

## บทที่ 3

### ระเบียบวิธีการวิจัย

จะมีการศึกษาโดยแยกเป็น 3 ส่วนคือ

1. การศึกษาความหลากหลายทางชีวภาพของบัว
2. การศึกษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมได้แก่คุณภาพน้ำและดินพื้นน้ำในแหล่งน้ำที่มีบัว
3. การศึกษาการเจริญเติบโตและปัจจัยที่เกี่ยวข้องต่อการเจริญเติบโตของบัว โดยมีรายละเอียดดังนี้

#### สถานที่ทำการวิจัยและวัสดุอุปกรณ์

##### 1. การศึกษาความหลากหลายทางชีวภาพของบัว

###### 1.1 สถานที่ทำการวิจัย

การสำรวจบัวในแหล่งน้ำตามธรรมชาติ ในเขตพื้นที่จังหวัดอุบลราชธานี เพื่อศึกษาความหลากหลายทางชีวภาพ และความหนาแน่นของแหล่งน้ำที่มีบัว ตามเส้นทางสายหลัก 8 เส้นทาง ดังนี้

- |                                       |                        |
|---------------------------------------|------------------------|
| 1. รหัสA อุบลราชธานี-ตาลสุ่ม โขงเจียม | ทางหลวงหมายเลข 321     |
| 2. รหัสB อุบลราชธานี-สิรินธร          | ทางหลวงหมายเลข 217     |
| 3. รหัสC อุบลราชธานี-เดชอุดม,บุญศรี   | ทางหลวงหมายเลข 24,2182 |
| 4. รหัสD อุบลราชธานี-โนนคูณ           | ทางหลวงหมายเลข 2178    |
| 5. รหัสE อุบลราชธานี-ศรีสะเกษ         | ทางหลวงหมายเลข 226     |
| 6. รหัสF อุบลราชธานี-ยโสธร            | ทางหลวงหมายเลข 23      |
| 7. รหัสG อุบลราชธานี-อำนาจเจริญ       | ทางหลวงหมายเลข 212     |
| 8. รหัสH อุบลราชธานี-เขมราฐ           | ทางหลวงหมายเลข 2050    |

###### 1.2 การเตรียมวัสดุ/ อุปกรณ์

1. กล้องถ่ายรูป
2. แบบฟอร์มจดบันทึก ลักษณะทั่วไป
3. ปากกา
4. ตลับเมตร
5. เครื่องจับพิกัดแผนที่ (GPS)
6. คู่มือจำแนกบัว

##### 2. การศึกษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมที่เหมาะสมของบัว

###### 2.1 สถานที่ทำการวิจัย

สุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง เพื่อกำหนดจุดในการเก็บตัวอย่างคุณภาพสิ่งแวดล้อมคือคุณภาพน้ำและคุณภาพดินพื้นน้ำ ในแหล่งน้ำที่มีบัว จาก 8 เส้นทางหลัก โดยใช้เส้นทางละ 2-3 ตัวอย่าง รวมทั้งหมด 21 จุด หรือตัวอย่าง ดังนี้

1. รหัส A1, A2, A3 อุบลราชธานี-ตาลชุม,โขงเจียม	จำนวน 3 จุด
2. รหัส B6, B7, B9 อุบลราชธานี-สิรินธร	จำนวน 3 จุด
3. รหัส C1, C15, C16 อุบลราชธานี-เดชอุดม,บุญศรี	จำนวน 3 จุด
4. รหัส D2, D3 อุบลราชธานี-สำโรง	จำนวน 2 จุด
5. รหัส E2, E6 อุบลราชธานี-ห้วยชะยุ้ง	จำนวน 2 จุด
6. รหัส F2, F4, F5 อุบลราชธานี-เซียงโน	จำนวน 3 จุด
7. รหัส G1, G3, G6 อุบลราชธานี-ม่วงสามสิบ	จำนวน 3 จุด
8. รหัส H1, H8 อุบลราชธานี-เขมราฐ	จำนวน 2 จุด

## 2.2 การเตรียมวัสดุ/ อุปกรณ์

1. อุปกรณ์ตรวจวัดคุณภาพน้ำภาคสนาม และขวดเก็บตัวอย่างน้ำ
2. กล้องถ่ายรูป
3. แบบฟอร์มจดบันทึก ลักษณะทั่วไป
4. ปากกา
5. ตลับเมตร
6. ถุงพลาสติก เพื่อเก็บตัวอย่างดิน
7. เครื่องจับพิกัดแผนที่ (GPS)
8. คู่มือจำแนกประเภทบัว

## 3. การศึกษาการเจริญเติบโตของบัวและปัจจัยมีเกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของบัว

### 3.1 สถานที่ทำการวิจัย

- 1) สถานที่ปลูกบัว มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี บ้านยางน้อย โดยใช้ท่อซีเมนต์ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 80 เซนติเมตร และสูง 60 เซนติเมตร มีฝาปิดก้นท่อ จำนวน 200 ท่อ (ท่อชั้นเดียว 180 ท่อ ท่อ 2 ชั้น 20 ท่อ) และและกระถางบัวขนาดกลาง จำนวน 200 กระถาง
- 2) สถานที่ปลูกบัว และอนุบาลบัวบ้านเลขที่ 213 หมู่ที่ 12 ต. ไร่น้อย อ. เมือง จ. อุบลราชธานี โดยใช้ท่อซีเมนต์จำนวน 50 ท่อ กระถางกระถางบัว จำนวน 200 กระถาง
- 3) บัวในแหล่งน้ำธรรมชาติ จำนวน 8 แห่ง

### 3.2 วัสดุและอุปกรณ์ในการศึกษา

1. กล้องถ่ายรูป
2. ตลับเมตร
3. ถังน้ำ
4. ปู่เคมี
5. ดินเหนียว
6. ป้ายชื่อ

## วิธีการดำเนินการวิจัย

1. ผู้วิจัยศึกษา ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อนำไปเป็นข้อมูลในการสำรวจความหลากหลายของบัวในแหล่งน้ำธรรมชาติในเขตพื้นที่จังหวัดอุบลราชธานี ตลอดจนข้อมูลเกี่ยวกับ

คุณภาพสิ่งแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของบัว รวมทั้งการเจริญเติบโตและปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของบัว

2. ผู้วิจัยออกสำรวจความหลากหลายของบัวในแหล่งน้ำธรรมชาติในเขตพื้นที่จังหวัดอุบลราชธานี 8 เส้นทางสายหลัก และเส้นทางที่เชื่อมระหว่างเส้นทางหลัก รวมทั้งการเก็บตัวอย่างคุณภาพน้ำและคุณภาพดิน ในแหล่งน้ำที่มีบัว เพื่อศึกษาคุณสมบัติของน้ำและดินดังกล่าว ตลอดจนเก็บข้อมูลเกี่ยวกับการเจริญเติบโต และปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของบัว

3. นำข้อมูลที่ได้จากการสำรวจ มาแยกประเภท ชนิดของบัวที่พบในเขตพื้นที่จังหวัดอุบลราชธานี ตามแบบนักพฤกษศาสตร์ คุณภาพน้ำและดินที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของบัว และการเจริญเติบโตของบัว รวมทั้งปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของบัว

4. รวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของบัวและปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตจากจากบัวที่เลี้ยงในกระถาง และจากแหล่งน้ำธรรมชาติ

5. ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลที่ได้ ตรวจสอบความสมบูรณ์ และเก็บข้อมูลเพิ่มเติมหากข้อมูลยังไม่ครบถ้วนสมบูรณ์

### รูปแบบงานวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงสำรวจที่ผู้วิจัยจะทำการศึกษาจากการสำรวจและเก็บข้อมูลภาคสนามมาวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ ทั้งด้านความหลากหลายทางชีวภาพ คุณภาพน้ำ คุณภาพดินพื้นน้ำ และสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของบัว และเป็นการวิจัยเชิงทดลองเพื่อศึกษาการเจริญเติบโตและปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตโดยการเลี้ยงบัวในกระถาง

### ขั้นตอนการวิจัย

#### 1. การศึกษาความหลากหลายทางชีวภาพของบัว

การศึกษาความหลากหลายทางชีวภาพของบัว ในแหล่งน้ำที่มีบัวตามธรรมชาติในเขตจังหวัดอุบลราชธานี โดยดำเนินการระหว่าง เดือนตุลาคมถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2553 โดยมีขั้นตอนการเก็บตัวอย่างดังนี้

1) การหาข้อมูลโดยศึกษาภาคสนาม ประกอบด้วยการสำรวจเบื้องต้น ในแหล่งน้ำที่มีบัว ตามเส้นทางหลัก 8 เส้นทาง โดยใช้การสังเกต ตามเส้นทางที่รถยนต์ผ่าน ในระยะที่สายตามองเห็น ไม่เกิน 100 เมตรจากถนนสายหลักโดยมีขั้นตอนดังนี้

2) จับพิกัด GPS ของแหล่งน้ำที่มีบัว ถ้าเป็นแหล่งน้ำติดต่อกันเป็นแนวยาวตามถนนหรืออยู่ติดกัน ถือว่าเป็นแหล่งน้ำที่มีบัวพิกัดเดียวกัน บันทึกข้อมูล

3) เก็บข้อมูลเกี่ยวกับแหล่งน้ำที่มีบัวเบื้องต้น เช่น ขนาดและความลึกแหล่งน้ำ ลักษณะทางนิเวศวิทยาของแหล่งน้ำ คุณสมบัติของน้ำเบื้องต้น รวมทั้งประเภทของบัวที่เกิดในแหล่งน้ำบันทึกข้อมูลไว้

4) ศึกษาการเจริญเติบโตและปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโต เบื้องต้น บันทึกข้อมูล

#### 2. การศึกษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมที่เหมาะสมของบัว

## 2.1 การศึกษาคุณภาพน้ำ

การศึกษาคุณภาพน้ำ มีขั้นตอนดังนี้

- 1) ทำการสุ่มตัวอย่าง แบบเจาะจง เพื่อเป็นตัวแทนในการศึกษาคุณภาพน้ำ หลังจากทำการสำรวจความหลากหลายทางชีวภาพของบัวในเบื้องต้นเสร็จเรียบร้อยแล้ว โดยสุ่มตัวอย่างได้ 21 จุด จากถนนสายหลัก 8 เส้นทาง
- 2) ทำการสำรวจและเก็บข้อมูลคุณภาพน้ำภาคสนาม ณ 21 จุดดังกล่าว โดยใช้ค่าความเป็นกรดต่าง ค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำ ค่าการนำไฟฟ้า เป็นต้น
- 3) เก็บตัวอย่างน้ำ ตามจุดต่างๆ ทั้ง 21 จุด ใส่ขวดเก็บตัวอย่างเพื่อนำมาวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ โดยมีพารามิเตอร์ที่ศึกษา ดังนี้

### ด้านกายภาพ

- 1) ความเป็นกรดเบส (pH)
- 2) การนำไฟฟ้า ( Electrical Conductivity, EC )
- 3) อุณหภูมิ (T)
- 4) ของแข็งทั้งหมด(TS)

### ด้านเคมี

- 1) BOD (ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์)
- 2) DO (ออกซิเจนที่ละลายน้ำ)
- 3) TKN (ไนโตรเจน)

### 1) เครื่องมือและอุปกรณ์ ในการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

- เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง
- โถดูดความชื้น
- Hot Plate
- DO Meter
- pH Meter
- เครื่องเติมอากาศ
- ตู้อบ
- Hood
- ชุดเครื่องมือสำหรับการย่อย
- ชุดเครื่องมือสำหรับกลั่นแอมโมเนีย
- Spectrophotometer
- ขวดบีโอดี (ขนาด 300 มิลลิลิตร)
- กระจกตวง
- ขนาด 100 มิลลิลิตร
- ขนาด 1,000 มิลลิลิตร
- บิวเรต , ก้ามปู
- ขวดรูปกรวย (ขนาด 250 มิลลิลิตร)

- ขวดปรับปริมาตร
- ขนาด 50 มิลลิลิตร
- ขนาด 500 มิลลิลิตร
- ขนาด 1,000 มิลลิลิตร
- ถ้วยกระเบื้อง (ขนาด 60 มิลลิลิตร)
- ปากคืบ
- กระดาษกรองเบอร์ 5
- แท่งแก้วคนสาร
- ปีกเกอร์ ขนาด 100, 600 และ 1000 มิลลิลิตร
- ปีเปต ขนาด 1, 5 และ 25 มิลลิลิตร
- หลอดเจลดาลท์ ขนาด 800 มิลลิลิตร

