

บทที่ 3

วัสดุอุปกรณ์และวิธีดำเนินงานวิจัย

3.1 สถานที่ทำการศึกษา

3.1.1 สถานที่ทำการศึกษาริวิจัยแบบทดลองในภาคสนาม คือ พื้นที่เกษตรกรรม เนื้อที่ประมาณ 1.5 ไร่ ตั้งอยู่ที่ หมู่ที่ 6 ตำบลทุ่งน้อย อำเภอเมือง จังหวัดนครปฐม ดินในพื้นที่ศึกษาจัดอยู่ในชุดดินสระบุรี (Saraburi Soil Serie)

3.1.2 สถานที่ทำการศึกษาวิเคราะห์และทดสอบในห้องปฏิบัติการ คือ ห้องปฏิบัติการฝ่ายวิเคราะห์ตัวอย่าง กองจัดการคุณภาพน้ำ กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม

3.2 วัสดุอุปกรณ์

3.2.1 กากตะกอนน้ำเสียชุมชน (Domestic Sewage Sludge) ผ่านการรีดน้ำจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนห้วยขวาง นำมาผึ่งแดดให้แห้งจนมีความชื้นไม่เกินร้อยละ 5 แล้วชั่งบรรจุลงถุง ในอัตราถุงละ 10 กิโลกรัม

3.2.2 พืชทดลองใช้ผักคะน้า (CHINESE KALE) และผักกวางตุ้ง (CRUCIFERAE)

3.3.3 วัสดุอุปกรณ์ในภาคสนาม

- ปุ๋ยเคมี สูตร 16-16-0
- สารเคมี เกลือโลหะคลอไรด์ ($ZnCl_2$ และ $CdCl_2 \cdot 2.5 H_2O$)

Analytical Grade

- จอบ พลั่ว บัวรดน้ำ ขวดนาลยีน บิคเกอร์นาลยีน
- เครื่องชั่ง รถเข็น น้ำกลั่น
- รถแทรกเตอร์ ขนาดเล็ก

3.3.4 วัสดุอุปกรณ์ในห้องปฏิบัติการ

- เครื่องแก้วสำหรับการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ เช่น ปิเปต บิวเรต กระบอกตวง บิคเกอร์ วอลุ่มเมตริกฟลาสต์ แท่งแก้วคน Kjeldahl Flask
- เคมีภัณฑ์สำหรับการทดลอง ใช้ Analytical Grade และ AA Grade

3.3.5 เครื่องมือสำหรับการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ

- pH Meter
- เครื่องชั่งไฟฟ้าอย่างละเอียด 2 และ 4 ตำแหน่ง
- ตะแกรงร่อน ขนาด 2 มิลลิเมตร
- เครื่องเขย่า (Shaker)
- ชุดกลั่น (Distillation Set)
- ชุดกรองสุญญากาศ (Vacuum Filtration)
- เตาแผ่นความร้อน (Hot Plate)
- ตู้อบ (Oven)
- เตาเผา (Muffle Furnace)
- เครื่องบดเนื้อเยื่อพืช (Blender)
- เครื่องเหวี่ยง (Centrifuge)
- เครื่อง UV-VIS Spectrophotometer (UV)
- เครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer (AA)

3.4 วิธีดำเนินการวิจัย

ดังนี้

3.4.1 การเลือกสถานที่ทำการศึกษาวิจัยทดลองในภาคสนาม มีเกณฑ์ในการตัดสินใจ

- เป็นพื้นที่ทำการเกษตรกรรม
- เกษตรกรมีความเข้าใจและพร้อมให้ความร่วมมือ
- การคมนาคมสะดวก
- ใกล้แหล่งน้ำ

3.4.2 การเตรียมและการกำหนดอัตราการเติมกากตะกอน

กากตะกอนที่ผ่านการรีดน้ำแล้วจากโรงบำบัดน้ำเสียชุมชนห้วยขวาง นำมาฝังแดดบนชั้นดาดฟ้าของอาคารสำนักงานนโยบายและแผนสิ่งแวดล้อม จนกากตะกอนมีความชื้นไม่เกิน 5% จากนั้นซึ่งบรรจุลงในถุงขนาดถุงละ 10 กิโลกรัม นำไปยังพื้นที่ทดลองการศึกษาวิจัยภาคสนามที่จังหวัดนครปฐม

