

บทที่ 3

การดำเนินการศึกษา

3.1 อุปกรณ์ และสารเคมีที่ใช้ในการทดลอง

1. ขวดรูปชมพู่ขนาด 125 มล.
2. เครื่องเขย่า (เครื่อง Orbital Mixer Incubator รุ่น OM15 ยี่ห้อ Ratek)
3. เทอร์โมมิเตอร์
4. ชุดการทดลองการดูดคิดแบบต่อเนื่อง
 - ถึงปฏิกิริยาสีจากท่ออะคริลิกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3.8 ซม.
 - ถึงสำหรับบรรจุน้ำเข้า และออกจากระบบ
 - ชุดควบคุมอัตราการไหล
5. วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร
 - ต้นถั่วเหลือง (ลำต้นของ *Glycine max* Linn. Merr. วงศ์ LEGUMINOSAE)
 - คอซังข้าว (ลำต้นของ *Oryza sativa* Linn. วงศ์ GRAMINEAE)
 - ชังข้าวโพด (ฐานรองดอกของ *Zea mays* Linn. วงศ์ GRAMINEAE)
 - แกลบ (เปลือกหุ้มเมล็ดของ *Oryza sativa* Linn. วงศ์ GRAMINEAE)
6. สีย้อมเคมี
 - Levafix Brilliant Red E-BA gram or C.I. Reactive Red 124 or RR-124
 - Procion Red HE-7B or C.I. Reactive Red 141 or RR-141
7. เครื่องวัดค่าที่ไอซี (รุ่น micro N/C ยี่ห้อ Analytik jena)
8. เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง (เครื่อง UV / VIS Spectrometer รุ่น Lambda 25 ยี่ห้อ PerkinElmer instruments.)
9. เครื่องปั่นแยกของแข็งออกจากน้ำตัวอย่าง (เครื่อง centrifuge รุ่น Sorvall Biofuge Centrifuge ยี่ห้อ Kendro)

3.2 ขั้นตอนและวิธีการทำการทดลอง

ขั้นตอน และวิธีการทดลองการศึกษาผลของอุณหภูมิ และภาระบรรทุกทางชลศาสตร์ต่อการดูดติดของสิริแอกทีฟ โดยวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ในครั้งนี้ทำการทดลองในห้องปฏิบัติการภาควิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ซึ่งมีรายละเอียด และวิธีการทดลองดังต่อไปนี้

3.2.1 วิธีการที่ใช้ในการศึกษา

การศึกษานี้ใช้วิธีการ 2 ช่วง คือ การศึกษาแบบไม่ต่อเนื่อง โดยใช้ถังปฏิริยาแบบเท (Batch) และการศึกษาแบบต่อเนื่อง (Continuous) ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.2.1.1 ช่วงที่ 1 การศึกษาแบบไม่ต่อเนื่อง โดยใช้ถังปฏิริยาแบบเทเป็นการศึกษาสมรรถนะในการดูดติดสิริแอกทีฟ ซึ่งการศึกษานี้ใช้ขวดรูปชมพู่ขนาด 125 มล. บรรจุน้ำเสียและตัวกลางแต่ละชนิด ทำการเขย่าด้วยเครื่องเขย่ารุ่น OM15 ที่ความเร็วรอบ 190-210 รอบต่อนาที โดยในทุกการทดลองจะมีตัวควบคุม (Blank) ด้วยเสมอ ดังแสดงรูปเครื่องเขย่าดังในรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 เครื่องเขย่ารุ่น OM15 สามารถควบคุมอุณหภูมิ (อุณหภูมิห้อง +7°C -75°C) ความเร็วรอบ (40-400 รอบ/นาที) และเวลา (0-99 ชั่วโมง) ในการเขย่าได้ ใช้ในการศึกษาแบบไม่ต่อเนื่อง โดยใช้ถังปฏิริยาแบบเท

3.2.1.2 ช่วงที่ 2 การศึกษาแบบต่อเนื่อง เป็นการศึกษาประสิทธิภาพการดูดติดสิริแอกทีฟ โดยใช้ตัวกลาง 2 ชนิด คือ แกลบ และขังข้าวโพด ภายใต้อัตราภาระบรรทุกทางชลศาสตร์ 5 ค่า คือ 0.5 0.7 0.9 1.1 และ 1.3 ลบ.ม./(ตร.ม.-ชม.) ซึ่งการศึกษานี้ใช้แบบจำลองที่ทำจากท่ออะคริลิก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3.8 ซม. สูง 1 เมตร มีใยแก้วรองรับชั้นตัวกลางสูง 0.1 เมตร น้ำเสียจะถูก