## 2) สารเคมี ที่ใช้ในการวิเคราะห์น้ำ

- โปแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต
- ไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟตเฮปตะไฮเดรต
- ไดโปแทสเซียมไฮโดรเจนฟอสเฟต
- แอมโมเนียมคลอไรด์
- แมกนีเซียมซัลเฟตเฮปตะไฮเดรต
- แคลเซียมคลอไรด์
- เพอริคคลอไรด์เฮกซะไฮเดรต
- แมงกานีสซัลเฟตโมโนไฮเดรต
- โซเดียมไฮดรอกไซด์
- โซเดียมไอโอดด์
- โซเดียมเอไซด์
- ซัลฟูริกเข้มข้น (30 นอร์มัล)
- แป้ง
- เซลลิโวลิก
- โซเดียมไธโอซัลเฟตเพนตะไฮเดรต
- โปแทสเซียมไดโครเมต
- โซเดียมซัลไฟต์
- กรดไนตริกเข้มข้น
- พรอทอกไซด์
- โปแทสเซียมซัลเฟต
- เอทานอล 95%
- ฟีนอล์ฟทาลีน
- แอนติโมนิโปแทสเซียมทาเทรต
- แอมโมเนียโมลิบเดรต

- แอสคอร์บิกแอซิด
- เมทิลเรด

### 3) วิธีวิเคราะห์

การวิเคราะห์คุณภาพน้ำในพารามิเตอร์ต่างๆ ใช้วิธีการของ Standard Method โดยการใช้การวิเคราะห์ ดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 วิธีการวิเคราะห์น้ำ

พารามิเตอร์	วิธีการในการวิเคราะห์
ความเป็นกรด – ด่าง (pH)	pH – Meter
อุณหภูมิ	เทอร์โมมิเตอร์
ค่าการนำไฟฟ้า (EC)	เครื่องวัดค่าการนำไฟฟ้า
ของแข็งทั้งหมด (TS)	Gravimetric Method
BOD	Direct Method
DO	DO – Meter
TKN	Kjeldahl (Total Kjeldahl Nitrogen; TKN)

#### 3.1) การวิเคราะห์หาค่าอุณหภูมิ

1. เทอร์โมมิเตอร์
2. ปีกเกอร์ ขนาด 100 มิลลิลิตร

##### วิธีการวัด

1. หลังจากเปิดเครื่องวัดอุณหภูมิ ควรรอประมาณ 15 นาที ก่อนใช้งาน เพื่อให้เครื่องเตรียมพร้อมในการใช้งาน
2. ก่อนวัดเขย่าตัวอย่างให้เข้ากันดี เทใส่ปีกเกอร์ จุ่มอิเล็กโทรด สังเกตตัวเลขที่หยุดนิ่ง และบันทึกผล
3. เมื่อจะวัดตัวอย่างต่อไปให้ฉีดล้างอิเล็กโทรดด้วยน้ำกลั่นแล้วซับด้วยกระดาษ หรือผ้านุ่มๆ แล้วจึงวัดตัวอย่างถัดไป แต่ถ้าจะเลิกวัดหลังจากที่ล้างอิเล็กโทรดด้วยน้ำกลั่นจนสะอาด และซับให้แห้ง

#### 3.2) การวิเคราะห์หาค่าพีเอช (pH)

ค่าความเป็นกรดเบสหรือพีเอช (pH) เป็นค่าที่แสดงปริมาณความเข้มข้นของอนุภาคไฮโดรเจนในน้ำ ( $H^+$ ) pH มีความสำคัญในการควบคุมคุณภาพน้ำและน้ำเสียมีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของสิ่งมีชีวิต ควบคุมการกักกรองของท่อเหล็ก และใช้ในการควบคุมให้สารเคมีที่ใช้บำบัดน้ำเสียทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยทั่วไปน้ำในธรรมชาติจะมีค่า pH อยู่ในช่วง 4-9 ค่า pH แต่ช่วง pH ที่เหมาะสมกับสิ่งมีชีวิตในน้ำจะมีค่าอยู่ในช่วง 6.0 – 8.0 น้ำธรรมชาติส่วนมากมักจะมีค่า

pH มากกว่า 7 ซึ่งเกิดขึ้นเนื่องจากในน้ำมีปริมาณไอออน พวกไบคาร์บอเนต และคาร์บอเนต เป็นองค์ประกอบอยู่ด้วย

การวัด pH นั้นต้องคำนึงถึงอุณหภูมิเป็นสำคัญ เพราะอุณหภูมิจะเป็นปัจจัยที่มีผลกระทบต่อ การเกิดไอออนในน้ำซึ่งถ้าไอออนลดลงจะมีผลทำให้มีการเพิ่มความเป็นเบสของน้ำขึ้น ด้วยนอกจากนั้นอุณหภูมิของน้ำกับบัฟเฟอร์ที่ใช้ในการปรับค่าจะต้องมีอุณหภูมิที่ใกล้เคียงกันด้วย มิฉะนั้นผลของการวัด pH จะเกิดการผิดพลาดขึ้นได้ ดังนั้นในการวัด pH มักจะทำควบคู่ไปกับการวัด อุณหภูมิ

### เครื่องมือ

1. เครื่องวัดพีเอช
2. ปีกเกอร์
3. Magnetic Stirrer

### สารเคมี

1. สารละลายมาตรฐานพีเอช (บัฟเฟอร์) pH = 4 , 7 , 10

### วิธีวัดพีเอช

1. หลังจากเปิดเครื่องวัดพีเอช ควรรอประมาณ 15 นาที ก่อนใช้งาน เพื่อให้เครื่องเตรียมพร้อมในการใช้งาน
2. ก่อนวัดเขย่าตัวอย่างให้เข้ากันดี เทใส่ปีกเกอร์ จุ่มอิเล็กโทรด อ่านค่าที่หยุดนิ่ง สังเกตและบันทึกผล
3. เมื่อจะวัดตัวอย่างต่อไปให้ฉีดล้างอิเล็กโทรดด้วยน้ำกลั่นแล้วซับด้วยกระดาษ หรือ ฝ้านุ่มๆ แล้วจึงวัดตัวอย่างถัดไป แต่ถ้าจะเลิกวัดหลังจากที่ล้างอิเล็กโทรดด้วยน้ำกลั่นจนสะอาดและ ซับให้แห้ง

### 3.3) การวิเคราะห์ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (Dissolve Oxygen, DO)

การหาค่า DO คือ การหาปริมาณออกซิเจนละลายน้ำอันเป็นดัชนีวัดคุณภาพของน้ำ สำคัญปริมาณออกซิเจนซึ่งละลายในน้ำมีความสัมพันธ์กับ

1. อุณหภูมิของน้ำ
2. ความกดดันของอากาศ
3. สิ่งเจือปนในน้ำ (Impurities) เช่น เกลือชนิดต่าง ๆ

การหาค่าออกซิเจนละลายสามารถทำได้หลายวิธี เช่น การวัดโดยใช้เครื่องดีไอมิเตอร์ หรือออกซิเจนมิเตอร์ ซึ่งเป็นเครื่องมือที่สามารถวัดปริมาณออกซิเจนที่ละลายอยู่ในสารละลาย เป็น มก./ลิตร ได้โดยตรง หรือจะใช้วิธีทางเคมี เช่น วิธี เอไซด์โมดิฟิเคชัน ของไอโอมเมตริก ซึ่ง เหมาะสำหรับการหาปริมาณออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำสกปรก เช่นน้ำทิ้ง น้ำในแม่น้ำ ถ้า คลอง เป็นต้น

### การควบคุมคุณภาพ

#### การวิเคราะห์ทางเคมี

1. วิถีไฮโดรเมติฟิเคชัน กำจัดสารบวกรวไนโตรเจนแต่ยังมีสารอินทรีย์ละลายน้ำของแข็งแขวนลอยและเหล็ก เป็นสารบวกรวอยู่ ถ้ามีสารบวกรวดังกล่าวต้องกำจัดออกก่อนการวิเคราะห์
2. ออกซิเจนละลายน้ำควรจะวิเคราะห์ทันทีที่จุดเก็บตัวอย่าง ถ้าไม่สามารถวิเคราะห์ได้ทันทีควรจะตรึงออกซิเจนโดยกรดซัลฟูริกและโซเดียมเอไซด์ เพื่อหยุดกิจกรรมของแบคทีเรีย โดยต้องเก็บตัวอย่างให้เต็มขวดปิดให้แน่นเพื่อที่การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิจะไม่มีผลต่อปริมาณของออกซิเจนในตัวอย่าง
3. น้ำแป้งมีอายุการใช้งาน 1 เดือน เว้นแต่จะเติมสารเคมีรักษาสภาพ (ในที่นี้ใช้ซาลิกไซคลิก หรือ คลอโรฟอร์ม ก้นขวด)
4. ไม่เขย่าตัวอย่างน้ำ เพื่อป้องกันออกซิเจนจากภายนอกละลายลงในตัวอย่าง
5. ไม่เปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ เพราะอุณหภูมิมีผลต่อความสามารถในการละลายของออกซิเจน
6. ไม่เจือจางตัวอย่าง ห้ามผู้วิเคราะห์สับสนกับการวิเคราะห์บีโอดี
7. ขณะเก็บตัวอย่างหรือวิเคราะห์ต้องไม่ให้อากาศเข้าไปเพิ่มในน้ำตัวอย่าง

#### การใช้เครื่อง DO Meter

1. ต้องปรับเทียบ (Calibration) เครื่องวัดดีโอทุกวันที่ใช้ โดยเทียบกับออกซิเจนอิ่มตัว ในอากาศและควรปรับเทียบกับวิถีไฮโดรเมติฟิเคชันด้วยตัวอย่างเดียวกันเป็นระยะ ๆ
2. ควรเปลี่ยนเมมเบรนของหัววัด (Probe) บ่อยๆ ตามวิธีที่ระบุ และเมื่ออ่านได้ ไม่เที่ยงตรง เนื่องจากมีของแข็งแขวนลอยสะสมบนเมมเบรนและรบกวนการวัด ให้เปลี่ยนหัววัดใหม่
3. อ่านค่าออกซิเจนละลายทันทีหลังเก็บตัวอย่าง

#### การวิเคราะห์ปริมาณออกซิเจนในน้ำทำได้หลายวิธี

1. วิธีทางเคมี ซึ่งวิธีที่ได้รับความนิยมมาก ได้แก่ The Azide Modification of The Winkler Method
2. Membran Electrode Method หรือเครื่องมือที่เรียกว่า DO Meter ซึ่งเป็นเครื่องมือที่ใช้ขบวนการเคมีไฟฟ้า โดยถือหลักอัตราการแพร่ของโมเลกุลออกซิเจนผ่านเยื่อ (Membran) ที่ความเฉพาะเจาะจงกับออกซิเจน โดยที่เยื่อนี้อยู่ใน Working Electrode การวิเคราะห์ DO จะใช้วิธีใดนั้นขึ้นอยู่กับสารบวกรวที่มีอยู่ในน้ำตัวอย่างนั้นๆ และความแม่นยำของผลที่ได้จากการวิเคราะห์

#### สารเคมี

1. Manganese Sulfate ( $\text{MnSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  ,  $\text{MnSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  ,  $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ )
2. Sodium Thiosulfate ( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ )
3. Sulfuric Acid
4. Alkali – Iodide – Azide (AIA)
5. น้ำแป้ง

#### เครื่องมือ

1. ขวด บีโอดี ขนาด 300 มิลลิลิตร พร้อมจุกปิด

2. ขวดวัดปริมาตร ( Volumetric Flask) ขนาด 1000 มิลลิลิตร
3. บิวเรต ( Burette ) 50 มิลลิลิตร พร้อมขาตั้งและก้ามปู
4. ปิเปต ( Pipet) ขนาด 1 มิลลิลิตร จำนวน 3 อัน
5. กระจกตวง (Cylinder) ขนาด 100 มิลลิลิตร
6. หลอดหยด (Dropper) จำนวน 3 อัน
7. ลูกยาง 1 อัน
8. ขวดเก็บสารละลาย ขนาด 500 และ 1000 มิลลิลิตร

#### การเตรียมสารเคมี

1. สารละลาย Manganese Sulfate ( $MnSO_4$ ): ละลาย  $MnSO_4 \cdot 4H_2O$  หนัก 480.0 g  $MnSO_4 \cdot 2H_2O$  หนัก 400.0 g หรือ  $MnSO_4 \cdot H_2O$  หนัก 364 g ในน้ำกลั่นกรองแล้ว ปรับปริมาตรครบ 1,000 ml

2. สารละลาย Alkali – Iodide – Azide (AIA) : ละลาย NaOH หนัก 500.0 g และ NaI หนัก 135.0 g หรือ KOH หนัก 700.0 g และ KI หนัก 150.0 g ในน้ำปรับปริมาตรครบ 1000 ml เติม  $NaN_3$  หนัก 10.0 ซึ่งละลายในน้ำกลั่น 40 ml

3. กรดซัลฟูริกเข้มข้น ( $H_2SO_4$  Concentration); 1ml. = AIA 3 มล.

