

บทที่ 3

วิธีการวิจัย

3.1 วัสดุและสารเคมี

3.1.1 การวิเคราะห์หาไนโตรเจนทั้งหมด สารเคมีที่ใช้เกรด Analytical Reagent (A.R.)

Potassium sulfate (K_2SO_4)	(Fisher chemicals)
Boric acid (H_3BO_3), Sodium hydroxide (NaOH) และ Sulfuric acid (HCl)	(Ajax finechem, New Zealand)
Nitric acid (HNO_3)	(LAB - SCAN, Ireland)

3.1.2 การวิเคราะห์หาฟอสฟอรัสในรูป P_2O_5 สารเคมีที่ใช้เกรด Analytical Reagent (A.R.)

Perchloric acid ($HClO_4$)	(LAB - SCAN, Ireland)
Ammonium molybdate (NH_4) ₆ Mo ₇ O ₂₄ ·4H ₂ O	(Riedel - de Haen, Germany)
Ammonium metavanadate (NH_4VO_3)	(Merck, Germany)
Nitric acid (HNO_3)	(LAB - SCAN, Ireland)

3.1.3 การวิเคราะห์หาโพแทสเซียมในรูป K_2O สารเคมีที่ใช้เกรด Analytical Reagent (A.R.)

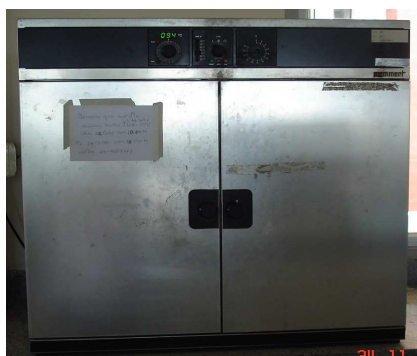
Potassium chloride (KCl)	(BDH, England)
Potassium hydroxide (KOH)	(Ajax finechem, New Zealand)
Perchloric acid ($HClO_4$)	(LAB - SCAN, Ireland)

3.1.4 การวิเคราะห์หาสังกะสี (Zinc, Zn) สารเคมีที่ใช้ เกรด Analytical Reagent (A.R.)

Diethylene triamine pentacetic acid (Ajax finechem, New Zealand)
(DTPA, $C_{14}H_{23}N_3O_{10}$)

3.2 อุปกรณ์

3.2.1 ตู้ควบคุมอุณหภูมิ (Incubator) Model 600 บริษัท Memmert ดังภาพประกอบที่ 3.1



ภาพประกอบที่ 3.1 ตู้ควบคุมอุณหภูมิ

3.2.2 เตาเผา Model 6000 Furnace บริษัท Thermolyne ดังภาพประกอบที่ 3.2



ภาพประกอบที่ 3.2 เตาเผา

3.2.3 เครื่องวัด ค่าความเป็นกรด เบส (pH meter) Model MP220บริษัท Mettler TOLEDO

3.2.4 เครื่องชั่งตวงวัด 4 ตำแหน่ง Model TR - 6101 บริษัท Denver Instrument ดังภาพประกอบที่ 3.3



ภาพประกอบที่ 3.3 เครื่องชั่งตวงวัด 4 ตำแหน่ง

3.2.5 เครื่อง Ultrasonic bath Model 2210 บริษัท Branson ดังภาพประกอบที่ 3.4



ภาพประกอบที่ 3.4 เครื่อง Ultrasonic bath

3.2.6 เครื่องเขย่าสาร (Shaking machine) Model unimax 1010 บริษัท Heidolph ประเทศ Germany ดังภาพประกอบที่ 3.5



ภาพประกอบที่ 3.5 เครื่อง Shaking machine

3.2.7 เครื่องผลิตน้ำปราศจากไอออน (Deionization, DI) Model 185 บริษัท Milli - Q Plus ประเทศ North America ดังภาพประกอบที่ 3.6



ภาพประกอบที่ 3.6 เครื่องผลิตน้ำปราศจากไอออน

3.2.8 เครื่องวัดค่าการนำไฟฟ้า (Conductivity Meters) Model Cond 315I บริษัท Wissenschaftlich -Technische Werkstätten ประเทศ Germany

3.2.9 เครื่องให้ความร้อน (Hot plate) ประเทศ ไทย

3.2.10 เครื่อง Spectrophotometer Model 6405 UV/Vis บริษัท Spectronic Instruments ประเทศ UK ดังภาพประกอบที่ 3.7



ภาพประกอบที่ 3.7 เครื่อง Spectrophotometer

3.2.11 เครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer ชนิด Flame atomizer Model AAnalyst 100 บริษัท Perkin Elmer ประเทศ USA ดังภาพประกอบที่ 3.8



ภาพประกอบที่ 3.8 Atomic Absorption Spectrophotometer ชนิด
Flame atomizer

3.2.12 เครื่องวิเคราะห์ไนโตรเจน ประกอบด้วย เครื่องย่อย BUCHI Digestion Model K - 435 เครื่องกลั่น BUCHI Scrubber Model B - 414 และ เครื่องจับกรด BUCHI Distillation Model B - 324 ดังภาพประกอบที่ 3.9, 3.10 และ 3.11)



ภาพประกอบที่ 3.9 เครื่องย่อย BUCHI Digestion Model K - 435



ภาพประกอบที่ 3.10 เครื่องกลั่น BUCHI Scrubber Model B - 414



ภาพประกอบที่ 3.11 เครื่องจับกรด BUCHI Distillation Model B - 324

3.2.13 เครื่อง Flame Photometer Model 410 บริษัท Sherwood-scientific ดังภาพประกอบที่ 3.12