สูบเข้าท่อปฏิกิริยา โดยใส่ตัวกลางเกลบประมาณ 200 กรัม และตัวกลางซังข้าวโพดประมาณ 150 กรัม โดยในทุกการทดลองจะมีตัวควบคุม(Blank) ด้วยเสมอ ดังแสดงลักษณะแบบจำลองในรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 แบบจำลองถึงปฏิกิริยาที่ใช้ในการศึกษาแบบต่อเนื่อง

3.2.2 การเตรียมน้ำเสียที่ใช้ในการศึกษา

น้ำเสียที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ใช้น้ำเสียสีรีแอคทีฟสีแดง จำนวน 2 ชนิด คือ C.I. Reactive Red 124 (RR-124) และ C.I. Reactive Red 141 (RR-141) โดยใช้น้ำ RO ในการเตรียมน้ำเสีย ให้มีความเข้มข้นเริ่มต้น 30 มก./ล. (ค่าพีเอช 6.5-7.5)

3.2.3 วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรที่เลือกใช้ในการศึกษา

ตัวกลางที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้เป็นวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรจำนวน 4 ชนิด คือ ตัวกลางต้นถั่วเหลือง ตอซังข้าว ซังข้าวโพด และเกลบ ซึ่งในการศึกษาแบบไม่ต่อเนื่อง โดยใช้ถังปฏิกิริยาแบบเท ใช้ตัวกลางทั้ง 4 ชนิด ขนาด 0.075-0.85 มม. ส่วนในการศึกษาแบบต่อเนื่องใช้ตัวกลาง 2 ชนิด คือ เกลบ และซังข้าวโพด ขนาด 0.5-2 มม. ก่อนนำตัวกลางมาใช้ในการศึกษามีการล้างตัวกลางด้วยน้ำสะอาดเพื่อล้างสีธรรมชาติ และทำความสะอาดตัวกลาง จากนั้นนำไปอบที่ 75°C จนตัวกลางแห้งสนิท นอกจากนี้ได้หาสมบัติต่างๆ ของตัวกลางทั้ง 4 ชนิดโดยส่งวิเคราะห์ที่สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (ผลการวิเคราะห์แสดงไว้ในภาคผนวก ก.) ได้ผลค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ดังแสดงในตาราง 3.1 ดังนี้

ตารางที่ 3.1 สมบัติของตัวกลางที่ใช้ในการศึกษา*

พารามิเตอร์	ตัวกลาง			
	ดินถั่วเหลือง	ตอซังข้าว	ซังข้าวโพด	แกลบ
ขนาดรูพรุนเฉลี่ย (Average Pore Diameter; μm)	149.70	36.06	82.16	159.10
ความพรุนทั้งหมด (Total Porosity; %)	91.60	86.69	74.52	82.53
พื้นที่ผิว (Total Surface Area; m^2/g)	12.64	5.08	35.53	12.25
ความหนาแน่น (Bulk density; g/cm^3)	0.61	0.87	0.80	1.16

หมายเหตุ * วิเคราะห์โดยสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (ผลการวิเคราะห์แสดงไว้ในภาคผนวก ก.)

3.2.4 การทดลอง

3.2.4.1 การทดลองแบบไม่ต่อเนื่อง โดยใช้ถังปฏิกรณ์แบบเท เพื่อหาสมรรถนะ และผลของอุณหภูมิที่มีต่อการดูดซับ RR-124 และ RR-141

