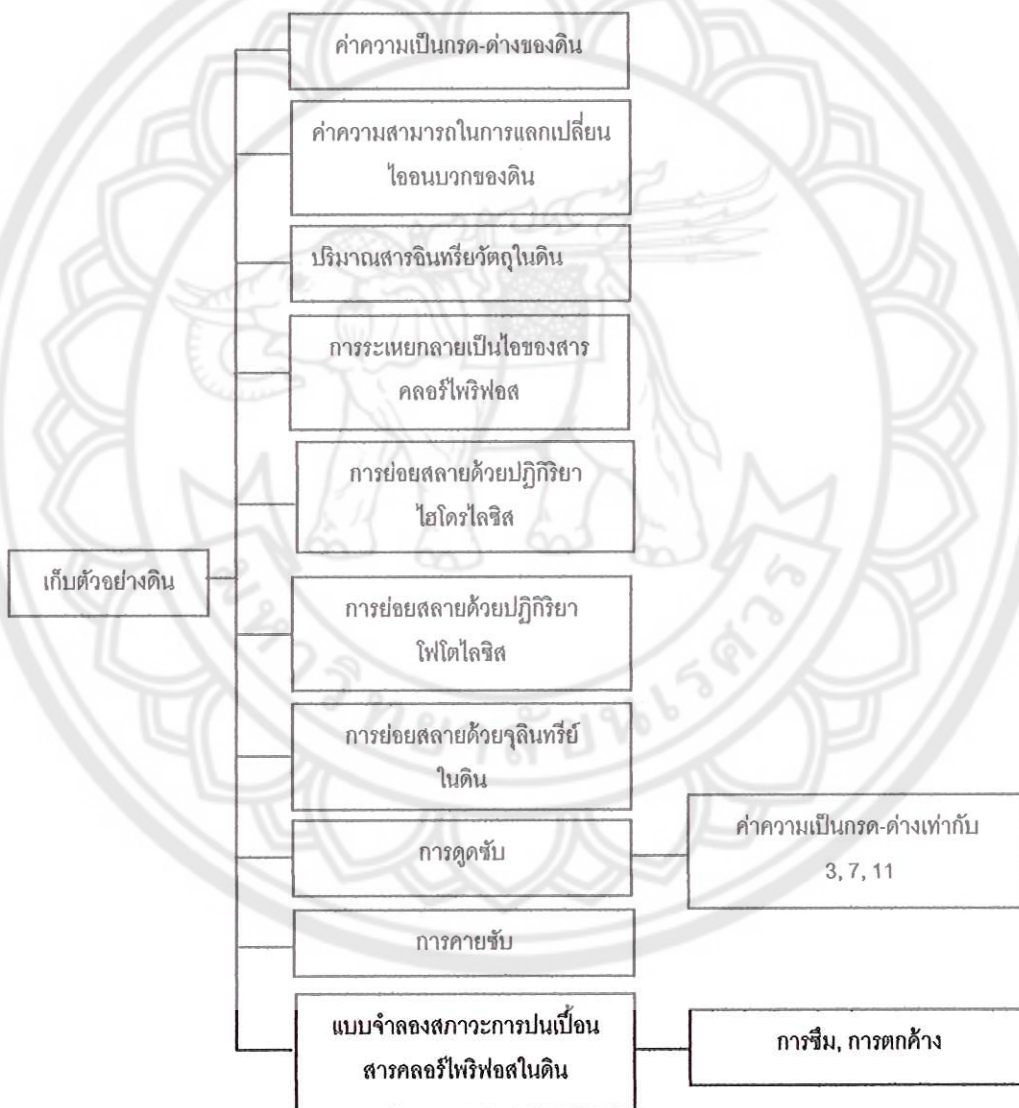


บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

วิธีการดำเนินงานวิจัยในโครงการวิจัยเพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ-เคมีของสารคลอโรไฟริฟอสที่ปนเปื้อนในดินเพาะปลูกมีวิธีการทดลองแสดงดังภาพ 8



ภาพ 8 แสดงวิธีการดำเนินงานวิจัย

สถานที่ที่ใช้ในการเก็บตัวอย่างและการทดลอง

สถานที่ที่ใช้ในการเก็บตัวอย่างและการทดลองเพื่อศึกษาในงานวิจัยนี้แสดงรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. สถานที่ที่ใช้ในการเก็บตัวอย่างดินเพื่อใช้ในการทดลอง ดินที่นำมาใช้ในการทดลองในงานวิจัยนี้ได้เลือกที่เป็นพื้นที่ที่ใช้ในการเกษตรกรรมในจังหวัดน่านซึ่งทำการเก็บตัวอย่างจำนวน 3 จุดประกอบไปด้วยดินเหนียวทำการเก็บดินมาจากหนองวังตำบลท่าน้ำ อำเภอกิ่งอำเภอกู่เพียง จังหวัดน่านแสดงดังภาพ 9 ดินทรายทำการเก็บตัวอย่างดินมาจากตำบลนาข่อย ตำบลท่าน้ำ อำเภอกู่เพียง จังหวัดน่านแสดงดังภาพ 10 และดินร่วนทำการเก็บดินมาจากตำบลนาข่อย ตำบลท่าน้ำ อำเภอกิ่งอำเภอกู่เพียง จังหวัดน่านแสดงดังภาพ 11

2. สถานที่ที่ใช้ในการทดลองในสำหรับงานวิจัยนี้ประกอบไปด้วย ห้องปฏิบัติการน้ำเสีย ห้องปฏิบัติการขยะ ห้องปฏิบัติการชีววิทยา อาคารปฏิบัติการวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร และอาคารมหาธรรมราชา มหาวิทยาลัยนเรศวร