การกำหนดอัตราการเติมกากตะกอนสำหรับการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ ยึดอัตราการเติมกากตะกอน 20 เมตริกตันต่อเฮกแตร์หรือ 3200 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งเป็นอัตราที่เหมาะสมต่อการนำมาใช้เติมในพื้นที่การเกษตร (อรรพรรณ ศิริรัตน์พิริยะ, 2529) และที่ อัตรา 80 เมตริกตันต่อเฮกแตร์หรือ 12,800 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งเป็นอัตราเติมที่กากตะกอนไม่มีผลทำให้ผลผลิตลดลง (อรรพรรณ ศิริรัตน์พิริยะ, 2532) เพื่อเป็นกรอบของแนวทางและทางเลือกในการจัดการกากตะกอนน้ำเสียชุมชน บนพื้นฐานของความเป็นไปได้ในการใช้ประโยชน์จากความเป็นแหล่งธาตุอาหารของกากตะกอนน้ำเสียชุมชน ที่ไม่มีผลต่อการลดลงของผลผลิต เมื่อเทียบกับปุ๋ยเคมี และอยู่ในช่วงปริมาณที่เหมาะสมจากการศึกษาของประเทศสหรัฐอเมริกา (Webber และคณะ, 1984)

3.4.3 การวางแผนการวิจัย

การศึกษาวิจัยในครั้งนี้ มีแผนการทดลองเป็นแบบ 3×6 Factorial in Randomize Complete Block Design โดยมีตำรับทดลอง (Treatment) ทั้งหมด 6 ตำรับทดลอง (ตารางที่ 3.1) ทำ 3 ซ้ำ (Replication) มี 3 ชุดการทดลอง (Block) ใช้พืชทดลอง 2 ชนิด [คะน้า (X) และ กวางตุ้ง (Y)] แต่ละชุดการทดลองจะทำการเติมสิ่งทดลองแล้วปลูกพืชทดลองซ้ำภายหลังการเก็บเกี่ยวฤดูกาลที่ 1 ด้วยการทิ้งช่วงระยะเวลาในการเติมสิ่งทดลองแล้วปลูกพืชซ้ำ 3 ช่วงเวลา คือ เติมสิ่งทดลองแล้วปลูกพืชซ้ำทันทีภายหลังการเก็บเกี่ยว $[(X_0), (Y_0)]$ เติมสิ่งทดลองแล้วปลูกพืชซ้ำภายหลังจากเวลาผ่านไปครึ่งฤดูกาลเพาะปลูก $[(X_{1/2}), (Y_{1/2})]$ และเติมสิ่งทดลองแล้วปลูกพืชซ้ำภายหลังจากเวลาผ่านไปหนึ่งฤดูกาลเพาะปลูก $[(X_1), (Y_1)]$

หนึ่งฤดูกาลเพาะปลูก หมายถึง ระยะเวลาตั้งแต่เริ่มหว่านเมล็ดจนถึงการเก็บเกี่ยว ใช้เวลา 50 วัน ดังนั้น ครึ่งฤดูกาลเพาะปลูกคือระยะเวลา 25 วัน

หนึ่งหน่วยทดลองคือ หนึ่งแปลงทดลอง (Plot) ขนาด 10 ตารางเมตร (2.5 เมตร x 4 เมตร) ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้มีหน่วยทดลอง 54 หน่วยทดลองต่อพืชทดลอง 1 ชนิด ใน 1 ฤดูกาลเพาะปลูก จำนวนหน่วยทดลองในแต่ละฤดูกาลเพาะปลูกจึงมีเท่ากับ 108 หน่วย

