ภาพ 2.30 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักถุงที่ลดลงของถุงปลูกมะเขือเทศ อายุระหว่าง 1-4 เดือนหลังย้ายปลูก	B-53
ภาพ 2.31 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักถุงที่ลดลงของถุงปลูกมะเขือเทศ อายุระหว่าง 1-4 เดือนหลังย้ายปลูก	B-53
ภาพ 2.32 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักถุงที่ลดลงของถุงปลูกมะเขือเทศ อายุระหว่าง 1-5 เดือนหลังย้ายปลูก	B-54

ภาพ 2.33 ลักษณะต้นมะเขือเทศที่เกิดโรคเหี่ยวเฉา.....	B-67
ภาพ 2.34 ลักษณะถุงเพาะกล้าที่ทดลอง ขนาด 3x5 นิ้ว ประกอบด้วย ก. ถุงเพาะย่อยสลาย.....	B-68
ภาพ 2.35 ลักษณะถุงปลูก ขนาด 7x13 นิ้ว ประกอบด้วย ก. ถุงปลูกย่อยสลาย.....	B-68
ภาพ 2.36 ลักษณะแปลงทดลองใช้ถุงย่อยสลายในการปลูกพริกหวาน ก. เริ่มการทดลอง	B-69
ภาพ 2.37 ลักษณะถุงปลูกย่อยสลายที่พบการฉีกขาด ก) สถานีฯ อินทนนท์ และ ข) ศูนย์ฯ พังงา	B-72
ภาพ 2.38 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักถุงที่ลดลงของถุงปลูกพริกหวานที่อายุระหว่าง 1-3 เดือนหลังย้ายปลูก	B-72
ภาพ 2.39 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักถุงที่ลดลงของถุงปลูกพริกหวาน อายุระหว่าง 1-5 เดือนหลังย้ายปลูก.....	B-72
ภาพ 2.40 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักถุงที่ลดลงของถุงปลูกย่อยสลายพริกหวาน อายุระหว่าง 1-5 เดือน หลังย้ายปลูก.....	B-73
ภาพ 2.41 ลักษณะต้นพริกหวานที่เกิดโรค และผลผลิตมีรูปร่างผิดปกติ.....	B-81

สารบัญภาพภาคผนวก 3

	หน้า
ภาพ 3.1 ก) ถูย้อยสลาย และ ข) ถูพลาสติกการค้ำ.....	C-2
ภาพ 3.2 ก) แปลงรวบรวมพันธุ์ไม้มูลนิธิโครงการหลวงแม่เหียะ และ ข) สถานีเกษตรหลวงปางดะ	C-3
ภาพ 3.3 กล้าพืชสำหรับเตรียมย้ายปลูก อายุ 1 เดือน	C-3
ภาพ 3.4 ถูเพาะกล้าสำหรับเตรียมรย้ายต้นกล้าที่แข็งแรงลงปลูก	C-3
ภาพ 3.5 ลักษณะการใช้งานในขั้นตอนแรก : เตรียมถูบรรจุดินทิ้งไว้ในถูก่อน.....	C-4
ภาพ 3.6 ลักษณะของถูเพาะกล้าไม้ระยะเวลา 2 เดือน	C-5
ภาพ 3.7 การย่อยสลายอลิกนินด้วยเอนไซม์ laccase ในสภาวะที่มีออกซิเจน จะได้สารอนุพันธ์ phenolic radical.....	C-6
ภาพ 3.8 บริเวณที่ทดสอบ ก) แปลงรวบรวมพันธุ์ไม้มูลนิธิโครงการหลวงแม่เหียะ	C-7
ภาพ 3.9 เปอร์เซ็นต์การแตกของถูย้อยสลายของแต่ละเดือนในพื้นที่แปลงรวบรวมพันธุ์ไม้	C-9
ภาพ 3.10 เปอร์เซ็นต์การแตกของถูย้อยสลายของแต่ละเดือนในพื้นที่สถานีฯ ปางดะ	C-10
ภาพ 3.11 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่ลดลงของถูเพาะย้อยสลายสูตร 1P-8P ณ แปลงฯ แม่เหียะ	C-11
ภาพ 3.12 ลักษณะถูเพาะย้อยสลายสูตร 1P-8P ช่วงเดือนเมษายน-กันยายน 2558 ณ แปลงฯ แม่เหียะ	C-11
ภาพ 3.13 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่ลดลงของถูเพาะย้อยสลายสูตร 1P-8P ณ สถานีฯ ปางดะ	C-12
ภาพ 3.14 ลักษณะถูเพาะย้อยสลายสูตร 1P-8P ประจำเดือนเมษายน-กันยายน ณ สถานีฯ ปางดะ.....	C-12
ภาพ 3.15 แผนผังการวางการทดลองถูปลูกย้อยสลาย	C-14
ภาพ 3.16 ก) ถูย้อยสลายสูตร 9P ข) ถูย้อยสลายสูตร 10P และ ค) ถูพลาสติกการค้ำสูตร PE.....	C-14
ภาพ 3.17 ลักษณะต้นกล้าจันทร์ทองเทศสำหรับเตรียมย้ายปลูก อายุ 1 เดือน	C-15
ภาพ 3.18 ถูเพาะกล้าสำหรับเตรียมรย้ายต้นกล้าที่แข็งแรงลงปลูก	C-15
ภาพ 3.19 บริเวณที่ทดสอบ ก) แปลงรวบรวมพันธุ์ไม้แม่เหียะมูลนิธิโครงการหลวง และ	C-16
ภาพ 3.20 ลักษณะการแตกของถูปลูก ที่อายุ 1 และ 5 เดือน หลังย้ายปลูก ณ แปลงฯ แม่เหียะ ก) ถูย้อยสลายสูตร 9P ข) ถูย้อยสลายสูตร 10P และ ค) ถูปลูกสูตร PE.....	C-18
ภาพ 3.21 ลักษณะการแตกของถูปลูกที่อายุ 1 และ 8 เดือน หลังย้ายปลูก ณ แปลงทดสอบของสถานีฯ ปางดะ.....	C-19
ภาพ 3.22 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักถูที่ลดลงของต้นจันทร์ทองเทศ ณ แปลงรวบรวมพันธุ์ไม้แม่เหียะ.....	C-20
ภาพ 3.23 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักถูที่ลดลงของต้นจันทร์ทองเทศ ณ สถานีเกษตรหลวงปางดะ.....	C-20
ภาพ 3.24 แผนผังการวางการทดลองถูปลูกย้อยสลาย	C-28
ภาพ 3.25 ถูปลูกย้อยสลายที่ใช้ทดสอบสูตรต่างๆ ได้แก่ ก) ถูย้อยสลายสูตร 12P ข) ถูย้อยสลายสูตร 13P และ ค) ถูพลาสติกการค้ำสูตร PE.....	C-28
ภาพ 3.26 ลักษณะต้นกล้าจันทร์ทองเทศสำหรับเตรียมย้ายปลูก อายุ 1 เดือน	C-29
ภาพ 3.27 ถูเพาะกล้าสำหรับเตรียมรย้ายต้นกล้าที่แข็งแรงลงปลูก	C-29
ภาพ 3.28 บริเวณที่ทดสอบ ก) แปลงรวบรวมพันธุ์ไม้แม่เหียะมูลนิธิโครงการหลวง และ	C-30
ภาพ 3.29 ลักษณะการแตกของถูปลูกต้นจันทร์ทองเทศที่อายุ 12 เดือน หลังย้ายปลูก.....	C-32
ภาพ 3.30 ลักษณะการแตกของถูปลูกต้นนางพญาเสือโคร่งที่อายุ 12 เดือน หลังย้ายปลูก.....	C-32
ภาพ 3.31 ลักษณะการแตกของถูปลูกต้นจันทร์ทองเทศที่อายุ 12 เดือน หลังย้ายปลูก ณ สถานีเกษตรหลวงปางดะ.....	C-33
ภาพ 3.32 ลักษณะการแตกของถูปลูกต้นการบูรที่อายุ 12 เดือน หลังย้ายปลูก ณ สถานีเกษตรหลวงปางดะ.....	C-34

ภาพ 3.33 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักถุงที่ลดลงของต้นจันทน์ทองเทศ 1-12 เดือนหลังย้ายปลูก ณ ศูนย์ไผ่มูลนิธิ	
โครงการหลวง	C-34
ภาพ 3.34 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักถุงที่ลดลงของต้นนางพญาเสือโคร่ง 1-12 เดือนหลังย้ายปลูก ณ ศูนย์ไผ่มูลนิธิ	
โครงการหลวง	C-35
ภาพ 3.35 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักถุงที่ลดลงของต้นจันทน์ทองเทศ 1-12 เดือนหลังย้ายปลูก	
ณ สถานีเกษตรหลวงปางตะ	C-36
ภาพ 3.36 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักถุงที่ลดลงของต้นการบูร 1-12 เดือนหลังย้ายปลูก ณ สถานีเกษตรหลวง	
ปางตะ	C-36
ภาพ 3.37 ลักษณะต้นจันทน์ทองเทศที่อายุ 1, 6 และ 12 เดือน หลังย้ายปลูก	
ณ แปลงของศูนย์ไผ่มูลนิธิโครงการหลวง	C-39
ภาพ 3.38 ลักษณะต้นนางพญาเสือโคร่งที่อายุ 1 6 และ 12 เดือน หลังย้ายปลูกแปลงของศูนย์ไผ่มูลนิธิ	
โครงการหลวง	C-41
ภาพ 3.39 ลักษณะต้นจันทน์ทองเทศที่อายุ 1, 6 และ 12 เดือน หลังย้ายปลูก	C-44
ภาพ 3.40 ลักษณะต้นการบูรที่อายุ 1, 6 และ 12 เดือน หลังย้ายปลูก ณ สถานีเกษตรหลวงปางตะ	C-46
ภาพ 3.41 ลักษณะต้นลำจันทน์ทองเทศสำหรับเตรียมย้ายปลูก อายุ 1 เดือน	C-52
ภาพ 3.42 ถุงปลูกกล้าสำหรับเตรียมร่อยย้ายต้นกล้าที่แข็งแรงลงปลูก	C-52

สารบัญภาพภาคผนวก 4

	หน้า
ภาพ 4.1 กระป๋องเหล็กใส่ถ่านร้อน สำหรับเจาะพลาสติกคลุมดิน	D-2
ภาพ 4.2 ลักษณะการตัดพลาสติกขนาด 20×20 เซนติเมตร เพื่อศึกษาการย่อยสลายในแต่ละกรรมวิธี	D-3
ภาพ 4.3 พลาสติกคลุมดินแต่ละชนิดก่อนการปลูก; A) พลาสติกคลุมดินสูตร 2MR	D-5
ภาพ 4.4 การฉีกขาดของพลาสติกบริเวณหลุมปลูก หลังย้ายปลูก 6 เดือน;.....	D-6
ภาพ 4.5 การฉีกขาดของพลาสติกบริเวณอื่นๆ หลังย้ายปลูก 6 เดือน;.....	D-7
ภาพ 4.6 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่ลดลงของพลาสติกแต่ละชนิดในช่วงระยะก่อนปลูก ถึงหลังย้ายปลูก 6 เดือน	D-7
ภาพ 4.7 พลาสติกย่อยสลายสูตร 2MR 3MR และสูตรการค้า ก่อนใช้งาน และหลังย้ายปลูก 6 เดือน	D-8
ภาพ 4.8 กระป๋องเหล็กใส่ถ่านร้อน สำหรับเจาะพลาสติกคลุมดิน	D-11
ภาพ 4.9 ลักษณะการตัดพลาสติกขนาด 20×20 เซนติเมตรเพื่อศึกษาการย่อยสลายในแต่ละกรรมวิธี.....	D-12
ภาพ 4.10 แปลงเกษตรที่ทดลองใช้พลาสติกย่อยสลายคลุมแปลง ณ ศูนย์ฯ แม่แพะ	D-13
ภาพ 4.11 พลาสติกคลุมดินแต่ละชนิดก่อนการปลูก;A) พลาสติกคลุมดินสูตร 4MR B) พลาสติกคลุมดิน สูตร 5MR และ C) พลาสติกคลุมดินชนิดการค้า.....	D-14
ภาพ 4.12 ลักษณะการฉีกขาดของพลาสติกบริเวณหลุมปลูก หลังย้ายปลูก 6 เดือน A) พลาสติกคลุมดิน สูตร 4MR B) พลาสติกคลุมดินสูตร 5MR และ C) พลาสติกคลุมดินชนิดการค้า.....	D-15
ภาพ 4.13 ลักษณะการฉีกขาดของพลาสติกบริเวณอื่นๆ หลังย้ายปลูก 6 เดือน A) พลาสติกคลุมดินสูตร 4MR B) พลาสติกคลุมดินสูตร 5MR และ C) พลาสติกคลุมดินชนิดการค้า	D-16
ภาพ 4.14 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่ลดลงของพลาสติกแต่ละชนิดช่วงระยะก่อนปลูกจนถึง 6 เดือนหลังย้ายปลูก..	D-16
ภาพ 4.15 พลาสติกย่อยสลายสูตร 4MR 5MR และสูตรการค้า A) ระยะก่อนใช้งานสูตร และ B) ผ่านการ ใช้ งานเป็นระยะเวลา 6 เดือนหลังย้ายปลูก	D-17
ภาพ 4.16 การเตรียมแปลงปลูกโดยใช้พลาสติกคลุมดินที่สามารถย่อยสลายได้	D-20
ภาพ 4.17 แปลงปลูกมะเขือเทศโดยใช้พลาสติกคลุมดินที่สามารถย่อยสลายได้ในสภาพโรงเรือน	D-20
ภาพ 4.18 ลักษณะพลาสติกย่อยสลายแต่ละกรรมวิธี.....	D-21
ภาพ 4.19 การฉีกขาดของพลาสติกบริเวณอื่นๆ หลังย้ายปลูก 3 เดือน ; ก) ชนิด 6MR ข) ชนิด 7MR.....	D-22
ภาพ 4.20 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่ลดลงของพลาสติกแต่ละชนิดในช่วงระยะก่อนปลูก ถึง 5 เดือน หลังย้ายปลูก	D-23
ภาพ 4.21 พลาสติกย่อยสลายสูตร 6MR 7MR และสูตรการค้า หลังย้ายปลูก 5 เดือน	D-23

1.1 ที่มาและความสำคัญ/หลักการและเหตุผล

ปัจจุบันการใช้พลาสติกที่ผลิตจากปิโตรเลียม มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็วตามความเจริญและก้าวหน้าทางเทคโนโลยี ส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของขยะพลาสติกที่ต้องใช้ระยะเวลาในการเสื่อมสายนานกว่า 100 ปี แม้ว่าปัจจุบันได้มีความพยายามที่จะนำพลาสติกที่ผลิตจากปิโตรเลียมที่ผ่านการใช้แล้วบางส่วนกลับมาใช้ใหม่ (reuse) หรือนำมาผ่านกระบวนการผลิตใหม่ (recycle) แต่กระบวนการดังกล่าวมีราคาแพง และยังคงปลดปล่อยมลพิษออกสู่สภาพแวดล้อม ส่งผลต่อการกระตุ้นการเกิดภาวะโลกร้อน

โดยเฉพาะอย่างยิ่งในปัจจุบันประเทศไทยเริ่มใช้ถุงพลาสติกและแผ่นฟิล์มพลาสติกที่ผลิตจากปิโตรเลียมเป็นอุปกรณ์ช่วยลดการสูญเสียและเพิ่มความสะดวกในการปลูกพืชอย่างแพร่หลาย เช่น ถุงเพาะกล้า ถุงเพาะปลูก ถุงย้ายปลูก และ แผ่นฟิล์มพลาสติกสำหรับควบคุมสภาวะดินขณะปลูก เป็นต้น ทั้งนี้นิยมใช้กับการปลูกพืชเศรษฐกิจ เช่น สตรอเบอรี่ มะเขือเทศ ผักสลัด และ พริกหวาน ทำให้การเพิ่มขึ้นของปริมาณขยะพลาสติกเป็นไปอย่างรวดเร็ว

จากผลงานการวิจัยที่ผ่านมาของทีมวิจัยจาก สกว. ฝ่ายเกษตร เรื่อง การศึกษาและพัฒนาแผ่นฟิล์มพลาสติกผสมระหว่างพอลิเอทิลีนความหนาแน่นต่ำและพอลิเมอร์ชีวภาพเพื่อใช้เป็นถุงเพาะปลูกพืชทางการเกษตร (ปี 2551-2553) [1] และเรื่องการพัฒนาพลาสติกคอมโพสิตเพิ่มช่วงแสงสำหรับใช้เป็นพลาสติกคลุมแปลงเพื่อเพิ่มคุณภาพของผลิตผลทางการเกษตร (ปี 2551-2553) [2] และ เรื่องการพัฒนาถุงเพาะกล้าผักสลัด และ สตรอเบอรี่ที่ย่อยสลายได้ (ปี 2553-2554) [3] นั้น พบว่าสามารถพัฒนาถุงพลาสติกย่อยสลายที่มีแบ่งเป็นส่วนประกอบที่ช่วยในการย่อยสลายได้ โดยไม่กระทบต่อการเจริญเติบโตของต้นกล้าและต้นพืชที่ปลูกภายในถุงย่อยสลายดังกล่าว ทั้งนี้สามารถนำไปใช้สำหรับเพาะกล้าและปลูกพืชเศรษฐกิจ เช่น พริกขี้หนู สตรอเบอรี่ และ ผักกาดหอมห่อ ได้อย่างมีประสิทธิภาพเมื่อเทียบกับถุงเพาะและถุงปลูกที่เกษตรกรใช้ทั่วไป (ถุงพลาสติก LDPE) จากผลการทดสอบภาคสนามพบว่าถุงย่อยสลายต้นแบบที่พัฒนาขึ้นนี้มีคุณสมบัติพิเศษ ที่สามารถเสื่อมสภาพอันเนื่องมาจากการถูกย่อยสลายด้วยจุลินทรีย์ในดินตามระยะเวลาที่กำหนด หลังจากย้ายปลูก หรือ หลังจากการใช้งานขณะปลูก ได้อย่างมีประสิทธิภาพ อย่างไรก็ตาม การพัฒนาพลาสติก LDPE ที่มีแบ่งเป็นองค์ประกอบหลักเพื่อให้สามารถย่อยสลายได้เพื่อให้สามารถขึ้นรูปเป็นถุงพลาสติกได้ นั้นส่งผลต่อการปนเปื้อนของพอลิเอทิลีนในดิน อันเนื่องมาจากคุณสมบัติของ PE ไม่สามารถถูกย่อยสลายได้ด้วยจุลินทรีย์ในดิน

จากข้อมูลเริ่มต้นดังกล่าว ทางบริษัท พีทีที โกลบอล เคมิคอล จำกัด มหาชน และ สำนักงานกองทุนสนับสนุนงานวิจัย ได้ร่วมกันพัฒนางานวิจัยด้าน bioplastic เพื่อการเกษตรขึ้น โดยมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อพัฒนาถุงเพาะกล้า ถุงปลูกพืช และ แผ่นฟิล์มพลาสติกคลุมดินที่นอกจากจะสามารถย่อยสลายได้ตามระยะเวลาที่กำหนดโดยไม่กระทบต่อการเจริญเติบโตของต้นกล้าและพืช แล้วยังสามารถเสื่อมสลายได้เร็วกว่าพลาสติกที่ผลิตจากปิโตรเลียม ทั้งนี้ ถุงเพาะกล้า ถุงปลูก และพลาสติกคลุมดินย่อยสลายที่พัฒนาขึ้นนี้ มีส่วนประกอบของพอลิเมอร์ชีวภาพทั้งหมด ซึ่งในการวิจัยนี้จะทำการผสมพอลิแลคติกแอซิด (poly(lactic acid), PLA) ทดแทน พอลิเอทิลีน และยังคงมีแบ่งเป็นองค์ประกอบหลักเพื่อให้มีคุณสมบัติที่สามารถเสื่อมสลาย หรือ ย่อยสลายได้ ในระยะเวลาอันรวดเร็ว คุณประโยชน์ที่เกิดจากการพัฒนางานวิจัยนี้นอกจากมีประโยชน์อย่างมากต่อการรักษาสภาพสิ่งแวดล้อมแล้วยังมีผลดีต่อ เศรษฐกิจ และสังคมของเกษตรกร ตลอดจนผู้บริโภค อีกด้วย โดยงานวิจัยนี้ประกอบด้วย การทดสอบระดับภาคสนามและนำพลาสติกย่อยสลายที่พัฒนาขึ้นไปใช้งานในสภาวะแวดล้อมที่แตกต่างกัน โดยแบ่งการทดสอบประสิทธิภาพการย่อยสลายของพลาสติกที่พัฒนาขึ้นกับพืชต้นแบบ ณ บริเวณ พื้นที่ราบ (มหาวิทยาลัยเกษตร กำแพงแสน) และการทดสอบประสิทธิภาพการย่อยสลายของพลาสติกที่พัฒนาขึ้นกับพืชต้นแบบ ณ บริเวณ พื้นที่สูง (มูลนิธิโครงการหลวง)

ทั้งนี้ผลการทดลองในระยะ 2 ปี แรก พบว่า ฤๅเพาะที่ทำจากพอลิเมอร์ชีวภาพนั้น มีผลการเจริญเติบโตของพืชและผลผลิตไม่แตกต่างจากการใช้พลาสติกที่ผลิตจากปิโตรเลียม โดยได้ทำการทดลองในผักกาดหอมห่อและมะเขือเทศ ทั้งนี้ในการศึกษาทำในพื้นที่ขนาดเล็กและกระบวนการพัฒนาและผลิตสูตรพลาสติกจาก PLA เป็นการผลิในระดับ lab scale

ดังนั้นเพื่อให้การนำไปใช้ประโยชน์ของพอลิเมอร์ชีวภาพ PLA เป็นไปอย่างดีในงานด้านการเกษตรนั้น มีความจำเป็นต้องมีการศึกษาเพิ่มเติมในระดับการประยุกต์ใช้จริงในพื้นที่ของเกษตรกรภายใต้การดูแลของมูลนิธิโครงการหลวงและจำเป็นต้องมีการพัฒนาต่อยอดในการพัฒนาสูตรของพอลิเมอร์ชีวภาพ PLA เพื่อผลิตฤๅเพาะถุงปลูกและพลาสติกคลุมดินในระดับ up scale ก่อนที่จำดำเนินการไปสู่การผลิตระดับอุตสาหกรรมในอนาคต ทั้งนี้ผลลัพธ์ที่เกิดจากผลิตภัณฑ์ย่อยสลายที่พัฒนาขึ้นนี้ จะส่งผลต่อการนำไปใช้ประโยชน์ได้จริงในอนาคตสำหรับเกษตรกรทั้งประเทศไทย

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 พัฒนาสูตรผสมที่เข้ากันได้ระหว่าง PLA และ biodegradable material ในระดับ up scale เพื่อใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้นในการต่อยอดสู่การผลิตในระดับ large scale ในการผลิต ฤๅเพาะ ถุงปลูก และพลาสติกคลุมดินสำหรับการปลูกพืชเศรษฐกิจ

1.2.2 ทราบข้อมูลผลการเจริญเติบโตและผลผลิตของพืชเศรษฐกิจในพื้นที่ปลูกจริง เปรียบเทียบระหว่างการใช้ถุงปลูกย่อยสลายกับการใช้ถุงปลูกปกติ

1.2.3 ทราบข้อมูลผลกระทบต่อดินหลังการเพาะปลูกโดยใช้ฤๅเพาะ ถุงปลูก และพลาสติกคลุมดินจากพลาสติกย่อยสลายได้ทางชีวภาพ

1.2.4 สร้างเสริมความเข้าใจในการใช้ถุงปลูกย่อยสลายได้ทางชีวภาพ

1.3 ผลที่คาดว่าจะได้รับเมื่อสิ้นสุดการวิจัย

1.3.1 ได้สูตรผสมที่เข้ากันได้ระหว่าง PLA และ biodegradable material ในระดับ up scale เพื่อใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้นในการต่อยอดสู่การผลิตในระดับ large scale สำหรับการผลิต ฤๅเพาะ ถุงปลูก และพลาสติกคลุมดิน

1.3.2 ได้ผลการเจริญเติบโตและผลผลิตของพืชในพื้นที่ปลูกจริงจากการใช้ถุงปลูกย่อยสลายได้ทางชีวภาพ

1.3.3 ได้ข้อมูลของผลกระทบต่อดินหลังการเพาะปลูกโดยใช้ฤๅเพาะ ถุงปลูก และพลาสติกคลุมดินจากพลาสติกย่อยสลายได้ทางชีวภาพ

1.3.4 สร้างความเข้าใจในการใช้ถุงปลูกย่อยสลายได้ทางชีวภาพในมุมมองของผู้ผลิตและผู้ใช้

1.4 กระบวนการผลักดันผลงานออกสู่การใช้ประโยชน์

ถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่ผู้ผลิตบริษัท PTTGC

1.5 เอกสารอ้างอิง

- [1] รายงานฉบับสมบูรณ์ โครงการวิจัย การศึกษาและพัฒนาแผ่นฟิล์มพลาสติกผสมระหว่างพอลิเอทิลีนความหนาแน่นต่ำและพอลิเมอร์ชีวภาพเพื่อใช้เป็นฤๅเพาะปลูกพืชทางการเกษตร 2553 (RDG5020059)
- [2] รายงานฉบับสมบูรณ์ การพัฒนาพลาสติกคอมโพสิตเพิ่มช่วงแสงสำหรับใช้เป็นพลาสติกคลุมแปลงเพื่อเพิ่มคุณภาพของผลิตผลทางการเกษตร 2553 (RDG5020061)
- [3] โครงการวิจัย การพัฒนาถุงปลูกสตรอเบอร์รี่ที่ย่อยสลายได้ 2554-2555 (RDG5420001)

บทที่ 2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

พลาสติกมีบทบาทอย่างมากในการนำมาประยุกต์ใช้ทางการเกษตรเพื่อเพิ่มปริมาณผลผลิตทางการเกษตรคุณภาพของผลผลิตที่ดีขึ้น ทำให้รายได้ของเกษตรกรเพิ่มมากขึ้น จากประโยชน์ของการใช้พลาสติกทางการเกษตรที่มีผลต่อกระบวนการผลิตทั้งระบบ ทำให้มีการใช้พลาสติกเพิ่มขึ้นอย่างมากทั่วโลก ทั้งนี้จากข้อมูลดังตาราง 1 ซึ่งเป็นข้อมูลของการใช้พลาสติกทั่วโลกทางเกษตรในปี 1999 พบว่ามีการใช้พลาสติกทั้งหมด 11,500,000 เอเคอร์ ซึ่งเป็นพลาสติกที่ต้องใช้เวลาในการย่อยสลายนาน ยากต่อการทำลาย และส่งผลเสียต่อสิ่งแวดล้อม

ตาราง 1 ข้อมูลของการใช้พลาสติกทั่วโลกทางเกษตรในปี 1999 [1]

พื้นที่	Greenhouse Plastic (hectares)	Low Tunnels (hectares)	Direct Covers (hectares)	Mulchings (hectares)
แอฟริกา	27000	80000	6000	32180
ตะวันออกกลาง	28000	32000	-	47190
อเมริกา	22350	30000	6000	20000
เอเชีย	450000	170000	14000	9760000
ยุโรป	163830	90000	60000	45000

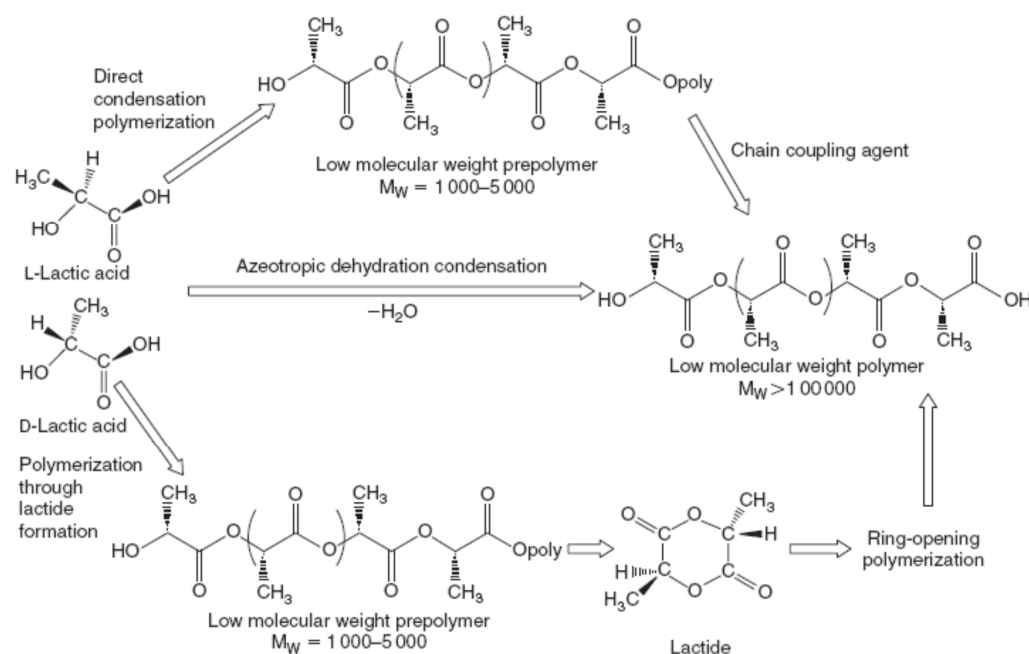
ผลกระทบดังกล่าวได้เริ่มส่งผลต่อสิ่งแวดล้อมและมนุษย์อย่างชัดเจนในปัจจุบัน ดังนั้นการแก้ไขปัญหาดังกล่าวต้องเริ่มมีการดำเนินการอย่างจริงจัง ทั้งนี้หนึ่งในแนวทางที่จะลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมคือ การส่งเสริมการใช้พลาสติกที่ย่อยสลายได้ในการเกษตรเข้าสู่ระบบการปลูกและการผลิต โดยใช้ biodegradable plastic เป็นวัสดุทดแทนพลาสติกแบบเก่าที่ย่อยสลายยาก ทั้งนี้ได้มีการคาดการณ์ไว้ว่าตลาดของ bioplastic จะมีมูลค่าที่สูงถึง 300,000 ล้านบาทในปี 2012 [2] และ “จะมีอัตราการขยายตัวที่รวดเร็วในอนาคต” กล่าวโดย Frederic Scheer ประธานบริษัทของ Cerepast Co. Ltd. ซึ่งถูกยกให้เป็น “Godfather of Bioplastics”

ปัจจุบันประมาณการว่าการนำถุงพลาสติกมาใช้ในการเพาะปลูกพืชในรูปแบบต่างๆ ในพื้นที่สูงทั้งในส่วน of พื้นที่โครงการหลวง และเกษตรกรทั่วไปในบริเวณโครงการหลวง เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการเพาะปลูก และการผลิตกล้าไม้ต่างๆ มีปริมาณค่อนข้างมาก โดยปริมาณการใช้ถุงปลูกประมาณ 10-20 ต้นต่อปี ส่วนถุงเพาะกล้าซึ่งมีการนำมาใช้ทั้งในส่วนของการผลิตกล้าผัก ไม้ดอกไม้ประดับ ต้นกล้าป่าไม้ และอื่นๆ มีประมาณมากกว่า 20-30 ต้นต่อปี พลาสติกคลุมดินมากกว่า 2,000 ม้วน พลาสติกคลุมโรงเรือน มีจำนวนการใช้งานมากกว่า 3,000-5,000 ม้วนต่อปี พลาสติกเหล่านี้ย่อยสลายไม่หมดจึงส่งผลต่อสิ่งแวดล้อม ประกอบกับการเกษตรที่สูงมีแนวโน้มขยายตัวมากขึ้นดังนั้นปัญหาการปนเปื้อนจะยิ่งขยายเพิ่มมากขึ้น

จากผลงานการวิจัยของทีมีวิจัยจากมหาวิทยาลัยนเรศวร ร่วมกับศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ (MTEC) และมูลนิธิโครงการหลวง โดยเป็นงานวิจัยที่ได้รับทุนสนับสนุนจาก สกว. ฝ่ายเกษตร นั้น พบว่าสามารถพัฒนาถุงเพาะกล้าพริก ถุงปลูกต้นพริกและถุงชำโหลสตรอเบอร์รี่ ที่มีปริมาณแ่งต่างๆ กันได้ ทำให้สามารถควบคุมช่วงเวลาการย่อยสลายของถุงให้เหมาะสมกับช่วงเวลาการใช้งานของถุงได้ โดยจากผลการทดลองพบว่าถุงย่อยสลายสามารถใช้ในการเพาะและปลูกพืชได้โดยไม่มีผลกระทบต่อผลผลิตพริกและสตรอเบอร์รี่เมื่อเทียบกับถุงปลูกปกติ (ถุง LDPE ควบคุม) โดยพบว่าถุงตัวอย่างเกิดการผุร่อนและเสียหายเมื่อผ่านการใช้งานเนื่องจากเกิดการย่อยสลายของแ่งที่เป็นส่วนประกอบในถุง

อย่างไรก็ตาม ต้นทุนการผลิตที่ย่อยสลายได้ยังมี LDPE ซึ่งเป็นพอลิเมอร์ที่ไม่สามารถย่อยสลายได้เป็นส่วนประกอบเหลืออยู่หลังการใช้งาน ดังนั้น การนำพอลิเมอร์ชีวภาพ (100% biodegradable polymer) โดยการใช้พอลิแลคติกแอซิด (poly(lactic acid), PLA) แทนส่วนของ LDPE และยังคงใช้แป้งมันสำปะหลังเป็นส่วนประกอบร่วมเพื่อลดต้นทุนของถุงย่อยสลายให้ต่ำลงด้วยจึงอาจเป็นอีกหนึ่งแนวทางในการแก้ปัญหาดังกล่าวในระยะเริ่มต้น

พอลิ(แลคติก แอซิด) (Poly(lactic acid), PLA)



ภาพ 1 การสังเคราะห์ PLA

พอลิ(แลคติก แอซิด) (poly(lactic acid), PLA) เป็นพลาสติกชีวภาพที่อยู่ในกลุ่มอะลิฟาติกพอลิเอสเตอร์ (aliphatic polyester) ซึ่งสามารถย่อยสลายได้ carbon dioxide และ น้ำ และมีค่า carbon footprint ที่ต่ำเมื่อเทียบกับพลาสติกทั่วไป กระบวนการผลิต PLA โดยทั่วไปจะเริ่มที่การเตรียมกรดแลคติกซึ่งเป็นสารตั้งต้นของ PLA ด้วยกระบวนการหมัก (fermentation) น้ำตาลจากผลผลิตทางการเกษตร เช่น มันสำปะหลัง ข้าวสาลี อ้อยและ ข้าวโพด ก่อนจะนำกรดแลคติกที่ได้มาต่อกันเป็นสายโซ่ยาวให้เป็น PLA โดยกระบวนการพอลิเมอไรเซชัน (polymerization) แบบต่างๆ [3] PLA สามารถนำมาใช้ทดแทนพลาสติกเชิงพาณิชย์ เช่น พอลิเอทิลีน (PE) พอลิโพรพิลีน (PP) พอลิเอทิลีนเทเรฟทาเลต (PET) ได้เนื่องจากมีสมบัติเชิงกลที่ใกล้เคียงกัน [4] การขึ้นรูป PLA สามารถทำได้ด้วยเทคนิคการขึ้นรูปเทอร์โมพลาสติกทั่วไป เช่น กระบวนการการอัดรีด (extrusion) กระบวนการฉีด (injection molding) เป็นต้น นอกจากนี้ PLA ยังมีความใส มีสมบัติขวางกั้น (barrier properties) ดี เข้ากับเนื้อเยื่อของสิ่งมีชีวิต (biocompatibility) ได้ดีและไม่เป็นพิษ (non-toxic) [5] และนำไปใช้ประโยชน์เป็น controlled released pesticide ทางทางการเกษตร [6] อย่างไรก็ตาม PLA ยังมีข้อด้อยในเรื่องของความเปราะ ดังนั้นการนำ PLA มาใช้ทดแทนพลาสติกเชิงพาณิชย์ที่ใช้กันอยู่ทั่วไปโดยเฉพาะอย่างยิ่งในด้านบรรจุภัณฑ์นั้นจะต้องมีการเพิ่มความยืดหยุ่นให้กับ PLA และจะต้องรักษาความใสของ PLA ไว้ได้

ที่ผ่านมา วินิตา และคณะ [6] ได้ทำการพัฒนาสูตรการผลิตฟิล์มบรรจุภัณฑ์ที่มี PLA เป็นองค์ประกอบหลัก โดยมีการผสม PLA กับอนุพันธ์ของเซลลูโลสซึ่งมีสมบัติที่แข็งและเหนียวร่วมกับสารเพิ่มความยืดหยุ่นที่เหมาะสม โดยทำการเตรียมพอลิเมอร์ผสมโดยการหลอมผสมและขึ้นรูปโดยวิธีหล่อและวิธีอื่นๆ จากผลการทดสอบด้านสมบัติเชิงกลพบว่าเมื่อผสมพอลิเมอร์สามองค์ประกอบ สามารถปรับปรุงสมบัติเชิงกลของพอลิเมอร์ผสมได้ โดยพอลิเมอร์ผสมที่ได้มีความยืดหยุ่นดีและมีความอ่อนนุ่มเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับ PLA เริ่มต้น นอกจากนี้ยังมีการนำพลาสติกตัวอย่างไปทดสอบการย่อยสลายในสภาวะปุ๋ยหมักแบบใช้ออกซิเจนในระยะเวลา 90 วัน พบว่า PLA สามารถย่อยสลายได้อย่างสมบูรณ์ภายใน 30 วัน ส่วนอนุพันธ์ของเซลลูโลสไม่สามารถย่อยได้ภายใน 90 วัน

นอกจากเซลลูโลสแล้ว การปรับความมีขี้้วและขนาดของเซลลูโลสให้เล็กลง สามารถทำให้สามารถปรับและเปลี่ยนสมบัติต่างๆ ได้ โดยการใช้ acetylated microfibrillated cellulose ทั้งนี้พบว่าปริมาณการ acetylation และ ปริมาณของ microfibrillated cellulose ส่งผลต่อการกระจายตัว การทนความร้อน และการดูดความชื้นที่ลดลงของพอลิเมอร์ [7] การใช้ soy protein กับ PLA เพื่อลดการดูดความชื้นของพอลิเมอร์และเพิ่มค่า modulus ของ composite ให้ดีขึ้น ทั้งนี้การนำ soy protein ให้เข้าเป็นเนื้อเดียวกับ PLA ใช้ PEOX และ pMDI เป็น plasticizers เพื่อเพิ่ม phase morphology และ interface bonding [8]

Sugar beet pulp ได้ถูกนำมาผสมกับ PLA เพื่อทำเป็น biodegradable composite โดยเทคนิค compress-heating ซึ่งทำให้ thermoplastic มีความหนาแน่นลดลงแต่ยังมี tensile strength เท่ากับ PLA บริสุทธิ์ ทั้งนี้สมบัติของ tensile ใน biodegradable composite นี้แปรผันตามปริมาณน้ำใน sugar beet pulp ประโยชน์ของ composite นี้สามารถนำไปใช้ในการก่อสร้างวัตถุมูลเบา แต่ถ้าหากต้องการขึ้นรูป sugar beet pulp/PLA โดยใช้ twinscrew สามารถทำได้โดยใช้ pMDI เป็น plasticizers เพื่อเพิ่มสมบัติเชิงกลและการทนน้ำ [9][10]

PLA สามารถนำมาประยุกต์ใช้กับ แบงได้ เช่นการนำ PLA ผสม แบงและ poly(hydroxyester-ether) ทำให้อัตราการย่อยสลายเพิ่มขึ้นเป็น 50% ในเวลาหนึ่งปี [11] ในขณะที่การผสม PLA กับแบงโดยมี maleic anhydride เป็น compatibilizer ทำให้สมบัติเชิงกลดีขึ้น [12]

สำหรับการนำ PLA มาใช้เป็น biodegradable plastic เพื่อการเกษตรและทำการผลิตในระดับการทดลองในพื้นที่จริงที่ผ่านมาการศึกษาไม่มากทั้งนี้เพราะการขึ้นรูปที่ค่อนข้างยาก จึงทำให้มีขนาดใหญ่เพียงพอต่อการใช้จริงลำบาก เช่น ในงานวิจัยของ USDA ระหว่างปี 2006-2009 โดย Karr และคณะ ได้ดำเนินการ biodegradable mulching film พบว่าสามารถทำการผลิต biodegradable mulching film ในระดับเล็ก แต่ในระดับใหญ่ไม่สามารถทำได้เพราะเกิด overheat ในเครื่อง extruder และการผสมของ compound ที่ยังไม่ดีพอ [13] นอกจากนี้ยังมีการทดลองผลิต biodegradable mulching film ในพื้นที่แปลงขนาดใหญ่โดยใช้ starch base biodegradable polyester หรือ Master Bi ในการศึกษาการปลูกสตอร์เบอร์รี่ ทั้งนี้ไม่ได้มีการศึกษาถึงผลของการเติบโตของสตอร์เบอร์รี่หรือผลผลิตต่อพื้นที่ แต่รายงานเพียงอัตราการลดลงของ elongation at break ของ starch base biodegradable polyester ลดลง 300% ในเวลา 10 วัน [14]

จากข้อมูลเบื้องต้นส่งผลให้งานวิจัยและพัฒนา พลาสติกย่อยสลายได้สมบูรณ์แบบครบวงจรที่มี PLA เป็นหลัก จะเป็นโครงการนำร่องครั้งแรกในการนำไปใช้ประโยชน์ในการเกษตรในพื้นที่จริงและมีการติดตามถึงผลกระทบต่อการเจริญเติบโตและผลผลิต

เอกสารอ้างอิง

- [1] Rapra Reviews Report, Brown, R. P., 2004
- [2] Jones, Roger, “Economics, Sustainability, and the Public Perception of Biopolymers”, Society of Plastics Engineers, <http://www.4spepro.org/pdf/000060/000060.pdf>
- [3] http://www.rdi.ku.ac.th/kufair50/technology/09_3_techno/techno09-3.html สืบค้นเมื่อ 7 กุมภาพันธ์ 2554
- [4] <http://www.material.chula.ac.th/RADIO48/November/radio11-2.htm> สืบค้นเมื่อ 7 กุมภาพันธ์ 2554
- [5] http://www.prcmu.cmu.ac.th/perin_detail.php?perin_id=161 สืบค้นเมื่อ 7 กุมภาพันธ์ 2554
- [6] Wilkins R. M.; Zhao, J. J. Agric. Food. Chem. 2005, 53, 4076-4082.
- [7] Tingaut, P.; Zimmermann, T.; Lopez-Suevos, F. Biomacromolecules 2010, 11, 454-464
- [8] Zhang, J.; Liu, B.; Jiang, L.; Jiu, H. Ind. Eng. Chem. Res. 2010, 49, 6399-6406.
- [9] Zhang, J.; Chen, F.; Liu, L.; Cooke, P. H. Hicks, K. B. Ind. Eng. Chem. Res. 2008, 47, 8667-8675.
- [10] Liu, C.-K.; Liu, L.; Fishman, M. L.; Hicks, K. B. J. Agric. Food. Chem. 2005, 53, 9017-9022.
- [11] Shore, R. L.; Doane, W. M.; Garlotta, J. W.; Wilett, J. L. Polymer Degradation and Stability 2003, 79, 405-411.
- [12] Sun, X.; Zhang, J.-F. Biomacromolecules 2004, 5, 1446-1451.
- [13] <http://www.reeis.usda.gov/web/crisprojectpages/207513.html> 05/20/2011
- [14] Scarascia-Mugnozza, G.; Schettini, E.; Vox, G.; Malinconico, M.; Immirzi, B.; Pagliara, S. Polymer Degradation and Stability 2006, 91, 2801-2808.

บทที่ 3

ถุงเพาะ

การพัฒนาการผลิตถุงเพาะเป็นการการพัฒนาสูตรผสมที่เข้ากันได้ระหว่าง PLA และ biodegradable material สำหรับถุงเพาะผักกาดหอมห่อ จากระดับ lab scale ไปสู่ระดับ up scale และการขึ้นรูปของผลิตภัณฑ์ในระดับ up scale และศึกษาการเจริญเติบโตและผลผลิตของผักกาดหอมห่อจากถุงที่ผลิตขึ้นเปรียบเทียบกับ การปลูกโดยใช้วิธีปกติ โดยดำเนินการขยายผล (Implementation) บนพื้นที่โครงการหลวง จำนวน 3 ครั้ง โดยทำการปลูกทั้งหมด 4 ดอย ได้แก่ ศูนย์ฯ แม่แอ ศูนย์ฯ หุ่นหลวง ศูนย์ฯ หนองหอย และศูนย์ฯ แม่โถ จำนวนเกษตรกรทั้งหมด 86 ราย โดยใช้ถุงเพาะกล้าจำนวน 152,000 ใบ โดยขั้นตอนการดำเนินการวิจัยประกอบด้วยขั้นตอนการเตรียมเม็ดคอมพาวด์ การขึ้นรูปฟิล์มถุงเพาะ การผลิตถุงเพาะ การทดสอบความแข็งแรงของถุงเพาะก่อนใช้งาน และการทดสอบความแข็งแรงของถุงเพาะบนแปลงปลูก

3.1 การพัฒนาการผลิตถุงเพาะสำหรับการทดลองขยายผลครั้งที่ 1

สำหรับการดำเนินการวิจัยของถุงเพาะเป็นการนำผลการทดสอบภาคสนามของมูลนิธิโครงการหลวง จังหวัดเชียงใหม่ (พื้นที่สูง) ในโครงการเฟสที่ 1 : การพัฒนาถุงปลูก ถุงเพาะและพลาสติกคลุมดินที่สามารถย่อยสลายทางชีวภาพได้อย่างสมบูรณ์ พบว่าถุงเพาะสูตร 13R (ขนาด 4x6 เซนติเมตร) ที่ทดสอบกับผักกาดหอมห่อ พบว่าต้นกล้ามีการเจริญเติบโตที่ดีกว่าการเพาะกล้าในตุ้มควบคุม ผลผลิต และรายได้ต่อไร่ของการทดลองไม่แตกต่างจากการปลูกด้วยตุ้มควบคุม และมีการย่อยสลายสูงสุดจากการเริ่มต้นปลูกจนเก็บเกี่ยวผลผลิต จากผลการทดลองจึงนำสูตรถุงเพาะนี้มาผลิตเป็นถุงเพาะที่สามารถย่อยสลายทางชีวภาพในระดับ up scale โดยมีอัตราส่วนต่างๆ ดังแสดงตาราง 2

ตาราง 2 อัตราส่วนต่างๆ ของสูตรฟิล์มถุงเพาะ (13R)

Code	สูตร	อัตราส่วนต่างๆ (%w/w)			สารเติมแต่ง (phr)	
		TPS	PLA	Additives	TiO ₂	SM2 ^a
13R	T45L50E5SM25	45	50.5	4.5	0.5	5

หมายเหตุ ; a = Sucrose acetate, TPS = thermoplastic starch, PLA = polylactic acid, Additives = ecovio

1) ขั้นตอนการเตรียมเม็ดและขึ้นรูปฟิล์มถุงเพาะ

1.1) การเตรียมเม็ด thermoplastic starch (TPS)

นำ Starch 100 %wt ผสมกับ Glycerol 35 phr หมักไว้เป็นเวลา 3 วัน จากนั้นนำไปผ่านเครื่อง Twin screw extruder (Enmach model SHJ-36) ที่อุณหภูมิ 100-140 °C จะได้เม็ด TPS มีลักษณะสีเหลืองใส

Condition : Temp profile 100, 100, 110, 120, 130, 140, 140, 140, 140, 140

: Screw speed 300

: Feeder speed (Controlled by hand)

1.2) การเตรียมเม็ดคอมพาวด์ของ PLA+Additive

นำ PLA 91.82 %wt ผสมกับ Ecovio 8.18 %wt ผ่านเครื่อง Twin screw extruder ที่อุณหภูมิ 150-190 °C จะได้เม็ดคอมพาวด์ของ PLA+Additive มีลักษณะสีขาวขุ่น

Condition : Temp profile 150, 150, 160, 170, 180, 190, 190, 180, 170, 170

: Screw speed 300

: Feeder speed 300

1.3) การเตรียมเม็ดคอมพาวด์ของ (PLA+Additive)+TPS

นำเม็ดคอมพาวด์ PLA+Additive 55%wt ผสมกับ TPS 45%wt และเติม TiO_2 0.5phr ผ่านเครื่อง Twin screw extruder ที่อุณหภูมิ 100-180°C จะได้เม็ดคอมพาวด์ของ (PLA+Additive)+TPS มีลักษณะสีขาวขุ่น

Condition : Temp profile 100, 100, 120, 140, 160, 170, 180, 170, 170, 165
: Screw speed 300
: Feeder speed 300

1.4) การเตรียมเม็ดคอมพาวด์ (PLA+Additive)+TPS+SM2

นำเม็ดคอมพาวด์ของ (PLA+Additive)+TPS 95 %wt ผสมกับ SM2 5 %wt ผ่านเครื่อง Twin screw extruder ที่อุณหภูมิ 150-180 °C จะได้สูตร 13R มีลักษณะสีขาวขุ่น

Condition : Temp profile 100, 100, 120, 140, 160, 170, 180, 170, 170, 165
: Screw speed 300
: Feeder speed 300

1.5) การเป่าฟิล์มสำหรับถุงเพาะสูตร 13R

นำเม็ดคอมพาวด์สูตร 13R มาเป่าขึ้นรูปถุงด้วยเครื่อง Blow film machine (Labtech model LE20-30/C & LF-250) ที่อุณหภูมิ 150-180 °C จะได้ถุงสูตร 13R มีลักษณะสีขาวขุ่น

Condition : Temp profile 150, 170, 180, 175, 170, 170
: Screw speed 60 rpm
: Nip roll speed 4.9 m/min for 2X2X6"

การเป่าฟิล์มจะเป่าออกมาในรูปทรงกระบอกแล้วผ่านอุปกรณ์การพับให้มีขนาดกว้าง 4 เซนติเมตร ดังแสดงในภาพ 2 การขึ้นรูปเป่าฟิล์มค่อนข้างยากและเกิดการรั่วในขณะเป่า



ภาพ 2 ขั้นตอนการเป่าฟิล์มถุงเพาะสูตร 13R

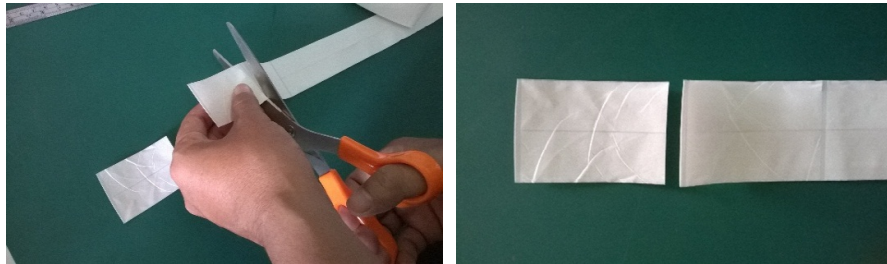
2) ขั้นตอนการผลิตถุงเพาะสูตร 13R

2.1) ปิดผนึก (seal) ถุงที่ได้ทำการพับจากเครื่องแล้วให้มีความยาว 6 เซนติเมตร ต่อใบ



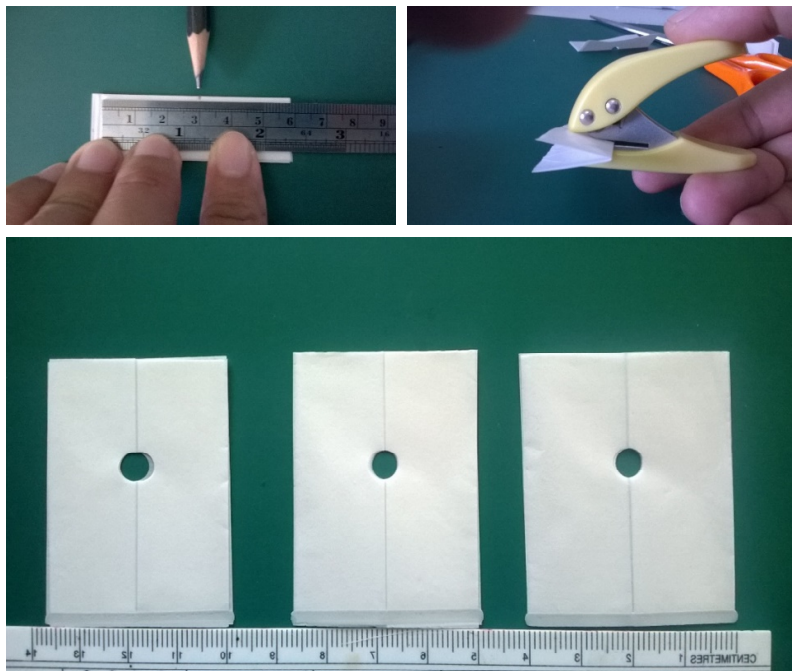
ภาพ 3 ขั้นตอนการซีลถุงเพาะ

2.2) ตัดถุงตามรอยที่ปิดผนึก (seal)



ภาพ 4 ขั้นตอนการตัดถุงเพาะ

2.3) พับกึ่งกลางถุงตามแนวด้านยาวและเจาะรูสูงจากกันถุง 3 เซนติเมตร

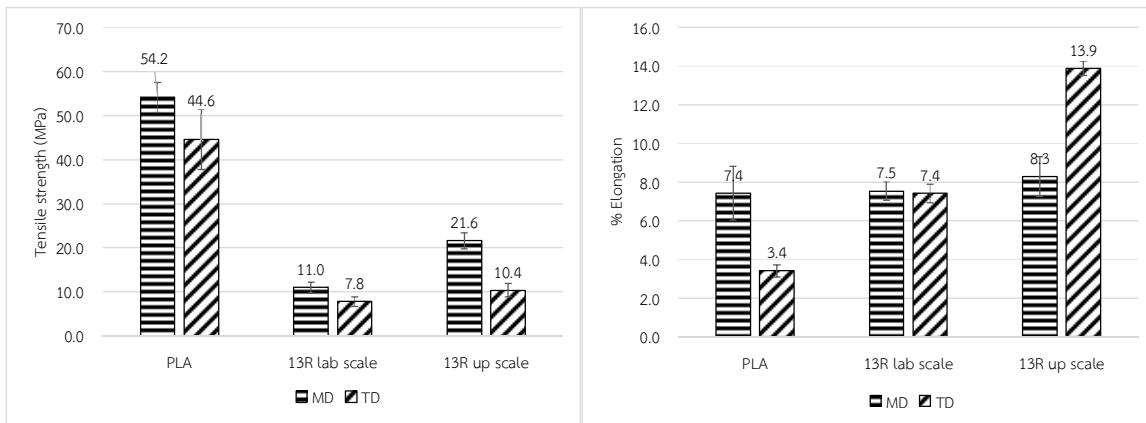


ภาพ 5 ขั้นตอนการเจาะถุงเพาะ

3) การทดสอบความแข็งแรงก่อนการใช้งาน

จากฟิล์มถุงเพาะที่ผลิตขึ้นนำมาทดสอบสมบัติเชิงกลของฟิล์มด้วยเครื่อง Tensile ยี่ห้อ Instron instruments รุ่น INSTRON 5943 เพื่อศึกษาความแข็งแรง เปอร์เซ็นต์การยืด ณ จุดขาด และค่ายังมอดูลัส โดยเตรียมตัวอย่างเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาด 10 mm x 60 mm วัดตัวอย่างทั้งในแนวตามเครื่องจักร (Machine direction; MD) และในแนวขวางเครื่องจักร (Transverse direction; TD) ตามมาตรฐาน ASTM D882 (มาตรฐานฟิล์มบาง) โดยใช้ความเร็วในการดึงยึด (Crosshead speed) เท่ากับ 50 mm/min ระยะของการจับขึ้นงาน (Gauge length) เท่ากับ 40 mm และน้ำหนักสูงสุดที่รับแรง (Load cell) เท่ากับ 1 กิโลนิวตัน ทำการทดสอบสูตรฟิล์มละ 5 ชิ้นงานแล้วหาค่าเฉลี่ย โดยจะเปรียบเทียบความแข็งแรงของฟิล์มระหว่างการผลิตแบบ lab scale และแบบ up scale

จากผลการทดสอบได้ผลค่า tensile strength ของ PLA มีค่าสูงกว่าถุงสูตร 13R ทั้งด้านตามแนวเครื่องจักร (ด้าน MD) และตามขวางเครื่องจักร (ด้าน TD) โดยที่ถุงเพาะสูตร 13R มีเปอร์เซ็นต์การยืดตัวสูงกว่า PLA ทั้งสองด้าน แสดงให้เห็นว่า สารเติมแต่งที่ผสมเข้าไปนั้นมีอิทธิพลต่อความแข็งแรงของฟิล์มที่ใช้ทดสอบนี้ ทำให้ความแข็งแรงของฟิล์มมีค่าต่ำลง แต่มีสมบัติการยืดตัวที่เพิ่มขึ้น



ภาพ 6 สมบัติเชิงกลด้วยเทคนิค Tensile ของถุงเพาะสูตร 13R

4) การทดสอบความแข็งแรงของถุงเพาะและการเจริญเติบโตและผลผลิตของผักกาดหอมห่อ (ขยายผลครั้งที่ 1)

การทดสอบการใช้ถุงเพาะกล้าผักกาดหอมห่อ ดำเนินการทดสอบในแปลงของเกษตรกร ในพื้นที่มูลนิธิโครงการหลวง การทดสอบช่วงฤดูฝน ทดสอบระหว่างช่วงเดือนกรกฎาคม 2557 ถึง เดือนพฤศจิกายน 2557 ดำเนินการทดลอง ณ ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงจำนวน 4 ศูนย์ ได้แก่ 1) ศูนย์ฯ หางหอย 2) ศูนย์ฯ แม่แฮ 3) ศูนย์ฯ หุ่นหลวง และ 4) ศูนย์ฯ แม่โถ ใช้ถุงเพาะจำนวน 28,380 ใบ (รายละเอียดการทดลองและผลการทดลองแสดงในภาคผนวก 1)

ผลการทดสอบประสิทธิภาพของถุงเพาะกับการปลูกผักกาดหอมห่อ ประกอบด้วย 1) ศึกษาความแข็งแรงและการย่อยสลายของถุงเพาะย่อยสลาย 2) การเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของผักกาดหอมห่อ โดยการปลูกในถุงเพาะย่อยสลายเปรียบเทียบกับปลูกตามวิธีปกติ (วิธีปัจจุบัน) สามารถสรุปได้ดังนี้

1) ความแข็งแรงของถุ่

ช่วงก่อนใช้งาน ถุ่เพาะมีความแข็งแรงไม่พบการฉีกขาด แต่พบการฉีกขาดระหว่างกรอถุ่สตุ่เพาะกล้า โดยศูนย์ฯ แม่เฒ่ มีถุ่ฉีกขาดระหว่างการกรอถุ่สตุ่เพาะมากที่สุด คือ 4.5 เปอร์เซนต์ ขณะที่ศูนย์ฯ หนองหอย มีเปอร์เซนต์การฉีกขาดถุ่่น้อยที่สุด คือ 1.0 เปอร์เซนต์ ซึ่งการฉีกขาดส่วนมากพบบริเวณรอยพับของถุ่

ปัญหาและอุปสรรค

1. การกรอถุ่สตุ่เพาะกล้าใส่ถุ่เพาะมีความยุ่งยากและไม่สะดวกเมื่อเปรียบเทียบกับกรอถุ่สตุ่เพาะกล้าตามวิธีการปกติที่ทำได้ง่าย สะดวกและได้ปริมาณมากหากเปรียบเทียบกับจำนวนแรงงานและระยะเวลาที่เท่ากัน
2. การทำงานต้องใช้ความประณีต เนื่องจากถุ่มีความแข็งแรงน้อย
3. ขนย้ายกล้าใช้เวลามากกว่า และต้องเพิ่มจำนวนรอบในการขนส่งอาจส่งผลต่อต้นทุนการผลิตของเกษตรกรได้

2) การย่อยสลายของถุ่

การย่อยสลายของถุ่เพาะทั้ง 4 ศูนย์ฯ เป็นไปในทิศทางเดียวกัน โดยพบการย่อยสลายตั้งแต่ระยะเพาะกล้ามีการย่อยสลายเฉลี่ย 38.6 เปอร์เซนต์ จากนั้นการย่อยสลายเพิ่มขึ้น 50 – 63 เปอร์เซนต์ หลังเก็บเกี่ยวผลผลิต (ประมาณ 70 วัน)

ข้อสังเกต

การสลายตัวของถุ่ ยังพบการสลายตัวไม่หมด ยังคงมีเศษชิ้นส่วนของถุ่อยู่ในแปลง ทั้งนี้ระยะเวลาการปลูกผักกาดหอมห่อตั้งแต่ช่วงปลูกจนเก็บเกี่ยวอาจสั้นเกินไป ไม่เพียงพอต่อการย่อยสลายของถุ่เพาะได้อย่างสมบูรณ์ อย่างไรก็ตามจากการดำเนินงานในเฟสที่ 1 การปลูกผักในรุ่นต่อไป เกษตรกรมีการไถพรวนดิน มีการปรับ pH ของดิน ร่วมกับจุลินทรีย์ที่อยู่ในดินเป็นตัวช่วยในการย่อยสลายได้เพิ่มมากขึ้น