4. สารละลายน้ำแป้ง (Starch Solution) : ละลาย Soluble Starch หนัก 5.0 g ในน้ำกลั่นเล็กน้อยแล้วค่อย ๆ เติมในน้ำต้มประมาณ 800 ml ให้เข้ากัน เติมน้ำให้ได้ 1000 ml ต้มให้เดือดประมาณ 2-3 นาที ตั้งทิ้งให้เย็น เติม Salicylic Acid 1.25 g เพื่อเก็บรักษาได้นานขึ้น

5. สารละลายมาตรฐาน  $Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O$  0.025 N : ละลาย  $Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O$  หนัก 6.205 g และ NaOH หนัก 0.4 ในน้ำต้มที่เย็นแล้วปรับปริมาตรครบ 1000

การเทียบมาตรฐาน  $Na_2S_2O_3$  โดยใช้  $K_2Cr_2O_7$  0.025 N

1. ละลาย KI หนัก 2 g ละลายน้ำกลั่น 100 ml
2. เติม  $H_2SO_4$  (1:9) 10 ml และเติม  $K_2Cr_2O_7$  0.025 N 20 ml
3. ปรับปริมาตรครบ 200 ml ไตเตรตด้วย  $Na_2S_2O_3$  0.025 N
4. เติมน้ำแป้งเมื่อใกล้ถึงจุดยุติ (สังเกตจากสีของสารละลายมีสีเหลืองจาง)
5. ที่จุดยุติสารละลายเปลี่ยนจากสีน้ำเงินเป็นใสไม่มีสี
6. สารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมไปไอโอเตรต 0.025 นอร์มัล

สารละลายโพแทสเซียมไปไอโอเตรต ( $KH(IO_3)_2$ ) 812.4 มิลลิกรัม( อบอุ่นให้แห้งที่  $105^\circ C$  ก่องซัง) ในน้ำกลั่นและปรับปริมาตรให้เป็น 1 ลิตร สารละลายมาตรฐานนี้ทำหน้าที่เป็นสารละลายมาตรฐานปฐมภูมิ (Primary Standard) เพื่อทราบหาความเข้มข้นที่แน่นอนของสารละลายมาตรฐานทุติยภูมิ (Secondary Standard)

#### การคำนวณ

$$\text{Normal. Of } Na_2S_2O_3 = \frac{20 \times 0.025}{\text{ml. of } Na_2S_2O_3}$$

หรือ  $DO, \text{ mg/L} = \text{ml ของ } Na_2S_2O_3 \text{ ที่ใช้ในการไตเตรต}$

#### วิธีการวิเคราะห์

1. ใส่ตัวอย่างน้ำลงในขวด BOD ขนาด 300 ml (ระวังอย่าให้มีฟองอากาศ)(ในกรณีถ้าตัวอย่างน้ำมีค่า  $Fe^{3+}$  มากกว่าหรือเท่ากับ 5 mg/l ให้เติมสารละลาย KF ลงไป 1 ml)
2. เติมสารละลาย  $MnSO_4$  และสารละลาย Alkali – Iodide – Azide (AIA) 1 ml โดยจุ่มให้ปลายปิเปตอยู่ใต้ผิวของน้ำตัวอย่าง
3. ปิดจุกเขย่าขวดโดยกลับขวดไปมา (ประมาณ 15 ครั้ง)เพื่อให้ออกซิเจนในน้ำทำปฏิกิริยาได้ทั่วถึง ทิ้งให้ตกตะกอนประมาณครึ่งขวด
4. เติม Conc. $H_2SO_4$  1 ml โดยให้กรดค่อย ๆ ไหลลงไปตามคอขวด
5. ปิดจุกเขย่าขวดโดยกลับขวดไปมา (ประมาณ 15 ครั้ง)จนตะกอนละลายหมด
6. นำน้ำตัวอย่างในขวดมา 201 ml ใส่ ขวดรูปชมพู่ ขนาด 250 ml
7. ไตเตรตด้วยสารละลาย  $Na_2S_2O_3$  0.025 N ใช้น้ำแบ่งเป็นอินดิเคเตอร์ จุดยุติจะเปลี่ยนจากน้ำเงินเป็นใสไม่มีสี

#### การคำนวณ

$$DO \text{ (mg/l)} = \frac{A \times N \times 8000}{200}$$

A=ml ของ  $Na_2S_2O_3$  ที่ใช้ไตเตรตกับ Sample

N = Normality ของ  $Na_2S_2O_3$

#### 3.4) การวิเคราะห์หาค่า BOD

BOD คือ ปริมาณออกซิเจนที่แบคทีเรียใช้ในการย่อยสารอินทรีย์ชนิดที่ย่อยสลายได้ภายใต้สภาวะที่มีออกซิเจน จากขบวนการนี้แบคทีเรียจะได้รับพลังงานเพื่อใช้ในการเจริญเติบโตและแบ่งตัวต่อไป ผลลัพธ์สุดท้ายของการออกซิไดซ์สารอาหารเหล่านี้อาจเป็นคาร์บอนไดออกไซด์ น้ำ หรือ แอมโมเนีย ขึ้นอยู่กับชนิดของสารอาหาร

ค่า BOD จะบอกถึงกำลังความสกปรกของน้ำเสียต่าง ๆ ในเทอมของออกซิเจนซึ่งต้องการใช้เมื่อปล่อยน้ำเสียนั้นลงสู่แม่น้ำลำคลองซึ่งมีสภาวะที่มีออกซิเจนอยู่ การหาค่า BOD ยังมีความสำคัญในการควบคุมความสกปรกของลำธาร แม่น้ำต่าง ๆ เพราะค่า BOD จะบอกถึงความสกปรกของแหล่งน้ำนั้น

#### ความสำคัญของค่า BOD

1. เพื่อหาลำดับความสกปรกของน้ำเสียต่าง ๆ ในเทอมของออกซิเจนที่ต้องการเพื่อใช้ในการออกซิไดซ์สารอินทรีย์
2. ใช้หาปริมาณของสารอินทรีย์ที่มีอยู่ในน้ำเพื่อนำไปหาอัตราการออกซิไดซ์ที่เกิดหรือเพื่อหาอัตราที่ BOD จะถูกใช้ไป
3. ใช้ในการควบคุมความสกปรกของแม่น้ำ ลำธาร ว่าควรจะทำจัดสารอินทรีย์ที่จะทิ้งลงน้ำเท่าใด เพื่อที่จะให้มีระดับออกซิเจนในน้ำ เหลืออยู่ตามต้องการ
4. ใช้วัดความสามารถของแหล่งน้ำที่จะกำจัดความสกปรกโดยธรรมชาติ
5. ใช้ตรวจคุณภาพของน้ำทิ้ง
6. ใช้หาประสิทธิภาพของโรงกำจัดน้ำโสโครก
7. ใช้ในการออกแบบระบบบำบัดน้ำเสีย

## การวิเคราะห์หาค่าบีโอดี วิธี Direct Method

### เครื่องมือและอุปกรณ์

1. ตู้อินคิวเบต (Incubator) ซึ่งสามารถควบคุมและปรับอุณหภูมิได้เองตามอัตโนมัติ  $20 \pm 1$  องศาเซลเซียส และต้องเป็นตู้ซึ่งสามารถป้องกันไม่ให้แสงผ่านเข้าไปได้
2. ขวดบีโอดี ขนาด 300 มิลลิลิตร ซึ่งจุกปิดเป็นจุกแก้วปิดสนิท
3. อุปกรณ์เครื่องแก้วต่าง ๆ เช่น บิวเรตต์ (Burette) ขนาด 50 มิลลิลิตร ขวดรูปชมพู่ (Erlenmeyer Flask) ขนาด 250 มิลลิลิตร กระจกบอขวดขนาด 1000 มิลลิลิตร
4. เครื่องเติมอากาศ

### สารเคมี

1. Manganese Sulfate ( $\text{MnSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  ,  $\text{MnSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  ,  $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ )
2. Sodium Thiosulfate ( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ )
3. Sulfuric Acid
4. Alkali – Iodide – Azide (AIA)
5. น้ำแข็ง

### การเตรียมสารเคมี

1. น้ำกลั่น ต้องมีคุณภาพดี ควรมีทองแดงน้อยกว่า 0.001 มิลลิกรัม/ลิตร ปราศจากคลอรีน คลอรามิน สารอินทรีย์ กรดและด่าง (pH ต้องเป็นกลาง) สารละลายฟอสเฟต บัฟเฟอร์
  2. ละลายโพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต 8.5 กรัม ไดไฮโดรเจนฟอสเฟตเฮปตะไฮเดรต 33.4 กรัม ไดโพแทสเซียมไฮโดรเจนฟอสเฟต 22.75 กรัม และแอมโมเนียมคลอไรด์ 1.7 กรัม ในน้ำกลั่น 500 มิลลิลิตร แล้วเจือจางเป็น 1 ลิตร สารละลายแมกนีเซียมซัลเฟต
  3. ละลายแมกนีเซียมซัลเฟตเฮปตะไฮเดรต 22.5 กรัม ในน้ำกลั่นแล้วเจือจางเป็น 1 ลิตร สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ ละลายแมกนีเซียมคลอไรด์ปราศจากน้ำ 27.5 กรัม ในน้ำกลั่นแล้วเจือจางเป็น 1 ลิตร สารละลายเฟอร์ริกคลอไรด์ ละลายเฟอร์ริกคลอไรด์เฮกซะไฮเดรต 0.25 กรัม แล้วเจือจางเป็น 1 ลิตร
  4. แมงกานีสซัลเฟต ละลายแมงกานีสซัลเฟตโมโนไฮเดรต 364 กรัม หรือแมงกานีสซัลเฟตเตตราไฮเดรต 480 กรัม หรือแมงกานีสซัลเฟตไดไฮเดรต 480 กรัม หรือแมงกานีสซัลเฟตไดไฮเดรต 400 กรัมในกลั่น กรองแล้วเจือจางเป็น 1 ลิตร สารละลายอัลคาไล-ไอโอดัด-เอไซด์ ละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 500 กรัม (หรือโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ 700 กรัม) และโซเดียมไอโอดัด 135 กรัม (หรือโพแทสเซียมไอโอดัด 150 กรัม) ในน้ำกลั่นเจือจางเป็น 1 ลิตรและละลายโซเดียมเอไซด์ 10 กรัม ในน้ำกลั่น 40 มิลลิลิตร และเติมลงในสารละลายข้างต้น กรดซัลฟูริกเข้มข้น (36 N)
  5. น้ำแข็ง ละลายแข็ง 5 กรัม ในน้ำต้ม 800 มิลลิลิตร เติมน้ำให้ได้ 1 ลิตร ต้มให้เดือด 2-3 นาที ตั้งค้างคืน ใช้น้ำใส เติมกรดโซลิไซลิก 1.25 กรัม ต่อน้ำแข็ง 1 ลิตร
  6. สารละลายโซเดียมเรโอซัลเฟต 0.1 นอร์มัล ละลายโซเดียมเรโอซัลเฟตเพนตะ

ไฮเดรต 24.82 กรัม ในน้ำต้มที่เย็นแล้ว เติมนจนได้ปริมาตร 1 ลิตร เก็บรักษาโดยการเติม  
คลอโรฟอร์ม 5 มิลลิลิตร หรือโซเดียมไฮดรอกไซด์ 1 กรัม/สารละลาย 1 ลิตร

7. สารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮโอซัลเฟต 0.0250 นอร์มัล เจือจางสารละลาย  
โซเดียมไฮโอซัลเฟต 0.1 นอร์มัล 250 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่นให้เป็น 1 ลิตร เก็บรักษาโดยการ  
เติมคลอโรฟอร์ม 5 มิลลิลิตร หรือโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.4 กรัม/สารละลาย 1 ลิตรสารละลาย  
เหล่านี้ต้องนำมาหาความเข้มข้นที่แน่นอน (Standardization) ด้วยสารละลายมาตรฐานไดโครเมต  
(อยู่ในเรื่องการวิเคราะห์ DO)

8. สารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมไดโครเมต 0.0250 นอร์มัล ละลาย  
โพแทสเซียมไดโครเมตที่อบแห้งที่อุณหภูมิ 103 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง จำนวน 1.226  
กรัม/น้ำกลั่น 1 ลิตร