ก. ทำการทดลองหาเวลาสัมพัทธ์ในการดูดซับ ที่อุณหภูมิ 25 30 35 40 และ 45°C โดยเริ่มทำการทดลองที่อุณหภูมิ 25°C ซึ่งใช้ตัวกลางดินถั่วเหลือง ตอซังข้าว ซังข้าวโพด และแกลบ ขนาด 0.075-0.85 มม. ปริมาณ 2.5 2.5 5 และ 5 กรัม ตามลำดับ ใส่ลงในขวดรูปชมพู่ ขนาด 125 มล. (ขวดละ 1 ตัวกลาง) ซึ่งบรรจุน้ำเสีย RR-124 ที่ความเข้มข้น 30 มก./ล. จำนวน 50 มล. นำไปแช่ที่ความเร็วรอบ 190-210 รอบต่อนาที ที่เวลา 0-6 ชั่วโมง จากนั้นเก็บน้ำตัวอย่างที่อยู่ส่วนบนของตัวกลางทุกๆ 1 ชั่วโมง มาปั่นแยกตัวของแข็งออกจากน้ำตัวอย่าง (centrifuge) โดยใช้เครื่องเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 1,300 รอบต่อนาที นาน 60 นาที แล้วนำน้ำตัวอย่างที่ได้มาหาค่าการดูดกลืนแสง และหาค่าที่ไอซี นำข้อมูลจากการทดลองไปเขียนกราฟความสัมพันธ์ของความเข้มข้นที่เหลืออยู่เทียบกับเวลาสัมพัทธ์ เพื่อหาได้เวลาสัมพัทธ์ที่จุดสมดุลของการดูดซับ ทำการทดลอง 3 ครั้ง ซึ่งการวัดค่าการดูดกลืนแสงทำการทดลอง 3 ครั้ง และการหาค่าที่ไอซีทำการทดลอง 2 ครั้ง นอกจากนี้ในทุกการทดลองจะมีตัวควบคุม (Blank) ด้วยเสมอ สำหรับที่สี และอุณหภูมิอื่นๆ ทำการทดลองเช่นเดียวกัน ตามแผนการทดลองแสดงไว้ในตารางที่ 3.2

ข. ทำการทดลองหาผลของอุณหภูมิที่มีผลต่อค่าความสามารถในการดูดซับ ที่อุณหภูมิ 25 30 35 40 และ 45 องศาเซลเซียส โดยเริ่มทำการทดลองที่อุณหภูมิ 25°C ซึ่งใช้ตัวกลางดินถั่วเหลือง และตอซังข้าวปริมาณ 1 1.5 2 2.5 และ 3 กรัม ใส่ลงในขวดรูปชมพู่ ขนาด 125 มล. ซึ่งบรรจุน้ำเสีย RR-124 ความเข้มข้นเริ่มต้น 30 มก./ล. จำนวน 50 มล. นำไปแช่ที่ความเร็วรอบ 190-210 รอบต่อนาที โดยใช้เวลาสัมพัทธ์ 3 ชั่วโมง (ได้จากการทดลองข้อ 4.1) สำหรับ

ตัวกลางซังข้าวโพดใช้ปริมาณ 2 3 4 5 และ 6 กรัม ส่วนตัวกลางเกลบใช้ปริมาณ 3 4 5 6 และ 7 กรัม ทำการทดลองเช่นเดียวกับตัวกลางต้นถั่วเหลือง โดยใช้เวลาสัมผัส 4 ชั่วโมง (ได้จากการทดลองข้อ 4.1) จากนั้นนำน้ำตัวอย่างที่อยู่ส่วนบนของตัวกลางมาปั่นแยกตัวของแข็งออกจากน้ำตัวอย่าง(centrifuge) โดยใช้เครื่องเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 1,300 รอบต่อวินาที นาน 60 นาที แล้วนำน้ำตัวอย่างที่ได้มาหาค่าการดูดกลืนแสง และค่าที่ไอซี นำข้อมูลจากการทดลองไปเขียนกราฟความสัมพันธ์ตามสมการของ Langmuir และสมการของ Freundlich เพื่อหาความสามารถในการดูดติด ทำการทดลอง 3 ครั้ง ซึ่งการวัดค่าการดูดกลืนแสงทำการทดลอง 3 ครั้ง และการหาค่าที่ไอซี ทำการทดลอง 2 ครั้ง นอกจากนี้ในทุกการทดลองจะมีตัวควบคุมด้วยเสมอ สำหรับที่สี่ และอุณหภูมิอื่นๆ ทำการทดลองเช่นเดียวกัน ตามแผนการทดลองแสดงไว้ในตารางที่ 3.3

3.2.4.2 การทดลองแบบต่อเนื่องเพื่อศึกษาผลของอัตราภาระบรรทุกทางชลศาสตร์ต่อความสามารถในการดูดติดของตัวกลาง