ภาพ 9 แสดงจุดเก็บตัวอย่างบ้านหนองวัง ตำบลท่าน้ำ อำเภอกู่เพียง จังหวัดน่าน



ภาพ 10 แสดงจุดเก็บตัวอย่างบ้านนาข่อย ตำบลทำนาว อำเภอกุเพียง จังหวัดน่าน



ภาพ 11 แสดงจุดเก็บตัวอย่างบ้านนาข้าว ตำบลทำนาว อำเภอกุเพียง จังหวัดน่าน

วัสดุที่ใช้ในงานวิจัย

1. วัสดุที่ใช้ในงานวิจัยคือดินที่เก็บจากพื้นที่เกษตรกรรมในจังหวัดน่านซึ่งดินที่ใช้จะทำการชุดเจาะโดยใช้สว่านเจาะดิน
2. แบบจำลองสภาวะการปนเปื้อนของสารคลอโรไพริฟอสที่ใช้ในการทดลองทำจากแก้ว
3. สารคลอโรไพริฟอส 40%

วิธีการทดลอง

1. วิธีการเก็บดิน

สำหรับดินที่ใช้ในการทดลองเป็นดินที่อยู่บริเวณพื้นที่เกษตรกรรมของจังหวัดน่านโดยทำการเก็บตัวอย่างดินโดยใช้สว่านเจาะดินโดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้ [11]

 - 1.1 กางแผ่นพลาสติกใกล้ๆ กับบริเวณที่จะเจาะดิน
 - 1.2 ใช้เสียมหรือพลั่วค่อยๆ ตักดินด้านบนนอกประมาณ 10 เซนติเมตร ซึ่งดินจะไม่มีเศษไม้ ใบไม้ หินปนอยู่
 - 1.3 เจาะดินด้วยสว่านเจาะดิน โดยค่อยๆ หมุนสว่านไปเรื่อยๆ โดยไม่ต้องออกแรงมาก ค่อยๆ ดึงสว่านเจาะดินที่เก็บตัวอย่างดินขึ้นมาทีละน้อย
 - 1.4 ระบุคุณลักษณะของสีดิน เนื้อดิน และลักษณะอื่นๆ
 - 1.5 นำดินที่ได้มาอบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส (ทำให้แห้ง) จนน้ำหนักดินไม่มีการเปลี่ยนแปลง
2. การวิเคราะห์ความเป็นกรด-ด่างของดิน (soil pH) [12]
 - 2.1 วิธีการการวิเคราะห์หาค่าความเป็นกรด-ด่างของดินทำตามวิธีของกรมพัฒนาที่ดินมีรายละเอียดวิธีการทดลองดังต่อไปนี้
 - 2.1.1 การวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ในน้ำที่อัตราส่วนดินต่ออัตราส่วนน้ำเท่ากับ 1 ต่อ 8 โดยชั่งดิน 10 กรัม ใส่ในบีกเกอร์พลาสติก จากนั้นเติมน้ำกลั่น 80 มิลลิลิตร คนให้เข้ากันด้วยแท่งแก้วเป็นระยะๆ เป็นเวลา 30 นาที
 - 2.1.2 ตั้งทิ้งไว้ 30 นาที นำไปทำการวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของดินในน้ำด้วยเครื่องวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH meter) บันทึกผลการทดลองนำไปแปลความหมายค่าความเป็นกรด-ด่างของดินในน้ำดังตาราง 2

2.2 ข้อเสนอแนะ

2.2.1 การวัดค่าความเป็นกรด-ด่างของสารละลายในดินด้วยเครื่องวัดค่าความเป็นกรด-ด่างต้องคำนึงถึงสัดส่วนของดินต่อน้ำ

2.2.2 ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในอากาศมีผลกระทบต่อค่าความเป็นกรด-ด่างของดินในน้ำได้ เนื่องจากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในอากาศสามารถละลายในน้ำกรณีที่เป็นงานที่ต้องการความถูกต้องมากเป็นพิเศษต้องป้องกันด้วยการปิดบีกเกอร์ที่ใช้ผสมตัวอย่างดินกับน้ำไว้ก่อนการวัด

2.2.3 ก่อนวัดค่าความเป็นกรด-ด่างของสารละลายดินจะต้องเตรียมเครื่องวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH meter) ให้พร้อมที่จะทำงานเสียก่อนโดยการวัดสารละลายมาตรฐาน 4.0 และ 7.0 ปรับเครื่องอ่านค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 4.0 และ 7.0

2.2.4 ในกรณีที่ดินเป็นค่าความเป็นด่างสูงคือมีค่าความเป็นกรด-ด่างสูงกว่า 7.5 ให้ใช้สารละลายมาตรฐาน 7.0 และ 10.0

ตาราง 3 แสดงการแปลความหมายค่าความเป็นกรด-ด่างของดินในน้ำ [12]

ระดับ	ช่วงค่าความเป็นกรด-ด่าง
กรดรุนแรงมากที่สุด	<3.5
กรดรุนแรงมาก	3.5-4.4
กรดจัดมาก	4.5-5.0
กรดจัด	5.1-5.5
กรดปานกลาง	5.6-6.0
กรดเล็กน้อย	6.1-6.5
เป็นกลาง	6.6-7.3
ด่างอ่อน	7.4-7.8
ด่างปานกลาง	7.9-8.4
ด่างจัด	8.5-9.0
ด่างจัดมาก	>9.0

3. การวิเคราะห์สารอินทรีย์วัตถุของดิน

การวิเคราะห์อินทรีย์วัตถุของดินทำตามวิธีของกรมพัฒนาที่ดิน (Walkley Black modified acid-dichromate digestion, FeSO_4 titration method) โดยมีรายละเอียดวิธีการทดลองดังต่อไปนี้ [12]

3.1 สารเคมี

3.1.1 สารละลายมาตรฐานโปแตสเซียมไดโครเมต ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$) 1.0 N

3.1.2 กรดซัลฟูริกเข้มข้น (H_2SO_4)

3.1.3 สารละลายเฟอร์รัสแอมโมเนียมซัลเฟต 0.5 N

3.1.4 สารละลายออร์โทโทปีแอนนโทโรลีน อินดิเคเตอร์

3.2 วิธีการทดลอง

3.2.1 ชั่งดิน 1 กรัม ใส่ขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร

3.2.2 เติมสารละลายมาตรฐานโปแตสเซียมไดโครเมต ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$) 1.0 N ปริมาณ 10 มิลลิลิตร โดยใช้ dispenser