9. สารละลายโซเดียมซัลไฟต์ 0.0250 นอร์มัล ละลายโซเดียมซัลไฟต์ปราศจากน้ำ  
1.575 กรัม ในน้ำกลั่น 1 ลิตร (สารละลายนี้ไม่อยู่ตัวต้องเตรียมในวันที่ใช้เท่านั้น)

#### วิธีวิเคราะห์

1. ปรับอุณหภูมิของน้ำให้ประมาณ 20 องศาเซลเซียส
2. เติมหอกซิเจนลงในน้ำโดยการพ่นอากาศลงไป
3. เติมน้ำลงในขวด BOD ขวดที่ 1 มาหาค่า DO ของจุดเริ่มต้นหรือ DO ของวันที่  
ศูนย์จดค่าไว้หน้าขวด BOD ขวดที่ 2 ไป Incubateในที่มืด ที่ 20 c° เป็นเวลา 5 วันแล้วนำมาหาค่า  
DO ของวันที่ 5

#### การคำนวณ

##### DO 0- DO 5

ค่า บีโอดี (มก./ล.) =  $\frac{\text{ปริมาตรน้ำตัวอย่าง}}{\text{ปริมาตรน้ำตัวอย่าง}} \times 100$

เมื่อ DO1 = ค่าออกซิเจนละลายที่ไตเตรตได้ในวันแรก

DO5 = ค่าออกซิเจนละลายที่ไตเตรตได้ในวันที่ 5 (ค่าเฉลี่ยของ 2 ขวดที่เหลือ)

### 3.5) การวิเคราะห์หาค่าการนำไฟฟ้า (EC)

#### หลักการ

ค่าการนำไฟฟ้า เป็นการวัดความสามารถของน้ำที่จะให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่าน ซึ่ง  
ขึ้นอยู่กับความเข้มข้น ชนิดของไอออนและอุณหภูมิทั้งนี้สารละลายอนินทรีย์จะเป็นตัวนำไฟฟ้าได้ดี  
เพราะสามารถแตกตัวให้อิออนได้ ส่วนสารอินทรีย์จะไม่ใช่ตัวนำไฟฟ้า เพราะไม่สามารถแตกตัว  
ในน้ำได้จึงไม่นำไฟฟ้า นอกจากนี้ถ้ามี pH มากกว่า 9 หรือน้อยกว่า 5 หรืออุณหภูมิสูงค่า  
การนำไฟฟ้าก็จะสูงตามไปด้วย ค่าการนำไฟฟ้ามีหน่วยเป็นไมโครโมห์ต่อเซนติเมตร  
(Micromhos/cm) หรือไมโครซีเมนซ์ต่อเซนติเมตร (Microsimans/cm)

การนำไปใช้ประโยชน์ของค่าการนำไฟฟ้า ได้แก่ ในการควบคุมหม้อต้มและ  
ควบคุมการกำจัดความกระด้างในโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆ เป็นต้น นอกจากนี้เป็นข้อมูลพื้นฐาน  
ในการวิเคราะห์ตัวแปรต่างๆ เช่น ปริมาณของแข็ง คลอไรด์ และความกระด้าง เป็นต้น

#### เครื่องมือและอุปกรณ์

1. เครื่องวัดค่าการนำไฟฟ้า
2. ปีกเกอร์ขนาด 100 มิลลิลิตร

#### วิธีการวิเคราะห์

การวัดค่าการนำไฟฟ้าด้วยเครื่องมือ วิธีการวิเคราะห์จะขึ้นอยู่กับเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ให้ศึกษาวิธีการวิเคราะห์จากคู่มือนั้นๆ การวัดค่าการนำไฟฟ้าด้วยเครื่องมือวิเคราะห์ค่าการนำไฟฟ้าเสียบปลั๊ก กดปุ่ม On/Off รอ 15 นาที เพื่อทำการอุ่นเครื่องและตรวจสอบความพร้อมของเครื่องก่อนใช้งาน กด Mode เลือกพารามิเตอร์ Cond จากนั้น กด Cal เพื่อเข้าสู่กระบวนการทำงาน Calibration ทำการ Calibrate โดยล้าง Probe ด้วยน้ำกลั่นและจุ่มลงใน KCl ความเข้มข้น 0.01 M ปรับให้ได้ค่าการนำไฟฟ้า 1413  $\mu\text{s}/\text{cm}$  อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส จากนั้นล้าง Probe ด้วยน้ำกลั่นเช็ดให้แห้งการวัดตัวอย่าง กด Mode เข้าสู่การวิเคราะห์ตัวอย่าง โดยการนำตัวอย่างน้ำมาปริมาตร 100 มิลลิลิตร ณ. สภาวะอุณหภูมิห้อง ล้าง Probe ด้วยน้ำกลั่นและจุ่มลงในตัวอย่าง อ่านค่าบันทึกผลค่าการนำไฟฟ้าและอุณหภูมิที่ได้ลงในตารางบันทึกผล ทำซ้ำจนหมดตัวอย่างที่ต้องการวิเคราะห์ ล้าง Probe ด้วยน้ำกลั่นซับด้วยกระดาษทิชชูให้แห้ง เก็บเข้าที่ปิดเครื่อง

**หมายเหตุ** ทุกขั้นตอนให้ล้าง Probe ด้วยน้ำกลั่น ซับให้แห้ง หัว Probe ต้องจุ่มอยู่ในสารละลาย Electrolyte หรือน้ำกลั่นตลอดเวลา

### 3.6) การวิเคราะห์ของแข็งทั้งหมด (Total Solids)

#### หลักการ

ตัวอย่างน้ำที่ผสมกันอย่างดีในถ้วยระเหยซึ่งทราบน้ำหนักจะถูกนำไประเหยด้วยไอน้ำ จนแห้งและนำไปอบที่ 103-105 องศาเซลเซียส ทำให้เย็นและชั่งน้ำหนัก น้ำหนักส่วนที่เพิ่มคือ น้ำหนักของของแข็งทั้งหมดในน้ำ

#### เครื่องมือและอุปกรณ์

1. ถ้วยระเหย (ถ้วยกระเบื้อง)
2. หม้ออังน้ำ
3. โถทำแห้ง (Desiccator)
4. ตู้อบ
5. เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง

#### วิธีการวิเคราะห์

นำถ้วยกระเบื้องไปอบที่อุณหภูมิ 103-105 องศาเซลเซียส 1 ชั่วโมง ปล่อยให้เย็นในโถทำแห้งเมื่อจะใช้จึงนำมาชั่ง สมมุติเป็นน้ำหนัก A เขย่าตัวอย่างให้เข้ากันเทใส่ถ้วยกระเบื้อง ปริมาตร 50 มิลลิลิตร นำเข้าอบในตู้อบอุณหภูมิ 103-105 องศาเซลเซียสอย่างน้อย 1 ชั่วโมง ปล่อยให้เย็นในโถทำแห้ง ชั่งน้ำหนักสมมุติเป็นน้ำหนัก B ทำซ้ำ 2 ครั้งจนได้น้ำหนักคงที่

#### การคำนวณ

$$\text{ของแข็งทั้งหมด (มก./ล.)} = \frac{(B - A) \times 10^6}{C}$$

- A = น้ำหนักถ้วยระเหยอย่างเดียว , กรัม  
 B = น้ำหนักถ้วยระเหยและของแข็ง , กรัม  
 C = ปริมาตรตัวอย่างน้ำ (มล.)

### 3.7) การวิเคราะห์หาค่าไนโตรเจน (TKN)

Total Kjeldahl Nitrogen หรือ ทีเคเอ็น (TKN) หมายถึง ผลรวมของแอมโมเนีย และสารอินทรีย์ไนโตรเจน การหาค่าทีเคเอ็นมักทำโดยเปลี่ยนสารอินทรีย์ไนโตรเจนให้มาอยู่ในรูปแอมโมเนียก่อน แล้วจึงวัดปริมาณแอมโมเนียทั้งหมด

การเก็บรักษาตัวอย่างน้ำ เมื่อเก็บตัวอย่างน้ำแล้วควรนำมาวิเคราะห์ทันที ถ้าจะยังไม่ทำการวิเคราะห์ให้เก็บรักษาตัวอย่างโดยเติมกรดกำมะถันเข้มข้น 0.8 มิลลิลิตร/ตัวอย่างน้ำ 1 ลิตร แล้วนำไปแช่เย็น

#### เครื่องมือและอุปกรณ์

1. ขวดเจลดาลท์ (Kjeldahl) ขนาด 800 มิลลิลิตร
2. ชุดเครื่องมือสำหรับการย่อยสลาย
3. ชุดเครื่องมือสำหรับการกลั่นแอมโมเนีย

#### สารเคมี

1. พรอทออกไซด์
2. กรดกำมะถัน
3. โพแทสเซียมซัลเฟต
4. โซเดียมไฮดรอกไซด์
5. โซเดียมไธโอซัลเฟต
6. สารละลายฟีนอล์ฟทาลีน

#### การเตรียมสารเคมี

1. สารละลายพรอทซัลเฟต ละลายพรอทออกไซด์ (HgO, Red) 8 กรัม ในกรดกำมะถัน 6 นอร์มัล ปริมาตร 100 มิลลิลิตร
2. น้ำยาสำหรับย่อยสลาย (Digestion Reagent) ละลายโพแทสเซียมซัลเฟต ( $K_2SO_4$ ) 134 กรัม ในน้ำกลั่น 650 มิลลิลิตร เติมกรดกำมะถันเข้มข้น 200 มิลลิลิตร คนให้เข้ากัน และเติมสารละลายพรอทซัลเฟต 25 มิลลิลิตร เจือจางด้วยน้ำกลั่นให้สารละลายมีปริมาตร 1 ลิตร เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส เพื่อป้องกันการตกผลึก
3. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์-โซเดียมไธโอซัลเฟต (Sodium Hydroxide-Sodium Thiosulfate Reagent) สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 500 กรัม และโซเดียมไธโอซัลเฟต ( $Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O$ ) 25 กรัม ในน้ำกลั่นเจือจางเป็น 1 ลิตร
4. สารละลายฟีนอล์ฟทาลีนอินดิเคเตอร์ ละลายฟีนอล์ฟทาลีน 5 กรัม ในเอทานอล 95% เจือจางในน้ำกลั่นเป็น 500 มิลลิลิตร

#### วิธีการวิเคราะห์

ตวงน้ำตัวอย่างใส่ขวดเจลดาลท์ 25 มิลลิลิตร

### การย่อยสลาย

เติมน้ำยาสำหรับย่อยสลาย 50 มิลลิลิตร ลงในขวดเจลตาลท์ นำเข้าเครื่องย่อยสลาย ต้มจนเกิดควันสีขาว ให้ต้มเรื่อยๆจนได้สารละลายสีใส จากนั้นย่อยสลายต่ออีก 20-30 นาที ปิดเครื่องย่อยทิ้งให้เย็น เติมน้ำกลับ 70 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันและทำให้เป็นต่างโดยการเติม โซเดียมฮดรอกไซด์-โซเดียมไฮโอซัลเฟต 50 มิลลิลิตร และฟีนอลทาลีน 5 หยด

### การกลั่น

ต่อขวดเจลตาลท์เข้ากับเครื่องกลั่นด้วยความร้อนที่พอเหมาะ เก็บส่วนที่กลั่นออกมาผ่านหลอดแก้วที่จุ่มในสารละลายกรดบอริก 50 มิลลิลิตร โดยใช้เวลากลั่น 4 นาที นำมาไตเตรทด้วยสารละลายกรดซัลฟูริกเข้มข้น 0.02 นอร์มัล จนได้สีเดม (สีม่วงของสารละลายบอริก) สังเกต และจดปริมาตรที่ใช้ในการไตเตรท

### การคำนวณ

สารอินทรีย์ไนโตรเจน = TKN - แอมโมเนียไนโตรเจน

## 2.2 การศึกษาคุณภาพดิน

การศึกษาปริมาณธาตุอาหารหลัก (N, P, K) และธาตุอาหารรอง (Ca, Mg, S) ในดินห้องน้ำ ในแหล่งน้ำที่มีบัวภายในจังหวัดอุบลราชธานีกลุ่มผู้วิจัยได้รวบรวมขั้นตอนและวิธีการวิเคราะห์มี รายละเอียดดังต่อไปนี้