3) ด้านการเจริญเติบโตทางลำต้นของผักกาดหอมห่อ

การเจริญเติบโตด้านความสูงต้น และความกว้างทรงพุ่มของผักกาดหอมห่อทั้ง 4 ศูนย์ฯ มีผลการเจริญเติบโตในทิศทางเดียวกัน

3.1) ด้านความสูง ความกว้างทรงพุ่ม การปลูกโดยใช้ถุ่เพาะดีกว่าการปลูกตามวิธีปกติแต่เฉพาะช่วงสัปดาห์ที่ 7-14 หลังย้ายปลูก หลังจากนั้นการเจริญเติบโตของทั้ง 2 กรรมวิธีไม่พบความแตกต่างกันทางสถิติ

3.2) ขนาดลำต้น (ความกว้าง และความยาวลำต้น) การปลูกทั้ง 2 กรรมวิธีไม่มีผลทำให้ขนาดของแกนผักกาดหอมห่อที่ปลูกในพื้นที่ศูนย์ฯ แม่เฒ่ แม่เฒ่ และหนองหอย ยกเว้นความยาวแกนของผักกาดหอมห่อที่ศูนย์ฯ ห่งหลวง โดยการปลูกในถุ่เพาะย่อยสลายมีความยาวแกนของผักกาดหอมห่อมากกว่าการเพาะกล้าในถุ่เพาะกล้าปกติ

3.3) ขนาดของราก (ความยาว และน้ำหนักราก) การปลูกทั้ง 2 กรรมวิธีไม่มีผลทำให้ขนาดของลำต้นผักกาดหอมห่อที่ปลูกที่ศูนย์ฯ แม่เฒ่ และห่งหลวง ยกเว้นความยาวรากและน้ำหนักรากที่ศูนย์ฯ แม่เฒ่ และหนองหอย โดยการปลูกโดยใช้ถุ่เพาะย่อยสลายที่มีค่าเฉลี่ยมากกว่าการปลูกวิธีปกติ

ด้านความสูงและความกว้างทรงพุ่มของการใช้ถุ่เพาะเจริญเติบโตดีกว่าอาจเกิดจากปริมาณวัสดุเพาะกล้าและจำนวนต้นกล้าที่เพาะทั้งสองกรรมวิธีไม่เท่ากัน โดยการเพาะกล้าด้วยถุ่เพาะมีปริมาณวัสดุเพาะกล้าที่มากกว่าหลุมของถุ่เพาะกล้า และใช้จำนวนต้นกล้าน้อยกว่าคือ เพาะ 1 ต้น/ถุ่ ขณะที่การปลูกตามวิธีปกติเพาะกล้า 2 ต้น/หลุม ต้นกล้าหอมห่ออาจได้รับปริมาณธาตุอาหารไม่เท่ากัน นอกจากนี้วิธีการปลูกทั้งสองกรรมวิธีมีความแตกต่างกัน โดยต้นกล้าจากถุ่เพาะปลูกได้ทั้งถุ่ แต่การปลูกตามวิธีปกติเกษตรกรต้องฉีกต้นกล้าออกจาก

กัน ทำให้รากที่ฉีกขาด ส่งผลให้ระยะแรกหลังย้ายปลูกต้นกล้าต้องใช้เวลาในการปรับตัว เป็นผลให้การเจริญเติบโตในช่วงแรกอาจไม่ดีเท่าต้นกล้าที่ปลูกจากถุงเพาะย่อยสลาย

4) ด้านปริมาณและคุณภาพผลผลิตผักกาดหอมห่อ

อายุการเก็บเกี่ยวผักกาดหอมห่อมีอายุการเก็บเกี่ยวใกล้เคียงกันที่ 41 – 46 วันหลังย้ายปลูก โดยคุณภาพของผักกาดหอมห่อมีดังนี้

4.1) เปอร์เซ็นต์การห่อหัวและไม่ห่อหัว และจำนวนใบที่ห่อหัว ไม่ห่อหัวของผักกาดหอมห่อของขนาดของผลผลิตและปริมาณผลผลิตผักกาดหอมห่อของทั้ง 4 ศูนย์ฯ ที่ปลูกด้วยถุงเพาะไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

4.2) น้ำหนักก่อน และหลังตัดแต่ง การปลูกโดยใช้ถุงเพาะกล้าน้ำหนักก่อนและหลังตัดแต่งเฉพาะผักกาดหอมห่อที่ปลูกในศูนย์ฯ แม่โจ้ และทุ่งหลวงมากกว่าการปลูกตามวิธีปกติ

3.2 การพัฒนาการผลิตถุงเพาะสำหรับการทดลองขยายผลครั้งที่ 2 และ 3

จากผลการเตรียมถุงเพาะผักกาดหอมห่อ ระดับ up scale และผลทดสอบการพัฒนาการผลิตถุงเพาะสำหรับการทดลองขยายผลครั้งที่ 1 พบว่า ขั้นตอนในการเตรียมถุงเพาะผักกาดหอมห่อที่ใช้มีการขึ้นรูปขึ้นงานยังไม่ดี ในขณะที่เป่าขึ้นรูปขึ้นงานในระยะเวลาต่อเนื่องกัน ขึ้นงานจะเกิดการรั่วบนแผ่นฟิล์มทำให้ไม่สามารถควบคุมขนาดของถุงได้ และในการทดสอบทางภาคสนามพบว่าถุงที่เตรียมได้นั้นยังเกิดการฉีกขาดในขั้นตอนการกรอกวัสดุปลูก และการขนย้ายปลูกลงแปลง ด้วยเหตุนี้นักวิจัยจึงได้ดำเนินการปรับปรุงสูตรถุงเพาะให้มีความแข็งแรงเพิ่มขึ้น ด้วยการลดปริมาณสารควบคุมการย่อยสลาย (SM2) จากเดิมที่เดิม 5% phr เหลือ 3% phr แสดงสูตรดังตาราง 3

ตาราง 3 อัตราส่วนต่างๆ ของสูตรถุงเพาะ (13R 3%)

Code	สูตร	อัตราส่วนต่างๆ (%w/w)			สารเติมแต่ง (phr)	
		TPS	PLA	Additives	TiO ₂	SM2 ^a
13R 3%	T45L50E5SM23	45	50.5	4.5	0.5	3

หมายเหตุ ; a = Sucrose acetate

1) ขั้นตอนการเตรียมเม็ดและขึ้นรูปฟิล์มถุงเพาะสูตร13R

1.1) การเตรียมเม็ด thermoplastic starch (TPS)

นำแป้งมันสำปะหลัง (ตราปลามังกร) 100 %wt ผสมกับกลีเซอรอล 35 phr ผสมให้เข้ากันแล้วหมักไว้เป็นเวลา 3 วัน จากนั้นนำไปเตรียมเป็น TPS ด้วยเครื่อง Twin screw extruder (Enmach model SHJ-36) ที่อุณหภูมิ 100-140°C จะได้เม็ด TPS มีลักษณะสีเหลืองใส ภาพ 7

Condition : Temp profile 100, 100, 110,120, 130, 140, 140, 140, 140

: Screw speed 300

: Feeder speed (Controlled by hand)



ภาพ 7 เม็ด thermoplastic starch (TPS)

1.2) การเตรียมเม็ดคอมพาวด์ของ PLA และ Additive

นำ PLA 50.5 %wt และ additive 4.5 %wt (PBAT) ผสมกันผ่านเครื่อง Twin screw extruder ที่อุณหภูมิ 150-190 °C จะได้เม็ดคอมพาวด์ของ PLA และ Additive มีลักษณะสีขาวขุ่น ภาพ 8

Condition : Temp profile 150, 150, 160,170, 180, 190, 190, 180, 170, 170

: Screw speed 300

: Feeder speed 300



ภาพ 8 เม็ดคอมพาวด์ของ PLA และ Additive

1.3) การเตรียมเม็ดคอมพาวด์ของ (PLA และ Additive) และ TPS

นำเม็ดคอมพาวด์ PLA และ Additive 55 %wt ผสมกับ TPS 45 %wt และเติม TiO_2 0.5 phr ผสมผ่านเครื่อง Twin screw extruder ที่อุณหภูมิ $100-180^\circ\text{C}$ จะได้เม็ดคอมพาวด์ของ (PLA+Additive)+TPS มีลักษณะสีขาวขุ่น ภาพ 9

Condition : Temp profile 100, 100, 120, 140, 160, 170, 180, 170, 170, 165
: Screw speed 300
: Feeder speed 300



ภาพ 9 เม็ดคอมพาวด์ของ (PLA และ Additive) และ TPS

1.4) การเตรียมเม็ดคอมพาวด์ (PLA+Additive)+TPS+SM2

นำเม็ดคอมพาวด์ของ (PLA+Additive)+TPS 95 %wt ผสมกับ SM2 3%wt ผสมผ่านเครื่อง Twin screw extruder ที่อุณหภูมิ $150-180^\circ\text{C}$ จะได้สูตร 13R 3% มีลักษณะสีขาวขุ่น ภาพ 10

Condition : Temp profile 100, 100, 120, 140, 160, 170, 180, 170, 170, 165
: Screw speed 300
: Feeder speed 300



ภาพ 10 เม็ดถุงเพาะย่อยสลายสูตร13R_3%

1.5) การเป่าฟิล์มสำหรับถุงเพาะสูตร 13R 3%

นำสูตร 13R 3% มาเป่าขึ้นรูปถุงด้วยเครื่อง Blow film machine (Labtech model LE20-30/C & LF-250) ที่อุณหภูมิ 150-180 °C จะได้ถุงสูตร13R 3% มีลักษณะสีขาวขุ่น การเป่าฟิล์มจะเป่าออกมาในรูปทรงกระบอกแล้วผ่านอุปกรณ์การพับให้มี ขนาดกว้าง 4 เซนติเมตร ดังแสดงในภาพ 11

Condition : Temp profile 150, 170, 180, 175, 170, 170

: Screw speed 60 rpm

: Nip roll speed 4.9 m/min for 2X2X6"



ภาพ 11 ขั้นตอนการเป่าฟิล์มถุงเพาะสูตร13R 3%

2) ขั้นตอนการผลิตถุงเพาะสูตร 13R 3%

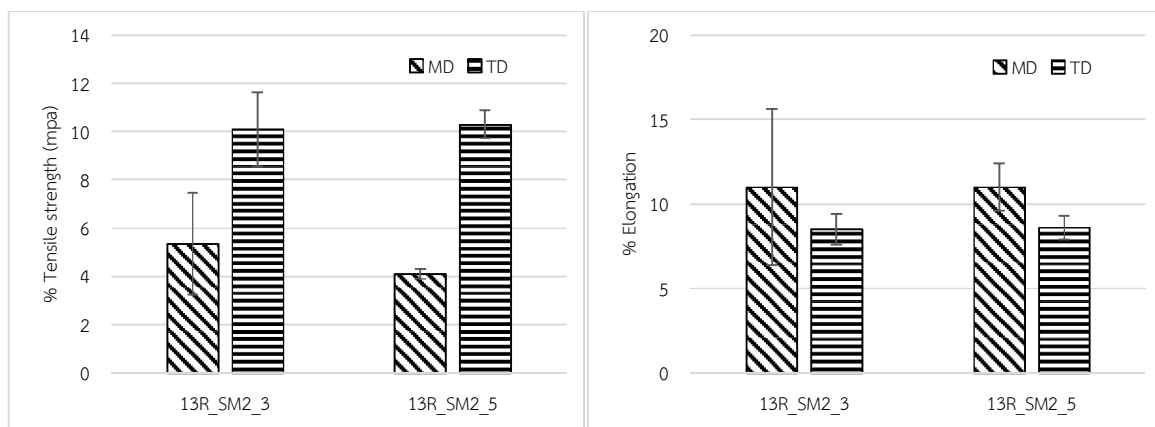
ขั้นตอนปิดผนึก (seal) เจาะ และตัดถุง ที่ทำการพับจากเครื่องแล้วให้มีความยาว 6 เซนติเมตรต่อไป ได้ส่งตัดกับโรงงานเอกชน ผลการทำงาน พบว่า ถุงที่ได้จะมีขนาดความยาวเกิน 6 เซนติเมตร ดังแสดงในภาพ 12



ภาพ 12 ถุงเพาะสูตร 13R 3% ที่ตัดและพินักที่โรงงานเอกชน

3) การทดสอบความแข็งแรงก่อนการใช้งานของถุงเพาะสูตร 13R 3%

ผลของการลดปริมาณสาร SM2 จากการใช้ 5% phr เหลือ 3% phr จากการทดสอบความแข็งแรงของแผ่นฟิล์มทั้งสองด้วยการทดสอบแรงดึง (tensile testing) พบว่า แผ่นฟิล์มทั้งสองสูตรมีความทนต่อแรงดึง การยืดตัว ณ จุดขาด ที่ไม่แตกต่างกัน ดังนั้นการใช้ปริมาณ SM2 3% phr ทำให้ลดปริมาณสาร SM2 และการขึ้นรูปขึ้นงานง่าย ซึ่งจะทำให้ถุงเพาะมีความแข็งแรง และลดอัตราการย่อยสลายในระยะเพาะกล้า แต่ยังคงย่อยสลายได้ดีในขั้นตอนการปลูกลงดิน



ภาพ 13 สมบัติเชิงกลของถุงเพาะสูตร 13R_SM2_3% และ 13R_SM2_5%

4) การทดสอบความแข็งแรงของถุงเพาะและการเจริญเติบโตและผลผลิตของผักกาดหอมห่อ (ขยายผลครั้งที่ 2)

การทดสอบการใช้ถุงเพาะกล้าผักกาดหอมห่อ ดำเนินการทดสอบในแปลงของเกษตรกร ในพื้นที่มูลนิธิโครงการหลวง การทดสอบช่วงฤดูร้อน ทดสอบระหว่างช่วงเดือนมกราคม 2558 ถึง เดือนมิถุนายน 2558 ดำเนินการทดลอง ณ ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงจำนวน 4 ศูนย์ฯ ได้แก่ 1) ศูนย์ฯ หนองหอย 2) ศูนย์ฯ แม่แฮ 3) ศูนย์ฯ ห้วยหลวง และ 4) ศูนย์ฯ แม่โถ ใช้ถุงเพาะจำนวน 40,560 ใบ (รายละเอียดการทดลองและผลการทดลองแสดงในภาคผนวก 1)

ผลการทดสอบประสิทธิภาพของถุงเพาะกับการปลูกผักกาดหอมห่อ ศึกษาเพิ่มเติมต่อจากการทดสอบครั้งแรก ประกอบด้วย ศึกษาความแข็งแรงและการย่อยสลายของถุงเพาะ การเจริญเติบโต และการให้ผลผลิตของผักกาดหอมห่อ โดยการปลูกในถุงเพาะเปรียบเทียบกับปลูกตามวิธีปกติ สามารถสรุปได้ดังนี้

1) ความแข็งแรงของถุงเพาะ

โดยส่วนมากถุงเพาะมีการฉีกขาดในระหว่างกรอกวัสดุเพาะกล้า โดยศูนย์ฯ แม่แะ มีถุงฉีกขาดระหว่างการกรอกวัสดุมากที่สุด คือ 2.54 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่ศูนย์ฯ หนองหอย มีเปอร์เซ็นต์การฉีกขาดถุงน้อยที่สุด คือ 1.95 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งการฉีกขาดทั้งหมดมีค่า 2.25 เปอร์เซ็นต์ และส่วนมากพบบริเวณรอยพับของถุง

2) การย่อยสลายของถุงเพาะ

การย่อยสลายของถุงเพาะทั้ง 4 ศูนย์ฯ เป็นไปในทิศทางเดียวกัน โดยพบการย่อยสลายตั้งแต่ระยะเพาะกล้ามีการย่อยสลายเฉลี่ยตั้งแต่ 31.64-44.10 เปอร์เซ็นต์ จากนั้นการย่อยสลายเพิ่มขึ้น 60.38 – 69.71 เปอร์เซ็นต์ หลังเก็บเกี่ยวผลผลิต (ประมาณ 80 วัน)

3) ด้านการเจริญเติบโตทางลำต้นของผักกาดหอมห่อ

ผักกาดหอมห่อใช้เวลาจากปลูกจนถึงเก็บเกี่ยว ประมาณ 51 วัน ซึ่งผลการเจริญเติบโตของผักกาดหอมห่อทั้ง 4 ศูนย์ มีดังนี้

3.1) ด้านความสูง ความกว้างทรงพุ่ม การปลูกโดยใช้ถุงเพาะไม่มีความแตกต่างกับการปลูกตามวิธีปกติ ยกเว้นศูนย์ฯ หนองหอย ที่การใช้ถุงเพาะให้การเจริญเติบโตดีกว่าการใช้ถาดเพาะกล้าแต่เฉพาะช่วงสัปดาห์ที่ 1 และ 3 สัปดาห์หลังย้ายปลูก หลังจากนั้นการเจริญเติบโตของทั้ง 2 กรรมวิธีไม่พบความแตกต่างกันทางสถิติ

3.2) ขนาดลำต้น (ความกว้าง และความยาวลำต้น) การใช้ถุงเพาะไม่มีผลต่อขนาดของแกนผักกาดหอมห่อ

3.3) ขนาดของราก (ความยาว และน้ำหนักราก) การใช้ถุงเพาะไม่มีผลต่อขนาดของรากผักกาดหอมห่อ ยกเว้นศูนย์ฯ แม่แะ ที่ทำให้น้ำหนักรากมากกว่าการใช้ถาดเพาะกล้า

4) ด้านปริมาณและคุณภาพผลผลิตผักกาดหอมห่อ

อายุการเก็บเกี่ยวผักกาดหอมห่อมีอายุการเก็บเกี่ยวที่ 48 – 55 วันหลังย้ายปลูก โดยคุณภาพของผักกาดหอมห่อมีดังนี้

4.1) เปอร์เซ็นต์การห่อหัวและไม่ห่อหัว และขนาดทรงพุ่มของผักกาดหอมห่อของทั้ง 4 ศูนย์ฯ ที่ปลูกด้วยถุงเพาะไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

4.2) น้ำหนักก่อน-หลังตัดแต่ง การใช้ถุงเพาะมีผลต่อน้ำหนักก่อนตัดแต่งของผักกาดหอมห่อที่ปลูกในพื้นที่ศูนย์ฯ พุ่งหลวง ในขณะที่น้ำหนักหลังตัดแต่งมีผลต่อผักกาดหอมห่อที่ปลูกในศูนย์ฯ แม่แะ อย่างไรก็ตามการปลูกโดยใช้ถุงเพาะของผักกาดหอมห่อที่ปลูกในศูนย์ฯ หนองหอย มีค่าเฉลี่ยมากกว่ามากกว่าการปลูกตามวิธีปกติ

4.3) เปอร์เซ็นต์เกรด ปริมาณและรายได้เฉลี่ยของผลผลิต ผักกาดหอมห่อที่ปลูกในพื้นที่ศูนย์ฯ หนองหอย ที่ใช้ถุงเพาะย่อยสลายมีค่าเฉลี่ยสูงกว่าการใช้วิธีปกติ

5) การทดสอบความแข็งแรงของถุงเพาะและการเจริญเติบโตและผลผลิตของผักกาดหอมห่อ (ขยายผลครั้งที่ 3)

การทดสอบการใช้ถุงเพาะกล้าผักกาดหอมห่อ ดำเนินการทดสอบในแปลงของเกษตรกร ในพื้นที่มูลนิธิโครงการหลวง การทดสอบช่วงฤดูร้อน ระหว่างเดือนพฤษภาคม 2558 ถึง เดือนกันยายน 2558 ดำเนินการทดลอง ณ ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงจำนวน 4 ศูนย์ฯ ได้แก่ 1) ศูนย์ฯ หนองหอย 2) ศูนย์ฯ แม่แะ 3) ศูนย์ฯ พุ่งหลวง และ 4) ศูนย์ฯ แม่โถ ใช้ถุงเพาะจำนวน 81,120 ใบ (รายละเอียดการทดลองและผลการทดลองแสดงในภาคผนวก 1)

ผลการทดสอบประสิทธิภาพของถุงเพาะกับการปลูกผักกาดหอมห่อ ประกอบด้วย ศึกษาความแข็งแรงและการย่อยสลายของถุงเพาะ การเจริญเติบโต การให้ผลผลิตของผักกาดหอมห่อ และการสอบถามเกษตรกรที่ร่วมทดสอบ โดยการปลูกในถุงเพาะเปรียบเทียบกับปลูกตามวิธีปกติ สามารถสรุปได้ดังนี้

1) ความแข็งแรงของถุงเพาะ

โดยส่วนมากถุงเพาะมีการฉีกขาดในระหว่างกรอวัสดุเพาะกล้า ซึ่งมีเปอร์เซ็นต์การฉีกขาดเฉลี่ยของทั้ง 4 ศูนย์ คือ 3.13 เปอร์เซ็นต์ และส่วนมากพบบริเวณรอยพับของถุง

2) การย่อยสลายของถุงเพาะ

การย่อยสลายของถุงเพาะทั้ง 4 ศูนย์ เป็นไปในทิศทางเดียวกัน โดยพบการย่อยสลายตั้งแต่ระยะเพาะกล้ามีการย่อยสลายเฉลี่ยตั้งแต่ 2.67-30.79 เปอร์เซ็นต์ จากนั้นการย่อยสลายเพิ่มขึ้น 59.54 – 70.79 เปอร์เซ็นต์ หลังเก็บเกี่ยวผลผลิต (ประมาณ 45 วัน)

3) ด้านการเจริญเติบโตทางลำต้นของผักกาดหอมห่อ

ผักกาดหอมห่อใช้เวลาจากปลูกจนถึงเก็บเกี่ยว ประมาณ 45 วัน ซึ่งผลการเจริญเติบโตของผักกาดหอมห่อทั้ง 4 ศูนย์ มีดังนี้

3.1) ด้านความสูง ความกว้างทรงพุ่ม การปลูกโดยใช้ถุงเพาะไม่มีความแตกต่างกับการปลูกตามวิธีปกติ โดยการใช้ถุงเพาะให้การเจริญเติบโตดีกว่าการใช้ถาดเพาะกล้าแต่เฉพาะช่วงสัปดาห์ที่ 1 - 3 สัปดาห์หลังย้ายปลูก หลังจากนั้นการเจริญเติบโตของทั้ง 2 กรรมวิธีไม่พบความแตกต่างกันทางสถิติ

3.2) ขนาดลำต้น (ความกว้าง และความยาวลำต้น) การใช้ถุงเพาะไม่มีผลต่อขนาดของแกนผักกาดหอมห่อ

3.3) ขนาดของราก (ความยาว และน้ำหนักราก) การใช้ถุงเพาะไม่มีผลต่อขนาดของรากผักกาดหอมห่อ

4) ด้านปริมาณและคุณภาพผลผลิตผักกาดหอมห่อ

อายุการเก็บเกี่ยวผักกาดหอมห่อมีอายุการเก็บเกี่ยวที่ 44 – 45 วันหลังย้ายปลูก โดยคุณภาพของผักกาดหอมห่อมีดังนี้

4.1) เปอร์เซ็นต์การห่อหัวและไม่ห่อหัว และขนาดทรงพุ่มของผักกาดหอมห่อของทั้ง 4 ศูนย์ ที่ปลูกด้วยถุงเพาะไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

4.2) น้ำหนักก่อน-หลังตัดแต่ง การใช้ถุงเพาะมีผลต่อน้ำหนักก่อนตัดแต่งของผักกาดหอมห่อที่ปลูกในพื้นที่ศูนย์ฯ หุ่นหลวง และศูนย์ฯ แม่โจ้ มีค่าเฉลี่ยมากกว่ามากกว่าการปลูกตามวิธีปกติ ในขณะที่น้ำหนักหลังตัดแต่งไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

4.3) เปอร์เซ็นต์เกรด ปริมาณและคุณภาพผลผลิต ของผักกาดหอมห่อที่ปลูกในพื้นที่ศูนย์ฯ ทั้ง 4 ศูนย์ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

5) ผลความพึงพอใจของเกษตรกรต่อการใช้ถุงเพาะกล้า

โดยการเจริญเติบโตและผลผลิตที่ได้จากการใช้ถุงเพาะกล้าย่อยสลายได้ให้ผลการทดลองที่ไม่แสดงความแตกต่างจากกรรมวิธีปกติที่เกษตรกรใช้ในปัจจุบัน

ผลการประเมินความคิดเห็นต่อการใช้ถุงเพาะย่อยสลายหลังใช้ถุงเพาะย่อยสลาย จากการสอบถามความคิดเห็นของเกษตรกรของทั้ง 4 ศูนย์ คือ เกษตรกรศูนย์ฯ แม่แอ แม่โจ้ หุ่นหลวง และหนองหอย แสดงในตาราง 4

ตาราง 4 ผลการประเมินความคิดเห็นของเกษตรกรต่อการใช้ถุงเพาะกับการปลูกผักกาดหอม

ลักษณะทั่วไปของถุงเพาะย่อยสลาย	ความพึงพอใจ
1) ขนาดของถุงและการเจาะรูข้างถุง	เหมาะสม 80-100%
2) ความแข็งแรง/ความเหนียวของถุงเพาะย่อยสลายในการเพาะกล้าผักกาดหอม	ปานกลาง 50-80%
ความสะดวกในการใช้งานถุงเพาะย่อยสลาย	
1) การรอกดินและความสมบูรณ์ของผักกาดหอมโดยถุงเพาะย่อยสลาย	ใช้เวลารอกดินนานกว่า 80-100% ผักสมบูรณ์มากกว่า 50-100%
2) ลักษณะถุงเพาะย่อยสลายต่อการจัดวางถุงเพาะย่อยสลายและความยากง่ายต่อการดูแลผักกาดหอม	สะดวกต่อการจัดวางถุง 40-100% ไม่สะดวกต่อการจัดวางถุง 33.33-100% การดูแลไม่ต่างจากเดิม 66.67-100%
3) ความสะดวกของการขนส่งถุงเพาะย่อยสลายระหว่างย้ายปลูกและการปลูกผักกาดหอม	การขนย้ายสะดวกน้อยกว่า 41.67-100% การปลูกกล้าลงแปลงช้าลง 60-100%
4) ลักษณะความสมบูรณ์ของผักกาดหอม ผลผลิตและการปรับเปลี่ยนหลังเก็บเกี่ยวผลผลิตที่ใช้ถุงเพาะย่อยสลาย	กล้าผักกาดหอมสมบูรณ์กว่า 40-100% ผลผลิตไม่แตกต่าง 40-66.67% การปรับเปลี่ยนไม่แตกต่าง 66.67-100%
ความสะดวกในการใช้งานถุงเพาะย่อยสลาย	
1) ถุงเพาะย่อยสลายมีส่วนช่วยด้านขยะ ลดต้นทุน และการจำหน่ายในอนาคต	ขยะลดลง 50-100% ต้นทุนเพิ่มขึ้น 8.34-100% ยังไม่ตัดสินใจซื้อ 20-100%
2) เปรียบเทียบการใช้งานถุงเพาะย่อยสลายกับภาชนะเพาะกล้า และภาระงานในการปลูกผักกาดหอม	การใช้งานยากกว่า 16.66-100% ภาระในการเพาะปลูกไม่แตกต่าง 50-66.67%
ความคิดเห็นของเกษตรกรต่อถุงเพาะย่อยสลายได้	
1) ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับถุงเพาะย่อยสลาย และการตัดสินใจซื้อในอนาคต	ทราบว่าถุงสามารถย่อยสลายได้ 60-100% เห็นว่าถุงเพาะย่อยสลายได้มีประโยชน์ 50-100% ยังไม่ตัดสินใจซื้อ 50-70%

บทที่ 4

ถุงปลูก

การพัฒนาการผลิตถุงปลูกเป็นการการพัฒนาสูตรผสมที่เข้ากันได้ระหว่าง PLA และ biodegradable material สำหรับถุงปลูกมะเขือเทศ และพริกหวาน เป็นงานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาต่อจากงานวิจัย Phase ที่ 1 เพื่อให้ถุงปลูกมีความแข็งแรงและมีความยืดหยุ่นมากขึ้น และรวมทั้งการขยายผลสู่เกษตรกร โดยทำการทดลองทั้งสองส่วนนี้ใช้ระยะเวลารวม 4 ปี โดยในช่วงเวลาการทดลองนี้ได้มีการพัฒนาสูตรต่างๆ ดังแสดงต่อไปนี้

4.1 การพัฒนาถุงปลูก ระยะที่ 1

จากงานวิจัยใน Phase 1 พบว่า ถุงปลูกสูตร 3RL (ตาราง 5) มีความแข็งแรงดี แต่ยังไม่สามารถนำมาผลิตในการขยายผลสู่เกษตรกรได้ ในการพัฒนาในส่วนนี้จึงนำสูตรดังกล่าวมาพัฒนาต่อโดยปรับอัตราส่วนและเพิ่มเติมสารผสมอื่นๆ ดังตาราง 6 และนำไปทดสอบความแข็งแรงบนแปลงปลูกโดยไม่ปลูกพืช โดยมีขั้นตอนดังแสดงต่อไปนี้

ตาราง 5 สูตรถุงปลูกมะเขือเทศที่ใช้ใน Phase 1

Code	อัตราส่วนต่างๆ (%w/w)				
	PLA	PBAT	TPS	EVA	GMS (phr)
3RL	60	20	0	20	2

หมายเหตุ ; TPS = thermoplastic starch, PLA = polylactic acid, PBAT = Poly(butylene adipate-co-terephthalate), EVA = ethylvinyl acetate, GMS = glycerol mono stearate

ตาราง 6 สูตรถุงปลูกที่พัฒนาระยะที่ 1

No.	Code Name	อัตราส่วนต่างๆ (%w/w)					
		PLA	PBAT	PBS	EVA	GMS	TiO ₂
1	L60V20E20	60	20	0	20	2	1
2	L60B20E20	60	0	20	20	2	1
3	L60V10B10E20	60	10	10	20	2	1
4	L60V20B10E10	60	20	10	10	2	1
5	L60V10B20E10	60	10	20	10	2	1
6	L60V10E30	60	10	0	30	2	1
7	L60V30E10	60	30	0	10	2	1
8	L60V40	60	40	0	0	2	1

หมายเหตุ : L = PLA, V = PBAT, E = EVA, B = Polybutylene succinate (PBS)

1) การเตรียมถุงปลูก มีขั้นตอนการเตรียมดังนี้

1. การเตรียมเม็ดคอมพาวด์ การเตรียมเม็ดคอมพาวด์สูตร L60V20E20 ดังนี้

นำ PLA 60 %wt, PBAT 20 %wt, EVA 20 %wt, GMS 2 phr และ TiO₂ 1 phr ผสมเข้ากัน โดยผ่านเครื่อง Twin screw extruder ที่อุณหภูมิ 100-190 °C จะได้เม็ดคอมพาวด์ มีลักษณะเป็นเม็ดสีขาวขุ่น

Condition : Temp profile (°C) : 100, 150, 160, 170, 180, 190, 190, 180, 170, 170,

Screw speed : 300, Feeder speed : 250

สำหรับการเตรียมเม็ดคอมพาวด์สูตร L60B20E20, L60V10B10E20, L60V20B10E10, L60V10B20E10, L60V10E30, L60V30E10 และ L60V40 ก็เตรียมเช่นเดียวกับ L60V20E20 โดยเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบตามตารางแสดงสูตรถุงปลูกตาราง 6

2. การเป่าถุงปลูก L60V20E20

นำเม็ดคอมพาวด์สูตร L60V20E20 มาเป่าขึ้นรูปถุงด้วยเครื่อง Blow film machine ที่อุณหภูมิ 150-200 °C จะได้ถุงปลูก L60V20E20 มีลักษณะเป็นฟิล์มสีขาวขุ่น

กรณี ใช้เครื่อง Labtech model LE20-30/C & LF-250 ณ ม.นเรศวร จ.พิษณุโลก ได้ถุงปลูกขนาดกว้าง 8 นิ้ว หนา 50 ไมครอน

Condition : Temp profile (°C): 150, 190, 200, 190, 180, 170, Screw speed (rpm): 80

กรณี ใช้เครื่อง Labtech ณ บริษัท PTTGC จ.ระยอง ได้ถุงปลูกขนาดกว้าง 16 นิ้ว หนา 50 ไมครอน

Condition : Temp profile (°C): 180, 190, 195, 195, 200, 200, 170, Screw speed (rpm):

170

สำหรับการเป่าถุงปลูก L60B20E20, L60V10B10E20, L60V20B10E10, L60V10B20E10, L60V10E30, L60V30E10 และ L60V40 ก็เตรียมเช่นเดียวกับ L60V20E20

3. การทำถุงปลูก

นำแผ่นฟิล์มถุงปลูกที่เป่าได้มาตัดให้มีขนาด 8x7 นิ้ว และพับเป็นถุงปลูก ขนาด 4x7 นิ้ว

2) ผลการทดสอบความแข็งแรงของถุงปลูก

นำถุงปลูกที่เตรียมได้มาทดสอบโดยจำลองการปลูกจริงแต่ไม่มีการปลูกพืช เพื่อประเมินคุณสมบัติของถุง โดยเน้นความแข็งแรงของถุงปลูกในด้านเปอร์เซ็นต์การฉีกขาด โดยบันทึกจำนวนถุงที่ฉีกขาดก่อนการใช้งาน ระหว่างการก่อวัสดุปลูก และระหว่างทดลองวางในแปลง ดังแสดงในภาพ 14



ภาพ 14 การทดสอบคุณสมบัติของถุงปลูก

การทดสอบความแข็งแรงของถุงปลูก จำนวน 8 สูตร ด้วยการนับจำนวนการฉีกขาดของถุงที่พบระหว่างปฏิบัติงาน 3 ระยะ คือ 1) ตรวจสอบความแข็งแรงของถุงก่อนการใช้งาน 2) ความแข็งแรงของถุงระหว่างการก่อวัสดุปลูก (ก้ามมะพร้าวสับ) และ 3) ระหว่างวางถุงปลูกทดสอบในแปลงภายใต้โรงเรือน และทำการปล่อยปุ๋ยน้ำทุกวันช่วงที่ทำการทดสอบ โดยทำการทดสอบช่วงวันที่ 22 มกราคม 2558 – 25 กุมภาพันธ์ 2558 (5 สัปดาห์) ผลการทดสอบพบว่า ก่อนการใช้งาน และระหว่างการก่อก้ามมะพร้าวสับ ไม่พบการฉีกขาดของถุง แต่

พบการฉีกขาดของถุงปลูกทั้ง 8 สูตร ในระหว่างการวางทดสอบในแปลง โดยเรียงเปอร์เซ็นต์การฉีกขาดจากมากไปหาน้อย ดังนี้ ถุงปลูกสูตร 2 3 1 4 6 5 7 และสูตร 8 ตาราง 7 ซึ่งมีเปอร์เซ็นต์การฉีกขาดเฉลี่ย 85 85 75 65 65 30 25 และ 5 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยถุงปลูกทุกสูตรยังพบการแตกของถุงเมื่อวางทดสอบในแปลง อย่างไรก็ตามถุงสูตรที่ 8 (L60V40) มีความแข็งแรงมากกว่าอีก 7 สูตร โดยที่ลักษณะการแตกของถุงปลูกส่วนใหญ่พบการแตกบริเวณรอยพับ และรอยกดทับบริเวณก้นถุง ภาพ 15

ตาราง 7 เปอร์เซนต์การฉีกขาดของถุงปลูกช่วงก่อนการใช้งาน ระหว่างกรอกกาบมะพร้าวสับ และเปอร์เซนต์การฉีกขาดในแปลง

สูตร	code	จน.ถุงที่ใช้ (ถุง)	เปอร์เซนต์การฉีกขาด (%)		
			ก่อนการใช้งาน	ระหว่างกรอก กาบมะพร้าวสับ	ระหว่างในแปลง
1	L60V20E20	20	0	0	75 (15)
2	L60B20E20	20	0	0	85 (17)
3	L60V10B10E20	20	0	0	85 (17)
4	L60V20B10E10	20	0	0	65 (13)
5	L60V10B20E10	20	0	0	30 (6)
6	L60V10E30	20	0	0	65 (13)
7	L60V30E10	20	0	0	25 (5)
8	L60V40	20	0	0	5 (1)

หมายเหตุ ตัวเลขในวงเล็บ คือ จำนวนถุงที่ฉีกขาด



ภาพ 15 ลักษณะถุงปลูกของมะเขือเทศที่อายุ 1 สัปดาห์หลังย้ายวางบนแปลง

4.2 การพัฒนาถุงปลูก ระยะที่ 2

จากผลการทดสอบความแข็งแรงของถุงปลูกในการพัฒนาถุงปลูกระยะที่ 1 ผลการทดสอบพบว่า ก่อนการใช้งาน และระหว่างกรอกกาบมะพร้าวสับ ไม่พบการฉีกขาดของถุง แต่พบการฉีกขาดของถุงปลูกทั้ง 8 สูตร ในระหว่างการวางทดสอบในแปลงทั้งหมด โดยสูตรที่มีอัตราส่วนระหว่าง PLA:PBAT 60:40 %w/w มีการฉีกขาดน้อยที่สุด แต่สูตรถุงปลูกสูตรนี้ใช้ปริมาณ PBAT ในอัตราส่วนที่สูง จึงไม่เหมาะสมในการใช้เป็นสูตรในการขยายผลในระดับ up scale ด้วยเหตุนี้ทำให้การพัฒนาสูตรถุงปลูกในปัจจุบันยังไม่สามารถเตรียมสูตรที่เหมาะสมต่อการนำไปขยายผลให้กับภาคเกษตรกรได้ จึงดำเนินการเตรียมสูตรถุงปลูกเพื่อทดสอบความแข็งแรงในแปลงทดลอง โดยพัฒนาสูตรต่อจากโครงการเฟส 1 ในการเตรียมถุงปลูกระยะที่ 2 (3RL, PLA:PBAT:EVA (60:20:20 %w/w) ซึ่งจะนำมาปรับเปลี่ยนอัตราส่วนผสมของ PBAT ลดลงแทนที่ด้วย TPS พร้อมกับทำการทดลองซ้ำสูตรที่คณะกรรมการเสนอแนะในการประชุมรอบ 12 เดือน ซึ่งสามารถออกแบบสูตรถุงปลูกในรอบนี้ ดังแสดงในตาราง 8

ตาราง 8 สูตรถุงปลูกที่พัฒนาระยะที่ 2

No.	Code Name	อัตราส่วนต่างๆ (%w/w)				
		PLA	PBAT	PBS	TPS	EVA
1	L60V20E20	60	20	0	0	20
2	L60V10B10E20	60	10	10	0	20
3	L60V15T5E20	60	15	0	5	20
4	L60V10T10E20	60	10	0	10	20

หมายเหตุ : L = PLA, V = PBAT, E = EVA, B = PBS และ T = TPS

1) การเตรียมถุงปลูก

1. การเตรียมเม็ดคอมพาวด์

โดยนำส่วนประกอบต่างๆ ดังตาราง 8 ของแต่ละสูตรผสมเข้ากัน โดยผ่านเครื่อง Twin screw extruder ที่อุณหภูมิ 100-190 °C จะได้เม็ดคอมพาวด์ มีลักษณะเป็นเม็ดสีขาวขุ่น

2. การเป่าถุงปลูกมะเขือเทศ

นำเม็ดคอมพาวด์ที่เตรียมได้มาเป่าขึ้นรูปถุงด้วยเครื่อง Blow film machine ที่อุณหภูมิ 150-200 °C จะได้ถุงปลูกมะเขือเทศมีลักษณะเป็นฟิล์มสีขาวขุ่น กรณี ใช้เครื่อง Labtech model LE20-30/C & LF-250 ณ ม.นเรศวร จ.พิษณุโลก ได้ถุงปลูกขนาดกว้าง 5 และ 6.5 นิ้ว แบบพับเป็นถุงแล้ว ความหนาของฟิล์ม 50 ไมครอน

2) ผลการเตรียมถุงปลูก

จากการเป่าขึ้นรูปถุงปลูกให้มีขนาด 6.5x6.5x12 นิ้ว สามารถขึ้นรูปถุงปลูกสูตร 1, 3, และ 4 ได้ แต่ไม่สามารถขึ้นรูปถุงปลูกสูตร 2 (L60V10B10E20) เนื่องจากลักษณะของเนื้อฟิล์มในขั้นตอนการเป่าฟิล์มเหลวจนไม่สามารถเป่าขึ้นรูปขนาดใหญ่ได้ ดังนั้นในการทดสอบความแข็งแรงของถุงจะใช้สูตรถุงปลูกดังแสดงในตาราง 9 โดยลักษณะพื้นผิวของถุงปลูกที่เตรียมได้มีรอยยับตามแนวของเครื่องจักร เนื่องจากการเป่าฟิล์มที่เกินขีดจำกัดของเครื่องซึ่งในการทดสอบความแข็งแรงของถุงปลูกอาจเกิดความเสียหายจากส่วนนี้ได้ ทีมวิจัยได้แก้ไขปัญหานี้ โดยให้ทำการเตรียมถุงปลูกขึ้นใหม่โดยเป่าฟิล์มให้อยู่ในช่วงไม่เกินขีดจำกัดของเครื่องน่าจะทำให้ผิวของถุงปลูกเรียบและมีความสม่ำเสมอมากขึ้น โดยกำหนดให้ถุงปลูกมีขนาด 5x5x10 นิ้ว ซึ่งมีสูตรถุงปลูกดังแสดงในตาราง 10 โดยจะทำการทดสอบเปรียบเทียบความแข็งแรงกับถุงปลูกขนาด 6.5x6.5x12 นิ้ว (สูตร 3RL, 5RL, และ 6RL) ที่

เตรียมได้ในรอบแรก และทดสอบถุงปลูกเพิ่มเติมจากการทดสอบความแข็งแรงในการพัฒนาถุงปลูกระยะที่ 1 คือ สูตร 8RL และ สูตร 7RL ซึ่งเป็นสูตรที่การพัฒนาจากสูตร 8RL โดยการแทนที่ PBAT ด้วย TPS และนำถุงปลูกที่เตรียมได้ทดสอบความแข็งแรงโดยทดลองปลูกพืชแต่ไม่เก็บผลพืช แต่จะเน้นศึกษาสมบัติความเหนียวและความแข็งแรงของถุงปลูกเท่านั้น

ตาราง 9 สูตรถุงปลูกที่พัฒนาระยะที่ 2 ขนาด 6.5x6.5x12 นิ้ว

No.	สูตร	อัตราส่วนต่างๆ (%w/w)				
		PLA	PBAT	TPS	EVA	GMS (phr)
1	3RL	60	20	0	20	2
2	5RL	60	15	5	20	2
3	6RL	60	10	10	20	2

ตาราง 10 สูตรถุงปลูกที่พัฒนาระยะที่ 2 ขนาด 5x5x10 นิ้ว

No.	สูตร	อัตราส่วนต่างๆ (%w/w)				
		PLA	PBAT	TPS	EVA	GMS (phr)
1	3RL	60	20	0	20	2
2	5RL	60	15	5	20	2
3	6RL	60	10	10	20	2
4	7RL	60	35	5	-	2
5	8RL	60	40	-	-	2

3) ผลการทดสอบความแข็งแรงของถุงปลูก (รายละเอียดการทดลองแสดงในภาคผนวกที่ 2)

การทดสอบประสิทธิภาพของถุงปลูกย่อยสลาย เพื่อศึกษาความแข็งแรง การย่อยสลายของถุงปลูกย่อยสลาย สามารถสรุปผลการทดลองได้ดังนี้

ความแข็งแรงของถุงปลูกย่อยสลาย 6.5x12 นิ้ว ถุงปลูกย่อยสลายสำหรับปลูก ไม่พบการฉีกขาดของถุงในระหว่างตรวรับถุง และชั่งน้ำหนักก่อนการนำไปใช้ แต่เริ่มพบการฉีกขาดเมื่อนำมารอกวัสดุปลูก โดยเฉพาะถุงปลูกสูตร 3RL มีเปอร์เซ็นต์ฉีกขาดมากที่สุด เฉลี่ย 13.75 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือสูตร 5RL พบการฉีกขาดเฉลี่ย 3.75 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ถุงปลูกสูตร 6RL มีการฉีกขาดเฉลี่ย 1.25 เปอร์เซ็นต์ อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาในระยะปลูกถุงปลูกสูตร 3RL ยังคงพบการฉีกขาดง่ายและเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องตั้งแต่ 1 สัปดาห์หลังย้ายปลูก พบการฉีกขาดทั้งหมดภายใน 5 สัปดาห์หลังย้ายปลูก ในขณะที่ถุงปลูกสูตร 5RL และ 6RL พบฉีกขาดทั้งหมดช้ากว่าคือภายในสัปดาห์ที่ 9 หลังย้ายปลูก ขณะที่ถุงปลูกมะเขือเทศชนิด PE ไม่พบการฉีกขาดของถุงปลูกย่อยสลาย (ตาราง 11) อย่างไรก็ตามบริเวณที่มีพบการฉีกขาดมากคือพบบริเวณรอยพับของถุง

ตาราง 11 การประเมินระดับฉีกขาดของถุงปลูกอายุ 1 ถึง 9 สัปดาห์ หลังย้ายปลูกลงแปลง

กรรมวิธี	จำนวนสัปดาห์หลังปลูก (สัปดาห์)				
	1	3	5	7	9
3RL	34.65	70.67	100.00	100.00	100.00
5RL	9.33	37.33	61.33	81.33	100.00
6RL	1.33	13.33	56.00	76.00	100.00
PE	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
LSD (0.05)	10.47	14.57	8.04	8.67	-
CV(%)	67.07	34.87	10.74	9.79	-

หมายเหตุ หลังปลูก 9 สัปดาห์ ถุงปลูกทุกสูตรมีการฉีกขาดทุกใบ

ความแข็งแรงของถุงปลูกย่อยสลาย 5x10 นิ้ว ถุงปลูกย่อยสลายสำหรับปลูกมะเขือเทศ ไม่พบการฉีกขาดของถุงในระหว่างตรวจริบถุง และชั่งน้ำหนักก่อนการนำไปใช้ ในขั้นตอนการกรอกวัสดุปลูก พบว่า ถุงสูตร 3RL เกิดการฉีกขาดมากที่สุด เฉลี่ย 10 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่สูตรอื่นๆไม่เกิดการฉีกขาด เมื่อพิจารณาในระยะปลูกมะเขือเทศ ถุงปลูกย่อยสลายสูตร 3RL ยังคงพบการฉีกขาดง่ายและเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องตั้งแต่ 1 สัปดาห์หลังย้ายปลูก พบการฉีกขาดทั้งหมดภายใน 5 สัปดาห์หลังย้ายปลูก ในขณะที่ถุงปลูกสูตร 5RL และ 6RL เกิดการฉีกขาดทั้งหมดภายในสัปดาห์ที่ 11 หลังย้ายปลูก ในขณะที่ถุงปลูกสูตร 7RL และ 8RL เกิดการฉีกขาดทั้งหมดภายในสัปดาห์ที่ 13 หลังย้ายปลูก (ตาราง 12)

ตาราง 12 การประเมินระดับฉีกขาดของถุงปลูกอายุ 1 ถึง 13 สัปดาห์ หลังย้ายปลูกลงแปลง

กรรมวิธี	จำนวนสัปดาห์หลังปลูก (สัปดาห์)						
	1	3	5	7	9	11	13
3RL	0.00	60.00	100.00	100.00	100	100.00	100
5RL	0.00	6.66	17.78	40.00	97.78	100.00	100
6RL	0.00	4.44	15.55	57.78	95.56	100.00	100
7RL	0.00	2.22	8.89	40.00	75.56	97.78a	100
8RL	0.00	4.44	11.11	40.00	86.67	88.89	100
LSD (0.05)	-	12.33	10.16	13.53	13.81	8.02	-
CV(%)	-	55.92	24.71	18.17	5.42	4.59	-

หมายเหตุ หลังปลูก 13 สัปดาห์ ถุงปลูกทุกสูตรมีการฉีกขาดทุกใบ

4) สรุปการทดสอบความแข็งแรงของถุงปลูกที่พัฒนาระยะที่ 2

4.1) การทดสอบความแข็งแรงของถุงปลูกมะเขือเทศโดยเปรียบเทียบระหว่างขนาดถุงปลูก

การทดสอบความแข็งแรงของถุงปลูกย่อยสลายทั้งสองพื้นที่เป็นการทดสอบความแข็งแรงของถุงปลูกที่มีขนาดที่ต่างกัน โดยพื้นที่ ศูนย์แม่แฮ ใช้ถุงปลูกขนาด 6.5x12 นิ้ว ศูนย์หนองหอย ใช้ถุงปลูกขนาด 5x10 นิ้ว โดยถุงปลูกที่ใช้เปรียบเทียบ คือ สูตร 3RL, 5RL และ 6RL จากผลการทดลอง พบว่า ถุงปลูกขนาด 5x10 นิ้ว มีความแข็งแรงของถุงปลูกมากกว่าถุงปลูกขนาด 6.5x12 นิ้ว ซึ่งเป็นเป้าขึ้นรูปที่มีขนาดใหญ่เกินขีดความสามารถของเครื่องทำให้ลักษณะของฟิล์มไม่มีความสม่ำเสมอ โดยถุงปลูกขนาด 5x10 นิ้วพบการฉีกขาดของถุงในสัปดาห์ที่ 3 และฉีกขาดทั้งหมดในสัปดาห์ที่ 11 หลังย้ายปลูก ในขณะที่ถุงปลูกขนาด 6.5x12 นิ้ว ตรวจพบการฉีกขาดตั้งแต่สัปดาห์ที่ 1 และฉีกขาดทั้งหมดในสัปดาห์ที่ 9 หลังย้ายปลูก

4.2) การทดสอบความแข็งแรงของถุงปลูกมะเขือเทศ (ขนาด 5x10 นิ้ว)

เป็นการทดสอบความแข็งแรงของถุงปลูกสูตรต่างๆ ที่พัฒนาขึ้น โดยใช้สูตร 3RL เป็นสูตรที่ใช้เปรียบเทียบและเป็นสูตรที่นำมาปรับปรุงอัตราส่วน โดยการเติม TPS และลดปริมาณ PBAT ลง ได้แก่สูตร 5RL และ 6RL ผลการทดลองพบว่าการเติม TPS และลดปริมาณ PBAT ลง ส่งผลให้ถุงปลูกมีความแข็งแรงเพิ่มมากขึ้น โดย สูตร 5RL และ 6RL เกิดการฉีกขาดทั้งหมดในสัปดาห์ที่ 11 ในขณะที่สูตร 3RL เกิดการฉีกขาดทั้งหมดตั้งแต่สัปดาห์ที่ 5 แล้ว ส่วนสูตรถุงที่พัฒนาขึ้นใหม่ได้แก่สูตร 7RL และ 8RL เป็นสูตรที่เพิ่มปริมาณ PBAT , TPS และตัดส่วนของ EVA ออก ผลการทดลองพบว่าทั้งสองสูตรมีความแข็งแรงเพิ่มขึ้น โดยเกิดการฉีกขาดทั้งหมดในสัปดาห์ที่ 13 จากการทดลองพบว่าถุงสูตรที่มีส่วนผสมของ TPS มีกระบวนการขึ้นรูปในการเตรียมถุงปลูกได้ง่าย โดยไม่เกิดรอยยับขณะขึ้นรูปขึ้นงานอีกด้วย

4.3 การพัฒนาถุงปลูก ระยะที่ 3

จากรายงานผลการทดสอบความแข็งแรงของถุงปลูกที่พัฒนาขึ้น ในระยะที่ 2 โดยการเติม TPS ลงในสูตรถุงปลูก จากผลการทดลอง พบว่า การเติม TPS และลดปริมาณ PBAT ลง ส่งผลให้ถุงปลูกมีความแข็งแรงเพิ่มมากขึ้น โดยที่ถุงปลูก สูตร 7RL (PLA:PBAT:TPS, 60:35:5 %w/w) และ 8RL (PLA:PBAT 60:40 %w/w) เป็นสูตรที่มีความแข็งแรงมากที่สุด จากการทดลองพบว่าสูตรที่มีส่วนผสมของ TPS มีกระบวนการขึ้นรูปในการเตรียมถุงปลูกได้ง่าย แต่ถุงปลูกทั้งสองสูตรยังไม่สามารถนำไปใช้ขยายผลให้กับเกษตรกรได้ เนื่องจากถุงปลูกมะเขือเทศที่พัฒนาขึ้นยังไม่มี ความแข็งแรงเพียงพอต่อระยะเวลาในการเพาะปลูกมะเขือเทศซึ่งต้องใช้เวลานาน 6 เดือน จากผลการทดลองเบื้องต้นนักวิจัยจึงใช้ถุงปลูกสูตร 7RL และ 8RL นำมาพัฒนาต่อโดยเพิ่มสาร Polyethylene glycol (PEG400) ซึ่งเป็นสาร Plasticizer เพื่อเพิ่มความนิ่ม และยืดหยุ่น ให้มากขึ้น นอกจากนี้ยังเพิ่มสารกลุ่ม Anti-oxidant และ UV stabilizer เพื่อเพิ่มความแข็งแรงให้กับถุงปลูก

ผลการทดลองพบว่าสูตรถุงปลูกที่ส่วนผสมของ TPS ไม่สามารถนำมาเติมสาร PEG ได้ เนื่องจากในขั้นตอนในการเป่าขึ้นรูปขึ้นงานจะเกิดแยกส่วนออกมาของ TPS ทำให้ชิ้นงานไม่เรียบ ในขณะที่สูตรที่ไม่มี TPS สามารถขึ้นรูปขึ้นงานได้ แต่เกิดปัญหาเนื่องจากเกิดการติดกันของชิ้นฟิล์ม จึงได้ดำเนินการแก้ไขโดยการเติมสารกลุ่ม Anti-adhesive คือ Talc ซึ่งสามารถป้องกันการเกิดการติดกันของชิ้นงานได้ ซึ่งสามารถพัฒนาสูตรถุงปลูกมะเขือเทศได้ดังแสดงในตาราง 13

ตาราง 13 แสดงอัตราส่วนของสูตรถุงปลูกมะเขือเทศ

No.	สูตร	อัตราส่วนต่างๆ (%w/w)							
		PLA	LPG	PBAT	Talc (phr)	GMS (phr)	TiO ₂ (phr)	Uv (phr)	anti-Ox (phr)
1	8RL(L60V40)	60	-	40	3	2	2	0.5	0.1
2	9RL(LPG60V40)	-	60	40	3	2	2	0.5	0.1
3	10RL(LPG70V30)	-	70	30	3	2	2	0.5	0.1

หมายเหตุ : PLA = Polylactic acid (PLA4043D บริษัท Nature work), LPG = พอลิเมอร์ผสมระหว่าง PLA 95 %wt และ PEG 5 %wt, PEG = Polyethylene glycol MW 400 g/mol (ชื่อการค้า Carbowax Polyethylene glycol 400 บริษัท DOW), PBAT = Poly(butylene adipate-co-terephthalate (ชื่อการค้า Ecoflex blend C1200 บริษัท UNIC), GMS= Glyceryl monostearate (GLST SE), TiO₂ = Titanium dioxide (ชื่อการค้า Ti-Pure R103 บริษัท Dupont), Talc = Talcum powder (ชื่อการค้า Microtuff AG609 บริษัท Specialty minerals), UV= UV stabilizer (ชื่อการค้า Tinuvin 622 SF บริษัท BASF), Antiox= Antioxidant (ชื่อการค้า Irganox1010 บริษัท Ciba)

1) การเตรียมถุงปลูก

1.1) การเตรียมเม็ดคอมพาวด์

การเตรียมเม็ดคอมพาวด์ 8RL นั้นนำอัตราส่วนดังตาราง 13 ผสมเข้ากันโดยผ่านเครื่อง Twin screw extruder ที่อุณหภูมิ 100, 120, 150, 180, 200, 190, 170, 160, 150 และ 150 °C ตามลำดับ ความเร็วรอบสกรู 300 รอบต่อนาทีจะได้เม็ดคอมพาวด์มีลักษณะเป็นเม็ดสีขาวขุ่น

สำหรับการเตรียมเม็ดคอมพาวด์ 9RL และ 10RLนั้นจะเริ่มจากการเตรียมเม็ดคอมพาวด์ LPG ก่อน โดยนำ PLA 95 %wt และ PEG400 5 %wt ผสมเข้ากันโดยผ่านเครื่อง Twin screw extruder ที่อุณหภูมิ 100, 120, 150, 180, 200, 190, 170, 160, 150 และ 150 °C ตามลำดับ ความเร็วรอบสกรู 300 รอบต่อนาทีจะได้เม็ดคอมพาวด์มีลักษณะเป็นเม็ดสีเหลืองใส จากนั้นนำเม็ดคอมพาวด์ LPG ดังกล่าวและองค์ประกอบที่เหลือตามอัตราส่วนดังตาราง 13 ผสมเข้ากันโดยผ่านเครื่อง Twin screw extruder ที่อุณหภูมิ 100, 120, 150, 180, 200,

190, 170, 160, 150 และ 150 °C ตามลำดับ ความเร็วรอบสกรู 300 รอบต่อนาทีจะได้เม็ดคอมพาวด์มีลักษณะเป็นเม็ดสีขาวขุ่น

ในการทดลองนี้ได้ดำเนินการเตรียมเม็ดคอมพาวด์ PE เพื่อใช้เป็นถุงปลูกควบคุม โดยนำ PE ผสมกับ Talc 5% phr และ TiO₂ 2% phr ผสมเข้ากันโดยผ่านเครื่อง Twin screw extruder

1.2) การเป่าถุงปลูก

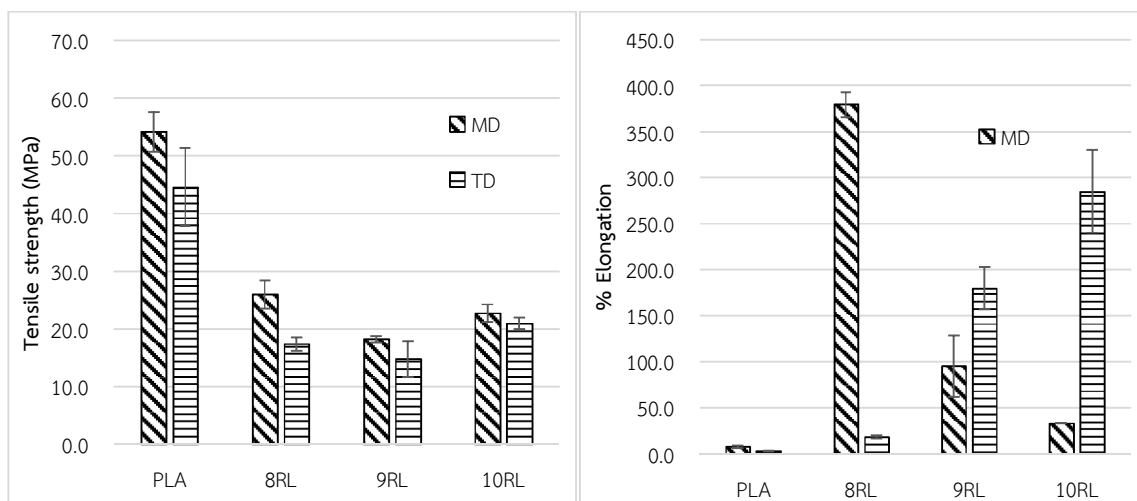
นำเม็ดคอมพาวด์ที่เตรียมได้มาเป่าขึ้นรูปถุงด้วยเครื่อง Blow film machine ที่อุณหภูมิ 120, 170, 180, 160, 160 และ 160 °C ตามลำดับ ความเร็วรอบสกรู 100 รอบต่อนาทีจะได้ถุงปลูกมีลักษณะเป็นฟิล์มสีขาวขุ่น ใช้เครื่อง Labtech model LE20-30/C & LF-250 ณ ม.นเรศวร จ.พิษณุโลกได้ถุงปลูกขนาดกว้าง 5 นิ้ว แบบพับเป็นถุงแล้ว ความหนาของฟิล์ม 50 ไมครอน

2) ผลการเตรียมถุงปลูก

สามารถเตรียมถุงปลูกมะเขือเทศทั้ง 3 สูตร และถุงปลูก PE ได้ ทำการเตรียมสูตรละ 400 ใบ พบว่า ถุงปลูกสูตร 8RL และ 10RL มีการขึ้นรูปในขั้นตอนการเป่าถุงที่ง่ายและมีความเสถียรของทรงที่ดีกว่าสูตร 9RL และได้ดำเนินการทดสอบความแข็งแรงโดยปลูกพืชต่อไป

3) การทดสอบความแข็งแรงของถุงปลูกก่อนใช้งาน

ผลการทดสอบความแข็งแรงของถุงปลูกมะเขือเทศทั้ง 3 สูตร พบว่า แผ่นฟิล์มทั้งสามสูตรมีค่าความทนต่อแรงดึงมีค่าใกล้เคียงกันทั้งสองแนวทั้งแนวตามเครื่องจักรและแนวขวางเครื่องจักร โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 15-25 MPa และมีค่าความแข็งแรงลดลงเมื่อเทียบกับฟิล์ม PLA สำหรับค่าการยืดตัว ณ จุดขาดของฟิล์มถุงปลูกทั้งสามสูตรที่พัฒนาขึ้นมีค่าการยืดที่เพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับฟิล์ม PLA โดยที่สูตร 8RL มีค่าการยืดสูงสุดที่ 379% ในแนวตามเครื่องจักรแต่ในแนวขวางเครื่องจักรมีค่า 18% สูตร 9RL มีค่าการยืดแนวขวางเครื่องจักรมากกว่าแนวตามเครื่องจักร โดยมีค่าขวางเครื่องจักร เท่ากับ 180% ในขณะที่แนวตามเครื่องจักรมีค่าเท่ากับ 95% ส่วนสูตร 10RL มีค่าการยืดแนวขวางเครื่องจักรมากกว่าแนวตามเครื่องจักรเช่นกัน โดยมีค่าขวางเครื่องจักร เท่ากับ 285% ในขณะที่แนวตามเครื่องจักรมีค่าเท่ากับ 33% ดังแสดงในภาพ 16 จากค่าการยืดของถุงทั้งสามสูตรพบว่าจะมีการยืดในแนวหนึ่งมากกว่าอีกแนว ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อความแข็งแรงของถุงปลูกในขั้นตอนการทดลองได้