ภาพประกอบที่ 3.12 เครื่อง Flame Photometer

3.3 วิธีดำเนินการ

ทำการศึกษาศักยภาพด้านธาตุอาหารสำหรับพืชของกากอินทรีย์จากอุตสาหกรรมหลัก ๆ ในภาคใต้ของประเทศ ซึ่งได้แก่ อุตสาหกรรมน้ำตาลขุ่น แปรรูปสัตว์น้ำ และน้ำมันปาล์ม เพื่อศึกษาถึงความเป็นไปได้ในการนำไปเตรียมวัสดุปลูกหญ้า โดยทำการศึกษาลักษณะทางกายภาพและเคมีเบื้องต้นของกากอินทรีย์ ความเป็นกรด เบส (pH) ค่าปริมาณความชื้น (Moisture content) ค่าปริมาณของแข็งทั้งหมด (Total solid constant, TSC) ค่าปริมาณของแข็งที่ระเหยออกไป (Volatile solid, VS) ค่าการนำไฟฟ้า (Electrical conductivity, mS/cm) และการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารสำหรับพืชในกากอินทรีย์ โดยศึกษาร้อยละปริมาณธาตุอาหารไนโตรเจน ฟอสฟอรัสในรูป P_2O_5 โพแทสเซียมในรูป K_2O และศึกษาร้อยละปริมาณธาตุอาหารรอง สังกะสี รวมทั้งศึกษาการเตรียมและประเมินประสิทธิภาพวัสดุปลูกหญ้า โดยศึกษาจากศักยภาพการใช้วัสดุปลูกกับหญ้าสนามพันธุ์วลน้อย (*Agrostis matrella* L.) ญี่ปุ่น (*Zoysia japonica*) และมาเลเซีย (*Axonopus*

compuuressus P.) พร้อมทั้งทำการประเมินความคุ้มค่า ต้นทุน ความเป็นไปได้ในรูปแบบการนำไปใช้ โดยทำการศึกษาวิเคราะห์ข้อมูลต่าง ๆ ดังนี้

3.3.1 การศึกษาสมบัติทางกายภาพและเคมีของกากอินทรีย์อุตสาหกรรม

การเก็บตัวอย่าง กากตะกอนอินทรีย์ แบ่งออกเป็น 3 ประเภท คือ

กากขี้แป้ง (Latex sludge) จากอุตสาหกรรมน้ำยางข้น เก็บจากส่วนของหัวปั่นเหวี่ยงน้ำยางข้น เก็บภายในระยะเวลา 24 - 48 ชั่วโมง โดยนำภาชนะถังแบบมีฝาปิดขนาด 250 ลิตร เก็บส่วนที่เป็นตะกอนค้างอยู่ที่หัวปั่นเหวี่ยง

กากตะกอนแปรรูปสัตว์น้ำ (Fish processing sludge) จากอุตสาหกรรมแปรรูปสัตว์น้ำเก็บจากบ่อเก็บกากอินทรีย์ที่ได้จากระบบบำบัดน้ำทิ้งแบบตะกอนเร่ง (Activated sludge system) เก็บกากอินทรีย์ใส่ภาชนะที่มีฝาปิด (ถังขนาด 250 ลิตร)

กากดีแคนเตอร์ (Decanter) หรือ เค้ก (Cake) จากอุตสาหกรรมน้ำมันปาล์ม เก็บจากส่วนที่ได้จากกระบวนการการผลิตน้ำมันปาล์มโดยกระบวนการหีบร้อน ภาพประกอบที่ 2.5 เก็บใส่ภาชนะโดยนำภาชนะถังแบบมีฝาปิดขนาด 250 ลิตร การเก็บรักษาตัวอย่างสำหรับการวิเคราะห์ เก็บตัวอย่างกากอินทรีย์ที่วิเคราะห์แต่ละประเภทใส่ถุงพลาสติก แช่ไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เพื่อรักษาสภาพตัวอย่าง

การศึกษาลักษณะทางกายภาพและทางเคมีของกากอินทรีย์ ทำการศึกษาตามหลักการวิเคราะห์ปุ๋ย (Fertilizers) ของ AOAC Official Method of Analysis (2000) ซึ่งวิเคราะห์ กากขี้แป้ง จากอุตสาหกรรมน้ำยางข้น กากตะกอนแปรรูปสัตว์น้ำ และ กากดีแคนเตอร์ หรือ เค้ก จากอุตสาหกรรมน้ำมันปาล์ม การศึกษาตัวอย่างแบ่งเป็น 2 ประเภท คือ ศึกษาตัวอย่างสดและศึกษาตัวอย่างแห้งที่ผ่านการอบจนน้ำหนักคงที่ โดยศึกษาข้อมูลพารามิเตอร์ต่าง ๆ ดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 พารามิเตอร์ต่าง ๆ และวิธีการวิเคราะห์

พารามิเตอร์	วิธีวิเคราะห์
1. pH	pH Measurement of Organic Soils (AOAC Official Method 994.18, 2000)
2. Electrical Conductivity (EC)	(1: 5 water) Conductometer
3. Moisture Content	Gravimetric Method (AOAC Official Method 985.29, 1995)
4. Total Solid Content (TSC)	Gravimetric Method (AOAC Official Method 966.02, 2000)
5. Volatile Solids (VS) and Ash	Gravimetric Method (AOAC Official Method 966.02, 2000)
6. Total Nitrogen (N)	Kjeldahl Method (AOAC Official Method 955.04, 2000)
7. Phosphorus ในรูป P_2O_5	Spectrophotometer Molybdophosphate Method (AOAC Official Method 958.01, 2000)
8. Potassium ในรูป K_2O	Flame Photometric Method (AOAC Official Method 893.02, 2000)
9. Zinc (Zn)	Nutrients (Minor) in Fertilizers Atomic Absorption Spectrophotometer Method (AOAC official Method, 965.09, 2000)

