สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การใช้พอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งมันสำปะหลังเป็นสารควบคุมการปลดปล่อยปุ๋ย

น.ส.บุศรินทร์ อินทเศียร
นาย ไพศาล ปั้นสง่า
นาย อัครเดช เรืองนาราบ

ปพ.
ป๖๗ก
2537

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....
วัน.เดือน.ปี.....

b12533269

โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิต

ภาควิชาเคมี
คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2537

หัวข้อโครงงานพิเศษ การใช้พอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งมันสำปะหลังเป็นสารควบคุมการปลดปล่อยปุ๋ย

โดย น.ส. บุศรินทร์ อินทเศียร
นาย ไพศาล ปั้นสง่า
นาย อัครเดช เรืองนาราบ

ภาควิชา เคมี

อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร. นิพนธ์ วงศ์วิเศษสิริกุล

ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อนุมัติให้นับโครงงานพิเศษฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิต

.....
(ผศ.ดร.เผชิญชัย ไชยสิทธิ์) หัวหน้าภาควิชาเคมี

.....
(อ. พิสมัย ชัยรัตน์อุทัย) ประธานกรรมการ

.....
(อ. กรองแก้ว ทิพยศักดิ์) กรรมการ

.....
(ผศ.ดร. นิพนธ์ วงศ์วิเศษสิริกุล) อาจารย์ที่ปรึกษา

ลิขสิทธิ์ของภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

หัวข้อโครงงานพิเศษ	การใช้พอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งมันสำปะหลังเป็นสารควบคุมการปลดปล่อยปุ๋ย
นักศึกษา	น.ส.บุศรินทร์ อินทเศียร
	นายไพศาล ปั้นสง่า
	นายอัครเดช เรืองนาราบ
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ดร.นิพนธ์ วงศ์วิเศษสิริกุล
ภาควิชา	เคมี
ปีการศึกษา	2537

บทคัดย่อ

โครงงานพิเศษนี้ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการใช้ประโยชน์จากแป้งมันสำปะหลังเป็นสารควบคุมการปลดปล่อยปุ๋ย โดยทำการสังเคราะห์พอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งมันสำปะหลังกับมอนอเมอร์ไวนิล ได้แก่ กรดอะคริลิกและอะคริลาไมด์ ในอัตราส่วนต่างๆ จากนั้นนำไปผสมกับปุ๋ยในอัตราส่วน 1:1 โดยน้ำหนัก โดยใช้เครื่องผสมแบบสองลูกกลิ้ง ทำการผลิตเป็นเม็ดปุ๋ยโดยใช้เครื่องอัดรีดชนิดเกลียวหนอนเดี่ยวและเครื่องตัดเม็ด จากนั้นขึ้นรูปเป็นเม็ดปุ๋ย พบว่าชนิดของมอนอเมอร์จะมีผลต่อลักษณะของเม็ดปุ๋ย และการควบคุมการปลดปล่อยปุ๋ย พอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งมันสำปะหลังกับมอนอเมอร์กรดอะคริลิก ให้สมบัติของเม็ดปุ๋ยดีกว่าการใช้มอนอเมอร์อะคริลาไมด์ จากการทดสอบสมบัติการปลดปล่อยธาตุปุ๋ยของพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งมันสำปะหลัง ในช่วงเวลา 50 นาที พบว่าพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งมันสำปะหลังกับมอนอเมอร์กรดอะคริลิก จะปลดปล่อยธาตุปุ๋ยฟอสฟอรัสสะสมเป็นปริมาณ 28-37% ธาตุปุ๋ยโปแทสเซียมสะสมเป็นปริมาณ 16-26.5% พอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งมันสำปะหลังกับมอนอเมอร์อะคริลาไมด์ จะปลดปล่อยธาตุปุ๋ยฟอสฟอรัสสะสมเป็นปริมาณ 47-59% ธาตุปุ๋ยโปแทสเซียมสะสมเป็นปริมาณ 19-24% พอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งมันสำปะหลังกับมอนอเมอร์อะคริลิก และพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งมันสำปะหลังกับมอนอเมอร์อะคริลาไมด์ มีการปลดปล่อยธาตุปุ๋ยไนโตรเจนสะสมใกล้เคียงกัน อยู่ในช่วงระหว่าง 47-49% ของปริมาณธาตุปุ๋ยที่มีอยู่ในเม็ดปุ๋ย

Special project title	Starch graft copolymer for control releasing of fertilizers
Name	Miss Bussarin Intrasiun
	Mr.Paisan Pansgha
	Mr.Akkhadet Ruengnarap
Special project Advisor	Dr.Nipon Wongvisetsirikul
Department	Chemistry
Academic year	1994

Abstract

Utilization of cassava starch was studied to be fertilizer control releasing agent. Cassava starch graft copolymers were prepared by graft copolymerization of cassava starch using acrylic acid or acrylamide as monomers. Fertilizers and starch graft copolymer were compounded by two-rolls mill. The compounded fertilizers were extruded by single screw extruder and cut to be pellet by pelletizer down stream unit.

The form characteristic and releasing of fertilizer pellets are effected by monomer to be grafted on strach molecule. Starch graft copolymers with acrylic monomer have form characteristic of fertilizer pellets better than acrylamide monomer. The accumulative releasing of fertilizer elements by starch graft copolymers at 50 minutes showed that starch graft copolymers with acrylic monomer released phosphorous fertilizer about 28-37% and potassium fertilizer about 16-26.5%, starch graft copolymers with acrylamide monomer released phosphorous fertilizer about 47-59% and potassium fertilizer about 19-24%. For nitrogen fertilizer released by both starch graft copolymers are similarly which released about 47-49%.

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ ผศ.ดร. นิพนธ์ วงศ์วิเศษสิริกุล ที่กรุณาให้คำปรึกษาและให้ความช่วยเหลือโครงงานนี้มาโดยตลอด

ขอขอบคุณคณะกรรมการตรวจสอบโครงงานพิเศษ ที่กรุณาตรวจสอบและแก้ไขโครงงานพิเศษฉบับนี้ให้ถูกต้อง

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ภาควิชาเคมีทุกท่าน ที่อำนวยความสะดวกและให้ความช่วยเหลือในการดำเนินโครงงานพิเศษนี้

อนึ่ง ยังมีบุคคลอีกหลายท่านนอกเหนือจากที่กล่าวมา ได้ให้ความช่วยเหลือจนโครงงานพิเศษนี้ได้สำเร็จลุล่วง ทางผู้จัดทำต้องขอขอบคุณไว้ ณ. โอกาสนี้

น.ส. บุศรินทร์ อินทเศียร
นาย ไพศาล ปั้นสง่า
นาย อัครเดช เรืองนาราบ

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญรูป	จ
สารบัญตาราง	ช
บทที่ 1 บทนำ	
ที่มาและความสำคัญของโครงงานวิจัย	1
วัตถุประสงค์	2
ขอบเขตการศึกษา	2
บทที่ 2 ทฤษฎี	
ความรู้เกี่ยวกับปุ๋ย	3
ความรู้เกี่ยวกับแป้ง	7
บทที่ 3 การวิจัยและการดำเนินงาน	
3.1 สารเคมีและเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง	13
3.2 วิธีการทดลอง	14
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์	
4.1 การหาเปอร์เซนต์ความชื้น ของพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งมันสำปะหลังกับมอนอเมอร์	19
4.2 ผลการวิเคราะห์หาเปอร์เซนต์ของธาตุปุ๋ยไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโปแทสเซียม ในปุ๋ยที่ใช้ในการทดลอง	20
4.3 การวิเคราะห์หาเปอร์เซนต์ของธาตุปุ๋ยไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโปแทสเซียม ที่ถูกปลดปล่อยจากเม็ดปุ๋ย	21
บทที่ 5 สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง	
5.1 สรุปผลการทดลอง	38
5.2 ข้อเสนอแนะและการปรับปรุง	39
ภาคผนวก ก	I
ภาคผนวก ข	IV
เอกสารอ้างอิง	VII
บรรณานุกรม	VIII

สารบัญรูป

		หน้า
รูปที่ 2.1	กระบวนการโม่แบบเปียกของข้าวโพดเป็นผลิตภัณฑ์ชนิดต่างๆ	8
รูปที่ 2.2	แสดงโครงสร้างและสมบัติการละลายในน้ำของอะไมโลส	9
รูปที่ 4.3.1.1	แสดงเปอร์เซนต์ของธาตุปุ๋ยฟอสฟอรัสและโปแทสเซียม ที่ถูกปลดปล่อยจากพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งมันสำปะหลังกับกรดอะคริลิก (อัตราส่วนโดยน้ำหนักของแป้งมันสำปะหลังกับกรดอะคริลิก =1:0.3)	23
รูปที่ 4.3.1.2	แสดงเปอร์เซนต์ของธาตุปุ๋ยไนโตรเจนที่ถูกปลดปล่อยจากพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งมันสำปะหลังกับกรดอะคริลิก (อัตราส่วนโดยน้ำหนักของแป้งมันสำปะหลังกับกรดอะคริลิก =1:0.3)	23
รูปที่ 4.3.1.3	แสดงเปอร์เซนต์ของธาตุปุ๋ยฟอสฟอรัสและโปแทสเซียม ที่ถูกปลดปล่อยจากพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งมันสำปะหลังกับกรดอะคริลิก (อัตราส่วนโดยน้ำหนักของแป้งมันสำปะหลังกับกรดอะคริลิก =1:0.5)	24
รูปที่ 4.3.1.4	แสดงเปอร์เซนต์ของธาตุปุ๋ยไนโตรเจน ที่ถูกปลดปล่อยจากพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งมันสำปะหลังกับกรดอะคริลิก (อัตราส่วนโดยน้ำหนักของแป้งมันสำปะหลังกับกรดอะคริลิก =1:0.5)	24
รูปที่ 4.3.1.5	แสดงเปอร์เซนต์ของธาตุปุ๋ยฟอสฟอรัสและโปแทสเซียม ที่ถูกปลดปล่อยจากพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งมันสำปะหลังกับกรดอะคริลิก (อัตราส่วนโดยน้ำหนักของแป้งมันสำปะหลังกับกรดอะคริลิก =1:1)	25
รูปที่ 4.3.1.6	แสดงเปอร์เซนต์ของธาตุปุ๋ยไนโตรเจน ที่ถูกปลดปล่อยจากพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งมันสำปะหลังกับกรดอะคริลิก (อัตราส่วนโดยน้ำหนักของแป้งมันสำปะหลังกับกรดอะคริลิก =1:1)	25
รูปที่ 4.3.2.1	แสดงเปอร์เซนต์สะสมของธาตุปุ๋ยฟอสฟอรัสและโปแทสเซียม ที่ถูกปลดปล่อยจากพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งมันสำปะหลังกับกรดอะคริลิก (อัตราส่วนโดยน้ำหนักของแป้งมันสำปะหลังกับกรดอะคริลิก =1:0.3)	27
รูปที่ 4.3.2.2	แสดงเปอร์เซนต์สะสมของธาตุปุ๋ยไนโตรเจน ที่ถูกปลดปล่อยจากพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งมันสำปะหลังกับกรดอะคริลิก (อัตราส่วนโดยน้ำหนักของแป้งมันสำปะหลังกับกรดอะคริลิก =1:0.3)	27
รูปที่ 4.3.2.3	แสดงเปอร์เซนต์สะสมของธาตุปุ๋ยฟอสฟอรัสและโปแทสเซียม ที่ถูกปลดปล่อยจากพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งมันสำปะหลังกับกรดอะคริลิก (อัตราส่วนโดยน้ำหนักของแป้งมันสำปะหลังกับกรดอะคริลิก =1:0.5)	28
รูปที่ 4.3.2.4	แสดงเปอร์เซนต์สะสมของธาตุปุ๋ยไนโตรเจน ที่ถูกปลดปล่อยจากพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งมันสำปะหลังกับกรดอะคริลิก (อัตราส่วนโดยน้ำหนักของแป้งมันสำปะหลังกับกรดอะคริลิก =1:0.5)	28
รูปที่ 4.3.2.5	แสดงเปอร์เซนต์สะสมของธาตุปุ๋ยฟอสฟอรัสและโปแทสเซียม ที่ถูกปลดปล่อยจากพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งมันสำปะหลังกับกรดอะคริลิก (อัตราส่วนโดยน้ำหนักของแป้งมันสำปะหลังกับกรดอะคริลิก =1:1)	29

สารบัญรูป(ต่อ) หน้า

รูปที่ 4.3.2.6	แสดงเปอร์เซนต์สะสมของธาตุปุ๋ยไนโตรเจน ที่ถูกปลดปล่อยจากพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งมันสำปะหลังกับกรดอะคริลิก (อัตราส่วนโดยน้ำหนักของแป้งมันสำปะหลังกับกรดอะคริลิก =1:1)	29
รูปที่ 4.3.3.1	แสดงเปอร์เซนต์ของธาตุปุ๋ยฟอสฟอรัสและโปแทสเซียม ที่ถูกปลดปล่อยจากพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งมันสำปะหลังกับอะคริลาไมด์ (อัตราส่วนโดยน้ำหนักของแป้งมันสำปะหลังกับอะคริลาไมด์ =1:0.3)	31
รูปที่ 4.3.3.2	แสดงเปอร์เซนต์ของธาตุปุ๋ยไนโตรเจน ที่ถูกปลดปล่อยจากพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งมันสำปะหลังกับอะคริลาไมด์ (อัตราส่วนโดยน้ำหนักของแป้งมันสำปะหลังกับอะคริลาไมด์ =1:0.3)	31
รูปที่ 4.3.3.3	แสดงเปอร์เซนต์ของธาตุปุ๋ยฟอสฟอรัสและโปแทสเซียม ที่ถูกปลดปล่อยจากพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งมันสำปะหลังกับอะคริลาไมด์ (อัตราส่วนโดยน้ำหนักของแป้งมันสำปะหลังกับอะคริลาไมด์ =1:0.5)	32
รูปที่ 4.3.3.4	แสดงเปอร์เซนต์ของธาตุปุ๋ยไนโตรเจนที่ถูกปลดปล่อยจากพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งมันสำปะหลังกับอะคริลาไมด์ (อัตราส่วนโดยน้ำหนักของแป้งมันสำปะหลังกับอะคริลาไมด์ =1:0.5)	32
รูปที่ 4.3.3.5	แสดงเปอร์เซนต์ของธาตุปุ๋ยฟอสฟอรัสและโปแทสเซียมที่ถูกปลดปล่อยจากพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งมันสำปะหลังกับอะคริลาไมด์ (อัตราส่วนโดยน้ำหนักของแป้งมันสำปะหลังกับอะคริลาไมด์ =1:1)	33
รูปที่ 4.3.3.6	แสดงเปอร์เซนต์ของธาตุปุ๋ยไนโตรเจน ที่ถูกปลดปล่อยจากพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งมันสำปะหลังกับอะริลาไมด์ (อัตราส่วนโดยน้ำหนักของแป้งมันสำปะหลังกับอะคริลาไมด์ =1:1)	33
รูปที่ 4.3.4.1	แสดงเปอร์เซนต์สะสมของธาตุปุ๋ยฟอสฟอรัสและโปแทสเซียม ที่ถูกปลดปล่อยจากพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งมันสำปะหลังกับอะคริลาไมด์ (อัตราส่วนโดยน้ำหนักของแป้งมันสำปะหลังกับอะคริลาไมด์ =1:0.3)	35
รูปที่ 4.3.4.2	แสดงเปอร์เซนต์สะสมของธาตุปุ๋ยไนโตรเจน ที่ถูกปลดปล่อยจากพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งมันสำปะหลังกับอะคริลาไมด์ (อัตราส่วนโดยน้ำหนักของแป้งมันสำปะหลังกับอะคริลาไมด์ =1:0.3)	35
รูปที่ 4.3.4.3	แสดงเปอร์เซนต์สะสมของธาตุปุ๋ยฟอสฟอรัสและโปแทสเซียม ที่ถูกปลดปล่อยจากพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งมันสำปะหลังกับอะคริลาไมด์ (อัตราส่วนโดยน้ำหนักของแป้งมันสำปะหลังกับอะคริลาไมด์ =1:0.5)	36
รูปที่ 4.3.4.4	แสดงเปอร์เซนต์สะสมของธาตุปุ๋ยไนโตรเจน ที่ถูกปลดปล่อยจากพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งมันสำปะหลังกับอะคริลาไมด์ (อัตราส่วนโดยน้ำหนักของแป้งมันสำปะหลังกับอะคริลาไมด์ =1:0.5)	36
รูปที่ 4.3.4.5	แสดงเปอร์เซนต์สะสมของธาตุปุ๋ยฟอสฟอรัสและโปแทสเซียม ที่ถูกปลดปล่อยจากพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งมันสำปะหลังกับอะคริลาไมด์ (อัตราส่วนโดยน้ำหนักของแป้งมันสำปะหลังกับอะคริลาไมด์ =1:1)	37
รูปที่ 4.3.4.6	แสดงเปอร์เซนต์สะสมของธาตุปุ๋ยไนโตรเจน ที่ถูกปลดปล่อยจากพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งมันสำปะหลังกับอะคริลาไมด์ (อัตราส่วนโดยน้ำหนักของแป้งมันสำปะหลังกับอะคริลาไมด์ =1:1)	37

สารบัญตาราง

		หน้า
ตารางที่ 3.1.1	แสดงสารเคมีที่ใช้ในการทดลอง	13
ตารางที่ 3.2.6.1	แสดงค่าอุณหภูมิที่ตำแหน่งต่างๆของเครื่องอัดรีดเกลียวหนอนเดี่ยว	16
ตารางที่ 4.1.1	แสดงค่าความชื้นของพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งมันสำปะหลัง	19
ตารางที่ 4.2.1	แสดงค่าเปอร์เซนต์ของธาตุปุ๋ยไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโปแทสเซียม ที่วิเคราะห์ได้	20
ตารางที่ 4.2.2	แสดงปริมาณของธาตุปุ๋ยไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโปแทสเซียม ที่มีอยู่ในสารควบคุมการปลดปล่อยที่มีน้ำหนักอยู่ในช่วง 5.0-5.5 กรัม เส้นผ่าศูนย์-กลางอยู่ในช่วง 3-5 มม.	20
ตารางที่ 4.3.1	แสดงเปอร์เซนต์ของธาตุปุ๋ย ที่ถูกปลดปล่อยจากพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งมันสำปะหลังกับมอนอเมอร์กรดอะคริลิก โดยใช้น้ำ 50 มล./ 5 นาที	22
ตารางที่ 4.3.2	แสดงเปอร์เซนต์สะสมของธาตุปุ๋ย ที่ถูกปลดปล่อยจากพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งมันสำปะหลังกับมอนอเมอร์กรดอะคริลิก โดยใช้น้ำ 50 มล./ 5 นาที	26
ตารางที่ 4.3.3	แสดงเปอร์เซนต์ของธาตุปุ๋ย ที่ถูกปลดปล่อยจากพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งมันสำปะหลังกับมอนอเมอร์อะคริลาไมด์ โดยใช้น้ำ 50 มล./ 5 นาที	30
ตารางที่ 4.3.4	แสดงเปอร์เซนต์สะสมของธาตุปุ๋ย ที่ถูกปลดปล่อยจากพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อแป้งมันสำปะหลังกับมอนอเมอร์อะคริลาไมด์ โดยใช้น้ำ 50 มล./ 5 นาที	34
ตารางที่ ก. 1	แสดงข้อมูลความเข้มข้นของฟอสฟอรัส ที่ถูกปลดปล่อยจากสารควบคุมโดยการแช่น้ำครั้งละ 50 มล./ 5 นาที	I
ตารางที่ ก .2	แสดงข้อมูลความเข้มข้นของธาตุปุ๋ยโปแทสเซียม ที่ถูกปลดปล่อยจากสารสารควบคุมโดยการแช่น้ำครั้งละ 50 มล./ 5 นาที	II
ตารางที่ ก. 3	ปริมาณสารละลายกรดที่ใสในขวดรูปชมพู่ ที่รองรับแอมโมเนียจากการกลั่นและปริมาณสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ที่ใช้ในการไทเทรตกับกรดที่เหลือจากการจับแอมโมเนีย	III

บทที่ 1
บทนำ

ในปัจจุบันประเทศไทยมีการพัฒนาทางด้านเกษตรกรรมเป็นอย่างมาก ซึ่งปุ๋ยเป็นปัจจัยสำคัญอย่างหนึ่งในการผลิตพืช ความต้องการปุ๋ยของเกษตรกรมีปริมาณเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว เนื่องจากความจำเป็นที่จะต้องเพิ่มผลผลิตพืชต่อพื้นที่เพื่อให้ได้ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจสูงสุด สาเหตุสำคัญที่ทำให้ความต้องการปุ๋ยเพิ่มขึ้นมากคือ ความจำเป็นที่จะต้องผลิตอาหารให้เพียงพอต่อความต้องการของประชากรที่เพิ่มขึ้น และดินที่ใช้เพาะปลูกพืชถาวรได้สูญเสียธาตุอาหารไปกับผลผลิตที่เก็บเกี่ยวรวมทั้งปัญหาการชะล้างดิน จึงจำเป็นต้องใส่ปุ๋ยเพื่อชดเชยธาตุอาหารที่สูญเสียเหล่านั้นและรักษาความอุดมสมบูรณ์ของดินให้สูงอยู่เสมอ

ปัจจุบันนี้ปุ๋ยธาตุหลักมีการใช้กันมาก ขณะเดียวกันก็สูญเสียไปจากดินมากที่สุดด้วย หากมีวิธีการใดที่จะลดการสูญเสียให้น้อยลงได้ ก็จะเพิ่มประสิทธิภาพของการใช้ปุ๋ยให้สูงขึ้นและช่วยประหยัดพลังงานในภาคเกษตรกรรมได้มิใช่น้อย

การแบ่งปุ๋ยเพื่อใส่ให้แก่พืชทีละน้อยแต่ใส่หลายๆครั้งในช่วงเวลาที่เหมาะสมก็ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของการใช้ปุ๋ยได้บ้าง แต่ก็ยังไม่เป็นที่น่าพอใจนัก ดังนั้นเราจึงควรมีสารที่สามารถควบคุมการปลดปล่อยปุ๋ยเพื่อที่จะได้ประหยัดเวลาในการใส่ปุ๋ยและเพื่อให้พืชได้ใช้ประโยชน์จากธาตุอาหารในช่วงเวลาที่นานขึ้นและได้รับธาตุอาหารอย่างต่อเนื่อง