ตารางที่ 3.1 ดำรับทดลองในการศึกษาวิจัยแบบทดลองในภาคสนาม

หน่วยทดลอง	ดำรับทดลอง
1. (CP)	ควบคุม (ไม่เติมกากตะกอนและปุ๋ย)
2. (FP)	เติมปุ๋ยเคมีสูตร 16-16-0 อัตรา 34 กิโลกรัมต่อไร่
3. (SLP - 20)	เติมกากตะกอน อัตรา 20 เมตริกตันต่อเฮกแตร์
4. (SLP - 80)	เติมกากตะกอน อัตรา 80 เมตริกตันต่อเฮกแตร์
5. (TMP - 20)	เติมสังกะสี และแคดเมียมในรูปสารละลายเกลือคลอไรด์ ให้มีปริมาณสังกะสี และแคดเมียมเทียบเท่ากับปริมาณที่มี ในกากตะกอนอัตรา 20 เมตริกตันต่อเฮกแตร์
6. (TMP - 80)	เติมสังกะสี และแคดเมียมในรูปสารละลายเกลือคลอไรด์ ให้มีปริมาณสังกะสี และแคดเมียมเทียบเท่ากับปริมาณที่มี ในกากตะกอนอัตรา 80 เมตริกตันต่อเฮกแตร์

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ทดลอง $\{ [(6 \times 3X_0 + 6 \times 3X_{1,2} + 6 \times 3X_1) + (6 \times 3Y_0 + 6 \times 3Y_{1,2} + 6 \times 3Y_1)] = 108 \}$ ภายหลังจากการเก็บเกี่ยวผลผลิตในฤดูกาลเพาะปลูกที่ 1 แล้วเติมสิ่งทดลองเพื่อปลูกพืช เพื่อเป็นฤดูกาลเพาะปลูกที่ 2 ของพืชทดลองแต่ละชนิด โดยมีการทิ้งช่วงเวลาให้ดินพักตัว 3 ช่วงเวลา ดังนั้นตลอดการศึกษาวิจัยในครั้งนี้จึงมีจำนวนหน่วยทดลองทั้งสิ้น 216 หน่วยทดลอง $\{ [(6 \times 3X_0 + 6 \times 3X_{1,2} + 6 \times 3X_1) \times 2 + (6 \times 3Y_0 + 6 \times 3Y_{1,2} + 6 \times 3Y_1) \times 2] = 216 \}$

3.4.4. การเตรียมพื้นที่

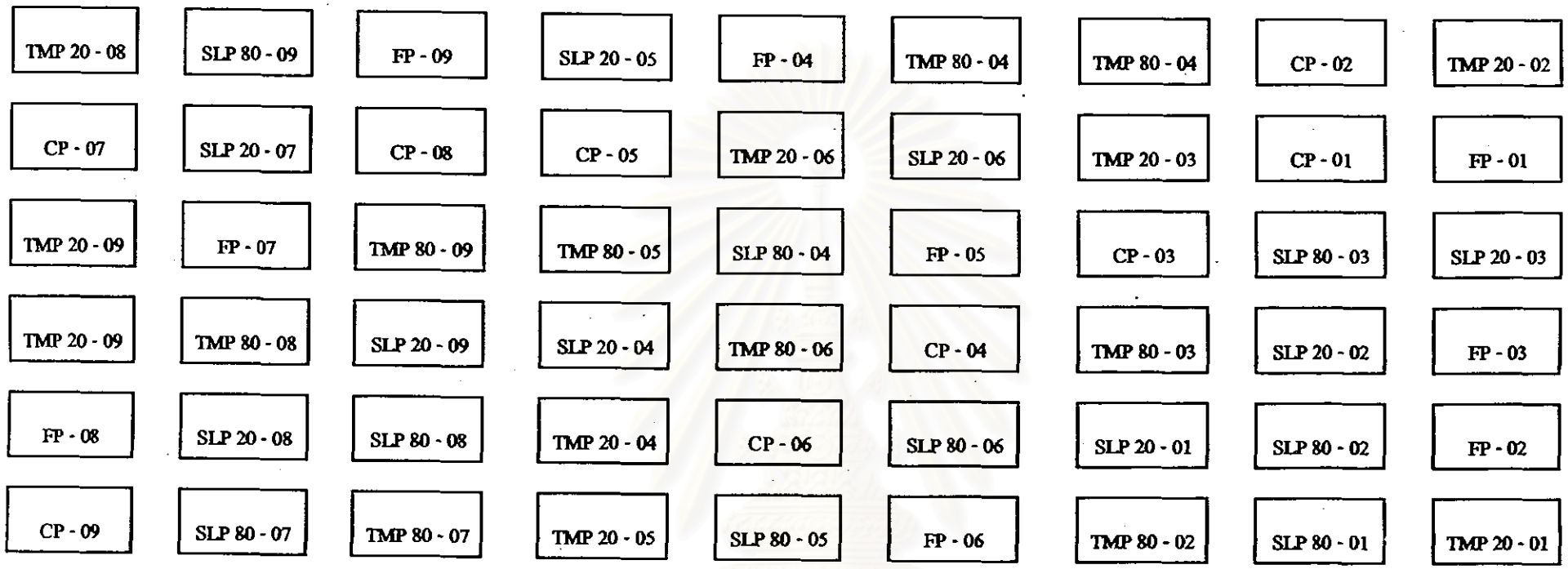
3.4.4.1 การจัดทำแปลงทดลองเป็นการจัดเตรียมแปลงตามลักษณะพื้นที่ที่ศึกษาวิจัยแบบทดลองซึ่งเป็นที่ราบ เนื้อที่สำหรับการปลูกพืชทดลองแต่ละชนิดประมาณ 300 ตารางวา ทำการไถพรวนดินทั้งแปลงในระดับความลึก 15-20 เซนติเมตร หรือประมาณ 1 หน้าพลั่ว โดยใช้รถแทรกเตอร์ขนาดเล็ก จากนั้น ใช้จอบพิน และสับดิน ทำเป็นแปลง ขนาด 2.5 x 4 เมตร ระยะห่างระหว่าง แปลงทดลอง เพื่อกันการปนเปื้อน (Guard Row) คือ 0.50 เมตร ลักษณะการจัดวางแปลงทดลองของผักคะน้าและผักกวางตุ้ง ปรากฏในรูปที่ 3.1 และ 3.2 ตามลำดับ

