



บทที่ 2

วัสดุปลูก และวิธีการดำเนินการวิจัย

2.1 วัสดุปลูก

2.1.1 สถานที่ทำการทดลอง

บริเวณพื้นที่เกษตรกรรมเรือนกระจก ภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย แปลงทดลองมีลักษณะเป็นกระบะสี่เหลี่ยมเพื่อป้องกันสาหร่ายและตะไคร่น้ำขึ้นมาแย่งอาหารพืช ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของกระบะ 100 เซนติเมตร รองพื้นกระบะด้วยพลาสติกอย่างดีสีขาวใส และมีน้ำที่ใช้ปลูกพืชบรรจุอยู่ประมาณ 23 ลิตร พื้นที่ทดลองเพื่อวางกระบะเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า ขนาดกว้างประมาณ 1 เมตร ยาวประมาณ 4 เมตร จำนวน 2 แปลง

2.1.2 แหล่งเก็บน้ำตัวอย่าง

น้ำเสียที่นำมาใช้ในการทดลองนั้น นำมาจากบึงมักกะสันซึ่งมีพื้นที่ประมาณ 92 ไร่ ความกว้างโดยเฉลี่ยประมาณ 60 เมตร เติมลึกประมาณ 15 เมตร แต่เนื่องจากได้รับของเสียจากคลองสามเสน แหล่งชุมชนที่อยู่ตามขอบบึง และการระบายน้ำทิ้งจากโรงงานมักกะสันเป็นเวลานาน สารอินทรีย์และอนินทรีย์ได้สะสมอยู่ในบึง ทำให้บึงตื้นเขินโดยวัดความลึกเฉลี่ยประมาณ 2 เมตร ในการเก็บตัวอย่างน้ำบึงมักกะสันนี้ได้แบ่งพื้นที่บึงมักกะสันออกเป็น 4 แนว คือ น.1 น.2 น.3 และ น.4 แต่ละแนวเก็บตัวอย่าง 3 จุด ห่างจากริมฝั่ง ๆ ละประมาณ 2 เมตร และจุดกึ่งกลางอีก 1 จุด ดังรูปที่ 2.1

2.1.3 การเก็บตัวอย่าง

2.1.3.1 เก็บตัวอย่างน้ำเพื่อวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารและโลหะ โดยบรรจุน้ำในขวดพลาสติกขนาด 1 ลิตร จำนวน 12 ขวด แช่น้ำแข็งตลอดเวลา

2.1.3.2 เก็บตัวอย่างน้ำเพื่อนำมาใช้ในการปลูกพืช โดยบรรจุน้ำในถัง 20 ลิตร จำนวน 12 ถัง แล้วนำน้ำทั้งหมดมาผสมรวมกัน

2.1.4 พืชทดลอง

ใช้ผักคะน้า (*Brassica oleracea* L. var *alboglabra* Bailey)


