โครงการวิจัยที่ ภ.52-01/รายงานฉบับที่ 2 (ฉบับสมบูรณ์)

แปลงทดลองสาธิตวัสดุปรับปรุงดินจากสาหร่าย: 2. การทดสอบประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายในแปลงไม้ผล (ชมพู่) ของเกษตรกร

สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย

กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม

สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย

โครงการวิจัยที่ ภ.52-01
แปลงทดลองสาธิตวัสดุปรับปรุงดินจากสาหร่าย:
2. การทดสอบประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่าย
ในแปลงไม้ผล (ชมพู่) ของเกษตรกร

รายงานฉบับที่ 2 (ฉบับสมบูรณ์)
แปลงทดลองสาธิตวัสดุปรับปรุงดินจากสาหร่าย:
2. การทดสอบประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่าย
ในแปลงไม้ผล (ชมพู่) ของเกษตรกร

โดย
อาภารัตน์ มหาขันธ์
สุพรรษา ขันธโสภา **เจริญไชย หมอปาน**
อานนท์ คำยนต์ **สุภาพ อัจฉริยศรีพงศ์**

บรรณาธิการ
อลิสรา คูประสิทธิ์
บุญเรียม น้อยชุมแพ
สลิลดา พัฒนศิริ

วว., ปทุมธานี 2565
สงวนลิขสิทธิ์

รายงานฉบับนี้ได้รับการอนุมัติให้จัดพิมพ์โดย
ผู้ว่าการสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย

(นางชุติมา เอี่ยมโชติชวลิต)
ผู้ว่าการ

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ คุณจรูญ เตียงช่างรัมย์ เกษตรกรที่ให้ความร่วมมือในการให้ใช้พื้นที่แปลงชมพู่เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่าย.

ขอขอบพระคุณสำนักงานเกษตรจังหวัดนครราชสีมา สำนักงานเกษตร อำเภอเมืองนครราชสีมา และสำนักงานเกษตรตำบลจอหอที่ให้ความอนุเคราะห์จัดหาพื้นที่แปลงทดสอบเพื่อการทำงานวิจัย.

และขอขอบพระคุณ คุณศุภพล พลางกูร ผู้อำนวยการสำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน คุณดรุณี ชัยโรจน์ และคุณจิราวุฒิ เวียงวงษ์งาม จากส่วนวิจัยกายภาพดิน สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน ที่อนุเคราะห์เครื่องมือและห้องปฏิบัติการเพื่อการวิเคราะห์ความเสถียรของเม็ดดินต่อแรงกระทำของน้ำซึ่งเป็นตัวแปรหนึ่งที่ใช้ในการประเมินประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่าย.

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
สารบัญตาราง	ค
สารบัญรูป	ง
ABSTRACT	1
บทคัดย่อ	3
1. บทนำ	5
2. วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ	7
3. ผลการทดลองและวิจารณ์	11
4. สรุปผลการทดลอง	32
5. ข้อเสนอแนะ	33
6. เอกสารอ้างอิง	34
ภาคผนวก	36

สารบัญตาราง

		หน้า
ตารางที่ 1.	คุณสมบัติบางประการของดินที่นำมาศึกษาก่อนการใส่ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายในแปลงทดสอบไม้ผล (ชมพู่)	11
ตารางที่ 2.	คุณสมบัติบางประการที่เปลี่ยนแปลงของดินที่นำมาศึกษาหลังการใส่ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายของแปลงทดสอบไม้ผล (ชมพู่) หลังจากใส่แล้ว 6 เดือน	18
ตารางที่ 3.	คุณสมบัติบางประการที่เปลี่ยนแปลงของดินที่นำมาศึกษาหลังการใส่ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายของแปลงทดสอบไม้ผล (ชมพู่) หลังจากใส่แล้ว 6 เดือน เมื่อเทียบกับตัวอย่างดินก่อนการทดสอบ (ร้อยละ)	19
ตารางที่ 4.	คุณสมบัติบางประการที่เปลี่ยนแปลงของดินที่นำมาศึกษาหลังการใส่ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายของแปลงทดสอบไม้ผล (ชมพู่) หลังจากใส่แล้ว 6 เดือน เมื่อเทียบกับชุดควบคุม (ร้อยละ)	20
ตารางที่ 5.	คุณสมบัติบางประการที่เปลี่ยนแปลงของดินหลังการใส่ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายของแปลงทดสอบไม้ผล (ชมพู่) หลังการเก็บเกี่ยวผลผลิต	26
ตารางที่ 6.	คุณสมบัติบางประการที่เปลี่ยนแปลงของดินหลังการใส่ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายของแปลงทดสอบไม้ผล (ชมพู่) หลังการเก็บเกี่ยวผลผลิต เมื่อเทียบกับผลวิเคราะห์ตัวอย่างดินหลังการผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายแล้ว 6 เดือน (ร้อยละ)	27
ตารางที่ 7.	คุณสมบัติบางประการที่เปลี่ยนแปลงของดินหลังการใส่ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายของแปลงทดสอบไม้ผล (ชมพู่) หลังการเก็บเกี่ยวผลผลิต เมื่อเทียบกับชุดควบคุม (ร้อยละ)	28

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 1. ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายแบบเม็ดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5-2.0 มิลลิเมตร ที่มีความเข้มข้นของสาหร่าย 10^8 CFU ต่อกรัม 7

รูปที่ 2. แปลงทดสอบประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายในแปลงทดสอบชมพู่ 29

รูปที่ 3. สาหร่ายจากผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินเจริญเติบโตแพร่กระจายบริเวณโคนต้นชมพู่ 30

รูปที่ 4. ผลผลิตของชมพู่หลังจากใส่ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงจากสาหร่าย 31

DEMONSTRATION PLOT OF SOIL CONDITIONER FROM ALGAE: 2. EFFICACY TESTING OF ALGAL SOIL CONDITIONER ON FRUIT USING GROWER'S CULTIVATION PLOTS

Aparat Mahakhant, Suphansa Khantasopa, Charoenchai Morpan, Arnont Kumyont and Suparp Artjariyasripong

ABSTRACT

The efficiency of algal soil conditioner was tested on fruit using grower's cultivation plots at Amphoe Muang Nakhon Ratchasima, Nakhon Ratchasima province. Completely randomized design of 9 treatments with 8 replications each was conducted for a rose apple (Syzygium jambos). The treatments of which were 1) control; addition of chemical fertilizer 15-15-15, 12-24-12, 15-15-15 and 13-13-21 at 500, 300, 300 and 300 g/plant for the 1st- 4th addition, respectively (CT), 2) algal soil conditioner (granule) at 1 kg/plant combined with chemical fertilizer 15-15-15, 12-24-12, 15-15-15 and 13-13-21 at 500, 300, 300 and 300 g/plant for the 1st- 4th addition, respectively (AS1C), 3) algal soil conditioner (liquid) at 10 L/plant combined with chemical fertilizer 15-15-15, 12-24-12, 15-15-15 and 13-13-21 at 500, 300, 300 and 300 g/plant for the 1st- 4th addition, respectively (AL1C), 4) algal soil conditioner (granule) at 1 kg/plant combined with chemical fertilizer 15-15-15, 12-24-12, 15-15-15 and 13-13-21 at 500, 300, 300 and 300 g/plant for the 1st- 4th addition, respectively and bio-fertilizers (phosphate-solubilizing microorganisms) at 1 kg/plant (AS1CB),5) algal soil conditioner (liquid) at 10 L/plant combined with chemical fertilizer 15-15-15, 12-24-12, 15-15-15 and 13-13-21 at 500, 300, 300 and 300 g/plant for the 1st- 4th addition, respectively and bio-fertilizers at 1 kg/plant (AL1CB), 6) algal soil conditioner (granule) at 2 kg/plant combined with chemical fertilizer 15-15-15, 12-24-12, 15-15-15 and 13-13-21 at 500, 300, 300 and 300 g/plant for the 1st-4th addition, respectively (AS2C), 7) algal soil conditioner (liquid) at 20 L/plant combined with chemical fertilizer 15-15-15,

12-24-12, 15-15-15 and 13-13-21 at 500, 300, 300 and 300 g/plant for the 1st- 4th addition, respectively (AL2C), 8) algal soil conditioner (granule) at 2 kg/plant combined with chemical fertilizer 15-15-15, 12-24-12, 15-15-15 and 13-13-21 at 500, 300, 300 and 300 g/plant for the 1st- 4th addition, respectively and bio-fertilizers at 1 kg/plant (AS2CB), 9) algal soil conditioner (liquid) at 20 L/plant combined with chemical fertilizer 15-15-15, 12-24-12, 15-15-15 and 13-13-21 at 500, 300, 300 and 300 g/plant for the 1st-4th addition, respectively and bio-fertilizers at 1 kg/plant (AL2CB).

The results revealed that AS1C and AS2CB were the most effective on improvement of soil properties within 6 months of experiment. In AS1C, organic matter, total nitrogen, cation exchange capacity, water-holding capacity and water-stable aggregate increased 75.75, 75.95, 21.67, 32.48 and 28.94%, respectively, when comparing to soil before testing and 47.23, 47.15, 36.53, 25.62 and 23.17%, respectively, when comparing to control soil (CT), while in AS2CB they increased 70.97, 71.21, 12.46, 28.43 and 24.99% respectively, when comparing to soil before testing and 36.81, 36.74, 29.07, 21.15 and 18.91%, respectively, when comparing to control soil (CT).

Furthermore, the results of soil analysis after harvesting of the fruits (12 months) showed the increasing tendency of continuous improvement of soil properties in AS2CB. The organic matter, total nitrogen, available phosphorus, cation exchange capacity and water-stable aggregate increased 8.67, 8.65, 68.18, 6.77 and 13.50%, respectively, when compared to soil analysis after 6 months of the experiment.

แปลงทดลองสาธิตวัสดุปรับปรุงดินจากสาหร่าย: 2. การทดสอบประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายในแปลงไม้ผล (ชมพู่) ของเกษตรกร

อาภารัตน์ มหาขันธ์[1], สุพรรษา ขันธโสภา[1], เจริญไชย หมอปาน[1], อานนท์ คำยนต์[1] และสุภาพ อัจฉริยศรีพงศ์[1]

บทคัดย่อ

ทำการทดสอบประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายในแปลงทดสอบไม้ผล (ชมพู่) ของเกษตรกร อำเภอเมืองนครราชสีมา จังหวัดนครราชสีมา โดยวางแผนการทดลองทางสถิติแบบ completely randomized design ประกอบด้วย 9 ชุดการทดลอง จำนวน 8 ซ้ำ ได้แก่ 1) ชุดควบคุม ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15, 12-24-12, 15-15-15 และ 13-13-21 ในอัตรา 500, 300, 300 และ 300 กรัมต่อต้น ตามลำดับ (ครั้งที่ 1-4) (CT), 2) ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่าย (แบบเม็ด) ในอัตรา 1 กิโลกรัมต่อต้น ร่วมกับปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15, 12-24-12 , 15-15-15 และ 13-13-21 ในอัตรา 500, 300, 300 และ 300 กรัมต่อต้น ตามลำดับ (ครั้งที่ 1-4) (AS1C), 3) ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่าย (แบบน้ำ) ในอัตรา 10 ลิตรต่อต้น ร่วมกับปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15, 12-24-12, 15-15-15 และ 13-13-21 ในอัตรา 500, 300, 300 และ 300 กรัมต่อต้น ตามลำดับ (ครั้งที่ 1-4) (AL1C), 4) ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่าย (แบบเม็ด) ในอัตรา 1 กิโลกรัมต่อต้น ร่วมกับปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15, 12-24-12, 15-15-15 และ 13-13-21 ในอัตรา 500, 300, 300 และ 300 กรัมต่อต้น ตามลำดับ (ครั้งที่ 1-4) และปุ๋ยชีวภาพไบโอฟอสก้า (จุลินทรีย์ละลายฟอสเฟต) ในอัตรา 1 กิโลกรัมต่อต้น (AS1CB), 5) ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่าย (แบบน้ำ) ในอัตรา 10 ลิตรต่อต้น ร่วมกับปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15, 12-24-12, 15-15-15 และ 13-13-21 ในอัตรา 500, 300, 300 และ 300 กรัมต่อต้น ตามลำดับ (ครั้งที่ 1-4) และปุ๋ยชีวภาพไบโอฟอสก้า (จุลินทรีย์ละลายฟอสเฟต) ในอัตรา 1 กิโลกรัมต่อต้น (AL1CB), 6) ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่าย (แบบเม็ด) ในอัตรา 2 กิโลกรัมต่อต้น ร่วมกับปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15, 12-24-12, 15-15-15 และ 13-13-21 ในอัตรา 500, 300, 300 และ

---

[1] ศูนย์เชี่ยวชาญนวัตกรรมเกษตรสร้างสรรค์ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.)

300 กรัมต่อต้น ตามลำดับ (ครั้งที่ 1-4) (AS2C), 7) ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่าย (แบบน้ำ) ในอัตรา 20 ลิตรต่อต้น ร่วมกับปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15, 12-24-12, 15-15-15 และ 13-13-21 ในอัตรา 500, 300, 300 และ 300 กรัมต่อต้น ตามลำดับ (ครั้งที่ 1-4) (AL2C), 8) ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่าย (แบบเม็ด) ในอัตรา 2 กิโลกรัมต่อต้น ร่วมกับปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15, 12-24-12, 15-15-15 และ 13-13-21 ในอัตรา 500, 300, 300 และ 300 กรัมต่อต้น ตามลำดับ (ครั้งที่ 1-4) และปุ๋ยชีวภาพไบโอฟอสก้า (จุลินทรีย์ละลายฟอสเฟต) ในอัตรา 1 กิโลกรัมต่อต้น (AS2CB), 9) ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่าย (แบบน้ำ) ในอัตรา 20 ลิตรต่อต้น ร่วมกับปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15, 12-24-12, 15-15-15 และ 13-13-21 ในอัตรา 500, 300, 300 และ 300 กรัมต่อต้น ตามลำดับ (ครั้งที่ 1-4) และปุ๋ยชีวภาพไบโอฟอสก้า (จุลินทรีย์ละลายฟอสเฟต)ในอัตรา 1 กิโลกรัมต่อต้น (AL2CB).

ผลการทดลอง พบว่า ชุดการทดลองที่ใส่ AS1C และ AS2CB มีประสิทธิภาพในการปรับปรุงดินมากกว่าชุดการทดลองอื่นๆ ในช่วงหลังจากใส่ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายแล้ว 6 เดือน โดยชุดการทดลองที่ใส่ AS1C พบว่าปริมาณอินทรียวัตถุ, ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด, ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก, ความสามารถในการอุ้มน้ำของดินและจำนวนของเม็ดดิน (ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่า 0.25 มิลลิเมตร) และมีความเสถียรต่อแรงกระทำของน้ำเพิ่มขึ้นร้อยละ 75.75, 75.95, 21.67, 32.48 และ 28.97 ตามลำดับ เมื่อเทียบกับตัวอย่างดินก่อนการทดสอบ และเพิ่มขึ้นร้อยละ 47.23, 47.15, 36.53, 25.62 และ 23.17 ตามลำดับ เมื่อเทียบกับตัวอย่างดินของชุดควบคุม ในขณะที่ชุดการทดลองที่ใส่ AS2CB เพิ่มขึ้นร้อยละ 70.97, 71.21, 12.46, 28.43 และ 24.99 ตามลำดับ เมื่อเทียบกับตัวอย่างดินก่อนการทดสอบ และเพิ่มขึ้นร้อยละ 36.81, 36.74, 29.07, 21.15 และ 18.91 ตามลำดับ เมื่อเทียบกับตัวอย่างดินของชุดควบคุม.

นอกจากนี้ เมื่อวิเคราะห์ตัวอย่างดินหลังการเก็บเกี่ยวผลผลิต (12 เดือน) พบว่า ชุดการทดลองที่ใส่ AS2CB เหมาะสมต่อการปลูกชมพู่เนื่องจากมีแนวโน้มในการเพิ่มประสิทธิภาพในการปรับปรุงดินอย่างต่อเนื่อง โดยพบว่าปริมาณอินทรียวัตถุ, ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด, ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์, ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกและจำนวนของเม็ดดิน (ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่า 0.25 มิลลิเมตร) และมีความเสถียรต่อแรงกระทำของน้ำเพิ่มขึ้นร้อยละ 8.67, 8.65, 68.18, 6.77 และ 13.50 ตามลำดับ เมื่อเทียบกับตัวอย่างดินที่ใส่ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายแล้ว 6 เดือน.

1. บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันพื้นที่การเกษตรของประเทศไทยกำลังเผชิญกับปัญหาผลผลิตทางการเกษตรตกต่ำอันเนื่องมาจากการเสื่อมโทรมอย่างมากของทรัพยากรดิน เนื่องมาจากการสูญเสียโครงสร้างดินและมีอินทรียวัตถุต่ำโดยมีสาเหตุมาจากการทำการเกษตรที่ผิดหลักวิชาการ ขาดการบำรุงรักษา รวมถึงการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างต่อเนื่องเป็นเวลานาน จากสาเหตุดังกล่าวส่งผลให้ดินมีการอุ้มน้ำที่ไม่ดีไม่สามารถเก็บรักษาความชื้นไว้ได้ นอกจากนี้ยังทำให้เกิดการอัดตัวอย่างแน่นทึบของดิน ทำให้ดินมีสภาพการระบายน้ำและอากาศที่ไม่ดีเป็นอุปสรรคต่อการชอนไชหรือการแผ่กระจายของส่วนที่อยู่ใต้ผิวดินของพืช ปัจจัยดังกล่าวนี้ก่อให้เกิดปัญหาต่อการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของพืช ด้วยเหตุนี้การฟื้นฟูและอนุรักษ์ทรัพยากรดินซึ่งเป็นฐานทรัพยากรการผลิตทางการเกษตรที่สำคัญของประเทศจึงเป็นปัญหาที่ต้องเร่งแก้ไขเป็นการด่วน เพื่อนำไปสู่การใช้ประโยชน์จากทรัพยากรดินได้อย่างยั่งยืนในอนาคต.

มีการศึกษาวิจัยเพื่อแก้ปัญหาดังกล่าวและพบว่าการใช้สาหร่ายกลุ่มที่สามารถหลั่งสารเหนียวประเภทพอลิแซ็กคาไรด์ออกสู่ภายนอกเซลล์ (extracellular polysaccharide) เป็นการส่งเสริมความเสถียรของเม็ดดินและปรับปรุงโครงสร้างดินช่วยให้อนุภาคของดินรวมตัวกันเป็นเม็ดดินที่มีความเสถียร (soil aggregate stability) มีช่องว่างที่ช่วยกักเก็บอากาศและให้น้ำขังช่วยให้รากหรือหัวของพืชชอนไชได้ดีและเก็บรักษาความชื้นของดินได้เป็นเวลานาน ชีวมวลสาหร่ายและเมือกยังช่วยเพิ่มปริมาณอินทรียวัตถุและส่งเสริมกิจกรรมจุลินทรีย์ดิน ทั้งยังช่วยให้ดินทนต่อแรงขัดสีหรือแรงปะทะประเภทต่าง ๆ โดยเฉพาะแรงปะทะของเม็ดฝนทำให้ถูกเซาะและพัดพาไปที่อื่นได้ยาก (มหาขันธ์ 2548).

จากคุณสมบัติของสาหร่ายในการผลิตและหลั่งสารเหนียวออกมาเป็นจำนวนมากและสามารถเจริญเติบโตอย่างต่อเนื่องภายหลังจากใส่สาหร่ายให้แก่ดิน สาหร่ายยังมีความทนต่อความแห้งแล้ง อุณหภูมิสูง ความเป็นกรด-ด่างของดิน ความร้อน และรังสีอัลตราไวโอเลตได้เป็นอย่างดี (Rodgers *et al*. 1979, Painter 1993 และ Mazor *et al*. 1996) จึงเหมาะสมที่จะนำสาหร่ายกลุ่มดังกล่าวมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดิน ซึ่งฝ่ายวิทยาศาสตร์ชีวภาพ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ได้ดำเนินการวิจัยพัฒนาผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายสายพันธุ์คัดเลือก 4 สายพันธุ์ ได้แก่ *Nostoc* sp. TISTR 8290, *Nostoc muscorum* TISTR 8871, *Nostoc* sp. TISTR 8873 และ *Nostoc muscorum* TISTR 9054 ที่ความเข้มข้น 10^8 colony-forming unit (CFU) ต่อกรัม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5-2.0 มิลลิเมตร.

เพื่อนำผลิตภัณฑ์ไปสู่การใช้ประโยชน์อย่างแท้จริงโครงการนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายในระดับแปลงทดลองของเกษตรกร สำหรับรายงานฉบับนี้เป็นการทดสอบในแปลงไม้ผล (ชมพู่) จังหวัดนครราชสีมา.

2. วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ

2.1 การผลิตผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่าย (แบบเม็ด)

ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายประกอบด้วยสาหร่ายจำนวน 4 สายพันธุ์ เป็นสายพันธุ์ที่ผ่านการคัดเลือกแล้วว่ามีศักยภาพในการผลิตสารพอลิแซ็กคาไรด์ที่หลั่งออกมานอกเซลล์ในปริมาณมากและมีการเพิ่มจำนวนชีวมวลจำนวนมากได้อย่างรวดเร็วในห้องปฏิบัติการและได้รับการเก็บรักษา ณ คลังเก็บรักษาสายพันธุ์สาหร่าย ศูนย์จุลินทรีย์ (ศจล.) ฝ่ายวิทยาศาสตร์ชีวภาพ (ฝวช.) สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.) สาหร่าย ดังกล่าว ได้แก่ *Nostoc* sp. TISTR 8290, *Nostoc muscorum* TISTR 8871, *Nostoc* sp. TISTR 8873 และ *Nostoc muscorum* TISTR 9054 (มหาขันธ์ และคณะ 2551) โดยลักษณะของผลิตภัณฑ์เป็นเม็ดสีดำขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5-2.0 มิลลิเมตร มีความเข้มข้นของสาหร่าย 10^8 CFU ต่อกรัม (ดังแสดงในรูปที่ 1).

ดำเนินการผลิตโดย บริษัท อัลโกเทค จำกัด ผู้รับการถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตจากสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.)

รูปที่ 1. ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายแบบเม็ดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5-2.0 มิลลิเมตร ที่มีความเข้มข้นของสาหร่าย 10^8 CFU ต่อกรัม.

2.2 การทดสอบประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายในแปลงทดสอบไม้ผล (ชมพู่) ตำบลจอหอ อำเภอเมืองนครราชสีมา จังหวัดนครราชสีมา

วางแผนการทดลองทางสถิติแบบ completely randomized design ประกอบด้วย 9 ชุดการทดลอง จำนวน 8 ซ้ำ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

1) ชุดควบคุม ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 (ครั้งที่ 1), 12-24-12 (ครั้งที่ 2), 15-15-15 (ครั้งที่ 3) และ 13-13-21 (ครั้งที่ 4) ในอัตรา 500, 300, 300 และ 300 กรัมต่อต้น ตามลำดับ (CT) (อัตราที่กรมวิชาการเกษตรแนะนำ)

2) ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่าย (แบบเม็ด) ในอัตรา 1 กิโลกรัมต่อต้น ร่วมกับปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 (ครั้งที่ 1), 12-24-12 (ครั้งที่ 2), 15-15-15 (ครั้งที่ 3) และ 13-13-21 (ครั้งที่ 4) ในอัตรา 500, 300, 300 และ 300 กรัมต่อต้น ตามลำดับ (AS_1C)

3) ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่าย (แบบน้ำ) ในอัตรา 10 ลิตรต่อต้น ร่วมกับปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 (ครั้งที่ 1), 12-24-12 (ครั้งที่ 2), 15-15-15 (ครั้งที่ 3) และ 13-13-21 (ครั้งที่ 4) ในอัตรา 500, 300, 300 และ 300 กรัมต่อต้น ตามลำดับ (AL_1C)

4) ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่าย (แบบเม็ด) ในอัตรา 1 กิโลกรัมต่อต้น ร่วมกับปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 (ครั้งที่ 1), 12-24-12 (ครั้งที่ 2), 15-15-15 (ครั้งที่ 3) และ 13-13-21 (ครั้งที่ 4) ในอัตรา 500, 300, 300 และ 300 กรัมต่อต้น ตามลำดับ และปุ๋ยชีวภาพไบโอฟอสก้า (จุลินทรีย์ละลายฟอสเฟต) ในอัตรา 1 กิโลกรัมต่อต้น (AS_1CB)

5) ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่าย (แบบน้ำ) ในอัตรา 10 ลิตรต่อต้น ร่วมกับปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 (ครั้งที่ 1), 12-24-12 (ครั้งที่ 2), 15-15-15 (ครั้งที่ 3) และ 13-13-21 (ครั้งที่ 4) ในอัตรา 500, 300, 300 และ 300 กรัมต่อต้น ตามลำดับ และปุ๋ยชีวภาพไบโอฟอสก้า (จุลินทรีย์ละลายฟอสเฟต) ในอัตรา 1 กิโลกรัมต่อต้น (AL_1CB)

6) ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่าย (แบบเม็ด) ในอัตรา 2 กิโลกรัมต่อต้น ร่วมกับปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 (ครั้งที่ 1), 12-24-12 (ครั้งที่ 2), 15-15-15 (ครั้งที่ 3) และ 13-13-21 (ครั้งที่ 4) ในอัตรา 500, 300, 300 และ 300 กรัมต่อต้น ตามลำดับ (AS_2C)

7) ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่าย (แบบน้ำ) ในอัตรา 20 ลิตรต่อต้น ร่วมกับปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 (ครั้งที่ 1), 12-24-12 (ครั้งที่ 2), 15-15-15 (ครั้งที่ 3) และ 13-13-21 (ครั้งที่ 4) ในอัตรา 500, 300, 300 และ 300 กรัมต่อต้น ตามลำดับ (AL_2C)

8) ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่าย (แบบเม็ด) ในอัตรา 2 กิโลกรัมต่อต้น ร่วมกับปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 (ครั้งที่ 1), 12-24-12 (ครั้งที่ 2), 15-15-15 (ครั้งที่ 3) และ 13-13-21 (ครั้งที่ 4) ในอัตรา 500, 300, 300 และ 300 กรัมต่อต้น ตามลำดับ และปุ๋ยชีวภาพไบโอฟอสก้า (จุลินทรีย์ละลายฟอสเฟต)ในอัตรา 1 กิโลกรัมต่อต้น (AS_2CB)

9) ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่าย (แบบน้ำ) ในอัตรา 20 ลิตรต่อต้น ร่วมกับปุ๋ยเคมี สูตร 15-15-15 (ครั้งที่ 1), 12-24-12 (ครั้งที่ 2), 15-15-15 (ครั้งที่ 3) และ 13-13-21 (ครั้งที่ 4) ในอัตรา 500, 300, 300 และ 300 กรัมต่อต้น ตามลำดับ และปุ๋ยชีวภาพไบโอฟอสก้า (จุลินทรีย์ละลายฟอสเฟต) ในอัตรา 1 กิโลกรัมต่อต้น (AL_2CB)

เตรียมแปลงทดสอบออกเป็น 9 ชุดการทดลอง ชุดการทดลองละ 8 ต้น ใส่ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายและปุ๋ยชีวภาพไบโอฟอสก้า (จุลินทรีย์ละลายฟอสเฟต) ในอัตราที่กำหนด 1 ครั้ง คือ ช่วงหลังเก็บผลสำหรับการใส่ปุ๋ยเคมีให้ใส่ 4 ครั้ง คือ ช่วงหลังเก็บผล ช่วงก่อนออกดอก หลังจากชมพู่ติดผล (ช่วงพัฒนาผล) และก่อนเก็บผล 1 เดือน สำหรับการให้น้ำ ระยะก่อนติดผลควรให้น้ำ 5-7 วันต่อครั้ง ระยะติดผลควรให้น้ำ 2-3 วันต่อครั้ง และควรงดน้ำก่อนเก็บผลประมาณ 7-10 วันเพื่อให้ชมพู่มีความหวานขึ้น แต่ช่วงที่มีฝนตกไม่จำเป็นต้องรดน้ำ.

2.3 การเก็บข้อมูลตัวอย่างดิน

เนื่องจากชมพู่เป็นไม้ผลที่ใช้เวลานานในการทยอยติดดอกออกผลและเจริญเติบโต ดังนั้นในการศึกษานี้จึงทำการเก็บข้อมูลเฉพาะด้านการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของดินที่ใช้ในการเพาะปลูกไม้ผล (ชมพู่) เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่าย จึงทำการเก็บตัวอย่างดิน 3 ครั้ง คือ เก็บตัวอย่างดินก่อนทดสอบ, 6 เดือน หลังจากการใส่ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่าย ปุ๋ยเคมีและปุ๋ยชีวภาพไบโอฟอสก้า (จุลินทรีย์ละลายฟอสเฟต) และหลังการเก็บเกี่ยวผลผลิต โดยเก็บตัวอย่างดินที่ระดับความลึก 0-5 เซนติเมตร เนื่องจากสาหร่ายมีการเจริญเติบโตกระจายอยู่บริเวณพื้นผิวดิน และด้วยระยะเวลาในการเก็บตัวอย่างดินเพียง 6 เดือน หลังการใส่ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่าย ปุ๋ยเคมี และปุ๋ยชีวภาพไบโอฟอสก้า (จุลินทรีย์ละลายฟอสเฟต) ซึ่งในช่วงนี้สาหร่ายเริ่มมีการเจริญเติบโตกระจายลงไปในแนวลึกแต่ไม่มากนัก จึงทำการเก็บตัวอย่างดินที่ระดับความลึกดังกล่าวและเก็บกระจายทั่วบริเวณโคนต้น ต้นละ 5 จุด ในปริมาณที่เท่ากัน แล้วนำตัวอย่างดินที่เก็บได้มาผสมรวมเป็นตัวอย่างเดียวกันก่อนที่จะนำไปวิเคราะห์ปัจจัยการเปลี่ยนแปลงในดินตัวอย่างเพื่อให้ทราบถึงประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่าย ได้แก่

1) ปริมาณอินทรียวัตถุ (organic matter) โดยวิธี Walkley-Black method

2) ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (total nitrogen) โดยใช้ Micro Kjedahl Method

3) ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (available phosphorus) โดยวิธี Bray No.2 method

4) ค่าปฏิกิริยาดิน (pH) โดยใช้ดินต่อน้ำ 1 : 1 แล้ววัดด้วย pH meter

5) ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (cation exchange capacity) โดย exchangeable basic cation plus exchange acidity

6) ความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน (water holding capacity) โดย core method

7) ความเสถียรของเม็ดดินต่อแรงกระทำของน้ำ (water-stable aggregate) โดยวิธี wet-siveing

ทั้งนี้การวิเคราะห์ในข้อ 1- 6 ดำเนินการโดยกลุ่มวิจัยเกษตรเคมี สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร ส่วนข้อ 7) ดำเนินการโดยฝ่ายวิทยาศาสตร์ชีวภาพ ณ ส่วนวิจัยกายภาพ สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน สำหรับวิธีการวิเคราะห์ทั้งหมดแสดงในภาคผนวกที่ 1.

3. ผลการทดลองและวิจารณ์

3.1 ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างดินก่อนการทดสอบประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายในแปลงทดสอบไม้ผล (ชมพู่)

การวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ เคมี และธาตุอาหารพืชในดินก่อนการทดลองของตัวอย่างดินจากแปลงทดสอบไม้ผล (ชมพู่) ตำบลจอหอ อำเภอเมืองนครราชสีมา จังหวัดนครราชสีมา ดังแสดงในตารางที่ 1.

ตารางที่ 1. คุณสมบัติบางประการของดินที่นำมาศึกษาก่อนการใส่ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายในแปลงทดสอบไม้ผล (ชมพู่)

คุณสมบัติดิน	ตัวอย่างดินจากแปลงทดสอบไม้ผล (ชมพู่)
คุณสมบัติทางกายภาพ	
1. เนื้อดิน	ดินเหนียว (clay)
ร้อยละทราย (sand)	36.00
ร้อยละทรายแป้ง (silt)	11.40
ร้อยละดินเหนียว (clay)	52.60
2. จำนวนของเม็ดดินที่เสถียรต่อแรงกระทำของน้ำ (ร้อยละ)	49.83
3. ความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน (ร้อยละ)	42.30
คุณสมบัติทางเคมี	
1. ปริมาณอินทรียวัตถุ (ร้อยละ)	1.53
2. ค่าปฏิกิริยาดิน (pH)	6.70
3. ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (เซนติโมลต่อกิโลกรัมดิน)	25.30
4. ความอิ่มตัวด้วยด่างของดิน (ร้อยละ)	149.53
ธาตุอาหารพืชในดิน	
1. ไนโตรเจนทั้งหมด (ร้อยละ)	0.076
2. ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)	94.00
3. ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)	320.00
4. ปริมาณแคลเซียมที่เป็นประโยชน์ (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)	6,296.00
5. ปริมาณแมกนีเซียมที่เป็นประโยชน์ (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)	381.00

จากตารางที่ 1. พบว่าตัวอย่างดินจากแปลงทดสอบชมพู่แปลงนี้มีเนื้อดินเป็นดินเหนียว (clay) โดยมีปริมาณอนุภาคขนาดดินทราย, ทรายแป้ง และดินเหนียว ร้อยละ 36.00, 11.40 และ 52.60 ตามลำดับ ความเสถียรของเม็ดดินต่อแรงกระทำของน้ำอยู่ในระดับสูง คือ ร้อยละ 49.83 ความสามารถในการอุ้มน้ำของดินร้อยละ 42.30 ปริมาณอินทรียวัตถุอยู่ในระดับต่ำมาก คือ ร้อยละ 1.53 ค่าปฏิกิริยาดินจัดว่ามีความเป็นกลาง คือ 6.7 ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกอยู่ในระดับสูง คือ 25.3 เซนติโมลต่อกิโลกรัมดิน ส่งผลให้ต้นชมพู่ดูดยึดไอออนบวกชนิดต่างๆ ที่เป็นธาตุอาหารพืชไว้ได้ในปริมาณมาก ความอิ่มตัวด้วยด่างของดินอยู่ในระดับสูง คือ ร้อยละ 149.53 ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดอยู่ในระดับต่ำมาก คือ ร้อยละ 0.076 ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับที่สูงมาก คือ 94.00 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับที่สูง คือ 320.00 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ปริมาณแคลเซียมที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับที่สูงมาก คือ 6,296.00 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และปริมาณแมกนีเซียมที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับที่สูงเกินไปสำหรับพืชบางชนิด คือ 381.00 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา 2549, ซับซ้อน 2541, พนิชศักดิ์พัฒนา 2529, อิ่มเอิบ 2542, H. Pam และ B. Murphy 2007 และ Land Classification Division and FAO Project Staff 1973).