ทำการศึกษาความสามารถในการดูดติดของตัวกลาง โดยใช้ตัวกลาง 2 ชนิด คือ เกลบ และซังข้าวโพด ภายใต้อัตราภาระบรรทุกทางชลศาสตร์ 5 ค่า คือ 0.5 0.7 0.9 1.1 และ 1.3 ลบ.ม./(ตร.ม.-ชม.) ซึ่งการศึกษาครั้งนี้ใช้แบบจำลองที่ทำจากท่ออะคริลิก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3.8 ซม. สูง 1.2 เมตร มีใบแก้วรองรับชั้นตัวกลางสูง 0.1 เมตร เริ่มทำการทดลองในอัตราภาระบรรทุกทางชลศาสตร์ 0.5 ลบ.ม./(ตร.ม.-ชม.) โดยนำท่ออะคริลิกบรรจุชั้นตัวกลาง ซึ่งใช้ตัวกลาง เกลบปริมาณ 200 กรัม และตัวกลางซังข้าวโพดปริมาณ 150 กรัม (ตัวกลางละ 1 ท่อ) ใช้น้ำเสียสี RR-124 ความเข้มข้น 30 มก./ล. ไหลผ่านชั้นตัวกลางในลักษณะไหลจากบนลงล่าง จากนั้นเก็บน้ำตัวอย่างที่ออกจากแบบจำลองมาหาค่าการดูดกลืนแสง และค่าที่ไอซี จนกระทั่งน้ำเสียที่ออกจากระบบมีค่าความเข้มข้นเท่ากับร้อยละ 90 ของน้ำเข้าระบบ (อภิเชษฐ์, 2546). นำข้อมูลมาเขียนความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรสะสมกับความเข้มข้นที่ออกจากระบบ เพื่อหาความสามารถในการดูดติด ทำการทดลอง 2 ครั้ง โดยในทุกการทดลองจะมีตัวควบคุมด้วยเสมอ สำหรับที่สี่ และอัตราภาระบรรทุกทางชลศาสตร์อื่นๆ ทำการทดลองเช่นเดียวกัน แผนการทดลองดังแสดงในตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.2 การทดลองหาเวลาสัมผัส ในการดูดติดสี RR-124 และ RR-141

สี	อุณหภูมิ (°C)	ตัวกลาง	เวลาสัมผัส (ชั่วโมง)					
สี RR-124 / สี RR-141	25	ดินถั่วเหลือง	1	2	3	4	5	6
		คอซงั่ว	1	2	3	4	5	6
		ซังข้าวโพด	1	2	3	4	5	6
		แกลบ	1	2	3	4	5	6
	30	ดินถั่วเหลือง	1	2	3	4	5	6
		คอซงั่ว	1	2	3	4	5	6
		ซังข้าวโพด	1	2	3	4	5	6
		แกลบ	1	2	3	4	5	6
	35	ดินถั่วเหลือง	1	2	3	4	5	6
		คอซงั่ว	1	2	3	4	5	6
		ซังข้าวโพด	1	2	3	4	5	6
		แกลบ	1	2	3	4	5	6
	40	ดินถั่วเหลือง	1	2	3	4	5	6
		คอซงั่ว	1	2	3	4	5	6
		ซังข้าวโพด	1	2	3	4	5	6
		แกลบ	1	2	3	4	5	6
	45	ดินถั่วเหลือง	1	2	3	4	5	6
		คอซงั่ว	1	2	3	4	5	6
		ซังข้าวโพด	1	2	3	4	5	6
		แกลบ	1	2	3	4	5	6

- หมายเหตุ
- มีตัวควบคุมทุกการทดลอง
 - ทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง
 - การวิเคราะห์ด้วยการวัดค่าการดูดกลืนแสง ทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง
 - การวิเคราะห์ด้วยการวัดค่าทีโอซี ทำการทดลองซ้ำ 2 ครั้ง

ตารางที่ 3.3 แผนการทดลองหาผลของอุณหภูมิที่มีผลต่อค่าความสามารถในการดูดติดของสี RR-124 และ RR-141

สี	อุณหภูมิ (°C)	ตัวกลาง	ปริมาณตัวกลาง (กรัม)				
สี RR-124 / สี RR-141	25	ต้นถั่วเหลือง	1	1.5	2	2.5	3
		คอซังข้าว	1	1.5	2	2.5	3
		ซังข้าวโพด	2	3	4	5	6
		แกลบ	3	4	5	6	7
	30	ต้นถั่วเหลือง	1	1.5	2	2.5	3
		คอซังข้าว	1	1.5	2	2.5	3
		ซังข้าวโพด	2	3	4	5	6
		แกลบ	3	4	5	6	7
	35	ต้นถั่วเหลือง	1	1.5	2	2.5	3
		คอซังข้าว	1	1.5	2	2.5	3
		ซังข้าวโพด	2	3	4	5	6
		แกลบ	3	4	5	6	7
	40	ต้นถั่วเหลือง	1	1.5	2	2.5	3
		คอซังข้าว	1	1.5	2	2.5	3
		ซังข้าวโพด	2	3	4	5	6
		แกลบ	3	4	5	6	7
	45	ต้นถั่วเหลือง	1	1.5	2	2.5	3
		คอซังข้าว	1	1.5	2	2.5	3
		ซังข้าวโพด	2	3	4	5	6
		แกลบ	3	4	5	6	7

