Central Library
Prince of Songkla University

บทที่ 2

วิธีการวิจัย

1. วิธีการดำเนินการวิจัย

วิธีการดำเนินการการวิจัยประกอบด้วยขั้นตอนต่างๆ ดังนี้การเก็บรวบรวมข้อมูลปฐมภูมิ ซึ่งประกอบด้วย การนำตัวอย่างดินนากุ้งร้างมาทดลองฟื้นฟูและปลูกพืชทดลองในเรือนกระจก การศึกษาวิเคราะห์ตัวอย่างดินและพืชในห้องปฏิบัติการ

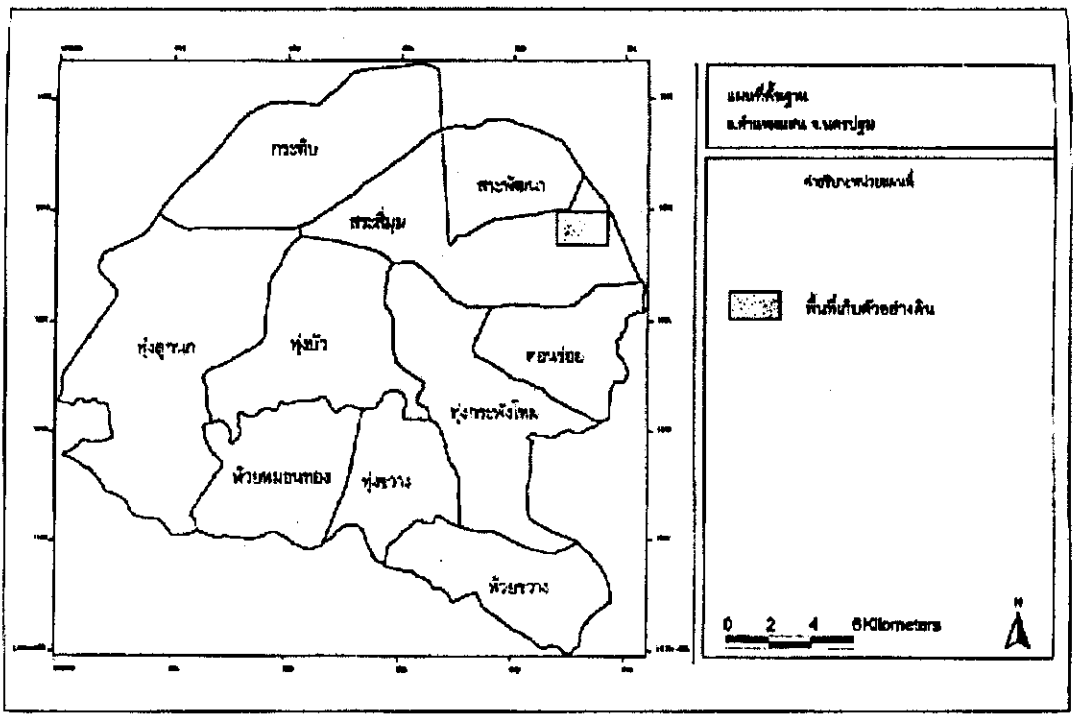
2. การศึกษาภาคสนาม

2.1 สถานที่เก็บตัวอย่างดิน เลือกสถานที่เก็บตัวอย่างดินเพื่อใช้ในการทดลองจาก 2 แหล่งคือ

2.1.1 ตัวอย่างดินบริเวณบ้านไผ่คอย หมู่ที่ 3 ตำบลสระสี่มุม อำเภอกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม ภาพประกอบ 2 บริเวณหลักกิโลเมตรที่ 10 ทางหลวงจังหวัดหมายเลข 3036 บ้านไผ่หูช้าง-ลาดปลาเค้า เป็นตัวแทนของบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำร้างของภาคกลาง เนื่องจากอำเภอกำแพงแสนและอำเภอบางเลน เป็นพื้นที่เลี้ยงกุ้งกุลาดำในเขตพื้นที่น้ำจืดที่มีพื้นที่มากที่สุดในภาคกลาง และเป็นจังหวัดหนึ่งในพื้นที่ที่จังหวัดระงับการเพาะเลี้ยงกุ้งกุลาดำระบบความเค็มต่ำ พื้นที่นาข้าวทั้งสองอำเภอนี้อยู่ในกลุ่มชุดดินอยุธยา (Ayutthaya series) ซึ่งผ่านการเลี้ยงกุ้งมาประมาณ 4-5 ปี และถูกปล่อยทิ้งร้างเป็นระยะเวลา 1 ปี พื้นที่บ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำร้างดังกล่าวมีทั้งหมด 12 บ่อ แต่ละบ่อมีพื้นที่บ่อละ 5 ไร่ จะเลือกเก็บตัวอย่างดินจากบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำร้างมา 2 บ่อ ภาพประกอบ 3 (ในการทดลองนี้ผู้วิจัยได้ใช้ตัวอย่างดินนากุ้งร้างที่เก็บโดย คุณสมบูรณ์ ประสงค์จันทร์ นักศึกษาปริญญาโท สาขาวิชาการจัดการสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์)

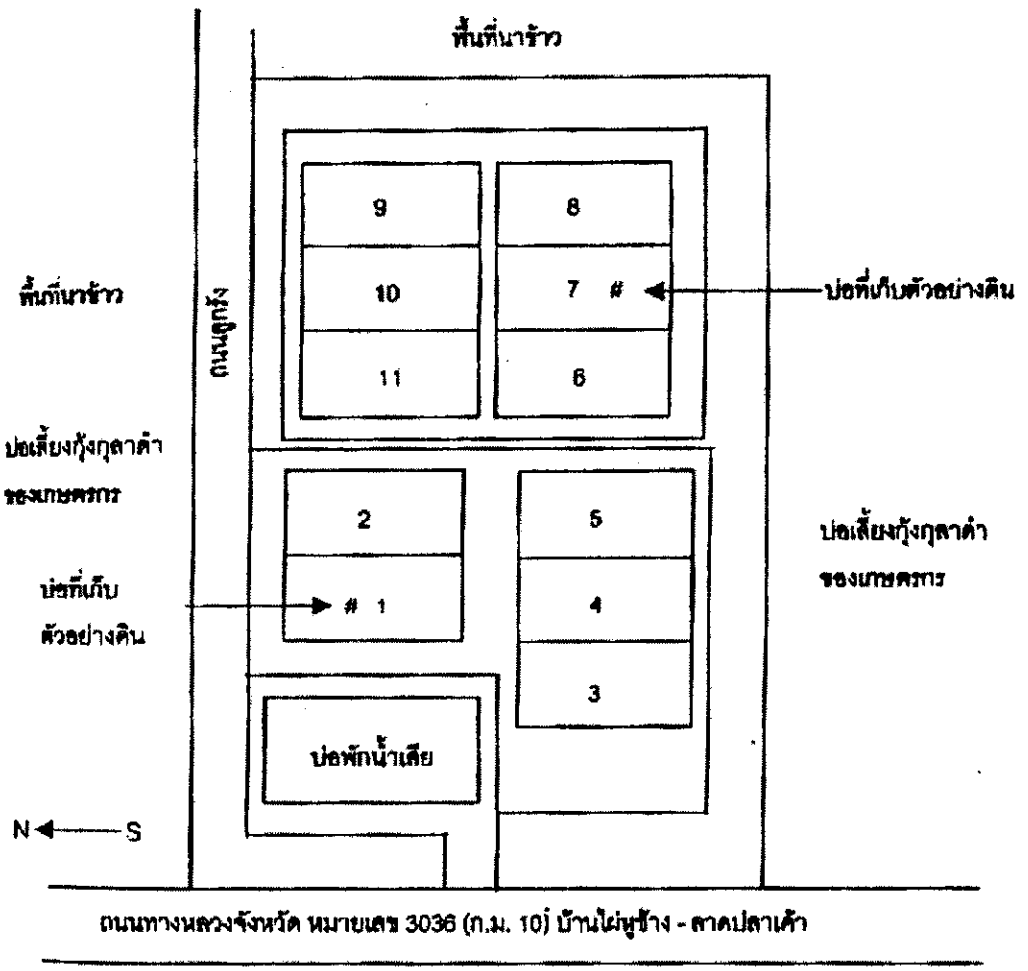
2.1.2 ตัวอย่างดินจากบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำร้างของบริษัทแอควาสตาร์ เป็นพื้นที่บ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำร้างที่ใช้เลี้ยงกุ้งมาแล้ว 3 ปี และมีการปล่อยทิ้งร้างไว้ประมาณ 5 ปี ตั้งอยู่บริเวณหมู่ที่ 2 ตำบลปากแตระ อำเภอระโนด จังหวัดสงขลา ตั้งอยู่ระหว่างหลักกิโลเมตรที่ 93-94 ทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 1884 ถนนสายสงขลา-นครศรีธรรมราช ภาพประกอบ 4 พื้นที่บริเวณนี้ส่วนใหญ่อยู่ในชุดดินบางกอก (Bangkok series) ดินชุดนี้จะครอบคลุมพื้นที่ชายทะเลภาคใต้ฝั่งอ่าวไทย ซึ่งเป็นตัวแทนบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำร้างของจังหวัดสงขลา และนครศรีธรรมราช (อำเภอระโนด และอำเภอหัวไทร เป็นพื้นที่เลี้ยงกุ้งกุลาดำที่สำคัญที่สุดในภาคใต้) โดยพื้นที่บ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำร้างดังกล่าวมีทั้งหมด 20 บ่อ แต่ละบ่อมีพื้นที่บ่อละ 5 ไร่ จะเลือกเก็บตัวอย่างดินจากบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำร้างมา 3 บ่อ ภาพประกอบ 5