มันสำปะหลังเป็นผลผลิตทางการเกษตรที่มีปริมาณมากทำให้มีราคาตกต่ำลง ถ้าสามารถทำให้เกิดอุตสาหกรรมภายในประเทศ ที่ใช้มันสำปะหลังเป็นวัตถุดิบได้ก็จะช่วยเพิ่มมูลค่าให้กับมันสำปะหลังได้ในอนาคต

โครงงานพิเศษนี้ทำการสังเคราะห์พอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งมันสำปะหลังที่สามารถใช้ควบคุมการปลดปล่อยปุ๋ยได้ โดยสังเคราะห์เป็นพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อกับมอนอเมอร์ไวนิล ได้แก่ กรดอะคริลิก และอะคริลาไมด์ โดยการใช้กระบวนการพอลิเมอไรเซชั่นแบบต่อ ทำการศึกษามอนอเมอร์ที่มีสมบัติเหมาะสม สำหรับการเตรียมพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งมันสำปะหลัง ในการนำไปควบคุมการปลดปล่อยปุ๋ย หาอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างแป้งมันสำปะหลังต่อมอนอเมอร์ไวนิล และนำไปใช้เป็นสารควบคุมการปลดปล่อยปุ๋ย โดยศึกษาถึงอัตราการปลดปล่อยปุ๋ยของพอลิเมอร์ร่วมที่สังเคราะห์ได้

โครงงานพิเศษนี้เป็นการศึกษาในระดับห้องปฏิบัติการ ซึ่งผลการทดลองเหล่านี้จะเป็นแนวทางสำหรับการพัฒนาเพื่อขยายปริมาณการผลิต ไปสู่ระดับอุตสาหกรรมต่อไป

วัตถุประสงค์

1.เพื่อศึกษาแนวทางในการประยุกต์ใช้พอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งมันสำปะหลังเป็นสารควบคุมการปลดปล่อยปุ๋ย

2.เพื่อศึกษาการผลิตปุ๋ยเม็ด จากการใช้พอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งมันสำปะหลังผสมกับปุ๋ย โดยใช้เครื่องบดผสมแบบสองลูกกลิ้งทำการผลิตเป็นปุ๋ยเม็ด โดยเครื่องอัดรีดชนิดเกลียวหนอนเดี่ยว และเครื่องตัดเม็ด

3.เพื่อศึกษาปริมาณธาตุปุ๋ยไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโปแทสเซียม ที่ปลดปล่อยออกมาจากปุ๋ยเม็ด ที่ผลิตขึ้นจากการใช้พอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งมันสำปะหลัง

ขอบเขตการศึกษา

1.ศึกษาการสังเคราะห์พอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งมันสำปะหลังกับมอนอ-เมอร์ไวนิล ชนิดต่างๆโดยทำการเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนโดยน้ำหนักของมอนอเมอร์

2.ศึกษาขั้นตอนและวิธีการผลิตปุ๋ยเม็ดจากการใช้พอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งมันสำปะหลังผสมกับปุ๋ย โดยใช้เครื่องบดผสมแบบสองลูกกลิ้ง ทำการผลิตเป็นเม็ดปุ๋ยโดยใช้เครื่องอัดรีดชนิดเกลียวหนอนเดี่ยว และเครื่องตัดเม็ด

3.ศึกษาและวิเคราะห์หาปริมาณของธาตุปุ๋ย ที่ปลดปล่อยออกมาจากปุ๋ยเม็ดที่ผลิตได้

3.1 หาปริมาณธาตุปุ๋ยไนโตรเจน ที่ปลดปล่อยจากปุ๋ยยูเรียที่ใช้ผลิตปุ๋ยเม็ด

3.2 หาปริมาณธาตุปุ๋ยฟอสฟอรัส โดยใช้เครื่องอัลตร้าไวโอเลตสเปกโทรโฟโต-มิเตอร์

3.3 หาปริมาณธาตุปุ๋ยโปแทสเซียม โดยใช้เครื่องอะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปกโทรโฟโตมิเตอร์

บทที่ 2
ทฤษฎี และ หลักการที่เกี่ยวข้อง

2.1 ความรู้เกี่ยวกับปุ๋ย

ปุ๋ยเป็นปัจจัยสำคัญอย่างหนึ่งในการผลิตพืช ซึ่งสามารถจำแนกปุ๋ยได้หลายวิธีโดย อาศัยแนวทางที่ต่างกันไป เช่น พิจารณาจากชนิดของสารประกอบที่เป็นปุ๋ย ชนิดและจำนวนของธาตุอาหารที่มีในปุ๋ย เป็นต้น

การจำแนกปุ๋ยโดยชนิดของสารประกอบเป็นเกณฑ์

ก. ปุ๋ยอนินทรีย์(Inorganic fertilizers) เช่น ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต ซูเปอร์ฟอสเฟต และโปแทสเซียมคลอไรด์

ข. ปุ๋ยอินทรีย์ (Organic fertilizers) เช่น ปุ๋ยคอก ปุ๋ยหมัก ปุ๋ยพืชสด และเปลือกเมล็ดพืชต่างๆ

การจำแนกปุ๋ยโดยชนิดของธาตุปุ๋ยเป็นหลัก สามารถแบ่งประเภทของปุ๋ยได้ดังนี้

ก. ปุ๋ยไนโตรเจน หมายถึงปุ๋ย ที่ให้ธาตุไนโตรเจนเป็นสำคัญ เช่น ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต ปุ๋ยแอมโมเนียมคลอไรด์ ปุ๋ยยูเรีย

ข. ปุ๋ยฟอสฟอรัส หมายถึง ปุ๋ยที่ให้ธาตุฟอสฟอรัสเป็นสำคัญ เช่นปุ๋ยซูเปอร์ฟอสเฟต ปุ๋ยไตรซูเปอร์ฟอสเฟตซึ่งเรียกว่าปุ๋ยฟอสเฟตก็ได้

ค. ปุ๋ยโปแทสเซียม หมายถึงปุ๋ย ที่ให้ธาตุโปแทสเซียมเป็นสำคัญ เช่น ปุ๋ยโปแทสเซียม-คลอไรด์ ปุ๋ยโปแทสเซียมซัลเฟต ซึ่งเรียกว่าปุ๋ยโปแทสก็ได้

การจำแนกโดยถือเอาจำนวนของธาตุปุ๋ย สามารถจำแนกได้ดังนี้

ก. ปุ๋ยเดี่ยว(Single fertilizers) หมายถึง ปุ๋ยเคมีที่มีธาตุอาหารหลักเพียงธาตุเดียว ได้แก่ ปุ๋ยไนโตรเจน ปุ๋ยฟอสเฟตหรือปุ๋ยโปแทส

ข. ปุ๋ยผสม(Mixed fertilizers) หมายถึง ปุ๋ยที่ได้จากการผสมปุ๋ยเคมีชนิดต่างๆเข้าด้วยกันเพื่อให้ได้ธาตุอาหารตามต้องการ ปุ๋ยผสมอาจเตรียมได้จากการนำปุ๋ยต่างชนิดกันมาผสมคลุกเคล้ากันอย่างง่ายๆในไร่นาหรือเป็นการผสมในโรงงาน โดยบดปุ๋ยให้ละเอียดก่อนแล้วจึงผสมให้มีการกระจายของธาตุอาหารอย่างสม่ำเสมอมากที่สุด ต่อจากนั้นจึงทำการผลิตเป็นเม็ด ซึ่งจะได้เม็ดปุ๋ยที่มีความสม่ำเสมอกันมาก

ค. ปุ๋ยประกอบ(Compound fertilizers) หมายถึง ปุ๋ยที่มีธาตุปุ๋ยมากกว่าหนึ่งธาตุ เช่น ปุ๋ยโปแทสเซียมไนเตรต มีไนโตรเจนกับโปแทสเซียม หรือหมายถึงปุ๋ยผสมซึ่งได้จากการผสมปุ๋ยเข้าด้วยกันโดยวิธีการเชิงกล

ปุ๋ยสามารถจำแนกตามผลที่เกิดขึ้นกับของดิน สามารถจำแนกได้ดังนี้

ก. ปุ๋ยที่มีผลตกค้างเป็นกรด(acid forming)

ข. ปุ๋ยที่มีผลตกค้างเป็นกลาง(neutral forming)

ค. ปุ๋ยที่มีผลตกค้างเป็นเบส(basic forming)

สมบัติบางประการของปุ๋ยเคมี

ปริมาณธาตุอาหารรับรอง หมายถึง ปริมาณขั้นต่ำของธาตุอาหารที่ระบุในฉลากว่ามีอยู่ในปุ๋ยเคมีที่ผลิตหรือนำเข้า โดยคิดเป็นจำนวนร้อยละของน้ำหนักสุทธิของปุ๋ยเคมี ดังนี้

ก. ปริมาณไนโตรเจนในปุ๋ยคิดเป็นร้อยละโดยน้ำหนักไนโตรเจนทั้งหมด(Total nitrogen)

ข. ปริมาณฟอสฟอรัสในปุ๋ย คิดเป็นร้อยละโดยน้ำหนักของกรดฟอสฟอริก ที่เป็นประโยชน์(available P_2O_5)หรือฟอสเฟตที่เป็นประโยชน์

ค. ปริมาณโปแทสเซียมในปุ๋ยคิดเป็นร้อยละโดยน้ำหนักของโปแทส(K_2O)ที่ละลายน้ำได้

ความชื้นสัมพัทธ์วิกฤต(Critical relative humidity)ของปุ๋ยชนิดหนึ่งหมายถึงความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศรอบๆเม็ดปุ๋ยนั้น ซึ่งถ้าหากเพิ่มให้สูงขึ้นแล้วปุ๋ยจะเริ่มดูดความชื้น แต่ถ้าลดให้ต่ำลงกว่าค่าดังกล่าว ปุ๋ยจะไม่ดูดความชื้นเลย ซึ่งโมเลกุลของน้ำในอากาศรอบๆ เม็ดปุ๋ยจะถูกยึดอยู่ในอากาศด้วยแรง(Tension)ที่สมดุลกับแรงของโมเลกุลของน้ำที่ถูกยึดอยู่กับปุ๋ย ปุ๋ยเคมีแต่ละชนิดไม่ว่าปุ๋ยเดี่ยวหรือปุ๋ยผสม มีค่าความชื้นสัมพัทธ์วิกฤตเฉพาะ ถ้าปุ๋ยใดมีค่าสูง จะไม่เกิดการจับตัวเป็นก้อนในสภาพอากาศที่มีความชื้นค่อนข้างสูง

Hygroscopic number คือค่าความแตกต่างระหว่าง 100 กับความชื้นสัมพัทธ์วิกฤตของปุ๋ย ณ อุณหภูมิที่กำหนด ถ้ามีค่าสูงจะชื้นได้ง่ายกว่าพวกปุ๋ยที่มีค่าต่ำกว่า ซึ่งจะทำให้ผิวของอนุภาคปุ๋ยเยิ้มและติดกับอนุภาคข้างเคียงกลายเป็นก้อน

ปุ๋ยที่มีการควบคุมความเป็นประโยชน์

เนื่องจากความเป็นประโยชน์ของปุ๋ยเคมีขึ้นอยู่กับการละลายของปุ๋ยนั้นในสารละลายของดินเป็นสำคัญ เมื่อใส่ปุ๋ยในน้ำที่มีปริมาตรจำกัด ปุ๋ยใดละลายได้เร็วกว่า ก็เรียกว่าปุ๋ยนั้นมีอัตราการละลาย(Dissolusion rate)ที่สูงกว่า ซึ่งความสามารถในการละลายหรือการละลายได้(Solubility)หมายถึงปริมาณหรือความเข้มข้นของตัวถูกละลายในสารละลายอิ่มตัว ณ อุณหภูมิที่กำหนด

แนวความคิดในการพัฒนาปุ๋ยที่มีการควบคุมความเป็นประโยชน์ สามารถแบ่งออกเป็น 2 แบบ ดังนี้

1.การควบคุมการปลดปล่อย(Controlled release)ธาตุอาหาร ปุ๋ยที่ปลดปล่อยธาตุอาหารออกมาช้าๆนั้นมีอยู่หลายประเภท ซึ่งแต่ละประเภทมีกลไกที่แตกต่างกันคือ

ก. เคลือบปุ๋ยที่ละลายได้ง่ายด้วยสารที่ป้องกันการซาบซึมของน้ำ

ข. ปุ๋ยที่เป็นสารประกอบที่ละลายน้ำอย่างช้าๆ

ค. ปุ๋ยที่เป็นสารประกอบที่มีจุลินทรีย์ในดินเข้าย่อยเสียก่อนจึงจะละลาย การละลายดังกล่าวจึงขึ้นอยู่กับกิจกรรมของจุลินทรีย์ในดิน

ง. ปุ๋ยอินทรีย์ซึ่งได้จากธรรมชาติเมื่อจุลินทรีย์เข้าย่อยสลายแล้ว จะปลดปล่อยธาตุอาหารรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืชออกมา

ข้อดีของปุ๋ยที่ควบคุมการปลดปล่อยธาตุอาหาร

1. ปุ๋ยประเภทนี้ค่อยๆปลดปล่อยธาตุอาหาร ในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืชออกมา พืชจึงมีโอกาสใช้ได้ในช่วงเวลาที่นานกว่า ประสิทธิภาพของปุ๋ยประเภทนี้จึงดีกว่าปุ๋ยที่ละลายง่ายทั่วๆไป

2. การสูญหายโดยการชะล้างของน้ำมีน้อยลง

3. ไม่ทำให้สารละลายของดินมีความเข้มข้นของปุ๋ยสูงเกินไป จนเป็นอันตรายต่อพืช แม้ว่าจะใส่ปุ๋ยทั้งหมดตามอัตราที่กำหนดไว้เพียงครั้งเดียว

4. เนื่องจากปุ๋ยค่อยๆละลายพืช จึงได้รับธาตุอาหารในรูปที่เป็นประโยชน์อย่างต่อเนื่อง

2. การรักษาความเป็นประโยชน์ (Protected availability) ของธาตุอาหาร ได้แก่ การรักษาธาตุอาหารที่ออกมาจากปุ๋ยให้คงอยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืชไปนานๆ หรือป้องกันการเปลี่ยนแปลงไปสู่รูปที่เสี่ยงต่อการสูญหาย คีเลตก็เป็นสารอีกชนิดหนึ่งซึ่งมีธาตุประกอบอยู่ในโครงสร้าง แม้ว่าสารเหล่านี้จะละลายน้ำได้ดี แต่ธาตุที่มีอยู่ก็เป็นประโยชน์ต่อพืชได้นานกว่าเมื่อเทียบกับการใช้ปุ๋ยโดยทั่วไป

ปุ๋ยที่มีสารเคลือบ

การเคลือบผิวเม็ดปุ๋ยที่ละลายง่ายเพื่อควบคุมการละลายของปุ๋ยมีหลัก การดังนี้

ก. เคลือบเพียงบางๆ เพื่อให้ปุ๋ยออกมาในอัตราที่ไม่ต่ำเกินไป

ข. เคลือบทั่วทั้งเม็ด ไม่มีช่องโหว่ที่ปุ๋ยจะทะลักออกมาทันทีเมื่ออยู่ในดิน

ปุ๋ยที่มีสารเคลือบตามลักษณะดังกล่าวและมีราคาไม่แพง ได้แก่ ปุ๋ยที่เคลือบด้วยสารกำมะถัน สารขี้ผึ้งและสารพอลิเมอร์บางชนิด ปุ๋ยที่มีการเคลือบ เช่นปุ๋ยยูเรียเคลือบด้วยกำมะถัน(Sulfur-coated urea หรือ SCU)

ปุ๋ยที่เคลือบด้วยสารพอลิเมอร์(Polymer coating fertilizers) หมายถึง ปุ๋ยที่ได้จากการเคลือบปุ๋ยเม็ดชนิดใดชนิดหนึ่งด้วยสารพอลิเมอร์ อัตราการละลายของปุ๋ยขึ้นอยู่กับความหนาของสารเคลือบ วิธีการเคลือบและชนิดของปุ๋ยที่อยู่ภายใน หากเคลือบหนาอัตราการละลายจะต่ำลง

วิธีการเคลือบแบ่งได้เป็น 3 วิธี

ก. เคลือบด้วยสารที่ยอมให้น้ำซึมผ่านได้บ้าง(Semipermeable membrane)น้ำจึงซึมเข้าสู่เม็ดปุ๋ยอย่างช้าๆ เมื่อน้ำเริ่มละลายเนื้อปุ๋ยซึ่งอยู่ภายในจะทำให้เกิดความดันออสโมติก ในที่สุดสารเคลือบจะปริและปุ๋ยซึมออกมาสู่ดิน

ข. เคลือบด้วยสารกันน้ำแต่เจาะรูเล็กๆ(Pin holes)เอาไว้บ้าง เพื่อให้น้ำซึมเข้าและน้ำปุ๋ยซึมออกอย่างจำกัด

ค. เคลือบด้วยสารที่กันน้ำแต่เมื่ออยู่ในดินสารเคลือบจะถูกจุลินทรีย์ย่อยสลาย ให้เกิดช่องหรือรอยแยก ซึ่งเป็นช่องทางให้น้ำซึมเข้า และน้ำปุ๋ยซึมออกมาได้

ปุ๋ยที่เคลือบสารดังกล่าวเป็นปุ๋ยที่ละลายน้ำได้ง่าย แต่จะคงสภาพเป็นของแข็งจนกว่าจะมีน้ำผ่านสารเคลือบเข้ามา ดังนั้นการปลดปล่อยธาตุอาหารรูปที่เป็นประโยชน์ออกมาสู่ดินจึงเป็นไปอย่างจำกัด ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความหนาของสารเคลือบหรือวิธีการเคลือบนั่นเอง หากสามารถนำปุ๋ยที่เคลือบและควบคุมให้มีอัตราการปลดปล่อยธาตุอาหารแตกต่างกันมาผสมกันอย่างพอเหมาะ ก็จะได้ปุ๋ยที่ให้ธาตุอาหารสอดคล้องกับความต้องการของพืชในช่วงเวลาต่างๆ

การเคลือบปุ๋ยยังมีข้อได้เปรียบ อีก 2 ประการ คือ

1. ช่วยให้สภาพทางฟิสิกส์ของปุ๋ยดีขึ้นไม่ชื้นง่าย นอกจากนี้ยังเป็นเทคนิคที่ใช้กับปุ๋ยได้อย่างกว้างขวาง

2. จะใช้กับปุ๋ยสูตรใดหรือจะผสมธาตุรองและธาตุร่วมลงไปด้วยก็ได้ อย่างไรก็ตามข้อเสียของวิธีการนี้ก็คือ เมื่อผลิตมากๆการเคลือบมักไม่ค่อยสม่ำเสมอ และต้นทุนการเคลือบค่อนข้างสูง แต่เมื่อเปรียบเทียบแล้วยังมีราคาถูกกว่าการผลิตปุ๋ยที่เป็นสารละลายช้า การละลายของปุ๋ยจะเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น ส่วน pH ของดิน หรือการเพิ่มความชื้นของดินในช่วงตั้งแต่จุดเหี่ยวเฉาอย่างถาวร จนถึงความจุความชื้นในสนาม ไม่มีผลต่อการละลายของปุ๋ยดังกล่าว

การนำธาตุอาหารไปใช้ประโยชน์ของพืช

พืชนำธาตุอาหารไปใช้โดย 3 กระบวนการคือ

ก. ไหลเป็นมวล(Mass flow) เมื่อปุ๋ยละลายน้ำ รากจะดูดซึมธาตุอาหารไปพร้อมกับน้ำ ธาตุอาหารที่พืชได้จากกระบวนการนี้คือ ไนโตรเจนและกำมะถัน

ข. การแพร่(Diffusion)ภายในเซลรากพืชมีธาตุอาหารเข้มข้นน้อยกว่าในดิน ดังนั้นธาตุอาหารที่พืชได้จากกระบวนการนี้ได้แก่ ฟอสฟอรัสและโปแทสเซียม

ค. ปลายรากดูดซับ(Root interception)รากพืชจะงอกไปสู่บริเวณที่มีธาตุอาหารมาก พืชจะดูดซับธาตุอาหารทั้งกระบวนการไหลเป็นมวลและการแพร่