2.1.5 ปุ๋ยเคมี

ใช้ปุ๋ยเคมีสูตร 16-16-16 เป็นปุ๋ยสำหรับพืชผักโดยเฉพาะ

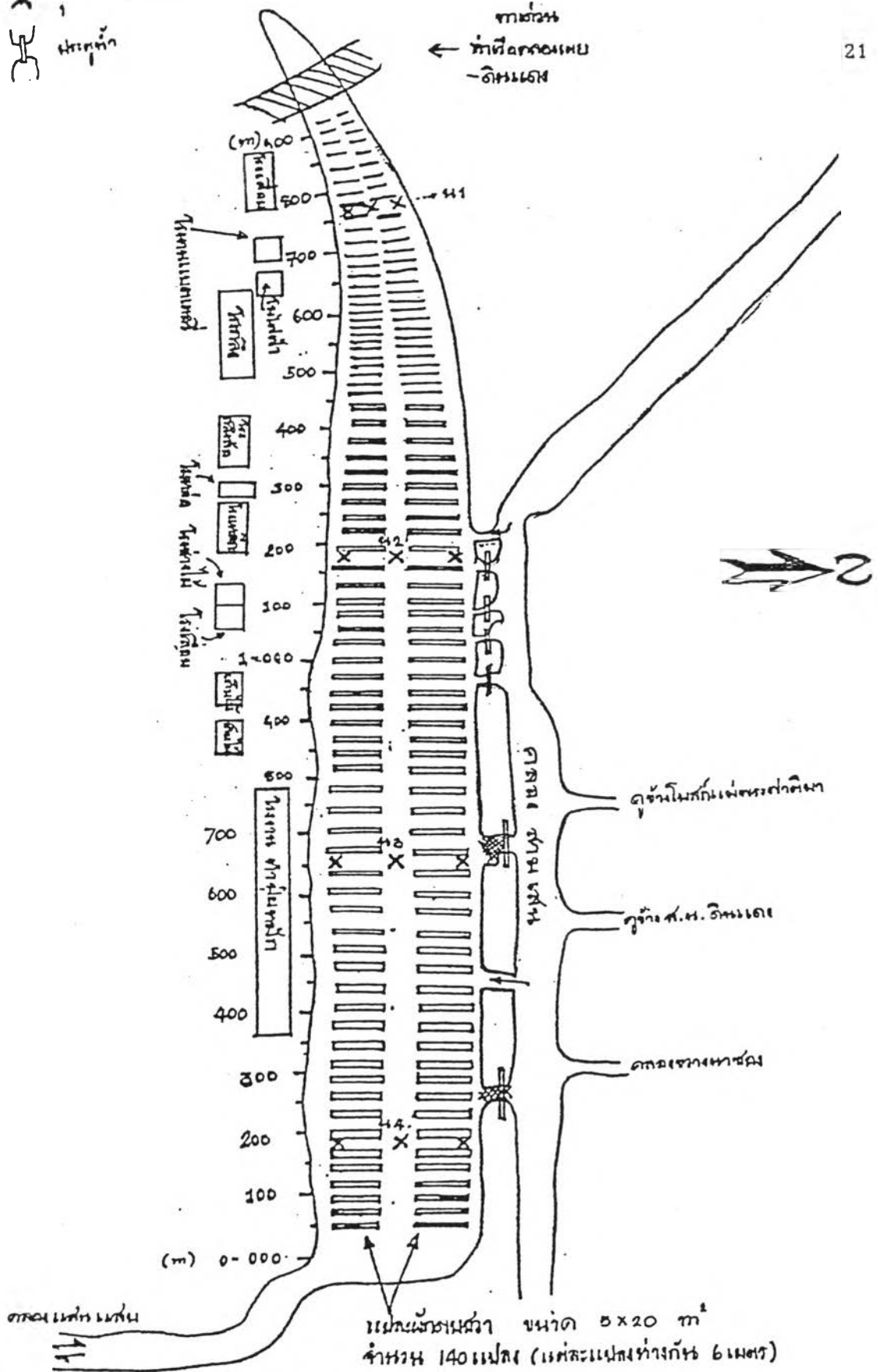
2.1.6 การเตรียมสารละลายอาหารสำหรับพืช

สารละลายอาหารของพืชที่ใช้เป็นตัวควบคุมนั้นใช้สูตรอาหาร HOAGLAND เบอร์ 2 (ASHER, 1975)

องค์ประกอบของสูตรอาหารพืช HOAGLAND เบอร์ 2 ดังตารางที่ 2.1

X จุดเก็บน้ำ

 ฝายกั้นน้ำ

จากขวา
 ← ฟ้าที่ลดยกของแบบ
 - อักษรสีแดง



รูปที่ 2.1 แสดงจุดเก็บน้ำตัวอย่างของบึงมักกะสัน สำหรับการศึกษาครั้งนี้
 (โครงการปรับปรุงบึงมักกะสัน ตามพระราชดำริ)

2.1.7 สารเคมีที่ใช้และการวิเคราะห์

ใช้สารเคมีเกรดงานวิเคราะห์ (ANALYTICAL REAGENT GRADE) สำหรับการวิเคราะห์ตัวอย่างพืช น้ำบึงมักกะสันและน้ำควบคุม โดยเทคนิคของการวิเคราะห์ตาม STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER, 1975)

ตารางที่ 2.1 แสดงสูตร HOAGLAND เบอร์ 2

Stock solution	Volume of individual stock solution	
Chemical compound	Weight (gm/l)	Complete solution (ml/l)
1. $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	236.0	5
2. KNO_3	101.0	5
3. KH_2PO_4	14.0	5
4. $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	46.0	2
5. FeNaEDTA	41.0	1
6. H_3BO_3	2.8	1
7. $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$	4.2	1
8. $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	2.4	1
9. $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	0.6	1
10. $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	0.04	1
NaOH		
Conc. HCl		ใช้ปรับค่า pH ให้ได้ประมาณ 6.5

Asher, C. J., Dept. of agri., Univer. of old., Australia, 1975.

ตารางที่ 2.2 แสดงพารามิเตอร์ที่ตรวจวิเคราะห์

พารามิเตอร์	น้ำ	พืช (ย่อยด้วยกรด)
พีเอช	*	-
ค่าการนำไฟฟ้า	*	-
แอมโมเนียมไนโตรเจน (INDO-PHENOL BLUE METHOD)	*	*
ไนเตรตไนโตรเจน (CADMIUM REDUCTION METHOD)	*	*
โบตัสเซียม (FLAME PHOTOMETRY METHOD)	*	*
ฟอสฟอรัส (ASCORBIC ACID METHOD)	*	*
เหล็ก (PHENANTHROLINE METHOD)	*	*
แมงกานีส (AAS METHOD)	*	*
แมกนีเซียม (AAS METHOD)	*	*
แคดเมียม (AAS METHOD)	*	*
ตะกั่ว (AAS METHOD)	*	*

2.1.8 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์

2.1.8.1 กระดาษอลูมิเนียม (ALUMINIUM FOIL) ใช้สำหรับห่อพืชขณะที่นำไปอบ

2.1.8.2 ตู้อบพืชให้แห้ง (HOT AIR OVEN) ตั้งอุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส นาน 8 ชั่วโมง