สำหรับการเตรียมเครื่องแก้วเพื่อการศึกษาสมบัติทางกายภาพและเคมี เตรียมโดยล้างอุปกรณ์และเครื่องแก้วด้วยน้ำยาล้างเครื่องแก้วทีโพล (บริษัท ท็อป ทวิน จำกัด) โดยผสมน้ำยา 10 ถึง 20 มิลลิลิตร กับน้ำ 4.5 ลิตร ผสมให้เข้ากันแล้วนำอุปกรณ์และเครื่องแก้วลงล้าง แล้วล้างออกด้วยน้ำประปาจนสะอาด สำหรับการวิเคราะห์ธาตุอาหารโพแทสเซียม และ สังกะสี นำอุปกรณ์และเครื่องแก้วแช่ในกรดไนตริก เข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 24 ชั่วโมง สำหรับขวดพลาสติกแช่เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ล้างเครื่องแก้วด้วยน้ำกลั่นจนสะอาด ล้างเครื่องแก้วด้วยน้ำปราศจากไอออนและแช่ทิ้งไว้เป็นเวลา 1 ชั่วโมง เสร็จแล้วจึงคว่ำผึ่งลมให้แห้งหรือนำไปอบจนแห้ง

3.3.1.1 การศึกษาสมบัติทางกายภาพของกากอินทรีย์อุตสาหกรรม

ทำการบันทึกสถานะและสีของกากอินทรีย์แต่ละประเภทอุตสาหกรรม คือ กากชีเป้ง กากตะกอนจากอุตสาหกรรมแปรรูปสัตว์น้ำ และ กากดีแคเตอร์ ศึกษาถึงลักษณะของกากอินทรีย์ว่ามีสถานะอยู่ในรูป ของแข็ง ของเหลว หรือ กึ่งแข็งกึ่งเหลว ศึกษาค่าปริมาณความชื้น แข็งทั้งหมดของแข็งที่ระเหยได้ และ เถ้าของกากอินทรีย์แต่ละประเภท

3.3.1.1.1 การศึกษาปริมาณความชื้น แข็งทั้งหมด ของแข็งที่ระเหยได้ และ เถ้า

1.การหาค่าความชื้น ของแข็งทั้งหมด ของแข็งที่ระเหยได้ และ เถ้า ในตัวอย่างกากอินทรีย์ (AOAC Official Method 985.29, 1995)

- 1.1 อบครูชีเบิ้ล ที่อุณหภูมิ 103 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง หรือจนน้ำหนักคงที่
- 1.2 นำครูชีเบิ้ลใส่ในเคชเคเตอร์ ทิ้งไว้ให้เย็น (ประมาณ 15 - 30 นาที)
- 1.3 ชั่งน้ำหนัก ครูชีเบิ้ล (A)
- 1.4 ชั่งตัวอย่างที่ทราบน้ำหนักแน่นอนใส่ในครูชีเบิ้ล
- 1.5 บันทึกน้ำหนักตัวอย่างรวมกับน้ำหนักครูชีเบิ้ล (B)
- 1.6 นำไปอบที่อุณหภูมิ 103 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง หรือจนน้ำหนักคงที่
- 1.7 นำครูชีเบิ้ล ไปใส่ในเคชเคเตอร์ ทิ้งไว้ให้เย็น (ประมาณ 15 - 30 นาที)
- 1.8 ชั่งน้ำหนักรวมของตัวอย่างรวมกับน้ำหนักครูชีเบิ้ล หลังการอบ (C)
- 1.9 นำไปเผาโดยใช้เตาเผา ที่อุณหภูมิ 550 ± 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที
- 1.10 นำครูชีเบิ้ลใส่ในเคชเคเตอร์ ทิ้งไว้ให้เย็น (ประมาณ 30 นาที)

ชั่งน้ำหนักรวมของตัวอย่างรวมกับน้ำหนักครูชีเบิ้ล หลังการเผา (D) และคำนวณผล

$$\text{คำนวณตามสูตร} \quad \% \text{ TSC (ปริมาณของแข็งทั้งหมด)} = (Y \times 100) / X$$

$$\% \text{ MC (ความชื้น)} = ((X - Y) \times 100) / X$$

$$\% \text{ VC (ปริมาณของแข็งที่ระเหยได้)} = ((Y - Z) \times 100) / Y$$

$$\text{โดยที่} \quad X = \text{น้ำหนักของตัวอย่างสด} \quad (B - A) \quad \text{หน่วยเป็นกรัม}$$

$$Y = \text{น้ำหนักของตัวอย่างหลังอบ} \quad (B - C) \quad \text{หน่วยเป็นกรัม}$$

$$Z = \text{น้ำหนักของตัวอย่างหลังเผา} \quad (C - D) \quad \text{หน่วยเป็นกรัม}$$

3.3.1.2 การศึกษาสมบัติทางเคมีของกากอินทรีย์อุตสาหกรรม

3.3.1.2.1 ศึกษา ความเป็นกรด เบส และ ค่าการนำไฟฟ้า

1. การหาค่าความเป็นกรด เบส และค่าการนำไฟฟ้า ตัวอย่างกากอินทรีย์ (AOAC Official Method 994.18, 2000)

- 1.1 ชั่งตัวอย่าง ประมาณ 10 ± 0.1 กรัม ใส่ลงในขวดรูปชมพู่ ขนาด 150 มิลลิลิตร
- 1.2 เติมน้ำกลั่นปราศจากไอออนปริมาตร 50 มิลลิลิตร
- 1.3 เขย่าตัวอย่างเป็นเวลา 30 นาที ตั้งทิ้งไว้ให้ตัวอย่างตกตะกอน
- 1.4 วัดค่ากรด เบส ด้วยเครื่อง pH meter และ Conductometer ค่าที่ได้ ± 0.1
- 1.5 การประมวลผลข้อมูลหาค่าเฉลี่ย ข้อมูล ($n = 3$) และ วิเคราะห์หาค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

3.3.1.2.2 การศึกษาปริมาณธาตุอาหารสำหรับพืชในกากอินทรีย์อุตสาหกรรม

1. การวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารไนโตรเจนทั้งหมด

วิเคราะห์ธาตุอาหารไนโตรเจนทั้งหมด ในกากอินทรีย์ (AOAC Official Method 955.04, 2000)