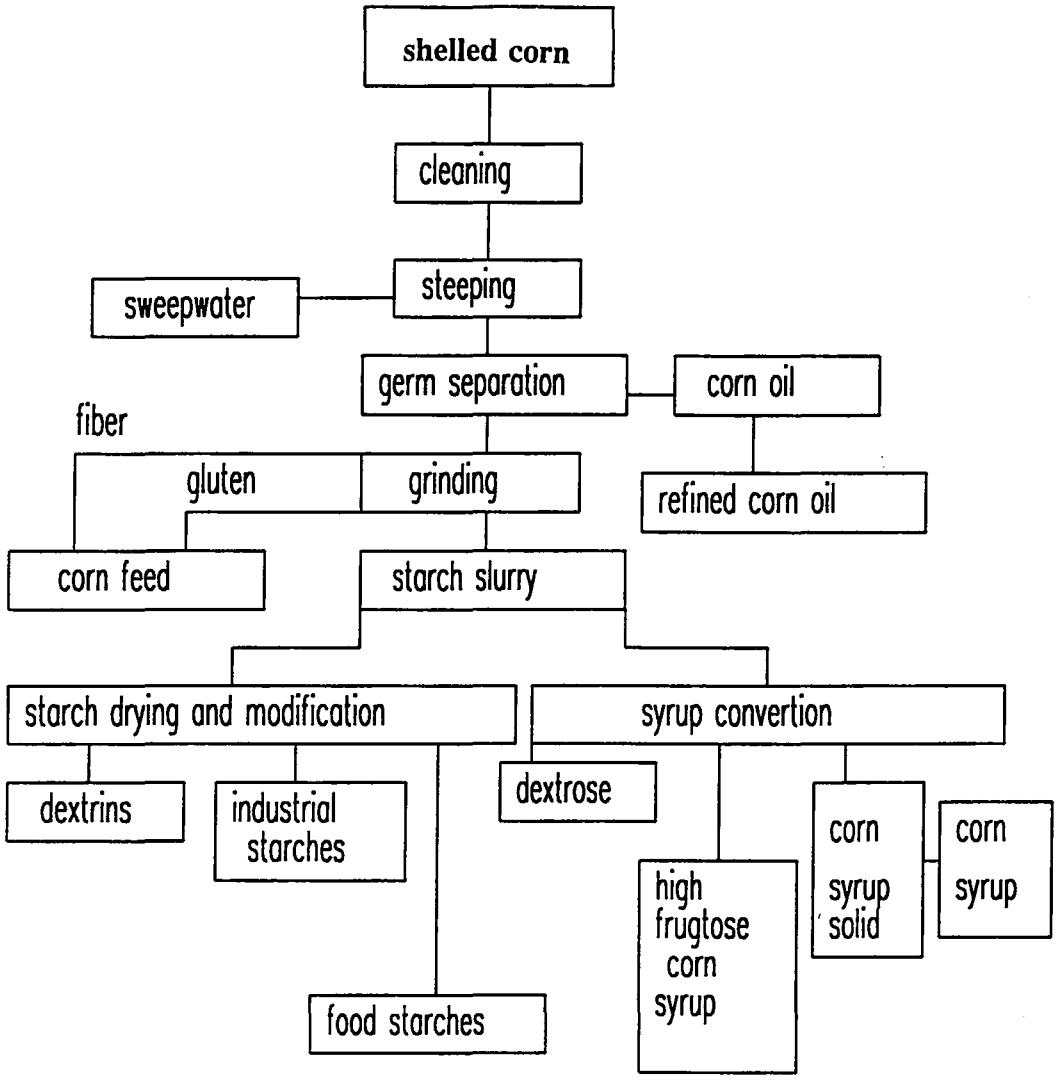
2.2 ความรู้เกี่ยวกับแป้ง

แป้งมีอยู่ในพืชแทบทุกชนิด เป็นสารแขวนลอยที่รวมตัวกับน้ำได้ดี(Hydrocolliods) แต่ไม่ละลายในน้ำเย็น เป็นสารประเภทพอลิแซคคาไรด์(Polysaccharide)ที่มีโมเลกุลใหญ่ ประกอบด้วยหน่วยกลูโคส เป็นแหล่งพลังงานที่สำคัญของร่างกาย

สมบัติของแป้งสามารถแยกได้ 2 ชนิด คือ

ก. Starchผลิตได้จากพืชผลทางการเกษตรหลายชนิด เช่น ข้าวโพด ข้าวสาลี พืชหัว ชนิดต่างๆ เช่น มันฝรั่ง มันสำปะหลัง กระบวนการผลิตจะต้องใช้วิธีแบบเปียก (Wet grinding)ซึ่งจะทำให้แยก stasrch ออกมาได้ ดังแสดงในรูปที่ 2.1

ข. Flourผลิตได้จากการโม่แบบแห้ง flourจะมีองค์ประกอบของโปรตีนอยู่ด้วยซึ่งจะทำให้แตกต่างจาก starch



รูปที่ 2.1 กระบวนการโม่แบบเปียก ของข้าวโพดเป็นผลิตภัณฑ์ชนิดต่างๆ

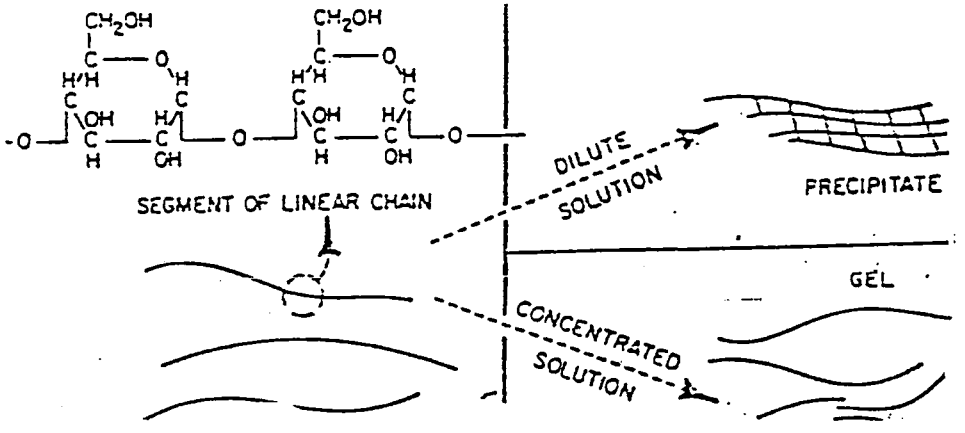
แป้งมันสำปะหลังเป็นแป้งประเภท starch เม็ดแป้ง(Starch granules)ไม่ละลายในน้ำเย็น โดยทั่วไปเม็ดแป้งมีหลายขนาด และหลายรูปร่าง ขึ้นอยู่กับแหล่งของพืชที่ให้แป้ง

ส่วนประกอบทางเคมีของแป้ง

แป้งประกอบด้วย คาร์บอน ไฮโดรเจน และออกซิเจน ในอัตราส่วน6:10:5 ($C_6H_{10}O_5$) เป็นสารประกอบอินทรีย์ประเภทคาร์โบไฮเดรต หน่วยกลูโคสในสายโซ่โมเลกุลสามารถแสดงได้เป็นหน่วยแอนไฮโดรกลูโคส(AGU) ซึ่งเกิดจากพันธะโควาเลนต์เชื่อมโยงระหว่างกลูโคสในแต่ละหน่วย และทำให้โมเลกุลของน้ำถูกกำจัดออกไปในระหว่างการเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันแบบควบแน่น

องค์ประกอบของแป้ง

ก. อะไมโลส(Amylose) เป็นโมเลกุลที่เป็นสายโซ่ตรงประกอบด้วยหน่วยกลูโคสต่อกันด้วยพันธะแอลฟา(1,4) ในโมเลกุลของอะไมโลส ปริมาณของหมู่ไฮดรอกซี(Hydroxy) ในสายโซ่จะมีผลทำให้พอลิเมอร์มีสมบัติชอบน้ำ อย่างไรก็ตามเนื่องจากอะไมโลสมีรูปร่างเป็นเส้นตรง จึงทำให้เกิดการเคลื่อนไหวได้ง่าย(mobility) และหมู่ไฮดรอกซีบนโมเลกุลของอะไมโลส มีแนวโน้มที่จะวางตัวในแนวขนานกัน และมีความใกล้ชิดกันพอที่จะทำให้เกิดพันธะไฮโดรเจนดึงดูดกันระหว่างสายโซ่ เป็นผลทำให้การละลายของพอลิเมอร์กับน้ำลดลง และเกิดเป็นสารละลายขุ่นๆ ในสารละลายเจือจางปริมาณของโมเลกุลขนาดใหญ่ที่รวมกัน อาจจะเพิ่มขึ้นถึงจุดที่จะเกิดการตกตะกอน แต่ในกรณีที่ความเข้มข้นสูงขึ้น ความเกะกะอาจจะรบกวนการวางตัวของสายโซ่ในแนวขนานกันระหว่างชั้นของพอลิเมอร์ ทำให้เกิดเป็นเจล ซึ่งประกอบด้วยโครงร่าง 3 มิติ ในแต่ละด้านนั้นจะยึดจับกันด้วยพันธะไฮโดรเจนทำให้เกิดเป็นฟิล์มที่แข็งแรง



รูปที่ 2.2 แสดงโครงสร้างและสมบัติการละลายในน้ำของอะไมโลส

ข. อะไมโลเพกติน(Amylopectin)มีโครงสร้างโมเลกุลเป็นพอลิเมอร์โซ่สาขาประกอบด้วยหน่วยของกลูโคสซึ่งเชื่อมกันด้วยพันธะแอลฟา(1,4)เช่นเดียวกับอะไมโลสเป็นส่วนใหญ่ แต่จะมีโซ่สาขาแยกออกที่พันธะแอลฟา(1,6)ประมาณ 4-5 เปอร์เซนต์ โซ่สาขาที่เกะกะของอะไมโลเพกตินจะลดความสามารถของพอลิเมอร์ในการเคลื่อนไหวและรบกวนการเกิดพันธะไฮโดรเจน ทำให้เกิดสารละลายของอะไมโลเพกติน ซึ่งไม่สามารถเกิดเป็นฟิล์มที่แข็งแรงได้เหมือนอะไมโลส

การนำแป้งไปประยุกต์ใช้ในด้านต่าง ๆ

ในการผลิตสารเคมีหรือพลาสติกซึ่งต้องเกี่ยวข้องกับการใช้ปิโตรเลียม พบว่าพลาสติกส่วนใหญ่ได้มาจากพอลิเมอร์สังเคราะห์ ซึ่งปริมาณการใช้ที่เพิ่มมากขึ้นทั้งในปัจจุบันและอนาคตข้างหน้า ทำให้ต้องหันมาสนใจว่าจะมีปิโตรเลียมในการใช้เป็นสารตั้งต้น อย่างพอเพียงต่อการเจริญเติบโตหรือไม่ จึงได้มีการนำเอาพอลิเมอร์ธรรมชาติมาใช้ เช่นใช้เป็นสารเพิ่มเนื้อสำหรับพลาสติกหรือใช้แทนที่พลาสติกบางตัว และความสามารถของพอลิเมอร์ธรรมชาติที่สามารถย่อยสลายได้ในทางชีวภาพ ทำให้ลดปัญหาเรื่องของการสะสมในสิ่งแวดล้อม

แป้งสามารถใช้ผสมในพลาสติก เช่นใช้เป็นสารตัวเติมในพอลิไวนิลคลอไรด์ ในโฟม-ยูรีเทนชนิดแข็งพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ พอลิเมอร์ร่วมของเอทิลีนและกรดอะคริลิก และพอลิ-เอทิลีนความหนาแน่นต่ำ เพื่อให้มีสมบัติในการสลายตัวทางชีวภาพ พอลิไวนิลแอลกอฮอล์ได้มีการนำมาใช้ทางด้านการเกษตรเพื่อปรับปรุงผลผลิตและควบคุมคุณภาพของพืชผักผลไม้ โดยใช้ในการควบคุมความชื้น และอุณหภูมิของดิน ลดการชะล้างของสารอาหาร ช่วยเพิ่มการเจริญเติบโตของเมล็ดและเพิ่มผลผลิตของพืชผล ไม่เพียงแต่แป้งสามารถผสมกับพอลิเมอร์สังเคราะห์เท่านั้น แต่ยังมีประโยชน์ในการใช้เป็นสารเพิ่มเนื้อ(Extender) หรือเป็นสารเสริมแรง (Reinforcing agent) โดยแป้งจะทำปฏิกิริยากับไอโซไซยาเนตได้ ทำให้ราคาต่ำ ปรับปรุงความต้านทานต่อตัวทำละลายและความแข็งแรง

กราฟท์โคพอลิเมอร์ของแป้ง(Starch graft copolymer) เป็นเทคนิคที่ทำให้เกิดพันธะเคมีระหว่างพอลิเมอร์ธรรมชาติ กับพอลิเมอร์สังเคราะห์โดยผ่านกระบวนการกราฟท์โคพอลิ-เมอร์ไรเซชัน โดยทำให้เกิดอนุมูลอิสระบนโมเลกุลของแป้ง และทำให้อนุมูลอิสระทำปฏิกิริยากับมอนอเมอร์

วิธีการในการเตรียมอนุมูลอิสระ สามารถแบ่งได้เป็น 2 กลุ่มใหญ่ๆ คือ

ก. โดยการกระตุ้นด้วยการฉายรังสี

ข. โดยการกระตุ้นด้วยวิธีการทางเคมี

กราฟท์โคพอลิเมอร์ของแป้ง

G.F. Fanta และ E.B. Bagley ได้เตรียมกราฟท์โคพอลิเมอร์ของแป้งกับมอนอ-เมอร์ เช่น สไตรีน ไอโซพรีน อะคริโลไนไทรลย์ อะคริเลต และเมทาคริเลต โดยการใช้ไอออนซีริก ในการกระตุ้นให้เกิดปฏิกิริยากราฟท์โคพอลิเมอไรเซชันบนโมเลกุลของแป้ง[1]

กราฟท์โคพอลิเมอร์ของแป้งที่ใช้เป็นสารยึดเกาะ(Binding agent)ทั้งในการเคลือบกระดาษ การตกแต่งสิ่งทอและใช้เป็นสารเพิ่มเนื้อ(Sizing agent)ในการผลิตกระดาษ[2]

กราฟท์โคพอลิเมอร์ของแป้งที่ใช้ในการเป็นสารเพิ่มเนื้อ และใช้แทนพอลิเมอร์สังเคราะห์ เพื่อลดการใช้มอนอเมอร์ที่ผลิตจากปิโตรเลียม และเพื่อให้พอลิเมอร์เกิดการสลายตัวโดยจุลินทรีย์ กราฟท์โคพอลิเมอร์ของแป้งกับเมทิลอะคริเลต เป็นตัวอย่างหนึ่ง ซึ่งมีความเป็นไปได้ที่จะผลิตในทางการค้า เนื่องจากมีสมบัติที่ดีด้านความเหนียวเป็นพลาสติกที่มีความ

ยืดหยุ่น และเพื่อเพิ่มความสามารถในการสลายตัวทางชีวภาพ จะทำการกราฟท์ด้วยมอนอ-เมอร์ผสมของเมทิลอะคริเลตกับไวนิลอะซิเตด บนโมเลกุลของแป้ง[3]

ในการทำปฏิกิริยากราฟท์โคพอลิเมอไรเซชัน ของมอนอเมอร์บนแป้งซึ่งจะมีทั้งลักษณะที่เป็นเม็ดแป้งและเป็นเจล การพัฒนาเพื่อการประยุกต์ใช้เป็นพอลิเมอร์ที่มีสมบัติดูดซึมน้ำ พบว่าสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้มากมายหลายด้าน เช่น ใช้เป็นสารข้น(Thickener) สารช่วยตกตะกอน(Flocculant) สารเติมแต่งในอุตสาหกรรมกระดาษ

ในด้านอุตสาหกรรมเวชภัณฑ์ กราฟท์โคพอลิเมอร์ของแป้งกับอะคริโลไนไทรลย์ที่ถูกไฮโดรไลซ์ด้วยเบส จะได้สารพอลิเมอร์ที่มีสมบัติดูดซึมน้ำได้มากและรวดเร็ว จึงได้ชื่อว่า Super slurper สามารถนำไปใช้เป็นสารดูดซึมน้ำในการทำผ้าอ้อม แผ่นรองเพื่อดูดซับ ผ้าพันแผล แผ่นรองเตียงในโรงพยาบาล[1]

ในด้านเกษตรกรรม ตั้งแต่ปี ค.ศ.1973 ได้มีผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้จากแป้ง และได้มีการจดสิทธิบัตรในปี ค.ศ.1976 ในเรื่อง Super slurper โดยนักเคมีชื่อ W.M. Doane, G.F. Fanta, E.B. Bagley และ M.V. Weaver ในช่วงแรกจะใช้ Slurper ในผลิตภัณฑ์เกี่ยวกับมนุษย์ตั้งแต่ผ้าอ้อมไปจนถึงผ้าพันแผล แต่ในปัจจุบันได้นำมาใช้ทางการเกษตรซึ่งสามารถดูดซึมน้ำได้ดีมาก และสามารถใช้ในการลดไนเตรท ซึ่งปนเปื้อนในทะเลสาบและแหล่งน้ำจากปุ๋ยไนโตรเจน ซึ่งเป็นการใช้พอลิเมอร์ที่มีสมบัติดูดซึมน้ำ ที่เตรียมได้จากแป้งสาลีและนำมาผสมกับปุ๋ยที่อยู่ในรูปเจล ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีสีเขียวมีลักษณะคล้ายยาสีฟัน ซึ่งพอลิเมอร์ร่วมของแป้งที่มีสมบัติดูดซึมน้ำ จะดูดทั้งความชื้นและปุ๋ยไว้ในดิน จนกระทั่งต้นไม้ต้องการใช้ในการเจริญเติบโต ซึ่งเป็นการประหยัดเงิน รักษาดิน และให้ผลิตผลที่ดี

ในการนำไปใช้งานด้านอื่นๆเช่นใช้ในการเคลือบเมล็ด ในการปลูกหญ้าบนถนนหลวง และในสถานที่ก่อสร้าง ใช้ในการกรองเชื้อเพลิงเพื่อดูดซึมความชื้นจากถังเก็บเชื้อเพลิง มีประโยชน์ในด้านการเพิ่มสารอาหารให้กับดิน และใช้ในการทำความสะอาดยากำจัดศัตรูพืชหรือสารเคมีที่เกิดการหก[4]

การปรับปรุงสมบัติของแป้งโดยปฏิกิริยากราฟท์โคพอลิเมอไรเซชัน

การทำปฏิกิริยากราฟท์โคพอลิเมอไรเซชันของแป้ง มีข้อดีกว่าการผสมพอลิเมอร์[2] ชนิดทางกายภาพ เนื่องจากเกิดพันธะเคมีที่ให้การรวมกันอย่างใกล้ชิดมากที่สุด และการนำไปใช้ในตัวกลางที่เป็นน้ำมีความง่ายมากกว่า[2]

ปฏิกิริยากราฟท์โคพอลิเมอไรเซชันบนโมเลกุลของแป้ง โดยการทำให้เกิดอนุมูลอิสระจะใช้ระบบที่ทำให้เกิดตัวริเริ่มปฏิกิริยา 2 ประเภท คือ ตัวริเริ่มทางเคมี และการริเริ่มปฏิกิริยาโดยการฉายรังสี ตัวริเริ่มปฏิกิริยาทางเคมีที่นำมาใช้กันอย่างแพร่หลาย ได้แก่ โปแทสเซียมเปอร์ซัลเฟต และซีริกแอมโมเนียมไนเตรท นอกจากนี้ยังมีตัวริเริ่มปฏิกิริยากลุ่มอื่นๆอีก ได้แก่ ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ สารเปอร์ออกไซด์ และไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์อินทรีย์ โซเดียมไฮโป-คลอไรท์ แอมโมเนียมเปอร์ซัลเฟต และโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์[2]

ปฏิกิริยากราฟท์โคพอลิเมอไรเซชันบนโมเลกุลของแป้ง ด้วยพอลิเมอร์ที่ไม่ชอบน้ำ เม็ดแป้งจะยังคงอยู่ในสภาพเดิม จะไม่กระจายตัวในน้ำแต่จะอยู่ในสภาพเป็นของแข็งเล็กๆ แขวนลอยอยู่ในน้ำ ถึงแม้จะให้ความร้อนเพิ่มขึ้นแต่ก็สามารถทำให้กระจายตัวได้ดี หรือละลายได้มากขึ้นโดยใช้ไดเมทิลซัลฟอกไซด์ ซึ่งใช้เป็นตัวทำละลายสำหรับกราฟท์โคพอลิเมอร์ของแป้งและพอลิเมอร์สังเคราะห์จำนวนมาก สมบัติการละลายของกราฟท์โคพอลิเมอร์ของแป้งกับพอลิเมอร์ที่ไม่ชอบน้ำ พบว่าสามารถละลายได้ดีในตัวทำละลายอินทรีย์เมื่อทำให้อยู่ในรูปอนุพันธ์ เช่น การเติมหมู่แอซิทิลในโมเลกุลของกราฟท์โคพอลิเมอร์

กราฟท์โคพอลิเมอร์ของแป้งที่เกิดจากพอลิเมอร์ที่ละลายน้ำ จะสามารถบวมตัวในน้ำที่อุณหภูมิห้อง และสามารถแยกแป้งส่วนที่ไม่บวมออกจากน้ำได้ด้วยการกรอง แต่ถ้าแป้งที่ใช้สามารถบวมตัวได้ การแยกผลิตภัณฑ์แป้งที่ได้จะทำได้ยากขึ้น โดยทำการตกตะกอนด้วยการเติมตัวทำละลายอินทรีย์ เช่น เมทานอล เป็นต้น

บทที่ 3

การทดลอง

3.1 สารเคมีและเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

ตารางที่3.1.1แสดงสารเคมีที่ใช้ทดลอง

สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง	เกรด	บริษัทผู้ผลิต
แป้งมันสำปะหลังตราปลามังกร	การค้า	โรงงานแป้งมันไทยทำชลบุรี
อะคริลาไมด์	การค้า	Mitsui Toatsu Chemical Inc.
กรดอะคริลิก	การค้า	สยามฟายเมมี
น้ำกลั่น	การค้า	องค์การแบตเตอรี่
โพรพิลีนไกลคอล	การค้า	J.T.Baker
Na_2EDTA	วิเคราะห์	Fluka
กรดไนตริก	วิเคราะห์	J.T.Baker
โซเดียมเปอร์ซัลเฟต	วิเคราะห์	Fluka
ปุ๋ยเคมีสูตร 16-16-16 ตราเรือใบไวกิ้ง	การค้า	-
ปุ๋ยยูเรีย	การค้า	-
กรดเปอร์คลอริกเข้มข้น	วิเคราะห์	Merck
กรดซัลฟุริกเข้มข้น 97-98% (ถพ. 1.84%)	วิเคราะห์	J.T.Baker
แอมโมเนียมออกซาเลต	วิเคราะห์	Fluka
โซเดียมไฮดรอกไซด์	วิเคราะห์	Merck
ฟีนอฟทาลีน อินดิเคเตอร์	วิเคราะห์	Fluka
แอมโมเนียมโมลิบเดต 4 โมเลกุลน้ำ	วิเคราะห์	Fluka
แอมโมเนียมวานาเดต	วิเคราะห์	Fluka

เครื่องมือ

ก. เครื่องกวนเชิงกล(Mechanical stirrer) บริษัท Kika-Werk รุ่น RW20

ข. ใบพัดกวนแสตนเลส

ค. หม้อปฏิกิริยาแบบ 4 คอ(4-Necked reaction vessel) ขนาด 2 ลิตร บริษัท Schott

ง. อ่างน้ำ(Water bath)พร้อมเครื่องควบคุมอุณหภูมิ บริษัท Buchi รุ่น B-480

จ. เทอร์โมมิเตอร์อุณหภูมิอยู่ในช่วง 0-100 $^{\circ}$ C

ฉ. เครื่องบดผสมแบบ 2 ลูกกลิ้ง(Two roll mill) บริษัท Lab Tech Engineering รุ่น LRM200

ช. เครื่องอัดรีดชนิดเกลียวหนอนเดี่ยว(Extruder) บริษัท Axon รุ่นBX-18

ซ. เครื่องชั่งหยาบทศนิยม 1 ตำแหน่ง บริษัท Metter รุ่น BB3000

ฌ. เครื่องชั่งละเอียดทศนิยม 4 ตำแหน่ง บริษัท Metter รุ่น AE200

ญ. เครื่องอัลตราไวโอเลตสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ บริษัท Shimadzu รุ่น UV-160

ฎ. เครื่องอะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ บริษัท Shimadzu รุ่น PR-5

ฏ. เครื่องให้ความร้อนพร้อมเครื่องกวนเชิงแม่เหล็ก(Hot Plate) บริษัท Framo-Gerraleteohnik รุ่น M21/1

ฐ. เครื่อง Heating mantle พร้อมชุดเครื่องแก้วสำหรับต้มกลั่น(Reflux)

3.2 วิธีการทดลอง

3.2.1 การเตรียมสารเพื่อใช้ในการสังเคราะห์พอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งมันสำปะหลัง

ก. การเตรียมสารละลาย Na_2.EDTA ความเข้มข้น 0.56 โมลาร์

ชั่งเกลือไดโซเดียมของกรดเอทิลีนไดเอมีนเตตระอะซิติก 2 โมเลกุลของน้ำ (Ethylenediamine tetraacetic disodium dihydrate)จำนวน 20.845 กรัม ด้วยเครื่องชั่งละเอียดทศนิยม 4 ตำแหน่ง ใส่ในบีกเกอร์ขนาด 200 มล. เติมน้ำกลั่นประมาณ 80 มล. กวนสารให้เข้ากัน และให้ความร้อนแก่สารในขณะที่กวนตลอดเวลา จนส่วนที่เป็นของแข็งละลายหมด แล้วทำให้สารละลายเย็นตัวลงที่อุณหภูมิห้อง จากนั้นเทสารละลายลงในขวดวัดปริมาตร (Volumetric flask)ขนาด 100 มล. เติมน้ำกลั่นลงไปจนสารละลายมีปริมาตรครบ 100 มล.