3.2.3 เติมกรดซัลฟูริกเข้มข้น 20 มิลลิลิตร โดยใช้ dispenser พยายามให้กรดไหลลงข้างๆ ขวดให้ชะล้างตัวอย่างลงไปอยู่ในขวดให้หมด เพื่อป้องกันไม่ให้เม็ดดินเกาะติดอยู่ตามข้างขวด เขย่าเบาๆ ให้ตัวอย่างเข้ากันดีเป็นเวลาประมาณ 1 นาที

3.2.4 ตั้งทิ้งไว้จนสารละลายเย็นเท่าอุณหภูมิห้อง

3.2.5 เติมน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร แล้วทิ้งไว้ให้เย็น

3.2.6 หยดอินดิเคเตอร์ออร์โทโทปีแอนนโทโรลีน 5 หยด

3.2.7 ไตเตรตด้วยสารละลายเฟอร์รัสแอมโมเนียมซัลเฟต 0.5 N ที่จุดยุติซึ่งสีของสารละลายจะเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นน้ำตาลแดง

3.2.8 ทำ Blank โดยเริ่มทำตามตั้งแต่ขั้นตอนที่ 2 จนถึงขั้นตอนที่ 6

3.3 วิธีการคำนวณ

สำหรับการคำนวณปริมาณสารอินทรีย์วัตถุในดิน (organic matter, O.M.) สามารถคำนวณได้ 2 วิธี คือการหาร้อยละของสารอินทรีย์คาร์บอน (organic carbon, O.C.) และการหาร้อยละของอินทรีย์วัตถุ (organic matter, O.M.) ซึ่งสามารถคำนวณดังสมการ 2 ถึง 4

$$\% \text{ อินทรีย์คาร์บอน (organic carbon, O.C.)} = \frac{10 \times (B-S) \times 100 \times 3 \times 100 \times N}{B \times 77 \times 1000 \times W} \quad (2)$$

$$\% \text{ อินทรีย์วัตถุ (organic matter, O.M.)} = \frac{10 \times (B-S) \times 100 \times 100 \times 3 \times 100 \times N}{B \times 77 \times 58 \times 1000 \times W} \quad (3)$$

$$\text{หรือ } \% \text{ O.M.} = \% \text{ O.C.} \times 1.724 \quad (4)$$

- โดยที่ B คือ ปริมาณเฟอร์สแอมโมเนียมซัลเฟตที่ใช้ในการไตเตรท blank (มล.)
 S คือ ปริมาณเฟอร์สแอมโมเนียมซัลเฟตที่ใช้ในการไตเตรทตัวอย่าง (มล.)
 W คือ น้ำหนักดินที่ใช้ (กรัม)
 N คือ ค่าความเข้มข้นของโพแตสเซียมไดโครเมต ($K_2Cr_2O_7$)

ตาราง 4 แสดงแปรผลระดับอินทรีย์วัตถุในดิน [12]

ระดับ	พิสัย (ร้อยละ)
ต่ำมาก	<0.5
ต่ำ	0.5-1.0
ค่อนข้างต่ำ	1.0-1.5
ปานกลาง	1.5-2.5
ค่อนข้างสูง	2.5-3.5
สูง	3.5-4.5
สูงมาก	>4.5

4. การวิเคราะห์ความสามารถในการแลกเปลี่ยนไอออนบวกของดิน (cation exchange capacity, C.E.C.) [12]

การวิเคราะห์ความสามารถในการแลกเปลี่ยนไอออนบวกของดินตามวิธี Ammonium saturation method โดยมีรายละเอียดวิธีการทดลองดังต่อไปนี้

4.1 สารเคมี

4.1.1 สารละลายแอมโมเนียมอะซิเตรท (NH_4OAc) 1M pH 7.0

4.1.2 สารละลายแอมโมเนียมคลอไรด์ (NH_4Cl) 1 M pH 7.0

4.1.3 สารละลายแอมโมเนียมคลอไรด์ 0.25 M

4.1.4 สารละลายโซเดียมคลอไรด์ (sodium chloride, NaCl) 10 % acidified

4.1.5 เอทิลแอลกอฮอล์ (ethyl alcohol) 95 %

4.1.6 สารละลายกรดบอริก (H_3BO_3) 3 %

4.1.7 สารละลายอินดิเคเตอร์ผสม (mixed indicator solution)

4.1.8 สารละลายฟีนอล์ฟทาลีน (phenolphthalein) 1 %

4.1.9 สารละลายซิลเวอร์ไนเตรท ($AgNO_3$) 0.10 M

4.1.10 สารละลายกรดเกลือหรือกรดไฮโดรริก (HCl) 0.1 M

4.1.11 สารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) 0.1 M

4.1.12 สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 40 %

4.1.13 โพแทสเซียมไฮโดรเจนพทาเลท (potassium hydrogen phthalate)

4.2 วิธีการทดลอง

4.2.1 ชั่งดิน 5 กรัมใส่ในขวดชมพูขนาด 125 มิลลิลิตร เติมแอมโมเนียมอะซิเตต 1 โมลาร์ 50 มล. เขย่าให้เข้ากันดีและตั้งทิ้งไว้ค้างคืน

4.2.2 นำมากรองโดยใช้กรวยบุชเนอร์ (buchner funnel) ต่อเข้ากับขวดกรองใช้กระดาษกรอง Whatman No. 5 จำนวน 1 แผ่นล้างตัวอย่างดินด้วยแอมโมเนียมอะซิเตต 1 โมลาร์ ปริมาณน้อยๆ หลายๆ ครั้งจนได้ปริมาตรเกือบ 100 มิลลิลิตรและนำตัวอย่างที่ได้ทิ้ง

4.2.3 ล้างตัวอย่างดินในกรวยบุชเนอร์ในข้อ 3.2 ข้อ 2 ต่อด้วยแอมโมเนียมอะซิเตต 1 โมลาร์อีก 5 ครั้งๆ ละประมาณ 20 มิลลิลิตร