นอกจากนี้ตัวแทนของดินที่ใช้ในการทดลองจะต้องเป็นพื้นที่บ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำร้าง ที่มีค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายดินสูง และเป็นพื้นที่ที่ยังไม่มีการเปลี่ยนแปลงพื้นที่บ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำร้างไปใช้ประโยชน์อย่างอื่น ส่วนการเตรียมตัวอย่างดินเพื่อวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ และปลูกพืชในเรือนกระจกก็ทำเช่นเดียวกับการเตรียมตัวอย่างดินจากบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำร้าง

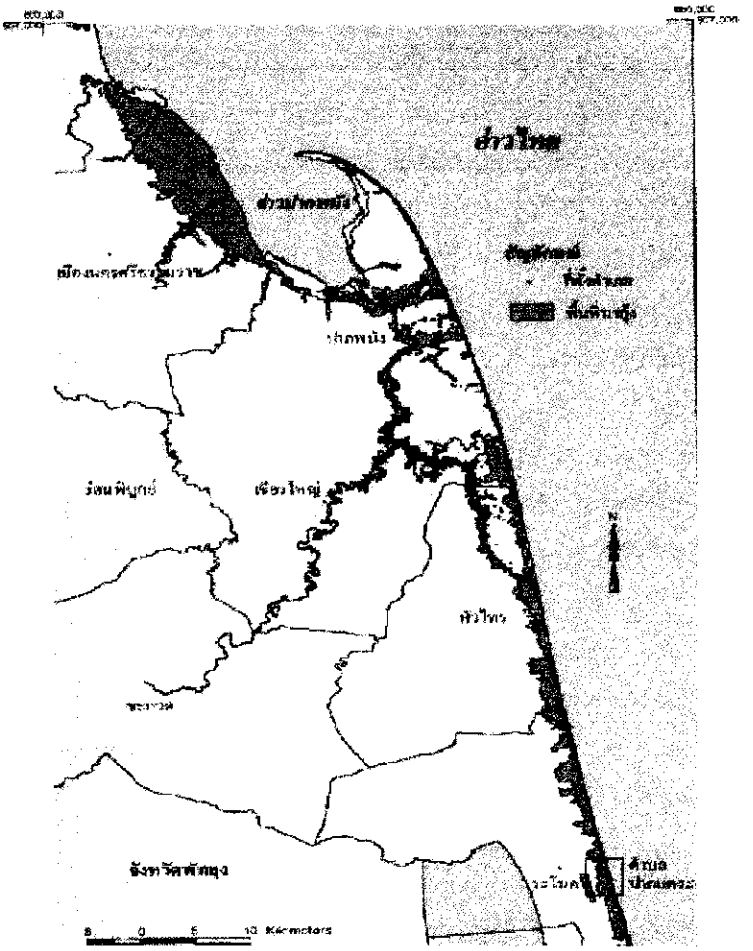


ภาพประกอบ 2 แผนที่บริเวณที่เก็บตัวอย่างดินจากบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ตำบลสระสี่มุม อำเภอกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม

ที่มา: กรมพัฒนาที่ดิน, 2542

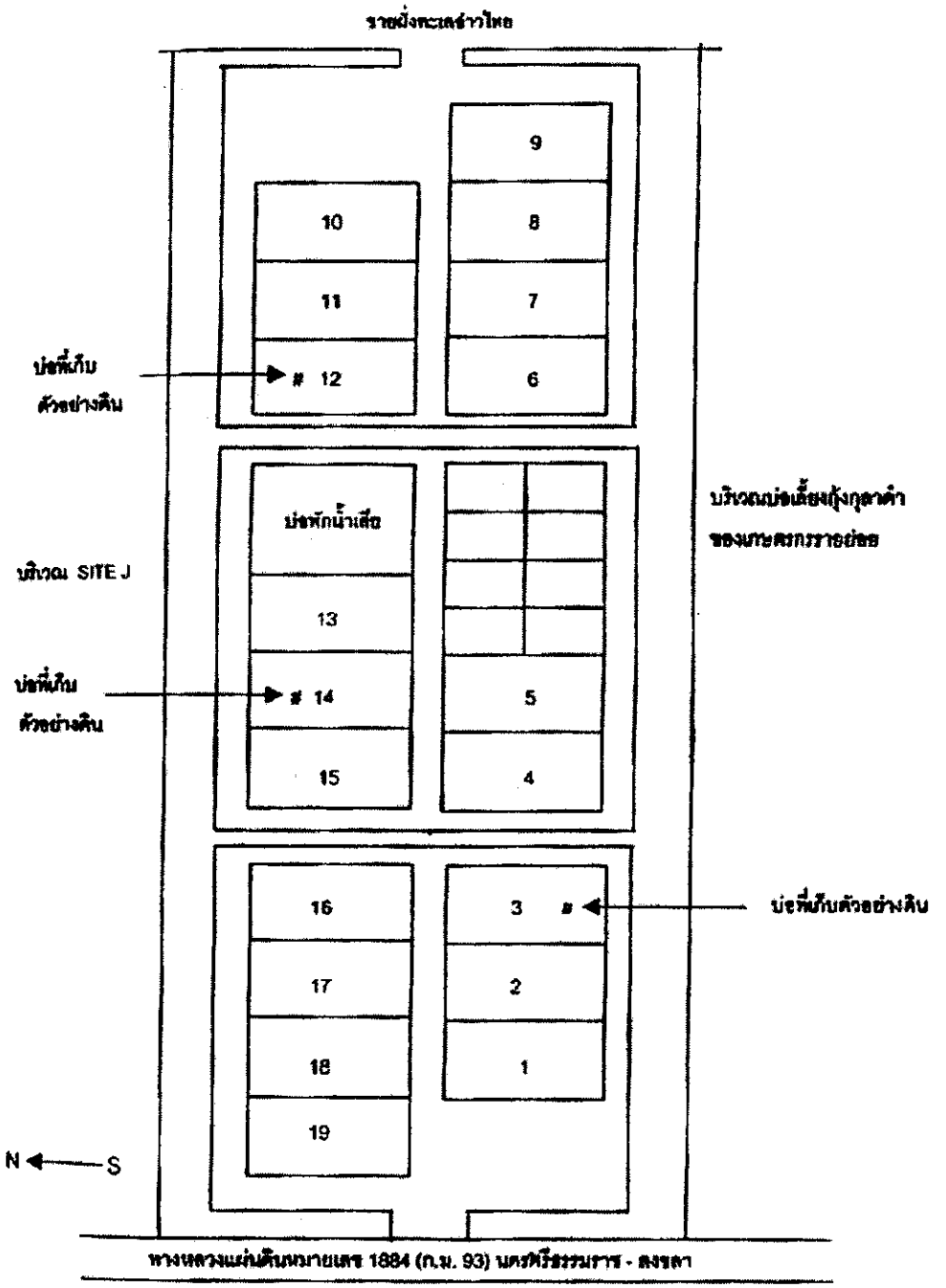


ภาพประกอบ 3 ที่ตั้งและจุดเก็บตัวอย่างดินบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำ บ้านไผ่คอย ตำบลสระสี่มุม อำเภอกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม



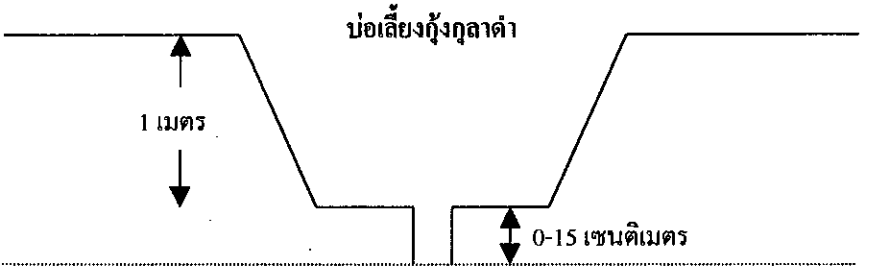
ภาพประกอบ 4 แผนที่บริเวณพื้นที่เก็บตัวอย่างดินจากบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำ บริเวณชายฝั่งทะเล ตำบลปากแตระ อำเภอระโนด จังหวัดสงขลา

ที่มา: มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, 2538



ภาพประกอบ 5 ที่ตั้งและจุดเก็บตัวอย่างดินบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำร้าง บริษัทแอควาสตาร์ ตำบลปากแตระ อำเภอระโนด จังหวัดสงขลา

2.2 วิธีการเก็บตัวอย่างดินเพื่อใช้ทดลอง จะเก็บตัวอย่างดินในระดับความลึกชั้นไถพรวน 0-15 เซนติเมตร ซึ่งเป็นระดับความลึกของรากพืชผักทั่วไป โดยจะทำการเก็บตัวอย่างดินที่ก้นบ่อกุ้งที่จัดว่าเป็นส่วนของตัวอย่างดินที่มีคุณสมบัติไม่เหมาะสมมากที่สุดสำหรับการเพาะปลูกพืช ภาพประกอบ 6 เพราะถ้าผลการศึกษานี้สามารถปรับปรุงดินเหล่านี้จนสามารถปลูกพืชได้ ก็จะเกิดความมั่นใจได้ว่าสามารถนำไปสู่การปฏิบัติได้จริงในสภาพไร่นา โดยเก็บตัวอย่างดินแบบ Composite ซึ่งภายใน 1 บ่อ จะเก็บตัวอย่างดิน 9-10 จุด นำตัวอย่างดินที่เก็บได้ผึ่งให้แห้งในที่ร่ม บดให้ละเอียด หลังจากนั้นเอาตัวอย่างดินทั้งหมดที่เก็บได้ผสมคลุกเคล้าให้เป็นเนื้อเดียวกัน แล้วร่อนผ่านตะแกรงที่มีช่องหรือรูของตระแกรงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 มิลลิเมตร บรรจุดินแห้งที่บดได้ลงในกล่องพลาสติก หรือถุงพลาสติก เพื่อนำไปวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีในห้องปฏิบัติการ และนำไปใช้ในการทดลองขั้นตอนต่อไป



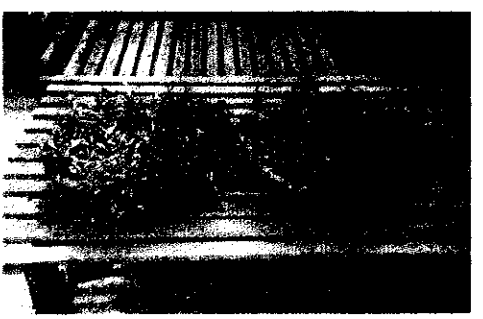
ภาพประกอบ 6 ระดับความลึกชั้นไถพรวน (0-15 เซนติเมตร) สำหรับการเก็บตัวอย่างดิน

2.3 การปรับปรุงดินจากบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำร้าง เนื่องจากดินบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำร้างที่จะใช้ทดลองนี้มีปริมาณเกลือและโซเดียมอยู่เป็นจำนวนมาก ทำให้ดินมีสมบัติทางเคมีและทางกายภาพไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช ดังนั้นจึงต้องมีการปรับปรุงคุณสมบัติทางเคมีและทางกายภาพของดินก่อน โดยลดปริมาณเกลือและลดการฟุ้งกระจายของอนุภาคดินลง ซึ่งประกอบด้วยการปลูกพืชดูดเค็ม การล้างดิน การใส่ยิปซัม การใส่แกลบ การใส่ปุ๋ยเคมี และปุ๋ยคอก (มูลวัว)

2.3.1 การปลูกพืชดูดเค็ม วัตถุประสงค์เพื่อที่จะลดความเค็มในดินบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำร้างให้ลดลง เนื่องจากพืชทนเค็มบางชนิดมีกลไกบางอย่างที่สามารถดูดเกลือจากดินมาสะสมอยู่ที่ใบและลำต้นได้ ดังนั้นหลังจากปลูกพืชทนเค็ม เพื่อใช้ดูดความเค็มออกจากดินไประยะหนึ่งแล้ว จะทำให้ความเค็มของดินลดลง จากการศึกษาของสมบูรณ์ ประสงค์จันทร์ (2546) พบว่าผักเบี้ยทะเลจะมีความสามารถดูดความเค็มจากดินมาสะสมที่ลำต้นและใบ รวมทั้งมีการเจริญเติบโตที่ดีมากกว่าหญ้าหนวดปลาดุก และผักบุ้งทะเลในดินนากุ้งร้าง ดังนั้นในการทดลองนี้จึงเลือกใช้ ผักเบี้ยทะเล

(Sesuvium portulacustrum) เป็นพืชดูดเค็ม โดยได้ทำการปลูกผักเบี้ยทะเลในกะละมังซึ่งมีดินอยู่กะละมัง 15 กิโลกรัม ภาพประกอบ 7

ดินที่ผ่านการปลูกผักเบี้ยทะเลเป็นระยะเวลา 3 เดือนแล้ว ก็จะทำการเตรียมตัวอย่างดินไว้สำหรับการปรับปรุงดินเพื่อการปลูกพืชเศรษฐกิจในขั้นตอนต่อไป