ข. การเตรียมกรดไนตริกความเข้มข้น 1 นอร์มอล

ปิเปตกรดไนตริกเข้มข้น 70 % W/W จำนวน 15.8 มล. เทลงในขวดปริมาตรขนาด 250 มล. และเติมน้ำกลั่นลงไปจนสารละลายมีปริมาตรครบ 250 มล.

ค. การเตรียมสารละลายโซเดียมเปอร์ซัลเฟต

ชั่งสารละลายโซเดียมเปอร์ซัลเฟตจำนวน 5.95 กรัม ใส่ในบีกเกอร์ขนาด 250 มล. เทสารละลายกรดไนตริกความเข้มข้น 1 นอร์มอล ลงไปพอประมาณ กวนให้ส่วนที่เป็นของแข็งละลายหมด เทลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 250 มล.เติมสารละลายกรดไนตริกความเข้มข้น

1 นอร์มอล ลงไปให้มีปริมาตรครบ 250 มล. เขย่าให้เข้ากันเก็บไว้ในตู้เย็น จนกว่าจะนำไปใช้ในการทดลองต่อไป

3.2.2 การเตรียมสารเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจน(ปุ๋ยยูเรีย)

ก. สารละลายด่างโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 30 % W/W

ละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์หนัก 30กรัม ในน้ำกลั่น 100มล.

ข. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์มาตรฐานความเข้มข้น 0.1 นอร์มอล

ชั่งโซเดียมไฮดรอกไซด์จำนวน 1.0 กรัมด้วยเครื่องชั่งละเอียดทศนิยม 4 ตำแหน่ง ละลายน้ำแล้วปรับปริมาตรเป็น 250 มล. ไทเทรตหาความเข้มข้นที่แน่นอนด้วยสารละลายมาตรฐาน โปแทสเซียมไฮโดรเจนพทาเลต ความเข้มข้น 0.1 นอร์มอล

ค. สารละลายกรดซัลฟิวริกมาตรฐานความเข้มข้น 0.1 นอร์มอล

ปิเปตกรดซัลฟิวริกเข้มข้น(96.1%W/W ; D=1.84)จำนวน 1.38 มล. เจือจางด้วยน้ำกลั่น ปรับปริมาตรเป็น 250 มล.

ง. สารละลายเมทิลเรด อินดิเคเตอร์ (Methyl red indicator solution)

ละลายเมทิลเรด 0.1กรัม ในเอทานอล 95% จำนวน 50มล. ปรับปริมาตรให้เป็น 100 มล. โดยใช้น้ำกลั่น ส่วนที่ละลายไม่หมดทำการกรองทิ้ง

3.2.3 การเตรียมสารเพื่อใช้ในการวิเคราะห์หาปริมาณฟอสฟอรัส(ในปุ๋ยสูตร 16-16-16)

ก. สารละลายโมลิบโดวานาเดต(Molybdovanadate reagent)

ละลายแอมโมเนียมโมลิบเดต(Ammonium molybdate.4H_2O) จำนวน 40 กรัม ในน้ำร้อน 400 มล. แล้วทำให้เย็น จากนั้นละลายแอมโมเนียมวานาเดต(Ammonium vanadate) จำนวน 2 กรัม ในน้ำร้อน 250มล. ทำให้เย็นแล้วเติมกรดไฮโปคลอริกเข้มข้น 70% จำนวน 450 มล. หลังจากนั้นค่อยๆเติมสารละลายแอมโมเนียมโมลิบเดต ลงไปในสารละลายแอมโมเนียมวานาเดต เขย่าสารละลายให้เข้ากัน ปรับปริมาตรให้เป็น 2000 มล.

ข. สารละลายมาตรฐานฟอสฟอรัส(P_2O_5)ความเข้มข้น 500ppm

อบสาร KH_2PO_4 (52.15% P_2O_5) ที่อุณหภูมิ 105°C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ชั่งสาร KH_2PO_4 ด้วยเครื่องชั่งละเอียดทศนิยม 4ตำแหน่ง จำนวน 0.957 กรัม ละลายด้วยน้ำกลั่น ปรับปริมาตรให้เป็น 1000 มล.

3.2.4 การเตรียมสารเพื่อใช้ในการวิเคราะห์หาปริมาณโปแทสเซียม(ในปุ๋ยสูตร16-16-16)

ก. สารละลายแอมโมเนียมออกซาเลต(Ammonium oxalate) ความเข้มข้น 40% W/W

ชั่งแอมโมเนียมออกซาเลตจำนวน 40 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 100 มล.

ข. สารละลายโปแทสเซียมความเข้มข้น 100 ppm

ชั่งสาร KH_2PO_4 (อบแห้งที่ 105° C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง) จำนวน 0.134กรัม ละลายน้ำแล้วปรับปริมาตรให้เป็น 1000 มล. โดยใช้ขวดวัดปริมาตร เตรียมสารละลายความเข้มข้นเป็น 1,2,3 และ 4 ppm. โดยปิเปตสารละลายโปแทสเซียมความเข้มข้น 100 ppm.

จำนวน 1,2,3 และ 4มล.ตามลำดับ เจือจางด้วยน้ำกลั่น โดยใช้ขวดวัดปริมาตรขนาด 100 มล.

3.2.5 การสังเคราะห์พอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งมันสำปะหลังกับมอนอเมอร์

เติมแป้ง 250 กรัม ลงในหม้อปฏิกิริยาขนาด 2 ลิตร เติมน้ำกลั่น 1100 มล. ต่อท่อก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ด้วยอัตราการไหลต่ำ ให้ความร้อนจนถึงอุณหภูมิ 70°C พร้อมกับปั่นกวนโดยใช้เครื่องกวนเชิงกล ด้วยความเร็ว 1000 รอบต่อนาที จนกระทั่งแป้งเป็นเจลใส ใช้เวลาประมาณ 1 ชั่วโมง ทำการลดอุณหภูมิลงจนถึง 40°C เติมมอนอเมอร์อะคริลาไมด์ 250กรัม (ปริมาณมอนอเมอร์ 100% โดยน้ำหนักของแป้งมันสำปะหลัง) เติมสารละลาย Na_2EDTA จำนวน 50 มล. โพรพิลีนไกลคอล จำนวน 1.0 มล. ลงในหม้อปฏิกิริยา ในขณะที่เติมสารให้ทำการปั่นกวนตลอดเวลาด้วยความเร็ว 2000 รอบต่อนาที เติมสารละลายโซเดียมเปอร์ซัลเฟต ความเข้มข้น 0.1 โมลาร์ ในกรดไนตริกความเข้มข้น 1 นอร์มอล จำนวน 45มล. ลงไป รอจนกระทั่งปฏิกิริยาสิ้นสุดใช้เวลาประมาณ 3 ชั่วโมง หลังจากปฏิกิริยาสิ้นสุดนำพอลิเมอร์ร่วมที่สังเคราะห์ได้อบให้แห้งในตู้อบที่อุณหภูมิ 60°C ให้ได้ความชื้นประมาณ 15-30%

การสังเคราะห์พอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งมันสำปะหลังชนิดต่างๆสามารถทำการสังเคราะห์ได้ตามหัวข้อ3.2.5 โดยเปลี่ยนแปลงปริมาณมอนอเมอร์กรดอะคริลิกเป็น 100%, 50%, 30% และมอนอเมอร์อะคริลาไมด์เป็น 100 % ,50%, 30% ตามลำดับ

3.2.6 การผลิตเม็ดปุ๋ย โดยการผสมกราฟท์โคพอลิเมอร์ที่สังเคราะห์ได้กับปุ๋ย โดยวิธีการทางกายภาพ

นำกราฟท์โคพอลิเมอร์ที่สังเคราะห์ได้มาบดผสมกับปุ๋ยซึ่งแบ่งเป็นปุ๋ยสูตร16-16-16 และปุ๋ยยูเรีย โดยใช้ปุ๋ยในอัตราส่วน 1:1 โดยน้ำหนัก ด้วยเครื่องบดผสมแบบสองลูกกลิ้ง โดยทำการผสมที่อุณหภูมิห้อง เมื่อของผสมกระจายตัวเข้ากันได้ดีแล้ว นำไปบดด้วยเครื่องบดหลังจากนั้นนำไปทำให้เป็นเม็ด โดยใช้เครื่องอัดรีดชนิดเกลียวหนอนเดี่ยว ตั้งอุณหภูมิที่ตำแหน่งต่างๆดังแสดงในตารางที่ 3.2.6.1

ตารางที่3.2.6.1แสดงค่าอุณหภูมิที่ตำแหน่งต่างๆของเครื่องอัดรีดเกลียวหนอนเดี่ยว

ชนิดของกราฟท์โคพอลิเมอร์	อุณหภูมิที่ตั้งในตำแหน่ง(°C)			
	ZONE 1	ZONE 2	ZONE 3	ZONE 4
Starch-g-Acrylamide	60°C	70°C	80°C	90°C
Starch-g-Acrylic acid	60°C	70°C	80°	90°C

3.2.7 การเตรียมสารตัวอย่างเพื่อนำไปใช้ในการวิเคราะห์การปลดปล่อยปุ๋ย

ชั่งปุ๋ยเม็ดหนักประมาณ 5 กรัม โดยใช้เครื่องชั่งละเอียดทศนิยม 4 ตำแหน่ง เติมน้ำกลั่นจำนวน 45 มล. ลงไป จับเวลา 5 นาที กรองเฉพาะส่วนที่เป็นน้ำ ใส่ในขวดวัดปริมาตรขนาด 50 มล. กำหนดให้เป็นขวดที่ 1 และเติมน้ำกลั่นอีกครั้งละ 45 มล. ทำเหมือนการทดลองที่ 1 ทุกประการ ทำจนครบ 10 ครั้ง

3.2.8 วิธีการวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจน (เฉพาะปุ๋ยยูเรีย)

ชั่งสารตัวอย่างหนัก 2.5 กรัม ด้วยเครื่องชั่งละเอียดทศนิยม 4 ตำแหน่ง ใส่ใน Kjeidahl flask ขนาด 300 มล. เติมน้ำกลั่นจำนวน 20 มล. และกรดซัลฟิวริกเข้มข้นจำนวน 20 มล. หมุน flask เบาๆ ให้สารละลายเข้ากัน นำ flask ไปต้มกลั่น(ใส่ glass beads ลงไป 2-3 เม็ด เพื่อป้องกันการเดือดอย่างรุนแรง) โดยใช้อุณหภูมิต่ำ แล้วค่อยๆเพิ่มอุณหภูมิให้สูงขึ้น จนกระทั่งมีควันขาวปรากฏ ใช้เวลาประมาณ 30 นาที ยก flask ออกจากเตา ทิ้งไว้ให้เย็น เติมน้ำกลั่นลงไปประมาณ 100-150 มล. เทลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 250 มล. ปรับปริมาตรเป็น 250มล. ปิเปตสารละลายกรดซัลฟิวริกมาตรฐานความเข้มข้น 0.1 นอร์มอล จำนวน 50 มล. ใส่ในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มล. หยดอินดิเคเตอร์ลงไป 4-5 หยด นำไปต่อกับเครื่องกลั่นเพื่อรองรับแอมโมเนียที่กลั่นได้ โดยให้ปลายของเครื่องควบแน่นจุ่มลงในสารละลาย ดูดสารละลายตัวอย่าง จำนวน 25 มล. ใส่ใน Kjeldahl flask ขนาด 300 มล. เติมน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตร 150 มล. เติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 30 % จำนวน 10 มล. นำไปกลั่นทันที จนกระทั่งได้สารละลายในขวดรูปชมพู่ประมาณ 150 มล. นำออกจากเครื่องกลั่นทันที นำสารละลายที่กลั่นได้ไปไทเทรตกับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์มาตรฐานความเข้มข้น 0.1 นอร์-มอล จนกระทั่งสารละลายเปลี่ยนจากสีแดงเป็นสีเหลืองเมื่อถึงจุดยุติ คำนวณหาปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด

3.2.9 การวิเคราะห์หาปริมาณฟอสฟอรัส(ปุ๋ยสูตร 16-16-16)

ก. การเตรียมกราฟมาตรฐาน

ปิเปตสารละลายมาตรฐานฟอสฟอรัส(P_2O_5)ความเข้มข้น 500 ppm จำนวน 0.5, 1, 1.5, 2, 2.5, และ 3 มล. ใส่ในขวดวัดปริมาตรขนาด 50 มล. เติมน้ำกลั่นจำนวนเล็กน้อยลงในแต่ละขวด ปิเปตสารละลายโมลิบโดวานาเดต จำนวน 10 มล. เติมลงไปในแต่ละขวด ปรับปริมาตรเป็น 50 มล. ทิ้งไว้ประมาณ 10 นาที แล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องอัลตราไวโอเลตสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ ที่ความยาวคลื่น 400 นาโนเมตร แล้วเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงกับความเข้มข้นของสารละลาย 5, 10, 15, 20, 25 และ 30 ppm ตามลำดับ

ข. การวิเคราะห์หาปริมาณ Total P_2O_5 ในสารตัวอย่าง

ปิเปตสารตัวอย่าง(ปุ๋ยสูตร16-16-16)จำนวน 2 มล. ใส่ในถ้วยกระเบื้อง ให้ความร้อนด้วย Hot plate ภายในตู้ดูดควัน เติมกรดไนตริกเข้มข้นจำนวน 5 มล. ให้ความร้อนต่อจนกระทั่งเกิดควันขาวและสารละลายลดลงเหลือประมาณครึ่งหนึ่ง ทำให้เย็น นำมาเทใส่ในขวดวัด

ปริมาตรขนาด 50 มล. หลังจากนั้นปิเปตสารละลายที่ได้มาจำนวน 10 มล. ใส่ในขวดรูปชมพู่ขนาด 25 มล. เติมสารละลายโมลิบโดวานาเดต จำนวน 10มล. นำสารละลายที่ได้ไปวัดค่าการดูดกลืนแสง

3.2.10 การวิเคราะห์หาปริมาณโปแทสเซียมในสารตัวอย่าง(ปุ๋ยสูตร 16-16-16)

ก. การเตรียมกราฟมาตรฐาน

ปิเปตสารละลายโปแทสเซียมความเข้มข้น 1, 2, 3 และ 4 ppm มาอย่างละ 1, 2, 3 และ 4 มล. ตามลำดับ ใส่ในขวดวัดปริมาตรขนาด 100 มล. ปรับปริมาตรให้ครบ 100 มล. นำไปวัดการดูดกลืนแสงโดยใช้เครื่องอะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ แล้วเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้น(ppm) กับค่าการดูดกลืนแสง

ข. การวิเคราะห์หาปริมาณโปแทสเซียมในสารตัวอย่าง

ปิเปตสารตัวอย่าง(เฉพาะปุ๋ยสูตร 16-16-16)มาจำนวน 2 มล. ใส่ลงในขวดรูปชมพู่ขนาด125 มล. นำไปให้ความร้อนโดยใช้ Hot plate เติมสารละลายแอมโมเนียมออกซาเลตความเข้มข้น 40 % W/W จำนวน 25 มล. ใช้เวลาให้ความร้อนเพื่อย่อยสลายประมาณ 30 นาที ปรับปริมาตรเป็น 100 มล.ด้วยน้ำกลั่น นำสารละลายที่ได้ไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องอะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปกโทรโฟโตมิเตอร์

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์

4.1 การหาเปอร์เซนต์ความชื้นของพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งมันสำปะหลังกับมอนอเมอร์ หลังจากอบที่อุณหภูมิ 60 °C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

ตารางที่ 4.1.1 แสดงค่าความชื้นของพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งมันสำปะหลังกับมอนอเมอร์

พอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งมันสำปะหลังกับมอนอเมอร์	ค่าเปอร์เซนต์ความชื้น(%)
1. Acrylamide 30%	30.0
2. Acrylamide 50%	38.0
3. Acrylamide 100%	34.0
4. Acrylic 30%	24.5
5. Acrylic 50%	26.5
6. Acrylic100%	27.0

จากตารางที่ 4.1.1 ชนิดของมอนอเมอร์ที่ใช้และเปอร์เซนต์ความชื้น ในพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งมันสำปะหลังกับมอนอเมอร์พบว่าพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งมันสำปะหลังกับอะคริลาไมด์ เมื่อนำไปผสมกับปุ๋ยในอัตราส่วน 1:1 โดยน้ำหนัก พบว่าจะมีความเหนียวและหนืด ทำให้กระบวนการบดผสม โดยใช้เครื่องผสมแบบสองลูกกลิ้ง การทำให้เป็นปุ๋ยเม็ดโดยใช้เครื่องอัดฉีดชนิดเกลียวหนอนเดี่ยวและเครื่องตัดเม็ด ทำได้ยากกว่าพอลิเมอร์ร่วมของแป้งมันสำปะหลังกับมอนอเมอร์อะคริลิก เมื่อทำการผลิตเป็นปุ๋ยเม็ดที่หุ้มโดยพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งมันสำปะหลังกับอะคริลาไมด์ จะได้ปุ๋ยเม็ดที่มีขนาดไม่สม่ำเสมอ มีการบวมตัวและมีความเหนียว เมื่อทำการตัดเป็นเม็ดแล้วจะเกิดการเกาะติดรวมกันอีก ส่วนปุ๋ยเม็ดที่ผลิตโดยพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งมันสำปะหลังกับมอนอเมอร์อะคริลิกจะได้ขนาดของเม็ดโตสม่ำเสมอ และเมื่อทิ้งไว้ปุ๋ยเม็ดไม่เกาะติดกันอีก นอกจากนี้ค่าเปอร์เซนต์ความชื้นของพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งมันสำปะหลัง ก็มีผลต่อกระบวนการผสมและการอัดรีด พบว่าค่าเปอร์เซนต์ความชื้นมีค่าสูง จะทำให้ได้ปุ๋ยเม็ดที่มีลักษณะเหนียวและเม็ดมีขนาดไม่สม่ำเสมอ มากกว่าพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งมันสำปะหลังที่มีความชื้นน้อย

4.2 การวิเคราะห์หาเปอร์เซนต์ของธาตุปุ๋ยไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และ โปแทสเซียม ในปุ๋ยที่ใช้ในการทดลอง

ตารางที่ 4.2.1 หาเปอร์เซนต์ของธาตุปุ๋ยไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และ โปแทสเซียม

จำนวนครั้งที่ทำการทดลอง	ธาตุปุ๋ย	น้ำหนัก (กรัม)	เปอร์เซนต์ปุ๋ยที่รับรอง	เปอร์เซนต์ปุ๋ยที่วิเคราะห์ได้
1	N	1.276	46	44.38
	P	0.4012	16	14.32
	K	0.4012	16	15.69
2	N	1.2513	46	44.23
	P	0.3987	16	14.67
	K	0.3987	16	15.87
เฉลี่ย	N	–	46	44.30
	P	–	16	14.50
	K	–	16	15.78

จากตารางที่ 4.2.1พบว่าเปอร์เซนต์ธาตุปุ๋ยที่วิเคราะห์ได้ จะมีค่าใกล้เคียงกับฉลากที่ติดไว้ข้างถุง ซึ่งข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์มีค่าที่ต่ำกว่าเนื่องจาก ระยะเวลาก่อนนำมาวิเคราะห์นานอาจจะทำให้ปริมาณของธาตุปุ๋ยไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโปแทสเซียมบางส่วนสูญหายไป

ตารางที่ 4.2.2 หาปริมาณธาตุปุ๋ยฟอสฟอรัส และโปแทสเซียม ที่มีอยู่ในสารควบคุมการปลดปล่อย น้ำหนักสารตัวอย่างอยู่ในช่วง 5.0-5.5 กรัม เส้นผ่าศูนย์กลางอยู่ในช่วง 3-5 มม.