ชมพู่เป็นไม้ผลที่สามารถเจริญเติบโตได้ในทุกสภาพพื้นที่ แต่จะเจริญเติบโตได้ดีที่มีน้ำอุดมสมบูรณ์ ดินที่เหมาะสมคือดินร่วนปนทราย ดินร่วนเหนียว สภาพความเป็นกรดเป็นด่างอยู่ระหว่าง 6.5–7 (การปลูกชมพู่ 2553).

ระดับความอุดมสมบูรณ์ของดิน คือ ระดับความสามารถของดินที่จะให้ธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์แก่พืช พิจารณาจาก 2 ส่วน คือ ความสามารถของดินในการเก็บกักธาตุอาหารพืชไว้ในลักษณะปริมาณสำรองเพื่อที่จะเปลี่ยนเป็นรูปที่เป็นประโยชน์ได้ในอนาคต ซึ่งประกอบด้วยความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก, ความอิ่มตัวด้วยด่างของดิน และอินทรียวัตถุในดิน และส่วนที่ 2 พิจารณาจากธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ 3 ธาตุ คือ ปริมาณอินทรียวัตถุ, ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ ดังนั้นในการประเมินระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินของกรมพัฒนาที่ดินจึงประเมินจากค่าวิเคราะห์คุณสมบัติของดินเพียง 5 ประการ คือ ปริมาณอินทรียวัตถุในดิน, ความความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก, ความอิ่มตัวด้วยด่างของดิน, ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา 2549).

เมื่อนำค่าวิเคราะห์ดินมาประเมินระดับความอุดมสมบูรณ์ของดิน ดังแสดงในตารางภาคผนวกที่ 2 แล้ว นำผลคะแนนของแต่ละค่าวิเคราะห์มารวมกันเพื่อประเมินระดับความอุดมสมบูรณ์ของดิน พบว่า ดินจากแปลงชมพู่มีความอุดมสมบูรณ์สูง แต่เมื่อพิจารณาถึงปริมาณอินทรียวัตถุพบว่า อยู่ในระดับที่ต่ำ ทั้งนี้เนื่องจากดินมีค่าความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก,

ความอิ่มตัวด้วยด่างของดิน, ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับที่สูงถึงสูงมาก.

ดังนั้นดินที่มีปริมาณอินทรียวัตถุอยู่ในระดับที่ต่ำไม่เหมาะสมต่อการเพาะปลูกชมพู่ เพราะชมพู่เจริญได้ดีที่สุดในดินที่มีอินทรียวัตถุในปริมาณสูงและหากไม่มีการเพิ่มอินทรียวัตถุให้แก่ดินจะทำให้ระดับอินทรียวัตถุต่ำลงจนไม่เพียงพอต่อการทำการเกษตรและทำให้ดินเกิดการเสื่อมโทรมได้ ทางแก้ปัญหาทางหนึ่งที่จะช่วยเพิ่มปริมาณอินทรียวัตถุให้แก่ดินโดยที่เสียค่าใช้จ่ายที่ต่ำและเป็นการเพิ่มปริมาณอินทรียวัตถุได้อย่างยั่งยืนคือ การใส่ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายกลุ่มที่สามารถหลั่งสารเหนียวประเภทพอลิแซ็กคาไรด์ออกสู่ภายนอกเซลล์ (extracellular polysaccharide) ได้ และโดยที่สาหร่ายกลุ่มนี้สามารถตรึงไนโตรเจนจากอากาศจึงช่วยเพิ่มปริมาณอินทรียวัตถุให้แก่ดินได้อีกทางหนึ่งด้วย.

นอกจากนี้การที่มีปริมาณฟอสฟอรัสที่สูงมากและเหลือตกค้างอยู่ในดินเป็นปริมาณมาก ฟอสฟอรัสจะทำปฏิกิริยาตกตะกอนกับจุลธาตุ โดยเฉพาะสังกะสี เหล็ก และแมงกานีส ทำให้พืชไม่สามารถดูดจุลธาตุเหล่านี้ไปใช้ประโยชน์ได้ พืชจึงแสดงอาการขาดจุลธาตุ แม้ว่าจะใส่จุลธาตุเพิ่มแต่ก็ไม่ได้ผลเพราะจะตกตะกอนกับฟอสฟอรัสได้ต่อไปอีก และเนื่องจากฟอสฟอรัสสูญหายไปจากดินค่อนข้างยาก จึงพบว่ามีการสะสมฟอสฟอรัสในดินสูงเกินความต้องการของพืช และการที่มีปริมาณโพแทสเซียมในดินมากเกินไปจะทำให้พืชดูดใช้ธาตุแมกนีเซียมและแคลเซียมลดลง วิธีแก้ปัญหาทางหนึ่งก็คือ ลดปริมาณการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมลงเป็นการลดค่าใช้จ่ายด้านปุ๋ยเคมีได้ เนื่องจากปุ๋ยฟอสฟอรัสมีราคาแพง (ธาตุอาหารพืชกับไม้ผล 2552).

สำหรับการที่มีปริมาณแคลเซียมที่สูงมากเกินไปจะมีผลกระทบต่อสมดุลของธาตุอาหารพืชชนิดอื่น ทำให้พืชแสดงอาการขาดธาตุนั้น เช่น ทำให้เกิดการขาดโบรอน โพแทสเซียม แมกนีเซียม ฟอสเฟต หรือมีผลกระทบด้านความเป็นด่างของดิน ซึ่งจะมีผลในการควบคุมการปลดปล่อยเหล็กและแมงกานีส และการที่มีปริมาณแมกนีเซียมในปริมาณที่สูงเกินไปสำหรับพืชนั้นทำให้เกิดความไม่สมดุลของธาตุอาหารพืช เช่น การที่พืชดูดแมกนีเซียมมากเกินไป อาจเกิดจากการขาดโพแทสเซียมเนื่องจากสมดุลของโพแทสเซียมต่อแมกนีเซียมในดินมีสัดส่วนต่ำ (สุขสวัสดิ์ 2544).

อย่างไรก็ตาม การที่มีปริมาณฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมอยู่ในดินเป็นปริมาณมากจะเป็นประโยชน์ต่อสาหร่าย เนื่องจากธาตุฟอสฟอรัสเป็นธาตุอาหารหลัก (major element) โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม จัดเป็นธาตุอาหารรอง (minor element) ซึ่งสาหร่ายต้องการนำไปใช้เพื่อการเจริญเติบโต และยังมีความสำคัญต่อการตรึงไนโตรเจนและการสังเคราะห์แสงอีกด้วย เมื่อสาหร่ายกลุ่มนี้ตายลงจะปลดปล่อยธาตุอาหารดังกล่าว รวมทั้งไนโตรเจนที่สะสมในชีวมวลกลับสู่พื้นดินอย่างช้าๆ ซึ่งช่วยลดผลกระทบจากการที่มีธาตุดังกล่าวในปริมาณสูงและช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชอย่างต่อเนื่อง.

3.2 ผลทดสอบประสิทธิภาพหลังการใส่ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายในแปลงทดสอบไม้ผล (ชมพู่)

3.2.1 ผลทดสอบประสิทธิภาพผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายหลังจากใส่แล้ว 6 เดือน ในแปลงทดสอบไม้ผล (ชมพู่)

แบ่งการทดลองออกเป็น 9 ชุดการทดลอง คือ CT, AS_1C, AL_1C, AS_1CB, AL_1CB, AS_2C, AL_2C, AS_2CB และ AL_2CB ดังแสดงในรูปที่ 2. เมื่อนำตัวอย่างดินหลังการใส่ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายแล้ว 6 เดือน ไปวิเคราะห์คุณสมบัติบางประการของดิน ได้แก่ ปริมาณอินทรียวัตถุ, ค่าปฏิกิริยาดิน, ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด, ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์, ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก, ความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน และจำนวนของเม็ดดิน (ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่า 0.25 มิลลิเมตร) และมีความเสถียรต่อแรงกระทำของน้ำ ดังแสดงในตารางที่ 2.

ก) ปริมาณอินทรียวัตถุ (organic matter) พบว่า ทุกชุดการทดลองมีปริมาณอินทรียวัตถุเฉลี่ยสูงกว่าตัวอย่างดินก่อนการทดสอบ (ดังแสดงในตารางที่ 3.) และสูงกว่าชุด CT (ดังแสดงในตารางที่ 2. และ 4.) โดยชุดการทดลองที่ใส่ AS_1C มีปริมาณอินทรียวัตถุเฉลี่ยที่สูงที่สุด คือ ร้อยละ 6.31±0.21 รองลงมาได้แก่ ชุดการทดลองที่ใส่ AS_1CB, AS_2CB, AS_2C, AL_2C, AL_1C, AL_1CB และ AL_2CB มีปริมาณอินทรียวัตถุเฉลี่ยร้อยละ 5.34±0.94, 5.27±0.75, 5.14±0.10, 4.73±0.48, 3.82±0.18, 3.75±0.13 และ 3.75±0.39 ตามลำดับ ในขณะที่ชุด CT มีปริมาณอินทรียวัตถุเฉลี่ยร้อยละ 3.33±0.12 เมื่อนำไปเปรียบเทียบทางสถิติกับชุด CT ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 0.05 พบว่าชุดการทดลองที่ใส่ AS_1C, AS_1CB, AS_2CB, AS_2C และ AL_2C มีความแตกต่างกับชุด CT อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่ชุดการทดลองที่ใส่ AS_1C มีความแตกต่างกับชุดการทดลองอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนี้ชุดการทดลองที่ใส่ AS_1CB, AS_2CB, AS_2C และ AL_2C ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และชุดการทดลองที่ใส่ AL_1C, AL_1CB และ AL_2CB ก็ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเช่นเดียวกัน (ดังแสดงในตารางที่ 2).

ข) ปฏิกิริยาดิน (pH) พบว่า ทุกชุดการทดลองมีค่าปฏิกิริยาดินเฉลี่ยต่ำกว่าตัวอย่างดินก่อนการทดสอบ (ดังแสดงในตารางที่ 3.) ในขณะที่มีเพียงชุดการทดลองที่ใส่ AL_2CB และ AS_1C เพียง 2 ชุดการทดลอง ที่มีค่าปฏิกิริยาดินเฉลี่ยสูงกว่าชุด CT (ดังแสดงในตารางที่ 2. และ 4.) โดยชุดการทดลองที่ใส่ AL_2CB มีค่าปฏิกิริยาดินเฉลี่ยสูงที่สุด คือ 6.50±0.46 รองลงมาได้แก่ ชุดการทดลองที่ใส่ AS_1C มีค่าปฏิกิริยาดินเฉลี่ย 6.47±0.15 ในขณะที่ชุด CT และชุดการทดลองที่ใส่ AS_1CB มีค่าปฏิกิริยาดินเฉลี่ยที่เท่ากัน คือ 6.37±0.06 และ 6.37±0.32 ตามลำดับ สำหรับชุดการทดลองที่ใส่ AL_1CB, AS_2CB, AS_2C, AL_1C และ AL_2C มีค่าปฏิกิริยาดินเฉลี่ย 6.30±0.26, 6.30±0.36, 6.27±0.35, 6.17±0.31 และ 6.07±0.25 ตามลำดับ เมื่อนำไปเปรียบเทียบทางสถิติกับชุด CT ที่ระดับความเชื่อมั่น

ที่ 0.05 พบว่าทุกชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างกับชุด CT และไม่มีความแตกต่างระหว่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ดังแสดงในตารางที่ 2.)

ค) ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (total nitrogen) พบว่า ทุกชุดการทดลองมีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดเฉลี่ยสูงกว่าตัวอย่างดินก่อนการทดสอบ (ดังแสดงในตารางที่ 3.) และสูงกว่าชุด CT (ดังแสดงในตารางที่ 2. และ 4.) โดยชุดการทดลองที่ใส่ AS_1C มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดเฉลี่ยที่สูงที่สุด คือ ร้อยละ 0.316±0.011 รองลงมาได้แก่ ชุดการทดลองที่ใส่ AS_1CB, AS_2CB, AS_2C, AL_2C, AL_1C, AL_1CB และ AL_2CB มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดเฉลี่ยร้อยละ 0.267±0.047, 0.264±0.038, 0.257±0.005, 0.237±0.024, 0.191±0.009, 0.188±0.007 และ 0.188±0.011 ตามลำดับ ในขณะที่ชุด CT มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดเฉลี่ยร้อยละ 0.167±0.006 เมื่อนำไปเปรียบเทียบทางสถิติกับชุด CT ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 0.05 พบว่า ชุดการทดลองที่ใส่ AS_1C, AS_1CB, AS_2CB, AS_2C และ AL_2C มีความแตกต่างกับชุด CT อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่ชุดการทดลองที่ใส่ AS_1C มีความแตกต่างกับชุดการทดลองอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนี้ชุดการทดลองที่ใส่ AS_1CB, AS_2CB, AS_2C และ AL_2C ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และชุดการทดลองที่ใส่ AL_1C, AL_1CB และ AL_2CB ก็ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเช่นเดียวกัน (ดังแสดงในตารางที่ 2)

ง) ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (available phosphorus) พบว่า ชุดการทดลองที่ใส่ AL_2C, AL_2CB, AS_2CB และ ชุด CT มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์เฉลี่ยต่ำกว่าตัวอย่างดินก่อนการทดสอบ (ดังแสดงในตารางที่ 3.) ในขณะที่ทุกชุดการทดลองมีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์เฉลี่ยสูงกว่าชุด CT (ดังแสดงในตารางที่ 2. และ 4.) โดยชุดการทดลองที่ใส่ AS_2C มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์เฉลี่ยสูงที่สุด คือ 183.00±47.00 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม รองลงมาได้แก่ ชุดการทดลองที่ใส่ AS_1C, AL_1CB, AL_1C, AS_1CB, AL_2C, AL_2CB และ AS_2CB มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์เฉลี่ย 147.00±2.00, 137.00±36.00, 112.00±30.00, 111.00±19.00, 92.00±31.00, 55.00±5.00 และ 49.00±13.00 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ในขณะที่ชุด CT มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์เฉลี่ย 43.00±9.00 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม เมื่อนำไปเปรียบเทียบทางสถิติกับชุด CT ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 0.05 พบว่า ชุดการทดลองที่ใส่ AS_2C, AS_1C, AL_1CB, AL_1C, AS_1CB และ AL_2C มีความแตกต่างกับชุด CT อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนี้ชุดการทดลองที่ใส่ AS_2C, AS_1C และ AL_1CB ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่ชุดการทดลองที่ใส่ AS_1C, AL_1CB, AL_1C และ AS_1CB ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ชุดการทดลองที่ใส่ AL_1CB, AL_1C, AS_1CB และ AL_2C ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ชุดการทดลองที่ใส่ AL_2C, AL_2CB และ AS_2CB ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และชุดการทดลองที่ใส่ AL_2CB และ AS_2CB ก็ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเช่นเดียวกัน (ดังแสดงในตารางที่ 2)

จ) ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (cation exchange capacity) พบว่า ชุดการทดลองที่ใส่ AL_2C, AL_1C และ ชุด CT มีความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกเฉลี่ยต่ำกว่าตัวอย่างดินก่อนการทดสอบ (ดังแสดงในตารางที่ 3.) ในขณะที่ทุกชุดการทดลองมีความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกเฉลี่ยสูงกว่าชุด CT (ดังแสดงในตารางที่ 2. และ 4.) โดยชุดการทดลองที่ใส่ AS_1C มีความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกเฉลี่ยสูงที่สุด คือ 32.30±2.30 เซนติโมลต่อกิโลกรัมดิน รองลงมาได้แก่ ชุดการทดลองที่ใส่ AS_2CB, AL_1CB, AS_2C, AS_1CB, AL_2CB, AL_2C และ AL_1C มีความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกเฉลี่ย 28.90±0.20, 28.10±0.50, 28.10±5.50, 27.80±2.20, 27.20±2.80, 24.00±1.00 และ 22.70±1.80 เซนติโมลต่อกิโลกรัมดิน ตามลำดับ ในขณะที่ชุด CT มีความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกเฉลี่ย 20.50±2.90 เซนติโมลต่อกิโลกรัมดิน เมื่อนำไปเปรียบเทียบทางสถิติกับชุด CT ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 0.05 พบว่า ชุดการทดลองที่ใส่ AS_1C, AS_2CB, AL_1CB, AS_2C, AS_1CB และ AL_2CB มีความแตกต่างกับชุด CT อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่ชุดการทดลองที่ใส่ AS_1C, AS_2CB, AL_1CB, AS_2C และ AS_1CB ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ชุดการทดลองที่ใส่ AS_2CB, AL_1CB, AS_2C, AS_1CB, AL_2CB และ AL_2C ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนี้ชุดการทดลองที่ใส่ AL_2CB, AL_2C และ AL_1C ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และชุดการทดลองที่ใส่ AL_2C และ AL_1C ก็ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเช่นเดียวกัน (ดังแสดงในตารางที่ 2.)