ภาพประกอบ 7 ผักเบี้ยทะเล

1.1.2 การล้างดิน จากผลการศึกษาของ พิภพ ปราบณรงค์ (2536) พบว่าตัวอย่างดินจากบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำร้างที่ศึกษา มีค่าการนำไฟฟ้าซึ่งสูงเกินกว่าที่พืชทั่วๆ ไปจะเจริญเติบโต และมีชีวิตรอดอยู่ได้ ดังนั้นจะต้องลดระดับความเค็มในดินลงให้อยู่ในระดับที่สามารถปลูกพืชได้ จึงทำการการล้างดิน (Leaching) โดยการเลียนแบบลักษณะการกระทำที่อาจเกิดขึ้นจริงในกรณีที่มีการบูรณะฟื้นฟูพื้นที่บ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำร้างทั้งดินนากุ้งร้างภาคใต้และดินนากุ้งร้างภาคกลาง จากการทดลองในห้องปฏิบัติการ โดยการล้างดินแต่ละครั้งจะใช้ดินหนัก 3 กิโลกรัม ใส่ในถังพลาสติก แล้วล้างด้วยน้ำกลั่นหรือ Deionized water ด้วยสัดส่วนต่างๆ ของดินต่อน้ำดังนี้ 1:05, 1:10, 1:15, 1:20, 1:25 และ 1:30 แล้วกวนด้วยแท่งแก้ว จากนั้นทิ้งดินไว้เป็นเวลา 7 วัน จึงใช้สายยางสูบน้ำออก นำดินไปผึ่งในที่ร่มให้แห้ง แล้วทำการวัดค่าการนำไฟฟ้าของดิน เพื่อหาปริมาณน้ำกลั่นที่จะใช้ล้างดินที่เหมาะสม ที่สามารถลดค่าการนำไฟฟ้าของดิน จนกระทั่งค่าการนำไฟฟ้า (Electrical Conductivity)

ของสารละลายดินลดลง อยู่ในระดับที่พืชเศรษฐกิจที่จะใช้ทดลองสามารถจะมีชีวิตหรือเจริญเติบโตอยู่ได้ ผลการทดลองในห้องปฏิบัติการเพื่อหาอัตราส่วนดิน : น้ำที่จะใช้ล้างดินที่เหมาะสม ในดินนากุ้งร้างภาคใต้และภาคกลาง แสดงในตาราง 6

ตาราง 6 ผลการทดลองในห้องปฏิบัติการเพื่อหาอัตราส่วน ดิน : น้ำ ที่จะใช้ล้างดินที่เหมาะสมในดินนากุ้งร้างภาคใต้และภาคกลาง

อัตราส่วน ดิน (กรัม) ต่อ น้ำ (มิลลิลิตร)	ค่าการนำไฟฟ้า (ECe) ของตะกอนดินเฉลี่ย มิลลิซิเมนต่อเซนติเมตร (mS/cm)	
	ภาคใต้	ภาคกลาง
ค่า ECe ในดินนากุ้งร้างตั้งต้น	17.88	16.20
1:05	5.49	10.35
1:10	5.04	8.82
1:15	2.50	6.06
1:20	2.17	**4.95**
1:25	**1.95**	4.76
1:30	1.40	4.21

เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของปริมาณน้ำที่ใช้ล้างดิน ในการลดความเค็มของดิน (ค่าการนำไฟฟ้า) ให้อยู่ในระดับที่พืชสามารถมีชีวิตรอดอยู่ได้ ผลที่ได้จากการทดลองในห้องปฏิบัติการของการวิจัยนี้ ดังแสดงในตาราง 6 การทดลองที่ได้สอดคล้องกับการทดลองของสมศรี อรุณนินท์ (2536) ดังนั้นการทดลองนี้จึงเลือกใช้น้ำล้างดินในอัตราส่วน 1:25 และ 1:20 ในดินภาคใต้และภาคกลางตามลำดับ ปริมาณน้ำกลั่นดังกล่าวนี้จะสามารถลดค่าการนำไฟฟ้าของดินที่ใช้ทดลองปลูกพืช ให้อยู่ในระดับที่พืชสามารถมีชีวิตรอดและเจริญเติบโตอยู่ได้

2.3.3 การใส่ยิปซัม ($CaSO_4.2H_2O$) การใส่ยิปซัม มีวัตถุประสงค์เพื่อไล่ที่ Na และส่งผลให้ความเป็นด่างของดินลดลง เนื่องจากดินบ่อเลี้ยงกุ้งที่ทำการทดลองนี้มีปริมาณโซเดียมอยู่เป็นจำนวนมาก ทำให้ดินมีสมบัติทางเคมีและทางกายภาพไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช (พิภพ ปราบณรงค์, 2536) วิธีที่นิยมใช้คือการล้างดินและการใส่ยิปซัมเพื่อลดปริมาณเกลือ และปริมาณ Na ร่วมกับการใส่สารปรับปรุงดิน เพื่อให้สมบัติทางกายภาพของดินดีขึ้น วิธีที่นิยมมากที่สุดและมีต้นทุนต่ำ คือการหว่านยิปซัมหรือปูนลงไปในดิน โดยทั่วไปประสิทธิภาพของยิปซัมจะสูงกว่าปูนเนื่องจากปูนละลายได้น้อยกว่า (Bohn et al., 1985) สำหรับอัตราการใส่ยิปซัมในการศึกษานี้สามารถคำนวณได้จากสูตร (กรมพัฒนาที่ดิน, 2527)

$$Na = \frac{ESP \times CEC}{100}$$

เมื่อ Na = ปริมาณโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินมีหน่วยเป็น (meq/100 gm. ovens dry soil)

ESP = (Exchangeable Sodium Percentage) อัตราร้อยละโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ = ร้อยละของความจุในการแลกเปลี่ยนแคตไอออนของดินที่มีโซเดียมไอออนแลกเปลี่ยนได้

CEC = (Cation Exchangeable Capacity) ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน = เป็นผลรวมของแคตไอออนที่แลกเปลี่ยนได้ ซึ่งดินหรือแร่ดินเหนียวหรือวัสดุอื่นๆ ดูดซับไว้ ปัจจุบันนี้ใช้หน่วยเซนติโมลต่อกิโลกรัม ของดินหรือวัสดุอื่นๆ

2.3.4 การใส่แกลบ เนื่องจากดินบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำร้างมีปริมาณโซเดียมมาก ทำให้ดินแน่นทึบ ส่งผลให้ดินมีการระบายน้ำ และอากาศได้ในระดับที่ต่ำมาก ไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช จึงต้องมีการใส่แกลบเพื่อปรับปรุงสมบัติทางกายภาพของดินให้ดีขึ้น ทำให้ดินร่วนซุย ความหนาแน่นของดินลดลง มีการถ่ายเทอากาศและน้ำดีขึ้น การทดลองนี้จะใส่แกลบประมาณ 8% โดยน้ำหนัก เพื่อใช้เป็นสารปรับปรุงดิน