4.2.4 ล้างตัวอย่างดินต่อด้วยแอมโมเนียมอะซิเตต 1 โมลาร์ 5 ครั้งๆ ละประมาณ 20 มิลลิลิตร

4.2.5 ล้างตัวอย่างดินต่อด้วยแอมโมเนียมอะซิเตต 0.25 โมลาร์ ประมาณ 20 มิลลิลิตร. 1 ครั้ง

4.2.6 ล้างด้วยเอทิลแอลกอฮอล์ 95% อีก 5-6 ครั้งๆ ละประมาณ 20 มิลลิลิตร ทุกครั้งที่ล้างโดยใช้กระบอกฉีด ฉีดล้างตัวอย่างดินที่อาจติดค้างอยู่ที่ปากกรวยกรองให้ลงไปรวมอยู่ในกรวยให้หมดสารละลายที่ได้จากข้อ 3 ข้อ 6 เททิ้งไป (การล้างด้วยแอลกอฮอล์เพื่อล้างแอมโมเนียมส่วนเกินที่ดินไม่ได้แลกเปลี่ยนออกให้หมดซึ่งทดสอบได้จากปริมาณคลอไรด์ไม่มีหลงเหลืออยู่ในดิน โดยหยดสารละลายซิลเวอร์ไนเตรต 0.1 โมลาร์ 1-2 หยดลงในสารละลายที่รองรับมาจากกรวยกรองโดยตรงยังไม่ได้หยดลงสู่ขวดกรองถ้ามีตะกอนสีขาวเกิดขึ้นแสดงว่ายังล้างแอมโมเนียมไม่

หมดต้องล้างตัวอย่างดินด้วยเอทิลแอลกอฮอล์ 95 % ต่อไปอีกแล้วทดสอบคลอไรต์ใหม่ดังที่กล่าวมาแล้วจนไม่มีตะกอนสีขาวนั้นแสดงว่าล้างแอมโมเนียหมดแล้ว)

4.2.7 เปลี่ยนขวดกรองใหม่สำหรับรองรับสารละลายใหม่ล้างตัวอย่างดินที่ยังอยู่ในกรวยบุชเนอร์ในข้อ 6 ด้วยสารละลายไฮเดียมคลอไรด์ 10% ซึ่งแต่ละครั้งที่ล้างให้ใส่สารละลายไฮเดียมคลอไรด์ให้ท่วมตัวอย่างดินจนกระทั่งได้สารละลายที่กรองได้ประมาณ 300-350 มิลลิลิตร

4.2.8 ถ่ายได้สารละลายที่กรองได้ใส่ในขวดกลั่นล้างขวดกรองด้วยน้ำกลั่นและเทน้ำที่ล้างรวมลงไปขวดกลั่น

4.2.9 นำขวดกลั่นไปกลั่นโดยเติมไฮเดียมไฮดรอกไซด์ 40% ลงไปในขวดกลั่นให้มากเกินพอ (ประมาณ 30 มิลลิลิตร) โดยมีสารละลายกรดบอริก 3% ประมาณ 30 มิลลิลิตรใส่ในขวดชมพูขนาด 500 มิลลิลิตร. คอยรองรับสารละลายที่กลั่นออกมาได้และในสารละลายกรดบอริกนี้ใส่อินดิเคเตอร์ผสมประมาณ 5 หยดใช้เวลากลั่นประมาณ 40-45 นาทีหรือจนกลั่นได้สารละลายประมาณ 250-275 มิลลิลิตร

4.2.10 นำสารละลายที่กลั่นได้ในขวดชมพูที่รองรับไปไตเตรทกับสารละลายกรดเกลือ 0.1 N จุดยุติคือสีของอินดิเคเตอร์ในสารละลายเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีแดงบันทึกปริมาตรของกรดเกลือที่ใช้ไตเตรทแล้วนำมาคำนวณค่าความสามารถในการแลกเปลี่ยนไอออนบวก

4.2.11 นำสารละลายไฮเดียมคลอไรด์ 10% ที่ใช้ล้างดินมากลั่นเป็น blank โดยทำเช่นเดียวกับตัวอย่างดิน

$$\text{C.E.C. (cmol/kg)} = \frac{(T-B) \times N \times 100 \times AD / OD}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง. (gm.)}} \quad (5)$$

โดยที่	T	คือ ปริมาตรกรดเกลือที่ใช้ไตเตรทกับตัวอย่างดิน
	B	คือ ปริมาตรกรดเกลือที่ใช้ไตเตรทกับ Blank
	N	คือ ความเข้มข้นของกรดเกลือมีหน่วยเป็นนอร์มัลลิตี
	AD / OD	คือ อัตราส่วนน้ำหนักดินกับดินอบแห้ง

4.3 คำแนะนำ

ในการล้างดินแต่ละครั้งให้ค่อยๆ ล้างสังเกตน้ำยาที่ผ่านกรวยอย่าให้ผ่านออกเร็วมากโดยการควบคุมเปิดระบบสูญญากาศให้น้ำยาค่อยๆ หยดก่อนจะล้างดินครั้งต่อไปต้องรอให้

น้ำยาในการล้างครั้งแรกไหลผ่านหมดไปก่อนและขณะล้างดินด้วยเอทิลแอลกอฮอล์อย่าทิ้งให้ตัวอย่างดินแห้งเพราะถ้าดินแห้งในการล้างครั้งต่อไปตัวอย่างดินอาจจะร่วงลงไปอยู่ในขวดกรองที่รองรับได้

ตาราง 5 แสดงแปรผลระดับปริมาณความสามารถในการแลกเปลี่ยนไอออนบวก [12]

C.E.C., cmol/kg	ระดับ
<5	ต่ำมาก
5-15	ต่ำ
15-25	ปานกลาง
25-40	สูง
>40	สูงมาก

หมายเหตุ: C.E.C. คือ ความสามารถในการแลกเปลี่ยนไอออนบวก, cmol/kg คือ เซนติโมลต่อกิโลกรัม

