บทที่ 3
วิธีการวิจัย

3.1 วัสดุและสารเคมี

3.1.1 การวิเคราะห์หาไนโตรเจนทั้งหมด สารเคมีที่ใช้ เกรด Analytical Reagent (A.R.)

Potassium sulfate (K_2SO_4)	(Fisher chemicals, England)
Boric acid (H_3BO_3)	(Ajax finechem, New Zealand)
Sodium hydroxide (NaOH)	(Ajax finechem, New Zealand)
Sulfuric acid (H_2SO_4)	(Ajax finechem, New Zealand)
Nitric acid (HNO_3)	(LAB - SCAN, Irland)

3.1.2 การวิเคราะห์หาฟอสฟอรัสในรูป P_2O_5 สารเคมีที่ใช้ เกรด Analytical Reagent (A.R.)

Perchloric acid ($HClO_4$)	(LAB - SCAN, Irland)
Ammonium molybdate	(Riedel - de Haen, Germany)
$(NH_4)_6Mo_7O_{24}.4H_2O$)	
Ammonium metavanadate (NH_4VO_3)	(Merck, Germany)
Nitric acid (HNO_3)	(LAB - SCAN, Irland)

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, Irland)

3.1.4 การวิเคราะห์หาแคลเซียมและแมกนีเซียมสารเคมีที่ใช้เกรด Analytical Reagent (A.R.)

Strontium chloride ($SrCl_2.6H_2O$)	(Ajax finechem, New Zealand)

Prince of Songkla University Pattani Campus

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

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

3.1.6 การวิเคราะห์อินทรีย์คาร์บอน สารเคมีที่ใช้ เกรด Analytical Reagent (A.R.)

Potassium dichromate ($K_2Cr_2O_7$)	(Ajax finechem, New Zealand)
Ferrous ammonium sulfate ($Fe(NH_4)_2(SO_4)_2$)	(LAB - SCAN, Irland)
Sulfuric acid (H_2SO_4)	(Ajax finechem, New Zealand)

3.2 วิธีดำเนินการ

ศึกษาสมบัติทางกายภาพและทางเคมีบางประการของกากอินทรีย์จากแหล่งต่าง ๆ ทั้ง 3 แหล่งคือ กากอุตสาหกรรมน้ำยางข้น มูลสุกร และขี้เถ้าแกลบ เพื่อศึกษา ธาตุอาหาร และ สารเคมีต่าง ๆ ที่มีอยู่ในกากของแข็งแต่ละแหล่ง ก่อน นำมาเตรียมเป็นวัสดุปรับปรุงดิน โดยทำการศึกษาลักษณะทางกายภาพและเคมีเบื้องต้นของกากอินทรีย์ ความเป็นกรด เบส (pH) ค่าปริมาณความชื้น (Moisture content) ค่าปริมาณของแข็งทั้งหมด (Total solid content, TSC) ค่าปริมาณของแข็งที่ระเหยออกไป (Volatile solid, VS) และการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารสำหรับพืชในกากอินทรีย์ โดยศึกษาร้อยละปริมาณธาตุอาหารไนโตรเจน ฟอสฟอรัสในรูป P_2O_5 โพแทสเซียมในรูป K_2O และศึกษาร้อยละปริมาณธาตุอาหารรองแมกนีเซียม และสังกะสี รวมทั้งศึกษาการเตรียมวัสดุปรับปรุงดินและการปลูก ประเมินประสิทธิภาพวัสดุปรับปรุงดิน โดยศึกษาจากศักยภาพการใช้วัสดุปรับปรุงดินในการปลูกต้นกระถินเทพา (*Acacia mangium*) พร้อมทั้งทำการประเมินความเป็นไปได้ในรูปแบบการนำไปใช้ โดยทำการศึกษาวิเคราะห์ข้อมูลต่าง ๆ ดังนี้