- 1) ทำการสุ่มตัวอย่าง แบบเจาะจง เพื่อเป็นตัวแทนในการศึกษาคุณภาพดิน หลังจากทำการสำรวจความหลากหลายของบัวในเบื้องต้นเสร็จเรียบร้อยแล้ว โดยสุ่มตัวอย่างได้ 21 จุด จากถนนสายหลัก 8 เส้นทาง โดยใช้พิกัดเดียวกับการศึกษาคุณภาพน้ำ
- 2) ทำการสำรวจและเก็บข้อมูลคุณภาพน้ำภาคสนาม ณ 21 จุดดังกล่าว โดยใช้ค่าความเป็นกรดต่าง ค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำ ค่าการนำไฟฟ้า เป็นต้น
- 3) เก็บตัวอย่างดิน ตามจุดต่างๆ ทั้ง 21 จุด ใส่ถุงพลาสติก เพื่อนำมาตากให้แห้งในที่ร่มและวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ โดยมีพารามิเตอร์ที่ศึกษา คือธาตุอาหารหลักทั้ง 3 ได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม และธาตุอาหารรอง ได้แก่ แคลเซียม แมกนีเซียม ซัลเฟอร์

### วิธีดำเนินการวิจัย

#### 1) ขั้นตอนการเก็บตัวอย่าง

##### อุปกรณ์เก็บตัวอย่าง

1. เสียม พลั่ว และเครื่องมือเก็บตัวอย่างดิน
2. ถัง เก็บตัวอย่างดิน
3. ถุงพลาสติกสำหรับใส่ตัวอย่างดิน 1 กิโลกรัม

#### 2) วิธีการเก็บตัวอย่าง

1. ขุดดินตามแนวตึงประมาณ 15 เซนติเมตร
2. แฉะดินจากปากหลุมข้างใดข้างหนึ่ง ให้หนาประมาณ 1 เซนติเมตร จนถึงก้นหลุมแล้ววัดดินชั้น เหลือส่วนตรงกลางไว้ 2-3 เซนติเมตร ใส่ไว้ในภาชนะรวบรวมดิน ปฏิบัติเช่นนี้ทุกๆจุดตามที่กำหนดไว้

3. คลุกเคล้าดินทั้งหมดให้เข้ากัน แบ่งดินประมาณ 1 กิโลกรัมใส่ถุงพลาสติกที่สะอาด รัดปากถุงให้แน่น บันทึกรายละเอียดตัวอย่างดินให้เรียบร้อย

### 3) การเตรียมตัวอย่างดินเพื่อการวิเคราะห์

1. นำตัวอย่างดินแต่ละตัวอย่างลงภาชนะ หรือเกลี่ยบนกระดาษที่สะอาด ผึ่งให้แห้งในที่ที่ไม่มีฝุ่นละออง หรือสารเคมีใดๆ และผึ่งในที่ร่มไม่ให้โดนแดด

2. นำตัวอย่างดินที่แห้งดีแล้วมาบด โดยการบดด้วยครกกระเบื้อง แล้วร่อนด้วยตระแกรง

3. นำตัวอย่างดินที่ร่อนได้ใส่ในภาชนะที่สะอาด หรือถุงพลาสติกแล้วติดป้ายแสดงตัวอย่างดินไว้ เพื่อนำไปวิเคราะห์

### 4) การวิเคราะห์คุณภาพดิน

#### 4.1) การวิเคราะห์ไนโตรเจน

##### 4.1.1) อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ไนโตรเจน

1. ขวดแก้วกันแบน (Erlenmeyer Flask) ขนาด 250 มิลลิลิตร
2. ปิเปตขนาด 10 มิลลิลิตร
3. กระบอกตวงขนาด 25 และ 50 มิลลิลิตร
4. บิวเรตขนาด 50 มิลลิลิตร

##### 4.1.2) สารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์ไนโตรเจน

1. สารละลายโพแทสเซียมไดโครเมท (Potassium Dichromate) 1 N โดยนำโพแทสเซียมไดโครเมท ( $K_2Cr_2O_7$ ) อบที่ 25 องศาเซลเซียส 49 กรัม ละลายในน้ำกลั่น ปรับปริมาตร 1 ลิตร

2. ละลายเฟอร์รัสแอมโมเนียมซัลเฟต (Ferrous Ammonium Sulphate) 0.1 N โดยนำเฟอร์รัสแอมโมเนียมซัลเฟต ( $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$ ) 200 กรัม (ละลายในน้ำกลั่น 500 มิลลิลิตร) เติมกรดซัลฟูริกเข้มข้นลงไป 25 มิลลิลิตร ปรับปริมาตร 1 ลิตร

3. สารละลายออร์โทฟีแนนโทรีนอินดิเคเตอร์ (0.025 M) โดยนำเฟอร์รัสซัลเฟต ( $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ ) 0.7 กรัมและออร์โทฟีแนนโทรีน (O-Phenanthroline) 1.48 กรัม ละลายในน้ำกลั่น ปรับปริมาตร 100 มิลลิลิตร

##### 4.1.3) วิธีการวิเคราะห์

1. ชั่งตัวอย่างดิน 1 กรัม (บันทึกน้ำหนักที่แน่นอนเป็นทศนิยม 4 ตำแหน่ง) ใส่ในขวดแก้วกันแบนขนาด 250 มิลลิลิตร
2. ปิเปตสารละลายโพแทสเซียมไดโครเมท 1 N 10 มิลลิลิตร
3. เติมกรดซัลฟูริกเข้มข้น 15 มิลลิลิตร เขย่าขวดแก้วเบาๆเป็นเวลา 1-2 นาที ตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา 30 นาที
4. เติมน้ำกลั่นประมาณ 50 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ให้เย็น
5. หยดอินดิเคเตอร์ ออร์โทฟีแนนโทรีน 5 หยด

6. ไตรเตรทด้วยสารละลายเฟอร์รัสแอมโมเนียมซัลเฟต 0.5 N เพื่อหาปริมาณโพแทสเซียมไดโครเมท ที่เหลือจากปฏิกิริยาจนกระทั่งสีของสารละลายดินเปลี่ยนจากสีน้ำตาลแดงเป็นสีเขียว

7. บันทึกปริมาณโพแทสเซียมไดโครเมท และเฟอร์รัสแอมโมเนียมซัลเฟตที่ใช้

8. ทำ Blank เช่นเดียวกันกับวิธีวิเคราะห์ดิน

9. คำนวณปริมาตรอินทรีย์คาร์บอน อินทรีย์วัตถุในดิน และปริมาณไนโตรเจนในดิน

#### 4.1.4) การคำนวณ

$$\% \text{ Organic carbon} = \frac{(B-T)}{B} N \times \frac{100}{77} \times \frac{3}{10^3} \times \frac{100}{X} \times 10$$

$$\text{Organic matter} = \% \text{ Organic car} \times 1.724$$

$$\text{หรือ Organic matter} = \frac{(B-T)}{B} N \times \frac{100}{77} \times \frac{100}{58} \times \frac{3}{10^3} \times \frac{100}{X} \times 10$$

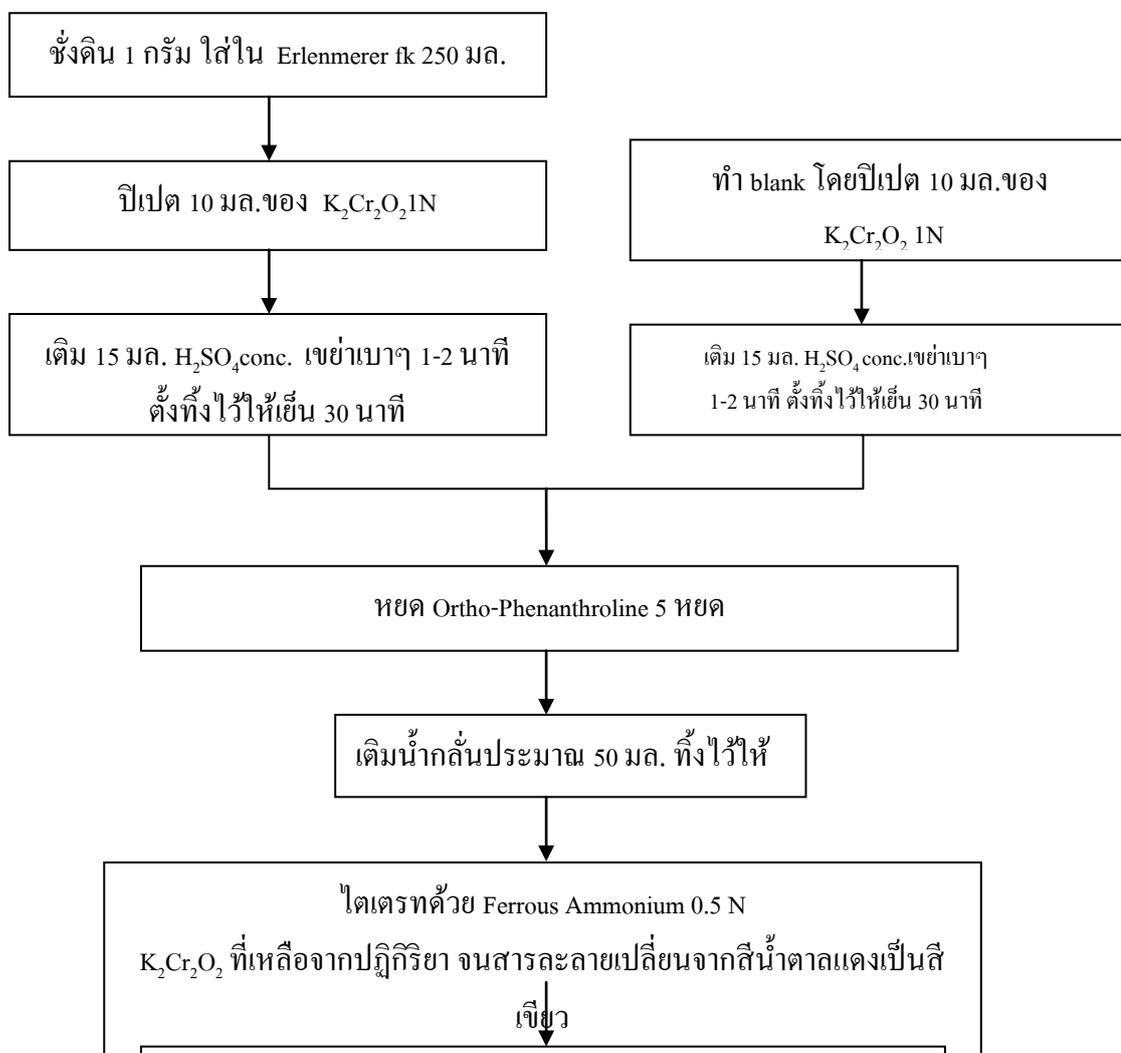
$$\% \text{ Total Nitrogen} = \text{Organic matter} \times 0.05$$

เมื่อ N = ความเข้มข้นของโพแทสเซียมไดโครเมท (นอร์มอล)

B = ปริมาณของสารละลายเฟอร์รัสแอมโมเนียม ซัลเฟตที่ไตรเตรทกับ blank(ml)

T = ปริมาณของสารละลายเฟอร์รัสแอมโมเนียม ซัลเฟตที่ไตรเตรทกับตัวอย่างดิน(ml)

X = น้ำหนักดิน (กรัม)



ภาพที่ 3.1 แสดงขั้นตอนการวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนในดิน

#### 4.2) การวิเคราะห์ฟอสฟอรัส

##### 4.2.1) อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ฟอสฟอรัส

1. เครื่อง Spectrophotometer
2. หลอดทดลอง (Test Tube)
3. กระจกกรองเบอร์ 5
4. ขวดแก้วรูปชมพู่ (Erlenmeyer Flask) ขนาด 50 มล., 120 มล.
5. ปิเปตขนาด 5, 10 และ 20 มล.
6. ขวดวัดปริมาตร ขนาด 100 มล.
7. ขวดโพลีเอตไธลีน
8. กระจกทึบ
9. เครื่องอบ (Oven)

##### 4.2.2) สารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์ฟอสฟอรัส

1. สารละลาย Bary II (30.03 M  $\text{NH}_4\text{F}/0.1 \text{ MHCL}$ )
2. สารละลายแอมโมเนียมโมลิบเดต (Ammonium Molibdate ,  
( $\text{NH}_4$ )<sub>6</sub>Mo<sub>7</sub>O<sub>24</sub>·H<sub>4</sub>O)
3. กรดกำมะถัน ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) เข้มข้น 2.5 M
4. สารละลายโพแทสเซียมแอนติโมนีทาร์เทรต (Potassium  
Antimonytarte.  $\text{KsbOC}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$ )
5. สารละลายกรดแอสคอร์บิก (Ascorbic Acid) 1.75%
6. สารละลายกรดบอริก (Boric Acid,  $\text{H}_3\text{BO}_3$ ) 4.4%
7. สารละลายมาตรฐานฟอสฟอรัส
8. สารละลายโพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต ( $\text{KH}_2\text{PO}_4$ )
9. สารละลายมาตรฐานฟอสฟอรัส 0-3ppm (Working Standard)
10. conc.  $\text{H}_2\text{SO}_4$  เข้มข้นอย่างน้อย 96%