2.3.5 อัตราการใส่ธาตุอาหารพืช เนื่องจากน้ำทะเลที่นำมาใช้ในการเลี้ยงกุ้ง มีธาตุชนิดต่างๆ ปะปนอยู่อย่างมากมาย รวมทั้งธาตุอาหารหลัก และธาตุอาหารรองของพืชด้วย ดังนั้นดินจากบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำร้างจึงควรมีปริมาณธาตุอาหารพืชอยู่พอสมควร และเพียงพอต่อการเจริญเติบโตของพืช โดยเฉพาะธาตุอาหารรอง แต่เนื่องจากการฟื้นฟูดินนากุ้งร้างต้องใช้น้ำจืดชะล้างดิน เพื่อลดความเค็มของดินอาจทำให้ธาตุอาหารพืชชนิดต่างๆ ละลายติดไปกับน้ำจืดที่ชะล้างดินนั้นด้วย ผู้ทำการทดลองทำการทดลองต่อเนื่องมาจากการศึกษาของสมบูรณ์ ประสงค์จันทร์ (2546) จึงเลือกใส่ระดับธาตุอาหารพืชพื้นฐาน (Base level) ในระดับ 0.5, 1 และ 1.5 เท่า ของอัตราธาตุพื้นฐานในดินนากุ้งร้างภาคกลาง และระดับ 0.5 และ 1 เท่า ของอัตราธาตุพื้นฐานในดินนากุ้งร้างภาคใต้ ซึ่งจัดว่าเป็นการใส่ที่ต่ำเพื่อป้องกันการเพิ่มความเค็มให้แก่ดิน อัตราของธาตุอาหารพืชพื้นฐานที่ใช้และปริมาณสารเคมีที่ใช้ในการฟื้นฟูบูรณะดินจากบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำร้างหลังจากการล้างดิน ดังแสดงในตาราง 7

ตาราง 7 อัตราธาตุอาหารพืชพื้นฐานที่ใช้และปริมาณสารเคมีที่ใช้ในการปรับปรุงดินจากบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำร้าง หลังจากการล้างดิน

ธาตุอาหารพืช	สารเคมีที่ใช้เตรียมธาตุอาหารพืช	อัตราธาตุพื้นฐาน (กก./เฮกตาร์)	ปริมาณสารเคมีที่ใช้[1] (กรัม/ลิตร)
N	NH_4NO_3	100	101.1405
P	$NaH_2PO_4.H_2O$	100	128.3041
K	KCl	50	33.6505
Ca	$CaSO_4.2H_2O$	40	51.9412
S	$CaSO_4.2H_2O$	25	37.2045
Mg	$MgCl_2.6H_2O$	15	4.4020
Cu	$CuCl_2.2H_2O$	2.00	18.996
Zn	$ZnCl_2$	2.50	1.8451
Mn	$MnCl_2.4H_2O$	4.50	5.7384
Mo	$NaMoO_4.2H_2O$	0.20	0.1786
B	H_3BO_3	0.30	0.6074
Ni	$NiCl_2.6H_2O$	0.25	0.3987
CO	$COCl_2.6H_2O$	0.25	0.3317
Fe	0.1 M Fe-EDTA[3]	2.5	17.7000

หมายเหตุ :[1] ปริมาณสารเคมีที่ใช้เพื่อทำเป็นสารละลายสต็อกจำนวน 1 ลิตร สารละลายสต็อกจำนวน 33 มิลลิลิตร จะได้ธาตุอาหารพืชเท่ากับ 1 เท่าของอัตราพื้นฐาน

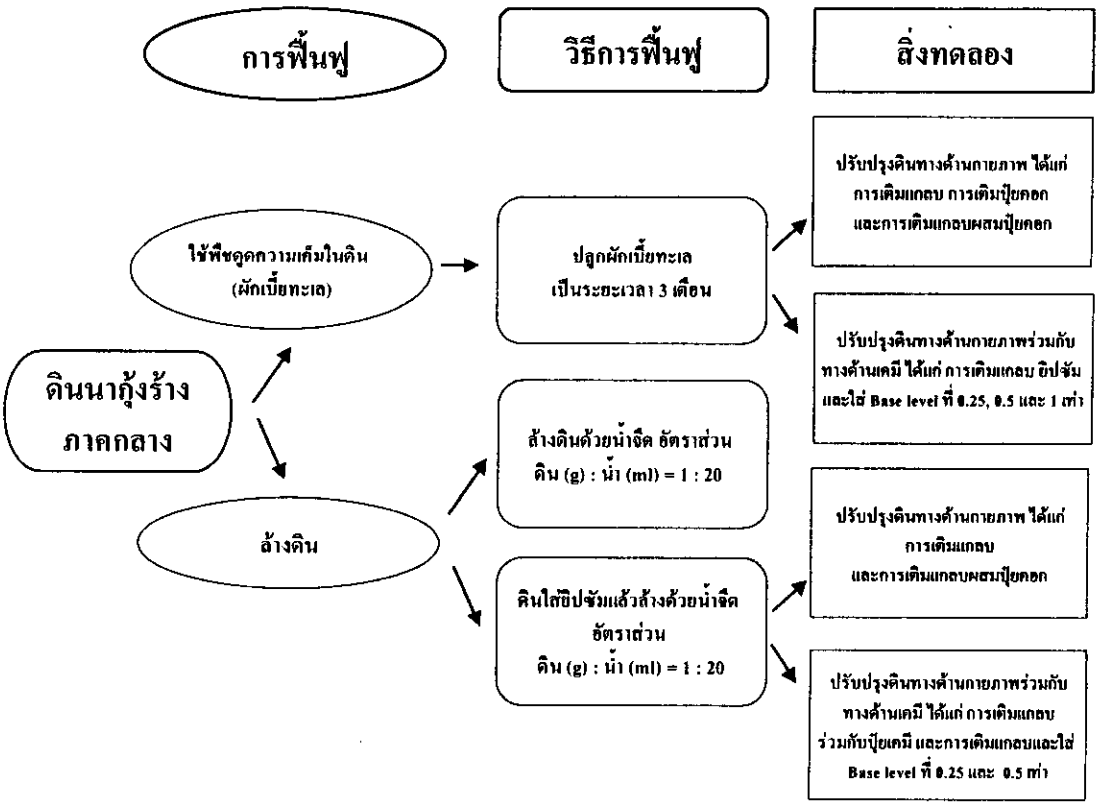
[2] ธาตุอาหารพืช Ca และ S จะได้จากการล้างดินโดยใช้ยิปซัม ($CaSO_4.2H_2O$)

[3] 0.1 M Fe-EDTA เตรียมจาก Ferric Citrate 33.5 กรัม + 37 กรัม NaEDT และนำไปอุ่นที่อุณหภูมิ 58 องศาเซลเซียส

ที่มา: Aitken, 1985

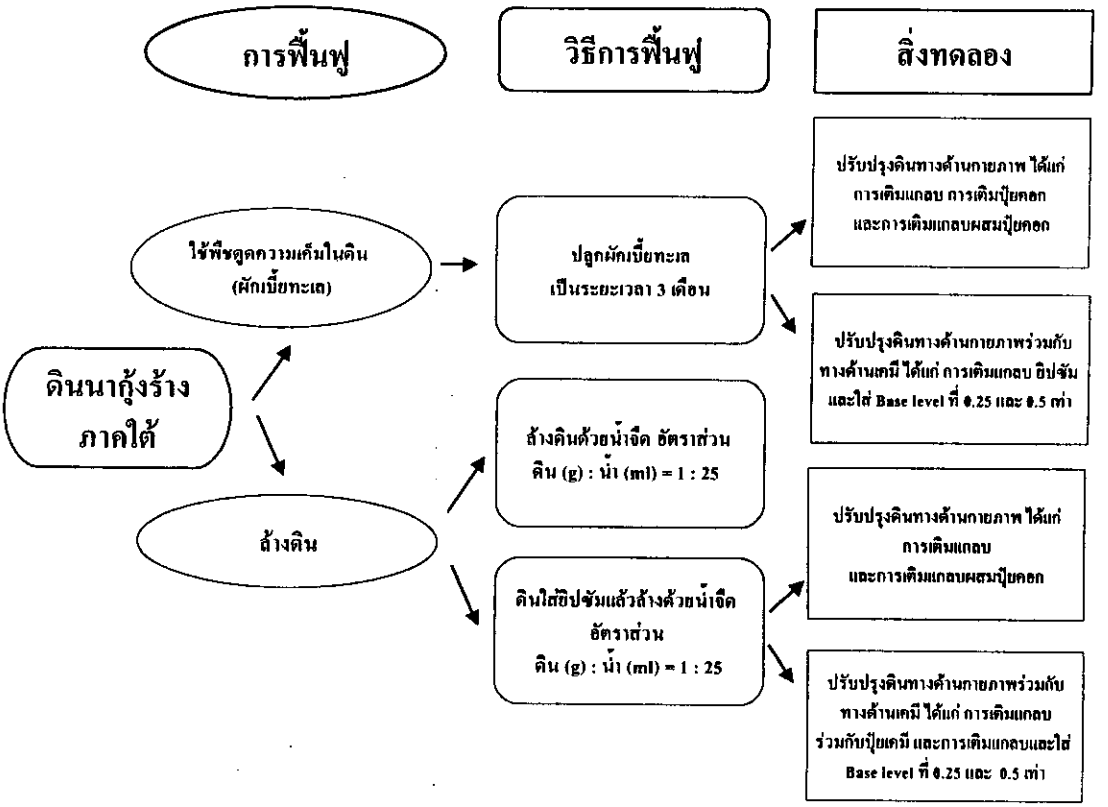
2.4 กรอบแนวคิดของการออกแบบการทดลอง และชุดการทดลองต่างๆ