- 2.1.8.3 เครื่องบด-ปั่นพืช (BLENDER) สำหรับบดพืชที่อบแห้งแล้ว
- 2.1.8.4 เครื่องซึ่งไฟฟ้าอย่างหยาบ-อย่างละเอียด ซึ่งพืชที่บดแล้วเพื่อนำไปย่อยต่อไป และใช้เตรียมสารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์
- 2.1.8.5 เตาแผ่นความร้อน (HOT PLATE) ใช้สำหรับย่อยพืชและตัวอย่างอุ่นน้ำ
- 2.1.8.6 อ่างต้มน้ำ (WATER BATH) สามารถควบคุมอุณหภูมิได้ ใช้สำหรับอุ่นตัวอย่างพืชและน้ำ
- 2.1.8.7 เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (SPECTRONIC) ใช้สำหรับตรวจวิเคราะห์ NH_4^+-N $\text{NO}_3^- -\text{N}$ P Fe ในตัวอย่างพืชและน้ำ
- 2.1.8.8 เครื่องเปลวโฟโตมิเตอร์ (FLAME PHOTOMETER) ใช้สำหรับตรวจวิเคราะห์ K ในตัวอย่างพืชและน้ำ
- 2.1.8.9 เครื่องแคดเมียมคอลัมน์ (CADMIUM COLUMN)
- 2.1.8.10 เครื่องกรองสุญญากาศ (SUCTION) ใช้กรองน้ำตัวอย่าง
- 2.1.8.11 เครื่องดูดสารอัตโนมัติ (AUTOPIPET) ใช้ดูดสารเคมีที่มีปริมาณน้อยได้อย่างแม่นยำ
- 2.1.8.12 Atomic Absorption Spectrophotometer ตรวจวิเคราะห์ Mn Mg Cd Pb
- 2.1.8.13 กระดาษกรอง Whatman เบอร์ 42
- 2.1.8.14 ขวดพลาสติกที่มีฝาปิดเป็นจุกเกลียวสำหรับใส่ตัวอย่าง
- 2.1.8.15 เครื่องแก้ว ได้แก่ กระบอกตวง บีกเกอร์ พลาสติก ปิเปตกรวยตวงกระจกนาฬิกา
- 2.1.8.16 เครื่องวัดพีเอช (pH METER)
- 2.1.8.17 เครื่องวัดการนำไฟฟ้า (CONDUCTIVITY METER)

2.2 วิธีการดำเนินการทดลอง

2.2.1 การวางแผนการทดลอง

การวางแผนการทดลองสำหรับน้ำแต่ละชนิดแบบ RANDOMIZED COMPLETE BLOCK ทำการทดลองซ้ำ 2 ซ้ำ มีซ้ำรับการทดลอง 6 ซ้ำรับ ในแต่ละซ้ำมี 9 ต้น รายละเอียดของซ้ำรับการทดลองมีดังนี้

2.2.1.1 ซ้ำรับการทดลองที่ 1 (TREATMENT 1) คือ ซ้ำรับที่ใช้สารละลาย HOAGLAND เบอร์ 2 ปลุกพืช มีการเติมน้ำสารละลายให้มีปริมาตรเท่าเดิมทุก 2 สัปดาห์ โดย

เรียกว่า แปลงควบคุม (CONTROL)

2.2.1.2 ตำรับทดลองที่ 2 (TREATMENT 2) คือ ตำรับที่ใช้น้ำบึงมักกะสัน ไม่มีการเติมปุ๋ยเคมีปลุกพืช มีการเติมน้ำประปาให้มีปริมาตรเท่าเดิมทุก 2 สัปดาห์ โดยน้ำประปาที่ใช้เติมจะต้องกักไว้ประมาณ 24 ชั่วโมง

2.2.1.3 ตำรับทดลองที่ 3 (TREATMENT 3) คือ ตำรับที่ใช้น้ำบึงมักกะสัน ไม่มีการเติมปุ๋ยเคมีปลุกพืช มีการเปลี่ยนน้ำบึงทุก 2 สัปดาห์ ให้มีปริมาตรเท่าเดิม

2.2.1.4 ตำรับทดลองที่ 4 (TREATMENT 4) คือ ตำรับที่ใช้น้ำบึงมักกะสัน เติมน้ำปุ๋ยเคมีสูตร 16-16-16 ที่ละลายในน้ำกลั่นแล้ว ด้วยอัตรา 100 มิลลิลิตร/น้ำ 23 ลิตร/กระบะ (5 มิลลิลิตร/ลิตร)

2.2.1.5 ตำรับทดลองที่ 5 (TREATMENT 5) คือ ตำรับที่ใช้น้ำบึงมักกะสัน เติมน้ำปุ๋ยเคมีสูตร 16-16-16 ที่ละลายในน้ำกลั่นแล้ว ด้วยอัตรา 500 มิลลิลิตร/น้ำ 23 ลิตร/กระบะ (22 มิลลิลิตร/ลิตร)