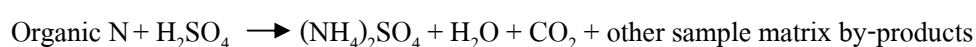
1.1 การเตรียมอินดิเคเตอร์

- 1.1.1 ชั่ง Methyl red 200 มิลลิกรัม ละลายใน 95 เปอร์เซ็นต์ Ethyl alcohol 100 มิลลิลิตร
- 1.1.2 ชั่ง Ethylene blue 100 มิลลิกรัม ละลายใน 95 เปอร์เซ็นต์ Ethyl alcohol 50 มิลลิลิตร
- 1.1.3 ผสมสารในข้อ 1 และ 2 เข้าด้วยกัน ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นปราศจากไอออนเป็น 1 ลิตร

1.2 การเตรียมตัวอย่าง

- 1.2.1 ชั่งตัวอย่าง 1 กรัม ลงในหลอดทดลองขนาด 500 มิลลิลิตร
- 1.2.2 เติม CuSO_4 1 กรัม และ K_2SO_4 9 กรัม ลงในหลอดทดลองขนาด 500 มิลลิลิตร
- 1.2.3 เติมกรด H_2SO_4 เข้มข้น ปริมาตร 30 มิลลิลิตร
- 1.2.4 นำเข้าเครื่องย่อย ให้ความร้อนที่ อุณหภูมิ 450 องศาเซลเซียส จนสารละลายใส (ใช้เวลามากกว่า 30 นาที)

ปฏิกิริยาในกระบวนการย่อย



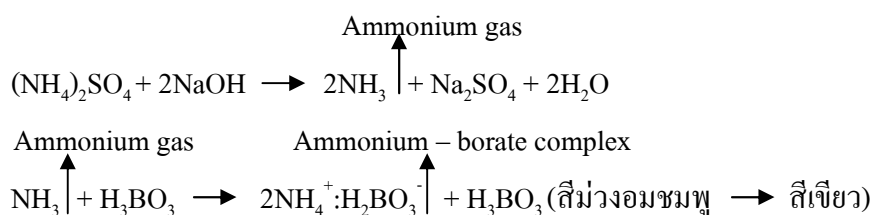
1.2.5 ตั้งทิ้งไว้ให้เย็น นำเข้าเครื่องกลั่นอัตโนมัติ

สถานะของเครื่องกลั่น เติมน้ำปราศจากไอออนปริมาณ 100 มิลลิลิตร

เติมสารละลาย NaOH เข้มข้น 40เปอร์เซ็นต์ปริมาตร 50 มิลลิลิตร

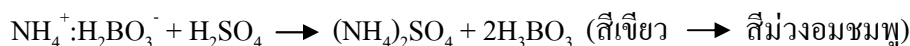
1.2.6 เก็บสารที่กลั่นด้วยกรด H_3BO_3 ปริมาตร 100 มิลลิลิตรในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร ที่เติม อินดิเคเตอร์ 2 ถึง 3 หยด NH_3 ที่กลั่นได้ มากกว่าหรือเท่ากับ 200 มิลลิลิตร

ปฏิกิริยาในกระบวนการกลั่น



1.2.7 ไทเทรตสารที่กลั่นได้กับสารมาตรฐาน ตัดสินความถูกต้องด้วยสารละลายแบลงค์

ปฏิกิริยาในกระบวนการไทเทรต



คำนวณตามสูตร

เมื่อใช้ HCl หรือ H_2SO_4 เป็นสารมาตรฐาน

$$\text{ร้อยละ N} = [(ml \text{ standard acid} \times \text{molarity acid} - (ml \text{ standard NaOH} \times \text{molarity NaOH})) \times 1.4007 / g \text{ test portion}]$$

2. การวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารฟอสฟอรัสในรูป P_2O_5

วิเคราะห์หาปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด ในรูป P_2O_5 ในกากอินทรีย์ (AOAC Official

Method 958.01, 2000)

2.1 การเตรียมสารละลาย

2.1.1 Molybdovanadate reagent

2.1.1.1 ละลาย Ammonium molybdate tetra hydrate 40 กรัม ในน้ำกลั่นปราศจากไอออนที่ร้อน 400 มิลลิลิตร

2.1.1.2 ละลาย Ammonium metavanadate 2 กรัม ในน้ำกลั่นปราศจากไอออนที่ร้อน 250 มิลลิลิตร

2.1.1.3 เติมน้ำ 1 และ 2 ลงใน 70 เปอร์เซ็นต์ $HClO_4$ ปริมาตร 450 มิลลิลิตร

2.1.1.4 ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นปราศจากไอออนจนได้ปริมาตร 2 ลิตร

2.1.2 Phosphate standard solution

2.1.2.1 ออบ KH_2PO_4 (52.15 % P_2O_5) เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส

2.1.2.2 เตรียมสารละลายมาตรฐานที่ความเข้มข้น 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9 และ 1.0 มิลลิกรัม P_2O_5 ต่อ มิลลิลิตร โดยใช้ชั่ง KH_2PO_4 0.0767, 0.0959, 0.1151, 0.1342, 0.1534, 0.1726 และ 0.1918 กรัม ตามลำดับ

2.1.2.3 ละลาย KH_2PO_4 แต่ละน้ำหนักที่ชั่ง ด้วยน้ำกลั่นปราศจากไอออนและปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร (ควรเตรียมสารใหม่ทุกสัปดาห์)

2.2 การเตรียมกราฟมาตรฐาน

2.2.1 ไปเปิดสารละลายมาตรฐาน 5 มิลลิลิตรที่เตรียมไว้แต่ละความเข้มข้นลงใน ขวดปรับปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร จะได้ สารละลายที่มีความเข้มข้น 2 ถึง 5 มิลลิกรัม P_2O_5 ต่อ ส่วนแบ่งเช่น

ความเข้มข้น (มิลลิกรัม P_2O_5 ต่อ มิลลิลิตร)	ไปเปิดสารละลาย (มิลลิลิตร)	ความเข้มข้น (มิลลิกรัม P_2O_5 ต่อ ส่วนแบ่ง)
0.4	5.0	2.0
0.5	5.0	2.5
0.6	5.0	3.0
0.7	5.0	3.5
0.8	5.0	4.0

