วว.

โครงการวิจัยที่ ภ. 52-01 /รายงานฉบับที่ 1

# แปลงทดลองสาธิตวัสดุปรับปรุงดินจากสาหร่าย :

## การทดสอบประสิทธิภาพผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่าย ในแปลงพืชผักสวนครัวของเกษตรกร

สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย
กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

**สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย**

**โครงการวิจัยที่ ภ. 52-01**

**แปลงทดลองสาธิตวัสดุปรับปรุงดินจากสาหร่าย :**
**การทดสอบประสิทธิภาพผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่าย**
**ในแปลงพืชผักสวนครัวของเกษตรกร**

# รายงานฉบับที่ 1

# แปลงทดลองสาธิตวัสดุปรับปรุงดินจากสาหร่าย :
# การทดสอบประสิทธิภาพผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่าย
# ในแปลงพืชผักสวนครัวของเกษตรกร

**โดย**

**อาภารัตน์ มหาขันธ์**

**สุพรรษา ขันธโสภา**

**เจริญไชย หมอปาน**

**อานนท์ คำยนต์**

**สุภาพ อัจฉริยศรีพงศ์**

บรรณาธิการ

นฤมล รื่นไวย์

ลิขิต หาญจางสิทธิ์

ปฐมสุดา สำเร็จ

วว., กรุงเทพฯ 2553

สงวนลิขสิทธิ์

รายงานฉบับนี้ได้รับการอนุมัติให้พิมพ์โดย
ผู้ว่าการสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย

(นางเกษมศรี หอมชื่น)
ผู้ว่าการ

# กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ คุณกันยา รอดวินิจ และคุณจรูญ เตียงช่างรัมย์ เกษตรกรที่ให้ความร่วมมือในการให้ใช้พื้นที่แปลงผักเพื่อทดสอบประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่าย

ขอขอบพระคุณสำนักงานเกษตรจังหวัดนครราชสีมา สำนักงานเกษตรอำเภอเมืองนครราชสีมา, สำนักงานเกษตรตำบลในเมือง และตำบลจอหอ, ที่ให้ความอนุเคราะห์จัดหาพื้นที่แปลงทดสอบเพื่อการทำงานวิจัย.

และขอขอบพระคุณ  คุณศุภพล พลางกูร ผู้อำนวยการสำนักวิทยาศาสตร์ เพื่อการพัฒนาที่ดิน, คุณดรุณี ชัยโรจน์ และคุณจิราวุฒิ เวียงวงษ์งาม จากส่วนวิจัยกายภาพดิน สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน, ที่อนุเคราะห์เครื่องมือและห้องปฏิบัติการเพื่อการวิเคราะห์ความเสถียรของเม็ดดินต่อแรงกระทำของน้ำซึ่งเป็นตัวแปรหนึ่งที่ใช้ในการประเมินประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่าย.

# สารบัญ

หน้า


| | |
|---|---|
| กิตติกรรมประกาศ | ก |
| สารบัญตาราง | ค |
| สารบัญรูป | ซ |
| ABSTRACT | 1 |
| บทคัดย่อ | 2 |
| 1. บทนำ | 4 |
| 2. วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ | 6 |
| 3. ผลการทดลองและวิจารณ์ | 16 |
| 4. สรุปผลการทดลอง | 149 |
| 5. ข้อเสนอแนะ | 150 |
| 6. เอกสารอ้างอิง | 151 |
| ภาคผนวก | 153 |

# สารบัญตาราง

หน้า


ตารางที่ 1. คุณสมบัติบางประการของดินที่นำมาศึกษาก่อนการใส่ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายในแปลงทดสอบผักกวางตุ้งใบ 16

ตารางที่ 2. การเจริญเติบโตทางด้านความสูงระยะก่อนเก็บเกี่ยว และจำนวนใบของต้นกวางตุ้งใบ 20

ตารางที่ 3. ผลผลิตมวลชีวภาพ (น้ำหนักสด) ส่วนเหนือพื้นดิน, ราก และผลผลิตรวมของต้นกวางตุ้งใบ 22

ตารางที่ 4. ผลผลิตมวลชีวภาพ (น้ำหนักแห้ง) ส่วนเหนือพื้นดิน, ราก และสัดส่วนมวลชีวภาพเหนือพื้นดินและรากของต้นกวางตุ้งใบ 24

ตารางที่ 5. การเจริญเติบโตและผลผลิตของต้นกวางตุ้งใบที่เพิ่มขึ้น (เปอร์เซ็นต์) เมื่อเทียบกับชุดควบคุม 25

ตารางที่ 6. ค่าใช้จ่ายผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายและปุ๋ยเคมี และผลตอบแทนทางเศรษฐกิจของการใช้ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายและปุ๋ยเคมีในอัตราต่างๆ ต่อผลผลิตของผักกวางตุ้งใบ 26

ตารางที่ 7. คุณสมบัติบางประการที่เปลี่ยนแปลงของดินที่นำมาศึกษาหลังการใส่ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายของแปลงทดสอบผักกวางตุ้งใบ 32

ตารางที่ 8. คุณสมบัติบางประการที่เปลี่ยนแปลงของดินที่นำมาศึกษาหลังการใส่ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายของแปลงทดสอบผักกวางตุ้งใบเมื่อเทียบกับตัวอย่างดินก่อนการทดสอบ (เปอร์เซ็นต์) 33

ตารางที่ 9. คุณสมบัติบางประการที่เปลี่ยนแปลงของดินที่นำมาศึกษาหลังการใส่ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายของแปลงทดสอบผักกวางตุ้งใบเมื่อเทียบกับชุดควบคุม (เปอร์เซ็นต์) 34

ตารางที่ 10. การเจริญเติบโตทางด้านความสูง และจำนวนใบต่อต้นระยะก่อนเก็บเกี่ยวของต้นผักกาดหอม 41

ตารางที่ 11. ผลผลิตมวลชีวภาพ (น้ำหนักสด) ส่วนเหนือพื้นดิน, ราก และ ผลผลิตรวมของต้นผักกาดหอม 43

# สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า


| | | |
|---|---|---|
| ตารางที่ 12. | ผลผลิตมวลชีวภาพ (น้ำหนักแห้ง) ส่วนเหนือพื้นดิน, ราก และสัดส่วนมวลชีวภาพเหนือพื้นดินและรากของต้นผักกาดหอม | 45 |
| ตารางที่ 13. | การเจริญเติบโตและผลผลิตของต้นผักกาดหอมที่เพิ่มขึ้น (เปอร์เซ็นต์) เมื่อเทียบกับชุดควบคุม | 46 |
| ตารางที่ 14. | ค่าใช้จ่ายผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายและปุ๋ยเคมี และผลตอบแทนทางเศรษฐกิจของการใช้ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายและปุ๋ยเคมีในอัตราต่างๆ ต่อผลผลิตของผักกาดหอม | 48 |
| ตารางที่ 15. | คุณสมบัติบางประการที่เปลี่ยนแปลงของดินที่นำมาศึกษาหลังการใส่ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายของแปลงทดสอบผักกาดหอม | 54 |
| ตารางที่ 16. | คุณสมบัติบางประการที่เปลี่ยนแปลงของดินที่นำมาศึกษาหลังการใส่ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายของแปลงทดสอบผักกาดหอม เมื่อเทียบกับตัวอย่างดินก่อนการทดสอบ (แปลงทดสอบผักกวางตุ้งใบเดิม) (เปอร์เซ็นต์) | 55 |
| ตารางที่ 17. | คุณสมบัติบางประการที่เปลี่ยนแปลงของดินที่นำมาศึกษาหลังการใส่ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายของแปลงทดสอบผักกาดหอม เมื่อเทียบกับชุดควบคุม (เปอร์เซ็นต์) | 56 |
| ตารางที่ 18. | สมบัติบางประการของดินที่นำมาศึกษาก่อนการใส่ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายในแปลงทดสอบผักคะน้า | 58 |
| ตารางที่ 19. | การเจริญเติบโตทางด้านความสูงระยะก่อนเก็บเกี่ยวและจำนวนใบของต้นผักคะน้า | 62 |
| ตารางที่ 20. | ผลผลิตมวลชีวภาพ (น้ำหนักสด) ส่วนเหนือพื้นดิน, ราก และผลผลิตรวมของต้น ผักคะน้า | 64 |
| ตารางที่ 21. | ผลผลิตมวลชีวภาพ (น้ำหนักแห้ง) ส่วนเหนือพื้นดิน, ราก และสัดส่วนมวลชีวภาพเหนือพื้นดินและรากของต้นผักคะน้า | 66 |
| ตารางที่ 22. | การเจริญเติบโตและผลผลิตของต้นผักคะน้าที่เพิ่มขึ้น (เปอร์เซ็นต์) เมื่อเทียบกับชุดควบคุม | 67 |

# สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า


ตารางที่ 23. ค่าใช้จ่ายผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายและปุ๋ยเคมี และผลตอบแทนทางเศรษฐกิจของการใช้ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายและปุ๋ยเคมีในอัตราต่าง ๆ ต่อผลผลิตของผักคะน้า 69

ตารางที่ 24. คุณสมบัติบางประการที่เปลี่ยนแปลงของดินที่นำมาศึกษาหลังการใส่ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายของแปลงทดสอบผักคะน้า 75

ตารางที่ 25. คุณสมบัติบางประการที่เปลี่ยนแปลงของดินที่นำมาศึกษาหลังการใส่ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายของแปลงทดสอบผักคะน้าเมื่อเทียบกับตัวอย่างดินก่อนการทดสอบ (เปอร์เซ็นต์) 76

ตารางที่ 26. คุณสมบัติบางประการที่เปลี่ยนแปลงของดินที่นำมาศึกษาหลังการใส่ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายของแปลงทดสอบผักคะน้าเมื่อเทียบกับชุดควบคุม (เปอร์เซ็นต์) 77

ตารางที่ 27. การเจริญเติบโตทางด้านความสูงระยะก่อนเก็บเกี่ยว และจำนวนใบของต้นกวางตุ้งดอก 84

ตารางที่ 28. ผลผลิตมวลชีวภาพ (น้ำหนักสด) เหนือพื้นดิน, ราก และ ผลผลิตรวมของต้นกวางตุ้งดอก 86

ตารางที่ 29. ผลผลิตมวลชีวภาพ (น้ำหนักแห้ง) เหนือพื้นดิน, ราก และสัดส่วนมวลชีวภาพเหนือพื้นดินและรากของต้นกวางตุ้งดอก 88

ตารางที่ 30. การเจริญเติบโตและผลผลิตของต้นผักกวางตุ้งดอกที่เพิ่มขึ้น (เปอร์เซ็นต์) เมื่อเทียบกับชุดควบคุม 89

ตารางที่ 31. ค่าใช้จ่ายผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายและปุ๋ยเคมี และผลตอบแทนทางเศรษฐกิจของการใช้ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายและปุ๋ยเคมีในอัตราต่าง ๆ ต่อผลผลิตของผักกวางตุ้งดอก 91

ตารางที่ 32. คุณสมบัติบางประการที่เปลี่ยนแปลงของดินที่นำมาศึกษาหลังการใส่ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายของแปลงทดสอบผักกวางตุ้งดอก 97

# สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า


| | | |
|---|---|---|
| ตารางที่ 33. | คุณสมบัติบางประการที่เปลี่ยนแปลงของดินที่นำมาศึกษาหลังการใส่ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายของแปลงทดสอบผักกวางตุ้งดอกเมื่อเทียบกับดินก่อนการทดสอบ (แปลงทดสอบผักคะน้าเดิม) (เปอร์เซ็นต์) | 98 |
| ตารางที่ 34. | คุณสมบัติบางประการที่เปลี่ยนแปลงของดินที่นำมาศึกษาหลังการใส่ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายของแปลงทดสอบผักกวางตุ้งดอกเมื่อเทียบกับชุดควบคุม (เปอร์เซ็นต์) | 99 |
| ตารางที่ 35. | สมบัติบางประการของดินที่นำมาศึกษาก่อนการใส่ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายในแปลงทดสอบผักกะหล่ำปลี | 104 |
| ตารางที่ 36. | การเจริญเติบโตทางด้านความสูง เส้นผ่าศูนย์กลาง และเส้นรอบวงของกะหล่ำปลี | 109 |
| ตารางที่ 37. | น้ำหนักต่อหัวของกะหล่ำปลี, อัตราส่วนประสิทธิภาพการห่อปลี, ความหนาแน่นปลี และดัชนีรูปร่างของกะหล่ำปลี | 111 |
| ตารางที่ 38. | น้ำหนักผลผลิตสดก่อนการตัดแต่ง, น้ำหนักใบที่ไม่ห่อปลีของกะหล่ำปลี และผลผลิตรวม | 113 |
| ตารางที่ 39. | การเจริญเติบโตและผลผลิตของกะหล่ำปลีที่เพิ่มขึ้น (เปอร์เซ็นต์) เมื่อเทียบกับชุดควบคุม | 114 |
| ตารางที่ 40. | ค่าใช้จ่ายผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายและปุ๋ยเคมี และผลตอบแทนทางเศรษฐกิจของการใช้ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายและปุ๋ยเคมีในอัตราต่างๆ ต่อผลผลิตของผักกะหล่ำปลี | 116 |
| ตารางที่ 41. | คุณสมบัติบางประการที่เปลี่ยนแปลงของดินที่นำมาศึกษาหลังการใส่ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายของแปลงทดสอบผักกะหล่ำปลี | 122 |
| ตารางที่ 42. | คุณสมบัติบางประการที่เปลี่ยนแปลงของดินที่นำมาศึกษาหลังการใส่ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายของแปลงทดสอบผักกะหล่ำปลีเมื่อเทียบกับตัวอย่างดินก่อนการทดสอบ (เปอร์เซ็นต์) | 123 |

# สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า


| | | |
|---|---|---|
| ตารางที่ 43. | คุณสมบัติบางประการที่เปลี่ยนแปลงของดินที่นำมาศึกษาหลังการใส่ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายของแปลงทดสอบผักกะหล่ำปลีเมื่อเทียบชุดควบคุม (เปอร์เซ็นต์) | 124 |
| ตารางที่ 44. | สมบัติบางประการของดินที่นำมาศึกษาก่อนการใส่ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายในแปลงทดสอบผักถั่วฝักยาว | 129 |
| ตารางที่ 45. | การเจริญเติบโตทางด้านความยาวฝัก, น้ำหนักต่อฝักและผลผลิตรวมของถั่วฝักยาว | 134 |
| ตารางที่ 46. | ผลผลิตของต้นถั่วฝักยาวที่เพิ่มขึ้น (เปอร์เซ็นต์) เมื่อเทียบกับชุดควบคุม | 135 |
| ตารางที่ 47. | ค่าใช้จ่ายผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายและปุ๋ยเคมี และผลตอบแทนทางเศรษฐกิจของการใช้ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายและปุ๋ยเคมีในอัตราต่าง ๆ ต่อผลผลิตของผักถั่วฝักยาว | 136 |
| ตารางที่ 48. | คุณสมบัติบางประการที่เปลี่ยนแปลงของดินที่นำมาศึกษาหลังการใส่ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายของแปลงทดสอบผักถั่วฝักยาว | 142 |
| ตารางที่ 49. | คุณสมบัติบางประการที่เปลี่ยนแปลงของดินที่นำมาศึกษาหลังการใส่ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายของแปลงทดสอบผักถั่วฝักยาวเมื่อเทียบกับตัวอย่างดินก่อนการทดสอบ (เปอร์เซ็นต์) | 143 |
| ตารางที่ 50. | คุณสมบัติบางประการที่เปลี่ยนแปลงของดินที่นำมาศึกษาหลังการใส่ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายของแปลงทดสอบผักถั่วฝักยาวเมื่อเทียบกับชุดควบคุม (เปอร์เซ็นต์) | 144 |

# สารบัญรูป

หน้า


รูปที่ 1. ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายแบบเม็ดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.5-2.0 มิลลิเมตร ที่มีความเข้มข้นของสาหร่าย $10^8$ CFU ต่อกรัม 6

รูปที่ 2. แปลงทดสอบประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายในแปลงทดสอบผักกวางตุ้งใบ 35

รูปที่ 3. แปลงทดสอบประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายในแปลงทดสอบผักกาดหอม 57

รูปที่ 4. แปลงทดสอบประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายในแปลงทดสอบผักคะน้า 78

รูปที่ 5. แปลงทดสอบประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายในแปลงทดสอบผักกวางตุ้งดอก 100

รูปที่ 6. แปลงทดสอบประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายในแปลงทดสอบผักกะหล่ำปลี 125

รูปที่ 7. แปลงทดสอบประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายในแปลงทดสอบผักถั่วฝักยาว 145

# DEMONSTRATION PLOT OF SOIL CONDITIONER FROM ALGAE : 1. EFFICACY TESTING OF ALGAL SOIL CONDITIONER ON VEGETABLES USING GROWER'S CULTIVATION PLOTS

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

## ABSTRACT

The efficiency tests of algal soil conditioner on vegetables were performed using agriculturists' cultivation plots in Amphoe Muang Nakhon Ratcha Sima, Nakhon Ratcha Sima province. Completely randomized design of 8 treatments with 3 replications each was applied for on Pakchoi (*Brassica* chinensis), lettuce (*Lactuca sativa*), Chinese kale (*Brassica alboglabra*), Pakchoi (Mustard) (*Brassica camprestris*) and cabbage (*Brassica oleracea*). The treatments of which were 1) control (CT), 2) chemical fertilizer 46-0-0 at 200 kg/rai and 16-16-16 at 80 kg/rai (C), 3) algal soil conditioner 500 kg/rai ($AS_1$), 4) algal soil conditioner 1,000 kg/rai ($AS_2$), 5) algal soil conditioner 500 kg/rai combined with chemical fertilizer 46-0-0 at 200 kg/rai and 16-16-16 at 80 kg/rai ($AS_1C$), 6) algal soil conditioner 500 kg/rai combined with chemical fertilizer 46-0-0 at 100 kg/rai and 16-16-16 at 40 kg/rai ($AS_1C/2$), 7) algal soil conditioner 1,000 kg/rai combined with chemical fertilizer 46-0-0 at 200 kg/rai and 16-16-16 at 80 kg/rai ($AS_2C$), 8) algal soil conditioner 1,000 kg/rai combined with chemical fertilizer 46-0-0 at 100 kg/rai and 16-16-16 at 40 kg/rai ($AS_2C/2$).

The results revealed that $AS_1C/2$ was the most effective on both vegetable production and improvement of soil properties on Pakchoi, lettuce, Chinese kale, and Pakchoy (Mustard). In addition, the value to cost ratio (VCR) of using algal soil conditioner was much better than that of the application of chemical fertilizer alone.

In case of cabbage, the addition of $AS_1C/2$ was the most effective on vegetable production and VCR, while the application of $AS_2C$ showed its most effectiveness on improvement of soil properties.

Furthermore, algal soil conditioner was also tested on yard long bean using completely randomized design of 8 treatments with 3 replications each. The treatments of which were 1) control (CT), 2) chemical fertilizer 46-0-0 at 20g/plant ($1^{st}$ addition) and 15-15-15 at 60 g/plant ($2^{nd}$-$4^{th}$ addition) (C), 3) algal soil conditioner at 200 g/plant ($AS_1$), 4) algal soil conditioner at 300 g/plant ($AS_2$), 5) algal soil conditioner at 200 g/plant combined with chemical fertilizer 46-0-0 at 20g/plant ($1^{st}$ addition) and 15-15-15 at 60 g/plant ($AS_1C$), 6) algal soil conditioner at 200 g/plant combined with chemical fertilizer 46-0-0 at 10 g/plant ($1^{st}$ addition) and 15-15-15 at 30 g/plant ($AS_1C/2$), 7) algal soil conditioner at 300 g/plant combined with chemical fertilizer 46-0-0 at 20 g/plant ($1^{st}$ addition) and 15-15-15 at 60 g/plant ($AS_2C$), 8) algal soil conditioner at 300 g/plant combined with chemical fertilizer 46-0-0 at 10 g/plant ($1^{st}$ addition) and 15-15-15 at 30 g/plant ($AS_2C/2$).

It was found that $AS_1C$ showed the most effective on productivity and VCR almost similar to the addition of chemical fertilizer alone, while $AS_2C/2$ expressed its best performance on improvement of soil properties.

# แปลงทดลองสาธิตวัสดุปรับปรุงดินจากสาหร่าย : การทดสอบประสิทธิภาพผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายในแปลงพืชผักสวนครัวของเกษตรกร

**อาภารัตน์ มหาขันธ์[1], สุพรรษา ขันธโสภา[1], เจริญไชย หมอปาน[1], อานนท์ คำยนต์[1] และ สุภาพ อัจฉริยศรีพงศ์[1]**

## บทคัดย่อ

ทำการทดสอบประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายในแปลงพืชผักสวนครัวของเกษตรกร อ.เมืองนครราชสีมา จ.นครราชสีมา ในผัก 5 ชนิด ได้แก่ ผักกวางตุ้งใบ, ผักกาดหอม, ผักคะน้า, ผักกวางตุ้งดอก และกะหล่ำปลี. โดยวางแผนการทดลองทางสถิติแบบ completely randomized design ประกอบด้วย 8 ชุดการทดลอง จำนวน 3 ซ้ำ ได้แก่ 1) ชุดควบคุม (CT), 2) ปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 ในอัตรา 200 กิโลกรัมต่อไร่ และสูตร 16-16-16 ในอัตรา 80 กิโลกรัมต่อไร่ (C), 3) ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายในอัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ ($AS_1$), 4) ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่าย ในอัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ ($AS_2$), 5) ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่าย ในอัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ร่วมกับปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 ในอัตรา 200 กิโลกรัมต่อไร่ และสูตร 16-16-16 ในอัตรา 80 กิโลกรัมต่อไร่ ($AS_1C$), 6) ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายในอัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ร่วมกับปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 ในอัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ และสูตร 16-16-16 ในอัตรา 40 กิโลกรัมต่อไร่ ($AS_1C/2$), 7) ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายในอัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 ในอัตรา 200 กิโลกรัมต่อไร่ และสูตร 16-16-16 ในอัตรา 80 กิโลกรัมต่อไร่ ($AS_2C$) และ 8) ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่าย ในอัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 ในอัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ และสูตร 16-16-16 ในอัตรา 40 กิโลกรัมต่อไร่ ($AS_2C/2$) .

ผลการทดลอง พบว่า $AS_1C/2$ เหมาะสมที่สุดต่อการผลิตผักกวางตุ้งใบ, ผักกาดหอม, ผักคะน้า และผักกวางตุ้งดอก เนื่องจากมีประสิทธิภาพในการเพิ่มผลผลิตและปรับปรุงดินในเวลาเดียวกัน ทั้งยังให้ค่าผลตอบแทนทางเศรษฐกิจที่สูงกว่าการใส่ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว.

---

[1] ฝ่ายเทคโนโลยีการเกษตร, สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.)

แปลงทดสอบผักกะหล่ำปลี พบว่า $AS_1C/2$ มีประสิทธิภาพในการเพิ่มผลผลิตและให้ค่าผลตอบแทนทางเศรษฐกิจที่สูงกว่าการใส่ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว ขณะที่ $AS_2C$ มีประสิทธิภาพในการปรับปรุงดิน.

ทำการทดสอบประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายในแปลงถั่วฝักยาวเช่นเดียวกัน โดยประกอบด้วย 8 ชุดการทดลอง จำนวน 3 ซ้ำ ได้แก่ 1) ชุดควบคุม (CT) , 2) ปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 ในอัตรา 20 กรัมต่อต้น (ครั้งที่ 1) และสูตร 15-15-15 ในอัตรา 60 กรัมต่อต้น (ครั้งที่ 2-4) (C), 3) ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายในอัตรา 200 กรัมต่อต้น ($AS_1$), 4) ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่าย ในอัตรา 300 กรัมต่อต้น ($AS_2$), 5) ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายในอัตรา 200 กรัมต่อต้น ร่วมกับปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 ในอัตรา 20 กรัมต่อต้น (ครั้งที่ 1) และสูตร 15-15-15 ในอัตรา 60 กรัมต่อต้น (ครั้งที่ 2-4) ($AS_1C$), 6) ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายในอัตรา 200 กรัมต่อต้น ร่วมกับปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 ในอัตรา 10 กรัมต่อต้น (ครั้งที่ 1) และสูตร 15-15-15 ในอัตรา 30 กรัมต่อต้น (ครั้งที่ 2-4) ($AS_1C/2$), 7) ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายในอัตรา 300 กรัมต่อต้น ร่วมกับปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 ในอัตรา 20 กรัมต่อต้น (ครั้งที่ 1) และสูตร 15-15-15 ในอัตรา 60 กรัมต่อต้น (ครั้งที่ 2-4) ($AS_2C$) และ 8) ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายในอัตรา 300 กรัมต่อต้น ร่วมกับปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 ในอัตรา 10 กรัมต่อต้น (ครั้งที่ 1) และสูตร 15-15-15 ในอัตรา 30 กรัมต่อต้น (ครั้งที่ 2-4) ($AS_2C/2$).

ผลการทดลอง พบว่า $AS_1C$ มีประสิทธิภาพในการเพิ่มผลผลิตและให้ค่าผลตอบแทนทางเศรษฐกิจที่สูงใกล้เคียงกับการใส่ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว ขณะที่ $AS_2C/2$ มีประสิทธิภาพในการปรับปรุงดิน.

# 1. บทนำ

## 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันพื้นที่การเกษตรของประเทศไทยกำลังเผชิญกับปัญหาผลผลิตทางการเกษตรตกต่ำ, อันเนื่องมาจากการเสื่อมโทรมอย่างมากของทรัพยากรดิน เนื่องมาจากการสูญเสียโครงสร้างดินและมีอินทรียวัตถุต่ำ,โดยมีสาเหตุมาจากการทำการเกษตรที่ผิดหลักวิชาการ, ขาดการบำรุงรักษาดิน, รวมถึงการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างต่อเนื่องเป็นเวลานาน. จากสาเหตุดังกล่าวส่งผลให้ดินมีการอุ้มน้ำที่ไม่ดี, ไม่สามารถเก็บรักษาความชื้นไว้ได้. นอกจากนี้ยังทำให้เกิดการอัดตัวอย่างแน่นทึบของดิน ทำให้ดินมีสภาพการระบายน้ำและอากาศที่ไม่ดี, เป็นอุปสรรคต่อการชอนไชหรือการแผ่กระจายของส่วนที่อยู่ใต้ผิวดินของพืช. ปัจจัยดังกล่าวนี้ก่อให้เกิดปัญหาต่อการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของพืช. ด้วยเหตุนี้การฟื้นฟูและอนุรักษ์ทรัพยากรดิน ซึ่งเป็นฐานทรัพยากรการผลิตทางการเกษตรที่สำคัญของประเทศ จึงเป็นปัญหาที่ต้องเร่งแก้ไขเป็นการด่วน, เพื่อนำไปสู่การใช้ประโยชน์จากทรัพยากรดินได้อย่างยั่งยืนในอนาคต.

มีการศึกษาวิจัยเพื่อแก้ปัญหาดังกล่าวและพบว่า การใช้สาหร่ายกลุ่มที่สามารถหลั่งสารเหนียวประเภทพอลิแซ็กคาไรด์ออกสู่ภายนอกเซลล์ (extracellular polysaccharide) เป็นการส่งเสริมความเสถียรของเม็ดดินและปรับปรุงโครงสร้างดินช่วยให้อนุภาคของดินรวมตัวกันเป็นเม็ดดินที่มีความเสถียร (soil aggregate stability), มีช่องว่างที่ช่วยกักเก็บอากาศและให้น้ำขัง, ช่วยให้รากหรือหัวของพืชชอนไชได้ดีและเก็บรักษาความชื้นของดินได้เป็นเวลานาน. ชีวมวลสาหร่ายและเมือกยังช่วยเพิ่มปริมาณอินทรียวัตถุและส่งเสริมกิจกรรมจุลินทรีย์ดิน ทั้งยังช่วยให้ดินทนต่อแรงขัดสีหรือแรงปะทะประเภทต่างๆ โดยเฉพาะแรงปะทะของเม็ดฝนทำให้ถูกเซาะและพัดพาไปที่อื่นได้ยาก (มหาขันธ์ 2548).

จากคุณสมบัติของสาหร่ายในการผลิตและหลั่งสารเหนียวออกมาเป็นจำนวนมากและสามารถเจริญเติบโตอย่างต่อเนื่องภายหลังจากใส่สาหร่ายให้แก่ดิน, สาหร่ายยังมีความทนต่อความแห้งแล้ง, อุณหภูมิสูง, ความเป็นกรด-เบสของดิน, ความร้อน และรังสีอัลตราไวโอเลตได้เป็นอย่างดี (Rodgers *et al*. 1979; Painter 1993; Mazor *et al.* 1996), จึงเหมาะสมที่จะนำสาหร่ายกลุ่มดังกล่าวมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดิน. ฝ่ายวิทยาศาสตร์ชีวภาพ 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, ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.5-2.0 มิลลิเมตร.

เพื่อนำผลิตภัณฑ์ไปสู่การใช้ประโยชน์อย่างแท้จริง โครงการนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายในระดับแปลงทดลองของเกษตรกร. สำหรับรายงานฉบับนี้เป็นการทดสอบในแปลงพืชผักสวนครัวในจังหวัดนครราชสีมา.

## 1.2 ขอบเขตของการวิจัย

ศึกษาในระดับแปลงทดสอบพืชผักสวนครัว 6 ชนิด ได้แก่ :

1. แปลงทดสอบผักกวางตุ้งใบ ต.ในเมือง อ. เมืองนครราชสีมา จ. นครราชสีมา,
2. แปลงทดสอบผักกาดหอม ต.ในเมือง อ. เมืองนครราชสีมา จ. นครราชสีมา,
3. แปลงทดสอบผักคะน้า ต.ในเมือง อ. เมืองนครราชสีมา จ. นครราชสีมา,
4. แปลงทดสอบผักกวางตุ้งดอก ต.ในเมือง อ. เมืองนครราชสีมา จ. นครราชสีมา,
5. แปลงทดสอบผักกะหล่ำปลี ต.ในเมือง อ. เมืองนครราชสีมา จ. นครราชสีมา,
6. แปลงทดสอบถั่วฝักยาว ต.จอหอ อ. เมืองนครราชสีมา จ. นครราชสีมา.

# 2. วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ

## 2.1 การผลิตผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่าย (แบบเม็ด)

ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายประกอบด้วยสาหร่ายจำนวน 4 สายพันธุ์, เป็นสายพันธุ์ที่ผ่านการคัดเลือกแล้วว่ามีศักยภาพในการผลิตสารพอลิแซ็กคาไรด์ที่หลั่งออกมานอกเซลล์ในปริมาณมาก, มีการเพิ่มจำนวนชีวมวลจำนวนมากได้อย่างรวดเร็วในห้องปฏิบัติการ และได้รับการเก็บรักษา 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). ลักษณะของผลิตภัณฑ์เป็นเม็ดสีดำขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.5-2.0 มิลลิเมตร มีความเข้มข้นของสาหร่าย $10^8$ CFU ต่อกรัม (รูปที่ 1).

การผลิตผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายดำเนินการโดย บริษัท อัลโกเทค จำกัด ซึ่งเป็นผู้รับการถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตจากสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.).

**รูปที่ 1. ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายแบบเม็ดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.5-2.0 มิลลิเมตร ที่มีความเข้มข้นของสาหร่าย $10^8$ CFU ต่อกรัม.**

## 2.2 การทดสอบประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายในแปลงทดสอบพืชผักสวนครัว

ดำเนินการทดสอบทั้งสิ้น 6 แปลง ได้แก่ :

### 2.2.1 แปลงทดสอบผักกวางตุ้งใบ ต.ในเมือง อ.เมืองนครราชสีมา จ.นครราชสีมา

วางแผนการทดลองทางสถิติแบบ completely randomized design ประกอบด้วย 8 ชุดการทดลอง จำนวน 3 ซ้ำ, ดังรายละเอียดต่อไปนี้ :

1. ชุดควบคุม (CT) (T1),
2. ปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 ในอัตรา 200 กิโลกรัมต่อไร่ และสูตร 16-16-16 ในอัตรา 80 กิโลกรัมต่อไร่ (2.5 และ 1.0 กิโลกรัมต่อแปลง ตามลำดับ) (C) (T2),
3. ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่าย ในอัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ (6.25 กิโลกรัมต่อแปลง) ($AS_1$) (T3),
4. ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่าย ในอัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ (12.5 กิโลกรัมต่อแปลง) ($AS_2$) (T4),
5. ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่าย ในอัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ (6.25 กิโลกรัมต่อแปลง) ร่วมกับปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 ในอัตรา 200 กิโลกรัมต่อไร่ และสูตร 16-16-16 ในอัตรา 80 กิโลกรัมต่อไร่ (2.5 และ 1.0 กิโลกรัมต่อแปลง ตามลำดับ) ($AS_1C$) (T5),
6. ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่าย ในอัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ (6.25 กิโลกรัมต่อแปลง) ร่วมกับปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 ในอัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ และสูตร 16-16-16 ในอัตรา 40 กิโลกรัมต่อไร่ (1.3 และ 0.5 กิโลกรัมต่อแปลง ตามลำดับ) ($AS_1C/2$) (T6),
7. ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่าย ในอัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ (12.5 กิโลกรัมต่อแปลง) ร่วมกับปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 ในอัตรา 200 กิโลกรัมต่อไร่ และสูตร 16-16-16 ในอัตรา 80 กิโลกรัมต่อไร่ (2.5 และ 1.0 กิโลกรัมต่อแปลง ตามลำดับ) ($AS_2C$) (T7),
8. ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่าย ในอัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ (12.5 กิโลกรัมต่อแปลง) ร่วมกับปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 ในอัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ และสูตร 16-16-16 ในอัตรา 40 กิโลกรัมต่อไร่ (1.3 และ 0.5 กิโลกรัมต่อแปลง ตามลำดับ) ($AS_2C/2$) (T8).

เตรียมแปลงทดสอบออกเป็น 24 แปลง, ขนาดแปลงละ 5x4 เมตร คิดเป็นพื้นที่ 20 ตารางเมตร. ใส่ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่าย ในอัตราส่วนดังกล่าวข้างต้น 1 ครั้ง คือ ในช่วงการเตรียมดิน. ส่วนการใส่ปุ๋ยเคมีแบ่งใส่ 4 ครั้ง ได้แก่ ก่อนแยกต้นกล้า 1 อาทิตย์, หลังแยกต้นกล้า 1 วัน, ผักกวางตุ้งใบสูงประมาณ 30-40 เซนติเมตร และก่อนเก็บเกี่ยว 5-7 วัน, ด้วยปุ๋ยเคมี

สูตร 46-0-0 และ 16-16-16 ในอัตราส่วนดังกล่าว รดน้ำทุกวันๆ ละ 1 ครั้ง, เมื่อถึงระยะเก็บเกี่ยว (ประมาณ 40 วัน) เก็บข้อมูลผลการทดลอง.

**2.2.2 แปลงทดสอบผักกาดหอม ต.ในเมือง อ. เมืองนครราชสีมา จ. นครราชสีมา**

ทำการทดสอบในพื้นที่เดิมที่เป็นแปลงทดสอบผักกวางตุ้งใบ โดยวางแผนการทดลองทางสถิติแบบ completely randomized design ประกอบด้วย 8 ชุดการทดลอง จำนวน 3 ซ้ำ ดังรายละเอียดต่อไปนี้ :

1. ชุดควบคุม (CT) (T1),

2. ปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 ในอัตรา 200 กิโลกรัมต่อไร่ และสูตร 16-16-16 ในอัตรา 80 กิโลกรัมต่อไร่ (2.5 และ 1.0 กิโลกรัมต่อแปลง ตามลำดับ) (C) (T2),

3. ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายในอัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ (6.25 กิโลกรัมต่อแปลง) ($AS_1$) (T3),

4. ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่าย ในอัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ (12.5 กิโลกรัมต่อแปลง) ($AS_2$) (T4),

5. ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่าย ในอัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ (6.25 กิโลกรัมต่อแปลง) ร่วมกับปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 ในอัตรา 200 กิโลกรัมต่อไร่ และสูตร 16-16-16 ในอัตรา 80 กิโลกรัมต่อไร่ (2.5 และ 1.0 กิโลกรัมต่อแปลง ตามลำดับ) ($AS_1C$) (T5),

6. ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายในอัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ (6.25 กิโลกรัมต่อแปลง) ร่วมกับปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 ในอัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ และสูตร 16-16-16 ในอัตรา 40 กิโลกรัมต่อไร่ (1.3 และ 0.5 กิโลกรัมต่อแปลง ตามลำดับ) ($AS_1C/2$) (T6),

7. ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายในอัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ (12.5 กิโลกรัมต่อแปลง) ร่วมกับปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 ในอัตรา 200 กิโลกรัมต่อไร่ และสูตร 16-16-16 ในอัตรา 80 กิโลกรัมต่อไร่ (2.5 และ 1.0 กิโลกรัมต่อแปลง ตามลำดับ) ($AS_2C$) (T7),

8. ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่าย ในอัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ (12.5 กิโลกรัมต่อแปลง) ร่วมกับปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 ในอัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ และสูตร 16-16-16 ในอัตรา 40 กิโลกรัมต่อไร่ (1.3 และ 0.5 กิโลกรัมต่อแปลง ตามลำดับ) ($AS_2C/2$) (T8).

เตรียมแปลงทดสอบ ออกเป็น 24 แปลง ขนาดแปลงละ 5x4 เมตร คิดเป็นพื้นที่ 20 ตารางเมตร. ใส่ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่าย ในอัตราส่วนดังกล่าวข้างต้น 1 ครั้ง คือ ในช่วงการเตรียมดิน. สำหรับการใส่ปุ๋ยเคมีแบ่งใส่ 4 ครั้ง ได้แก่ ก่อนแยกต้นกล้า 1 อาทิตย์, หลัง

แยกต้นกล้า 1 วัน, หลังแยกต้นกล้า 20 วัน และก่อนเก็บเกี่ยว 5-7 วัน, ด้วยปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 และ 16-16-16 ในอัตราส่วนดังกล่าว. รดน้ำทุกวันๆ ละ 1 ครั้ง, เมื่อถึงระยะเก็บเกี่ยว (ประมาณ 40 วัน) เก็บข้อมูลการทดลอง.

**2.2.3 แปลงทดสอบผักคะน้า ต. ในเมือง อ. เมืองนครราชสีมา จ. นครราชสีมา**

วางแผนการทดลองทางสถิติแบบ completely randomized design ประกอบด้วย 8 ชุดการทดลอง จำนวน 3 ซ้ำ ดังรายละเอียดต่อไปนี้ :

1. ชุดควบคุม (CT) (T1),
2. ปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 ในอัตรา 200 กิโลกรัมต่อไร่ และสูตร 16-16-16 ในอัตรา 80 กิโลกรัมต่อไร่ (1.75 และ 0.7 กิโลกรัมต่อแปลง ตามลำดับ) (C)(T2),
3. ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายในอัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ (4.4 กิโลกรัมต่อแปลง) ($AS_1$) (T3),
4. ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายในอัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ (8.8 กิโลกรัมต่อแปลง) ($AS_2$) (T4),
5. ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่าย ในอัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ (4.4 กิโลกรัมต่อแปลง) ร่วมกับปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 ในอัตรา 200 กิโลกรัมต่อไร่ และสูตร 16-16-16 ในอัตรา 80 กิโลกรัมต่อไร่ (1.75 และ 0.7 กิโลกรัมต่อแปลง ตามลำดับ) ($AS_1C$) (T5),
6. ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่าย ในอัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ (4.4 กิโลกรัมต่อแปลง) ร่วมกับปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 ในอัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ และสูตร 16-16-16 ในอัตรา 40 กิโลกรัมต่อไร่ (0.88 และ 0.35 กิโลกรัมต่อแปลง ตามลำดับ) ($AS_1C/2$) (T6),
7. ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่าย ในอัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ (8.8 กิโลกรัมต่อแปลง) ร่วมกับปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 ในอัตรา 200 กิโลกรัมต่อไร่ และสูตร 16-16-16 ในอัตรา 80 กิโลกรัมต่อไร่ (1.75 และ 0.7 กิโลกรัมต่อแปลง ตามลำดับ) ($AS_2C$) (T7),
8. ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่าย ในอัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ (8.8 กิโลกรัมต่อแปลง) ร่วมกับปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 ในอัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ และสูตร 16-16-16 ในอัตรา 40 กิโลกรัมต่อไร่ (0.88 และ 0.35 กิโลกรัมต่อแปลง ตามลำดับ) ($AS_2C/2$) (T8).

เตรียมแปลงทดสอบ ออกเป็น 24 แปลง ขนาดแปลงละ 3.5 x 4 เมตร คิดเป็นพื้นที่ 14 ตารางเมตร. ใส่ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่าย ในอัตราส่วนดังกล่าวข้างต้น 1 ครั้ง คือ ในช่วงการเตรียมดิน. สำหรับการใส่ปุ๋ยเคมีแบ่งใส่ 4 ครั้ง ได้แก่ ก่อนแยกต้นกล้า 1 อาทิตย์,

หลังแยกต้นกล้า 1 วัน, ผักคะน้าสูงประมาณ 30-40 เซนติเมตร และก่อนเก็บเกี่ยว 5-7 วัน, ด้วยปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 และ 16-16-16 ในอัตราส่วนดังกล่าว, รดน้ำทุกวัน ๆ ละ 1, ครั้ง เมื่อถึงระยะเก็บเกี่ยว (ประมาณ 40 วัน) เก็บข้อมูลผลการทดลอง.

**2.2.4 แปลงทดสอบผักกวางตุ้งดอก ต. ในเมือง อ. เมืองนครราชสีมา จ. นครราชสีมา**

ทำการทดสอบในพื้นที่เดิมที่เป็นแปลงทดสอบผักคะน้า, โดยวางแผนการทดลองทางสถิติแบบ completely randomized design ประกอบด้วย 8 ชุดการทดลอง จำนวน 3 ซ้ำ ดังรายละเอียดต่อไปนี้ :

1. ชุดควบคุม (CT) (T1),
2. ปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 ในอัตรา 200 กิโลกรัมต่อไร่ และสูตร 16-16-16 ในอัตรา 80 กิโลกรัมต่อไร่ (1.75 และ 0.7 กิโลกรัมต่อแปลง ตามลำดับ) (C) (T2),
3. ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายในอัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ (4.4 กิโลกรัมต่อแปลง) ($AS_1$) (T3),
4. ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่าย ในอัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ (8.8 กิโลกรัมต่อแปลง) ($AS_2$) (T4),
5. ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่าย ในอัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ (4.4 กิโลกรัมต่อแปลง) ร่วมกับปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 ในอัตรา 200 กิโลกรัมต่อไร่ และสูตร 16-16-16 ในอัตรา 80 กิโลกรัมต่อไร่ (1.75 และ 0.7 กิโลกรัมต่อแปลง ตามลำดับ) ($AS_1C$) (T5),
6. ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายในอัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ (4.4 กิโลกรัมต่อแปลง) ร่วมกับปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 ในอัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ และสูตร 16-16-16 ในอัตรา 40 กิโลกรัมต่อไร่ (0.88 และ 0.35 กิโลกรัมต่อแปลง ตามลำดับ) ($AS_1C/2$) (T6),
7. ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายในอัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ (8.8 กิโลกรัมต่อแปลง) ร่วมกับปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 ในอัตรา 200 กิโลกรัมต่อไร่ และสูตร 16-16-16 ในอัตรา 80 กิโลกรัมต่อไร่ (1.75 และ 0.7 กิโลกรัมต่อแปลง ตามลำดับ) ($AS_2C$) (T7),
8. ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายในอัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ (8.8 กิโลกรัมต่อแปลง) ร่วมกับปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 ในอัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ และสูตร 16-16-16 ในอัตรา 40 กิโลกรัมต่อไร่ (0.88 และ 0.35 กิโลกรัมต่อแปลง ตามลำดับ) ($AS_2C/2$) (T8).

เตรียมแปลงทดสอบ ออกเป็น 24 แปลง ขนาดแปลงละ 3.5 x 4 เมตร คิดเป็นพื้นที่ 14 ตารางเมตร. ใส่ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่าย ในอัตราส่วนดังกล่าวข้างต้น 1 ครั้ง คือ

ในช่วงการเตรียมดิน. สำหรับการใส่ปุ๋ยเคมีแบ่งใส่ 4 ครั้ง ได้แก่ ก่อนแยกต้นกล้า 1 อาทิตย์, หลังแยกต้นกล้า 1 วัน, ผักกวางตุ้งดอกสูงประมาณ 30-40 เซนติเมตร และก่อนเก็บเกี่ยว 5-7 วัน, ด้วยปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 และ 16-16-16 ในอัตราส่วนดังกล่าว, รดน้ำทุกวันๆ ละ 1 ครั้ง. เมื่อถึงระยะเก็บเกี่ยว (ประมาณ 40 วัน) เก็บข้อมูลผลการทดลอง.

### 2.2.5 แปลงทดสอบผักกะหล่ำปลี ต. ในเมือง อ. เมืองนครราชสีมา จ. นครราชสีมา

วางแผนการทดลองทางสถิติแบบ completely randomized design ประกอบด้วย 8 ชุดการทดลอง จำนวน 3 ซ้ำ ดังรายละเอียดต่อไปนี้:

1. ชุดควบคุม (CT) (T1),
2. ปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 ในอัตรา 200 กิโลกรัมต่อไร่ และสูตร 16-16-16 ในอัตรา 80 กิโลกรัมต่อไร่ (0.4 และ 0.15 กิโลกรัมต่อแปลง ตามลำดับ) (C) (T2),
3. ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายในอัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ (0.94 กิโลกรัมต่อแปลง) ($AS_1$) (T3),
4. ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่าย ในอัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ (1.89 กิโลกรัมต่อแปลง) ($AS_2$) (T4),
5. ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่าย ในอัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ (0.94 กิโลกรัมต่อแปลง) ร่วมกับปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 ในอัตรา 200 กิโลกรัมต่อไร่ และสูตร 16-16-16 ในอัตรา 80 กิโลกรัมต่อไร่ (0.4 และ 0.15 กิโลกรัมต่อแปลง ตามลำดับ) ($AS_1C$) (T5),
6. ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายในอัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ (0.94 กิโลกรัมต่อแปลง) ร่วมกับปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 ในอัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ และสูตร 16-16-16 ในอัตรา 40 กิโลกรัมต่อไร่ (0.2 และ 0.08 กิโลกรัมต่อแปลง ตามลำดับ) ($AS_1C/2$) (T6),
7. ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายในอัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ (1.88 กิโลกรัมต่อแปลง) ร่วมกับปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 ในอัตรา 200 กิโลกรัมต่อไร่ และสูตร 16-16-16 ในอัตรา 80 กิโลกรัมต่อไร่ (0.4 และ 0.15 กิโลกรัมต่อแปลง ตามลำดับ) ($AS_2C$) (T7),
8. ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่าย ในอัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ (1.88 กิโลกรัมต่อแปลง) ร่วมกับปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 ในอัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ และสูตร 16-16-16 ในอัตรา 40 กิโลกรัมต่อไร่ (0.2และ 0.08 กิโลกรัมต่อแปลง ตามลำดับ) ($AS_2C/2$) (T8).

เตรียมแปลงทดสอบ ออกเป็น 24 แปลง ขนาดแปลงละ 1 x 3 เมตร คิดเป็นพื้นที่ 3 ตารางเมตร. ใส่ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่าย ในอัตราส่วนดังกล่าวข้างต้น 1 ครั้ง คือ ในช่วงการ

เตรียมดิน. สำหรับการใส่ปุ๋ยเคมีแบ่งใส่ 4 ครั้ง ได้แก่ ก่อนแยกต้นกล้า 1 อาทิตย์, หลังแยกต้นกล้า 10 วัน, หลังแยกต้นกล้า 20 วันและหลังจากแยกต้นกล้าแล้ว 30 วัน, ด้วยปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 และ 16-16-16 ในอัตราส่วนดังกล่าว, รดน้ำทุกวันๆ ละ 1 ครั้ง. เมื่อถึงระยะเก็บเกี่ยว (ประมาณ 60 วัน) เก็บข้อมูลผลการทดลอง.

**2.2.6 แปลงทดสอบผักถั่วฝักยาว ต. จอหอ อ. เมืองนครราชสีมา จ. นครราชสีมา**

วางแผนการทดลองทางสถิติแบบ completely randomized design ประกอบด้วย 8 ชุดการทดลอง จำนวน 3 ซ้ำ ดังรายละเอียดต่อไปนี้:

1. ชุดควบคุม (CT) (T1),
2. ปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 ในอัตรา 20 กรัมต่อต้น (ครั้งที่ 1) และสูตร 15-15-15 ในอัตรา 60 กรัมต่อต้น (ครั้งที่ 2-4) (C) (T2),
3. ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายในอัตรา 200 กรัมต่อต้น ($AS_1$) (T3),
4. ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่าย ในอัตรา 300 กรัมต่อต้น ($AS_2$) (T4),
5. ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่าย ในอัตรา 200 กรัมต่อต้น ร่วมกับปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 ในอัตรา 20 กรัมต่อต้น (ครั้งที่ 1) และสูตร 15-15-15 ในอัตรา 60 กรัมต่อต้น (ครั้งที่ 2-4) ($AS_1C$) (T5),
6. ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายในอัตรา 200 กรัมต่อต้น ร่วมกับปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 ในอัตรา 10 กรัมต่อต้น (ครั้งที่ 1) และสูตร 15-15-15 ในอัตรา 30 กรัมต่อต้น (ครั้งที่ 2-4) ($AS_1C/2$) (T6),
7. ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายในอัตรา 300 กรัมต่อต้น ร่วมกับปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 ในอัตรา 20 กรัมต่อต้น (ครั้งที่ 1) และสูตร 15-15-15 ในอัตรา 60 กรัมต่อต้น (ครั้งที่ 2-4) ($AS_2C$) (T7),
8. ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่าย ในอัตรา 300 กรัมต่อต้น ร่วมกับปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 ในอัตรา 10 กรัมต่อต้น (ครั้งที่ 1) และสูตร 15-15-15 ในอัตรา 30 กรัมต่อต้น (ครั้งที่ 2-4) ($AS_2C/2$) (T8).

เตรียมแปลงทดสอบ ออกเป็น 24 แปลง, ใส่ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายในอัตราส่วนดังกล่าวข้างต้น 1 ครั้ง คือ ในช่วงการเตรียมดิน. สำหรับการใส่ปุ๋ยเคมีแบ่งใส่ 4 ครั้ง ได้แก่ ใส่ขณะที่เตรียมหลุมปลูก, เมื่อต้นถั่วอายุประมาณ 15 วัน, เมื่อเก็บผลครั้งแรกอายุประมาณ

55 วัน และใส่ระหว่างช่วงเก็บเกี่ยว, รดน้ำทุกวันๆ ละ 1 ครั้ง. เมื่อครบอายุการเก็บเกี่ยว เก็บข้อมูลการทดลอง.

## 2.3 การเก็บข้อมูล

### 2.3.1 การเจริญเติบโตและผลผลิตพืช

แปลงทดสอบผักกวางตุ้งใบ, ผักกาดหอม, ผักคะน้า และผักกวางตุ้งดอก ดำเนินการ ดังนี้ :

1. เก็บตัวอย่างต้นผักแต่ละชนิดโดยการสุ่มในแต่ละแปลงย่อย แปลงละ 10 ต้น นำไปล้างดินให้สะอาด.

2. วัดความสูงต้น, นับจำนวนใบ (สำหรับต้นผักกาดหอมให้วัดความกว้างของทรงพุ่มด้วย) ต่อจากนั้นตัดส่วนที่เป็นรากออกแล้วชั่งน้ำหนักของส่วนเหนือพื้นดินและราก เพื่อหาน้ำหนักสดของส่วนเหนือพื้นดินและราก.

3. นำส่วนเหนือพื้นดินและรากไปอบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วนำมาชั่งน้ำหนักเพื่อหาน้ำหนักแห้งของส่วนเหนือพื้นดินและราก แล้วนำข้อมูลที่ได้มาหาสัดส่วนมวลชีวภาพของส่วนเหนือพื้นดินและราก (Shoot:Root ratio).

4. หาผลผลิตรวมของผักแต่ละแปลง โดยหาจากน้ำหนักของผักหลังการตัดแต่งเพื่อไปจำหน่ายในท้องตลาด.

แปลงทดสอบผักกะหล่ำปลี ดำเนินการ ดังนี้ :

1. เก็บตัวอย่างต้นผักกะหล่ำปลีโดยการสุ่มในแต่ละแปลงย่อย แปลงละ 6 ต้น,

2. วัดความสูง, ความกว้าง และเส้นรอบวงของกะหล่ำปลี,

3. ชั่งน้ำหนักกะหล่ำปลีก่อนการตัดแต่งเพื่อหาน้ำหนักผลผลิตสดก่อนการตัดแต่งและชั่งน้ำหนักกะหล่ำปลีหลังการตัดแต่งเพื่อหาน้ำหนักผลผลิตสดหลังการตัดแต่ง,

4. หาผลผลิตรวมของกะหล่ำปลีในแต่ละแปลง โดยหาจากน้ำหนักของกะหล่ำปลีหลังการตัดแต่งเพื่อไปจำหน่ายในท้องตลาด,

5. คำนวณหาอัตราส่วนประสิทธิภาพการห่อปลี (Heading Efficiency Ratio : HER), โดยคำนวณจาก,

$$\text{HER} = \frac{\text{น้ำหนักเฉลี่ยของปลี (กรัม)}}{\text{น้ำหนักใบที่ไม่ห่อปลีเฉลี่ย (กรัม)}}$$

เมื่อ ; น้ำหนักใบที่ไม่ห่อปลีเฉลี่ย = น้ำหนักปลีก่อนการตัดแต่ง – น้ำหนักปลีหลังการตัดแต่ง

6. คำนวณหาดัชนีรูปร่างปลี (Head Shape Index; HSI),

โดยคำนวณจาก,

$$HSI = \frac{\text{ความยาวเฉลี่ยของปลี (เซนติเมตร)}}{\text{ความกว้างเฉลี่ยของปลี (เซนติเมตร)}}$$

7. คำนวณหาความหนาแน่นปลี (กรัม/มิลลิเมตร),

โดยคำนวณจาก,

$$\text{ความหนาแน่นปลี} = \frac{\text{น้ำหนักเฉลี่ยของปลี (กรัม)}}{\text{ปริมาตรของปลี (มิลลิเมตร)}}$$

เมื่อ ; ปริมาตรของปลี $= (0.524)(d_1^{\,2} d_2)$

$d_1$ = ความกว้างเฉลี่ยของปลี, $d_2$ = ความยาวเฉลี่ยของปลี.

แปลงทดสอบผักถั่วฝักยาว ดำเนินการ ดังนี้ :

1. เก็บฝักถั่วฝักยาวในแต่ละแปลงย่อยเพื่อหาน้ำหนักฝักต่อแปลง.
2. วัดความยาวของฝักโดยสุ่มมาแปลงย่อยละ 20 ฝักเพื่อหาความยาวฝักเฉลี่ย.
3. หาผลผลิตรวมโดยเก็บข้อมูลผลผลิตตลอดอายุการเก็บเกี่ยวของผักถั่วฝักยาว.

**2.3.2 วัดค่าผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ**

การวิเคราะห์เพื่อหาผลตอบแทนที่คุ้มกับการลงทุนในการใช้ปัจจัยต่างๆ เพื่อการเพิ่มผลผลิต โดยใช้ค่า VCR (Value to Cost Ratio) เป็นค่าบ่งชี้, โดยใช้อัตราส่วนระหว่างรายได้จากผลผลิตที่เพิ่มขึ้นจากการใช้ปุ๋ย, เมื่อ

V = (ผลผลิตพืชที่ได้รับปุ๋ย-ผลผลิตพืชที่ไม่ได้รับปุ๋ย) x ราคาผลผลิตต่อหน่วย
= รายได้ที่เพิ่มขึ้นจากการใส่ปุ๋ย.

C = อัตราปุ๋ยที่ใช้ x ราคาปุ๋ยต่อหน่วย (ไม่รวมค่าจัดหาปุ๋ยและค่าแรงในการใส่ปุ๋ย)
= รายจ่ายจากการใส่ปุ๋ย.

$$VCR = \frac{\text{รายได้ที่เพิ่มขึ้นจากการใส่ปุ๋ย}}{\text{รายจ่ายจากการใส่ปุ๋ย}}$$

ในการคำนวณหาค่า VCR, ข้อมูลที่จะต้องทราบ คือ ผลผลิตที่ได้จากการใช้ปุ๋ยและไม่ใช้ปุ๋ย, ราคาผลผลิต, ปริมาณปุ๋ยที่ใช้และราคาปุ๋ย. ค่าของ VCR จะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปัจจัยผันแปรที่สำคัญ ดังต่อไปนี้ :

1. การตอบสนองของพืชต่อการใช้ปุ๋ย.

2. ราคาผลผลิต.

3. ราคาปุ๋ยเคมี.

ค่า VCR ที่นิยมใช้เป็นค่าประเมินผลตอบแทนจากการใช้ปัจจัยต่าง ๆ เพื่อการเพิ่มผลผลิต. ถ้าค่า VCR มีค่าตั้งแต่ 2.00 ขึ้นไป, ถือได้ว่าเป็นจุดได้กำไรและคุ้มค่าแก่การลงทุน (อิงคะประดิษฐ์ และคณะ 2539).