5. การระเหยของสารคลอไรไฟรีฟอส (evaporation)

สำหรับวิธีการระเหยและการย่อยสลายของสารคลอไรไฟรีฟอสได้ประยุกต์ตามวิธีของ [13] ซึ่งแสดงรายละเอียดดังนี้

5.1 สารเคมีที่ใช้ในการทดลองการระเหยของสารคลอไรไฟรีฟอส

5.1.1 สารคลอไรไฟรีฟอส

5.1.2 น้ำปราศจากไอออน

5.2 วิธีการทดลองการระเหยของสารคลอไรไฟรีฟอส

5.2.1 นำน้ำปราศจากไอออนปริมาตร 1,000 มิลลิลิตร ใส่ในบีกเกอร์ขนาด 2,000 มิลลิลิตร จำนวน 2 บีกเกอร์

5.2.2 เติมสารละลายมาตรฐานคลอไรไฟรีฟอสเมื่อให้มีค่าความเข้มข้นเท่ากับ 200 มิลลิกรัมต่อลิตรลงในน้ำปราศจากไอออนที่เตรียมไว้

5.2.3 นำบีกเกอร์จำนวน 1 บีกเกอร์ควบคุมอุณหภูมิเท่ากับ 4 องศาเซลเซียส และนำ 1 บีกเกอร์ตั้งบนโต๊ะควบคุมอุณหภูมิที่ประมาณ 25 องศาเซลเซียส (อุณหภูมิห้อง)

5.1.4 ทำการคนด้วยแท่งแม่เหล็ก จากนั้นนำน้ำออกมาที่เวลา 2, 4, 8, 16, 24 และ 48 ชั่วโมง เพื่อวิเคราะห์ค่าความเข้มข้นของคลอรีนฟรีฟอสด้วยเครื่องวัดการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 295 นาโนเมตร

6. การย่อยสลายของสารคลอรีนฟรีฟอสด้วยปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส

สำหรับวิธีการที่ใช้ในการทดลองหาอัตราการย่อยสลายของสารคลอรีนฟรีฟอสด้วยปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสตามรายละเอียดดังต่อไปนี้

6.1 สารเคมี

6.1.1 สารคลอรีนฟรีฟอส

6.1.2 น้ำปราศจากไอออน

6.2 วิธีการทดลอง

6.2.1 เตรียมสารละลายคลอรีนฟรีฟอสโดยนำน้ำปราศจากไอออนใส่ในขวดปรับปริมาตร 1,000 มิลลิลิตร ประมาณครึ่งหนึ่งของขวดปรับปริมาตร 1,000 มิลลิลิตร เติมสารคลอรีนฟรีฟอสลงไปปริมาณ 0.5 มิลลิลิตร จากนั้นปรับปริมาตรให้ได้ 1,000 มิลลิลิตร

6.2.2 นำสารละลายคลอรีนฟรีฟอสที่เตรียมจากข้อ 1 มาใส่ในขวดแก้วสีชาและทำการกวนผสมตลอดเวลา

6.2.3 นำน้ำออกมาที่เวลา 2, 4, 8, 16, 24 และ 48 ชั่วโมง

6.2.4 ทำการวิเคราะห์น้ำด้วยเครื่องดูดกลืนแสง

7. การย่อยสลายของสารคลอรีนฟรีฟอสด้วยปฏิกิริยาโฟโตไลซิส

การทดลองศึกษาการย่อยสลายของสารคลอรีนฟรีฟอสด้วยปฏิกิริยาโฟโตไลซิสมีรายละเอียดและวิธีการทดลองดังต่อไปนี้

7.1 สารเคมีที่ใช้ในการทดลองการย่อยสลายของสารคลอรีนฟรีฟอสด้วยปฏิกิริยาโฟโตไลซิสประกอบไปด้วย

7.1.1 สารคลอรีนฟรีฟอส

7.1.2 น้ำปราศจากไอออน

7.2 วิธีการทดลองการย่อยสลายของสารคลอรีนฟรีฟอสด้วยปฏิกิริยาโฟโตไลซิส

7.2.1 เตรียมสารละลายคลอรีนฟรีฟอสโดยนำน้ำปราศจากไอออนใส่ในขวดปรับปริมาตร 1,000 มิลลิลิตร ประมาณครึ่งหนึ่งของขวดปรับปริมาตร 1,000 มิลลิลิตร เติมสารคลอรีนฟรีฟอสลงไปปริมาณ 0.5 มิลลิลิตร จากนั้นปรับปริมาตรให้ได้ 1,000 มิลลิลิตร

7.2.2 นำใส่ขวดแก้วที่มีฝาปิดนำไปตั้งทิ้งในที่ๆ มีแสงขณะตั้งทิ้งไว้ต้องทำการ
กวนผสมตลอดเวลา

7.2.3 นำน้ำตัวอย่างออกมาที่เวลา 2, 4, 8, 16, 24 และ 48 ชั่วโมงมาวิเคราะห์

7.2.4 ทำการวิเคราะห์น้ำด้วยเครื่องวัดการดูดกลืนแสง

8. การย่อยสลายของสารคลอไรไฟรีฟอสด้วยจุลินทรีย์ในดิน

การย่อยสลายของสารคลอไรไฟรีฟอสในดินด้วยจุลินทรีย์นั้นทำการทดลองในรูปแบบ
กะ (batch experiment) โดยประยุกต์จากวิธีของ Zhu [13] และเมื่อทำการทดลองหาอัตราการ
ย่อยสลายของสารคลอไรไฟรีฟอสด้วยจุลินทรีย์ในดิน

8.1 สารเคมี

8.1.1 โซเดียมเอไซด์ (NaN_3)

8.1.2 สารคลอไรไฟรีฟอส

8.1.3 น้ำปราศจากไอออน

8.2 วิธีการทดลอง

8.2.1 ชั่งดิน 100 กรัม จากนั้นนำดินมาใส่ลงในขวดแก้วที่มีฝาปิดจำนวน 2 ขวด

8.2.2 เติมสารละลายคลอไรไฟรีฟอสลงในดิน จากนั้นเปิดฝาขวดแก้วทิ้งไว้
ตลอดข้ามคืน เพื่อให้สารละลายคลอไรไฟรีฟอสระเหย (ป้องกันการระเบิดเนื่องจากการย่อยของ
จุลินทรีย์)