2.4.1 การออกแบบการทดลองการฟื้นฟูดินนากุ้งร้างภาคกลาง ภาพประกอบ 8



ภาพประกอบ 8 การออกแบบการทดลองการฟื้นฟูดินนากุ้งร้างภาคกลาง

2.4.2 การออกแบบการทดลองการฟื้นฟูดินนากุ้งร้างภาคใต้ ภาพประกอบ 9



ภาพประกอบ 9 การออกแบบการทดลองการฟื้นฟูดินนากุ้งร้างภาคใต้

หมายเหตุ การออกแบบการทดลองการฟื้นฟูดินนากุ้งร้างภาคกลางและภาคใต้ มีสิ่งที่แตกต่างกันคือ การฟื้นฟูดินด้วยวิธีการใช้พืชดูดความเค็ม ในดินสิ่งทดลองที่มีการปรับปรุงดินทางด้านกายภาพ + ทางด้านเคมี คือ การเติมแกลบ + ยิปซัม + Base level ในดินนากุ้งร้างภาคกลาง จะเลือกใช้ Base level ที่ระดับความเข้มข้น 0.25, 0.5 และ 1.0 เท่า ส่วนในดินนากุ้งร้างภาคใต้ จะเลือกใช้ Base level ที่ระดับ 0.25 และ 0.5 เท่า เท่านั้น เนื่องจากดินนากุ้งร้างภาคกลางมีปริมาณความเค็มน้อยกว่าดินนากุ้งร้างภาคใต้ และในขั้นตอนของการล้างดิน อัตราส่วน ดิน : น้ำ ที่ใช้ในการล้างดินของดินนากุ้งร้างภาคกลางจะน้อยกว่าดินนากุ้งร้างภาคใต้ คือ 1 : 20 และ 1 : 25 (g/ml) ตามลำดับ

จากวิธีการฟื้นฟูต่างๆ ดังกล่าวข้างต้น จึงกำหนดแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely Randomized Design: CRD) โดยจัดสิ่งทดลอง อันประกอบด้วยชุดการทดลองต่างๆ ดังต่อไปนี้ ซึ่งทุกสิ่งทดลอง (treatment) จะทำจำนวน 3 ซ้ำ ดังตาราง 8, 9, 10 และ 11 ในหน้า 32

ตาราง 8 ชุดการทดลองที่ 1 ดินนากุ้งร้างที่ผ่านการปลูกพืชคลุมเต็ม (ดินภาคกลาง)

ชุดการทดลองที่ 1	สัญลักษณ์
1. Control (ดินนากุ้งร้าง)	C
2. Control (ดินนากุ้งร้างที่ผ่านการปลูกพืชคลุมเต็ม)	CP
3. ดินนากุ้งร้างที่ผ่านการปลูกพืชคลุมเต็ม + แกลบ 8%	CP+R
4. ดินนากุ้งร้างที่ผ่านการปลูกพืชคลุมเต็ม + ปุ๋ยคอก (2 ตัน/ไร่)[1]	CP+M
5. ดินนากุ้งร้างที่ผ่านการปลูกพืชคลุมเต็ม + แกลบ 8% + ปุ๋ยคอก (2 ตัน/ไร่)[1]	CP+R+M
6. ดินนากุ้งร้างที่ผ่านการปลูกพืชคลุมเต็ม + แกลบ 8% + ยิปซัม + Base level 0.25 เท่า (เฉพาะ N, P, K และ Mg)	CP+R+G+B 0.25
7. ดินนากุ้งร้างที่ผ่านการปลูกพืชคลุมเต็ม + แกลบ 8% + ยิปซัม + Base level 0.5 เท่า (เฉพาะ N, P, K และ Mg)	CP+R+G+B 0.5
8. ดินนากุ้งร้างที่ผ่านการปลูกพืชคลุมเต็ม + แกลบ 8% + ยิปซัม + Base level 1 เท่า (เฉพาะ N, P, K และ Mg)	CP+R+G+B 1

ตาราง 9 ชุดการทดลองที่ 2 ดินนากุ้งร้างที่ผ่านการปลูกพืชคลุมเต็ม (ดินภาคใต้)

ชุดการทดลองที่ 2	สัญลักษณ์
1. Control (ดินนากุ้งร้าง)	S
2. Control (ดินนากุ้งร้างที่ผ่านการปลูกพืชคลุมเต็ม)	SP
3. ดินนากุ้งร้างที่ผ่านการปลูกพืชคลุมเต็ม + แกลบ 8%	SP+R
4. ดินนากุ้งร้างที่ผ่านการปลูกพืชคลุมเต็ม + ปุ๋ยคอก (2 ตัน/ไร่)[1]	SP+M
5. ดินนากุ้งร้างที่ผ่านการปลูกพืชคลุมเต็ม + แกลบ 8% + ปุ๋ยคอก (2 ตัน/ไร่)[1]	SP+R+M
6. ดินนากุ้งร้างที่ผ่านการปลูกพืชคลุมเต็ม + แกลบ 8% + ยิปซัม + Base level 0.25 เท่า (เฉพาะ N, P, K และ Mg)	SP+R+G+B 0.25
7. ดินนากุ้งร้างที่ผ่านการปลูกพืชคลุมเต็ม + แกลบ 8% + ยิปซัม + Base level 0.5 เท่า (เฉพาะ N, P, K และ Mg)	SP+R+G+B 0.5

ตาราง 10 ชุดการทดลองที่ 3 ดินนากุ้งร้างที่ใส่ยิปซัมแล้วล้างด้วยน้ำจืด (ดินภาคกลาง)

ชุดการทดลองที่ 3	สัญลักษณ์
1. Control (ดินนากุ้งร้าง)[2]	C
2. ดินนากุ้งร้างที่ล้างด้วยน้ำจืด	CL
3. ดินนากุ้งร้างใส่ยิปซัม[1]แล้วล้างด้วยน้ำจืด	CGL
4. ดินนากุ้งร้างใส่ยิปซัมแล้วล้างด้วยน้ำจืด + แกลบ 8%	CGL+R
5. ดินนากุ้งร้างใส่ยิปซัมแล้วล้างด้วยน้ำจืด + แกลบ 8% + ปุ๋ยเคมี[3]	CGL+R+F
6. ดินนากุ้งร้างใส่ยิปซัมแล้วล้างด้วยน้ำจืด + แกลบ 8% + Base level 0.25 เท่า (ยกเว้น Ca และ S)	CGL+R+B 0.25
7. ดินนากุ้งร้างใส่ยิปซัมแล้วล้างด้วยน้ำจืด + แกลบ 8% + Base level 0.5 เท่า (ยกเว้น Ca และ S)	CGL+R+B 0.50
8. ดินนากุ้งร้างใส่ยิปซัมแล้วล้างด้วยน้ำจืด + แกลบ 8% + ปุ๋ยคอก (2 ตัน/ไร่)	CGL+R+M

