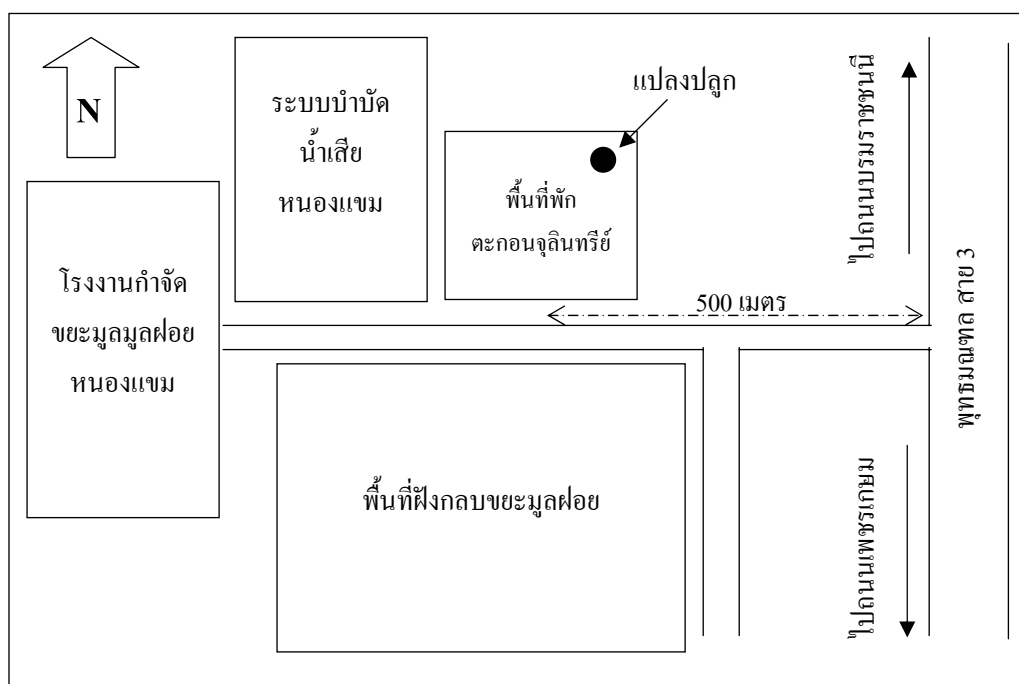


อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

แปลงปลูกพืชทดลอง

แปลงปลูกพืชทดลองที่ใช้ในการศึกษาดังอยู่ในบริเวณของพื้นที่ฝั่งกลบตะกอนจุลินทรีย์จำลองของระบบบำบัดน้ำเสียหนองแขม ซึ่งอยู่ในบริเวณติดกับโรงงานกำจัดขยะมูลฝอยหนองแขม ซอยเพชรเกษม 106 (ถนนพุทธมณฑลสาย 3) กรุงเทพมหานคร โดยตำแหน่งที่ตั้งของแปลงแสดงดังภาพที่ 7