**2.3.3 การวิเคราะห์ตัวอย่างดิน**

เก็บตัวอย่างดินก่อนและหลังการทดสอบประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่าย, โดยเก็บตัวอย่างดินที่ระดับความลึก 0-5 เซนติเมตร. เนื่องจากสาหร่ายมีการเจริญเติบโตกระจายอยู่บริเวณพื้นผิวดินและอายุการเก็บเกี่ยวของชนิดผักที่ทำการทดลองนี้เพียง 45-60 วัน สาหร่ายจึงยังไม่เจริญแพร่กระจายลงไปในแนวลึกมากนัก, จึงทำการเก็บตัวอย่างดินที่ระดับความลึกดังกล่าวและเก็บกระจายทั่วแปลงๆ ละ 10 จุดในปริมาณที่เท่ากัน. แล้วนำตัวอย่างดินที่เก็บได้มาผสมรวมเป็นตัวอย่างเดียวกัน ก่อนที่จะนำไปวิเคราะห์ปัจจัยการเปลี่ยนแปลงในดินตัวอย่าง เพื่อให้ทราบถึงประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่าย, 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-sieving.

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

# 3. ผลการทดลองและวิจารณ์

## 3.1 การทดสอบประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายในแปลงทดสอบผักกวางตุ้งใบ

### 3.1.1 ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างดินก่อนการทดสอบ

การวิเคราะห์คุณคุณสมบัติทางกายภาพ, เคมี และธาตุอาหาร, พืชในดินก่อนการทดสอบของตัวอย่างดินจากแปลงทดสอบผักกวางตุ้งใบ, ได้ผลดังตารางที่ 1.

**ตารางที่ 1. คุณสมบัติบางประการของดินที่นำมาศึกษาก่อนการใส่ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายในแปลงทดสอบผักกวางตุ้งใบ**

| คุณสมบัติดิน | ตัวอย่างดินจากแปลงผักกวางตุ้งใบ |
|---|---|
| **คุณสมบัติทางกายภาพ** | |
| 1. เนื้อดิน | ดินเหนียว (clay) |
| ร้อยละทราย (sand) | 21.60 |
| ร้อยละทรายแป้ง (silt) | 22.20 |
| ร้อยละดินเหนียว (clay) | 56.20 |
| 2 จำนวนของเม็ดดินที่เสถียรต่อแรงกระทำของน้ำ (ร้อยละ) | 64.03 |
| 3. ความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน (ร้อยละ) | 45.20 |
| **คุณสมบัติทางเคมี** | |
| 1. ปริมาณอินทรียวัตถุ (ร้อยละ) | 1.36 |
| 2. ค่าปฏิกิริยาดิน (pH) | 7.60 |
| 3. ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (เซนติโมลต่อกิโลกรัมดิน) | 27.40 |
| 4. ความอิ่มตัวด้วยด่างของดิน (ร้อยละ) | 156.21 |
| **ธาตุอาหารพืชในดิน** | |
| 1. ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (ร้อยละ) | 0.068 |
| 2. ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) | 342.00 |
| 3. ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) | 188.00 |
| 4. ปริมาณแคลเซียมที่เป็นประโยชน์ (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) | 7,645.00 |
| 5. ปริมาณแมกนีเซียมที่เป็นประโยชน์ (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) | 741.00 |

จากตารางที่ 1 ตัวอย่างดินจากแปลงทดสอบผักกวางตุ้งใบแปลงนี้มีเนื้อดินเป็นดินเหนียว (clay) โดยมีปริมาณอนุภาคขนาดทราย, ทรายแป้ง และดินเหนียว ร้อยละ 21.60, 22.20 และ 56.20, ตามลำดับ. จำนวนเม็ดดิน (ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางมากกว่า 0.25 มิลลิเมตร) และมีความเสถียรต่อแรงกระทำของน้ำอยู่ในระดับที่สูง คือ ร้อยละ 64.03. ความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน ร้อยละ 45.20. มีปริมาณอินทรียวัตถุอยู่ในระดับต่ำ คือ ร้อยละ 1.36, ซึ่งปริมาณอินทรียวัตถุที่ต่ำกว่าร้อยละ 1.50 ถือว่าดินมีความเสื่อมโทรมมาก. ค่าปฏิกิริยาดินอยู่ในระดับความเป็นด่างอย่างอ่อน คือ 7.60. ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกอยู่ในระดับสูง คือ 27.40 เซนติโมลต่อกิโลกรัมดิน. ความอิ่มตัวด้วยด่างของดินอยู่ในระดับสูง คือ ร้อยละ 156.21. ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดอยู่ในระดับต่ำมาก คือ ร้อยละ 0.068. ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับสูงมาก คือ 342.00 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม. ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับสูง คือ 188.00 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม. ปริมาณแคลเซียมที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับสูงมาก คือ 7,645.00 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม. และปริมาณแมกนีเซียมที่เป็นประโยชน์มีปริมาณที่สูงเกินไปสำหรับพืชบางชนิด คือ 741.00 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา 2549; ซับซ้อน 2541; อิ่มเอิบ 2542; Hazelton Murphy 2007; Land Classification Division and FAO Project Staff 1973).

ผักกวางตุ้งสามารถขึ้นได้ในดินแทบทุกชนิด แต่จะเจริญได้ดีที่สุดในสภาพดินร่วนปนทรายที่มีความอุดมสมบูรณ์ดี, มีอินทรียวัตถุสูง, ความเป็นกรดเป็นเบสของดิน (pH) ควรอยู่ระหว่างสภาพเป็นกรดเล็กน้อยจนถึงปานกลาง คือ อยู่ระหว่าง 6.00-6.80, ชอบดินที่มีความชื้นสูงเพียงพอสม่ำเสมอ, ได้รับแสงแดดเต็มที่ตลอดวัน, อุณหภูมิที่เหมาะสมอยู่ระหว่าง 20-25 องศาเซลเซียส. (ห้องสมุดความรู้การเกษตร กรมส่งเสริมการเกษตร 2552).

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

เมื่อนำค่าวิเคราะห์ดินมาประเมินระดับความอุดมสมบูรณ์ของดิน ดังตารางภาคผนวกที่ 1 (ภาคผนวกที่ 2), แล้วนำผลคะแนนของแต่ละค่าวิเคราะห์มารวมกันเพื่อประเมินระดับความอุดมสมบูรณ์ของดิน พบว่า ดินจากแปลงผักกวางตุ้งใบมีความอุดมสมบูรณ์สูง, แต่เมื่อพิจารณาถึงปริมาณอินทรียวัตถุพบว่าอยู่ในระดับที่ต่ำ. ทั้งนี้ เนื่องจากดินมีค่าความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก, ความอิ่มตัวด้วยด่างของดิน, ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับที่สูงถึงสูงมาก.

ดังนั้น ดินที่มีปริมาณอินทรียวัตถุอยู่ในระดับที่ต่ำมากนี้ จึงไม่เหมาะสมต่อการเพาะปลูกผักกวางตุ้งใบ. เนื่องจาก ผักกวางตุ้งใบเจริญได้ดีที่สุดในดินที่มีอินทรียวัตถุในปริมาณสูง. หากไม่มีการเพิ่มอินทรียวัตถุให้แก่ดินแล้ว จะทำให้ระดับอินทรียวัตถุต่ำลงจนไม่เพียงพอต่อการทำการเกษตรและทำให้ดินเกิดการเสื่อมโทรมได้. ทางแก้ปัญหาทางหนึ่งที่จะช่วยเพิ่มปริมาณอินทรียวัตถุให้แก่ดินโดยเสียค่าใช้จ่ายต่ำและเป็นการเพิ่มปริมาณอินทรียวัตถุได้อย่างยั่งยืน, คือการใส่ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายกลุ่มที่สามารถหลั่งสารเหนียวประเภทพอลิแซ็กคาไรด์ออกสู่ภายนอกเซลล์ (extracellular polysaccharide) ได้. นอกจากนี้ สาหร่ายกลุ่มนี้ยังสามารถที่จะตรึงไนโตรเจนจากอากาศ ซึ่งจะช่วยเพิ่มปริมาณอินทรียวัตถุให้แก่ดินได้อีกทางหนึ่งด้วย.

นอกจากนี้ การที่มีปริมาณฟอสฟอรัสที่สูงมากและเหลือตกค้างอยู่ในดินเป็นปริมาณมากนั้น จะทำให้ฟอสฟอรัสทำปฏิกิริยาตกตะกอนกับจุลธาตุ, โดยเฉพาะสังกะสี, เหล็ก และแมงกานีส, ทำให้พืชไม่สามารถดูดจุลธาตุเหล่านี้ไปใช้ประโยชน์ได้, พืชจึงแสดงอาการขาดจุลธาตุ. แม้ว่าจะใส่จุลธาตุเพิ่มในดินก็ตาม ก็ยังไม่ได้ผล เนื่องจากจะตกตะกอนกับฟอสฟอรัสได้ต่อไปอีก. จากการที่ฟอสฟอรัสสูญหายไปจากดินค่อนข้างยาก จึงพบว่ามีการสะสมฟอสฟอรัสในดินสูงเกินความต้องการของพืช. การที่มีปริมาณโพแทสเซียมในดินมากเกินไป จะทำให้พืชดูดใช้ธาตุแมกนีเซียมและแคลเซียมลดลง. วิธีแก้ปัญหาทางหนึ่งคือ ลดปริมาณการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมลง เป็นการลดค่าใช้จ่ายด้านปุ๋ยเคมีได้เนื่องจากปุ๋ยฟอสฟอรัสมีราคาแพง (บัวทรัพย์ 2543).

สำหรับดินที่มีปริมาณแคลเซียมสูงมากเกินไป จะมีผลกระทบต่อสมดุลของธาตุอาหารพืชชนิดอื่น, ทำให้พืชแสดงอาการขาดธาตุนั้น เช่น ทำให้เกิดการขาดโบรอน, โพแทสเซียม, แมกนีเซียม, ฟอสเฟต, หรือมีผลกระทบด้านความเป็นด่างของดิน, ซึ่งจะมีผลในการควบคุมการปลดปล่อยเหล็กและแมงกานีส. ส่วนดินที่มีปริมาณแมกนีเซียมในปริมาณสูงเกินไปสำหรับพืชนั้น

ทำให้เกิดความไม่สมดุลของธาตุอาหารพืช, เช่น การที่พืชดูดแมกนีเซียมมากเกินไป อาจเกิดจากการขาดโพแทสเซียม เนื่องจากสมดุลของโพแทสเซียมต่อแมกนีเซียมในดินมีสัดส่วนต่ำ (สุขสวัสดิ์ 2544).

อย่างไรก็ตาม การที่มีปริมาณฟอสฟอรัส, โพแทสเซียม, แคลเซียม และแมกนีเซียมอยู่ในดินเป็นปริมาณมากนี้ จะเป็นประโยชน์ต่อสาหร่าย เนื่องจากธาตุฟอสฟอรัสเป็นธาตุอาหารหลัก (major element), โพแทสเซียม, แคลเซียม และแมกนีเซียมจัดเป็นธาตุอาหารรอง (minor element) ซึ่งสาหร่ายต้องการในปริมาณมากเพื่อการเจริญเติบโต. นอกจากนี้ ธาตุเหล่านี้ยังมีความสำคัญต่อการตรึงไนโตรเจนและการสังเคราะห์แสงอีกด้วย. เมื่อสาหร่ายกลุ่มนี้ตายลงจะปลดปล่อยธาตุอาหารดังกล่าวรวมทั้งไนโตรเจนกลับสู่พื้นดินอย่างช้าๆ อีกด้วย.

### 3.1.2 ผลทดสอบประสิทธิภาพหลังการใส่ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายในแปลงทดสอบผักกวางตุ้งใบ

แบ่งการทดลองออกเป็น 8 ชุดการทดลอง คือ CT, C, $AS_1$, $AS_2$, $AS_1C$, $AS_1C/2$, $AS_2C$ และ $AS_2C/2$ ดังรูปที่ 2. เมื่อถึงระยะเก็บเกี่ยวพบว่าทั้ง 8 ชุดการทดลอง มีค่าของปัจจัยต่างๆ ได้แก่ การเจริญเติบโตทางด้านความสูงระยะก่อนเก็บเกี่ยวและจำนวนใบ ผลดังแสดงตารางที่ 2, ผลผลิตมวลชีวภาพ (น้ำหนักสด) ส่วนเหนือพื้นดิน,รากและผลผลิตรวม ผลดังแสดงตารางที่ 3, ผลผลิตมวลชีวภาพ (น้ำหนักแห้ง) ส่วนเหนือพื้นดิน,รากและสัดส่วนมวลชีวภาพของส่วนเหนือพื้นดินและราก ผลดังแสดงตารางที่ 4, การเจริญเติบโตและผลผลิตของต้นกวางตุ้งใบที่เพิ่มขึ้น (เปอร์เซ็นต์) เมื่อเทียบกับชุดควบคุม ผลดังแสดงตารางที่ 5, ค่าใช้จ่ายผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินและปุ๋ยเคมีและผลตอบแทนทางเศรษฐกิจของการใช้ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายและปุ๋ยเคมีในอัตราต่างๆ ต่อผลผลิตของกวางตุ้งใบ ผลดังแสดงในตารางที่ 6.

**ก. การเจริญเติบโต**

**1. ความสูงของต้นกวางตุ้งใบระยะก่อนเก็บเกี่ยว**

การเจริญเติบโตทางด้านความสูงของต้นกวางตุ้งใบระยะก่อนเก็บเกี่ยว จากตารางที่ 2, พบว่า ความสูงเฉลี่ยของต้นกวางตุ้งใบในวันที่ 40 ทุกชุดการทดลองมีความสูงเฉลี่ยสูงกว่า CT. โดยชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1C/2$ มีความสูงเฉลี่ยสูงที่สุด คือ 49.68±1.73 เซนติเมตร, รองลงมา คือ ชุดการทดลองที่ใส่ C, $AS_2C/2$, $AS_1C$, $AS_2C$, $AS_1$ และ $AS_2$ มีความสูงของต้นกวางตุ้งใบเฉลี่ย 48.13±1.93, 47.22±4.38, 46.87±1.29, 46.72±1.30, 31.65±3.13 และ 29.65±3.07 เซนติเมตร, ตามลำดับ. ในขณะที่ชุด CT มีความสูงของต้นกวางตุ้งใบเฉลี่ย 25.78±3.20 เซนติเมตร. เมื่อนำไปเปรียบเทียบทางสถิติกับชุด CT ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 0.05 พบว่า ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1C/2$,

C, $AS_2C/2$, $AS_1C$, $AS_2C$ และ $AS_1$ มีความแตกต่างกับชุด CT อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ. นอกจากนี้ ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1$ ยังมีความแตกต่างกับชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1C/2$, C, $AS_2C/2$, $AS_1C$ และ $AS_2C$ อีกด้วย.

**2. จำนวนใบต่อต้นของต้นกวางตุ้งใบ**

จำนวนใบต่อต้นของต้นกวางตุ้งใบ จากตารางที่ 2 พบว่า ทุกชุดการทดลองมีจำนวนใบต่อต้นเฉลี่ยที่สูงกว่าชุด CT. โดยชุดการทดลองที่ใส่ C มีจำนวนใบต่อต้นเฉลี่ยที่สูงที่สุด คือ 9.07±0.46 ใบ, รองลงมา คือ ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_2C/2$, $AS_1C$, $AS_2C$, $AS_1$, $AS_1C/2$ และ $AS_2$ มีจำนวนใบต่อต้นเฉลี่ย 8.90±0.60, 8.30±0.36, 8.23±0.84, 8.07±1.10, 7.80±0.95 และ 7.07±0.98 ใบ, ตามลำดับ. ในขณะที่ชุด CT มีจำนวนใบต่อต้นเฉลี่ย 6.60±1.05 ใบ. เมื่อนำไปเปรียบเทียบทางสถิติกับชุด CT ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 0.05, พบว่า ชุดการทดลองที่ใส่ C, $AS_2C/2$, $AS_1C$ และ $AS_2C$ มีความแตกต่างกับชุด CT อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1C$, $AS_2C$, $AS_1$, $AS_1C/2$ และ $AS_2$ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ. นอกจากนี้ ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1$, $AS_1C/2$ และ $AS_2$ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติด้วยเช่นกัน.

**ตารางที่ 2. การเจริญเติบโตทางด้านความสูงระยะก่อนเก็บเกี่ยว และจำนวนใบของต้นกวางตุ้งใบ**

| ชุดการทดลอง[1] | ความสูง (เซนติเมตร)[2] | จำนวนใบ (ใบ)[2] |
|---|---|---|
| CT | 25.78±3.20$^{c}$ | 6.60±1.05$^{c}$ |
| C | 48.13±1.93$^{a}$ | 9.07±0.46$^{a}$ |
| $AS_1$ | 31.65±3.13$^{b}$ | 8.07±1.10$^{abc}$ |
| $AS_2$ | 29.65±3.07$^{bc}$ | 7.70±0.98$^{bc}$ |
| $AS_1C$ | 46.87±1.29$^{a}$ | 8.30±0.36$^{ab}$ |
| $AS_1C/2$ | 49.68±1.73$^{a}$ | 7.80±0.95$^{abc}$ |
| $AS_2C$ | 46.72±1.30$^{a}$ | 8.23±0.84$^{ab}$ |
| $AS_2C/2$ | 47.22±4.38$^{a}$ | 8.90±0.60$^{a}$ |
| CV. (%) | 6.65 | 10.46 |
| F-test | ** | * |

**หมายเหตุ :** [1]CT = ชุดควบคุม, C = ปุ๋ยเคมี สูตร 46-0-0 ในอัตรา 200 กิโลกรัมต่อไร่ และสูตร 16-0-0 ในอัตรา 80 กิโลกรัมต่อไร่, C/2 = ปุ๋ยเคมี สูตร 46-0-0 ในอัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ และสูตร 16-0-0 ในอัตรา 40 กิโลกรัมต่อไร่, $AS_1$ = ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายในอัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ และ $AS_2$ = ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่าย ในอัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่

[2] ค่าเฉลี่ยจาก 3 ซ้ำ ซ้ำละ 10 ต้น โดยค่าเฉลี่ยที่มีอักษรตามหลังเหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี Duncan's multiple range test (DMRT)

* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

** มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

**ข. ผลผลิต**

**1. ผลผลิตมวลชีวภาพ (น้ำหนักสด)**

**1.1 ผลผลิตมวลชีวภาพส่วนเหนือพื้นดิน**

ผลผลิตมวลชีวภาพส่วนเหนือพื้นดินของต้นกวางตุ้งใบ จากตารางที่ 3 พบว่าทุกชุดการทดลองมีผลผลิตมวลชีวภาพส่วนเหนือพื้นดินเฉลี่ยที่สูงกว่าชุด CT. โดยชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1C/2$ มีผลผลิตมวลชีวภาพส่วนเหนือพื้นดินเฉลี่ยที่สูงที่สุด คือ 155.24±24.03 กรัม, รองลงมาคือชุดการทดลองที่ใส่ $AS_2C$, C, $AS_2C/2$, $AS_1C$, $AS_1$ และ $AS_2$ มีผลผลิตมวลชีวภาพส่วนเหนือพื้นดินเฉลี่ย 154.97±12.12, 153.50±18.42, 143.83±40.49, 142.17±15.14, 59.80±15.06 และ 45.93±13.12 กรัม, ตามลำดับ. ในขณะที่ชุด CT มีผลผลมวลชีวภาพส่วนเหนือพื้นดินเฉลี่ย 32.43±15.72 กรัม. เมื่อนำไปเปรียบเทียบทางสถิติกับชุด CT ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 0.05 พบว่าชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1C/2$, $AS_2C$, C, $AS_2C/2$ และ $AS_1C$ มีความแตกต่างกับชุด CT อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติและไม่มีความแตกต่างระหว่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ. นอกจากนี้ ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1$ และ $AS_2$ ก็ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเช่นเดียวกัน.

**1.2 ผลผลิตมวลชีวภาพส่วนราก**

ผลผลิตมวลชีวภาพส่วนรากเฉลี่ย จากตารางที่ 3 พบว่า ทุกชุดการทดลองมีผลผลิตมวลชีวภาพส่วนรากเฉลี่ยที่สูงกว่าชุด CT. โดยชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1C/2$ มีผลผลิตมวลชีวภาพส่วนรากเฉลี่ยสูงที่สุด คือ 5.58±1.43 กรัม, รองลงมาได้แก่ชุดการทดลองที่ใส่ C, $AS_2C$, $AS_1C$, $AS_2C/2$, $AS_1$ และ $AS_2$ มีผลผลิตมวลชีวภาพส่วนรากเฉลี่ย 5.17±0.15, 4.78±0.64, 4.64±0.13, 4.59±1.34, 4.58±0.73 และ 3.33±0.71 กรัม, ตามลำดับ. ในขณะที่ชุด CT มีผลผลิตมวลชีวภาพส่วนรากเฉลี่ย 2.87±0.86 กรัม. เมื่อนำไปเปรียบเทียบทางสถิติกับชุด CT ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 0.05 พบว่า ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1C/2$, C, $AS_2C$, $AS_1C$, $AS_2C/2$ และ $AS_1$ มีความแตกต่างกับชุด CT อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ. นอกจากนี้ ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_2C$, $AS_1C$, $AS_2C/2$, $AS_1$ และ $AS_2$ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ. นอกจากนี้ ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1C/2$, C, $AS_2C$, $AS_1C$, $AS_2C/2$, $AS_1$ และ $AS_2$ ก็ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเช่นกัน.

**1.3 ผลผลิตรวม**

ผลผลิตรวมเฉลี่ยของผักกวางตุ้งใบ จากตารางที่ 3 พบว่า ทุกชุดการทดลองมีผลผลิตรวมเฉลี่ยที่สูงกว่าชุด CT. โดยชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1C/2$ มีผลผลิตรวมเฉลี่ยสูงที่สุด คือ

8,400.00±692.82 กิโลกรัมต่อไร่, รองลงมาได้แก่ ชุดการทดลองที่ใส่ C, $AS_1C$, $AS_2C/2$, $AS_2C$, $AS_2$ และ $AS_1$ มีผลผลิตรวมเฉลี่ย 7,946.67±743.33, 7,706.67±1,044.09, 7,680.00±1,321.82, 7,120.00±423.32, 1,546.67±482.22 และ 1,466.67±461.88 กิโลกรัมต่อไร่, ตามลำดับ. ในขณะที่ชุด CT มีผลผลิตรวมเฉลี่ย 986.67±302.88 กิโลกรัมต่อไร่. เมื่อนำไปเปรียบเทียบทางสถิติกับชุด CT ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 0.05 พบว่า ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1C/2$, C, $AS_1C$, $AS_2C/2$, และ $AS_2C$ มีความแตกต่างกับชุด CT และไม่มีความแตกต่างระหว่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ. นอกจากนี้ ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_2$ และ $AS_1$ ก็ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเช่นเดียวกัน.

**ตารางที่ 3. ผลผลิตมวลชีวภาพ (น้ำหนักสด) ส่วนเหนือพื้นดิน, ราก และผลผลิตรวมของต้นกวางตุ้งใบ**

| ชุดการทดลอง[1] | ผลผลิตมวลชีวภาพ (กรัม)[2] | | ผลผลิตรวม |
|---|---|---|---|
| | เหนือพื้นดิน (Shoot) | ราก (Root) | (กิโลกรัม/ไร่) |
| 1. CT | 32.43±15.72$^{b}$ | 2.87±0.86$^{c}$ | 986.67±302.88$^{b}$ |
| 2. C | 153.50±18.42$^{a}$ | 5.17±0.15$^{a}$ | 7,946.67±743.33$^{a}$ |
| 3. $AS_1$ | 59.80±15.06$^{b}$ | 4.58±0.73$^{ab}$ | 1,466.67±461.88$^{b}$ |
| 4. $AS_2$ | 45.93±13.12$^{b}$ | 3.33±0.71$^{bc}$ | 1,546.67±482.22$^{b}$ |
| 5. $AS_1C$ | 142.17±15.14$^{a}$ | 4.64±0.13$^{ab}$ | 7,706.67±1,044.09$^{a}$ |
| 6. $AS_1C/2$ | 155.24±24.03$^{a}$ | 5.58±1.43$^{a}$ | 8,400.00±692.82$^{a}$ |
| 7. $AS_2C$ | 154.97±12.12$^{a}$ | 4.78±0.64$^{ab}$ | 7,120.00±423.32$^{a}$ |
| 8. $AS_2C/2$ | 143.83±40.49$^{a}$ | 4.59±1.34$^{ab}$ | 7,680.00±1,321.82$^{a}$ |
| CV. (%) | 19.05 | 19.62 | 14.14 |
| F-test | ** | * | ** |

**หมายเหตุ :** [1]CT= ชุดควบคุม, C= ปุ๋ยเคมี สูตร 46-0-0 ในอัตรา 200 กิโลกรัมต่อไร่ และสูตร 16-0-0 ในอัตรา 80 กิโลกรัมต่อไร่, C/2 = ปุ๋ยเคมี สูตร 46-0-0 ในอัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ และสูตร 16-0-0 ในอัตรา 40 กิโลกรัมต่อไร่, $AS_1$ = ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายในอัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ และ $AS_2$ = ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่าย ในอัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่

[2]ค่าเฉลี่ยจาก 3 ซ้ำ ซ้ำละ 10 ต้น โดยค่าเฉลี่ยที่มีอักษรตามหลังเหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี Duncan's multiple range test (DMRT)

* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

** มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

**2. ผลผลิตมวลชีวภาพ (น้ำหนักแห้ง)**

**2.1 ผลผลิตมวลชีวภาพส่วนเหนือพื้นดิน**

ผลผลิตมวลชีวภาพส่วนเหนือพื้นดินเฉลี่ยของต้นกวางตุ้งใบ จากตารางที่ 4 พบว่า ทุกชุดการทดลองมีผลผลิตมวลชีวภาพส่วนเหนือพื้นดินเฉลี่ยที่สูงกว่าชุด CT. โดยชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1C/2$ มีผลผลิตมวลชีวภาพส่วนเหนือพื้นดินเฉลี่ยที่สูงที่สุด คือ 8.84±1.10 กรัม, รองลงมา คือชุดการทดลองที่ใส่ C, $AS_1C$, $AS_2C$, $AS_2C/2$, $AS_1$ และ $AS_2$ มีผลผลิตมวลชีวภาพส่วนเหนือพื้นดินเฉลี่ย 8.60±0.84, 8.21±1.23, 8.00±1.23, 7.92±2.10, 4.54±0.96 และ 3.88±0.86 กรัม, ตามลำดับ. ในขณะที่ชุด CT มีผลผลมวลชีวภาพเหนือพื้นดินเฉลี่ย 3.41±2.24 กรัม. เมื่อนำไปเปรียบเทียบทางสถิติกับชุด CT ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 0.05 พบว่า ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1C/2$, C, $AS_1C$, $AS_2C$, $AS_2C/2$ มีความแตกต่างกับชุด CT และไม่มีความแตกต่างระหว่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ. นอกจากนี้ ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1$ และ $AS_2$ ก็ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติด้วยเช่นกัน.

**2.2 ผลผลิตมวลชีวภาพส่วนราก**

ผลผลิตมวลชีวภาพส่วนรากเฉลี่ย จากตารางที่ 4 พบว่า ทุกชุดการทดลองมีผลผลิตมวลชีวภาพส่วนรากเฉลี่ยที่สูงกว่าชุด CT. โดยชุดการทดลองที่ใส่ $AS_2C$ มีผลผลิตมวลชีวภาพส่วนรากเฉลี่ยสูงที่สุด คือ 0.90±0.05 กรัม, รองลงมาได้แก่ชุดการทดลองที่ใส่ C, $AS_1C/2$, $AS_1$ ,$AS_1C$, $AS_2C/2$ และ $AS_2$ มีผลผลิตมวลชีวภาพส่วนรากเฉลี่ย 0.88±0.04, 0.82±0.16, 0.79±0.10, 0.74±0.14, 0.74±0.23 และ 0.67±0.11 กรัม, ตามลำดับ. ในขณะที่ชุด CT มีผลผลิตมวลชีวภาพส่วนรากเฉลี่ย 0.62±0.26 กรัม. ถึงแม้ว่าทุกชุดการทดลองจะมีผลผลิตมวลชีวภาพส่วนรากที่สูงกว่าชุด CT แต่เมื่อนำไปเปรียบเทียบทางสถิติกับชุด CT ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 0.05, พบว่าทุกชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างกับชุด CT อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ.

**2.3 สัดส่วนมวลชีวภาพของส่วนเหนือพื้นดินและราก**

จากตารางที่ 4 พบว่า ทุกชุดการทดลองมีสัดส่วนมวลชีวภาพของส่วนเหนือพื้นดินและรากเฉลี่ยที่สูงกว่าชุด CT. โดยชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1C$ มีสัดส่วนมวลชีวภาพของส่วนเหนือพื้นดินและรากเฉลี่ยสูงที่สุด คือ 11.49±1.59, รองลงมาคือชุดการทดลองที่ใส่ $AS_2C/2$, $AS_2C$, $AS_1C/2$, C, $AS_1$ และ $AS_2$ มีสัดส่วนมวลชีวภาพของส่วนเหนือพื้นดินและรากเฉลี่ย 11.14±0.42, 10.34±0.39, 9.88±0.33, 9.75±0.44, 5.94±1.07 และ 5.81±0.62, ตามลำดับ. ในขณะที่ชุด CT มีสัดส่วนมวลชีวภาพของส่วนเหนือพื้นดินและรากเฉลี่ย 5.23±1.75. เมื่อนำไปเปรียบเทียบทางสถิติ

กับชุด CT ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 0.05 พบว่า ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1C$ , $AS_2C/2$, $AS_2C$, $AS_1C/2$, C มีความแตกต่างกับชุด CT และไม่มีความแตกต่างระหว่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ. นอกจากนี้ ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1$ และ $AS_2$ ก็ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ.

**ตารางที่ 4. ผลผลิตมวลชีวภาพ (น้ำหนักแห้ง) ส่วนเหนือพื้นดิน, ราก และสัดส่วนมวลชีวภาพเหนือพื้นดินและรากของต้นกวางตุ้งใบ**

| ชุดการทดลอง[1] | ผลผลิตมวลชีวภาพ (กรัม)[2] | | Shoot:Root |
|---|---|---|---|
| | เหนือพื้นดิน (Shoot) | ราก (Root) | Ratio |
| CT | 3.41±2.24[b] | 0.62±0.26[a] | 5.23±1.75[b] |
| C | 8.60±0.84[a] | 0.88±0.04[a] | 9.75±0.44[a] |
| $AS_1$ | 4.54±0.96[b] | 0.79±0.10[a] | 5.94±1.07[b] |
| $AS_2$ | 3.88±0.86[b] | 0.67±0.11[a] | 5.81±0.62[b] |
| $AS_1C$ | 8.21±1.23[a] | 0.74±0.14[a] | 11.49±1.59[a] |
| $AS_1C/2$ | 8.84±1.10[a] | 0.82±0.16[a] | 9.88±0.33[a] |
| $AS_2C$ | 8.00±1.23[a] | 0.90±0.05[a] | 10.34±0.39[a] |
| $AS_2C/2$ | 7.92±2.10[a] | 0.74±0.23[a] | 11.14±0.42[a] |
| CV. (%) | 21.19 | 20.10 | 11.33 |
| F-test | ** | ns | ** |

**หมายเหตุ :** [1]CT= ชุดควบคุม, C= ปุ๋ยเคมี สูตร 46-0-0 ในอัตรา 200 กิโลกรัมต่อไร่ และสูตร 16-0-0 ในอัตรา 80 กิโลกรัมต่อไร่, C/2 = ปุ๋ยเคมี สูตร 46-0-0 ในอัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ และสูตร 16-0-0 ในอัตรา 40 กิโลกรัมต่อไร่, $AS_1$ = ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายในอัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ และ $AS_2$ = ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่าย ในอัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่

[2]ค่าเฉลี่ยจาก 3 ซ้ำ ซ้ำละ 10 ต้น โดยค่าเฉลี่ยที่มีอักษรตามหลังเหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี Duncan's multiple range test (DMRT)

ns ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

** มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

จากผลการทดลองพบว่า ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1C/2$ มีประสิทธิภาพต่อการเพิ่มผลผลิตมากที่สุด, โดยเพิ่มมากถึงร้อยละ 88.25 เมื่อเทียบกับชุด CT, ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับชุดการทดลองที่ใส่ C คือ ร้อยละ 87.58, รองลงมา ได้แก่ ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1C$, $AS_2C/2$, $AS_2C$, $AS_2$ และ$AS_1$ เพิ่มผลผลิตได้ร้อยละ 87.20, 87.15, 86.14, 36.21 และ 32.73, ตามลำดับ, เมื่อเทียบกับชุด CT. ผลดังแสดงในตารางที่ 5.

**ตารางที่ 5. การเจริญเติบโตและผลผลิตของต้นกวางตุ้งใบที่เพิ่มขึ้น (เปอร์เซ็นต์) เมื่อเทียบกับชุดควบคุม**

| ชุดการทดลอง[1] | การเจริญเติบโต (%) | | ผลผลิต (%) | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | ความสูง | จำนวนใบ | น้ำหนักสดของส่วนเหนือพื้นดิน | น้ำหนักสดของราก | ผลผลิตรวม |
| CT | - | - | - | - | - |
| C | + 46.44 | **+ 27.23** | + 78.87 | + 44.49 | + 87.58 |
| $AS_1$ | + 18.55 | + 18.22 | + 45.77 | + 37.34 | + 32.73 |
| $AS_2$ | + 13.05 | + 14.29 | + 29.39 | + 13.81 | + 36.21 |
| $AS_1C$ | + 45.00 | + 20.48 | + 77.19 | + 38.15 | + 87.20 |
| $AS_1C/2$ | **+ 48.11** | + 15.38 | **+ 79.11** | **+ 48.57** | **+ 88.25** |
| $AS_2C$ | + 44.82 | + 19.81 | + 79.07 | + 39.96 | + 86.14 |
| $AS_2C/2$ | + 45.40 | + 25.84 | + 77.45 | + 37.47 | + 87.15 |

**หมายเหตุ :** [1]CT= ชุดควบคุม, C= ปุ๋ยเคมี สูตร 46-0-0 ในอัตรา 200 กิโลกรัมต่อไร่ และสูตร 16-0-0 ในอัตรา 80 กิโลกรัมต่อไร่, C/2 = ปุ๋ยเคมี สูตร 46-0-0 ในอัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ และสูตร 16-0-0 ในอัตรา 40 กิโลกรัมต่อไร่, $AS_1$ = ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายในอัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ และ $AS_2$ = ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่าย ในอัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่

เครื่องหมาย + หมายถึงเปอร์เซ็นต์ที่เพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับชุดควบคุม

**ค. ค่าใช้จ่ายผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายและปุ๋ยเคมี และผลตอบแทนทางเศรษฐกิจของการใช้ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายและปุ๋ยเคมีในอัตราต่างๆ ต่อผลผลิตของผักกวางตุ้งใบ**

**1. ค่าใช้จ่ายผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายและปุ๋ยเคมี.** จากตารางที่ 6 พบว่า ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_2C$ มีค่าใช้จ่ายผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายและปุ๋ยเคมีที่สูงที่สุด คือ 13,840.00 บาทต่อไร่, รองลงมาได้แก่ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1C$, $AS_2C/2$, C,$AS_1C/2$, $AS_2$, และ $AS_1$ มีค่าใช้จ่ายผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินและปุ๋ยเคมี 10,840.00, 9,920.00, 7,840.00, 6,920.00, 6,000.00 และ 3,000.00 บาทต่อไร่, ตามลำดับ.

**2. ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจของการใช้ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายและปุ๋ยเคมีในอัตราต่าง ๆ ต่อผลผลิตของผักกวางตุ้งใบ (VCR).** จากตารางที่ 6 พบว่า ทุกชุดการทดลองถือว่าคุ้มค่าแก่การลงทุน จากการที่มีค่า VCR สูงกว่า 2.00. โดยชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1C/2$ มีผลตอบแทน

ทางเศรษฐกิจสูงที่สุด คือ 32.14, รองลงมาได้แก่ ชุดการทดลองที่ใส่ C, $AS_2C/2$, $AS_1C$, $AS_2C$, $AS_1$ และ $AS_2$ มีผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ 26.63, 20.24, 18.60, 13.29, 4.80 และ 2.80, ตามลำดับ.

**ตารางที่ 6. ค่าใช้จ่ายผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายและปุ๋ยเคมี และผลตอบแทนทางเศรษฐกิจของการใช้ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายและปุ๋ยเคมีในอัตราต่างๆ ต่อผลผลิตของผักกวางตุ้งใบ**

| ชุดการทดลอง[1] | ค่าใช้จ่ายผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินและปุ๋ยเคมี (บาทต่อไร่) | ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ (VCR) |
|---|---|---|
| CT | - | - |
| C | 7,840.00 | 26.63 |
| $AS_1$ | 3,000.00 | 4.80 |
| $AS_2$ | 6,000.00 | 2.80 |
| $AS_1C$ | 10,840.00 | 18.60 |
| $AS_1C/2$ | 6,920.00 | 32.14 |
| $AS_2C$ | 13,840.00 | 13.29 |
| $AS_2C/2$ | 9,920.00 | 20.24 |

**หมายเหตุ :** [1]CT = ชุดควบคุม, C = ปุ๋ยเคมี สูตร 46-0-0 ในอัตรา 200 กิโลกรัมต่อไร่ และสูตร 16-0-0 ในอัตรา 80 กิโลกรัมต่อไร่, C/2 = ปุ๋ยเคมี สูตร 46-0-0 ในอัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ และสูตร 16-0-0 ในอัตรา 40 กิโลกรัมต่อไร่, $AS_1$ = ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายในอัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ และ $AS_2$ = ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่าย ในอัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่

เมื่อ ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่าย กิโลกรัมละ 6.00 บาท
ปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 กิโลกรัมละ 27.60 บาท
ปุ๋ยเคมีสูตร 16-16-16 กิโลกรัมละ 29.00 บาท
ราคาผักกวางตุ้งใบราคาขายส่ง กิโลกรัมละ 30 บาท

จะเห็นได้ว่า ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1C/2$ คือ ใส่ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายในอัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ร่วมกับปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 ในอัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่และสูตร 16-16-16 ในอัตรา 40 กิโลกรัมต่อไร่ (เป็นการใส่ปุ๋ยเคมีในอัตราครึ่งหนึ่งของอัตราที่เกษตรกรใส่เป็นประจำ) ให้ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจสูงกว่าชุดการทดลองที่ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 ในอัตรา 200 กิโลกรัมต่อไร่ และสูตร 16-16-16 ในอัตรา 80 กิโลกรัมต่อไร่ (อัตราที่เกษตรกรใส่เป็นประจำ), ถือว่าคุ้มค่าแก่การลงทุนอย่างมาก. ถ้าเกษตรกรหันมาใช้ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายร่วมกับลดการใช้ปุ๋ยเคมีลงอย่างต่อเนื่อง, ผลตอบแทนที่จะได้รับมิใช่แต่จะเป็นผลตอบแทนทางด้านเศรษฐกิจเพียง

อย่างเดียว แต่เป็นการใช้ประโยชน์พื้นที่การเกษตรแบบอนุรักษ์โดยทำการปรับปรุงดินไปพร้อมๆ กับผลิตพืชที่เพิ่มขึ้น. ดังนั้น การใช้ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายจะช่วยให้เกิดการใช้ประโยชน์จากทรัพยากรดินได้อย่างยั่งยืน ซึ่งส่งผลต่อความมั่นคงทางอาหาร (food security) ของประเทศในที่สุด.

เมื่อนำประสิทธิภาพในการเพิ่มผลผลิตและผลตอบแทนทางเศรษฐกิจของการใส่ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายและปุ๋ยเคมีในอัตราต่างๆ ต่อผลผลิตของผักกวางตุ้งใบมาร่วมพิจารณาด้วย พบว่า ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1C/2$ มีประสิทธิภาพต่อการเพิ่มผลผลิตสูงที่สุด. โดยเพิ่มมากถึงร้อยละ 88.25 เมื่อเทียบกับชุด CT และมีค่าใกล้เคียงกับชุดการทดลองที่ใส่ C คือ ร้อยละ 87.58. ในขณะที่ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1C/2$ ให้ค่าผลตอบแทนทางเศรษฐกิจสูงที่สุดเช่นเดียวกัน คือ 32.14, ซึ่งสูงกว่าชุดการทดลองที่ใส่ C ที่ให้ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ 26.63. เหตุที่ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1C/2$ ให้ค่าผลตอบแทนทางเศรษฐกิจที่สูงกว่า เนื่องจากราคาผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายและปุ๋ยเคมีของชุดการทดลองที่ $AS_1C/2$ มีราคาต่ำกว่า. นอกจากนี้ ผลตอบแทนทางด้านผลผลิตสูงกว่าชุดการทดลองที่ใส่ C. หากพิจารณาในระยะยาว ค่าใช้จ่ายของผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายและปุ๋ยเคมีของชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1C/2$ จะลดลงกว่าการใส่ในครั้งแรกๆ อีก เนื่องจากสาหร่ายจากผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินสามารถที่จะเจริญเติบโตเพิ่มจำนวนต่อไป โดยไม่ต้องใส่ทุกครั้งของการเพาะปลูก. ฉะนั้น จะช่วยลดค่าใช้จ่ายลง แต่ให้ผลผลิตที่สูงในเวลาเดียวกัน พร้อมทั้งเป็นการใช้พื้นที่เกษตรแบบอนุรักษ์อีกด้วย, ซึ่งตรงกันข้ามกับการใช้ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว เนื่องจากที่ต้องใส่ปุ๋ยทุกครั้งและในปริมาณที่เพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ ในขณะที่ผลผลิตที่ได้จะมีปริมาณคงที่หรือลดลง. ปุ๋ยเคมีนี้ไม่มีผลต่อการปรับปรุงคุณสมบัติทางกายภาพของดิน ซึ่งต่างจากผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่าย. หากใช้ปุ๋ยเคมีติดต่อกันเป็นเวลานาน ทำให้มีผลกระทบระยะยาว, ที่เห็นได้ชัดคือ ทำให้ดินอัดแน่นและดินเป็นกรดหรือเบสเพิ่มขึ้น และถ้าใส่ในอัตราสูงเกินไปจะเป็นอันตรายต่อการเจริญเติบโตและคุณภาพของผักได้โดยตรง.

ดังนั้น ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1C/2$ จึงมีประสิทธิภาพต่อการเพิ่มผลผลิตและให้ค่าผลตอบแทนทางเศรษฐกิจที่สูงของผักกวางตุ้งใบ.

อย่างไรก็ตาม สาหร่ายจากผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินที่เจริญเติบโตจะสามารถเพิ่มจำนวนและอยู่รอดได้มากเพียงใดนั้น จะขึ้นกับคุณสมบัติพื้นฐานของดิน รวมทั้งสภาพแวดล้อมทางกายภาพของพื้นที่เพาะปลูก เช่น อุณหภูมิ, ความเข้มแสง และความชื้น, เป็นต้น. สิ่งเหล่านี้จำเป็นต้อง

ทำการศึกษาซ้ำๆ ในพื้นที่เดิมพร้อมทั้งศึกษาเพื่อรวบรวมข้อมูลเพิ่มเติมในหลายๆ พื้นที่ที่มีคุณสมบัติของดินและสภาพทางกายภาพแตกต่างกัน.

**ง. คุณสมบัติบางประการของดินแปลงผักกวางตุ้งใบที่นำมาศึกษาหลังการใส่ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่าย**

เมื่อวิเคราะห์คุณสมบัติบางประการของดิน ได้แก่ ปริมาณอินทรียวัตถุ, ค่าปฏิกิริยาดิน, ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด, ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์, ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก, ความสามารถในการอุ้มน้ำของดินและจำนวนของเม็ดดิน (ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางมากกว่า 0.25 มิลลิเมตร) และมีความเสถียรต่อแรงกระทำของน้ำของตัวอย่างดินหลังการใส่ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่าย ผลดังแสดงตารางที่ 7. เมื่อนำค่าวิเคราะห์เหล่านี้มาเปรียบเทียบกับตัวอย่างดินก่อนการทดสอบ พบว่า มีค่าเปลี่ยนแปลงไปจากค่าพื้นฐานของดิน ผลดังแสดงตารางที่ 8. นอกจากนี้ เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับชุดควบคุม พบว่า คุณสมบัติของดินมีการเปลี่ยนแปลง ผลดังแสดงตารางที่ 9. ทั้งตารางที่ 8 และ 9 แสดงให้เห็นถึงแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงด้านคุณสมบัติของดิน เมื่อมีการใส่ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายหรือผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายร่วมกับปุ๋ยเคมี.

**1. ปริมาณอินทรียวัตถุ (organic matter).** พบว่า ชุด CT, ชุดการทดลองที่ใส่ C และ $AS_2C/2$ มีปริมาณอินทรียวัตถุเฉลี่ยต่ำกว่าตัวอย่างดินก่อนการทดสอบ (ตารางที่ 8) ในขณะที่ทุกชุดการทดลองมีปริมาณอินทรียวัตถุเฉลี่ยสูงกว่าชุด CT (ตารางที่ 7 และ 9). ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1C/2$ มีปริมาณอินทรียวัตถุเฉลี่ยสูงที่สุด คือ ร้อยละ 1.46±0.07, รองลงมา คือ ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1$, $AS_1C$, $AS_2$, $AS_2C$, $AS_2C/2$ และ C มีปริมาณอินทรียวัตถุเฉลี่ย ร้อยละ 1.41±0.19, 1.40±0.08, 1.38±0.04, 1.37±0.05, 1.34±0.06 และ 1.34±0.08, ตามลำดับ. ในขณะที่ชุด CT มีปริมาณอินทรียวัตถุเฉลี่ยร้อยละ 1.33±0.12. ถึงแม้ว่าทุกชุดการทดลองจะมีปริมาณอินทรียวัตถุเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับชุด CT แต่เมื่อนำไปเปรียบเทียบทางสถิติกับชุด CT ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 0.05 พบว่า ทุกชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างกับชุด CT และไม่มีความแตกต่างระหว่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 7).

**2. ปฏิกิริยาดิน (pH)** พบว่า ชุด CT มีปฏิกิริยาดินเฉลี่ยที่สูงกว่าตัวอย่างดินก่อนการทดสอบ (ตารางที่ 8) ในขณะที่ทุกชุดการทดลองมีค่าปฏิกิริยาดินเฉลี่ยลดลงเมื่อเทียบกับชุด CT. ชุด CT (ตารางที่ 7 และ 9) มีค่าปฏิกิริยาดินเฉลี่ยที่สูงที่สุด คือ 7.99±0.11, รองลงมาคือ ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_2$, C, $AS_1C$, $AS_2C$, $AS_2C/2$, $AS_1C/2$ และ $AS_1$ มีค่าปฏิกิริยาดินเฉลี่ย คือ 7.58±0.06,

7.42±0.05, 7.20±0.14, 7.16±0.06, 7.12±0.09, 7.10±0.13 และ 7.08±0.48, ตามลำดับ. เมื่อนำไปเปรียบเทียบทางสถิติกับชุด CT ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 0.05 พบว่า ทุกชุดการทดลองมีความแตกต่างกับชุด CT อย่างมีนัยสำคัญ. ในขณะที่ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_2$ และ C ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ. นอกจากนี้ ชุดการทดลองที่ใส่ C, $AS_1C$, $AS_2C$, $AS_2C/2$, $AS_1C/2$ และ $AS_1$ ก็ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเช่นเดียวกัน (ตารางที่ 7).

**3. ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (total nitrogen)** พบว่า ชุด CT, ชุดการทดลองที่ใส่ C และ $AS_2C/2$ มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดเฉลี่ยต่ำกว่าตัวอย่างดินก่อนการทดสอบ (ตารางที่ 8). ในขณะที่ทุกชุดการทดลองมีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดเฉลี่ยสูงกว่าชุด CT (ตารางที่ 7 และ 9). ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1C/2$ มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดเฉลี่ยสูงที่สุด คือ ร้อยละ 0.073±0.004, รองลงมา คือ ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1$, $AS_1C$, $AS_2$, $AS_2C$, C และ $AS_2C/2$ มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดเฉลี่ยร้อยละ 0.071±0.009, 0.070±0.003, 0.069±0.002, 0.068±0.003, 0.067±0.004 และ 0.066±0.003, ตามลำดับ. ในขณะชุด CT มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดเฉลี่ยร้อยละ 0.06±0.005. ถึงแม้ว่าทุกชุดการทดลองจะมีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดเฉลี่ยที่สูงกว่าชุด CT แต่เมื่อนำไปเปรียบเทียบทางสถิติกับชุด CT ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 0.05 พบว่า ทุกชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างกับชุด CT และไม่มีความแตกต่างระหว่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 7).

**4. ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (available phosphorus)** พบว่า มีเพียงชุดการทดลองที่ใส่ $AS_2C$ เพียงชุดการทดลองเดียวเท่านั้นที่มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์เฉลี่ยต่ำกว่าตัวอย่างก่อนการทดสอบ (ตารางที่ 8). ในขณะที่มีเพียง 3 ชุดการทดลองที่มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์เฉลี่ยสูงกว่าชุด CT (ตารางที่ 7 และ 9). ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1C$ มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์เฉลี่ยสูงที่สุด คือ 450.29±193.79 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม, รองลงมา คือ ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1C/2$ และ $AS_2C/2$ มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์เฉลี่ย 415.67±201.64 และ 383.80±29.58 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม, ตามลำดับ. ในขณะที่ชุด CT มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์เฉลี่ย 377.60±113.15 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม. สำหรับชุดการทดลองที่ใส่ $AS_2$, C, $AS_1$ และ $AS_2C$ มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์เฉลี่ย 374.14±91.33, 355.37±96.57, 350.14±280.17 และ 311.26±69.86 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม, ตามลำดับ. เมื่อนำไปเปรียบเทียบทางสถิติกับชุด CT ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 0.05 พบว่า ทุกชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างจากชุด CT และไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 7).

**5. ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (cation exchange capacity)** พบว่าทุกชุดการทดลองมีความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกเฉลี่ยสูงกว่าตัวอย่างดินก่อนการทดสอบ (ตารางที่ 8). ในขณะที่มีเพียงชุดการทดลองที่ใส่ $AS_2C$ เพียงชุดการทดลองเดียวที่มีค่าความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกเฉลี่ยต่ำกว่าชุด CT (ตารางที่ 7 และ 9). ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1C$ และ $AS_1$ มีความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกเฉลี่ย 28.40±0.10 และ 28.40±0.40 เซนติโมลต่อกิโลกรัมดิน, ตามลำดับ, รองลงมาได้แก่ชุดทดลองที่ใส่ $AS_2C/2$, $AS_1C/2$, C และ $AS_2$ มีความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกเฉลี่ย 28.23±0.71, 28.20±1.93, 28.00±0.10, 28.00±1.05 เซนติโมลต่อกิโลกรัมดิน, ตามลำดับ. ในขณะที่ชุด CT มีความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกเฉลี่ย 27.87±0.12 เซนติโมลต่อกิโลกรัมดิน. สำหรับชุดการทดลองที่ใส่ $AS_2C$ มีความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกเฉลี่ย 27.57±1.38 เซนติโมลต่อกิโลกรัมดิน. ถึงแม้ว่าจะมีถึง 6 ชุดการทดลอง ที่มีความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกเฉลี่ยสูงกว่าชุด CT แต่เมื่อนำไปเปรียบเทียบทางสถิติกับชุด CT ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 0.05 พบว่า ทุกชุดการทดลอง ไม่มีความแตกต่างกับชุด CT และไม่มีความแตกต่างระหว่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 7).

**6. ความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน (water holding capacity).** พบว่า ชุด CT และชุดการทดลองที่ใส่ C เพียง 2 ชุดการทดลองเดียวเท่านั้นที่มีความสามารถในการอุ้มน้ำของดินเฉลี่ยต่ำกว่าตัวอย่างดินก่อนการทดสอบ (ตารางที่ 8). ในขณะที่มี 6 ชุดการทดลองที่มีค่าความสามารถในการอุ้มน้ำของดินเฉลี่ยที่สูงกว่าชุด CT (ตารางที่ 7 และ 9). ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_2C/2$ มีค่าความสามารถในการอุ้มน้ำของดินเฉลี่ยสูงที่สุด คือ ร้อยละ 47.91±0.43, รองลงมาคือ ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1C/2$, $AS_1C$, $AS_2$, $AS_2C$ และ $AS_1$ มีค่าความสามารถในการอุ้มน้ำของดินเฉลี่ยร้อยละ 47.45±1.38, 47.24±1.39, 46.57±1.79, 46.10±1.05 และ 45.61±1.35, ตามลำดับ. ในขณะที่ชุด CT มีค่าความสามารถในการอุ้มน้ำของดินเฉลี่ยร้อยละ 44.78±1.34. สำหรับชุดการทดลองที่ใส่ C มีค่าความสามารถในการอุ้มน้ำของดินเฉลี่ยร้อยละ 44.71±1.56. เมื่อนำไปเปรียบเทียบทางสถิติกับชุด CT ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 0.05 พบว่า มีเพียงชุดการทดลองที่ใส่ $AS_2C/2$ และ $AS_1C/2$ เพียง 2 ชุดการทดลองเท่านั้นที่มีความแตกต่างกับชุด CT อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ. ในขณะที่ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_2C/2$, $AS_1C/2$, $AS_1C$, $AS_2$, $AS_2C$ และ $AS_1$ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ. นอกจากนี้ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1C$, $AS_2$, $AS_2C$ และ $AS_1$ ก็ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเช่นเดียวกัน (ตารางที่ 7).

**7. จำนวนของเม็ดดิน (ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางมากกว่า 0.25 มิลลิเมตร) และมีความเสถียรต่อแรงกระทำของน้ำ (water-stable aggregate).** พบว่า ทุกชุดการทดลองมีจำนวนของเม็ดดิน (ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางมากกว่า 0.25 มิลลิเมตร) และมีความเสถียรต่อแรงกระทำของน้ำเฉลี่ยสูงกว่าตัวอย่างดินก่อนการทดสอบ (ตารางที่ 8). ในขณะที่ทุกชุดการทดลองมีจำนวนของเม็ดดิน (ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางมากกว่า 0.25 มิลลิเมตร) และมีความเสถียรต่อแรงกระทำของน้ำเฉลี่ยสูงกว่าชุด CT (ตารางที่ 7 และ 9). ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1C/2$ มีจำนวนของเม็ดดิน (ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางมากกว่า 0.25 มิลลิเมตร) และมีความเสถียรต่อแรงกระทำของน้ำเฉลี่ยสูงที่สุด คือ ร้อยละ 70.37±3.44, รองลงมาได้แก่ ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1C$, C, $AS_2$, $AS_1$, $AS_2C/2$ และ $AS_2C$ มีจำนวนของเม็ดดิน (ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางมากกว่า 0.25 มิลลิเมตร) และมีความเสถียรต่อแรงกระทำของน้ำเฉลี่ยร้อยละ 70.07±3.18, 69.80±5.47, 69.65±2.06, 68.30±1.76, 67.06±2.72 และ 66.50±4.06, ตามลำดับ. ในขณะที่ชุด CT มีจำนวนของเม็ดดิน (ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางมากกว่า 0.25 มิลลิเมตร) และมีความเสถียรต่อแรงกระทำของน้ำเฉลี่ยร้อยละ 66.02±1.21. ถึงแม้ว่าทุกชุดการทดลองจะมีจำนวนของเม็ดดิน (ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางมากกว่า 0.25 มิลลิเมตร) และมีความเสถียรต่อแรงกระทำของน้ำเฉลี่ยที่สูงกว่าชุด CT แต่เมื่อนำไปเปรียบเทียบทางสถิติกับชุด CT ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 0.05 พบว่า ทุกชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างกับชุด CT และไม่มีความแตกต่างระหว่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 7).

จากข้อมูลการวิเคราะห์ดินทั้งหมดจะเห็นได้ว่า การใช้ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายเพียงอย่างเดียว หรือใช้ร่วมกับปุ๋ยเคมีจะช่วยเพิ่มคุณสมบัติทางกายภาพของดินที่สำคัญต่างๆ ให้ดีขึ้น เช่น ความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน และจำนวนของเม็ดดิน (ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางมากกว่า 0.25 มิลลิเมตร) และมีความเสถียรต่อแรงกระทำของน้ำ.

สำหรับประสิทธิภาพในการปรับปรุงดินของผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายพบว่า ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1C/2$ ทำให้ปริมาณอินทรียวัตถุ, ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด และจำนวนเม็ดดิน (ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางมากกว่า0.25 มิลลิเมตร) ที่มีความเสถียรต่อแรงกระทำของน้ำเพิ่มขึ้นร้อยละ 6.84, 6.84 และ 9.01, ตามลำดับ, เมื่อเทียบกับตัวอย่างดินก่อนการทดสอบ และเพิ่มขึ้นร้อยละ 8.90, 9.59 และ 6.18, ตามลำดับ, เมื่อเทียบกับชุด CT. นอกจากนี้ ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์, ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก และความสามารถในการอุ้มน้ำของดินยังเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับตัวอย่างดินก่อนการทดสอบและชุด CT ผลดังแสดงในตารางที่ 7, 8 และ 9.