2.2.2 เติมน้ำกลั่นปราศจากไอออน 45 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ 5 นาที และเติมสารละลาย Molybdovanadate 20 มิลลิลิตร

2.2.3 ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นปราศจากไอออนจนได้ปริมาตร 100 มิลลิลิตร

2.2.4 ตั้งทิ้งไว้ 10 นาที แล้ววัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง ที่ความยาวคลื่น 400 นาโนเมตร นำค่าที่ได้ เขียนกราฟระหว่าง ค่าการดูดกลืนแสงกับ มิลลิกรัม P_2O_5 ต่อ ส่วนแบ่ง

2.3 การเตรียมตัวอย่าง

2.3.1 ชั่งตัวอย่างประมาณ 1 กรัม ใส่ใน ปีกเกอร์ขนาด 250 มิลลิลิตร

2.3.2 เติม HNO_3 เข้มข้น 20 - 30 มิลลิลิตร ย่อยบน hotplate (จนควันสีน้ำตาลหมดคกลง จากเตาแล้วให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง)

2.3.3 เติม 70 - 72 เปอร์เซนต์ HClO_4 ปริมาตร 10 - 20 มิลลิลิตร

- 2.3.4 ย่อยต่อบนเตาให้ความร้อนจนกระทั่งใส (ไม่มีควันขาว)
- 2.3.5 ปล่อยให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง เติมน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร ต้มต่อ 2 - 3 นาที
- 2.3.6 ไปเปิด สารละลาย 5 มิลลิลิตร ลงใน ขวดปรับปริมาตร 100 มิลลิลิตร
- 2.3.7 เติมน้ำกลั่นปราศจากไอออน 45 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ 5 นาที
- 2.3.5 เติมสารละลาย Molybdovanadate 20 มิลลิลิตร
- 2.3.6 ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นปราศจากไอออน 100 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ 10 นาที
- 2.3.7 วัดค่าการดูดกลืนแสง ที่ความยาวคลื่น 400 นาโนเมตร และบันทึกค่าและคำนวณ

3. การวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารโพแทสเซียมในรูป K_2O

วิเคราะห์หาปริมาณ โพแทสเซียมในรูป K_2O ในกากอินทรีย์ (AOAC Official Method 893.02, 2000)

3.1 การเตรียมสารละลาย

3.1.1 กรดผสม HNO_3 ต่อ $HClO_4$

เตรียมโดยผสม HNO_3 เข้มข้น 1250 มิลลิลิตร $HClO_4$ เข้มข้น 250 มิลลิลิตร และ NH_4VO_3 0.06 กรัม (ละลายใน NH_4VO_3 0.06 กรัม ในน้ำกลั่นปราศจากไอออน ประมาณ 5 - 10 มิลลิลิตร ให้ความร้อนจนละลาย วางให้เย็นแล้วผสมลงในกรด)

3.1.2 สารละลายโพแทสเซียมมาตรฐาน ความเข้มข้น 1000 มิลลิกรัมต่อลิตร

3.1.2.1 เตรียมโดยละลาย KCl (ที่ผ่านการอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง)

3.1.2.2 ชั่ง KCl 1.9067 กรัม ละลาย ด้วยน้ำกลั่นปราศจากไอออน ในขวดวัดปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร

3.1.2.3 ค่อย ๆ เติม HNO_3 เข้มข้น 12 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรให้ครบ 1 ลิตร น้ำกลั่นปราศจากไอออน

3.1.3 สารละลายโพแทสเซียมมาตรฐานความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อลิตร

3.1.3.1 เตรียมโดยเปิดสารละลายโพแทสเซียมมาตรฐาน ความเข้มข้น 1000 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาตร 100 มิลลิลิตร ใส่ขวดปรับปริมาตร ขนาด 1 ลิตร ปรับปริมาตร ด้วยน้ำกลั่นปราศจากไอออน

3.1.4 สารละลายโพแทสเซียมมาตรฐานความเข้มข้น 0, 10, 20, 30, 40, 50 และ 60 มิลลิกรัมต่อลิตร

3.1.4.1 เตรียมโดยปิเปตสารละลายโพแทสเซียมมาตรฐาน ความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อ ลิตร ปริมาตร 0, 10, 20, 30, 40, 50 และ 60 ใส่ขวดปรับปริมาตร ขนาด 100 มิลลิลิตร ตามลำดับ

3.1.4.2 ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นปราศจากไอออน จนได้ปริมาตร 100 มิลลิลิตร

3.2 การเตรียมตัวอย่าง

3.2.1 ชั่งตัวอย่าง 0.5 - 1.0 กรัม และเตรียมสารละลายเบลงค์ไปพร้อมกัน

3.2.2 ลงในขวดรูปชมพู่ ขนาด 250 มิลลิลิตร

3.2.3 เติมกรดผสม HNO_3 ต่อ HClO_4 15 มิลลิลิตร

3.2.4 เขย่าเบาให้เข้ากัน ปิดขวดรูปชมพู่ ด้วยกรวยแก้ว

3.2.5 ย่อยบนเครื่องให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส

3.2.6 จนควันสีน้ำตาลหมด แล้วเพิ่มอุณหภูมิจนเกิดควันขาว

3.2.7 ย่อยต่อไปจนได้สารละลายใส

3.2.8 ตั้งทิ้งไว้ให้เย็น กรองผ่านกระดาษกรองลงใน ขวดวัดปริมาตร ขนาด 100 มิลลิลิตร ใช้น้ำกลั่นปราศจากไอออน ล้างตัวอย่างบนกระดาษกรอง

3.2.9 ปรับด้วยน้ำกลั่นปราศจากไอออน ให้ได้ ปริมาตร 100 มิลลิลิตร

3.2.10 วัดค่าการปลดปล่อยแสงด้วยเครื่อง Flame Photometer (สารละลายโพแทสเซียม มาตรฐานความ 0, 10, 20, 30, 40, 50 และ 60 มิลลิกรัมต่อลิตร และตัวอย่าง)