ฉ) ความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน (water holding capacity) พบว่า ทุกชุดการทดลองมีความสามารถในการอุ้มน้ำของดินเฉลี่ยสูงกว่าตัวอย่างดินก่อนการทดสอบ (ดังแสดงในตารางที่ 3.) และสูงกว่าชุด CT (ดังแสดงในตารางที่ 2. และ 4.) โดยชุดการทดลองที่ใส่ AS_1C มีความสามารถในการอุ้มน้ำของดินเฉลี่ยสูงที่สุด คือ ร้อยละ 62.65±2.48 รองลงมาได้แก่ ชุดการทดลองที่ใส่ AL_1C, AL_1CB, AS_2CB, AS_2C, AL_2CB, AL_2C และ AS_1CB มีความสามารถในการอุ้มน้ำของดินเฉลี่ยร้อยละ 59.10±5.90, 57.21±4.11, 56.74±2.90, 56.61±7.63, 55.06±3.05, 53.31±2.95 และ 48.37±0.91 ตามลำดับ ในขณะที่ชุด CT มีความสามารถในการอุ้มน้ำของดินเฉลี่ยร้อยละ 46.60±4.30 เมื่อนำไปเปรียบเทียบทางสถิติกับชุด CT ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 0.05 พบว่า ชุดการทดลองที่ใส่ AS_1C, AL_1C, AL_1CB, AS_2CB และ AS_2C มีความแตกต่างกับชุด CT และไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่ชุดการทดลองที่ใส่ AL_1C, AL_1CB, AS_2CB, AS_2C, AL_2CB และ AL_2C ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนี้ชุดการทดลองที่ใส่ AL_2C และ AS_1CB ก็ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเช่นเดียวกัน (ดังแสดงในตารางที่ 2.)

ช) จำนวนของเม็ดดิน (ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่า 0.25 มิลลิเมตร) และมีความเสถียรต่อแรงกระทำของน้ำ (water-stable aggregate) พบว่า ทุกชุดการทดลองมีจำนวนของเม็ด

ดิน (ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่า 0.25 มิลลิเมตร) และมีความเสถียรต่อแรงกระทำของน้ำเฉลี่ยสูงกว่าตัวอย่างดินก่อนการทดสอบ (ดังแสดงในตารางที่ 3.) และมากกว่าชุด CT (ดังแสดงในตารางที่ 2. และ 4.) โดยชุดการทดลองที่ใส่ AS_1C มีจำนวนของเม็ดดิน (ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่า 0.25 มิลลิเมตร) และมีความเสถียรต่อแรงกระทำของน้ำเฉลี่ยสูงที่สุด คือ ร้อยละ 70.12±1.63 รองลงมาได้แก่ ชุดการทดลองที่ใส่ AS_2CB, AS_1CB, AL_1CB, AS_2C, AL_2CB, AL_2C และ AL_1C มีจำนวนของเม็ดดิน (ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่า 0.25 มิลลิเมตร) และมีความเสถียรต่อแรงกระทำของน้ำเฉลี่ยร้อยละ 66.43±3.54, 65.00±5.13, 61.62±3.09, 59.08±3.61, 57.17±1.41, 54.62±1.48 และ 54.14±2.07 ตามลำดับ ในขณะที่ชุด CT มีจำนวนของเม็ดดิน (ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่า 0.25 มิลลิเมตร) และมีความเสถียรต่อแรงกระทำของน้ำเฉลี่ยร้อยละ 53.87±1.32 ถึงแม้ว่าทุกชุดการทดลองจะมีจำนวนของเม็ดดิน (ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่า 0.25 มิลลิเมตร) และมีความเสถียรต่อแรงกระทำของน้ำสูงกว่าชุด CT แต่เมื่อนำไปเปรียบเทียบทางสถิติกับชุด CT ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 0.05 พบว่า มีเพียงชุดการทดลองที่ใส่ AS_1C และ AS_2CB เพียง 2 ชุดการทดลองเท่านั้น ที่มีความแตกต่างกับชุด CT อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่ชุดการทดลองที่ใส่ AS_1C, AS_2CB และ AS_1CB ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนี้ชุดการทดลองที่ใส่ AS_2CB, AS_1CB และ AL_1CB ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ชุดการทดลองที่ใส่ AS_1CB, AL_1CB และ AS_2C ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สำหรับชุดการทดลองที่ใส่ AL_1CB, AS_2C และ AL_2CB ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และชุดการทดลองที่ใส่ AS_2C, AL_2CB, AL_2C และ AL_1C ก็ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเช่นเดียวกัน (ดังแสดงในตารางที่ 2.)

จากข้อมูลการวิเคราะห์ดินทั้งหมดจะเห็นได้ว่าการใช้ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายร่วมกับปุ๋ยเคมี หรือการใช้ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายร่วมกับปุ๋ยเคมี และปุ๋ยชีวภาพไบโอฟอสก้า (จุลินทรีย์ละลายฟอสเฟต) จะช่วยเพิ่มคุณสมบัติทางกายภาพของดินที่สำคัญต่างๆ ให้ดีขึ้น เช่น ความสามารถในการอุ้มน้ำของดินและจำนวนของเม็ดดิน (ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่า 0.25 มิลลิเมตร) และมีความเสถียรต่อแรงกระทำของน้ำ.

สำหรับประสิทธิภาพในการปรับปรุงดินของผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่าย พบว่า ชุดการทดลองที่ใส่ AS_1C ทำให้ปริมาณอินทรียวัตถุ, ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด, ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก, ความสามารถในการอุ้มน้ำของดินและจำนวนเม็ดดิน (ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่า0.25 มิลลิเมตร) ที่มีความเสถียรต่อแรงกระทำของน้ำเพิ่มขึ้นร้อยละ 75.75, 75.95, 21.67, 32.48 และ 28.94 เมื่อเทียบกับตัวอย่างดินก่อนการทดสอบและเพิ่มขึ้นร้อยละ 47.23, 47.15, 36.53, 25.62 และ 23.17 เมื่อเทียบกับชุด CT นอกจากนี้ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ ก็ยังเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับตัวอย่างดินก่อนการทดสอบและชุด CT นอกจากนี้จะเห็นว่าชุดการทดลองที่ใส่ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่าย (แบบเม็ด) จะให้ผลที่ดีกว่าชุดการทดลองที่ใส่ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่าย (แบบน้ำ) ดังแสดงในตารางที่ 2, 3 และ 4.

ตารางที่ 2. คุณสมบัติบางประการที่เปลี่ยนแปลงของดินที่นำมาศึกษาหลังการใส่ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายของแปลงทดสอบไม้ผล (ชมพู่) หลังจากใส่แล้ว 6 เดือน

ชุดการทดลอง[1]	ปริมาณอินทรียวัตถุ[2] (ร้อยละ)	ปฏิกิริยาดิน[2] (pH)	ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด[2] (ร้อยละ)	ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์[2] (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)	ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก[2] (เซนติโมลต่อกิโลกรัมดิน)	ความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน[2] (ร้อยละ)	จำนวนเม็ดดินที่เสถียรต่อแรงกระทำของน้ำ[2] (>0.25 มิลลิเมตร) (ร้อยละ)
CT	3.33±0.12^{c}	6.37±0.06^{a}	0.167±0.006^{c}	43.00±9.00^{e}	20.50±2.90^{d}	46.60±4.30^{d}	53.87±1.32^{e}
AS_1C	6.31±0.21^{a}	6.47±0.15^{a}	0.316±0.011^{a}	147.00±2.00^{ab}	32.30±2.30^{a}	62.65±2.48^{a}	70.12±1.63^{a}
AL_1C	3.82±0.18^{c}	6.17±0.31^{a}	0.191±0.009^{c}	112.00±30.00^{bc}	27.70±1.80^{cd}	56.74±2.90^{ab}	54.14±2.07^{e}
AS_1CB	5.34±0.94^{b}	6.37±0.32^{a}	0.267±0.047^{b}	111.00±19.00^{bc}	27.80±2.20^{ab}	48.37±0.91^{cd}	65.00±5.13^{abc}
AL_1CB	3.75±0.13^{c}	6.30±0.26^{a}	0.188±0.007^{c}	137.00±36.00^{abc}	28.10±0.50^{ab}	57.21±2.74^{ab}	61.62±3.09^{bcd}
AS_2C	5.14±0.10^{b}	6.27±0.35^{a}	0.257±0.005^{b}	183.00±47.00^{a}	28.10±5.50^{ab}	56.61±3.49^{ab}	59.08±3.61^{cde}
AL_2C	4.73±0.48^{b}	6.07±0.25^{a}	0.237±0.024^{b}	92.00±31.00^{cd}	24.00±1.00^{bcd}	53.31±2.95^{bc}	54.62±1.48^{e}
AS_2CB	5.27±0.75^{b}	6.30±0.36^{a}	0.264±0.038^{b}	49.00±13.00^{de}	28.90±0.20^{ab}	59.10±5.90^{ab}	66.43±3.54^{ab}
AL_2CB	3.75±0.39^{c}	6.50±0.46^{a}	0.188±0.011^{c}	55.00±5.00^{de}	27.20±2.80^{bc}	55.06±3.05^{b}	57.17±1.41^{de}
C.V. (%)	10.10	4.78	10.10	25.03	9.79	6.24	4.77
F-test	**	ns	**	**	**	**	**

หมายเหตุ: [1]CT= ชุดควบคุม (ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 ในอัตรา 500 กรัมต่อต้น), C= ปุ๋ยเคมี สูตร 15-15-15 ในอัตรา 500 กรัมต่อต้น, B = ปุ๋ยชีวภาพไบโอฟอสก้า (จุลินทรีย์ละลายฟอสเฟต)ในอัตรา 1 กิโลกรัมต่อต้น, AS_1 = ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่าย (แบบเม็ด) ในอัตรา 1 กิโลกรัมต่อต้น, AL_1= ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่าย (แบบน้ำ) ในอัตรา 10 ลิตรต่อต้น, AS_2 = ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่าย (แบบเม็ด) ในอัตรา 2 กิโลกรัมต่อต้น, AL_2= ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่าย (แบบน้ำ) ในอัตรา 20 ลิตรต่อต้น

[2] ค่าเฉลี่ยจาก 3 ซ้ำ โดยค่าเฉลี่ยที่มีอักษรตามหลังเหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี Duncan's multiple range test (DMRT)

ns ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

** มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

ตารางที่ 3. คุณสมบัติบางประการที่เปลี่ยนแปลงของดินที่นำมาศึกษาหลังการใส่ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายของแปลงทดสอบไม้ผล (ชมพู่) หลังจากใส่แล้ว 6 เดือน เมื่อเทียบกับตัวอย่างดินก่อนการทดสอบ (ร้อยละ)

ชุดการทดลอง[1]	ปริมาณอินทรียวัตถุ	ปฏิกิริยาดิน (pH)	ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด	ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์	ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก	ความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน	จำนวนเม็ดดินที่เสถียรต่อแรงกระทำของน้ำ (>0.25 มิลลิเมตร)
CT	+ 54.05	− 5.18	+ 54.49	− 118.60	− 23.41	+ 9.23	+ 7.50
AS_1C	+ **75.75**	− 3.55	+ **75.95**	+ 36.05	+ **21.67**	+ **32.48**	+ **28.94**
AL_1C	+ 59.94	− 8.59	+ 60.21	+ 16.07	+ 11.70	+ 25.44	+ 7.96
AS_1CB	+ 71.34	− 5.18	+ 71.54	+ 15.31	+ 8.99	+ 12.55	+ 23.33
AL_1CB	+ 59.20	− 6.35	+ 59.57	+ 31.39	+ 9.96	+ 26.06	+ 19.13
AS_2C	+ 70.23	− 6.86	+ 70.42	+ **48.63**	+ 9.96	+ 25.28	+ 15.66
AL_2C	+ 67.65	− **10.38**	+ 67.93	− 2.17	− 5.42	+ 20.65	+ 8.77
AS_2CB	+ 70.97	− 6.35	+ 71.21	− 91.84	+ 12.46	+ 28.43	+ 24.99
AL_2CB	+ 59.20	− 3.08	+ 59.57	− 70.91	+ 6.99	+ 23.17	+ 12.84

หมายเหตุ: [1]CT= ชุดควบคุม (ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 ในอัตรา 500 กรัมต่อต้น), C= ปุ๋ยเคมี สูตร 15-15-15 ในอัตรา 500 กรัมต่อต้น, B = ปุ๋ยชีวภาพไบโอฟอสก้า (จุลินทรีย์ละลายฟอสเฟต)ในอัตรา 1 กิโลกรัมต่อต้น, AS_1 = ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่าย (แบบเม็ด) ในอัตรา 1 กิโลกรัมต่อต้น, AL_1= ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่าย (แบบน้ำ) ในอัตรา 10 ลิตรต่อต้น, AS_2 = ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่าย (แบบเม็ด) ในอัตรา 2 กิโลกรัมต่อต้น, AL_2= ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่าย (แบบน้ำ) ในอัตรา 20 ลิตรต่อต้น

เครื่องหมาย + หมายถึงเปอร์เซ็นต์ที่เพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับผลวิเคราะห์ตัวอย่างดินก่อนการทดสอบ

เครื่องหมาย – หมายถึงเปอร์เซ็นต์ที่ลดลงเมื่อเทียบกับผลวิเคราะห์ตัวอย่างดินก่อนการทดสอบ

ตารางที่ 4. คุณสมบัติบางประการที่เปลี่ยนแปลงของดินที่นำมาศึกษาหลังการใส่ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายของแปลงทดสอบไม้ผล (ชมพู่) หลังจากใส่แล้ว 6 เดือน เมื่อเทียบกับชุดควบคุม (ร้อยละ)

ชุดการทดลอง[1]	ปริมาณอินทรียวัตถุ	ปฏิกิริยาดิน (pH)	ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด	ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์	ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก	ความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน (ร้อยละ)	จำนวนเม็ดดินที่เสถียรต่อแรงกระทำของน้ำ (>0.25 มิลลิเมตร)
CT	-	-	-	-	-	-	-
AS_1C	+ **47.23**	+ 1.54	+ **47.15**	+ 70.74	+ **36.53**	+ **25.62**	+ **23.17**
AL_1C	+ 12.83	− 3.24	+ 12.56	+ 61.61	+ 25.99	+ 17.87	+ 0.50
AS_1CB	+ 37.64	0.0	+ 37.45	+ 61.26	+ 26.29	+ 3.66	+ 17.12
AL_1CB	+ 11.20	− 1.11	+ 11.17	+ 68.61	+ 27.05	+ 18.55	+ 12.58
AS_2C	+ 35.21	− 1.59	+ 35.01	+ **76.50**	+ 27.05	+ 17.68	+ 8.82
AL_2C	+ 29.60	− 4.94	+ 29.54	+ 53.26	+ 14.58	+ 12.59	+ 1.37
AS_2CB	+ 36.81	− 1.11	+ 36.74	+ 12.24	+ 29.07	+ 21.15	+ 18.91
AL_2CB	+ 11.20	+ 2.00	+ 11.17	+ 21.82	+ 24.63	+ 15.36	+ 5.77