ภาพที่ 7 ที่ตั้งของแปลงปลูกทดลอง

โดยขั้นตอนในการเตรียมแปลงปลูกทดลองมีดังนี้

1. เตรียมพื้นที่ในการทำแปลงปลูก โดยการถมหน้าดินสูงประมาณ 0.30 เมตร กว้าง 2.60 เมตร และยาว 12.20 เมตร ซึ่งดินที่ใช้ คือ หน้าดินที่นำมาจากจังหวัดนครปฐม
2. เตรียมแปลงปลูก โดยเตรียมแปลงปลูกขนาดกว้างด้านละ 0.60 เมตร และยกสูงจากพื้น 0.15 เมตร โดยเว้นระยะห่างแต่ละแปลง 0.20 เมตรจำนวน 43 แปลง ดังแสดงในตารางที่ 17
3. การใส่ตะกอนจุลินทรีย์ลงแปลงปลูกใช้ตะกอน 3 รูปแบบ คือ ตะกอนสด (Raw Sludge) จากระบบบำบัดน้ำเสียราษฎร์บูรณะ ตะกอนที่ผ่านการย่อยสลายแบบไร้อากาศ (Digested Sludge) จากระบบบำบัดตะกอนจุลินทรีย์ของระบบบำบัดน้ำเสียหนองแขม และ ปุ๋ยหมัก (Compost Sludge) ซึ่งได้จากการหมักตะกอนสดจากระบบบำบัดน้ำเสียราษฎร์บูรณะ โดยทำการหมักแบบใช้อากาศ
4. อัตราการใส่ตะกอนจุลินทรีย์ในแต่ละแปลงกำหนดตามความต้องการธาตุไนโตรเจนในการเจริญเติบโตของพืชทั้ง 3 ชนิด โดยที่พืชทั้ง 3 ชนิดที่ใช้ในการศึกษาคือ ผักบุ้งจีน (*Ipomoea aquatica* Forsk) มะเขือเทศ (*Lycopersicon esculentum* Mill) และหอมแดง (*Allium ascalonicum* Linn.) โดยมีอัตราการใส่ตะกอนจุลินทรีย์ 2 อัตรา คือ เท่ากับความต้องการธาตุไนโตรเจนของพืช และ 2 เท่าของความต้องการธาตุไนโตรเจนของพืช แต่ในกรณีของการศึกษาปริมาณการสะสมของโลหะหนักในพืชเริ่มจากการใส่ตะกอนจุลินทรีย์เท่ากับความต้องการธาตุไนโตรเจนของพืช หลังจากนั้นทำการเติมปริมาณโลหะหนักสังเคราะห์ให้มีค่าความเข้มข้นเท่ากับปริมาณการสะสมสูงสุดของแคดเมียม และโครเมียมที่ให้มีได้ในดินแห้ง คือ 3 และ 100 มิลลิกรัม/กิโลกรัมดินแห้ง ตามเกณฑ์ของกรมควบคุมมลพิษ (2546) ที่ทำการศึกษาโดย Asian Institute of Technology (1998) และข้อกำหนดของ Water and Rivers Commission (2002) โดยที่อัตราและการจัดเรียงแปลงแสดงดังตารางที่ 17
5. การปลูกพืชทั้ง 3 ชนิดในแปลง มีวิธีการดังนี้ ผักบุ้งจีนใช้เมล็ดในการปลูก ส่วนในกรณีของมะเขือเทศ และหอมแดง ใช้วิธีการเพาะต้นกล้าประมาณ 2-3 สัปดาห์ ก่อนปลูกลงแปลง

ตารางที่ 17 แปลงเพาะปลูกทดลอง

A	AW	ARNW	ADNW	ACNW	RWN	RW2N	RWH	DWN	DW2N	DWH	CWN	CW2N	CWH	RS2H
	AT	ARNT	ADNT	ACNT	RTN	RT2N	RTH	DTN	DT2N	DTH	CTN	CT2N	CTH	DS2H
	AS	ARNS	ADNS	ACNS	RSN	RS2N	RSH	DSN	DS2N	DSH	CSN	CS2N	CSH	CS2H

A = CONTROL

R = RAW SLUDGE (ราษฎ์ปุระณะ)

D = DIGESTED SLUDGE (หนองแยม)

C = COMPOST SLUDGE

W = ผักนึ่งจีน

T = มะเขือเทศ

S = หอมแดง

N = ปริมาณไนโตรเจนเท่ากับความต้องการพืช

2N = 2 เท่าของ N

H = ปริมาณโลหะหนักเท่ากับอัตราการสะสมสูงสุดของ Cd, Cr

2H = 2 เท่าของ H

หมายเหตุ : ในแปลงที่ต้องการให้มีปริมาณโลหะหนักตามที่กำหนดต้องมีการเติมโลหะหนักสังเคราะห์

เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1. อุปกรณ์ในการเตรียมแปลงเพาะ และปลูกพืช ประกอบด้วย จอบ บัวรดน้ำ และพืช ทั้ง 3 ชนิด คือ ผักบุ้งจีน มะเขือเทศ หอมแดง
2. อุปกรณ์ในการเก็บและรักษาตัวอย่าง ประกอบด้วย พลาสติก ถุงซิปล็อค กระติกน้ำแข็ง และตู้เย็น
3. อุปกรณ์และเครื่องมือในการวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่าง และค่าการนำไฟฟ้า ประกอบด้วย pH meter ยี่ห้อ Denver Instrument รุ่น 215 EC meter ยี่ห้อ Orion รุ่น 160 เครื่องชั่งหยาบ และเครื่องปั่น
4. อุปกรณ์และเครื่องมือในการวิเคราะห์ความชื้น และของแข็งระเหย ประกอบด้วย ตู้อบ 75-100 องศาเซลเซียส (Hot Air Oven) เตาเผา 600-650 องศาเซลเซียส (Muffle Furnace) เครื่องชั่งละเอียด ตู้ดูดความชื้น (Dissector) และถ้วยกระเบื้องทนไฟ (Porcelain Crucible)
5. อุปกรณ์และเครื่องมือในโตรเจนทั้งหมด ประกอบด้วย ชุดเครื่องมือในการย่อยและกลั่น (Digest and Distillate Apparatus) ยี่ห้อ Gerhardt Kjeldahl flask ขนาด 250 มิลลิลิตร เครื่องชั่งละเอียด และตู้ควัน (Hood)
6. อุปกรณ์และเครื่องมือในการวิเคราะห์แอมโมเนียม และไนเตรต ประกอบด้วย Spectrophotometer ยี่ห้อ Hitachi รุ่น U-2800 เครื่องเขย่า เครื่องเหวี่ยง (Centrifuge) เครื่องชั่งละเอียด กระดาษกรอง Whatman No. 42 และเครื่องดูดสุญญากาศ (Vacuum Pump)
7. อุปกรณ์และเครื่องมือในการวิเคราะห์ฟอสฟอรัส ประกอบด้วย Spectrophotometer เครื่องชั่งละเอียด และ Hot Plate
8. อุปกรณ์และเครื่องมือในการวิเคราะห์โพแทสเซียม และโลหะหนัก ประกอบด้วย Atomic Absorption Spectrophotometer เครื่องชั่งละเอียด เครื่องดูดสุญญากาศ (Vacuum Pump) และ Hot Plate

สถานที่ทำการทดลอง

1. แปลงปลูกพืชทดลองที่ใช้ในการศึกษาตั้งอยู่ในบริเวณของพื้นที่ฝั่งกลบตะกอน
จุลินทรีย์จำลองของระบบบำบัดน้ำเสียหนองแขม ซึ่งอยู่ในบริเวณติดกับโรงงานกำจัดขยะมูลฝอย
หนองแขม ซอยเพชรเกษม 106 (ถนนพุทธมณฑลสาย 3) กรุงเทพมหานคร
2. วิเคราะห์พารามิเตอร์ต่างๆ ที่ห้องปฏิบัติการวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะ
วิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิธีการ

การใช้ประโยชน์ตะกอนจุลินทรีย์จากระบบบำบัดน้ำเสียในแปลงปลูกพืชผักสวนครัว ประกอบด้วย การศึกษาอัตราการปลดปล่อยไนโตรเจนอนินทรีย์ของตะกอนจุลินทรีย์และ รวมถึง การศึกษาอิทธิพลจากปริมาณตะกอนจุลินทรีย์ที่มีต่อการเจริญของพืชผักสวนครัว และศึกษา ปริมาณการสะสมโลหะหนักที่มีในพืชผักสวนครัว การศึกษามีขั้นตอนการดำเนินการดังนี้