สภาวะของเครื่อง Flame Photometer 410

Sensitivity	0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร Na และ K เท่ากับ 100 units
Detection Limits (S/N=2)	Na, K 20 ไมโครกรัมต่อลิตร
Specificity	Interference less than 0.5%
Gas	Propane, Butane หรือ Natural Gas

3.2.11 เขียนกราฟระหว่างค่าการปลดปล่อยแสงกับความเข้มข้นของโพแทสเซียม

3.2.12 คำนวณ โดยใช้สมการจากกราฟมาตรฐาน

การคำนวณ

ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมด

$$= (X - b) \times 250 / (10000 \times \text{น้ำหนักตัวอย่าง}) \times 1.204 \times \text{mof (ร้อยละ)}$$

X = ความเข้มข้นของโพแทสเซียมในสารละลายตัวอย่างเทียบจากกราฟมาตรฐาน (มิลลิกรัมต่อลิตร)

b = ความเข้มข้นของโพแทสเซียมใน blank เทียบจากกราฟมาตรฐาน
(มิลลิกรัมต่อลิตร)

mof = moisture correction factor = $(100 + \text{ความจุความชื้นในดิน}) / 100$

4. การวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารสังกะสี ในกากอินทรีย์

วิเคราะห์ธาตุอาหารรองสังกะสี ในกากอินทรีย์ (AOAC Official Method, 965.09, 2000)

- 4.1 ชั่งตัวอย่างประมาณ 1 กรัมลงในปิកเกอร์ ขนาด 150 มิลลิลิตร
- 4.2 เติมกรดไฮโดรคลอริก 10 มิลลิลิตร ให้ความร้อนจนสารเกือบแห้ง
- 4.3 เติม 2 โมลาร์ HCl 20 มิลลิลิตร ให้ความร้อนต่อ 2 - 3 นาที
- 4.4 ตั้งทิ้งไว้ให้เย็น กรองผ่านกระดาษกรองลงใน ขวดวัดปริมาตร ขนาด 100 มิลลิลิตร ใช้ น้ำกลั่นปราศจากไอออน ล้างตัวอย่างบนกระดาษกรอง
- 4.5 ปรับปริมาตรด้วย 0.5 โมลาร์ HCl ให้ได้ 100 มิลลิลิตร
- 4.6 วัดด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer แบบเปลวไฟ
สภาวะการตรวจวัด ความยาวคลื่น 213.9 นาโนเมตร
Flame oxidizing air - Acetylene
Optimum range 0.1 -0.2 มิลลิกรัมต่อลิตร
- 4.7 คำนวณผลการทดลอง

3.3.2 การศึกษาการเจริญเติบโตของต้นหญ้า

ทำการศึกษ้อัตราการเจริญเติบโตและลักษณะการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของต้นหญ้าที่ 0, 1, 2, 3, 4 และ 5 สัปดาห์ หลังปลูก คือ ความสูง ร้อยละการรอดของต้นหญ้า และน้ำหนักส่วนยอดและราก ของต้นหญ้า โดยทำการศึกษา ดังนี้

3.3.2.1 การวัดความสูงต้นหญ้า

วัดโดยใช้วางกระดาษไว้ด้านบนกอหญ้าและใช้ไม้บรรทัดวัดจากลำต้นเหนือวัสดุปลูกถึงกระดาษที่วางไว้ด้านบน หลังจากนั้นบันทึกข้อมูล และทำเช่นเดียวกัน โดยสุ่ม 5 ซ้ำ ในแต่ละชุดการทดลอง

3.3.2.2 การศึกษาร้อยละการรอดของต้นหญ้า

บันทึกกอหญ้าที่ปลูกโดยการนับจำนวนกอที่มีชีวิตและคิดเทียบเป็นร้อยละ โดยคำนวณ ร้อยละการรอด = $(\text{จำนวนกอหญ้าที่มีชีวิต} \times 100) / \text{จำนวนกอหญ้าทั้งหมด}$

3.3.2.3 การศึกษาน้ำหนักส่วนยอดและรากของต้นหญ้า ดัดแปลงตามวิธีของ Roberts และคณะ (1995)

1. หลั่งปลูก 5 สัปดาห์ สุ่มพื้นที่ขนาดกว้าง 10 เซนติเมตร ยาว 10 เซนติเมตร สำหรับวิเคราะห์ โดยสุ่มแบบวางลงบนแปลง 5 จุด
2. เก็บหญ้าพร้อมดินลึกลงไป 10 เซนติเมตร
3. นำตัวอย่างหญ้าพร้อมดินแช่น้ำเพื่อให้หญ้าและดินแยกออกจากกัน
4. นำต้นหญ้าที่ได้ ตัดแยกระหว่างลำต้นและราก ตั้งทิ้งไว้ให้แห้งที่อุณหภูมิห้อง
5. ชั่งน้ำหนัก รากและลำต้นของหญ้า บันทึกผล
6. นำไปอบที่อุณหภูมิประมาณ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง
7. บันทึกน้ำหนักหลังอบ
8. เปรียบเทียบข้อมูลผลที่ได้กับชนิดวัสดุปลูกที่ใช้ในการทดลอง

3.3.3 การศึกษาการเตรียมวัสดุปลูกหญ้าสนามและการทดสอบประสิทธิภาพ

การเตรียมวัสดุปลูกหญ้าและการทดสอบประสิทธิภาพเป็นการประเมินความเป็นไปได้ในการนำกากตะกอนอินทรีย์ต่าง ๆ มาใช้ประโยชน์ การทดสอบทำโดยผสมอัตราส่วนกากตะกอนอินทรีย์ต่าง ๆ ตามปริมาณธาตุอาหารที่วิเคราะห์ในข้อที่ 3.3.1.2.2 โดยผสมในอัตราส่วนที่แตกต่างกันตามปริมาณธาตุอาหารที่มีอยู่ในแต่ละประเภทกากตะกอนอินทรีย์ การทดสอบประสิทธิภาพ ทำการทดสอบเริ่มในระดับสเกลเล็กขนาด 5 ถึง 10 กิโลกรัมสำหรับการศึกษาในระดับห้องทดลอง และขยายไปเป็นระดับแปลงทดลอง เพื่อประเมินความสามารถในการนำไปใช้จริง โดยใช้ข้อมูลจากการวิเคราะห์กากอินทรีย์ในข้อที่ 3.3.1.2.2 ซึ่งทำการทดลองเป็นลำดับขั้นตอนดังนี้