หมายเหตุ: [1]CT= ชุดควบคุม (ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 ในอัตรา 500 กรัมต่อต้น), C= ปุ๋ยเคมี สูตร 15-15-15 ในอัตรา 500 กรัมต่อต้น, B = ปุ๋ยชีวภาพไบโอฟอสก้า (จุลินทรีย์ละลายฟอสเฟต)ในอัตรา 1 กิโลกรัมต่อต้น, AS_1 = ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่าย (แบบเม็ด) ในอัตรา 1 กิโลกรัมต่อต้น, AL_1= ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่าย (แบบน้ำ) ในอัตรา 10 ลิตรต่อต้น, AS_2 = ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่าย (แบบเม็ด) ในอัตรา 2 กิโลกรัมต่อต้น, AL_2= ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่าย (แบบน้ำ) ในอัตรา 20 ลิตรต่อต้น

เครื่องหมาย + หมายถึงเปอร์เซ็นต์ที่เพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับผลวิเคราะห์ตัวอย่างดินของชุดควบคุม

เครื่องหมาย – หมายถึงเปอร์เซ็นต์ที่ลดลงเมื่อเทียบกับผลวิเคราะห์ตัวอย่างดินของชุดควบคุม

3.2.2 ผลทดสอบประสิทธิภาพผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายหลังการเก็บเกี่ยวผลผลิตในแปลงทดสอบไม้ผล (ชมพู่)

แบ่งการทดลองออกเป็น 9 ชุดการทดลอง คือ CT, AS_1C, AL_1C, AS_1CB, AL_1CB, AS_2C, AL_2C, AS_2CB และ AL_2CB เมื่อนำตัวอย่างดินหลังการเก็บเกี่ยวผลผลิตแล้ว ซึ่งผลผลิตของชมพู่ได้ดังแสดงในรูปที่ 4. ไปวิเคราะห์คุณสมบัติบางประการของดิน ได้แก่ ปริมาณอินทรียวัตถุ, ค่าปฏิกิริยาดิน, ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด, ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์, ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก, ความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน และจำนวนของเม็ดดิน (ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่า 0.25 มิลลิเมตร) และมีความเสถียรต่อแรงกระทำของน้ำ ดังแสดงในตารางที่ 5. และเมื่อนำค่าวิเคราะห์เหล่านี้มาเปรียบเทียบกับผลการวิเคราะห์ดินหลังการใส่ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายแล้ว 6 เดือน (ดังแสดงในตารางที่ 2.) พบว่า มีค่าเปลี่ยนแปลงไป ผลแสดงตารางที่ 6. นอกจากนี้ เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับชุดควบคุมพบว่าคุณสมบัติของดินมีการเปลี่ยนแปลง ผลดังแสดงตารางที่ 7. ซึ่งทั้งตารางที่ 6. และ 7. แสดงให้เห็นถึงแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงด้านคุณสมบัติของดินเมื่อมีการใส่ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายหรือผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายร่วมกับปุ๋ยชีวภาพไบโอฟอสก้า (จุลินทรีย์ละลายฟอสเฟต) และปุ๋ยเคมี.

ก) ปริมาณอินทรียวัตถุ (organic matter) พบว่า ชุด CT เพียงชุดการทดลองเดียวเท่านั้นที่มีปริมาณอินทรียวัตถุเฉลี่ยต่ำกว่าตัวอย่างดินหลังการใส่ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายแล้ว 6 เดือน (ดังแสดงในตารางที่ 6.) ในขณะที่ทุกชุดการทดลองมีปริมาณอินทรียวัตถุเฉลี่ยสูงกว่าชุด CT (ดังแสดงในตารางที่ 5. และ 7.) โดยชุดการทดลองที่ใส่ AS_1C มีปริมาณอินทรียวัตถุเฉลี่ยที่สูงที่สุด คือ ร้อยละ 6.38±0.29 รองลงมา ได้แก่ ชุดการทดลองที่ใส่ AS_2CB, AS_1CB, AS_2C, AL_2C, AL_1C, AL_2CB และ AL_1CB มีปริมาณอินทรียวัตถุเฉลี่ยร้อยละ 5.77±0.32, 5.49±0.56, 5.24±0.60, 4.85±0.55, 3.85±0.38, 3.84±0.43 และ 3.83±0.24 ตามลำดับ ในขณะที่ชุด CT มีปริมาณอินทรียวัตถุเฉลี่ยร้อยละ 3.22±0.24 เมื่อนำไปเปรียบเทียบทางสถิติกับชุด CT ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 0.05 พบว่าชุดการทดลองที่ใส่ AS_1C และ AS_2CB เพียง 2 ชุดการทดลอง ที่มีความแตกต่างกับชุด CT และไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่ชุดการทดลองที่ใส่ AS_2CB, AS_1CB และ AS_2C ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนี้ชุดการทดลองที่ใส่ AS_1CB, AS_2C และ AL_2C ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และชุดการทดลองที่ใส่ AL_1C, AL_2CB และ AL_1CB ก็ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเช่นเดียวกัน (ดังแสดงในตารางที่ 5).

ข) ปฏิกิริยาดิน (pH) พบว่า ทุกชุดการทดลองมีค่าปฏิกิริยาดินเฉลี่ยสูงกว่าตัวอย่างดินหลังการใส่ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายแล้ว 6 เดือน (ดังแสดงในตารางที่ 6.) ในขณะที่มีเพียงชุดการทดลองที่ใส่ AL_1C และ AS_1CB เพียง 2 ชุดการทดลอง ที่มีค่าปฏิกิริยาดินเฉลี่ยสูงกว่าชุด CT (ดัง

แสดงในตารางที่ 5. และ 7.) โดยชุดการทดลองที่ ใส่ AL_1C มีค่าปฏิกิริยาดินเฉลี่ยสูงที่สุด คือ 7.33±0.31 รองลงมา ได้แก่ ชุดการทดลองที่ใส่ AS_1CB มีค่าปฏิกิริยาดินเฉลี่ย 7.30±0.20 ในขณะที่ชุดการทดลองที่ใส่ AL_2C และชุด CT มีค่าปฏิกิริยาดินเฉลี่ยที่เท่ากันคือ 7.00±0.10 และ 7.00±0.20 ตามลำดับ สำหรับชุดการทดลองที่ใส่ AS_2CB, AL_1CB, AL_2CB, AS_2C,และ AS_1C มีค่าปฏิกิริยาดินเฉลี่ย 6.97±0.15, 6.97±0.21, 6.90±0.10, 6.87±0.15 และ 6.77±0.15 ตามลำดับ เมื่อนำไปเปรียบเทียบทางสถิติกับชุด CT ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 0.05 พบว่า ชุดการทดลองที่ใส่ AL_1C และ AS_1CB มีความแตกต่างกับชุด CT อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนี้ชุดการทดลองทั้ง 2 ยังมีความแตกต่างกับชุดการทดลองอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่ชุดการทดลองที่ใส่ AL_2C, AS_2CB, AL_1CB, AL_2CB, AS_2C,และ AS_1C ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ดังแสดงในตารางที่ 5.)

ค) ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (total nitrogen) พบว่า ชุด CT เพียงชุดการทดลองเดียวเท่านั้นที่มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดเฉลี่ยต่ำกว่าตัวอย่างดินหลังการใส่ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายแล้ว 6 เดือน (ดังแสดงในตารางที่ 6.) ในขณะที่ทุกชุดการทดลองมีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดเฉลี่ยสูงกว่าชุด CT (ดังแสดงในตารางที่ 5. และ 7.) โดยชุดการทดลองที่ใส่ AS_1C มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดเฉลี่ยที่สูงที่สุดคือ ร้อยละ 0.319±0.015 รองลงมาได้แก่ ชุดการทดลองที่ใส่ AS_2CB, AS_1CB, AS_2C, AL_2C, AL_1C, AL_2CB และ AL_1CB มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดเฉลี่ยร้อยละ 0.289±0.016, 0.275±0.028, 0.262±0.03, 0.243±0.028, 0.193±0.019, 0.192±0.022 และ 0.191±0.012 ตามลำดับในขณะที่ชุด CT มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดเฉลี่ยร้อยละ 0.161±0.012 เมื่อนำไปเปรียบเทียบทางสถิติกับชุด CT ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 0.05 พบว่า ชุดการทดลองที่ใส่ AS_1C และ AS_2CB เพียง 2 ชุดการทดลอง ที่มีความแตกต่างกับชุด CT และไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่ชุดการทดลองที่ใส่ AS_2CB, AS_1CB และ AS_2C ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนี้ชุดการทดลองที่ใส่ AS_1CB, AS_2C และ AL_2C ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และชุดการทดลองที่ใส่ AL_1C, AL_2CB และ AL_1CB ก็ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเช่นเดียวกัน (ดังแสดงในตารางที่ 5.)

ง) ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (available phosphorus) พบว่า ชุดการทดลองที่ใส่ AL_1CB มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์เฉลี่ยต่ำกว่าตัวอย่างดินหลังการใส่ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายแล้ว 6 เดือน (ดังแสดงในตารางที่ 6.) ในขณะที่ทุกชุดการทดลองมีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์เฉลี่ยสูงกว่าชุด CT (ดังแสดงในตารางที่ 5. และ 7.) โดยชุดการทดลองที่ใส่ AS_2C มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์เฉลี่ยสูงที่สุด คือ 192.00±38.00 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม รองลงมาได้แก่ ชุดการทดลองที่ใส่ AS_1C, AS_1CB, AS_2CB, AL_1C, AL_2C, AL_1CB และ AL_2CB มีปริมาณ

ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์เฉลี่ย 179.00±26.00, 167.00±24.00, 154.00±14.00, 146.00±17.00, 142.00±15.00, 136.00±36.00 และ 112.00±30.00 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ในขณะที่ชุด CT มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์เฉลี่ย 107.00±14.00 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม เมื่อนำไปเปรียบเทียบทางสถิติกับชุด CT ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 0.05 พบว่า ชุดการทดลองที่ใส่ AS_2C, AS_1C และ AS_1CB มีความแตกต่างกับชุด CT อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่ชุดการทดลองที่ใส่ AS_2C, AS_1C, AS_1CB, AS_2CB และ AL_1C ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนี้ชุดการทดลองที่ใส่ AS_1C, AS_1CB, AS_2CB, AL_1C, AL_2C และ AL_1CB ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และชุดการทดลองที่ใส่ AS_2CB, AL_1C, AL_2C, AL_1CB และ AL_2CB ก็ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเช่นเดียวกัน (ดังแสดงในตารางที่ 5.)

จ) ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (cation exchange capacity) พบว่า ชุดการทดลองที่ใส่ AL_2CB, AL_1C และ AL_2C มีความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกเฉลี่ยต่ำกว่าตัวอย่างดินหลังการใส่ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายแล้ว 6 เดือน (ดังแสดงในตารางที่ 6.) ในขณะที่ทุกชุดการทดลองมีความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกเฉลี่ยสูงกว่าชุด CT (ดังแสดงในตารางที่ 5. และ 7.) โดยชุดการทดลองที่ใส่ AS_1C มีความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกเฉลี่ยสูงที่สุด คือ 34.10±1.30 เซนติโมลต่อกิโลกรัมดิน รองลงมาได้แก่ ชุดการทดลองที่ใส่ AS_2CB, AL_1CB, AS_2C, AS_1CB, AL_2CB, AL_1C และ AL_2C มีความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกเฉลี่ย 31.00±4.80, 29.40±3.60, 28.60±3.40, 28.20±3.60, 26.10±2.30, 22.60±0.10 และ 22.00±4.30 เซนติโมลต่อกิโลกรัมดิน ตามลำดับ ในขณะที่ชุด CT มีความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกเฉลี่ย 21.20±5.00 เซนติโมลต่อกิโลกรัมดิน เมื่อนำไปเปรียบเทียบทางสถิติกับชุด CT ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 0.05 พบว่า ชุดการทดลองที่ใส่ AS_1C, AS_2CB, AL_1CB, AS_2C และ AS_1CB มีความแตกต่างกับชุด CT อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่ชุดการทดลองที่ใส่ AS_1C, AS_2CB, AL_1CB, AS_2C และ AS_1CB ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ชุดการทดลองที่ใส่ AS_2CB, AL_1CB, AS_2C, AS_1CB และ AL_2CB ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนี้ชุดการทดลองที่ใส่ AS_2C, AS_1CB, AL_2CB, AL_1C และ AL_2C ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และชุดการทดลองที่ใส่ AL_2CB, AL_1C และ AL_2C ก็ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเช่นเดียวกัน (ดังแสดงในตารางที่ 5.)

ฉ) ความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน (water holding capacity) พบว่า ชุดการทดลองที่ใส่ AL_1C และชุด CT มีความสามารถในการอุ้มน้ำของดินเฉลี่ยต่ำกว่าตัวอย่างดินหลังการใส่ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายแล้ว 6 เดือน ในขณะที่ทุกชุดการทดลองมีความสามารถในการอุ้มน้ำของดินเฉลี่ยสูงกว่าชุด CT (ดังแสดงในตารางที่ 5. และ 7.) โดยชุดการทดลองที่ใส่ AS_1C มี

ความสามารถในการอุ้มน้ำของดินเฉลี่ยสูงที่สุด คือ ร้อยละ 67.33±2.87 รองลงมาได้แก่ ชุดการทดลองที่ใส่ AS_2CB, AL_1CB, AS_2C, AL_1C, AL_2C, AL_2CB และ AS_1CB มีความสามารถในการอุ้มน้ำของดินเฉลี่ยร้อยละ 64.79±2.70, 64.10±4.11, 59.54±7.63, 58.61±6.34, 58.10±4.50, 55.11±3.00 และ 54.78±11.17 ตามลำดับ ในขณะที่ชุด CT มีความสามารถในการอุ้มน้ำของดินเฉลี่ยร้อยละ 44.78±11.17 เมื่อนำไปเปรียบเทียบทางสถิติกับชุด CT ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 0.05 พบว่า ชุดการทดลองที่ใส่ AS_1C, AS_2CB, AL_1CB, AS_2C, AL_1C และ AL_2C มีความแตกต่างกับชุด CT อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่ชุดการทดลองที่ใส่ AS_1C, AS_2CB, AL_1CB, AS_2C, AL_1C, AL_2C, AL_2CB และ AS_1CB ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนี้ชุดการทดลองที่ใส่ AL_2CB และ AS_1CB ก็ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเช่นเดียวกัน (ดังแสดงในตารางที่ 5.)

ช) จำนวนของเม็ดดิน (ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่า 0.25 มิลลิเมตร) และมีความเสถียรต่อแรงกระทำของน้ำ (water-stable aggregate) พบว่า ชุดการทดลองที่ใส่ AL_2C และ AL_1C มีจำนวนของเม็ดดิน (ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่า 0.25 มิลลิเมตร) และมีความเสถียรต่อแรงกระทำของน้ำเฉลี่ยต่ำกว่าตัวอย่างดินหลังการใส่ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายแล้ว 6 เดือน (ดังแสดงในตารางที่ 6.) และต่ำกว่าชุด CT ด้วยเช่นกัน (ดังแสดงในตารางที่ 5. และ 7.) โดยชุดการทดลองที่ใส่ AS_1C มีจำนวนของเม็ดดิน (ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่า 0.25 มิลลิเมตร) และมีความเสถียรต่อแรงกระทำของน้ำเฉลี่ยสูงที่สุดคือ ร้อยละ 72.47±1.70 รองลงมาได้แก่ ชุดการทดลองที่ใส่ AS_1CB, AS_2CB, AL_1CB, AS_2C และ AL_2CB มีจำนวนของเม็ดดิน (ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่า 0.25 มิลลิเมตร) และมีความเสถียรต่อแรงกระทำของน้ำเฉลี่ยร้อยละ 70.93±6.65, 66.80±3.11, 66.50±0.85, 64.18±0.49 และ 61.18±3.25 ตามลำดับ ในขณะที่ชุด CT มีจำนวนของเม็ดดิน (ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่า 0.25 มิลลิเมตร) และมีความเสถียรต่อแรงกระทำของน้ำเฉลี่ยร้อยละ 54.04±3.16 สำหรับชุดการทดลองที่ใส่ AL_2C และ AL_1C มีจำนวนของเม็ดดิน (ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่า 0.25 มิลลิเมตร) และมีความเสถียรต่อแรงกระทำของน้ำเฉลี่ยร้อยละ 53.73±0.85 และ 51.79±1.53 ตามลำดับ เมื่อนำไปเปรียบเทียบทางสถิติกับชุด CT ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 0.05 พบว่า มีเพียงชุดการทดลองที่ใส่ AS_1C, AS_1CB, AS_2CB, AL_1CB, AS_2C และ AL_2CB มีความแตกต่างกับชุด CT อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่ชุดการทดลองที่ใส่ AS_1C, AS_1CB, AS_2CB และ AL_1CB ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่ชุดการทดลองที่ใส่ AS_1CB, AS_2CB, AL_1CB และ AS_2C ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนี้ชุดการทดลองที่ใส่ AS_2CB, AL_1CB, AS_2C และ AL_2CB ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และชุดการทดลองที่ใส่ AL_2C และ AL_1C ก็ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเช่นกัน (ดังแสดงในตารางที่ 5.)