3.2.1 การเก็บตัวอย่างกากของแข็ง

การเก็บตัวอย่างกากของแข็ง แบ่งออกเป็น 3 ประเภท คือ

กากขี้แป้ง (Latex sludge) จากอุตสาหกรรมน้ำยางข้น เก็บจากส่วนของหัวปั่นเหวี่ยงน้ำยางข้นเก็บภายในระยะเวลา 24 - 48 ชั่วโมง โดยเก็บส่วนที่เป็นตะกอนค้างอยู่ที่หัวปั่นเหวี่ยงใส่ในภาชนะถังแบบมีฝาปิด เก็บไว้ที่อุณหภูมิห้องและทำการวิเคราะห์ภายใน 24 ชั่วโมง

Prince of Songkla University Pattani Campus

มูลสุกร (Pig manure) จากฟาร์มเลี้ยงสุกรในอำเภอโคกโพธิ์ จังหวัดปัตตานี โดยเก็บจากคอกที่เลี้ยงสุกรอายุ 3 เดือน บรรจุในภาชนะที่มีฝาปิด

ขี้เถ้าแกลบ (Rice husk ash) จากกระบวนการขัดสีข้าวบรรจุในกระสอบขนาด 10 กิโลกรัม

การเก็บรักษาตัวอย่างสำหรับการวิเคราะห์ เก็บตัวอย่างกากที่วิเคราะห์แต่ละประเภทใส่ถุงพลาสติก แช่ไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เพื่อรักษาสภาพตัวอย่าง

3.2.2 การศึกษาสมบัติทางกายภาพและเคมีของกากของแข็ง

การศึกษาลักษณะทางกายภาพและทางเคมีของกาก ทำการศึกษาตามหลักการวิเคราะห์ปุ๋ย (Fertilizers) ของ AOAC, Official method of analysis (2000) ซึ่งวิเคราะห์ กากขี้แป้ง จากอุตสาหกรรมน้ำยางข้น มูลสุกร และขี้เถ้าแกลบ ทำการศึกษาตัวอย่างแห้งที่ผ่านการอบจนน้ำหนักคงที่ โดยศึกษาพารามิเตอร์ต่าง 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 934.01, 2000)
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 (P_2O_5)	Spectrophotometer molybdophosphate method (AOAC official method 958.01, 2000)
8. Potassium (K_2O)	Flame photometric method (AOAC official method 893.02, 2000)
9. Magnesium (Mg)	Nutrients (Minor) in fertilizers atomic absorption spectrophotometer method (AOAC official method, 951.11, 2000)
10. Zinc (Zn)	Nutrients (Minor) in fertilizers atomic absorption spectrophotometer method (AOAC official method, 965.09, 2000)

Prince of Songkla University Pattani Campus

สำหรับการเตรียมเครื่องแก้วเพื่อการศึกษาสมบัติทางกายภาพและเคมี เตรียมโดยล้างอุปกรณ์และเครื่องแก้วด้วยน้ำยาล้างเครื่องแก้วทีโพล์ (บริษัท ท๊อป ทวิน จำกัด) แล้วล้างออกด้วยน้ำประปาจนสะอาด สำหรับการวิเคราะห์ธาตุอาหารโพแทสเซียม และ สังกะสี นำอุปกรณ์และเครื่องแก้วแช่ในกรดไนตริก เข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 24 ชั่วโมง สำหรับขวดพลาสติกแช่เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ล้างเครื่องแก้วด้วยน้ำกลั่นจนสะอาด ล้างเครื่องแก้วด้วยน้ำปราศจากไอออนและแช่ทิ้งไว้เป็นเวลา 1 ชั่วโมง เสร็จแล้วจึงคว่ำผึ่งลมให้แห้งหรือนำไปอบจนแห้ง

3.2.2.1 การศึกษาสมบัติทางกายภาพของกากของแข็ง

ทำการบันทึกสถานะและสีของกากอินทรีย์แต่ละประเภทอุตสาหกรรม คือ กากขี้แป้ง มูลสุกร และขี้เถ้าแกลบ ศึกษาถึงลักษณะทางกายภาพของกากว่ามีสถานะอยู่ในรูป ของแข็ง ของเหลว หรือ กึ่งแข็งกึ่งเหลว ศึกษาค่าปริมาณความชื้น ของแข็งทั้งหมด ของแข็งที่ระเหยได้ และเถ้าของกากแต่ละประเภท