ชนิดของมอนอเมอร์ ที่ใช้เตรียมพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อ	เปอร์เซนต์โดยน้ำหนักของแป้งมันสำปะหลัง	น้ำหนักของธาตุปุ๋ย (กรัม)		
		N	P	K
กรดอะคริลิก	30	1.1729	0.4128	0.4128
	50	1.1768	0.4006	0.4116
	100	1.2073	0.4001	0.3990
อะคริลาไมด์	30	1.1638	0.3730	0.4054
	50	1.1729	0.3760	0.4085
	100	1.1467	0.4079	0.4090

จากตารางที่ 4.2.2 ปริมาณธาตุปุ๋ยไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโปแทสเซียม มีอยู่ในสารควบคุมการปลดปล่อย ซึ่งผลการวิเคราะห์สามารถไปใช้ในการคิดเป็นเปอร์เซนต์การปลดปล่อยธาตุปุ๋ยแต่ละครั้ง

4.3การวิเคราะห์หาเปอร์เซนต์ของธาตุปุ๋ยไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโปแทสเซียม ที่ถูกปลดปล่อยจากปุ๋ยเม็ด โดยปุ๋ยเม็ดเป็นพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งมันสำปะหลังกับมอนอเมอร์

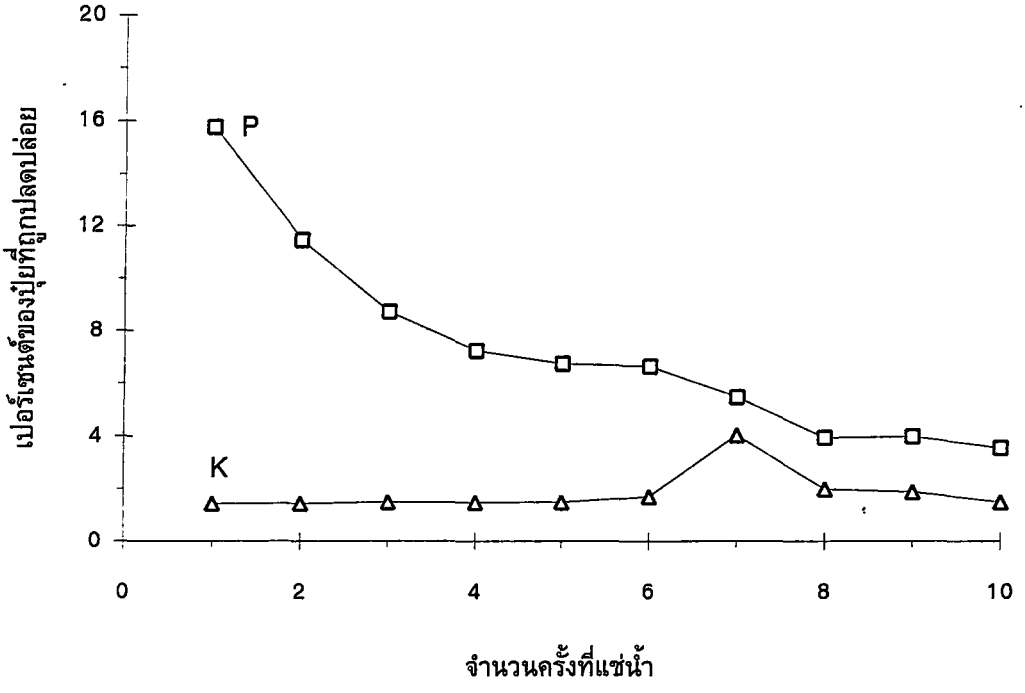
โดยนำปุ๋ยเม็ดแช่น้ำจำนวน 45 มล.ในเวลาครั้งละ 5 นาที ต่อจากนั้นปรับปริมาตร 50 มล. การทำการแช่จะทำใน ระยะเวลาที่ติดต่อกัน สารควบคุมการปลดปล่อยปุ๋ยชนิดพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งมันสำปะหลังกับอะคริลาไมด์ ที่แช่น้ำจำนวน 8-10 ครั้ง จะมีลักษณะบวมตัว ส่วนสารควบคุมการปลดปล่อยที่เป็นชนิดพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งมันสำปะหลังกับกรดอะคริลิก จะไม่เกิดการบวมตัว

ตารางที่ 4.3.1 แสดงเปอร์เซนต์ของธาตุปุ๋ย ที่ปลดปล่อยจากพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งมันสำหลังกับมอนอเมอร์กรดอะคริลิก โดยใช้น้ำ 50 มล./ 5 นาที

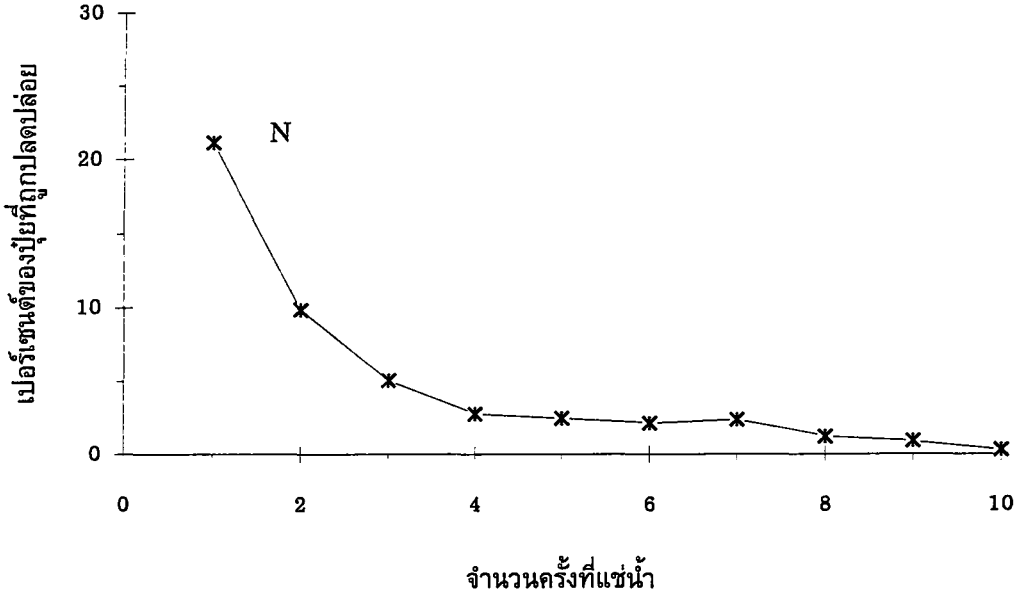
ชนิดของพอลิเมอร์	พอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งมันสำหลังกับมอนอ-เมอร์กรดอะคริลิก(อัตราส่วน แป้งมันสำปะหลังกับกรดอะคริลิกเท่ากับ 1:0.3)			พอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งมันสำหลังกับมอนอ-เมอร์กรดอะคริลิก(อัตราส่วน แป้งมันสำปะหลังกับกรดอะคริลิกเท่ากับ 1:0.5)			พอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งมันสำหลังกับมอนอ-เมอร์กรดอะคริลิก(อัตราส่วน แป้งมันสำปะหลังกับกรดอะคริลิกเท่ากับ 1:1)		
จำนวนครั้งที่แช่น้ำ	เปอร์เซนต์ของธาตุปุ๋ยที่ถูกปลดปล่อย (%)			เปอร์เซนต์ของธาตุปุ๋ยที่ถูกปลดปล่อย (%)			เปอร์เซนต์ของธาตุปุ๋ยที่ถูกปลดปล่อย (%)		
	N	P	K	N	P	K	N	P	K
1	21.13	7.87	1.44	21.64	9.08	1.94	23.94	9.15	1.29
2	9.88	5.73	1.45	11.51	5.84	1.99	9.72	6.04	1.29
3	5.05	4.36	1.50	4.91	3.79	1.98	8.23	4.69	1.29
4	2.75	3.62	1.49	2.76	2.96	2.21	2.54	5.03	1.28
5	2.44	3.38	1.51	2.45	2.41	2.78	0.89	2.86	1.31
6	2.14	3.33	1.71	1.22	2.60	2.91	1.19	2.73	1.34
7	2.37	2.74	4.05	1.24	2.75	3.92	0.89	2.33	1.74
8	1.22	1.97	1.99	0.76	2.21	3.80	0.81	1.36	3.07
9	0.89	2.00	1.88	0.30	2.03	3.00	0.14	1.28	2.39
10	0.30	1.78	1.50	0.45	2.19	1.99	0.29	1.26	1.39

การคำนวณดูได้จากภาคผนวก ข

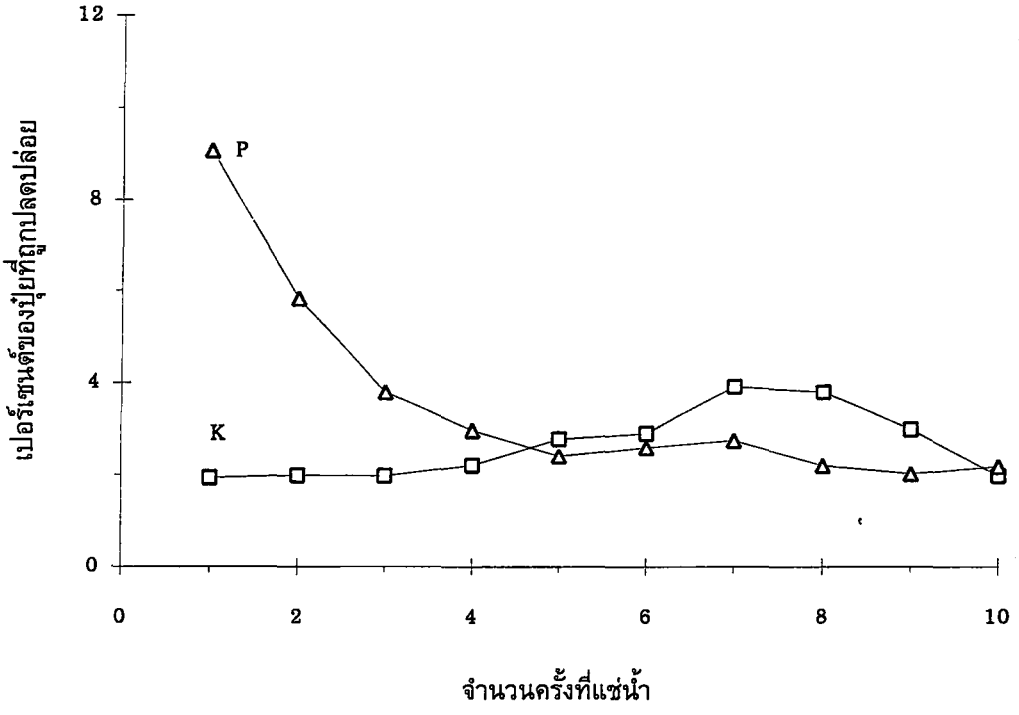
จากข้อมูลในตารางที่ 4.3.1 พบว่าพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งมันสำปะหลังที่มีอัตราส่วนของมอนอเมอร์กรดอะคริลิกแตกต่างกัน 30%, 50%, 100% ของกรดอะคริลิก จะมีการปลดปล่อยธาตุปุ๋ยไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโปแทสเซียมที่แตกต่างกันด้วย



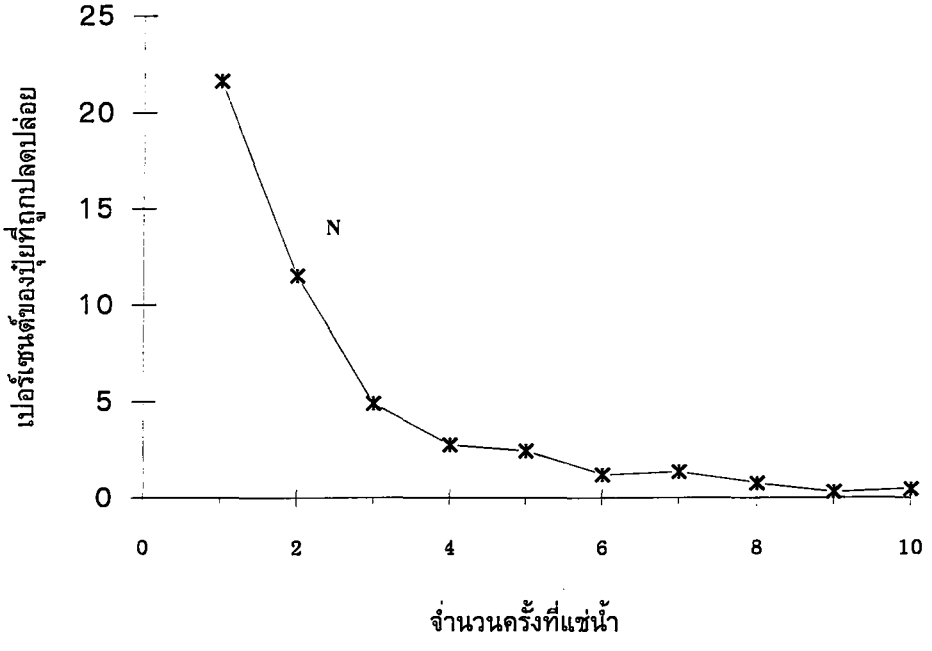
รูปที่ 4.3.1.1 แสดงเปอร์เซนต์ของธาตุปุ๋ยฟอสฟอรัสและโปแทสเซียม ที่ถูกปลดปล่อยจากพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งมันสำปะหลังกับกรดอะคริลิก(อัตราส่วนโดยน้ำหนักของแป้งมันสำปะหลังกับกรดอะคริลิก =1:0.3)



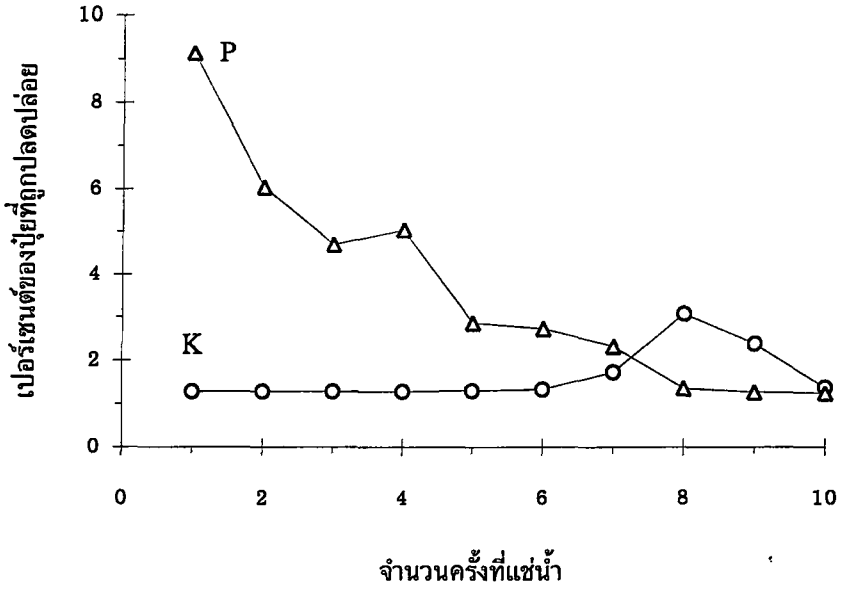
รูปที่ 4.3.1.2 แสดงเปอร์เซนต์ของธาตุปุ๋ยไนโตรเจน ที่ถูกปลดปล่อยจากพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งมันสำปะหลังกับกรดอะคริลิก (อัตราส่วนโดยน้ำหนักของแป้งมันสำปะหลังกับกรดอะคริลิก =1:0.3)



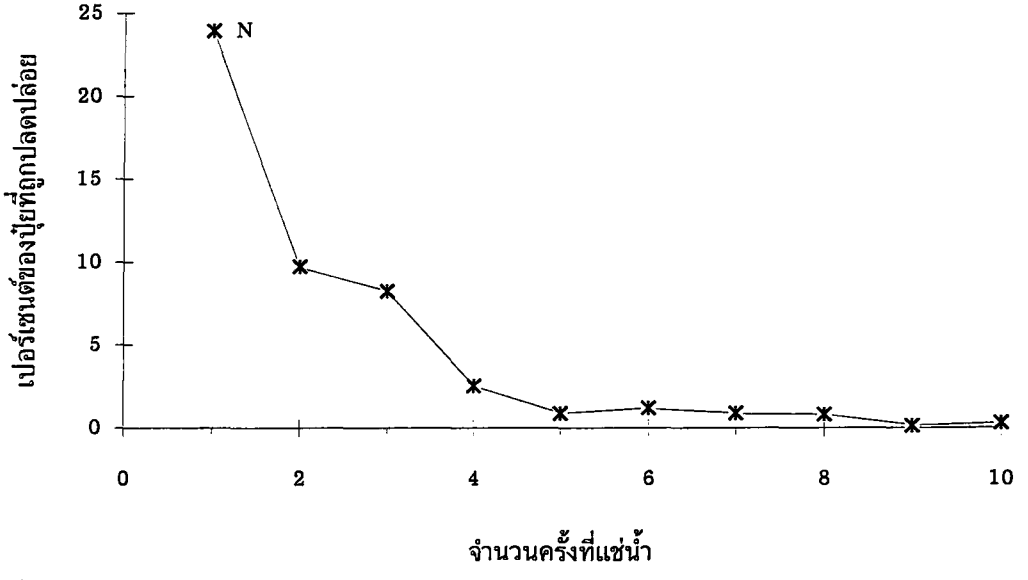
รูปที่ 4.3.1.3 แสดงเปอร์เซนต์ของธาตุปุ๋ยฟอสฟอรัสและโปแทสเซียม ที่ถูกปลดปล่อยจากพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งมันสำปะหลังกับกรดอะคริลิก(อัตราส่วนโดยน้ำหนักของแป้งมันสำปะหลังกับกรดอะคริลิก =1:0.5)



รูปที่ 4.3.1.4 แสดงเปอร์เซนต์ของธาตุปุ๋ยไนโตรเจน ที่ถูกปลดปล่อยจากพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งมันสำปะหลังกับกรดอะคริลิก(อัตราส่วนโดยน้ำหนักของแป้งมันสำปะหลังกับกรดอะคริลิก =1:0.5)



รูปที่ 4.3.1.5 แสดงเปอร์เซนต์ของธาตุปุ๋ยฟอสฟอรัสและโปแทสเซียม ที่ถูกปลดปล่อยจากพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งมันสำปะหลังกับกรดอะคริลิก(อัตราส่วนโดยน้ำหนักของแป้งมันสำปะหลังกับกรดอะคริลิก =1:1)

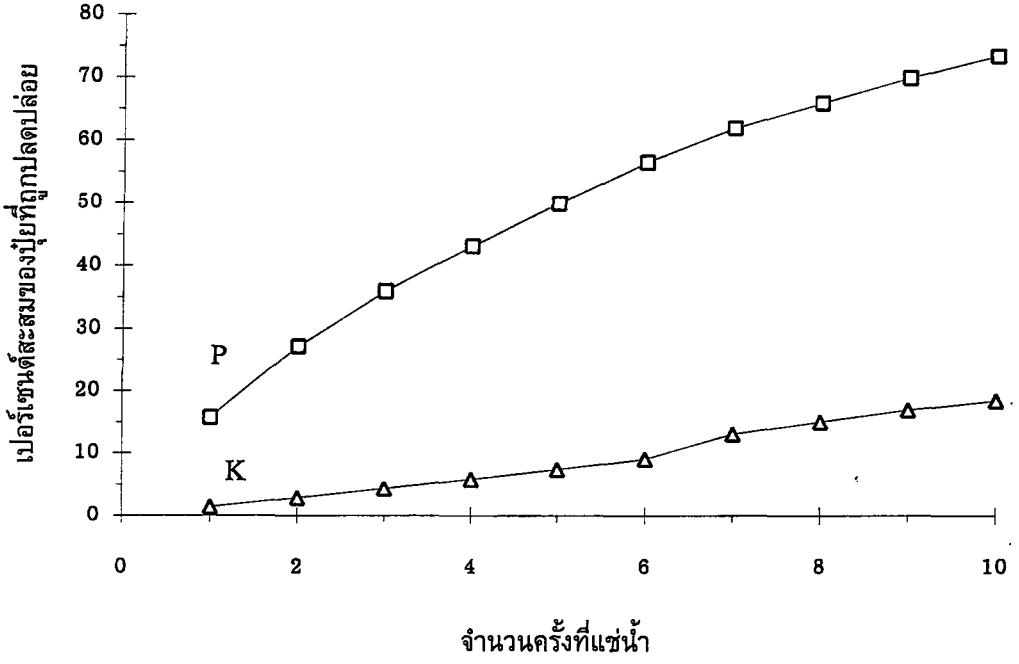


รูปที่ 4.3.1.6 แสดงเปอร์เซนต์ของธาตุปุ๋ยไนโตรเจน ที่ถูกปลดปล่อยจากพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งมันสำปะหลังกับกรดอะคริลิก(อัตราส่วนโดยน้ำหนักของแป้งมันสำปะหลังกับกรดอะคริลิก =1:1)

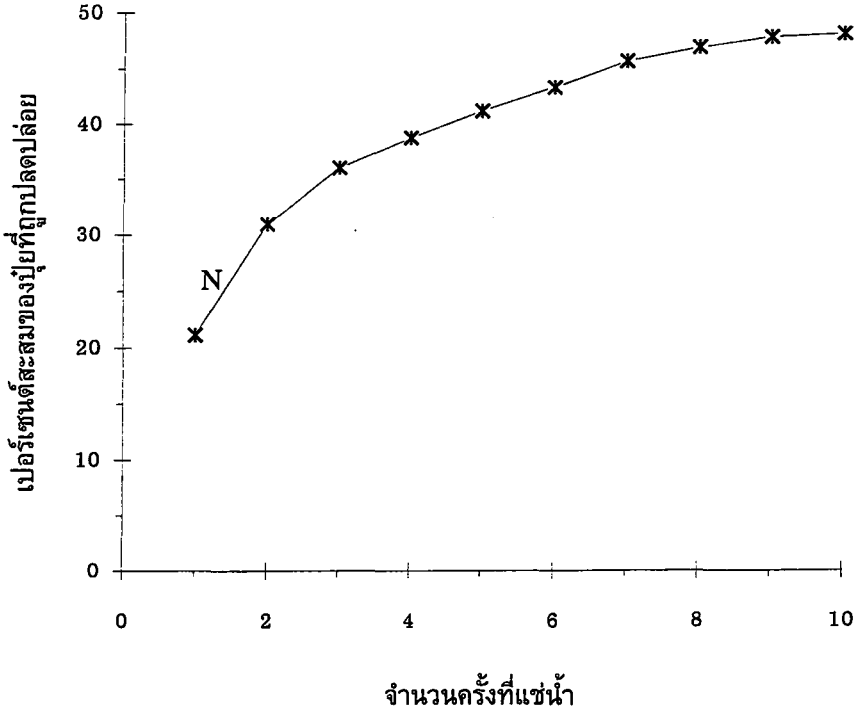
ตารางที่ 4.3.2 แสดงเปอร์เซนต์สะสมของธาตุปุ๋ย ที่ปลดปล่อยจากพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งมันสำปะหลังกับมอนอเมอร์กรดอะคริลิก โดยใช้น้ำจำนวน 50 มล./ 5 นาที