ภาพ 16 การทดสอบความแข็งแรงของถุงปลูกก่อนใช้งานด้วยเทคนิค Tensile testing

4) การทดสอบความแข็งแรงในแปลงของถูงปลูก (รายละเอียดการทดลองแสดงในภาคผนวกที่ 2)

การทดสอบถูงปลูกใช้ในการเป็นถูงปลูกมะเขือเทศ ได้ทำการทดลองใน 3 พื้นที่ของมูลนิธิโครงการหลวง ได้แก่ ศูนย์ฯ หนองหอย ศูนย์ฯ แม่สาใหม่ และ ศูนย์ฯ หุ่นเรา โดยทำการทดลองทดสอบถูงปลูกมะเขือเทศแบบย้อยสลายขนาด 5x10 นิ้ว จำนวน 4 สูตร ได้แก่ สูตร 8RL สูตร 9RL สูตร 10RL และสูตร PE (กรรมวิธีควบคุม)

จากการทดลองพบว่าถูงปลูกมะเขือเทศไม่พบการฉีกขาดของถูงระหว่างตรวจรับถูง และกรอกวัสดุปลูก ผลการทดสอบความแข็งแรงระหว่างการปลูกในแปลงปลูกแสดงดังต่อไปนี้

ศูนย์ฯ หนองหอย

จากการบันทึกข้อมูลการฉีกขาดของถูงปลูกย้อยสลายระหว่างการปลูก บันทึกจำนวนถูงที่มีลักษณะการฉีกขาดที่มีความยาวมากกว่า 1 เซนติเมตร พบว่า ถูงปลูกย้อยสลายที่ใช้ทดสอบ เริ่มมีการฉีกขาดหลังจากย้ายปลูกในเดือนที่ 2 โดยถูงปลูกย้อยสลายสูตร 10RL มีจำนวนการฉีกขาดถูงมากที่สุด คือ 44.61 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือสูตร 9RL มีค่าเฉลี่ย 13.85 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่สูตร 8RL และ PE ไม่พบการฉีกขาดของถูงปลูก ในเดือนที่ 3 ถูงปลูกย้อยสลายมีจำนวนการฉีกขาดเพิ่มขึ้น โดยสูตร 10RL มีจำนวนการฉีกขาดทั้งหมด คือ 100 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือสูตร 9RL มีค่าเฉลี่ย 64.62 เปอร์เซ็นต์ และสูตร 8RL มีจำนวนการฉีกขาด 9.23 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ถูง PE ไม่พบการฉีกขาดของถูงปลูก ส่วนในเดือนที่ 4 หลังย้ายปลูก พบการฉีกขาดของถูงปลูกย้อยสลายทั้งหมด คิดเป็น 100 เปอร์เซ็นต์ ในสูตร 9RL และ 10RL ตามลำดับ ส่วนถูงปลูกย้อยสลายสูตร 8RL พบจำนวนการฉีกขาดเฉลี่ย 61.54 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่ถูงปลูกสูตร PE ไม่พบจำนวนการฉีกขาดของถูงปลูก ส่วนเดือนที่ 5 หลังการย้ายปลูก ถูงปลูกย้อยสลายทั้ง 3 สูตร พบจำนวนการฉีกขาดเฉลี่ย 100 เปอร์เซ็นต์ (ตาราง 14)

ตาราง 14 การประเมินระดับการฉีกขาดของถูงปลูกจากการสังเกตอายุ 1 ถึง 5 เดือน หลังย้ายปลูกลงแปลง

กรรมวิธี	ระยะเวลาหลังปลูก (เดือน)				
	1	2	3	4	5
8RL	0.00	0.00	9.23	61.54	100.00
9RL	0.00	13.85	64.62	100.00	100.00
10RL	0.00	44.61	100.00	100.00	100.00
PE	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
LSD (0.05)	-	15.39	16.1	10.51	-
CV(%)	-	76.42	26.89	13.05	-

หมายเหตุ หลังปลูก 5 เดือน ถูงปลูกย้อยสลายทุกสูตรมีการฉีกขาดทุกใบ

ศูนย์ฯ แม่สาใหม่

บันทึกข้อมูลการฉีกขาดของถูงปลูกย้อยสลายระหว่างการปลูกของศูนย์ฯ แม่สาใหม่ สามารถบันทึกผลได้ 4 เดือน เนื่องจากพบปัญหาจากการระบาดของโรคเหี่ยวจากเชื้อไวรัสในมะเขือเทศ จึงหยุดการบันทึกข้อมูล ซึ่งผลจากการบันทึกจำนวนถูงที่มีการฉีกขาด พบว่า ถูงปลูกย้อยสลายเริ่มมีการฉีกขาดหลังที่ย้ายปลูก ในเดือนที่ 2 โดยถูงปลูกย้อยสลายสูตร 10RL มีจำนวนการฉีกขาดถูงมากที่สุด คือ 47.69 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือสูตร 9RL และ 8RL มีค่าเฉลี่ย 9.23 และ 1.54 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในขณะที่ถูงปลูกสูตร PE ไม่พบการฉีกขาดของถูงปลูก ในเดือนที่ 3 หลังการย้ายปลูก ถูงปลูกสูตร 10RL และถูงปลูกย้อยสลายสูตร 9RL มีจำนวนการฉีกขาดเพิ่ม โดยถูงปลูกย้อยสลายสูตร 10RL มีค่าเฉลี่ย 53.85 เปอร์เซ็นต์ รองลงมา คือสูตร 9RL มีค่าเฉลี่ย 12.30 เปอร์เซ็นต์ ส่วนถูงปลูกสูตร 8RL มีจำนวนการฉีกขาดของถูงปลูกย้อยสลายคงที่ คือ 1.54 เปอร์เซ็นต์ และ PE ไม่พบจำนวนการฉีกขาดของถูง อย่างไรก็ตามในเดือนที่ 4 หลังจากย้ายปลูก ถูงปลูกย้อยสลายมีการขาดเพิ่มขึ้นจึงหยุดการทดลอง เนื่องจากป้องกันการระบาดของโรคเหี่ยวจากไวรัสไปยังโรงเรือนข้างเคียง (ตาราง 15)

ตาราง 15 การประเมินระดับการฉีกขาดของถุงปลูกจากการสังเกตอายุ 1 ถึง 4 เดือน หลังย้ายปลูกลงแปลง

กรรมวิธี	ระยะเวลาหลังปลูก (เดือน)			
	1	2	3	4
8RL	0.00	1.54	1.54	1.54
9RL	0.00	9.23	12.30	12.30
10RL	0.00	47.69	53.85	53.85
PE	0.00	0.00	0.00	0.00
LSD (0.05)	-	11.89	9.82	9.82
CV(%)	-	59.04	42.11	42.11

หมายเหตุ; หลังปลูก 4 เดือน ถุงปลูกทุกสูตรมีการฉีกขาดทุกใบ

ศูนย์ฯ พังงา

จากการบันทึกจำนวนการฉีกขาดของถุงปลูกย่อยสลาย ณ ศูนย์ฯ พังงา สามารถบันทึกข้อมูลได้ 2 เดือน หลังจากย้ายปลูก เนื่องจากระหว่างการปลูกในแปลงเกษตรกร พบการระบาดของโรคเหี่ยวเฉียวทำให้ต้นมะเขือเทศ ตายมากกว่า 60 เปอร์เซ็นต์ จึงหยุดการทดลอง (เกษตรกรรื้อแปลง)

5) สรุปการทดสอบความแข็งแรงของถุงปลูกที่พัฒนาระยะที่ 3

จากผลการทดสอบความแข็งแรงของถุงปลูกทั้ง 3 พื้นที่ พบว่า ถุงปลูกย่อยสลายที่มีการฉีกขาดของถุงน้อยกว่าและนานกว่าสูตรอื่นๆ คือ ถุงปลูกสูตร 8RL มีแนวโน้มแข็งแรง ทนทานมากที่สุด และใกล้เคียงกับระยะเวลาการปลูกมะเขือเทศ เนื่องจากระยะเวลาปลูกจนถึงเก็บเกี่ยวผลผลิตของมะเขือเทศคือ อายุ 5-6 เดือน แต่อย่างไรก็ตามต้องมีการปรับปรุงให้แข็งแรงขึ้น เพราะถุงมีการฉีกขาดมากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเข้าเดือนที่ 4 และฉีกขาดทั้งหมดเมื่อเข้าเดือนที่ 5 หลังจากปลูก โดยบริเวณหลักคือรอยพับจากล่างขึ้นมาด้านบน อายุการใช้งานยังน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับอายุการเก็บเกี่ยวของมะเขือเทศ (ผลการย่อยสลายและการเจริญเติบโตของมะเขือเทศแสดงรายละเอียดในภาคผนวกที่ 2)

4.4 การพัฒนาถุงปลูก ระยะที่ 4

จากผลการทดสอบความแข็งแรงของถุงปลูกบนแปลงทดลอง โดยสูตรที่ใช้ทดลอง คือ 8RL, 9RL และ 10RL (การพัฒนาถุงปลูก ระยะที่ 3) ผลการทดลองพบว่าถุงปลูกสูตร 9RL และ 10RL ซึ่งเป็นสูตรที่มีส่วนผสมของ PEG400 เกิดการฉีกขาดก่อนสูตร 8RL โดยสูตร 8RL มีความแข็งแรงกว่าสูตรอื่นๆ โดยจะเริ่มการฉีกขาดในเดือนที่ 3 หลังปลูก ในการพัฒนาสูตรถุงปลูกมะเขือเทศจึงใช้สูตรนี้มาพัฒนาต่อโดยการเพิ่มสารกลุ่ม anti-hydrolysis คือ bioadimide 100 XT และ 500 XT นอกจากนี้ยังปรับลดอัตราส่วนของ TiO_2 (สารให้สี), GMS (สารเพิ่มความ hydrophobic) และศึกษาผลของการอบเม็ดพลาสติกในขั้นตอนการเตรียมถุงปลูกว่าช่วยเพิ่มความแข็งแรงได้หรือไม่ ซึ่งสามารถพัฒนาสูตรถุงปลูกได้ดังแสดงในตาราง 16

ตาราง 16 อัตราส่วนของสูตรถุงปลูก

No.	สูตร	อัตราส่วนต่างๆ (%w/w)								note
		PLA	PBAT	Talc (phr)	GMS (phr)	TiO_2 (phr)	anti-Ox (phr)	anti-Hydrolysis 100 (phr)	anti-Hydrolysis 500 (phr)	
1	8RL	60	40	3	2	2	0.2	-	-	-
2	11RL	60	40	3	2	2	0.2	-	-	อบ
3	12RL	60	40	3	2	2	0.2	-	2	อบ
4	13RL	60	40	3	1	1	0.2	-	2	อบ
5	14RL	60	40	3	1	1	0.2	2	-	อบ
6	15RL	60	40	3	1	1	0.2	1.5	1.5	อบ
7	16RL	60	40	3	1	1	0.2	1.5	1.5	-

หมายเหตุ : *ใช้ glycerol 1% ช่วยให้ส่วนผสมที่เป็นผงสามารถติดกับเม็ดพลาสติก, PLA = Polylactic acid (PLA4043D บริษัท Nature work), LPG = พอลิเมอร์ผสมระหว่าง PLA 95 %wt และ PEG 5 %wt, PEG = Polyethylene glycol MW 400 g/mol (ชื่อการค้า Carbowax Polyethylene glycol 400 บริษัท DOW), PBAT = Poly(butylene adipate-co-terephthalate (ชื่อการค้า Ecoflex blend C1200 บริษัท UNIC), GMS= Glyceryl monostearate (GLST SE), TiO_2 = Titanium dioxide (ชื่อการค้า Ti-Pure R103 บริษัท Dupont), Talc = Talcum powder (ชื่อการค้า Microtuff AG609 บริษัท Specialty minerals), UV= UV stabilizer (ชื่อการค้า Tinuvin 622 SF บริษัท BASF), Antiox= Antioxidant (ชื่อการค้า Irganox1010 บริษัท Ciba), anti-Hydrolysis 100 = bioadimide 100 XT บริษัท Rhein chemie, anti-Hydrolysis 500 = bioadimide 500 XT บริษัท Rhein chemie

1) การเตรียมถุงปลูก

1.1) การเตรียมเม็ดคอมพาวด์

การเตรียมเม็ดคอมพาวด์ 8RL และ 16RL นั้นนำอัตราส่วนดังตาราง 2 ผสมเข้ากันโดยผ่านเครื่อง Twin screw extruder ที่อุณหภูมิ 100, 120, 150, 180, 200, 190, 170, 160, 150 และ 150 °C ตามลำดับ ความเร็วรอบสกรู 300 รอบต่อนาทีจะได้เม็ดคอมพาวด์มีลักษณะเป็นเม็ดสีขาวขุ่น

สำหรับการเตรียมเม็ดคอมพาวด์ 11RL, 12RL, 13RL, 14RL และ 15RL นั้นจะเริ่มจากการอบเม็ด PLA และ PBAT ที่อุณหภูมิ 80°C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง และนำไปผสมตามอัตราส่วนดังตาราง 2 ผสมเข้ากันโดยผ่านเครื่อง Twin screw extruder ที่อุณหภูมิ 100, 120, 150, 180, 200, 190, 170, 160, 150 และ 150 °C ตามลำดับ ความเร็วรอบสกรู 300 รอบต่อนาทีจะได้เม็ดคอมพาวด์มีลักษณะเป็นเม็ดสีขาวขุ่น

ในการทดลองนี้ได้ดำเนินการเตรียมเม็ดคอมพาวด์ PE เพื่อใช้เป็นถุงปลูกควบคุม โดยนำ PE ผสมกับ Talc 5% phr และ TiO_2 2% phr ผสมเข้ากันโดยผ่านเครื่อง Twin screw extruder

1.2) การเป่าถุงปลูก

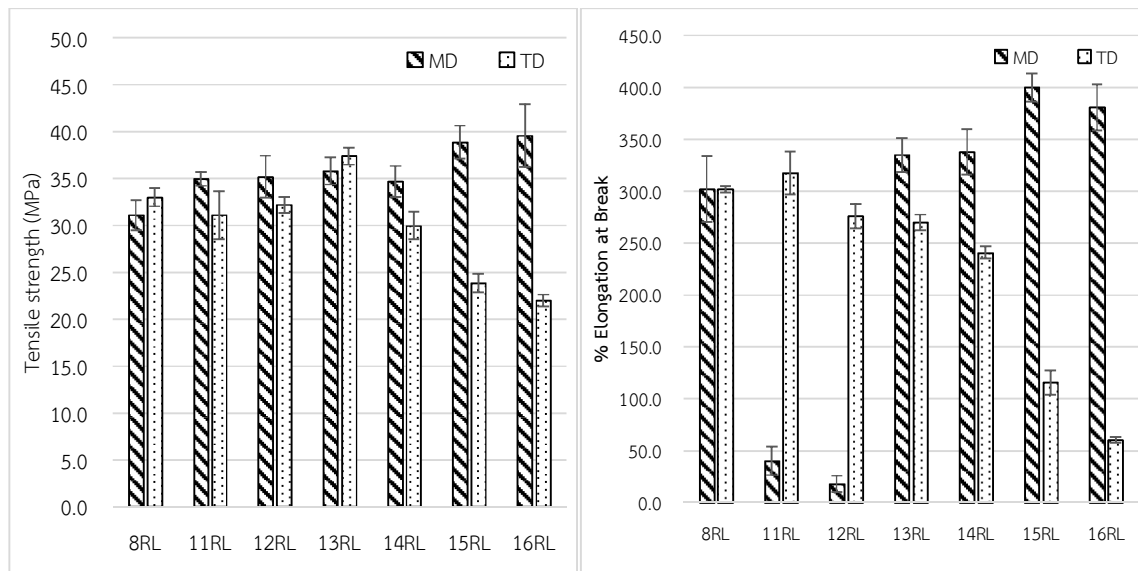
การเป่าถุงปลูกมะเขือเทศสูตร 11RL, 12RL, 13RL, 14RL และ 15RL จะทำการอบเม็ดคอมพาวด์ที่อุณหภูมิ 80°C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ก่อนเป่าขึ้นรูป ส่วนถุงปลูกสูตร 8RL และ 16RL ไม่อบ ขั้นตอนการเป่าขึ้นรูปมีขั้นตอนดังนี้ นำเม็ดคอมพาวด์ที่เตรียมได้มาเป่าขึ้นรูปด้วยเครื่อง Blow film machine ที่อุณหภูมิ 120, 170, 180, 160, 160 และ 160 °C ตามลำดับ ความเร็วรอบสกรู 100 รอบต่อนาที จะได้ถุงปลูกมะเขือเทศมีลักษณะเป็นฟิล์มสีขาวขุ่น ใช้เครื่อง Labtech model LE20-30/C & LF-250 ณ ม.นเรศวร จ.พิษณุโลก ได้ถุงปลูกขนาดกว้าง 5 นิ้ว แบบพับเป็นถุงแล้ว ความหนาของฟิล์ม 50 ไมครอน

2) ผลการเตรียมถุงปลูก

สามารถเตรียมถุงปลูกมะเขือเทศทั้ง 7 สูตร และถุงปลูก PE ได้ ทำการเตรียมสูตรละ 100 ใบ และได้ดำเนินการทดสอบความแข็งแรงโดยปลูกพืชต่อไป

3) การทดสอบความแข็งแรงของถุงปลูกก่อนใช้งาน

ผลการทดสอบความแข็งแรงของถุงปลูกมะเขือเทศ พบว่า ฟิล์มถุงปลูกสูตร 8RL และ 11RL-14RL มีความทนต่อแรงดึงมีค่าใกล้เคียงกันทั้งแนวตามเครื่องจักร (MD) และแนวขวางเครื่องจักร (TD) โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 30-37 MPa ในขณะที่ฟิล์มถุงปลูกสูตร 15RL และ 16RL มีค่าความทนต่อแรงดึงแนว MD (39-40 MPa) มากกว่าแนว TD (22-24 MPa) จากผลการทดสอบพบว่าการเติมสาร anti-hydrolysis, การลดปริมาณสาร (TiO₂ และ GMS) และการอบเม็ดคอมพาวด์ ไม่ส่งผลต่อความแข็งแรงของชิ้นงาน สำหรับค่าการยืดตัว ณ จุดขาดของฟิล์มถุงปลูกสูตร 8RL, 13RL และ 14 RL มีค่าใกล้เคียงกันทั้งสองแนว โดยมีค่าอยู่ในช่วง 241-338% ส่วนสูตร 11RL และ 12RL มีค่าการยืดในแนว TD (276-318%) มากกว่าแนว MD (18-40%) ในขณะที่ สูตร 15RL และ 16RL มีค่าการยืดในแนว TD (60-116%) น้อยกว่าแนว MD (381-400%) ดังแสดงในภาพ 17 จากค่าการยืดของสูตรถุงปลูกพบว่าการอบเม็ดพลาสติกก่อนกระบวนการเตรียมเม็ดคอมพาวด์และการเป่าขึ้นรูปส่งผลให้ค่าการยืดในแนว MD มีค่าลดลง (8RL เทียบกับ 11RL, 12RL) ส่วนการใช้สาร anti-hydrolysis ร่วมกับการอบเม็ดพลาสติกไม่ส่งผลต่อค่าการยืดทั้งสองแนวแต่ค่าแนว TD (8RL เทียบกับ 13RL, 14RL) ลดลงเล็กน้อย ในขณะที่การใช้สาร anti-hydrolysis ทั้งสองชนิดให้ค่าการยืดไปในทิศทางเดียวกันทั้งแบบอบกับไม่อบ เม็ดพลาสติก (15RL เทียบกับ 16RL)



ภาพ 17 การทดสอบความแข็งแรงของถุงปลูกก่อนการใช้งานด้วยเทคนิค Tensile testing

4) การทดสอบความแข็งแรงในแปลงของถุงปลูก

การทดสอบถุงปลูกมะเขือเทศ ได้ทำการทดลองในพื้นที่ของมูลนิธิโครงการหลวง ได้แก่ ศูนย์ฯ แม่สาใหม่ (รายละเอียดการทดลองแสดงในภาคผนวกที่ 2) โดยทำการทดลองทั้งความแข็งแรงของถุงปลูก ผลของถุงปลูกต่อผลผลิตมะเขือเทศ และ ผลการศึกษาความแข็งแรงหลังการใช้งานได้ผลดังนี้

4.1) การทดสอบประสิทธิภาพของการใช้ถุงปลูกย่อยสลายสำหรับปลูกมะเขือเทศ ขนาด 5x10 นิ้ว จำนวน 7 สูตร ได้แก่ สูตร 8RL สูตร 11RL-16RL เปรียบเทียบกับสูตร PE ซึ่งเป็นสูตรที่จำหน่ายเป็นการค้าทั่วไป โดยปลูกภายใต้โรงเรือน โดยศึกษาความแข็งแรงของถุงปลูกย่อยสลาย โดยการตรวจสอบการฉีกขาดของถุงปลูกย่อยสลาย ได้แก่ หลังรับมอบถุงเพาะ ระหว่างกรอกวัสดุปลูก และ ระหว่างการปลูกในแปลงปลูก ได้ผลการตรวจสอบดังนี้

หลังรับมอบถุงย่อยสลาย และ ระหว่างกรอกวัสดุ ไม่พบการฉีกขาดของถุงปลูกในระหว่างกรอกวัสดุปลูก

ระหว่างการปลูกในแปลงปลูก จากการบันทึกข้อมูลการฉีกขาดของถุงปลูกย่อยสลายระหว่างการปลูก บันทึกจำนวนถุงที่มีลักษณะการฉีกขาดที่มีความยาวมากกว่า 1 เซนติเมตร พบว่า ถุงปลูกสูตร 11RL เริ่มมีการฉีกขาดหลังจากย้ายปลูกเป็นสูตรแรกโดยเริ่มฉีกขาดในเดือนที่ 3 (8.57 %) ในการทดลองเดือนที่ 4 พบสูตรถุงเริ่มฉีกขาดเพิ่มขึ้น ได้แก่ สูตร 8RL (14.29 %), 11RL (28.57 %), 13RL (2.86 %), และ 14RL (5.72 %) โดยสูตร 11RL มีเปอร์เซ็นต์การฉีกขาดมากที่สุด ในการทดลองเดือนที่ 5 พบว่าถุงปลูกเริ่มมีการฉีกขาดเพิ่มขึ้นจำนวนมาก โดยถุงสูตร 11RL มีการฉีกขาดครบ 100 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ สูตร 8RL 85 เปอร์เซ็นต์ สูตร 12RL และ 14RL 11.43 เปอร์เซ็นต์ สูตร 16RL 5.72 เปอร์เซ็นต์ และ 13RL 2.86 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในขณะที่สูตร 15RL และ PE ไม่พบการฉีกขาดของถุง (ตาราง 17) ผลการทดสอบการทะลุของพบว่าเกิดการทะลุของรากตั้งแต่เดือนที่ 2 หลังปลูกและในเดือนที่ 5 พบว่า สูตร 8RL มีเปอร์เซ็นต์การทะลุของรากมากที่สุด (40 %) รองลงมาคือสูตร 14RL (34.29 %), สูตร 11RL (31.43 %), สูตร 12RL (28.57 %), สูตร 15RL (22.86 %), สูตร 16RL (20 %) และ สูตร 13RL (11.43 %) (ตาราง 18)

ตาราง 17 เปอร์เซ็นต์การฉีกขาดของถุงปลูกมะเขือเทศ

กรรมวิธี	จำนวนเดือนหลังปลูก (เดือน)				
	1	2	3*	4*	5*
8RL	0.00	0.00	0.00	14.29	85.71
11RL	0.00	0.00	8.57	28.57	100.00
12RL	0.00	0.00	0.00	0.00	11.43
13RL	0.00	0.00	0.00	2.86	2.86
14RL	0.00	0.00	0.00	5.72	11.43
15RL	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
16RL	0.00	0.00	0.00	0.00	5.72
PE	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
LSD (0.05)	-	-	3.59	10.84	20.17
CV (%)	-	-	258.2	130.10	57.35

ตาราง 18 เปอร์เซ็นต์รากทะลุถุงปลูกมะเขือเทศ

กรรมวิธี	จำนวนเดือนหลังปลูก (เดือน)				
	1	2	3	4	5
8RL	0.00	14.29	14.29	31.43	40.00
11RL	0.00	8.57	11.43	20.00	31.43
12RL	0.00	14.29	17.14	25.72	28.57
13RL	0.00	8.57a	11.43	11.43	11.43
14RL	0.00	14.29	14.29	28.57	34.29
15RL	0.00	5.72	5.72	22.86	22.86
16RL	0.00	2.86	2.86	11.43	20.00
PE	0.00	0.00	0.00	2.86	2.86
LSD (0.05)	-	11.87	12.85	ns	ns
CV (%)	-	107.03	102.86	77.68	92.96

4.2) ผลการศึกษาผลผลิตของมะเขือเทศ

- คุณภาพเกรด

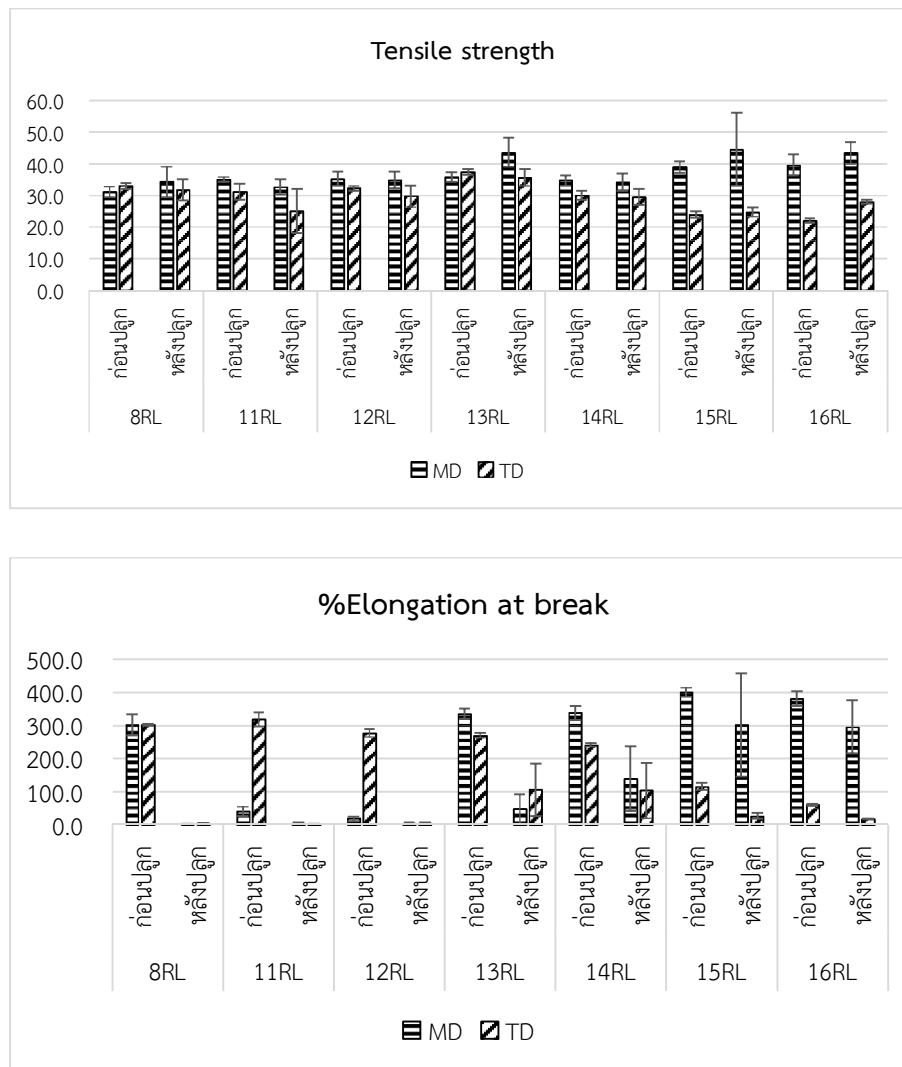
การจัดชั้นคุณภาพเกรดผลผลิตอ้างอิงตามมาตรฐานเกรดผักมูลนิธิโครงการหลวง โดยแบ่งการจัดชั้นคุณภาพเกรดดังนี้ เกรด 1 มีน้ำหนักมากกว่า 130-250 กรัม เกรด 2 น้ำหนัก 100-129 กรัม และเกรด U มีน้ำหนักน้ำหนัก 60-99 กรัม ซึ่งจากการทดลอง พบว่า กรรมวิธีใช้ถุงปลูกย่อยสลายไม่มีผลทำให้ผลผลิตเกรด 1 2 และ U ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยพบเปอร์เซ็นต์ผลผลิตเกรด 1 มีค่าเฉลี่ย 10.6-16.2 เปอร์เซ็นต์ ผลผลิตเกรด 2 มีค่าเฉลี่ย 26.4-38.2 เปอร์เซ็นต์ และผลผลิตเกรด U มีเปอร์เซ็นต์ผลผลิตเฉลี่ย 51.4-63.4 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

- น้ำหนักผลผลิตแต่ละเกรด และน้ำหนักรวมต่อต้น

จากการศึกษาการใช้ถุงปลูกย่อยสลายในสูตรต่างๆ พบว่าถุงแต่ละชนิดไม่มีผลต่อน้ำหนักผลผลิตของแต่ละเกรด และน้ำหนักผลผลิตรวมต่อต้น โดยทุกกรรมวิธีของการใช้ถุงปลูกให้น้ำหนักผลผลิตแต่ละเกรด และน้ำหนักผลผลิตรวมต่อต้นของมะเขือเทศที่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ คือผลผลิตเกรด 1 มีน้ำหนักเฉลี่ย 236.2-384.0 กรัมต่อต้น ขณะที่เกรด 2 มีน้ำหนักเฉลี่ย 440.0-624.4 กรัมต่อต้น และเกรด U มีน้ำหนักเฉลี่ย 616.6-756.0 กรัมต่อต้น ส่วนน้ำหนักรวมเฉลี่ยต่อต้น มีน้ำหนักเฉลี่ย 1,560.6-1,758.8 กรัมต่อต้น

4.3) ผลการทดสอบความแข็งแรงของถุงปลูกมะเขือเทศหลังใช้งาน

ความแข็งแรงของถุงปลูกหลังปลูกทดด้วยเทคนิค tensile พบว่าค่าความแข็งแรงของถุงปลูกทั้งหมดมีความแข็งแรงใกล้เคียงกับก่อนการใช้งาน ในขณะที่ผลของการยืด (%Elongation) พบว่า สูตร 8, 11, 12 และ 13RL มีค่าลดลงจากก่อนใช้งานมากที่สุด ในส่วนของสูตร 14-16RL มีค่าการยืดที่สูงกว่าสูตรอื่นๆ ซึ่งมีการลดลงของค่าอยู่ในช่วงที่ใกล้เคียงกันเมื่อเทียบกับค่าเริ่มต้น (ภาพ 18)



ภาพ 18 ผลการทดสอบความแข็งแรงของถุงปลูกมะเขือเทศหลังปลูกระยะเวลา 5 เดือน

5) สรุปการทดสอบความแข็งแรงของถุงปลูกที่พัฒนาระยะที่ 4

จากผลการทดสอบความแข็งแรงของถุงปลูกมะเขือเทศบนแปลงปลูก จำนวน 7 สูตร ได้แก่ 8, 11-16RL ระยะเวลาการปลูกประมาณ 5 เดือน ผลเปอร์เซ็นต์การฉีกขาดของถุงปลูกพบว่า 8RL และ 11RL มีการฉีกขาดมากที่สุด คือ 85 และ 100% ในขณะที่สูตร 12-16RL มีเปอร์เซ็นต์การฉีกขาดอยู่ในช่วง 0-11% ซึ่งสูตร 15RL ไม่พบการฉีกขาดเลย แต่พบว่ารากของมะเขือเทศเกิดการทะลุบริเวณของถุงปลูกทุกสูตร และเมื่อพิจารณาจากขั้นตอนการเป่าฟิล์มพบว่าสูตร 12RL มีการขึ้นรูปยากกว่าสูตรอื่นๆ และพิจารณาค่าความแข็งแรงหลังปลูก พบว่าค่าความแข็งแรงของถุงปลูกทั้งหมดมีความแข็งแรงใกล้เคียงกับก่อนการใช้งาน ในขณะที่ผลของค่าการยืด (% Elongation) พบว่า สูตร 14-16RL มีค่าการยืดที่สูงกว่าสูตรอื่นๆ และเมื่อพิจารณาการอบเม็ดคอมพาวด์ในขั้นตอนการผลิตพบว่าการอบก่อนให้สมบัติของถุงปลูกที่ดีกว่า

4.5 การพัฒนาถุงปลูก ระยะที่ 5 (รายละเอียดการทดลองแสดงในภาคผนวกที่ 2)

จากผลการทดสอบการฝึกขาดและการทดสอบความแข็งแรงหลังปลูก ในการพัฒนาถุงปลูก ระยะที่ 4 พบว่า ถุงปลูกสูตร 14RL และ 15RL มีความแข็งแรงดีที่สุด ซึ่งสามารถนำไปทดลองในการเตรียมถุงปลูกขนาดที่เกษตรกรใช้งานทั่วไป (ประมาณ 8 นิ้ว) การทดลองในระยะนี้จะเป็นการทดสอบเปรียบเทียบความแข็งแรงของถุงปลูกขนาด 5 นิ้ว และ 8 นิ้ว ซึ่งสามารถพัฒนาสูตรถุงปลูกมะเขือเทศได้ดังแสดงในตาราง 19

ตาราง 19 อัตราส่วนของสูตรถุงปลูก

No.	สูตร	อัตราส่วนต่างๆ (%w/w)								note
		PLA	PBAT	Talc (phr)	GMS (phr)	TiO ₂ (phr)	anti-Ox (phr)	anti-Hydrolysis 100 (phr)	anti-Hydrolysis 500 (phr)	
1	14RL	60	40	3	1	1	0.2	2	-	อบ
2	15RL	60	40	3	1	1	0.2	1.5	1.5	อบ

หมายเหตุ : *ใช้ glycerol 1% ช่วยให้ส่วนผสมที่เป็นผงสามารถติดกับเม็ดพลาสติก, PLA = Polylactic acid (PLA4043D บริษัท Nature work), LPG = พอลิเมอร์ผสมระหว่าง PLA 95 %wt และ PEG 5 %wt, PEG = Polyethylene glycol MW 400 g/mol (ชื่อการค้า Carbowax Polyethylene glycol 400 บริษัท DOW), PBAT = Poly(butylene adipate-co-terephthalate (ชื่อการค้า Ecoflex blend C1200 บริษัท UNIC), GMS= Glyceryl monostearate (GLST SE), TiO₂ = Titanium dioxide (ชื่อการค้า Ti-Pure R103 บริษัท Dupont), Talc = Talcum powder (ชื่อการค้า Microtuff AG609 บริษัท Specialty minerals), UV= UV stabilizer (ชื่อการค้า Tinuvin 622 SF บริษัท BASF), Antiox= Antioxidant (ชื่อการค้า Irganox1010 บริษัท Ciba), anti-Hydrolysis 100 = bioadimide 100 XT บริษัท Rhein chemie, anti-Hydrolysis 500 = bioadimide 500 XT บริษัท Rhein chemie

1) การเตรียมถุงปลูก

1.1) การเตรียมเม็ดคอมพาวด์

การเตรียมเม็ดคอมพาวด์นั้นจะเริ่มจากการอบเม็ด PLA และ PBAT ที่อุณหภูมิ 80 °C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง และนำไปผสมตามอัตราส่วนดังตาราง 19 ผสมเข้ากันโดยผ่านเครื่อง Twin screw extruder ที่อุณหภูมิ 100, 120, 150, 180, 200, 190, 170, 160, 150 และ 150 °C ตามลำดับ ความเร็วรอบสกรู 300 รอบต่อนาทีจะได้เม็ดคอมพาวด์มีลักษณะเป็นเม็ดสีขาวขุ่น

ในการทดลองนี้ได้ดำเนินการเตรียมเม็ดคอมพาวด์ PE เพื่อใช้เป็นถุงปลูกควบคุม โดยนำ PE ผสมกับ TiO₂ 2% phr ผสมเข้ากันโดยผ่านเครื่อง Twin screw extruder

1.2) การเป่าถุงปลูกมะเขือเทศ

การเป่าถุงปลูกมะเขือเทศทั้ง 2 สูตร จะทำการอบเม็ดคอมพาวด์ที่อุณหภูมิ 80 °C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ก่อนเป่าขึ้นรูป ขั้นตอนการเป่าขึ้นรูปถุงขนาด 5 นิ้ว มีขั้นตอนดังนี้นำเม็ดคอมพาวด์ที่เตรียมได้มาเป่าขึ้นรูปด้วยเครื่อง Blow film machine ที่อุณหภูมิ 120, 170, 180, 160, 160 และ 160 °C ตามลำดับ ความเร็วรอบสกรู 100 รอบต่อนาทีจะได้ถุงปลูกมะเขือเทศมีลักษณะเป็นฟิล์มสีขาวขุ่น ใช้เครื่อง Labtech model LE20-30/C & LF-250 ณ ม.นเรศวร จ.พิษณุโลกได้ถุงปลูกขนาดกว้าง 5 นิ้ว แบบพับเป็นถุงแล้ว ความหนาของฟิล์ม 50 ไมครอน

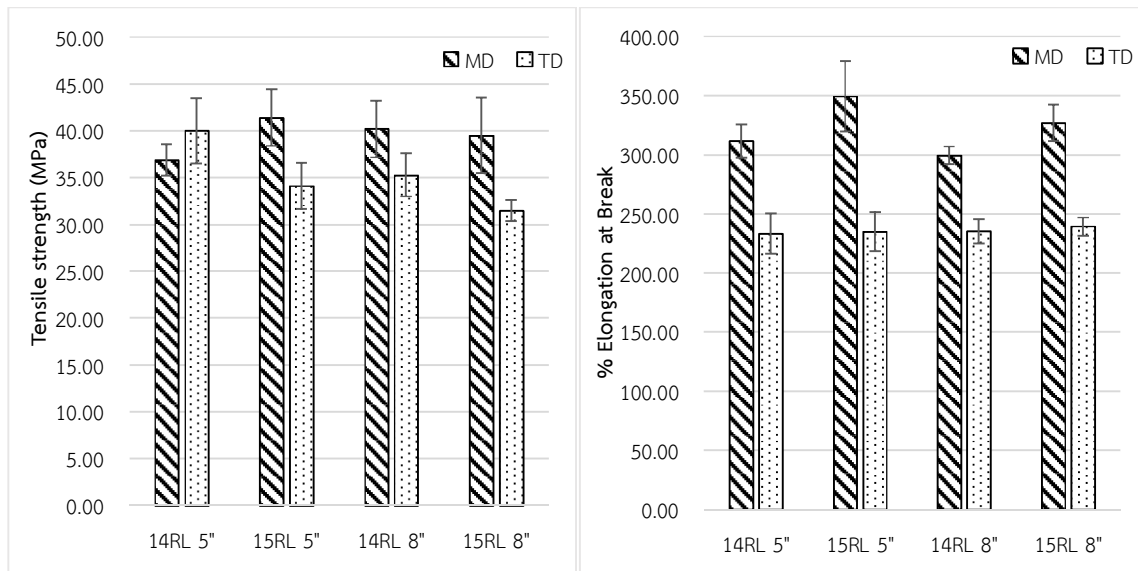
ขั้นตอนการเป่าขึ้นรูปถุงขนาด 8 นิ้ว มีขั้นตอนดังนี้นำเม็ดคอมพาวด์ที่เตรียมได้มาเป่าขึ้นรูปด้วยเครื่อง Blow film machine ชนิด 3 layer อุณหภูมิที่สกรู 135, 160, 180, 170, และ 160 °C อุณหภูมิที่ปัส 160 °C และ อุณหภูมิที่หัวไดร์ 160 °C ตามลำดับ ความเร็วรอบสกรู 79 รอบต่อนาทีจะได้ถุงปลูกมะเขือเทศมีลักษณะเป็นฟิล์มสีขาวขุ่น ใช้เครื่อง Labtech ณ บริษัท พีทีที โกลบอล เคมิคอล จำกัด (มหาชน) จ.ระยอง ได้ถุงปลูกขนาดกว้าง 8 นิ้ว แบบพับเป็นถุงแล้ว ความหนาของฟิล์ม 50 ไมครอน

2) ผลการเตรียมถุงปลูก

สามารถเตรียมถุงปลูกมะเขือเทศทั้ง 2 สูตร และ 2 ขนาดได้ ทำการเตรียมสูตรละ 100 ใบ และได้ดำเนินการทดสอบความแข็งแรงโดยปลูกพืชต่อไป

3) การทดสอบความแข็งแรงของถุงปลูกก่อนใช้งาน

การทดสอบความแข็งแรงของชิ้นงานด้วยเทคนิค Tensile testing ได้ผลการทดสอบดังในภาพ 3 จากผลการทดสอบพบว่า ค่าความแข็งแรงในแนวตามเครื่องจักร (MD) ของสูตร 14RL5", 15RL5", 14RL8" และ 15RL8" มีค่า 36.90, 41.40, 40.20 และ 39.50 MPa ตามลำดับ ค่าความแข็งแรงในแนวขวางเครื่องจักร (TD) ของสูตร 14RL5", 15RL5", 14RL8" และ 15RL8" มีค่า 40.00, 34.10, 35.30 และ 31.50 MPa ตามลำดับ ค่าการยืดในแนวตามเครื่องจักร (MD) ของสูตร 14RL5", 15RL5", 14RL8" และ 15RL8" มีค่า 311.59, 349.47, 299.56 และ 326.92 % ตามลำดับ ค่าการยืดในแนวขวางเครื่องจักร (TD) ของสูตร 14RL5", 15RL5", 14RL8" และ 15RL8" มีค่า 233.51, 234.96, 235.20 และ 239.4 % ตามลำดับ ทั้ง 4 สูตรมีค่าความแข็งแรง และค่าการยืดใกล้เคียงกัน โดยทั้งค่าความแข็งแรงและค่าการยืดในแนวตามเครื่องจักร (MD) มีค่ามากกว่าในแนวขวางเครื่องจักร (TD) ยกเว้นค่าความแข็งแรงของสูตร 14RL5" ข้อสังเกต ค่าการยืดในแนวตามเครื่องจักร (MD) ของสูตร 15RL5" มีค่าสูงที่สุด บ่งชี้ว่าสูตรดังกล่าวมีความสามารถในการยืดมากที่สุด (ภาพ 19)



ภาพ 19 การทดสอบความแข็งแรงของถุงปลูกมะเขือเทศ

4) การทดสอบความแข็งแรงในแปลงของถุงปลูก

ได้ดำเนินการทดสอบถุงปลูกมะเขือเทศ ในพื้นที่ของมูลนิธิโครงการหลวง ศูนย์ฯ แม่สาใหม่ โดยทดสอบถุงปลูกมะเขือเทศแบบย่อยสลายขนาด 5x10 นิ้ว และ 8x13 นิ้ว จำนวน 3 สูตร ได้แก่ สูตร 14RL สูตร 15RL และ PE (สูตรการค้า) โดยทำการทดลองทั้งความแข็งแรงของถุงปลูก การย่อยสลายของถุง และผลของถุงปลูกต่อผลผลิตมะเขือเทศ ได้ผลการทดลองดังนี้

4.1) ด้านความแข็งแรงของถุงปลูกย่อยสลาย

ถุงปลูกหลังรับมอบถุงย่อยสลาย และ ระหว่างการรอวัสดุ ไม่พบการการฉีกขาดของถุงปลูก ส่วนระหว่างการปลูกในแปลงปลูก จากการบันทึกข้อมูลการฉีกขาดของถุงปลูกย่อยสลายระหว่างการปลูก บันทึกจำนวนถุงที่มีลักษณะการฉีกขาดที่มีความยาวมากกว่า 1 เซนติเมตร พบว่า ถุงปลูกสูตร 14RL และ 15RL ขนาด 5x10 นิ้ว ไม่พบการฉีกขาดหลังย้ายปลูกระยะเวลา 6 เดือน ในขณะที่ถุงปลูกขนาด 8x13 นิ้ว พบว่า ถุงปลูกสูตร 15RL พบการฉีกขาดในเดือนที่ 2 (1.92%) และถุงปลูกสูตร 14RL พบการฉีกขาดในเดือนที่ 3 (3.85%) โดยทั้งสองสูตรพบการฉีกขาดบริเวณก้นถุง และไม่พบการฉีกขาดเพิ่มเติมหลังจากการย้ายปลูกเป็นระยะเวลา 6 เดือน (ตาราง 20) และ ผลการบันทึกข้อมูลการฉีกขาดของถุงปลูก โดยบันทึกจำนวนถุงที่มีลักษณะการฉีกขาดที่ก้นถุงที่เกิดการทะลุของรากบริเวณข้างรอยซีลของถุง พบว่า ถุงปลูกขนาด 5x10 นิ้ว สูตร 14RL (5.77-7.70%) และ 15RL (5.77%) เกิดการฉีกขาดในเดือนที่ 5 ขณะที่ถุง PE (3.85%) พบการฉีกขาดในเดือนที่ 6 ในขณะที่ถุงปลูกขนาด 8x13 นิ้ว พบว่า ถุงปลูกสูตร 14RL พบการฉีกขาดในเดือนที่ 2-6 (1.93-13.46%) และถุงปลูกสูตร 15RL พบการฉีกขาดในเดือนที่ 3-6 (3.85-9.61%) โดยทั้งสองสูตรพบการฉีกขาดบริเวณก้นถุง (ตาราง 21)

4.2) ผลศึกษาการย่อยสลายของถุงปลูกย่อยสลาย โดยการหาน้ำหนักที่หายไปของถุงปลูกโดยทำการสุ่มเก็บถุงปลูกมะเขือเทศทุกๆ เดือน หลังย้ายปลูกเป็นระยะเวลา 6 เดือน ผลพบว่าถุงปลูกมีน้ำหนักลดลงอย่างต่อเนื่อง โดยถุงปลูก 14RL และ 15RL ขนาด 5x10 นิ้ว มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักถุงที่ลดลงเฉลี่ย 1.96-4.47 เปอร์เซ็นต์ และ 1.90-3.53 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในขณะที่ถุงปลูก 14RL และ 15RL ขนาด 8x13 นิ้ว มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักถุงที่ลดลงเฉลี่ย 2.93-6.50 เปอร์เซ็นต์ และ 0.21-1.67 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (รายละเอียดการทดลองแสดงในภาคผนวกที่ 2)

ตาราง 20 เปอร์เซนต์การฉีกขาดถุงปลูกเดือนที่ 1 ถึง 6 หลังย้ายปลูก

กรรมวิธี	ระยะเวลาหลังปลูก (เดือน)					
	1	2	3	4	5	6
14RL (5"x10")	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
15RL (5"x10")	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
PE (5"x10")	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
14RL (8"x13")	0.00	0.00	3.85	3.85	3.85	3.85
15RL (8"x13")	0.00	1.92	1.92	1.92	1.92	1.92
PE (8"x13")	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
LSD (0.05)	-	-	-	-	-	-
CV (%)	-	489.90	374.76	374.76	374.76	374.76

ตาราง 21 เปอร์เซ็นต์การฉีกขาดของถุงปลูกบริเวณด้านล่างถุง (รากทะลุ) เดือนที่ 1 ถึง 6 หลังย้ายปลูก

กรรมวิธี	ระยะเวลาหลังปลูก (เดือน)					
	1	2	3	4	5	6
14RL (5"x10")	0.00	0.00	0.00	0.00	5.77	7.70
15RL (5"x10")	0.00	0.00	0.00	0.00	5.77	5.77
PE (5"x10")	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.85
14RL (8"x13")	0.00	1.93	5.77	5.77	9.61	13.46
15RL (8"x13")	0.00	0.00	3.85	3.85	5.77	9.61
PE (8"x13")	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.85
LSD (0.05)	-	-	-	-	-	-
CV (%)	-	489.90	200.80	200.80	134.01	95.1

4.3) ด้านคุณภาพผลผลิต (รายละเอียดการทดลองแสดงในภาคผนวกที่ 2)

- เปอร์เซ็นต์คุณภาพเกรดของมะเขือเทศที่ปลูกในถุงสูตรต่างๆ พบว่า กรรมวิธีใช้ถุงปลูกย่อยสลายทั้งสองขนาดและถุง PE ไม่มีผลทำให้ผลผลิตเกรด 1 2 และ U ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยพบเปอร์เซ็นต์ผลผลิตเกรด 1 มีค่าเฉลี่ย 13.25-29.00 เปอร์เซ็นต์ ผลผลิตเกรด 2 มีค่าเฉลี่ย 20.75-33.50 เปอร์เซ็นต์ และผลผลิตเกรด U มีเปอร์เซ็นต์ผลผลิตเฉลี่ย 30.50-36.00 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

- น้ำหนักผลผลิตแต่ละเกรด และผลผลิตรวมต่อต้น จากการศึกษาการใช้ถุงปลูกย่อยสลายในสูตรต่างๆ พบว่าถุงแต่ละชนิดไม่มีผลต่อน้ำหนักผลผลิตของแต่ละเกรด และน้ำหนักผลผลิตรวมต่อต้น โดยทุกกรรมวิธีของการใช้ถุงปลูกให้น้ำหนักผลผลิตแต่ละเกรด และน้ำหนักผลผลิตรวมต่อต้นของมะเขือเทศที่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ คือผลผลิตเกรด 1 มีน้ำหนักเฉลี่ย 296.3-556.3 กรัมต่อต้น ขณะที่เกรด 2 มีน้ำหนักเฉลี่ย 304.5-613.8 กรัมต่อต้น และเกรด U มีน้ำหนักเฉลี่ย 335.0-473.5 กรัมต่อต้น ส่วนน้ำหนักรวมเฉลี่ยต่อต้น มีน้ำหนักเฉลี่ย 1,266.3-1,511.8 กรัมต่อต้น

5) สรุปการทดสอบความแข็งแรงถุงปลูกที่พัฒนาระยะที่ 5

จากผลการทดลองทดสอบความแข็งแรงของถุงปลูก การย่อยสลายของถุงปลูก การย่อยสลาย และผลของถุงปลูกต่อผลผลิตมะเขือเทศ ทั้ง 2 สูตร (14RL และ 15RL) และ 2 ขนาด (5 นิ้ว และ 8 นิ้ว) ระยะเวลาการปลูกประมาณ 6 เดือน ความแข็งแรงก่อนใช้งานมีค่าใกล้เคียงกัน และไม่พบการฉีกขาดระหว่างรับมอบถุงและการกรอกวัสดุปลูก แต่เกิดการฉีกขาดระหว่างปลูกบนแปลงปลูกสำหรับถุงปลูกขนาด 8 นิ้ว ทั้งสูตร 14RL (3.85%) และ 15RL (1.92%) ในขณะที่ถุงปลูกขนาด 5 นิ้ว ไม่เกิดการฉีกขาด และการย่อยสลายของถุงปลูกจากการชั่งน้ำหนักที่หายไปพบว่าไม่มีความแตกต่างกัน นอกจากนี้ผลผลิตและคุณภาพผลผลิตจากสูตรและขนาดถุงปลูกไม่ส่งผลต่อการปลูกมะเขือเทศ จากผลการทดสอบพบว่าถุง 15RL เป็นสูตรที่มีความแข็งแรงและเหมาะสมในการขยายผลให้เกษตรกรต่อไปได้

4.6 การขยายผลการทดลองของพลาสติคและถุงปลูกให้กับเกษตรกร สำหรับการปลูกมะเขือเทศและพริกหวาน

สำหรับการขยายผลการทดลองของพลาสติคและถุงปลูกมะเขือเทศและพริกหวาน เป็นการรายงานผลการเตรียมถุงพลาสติคและถุงปลูก สำหรับใช้ในการทดลองขยายผลให้กับเกษตรกร โดยสูตรพลาสติคจะใช้สูตร 13R ซึ่งเป็นสูตรเดียวกับพลาสติคผักกาดหอมห่อที่ได้ดำเนินการทดลองก่อนหน้านี้ (ตาราง 22) โดยพลาสติคใช้ถุงขนาด 3x5 นิ้ว และสูตรถุงปลูกใช้สูตร 15RL (ตาราง 23) ซึ่งได้เลือกจากการทดลองจากการพัฒนา ระยะที่ 5 ซึ่งเป็นสูตรที่มีความแข็งแรงทั้งก่อนใช้งานและระหว่างใช้งาน ซึ่งในการทดลองการขยายผลกับเกษตรกรจะใช้ถุงปลูกขนาด 7x13 นิ้ว โดยรายละเอียดการทดลองดังแสดงต่อไปนี้

ตาราง 22 อัตราส่วนต่างๆ ของสูตรฟิล์มย่อยสลายได้ (13R_SM2_1%)

No	สูตร	อัตราส่วนต่างๆ (%w/w)		สารเติมแต่ง (phr)	
		TPS	PLA+PBAT	TiO ₂	SM2
1	13R	45	55	0.5	1

หมายเหตุ : *ใช้ glycerol 1% ช่วยให้ส่วนผสมที่เป็นผงสามารถติดกับเม็ดพลาสติก, PLA = Polylactic acid (PLA4043D บริษัท Nature work), PBAT = Poly(butylene adipate-co-terephthalate (ชื่อการค้า Ecoflex blend C1200 บริษัท UNIC), TPS = Thomoplastic starch, TiO₂ = Titanium dioxide (ชื่อการค้า Ti-Pure R103 บริษัท Dupont), SM2 = Sucrose octaacetate (บริษัท Sigma-Aldrich)

ตาราง 23 อัตราส่วนของสูตรถุงปลูกมะเขือเทศ

No.	สูตร	% อัตราส่วนผสม								remark
		PLA	PBAT	Talc (phr)	GMS (phr)	TiO ₂ (phr)	anti-Ox (phr)	anti-Hydrolysis 100 (phr)	anti-Hydrolysis 500 (phr)	
1	15RL	60	40	3	1	1	0.2	1.5	1.5	อบ

หมายเหตุ : *ใช้ glycerol 1% ช่วยให้ส่วนผสมที่เป็นผงสามารถติดกับเม็ดพลาสติก, PLA = Polylactic acid (PLA4043D บริษัท Nature work), LPG = พอลิเมอร์ผสมระหว่าง PLA 95 %wt และ PEG 5 %wt, PEG = Polyethylene glycol MW 400 g/mol (ชื่อการค้า Carbowax Polyethylene glycol 400 บริษัท DOW), PBAT = Poly(butylene adipate-co-terephthalate (ชื่อการค้า Ecoflex blend C1200 บริษัท UNIC), GMS= Glyceryl monostearate (GLST SE), TiO₂ = Titanium dioxide (ชื่อการค้า Ti-Pure R103 บริษัท Dupont), Talc = Talcum powder (ชื่อการค้า Microtuff AG609 บริษัท Specialty minerals), UV= UV stabilizer (ชื่อการค้า Tinuvin 622 SF บริษัท BASF), Antiox= Antioxidant (ชื่อการค้า Irganox1010 บริษัท Ciba), anti-Hydrolysis 100 = bioadimide 100 XT บริษัท Rhein chemie, anti-Hydrolysis 500 = bioadimide 500 XT บริษัท Rhein chemie

1) การเตรียมถุงพลาสติค (13R)

1.1) การเตรียมเม็ดคอมพาวด์

การเตรียม TPS

นำ Starch 100 %wt ผสมกับ Glycerol 35 %phr หมักไว้เป็นเวลา 1 วัน จากนั้นนำไปผสมเข้ากัน โดยผ่านเครื่อง Twin screw extruder ที่อุณหภูมิ 100, 120, 130, 140, 150, 160, 160, 160, 160 และ 170 °C ตามลำดับ ความเร็วรอบสกรู 300 รอบต่อนาที จะได้เม็ดคอมพาวด์มีลักษณะเป็นเม็ดสีเหลืองใส

การเตรียมเม็ดคอมพาวด์ของ PLA+PBAT

นำ PLA 95%wt ผสมกับ PBAT 5%wt ผ่านเครื่อง Twin screw extruder ที่อุณหภูมิ 100, 120, 150, 180, 200, 200, 190, 180, 180 และ 180 °C ตามลำดับ ความเร็วรอบสกรู 300 รอบต่อนาที จะได้เม็ดคอมพาวด์ของ PLA+Additive มีลักษณะสีขาวขุ่น

การเตรียมเม็ดคอมพาวด์ (13R)

นำอัตราส่วนตามตาราง 22 มาเตรียมเม็ดคอมพาวด์ของ 13R มาผสมผ่านเครื่อง Twin screw extruder ที่อุณหภูมิ 100, 120, 150, 180, 200, 200, 190, 180, 180 และ 180 °C ตามลำดับ ความเร็วรอบ สกรู 300 รอบต่อนาที จะได้เม็ดคอมพาวด์สูตร 13R มีลักษณะสีขาวขุ่น

1.2) การเป่าถุงเพาะสูตร 13R

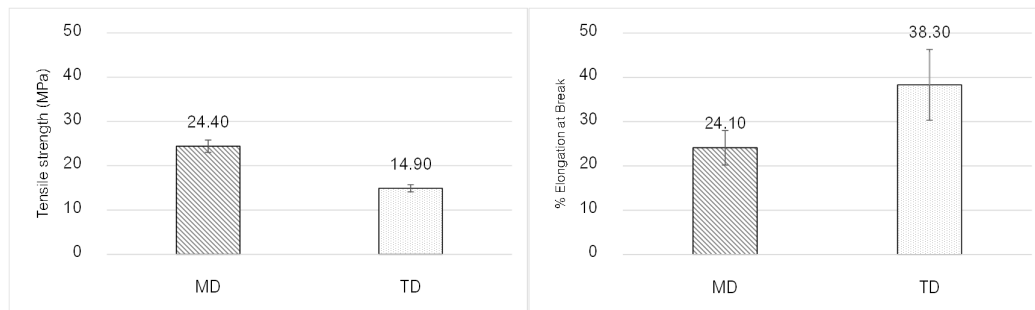
ขั้นตอนการเป่าขึ้นรูปถุงขนาด 3x5 นิ้ว มีขั้นตอนดังนี้ นำเม็ดคอมพาวด์ที่เตรียมได้มาเป่าขึ้นรูปเป็นถุงเพาะด้วยเครื่อง Blow film machine ที่อุณหภูมิ 160, 190, 200, 190, 175 และ 170 °C ตามลำดับ ความเร็วรอบ สกรู 100 รอบต่อนาทีจะได้ถุงเพาะมีลักษณะเป็นฟิล์มสีขาวขุ่น ใช้เครื่อง Labtech model LE20-30/C & LF-250 ณ ม.นเรศวร จ.พิษณุโลก ได้ถุงปลูกขนาดกว้าง 3x5 นิ้ว แบบพับเป็นถุงแล้ว ความหนาของฟิล์มประมาณ 50 ไมครอน

1.3) ผลการเตรียมถุงเพาะ

สามารถเตรียมถุงเพาะ ขนาด 3x5 นิ้ว จำนวน 50,000 ใบ โดยดำเนินการผลิตที่ ม.นเรศวร และได้ดำเนินการทดสอบขยายผลให้กับเกษตรกรบนพื้นที่โครงการหลวง โดยใช้เป็นถุงเพาะกล้ามะเขือเทศและกล้าพริกหวาน

1.4) การทดสอบความแข็งแรงของถุงเพาะ (ก่อนใช้งาน) ด้วยเทคนิค Tensile testing

การทดสอบความแข็งแรงของชิ้นงานด้วยเทคนิค Tensile testing ได้ผลการทดสอบแสดงดังภาพ 20 จากผลการทดสอบพบว่า ค่าความแข็งแรงในแนวตามเครื่องจักร (MD) ของถุงเพาะ มีค่า 24.40 MPa และค่าความแข็งแรงในแนวขวางเครื่องจักร (TD) มีค่า 14.90 ตามลำดับ ค่าการยืดในแนวตามเครื่องจักร (MD) มีค่า 24.10% และค่าการยืดในแนวขวางเครื่องจักร (TD) มีค่า 38.30% ตามลำดับ



ภาพ 20 การทดสอบความแข็งแรงของถุงเพาะ (13R)

2) การเตรียมถุงปลูก (15RL)

2.1) การเตรียมเม็ดคอมพาวด์

การเตรียมเม็ดคอมพาวด์นั้นจะเริ่มจากการอบเม็ด PLA และ PBAT ที่อุณหภูมิ 80 °C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง และนำไปผสมตามอัตราส่วนดังตาราง 2 ผสมเข้ากันโดยผ่านเครื่อง Twin screw extruder ที่อุณหภูมิ 100, 120, 150, 180, 200, 190, 170, 160, 150 และ 150 °C ตามลำดับ ความเร็วรอบสกรู 300 รอบต่อนาทีจะได้เม็ดคอมพาวด์มีลักษณะเป็นเม็ดสีขาวขุ่น