3.4.4.2 การเติมสิ่งทดลองลงแปลงทดลอง นำสิ่งทดลองตามตำรับทดลองไปวางไว้ในแต่ละหน่วยทดลองตามแผนผังในรูปที่ 3.1 และ 3.2 เมื่อตรวจสอบความถูกต้องแล้ว จึงคลุกเคล้าสิ่งทดลองลงในแต่ละหน่วยทดลองตามแผนการทดลองที่วางไว้ เมื่อครบแล้ว ทำการคลุมฟางลงบนหน่วยทดลองทุกหน่วย จากนั้นรดน้ำโดยใช้สปริงเกอร์ แล้วจึงหว่านเมล็ดพันธุ์ผักคะน้า และผักกวางตุ้งในปริมาณเท่ากันทุกหน่วยทดลอง

3.5. การเก็บตัวอย่าง

3.5.1 การเก็บตัวอย่างกากตะกอน

- นำตัวอย่างกากตะกอนจากโรงบำบัดน้ำเสียชุมชนห้วยขวาง ที่ฝั่งแห้ง แล้ว มาบดให้มีขนาดเล็กลง แล้วร่อนผ่านตะแกรงขนาด 2 มิลลิเมตร วิเคราะห์ลักษณะสมบัติของกากตะกอนเพื่อดูความเหมาะสมต่อการใช้เป็นแหล่งอาหารของพืช และการปนเปื้อนของสังกะสี และแคดเมียม ดังแสดงในตารางที่ 3.2



X_0

$X_{1/2}$

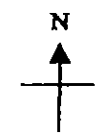
X_1

- CP แปลงควบคุม
- FP แปลงที่มีการเติมปุ๋ยเคมี
- SLP 20 แปลงที่เติมกากตะกอน 20 เมตริกตัน/เฮกแตร์
- SLP 80 แปลงที่เติมกากตะกอน 80 เมตริกตัน/เฮกแตร์
- TMP 20 แปลงที่มีการเติมเกล็ดคลอไรด์ เท่ากับตะกอน 20
- TMP 80 แปลงที่มีการเติมเกล็ดคลอไรด์ เท่ากับตะกอน 80