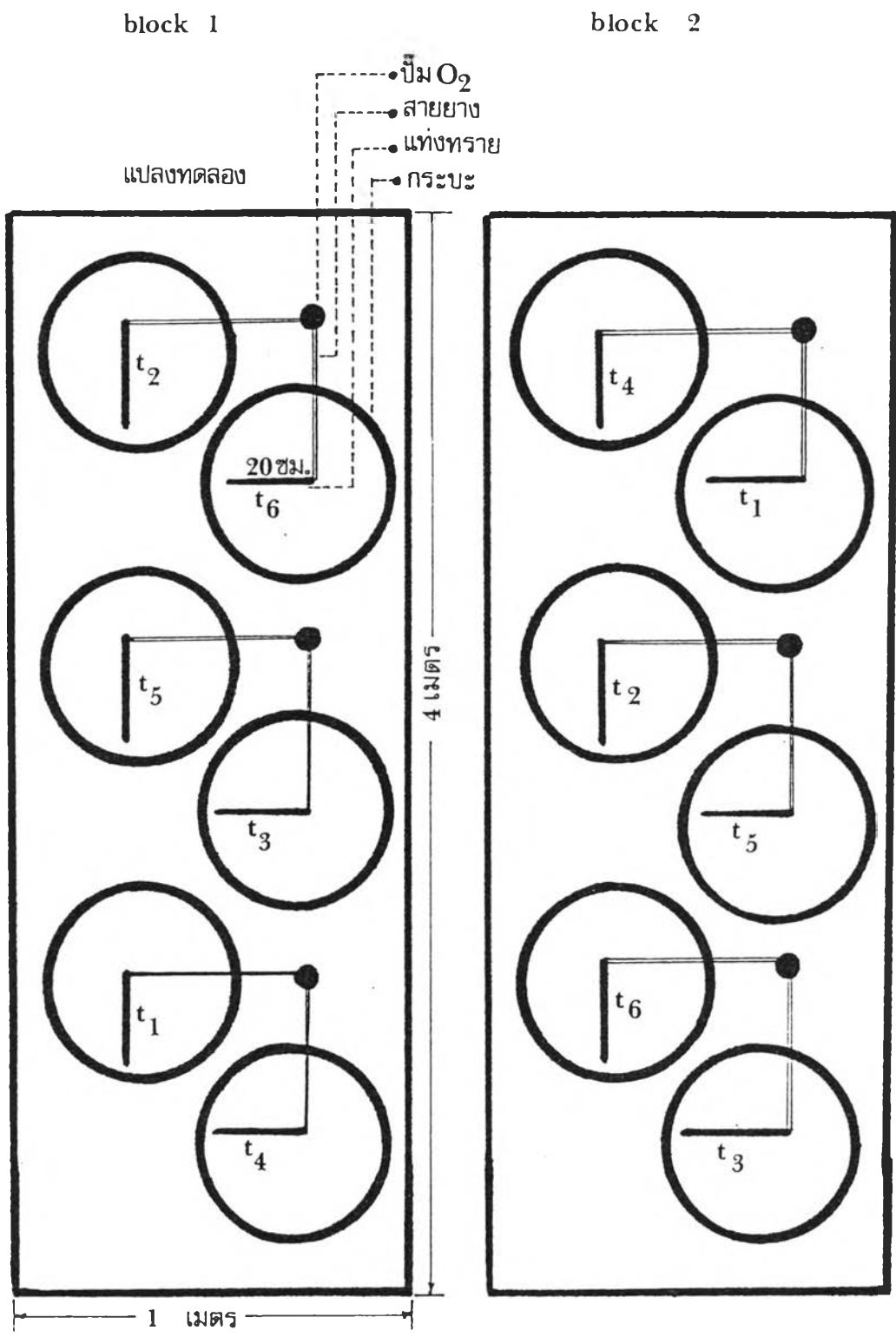
2.2.1.6 ตำรับทดลองที่ 6 (TREATMENT 6) คือ ตำรับที่ใช้น้ำบึงมักกะสัน เติมน้ำปุ๋ยเคมีสูตร 16-16-16 ที่ละลายในน้ำกลั่น ด้วยอัตรา 1,000 มิลลิลิตร/น้ำ 23 ลิตร/กระบะ (44 มิลลิลิตร/ลิตร)