3.3.3.1 การศึกษาการเตรียมวัสดุปลูกเบื้องต้นและการทดสอบประสิทธิภาพในการปลูกหญ้า ชั้นที่หนึ่ง

ศึกษาการเตรียมวัสดุปลูกหญ้าสนามจากอุตสาหกรรม เพื่อประเมินการเลือกใช้ชนิดพันธุ์หญ้าซึ่งใช้ หญ้า 3 ชนิด คือ หญ้าญี่ปุ่น นวลน้อย และมาเลเชีย ดังตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 การเตรียมและทดสอบประสิทธิภาพวัสดุปลูกหญ้าสนามในระดับตะกร้า ชั้นที่หนึ่ง

ชนิดหญ้า	อัตราส่วนของกากอินทรีย์ (น้ำหนักเปียก) LS: FPS: PD: Additives*	ปริมาณรื้อยะธาตุอาหาร ในวัสดุผสม TKN: P ₂ O ₅ : K ₂ O
นวลน้อย	Brann และคณะ (2006)	1.0: 2.0: 1.0
ญี่ปุ่น	65: 15: 15: 5	1.4: 5.8: 2.5
นวลน้อย	65: 15: 15: 5	1.4: 5.8: 2.5
มาเลเซีย	65: 15: 15: 5	1.4: 5.8: 2.5

หมายเหตุ ; LS = Latex sludge, FPS = Fish processing sludge, PD = Palm Decanter,
Additives* = Palm Fiber

3.3.3.2 การศึกษาการเตรียมวัสดุปลูกเบื้องต้นและการทดสอบประสิทธิภาพในการปลูก หญ้า ชั้นที่สอง

ศึกษาการเตรียมวัสดุปลูกหญ้าสนามโดยใช้อัตราส่วนของกากชี้แบ่งต่อกากตะกอนอาหารทะเลต่อเส้นใยปาล์มเป็นวัสดุตัวเติมที่อัตราส่วนต่าง ๆ โดยเลือกใช้ชนิดพันธุ์หญ้านวลน้อย ดังตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 การเตรียมและทดสอบประสิทธิภาพวัสดุปลูกหญ้าสนามในระดับตะกร้า ชั้นที่สอง

ชุดการ ทดลอง	อัตราส่วนของกากอินทรีย์ (น้ำหนักเปียก) LS: FPS: PF*	ปริมาณรื้อยะธาตุอาหาร ในวัสดุผสม TKN: P ₂ O ₅ : K ₂ O
นวลน้อย	33: 33: 33	0.8: 2.9: 1.2
นวลน้อย	25: 25: 50	0.6: 2.3: 0.9
นวลน้อย	20: 20: 60	0.5: 1.8: 0.7

หมายเหตุ LS = Latex sludge, FPS = Fish processing sludge, PF* = Palm fiber

3.3.3.3 การศึกษาการเตรียมวัสดุปลูกหญ้าสนามและการทดสอบประสิทธิภาพในการปลูก หญ้าชั้นที่สาม

ศึกษาการเตรียมวัสดุปลูก โดยศึกษาผลของปริมาณกากอินทรีย์แต่ละชนิดต่อการปลูกหญ้านวลน้อยในระดับห้องทดลองขนาดกว้าง 12 เซนติเมตร ยาว 10 เซนติเมตร ลึก 10 เซนติเมตร โดยทำการศึกษาอัตราส่วนผสมของกากอินทรีย์แต่ละชนิด คือ กากชี้แบ่ง กากตะกอนอาหารทะเล และ

กากดีแคนเตอร์ โดยศึกษาสัดส่วนของกากอินทรีย์แต่ละชนิดที่อัตราส่วน ร้อยละ 0, 10, 20, 30 และ 40 ตามลำดับ โดยยังคงใช้เส้นใยปาล์มและเพิ่มเศษกระดาษสำนักงานเป็นวัสดุตัวเติมในวัสดุปลูกอีกหนึ่งชนิด โดยใช้เส้นใยปาล์มคงที่ที่ร้อยละ 20 ในทุกสูตร ในขณะที่ปริมาณเศษกระดาษสำนักงานแปรผกผันกับกากอินทรีย์แต่ละชนิดในสัดส่วนร้อยละ 0, 10, 20, 30 และ 40 ตามลำดับ และมีชุดควบคุมเป็นดินที่ไม่เติมปุ๋ย ดังตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.4 การเตรียมและทดสอบประสิทธิภาพวัสดุปลูกหญ้าสนามในระดับตะกร้า ชั้นที่สาม

ชุดการทดลอง	อัตราส่วนของกากอินทรีย์ (น้ำหนักเปียก) LS: FPS: PD: Additives*	ปริมาณร้อยละธาตุอาหาร ในวัสดุผสม TKN: P ₂ O ₅ : K ₂ O
LS 0	0: 20: 20: 60	0.08: 0.02: 0.46
LS 1	10: 20: 20: 50	0.29: 0.90: 0.80
LS 2	20: 20: 20: 40	0.50: 1.79: 1.14
LS 3	30: 20: 20: 30	0.71: 2.68: 1.48
LS 4	40: 20: 20: 20	0.93: 3.58: 1.82
FPS 0	20: 0: 20: 60	0.43: 1.78: 1.12
FPS 1	20: 10: 20: 50	0.47: 1.79: 1.13
FPS 2	20: 20: 20: 40	0.50: 1.79: 1.14
FPS 3	20: 30: 20: 30	0.54: 1.80: 1.15
FPS 4	20: 40: 20: 20	0.59: 1.82: 1.16
PDS 0	20: 20: 0: 60	0.50: 1.79: 0.70
PDS 1	20: 20: 10: 50	0.50: 1.79: 0.92
PDS 2	20: 20: 20: 40	0.50: 1.79: 1.14
PDS 3	20: 20: 30: 30	0.50: 1.79: 1.36
PDS 4	20: 20: 40: 20	0.51: 1.79: 1.58
Soil	-	0.003: <0.001: 0.02