##### 4.2.3) วิิธีหาฟอสฟอรัส ฟอสฟอรัสในดินมีทั้งที่อยู่ในรูปอินทรีย์ฟอสเฟต

และอนินทรีย์ฟอสเฟต รูปของฟอสฟอรัสที่พืชดูดไปใช้ คือ Orthophosphate ( $\text{H}_2\text{PO}_4$ ) และ Dibasic Orthophosphate ( $\text{H}_2\text{PO}_4^{-2}$ ) การหาฟอสฟอรัสมีสองขั้นตอนคือ วิิธีสกัด และวิิธีปรับสี วิิธีสกัดมีหลายวิิธี แต่เป็นที่ยอมรับอยู่ในกองวิิเคราะห์ดินมีวิิธี คือวิิธี Bary II สารละลาย Bary II ประกอบด้วย HCL และ  $\text{NH}_4\text{F}$  ฟอสฟอรัสละลายง่ายในดิน กรดจะถูกสกัดออก ส่วนใหญ่ คือ

Calcium-Phosphate และบางส่วนเป็น Aluminium และ Iron-Phosphate  $\text{NH}_4\text{F}$  จะละลาย Al และ Fe- Phosphate ออกมาโดย Fluorid จะ Form-Complex กับ Fe และ Al ในสารละลายที่เป็นกรดทำให้ Phosphate ถูกปล่อยออกมาวิธีนี้เหมาะกับดินที่เป็นกรดปานกลาง

#### 4.2.4) อุปกรณ์ สารเคมี และวิธีการเตรียม

1. เครื่อง Spectrophotometer
2. สารละลาย 0.1 M Ammonium Fluorid ( $\text{NH}_2\text{F}$ ) สารละลาย Ammonium Fluorid 3.7 กรัม ด้วยน้ำกลั่นปรับปริมาตรเป็น 100 มล. (เก็บไว้ในขวด Polyethylene)
3. กรดเกลือ 0.5 M ( $\text{HCl}$  0.5 M) Dilute 83.3 มล.  $\text{HCl}$  6M (หรือ 43.1 มล. conc  $\text{HCl}$ ) ให้มีปริมาตรเป็น 1 ลิตร ด้วยน้ำกลั่น
4. ละลาย Bary II (0.1 M  $\text{HCl}$  และ 0.03 M  $\text{NH}_4\text{F}$ ) ใส่ 0.1 M  $\text{NH}_4\text{F}$  30 มล. (ข้อ 1) และ 0.5  $\text{HCl}$  (ข้อ 3) 200 มล. ในขวดที่มีน้ำกลั่นประมาณ 700 มล. และปรับปริมาตรเป็น 1 ลิตร (สารละลายนี้สามารถเก็บไว้ได้เกิน 1 ปี ในขวด Polyethylene)

#### สารปรับสีที่ใช้

1. กรดกำมะถัน 2.5 M ค่อยๆเติมกรดกำมะถันเข้มข้น 70 มล. ลงใน Volumetric Flask ขนาด 500 มล. ที่มีน้ำบรรจุอยู่ 300 มล. กวนให้เข้ากันดีปรับปริมาตรเป็น 500 มล. (ภายหลังจากที่ทิ้งให้สารละลายเย็น)
2. สารละลาย Ammonium Molybdate 4 กรัม ด้วยน้ำกลั่น 100 มล. (เก็บในขวด Polyethylene)
3. ละลาย Potassium Antimony Tartrate ( $\text{KsbOC}_4\text{H}_4\text{O}_6$ ) ละลาย Potassium Antimony Tartrate 0.27 กรัม ด้วยน้ำกลั่น 100 มล.
4. สารละลาย Ascorbic Acid ละลาย Ascorbic Acid 1.75 กรัม ด้วยน้ำกลั่น 100 มล. (สารละลายชนิดนี้จะต้องเตรียมใหม่ทุกครั้งที่ใช้)
5. สารละลายผสม (Mixed Reagent) จะต้องเตรียมใหม่ทุกครั้งที่ทำ  
การวิเคราะห์ประกอบด้วย
  - (1) 25 M  $\text{H}_2\text{SO}_4$  50 มล.
  - (2) ละลาย Ammonium Molybdate 15 มล.
  - (3) สารละลาย Ascorbic Acid 30 มล.
  - (4) สารละลาย Potassium Antimony Tartate 5 มล.
  - (5) น้ำกลั่น 100 มล.
 การเตรียมสารละลายผสมควรใส่ในขวด Polyethylene หรือขวด Pyrex เขย่าให้เข้ากันได้ดี
6. Boric Acid ( $\text{H}_3\text{BO}_4$ ) ละลาย 45 กรัม Boric Acid ในน้ำกลั่น 1 ลิตร สารละลายมาตรฐานฟอสฟอรัส 50 ppm สารละลาย  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  0.215 กรัม (ใช้ชนิด A.R Grade อบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส ประมาณ 2-3 ชั่วโมง) ในน้ำกลั่น 400 มล. และปรับปริมาตรเป็น 1 ลิตร ปิเปตสารละลายมาตรฐาน 50 ppm นี้ลงใน Volumetric Flask ขนาด 200

ลิตร ดังนี้ 0,2,6,8,10, และ 12 มล.ลงใน Volumetric Flask ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นเป็น 200 มล. จะได้สารละลายฟอสฟอรัส 0,0.5 ,1.0 ,1.5 ,2.0,2.5 และ 3 ppm ตามลำดับ

#### 4.2.5) วิธีทำการทดลอง

1. ชั่งดิน 1 กรัม ใส่ใน Erlenmeyer Flask ขนาด 50 มล. โดยทำ bank และ Referenc Sample ไปพร้อมกันด้วย
2. เติมสารละลาย Bray II 20 มล. เขย่าด้วยมือ นาน 1 นาที กรองทันที ใช้กระดาษกรอง เบอร์ 5
3. ถ้าสารละลายไม่ใสก็ให้กรองใหม่อีกครั้ง โดยใช้กระดาษกรองแผ่นเดิม
4. หลังจากสกัดได้สารละลายใสแล้ว บีบเปิดสารละลาย มา 3 มล. ใส่ในหลอดทดลองเติม Boric Acid 3 มล. และ Mixed Reagent 3 มล. ผสมให้เข้ากันดี ตั้งทิ้งไว้อย่างน้อย 1 ชั่วโมง เพื่อให้สีน้ำเงินเกิดขึ้นจนสมบูรณ์ นำไปวัดด้วยเครื่อง Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 880 หรือ 882 นาโนเมตร โดยนำไปเทียบกับสารละลายมาตรฐานทุกครั้งจะต้อง ทำ bank ด้วย

#### 4.2.6) การคำนวณ

$$P \text{ (ppm หรือ mg / kg soil)} = \frac{20(a - b)}{A}$$

a = ppm ในน้ำตัวอย่าง

b = ppm ใน bank

20 = อัตราส่วน Extracting Solution : ดิน (20/ 1 ดิน=20)

A = น้ำหนักดินแห้ง

#### 4.2.7) สิ่งที่ต้องสังเกต

1. ค่าฟอสฟอรัสที่วัดได้จะสูงขึ้นตามความเข้มข้นของสี (น้ำเงิน)
2. ค่าที่ผ่านได้ถ้ามีค่าเกิน 3 ppm จะต้อง Dilute ให้มีค่าไม่เกิน 3 ppm ค่าที่อ่านได้จึงจะได้ค่าที่ถูกต้อง
3. ดินที่มีสีดำ หรือดินที่มีปริมาณดินเหนียวค่อนข้างสูง จะมีค่าฟอสฟอรัสสูงกว่าดินที่เป็นดินทราย
4. ควรเตรียมสารละลายปรับสีให้มีปริมาณมากพอ สำหรับดินที่มีค่าฟอสฟอรัสสูงในกรณีที่จะต้องทำการ Dilute ด้วย

### 4.3) การวิเคราะห์โพแทสเซียม

#### 4.3.1) อุปกรณ์ สารเคมี และวิธีการเตรียม

1. น้ำยาสกัด DA (Duble Acids) บีบเปิดกรดไฮโดรคลอริก 83 มล. ใส่ในขวดปริมาตร 2,000 มล. และกรดซัลฟูริก 14 มล. ปรับปริมาตรให้ได้ 2,000 มล.
2. Ionic Strength Adjuster (5 M NaCL) ชั่งโซเดียมคลอไรด์ 292.2 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 1 ลิตร

3. std. K<sup>+</sup> ซ็้อสำเร็จรูป (1995 ATI Orion Boston , MA 02129 USA)

4. เครื่อง Flame Photometer

#### 4.3.2 วิธีการทดลอง

ชั่งดิน 6 กรัม เติมน้ำยาสกัด DA 24 มล. เขย่าด้วยเครื่อง 5 นาที กรองด้วยกระดาษกรอง Whatman NO.42 บีบอัดสารละลายที่สกัดได้ 10 มล. ปริมาตรให้ได้ 25 มล. (ด้วยการเติมน้ำกลั่น 15 มล.) เติมน้ำ ISA K<sup>+</sup> 0.5 มล. วัดด้วยเครื่อง Microprosser Ion Analyzer ( MIA)

#### 4.3.3 วิธีการคำนวณ

ปริมาตร K ในดิน = K x df

เมื่อ K คือ ค่าที่อ่านได้ในเครื่อง

df = Dilution Factor

ซึ่งในการ วิเคราะห์ได้ทำการวิเคราะห์ ที่ห้องปฏิบัติการ การวิเคราะห์ดินของสำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 4 ซึ่งตั้งอยู่ที่ สถานีพัฒนาที่ดินขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น ภายใต้การควบคุมของเจ้าหน้าที่วิทยาศาสตร์ประจำห้องปฏิบัติการ

#### 4.4) วิธีวิเคราะห์ โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม

วิธีวิเคราะห์ โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมที่เป็นประโยชน์ ประกอบด้วย 2 ขั้นตอน คือ

**ขั้นตอนที่ 1 การสกัด** ขั้นตอนนี้จะใช้สารละลายต่างๆ สกัดเอาไอออนที่ละลายน้ำได้ และแลกเปลี่ยนได้ออกมาอยู่ในสารละลาย สารละลายที่ใช้สกัด ได้แก่

- 1.0 M NH<sub>4</sub>OAc
- 1.0 M HNO<sub>3</sub>
- 1.0 M HClO<sub>4</sub>.
- 25 M HOAc + 0.015 M NH<sub>4</sub>F
- Mehlich III (0.2 M HOAc + 0.25 M NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> + 0.015 M NH<sub>4</sub>F + 0.013 M HNO<sub>3</sub> + 0.001 M EDTA)
- 0.5 M NaHCO<sub>3</sub> pH 8.5

สารละลายเหล่านี้มีความสามารถสกัดส่วนที่ละลายน้ำได้ ได้ดีพอๆ กัน แต่สามารถสกัดส่วนที่แลกเปลี่ยนได้ได้ต่างกัน

**ขั้นตอนที่ 2 วิเคราะห์ความเข้มข้นของไอออนที่สกัดได้** วิธีที่นิยมใช้มี 3 วิธี คือ

1. Flame photometer วิธีนี้ใช้ได้ดีเฉพาะการวิเคราะห์โพแทสเซียม
2. Atomic absorption spectrophotometry (AAS) : วิธีนี้ใช้ได้ดีกับ แคลเซียม และ แมกนีเซียม แต่ไม่สะดวกสำหรับโพแทสเซียม เนื่องจากความเข้มข้นของ โพแทสเซียม มักสูงเกินไปสำหรับการวิเคราะห์ด้วยวิธีนี้ ทำให้ต้องเจือจาง 50-250 เท่า จึงจะวิเคราะห์ได้

3. ICP-AES : วิธีนี้ใช้ได้สะดวกทั้ง 3 ธาตุ แต่เครื่องมือมีราคาแพง และค่าใช้จ่ายในการวิเคราะห์สูงกว่าวิธี AAS และ Flame photometer

#### 4.4.1) สารเคมี

**สารละลายแอมโมเนียมอะซิเตต** สารละลายแอมโมเนียมอะซิเตต: เตรียมโดยเจือจาง glacial acetic acid ( $\text{CH}_3\text{COOH}$  : 99%)  $115 \text{ cm}^3$  ด้วยน้ำปริมาตรประมาณ  $1600 \text{ cm}^3$  เติมสารละลายแอมโมเนีย ( $\text{NH}_3$  Solution : 25%) ลงไป  $140 \text{ cm}^3$  คนสารละลายด้วยเครื่องคนแม่เหล็ก ปล่อยให้แห้งให้อุณหภูมิของสารละลายลดลงใกล้อุณหภูมิห้องปรับ pH เป็น 7.0 ด้วยสารละลายเจือจางของกรดอะซิติก หรือแอมโมเนีย แล้วปรับปริมาตรสารละลายเป็น  $2 \text{ dm}^3$