2.2.2 การเตรียมแปลงทดลอง

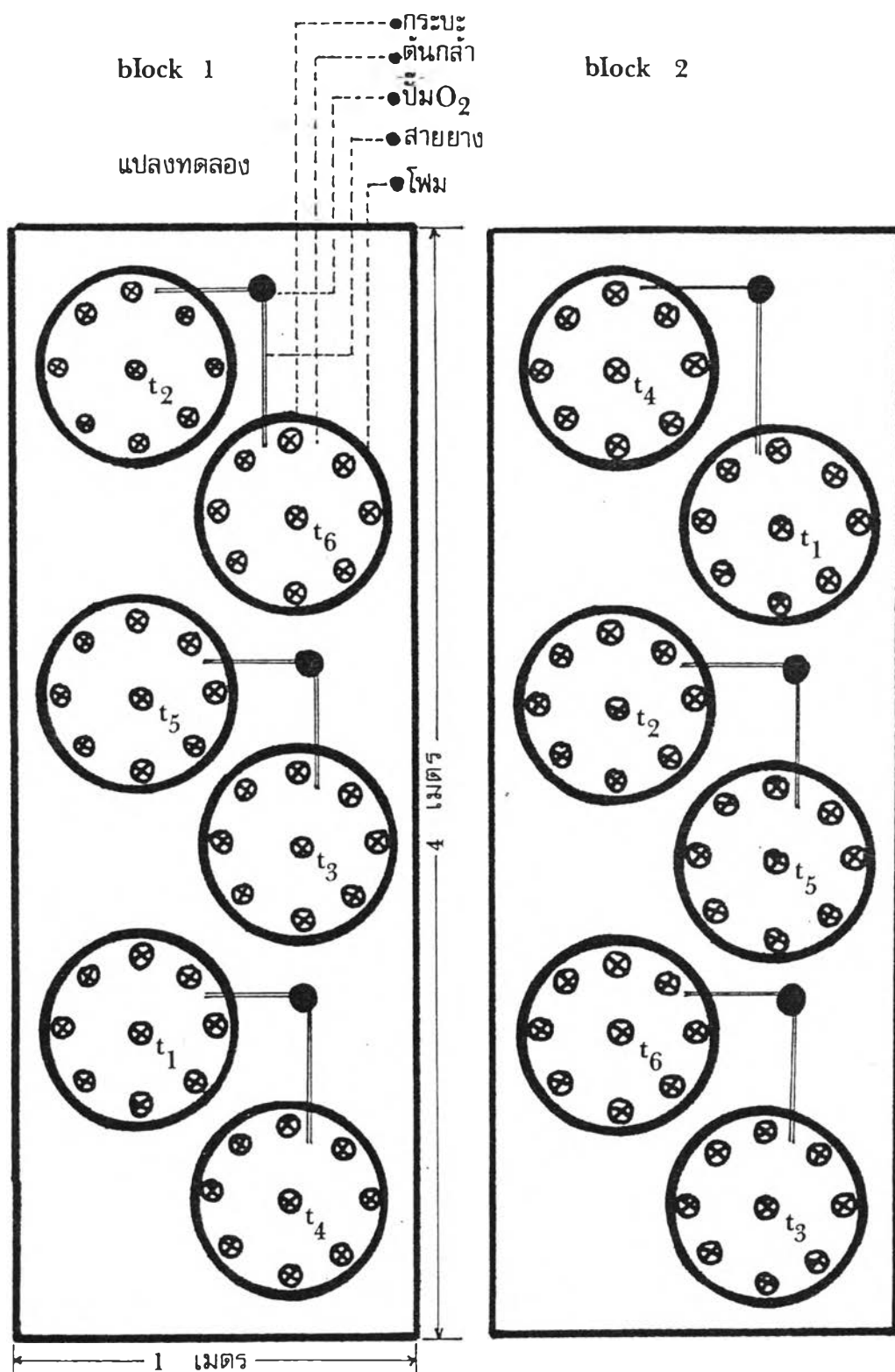
เตรียมกระบะขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 100 เซนติเมตร ลึก 30 เซนติเมตร จำนวน 12 ใบ พร้อมทั้งโฟมหนาขนาด 2.5 เซนติเมตร ตัดเป็นรูปร่างกลมมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 105 เซนติเมตร (ขนาดใหญ่กว่าปากกระบะที่จะวางโฟมเล็กน้อย) แล้วเจาะโฟมให้เป็นช่องกลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3.75 เซนติเมตร ประมาณ 9 ช่อง แต่ละช่องห่างประมาณ 12.5 เซนติเมตร เพื่อป้องกันการเบียดเสียดเมื่อพืชเจริญเติบโต แต่ละกระบะต้องต่อสายยางที่มีแทงทรายยาวขนาด 20 เซนติเมตร เพื่อเปิดปิดอากาศให้ตลอดเวลา พร้อมกันนั้นในแต่ละกระบะนั้นก่อนจะเทน้ำต่าง ๆ ลงไป ต้องปูพื้นกระบะด้วยพลาสติกชนิดดีสีขาวใสบางรองกันไว้ก่อน เพื่อป้องกันการปนเปื้อนออกมาผสมในน้ำปลุกพืช แล้ววางโฟมปิดกระบะ ดังนั้นในการทดลองครั้งนี้ จึงมีการทดลองทั้งหมด 12 แปลง (ดังรูปที่ 2.2)