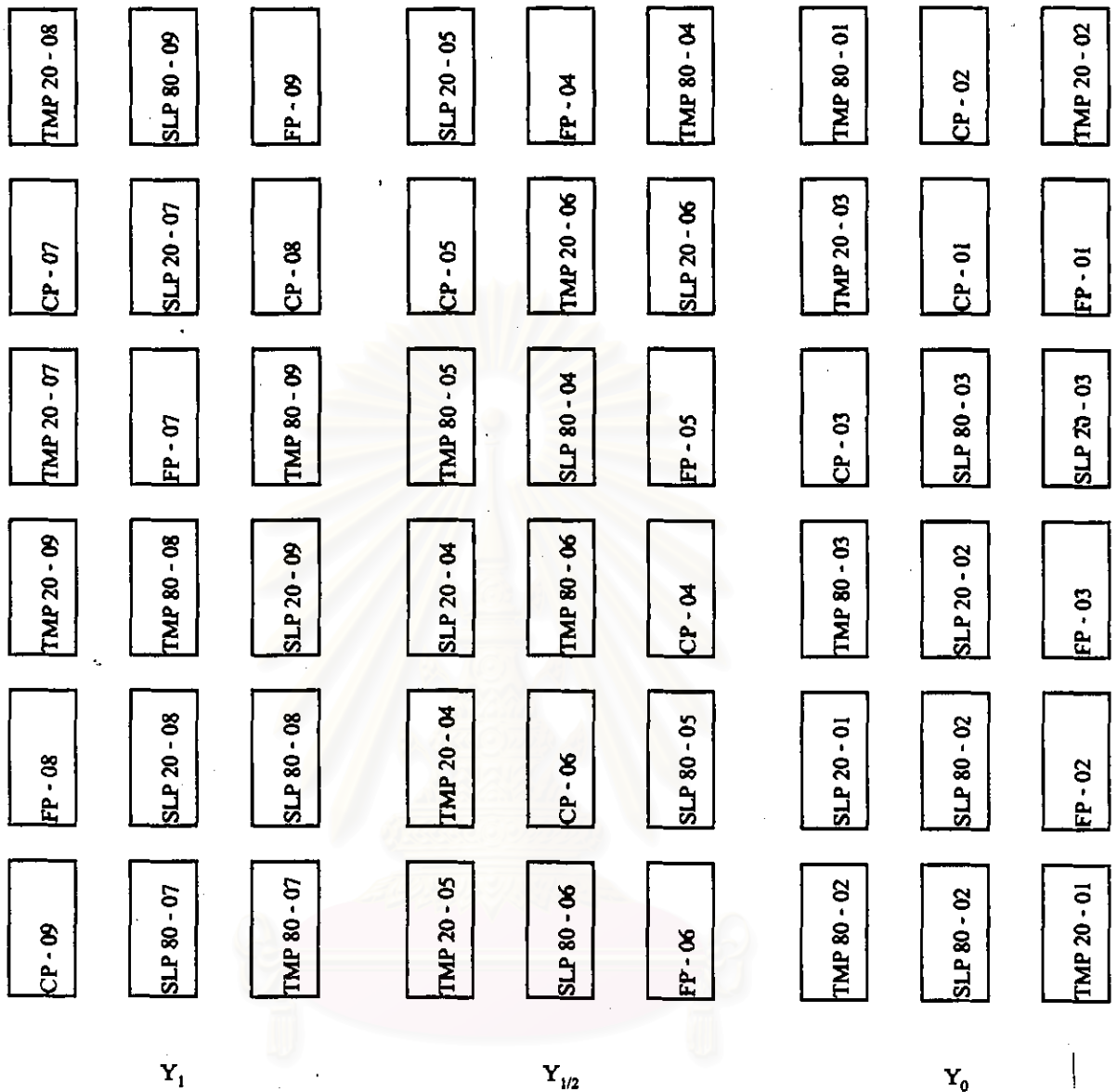
X_0 = เดิมถึงทดลองแล้วปลูกผักคะน้าซ้ำทันทีภายหลังจากการเก็บเกี่ยวผลผลิตในฤดูกาลเพาะปลูกที่ 1

$X_{1/2}$ = เดิมถึงทดลองแล้วปลูกผักคะน้าซ้ำภายหลังจากการเก็บเกี่ยวผลผลิตในฤดูกาลเพาะปลูกที่ 1 โดยทิ้งช่วงเวลาให้ดินพักตัว ครึ่งฤดูกาลเพาะปลูก

X_1 = เดิมถึงทดลองแล้วปลูกผักคะน้าซ้ำภายหลังจากการเก็บเกี่ยวผลผลิตในฤดูกาลเพาะปลูกที่ 1 โดยทิ้งช่วงเวลาให้ดินพักตัว หนึ่งฤดูกาลเพาะปลูก