8.2.3 สำหรับตัวอย่าง 2 ขวดแบ่งนำตัวอย่าง 1 ขวดมาเติมน้ำปราศจากไอออน
ปริมาตร 45 มิลลิลิตรและตัวอย่างอีก 1 ขวด มาเติมน้ำปราศจากไอออนที่มีผสมโซเดียมเอไซด์
(NaN_3) ปริมาตร 45 มิลลิลิตร จากนั้นปิดฝาขวดให้สนิทตั้งไว้ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ใน
สภาวะที่ไร้แสง

8.2.4 นำตัวอย่างดินปริมาณ 10 กรัมไปวิเคราะห์หาสารคลอไรไฟรีฟอสที่ถูกย่อย
โดยจุลินทรีย์ในดินโดยทำการเก็บตัวอย่างที่เวลา 1, 2, 3, 4, 5 และ 6 ชั่วโมง

8.2.5 นำดินที่ทำการเก็บตัวอย่างมาสกัดด้วยวิธีการสกัดโดยใช้เครื่องอัลตราโซ-
นิกตามวิธีของ (EPA)

8.2.6 นำสารละลายที่ได้จากการสกัดมาทำการวิเคราะห์หาค่าความเข้มข้นด้วย
เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง (UV-Vis Spectrophotometer)

9. การดูดซับของสารคลอไร์ไฟรฟอส(adsorption)

ในวิธีการทดลองการดูดซับในงานวิจัยนี้ได้นำวิธีการทดลองมาจาก OECD/OCDE 106 [14] เป็นการใช้การทดลองแบบกะ (batch equilibrium method) เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารคลอไร์ไฟรฟอสที่ถูกดูดซับ (S) ในหน่วยมิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และความเข้มข้นของสารคลอไร์ไฟรฟอสที่ละลายอยู่ (C_e) ในหน่วยมิลลิกรัมต่อลิตร ดังสมการที่ 7

$$S = K_d C_e \quad (7)$$

เมื่อ	K_d	คือค่า distribution coefficient
	S	คือค่าความเข้มข้นของสารคลอไร์ไฟรฟอสที่ถูกดูดซับ (มก./ก.)
	C_e	คือค่าความเข้มข้นของสารคลอไร์ไฟรฟอสที่ละลายอยู่ (มก./ก.)

จากนั้นทำการศึกษาไอโซเทอมของการดูดซับเพื่อหาอัตราค่าคงที่ของการเกิดปฏิกิริยาลำดับที่ 1 (first order rate constant, β) ของสารคลอไร์ไฟรฟอสซึ่งหาได้จากสมการที่ 8 และหาค่าอายุครึ่งชีวิตของคลอไร์ไฟรฟอสที่อยู่ในดินจากสมการที่ 9

$$C(t) = C_0 e^{-\beta t} \quad (8)$$

โดย	β	คือ ค่า first order rate constant
	C(t)	คือ ค่าความเข้มข้นของคลอไร์ไฟรฟอสที่ละลายอยู่ ที่เวลาใดๆ (มก./ก.)
	C_0	คือ ค่าความเข้มข้นของคลอไร์ไฟรฟอสเริ่มต้น (มก./ก.)

$$t_{1/2} = \ln 2 / \beta \quad (9)$$

ซึ่งจะทำให้ทราบถึงรูปแบบการดูดซับของสารคลอไร์ไฟรฟอสในดิน รวมถึงอายุครึ่งชีวิตของสารคลอไร์ไฟรฟอสที่อยู่ในดินแสดงรายละเอียดดังต่อไปนี้

9.1 สารเคมี

9.1.1 แคลเซียมคลอไรด์ (CaCl_2)

9.1.2 สารคลอริไฟรฟอส

9.1.3 น้ำปราศจากไอออน

9.2 วิธีการทดลอง

9.2.1 เตรียมสารละลายสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ (CaCl_2) ที่มีความเข้มข้นเท่ากับ 0.01 โมลาร์

9.2.2 เตรียมสารละลายคลอริไฟรฟอสในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ (CaCl_2) โดยเติมสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ (CaCl_2) ลงในขวดปรับปริมาตร 100 มิลลิลิตร ปริมาณครึ่งหนึ่งของขวดปรับปริมาตรจากนั้นเติมสารคลอริไฟรฟอส 0.5 มิลลิลิตร ลงในขวดปรับปริมาตร และทำการปรับปริมาตรให้ได้ปริมาตร 100 มิลลิลิตร ซึ่งจะได้สารละลายคลอริไฟรฟอสที่มีความเข้มข้นเท่ากับ 2,000 มิลลิกรัมต่อลิตร (เตรียมสารละลายคลอริไฟรฟอสในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่มีความเข้มข้น 2,000, 4,000, 6,000, 8,000 และ 10,000 มิลลิกรัมต่อลิตร)

9.2.3 ชั่งดิน (ดินแห้ง) 0.5 กรัม ใส่ในขวดแก้วสีชาเติมสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ลงไปปริมาตร 90 เปอร์เซ็นต์ของสารละลายที่ต้องเติมทั้งหมด ซึ่งในงานวิจัยนี้ใช้อัตราส่วนดินต่อน้ำเท่ากับ 1 ต่อ 25 จึงเติมสารละลายแคลเซียมคลอไรด์เท่ากับ 12.5 มิลลิลิตร จากนั้นเติมสารละลายคลอริไฟรฟอสที่เตรียมไว้จากข้อ 2 ปริมาตร 1.25 มิลลิลิตร ซึ่งเมื่อคำนวณแล้วจะได้อัตราส่วนดินต่อน้ำเท่ากับ 1 ต่อ 25 ตามที่ต้องการ