ชนิดของพอลิเมอร์	พอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งมันสำหลังกับมอนอ-เมอร์กรดอะคริลิก(อัตราส่วนแป้งมันสำปะหลังกับกรดอะคริลิกเท่ากับ 1:0.3)			พอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งมันสำหลังกับมอนอ-เมอร์กรดอะคริลิก(อัตราส่วน แป้งมันสำปะหลังกับกรดอะคริลิกเท่ากับ 1:0.5)			พอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งมันสำหลังกับมอนอ-เมอร์กรดอะคริลิก(อัตราส่วน แป้งมันสำปะหลังกับกรดอะคริลิกเท่ากับ 1:1)		
จำนวนครั้งที่แช่ด้วยน้ำ	เปอร์เซนต์สะสมของธาตุปุ๋ยที่ถูกปลดปล่อย (%)			เปอร์เซนต์สะสมของธาตุปุ๋ยที่ถูกปลดปล่อย (%)			เปอร์เซนต์สะสมของธาตุปุ๋ยที่ถูกปลดปล่อย (%)		
	N	P	K	N	P	K	N	P	K
1	21.13	7.87	1.44	23.64	9.08	1.94	23.94	9.15	1.29
2	31.01	13.61	2.89	33.15	14.92	3.93	33.66	15.19	2.57
3	36.06	17.97	4.39	38.06	18.71	5.91	41.89	19.88	3.86
4	38.81	21.69	5.88	40.82	21.67	8.12	44.43	24.91	5.14
5	41.25	24.97	7.39	43.27	24.08	10.90	45.32	27.77	6.45
6	43.39	28.30	9.09	44.49	25.03	13.81	46.51	30.05	7.79
7	45.76	31.04	13.14	45.73	26.54	17.73	47.40	32.83	9.52
8	46.98	33.01	15.13	46.49	27.30	21.53	48.21	34.19	12.59
9	47.89	35.01	17.00	46.79	27.60	24.53	48.35	35.47	14.98
10	48.19	36.79	18.50	47.09	27.90	26.51	48.64	36.73	16.37

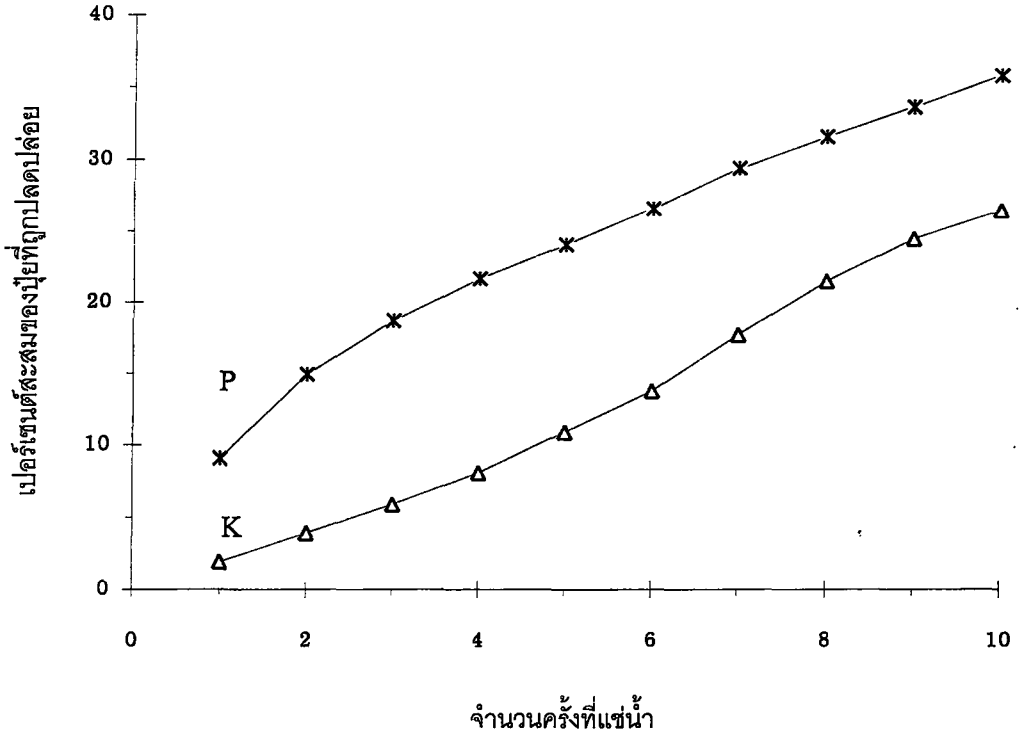
*การคำนวณดูที่ภาคผนวก ข



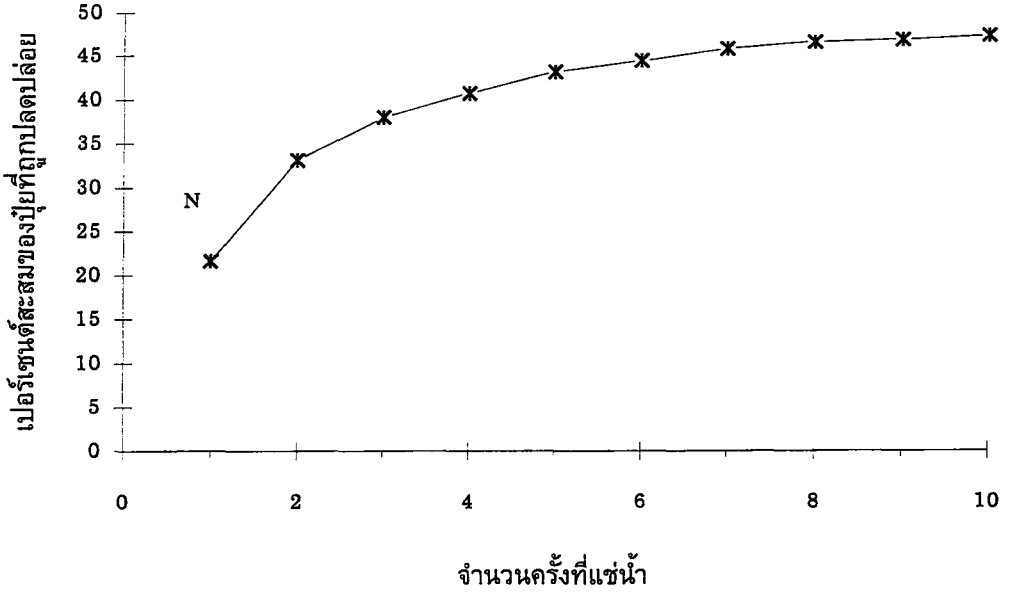
รูปที่ 4.3.2.1 แสดงเปอร์เซนต์สะสมของธาตุปุ๋ยฟอสฟอรัสและโปแทสเซียม ที่ถูกปลดปล่อยจากพอลิ-เมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งมันสำปะหลังกับกรดอะคริลิก(อัตราส่วนโดยน้ำหนักของแป้งมันสำปะหลังกับกรดอะคริลิก =1:0.3)



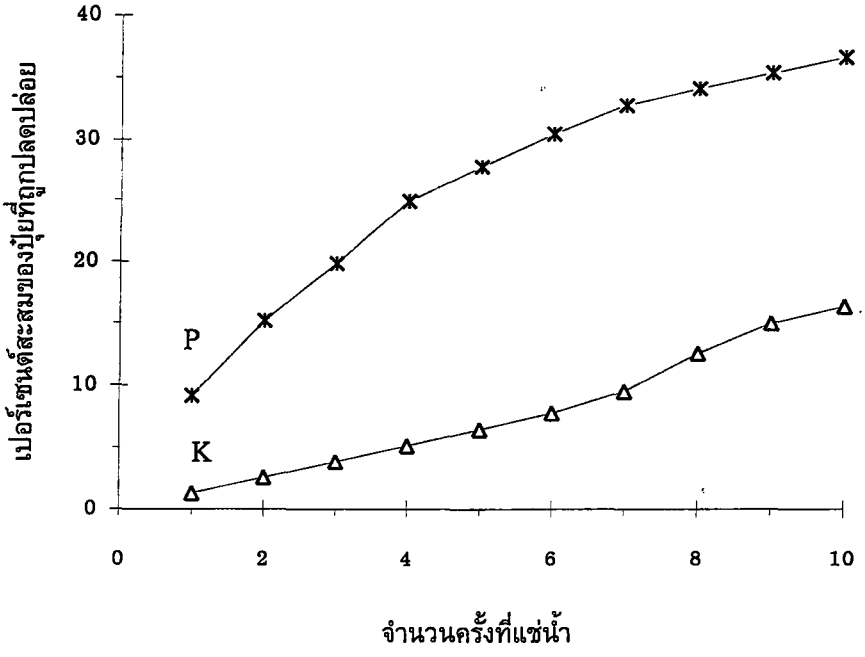
รูปที่ 4.3.2.2 แสดงเปอร์เซนต์สะสมของธาตุปุ๋ยไนโตรเจนที่ถูกปลดปล่อยจากพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งมันสำปะหลังกับกรดอะคริลิก(อัตราส่วนโดยน้ำหนักของแป้งมันสำปะหลังกับกรดอะคริลิก =1:0.3)



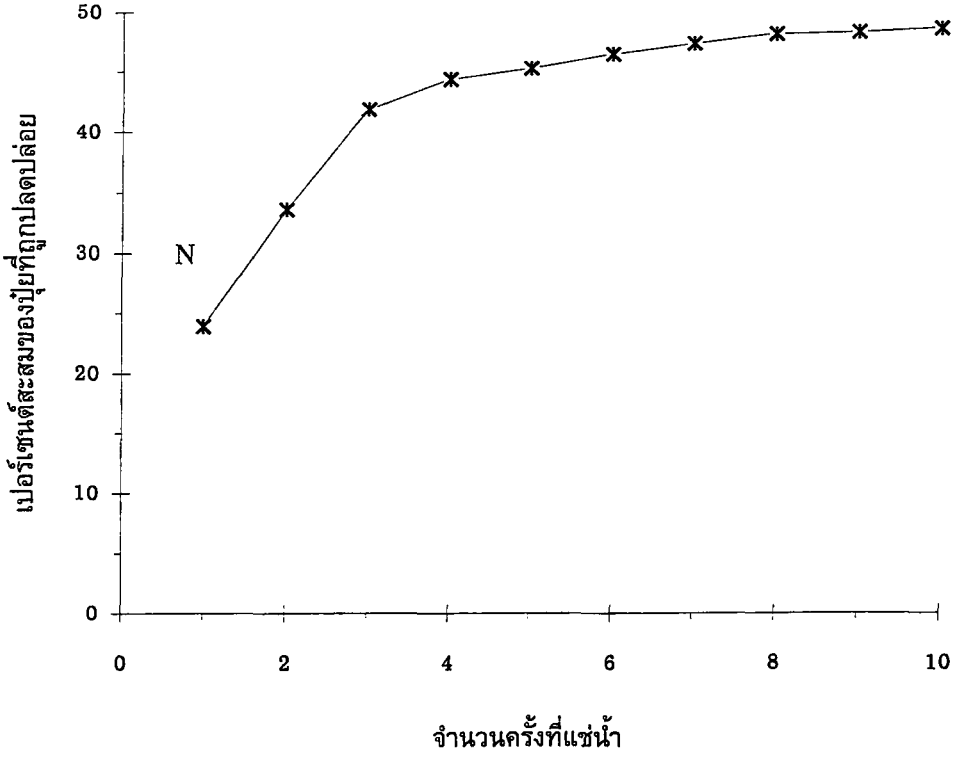
รูปที่4.3.2.3 แสดงเปอร์เซนต์สะสมของธาตุปุ๋ยฟอสฟอรัสและโปแทสเซียม ที่ถูกปลดปล่อยจากพอลิ-เมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งมันสำปะหลังกับกรดอะคริลิก(อัตราส่วนโดยน้ำหนักของแป้งมันสำปะหลังกับกรดอะคริลิก =1:0.5)



รูปที่4.3.2.4 แสดงเปอร์เซนต์สะสมของธาตุปุ๋ยไนโตรเจน ที่ถูกปลดปล่อยจากพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งมันสำปะหลังกับกรดอะคริลิก(อัตราส่วนโดยน้ำหนักของแป้งมันสำปะหลังกับกรดอะคริลิก =1:0.5)



รูปที่4.3.2.5 แสดงเปอร์เซนต์สะสมของธาตุปุ๋ยฟอสฟอรัสและโปแทสเซียม ที่ถูกปลดปล่อยจากพอลิ-เมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งมันสำปะหลังกับกรดอะคริลิก(อัตราส่วนโดยหนักของแป้งมันสำปะหลังกับกรดอะคริลิก =1:1)

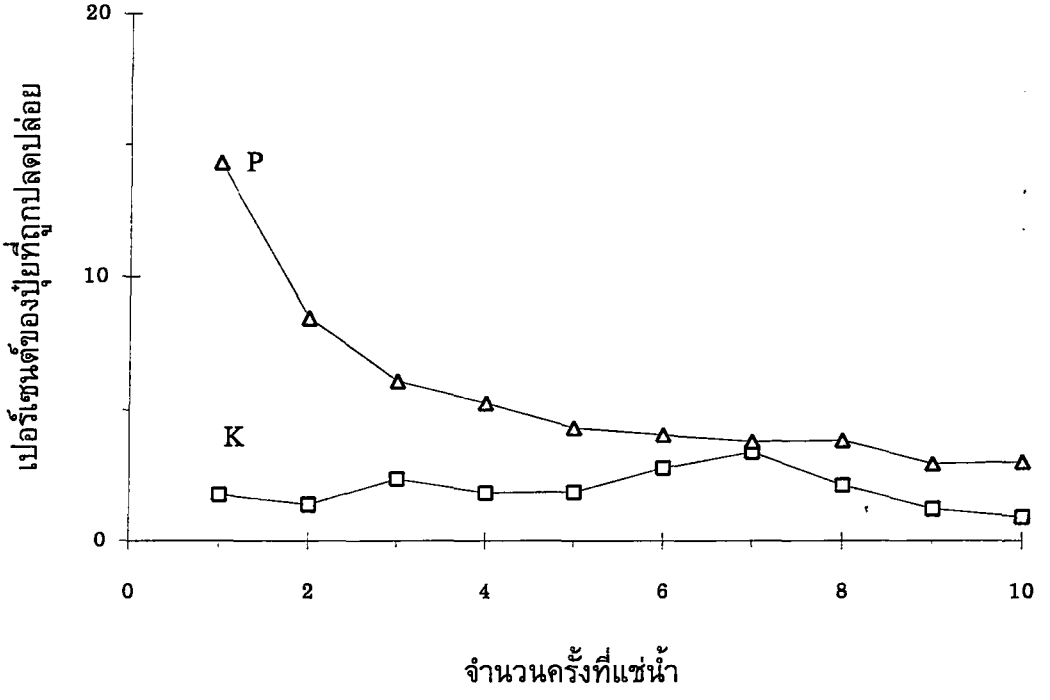


รูปที่4.3.2.6 แสดงเปอร์เซนต์สะสมของธาตุปุ๋ยไนโตรเจนที่ถูกปลดปล่อยจากพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งมันสำปะหลังกับกรดอะคริลิก(อัตราส่วนโดยน้ำหนักของแป้งมันสำปะหลังกับกรดอะคริลิก =1:1)

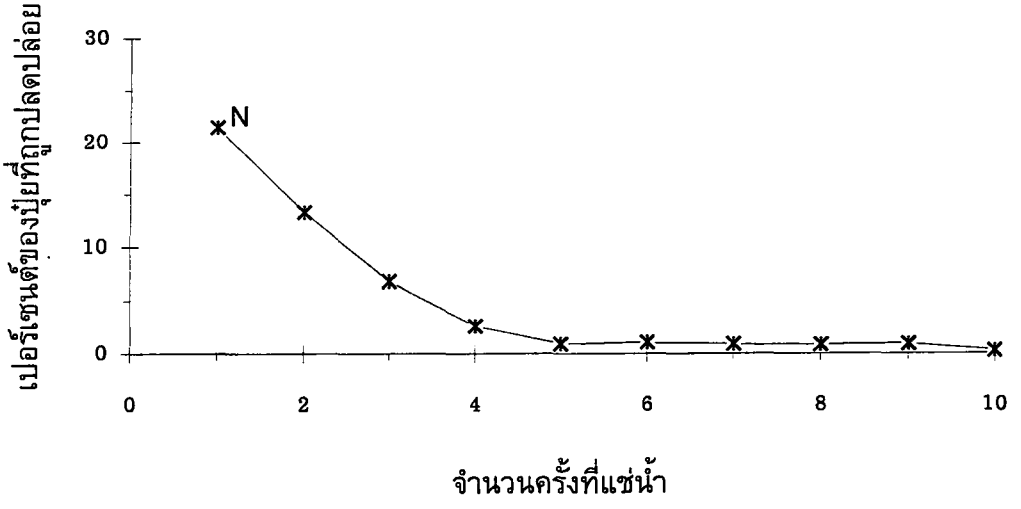
ตารางที่ 4.3.3 แสดงเปอร์เซนต์สะสมของธาตุปุ๋ยที่ปลดปล่อยจากพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งมันสำปะหลังกับมอนอเมอร์อะคริลาไมด์ โดยใช้น้ำจำนวน 50 มล./ 5 นาที

ชนิดของพอลิเมอร์	พอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งมันสำหลังกับมอนอ-เมอร์อะคริลาไมด์(อัตราส่วนแป้งมันสำปะหลังกับอะคริลา-ไมด์เท่ากับ 1:0.3)			พอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งมันสำหลังกับมอนอ-เมอร์อะคริลาไมด์(อัตราส่วน แป้งมันสำปะหลังกับอะคริลาไมด์เท่ากับ 1:0.5)			พอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งมันสำหลังกับมอนอ-เมอร์อะคริลาไมด์(อัตราส่วน แป้งมันสำปะหลังกับอะคริลาไมด์เท่ากับ 1:1)		
จำนวนครั้งที่แช่น้ำ	เปอร์เซนต์ของธาตุปุ๋ยที่ถูกปลดปล่อย (%)			เปอร์เซนต์ของธาตุปุ๋ยที่ถูกปลดปล่อย (%)			เปอร์เซนต์ของธาตุปุ๋ยที่ถูกปลดปล่อย (%)		
	N	P	K	N	P	K	N	P	K
1	21.42	14.28	1.42	20.46	14.20	1.57	10.67	10.75	1.34
2	13.29	8.44	1.45	11.54	9.31	1.63	8.64	6.56	1.36
3	6.83	6.03	2.46	8.47	7.30	1.62	5.18	6.17	1.50
4	2.63	5.26	1.90	2.61	5.61	1.80	2.66	4.42	4.23
5	1.15	4.33	1.93	2.01	5.85	2.06	2.03	4.08	2.79
6	1.07	4.06	2.90	1.68	4.30	4.38	1.72	4.04	1.80
7	0.92	3.82	3.55	0.92	3.64	2.65	0.93	3.53	1.94
8	0.82	3.86	2.22	0.84	3.45	2.72	0.85	2.87	3.59
9	0.92	2.96	1.29	0.30	3.11	2.20	0.30	2.87	2.79
10	0.30	3.04	0.96	0.30	3.07	1.97	0.30	2.52	2.03