จากข้อมูลการวิเคราะห์ดินทั้งหมดจะเห็นได้ว่าการใช้ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายร่วมกับปุ๋ยเคมี หรือการใช้ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายร่วมกับปุ๋ยเคมี และปุ๋ยชีวภาพไบโอฟอสก้า (จุลินทรีย์ละลายฟอสเฟต) จะช่วยเพิ่มคุณสมบัติทางกายภาพของดินที่สำคัญต่างๆ ให้ดีขึ้น เช่น ความสามารถในการอุ้มน้ำของดินและจำนวนของเม็ดดิน (ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่า 0.25 มิลลิเมตร) และมีความเสถียรต่อแรงกระทำของน้ำ.

สำหรับประสิทธิภาพในการปรับปรุงดินของผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายของตัวอย่างดินหลังการเก็บเกี่ยวผลผลิตในแปลงทดสอบไม้ผล (ชมพู่) พบว่า ชุดการทดลองที่ใส่ AS_2CB ทำให้ปริมาณอินทรียวัตถุ, ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด, ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์, ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกและจำนวนของเม็ดดิน (ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่า 0.25 มิลลิเมตร) และมีความเสถียรต่อแรงกระทำของน้ำเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องโดยมีการเพิ่มขึ้นร้อยละ 8.67, 8.65, 68.18, 6.77 และ 13.50 เมื่อเทียบกับผลการวิเคราะห์ดินของตัวอย่างดินหลังการใส่ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายแล้ว 6 เดือน ตามลำดับ แต่เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับชุดควบคุมพบว่าผลการทดลองยังคงมีลักษณะเช่นเดียวกับผลการวิเคราะห์ดินของตัวอย่างดินหลังการใส่ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายแล้ว 6 เดือน คือ ชุดการทดลองที่ใส่ AS_1C มีปริมาณอินทรียวัตถุ, ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด, ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์, ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก และความสามารถในการอุ้มน้ำของดินเพิ่มขึ้นสูงที่สุดโดยเพิ่มขึ้นถึงร้อยละ 49.53, 49.53, 40.22, 37.83 และ 33.49 ตามลำดับ นอกจากนี้จะเห็นว่าชุดการทดลองที่ใส่ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่าย (แบบเม็ด) ยังคงให้ผลที่ดีกว่าชุดการทดลองที่ใส่ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่าย (แบบน้ำ) ดังแสดงในตารางที่ 5, 6 และ 7.

ตารางที่ 5. คุณสมบัติบางประการที่เปลี่ยนแปลงของดินหลังการใส่ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายของแปลงทดสอบไม้ผล (ชมพู่) หลังการเก็บเกี่ยวผลผลิต

ชุดการทดลอง	ปริมาณอินทรียวัตถุ[2] (ร้อยละ)	ปฏิกิริยาดิน[2] (pH)	ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด[2] (ร้อยละ)	ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์[2] (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)	ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก[2] (เซนติโมลต่อกิโลกรัมดิน)	ความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน[2] (ร้อยละ)	จำนวนเม็ดดินที่เสถียรต่อแรงกระทำของน้ำ[2] (>0.25 มิลลิเมตร) (ร้อยละ)
CT	3.22±0.24^{d}	7.00±0.20^{b}	0.161±0.012^{d}	107.00±14.00^{c}	21.20±5.00^{d}	44.78±11.17^{b}	54.04±3.16^{d}
AS_1C	6.38±0.29^{a}	6.77±0.15^{b}	0.319±0.015^{a}	179.00±26.00^{ab}	34.10±1.30^{a}	67.33±2.87^{a}	72.47±1.70^{ab}
AL_1C	3.85±0.38^{d}	7.33±0.31^{a}	0.193±0.019^{d}	146.00±17.00^{abc}	22.60±0.10^{cd}	58.61±6.34^{a}	51.79±1.53^{d}
AS_1CB	5.49±0.56^{bc}	7.30±0.20^{a}	0.275±0.028^{bc}	167.00±24.00^{ab}	28.20±3.60^{abc}	54.78±11.17^{ab}	70.93±6.65^{ab}
AL_1CB	3.83±0.24^{d}	6.97±0.21^{b}	0.191±0.012^{d}	136.00±36.00^{bc}	29.40±3.60^{ab}	64.10±4.11^{a}	66.50±0.85^{abc}
AS_2C	5.24±0.60^{bc}	6.87±0.15^{b}	0.262±0.030^{bc}	192.00±38.00^{a}	28.60±3.40^{abc}	59.54±7.63^{a}	64.18±0.49^{bc}
AL_2C	4.85±0.55^{c}	7.00±0.10^{b}	0.243±0.028^{c}	142.00±15.00^{bc}	22.00±4.30^{cd}	58.10±4.50^{a}	53.73±0.85^{d}
AS_2CB	5.77±0.32^{ab}	6.97±0.15^{b}	0.289±0.016^{ab}	154.00±14.00^{abc}	31.00±4.80^{ab}	64.79±2.70^{a}	66.80±3.11^{a}
AL_2CB	3.84±0.43^{d}	6.90±0.10^{b}	0.192±0.022^{d}	112.00±30.00^{c}	26.10±2.30^{bcd}	55.11±3.00^{ab}	61.18±3.25^{c}
C.V. (%)	8.95	2.11	8.95	17.11	12.99	11.52	4.78
F-test	**	**	**	**	**	*	**

หมายเหตุ: [1]CT= ชุดควบคุม (ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 ในอัตรา 500 กรัมต่อต้น), C= ปุ๋ยเคมี สูตร 15-15-15 ในอัตรา 500 กรัมต่อต้น, B = ปุ๋ยชีวภาพไบโอฟอสก้า (จุลินทรีย์ละลายฟอสเฟต)ในอัตรา 1 กิโลกรัมต่อต้น, AS_1 = ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่าย (แบบเม็ด) ในอัตรา 1 กิโลกรัมต่อต้น, AL_1= ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่าย (แบบน้ำ) ในอัตรา 10 ลิตรต่อต้น, AS_2 = ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่าย (แบบเม็ด) ในอัตรา 2 กิโลกรัมต่อต้น, AL_2= ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่าย (แบบน้ำ) ในอัตรา 20 ลิตรต่อต้น

[2] ค่าเฉลี่ยจาก 3 ซ้ำ โดยค่าเฉลี่ยที่มีอักษรตามหลังเหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี Duncan's multiple range test

* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

** มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

ตารางที่ 6. คุณสมบัติบางประการที่เปลี่ยนแปลงของดินหลังการใส่ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายของแปลงทดสอบไม้ผล (ชมพู่) หลังการเก็บเกี่ยวผลผลิตเมื่อเทียบกับผลวิเคราะห์ตัวอย่างดินหลังการผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายแล้ว 6 เดือน (ร้อยละ)

ชุดการทดลอง[1]	ปริมาณอินทรียวัตถุ	ปฏิกิริยาดิน (pH)	ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด	ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์	ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก	ความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน	จำนวนเม็ดดินที่เสถียรต่อแรงกระทำของน้ำ (>0.25 มิลลิเมตร)
CT	− 3.42	+ 9.00	− 3.73	+ 59.81	+ 3.30	− 4.06	+ 0.31
AS_1C	+ 1.10	+ 4.43	+ 0.94	+ 17.88	+ 5.28	+ 6.95	+ 3.24
AL_1C	+ 0.78	+ 15.82	+ 1.04	+ 23.29	− 22.57	+ 3.19	− 4.54
AS_1CB	+ 2.73	+ 12.74	+ 2.91	+ 33.52	+ 1.42	+ **11.70**	+ 7.94
AL_1CB	+ 2.08	+ 9.61	+ 1.57	− 0.74	+ 4.42	+ 10.75	+ 7.34
AS_2C	+ 1.91	+ 8.73	+ 1.91	+ 4.69	+ 1.75	+ 4.92	+ 7.95
AL_2C	+ 2.47	+ 13.29	+ 2.47	+ 35.21	− 9.09	+ 8.24	− 1.66
AS_2CB	+ **8.67**	+ 9.61	+ **8.65**	+ **68.18**	+ **6.77**	+ 8.78	+ **13.50**
AL_2CB	+ 2.34	+ 5.80	+ 2.08	+ 50.89	− 4.21	+ 0.09	+ 6.55

หมายเหตุ: [1]CT= ชุดควบคุม (ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 ในอัตรา 500 กรัมต่อต้น), C= ปุ๋ยเคมี สูตร 15-15-15 ในอัตรา 500 กรัมต่อต้น, B = ปุ๋ยชีวภาพไบโอฟอสก้า (จุลินทรีย์ละลายฟอสเฟต)ในอัตรา 1 กิโลกรัมต่อต้น, AS_1 = ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่าย (แบบเม็ด) ในอัตรา 1 กิโลกรัมต่อไร่ต้น, AL_1= ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่าย (แบบน้ำ) ในอัตรา 10 ลิตรต่อต้น, AS_2 = ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่าย (แบบเม็ด) ในอัตรา 2 กิโลกรัมต่อต้น, AL_2= ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่าย (แบบน้ำ) ในอัตรา 20 ลิตรต่อต้น

เครื่องหมาย + หมายถึงเปอร์เซ็นต์ที่เพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับผลวิเคราะห์ตัวอย่างดินหลังการใส่ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายแล้ว 6 เดือน

เครื่องหมาย – หมายถึงเปอร์เซ็นต์ที่ลดลงเมื่อเทียบกับผลวิเคราะห์ตัวอย่างดินหลังการใส่ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายแล้ว 6 เดือน

ตารางที่ 7. คุณสมบัติบางประการที่เปลี่ยนแปลงของดินหลังการใส่ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายของแปลงทดสอบไม้ผล (ชมพู่) หลังการเก็บเกี่ยวผลผลิตเมื่อเทียบกับชุดควบคุม (ร้อยละ)

ชุดการทดลอง[1]	ปริมาณอินทรียวัตถุ	ปฏิกิริยาดิน (pH)	ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด	ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์	ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก	ความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน	จำนวนเม็ดดินที่เสถียรต่อแรงกระทำของน้ำ (>0.25 มิลลิเมตร)
CT	-	-	-	-	-	-	-
AS_1C	+ **49.53**	− 3.40	+ **49.53**	+ **40.22**	+ **37.83**	+ **33.49**	+ 25.43
AL_1C	+ 16.36	+ 4.50	+ 16.58	+ 26.71	+ 6.19	+ 23.60	− 4.34
AS_1CB	+ 41.35	+ 4.11	+ 41.45	+ 35.93	+ 24.82	+ 18.25	+ 23.81
AL_1CB	+ 15.93	− 0.43	+ 15.71	+ 21.32	+ 27.89	+ 30.14	+ 18.74
AS_2C	+ 38.55	− 1.89	+ 38.55	+ 44.27	+ 25.87	+ 24.79	+ 15.80
AL_2C	+ 33.61	0.0	+ 33.74	+ 24.65	+ 3.64	+ 22.93	− 0.58
AS_2CB	+ 44.19	− 0.43	+ 44.29	+ 30.52	+ 31.61	+ 30.88	+ **29.63**
AL_2CB	+ 16.15	− 1.50	+ 16.15	+ 4.46	+ 18.77	+ 18.74	+ 11.67

หมายเหตุ: [1]CT= ชุดควบคุม (ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 ในอัตรา 500 กรัมต่อต้น), C= ปุ๋ยเคมี สูตร 15-15-15 ในอัตรา 500 กรัมต่อต้น, B = ปุ๋ยชีวภาพไบโอฟอสก้า (จุลินทรีย์ละลายฟอสเฟต)ในอัตรา 1 กิโลกรัมต่อต้น, AS_1 = ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่าย (แบบเม็ด) ในอัตรา 1 กิโลกรัมต่อไร่ต้น, AL_1= ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่าย (แบบน้ำ) ในอัตรา 10 ลิตรต่อต้น, AS_2 = ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่าย (แบบเม็ด) ในอัตรา 2 กิโลกรัมต่อต้น, AL_2= ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่าย (แบบน้ำ) ในอัตรา 20 ลิตรต่อต้น

เครื่องหมาย + หมายถึงเปอร์เซ็นต์ที่เพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับผลวิเคราะห์ตัวอย่างดินของชุดควบคุม

เครื่องหมาย – หมายถึงเปอร์เซ็นต์ที่ลดลงเมื่อเทียบกับผลวิเคราะห์ตัวอย่างดินของชุดควบคุม

รูปที่ 2. แปลงทดสอบประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายในแปลงทดสอบชมพู่.

รูปที่ 3. สาหร่ายจากผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินเจริญเติบโตแพร่กระจายบริเวณโคนต้นชมพู่.

รูปที่ 4. ผลผลิตของชมพู่หลังจากใส่ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงจากสาหร่าย.

4. สรุปผลการทดลอง

การทดสอบประสิทธิภาพผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายในการปรับปรุงสภาพดินโดยใช้สายพันธุ์สาหร่าย 4 สายพันธุ์ คือ *Nostoc* sp. TISTR 8290, *Nostoc muscorum* TISTR 8871, *Nostoc* sp. TISTR 8873 และ *Nostoc muscorum* TISTR 9054 มาเป็นผลิตภัณฑ์ต้นแบบแบบเม็ด ดำเนินการทดสอบในแปลงทดสอบไม้ผล (ชมพู่) ตำบลจอหอ อำเภอเมืองนครราชสีมา จังหวัดนครราชสีมา จากผลการทดลองทั้งหมดสรุปได้ว่า

การวิเคราะห์ตัวอย่างดินหลังจากใส่ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายแล้ว 6 เดือน พบว่า การใส่ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่าย (แบบเม็ด) ในอัตรา 1 กิโลกรัมต่อต้น ร่วมกับปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 ในอัตรา 500 กรัมต่อต้น มีประสิทธิภาพในการปรับปรุงดินสูงกว่าชุดการทดลองอื่นๆ แต่ก็มีความใกล้เคียงกับชุดการทดลองที่ใส่ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่าย (แบบเม็ด) ในอัตรา 2 กิโลกรัมต่อต้นร่วมกับปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 ในอัตรา 500 กรัมต่อต้นและปุ๋ยชีวภาพไบโอฟอสก้า (จุลินทรีย์ละลายฟอสเฟต) ในอัตรา 1 กิโลกรัมต่อต้น.

เมื่อวิเคราะห์ตัวอย่างดินหลังการเก็บเกี่ยวผลผลิตแล้ว พบว่า ชุดการทดลองที่ใส่ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่าย (แบบเม็ด) ในอัตรา 2 กิโลกรัมต่อต้น ร่วมกับปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 ในอัตรา 500 กรัมต่อต้น และปุ๋ยชีวภาพไบโอฟอสก้า (จุลินทรีย์ละลายฟอสเฟต) ในอัตรา 1 กิโลกรัมต่อต้น เหมาะสมต่อการปลูกชมพู่เนื่องจากมีแนวโน้มในการเพิ่มประสิทธิภาพในการปรับปรุงดินอย่างต่อเนื่อง เมื่อพิจารณาจากผลการวิเคราะห์ดินทั้ง 3 ครั้ง (ก่อนทดสอบ, ภายหลังการทดสอบ 6 เดือน และหลังการเก็บเกี่ยวผลผลิต).

จากผลการวิเคราะห์ดินทั้งหมด พบว่า การใช้ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายร่วมกับปุ๋ยเคมี การใช้ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายร่วมกับปุ๋ยเคมี และปุ๋ยชีวภาพไบโอฟอสก้า (จุลินทรีย์ละลายฟอสเฟต) จะช่วยปรับปรุงคุณสมบัติของดินให้ดีขึ้นสูงกว่าการใช้ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียวอย่างเช่นที่เกษตรใช้เป็นประจำ.

เนื่องจากการปรับปรุงคุณสมบัติทางกายภาพของดินเป็นสิ่งที่ทำได้ยากและใช้เวลานาน แต่อย่างไรก็ตาม ผลการทดลองนี้ได้แสดงให้เห็นว่า การใส่ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายสามารถปรับปรุงคุณสมบัติทางกายภาพของดิน การใช้ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายนอกจากจะช่วยให้เกิดการใช้ประโยชน์พื้นที่เกษตรได้อย่างยั่งยืนแล้ว ยังช่วยก่อให้เกิดการผลิตผลไม้แบบเกษตรอินทรีย์ในอนาคตหากเกษตรกรใช้อย่างต่อเนื่อง พร้อมทั้งลดปริมาณการใช้ปุ๋ยเคมีลงอย่างต่อเนื่องเช่นเดียวกัน.