9.2.4 จากนั้นนำไปเหยียดด้วยเครื่องหมุนที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสโดยเก็บตัวอย่างที่เวลา 2, 4, 8, 16, 24 และ 48 ชั่วโมง

9.2.5 เมื่อนำตัวอย่างไปเหยียดครบเวลาที่กำหนด ทำการแยกดินออกจากน้ำโดยการกรองและนำน้ำที่ได้จากการกรองไปวิเคราะห์ค่าความเข้มข้นของสารคลอริไฟรฟอสด้วยเครื่องวัดการดูดกลืนแสง (UV-Vis Spectrophotometer)

เมื่อได้ค่าความเข้มข้นของสารละลายคลอริไฟรฟอสแล้วนำค่าความเข้มข้นที่ได้มาคำนวณปริมาณสารคลอริไฟรฟอสที่ถูกดูดซับตามสมการที่ 9

$$C_{ab} = C_0 - C_s \quad (10)$$

C_0 คือ ค่าความเข้มข้นคลอไรด์ไฟรฟอสเริ่มต้น

C_s คือ ค่าความเข้มข้นคลอไรด์ไฟรฟอสของสารละลายส่วนที่เหนือตะกอน

10. การคายซับของสารคลอไรด์ไฟรฟอส (desorption)

การคายซับ (desorption) ในงานวิจัยนี้ได้นำวิธีการทดลองมาจาก OECD/OCDE 106 เป็นการทำการทดลองแบบกะ (batch equilibrium method) เช่นเดียวกับการทดลองเพื่อศึกษาการดูดซับ แสดงรายละเอียดดังต่อไปนี้

10.1 ทำการทดลองตามวิธีการดูดซับตามหัวข้อ 8.2 จากข้อ 8.2.1 ถึง 8.2.4 จากนั้นแยกน้ำออกจากดิน

10.2 เติมสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ (CaCl_2) ที่มีค่าความเข้มข้นของสารละลายเท่ากับ 0.01 โมลาร์ ปริมาณ 12.5 มิลลิลิตรลงไปในขวดที่ได้จากข้อ 6.1

10.3 จากนั้นนำไปเขย่าด้วยเครื่องมือที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสเก็บตัวอย่างที่เวลา 2, 4, 8, 16, 24 และ 48 ชั่วโมง

10.4 เมื่อนำตัวอย่างไปเขย่าครบเวลาที่กำหนด ทำการแยกดินออกจากน้ำโดยการกรองและนำน้ำที่ได้จากการกรองไปวิเคราะห์ค่าความเข้มข้นของสารคลอไรด์ไฟรฟอสด้วยเครื่องวัดการดูดกลืนแสง (UV-Vis Spectrophotometer)

11. การจำลองสภาวะการปนเปื้อนของสารคลอไรด์ไฟรฟอสในดิน

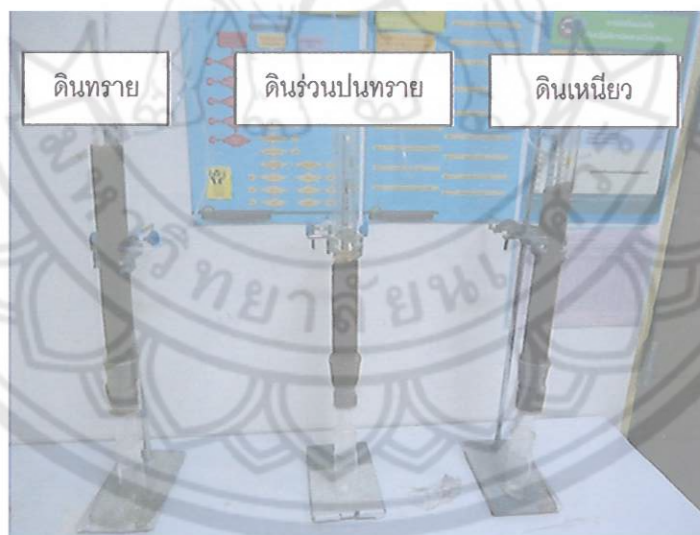
สำหรับการจำลองสภาวะการปนเปื้อนของสารคลอไรด์ไฟรฟอสในดิน (simulation experiment) โดยจะใช้ดินที่แตกต่างกันจำนวน 3 ดินที่ได้จากพื้นที่ทำการเกษตรในจังหวัดน่าน โดยจะทำการปรับขนาดให้มีความเหมาะสมโดยย่อลักษณะทางกายภาพให้มีอัตราส่วน 1:5 โดยลักษณะของแบบจำลองอ้างอิงจาก Zhang, et al. ในปีค.ศ. 2010 [1] โดยการจำลองสภาวะการปนเปื้อนของสารคลอไรด์ไฟรฟอสในดินซึ่งดินที่นำมาใช้แบ่งออกเป็น 3 ชนิดคือ

ดินชนิดที่ 1 คือ ดินบริเวณบ้านหนองวังเป็นดินเหนียวมีความลึกของระดับชั้นที่เป็นดินเหนียวเท่ากับ 2 เมตร โดยจะมีความสูงของดินเหนียวในคอลัมน์ที่ใช้ในการจำลองสภาวะการปนเปื้อนของสารคลอไรด์ไฟรฟอสเท่ากับ 40 เซนติเมตร

ดินชนิดที่ 2 คือ ดินบริเวณบ้านนาข่อยเป็นดินทรายมีความลึกของระดับชั้นที่เป็นดินทรายเท่ากับ 2.2 เมตร โดยจะมีความสูงของดินทรายในคอลัมน์ที่ใช้ในการจำลองสภาวะการปนเปื้อนของสารคลอไรด์ไฟรฟอสในคอลัมน์เท่ากับ 44 เซนติเมตร

ดินชนิดที่ 3 คือ ดินบริเวณบ้านทำน่าวเป็นดินร่วนปนทรายมีความลึกของระดับชั้นที่เป็นดินทรายเท่ากับ 1.18 เมตร โดยจะมีความสูงของดินร่วนปนทรายในคอลัมน์ที่ใช้ในการจำลองสภาวะการปนเปื้อนของสารคลอไรด์ไฟรฟอสในคอลัมน์เท่ากับ 23.6 เซนติเมตรแสดงดังภาพ 12