2.2.3 การเตรียมการปลุกพืชทดลอง

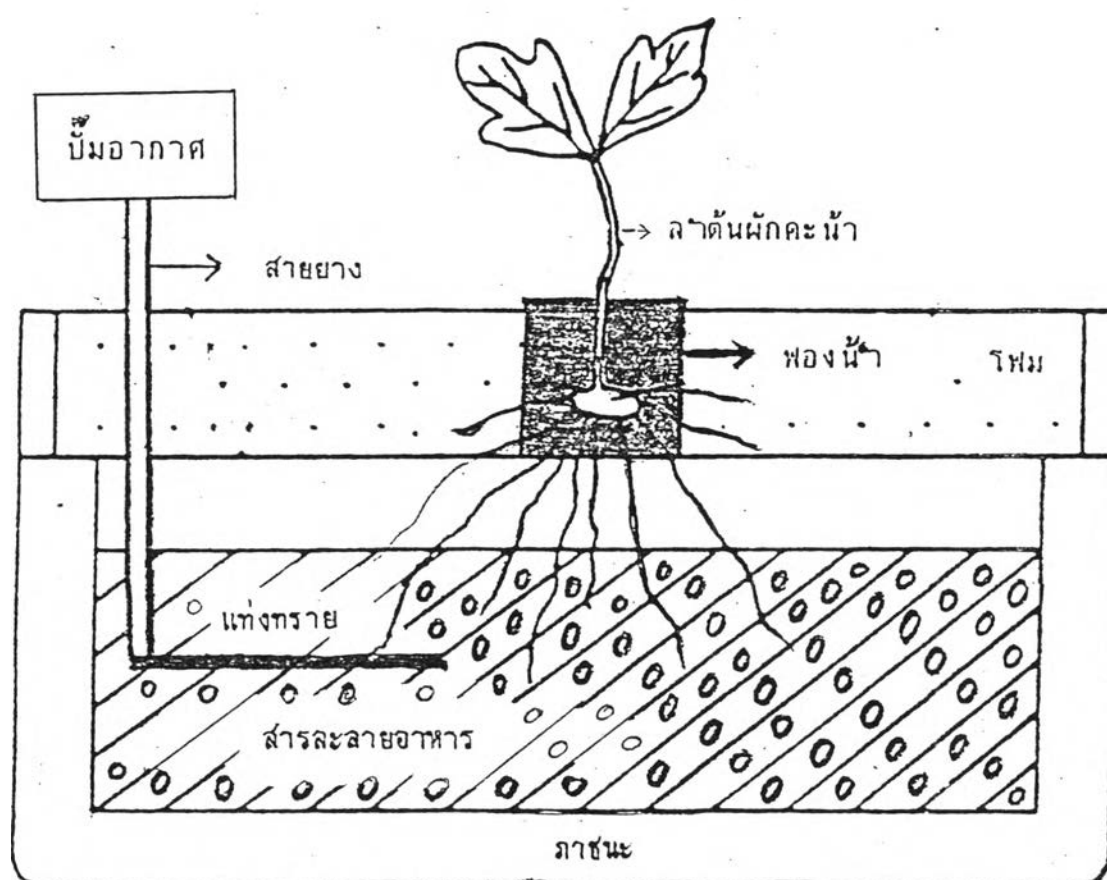
เริ่มเพาะกล้าผักคะน้า โดยนำเมล็ดผักคะน้ามาแช่น้ำเป็นเวลา 12 ชั่วโมง คัดเมล็ดที่จมน้ำเท่านั้นมาวางบนกระบะเพาะที่ปูด้วยกระดาษซับ ซึ่งชุ่มน้ำพอเหมาะ เมื่อวางเมล็ดผักคะน้าเรียบร้อยแล้ว ก็นำกระดาษซับมาปิดทับอีกชั้นหนึ่ง เพื่อให้เกิดความชื้นแก่เมล็ดพรมน้ำพอชุ่มทิ้งไว้ประมาณ 24 ชั่วโมง เมื่อเห็นต้นอ่อนงอกออกมาประมาณ 1 เซนติเมตร จึงค่อยดึงกระดาษซับที่ปิดทับไว้ออก แล้วนำกระบะเพาะกล้าไปตากแดดอ่อน ๆ หมั่นพรมน้ำให้ชุ่มประมาณ 7 วัน พอต้นกล้าแข็งแรงจึงย้ายกล้าที่ละต้นลงไปในช่วงโฟมที่เตรียมไว้ โดยแต่ละต้นนั้นต้องหุ้มลำต้นผักคะน้าด้วยฟองน้ำ เพื่อป้องกันการกระเทือนระหว่างลำต้นพืชกับโฟม หย่อนรากพืชให้แตะผิวน้ำเล็กน้อย แล้วเปิดปิดอากาศ (ดังรูปที่ 2.3 และ 2.4)



รูปที่ 2.2 แผนผังการจัดแปลงทดลอง แสดงตำแหน่งของตัวรับการทดลอง แท่งทราย และป้ิมอากาศ



รูปที่ 2.3 แผนผังการจัดแปลงทดลองที่มีกระบะ พร้อมทั้งมีโฟมปิด และลงต้นกล้าของผักคะน้าแล้ว



รูปที่ 2.4 วิธีการย้ายกล้าที่ละต้น ลงไปในช่องโฟมที่เตรียมไว้ โดยแต่ละต้นนั้นต้องหุ้มลำต้นด้วย ฟองน้ำ เพื่อป้องกันการกระเทือนระหว่างลำต้นกับโฟม หย่อนรากพืชให้แตะผิวน้ำเล็กน้อย แล้วเปิดปั๊มอากาศ

2.2.4 การดูแลรักษาระหว่างปลูก

เปิดเรื่องบึงอากาศตลอดเวลาเพื่อให้ออกซิเจนแก่รากและป้องกันรากเน่าไม่ต้องรดน้ำต้นไม้อื่น เนื่องจากมีความชุ่มชื้นอย่างเพียงพอแล้ว

หมั่นเติมน้ำประปาให้น้ำตัวอย่างมีปริมาตรเท่าเดิมทุก 2 สัปดาห์ เป็นเวลาประมาณ 2 เดือน

ไม่ต้องพ่นยาปราบศัตรูพืช เนื่องจากปลูกผักคะน้าภายในเรือนกระจกที่มีตาข่ายไนลอน (มุ้ง) คลุมรอบ ๆ แปลงทดลอง

2.2.5 การเก็บเกี่ยวผลผลิต

การเก็บเกี่ยวผลผลิต เก็บเมื่อผักคะน้าเจริญเติบโตถึงขั้นที่สามารถตัดออกจำหน่ายได้ อายุประมาณ 70 วัน

2.2.6 การเก็บตัวอย่าง

2.2.6.1 น้ำ ใช้วิธีสุ่มตัวอย่างโดยตักมาแต่ละกระบะ ๆ ละ 250 มิลลิลิตร ใส่ขวดพลาสติกเก็บตัวอย่างปิดฝา รวมได้ครั้งละ 12 ตัวอย่าง แล้วนำขวดตัวอย่างแช่น้ำแข็ง เพื่อนำไปวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารและโลหะหนัก คือ แอมโมเนียม-ไนโตรเจน ไนเตรต-ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส เหล็ก แมกนีเซียม แมงกานีส ตะกั่ว และแคดเมียม ตัวอย่างน้ำในช่วงระยะเวลาการปลูกจนถึงระยะเก็บเกี่ยวรวมประมาณ 5 ครั้ง พร้อมทั้งวัดค่า pH และค่าการนำไฟฟ้าด้วย