5. ข้อเสนอแนะ

ในการทดลองครั้งนี้แม้จะใช้ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายในปริมาณที่สูงเนื่องจากมีข้อจำกัดในเรื่องของเวลาและงบประมาณดำเนินการ แต่การใส่ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายนี้ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมี หรือการใส่ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายร่วมกับปุ๋ยเคมีและปุ๋ยชีวภาพไบโอฟอสก้า (จุลินทรีย์ละลายฟอสเฟต) ก็สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการปรับปรุงดินได้สูงกว่าการใช้ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว และเนื่องจากการปลูกไม้ผลซึ่งใช้เวลานานในการเก็บผลผลิต ดังนั้นการใช้ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายจึงมีความเหมาะสมเป็นอย่างมากเนื่องจากสาหร่ายจำเป็นต้องใช้ระยะเวลาในการเจริญเติบโตและหลั่งสารพอลิแซ็กคาไรด์ออกมาซึ่งช่วยในการปรับปรุงคุณสมบัติทางกายภาพของดินและเพิ่มปริมาณอินทรียวัตถุในดินอีกด้วย นอกจากนี้ยังควรศึกษาเพิ่มเติมในไม้ผลชนิดต่างๆ แหล่งเพาะปลูกหลายๆ พื้นที่ เพื่อรวบรวมข้อมูลที่จะนำไปประยุกต์ใช้ในพื้นที่ทำการเกษตรต่างๆ ได้อย่างกว้างขวาง.

นอกจากนี้ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายยังมีข้อได้เปรียบกว่าวัสดุปรับปรุงดินชนิดอื่นๆ เช่น ได้เปรียบปุ๋ยมูลหมูตรงที่ไม่มีกลิ่นเหม็น ดีกว่าปุ๋ยมูลวัวและมูลไก่ตรงที่ไม่มีเมล็ดวัชพืชติดมา และยังช่วยให้พืชทนต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมต่างๆ รวมทั้งการที่มีอุณหภูมิสูงขึ้น เช่นในปัจจุบันโดยการเก็บรักษาความชื้นไว้ในดินโดยสารพอลิแซ็กคาไรด์ที่หลั่งออกสู่ภายนอกเซลล์ซึ่งมีคุณสมบัติอุ้มน้ำได้ดี ช่วยให้ดินมีความชุ่มชื้นตลอดเวลาโดยที่วัสดุปรับปรุงดินชนิดอื่นไม่สามารถรักษาความชื้นไว้ในดินได้เหมือนกับผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่าย.

6. เอกสารอ้างอิง

กลุ่มงานพัฒนาระบบตรวจสอบคุณภาพดินและน้ำ. 2525. วิธีวิเคราะห์ดินทางเคมีและฟิสิกส์. กรุงเทพฯ: กลุ่ม วิจัยเกษตรเคมี สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กองเกษตรเคมี กรมวิชาการ เกษตร,.

กองสำรวจและจำแนกดิน. 2543. คู่มือการจำแนกความเหมาะสมของดินสำหรับพืชเศรษฐกิจของประเทศไทย. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

การปลูกชมพู่. 2553. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://www.doae.go.th/library/html/detail/chompu/chompu1.htm., [เข้าถึงเมื่อ 1 ตุลาคม 2552].

การวิเคราะห์ดินและการแปลความหมายในระดับห้องปฏิบัติการและไร่นา. 2553. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://202.143.150.50/suwanna/index2.htm., [เข้าถึงเมื่อ 1 ตุลาคม 2552].

เกษมศรี ซับซ้อน. 2541. ปฐพีวิทยา. พิมพ์ครั้งที่ 3. ลำพูน: ศูนย์ฝึกอบรมวิศวกรรมเกษตรลำพูน กองวิทยาลัยเกษตรกรรม กรมอาชีวศึกษา.

คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. 2549. คู่มือปฏิบัติการปฐพีวิทยาเบื้องต้นและวิทยาศาสตร์ทางดิน. พิมพ์ครั้งที่ 11. คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ทัศนีย์ อัตตะนันท์ และจงรักษ์ จันทร์เจริญสุข. 2542. คู่มือวิเคราะห์ดิน-พืช. กรุงเทพฯ: ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ธาตุอาหารพืชกับไม้ผล. 2553. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://trat.doae.go.th/data/pr/pr34.pdf., [เข้าถึงเมื่อ 1 ตุลาคม 2552].

มุกดา สุขสวัสดิ์. 2544. ความอุดมสมบูรณ์ของดิน. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์.

ศุภมาศ พนิชศักดิ์พัฒนา. 2529. จุลินทรีย์วิทยาของดินเพื่อเพิ่มผลผลิตทางการเกษตร. กรุงเทพฯ: ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อภิรดี อิ่มเอิบ. 2542. “แนวทางปรับคุณภาพทางเคมีของดินในประเทศไทย”. พัฒนาที่ดิน, **36**(376): หน้า 24-38.

อาภารัตน์ มหาขันธ์, จันทร์สว่าง นารินทร์, กัลยาลัง วัชรี, สัญญาณเสนาะ โสภาพรรณ และขันธโสภา สุพรรษา. 2551. วิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์จากสาหร่ายเพื่อการฟื้นฟูสภาพดินและการผลิตพืชอย่างยั่งยืน (ปีที่ 1) รายงานฉบับสมบูรณ์โครงการพัฒนาองค์ความรู้และศึกษานโยบายการจัดการทรัพยากรชีวภาพในประเทศไทย (โครงการ BRT). 76 หน้า

อาภารัตน์ มหาขันธ์. 2548. หนังสือชุด สาหร่ายน่ารู้ เทคโนโลยีสาหร่ายกับอนาคตการเกษตรของประเทศไทย. พิมพ์ครั้งที่ 1. สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย.

Hazelton, P. and Brian Murphy., 2007. Interpreting soil test results what do all the numbers mean. 2nd ed.

Land Classification Division and FAO Project Staff. 1973. Soil Interpretation Handbook for Thailand Land Development, Bangkok: Ministry of Agriculture and Cooperatives.

Mazor, G., Kidron, G.J., Vonshak, A., Abeliovich, A., 1996. The role of cyanobacterial exopolysaccharides in structuring desert microbial crusts. *FEMS Microbiology Ecology*. **21**, pp. 121-130.

Painter, T.J., 1993. Carbohydrate polymers in desert reclamation: the potential of microalgal biofertilizers. *Carbohydrate Polymers*. **20**, pp. 77-86.

Rodgers, G.A., Bergman, B., Henriksson, E. and Udris, M., 1979. Utilisation of blue-green algae as biofertilisers. *Plant and Soil*. **52**, pp. 99-107.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

วิธีวิเคราะห์ดิน (กลุ่มงานพัฒนาระบบตรวจสอบคุณภาพดินและน้ำ 2525)

1. ปริมาณอินทรียวัตถุในดินโดยวิธี Walkley and Black

<u>อุปกรณ์</u>

1. Erlenmeyer flask 250 มิลลิลิตร
2. Volumetric flask 1,000 มิลลิลิตร
3. Volumetric pipette 5 และ 10 มิลลิลิตร

การเตรียมสารเคมี

1. 1.0 N Potassium dichromate ($K_2Cr_2O_7$) 1,000 มิลลิลิตร

ละลาย $K_2Cr_2O_7$ (อบที่ 105°C 12 ชั่วโมง) หนัก 49.04 กรัม ในน้ำกลั่น ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นเป็น 1,000 มิลลิลิตร

2. 0.5 N Ferrous sulfate heptahydrate ($FeSO_4 \bullet 7H_2O$) 1,000 มิลลิลิตร

ละลาย $FeSO_4 \bullet 7H_2O$ หนัก 140 กรัม ในน้ำกลั่น 800 มิลลิลิตร เติม H_2SO_4 เข้มข้น ปริมาตร 15 มิลลิลิตร ทำให้เย็นแล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นเป็น 1,000 มิลลิลิตร เก็บสารละลายในขวดสีชาและปิดจุกให้แน่นเสมอ (สารละลายนี้เมื่อทิ้งไว้จะค่อยเสื่อมสภาพเนื่องจากเกิด oxidation ดังนั้นควรทำ standardize กับ $K_2Cr_2O_7$ ในการทำ blank ทุกครั้งที่ใช้)

3. Redox indicator 0.025 M O-phenathroline ferrous sulfate 100 มิลลิลิตร

ละลาย O-phenathroline หนัก 1.48 กรัม และ $FeSO_4.7H_2O$ หนัก 0.70 กรัม ในน้ำกลั่นปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นเป็น 100 มิลลิลิตร

วิธีการวิเคราะห์

1. ชั่งตัวอย่างดินซึ่งบดและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 0.5 มิลลิเมตร หนักประมาณ 0.5-2.0 กรัม ใส่ลงใน Erlenmeyer flask ขนาด 250 มิลลิลิตร บันทึกน้ำหนักดินที่ใช้ (ถ้าดินมีปริมาณอินทรียวัตถุมากจะใช้ตัวอย่างดินน้อย เช่น ถ้าเป็นดินเหนียวจะใช้ประมาณ 1.0 กรัม)

2. เติม $K_2Cr_2O_7$ เข้มข้น 1.0 N ปริมาตร 5 มิลลิลิตร ลงใน Erlenmeyer flask ที่บรรจุดินด้วย Volumetric pipette แล้วแกว่ง flask เบาๆ เพื่อให้ดินและสารละลายผสมกัน

3. เติม H_2SO_4 เข้มข้น ปริมาตร 10 มิลลิลิตร ตามลงไปโดยเร็ว แกว่ง flask ประมาณ 1-2 นาที ให้น้ำยาและดินผสมกันดีและไม่มีเม็ดดินเกาะอยู่ข้าง flask ตั้งทิ้งไว้ทำปฏิกิริยาเป็นเวลา 30 นาที

4. เติมน้ำกลั่นลงไป 15 มิลลิลิตร และหยด redox indicator 0.025 M O-phenathroline ferrous sulfate ลงไป 3 หยด

5. Titrate soil suspension ด้วย $FeSO_4 \bullet 7H_2O$ ความเข้มข้น 0.5 N จนสีของ suspension เปลี่ยนจากสีเขียวเป็นน้ำตาลปนแดง บันทึกปริมาตรของ $FeSO_4 \bullet 7H_2O$ ที่ใช้ในการ titrate ถ้าไทเทรตด้วย $FeSO_4 \bullet 7H_2O$ มากเกินไปให้เติม $K_2Cr_2O_7$ ลงไป 1 มิลลิลิตร แล้วไทเทรตด้วย $FeSO_4 \bullet 7H_2O$ อีกครั้งจนถึง end point บันทึกปริมาตร $FeSO_4 \bullet 7H_2O$ และ $K_2Cr_2O_7$ ที่ใช้ทั้งหมด

6. ทำ blank ซึ่งไม่มีตัวอย่างดินควบคู่กันไปและบันทึกปริมาตรของ $FeSO_4 \bullet 7H_2O$ และ $K_2Cr_2O_7$ ไว้เพื่อคำนวณหา normality ที่แท้จริงของ $FeSO_4 \bullet 7H_2O$

7. ในกรณีที่ต้องใช้ $FeSO_4 \bullet 7H_2O$ ในการไทเทรตน้อยกว่า 2 มิลลิลิตร ควรทำการวิเคราะห์ใหม่โดยลดปริมาณตัวอย่างให้น้อยลง

<u>สูตรในการคำนวณ</u>

$$\% \text{ Organic Carbon} = \frac{(\text{me } K_2Cr_2O_7 - \text{me } FeSO_4 \bullet 7H_2O) \times 0.003 \times 100 \times 1.33}{\text{Weight of sample in grams}}$$

$$\% \text{ อินทรียวัตถุ} = \% \text{ Organic Carbon} \times 1.72$$

2. ค่าปฏิกิริยาดิน (pH ของดิน)

อุปกรณ์

1. บิกเกอร์ ขนาด 50 มิลลิลิตร
2. แท่งแก้ว
3. pH meter

วิธีการวิเคราะห์

1. ชั่งดินที่ผึ่งแห้งและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 2 มิลลิเมตร ปริมาณ 10 กรัม ลงในบีกเกอร์ขนาด 50 มิลลิลิตร

2. เติมน้ำกลั่น 10 มิลลิลิตร ใช้แท่งแก้วคนเป็นครั้งคราวทิ้งไว้ประมาณ 30 นาที เพื่อทำปฏิกิริยากัน

3. ทำ standardize pH meter ด้วย buffer solution pH 7.0 และ 4.0 ก่อนการวัด pH ของดิน

4. วัด pH ของดินด้วยเครื่อง pH meter

3. ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด

อุปกรณ์

1. Analytical balance
2. Digestion apparatus
3. Digestion flask
4. Nitrogen distillation apparatus
5. Volumetric flask ขนาด 100 และ 1,000 มิลลิลิตร
6. Erlenmeyer flask ขนาด 50 มิลลิลิตร
7. Cylinder
8. Volumetric pipette
9. Buret 10 มิลลิลิตร

สารเคมี

1. Sulfuric acid (H_2SO_4) 95-97%

2. Catalyst mixture: ผสม K_2SO_4 : $CuSO_4$: Se powder อัตราส่วน 100:100:1 โดยน้ำหนัก

3. Sodium hydroxide (NaOH) 40% : ละลาย NaOH 400 กรัม ในน้ำกลั่น 1 ลิตร ทิ้งไว้ให้เย็น เก็บในภาชนะที่กันไม่ให้ CO_2 เข้าไปได้

4. Mixed indicator : ละลาย bromcresol green 0.033 กรัม และ methyl red 0.0165 กรัม ใน ethanol 50 มิลลิลิตร

5. Boric acid- indicator solution 2% ละลาย boric acid (H_3BO_3) ในน้ำร้อนประมาณ 700 มิลลิลิตร ทิ้งไว้ให้เย็นเทใส่ volumetric flask ขนาด 1,000 มิลลิลิตร บรรจุเอทานอล 200 มิลลิลิตร แล้วเท mixed indicator 20 มิลลิลิตร ลงไป เขย่าของผสมให้เข้ากัน แล้วใช้ 0.05 N NaOH ค่อยๆ หยดลงไปในสารละลาย เพื่อปรับสารละลายให้มี pH ประมาณ 5 ซึ่งทดสอบได้โดยนำสารละลายที่ปรับ pH แล้วนี้มา 1 มิลลิลิตร ผสมกับน้ำกลั่น 1 มิลลิลิตร (อาจต้องดำเนินการทดสอบหลายๆ ครั้ง) เมื่อสีของสารละลายที่ทดสอบเปลี่ยนเป็นสีเขียวอ่อน (pale green) แสดงว่าสารละลายมี pH ประมาณ 5 แล้วให้เติมน้ำกลั่นจนสารละลายใน volumetric flask มีปริมาตรครบ 1 ลิตร

6. Standard sulfuric acid (H_2SO_4) 0.02-0.05 N

วิธีการวิเคราะห์

1. การย่อยดิน : ชั่งตัวอย่างดินซึ่งผ่านตะแกรงร่อนขนาด 0.2-0.5 มิลลิเมตร หนัก 1.0-2.0 กรัม ใส่ใน kjeldahl flask ขนาด 100 มิลลิลิตร การเทตัวอย่างดินลงใน flask ระวังอย่าให้ดินหกหรือติดอยู่ที่คอขวด เติม catalyst (ประมาณ 1 กรัม) แล้วเติม Conc. H_2SO_4 จำนวน 5-10 มิลลิลิตร ลงไป เขย่า flask เบาๆ เพื่อให้ดินและกรดผสมเข้าด้วยกัน นำไปวางบนเตา digest ต้มด้วยไฟอ่อนๆ ในระยะแรกแล้วเพิ่มไฟให้แรงขึ้น ขณะ digest ควรหมุน flask ไปรอบๆ เป็นครั้งคราว เพื่อช่วยให้มีการคลุกเคล้ากันดีขึ้น เมื่อสีของเหลวใน flask เริ่มใสเคี่ยวต่อไปอีกประมาณ 20-30 นาที จึงยก flask ออกจากเตา digest ปล่อย flask ทิ้งไว้ให้เย็นค่อยๆ รินน้ำกลั่น 10-20 มิลลิลิตร ลงไปรอบๆ คอ flask ของเหลวจะร้อนขึ้น ปล่อยของเหลวให้เย็นถ่ายใส่ v0lumetric flask 100 มิลลิลิตร เมื่อของเหลวเย็นเท่าอุณหภูมิห้อง ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นจนครบ 100 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันทิ้งไว้จนดินตกตะกอน นำของเหลวใสข้างบนไปกลั่น ในการวิเคราะห์ทุกครั้งจะต้องทำ blank ซึ่งไม่มีตัวอย่างดินร่วมด้วย

2. การกลั่น : รินน้ำยา H_3BO_3 ประมาณ 5 มิลลิลิตร ใส่ Erlenmeyer flask ขนาด 50 มิลลิลิตร แล้วนำไปวางที่ใต้ก้าน condenser ของเครื่องกลั่นแล้วใช้ volumetric pipette ดูดสารละลายที่ digest ได้จำนวน 10-20 มิลลิลิตร ใส่ distillation flask เติมน้ำยา NaOH 40% จำนวน 10 มิลลิลิตร ลงไปกลั่น จนได้ของเหลวซึ่งมีสีเขียวประมาณ 35 มิลลิลิตร