หมายเหตุ ; LS = Latex sludge, FPS = Fish processing sludge, PD = Palm Decanter,

Additives* = Palm Fiber and Waste office paper

3.3.3.4 การศึกษาการเจริญเติบโตของหญ้าสนามระดับแปลงทดลอง

3.3.3.4.1 การศึกษาการเจริญเติบโตของหญ้าสนามระดับแปลงทดลอง ชุดที่หนึ่ง

ทดสอบประสิทธิภาพวัสดุปลูกเปรียบเทียบกับหน้าดินไม่เติมปุ๋ย โดยใช้พืชทดลองเป็นหญ้าสนาม คือ หญ้าขนน้อย (*Agrostis matrella* L.) ใช้ข้อมูลข้อที่ 3.3.2.1 - 3.3.2.3 เตรียมแปลงทดลองสนาม ขนาด กว้าง 30 เซนติเมตร ยาว 30 เซนติเมตร ลึก 10 เซนติเมตร ใช้วิธีปลูกแบบแยกต้น ดังตารางที่ 3.5

ตารางที่ 3.5 ศึกษาการเจริญเติบโตของหญ้าสนามระดับแปลงทดลอง ชุดที่หนึ่ง

ชุดการทดลอง	อัตราส่วนของกากอินทรีย์ (น้ำหนักเปียก) LS: FPS: PD: Additives*	ปริมาณรื้อยละธาตุอาหาร ในวัสดุผสม N: P ₂ O ₅ :K ₂ O
1	20: 20: 20: 40	0.50: 1.79: 1.14
2	หน้าดิน	0.003: <0.001: 0.02

หมายเหตุ ; LS = Latex sludge, FPS = Fish processing sludge, PD = Palm Decanter,

Additives* = Palm fiber and waste office paper เป็นวัสดุตัวเดิม

3.3.3.4.2 การศึกษาการเจริญเติบโตของหญ้าสนามระดับแปลงทดลอง ชุดที่สอง

ทดสอบประสิทธิภาพวัสดุปลูกเช่นเดียวกับการศึกษาการเจริญเติบโตของหญ้าสนามระดับแปลงทดลองชุดที่หนึ่ง โดยในชุดที่สองศึกษาเพิ่มเติมเปรียบเทียบกับวัสดุปลูกร่วมกับหน้าดินและหน้าดินเติมปุ๋ย โดยเติมปุ๋ยสูตร 15 ต่อ 15 ต่อ 15 ปริมาณ 22.7 กรัม ละลายในน้ำ 5 ลิตร ใช้กับพื้นที่ 0.36 ตารางเมตร เตรียมแปลงทดลองสนาม ขนาดกว้าง 50 เซนติเมตร ยาว 50 เซนติเมตร ลึก 10 เซนติเมตร ใช้วิธีปลูกแบบแยกต้น และทำการศึกษาอัตราการเจริญเติบโตและลักษณะการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของต้นหญ้า ก่อนปลูก และ 1, 2, 3, 4 และ 5 สัปดาห์ หลังปลูก คือ ความสูง อัตราการรอดของต้นหญ้า น้ำหนักส่วนยอดและรากของต้นหญ้า พร้อมทั้งศึกษาสมบัติทางกายภาพและทางเคมี ในวัสดุปลูกที่เตรียม คือ ปริมาณของแข็งทั้งหมด ความเป็นกรด เบส การนำไฟฟ้า ปริมาณธาตุอาหารหลัก ได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัสในรูป P₂O₅ และโพแทสเซียมในรูป K₂O ในวัสดุปลูกที่เตรียมขึ้น ดังตารางที่ 3.6

ตารางที่ 3.6 ศึกษาการเจริญเติบโตของหญ้าสนามระดับแปลงทดลอง ชุดที่สอง

ชุดการทดลอง	อัตราส่วนของกากอินทรีย์ (น้ำหนักเปียก) LS: FPS: PD: Additives	ปริมาณรื้อยละธาตุอาหาร ในวัสดุผสม N: P ₂ O ₅ : K ₂ O
1	20:20:20:40*	0.50: 1.79: 1.14
2	20:20:20:40**	0.50: 1.79: 1.14
3	หน้าดิน + ปุ๋ย	3.40: 3.40: 3.40

หมายเหตุ ; LS = Latex sludge, FPS = Fish processing sludge, PD = Palm Decanter,

* = Palm fiber and waste office paper เป็นวัสดุตัวเติม

** = ใช้หน้าดินเป็นวัสดุตัวเติม

3.3.4 ประเมินต้นทุนการผลิต และความคุ้มค่าของผลการตอบแทน

ประเมินต้นทุนการผลิต และความคุ้มค่าของผลการตอบแทนในการนำกากอินทรีย์จากอุตสาหกรรมน้ำยางข้น แปรรูปสัตัวน้ำ และน้ำมันปาล์ม มาใช้ประโยชน์เพื่อการทำวัสดุปลูกหญ้าสนามสำเร็จรูป โดยคิดคำนวณจากต้นทุนพันธุ์หญ้า ราคาวัสดุปลูกที่ใช้ (บาทต่อกิโลกรัม) รายได้จากการขายหญ้า (บาท) และผลตอบแทน (บาท) ซึ่งใช้คอมพิวเตอร์โปรแกรม Microsoft Excel ประมวลผลข้อมูลในเชิงคณิตศาสตร์

3.3.5 ขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ ใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SAS ในการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการศึกษาวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ย (ANOVA)