ดังนั้น ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1C/2$ จึงเหมาะสมสำหรับการเพาะปลูกผักกวางตุ้งใบ จากการที่แสดงผลการทดลองที่มีประสิทธิภาพต่อการเพิ่มผลผลิตพืชและปรับปรุงดินในเวลาเดียวกัน.

**ตารางที่ 7. คุณสมบัติบางประการที่เปลี่ยนแปลงของดินที่นำมาศึกษาหลังการใส่ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายของแปลงทดสอบผักกวางตุ้งใบ**

| ชุดการทดลอง[1] | ปริมาณอินทรียวัตถุ[2] (ร้อยละ) | ปฏิกิริยาดิน[2] (pH) | ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด[2] (ร้อยละ) | ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์[2] (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) | ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก[2] (เซนติโมลต่อกิโลกรัมดิน) | ความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน[2] (ร้อยละ) | จำนวนเม็ดดินที่เสถียรต่อแรงกระทำของน้ำ[2] (>0.25 มม.) (ร้อยละ) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| CT | 1.33±0.12$^{a}$ | 7.99±0.11$^{a}$ | 0.066±0.005$^{a}$ | 377.60±113.15$^{a}$ | 27.87±0.12$^{a}$ | 44.78±1.34$^{b}$ | 66.02±1.21$^{a}$ |
| C | 1.34±0.08$^{a}$ | 7.42±0.05$^{bc}$ | 0.067±0.004$^{a}$ | 355.37±96.57$^{a}$ | 28.00±0.10$^{a}$ | 44.71±1.56$^{b}$ | 69.80±5.47$^{a}$ |
| $AS_1$ | 1.41±0.19$^{a}$ | 7.08±0.48$^{c}$ | 0.071±0.009$^{a}$ | 350.14±280.17$^{a}$ | 28.40±0.40$^{a}$ | 45.61±1.35$^{ab}$ | 68.30±1.76$^{a}$ |
| $AS_2$ | 1.38±0.04$^{a}$ | 7.58±0.06$^{b}$ | 0.069±0.002$^{a}$ | 374.14±91.33$^{a}$ | 28.00±1.05$^{a}$ | 46.57±1.79$^{ab}$ | 69.65±2.06$^{a}$ |
| $AS_1C$ | 1.40±0.08$^{a}$ | 7.20±0.14$^{c}$ | 0.070±0.003$^{a}$ | 450.29±193.79$^{a}$ | 28.40±0.10$^{a}$ | 47.24±1.39$^{ab}$ | 70.07±3.18$^{a}$ |
| $AS_1C/2$ | 1.46±0.07$^{a}$ | 7.10±0.13$^{c}$ | 0.073±0.004$^{a}$ | 415.67±201.64$^{ab}$ | 28.20±1.93$^{a}$ | 47.45±1.38$^{a}$ | 70.37±3.44$^{a}$ |
| $AS_2C$ | 1.37±0.05$^{a}$ | 7.16±0.06$^{c}$ | 0.068±0.003$^{a}$ | 311.26±69.86$^{a}$ | 27.57±1.38$^{a}$ | 46.10±1.05$^{ab}$ | 66.50±4.06$^{a}$ |
| $AS_2C/2$ | 1.34±0.06$^{a}$ | 7.12±0.09$^{c}$ | 0.066±0.003$^{a}$ | 383.80±29.58$^{a}$ | 28.23±0.71$^{a}$ | 47.91±0.43$^{a}$ | 67.06±2.72$^{a}$ |
| C.V. (%) | 6.63 | 2.66 | 6.58 | 41.16 | 3.43 | 2.90 | 4.69 |
| F-test | ns | ** | ns | ns | ns | ns | ns |

หมายเหตุ : [1]CT= ชุดควบคุม, C= ปุ๋ยเคมี สูตร 46-0-0 ในอัตรา 200 กิโลกรัมต่อไร่ และสูตร 16-16-16 ในอัตรา 80 กิโลกรัมต่อไร่, C/2= ปุ๋ยเคมี สูตร 46-0-0 ในอัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ และสูตร 16-16-16 ในอัตรา 40 กิโลกรัมต่อไร่, $AS_1$ = ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายในอัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ และ $AS_2$ = ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่าย ในอัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่

[2] ค่าเฉลี่ยจาก 3 ซ้ำ ซ้ำละ 10 ต้น โดยค่าเฉลี่ยที่มีอักษรตามหลังเหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี Duncan's multiple range test (DMRT)

ns ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

** มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

**ตารางที่ 8. คุณสมบัติบางประการที่เปลี่ยนแปลงของดินที่นำมาศึกษาหลังการใส่ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายของแปลงทดสอบผักกวางตุ้งใบเมื่อเทียบกับตัวอย่างดินก่อนการทดสอบ (เปอร์เซ็นต์)**

| ชุดการทดลอง[1] | ปริมาณอินทรียวัตถุ | ปฏิกิริยาดิน (pH) | ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด | ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ | ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก | ความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน | จำนวนเม็ดดินที่เสถียรต่อแรงกระทำของน้ำ (>0.25 มม.) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| CT | − 2.26 | + 4.88 | − 3.03 | + 9.42 | + 1.68 | − 1.09 | + 3.01 |
| C | − 1.49 | − 2.42 | − 1.49 | + 3.76 | + 2.14 | − 0.93 | + 8.27 |
| $AS_1$ | + 3.54 | − **7.34** | + 4.22 | + 2.32 | + **3.52** | + 0.89 | + 6.25 |
| $AS_2$ | + 1.44 | − 0.26 | + 1.44 | + 8.59 | + 2.14 | + 2.94 | + 8.07 |
| $AS_1C$ | + 2.85 | − 5.55 | + 2.85 | + **24.04** | + **3.52** | + 4.31 | + 8.62 |
| $AS_1C/2$ | + **6.84** | − 7.04 | + **6.84** | + 17.72 | + 2.83 | + 4.74 | + **9.01** |
| $AS_2C$ | + 0.72 | − 6.14 | 0.0 | − 9.87 | + 0.61 | + 1.95 | + 3.71 |
| $AS_2C/2$ | − 1.49 | − 6.74 | − 3.03 | + 10.89 | + 2.94 | + **5.65** | + 4.52 |

**หมายเหตุ :** [1]CT= ชุดควบคุม, C= ปุ๋ยเคมี สูตร 46-0-0 ในอัตรา 200 กิโลกรัมต่อไร่ และสูตร 16-16-16 ในอัตรา 80 กิโลกรัมต่อไร่, C/2= ปุ๋ยเคมี สูตร 46-0-0 ในอัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ และสูตร 16-16-16 ในอัตรา 40 กิโลกรัมต่อไร่, $AS_1$ = ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายในอัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ และ $AS_2$ = ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่าย ในอัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่

เครื่องหมาย + หมายถึงเปอร์เซ็นต์ที่เพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับผลวิเคราะห์ตัวอย่างดินก่อนการทดสอบ

เครื่องหมาย – หมายถึงเปอร์เซ็นต์ที่ลดลงเมื่อเทียบกับผลวิเคราะห์ตัวอย่างดินก่อนการทดสอบ

**ตารางที่ 9. คุณสมบัติบางประการที่เปลี่ยนแปลงของดินที่นำมาศึกษาหลังการใส่ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายของแปลงทดสอบผักกวางตุ้งใบเมื่อเทียบกับชุดควบคุม (เปอร์เซ็นต์)**

| ชุดการทดลอง[1] | ปริมาณอินทรียวัตถุ | ปฏิกิริยาดิน (pH) | ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด | ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ | ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก | ความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน (ร้อยละ) | จำนวนเม็ดดินที่เสถียรต่อแรงกระทำของน้ำ (>0.25 มม.) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| CT | - | - | - | - | - | - | - |
| C | + 0.75 | − 7.68 | + 1.49 | − 6.26 | + 0.46 | − 0.16 | + 5.42 |
| $AS_1$ | + 5.67 | **− 12.85** | + 7.04 | − 7.84 | **+ 1.87** | + 1.82 | + 3.34 |
| $AS_2$ | + 3.62 | − 5.41 | + 4.35 | − 0.92 | + 0.46 | + 3.84 | + 5.21 |
| $AS_1C$ | + 5.00 | − 10.97 | + 5.71 | **+ 16.14** | **+ 1.87** | + 5.21 | + 5.78 |
| $AS_1C/2$ | **+ 8.90** | − 12.54 | **+ 9.59** | + 9.16 | + 1.17 | + 5.63 | **+ 6.18** |
| $AS_2C$ | + 2.92 | − 11.59 | + 2.94 | − 21.31 | − 1.09 | + 2.86 | + 0.72 |
| $AS_2C/2$ | + 0.75 | − 12.22 | 0.0 | + 1.62 | + 1.28 | **+ 6.53** | + 1.55 |

**หมายเหตุ :** [1]CT= ชุดควบคุม, C= ปุ๋ยเคมี สูตร 46-0-0 ในอัตรา 200 กิโลกรัมต่อไร่ และสูตร 16-16-16 ในอัตรา 80 กิโลกรัมต่อไร่, C/2= ปุ๋ยเคมี สูตร 46-0-0 ในอัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ และสูตร 16-16-16 ในอัตรา 40 กิโลกรัมต่อไร่, $AS_1$ = ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายในอัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ และ $AS_2$ = ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่าย ในอัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่

เครื่องหมาย + หมายถึงเปอร์เซ็นต์ที่เพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับผลวิเคราะห์ตัวอย่างดินของชุดควบคุม

เครื่องหมาย – หมายถึงเปอร์เซ็นต์ที่ลดลงเมื่อเทียบกับผลวิเคราะห์ตัวอย่างดินของชุดควบคุม

**(ก)**

**แปลงทดสอบที่เป็นชุดควบคุม (CT)**

**(ข)**

**แปลงทดสอบที่ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 ในอัตรา 200 กิโลกรัมต่อไร่ และสูตร 16-16-16 ในอัตรา 80 กิโลกรัมต่อไร่ (C)**

**รูปที่ 2. แปลงทดสอบประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายในแปลงทดสอบผักกวางตุ้งใบ.**

**(ค)**

**แปลงทดสอบที่ใส่ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายในอัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ ($AS_1$).**

**(ง)**

**แปลงทดสอบที่ใส่ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายในอัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ ($AS_2$).**

**รูปที่ 2. (ต่อ) แปลงทดสอบประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายในแปลงทดสอบผักกวางตุ้งใบ.**

**(จ)**

**แปลงทดสอบที่ใส่ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายในอัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ร่วมกับปุ๋ยเคมี สูตร 46-0-0 ในอัตรา 200 กิโลกรัมต่อไร่ และสูตร 16-16-16 ในอัตรา 80 กิโลกรัมต่อไร่ ($AS_1C$).**

**(ฉ)**

**แปลงทดสอบที่ใส่ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายในอัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ร่วมกับปุ๋ยเคมี สูตร 46-0-0 ในอัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ และสูตร 16-16-16 ในอัตรา 40 กิโลกรัมต่อไร่ ($AS_1C/2$).**

**รูปที่ 2. (ต่อ) แปลงทดสอบประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายในแปลงทดสอบผักกวางตุ้งใบ.**

**(ช)**

**แปลงทดสอบที่ใส่ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายในอัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ร่วมกับปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 ในอัตรา 200 กิโลกรัมต่อไร่ และสูตร 16-16-16 ในอัตรา 80 กิโลกรัมต่อไร่ ($AS_2C$).**

**(ซ)**

**แปลงทดสอบที่ใส่ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายในอัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ร่วมกับปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 ในอัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ และสูตร 16-16-16 ในอัตรา 40 กิโลกรัมต่อไร่ ($AS_2C/2$)**

**รูปที่ 2 (ต่อ) แปลงทดสอบประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายในแปลงทดสอบผักกวางตุ้งใบ.**

## 3.2 การทดสอบประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายในแปลงทดสอบผักกาดหอม

### 3.2.1 ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างดินก่อนการทดสอบ

เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างดินเป็นสิ่งที่ทำได้ยากและให้ผลตอบสนองที่ช้ามาก, ประกอบกับอายุการเก็บเกี่ยวของผักกวางตุ้งใบ (หัวข้อ 3.1) ในการทดลองที่ผ่านมามีอายุการเก็บเกี่ยวเพียง 40 วัน, ซึ่งยังไม่เพียงพอสำหรับการศึกษาประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่าย จึงทำการทดสอบซ้ำในพื้นที่เดิมอีกครั้งโดยการปลูกพืชชนิดอื่น ซึ่งในที่นี้ คือ ผักกาดหอม. ดังนั้น ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างดินก่อนการทดสอบของแปลงทดสอบผักกาดหอม จึงเป็นผลการวิเคราะห์ตัวอย่างดินหลังการใส่ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายในแปลงทดสอบผักกวางตุ้งใบ ผลดังแสดงในตารางที่ 7.

### 3.2.2 ผลการทดสอบประสิทธิภาพหลังการใส่ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายในแปลงทดสอบผักกาดหอม

แบ่งการทดลองออกเป็น 8 ชุดการทดลอง คือ CT, C, $AS_1$, $AS_2$, $AS_1C$, $AS_1C/2$, $AS_2C$ และ $AS_2C/2$, ดังรูปที่ 3. เมื่อถึงระยะเก็บเกี่ยว พบว่า ทั้ง 8 ชุดการทดลองมีค่าของปัจจัยต่างๆ ได้แก่ การเจริญเติบโตทางด้านความสูงระยะก่อนเก็บเกี่ยวและจำนวนใบ ผลดังแสดงตารางที่ 10, ผลผลิตมวลชีวภาพ (น้ำหนักสด) ส่วนเหนือพื้นดิน,รากและผลผลิตรวม ผลดังแสดงตารางที่ 11, ผลผลิตมวลชีวภาพ (น้ำหนักแห้ง) ส่วนเหนือพื้นดิน, รากและสัดส่วนมวลชีวภาพของส่วนเหนือพื้นดินและราก ผลดังแสดงตารางที่ 12, การเจริญเติบโตและผลผลิตของต้นผักกาดหอมที่เพิ่มขึ้น (เปอร์เซ็นต์) เมื่อเทียบกับชุดควบคุม ผลดังแสดงตารางที่ 13, ค่าใช้จ่ายผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายและปุ๋ยเคมีและผลตอบแทนทางเศรษฐกิจของการใช้ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายและปุ๋ยเคมีในอัตราต่างๆ ต่อผลผลิตของผักกาดหอม ผลดังแสดงในตารางที่ 14.

#### ก. การเจริญเติบโต

##### 1. ความสูงของต้นผักกาดหอมระยะก่อนเก็บเกี่ยว

การเจริญเติบโตทางด้านความสูงของต้นผักกาดหอมระยะก่อนเก็บเกี่ยว จากตารางที่ 10 พบว่า ความสูงเฉลี่ยของต้นผักกาดหอมระยะก่อนเก็บเกี่ยว ทุกชุดการทดลองมีความสูงเฉลี่ยสูงกว่า CT. โดยชุดการทดลองที่ใส่ $AS_2C/2$ มีความสูงเฉลี่ยสูงที่สุด คือ 17.87±1.97 เซนติเมตร, รองลงมาคือชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1C/2$, $AS_2$, $AS_1C$, $AS_2C$, C, และ $AS_1$ มีความสูงของต้นผักกาดหอมเฉลี่ย 17.67±1.24, 17.40±1.47, 17.37±1.00, 17.30±0.35, 16.40±1.61 และ 15.80±2.23

เซนติเมตร, ตามลำดับ. ในขณะที่ชุด CT มีความสูงของต้นผักกาดหอมเฉลี่ย 10.70±1.45 เซนติเมตร. เมื่อนำไปเปรียบเทียบทางสถิติกับชุด CT ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 0.05 พบว่า ทุกชุดการทดลองมีความแตกต่างกับชุด CT อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ. ในขณะที่ทุกชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ.

**2. ความกว้างทรงพุ่มของต้นผักกาดหอมระยะก่อนเก็บเกี่ยว**

การเจริญเติบโตทางด้านความกว้างทรงพุ่มของต้นผักกาดหอมระยะก่อนเก็บเกี่ยว จากตารางที่ 10 พบว่า ความกว้างทรงพุ่มเฉลี่ยของต้นผักกาดหอมระยะก่อนเก็บเกี่ยว ทุกชุดการทดลองมีความกว้างทรงพุ่มเฉลี่ยสูงกว่าชุด CT. ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1C/2$ มีความกว้างทรงพุ่มเฉลี่ยสูงที่สุด คือ 21.30±2.15 เซนติเมตร, รองลงมาคือชุดการทดลองที่ใส่ $AS_2C/2$, $AS_1C$, $AS_2C$, $AS_2$, $AS_1$ และ C มีความกว้างทรงพุ่มเฉลี่ยของต้นผักกาดหอม 20.80±1.39, 19.97±0.64, 19.13±0.81, 19.10±0.87, 18.30±2.01 และ 18.00±1.37 เซนติเมตร, ตามลำดับ. ในขณะที่ชุด CT มีความกว้างทรงพุ่มเฉลี่ยของต้นผักกาดหอม 12.47±1.76 เซนติเมตร. เมื่อนำไปเปรียบเทียบทางสถิติกับชุด CT ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 0.05 พบว่า ทุกชุดการทดลองมีความแตกต่างกับชุด CT อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ. นอกจากนี้ ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1C/2$, $AS_2C/2$, $AS_1C$, $AS_2C$ และ $AS_2$ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ. ในขณะที่ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_2C/2$, $AS_1C$, $AS_2C$, $AS_2$, $AS_1$ และ C ก็ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1C/2$ มีความแตกต่างกับชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1$ และ C อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ.

**3. จำนวนใบต่อต้นของต้นผักกาดหอม**

จำนวนใบต่อต้นเฉลี่ยของต้นผักกาดหอม จากตารางที่ 10 พบว่า ทุกชุดการทดลองมีจำนวนใบต่อต้นเฉลี่ยสูงกว่าชุด CT. ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1C/2$ มีจำนวนใบต่อต้นเฉลี่ยที่สูงที่สุด คือ 14.03±1.65 ใบ, รองลงมา คือ ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_2$, $AS_2C/2$, $AS_1C$, C, $AS_2C$ และ$AS_1$ มีจำนวนใบต่อต้นเฉลี่ย 13.97±1.02, 13.90±1.99, 13.83±1.00, 13.53±0.15, 13.23±0.25 และ 13.23±2.30 ใบ, ตามลำดับ. ในขณะที่ชุด CT มีจำนวนใบต่อต้นเฉลี่ย 7.47±0.97 ใบ. เมื่อนำไปเปรียบเทียบทางสถิติกับชุด CT ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 0.05 พบว่า ทุกชุดการทดลองมีความแตกต่างกับชุด CT อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ, แต่ไม่มีความแตกต่างกันเองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเช่นเดียวกัน.

**ตารางที่ 10. การเจริญเติบโตทางด้านความสูง และจำนวนใบต่อต้นระยะก่อนเก็บเกี่ยวของต้นผักกาดหอม**

| ชุดการทดลอง[1] | ความสูง[2] (เซนติเมตร) | ความกว้างทรงพุ่ม[2] (เซนติเมตร) | จำนวนใบต่อต้น[2] (ใบ) |
|---|---|---|---|
| CT | 10.70±1.45$^{b}$ | 12.47±1.76$^{c}$ | 7.47±0.97$^{b}$ |
| C | 16.40±1.61$^{a}$ | 18.00±1.37$^{b}$ | 13.53±0.15$^{a}$ |
| $AS_1$ | 15.80±2.23$^{a}$ | 18.30±2.01$^{b}$ | 13.23±2.30$^{a}$ |
| $AS_2$ | 17.40±1.47$^{a}$ | 19.10±0.87$^{ab}$ | 13.97±1.02$^{a}$ |
| $AS_1C$ | 17.37±1.00$^{a}$ | 19.97±0.64$^{ab}$ | 13.83±1.00$^{a}$ |
| $AS_1C/2$ | 17.67±1.24$^{a}$ | 21.30±2.15$^{a}$ | 14.03±1.65$^{a}$ |
| $AS_2C$ | 17.30±0.35$^{a}$ | 19.13±0.81$^{ab}$ | 13.23±0.25$^{a}$ |
| $AS_2C/2$ | 17.87±1.97$^{a}$ | 20.80±1.39$^{ab}$ | 13.90±1.99$^{a}$ |
| CV. (%) | 9.30 | 7.91 | 10.64 |
| F-test | ** | ** | ** |

**หมายเหตุ :** [1]CT= ชุดควบคุม, C= ปุ๋ยเคมี สูตร 46-0-0 ในอัตรา 200 กิโลกรัมต่อไร่ และสูตร 16-0-0 ในอัตรา 40 กิโลกรัมต่อไร่, C/2 = ปุ๋ยเคมี สูตร 46-0-0 ในอัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ และสูตร 16-0-0 ในอัตรา 40 กิโลกรัมต่อไร่, $AS_1$ = ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายในอัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ และ $AS_2$ = ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่าย ในอัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่

[2] ค่าเฉลี่ยจาก 3 ซ้ำ ซ้ำละ 10 ต้น โดยค่าเฉลี่ยที่มีอักษรตามหลังเหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี Duncan's multiple range test (DMRT)

** มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

**ข. ผลผลิต**

**1. ผลผลิตมวลชีวภาพ (น้ำหนักสด)**

**1.1 ผลผลิตมวลชีวภาพส่วนเหนือพื้นดิน**

ผลผลิตมวลชีวภาพส่วนเหนือพื้นดินเฉลี่ยของต้นผักกาดหอม จากตารางที่ 11 พบว่า ทุกชุดการทดลองมีผลผลิตมวลชีวภาพส่วนเหนือพื้นดินเฉลี่ยที่สูงกว่าชุด CT. ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_2C/2$ มีผลผลิตมวลชีวภาพส่วนเหนือพื้นดินเฉลี่ยที่สูงที่สุด คือ 82.19±15.53 กรัม, รองลงมา คือชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1C/2$, $AS_2C$, $AS_1C$, $AS_2$, C, และ $AS_1$ มีผลผลิตมวลชีวภาพส่วนเหนือพื้นดินเฉลี่ย 81.56±13.53, 77.20±8.94, 75.05±5.80, 65.83±3.72, 64.16±9.97 และ 55.67±24.61 กรัม, ตามลำดับ. ในขณะที่ชุด CT มีผลผลิตมวลชีวภาพเหนือพื้นดินเฉลี่ย 13.29±5.52 กรัม. เมื่อนำไปเปรียบเทียบทางสถิติกับชุด CT ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 0.05 พบว่า ทุกชุดการทดลอง

มีความแตกต่างกับชุด CT อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ. นอกจากนี้ ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_2C/2$, $AS_1C/2$, $AS_2C$, $AS_1C$, $AS_2$ และ C ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ. ในขณะที่ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_2C$, $AS_1C$, $AS_2$, C และ $AS_1$ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเช่นเดียวกัน.

**1.2 ผลผลิตมวลชีวภาพส่วนราก**

ผลผลิตมวลชีวภาพส่วนรากเฉลี่ย จากตารางที่ 11 พบว่า ทุกชุดการทดลองมีผลผลิตมวลชีวภาพส่วนรากเฉลี่ยที่สูงกว่าชุด CT. ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_2$ มีผลผลิตมวลชีวภาพส่วนรากเฉลี่ยสูงที่สุด คือ 3.58±0.33 กรัม, รองลงมาได้แก่ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1C/2$, $AS_1C$, $AS_2C/2$, $AS_2C$, C และ $AS_1$ มีผลผลิตมวลชีวภาพส่วนรากเฉลี่ย 3.55±0.70, 3.42±0.41, 3.33±0.24, 3.20±0.26, 3.03±0.43 และ 3.03±0.88 กรัม, ตามลำดับ. ในขณะที่ชุด CT มีผลผลิตมวลชีวภาพส่วนรากเฉลี่ย 1.01±0.23 กรัม. เมื่อนำไปเปรียบเทียบทางสถิติกับชุด CT ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 0.05 พบว่า ทุกชุดการทดลองมีความแตกต่างกับชุด CT อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และทุกชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ.

**1.3 ผลผลิตรวม**

ผลผลิตรวมเฉลี่ยของผักกาดหอม จากตารางที่ 11 พบว่า ทุกชุดการทดลองมีผลผลิตรวมเฉลี่ยสูงกว่าชุด CT. ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1C/2$ มีผลผลิตรวมเฉลี่ยที่สูงที่สุด คือ 3,840.00±1,021.37 กิโลกรัมต่อไร่, รองลงมาได้แก่ ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_2C$, $AS_2C/2$, C, $AS_1C$, $AS_2$ และ $AS_1$ มีผลผลิตรวมเฉลี่ย 3,733.33±230.94, 3,653.33±369.50, 3,653.33±717.03, 3,626.67±184.75, 3,120.00±603.99 และ 2,720.00±999.20 กิโลกรัมต่อไร่, ตามลำดับ. ในขณะที่ชุด CT มีผลผลิตรวมเฉลี่ย 2,266.67±520.51 กิโลกรัมต่อไร่. เมื่อนำไปเปรียบเทียบทางสถิติกับชุด CT ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 0.05 พบว่า ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1C/2$, $AS_2C$, $AS_2C/2$, C และ $AS_1C$ มีความแตกต่างกับชุด CT อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ. ในขณะที่ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1C/2$, $AS_2C$, $AS_2C/2$, C, $AS_1C$, $AS_2$ และ $AS_1$ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ. นอกจากนี้ ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_2$ และ $AS_1$ ก็ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเช่นกัน.

**ตารางที่ 11. ผลผลิตมวลชีวภาพ (น้ำหนักสด) ส่วนเหนือพื้นดิน, ราก และ ผลผลิตรวมของต้นผักกาดหอม**

| ชุดการทดลอง[1] | ผลผลิตมวลชีวภาพ (กรัม)[2] | | ผลผลิตรวม[2] |
|---|---|---|---|
| | เหนือพื้นดิน (Shoot) | ราก (Root) | (กิโลกรัม/ไร่) |
| CT | 13.29±5.52$^{c}$ | 1.01±0.23$^{b}$ | 2,266.67±520.51$^{b}$ |
| C | 64.16±9.97$^{ab}$ | 3.03±0.43$^{a}$ | 3,653.33±717.03$^{a}$ |
| $AS_1$ | 55.67±24.61$^{b}$ | 3.03±0.88$^{a}$ | 2,720.00±999.20$^{ab}$ |
| $AS_2$ | 65.83±3.72$^{ab}$ | 3.58±0.33$^{a}$ | 3,120.00±603.99$^{ab}$ |
| $AS_1C$ | 75.05±5.80$^{ab}$ | 3.42±0.41$^{a}$ | 3,626.67±184.75$^{a}$ |
| $AS_1C/2$ | 81.56±13.53$^{a}$ | 3.55±0.70$^{a}$ | 3,840.00±1,021.37$^{a}$ |
| $AS_2C$ | 77.20±8.94$^{ab}$ | 3.20±0.26$^{a}$ | 3,733.33±230.94$^{a}$ |
| $AS_2C/2$ | 82.19±15.53$^{a}$ | 3.33±0.24$^{a}$ | 3,653.33±369.50$^{a}$ |
| CV. (%) | 19.71 | 16.20 | 19.64 |
| F-test | ** | ** | ns |

**หมายเหตุ :** [1]CT= ชุดควบคุม, C= ปุ๋ยเคมี สูตร 46-0-0 ในอัตรา 200 กิโลกรัมต่อไร่ และสูตร 16-16-16 ในอัตรา 80 กิโลกรัมต่อไร่, C/2 = ปุ๋ยเคมี สูตร 46-0-0 ในอัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ และสูตร 16-16-16 ในอัตรา 40 กิโลกรัมต่อไร่, $AS_1$ = ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายในอัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ และ $AS_2$ = ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่าย ในอัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่

[2]ค่าเฉลี่ยจาก 3 ซ้ำ ซ้ำละ 10 ต้น โดยค่าเฉลี่ยที่มีอักษรตามหลังเหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี Duncan's multiple range test (DMRT)

ns ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

** มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

**2. ผลผลิตมวลชีวภาพ (น้ำหนักแห้ง)**

**2.1 ผลผลิตมวลชีวภาพส่วนเหนือพื้นดิน**

ผลผลิตมวลชีวภาพส่วนเหนือพื้นดินเฉลี่ยของต้นผักกาดหอม จากตารางที่ 12 พบว่า ทุกชุดการทดลองมีผลผลิตมวลชีวภาพส่วนเหนือพื้นดินเฉลี่ยที่สูงกว่าชุด CT. ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_2C$ มีผลผลิตมวลชีวภาพส่วนเหนือพื้นดินเฉลี่ยที่สูงที่สุด คือ 5.57±0.31 กรัม, รองลงมา คือชุดการทดลองที่ใส่ $AS_2C/2$, $AS_1C$, $AS_1C/2$, C, $AS_2$ และ $AS_1$ มีผลผลิตมวลชีวภาพส่วนเหนือพื้นดินเฉลี่ย 5.28±0.54, 5.05±0.33, 4.92±0.84, 4.77±0.60, 4.20±0.41 และ 4.02±1.60 กรัม, ตามลำดับ. ในขณะที่ชุด CT มีผลผลิตมวลชีวภาพเหนือพื้นดินเฉลี่ย 1.06±0.45 กรัม. เมื่อนำไปเปรียบเทียบทางสถิติกับชุด CT ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 0.05 พบว่า ทุกชุดการทดลองมีความแตกต่างกับชุด CT อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ. ในขณะที่ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_2C$, $AS_2C/2$, $AS_1C$,

$AS_1C/2$, C และ $AS_2$ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ. นอกจากนี้ ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_2C/2$, $AS_1C$, $AS_1C/2$, C, $AS_2$ และ $AS_1$ ก็ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเช่นเดียวกัน และชุดการทดลองที่ใส่ $AS_2C$ มีความแตกต่างกับชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1$ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ.

**2.2 ผลผลิตมวลชีวภาพส่วนราก**

ผลผลิตมวลชีวภาพส่วนรากเฉลี่ย จากตารางที่ 12 พบว่า ทุกชุดการทดลองมีผลผลิตมวลชีวภาพส่วนรากเฉลี่ยที่สูงกว่าชุด CT. ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_2$ มีผลผลิตมวลชีวภาพส่วนรากเฉลี่ยสูงที่สุด คือ 0.41±0.08 กรัม, รองลงมาได้แก่ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1$, $AS_1C$, $AS_2C/2$, $AS_2C$, $AS_1C/2$ และ C มีผลผลิตมวลชีวภาพส่วนรากเฉลี่ย 0.38±0.08, 0.36±0.07, 0.34±0.03, 0.33±0.05, 0.33±0.09 และ 0.32±0.04 กรัม, ตามลำดับ. ในขณะที่ชุด CT มีผลผลิตมวลชีวภาพส่วนรากเฉลี่ย 0.12±0.03 กรัม. เมื่อนำไปเปรียบเทียบทางสถิติกับชุด CT ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 0.05 พบว่า ทุกชุดการทดลองมีความแตกต่างกับชุด CT อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และก็ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ.

**2.3 สัดส่วนมวลชีวภาพของส่วนเหนือพื้นดินและราก**

จากตารางที่ 12 พบว่า ทุกชุดการทดลองมีสัดส่วนมวลชีวภาพของส่วนเหนือพื้นดินและรากที่สูงกว่าชุด CT. ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_2C$ มีสัดส่วนมวลชีวภาพของส่วนเหนือพื้นดินและรากที่สูงที่สุด คือ 17.96±3.82, รองลงมาคือ ชุดการทดลองที่ใส่ C, $AS_2C/2$, $AS_1C/2$, $AS_1C$, $AS_1$ และ $AS_2$ มีสัดส่วนมวลชีวภาพของส่วนเหนือพื้นดิน และรากเฉลี่ย 17.09±0.79, 16.00±0.41, 15.64±2.25, 14.68±2.18, 11.25±3.68 และ 10.63±1.37, ตามลำดับ. ในขณะที่ชุด CT มีสัดส่วนมวลชีวภาพของส่วนเหนือพื้นดินและรากเฉลี่ย 9.64±3.06. เมื่อนำไปเปรียบเทียบทางสถิติกับชุด CT ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 0.05 พบว่า ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_2C$, C, $AS_2C/2$, $AS_1C/2$ และ $AS_1C$ มีความแตกต่างกับชุด CT และไม่มีความแตกต่างกันเองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ. ในขณะที่ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1C/2$, $AS_1C$ และ $AS_1$ ไม่มีความแตกต่างกันเองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ. สำหรับชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1C$, $AS_1$ และ $AS_2$ ไม่มีความแตกต่างกันเองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1$ และ $AS_2$ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเช่นกัน.

**ตารางที่ 12. ผลผลิตมวลชีวภาพ (น้ำหนักแห้ง) ส่วนเหนือพื้นดิน, ราก และสัดส่วนมวลชีวภาพเหนือพื้นดินและรากของต้นผักกาดหอม**

| ชุดการทดลอง | ผลผลิตมวลชีวภาพ (กรัม) | | Shoot:Root |
|---|---|---|---|
| | เหนือพื้นดิน (Shoot) | ราก (Root) | ratio |
| CT | 1.06±0.45[c] | 0.12±0.03[b] | 9.64±3.06[d] |
| C | 4.77±0.60[ab] | 0.32±0.04[a] | 17.09±0.79[a] |
| $AS_1$ | 4.02±1.60[b] | 0.38±0.08[a] | 11.25±3.68[bcd] |
| $AS_2$ | 4.20±0.41[ab] | 0.41±0.08[a] | 10.63±1.37[cd] |
| $AS_1C$ | 5.05±0.33[ab] | 0.36±0.07[a] | 14.68±2.18[abc] |
| $AS_1C/2$ | 4.92±0.84[ab] | 0.33±0.09[a] | 15.64±2.25[ab] |
| $AS_2C$ | 5.57±0.31[a] | 0.33±0.05[a] | 17.96±3.82[a] |
| $AS_2C/2$ | 5.28±0.54[ab] | 0.34±0.03[a] | 16.00±0.41[a] |
| CV. (%) | 17.17 | 19.66 | 17.71 |
| F-test | ** | ** | ** |

**หมายเหตุ :** [1]CT= ชุดควบคุม, C= ปุ๋ยเคมี สูตร 46-0-0 ในอัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ และสูตร 16-0-0 ในอัตรา 20 กิโลกรัมต่อไร่, C/2 = ปุ๋ยเคมี สูตร 46-0-0 ในอัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่ และสูตร 16-0-0 ในอัตรา 10 กิโลกรัมต่อไร่, $AS_1$ = ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายในอัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ และ $AS_2$ = ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่าย ในอัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่

[2]ค่าเฉลี่ยจาก 3 ซ้ำ ซ้ำละ 10 ต้น โดยค่าเฉลี่ยที่มีอักษรตามหลังเหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี Duncan's multiple range test (DMRT)

** มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

จากผลการทดลองสรุปได้ว่า ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1C/2$ มีประสิทธิภาพต่อการเพิ่มผลผลิตมากที่สุด โดยเพิ่มมากถึงร้อยละ 40.97, เมื่อเทียบกับชุด CT, รองลงมาคือ ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_2C$ สามารถเพิ่มผลผลิตได้ถึงร้อยละ 39.29. ในขณะที่ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_2C/2$ สามารถเพิ่มผลผลิตได้เท่ากับชุดการทดลองที่ใส่ C คือ ร้อยละ 37.96. สำหรับชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1C$, $AS_2$ และ $AS_1$ สามารถเพิ่มผลผลิตได้ถึงร้อยละ 37.50, 27.35 และ 16.67, ตามลำดับ, ผลดังแสดงตารางที่ 13.

**ตารางที่ 13. การเจริญเติบโตและผลผลิตของต้นผักกาดหอมที่เพิ่มขึ้น (เปอร์เซ็นต์) เมื่อเทียบกับชุดควบคุม**

| ชุดการทดลอง[1] | การเจริญเติบโต (%) | | | ผลผลิต (%) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | ความสูง | ความกว้างของทรงพุ่ม | จำนวนใบ | น้ำหนักสดของส่วนเหนือพื้นดิน | น้ำหนักสดของราก | ผลผลิตรวม |
| CT | - | - | - | - | - | - |
| C | +34.75 | +44.78 | +30.72 | +79.28 | +66.66 | +37.96 |
| $AS_1$ | +32.27 | +43.53 | +31.85 | +76.12 | +66.66 | +16.67 |
| $AS_2$ | +38.50 | +46.52 | +34.71 | +79.81 | **+71.78** | +27.35 |
| $AS_1C$ | +38.39 | +45.98 | +37.55 | +82.29 | +70.46 | +37.50 |
| $AS_1C/2$ | +39.44 | **+46.75** | **+41.45** | +83.70 | +71.54 | **+40.97** |
| $AS_2C$ | +38.15 | +43.53 | +34.81 | +82.78 | +68.43 | +39.29 |
| $AS_2C/2$ | **+40.12** | +46.25 | +40.04 | **+83.83** | +69.66 | +37.96 |

**หมายเหตุ :** [1]CT= ชุดควบคุม, C= ปุ๋ยเคมี สูตร 46-0-0 ในอัตรา 200 กิโลกรัมต่อไร่ และสูตร 16-0-0 ในอัตรา 80 กิโลกรัมต่อไร่, C/2 = ปุ๋ยเคมี สูตร 46-0-0 ในอัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ และสูตร 16-0-0 ในอัตรา 40 กิโลกรัมต่อไร่, $AS_1$ = ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายในอัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ และ $AS_2$ = ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่าย ในอัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่

เครื่องหมาย + หมายถึงเปอร์เซ็นต์ที่เพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับชุดควบคุม

เครื่องหมาย – หมายถึงเปอร์เซ็นต์ที่ลดลงเมื่อเทียบกับชุดควบคุม

**ค. ค่าใช้จ่ายผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายและปุ๋ยเคมีและผลตอบแทนทางเศรษฐกิจของการใช้ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายและปุ๋ยเคมีในอัตราต่างๆ ต่อผลผลิตของผักกาดหอม**

**1. ค่าใช้จ่ายผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายและปุ๋ยเคมี.** จากตารางที่ 14 พบว่า ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_2C$ มีค่าใช้จ่ายผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายและปุ๋ยเคมีที่สูงที่สุด คือ 13,840.00 บาทต่อไร่, รองลงมาได้แก่ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1C$, $AS_2C/2$, C,$AS_1C/2$, $AS_2$, และ $AS_1$ มีค่าใช้จ่ายผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายและปุ๋ยเคมี 10,840.00, 9,920.00, 7,840.00, 6,920.00, 6,000.00 และ 3,000.00 บาทต่อไร่, ตามลำดับ.

**2. ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจของการใช้ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายและปุ๋ยเคมีในอัตราต่างๆ ต่อผลผลิตของผักกาดหอม (VCR)**. จากตารางที่ 14 พบว่า มีเพียงชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1C$ และ $AS_2C$ เพียง 2 ชุดการทดลองเท่านั้นที่ถือว่าไม่คุ้มค่าแก่การลงทุน เนื่องจากมีค่า VCR

ต่ำกว่า 2.00, ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1C/2$ มีผลตอบแทนทางเศรษฐกิจสูงที่สุด คือ 3.41, รองลงมาได้แก่ ชุดการทดลองที่ใส่ C, $AS_1$, $AS_2$, $AS_2C/2$, $AS_1C$ และ$AS_2C$ มีผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ 2.65, 2.27, 2.13, 2.10, 1.88 และ 1.59, ตามลำดับ.

จะเห็นได้ว่า ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1C/2$ คือ ใส่ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายในอัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ร่วมกับปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 ในอัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่และสูตร 16-16-16 ในอัตรา 40 กิโลกรัมต่อไร่ (เป็นการใส่ปุ๋ยเคมีในอัตราครึ่งหนึ่งของอัตราที่เกษตรกรใส่เป็นประจำ) ให้ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจสูงกว่าชุดการทดลองที่ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 ในอัตรา 200 กิโลกรัมต่อไร่ และสูตร 16-16-16 ในอัตรา 80 กิโลกรัมต่อไร่ (อัตราที่เกษตรกรใส่เป็นประจำ) ถือว่าคุ้มค่าแก่การลงทุนอย่างมาก. ถ้าเกษตรกรหันมาใช้ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายร่วมกับลดการใช้ปุ๋ยเคมีลงอย่างต่อเนื่อง ผลตอบแทนที่จะได้รับมิใช่แต่จะเป็นผลตอบแทนทางด้านเศรษฐกิจเพียงอย่างเดียว แต่เป็นการใช้ประโยชน์พื้นที่การเกษตรแบบอนุรักษ์โดยทำการปรับปรุงดินไปพร้อมๆ กับผลิตพืชที่เพิ่มขึ้น. ดังนั้น การใช้ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายจะช่วยให้เกิดการใช้ประโยชน์จากทรัพยากรดินได้อย่างยั่งยืน ส่งผลต่อความมั่นคงทางอาหาร (food security) ของประเทศในที่สุด.

**ตารางที่ 14. ค่าใช้จ่ายผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายและปุ๋ยเคมี และผลตอบแทนทางเศรษฐกิจของการใช้ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายและปุ๋ยเคมีในอัตราต่างๆ ต่อผลผลิตของผักกาดหอม**

| ชุดการทดลอง | ค่าใช้จ่ายผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายและปุ๋ยเคมี (บาทต่อไร่) | ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ |
|---|---|---|
| CT | - | - |
| C | 7,840.00 | 2.65 |
| $AS_1$ | 3,000.00 | 2.27 |
| $AS_2$ | 6,000.00 | 2.13 |
| $AS_1C$ | 10,840.00 | 1.88 |
| $AS_1C/2$ | 6,920.00 | 3.41 |
| $AS_2C$ | 13,840.00 | 1.59 |
| $AS_2C/2$ | 9,920.00 | 2.10 |

**หมายเหตุ :** [1]CT= ชุดควบคุม, C= ปุ๋ยเคมี สูตร 46-0-0 ในอัตรา 200 กิโลกรัมต่อไร่ และสูตร 16-0-0 ในอัตรา 80 กิโลกรัมต่อไร่, C/2 = ปุ๋ยเคมี สูตร 46-0-0 ในอัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ และสูตร 16-0-0 ในอัตรา 40 กิโลกรัมต่อไร่, $AS_1$ = ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายในอัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ และ $AS_2$ = ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่าย ในอัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่

เมื่อ ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่าย กิโลกรัมละ 6.00 บาท
ปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 กิโลกรัมละ 27.60 บาท
ปุ๋ยเคมีสูตร 16-16-16 กิโลกรัมละ 29.00 บาท
ราคาผักกาดหอมขายส่ง กิโลกรัมละ 15 บาท

เมื่อนำประสิทธิภาพในการเพิ่มผลผลิตและผลตอบแทนทางเศรษฐกิจของการใส่ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายและปุ๋ยเคมีในอัตราต่างๆ ต่อผลผลิตของผักกาดหอมมาร่วมพิจารณาด้วย พบว่า ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1C/2$ มีประสิทธิภาพต่อการเพิ่มผลผลิตสูงที่สุด, โดยเพิ่มสูงถึงร้อยละ 40.97 เมื่อเทียบกับชุด CT. รองลงมาได้แก่ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_2C$ และ C สามารถเพิ่มผลผลิตได้ร้อยละ 39.29 และ 37.96, ตามลำดับ. ในขณะที่ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1C/2$ ให้ค่าผลตอบแทนทางเศรษฐกิจสูงที่สุดเช่นเดียวกัน คือ 3.14, ซึ่งมากกว่าชุดการทดลองที่ใส่ C ที่ให้ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ 2.65. เหตุที่ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1C/2$ ให้ค่าผลตอบแทนทางเศรษฐกิจที่สูงกว่าเนื่องมาจากราคาผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายและปุ๋ยเคมีของชุดการทดลองที่ $AS_1C/2$ มีราคาต่ำกว่า, ในขณะที่ผลตอบแทนทางด้านผลผลิตสูงกว่าชุดการทดลองที่ใส่ C. หากพิจารณาในระยะยาว ค่าใช้จ่ายของผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายและปุ๋ยเคมีของชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1C/2$ จะ

ลดลงกว่าการใส่ในครั้งแรกๆ อีก, เนื่องจากสาหร่ายจากผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินสามารถที่จะเจริญเติบโตเพิ่มจำนวนต่อไปโดยไม่ต้องใส่ทุกครั้งของการเพาะปลูก. ฉะนั้น จะลดค่าใช้จ่ายลงแต่ให้ผลผลิตที่สูงในเวลาเดียวกันและยังเป็นการใช้พื้นที่เกษตรแบบอนุรักษ์อีกด้วย ซึ่งตรงกันข้ามกับการใช้ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียวเนื่องจากที่ต้องใส่ทุกครั้งและในปริมาณที่เพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ ในขณะที่ผลผลิตที่ได้จะมีปริมาณคงที่หรือลดลง. ปุ๋ยเคมีไม่มีผลต่อการปรับปรุงคุณสมบัติทางกายภาพของดิน ซึ่งต่างจากผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่าย. หากใช้ปุ๋ยเคมีติดต่อกันเป็นเวลานาน ทำให้มีผลกระทบระยะยาว, โดยทำให้ดินอัดแน่นและดินเป็นกรดหรือเบสเพิ่มขึ้นและถ้าใส่ในอัตราสูงเกินไปจะเป็นอันตรายต่อการเจริญเติบโตและคุณภาพของผักได้โดยตรง.

ดังนั้น ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1C/2$ มีประสิทธิภาพต่อการเพิ่มผลผลิตและให้ค่าผลตอบแทนทางเศรษฐกิจที่สูงของผักกาดหอมเช่นเดียวกับผลที่ได้รับจากแปลงทดสอบผักกวางตุ้งใบ.

อย่างไรก็ตาม สาหร่ายจากผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินที่เจริญเติบโตจะสามารถเพิ่มจำนวนและอยู่รอดได้มากเพียงใดนั้น จะขึ้นกับคุณสมบัติพื้นฐานของดิน รวมทั้งสภาพแวดล้อมทางกายภาพของพื้นที่เพาะปลูก เช่น อุณหภูมิ, ความเข้มแสง และความชื้น เป็นต้น. สิ่งเหล่านี้จำเป็นต้องทำการศึกษาซ้ำๆ ในพื้นที่เดิมพร้อมทั้งศึกษาเพื่อรวบรวมข้อมูลเพิ่มเติมในหลายๆ พื้นที่ที่มีคุณสมบัติของดินและสภาพทางกายภาพแตกต่างกัน.

**ง. สมบัติบางประการของดินแปลงทดสอบผักกาดหอมที่นำมาศึกษาหลังการใส่ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่าย**

เมื่อวิเคราะห์คุณสมบัติบางประการของดิน ได้แก่ ปริมาณอินทรียวัตถุ, ค่าปฏิกิริยาดิน, ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด, ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์, ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก, ความสามารถในการอุ้มน้ำของดินและจำนวนของเม็ดดิน (ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางมากกว่า 0.25 มิลลิเมตร) และมีความเสถียรต่อแรงกระทำของน้ำของตัวอย่างดินหลังการใส่ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่าย ผลดังแสดงตารางที่ 15. เมื่อนำค่าวิเคราะห์เหล่านี้มาเปรียบเทียบกับตัวอย่างดินก่อนการทดสอบ (แปลงทดสอบผักกวางตุ้งใบเดิม) พบว่า มีค่าเปลี่ยนแปลงไป ผลดังแสดงตารางที่ 16. นอกจากนี้ เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับชุดควบคุม พบว่า คุณสมบัติของดินมีการเปลี่ยนแปลง ผลดังแสดงตารางที่ 17. ทั้งตารางที่ 16 และ17 แสดงให้เห็นถึงแนวโน้มการ

เปลี่ยนแปลงด้านคุณสมบัติของดิน เมื่อมีการใส่ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายหรือผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายร่วมกับปุ๋ยเคมี.

**1. ปริมาณอินทรียวัตถุ (organic matter)** พบว่า มีเพียงชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1C$ และ $AS_2C/2$ เพียง 2 ชุดการทดลองเท่านั้นที่มีปริมาณอินทรียวัตถุเฉลี่ยต่ำกว่าตัวอย่างดินก่อนทดสอบ (แปลงทดสอบผักกวางตุ้งใบเดิม) (ตารางที่ 16). ในขณะที่ชุดการทดลองที่ใส่ C มีปริมาณอินทรียวัตถุเฉลี่ยต่ำกว่าชุด CT (ตารางที่ 15 และ 17). ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1C/2$ มีปริมาณอินทรียวัตถุเฉลี่ยสูงที่สุด คือ ร้อยละ 1.49±0.01, รองลงมาได้แก่ ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1$, $AS_2C/2$, $AS_2C$, $AS_2$ และ $AS_1C$ มีปริมาณอินทรียวัตถุเฉลี่ยร้อยละ 1.46±0.07, 1.41±0.05, 1.40±0.10, 1.40±0.13 และ 1.39±0.12, ตามลำดับ. ในขณะที่ชุด CT มีปริมาณอินทรียวัตถุเฉลี่ยร้อยละ 1.36±0.08. สำหรับชุดการทดลองที่ใส่ C มีปริมาณอินทรียวัตถุเฉลี่ยร้อยละ1.35±0.08. เมื่อนำไปเปรียบเทียบทางสถิติกับชุด CT ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 0.05 พบว่า ทุกชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างกับชุด CT และไม่มีความแตกต่างระหว่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 15).

**2. ปฏิกิริยาดิน (pH).** พบว่า ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_2$, $AS_1$, ชุด CT, $AS_2C$ และ$AS_2C/2$ มีค่าปฏิกิริยาดินเฉลี่ยที่สูงกว่าตัวอย่างดินก่อนทดสอบ (แปลงทดสอบผักกวางตุ้งใบเดิม) (ตารางที่ 16), ในขณะที่มีเพียงชุดการทดลองที่ใส่ $AS_2$ เพียงชุดการทดลองเดียวเท่านั้นที่มีค่าปฏิกิริยาดินเฉลี่ยสูงกว่าชุด CT (ตารางที่ 15 และ 17) คือ 8.13±0.15. นอกจากนั้นชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1$ และชุด CT มีค่าปฏิกิริยาดินเฉลี่ยที่เท่ากัน คือ 8.07±0.15 และ 8.07±0.23 และชุดการทดลองที่ใส่ $AS_2C$, $AS_2C/2$ และ C มีค่าปฏิกิริยาดินเฉลี่ยที่เท่ากัน คือ 7.17±0.06, 7.17±0.06 และ 7.17±0.12, ตามลำดับ. สำหรับชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1C$ และ $AS_1C/2$ มีค่าปฏิกิริยาดินเฉลี่ย คือ 7.10±0.26 และ 7.07±0.06, ตามลำดับ. เมื่อนำไปเปรียบเทียบทางสถิติกับชุด CT ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 0.05 พบว่าชุดการทดลองที่ใส่ $AS_2C$, $AS_2C/2$, C, $AS_1C$ และ $AS_1C/2$ ที่มีความแตกต่างกับชุด CT และไม่มีความแตกต่างระหว่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ. นอกจากนี้ ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_2$ และ $AS_1$ ก็ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 15).

**3. ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (total nitrogen)** พบว่า มีเพียงชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1C$ เพียงชุดการทดลองเดียวที่มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดเฉลี่ยต่ำกว่าตัวอย่างดินก่อนทดสอบ (แปลงทดสอบผักกวางตุ้งใบเดิม) (ตารางที่ 16), ในขณะที่มีเพียงชุดการทดลองที่ใส่ C เพียงชุดการทดลองเดียวเท่านั้นที่มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดเฉลี่ยต่ำกว่าชุด CT (ตารางที่ 15 และ 17).

ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1C/2$ มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดเฉลี่ยสูงที่สุด คือ ร้อยละ 0.074±0.000, รองลงมา ได้แก่ ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1$, $AS_2C/2$ , $AS_2C$, $AS_2$ และ $AS_1C$ มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดเฉลี่ยร้อยละ 0.073±0.004, 0.071±0.002, 0.070±0.005, 0.070±0.007 และ 0.069±0.006, ตามลำดับ, ในขณะที่ชุด CT มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดเฉลี่ยร้อยละ 0.068±0.004. สำหรับชุดการทดลองที่ใส่ C มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดเฉลี่ยร้อยละ 0.067±0.004. เมื่อนำไปเปรียบเทียบทางสถิติกับชุด CT ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 0.05 พบว่า ทุกชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างกับชุด CT และไม่มีความแตกต่างระหว่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 15).

**4. ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (available phosphorus).** พบว่าทุกชุดการทดลองมีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์เฉลี่ยต่ำกว่าตัวอย่างดินก่อนทดสอบ (แปลงทดสอบผักกวางตุ้งใบเดิม) (ตารางที่ 16) ในขณะที่ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1C$ และ C มีเพียง 2 ชุดการทดลองเท่านั้นที่มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์เฉลี่ยสูงกว่าชุด CT (ตารางที่ 15 และ 17). ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1C$ มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์เฉลี่ยสูงที่สุด คือ 303.67±74.81 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม, รองลงมา คือ ชุดการทดลองที่ใส่ C มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์เฉลี่ย 300.00±106.66 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ในขณะที่ชุด CT มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์เฉลี่ย 298.33±80.83 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม. สำหรับชุดการทดลองที่ใส่ $AS_2C/2$, $AS_2C$, $AS_1$, $AS_2$ และ $AS_1C/2$ มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์เฉลี่ย 296.67±23.80, 279.33±56.04, 271.33±76.57, 264.00±69.51 และ 253.00±102.37 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม, ตามลำดับ. เมื่อนำไปเปรียบเทียบทางสถิติกับชุด CT ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 0.05 พบว่า ทุกชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างกับชุด CT และไม่มีความแตกต่างระหว่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 15).

**5. ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (cation exchange capacity).** พบว่าชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1C/2$, $AS_2C$, $AS_2C/2$ และชุด CT ที่มีความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกเฉลี่ยที่สูงขึ้นเมื่อเทียบกับตัวอย่างดินก่อนปลูก (แปลงทดสอบผักกวางตุ้งใบเดิม) (ตารางที่ 16) ในขณะที่ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1C/2$, $AS_2C$ และ $AS_2C/2$ มีความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกเฉลี่ยที่สูงกว่าชุด CT (ตารางที่ 15 และ 17). ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1C/2$ มีความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกเฉลี่ยที่สูงที่สุด คือ 28.70±0.70 เซนติโมลต่อกิโลกรัมดิน, รองลงมาได้แก่ ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_2C$ และ $AS_2C/2$ มีความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกเฉลี่ย 28.50±0.61 และ 28.37±1.11 เซนติโมลต่อกิโลกรัมดิน, ตามลำดับ ในขณะที่ชุด CT มีความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกเฉลี่ย 28.23±1.02 เซนติโมลต่อกิโลกรัมดิน. สำหรับ

ชุดการทดลองที่ใส่ C, $AS_1$, $AS_1C$ และ $AS_2$ มีความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกเฉลี่ย 27.47±0.21, 27.30±0.80, 27.03±0.15 และ 26.83±0.61 เซนติโมลต่อกิโลกรัมดิน, ตามลำดับ. เมื่อนำไปเปรียบเทียบทางสถิติกับชุด CT ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 0.05 พบว่า มีเพียงชุดการทดลองที่ใส่ $AS_2$ เพียงชุดการทดลองเดียวเท่านั้นที่มีความแตกต่างกับชุด CT อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1C/2$, $AS_2C$, $AS_2C/2$ และ C ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ. ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_2C$, $AS_2C/2$, C และ $AS_1$ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ. นอกจากนี้ ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_2C/2$, C, $AS_1$และ $AS_1C$ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และชุดการทดลองที่ใส่ C, $AS_1$, $AS_1C$ และ $AS_2$ ก็ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเช่นเดียวกัน (ตารางที่ 15).

**6. ความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน (water holding capacity).** พบว่า ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1C/2$, $AS_2$, $AS_2C$, $AS_1$ และ C มีความสามารถในการอุ้มน้ำของดินเฉลี่ยสูงขึ้นเมื่อเทียบกับตัวอย่างดินก่อนปลูก (แปลงทดสอบผักกวางตุ้งใบเดิม) (ตารางที่ 16) ในขณะที่ทุกชุดการทดลองมีความสามารถในการอุ้มน้ำของดินเฉลี่ยที่สูงกว่าชุด CT (ตารางที่ 15 และ 17). ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1C/2$ มีความสามารถในการอุ้มน้ำของดินเฉลี่ยสูงที่สุด คือ ร้อยละ 48.11±0.93, รองลงมาได้แก่ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_2C/2$, $AS_2$, $AS_1C$, $AS_2C$, $AS_1$ และ C มีค่าความสามารถในการอุ้มน้ำของดินเฉลี่ยร้อยละ 47.57±0.46, 47.00±1.74, 46.79±2.14, 46.75±0.60, 46.25±1.82 และ 46.21±0.67, ตามลำดับ ในขณะที่ชุด CT มีความสามารถในการอุ้มน้ำของดินเฉลี่ยร้อยละ 46.11±0.78. ถึงแม้ว่าทุกชุดการทดลองจะมีความสามารถในการอุ้มน้ำของดินเฉลี่ยที่สูงกว่าชุด CT แต่เมื่อนำไปเปรียบเทียบทางสถิติกับชุด CT ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 0.05 พบว่าทุกชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างกับชุด CT และไม่มีความแตกต่างระหว่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 15).