3. การไทเทรต : ไตเตรทของเหลวที่กลั่นได้ด้วย standard H_2SO_4 สีของของเหลวจะเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีม่วงแดง ที่จุดเริ่มสีม่วงแดงนี้จะเป็น end point บันทึกปริมาณของกรดที่ใช้ไตเตรท blank ตัวอย่างดิน

4. คำนวณหาปริมาณไนโตรเจน จากสูตร

$$\% \text{ Total N} = \frac{\text{A} \times \text{ความเข้มข้นที่แน่นอนของกรดที่ใช้ในการไตเตรท (N)} \times 14}{\text{น้ำหนักตัวอย่างดิน}}$$

4. ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน (available phosphorus)

การเตรียมสารเคมี

1. 0.5 N HCl

ละลาย conc. HCl (37%) 40.4 มิลลิลิตร ในน้ำกลั่นแล้วปรับปริมาตรเป็น 1,000 มิลลิลิตร

2. 1 N NH_4F

ละลาย NH_4F 3.7 กรัม ในน้ำกลั่นแล้วปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร

3. น้ำยาสกัด Bray no.2

ผสม 0.5 N HCl 100 มิลลิลิตร และ 1 N NH_4F 15 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรให้เป็น 500 มิลลิลิตร

4. Merphy's reagent

ละลาย ammonium molybdate 12 กรัม และ potallium antimony tartate 0.075 กรัม ในน้ำกลั่น 500 มิลลิลิตร ค่อยๆ เติม conc. H_2SO_4 140 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันแล้วปรับปริมาตรเป็น 1,000 มิลลิลิตร เก็บไว้ในขวดสีชา และสารละลายนี้ให้เตรียมใหม่ทุกๆ 2 เดือน

5. 2% H_3BO_3 2 กรัม

ละลาย H_3BO_3 2 กรัม ในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร

6. 2.5% Ascorbic acid

ละลาย L+ Ascorbic acid 2.5 กรัม ในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร สารละลายนี้ให้เตรียมใหม่ทุกครั้งที่ใช้

7. สารละลายมาตรฐานฟอสฟอรัส (P) 10 พีพีเอ็ม

ละลาย KH_2PO_4 (AR grade, อบที่ 105°C) 0.4393 กรัม ในน้ำกลั่น แล้วปรับปริมาตรให้เป็น 1,000 มิลลิลิตร สารละลายนี้มีความเข้มข้น 100 พีพีเอ็ม จากนั้นเจือจางให้มีความเข้มข้น 10 พีพีเอ็ม โดยปิเปตต์ 10 มิลลิลิตร ของสารละลายนี้ ใส่ในขวดปริมาตร 100 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตร

วิธีการวิเคราะห์

1. ชั่งตัวอย่างดินที่ร่อนผ่านตะแกรง 2 มิลลิเมตร จำนวน 5.00 กรัม ใส่ใน Erlenmeyer flask ขนาด 125 มิลลิลิตร

2. เติมน้ำยาสกัด Bray No.2 50 มิลลิลิตร ปิดปาก flask โดยใช้จุกยาง

3. เขย่าเป็นเวลา 1 นาที

4. กรองทันทีผ่านกระดาษกรองเบอร์ 5 เก็บสารละลายที่กรองไว้หาฟอสฟอรัส

5. ดูดตัวอย่างที่กรองมา 5 มิลลิลิตรใส่ในขวดปริมาตรขนาด 25 มิลลิลิตร เติม 2% H_3BO_3 5 มิลลิลิตร Murphy reagent 2 มิลลิลิตร และ 2.5% Ascorbic acid 1 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรให้เป็น 25 มิลลิลิตร (สีของสารละลายจะเป็นสีน้ำเงิน)

6. เตรียมชุดของสารละลายมาตรฐานให้มีความเข้มข้น 0, 0.4, 0.8, 1.2, 1.6, 2.0 พีพีเอ็ม โดยการปิเปตต์ 10 พีพีเอ็ม เท่ากับ 0, 1, 2, 3, 4, 5 มิลลิลิตร ตามลำดับ ใส่ในขวดปริมาตรขนาด 25 มิลลิลิตร เติม 2% H_3BO_3 5 มิลลิลิตร Murphy reagent 2 มิลลิลิตร และ 2.5% Ascorbic acid 1 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรให้เป็น 25 มิลลิลิตร

7. ตั้งทิ้งไว้อย่างน้อย 10 นาที เพื่อให้เกิดสีอย่างสมบูรณ์ (สีน้ำเงินจะคงที่อยู่ได้ 24 ชั่วโมง)

8. วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 870 นาโนเมตร โดยใช้เครื่อง spectrophotometer (อ้างถึง WI-FTC-30)

9. การคำนวณปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน (available P)

$$\text{Avai.P (mg/kg)} = \frac{A \times B \times C}{D \times E}$$

A = ปริมาตรน้ำยาBray No.2 ที่ใช้สกัด (มิลลิลิตร)

B = ปริมาตรขวดที่ใช้เจือจาง (มิลลิลิตร)

C = ปริมาณฟอสฟอรัสที่อ่านได้จากกราฟ (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)

D = น้ำหนักดินที่ใช้สกัด (กรัม)

E = ปริมาตรสิ่งสกัดที่นำมาเจือจาง

5. ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก

อุปกรณ์

1. Bucher funnels
2. Erlenmeyer flask
3. กระบอกน้ำพลาสติกมีท่อ
4. Beaker
5. Volumetric flask
6. Volumetric pipet
7. ขวดพลาสติกสำหรับใส่ตัวอย่างสารละลาย
8. กระบอกตวง
9. เครื่องชั่ง
10. Kjeldahl distillation apparatus (เครื่องกลั่นไนโตรเจน)
11. เครื่อง suction
12. Hot plate
13. auto pipet

การเตรียมสารเคมี

1. Ammonium acetate (NH_4OAc)

เตรียมสารละลาย NH_4OAc 680 มิลลิลิตร ทำให้เจือจางด้วยน้ำ 5 ลิตร เติมกรดแอซีติก 565 มิลลิลิตร ลงไปแล้วเติมน้ำกลั่นลงไปให้มีปริมาตรครบ 10 ลิตร คนน้ำยาให้เข้ากัน ปรับ pH ของน้ำยาให้เป็นกลาง (pH 7.0) โดยใช้สารละลายที่เจือจางของ ammonium hydroxide หรือ acetic acid

2. Isopropyl alcohol, 99%

3. Ammonium chloride (NH_4Cl), 1 N

เตรียมสารละลาย NH_4Cl จำนวน 53.5 กรัม ในน้ำกลั่น 800 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรให้เป็น 1 ลิตร ด้วยน้ำกลั่น ปรับ pH 7.0 ด้วย NH_4OH หรือ NH_4OAc

4. Ammonium chloride (NH_4Cl), 0.25 N

เตรียมสารละลาย NH_4Cl จำนวน 13.375 กรัม ในน้ำกลั่น 800 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรให้เป็น 1 ลิตร ด้วยน้ำกลั่น ปรับ pH ให้เป็น 7.0 ด้วย NH_4OH หรือ NH_4OAc ที่เจือจาง

5. Ammonium oxalate, 10%

ละลาย $(NH_4)_2C_2O_4 \bullet H_2O$ จำนวน 10 กรัม ในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร

6. Diluted ammonium hydroxide (NH_4OH)

ใช้ NH_4OH เข้มข้นผสมกับน้ำในอัตราส่วน 1:1

7. Silver nitrate ($AgNO_3$), 0.10 N

ละลาย $AgNO_3$ จำนวน 1.698 กรัม ในน้ำกลั่น แล้วปรับปริมาตรให้เป็น 100 มิลลิลิตร ใน volumetric flask

8. 10% Sodium chloride acidified

ละลาย NaCl จำนวน 100 กรัม ในน้ำกลั่น 1,000 มิลลิลิตร หยด conc. HCl 0.5 มิลลิลิตร เขย่าให้ทั่วถึง

9. Sodium hydroxide (NaOH) 1 N

ชั่ง NaOH 40 กรัม ละลายน้ำกลั่นแล้วปรับปริมาตรให้เป็น 1,000 มิลลิลิตร

10. Boric acid-indicator solution

11. Standard sulfuric acid (H_2SO_4), 0.1 N

ปิเปตต์ conc. H_2SO_4 2.8 มิลลิลิตร ลงใน volumetric flask ขนาด 1 ลิตร ที่มีน้ำกลั่นประมาณ 950 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรเป็น 1,000 มิลลิลิตร จากนั้นนำไปหาค่าความเข้มข้นที่แน่นอน

วิธีการวิเคราะห์

1. การไล่ที่ exchangeable cation ด้วย NH_4OAc

1.1 ชั่งดินที่ผ่านตะแกรงร่อนขนาด 2 มิลลิเมตร หนัก 5 กรัม ใส่ใน Erlenmeyer flask ขนาด 125 มิลลิลิตร เติม 1 N NH_4OAc pH 7 จำนวน 50 มิลลิลิตร เขย่าดินและน้ำยาให้เข้ากัน แล้วทิ้งไว้ค้างคืน

1.2 กรองดินด้วย suction โดยใช้ Buchner funnel (ระวังอย่าให้ดินแห้ง) ล้างดินด้วย 1 N NH_4OAc ระวังอย่าให้ปริมาตรสารละลายที่กรองได้เกิน 100 มิลลิลิตร หากเกิดให้ปริมาตรเป็น 200 มิลลิลิตร แล้วนำไปวัดปริมาณ K, Ca, Mg, Na (ต้องล้างดินจนไม่มี Ca ออกมาในสารละลาย ทดสอบโดยนำสารละลายที่กรองได้ครั้งสุดท้าย ซึ่งรองรับจากปากกรวย 10 มิลลิลิตร หยด 1 N NH_4OAc, 10% NH_4^+ oxalate, dilute NH_4OH 2-3 หยด นำไปทำให้ร้อนจนเกือบเดือด ถ้ามี Ca จะเห็นตะกอนขุ่นเกิดขึ้น)

2. การล้าง NH_4 ที่ค้างอยู่ตามช่องว่างของดิน

เปลี่ยน Suction flask ใหม่ ล้างดินที่อยู่ด้วย 1 N NH_4Cl pH 7 จำนวน 4 ครั้ง หลังจากนั้นล้างดินด้วย isoqvopyl alcohol 99% เพื่อไล่ NH_4 ที่อาจติดข้างกรวยและจุก (นำสารละลายจากการล้างครั้งสุดท้าย ทดสอบด้วย 0.1 N $AgNO_3$ จนไม่มีตะกอนขาว)

3. การแทนที่ adsorbed NH_4^+ ด้วย Na

เปลี่ยน suction flask ใหม่ ล้างดินที่เหลือด้วย acidified NaCl สารละลายที่กรองได้มีปริมาตรปริมาณ 200 มิลลิลิตร ปรับให้เป็น 250 มิลลิลิตร แล้วนำไปวิเคราะห์หา NH_4 ด้วยการกลั่น

4. การกลั่น NH_3

กลั่นหาปริมาณ NH_3 โดยเก็บ NH_3 ไว้ในกรดบอริก (H_3BO_3) ที่อิ่มตัวจำนวน 5 มิลลิลิตร ซึ่งบรรจุอยู่ใน flask ขนาด 125 มิลลิลิตร กลั่นประมาณ 7 นาที ไตเตรทหาปริมาณ NH_3 ในกรดบอริกโดยใช้ 0.1 N H_2SO_4

<u>สูตรคำนวณหา CEC</u>

$$\text{CEC } (cmolkg^{-1}) = \frac{\text{มิลลิลิตร } H_2SO_4 \text{ ที่ใช้ x N ของ } H_2SO_4 \text{ x100}}{\text{น้ำหนักของดินตัวอย่างที่ใช้ (กรัม)}}$$

6. ความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน (water holding capacity)

อุปกรณ์

1. Keen box ที่ทราบน้ำหนัก (A) และปริมาตรแล้ว
2. Spatula
3. เครื่องสำหรับอัดดิน
4. ถาดสำหรับใส่น้ำ

วิธีการวิเคราะห์

1. นำ Keen box ซึ่งทราบปริมาตรและน้ำหนักแล้ว (A) ไปรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1
2. วาง Keen box บนเครื่องอัดดิน ใส่ดินลงใน Keen box หมุนเครื่องอัดดินช้าๆ 10 ครั้ง เพื่อให้ดินเรียงตัวกันอย่างอัดแน่น
3. ใช้ Spatula ปาดดินให้เสมอกับผิวหน้าของ Keen box
4. นำ Keen box ซึ่งมีดินนี้แช่ลงในถาดที่มีน้ำกลั่นอยู่ทิ้งไว้ค้างคืน
5. นำ Keen box ไปวางบนผ้าเช็ดตัวชื้นๆ ประมาณ 30 นาที
6. นำ Keen box จากข้อ 5. ไปชั่งทันที จดน้ำหนักไว้เป็น น้ำหนักดินก่อนอบ + น้ำหนัก Keen box (B)
7. จากข้อ 6. นำ Keen box ไปอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส ประมาณ 16-24 ชั่วโมง
8. นำ Keen box จากข้อ 7. ไปทำให้เย็นใน Desiccator ชั่งจดน้ำหนักไว้เป็นน้ำหนักดินหลังอบ + น้ำหนัก Keen box (C)

วิธีการคำนวณ

$$\% \text{ water holding capacity} = \frac{B - C}{C - A}$$

7. ความเสถียรของเม็ดดินต่อแรงกระทำของน้ำ (Aggregate stability)

อุปกรณ์

1. ตะแกรงร่อนดิน ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 มิลลิเมตร
2. เครื่อง Aggregate analyzer
3. ตะแกรงรอนดิน ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.25 มิลลิเมตร
4. ตู้อบ

วิธีการวิเคราะห์

1. นำตัวอย่างดินที่ร่อนผ่านตะแกรงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1-5 มิลลิเมตร (air-dried soil) หนัก 30 กรัม

2. นำไปร่อนผ่านตะแกรงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.25 มิลลิเมตร ของเครื่อง Aggregate analyzer ปรับระดับน้ำให้ถึงตำแหน่งของเม็ดดินที่อยู่ในตะแกรง หมุนด้วยความเร็ว 30 รอบต่อนาที เป็นเวลา 5 นาที

3. นำเม็ดดินที่ค้างอยู่บนตะแกรงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.25 มิลลิเมตรไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ต่อจากนั้นนำไปชั่งน้ำหนัก

4. ทำเม็ดดินดังกล่าวนี้ให้เปียกด้วยน้ำกลั่น และทำให้แตกออกโดยใช้นิ้วบี้ นำไปร่อนผ่านตะแกรงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.25 มิลลิเมตร และนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส อีกครั้ง ต่อจากนั้นนำไปชั่งน้ำหนัก

สูตรในการคำนวณ

$$\text{Aggregate stability (\%)} = \frac{\text{น้ำหนักเม็ดดินที่ค้างบนตะแกรง (กรัม)- น้ำหนักแร่ที่ค้างบนตะแกรง (กรัม)} \times 100}{\text{น้ำหนักของตัวอย่างดิน (กรัม)}}$$

ภาคผนวก ข

ตารางภาคผนวกที่ 1. ระดับของค่าวิเคราะห์ดินที่ใช้ในการประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดิน

ระดับของธาตุอาหาร	ปริมาณอินทรียวัตถุ (ร้อยละ)	ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (เซนติโมลต่อกิโลกรัมดิน)	ความอิ่มตัวด้วยด่างของดิน (ร้อยละ)	ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)	ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)
ต่ำ	<1.5 (1)	<10 (1)	<35 (1)	<10 (1)	<60 (1)
ปานกลาง	1.5-3.5 (2)	10-20 (2)	35-75 (2)	10-25 (2)	60-90 (2)
สูง	>3.5 (3)	>20 (3)	>75 (3)	>25 (3)	>90 (3)

ที่มา: กองสำรวจและจำแนกดิน 2543

หมายเหตุ:

ตัวเลขในวงเล็บคือคะแนนของแต่ละระดับค่าวิเคราะห์

ระดับของธาตุอาหารต่ำให้ 1 คะแนน

ระดับของธาตุอาหารปานกลางให้ 2 คะแนน

ระดับของธาตุอาหารสูงให้ 3 คะแนน

นำผลคะแนนของแต่ละค่าวิเคราะห์มารวมกันเพื่อประเมินระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินดังนี้

ก. คะแนนรวมของระดับค่าวิเคราะห์ ได้ 5-7 คะแนน ดินมีระดับความอุดมสมบูรณ์ต่ำ

ข. คะแนนรวมของระดับค่าวิเคราะห์ ได้ 8-12 คะแนน ดินมีระดับความอุดมสมบูรณ์ปานกลาง

ค. คะแนนรวมของระดับค่าวิเคราะห์ ได้ 13-15 คะแนน ดินมีระดับความอุดมสมบูรณ์สูง