3.2.3 การศึกษาการเจริญเติบโตของต้นกระถินเทพา

การศึกษาอัตราการเจริญเติบโตและลักษณะการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของต้นกระถินเทพาที่ 6, 10, 14, 18 และ 22 สัปดาห์หลังปลูก คือ ความสูง เส้นรอบวงลำต้น และจำนวนใบ

3.2.3.1 การวัดความสูงต้นกระถินเทพา

วัดโดยใช้ตลับเมตร โดยวัดระยะเหนือจากระดับดินขึ้นมา 5 เซนติเมตรจนถึงปลายยอดอ่อนของต้นกระถินเทพา หลังจากนั้นบันทึกข้อมูล และทำเช่นเดียวกัน ในแต่ละชุดการทดลอง และสุ่มตัวอย่างครั้งละ 10 ต้นเพื่อนำมาวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ

3.2.3.2 การวัดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นกระถินเทพา

วัดโดยใช้เวอร์เนีย คาลิเปอร์ โดยวัดระยะเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นที่ระดับสูงจากพื้นดินขึ้นมา 5 เซนติเมตร หลังจากนั้นบันทึกข้อมูล และสุ่มตัวอย่างครั้งละ 10 ต้นเพื่อนำมาวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ

3.2.3.3 การนับจำนวนใบ

โดยนับจำนวนใบของต้นกระถินเทพา ทั้งต้นทุกชุดการทดลอง และสุ่มตัวอย่างครั้งละ 10 ต้นเพื่อนำมาวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ

3.2.3.4 การศึกษาร้อยละการรอดของต้นกระถินเทพา

บันทึกต้นกระถินเทพาที่ปลูกโดยการนับจำนวนต้นที่มีชีวิตและคิดเทียบเป็นร้อยละ โดยคำนวณ

ร้อยละการรอด = (จำนวนต้นที่มีชีวิตx100) ต่อจำนวนต้นทั้งหมด

Prince of Songkla University Pattani Campus

3.2.4 การศึกษาการเตรียมวัสดุปรับปรุงดิน

ตารางที่ 3.2 ธาตุอาหารหลักสำหรับพืชในกากอุตสาหกรรมผลิตน้ำยางข้น

เอกสารอ้างอิง	ช่วงร้อยละ (แห้ง)		
	N	**P_2O_5**	**K_2O**
วิภาพรรณและคณะ (2549)	1.01-2.26	11.48-20.41	0.45-0.59
Sathyaseelan (2006)	6.05	15.70	10.79
วราศรี (2543)	2.06±0.33	9.60±2.50	1.80±0.4

ตารางที่ 3.3 ธาตุอาหารหลักสำหรับพืชในมูลสุกร

เอกสารอ้างอิง	ช่วงร้อยละ (แห้ง)		
	N	**P_2O_5**	**K_2O**
ศศิธรและคณะ (2543)	1.2	0.8	0.4
Guerrero *et al.* (2006)	2.24	0.98	0.55
Ceotto และ Spallacci (2005)	2.23-2.27	1.50	1.0

ตารางที่ 3.4 ธาตุอาหารหลักสำหรับพืชในขี้เถ้าแกลบ

เอกสารอ้างอิง	ช่วงร้อยละ (แห้ง)		
	N	**P_2O_5**	**K_2O**
Juliano (1972)	0.12	0.10	0.36
เรวัตร (2546)	0.37-0.56	-	0.34-0.80
อำพรรณ (2550)	0.54	0.09	0.5

จากความเข้มข้นของธาตุอาหารต่าง ๆ ดังกล่าว หากนำความเข้มข้นที่ระดับต่ำสุด มาใช้ในการวางแผนการทดลองการศึกษาการเจริญเติบโตของต้นกระถินเทพาที่ปลูกในวัสดุปรับปรุงดิน