ตาราง 11 ชุดการทดลองที่ 4 ดินนากุ้งร้างที่ใส่ยิปซัมแล้วล้างด้วยน้ำจืด (ดินภาคใต้)

ชุดการทดลองที่ 4	สัญลักษณ์
1. Control (ดินนากุ้งร้าง)[2]	S
2. ดินนากุ้งร้างที่ล้างด้วยน้ำจืด	SL
3. ดินนากุ้งร้างใส่ยิปซัม[1]แล้ว ล้างด้วยน้ำจืด	SGL
4. ดินนากุ้งร้างใส่ยิปซัมแล้วล้างด้วยน้ำจืด + แกลบ 8%	SGL+R
5. ดินนากุ้งร้างใส่ยิปซัมแล้วล้างด้วยน้ำจืด + แกลบ 8% + ปุ๋ยเคมี[3]	SGL+R+F
6. ดินนากุ้งร้างใส่ยิปซัมแล้วล้างด้วยน้ำจืด + แกลบ 8% + Base level 0.25 เท่า (ยกเว้น Ca และ S)	SGL+R+B 0.25
7. ดินนากุ้งร้างใส่ยิปซัมแล้วล้างด้วยน้ำจืด + แกลบ 8% + Base level 0.5 เท่า (ยกเว้น Ca และ S)	SGL+R+B 0.50
8. ดินนากุ้งร้างใส่ยิปซัมแล้วล้างด้วยน้ำจืด + แกลบ 8% + ปุ๋ยคอก (2 ตัน/ไร่)	SGL+R+M

<u>หมายเหตุ</u> ดินที่ต้องใช้ทั้งหมด

- แต่ละชุดการทดลองจะปลูกพืช 3 ชนิด (ผักบุ้งจีน ผักกาดหอม และคะน้า) ชนิดละ 3 ซ้ำ ซึ่งใช้ดินซ้ำละ 5 กิโลกรัม
- สัญลักษณ์ที่ใช้ C หมายถึง ดินนากุ้งร้างภาคกลาง
  S หมายถึง ดินนากุ้งร้างภาคใต้
  P หมายถึง ดินนากุ้งร้างที่ผ่านการปลูกพืชดูดเค็มเป็นระยะเวลา 3 เดือน
  R หมายถึง แกลบ 8%
  M หมายถึง ปุ๋ยคอก (2 ตัน/ไร่)
  B 0.25, 0.5 และ 1 หมายถึง Base level ที่ 0.25, 0.5 และ 1 เท่า
  G หมายถึง ยิปซัม
  L หมายถึง ดินนากุ้งร้างที่ผ่านการล้างด้วยน้ำจืด
  F หมายถึง ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15
- [1] หมายถึง ใส่ปุ๋ยคอก (2 ตัน/ไร่) หรือ 32 กรัม ในดินตัวอย่างถุงละ 5 กิโลกรัม ทั้งในดินภาคใต้และดินภาคกลาง
- [2] หมายถึง ใช้ผลการทดลองร่วมกับ **ชุดการทดลองพืชดูดเค็ม** (โดยการปลูกผักเบี้ยทะเล **<u>ดินภาคใต้</u>และ<u>ดินภาคกลาง</u>**)
- [3] หมายถึง ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 (20 กิโลกรัม/ไร่) หรือ 0.32 กรัม ในดินตัวอย่างถุงละ 5 กิโลกรัม ทั้งในดินภาคใต้และดินภาคกลาง
- [4] หมายถึง ปริมาณยิปซัมที่ใช้ ดินนากุ้งร้างภาคใต้ใช้ (3.33 ตัน/ไร่) หรือ 53.28 กรัม ในดินตัวอย่างถุงละ 5 กิโลกรัม และดินนากุ้งร้างภาคกลางใช้ (0.32 ตัน/ไร่) หรือ 5.12 กรัม ในดินตัวอย่างถุงละ 5 กิโลกรัม

2.5 อุปกรณ์ที่ใช้ในการปลูกพืช

2.5.1 เมล็ดพันธุ์ผักบุ้ง ผักกาดหอม และคะน้า

2.5.2 ธาตุอาหารพืช

2.5.3 ถุงพลาสติกดำสำหรับปลูกพืช

2.5.4 เครื่องกรองน้ำชนิด Deionized

2.5.5 เครื่องชั่ง

2.5.6 ถุงกระดาษสำหรับเก็บตัวอย่างพืช

2.5.7 ตู้อบแบบ Hot Air Oven

2.5.8 แกลบ

2.5.9 ยิปซัม

2.5.10 ปุ๋ยคอก (มูลวัว)

2.5.11 ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15

2.6 วิธีการปลูกและการดูแลรักษา

หลังจากเตรียมเดินเสร็จชั่งดิน 5 กิโลกรัม ใส่ในถุงพลาสติกใสแล้วนำไปบรรจุในถุงพลาสติกสีดำขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 10 เซนติเมตร โดยให้ดินอยู่ต่ำกว่าขอบถุงพลาสติกประมาณ 1-2 เซนติเมตร ก่อนปลูกพืชในถุงพลาสติก คำนวณปริมาณสารเคมีที่ต้องใช้ จากพื้นที่ในถุงพลาสติก

หลังการบรรจุดินในถุงพลาสติก ก่อนการปลูกพืชเติมน้ำกรองและสารเคมีจนดินอิ่มตัว แล้วหมักดินไว้ 1 วัน หลักจากนั้นจึงย้ายต้นกล้าคะน้าและผักกาดหอมที่ผ่านการเพาะไว้แล้วเป็นระยะเวลา 30-45 วัน มาปลูกในถุงพลาสติก ถุงละ 2 ต้น โดยคัดเลือกต้นพันธุ์ที่มีขนาด และการเจริญเติบโตเท่ากันหรือใกล้เคียงกันมาปลูก ส่วนผักบุ้งนั้นทำการปลูกได้เลยจากเมล็ด

2.7 การวัดผลและการวิเคราะห์ทางสถิติ

2.7.1 วัดความสูงจากพื้นดินจนถึงปลายใบขอกิ่งหลักทุกๆ สัปดาห์

2.7.2 เมื่อผักบุ้งมีอายุได้ 4 สัปดาห์ ผักกาดหอมมีอายุได้ 6 สัปดาห์ และคะน้าอายุได้ 7 สัปดาห์ ก็ทำการเก็บเกี่ยวส่วนที่อยู่เหนือดินทั้งหมด นำไปชั่งหาน้ำหนักสด หลังจากนั้นก็นำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง แล้วชั่งหาน้ำหนักแห้งและวิเคราะห์ธาตุอาหารต่างๆ

2.7.3 นำข้อมูลความสูง น้ำหนักสด และน้ำหนักแห้ง ที่บันทึกไว้มาวิเคราะห์ทางสถิติตามแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely Randomized Design: CRD) โดยใช้โปรแกรม IRRISTAT และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของสิ่งทดลองทุกสิ่งทดลอง ในแต่ละสัปดาห์โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) (ไพศาล เหล่าสุวรรณ, 2535)