การศึกษาลักษณะทางกายภาพและเคมีของดินและตะกอนจุลินทรีย์

การศึกษาลักษณะทางกายภาพและเคมีของดินและตะกอนจุลินทรีย์ทั้ง 3 รูปแบบ เพื่อนำ ลักษณะทางกายภาพและเคมีที่ได้ใช้ประโยชน์ในการศึกษาหัวข้อต่อไป โดยมีขั้นตอนดังนี้ เลือก ตะกอนจุลินทรีย์ที่จะใช้ในการทดลอง คือ ตะกอนสด (Raw Sludge) และตะกอนที่ผ่านการย่อย สลายแบบไร้อากาศ (Digested Sludge) และปุ๋ยหมัก (Compost Sludge) โดยได้จากการหมักตะกอน สดโดยกระบวนการหมักปุ๋ยในการศึกษาครั้งนี้ใช้กระบวนการหมักแบบใช้อากาศ ภายใต้สภาวะที่ เหมาะสม และมีวัสดุร่วมหมัก ได้แก่ ใบไม้แห้ง โดยที่ใช้ระยะเวลาการหมักประมาณ 8 สัปดาห์ และระยะบ่มประมาณ 4 สัปดาห์ โดยมีค่าสัดส่วนของแอมโมเนียมต่อไนเตรต ($\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$) และค่า สัดส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) ก่อนใช้ในการปลูกอยู่ที่ 0.50 และ 13.11 ตามลำดับ ซึ่งปุ๋ยหมักที่มีคุณภาพที่เหมาะสมต้องมีสัดส่วนของแอมโมเนียมต่อไนเตรต ($\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$) อยู่ที่ ระหว่าง 0.5-3.0 (California Compost Control, 2001) และสัดส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) อยู่ในระดับไม่เกิน 20 (พัชรี, 2529) หลังจากได้ตะกอนจุลินทรีย์ทั้ง 3 รูปแบบ และหน้าดินจาก จังหวัดนครปฐมที่ใช้ในการศึกษา จึงนำมาวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพและเคมี โดยที่ลักษณะทาง กายภาพและเคมี รวมถึงวิธีการที่วิเคราะห์แสดงในตารางที่ 18

ตารางที่ 18 พารามิเตอร์ วิธีการวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพและเคมีของดินและตะกอนจุลินทรีย์

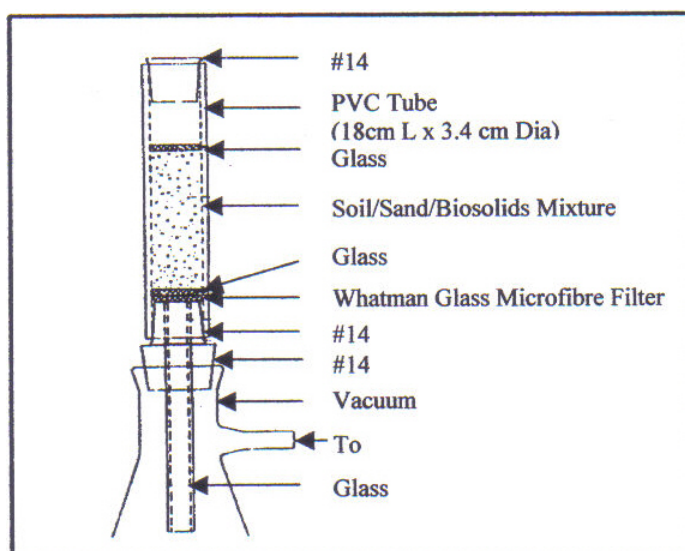
Parameter	Method
pH ¹	pH Meter
Electrical Conductivity	Electrical Conductivity Meter
Moisture Content	อบที่ 103 °C จนน้ำหนักคงที่
Total Solids	การคำนวณ
Volatile Solids Content ¹	เผาที่ 650 °C 2 hr.
Ash ¹	การคำนวณ
Organic Carbon Content ¹	การคำนวณ
Total Nitrogen ²	Total Kjeldahl Nitrogen
Organic Nitrogen ²	การคำนวณ
Nitrate(NO ₃ ⁻) ²	Colorimetric Method
Ammonia(NH ₄ ⁺) ²	Colorimetric Method
Phosphorus ²	Colorimetric Method
Potassium	Atomic Absorption Spectrophotometry
Heavy Metal(Cd, Cu, Pb, Cr, Ni, Zn)	Atomic Absorption Spectrophotometry
Bulk Density, kg/L	Gravimetric Method
สี และกลิ่น	สังเกต

ที่มา: ¹ Black (1965); ² CAB International (1993)