2.2) การเป่าถุงปลูก

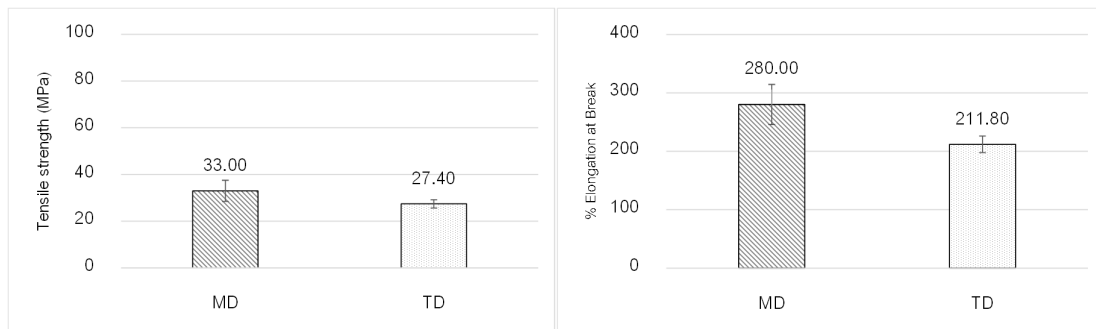
การเป่าถุงปลูกมะเขือเทศจะทำการอบเม็ดคอมพาวด์ที่อุณหภูมิ 80 °C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ก่อนเป่าขึ้นรูป ขั้นตอนการเป่าขึ้นรูปถุงขนาด 7x13 นิ้ว มีขั้นตอนดังนี้ นำเม็ดคอมพาวด์ที่เตรียมได้มาเป่าขึ้นรูปด้วยเครื่อง Blow film machine ที่อุณหภูมิ 140, 160, 170, 155, 150 และ 150 °C ตามลำดับ ความเร็วรอบสกรู 100 รอบต่อนาที จะได้ถุงปลูกมีลักษณะเป็นฟิล์มสีขาวขุ่น ใช้เครื่อง Labtech model LE20-30/C & LF-250 ณ ม.นเรศวร จ.พิษณุโลก ได้ถุงปลูกขนาดกว้าง 7x13 นิ้ว แบบพับเป็นถุงแล้ว ความหนาของฟิล์ม 45-50 ไมครอน

2.3) ผลการเตรียมถุงปลูก

สามารถเตรียมถุงปลูก จำนวน 50,000 ใบ และได้ดำเนินการขยายผลให้กับเกษตรกรบนพื้นที่โครงการหลวง โดยใช้เป็นถุงปลูกมะเขือเทศและพริกหวาน

2.4) การทดสอบความแข็งแรงของถุงปลูก (ก่อนการใช้งาน) ด้วยเทคนิค Tensile testing

การทดสอบความแข็งแรงของชิ้นงานด้วยเทคนิค Tensile testing ได้ผลการทดสอบดังแสดงในภาพ 21 จากผลการทดสอบพบว่า ค่าความแข็งแรงในแนว MD มีค่า 33.00 และในแนว TD มีค่า 27.4 MPa ตามลำดับ ค่าการยืดในแนวตาม MD มีค่า 280.00 % และค่าการยืดในแนว TD มีค่า 211.80% ตามลำดับ



ภาพ 21 การทดสอบความแข็งแรงของถุงปลูก (15RL)

3) การขยายผลถุงเพาะและถุงปลูกกับเกษตรกรสำหรับปลูกมะเขือเทศและพริกหวาน (รายละเอียดการทดลองแสดงในภาคผนวก 2)

การขยายผลให้กับเกษตรกรเป็นการใช้ถุงเพาะ ถุงปลูกสูตรที่มีความแข็งแรง และไม่มีผลกระทบต่อการใช้เจริญเติบโตและผลผลิตของมะเขือเทศ ปัจจุบันทดลองบนแปลงเกษตรกรในพื้นที่จริง เพื่อศึกษาผลกระทบระหว่างถุงย่อยสลายกับวิธีการที่เกษตรกรใช้ปกติ โดยการทดลองจะใช้ถุงปลูกย่อยสลายและถุงปลูกชนิดการค้าขนาด 7x13 นิ้ว สำหรับปลูกมะเขือเทศ และพริกหวาน บนแปลงปลูกภายใต้โรงเรือน ดำเนินการทดลอง ณ ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงจำนวน 4 สถานที่ ได้แก่ 1) สถานี อินทนนท์ 2) ศูนย์ฯ แม่สาใหม่ 3) ศูนย์ฯ หุ่นเรา และ 4) ศูนย์ฯ แม่แอ โดยทดลองในพื้นที่ของเกษตรกรแบ่งการใช้จำนวนถุงปลูกย่อยสลายตามพื้นที่ของเกษตรกรที่สามารถปลูกได้ ดังนี้ (ตาราง 24 และ 25)

ตาราง 24 ข้อมูลเกษตรกรที่ทดลองใช้ถุงปลูกย่อยสลายในการปลูกมะเขือเทศ

ลำดับ	สถานที่	รายชื่อ	จำนวนถุง (ใบ)
1.	สถานี อินทนนท์	นายสาคร อภิวงศ์เจริญ	2,000
		นายสินใจ อนุรักษ์พินัย	1,500
		นายสุวรรณ บรรพตวนา	2,100
		นางสุรีพร หล้ายาว	700
		นายสิงห์แก้ว เจริญไพร	1,800
		นายเจษฎา แซวะ	2,100
2.	ศูนย์ฯ แม่สาใหม่	นางรัตนาพร พัฒน์ม	1,700
		นางพองจันทร์ มาทิวส์	1,800
		นายเลิศ เทพวงศ์	1,700
3.	ศูนย์ฯ พังเรา	นายวือ อนันต์วิไล	1,500
4.	ศูนย์ฯ แม่แฮ	นายจตุพร วิริชาญไพร	1,500
รวม		11 ราย	18,400

ตาราง 25 ข้อมูลเกษตรกรที่ทดลองใช้ถุงปลูกย่อยสลายในการปลูกพริกหวาน

ลำดับ	สถานที่	รายชื่อ	จำนวนถุง (ใบ)
1.	สถานีฯ อินทนนท์	นายสุรียา จะโร	2,100
		นายสามู เจริญไพรศรี	1,400
		นายคำป็น เจริญไพรศรี	2,200
		นายกจร ดิถีนาลัย	3,500
		นายชะ แซ่ยะ	2,800
2.	ศูนย์ฯ แม่สาใหม่	นายบรรพต	1,800
3.	ศูนย์ฯ พังเรา	นายอนุรักษ์	2,000
		นายเกรียงไกร	4,000
รวม		8 ราย	19,800

ผลการทดลองความแข็งแรงของถุงปลูก

มะเขือเทศ จากการศึกษาความแข็งแรงของถุงปลูกย่อยสลายโดยตรวจสอบการฉีกขาดของถุงระหว่างกรอกวัสดุ พบว่า ถุงปลูกมีการฉีกขาด โดยสามารถเรียงลำดับจำนวนถุงที่ฉีกขาดจากมากไปหาน้อยได้แก่ สถานี อินทนนท์ พบจำนวนถุงฉีกขาด คิดเป็น 79.12 เปอร์เซ็นต์ และศูนย์ฯ แม่สาใหม่ พบการฉีกขาด 17.58 เปอร์เซ็นต์ ศูนย์ฯ แม่แฮ แต่ศูนย์ฯ พังเรา ไม่พบถุงที่มีการฉีกขาด โดยจำนวนถุงปลูกย่อยสลายทั้งหมดมีจำนวนถุงฉีกขาดเฉลี่ย 24.18 เปอร์เซ็นต์ (ตาราง 26)

พริกหวาน โดยตรวจสอบการฉีกขาดของถุงปลูกย่อยสลายระหว่างกรอกวัสดุและระหว่างการดูแล พบว่า ถุงปลูกย่อยสลายมีการฉีกขาด โดยสามารถเรียงลำดับจำนวนถุงฉีกขาดจากมากไปหาน้อยได้แก่ สถานี อินทนนท์ พบจำนวนการฉีกขาด 67.92 เปอร์เซ็นต์ ศูนย์ฯ พังเรา พบจำนวนการฉีกขาด 2.33 เปอร์เซ็นต์ แต่ศูนย์ฯ แม่สาใหม่ ไม่พบจำนวนถุงฉีกขาด โดยทั้งหมดมีจำนวนถุงฉีกขาดเฉลี่ย 23.42 เปอร์เซ็นต์ (ตาราง 27)

ตาราง 26 ปริมาณถุงเพาะย่อยสลายที่เสียหายระหว่างการเพาะกล้ามะเขือเทศ

สถานที่	จำนวนถุง (ใบ)			เปอร์เซ็นต์
	เริ่ม	ถุงขาด	คงเหลือ	
สถานี อินทนนท์	9,100	7,200	1,900	79.12
ศูนย์ฯ แม่สาใหม่	5,000	879	4,121	17.58
ศูนย์ฯ แม่แฮ	1,400	0	1,400	0.00
ศูนย์ฯ หุ่นเรา	1,500	0	1,500	0.00
เฉลี่ย				24.18

ตาราง 27 ปริมาณถุงเพาะย่อยสลายที่เสียหายระหว่างการเพาะกล้าพริกหวาน

สถานที่	จำนวนถุง (ใบ)			เปอร์เซ็นต์
	เริ่ม	ถุงขาด	คงเหลือ	
สถานี อินทนนท์	12,000	8,150	3,850	67.92
ศูนย์ฯ หุ่นเรา	6,000	140	5,860	2.33
ศูนย์ฯ แม่สาใหม่	1,800	0	1,800	0.00
เฉลี่ย				23.42

สรุปผลการทดลอง

มะเขือเทศ

- ความแข็งแรงของถุงปลูกย่อยสลาย ในระหว่างกรอแก้วสดปลูก พบจำนวนถุงย่อยสลายฉีกขาดของเกษตรกร ณ สถานี อินทนนท์ มีจำนวนถุงฉีกขาดระหว่างการกรอแก้วสดมากที่สุด คือ 79.12 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ศูนย์ฯ แม่แฮและศูนย์ฯ หุ่นเรา ไม่พบจำนวนถุงฉีกขาด ซึ่งการฉีกขาดส่วนมากพบบริเวณรอยซีกกันถุง

- การย่อยสลายของถุง การย่อยสลายของถุงปลูกย่อยสลายทั้ง 4 สถานที่ เป็นไปในทิศทางเดียวกันคือเมื่อเวลาเพิ่มขึ้นน้ำหนักของถุงปลูกย่อยสลายมีแนวโน้มลดลงจนถึงเดือนสุดท้าย สถานี อินทนนท์ มีน้ำหนักถุงลดลง 2.04 เปอร์เซ็นต์ ศูนย์ฯ แม่สาใหม่ น้ำหนักถุงลดลง 2.01 เปอร์เซ็นต์ ศูนย์ฯ หุ่นเรา มีน้ำหนักถุงลดลง 1.54 เปอร์เซ็นต์ และศูนย์ฯ แม่แฮ มีน้ำหนักถุงลดลง 1.54 เปอร์เซ็นต์

- ด้านการเจริญเติบโตและคุณภาพผลผลิตของต้นมะเขือเทศ การเจริญเติบโตของต้นมะเขือเทศที่ใช้ถุงปลูกย่อยสลายเปรียบเทียบกับการใช้ถุงปลูกปกติ ด้านความสูง จำนวนใบและจำนวนข้อ การปลูกโดยใช้ถุงปลูกย่อยสลายไม่มีความแตกต่างกันกับการใช้ถุงปลูกการค้า

- ด้านปริมาณและคุณภาพผลผลิตมะเขือเทศ จากการทดลองการใช้ถุงปลูกย่อยสลายสามารถเก็บเกี่ยวมะเขือเทศ 2 เดือนหลังย้ายปลูก โดยคุณภาพของมะเขือเทศมีดังนี้ คุณภาพผลผลิตแยกตามเกรด (ด้านเปอร์เซ็นต์ จำนวนผลผลิตต่อต้น และน้ำหนักผลผลิตต่อต้น) คุณภาพผลผลิตรวม (ด้านจำนวนผลผลิตรวมต่อต้น น้ำหนักผลผลิตรวมต่อต้น) ไม่มีความแตกต่างกันกับการใช้ถุงปลูกการค้า

พริกหวาน

- ความแข็งแรงของถุง ในระหว่างกรอแก้วสุปลูก มีจำนวนถุงฉีกขาดของเกษตรกรที่ร่วมทดลอง ณ สถานี อินทนนท์ มีจำนวนถุงฉีกขาดระหว่างการกรอแก้วสุปลูกมากที่สุด คือ 67.92 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่ศูนย์ฯ แม่สาใหม่ ไม่พบจำนวนถุงฉีกขาด ซึ่งจำนวนการฉีกขาดส่วนมากพบบริเวณรอยซัลกันถุง

- การย่อยสลายของถุง การย่อยสลายของถุงปลูกย่อยสลายทั้ง 3 สถานี ที่เป็นไปในทิศทางเดียวกัน น้ำหนักถุงเริ่มลดลงในเดือนที่ 2 หลังย้ายปลูก น้ำหนักของถุงมีแนวโน้มลดลงมากขึ้นเมื่อระยะเวลาเพิ่มขึ้น โดยสถานี อินทนนท์ มีน้ำหนักถุงลดลง 1.65 เปอร์เซ็นต์ ศูนย์ฯ แม่สาใหม่ น้ำหนักถุงลดลง 2.89 เปอร์เซ็นต์ และศูนย์ฯ พุงเรา มีน้ำหนักถุงลดลง 2.19 เปอร์เซ็นต์

- ด้านการเจริญเติบโตและคุณภาพผลผลิตของต้นพริกหวาน ด้านความสูง การปลูกโดยใช้ถุงปลูกย่อยสลายไม่ส่งผลต่อต้นพริกหวานมีความแตกต่างกันกับเมื่อเปรียบเทียบการใช้ถุงปลูกการค้า

- ด้านปริมาณและคุณภาพผลผลิตของพริกหวาน คุณภาพผลผลิตแยกตามเกรด (ด้านเปอร์เซ็นต์จำนวนผลผลิตต่อต้น และน้ำหนักผลผลิตต่อต้น) คุณภาพผลผลิตรวม (ด้านจำนวนผลผลิตรวมต่อต้น น้ำหนักผลผลิตรวมต่อต้น) ไม่มีความแตกต่างกันกับการใช้ถุงปลูกการค้า

วิจารณ์ผลการทดลอง

ด้านความแข็งแรงของถุงปลูกย่อยสลาย การใช้ถุงปลูกย่อยสลายของสถานี อินทนนท์ มีจำนวนถุงฉีกขาดมาก เป็นเฉพาะบริเวณกันถุงปลูก เนื่องจากถุงปลูกย่อยสลายที่นำมาทดลอง เป็นถุงปลูกย่อยสลาย รอบเดียวกับการนำไปใช้ปลูกพริกหวานที่มีปัญหาเรื่องการผลิตถุง (การซัลกันถุง) โดยเกษตรกรแก้ไขโดยใช้วิธีการเปลี่ยนถุงและสวมถุงปลูกการค้าเป็น 2 ชั้น

จากการทดลองในช่วงแรกของการขยายผลพบปัญหาจากการทดลองบนแปลงปลูกของเกษตรกร โดยเกิดการฉีกขาดบริเวณกันถุง โดยที่ถุงปลูก เป็นถุงปลูกชนิดแบบซัล 1 ครั้ง (Single Seal) จากการดำเนินการกรอแก้วสุปลูกของเกษตรกร พบว่า ถุงปลูกเกิดการลอกและหลุดบริเวณกันถุงบริเวณรอยซัล แสดงในภาพ 22 เนื่องมาจากการตั้งความร้อนของเครื่องซัลไม่เหมาะสมจึงทำให้ชิ้นงานไม่ยึดติดกัน ด้วยเหตุนี้จึงดำเนินการแก้ไขปัญหานี้โดยทำการนำถุง Single seal มาซัลซ้ำอีกรอบในรอยซัลเดิม จะได้ถุงชนิดซัล 2 ครั้ง (Double Seal, DS) แสดงในภาพ 23 และส่งทดสอบการแข็งแรงบนแปลงปลูกจากการใช้งานพบว่าไม่พบปัญหาการลอกหลุดบริเวณซัล แต่เกิดการฉีกขาดบริเวณกันถุง ภาพ 24 เนื่องจากการซัลซ้ำตามแนวเดิมทำให้บริเวณกันถุงบางและทำให้ไม่แข็งแรง จึงดำเนินการแก้ไขปัญหานี้โดยนำถุง Double Seal มาเสริมความแข็งแรงบริเวณกันถุงด้วยการใช้ถุงปลูกมาตัดให้มีขนาด 1x2 นิ้ว มาพับครึ่งแล้วนำมาวางบริเวณกันถุงแล้วซัลโดยแนวซัลอยู่เหนือแนวซัลเดิม จะได้ถุงชนิดแบบซัล 2 ครั้ง (Special Double Seal, SDS) แสดงในภาพ 25 ผลการทดสอบ พบว่า มีจำนวนถุงฉีกขาด แต่มีปริมาณน้อย เป็นลักษณะการฉีกขาดรอยซัลกันถุง อาจเกิดจากการผลิตบางถุงได้ซัลบริเวณกันถุงไม่แข็งแรง และวิธีการดูแลมะเขือเทศของเกษตรกรแตกต่างกัน



ภาพ 22 การลอกและหลุดบริเวณรอยซีลของถุง Single Seal



ภาพ 23 ลักษณะรอยซีลของถุง Double Seal (DS)



ภาพ 24 ลักษณะการฉีกขาดของถุง Double Seal (DS)



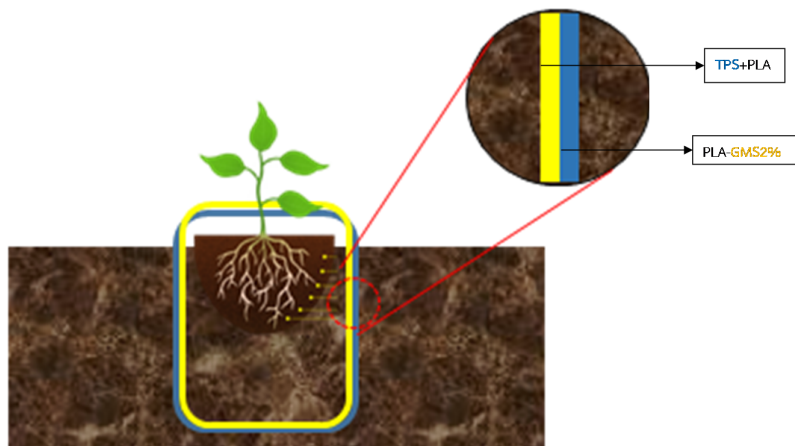
ภาพ 25 ลักษณะรอยซีลของถุง Special Double Seal (SDS)

บทที่ 5

ถุงเพาะกล้าไม้ยืนต้น

การพัฒนาถุงเพาะกล้าไม้ยืนต้น สืบเนื่องมาจากแนวคิดในการผลิตถุงปลูกมะเขือเทศในงานวิจัยเฟสที่ 1 เป็นถุงปลูกที่ใช้สำหรับการปลูกพืชอายุสั้น ถุงปลูกจะสามารถคงรูปขณะวางอยู่บนดินได้ประมาณ 5-6 เดือน หลังจากที่ได้นำถุงปลูกมะเขือเทศในงานวิจัยเฟสที่ 1 ไปทดสอบภาคสนามในเบื้องต้น พบว่าสิ่งที่จะต้องพัฒนาเพิ่มเติมคือ อายุการใช้งาน เนื่องจากกรรมวิธีในการเพาะกล้าไม้ยืนต้น ต้นกล้าที่บรรจุลงในถุงเพาะจะถูกนำมาวางอยู่บนดินเป็นระยะเวลาอย่างน้อย 6 เดือน หลังจากนั้นต้นกล้าจะถูกย้ายลงไปปลูกในดิน โดยทั่วไปเกษตรกรจะทำการถอดถุงเพาะออกเพื่อนำต้นกล้าลงปลูก ซึ่งในขั้นตอนนี้อาจทำให้รากของต้นกล้าได้รับความเสียหาย อีกทั้งยังก่อให้เกิดขยะจากถุงเพาะกล้าไม้ที่ถูกถอดทิ้งหลังจากปลูกต้นไม้ ดังนั้นทีมวิจัยจึงพัฒนาสูตรถุงเพาะกล้าไม้สำหรับอายุ 6-12 เดือน ที่สามารถปลูกกล้าไม้ลงในดินได้โดยไม่ต้องถอดถุง โดยถุงเพาะกล้าไม้ที่พัฒนานี้จะมีคุณสมบัติพิเศษสามารถเกิดการย่อยสลายภายในดินได้ เป็นการช่วยลดปริมาณขยะที่เกิดจากการถอดถุงเพาะกล้าออกและไม่ทำให้รากของกล้าไม้ได้รับความเสียหายอีก

จากการพัฒนาถุงในเฟสที่ 1 เป็นถุงปลูกมะเขือเทศแบบ 2 ชั้น (bilayer) โดยชั้นด้านในจะมีส่วนผสมของ PLA และ TPS และชั้นด้านนอกมีส่วนผสมหลักเป็น PLA ที่ถูกพัฒนาให้มีความไม่ชอบน้ำ (hydrophobicity) เพิ่มขึ้น เพื่อลดการเกิดปฏิกิริยาการสลายตัวของ PLA (Hydrolysis) และเพิ่มความแข็งแรงให้กับถุงปลูกในขณะที่ยังปลูกอยู่บนดิน ดังแสดงภาพ 26 จากผลการทดสอบ พบว่า ถุงที่ได้ยังไม่มีความแข็งแรงเพียงพอสำหรับใช้เพาะกล้าไม้ยืนต้น ดังนั้นทางทีมวิจัยจึงได้ปรับปรุงและพัฒนาถุงเพาะชำกล้าไม้ให้มีความแข็งแรงมากขึ้น โดยถุงเพาะกล้าไม้ที่พัฒนาขึ้นจะออกแบบให้มีลักษณะเป็นถุงเพาะแบบชั้นเดียว (monolayer) แต่ยังคงความแข็งแรง มีความเหนียวที่เพิ่มขึ้น และสามารถเกิดการย่อยสลายได้เมื่อทำการย้ายถุงปลูกลงในดิน มีขั้นตอนดำเนินการวิจัยดังแสดงต่อไปนี้



ภาพ 26 ภาพจำลองการพัฒนาถุงปลูกมะเขือเทศ (bilayer) ย่อยสลายได้ในเฟสที่ 1

5.1 การพัฒนาถุงเพาะกล้าไม้ยืนต้น ระยะที่ 1 สำหรับการพัฒนาถุงเพาะในระยะนี้จะประกอบการศึกษาทดลองดังแสดงต่อไปนี้ (ภาพ 27)

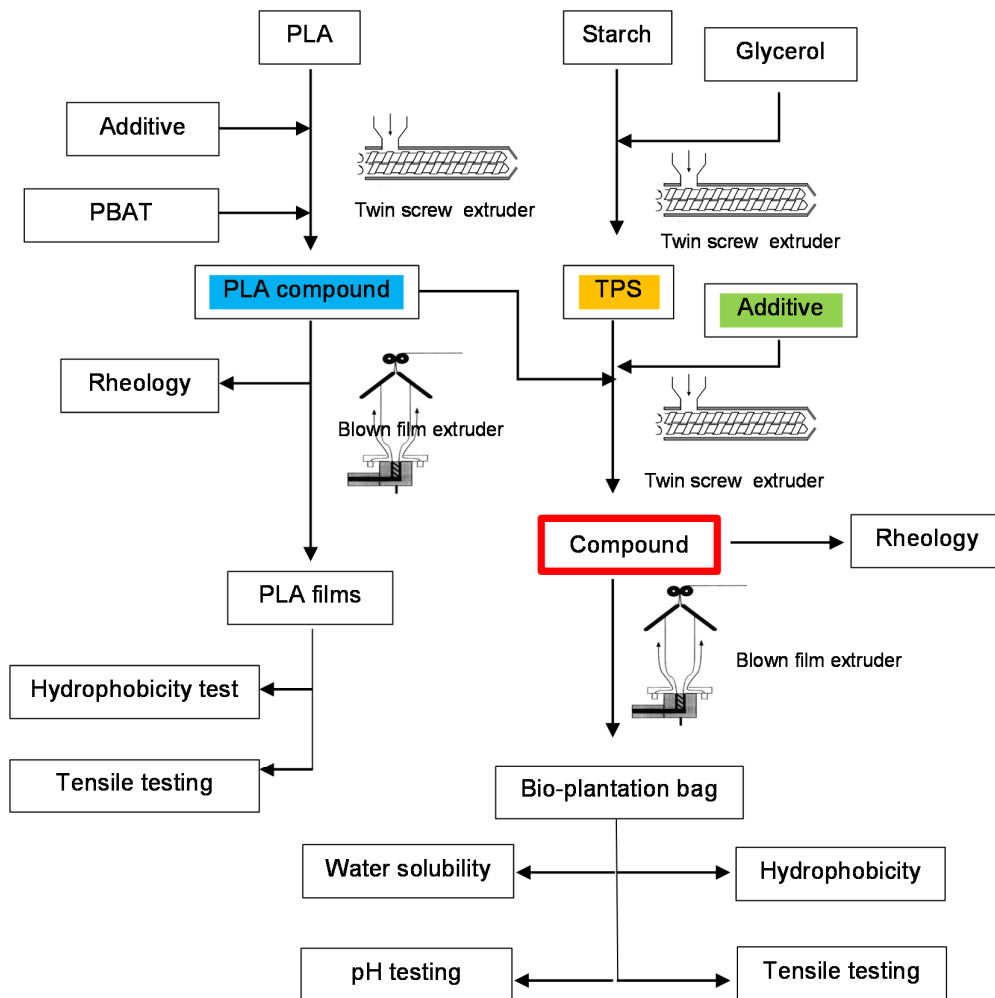
-การปรับปรุงความแข็งแรงของถุงให้มีความยืดหยุ่นมากขึ้นโดยศึกษาจากค่าความสามารถในการดึงยึด โดยการเติมพอลิเมอร์จำพวก Bio-polyester ได้แก่ poly(butylene adipate-co-terephthalate) หรือ PBAT และ

การปรับปรุงสมบัติความไม่ชอบน้ำของฟิล์ม เพื่อลดการเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส (Hydrolysis) ของฟิล์มในระหว่างการใช้งาน

-การศึกษาการเตรียม TPS เพื่อใช้เป็นตัวช่วยเริ่มในกระบวนการย่อยสลายในระหว่างการใช้งาน โดยเตรียม TPS จากแป้งมันสำปะหลัง ที่อัตราส่วนของกลีเซอรอล 30 และ 35 phr และศึกษาผลของการเติมแป้งใน PLA compound ที่ถูกปรับปรุงให้แผ่นฟิล์มแข็งแรงมากขึ้น โดยศึกษาผ่านสมบัติการดึงยึดของฟิล์ม

-การศึกษาและพัฒนาถุงเพาะกล้าไม้ยืนต้น สำหรับอายุ 6-12 เดือน และทดสอบค่าความแข็งแรงในการดึงยึด สมบัติความไม่ชอบน้ำแล้ว จะมีการทดสอบผลของการละลายของถุง และค่าความเป็นกรดเบส เพื่อป้องกันการเกิดอันตรายต่อพืชในระหว่างการพัฒนาปลูก

โดยวิธีการดำเนินการวิจัยดังแสดงต่อไปนี้



ภาพ 27 แผนผังการดำเนินงาน

1) การปรับปรุงความแข็งแรงของถุงเพาะและเพิ่มสมบัติความไม่ชอบน้ำ

การดำเนินการทดลองจะเริ่มจากการศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของพอลิเมอร์ชีวภาพ PBAT สำหรับผสมกับ PLA เพื่อเพิ่มความแข็งแรง และความยืดหยุ่นของถุงเพาะชำ และศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของ GMS เพื่อปรับปรุงสมบัติความไม่ชอบน้ำของถุงเพาะด้วย โดยได้ออกแบบการทดลอง ดังตาราง 28

ตาราง 28 สูตรสำหรับ monolayer ที่มีการผสมของ PBAT ในปริมาณ 0, 10, 20 และ 30 %w/w

Sample	PLA (%wt)	PBAT (%wt)	GMS (phr)	TiO ₂ (phr)
A100GMS2Ti1	100	0	2	1
A90BA10GMS2Ti1	90	10	2	1
A80BA20GMS2Ti1	80	20	2	1
A70BA30GMS2Ti1	70	30	2	1

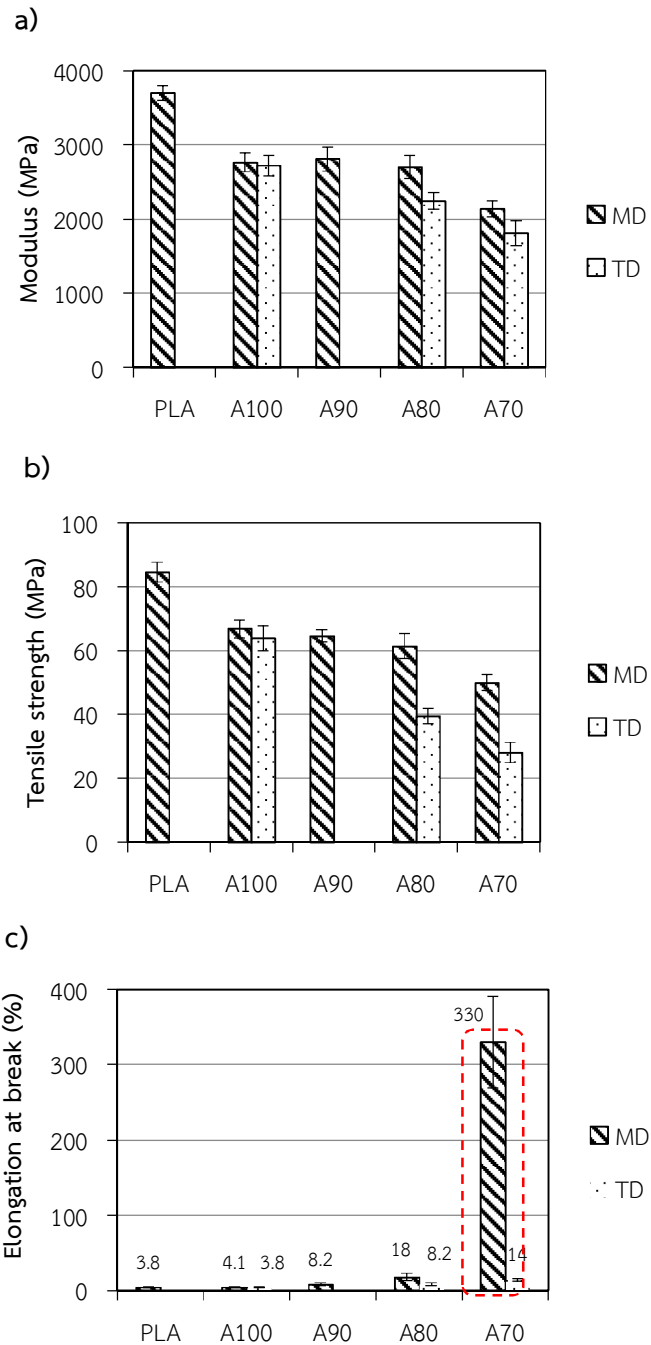
สภาวะที่ใช้ในการผสม ในการศึกษานี้ผสมด้วยเครื่อง Twin screw extruder: HAAKE ที่อุณหภูมิจากหัว Die เป็น 210/200/190/180/170/160 °C ตามลำดับ ความเร็วสกรู 100 rpm หลังจากนั้น นำคอมพาวด์ที่ได้ไปเป่าฟิล์มขึ้นรูป ด้วยเครื่อง Blow film extruder: LAB TECH ที่ Pilot plant, RO โดยมีสภาวะในการขึ้นรูป ดังแสดงในตาราง 29 กำหนดให้ฟิล์มมีความหนาประมาณ 50 µm

ตาราง 29 สภาวะในการขึ้นรูปฟิล์มด้วยเครื่อง Blown film extruder: LAB TECH

Samples	Condition			
	Temperature (°C)	Screw speed (rpm)	Blower (rpm)	Nip roll (rpm)
PLA4043D	200/200/200/200/190/180/150	130	1000	2.8/3.3
A100GMS2Ti1	190/185/185/180/170/160/160	75	1080	4.3/5.1
A90BA10GMS2Ti1	190/185/185/180/170/160/160	75	1080	4.3/5.1
A80BA20GMS2Ti1	185/175/180/175/165/155/150	66	1000	4.2/4.9
A70BA30GMS2Ti1	185/180/185/180/175/160/150	70	1000	4.2/5.0

การทดสอบความแข็งแรง

ผลการทดสอบสมบัติเชิงกลของฟิล์ม แสดงภาพ 28 ผลของการเติม PBAT ในอัตราส่วน 10 20 และ 30 %wt และมีการเติมสาร GMS และ TiO₂ ในปริมาณ 2 และ 1 phr ตามลำดับ พบว่าผลของการเติม PBAT ทำให้ความแข็งแรงในการดึงยึด (Tensile strength) และค่าความต้านทานต่อการเปลี่ยนรูป (Modulus) ลดลง ในขณะที่ค่าความสามารถในการดึงยึด (Elongation at break) เพิ่มขึ้น ซึ่งสามารถสังเกตได้อย่างชัดเจนที่ปริมาณ PBAT 30%wt (A70) ฟิล์มมีระยะในการดึงยึดด้าน TD และ MD เพิ่มขึ้นประมาณ 250 และ 8000% ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับสูตรถุงเพาะ PLA เดิม จะเห็นได้ว่าการเพิ่มความยืดหยุ่นให้กับฟิล์ม และลดสมบัติความแข็งแรงของฟิล์ม PLA

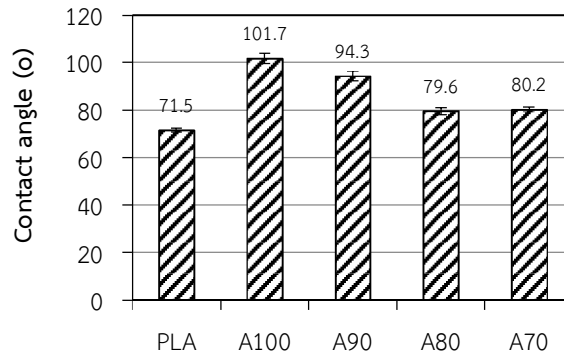


ภาพ 28 สมบัติการดึงยืดของฟิล์ม PLA/PBAT ที่มีการเติมสาร GMS;

a) ค่าความต้านทานการเปลี่ยนรูป b) ค่าความแข็งแรงในการดึงยืด c) ค่าความสามารถในการดึงยืด

การทดสอบสมบัติความเป็น Hydrophobicity

อย่างไรก็ตาม จากการศึกษาสมบัติความเป็น Hydrophobicity ของฟิล์ม แสดงในภาพ 29 จะให้เห็นได้ว่า เมื่อปริมาณ PBAT เพิ่มขึ้น ค่า Contact angle จะมีค่าลดลง โดยที่ปริมาณ PBAT 30%wt พบว่าค่า Contact angle ลดลงจากสูตร A100GMS2Ti1 ประมาณ 26.8% แสดงให้เห็นว่าค่าความเป็น Hydrophobicity ลดลงเมื่อปริมาณ PBAT เพิ่มขึ้น (ค่า contact angle เพิ่มมากขึ้น แสดงว่ามีความเป็น hydrophobicity (ความไม่ชอบน้ำ) เพิ่มมากขึ้น)

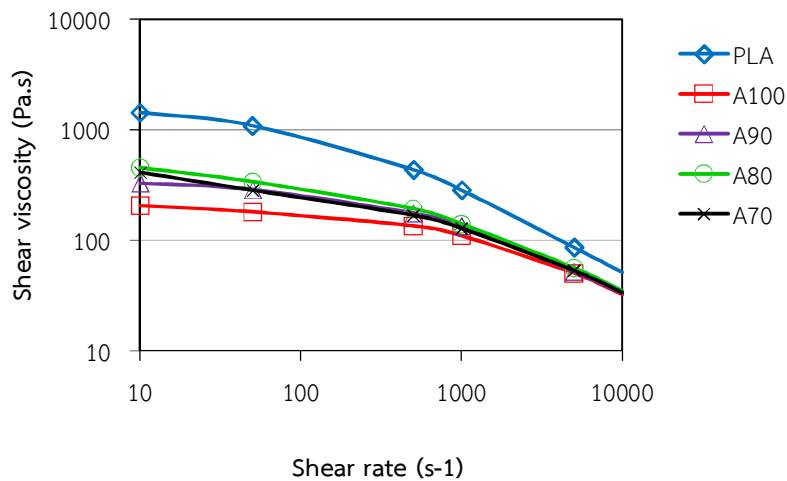


ภาพ 29 ค่า Contact angle ของฟิล์ม PLA/PBAT ที่มีการเติมสาร GMS

ดังนั้นในเบื้องต้น ทีมวิจัยจึงพิจารณาว่าสูตร A70BA30GMS2Ti1 เหมาะสม เนื่องจากมีความสามารถในการดึงยึดที่สูง ซึ่งน่าจะทนต่อแรงอัดของดินและการเตรียมถุงเพาะในภาคสนามได้ดี อย่างไรก็ตามทีมวิจัยยังคงต้องพัฒนาสมบัติความไม่ชอบน้ำของถุงสูตร A70BA30GMS2Ti1 เพื่อลดการเกิดปฏิกิริยา hydrolysis ของ PLA โดยทีมวิจัยได้ทำการศึกษาโดยการปรับอัตราส่วนของ GMS และ TiO_2 เพื่อให้เหมาะสมสำหรับการเพิ่มสมบัติความเป็น Hydrophobicity ต่อไป

การทดสอบสมบัติการไหล

จากภาพ 30 พบว่าการศึกษาช่วง shear rate ในช่วง $10\text{-}1000\text{s}^{-1}$ PLA จะมีความหนืด (shear viscosity) มากที่สุด ขณะที่ตัวอย่างการเติมสาร GMS 2 phr และ TiO_2 1 phr ทำให้ความหนืดมีค่าลดลงอย่างมากเมื่อเทียบกับความหนืดของ PLA ทั้งนี้เนื่องมาจากสาร GMS ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นแวกซ์ที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำสามารถทำหน้าที่เป็นพลาสติกไซเซอร์ (สารช่วยไหล) ในการคอมพาวด์ อย่างไรก็ตามเมื่อมีการเติมพอลิเมอร์ชีวภาพ PBAT ใน PLA พบว่า ความหนืดของคอมพาวด์มีค่าเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องความหนืดของ PBAT มีค่ามากกว่าความหนืดของ PLA ทำให้ค่าความหนืดในสูตรของ A90BA10GMS2Ti1, A80BA20GMS2Ti1 และ A70BA30GMS2Ti1 มีค่าความหนืดในช่วง shear rate $10\text{-}1000\text{s}^{-1}$ มีค่าเพิ่มมากขึ้นจากสูตร A100GMS2Ti1 นอกจากนี้ยังพบว่า ผลของการเพิ่มปริมาณ PBAT ที่ 10 20 และ 30 %wt ไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงความหนืดของ PLA คอมพาวด์



ภาพ 30 พฤติกรรมการไหลของ PLA คอมพาวด์ที่มีการเติม PBAT 10, 20 และ 30%wt และ GMS/TiO_2

2) การปรับปรุงสมบัติความเป็น Hydrophobicity ของฟิล์ม

จากการทดลองที่ผ่านมาพบว่า การเพิ่มปริมาณของ PBAT เป็น 30% ทำให้ค่าของ Contact angle ลดลง ดังนั้นทีมวิจัยจึงได้ศึกษาอัตราส่วนของ GMS และ TiO_2 เพื่อเพิ่มความเป็น Hydrophobicity ของฟิล์ม ดังแสดงในตาราง 30

ตาราง 30 สูตรคอมพาวด์สำหรับการขึ้นรูปถุงปลูกเพื่อเพิ่มความเป็น Hydrophobicity

Sample	Formulation				
	PLA	PBAT	TPS	GMS	TiO_2
	(%wt)	(%wt)	(%wt)	(phr)	(phr)
4043D	100	-	-	-	-
7030GT21	70	30	-	2	1
7030GT41	70	30	-	4	1
7030GT42	70	30	-	4	2
60T40T1	60	-	40	-	1
60T40GT21	60	-	40	2	1
60T40GT41	60	-	40	4	1

ในการทดลองนี้จะศึกษาผลของการเติม TPS เข้าไปใน PLA ที่ไม่ผสม GMS (60T40T1) และแบบที่มี GMS ผสมอยู่ 2 phr (60T40GT21) และ 4 phr (60T40GT41) ต่อความแข็งแรงของฟิล์มและความเป็น Hydrophobicity ด้วย จากผลการทดลองพบว่า การเติม TPS ในสูตรคอมพาวด์ที่มี GMS ทำให้พอลิเมอร์ระหว่าง PLA และ TPS เกิดความไม่เข้ากัน โดยสังเกตเห็นการแยกเฟสได้อย่างชัดเจนและทำให้ไม่สามารถขึ้นรูปฟิล์มด้วยเครื่อง Blown film extruder ได้ สภาวะที่ใช้ในการผสมในการศึกษานี้ผสมด้วยเครื่อง Twinscrew extruder: EN MACH ที่สภาวะ ดังนี้

ตาราง 31 สภาวะในการคอมพาวด์ด้วยเครื่อง Twin screw extruder: EN MACH

Samples	Condition		
	Temperature (°C)	Screw speed (rpm)	Feed speed (rpm)
7030GT21	80/145/150/160/170/180/190/190/180/180	300	500
7030GT41	80/145/160/170/180/190/190/180/170/170	330	500
7030GT42	80/145/160/170/180/190/190/180/170/170	340	500
60T40T1	80/145/160/180/190/200/200/190/180/180	400	500
60T40GT21	80/145/160/180/190/200/200/190/180/180	400	500
60T40GT41	80/145/160/180/190/200/200/190/180/180	400	500

3) การศึกษาการเตรียม TPS เพื่อใช้เป็นตัวช่วยเริ่มในกระบวนการย่อยสลายในระหว่างการใช้งาน

สำหรับการเตรียม TPS จะเตรียมจากแป้งมันสำปะหลังที่มีการเติมกลีเซอรอลในสัดส่วน 30 และ 35 phr โดยเตรียมผ่านเครื่อง Twin screw extruder: EN MACH ที่สภาวะดังนี้

ตาราง 32 สภาวะการคอมพาวด์ TPS ด้วยเครื่อง Twin screw extruder: EN MACH

Samples	Condition		
	Temperature (°C)	Screw speed (rpm)	Feed speed (rpm)
GUM4035	60/110/140/150/140/130/130/130/130	400	500
GUM4030	60/110/140/150/140/130/130/130/130	400	500

ผลของการเตรียม TPS ด้วยแป้ง Purity GUM 40 พบว่าที่ปริมาณกลีเซอรอล 35 phr (GUM4035) จะทำให้ TPS มีความหนืดเหลวมากเกินไป และความแข็งแรงขณะหลอมมีค่าต่ำ ทำให้ไม่เหมาะแก่การนำไปใช้งาน เนื่องจากแป้ง Purity GUM40 ถูกดัดแปรให้มีน้ำหนักโมเลกุลที่ลดลง ขณะที่ TPS ที่เตรียมด้วยปริมาณกลีเซอรอล 30 phr (GUM4030) พบว่าให้ความหนืดที่เหมาะสมและยังคงความแข็งแรงในขณะหลอม

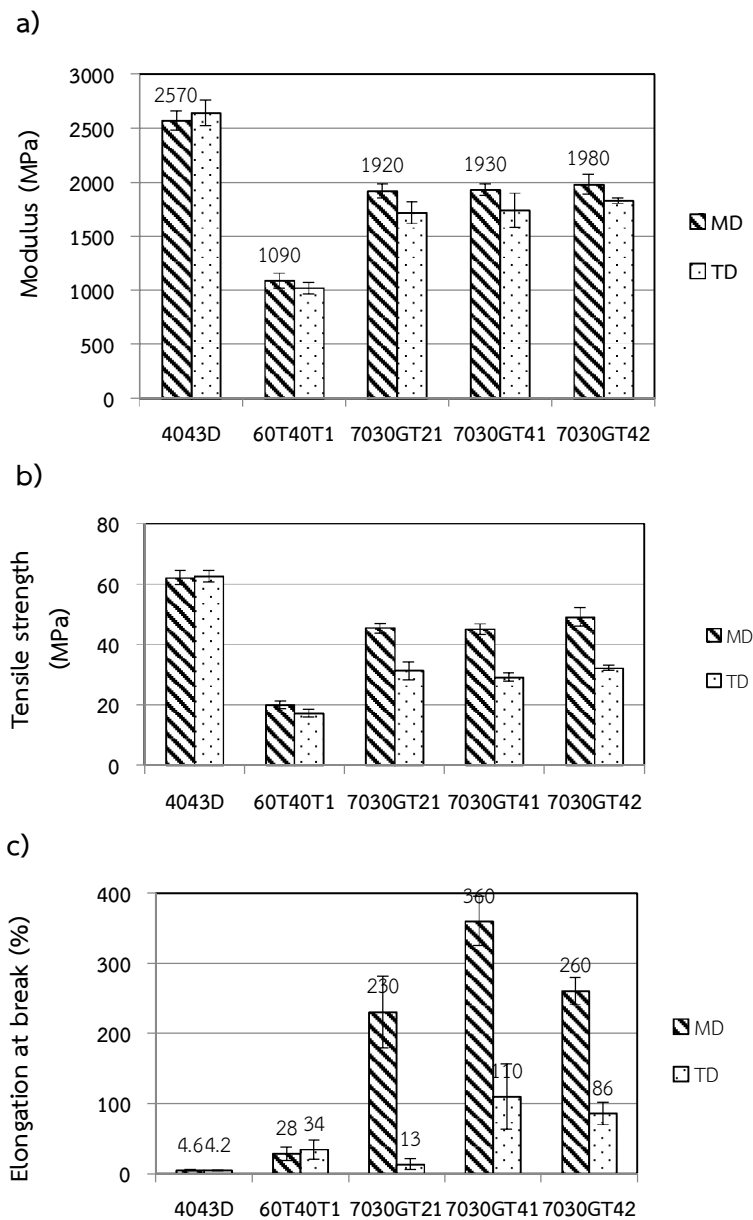
หลังจากนั้นจึงนำคอมพาวด์ที่ได้ไปเป่าฟิล์มขึ้นรูป ด้วยเครื่อง Blow film extruder: LAB TECH ที่มหาวิทยาลัยนเรศวร โดยมีสภาวะในการขึ้นรูปดังแสดงในตาราง 33 โดยควบคุมให้ฟิล์มมีความหนาประมาณ 50 μm

ตาราง 33 สภาวะในการขึ้นรูปฟิล์มด้วยเครื่อง Blown film extruder: LAB TECH_NU

Samples	Condition			
	Temperature (°C)	Screw speed (rpm)	Blower (rpm)	Nip roll (rpm)
PLA4043D	190/190/200/190/180/170	80	500	3.1/3.4
7030GT21	190/190/200/190/180/170	75	500	3.1/3.4
7030GT41	160/160/170/180/180/170	65	500	3.1/3.4
7030GT42	160/160/170/180/180/170	76	500	3.1/3.4
60T40T1	170/170/185/185/180/170	50	350	3.1/3.4

-การทดสอบสมบัติเชิงกล

ผลการทดสอบแสดงดังภาพ 33 สำหรับฟิล์ม PLA/PBAT ที่มีการเติม GMS/TiO₂ ในอัตราส่วนต่างๆ ได้แก่ 2/1 4/1 และ 4/2 พบว่าค่าความแข็งแรงของฟิล์มทั้งสามชนิดยังคงค่าความต้านทานต่อการเปลี่ยนรูป (Modulus) และค่าความแข็งแรงในการดึงยืด (Tensile strength) ไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก ขณะที่ค่าความสามารถในการดึงยืด (Elongation at break) มีการเปลี่ยนแปลง โดยที่ปริมาณ GMS เพิ่มขึ้นจาก 2 เป็น 4 phr (7030GT21 → 7030GT41) พบว่า ความสามารถในการดึงยืดเพิ่มสูงขึ้น ทั้งแนว MD และ TD เป็น 56.5 และ 746% ตามลำดับ อย่างไรก็ตามเมื่อเติมปริมาณ TiO₂ เพิ่มขึ้นจาก 1 เป็น 2 phr (7030GT41 → 7030GT42) พบว่าความสามารถในการดึงยืดลดลงทั้งแนว MD และ TD ประมาณ 38.5 และ 30% ตามลำดับ



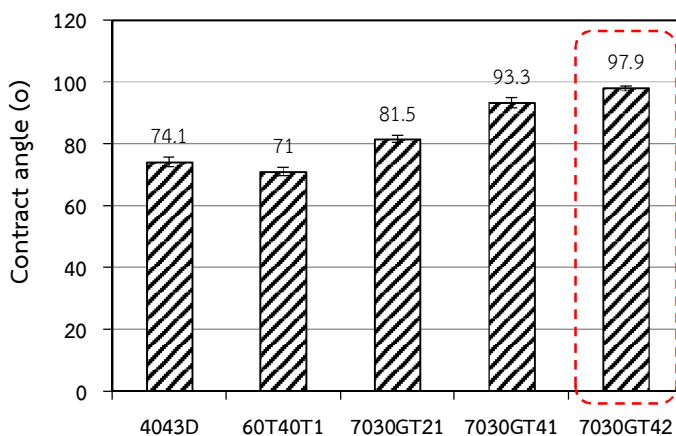
ภาพ 31 สมบัติการดึงยืดของฟิล์ม PLA/PBAT ที่มีการเติมสาร GMS

a) ค่าความต้านทานการเปลี่ยนรูป b) ค่าความแข็งแรงในการดึงยืด c) ค่าความสามารถในการดึงยืด

นอกจากนี้การศึกษาผลของ TPS ที่ปริมาณ 40%wt เมื่อเติมใน PLA ส่งผลทำให้สมบัติเชิงกลของฟิล์มมีค่าลดลงอย่างมาก โดยค่าความแข็งแรงในการดึงยึดและค่าความต้านทานต่อการเปลี่ยนรูป ลดลงประมาณ 250% และ 135% ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับฟิล์ม PLA อย่างไรก็ตามความสามารถในการดึงยึดของฟิล์ม เพิ่มขึ้นประมาณ 450% เมื่อเปรียบเทียบกับฟิล์ม PLA

-การทดสอบสมบัติความเป็น Hydrophobicity

เมื่อนำศึกษาสมบัติความเป็น Hydrophobicity ของฟิล์ม โดยการทดสอบผ่านการวัดค่า contact angle ของฟิล์ม ผลการทดลองแสดงดังภาพ 32 จากผลการทดลองพบว่า เมื่อเพิ่มปริมาณ GMS จาก 2 เป็น 4 phr (7030GT21 → 7030GT41) ค่า contact angle มีค่าเพิ่มขึ้นจาก 81.5 เป็น 93.3 ° และเมื่อเพิ่มปริมาณของ TiO_2 จาก 1 เป็น 2 phr (7030GT41 → 7030GT42) พบว่าค่า contact angle ของฟิล์มมีค่าเพิ่มสูงขึ้นเป็น 97.9 ° ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับฟิล์มถูเพาะข้าวสุก 2 ชั้น ซึ่งมีค่า contact angle ประมาณ 100 °

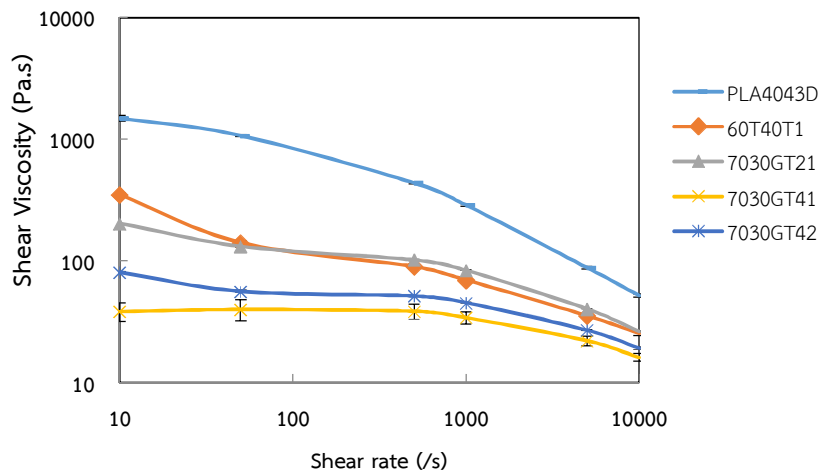


ภาพ 32 ค่า Contact angle ของฟิล์ม PLA/PBAT ที่มีการเติมสาร GMS/ TiO_2 ในอัตราส่วนต่างๆ

สำหรับผลของการเติม TPS ที่ปริมาณ 40%wt พบว่า ค่า contact angle ของฟิล์ม มีค่าลดลงเมื่อเทียบกับฟิล์ม PLA จาก 74.1 เป็น 71° เนื่องจาก TPS ถูกเตรียมมาจากแป้งมันสำปะหลัง มีลักษณะเป็นโครงสร้างของ amylose และ amylopectin ซึ่งเป็นวัสดุที่มีความเป็น hydrophilic สูง

-การทดสอบสมบัติการไหล

ผลการทดลองแสดงดังภาพ 33 พบว่า เมื่อเติมปริมาณของ GMS เพิ่มขึ้น จาก 2 เป็น 4 phr (7030GT21 → 7030GT41) พบว่าความหนืดของพอลิเมอร์หลอมเหลวมีค่าลดลงอย่างมาก เนื่องมาจากผลของ GMS ที่เพิ่มขึ้น ทำหน้าที่คล้าย lubricant อย่างไรก็ตาม เมื่อเพิ่มปริมาณ TiO_2 จาก 1 เป็น 2 phr (7030GT41 → 7030GT42) ทำให้ค่าความหนืดของพอลิเมอร์หลอมเหลวเพิ่มขึ้นเล็กน้อย เนื่องจาก TiO_2 เป็นสารประกอบอนินทรีย์ ส่งผลต่อการขัดขวางการเคลื่อนที่ของพอลิเมอร์หลอมเหลว



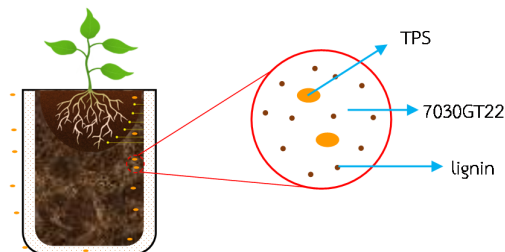
ภาพ 33 พฤติกรรมการไหลของ PLA คอมพาวด์

เมื่อพิจารณาการเติม TPS ที่ปริมาณ 40% ใน PLA พบว่า TPS มีผลทำให้ความหนืดของพอลิเมอร์ หลอมเหลวลดลงอย่างมากเมื่อเปรียบเทียบกับ PLA

จากผลการทดลองที่กล่าวมา ทำให้ทีมวิจัยได้สูตร 7030GT42 ที่มีความแข็งแรงและมีค่า contact angle ที่เหมาะสม สำหรับนำมาพัฒนาในส่วนของการย่อยสลายของถุงต่อไป

4) การศึกษาและพัฒนาถุงเพาะกล้าไม้ยืนต้น สำหรับอายุ 6-12 เดือน

การพัฒนาถุงเพาะกล้าไม้ยืนต้น จึงเลือกคอมพาวด์สูตร 7030GT42 มาปรับปรุงให้สามารถเกิดการสลายตัวในดินภายในระยะเวลา 6 เดือนได้ โดยการเพิ่มส่วนผสมของ TPS เข้าไปทำหน้าที่เป็นตัวเริ่มต้นในการย่อยสลายภายในระยะเวลา 6 เดือนแรก ในปริมาณเพียง 5-10 %wt เท่านั้น เพื่อให้ถุงยังคงมีความแข็งแรงและคงรูปอยู่บนดินได้ในระยะเวลา 6 เดือนก่อนนำปลูกลงในดิน แต่ด้วยปริมาณ TPS ที่สามารถเติมเข้าได้มีเพียงเล็กน้อย อาจจะละลายออกไปด้วยขั้นตอนการดูแลในช่วง 6 เดือนแรก เพราะฉะนั้นถุงเพาะที่ใช้งานในดินจะเหลือเพียงส่วนที่เป็นพอลิเมอร์ 7030GT42 ซึ่งไม่สามารถเกิดการย่อยสลายภายในระยะเวลา 6 เดือนได้ ดังนั้นทีมวิจัยจึงได้วางแผนการเพิ่มองค์ประกอบที่เป็นวัสดุธรรมชาติจำพวก cellulose ที่สามารถสลายตัวด้วยเอนไซม์จากเชื้อราที่อยู่ในดินและความเข้ากันได้กับเนื้อของพอลิเมอร์ เพื่อทำหน้าที่เป็นตัวช่วยให้เกิดการย่อยสลายหลังจากการฝังถุงเพาะลงในดิน ทำให้ถุงเพาะเกิดรูพรุนเล็กๆ รากของต้นไม้สามารถเติบโตและแทงออกจากถุง ดังแสดงในภาพ 34



ภาพ 34 แบบจำลองถุงเพาะได้แบบ monolayer สำหรับอายุ 6-12 ปี

4.1) การศึกษาปริมาณของ TPS ที่เหมาะต่อการเตรียมถุงเพาะกล้าไม้ยืนต้น

ตาราง 34 สูตรคอมพิวเตอร์สำหรับเตรียมถุงเพาะชำที่มีการเติม TPS

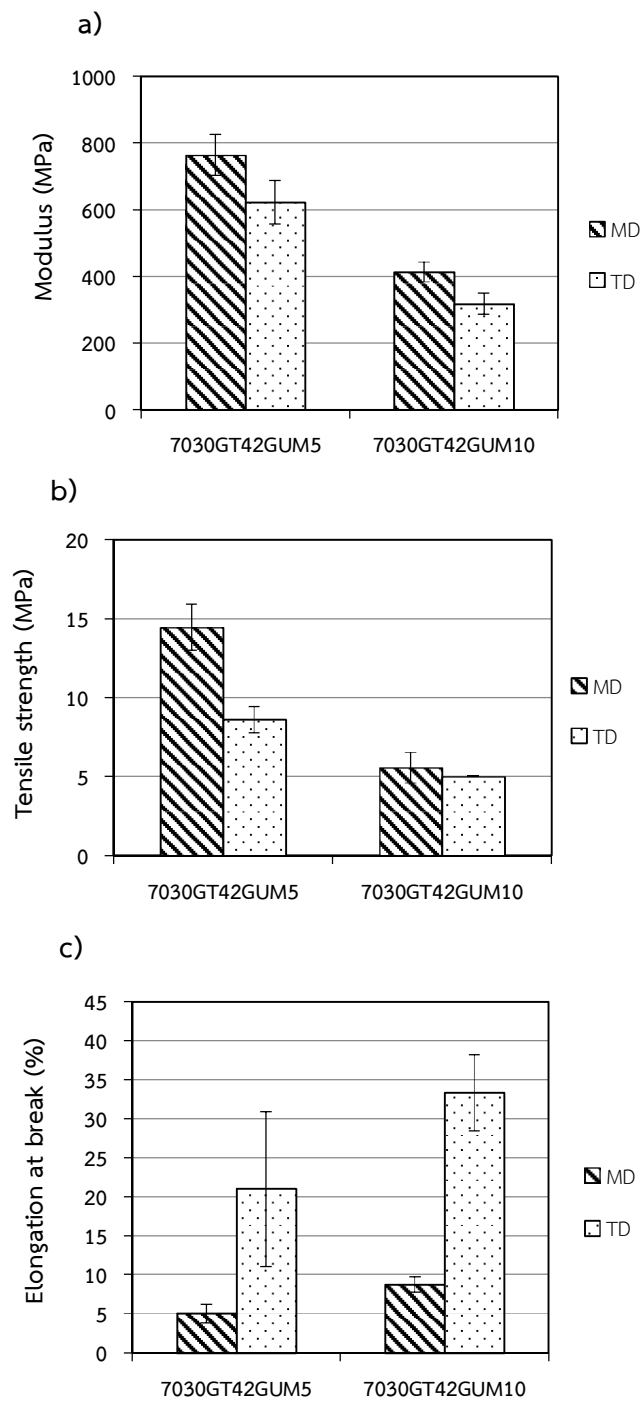
Sample	Formulation	
	7030GT42 (%wt)	TPS* (%wt)
7030GT42GUM5	95	5
7030GT42GUM10	90	10

*TPS ถูกเตรียมจากแป้ง Purity GUM40 ที่ปริมาณกลีเซอรอล 30 phr

-การทดสอบสมบัติเชิงกล

การศึกษาผลของการเติม TPS ที่ได้จากการเตรียมด้วยแป้ง purity GUM40 และกลีเซอรอล 30 phr การทดสอบสมบัติการดึงยืด แสดงดังภาพ 35 พบว่าการเติมปริมาณ TPS เพิ่มขึ้นจาก 5 เป็น 10 %wt (7030GT42GUM5 → 7030GT42GUM10) ส่งผลต่อการลดลงของความแข็งแรงในการดึงยืด และความต้านทานต่อการเปลี่ยนรูป อย่างไรก็ตามจากผลการทดลองพบว่าความสามารถในการดึงยืดของ 7030GT42GUM10 มีค่าเพิ่มขึ้นประมาณ 74 และ 57% ตามแนว MD และ TD ตามลำดับ