ในการเตรียมวัสดุปรับปรุงดิน หากควบคุมการใช้กากอุตสาหรรมผลิตน้ำยางข้นไม่เกินร้อยละ 20 ตามที่แนะนำโดยวิภาพรรณและคณะ (2549) ในการศึกษานี้จะเลือกใช้ที่ร้อยละ 5 เนื่องจากมีระดับปริมาณของฟอสฟอรัสในช่วงที่ไม่สูงเกินไป เพื่อให้ได้ธาตุอาหารในระดับใกล้เคียงกับปุ๋ยสูตร 15-15-15 จำนวน 60 กรัมต่อต้น ในระยะ 3 เดือนแรก (เสรีและคณะ, 2536) ส่วนมูลสุกร และขี้เถ้าแกลบใช้ร้อยละ 75 และร้อยละ 20 ตามลำดับ จากนั้นเตรียมชุดการทดลอง สำหรับการศึกษา

Prince of Songkla University Pattani Campus

การเจริญเติบโตของต้นกระถินเทพา โดยใช้ต้นกระถินเทพาอายุระหว่าง 15-20 วัน หรือต้นที่มีส่วนสูง 5.0±2.0 เซนติเมตร ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 3.5 ชุดการทดลองสำหรับการศึกษาการเจริญเติบโตของต้นกระถินเทพา

ชุดการทดลอง	อัตราการใช้ (Kg/Kg soil)
1.ชุดควบคุม ดิน	-
2.ชุดควบคุม ดินผสมปุ๋ยเคมี 15-15-15	0.005
3.ชุดการทดลอง SC-N*	0.3
4.ชุดการทดลอง SC-P**	0.1
5.ชุดการทดลอง SC-P/2***	0.05

SC-N = ชุดที่ปริมาณธาตุไนโตรเจนเทียบเท่ากับในปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 จำนวน 0.005 กิโลกรัม

SC-P = ชุดที่ปริมาณธาตุฟอสฟอรัสเทียบเท่ากับในปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 จำนวน 0.005 กิโลกรัม

SC-P/2 = ชุดที่ปริมาณธาตุฟอสฟอรัสเท่ากับครึ่งหนึ่งของที่มีในปุ๋ยเคมีสูตร15-15-15 จำนวน 0.005 กิโลกรัม

3.2.4.1 การทดสอบประสิทธิภาพวัสดุปรับปรุงดินในการปลูกต้นกระถินเทพา

เพาะต้นกระถินเทพาจากเมล็ดจนมีอายุ 15-20 วัน หรือต้นที่มีส่วนสูง 5.0±2.0 เซนติเมตร แล้วจึงย้ายลงปลูกในกระถาง บรรจุวัสดุปรับปรุงดินที่ผสมแล้วและหน้าดินสำหรับการเพาะปลูกต้นกระถินเทพาในแต่ละชุดการทดลองลงในถุงเพาะชำขนาด 30×30×30 เซนติเมตร สูตรละอย่างน้อย 25 ถุง ถุงละ 1 ต้น ให้น้ำวันละหนึ่งครั้ง ครั้งละ 250 มิลลิลิตรต่อต้นต่อวัน ตลอดระยะเวลาที่ทำการทดลอง

3.2.4.2 การศึกษาการเจริญเติบโตของต้นกระถินเทพา

ทดสอบประสิทธิภาพวัสดุปรับปรุงดิน และทำการศึกษาอัตราการเจริญเติบโตและลักษณะการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ ความสูง เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น และจำนวนใบ พร้อมทั้งศึกษาสมบัติทางกายภาพและทางเคมี ในต้นกระถินเทพาและวัสดุปรับปรุงดิน คือ ความเป็นกรดเบส การนำไฟฟ้า ปริมาณธาตุอาหารหลัก ได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ในวัสดุปลูกที่เตรียมขึ้น

Prince of Songkla University Pattani Campus

3.2.5 ขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วางแผนการทดลองแบบ CRD ขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ ใช้โปรแกรมสำเร็จรูปในการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการศึกษาวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ย (ANOVA)

Prince of Songkla University
Pattani Campus