**7. จำนวนของเม็ดดิน (ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางมากกว่า 0.25 มิลลิเมตร) และมีความเสถียรต่อแรงกระทำของน้ำ(water-stable aggregate).** พบว่า ทุกชุดการทดลองมีจำนวนของเม็ดดิน (ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางมากกว่า 0.25 มิลลิเมตร) และมีความเสถียรต่อแรงกระทำของน้ำเฉลี่ยสูงกว่าตัวอย่างดินก่อนทดสอบ (แปลงผักกวางตุ้งใบเดิม) (ตารางที่ 16) และทุกชุดการทดลองมีจำนวนของเม็ดดิน (ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางมากกว่า 0.25 มิลลิเมตร) และมีความเสถียรต่อแรงกระทำของน้ำสูงกว่าชุด CT ด้วยเช่นกัน (ตารางที่ 15 และ 17). ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1C/2$ มีจำนวนของเม็ดดิน (ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางมากกว่า 0.25 มิลลิเมตร) และมีความเสถียรต่อ

แรงกระทำของน้ำสูงที่สุด คือ ร้อยละ 74.76±12.76 , รองลงมาคือ ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_2C$, C, $AS_2C/2$, $AS_1C$, $AS_2$ และ $AS_1$ มีจำนวนของเม็ดดิน (ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางมากกว่า 0.25 มิลลิเมตร) และมีความเสถียรต่อแรงกระทำของน้ำเฉลี่ยร้อยละ 72.83±2.29, 72.55±2.09, 72.36±0.24, 72.32±10.45, 70.35±1.93 และ 70.34±0.78, ตามลำดับ ในขณะที่ชุด CT มีจำนวนของเม็ดดิน (ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางมากกว่า 0.25 มิลลิเมตร) และมีความเสถียรต่อแรงกระทำของน้ำเฉลี่ยร้อยละ 67.31±1.01. เมื่อนำไปเปรียบเทียบทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 0.05 พบว่า ทุกชุดการทดลองมีความแตกต่างกับชุด CT แต่ไม่มีความแตกต่างระหว่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 15).

จากข้อมูลการวิเคราะห์ดินทั้งหมดจะเห็นได้ว่า การใช้ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายอย่างเดียวหรือใช้ร่วมกับปุ๋ยเคมีจะช่วยเพิ่มคุณสมบัติทางกายภาพของดินที่สำคัญต่างๆ ให้ดีขึ้น เช่น ความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน, จำนวนของเม็ดดิน (ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางมากกว่า 0.25 มิลลิเมตร) และมีความเสถียรต่อแรงกระทำของน้ำ. การใส่ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายหรือผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายร่วมกับปุ๋ยเคมี แสดงแนวโน้มในการปรับปรุงดินอย่างต่อเนื่อง.

สำหรับประสิทธิภาพในการปรับปรุงดินของผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่าย พบว่า ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1C/2$ ทำให้ปริมาณอินทรียวัตถุ, ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด, ค่าความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก, ความสามารถในการอุ้มน้ำของดินและจำนวนเม็ดดิน (ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางมากกว่า 0.25 มิลลิเมตร) ที่มีความเสถียรต่อแรงกระทำของน้ำเพิ่มขึ้นร้อยละ 8.72, 8.11, 1.64, 4.16 และ 9.97, ตามลำดับ เมื่อเทียบกับชุด CT ซึ่งถือว่าสูงกว่าชุดการทดลองอื่น. ในขณะที่ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_2C/2$ สามารถเพิ่มปริมาณอินทรียวัตถุและปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดได้ถึงร้อยละ 4.96 และ 7.04 เมื่อเทียบกับตัวอย่างดินก่อนทดสอบ (แปลงทดสอบผักกวางตุ้งใบเดิม). นอกจากนี้ ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_2C$ สามารถเพิ่มความสามารถในการอุ้มน้ำของดินและจำนวนเม็ดดิน (ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางมากกว่า 0.25 มิลลิเมตร) ที่มีความเสถียรต่อแรงกระทำของน้ำได้ถึงร้อยละ 3.27 และ 8.69 เมื่อเทียบกับตัวอย่างดินก่อนทดสอบ (แปลงทดสอบผักกวางตุ้งใบเดิม), ผลดังแสดงในตารางที่ 16 และ 17.

ดังนั้น ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1C/2$ จึงเหมาะสมสำหรับการเพาะปลูกผักกาดหอม เนื่องจากมีประสิทธิภาพต่อการเพิ่มผลผลิตและปรับปรุงดิน ซึ่งให้ผลเช่นเดียวกับผลที่ได้รับจากแปลงผักกวางตุ้งใบ.

**ตารางที่ 15. คุณสมบัติบางประการที่เปลี่ยนแปลงของดินที่นำมาศึกษาหลังการใส่ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายของแปลงทดสอบผักกาดหอม**

| ชุดการทดลอง | ปริมาณอินทรียวัตถุ[2] (ร้อยละ) | ปฏิกิริยาดิน[2] (pH) | ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด[2] (ร้อยละ) | ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์[2] (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) | ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก[2] (เซนติโมลต่อกิโลกรัมดิน) | ความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน [2] (ร้อยละ) | จำนวนเม็ดดินที่เสถียรต่อแรงกระทำของน้ำ[2] (>0.25 มม.) (ร้อยละ) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| CT | 1.36±0.08[a] | 8.07±0.23[a] | 0.068±0.004[a] | 298.33±80.83[a] | 28.23±1.02[abc] | 46.11±0.78[a] | 67.31±1.01[b] |
| C | 1.35±0.08[a] | 7.17±0.12[b] | 0.067±0.004[a] | 300.00±106.66[a] | 27.47±0.21[abcd] | 46.21±0.67[a] | 72.55±2.09[a] |
| $AS_1$ | 1.46±0.07[a] | 8.07±0.15[a] | 0.073±0.004[a] | 271.33±76.57[a] | 27.30±0.80[bcd] | 46.25±1.82[a] | 70.34±0.78[a] |
| $AS_2$ | 1.40±0.13[a] | 8.13±0.15[a] | 0.070±0.007[a] | 264.00±69.51[a] | 26.83±0.61[d] | 47.00±1.74[a] | 70.35±1.93[a] |
| $AS_1C$ | 1.39±0.12[a] | 7.10±0.26[b] | 0.069±0.006[a] | 303.67±74.81[a] | 27.03±0.15[cd] | 46.79±2.14[a] | 72.32±10.45[a] |
| $AS_1C/2$ | 1.49±0.01[a] | 7.07±0.06[b] | 0.074±0.000[a] | 253.00±102.37[a] | 28.70±0.70[a] | 48.11±0.93[a] | 74.76±12.76[a] |
| $AS_2C$ | 1.40±0.10[a] | 7.17±0.06[b] | 0.070±0.005[a] | 279.33±56.04[a] | 28.50±0.61[ab] | 46.75±0.60[a] | 72.83±2.29[a] |
| $AS_2C/2$ | 1.41±0.05[a] | 7.17±0.06[b] | 0.071±0.002[a] | 296.67±23.80[a] | 28.37±1.11[abc] | 47.57±0.46[a] | 72.36±0.24[a] |
| C.V. (%) | 6.04 | 2.08 | 6.20 | 27.45 | 2.61 | 2.77 | 5.34 |
| F-test | ns | ** | ns | ns | * | ns | ns |

**หมายเหตุ :** [1]CT= ชุดควบคุม, C= ปุ๋ยเคมี สูตร 46-0-0 ในอัตรา 200 กิโลกรัมต่อไร่ และสูตร 16-16-16 ในอัตรา 80 กิโลกรัมต่อไร่, C/2= ปุ๋ยเคมี สูตร 46-0-0 ในอัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ และสูตร 16-16-16 ในอัตรา 40 กิโลกรัมต่อไร่, $AS_1$ = ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายในอัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ และ $AS_2$ = ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่าย ในอัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่

[2] ค่าเฉลี่ยจาก 3 ซ้ำ ซ้ำละ 10 ต้น โดยค่าเฉลี่ยที่มีอักษรตามหลังเหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี Duncan's multiple range test (DMRT)

ns ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

** มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

**ตารางที่ 16. คุณสมบัติบางประการที่เปลี่ยนแปลงของดินที่นำมาศึกษาหลังการใส่ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายของแปลงทดสอบผักกาดหอม เมื่อเทียบกับตัวอย่าง ดินก่อนการทดสอบ (แปลงทดสอบผักกวางตุ้งใบเดิม) (เปอร์เซ็นต์)**

| ชุดการทดลอง[1] | ปริมาณ อินทรียวัตถุ | ปฏิกิริยาดิน (pH) | ปริมาณ ไนโตรเจนทั้งหมด | ปริมาณฟอสฟอรัสที่ เป็นประโยชน์ | ความสามารถในการ แลกเปลี่ยนประจุบวก | ความสามารถในการ อุ้มน้ำของดิน | จำนวนเม็ดดินที่เสถียรต่อ แรงกระทำของน้ำ (>0.25 มม.) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| CT | + 2.21 | + 1.00 | + 7.35 | − 26.58 | + 1.28 | + 2.88 | + 1.92 |
| C | + 0.74 | − 3.49 | 0.0 | − 18.45 | − 1.30 | − 0.78 | + 3.79 |
| $AS_1$ | + 3.42 | + 12.27 | + 2.73 | − 29.04 | − 4.02 | + 1.38 | + 2.90 |
| $AS_2$ | + 1.43 | + 6.77 | + 1.42 | − 41.71 | − 4.37 | + **4.87** | + 1.00 |
| $AS_1C$ | − 0.72 | − 1.40 | − 1.44 | − 48.29 | − 5.06 | − 0.96 | + 3.11 |
| $AS_1C/2$ | + 2.01 | − 0.42 | + 1.35 | − **64.30** | + 1.74 | + 1.37 | + 5.87 |
| $AS_2C$ | + 2.14 | + 0.13 | + 2.85 | − 11.43 | + **3.27** | + 1.39 | + **8.69** |
| $AS_2C/2$ | + **4.96** | + 0.70 | + **7.04** | − 29.37 | + 0.50 | − 0.71 | + 7.32 |

**หมายเหตุ :** [1]CT= ชุดควบคุม, C= ปุ๋ยเคมี สูตร 46-0-0 ในอัตรา 200 กิโลกรัมต่อไร่ และสูตร 16-16-16 ในอัตรา 80 กิโลกรัมต่อไร่, C/2= ปุ๋ยเคมี สูตร 46-0-0 ในอัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ และสูตร 16-16-16 ในอัตรา 40 กิโลกรัมต่อไร่, $AS_1$ = ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายในอัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ และ $AS_2$ = ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่าย ในอัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่

เครื่องหมาย + หมายถึงเปอร์เซ็นต์ที่เพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับผลวิเคราะห์ตัวอย่างดินก่อนการทดสอบ (แปลงทดสอบผักกวางตุ้งใบเดิม)

เครื่องหมาย – หมายถึงเปอร์เซ็นต์ที่ลดลงเมื่อเทียบกับผลวิเคราะห์ตัวอย่างดินก่อนการทดสอบ (แปลงทดสอบผักกวางตุ้งใบเดิม)

**ตารางที่ 17. คุณสมบัติบางประการที่เปลี่ยนแปลงของดินที่นำมาศึกษาหลังการใส่ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายของแปลงทดสอบผักกาดหอม เมื่อเทียบกับชุดควบคุม (เปอร์เซ็นต์)**

| ชุดการทดลอง[1] | ปริมาณอินทรียวัตถุ | ปฏิกิริยาดิน (pH) | ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด | ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ | ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก | ความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน | จำนวนเม็ดดินที่เสถียรต่อแรงกระทำของน้ำ (>0.25 มม.) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| CT | - | - | - | - | - | - | - |
| C | − 0.74 | − 12.55 | − 1.49 | + 0.67 | − 2.77 | + 0.22 | + 7.22 |
| $AS_1$ | + 6.84 | 0.0 | + 6.85 | − 9.95 | − 3.41 | + 0.30 | + 4.31 |
| $AS_2$ | + 2.85 | **+ 0.73** | + 2.86 | − 13.00 | − 5.22 | + 1.89 | + 4.32 |
| $AS_1C$ | + 2.15 | − 13.66 | + 1.45 | + 1.76 | − 4.44 | + 1.45 | + 6.93 |
| $AS_1C/2$ | **+ 8.72** | − 14.14 | **+ 8.11** | **− 17.92** | **+ 1.64** | **+ 4.16** | **+ 9.97** |
| $AS_2C$ | + 2.86 | − 12.55 | + 2.86 | − 6.80 | + 0.95 | + 1.37 | + 7.58 |
| $AS_2C/2$ | + 3.55 | − 12.55 | + 4.23 | − 0.56 | + 0.49 | + 3.11 | + 6.98 |

**หมายเหตุ :** [1]CT= ชุดควบคุม, C= ปุ๋ยเคมี สูตร 46-0-0 ในอัตรา 200 กิโลกรัมต่อไร่ และสูตร 16-16-16 ในอัตรา 80 กิโลกรัมต่อไร่, C/2= ปุ๋ยเคมี สูตร 46-0-0 ในอัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ และสูตร 16-16-16 ในอัตรา 40 กิโลกรัมต่อไร่, $AS_1$ = ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายในอัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ และ $AS_2$ = ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่าย ในอัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่

เครื่องหมาย + หมายถึงเปอร์เซ็นต์ที่เพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับผลวิเคราะห์ตัวอย่างดินของชุดควบคุม

เครื่องหมาย – หมายถึงเปอร์เซ็นต์ที่ลดลงเมื่อเทียบกับผลวิเคราะห์ตัวอย่างดินของชุดควบคุม

**(ก)**

**แปลงทดสอบผักกาดหอม**

**(ข)**

**สาหร่ายจากผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินที่เจริญเติบโตบนพื้นผิวดินในแปลงทดสอบผักกาดหอม**

**รูปที่ 3. แปลงทดสอบประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายในแปลงทดสอบผักกาดหอม.**

## 3.3 การทดสอบประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายในแปลงทดสอบผักคะน้า

### 3.3.1 ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างดินก่อนการทดสอบ

การวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ, เคมี, และธาตุอาหารพืชในดินก่อนการทดสอบของตัวอย่างดินจากแปลงผักคะน้า, ได้ผลดังตารางที่ 18.

**ตารางที่ 18. สมบัติบางประการของดินที่นำมาศึกษาก่อนการใส่ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายในแปลงทดสอบผักคะน้า**

| คุณสมบัติดิน | ตัวอย่างดินจากแปลงผักคะน้า |
|---|---|
| **คุณสมบัติทางกายภาพ** | |
| 1. เนื้อดิน | ดินเหนียว (clay) |
| ร้อยละทราย (sand) | 25.60 |
| ร้อยละทรายแป้ง (silt) | 22.20 |
| ร้อยละดินเหนียว (clay) | 52.20 |
| 2 จำนวนของเม็ดดินที่เสถียรต่อแรงกระทำของน้ำ (ร้อยละ) | 65.87 |
| 3. ความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน (ร้อยละ) | 43.30 |
| **คุณสมบัติทางเคมี** | |
| 1. ปริมาณอินทรียวัตถุ (ร้อยละ) | 1.38 |
| 2. ค่าปฏิกิริยาดิน (pH) | 7.90 |
| 3. ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (เซนติโมลต่อกิโลกรัมดิน) | 26.60 |
| 4. ความอิ่มตัวด้วยด่างของดิน (ร้อยละ) | 165.06 |
| **ธาตุอาหารพืชในดิน** | |
| 1. ไนโตรเจนทั้งหมด (ร้อยละ) | 0.069 |
| 2. ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) | 271.00 |
| 3. ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) | 173.00 |
| 4. ปริมาณแคลเซียมที่เป็นประโยชน์ (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) | 7,876.00 |
| 5. ปริมาณแมกนีเซียมที่เป็นประโยชน์ (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) | 793.00 |

จากตารางที่ 18 ตัวอย่างดินจากแปลงทดสอบผักคะน้าแปลงนี้มีเนื้อดินเป็นดินเหนียว (clay) โดยมีปริมาณอนุภาคขนาดทราย, ทรายแป้งและดินเหนียว ร้อยละ 25.6, 22.2 และ 52.2, ตามลำดับ, จำนวนของเม็ดดิน (ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางมากกว่า 0.25 มิลลิเมตร) และมีความเสถียรต่อแรงกระทำของน้ำอยู่ในระดับสูง คือ ร้อยละ 65.87, ความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน ร้อยละ 43.30, ปริมาณอินทรียวัตถุอยู่ในระดับต่ำ คือ ร้อยละ 1.38, ซึ่งดินที่มีปริมาณอินทรียวัตถุต่ำกว่าร้อยละ 1.50 นี้จัดว่าเป็นดินที่เสื่อมโทรมมาก. ค่าปฏิกิริยาดินอยู่ในระดับด่างปานกลาง คือ 7.90, ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกอยู่ในระดับสูง คือ 26.60 เซนติโมลต่อกิโลกรัมดิน, ความอิ่มตัวด้วยด่างของดินอยู่ในระดับสูง คือ ร้อยละ 165.06, ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดอยู่ในระดับต่ำมาก คือ ร้อยละ 0.069, ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับสูงมาก คือ 271.00 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม, ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับสูง คือ 173.00 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม, ปริมาณแคลเซียมที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับสูงมาก คือ 7,876.00 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม, และปริมาณแมกนีเซียมที่เป็นประโยชน์มีปริมาณที่สูงเกินไปสำหรับพืชบางชนิด คือ 793.00 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา 2549; ซับซ้อน 2541; อิ่มเอิบ 2542; Hazelton and Murphy 2007; Land Classification Division and FAO Project Staff 1973).

คะน้าเป็นผักที่สามารถขึ้นได้ในดินแทบทุกชนิดที่มีความอุดมสมบูรณ์สูงมีความเป็นกรด-เบส (pH) ของดินอยู่ระหว่าง 5.5-6.8, มีความชื้นในดินสูงสม่ำเสมอ, และต้องการแสงแดดเต็มที่. คะน้าสามารถเจริญเติบโตได้ดีในอุณหภูมิเฉลี่ย 20 องศาเซลเซียส แต่สามารถทนทานต่อสภาพอุณหภูมิสูงได้ดี และให้ผลผลิตเป็นที่น่าพอใจในสภาพอุณหภูมิสูงกว่า 25 องศาเซลเซียส (ม.ป.ช. 2550).

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

เมื่อนำค่าวิเคราะห์ดินมาประเมินระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินดังตารางภาคผนวกที่ 1 (ภาคผนวกที่ 2) แล้วนำผลคะแนนของแต่ละค่าวิเคราะห์มารวมกันเพื่อประเมินระดับความอุดมสมบูรณ์ของดิน พบว่า ดินจากแปลงผักคะน้ามีความอุดมสมบูรณ์สูง แต่เมื่อพิจารณาถึงปริมาณอินทรียวัตถุพบว่าอยู่ในระดับที่ต่ำ เนื่องจากดินมีค่าความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก, ความอิ่มตัวด้วยด่างของดิน, ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับที่สูงถึงสูงมาก.

ดังนั้น ดินที่มีปริมาณอินทรียวัตถุอยู่ในระดับที่ต่ำนี้จึงไม่เหมาะสมต่อการเพาะปลูกผักคะน้า เนื่องจากผักคะน้าเจริญได้ดีที่สุดในดินที่มีอินทรียวัตถุในปริมาณสูง. หากไม่มีการเพิ่มอินทรียวัตถุให้แก่ดินแล้ว จะทำให้ระดับอินทรียวัตถุต่ำลง, จนไม่เพียงพอต่อการทำการเกษตรและทำให้ดินเกิดการเสื่อมโทรมได้. ทางแก้ปัญหาทางหนึ่งที่จะช่วยเพิ่มปริมาณอินทรียวัตถุให้แก่ดินโดยที่เสียค่าใช้จ่ายที่ต่ำและเป็นการเพิ่มปริมาณอินทรียวัตถุได้อย่างยั่งยืนนั่นคือ การใส่ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายกลุ่มที่สามารถหลั่งสารเหนียวประเภทพอลิแซ็กคาไรด์ออกสู่ภายนอกเซลล์ (extracellular polysaccharide) ได้. นอกจากนี้ สาหร่ายกลุ่มนี้ยังสามารถที่จะตรึงไนโตรเจนจากอากาศซึ่งจะช่วยเพิ่มปริมาณอินทรียวัตถุให้แก่ดินได้อีกทางหนึ่งด้วย.

นอกจากนี้ การที่มีปริมาณฟอสฟอรัสที่สูงมากและเหลือตกค้างอยู่ในดินเป็นปริมาณมาก ฟอสฟอรัสจะทำปฏิกิริยาตกตะกอนกับจุลธาตุ, โดยเฉพาะสังกะสี, เหล็ก และแมงกานีส ทำให้พืชไม่สามารถดูดจุลธาตุเหล่านี้ไปใช้ประโยชน์ได้ พืชจึงแสดงอาการขาดจุลธาตุ. แม้ว่าจะใส่จุลธาตุเพิ่มแต่ก็ไม่ได้ผล เนื่องจาก จุลธาตุจะตกตะกอนกับฟอสฟอรัสได้ต่อไปอีก. จากการที่ฟอสฟอรัสสูญหายไปจากดินค่อนข้างยาก จึงพบว่ามีการสะสมฟอสฟอรัสในดินสูงเกินความต้องการของพืช. การที่มีปริมาณโพแทสเซียมในดินมากเกินไป จะทำให้พืชดูดใช้ธาตุแมกนีเซียมและแคลเซียมลดลง. วิธีแก้ปัญหาทางหนึ่งคือ ลดปริมาณการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมลง เป็นการลดค่าใช้จ่ายด้านปุ๋ยเคมีได้อีกทางหนึ่ง เนื่องจากปุ๋ยฟอสฟอรัสมีราคาแพง (บัวทรัพย์ 2543).

สำหรับการที่ดินมีปริมาณแคลเซียมที่สูงมากเกินไป จะมีผลกระทบต่อสมดุลของธาตุอาหารพืชชนิดอื่น ทำให้พืชแสดงอาการขาดธาตุนั้น เช่น ทำให้เกิดการขาดโบรอน, โพแทสเซียม, แมกนีเซียม, ฟอสเฟต, หรือมีผลกระทบด้านความเป็นกรด-เบสของดิน ซึ่งจะมีผลในการควบคุมการปลดปล่อยเหล็กและแมงกานีส. การที่ดินมีปริมาณแมกนีเซียมในปริมาณที่สูงเกินไปสำหรับ

พืชนั้น ทำให้เกิดความไม่สมดุลของธาตุอาหารพืช, เช่น การที่พืชดูดแมกนีเซียมมากเกินไป อาจเกิดจากการขาดโพแทสเซียม เนื่องจากสมดุลของโพแทสเซียมต่อแมกนีเซียมในดินมีสัดส่วนต่ำ (สุขสวัสดิ์ 2544).

อย่างไรก็ตาม การที่มีปริมาณฟอสฟอรัส, โพแทสเซียม, แคลเซียม และแมกนีเซียมอยู่ในดินเป็นปริมาณมากนี้ จะเป็นประโยชน์ต่อสาหร่าย เนื่องจากธาตุฟอสฟอรัสเป็นธาตุอาหารหลัก (major element), ธาตุโพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมจัดเป็นธาตุอาหารรอง (minor element) ซึ่งสาหร่ายต้องการในปริมาณมากเพื่อการเจริญเติบโต. นอกจากนี้ ธาตุเหล่านี้ยังมีความสำคัญต่อการตรึงไนโตรเจนและการสังเคราะห์แสงอีกด้วย. เมื่อสาหร่ายกลุ่มนี้ตายลงจะปลดปล่อยธาตุอาหารดังกล่าว รวมทั้งไนโตรเจนกลับสู่พื้นดินอย่างช้าๆ อีกด้วย.

### 3.3.2 ผลทดสอบประสิทธิภาพหลังการใส่ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายในแปลงทดสอบผักคะน้า

แบ่งการทดลองออกเป็น 8 ชุดการทดลอง คือ CT, C, $AS_1$, $AS_2$, $AS_1C$, $AS_1C/2$, $AS_2C$ และ $AS_2C/2$, ดังรูปที่ 4. เมื่อถึงระยะเก็บเกี่ยว พบว่า ทั้ง 8 ชุดการทดลองมีค่าของปัจจัยต่างๆ ได้แก่ การเจริญเติบโตทางด้านความสูงระยะก่อนเก็บเกี่ยวและจำนวนใบ ผลดังแสดงตารางที่ 19, ผลผลิตมวลชีวภาพ (น้ำหนักสด) ส่วนเหนือพื้นดินและรากและผลผลิตรวม ผลดังแสดงตารางที่ 20, ผลผลิตมวลชีวภาพ (น้ำหนักแห้ง) ส่วนเหนือพื้นดินและรากและสัดส่วนมวลชีวภาพของส่วนเหนือพื้นดินและราก ผลดังแสดงตารางที่ 21, การเจริญเติบโตและผลผลิตของต้นผักคะน้าที่เพิ่มขึ้น (เปอร์เซ็นต์) เมื่อเทียบกับชุดควบคุม ผลดังแสดงตารางที่ 22. ค่าใช้จ่ายผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายและปุ๋ยเคมีและผลตอบแทนทางเศรษฐกิจของการใช้ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายและปุ๋ยเคมีในอัตราต่างๆ ต่อผลผลิตของผักคะน้า ผลดังแสดงในตารางที่ 23.

#### ก. การเจริญเติบโต

##### 1. ความสูงของต้นผักคะน้าระยะก่อนเก็บเกี่ยว

การเจริญเติบโตทางด้านความสูงของต้นผักคะน้าระยะก่อนเก็บเกี่ยว จากตารางที่ 19 พบว่า ความสูงเฉลี่ยของต้นผักคะน้าในวันที่ 40 ทุกชุดการทดลองมีความสูงเฉลี่ยสูงกว่าชุด CT. ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_2C/2$ มีความสูงเฉลี่ยที่สูงที่สุด คือ 52.67±4.37 เซนติเมตร, รองลงมาคือ ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_2C$, C, $AS_1C$, $AS_1C/2$, $AS_1$ และ $AS_2$ มีความสูงของต้นผักคะน้าเฉลี่ย 50.88±3.55, 50.03±1.08, 49.48±3.36, 49.45±1.28, 36.43±2.00 และ 33.88±3.43 เซนติเมตร, ตามลำดับ. ในขณะที่ชุด CT มีความสูงของต้นผักคะน้าเฉลี่ย 28.15±5.75 เซนติเมตร. เมื่อนำไปเปรียบเทียบทางสถิติกับชุด CT ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 0.05 พบว่า ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_2C/2$,

$AS_2C$, C, $AS_1C$, $AS_1C/2$ และ $AS_1$ มีความแตกต่างกับชุด CT อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ. นอกจากนี้ ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_2C/2$, $AS_2C$, C, $AS_1C$ และ$AS_1C/2$ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ. ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1$ และ $AS_2$ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_2C/2$, $AS_2C$, C, $AS_1C$ และ$AS_1C/2$ มีความแตกต่างกับชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1$ และ $AS_2$ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ.

**2. จำนวนใบต่อต้นของต้นผักคะน้า**

จำนวนใบต่อต้นของต้นผักคะน้า จากตารางที่ 19 พบว่า ทุกชุดการทดลองมีจำนวนใบต่อต้นเฉลี่ยที่สูงกว่าชุด CT, โดยชุดการทดลองที่ใส่ $AS_2C$ มีจำนวนใบต่อต้นเฉลี่ยที่สูงที่สุด คือ 6.57±1.59 ใบ, รองลงมาคือ ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_2$, $AS_2C/2$, C, $AS_1C$, $AS_1$ และ $AS_1C/2$ มีจำนวนใบต่อต้นเฉลี่ย 6.40±0.00, 6.37±0.71, 6.33±1.21, 6.03±1.01 , 5.90±0.70 และ 5.80±0.36 ใบ, ตามลำดับ ในขณะที่ชุด CT มีจำนวนใบต่อต้นเฉลี่ย 5.73±0.23 ใบ. ถึงแม้ว่าทุกชุดการทดลองจะมีจำนวนใบเฉลี่ยต่อต้นที่สูงกว่าชุด CT, แต่เมื่อนำไปเปรียบเทียบทางสถิติกับชุด CT ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 0.05 พบว่า ทุกชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างกับชุด CT และไม่มีความแตกต่างระหว่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ.

**ตารางที่ 19. การเจริญเติบโตทางด้านความสูงระยะก่อนเก็บเกี่ยวและจำนวนใบของต้นผักคะน้า**

| ชุดการทดลอง | ความสูง (เซนติเมตร) | จำนวนใบ (ใบ) |
|---|---|---|
| 1. CT | 28.15±5.75[c] | 5.73±0.23[a] |
| 2. C | 50.03±1.08[a] | 6.33±1.21[a] |
| 3. $AS_1$ | 36.43±2.00[b] | 5.90±0.70[a] |
| 4. $AS_2$ | 33.88±3.43[bc] | 6.40±0.00[a] |
| 5. $AS_1C$ | 49.48±3.36[a] | 6.03±1.01[a] |
| 6. $AS_1C/2$ | 49.45±1.28[a] | 5.80±0.36[a] |
| 7. $AS_2C$ | 50.88±3.55[a] | 6.57±1.59[a] |
| 8. $AS_2C/2$ | 52.67±4.37[a] | 6.37±0.71[a] |
| CV. (%) | 7.84 | 14.32 |
| F-test | ** | ns |

**หมายเหตุ :** [1]CT= ชุดควบคุม, C= ปุ๋ยเคมี สูตร 46-0-0 ในอัตรา 200 กิโลกรัมต่อไร่ และสูตร16-16-16ในอัตรา 80 กิโลกรัมต่อไร่, C/2 = ปุ๋ยเคมี สูตร 46-0-0 ในอัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ และสูตร16-16-16ในอัตรา 40 กิโลกรัมต่อไร่, $AS_1$ = ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายในอัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ และ $AS_2$ = ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่าย ในอัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่

[2]ค่าเฉลี่ยจาก 3 ซ้ำ ซ้ำละ 10 ต้น โดยค่าเฉลี่ยที่มีอักษรตามหลังเหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี Duncan's multiple range test (DMRT)

ns ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

** มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

**ข. ผลผลิต**

**1. ผลผลิตมวลชีวภาพ (น้ำหนักสด)**

**1.1 ผลผลิตมวลชีวภาพส่วนเหนือพื้นดิน**

ผลผลิตมวลชีวภาพส่วนเหนือพื้นดินของต้นผักคะน้า จากตารางที่ 20 พบว่าทุกชุดการทดลองมีผลผลิตมวลชีวภาพส่วนเหนือพื้นดินเฉลี่ยที่สูงกว่าชุด CT, โดยชุดการทดลองที่ใส่ $AS_2C/2$ มีผลผลิตมวลชีวภาพส่วนเหนือพื้นดินเฉลี่ยที่สูงที่สุด คือ 196.64±71.86 กรัม, รองลงมาคือ ชุดการทดลองที่ใส่ C, $AS_2C$, $AS_1C/2$, $AS_1C$, $AS_1$ และ $AS_2$ มีผลผลิตมวลชีวภาพส่วนเหนือพื้นดินเฉลี่ย 145.28±34.72, 143.91±52.66, 128.56±17.43, 121.82±34.46, 51.57±8.15 และ 50.39±17.23 กรัม, ตามลำดับ ในขณะที่ชุด CT มีผลผลิตมวลชีวภาพเหนือพื้นดินเฉลี่ย 31.75±15.97 กรัม. เมื่อนำไปเปรียบเทียบทางสถิติกับชุด CT ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 0.05 พบว่า ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_2C/2$, C, $AS_2C$, $AS_1C/2$ และ $AS_1C$ มีความแตกต่างกับชุด CT อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ. นอกจากนี้ ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_2C/2$, C, $AS_2C$ และ $AS_1C/2$ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่ชุดการทดลองที่ใส่ C, $AS_2C$, $AS_1C/2$ และ $AS_1C$ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1$ และ $AS_2$ ก็ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเช่นกัน.

**1.2 ผลผลิตมวลชีวภาพส่วนราก**

ผลผลิตมวลชีวภาพส่วนรากเฉลี่ย จากตารางที่ 20 พบว่า ทุกชุดการทดลองมีผลผลิตมวลชีวภาพส่วนรากเฉลี่ยที่สูงกว่าชุด CT, โดยชุดการทดลองที่ใส่ $AS_2C/2$ มีผลผลิตมวลชีวภาพส่วนรากเฉลี่ยที่สูงที่สุด คือ 8.30±2.78 กรัม, รองลงมา ได้แก่ ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_2C$, C, $AS_1C/2$, $AS_1C$, $AS_1$ และ $AS_2$ มีผลผลิตมวลชีวภาพส่วนรากเฉลี่ย 6.12±1.98, 5.41±1.31, 5.24±0.71, 4.94±1.20, 4.35±0.40 และ 3.73±0.33 กรัม, ตามลำดับ ในขณะที่ชุด CT มีผลผลิตมวลชีวภาพส่วนรากเฉลี่ย 2.92±0.93 กรัม. เมื่อนำไปเปรียบเทียบทางสถิติกับชุด CT ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 0.05 พบว่า มีเพียง 2 ชุดการทดลองเท่านั้นที่มีความแตกต่างกับชุด CT อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ, นั่นคือ ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_2C/2$ และ $AS_2C$. นอกจากนี้ ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_2C$, C, $AS_1C/2$, $AS_1C$, $AS_1$ และ $AS_2$ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และชุดการทดลองที่ใส่ C, $AS_1C/2$, $AS_1C$, $AS_1$ และ $AS_2$ ก็ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ.

**1.3 ผลผลิตรวม**

ผลผลิตรวมเฉลี่ยของผักคะน้า จากตารางที่ 20 พบว่า ทุกชุดการทดลองมีผลผลิตรวมเฉลี่ยสูงกว่าชุด CT, โดยชุดการทดลองที่ใส่ $AS_2C/2$ มีผลผลิตรวมเฉลี่ยสูงที่สุด คือ 6,590.47±998.50 กิโลกรัมต่อไร่, รองลงมาได้แก่ ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_2C$, $AS_1C/2$, C, $AS_1C$, $AS_2$ และ $AS_1$ มีผลผลิตรวมเฉลี่ย 6,399.99±412.06, 6,323.81±432.68, 6,095.24±174.57, 6,095.24±872.87, 1,409.52±349.15 และ 1,371.43±421.06 กิโลกรัมต่อไร่, ตามลำดับ. สำหรับชุด CT มีผลผลิตรวมเฉลี่ย 1,333.34±329.92 กิโลกรัมต่อไร่. เมื่อนำไปเปรียบเทียบทางสถิติกับชุด CT ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 0.05 พบว่า ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_2C/2$, $AS_2C$, $AS_1C/2$, C และ $AS_1C$ มีความแตกต่างกับชุด CT และไม่มีความแตกต่างระหว่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ. นอกจากนี้ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_2$ และ $AS_1$ ก็มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ.

**ตารางที่ 20. ผลผลิตมวลชีวภาพ (น้ำหนักสด) ส่วนเหนือพื้นดิน, ราก และผลผลิตรวมของต้นผักคะน้า**

| ชุดการทดลอง | ผลผลิตมวลชีวภาพ (กรัม) | | ผลผลิตรวม |
|---|---|---|---|
| | เหนือพื้นดิน (Shoot) | ราก (Root) | (กิโลกรัม/ไร่) |
| 1. CT | 31.75±15.97$^{c}$ | 2.92±0.93$^{c}$ | 1,333.34±329.92$^{b}$ |
| 2. C | 145.28±34.72$^{ab}$ | 5.41±1.31$^{bc}$ | 6,095.24±174.57$^{a}$ |
| 3. $AS_1$ | 51.57±8.15$^{c}$ | 4.35±0.40$^{bc}$ | 1,371.43±421.06$^{b}$ |
| 4. $AS_2$ | 50.39±17.23$^{c}$ | 3.73±0.33$^{bc}$ | 1,409.52±349.15$^{b}$ |
| 5. $AS_1C$ | 121.82±34.46$^{b}$ | 4.94±1.20$^{bc}$ | 6,095.24±872.87$^{a}$ |
| 6. $AS_1C/2$ | 128.56±17.43$^{ab}$ | 5.24±0.71$^{bc}$ | 6,323.81±432.68$^{a}$ |
| 7. $AS_2C$ | 143.91±52.66$^{ab}$ | 6.12±1.98$^{ab}$ | 6,399.99±412.06$^{a}$ |
| 8. $AS_2C/2$ | 196.64±71.86$^{a}$ | 8.30±2.78$^{a}$ | 6,590.47±998.50$^{a}$ |
| CV. (%) | 34.49 | 27.95 | 12.67 |
| F-test | ** | * | ** |

**หมายเหตุ :** [1]CT= ชุดควบคุม, C= ปุ๋ยเคมี สูตร 46-0-0 ในอัตรา 200 กิโลกรัมต่อไร่ และสูตร16-16-16ในอัตรา 80 กิโลกรัมต่อไร่, C/2 = ปุ๋ยเคมี สูตร 46-0-0 ในอัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ และสูตร16-16-16ในอัตรา 40 กิโลกรัมต่อไร่, $AS_1$ = ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายในอัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ และ $AS_2$ = ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่าย ในอัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่

[2] ค่าเฉลี่ยจาก 3 ซ้ำ ซ้ำละ 10 ต้น โดยค่าเฉลี่ยที่มีอักษรตามหลังเหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี Duncan's multiple range test (DMRT)

* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

** มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

**2. ผลผลิตมวลชีวภาพ (น้ำหนักแห้ง)**

**2.1 ผลผลิตมวลชีวภาพส่วนเหนือพื้นดิน**

ผลผลิตมวลชีวภาพส่วนเหนือพื้นดินของต้นผักคะน้า จากตารางที่ 21 พบว่าทุกชุดการทดลองมีผลผลิตมวลชีวภาพส่วนเหนือพื้นดินเฉลี่ยที่สูงกว่าชุด CT. ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_2C/2$ มีผลผลิตมวลชีวภาพส่วนเหนือพื้นดินเฉลี่ยที่สูงที่สุด คือ 11.33±3.07 กรัม, รองลงมา คือ ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_2C$, C, $AS_1C$, $AS_1C/2$, $AS_2$ และ $AS_1$ มีผลผลิตมวลชีวภาพส่วนเหนือพื้นดินเฉลี่ย 9.12±2.43, 8.91±1.75, 7.85±2.55, 7.48±0.95, 5.25±0.98 และ 4.90±1.10 กรัม, ตามลำดับ ในขณะที่ชุด CT มีผลผลิตมวลชีวภาพเหนือพื้นดินเฉลี่ย 3.35±1.24 กรัม. เมื่อนำไปเปรียบเทียบทางสถิติกับชุด CT ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 0.05 พบว่า ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_2C/2$, $AS_2C$, C, $AS_1C$ และ $AS_1C/2$ มีความแตกต่างกับชุด CT อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ. นอกจากนี้ ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_2C/2$, $AS_2C$, C และ $AS_1C$ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ, ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_2C$, C, $AS_1C$ และ $AS_1C/2$ ก็ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ, ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1C$, $AS_1C/2$, $AS_2$และ $AS_1$ ก็ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และชุดการทดลองที่ใส่ $AS_2$และ $AS_1$ ก็ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติด้วยเช่นกัน.

**2.2 ผลผลิตมวลชีวภาพส่วนราก**

ผลผลิตมวลชีวภาพส่วนรากเฉลี่ย จากตารางที่ 21 พบว่า ทุกชุดการทดลองมีผลผลิตมวลชีวภาพส่วนรากเฉลี่ยที่สูงกว่าชุด CT, โดยชุดการทดลองที่ใส่ $AS_2C/2$ มีผลผลิตมวลชีวภาพส่วนรากเฉลี่ยที่สูงที่สุด คือ 1.65±0.45 กรัม, รองลงมาได้แก่ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_2C$, C, $AS_1C/2$, $AS_1C$, $AS_1$ และ $AS_2$ มีผลผลิตมวลชีวภาพส่วนรากเฉลี่ย 1.25±0.46, 1.19±0.34, 1.14±0.19, 0.97±0.26, 0.88±0.13 และ 0.83±0.09 กรัม, ตามลำดับ ในขณะที่ชุด CT มีผลผลิตมวลชีวภาพส่วนรากเฉลี่ย 0.63±0.22 กรัม. เมื่อนำไปเปรียบเทียบทางสถิติกับชุด CT ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 0.05 พบว่า มีเพียง 2 ชุดการทดลองเท่านั้นที่มีความแตกต่างกับชุด CT อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ, นั่นคือ ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_2C/2$ และ $AS_2C$. นอกจากนี้ ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_2C/2$ , $AS_2C$ , C และ $AS_1C/2$ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และชุดการทดลองที่ใส่ $AS_2C$, C, $AS_1C/2$, $AS_1C$, $AS_1$ และ $AS_2$ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่ชุดการทดลองที่ใส่ C, $AS_1C/2$, $AS_1C$, $AS_1$ และ $AS_2$ ก็ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติด้วยเช่นกัน.

### 2.3 สัดส่วนมวลชีวภาพของส่วนเหนือพื้นดินและราก

จากตารางที่ 21 พบว่า ทุกชุดการทดลองมีสัดส่วนมวลชีวภาพของส่วนเหนือพื้นดินและรากเฉลี่ยที่สูงกว่าชุด CT. โดยชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1C$ มีสัดส่วนมวลชีวภาพของส่วนเหนือพื้นดินและรากเฉลี่ยที่สูงที่สุด คือ 8.28±1.85, รองลงมาคือ ชุดการทดลองที่ใส่ C, $AS_2C$, $AS_1C/2$, $AS_2C/2$, $AS_2$ และ $AS_1$ มีสัดส่วนมวลชีวภาพของส่วนเหนือพื้นดินและรากเฉลี่ย 7.88±0.96, 7.69±0.94, 6.90±0.96, 6.74±1.18, 6.66±0.69 และ 5.76±0.56, ตามลำดับ. ในขณะที่ชุด CT มีสัดส่วนมวลชีวภาพของส่วนเหนือพื้นดินและรากเฉลี่ย 5.38±0.04. เมื่อนำไปเปรียบเทียบทางสถิติกับชุด CT ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 0.05 พบว่า ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1C$, C, $AS_2C$, $AS_1C/2$ และ $AS_2C/2$ มีความแตกต่างกับชุดควบคุมและไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ. นอกจากนี้ ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_2$ และ $AS_1$ ก็ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ.

**ตารางที่ 21. ผลผลิตมวลชีวภาพ (น้ำหนักแห้ง) ส่วนเหนือพื้นดิน, ราก และสัดส่วนมวลชีวภาพเหนือพื้นดินและรากของต้นผักคะน้า**

| ชุดการทดลอง | ผลผลิตมวลชีวภาพ (กรัม) | | Shoot:Root |
|---|---|---|---|
| | เหนือพื้นดิน (Shoot) | ราก (Root) | ratio |
| 1. CT | 3.35±1.24[d] | 0.63±0.22[c] | 5.38±0.04[b] |
| 2. C | 8.91±1.75[ab] | 1.19±0.34[abc] | 7.88±0.96[a] |
| 3. $AS_1$ | 4.90±1.10[cd] | 0.88±0.13[bc] | 5.76±0.56[b] |
| 4. $AS_2$ | 5.25±0.98[cd] | 0.83±0.09[bc] | 6.66±0.69[b] |
| 5. $AS_1C$ | 7.85±2.55[abc] | 0.97±0.26[bc] | 8.28±1.85[a] |
| 6. $AS_1C/2$ | 7.48±0.95[bc] | 1.14±0.19[abc] | 6.90±0.96[a] |
| 7. $AS_2C$ | 9.12±2.43[ab] | 1.25±0.46[ab] | 7.69±0.94[a] |
| 8. $AS_2C/2$ | 11.33±3.07[a] | 1.65±0.45[a] | 6.74±1.18[a] |
| CV. (%) | 26.41 | 27.84 | 14.77 |
| F-test | ** | * | * |

**หมายเหตุ :** [1]CT= ชุดควบคุม, C= ปุ๋ยเคมี สูตร 46-0-0 ในอัตรา 200 กิโลกรัมต่อไร่ และสูตร16-16-16ในอัตรา 80 กิโลกรัมต่อไร่, C/2 = ปุ๋ยเคมี สูตร 46-0-0 ในอัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ และสูตร16-16-16ในอัตรา 40 กิโลกรัมต่อไร่, $AS_1$ = ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายในอัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ และ $AS_2$ = ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่าย ในอัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่

[2] ค่าเฉลี่ยจาก 3 ซ้ำ ซ้ำละ 10 ต้น โดยค่าเฉลี่ยที่มีอักษรตามหลังเหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี Duncan's multiple range test (DMRT)

* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

** มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

จากผลการทดลอง พบว่า ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_2C/2$ มีประสิทธิภาพต่อการเพิ่มผลผลิตสูงที่สุด โดยเพิ่มถึงร้อยละ 79.76 เมื่อเทียบกับชุด CT, รองลงมา ได้แก่ ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_2C$ และ $AS_1C/2$ สามารถเพิ่มผลผลิตได้ถึงร้อยละ 79.16 และ 78.91, ตามลำดับ ในขณะที่ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1C$ และ C สามารถเพิ่มผลผลิตได้ในปริมาณที่เท่ากัน คือ ร้อยละ 78.12. สำหรับชุดการทดลองที่ใส่ $AS_2$ และ $AS_1$ สามารถเพิ่มผลผลิตได้ร้อยละ 5.40 และ 2.78, ตามลำดับ, เมื่อเทียบกับชุด CT, ผลดังแสดงในตารางที่ 22.

จะเห็นได้ว่า การใส่ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายร่วมกับปุ๋ยเคมีทั้งเต็มสูตรหรือลดลงครึ่งหนึ่งสามารถที่จะเพิ่มผลผลิตได้มากกว่าการใส่ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว.

**ตารางที่ 22. การเจริญเติบโตและผลผลิตของต้นผักคะน้าที่เพิ่มขึ้น (เปอร์เซ็นต์) เมื่อเทียบกับชุดควบคุม**

| ชุดการทดลอง[1] | การเจริญเติบโต (%) | | ผลผลิต (%) | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | ความสูง | จำนวนใบ | น้ำหนักสดของส่วนเหนือพื้นดิน | น้ำหนักสดของราก | ผลผลิตรวม |
| CT | - | - | - | - | - |
| C | + 43.73 | + 9.27 | + 78.14 | + 46.02 | + 78.12 |
| $AS_1$ | + 22.72 | + 2.88 | + 38.43 | + 32.87 | + 2.78 |
| $AS_2$ | + 16.91 | + 10.46 | + 36.99 | + 21.71 | + 5.40 |
| $AS_1C$ | + 43.10 | + 4.97 | + 73.93 | + 40.89 | + 78.12 |
| $AS_1C/2$ | + 43.07 | + 1.20 | + 75.30 | + 44.27 | + 78.91 |
| $AS_2C$ | + 44.67 | **+ 12.78** | + 77.93 | + 52.28 | + 79.16 |
| $AS_2C/2$ | **+ 46.55** | + 10.04 | **+ 83.85** | **+ 64.69** | **+ 79.76** |

**หมายเหตุ :** [1]CT= ชุดควบคุม, C= ปุ๋ยเคมี สูตร 46-0-0 ในอัตรา 200 กิโลกรัมต่อไร่ และสูตร 16-16-16ในอัตรา 80 กิโลกรัมต่อไร่, C/2 = ปุ๋ยเคมี สูตร 46-0-0 ในอัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ และสูตร16-16-16ในอัตรา 40 กิโลกรัมต่อไร่, $AS_1$ = ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายในอัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ และ $AS_2$ = ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่าย ในอัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่

เครื่องหมาย + หมายถึงเปอร์เซ็นต์ที่เพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับชุดควบคุม

**ค. ค่าใช้จ่ายผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายและปุ๋ยเคมี และผลตอบแทนทางเศรษฐกิจของการใช้ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายและปุ๋ยเคมีในอัตราต่างๆ ต่อผลผลิตของผักคะน้า**

**1. ค่าใช้จ่ายผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายและปุ๋ยเคมี.** จากตารางที่ 23 พบว่า ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_2C$ มีค่าใช้จ่ายผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายและปุ๋ยเคมีที่สูงที่สุด คือ 13,840.00 บาทต่อไร่, รองลงมาได้แก่ ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1C$, $AS_2C/2$, C,$AS_1C/2$, $AS_2$, และ $AS_1$ มีค่าใช้จ่ายผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายและปุ๋ยเคมี 10,840.00, 9,920.00, 7,840.00, 6,920.00, 6,000.00 และ 3,000.00 บาทต่อไร่, ตามลำดับ.

**2. ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจของการใช้ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายและปุ๋ยเคมีในอัตราต่างๆ ต่อผลผลิตของผักคะน้า (VCR).** จากตารางที่ 23 พบว่า มีเพียงชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1$ และ $AS_2$ เพียง 2 ชุดการทดลองเท่านั้นที่ถือว่าไม่คุ้มค่าแก่การลงทุน เนื่องจากมีค่า VCR ต่ำกว่า 2.00. ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1C/2$ มีผลตอบแทนทางเศรษฐกิจสูงที่สุด คือ 18.03, รองลงมาได้แก่ ชุดการทดลองที่ใส่ C, $AS_2C/2$, $AS_1C$ และ $AS_2C$ มีผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ 15.18, 13.25, 10.98 และ 9.15, ตามลำดับ ในขณะที่ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1$ และ $AS_2$ มีผลตอบแทนทางเศรษฐกิจที่เท่ากัน คือ 0.32 ตามลำดับ.

จะเห็นได้ว่า ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1C/2$ คือ ใส่ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายในอัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ร่วมกับปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 ในอัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่และสูตร 16-16-16 ในอัตรา 40 กิโลกรัมต่อไร่ (เป็นการใส่ปุ๋ยเคมีในอัตราครึ่งหนึ่งของอัตราที่เกษตรกรใส่เป็นประจำ) ให้ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจสูงกว่าชุดการทดลองที่ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 ในอัตรา 200 กิโลกรัมต่อไร่และสูตร 16-16-16 ในอัตรา 80 กิโลกรัมต่อไร่ (อัตราที่เกษตรกรใส่เป็นประจำ), ถือว่าคุ้มค่าแก่การลงทุนอย่างมาก. ถ้าเกษตรกรหันมาใช้ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายร่วมกับลดการใช้ปุ๋ยเคมีลงอย่างต่อเนื่อง, ผลตอบแทนที่จะได้รับมิใช่แต่จะเป็นผลตอบแทนทางด้านเศรษฐกิจเพียงอย่างเดียว, แต่เป็นการใช้ประโยชน์พื้นที่การเกษตรแบบอนุรักษ์โดยทำการปรับปรุงดินไปพร้อมๆ กับผลิตพืชที่เพิ่มขึ้น. ดังนั้น การใช้ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายจะช่วยให้เกิดการใช้ประโยชน์จากทรัพยากรดินได้อย่างยั่งยืน, ซึ่งส่งผลต่อความมั่นคงทางอาหาร (food security) ของประเทศในที่สุด.

**ตารางที่ 23. ค่าใช้จ่ายผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายและปุ๋ยเคมี และผลตอบแทนทางเศรษฐกิจของการใช้ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายและปุ๋ยเคมีในอัตราต่างๆ ต่อผลผลิตของผักคะน้า**

| ชุดการทดลอง[1] | ค่าใช้จ่ายผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินและปุ๋ยเคมี (บาทต่อไร่) | ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ (VCR) |
|---|---|---|
| CT | - | - |
| C | 7,840.00 | 15.18 |
| $AS_1$ | 3,000.00 | 0.32 |
| $AS_2$ | 6,000.00 | 0.32 |
| $AS_1C$ | 10,840.00 | 10.98 |
| $AS_1C/2$ | 6,920.00 | 18.03 |
| $AS_2C$ | 13,840.00 | 9.15 |
| $AS_2C/2$ | 9,920.00 | 13.25 |

**หมายเหตุ :** [1]CT= ชุดควบคุม, C= ปุ๋ยเคมี สูตร 46-0-0 ในอัตรา 200 กิโลกรัมต่อไร่ และสูตร16-16-16ในอัตรา 80 กิโลกรัมต่อไร่, C/2 = ปุ๋ยเคมี สูตร 46-0-0 ในอัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ และสูตร16-16-16ในอัตรา 40 กิโลกรัมต่อไร่, $AS_1$ = ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายในอัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ และ $AS_2$ = ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่าย ในอัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่

เมื่อ ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่าย กิโลกรัมละ 6.00 บาท
ปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 กิโลกรัมละ 27.60 บาท
ปุ๋ยเคมีสูตร 16-16-16 กิโลกรัมละ 29.00 บาท
ราคาผักคะน้าราคาขายส่ง กิโลกรัมละ 25 บาท

เมื่อนำประสิทธิภาพในการเพิ่มผลผลิตและผลตอบแทนทางเศรษฐกิจของการใส่ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายและปุ๋ยเคมีในอัตราต่างๆ ต่อผลผลิตของผักคะน้ามาร่วมพิจารณาด้วย พบว่า ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_2C/2$ มีประสิทธิภาพต่อการเพิ่มผลผลิตสูงที่สุด โดยเพิ่มถึงร้อยละ 79.76 เมื่อเทียบกับชุด CT, รองลงมาได้แก่ ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_2C$ และ $AS_1C/2$ สามารถเพิ่มผลผลิตได้ถึงร้อยละ 79.16 และ 78.91, ตามลำดับ. ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1C$ และ C สามารถเพิ่มผลผลิตได้ในปริมาณที่เท่ากัน คือ ร้อยละ 78.12, ในขณะที่ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1C/2$ ให้ค่าผลตอบแทนทางเศรษฐกิจสูงที่สุด คือ 18.03, รองลงมาได้แก่ชุดการทดลองที่ใส่ C ให้ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจถึง 15.18 ซึ่งสูงกว่าชุดการทดลองที่ใส่ $AS_2C/2$ ที่ให้ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ 13.25. ถึงแม้ว่าชุดการทดลองที่ใส่ $AS_2C/2$ จะสามารถเพิ่มผลผลิตได้สูงกว่าชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1C/2$ ร้อยละ 4.05, แต่ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1C/2$ ให้ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจที่สูง

กว่าชุดการทดลองที่ใส่ $AS_2C/2$ ถึงร้อยละ 26.51. เหตุที่ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1C/2$ ให้ค่าผลตอบแทนทางเศรษฐกิจที่สูงกว่า เนื่องจากราคาผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายและปุ๋ยเคมีของชุดการทดลองที่ $AS_1C/2$ มีราคาต่ำกว่า, ในขณะที่ผลตอบแทนทางด้านผลผลิตสูงกว่าชุดการทดลองที่ใส่ C. หากพิจารณาในระยะยาวค่าใช้จ่ายของผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายและปุ๋ยเคมีของชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1C/2$ จะลดลงกว่าการใส่ในครั้งแรกๆ, เนื่องจากสาหร่ายจากผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินสามารถที่จะเจริญเติบโตเพิ่มจำนวนต่อไป โดยไม่ต้องใส่ทุกครั้งของการเพาะปลูก, ฉะนั้น จะลดค่าใช้จ่ายลงแต่ให้ผลผลิตที่สูงในเวลาเดียวกันและยังเป็นการใช้พื้นที่เกษตรแบบอนุรักษ์อีกด้วย ซึ่งตรงกันข้ามกับการใช้ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียวเนื่องจากที่ต้องใส่ทุกครั้งและในปริมาณที่เพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ ในขณะที่ผลผลิตที่ได้จะมีปริมาณคงที่หรือลดลง. ปุ๋ยเคมีนี้ไม่มีผลต่อการปรับปรุงคุณสมบัติทางกายภาพของดิน ซึ่งต่างจากผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่าย. หากใช้ปุ๋ยเคมีติดต่อกันเป็นเวลานาน ทำให้มีผลกระทบระยะยาว โดยทำให้ดินอัดแน่นและดินเป็นกรดหรือเบสเพิ่มขึ้น. ถ้าใส่ในอัตราสูงเกินไป จะเป็นอันตรายต่อการเจริญเติบโตและคุณภาพของผักได้โดยตรง.

ดังนั้น ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1C/2$ มีประสิทธิภาพต่อการเพิ่มผลผลิตและให้ค่าผลตอบแทนทางเศรษฐกิจที่สูงของผักคะน้า.

อย่างไรก็ตาม สาหร่ายจากผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินที่เจริญเติบโตจะสามารถเพิ่มจำนวนและอยู่รอดได้มากเพียงใด ขึ้นกับคุณสมบัติพื้นฐานของดิน, รวมทั้งสภาพแวดล้อมทางกายภาพของพื้นที่เพาะปลูก เช่น อุณหภูมิ, ความเข้มแสง และความชื้น, เป็นต้น. สิ่งเหล่านี้จำเป็นต้องทำการศึกษาซ้ำๆ ในพื้นที่เดิม พร้อมทั้งศึกษาเพื่อรวบรวมข้อมูลเพิ่มเติมในหลายๆ พื้นที่ที่มีคุณสมบัติของดินและสภาพทางกายภาพแตกต่างกัน.