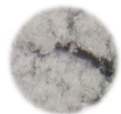
อย่างไรก็ตามจากการทดสอบภาคสนาม พบว่า ผลของการใส่ TPS ในสูตรถุงเพาะ TPS จะมีการสลายตัวไปในระหว่างการใช้งานเพียง 1 เดือน ดังนั้นหากต้องการให้ถุงคงรูปได้ในช่วง 6 เดือนแรก ปริมาณ TPS ในสูตร จึงไม่ควรมีปริมาณเกิน 10 %wt เพื่อให้สามารถคงความแข็งแรงได้ในระหว่างการใช้งานบนดิน แต่หากเติม TPS ในปริมาณน้อย ก็อาจทำให้ถุงเพาะหลังจาก 6 เดือน ย่อยสลายได้ไม่ดี เพราะเพลที่ยังคงอยู่ในสัดส่วนที่ค่อนข้างมากนั้น และอาจใช้เวลาในการย่อยสลายค่อนข้างมากกว่า 1 ปี



ภาพ 35 สมบัติการดึงยืดของฟิล์มสูตร 7030GT42 ที่มีการเติม TPS 5 และ 10
 a) ค่าความต้านทานการเปลี่ยนรูป b) ค่าความแข็งแรงในการดึงยืด c) ค่าความสามารถในการดึงยืด

4.2) การศึกษาชนิดของวัสดุธรรมชาติและปริมาณที่เหมาะสมต่อการเตรียมถุงเพาะกล้าไม้ยืนต้น
 ทีมวิจัยจึงได้ศึกษาวัสดุธรรมชาติที่ย่อยสลายได้ แต่ใช้ระยะเวลาในการสลายตัวช้ากว่า TPS ซึ่งวัสดุที่มีคุณสมบัติที่ต้องการ ดังแสดงในภาพ 36

ผงเยื่อกระดาษ



ผงขี้เลื่อย



ผงทานาคา



Calcium Lignosulfonate



Tannin



ภาพ 36 วัสดุธรรมชาติที่ใช้ในการศึกษาการเพิ่มระยะเวลาในการย่อยสลายทางธรรมชาติ

ทีมวิจัยได้นำวัสดุที่เลือกใช้ทั้ง 5 ชนิด เติมเข้าไปในสูตร 7030GT42GUM5 ในปริมาณ 5%wt เพื่อดูลักษณะของแผ่นฟิล์มว่าเป็นอย่างไร สามารถขึ้นรูปเป็นฟิล์มถุงเพาะได้หรือไม่ และมีความแข็งแรงเพียงพอต่อการใช้งานจริงหรือไม่

ตาราง 35 สูตรคอมพิวเตอร์สำหรับเตรียมถุงเพาะชำที่มีอายุ 6-12 เดือน

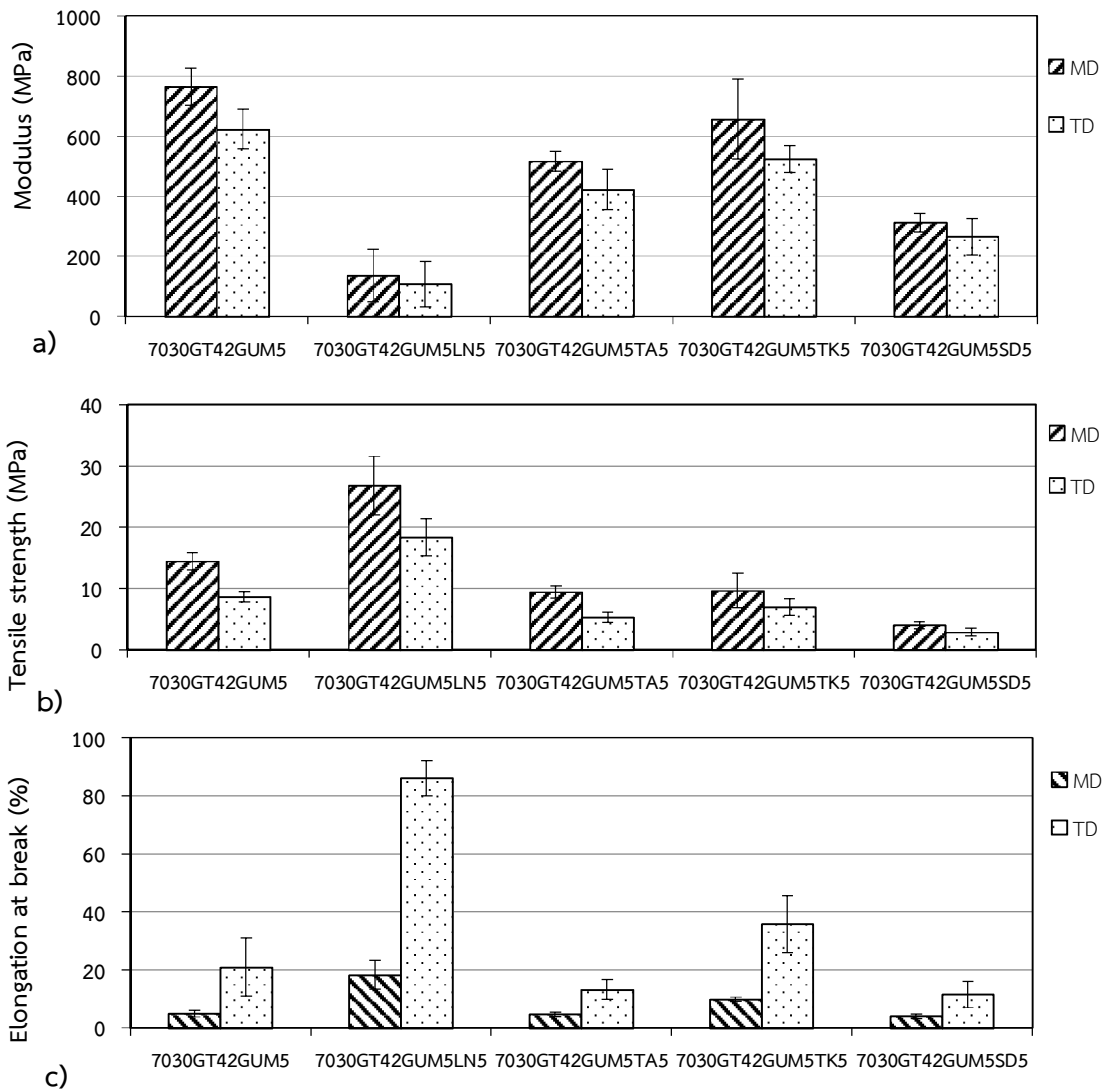
Sample	Formulation						
	7030GT42	TPS	Tannin	Lignin	Sawdust	TANAKA	เยื่อกระดาษ
	(%wt)	(%wt)	(%wt)	(%wt)	(%wt)	(%wt)	(%wt)
7030GT42GUM5	95	5	-	-	-	-	-
7030GT42GUM5TA5	90	5	5	-	-	-	-
7030GT42GUM5LN5	90	5	-	5	-	-	-
7030GT42GUM5SD5	90	5	-	-	5	-	-
7030GT42GUM5TK5	90	5	-	-	-	5	-
7030GT42GUM5PP5	90	5	-	-	-	-	5

ตาราง 36 ผลการเป่าฟิล์มหลังจากการเติมสารเติมแต่งเพื่อเพิ่มระยะเวลาในการย่อยสลาย

Sample	ผลการเป่าฟิล์ม
7030GT42GUM5TA5	เป่าได้ แข็งแรง แต่ราคาแพง
7030GT42GUM5LN5	เป่าได้ แข็งแรง หาซื้อง่าย และราคาถูก
7030GT42GUM5SD5	เป่าได้ ฟิล์มไม่ค่อยแข็งแรง หายาก
7030GT42GUM5TK5	เป่าได้ มีสมบัติ antibacterial
7030GT42GUM5PP5	เป่าไม่ได้ เยื่อกระดาษเกาะเป็นก้อน

-การทดสอบสมบัติเชิงกล

จากผลการทดสอบ แสดงดังภาพ 37 พบว่า ฟิล์มที่มีการเติม lignin (อยู่ในรูปของ calcium lingo sulphonate) สูตร 7030GT42GUM5LN5 สามารถทำให้ฟิล์มมีความยืดหยุ่นมากขึ้น สังเกตได้จากค่าความสามารถในการดึงยืดเพิ่มมากขึ้น และค่าความต้านทานต่อการเปลี่ยนรูปลดลง ขณะเดียวกันฟิล์มยังคงมีความแข็งแรงในการดึงยืดที่มากขึ้นด้วย ทั้งในแนว TD และ MD ดังนั้นทีมวิจัยจึงเลือกวัสดุ calcium lingo sulphonate ในการนำมาใช้เป็นสารสำหรับช่วยในการควบคุมการย่อยสลายทางชีวภาพ (สูตร 7030GT42GUM5LN5)

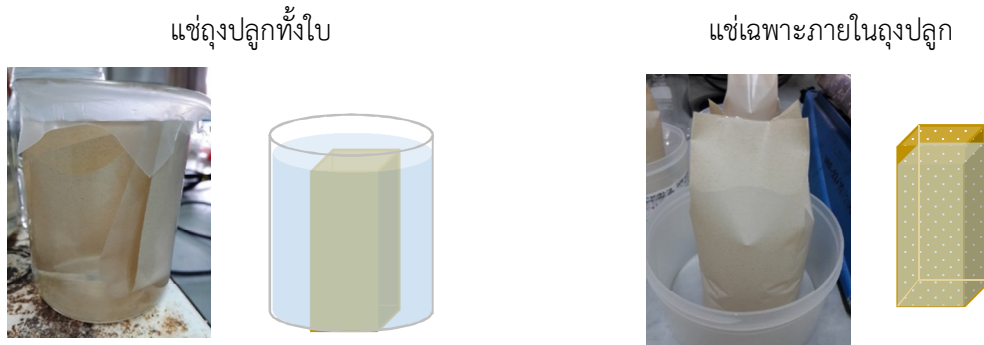


ภาพ 37 สมบัติการดึงยืดของฟิล์มสูตร 7030GT42GUM5 ที่มีการเติมสารควบคุมการย่อยสลายทางชีวภาพ
a) ค่าความต้านทานการเปลี่ยนรูป b) ค่าความแข็งแรงในการดึงยืด c) ค่าความสามารถในการดึงยืด

-การศึกษาผลของฟิล์มที่มีต่อค่าความเป็นกรด-เบสในน้ำ

การศึกษานี้เป็นการตรวจสอบในเบื้องต้นก่อนการนำไปใช้งานในภาคสนาม เนื่องจากการปฏิบัติในภาคสนามนั้นจะมีการรดน้ำให้กับต้นกล้าต่อเนื่องทุกวัน และฟิล์มจะมีการสัมผัสกับความชื้นอยู่ตลอดเวลา การ

ทดสอบความเป็นกรดเป็นเบสของฟิล์มจึงมีความจำเป็นอย่างมาก เพื่อป้องกันการยับยั้งการเจริญเติบโตของพืชจากกรดและเบสที่ถูกปลดปล่อยออกมาจากฟิล์ม การศึกษานี้เตรียมโดยการวัดค่า pH ของน้ำที่แช่ถุงปลูกทั้งใบและเฉพาะภายในถุงปลูก เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ด้วยเครื่อง pH meter และเลือกใช้น้ำประปาเพื่อเป็นการจำลองสถานะให้ใกล้เคียงกับการใช้งานจริง โดยน้ำประปาที่ใช้ในการศึกษานี้มีค่า pH ประมาณ 7.34 และในการศึกษานี้จะควบคุมปริมาณน้ำประปาที่ปริมาตร 270 ml เท่ากันทุกการทดลอง ดังแสดงในภาพ 38



ภาพ 38 การทดลองความเป็นกรดเป็นเบสของฟิล์มโดยการละลายน้ำ

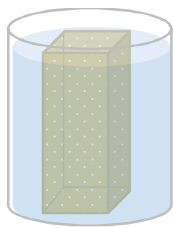
ผลการตรวจสอบค่าความเป็นกรด-เบสของฟิล์มถุงเพาะชำ ขนาด 2x6 นิ้ว แสดงดังตาราง 37 พบว่าฟิล์มที่พัฒนาขึ้นเพื่อใช้เป็นถุงเพาะชำกล้าไม้ มีความเป็นเบสเล็กน้อย โดยมีค่า pH เพิ่มขึ้นจาก 7.34 เป็น 7.72 เมื่อนำถุงเพาะชำแช่น้ำทั้งใบ เป็นเวลา 24 ชม. ขณะที่การแช่น้ำเฉพาะภายในถุง มีค่า pH เพิ่มขึ้นจาก 7.34 เป็น 7.57 แสดงให้เห็นว่าการปลดปล่อยเบสขึ้นกับพื้นที่ผิวสัมผัสระหว่างผิวของถุงเพาะชำกับน้ำ อย่างไรก็ตามปริมาณเบสที่ปลดปล่อยออกมามีเพียงเล็กน้อย ซึ่งไม่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของพืช

ตาราง 37 ค่า pH ที่วัดได้จากน้ำที่แช่ถุงปลูกทั้งใบและเฉพาะภายในถุง ที่เวลา 4, 8, 12 และ 24 ชม.

ครั้งที่	เวลาในการแช่น้ำ (ชม.)	ค่า pH ที่วัดได้							
		ถุงปลูกทั้งใบ			เฉลี่ย	ภายในถุงปลูก			เฉลี่ย
		1	2	3		1	2	3	
1	4	7.37	7.39	7.37	7.38	7.38	7.37	7.36	7.37
2	8	7.51	7.44	7.40	7.45	7.53	7.51	7.52	7.52
3	12	7.54	7.50	7.47	7.50	7.56	7.53	7.53	7.54
4	24	7.64	7.88	7.64	7.72	7.60	7.56	7.55	7.57

-การศึกษาสสมบัติเชิงกลของถุงเพาะชำหลังผ่านการแช่น้ำเป็นเวลา 24 ชม.

การศึกษาสสมบัติเชิงกลของถุงเพาะชำ หลังผ่านการแช่น้ำเป็นเวลา 24 ชม. เพื่อเป็นการจำลองก่อนการทดสอบภาคสนามจริง ว่าฟิล์มสามารถมีความแข็งแรงเพียงพอสำหรับการใช้งานถุงเพาะซึ่งต้องมียุ่บนผิวดินได้นานถึง 6 เดือน ก่อนการปลูกลงในดิน การจำลองสถานะภาคสนามโดยการเตรียมฟิล์มถุงปลูกให้มีขนาดเท่าขนาดที่นำไปใช้จริง 2 x 6 นิ้ว ซึ่งน้ำหนักของถุงปลูกแต่ละใบ จดบันทึก จากนั้นนำไปแช่น้ำ 270 ml (pH 7.34) ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 24 ชม. ดังแสดงในภาพ 39



ภาพ 39 จำลองสภาวะการใช้งานโดยการแช่ถุงเพาะในน้ำเป็นเวลา 24 ชม.

เมื่อครบตามเวลาที่กำหนด ให้นำถุงแต่ละใบไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 50 °C แล้วชั่งน้ำหนักของฟิล์มถุงปลูกอีกครั้ง บันทึกผลการทดลอง

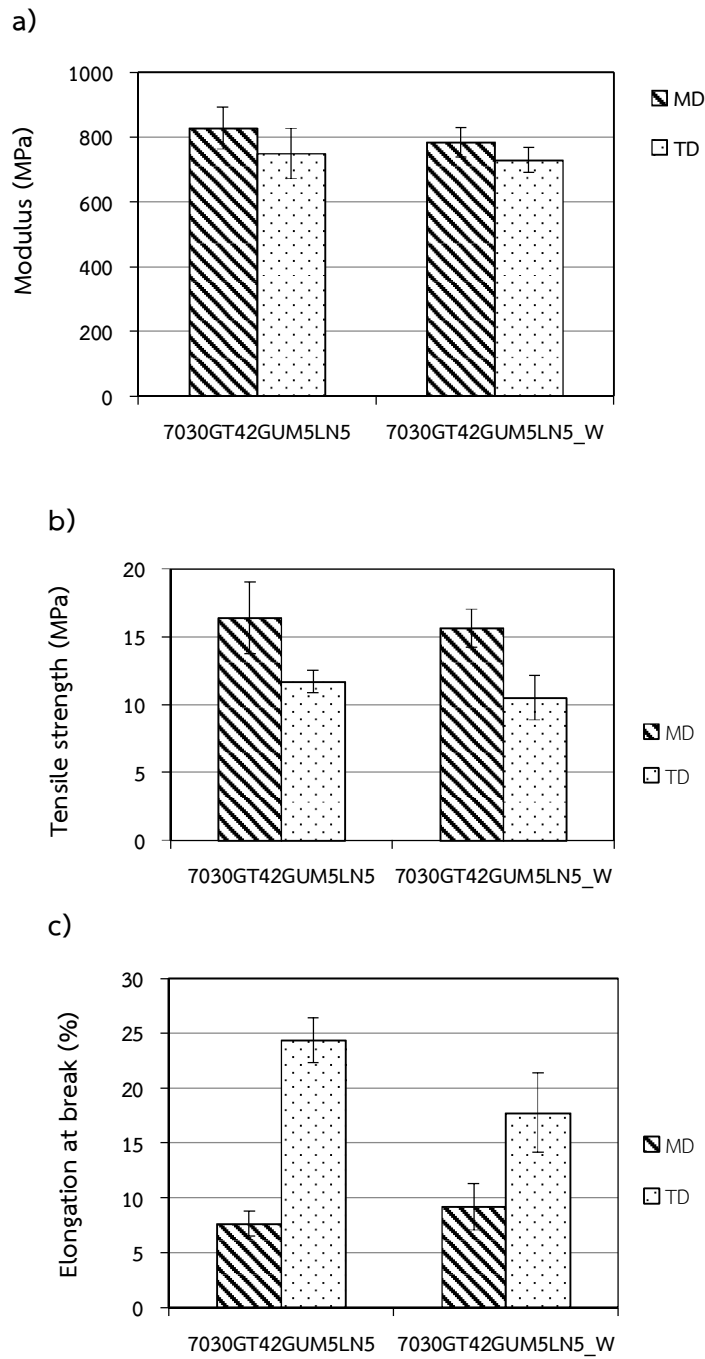
ตาราง 38 น้ำหนักของฟิล์มถุงปลูกที่หายไปหลังแช่ในน้ำเป็นเวลา 24 ชม.

ตัวอย่าง	น้ำหนักก่อนแช่น้ำ (g)	น้ำหนักหลังแช่น้ำ 24 ชม. (g)	น้ำหนักที่หายไป (g)
1	1.9106	1.8535	0.0571
2	1.9007	1.8415	0.0592
3	1.9103	1.8503	0.06
ค่าเฉลี่ย	1.9072	1.8484	0.0588
	คิดเป็นร้อยละของน้ำหนักที่หายไป		3.0813

จากการศึกษาน้ำหนักที่หายไประหว่างการแช่ในน้ำเป็นเวลา 24 ชม. แสดงดังตาราง 38 พบว่า น้ำหนักของฟิล์มหายไปประมาณ 3%wt อาจเป็นปริมาณของแป้งและ Lignin ที่หลุดออกมาในระหว่างการแช่น้ำ

-การทดสอบสมบัติเชิงกล

นอกจากนี้ยังมีการทดสอบสมบัติเชิงกลของฟิล์มหลังจากผ่านการแช่น้ำเป็นเวลา 24 ชม. โดยเตรียมชิ้นงานสำหรับการทดสอบสมบัติการดึงยึดตามมาตรฐาน ASTM D882 และนำไปแช่ในน้ำประปา ที่ pH 7.34 เป็นเวลา 24 ชม. หลังจากนั้นนำชิ้นงานที่เตรียมได้ไปทดสอบสมบัติการดึงยึด เปรียบเทียบกับก่อนการแช่น้ำ ผลการทดสอบแสดงดังภาพ 40 พบว่า ฟิล์มยังคงมีค่าความแข็งแรงในการดึงยึด และความสามารถในการดึงยึดใกล้เคียงฟิล์มก่อนนำไปแช่ในน้ำ



ภาพ 40 สมบัติการดึงยืดของฟิล์มสูตร 7030GT42GUM5LN2 หลังผ่านการแช่น้ำเป็นเวลา 24 ชม.
 a) ค่าความต้านทานการเปลี่ยนรูป b) ค่าความแข็งแรงในการดึงยืด c) ค่าความสามารถในการดึงยืด

5) สรุปผลการดำเนินการ

ผลการดำเนินการในปัจจุบันสามารถผลิตถุงเพาะกล้าไม้ยืนต้น สำหรับอายุ 6-12 เดือน โดยใช้สูตร 7030GT42GUM5LN5 ดังแสดงในตาราง 39

ตาราง 39 สูตรฟิล์มถุงเพาะชำกล้าไม้ สำหรับกล้าอายุ 6-12 เดือน

Formulation	Component (%)				Addition (phr)	
	PLA	PBAT	TPS	Lignin	GMS	TiO ₂
7030GT42GUM5LN5	63	27	5	5	1.8	1.8



ภาพ 41 ถุงเพาะกล้าไม้ยืนต้นขนาด 2x6 นิ้ว

นอกจากนี้ได้ผลิตถุงเพาะกล้าไม้ยืนต้นขนาด 2x6 นิ้ว เพื่อนำไปทดสอบภาคสนามกับมูลนิธิโครงการหลวง ในเฟสที่ 2 จำนวน 2,000 ใบ วันที่ 16 มิถุนายน 2557 จากการสอบถามความพึงพอใจของผู้ใช้งานพบว่า ผู้ใช้งานมีความพอใจในการใช้งานดีโดยเฉพาะในขั้นตอนบรรจุดิน ถุงยังคงสภาพความแข็งแรงได้ดี โดยไม่มีการฉีกขาดในระหว่างการบรรจุดิน โดยภาพตัวอย่างในการบรรจุดินและปลูกลงกล้า แสดงดังภาพ 42



ภาพ 42 การทดสอบภาคสนามการของปลูกลำต้นกล้า ณ วันที่ 16 มิถุนายน 2557

6) ผลการทดสอบความแข็งแรงของถุงเพาะกล้าไม้ยืนต้นบนแปลงทดสอบ (รายละเอียดการทดลองแสดงในภาคผนวกที่ 3)

การทดสอบการใช้ถุงเพาะย่อยสลายสำหรับเพาะกล้าไม้ยืนต้นประกอบด้วย ต้นจันทน์ทองเทศ ต้นการบูร ต้นนางพญาเสือโคร่ง และต้นไผ่รวก ดำเนินการทดสอบช่วงเดือนกรกฎาคม 2557 ถึง เดือนกรกฎาคม 2558 โดยศึกษาชนิดของถุง จำนวน 2 กรรมวิธี กรรมวิธีที่ 1 การใช้ถุงย่อยสลาย ขนาด 2x6 นิ้ว และกรรมวิธีที่ 2 การใช้ถุงพลาสติกทางการค้า (PE) ขนาด 2x6 นิ้ว ร่วมกับการศึกษาการปลูกพืช สถานที่ละ 3 ชนิด ชนิดละ 3 ซ้ำๆ ละ 50 ต้น

จากการทดลอง ต้นกล้าจะถูกเตรียมจากเมล็ดโดยปลูกลงในถาดเพาะเพื่อรอให้ต้นกล้าแข็งแรงก่อนนำปลูกลงในถุงเพาะกล้าไม้ย่อยสลายได้ ซึ่งก่อนเตรียมกล้าไม้ จะเริ่มนำดินบรรจุลงในถุงเพาะชำก่อน ซึ่งระยะเวลาในการนำกล้าไม้มาลงถุงเพาะชำที่เตรียมไว้ไม่สามารถกำหนดได้ ขึ้นอยู่กับความพร้อมของกล้าไม้ และความพร้อมของผู้ปฏิบัติงาน ซึ่งอาจอยู่ในช่วงเวลาตั้งแต่ 2-8 เดือน ก่อนการนำต้นกล้าจากถาดเพาะชำลงปลูกในถุงปลูกละเพาะกล้า โดยระยะเริ่มแรกในระหว่างการบรรจุดินลงถุงปลูกในช่วงเดือน มิถุนายน และเดือน กรกฎาคม ไม่พบปัญหาการฉีกขาดของถุง ในระหว่างการดำเนินงานโดยวิธีปฏิบัติแบบปกติของผู้ปฏิบัติงาน เนื่องจากถุงถูกพัฒนาให้มีความแข็งแรง เหนียว ทนทาน ไม่ฉีกขาดง่าย

หลังจากนั้น มีการนำต้นกล้ามาลงปลูกในถุงเพาะชำ ซึ่งในขั้นตอนของการนำต้นกล้าไม้มาลงปลูกในถุงปลูกที่บรรจุดินเตรียมไว้พบปัญหา ดังนี้

1. ก่อนนำต้นกล้าลงดินจะมีการเกลี่ยดิน ซึ่งในระหว่างการเกลี่ยดิน พบว่าถุงเกิดการฉีกขาดตามแนวยาว
2. เมื่อนำต้นกล้าลงปลูกในถุงเพาะชำ ถุงเกิดการฉีกขาด

สำหรับถุงที่มีการนำต้นกล้าไม้มาลงปลูกในถุงเพาะชำแล้ว จะดำเนินการปลูกต่อเพื่อให้ต้นกล้ามีความแข็งแรงเพียงพอที่จะเคลื่อนย้ายต้นกล้าไปลงปลูกในสถานที่จริงได้ ซึ่งพบปัญหาต่างๆ ดังนี้

1. ถุงเพาะชำเกิดการแตกออกเป็นชิ้นเล็กๆ จากบริเวณก้นถุง แสดงดังภาพ 43
2. ถุงเพาะชำไม่สามารถถูกเคลื่อนย้ายได้ตามปกติ (วิธีปกติจะดำเนินการโดยจับที่ต้นกล้าแล้วเคลื่อนย้ายไปสถานที่ที่ต้องการปลูก)



ภาพ 43 ลักษณะของถุงเพาะกล้าไม้ระยะเวลา 2 เดือน

แนวทางการแก้ไข

1. ลดระดับการเกิด Hydrolysis ของพอลิเมอร์ชีวภาพ ได้แก่ PLA, PBAT และ TPS โดยการเพิ่มปริมาณสาร GMS หรือสารประกอบที่ป้องกันการเกิด Hydrolysis หรือสารที่มีสมบัติเป็น hydrophobic
2. ลดการแตกสลายของพอลิเมอร์โดยการลดปริมาณสารประกอบลิกนินให้น้อยกว่า 1%
3. ลดปริมาณของ TPS หรือไม่เติมเพื่อลดการย่อยสลายของถุงเพาะชำ
4. ตรวจสอบการแตกสลายตัวของพอลิเมอร์ผ่าน GPC

5.2 การพัฒนาถุงเพาะกล้าไม้ยืนต้น ระยะที่ 2

สำหรับถุงเพาะกล้าไม้ยืนต้นในการพัฒนาในระยะที่ 2 พัฒนาต่อจากระยะที่ 1 ซึ่งถุงเพาะเกิดการย่อยสลายและเสียสภาพเร็วกว่าที่กำหนดไว้ ทำให้ไม่สามารถทำการทดสอบการปลูกพืชต่อไปได้ จึงได้ดำเนินการปรับปรุงสูตรและเตรียมถุงเพาะกล้าไม้ยืนต้นใหม่ โดยลดสารช่วยในการย่อยสลายลง (ตาราง 40) และศึกษาผลของ TPS ต่างชนิดกัน เพื่อทดสอบการสลายตัวของถุงเพาะ โดยทดลองนำดินลงบรรจุและตั้งไว้ที่แปลงทดลอง เพื่อตรวจสอบความแข็งแรงและการย่อยสลาย ผลการทดลอง พบว่า ถุงเพาะยังคงสภาพแข็งแรง จึงดำเนินการทดลองต่อโดยการปลูกพืชต่อไป (รายละเอียดการทดลองและผลการทดลองแสดงในภาคผนวกที่ 3)

ตาราง 40 สูตรถุงเพาะกล้าไม้สำหรับทดสอบการปลูกกล้าไม้บนดิน สถานที่โครงการหลวง

Code	Sample	Formulation						
		PLA (%wt)	PBAT (%wt)	GMS (phr)	TiO ₂ (phr)	Lignin (phr)	TPS(GUM) (phr)	TPS(FJ) (phr)
1P	7030GT11	70	30	1	1	-	-	-
2P	7030GT11LN0.1	70	30	1	1	0.1	-	-
3P	7030GT11LN1	70	30	1	1	1	-	-
4P	7030GT22LN1	70	30	2	2	1	-	-
5P	7030GT11GUM1	70	30	1	1	-	1	-
6P	7030GT11GUM5	70	30	1	1	-	5	-
7P	7030GT11FJ1	70	30	1	1	-	-	1
8P	7030GT11FJ5	70	30	1	1	-	-	5

1) การทดลอง

การทดสอบถุงเพาะกล้าไม้ยืนต้นได้ทำการทดสอบ 2 สถานที่ ได้แก่ แปลงรวบรวมพันธุ์ไม้มูลนิธิโครงการหลวงแม่เหียะ ใช้ต้นนางพญาเสือโคร่ง เป็นพืชทดสอบ และสถานีเกษตรหลวงปางดะ ใช้ต้นการบูรเป็นพืชทดสอบ

2) ผลการทดสอบ (รายละเอียดการทดลองและผลการทดลองแสดงในภาคผนวกที่ 3)

2.1) การตรวจสอบความแข็งแรงของถุงเพาะก่อนปลูกพืชทดสอบ (3 เดือน)

โดยการตรวจสอบการฉีกขาดของถุงเพาะ หลังรับมอบถุงเพาะ และหลังกรอกวัสดุปลูก ผลการตรวจสอบพบว่าถุงย่อยสลายมีแข็งแรงดีซึ่งไม่พบการฉีกขาดและรอยแตกของถุงย่อยสลายทั้งก่อนและหลังกรอกวัสดุปลูกจากแปลงรวบรวมพันธุ์ไม้มูลนิธิโครงการหลวงแม่เหียะ และสถานีเกษตรหลวงปางดะ

2.2) ผลการตรวจสอบความแข็งแรงของถุงระหว่างการปลูกพืช (6 เดือน)

1. แปลงรวบรวมพันธุ์ไม้มูลนิธิโครงการหลวงแม่เหียะ ผลการทดลองระยะ 9 เดือน พบว่า สูตร 6P มีการแตกของถุงย่อยสลายมากที่สุด และถุงย่อยสลายมีจำนวนการฉีกขาดทั้งหมด (100%) ภายในเดือนพฤศจิกายน ขณะที่ถุงเพาะสูตร 4P พบการแตกของถุงน้อยที่สุด (ตาราง 41)

2. สถานีเกษตรหลวงปางดะ ผลการทดลองระยะ 9 เดือน พบว่า สูตร 6P และ 8P เป็นถุงเพาะที่มีจำนวนการแตกของถุงมาก และใช้เวลาเร็วกว่าถุงปลูกสูตรอื่นๆ อย่างไรก็ตามถุงย่อยสลายสูตร 4P 5P และ 7P ยังคงเหลือถุงเพาะที่ยังไม่ฉีกขาดถุง (ตาราง 42)

2.3) การย่อยสลายของถุง

1. แปลงรวบรวมพันธุ์ไผ่มูลนิธิโครงการหลวงแม่เหิยะ มีแนวโน้มการลดลงของน้ำหนักถุงเพาะมาก ในระหว่างการทดลองปลูกพืช ช่วงเดือนตุลาคมถุงเพาะที่มีน้ำหนักลดลงมาก คือ ถุงเพาะสูตร 6P และ 8P แต่อย่างไรก็ตามในเดือนธันวาคมถุงเพาะสูตรอื่นๆ มีน้ำหนักเฉลี่ยลดลงเพิ่มขึ้น ถุงปลูกที่มีน้ำหนักเฉลี่ยลดลงมาก คือ ถุงเพาะสูตร 1P 3P 6P และ 8P ในขณะที่น้ำหนักถุงย่อยสลายที่มีน้ำหนักเฉลี่ยลดลงน้อยได้แก่ ถุงเพาะสูตร 7P และ 2P ซึ่งมีน้ำหนักถุงลดลงเฉลี่ย 2.23–5.43 และ 2.44–4.27 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

2. สถานีเกษตรหลวงปางดะ มีแนวโน้มการลดลงของน้ำหนักถุงเพาะมาก คือ ถุงเพาะสูตร 8P และ 6P ในขณะที่น้ำหนักถุงเพาะที่มีน้ำหนักเฉลี่ยลดลงน้อยได้แก่ ถุงเพาะสูตร 2P และ 7P อย่างไรก็ตามถุงเพาะสูตรอื่นๆ มีน้ำหนักลดลงตามระยะเวลาที่เพิ่มขึ้น

ตาราง 41 เปอร์เซ็นต์การแตกของถุงย่อยสลายของแต่ละเดือนในพื้นที่แปลงรวบรวมพันธุ์ไผ่มูลนิธิโครงการหลวงแม่เหิยะ

สูตร	เปอร์เซ็นต์การแตกของถุงแต่ละเดือน (เปอร์เซ็นต์)								
	เมษายน	พฤษภาคม	มิถุนายน	กรกฎาคม	สิงหาคม	กันยายน	ตุลาคม	พฤศจิกายน	ธันวาคม
1P	0.00	0.00	1.54	3.33	5.45	11.00	54.44	78.75	94.29
2P	0.00	0.00	1.54	3.33	2.73	7.00	58.89	86.25	92.86
3P	0.00	0.00	2.31	4.17	5.45	14.00	52.22	88.75	95.71
4P	0.00	0.00	1.54	2.50	3.64	7.00	57.78	83.75	90.00
5P	0.00	0.00	0.77	2.50	2.73	14.00	56.67	86.25	92.86
6P	0.00	0.00	2.31	5.83	12.73	20.00	75.56	100.00	100.00
7P	0.00	0.00	0.00	2.50	2.73	11.00	61.11	85.00	91.43
8P	0.00	0.00	0.00	1.67	1.82	12.00	65.56	91.25	97.14

ตาราง 42 เปอร์เซ็นต์การแตกของถุงย่อยสลายของแต่ละเดือนในพื้นที่สถานีฯ ปางดะ

สูตร	เปอร์เซ็นต์การแตกของถุงแต่ละเดือน (เปอร์เซ็นต์)								
	เมษายน	พฤษภาคม	มิถุนายน	กรกฎาคม	สิงหาคม	กันยายน	ตุลาคม	พฤศจิกายน	ธันวาคม
1P	0.00	0.00	3.85	10.83	15.45	34.00	76.67	90.00	100.00
2P	0.00	0.00	4.62	13.33	21.82	34.00	70.00	93.75	100.00
3P	0.00	0.00	4.62	12.50	20.00	42.00	68.89	96.25	100.00
4P	0.00	0.00	3.85	10.83	17.27	28.00	73.33	88.75	95.71
5P	0.00	0.00	3.08	5.00	11.82	18.00	64.44	96.25	97.14
6P	0.00	2.86	7.69	16.67	30.91	39.00	78.89	100.00	100.00
7P	0.00	0.00	3.08	10.83	19.09	30.00	68.89	95.00	98.57
8P	0.00	0.00	3.85	9.17	23.64	29.00	76.67	100.00	100.00

5.3 การพัฒนาถุงเพาะกล้าไม้ยืนต้น ระยะที่ 3

สำหรับการพัฒนาถุงเพาะกล้าไม้ยืนต้นในระยะที่ 3 เป็นการพัฒนาถุงเพาะกล้าไม้ยืนต้นที่พัฒนาสูตรต่อจากพัฒนาในระยะที่ 2 โดยนำสูตร 1P (PLA:PBAT:GMS:TiO₂:70:30:1:1 %w/w) และ 3P (PLA:PBAT:GMS:TiO₂:Lignin,70:30:1:1:1 %w/w) โดยเพิ่มสาร Poly ethyleneglycol (PEG400) เป็นสาร Plasticizer เพื่อเพิ่มความนิ่ม และยืดหยุ่น ให้มากขึ้น นอกจากนี้ยังเพิ่มสารกลุ่ม Anti-oxidant และ UV stabilizer เพื่อเพิ่มความแข็งแรงให้กับถุงปลูก และเพิ่ม Talc เพื่อลดการติดกันของพื้นผิวของชั้นงาน ซึ่งสามารถพัฒนาสูตรถุงเพาะกล้าไม้ยืนต้นได้ดังแสดงในตาราง 43

ตาราง 43 สูตรถุงเพาะกล้าไม้ยืนต้นสำหรับทดสอบการปลูกกล้าไม้บนดิน สถานที่โครงการหลวง

No.	Code Name	PLA	PEG	PBAT	GMS (phr)	TiO ₂ (phr)	Lignin (phr)	Talc (phr)	UV (phr)	Antiox (phr)
1	9P (LPG70V30GT11)	66.5	3.5	30	1	1	0	3	0.5	0.1
2	10P (LPG70V30GT11LN1)	66.5	3.5	30	1	1	1	3	0.5	0.1

หมายเหตุ : PLA = Polylactic acid (PLA4043D บริษัท Nature work), PBAT = Poly(butylene adipate-co-terephthalate) (ชื่อการค้า Ecoflex blend C1200 บริษัท UNIC), PEG = Polyethylene glycol MW 400 g/mol (ชื่อการค้า Carbowax Polyethylene glycol 400 บริษัท DOW), GMS = Glyceryl monostearate (GLST SE), TiO₂ = Titanium dioxide (ชื่อการค้า Ti-Pure R103 บริษัท Dupont), Lignin = Calcium lignosulphonate (ชื่อการค้า Borresperse CA-SA บริษัท Lignotech), Talc = Talcum powder (ชื่อการค้า Microtuff AG609 บริษัท Specialty minerals), UV = UV stabilizer (ชื่อการค้า Tinuvin 622 SF บริษัท BASF), Antiox = Antioxidant (ชื่อการค้า Irganox1010 บริษัท Ciba)

1) การเตรียมถุงเพาะกล้าไม้ยืนต้น

1.1) การเตรียมเม็ดคอมพาวด์

การเตรียมเม็ดคอมพาวด์ LPG70V30GT11 นั้นจะเริ่มจากการเตรียมเม็ดคอมพาวด์ LPG ก่อนโดยนำ PLA 95 %wt และ PEG400 5 %wt ผสมเข้ากันโดยผ่านเครื่อง Twin screw extruder ที่อุณหภูมิ 100, 120, 150, 180, 200, 190, 170, 160, 150 และ 150 °C ตามลำดับ ความเร็วรอบสกรู 300 รอบต่อนาที จะได้เม็ดคอมพาวด์มีลักษณะเป็นเม็ดสีเหลืองใส จากนั้นนำเม็ดคอมพาวด์ LPG ดังกล่าวและองค์ประกอบที่เหลือตามอัตราส่วนดังตาราง 43 ผสมเข้ากันโดยผ่านเครื่อง Twin screw extruder ที่อุณหภูมิ 100, 120, 150, 180, 200, 190, 170, 160, 150 และ 150 °C ตามลำดับ ความเร็วรอบสกรู 300 รอบต่อนาทีจะได้เม็ดคอมพาวด์มีลักษณะเป็นเม็ดสีขาวขุ่น

สำหรับการเตรียมเม็ดคอมพาวด์ LPG70V30GT11LN1 และ LPG70V30GT11LN3 เตรียมเช่นเดียวกับ LPG70V30GT11 ได้เม็ดคอมพาวด์มีลักษณะเป็นเม็ดสีน้ำตาลขุ่น โดยสีน้ำตาลจะเข้มขึ้นตามปริมาณลิกนินที่เพิ่มขึ้น

1.2) การเป่าถุงเพาะกล้าไม้ยืนต้น

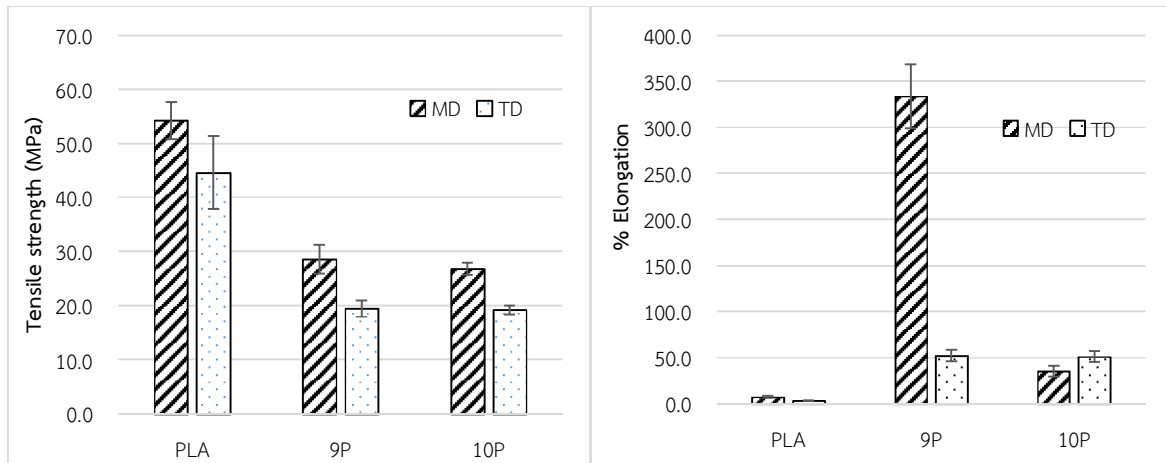
นำเม็ดคอมพาวด์ที่เตรียมได้มาเป่าขึ้นรูปถุงด้วยเครื่อง Blow film machine ที่อุณหภูมิ 120, 170, 180, 160, 160 และ 160 °C ตามลำดับ ความเร็วรอบสกรู 100 รอบต่อนาทีจะได้ถุงเพาะกล้าไม้มีลักษณะเป็นฟิล์มสีขาวขุ่นสำหรับสูตร LPG70V30GT11 (สีน้ำตาลขุ่นสำหรับสูตร LPG70V30GT11LN1 และ LPG70V30GT11LN3) ใช้เครื่อง Labtech model LE20-30/C & LF-250 ณ ม.นเรศวร จ.พิษณุโลกได้ถุงเพาะขนาดกว้าง 2 นิ้ว แบบพับเป็นถุงแล้ว ความหนาของฟิล์ม 50 ไมครอน

2) ผลการเตรียมถุงเพาะกล้าไม้ยืนต้น

สามารถเตรียมถุงเพาะกล้าไม้ยืนต้นทั้ง 3 สูตรได้ โดยทำการเตรียมถุงสูตร 9P และ 10P สูตรละ 700 ใบ เพื่อทดสอบความแข็งแรงในแปลงปลูก

3) การทดสอบความแข็งแรงของถุงเพาะกล้าไม้ยืนต้นด้วยเทคนิค Tensile testing

ผลการทดสอบความแข็งแรงของถุงเพาะกล้าไม้ยืนต้น สูตร 9P และ 10P พบว่า แผ่นฟิล์มทั้งสองสูตรมีค่าความทนต่อแรงดึงมีค่าใกล้เคียงกันทั้งสองแนวทั้งแนวตามเครื่องจักรและแนวขวางเครื่องจักร โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 20-29 MPa และมีค่าความแข็งแรงลดลงเมื่อเทียบกับฟิล์ม PLA สำหรับค่าการยืดตัว ณ จุดขาด ของฟิล์มถุงเพาะทั้งสองสูตรที่พัฒนาขึ้นมีค่าการยืดที่เพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับฟิล์ม PLA โดยที่สูตร 9P มีค่าการยืดสูงสุดที่ 334% ในแนวตามเครื่องจักรแต่ในแนวขวางเครื่องจักรมีค่า 50% ในขณะที่สูตร 10P มีค่าการยืดแนวขวางเครื่องจักรและแนวตามเครื่องจักรมีค่าใกล้เคียงกัน โดยมีค่าขวางเครื่องจักร เท่ากับ 36% ในขณะที่แนวตามเครื่องจักรมีค่าเท่ากับ 51% ดังแสดงในภาพ 44



ภาพ 44 การทดสอบความแข็งแรงของถุงเพาะกล้าไม้ยืนต้นก่อนใช้งานด้วยเทคนิค Tensile testing

4) การทดสอบและผลการทดสอบความแข็งแรงของถุงเพาะกล้าไม้ยืนต้น (รายละเอียดการทดลองและผลการทดลองแสดงในภาคผนวกที่ 3)

การทดสอบถุงเพาะกล้าไม้ยืนต้นได้ทำการทดสอบ 2 สถานที่ ได้แก่ แปลงรวบรวมพันธุ์ไม้มูลนิธิโครงการหลวงแม่เหิยะใช้ต้นนางพญาเสือโคร่งเป็นพืชทดสอบ และสถานีเกษตรหลวงปางดะใช้ต้นการบูรเป็นพืชทดสอบ ขั้นตอนดำเนินการ เตรียมวัสดุปลูกซึ่งประกอบด้วยดิน แกลบ และแกลบดำ (อัตราส่วนขึ้นอยู่กับสูตรเพาะกล้าของแต่ละสถานที่) มาตรการใส่ถุงเพาะย่อยสลายโดยใส่ดินเต็มถุง จากนั้นใส่ตะกร้าและนำไปจัดเรียงบริเวณที่เตรียมไว้ หลังจากการก่อวัสดุทิ้งไว้ 3 เดือน จึงย้ายกล้าการบูรและนางพญาเสือโคร่งลงถุงปลูก

1. การตรวจสอบความแข็งแรงของถุงเพาะย่อยสลายก่อนปลูกพืชทดสอบ

โดยการตรวจสอบการฉีกขาดของถุงเพาะย่อยสลาย จำนวน 2 สูตร ได้แก่ สูตร 9P และ 10P โดยทำการตรวจสอบ จำนวน 2 ครั้ง ได้แก่ หลังรับมอบถุงเพาะ และหลังการก่อวัสดุปลูก ผลการตรวจสอบพบว่าถุงย่อยสลายมีแข็งแรงดีซึ่งไม่พบการฉีกขาดและรอยแตกของถุงย่อยสลายทั้งก่อนและหลังการก่อวัสดุปลูก

2. ผลการตรวจสอบความแข็งแรงของถุงระหว่างการปลูก

-แปลงรวบรวมพันธุ์ไม้มูลนิธิโครงการหลวงแม่เหิยะ

จากการศึกษาการแตกของถุงย่อยสลายโดยการนับถุงที่มีการฉีกขาดในแต่ละเดือน โดยสุ่มเก็บเดือนละ 1 ครั้ง เป็นเวลา 5 เดือน พบว่า ถุงย่อยสลายเริ่มพบการฉีกขาดในเดือนที่ 2 หลังย้ายปลูก พบการฉีกขาดของสูตร 9P และ 10P คิดเป็น 23.33 และ 8.33 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ สูตรถุงย่อยสลาย 9P เกิดการฉีก 100 เปอร์เซ็นต์ในเดือนที่ 3 ในขณะที่สูตรถุงย่อยสลาย 10P เกิดการฉีกขาดเพิ่มขึ้นตามระยะเวลา โดยใช้ระยะเวลา 5

เดือนจึงเกิดการฉีกขาดครบ 100 เปอร์เซ็นต์ โดยลักษณะการฉีกของถุงย่อยสลายเกิดตามแนวรอยพับของถุง (ตาราง 44)

-สถานีเกษตรหลวงปางดะ

การทดสอบที่สถานีเกษตรหลวงปางดะพบว่าถุงย่อยสลายเริ่มเกิดการฉีกขาดในเดือนที่ 3 หลังย้ายปลูก พบการฉีกขาดของสูตร 9P และ 10P คิดเป็น 19.00 และ 11.33 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ สูตรถุงย่อยสลายทั้งสองสูตรเกิดการฉีกขาดเพิ่มขึ้นขึ้นตามระยะเวลาที่เพิ่มขึ้น โดยหลังจากย้ายปลูกในเวลา 6 เดือน พบว่าถุงย่อยสลาย 9P และ 10P เกิดการฉีก 94.33 และ 46.67 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งลักษณะการฉีกของถุงย่อยสลายเกิดตามแนวรอยพับ และบริเวณก้นถุง (ตาราง 45)

ตาราง 44 การประเมินระดับการฉีกขาดของถุงปลูกจากการสังเกตอายุ 1 ถึง 5 เดือน หลังย้ายปลูก

กรรมวิธี	จำนวนเดือนหลังปลูก (เดือน)				
	1	2*	3*	4*	5
9P	0.00	23.33a	100a	100a	100
10P	0.00	8.33b	42.67b	66.00b	100
PE	0.00	0.00b	0.00c	0.00c	0.00
LSD (0.05)	-	13.1	14.12	18.18	-
CV(%)	-	54.79	13.09	14.5	-

*ค่าเฉลี่ยในแนวดิ่งของแต่ละปัจจัยที่ตามหลังด้วยอักษรที่ต่างกันแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น P < 0.05 โดยวิธี Least Significant Difference

ตาราง 45 การประเมินระดับการฉีกขาดของถุงปลูกจากการสังเกตอายุ 1 ถึง 6 เดือน หลังย้ายปลูก

กรรมวิธี	จำนวนเดือนหลังปลูก (เดือน)					
	1	2	3*	4*	5*	6*
9P	0.00	0.00	19.00a	44.33a	66.33a	94.33a
10P	0.00	0.00	11.33ab	24.00a	31.33b	46.67b
PE	0.00	0.00	0.00b	0.00b	0.00c	0.00c
LSD (0.05)	-	-	12.37	22.34	17.18	16.76
CV(%)	-	-	53.97	43.26	23.28	15.73

*ค่าเฉลี่ยในแนวดิ่งของแต่ละปัจจัยที่ตามหลังด้วยอักษรที่ต่างกันแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น P < 0.05 โดยวิธี Least Significant Difference

3. ศึกษาการย่อยสลายของถุงย่อยสลาย

-แปลงรวบรวมพันธุ์ไม้มูลนิธิโครงการหลวงแม่เหิยะ

จากการศึกษาการย่อยสลายของถุงด้วยการหาน้ำหนักถุงที่หายไป โดยสุ่มเก็บถุงย่อยสลายเดือนละ 1 ครั้ง เป็นเวลา 5 เดือน พบว่า น้ำหนักถุงย่อยสลายสูตร 9P และ 10P มีแนวโน้มลดลงหลังจากเริ่มทดสอบอยู่ในช่วง 1.63-6.49 และ 0.16-4.70 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

-สถานีเกษตรหลวงปางดะ

การศึกษากการย่อยสลายของถุงย่อยสลายที่สถานีเกษตรหลวงปางดะ ด้วยการหาน้ำหนักถุงที่หายไปเป็นเวลา 6 เดือน พบว่า น้ำหนักถุงย่อยสลายสูตร 9P และ 10P มีแนวโน้มลดลงหลังจากเริ่มทดสอบอยู่ในช่วง 1.15-5.46 และ 0.00-4.81 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

5) สรุปผลการทดสอบการใช้ถุงเพาะกล้าไม้ยืนต้น

ความแข็งแรงของถุงเพาะก่อนการใช้งาน และก่อนการปลูกพืชมีความแข็งแรงดีทั้งสองสูตรและสองพื้นที่ในการทำการทดสอบ เกิดการฉีกขาดของถุงเพาะทั้งสองสูตรเมื่อทำการปลูกพืช และเกิดการฉีกขาดทั้งหมดภายในระยะเวลา 6 เดือน ซึ่งไม่แข็งแรงเพียงพอในการขยายผลให้กับเกษตรกรได้

5.4 การพัฒนาถุงเพาะกล้าไม้ยืนต้น ระยะที่ 4

จากผลการทดสอบความแข็งแรงของถุงเพาะกล้าไม้ยืนต้นในระยะที่ 3 พบว่า ถุงย่อยสลายทั้ง 2 สูตร ยังแข็งแรงไม่เพียงพอต่อการนำมาใช้ปลูกต้นกล้าไม้ยืนต้น เนื่องจากพบการย่อยสลายของถุงครบ 100 เปอร์เซ็นต์ ก่อนระยะเวลา 1 ปี ซึ่งโดยปกติอายุของกล้าไม้ยืนต้นต้องใช้เวลาในการปลูกในแปลงประมาณ 1 ปี ก่อนสามารถนำไปปลูกในสภาพแวดล้อมจริงได้ ดังนั้นจึงพัฒนาถุงเพาะให้มีความแข็งแรงเพิ่มมากขึ้นโดยนำข้อมูลจากการพัฒนาถุงปลูกมะเขือเทศมาประกอบในการพัฒนาสูตรใหม่ซึ่งสามารถพัฒนาสูตรถุงเพาะกล้าไม้ยืนต้นดังแสดงในตาราง 46

ตาราง 46 อัตราส่วนของสูตรถุงเพาะกล้าไม้ยืนต้น

No.	Code Name	% Composition									note
		PLA	PBAT	Talc (phr)	GMS (phr)	TiO ₂ (phr)	anti- Ox (phr)	anti- Hydrolysis 100 (phr)	anti- Hydrolysis 500 (phr)	Lignin (phr)	
1	12P	60	40	3	1	1	0.2	2	-	1	อบ
2	13P	60	40	3	1	1	0.2	1.5	1.5	1	อบ

หมายเหตุ : *ใช้ glycerol 1% ช่วยให้ส่วนผสมที่เป็นผงสามารถติดกับเม็ดพลาสติก, PLA = Polylactic acid (PLA4043D บริษัท Nature work), PBAT = Poly(butylene adipate-co-terephthalate (ชื่อการค้า Ecoflex blend C1200 บริษัท UNIC), GMS = Glyceryl monostearate (GLST SE), TiO₂ = Titanium dioxide (ชื่อการค้า Ti-Pure R103 บริษัท Dupont), Talc = Talcum powder (ชื่อการค้า Microtuff AG609 บริษัท Specialty minerals), antiox = Antioxidant (ชื่อการค้า Irganox1010 บริษัท Ciba), anti-Hydrolysis 100 = bioadimide 100 XT บริษัท Rhein chemie, anti-Hydrolysis 500 = bioadimide 500 XT บริษัท Rhein chemie, Lignin = Calcium lignosulphonate (ชื่อการค้า Borresperse CA-SA บริษัท Lignotech)

1) การเตรียมถุงเพาะกล้าไม้ยืนต้น

1.1) การเตรียมเม็ดคอมพาวด์

การเตรียมเม็ดคอมพาวด์นั้นจะเริ่มจากการอบเม็ด PLA และ PBAT ที่อุณหภูมิ 80 °C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง และนำไปผสมตามอัตราส่วนดังตาราง 46 ผสมเข้ากันโดยผ่านเครื่อง Twin screw extruder ที่อุณหภูมิ 100, 120, 150, 180, 200, 190, 170, 160, 150 และ 150 °C ตามลำดับ ความเร็วรอบสกรู 300 รอบต่อนาที จะได้เม็ดคอมพาวด์มีลักษณะเป็นเม็ดสีน้ำตาลอ่อน

1.2) การเป่าถุงเพาะกล้าไม้ยืนต้น

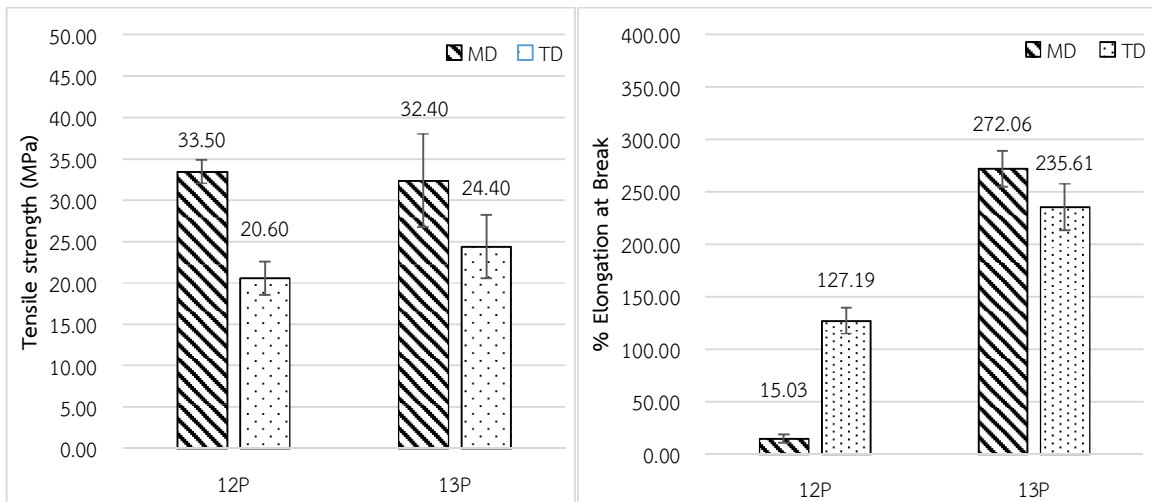
การเป่าถุงเพาะทั้ง 2 สูตร จะทำการอบเม็ดคอมพาวด์ที่อุณหภูมิ 80 °C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ก่อนเป่าขึ้นรูป ขั้นตอนการเป่าขึ้นรูปถุงขนาด 2x6 นิ้ว มีขั้นตอนดังนี้ นำเม็ดคอมพาวด์ที่เตรียมได้มาเป่าขึ้นรูปถุงด้วยเครื่อง Blow film machine ที่อุณหภูมิ 120, 170, 180, 160, 160 และ 160 °C ตามลำดับ ความเร็วรอบสกรู 100 รอบต่อนาที จะได้ถุงเพาะมีลักษณะเป็นฟิล์มสีน้ำตาลอ่อน ใช้เครื่อง Labtech model LE20-30/C & LF-250 ณ ม.นเรศวร จ.พิษณุโลกได้ถุงปลูกขนาดกว้าง 2 นิ้ว แบบพับเป็นถุงแล้ว ความหนาของฟิล์ม 50 ไมครอน

2) ผลการเตรียมถุงเพาะกล้าไม้ยืนต้น

สามารถเตรียมถุงปลูกกล้าป่าไม้ได้ทั้ง 2 สูตร

3) การทดสอบความแข็งแรงของถุงเพาะกล้าไม้ยืนต้นด้วยเทคนิค Tensile testing

การทดสอบความแข็งแรงของชิ้นงานด้วยเทคนิค Tensile testing ได้ผลการทดสอบดังในภาพ 45 จากผลการทดสอบ พบว่า ค่าความแข็งแรงในแนวตามเครื่องจักร (MD) ของสูตร 12P และ 13P มีค่า 33.50 และ 32.40 MPa ตามลำดับ ค่าความแข็งแรงในแนวขวางเครื่องจักร (TD) ของสูตร 12P และ 13P มีค่า 20.60 และ 24.40 MPa ตามลำดับ ค่าการยืดในแนวตามเครื่องจักร (MD) ของสูตร 12P และ 13P มีค่า 15.03 และ 272.06 % ตามลำดับ ค่าการยืดในแนวขวางเครื่องจักร (TD) ของสูตร 12P และ 13P มีค่า 127.19 และ 235.61 % ตามลำดับ ทั้ง 2 สูตรมีค่าความแข็งแรงใกล้เคียงกัน โดยมีค่าความแข็งแรงในแนวตามเครื่องจักร (MD) มากกว่าแนวขวางเครื่องจักร (TD) ส่วนค่าการยืดนั้นสูตร 13P มีค่าสูงกว่าสูตร 12P บ่งชี้ว่าสูตร 13P มีสมบัติที่ดี สะท้อนศักยภาพที่ดีสำหรับการทดสอบภาคสนาม



ภาพ 45 การทดสอบความแข็งแรงของถุงเพาะกล้าไม้ยืนต้น

4) การทดสอบและผลการทดสอบความแข็งแรงของถุงเพาะกล้าไม้ยืนต้น (รายละเอียดการทดลองและผลการทดลองแสดงในภาคผนวกที่ 3)

จากการทดสอบการใช้ถุงเพาะกับการใช้ปลูกกล้าไม้ยืนต้น ได้แก่ จันทน์ทองเทศ การบูร และต้นนางพญาเสือโคร่ง ในพื้นที่ทดสอบ 2 พื้นที่ ได้แก่พื้นที่สถานีเกษตรหลวงปางดะ และพื้นที่แปลงรวบรวมพันธุ์ไผ่แม่เหียะ มูลนิธิโครงการหลวงทั้งนี้ได้เก็บรวบรวมข้อมูลหลังจากการดำเนินงานแล้วรวมระยะเวลา 4 เดือนซึ่งได้ผลการทดลองดังนี้

1. การตรวจสอบความแข็งแรงของถุงเพาะก่อนปลูกพืชทดสอบ

โดยการตรวจสอบการฉีกขาดของถุงเพาะย่อยสลาย จำนวน 2 สูตร ได้แก่ สูตร 12P และ 13P โดยทำการตรวจสอบ จำนวน 2 ครั้ง ได้แก่ หลังรับมอบถุงเพาะ และหลังกรอกวัสดุปลูก ผลการตรวจสอบพบว่าถุงเพาะย่อยสลายมีความแข็งแรงดี ซึ่งไม่พบการฉีกขาดและรอยแตกของถุงเพาะย่อยสลายทั้งก่อนและหลังกรอกวัสดุปลูก