การศึกษาอัตราการปลดปล่อยไนโตรเจนอินทรีย์ของตะกอนจุลินทรีย์ในระดับห้องปฏิบัติการ

การศึกษาอัตราการปลดปล่อยไนโตรเจนอินทรีย์ของตะกอนจุลินทรีย์ลงสู่ดิน ทำการศึกษาโดยใช้การบ่มดินแบบ Aerobic incubation leaching method (Campbell *et al.*, 1993) การดำเนินการทดลองเริ่มจากการนำดินมาปรับความชื้นก่อนโดยบ่มดินที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส หลังจากนั้นนำดินออกมาใช้ในการศึกษาโดยนำตัวอย่างดินประมาณ 30 กรัม ผสมกับทราย จำนวน 60 กรัม ทำการคลุกเคล้าให้ทั่ว จากนั้นนำไปผสมกับตะกอนจุลินทรีย์ในปริมาณ ในตะกอนสด ในปริมาณ 0, 0.68, 1.47, 2.32 และ 2.94 กรัม หรือเทียบเท่ากับ 0, 7.5, 16.2, 25.5 และ

32.4 ตัน/เฮกตาร์ ส่วนในตะกอนที่ผ่านการย่อยสลายแบบไร้อากาศ ในปริมาณ 0.73, 1.65, 2.57 และ 3.25 กรัม หรือเทียบเท่ากับ 8.0, 18.2, 28.3 และ 35.8 ตัน/เฮกตาร์ และปุ๋ยหมัก ในปริมาณ 0.79, 1.71, 2.64 และ 3.43 กรัม หรือเทียบเท่ากับ 8.7, 18.9, 29.0 และ 37.7 ตัน/เฮกตาร์ คลุกเคล้าให้ทั่ว เป็นเนื้อเดียวกัน หลังจากนั้นนำไปใส่ลงในกระบอกตัวอย่างที่รองด้วยใยแก้วและกระดาษกรอง เบอร์ 42 แล้ววางทับด้วยใยแก้วหนา 3 มิลลิเมตร ที่ผิวหน้า ดังแสดงในภาพที่ 8 โดยในขั้นตอนแรก ได้ดำเนินการชะเอาสารอินทรีย์ในโตรเจนออกจากระบบก่อนด้วย 100 มิลลิลิตร ของ 0.01 M CaCl_2 โดยการทำกรเทครั้งละ 10 มล. จากนั้นใส่สารละลายธาตุอาหารที่ปราศจากไนโตรเจน 25 มิลลิลิตร (0.002 M CaSO_4 , 0.002 M MgSO_4 , 0.005 M $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ และ 0.0025 M K_2SO_4) สารละลายส่วนเกินนี้จะถูกดูดออกโดยชุดสูญญากาศ จากนั้นนำกระบอกตัวอย่างที่จุกด้วยฝาจุกทั้ง ห้าและท้ายเข้าทำการบ่มที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส ในแต่ละวันทำการเปิดจุกบนออกเพื่อให้ สัมผัสอากาศประมาณ 5 นาที การหาปริมาณการปลดปล่อยไนโตรเจนอินทรีย์ของตัวอย่างดิน และตะกอนจุลินทรีย์ด้วย 0.01 M CaCl_2 และสารละลายธาตุอาหารที่ปราศจากไนโตรเจนภายหลัง 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 และ 10 สัปดาห์ โดยสารละลาย 0.01 M CaCl_2 ที่ผ่านการชะตัวอย่างดินและ ตะกอนจุลินทรีย์แล้วจะถูกนำไปวิเคราะห์ทุกสัปดาห์ ตามพารามิเตอร์ในตารางที่ 19



ภาพที่ 8 ชุดตัวอย่างในการทดลองในระดับห้องปฏิบัติการ
ที่มา: Campbell *et al.* (1993)

การศึกษาอัตราการปลดปล่อยไนโตรเจนอินทรีย์ของตะกอนจุลินทรีย์ในพื้นที่เพาะปลูก

การศึกษาอัตราการปลดปล่อยไนโตรเจนอินทรีย์จากพื้นที่เพาะปลูก การดำเนินการทดลอง โดยการนำตะกอนจุลินทรีย์ทั้ง 3 รูปแบบ มาใส่ในแปลงปลูกในอัตราที่เทียบเท่ากับความต้องการไนโตรเจนของพืชแต่ละชนิด และมีแปลงที่ไม่ใส่ตะกอนอยู่ 1 แปลง ดังนั้นจึงมีแปลงในการทดลองทั้งหมด 10 แปลง ดังแสดงในตารางที่ 17 ซึ่งในการศึกษาปริมาณการปลดปล่อยไนโตรเจนอินทรีย์ในแปลงเพาะปลูก ทำการเก็บตัวอย่างดินจากแปลงนำมาวิเคราะห์ทุกสัปดาห์ตามพารามิเตอร์ในตารางที่ 19