**ง. สมบัติบางประการของดินแปลงผักคะน้าที่นำมาศึกษาหลังการใส่ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่าย**

เมื่อวิเคราะห์คุณสมบัติบางประการของดิน ได้แก่ ปริมาณอินทรียวัตถุ, ค่าปฏิกิริยาดิน, ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด, ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์, ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก, ความสามารถในการอุ้มน้ำของดินและจำนวนของเม็ดดิน (ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางมากกว่า 0.25 มิลลิเมตร) และมีความเสถียรต่อแรงกระทำของน้ำของตัวอย่างดินหลังการใส่ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่าย, ผลดังแสดงตารางที่ 24. เมื่อนำค่าวิเคราะห์เหล่านี้มาเปรียบเทียบกับตัวอย่างดินก่อนการทดสอบ พบว่า มีค่าเปลี่ยนแปลงไปจากค่าพื้นฐานของดิน,

ผลดังแสดงตารางที่ 25. นอกจากนี้ เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับชุดควบคุม พบว่า คุณสมบัติของดินมีการเปลี่ยนแปลง, ผลดังแสดงตารางที่ 26. ทั้งตารางที่ 25 และ 26 แสดงให้เห็นถึงแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงด้านคุณสมบัติของดิน เมื่อมีการใส่ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายหรือผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายร่วมกับปุ๋ยเคมี.

**1. ปริมาณอินทรียวัตถุ (organic matter)** พบว่า ชุด CT เพียงชุดการทดลองเดียวเท่านั้นที่มีปริมาณอินทรียวัตถุเฉลี่ยต่ำกว่าตัวอย่างดินก่อนทดสอบ (ตารางที่ 25). ในขณะที่ทุกชุดการทดลองมีปริมาณอินทรียวัตถุเฉลี่ยสูงกว่าชุด CT (ตารางที่ 24 และ 26). ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1C/2$ มีปริมาณอินทรียวัตถุเฉลี่ยที่สูงที่สุด คือ ร้อยละ 1.52±0.04, รองลงมาได้แก่ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1C$, $AS_2$ และ $AS_1$ มีปริมาณอินทรียวัตถุเฉลี่ยร้อยละ 1.51±0.09, 1.50±0.02 และ 1.49±0.05, ตามลำดับ. สำหรับชุดการทดลองที่ใส่ $AS_2C/2$, $AS_2C$ และ C มีปริมาณอินทรียวัตถุเฉลี่ยที่เท่ากัน คือ ร้อยละ 1.39±0.02, 1.39±0.07 และ 1.39±0.10, ตามลำดับ ในขณะที่ชุด CT มีปริมาณอินทรียวัตถุเฉลี่ย ร้อยละ 1.37±0.06. เมื่อนำไปเปรียบเทียบทางสถิติกับชุด CT ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 0.05 พบว่า มีเพียงชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1C/2$ และ $AS_1C$ เพียง 2 ชุดการทดลองเท่านั้นที่มีความแตกต่างกับชุด CT อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1C/2$, $AS_1C$, $AS_2$, $AS_1$, $AS_2C/2$, $AS_2C$ และ C ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ. นอกจากนี้ ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_2$, $AS_1$, $AS_2C/2$, $AS_2C$ และ C ก็ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเช่นเดียวกัน (ตารางที่ 24).

**2. ปฏิกิริยาดิน (pH).** พบว่า ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_2$ และ $AS_1$ เพียง 2 ชุดการทดลองเท่านั้นที่มีค่าปฏิกิริยาดินเฉลี่ยสูงกว่าตัวอย่างดินก่อนการทดสอบ (ตารางที่ 25) และสูงกว่าชุด CT (ตารางที่ 24 และ 26), โดยชุดการทดลองที่ใส่ $AS_2$ และ $AS_1$ มีค่าปฏิกิริยาดินเฉลี่ย 8.02±0.02 และ 7.99±0.06 ในขณะที่ชุด CT มีค่าปฏิกิริยาดินเฉลี่ย 7.63±0.18, รองลงมาคือ ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1C/2$, $AS_2C/2$, $AS_2C$, $AS_1C$ และ C มีค่าปฏิกิริยาดินเฉลี่ย 7.56±0.09, 7.49±0.14, 7.48±0.06, 7.38±0.15 และ 7.25±0.07, ตามลำดับ. เมื่อนำไปเปรียบเทียบทางสถิติกับชุด CT ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 0.05 พบว่า มีเพียงชุดการทดลองที่ใส่ $AS_2$, $AS_1$, $AS_1C$ และ C มีความแตกต่างกับชุด CT อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ. นอกจากนี้ ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1C/2$, $AS_2C/2$ และ $AS_2C$ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ. ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1C/2$, $AS_2C/2$, $AS_2C$ และ $AS_1C$ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ. ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_2$ และ $AS_1$ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1C$ และ C ก็ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเช่นเดียวกัน (ตารางที่ 24).

**3. ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (total nitrogen)** พบว่า ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1C/2$, $AS_1C$, $AS_2$ และ $AS_1$ มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดเฉลี่ยที่สูงกว่าตัวอย่างดินก่อนการทดสอบ (ตารางที่ 25) และสูงกว่าชุด CT (ตารางที่ 24 และ 26). ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1C/2$ มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดเฉลี่ยที่สูงที่สุด คือ ร้อยละ 0.076±0.002, รองลงมาได้แก่ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_2$, $AS_1C$ และ $AS_1$ มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดเฉลี่ยร้อยละ 0.075±0.001, 0.075±0.005 และ 0.074±0.003, ตามลำดับ ในขณะที่ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_2C/2$, $AS_2C$, CT และ C มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดเฉลี่ยที่เท่ากัน คือ ร้อยละ 0.069±0.001, 0.069±0.003, 0.069±0.003 และ 0.069±0.005, ตามลำดับ. เมื่อนำไปเปรียบเทียบทางสถิติกับชุด CT ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 0.05 พบว่า ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1C/2$ และ $AS_1C$ เพียง 2 ชุดการทดลองเท่านั้นที่มีความแตกต่างกับชุด CT อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1C/2$, $AS_1C$, $AS_2$ และ $AS_1$ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ. นอกจากนี้ ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1C$, $AS_2$, $AS_1$, $AS_2C/2$ และ C ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และชุดการทดลองที่ใส่ $AS_2$, $AS_1$, $AS_2C/2$, $AS_2C$ และ C ก็ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเช่นกัน (ตารางที่ 24).

**4. ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (available phosphorus).** พบว่า ทุกชุดการทดลองมีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์เฉลี่ยสูงกว่าตัวอย่างดินก่อนการทดสอบ (ตารางที่ 25) และชุด CT (ตารางที่ 24 และ 26). ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1C/2$ มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์เฉลี่ยสูงที่สุด คือ 515.64±78.25 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม, รองลงมา คือ ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1$, C, $AS_1C$, $AS_2C/2$, $AS_2$ และ $AS_2C$ มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์เฉลี่ย 453.40±119.55, 414.55±118.94, 412.66±89.53, 402.52±46.57, 394.25±65.03 และ 390.58±28.01 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม, ตามลำดับ ในขณะที่ชุด CT มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์เฉลี่ย 358.95±28.10 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม. ถึงแม้ว่าทุกชุดการทดลองจะมีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์เฉลี่ยสูงกว่าชุด CT แต่เมื่อนำไปเปรียบเทียบทางสถิติกับชุด CT ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 0.05 พบว่า มีเพียงชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1C/2$ เพียงชุดการทดลองเดียวเท่านั้นที่มีความแตกต่างจากชุด CT อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1C/2$ , $AS_1$, C, $AS_1C$, $AS_2C/2$, $AS_2$ และ $AS_2C$ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ. นอกจากนี้ ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1$, C, $AS_1C$, $AS_2C/2$, $AS_2$ และ $AS_2C$ ก็ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเช่นกัน (ตารางที่ 24).

**5. ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (cation exchange capacity)**. พบว่า มีเพียงชุดการทดลองที่ใส่ $AS_2C$ และ $AS_1C/2$ เพียง 2 ชุดการทดลองเท่านั้นที่มีความสามารถใน

การแลกเปลี่ยนประจุบวกเฉลี่ยที่สูงกว่าตัวอย่างดินก่อนการทดสอบ (ตารางที่ 25) และมีเพียงชุดการทดลองที่ใส่ $AS_2C$, $AS_1C/2$ และ $AS_2C/2$ เพียง 3 ชุดการทดลองเท่านั้นที่มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์เฉลี่ยสูงกว่าชุด CT (ตารางที่ 24 และ 26), โดยชุดการทดลองที่ใส่ $AS_2C$ และ $AS_1C/2$ มีความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกเฉลี่ยที่สูงที่สุดและเท่ากัน 27.47±0.83 และ 27.47±0.99 เซนติโมลต่อกิโลกรัมดิน, ตามลำดับ. รองลงมาได้แก่ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_2C/2$ มีความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกเฉลี่ย 26.53±0.57 เซนติโมลต่อกิโลกรัมดิน ในขณะที่ชุด CT มีความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกเฉลี่ย 26.50±1.00 เซนติโมลต่อกิโลกรัมดิน. ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1C$ และ $AS_2$ มีความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกเฉลี่ย 26.47±1.25, 26.37±1.68 เซนติโมลต่อกิโลกรัมดิน, ตามลำดับ. สำหรับชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1$ และ C มีความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกเฉลี่ยน้อยที่สุดและเท่ากัน คือ 26.33±0.35, 26.33±0.80 เซนติโมลต่อกิโลกรัมดิน, ตามลำดับ. ถึงแม้ว่าจะมี 3 ชุดการทดลองที่มีค่าความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกที่มากกว่าชุด CT แต่เมื่อนำไปเปรียบเทียบทางสถิติกับชุด CT ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 0.05 พบว่า ทุกชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างกับชุด CT และไม่มีความแตกต่างระหว่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติด้วยเช่นกัน (ตารางที่ 24).

**6. ความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน (water holding capacity).** พบว่า ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1C$, $AS_1C/2$ และ C เพียง 3 ชุดการทดลองที่มีความสามารถในการอุ้มน้ำของดินเฉลี่ยสูงกว่าตัวอย่างดินก่อนการทดสอบ (ตารางที่ 25) ในขณะที่ทุกชุดการทดลองที่มีค่าความสามารถในการอุ้มน้ำของดินเฉลี่ยที่สูงกว่าชุด CT (ตารางที่ 24 และ 26). ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1C$ มีค่าความสามารถในการอุ้มน้ำของดินเฉลี่ยสูงที่สุด คือ ร้อยละ 45.28±0.97, รองลงมาคือชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1C/2$, C, $AS_2C/2$, $AS_2C$, $AS_2$ และ $AS_1$ มีค่าความสามารถในการอุ้มน้ำของดินเฉลี่ยร้อยละ 45.21±2.09, 43.82±0.67, 43.30±0.83, 43.12±0.21, 42.91±1.58 และ 42.90±1.19, ตามลำดับ ในขณะที่ชุด CT มีค่าความสามารถในการอุ้มน้ำของดินเฉลี่ยร้อยละ 42.85±0.29. ถึงแม้ว่าทุกชุดการทดลองจะมีความสามารถในการอุ้มน้ำของดินเฉลี่ยสูงกว่าชุด CT แต่เมื่อนำไปเปรียบเทียบทางสถิติกับชุด CT ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 0.05, พบว่า ทุกชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างกับชุด CT และไม่มีความแตกต่างระหว่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 24).

**7. จำนวนของเม็ดดิน (ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางมากกว่า 0.25 มิลลิเมตร) และมีความเสถียรต่อแรงกระทำของน้ำ (water-stable aggregate).** พบว่า ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1C/2$ , $AS_2C$, $AS_2C/2$, $AS_1C$ และ $AS_2$ มีจำนวนของเม็ดดิน (ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางมากกว่า 0.25 มิลลิเมตร) และมีความเสถียรต่อแรงกระทำของน้ำเฉลี่ยสูงกว่าตัวอย่างดินก่อนทดสอบ (ตารางที่ 25) ในขณะที่ทุก

ชุดการทดลองมีจำนวนของเม็ดดิน (ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางมากกว่า 0.25 มิลลิเมตร) และมีความเสถียรต่อแรงกระทำของน้ำเฉลี่ยสูงกว่าชุด CT (ตารางที่ 24 และ 26), โดยชุดการทดลองใส่ $AS_1C/2$ มีจำนวนของเม็ดดิน (ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางมากกว่า 0.25 มิลลิเมตร) และมีความเสถียรต่อแรงกระทำของน้ำเฉลี่ยสูงที่สุด คือ ร้อยละ 68.43±3.37, รองลงมาคือ ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_2C$, $AS_2C/2$, $AS_1C$, $AS_2$, $AS_1$ และ C มีจำนวนของเม็ดดิน (ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางมากกว่า 0.25 มิลลิเมตร) และมีความเสถียรต่อแรงกระทำของน้ำเฉลี่ยร้อยละ 67.50±0.83, 66.84±2.91, 65.72±3.28, 63.88±0.77, 62.80±2.31 และ 62.07±2.74, ตามลำดับ ในขณะที่ชุด CT มีจำนวนของเม็ดดิน (ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางมากกว่า 0.25 มิลลิเมตร) และมีความเสถียรต่อแรงกระทำของน้ำเฉลี่ยร้อยละ 60.71±5.03. เมื่อนำไปเปรียบเทียบทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 0.05 พบว่า ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1C/2$, $AS_2C$, $AS_2C/2$ และ $AS_1C$ มีความแตกต่างกับชุด CT อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ. นอกจากนี้ ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1C/2$, $AS_2C$, $AS_2C/2$, $AS_1C$, $AS_2$ และ $AS_1$ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ. ในขณะที่ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_2C$, $AS_2C/2$, $AS_1C$, $AS_2$, $AS_1$ และ C ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และชุดการทดลองที่ใส่ $AS_2$, $AS_1$ และ C ก็ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเช่นกัน (ตารางที่ 24).

จากข้อมูลการวิเคราะห์ดินทั้งหมดจะเห็นได้ว่า การใช้ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายอย่างเดียวหรือใช้ร่วมกับปุ๋ยเคมีจะช่วยเพิ่มคุณสมบัติทางกายภาพของดินที่สำคัญต่างๆ ให้ดีขึ้น เช่น ความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน, จำนวนของเม็ดดิน (ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางมากกว่า 0.25 มิลลิเมตร) และมีความเสถียรต่อแรงกระทำของน้ำ.

สำหรับประสิทธิภาพในการปรับปรุงดินของผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่าย พบว่า ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1C/2$ มีประสิทธิภาพต่อการปรับปรุงดินมากที่สุด, โดยสามารถทำให้ปริมาณอินทรียวัตถุ, ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด, ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์, ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก และจำนวนเม็ดดิน (ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางมากกว่า 0.25 มิลลิเมตร) ที่มีความเสถียรต่อแรงกระทำของน้ำเพิ่มขึ้นถึงร้อยละ 9.21, 9.21, 47.44, 3.17 และ 6.66, ตามลำดับ, เมื่อเทียบกับตัวอย่างดินก่อนการทดสอบ และเพิ่มขึ้นถึงร้อยละ 9.87, 9.21, 30.39, 3.53 และ 9.29, ตามลำดับ เมื่อเทียบกับชุด CT ซึ่งถือว่ามากกว่าชุดการทดลองอื่น. นอกจากนี้ ค่าความสามารถในการอุ้มน้ำของดินมีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นอีกด้วย. ผลดังแสดงในตารางที่ 24, 25 และ 26.

ดังนั้น ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1C/2$ จึงเหมาะสมสำหรับการเพาะปลูกผักคะน้า เนื่องจากมีประสิทธิภาพต่อการเพิ่มผลผลิตพืชและปรับปรุงดินและได้ผลเช่นเดียวกับการทดสอบในผักกวางตุ้งใบและผักกาดหอมที่ผ่านมา.

**ตารางที่ 24. คุณสมบัติบางประการที่เปลี่ยนแปลงของดินที่นำมาศึกษาหลังการใส่ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายของแปลงทดสอบผักคะน้า**

| ชุดการทดลอง[1] | ปริมาณอินทรียวัตถุ[2] (ร้อยละ) | ปฏิกิริยาดิน[2] (pH) | ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด[2] (ร้อยละ) | ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์[2] (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) | ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก[2] (เซนติโมลต่อกิโลกรัมดิน) | ความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน [2] (ร้อยละ) | จำนวนเม็ดดินที่เสถียรต่อแรงกระทำของน้ำ[2] (>0.25 มม.) (ร้อยละ) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| CT | 1.37±0.06$^{b}$ | 7.63±0.18$^{b}$ | 0.069±0.003$^{c}$ | 358.95±28.10$^{b}$ | 26.50±1.00$^{a}$ | 42.85±0.29$^{a}$ | 60.71±5.03$^{c}$ |
| C | 1.39±0.10$^{ab}$ | 7.25±0.07$^{d}$ | 0.069±0.005$^{bc}$ | 414.55±118.94$^{ab}$ | 26.33±0.80$^{a}$ | 43.82±0.67$^{a}$ | 62.07±2.74$^{bc}$ |
| $AS_1$ | 1.49±0.05$^{ab}$ | 7.99±0.06$^{a}$ | 0.074±0.003$^{abc}$ | 453.40±119.55$^{ab}$ | 26.33±0.35$^{a}$ | 42.90±1.19$^{a}$ | 62.80±2.31$^{abc}$ |
| $AS_2$ | 1.50±0.02$^{ab}$ | 8.02±0.02$^{a}$ | 0.075±0.001$^{abc}$ | 394.25±65.03$^{ab}$ | 26.37±1.68$^{a}$ | 42.91±1.58$^{a}$ | 63.88±0.77$^{abc}$ |
| $AS_1C$ | 1.51±0.09$^{a}$ | 7.38±0.15$^{cd}$ | 0.075±0.005$^{ab}$ | 412.66±89.53$^{ab}$ | 26.47±1.25$^{a}$ | 45.28±0.97$^{a}$ | 65.72±3.28$^{ab}$ |
| $AS_1C/2$ | 1.52±0.04$^{a}$ | 7.56±0.09$^{bc}$ | 0.076±0.002$^{a}$ | 515.64±78.25$^{a}$ | 27.47±0.99$^{a}$ | 45.21±2.09$^{a}$ | 68.43±3.37$^{a}$ |
| $AS_2C$ | 1.39±0.07$^{ab}$ | 7.48±0.06$^{bc}$ | 0.069±0.003$^{c}$ | 390.58±28.01$^{ab}$ | 27.47±0.83$^{a}$ | 43.12±0.21$^{a}$ | 67.50±0.83$^{ab}$ |
| $AS_2C/2$ | 1.39±0.02$^{ab}$ | 7.49±0.14$^{bc}$ | 0.069±0.001$^{bc}$ | 402.52±46.57$^{ab}$ | 26.53±0.57$^{a}$ | 43.30±0.83$^{a}$ | 66.84±2.91$^{ab}$ |
| C.V. (%) | 4.74 | 1.43 | 4.69 | 19.02 | 4.27 | 3.23 | 4.57 |
| F-test | ns | ** | ** | ns | ns | ns | * |

**หมายเหตุ :** [1]CT= ชุดควบคุม, C= ปุ๋ยเคมี สูตร 46-0-0 ในอัตรา 200 กิโลกรัมต่อไร่ และสูตร 16-16-16 ในอัตรา 80 กิโลกรัมต่อไร่, C/2= ปุ๋ยเคมี สูตร 46-0-0 ในอัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ และสูตร 16-16-16 ในอัตรา 40 กิโลกรัมต่อไร่, $AS_1$ = ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายในอัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ และ $AS_2$ = ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่าย ในอัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่

[2] ค่าเฉลี่ยจาก 3 ซ้ำ ซ้ำละ 10 ต้น โดยค่าเฉลี่ยที่มีอักษรตามหลังเหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี Duncan's multiple range test (DMRT)

ns ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

** มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

**ตารางที่ 25. คุณสมบัติบางประการที่เปลี่ยนแปลงของดินที่นำมาศึกษาหลังการใส่ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายของแปลงทดสอบผักคะน้า เมื่อเทียบกับตัวอย่างดินก่อนการทดสอบ (เปอร์เซ็นต์)**

| ชุดการทดลอง[1] | ปริมาณอินทรียวัตถุ | ปฏิกิริยาดิน (pH) | ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด | ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ | ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก | ความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน | จำนวนเม็ดดินที่เสถียรต่อแรงกระทำของน้ำ (>0.25 มม.) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| CT | − 0.73 | − 3.54 | 0.0 | + 24.50 | − 0.38 | − 0.91 | − 5.21 |
| C | + 0.72 | − **8.97** | 0.0 | + 34.63 | − 1.03 | + 1.19 | − 2.90 |
| $AS_1$ | + 7.38 | + 1.14 | + 6.76 | + 40.23 | − 1.03 | − 0.93 | − 1.70 |
| $AS_2$ | + 8.00 | + 1.50 | + 8.00 | + 8.95 | − 0.87 | − 1.05 | + 0.02 |
| $AS_1C$ | + 8.61 | − 7.05 | + 8.00 | + 13.02 | − 0.49 | + **4.37** | + 2.81 |
| $AS_1C/2$ | + **9.21** | − 4.30 | + **9.21** | + **47.44** | + **3.17** | + 4.22 | + **6.66** |
| $AS_2C$ | + 0.72 | − 5.61 | 0.0 | + 11.67 | + 3.17 | − 0.42 | + 5.38 |
| $AS_2C/2$ | + 0.72 | − 5.47 | 0.0 | + 48.53 | − 0.26 | 0.0 | + 4.44 |

**หมายเหตุ :** [1]CT= ชุดควบคุม, C= ปุ๋ยเคมี สูตร 46-0-0 ในอัตรา 200 กิโลกรัมต่อไร่ และสูตร 16-16-16 ในอัตรา 80 กิโลกรัมต่อไร่, C/2= ปุ๋ยเคมี สูตร 46-0-0 ในอัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ และสูตร 16-16-16 ในอัตรา 40 กิโลกรัมต่อไร่, $AS_1$ = ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายในอัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ และ $AS_2$ = ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่าย ในอัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่

เครื่องหมาย + หมายถึงเปอร์เซ็นต์ที่เพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับผลวิเคราะห์ตัวอย่างดินก่อนการทดสอบ

เครื่องหมาย – หมายถึงเปอร์เซ็นต์ที่ลดลงเมื่อเทียบกับผลวิเคราะห์ตัวอย่างดินก่อนการทดสอบ

**ตารางที่ 26. คุณสมบัติบางประการที่เปลี่ยนแปลงของดินที่นำมาศึกษาหลังการใส่ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายของแปลงทดสอบผักคะน้า เมื่อเทียบกับชุดควบคุม (เปอร์เซ็นต์)**

| ชุดการทดลอง[1] | ปริมาณอินทรียวัตถุ | ปฏิกิริยาดิน (pH) | ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด | ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ | ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก | ความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน | จำนวนเม็ดดินที่เสถียรต่อแรงกระทำของน้ำ (>0.25 มม.) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| CT | - | - | - | - | - | - | - |
| C | + 1.44 | − **5.24** | 0.0 | + 13.41 | − 0.65 | + 2.21 | + 2.19 |
| $AS_1$ | + 8.05 | + 4.51 | + 7.25 | + 20.83 | − 0.65 | + 0.12 | + 3.33 |
| $AS_2$ | + 8.67 | + 4.86 | + 8.00 | + 8.95 | − 0.49 | + 0.14 | + 4.96 |
| $AS_1C$ | + 9.27 | − 3.39 | + 8.00 | + 13.02 | − 0.11 | + **5.37** | + 7.62 |
| $AS_1C/2$ | + **9.87** | − 0.93 | + **9.21** | + **30.39** | + **3.53** | + 5.22 | + **11.28** |
| $AS_2C$ | + 1.44 | − 2.01 | 0.0 | + 8.10 | + **3.53** | + 0.63 | + 10.06 |
| $AS_2C/2$ | + 1.44 | − 1.87 | 0.0 | + 10.82 | + 0.11 | + 1.04 | + 9.17 |

**หมายเหตุ :** [1]CT= ชุดควบคุม, C= ปุ๋ยเคมี สูตร 46-0-0 ในอัตรา 200 กิโลกรัมต่อไร่ และสูตร 16-16-16 ในอัตรา 80 กิโลกรัมต่อไร่, C/2= ปุ๋ยเคมี สูตร 46-0-0 ในอัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ และสูตร 16-16-16 ในอัตรา 40 กิโลกรัมต่อไร่, $AS_1$ = ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายในอัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ และ $AS_2$ = ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่าย ในอัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่

เครื่องหมาย + หมายถึงเปอร์เซ็นต์ที่เพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับผลวิเคราะห์ตัวอย่างดินของชุดควบคุม

เครื่องหมาย – หมายถึงเปอร์เซ็นต์ที่ลดลงเมื่อเทียบกับผลวิเคราะห์ตัวอย่างดินของชุดควบคุม

**(ก)**

**แปลงทดสอบที่เป็นชุดควบคุม (CT)**

**(ข)**

**แปลงทดสอบที่ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 ในอัตรา 200 กิโลกรัมต่อไร่ และสูตร 16-16-16 ในอัตรา 80 กิโลกรัมต่อไร่ (C)**

**รูปที่ 4. แปลงทดสอบประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่าย ในแปลงทดสอบผักคะน้า.**

**(ค)**

**แปลงทดสอบที่ใส่ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายในอัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ ($AS_1$)**

**(ง)**

**แปลงทดสอบที่ใส่ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่าย ในอัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ ($AS_2$)**

**รูปที่ 4. (ต่อ) แปลงทดสอบประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่าย ในแปลงทดสอบผักคะน้า.**

**(จ)**

**แปลงทดสอบที่ใส่ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่าย ในอัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 ในอัตรา 200 กิโลกรัมต่อไร่ และสูตร 16-16-16 ในอัตรา 80 กิโลกรัมต่อไร่ ($AS_1C$)**

**(ฉ)**

**แปลงทดสอบที่ใส่ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายในอัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 ในอัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ และสูตร 16-16-16 ในอัตรา 40 กิโลกรัมต่อไร่ ($AS_1C/2$)**

**รูปที่ 4. (ต่อ) แปลงทดสอบประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่าย ในแปลงทดสอบผักคะน้า.**

**(ช)**

**แปลงทดสอบที่ใส่ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายในอัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 ในอัตรา 200 กิโลกรัมต่อไร่ และสูตร 16-16-16 ในอัตรา 80 กิโลกรัมต่อไร่ ($AS_2C$)**

**(ซ)**

**แปลงทดสอบที่ใส่ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่าย ในอัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 ในอัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ และสูตร 16-16-16 ในอัตรา 40 กิโลกรัมต่อไร่ ($AS_2C/2$)**

**รูปที่ 4. (ต่อ) แปลงทดสอบประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่าย ในแปลงทดสอบผักคะน้า.**

## 3.4 การทดสอบประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายในแปลงทดสอบผักกวางตุ้งดอก

### 3.4.1 ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างดินก่อนการทดสอบ

เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างดินเป็นสิ่งที่ทำได้ยากและให้ผลตอบสนองที่ช้ามาก, ประกอบกับอายุการเก็บเกี่ยวผักคะน้าในการทดลองที่ผ่านมา (หัวข้อ 3.3) มีอายุการเก็บเกี่ยวเพียง 40 วัน, จึงยังไม่เห็นถึงประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายมากนัก, จำเป็นต้องทำการทดสอบซ้ำในพื้นที่เดิมอีกครั้ง โดยการปลูกพืชชนิดอื่นซึ่งในที่นี้ คือ ผักกวางตุ้งดอก. ดังนั้น ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างดินก่อนการทดสอบของแปลงผักกวางตุ้งดอก จึงเป็นผลการวิเคราะห์ตัวอย่างดินหลังการใส่ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายในแปลงผักคะน้า, ผลดังแสดงในตารางที่ 24.

### 3.4.2 ผลการทดสอบประสิทธิภาพหลังการใส่ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายในแปลงทดสอบผักกวางตุ้งดอก

แบ่งการทดลองออกเป็น 8 ชุดการทดลอง คือ CT, C, $AS_1$, $AS_2$, $AS_1C$, $AS_1C/2$, $AS_2C$ และ $AS_2C/2$, ดังรูปที่ 5. เมื่อถึงระยะเก็บเกี่ยว พบว่า ทั้ง 8 ชุดการทดลองมีค่าของปัจจัยต่างๆ ได้แก่ การเจริญเติบโตทางด้านความสูงระยะก่อนเก็บเกี่ยวและจำนวนใบ ผลดังแสดงตารางที่ 27, ผลผลิตมวลชีวภาพ (น้ำหนักสด) ส่วนเหนือพื้นดิน, รากและผลผลิตรวม ผลดังแสดงตารางที่ 28, ผลผลิตมวลชีวภาพ (น้ำหนักแห้ง) ส่วนเหนือพื้นดิน, รากและสัดส่วนมวลชีวภาพส่วนเหนือพื้นดินและราก ผลดังแสดงตารางที่ 29, การเจริญเติบโตและผลผลิตของต้นกวางตุ้งดอกที่เพิ่มขึ้น (เปอร์เซ็นต์) เมื่อเทียบกับชุดควบคุม ผลดังแสดงตารางที่ 30, และค่าใช้จ่ายผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายและปุ๋ยเคมีและผลตอบแทนทางเศรษฐกิจของการใช้ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายและปุ๋ยเคมีในอัตราต่างๆ ต่อผลผลิตของผักกวางตุ้งดอก, ผลดังแสดงในตารางที่ 31.

#### ก. การเจริญเติบโต

##### 1. ความสูงของต้นกวางตุ้งดอกระยะก่อนเก็บเกี่ยว

การเจริญเติบโตทางด้านความสูงของต้นกวางตุ้งดอกระยะก่อนเก็บเกี่ยว จากตารางที่ 27 พบว่า ความสูงเฉลี่ยของต้นกวางตุ้งดอกในวันที่ 40 ทุกชุดการทดลองมีความสูงเฉลี่ยสูงกว่าชุด CT, โดยชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1C/2$ มีความสูงเฉลี่ยสูงที่สุด คือ 54.77±4.56 เซนติเมตร, รองลงมาคือชุดการทดลองที่ใส่ C, $AS_2C$, $AS_1C$, $AS_2C/2$, $AS_2$ และ $AS_1$ มีความสูงของต้นกวางตุ้งดอกเฉลี่ย 54.10±0.62, 52.40±3.42, 50.73±2.40, 50.40±8.11, 40.63±1.01 และ

40.50±2.42 เซนติเมตร, ตามลำดับ ในขณะที่ชุด CT มีความสูงของต้นกวางตุ้งดอกเฉลี่ย 22.21±14.60 เซนติเมตร. เมื่อนำไปเปรียบเทียบทางสถิติกับชุด CT ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 0.05 พบว่า ทุกชุดการทดลองมีความแตกต่างกับชุด CT อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ, ในขณะที่ชุดการทดลองที่ใส่$AS_1C/2$, C, $AS_2C$, $AS_1C$ และ $AS_2C/2$ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ. ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_2C$, $AS_1C$, $AS_2C/2$, $AS_2$ และ $AS_1$ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ. นอกจากนี้ ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_2$ และ $AS_1$ ยังมีความแตกต่างกับชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1C/2$ และ C อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ.

**2. จำนวนใบต่อต้นของต้นผักกวางตุ้งดอก**

จำนวนใบต่อต้นของต้นผักกวางตุ้งดอก จากตารางที่ 27 พบว่า ทุกชุดการทดลองมีจำนวนใบต่อต้นเฉลี่ยที่สูงกว่าชุด CT, โดยชุดการทดลองที่ใส่ $AS_2C/2$ มีจำนวนใบต่อต้นเฉลี่ยที่สูงที่สุด คือ 20.67±0.25 ใบ, รองลงมาคือ ชุดการทดลองที่ใส่ C, $AS_1C/2$, $AS_2C$, $AS_1C$, $AS_2$ และ $AS_1$ มีจำนวนใบต่อต้นเฉลี่ย 19.77±2.20, 18.77±1.46, 18.13±1.95, 17.83±1.89 , 15.13±3.95 และ 12.20±0.78 ใบ, ตามลำดับ ในขณะที่ชุด CT มีจำนวนใบต่อต้นเฉลี่ย 9.23±3.70 ใบ. เมื่อนำไปเปรียบเทียบทางสถิติกับชุด CT ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 0.05 พบว่า ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_2C/2$, C, $AS_1C/2$, $AS_2C$, $AS_1C$ และ $AS_2$ มีความแตกต่างกับชุด CT อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ. นอกจากนี้ ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_2C/2$, C, $AS_1C/2$, $AS_2C$ และ $AS_1C$ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ. ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1C/2$, $AS_2C$, $AS_1C$ และ $AS_2$ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติและชุดการทดลองที่ใส่ $AS_2$ และ $AS_1$ ก็ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเช่นกัน.

**ตารางที่ 27. การเจริญเติบโตทางด้านความสูงระยะก่อนเก็บเกี่ยว และจำนวนใบของต้นกวางตุ้งดอก**

| ชุดการทดลอง[1] | ความสูง[2] (เซนติเมตร) | จำนวนใบ[2] (ใบ) |
|---|---|---|
| 1. CT | 22.21±14.60$^{c}$ | 9.23±3.70$^{d}$ |
| 2. C | 54.10±0.62$^{a}$ | 19.77±2.20$^{a}$ |
| 3. $AS_1$ | 40.50±2.42$^{b}$ | 12.20±0.78$^{cd}$ |
| 4. $AS_2$ | 40.63±1.01$^{b}$ | 15.13±3.95$^{bc}$ |
| 5. $AS_1C$ | 50.73±2.40$^{ab}$ | 17.83±1.89$^{ab}$ |
| 6. $AS_1C/2$ | 54.77±4.56$^{a}$ | 18.77±1.46$^{ab}$ |
| 7. $AS_2C$ | 52.40±3.42$^{ab}$ | 18.13±1.95$^{ab}$ |
| 8. $AS_2C$ | 50.40±8.11$^{ab}$ | 20.67±0.25$^{a}$ |
| CV. (%) | 13.92 | 14.30 |
| F-test | ** | ** |

**หมายเหตุ :** [1]CT= ชุดควบคุม, C= ปุ๋ยเคมี สูตร 46-0-0 ในอัตรา 200 กิโลกรัมต่อไร่ และสูตร 16-16-16 ในอัตรา 80 กิโลกรัมต่อไร่, **C/2 =** ปุ๋ยเคมี สูตร 46-0-0 ในอัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ และสูตร 16-16-16 ในอัตรา 40 กิโลกรัมต่อไร่, $AS_1$ = ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายในอัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ และ $AS_2$ = ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่าย ในอัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่

[2]ค่าเฉลี่ยจาก 3 ซ้ำ ซ้ำละ 10 ต้น โดยค่าเฉลี่ยที่มีอักษรตามหลังเหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี Duncan's multiple range test (DMRT)

** มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

**ข. ผลผลิต**

**1. ผลผลิตมวลชีวภาพ (น้ำหนักสด)**

**1.1 ผลผลิตมวลชีวภาพส่วนเหนือพื้นดิน**

ผลผลิตมวลชีวภาพส่วนเหนือพื้นดินของต้นกวางตุ้งดอก จากตารางที่ 28 พบว่า ทุกชุดการทดลองมีผลผลิตมวลชีวภาพส่วนเหนือพื้นดินเฉลี่ยที่สูงกว่าชุด CT, โดยชุดการทดลองที่ใส่ C มีผลผลิตมวลชีวภาพส่วนเหนือพื้นดินเฉลี่ยที่สูงที่สุด คือ 85.52±2.12 กรัม, รองลงมา คือชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1C/2$, $AS_2C/2$, $AS_2C$, $AS_1C$, $AS_1$ และ $AS_2$ มีผลผลิตมวลชีวภาพส่วนเหนือพื้นดินเฉลี่ย 81.24±10.06, 75.30±7.56, 73.61±6.83, 72.07±13.99, 29.66±5.95 และ 27.59±3.53 กรัม, ตามลำดับ. ในขณะที่ชุด CT มีผลมวลชีวภาพเหนือพื้นดินเฉลี่ย 13.13±12.99 กรัม. เมื่อนำไปเปรียบเทียบทางสถิติกับชุด CT ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 0.05 พบว่า ชุดการทดลองที่ใส่ C, $AS_1C/2$, $AS_2C/2$, $AS_2C$, $AS_1C$ และ $AS_1$ มีความแตกต่างกับชุด CT อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ. นอกจากนี้ ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_2$ และ $AS_1$ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ.

**1.2 ผลผลิตมวลชีวภาพส่วนราก**

ผลผลิตมวลชีวภาพส่วนรากเฉลี่ย จากตารางที่ 28 พบว่า ทุกชุดการทดลองมีผลผลิตมวลชีวภาพส่วนรากเฉลี่ยที่สูงกว่าชุด CT, โดยชุดการทดลองที่ใส่ $AS_2C/2$ มีผลผลิตมวลชีวภาพส่วนรากเฉลี่ยสูงที่สุด คือ 3.89±0.43 กรัม, รองลงมาได้แก่ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1C/2$, C, $AS_1C$, $AS_2C$, $AS_1$ และ $AS_2$ มีผลผลิตมวลชีวภาพส่วนรากเฉลี่ย 3.73±0.52, 3.62±0.07, 3.31±0.50, 3.13±0.36, 2.01±0.50 และ 1.82±0.48 กรัม, ตามลำดับ ในขณะที่ชุด CT มีผลผลิตมวลชีวภาพส่วนรากเฉลี่ย 0.10±0.69 กรัม. เมื่อนำไปเปรียบเทียบทางสถิติกับชุด CT ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 0.05 พบว่า ทุกชุดการทดลองมีความแตกต่างกับชุด CT อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ. นอกจากนี้ ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_2C/2$, $AS_1C/2$, C, $AS_1C$ และ $AS_2C$ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1$ และ $AS_2$ ก็ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเช่นกัน.

**1.3 ผลผลิตรวม**

ผลผลิตรวมเฉลี่ยของผักกวางตุ้งดอก จากตารางที่ 28 พบว่า ทุกชุดการทดลองมีผลผลิตรวมเฉลี่ยสูงกว่าชุด CT, โดยชุดการทดลองที่ใส่ C และ $AS_1C/2$ มีผลผลิตรวมเฉลี่ยที่สูงที่สุดและเท่ากัน คือ 5,028.57±935.47 และ 5,028.57±1,459.10 กิโลกรัมต่อไร่, รองลงมาได้แก่ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1C$, $AS_2C/2$ และ $AS_2C$ มีผลผลิตรวมเฉลี่ย 4,457.14±1,189.69, 4,342.86±989.75 และ 4,038.09±865.36 กิโลกรัมต่อไร่, ตามลำดับ. สำหรับชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1$ และ $AS_2$ มีผลผลิตรวมเฉลี่ยที่เท่ากัน คือ 685.71±114.29 และ 685.71±228.58 กิโลกรัมต่อไร่, ตามลำดับ. สำหรับชุด CT มีผลผลิตรวมเฉลี่ย 590.48±257.67 กิโลกรัมต่อไร่. เมื่อนำไปเปรียบเทียบทางสถิติกับชุด CT ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 0.05 พบว่า ชุดการทดลองที่ใส่ C, $AS_1C/2$, $AS_1C$, $AS_2C/2$ และ $AS_2C$ มีความแตกต่างกับชุด CT อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่ชุดการทดลองที่เหล่านี้มีความแตกต่างกับชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1$ และ $AS_2$. นอกจากนี้ ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1$ และ $AS_2$ ก็ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ.

**ตารางที่ 28. ผลผลิตมวลชีวภาพ (น้ำหนักสด) เหนือพื้นดิน, ราก และ ผลผลิตรวม ของต้นกวางตุ้ง ดอก**

| ชุดการทดลอง[1] | ผลผลิตมวลชีวภาพ[2] (กรัม) | | ผลผลิตรวม |
|---|---|---|---|
| | เหนือพื้นดิน (Shoot) | ราก (Root) | (กิโลกรัม/ไร่) |
| 1. CT | 13.13±12.99$^{c}$ | 0.10±0.69$^{c}$ | 590.48±257.67$^{b}$ |
| 2. C | 85.52±2.12$^{a}$ | 3.62±0.07$^{a}$ | 5,028.57±935.47$^{a}$ |
| 3. $AS_1$ | 29.66±5.95$^{b}$ | 2.01±0.50$^{b}$ | 685.71±114.29$^{b}$ |
| 4. $AS_2$ | 27.59±3.53$^{bc}$ | 1.82±0.48$^{b}$ | 685.71±228.58$^{b}$ |
| 5. $AS_1C$ | 72.07±13.99$^{a}$ | 3.31±0.50$^{a}$ | 4,457.14±1,189.69$^{a}$ |
| 6. $AS_1C/2$ | 81.24±10.06$^{a}$ | 3.73±0.52$^{a}$ | 5,028.57±1,459.10$^{a}$ |
| 7. $AS_2C$ | 73.61±6.83$^{a}$ | 3.13±0.36$^{a}$ | 4,038.09±865.36$^{a}$ |
| 8. $AS_2C/2$ | 75.30±7.56$^{a}$ | 3.89±0.43$^{a}$ | 4,342.86±989.75$^{a}$ |
| CV. (%) | 15.40 | 16.84 | 28.50 |
| F-test | ** | ** | ** |

**หมายเหตุ :** [1]CT= ชุดควบคุม, C= ปุ๋ยเคมี สูตร 46-0-0 ในอัตรา 200 กิโลกรัมต่อไร่ และสูตร 16-16-16 ในอัตรา 80 กิโลกรัมต่อไร่, **C/2 =** ปุ๋ยเคมี สูตร 46-0-0 ในอัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ และสูตร 16-16-16 ในอัตรา 40 กิโลกรัมต่อไร่, $AS_1$ = ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายในอัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ และ $AS_2$ = ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่าย ในอัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่

[2]ค่าเฉลี่ยจาก 3 ซ้ำ ซ้ำละ 10 ต้น โดยค่าเฉลี่ยที่มีอักษรตามหลังเหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี Duncan's multiple range test (DMRT)

** มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

## 2. ผลผลิตมวลชีวภาพ (น้ำหนักแห้ง)

### 2.1 ผลผลิตมวลชีวภาพส่วนเหนือพื้นดิน

ผลผลิตมวลชีวภาพส่วนเหนือพื้นดินของต้นกวางตุ้งดอก จากตารางที่ 29 พบว่า ทุกชุดการทดลองมีผลผลิตมวลชีวภาพส่วนเหนือพื้นดินเฉลี่ยที่สูงกว่าชุด CT, โดยชุดการทดลองที่ใส่ C มีผลผลิตมวลชีวภาพส่วนเหนือพื้นดินเฉลี่ยที่สูงที่สุด คือ 5.56±0.55 กรัม, รองลงมาคือ ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1C/2$, $AS_2C/2$, $AS_1C$, $AS_2C$, $AS_1$ และ $AS_2$ มีผลผลิตมวลชีวภาพส่วนเหนือพื้นดินเฉลี่ย 5.54±0.62, 5.54±0.91, 5.25±1.13, 5.13±0.27, 2.74±0.40 และ 2.33±0.94 กรัม, ตามลำดับ ในขณะที่ชุด CT มีผลผลิตมวลชีวภาพเหนือพื้นดินเฉลี่ย 1.25±0.99 กรัม. เมื่อนำไปเปรียบเทียบทางสถิติกับชุด CT ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 0.05 พบว่า ชุดการทดลองที่ใส่ C, $AS_1C/2$, $AS_2C/2$, $AS_1C$, $AS_2C$ และ $AS_1$ มีความแตกต่างกับชุด CT และไม่มีความแตกต่างระหว่างกันอย่าง

มีนัยสำคัญทางสถิติ. นอกจากนี้ ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1$ และ $AS_2$ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ.

**2.2 ผลผลิตมวลชีวภาพส่วนราก**

ผลผลิตมวลชีวภาพส่วนรากเฉลี่ย จากตารางที่ 29 พบว่า ทุกชุดการทดลองมีผลผลิตมวลชีวภาพส่วนรากเฉลี่ยที่สูงกว่าชุด CT, โดยชุดการทดลองที่ใส่ C มีผลผลิตมวลชีวภาพส่วนรากเฉลี่ยสูงที่สุด คือ 0.69±0.03 กรัม, รองลงมาได้แก่ ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1C/2$, $AS_2C/2$, $AS_1C$, $AS_2C$, $AS_1$ และ $AS_2$ มีผลผลิตมวลชีวภาพส่วนรากเฉลี่ย 0.68±0.05, 0.66±0.10, 0.64±0.09, 0.62±0.01, 0.44±0.10 และ 0.37±0.10 กรัม, ตามลำดับ ในขณะที่ชุด CT มีผลผลิตมวลชีวภาพส่วนรากเฉลี่ย 0.20±0.13 กรัม. เมื่อนำไปเปรียบเทียบทางสถิติกับชุด CT ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 0.05 พบว่า ทุกชุดการทดลองมีความแตกต่างกับชุด CT อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ. นอกจากนี้ ชุดการทดลองที่ใส่ C, $AS_1C/2$, $AS_2C/2$, $AS_1C$ และ $AS_2C$ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1$ และ $AS_2$ ก็ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเช่นเดียวกัน.

**2.3 สัดส่วนมวลชีวภาพของส่วนเหนือพื้นดินและราก**

จากตารางที่ 29 พบว่า ทุกชุดการทดลองมีสัดส่วนมวลชีวภาพของส่วนเหนือพื้นดินและรากเฉลี่ยที่สูงกว่าชุด CT, โดยชุดการทดลองที่ใส่ $AS_2C$ มีสัดส่วนมวลชีวภาพของส่วนเหนือพื้นดินและรากเฉลี่ยที่สูงที่สุด คือ 8.98±0.70, รองลงมาคือชุดการทดลองที่ใส่ C, $AS_1C$, $AS_2C/2$, $AS_1C/2$, $AS_1$ และ $AS_2$ มีสัดส่วนมวลชีวภาพของส่วนเหนือพื้นดินและรากเฉลี่ย 8.78±0.63, 8.59±0.68, 8.55±0.81, 8.41±0.56, 6.48±0.72 และ 6.15±1.14, ตามลำดับ ในขณะที่ชุด CT มีสัดส่วนมวลชีวภาพของส่วนเหนือพื้นดินและรากเฉลี่ย 6.11±0.92. เมื่อนำไปเปรียบเทียบทางสถิติกับชุด CT ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 0.05 พบว่า $AS_2C$, C, $AS_1C$, $AS_2C/2$ และ $AS_1C/2$ มีความแตกต่างกับชุด CT และไม่มีความแตกต่างระหว่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนี้ ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1$ และ $AS_2$ ก็ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเช่นเดียวกัน.

**ตารางที่ 29. ผลผลิตมวลชีวภาพ (น้ำหนักแห้ง) เหนือพื้นดิน, ราก และสัดส่วนมวลชีวภาพเหนือพื้นดินและรากของต้นกวางตุ้งดอก**

| ชุดการทดลอง[1] | ผลผลิตมวลชีวภาพ[2] (กรัม) | | Shoot : Root |
|---|---|---|---|
| | เหนือพื้นดิน (Shoot) | ราก (Root) | ratio |
| 1. CT | 1.25±0.99[c] | 0.20±0.13[c] | 6.11±0.92[b] |
| 2. C | 5.56±0.55[a] | 0.69±0.03[a] | 8.78±0.63[a] |
| 3. $AS_1$ | 2.74±0.40[b] | 0.44±0.10[b] | 6.48±0.72[b] |
| 4. $AS_2$ | 2.33±0.94[bc] | 0.37±0.10[b] | 6.15±1.14[b] |
| 5. $AS_1C$ | 5.25±1.13[a] | 0.64±0.09[a] | 8.59±0.68[a] |
| 6. $AS_1C/2$ | 5.54±0.62[a] | 0.68±0.05[a] | 8.41±0.56[a] |
| 7. $AS_2C$ | 5.13±0.27[a] | 0.62±0.01[a] | 8.98±0.70[a] |
| 8. $AS_2C$ | 5.54±0.91[a] | 0.66±0.10[a] | 8.55±0.81[a] |
| CV. (%) | 18.74 | 15.79 | 10.17 |
| F-test | ** | ** | ** |

**หมายเหตุ :** [1]CT= ชุดควบคุม, C= ปุ๋ยเคมี สูตร 46-0-0 ในอัตรา 200 กิโลกรัมต่อไร่ และสูตร 16-16-16 ในอัตรา 80 กิโลกรัมต่อไร่, C/2 = ปุ๋ยเคมี สูตร 46-0-0 ในอัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ และสูตร 16-16-16 ในอัตรา 40 กิโลกรัมต่อไร่, $AS_1$ = ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายในอัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ และ $AS_2$ = ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่าย ในอัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่

[2] ค่าเฉลี่ยจาก 3 ซ้ำ ซ้ำละ 10 ต้น โดยค่าเฉลี่ยที่มีอักษรตามหลังเหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี Duncan's multiple range test (DMRT)

** มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

จากผลการทดลองสรุปได้ว่า ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1C/2$ และ C มีประสิทธิภาพต่อการเพิ่มผลผลิตมากที่สุดและเท่ากัน, โดยเพิ่มมากถึงร้อยละ 88.25 เมื่อเทียบกับชุด CT, รองลงมาได้แก่ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1C$, $AS_2C/2$ และ $AS_2C$ เพิ่มผลผลิตได้ร้อยละ 86.75, 86.40 และ 85.37, ตามลำดับ. สำหรับชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1$ และ $AS_2$ เพิ่มผลผลิตได้เท่ากัน คือ ร้อยละ 13.88, ผลดังแสดงในตารางที่ 30.

จะเห็นได้ว่า การใส่ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายร่วมกับปุ๋ยเคมีในอัตราลดลงครึ่งหนึ่งสามารถเพิ่มผลผลิตได้เทียบเท่ากับการใส่ปุ๋ยเคมีในอัตราที่เต็มสูตร.

**ตารางที่ 30. การเจริญเติบโตและผลผลิตของต้นผักกวางตุ้งดอกที่เพิ่มขึ้น (เปอร์เซ็นต์) เมื่อเทียบกับชุดควบคุม**

| ชุดการทดลอง[1] | การเจริญเติบโต (%) | | ผลผลิต (%) | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | ความสูง | จำนวนใบ | น้ำหนักสดของส่วนเหนือพื้นดิน | น้ำหนักสดของราก | ผลผลิตรวม |
| CT | - | - | - | - | - |
| C | + 58.95 | + 53.31 | **+ 84.64** | + 97.23 | **+ 88.25** |
| $AS_1$ | + 45.16 | + 24.34 | + 55.73 | + 95.02 | + 13.88 |
| $AS_2$ | + 45.34 | + 39.00 | + 52.41 | + 94.50 | + 13.88 |
| $AS_1C$ | + 56.22 | + 48.23 | + 81.78 | + 96.97 | + 86.75 |
| $AS_1C/2$ | **+ 59.45** | + 50.83 | + 83.83 | + 97.31 | **+ 88.25** |
| $AS_2C$ | + 57.61 | + 49.09 | + 82.16 | + 96.80 | + 85.37 |
| $AS_2C/2$ | + 55.93 | **+ 55.35** | + 82.56 | **+ 97.42** | + 86.40 |

**หมายเหตุ :** [1]CT= ชุดควบคุม, C= ปุ๋ยเคมี สูตร 46-0-0 ในอัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ และสูตร 16-16-16 ในอัตรา 20 กิโลกรัมต่อไร่, C/2 = ปุ๋ยเคมี สูตร 46-0-0 ในอัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่ และสูตร 16-16-16 ในอัตรา 10 กิโลกรัมต่อไร่, $AS_1$ = ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายในอัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ และ $AS_2$ = ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่าย ในอัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่

เครื่องหมาย + หมายถึงเปอร์เซ็นต์ที่เพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับชุดควบคุม

**ค. การใช้ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายและปุ๋ยเคมีในอัตราต่างๆ ต่อผลผลิตของผักกวางตุ้งดอก**

**1. ค่าใช้จ่ายผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายและปุ๋ยเคมี** จากตารางที่ 31 พบว่า ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_2C$ มีค่าใช้จ่ายผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายและปุ๋ยเคมีที่สูงที่สุด คือ 13,840.00 บาทต่อไร่, รองลงมาได้แก่ ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1C$, $AS_2C/2$, C,$AS_1C/2$, $AS_2$, และ $AS_1$, มีค่าใช้จ่ายผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายและปุ๋ยเคมี 10,840.00, 9,920.00, 7,840.00, 6,920.00, 6,000.00 และ 3,000.00 บาทต่อไร่, ตามลำดับ.

**2. ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจของการใช้ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายและปุ๋ยเคมีในอัตราต่างๆ ต่อผลผลิตของผักกาดหอม (VCR)** จากตารางที่ 31 พบว่า มีเพียงชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1$ และ $AS_2$ เพียง 2 ชุดการทดลองเท่านั้นที่ถือว่าไม่คุ้มค่าแก่การลงทุน, เนื่องจากมีค่า

VCR ต่ำกว่า 2.00. การทดลองที่ใส่ $AS_1C/2$ มีผลตอบแทนทางเศรษฐกิจสูงที่สุด คือ 9.62, รองลงมาได้แก่ ชุดการทดลองที่ใส่ C, $AS_2C/2$, $AS_1C$, $AS_2C$, $AS_1$และ $AS_2$ มีผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ 8.49, 5.67, 5.35, 3.74, 0.48 และ 0.24, ตามลำดับ.

จะเห็นได้ว่า ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1C/2$ คือ ใส่ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายในอัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ร่วมกับปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 ในอัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่และสูตร 16-16-16 ในอัตรา 40 กิโลกรัมต่อไร่ (เป็นการใส่ปุ๋ยเคมีในอัตราครึ่งหนึ่งของอัตราที่เกษตรกรใส่เป็นประจำ) ให้ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจสูงกว่าชุดการทดลองที่ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 ในอัตรา 200 กิโลกรัมต่อไร่และสูตร 16-16-16 ในอัตรา 80 กิโลกรัมต่อไร่ (อัตราที่เกษตรกรใส่เป็นประจำ) จึงถือว่าคุ้มค่าแก่การลงทุนอย่างมาก. ถ้าเกษตรกรหันมาใช้ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายร่วมกับลดการใช้ปุ๋ยเคมีลงอย่างต่อเนื่อง, ผลตอบแทนที่จะได้รับมิใช่แต่จะเป็นผลตอบแทนทางด้านเศรษฐกิจเพียงอย่างเดียว แต่เป็นการใช้ประโยชน์พื้นที่การเกษตรแบบอนุรักษ์โดยทำการปรับปรุงดินไปพร้อมๆ กับผลิตพืชที่เพิ่มขึ้น. ดังนั้น การใช้ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายจะช่วยให้เกิดการใช้ประโยชน์จากทรัพยากรดินได้อย่างยั่งยืน, ส่งผลต่อความมั่นคงทางอาหาร (food security) ของประเทศในที่สุด.

**ตารางที่ 31. ค่าใช้จ่ายผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายและปุ๋ยเคมี และผลตอบแทนทางเศรษฐกิจของการใช้ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายและปุ๋ยเคมีในอัตราต่างๆ ต่อผลผลิตของผักกวางตุ้งดอก**

| ชุดการทดลอง | ค่าใช้จ่ายผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายและปุ๋ยเคมี (บาทต่อไร่) | ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ (VCR) |
|---|---|---|
| CT | - | - |
| C | 7,840.00 | 8.49 |
| $AS_1$ | 5,000.00 | 0.48 |
| $AS_2$ | 10,000.00 | 0.24 |
| $AS_1C$ | 12,840.00 | 5.35 |
| $AS_1C/2$ | 8,920.00 | 9.62 |
| $AS_2C$ | 17,840.00 | 3.74 |
| $AS_2C/2$ | 13,920.00 | 5.67 |

**หมายเหตุ :** [1]CT= ชุดควบคุม, C= ปุ๋ยเคมี สูตร 46-0-0 ในอัตรา 200 กิโลกรัมต่อไร่ และสูตร 16-16-16 ในอัตรา 80 กิโลกรัมต่อไร่, C/2 = ปุ๋ยเคมี สูตร 46-0-0 ในอัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ และสูตร 16-16-16 ในอัตรา 40 กิโลกรัมต่อไร่, $AS_1$ = ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายในอัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ และ $AS_2$ = ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่าย ในอัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่

เมื่อ ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่าย กิโลกรัมละ 6.00 บาท
ปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 กิโลกรัมละ 27.60 บาท
ปุ๋ยเคมีสูตร 16-16-16 กิโลกรัมละ 29.00 บาท
ราคาผักกวางตุ้งดอกขายส่ง กิโลกรัมละ 15 บาท

เมื่อนำประสิทธิภาพในการเพิ่มผลผลิตและผลตอบแทนทางเศรษฐกิจของการใส่ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินและปุ๋ยเคมีในอัตราต่างๆ ต่อผลผลิตของผักกวางตุ้งดอกมาร่วมพิจารณาด้วย, พบว่า ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1C/2$ และ C มีประสิทธิภาพต่อการเพิ่มผลผลิตมากที่สุดและเท่ากัน โดยเพิ่มมากถึงร้อยละ 88.25 เมื่อเทียบกับชุด CT, ในขณะที่ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1C/2$ ให้ค่าผลตอบแทนทางเศรษฐกิจสูงที่สุดเช่นเดียวกัน คือ 9.62, ซึ่งสูงกว่าชุดการทดลองที่ใส่ C ที่ให้ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ 8.49. เหตุที่ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1C/2$ ให้ค่าผลตอบแทนทางเศรษฐกิจที่สูงกว่า เนื่องมาจากราคาผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายและปุ๋ยเคมีของชุดการทดลองที่ $AS_1C/2$ มีราคาต่ำกว่า. นอกจากนี้ ผลตอบแทนทางด้านผลผลิตสูงกว่าชุดการทดลองที่ใส่ C หากพิจารณาในระยะยาว ค่าใช้จ่ายของผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายและปุ๋ยเคมีของชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1C/2$ จะลดลงกว่าการใส่ในครั้งแรกๆ, เนื่องจากสาหร่ายจากผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินสามารถที่จะเจริญเติบโตเพิ่มจำนวนต่อไปโดยไม่ต้องใส่ทุกครั้งของการเพาะปลูก ฉะนั้น จะลดค่าใช้จ่ายลง

แต่ให้ผลผลิตที่สูงในเวลาเดียวกันและยังเป็นการใช้พื้นที่เกษตรแบบอนุรักษ์อีกด้วย, ซึ่งตรงกันข้ามกับการใช้ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียวเนื่องจากที่ต้องใส่ทุกครั้ง และในปริมาณที่เพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ, ในขณะที่ผลผลิตที่ได้จะมีปริมาณคงที่หรือลดลง. ปุ๋ยเคมีนี้ไม่มีผลต่อการปรับปรุงคุณสมบัติทางกายภาพของดินต่างจากผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่าย และหากใช้ปุ๋ยเคมีติดต่อกันเป็นเวลานาน ทำให้มีผลกระทบระยะยาว, โดยทำให้ดินอัดแน่นและดินเป็นกรดหรือเบสเพิ่มขึ้น. ถ้าใส่ในอัตราสูงเกินไปจะเป็นอันตรายต่อการเจริญเติบโตและคุณภาพของผักได้โดยตรง.