2. ผลการตรวจสอบความแข็งแรงของถุงระหว่างการปลูกพืช

-แปลงรวบรวมพันธุ์ไผ่แม่เหียะ มูลนิธิโครงการหลวง

ต้นจันทน์ทองเทศ

ผลการศึกษาการฉีกขาดของถุงเพาะ พบว่าถุงเพาะสูตร 12P และ 13P เริ่มมีการฉีกขาดตั้งแต่เดือนที่ 4 หลังย้ายปลูก โดยถุงเพาะย่อยสลายสูตร 12P พบการฉีกขาด 1.67 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ถุงเพาะสูตร 13P พบการฉีกขาด 0.67 เปอร์เซ็นต์ ถุงเพาะทั้ง 2 สูตรมีจำนวนการฉีกขาดเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาที่เพิ่มขึ้น โดย

ถุงเพาะสูตร 12P มีจำนวนการฉีกขาดมากกว่าสูตร 13P แต่เดือนที่ 12 หลังย้ายปลูก ถุงเพาะสูตร 12P มีจำนวนการฉีกขาดทั้งหมด คิดเป็น 100 เปอร์เซ็นต์ แต่ไม่แตกต่างกับถุงเพาะสูตร 13P ซึ่งมีจำนวนการฉีกขาด คิดเป็น 98.33 เปอร์เซ็นต์ ส่วนถุงปลูกชนิด PE ไม่พบการฉีกขาด ตามลำดับ (ตาราง 47)

ตาราง 47 เปอร์เซ็นต์การฉีกขาดของถุงปลูกต้นจันทน์ทองเทศที่อายุ 1 ถึง 12 เดือน หลังย้ายปลูก ณ แปลงของศูนย์เฝ้ามูลนิธิโครงการหลวง

กรรมวิธี	จำนวนเดือนหลังปลูก (เดือน)											
	1	2	3	4 ^{ns}	5 [*]	6 [*]	7 [*]	8 [*]	9 [*]	10 [*]	11 [*]	12 [*]
สูตร 12P	0.00	0.00	0.00	1.67	27.00a	36.67a	44.67a	54.33a	60.00a	87.67a	98.33a	100.00a
สูตร 13P	0.00	0.00	0.00	0.67	9.00b	16.67b	22.67b	43.67a	50.00a	75.00b	91.00b	98.33a
สูตร PE	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00b	0.00c	0.00c	0.00b	0.00b	0.00c	0.00c	0.00c
LSD (0.05)	-	-	-	-	12.82	15.00	12.88	20.69	23.5	10.54	6.59	3.78
CV(%)	-	-	-	113.39	47.14	37.22	25.31	27.95	28.28	8.57	4.60	2.52

* ค่าเฉลี่ยในแนวดิ่งของแต่ละปัจจัยที่ตามหลังด้วยอักษรที่ต่างกันแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น $P < 0.05$ โดยวิธี Least Significant Difference

ns : ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ต้นนางพญาเสือโคร่ง

ผลการศึกษาการฉีกขาดของถุงเพาะ พบว่าถุงเพาะสูตร 12P และ 13P เริ่มมีการฉีกขาดตั้งแต่เดือนที่ 4 หลังย้ายปลูก โดยถุงย่อยสลายสูตร 12P และสูตร 13P พบจำนวนการฉีกขาด 0.33 เปอร์เซ็นต์ ถุงเพาะทั้ง 2 สูตรมีจำนวนการฉีกขาดเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาที่เพิ่มขึ้น จนถึงระยะเวลา 12 เดือนหลังปลูก พบว่าถุงเพาะสูตร 12P และสูตร 13P มีจำนวนการฉีกขาดมากไม่แตกต่างกัน คิดเป็น 98.33 และ 96.00 เปอร์เซ็นต์ ส่วนถุงปลูกชนิด PE ไม่พบการฉีกขาด ตามลำดับ (ตาราง 48)

ตาราง 48 เปอร์เซ็นต์การฉีกขาดของถุงปลูกต้นนางพญาเสือโคร่งที่อายุ 1 ถึง 12 เดือน หลังย้ายปลูก ณแปลงศูนย์เฝ้ามูลนิธิโครงการหลวง

กรรมวิธี	จำนวนเดือนหลังปลูก (เดือน)											
	1	2	3	4 ^{ns}	5 ^{ns}	6 [*]	7 [*]	8 [*]	9 [*]	10 [*]	11 [*]	12 [*]
สูตร 12P	0.00	0.00	0.00	0.33	6.33	22.67a	27.00a	35.33a	52.00a	72.67a	91.33a	98.33a
สูตร 13P	0.00	0.00	0.00	0.33	5.57	18.00a	22.33a	34.00a	49.33a	71.33b	84.33a	96.00a
สูตร PE	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00b	0.00b	0.00b	0.00b	0.00b	0.00b	0.00b
LSD (0.05)	-	-	-	-	-	14.68	15.56	16.83	18.43	24.49	16.44	6.46
CV(%)	-	-	-	150.00	65.35	47.78	41.74	32.12	24.07	22.5	12.39	4.4

* ค่าเฉลี่ยในแนวดิ่งของแต่ละปัจจัยที่ตามหลังด้วยอักษรที่ต่างกันแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น $P < 0.05$ โดยวิธี Least Significant Difference

ns : ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

-สถานีเกษตรหลวงปางดะ

ต้นจันทน์ทองเทศ

ผลการศึกษาการฉีกขาดของถุงเพาะ พบว่า ถุงเพาะสูตร 12P เริ่มมีการฉีกขาดตั้งแต่เดือนที่ 4 หลังย้ายปลูก โดยถุงย่อยสลายสูตร 12P พบจำนวนการฉีกขาด 0.33 เปอร์เซ็นต์ ส่วนถุงเพาะสูตร 13P เริ่มมีการฉีกขาดตั้งแต่เดือนที่ 5 หลังย้ายปลูก พบจำนวนการฉีกขาด 1.00 เปอร์เซ็นต์ ถุงเพาะทั้ง 2 สูตรมีจำนวนการฉีกขาดเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาที่เพิ่มขึ้น โดยถุงเพาะสูตร 12P พบจำนวนการฉีกขาดมากกว่าสูตร 13P ตั้งแต่เดือนที่ 7 จนกระทั่งสิ้นสุดการทดลองในเดือนที่ 12 โดยถุงเพาะสูตร 12P มีจำนวนการฉีกขาดเฉลี่ย 85.67 เปอร์เซ็นต์

ถุงเพาะสูตร 13P มีจำนวนการฉีกขาดเฉลี่ย 80.33 เปอร์เซ็นต์ ส่วนถุงปลูกชนิด PE ไม่พบการฉีกขาดตลอดระยะเวลาการทดลอง (ตาราง 49)

ตาราง 49 เปอร์เซ็นต์การฉีกขาดของถุงเพาะหลังย้ายปลูกต้นกล้าจันทน์ทองเทศที่อายุ 1 ถึง 12 เดือน ณ สถานีเกษตรหลวงปางตะ

กรรมวิธี	จำนวนเดือนหลังปลูก (เดือน)											
	1	2	3	4 ^{ns}	5 ^{ns}	6 [*]	7 [*]	8 [*]	9 [*]	10 [*]	11 [*]	12 [*]
สูตร 12P	0.00	0.00	0.00	0.33	5.33	12.33a	16.33a	20.00a	24.00a	44.00a	77.67a	85.67a
สูตร 13P	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	4.33ab	9.67b	9.67b	13.33ab	33.33a	74.00a	80.33b
สูตร PE	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00b	0.00b	0.00b	0.00b	0.00b	0.00b	0.00c
LSD (0.05)	-	-	-	-	-	8.26	10.17	10.16	16.62	16.62	7.44	4.5
CV(%)	-	-	-	300.00	94.08	65.59	55	45.35	58.93	28.45	6.49	3.9

* ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งของแต่ละปัจจัยที่ตามหลังด้วยอักษรที่ต่างกันแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น P < 0.05 โดยวิธี

Least Significant Difference

ns : ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ต้นการบูร

ผลการศึกษาการฉีกขาดของถุงย่อยสลาย พบว่าถุงเพาะสูตร 12P และ 13P เริ่มมีการฉีกขาดตั้งแต่เดือนที่ 4 หลังย้ายปลูก โดยพบจำนวนการฉีกขาด 0.67 เปอร์เซ็นต์ ถุงเพาะทั้ง 2 สูตรมีจำนวนการฉีกขาดเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาที่เพิ่มขึ้น จนกระทั่งในเดือนที่ 12 หลังย้ายปลูก ถุงเพาะสูตร 12P มีจำนวนการฉีกขาดมากที่สุด มีค่าเฉลี่ย 99.33 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือสูตร 13P มีจำนวนการฉีกขาดเฉลี่ย 94.00 เปอร์เซ็นต์ ส่วนถุงปลูกชนิด PE ไม่พบการฉีกขาดตลอดระยะเวลาการทดลอง ตามลำดับ (ตาราง 50)

ตาราง 50 เปอร์เซ็นต์การฉีกขาดของถุงเพาะหลังย้ายปลูกต้นการบูรที่อายุ 1 ถึง 12 เดือน ณ สถานีเกษตรหลวงปางตะ

กรรมวิธี	จำนวนเดือนหลังปลูก (เดือน)											
	1	2	3	4 ^{ns}	5 ^{ns}	6 ^{ns}	7 ^{ns}	8 [*]	9 [*]	10 [*]	11 [*]	12 [*]
สูตร 12P	0.00	0.00	0.00	0.67	9.33	19.00	21.67	27.00a	40.67a	60.67a	83.67a	99.33a
สูตร 13P	0.00	0.00	0.00	0.67	6.67	9.33	12.33	23.00a	38.33a	58.33a	83.33a	94.00b
สูตร PE	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00b	0.00b	0.00b	0.00b	0.00c
LSD (0.05)	-	-	-	-	-	-	-	17.31	19.06	19.06	12.13	4.41
CV(%)	-	-	-	237.17	87.61	99.76	93.03	45.83	31.92	21.19	11.19	3.02

* ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งของแต่ละปัจจัยที่ตามหลังด้วยอักษรที่ต่างกันแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น P < 0.05 โดยวิธี

Least Significant Difference

ns : ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

3. ศึกษาการย่อยสลายของถุงเพาะ

ด้านการย่อยสลายของถุงมีการย่อยสลายเพิ่มขึ้นผลมีทิศทางเดียวกับความแข็งแรงของถุงปลูก พบว่าลดลงเมื่อระยะเวลาเพิ่มขึ้น ตั้งแต่เดือนที่ 1 ถึง เดือนที่ 12 หลังการย้ายปลูก โดยที่สถานีฯ ปางตะ ถุงเพาะสูตร 12P มีน้ำหนักถุงลดลงเฉลี่ย 2.46-5.88 เปอร์เซ็นต์ ถุงเพาะสูตร 13P มีน้ำหนักถุงลดลงเฉลี่ย 1.88-4.98 เปอร์เซ็นต์ เช่นเดียวกับ ศูนย์ไผ่ฯ ถุงเพาะสูตร 12P ที่มีน้ำหนักถุงลดลงเฉลี่ย 2.65-9.27 เปอร์เซ็นต์ และมากกว่าถุงเพาะสูตร 13P ที่มีน้ำหนักถุงลดลงเฉลี่ย 1.72-8.33 เปอร์เซ็นต์

4. ศึกษาด้านการเจริญเติบโตทางลำต้นของต้นกล้าป่าไม้

ด้านการเจริญเติบโตของกล้าป่าไม้ทั้ง 2 สถานที่ พบว่า สูตรของถุงปลูกไม่ส่งผลต่อการเจริญเติบโต ด้านความสูง ความกว้างทรงพุ่ม ขนาดลำต้น ความยาวราก และน้ำหนักรากให้มีแตกต่างจากการปลูกในถุงพลาสติกการค้า

5) สรุปผลการทดสอบการใช้ถุงเพาะกล้าไม้ยืนต้น

ศึกษาการทดสอบประสิทธิภาพของถุงเพาะ กรณีศึกษาในกล้าไม้ยืนต้น ทดลองในพื้นที่ศูนย์ไม่มูลนิธิโครงการหลวงแม่เหิยะ และสถานีเกษตรหลวงปางดะ โดยศึกษาการปลูกกล้าไม้ยืนต้นในถุงเพาะย่อยสลาย เปรียบเทียบกับการใช้ถุงพลาสติกการค้า สรุปผลการทดลองตลอดระยะ 12 เดือน ดังนี้

การตรวจสอบความแข็งแรงของถุงย่อยสลาย ระยะก่อนปลูก ถุงย่อยสลายมีความแข็งแรง และมีความทนทานต่อการกรอกวัสดุปลูก ซึ่งยังไม่พบการฉีกขาดของถุงทั้ง 2 สถานที่ที่ทดสอบ ระยะหลังย้ายปลูก ถุงเพาะเริ่มมีการฉีกขาดในเดือนที่ 4 และมีจำนวนการฉีกขาดเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนกระทั่งถึงเดือนที่ 12

ผลการทดสอบการย่อยสลายของถุง ด้านการย่อยสลายของถุงมีการย่อยสลายเพิ่มขึ้นผลมีทิศทางเดียวกับความแข็งแรงของถุงปลูก พบว่าลดลงเมื่อระยะเวลาเพิ่มขึ้น ตั้งแต่เดือนที่ 1 ถึง เดือนที่ 12 หลังการย้ายปลูก

จากผลการทดสอบในระยะนี้ พบว่า การใช้ถุงเพาะย่อยสลายทั้ง 2 สูตร มีแนวโน้มการฉีกขาดของถุงลดน้อยลงกว่าการทดสอบระยะที่ 3 และสามารถอยู่ในแปลงเพาะกล้าได้นานขึ้น แม้ในเดือนที่ 12 หลังย้ายปลูกถุงปลูกทั้ง 2 สูตร มีเปอร์เซ็นต์การฉีกขาดมากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ โดยที่สูตรถุงเพาะสูตร 13P มีการฉีกขาดน้อยกว่าสูตร 12P โดยบริเวณที่พบรอยฉีกขาดเกิดขึ้นบริเวณก้นถุง และมีขนาดไม่กว้าง และถุงเพาะยังสามารถตั้งตรงได้

5.5 การพัฒนาถุงเพาะกล้าไม้ยืนต้น ระยะที่ 5 (การขยายผลให้กับเกษตรกร)

จากผลการทดสอบความแข็งแรงของถุงเพาะกล้าไม้ยืนต้นในระยะที่ 4 พบว่า สูตรที่มีความแข็งแรงที่สุดคือ สูตร 13P (ตาราง 51) จึงนำถุงเพาะสูตรนี้ใช้เตรียมถุงเพาะสำหรับการขยายผล และทดสอบความแข็งแรงก่อนการใช้งาน ซึ่งรายละเอียดการทดลองดังแสดงต่อไปนี้

ตาราง 51 อัตราส่วนของสูตรถุงเพาะกล้าไม้ยืนต้น

No.	Code Name	% Composition									note
		PLA	PBAT	Talc (phr)	GMS (phr)	TiO ₂ (phr)	anti-Ox (phr)	anti-Hydrolysis 100 (phr)	anti-Hydrolysis 500 (phr)	Lignin (phr)	
1	13P	60	40	3	1	1	0.2	1.5	1.5	1	อบ

หมายเหตุ : *ใช้ glycerol 1% ช่วยให้ส่วนผสมที่เป็นผงสามารถติดกับเม็ดพลาสติก, PLA = Polylactic acid (PLA4043D บริษัท Nature work), PBAT = Poly(butylene adipate-co-terephthalate) (ชื่อการค้า Ecoflex blend C1200 บริษัท UNIC), GMS = Glyceryl monostearate (GLST SE), TiO₂ = Titanium dioxide (ชื่อการค้า Ti-Pure R103 บริษัท Dupont), Talc = Talcum powder (ชื่อการค้า Microtuff AG609 บริษัท Specialty minerals), anti-ox = Antioxidant (ชื่อการค้า Irganox1010 บริษัท Ciba), anti-Hydrolysis 100 = bioadimide 100 XT บริษัท Rhein chemie, anti-Hydrolysis 500 = bioadimide 500 XT บริษัท Rhein chemie, Lignin = Calcium lignosulphonate (ชื่อการค้า Borresperse CA-SA บริษัท Lignotech)

1) การเตรียมถุงเพาะกล้าไม้ยืนต้น

1.1) การเตรียมเม็ดคอมพาวด์

การเตรียมเม็ดคอมพาวด์นั้นจะเริ่มจากการอบเม็ด PLA และ PBAT ที่อุณหภูมิ 80 °C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง และนำไปผสมตามอัตราส่วนดังตาราง 51 ผสมเข้ากันโดยผ่านเครื่อง Twin screw extruder ที่อุณหภูมิ 100, 120, 150, 180, 200, 190, 170, 160, 150 และ 150 °C ตามลำดับ ความเร็วรอบสกรู 300 รอบต่อนาทีจะได้เม็ดคอมพาวด์มีลักษณะเป็นเม็ดสีน้ำตาลอ่อน

1.2) การเป่าถุงเพาะกล้าไม้ยืนต้น

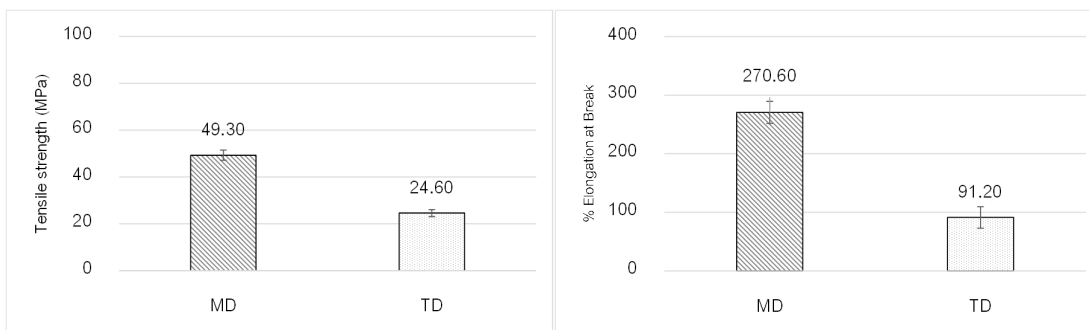
การเป่าถุงเพาะสูตร 13P จะทำการอบเม็ดคอมพาวด์ที่อุณหภูมิ 80 °C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ก่อนเป่าขึ้นรูป ขั้นตอนการเป่าขึ้นรูปถุงขนาด 2x6 นิ้ว มีขั้นตอนดังนี้ นำเม็ดคอมพาวด์ที่เตรียมได้มาเป่าขึ้นรูปด้วยเครื่อง Blow film machine ที่อุณหภูมิ 140, 160, 170, 155, 150 และ 150 °C ตามลำดับ ความเร็วรอบสกรู 100 รอบต่อนาทีจะได้ถุงเพาะมีลักษณะเป็นฟิล์มสีน้ำตาลอ่อน ใช้เครื่อง Labtech model LE20-30/C & LF-250 ณ ม.นเรศวร จ.พิษณุโลกได้ถุงปลูกขนาดกว้าง 2 นิ้ว แบบพับเป็นถุงแล้ว ความหนาของฟิล์ม 50 ไมครอน

2) ผลการเตรียมถุงเพาะกล้าไม้ยืนต้น

สามารถเตรียมถุงเพาะกล้าไม้ยืนต้น ขนาด 2x6 นิ้ว จำนวน 10,000 ใบ โดยดำเนินการซีล ตัด และเจาะที่มหาวิทยาลัยนเรศวร และได้ดำเนินการขยายผลให้กับโครงการหลวง

3) ผลการทดสอบความแข็งแรงของถุงเพาะกล้าไม้ยืนต้น (ก่อนการใช้งาน) ด้วยเทคนิค Tensile testing

การทดสอบความแข็งแรงของชิ้นงานด้วยเทคนิค Tensile testing ได้ผลการทดสอบดังแสดงในภาพ 46 จากผลการทดสอบพบว่า ค่าความแข็งแรงในแนว MD มีค่า 49.30 และในแนว TD มีค่า 24.60 MPa ตามลำดับ ค่าการยืดในแนวตาม MD มีค่า 270.60 % และค่าการยืดในแนว TD มีค่า 91.20 % ตามลำดับ



ภาพ 46 การทดสอบความแข็งแรงของถุงเพาะกล้าไม้ยืนต้นที่ใช้ในการขยายผล

4) การทดสอบความแข็งแรงบนแปลงปลูก (การขยายผล)

การทดสอบการใช้ถุงปลูกย่อยสลายสำหรับเพาะกล้าไม้ยืนต้น โดยทดสอบในพื้นที่ของศูนย์พัฒนาโครงการหลวงห้วยลึก ตำบลปิงโค้ง อำเภอเชียงดาว จังหวัดเชียงใหม่ โดยแบ่งการดำเนินการทดสอบจำนวน 4 ครั้ง เริ่มครั้งแรกเดือนธันวาคม ปี 2561 จำนวน 2,000 ใบ เดือนเมษายน จำนวน 2,000 ใบ ปี 2562 มิถุนายน ปี 2562 จำนวน 2,000 ใบและตุลาคม ปี 2562 จำนวน 3,650 ใบ

1. การตรวจสอบความแข็งแรงของถุงเพาะก่อนปลูกพืชทดสอบ

โดยการตรวจสอบการฉีกขาดของถุงเพาะย่อยสลาย 13P โดยทำการตรวจสอบ จำนวน 2 ครั้ง ได้แก่ หลังรับมอบถุงเพาะ และหลังกรอกวัสดุปลูก ผลการตรวจสอบพบว่าถุงย่อยสลายมีแข็งแรงดี ซึ่งไม่พบการฉีกขาดและรอยแตกของถุงย่อยสลายทั้งก่อนและหลังกรอกวัสดุปลูก

2. ผลการตรวจสอบความแข็งแรงของถุงระหว่างการปลูกพืช

ผลการทดลองระยะ 4 เดือน ยังไม่พบการฉีกขาดของถุงเพาะกล้าไม้ยืนต้น

บทที่ 6

พลาสติกคลุมดิน

การทดลองส่วนนี้เป็นการพัฒนาพลาสติกคลุมดินที่สามารถย่อยสลายทางชีวภาพได้อย่างสมบูรณ์ เป็นการพัฒนาต่อจากงานวิจัยในโครงการ การพัฒนาถุงปลูก ถุงเพาะ และพลาสติกคลุมดินที่สามารถย่อยสลายทางชีวภาพได้อย่างสมบูรณ์ (โครงการเฟส 1) ซึ่งผลการทดลองพลาสติกคลุมดินที่ได้พัฒนาขึ้นยังขาดคุณสมบัติด้านความแข็งแรง ความยืดหยุ่น และความเรียบบนแผ่นฟิล์ม

6.1 การพัฒนาพลาสติกคลุมดิน ระยะที่ 1

ในพัฒนาพลาสติกคลุมดินในระยะที่ 1 จะใช้ข้อมูลผลการทดลองการพัฒนาถุงปลูกมะเขือเทศที่ผ่านมาซึ่งถุงปลูกมะเขือเทศสูตรที่มีอัตราส่วนระหว่าง PLA:PBAT 60:40 %w/w มีเปอร์เซ็นต์การฉีกขาดน้อยที่สุด จึงนำอัตราส่วนนี้มาพัฒนาเป็นพลาสติกคลุมดิน ได้อัตราส่วนของสูตรพลาสติกคลุมดินดังแสดงในตาราง 52

ตาราง 52 แสดงอัตราส่วนของพลาสติกคลุมดิน

No.	Code Name	% Composition					
		PLA	PBAT	TPS	GMS (phr)	TiO ₂ (phr)	Color (phr)
1	2MR (L60V40)	60	40	-	2	2	0.1
2	3MR (L60V35T5)	60	35	5	2	2	0.1

หมายเหตุ : PLA = Polylactic acid (PLA4043D บริษัท Nature work), PBAT = Poly(butylene adipate-co-terephthalate) (ชื่อการค้า Ecoflex blend C1200 บริษัท UNIC), TPS = Thermo Plastic Strach, GMS = Glyceryl monostearate (GLST SE), TiO₂ = Titanium dioxide (ชื่อการค้า Ti-Pure R103 บริษัท Dupont)

1) การเตรียมพลาสติกคลุมดิน

1.1) การเตรียมเม็ดคอมพาวด์

โดยนำส่วนประกอบต่างๆ ดังตาราง 52 ของแต่ละสูตรผสมเข้ากัน โดยผ่านเครื่อง Twin screw extruder ที่อุณหภูมิ 100-190 °C จะได้เม็ดคอมพาวด์เป็นสีดำ

1.2) การเป่าพลาสติกคลุมดิน

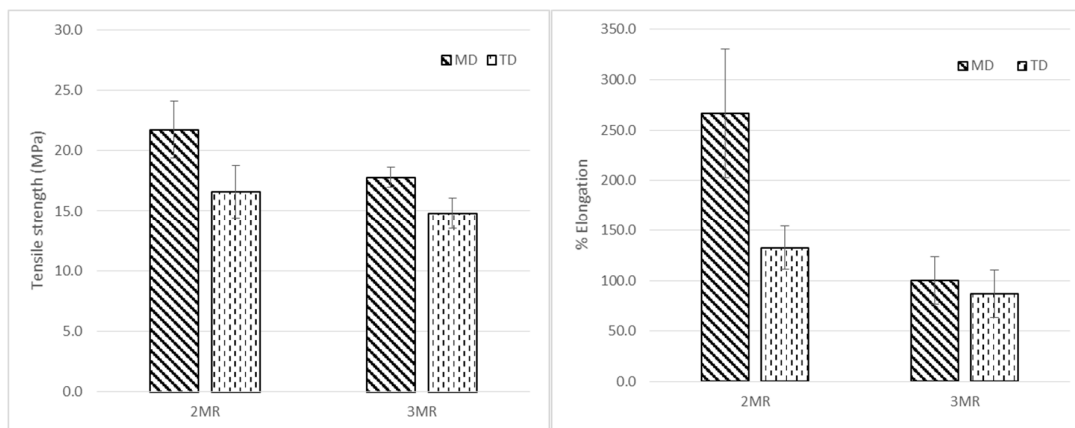
ทำการเป่าขึ้นรูปพลาสติกคลุมดินด้วยเครื่อง Blow film machine ของ Labtech model LE20-30/C & LF-250 ที่อุณหภูมิ 150-200 °C ได้พลาสติกคลุมดินขนาดกว้าง 50 เซนติเมตร ความหนาประมาณ 60 ไมโครเมตร

2) ผลการเตรียมพลาสติกคลุมดิน

จากการเตรียมพลาสติกคลุมดิน พบว่า สามารถเตรียมพลาสติกคลุมดินได้ทั้งสองสูตร ทั้งสองสูตรสามารถทำการเป่าขึ้นรูปได้ง่าย ความเรียบของพื้นผิวของพลาสติกคลุมดินสูตร 3MR เรียบมากกว่าสูตร 2MR

3) การทดสอบความแข็งแรงก่อนการใช้งานด้วยเทคนิค Tensile testing

การทดสอบความแข็งแรงของชิ้นงานด้วยเทคนิค tensile พบว่า ด้านความแข็งแรงมีค่าใกล้เคียงกัน ด้านเปอร์เซ็นต์ความยืดหยุ่น สูตร 2MR มีค่าการยืดที่ต่ำกว่าสูตร 3MR ดังแสดงในภาพ 47



ภาพ 47 สมบัติเชิงกลของพลาสติกคลุมดินสูตร 2MR และ 3MR

4) การทดสอบความแข็งแรงของพลาสติกคลุมดินบนแปลงปลูก (รายละเอียดการทดลองแสดงในภาคผนวกที่ 4)

การทดลองโดยใช้พลาสติกคลุมดิน จำนวน 3 ชนิด ในการคลุมแปลงเพื่อปลูกมะเขือม่วงก้านเขียว ประกอบด้วย 3 กรรมวิธี กรรมวิธีละ 3 ซ้ำ ดังนี้ กรรมวิธีที่ 1 คลุมแปลงปลูกด้วยพลาสติกสูตร 2MR กรรมวิธีที่ 2 คลุมแปลงปลูกด้วยพลาสติกสูตร 3MR และกรรมวิธีที่ 3 คลุมแปลงปลูกด้วยพลาสติกชนิดการค้า

4.1) ความแข็งแรงของพลาสติกคลุมดิน

- ก่อนการใช้คลุมดิน จากการตรวจสอบการฉีกขาดของพลาสติกคลุมดินก่อนการนำไปคลุมแปลงปลูกมะเขือม่วงก้านเขียวพบว่าพลาสติกทั้ง 3 ชนิดไม่พบการฉีกขาด

- ระหว่างการปลูกมะเขือม่วงก้านเขียว การฉีกขาดของพลาสติกบริเวณหลุมปลูก จากการตรวจสอบการฉีกขาดของพลาสติกคลุมดินบริเวณหลุมปลูกเมื่อระยะหลังย้ายปลูก 1 เดือน พบว่าพลาสติกสูตร 2MR และ 3MR มีการฉีกขาดที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดย มีการฉีกขาด 28.33 และ 36.68 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนพลาสติกชนิดการค้าไม่พบการฉีกขาด เช่นเดียวกับเดือนที่ 2 พบว่าพลาสติกสูตร 2MR และ 3MR มีการฉีกขาดที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดย มีการฉีกขาด 76.64 และ 91.67 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนพลาสติกการค้าไม่พบการฉีกขาด เมื่อระยะเดือนที่ 3 พลาสติกชนิด 2MR และ 3MR มีการฉีกขาด 100 เปอร์เซ็นต์ ส่วนพลาสติกการค้ายังไม่พบการฉีกขาดจนถึงเดือนที่ 6 (ตาราง 53) การฉีกขาดของพลาสติกบริเวณอื่นๆ ระยะ 1 ถึง 6 เดือน พบว่าการฉีกขาดเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ตามระยะเวลาทดลอง โดยเดือนที่ 1 พลาสติกชนิด 2MR และ 3MR มีการฉีกขาด 1.00 และ 0.67 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนพลาสติกชนิดการค้าไม่พบการฉีกขาด เมื่อระยะเดือนที่ 2 ถึงเดือนที่ 6 พบว่าพลาสติกสูตร 2MR มีการฉีกขาด 1.67 2.67 5.67 14.67 และ 36.00 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งไม่แตกต่างจากพลาสติกสูตร 3MR ที่มีการฉีกขาด 1.00 2.33 5.00 13.33 และ 35.33 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนพลาสติกการค้าไม่พบการฉีกขาดจนถึงเดือนที่ 6 (ตาราง 54)

ตาราง 53 เปอร์เซ็นต์การฉีกขาดของพลาสติกคลุมดินแต่ละชนิด บริเวณหลุมปลูก ระยะ 1 ถึง 6 เดือน หลังย้ายปลูก

สูตรพลาสติก	การฉีกขาดของพลาสติก (เปอร์เซ็นต์)					
	เดือนที่ 1	เดือนที่ 2*	เดือนที่ 3	เดือนที่ 4	เดือนที่ 5	เดือนที่ 6
2MR	28.33	76.64 a	100	100	100	100
3MR	36.67	91.67 a	100	100	100	100
การค้ำ	0	0 b	0	0	0	0
LSD	ns	32.94	-	-	-	-
% CV	66.62	26.15	-	-	-	-

* ค่าเฉลี่ยในแนวดิ่งของแต่ละปัจจัยที่ตามหลังด้วยอักษรที่ต่างกันแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น $P < 0.05$ โดยวิธี Least Significant Difference

ns : ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตาราง 54 เปอร์เซ็นต์การฉีกขาดของพลาสติกคลุมดินแต่ละชนิด บริเวณอื่นๆ ระยะ 1 ถึง 6 เดือน หลังย้ายปลูก

สูตรพลาสติก	การฉีกขาดของพลาสติก (เปอร์เซ็นต์)					
	เดือนที่ 1	เดือนที่ 2*	เดือนที่ 3*	เดือนที่ 4*	เดือนที่ 5*	เดือนที่ 6*
2MR	1.00	1.67 a	2.67 a	5.67 a	14.67 a	36.00 a
3MR	0.67	1.00 ab	2.33 a	5.00 a	13.33 a	35.33 a
การค้ำ	0	0 b	0 b	0 b	0 b	0 b
LSD	ns	1.19	1.85	1.99	2.62	8.81
% CV	120.00	59.29	48.99	24.80	12.37	16.35

* ค่าเฉลี่ยในแนวดิ่งของแต่ละปัจจัยที่ตามหลังด้วยอักษรที่ต่างกันแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น $P < 0.05$ โดยวิธี Least Significant Difference

ns : ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

5) สรุปผลการทดลอง

5.1) ความแข็งแรงของพลาสติกคลุมดิน

การใช้พลาสติกคลุมดินย่อยสลายในระยะ 6 เดือน พบว่าพลาสติกย่อยสลายทั้ง 2 ชนิด เริ่มพบการฉีกขาดที่บริเวณหลุมปลูกตั้งแต่เดือนที่ 1 หลังย้ายปลูก จนถึงเดือนที่ 3 หลังย้ายปลูก พบว่าพลาสติกบริเวณหลุมปลูกมีการฉีกขาด 100 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่พลาสติกชนิดการค้ำไม่พบการฉีกขาดทั้งนี้การฉีกขาดของพลาสติกคลุมแปลงบริเวณหลุมปลูกอาจเป็นผลมาจากการถอนหญ้าบริเวณโคนต้น และวิธีการใส่ปุ๋ย ซึ่งเกษตรกรจะยกพลาสติกบริเวณหลุมปลูกขึ้นเล็กน้อย เพื่อหว่านปุ๋ยเข้าไปใต้พลาสติก

5.2) การย่อยสลายของพลาสติกคลุมดิน

เปอร์เซ็นต์การลดลงของน้ำหนักพลาสติกในระยะ 6 เดือน พบว่าพลาสติกย่อยสลายสูตร 3MR มีแนวโน้มความแข็งแรงมากกว่าพลาสติกชนิด 2MR โดยพลาสติกสูตร 2MR มีเปอร์เซ็นต์การลดลงของน้ำหนักในเดือนที่ 6 หลังย้ายปลูก 12.72 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่พลาสติกย่อยสลายสูตร 3MR และพลาสติกการค้ำมีเปอร์เซ็นต์การลดลงของน้ำหนัก 4.37 และ 1.67 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

5.3) การเติบโตของมะเขือม่วงก้านเขียว

จากการเปรียบเทียบการเติบโตของต้นมะเขือม่วงก้านเขียวที่คลุมแปลงด้วยพลาสติกทั้ง 3 ชนิดเป็นระยะเวลา 6 เดือน ผลไม่พบความแตกต่างของการเติบโตทางด้านความสูง และทรงพุ่มของต้นมะเขือม่วงก้านเขียว และ การใช้พลาสติกทั้ง 3 ชนิด คลุมแปลงปลูกมะเขือม่วงก้านเขียวในระยะ 6 เดือน ไม่มีผลแตกต่างกันในด้านคุณภาพผลผลิต ขนาดผล จำนวนผลต่อต้น น้ำหนักผล และคุณภาพเกรด

6.2 การพัฒนาพลาสติกคลุมดิน ระยะที่ 2

1) การพัฒนาพลาสติกคลุมดิน ระยะที่ 2 ครั้งที่ 1

จากรายงานผลการทดสอบความแข็งแรงของพลาสติกคลุมดินระยะที่ 1 โดยการเติม Thermoplastic starch (TPS) ลงในสูตร พบว่าการเติม TPS และลดปริมาณ PBAT ลง ส่งผลให้พลาสติกคลุมดินมีความแข็งแรงเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่าสูตรที่มีส่วนผสมของ TPS มีกระบวนการขึ้นรูปในการเตรียมตัวอย่างฟิล์มได้ง่าย แต่ทั้งสองสูตรยังไม่สามารถนำไปใช้งานได้จริงได้ เนื่องจากยังไม่มี ความแข็งแรงเพียงพอต่อระยะเวลาในการปลูกพืช ดังนั้นในการทดลองในระยะที่ 2 จึงใช้สูตร 3MR นำมาพัฒนาโดยใช้สาร Polyethylene glycol (PEG400) ซึ่งเป็นสาร Plasticizer เพื่อเพิ่มความนิ่ม และยืดหยุ่น ให้มากขึ้น นอกจากนี้ยังเพิ่มสารกลุ่ม Anti-oxidant และ UV stabilizer เพื่อเพิ่มความแข็งแรงให้มากขึ้น จากผลการทดลองเบื้องต้นพบว่าสูตรลงปลูกที่มีส่วนผสมของ TPS ไม่สามารถเติม PEG ได้ เนื่องจากในขั้นตอนในการเป่าขึ้นรูปขึ้นงานเกิดการแยกส่วนของ TPS ทำให้ชิ้นงานไม่เรียบและความแข็งแรงของชิ้นงานลดลง ในการออกแบบและพัฒนาพลาสติกคลุมดินเพื่อให้มีความแข็งแรงเพิ่มขึ้นจึงเปลี่ยนมาใช้สูตร 2MR มาพัฒนาต่อดังแสดงอัตราส่วนในตาราง 55

ตาราง 55 อัตราส่วนของพลาสติกคลุมดินที่พัฒนาครั้งที่ 1

No.	Code Name	% Composition							
		PLA	PBAT	PEG	Talc (phr)	GMS (phr)	TiO ₂ (phr)	Uv (phr)	anti-Ox (phr)
1	LPG60V40	60	40	7	3	2	2	0.5	0.2
2	LPG70V30	70	30	7	3	2	2	0.5	0.2

หมายเหตุ : PLA = Polylactic acid (PLA4043D บริษัท Nature work), PEG = Polyethylene glycol MW 400 g/mol (ชื่อการค้า Carbowax Polyethylene glycol 400 บริษัท DOW), PBAT = Poly(butylene adipate-co-terephthalate) (ชื่อการค้า Ecoflex blend C1200 บริษัท UNIC), GMS = Glyceryl monostearate (GLST SE), TiO₂ = Titanium dioxide (ชื่อการค้า Ti-Pure R103 บริษัท Dupont), Talc = Talcum powder (ชื่อการค้า Microtuff AG609 บริษัท Specialty minerals), UV = UV stabilizer (ชื่อการค้า Tinuvin 622 SF บริษัท BASF), Antiox = Antioxidant (ชื่อการค้า Irganox1010 บริษัท Ciba)

1.1) การเตรียมเม็ดคอมพาวด์

การเตรียมเม็ดคอมพาวด์นั้นนำอัตราส่วนดังตาราง 20 ผสมเข้ากันโดยผ่านเครื่อง Twin screw extruder Labtech model LTE16-40 ที่อุณหภูมิ 120, 150, 180, 190, 200, 200, 180, 170, 160, และ 150 °C ตามลำดับ ความเร็วรอบสกรู 200 รอบต่อนาทีจะได้เม็ดคอมพาวด์มีลักษณะเป็นเม็ดสีขาวขุ่น

1.2) การเป่าพลาสติกคลุมดิน

นำเม็ดคอมพาวด์ที่เตรียมได้มาเป่าขึ้นรูปลงด้วยเครื่อง Blow film machine ที่อุณหภูมิ 120, 150, 160, 150, 150 และ 150 °C ตามลำดับ ความเร็วรอบสกรู 100 รอบต่อนาที ใช้เครื่อง Labtech model LE20-30/C & LF-250 ณ ม.นเรศวร จ.พิษณุโลก

1.3) ผลการเตรียมพลาสติกคลุมดิน ครั้งที่ 1

สูตร LPG60V40 ไม่สามารถเตรียมขึ้นงานได้เนื่องจากเม็ดคอมพาวด์มีจุดหลอมเหลวต่ำจนไม่สามารถทำการเป่าขึ้นรูปได้ ในขณะที่สูตร LPG70V30 สามารถเป่าขึ้นรูปได้ แต่เกิดการติดกันระหว่างพื้นผิว ผิวของชิ้นงาน และชิ้นงานไม่เรียบ นอกจากนี้ยังควบคุมการเป่าให้มีขนาดใหญ่ให้คงที่ได้ยาก

2) การพัฒนาพลาสติกคลุมดิน ระยะที่ 2 ครั้งที่ 2

จากผลการเตรียมพลาสติกคลุมดินครั้งที่ 1 พบว่า การใช้ PEG ในสูตรเพื่อความยืดหยุ่นให้กับชิ้นงานนั้น ในขั้นตอนการเป่าฟิล์มไม่สามารถขึ้นรูปได้หรือเกิดปัญหาการติดกันของชิ้นงาน ในการทดลองครั้งที่ 2 นี้จึงตัดการใช้ PEG ออก และดำเนินการพัฒนาสูตรโดยอาศัยข้อมูลจากผลการทดลองของถุงปลูกมะเขือเทศ พบว่าสูตรถุงปลูกมะเขือเทศที่มีส่วนประกอบของ talc ให้ผลทดสอบที่แข็งแรงมากที่สุด และนำส่วนประกอบของ TPS มาช่วยให้การขึ้นรูปชิ้นงานได้ง่าย ซึ่งสามารถออกสูตรดังแสดงในตาราง 56

ตาราง 56 อัตราส่วนของสูตรพลาสติกคลุมดินที่พัฒนา ครั้งที่ 2

No.	Code Name	% Composition							
		PLA	PBAT	TPS	Talc (phr)	GMS (phr)	TiO ₂ (phr)	Uv (phr)	anti-Ox (phr)
1	L60V40	60	40	-	3	2	2	0.5	0.2
2	L60V35T5	60	35	5	3	2	2	0.5	0.2
3	L55V40T5	55	40	5	3	2	2	0.5	0.2

หมายเหตุ : PLA = Polylactic acid (PLA4043D บริษัท Nature work), PEG = Polyethylene glycol MW 400 g/mol (ชื่อการค้า Carbowax Polyethylene glycol 400 บริษัท DOW), PBAT = Poly(butylene adipate-co-terephthalate (ชื่อการค้า Ecoflex blend C1200 บริษัท UNIC), GMS = Glyceryl monostearate (GLST SE), TiO₂ = Titanium dioxide (ชื่อการค้า Ti-Pure R103 บริษัท Dupont), Talc = Talcum powder (ชื่อการค้า Microtuff AG609 บริษัท Specialty minerals), UV = UV stabilizer (ชื่อการค้า Tinuvin 622 SF บริษัท BASF), Antiox = Antioxidant (ชื่อการค้า Irganox1010 บริษัท Ciba)

2.1) การเตรียมเม็ดคอมพาวด์

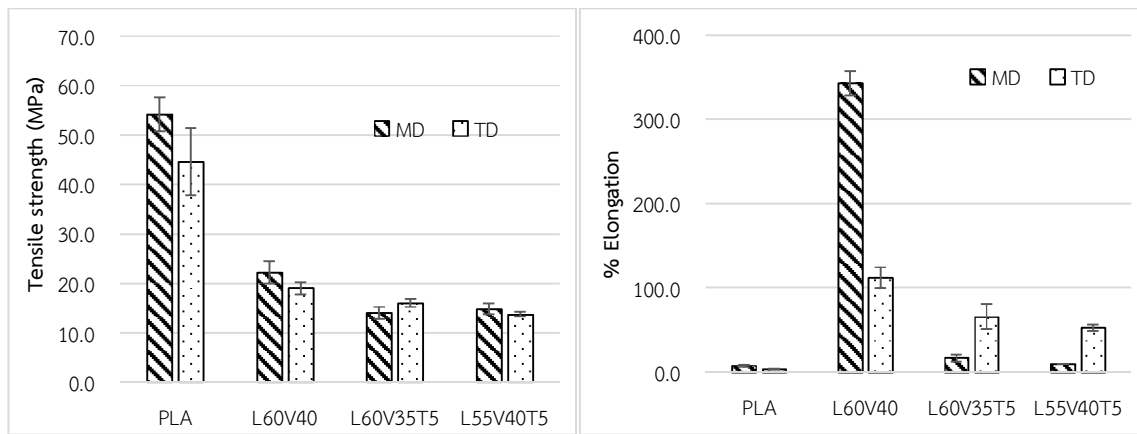
การเตรียมเม็ดคอมพาวด์นั้นนำอัตราส่วนดังตาราง 21 ผสมเข้ากันโดยผ่านเครื่อง Twin screw extruder Enmach model SHJ-36 ที่อุณหภูมิ 100, 120, 150, 180, 200, 190, 170, 160, 145 และ 145 °C ตามลำดับ ความเร็วรอบสกรู 300 รอบต่อนาทีจะได้เม็ดคอมพาวด์มีลักษณะเป็นเม็ดสีขาวขุ่น

2.2) การเป่าพลาสติกคลุมดิน

นำเม็ดคอมพาวด์ที่เตรียมได้มาเป่าขึ้นรูปด้วยเครื่อง Blow film machine ที่อุณหภูมิ 150, 170, 180, 160, 160 และ 160 °C ตามลำดับ ความเร็วรอบสกรู 100 รอบต่อนาทีจะได้พลาสติกคลุมดิน มีลักษณะเป็นฟิล์มสีขาวขุ่น ใช้เครื่อง Labtech model LE20-30/C & LF-250 ณ ม.นเรศวร จ.พิษณุโลก ได้ขนาดกว้าง 5 นิ้ว แบบพับเป็นถุงแล้ว ความหนาของฟิล์ม 50 ไมครอน

2.3) ผลการเตรียมพลาสติกคลุมดิน

สามารถเตรียมพลาสติกคลุมดินทั้ง 3 สูตรได้ และดำเนินการทดสอบความแข็งแรงของชิ้นงาน ด้วยเทคนิค Tensile (ภาพ 48) จากผลการทดสอบ พบว่า ทั้งสามสูตรมีค่าความแข็งแรงใกล้เคียงกัน ในขณะที่ค่าการยืดของสูตร L60V40 สูงที่สุด โดยค่าแนวตามเครื่องจักร (MD) มีค่าเท่ากับ 343.2% และแนวขวางเครื่องจักร (TD) มีค่าเท่ากับ 112.2% ส่วนอีกสองสูตรมีค่าอยู่ในช่วง 10-16.7% ในแนวตามเครื่องจักรและ 52.8-65.8% ในแนวตามขวางเครื่องจักร



ภาพ 48 การทดสอบความแข็งแรงของพลาสติกคลุมดิน ครั้งที่ 2 ด้วยเทคนิค Tensile testing

3) การพัฒนาพลาสติกคลุมดิน ระยะที่ 2 ครั้งที่ 3

จากผลการเตรียมพลาสติกคลุมดินครั้งที่ 2 พบว่า สูตรที่ 1 PLA:PBAT:talc (60:40:3) มีค่าความแข็งแรงและการยืดมากที่สุด จึงนำอัตราส่วนผสมนี้มาปรับปรุงให้มีค่าความแข็งแรงและการยืดให้มากขึ้นหรือมีค่าใกล้เคียงกับสูตรเดิม เพื่อนำไปใช้ในการทดสอบความแข็งแรงบนแปลงปลูกต่อไป โดยการพัฒนาในครั้งนี้ จะเป็นการศึกษาการเพิ่มปริมาณของ talc และลดปริมาณของ TPS ดังแสดงในตาราง 57 ซึ่งมีขั้นตอนดังแสดงต่อไปนี้

ตาราง 57 อัตราส่วนของสูตรพลาสติกคลุมดินที่พัฒนา ครั้งที่ 3

No.	Code Name	% Composition							
		PLA	PBAT	TPS	Talc (phr)	GMS (phr)	TiO ₂ (phr)	Uv (phr)	anti-Ox (phr)
1	L60V40Ta3	60	40	-	3	2	2	0.5	0.2
2	L60V40Ta5	60	40	-	5	2	2	0.5	0.2
3	L60V40T1Ta3	60	40	1	3	2	2	0.5	0.2

หมายเหตุ : PLA = Polylactic acid (PLA4043D บริษัท Nature work), PEG = Polyethylene glycol MW 400 g/mol (ชื่อการค้า Carbowax Polyethylene glycol 400 บริษัท DOW), PBAT = Poly(butylene adipate-co-terephthalate (ชื่อการค้า Ecoflex blend C1200 บริษัท UNIC), GMS = Glyceryl monostearate (GLST SE), TiO₂ = Titanium dioxide (ชื่อการค้า Ti-Pure R103 บริษัท Dupont), Talc = Talcum powder (ชื่อการค้า Microtuff AG609 บริษัท Specialty minerals), UV = UV stabilizer (ชื่อการค้า Tinuvin 622 SF บริษัท BASF), Antiox = Antioxidant (ชื่อการค้า Irganox1010 บริษัท Ciba)

3.1) การเตรียมเม็ดคอมพาวด์

การเตรียมเม็ดคอมพาวด์นั้นนำอัตราส่วนดังตาราง 22 ผสมเข้ากันโดยผ่านเครื่อง Twin screw extruder Labtech model LTE16-40 ที่อุณหภูมิ 100, 140, 170, 190, 200, 190, 180, 170, 160 และ 150 °C ตามลำดับ ความเร็วรอบสกรู 200 รอบต่อนาทีจะได้เม็ดคอมพาวด์มีลักษณะเป็นเม็ดสีขาวขุ่น

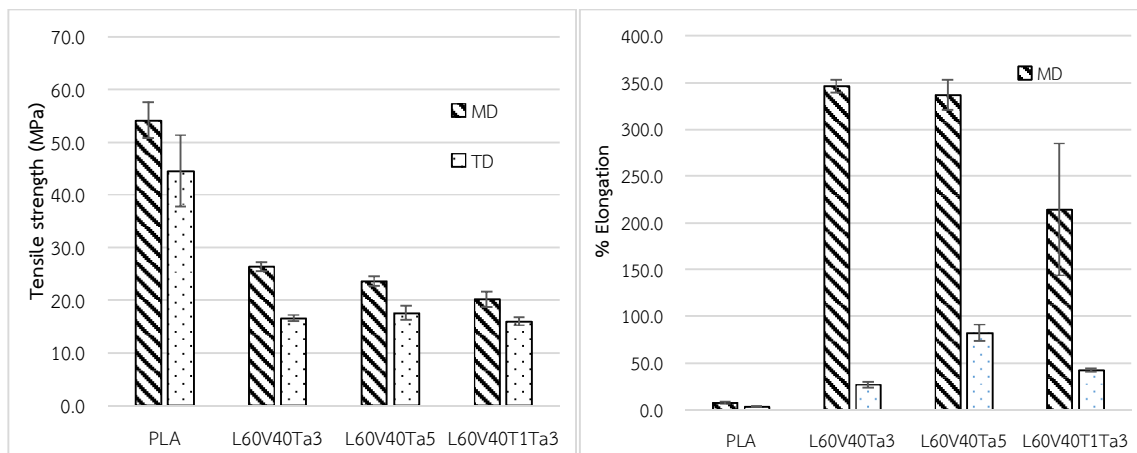
3.2) การเป่าพลาสติกคลุมดิน

นำเม็ดคอมพาวด์ที่เตรียมได้มาเป่าขึ้นรูปด้วยเครื่อง Blow film machine ที่อุณหภูมิ 150, 170, 180, 160, 160 และ 160 °C ตามลำดับ ความเร็วรอบสกรู 100 รอบต่อนาทีจะได้พลาสติกคลุมดิน มี

ลักษณะเป็นฟิล์มสีขาวขุ่น ใช้เครื่อง Labtech model LE20-30/C & LF-250 ณ ม.นเรศวร จ.พิษณุโลก ได้ขนาดกว้าง 5 นิ้ว แบบพับเป็นถุงแล้ว ความหนาของฟิล์ม 50 ไมครอน

3.3) ผลการเตรียมพลาสติกคลุมดิน

สามารถเตรียมพลาสติกคลุมดินทั้ง 3 สูตรได้ และดำเนินการทดสอบความแข็งแรงของชิ้นงานด้วยเทคนิค Tensile ได้ผลการทดลองดังในภาพ 49 จากผลการทดสอบ พบว่า ทั้งสามสูตรมีค่าความแข็งแรงใกล้เคียงกัน ในขณะที่ค่าการยืดของสูตร L60V40Ta3 และ L60V40Ta5 มีค่าสูงที่สุด โดยค่าแนวตามเครื่องจักร (MD) มีค่าเท่ากับ 346.4% และ 337.0% ส่วนแนวขวางเครื่องจักร (TD) สูตร L60V40Ta5 มีค่าสูงกว่าสูตร L60V40Ta3 โดยมีค่าเท่ากับ 82.4% และ 26.7% ตามลำดับ ส่วนสูตร L60V40T1Ta3 มีค่าการยืดในแนวตามเครื่องจักร เท่ากับ 214.3% และ ในแนวตามขวางเครื่องจักร 42.6% ข้อสังเกตจากขั้นตอนการทดสอบด้วยเทคนิค tensile และการวัดความหนาของชิ้นงาน พบว่าสูตรมีส่วนผสมของ TPS จะได้ชิ้นงานที่ไม่ค่อยสม่ำเสมอทำให้ฟิล์มมีความแข็งแรงและการยืดที่ลดลง



ภาพ 49 การทดสอบความแข็งแรงของพลาสติกคลุมดิน ครั้งที่ 3 ด้วยเทคนิค Tensile testing

6.3 การพัฒนาพลาสติกคลุมดิน ระยะที่ 3

จากผลการพัฒนาพลาสติกคลุมดินในระยะที่ 2 สามารถเตรียมพลาสติกคลุมดินได้ ในการพัฒนาในระยะที่ 3 นี้ นำสูตรฟิล์มสูตร L60V40 3% และ L60V40 5% ซึ่งมีค่าการยืดและความแข็งแรงมากที่สุด ซึ่งน่าจะมี ความแข็งแรงที่เหมาะสมต่อการใช้งาน มาเตรียมพลาสติกคลุมดิน และนำมาใช้ในการทดสอบความแข็งแรงบนแปลงปลูก ดังแสดงในตาราง 58

ตาราง 58 อัตราส่วนของสูตรพลาสติกคลุมดิน

No.	Code Name	% Composition							
		PLA	PBAT	Talc (phr)	GMS (phr)	TiO ₂ (phr)	Uv (phr)	Anti-Ox (phr)	Black colour (phr)
1	4MR	60	40	3	2	2	0.5	0.2	0.5
2	5MR	60	40	5	2	2	0.5	0.2	0.5

หมายเหตุ : PLA = Polylactic acid (PLA4043D บริษัท Nature work), PEG = Polyethylene glycol MW 400 g/mol (ชื่อการค้า Carbowax Polyethylene glycol 400 บริษัท DOW), PBAT = Poly(butylene adipate-co-terephthalate (ชื่อการค้า Ecoflex blend C1200 บริษัท UNIC), GMS = Glyceryl monostearate (GLST SE), TiO₂ = Titanium dioxide (ชื่อการค้า Ti-Pure R103 บริษัท Dupont), Talc = Talcum powder (ชื่อการค้า Microtuff AG609 บริษัท Specialty minerals), UV = UV stabilizer (ชื่อการค้า Tinuvin 622 SF บริษัท BASF), Antiox = Antioxidant (ชื่อการค้า Irganox1010 บริษัท Ciba)

1) การเตรียมพลาสติกคลุมดิน

1.1) การเตรียมเม็ดคอมพาวด์

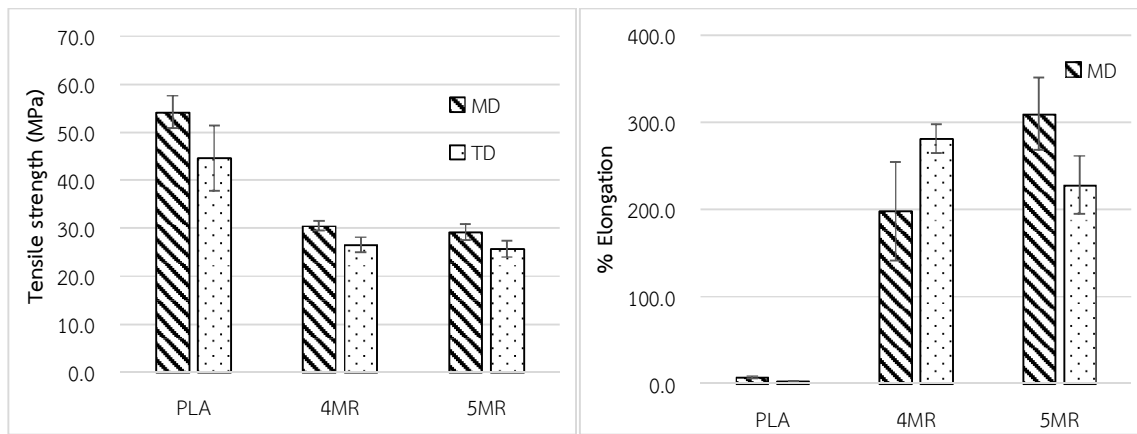
การเตรียมเม็ดคอมพาวด์นั้นนำอัตราส่วนดังตาราง 23 ผสมเข้ากันโดยผ่านเครื่อง Twin screw extruder Enmach model SHJ-36 ที่อุณหภูมิ 100, 120, 150, 180, 200, 190, 170, 160, 150 และ 150 °C ตามลำดับ ความเร็วรอบสกรู 300 รอบต่อนาทีจะได้เม็ดคอมพาวด์มีลักษณะเป็นเม็ดสีเทา

1.2) การเป่าพลาสติกคลุมดิน

นำเม็ดคอมพาวด์ที่เตรียมได้มาเป่าขึ้นรูปด้วยเครื่อง Blow film machine ที่อุณหภูมิ 165, 170, 175, 160, 160 และ 160 °C ตามลำดับ ความเร็วรอบสกรู 100 รอบต่อนาทีจะได้พลาสติกคลุมดิน มีลักษณะเป็นฟิล์มสีเทา ใช้เครื่อง Labtech model LE20-30/C & LF-250 ณ ม.นเรศวร จ.พิษณุโลก ได้ขนาดกว้าง 5 นิ้ว แบบพับเป็นถุงแล้ว ความหนาของฟิล์ม 50 ไมครอน

2) ผลการเตรียมพลาสติกคลุมดิน

สามารถเตรียมพลาสติกคลุมดินทั้ง 2 สูตรได้ และดำเนินการทดสอบความแข็งแรงของชิ้นงานด้วยเทคนิค Tensile ได้ผลการทดลองดังในภาพ 50 จากผลการทดสอบ พบว่า ทั้งสองสูตรมีค่าความแข็งแรงใกล้เคียงกัน ในขณะที่สูตร 4MR และ 5MR มีค่าการยืดของชิ้นงานสูงกว่า PLA โดยค่าแนวตามเครื่องจักร (MD) มีค่าเท่ากับ 198.3% และ 309.8% ส่วนแนวขวางเครื่องจักร (TD) มีค่าเท่ากับ 281.5% และ 228.3% ตามลำดับ



ภาพ 50 การทดสอบความแข็งแรงของพลาสติกคลุมดิน

3) การทดสอบความแข็งแรงของพลาสติกคลุมดินแปลงปลูก (รายละเอียดการทดลองวางในภาคผนวกที่ 4)

การทดลองพลาสติกคลุมดินที่สามารถย่อยสลายทางชีวภาพได้อย่างสมบูรณ์ ในครั้งนี้ดำเนินการทดลอง ณ ศูนย์ฯ แม่แพะ ทำการทดลองโดยใช้พลาสติกคลุมดิน จำนวน 3 ชนิดในการคลุมแปลงปลูกมะเขือม่วงก้านเขียว ประกอบไปด้วย 3 กรรมวิธี คือ กรรมวิธีที่ 1 คลุมแปลงปลูกด้วยพลาสติกสูตร 4MR กรรมวิธีที่ 2 คลุมแปลงปลูกด้วยพลาสติกสูตร 5MR และกรรมวิธีที่ 3 คลุมแปลงปลูกด้วยพลาสติกชนิดการค้า

3.1) ความแข็งแรงของพลาสติกคลุมดิน

- ก่อนการใช้คลุมดิน จากการตรวจสอบการฉีกขาดของพลาสติกคลุมดินก่อนการนำไปคลุมแปลงปลูกมะเขือม่วงก้านเขียวพบว่าพลาสติกทั้ง 3 ชนิดอยู่ในสภาพปกติไม่พบการฉีกขาด

- ระหว่างการปลูกมะเขือม่วงก้านเขียว การฉีกขาดของพลาสติกบริเวณหลุมปลูก จากการตรวจสอบการฉีกขาดของพลาสติกคลุมดินบริเวณหลุมปลูก พบว่า พลาสติกเริ่มมีการฉีกขาดตั้งแต่วันที่ 1 เดือน โดยพลาสติกสูตร 4MR และ 5MR มีจำนวนการฉีกขาดมากกว่าพลาสติกการค้าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีจำนวนการฉีกขาดเฉลี่ย 58.57 และ 55.40 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และพบการฉีกขาดเพิ่ม จนถึงเดือนที่ 5 พลาสติก ทั้ง 2 สูตร จึงมีจำนวนการฉีกขาดทั้งหมด คิดเป็น 100 เปอร์เซ็นต์ ส่วนพลาสติกการค้าไม่พบการฉีกขาด (ตาราง 59) จากการตรวจสอบการฉีกขาดของพลาสติกคลุมดินบริเวณอื่นๆ ตั้งแต่เดือนที่ 1 ถึง 6 หลังย้ายปลูก พบว่า พลาสติกชนิด 4MR และ 5MR มีจำนวนการฉีกขาดมากกว่าพลาสติกการค้าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเริ่มพบการฉีกขาดตั้งแต่วันที่ 2 ถึง 6 หลังย้ายปลูก ซึ่งพลาสติกสูตร 4MR มีจำนวนจุดที่พบการฉีกขาดเฉลี่ย 3.33 3.67 7.67 9.7 และ 13.0 จุด ตามลำดับ ซึ่งไม่แตกต่างจากพลาสติกสูตร 5MR ที่มีจำนวนจุดที่พบการฉีกขาดเฉลี่ย 2.67 3.33 6.00 10.0 และ 13.0 จุด ตามลำดับ ส่วนพลาสติกการค้าไม่พบการฉีกขาดตลอดระยะเวลาทดสอบทั้ง 6 เดือน (ตาราง 60)