หมายเหตุ - มีตัวควบคุมทุกการทดลอง
- ทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง

- การวิเคราะห์ด้วยการวัดค่าการดูดกลืนแสง ทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง
- การวิเคราะห์ด้วยการวัดค่าที่ไอซี ทำการทดลองซ้ำ 2 ครั้ง

ตารางที่ 3.4 แผนการทดลองแบบต่อเนื่องเพื่อศึกษาผลของอัตรากระบรทุกทางชลศาสตร์ต่อความสามารถในการดูดติดของสี RR-124 และ RR-141

สี	ตัวกลาง	อัตรากระบรทุกทางชลศาสตร์ (ลบ.ม/ตร.ม.-ชม.)				
RR-124	แกลบ	0.5	0.7	0.9	1.1	1.3
	ซังข้าวโพด	0.5	0.7	0.9	1.1	1.3
RR-141	แกลบ	0.5	0.7	0.9	1.1	1.3
	ซังข้าวโพด	0.5	0.7	0.9	1.1	1.3

- หมายเหตุ
- มีตัวควบคุมทุกการทดลอง
 - ทำการทดลองซ้ำ 2 ครั้ง
 - การวิเคราะห์ด้วยการวัดค่าการดูดกลืนแสง ทำการทดลองซ้ำ 2 ครั้ง
 - การวิเคราะห์ด้วยการวัดค่าที่ไอซี ทำการทดลองซ้ำ 2 ครั้ง

3.2.5 การเก็บตัวอย่าง และการวิเคราะห์ลักษณะน้ำเสียที่เข้า และออกระบบ

การทดลองทั้งแบบไม่ต่อเนื่อง โดยใช้ถึงปฏิกิริยาแบบเท และแบบต่อเนื่อง มีรายละเอียดในการเก็บตัวอย่าง และการวิเคราะห์ ดังตารางที่ 3.5 และ 3.6

ตารางที่ 3.5 จุดเก็บตัวอย่างน้ำ รูปแบบการวิเคราะห์น้ำเสีย และพารามิเตอร์ที่ตรวจวัดในการทดลองแบบไม่ต่อเนื่อง โดยใช้ถึงปฏิกิริยาแบบเท

การทดลอง	จุดเก็บน้ำ ตัวอย่าง	รูปแบบ	พารามิเตอร์ที่ตรวจวัด
1. ทำการทดลองหาเวลา สัมผัส ในการดูดติด	ในขวดรูป ชมพู่	ก. เก็บน้ำตัวอย่างก่อนทำการเขย่า ข. น้ำตัวอย่างที่ผ่านการเขย่าที่เวลา และอุณหภูมิ ตามตารางที่ 3.1	ค่าที่ไอซี ค่าการดูดกลืนแสง อุณหภูมิ
2. ทำการทดลองหาผล	ในขวดรูป	ก. เก็บน้ำตัวอย่างก่อนทำการเขย่า	ค่าที่ไอซี

ของอุณหภูมิที่มีผลต่อค่าความสามารถในการดูดติด	ชมพู	ข. น้ำตัวอย่างที่ผ่านการเติมปริมาณตัวกลาง และอุณหภูมิ ตามตารางที่ 3.2	ค่าการดูดกลืนแสงอุณหภูมิ
---	------	---	--------------------------

ตารางที่ 3.6 จุดเก็บน้ำตัวอย่าง รูปแบบการวิเคราะห์น้ำเสีย และพารามิเตอร์ที่ตรวจวัดในการทดลองแบบต่อเนื่อง

การทดลอง	จุดเก็บน้ำตัวอย่าง	รูปแบบ	พารามิเตอร์ที่ตรวจวัด
การทดลองเพื่อศึกษาผลของอัตราภาระบรรทุกทางชีวศาสตร์ ที่มีต่อสมรรถนะในการดูดติดสีรีแอกทีฟ	น้ำที่ออกจากถังปฏิกิริยา	ก. เก็บน้ำตัวอย่างในน้ำก่อนเข้าถังปฏิกิริยา ข. เก็บน้ำตัวอย่างที่ออกจากถังปฏิกิริยา ในช่วงเวลาต่างๆ	ค่าทีโอซี ค่าการดูดกลืนแสง