**สารละลายมาตรฐาน K (Stock Standard Solution)** สารละลายมาตรฐาน K (Stock Standard Solution): เตรียมจาก KCl (AR grade) โดยนำสารนี้ไปอบที่อุณหภูมิ  $100-110^\circ\text{C}$  เป็นเวลาไม่น้อยกว่า 3 ชั่วโมง แล้วปล่อยให้เย็นในโถแก้วดูดความชื้น ชั่งสารนี้มา 1.9067 กรัม ละลายน้ำแล้วปรับปริมาตรเป็น  $1000 \text{ cm}^3$  จะได้สารละลายซึ่งมีความเข้มข้น  $1000 \text{ mg-K/dm}^3$  เก็บสารละลายนี้ในขวด polyethylene และเก็บไว้ในที่มืด

**สารละลายมาตรฐาน Ca (Stack Standard Solution)** สารละลายมาตรฐาน Ca (Stack Standard Solution): เตรียมจาก  $\text{CaCO}_3$  (AR grade) โดยนำสารนี้ไปอบที่อุณหภูมิ  $100-110$  เซลเซียสเป็นเวลาไม่น้อยกว่า 3 ชั่วโมง แล้วปล่อยให้เย็นในโถแก้วดูดความชื้น ชั่งสารนี้มา 2.4972 กรัม ใส่ในบีกเกอร์ขนาด  $100 \text{ cm}^3$  เติมน้ำกลั่นลงไปประมาณ  $25 \text{ cm}^3$  จนท่วมสารค่อย ๆ เติม 1.0 M HCl (AR grade) ลงไปจน  $\text{CaCO}_3$  ละลายหมด จากนั้นเติมกรดเพิ่มอีกประมาณ  $25 \text{ cm}^3$  แล้วปรับปริมาตรเป็น  $1000 \text{ cm}^3$  ด้วยน้ำกลั่น จะได้สารละลายซึ่งมีความเข้มข้น  $1000 \text{ mg-Ca/dm}^3$  เก็บสารละลายนี้ในขวด polyethylene และเก็บไว้ในที่มืด

**สารละลายมาตรฐาน Mg (stock standard solution)** สารละลายมาตรฐาน Mg (stock standard solution): เตรียมจาก Mg ribbon ความบริสุทธิ์ไม่ต่ำกว่า 99.9 % ทำความสะอาดผิวของ Mg ribbon ด้วย 1 M HCl ในผิวสะอาดไม่มีสารออกไซด์สีเทาเคลือบอยู่ อบที่อุณหภูมิ  $100 - 100$  เซลเซียส ประมาณ 30 นาที แล้วปล่อยให้เย็นในโถแก้วดูดความชื้น ใช้กรรไกรสแตนเลสตัดและชั่ง 1.0000 กรัม ละลายใน 1.0 M HCl ประมาณ  $100 \text{ cm}^3$  แล้วปรับปริมาตรเข้ม  $1000 \text{ cm}^3$  ด้วยน้ำกลั่น จะได้สารละลายซึ่งมีความเข้มข้น  $1000 \text{ mg-Mg/dm}^3$  เก็บสารละลายนี้ในขวด polyethylene และเก็บไว้ในที่มืด

#### 4.4.2) อุปกรณ์และเครื่องแก้ว

1. Flame Photometer (ใช้ AAS แทนได้)
2. Atomic absorption spectrophotometer (AAS)
3. Orbital flask shaker
4. Dispenser ขนาด  $25 \text{ cm}^3$  และ  $5 \text{ cm}^3$
5. เครื่องชั่ง ความละเอียด 0.01 กรัม
6. Erlenmeyer flask ขนาด  $250 \text{ cm}^3$
7. Volumetric flask ขนาด  $100 \text{ cm}^3$
8. Volumetric flask ขนาด  $25 \text{ cm}^3$

9. Measuring pipet ขนาด 5 cm<sup>3</sup> Plastic funnel Whatman paper filter No 5

#### 4.4.3) วิธีการทดลอง

1. ชั่งดินตัวอย่างละ 5 กรัม ใส่ใน erlenmeyer flask ขนาด 250 cm<sup>3</sup>
2. เติมสารละลาย 1.0 M NH<sub>4</sub>OAc pH 7.0 ลงไป 50 cm<sup>3</sup> โดยใช้ dispenser แล้วนำไปเขย่าด้วยเครื่อง orbital shaker นาน 30 นาที
3. กรองสารละลายลงใน volumetric flask ขนาด 100 cm<sup>3</sup> ผ่านกระดาษกรอง Whatman No.5 แล้วล้างดินที่ค้างอยู่ใน erlenmeyer flask ด้วย 1.0 M NH<sub>4</sub>OAc pH 7.0 อีกประมาณ 30 cm และกรองสารละลายทั้งหมดรวมกัน แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น
4. เจือจางสารละลายมาตรฐาน K ลงให้มีความเข้มข้น 100 mg-K/dm<sup>3</sup> (ปิเปต Stock standard มา 10 cm<sup>3</sup> ใส่ใน volumetric flask ขนาด 100 cm<sup>3</sup> แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น) สารละลายที่ได้เรียกว่า intermediate standard จากนั้นเจือจาง intermediate standard ด้วยน้ำกลั่นให้มีความเข้มข้น 2 4 6 8 และ 10 mg-K/dm<sup>3</sup> สารละลายที่ได้นี้เรียกว่า working standard
5. เจือจางสารละลายมาตรฐาน Ca ลงให้มีความเข้มข้น 100 mg-Ca/dm<sup>3</sup> เติมสารละลาย Sr ลงใน volumetric flask ขนาด 100 cm<sup>3</sup> จำนวน 6 ใบ ใบละ 10 cm<sup>3</sup> แล้วปิเปตสารละลาย intermediate standard ที่เตรียมไว้ลงไป 2 4 6 8 10 และ 12 cm<sup>3</sup> ตามลำดับ จากนั้นปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น
6. เจือจางสารละลายมาตรฐาน Mg ลงให้มีความเข้มข้น 50 mg-Mg/dm<sup>3</sup> ด้วยน้ำกลั่น เติมสารละลาย Sr ลงใน volumetric flask ขนาด 100 cm<sup>3</sup> จำนวน 6 ใบ ใบละ 10 cm<sup>3</sup> แล้วปิเปตสารละลาย intermediate standard ที่เตรียมไว้ลงไป 1 2 3 4 5 และ 6 cm<sup>3</sup> ตามลำดับ จากนั้นปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น เก็บสารละลายในขวด polyethylene ในกรณีที่ต้องการเก็บไว้ใช้เป็นเวลานาน
7. เติมสารละลาย Sr ลงใน volumetric flask ขนาด 25 cm<sup>3</sup> จำนวน 3 ใบ (เท่ากับจำนวนตัวอย่างดิน) ใบละ 2.5 cm<sup>3</sup> จากนั้นปิเปตสารละลายที่กรองได้จากข้อ 5.3 ลงไปตัวอย่างละ 2.5 cm<sup>3</sup> แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น
8. นำสารละลายที่เตรียมได้ในข้อ 5 6 และ 7 ไปวัดการดูดกลืนแสงแฉ่งของ Ca และ Mg ด้วยเครื่อง AAS
9. นำสารละลายที่เตรียมได้ในข้อ 3 และ 4 ไปวัดการปลดปล่อยแสงของ K ด้วยเครื่อง flame photometer หรือเจือจางตามคำแนะนำของผู้ควบคุมปฏิบัติการ แล้วนำไปวัดการปลดปล่อยแสงด้วยเครื่อง AAS
10. เขียนกราฟมาตรฐาน และคำนวณความเข้มข้นของตัวอย่างด้วยโปรแกรม CalLib หรือความเข้มข้นของ K Ca และ Mg คำนวณได้จากสูตร

#### 4.4.4) การคำนวณ

$$\text{Exch. Cation} = \text{CfV}_s/W \quad \text{mg/kg}$$

เมื่อ  $C$  = ความเข้มข้นของ K Ca หรือ Mg ในสารละลายที่คำนวณได้จากโปรแกรม CalLib ( $\text{mg}/\text{dm}^3$ )

$f$  = จำนวนเท่าที่ต้องเจือจางสารละลายสกัดก่อนนำไปวิเคราะห์ (ปริมาตรสุทธิของสารละลายก่อนวิเคราะห์/ปริมาตรของสารละลายสกัด)

$V_s$  = ปริมาตรสุทธิของสารละลายที่สกัดได้ในที่นี้คือ  $100 \text{ cm}^3$

$W$  = น้ำหนักดิน

#### 4.5 การวิเคราะห์กำมะถัน

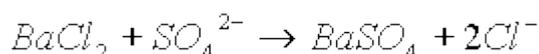
วิธีวิเคราะห์กำมะถันที่เป็นประโยชน์มี 2 ขั้นตอน คือ

**ขั้นตอนที่ 1** การสกัดกำมะถันที่อยู่ในรูปซัลเฟตไอออน หรือสามารถเปลี่ยนเป็นซัลเฟตไอออนได้ง่าย โดยใช้สารละลายต่าง ๆ เช่น

- 0.01 M  $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)$
- 0.25 M KCl
- 0.5 M  $\text{NaHCO}_3$
- 0.15 %  $\text{CaCl}_2$
- 5 mM  $\text{MgCl}_2$
- 500  $\text{mg-P}/\text{dm}^3$   $\text{KH}_2\text{PO}_4$
- 0.5 M  $\text{NH}_4\text{OAc}$  + 0.25 M HOAc

**ขั้นตอนที่ 2** การวิเคราะห์ปริมาณหรือความเข้มข้นของซัลเฟตไอออนในสารละลายที่สกัดได้ วิธีวิเคราะห์ที่นิยมมี 2 วิธี คือ

1. วิธีวัดความขุ่น (turbidimetry หรือ Nephelometry) วิธีนี้วิเคราะห์โดยเติม  $\text{BaCl}_2$  ลงไปในสารละลายที่สกัดได้ หากมี  $\text{SO}_4^{2-}$  อยู่ ปฏิกริยาเคมีเกิดขึ้นดังสมการ

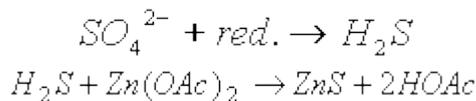


$\text{BaSO}_4$  เป็นสารที่ละลายน้ำได้น้อย ( $K_{sp} = 1.3 \times 10^{-10}$ ) จึงเกิดตะกอนขุ่นขาวขึ้น เพื่อลดการละลายของ  $\text{BaSO}_4$  ให้ต่ำลงอีก นิยมเติมสารประเภทแอลกอฮอล์ เช่น  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$  ลงไปด้วย และเพื่อต้องการให้  $\text{BaSO}_4$  แขนวลอยอยู่ในสารละลายได้มาก นิยมเติมสารเพิ่มความหนืด เช่น glycerin, gum acacia หรือ polyvinyl alcohol ลงไปด้วย จากนั้นนำสารแขวนลอยไปวัดความขุ่นที่ความยาวคลื่นประมาณ 400 nm ถ้าสารแขวนลอยขุ่นมากแสดงว่ามี ซัลเฟตมากนั่นเอง

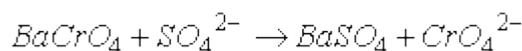
2. วิธีวัดการดูดกลืนแสง (spectrophotometry)

(1) Johnson&Nishita method วิธีนี้จะต้องรีดิวซ์ซัลเฟตในสารละลายด้วยกรดผสม HI, HCOOH และ  $\text{H}_3\text{PO}_3$  ไปเป็น  $\text{H}_2\text{S}$  จากนั้นจับแก๊สที่เกิดขึ้นด้วยสารละลาย Zn (OAc) 2 แล้วนำไปทำปฏิกิริยากับ p-aminodimethylaniline โดยมี  $\text{FeCl}_3$  เป็นสารเร่ง จะได้

methylene blue แล้วนำไปวัดการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 670 nm ปฏิกริยาเคมีเกิดขึ้นดังสมการ



(2) Chromate method วิธีนี้วิเคราะห์โดยเติมผง BaCrO<sub>4</sub> ลงไปในสารละลายที่สกัดได้จากดิน ถ้าในสารละลายมีซัลเฟตอยู่ จะเกิดปฏิกิริยาดังสมการ