2.8 การวิเคราะห์ดินและพืช

2.8.1 การวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของดิน

สุ่มตัวอย่างดินที่คลุกเคล้ากันแล้วนำไปวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของดิน เพื่อใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้นได้แก่ ค่าปฏิกิริยาดิน ค่าการนำไฟฟ้า อินทรียวัตถุ ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ กำมะถันที่เป็นประโยชน์ ไนโตรเจนทั้งหมดในดิน โซเดียม โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม วิธีการวิเคราะห์พารามิเตอร์ต่างๆ ของตัวอย่างดิน แสดงในตาราง 12

ตาราง 12 วิธีการวิเคราะห์พารามิเตอร์ต่างๆ ของตัวอย่างดิน

พารามิเตอร์	วิธีการวิเคราะห์
1. ปฏิกริยาดิน (pH)	PH meter (ดิน:น้ำ = 1:5)
2. ค่าการนำไฟฟ้า (ECe)	Electrical Conductivity meter (ดิน:น้ำ = 1:5)
3. Organic Matter (OM)	Walkley & Black method
4. Available Phosphorus (Available P)	Bray II, Molybdenum blue method (Bray and Kurtz, 1945)
5. Available Sulfur (Available S)	$Ca(H_2PO_4)_2$ Extraction
6. Total Nitrogen (Total N)	Kjeldal Method (Jackson, 1973)
7. Exchangeable Sodium (Exch. Na)	NH_4OAc Extraction, Flame Photometer
8. Exchangeable Potassium (Exch. K)	NH_4OAc Extraction, Flame Photometer
9. Exchangeable Calcium (Exch. Ca)	NH_4OAc Extraction, Atomic Absorption Spectro photometer
10. Exchangeable Magnesium (Exch. Mg)	NH_4OAc Extraction, Atomic Absorption Spectro photometer

วิธีการวิเคราะห์ตัวอย่างดินในห้องปฏิบัติการ

2.8.1.1 ค่าปฏิกิริยาความเป็นกรดเป็นด่างของดิน (pH) ใช้อัตราส่วนดินต่อน้ำ 1: 5 และใช้ pH meter เป็นเครื่องมือวัดความเป็นกรดเป็นด่างของดิน (Melean, 1982)

2.8.1.2 ค่าการนำไฟฟ้า (ECe) ของดิน ใช้อัตราส่วนดินต่อน้ำ 1:5 นำไปวัดค่าการนำไฟฟ้า ด้วยเครื่องวัดค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายดิน (Electrical Conductivity meter)

2.8.1.3 ค่าอินทรียวัตถุในดิน (OM) วิเคราะห์ตามวิธีการของ Walkey and Black method ใช้สารละลาย 1 N โพแทสเซียมไดโครเมต ($K_2Cr_2O_4$) และสารผสมระหว่างกรดซัลฟูริคเข้มข้นกับซิลเวอร์ซัลเฟต ใช้ Ferroin เป็น indicator แล้วนำมาไตรเตรดด้วยสารละลายเฟอรัสแอมโมเนียมซัลเฟต ($Fe(NH_4)_2(SO_4)_2.6H_2O$) เข้มข้น 0.5 N จนสีของสารแขวนลอยเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลแดง บันทึกปริมาณเฟอร์รัสแอมโมเนียมซัลเฟตที่ใช้ทำ Blank เพื่อตรวจสอบความเข้มข้นของเฟอร์รัสแอมโมเนียมซัลเฟตทุกครั้ง (Nelson and Sommer, 1982)

2.8.1.4 ค่าฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Available P) วิเคราะห์ด้วยสารละลายสกัด Bray No II (Bray and Kurtz, 1945) แล้วนำไปวัดการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง UV-Visible Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 720 นาโนเมตร เทียบกับการละลายมาตรฐานโพแทสเซียมไฮโดรเจนฟอสเฟต (KH_2PO_4)

2.8.1.5 ค่ากำมะถันที่เป็นประโยชน์ (Available S) วิเคราะห์ด้วยสารละลายสกัด Calcium dihydrogen phosphate แล้วนำไปวัดการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง UV-Visible Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 410 นาโนเมตร เทียบกับการละลายมาตรฐาน SO^{2-}_4

2.8.1.6 ค่าไนโตรเจนรวม (Total N) ใช้วิธี Kjeldahl method โดยย่อยตัวอย่างดินด้วยกรดซัลฟูริค ที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส แล้วค่อยๆ เพิ่มอุณหภูมิจนถึง 375 องศาเซลเซียส โดยใช้เวลาประมาณ 3-4 ชั่วโมง จนได้สารละลายใส และตะกอนเป็นสีขาว วางทิ้งไว้ให้เย็น และนำมากลั่นกับชุดกลั่นโดย Boric acid indicator 4% รองรับแอมโมเนียที่ได้จากการกลั่นที่ใต้ก้าน condenser ก่อนทำการกลั่นเติมสารละลาย Sodium hydroxide 40% แล้วนำมาไตรเตรดกับ 0.05 N ของกรดซัลฟูริค จนสารละลายเปลี่ยนเป็นสีชมพู (ทำ Blank ด้วยวิธีเดียวกัน) (Bremner and Mulvaney, 1982)

2.8.1.7 ค่าโซเดียม โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exch. Na K Ca และ Mg) สกัดตัวอย่างในดินด้วยสารละลายแอมโมเนียมอะซีเตต (ภาคผนวก ฉ) เก็บสารละลายที่ได้จากการสกัดมาวิเคราะห์หาปริมาณ Na K Ca และ Mg ที่แลกเปลี่ยนได้ สามารถวิเคราะห์หาความเข้มข้นของ Ca และ Mg ด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer และวิเคราะห์ความเข้มข้นของ K และ Na ด้วยเครื่อง Flame Photometer (Thomas, 1982)

2.8.2 การวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของพืช

ในตัวอย่างพืชจะวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของพืช เพื่อใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้นได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ตามวิธีการของ (Reuter et al., 1988)

2.8.2.1 ไนโตรเจนรวม (N) ใช้วิธี Kjeldahl method ซึ่งจะย่อยตัวอย่างพืช โดยใช้กรดซัลฟิวริก ที่มีสารเพิ่มอุณหภูมิ สารเร่งปฏิกิริยา และนำไปกลั่นหาไนโตรเจน เช่นเดียวกับกรณีวิเคราะห์ไนโตรเจนทั้งหมดในดิน

2.8.2.2 ฟอสฟอรัส (P) ใช้วิธีการย่อยด้วยกรดผสม ไนตริก-เพอร์คลอริก (HNO_3-$HClO_4$) และทำให้เกิดสีด้วยวิธีเยลโลโมลิบโดวานาโดฟอสฟอริกแอซิด (Yellow molybdovanadophosphoric acid method) นำไปวัดด้วยเครื่อง (Visible spectrophotometer) อ่านค่าการดูดกลืนแสงที่ 420 นาโนเมตร

2.8.2.3 โพแทสเซียม (K) ใช้วิธีการย่อยด้วยกรดผสม ไนตริก-เพอร์คลอริก (HNO_3-$HClO_4$) และนำไปวัดโดยใช้เครื่องเฟลมโฟโตมิเตอร์ (Flame photometer)

2.9 สถานที่ทำการวิจัย

ทำการวิจัยที่เรือนกระจก และห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ดินและพืช ภาควิชาธรณีศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา ซึ่งอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัยจะมีดังนี้

2.9.1 pH meter

2.9.2 Conductivity meter

2.9.3 UV-Visible Spectrophotometer

2.9.4 Flame Photometer

2.9.5 Atomic Absorption Spectrophotometer