2.2.6.2 ผักคะน้า สุ่มตัวอย่างผักคะน้าพร้อมรากที่มีอายุประมาณ 70 วัน โดยเก็บเกี่ยวผลผลิตจากแปลงกระบะทดลองทั้ง 12 แปลง ๆ ละ 9 ต้น บรรจุไว้ในถุงพลาสติกใสอย่างดี เพื่อป้องกันการปนเปื้อน นำไปแช่ในตู้เย็น

2.2.7 การวิเคราะห์ตัวอย่าง

2.2.7.1 การเตรียมตัวอย่าง

2.2.7.1.1 น้ำ เก็บตัวอย่างน้ำใส่ขวดพลาสติก 250 มิลลิลิตร ปิดฝาขวดให้แน่นแช่ไว้ในตู้เย็น หากจะนำมาทำการวิเคราะห์ให้นำขวดตัวอย่างเขย่าหลาย ๆ ครั้ง แล้วจึงตวงมาวิเคราะห์

2.2.7.1.2 ผักคะน้า ล้างต้นผักคะน้าและรากด้วยน้ำประปา 2 ครั้ง แล้วล้างต่อด้วยน้ำกลั่นอีก 1 ครั้ง เพื่อให้สะอาด นำผักมาชั่งน้ำหนักสด (TOTAL FRESH WEIGHT) ก่อน แล้วนำมาแบ่งเป็นส่วนต้นกับส่วนราก จากนั้นนำไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง เมื่อตัวอย่างแห้งแล้วจึงนำมาชั่งน้ำหนักแห้ง (TOTAL OVEN DRIED WEIGHT) และบดด้วยเครื่องบดจนละเอียด

2.2.7.2 วิธีการย่อยพืชเพื่อนำไปวิเคราะห์ธาตุอาหาร และโลหะหนักตามวิธีใน ACID DIGESTION จาก CHEMICAL ANALYSIS OF ECOLOGICAL MATERIAL ดังนี้

2.2.7.2.1 วิเคราะห์หาปริมาณโลหะและโปตัสเซียม

- ชั่งต้นผักคะน้าที่บดละเอียดแล้ว 1 กรัม มาย่อยด้วยกรดผสมระหว่างกรดไนตริก

เป็นเวลา 5 ชั่วโมง จนได้สารละลายใสสีเหลือง และทิ้งไว้ให้เย็น

- กรองสารละลายด้วยกระดาษกรอง WHATMAN เบอร์ 42 ลงใน VOLUMETRIC FLASK ขนาด 100 มิลลิลิตร ทำให้ได้ปริมาตร 100 มิลลิลิตรด้วยน้ำกลั่น เขย่าให้เข้ากันแล้วเทใส่ขวดพลาสติกซึ่งมีฝาปิดแบบเกลียว

- ชั่งรากผักคะน้าที่บดละเอียดแล้ว 1 กรัม ทำเช่นเดียวกับต้นผักคะน้าทุกประการ (ส่วนของรากวิเคราะห์เฉพาะโลหะหนักเท่านั้น)

2.2.7.2.2 วิเคราะห์หาปริมาณธาตุอาหาร :

แอมโมเนียม-ไนโตรเจน ไนเตรต-ไนโตรเจน และฟอสฟอรัสในพืช

- ชั่งต้นผักคะน้าที่บดละเอียดแล้ว 0.5 กรัม มาย่อยด้วยกรดผสมระหว่างกรดซัลฟูริกเข้มข้น (H_2SO_4) และไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2)

- ปิดด้วยกระจกนาฬิกา แล้วตั้งสารละลายบน HOT PLATE จนได้สารละลายใสทิ้งให้เย็น

- กรองสารละลายด้วยกระดาษกรอง WHATMAN เบอร์ 42 ลงใน VOLUMETRIC FLASK ขนาด 150 มิลลิลิตร ทำให้เป็น 150 มิลลิลิตรด้วยน้ำกลั่น เขย่าให้เข้ากันแล้วเทใส่ขวดพลาสติกซึ่งมีฝาปิดแบบเกลียว

2.3. วิธีวิเคราะห์

ใช้วิธีวิเคราะห์พารามิเตอร์ต่าง ๆ ตามวิธีของ STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER, 1975 ดังนี้

2.3.1 **พีเอช** วัดด้วยเครื่องวัดพีเอช

2.3.2 **ค่าการนำไฟฟ้า** วัดด้วยเครื่องวัดการนำไฟฟ้า

2.3.3 **แอมโมเนียม-ไนโตรเจน (NH_4-N)** ใช้วิธีอินโดฟินอล บลู (INDO-PHENOL BLUE METHOD) มีวิธีวิเคราะห์ตามขั้นตอนดังนี้

2.3.3.1 ตวงตัวอย่างมา 5 มิลลิลิตร ใส่ใน VOLUMETRIC FLASK ขนาด 25 มิลลิลิตร

2.3.3.2 เติมนิเตรต-โพแทสเซียมคลอไรด์ (KCl 2 โมลลาร์) 3 มิลลิลิตร เขย่าแล้วเติมกรดเอทิลีนไดเอมีน (EDTA) 1 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันทิ้งไว้ประมาณ 1 นาที จึงเติมสารละลายฟินอล-ไนโตรพรัลไฮไดรด์ 2 มิลลิลิตร และบัฟเฟอร์ไฮโปคลอไรต์ 4 มิลลิลิตร เพื่อปรับสภาพให้เป็นเบส แล้วจึงเจือจางให้เป็น 25 มิลลิลิตรทันทีด้วยน้ำกลั่นที่ปราศจากแอมโมเนียมไอออน