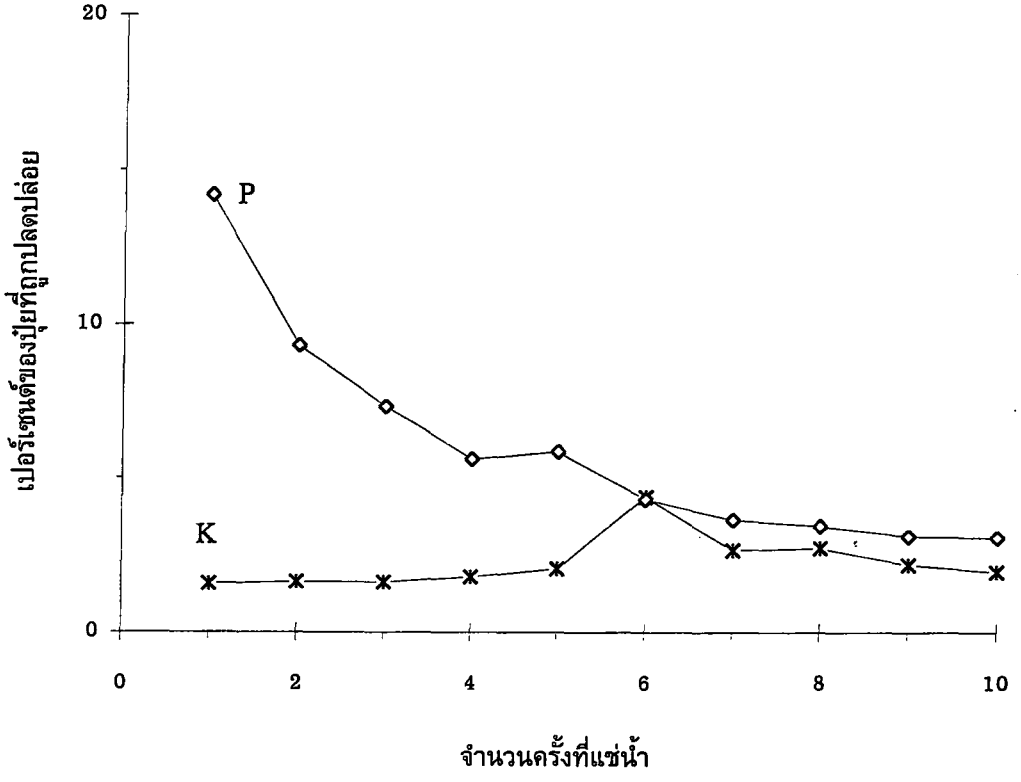
การคำนวณดูที่ภาคผนวก ข



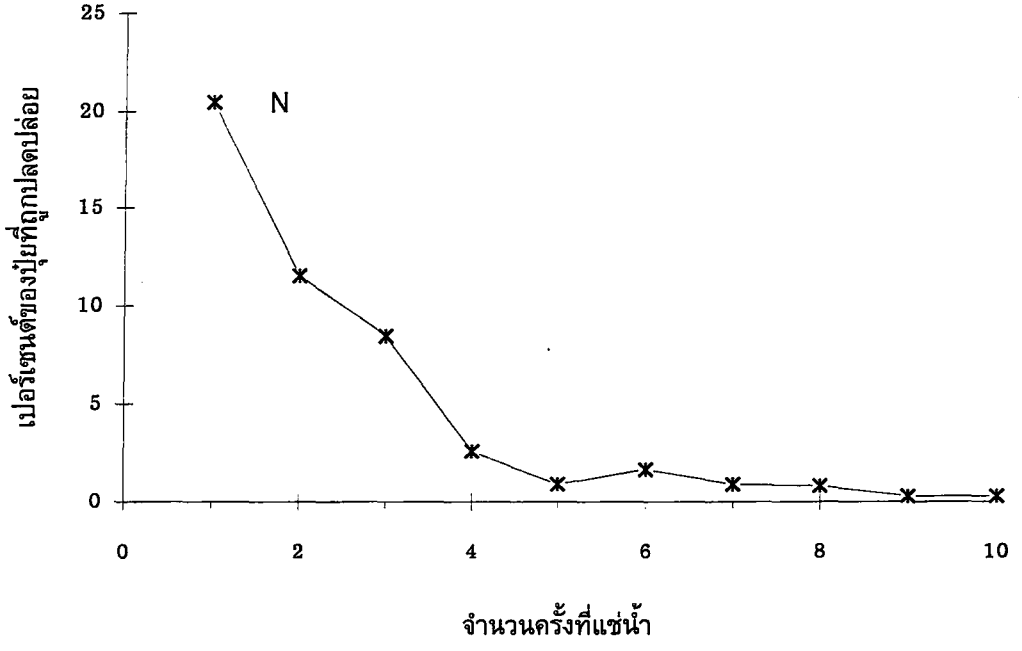
รูปที่4.3.3.1 แสดงเปอร์เซนต์ของธาตุปุ๋ยฟอสฟอรัสและโปแทสเซียม ที่ถูกปลดปล่อยจากพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งมันสำปะหลังกับอะคริลาไมด์(อัตราส่วนโดยน้ำหนักของแป้งมันสำปะหลังกับอะคริลาไมด์ =1:0.3)



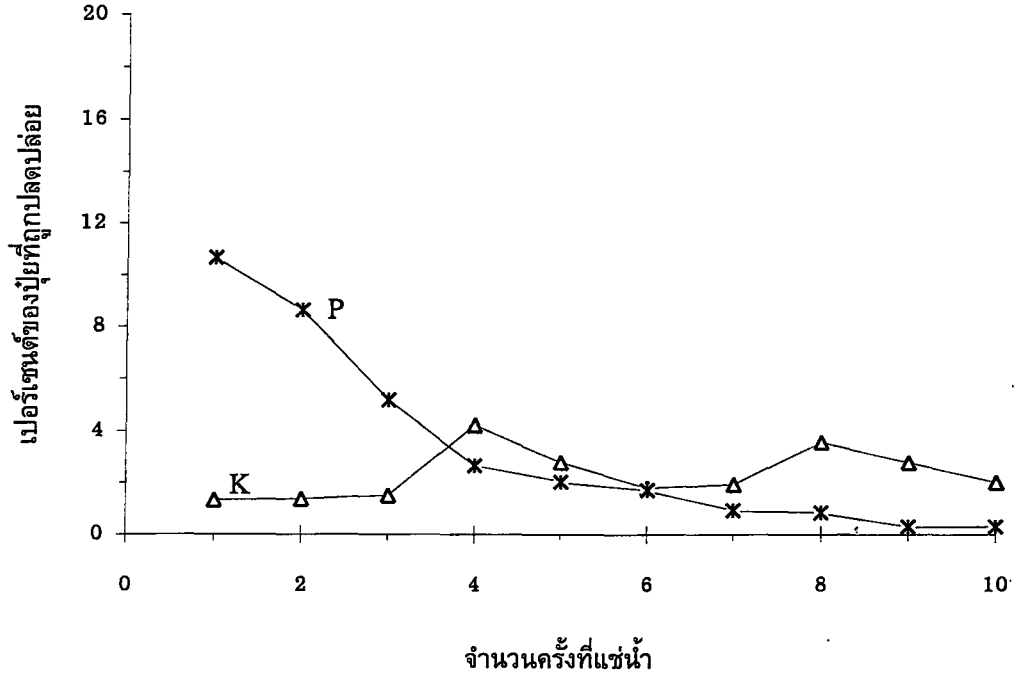
รูปที่4.3.3.2 แสดงเปอร์เซนต์ของธาตุปุ๋ยไนโตรเจน ที่ถูกปลดปล่อยจากพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งมันสำปะหลังกับอะคริลาไมด์(อัตราส่วนโดยน้ำหนักของแป้งมันสำปะหลังกับอะคริลาไมด์ =1:0.3)



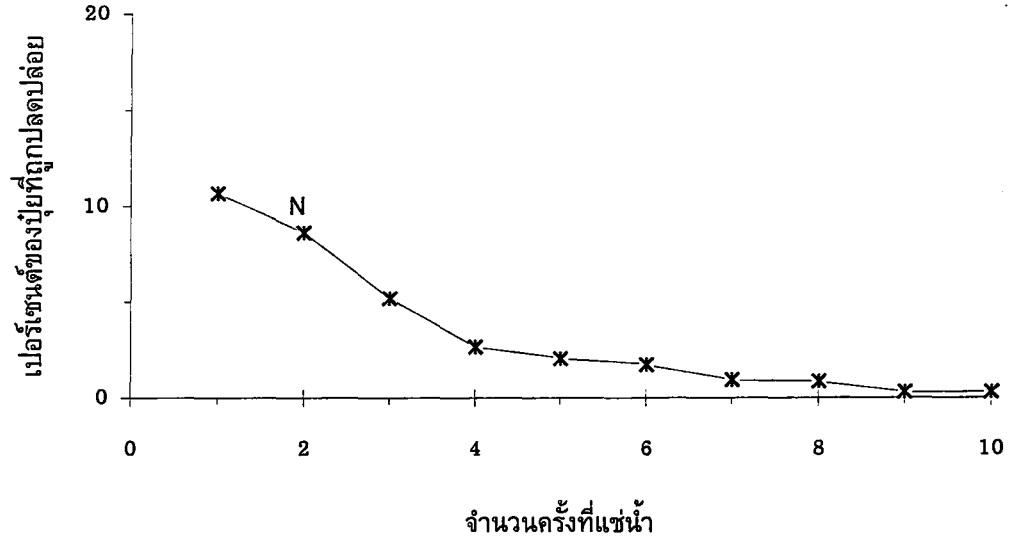
รูปที่4.3.3.3 แสดงเปอร์เซนต์ของธาตุปุ๋ยฟอสฟอรัสและโปแทสเซียม ที่ถูกปลดปล่อยจากพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งมันสำปะหลังกับอะคริลาไมด์(อัตราส่วนโดยน้ำหนักของแป้งมันสำปะหลังกับอะคริลาไมด์ =1:0.5)



รูปที่ 4.3.3.4 แสดงเปอร์เซนต์ของธาตุปุ๋ยไนโตรเจนที่ถูกปลดปล่อยจากพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งมันสำปะหลังกับอะคริลาไมด์
(อัตราส่วนโดยน้ำหนักของแป้งมันสำปะหลังกับอะคริลาไมด์ =1:0.5)



รูปที่4.3.3.5 แสดงเปอร์เซนต์ของธาตุปุ๋ยฟอสฟอรัสและโปแทสเซียม ที่ถูกปลดปล่อยจากพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งมันสำปะหลังกับอะคริลาไมด์(อัตราส่วนโดยน้ำหนักของแป้งมันสำปะหลังกับอะคริลาไมด์ =1:1)

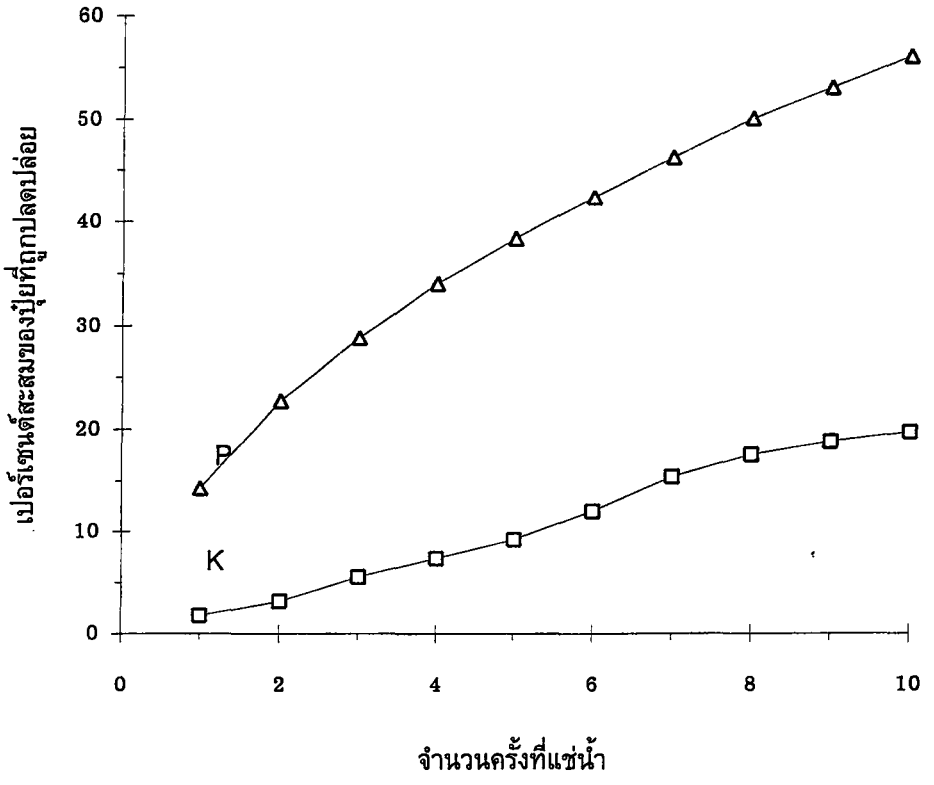


รูปที่4.3.3.6 แสดงเปอร์เซนต์ของธาตุปุ๋ยไนโตรเจน ที่ถูกปลดปล่อยจากพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งมันสำปะหลังกับอะคริลาไมด์(อัตราส่วนโดยน้ำหนักของแป้งมันสำปะหลังกับอะคริลาไมด์ =1:1)

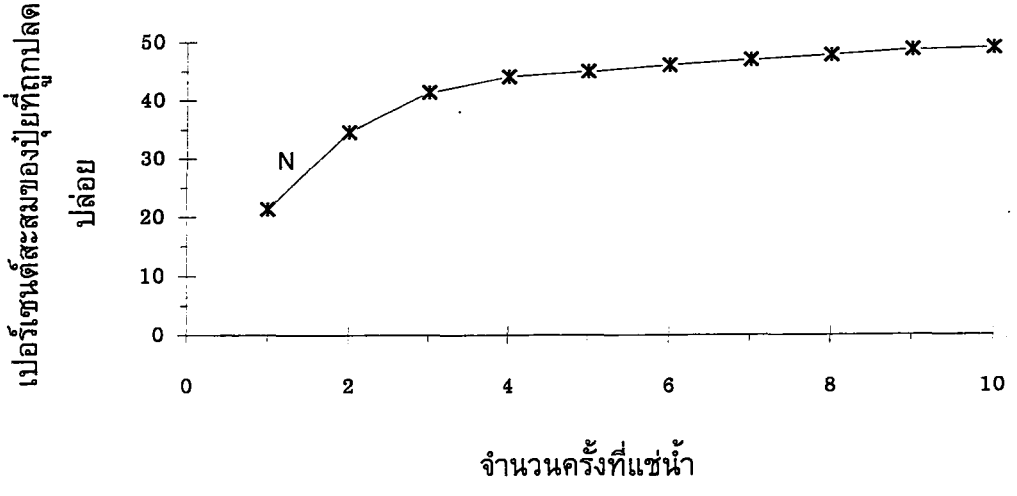
ตารางที่ 4.3.4 แสดงเปอร์เซนต์สะสมของธาตุปุ๋ยที่ปลดปล่อยจากพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งมันสำปะหลังกับมอนอเมอร์อะคริลาไมด์ โดยใช้น้ำ 50 มล./ 5 นาที

ชนิดของพอลิเมอร์	พอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งมันสำหลังกับมอนอ-เมอร์อะคริลาไมด์(อัตราส่วน แป้งมันสำปะหลังกับอะคริลาไมด์เท่ากับ 1:0.3)			พอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งมันสำหลังกับมอนอ-เมอร์อะคริลาไมด์(อัตราส่วน แป้งมันสำปะหลังกับอะคริลาไมด์เท่ากับ 1:0.5)			พอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งมันสำหลังกับมอนอ-เมอร์อะคริลาไมด์(อัตราส่วน แป้งมันสำปะหลังกับอะคริลาไมด์เท่ากับ 1:1)		
จำนวนครั้งที่แช่น้ำ	เปอร์เซนต์สะสมของธาตุปุ๋ยที่ถูกปลดปล่อย (%)			เปอร์เซนต์สะสมของธาตุปุ๋ยที่ถูกปลดปล่อย (%)			เปอร์เซนต์สะสมของธาตุปุ๋ยที่ถูกปลดปล่อย (%)		
	N	P	K	N	P	K	N	P	K
1	21.41	14.28	1.42	20.47	14.20	1.57	10.67	10.75	1.34
2	34.66	22.72	2.87	32.02	23.51	3.20	19.31	17.30	2.70
3	41.51	28.81	5.33	40.48	30.81	4.82	24.48	23.47	4.20
4	44.14	34.07	7.23	43.09	36.42	6.62	27.14	27.89	8.43
5	45.06	38.41	9.16	44.00	42.27	8.68	29.18	31.97	11.22
6	46.13	42.47	12.06	45.68	46.57	13.06	30.89	36.02	13.02
7	47.05	46.29	15.51	46.60	50.21	15.71	31.82	39.55	14.96
8	47.90	50.14	17.83	47.43	53.66	18.44	32.68	42.42	18.55
9	48.82	53.11	18.12	48.03	56.77	20.64	32.98	45.29	21.33
10	49.11	56.15	20.08	48.33	59.84	22.60	33.28	47.81	23.36

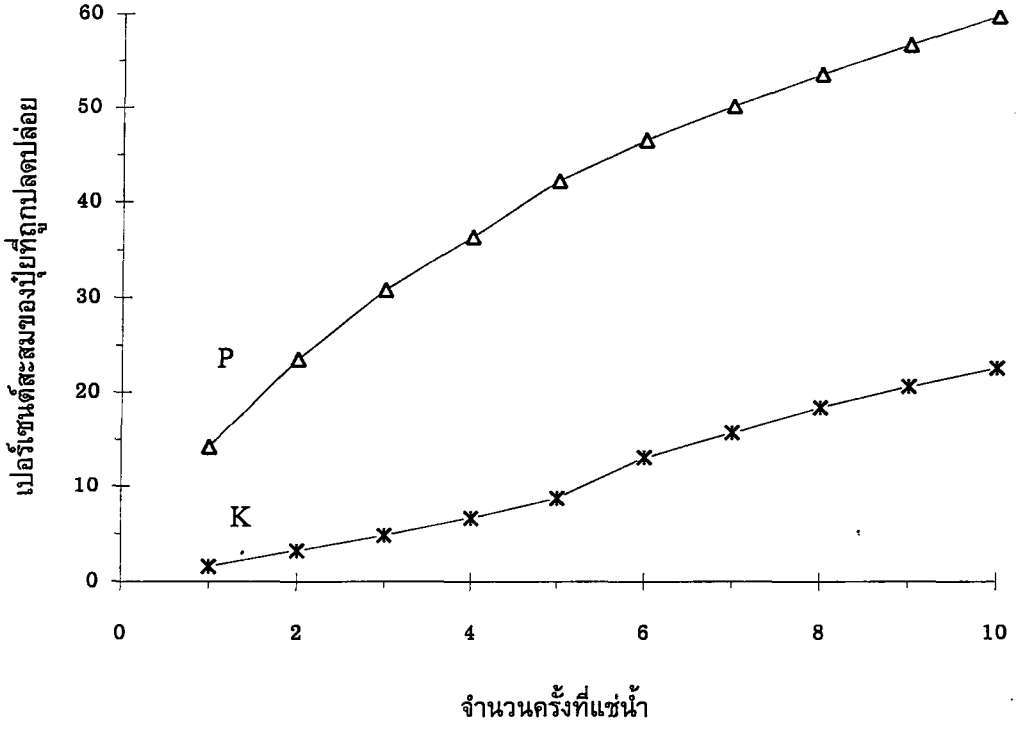
การคำนวณดูได้จากภาคผนวก ข.



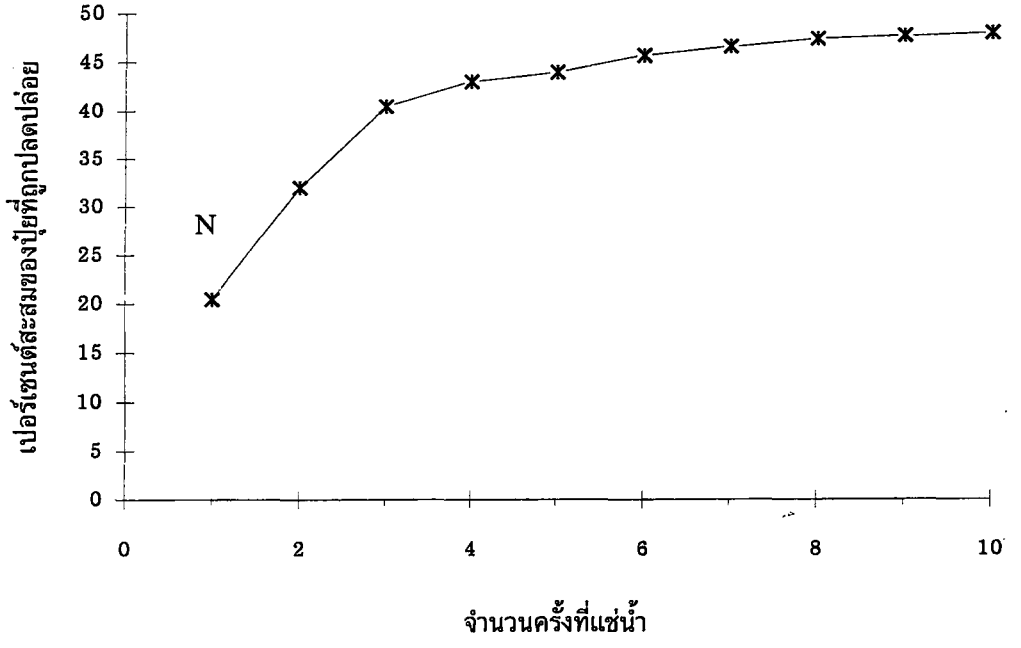
รูปที่4.3.4.1 แสดงเปอร์เซนต์สะสมของธาตุปุ๋ยฟอสฟอรัสและโปแทสเซียม ที่ถูกปลดปล่อยจากพอลิ-เมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งมันสำปะหลังกับอะคริลาไมด์(อัตราส่วนโดยน้ำหนักของแป้งมันสำปะหลังกับอะคริลาไมด์ =1:0.3)



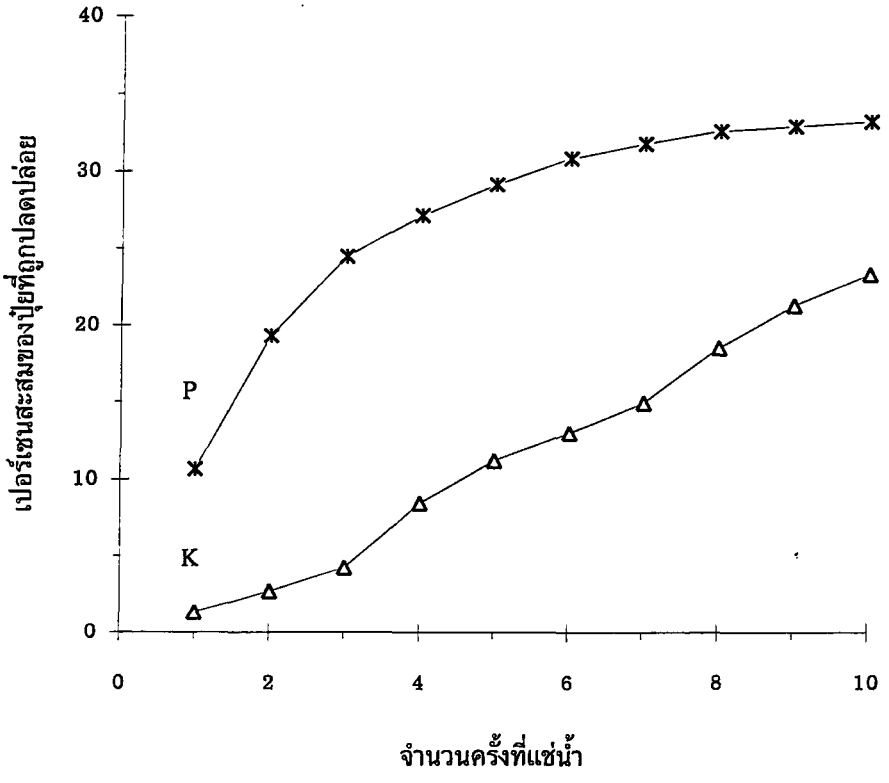
รูปที่4.3.4.2 แสดงเปอร์เซนต์สะสมของธาตุปุ๋ยไนโตรเจน ที่ถูกปลดปล่อยจากพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของ แป้งมันสำปะหลังกับอะคริลาไมด์(อัตราส่วนโดยน้ำหนักของแป้งมันสำปะหลังกับอะคริลาไมด์ =1:0.3)