รูปที่ 3.1 แผนผังแปลงทดลองปลูกผักคะน้า



- CP แปลงควบคุม
- FP แปลงที่มีการเติมปุ๋ยเคมี
- SLP 20 แปลงที่เติมกากตะกอน 20 เมตริกตัน/เฮกแตร์
- SLP 80 แปลงที่เติมกากตะกอน 80 เมตริกตัน/เฮกแตร์
- TMP 20 แปลงที่มีการเติมเกลือคลอไรด์ เท่ากับตะกอน 20
- TMP 80 แปลงที่มีการเติมเกลือคลอไรด์ เท่ากับตะกอน 80

- Y_1 - ดินซึ่งทดลองแล้วปลูกพืชข้าวภายหลังจากการเก็บเกี่ยวผลผลิตในฤดูภาค
เพาะปลูกที่ 1 โดยที่ช่วงเวลาให้ดินพักตัว หนึ่งฤดูภาคเพาะปลูก
- $Y_{1/2}$ - ดินซึ่งทดลองแล้วปลูกพืชข้าวภายหลังจากการเก็บเกี่ยวผลผลิตในฤดูภาค
เพาะปลูกที่ 1 โดยที่ช่วงเวลาให้ดินพักตัว หนึ่งฤดูภาคเพาะปลูก
- Y_0 - ดินซึ่งทดลองแล้วปลูกพืชข้าวทันทีภายหลังจากการเก็บเกี่ยวผลผลิต
ในฤดูภาคเพาะปลูกที่ 1



รูปที่ 3. 2 แผนผังแปลงทดลองปลูกผักกางต้ง

ตารางที่ 3.2 พารามิเตอร์ต่าง ๆ และวิธีวิเคราะห์

พารามิเตอร์	วิธีวิเคราะห์
1. ความเป็นกรด-ด่าง (pH)	pH Meter (ดิน : น้ำ = 1:1)
2. อินทรีย์วัตถุ (Organic Matter)	Walkley and Black Method
3. ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (Total Nitrogen)	Kjeldahl Method Steam Distillation and Titration Method
4. แอมโมเนียมไนโตรเจน ($\text{NH}_4^+\text{-N}$)	Steam Distillation and Titration with Devarda Alloy Method
5. ไนเตรทไนโตรเจน(NO_3^-N)	Steam Distillation and Titration with Devarda Alloy Method
6. ฟอสฟอรัส (Available P)	สกัดด้วยน้ำยา Bray II และหาปริมาณ ด้วย Ascorbic Acid Reduction
7. โพแทสเซียม (Exchangable K)	สกัดด้วย Ammonium Acetate แล้วหาปริมาณด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS)
8. สังกะสี และแคดเมียม (Available Zn,Cd)	- ในดินและกากตะกอนสกัดด้วยน้ำยา 0.005 M DTPA หาปริมาณด้วยเครื่อง AAS - ในพืช Dry Ashing และหาปริมาณด้วยเครื่อง AAS
9. สังกะสีและแคดเมียมทั้งหมด (Total Zn,Cd)	- Tri Acid Digestion ($\text{HNO}_3 : \text{H}_2\text{SO}_4 : \text{HClO}_4 = 5:1:2$) แล้วปรับปริมาตรให้ได้ 100 มิลลิลิตร และหาปริมาณด้วยเครื่อง AAS
10. Cation Exchange Capacity (CEC)	- Ammonium Saturation Method
11. Soil Texture, Soil Density and Porosity	- ตามวิธีของภาควิชาปฐมวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3.5.2 การเก็บตัวอย่างดิน

- เก็บตัวอย่างดินก่อนทดลองจากพื้นที่ที่จะทำการศึกษาวิจัยแบบทดลองในภาคสนาม ที่ระดับความลึก 1 หน้าพลั่ว ประมาณ 15-20 เซนติเมตร โดยเก็บแบบสุ่มทั้งพื้นที่เป็นตัวอย่างรวม (Composite Sample) บรรจุใส่ถุงพลาสติก นำมาที่ห้องปฏิบัติการ ฝ่ายวิเคราะห์ตัวอย่าง กองจัดการคุณภาพน้ำ กรมควบคุมมลพิษ ผึ่งให้แห้ง นำมาบดให้มีขนาดเล็กลง แล้วร่อนผ่านตะแกรงขนาด 2 มิลลิเมตร นำไปวิเคราะห์ลักษณะสมบัติของดิน (ตารางที่ 3.2) เพื่อวิเคราะห์ถึงความอุดมสมบูรณ์ของดิน และการปนเปื้อนของสังกะสีและแคดเมียม