2.3.3.3 นำไปอุ่นใน WATER BATH ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที เพื่อให้ทำปฏิกิริยาแล้วนำมาตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องประมาณ 10 นาที

2.3.3.4 นำไปตรวจสอบสีด้วยเครื่อง SPECTROPHOTOMETER ด้วยความยาวคลื่น 636 นาโนเมตร บันทึกผล

2.3.4 ไนเตรต-ไนโตรเจน ($\text{NO}_3\text{-N}$) ใช้วิธีแคดเมียมรีดักชัน (CADMIUM REDUCTION METHOD) มีวิธีวิเคราะห์ตามขั้นตอนดังนี้

2.3.4.1 ตวงตัวอย่าง 50 มิลลิลิตร ใส่ขวดกรวยขนาด 125 มิลลิลิตร ถ้าตัวอย่างมีค่าพีเอชมากกว่า 9 ให้ปรับสภาพความเป็นเบสด้วยกรดเกลือเจือจาง (HCl 1 : 1)

2.3.4.2 เติมแอมโมเนียมคลอไรด์เข้มข้น (NH_4Cl) 1 มิลลิลิตรลงไปในตัวอย่าง

2.3.4.3 เทตัวอย่างลงในคอลัมน์แคดเมียมที่เตรียมไว้ แล้วนำบิกเกอร์ไปรองรับที่ปลายคอลัมน์อีกด้านหนึ่ง ได้ปริมาตร 15-20 มิลลิลิตรแรก ให้ทิ้งไป เนื่องจากเป็นแอมโมเนียมคลอไรด์ที่ถูกบรรจุอยู่ในคอลัมน์ CADMIUM ต่อจากนั้นค่อยเก็บตัวอย่างที่ได้ประมาณ 25 มิลลิลิตร

2.3.4.4 เติมสารละลายซัลฟานิลามิต 2 มิลลิลิตรทันที ทิ้งไว้ประมาณ 2-5 นาที จึงค่อยเติม เอ็น-1-นทิลเอทิลินไดเอมีน 2 มิลลิลิตร แล้วเขย่าทันที ทิ้งไว้ได้ประมาณ 10-120 นาที

2.3.4.5 นำไปวัดสีด้วยเครื่อง SPECTROPHOTO METER ด้วยความยาวคลื่น 543 นาโนเมตร บันทึกผล

2.3.5 ฟอสฟอรัส (P) ใช้วิธีแอสคอร์บิกแอซิด (ASCORBIC ACID METHOD) มีวิธีวิเคราะห์ ตามขั้นตอนดังนี้

2.3.5.1 ตวงตัวอย่าง 25 มิลลิลิตร ใส่ขวดกรวยขนาด 50 มิลลิลิตร แล้วหยดนินฮอสาลีน 1 หยด (ถ้าได้สารละลายสีแดงให้หยดกรดซัลฟูริก 5 N จนสีแดงจางหายไป)

2.3.5.2 เติมสารละลายผสม 5 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน ทิ้งไว้ประมาณ 10 นาที

2.3.5.3 นำไปวัดสีด้วยเครื่อง SPECTROPHOTO METER ด้วยความยาวคลื่น 880 นาโนเมตร บันทึกผล

2.3.6 โพแทสเซียม (K) ใช้วิธีแฟลมโฟโตเมตรี (FLAME PHOTOMETRY METHOD) มีวิธีวิเคราะห์ตามขั้นตอนดังนี้

นำตัวอย่างไปวัดด้วยเครื่อง FLAME PHOTOMETER บันทึกผล

2.3.7 เหล็ก (Fe) ใช้วิธีฟีแนนโทโรลีน (PHENANTROLENE METHOD) มีวิธีวิเคราะห์ตาม ขั้นตอนดังนี้

2.3.7.1 ตวงตัวอย่าง 25 มิลลิลิตร ใส่ขวดกรวยขนาด 50 มิลลิลิตร

2.3.7.2 เติมกรดเกลือเข้มข้น (HCl) 1 มิลลิลิตร เพื่อละลายตะกอน $\text{Fe}(\text{OH})_3$

- 2.3.7.3 เติมสารละลายไฮดรอกซีลามีโนไฮโดรคลอไรด์ ($\text{NH}_4\text{OH.HCl}$) 1 มิลลิลิตร เพื่อเปลี่ยนเฟอร์ริกไอออน (Fe^{3+}) ให้เป็นเฟอร์รัสไอออน (Fe^{2+}) ให้หมด
- 2.3.7.4 เติมสารละลายฟีนานโทรีน 1 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน เติมน้ำกลั่นให้เต็ม 50 มิลลิลิตร ทิ้งไว้ประมาณ 15 นาที
- 2.3.7.5 นำไปตรวจสีด้วยเครื่อง SPECTROPHOTOMETER ด้วยความยาวคลื่น 510 นาโนเมตร บันทึกผล
- 2.3.8 แมกนีเซียม (mg) แมงกานีส (Mn) แคดเมียม (Cd) และตะกั่ว (Pb) ในสารละลายใช้วัดด้วย ATOMIC ABSORPTION SPECTROPHOTOMETER

2.4 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วิเคราะห์ข้อมูลขั้นแรกด้วยวิธีวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANALYSIS OF VARIANCE : ANOVA) เพื่อทดสอบว่า แต่ละตำรับทดลองมีความแตกต่างกันหรือไม่