ตาราง 59 เปอร์เซ็นต์การฉีกขาดของพลาสติกคลุมดินแต่ละชนิด ณ บริเวณหลุมปลูก ระยะ 1 ถึง 6 เดือน หลังย้ายปลูก

กรรมวิธี	การฉีกขาดบริเวณหลุม (เปอร์เซ็นต์)					
	หลังย้ายปลูก (เดือน)					
	1*	2*	3*	4*	5	6
สูตร 4MR	58.57a	85.50a	97.43a	100.00a	100.00	100.00
สูตร 5MR	55.40a	80.50a	91.20a	95.23a	100.00	100.00
สูตรการค้า	0.00b	0.00b	0.00b	0.00b	0.00	0.00
LSD(0.05)	14.7	10.53	15.78	10.81	-	-
CV (%)	17.08	8.44	11.07	7.32	-	-

* ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งของแต่ละปัจจัยที่ตามหลังด้วยอักษรที่ต่างกันแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น P < 0.05 โดยวิธี Least Significant Difference

ตาราง 60 เปอร์เซ็นต์การฉีกขาดของพลาสติกคลุมดินแต่ละชนิด บริเวณอื่นๆ เดือนที่ 1 ถึง 6 หลังย้ายปลูก

กรรมวิธี	การฉีกขาดบริเวณอื่นๆ (จำนวน)					
	หลังย้ายปลูก (เดือน)					
	1	2*	3*	4*	5*	6*
สูตร 4MR	-	3.33a	3.67a	7.67a	9.7a	13.0a
สูตร 5MR	-	2.67a	3.33a	6.00a	10.0a	13.0a
สูตรการค้า	-	0.00b	0.00b	0.00b	0.0b	0.0b
LSD(0.05)	-	1.85	1.85	5.29	7.15	6.00
CV (%)	-	40.82	34.99	51.22	48.10	30.53

* ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งของแต่ละปัจจัยที่ตามหลังด้วยอักษรที่ต่างกันแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น P < 0.05 โดยวิธี Least Significant Difference

4) สรุปผลการทดลอง

การใช้พลาสติกคลุมดินย่อยสลายสำหรับคลุมแปลงปลูกมะเขือม่วง ในระยะ 1 ถึง 6 เดือนหลังย้ายปลูก พบว่า พลาสติกย่อยสลายทั้ง 2 สูตร เริ่มพบการฉีกขาดที่บริเวณหลุมปลูกตั้งแต่เดือนที่ 1 หลังย้ายปลูก โดยพลาสติกย่อยสลายทั้ง 2 สูตรซึ่งได้แก่ สูตร 4MR และ 5MR มีการฉีกขาดไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่ถ้าวินิจฉัยแนวโน้มของการฉีกขาด พบว่า พลาสติกสูตร 4MR มีแนวโน้มการฉีกขาดสูงกว่าสูตร 5MR และพบการฉีกขาด 100% ก่อน คือพบในเดือนที่ 4 หลังย้ายปลูก ในขณะที่สูตร 5MR พบการฉีกขาด 100% ในเดือนที่ 5 หลังย้ายปลูก ส่วนการฉีกขาดบริเวณอื่นๆ มีจำนวนใกล้เคียงกัน คือ 13 จุด ในขณะที่พลาสติกชนิดการค้าไม่พบการฉีกขาด และเมื่อพิจารณาเปอร์เซ็นต์การลดลงของน้ำหนักพลาสติกในระยะ 6 เดือน พบว่า ทั้ง 2 สูตร มีแนวโน้มลดลงที่ใกล้เคียงและลดลงอย่างต่อเนื่อง โดยพบการลดลงมากในเดือนที่ 6 หลังย้ายปลูก

จากการทดลองจะเห็นได้ว่าการฉีกขาดของพลาสติก และการลดลงของน้ำหนักพลาสติกระหว่างการใช้งาน อาจเป็นผลมาจากการย่อยสลายของสารชีวภาพเป็นส่วนผสมในพลาสติก ส่งผลให้ความแข็งแรงของพลาสติก ลดลงเกิดการฉีกขาดง่าย ซึ่งการปฏิบัติดูแลแปลงของเกษตรกร เช่น การถอนหญ้าโคนต้น วิธีการปุ๋ยที่ต้องยกพลาสติกขึ้น อีกทั้งการสัมผัสกับความร้อนจากแสงแดด ความชื้นจากการรดน้ำ เป็นปัจจัยหนึ่งที่กระตุ้นทำให้การย่อยสลายเร็วขึ้น มีผลโดยตรงกับความแข็งแรงของพลาสติก ซึ่งจากการทดลองพลาสติกทั้ง 2 ชนิด ยังมีความแข็งแรงไม่เพียงพอต่อการปลูกมะเขือม่วงซึ่งมีอายุการปลูกอยู่ประมาณ 10 ถึง 12 เดือน

ข้อสังเกต

จากการสังเกต พบวัชพืชมีการเจริญเติบโตมาก ภายใต้พลาสติกย่อยสลายทั้ง 2 สูตร ในขณะที่พลาสติกการค้าไม่พบการเจริญเติบโตของวัชพืช อีกทั้งพลาสติกย่อยสลายทั้ง 2 สูตรมีลักษณะไม่ยืดหยุ่นเมื่อซึ่งพลาสติกคลุมแปลง แล้วเจาะรูหลุมปลูกทำให้พลาสติกเริ่มมีการฉีกขาด ในขณะที่พลาสติกการค้ามีความยืดหยุ่นจึงไม่เกิดการฉีกขาด

6.4 การพัฒนาพลาสติกคลุมดิน ระยะที่ 4

การพัฒนาพลาสติกคลุมดินระยะที่ 4 นี้ เป็นการพัฒนาต่อจากการทดลองระยะที่ 3 ร่วมกับการพัฒนาอุปกรณ์จากการทดลองกับการปลูกมะเขือเทศ โดยเพิ่มสารกลุ่ม anti-hydrolysis เพื่อเพิ่มความแข็งแรงของพลาสติกคลุมดิน สามารถพัฒนาสูตรพลาสติกคลุมดินที่พัฒนาขึ้นจำนวน 2 สูตร ดังแสดงในตาราง 61 และรายละเอียดการทดลองแสดงดังต่อไปนี้

ตาราง 61 อัตราส่วนของสูตรพลาสติกคลุมดิน

No.	Code Name	% Composition									note
		PLA	PBAT	Talc (phr)	GMS (phr)	TiO ₂ (phr)	anti-Ox (phr)	anti-Hydrolysis 100 (phr)	anti-Hydrolysis 500 (phr)	Black color (phr)	
1	6MR	60	40	3	1	1	0.2	2	-	0.5	อบ
2	7MR	60	40	3	1	1	0.2	1.5	1.5	0.5	อบ

หมายเหตุ : *ใช้ glycerol 1% ช่วยให้ส่วนผสมที่เป็นผงสามารถติดกับเม็ดพลาสติก, PLA = Polylactic acid (PLA4043D บริษัท Nature work), PBAT = Poly(butylene adipate-co-terephthalate (ชื่อการค้า Ecoflex blend C1200 บริษัท UNIC), GMS = Glyceryl monostearate (GLST SE), TiO₂ = Titanium dioxide (ชื่อการค้า Ti-Pure R103 บริษัท Dupont), Talc = Talcum powder (ชื่อการค้า Microtuff AG609 บริษัท Specialty minerals), antiox = Antioxidant (ชื่อการค้า Irganox1010 บริษัท Ciba), anti-Hydrolysis 100 = bioadimide 100 XT บริษัท Rhein chemie, anti-Hydrolysis 500 = bioadimide 500 XT บริษัท Rhein chemie

1) การเตรียมพลาสติกคลุมดิน

1.1) การเตรียมเม็ดคอมพาวด์

การเตรียมเม็ดคอมพาวด์นั้นจะเริ่มจากการอบเม็ด PLA และ PBAT ที่อุณหภูมิ 80 °C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง และนำไปผสมตามอัตราส่วนดังตาราง 28 ผสมเข้ากันโดยผ่านเครื่อง Twin screw extruder ที่อุณหภูมิ 100, 120, 150, 180, 200, 190, 170, 160, 150 และ 150 °C ตามลำดับ ความเร็วรอบสกรู 300 รอบต่อนาทีจะได้เม็ดคอมพาวด์มีลักษณะเป็นเม็ดสีดำ

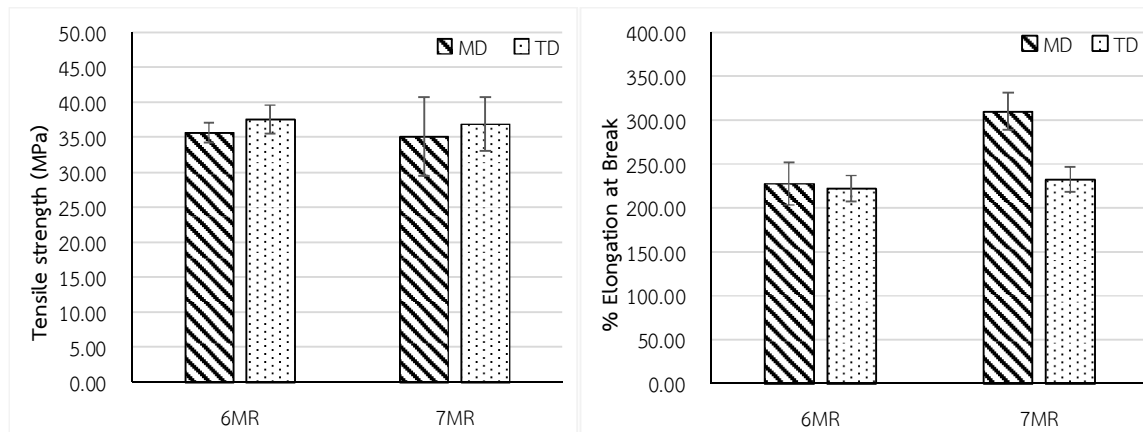
1.2) การเป่าพลาสติกคลุมดิน

การเป่าถุงเพาะทั้ง 2 สูตร จะทำการอบเม็ดคอมพาวด์ที่อุณหภูมิ 80 °C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ก่อนเป่าขึ้นรูป ขั้นตอนการเป่าขึ้นรูปฟิล์มขนาด 50 เซนติเมตร มีขั้นตอนดังนี้ นำเม็ดคอมพาวด์ที่เตรียมได้มาเป่าขึ้นรูปถุงด้วยเครื่อง Blow film machine ที่อุณหภูมิ 120, 170, 180, 160, 160 และ 160 °C ตามลำดับ ความเร็วรอบสกรู 100 รอบต่อนาทีจะได้ฟิล์มมีลักษณะเป็นฟิล์มสีดำ โดยใช้เครื่อง Labtech model LE20-30/C & LF-250 ณ ม.นเรศวร จ.พิษณุโลกได้ฟิล์มขนาด 50 เซนติเมตร แบบตัดเป็นแผ่นฟิล์มคลุมดินแล้ว ความหนาของฟิล์ม 50 ไมครอน

2) ผลการเตรียมพลาสติกคลุมดิน

สามารถเตรียมพลาสติกคลุมดินได้ทั้ง 2 สูตร และดำเนินการทดสอบความแข็งแรงของชิ้นงานด้วยเทคนิค Tensile testing ได้ผลการทดสอบดังในภาพ 51 จากผลการทดสอบพบว่า ค่าความแข็งแรงในแนวตามเครื่องจักร (MD) ของสูตร 6MR และ 7MR มีค่า 35.70 และ 35.10 MPa ตามลำดับ ค่าความแข็งแรงในแนวขวางเครื่องจักร (TD) ของสูตร 6MR และ 7MR มีค่า 37.60 และ 36.90 MPa ตามลำดับ ค่าการยืดในแนวตามเครื่องจักร (MD) ของสูตร 6MR และ 7MR มีค่า 227.62 และ 310.14 % ตามลำดับ ค่าการยืดในแนวขวางเครื่องจักร (TD) ของสูตร 6MR และ 7MR มีค่า 222.01 และ 232.47 % ตามลำดับ ทั้ง 2 สูตรมีค่าความแข็งแรง

และค่าการยืดใกล้เคียงกันทั้งสองแนว ยกเว้นค่าการยืดในแนวตามเครื่องจักร (MD) ของสูตร 7MR มีค่าสูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับสูตรอื่นและแนวการทดสอบอื่น บ่งชี้สมบัติที่ดีซึ่งเป็นข้อได้เปรียบสำหรับการทดสอบภาคสนามต่อไป



ภาพ 51 การทดสอบความแข็งแรงของพลาสติกคลุมดิน

3) การทดสอบความแข็งแรงของพลาสติกคลุมดินบนแปลงปลูก (รายละเอียดการทดลองแสดงในภาคผนวกที่ 4)

การทดสอบความแข็งแรงของพลาสติกคลุมดินบนแปลงปลูกในการทดลองครั้งนี้ ดำเนินการทดสอบพลาสติกคลุมดินจำนวน 2 สูตร นำมาทดลองเปรียบเทียบกับพลาสติกการค้า โดยใช้ในการปลูกมะเขือเทศในระบบโรงเรือน ณ ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแม่สาใหม่

จากการทดลอง ศึกษาประสิทธิภาพของพลาสติกคลุมดินสูตร 6MR และ 7MR เปรียบเทียบกับการใช้พลาสติกคลุมดินชนิดการค้า

- ก่อนการใช้คลุมดิน จากการตรวจสอบการฉีกขาดของพลาสติกคลุมดินก่อนการนำไปคลุมแปลงปลูกมะเขือเทศ พบว่า ยังไม่พบการฉีกขาดของพลาสติก

- ระหว่างการปลูก จากการตรวจสอบการฉีกขาดของพลาสติกคลุมดินบริเวณอื่นๆ ระยะ 1 ถึง 5 เดือน พบว่า ไม่พบการฉีกขาดบริเวณอื่นๆ (ตาราง 62)

ตาราง 62 เปอร์เซ็นต์การฉีกขาดของพลาสติกคลุมดิน บริเวณอื่นๆ ระยะ 1 ถึง 5 เดือนหลังย้ายปลูก

กรรมวิธี	จำนวนเดือนหลังปลูก (เดือน)				
	1	2	3	4	5
6MR	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
7MR	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
PE	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
LSD (0.05)	-	-	-	-	-
CV(%)	-	-	-	-	-

4) สรุปผลการทดลอง

ด้านความแข็งแรงของพลาสติกคลุมดิน การใช้พลาสติกคลุมดินย่อยสลายในระยะ 5 เดือน พลาสติกยังไม่พบการฉีกขาดทั้งก่อนใช้งานและหลังการใช้งาน ด้านการย่อยสลายของพลาสติกคลุมดินพลาสติกย่อยสลายทั้ง 2 สูตร มีน้ำหนักลดลงใกล้เคียงกัน และมีน้ำหนักลดลงอย่างต่อเนื่องเมื่อเปรียบเทียบกับสูตรการค้า

จากการสังเกต การทดลองครั้งนี้ทดลองในสภาพโรงเรือนแบบระบบปิดทำให้พลาสติกคลุมดินไม่เจอกับสภาพลม หรือแสงแดดที่มากกระทบโดยตรงอาจทำให้พลาสติกไม่มีการฉีกขาดจากสภาพแวดล้อมภายนอก อีกทั้งระยะเวลาการปลูกสำหรับมะเขือเทศยังสั้น (ช่วง 5-7 เดือน) ซึ่งพลาสติกคลุมดินควรมีความแข็งแรงประมาณ 1 ปี แต่อย่างไรก็ตามการปลูกในโรงเรือนพลาสติกคลุมดินจะสัมผัสกับน้ำปุ๋ยที่ให้ผ่านระบบน้ำ ซึ่งเป็นขั้นตอนดูแลมะเขือเทศโดยจะมีค่ากรด-เบส คือ 5.5-6.5 ซึ่งเป็นค่ากรดอ่อน ซึ่งบริเวณดังกล่าวยังไม่พบการฉีกขาดของพลาสติกย่อยสลาย

บทที่ 7

การศึกษาผลกระทบต่อนดินหลังการเพาะปลูกโดยใช้ถุงเพาะกล้าจากพลาสติกย่อยสลายได้ทางชีวภาพ

เพื่อศึกษาผลกระทบต่อนดินหลังการเพาะปลูกพืชผักต่อเนื่องกัน 3 ปี โดยใช้ถุงเพาะจากพลาสติกย่อยสลายได้ทางชีวภาพในพื้นที่จังหวัดแพร่ นครสวรรค์ อุบลราชธานี ศรีสะเกษ และราชบุรี จำนวน 10 แปลงปลูก

7.1 อุปกรณ์และวิธีการ

1. แปลงปลูกพืชทดสอบ

1.1 การเลือกพื้นที่และเกษตรกรร่วมโครงการ

เลือกพื้นที่และเกษตรกรเพื่อใช้เป็นแปลงทดสอบการใช้และไม่ใช้พลาสติกชีวภาพโดยเลือกพื้นที่ในภาคเหนือ 4 แปลง ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 4 แปลง ภาคกลาง 2 แปลง รวมเป็น 10 แปลงปลูก ดังนี้

แปลงที่ 1 (รหัสแปลง N1) คุณอุดม เขียวสลับ พิกัดแปลง N 18° 15.958' E 100° 10.801' อำเภอหนองม่วงไข่ จังหวัดแพร่ แปลงปลูกเป็นพื้นที่ราบริมแม่น้ำยม บางปีที่ฝนตกติดต่อกัน น้ำในแม่น้ำจะล้นตลิ่งเข้าท่วมแปลงปลูก ดินเป็นดินร่วนระบายน้ำดี น้ำที่ใช้ในการเกษตรได้จากบ่อบาดาล

แปลงที่ 2 (รหัสแปลง N2) คุณแสงหล้า บันติ พิกัดแปลง N 18° 15.486' E 100° 11.489' อำเภอหนองม่วงไข่ จังหวัดแพร่ แปลงปลูกเป็นพื้นที่ราบสม่ำเสมอ เคยใช้เป็นแปลงนาปลูกข้าวมาก่อน มีคันนาคันน้ำ และสามารถระบายน้ำออกจากแปลงปลูกลงสู่แปลงใกล้เคียงและคูน้ำธรรมชาติที่อยู่ต่ำกว่าได้ ดินเป็นดินร่วนเหนียว

แปลงที่ 3 (รหัสแปลง N3) คุณควนแก้ว บุญชุม พิกัดแปลง N 18° 15.579' E 100° 11.620' อำเภอหนองม่วงไข่ จังหวัดแพร่ แปลงปลูกเป็นพื้นที่ราบสม่ำเสมอ เคยใช้เป็นแปลงนาปลูกข้าวมาก่อน มีคันดินรอบแปลงเพื่อเก็บกักน้ำ สามารถให้น้ำและระบายน้ำได้สะดวกเช่นเดียวกับแปลงคุณแสงหล้า ดินเป็นดินร่วนเหนียว

แปลงที่ 4 (รหัสแปลง N4) คุณฉวย บุญทิพย์ พิกัดแปลง N 15° 25.668' E 100° 35.485' อำเภอไพศาลี จังหวัดนครสวรรค์ สภาพพื้นที่เป็นสภาพไร่ ไหล่แจ้ง ไม่มีต้นไม้ใหญ่ มีความลาดเอียงเล็กน้อย ส่วนใหญ่เกษตรกรในแถบนี้ปลูกพืชไร่อาศัยน้ำฝน แต่แปลงคุณฉวยมีการเจาะบ่อบาดาลสูบน้ำมาใช้ในการเกษตรจึงสามารถกำหนดช่วงปลูกพืชตามต้องการได้ ดินเป็นดินร่วนเหนียว

แปลงที่ 5 (รหัสแปลง E1) คุณภทรพล จันทรพวง พิกัดแปลง N 15° 4.880' E 104° 55.814' อำเภอวารินชำราบ จังหวัดอุบลราชธานี สภาพพื้นที่มีความลาดเอียงเล็กน้อย พื้นที่ตอนใช้ปลูกผักโดยเจาะบ่อบาดาลสูบน้ำมาใช้ ส่วนพื้นที่ลุ่มทำนา ดินเป็นดินร่วนเหนียว

แปลงที่ 6 (รหัสแปลง E2) คุณอนันต์ ภูโท พิกัดแปลง N 15° 5.936' E 104° 55.549' อำเภอวารินชำราบ จังหวัดอุบลราชธานี แปลงปลูกเป็นพื้นที่ราบเรียบสม่ำเสมอ แต่ก่อนเป็นทีนา เมื่อต้องการเปลี่ยนจากปลูกข้าวมาเป็นปลูกผัก จึงนำดินจากที่อื่นมาถม ขุดสระน้ำบริเวณใกล้เคียงไว้ใช้ประโยชน์ 2 สระ แต่น้ำไม่เพียงพอในฤดูแล้งจึงขุดบ่อบาดาลน้ำตื้นเพิ่ม อย่างไรก็ตามในฤดูแล้งน้ำจะกร่อยถึงเค็ม ไม่เหมาะที่จะนำมาใช้ในการเกษตร

แปลงที่ 7 (รหัสแปลง E3) คุณสุภาพ คำศรี พิกัดแปลง N 15° 12.508' E 104° 33.338' อำเภอกันทรารมย์ จังหวัดศรีสะเกษ สภาพพื้นที่ราบเรียบสม่ำเสมอ ดินเป็นดินร่วนทราย ใช้น้ำบาดาลรดพืชผักโดยติดตั้งระบบฉีดพ่นฝอย มีการปลูกผักและไม่ผลผสมผสานกันในพื้นที่ของตนเองบริเวณใกล้เคียง

แปลงที่ 8 (รหัสแปลง E4) คุณภัยมณี ชารี พิกัดแปลง N 15° 13.377' E 104° 32.888' อำเภอกันทรารมย์ จังหวัดศรีสะเกษ แปลงปลูกเดิมเป็นที่ลุ่ม นำดินมาถมเพิ่มให้สูงจากระดับดินเดิมเพื่อปลูกผัก (ดินเดิมมีความเป็นกรดสูง) เจาะบ่อบาดาลใช้น้ำได้อย่างเพียงพอตลอดปี ดินเป็นดินร่วนทราย

แปลงที่ 9 (รหัสแปลง C1) คุณธนุ นิติพันธ์ พิกัดแปลง N 13° 44.55' E 99° 49.073' อำเภอโพธาราม จังหวัดราชบุรี แปลงปลูกเป็นพื้นที่ราบลาดเอียงเล็กน้อย อยู่ติดคลองชลประทาน และอยู่ใกล้แนวร่องน้ำหลาก

ธรรมชาติจากภูเขาที่อยู่บริเวณใกล้เคียง เมื่อฝนตกหนักติดต่อกันหลายวันจะเกิดน้ำหลากท่วมแปลงปลูก แต่น้ำจะลดลงเร็วไม่เกิน 7 วัน พื้นที่ใกล้เคียงรอบๆแปลงปลูกเป็นแปลงปลูกผักปลอดภัยจากสารพิษหลากหลายชนิด ดินเป็นดินร่วนเหนียว

แปลงที่ 10 (รหัสแปลง C2) คุณปิยพร เรืองเกิด พิกัดแปลง N 13° 22.20' E 99° 26.21' อำเภอสวนผึ้ง จังหวัดราชบุรี สภาพพื้นที่เป็นที่ราบสม่ำเสมอ ดินเป็นดินทราย ระบายน้ำดี ปลูกพืชอาศัยน้ำฝนเป็นหลัก เกษตรกรวางท่อถาวรสูบน้ำจากแหล่งน้ำธรรมชาติซึ่งอยู่ห่างไปประมาณ 1 กิโลเมตรมายังแปลงปลูก เพื่อให้ในช่วงที่ไม่มีฝน และใช้ระบบน้ำหยด

เกษตรกรแต่ละรายปลูกพืชผักต่อเนื่องกันแปลงทดสอบที่เป็นพื้นที่เดิมตลอด 3 ปี โดยมีการปักหมุดถาวรกำหนดขอบเขตแปลงแยกจากพื้นที่ปลูกพืชชนิดอื่นอย่างชัดเจน พื้นที่ที่เป็นแปลงทดสอบกำหนดให้มีขนาด 800 ตารางเมตร เท่ากันทุกราย (ยกเว้นแปลงคุณธนู นิติพันธ์ ที่ปลูกผักกาดขาวและผักกวางตุ้ง ซึ่งใช้ระยะปลูกแคบ 20x20 เซนติเมตร จึงกำหนดพื้นที่ปลูกเพียง 150 ตารางเมตร) ในแปลงทดสอบของเกษตรกรทุกรายแบ่งพื้นที่เป็น 2 ส่วนๆละเท่าๆกันคือ 400 ตารางเมตร (แปลงคุณธนูแบ่งพื้นที่เป็น 2 ส่วนๆละ 75 ตารางเมตร) **ส่วนที่ 1** ให้เป็นแปลงปลูกพืชโดยใช้ถุงเพาะกล้าพลาสติกชีวภาพ ซึ่งเกษตรกรจะเพาะกล้าลงในถุงเพาะกล้าพลาสติกชีวภาพขนาด 4x6 เซนติเมตร เมื่อต้นกล้าได้ขนาดหรืออายุพร้อมที่จะย้ายปลูก จึงนำต้นกล้าไปย้ายลงปลูกในแปลงโดยไม่มีการถอดถุงเพาะกล้าออก สำหรับ**ส่วนที่ 2** กำหนดให้เป็นแปลงปลูกพืชผักชนิดเดียวกัน แต่เพาะกล้าในถาดเพาะกล้า ซึ่งเมื่อย้ายต้นกล้าลงแปลงปลูกจะดึงต้นกล้าจากถาดเพาะลงปลูกในแปลง จึงเป็นแปลงปลูกเปรียบเทียบที่ไม่มีการใช้พลาสติกชีวภาพ สำหรับปริมาณการใช้ถุงพลาสติกชีวภาพของเกษตรกรแต่ละรายจะไม่เท่ากัน ขึ้นกับชนิดพืชที่ปลูกโดยมีระยะปลูกแตกต่างกัน จำนวนต้นต่อหลุมและจำนวนครั้งที่ปลูกพืชต่อปี ดังแสดงในตารางที่ 1

1.2 การปลูกพืชและการจัดการแปลงปลูก

เกษตรกรแต่ละรายมีอิสระในการจัดการแปลง กำหนดชนิดพืชผักที่จะปลูก ช่วงเวลาปลูก ซึ่งแล้วแต่สภาพฤดูกาลและปัจจัยอื่นๆที่เป็นตัวกำหนด เช่น น้ำฝน ราคาพืชผล พืชที่ปลูกก่อนหน้านี้ เป็นต้น จึงทำให้ช่วงการปลูกพืชของเกษตรกรในแต่ละภูมิภาคแตกต่างกันออกไป ซึ่งส่งผลให้รอบเวลาที่เริ่มทดสอบในปีที่ 1 และเวลาที่สิ้นสุดการปลูกพืชในปีที่ 3 แตกต่างกันด้วย การปลูกพืชของเกษตรกร 10 รายในพื้นที่ภาคต่างๆมีดังนี้

1.2.1 คุณอุดม เขียวสลับ ปลูกพริกใหญ่เพื่อส่งขายโรงงานทำซอสพริกปีละครั้งตลอดทั้ง 3 ปี หลังจากปลูกพริกอาจปลูกข้าวโพดหรือถั่วเขียวสลับบ้าง การปลูกพริกในเขต อำเภอนองม่วงไข่ ทำกันมานานแล้ว โดยใช้วิธีเพาะกล้าพริกในถาดเพาะกล้า 104 ช่อง แล้วย้ายต้นกล้าลงปลูกในแปลง เมื่อทำแปลงทดสอบระหว่างการใช้และไม่ใช้พลาสติกชีวภาพ จึงไม่กระทบกับการปฏิบัติงานปรกติมากนัก เกษตรกรเตรียมแปลงปลูกโดยไถพรวน ยกแปลงปลูกให้มีร่องระบายน้ำข้างแปลง ขนาดแปลงปลูกกว้างประมาณ 120-130 เซนติเมตร ยาวไปตามแนวลาดเอียงของพื้นที่ ย้ายต้นกล้าลงในแปลงปลูกโดยใช้ระยะระหว่างแถวประมาณ 30 เซนติเมตร ปลูก 3-4 แถวต่อแปลง ระยะระหว่างต้น 45 เซนติเมตร การให้น้ำใช้วิธีปล่อยน้ำตามร่อง แล้วช่วยวิดน้ำเข้าโคนต้นพริก มีการปักค้ำ การเด็ดกิ่งแขนง รวมทั้งการให้ปุ๋ยเคมี และการฉีดพ่นสารเคมีป้องกันศัตรูพืช ตามหลักเกณฑ์การปฏิบัติที่เคยทำมา ในปีที่ 2 มีการใช้พลาสติกสีดำ-เงินคลุมแปลงปลูกเพื่อควบคุมวัชพืช

1.2.2 คุณแสงหล้า ปันติ ปลูกพริกปีละ 1 ครั้งตลอด 3 ปีเช่นเดียวกับคุณ อุดม เขียวสลับ มีการปลูกพืชบำรุงดิน เช่น ถั่วเขียว ปอเทือง สลับกับการปลูกพืชหลักทุกปี เริ่มเพาะกล้าพริกต้นฤดูฝนราวเดือน กรกฎาคม – สิงหาคม เตรียมพื้นที่ปลูกโดยไถพรวนหลายครั้งจนดินร่วนซุย แล้วยกแปลงปลูกกว้างประมาณ 160 เซนติเมตร คลุมแปลงปลูกด้วยพลาสติกคลุมแปลงสีดำ-เงิน ย้ายต้นกล้าพริกลงแปลงปลูก 4 แถวต่อแปลง ระยะปลูกประมาณ 40x30 เซนติเมตร ระหว่างแปลงปลูกเป็นร่องให้น้ำ หรือใช้เป็นทางเดินกว้างประมาณ 50 เซนติเมตร สำหรับเข้าไปทำงานเช่นทำหญ้า ใส่ปุ๋ย การให้น้ำทำโดยปล่อยน้ำไหลตามร่องน้ำระหว่างแปลง แล้วตัดกรดต้นพริกบนแปลงอีกครั้ง มีการปฏิบัติดูแลรักษาต้นพริกอย่างประณีต เช่น การปักค้ำ การเด็ดกิ่งแขนง การเด็ดใบ ผล ที่เป็นโรคออก

จากแปลง การให้ปุ๋ยเคมี การควบคุมวัชพืชและศัตรูพืชอย่างสม่ำเสมอ อีกทั้งมีการเข้ารับการอบรมเสริมความรู้ มีการจัดบันทึกการปฏิบัติงานประจำวัน ค่าใช้จ่าย และการขายผลผลิตแต่ละปี ทำให้ได้พริกที่มีคุณภาพดีส่งตลาดได้ราคาสูง และเก็บผลผลิตได้ยาวนานกว่าเกษตรกรรายอื่น

1.2.3 คุณควนแก้ว บุญชุม ทำแปลงปลูกพริกเช่นเดียวกับแปลงคุณแสงหล้า ปันติ ตลอดทั้ง 3 ปี แต่จะลงปลูกพริกช้ากว่าประมาณ 1 เดือน เนื่องจากต้องการหลีกเลี่ยงฝนที่ตกชุกมากในเดือนสิงหาคม ซึ่งยากต่อการเตรียมแปลงปลูก แต่ราคาพริกจะต่ำกว่าช่วงต้นฤดูที่เริ่มเก็บเกี่ยวผลผลิตสู่ตลาด เฉพาะในปีที่ 3 มีการใช้สารชีวภาพในการป้องกันศัตรูพืชแทนสารเคมี

1.2.4 คุณฉนวน บุญทิพย์ เริ่มปลูกพริกในฤดูแล้งเดือนมกราคมถึงเดือนกุมภาพันธ์ ซึ่งต้องการความเอาใจใส่ดูแลมากกว่าปรกติ เพราะต้องผ่านช่วงแล้งเดือนเมษายนที่สภาพอากาศร้อนจัดไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต อีกทั้งศัตรูพืชระบาดรุนแรง แต่ผลผลิตจะได้ราคาดีกว่าการปลูกในฤดูฝน ปรกติเกษตรกรจะเพาะกล้าผักในแปลงเพาะกล้า เมื่อต้นกล้ามีขนาดที่พร้อมย้ายปลูกได้ จึงย้ายปลูกลงแปลงปลูก ผักที่ปลูกจึงเป็นผักที่ค่อนข้างทนทานต่อการย้ายปลูก เช่น มะเขือเปราะ พริกชี้หนู การปลูกจะไม่มีการยกแปลง แต่ใช้เชือกขึงเป็นแนวตรงและปลูกพริกตามระยะปลูก ติดตั้งระบบน้ำหยดเพื่อประหยัดน้ำและให้ปุ๋ยพร้อมน้ำแก่พืชได้อย่างสม่ำเสมอ ใช้สายน้ำหยดวางตามแนวปลูกพริกแถวละ 1 สายจึงสะดวกในการให้น้ำ และพืชผักที่ปลูกได้รับน้ำสม่ำเสมอตั้งแต่เริ่มปลูกลงแปลง ปัญหาสำคัญคือต้องใช้แรงงานมากในการกำจัดวัชพืชและการควบคุมศัตรูพืชที่เป็นโรคทางดิน เช่น ลำต้นไหม้ ทำให้พืชเหี่ยวเฉาตายเป็นจำนวนมากหลังจากเริ่มให้ผลผลิต เกษตรกรรายนี้มีการใส่ปูนขาวก่อนเริ่มปลูกผักในปีที่ 1 และปีที่ 2 เพื่อเสริมความแข็งแรงของพืชด้วย

1.2.5 คุณภัทรพล จันทรพวง ปลูกพริก 2 ครั้งต่อปี โดยเริ่มปลูกพริกในช่วงปลายฤดูแล้งหรือช่วงต้นฤดูฝนราวเดือนมีนาคมถึงต้นเดือนพฤษภาคม พืชที่ปลูกเป็นพริกที่ไม่ต้องการอากาศเย็น เช่น มะเขือ ถั่วฝักยาว พริกชี้หนู เมื่อถึงปลายเดือนกันยายนจะเพาะกล้ากะหล่ำปลีไว้ เมื่อเก็บเกี่ยวพริกที่ปลูกในฤดูฝนเสร็จ รีบรื้อแปลง ไถพรวนดินแล้วย้ายปลูกกะหล่ำปลี ซึ่งอากาศเย็นในฤดูหนาวเดือนธันวาคมและมกราคมช่วยให้กะหล่ำปลีเจริญเติบโตได้ดี ห่อปลีแน่น ได้น้ำหนักดี และมีศัตรูพืชน้อย หลังจากเสร็จการปลูกกะหล่ำปลีแล้วจะปล่อยพื้นที่ทิ้งไว้ไม่มีการปลูกพืชใดใด

1.2.6 คุณอนันต์ ภูโท ระบบการปลูกพริกคล้ายกับคุณภัทรพล จันทรพวง โดยปลูกพริกปีละ 1-2 ครั้ง เช่นพริกชี้หนู มะเขือเปราะ สลับกับกะหล่ำปลี เป็นต้น หลังจากไถพรวนดินแล้วปลูกพริกเป็นแถวเดียว ไม่มีการยกแปลง แต่ถ้าปลูกพริกชี้หนูจะยกแปลงสูงเพื่อให้ดินบริเวณปลูกพริกไม่แฉะเกินไป

1.2.7 คุณสุภาพ คำศรี แปลงปลูกเป็นดินร่วนทราย ระบายน้ำดีจึงไถพรวนแล้วปลูกแตงกวาโดยไม่มีการยกแปลงตลอดทั้ง 3 ปี ระบบให้น้ำเป็นแบบพ่นฝอย ปัญหาคือขาดแคลนแรงงานในการกำจัดวัชพืช และตัวเกษตรกรเองมีการะเป็นผู้นำชุมชน จึงไม่ค่อยมีเวลาในการดูแลพืชผักแปลงส่วนตัวมากนัก

1.2.8 คุณยัมฉิ ขารี ปลูกพริกโดยใช้ถุงเพาะกล้าพลาสติกชีวภาพเพียงปีละครั้ง พืชที่ปลูกคือมะเขือเทศและฟักทอง แต่เมื่อเก็บเกี่ยวมะเขือเทศแล้วมีการปลูกมะเขือพวง หรือหอมแดงต่ออีกครั้งแต่ไม่ได้ใช้พลาสติกชีวภาพในการเพาะกล้า เกษตรกรวางระบบน้ำหยดในแปลงทดสอบด้วย แต่ในปีแรกเป็นการเริ่มใช้ระบบ จึงวางสายเพียงสายเดียวต่อพืช 2 แถวทำให้ปริมาณน้ำและการกระจายของน้ำบนแปลงไม่เพียงพอต่อพืชที่ปลูก

1.2.9 คุณธนู นิติพันธ์ ปลูกผักหลากหลายชนิดแบบปลอดภัยจากสารพิษ มีข้อมูลผลิตภัณฑ์ของตนเองว่า “ผักไร่นายเสือ” ส่งผลผลิตขายร้านค้าในหมู่บ้านและส่งถึงผู้บริโภคโดยตรง นอกจากนี้เมื่อหน่วยงานราชการจัดงานออกงานขายผลผลิตมักจะได้รับเชิญให้ไปขายของในงาน เช่น ตลาดนัดคลองผดุงกรุงเกษม กรุงเทพฯ ตลาด OTOP เมืองทองธานี และตลาดนัดวันพุธที่จังหวัดราชบุรี เป็นต้น คุณธนูปลูกผักใบอายุสั้น เช่น ผักกาดขาว ผักกวางตุ้ง ปีละ 4 ครั้งตลอด 3 ปี (ยกเว้นในปีแรกที่ปลูกมะเขือเทศและแตงกวา 1 ครั้งก่อนปลูกผักกาดขาวและผักกวางตุ้ง) โดยทำเป็นแปลงปลูกกว้าง 1 เมตร มีช่องทางเดินระหว่างแปลง 50 เซนติเมตร ปลูกผักกาดขาวและผักกวางตุ้งบนแปลง 5 แถวๆละ 50 ต้น ระยะปลูก 20x20 เซนติเมตร แต่ละหลุมปลูก 1-2 ต้น การดูแลรักษามี

การใช้ปุ๋ยอินทรีย์ร่วมกับปุ๋ยเคมีและมีการใช้สารเคมีบ้างตามข้อกำหนดการใช้อย่างปลอดภัย สำหรับผลผลิตผักกวางตุ้งมีแนวโน้มลดลงในช่วงหลัง น่าจะเกิดจากการเตรียมดินที่ใช้แรงงานคนขุดย่อยดินขึ้นรูปแปลงซ้ำที่เดิมตลอด 3 ปี และการขุดดินทำได้เพียงตื้นๆ ไม่ได้พลิกเอาดินด้านล่างที่ลึกกว่า 10-15 เซนติเมตรขึ้นมา ทำให้มีชั้นดินดานแข็งยากแก่การเจริญเติบโตของรากผักกวางตุ้ง

1.2.10 คุณปิยพร เรื่องเกิด หลังจากเตรียมพื้นที่โดยไถพรวนเสร็จแล้ว ทำการปลูกพืชโดยไม่มีการยกแปลง แต่จะปลูกเป็นแถวเดี่ยว เนื่องจากมีข้อจำกัดเรื่องน้ำสำหรับการเกษตร ทำให้ผลผลิตของพริกและมะเขือต่ำมากจนไม่คุ้มกับการลงทุนทั้ง 3 ปี ประจวบกับการที่คุณปัญญา ทามะรัตน์ ซึ่งเป็นสามีของคุณปิยพร เสียชีวิตในวันที่ 4 มิถุนายน 2560 ทำให้ขาดกำลังหลักในการปลูกพืช แต่ภรรยาและลูกยังช่วยกันทำงานทดลองต่อจนสิ้นสุดโครงการในปี 2562 จึงต้องขอขอบคุณครอบครัวคุณปัญญา ทามะรัตน์ เป็นอย่างยิ่งที่ทำให้โครงการมีข้อมูลการใช้ถุงเพาะกล้าพลาสติกชีวภาพในภาคกลาง จังหวัดราชบุรี ครบ 2 แหล่งตลอด 3 ปี ตามที่วางแผนไว้

สำหรับรายละเอียดของการปลูกพืช การจัดการแปลงปลูก การใส่ปุ๋ย การใช้สารเคมี ผลผลิต ความคิดเห็นที่มีต่อการใช้ถุงเพาะกล้าพลาสติกชีวภาพ รวมทั้งที่อยู่และเบอร์โทรศัพท์ติดต่อเกษตรกรแต่ละรายสามารถดูเพิ่มเติมได้ในภาคผนวกที่ 6 ข้อมูลแปลงเกษตรกร

ภาพกิจกรรมการใช้ถุงพลาสติกชีวภาพในการปลูกพืชชนิดต่างๆตั้งแต่ การเลือกแปลงปลูก การเพาะกล้า การย้ายปลูก การเก็บเกี่ยว เป็นต้น ในแปลงเกษตรกรทั้ง 10 ราย แสดงในหน้าถัดไป

แปลงคุณอุดม เขียวสลับ (N1)

	
คุณอุดม เขียวสลับและภรรยา	ปักหมุดพีวีซีกำหนดขอบเขตแบ่งพื้นที่แปลง 2 ส่วน
	
เพาะกล้าพริกบนลานปูนหน้าบ้าน	ต้นกล้าพริกในถาดเพาะกล้าพลาสติกชีวภาพ
	
ดินในถาดและมาก รากฝอยเกิดเหนียวดิน	ปีที่2 มีการเจาะรูกันถาดรองถาดเพาะกล้ามากขึ้น
	
แปลงปลูกพริก	พริกติดผลเขียว

แปลงคุณแสงหล้า ปันติ (N2)



หมุดทอพีวีซีกำหนดแนวพื้นที่ปลูกพืช



เตรียมถุงเพาะกล้าและกรอกดินใส่ถุง



เสียแรงงานในการพองถุงก่อนจึงจะกรอกดิน



ต้นกล้าบางต้นตายตั้งแต่เล็กเพราะดินแฉะเกินไป



ดินแฉะมากจนรากฝอยเกิดที่โคนต้นเหนื่อดิน



ต้นกล้าพริกในถาดเพาะกล้าเจริญเติบโตได้ดี



ย้ายปลูกลงแปลง



แปลงปลูกพริกหลังย้ายปลูก

แปลงคุณแสงหล้า ปันติ (N2)

	
พริกโกล้เก็บเกี่ยว	เก็บเกี่ยวพริกแดง
	
ปีที่2 และ3 เพาะกล้าพริกได้ดีขึ้น เพราะรู้ปัญหา	ต้นกล้าในถาดเพาะ ในโรงเรือนที่ยกพื้นสูง
	
แปลงปลูกพริก	ต้นพริกกำลังออกดอก
	
แปลงพริกติดผลดกโกล้เก็บเกี่ยว	แปลงพริกถึงระยะเก็บผลเขียวได้

แปลงคุณควนแก้ว บุญชุม (N3)

	
กำหนดขอบเขตแปลงปลูกทดสอบ	วัดความกว้างความยาวแปลง
	
ต้นกล้าพริกในโรงเรือน	ต้นกล้าพริกในถุงเพาะกล้าพลาสติกชีวภาพ
	
ถุงเพาะกล้าปริแตกก่อนถึงเวลาย้ายปลูก	ย้ายปลูกลงแปลงทดสอบ
	
แปลงปลูกพริก	ผลผลิตพริกที่จำหน่ายไม่ได้ นำมาตากแห้ง

แปลงคุณฉวย บุญทิพย์ (N4)

แปลงเพาะกล้ามะเขือ	ต้นกล้ามะเขือ
ต้นกล้ามะเขือที่เพาะในถุงเพาะกล้าพลาสติกชีวภาพ	ย้ายกล้าลงแปลงปลูก มีระบบน้ำหยดตลอดแถว
แปลงมะเขือและหมุดกำหนดขอบเขตแปลง	ต้นมะเขือกำลังออกดอกติดผลพร้อมเก็บเกี่ยว
โรครำต้นไหม้เข้าทำลายทำให้ต้นเหี่ยวไม่ได้ผลผลิต	แปลงที่ลุ่ม โรครำต้นไหม้แพร่กระจายรวดเร็ว

แปลงคุณฉวย บุญทิพย์ (N4)



คุณฉวยถอนต้นมะเขือที่เป็นโรคทิ้ง



ล้างทำความสะอาดผลมะเขือ



บรรจุถุงเพื่อจำหน่าย



ผลมะเขือรอพ่อค้ามารับไปส่งตลาด



แปลงเพาะกล้าพริกชี้หูในการปลูกปีที่ 2



ต้นกล้าพริกชี้หูพร้อมย้ายปลูก



ต้นกล้าพริกชี้หูในถาดเพาะพลาสติกชีวภาพ



แปลงปลูกวางระบบน้ำหยดพร้อมปลูกพริก

แปลงคุณภัทรพล จันทรพวง (E1)

	
คุณภัทรพล จันทรพวง	แปลงที่ใช้เป็นแปลงปลูกพืชทดสอบ
	
ปักหมุดกำหนดเขตพื้นที่	เก็บตัวอย่างดิน
	
ปลูกมะเขือในปีที่ 1	ผลมะเขือ
	
ปลูกกะหล่ำปลีในช่วงปลายฤดูฝน ห่อปลีในฤดูหนาว	โรคหัวเน่าช่วงใกล้เก็บเกี่ยว

แปลงคุณภัทรพล จันทร์พวง (E1)

ปลูกถั่วฝักยาวในปีที่ 2	ปลูกกะหล่ำปลีต่อจากถั่วฝักยาว
ปีที่ 3 ย้ายต้นกล้าพริกลงถุงเพาะกล้า	ต้นกล้าพริกในถุงเพาะกล้าพลาสติกชีวภาพ
ย้ายกล้าพริกลงแปลงปลูก	แปลงปลูกพริก
พริกเริ่มเติบโต	บ่อน้ำบาดาลที่ใช้สูบน้ำขึ้นมาใช้

แปลงคุณอนันต์ ภูโท (E2)

	
คุณอนันต์และลูกสาว 2 แรงงานในแปลงตัวเอง	สิ้นสุดการปลูกมีเศษพลาสติกคลุมแปลงเหลือทิ้งไว้
	
เศษพลาสติกถูกนำมากรองรอทำลาย	สระน้ำที่สูบน้ำขึ้นมาใช้ในการเกษตร
	
วางท่อมายังแปลงปลูก ใช้สายยางต่อน้ำเข้าแปลง	ต้นกล้ามะเขือในถุงพลาสติกชีวภาพ
	
ย้ายกล้าลงแปลงปลูก หลุมละ 1 ต้น	แปลงปลูกมะเขือ

แปลงคุณอนันต์ ภูโท (E2)

	
สภาพถุงเพาะกล้าประมาณ 2 เดือน	แปลงมะเขือเริ่มติดดอกออกผล
	
ต้นกล้ากะหล่ำปลีในถุงเพาะกล้าพลาสติกชีวภาพ	ย้ายปลูกกะหล่ำปลีหลังจากรื้อแปลงมะเขือแล้ว
	
ปีที่ 3 ปลูกพริกขี้หนูเป็นพืชแรก	พริกขี้หนูใกล้เก็บเกี่ยว
	
หลังจากรื้อแปลงพริกขี้หนู ลงปลูกมะเขือต่อ	ต้นมะเขืออายุประมาณ 25 วันหลังย้ายปลูก

แปลงคุณภาพ คำศรี (E3)

	
คุณสุภาพ คำศรี ผู้ใหญ่บ้าน ทำเกษตรด้วยตัวเอง	เก็บตัวอย่างดินจากแปลงก่อนเริ่มปลูกพืชปีที่ 1
	
ต้นกล้าแตงกวาในถุงเพาะกล้าพลาสติกชีวภาพ	ต้นกล้าแตงกวาในถาดเพาะกล้า 104 ช่อง
	
คลุมแปลงด้วยฟางแห้งก่อนย้ายปลูก	ย้ายปลูกแล้วใช้ฟางคลุมต้นแตงกวา
	
ปีที่ 3 ต้นกล้าแตงกวาเหี่ยวเพราะอากาศร้อนจัด	ใช้ปั๊มสูบน้ำและระบบให้น้ำแบบพ่นฝอย

แปลงคุณ ภัยมณี ชารี (E4)

	
คุณภัยมณี ชารี ผู้ใหญ่บ้านที่เป็นเกษตรกรด้วย	ถาดเพาะกล้ามะเขือเทศและต้นกล้าในถุงเพาะ
	
มะเขือเทศเริ่มงอกในถุงเพาะกล้าพลาสติกชีวภาพ	ต้นมะเขือเทศในแปลงอายุประมาณ 20 วัน
	
แปลงมะเขือเทศระยะเก็บเกี่ยวผลผลิต	ปีที่ 3 เพาะกล้าฟักทองในถุงเพาะ
	
แปลงปลูกฟักทอง	ผลฟักทองที่ใกล้เก็บเกี่ยว

แปลงคุณธนู นิติพันธ์ (C1)

ปีที่ 1 ปลูग्มะเขือเทศ และแตงกวาเป็นพืชแรก	ย้ายปลูग्มะเขือเทศและแตงกวา
มะเขือเทศติดผล	แปลงแตงกวา
คุณธนู นิติพันธ์	ปลูग्พืชครั้งที่ 2 ผักกาดขาว
น้ำหลากท่วมแปลงปลูग्ผักกาดขาวนาน 7 วัน	เตรียมแปลงปลูग्ด้วยแรงคน ยกแปลงกว้าง 1 เมตร

แปลงคุณหนู นิติพันธ์ (C1)

	
เพาะกล้าผักกวางตุ้งในถาดและในถุงเพาะกล้า	ผักกวางตุ้งเริ่มงอกในถุงเพาะกล้า
	
ย้ายปลูกล้านกล้าที่เพาะในถุงเพาะกล้าพลาสติก	
	
ย้ายปลูกล้านกล้าที่เพาะในถาดเพาะกล้า	แปลงปลูกผักกวางตุ้ง
	
ถุงเพาะกล้าพลาสติกยังไม่สลายตัวเมื่อเก็บเกี่ยว	เปิดหน้าดินให้เห็นสภาพถุงเพาะกล้า

แปลงคุณหนู นิติพันธ์ (C1)

	
เก็บตัวอย่างดินในรึศมี 20 ซม.จากต้นพืช	เสร็จสิ้นการเก็บเกี่ยว เศษถุงเพาะกล้าพลาสติกยังเหลืออยู่
	
ผักกวางตุ้งในปีแรก ผลผลิตค่อนข้างดี	เก็บเกี่ยวกวางตุ้ง
	
ซังน้ำหนักรและบรรจุถุง ส่งจำหน่าย	ผลผลิตปลอดภัยจากสารพิษ"ไร้ยาเคมี"
	
ปีที่ 3 มีการพรางแสงในช่วงฤดูร้อน	การเติบโตของกวางตุ้งในปีที่ 3 สู้ในปีแรกไม่ได้

แปลงคุณปียพร เรื่องเกิด (C2)

	
คุณปียญา ทามะรัตน์ (สามีคุณปียพร) เสียชีวิต	สภาพแปลงปลูกเป็นสภาพไร่
	
จุดเก็บตัวอย่างดินก่อนเริ่มปลูกพืช	ต้นกล้าพริกในถุงเพาะกล้าพลาสติกชีวภาพ
	
ต้นกล้าพริกที่เพาะกล้าลงในแปลง	ย้ายปลูกพริกลงแปลงทดลอง
	
แปลงพริก	พริกออกดอกติดผล

แปลงคุณปิยพร เรืองเกิด (C2)

	
พริกถูกโรคและแมลงศัตรูทำลายรุนแรง	ระบบน้ำทางท่อสูบน้ำจากแหล่งน้ำห่างไป 1 กม.
	
แปลงมะเขือในปีที่ 2	แปลงมะเขือ
	
	ลักษณะผลมะเขือม่วงถึง
	
ปีที่ 3 ซื้อมันกล้าพริกมาปลูก	แปลงปลูกพริกในช่วงอากาศร้อน

2. ตัวอย่างดินจากแปลงทดสอบ

2.1 การเก็บตัวอย่างดิน

จุดประสงค์ของโครงการต้องการทราบว่า พลาสติกชีวภาพที่ใส่ลงในแปลงปลูกพืชจะมีผลกระทบต่อดินในแปลงปลูกหรือไม่/อย่างไร จึงเก็บตัวอย่างดินในแปลงเกษตรกรทั้ง 10 รายนำไปวิเคราะห์คุณสมบัติของดินในห้องปฏิบัติการเพื่อดูว่าคุณสมบัติของดินมีการเปลี่ยนแปลงอย่างไรบ้าง

2.1.1 เก็บตัวอย่างดินก่อนเริ่มการทดลอง

เก็บตัวอย่างดินก่อนเริ่มการทดลองจากแปลงเกษตรกรทั้ง 10 ราย โดยเก็บจากแปลงที่กำหนดขอบเขตว่าจะเป็นแปลงที่ใช้และไม่ใช้พลาสติกเพาะกล้าชีวภาพ ซึ่งแต่ละแปลงสุ่มเก็บ 5 จุด โดยใช้กรอบไม้ขนาด 50x50 เซนติเมตร วางบนดินแล้วใช้จอบ/เสียมขุดพรวนดินเฉพาะที่อยู่ในกรอบไม้ ความลึกประมาณ 10-15 เซนติเมตร คลุกเคล้าดินในกรอบไม้ให้เข้ากันดีทั้งดินบนและดินล่าง บรรจุดินใส่ถุงพลาสติกจุดละประมาณ 1 กิโลกรัม ได้ตัวอย่างดิน 5 ตัวอย่างจากแปลงที่ใช้พลาสติกชีวภาพและ 5 ตัวอย่างจากแปลงที่ไม่ใช้พลาสติกชีวภาพ รวมเป็น 10 ตัวอย่างจากเกษตรกรแต่ละราย



ภาพ 52 การเก็บตัวอย่างดิน

2.1.2 เก็บตัวอย่างดินหลังจากปลูกพืชแต่ละครั้งที่มีการใช้พลาสติกชีวภาพ

เมื่อปลูกพืชในแปลงทดสอบแต่ละครั้ง หลังจากเก็บเกี่ยวผลผลิตครั้งสุดท้ายแล้ว ทำการเก็บตัวอย่างดินทั้งจากแปลงที่มีการใช้และไม่มีการใช้พลาสติกเพาะกล้าชีวภาพแปลงละ 5 จุด โดยสุ่มให้จุดที่จะเก็บตัวอย่างกระจายทั่วทั้งแปลง เก็บตัวอย่างดินจากจุดที่ปลูกต้นพืชเป็นจุดศูนย์กลางออกไปในรัศมี 20 เซนติเมตร ตัดต้นพืชที่ปลูกออกแล้วขุดพรวนดินรอบๆ ต้น เลือกเศษรากพืชออก เก็บตัวอย่างดินประมาณจุดละ 1 กิโลกรัม หากดินยังชื้นอยู่มาก นำไปเกลี่ยผึ่งในที่ร่มจนแห้งจึงบรรจุใส่ถุงพลาสติกเขียนรหัสตัวอย่างดินติดกับถุงไว้

ตัวอย่างดินที่ได้จากแปลงทดสอบในแต่ละปี มีจำนวน ดังนี้

ปีที่ 1	ได้ตัวอย่างดินก่อนเริ่มการทดลอง	จำนวน	100	ตัวอย่าง
ปีที่ 1	ได้ตัวอย่างดินหลังปลูกพืช 1-4 ครั้ง	จำนวน	150	ตัวอย่าง
ปีที่ 2	ได้ตัวอย่างดินหลังปลูกพืช 1-4 ครั้ง	จำนวน	150	ตัวอย่าง
ปีที่ 3	ได้ตัวอย่างดินหลังปลูกพืช 1-4 ครั้ง	จำนวน	160	ตัวอย่าง

สำหรับรหัสตัวอย่างดินแต่ละตัวอย่างกำหนดโดยมีหลักเกณฑ์ตามตัวอย่างดังนี้

ตัวอย่างที่ 1 รหัสกำกับตัวอย่างดิน **1-0N2P5** คือ ดินก่อนเริ่มทดลอง จากแปลงคุณแสง หล้า แปลงใช้พลาสติกชีวภาพ จุดที่ 5

ตำแหน่งแรก เป็นตัวเลข = ปีที่ทดสอบ (1=ปีที่ 1 , 2 = ปีที่ 2)

ตำแหน่งที่ 2 เป็นตัวเลข = ครั้งที่ปลูกพืช (0 = ก่อนปลูกพืช 1 = ปลูกพืชครั้งที่ 1)

ตำแหน่งที่ 3 เป็นตัวอักษรและตัวเลข = N2 เกษตรกรภาคเหนือ คุณแสงหล้า

ตำแหน่งที่ 4 เป็นตัวอักษรและตัวเลข = แปลงที่ใช้ (P) และไม่ใช่ (N) พลาสติกชีวภาพ
ตัวเลขคือจุดเก็บตัวอย่างดิน

ตัวอย่างที่ 2 รหัสกำกับตัวอย่างดิน **2-3C1N4** คือ ดินปีที่ 2 หลังจากปลูกพืชครั้งที่ 3 จากแปลงคุณธนู ไม่มีการใช้พลาสติกชีวภาพ จุดที่ 4

2 = ปีที่ 2

3 = ปลูกพืชครั้งที่ 3

C1= เกษตรกร คุณธนู

N4 = แปลงไม่ใช่พลาสติกชีวภาพ จุดที่ 4

2.1.3 การเก็บตัวอย่างดิน เพื่อวิเคราะห์หาธาตุไนโตรเจนในชั้นดินระดับต่างๆ

โดยเลือกพื้นที่เก็บตัวอย่างดินจากแปลงเกษตรกรเพียงแปลงเดียวที่มีปริมาณการใส่พลาสติกชีวภาพลงในแปลงปลูกมากที่สุด คือแปลง คุณธนู นิติพันธ์ อำเภอ โพธาราม โดยเก็บตัวอย่างดินวันที่ 3 เดือน พฤศจิกายน 2561 (หลังจากปลูกผักปีที่ 3 ครั้งที่ 2 เสร็จแล้ว) โดยใช้เครื่องมือเจาะดิน (auger) เจาะเก็บตัวอย่างดิน ลึก 100 เซนติเมตร แยกตัวอย่างดินที่ระดับความลึกต่างกันทุกช่วงความลึก 20 เซนติเมตร จากแปลงที่ใช้ถุงเพาะกล้าพลาสติกชีวภาพ จำนวน 5 จุด และจากแปลงที่ไม่ใช้ถุงเพาะกล้าพลาสติกชีวภาพ จำนวน 2 จุด ได้ตัวอย่างดินทั้งหมด $(5+2) \times 5 = 35$ ตัวอย่าง



ภาพ 53 การเก็บตัวอย่างดินที่ระดับความลึกต่างๆ

โดยมีรหัสดินดังนี้

1. P1N1 = แปลงใช้ถุงพลาสติกชีวภาพจุดที่ 1 ระดับความลึก 0-20 เซนติเมตร
2. P1N2 = แปลงใช้ถุงพลาสติกชีวภาพจุดที่ 1 ระดับความลึก 21-40 เซนติเมตร
3. P1N3 = แปลงใช้ถุงพลาสติกชีวภาพจุดที่ 1 ระดับความลึก 41-60 เซนติเมตร
4. P1N4 = แปลงใช้ถุงพลาสติกชีวภาพจุดที่ 1 ระดับความลึก 61-80 เซนติเมตร
5. P1N5 = แปลงใช้ถุงพลาสติกชีวภาพจุดที่ 1 ระดับความลึก 81-100 เซนติเมตร
6. P2N1 = แปลงใช้ถุงพลาสติกชีวภาพจุดที่ 2 ระดับความลึก 0-20 เซนติเมตร
7. P2N2 = แปลงใช้ถุงพลาสติกชีวภาพจุดที่ 2 ระดับความลึก 21-40 เซนติเมตร
8. P2N3 = แปลงใช้ถุงพลาสติกชีวภาพจุดที่ 2 ระดับความลึก 41-60 เซนติเมตร
9. P2N4 = แปลงใช้ถุงพลาสติกชีวภาพจุดที่ 2 ระดับความลึก 61-80 เซนติเมตร