ดังนั้น ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1C/2$ มีประสิทธิภาพต่อการเพิ่มผลผลิตและให้ค่าผลตอบแทนทางเศรษฐกิจที่สูงของผักกวางตุ้งดอกเช่นเดียวกับผลที่ได้รับจากแปลงทดสอบผักคะน้า.

อย่างไรก็ตาม สาหร่ายจากผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินที่เจริญเติบโตจะสามารถเพิ่มจำนวนและอยู่รอดได้มากเพียงใด ขึ้นกับคุณสมบัติพื้นฐานของดินรวมทั้งสภาพแวดล้อมทางกายภาพของพื้นที่เพาะปลูก เช่น อุณหภูมิ, ความเข้มแสง และความชื้น, เป็นต้น. สิ่งเหล่านี้จำเป็นต้องทำการศึกษาซ้ำๆ ในพื้นที่เดิมพร้อมทั้งศึกษาเพื่อรวบรวมข้อมูลเพิ่มเติมในหลายๆ พื้นที่ที่มีคุณสมบัติของดินและสภาพทางกายภาพแตกต่างกัน.

**ง. สมบัติบางประการของดินทดสอบแปลงผักกวางตุ้งดอกที่นำมาศึกษาหลังการใส่ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่าย**

เมื่อวิเคราะห์คุณสมบัติบางประการของดิน ได้แก่ ปริมาณอินทรียวัตถุ, ค่าปฏิกิริยาดิน, ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด, ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์, ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก, ความสามารถในการอุ้มน้ำของดินและจำนวนของเม็ดดิน (ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางมากกว่า 0.25 มิลลิเมตร) และมีความเสถียรต่อแรงกระทำของน้ำของตัวอย่างดินหลังการใส่ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่าย, ผลดังแสดงตารางที่ 32. เมื่อนำค่าวิเคราะห์เหล่านี้มาเปรียบเทียบกับตัวอย่างดินก่อนการทดสอบ (แปลงทดสอบผักคะน้าเดิม) พบว่า มีค่าเปลี่ยนแปลงไปจากค่าพื้นฐานของดิน, ผลดังแสดงตารางที่ 33. นอกจากนี้ เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับชุดควบคุม พบว่า คุณสมบัติของดินมีการเปลี่ยนแปลง, ผลดังแสดงตารางที่ 34. แสดงให้เห็นถึงแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงด้านคุณสมบัติของดินเมื่อมีการใส่ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายหรือผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายร่วมกับปุ๋ยเคมี.

**1. ปริมาณอินทรียวัตถุ (organic matter)**. พบว่า ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_2C/2$, C, และชุด CT มีปริมาณอินทรียวัตถุเฉลี่ยต่ำกว่าตัวอย่างดินก่อนทดสอบ (แปลงทดสอบผักคะน้าเดิม) (ตารางที่ 33) ในขณะที่มี 5 ชุดการทดลองที่มีปริมาณอินทรียวัตถุเฉลี่ยสูงกว่าชุด CT (ตารางที่ 32 และ 34). ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1$ มีปริมาณอินทรียวัตถุเฉลี่ยสูงที่สุด คือ ร้อยละ 1.62±0.09, รองลงมา คือ ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_2$, $AS_1C/2$, $AS_1C$ และ $AS_2C$ มีปริมาณอินทรียวัตถุเฉลี่ยร้อยละ 1.61±0.11, 1.61±0.12, 1.59±0.16 และ 1.39±0.24, ตามลำดับ ในขณะที่ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_2C/2$, C และ CT มีปริมาณอินทรียวัตถุเฉลี่ยที่เท่ากัน คือ ร้อยละ 1.33±0.06, 1.33±0.16 และ 1.33±0.18, ตามลำดับ. เมื่อนำไปเปรียบเทียบทางสถิติกับชุด CT ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 0.05 พบว่าทุกชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างกับชุด CT และไม่มีความแตกต่างระหว่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 32).

**2. ปฏิกิริยาดิน (pH)**. พบว่า ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_2$, $AS_1$ และชุด CT มีค่าปฏิกิริยาดินเฉลี่ยสูงกว่าตัวอย่างดินก่อนทดสอบ (แปลงทดสอบผักคะน้าเดิม) (ตารางที่ 33) ในขณะที่มี 2 ชุดการทดลองที่มีค่าปฏิกิริยาดินเฉลี่ยสูงกว่าชุด CT (ตารางที่ 32 และ 34), คือชุดการทดลองที่ใส่ $AS_2$ และ $AS_1$. ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_2$ มีค่าปฏิกิริยาดินเฉลี่ยสูงที่สุด คือ 8.13±0.06 และชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1$ มีค่าปฏิกิริยาดินเฉลี่ย 8.00±0.00 ในขณะที่ชุด CT มีค่าปฏิกิริยาดินเฉลี่ย 7.77±0.21. นอกจากนี้ ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1C/2$, $AS_2C/2$, $AS_1C$, C และ $AS_2C$ มีค่าปฏิกิริยาดินเฉลี่ย 7.30±0.00, 7.20±0.00, 7.17±0.06, 7.07±0.15 และ 7.00±0.00, ตามลำดับ. เมื่อนำไปเปรียบเทียบทางสถิติกับชุด CT ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 0.05 พบว่า ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_2$ และ $AS_1$ มีความแตกต่างกับชุด CT และกับชุดการทดลองอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ. นอกจากนี้ ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1C/2$, $AS_2C/2$ และ $AS_1C$ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ. ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_2C/2$, $AS_1C$, C และ $AS_2C$ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1C$ และ C ก็ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเช่นเดียวกัน (ตารางที่ 32).

**3. ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (total nitrogen)** พบว่า มีเพียงชุดการทดลองที่ใส่ C, $AS_2C/2$ และชุด CT เพียง 3 ชุดการทดลองที่มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดเฉลี่ยต่ำกว่าตัวอย่างดินก่อนทดสอบ (แปลงทดสอบผักคะน้าเดิม) (ตารางที่ 33) ในขณะที่มี 5 ชุดการทดลองที่มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดเฉลี่ยสูงกว่าชุด CT (ตารางที่ 32 และ 34), โดยชุดการทดลองที่ใส่ $AS_2$ มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดเฉลี่ยสูงที่สุด คือ ร้อยละ 0.082±0.006, รองลงมา ได้แก่ ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1$,

$AS_1C/2$, $AS_1C$ และ $AS_2C$ มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดเฉลี่ยร้อยละ 0.081±0.004, 0.080±0.006, 0.079±0.008 และ 0.070±0.012, ตามลำดับ ในขณะที่ชุด C และ CT มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดเฉลี่ยที่เท่ากัน คือ ร้อยละ 0.066±0.008 และ 0.066±0.009. สำหรับชุดการทดลองที่ใส่ $AS_2C/2$ มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดเฉลี่ยร้อยละ 0.061±0.003. เมื่อนำไปเปรียบเทียบทางสถิติกับชุด CT ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 0.05 พบว่า มีเพียงชุดการทดลองที่ใส่ $AS_2$ และ $AS_1$ เพียง 2 ชุดการทดลองเท่านั้นที่มีความแตกต่างกับชุด CT อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_2$, $AS_1$, $AS_1C/2$, $AS_1C$ และ $AS_2C$ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ. นอกจากนี้ ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1C/2$, $AS_1C$, $AS_2C$ และ C ก็ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และชุดการทดลองที่ใส่ $AS_2C$, C และ $AS_2C/2$ ก็ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเช่นเดียวกัน (ตารางที่ 32).

**4. ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (available phosphorus)** พบว่า ทุกชุดการทดลองมีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์เฉลี่ยต่ำกว่าตัวอย่างดินก่อนทดสอบ (แปลงทดสอบผักคะน้าเดิม) (ตารางที่ 33). ในขณะที่ทุกชุดการทดลองมีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์เฉลี่ยสูงกว่าชุด CT (ตารางที่ 32และ 34). ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_2C/2$ มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์เฉลี่ยสูงที่สุด คือ 371.33±15.04 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม, รองลงมาได้แก่ ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1$, $AS_1C$, $AS_2$, $AS_2C$, $AS_1C/2$ และ C มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์เฉลี่ย 299.00±14.73, 299.00±37.64, 290.33±52.79, 287.00±16.00, 274.67±21.59 และ 245.00±52.31 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม, ตามลำดับ ในขณะที่ชุด CT มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์เฉลี่ย 210.67±37.58 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม. เมื่อนำไปเปรียบเทียบทางสถิติกับชุด CT ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 0.05 พบว่า ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_2C/2$, $AS_1$, $AS_1C$, $AS_2$, $AS_2C$ และ $AS_1C/2$ มีความแตกต่างกับชุด CT อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_2C/2$ มีความแตกต่างกับทุกชุดการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ. นอกจากนี้ ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1$, $AS_1C$, $AS_2$, $AS_2C$, $AS_1C/2$ และ C ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 32).

**5. ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (cation exchange capacity)** พบว่า ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1C$, $AS_2C/2$, $AS_2$, C และชุด CT มีความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกเฉลี่ยสูงกว่าตัวอย่างดินก่อนทดสอบ (แปลงทดสอบผักคะน้าเดิม). สำหรับชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1$, $AS_1C/2$ และ $AS_2C$ มีความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกเฉลี่ยเท่ากับตัวอย่างดินก่อนทดสอบ (แปลงทดสอบผักคะน้าเดิม) (ตารางที่ 33) ในขณะที่มี 6 ชุดการทดลองที่มีความสามารถ

ในการแลกเปลี่ยนประจุบวกเฉลี่ยสูงกว่าชุด CT (ตารางที่ 32 และ 34). ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1C/2$ และ $AS_2C$ มีความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกเฉลี่ยสูงที่สุดและเท่ากัน คือ 27.47±0.31 และ 27.47±0.42 เซนติโมลต่อกิโลกรัมดิน, ตามลำดับ, รองลงมาได้แก่ ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1C$, $AS_2C/2$, $AS_2$ และ C มีความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกเฉลี่ย 27.20±0.35, 26.90±1.61, 26.77±0.86 และ 26.60±0.36 เซนติโมลต่อกิโลกรัมดิน, ตามลำดับ ในขณะที่ชุด CT มีความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกเฉลี่ย 26.57±1.11 เซนติโมลต่อกิโลกรัมดิน. สำหรับชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1$ มีความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกเฉลี่ย 26.33±0.25 เซนติโมลต่อกิโลกรัมดิน. เมื่อนำไปเปรียบเทียบทางสถิติกับชุด CT ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 0.05 พบว่า ทุกชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างกับชุด CT อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1C/2$, $AS_2C$, $AS_1C$, $AS_2C/2$, $AS_2$ และ C ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ. นอกจากนี้ ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_2C/2$, $AS_2$, C และ $AS_1$ ก็ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเช่นเดียวกัน (ตารางที่ 32).

**6. ความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน (water holding capacity)** พบว่าชุดการทดลองที่ใส่ C, $AS_1C$ และชุด CT มีความสามารถในการอุ้มน้ำของดินเฉลี่ยต่ำกว่าตัวอย่างดินก่อนทดสอบ (แปลงทดสอบผักคะน้าเดิม) (ตารางที่ 33) ในขณะที่ทุกชุดการทดลองมีความสามารถในการอุ้มน้ำของดินเฉลี่ยสูงกว่าชุด CT (ตารางที่ 32 และ 34). ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1C/2$ มีค่าความสามารถในการอุ้มน้ำของดินเฉลี่ยสูงที่สุด คือ ร้อยละ 45.76±1.22, รองลงมาได้แก่ ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_2$, $AS_2C$, $AS_2C/2$, $AS_1C$, $AS_1$ และ C มีความสามารถในการอุ้มน้ำของดินเฉลี่ยร้อยละ 45.56±1.79, 45.34±0.17, 45.20±0.78, 45.16±0.83, 44.12±2.02 และ 42.63±1.38, ตามลำดับ ในขณะที่ชุด CT มีค่าความสามารถในการอุ้มน้ำของดินเฉลี่ยร้อยละ 42.43±1.43. เมื่อนำไปเปรียบเทียบทางสถิติกับชุด CT ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 0.05 พบว่า มีเพียงชุดการทดลองที่ใส่ C เพียงชุดการทดลองเดียวที่ไม่มีความแตกต่างกับชุด CT อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_2C$, $AS_2$, $AS_1C/2$, $AS_2C/2$, $AS_1C$ และ $AS_1$ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 32).

**7. จำนวนของเม็ดดิน (ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางมากกว่า 0.25 มิลลิเมตร) และมีความเสถียรต่อแรงกระทำของน้ำ(water-stable aggregate).** พบว่า ทุกชุดการทดลองมีจำนวนของเม็ดดิน (ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางมากกว่า 0.25 มิลลิเมตร) และมีความเสถียรต่อแรงกระทำของน้ำเฉลี่ยสูงกว่าตัวอย่างดินก่อนทดสอบ (แปลงทดสอบผักคะน้าเดิม) (ตารางที่ 33) และสูงกว่าชุด CT

(ตารางที่ 32 และ 34), โดยชุดการทดลองใส่ $AS_1C/2$ มีจำนวนของเม็ดดิน (ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางมากกว่า 0.25 มิลลิเมตร) และมีความเสถียรต่อแรงกระทำของน้ำเฉลี่ยสูงที่สุด คือ ร้อยละ 69.86±5.96, รองลงมาได้แก่ ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_2C$, $AS_2C/2$, $AS_1C$, $AS_2$, $AS_1$ และ C มีจำนวนของเม็ดดิน (ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางมากกว่า 0.25 มิลลิเมตร) และมีความเสถียรต่อแรงกระทำของน้ำเฉลี่ยร้อยละ 69.01±11.23, 67.50±18.81, 66.40±12.07, 64.51±4.12, 63.67±3.49 และ 62.65±4.30, ตามลำดับ ในขณะที่ชุด CT มีจำนวนของเม็ดดิน (ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางมากกว่า 0.25 มิลลิเมตร) และมีความเสถียรต่อแรงกระทำของน้ำเฉลี่ยร้อยละ 61.62±2.50. เมื่อนำไปเปรียบเทียบทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 0.05 พบว่า ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1C/2$, $AS_2C$, $AS_2C/2$ และ $AS_1C$ มีความแตกต่างกับชุด CT อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ. นอกจากนี้ ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1C/2$, $AS_2C$, $AS_2C/2$, $AS_1C$, $AS_2$ และ $AS_1$ ก็ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และชุดการทดลองที่ใส่ $AS_2$, $AS_1$ และ C ก็ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญเช่นเดียวกัน (ตารางที่ 32).

จากข้อมูลการวิเคราะห์ดินทั้งหมดจะเห็นได้ว่า การใช้ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายอย่างเดียว หรือใช้ร่วมกับปุ๋ยเคมีจะช่วยเพิ่มคุณสมบัติทางกายภาพของดินที่สำคัญต่างๆ ให้ดีขึ้น เช่น ความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน, จำนวนของเม็ดดิน (ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางมากกว่า 0.25 มิลลิเมตร) และมีความเสถียรต่อแรงกระทำของน้ำ. การใส่ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายหรือผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายร่วมกับปุ๋ยเคมีแสดงแนวโน้มในการปรับปรุงดินอย่างต่อเนื่อง.

สำหรับประสิทธิภาพในการปรับปรุงดินของผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่าย พบว่า ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1C/2$ มีประสิทธิภาพต่อการปรับปรุงดินสูงที่สุด, โดยสามารถทำให้มีความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก, ความสามารถในการอุ้มน้ำของดินและจำนวนเม็ดดิน (ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางมากกว่า0.25 มิลลิเมตร) ที่มีความเสถียรต่อแรงกระทำของน้ำเพิ่มขึ้นถึงร้อยละ 3.28, 7.28, และ 11.80, ตามลำดับ เมื่อเทียบกับชุด CT ซึ่งถือว่าสูงกว่าชุดการทดลองอื่น, ในขณะที่ปริมาณอินทรียวัตถุ, ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด และปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ก็มีแนวโน้มที่เพิ่มสูงขึ้นเมื่อเทียบกับชุด CT, ผลดังแสดงในตารางที่ 32, 33 และ 34.

ดังนั้น ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1C/2$ จึงเหมาะสมสำหรับการเพาะปลูกผักกวางตุ้งดอก เนื่องจากมีประสิทธิภาพต่อการเพิ่มผลผลิตพืชและปรับปรุงดินและได้ผลเช่นเดียวกับการทดสอบในผักกวางตุ้งใบ, ผักกาดหอม และผักคะน้าที่ผ่านมา.

**ตารางที่ 32. คุณสมบัติบางประการที่เปลี่ยนแปลงของดินที่นำมาศึกษาหลังการใส่ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายของแปลงทดสอบผักกวางตุ้งดอก**

| ชุดการทดลอง[1] | ปริมาณอินทรียวัตถุ[2] (ร้อยละ) | ปฏิกิริยาดิน[2] (pH) | ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด[2] (ร้อยละ) | ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์[2] (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) | ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก[2] (เซนติโมลต่อกิโลกรัมดิน) | ความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน [2] (ร้อยละ) | จำนวนเม็ดดินที่เสถียรต่อแรงกระทำของน้ำ[2] (>0.25 มม.) (ร้อยละ) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| CT | 1.33±0.18$^{a}$ | 7.77±0.21$^{b}$ | 0.066±0.009$^{bc}$ | 210.67±37.58$^{c}$ | 26.57±1.11$^{ab}$ | 42.43±1.43$^{b}$ | 61.62±2.50$^{b}$ |
| C | 1.33±0.16$^{a}$ | 7.07±0.15$^{de}$ | 0.066±0.008$^{bc}$ | 245.00±52.31$^{bc}$ | 26.60±0.36$^{ab}$ | 42.63±1.38$^{b}$ | 62.65±4.30$^{b}$ |
| $AS_1$ | 1.62±0.09$^{a}$ | 8.00±0.00$^{a}$ | 0.081±0.004$^{a}$ | 299.00±14.73$^{b}$ | 26.33±0.25$^{b}$ | 44.12±2.02$^{a}$ | 63.67±3.49$^{ab}$ |
| $AS_2$ | 1.61±0.11$^{a}$ | 8.13±0.06$^{a}$ | 0.082±0.006$^{ab}$ | 290.33±52.79$^{b}$ | 26.77±0.86$^{ab}$ | 45.56±1.79$^{a}$ | 64.51±4.12$^{ab}$ |
| $AS_1C$ | 1.59±0.16$^{a}$ | 7.17±0.06$^{cde}$ | 0.079±0.008$^{ab}$ | 299.00±37.64$^{b}$ | 27.20±0.35$^{a}$ | 45.16±0.83$^{a}$ | 66.40±12.07$^{a}$ |
| $AS_1C/2$ | 1.61±0.12$^{a}$ | 7.30±0.00$^{c}$ | 0.080±0.006$^{ab}$ | 274.67±21.59$^{b}$ | 27.47±0.31$^{a}$ | 45.76±1.22$^{a}$ | 69.86±5.96$^{a}$ |
| $AS_2C$ | 1.39±0.24$^{a}$ | 7.00±0.00$^{d}$ | 0.070±0.012$^{abc}$ | 287.00±16.00$^{b}$ | 27.47±0.42$^{a}$ | 45.34±0.17$^{a}$ | 69.01±11.23$^{a}$ |
| $AS_2C/2$ | 1.33±0.06$^{a}$ | 7.20±0.00$^{cd}$ | 0.061±0.003$^{c}$ | 371.33±15.04$^{c}$ | 26.90±1.61$^{ab}$ | 45.20±0.78$^{a}$ | 67.50±18.81$^{a}$ |
| C.V. (%) | 10.62 | 1.28 | 10.75 | 12.12 | 2.24 | 2.35 | 15.37 |
| F-test | ns | ** | ** | ** | ns | ** | ns |

**หมายเหตุ** :[1]CT= ชุดควบคุม, C= ปุ๋ยเคมี สูตร 46-0-0 ในอัตรา 200 กิโลกรัมต่อไร่ และสูตร 16-16-16 ในอัตรา 80 กิโลกรัมต่อไร่, C/2= ปุ๋ยเคมี สูตร 46-0-0 ในอัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ และสูตร 16-16-16 ในอัตรา 40 กิโลกรัมต่อไร่, $AS_1$ = ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายในอัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ และ $AS_2$ = ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่าย ในอัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่

[2]ค่าเฉลี่ยจาก 3 ซ้ำ ซ้ำละ 10 ต้น โดยค่าเฉลี่ยที่มีอักษรตามหลังเหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี Duncan's multiple range test (DMRT)

ns ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

** มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

**ตารางที่ 33. คุณสมบัติบางประการที่เปลี่ยนแปลงของดินที่นำมาศึกษาหลังการใส่ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายของแปลงทดสอบผักกวางตุ้งดอก เมื่อเทียบกับดินก่อนการทดสอบ (แปลงทดสอบผักคะน้าเดิม) (เปอร์เซ็นต์)**

| ชุดการทดลอง[1] | ปริมาณอินทรียวัตถุ | ปฏิกิริยาดิน (pH) | ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด | ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ | ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก | ความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน | จำนวนเม็ดดินที่เสถียรต่อแรงกระทำของน้ำ (>0.25 มม.) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| CT | − 3.01 | + 1.80 | − 4.55 | − 70.38 | + 0.26 | − 0.99 | + 1.48 |
| C | − 4.51 | − 2.55 | − 4.55 | − 69.20 | + 1.02 | − 2.79 | + 0.93 |
| $AS_1$ | + **8.02** | + 0.13 | + **8.64** | − 51.64 | 0.0 | + 2.77 | + **1.34** |
| $AS_2$ | + 6.83 | + 1.35 | + 8.54 | − 35.79 | + 1.49 | + 5.95 | + 0.98 |
| $AS_1C$ | + 5.03 | − 2.93 | + 5.06 | − 38.01 | + **2.68** | + 6.18 | + 1.02 |
| $AS_1C/2$ | + 5.59 | − 3.56 | + 5.00 | − 87.73 | 0.0 | + 1.20 | + 2.05 |
| $AS_2C$ | 0.0 | − 6.86 | + 1.43 | − 36.09 | 0.0 | + **5.77** | + 2.19 |
| $AS_2C/2$ | − 4.51 | − 4.03 | − **13.11** | − 8.40 | + 1.38 | + 4.20 | + 0.98 |

**หมายเหตุ :** [1]CT= ชุดควบคุม, C= ปุ๋ยเคมี สูตร 46-0-0 ในอัตรา 200 กิโลกรัมต่อไร่ และสูตร 16-16-16 ในอัตรา 80 กิโลกรัมต่อไร่, C/2= ปุ๋ยเคมี สูตร 46-0-0 ในอัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ และสูตร 16-16-16 ในอัตรา 40 กิโลกรัมต่อไร่, $AS_1$ = ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายในอัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ และ $AS_2$ = ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่าย ในอัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่

เครื่องหมาย + หมายถึงเปอร์เซ็นต์ที่เพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับผลวิเคราะห์ตัวอย่างดินก่อนการทดสอบ (แปลงทดสอบผักคะน้าเดิม)

เครื่องหมาย – หมายถึงเปอร์เซ็นต์ที่ลดลงเมื่อเทียบกับผลวิเคราะห์ตัวอย่างดินก่อนการทดสอบ (แปลงทดสอบผักคะน้าเดิม)

**ตารางที่ 34. คุณสมบัติบางประการที่เปลี่ยนแปลงของดินที่นำมาศึกษาหลังการใส่ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายของแปลงทดสอบผักกวางตุ้งดอก เมื่อเทียบกับชุดควบคุม (เปอร์เซ็นต์)**

| ชุดการทดลอง[1] | ปริมาณอินทรียวัตถุ | ปฏิกิริยาดิน (pH) | ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด | ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ | ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก | ความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน | จำนวนเม็ดดินที่เสถียรต่อแรงกระทำของน้ำ (>0.25 มม.) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| CT | - | - | - | - | - | - | - |
| C | 0.0 | − 9.90 | 0.0 | + 14.01 | + 0.11 | + 0.47 | + 1.64 |
| $AS_1$ | + **17.90** | + 2.88 | + 18.52 | + 29.54 | − 0.91 | + 3.83 | + 3.22 |
| $AS_2$ | + 17.39 | + 4.43 | + **19.51** | + 27.44 | + 0.75 | + 6.87 | + 4.48 |
| $AS_1C$ | + 16.35 | + **8.37** | + 16.46 | + 29.54 | + 2.32 | + 6.05 | + 7.20 |
| $AS_1C/2$ | + 17.39 | − 6.44 | + 17.50 | + 23.30 | + **3.28** | + **7.28** | + **11.80** |
| $AS_2C$ | + 4.32 | − 11.00 | + 5.71 | + 26.60 | + **3.28** | + 6.42 | + 10.71 |
| $AS_2C/2$ | 0.0 | − 7.92 | − 8.20 | + **43.27** | − 0.15 | + 6.13 | + 8.71 |

**หมายเหตุ :** [1]CT= ชุดควบคุม, C= ปุ๋ยเคมี สูตร 46-0-0 ในอัตรา 200 กิโลกรัมต่อไร่ และสูตร 16-16-16 ในอัตรา 80 กิโลกรัมต่อไร่, C/2= ปุ๋ยเคมี สูตร 46-0-0 ในอัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ และสูตร 16-16-16 ในอัตรา 40 กิโลกรัมต่อไร่, $AS_1$ = ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายในอัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ และ $AS_2$ = ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่าย ในอัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่

เครื่องหมาย + หมายถึงเปอร์เซ็นต์ที่เพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับผลวิเคราะห์ตัวอย่างดินของชุดควบคุม

เครื่องหมาย – หมายถึงเปอร์เซ็นต์ที่ลดลงเมื่อเทียบกับผลวิเคราะห์ตัวอย่างดินของชุดควบคุม

**(ก)**

**แปลงทดสอบที่เป็นชุดควบคุม (CT)**

**(ข)**

**แปลงทดสอบที่ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 ในอัตรา 200 กิโลกรัมต่อไร่ และสูตร 16-16-16 ในอัตรา 80 กิโลกรัมต่อไร่ (C)**

**รูปที่ 5. แปลงทดสอบประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่าย ในแปลงทดสอบผักกวางตุ้งดอก.**

**(ค)**

**แปลงทดสอบที่ใส่ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายในอัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ ($AS_1$)**

**(ง)**

**แปลงทดสอบที่ใส่ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่าย ในอัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ ($AS_2$)**

**รูปที่ 5. (ต่อ) แปลงทดสอบประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่าย ในแปลงทดสอบผักกวางตุ้งดอก.**

**(จ)**

**แปลงทดสอบที่ใส่ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่าย ในอัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 ในอัตรา 200 กิโลกรัมต่อไร่ และสูตร 16-16-16 ในอัตรา 80 กิโลกรัมต่อไร่ ($AS_1C$)**

**(ฉ)**

**แปลงทดสอบที่ใส่ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายในอัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 ในอัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ และสูตร 16-16-16 ในอัตรา 40 กิโลกรัมต่อไร่ ($AS_1C/2$)**

**รูปที่ 5. (ต่อ) แปลงทดสอบประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ปรับโครงสร้างดินจากสาหร่าย ในแปลงทดสอบผักกวางตุ้งดอก.**

**(ช)**

**แปลงทดสอบที่ใส่ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายในอัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 ในอัตรา 200 กิโลกรัมต่อไร่ และสูตร 16-16-16 ในอัตรา 80 กิโลกรัมต่อไร่ ($AS_2C$)**

**(ซ)**

**แปลงทดสอบที่ใส่ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่าย ในอัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 ในอัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ และสูตร 16-16-16 ในอัตรา 40 กิโลกรัมต่อไร่ ($AS_2C/2$)**

**รูปที่ 5. (ต่อ) แปลงทดสอบประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ปรับโครงสร้างดินจากสาหร่าย ในแปลงทดสอบผักกวางตุ้งดอก.**

## 3.5 การทดสอบประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายในแปลงทดสอบผักกะหล่ำปลี

### 3.5.1 ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างดินก่อนการทดสอบ

การวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ, เคมี และธาตุอาหารพืชในดินก่อนการทดสอบของตัวอย่างดินจากแปลงทดสอบผักกะหล่ำปลี, ได้ผลดังตารางที่ 35.

**ตารางที่ 35. สมบัติบางประการของดินที่นำมาศึกษาก่อนการใส่ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายในแปลงทดสอบผักกะหล่ำปลี**

| คุณสมบัติดิน | ตัวอย่างดินจากแปลงผักกะหล่ำปลี |
|---|---|
| **คุณสมบัติทางกายภาพ** | |
| 1. เนื้อดิน | ดินเหนียว (clay) |
| ร้อยละทราย (sand) | 25.60 |
| ร้อยละทรายแป้ง (silt) | 20.20 |
| ร้อยละดินเหนียว (clay) | 54.20 |
| 2 จำนวนของเม็ดดินที่เสถียรต่อแรงกระทำของน้ำ (ร้อยละ) | 65.57 |
| 3. ความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน (ร้อยละ) | 42.67 |
| **คุณสมบัติทางเคมี** | |
| 1. ปริมาณอินทรียวัตถุ (ร้อยละ) | 1.30 |
| 2. ค่าปฏิกิริยาดิน (pH) | 7.60 |
| 3. ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (เซนติโมลต่อกิโลกรัมดิน) | 26.80 |
| 4. ความอิ่มตัวด้วยด่างของดิน (ร้อยละ) | 164.47 |
| **ธาตุอาหารพืชในดิน** | |
| 1. ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (ร้อยละ) | 0.065 |
| 2. ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) | 280.00 |
| 3. ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) | 160.00 |
| 4. ปริมาณแคลเซียมที่เป็นประโยชน์ (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) | 7,697.00 |
| 5. ปริมาณแมกนีเซียมที่เป็นประโยชน์ (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) | 721.00 |

จากตารางที่ 35 ตัวอย่างดินจากแปลงทดสอบผักกะหล่ำปลีแปลงนี้มีเนื้อดินเป็นดินเหนียว (clay) โดยมีปริมาณอนุภาคขนาดทราย, ทรายแป้งและดินเหนียว ร้อยละ 25.60, 20.20 และ 54.20, ตามลำดับ. จำนวนของเม็ดดิน (ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางมากกว่า 0.25 มิลลิเมตร) และมีความเสถียรต่อแรงกระทำของน้ำอยู่ในระดับสูง คือ ร้อยละ 65.57 มีปริมาณอินทรียวัตถุอยู่ในระดับต่ำ คือ ร้อยละ 1.30 ปริมาณอินทรียวัตถุที่ต่ำกว่าร้อยละ 1.50 จัดว่าเป็นดินที่เสื่อมโทรมมาก. ค่าปฏิกิริยาดินอยู่ในระดับด่างอย่างอ่อน คือ 7.60, ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกอยู่ในระดับสูง คือ 26.80 เซนติโมลต่อกิโลกรัมดิน, ความอิ่มตัวด้วยด่างของดินอยู่ในระดับสูง คือ ร้อยละ 164.47, ความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน ร้อยละ42.67, ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดอยู่ในระดับต่ำ คือ ร้อยละ 0.065, ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับสูงมาก คือ 280.00 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม, ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับสูง คือ 160.00 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม, ปริมาณแคลเซียมที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับสูงมาก คือ 7,697.00 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และปริมาณแมกนีเซียมที่เป็นประโยชน์มีปริมาณที่สูงเกินไปสำหรับพืชบางชนิด คือ 721.00 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา 2549; ซับซ้อน 2541; อิ่มเอิบ 2542; Hazelton and Murphy 2007; Land Classification Division and FAO Project Staff 1973).

ผักกะหล่ำปลีสามารถปลูกได้ในดินแทบทุกชนิดที่มีความอุดมสมบูรณ์, มีการระบายน้ำดีและถ่ายเทอากาศดี, มีค่าความเป็นกรดเบสระหว่าง 6.0-6.5, อุณหภูมิที่เหมาะสมในการเจริญเติบโตประมาณ 15-20 องศาเซลเซียส (ม.ป.ช. 2552).

ระดับความอุดมสมบูรณ์ของดิน คือ ระดับความสามารถของดินที่จะให้ธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์แก่พืช, พิจารณาจาก 2 ส่วน ส่วนแรก คือ ความสามารถของดินในการเก็บกักธาตุอาหารพืชไว้ในลักษณะปริมาณสำรองเพื่อที่จะเปลี่ยนเป็นรูปที่เป็นประโยชน์ได้ในอนาคต ซึ่งประกอบด้วย ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก, ความอิ่มตัวด้วยด่างของดิน และอินทรียวัตถุในดิน. ส่วนที่ 2 พิจารณาจากธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ 3 ธาตุ คือ ปริมาณอินทรียวัตถุ, ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์. ดังนั้น ในการประเมินระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินของกรมพัฒนาที่ดิน จึงประเมินจากค่าวิเคราะห์คุณสมบัติของดินเพียง 5 ประการ คือ ปริมาณอินทรียวัตถุในดิน, ความความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก, ความอิ่มตัวด้วยด่างของดิน, ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา 2549).

เมื่อนำค่าวิเคราะห์ดินมาประเมินระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินดังตารางภาคผนวกที่ 1 (ภาคผนวกที่ 2) แล้วนำผลคะแนนของแต่ละค่าวิเคราะห์มารวมกันเพื่อประเมินระดับความอุดมสมบูรณ์ของดิน พบว่า ดินจากแปลงผักกะหล่ำปลีมีความอุดมสมบูรณ์สูง. แต่เมื่อพิจารณาถึงปริมาณอินทรียวัตถุ พบว่า อยู่ในระดับที่ต่ำ. ทั้งนี้เนื่องจากดินมีค่าความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก, ความอิ่มตัวด้วยด่างของดิน, ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับที่สูงถึงสูงมาก.

ดังนั้น ดินที่มีปริมาณอินทรียวัตถุอยู่ในระดับที่ต่ำนี้ไม่เหมาะสมต่อการเพาะปลูกผักกะหล่ำปลี เนื่องจากผักกะหล่ำปลีเจริญได้ดีที่สุดในดินที่มีอินทรียวัตถุในปริมาณสูง. หากไม่มีการเพิ่มอินทรียวัตถุให้แก่ดินแล้ว จะทำให้ระดับอินทรียวัตถุต่ำลงจนไม่เพียงพอต่อการทำการเกษตร และทำให้ดินเกิดการเสื่อมโทรมได้. ทางแก้ปัญหาทางหนึ่งที่จะช่วยเพิ่มปริมาณอินทรียวัตถุให้แก่ดิน โดยเสียค่าใช้จ่ายที่ต่ำและเป็นการเพิ่มปริมาณอินทรียวัตถุได้อย่างยั่งยืน คือ การใส่ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายกลุ่มที่สามารถหลั่งสารเหนียวประเภทพอลิแซ็กคาไรด์ออกสู่ภายนอกเซลล์ (extracellular polysaccharide) ได้. สาหร่ายกลุ่มนี้ยังสามารถที่จะตรึงไนโตรเจนจากอากาศ ซึ่งจะช่วยเพิ่มปริมาณอินทรียวัตถุให้แก่ดินได้อีกทางหนึ่งด้วย.

นอกจากนี้ การที่ดินมีปริมาณฟอสฟอรัสสูงและเหลือตกค้างอยู่ในดินเป็นปริมาณมาก ฟอสฟอรัสจะทำปฏิกิริยาตกตะกอนกับจุลธาตุ, โดยเฉพาะสังกะสี, เหล็ก และแมงกานีส, ทำให้พืชไม่สามารถดูดจุลธาตุเหล่านี้ไปใช้ประโยชน์ได้, พืชจึงแสดงอาการขาดจุลธาตุ. แม้ว่าจะใส่จุลธาตุเพิ่มในดิน ก็จะไม่ได้ผล เนื่องจากจุลธาตุจะตกตะกอนกับฟอสฟอรัสได้. จากการที่ฟอสฟอรัสสูญหายไปจากดินค่อนข้างยาก จึงพบว่ามีการสะสมฟอสฟอรัสในดินสูงเกินความต้องการของพืช ซึ่งส่งผลให้พืชดูดใช้ธาตุแมกนีเซียมและแคลเซียมลดลง. การแก้ปัญหาวิธีหนึ่งคือ ลดปริมาณการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมลง เป็นการลดค่าใช้จ่ายด้านปุ๋ยเคมีได้เนื่องจากปุ๋ยฟอสฟอรัสมีราคาแพง (บัวทรัพย์ 2543).

สำหรับดินที่มีปริมาณแคลเซียมสูงมากเกินไป จะมีผลกระทบต่อสมดุลของธาตุอาหารพืชชนิดอื่น ทำให้พืชแสดงอาการขาดธาตุนั้น, เช่นทำให้เกิดการขาดโบรอน, โพแทสเซียม, แมกนีเซียม, ฟอสเฟต หรือมีผลกระทบด้านความเป็นด่างของดิน, ซึ่งจะมีผลในการควบคุมการปลดปล่อยเหล็กและแมงกานีส. ส่วนดินที่มีแมกนีเซียมในปริมาณที่สูงเกินไปสำหรับพืช จะทำให้

เกิดความไม่สมดุลของธาตุอาหารพืช เช่น การที่พืชดูดแมกนีเซียมมากเกินไป อาจเกิดจากการขาดโพแทสเซียม, เนื่องจากสมดุลของโพแทสเซียมต่อแมกนีเซียมในดินมีสัดส่วนต่ำ (สุขสวัสดิ์ 2544).

อย่างไรก็ตาม การที่ดินมีปริมาณฟอสฟอรัส, โพแทสเซียม, แคลเซียม และแมกนีเซียมอยู่ในระดับสูง จะเป็นประโยชน์ต่อสาหร่าย, เนื่องจากธาตุฟอสฟอรัสเป็นธาตุอาหารหลัก (major element), โพแทสเซียม, แคลเซียม และแมกนีเซียมจัดเป็นธาตุอาหารรอง (minor element) ที่สาหร่ายต้องการในปริมาณมากเพื่อการเจริญเติบโต. นอกจากนี้ ธาตุเหล่านี้ยังมีความสำคัญต่อการตรึงไนโตรเจนและการสังเคราะห์แสงอีกด้วย. เมื่อสาหร่ายกลุ่มนี้ตายลงจะปลดปล่อยธาตุอาหารดังกล่าวรวมทั้งไนโตรเจนกลับสู่พื้นดินอย่างช้าๆ อีกด้วย.

### 3.5.2 ผลทดสอบประสิทธิภาพหลังการใส่ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายในแปลงทดสอบผักกะหล่ำปลี

แบ่งการทดลองออกเป็น 8 ชุดการทดลอง คือ CT, C, $AS_1$, $AS_2$, $AS_1C$, $AS_1C/2$, $AS_2C$ และ $AS_2C/2$, ดังรูปที่ 6. เมื่อถึงระยะเก็บเกี่ยว พบว่า ทั้ง 8 ชุดการทดลองมีค่าปัจจัยต่างๆ ได้แก่ การเจริญเติบโตทางความสูง, เส้นผ่าศูนย์กลางของกะหล่ำปลีและเส้นรอบวงของกะหล่ำปลี, ผลดังแสดงตารางที่ 36. น้ำหนักต่อหัวของกะหล่ำปลี, อัตราส่วนประสิทธิภาพการห่อปลี, ความหนาแน่นปลีและดัชนีรูปร่างปลี, ผลดังแสดงตารางที่ 37. น้ำหนักผลผลิตสดโดยรวมก่อนการตัดแต่ง, น้ำหนักใบที่ไม่ห่อปลี และผลผลิต, ผลดังแสดงตารางที่ 38. การเจริญเติบโตและผลผลิตของผักกะหล่ำปลีที่เพิ่มขึ้น (เปอร์เซ็นต์) เมื่อเทียบกับชุดควบคุม, ผลดังแสดงตารางที่ 39. ค่าใช้จ่ายผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายและปุ๋ยเคมี, ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจของการใช้ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายและปุ๋ยเคมีในอัตราต่างๆ ต่อผลผลิตของกะหล่ำปลี, ผลดังแสดงตารางที่ 40.

#### ก. การเจริญเติบโต

##### 1. ความสูงของกะหล่ำปลี

การเจริญเติบโตทางความสูงของกะหล่ำปลี จากตารางที่ 36 พบว่า ทุกชุดการทดลองมีความสูงของปลีเฉลี่ยสูงกว่าชุด CT. ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1C$ มีความสูงของปลีเฉลี่ยสูงที่สุดคือ 12.03±0.71 เซนติเมตร, รองลงมาคือ ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_2C$, $AS_1$, C, $AS_2C/2$, $AS_1C/2$, และ $AS_2$ มีความสูงของปลีเฉลี่ย 11.60±0.53, 11.33±0.88, 11.11±0.28, 11.11±1.25, 11.06±0.10 และ 10.77±0.87 เซนติเมตร, ตามลำดับ. ในขณะที่ชุด CT มีความสูงของปลีเฉลี่ย

10.06±0.82 เซนติเมตร. ถึงแม้ว่าทุกชุดการทดลองจะมีความสูงของปลีเฉลี่ยสูงกว่าชุด CT แต่เมื่อนำไปเปรียบเทียบทางสถิติกับชุด CT ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 0.05 พบว่า มีเพียง 2 ชุดการทดลองเท่านั้นที่มีความแตกต่างกับชุด CT อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ, คือชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1C$ และ $AS_2C$. นอกจากนี้ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1C$, $AS_2C$, $AS_1$, C, $AS_2C/2$, $AS_1C/2$, และ $AS_2$ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1$, C, $AS_2C/2$, $AS_1C/2$ และ $AS_2$ ก็ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเช่นกัน.

**2. เส้นผ่าศูนย์กลางของกะหล่ำปลี**

การเจริญเติบโตทางด้านเส้นผ่าศูนย์กลางของกะหล่ำปลี ตารางที่ 36 พบว่าทุกชุดการทดลองมีเส้นผ่าศูนย์กลางของปลีเฉลี่ยสูงกว่าชุด CT, โดยชุดการทดลองที่ใส่ C มีเส้นผ่าศูนย์กลางของปลีเฉลี่ยสูงที่สุด คือ 22.87±1.21 เซนติเมตร, รองลงมา คือ ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1C$, $AS_1C/2$, $AS_2C$, $AS_1$, $AS_2C/2$ และ $AS_2$ มีเส้นผ่าศูนย์กลางของปลีเฉลี่ย 22.52±1.46, 22.39±0.68, 21.88±0.84, 21.61±1.67, 21.44±0.84 และ 21.42±0.24 เซนติเมตร, ตามลำดับ ในขณะที่ชุด CT มีเส้นผ่าศูนย์กลางของปลีเฉลี่ย 21.00±0.33 เซนติเมตร. ถึงแม้ว่าทุกชุดการทดลองจะมีเส้นผ่าศูนย์กลางของปลีเฉลี่ยที่สูงกว่าชุด CT แต่เมื่อนำไปเปรียบเทียบทางสถิติกับชุด CT ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 0.05 พบว่า มีเพียงชุดการทดลองที่ใส่ C เพียงชุดการทดลองเดียวเท่านั้นที่มีความแตกต่างจากชุด CT อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ. นอกจากนี้ ชุดการทดลองที่ใส่ C, $AS_1C$, $AS_1C/2$, $AS_2C$, $AS_1$, $AS_2C/2$ และ $AS_2$ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1C$, $AS_1C/2$, $AS_2C$, $AS_1$, $AS_2C/2$ และ $AS_2$ ก็ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเช่นเดียวกัน.

**3. เส้นรอบวงของปลี**

การเจริญเติบโตทางด้านเส้นรอบวงของปลี จากตารางที่ 36 พบว่า ทุกชุดการทดลองมีเส้นรอบวงของปลีเฉลี่ยสูงกว่าชุด CT, โดยชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1C/2$ มีเส้นรอบวงของปลีเฉลี่ยสูงที่สุดคือ 74.97±1.19 เซนติเมตร, รองลงมาคือ ชุดการทดลองที่ใส่ C, $AS_2C$, $AS_1$, $AS_1C$, $AS_2$ และ $AS_2C/2$ มีเส้นรอบวงของปลีเฉลี่ย 72.98±3.35, 71.21 ±3.98, 70.28±5.86, 69.11±3.76, 69.06±1.46 และ 67.44±2.31 เซนติเมตร, ตามลำดับ ในขณะที่ชุด CT มีเส้นรอบวงปลีเฉลี่ย 66.94±1.29 เซนติเมตร. ถึงแม้ว่าทุกชุดการทดลองจะมีเส้นรอบวงของปลีเฉลี่ยสูงกว่าชุด CT แต่เมื่อนำไปเปรียบเทียบทางสถิติกับชุด CT ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 0.05 พบว่า มีเพียงชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1C/2$ เพียงชุดการทดลองเดียวเท่านั้นที่มีความแตกต่างกับชุด CT อย่างมี

นัยสำคัญทางสถิติ. นอกจากนี้ ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1C/2$, C, $AS_2C$, $AS_1$, $AS_1C$ และ $AS_2$ ก็ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และชุดการทดลองที่ใส่ C, $AS_2C$, $AS_1$, $AS_1C$, $AS_2$ และ $AS_2C/2$ ก็ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเช่นเดียวกัน.

**ตารางที่ 36. การเจริญเติบโตทางด้านความสูง, เส้นผ่าศูนย์กลาง และเส้นรอบวงของกะหล่ำปลี**

| ชุดการทดลอง[1] | ความสูงของกะหล่ำปลี[2] (ซม.) | เส้นผ่าศูนย์กลางของกะหล่ำปลี[2](ซม.) | เส้นรอบวงกะหล่ำปลี[2] (ซม.) |
|---|---|---|---|
| 1. CT | 10.06±0.82[b] | 21.00±0.33[b] | 66.94±1.29[b] |
| 2. C | 11.11±0.28[ab] | 22.87±1.21[a] | 72.98±3.35[ab] |
| 3. $AS_1$ | 11.33±0.88[ab] | 21.61±1.67[ab] | 70.28±5.86[ab] |
| 4. $AS_2$ | 10.77±0.87[ab] | 21.42±0.24[ab] | 69.06±1.46[ab] |
| 5. $AS_1C$ | 12.03±0.71[a] | 22.52±1.46[ab] | 69.11±3.76[ab] |
| 6. $AS_1C/2$ | 11.06±0.10[ab] | 22.39±0.68[ab] | 74.97±1.19[a] |
| 7. $AS_2C$ | 11.60±0.53[a] | 21.88±0.84[ab] | 71.21±3.98[ab] |
| 8. $AS_2C/2$ | 11.11±1.25[ab] | 21.44±0.84[ab] | 67.44±2.31[b] |
| C.V. (%) | 6.85 | 4.65 | 4.67 |
| F-test | ns | ns | ns |

**หมายเหตุ :** [1]CT= ชุดควบคุม, C= ปุ๋ยเคมี สูตร 46-0-0 ในอัตรา 200 กิโลกรัมต่อไร่ และสูตร 16-16-16 ในอัตรา 80 กิโลกรัมต่อไร่, C/2 = ปุ๋ยเคมี สูตร 46-0-0 ในอัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ และสูตร16-16-16ในอัตรา 40 กิโลกรัมต่อไร่, $AS_1$ = ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายในอัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ และ $AS_2$ = ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่าย ในอัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่

[2]ค่าเฉลี่ยจาก 3 ซ้ำ ซ้ำละ 6 ต้น โดยค่าเฉลี่ยที่มีอักษรตามหลังเหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี Duncan's multiple range test (DMRT)

ns ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

**ข. ผลผลิต**

**1. น้ำหนักต่อหัวของกะหล่ำปลี**

น้ำหนักต่อหัวของกะหล่ำปลี จากตารางที่ 37 พบว่า ทุกชุดการทดลองมีน้ำหนักต่อหัวของกะหล่ำปลีเฉลี่ยสูงกว่าชุด CT. ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_2C$ มีน้ำหนักต่อหัวของกะหล่ำปลีเฉลี่ยสูงที่สุด คือ 2.39±0.45 กิโลกรัม, รองลงมา ได้แก่ ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1C/2$, $AS_1C$, C, $AS_2C/2$, $AS_1$ และ $AS_2$ มีน้ำหนักต่อหัวของกะหล่ำปลีเฉลี่ย 2.16±0.09, 2.11±0.11, 2.11±0.16, 1.97±0.26, 1.93±0.26 และ 1.69±0.08 กิโลกรัม, ตามลำดับ ในขณะที่ชุด CT มีน้ำหนักต่อหัวของกะหล่ำปลีเฉลี่ย 1.65±0.23 กิโลกรัม. เมื่อนำไปเปรียบเทียบทางสถิติกับชุด CT ที่ระดับความเชื่อมั่น

ที่ 0.05 พบว่า ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_2C$, $AS_1C/2$, $AS_1C$ และ C มีความแตกต่างกับชุด CT อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ. ในขณะที่ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_2C$, $AS_1C/2$, $AS_1C$, C และ $AS_2C/2$ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ. สำหรับการทดลองที่ใส่ $AS_1C/2$, $AS_1C$, C, $AS_2C/2$ และ $AS_1$ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ. ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1C$, C, $AS_2C/2$, $AS_1$ และ $AS_2$ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และชุดการทดลองที่ใส่ $AS_2C/2$, $AS_1$ และ $AS_2$ ก็ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเช่นเดียวกัน.

**2. อัตราส่วนประสิทธิภาพการห่อปลี**

อัตราส่วนประสิทธิภาพการห่อปลี จากตารางที่ 37 พบว่า มีเพียงชุดการทดลองเดียวเท่านั้นที่มีอัตราส่วนประสิทธิภาพการห่อปลีเฉลี่ยสูงกว่าชุด CT, คือ ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_2C$ มีอัตราส่วนประสิทธิภาพการห่อปลีเฉลี่ย 1.62±0.27. ในขณะที่ชุด CT มีอัตราส่วนประสิทธิภาพการห่อปลีเฉลี่ย 1.53±0.09. ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1$, $AS_2C/2$, $AS_2$, C, $AS_1C/2$ และ $AS_1C$ มีอัตราส่วนประสิทธิภาพการห่อปลีเฉลี่ย 1.51±0.14, 1.44±0.26, 1.42±0.20, 1.36±0.18, 1.33±0.12 และ 1.27±0.13, ตามลำดับ. ถึงแม้ว่าจะมีถึง 6 ชุดการทดลองที่มีอัตราส่วนประสิทธิภาพการห่อปลีต่ำกว่าชุด CT แต่เมื่อนำไปเปรียบเทียบทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 0.05 พบว่า ทุกชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ.

**3. ความหนาแน่นปลี**

ความหนาแน่นปลี จากตารางที่ 37 พบว่า มี 3 ชุดการทดลองเท่านั้นที่มีความหนาแน่นปลีสูงกว่าชุด CT โดยชุดการทดลองที่ใส่ $AS_2C$ มีความหนาแน่นปลีเฉลี่ยสูงที่สุด คือ 0.13±0.01 กรัมต่อมิลลิเมตร, รองลงมาคือ ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1C$ และ $AS_2C/2$ มีความหนาแน่นปลีเฉลี่ยที่เท่ากัน คือ 0.12 ±0.01 กรัมต่อมิลลิเมตร, ชุดการทดลองที่ใส่ C และ $AS_1$ มีความหนาแน่นปลีเฉลี่ยที่เท่ากัน คือ 0.11 ±0.01 กรัมต่อมิลลิเมตร, ชุด CT มีความหนาแน่นปลีเฉลี่ย 0.11 ±0.02 กรัมต่อมิลลิเมตร ในขณะที่ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_2$ และ $AS_1C/2$ มีความหนาแน่นปลีเฉลี่ยที่เท่ากัน คือ 0.10 ±0.00 กรัมต่อมิลลิเมตร. เมื่อนำไปเปรียบเทียบทางสถิติกับชุด CT ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 0.05 พบว่า มีเพียงชุดการทดลองที่ใส่ $AS_2C$ เพียงชุดการทดลองเดียวที่มีความแตกต่างกับชุด CT อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_2C$, $AS_1C$ และ $AS_2C/2$ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ. นอกจากนี้ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1C$, $AS_2C/2$, C, $AS_1$, $AS_2$ และ $AS_1C/2$ ก็ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ.

**4. ดัชนีรูปร่างปลี**

จากตารางที่ 37 พบว่า ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1$ และ $AS_2C$ มีค่าดัชนีรูปร่างปลีเฉลี่ยสูงที่สุดและเท่ากัน คือ 3.25±0.04 และ 3.25±0.07, ตามลำดับ, รองลงมาคือชุดการทดลองที่ใส่ $AS_2$ และ $AS_1C/2$ มีค่าดัชนีรูปร่างปลีเฉลี่ย 3.22±0.07 และ 3.21±0.04, ตามลำดับ. ชุดการทดลองที่ใส่ C และ CT มีค่าดัชนีรูปร่างปลีเฉลี่ยที่เท่ากัน คือ 3.19±0.05 และ 3.19±0.02, ตามลำดับ. สำหรับชุดการทดลองที่ใส่ $AS_2C/2$ และ $AS_1C$ มีค่าดัชนีรูปร่างปลีเฉลี่ย 3.15±0.19 และ 3.08±0.25, ตามลำดับ. เมื่อนำไปเปรียบเทียบทางสถิติกับชุด CT ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 0.05 พบว่า ทุกชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างกับชุด CT และไม่มีความแตกต่างระหว่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ.

**ตารางที่ 37. น้ำหนักต่อหัวของกะหล่ำปลี, อัตราส่วนประสิทธิภาพการห่อปลี, ความหนาแน่นปลี และดัชนีรูปร่างของกะหล่ำปลี**

| ชุดการทดลอง[1] | น้ำหนักต่อหัวของกะหล่ำปลี[2] (กิโลกรัม) | อัตราส่วนประสิทธิภาพการห่อปลี[2] | ความหนาแน่นปลี[2] (กรัม/มิลลิเมตร) | ดัชนีรูปร่างปลี[2] |
|---|---|---|---|---|
| 1. CT | 1.65±0.23 $^{d}$ | 1.53±0.09 $^{a}$ | 0.11±0.02 $^{b}$ | 3.19±0.02 $^{a}$ |
| 2. C | 2.11±0.16 $^{abc}$ | 1.36±0.18 $^{a}$ | 0.11±0.01 $^{b}$ | 3.19±0.05 $^{a}$ |
| 3. $AS_1$ | 1.93±0.26 $^{bcd}$ | 1.51±0.14 $^{a}$ | 0.11±0.01 $^{b}$ | 3.25±0.04 $^{a}$ |
| 4. $AS_2$ | 1.69±0.08 $^{cd}$ | 1.42±0.20 $^{a}$ | 0.10±0.00 $^{b}$ | 3.22±0.07 $^{a}$ |
| 5. $AS_1C$ | 2.11±0.11 $^{abc}$ | 1.27±0.13 $^{a}$ | 0.12±0.01 $^{ab}$ | 3.08±0.25 $^{a}$ |
| 6. $AS_1C/2$ | 2.16±0.09 $^{ab}$ | 1.33±0.12 $^{a}$ | 0.10±0.00 $^{b}$ | 3.21±0.04 $^{a}$ |
| 7. $AS_2C$ | 2.39±0.45 $^{a}$ | 1.62±0.27 $^{a}$ | 0.13±0.01 $^{a}$ | 3.25±0.07 $^{a}$ |
| 8. $AS_2C/2$ | 1.97±0.26 $^{abcd}$ | 1.44±0.26 $^{a}$ | 0.12±0.01 $^{ab}$ | 3.15±0.19 $^{a}$ |
| C.V. (%) | 11.87 | 12.86 | 9.40 | 3.75 |
| F-test | * | ns | * | ns |

**หมายเหตุ :** [1]CT= ชุดควบคุม, C= ปุ๋ยเคมี สูตร 46-0-0 ในอัตรา 200 กิโลกรัมต่อไร่ และสูตร 16-16-16ในอัตรา 80 กิโลกรัมต่อไร่, C/2 = ปุ๋ยเคมี สูตร 46-0-0 ในอัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ และสูตร 16-16-16ในอัตรา 40 กิโลกรัมต่อไร่, $AS_1$ = ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายในอัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ และ $AS_2$ = ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่าย ในอัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่

[2]ค่าเฉลี่ยจาก 3 ซ้ำ ซ้ำละ 6 ต้น โดยค่าเฉลี่ยที่มีอักษรตามหลังเหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี Duncan's multiple range test (DMRT)

ns ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

**5. น้ำหนักผลผลิตสดก่อนการตัดแต่ง**

จากตารางที่ 38 พบว่า ทุกชุดการทดลองมีน้ำหนักผลผลิตสดก่อนการตัดแต่งสูงกว่าชุด CT. การทดลองที่ใส่ $AS_1C$ มีน้ำหนักผลผลิตก่อนการตัดแต่งสูงที่สุด คือ 3.85±0.09 กิโลกรัมต่อปลี, รองลงมาได้แก่ ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1C/2$, $AS_2C$, C, $AS_1$, $AS_2C/2$ และ $AS_2$ มีน้ำหนักผลผลิตสดก่อนการตัดแต่ง 3.75±0.11, 3.58±0.44, 3.52±0.02 , 3.06±0.42, 2.91±0.82 และ 2.87±0.31 กิโลกรัมต่อปลี, ตามลำดับ ในขณะที่ชุด CT มีน้ำหนักผลผลิตสดก่อนการตัดแต่ง 2.65±0.49 กิโลกรัมต่อปลี. เมื่อนำไปเปรียบเทียบทางสถิติกับชุด CT ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 0.05 พบว่า ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1C$, $AS_1C/2$, $AS_2C$ และ C มีความแตกต่างกับชุด CT อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1C$, $AS_1C/2$, $AS_2C$, C และ $AS_1$ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ. ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_2C$, C, $AS_1$, $AS_2C/2$ และ $AS_2$ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ. นอกจากนี้ ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1$, $AS_2C/2$ และ $AS_2$ ก็ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเช่นเดียวกัน.