จากนั้นแยกตะกอนแขวนลอยของ BaCrO<sub>4</sub> และ BaSO<sub>4</sub> ออกแล้วนำไปวัดการดูดกลืนแสงของโครเมตที่ความยาวคลื่น 370 nm วิธีนี้มีข้อเสียที่มีไอออนอื่นอีกหลายชนิดที่สามารถเกิดปฏิกิริยากับ BaCrO<sub>4</sub> ได้ เช่น ฟอสเฟต อาเซนเนต ซิลิเนต และตะกั่ว เป็นต้น ดังนั้นหากสารละลายมีไอออนเหล่านี้อยู่ จะทำให้ผลการวิเคราะห์ห่างกว่าความเป็นจริง

(3) Th-morin method วิธีนี้วิเคราะห์โดยเติมสารประกอบเชิงซ้อน Th-morin (3, 5, 7, 2', 4' -pentahydroxyflavon) ลงไปในสารละลายที่สกัดได้จากดิน ถ้าในสารละลายมีซัลเฟตอยู่ ซัลเฟตจะเกิดปฏิกิริยา Th-morin กลายเป็นสารประกอบ Th-SO<sub>4</sub> สารประกอบ Th-morin มีสีเหลืองและดูดกลืนแสงได้ดีที่สุดที่ความยาวคลื่น 410 nm ดังนั้น ถ้าในสารละลายมีซัลเฟตอยู่จะทำให้ค่าการดูดกลืนแสงลดลง นอกจากนี้สารประกอบ Th-morin ยังเรืองแสงสีเขียวเมื่อได้รับรังสีอุลตราไวโอเล็ต ในขณะที่ Th-SO<sub>4</sub> ไม่เรืองแสง ดังนั้นสามารถวิเคราะห์ความเข้มข้นของซัลเฟตได้อีกวิธีหนึ่ง โดยการวัดความเข้มของแสงสีเขียวที่ลดลง เทคนิคนี้มีไอออนรบกวนการวิเคราะห์ที่สำคัญ คือ ฟลูออไรด์ ฟอสเฟต และเหล็ก (III) ข้อเสียของวิธีนี้คือ Th-(NO<sub>3</sub>)<sub>4</sub>·2H<sub>2</sub>O เป็นสารที่มีราคาแพง และเป็นสารกัมมันตภาพรังสี ทำให้ต้องเพิ่มการป้องกันอันตรายระหว่างการวิเคราะห์

3. วิธีไอออนโครมาโทกราฟี วิธีนี้วิเคราะห์โดยใช้เครื่องไอออนโครมาโทกราฟี ข้อดีของวิธีนี้คือ สามารถวิเคราะห์แอนไอออนชนิดอื่น เช่น ฟลูออไรด์ คลอไรด์ไนเตรต หรือ ฟอสฟอรัส ได้พร้อมกันในครั้งเดียว ส่วนข้อเสียของวิธีนี้คือ ถ้าความเข้มข้นของไอออนชนิดใดชนิดหนึ่งสูงกว่าความเข้มข้นของไอออนที่ต้องการวิเคราะห์มาก จะทำให้สัญญาณของไอออนนั้นซ้อนทับสัญญาณของไอออนที่ต้องการวิเคราะห์ ดังนั้นวิธีนี้จึงเหมาะกับการวิเคราะห์ซัลเฟตที่สกัดด้วยน้ำ ในกรณีที่ต้องการวิเคราะห์ซัลเฟตที่สกัดด้วยสารละลาย จำเป็นต้องมีกระบวนการกำจัดหรือลดความเข้มข้นของแอนไอออนที่ใช้สกัดเสียก่อน

4. วิธี Inductively coupled plasma atomic emission spectrophotometry (ICP-AES) วิธีนี้วิเคราะห์โดยใช้เครื่องมือ ICP-AES ข้อดีของวิธีนี้คือ สามารถวิเคราะห์ได้รวดเร็ว และสะดวกเนื่องจากไม่มีกระบวนการทางเคมีใด ๆ เข้ามาเกี่ยวข้องในขั้นตอนการวิเคราะห์ และมีช่วงความเข้มข้นที่วิเคราะห์ได้ (working range) กว้างกว่าวิธีอื่น เครื่อง ICP-AES มีราคาแพง ทำให้หน่วยงานที่มีงบประมาณน้อย ไม่สามารถจัดหาเครื่องมือชนิดนี้ได้

#### 4.5.1 อุปกรณ์และเครื่องแก้ว

##### 1. Vis spectrophotometer

2. Analytical balance ความละเอียด 0.1 mg
3. Erlenmeyer flask ขนาด 250 cm<sup>3</sup> จำนวน 3 ใบ
4. Erlenmeyer flask ขนาด 50 cm<sup>3</sup> จำนวน 3 ใบ
5. Volumetric flask ขนาด 25 cm<sup>3</sup> จำนวน 10 ใบ
6. Volumetric flask ขนาด 100 cm<sup>3</sup> จำนวน 1 ใบ
7. Volumetric pipet ขนาด 10 cm<sup>3</sup> จำนวน 2 อัน

#### 4.5.2 สารเคมี

1. สารละลายโซเดียมคลอไรด์ในกรดไฮโดรคลอริก ซึ่งเตรียมโดยละลาย NaCl (LR grade) 240 กรัม ในน้ำกลั่นประมาณ 800 cm<sup>3</sup> เติมกรด HCl เข้มข้น (35-37% AR grade) ลงไป 5 cm<sup>3</sup> แล้วปรับปริมาตรเป็น 1000 cm<sup>3</sup>
2. สารละลายกลีเซอรินในเอทานอล : เตรียมโดยผสมกลีเซอริน (C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>O<sub>3</sub> : AR grade) 300 cm<sup>3</sup> กับเอทานอล (CH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>OH : 95% LR grade) 600 cm<sup>3</sup> เข้าด้วยกัน
3. Mixed reagent : ผสมสารละลายในข้อ 4.1 และ 4.2 ลงในขวด dispenser ในอัตราส่วน 1:1
4. สารละลายมาตรฐานซัลเฟต : เตรียมโดยนำ Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ไปอบที่อุณหภูมิ 100-110 °C เป็นเวลาไม่น้อยกว่า 3 ชั่วโมง ทั้งให้เย็นในโถแก้วดูความชื้นจากนั้นชั่งสารนี้มา 4.4299 กรัม ละลายน้ำแล้วปรับปริมาตรเป็น 1 dm<sup>3</sup> จะได้สารละลายที่มีความเข้มข้น 1000 mg-S/dm<sup>3</sup>
5. BaCl<sub>2</sub> : ใช้ในสภาพของแข็ง
6. สารละลายสกัด : เตรียมโดยละลาย 1.47 กรัม CaCl<sub>2</sub>·2H<sub>2</sub>O ในน้ำ 1 dm<sup>3</sup> จะได้สารละลายนี้ความเข้มข้น 0.01 M

#### 4.5.3 วิธีทดลอง

1. ชั่งดินตัวอย่างละ 5 กรัม (ความละเอียด 0.01 กรัม) ใส่ใน erlenmeyer flask ขนาด 250 cm<sup>3</sup>
2. เติมสารละลายสกัดลงไป 25 cm<sup>3</sup> โดยใช้ dispenser
3. นำไปเขย่าด้วยเครื่องเขย่านาน 30 นาที จากนั้นกรองด้วยกระดาษกรอง Whatman No.5 และรองรับสารที่กรองได้ด้วย erlenmeyer flask ขนาด 50 cm<sup>3</sup>
4. เจือจางสารละลายซัลเฟตมาตรฐาน โดยปิเปตสารละลาย 10 cm<sup>3</sup> ใส่ใน volumetric flask ขนาด 100 cm<sup>3</sup> แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น
5. ปิเปตสารละลายมาตรฐานที่เจือจางแล้วจากข้อ 5.4 ใส่ใน volumetric flask ขนาด 25 cm<sup>3</sup> จำนวน 0 1 2 3 4 6 และ 8 cm<sup>3</sup> (ใช้ flask 7 ใบ)
6. เติม mixed reagent ลงใน volumetric flask ทั้ง 7 ใบในข้อ 5 ในละ 10 cm<sup>3</sup> โดยใช้ dispenser แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น
7. ปิเปตสารละลายที่สกัดได้จากข้อ 3 ตัวอย่างละ 10 cm<sup>3</sup> ใส่ใน volumetric flask ขนาด 25 cm<sup>3</sup> จากนั้นเติม mixed reagent ลงไป flask ละ 10 cm<sup>3</sup> แล้วปรับ

ปริมาตรด้วยน้ำกลั่น นำสารที่เตรียมได้ในข้อ 6 (Standard) และข้อ 7(sample) ไปยังเครื่องวัดการดูดกลืนแสง (UV-Vis speetrophotometer)

8. เติมผง  $BaCl_2$  ลงไปประมาณ 50 mg แล้วเขย่า 10 ครั้ง วางทิ้งไว้ประมาณ 2 นาที เพื่อให้ฟองอากาศลอยขึ้นสู่ผิวของสารละลายจนหมด

9. วัดความขุ่นที่ความยาวคลื่น 410 nm เทียบกับ reagent blank (ปรับค่าการดูดกลืนแสงของ reagent blank ให้อ่านค่าเป็น 0.00)

10. เขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าความขุ่น (turbidance) ที่วัดได้ของสารละลายมาตรฐาน (เตรียมได้ในข้อ 5) กับความเข้มข้นของซัลเฟตในหน่วย  $mg-S/25cm^3$  ด้วยโปรแกรม CalLib หรือโปรแกรมอื่นที่ผู้ควบคุมปฏิบัติการจัดหาไว้ให้

#### 4.5.4 การคำนวณ

ความเข้มข้นของกำมะถันที่เป็นประโยชน์ในดินตัวอย่าง คำนวณได้จากสูตร Avail S =  $mVs/WV \times mg-S/kg$

เมื่อ m = ความเข้มข้นของซัลเฟตที่อ่านได้จากโปรแกรม CalLib ( $mg-S/25cm^3$ )

Vs = ปริมาตรของสารละลายสกัดที่ใช้ในที่นี้คือ  $25 cm^3$

Vx = ปริมาตรของสารละลายสกัดที่กรองได้และนำไปวิเคราะห์ ( $cm^3$ )

W = น้ำหนักดินตัวอย่าง (g)

### ศึกษาการเจริญเติบโตของบัวและปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของบัว

#### 1. สถานที่ทำการวิจัย

1) สถานที่ปลูกบัว ณ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี วิทยาเขตบ้านยางน้อย โดยใช้ท่อซีเมนต์ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 80 เซนติเมตร และสูง 60 เซนติเมตร มีฝาปิดก้นท่อ จำนวน 200 ท่อ โดยเป็นท่อ 2 ชั้น 20 ท่อ และท่อชั้นเดียว 180 ท่อ โดยใช้กระถางบัว 200 กระถาง

2) สถานที่ปลูกบัว และอนุบาลบัวบ้านเลขที่ 213 หมู่ที่ 12 ต.ไร่น้อย อ.เมือง จ.อุบลราชธานี โดยใช้ท่อซีเมนต์ 50 ท่อ และกระถางบัว จำนวน 150 กระถาง

3) บัวในแหล่งน้ำธรรมชาติ

#### 2. วัสดุและอุปกรณ์ในการศึกษา

1. กล้องถ่ายรูป
2. ตลับเมตร
3. ถังน้ำ
4. ปุ๋ยเคมี
5. ดินเหนียว
6. ป้ายชื่อ

#### 3. วิธีการศึกษา

3.1 รวบรวมชนิดพันธุ์บัวต่างๆทั้งปทุมชาติและอุบลชาติ มาปลูกในบริเวณแหล่งเรียนรู้ ณ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี บ้านยางน้อย โดยนำกระถางบัวที่รวบรวมมาใส่ในท่อซีเมนต์

ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 80 เซนติเมตร และสูง 60 เซนติเมตร จำนวน 200 ท่อ และปลุกในบริเวณ  
บ้านเลขที่ 213 หมู่ 12 ต.ไรร้อย อ.เมือง จ.อุบลราชธานี และศึกษาในประเด็นต่างๆดังนี้

- 1) การเจริญเติบโตของบัว
- 2) การขยายพันธุ์บัว
- 3) ปัจจัยในการเจริญเติบโต
- 4) โรคและแมลงศัตรู

3.2 ศึกษาการเจริญเติบโตของบัว การขยายพันธุ์บัว ปัจจัยในการเจริญเติบโต โรคและ  
แมลงศัตรู จากการสำรวจบัวในแหล่งน้ำธรรมชาติเพิ่มเติม