การศึกษาอิทธิพลจากปริมาณตะกอนจุลินทรีย์ที่มีต่อการเจริญเติบโตของพืชผักสวนครัว

การทดลองแบ่งออกเป็น 4 ขั้นตอน หลักๆ เริ่มตั้งแต่การจัดหาตะกอนที่จะใช้ในการทดลองและการนำตะกอนไปทำปุ๋ยหมัก การนำตะกอนและปุ๋ยที่ได้ไปปลูกพืชร่วมกับดิน และทำการวิเคราะห์ทางห้องปฏิบัติการ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1. นำตะกอนสด และตะกอนที่ผ่านการย่อยโดยที่ตะกอนสด ชนิด นำไปหมักทำปุ๋ยแบบเติมอากาศ (Aerobic Composting) ภายใต้อากาศที่เหมาะสม และจากการเตรียมตะกอนในขั้นต้นจะได้ตะกอนจุลินทรีย์ที่มีลักษณะแตกต่างกัน 3 รูปแบบ
2. นำตะกอนจุลินทรีย์ที่แตกต่างกันทั้ง 3 รูปแบบ มาผสมกับดินในแปลงเพาะปลูกที่เตรียมไว้ ขนาดกว้างด้านละ 0.60 เมตร ซึ่งพืชที่ปลูกมี 3 ชนิด คือ ผักบุ้งจีน มะเขือเทศ และหอมแดง โดยปริมาณตะกอนจุลินทรีย์ที่ใส่ลงในแปลงขึ้นอยู่กับความต้องการธาตุไนโตรเจนของพืชแต่ละชนิด ซึ่งมีอัตราการใส่ตะกอนจุลินทรีย์ ดังนี้ เทียบเท่าและ 2 เท่าของความต้องการธาตุไนโตรเจนของพืช และมีแปลงเพาะปลูกที่เป็นแปลงควบคุมที่ไม่ได้ผสมตะกอนจุลินทรีย์ทั้ง 3 รูปแบบ จำนวน 3 แปลงและที่ไม่มีการปลูกพืช
3. นำพืชที่เตรียมไว้ทั้ง 3 ประเภท มาปลูกแปลงละ 4 ต้น ซึ่งใน 1 แปลงจะเป็นพืชชนิดเดียวกันทั้งหมดโดยปลูกเว้นระยะห่างของแต่ละต้น 0.20 เมตร ยกเว้น ผักบุ้งจีน ที่ต้องโรยเมล็ดผักบุ้งจีนให้ทั่วแปลง โดยจำนวนเมล็ดที่ใช้ประมาณ 50 เมล็ด ดังนั้นจึงทำให้มีจำนวนแปลง 6

แปลงต่อพืช 1 ชนิด และเมื่อรวมกับแปลงควบคุม 3 แปลงจะทำให้มีแปลงเพาะปลูกทั้งหมด 19 แปลง ดังแสดงในตารางที่ 17

4. เก็บตัวอย่างดินและพืชที่ใช้ในการเพาะปลูกพืชทั้ง 3 ชนิด จนครบอายุการเจริญเติบโตของพืชในแต่ละชนิด โดยที่มีการเก็บรักษาตัวอย่างที่อุณหภูมิประมาณ 4 องศาเซลเซียส และจะต้องทำการวิเคราะห์ภายใน 24 ชั่วโมง โดยทำการวิเคราะห์ตัวอย่างดินตามพารามิเตอร์ ที่แสดงดังตารางที่ 19 ก่อนปลูกและหลังเก็บเกี่ยว ยกเว้นการวิเคราะห์น้ำหนักแห้งของพืชที่เก็บตัวอย่างหลังเก็บเกี่ยวเท่านั้น

การศึกษาปริมาณการสะสมโลหะหนักที่มีในพืชผักสวนครัว

การทดลองแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน หลักๆ เริ่มตั้งแต่การจัดหาตะกอนจุลินทรีย์ที่จะใช้ในการทดลอง การนำตะกอนจุลินทรีย์ไปทำปุ๋ยหมักและการนำตะกอนจุลินทรีย์ร่วมกับดิน และทำการวิเคราะห์ทางห้องปฏิบัติการ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1. ดำเนินการเช่นเดียวกับ 1 การศึกษาผลกระทบจากปริมาณธาตุไนโตรเจนที่มีต่อการเจริญของพืชผักสวนครัว หลังจากนั้นนำตะกอนจุลินทรีย์ทั้ง 3 รูปแบบมาผสมกับดินในแปลงเพาะปลูกที่มีขนาดเท่ากับการทดลองข้างต้น โดยใช้อัตราส่วนของตะกอนจุลินทรีย์ต่อดินให้เทียบเท่ากับปริมาณความต้องการธาตุไนโตรเจนของพืชแต่ละชนิดเช่นเดียวกับการทดลองข้างต้น แต่ในกรณีแรกจะมีการเติมปริมาณโลหะหนักสังเคราะห์ให้มีค่าความเข้มข้นเท่ากับปริมาณการสะสมสูงสุดของแคดเมียม และโครเมียมที่ให้มีได้ในดินแห้ง คือ 3 และ 100 มิลลิกรัม/กิโลกรัมดินแห้ง ตามลำดับ ดังปรากฏในตารางที่ 11 และทำการปลูกพืชผักสวนครัวทั้ง 3 ชนิด และในกรณีที่ 2 จะมีการเติมปริมาณโลหะหนักสังเคราะห์ให้มีค่าความเข้มข้นเป็น 2 เท่าของปริมาณการสะสมสูงสุดของแคดเมียม และโครเมียมที่ให้มีได้ในดิน และทำการปลูกเฉพาะหอมแดงเพราะหัวของหอมแดงมีการสัมผัสโดยตรงกับตะกอนจุลินทรีย์ที่ใช้ในการทดลอง ดังนั้น มีแปลงเพาะปลูก จำนวน 12 แปลง ดังแสดงในตารางที่ 17

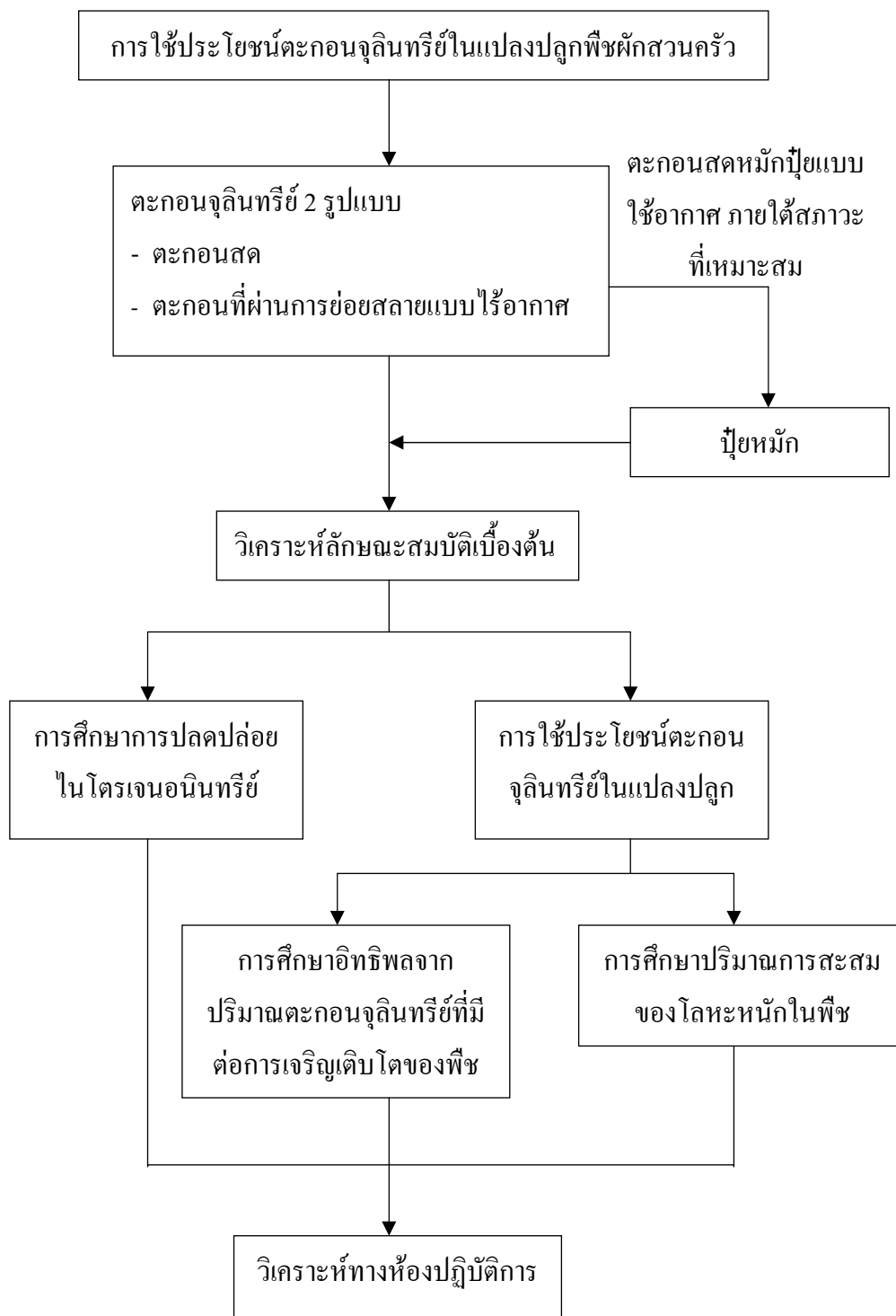
2. เก็บตัวอย่างพืชที่ใช้ในการเพาะปลูกพืชทั้ง 3 ชนิด จนครบอายุการเจริญเติบโตของพืชในแต่ละชนิด โดยที่มีการเก็บรักษาตัวอย่างที่อุณหภูมิประมาณ 4 องศาเซลเซียส และจะต้องทำการวิเคราะห์ภายใน 24 ชั่วโมง โดยทำการวิเคราะห์พืชหลังเก็บเกี่ยวตามพารามิเตอร์ ที่แสดงดัง

ตารางที่ 19 โดยที่การวิเคราะห์โลหะหนักนั้นจะทำการวิเคราะห์แยกส่วนระหว่างส่วนที่บริโภคและส่วนที่ไม่บริโภค

ตารางที่ 19 พารามิเตอร์ในการวิเคราะห์ตัวอย่างดินและพืชในแปลงปลูก

Parameter	การศึกษา			
	1	2	3	4
pH	-	✓	✓	-
Electrical Conductivity	-	✓	✓	-
Moisture Content	-	✓	✓	-
Volatile Solids Content	-	✓	✓	-
Organic Carbon Content	-	✓	✓	-
Total Nitrogen	-	✓	✓	-
Ammonium (NH_4^+)	✓	✓	✓	-
Nitrate (NO_3^-)	✓	✓	✓	-
Phosphorus	-	✓	✓	-
Potassium	-	✓	✓	-
การเจริญเติบโตของพืช (ความสูง)	-	-	✓	-
น้ำหนักแห้งของพืช	-	-	✓	✓
Heavy Metal (Cu, Pb, Zn, Ni, Cd, Cr) ในพืช	-	-	✓	✓

- 1 การศึกษาอัตราการปลดปล่อยไนโตรเจนอินทรีย์ในระดับห้องปฏิบัติการ
- 2 การศึกษาอัตราการปลดปล่อยไนโตรเจนอินทรีย์ในพื้นที่เพาะปลูก
- 3 การศึกษาอิทธิพลจากปริมาณตะกอนจุลินทรีย์ที่มีต่อการเจริญเติบโตของพืช
- 4 การศึกษาปริมาณการสะสมโลหะหนักที่มีในพืชผักสวนครัว



ภาพที่ 9 แผนผังการศึกษาโดยรวม