เมื่อนำดินลงไปคอลัมน์แล้วจะทำการเติมสารคลอไรด์ไฟรฟอสลงไปทิ้งไว้แสดงดังภาพ 12 จากนั้นเติมสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ (CaCl_2) เพื่อใช้ในการจำลองปริมาณน้ำฝนโดยปล่อยให้สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ไหลลงไปคอลัมน์มีความเร็วเท่ากับ 18 มิลลิลิตรต่อชั่วโมงเป็นเวลา 24 ชั่วโมง โดยเก็บน้ำที่ผ่านคอลัมน์ที่ใช้ในการจำลองสภาวะการปนเปื้อนของสารคลอไรด์ไฟรฟอสในดินเมื่อเวลาผ่านไป 2, 4, 8, 16, 24, 48 และ 72 ชั่วโมง เพื่อศึกษาการซึมผ่าน (infiltration) ของสารคลอไรด์ไฟรฟอสในดิน จากนั้นเมื่อเวลาผ่านไป 72 ชั่วโมงทำการเก็บตัวอย่างดินที่ระดับความลึกทุกๆ 5 เซนติเมตร เพื่อศึกษาหาการตกค้าง (residue) ของสารคลอไรด์ไฟรฟอสในดิน ผลที่ได้จากการจำลองสภาวะการปนเปื้อนของสารคลอไรด์ไฟรฟอสในดินนี้ จะทำให้ทราบถึงการเปลี่ยนแปลงของสารคลอไรด์ไฟรฟอสที่ปนเปื้อนอยู่ในดิน และกลไกที่เกิดขึ้นที่ทำให้สารคลอไรด์ไฟรฟอสในดินที่มีปริมาณลดลงซึ่งแสดงดังรายละเอียดดังต่อไปนี้



ภาพ 12 แสดงคอลัมน์การจำลองสภาวะการปนเปื้อนของสารคลอไรด์ไฟรฟอสในดิน

11.1 การซึม (Infiltration) ของสารคลอไรด์ไฟรฟอสในดิน ซึ่งการทดลองหาการซึมของสารละลายคลอไรด์ไฟรฟอสในดินทำโดยการนำสารละลายที่ชะออกมาจากแบบจำลองโดยเก็บ

สารละลายที่ชะออกมาจากแบบจำลองตามเวลาที่ผ่านไป 2, 4, 8, 16, 24, 48 และ 72 ชั่วโมง มาวิเคราะห์ค่าความเข้มข้นของสารคลอไรไฟรฟอสด้วยเครื่องวัดการดูดกลืนแสง

11.2 การตกค้าง (Residue) ของสารคลอไรไฟรฟอสในดิน ซึ่งการศึกษากการตกค้างของสารคลอไรไฟรฟอสได้ทำการศึกษาโดยนำดินในคอลัมน์ที่ระดับความลึกทุกๆ 5 เซนติเมตร ออกมาทำการวิเคราะห์หาค่าความเข้มข้นของสารคลอไรไฟรฟอสในดินโดยใช้วิธีการสกัดสารคลอไรไฟรฟอสในดินโดยวิธีการ Ultrasonic Extraction ตามวิธีของ EPA [15] เพื่อให้ได้ค่าการตกค้างของสารคลอไรไฟรฟอสในดิน

เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

1. เครื่องแก้วที่ใช้ในการทดลอง เช่น ปิเปต กระจกบดวง แท่งแก้วคนสาร ขวดรูปชมพู เป็นต้น
2. เครื่องวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH meter) แสดงดังภาพ 13
3. เครื่องวัดการดูดกลืนแสง (UV-Vis spectrophotometer) ยี่ห้อ Thermo Spectronic รุ่น Genesys 10 Series แสดงดังภาพ 14
4. เครื่องอัลตราโซนิค (ultrasonic experiment)
5. เครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง รุ่น TC 205 แสดงดังภาพ 15
6. เครื่องหมุนเหวี่ยง แสดงดังภาพ 16



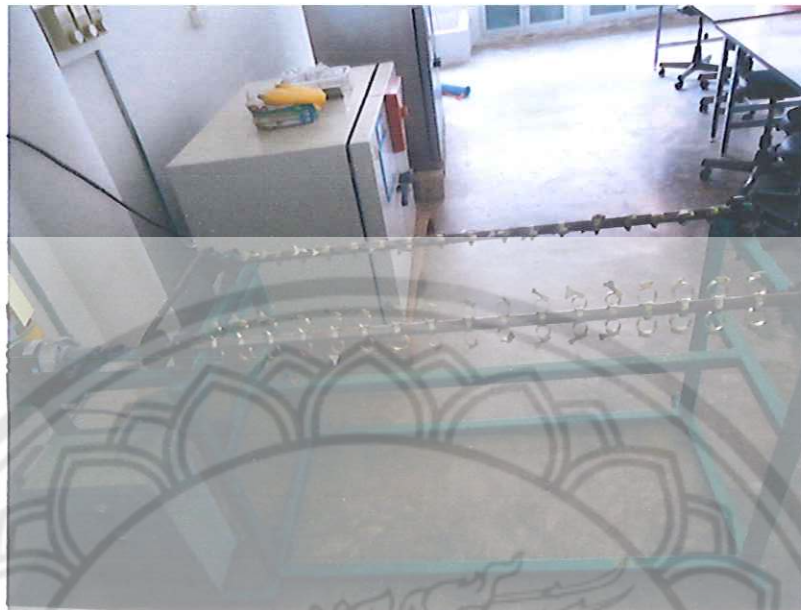
ภาพ 13 แสดงเครื่องวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH meter)



ภาพ 14 แสดงเครื่องวัดการดูดกลืนแสง (UV-Vis spectrophotometer)



ภาพ 15 แสดงเครื่องชั่งตวงวัด 4 ตำแหน่ง



ภาพ 16 แสดงเครื่องหมุนเหวี่ยง