- เก็บตัวอย่างดินจากหน่วยทดลองทุกแปลงจำนวน 2 ครั้งคือเก็บตัวอย่างดินก่อนการปลูกพืช โดยเก็บภายหลังจากการเติมสิ่งทดลองลงดินและคลุกเคล้าแล้ว และเก็บตัวอย่างดินภายหลังการเก็บเกี่ยวผลผลิต ในระดับความลึก 1 หน้าพลั่ว เก็บแบบสุ่มทั้งแปลงเป็นตัวอย่างรวม บรรจุแยกใส่ถุงพลาสติกที่ติดหมายเลขตัวอย่างจากแต่ละแปลง นำมาที่ห้องปฏิบัติการ ฝ่ายวิเคราะห์ตัวอย่าง กองจัดการคุณภาพน้ำ กรมควบคุมมลพิษ ผึ่งให้แห้ง นำมาบดให้มีขนาดเล็กลง แล้วร่อนผ่านตะแกรงขนาด 2 มิลลิเมตร นำไปวิเคราะห์ลักษณะสมบัติของดิน (ตารางที่ 3.2) ทั้งนี้ทุก 2 สัปดาห์ จะเก็บตัวอย่างดิน จากทุกแปลง ตรวจวัดค่าความเป็นกรดและด่าง (pH)

3.5.3 การเก็บตัวอย่างพืช

- เก็บตัวอย่างพืช โดยสุ่มจากแปลงเก็บเกี่ยวผลผลิตทุกแปลง นำมาล้างด้วยน้ำสะอาดและน้ำกลั่น ผึ่งให้สะเด็ดน้ำ นำไปชั่งน้ำหนักสด แล้วอบที่อุณหภูมิ 105°C จนกระทั่งน้ำหนักคงที่ นำไปชั่งน้ำหนักแห้ง เพื่อหาเปอร์เซ็นต์ความชื้น จากนั้นนำไปบดด้วยเครื่องบดเนื้อเยื่อพืช เพื่อใช้วิเคราะห์หาปริมาณสังกะสีและแคดเมียม

3.6. การปลูก การดูแลและการเก็บเกี่ยว

- หว่านเมล็ดให้กระจายอย่างสม่ำเสมอ ทุกแปลงทดลอง แล้วรดน้ำด้วยสปริงเกอร์ โดยใช้ระดับ Field Capacity เป็นเกณฑ์

- เมื่อพืชอายุได้ 25-30 วัน ทำการถอนแยกเพื่อจัดแถวและระยะ ระหว่างแถว ระหว่างต้น ห่างกัน 20 เซนติเมตร ทุกแปลงทดลอง แล้วให้น้ำปุ๋ยยูเรียในอัตรา 20 กิโลกรัม/ไร่ เพื่อช่วยในการตั้งตัว และให้อีกครั้งก่อนการเก็บเกี่ยว 10 วัน เพื่อเร่งผลผลิต

- เมื่อพืชเจริญเติบโตพอที่จะเก็บเกี่ยวได้ เตรียมกรอบไม้ไผ่ขนาด กว้าง 2 เมตร ยาว 3.5 เมตร วางครอบแปลงทดลอง เป็นการกำหนดขอบเขตพื้นที่ที่จะเก็บเกี่ยว นำผลผลิตที่ได้ในพื้นที่เก็บเกี่ยวไปคำนวณ น้ำหนักผลผลิตต่อไร่ ทำการเก็บเกี่ยวที่ละแปลง จนครบชุดการทดลอง เสร็จภายใน 1 วัน

3.7. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

3.7.1 วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลที่ได้จากทุกหน่วยทดลองโดยใช้ ANOVA เพื่อหาค่า F - Value

3.7.2 เปรียบเทียบความแตกต่างของข้อมูล ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % โดยใช้ Duncan's New Multiple-Range Test (DMRT)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย