

บทที่ 2

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการทดลอง

วัสดุ และอุปกรณ์

การศึกษานี้มีวัสดุและอุปกรณ์ที่สำคัญต่าง ๆ คือ

1. ดิน

ดินที่ใช้ในการทดลองเป็นดินเหมืองแร่ร้างบริเวณเหมืองแร่ดินลานของบริษัทสหกาญจน์ จำกัด ตั้งอยู่ที่หมู่ที่ 5 ตำบลท่าช้าง อำเภอบางกล่ำ จังหวัดสงขลา

2. กากตะกอนของเสีย

การศึกษานี้ได้เก็บตัวอย่างกากตะกอนของเสียจากบ่อบำบัดน้ำเสียของบริษัทห้องเย็น ไซติวัฒน์หาดใหญ่ จำกัด (มหาชน) ตั้งอยู่ที่ถนนสายหาดใหญ่ - จะนะ (เอเชีย) หมู่ 3 ตำบลนาหม่อม อำเภอนาหม่อม จังหวัดสงขลา โดยตัวอย่างที่เก็บจะแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ กากตะกอนของเสียจากบ่อที่ใช้อากาศ (Sequencing Batch Reactor : SBR) และกากตะกอนของเสียจากบ่อที่ไม่ใช้อากาศ (Upflow Anaerobic Sludge Blanket : UASB)

3. พันธุ์ข้าวโพดหวาน

ข้าวโพดหวานใช้พันธุ์ เอทีเอส 2 เป็นเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานลูกผสม ของบริษัทผลิตภัณฑ์ข้าวโพดหวาน จำกัด ผลิตและจำหน่ายโดยบริษัทผลิตภัณฑ์ข้าวโพดหวาน จำกัด ตั้งอยู่ที่ 99 หมู่ 1 ตำบลแก่งเสี้ยน อำเภอเมือง จังหวัดกาญจนบุรี

4. ขุยมะพร้าว จากภาควิชาพืชศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

5. แกลบเผา จากร้านจำหน่ายต้นไม้หน้าห้างแมคโคร ถนนกาญจนวนิชย์ อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา

6. ดินที่มีจำหน่ายในท้องตลาด (ดินลำดวน และดินไม่ลองไม่รู้) จากร้านจำหน่ายต้นไม้หน้าห้างแมคโคร ถนนกาญจนวนิชย์ อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา

7. น้ำกรอง เป็นน้ำที่ปราศจากไออนนใช้สำหรับให้ความชื้นแก่ข้าวโพดหวาน

8. กุญพลาสติกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 นิ้ว และยาว 12 นิ้ว ใช้สำหรับใส่ดินปลูกข้าวโพดหวาน

9. สารเคมีสำหรับวิเคราะห์ดินและพืช เช่น $K_2Cr_2O_7$, H_2SO_4 , H_3BO_3 และ NaOH

10. อุปกรณ์ที่จำเป็นในการวิเคราะห์ดินและพืช ได้แก่ pH meter, Electrical conductivity meter, Spectrophotometer, Atomic absorption spectrophotometer, Flame photometer, Digestion apparatus, Kjeldahl distillation apparatus, เครื่องแก้วและเครื่องบดตัวอย่างพืช ตู้อบตัวอย่างพืช และเครื่องชั่ง

วิธีการทดลอง

การศึกษาทดลองครั้งนี้ประกอบด้วยขั้นตอนต่าง ๆ ดังจะกล่าวคือ

1. การทดลองเพื่อหาวิธีให้พืชสามารถเจริญเติบโตได้

ซึ่งเป็นการศึกษาเริ่มต้น (pre test) ก่อนการศึกษาจริง โดยมีขั้นตอนการทดลองต่าง ๆ ดังนี้

1.1 ศึกษาค่าการนำไฟฟ้าของดินที่สารละลายอิ้มตัวที่ 25 องศาเซลเซียส (ECe) ของกากตะกอนของเสียในห้องปฏิบัติการ

โดยหาค่าการนำไฟฟ้าของดินที่อุณหภูมิ t องศาเซลเซียส ที่ใช้อัตราส่วนดินต่อน้ำเป็น 1:5 (ECt) ในห้องปฏิบัติการ แล้วแปลงค่าเป็นค่าการนำไฟฟ้าของดินที่สารละลายอิ้มตัวที่ 25 องศาเซลเซียส (ECe) โดยใช้สูตรดังนี้ (คณาจารย์ภาควิชาธรณีศาสตร์, 2539)

$$ECe = (ECt \times 6.0) / (1 + 0.02(t - 25))$$

$$ECe = \text{ค่าการนำไฟฟ้าของดินที่สารละลายอิ้มตัวที่ 25 องศาเซลเซียส (saturation water extract)}$$

$$ECt = \text{ค่าการนำไฟฟ้าของดินที่อุณหภูมิ t องศาเซลเซียส โดยใช้อัตราส่วนดินต่อน้ำเป็น 1:5}$$

$$t = \text{อุณหภูมิของสารแขวนลอยมีหน่วยเป็นองศาเซลเซียส}$$

1.2 ทดลองผสมกากตะกอนของเสียตามอัตราส่วนที่เหมาะสม

ซึ่งได้มาจากการศึกษาในหัวข้อ 1.1 จากนั้นทำการปลูกข้าวโพดหวานเพื่อทดสอบความสามารถในการงอกและเจริญเติบโต โดยทำการทดลองในเรือนกระจก มีสิ่งทดลองต่าง ๆ ดังแสดงในตารางที่ 2

1.3 ใส่วัสดุปลูก เพื่อช่วยในการดูความเค็ม

จากการทดลองใน 1.2 จึงได้แนวคิดว่าจะมีการใส่วัสดุปลูก เพื่อช่วยในการดูความเค็ม และควรจะหมักดินผสมไว้ประมาณ 6 สัปดาห์ก่อนทำการปลูกข้าวโพดหวาน โดยสิ่งทดลองต่าง ๆ ดังแสดงไว้ในตารางที่ 3

ตารางที่ 2 สิ่งทดลองปลูกข้าวโพดหวานเมื่อผสมกากตะกอนของเสียในอัตราที่ค่าการนำไฟฟ้าของดินที่สามารถละลายอิมิตัวที่ 25 องศาเซลเซียส มีค่าประมาณ 2 dS m^{-1}

สิ่งทดลอง (Treatment)	กรรมวิธี	กากตะกอนของเสีย (%)	
1	ดิน + กากตะกอน	1.37	-
2	ดิน + กากตะกอน	-	0.70

2. การศึกษาความสามารถในการปลดปล่อยธาตุอาหาร

โดยการศึกษาการปลดปล่อยธาตุอาหารของกากตะกอนของเสียและดินตัวอย่างมีวิธีในการดำเนินการต่าง ๆ ดังนี้

2.1 การเก็บและเตรียมตัวอย่างดิน

เก็บตัวอย่างดินจากเหมืองแร่ร้างดินลานที่ระดับความลึกชั้นไถพรวน (0-15 เซนติเมตร) จากนั้นผึ่งให้แห้งในที่ร่ม บดให้ละเอียดแล้วร่อนผ่านตะแกรงขนาด 2 มิลลิเมตร เก็บไว้สำหรับวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการและสำหรับปลูกข้าวโพดหวานในเรือนกระจก

2.2 การเก็บและเตรียมกากตะกอนของเสีย

นำตัวอย่างกากตะกอนของเสียทั้ง 2 ชนิด มาผึ่งอากาศให้แห้ง จากนั้นนำมาบดแล้วร่อนผ่านตะแกรงที่มีช่องของตะแกรงขนาด 2 มิลลิเมตร เพื่อเก็บเอาไว้ใช้สำหรับเป็นตัวอย่างวิเคราะห์สมบัติทางเคมีในห้องปฏิบัติการ ตลอดจนไว้ใช้สำหรับผสมดินปลูกข้าวโพดหวานในเรือนกระจก

ตารางที่ 3 สิ่งทดลองเพื่อศึกษาหาวัสดุปลูกที่เหมาะสม

สิ่งทดลอง	กรรมวิธี	เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนัก)					
		ดิน	กากตะกอน	แกลบดิบ	แกลบผุ	แกลบเผา	ขุยมะพร้าว
1	ดิน (control)	100	-	-	-	-	-
2	ดิน + กากตะกอนใช้อากาศ + วัสดุปลูก	99	0.5	0.5	-	-	-
3	ดิน + กากตะกอนใช้อากาศ + วัสดุปลูก	99	0.5	-	0.5	-	-
4	ดิน + กากตะกอนใช้อากาศ + วัสดุปลูก	99	0.5	-	-	0.5	-
5	ดิน + กากตะกอนใช้อากาศ + วัสดุปลูก	99	0.5	-	-	-	0.5
6	ดิน + กากตะกอนไม่ใช้อากาศ + วัสดุปลูก	99	0.5	0.5	-	-	-
7	ดิน + กากตะกอนไม่ใช้อากาศ + วัสดุปลูก	99	0.5	-	0.5	-	-
8	ดิน + กากตะกอนไม่ใช้อากาศ + วัสดุปลูก	99	0.5	-	-	0.5	-
9	ดิน + กากตะกอนไม่ใช้อากาศ + วัสดุปลูก	99	0.5	-	-	-	0.5
10	ดิน + กากตะกอนใช้อากาศ + วัสดุปลูก	98	1	1	-	-	-
11	ดิน + กากตะกอนใช้อากาศ + วัสดุปลูก	98	1	-	1	-	-
12	ดิน + กากตะกอนใช้อากาศ + วัสดุปลูก	98	1	-	-	1	-
13	ดิน + กากตะกอนใช้อากาศ + วัสดุปลูก	98	1	-	-	-	1
14	ดิน + กากตะกอนไม่ใช้อากาศ + วัสดุปลูก	98	1	1	-	-	-
15	ดิน + กากตะกอนไม่ใช้อากาศ + วัสดุปลูก	98	1	-	1	-	-
16	ดิน + กากตะกอนไม่ใช้อากาศ + วัสดุปลูก	98	1	-	-	1	-
17	ดิน + กากตะกอนไม่ใช้อากาศ + วัสดุปลูก	98	1	-	-	-	1

2.3 การวิเคราะห์ตัวอย่างดินเหมืองแร่ร้าง และกากตะกอนของเสีย

นำตัวอย่างดินเหมืองแร่ร้าง และกากตะกอนของเสียที่ผ่านขั้นตอนการเตรียมตามหัวข้อ 2.1 และ 2.2 มาวิเคราะห์สมบัติทางเคมี ซึ่งมีวิธีการและพารามิเตอร์ต่าง ๆ ดังแสดงไว้ในตารางที่ 4 และผลจากการศึกษาสมบัติทางเคมีของดินเหมืองแร่ร้างและกากตะกอนของเสียแสดงไว้ในตารางที่ 7

ตารางที่ 4 พารามิเตอร์ และวิธีการที่ใช้ในการวิเคราะห์สมบัติของดิน

พารามิเตอร์	วิธีวิเคราะห์
pH	pH Meter (ดิน:น้ำ =1:5)
Electrical Conductivity (EC)	Electrical Conductivity Meter (ดิน:น้ำ =1:5)
Total Nitrogen (N)	Kjeldahl Method
Available Nitrogen (N)	2 N KCl Ext., แล้วยกกลับ
Available Phosphorus (P)	Bray II, Molybdenum blue method
Exchangeable Sodium (Na)	NH ₄ OAc Ext., Flame Photometer
Exchangeable Potassium (K)	NH ₄ OAc Ext., Flame Photometer
Exchangeable Calcium (Ca)	NH ₄ OAc Ext., Atomic Absorption Spectro photometer
Exchangeable Magnesium (Mg)	NH ₄ OAc Ext., Atomic Absorption Spectro photometer
Available Sulfur (S)	Ca(H ₂ PO ₄) ₂ Ext., Turbidimetry
Organic Matter (OM)	Walkey and Black Method
Cation Exchange Capacity (CEC)	NH ₄ OAc Ext.

2.1 วางแผนการทดลอง

การศึกษานี้ใช้กากตะกอนของเสียชนิดใช้อากาศหมักรวมกับดินเหมืองแร่ร้าง และวัสดุปลูก โดยกำหนดการทดลองแบบสุ่มตลอด (completely randomized design, CRD) ประกอบด้วย 6 สิ่งทดลองทุกสิ่งทดลองทำ 3 ซ้ำ (ตารางที่ 5)

2.5 วิธีการดูแลรักษา

ตลอดการทดลองต้องรดน้ำและรักษาความชื้นของดินผสมให้มีความชื้นที่ความชื้นสนาม จากนั้นวางทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 0, 1, 2, 3 และ 4 สัปดาห์ เมื่อครบกำหนดทุก ๆ สัปดาห์ นำไปหาปริมาณธาตุอาหารและสมบัติทางเคมีบางประการ

2.6 การเก็บข้อมูล

หาปริมาณธาตุอาหารและสมบัติทางเคมีบางประการ เช่น ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดิน ค่าการนำไฟฟ้า ไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ที่เปลี่ยนแปลงไปทุก ๆ 1 สัปดาห์ โดยวิธีต่าง ๆ ซึ่งแสดงไว้ในตารางที่ 4

2.7 การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูล ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดิน ค่าการนำไฟฟ้าไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ ไปวิเคราะห์ทางสถิติตามแผนการทดลองโดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance) และหาความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SAS (SAS, 1988)

2.8 สรุปและวิจารณ์ผลการเปลี่ยนแปลงสมบัติของดินผสมตลอด 1 เดือน

ตารางที่ 5 อัตราส่วนของดินผสมที่ใช้ในการศึกษาความสามารถในการปลดปล่อยธาตุอาหารของกากตะกอนของเสี้ยว

สิ่งทดลอง	กรรมวิธี	เปอร์เซ็นต์ดินผสม (โดยน้ำหนัก)		
		ดิน	วัสดุปลูก	กากตะกอนของเสี้ยว
1	S (control)	100	-	-
2	S+2%Wa	98	-	2
3	S+C	85	15	-
4	S+H	85	15	-
5	S+C+2%Wa	83	15	2
6	S+H+2%Wa	83	15	2

S = ดินเหนียวแฉะ

C = ขุยมะพร้าว

H = แกลบเผา

Wa = กากตะกอนของเสี้ยวชนิดใช้อากาศ

W = กากตะกอนของเสี้ยวชนิดไม่ใช้อากาศ

3. การใช้ประโยชน์จากตะกอนของเสียเพื่อปรับปรุงดินเหมืองแร่ร้าง

ศึกษาการใช้ประโยชน์จากตะกอนของเสียสำหรับเป็นปุ๋ยอินทรีย์และสารปรับปรุงดินเหมืองแร่ร้าง พร้อมทั้งเปรียบเทียบกับดินที่มีจำหน่ายในท้องตลาด โดยมีขั้นตอนและกระบวนการที่เกี่ยวข้องดังนี้

3.1 การเก็บและเตรียมตัวอย่างดิน (เหมือนการศึกษาหัวข้อที่ 2)

3.2 การเก็บและเตรียมตัวอย่างกากตะกอนของเสีย (เหมือนการศึกษาหัวข้อที่ 2)

3.3 การวิเคราะห์ตัวอย่างดินและกากตะกอนของเสีย (เหมือนการศึกษาหัวข้อที่ 2)

3.4 วางแผนการทดลองเพื่อศึกษาศักยภาพของกากตะกอนของเสียในการใช้เป็นปุ๋ยและสารปรับปรุงดินเหมืองแร่ร้าง การศึกษานี้ทำการทดลองปลูกข้าวโพดหวานในเรือนกระจก โดยในแต่ละสิ่งทดลองประกอบด้วย ดินเหมืองแร่ร้าง กากตะกอนของเสีย และวัสดุปลูก (ดินผสม) ทำการปลูกข้าวโพดหวานในเรือนกระจกเปรียบเทียบกับดินที่มีขายในท้องตลาด (ดินลำดวน และดินไม่ลองไม่รู้) โดยกำหนดการทดลองแบบสุ่มตลอด ประกอบด้วย 21 สิ่งทดลองทุกสิ่งทดลองทำ 4 ซ้ำ (ตารางที่ 6)

3.5 การปลูกและการดูแลรักษา

ดินผสมที่จะใช้ปลูกข้าวโพดหวานทำโดย ผสมดินตามแผนการทดลองในตารางที่ 6 โดยดินผสมหนักประมาณ 4 กิโลกรัม จากนั้นหมักดินผสมไว้ประมาณ 6 สัปดาห์ ซึ่งตลอดระยะเวลาที่หมักนั้นต้องรดน้ำให้ดินผสมมีความชื้นที่ความชื้นสนาม (Field Capacity, FC) หรืออาจจะสูงกว่าเล็กน้อย วิธีการปลูกจะปลูกข้าวโพดหวานลงในดินผสมประมาณ 3-4 เมล็ด จากนั้นเมื่อข้าวโพดหวานเริ่มออก ถอนต้นข้าวโพดหวานออกเหลือต้นที่แข็งแรงไว้ 1 ต้น โดยก่อนปลูกข้าวโพดหวานต้องทำให้ดินในกระถางมีความชื้นสนามก่อน และหลังจากปลูกข้าวโพดหวานแล้วต้องดูแลและรดน้ำให้ความชื้นของดินอยู่ที่ความชื้นสนามตลอดเวลา

3.6 การเก็บข้อมูล

ต้นข้าวโพดหวานที่คัดเลือกไว้ตามข้อ 3.5 ได้ทำการวัดความสูงของข้าวโพดหวาน จากพื้นดินจนถึงปลายใบที่ยาวที่สุด (รวบใบในแนวตั้ง) ทุก ๆ 1 สัปดาห์จนครบ 6 สัปดาห์ เมื่ออายุประมาณ 6 สัปดาห์ ตัดส่วนเหนือดิน ชั่งน้ำหนักสดแล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียสให้แห้ง หรือจนน้ำหนักคงที่ จากนั้นชั่งน้ำหนักแห้ง

ตารางที่ 6 แผนการทดลองศึกษาการใช้กากตะกอนของเสียเป็นปุ๋ย สารปรับปรุงดินเหมืองแร่ร้าง และเปรียบเทียบกับดินที่มีขายในท้องตลาด

สิ่งทดลอง	กรรมวิธี	เปอร์เซ็นต์ดินผสม (โดยน้ำหนัก)		
		ดิน	วัสดุปลูก	กากตะกอนของเสีย
1	S (control)	100	-	-
2	S+C	85	15	-
3	S+H	85	15	-
4	S+C+1%Wa	84	15	1
5	S+C+2%Wa	83	15	2
6	S+C+3%Wa	82	15	3
7	S+C+4%Wa	81	15	4
8	S+C+1%W	84	15	1
9	S+C+2%W	83	15	2
10	S+C+3%W	82	15	3
11	S+C+4%W	81	15	4
12	S+H+1%Wa	84	15	1
13	S+H+2%Wa	83	15	2
14	S+H+3%Wa	82	15	3
15	S+H+4%Wa	81	15	4
16	S+H+1%W	84	15	1
17	S+H+2%W	83	15	2
18	S+H+3%W	82	15	3
19	S+H+4%W	81	15	4
20	CS1	-	-	-
21	CS2	-	-	-

CS1 = ดินไม่ลองไม่รู้ (100 เปอร์เซ็นต์)

CS2 = ดินลำตวน (100 เปอร์เซ็นต์)

3.7 การวิเคราะห์ตัวอย่างพืชและสมบัติทางเคมีของดินผสม

นำต้นข้าวโพดหวานที่อบแห้งแล้วไปบด และวิเคราะห์หาปริมาณธาตุอาหาร ได้แก่ ไนโตรเจนในพืช โดยย่อยด้วยกรด H_2SO_4 และวิเคราะห์โดยใช้วิธี Kjeldahl Method ฟอสฟอรัส วิเคราะห์โดยย่อยด้วยกรดผสม $HNO_3/HClO_4$ นำไปทำให้เกิดสีโดยใช้สารละลาย vanadomolydate และวัดโดยใช้ Spectrophotometer และโพแทสเซียม วิเคราะห์โดยย่อยพืชด้วยกรดผสม $HNO_3/HClO_4$ เช่นเดียวกับการวิเคราะห์ฟอสฟอรัส และวัดโดยใช้ Flame photometer ดินผสมก่อนปลูก และหลังปลูกข้าวโพด นำมาวิเคราะห์หาปริมาณธาตุอาหาร สำหรับพารามิเตอร์ที่ศึกษา และวิธีการวิเคราะห์แสดงไว้ในตารางที่ 4 ซึ่งกล่าวไว้ในข้อ 2.3

3.8 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

นำข้อมูลความสูง น้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง และปริมาณธาตุอาหารในต้นข้าวโพดหวานไปวิเคราะห์ทางสถิติตามแผนการทดลองโดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวน และหาความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธี DMRT ของโปรแกรมสำเร็จรูป SAS (SAS, 1988) สำหรับปริมาณธาตุอาหารในดินผสมก่อนปลูกและหลังปลูกใช้การหาความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้ T Test โดยใช้โปรแกรม SAS และหาค่าความสัมพันธ์ของสมบัติทางเคมีโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS ทำการวิเคราะห์แบบ regression หาสมการเส้นตรง และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์

สถานที่ทำการวิจัย

1. เรือนกระจก คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา
2. วิเคราะห์ตัวอย่างดินและกากตะกอนของเสียและธาตุอาหารในพืชที่ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ดินและพืช ภาควิชาธรณีศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์