10. P2N5 = แปลงใช้ถุงพลาสติกชีวภาพจุดที่ 2 ระดับความลึก 81-100 เซนติเมตร
11. P3N1 = แปลงใช้ถุงพลาสติกชีวภาพจุดที่ 3 ระดับความลึก 0-20 เซนติเมตร
12. P3N2 = แปลงใช้ถุงพลาสติกชีวภาพจุดที่ 3 ระดับความลึก 21-40 เซนติเมตร
13. P3N3 = แปลงใช้ถุงพลาสติกชีวภาพจุดที่ 3 ระดับความลึก 41-60 เซนติเมตร
14. P3N4 = แปลงใช้ถุงพลาสติกชีวภาพจุดที่ 3 ระดับความลึก 61-80 เซนติเมตร
15. P3N5 = แปลงใช้ถุงพลาสติกชีวภาพจุดที่ 3 ระดับความลึก 81-100 เซนติเมตร
16. P4N1 = แปลงใช้ถุงพลาสติกชีวภาพจุดที่ 4 ระดับความลึก 0-20 เซนติเมตร
17. P4N2 = แปลงใช้ถุงพลาสติกชีวภาพจุดที่ 4 ระดับความลึก 21-40 เซนติเมตร
18. P4N3 = แปลงใช้ถุงพลาสติกชีวภาพจุดที่ 4 ระดับความลึก 41-60 เซนติเมตร
19. P4N4 = แปลงใช้ถุงพลาสติกชีวภาพจุดที่ 4 ระดับความลึก 61-80 เซนติเมตร
20. P4N5 = แปลงใช้ถุงพลาสติกชีวภาพจุดที่ 4 ระดับความลึก 81-100 เซนติเมตร
21. P5N1 = แปลงใช้ถุงพลาสติกชีวภาพจุดที่ 5 ระดับความลึก 0-20 เซนติเมตร
22. P5N2 = แปลงใช้ถุงพลาสติกชีวภาพจุดที่ 5 ระดับความลึก 21-40 เซนติเมตร
23. P5N3 = แปลงใช้ถุงพลาสติกชีวภาพจุดที่ 5 ระดับความลึก 41-60 เซนติเมตร
24. P5N4 = แปลงใช้ถุงพลาสติกชีวภาพจุดที่ 5 ระดับความลึก 61-80 เซนติเมตร
25. P5N5 = แปลงใช้ถุงพลาสติกชีวภาพจุดที่ 5 ระดับความลึก 81-100 เซนติเมตร
26. X1N1 = แปลงไม่ใช้ถุงพลาสติกชีวภาพจุดที่ 1 ระดับความลึก 0-20 เซนติเมตร
27. X1N2 = แปลงไม่ใช้ถุงพลาสติกชีวภาพจุดที่ 1 ระดับความลึก 21-40 เซนติเมตร
28. X1N3 = แปลงไม่ใช้ถุงพลาสติกชีวภาพจุดที่ 1 ระดับความลึก 41-60 เซนติเมตร
29. X1N4 = แปลงไม่ใช้ถุงพลาสติกชีวภาพจุดที่ 1 ระดับความลึก 61-80 เซนติเมตร
30. X1N5 = แปลงไม่ใช้ถุงพลาสติกชีวภาพจุดที่ 1 ระดับความลึก 81-100 เซนติเมตร
31. X2N1 = แปลงไม่ใช้ถุงพลาสติกชีวภาพจุดที่ 2 ระดับความลึก 0-20 เซนติเมตร
32. X2N2 = แปลงไม่ใช้ถุงพลาสติกชีวภาพจุดที่ 2 ระดับความลึก 21-40 เซนติเมตร
33. X2N3 = แปลงไม่ใช้ถุงพลาสติกชีวภาพจุดที่ 2 ระดับความลึก 41-60 เซนติเมตร
34. X2N4 = แปลงไม่ใช้ถุงพลาสติกชีวภาพจุดที่ 2 ระดับความลึก 61-80 เซนติเมตร
35. X2N5 = แปลงไม่ใช้ถุงพลาสติกชีวภาพจุดที่ 2 ระดับความลึก 81-100 เซนติเมตร

นำตัวอย่างดินส่งห้องปฏิบัติการเพื่อวิเคราะห์หาไททานเนียมในชั้นดินแต่ละชั้นต่อไป

2.2 การวิเคราะห์ตัวอย่างดิน

หลังจากได้ตัวอย่างดินมาแล้ว เตรียมตัวอย่างดินโดยผึ่งให้แห้งแล้วบดละเอียด นำส่งห้องปฏิบัติการของภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตรกำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กำแพงแสน เพื่อวิเคราะห์คุณสมบัติของดิน ดังนี้

1. ความเป็นกรดเป็นด่างของดิน (pH)
2. ค่าการนำไฟฟ้าหรือความเค็มของดิน (Electrical conductivity: ECe (dS/m))
3. อินทรีย์วัตถุ (Organic matter: OM (%))
4. ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Available.P: Avail.P (mg/kg))
5. โปแตสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable K: Exch.K (mg/kg))
6. แคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable Ca: Exch.Ca : mg/kg))
7. แมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable Mg: Exch.Mg : mg/kg))

3 นำผลการวิเคราะห์ดินไปวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ โดยใช้โปรแกรม SPSS for Windows ใช้ T-test เปรียบเทียบความแตกต่างของสิ่งทดลองโดยวิธีจับคู่ระหว่างการใช้และไม่ใช้พลาสติกชีวภาพต่อคุณสมบัติของดิน (ผลวิเคราะห์ดินต่างๆ) โดยวิเคราะห์ข้อมูลของเกษตรกรแต่ละรายและทดสอบความสัมพันธ์ (Correlation Analysis) ของคุณสมบัติของดินและการใช้พลาสติกชีวภาพ

7.2 ผลการทดลอง

1. ผลผลิต

การเก็บเกี่ยวผลผลิตในแปลงเกษตรกร ที่ต้องการแยกผลผลิตเป็นแปลงย่อยอาจทำได้เพียงคร่าวๆหรือระดับประมาณการ ในทางปฏิบัติ เช่น เก็บพริกชี้ฟ้า มะเขือ ที่มีการจ้างแรงงานเก็บเกี่ยวทั้งแบบเหมาหรือรายวัน จะควบคุมให้เป็นไปเหมือนในแปลงทดลองจริงๆทำได้ยาก ผลผลิตที่เก็บได้จากเกษตรกรบางรายจึงไม่ได้ถูกแยกชั่งน้ำหนักของแต่ละแปลง อย่างไรก็ตามก็ตีผลผลิตของพืชผักที่ปลูกแต่ละครั้งตลอด 3 ปี (ตารางที่ 1) จากแปลงที่ใช้พลาสติกชีวภาพ เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับผลผลิตจากแปลงไม่ใช้พลาสติกชีวภาพ มีความแปรปรวนพอสมควร บางครั้งสูงกว่าบางครั้งต่ำกว่า หรือแม้แต่ในแปลงเกษตรกรบางรายที่แนวโน้มผลผลิตเป็นไปในทางเดียวกันก็ตาม ไม่สามารถเป็นตัวบ่งชี้ได้ว่า ตัวพลาสติกชีวภาพเป็นปัจจัยที่มีผลต่อผลผลิต เนื่องจากปัจจัยสาเหตุที่มีผลต่อผลผลิตมีมากมายและซับซ้อน เช่น สภาพความอุดมสมบูรณ์ของดิน การระบายน้ำ ระดับความสูงต่ำของแปลงปลูก การเข้าทำลายของศัตรูพืช การดูแลรักษา เป็นต้น ล้วนเป็นปัจจัยที่ควบคุมได้ยากในแปลงขนาดใหญ่ หากจะลดทอนข้อผิดพลาดจากความแปรปรวนเหล่านี้ จะต้องทำเป็นหน่วยทดลองขนาดเล็ก เช่น ในกระถาง ในโรงเรือนควบคุมสภาพอากาศ แต่จากมุมมองของเกษตรกรที่อยู่ในพื้นที่ มีประสบการณ์ และความใกล้ชิดกับพืชที่ปลูกทุกวัน ระบุว่า ทั้งผลผลิตและการเจริญเติบโตของพืชที่ปลูกจากทั้งแปลงที่ใช้พลาสติกและไม่ใช้พลาสติกไม่มีความแตกต่างกัน หากการปลูกพืชครั้งใดที่ผลผลิตจากแปลงทั้งสองมีความแตกต่างกันบ้าง ก็สามารถระบุสาเหตุที่ทำให้เกิดความต่างนั้น เช่น การเกิดน้ำท่วมแปลงปลูก การเกิดโรค เป็นต้น

2. ปริมาณถุงเพาะกล้าพลาสติกชีวภาพที่ใส่ลงในแปลงปลูก

ปริมาณถุงเพาะกล้าพลาสติกชีวภาพที่ถูกใส่ลงในแปลงของเกษตรกรแต่ละรายมีความแตกต่างกัน ซึ่งขึ้นกับชนิดพืชที่ปลูกโดยมีระยะปลูกที่แตกต่างกัน จำนวนต้นต่อหลุม และจำนวนครั้งที่ปลูกพืชต่อปี (ตาราง 5.1 ภาคผนวก 5) ในรายที่มีการใช้ถุงเพาะกล้าในแปลงปลูกมากที่สุด คุณ ธนู นิติพันธ์ ปลูกพืชโดยใช้ระยะปลูกถี่ และปลูกผักกาดขาวและผักกวางตุ้งปีละ 4 ครั้ง ใช้ระยะ 20x20 เซนติเมตร และย้ายปลูกหลุมละ 1-2 ต้น เมื่อนับจำนวนถุงเพาะกล้าพลาสติกชีวภาพที่ใส่ลงในแปลงปลูกจริงเฉลี่ยได้ถึง 24,245 ถุงต่อไร่ต่อครั้งที่ปลูก หรือเท่ากับน้ำหนักถุงพลาสติกชีวภาพ 15.25 กิโลกรัมต่อไร่ต่อครั้งที่ปลูก (น้ำหนักเฉลี่ยของถุงเพาะกล้าพลาสติกชีวภาพ = 0.62929 กรัม) และเมื่อรวมน้ำหนักถุงเพาะกล้าพลาสติกชีวภาพที่ใส่ลงในดินตลอด 3 ปีจะได้น้ำหนักถุง 183 กิโลกรัมต่อไร่ หรือเฉลี่ยปีละ 61 กิโลกรัม สำหรับเกษตรกรรายอื่นๆอีก 9 ราย มีการใช้พลาสติกชีวภาพในแปลงปลูกมากบ้างน้อยบ้างตั้งแต่ 1,000 ถึง 8,000 ถุงต่อครั้งที่ปลูกพืช เทียบกับน้ำหนักถุงเพาะกล้า 0.67-5.03 กิโลกรัมต่อครั้งที่ปลูกพืช ซึ่งหากนำปริมาณการใช้ถุงเพาะกล้าตลอด 3 ปี จากเกษตรกรทั้ง 10 รายมาหาค่าเฉลี่ย พบว่าเกษตรกรหนึ่งรายใช้ถุงเพาะกล้าพลาสติกชีวภาพ 14638 ถุงต่อไร่ หรือ 9.21 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี

32. ผลกระทบต่อดิน

3.1 ผลกระทบการใช้ถุงเพาะกล้าพลาสติกชีวภาพต่อคุณสมบัติของดิน

ผลการศึกษาเปรียบเทียบการใช้ถุงเพาะกล้าพลาสติกชีวภาพต่อคุณสมบัติต่างๆของดิน ได้แก่ ความเป็นกรดเป็นด่างของดิน (pH) ค่าการนำไฟฟ้า (Electrical conductivity: ECe) หรือความเค็มของดิน ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (Organic Matter: OM) ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (available P) โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้

(Exchangeable K) แคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable Ca) และ แมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable Mg)

เมื่อติดตามเปรียบเทียบคุณสมบัติต่างๆของดินดังกล่าวในแปลงที่มีและไม่มีการใช้ถุงเพาะกล้าพลาสติกชีวภาพโดยติดตามวิเคราะห์คุณสมบัติของดินทุกครั้งหลังจากการเก็บเกี่ยวพืชผักชนิดต่างๆเพื่อเปรียบเทียบกับคุณสมบัติดินที่เปลี่ยนแปลงไป เป็นระยะเวลาสามปีของเกษตรกรทั้งสิบราย จากการวิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์ (Correlation coefficient) โดยภาพรวมของทุกฤดูกาลปลูกในทุกๆแปลงของเกษตรกรเป็นเวลาสามปีพบว่า การใช้ถุงเพาะกล้าพลาสติกชีวภาพไม่มีความสัมพันธ์ใดๆอย่างมีนัยยะสำคัญกับคุณสมบัติต่างๆดังกล่าวของดิน แสดงว่า การใช้ถุงเพาะกล้าพลาสติกชีวภาพในอัตราที่ใช้ไม่มีผลกระทบใดๆต่อคุณสมบัติของดิน (ตาราง 2) ประเด็นหลักที่การใช้ถุงเพาะกล้าพลาสติกชีวภาพไม่ทำให้คุณสมบัติของดินเปลี่ยนแปลงไป ก็เพราะว่าปริมาณที่ใช้มีน้อยมาก คือใช้ประมาณ 9.21 กิโลกรัมต่อไร่ หรือประมาณ 0.0029 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักเท่านั้น ในขณะที่ค่าเฉลี่ยของอินทรีย์วัตถุในดินในแปลงอยู่ที่ประมาณ 1.5 เปอร์เซ็นต์ การใส่ถุงพลาสติกลงไปจึงมีปริมาณน้อยมาก เมื่อเทียบกับปริมาณอินทรีย์วัตถุที่มีอยู่แล้วในดิน ดังนั้นเมื่อมีการย่อยสลายของพลาสติกซึ่งมีโครงสร้างหลักเป็นสารอินทรีย์ polylactate ที่จุลินทรีย์สามารถย่อยสลายไปได้ ปริมาณที่หลงเหลือในดินหลังจากปลูกพืชจึงไม่มีนัยยะสำคัญต่อระดับปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน สำหรับคุณสมบัติอื่นๆของดิน เช่น ความเป็นกรดต่างของดินก็เช่นเดียวกัน ด้วยองค์ประกอบหลักของถุงพลาสติกชีวภาพจะเป็นโพลิเมอร์ของ lactic acid ซึ่งเมื่อย่อยสลายออกมาจากโครงสร้างหลัก จุลินทรีย์ดินก็สามารถย่อยสลายต่อไปได้ง่ายและรวดเร็วจึงไม่เหลือสะสมจนกระทั่งส่งผลเปลี่ยนแปลง pH ของดินได้ ในกรณีของ ความเค็ม Exchangeable K, Exchangeable Ca และ Exchangeable Mg ก็ทำนองเดียวกัน ด้วยเกลือต่างๆเหล่านี้มีปนเปื้อนอยู่ในส่วนประกอบพลาสติกชีวภาพน้อยมาก เมื่อปริมาณพลาสติกที่ใส่ลงไปดินมีน้อยจึงไม่มีผลอย่างมีนัยยะสำคัญทางสถิติต่อคุณสมบัติของดิน

ด้วยถุงปลูกพลาสติกชีวภาพที่ใช้มีปริมาณน้อยมากเมื่อเปรียบเทียบกับมวลของดินในแปลงปลูกจนการใช้ไม่มีความสัมพันธ์กับคุณสมบัติต่างๆของดินดังกล่าว เมื่อมาประกอบกับความแปรปรวนของดินในแปลงทดลอง ซึ่งส่วนหนึ่งก็เป็นความแปรปรวนตามธรรมชาติอันเป็นสมบัติของดินโดยทั่วไป และอีกส่วนหนึ่งก็แปรปรวนไม่สม่ำเสมออันเนื่องมาจากการจัดการของเกษตรกรเอง ไม่ว่าจะเป็นความไม่สม่ำเสมอในการใส่อินทรีย์วัตถุ การใส่ปุ๋ยอินทรีย์ มูลสัตว์ การใส่ปุ๋ยเคมี การให้น้ำ เป็นต้น ล้วนแล้วแต่เป็นปัจจัยที่มีผลกระทบต่อคุณสมบัติของดินได้มากกว่าการใช้ถุงปลูกพลาสติกชีวภาพทั้งสิ้น ปัจจัยทั้งด้านความแปรปรวนตามธรรมชาติของดินและความแตกต่างไม่สม่ำเสมอของการจัดการดินโดยเกษตรกรจึงเป็นสาเหตุสำคัญที่กลบเกลื่อนทำให้เห็นผลกระทบของการใช้ถุงปลูกพลาสติกชีวภาพได้น้อยในแต่ละแปลงของเกษตรกร

ตาราง 63 ค่าสหสัมพันธ์ (Correlation coefficient) ของดินที่มีการใช้พลาสติกชีวภาพ กับ คุณสมบัติของดิน

	Plastic	year	Crop	pH	ECe	OM	AvaiP	ExchK	ExchCa	ExchMg
Plastic	1	.000	.000	.049	.006	-.009	.010	.040	-.003	.023
year		1	.425 **	-.103 *	.054	-.001	.028	-.180 **	.215 **	.049
Crop			1	.068	.016	.042	-.021	-.300 **	-.041	-.183 **
pH				1	-.231 **	.328 **	-.152 **	-.142 **	.293 **	.177 **
Ece					1	-.018	.361 **	.267 **	-.139 **	-.055
OM						1	-.223 **	.287 **	.478 **	.598 **
AvaiP							1	.116 **	-.103 *	-.163 **
ExchK								1	.177 **	.452 **
ExchCa									1	.661 **
ExchMg										1

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

* . Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

3.2 ผลกระทบการใช้ถุงเพาะกล้าพลาสติกชีวภาพต่อคุณสมบัติของดินรายแปลง

แม้ว่าการใช้พลาสติกชีวภาพจะไม่มีความสัมพันธ์กับสมบัติดินโดยภาพรวม แต่หากพิจารณารายละเอียดเป็นรายแปลงอาจมีแนวโน้มที่แตกต่างกันไปได้ในบางพื้นที่ดังนี้ (ตาราง 5.2 ภาคผนวกที่ 5) ความเป็นกรดเป็นด่างของดิน (pH)

โดยภาพรวมการใช้ถุงปลูกไม่ได้ทำให้ pH ของดินเปลี่ยนแปลงในทุกแปลง แม้ว่าในบางแปลงบางฤดูปลูก ค่า pH ที่วัดได้อาจผันแปรไปบ้าง ทำให้ดูว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติระหว่างแปลงที่ใช้กับไม่ใช้ถุงปลูก ตัวอย่าง เช่นแปลงที่5 ของคุณภัทรพล จันทรพวง ในการปลูกครั้งที่สองของปีแรกแปลงที่ใส่ถุงปลูกมี pH ลดลงจาก 6.93 เป็น 6.64 ทำให้มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยยะสำคัญ แต่เมื่อพิจารณาโดยภาพรวมแล้วการเปลี่ยนแปลงนี้เกิดขึ้นเพียงครั้งเดียวในการปลูกหกครั้ง ความแปรปรวนของ pH ของดินที่วัดได้ในแปลงนี้มีความแปรปรวนสูงอยู่ในช่วงตั้งแต่ 4.93 จนถึง 7.78 การใส่ถุงเพาะกล้าพลาสติกก็มีผลกระทบไม่แน่นอน บางครั้งก็สูงขึ้น บางครั้งก็ต่ำลง แต่ส่วนใหญ่เกือบทั้งหมดไม่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยยะสำคัญ โดยเฉพาะอย่างยิ่งจากปีแรกกับปีสุดท้ายไม่แตกต่างกันทางสถิติ ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าการใช้ถุงปลูกพลาสติกชีวภาพไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลง pH ของดิน

แม้ว่าเกือบทุกแปลงปลูกไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลง pH อย่างมีนัยยะสำคัญ แต่ก็พบว่าในกรณีที่มีการปลูกพืชเกินกว่าสองครั้งในแต่ละปี เช่นในกรณีแปลงที่ 10 คุณธนู นิติพันธ์ ที่มีการปลูกถึงสี่ครั้งต่อปี อัตราการใช้ถุงปลูกก็เพิ่มขึ้นถึงสี่ครั้งต่อปี pH ของดินในแปลงที่มีการใช้และไม่ใช้ถุงปลูกพลาสติกมีความแตกต่างกันทางสถิติ 7 ครั้ง ไม่แตกต่างกัน 5 ครั้ง จากการปลูกทั้งหมด 12 ครั้ง แต่ผลกระทบของการใส่ถุงเพาะกล้าพลาสติกกลับไม่แน่นอน บางครั้งก็สูงขึ้น บางครั้งก็ต่ำลงไม่สามารถสรุปผลได้ชัดเจน ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากปัจจัยอื่นๆเข้ามาเกี่ยวข้องอีกนอกเหนือจากความแปรปรวนด้านดินและเกษตรกร เช่น การปลูกที่ถี่ขึ้นทำให้ช่วงเวลากการย่อยสลายของถุงก็สั้นลง ทำให้เกิดการย่อยที่ไม่สมบูรณ์ อีกทั้งชนิดของพืชที่ปลูกก็หลากหลายเปลี่ยนแปลงจึงทำให้ผลการทดลองไม่ชัดเจน

ความเค็มของดินหรือค่าการนำไฟฟ้า (Electrical conductivity: ECe (dS/m))

โดยภาพรวมแล้วการใส่ถุงเพาะกล้าพลาสติกชีวภาพไม่มีผลกระทบทำให้ดินเค็มขึ้น หรือค่าการนำไฟฟ้าไม่ได้เพิ่มขึ้น ค่าการนำไฟฟ้าเกือบทุกครั้งที่การปลูกพืชของทุกแปลงไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยยะสำคัญ แม้ว่าบางแปลงบางครั้งที่การปลูกที่ค่าการนำไฟฟ้าผันแปรไปบ้างจนมีค่าแตกต่างกันทางสถิติ แต่ก็เป็นส่วนน้อยมาก ค่าก็ไม่แน่นอนบางครั้งก็เพิ่มขึ้นบางครั้งก็ลดลง เมื่อพิจารณาจากค่าความเค็มที่วัดได้โดยภาพรวมก็น่าจะเนื่องมาจากความแปรปรวนในแปลงอันเนื่องมาจากการจัดการของเกษตรกร โดยเฉพาะอย่างยิ่งการใส่ปุ๋ยที่ไม่สม่ำเสมอ ดังจะเห็นได้จากแปลงที่ 6 ของคุณอนันต์ ภูโท ค่าการนำไฟฟ้าของดินไม่มีความสม่ำเสมอมีหลายจุดที่ค่าการนำไฟฟ้าขึ้นสูงเกินกว่า 2 dS/m จนดินธรรมดากลายเป็นดินเค็ม (4.03 dS/m) แสดงว่ามีการกระจุกตัวของเกลือเป็นแห่งๆ ซึ่งน่าจะมีสาเหตุจากในช่วงฤดูแล้งที่สระน้ำ 2 สระมีน้ำไม่เพียงพอ จึงต้องสูบน้ำจากบ่อบาดาลมาใช้ เมื่อใช้มากน้ำบาดาลจะกร่อยทำให้พืชเจริญเติบโตไม่ดี และในกรณีแปลงที่ 10 ของคุณธนู นิติพันธ์ ก็เช่นกัน เนื่องจากเป็นแปลงที่มีทำการเกษตรอย่างต่อเนื่อง 4 ครั้งต่อปี เมื่อดูค่าการนำไฟฟ้าโดยรวมจะเห็นว่ามีความไม่สม่ำเสมอ ผันผวนสูงตั้งแต่ดินไม่เค็ม 0.78 จนถึง 3.53 ซึ่งเป็นดินเค็ม ความเค็มระดับนั้นไม่น่าจะเกิดจากถุงพลาสติกชีวภาพเพราะเกลือที่จะมาจากถุงเพาะกล้าพลาสติกจะน้อยมาก เมื่อเปรียบเทียบกับเกลือสะสมอันเนื่องมาจากการจัดการอื่นๆ ของเกษตรกร

อินทรีย์วัตถุในดิน (Organic matter: OM (%))

การใส่ถุงเพาะกล้าพลาสติกชีวภาพไม่มีผลเปลี่ยนแปลงระดับอินทรีย์วัตถุในดินในทุกแปลง แม้ว่าบางครั้งที่การปลูกพืชที่อินทรีย์วัตถุมีความแตกต่างกันแต่น้อยมาก โดยภาพรวมการใช้ถุงเพาะกล้าพลาสติกจนถึงปีที่สามก็ไม่ทำให้ระดับอินทรีย์วัตถุเปลี่ยนแปลง แม้แต่แปลงที่ 10 ของคุณธนู นิติพันธ์ ที่ถึงแม้จะปลูกถึงสี่ครั้งต่อปี เป็นเวลา 3 ปี (ปลูกพืช 12 ครั้ง) ก็ไม่ได้ทำให้อินทรีย์วัตถุในดินเปลี่ยนแปลงไป สาเหตุหลักก็น่าจะมาจากการที่ปริมาณพลาสติกที่ใส่ลงไปน้อยกว่าที่จะทำให้ระดับปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินเพิ่มมากพอ และการทำเกษตรอย่างเข้มข้น มีการไถพรวน ให้น้ำตลอดทั้งปีก็จะมีส่วนเร่งกระบวนการย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ให้เร็วขึ้นได้มาก

ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Available P (mg/kg))

การใส่ถุงเพาะกล้าพลาสติกชีวภาพหรือไม่ใช้ ต่างก็ไม่มีผลกระทบต่อระดับปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน แม้ว่ามีบางจุดที่ค่าความแตกต่างมากพอให้เห็นว่าแตกต่างอย่างมีนัยยะสำคัญ แต่ถ้าดูผลโดยรวมตลอดทุกครั้งที่ปลูกพืชเป็นเวลา 3 ปี ก็ไม่แตกต่างกันทางสถิติ เหตุผลก็น่าจะเนื่องมาจากฟอสฟอรัสที่วิเคราะห์ได้ในพลาสติกเป็นเพียงการปนเปื้อน เมื่อปริมาณถุงปลูกที่ใส่ลงไปในดินมีน้อย ปริมาณฟอสฟอรัสที่เพิ่มเข้าไปก็ไม่มากพอที่จะทำให้เกิดความแตกต่างทางสถิติได้ เพราะปริมาณที่มีอยู่ในดินตามธรรมชาติก็มีมากกว่าส่วนที่ปนเปื้อนลงไปจะแสดงผลได้ แม้แต่ในแปลงที่ 3 ของคุณควนแก้ว บุญชุม ดินจัดว่ามีระดับปริมาณฟอสฟอรัสตามธรรมชาติอยู่น้อยมากในระดับเพียง 13.9-15.77 ppm การใส่ถุงพลาสติกก็ยังคงไม่แสดงผลอะไร การที่มีข้อมูลบางจุดที่เห็นความแตกต่างก็น่าจะมาจากความแปรปรวนของระดับปริมาณของฟอสฟอรัสในดิน โดยเฉพาะฟอสฟอรัสจัดเป็นธาตุปุ๋ยที่เกษตรกรจะจัดหามาใส่อยู่บ่อยครั้ง การกระจายตัวของฟอสฟอรัสในแปลงทดลองอาจไม่สม่ำเสมอจนทำให้มีความแตกต่างทางสถิติ แต่เมื่อดูผลโดยรวมจากทุกๆ แปลง ทุกๆ ครั้งของการปลูกพืชตลอดสามปีก็จะไม่แตกต่างกัน

โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ แคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ แมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable K (mg/kg), Exchangeable Ca (mg/kg), Exchangeable Mg (mg/kg))

โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ แคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ แมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ ในดินต่างก็คล้ายคลึงกันในเรื่องที่ว่า การใส่ปุ๋ยเฉพาะกล้าพลาสติคชีวภาพไม่ได้ทำให้ระดับปริมาณของทั้งสามธาตุเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยยะสำคัญ แม้ว่ามีบางตัวอย่างบางแปลงที่มีความแตกต่างกันมา แต่ก็เป็นส่วนที่น้อยมากเป็นครั้งคราว และผลก็ไม่มีค่านัยยะสำคัญ บางครั้งก็เพิ่มบางครั้งก็ลด ซึ่งโดยปกติแล้วก็จะเนื่องมาจากการจัดการของเกษตรกร เพราะทั้งสามธาตุเป็นธาตุที่เกษตรกรจะใส่เป็นครั้งคราวและใส่ไม่สม่ำเสมอ ในรูปปุ๋ยเคมี (K) บ้าง โดโลไมต์ (Ca Mg) บ้าง ซึ่งปัญหานี้จะพบได้ในแปลงเกษตรกรที่มีการจัดการอย่างเข้มข้น เพราะจะมีการหว่านปุ๋ยกับโดโลไมต์อยู่เป็นประจำ แต่ถ้าวัดผลโดยภาพรวมจากการใช้ปุ๋ยเฉพาะกล้าพลาสติคในระยะยาวจนครบสามปี ผลรวมก็ยังคงไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยยะสำคัญ แปลงที่เห็นความแปรปรวนมากที่สุดจึงเป็นแปลงที่ 10 ของคุณธนุ นิตพันธ์ ซึ่งมีการจัดการเข้มข้น ก็จะเกิดความแตกต่างระหว่างการใช้กับไม่ใช้ปุ๋ยเฉพาะกล้าพลาสติคเป็นครั้งคราว แต่ผลที่เกิดขึ้นไม่แน่นอน ระดับปริมาณของ K Ca และ Mg ที่ทำให้เกิดความแตกต่างทางสถิติก็มีมากกว่าที่จะพบได้จากปุ๋ยเฉพาะกล้าพลาสติคที่ใส่ลงไป จึงเป็นผลที่เกิดขึ้นมาจากปัจจัยภายนอกไม่ใช่เกิดจากการใช้ปุ๋ยปลุกพลาสติคชีวภาพ

3.3 ผลการวิเคราะห์หาธาตุไททาเนียมในชั้นดินระดับต่างๆ

การวิเคราะห์หาธาตุไททาเนียมในชั้นดินระดับต่างๆ โดยเลือกพื้นที่เก็บตัวอย่างดินจากแปลงเกษตรกรที่มีปริมาณการใส่พลาสติคชีวภาพลงในแปลงปลูกมากที่สุด โดยเก็บตัวอย่างดิน ลึก 100 เซนติเมตร แยกตัวอย่างดินที่ระดับความลึกต่างกันทุกช่วงความลึก 20 เซนติเมตร จากผลการวิเคราะห์พบปริมาณไททาเนียมในแปลงที่ไม่ใช้พลาสติคชีวภาพทั้งสองจุดที่ระดับความลึกต่างๆ พบว่ามีการกระจายตัวของไททาเนียมปริมาณที่ใกล้เคียงกันโดยมีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 211.0-272.8 mg/kg (ตาราง 64) แสดงว่าไททาเนียมที่พบนี้มีอยู่ในวัตถุดิบกำเนิดดินตามธรรมชาติ (หินหรือตะกอนที่ย่อยสลายมาเป็นดินนี้) หรืออาจได้จากฝนที่ชะจากอากาศลงไปเป็นระยะเวลายาวนาน (แล้วแต่ปริมาณไททาเนียมที่มีอยู่ในธรรมชาติ ในอากาศหรือในหินแร่) โดยดินที่ระดับความลึก 10-20 เซนติเมตร ปริมาณไททาเนียมมีแนวโน้มจะต่ำกว่าระดับลึกลงไปเล็กน้อยแสดงว่ามีการเคลื่อนที่ลงไปได้ เพราะปริมาณในระดับที่ลึกลงไปไม่แตกต่างกัน เป็นไปได้ว่า การไถพรวน การใส่ปุ๋ย การให้น้ำ มีส่วนส่งเสริมให้ไททาเนียมหลุดจากการเกาะยึดกับอนุภาคดินเหนียวหรืออินทรีย์วัตถุแล้วเคลื่อนที่ลงไปได้

ส่วนแปลงปลูกที่ใช้พลาสติคชีวภาพทั้งห้าจุดที่เก็บตัวอย่างมีความแปรปรวนของปริมาณไททาเนียมในชั้นดินค่อนข้างมาก โดยที่ระดับความลึก 10-20 เซนติเมตร มีค่าในช่วงระหว่าง 30.74-221.50 mg/kg ที่ระดับความลึก 20-40 เซนติเมตร มีค่าในช่วงระหว่าง 205.30-240.10 mg/kg ที่ระดับความลึก 40-60 เซนติเมตร มีค่าในช่วงระหว่าง 50.19-167.80 mg/kg ที่ระดับความลึก 60-80 เซนติเมตร มีค่าในช่วงระหว่าง 44.04-272.90 mg/kg และที่ระดับความลึก 80-100 เซนติเมตร มีค่าในช่วงระหว่าง 187.60-290.50 mg/kg จากผลการทดลองพบว่าแปลงทดลองที่ใช้พลาสติคชีวภาพที่ระดับความลึกน้อยกว่า 80 เซนติเมตร มีค่าของปริมาณไททาเนียมต่ำกว่าแปลงทดลองที่ไม่ใช้พลาสติคชีวภาพ ในขณะที่ระดับความลึกมากกว่า 80 เซนติเมตร แปลงที่ใช้พลาสติคชีวภาพมีแนวโน้มมีปริมาณไททาเนียมเพิ่มขึ้นในบางจุดที่เก็บตัวอย่าง แต่ในภาพรวมของปริมาณไททาเนียมที่พบในแปลงที่ใช้พลาสติคชีวภาพไม่พบค่าของไททาเนียมสูงกว่าในพื้นที่ที่ไม่ใช้พลาสติค ทั้งนี้ข้อสังเกตคือข้อมูลของการใช้ถึงพลาสติคชีวภาพในพื้นที่ติดต่อกันเป็นระยะเวลา 3 ปี ทั้งนี้ข้อมูลของไททาเนียมในดินอาจต้องมีการศึกษาเพิ่มเติมในระยะเวลาที่เพิ่มขึ้น เพื่อจะได้ข้อมูลของการตกค้างของไททาเนียมเพิ่มเติม ทั้งนี้ในการศึกษานี้ยังไม่พบความแตกต่างของไททาเนียมในดิน

ตาราง 64 ผลการวิเคราะห์ปริมาณ Ti ในตัวอย่างดินในพื้นที่ที่ใช้และไม่ใช้ถุงพลาสติกชีวภาพ ที่ระดับความลึกต่างๆ

ลำดับ	ชนิดดิน	รหัส	ระดับความลึก	ปริมาณ Ti (mg/kg)
1	แปลงไม่ใช้ถุงพลาสติกชีวภาพ จุดที่ 1	X1N1	10-20 cm	218.80±5.17
2		X1N2	20-40 cm	263.70±5.57
3		X1N3	40-60 cm	272.80±6.59
4		X1N4	60-80 cm	264.10±2.44
5		X1N5	80-100 cm	239.80±5.68
6	แปลงไม่ใช้ถุงพลาสติกชีวภาพ จุดที่ 2	X2N1	10-20 cm	211.00±3.56
7		X2N2	20-40 cm	229.50±7.13
8		X2N3	40-60 cm	270.50±16.17
9		X2N4	60-80 cm	247.70±10.28
10		X2N5	80-100 cm	254.70±9.43
11	แปลงใช้ถุงพลาสติกชีวภาพจุด ที่ 1	P1N1	10-20 cm	213.80±12.75
12		P1N2	20-40 cm	223.00±6.86
13		P1N3	40-60 cm	167.80±8.09
14		P1N4	60-80 cm	252.80±5.81
15		P1N5	80-100 cm	280.30±3.35
16	แปลงใช้ถุงพลาสติกชีวภาพจุด ที่ 2	P2N1	10-20 cm	30.74±2.01
17		P2N2	20-40 cm	240.10±16.18
18		P2N3	40-60 cm	50.19±2.69
19		P2N4	60-80 cm	272.90±2.49
20		P2N5	80-100 cm	275.80±8.17
21	แปลงใช้ถุงพลาสติกชีวภาพจุด ที่ 3	P3N1	10-20 cm	157.20±3.49
22		P3N2	20-40 cm	205.30±4.23
23		P3N3	40-60 cm	87.59±1.91
24		P3N4	60-80 cm	246.50±4.73
25		P3N5	80-100 cm	187.60±0.83
26	แปลงใช้ถุงพลาสติกชีวภาพจุด ที่ 4	P4N1	10-20 cm	45.29±4.88
27		P4N2	20-40 cm	224.10±12.60
28		P4N3	40-60 cm	113.10±0.95
29		P4N4	60-80 cm	215.20±9.33
30		P4N5	80-100 cm	220.50±3.54
31	แปลงใช้ถุงพลาสติกชีวภาพจุด ที่ 5	P5N1	10-20 cm	221.50±11.03
32		P5N2	20-40 cm	230.40±7.22
33		P5N3	40-60 cm	50.29±15.06
34		P5N4	60-80 cm	44.04±4.52
35		P5N5	80-100 cm	290.50±10.23

4 ความคิดเห็นของเกษตรกรเกี่ยวกับปัญหาและอุปสรรคในการใช้ถุงเพาะกล้าพลาสติกชีวภาพ

4.1 การเพาะกล้าโดยใช้ถุงเพาะกล้าพลาสติกชีวภาพตั้งแต่ขั้นตอนการแกะถุงออกจากกัน การกรอกวัสดุเพาะกล้าลงในถุง การจัดเรียงถุงเพาะกล้าลงในถาด ปริมาณวัสดุเพาะกล้าที่ใช้ การขนย้ายต้นกล้าไปยังแปลงปลูก ทุกขั้นตอนต้องทำด้วยความระมัดระวัง ทำด้วยความประณีต สิ้นเปลืองเวลาและแรงงาน มากกว่าการเพาะกล้าในถาดเพาะกล้า ดังนั้นรูปแบบของถุงเพาะกล้าจึงไม่เหมาะต่อการปฏิบัติงานของเกษตรกรทุกราย



ภาพ 54 การเตรียมถุงเพาะกล้า การกรอกดิน และถุงปริแตกก่อนย้ายปลูก

4.2 หลังจากกรอกวัสดุเพาะกล้าลงในถุงเพาะกล้าพลาสติกชีวภาพ และจัดวางเรียงถุงในถาดจะพบว่าไม่มีรูระบายน้ำที่ก้นถุง (มีการเจาะรูข้างถุงหลายรู แต่ถุงจะถูกพับ ทำให้รูระบายน้ำไปอยู่ด้านข้างถุง ดังนั้นประสิทธิภาพการระบายน้ำจึงต่ำ) ทำให้วัสดุเพาะในถุงมีความชื้นมากเกินไป ส่งผลให้ต้นกล้าที่เพิ่งงอกตายจากโรคโคนเน่า และ/หรือมีรากฝอยเกิดขึ้นบนผิวหน้าของวัสดุเพาะคือรากไม่เจริญเติบโตภายในถุง และ/หรือต้นกล้ามีใบเหลือง (เกษตรกรแก้ไขโดยการเพาะกล้าในถาดแล้วย้ายปลูกลงในถุงเพาะกล้าอีกครั้งหนึ่งและเจาะรูถุงให้มีขนาดใหญ่และจำนวนมากขึ้น)



ภาพ 55 วัสดุเพาะในถุงแฉะเกินไปที่รากจะเติบโตได้ดี และรากฝอยเกิดบนผิววัสดุเพาะ

4.3 การขนย้ายต้นกล้าไปปลูกในแปลง ทำได้ยากมาก เพราะปกติจะขนถาดเพาะกล้าได้ครั้งละ 2 ถาด (ถือถาดด้วยมือข้างละ 1 ถาด) แต่การขนย้ายถาดใส่ต้นกล้าที่เพาะด้วยถุงเพาะกล้าพลาสติกชีวภาพจะทำได้เพียงครั้งละ 1 ถาด (ต้องถือถาด 1 ถาดด้วย 2 มือ)

4.4 เกษตรกรบางรายพบว่า หลังจากย้ายกล้าแปลงปลูกแล้ว ต้นกล้าบางต้นที่เพาะในถุงเพาะกล้าพลาสติกชีวภาพเจริญเติบโตในแปลงปลูกช้ากว่าต้นกล้าที่เพาะในถาดเพาะกล้า จึงขุดต้นดูพบว่ารากขดม้วนไม่ออกจากถุง หรือเจริญเติบโตออกจากถุงได้ช้ากว่า ซึ่งการย้ายปลูกต้นกล้าด้วยความประณีต ไม่ให้กระทบกระเทือนถุงไม่ปริแตก กลับไม่เป็นผลดีต่อพืชที่ปลูก ทำให้ถุงเพาะกล้ากลายเป็นอุปสรรคต่อราก ไม่ยอมให้รากเจริญออกนอกถุง อย่างไรก็ตามเกษตรกรสามารถแก้ไขปัญหานี้ได้ โดยช่วงที่ย้ายปลูกจะกดต้นกล้าที่อยู่ในถุงเพาะกล้าลงดินจนถุงปริแตกออก เป็นผลให้ต้นพืชเจริญเติบโตต่อไปได้ดีโดยไม่หยุดชะงัก แต่ต้องทำด้วยความระมัดระวัง เพราะถ้ากดแรงไปจนวัสดุเพาะแตกออกจากกันจะมีผลทำให้รากกระทบกระเทือนมากเกินไปอาจชะงักการเจริญเติบโตได้

4.5 เกษตรกรบางรายชอบถุงเพาะกล้าพลาสติกชีวภาพที่ตอบโจทย์ในการปลูกแตงกวา เพราะแตงกวาเป็นพืชที่เติบโตเร็ว ปรกติจะใช้วิธีหยอดเมล็ดลงแปลงปลูกโดยตรง แต่ถ้าใช้วิธีเพาะกล้าแล้วย้ายปลูก โดยใช้ถาดเพาะกล้าชนิด 104 ช่อง ซึ่งเป็นถาดเพาะกล้าที่เหมาะสมกับพืชผักที่เติบโตช้ามีใบไม่ใหญ่ ต้องการการดูแลในถาดเพาะนาน 20-40 วัน แต่แตงกวาที่เพาะในถาดเพาะ 104 ช่อง จะมีขนาดต้นใหญ่ ใบยังแสงแดดกันเอง ต้นยืดยาว ต้องรีบย้ายปลูกเมื่ออายุได้ 7-10 วันหลังหยอดเมล็ด ทำให้เกิดปัญหาต้นกล้าแตงกวามีปริมาณรากไม่มากพอที่จะหุ้มหรือยึดวัสดุเพาะกล้าให้คงรูปร่างไม่แตกออกจากกันง่าย ทำให้เกิดปัญหาตอนย้ายต้นกล้าออกจากถาดเพาะลงปลูกในดิน กระทบวัสดุเพาะกล้ามักจะแตก หรือเกิดความกระทบกระเทือนระบบราก จนทำให้ต้นกล้าแตงกวาตายในแปลงปลูกจำนวนมาก ดังนั้นการเพาะกล้าแตงกวาในถุงเพาะกล้าพลาสติกชีวภาพ ซึ่งมีวัสดุเพาะปริมาณมากกว่าในถาดเพาะ 104 ช่อง และการวางเรียงถุงเพาะกล้ามีช่องว่างระหว่างต้นกล้าแต่ละต้นมากกว่าในถาดเพาะ ต้นกล้าแตงกวาจึงแข็งแรงกว่าและเมื่อย้ายปลูกลงดิน ถุงเพาะกล้ายังคงรูปร่างเดิม รากแตงกวาไม่ได้รับการกระทบกระเทือนใดๆ จึงสามารถเจริญเติบโตต่อไปได้ทันทีโดยไม่หยุดชะงัก และมีเปอร์เซ็นต์รอดตายเกือบ 100% ทำให้ไม่ต้องย้ายปลูกซ่อมต้นที่ตาย และต้นที่รอดตายยังเติบโต ออกดอก ให้ผลผลิตเร็วกว่าต้นกล้าที่เพาะกล้าในถาดเพาะกล้าด้วย

ความคิดเห็นของเกษตรกรที่มีต่อถุงเพาะกล้าพลาสติกชีวภาพในการปลูกพืชผักชนิดต่างๆเป็นไปในทางเปรียบเทียบข้อดีข้อเสียเฉพาะในเชิงการนำรูปแบบไปใช้ในทางปฏิบัติมากกว่า จึงเห็นปัญหา อุปสรรค ความยากลำบาก ความไม่สะดวกในการปฏิบัติงานชัดเจนกว่า ส่วนผลกระทบด้านที่เกี่ยวกับการเจริญเติบโตของพืชที่ปลูกหรือต่อสภาพแวดล้อม เกษตรกรทุกรายมีความเห็นว่าการเจริญเติบโตและผลผลิตของพืชที่ปลูก ขึ้นกับสภาพอากาศเหมาะสม และการควบคุมศัตรูพืชได้ดีเป็นปัจจัยสำคัญ การที่ผลผลิตลดลง/เพิ่มขึ้นก็เป็นการลดลง/เพิ่มขึ้นทั้งในแปลงที่ใช้และไม่ใช้ถุงเพาะกล้าพลาสติกชีวภาพ ดังนั้นการใช้ถุงพลาสติกชีวภาพจึงไม่น่าจะมีผลทางลบต่อการเจริญเติบโตของพืชและผลผลิต ผู้วิจัยมีความเห็นว่ารูปแบบถุงเพาะกล้าอาจไม่เหมาะกับการเพาะกล้าพืชผักที่ต้องทำจำนวนมากๆ ซึ่งเสียเวลาและไม่สะดวกมากๆ ในมุมมองของเกษตรกรที่เคยใช้ถาดเพาะกล้า แต่หากถึงจุดที่พลาสติกชีวภาพมีการใช้งานแพร่หลายแล้ว รูปแบบของการใช้ประโยชน์จากพลาสติกชีวภาพที่จะเอามาแทนที่พลาสติกจากปิโตรเคมีย่อมพัฒนาไปสู่การใช้งานที่เหมาะสมในการปฏิบัติมากขึ้นและราคาต่ำลง

บทที่ 8

สรุปผลการศึกษา

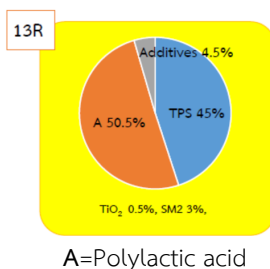
งานวิจัยนี้ศึกษาการเตรียมพอลิเมอร์ผสมระหว่าง PLA และ biodegradable material ในระดับ up scale ในการผลิต ถุงเพาะ ถุงปลูก และพลาสติกคลุมดินสำหรับการปลูกพืชเศรษฐกิจ โดยทำการศึกษาปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อสมบัติการเข้ากันได้ระหว่าง biodegradable material และ PLA เช่น ขั้นตอนการผสม การเตรียมเม็ดคอมพาวด์ การขึ้นรูปฟิล์มพลาสติก ชนิดและปริมาณของสารเพิ่มความยืดหยุ่นและความแข็งแรง โดยสามารถผลิตเป็นถุงเพาะ ถุงปลูก และพลาสติกคลุมดินได้ ซึ่งสามารถนำไปทดสอบความแข็งแรงและผลกระทบต่อ การเจริญเติบโตของพืชด้วยการปลูกพืช ณ มูลนิธิโครงการหลวง จ.เชียงใหม่ โดยใช้เป็นถุงเพาะกล้าสำหรับปลูก ผักกาดหอมห่อ ถุงเพาะกล้าไม้ยืนต้น ถุงปลูกมะเขือเทศและพริกหวาน และพลาสติกคลุมดินสำหรับปลูกมะเขือม่วงก้านเขียวและมะเขือเทศ

ซึ่งการทดลองนี้จะประกอบด้วย การขยายผล (implementation) ของถุงเพาะกล้า (จำนวน 3 ครั้ง) การพัฒนาถุงปลูกสำหรับปลูกมะเขือเทศและพริกหวาน (จำนวน 5 ครั้ง) และขยายผล (จำนวน 1 ครั้ง) การพัฒนาถุงเพาะกล้าไม้ยืนต้น (จำนวน 4 ครั้ง) และขยายผล (จำนวน 1 ครั้ง) รวมถึงพัฒนาสูตรต้นแบบของพลาสติกคลุมดิน (จำนวน 4 ครั้ง) โดยวิธีการดำเนินการวิจัยในส่วนนี้ประกอบไปด้วย

ถุงเพาะ

ในงานวิจัย Phase ที่ 2 นี้ จะใช้ถุงเพาะสูตร 13R มาทำการทดลองกับเกษตรกรบนพื้นที่โครงการหลวง ซึ่งสูตร 13R ในส่วนนี้เป็นการพัฒนาสูตรร่วมกับ บริษัท พีทีที โกลบอล เคมิคอล จำกัด มหาชน ในการเติมสารตัวเติม (commercially additives) (ภาพ 56) ทุกอย่างเหมือนการผลิตพลาสติกทางการค้าจริง ดังนั้นสูตรถุงเพาะสูตรนี้เอกชนจึงสามารถนำไปพัฒนาต่อสู่เชิงการค้าได้

สำหรับการขยายผลถุงเพาะกล้าในส่วนนี้จะทำการทดลองในการปลูกผักกาดหอมห่อบนพื้นที่โครงการหลวง จำนวน 4 ดอย ได้แก่ ศูนย์แม่แฮ ศูนย์ทุ่งหลวง ศูนย์หนองหอย และศูนย์แม่เฒ่า จำนวนเกษตรกรทั้งหมด 86 รายทำการขยายผลจำนวน 3 ครั้ง โดยใช้ถุงเพาะกล้าจำนวน 152,000 ใบ โดยการเจริญเติบโตและผลผลิตที่ได้จากการใช้ถุงเพาะกล้าย่อยสลายได้ให้ผลการทดลองที่ไม่แสดงความแตกต่างจากกรรมวิธีปกติที่เกษตรกรใช้ในปัจจุบัน

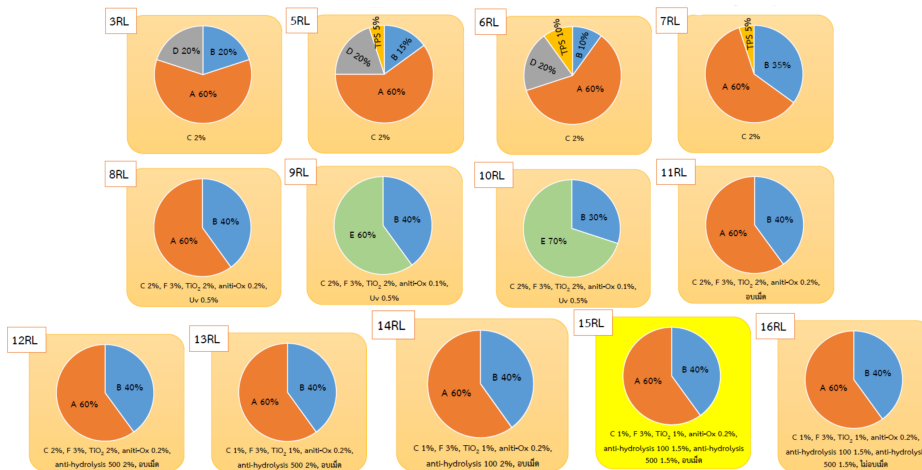


ภาพ 56 อัตราส่วนต่างๆ ของสารที่ใช้เตรียมถุงเพาะ

ถุงปลูก

ถุงปลูกในงานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาต่อจากงานวิจัย Phase ที่ 1 เพื่อต้องการให้ถุงปลูกมีความแข็งแรงและมีความยืดหยุ่นมากขึ้น และรวมทั้งการขยายผลสู่เกษตรกร โดยทำการทดลองทั้งสองส่วนนี้ใช้ระยะเวลารวม 4 ปี โดยในช่วงเวลาการทดลองนี้ได้มีการพัฒนาสูตรต่างๆ ดังแสดงในภาพ 57 เพื่อให้ได้สูตรถุงปลูกที่เหมาะสมต่อการใช้งานจริงมากที่สุด

โดยจากการพัฒนาและทดสอบความแข็งแรงบนพื้นที่จริงแล้วได้สูตรถุงปลูกสูตร 15RL ใช้ในการขยายผลสู่เกษตรกรในการปลูกระเบิดและพริกหวาน จำนวน 3 คอย ได้แก่ ศูนย์อินทนนท์ ศูนย์แม่สาใหม่ และศูนย์ทุ่งเรา จำนวน 100,000 ใบ โดยทำการทดสอบรวมกับการใช้ถุงเพาะย่อยสลายสูตร 13R โดยการเจริญเติบโตและผลผลิตที่ได้จากการใช้ถุงปลูกให้ผลการทดลองที่ไม่แสดงความแตกต่างจากกรรมวิธีปกติที่เกษตรกรใช้ในปัจจุบัน (ร่างสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร แสดงในภาคผนวก 7)



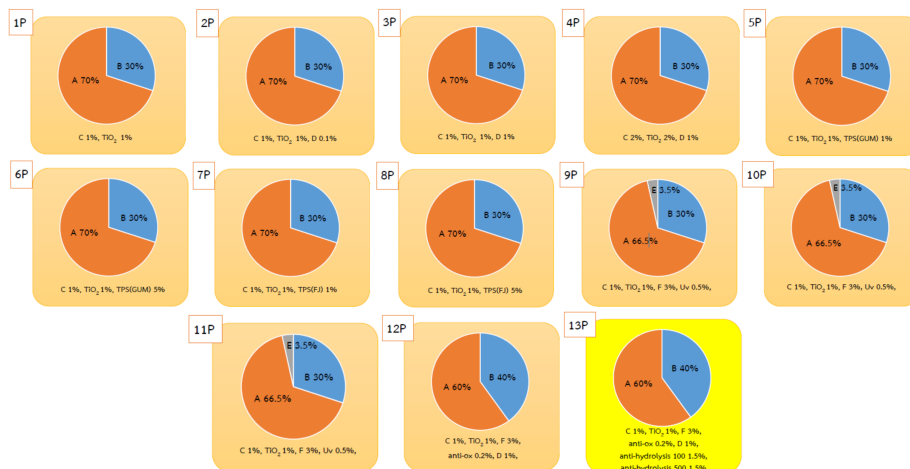
A=Polylactic acid, B=Polyester, C=Wax, D=Polyacetate, E=Polylactic acid + PEG, F=Clay mineral

ภาพ 57 อัตราส่วนต่างๆ ของสารที่ใช้เตรียมถุงปลูก

ถุงปลูกกล้าไม้ยืนต้น

ถุงปลูกกล้าไม้ยืนต้นในงานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาและการขยายผลสู่เกษตรกร โดยทำการทดลองทั้งสองส่วนนี้รวมเป็นระยะเวลา 5 ปี โดยในช่วงเวลาการทดลองนี้ได้มีการพัฒนาสูตรต่างๆ ดังแสดงภาพ 58 เพื่อให้ได้สูตรถุงปลูกกล้าไม้ยืนต้นที่เหมาะสมต่อการใช้งานจริงมากที่สุด

โดยจากการพัฒนาและทดสอบความแข็งแรงของถุงในพื้นที่จริงแล้วนั้น พบว่าได้สูตรถุงปลูกกล้าไม้ยืนต้นสูตร 13P ที่มีสมบัติเหมาะสม และได้ใช้ในการขยายผลในการปลูกต้นการบูร พญาเสือโคร่งและจันทร์ทองเทศ จำนวน 2 พื้นที่ ได้แก่ ศูนย์ปางตะ และศูนย์รวบรวมนพันธุ์ไม้แม่เหียะ จำนวน 10,000 ใบ



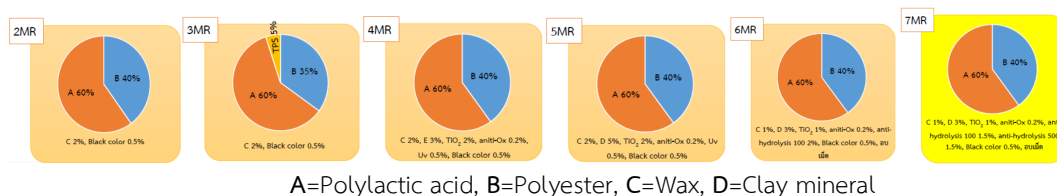
A=Polylactic acid, B=Polyester, C=Wax, D=Polyphenol, E=Polyacetate, F=Clay mineral

ภาพ 58 อัตราส่วนต่างๆ ของสารที่ใช้เตรียมถุงเพาะกล้าไม้ยืนต้น

พลาสติกคลุมดิน

การพัฒนาสูตรพลาสติกคลุมดินในงานวิจัยนี้เป็นการทำการทดลองบนพื้นที่ของโครงการหลวง โดยทำการทดลองเป็นระยะเวลา 4 ปี โดยในช่วงเวลาการทดลองนี้ได้มีการพัฒนาสูตรต่างๆ ดังแสดงภาพ 59 เพื่อให้ได้สูตรพลาสติกคลุมดินที่มีสมบัติที่ดีที่สุด อย่างไรก็ตามการทดสอบพลาสติกคลุมดินไม่ได้เข้าสู่กระบวนการขยายผลสู่เกษตรกร ทั้งนี้เนื่องจากราคาของวัสดุที่ใช้ในการผลิตนั้นยังไม่เหมาะสม ซึ่งบริษัท พีทีที โกลบอล เคมิคอล จำกัด มหาชน ได้ปรึกษากับนักวิจัยและมีความเห็นในการหยุดกระบวนการขยายผลไว้ก่อน ทั้งนี้เนื่องจากทางบริษัทฯ เล็งเห็นว่าการขยายผลการใช้พลาสติกคลุมดินนั้นค่าใช้จ่ายสูงและอาจจะยังไม่คุ้มทุนในการผลักดันสู่เชิงพาณิชย์

โดยจากการพัฒนาและทดสอบความแข็งแรงบนพื้นที่จริงแล้วได้สูตรพลาสติกคลุมดินสูตร 7MR เป็นสูตรที่แข็งแรงมากที่สุด ในการใช้เป็นพลาสติกคลุมดินในการปลูกมะเขือเทศ



ภาพ 59 อัตราส่วนต่างๆ ของสารที่ใช้เตรียมพลาสติกคลุมดิน

ผลศึกษาผลกระทบต่อดินหลังการเพาะปลูกพืชผักต่อเนื่องกัน 3 ปี โดยใช้ถุงเพาะจากพลาสติกย่อยสลายได้ทางชีวภาพ

1. ผลของการใช้ถุงพลาสติกชีวภาพในการเพาะกล้าและย้ายลงแปลงปลูกเป็นระยะเวลาสามปี ปลูกพืชปีละ 1- 4 ครั้ง ปริมาณถุงพลาสติกชีวภาพที่ใช้ในเกษตรกรหนึ่งรายประมาณ 9.21 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี (เฉลี่ยจากเกษตรกรจำนวน 10 ราย) ไม่มีผลกระทบกับคุณสมบัติของดิน (ความเป็นกรดเป็นด่างของดิน (pH) ค่าการนำไฟฟ้าหรือความเค็มของดิน (Electrical conductivity : ECe) ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (Organic Matter : OM) ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Available P: Avail P) โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้(Exchangeable K : Exch K) แคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable Ca : Exch Ca) และ แมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable Mg : Exch Mg) ในแปลงปลูกพืช

2. จำนวนแปลงทดลองทั้งหมด 10 แปลง โดยมีแปลงทดลองในภาคเหนือ 4 แปลง ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 4 แปลง และ ภาคกลาง 2 แปลง

3. พื้นที่ทดลองมีขนาด 800 ตารางเมตร แบ่งเป็นแปลงที่ใช้ถุงพลาสติกชีวภาพในการเพาะกล้าและย้ายลงแปลงปลูก 400 ตารางเมตร และ แปลงที่ไม่ใช้ถุงพลาสติกชีวภาพ 400 ตารางเมตร ยกเว้นแปลงในภาคกลางหนึ่งแปลง ที่ใช้ระยะปลูกผักแคบ จึงใช้พื้นที่ปลูกที่ใช้ถุงพลาสติกชีวภาพในการเพาะกล้าและย้ายลงแปลงปลูก 75 ตารางเมตร และ แปลงที่ไม่ใช้ถุงพลาสติกชีวภาพ 75 ตารางเมตร

4. เกษตรกรแต่ละรายมีการปลูกพืชต่างชนิดกัน จำนวนครั้งที่ปลูกในแต่ละปีต่างกัน การจัดการแปลง การให้น้ำ และการใส่ปุ๋ย แตกต่างกัน

5. ความคิดเห็นของเกษตรกรที่มีต่อการใช้ถุงพลาสติกชีวภาพในการเพาะกล้า มีดังนี้

5.1 ถุงเพาะกล้าพลาสติกชีวภาพ ไม่เหมาะกับการปฏิบัติงานของเกษตรกร เพราะต้องมีการแกะถุงออกจากกัน ต้องเรียงถุงในแถว ใช้วัสดุเพาะปริมาณมาก และการขนย้ายไม่สะดวก

5.2 รูปแบบถุงและการเจาะรูไม่เหมาะสม เพราะเมื่อพบบางวางในแถว รุกระบายน้ำจะอยู่ด้านข้างเท่านั้น ไม่มีรูระบายน้ำที่ก้นถุง ทำให้วัสดุปลูกมีความชื้นมาก ต้นกล้าเป็นโรค และ รากเจริญเติบโตไม่ดี

5.3 จำนวนรูต่อถุงมีน้อยเกินไป ทำให้รากพืชไม่สามารถกระจายออกไปได้หลังจากย้ายปลูกลงทำให้ต้นพืชชะงักการเจริญเติบโต

5.4 การเจริญเติบโต และ ผลผลิตของพืชที่ปลูกจากทั้งแปลงที่ใช้พลาสติกชีวภาพและไม่ใช้พลาสติกชีวภาพไม่มีความแตกต่างกัน

5.5 ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโต และ ผลผลิตของพืช น่าจะมาจาก สภาพความอุดมสมบูรณ์ของดิน การระบายน้ำ ระดับความสูงต่ำของแปลงปลูก การเข้าทำลายของศัตรูพืช และ การดูแลรักษา เป็นต้น

6. ปัจจัยที่ควบคุมได้ยากในแปลงขนาดใหญ่ เช่น สภาพความอุดมสมบูรณ์ของดิน การระบายน้ำ ระดับความสูงต่ำของแปลงปลูก การเข้าทำลายของศัตรูพืช และ การดูแลรักษา หากจะลดความแปรปรวนเหล่านี้จะต้องทำเป็นหน่วยทดลองขนาดเล็ก เช่น ในกระถาง หรือในโรงเรือนควบคุมสภาพอากาศ