**6. น้ำหนักใบที่ไม่ห่อปลี**

จากตารางที่ 38 พบว่า ทุกชุดการทดลองมีน้ำหนักใบที่ไม่ห่อปลีสูงกว่าชุด CT. ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1C$ มีน้ำหนักใบที่ไม่ห่อปลีสูงที่สุด คือ 1.66±0.09 กิโลกรัมต่อปลี, รองลงมาได้แก่ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1C/2$, C, $AS_2C$, $AS_2C/2$, $AS_1$ และ $AS_2$ มีน้ำหนักใบที่ไม่ห่อปลี 1.63±0.12, 1.55±0.08, 1.49±0.25, 1.38±0.08 , 1.29±0.24 และ 1.21±0.19 กิโลกรัมต่อปลี, ตามลำดับ ในขณะที่ชุด CT มีน้ำหนักใบที่ไม่ห่อปลี 1.09±0.20 กิโลกรัมต่อปลี. เมื่อนำไปเปรียบเทียบทางสถิติกับชุด CT ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 0.05 พบว่า ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1C$, $AS_1C/2$, C และ $AS_2C$ มีแตกต่างกับชุด CT อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1C$, $AS_1C/2$, C, $AS_2C$ และ $AS_2C/2$ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ. ชุดการทดลองที่ใส่ C, $AS_2C$, $AS_2C/2$ และ $AS_1$ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ. ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_2C$, $AS_2C/2$, $AS_1$ และ $AS_2$ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ. นอกจากนี้ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_2C/2$, $AS_1$และ $AS_2$ ก็ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเช่นเดียวกัน.

**7. ผลผลิตรวมของกะหล่ำปลี**

จากตารางที่ 38 พบว่า ทุกชุดการทดลองมีผลผลิตรวมเฉลี่ยสูงกว่าชุด CT. ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_2C$ มีผลผลิตรวมเฉลี่ยสูงที่สุด คือ 15,296.00±2,893.48 กิโลกรัมต่อไร่,

รองลงมาได้แก่ $AS_1C/2$, $AS_1C$, C, $AS_2C/2$, $AS_1$ และ $AS_2$ มีผลผลิตรวมเฉลี่ย 13,845.33±559.16, 13,546.67±684.33, 13,504.00±1,047.73, 12,608.00±1,664.00, 12,330.67±1,664.41 และ 10,837.33±521.25 กิโลกรัมต่อไร่, ตามลำดับ ในขณะที่ชุด CT มีผลผลิตรวมเฉลี่ย 10,602.67 ±1,483.55 กิโลกรัมต่อไร่. เมื่อนำไปเปรียบเทียบทางสถิติกับชุด CT ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 0.05 พบว่า ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_2C$, $AS_1C/2$, $AS_1C$ และ C มีความแตกต่างกับชุด CTอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_2C$, $AS_1C/2$, $AS_1C$, C และ $AS_2C/2$ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ. ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1C/2$, $AS_1C$, C, $AS_2C/2$ และ $AS_1$ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ. สำหรับชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1C$, C, $AS_2C/2$, $AS_1$ และ $AS_2$ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และชุดการทดลองที่ใส่ $AS_2C/2$, $AS_1$ และ $AS_2$ ก็ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเช่นเดียวกัน.

**ตารางที่ 38. น้ำหนักผลผลิตสดก่อนการตัดแต่ง, น้ำหนักใบที่ไม่ห่อปลีของกะหล่ำปลี และผลผลิตรวม**

| ชุดการทดลอง[1] | น้ำหนักผลผลิตสดก่อนการตัดแต่ง[2] (กิโลกรัม/ปลี) | น้ำหนักใบที่ไม่ห่อปลี[2] (กิโลกรัม/ปลี) | ผลผลิตรวม[2] (กิโลกรัม/ไร่) |
|---|---|---|---|
| 1. CT | 2.65±0.49 $^{c}$ | 1.09±0.20 $^{d}$ | 10,602.67±1,483.55$^{d}$ |
| 2. C | 3.52±0.02 $^{ab}$ | 1.55±0.08 $^{ab}$ | 13,504.00±1,047.73$^{abc}$ |
| 3. $AS_1$ | 3.06±0.42 $^{abc}$ | 1.29±0.24 $^{bcd}$ | 12,330.67±1,664.41$^{bcd}$ |
| 4. $AS_2$ | 2.87±0.31 $^{bc}$ | 1.21±0.19 $^{cd}$ | 10,837.33±521.25$^{cd}$ |
| 5. $AS_1C$ | 3.85±0.09 $^{a}$ | 1.66±0.09 $^{a}$ | 13,546.67±684.33$^{abc}$ |
| 6. $AS_1C/2$ | 3.75±0.11 $^{a}$ | 1.63±0.12 $^{a}$ | 13,845.33±559.16$^{ab}$ |
| 7. $AS_2C$ | 3.58±0.44 $^{ab}$ | 1.49±0.25 $^{abc}$ | 15,290.00±2,893.48$^{a}$ |
| 8. $AS_2C/2$ | 2.91±0.82 $^{bc}$ | 1.38±0.08 $^{abcd}$ | 12,608.00±1,664.00$^{abcd}$ |
| C.V. (%) | 12.74 | 12.05 | 16.30 |
| F-test | * | ** | ns |

**หมายเหตุ :** [1]CT= ชุดควบคุม, C= ปุ๋ยเคมี สูตร 46-0-0 ในอัตรา 200 กิโลกรัมต่อไร่ และสูตร 16-16-16ในอัตรา 80 กิโลกรัมต่อไร่, C/2 = ปุ๋ยเคมี สูตร 46-0-0 ในอัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ และสูตร 16-16-16 ในอัตรา 40 กิโลกรัมต่อไร่, $AS_1$ = ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายในอัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ และ $AS_2$ = ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่าย ในอัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่

[2]ค่าเฉลี่ยจาก 3 ซ้ำ ซ้ำละ 10 ต้น โดยค่าเฉลี่ยที่มีอักษรตามหลังเหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี Duncan's multiple range test (DMRT)

ns ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

** มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

จากผลการทดลองสรุปได้ว่า ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_2C$ มีประสิทธิภาพต่อการเพิ่มผลผลิตสูงที่สุด, โดยเพิ่มสูงถึงร้อยละ 30.66 เมื่อเทียบกับชุด CT, รองลงมา คือ ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1C/2$ และ $AS_1C$ สามารถเพิ่มผลผลิตได้ถึงร้อยละ 23.42 และ 21.73, ตามลำดับ ในขณะที่ชุดการทดลองที่ใส่ C สามารถเพิ่มผลผลิตได้เพียงร้อยละ 21.48. สำหรับชุดการทดลองที่ใส่ $AS_2C/2$, $AS_1$ และ $AS_2$ สามารถเพิ่มผลผลิตได้ร้อยละ 15.91, 14.01 และ 2.17, ตามลำดับ, ผลดังแสดงตารางที่ 39.

จะเห็นได้ว่า การใส่ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายร่วมกับปุ๋ยเคมีในอัตราเต็มสูตรหรือลดลงครึ่งหนึ่งสามารถเพิ่มผลผลิตได้มากกว่าการใส่ปุ๋ยเคมีในอัตราเต็มสูตรเพียงอย่างเดียว.

**ตารางที่ 39. การเจริญเติบโตและผลผลิตของกะหล่ำปลีที่เพิ่มขึ้น (เปอร์เซ็นต์) เมื่อเทียบกับชุดควบคุม**

| ชุดการทดลอง[1] | การเจริญเติบโต | | | ผลผลิต | |
|---|---|---|---|---|---|
| | อัตราส่วนประสิทธิภาพการห่อปลี | ความหนาแน่นปลี | ดัชนีรูปร่างปลี | น้ำหนักต่อหัวของปลี | ผลผลิตรวม |
| CT | - | - | - | - | - |
| C | − 12.5 | 0.0 | 0.0 | + 21.80 | + 21.48 |
| $AS_1$ | − 1.32 | 0.0 | **+ 1.84** | + 14.50 | + 14.01 |
| $AS_2$ | − 7.74 | − 10.00 | + 0.93 | + 2.36 | + 2.17 |
| $AS_1C$ | − 20.47 | + 8.33 | − 3.57 | + 21.80 | + 21.73 |
| $AS_1C/2$ | − 15.03 | − 10.00 | + 0.62 | + 23.61 | + 23.42 |
| $AS_2C$ | **+ 5.55** | **+ 15.38** | **+ 1.84** | **+ 30.96** | **+ 30.66** |
| $AS_2C/2$ | − 6.25 | + 8.33 | − 1.26 | + 16.24 | + 15.91 |

**หมายเหตุ :** [1]CT= ชุดควบคุม, C= ปุ๋ยเคมี สูตร 46-0-0 ในอัตรา 200 กิโลกรัมต่อไร่ และสูตร 16-16-16ในอัตรา 80 กิโลกรัมต่อไร่, C/2 = ปุ๋ยเคมี สูตร 46-0-0 ในอัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่ และสูตร16-16-16ในอัตรา 10 กิโลกรัมต่อไร่, $AS_1$ = ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายในอัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ และ $AS_2$ = ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่าย ในอัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่

เครื่องหมาย + หมายถึง เปอร์เซ็นต์ที่เพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับชุดควบคุม

เครื่องหมาย – หมายถึง เปอร์เซ็นต์ที่ลดลงเมื่อเทียบกับชุดควบคุม

**ค. ค่าใช้จ่ายผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายและปุ๋ยเคมีและผลตอบแทนทางเศรษฐกิจของการใช้ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายและปุ๋ยเคมีในอัตราต่างๆ ต่อผลผลิตของผักกะหล่ำปลี**

**1. ค่าใช้จ่ายผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายและปุ๋ยเคมี.** จากตารางที่ 40 พบว่า ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_2C$ มีค่าใช้จ่ายผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายและปุ๋ยเคมีที่สูงที่สุด คือ 13,840.00 บาทต่อไร่, รองลงมาได้แก่ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1C$, $AS_2C/2$, C, $AS_1C/2$, $AS_2$ และ $AS_1$ มีค่าใช้จ่ายผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายและปุ๋ยเคมี 10,840.00, 9,920.00, 7,840.00, 6,920.00, 6,000.00 และ 3,000.00 บาทต่อไร่, ตามลำดับ.

**2. ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจของการใช้ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายและปุ๋ยเคมีในอัตราต่างๆ ต่อผลผลิตของผักกะหล่ำปลี (VCR)** จากตารางที่ 40 พบว่า มีเพียงชุดการทดลองที่ใส่ $AS_2$ เพียงชุดการทดลองเดียวที่ถือว่าไม่คุ้มค่าแก่การลงทุน เนื่องจากมีค่า VCR ต่ำกว่า 2.00. ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1$ มีผลตอบแทนทางเศรษฐกิจสูงที่สุด คือ 12.07. รองลงมาได้แก่ ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1C/2$, C, $AS_2C$, $AS_1C$, $AS_2C/2$ และ $AS_2$ มีผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ 9.82, 7.75, 7.10, 5.69, 4.24 และ 0.82, ตามลำดับ.

จะเห็นได้ว่า ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1$ คือ ใส่ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายในอัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่, ให้ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจสูงกว่าการใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 ในอัตรา 200 กิโลกรัมต่อไร่และสูตร 16-16-16 ในอัตรา 80 กิโลกรัมต่อไร่ (อัตราที่เกษตรกรใส่เป็นประจำ) ถือว่าคุ้มค่าแก่การลงทุนอย่างมาก. ถ้าเกษตรกรหันมาใช้ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายร่วมกับลดการใช้ปุ๋ยเคมีลงอย่างต่อเนื่อง ผลตอบแทนที่จะได้รับมิใช่แต่จะเป็นผลตอบแทนทางด้านเศรษฐกิจเพียงอย่างเดียว แต่เป็นการใช้ประโยชน์พื้นที่การเกษตรแบบอนุรักษ์โดยทำการปรับปรุงดินไปพร้อมๆ กับผลิตพืชที่เพิ่มขึ้น. ดังนั้น การใช้ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายจะช่วยให้เกิดการใช้ประโยชน์จากทรัพยากรดินได้อย่างยั่งยืน ซึ่งส่งผลต่อความมั่นคงทางอาหาร (food security) ของประเทศในที่สุด.

**ตารางที่ 40. ค่าใช้จ่ายผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายและปุ๋ยเคมี และผลตอบแทนทางเศรษฐกิจของการใช้ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายและปุ๋ยเคมีในอัตราต่างๆ ต่อผลผลิตของผักกะหล่ำปลี**

| ชุดการทดลอง[1] | ค่าใช้จ่ายผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายและปุ๋ยเคมี (บาทต่อไร่) | ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ |
|---|---|---|
| CT | - | - |
| C | 7,840.00 | 7.75 |
| $AS_1$ | 3,000.00 | 12.07 |
| $AS_2$ | 6,000.00 | 0.82 |
| $AS_1C$ | 10,840.00 | 5.69 |
| $AS_1C/2$ | 6,920.00 | 9.82 |
| $AS_2C$ | 13,840.00 | 7.10 |
| $AS_2C/2$ | 9,920.00 | 4.24 |

**หมายเหตุ :** [1]CT= ชุดควบคุม, C= ปุ๋ยเคมี สูตร 46-0-0 ในอัตรา 200 กิโลกรัมต่อไร่ และสูตร 16-16-16ในอัตรา 80 กิโลกรัมต่อไร่, C/2 = ปุ๋ยเคมี สูตร 46-0-0 ในอัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ และสูตร 16-16-16ในอัตรา 40 กิโลกรัมต่อไร่, $AS_1$ = ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายในอัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ และ $AS_2$ = ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่าย ในอัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่

เมื่อ ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่าย กิโลกรัมละ 6.00 บาท
ปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 กิโลกรัมละ 27.60 บาท
ปุ๋ยเคมีสูตร 16-16-16 กิโลกรัมละ 29.00 บาท
ราคาผักกะหล่ำปลี กิโลกรัมละ 20.95 บาท

เมื่อนำประสิทธิภาพในการเพิ่มผลผลิตและผลตอบแทนทางเศรษฐกิจของการใส่ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายและปุ๋ยเคมีในอัตราต่างๆ ต่อผลผลิตของผักกะหล่ำปลีมาร่วมพิจารณาด้วย พบว่า ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_2C$ มีประสิทธิภาพต่อการเพิ่มผลผลิตสูงที่สุด, โดยเพิ่มสูงถึงร้อยละ 30.66 เมื่อเทียบกับชุด CT, รองลงมา คือ ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1C/2$, $AS_1C$, C, $AS_2C/2$, $AS_1$ และ $AS_2$ สามารถเพิ่มผลผลิตได้ถึงร้อยละ 23.42, 21.73, 21.48, 15.91, 14.01 และ 2.17, ตามลำดับ ในขณะที่ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1$ ให้ค่าผลตอบแทนทางเศรษฐกิจสูงที่สุด คือ 12.07, ซึ่งสูงกว่าชุดการทดลองที่ใส่ $AS_2C$, $AS_1C/2$, $AS_1C$, C และ $AS_2C/2$ ที่ให้ค่าผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ 7.10, 9.82, 5.69, 7.75 และ 4.24, ตามลำดับ. อย่างไรก็ตามชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1$ เพิ่มผลผลิตได้เพียงร้อยละ 14.01 เมื่อเทียบกับชุด CT. ในขณะที่ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1C/2$ ซึ่งให้ค่าผลตอบแทนทางเศรษฐกิจที่รองลงมาและมีความสามารถในการเพิ่มผลผลิตที่รองลงมาจากชุดการทดลองที่ใส่ $AS_2C$ สามารถเพิ่มผลผลิตได้ถึงร้อยละ 23.42 เมื่อเทียบกับชุด CT. เมื่อนำ

ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1C/2$ และ $AS_1$ มาพิจารณาเปรียบเทียบกัน พบว่า ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1C/2$ สามารถเพิ่มผลผลิตได้มากกว่าชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1$ ถึงร้อยละ 10.94 หรือ 1.12 เท่า. ถ้าพิจารณาในระยะยาว ค่าใช้จ่ายของผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายและปุ๋ยเคมีของชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1C/2$ จะลดลงกว่าการใส่ในครั้งแรก, เนื่องจากสาหร่ายจากผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินสามารถที่จะเจริญเติบโตเพิ่มจำนวนต่อไป โดยไม่ต้องใส่ทุกครั้งของการเพาะปลูก ฉะนั้น จะลดค่าใช้จ่ายลง แต่ให้ผลผลิตที่สูงในเวลาเดียวกัน และยังเป็นการใช้พื้นที่เกษตรแบบอนุรักษ์อีกด้วย. ตรงกันข้ามกับการใช้ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว ซึ่งต้องใส่ทุกครั้งและในปริมาณที่เพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ ในขณะที่ผลผลิตที่ได้จะมีปริมาณคงที่หรือลดลง. ปุ๋ยเคมีนี้ไม่มีผลต่อการปรับปรุงคุณสมบัติทางกายภาพของดินต่างจากผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่าย. หากใช้ปุ๋ยเคมีติดต่อกันเป็นเวลานาน ทำให้มีผลกระทบระยะยาว, โดยทำให้ดินอัดแน่นและดินเป็นกรดหรือเบสเพิ่มขึ้น และถ้าใส่ในอัตราสูงเกินไปจะเป็นอันตรายต่อการเจริญเติบโตและคุณภาพของผักได้โดยตรง.

ดังนั้น ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1C/2$ มีประสิทธิภาพต่อการเพิ่มผลผลิตและให้ค่าผลตอบแทนทางเศรษฐกิจที่สูงของผักกะหล่ำปลี.

อย่างไรก็ตาม สาหร่ายจากผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินที่เจริญเติบโตจะสามารถเพิ่มจำนวนและอยู่รอดได้มากเพียงใด ขึ้นกับคุณสมบัติพื้นฐานของดิน, รวมทั้งสภาพแวดล้อมทางกายภาพของพื้นที่เพาะปลูก เช่น อุณหภูมิ, ความเข้มแสง และความชื้น, เป็นต้น. สิ่งเหล่านี้จำเป็นต้องทำการศึกษาซ้ำ ๆ ในพื้นที่เดิม พร้อมทั้งศึกษาเพื่อรวบรวมข้อมูลเพิ่มเติมในหลายๆ พื้นที่ที่มีคุณสมบัติของดินและสภาพทางกายภาพแตกต่างกัน.

### ง. สมบัติบางประการของดินแปลงทดสอบผักกะหล่ำปลีที่นำมาศึกษาหลังการใส่ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่าย

การวิเคราะห์คุณสมบัติบางประการของดิน ได้แก่ ปริมาณอินทรียวัตถุ, ค่าปฏิกิริยาดิน, ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด, ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์, ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก, ความสามารถในการอุ้มน้ำของดินและจำนวนของเม็ดดิน (ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางมากกว่า 0.25 มิลลิเมตร) และมีความเสถียรต่อแรงกระทำของน้ำของตัวอย่างดินหลังการใส่ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่าย ได้แสดงผลไว้ในตารางที่ 41. เมื่อนำค่าวิเคราะห์เหล่านี้มาเปรียบเทียบกับตัวอย่างดินก่อนการทดสอบ พบว่า มีค่าเปลี่ยนแปลงไปจากค่าพื้นฐานของดิน, ผลดังแสดงตารางที่ 42. นอกจากนี้ เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับชุดควบคุม พบว่า คุณสมบัติของดินมีการเปลี่ยนแปลง, ผลดังแสดงตารางที่ 43. แสดงให้เห็นถึงแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงด้านคุณสมบัติ

ของดิน เมื่อมีการใส่ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายหรือผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายร่วมกับปุ๋ยเคมี.

**1. ปริมาณอินทรียวัตถุ (organic matter).** พบว่า ชุดการทดลองที่ใส่ C และชุด CT เพียง 2 ชุดการทดลองมีปริมาณอินทรียวัตถุเฉลี่ยต่ำกว่าตัวอย่างดินก่อนการทดสอบ (ตารางที่ 42) ในขณะที่ชุดการทดลองที่ใส่ C เพียงชุดการทดลองเดียวมีปริมาณอินทรียวัตถุเฉลี่ยต่ำกว่าชุด CT (ตารางที่ 41 และ 43). ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1C$ มีปริมาณอินทรียวัตถุเฉลี่ยสูงที่สุด คือ ร้อยละ 1.36±0.04. ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1C/2$, $AS_2C$, $AS_2C/2$, $AS_1$ และ $AS_2$ มีปริมาณอินทรียวัตถุเฉลี่ยร้อยละ 1.35±0.03, 1.35±0.07, 1.33±0.04, 1.30±0.06 และ 1.30±0.08, ตามลำดับ. ในขณะที่ชุด CT มีปริมาณอินทรียวัตถุเฉลี่ยร้อยละ 1.28±0.10. สำหรับชุดการทดลองที่ใส่ C มีปริมาณอินทรียวัตถุเฉลี่ยร้อยละ 1.27±0.09. เมื่อนำไปเปรียบเทียบทางสถิติกับชุด CT ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 0.05 พบว่าทุกชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างกับชุด CT และไม่มีความแตกต่างระหว่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 41).

**2. ปฏิกิริยาดิน (pH).** พบว่า มีเพียงชุดการทดลองที่ใส่ $AS_2$ , $AS_1$ และชุด CT มีค่าปฏิกิริยาดินเฉลี่ยสูงกว่าตัวอย่างดินก่อนการทดสอบ ในขณะที่ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_2$ และ $AS_1$ มีค่าปฏิกิริยาดินเฉลี่ยสูงกว่าชุด CT (ตารางที่ 41, 42 และ 43). ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_2$ และ $AS_1$ มีค่าปฏิกิริยาดินเฉลี่ย 7.87±0.13 และ 7.83±0.04, ตามลำดับ ในขณะที่ชุด CT มีค่าปฏิกิริยาดินเฉลี่ย 7.79±0.03, รองลงมาคือ ชุดการทดลองที่ใส่ C, $AS_2C/2$, $AS_2C$, $AS_1C/2$, และ $AS_1C$ มีค่าปฏิกิริยาดินเฉลี่ย คือ 7.55±0.10, 7.45±0.16, 7.36±0.07, 7.11±0.24 และ 6.66±0.18, ตามลำดับ. เมื่อนำไปเปรียบเทียบทางสถิติกับชุด CT ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 0.05 พบว่า ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_2$ และ $AS_1$ ไม่มีความแตกต่างกับชุด CT ในขณะที่แตกต่างกับชุดการทดลองอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ. นอกจากนี้ ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_2C/2$, $AS_2C$ และ C ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 41).

**3. ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (total nitrogen).** พบว่า ชุดการทดลองที่ใส่ C และชุด CT มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดเฉลี่ยต่ำกว่าตัวอย่างดินก่อนการทดสอบ และชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1$ และ $AS_2$ มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดเท่ากับตัวอย่างดินก่อนการทดสอบ (ตารางที่ 42) ในขณะที่มีเพียงชุดการทดลองที่ใส่ C เพียงชุดการทดลองเดียวเท่านั้นที่มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดเฉลี่ยต่ำกว่าชุด CT (ตารางที่ 41 และ 43). ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1C$ มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดเฉลี่ยสูงที่สุด คือ ร้อยละ 0.068±0.002. รองลงมาได้แก่ ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1C/2$, $AS_2C/2$, $AS_2C$,

$AS_1$ และ $AS_2$ มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดเฉลี่ยร้อยละ 0.067±0.001, 0.067±0.002, 0.067±0.004, 0.065±0.003 และ 0.065±0.004, ตามลำดับ ในขณะที่ชุด CT มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดเฉลี่ยร้อยละ 0.064±0.005. สำหรับชุดการทดลองที่ใส่ C มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดเฉลี่ยร้อยละ 0.063±0.005. เมื่อนำไปเปรียบเทียบทางสถิติกับชุด CT ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 0.05 พบว่า ทุกชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างกับชุด CT และไม่มีความแตกต่างระหว่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 41).

**4. ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (available phosphorus).** พบว่า มีเพียงชุดการทดลองที่ใส่ $AS_2C$ เพียงชุดการทดลองเดียวที่มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์เฉลี่ยต่ำกว่าตัวอย่างดินก่อนการทดสอบ และชุด CT (ตารางที่ 41, 42 และ 43). ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1C/2$ มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์เฉลี่ยสูงที่สุด คือ 459.68±160.80 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม, รองลงมา คือ ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_2$, C, $AS_2C/2$, $AS_1$ และ $AS_1C$ มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์เฉลี่ย 419.97±44.82, 392.96±29.85, 388.81±44.23, 383.69±76.60 และ 370.69±76.07 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม, ตามลำดับ ในขณะที่ชุด CT มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์เฉลี่ย 327.17±44.76 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม. สำหรับชุดการทดลองที่ใส่ $AS_2C$ มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์เฉลี่ย 276.74±46.93 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม. เมื่อนำไปเปรียบเทียบทางสถิติกับชุด CT ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 0.05 พบว่า ทุกชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างกับชุด CT อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1C/2$ มีความแตกต่างกับชุดการทดลองที่ใส่ $AS_2C$ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ, นอกนั้นไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ. นอกจากนี้ ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1C/2$, $AS_2$, C, $AS_2C/2$, $AS_1$ และ $AS_1C$ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติและชุดการทดลองที่ใส่ $AS_2$, C, $AS_2C/2$, $AS_1$, $AS_1C$ และ $AS_2C$ ก็ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเช่นกัน.

**5. ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (cation exchange capacity)** พบว่า มีเพียงชุด CT เพียงชุดการทดลองเดียวที่มีค่าความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกเฉลี่ยที่ต่ำกว่าตัวอย่างดินก่อนการทดสอบ (ตารางที่ 42) ในขณะที่ทุกชุดการทดลองมีความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกเฉลี่ยสูงกว่าชุด CT (ตารางที่ 41 และ 43). ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1C/2$ มีความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกเฉลี่ยที่สูงที่สุด คือ 28.03±0.91 เซนติโมลต่อกิโลกรัมดิน, รองลงมาได้แก่ ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_2C$, $AS_2C/2$, $AS_1C$, $AS_2$, C และ $AS_1$ มีความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกเฉลี่ย 27.97±0.55, 27.73±0.97, 27.63±1.10, 27.60±0.82, 27.53±0.95 และ

27.37±0.85 เซนติโมลต่อกิโลกรัมดิน, ตามลำดับ ในขณะที่ชุด CT มีค่าความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกเฉลี่ย 26.57±0.15 เซนติโมลต่อกิโลกรัมดิน. เมื่อนำไปเปรียบเทียบทางสถิติกับชุด CT ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 0.05 พบว่า ทุกชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างกับชุด CT และไม่มีความแตกต่างระหว่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 41).

**6. ความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน (water holding capacity).** พบว่า ทุกชุดการทดลองมีค่าความสามารถในการอุ้มน้ำของดินเฉลี่ยสูงกว่าตัวอย่างดินก่อนการทดสอบ (ตารางที่ 42) ในขณะที่มีเพียงชุดการทดลองที่ใส่ C เพียงชุดการทดลองเดียวที่มีค่าความสามารถในการอุ้มน้ำของดินเฉลี่ยต่ำกว่าชุด CT (ตารางที่ 41 และ 43). ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_2C$ มีค่าความสามารถในการอุ้มน้ำของดินเฉลี่ยสูงที่สุด คือ ร้อยละ 45.28±1.39, รองลงมา คือ ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1C/2$, $AS_1$, $AS_2C/2$, $AS_1C$ และ $AS_2$ มีค่าความสามารถในการอุ้มน้ำของดินเฉลี่ยร้อยละ 45.17±1.24, 44.86±2.45, 44.78±1.48, 44.16±0.53 และ 44.08±1.25, ตามลำดับ ในขณะที่ชุด CT มีค่าความสามารถในการอุ้มน้ำของดินเฉลี่ยร้อยละ 43.97±1.77. สำหรับชุดการทดลองที่ใส่ C มีค่าความสามารถในการอุ้มน้ำของดินเฉลี่ยที่น้อยที่สุด คือ ร้อยละ 43.54±1.74. ถึงแม้ว่าจะมีถึง 6 ชุดการทดลอง ที่มีความสามารถในการอุ้มน้ำของดินเฉลี่ยมากกว่าชุด CT แต่เมื่อนำไปเปรียบเทียบทางสถิติกับชุด CT ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 0.05 พบว่า ทุกชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างกับชุด CT และไม่มีความแตกต่างระหว่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 41).

**7. จำนวนของเม็ดดิน (ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางมากกว่า 0.25 มิลลิเมตร) และมีความเสถียรต่อแรงกระทำของน้ำ (water-stable aggregate).** พบว่า ทุกชุดการทดลองมีจำนวนของเม็ดดิน (ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางมากกว่า 0.25 มิลลิเมตร) และมีความเสถียรต่อแรงกระทำของน้ำเฉลี่ยสูงกว่าตัวอย่างดินก่อนการทดสอบ (ตารางที่ 42) ในขณะที่มีเพียงชุดการทดลองที่ใส่ C เพียงชุดการทดลองเดียวเท่านั้นที่มีจำนวนของเม็ดดิน (ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางมากกว่า 0.25 มิลลิเมตร) และมีความเสถียรต่อแรงกระทำของน้ำเฉลี่ยต่ำกว่าชุด CT (ตารางที่ 41 และ 43). ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_2C$ มีจำนวนของเม็ดดิน (ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางมากกว่า 0.25 มิลลิเมตร) และมีความเสถียรต่อแรงกระทำของน้ำเฉลี่ยที่สูงที่สุด คือ ร้อยละ 69.55±1.84, รองลงมาได้แก่ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1C/2$, $AS_2C/2$, $AS_1$, $AS_1C$ และ $AS_2$ มีจำนวนของเม็ดดิน (ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางมากกว่า 0.25 มิลลิเมตร) และมีความเสถียรต่อแรงกระทำของน้ำเฉลี่ยร้อยละ 69.47±2.42, 69.45±2.65, 68.86±2.24, 68.54±0.63 และ 68.28±1.33, ตามลำดับ ในขณะที่ชุด CT มีจำนวนของเม็ดดิน (ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางมากกว่า 0.25 แ มิลลิเมตร) และมีความเสถียรต่อแรงกระทำของน้ำเฉลี่ยร้อยละ

66.33±1.41. สำหรับชุดการทดลองที่ใส่ C มีจำนวนของเม็ดดิน (ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางมากกว่า 0.25 มิลลิเมตร) และมีความเสถียรต่อแรงกระทำของน้ำเฉลี่ยร้อยละ 66.08±3.68. ถึงแม้ว่าทุกชุดการทดลองจะมีจำนวนของเม็ดดิน (ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางมากกว่า 0.25 มิลลิเมตร) และมีความเสถียรต่อแรงกระทำของน้ำเฉลี่ยที่สูงกว่าชุด CT แต่เมื่อนำไปเปรียบเทียบทางสถิติกับชุด CT ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 0.05 พบว่า ทุกชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างกับชุด CT และไม่มีความแตกต่างระหว่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 41).

จากข้อมูลการวิเคราะห์ดินทั้งหมดจะเห็นได้ว่า การใช้ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายอย่างเดียวหรือใช้ร่วมกับปุ๋ยเคมีจะช่วยเพิ่มคุณสมบัติทางกายภาพของดินที่สำคัญต่างๆ ให้ดีขึ้น เช่น ความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน, จำนวนของเม็ดดิน (ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางมากกว่า 0.25 มิลลิเมตร) และมีความเสถียรต่อแรงกระทำของน้ำ.

สำหรับประสิทธิภาพในการปรับปรุงดินของผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่าย พบว่าชุดการทดลองที่ใส่ $AS_2C$ มีประสิทธิภาพต่อการปรับปรุงดินสูงที่สุด, โดยสามารถทำให้ค่าความสามารถในการอุ้มน้ำของดินและจำนวนเม็ดดิน (ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางมากกว่า 0.25 มิลลิเมตร) ที่มีความเสถียรต่อแรงกระทำของน้ำเพิ่มขึ้นร้อยละ 5.76 และ 5.72, ตามลำดับ เมื่อเทียบกับตัวอย่างดินก่อนการทดสอบ ซึ่งถือว่าสูงกว่าชุดการทดลองอื่น และเพิ่มขึ้นร้อยละ 2.89 และ 4.63 เมื่อเทียบกับชุด CT. นอกจากนี้ ปริมาณอินทรียวัตถุและปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดมีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้น, ผลดังแสดงในตารางที่ 41, 42 และ 43.

ดังนั้น ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1C/2$ มีประสิทธิภาพต่อการเพิ่มผลผลิตของกะหล่ำปลีเช่นเดียวกับผลการทดสอบในแปลงทดสอบผักกวางตุ้งใบ, ผักกาดหอม, ผักคะน้าและกวางตุ้งดอกที่ผ่านมา ในขณะที่ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_2C$ มีประสิทธิภาพต่อการปรับปรุงดิน.

**ตารางที่ 41. คุณสมบัติบางประการที่เปลี่ยนแปลงของดินที่นำมาศึกษาหลังการใส่ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายของแปลงทดสอบผักกะหล่ำปลี**

| ชุดการทดลอง[1] | ปริมาณอินทรียวัตถุ[2] (ร้อยละ) | ปฏิกิริยาดิน[2] (pH) | ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด[2] (ร้อยละ) | ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์[2] (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) | ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก[2] (เซนติโมลต่อกิโลกรัมดิน) | ความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน [2] (ร้อยละ) | จำนวนเม็ดดินที่เสถียรต่อแรงกระทำของน้ำ[2] (>0.25 มม.) (ร้อยละ) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| CT | 1.28±0.10$^{a}$ | 7.79±0.03$^{a}$ | 0.064±0.005$^{a}$ | 327.17±44.76$^{ab}$ | 26.57±0.15$^{a}$ | 43.97±1.77$^{a}$ | 66.33±1.41$^{a}$ |
| C | 1.27±0.09$^{a}$ | 7.55±0.10$^{b}$ | 0.063±0.005$^{a}$ | 392.96±29.85$^{ab}$ | 27.53±0.95$^{a}$ | 43.54±1.74$^{a}$ | 66.08±3.68$^{a}$ |
| $AS_1$ | 1.30±0.06$^{a}$ | 7.83±0.04$^{a}$ | 0.065±0.003$^{a}$ | 383.69±76.60$^{ab}$ | 27.17±0.85$^{a}$ | 44.86±2.45$^{a}$ | 68.86±2.24$^{a}$ |
| $AS_2$ | 1.30±0.08$^{a}$ | 7.87±0.13$^{a}$ | 0.065±0.004$^{a}$ | 419.97±44.82$^{ab}$ | 27.60±0.82$^{a}$ | 44.08±1.25$^{a}$ | 68.28±1.33$^{a}$ |
| $AS_1C$ | 1.36±0.04$^{a}$ | 6.66±0.18$^{d}$ | 0.068±0.002$^{a}$ | 370.69±76.07$^{ab}$ | 27.63±1.10$^{a}$ | 44.16±0.53$^{a}$ | 68.54±0.63$^{a}$ |
| $AS_1C/2$ | 1.35±0.03$^{a}$ | 7.11±0.24$^{c}$ | 0.067±0.001$^{a}$ | 459.68±160.80$^{a}$ | 28.03±0.91$^{a}$ | 45.17±1.24$^{a}$ | 69.47±2.42$^{a}$ |
| $AS_2C$ | 1.35±0.07$^{a}$ | 7.36±0.07$^{b}$ | 0.067±0.004$^{a}$ | 276.74±46.93$^{b}$ | 27.97±0.55$^{a}$ | 45.28±1.39$^{a}$ | 69.55±1.84$^{a}$ |
| $AS_2C/2$ | 1.33±0.04$^{a}$ | 7.45±0.16$^{b}$ | 0.067±0.002$^{a}$ | 388.81±44.23$^{ab}$ | 27.73±0.97$^{a}$ | 44.78±1.48$^{a}$ | 69.45±2.65$^{a}$ |
| C.V. (%) | 5.03 | 1.81 | 5.25 | 20.21 | 3.05 | 3.53 | 3.34 |
| F-test | ns | ** | ns | ns | ns | ns | ns |

**หมายเหตุ :** [1]CT= ชุดควบคุม, C= ปุ๋ยเคมี สูตร 46-0-0 ในอัตรา 200 กิโลกรัมต่อไร่ และสูตร 16-16-16 ในอัตรา 80 กิโลกรัมต่อไร่, C/2= ปุ๋ยเคมี สูตร 46-0-0 ในอัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ และสูตร 16-16-16 ในอัตรา 40 กิโลกรัมต่อไร่, $AS_1$ = ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายในอัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ และ $AS_2$ = ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่าย ในอัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่

[2]ค่าเฉลี่ยจาก 3 ซ้ำ ซ้ำละ 10 ต้น โดยค่าเฉลี่ยที่มีอักษรตามหลังเหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี Duncan's multiple range test (DMRT)

ns ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

** มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

**ตารางที่ 42. คุณสมบัติบางประการที่เปลี่ยนแปลงของดินที่นำมาศึกษาหลังการใส่ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายของแปลงทดสอบผักกะหล่ำปลี เมื่อเทียบกับตัวอย่างดินก่อนการทดสอบ (เปอร์เซ็นต์)**

| ชุดการทดลอง[1] | ปริมาณอินทรียวัตถุ | ปฏิกิริยาดิน (pH) | ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด | ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ | ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก | ความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน | จำนวนเม็ดดินที่เสถียรต่อแรงกระทำของน้ำ (>0.25 มม.) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| CT | − 1.56 | + 2.43 | − 1.56 | + 14.41 | − 0.87 | + 2.95 | + 1.14 |
| C | − 2.36 | − 0.66 | − 3.17 | + 28.74 | + 2.65 | + 1.99 | + 0.77 |
| $AS_1$ | 0.0 | + 2.93 | 0.0 | + 27.02 | + 2.92 | + **5.76** | + 4.77 |
| $AS_2$ | 0.0 | + **3.43** | 0.0 | + 33.32 | + 2.90 | + 3.19 | + 3.96 |
| $AS_1C$ | + **4.41** | − 14.11 | + **4.41** | + 24.46 | + 4.18 | + 3.37 | + 4.33 |
| $AS_1C/2$ | + 3.70 | − 6.89 | + 2.98 | + **39.00** | + **4.38** | + 5.53 | + 5.61 |
| $AS_2C$ | + 3.70 | − 3.26 | + 2.98 | − 1.17 | + 3.00 | + **5.76** | + **5.72** |
| $AS_2C/2$ | + 2.25 | − 2.01 | + 2.98 | + 27.98 | + 3.35 | + 4.71 | + 5.58 |

**หมายเหตุ :** [1]CT= ชุดควบคุม, C= ปุ๋ยเคมี สูตร 46-0-0 ในอัตรา 200 กิโลกรัมต่อไร่ และสูตร 16-16-16 ในอัตรา 80 กิโลกรัมต่อไร่, C/2= ปุ๋ยเคมี สูตร 46-0-0 ในอัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ และสูตร 16-16-16 ในอัตรา 40 กิโลกรัมต่อไร่, $AS_1$ = ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายในอัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ และ $AS_2$ = ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่าย ในอัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่

เครื่องหมาย + หมายถึงเปอร์เซ็นต์ที่เพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับผลวิเคราะห์ตัวอย่างดินก่อนการทดสอบ

เครื่องหมาย – หมายถึงเปอร์เซ็นต์ที่ลดลงเมื่อเทียบกับผลวิเคราะห์ตัวอย่างดินก่อนการทดสอบ

**ตารางที่ 43. คุณสมบัติบางประการที่เปลี่ยนแปลงของดินที่นำมาศึกษาหลังการใส่ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายของแปลงทดสอบผักกะหล่ำปลี เมื่อเทียบชุดควบคุม (เปอร์เซ็นต์)**

| ชุดการทดลอง[1] | ปริมาณอินทรียวัตถุ | ปฏิกิริยาดิน (pH) | ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด | ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ | ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก | ความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน | จำนวนเม็ดดินที่เสถียรต่อแรงกระทำของน้ำ (>0.25 มม.) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| CT | - | - | - | - | - | - | - |
| C | − 0.79 | − 30.08 | − 1.54 | + 16.74 | + 3.49 | − 0.98 | − 0.38 |
| $AS_1$ | + 1.54 | + 0.51 | + 1.54 | + 14.73 | + 2.92 | + 1.98 | + 3.67 |
| $AS_2$ | + 1.54 | + **1.01** | + 1.54 | + 22.09 | + 3.73 | + 0.24 | + 2.86 |
| $AS_1C$ | + **5.88** | − 16.96 | + **5.88** | + 11.74 | + 3.84 | + 0.43 | + 3.22 |
| $AS_1C/2$ | + 5.19 | − 9.56 | + 4.48 | + **28.82** | + **5.21** | + 2.65 | + 4.52 |
| $AS_2C$ | + 5.19 | − 5.84 | + 4.48 | − 18.22 | + 5.01 | + **2.89** | + **4.63** |
| $AS_2C/2$ | + 3.76 | − 4.56 | + 4.48 | + 15.85 | + 4.18 | + 1.80 | + 4.49 |

**หมายเหตุ :** [1]CT= ชุดควบคุม, C= ปุ๋ยเคมี สูตร 46-0-0 ในอัตรา 200 กิโลกรัมต่อไร่ และสูตร 16-16-16 ในอัตรา 80 กิโลกรัมต่อไร่, C/2= ปุ๋ยเคมี สูตร 46-0-0 ในอัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ และสูตร 16-16-16 ในอัตรา 40 กิโลกรัมต่อไร่, $AS_1$ = ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายในอัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ และ $AS_2$ = ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่าย ในอัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่

เครื่องหมาย + หมายถึงเปอร์เซ็นต์ที่เพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับผลวิเคราะห์ตัวอย่างดินของชุดควบคุม

เครื่องหมาย – หมายถึงเปอร์เซ็นต์ที่ลดลงเมื่อเทียบกับผลวิเคราะห์ตัวอย่างดินของชุดควบคุม

**(ก)**

**แปลงทดสอบที่เป็นชุดควบคุม (CT)**

**(ข)**

**แปลงทดสอบที่ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 ในอัตรา 200 กิโลกรัมต่อไร่ และสูตร 16-16-16 ในอัตรา 80 กิโลกรัมต่อไร่ (C)**

**รูปที่ 6. แปลงทดสอบประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายใน แปลงทดสอบผักกะหล่ำปลี.**

**(ค)**

**แปลงทดสอบที่ใส่ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายในอัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ ($AS_1$)**

**(ง)**

**แปลงทดสอบที่ใส่ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่าย ในอัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ ($AS_2$)**

**รูปที่ 6. (ต่อ) แปลงทดสอบประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายใน แปลงทดสอบผักกะหล่ำปลี.**

**(จ)**

**แปลงทดสอบที่ใส่ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่าย ในอัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 ในอัตรา 200 กิโลกรัมต่อไร่ และสูตร 16-16-16 ในอัตรา 80 กิโลกรัมต่อไร่ ($AS_1C$)**

**(ฉ)**

**แปลงทดสอบที่ใส่ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายในอัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ร่วมกับปุ๋ยเคมี สูตร 46-0-0 ในอัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ และสูตร 16-16-16 ในอัตรา 40 กิโลกรัมต่อไร่ ($AS_1C/2$)**

**รูปที่ 6. (ต่อ) แปลงทดสอบประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่าย ในแปลงทดสอบผักกะหล่ำปลี.**

**(ช)**

**แปลงทดสอบที่ใส่ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายในอัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 ในอัตรา 200 กิโลกรัมต่อไร่ และสูตร 16-16-16 ในอัตรา 80 กิโลกรัมต่อไร่ ($AS_2C$)**

**(ซ)**

**แปลงทดสอบที่ใส่ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่าย ในอัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ร่วมกับปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 ในอัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ และสูตร 16-16-16 ในอัตรา 40 กิโลกรัมต่อไร่ ($AS_2C/2$)**

**รูปที่ 6. (ต่อ) แปลงทดสอบประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายในแปลงทดสอบผักกะหล่ำปลี.**

## 3.6 การทดสอบประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายในแปลงทดสอบผักถั่วฝักยาว

### 3.6.1 ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างดินก่อนการทดสอบ

การวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ, เคมี และธาตุอาหารพืชในดินก่อนการทดสอบของตัวอย่างดินจากแปลงทดสอบผักถั่วฝักยาว, ได้ผลดังตารางที่ 44.

**ตารางที่ 44. สมบัติบางประการของดินที่นำมาศึกษาก่อนการใส่ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายในแปลงทดสอบผักถั่วฝักยาว**

| คุณสมบัติดิน | ตัวอย่างดินจากแปลงผักถั่วฝักยาว |
|---|---|
| **คุณสมบัติทางกายภาพ** | |
| 1. เนื้อดิน | ดินร่วนปนทราย (sandy loam) |
| ร้อยละทราย (sand) | 71.80 |
| ร้อยละทรายแป้ง (silt) | 18.40 |
| ร้อยละดินเหนียว (clay) | 9.80 |
| 2 จำนวนของเม็ดดินที่เสถียรต่อแรงกระทำของน้ำ (ร้อยละ) | 15.21 |
| 3. ความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน (ร้อยละ) | 23.25 |
| **คุณสมบัติทางเคมี** | |
| 1. ปริมาณอินทรียวัตถุ (ร้อยละ) | 1.13 |
| 2. ค่าปฏิกิริยาดิน (pH) | 7.00 |
| 3. ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (เซนติโมลต่อกิโลกรัมดิน) | 6.30 |
| 4. ความอิ่มตัวด้วยด่างของดิน (ร้อยละ) | 124.10 |
| **ธาตุอาหารพืชในดิน** | |
| 1. ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (ร้อยละ) | 0.057 |
| 2. ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) | 428.00 |
| 3. ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) | 134.00 |
| 4. ปริมาณแคลเซียมที่เป็นประโยชน์ (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) | 1,225.00 |
| 5. ปริมาณแมกนีเซียมที่เป็นประโยชน์ (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) | 102.00 |

จากตารางที่ 44 ตัวอย่างดินจากแปลงทดสอบผักถั่วฝักยาวแปลงนี้มีเนื้อดินเป็นดินร่วนปนทราย (sandy loam) โดยมีปริมาณอนุภาคขนาดทราย, ทรายแป้ง และดินเหนียว ร้อยละ 71.80, 18.40 และ 9.80, ตามลำดับ. จำนวนของเม็ดดิน (ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางมากกว่า 0.25 มิลลิเมตร) และมีความเสถียรต่อแรงกระทำของน้ำอยู่ในระดับต่ำ คือ ร้อยละ 15.21. ความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน ร้อยละ 23.25. มีปริมาณอินทรียวัตถุอยู่ในระดับต่ำ คือ ร้อยละ 1.13. การที่มีปริมาณอินทรียวัตถุต่ำกว่าร้อยละ 1.50 ถือว่าดินมีความเสื่อมโทรมมาก. ค่าปฏิกิริยาดินอยู่ในระดับกลาง คือ 7.0. ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกอยู่ในระดับต่ำปานกลางคือ 6.30 เซนติโมลต่อกิโลกรัมดิน. ความอิ่มตัวด้วยด่างของดินอยู่ในระดับสูง คือ ร้อยละ 124.10. ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดอยู่ในระดับต่ำมาก คือร้อยละ 0.057. ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับสูงมาก คือ 428.00 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม. ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับสูง คือ 134.00 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม. ปริมาณแคลเซียมที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับสูงมาก คือ 1,225.00 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และปริมาณแมกนีเซียมที่เป็นประโยชน์มีปริมาณที่สูงเกินไปสำหรับพืชบางชนิด คือ 102.00 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา 2549; ซับซ้อน 2541; อิ่มเอิบ 2542; สุขสวัสดิ์ 2544; Hazelton and Murphy 2007; Land Classification Division and FAO Project Staff 1973).

ถั่วฝักยาวสามารถปลูกได้ในดินทุกชนิด แต่ปลูกได้ดีในดินร่วนปนทราย, มีการระบายน้ำได้ดี, สภาพความเป็นกรดเบสอยู่ระหว่าง 5.5-6.0 (การปลูกถั่วฝักยาว ม.ป.ป).

ระดับความอุดมสมบูรณ์ของดิน คือ ระดับความสามารถของดินที่จะให้ธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์แก่พืช. พิจารณาจาก 2 ส่วน ส่วนแรก คือ ความสามารถของดินในการเก็บกักธาตุอาหารพืชไว้ในลักษณะปริมาณสำรองเพื่อที่จะเปลี่ยนเป็นรูปที่เป็นประโยชน์ได้ในอนาคต ซึ่งประกอบด้วย ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก, ความอิ่มตัวด้วยด่างของดิน และอินทรียวัตถุในดิน. ส่วนที่ 2 พิจารณาจากธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ 3 ธาตุ คือ ปริมาณอินทรียวัตถุ, ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์. ดังนั้นในการประเมินระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินของกรมพัฒนาที่ดิน จึงประเมินจากค่าวิเคราะห์คุณสมบัติของดินเพียง 5 ประการ คือ ปริมาณอินทรียวัตถุในดิน, ความความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก, ความอิ่มตัวด้วยด่างของดิน, ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา 2549).

เมื่อนำค่าวิเคราะห์ดินมาประเมินระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินดังตารางภาคผนวกที่ 1 (ภาคผนวกที่ 2), แล้วนำผลคะแนนของแต่ละค่าวิเคราะห์มารวมกันเพื่อประเมินระดับความอุดมสมบูรณ์ของดิน พบว่า ดินจากแปลงผักถั่วฝักยาวมีความอุดมสมบูรณ์ปานกลาง, แต่เมื่อพิจารณาถึงปริมาณอินทรียวัตถุพบว่าอยู่ในระดับที่ต่ำ ทั้งนี้ เนื่องจากดินมีค่าความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก, ความอิ่มตัวด้วยด่างของดิน, ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับที่สูงถึงสูงมาก.

ดังนั้น ดินที่มีปริมาณอินทรียวัตถุอยู่ในระดับที่ต่ำ จึงไม่เหมาะสมต่อการเพาะปลูกถั่วฝักยาว และหากไม่มีการเพิ่มอินทรียวัตถุให้แก่ดินแล้ว จะทำให้ระดับอินทรียวัตถุต่ำลงจนไม่เพียงพอต่อการทำการเกษตรและทำให้ดินเกิดการเสื่อมโทรมได้. ทางแก้ปัญหาทางหนึ่งที่จะช่วยเพิ่มปริมาณอินทรียวัตถุให้แก่ดิน โดยที่เสียค่าใช้จ่ายต่ำและเป็นการเพิ่มปริมาณอินทรียวัตถุได้อย่างยั่งยืน คือ การใส่ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายกลุ่มที่สามารถหลั่งสารเหนียวประเภทพอลิแซ็กคาไรด์ออกสู่ภายนอกเซลล์ (extracellular polysaccharide) ได้. นอกจากนี้ สาหร่ายกลุ่มนี้ยังสามารถที่จะตรึงไนโตรเจนจากอากาศ ซึ่งจะช่วยเพิ่มปริมาณอินทรียวัตถุให้แก่ดินได้อีกทางหนึ่งด้วย.

นอกจากนี้ การที่ดินมีปริมาณฟอสฟอรัสที่สูงและเหลือตกค้างอยู่ในดินเป็นปริมาณมาก, ฟอสฟอรัสจะทำปฏิกิริยาตกตะกอนกับจุลธาตุ, โดยเฉพาะสังกะสี, เหล็ก และแมงกานีส, ทำให้พืชไม่สามารถดูดจุลธาตุเหล่านี้ไปใช้ประโยชน์ได้ พืชจึงแสดงอาการขาดจุลธาตุ. แม้ว่าจะใส่จุลธาตุในดิน ก็จะไม่ได้ผล เนื่องจาก จุลธาตุจะตกตะกอนกับฟอสฟอรัสได้ต่อไป. เนื่องจากฟอสฟอรัสสูญหายไปจากดินค่อนข้างยาก จึงพบว่ามีการสะสมฟอสฟอรัสในดินสูงเกินความต้องการของพืช. การที่มีปริมาณโพแทสเซียมในดินมากเกินไป จะทำให้พืชดูดใช้ธาตุแมกนีเซียมและแคลเซียมลดลง. การแก้ปัญหาวิธีหนึ่งคือ ลดปริมาณการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมลง เป็นการลดค่าใช้จ่ายด้านปุ๋ยเคมีได้เนื่องจากปุ๋ยฟอสฟอรัสมีราคาแพง (บัวทรัพย์ 2543).

ดินที่มีปริมาณแคลเซียมสูงมากเกินไป จะมีผลกระทบต่อสมดุลของธาตุอาหารพืชชนิดอื่น, ทำให้พืชแสดงอาการขาดธาตุนั้น เช่น ทำให้เกิดการขาดโบรอน, โพแทสเซียม, แมกนีเซียม, ฟอสเฟต, หรือมีผลกระทบด้านความเป็นเบสของดิน ซึ่งจะมีผลในการควบคุมการปลดปล่อยเหล็กและแมงกานีส. การที่ดินมีแมกนีเซียมในปริมาณที่สูงเกินไปสำหรับพืช จะทำให้เกิดความไม่สมดุล

ของธาตุอาหารพืช เช่น การที่พืชดูดแมกนีเซียมมากเกินไป อาจเกิดจากการขาดโพแทสเซียม เนื่องจากสมดุลของโพแทสเซียมต่อแมกนีเซียมในดินมีสัดส่วนต่ำ (สุขสวัสดิ์ 2544).

อย่างไรก็ตาม การที่ดินมีปริมาณฟอสฟอรัส, โพแทสเซียม, แคลเซียม และแมกนีเซียมอยู่ในปริมาณมาก จะเป็นประโยชน์ต่อสาหร่าย, เนื่องจากธาตุฟอสฟอรัสเป็นธาตุอาหารหลัก (major element), โพแทสเซียม, แคลเซียม และแมกนีเซียมจัดเป็นธาตุอาหารรอง (minor element), ซึ่งสาหร่ายต้องการในปริมาณมากเพื่อการเจริญเติบโต. นอกจากนี้ ธาตุเหล่านี้ยังมีความสำคัญต่อการตรึงไนโตรเจนและการสังเคราะห์แสงอีกด้วย. เมื่อสาหร่ายกลุ่มนี้ตายลง จะปลดปล่อยธาตุอาหารดังกล่าวรวมทั้งไนโตรเจนกลับสู่พื้นดินอย่างช้าๆ อีกด้วย.

### 3.6.2 ผลทดสอบประสิทธิภาพหลังการใส่ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายในแปลงทดสอบผักถั่วฝักยาว

แบ่งการทดลองออกเป็น 8 ชุดการทดลอง คือ CT, C, $AS_1$, $AS_2$, $AS_1C$,$AS_1C/2$, $AS_2C$ และ $AS_2C/2$, ดังรูปที่ 7. เมื่อถึงระยะเก็บเกี่ยว (50 วัน) พบว่า ทั้ง 8 ชุดการทดลอง มีค่าของปัจจัยต่างๆ ได้แก่ ความยาวของฝักถั่วฝักยาว, น้ำหนักต่อฝักของถั่วฝักยาวและผลผลิตรวม, แสดงผลดังตารางที่ 45. ผลผลิตของต้นถั่วฝักยาวที่เพิ่มขึ้น (เปอร์เซ็นต์) เมื่อเทียบกับชุดควบคุม, ผลดังแสดงตารางที่ 46. ค่าใช้จ่ายผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายและปุ๋ยเคมี และผลตอบแทนทางเศรษฐกิจของการใช้ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายและปุ๋ยเคมีในอัตราต่างๆ ต่อผลผลิตของถั่วฝักยาว, แสดงผลดังตารางที่ 47.

#### ก. การเจริญเติบโตทางด้านความยาวฝักของถั่วฝักยาว

การเจริญเติบโตทางด้านความยาวฝัก จากตารางที่ 45 พบว่า ทุกชุดการทดลองมีความยาวฝักเฉลี่ยสูงกว่าชุด CT. โดยชุดการทดลองที่ใส่ C มีความยาวฝักเฉลี่ยสูงที่สุด คือ 51.13±1.81 เซนติเมตร, รองลงมาได้แก่ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1C$, $AS_1C/2$, $AS_2$, $AS_1$, $AS_2C$ และ$AS_2C/2$ มีความยาวฝักเฉลี่ย 49.70±3.55, 46.67±1.25, 46.57±5.58, 46.23±4.11, 45.50±3.10 และ 45.47±3.84 เซนติเมตร, ตามลำดับ. ในขณะที่ชุด CT มีความยาวฝักเฉลี่ย 40.10±4.91 เซนติเมตร. ถึงแม้ว่าทุกชุดการทดลองจะมีความยาวฝักเฉลี่ยที่สูงกว่าชุด CT แต่เมื่อนำไปเปรียบเทียบทางสถิติกับชุด CT ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 0.05 พบว่า มีเพียงชุดการทดลองที่ใส่ C และ $AS_1C$ เพียง 2 ชุดการทดลองเท่านั้นที่มีความแตกต่างกับชุด CT อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่ชุดการทดลองที่ใส่ C, $AS_1C$, $AS_1C/2$, $AS_2$, $AS_1$, $AS_2C$ และ$AS_2C/2$ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ.

นอกจากนี้ ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1C/2$, $AS_2$, $AS_1$, $AS_2C$ และ$AS_2C/2$ ก็ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเช่นเดียวกัน.

**ข. น้ำหนักต่อฝักของถั่วฝักยาว**

น้ำหนักต่อฝักของถั่วฝักยาว จากตารางที่ 45 พบว่า ทุกชุดการทดลองมีน้ำหนักต่อฝักที่สูงกว่าชุด CT. ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1C$ มีน้ำหนักต่อฝักเฉลี่ยที่สูงที่สุด คือ 29.67±0.29 กรัม, รองลงมาได้แก่ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_2C$, C, $AS_2C/2$, $AS_1C/2$, $AS_2$ และ $AS_1$ มีน้ำหนักต่อฝักเฉลี่ย 26.83±3.18, 26.33±1.76, 25.17±0.76, 24.17±1.61, 23.67±1.53 และ23.00±3.77 กรัม, ตามลำดับ. ในขณะที่ชุด CT มีน้ำหนักต่อฝักเฉลี่ย 19.00±2.29 กรัม. เมื่อนำไปเปรียบเทียบทางสถิติกับชุด CT ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 0.05 พบว่า ทุกชุดการทดลองมีความแตกต่างกับชุด CT อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ, โดยชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1C$, $AS_2C$ และ C ไม่มีความแตกต่างกัน. นอกจากนี้ ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_2C$, C, $AS_2C/2$, $AS_1C/2$, $AS_2$ และ $AS_1$ ก็ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเช่นเดียวกัน.

**ค. ผลผลิตรวม**

ผลผลิตรวมเฉลี่ยของผักถั่วฝักยาว จากตารางที่ 45 พบว่า ทุกชุดการทดลองมีผลผลิตรวมเฉลี่ยสูงกว่าชุด CT. ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1C$ มีผลผลิตรวมเฉลี่ยที่สูงที่สุด คือ 3,221.33±1,536.44 กิโลกรัมต่อไร่, รองลงมาได้แก่ ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_2C$, C, $AS_1C/2$, $AS_2C/2$, $AS_2$ และ$AS_1$ มีผลผลิตรวมเฉลี่ย 2,944.00±778.59, 2,922.67±594.66, 2,496.00±861.03, 2,346.67±536.74, 2,282.67±1,075.38 และ 1,834.67±435.64 กิโลกรัมต่อไร่, ตามลำดับ. ในขณะที่ชุด CT มีผลผลิตรวมเฉลี่ย 1,194.67±385.77 กิโลกรัมต่อไร่. ถึงแม้ว่าทุกชุดการทดลองจะมีผลผลิตรวมเฉลี่ยที่สูงกว่าชุด CT แต่เมื่อนำไปเปรียบเทียบทางสถิติกับชุด CT ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 0.05 พบว่า มีเพียงชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1C$, $AS_2C$ และ C เพียง 3 ชุดการทดลองเท่านั้นที่มีความแตกต่างกับชุด CT อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1C$, $AS_2C$, C, $AS_1C/2$, $AS_2C/2$, $AS_2$ และ $AS_1$ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ. นอกจากนี้ ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1C/2$, $AS_2C/2$, $AS_2$ และ $AS_1$ ก็ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเช่นเดียวกัน.

**ตารางที่ 45. การเจริญเติบโตทางด้านความยาวฝัก, น้ำหนักต่อฝักและผลผลิตรวมของถั่วฝักยาว**

| ชุดการทดลอง[1] | ความยาวฝัก[2] (เซนติเมตร) | น้ำหนักต่อฝัก[2] (กรัม) | ผลผลิตรวม[3] (กิโลกรัมต่อไร่) |
|---|---|---|---|
| CT | 40.10±4.91[b] | 19.00±2.29[c] | 1,194.67±385.77[b] |
| C | 51.13±1.81[a] | 26.33±1.76[ab] | 2,922.67±594.66[a] |
| $AS_1$ | 46.23±4.11[ab] | 23.00±3.77[b] | 1,834.67±435.64[ab] |
| $AS_2$ | 46.57±5.58[ab] | 23.67±1.53[b] | 2,282.67±1,075.38[ab] |
| $AS_1C$ | 49.70±3.55[a] | 29.67±0.29[a] | 3,221.33±1,536.44[a] |
| $AS_1C/2$ | 46.67±1.25[ab] | 24.17±1.61[b] | 2,496.00±861.03[ab] |
| $AS_2C$ | 45.50±3.10[ab] | 26.83±3.18[ab] | 2,944.00±778.59[a] |
| $AS_2C/2$ | 45.47±3.84[ab] | 25.17±0.76[b] | 2,346.67±536.74[ab] |
| CV. (%) | 8.13 | 8.84 | 35.54 |
| F-test | ns | ** | ns |

**หมายเหตุ :** [1]CT= ชุดควบคุม, C= ปุ๋ยเคมี สูตร 46-0-0 ในอัตรา 20 กรัมต่อต้น และสูตร 15-15-15 ในอัตรา 60 กรัมต่อต้น, C/2 = ปุ๋ยเคมี สูตร 46-0-0 ในอัตรา 10 กรัมต่อต้น และสูตร 15-15-15 ในอัตรา 30 กรัมต่อต้น, $AS_1$ = ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายในอัตรา 200 กรัมต่อต้น และ $AS_2$ = ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่าย ในอัตรา 300 กรัมต่อต้น

[2] ค่าเฉลี่ยจาก 3 ซ้ำ ซ้ำละ 20 ฝัก และ [3]ค่าเฉลี่ยจาก 3 ซ้ำ ซ้ำละ 30 ครั้ง (เก็บผลผลิต 30 ครั้ง) โดยค่าเฉลี่ยที่มีอักษรตามหลังเหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี Duncan's multiple range test (DMRT)

ns ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

** มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

จากผลการทดลอง พบว่า ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1C$ มีประสิทธิภาพต่อการเพิ่มผลผลิตสูงที่สุด, โดยเพิ่มสูงถึงร้อยละ 62.91 เมื่อเทียบกับชุด CT. นอกจากนี้ ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_2C$ สามารถเพิ่มผลผลิตได้ถึงร้อยละ 59.42 ในขณะที่ชุดการทดลองที่ใส่ C เพิ่มผลผลิตได้ร้อยละ 59.12. สำหรับชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1C/2$, $AS_2C/2$, $AS_2$ และ $AS_1$ สามารถเพิ่มผลผลิตได้ร้อยละ 52.14, 49.09, 47.66 และ 34.88, ตามลำดับ, ผลดังแสดงในตารางที่ 46.

จะเห็นว่า ชุดการทดลองที่ใส่ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีสามารถที่จะเพิ่มผลผลิตได้มากกว่าการใส่ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว.

**ตารางที่ 46. ผลผลิตของต้นถั่วฝักยาวที่เพิ่มขึ้น (เปอร์เซ็นต์) เมื่อเทียบกับชุดควบคุม**

| ชุดการทดลอง[1] | ผลผลิต (%) | | |
|---|---|---|---|
| | ความยาวฝัก | น้ำหนักต่อฝัก | ผลผลิตรวม |
| CT | - | - | - |
| C | + **21.57** | + 27.84 | + 59.12 |
| $AS_1$ | + 13.26 | + 17.39 | + 34.88 |
| $AS_2$ | + 13.89 | + 19.73 | + 47.66 |
| $AS_1C$ | + 19.32 | + **35.96** | + **62.91** |
| $AS_1C/2$ | + 14.08 | + 21.39 | + 52.14 |
| $AS_2C$ | + 11.87 | + 29.18 | + 59.42 |
| $AS_2C/2$ | + 11.81 | + 24.51 | + 49.09 |

**หมายเหตุ :** [1]CT= ชุดควบคุม, C= ปุ๋ยเคมี สูตร 46-0-0 ในอัตรา 20 กรัมต่อต้น และสูตร 15-15-15 ในอัตรา 60 กรัมต่อต้น, C/2 = ปุ๋ยเคมี สูตร 46-0-0 ในอัตรา 10 กรัมต่อต้น และสูตร 15-15-15 ในอัตรา 30 กรัมต่อต้น, $AS_1$ = ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายในอัตรา 200 กรัมต่อต้น และ $AS_2$ = ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่าย ในอัตรา 300 กรัมต่อต้น

เครื่องหมาย + หมายถึงเปอร์เซ็นต์ที่เพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับชุดควบคุม

**ง. ค่าใช้จ่ายผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายและปุ๋ยเคมีและผลตอบแทนทางเศรษฐกิจของการใช้ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายและปุ๋ยเคมีในอัตราต่างๆ ต่อผลผลิตของผักถั่วฝักยาว**

**1. ค่าใช้จ่ายผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายและปุ๋ยเคมี.** จากตารางที่ 47 พบว่า ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_2C$ มีค่าใช้จ่ายผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายและปุ๋ยเคมีที่สูงที่สุด คือ 24,652.80 บาทต่อไร่, รองลงมาได้แก่ ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1C$, $AS_2C/2$, $AS_1C/2$, C, $AS_2$ และ $AS_1$ มีค่าใช้จ่ายผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายและปุ๋ยเคมี 20,812.80, 18,086.40, 14,246.40, 13,132.80, 11,520.00 และ 7,680.00 บาทต่อไร่, ตามลำดับ.

**2. ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจของการใช้ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายและปุ๋ยเคมีในอัตราต่างๆ ต่อผลผลิตของผักถั่วฝักยาว (VCR).** จากตารางที่ 47 พบว่า ทุกชุดการทดลองถือว่าคุ้มค่าแก่การลงทุน เนื่องจากมีค่า VCR สูงกว่า 2.00, โดยชุดการทดลองที่ใส่ C มีผลตอบแทนทางเศรษฐกิจสูงที่สุด คือ 4.63, รองลงมาได้แก่ ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1C$, $AS_2$, $AS_1C/2$, $AS_1$, $AS_2C$ และ $AS_2C/2$ มีผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ 3.42, 3.32, 3.21, 2.93, 2.49 และ 2.24, ตามลำดับ.

จะเห็นได้ว่า ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1C$ คือ ใส่ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายในอัตรา 200 กรัมต่อต้นร่วมกับปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 ในอัตรา 20 กิโลกรัมต่อไร่และสูตร 15-15-15 ในอัตรา 60 กิโลกรัมต่อไร่ ให้ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจสูงใกล้เคียงกับชุดการทดลองที่ใส่ C คือ ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 ในอัตรา 20 กิโลกรัมต่อไร่และสูตร 15-15-15 ในอัตรา 60 กิโลกรัมต่อไร่. ถ้าเกษตรกรหันมาใช้ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายร่วมกับลดการใช้ปุ๋ยเคมีลงอย่างต่อเนื่อง ผลตอบแทนที่จะได้รับมิใช่แต่จะเป็นผลตอบแทนทางด้านเศรษฐกิจเพียงอย่างเดียว, แต่เป็นการใช้ประโยชน์พื้นที่การเกษตรแบบอนุรักษ์โดยทำการปรับปรุงดินไปพร้อมๆ กับผลิตพืชที่เพิ่มขึ้น. ดังนั้น การใช้ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายจะช่วยให้เกิดการใช้ประโยชน์จากทรัพยากรดินได้อย่างยั่งยืน ซึ่งส่งผลต่อความมั่นคงทางอาหาร (food security) ของประเทศในที่สุด.

**ตารางที่ 47. ค่าใช้จ่ายผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายและปุ๋ยเคมี และผลตอบแทนทางเศรษฐกิจของการใช้ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายและปุ๋ยเคมีในอัตราต่างๆ ต่อผลผลิตของผักถั่วฝักยาว**

| ชุดการทดลอง[1] | ค่าใช้จ่ายผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายและปุ๋ยเคมี (บาทต่อไร่) | ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ (VCR) |
|---|---|---|
| CT | - | - |
| C | 13,132.80 | 4.63 |
| $AS_1$ | 7,680.00 | 2.93 |
| $AS_2$ | 11,520.00 | 3.32 |
| $AS_1C$ | 20,812.80 | 3.42 |
| $AS_1C/2$ | 14,246.40 | 3.21 |
| $AS_2C$ | 24,652.80 | 2.49 |
| $AS_2C/2$ | 18,086.40 | 2.24 |

**หมายเหตุ** : [1]CT = ชุดควบคุม, C= ปุ๋ยเคมี สูตร 46-0-0 ในอัตรา 20 กรัมต่อต้น และสูตร 15-15-15 ในอัตรา 60 กรัมต่อต้น, C/2 = ปุ๋ยเคมี สูตร 46-0-0 ในอัตรา 10 กรัมต่อต้น และสูตร 15-15-15 ในอัตรา 30 กรัมต่อต้น, $AS_1$ = ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายในอัตรา 200 กรัมต่อต้น และ $AS_2$ = ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่าย ในอัตรา 300 กรัมต่อต้น

เมื่อ ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่าย กิโลกรัมละ 6.00 บาท
ปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 กิโลกรัมละ 27.60 บาท
ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 กิโลกรัมละ 25.00 บาท
ราคาผักถั่วฝักยาว กิโลกรัมละ 35.16 บาท

เมื่อนำประสิทธิภาพในการเพิ่มผลผลิตและผลตอบแทนทางเศรษฐกิจของการใส่ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายและปุ๋ยเคมีในอัตราต่างๆ ต่อผลผลิตของผักถั่วฝักยาว (ตารางที่ 46) มาร่วมพิจารณาด้วย, พบว่า ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1C$ มีประสิทธิภาพต่อการเพิ่มผลผลิตสูงที่สุด, โดยเพิ่มสูงถึงร้อยละ 62.91 เมื่อเทียบกับชุด CT. นอกจากนี้ ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_2C$ และ C สามารถเพิ่มผลผลิตได้ถึงร้อยละ 59.42 และ 59.12, ตามลำดับ. ในขณะที่ชุดการทดลองที่ใส่ C ให้ค่าผลตอบแทนทางเศรษฐกิจที่สูงที่สุด คือ 4.63, ซึ่งสูงกว่าชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1C$ ที่ให้ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ 3.42. เหตุที่ชุดการทดลองที่ใส่ C ให้ค่าผลตอบแทนทางเศรษฐกิจที่สูงกว่าเนื่องมาจากราคาผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายและปุ๋ยเคมีของชุดการทดลองที่ C มีราคาต่ำกว่าชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1C$. แต่หากพิจารณาในระยะยาว ค่าใช้จ่ายของผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายและปุ๋ยเคมีของชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1C$ จะลดลงกว่าการใส่ในครั้งแรกๆ เนื่องจากสาหร่ายจากผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินสามารถที่จะเจริญเติบโตเพิ่มจำนวนต่อไป โดยไม่ต้องใส่ทุกครั้งของการเพาะปลูก, ฉะนั้น จะลดค่าใช้จ่ายลงแต่ให้ผลผลิตที่สูงในเวลาเดียวกันและยังเป็นการใช้พื้นที่เกษตรแบบอนุรักษ์อีกด้วย, ซึ่งตรงกันข้ามกับการใช้ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียวเนื่องจากที่ต้องใส่ทุกครั้งและในปริมาณที่เพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ ในขณะที่ผลผลิตที่ได้จะมีปริมาณคงที่หรือลดลง. ปุ๋ยเคมีไม่มีผลต่อการปรับปรุงคุณสมบัติทางกายภาพของดิน ต่างจากผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่าย. หากใช้ปุ๋ยเคมีติดต่อกันเป็นเวลานาน ทำให้มีผลกระทบระยะยาว, โดยทำให้ดินอัดแน่นและดินเป็นกรดหรือเบสเพิ่มขึ้น และถ้าใส่ในอัตราสูงเกินไปจะเป็นอันตรายต่อการเจริญเติบโตและคุณภาพของผักได้โดยตรง.

ดังนั้น ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1C$ มีประสิทธิภาพต่อการเพิ่มผลผลิตและให้ค่าผลตอบแทนทางเศรษฐกิจที่เหมาะสมของผักถั่วฝักยาว.

อย่างไรก็ตาม สาหร่ายจากผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินที่เจริญเติบโตจะสามารถเพิ่มจำนวนและอยู่รอดได้มากเพียงใด ขึ้นกับคุณสมบัติพื้นฐานของดิน, รวมทั้งสภาพแวดล้อมทางกายภาพของพื้นที่เพาะปลูก เช่น อุณหภูมิ, ความเข้มแสง และความชื้น, เป็นต้น. สิ่งเหล่านี้จำเป็นต้องทำการศึกษาซ้ำๆ ในพื้นที่เดิมพร้อมทั้งศึกษาเพื่อรวบรวมข้อมูลเพิ่มเติมในหลายๆ พื้นที่ที่มีคุณสมบัติของดินและสภาพทางกายภาพแตกต่างกัน.

**จ. สมบัติบางประการของดินแปลงทดสอบผักถั่วฝักยาวที่นำมาศึกษาหลังการใส่ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่าย**

การวิเคราะห์คุณสมบัติบางประการของดิน ได้แก่ ปริมาณอินทรียวัตถุ, ค่าปฏิกิริยาดิน, ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด, ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์, ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก, ความสามารถในการอุ้มน้ำของดินและจำนวนของเม็ดดิน (ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางมากกว่า 0.25 มิลลิเมตร) และมีความเสถียรต่อแรงกระทำของน้ำของตัวอย่างดินหลังการใส่ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่าย ได้ผลดังแสดงตารางที่ 48. เมื่อนำค่าวิเคราะห์เหล่านี้มาเปรียบเทียบกับตัวอย่างดินก่อนการทดสอบ พบว่า มีค่าเปลี่ยนแปลงไปจากค่าพื้นฐานของดิน, ผลดังแสดงตารางที่ 49. นอกจากนี้ เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับชุดควบคุม พบว่า คุณสมบัติของดินมีการเปลี่ยนแปลง, ผลดังแสดงตารางที่ 50. แสดงให้เห็นถึงแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงด้านคุณสมบัติของดิน เมื่อมีการใส่ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายหรือผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายร่วมกับปุ๋ยเคมี.

**1. ปริมาณอินทรียวัตถุ (organic matter).** พบว่า มีเพียงชุด CT เพียงชุดการทดลองเดียวเท่านั้นที่มีปริมาณอินทรียวัตถุเฉลี่ยต่ำกว่าตัวอย่างดินก่อนการทดสอบ (ตารางที่ 49). ในขณะที่ทุกชุดการทดลองมีปริมาณอินทรียวัตถุเฉลี่ยสูงกว่าชุด CT (ตารางที่ 48 และ 50), โดยชุดการทดลองที่ใส่ $AS_2C/2$ มีปริมาณอินทรียวัตถุเฉลี่ยสูงที่สุด คือ ร้อยละ 1.57±0.40, รองลงมา คือ ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_2C$, $AS_1C/2$, $AS_1C$, $AS_2$, C และ $AS_1$ มีปริมาณอินทรียวัตถุเฉลี่ยร้อยละ 1.52±0.35, 1.42±0.17, 1.40±0.34, 1.27±0.26, 1.19±0.28 และ 1.16±0.35, ตามลำดับ ในขณะที่ชุด CT มีปริมาณอินทรียวัตถุเฉลี่ยร้อยละ 1.10±0.23. ถึงแม้ว่าทุกชุดการทดลองจะมีปริมาณอินทรียวัตถุที่สูงกว่าชุด CT แต่เมื่อนำไปเปรียบเทียบทางสถิติกับชุด CT ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 0.05 พบว่า ทุกชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างกับชุด CT และไม่มีความแตกต่างระหว่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเช่นเดียวกัน (ตารางที่ 48).

**2. ปฏิกิริยาดิน (pH)** พบว่า ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_2C$ และ $AS_1C/2$ มีค่าปฏิกิริยาดินเฉลี่ยเท่ากับตัวอย่างดินก่อนการทดสอบ ในขณะที่ชุดการทดลองอื่นมีค่าปฏิกิริยาดินเฉลี่ยต่ำกว่าตัวอย่างดินก่อนการทดสอบ (ตารางที่ 49). ทุกชุดการทดลองมีค่าปฏิกิริยาดินเฉลี่ยสูงกว่าชุด CT (ตารางที่ 48 และ 50), โดยชุดการทดลองที่ใส่ $AS_2C$ และ $AS_1C/2$ มีค่าปฏิกิริยาดินเฉลี่ยที่สูงที่สุดและเท่ากันคือ คือ 7.00±0.00 และ 7.00±0.35, รองลงมาคือ ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1C$, $AS_2C/2$, $AS_2$, $AS_1$ และ C มีค่าปฏิกิริยาดินเฉลี่ย 6.93±0.06, 6.73±0.06, 6.70±0.10, 6.30±0.26, และ 6.23±0.21,

ตามลำดับ. ในขณะที่ชุด CT มีค่าปฏิกิริยาดินเฉลี่ย 6.17±0.21. เมื่อนำไปเปรียบเทียบทางสถิติกับชุด CT ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 0.05 พบว่า ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_2C$, $AS_1C/2$, $AS_1C$, $AS_2C/2$ และ$AS_2$ มีความแตกต่างกับชุด CT และไม่มีความแตกต่างระหว่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ. ในขณะที่ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1$ และ C ก็ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเช่นเดียวกัน (ตารางที่ 48).

**3. ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (total nitrogen).** พบว่า มีเพียงชุด CT เพียงชุดการทดลองเดียวที่มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดเฉลี่ยต่ำกว่าตัวอย่างดินก่อนการทดสอบ (ตารางที่ 49) ในขณะที่ทุกชุดการทดลองมีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดเฉลี่ยสูงกว่าชุด CT (ตารางที่ 48 และ 50). ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_2C/2$ มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดเฉลี่ยสูงที่สุด คือ ร้อยละ 0.079±0.019, รองลงมา คือ ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_2C$, $AS_1C$, $AS_1C/2$, $AS_2$, C และ $AS_1$ มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดเฉลี่ย ร้อยละ 0.076±0.017, 0.073±0.010, 0.071±0.009, 0.064±0.013, 0.060±0.014 และ 0.058±0.017, ตามลำดับ ในขณะที่ชุด CT มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดเฉลี่ยร้อยละ 0.055±0.012. ถึงแม้ว่าทุกชุดการทดลองจะมีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดที่สูงกว่าชุด CT แต่เมื่อนำไปเปรียบเทียบทางสถิติกับชุด CT ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 0.05 พบว่า ทุกชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างกับชุด CT และไม่มีความแตกต่างระหว่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 48).

**4. ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (available phosphorus).** พบว่า ทุกชุดการทดลองมีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์เฉลี่ยสูงกว่าตัวอย่างดินก่อนการทดสอบ (ตารางที่ 49). ในขณะที่มีเพียงชุดการทดลองที่ใส่ $AS_2C/2$ เพียงชุดการทดลองเดียวเท่านั้นที่มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์เฉลี่ยสูงกว่าชุด CT (ตารางที่ 48 และ 50) คือ 713.33±475.42 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม. ชุด CT มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์เฉลี่ย 657.00±483.55 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม. สำหรับชุดการทดลองที่ใส่ C, $AS_1C/2$, $AS_2$, $AS_1C$, $AS_1$ และ $AS_2C$ มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์เฉลี่ย 545.67±395.21, 533.67±324.73, 532.33±431.07, 521.33±446.68, 519.67±340.73 และ 486.33±245.33 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม, ตามลำดับ. เมื่อนำไปเปรียบเทียบทางสถิติกับชุด CT ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 0.05 พบว่า ทุกชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างกับชุด CT และไม่มีความแตกต่างระหว่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 48).

**5. ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (cation exchange capacity)** พบว่า ชุดการทดลองที่ใส่ C, $AS_1$, $AS_2$ และชุด CT มีความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกเฉลี่ยต่ำ

กว่าตัวอย่างดินก่อนการทดสอบ (ตารางที่ 49). ในขณะที่มี 5 ชุดการทดลองที่มีความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกเฉลี่ยสูงกว่าชุด CT (ตารางที่ 48 และ 50). ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_2C/2$ มีความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกเฉลี่ยสูงที่สุด คือ 8.10±0.89 เซนติโมลต่อกิโลกรัมดิน, รองลงมา คือชุดการทดลองที่ใส่ $AS_2C$, $AS_1C$, $AS_1C/2$ และ C มีความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกเฉลี่ย 7.23±2.01, 7.00±1.78, 6.77±0.97 และ 6.20±1.04 เซนติโมลต่อกิโลกรัมดิน, ตามลำดับ ในขณะที่ชุด CT มีความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกเฉลี่ย 5.97±1.10 เซนติโมลต่อกิโลกรัมดิน. ถึงแม้ว่าจะมีถึง 5 ชุดการทดลองที่มีความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกเฉลี่ยสูงกว่าชุด CT แต่เมื่อนำไปเปรียบเทียบทางสถิติกับชุด CT ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 0.05 พบว่า ทุกชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างกับชุด CT และไม่มีความแตกต่างระหว่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 48).

**6. ความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน (water holding capacity).** พบว่า ทุกชุดการทดลองมีค่าความสามารถในการอุ้มน้ำของดินเฉลี่ยสูงกว่าตัวอย่างดินก่อนการทดสอบ (ตารางที่ 49) ในขณะที่มีเพียงชุดการทดลองที่ใส่ C เพียงชุดการทดลองเดียวเท่านั้นที่มีความสามารถในการอุ้มน้ำของดินเฉลี่ยต่ำกว่าชุด CT (ตารางที่ 48 และ 50). ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_2C/2$ มีค่าความสามารถในการอุ้มน้ำของดินเฉลี่ยสูงที่สุด คือ ร้อยละ 25.85±3.99, รองลงมาคือ ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_2C$, $AS_1C$, $AS_1C/2$, $AS_2$ และ $AS_1$ มีค่าความสามารถในการอุ้มน้ำของดินเฉลี่ยร้อยละ 25.77±2.74, 25.45±2.77, 25.13±2.18, 24.74±1.63 และ 24.62±1.78, ตามลำดับ ในขณะที่ชุด CT มีค่าความสามารถในการอุ้มน้ำของดินเฉลี่ยร้อยละ 24.58±1.47. สำหรับชุดการทดลองที่ใส่ C มีค่าความสามารถในการอุ้มน้ำของดินเฉลี่ยร้อยละ 23.96±1.69. เมื่อนำไปเปรียบเทียบทางสถิติกับชุด CT ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 0.05 พบว่า ทุกชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างกับชุด CT และไม่มีความแตกต่างระหว่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 48).

**7. จำนวนของเม็ดดิน (ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางมากกว่า 0.25 มิลลิเมตร) และมีความเสถียรต่อแรงกระทำของน้ำ (water-stable aggregate).** พบว่า ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1C/2$, C และชุด CT มีจำนวนของเม็ดดิน (ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางมากกว่า 0.25 มิลลิเมตร) และมีความเสถียรต่อแรงกระทำของน้ำเฉลี่ยต่ำกว่าตัวอย่างดินก่อนการทดสอบ (ตารางที่ 49) ในขณะที่ทุกชุดการทดลองมีจำนวนของเม็ดดิน (ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางมากกว่า 0.25 มิลลิเมตร) และมีความเสถียรต่อแรงกระทำของน้ำเฉลี่ยสูงกว่าชุด CT (ตารางที่ 48 และ 50). ชุดการทดลองใส่ $AS_2C/2$ มีจำนวนของเม็ดดิน (ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางมากกว่า 0.25 มิลลิเมตร) และมีความเสถียรต่อแรง

กระทำของน้ำเฉลี่ยที่สูงที่สุด คือ ร้อยละ 19.76±7.44, รองลงมาได้แก่ ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1C$, $AS_2$, $AS_1$, $AS_2C$, $AS_1C/2$ และ C มีจำนวนของเม็ดดิน (ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางมากกว่า 0.25 มิลลิเมตร) และมีความเสถียรต่อแรงกระทำของน้ำเฉลี่ยร้อยละ 16.20±2.77, 16.05±2.20, 15.85±1.11, 15.67±4.20, 14.92±3.61 และ 14.33±3.02, ตามลำดับ, ในขณะที่ชุด CT มีจำนวนของเม็ดดิน (ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางมากกว่า 0.25 มิลลิเมตร) และมีความเสถียรต่อแรงกระทำของน้ำเฉลี่ยร้อยละ 13.31±2.29. เมื่อนำไปเปรียบเทียบทางสถิติกับชุด CT ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 0.05 พบว่า มีเพียงชุดการทดลองที่ใส่ $AS_2C/2$ เพียงชุดการทดลองเดียวเท่านั้นที่มีความแตกต่างกับชุด CT อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_2C/2$, $AS_1C$, $AS_2$, $AS_1$ และ $AS_2C$ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ. นอกจากนี้ ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_1C$, $AS_2$, $AS_1$, $AS_2C$, $AS_1C/2$ และ C ก็ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเช่นกัน (ตารางที่ 48).

จากข้อมูลการวิเคราะห์ดินทั้งหมดจะเห็นได้ว่า การใช้ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายอย่างเดียว หรือใช้ร่วมกับปุ๋ยเคมีจะช่วยเพิ่มคุณสมบัติทางกายภาพของดินที่สำคัญต่างๆ ให้ดีขึ้น เช่น ความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน, จำนวนของเม็ดดิน (ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางมากกว่า 0.25 มิลลิเมตร) และมีความเสถียรต่อแรงกระทำของน้ำ.

สำหรับประสิทธิภาพในการปรับปรุงดินของผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่าย พบว่า ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_2C/2$ ทำให้ปริมาณอินทรียวัตถุ, ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด, ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์, ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก, ความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน และจำนวนเม็ดดิน (ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางมากกว่า0.25 มิลลิเมตร) ที่มีความเสถียรต่อแรงกระทำของน้ำเพิ่มขึ้นร้อยละ 28.03, 27.84, 39.99, 22.22, 10.05 และ 23.02, เมื่อเทียบกับตัวอย่างดินก่อนการทดสอบ. ในขณะที่เพิ่มขึ้นร้อยละ 29.93, 30.37, 7.89, 26.72, 4.91 และ 32.64, เมื่อเทียบกับชุด CT ซึ่งถือสูงมากกว่าชุดการทดลองอื่น. แสดงให้เห็นว่า การใส่ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายในปริมาณสูง จะช่วยปรับปรุงคุณสมบัติทางกายภาพของดินได้, ผลดังแสดงในตารางที่ 48, 49 และ 50.

ดังนั้น ชุดการทดลองที่ใส่ $AS_2C/2$ มีประสิทธิภาพต่อการปรับปรุงดินในแปลงทดสอบผักถั่วฝักยาว.

**ตารางที่ 48. คุณสมบัติบางประการที่เปลี่ยนแปลงของดินที่นำมาศึกษาหลังการใส่ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายของแปลงทดสอบผักถั่วฝักยาว**

| ชุดการทดลอง[1] | ปริมาณอินทรียวัตถุ[2] (ร้อยละ) | ปฏิกิริยาดิน[2] (pH) | ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด[2] (ร้อยละ) | ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์[2] (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) | ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก[2] (เซนติโมลต่อกิโลกรัมดิน) | ความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน [2] (ร้อยละ) | จำนวนเม็ดดินที่เสถียรต่อแรงกระทำของน้ำ (>0.25 มม.) [2] (ร้อยละ) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| CT | 1.10±0.23[a] | 6.17±0.21[b] | 0.055±0.012[a] | 657.00±483.55[a] | 5.97±1.10[a] | 24.58±1.47[a] | 13.31±2.29[b] |
| C | 1.19±0.28[a] | 6.23±0.21[b] | 0.060±0.014[a] | 545.67±395.21[a] | 6.20±1.04[a] | 23.96±1.69[a] | 14.33±3.02[b] |
| $AS_1$ | 1.16±0.35[a] | 6.30±0.26[b] | 0.058±0.017[a] | 519.67±340.73[a] | 5.80±0.89[a] | 24.62±1.78[a] | 15.85±1.11[ab] |
| $AS_2$ | 1.27±0.26[a] | 6.70±0.10[a] | 0.064±0.013[a] | 532.33±431.07[a] | 5.80±1.25[a] | 24.74±1.63[a] | 16.05±2.20[ab] |
| $AS_1C$ | 1.40±0.34[a] | 6.93±0.06[a] | 0.073±0.010[a] | 521.33±446.68[a] | 7.00±1.78[a] | 25.45±2.77[a] | 16.20±2.77[ab] |
| $AS_1C/2$ | 1.42±0.17[a] | 7.00±0.35[a] | 0.071±0.009[a] | 533.67±324.73[a] | 6.77±0.97[a] | 25.13±2.18[a] | 14.92±3.61[b] |
| $AS_2C$ | 1.52±0.35[a] | 7.00±0.00[a] | 0.076±0.017[a] | 486.33±245.33[a] | 7.23±2.01[a] | 25.77±2.74[a] | 15.67±4.20[ab] |
| $AS_2C/2$ | 1.57±0.40[a] | 6.73±0.06[a] | 0.079±0.019[a] | 713.33±475.42[a] | 8.10±0.89[a] | 25.85±3.99[a] | 19.76±7.44[a] |
| C.V. (%) | 22.97 | 2.89 | 22.76 | 71.05 | 19.72 | 9.83 | 15.05 |
| F-test | ns | ** | ns | ns | ns | ns | ns |

**หมายเหตุ :** [1]CT= ชุดควบคุม, C= ปุ๋ยเคมี สูตร 46-0-0 ในอัตรา 20 กรัมต่อต้น และสูตร 15-15-15 ในอัตรา 60 กรัมต่อต้น, C/2= ปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 ในอัตรา 10 กรัมต่อต้น และสูตร 15-15-15 ในอัตรา 30 กิโลกรัมต่อไร่, $AS_1$ = ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายในอัตรา 200 กรัมต่อต้น และ $AS_2$ = ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่าย ในอัตรา 300 กรัมต่อต้น

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

ns ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

** มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

**ตารางที่ 49. คุณสมบัติบางประการที่เปลี่ยนแปลงของดินที่นำมาศึกษาหลังการใส่ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายของแปลงทดสอบผักถั่วฝักยาว เมื่อเทียบกับตัวอย่างดินก่อนการทดสอบ (เปอร์เซ็นต์)**

| ชุดการทดลอง[1] | ปริมาณอินทรียวัตถุ | ปฏิกิริยาดิน (pH) | ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด | ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ | ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก | ความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน | จำนวนเม็ดดินที่เสถียรต่อแรงกระทำของน้ำ (>0.25 มม.) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| CT | − 2.72 | − 13.45 | − 3.63 | + 34.00 | − 5.52 | + 5.41 | − 1.94 |
| C | + 5.04 | − 12.35 | + 5.00 | + 21.56 | − 1.61 | + 2.96 | − 6.14 |
| $AS_1$ | + 2.52 | − 11.11 | + 1.72 | + 17.64 | − 8.62 | + 5.56 | + 4.03 |
| $AS_2$ | + 11.02 | − 4.47 | + 10.93 | + 19.59 | − 8.62 | + 6.02 | + 5.23 |
| $AS_1C$ | + 19.29 | − 1.00 | + 21.91 | + 17.90 | + 10.00 | + 8.64 | + 6.11 |
| $AS_1C/2$ | + 20.42 | 0.0 | + 13.11 | + 19.80 | + 6.94 | + 7.48 | − 1.94 |
| $AS_2C$ | + 25.66 | 0.0 | + 29.00 | + 11.99 | + 12.86 | + 9.77 | + 2.93 |
| $AS_2C/2$ | **+ 28.03** | − 4.01 | **+ 27.84** | **+ 39.99** | **+ 22.22** | **+ 10.05** | **+ 23.02** |

**หมายเหตุ :** [1]CT= ชุดควบคุม, C= ปุ๋ยเคมี สูตร 46-0-0 ในอัตรา 20 กรัมต่อต้น และสูตร 15-15-15 ในอัตรา 60 กรัมต่อต้น, C/2= ปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 ในอัตรา 10 กรัมต่อต้น และสูตร 15-15-15 ในอัตรา 30 กิโลกรัมต่อไร่, $AS_1$ = ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายในอัตรา 200 กรัมต่อต้น และ $AS_2$ = ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่าย ในอัตรา 300 กรัมต่อต้น

เครื่องหมาย + หมายถึงเปอร์เซ็นต์ที่เพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับผลวิเคราะห์ตัวอย่างดินก่อนการทดสอบ

เครื่องหมาย – หมายถึงเปอร์เซ็นต์ที่ลดลงเมื่อเทียบกับผลวิเคราะห์ตัวอย่างดินก่อนการทดสอบ

**ตารางที่ 50. คุณสมบัติบางประการที่เปลี่ยนแปลงของดินที่นำมาศึกษาหลังการใส่ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายของแปลงทดสอบผักถั่วฝักยาว เมื่อเทียบกับชุด ควบคุม (เปอร์เซ็นต์)**

| ชุดการทดลอง[1] | ปริมาณ อินทรียวัตถุ | ปฏิกิริยาดิน (pH) | ปริมาณ ไนโตรเจนทั้งหมด | ปริมาณฟอสฟอรัสที่ เป็นประโยชน์ | ความสามารถในการ แลกเปลี่ยนประจุบวก | ความสามารถในการ อุ้มน้ำของดิน | จำนวนเม็ดดินที่เสถียรต่อ แรงกระทำของน้ำ (>0.25 มม.) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| CT | - | - | - | - | - | - | - |
| C | + 7.56 | + 0.96 | + 8.33 | − 20.40 | + 3.70 | − 2.58 | + 7.12 |
| $AS_1$ | + 5.17 | + 2.06 | + 5.17 | − 26.42 | − 2.93 | + 0.16 | + 16.03 |
| $AS_2$ | + 13.38 | + 7.91 | + 14.06 | − 23.41 | − 2.93 | + 0.64 | + 17.07 |
| $AS_1C$ | + 21.42 | + 10.96 | + 24.65 | − 26.02 | + 14.71 | + 3.41 | + 17.84 |
| $AS_1C/2$ | + 22.53 | + 11.85 | + 22.53 | − 23.10 | + 11.81 | + 2.18 | + 10.79 |
| $AS_2C$ | + 27.63 | + 11.85 | + 27.63 | − 35.09 | + 17.42 | + 4.61 | + 15.06 |
| $AS_2C/2$ | **+ 29.93** | + 8.32 | **+ 30.37** | **+ 7.89** | **+ 26.72** | **+ 4.91** | **+ 32.64** |

**หมายเหตุ :** [1]CT= ชุดควบคุม, C= ปุ๋ยเคมี สูตร 46-0-0 ในอัตรา 20 กรัมต่อต้น และสูตร 15-15-15 ในอัตรา 60 กรัมต่อต้น, C/2= ปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 ในอัตรา 10 กรัมต่อต้น และสูตร 15-15-15 ในอัตรา 30 กิโลกรัมต่อไร่, $AS_1$ = ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายในอัตรา 200 กรัมต่อต้น และ $AS_2$ = ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่าย ในอัตรา 300 กรัมต่อต้น

เครื่องหมาย + หมายถึงเปอร์เซ็นต์ที่เพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับผลวิเคราะห์ตัวอย่างดินของชุดควบคุม

เครื่องหมาย – หมายถึงเปอร์เซ็นต์ที่ลดลงเมื่อเทียบกับผลวิเคราะห์ตัวอย่างดินของชุดควบคุม

**(ก)**

**แปลงทดสอบที่เป็นชุดควบคุม (CT)**

**(ข)**

**ปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 ในอัตรา 20 กรัมต่อต้น (ครั้งที่ 1) และสูตร 15-15-15 ในอัตรา 60 กรัมต่อต้น (ครั้งที่ 2-4) (C)**

**รูปที่ 7. แปลงทดสอบประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายในแปลงทดสอบผักถั่วฝักยาว.**

**(ค)**

**ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายในอัตรา 200 กรัมต่อต้น ($AS_1$)**

**(ง)**

**ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่าย ในอัตรา 300 กรัมต่อต้น ($AS_2$)**

**รูปที่ 7. (ต่อ) แปลงทดสอบประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่าย ในแปลงทดสอบผัก ถั่วฝักยาว.**

**(จ)**

**ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่าย ในอัตรา 200 กรัมต่อต้น ร่วมกับปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 ในอัตรา 20 (ครั้งที่ 1) และสูตร 15-15-15 ในอัตรา 60 กรัมต่อต้น (ครั้งที่ 2-4) ($AS_1C$)**

**(ฉ)**

**ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายในอัตรา 200 กรัมต่อต้น ร่วมกับปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 ในอัตรา 10 กรัมต่อต้น (ครั้งที่ 1) และสูตร 15-15-15 ในอัตรา 30 กรัมต่อต้น (ครั้งที่ 2-4) ($AS_1C/2$)**

**รูปที่ 7. (ต่อ) แปลงทดสอบประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่าย ในแปลงทดสอบผักถั่วฝักยาว.**

**(ช)**

**ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายในอัตรา 300 กรัมต่อต้น ร่วมกับปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 ในอัตรา 20 กรัมต่อต้น (ครั้งที่ 1) และสูตร 15-15-15 ในอัตรา 60 กรัมต่อต้น (ครั้งที่ 2-4) ($AS_2C$)**

**(ซ)**

**ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่าย ในอัตรา 300 กรัมต่อต้น ร่วมกับปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 ในอัตรา 10 กรัมต่อต้น (ครั้งที่ 1) และสูตร 15-15-15 ในอัตรา 30 กรัมต่อต้น (ครั้งที่ 2-4) ($AS_2C/2$)**

**รูปที่ 7. (ต่อ) แปลงทดสอบประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายในแปลงทดสอบผักถั่วฝักยาว.**

# 4. สรุปผลการทดลอง

การทดสอบประสิทธิภาพผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายในการปรับปรุงดินและการผลิตพืชโดยใช้สายพันธุ์สาหร่าย 4 สายพันธุ์ คือ *Nostoc* sp. TISTR 8290, *Nostoc muscorum* TISTR 8871, *Nostoc* sp. TISTR 8873 และ *Nostoc muscorum* TISTR 9054 มาเป็นผลิตภัณฑ์ต้นแบบแบบเม็ด. ดำเนินการทดสอบในแปลงทดสอบพืชผักสวนครัว 6 ชนิดได้แก่ แปลงทดสอบผักกวางตุ้งใบ, ผักกาดหอม, ผักคะน้า, ผักกวางตุ้งดอก, ผักกะหล่ำปลี และผักถั่วฝักยาว อ. เมือง นครราชสีมา จ. นครราชสีมา. จากผลการทดลองทั้งหมดสรุปได้ว่า :

การใส่ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายในอัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ร่วมกับปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 ในอัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ และสูตร 16-16-16 ในอัตรา 40 กิโลกรัมต่อไร่ (เป็นการใส่ปุ๋ยเคมีในอัตราครึ่งหนึ่งของอัตราที่เกษตรกรใส่เป็นประจำ) เหมาะสมต่อการผลิตผักกวางตุ้งใบ, ผักกาดหอม, ผักคะน้า และผักกวางตุ้งดอก เนื่องจากมีประสิทธิภาพในการเพิ่มผลผลิตและปรับปรุงดินในเวลาเดียวกัน, ทั้งยังให้ค่าผลตอบแทนทางเศรษฐกิจที่สูงกว่าการใส่ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว.

แปลงทดสอบผักกะหล่ำปลี พบว่าการใส่ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายในอัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ร่วมกับปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 ในอัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ และสูตร 16-16-16 ในอัตรา 40 กิโลกรัมต่อไร่ (เป็นการใส่ปุ๋ยเคมีในอัตราครึ่งหนึ่งของอัตราที่เกษตรกรใส่เป็นประจำ) มีประสิทธิภาพในการเพิ่มผลผลิตและให้ค่าผลตอบแทนทางเศรษฐกิจที่สูงกว่าการใส่ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว, ขณะที่การใส่ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายในอัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ร่วมกับปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 ในอัตรา 200 กิโลกรัมต่อไร่ และสูตร 16-16-16 ในอัตรา 80 กิโลกรัมต่อไร่มีประสิทธิภาพในการปรับปรุงดิน.

สำหรับแปลงทดสอบถั่วฝักยาว พบว่า ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายในอัตรา 200 กรัมต่อต้นร่วมกับปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 ในอัตรา 20 กรัมต่อต้นและสูตร 15-15-15 ในอัตรา 60 กรัมต่อต้นมีประสิทธิภาพในการเพิ่มผลผลิต และให้ค่าผลตอบแทนทางเศรษฐกิจที่สูงใกล้เคียงกับการใส่ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว, ขณะที่การใส่ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายในอัตรา 300 กรัมต่อต้นร่วมกับปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 ในอัตรา 10 กรัมต่อต้นและสูตร 15-15-15 ในอัตรา 30 กรัมต่อต้น (เป็นการใส่ปุ๋ยเคมีในอัตราครึ่งหนึ่งของอัตราที่เกษตรกรใส่เป็นประจำ) มีประสิทธิภาพในการปรับปรุงดิน.

เนื่องจากการปรับปรุงคุณสมบัติทางกายภาพของดินเป็นสิ่งที่ทำได้ยากและใช้เวลานานในการที่จะแสดงให้เห็นความเปลี่ยนแปลงอย่างเด่นชัด อย่างไรก็ตามผลการทดลองนี้ได้แสดงให้เห็นว่า การใส่ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายสามารถปรับปรุงคุณสมบัติทางกายภาพของดิน, ช่วยเพิ่มผลผลิตของพืช และได้ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจที่สูงในเวลาเดียวกัน. การใช้ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่าย นอกจากจะช่วยให้เกิดการใช้ประโยชน์พื้นที่เกษตรได้อย่างยั่งยืนแล้ว ยังสามารถนำไปสู่การผลิตผักแบบเกษตรอินทรีย์ในอนาคตหากเกษตรกรใช้อย่างต่อเนื่อง, พร้อมทั้งลดปริมาณการใช้ปุ๋ยเคมีลงอย่างต่อเนื่องเช่นเดียวกัน.

## 5. ข้อเสนอแนะ

ในการทดลองครั้งนี้ แม้จะใช้ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายในปริมาณที่สูง เนื่องจากมีข้อจำกัดในเรื่องของเวลาและงบประมาณดำเนินการ, แต่ผลตอบแทนที่ได้มีความใกล้เคียงกับการใช้ปุ๋ยเคมี, จึงควรมีการทดสอบผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายหรือผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายร่วมกับปุ๋ยเคมีเพิ่มเติมในพืชชนิดต่าง ๆ แหล่งเพาะปลูกหลาย ๆ พื้นที่ เพื่อรวบรวมข้อมูลที่จะนำไปประยุกต์ใช้ในพื้นที่ทำการเกษตรต่าง ๆ ได้อย่างกว้างขวาง.

นอกจากนี้ ผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่ายยังมีข้อได้เปรียบกว่าวัสดุปรับปรุงดินชนิดอื่นๆ เช่น ได้เปรียบปุ๋ยมูลหมูตรงที่ไม่มีกลิ่นเหม็น, ดีกว่าปุ๋ยมูลวัว และมูลไก่ตรงที่ไม่มีเมล็ดวัชพืชติดมา และยังช่วยให้พืชทนต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมต่างๆ รวมทั้งการที่มีอุณภูมิสูงขึ้นเช่นในปัจจุบัน โดยการเก็บรักษาความชื้นไว้ในดินโดยสารพอลิแซ็กคาไรด์ที่หลั่งออกสู่ภายนอกเซลล์ ซึ่งมีคุณสมบัติอุ้มน้ำได้ดี, ช่วยให้ดินมีความชุ่มชื้นตลอดเวลา โดยที่วัสดุปรับปรุงดินชนิดอื่นไม่สามารถรักษาความชื้นไว้ในดินได้เหมือนกับผลิตภัณฑ์ปรับปรุงดินจากสาหร่าย.

# เอกสารอ้างอิง


กลุ่มงานพัฒนาระบบตรวจสอบคุณภาพดินและน้ำ. 2525. วิธีวิเคราะห์ดินทางเคมีและฟิสิกส์. กลุ่มวิจัยเกษตรเคมี สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กองเกษตรเคมี กรมวิชาการเกษตร.

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

การปลูกถั่วฝักยาว. ม.ป.ป. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http://www.doae.go.th./Library/html/detail/tou/index.html. [เข้าถึงเมื่อ 20 มิ.ย.2552].

คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. 2549. คู่มือปฏิบัติการปฐพีวิทยาเบื้องต้นและวิทยาศาสตร์ทางดิน. พิมพ์ครั้งที่ 11. กรุงเทพมหานคร, สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ซับซ้อน, เกษมศรี. 2541. ปฐพีวิทยา. พิมพ์ครั้งที่ 3. ศูนย์ฝึกอบรมวิศวกรรมเกษตร ลำพูน, กองวิทยาลัยเกษตรกรรม กรมอาชีวศึกษา.

บัวทรัพย์, วันทนา. 2543. ธาตุอาหารพืชกับไม้ผล, [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http://trat.doae.go.th/data/pr/pr34.pdf., [เข้าถึงเมื่อ 20 มิ.ย. 2552].

ม.ป.ช. 2550. การปลูกผักคะน้า, [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http://kruprasar.net/index.php?option=com_content&task=view&id=74&Itemid=1, [เข้าถึงเมื่อ 20 มิ.ย.2552].

ม.ป.ช. 2552. เกษตรดีที่เหมาะสมสำหรับกะหล่ำปลี, [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http://actech.agritech.doae.go.th/techno/other/GAP%20All/kralumplee.doc., [เข้าถึงเมื่อ 20 มิ.ย.2552].

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

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

สาสนรักกิจ, สุวรรณา. ม.ป.ป. การวิเคราะห์ดินและการแปลความหมายในระดับห้องปฏิบัติการและไร่นา, [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http://202.143.150.50/suwanna/index2.htm. [เข้าถึงเมื่อ 14 ก.ค. 2552].

สุขสวัสดิ์, มุกดา. 2544. ความอุดมสมบูรณ์ของดิน. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร, โอ.เอส.พริ้นติ้ง เฮ้าส์.

ห้องสมุดความรู้การเกษตร กรมส่งเสริมการเกษตร. 2552. สภาพแวดล้อมที่เหมาะสมในการปลูกผักกาดเขียวกวางตุ้ง, [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http://ssnet.doae.go.th/ssnet2/Library/library/html/detail/kwangtung/ktung_03.htm. [เข้าถึงเมื่อ 20 มิ.ย.2552].

อัตตะนันท์, ทัศนีย์และจันทร์เจริญสุข จงรักษ์, 2542. คู่มือวิเคราะห์ดิน-พืช. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อิงคะประดิษฐ์, วิวัฒน์; นามเมือง, ชยงค์; ธิอามาตย์, อุไรวรรณและเปลี่ยนพิจิตร, บุญหนัก. 2539. ผลของการใช้ปุ๋ยผสมที่มีอัตราส่วนของธาตุอาหารสูงและธาตุอาหารต่ำต่อผลผลิตข้าวในดินเหนียว. กลุ่มงานวิจัยความอุดมสมบูรณ์ของดินและปุ๋ยข้าวและธัญพืชเมืองหนาว กองปฐพีวิทยา.

อิ่มเอิบ อภิรดี. 2534. การตรวจดิน. วารสารอนุรักษ์ดินและน้ำ. วารสารอนุรักษ์ดินและน้ำ, 7:5-27.

Hazelton, P. and Murphy, B. 2007. Interpreting soil test results what do all the numbers mean? Second edition. Australia, Collingwood VIC.

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

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

Painter, T. J. 1993. Carbohydrate polymers in desert reclamation: the potential of microalgal biofertilizers. Carbohydrate Polymers 20, 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, อัตตะนันท์และจันทร์ เจริญสุข 2542).

**1. ปริมาณอินทรียวัตถุในดิน โดยวิธี Walkley and Black**

**อุปกรณ์**

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 ($FeSO_4 \cdot 7H_2O$) 1,000 มิลลิลิตร

ละลาย $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ หนัก 140 กรัม ในน้ำกลั่น 800 มิลลิลิตร เติม $H_2SO_4$ เข้มข้น ปริมาตร 15 มิลลิลิตร ทำให้เย็นแล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นเป็น 1,000 มิลลิลิตร เก็บสารละลายในขวดสีชาและปิดจุกให้แน่นเสมอ (สารละลายนี้เมื่อทิ้งไว้จะค่อยเสื่อมสภาพ เนื่องจากเกิดการออกซินาชัน 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 $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ หนัก 0.70 กรัม ในน้ำกลั่น ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นเป็น 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. ถ้า titrate ด้วย $FeSO_4 \bullet 7H_2O$ มากเกินไปให้เติม $K_2Cr_2O_7$ ลงไป 1 มิลลิลิตร แล้ว titrate ด้วย $FeSO_4 \bullet 7H_2O$ 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 $FeSO_4 \bullet 7H_2O$ ในการ titrate น้อยกว่า 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. บีกเกอร์ 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, 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 bromocresol 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 บรรจุ ethanol 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) แสดงว่า สารละลายมี 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 volumetric 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 : ไทเทรตของเหลวที่กลั่นได้ด้วย standard $H_2SO_4$ สีของของเหลวจะเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีม่วงแดง ที่จุดเริ่มสีม่วงแดงนี้จะเป็น end point บันทึกปริมาณของกรดที่ใช้ไทเทรต blank ตัวอย่างดิน

4. คำนวณหาปริมาณไนโตรเจน จากสูตร :

$$\% \text{ Total N} = \frac{\text{A x ความเข้มข้นที่แน่นอนของกรดที่ใช้ในการไทเทรต (N) x 14}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างดิน}}$$

**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. Murphy's reagent

ละลาย ammonium molybdate 12 กรัม และ potassium 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°ซ.) 0.4393 กรัม ในน้ำกลั่น แล้วปรับปริมาตรให้เป็น 1,000 มิลลิลิตร. สารละลายนี้มีความเข้มข้น 100 พีพีเอ็ม, จากนั้นเจือจางให้มีความเข้มข้น 10 พีพีเอ็ม โดยปิเปตต์ 10 มิลลิลิตรของสารละลายนี้ 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 มิลลิลิตร ใส่ในขวดปริมาตรขนาด 25 มิลลิลิตร, เติม 2% $H_3BO_3$ 5 มิลลิลิตร, Murphy's 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's 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 = ปริมาตรน้ำยา Bray 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 pipette.
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, เติม acetic acid 565 มิลลิลิตรลงไป แล้วเติมน้ำกลั่นลงไปให้มีปริมาตรครบ 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 ลิตรด้วยน้ำกลั่น, 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 isopropyl 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 ไทเทรตหาปริมาณ $NH_3$ ในกรดบอริกโดยใช้ 0.1 N $H_2SO_4$.

<u>สูตรคำนวณหา CEC :</u>

$$\text{CEC } (cmolkg^{-1}) = \frac{\text{มิลลิลิตร } H_2SO_4 \text{ ที่ใช้ x N ของ } H_2SO_4}{\text{น้ำหนักของดินตัวอย่างที่ใช้ (กรัม)}} \times 100$$

**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° ซ. 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 ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 5 มิลลิเมตร.
2. เครื่อง aggregate analyzer.
3. ตะแกรงรอนดิน ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.25 มิลลิเมตร.
4. ตู้อบ.

**วิธีการวิเคราะห์**

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

2. นำไปร่อนผ่านตะแกรงขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.25 มิลลิเมตร ของเครื่อง aggregate analyzer, ปรับระดับน้ำให้ถึงตำแหน่งของเม็ดดินที่อยู่ในตะแกรง, หมุนด้วยความเร็ว 30 รอบต่อนาที เป็นเวลา 5 นาที.

3. นำเม็ดดินที่ค้างอยู่บนตะแกรงขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.25 มิลลิเมตรไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 60°ซ. ต่อจากนั้นนำไปชั่งน้ำหนัก.

4. ทำเม็ดดินดังกล่าวนี้ให้เปียกด้วยน้ำกลั่น และทำให้แตกออกโดยใช้นิ้วบี้, นำไปร่อนผ่านตะแกรงขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.25 มิลลิเมตร และนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 60°ซ. อีกครั้งต่อจากนั้นนำไปชั่งน้ำหนัก.

**สูตรในการคำนวณ**

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

# ภาคผนวก ข

## 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.