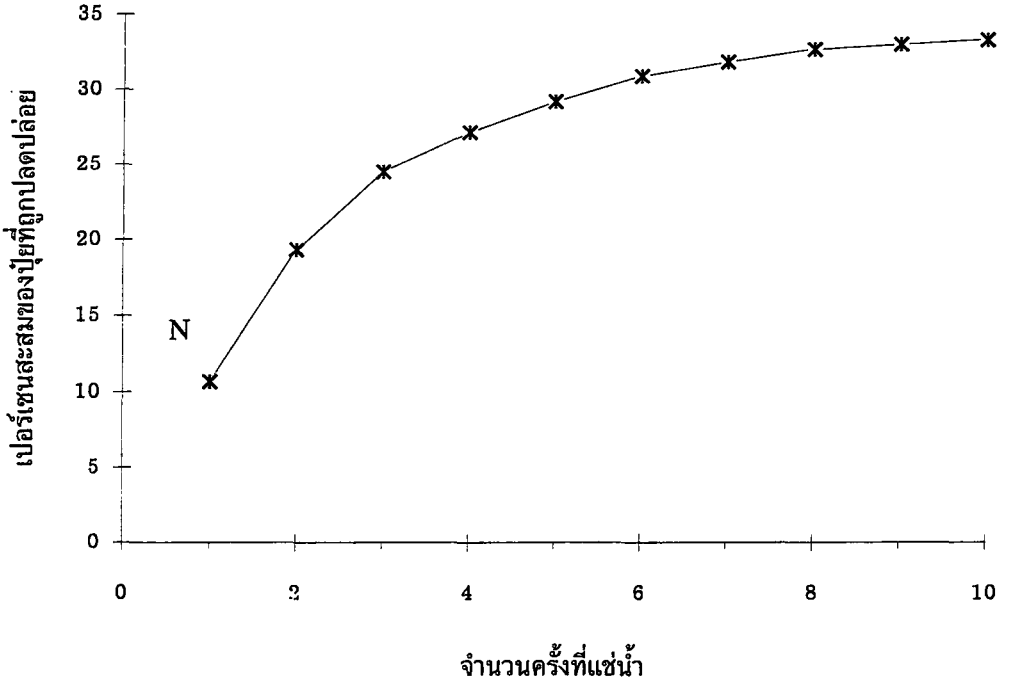
รูปที่4.3.4.3 แสดงเปอร์เซนต์สะสมของธาตุปุ๋ยฟอสฟอรัสและโปแทสเซียมที่ถูกปลดปล่อยจากพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งมันสำปะหลังกับอะคริลาไมด์(อัตราส่วนโดยน้ำหนักของแป้งมันสำปะหลังกับอะคริลาไมด์ =1:0.5)



รูปที่4.3.4.4 แสดงเปอร์เซนต์สะสมของธาตุปุ๋ยไนโตรเจนที่ถูกปลดปล่อยจากพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งมันสำปะหลังกับอะคริลาไมด์(อัตราส่วนโดยน้ำหนักของแป้งมันสำปะหลังกับอะคริลาไมด์ =1:0.5)



รูปที่4.3.4.5 แสดงเปอร์เซนต์สะสมของธาตุปุ๋ยฟอสฟอรัสและโปแทสเซียมที่ถูกปลดปล่อยจากพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งมันสำปะหลังกับอะคริลาไมด์(อัตราส่วนโดยน้ำหนักของแป้งมันสำปะหลังกับอะคริลาไมด์ =1:1)



รูปที่4.3.4.6 แสดงเปอร์เซนต์สะสมของธาตุปุ๋ยไนโตรเจนที่ถูกปลดปล่อยจากพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งมันสำปะหลังกับอะคริลาไมด์(อัตราส่วนโดยน้ำหนักของแป้งมันสำปะหลังกับอะคริลาไมด์ =1:1)

บทที่5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

โครงงานพิเศษนี้ได้ทำการศึกษาการใช้พอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งมันสำปะหลังกับมอนอเมอร์ไวนิลได้แก่ กรดอะคริลิก และอะคริลาไมด์ เพื่อประยุกต์ใช้เป็นสารควบคุมการปลดปล่อยปุ๋ย

กระบวนการการผลิตปุ๋ยที่หุ้มด้วยพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งมันสำปะหลังกับมอนอเมอร์ ได้แก่ กรดอะคริลิก และอะคริลาไมด์ จะขึ้นกับชนิดของมอนอเมอร์และเปอร์เซนต์น้ำในพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งมันสำปะหลัง โดยพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งมันสำปะหลังกับมอนอเมอร์อะคริลิก จะให้สมบัติในการอัดรีดและตัดเป็นเม็ดขึ้นรูปที่ดีกว่าพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งมันสำปะหลังกับมอนอเมอร์อะคริลาไมด์ เนื่องจากพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งมันสำปะหลังกับมอนอเมอร์อะคริลาไมด์ จะมีความเหนียวมากกว่าการใช้พอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งมันสำปะหลังกับมอนอเมอร์ร่วมอะคริลิก ทำให้กระบวนการขึ้นรูปเป็นเม็ดปุ๋ยทำได้ยากกว่า และจากการศึกษาอัตราการปลดปล่อยปุ๋ย โดยวิธีการแช่ปุ๋ยเม็ดในน้ำ แล้วนำสารละลายที่ได้ไปวิเคราะห์หาเปอร์เซนต์ของธาตุปุ๋ย ที่ปลดปล่อยออกมาในช่วงเวลาระยะเวลา 5 นาที ในน้ำ 50 มล. พบว่าพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งมันสำปะหลังกับมอนอเมอร์กรดอะคริลิก และพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งมันสำปะหลังกับมอนอเมอร์อะคริลาไมด์ ในช่วงแรกจะปลดปล่อยธาตุปุ๋ยไนโตรเจน ได้ดีกว่าธาตุปุ๋ยฟอสฟอรัส และธาตุปุ๋ยโปแทสเซียม ตามลำดับ และมีอัตราการปลดปล่อยที่ค่อนข้างคงที่ แต่เมื่อเวลาผ่านไปประมาณ 50นาทีค่าเปอร์เซนต์สะสมธาตุปุ๋ยที่ปลดปล่อยออกมา พบว่าพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งมันสำปะหลังกับมอนอเมอร์อะคริลาไมด์ จะมีการเปอร์เซนต์ปลดปล่อยธาตุปุ๋ยฟอสฟอรัส ได้ดีกว่าธาตุปุ๋ยไนโตรเจน และธาตุปุ๋ยโปแทสเซียม ตามลำดับ โดยจะปลดปล่อยธาตุปุ๋ยฟอสฟอรัสสะสมอยู่ในช่วง 47-59% ธาตุปุ๋ยไนโตรเจนสะสมในช่วง 47-49% และปลดปล่อยธาตุปุ๋ยโปแทสเซียมสะสมในช่วง 19-24% พอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งมันสำปะหลังกับมอนอเมอร์กรดอะคริลิก จะมีเปอร์เซนต์สะสม การปลดปล่อยธาตุปุ๋ยไนโตรเจน ได้ดีกว่าธาตุปุ๋ยฟอสฟอรัสและธาตุปุ๋ยโปแทสเซียม ตามลำดับ โดยปลดปล่อยธาตุปุ๋ยไนโตรเจนสะสมในช่วง 47-48.6% ธาตุปุ๋ยฟอสฟอรัสสะสมในช่วง 28-37% ธาตุปุ๋ยโปแทสเซียมสะสมอยู่ในช่วง 16-26.5% และจากการสังเกตุ

พบว่าปุ๋ยที่หุ้มโดยพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งมันสำปะหลังกับมอนอเมอร์อะคริลาไมด์ จะสามารถบวมตัวในน้ำได้ดีกว่าพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งมันสำปะหลังกับมอนอเมอร์กรดอะคริลิก

ข้อเสนอแนะและการปรับปรุง

1. ควรศึกษาการปรับปรุงค่าความเป็นกรดของปุ๋ยเม็ด ที่ถูกหุ้มพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งมันสำปะหลังที่สังเคราะห์ได้ เพื่อให้มีค่าเหมาะสมสำหรับการนำไปใช้ทางการเกษตร

2. ควรศึกษาถึงวิธีการที่ใช้ในการเคลือบปุ๋ย โดยใช้พอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งมันสำปะ-หลังกับมอนอเมอร์ โดยวิธีอื่นๆ เช่น วิธีการเคลือบแบบ Microencapsulation เป็นต้น

3. ควรศึกษาถึงชนิดของจุลินทรีย์ ที่สามารถย่อยสลายพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งมันสำปะหลังที่สังเคราะห์ขึ้นได้

4. ควรศึกษาถึงชนิดของมอนอเมอร์ชนิดอื่นๆ ทีเหมาะสมสำหรับการสังเคราะห์พอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งมันสำปะหลัง เพื่อนำไปใช้เป็นสารควบคุมการปลดปล่อยปุ๋ย

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก.

ตารางที่ ก.1 แสดงข้อมูลความเข้มข้นของธาตุปุ๋ยฟอสฟอรัส ที่ถูกปลดปล่อยจากสารควบคุมโดยแช่น้ำครั้งละ 50 มล.ในเวลา 5 นาที

จำนวนครั้งที่แช่น้ำ	ความเข้มข้น(ppm.)					
	พอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งมันสำปะหลังกับกรดอะคริลิก			พอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งมันสำปะหลังกับอะคริลาไมด์		
	อัตราส่วนโดยน้ำหนักแป้งกับมอนอเมอร์เท่ากับ			อัตราส่วนโดยน้ำหนักแป้งกับมอนอเมอร์เท่ากับ		
	1:0.3	**1:0.5**	**1:1**	**1:0.3**	**1:0.5**	**1:1**
1	13.01	14.55	14.64	21.32	21.36	17.54
2	9.46	9.35	9.67	12.59	14.00	10.71
3	7.22	6.08	7.50	9.10	10.98	10.07
4	5.99	4.77	7.50	7.85	8.44	7.21
5	5.59	3.86	8.05	6.47	8.79	6.66
6	5.50	4.17	4.57	6.06	6.47	6.60
7	4.53	4.41	4.37	5.70	5.48	5.77
8	3.27	3.55	2.18	5.76	5.18	4.68
9	3.30	3.25	2.04	4.43	4.68	4.68
10	2.94	3.51	2.01	4.54	4.62	4.12

ตารางที่ ก.2 แสดงข้อมูลความเข้มข้นของธาตุปุ๋ยโปแทสเซียม ที่ถูกปลดปล่อยจากสารควบคุมโดยแช่น้ำครั้งละ 50 มล.ในเวลา 5 นาที่

จำนวนครั้งที่แช่น้ำ	ความเข้มข้น(ppm.)					
	พอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งมันสำปะหลังกับกรดอะคริลิก			พอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งมันสำปะหลังกับอะคริลาไมด์		
	อัตราส่วนโดยน้ำหนักแป้งกับมอนอเมอร์เท่ากับ			อัตราส่วนโดยน้ำหนักแป้งกับมอนอเมอร์เท่ากับ		
	1:0.3	1:0.5	1:1	1:0.3	1:0.5	1:1
1	2.381	3.19	2.059	2.298	2.562	2.182
2	2.393	3.28	2.059	2.358	2.661	2.226
3	2.482	3.26	2.059	3.994	2.642	2.452
4	2.468	3.64	2.057	3.083	2.944	6.902
5	2.487	4.58	2.100	3.141	3.364	4.561
6	2.819	4.79	2.139	4.709	7.150	2.937
7	6.688	6.45	2.778	5.756	4.333	3.170
8	3.29	6.26	4.919	3.594	4.447	5.854
9	3.099	4.94	3.825	2.085	3.591	4.548
10	2.479	3.28	2.219	1.557	3.212	3.308

ตารางที่ ก.3 ปริมาณสารละลายกรดที่ใส่ในขวดรูปชมพู่ รองรับแอมโมเนียจากการกลั่น และปริมาณสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ที่ใช้ในการไทเทรตกับกรดที่เหลือจากการจับแอมโมเนีย

สารละลายกรดซัลฟิวริก ความเข้มข้น 0.1034 นอร์มอล

สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 0.1294 นอร์มอล

จำนวนครั้งที่แช่น้ำ	ปริมาณกรดซัลฟิวริกที่ใช้ (มล.)	ปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ (มล.)					
		พอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งมันสำปะหลังกับกรดอะคริลิก			พอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งมันสำปะหลังกับอะคริลาไมด์		
		อัตราส่วนโดยน้ำหนักของแป้งกับมอนอเมอร์			อัตราส่วนโดยน้ำหนักของแป้งกับมอนอเมอร์		
		1:0.3	1:0.5	1:1	1:0.3	1:0.5	1:1
1	50	26.20	25.90	24.00	26.20	26.70	33.20
2	25	13.55	12.50	13.50	11.45	12.50	14.50
3	25	16.70	16.80	14.50	15.60	14.50	16.70
4	25	18.20	18.20	18.30	18.30	18.30	18.30
5	25	18.40	18.40	19.40	19.40	19.40	18.70
6	25	18.60	19.20	19.20	19.30	18.90	18.90
7	25	18.45	19.10	19.40	19.40	19.40	19.40
8	25	19.20	19.50	19.48	19.43	19.45	19.45
9	25	19.40	19.80	19.90	19.40	19.80	19.80
10	25	19.80	19.70	19.80	19.80	19.80	19.80

ภาคผนวก ข.

การคำนวณหาเปอร์เซนต์ธาตุปุ๋ยไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโปแทสเซียม ที่ถูกปลดปล่อยจากสารควบคุมการปลดปล่อย

ก.ตัวอย่างการคำนวณหาเปอร์เซนต์ธาตุปุ๋ยไนโตรเจน ในสารควบคุมการปลดปล่อยเป็นชนิดพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งมันสำปะหลังกับกรดอะคริลิก อัตราส่วนเท่ากับ 1 : 1 โดยน้ำหนัก สารตัวอย่างหนัก 5.2562 กรัม วิเคราะห์หาปริมาณน้ำหนักของธาตุปุ๋ยไนโตรเจนทั้งหมดที่มีอยู่ในเม็ดปุ๋ยได้ในตารางที่ 4.2.2 มีค่าเท่ากับ 1.2073 กรัม นำมาแช่น้ำ 50 มล. นาน 5 นาที นำไปย่อยด้วยกรดซัลฟิวริก ปรับปริมาตรเป็น 250 มล.ด้วยขวดปรับปริมาตร จากนั้นปิเปต 25 มล. นำไปกลั่นรองรับสารที่กลั่นได้ด้วยกรดซัลฟิวริก จากนั้นนำมาไทเทรตกับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์

ตัวอย่างที่ 1 จากข้อมูลในตารางที่ ก.3 พอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งมันสำปะหลังกับกรดอะคริลิก ที่มีอัตราส่วนแป้งมันสำปะหลังกับมอนอเมอร์เท่ากับ 1 :1 โดยน้ำหนัก แช่น้ำครั้งที่ 1 ได้ข้อมูลดังนี้ ปริมาณกรดซัลฟิวริก 50.0 มล. ปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ 24.0 มล.

$$\text{เปอร์เซนต์ธาตุไนโตรเจน} = \frac{(n1XV1 - n2XV2)X14X250 \text{ มล.} X100}{1000 \text{ X W X } 25 \text{ มล.}}$$

เมื่อ n1 = ความเข้มข้นกรดซัลฟิวริก(นอร์มอล)

n2 = ความเข้มข้นโซเดียมไฮดรอกไซด์(นอร์มอล)

V1 = ปริมาตรกรดซัลฟิวริก (มล.)

V2 = ปริมาตรโซเดียมไฮดรอกไซด์ (มล.)

W = น้ำหนักของธาตุปุ๋ยไนโตรเจนทั้งหมดที่มีอยู่ในเม็ดปุ๋ย(กรัม)

แทนค่า

$$\%N = \frac{(50X0.1034 - 24.0X.1294)X14X\ 250 \text{ มล.}X100}{1000X1.2073X25 \text{ มล.}}$$

เปอร์เซนต์ธาตุปุ๋ยไนโตรเจน = 23.94

ข.ตัวอย่างการคำนวณหาเปอร์เซนต์ธาตุปุ๋ยฟอสฟอรัส ในสารควบคุมการปลดปล่อยเป็นชนิดพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อของแป้งมันสำปะหลังกับกรดอะคริลิก อัตราส่วนของแป้งมันสำปะหลังกับกรดอะคริลิกเท่ากับ 1:0.3 โดยน้ำหนัก สารตัวอย่างหนัก 5.068 กรัม วิเคราะห์หาปริมาณธาตุปุ๋ยฟอสฟอรัสทั้งหมดที่มีอยู่ในเม็ดปุ๋ยหนัก 0.373 กรัม เริ่มจากนำไปแช่น้ำแล้วปรับปริมาตรเป็น 50 มล.ปิเปต 2 มล.ทำการย่อยแล้วปรับปริมาตรเป็น 50 มล.ปิเปต 10 มล.เติมสารให้สี 10 มล.รวมปริมาตรเป็น 20 มล.นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสง

การคำนวณหาเปอร์เซนต์ธาตุปุ๋ยฟอสฟอรัสในสารควบคุม

$$\text{เปอร์เซนต์ธาตุปุ๋ยฟอสฟอรัส} = \frac{C \times 10^{-6}\ \text{ppm.} \times V1 \times V3 \times V5 \times 100}{V2 \times V4 \times W}$$

เมื่อ C = ความเข้มข้นของธาตุปุ๋ยฟอสฟอรัส ที่ถูกปลดปล่อยจากปุ๋ยเม็ด($\times 10^{-6}$ มก./มก.)

V1 = ปริมาตรน้ำกลั่นที่นำไปแช่ปุ๋ยเม็ด(มล.)

V2 = ปริมาตรที่ปิเปตจาก V1 (มล.)

V3 = ปริมาตรที่ได้จากการปรับปริมาตรของ V2 (มล.)

V4 = ปริมาตรที่ปิเปตจาก V3 (มล.)

V5 = ปริมาตรที่ได้จากการปรับปริมาตรของ V4 (มล.)

W = น้ำหนักของธาตุปุ๋ยฟอฟอรัส ทั้งหมดที่มีอยู่ในเม็ดปุ๋ย(มก.)

ตัวอย่างที่ 2 จากตารางที่ ก.1 ได้ความเข้มข้นของธาตุปุ๋ยฟอฟอรัสในการแช่น้ำครั้งแรกเท่ากับ 21.32 ppm.

$$\%P = \frac{21.32 \times 10^{-6}\ \text{มก./มก.} \times 20\ \text{มล.} \times 50\ \text{มล.} \times 50\ \text{มล.} \times 100}{10\ \text{มล.} \times 2\ \text{มล.} \times 0.373 \times 10^{3}\ \text{มก.}}$$

เปอร์เซนต์ธาตุปุ๋ยฟอสฟอรัส = 14.28

ค.ตัวอย่างการคำนวณหาเปอร์เซนต์ธาตุปุ๋ยโปแทสเซียม

สารควบคุมเป็นชนิดพอลิเมอร์ร่วมแบบต่อแป้งกับอะคริลาไมด์ มีอัตราส่วนเท่ากับ 1 : 0.3 โดยน้ำหนัก สารตัวอย่างหนัก 5.068 กรัม วิเคราะห์หาปริมาณธาตุปุ๋ยโปแทสเซียมทั้งหมด หนัก 0.4054 กรัม

โดยเริ่มจากนำไปแช่น้ำแล้วปรับปริมาตรเป็น 50 มล.ปิเปต 2 มล. เติมสารละลายแอม-โมเนียมออกซาเลต ปรับปริมาตรเป็น 100 มล.ด้วยขวดปรับปริมาตร นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสง

การคำนวณวิเคราะห์หาเปอร์เซนต์ธาตุปุ๋ยโปแทสเซียมในสารควบคุม

$$\text{เปอร์เซนต์ธาตุปุ๋ยโปแทสเซียม} = \frac{C \times 10^{-6}\ \text{ppm.} \times V1 \times V3 \times 100}{V2 \times W}$$

เมื่อ C = ความเข้มข้นของธาตุปุ๋ยโปแทสเซียม ที่ถูกปลดปล่อยจากปุ๋ยเม็ด($\times 10^{-6}$ มก./มก.)

V1 = ปริมาตรน้ำกลั่นที่นำไปแช่ปุ๋ยเม็ด(มล.)

V2 = ปริมาตรที่ปิเปตจาก V1 (มล.)

V3 = ปริมาตรที่ได้จากการปรับปริมาตรของ V2 (มล.)

W = น้ำหนักของธาตุปุ๋ยโปแทสเซียม ทั้งหมดที่มีอยู่ในเม็ดปุ๋ย(มก.)

ตัวอย่างที่ 3 ข้อมูลจากตารางที่ ก.2 ความเข้มข้นของธาตุปุ๋ยโปแทสเซียมในการแช่น้ำครั้งแรกมีค่า 2.298 ppm.

$$\%\ K = \frac{2.298 \times 10^{-6}\ \text{มก./มก.} \times 100\ \text{มล.} \times 50\ \text{มล.} \times 100}{2\ \text{มล.} \times 0.4054 \times 10^{3}\ \text{มก.}}$$

เปอร์เซนต์โปแทสเซียม= 1.42

เอกสารอ้างอิง

1. Felix, H.O. and William, M.D. in Modifided Starches : Properties and Use (Wurzburg, O.B.ed.) pp.397-410, 1987.
2. Charles, C.N., Verne, J.M. and Edward, P.P. Starch Graft Copolymers. "U.S.Pat 5,003,022., 1991.
3. Gorge, F.F., Trimnell, D. and Salch, J.H. "Graft Polymerisation of Methyl Acrylate-Vinyl Acetate Mixtures onto Starch "J.Polym.Sci. 49 (1993) : 1679-1682.
4. William.M.D. and Gorge.F.F. "Super Slurper-Two Decades and Still Growing" Agricultural Research. (1994) : 16-17.